

**T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPI BİLİM DALI**

**ARTIK SERAMİK TOZU KULLANIMININ ÇİMENTO HARCİ
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Günseli KALINÇİMEN

**Danışman
Doç. Dr. Ali Uğur ÖZTÜRK**



MANİSA-2015

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Günseli KALINÇİMEN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	II
TABLO DİZİNİ	III
TEŞEKKÜR.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Puzolanlar.....	5
2.1.1. Puzolanların Sınıflandırılması	5
2.2. Seramik.....	8
2.2.1. Seramik Malzemenin Fiziksel Özellikleri	10
2.2.2 Seramik Malzemenin Kimyasal Özellikleri.....	12
2.2.3 Seramik Malzemenin Mekanik Özellikleri.....	14
2.2.4 Seramik Malzemenin Elektriksel Özellikleri	15
2.2.5. Türkiye’de Seramik Fabrikaları ve Üretim Atıkları	16
3. DENEYSEL KISIM.....	19
3.1. Materyal	19
3.2. Yöntemler.....	20
3.2.1. Mekanik Deneyler	23
3.2.1.1. Yayılma Deneyi	23
3.2.1.2. Eğilme ve Eğilme Sonrası Basınç Deneyleri	26
3.2.2. Durabilite Deneyleri	28
3.2.2.1. Asit Dayanımı Deneyi.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	29
4.1. Mekanik Deney Sonuçları	29
4.1.1. Yayılma Deneyi Sonuçları	29
4.1.2. Eğilme ve Eğilme Sonrası Basınç Deneyleri Sonuçları	30
4.2. Durabilite Deney Sonuçları	34
4.2.1. Asit Dayanımı Deneyi Sonuçları	34
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Puzolanların sınıflandırılması	6
Şekil 2.2. Puzolanların taze beton özellikleri üzerine etkileri.....	7
Şekil 2.3. Puzolanların sertleşmiş beton özellikleri üzerine etkileri	7
Şekil 2.4 Seramiklerin sınıflandırılması.....	8
Şekil 2.5 Seramiğin hacim-sıcaklık değişimi.....	15
Şekil 3.1. Standart küp ve prizma kalıplar	21
Şekil 3.2. Otomatik karıştırıcı	22
Şekil 3.3. Kür havuzu.....	23
Şekil 3.4. Yayılma tablası	24
Şekil 3.5. Yayılma değerleri.....	25
Şekil 3.6. Üç nokta eğilme deneyi	26
Şekil 3.7. Kesme kuvveti ve moment diyagramları	27
Şekil 3.8. Eğilme sonrası basınç deneyi.....	28
Şekil 4.1. Numunelere ait yayılma değerleri.....	29
Şekil 4.2. Numunelere ait akış alan oranı değerleri	30
Şekil 4.3. Farklı dozajlı serilerin zamana bağlı eğilme dayanımı gelişimi	31
Şekil 4.4. Farklı dozajlı serilerin zamana bağlı eğilme dayanımı gelişimi	31
Şekil 4.5. Numunelerin zamana bağlı eğilme sonrası basınç dayanımı gelişimi	32
Şekil 4.6. Numunelerin zamana bağlı eğilme sonrası basınç dayanımı gelişimi	32
Şekil 4.7 Serilerin dozaja bağlı eğilme dayanımı gelişimi.....	33
Şekil 4.8 Serilerin dozaja bağlı eğilme sonrası basınç dayanımı gelişimi	33
Şekil 4.9 Asit etkisiyle betonun bozulması	34
Şekil 4.10 Numunelere ait HCl etkisinde kütlece yüzde kayıpları	35

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Türkiye’de seramik sektörünün 2002 yılı profili	17
Tablo 3.1. CEN standart kumu analiz sonuçları	19
Tablo 3.2. CEN standart kumuna ait rutubet yüzdesi	19
Tablo 3.3. CEM I 42,5 R tip çimento analizi	20
Tablo 3.4. Karışım oranları	21

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında bana gerekli imkanları veren, bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, eğitim hayatım boyunca her türlü desteği gösteren Sn. Doç. Dr. Ali Uğur ÖZTÜRK' e şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu çalışma esnasında benden yardımlarını esirgemeyen Sn. Arş. Gör. Sadık Alper YILDIZEL'e teşekkür ederim. Son olarak hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Günseli KALINÇİMEN
Manisa, 2015

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Artık Seramik Tozu Kullanımının Çimento Harcı Özelliklerine Etkisi

Günseli KALINÇİMEN

Celal Bayar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali Uğur ÖZTÜRK

Bu çalışmada seramik fabrikalarından atık olarak açığa çıkan seramik tozunun, çimento katkı malzemesi olarak kullanımının sonuçları araştırılmıştır. Farklı oranlarda seramik tozu katılarak hazırlanan çimento harcı numunelerinde yayılma, dayanım, asit direnci gibi dayanıklılık özellikleri incelenmiştir.

Numunelerde kullanılan çimento ağırlığının %5, %10, %15 i yerine seramik tozu kullanılarak hazırlanan çimento harçlarının, taze ve sertleşmiş çimento harcı özellikleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Taze hal üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla yayılma deneyi yapılmıştır. Deney sonucunda katkı miktarı ile işlenebilirlik özellikleri arasındaki ilişkiler saptanmıştır.

Sertleşmiş haldeki çimento harçlarının özelliklerini belirleyebilmek için 5x5x5 cm küp ve 4x4x16 prizma ayrıtlı numuneler hazırlanmış, hazırlanan numuneler 1., 2., 7. ve 28. gün sonunda dayanım ve durabilite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneylere tabi tutulmuşlardır. Hazırlanan prizma numuneler, dayanım özelliklerinin incelenmesi için eğilme ve eğilme sonrası basınç deneylerine tabi tutulmuş ve en olumlu sonuçları veren numuneler belirlenmiştir.

Dayanım deneylerinin elde edilmesinin ardından durabilite özelliklerini belirlemek amacıyla asit dayanım deneyi yapılmıştır. Bu amaçla 28 gün sonunda kür havuzundan çıkarılan 5 cm ayrıtlı küp numuneler, tartımları yapıldıktan sonra %3,5'lük hidroklorik asit çözeltisi içerisinde 7 gün süreyle bekletilmiştir. 7 gün sonunda asit çözeltisinden çıkarılan numuneler tekrar tartılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında deney numunelerine ait kütle kayıpları ve kütlece yüzde kayıpları belirlenmiştir.

Araştırma sonucu elde edilen sonuçlara göre optimum seramik tozu katkı dozajı belirlenerek betonun erken yaştaki ve nihai özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Asit direnci, seramik tozu, çimento harcı, mekanik özellikler

2015, 40 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

The Effect of Using Waste Ceramic Powder on the Properties of Cement Mortar

Günseli KALINÇİMEN

**Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali Uğur ÖZTÜRK

In this study, usage of waste ceramic powders as cement additive material is investigated. Flow, strength, acid resistance values are investigated in cement mortar specimens prepared with ceramic powders by different ratios.

Ceramic powders are used with 5%, 10% and 15% by cement weight. Fresh and hardened cement mortar properties were investigated and evaluated.

Flow experiments were performed to obtain its results on fresh state properties. Relationship between additive amount and workability were obtained.

To obtain the properties of cement mortars in hardened state, cubical and prismatic samples were mold. Some experiments were performed to define the strength and durability properties, at ages 1,2,7 and 28. Prepared prismatic samples were examined under bending and compression after bending tests, and the samples with best properties were determined.

After obtaining strength values, acid resistance test was performed to obtain durability characteristics. After 28 days, cubic samples were weighted and then they were put into the 3,5% HCl solution for 7 days. After 7 days, samples were weighted again. According to the results of this experiment, weight losses were obtained.

Due to the results of these studies, fresh and hardened states properties of cement mortars were improved by determining optimum dosage of ceramic powder additives.

Keywords : Acidic resistance, ceramic powder, cement mortar, mechanical, properties,

2015, 40 pages

1.GİRİŞ

Yarattığı istihdam olanaklarıyla ülke ekonomilerine büyük katkı sağlayan İnşaat Sektörü diğer sektörler içerisinde ayrı bir öneme sahiptir. Zira günümüzde 'inşaat', yalnızca inşa etmek değil, bakım ve onarıma katkıda bulunan, çevreyle dost, sosyal yaşama, toplumsal yapıya doğrudan etki eden sürdürülebilir üretim anlamına da gelmektedir. Bu sektöre giderek artan ihtiyaçtan dolayı sektör hızla gelişen teknolojiye ayak uydurmak zorundadır.

Çimento esaslı malzemeler dünya üzerinde en çok kullanılan yapı malzemeleridir. Bu malzemelerden beton; inşaat sektörünün vazgeçilmez yapı malzemelerinden biri haline gelmiştir. İnşaat sektörüne paralel olarak beton sektörü de ülkemizde gelişen ve önümüzdeki günlerde de gelişmeye devam edecek olan bir sektördür. Betonun avantajlara sahip olması, betonun en önemli yapı malzemesi olarak inşaat sektöründe devamını sağlayacaktır. Farklı malzemeler katılarak farklı özellikler kazanabilen beton, üzerinde en çok araştırma yapılan yapı malzemesidir ve birçok atık malzeme betonda hammadde olarak kullanılabilir.

Son yıllarda birçok alanda tercih edilen çimento esaslı yapı malzemeleri, gelişen teknoloji sayesinde istenilen özellik ve kalitede üretilebilmekte, üretilen betonun sevkiyat ve yerleştirme olanakları artmakta ve tüm bu gelişmeler hazır beton teknolojisini cazip hale getirmektedir. Bu avantajlarının yanı sıra, uygun üretim prosedürlerine uyularak üretilen malzemelerin servis ömürleri boyunca yüksek dayanıma sahip olması ve çevresel etkiler karşısında dayanıklılık özellikleri göstermesi diğer önemli özelliklerindedir.

Çimento esaslı malzemelerin en yaygın kullanılan yapı malzemesi olmasının başlıca nedenleri; ekonomik olması, yüksek basınç dayanımına sahip olması, çok düşük olan çekme dayanımının tasarım ve uygulamada çelik donatı ile dengelenebilmesi, yangına dayanıklı olması, şekil verilebilme kolaylığına sahip olması ve istenen her yerde üretilebilir olması olarak sayılabilir [1].

Bilindiği gibi ülkemiz önemli deprem kuşaklarından birinin üzerinde yer alır. Türkiye Deprem Bölgesi haritasına baktığımızda dünyada depremden etkilenen ve

etkilenecek ülkeler sıralamasında ön sıralarda olduğumuzu görebiliriz. Bu haritaya göre, yurdumuz topraklarının % 92' si deprem bölgeleri içerisinde. Nüfusumuzun % 95' i bu bölgelerde yaşamakta, büyük sanayi merkezlerimizin % 98' i bu bölgelerde olup barajlarımızın % 92'si de deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Dikkatle değerlendirilmesi gereken bir olgu da ülkemiz topraklarının neredeyse dörtte üçünün 1. ve 2. derece deprem kuşağı içerisinde olduğu gerçeğidir.

Ülkemizde üretilen yapıların tamamına yakını betonarme taşıyıcı sisteme sahiptir. Bilindiği üzere betonarme sisteminin iki ana malzemesi beton ve donatıdır. Bu nedenle betonarme sisteminin niteliğini büyük ölçüde bu iki malzemenin kalitesi belirler. Depremde göçen-yıkılan binaların yıkılma nedeni elbetteki tek başına beton olamaz. Fakat beton dayanımındaki düşüklüğün betonarme yapısal elemanların göçme riski üzerindeki etkisi de tartışılmaz bir gerçektir. Düşey yükler altında yeterli gibi görünen dayanımı düşük bir beton, deprem sırasında yatay yüklere dayanamaz.

Depreme dayanıklı yapılarda hangi tip çimento kullanılacağına dair herhangi bir kısıtlama ya da belirlenmiş bir kriter yoktur. Genel anlayış içerisinde yapı için kullanılacak portland tipi herhangi bir çimento kullanılabilir. Piyasada konut üretiminde, eğer hazır beton kullanılmıyorsa betonun nasıl hazırlandığı, özellikle kolay yerleşsin diye su/çimento oranı ve dolayısıyla de slampı yüksek betonlar hazırlandığı bilinmektedir. Katkı kullanmaksızın üretilen bu yüksek slampı betonlar hazırlanırken beton içerisine bütün beton teorilerini alt üst edecek miktarda su konulduğu ve çimento dozajının da çok düşük tutulduğu bu gerçeğin diğer bir yüzüdür. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı için beton üretilirken Portland çimentolarından norm dayanım sınıfı yüksek çimentolar kullanılmalıdır. Beton için çimento dozajı sınırlaması getirilmeli ve 1. ve 2. derece deprem bölgeleri için yönetmeliklerde öngörülen BS 20 beton sınıfı yerine C 30 sınıfı kullanma zorunluluğu getirilmelidir [2].

Deprem kaçınılmaz bir gerçek olduğu için yapının; tasarım, uygulama, denetim ve kullanım aşamaları oldukça titiz bir çalışma ile yürütülmelidir. Bu aşamalardan; uygulamada kullanılan çimento esaslı malzemelerin özelliklerinin, gerek yapısal kalitenin sağlanması gerekse olumsuz şartlara karşı daha güvenli ve

yüksek performanslı yapı elemanlarının üretilmesi için iyileştirilip geliştirilmesi önem kazanmıştır.

Çeşitli olumsuz etkilere maruz kalan betonarme elemanın daha güvenli ve yüksek performanslı özellikler göstermesi için kimyasal veya mineral katkı maddeleri kullanılabilir. Bu maddeler özellikle zararlı çevresel koşulların hüküm sürdüğü ortamlarda önemli avantajlar sağlamaktadır. Kimyasal ve mineral katkıları sayesinde betonun sahip olduğu geleneksel fiziksel ve mekanik özelliklerinde iyileşme sağlanmış olmakta ve bir bakıma yeterli performans garanti edilmiş olmaktadır. Gerek kimyasal gerekse mineral katkı maddelerinin betonun performansı üzerindeki etkinliği öncelikle üretilen betonun beton gibi üretilip üretilmemesine ve devamında kullanılan katkı maddesi kimyasal ise miktarına ve konsantrasyonuna; mineral ise tipine, bileşimine, inceliğine ve miktarına bağlıdır. Dolayısıyla, hedeflenen performans kriterine ulaşmak için bu maddelerin her şeyden önce teknik ve teknolojik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekir [3].

Depreme dayanıklı yapılar için beton üretilirken değişik katkıların kullanımında fayda vardır. Özellikle, betonun kolay ve boşluksuz yerleşmesini kolaylaştırmak amacıyla betona fazla su ilave etmek yerine akışkanlaştırıcı-süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılabilir. Böylece daha düşük su/çimento oranında beton üretimi mümkün olabilir. Keza temel betonlarında geçirimsizlik türü katkıları akışkanlaştırıcı katkıları ilaveten kullanmak da mümkün olabilir. Bu temeldeki ve temel üzerinde yükselen kolonlar içerisine rutubet ve suyun nüfuz etmesini önleyerek, donatının korozyona uğrayıp depremde kolonların kolay yıkılmasını önler [2].

Kullanılması gittikçe yaygınlaşan bu katkı malzemeleri atık olarak ortaya çıkan malzemelerin geri dönüşümü ile çeşitlenmektedir. Genel tabiriyle katı atık yönetimi; kıt olan enerji, hammadde gibi tabii kaynakların maksimum verimi sağlayacak şekilde kullanılmasını, az atıklı üretimin desteklenmesini, atıkların geri kazanımını ve yeniden kullanımını, hava, su, toprak ve canlılara zarar vermeden bertarafının gerçekleştirilmesini amaçlayan toplama, taşıma, geri kazanım ve bertaraf işlemlerinin tümüdür. Bu; teknik, ekonomik ve sosyal disiplinler ile çok yönlü ilişkiler içerisinde olan önemli bir faaliyet dalıdır [4].

Günümüzde, atık olarak meydana çıkan malzemelerin yeniden kullanımı ve geri dönüşümü konusunda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda atıklardan yeni ürünler elde edilmesi ve/veya bunların katkı maddesi olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Önemli çevre sorunları haline gelen, atık araç lastikleri, uçucu küller, silis dumanı, granüle yüksek fırın cürufu ve mermer tozu gibi endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanılması ile olumsuz etkiler azaltılmaktadır. Atıkların yeniden kullanımı veya geri dönüşümü; sınırlı olan doğal kaynakların kullanımını azaltarak, doğanın tahrip edilmesini önlemekte, üretimde verimliliği arttırmakta ve atık depolanması sonucu oluşacak çevre problemlerini en aza indirmektedir [5].

Kısacası; atık malzemelerin alternatif kullanım alanlarının bulunması ile endüstriyel atıklar inşaat sektörünün değişik dallarında kullanılabilir; yapı malzemesi çeşidi ve miktarı artırılabilir, sınırlı doğal kaynakların hızlı tüketimi önenebilir, bu alanda ekonomik kazanç sağlanabilir ve atıkların sebep olduğu çevre problemlerine bir ölçüde çözüm bulunulabilecektir.

Bu araştırmanın amacı, seramik fabrikalarından üretim atığı olarak açığa çıkan seramik tozunun çimento katkı malzemesi olarak kullanım imkanlarını araştırmaktır.

Seramik fabrikaları atıklarından elde edilen seramik tozu da çok küçük küresel taneli olup yaklaşık %70 amorf silis içermesinden dolayı seramik tozunun puzolanik katkı maddesi olarak kullanılabilirliği belirtilmektedir [6].

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Puzolanlar

Puzolan, silis ve alümin içeren, kendi başına bağlayıcılık özelliğine sahip olmayan fakat ince öğütüldüklerinde normal sıcaklıkta ve sulu ortamda kalsiyum hidroksit ile birleştiklerinde bağlayıcılık değeri kazanan malzemelerdir. Volkanik küller, tras, pomza taşı ve pişirilmiş durumdaki bazı killer puzolanik malzemeler diye adlandırılırlar. Puzolanın katkı olarak çimento üretiminde kullanılması, bu yolla elde edilen çimentolarda ve bu çimentoların kullanılması ile hazırlanan betonlarda bazı teknik ve ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Şüphesiz puzolanın karakteristik yapısı ve kullanılan puzolanın miktarına bağlı olarak bu özellikler etkilenmektedir. Puzolanlar portland çimentosundan ucuzdur, bu sebepten dolayı puzolanlı çimentoların üretimi, portland çimentosu üretiminden her zaman ucuz olacaktır. Aynı zamanda, puzolanlı çimentoların teknik olarak sağladıkları önemli yararlar vardır. Genellikle puzolanlı çimentolar hidrasyon ısıları yavaştır bu da kütle beton inşaatlarında oldukça önemlidir. Puzolanlı çimentolar sülfatlara karşı daha dayanıklıdır. Puzolanlar kumayı ve ayrışmayı azaltır ve işlenebilirliği kolaylaştırırlar. En önemli dezavantajları ise dayanım artış hızları yavaştır [7,8,9,10,11].

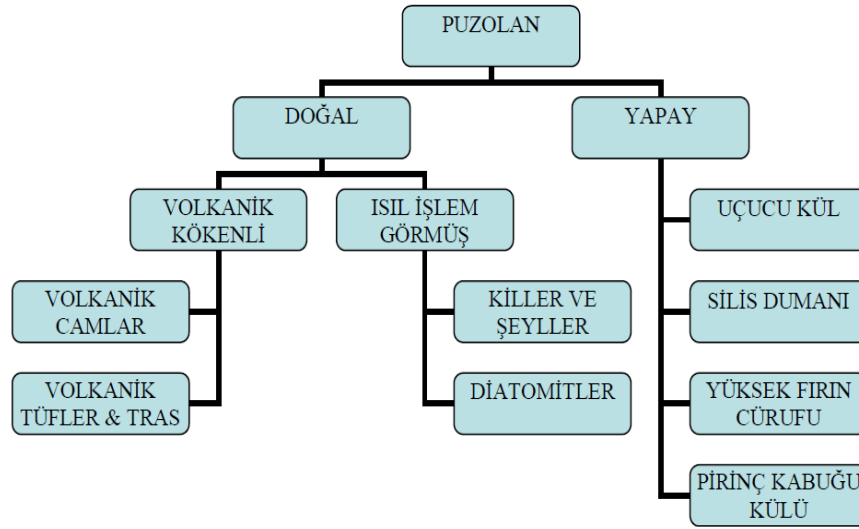
2.1.1. Puzolanların Sınıflandırılması

Bir puzolanın reaksiyonunda bağladığı kireç miktarı ne kadar fazla ise aktivitesi o kadar büyüktür ve puzolanik özelliği o kadar yüksektir. Bu özellik en çok puzolanın özgül yüzeyine bağlıdır. Puzolanik özelliği etkileyen diğer bir faktör de puzolanın içerdiği amorf SiO₃ veya camı ve zeolitik fazda bulunan Al₂ O₃ ile SiO₃ gibi reaktif maddelerdir. Puzolanlar, silisin bulunması nedeniyle asit bileşimine sahiptir, hidrojen florür (HF) hariç su ve oksitlerde çözünmezler. Puzolanlar oluşum şekillerine göre doğal veya yapay olmak üzere ikiye ayrılırlar [12].

Doğal puzolanlar; yaygın olarak bilinen adıyla traslar, kendi başlarına bağlayıcılık özelliğine sahip olmasalar da çok ince öğütüldüklerinde, normal sıcaklıklarda, sulu ortamlarda kireçle birleşerek bağlayıcılık özelliği kazanabilen, silis ve alümin oksitlerince zengin tüf çeşidi malzemelerdir. Türkiye doğal puzolan

kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Geçen yıllarda ülkemizde üretilen çimentoların yaklaşık 1/3'ü "Traslı Çimento"dan oluşmaktadır [13].

Yapay puzolanlar; kil, şist gibi doğal maddelerin kalsinasyonu sonucu oluşan puzolanlardır. Bunlar da doğal puzolanlarda olduğu gibi SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO v.b. oksit bileşenlerini içerirler. Ancak bu oksitler, reaksiyon sonucunda oluştuğundan bunlara yapay puzolan denir. Bileşimdeki SiO_2 'nin oranı ve aktiflik derecesi, puzolanın aktifliğini belirler [14].













Şekil 2.1. Puzolanların sınıflandırılması (Ün, 2007)









































Puzolanların çimentoya üretim sırasında veya sonradan katılmasıyla katkılı çimentolar oluşur. Katkılı çimentolarda su ile eriyen kireç erimez duruma geçer ve böylece çimento dış etkenlere karşı daha dayanıklı hale gelir, betonun plastikliği artar, su kasma ve çözülme olayları önlenir, betonun geçirgenliği azalır ve hidrasyon ısısı düşer. Kısaca; puzolanlı çimentoların portland çimentosundan üstünlükleri: Puzolanlı çimentolar;

Kirecin asitli ve CoCa 'li suların etkisiyle erimesini önler ve kimyasal dayanımı arttırır. Su içinde yapılan yapılar için kullanılır. Hidrasyon ısısı ve bu ısının çıkış hızı düşüktür. Kütle beton üretimi ve sıcak havada ve beton dökümü için uygundur. Geçirimsizlikleri az ve donda dayanımı daha fazladır. Satış fiyatlarının aynı

olmasına karşı üretimleri daha ucuza mal olur [15]. Puzolanların beton üzerindeki etkileri Şekil 2.2. ve 2.3.'de gösterilmiştir.

	 Azalır	 Hiç/Az Etki	Uçucu kül	Curuf	Silika Dumanı	Doğal Puzolan
	 Artar	 Değişir				
Su ihtiyacı						
İşlenebilirlik						
Terleme, Ayrışma						
Hava miktarı						
Hidratasyon Isısı						
Priz süresi						
Mastarlanma						
Pompanabilirlik						
Plastik büzülme çatlağı						

Şekil 2.2. Puzolanların taze beton özellikleri üzerine etkileri (Ün, 2007).

	 Azalır	 Hiç/Az Etki	Uçucu kül	Curuf	Silika Dumanı	Doğal Puzolan
	 Artar	 Değişir				
Dayanım kazanma hızı						
Sürtünme dayanımı						
Donma-çözülme buz çözücü tuzlara karşı dayanım						
Kuruma büzülmesi, sünme						
Geçirimlilik						
Alkali Silika Reaksiyonu						
Kimyasal dayanıklılık						
Karbonatlaşma						
Beton rengi						

Şekil 2.3. Puzolanların sertleşmiş beton özellikleri üzerine etkileri (Ün, 2007).

2.2 Seramik

Seramikler bir metal veya iki metal ile bir ametal atomun belirli oranlarda birleşmesinden oluşur. Metal olmayan atom çoğunlukla oksijendir.

Seramiklerde metaller katyon, ametaller ise anyon görevi yaparak güçlü iyonik bağlar oluştururlar. Ancak iyonik bağ dışında seramiklerde kovalan, kristal ve amorf yapılara da rastlanır.

Seramikler yalnız pişmiş toprak ürünleri olmayıp, metaller ve polimerlerle birlikte en geniş malzeme topluluğunu oluştururlar. Seramikler arasında, pişmiş kil ürünleri, refrakter malzemeler, camlar, aşındırıcılar, çimentolar, kayalar gibi çok farklı kökenli malzemeler sayılabilir [16]. Seramikler aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:



Şekil 2.4. Seramiklerin Sınıflandırılması

İnsanlık tarihi incelendiğinde, dünyanın en eski ürünleri arasında seramiği görmekteyiz. İnsanoğlunun yaşamında ilk başlardan beri suyu taşımak ve muhafaza etmek için çareler aramıştır. İnsan bitki sapsarı ile yaptığı sepeti, plastik ve ıslanınca

şekil alabilen, suyu zor geçiren kil ile sıvamış. Bu malzemenin ateşle sertleştiğini keşfedince insanoğlu ilk seramiği üretmiştir [17].

Seramik ilkel insan hayatında çanak, çömlek, ziynet eşyası için yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesi iken, daha sonraları pek çok alanda ihtiyaç karşılayacak bir niteliğe kavuşmuştur. Bu alanlardan bazıları;

Mekaniksel Uygulamalar; Endüstriyel seramikler, dayanım, sertlik ve aşınma direnci ihtiyacı duyulan uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Örnek olarak, makine operatörleri, silisyum karbür (SiC) ve silisyum nitrid (SiN) metal kesme takımlarını metallere şekil vermede; dökme demir, nikel esaslı alaşımlar ve diğer metalleri zımparalayarak parlatmakta kullanılırlar. Ayrıca silisyum nitrid (SiN), silisyum karbür (SiC) ve bazı zirkonya tipleri yüksek sıcaklıkların olduğu gaz-türbin motorlarının kompresörlerinde ve dizel motorlarının supaplarında kullanılırlar.

Elektriksel ve Manyetik Uygulamalar; Seramik malzemeler elektriksel özellikleri bakımından geniş bir kullanım alanına sahiptir. Seramikler, yalıtkan olarak (düşük elektrik iletkenliği sebebiyle), yarı iletken olarak (yalıtkanlardan daha fazla iletkenlik fakat iyi iletkenlerden daha az) ve iyi iletken olarak kullanılırlar. Ferritler (demir oksit içerikli seramikler) elektrik motorlarında düşük maliyetli manyetikler olarak yaygın bir şekilde kullanılırlar. Bu manyetikler elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmede yardımcı olurlar.

Uzay Sanayi Uygulamaları; Uzay mühendisleri, seramik malzemeler ve sermetleri, uzay aracının bazı parçalarının yapımında kullanırlar. Uzay mekiği için ısı kalkanı tuğlaları gibi bileşenler seramikten yapılır.

Biyoseramik Uygulamaları; Bazı gelişmiş seramikler kemik ve yumuşak doku ile uyum gösterir ve biyomedikal alanda vücut içerisine implantasyon yapmak amacıyla kullanılır.

Nükleer Güç Uygulamaları; Mühendisler, uranyum seramik tanelerini nükleer güç üretmek için kullanırlar. Bu taneler, yakıt imalat fabrikalarında gaz

uranyum hekza floridden (UF6) üretilir. Taneler daha sonra yakıt çubukları adı verilen içi boş borulara doldurulur ve nükleer güç santrallerine nakledilir.

Yapı ve inşaat uygulamaları; İmalâtçılar seramikleri tuğlalar, kiremitler, borular ve diğer inşaat malzemelerinin yapımında kullanırlar. Bu tür seramikler başlıca kilden elde edilir. Evlerde kullanılan lavabo, banyo küveti gibi demirbaşlar kil ve feldispat esaslı seramiklerden yapılır.

Seramik Kaplama Uygulamaları; Seramik malzemeler, yüksek sertliğe ve metallere göre daha iyi korozyon direncine sahiptir. Bu özellikleri dolayısıyla imalâtçılar tarafından metalleri seramik emaye ile kaplama amacı için kullanılırlar.

Bu alanlara bağlı olarak seramik, teknoloji ve sanatın birleştiği bir bilim olmuş ve sektör hızla gelişmiştir. Gelişen ve ilerleyen seramik sektörüyle artan fabrikalaşma, dünyada ve Türkiye’de giderek artış göstermiştir. Üretim artmış ve bu durumun doğal bir sonucu olarak seramik atık miktarı da artmıştır. Maliyetin büyük önem arz ettiği günümüzde bu atıklar önemli bir kayıp olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.2.1 Seramik Malzemenin Fiziksel Özellikleri

Geometrik özellikler: Bu özellik, yapı malzemesi olarak üretilen seramik malzemelerin boyutları ve bu boyutlardaki tolerans değerleri ile ilgilidir. T.S 202’ye göre normal karo fayansların boyutları 150x150x5,5 mm olacaktır. Uzunluk ve genişlikteki tolerans \pm % 1 kalınlıktaki tolerans \pm % 10 olmalıdır.

Birim ağırlık: Birim ağırlık, 105° C ısıdaki etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulmuş bir seramik malzemenin ağırlığının, geometrik yol ile bulunan dış hacmine bölünmesi ile elde edilir. Bu değerlerin hesaplanmasında, delikli olan seramik malzemelerin delik hacimlerinin dış hacimden düşülerek hareket edilmelidir. TS 705’e göre fabrika tuğlaları imal metotları yönünden Sinterleşmemiş tuğlalar ve Klinker tuğlaları olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Sinterleşmemiş tuğlalar; Dolu, düşey delikli ve yatay delikli olarak üç alt sınıfa; Klinker tuğlaları ise iki sınıfa ayrılır.

Hacim ağırlık: Hacim ağırlığı, 105° C ısıdaki etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulmuş malzemenin ağırlığının, malzemenin geometrik yolla bulunmuş hacmine

bölünmesi ile bulunur. Aynı hamurdan yapılmış seramik malzemeler içinde delikli olanların hacim ağırlığı dolu oranından küçüktür. TS 704'e göre harman tuğlalarında en büyük ortalama hacim ağırlığı , dolu harman tuğlaları için 1,80 kg/dm³ düşey delikli harman tuğlaları için 1,40 kg/dm³ olmalıdır.

Su emme: Su emme özelliği, seramik malzemeler içinde boşluklu olanlar için önem kazanır. Bunların içinde tuğlalar ve kiremitler için bu özellik daha önem kazanır. Su emme oranı seramik malzemenin kullanılma amacını belirleyen bir büyüklüktür. Bu büyüklük malzemenin ne oranda boşluklu oranda olduğunu gösterdiği için aranan fonksiyonu karşılayabilecek bir büyüklükte olmalıdır.

Özgül su emme: Bir dakika sürede 1 dm² alanda kapiler olarak emilen su miktarının gr olarak değeridir. Özellikle tuğla duvarlarda harcın suyunu emerek hidrasyon olayını sınırlamaması için tuğlaların özgül su emme değerinin 12-15 gr/dm² olması istenir.

Dona dayanıklılık: TS dona dayanıklılık özelliği fayanslar, kiremitler ve fabrika tuğlaları için aranan özelliktir. TS 202'ye göre dona dayanıklılık aranan fayanslar 25 kez uygulanan dondurma ve çözme işlemi sonucunda çatlama, kopma ve parçalanma görülmemesi gerekmektedir. TS 562'ye göre dona dayanıklılık deneylerinin bitiminden en az 24 saat sonra göz ile muayenede hiçbir kiremitte, kullanma sırasında zararlı olabilecek çatlak, kopma, pullanma ve dağılma gibi hasar görülmemelidir. Bir köşesinden tutarak tutularak bir demir parçası ile kiremide vurulması halinde tannan bir ses vermelidir. Dona dayanıklılık deneyi görmüş kiremitler üzerinde yapılacak eğilme deneyi sonunda kırılma yükü değerinin hiç birisi 90 kgf'ten, ortalarında ise 150 kgf'ten, az olmamalıdır.

Isı iletkenliği: Seramik malzemelerin ısı iletkenliği, diğer malzemeler için olduğu gibi hacim ağırlıklarının azalması ile küçülür. Bu nedenle, boşluklu seramik malzemelerin ısı iletkenliği boşluksuz seramiklerinden daha küçüktür. Malzemenin boşluklu olmasının yanı sıra, delikli olarak yapılması ısı iletkenliği küçüleceği gibi, deliklerin şaşırma olarak düzenlenmesi de ısı akısının yolunu uzatacağı için ısı iletkenliğini küçültür.

Isı genleşme katsayısı (ısı genleşme): Her madde ısınması sonucu genişir, yani hacmi büyür. “Genleşme; ısı enerjisinin, maddenin atomlarına denge durumları etrafında titreşim yaptırmasından doğar. Birbirinden uzaklaşan atomlar cismin hacminin artmasına sebep olurlar”.Isı genleşme katsayısı, birim uzunluktaki bir cismin, sıcaklığının 1° C arttırılması halinde yaptığı uzama miktarıdır.TS 202’ye göre karo fayansların ısı genleşme katsayısı $5 \times 10^{-6} - 9 \times 10^{-6}$ arasında olmalıdır.

Rengin ışığa dayanımı: Bilindiği gibi, güneş ışıkları zamanla bir çok yapı malzemesinin rengini giderir. Bu nedenle, özellikle bitirim malzemelerinde (cephe kaplaması, döşeme kaplamaları), malzeme rengini zamanla güneş ışınlarından dolayı solması, bozulması beklenir. Seramik malzemeler, genellikle metal oksitlerle renklendirilmiş olduklarından (örneğin; pişmiş toprak kilde doğal olarak demir oksit bulunur) güneş ışınlarına karşı iyi bir dayanım gösterirler [18].

2.2.2 Seramik Malzemenin Kimyasal Özellikleri

Seramik malzemelerin yapıda kullanılmaları ile ilgili olarak karşılaşılabilecekler bazı belirgin kimyasal olaylar ve etkenler vardır. Bunlar:

- Çiçeklenme (Effloresans) olayı
- Seramik Malzemede Kireç ve Manyezi Bulunması
- Seramik Malzemenin Asit,Alkali ve Deterjanlara Dayanıklılığı

Çiçeklenme Olayı: Çiçeklenme boşluklu seramiklerde–genellikle pişmiş toprak malzemede görülen bir kimyasal olaydır. Çiçeklenme harçta ve pişmiş toprak malzemede bulunan, suda eriyebilen nitelikteki tuzların malzemedeki kılcal boşluklardan hareket ederek yüzeye çıkmaları ve burada suyun buharlaşması sonucu birikmesi olayıdır.

Çiçeklenmeye sebep olan suda eriyebilen nitelikteki tuzların başlıcaları şunlardır:

- Sülfatlar: Na_2SO_4 (Glamber tuzu), $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Klorürler, Nitratlar, Karbonatlar
- Diğer tuzlar: Vanadyum, Manganez, Demir, Molipden ve Krom tuzları

Çiçeklenme, genellikle bir tuğla duvarda önemli bir bozulamaya sebep olmamakla birlikte, sıvalı ya da sıvasız olsun, duvarın görevini bozar. Örneğin iyi pişmemiş tuğlaların yüzeyinde tozlanmaya veya yapraklanma(pullanma) şeklinde dökülür.

Çiçeklenmeyi Doğuran Olaylar: Çiçeklenme değişik olaylar sonucu meydana gelebilir. Başlıca nedenleri şunlardır;

- Malzemenin yanlış depolanması.
- Pişmiş toprak malzemenin uygulamasında kullanılan harçtaki bağlayıcı maddede bulunan serbest kireç, pişmiş toprak malzemedeki bulunan Na_2SO_4 ile birleşerek $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ meydana getirir. Bu da çiçeklenmeye sebep olur.
- Linyit kömürü ile pişen tuğlalarda, dumanda bulunan kükürtlü gazlar tuğlada Na_2SO_4 (glauber tuzu) meydana getirir.

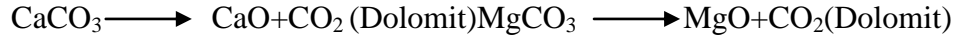
Çiçeklenmenin Giderilmesi: Çiçeklenme, genellikle suyla yıkanmak ve fırçalanma suretiyle giderilebilir. Ancak, değişik kökenli çiçeklenmelerde çiçeklenmenin giderilmesinde de farklılıklar vardır.

- Tuğlaların veya pişmiş toprak malzemelerin daima kuru yerlere konulması ve depolanması gereklidir.
- Tuğlaların yüzeylerindeki döküntüler HCl asidi ile temizlenerek giderilebilir.
- Na_2SO_4 'den oluşan çiçeklenmeler su ile yıkanarak giderilir.
- Karbonatlara bağlı olan çiçeklenmeler asitlerle temizlenebilir.

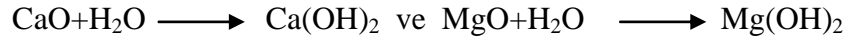
Çiçeklenmelerin, duvarın yapımı sırasında önlenmesi amacı ile alınacak tedbirler:

- Zemin sularına karşı duvarları su geçirmez hale getirmek.
- Duvar ve kaplama malzemesini harç ile yerine yerleştirmeden evvel su ile tamamen doyacak derecede su içinde bırakmamak.
- Yeni yapılmış yapı kısımlarını yağmura karşı korumak.
- Letiyeli çimentoları kullanmamak.

Seramik Malzemede Kireç Ve Manyezi Bulunması: Pişmiş toprak hamurunda bulunan CaCO_3 ve MgCO_3 kilin pişmesi sırasında CaO ve MgO 'e dönüşür.



Bazı hallerde her ikisi beraber bulunur (dolomit). Pişmiş toprak içinde CaO veya MgO olarak bulunan kireç veya manyezi, su ya da nem ile karşılaştığı zaman HİDROKSİT haline dönüşür. Ve bir hacim artması meydana gelerek pişmiş toprak malzemeye zarar verir.



Meydana gelen hidroksit, büyüklüğüne ve pişmiş toprak malzeme içindeki yerine göre pişmiş toprağın kısmen veya tamamen parçalanmasına sebep olur. TS 562'ye göre oluklu kiremitler (Marsilya tipi kiremit) 2 saat kaynar suda bırakıldıktan sonra sudan çıkarılır ve deneye tabi tutulan 5 kiremit göz ve el ile ölçülmek suretiyle muayene edilir. Patlakların derinliği 1mm duyarlıklılı ölçülür [18].

Yapılan bu muayeneler sonunda,

- Patlaklarının hiçbirinin derinliği 3mm'yi geçmemelidir.
- Patlakların kiremit yüzeyinde ölçülen en büyük çaplarının toplamı 12cm'den fazla olmamalıdır.
- Çatlak, kopma vb. gibi diğer hasarlar kiremitlerin kullanılması sırasında zararlı olabilecek derecede olmamalıdır.

2.2.3 Seramik Malzemenin Mekanik Özellikleri

Gevrek kırılma: Seramikler sahip oldukları bağ yapıları (kovalent-iyonik) nedeniyle plastik şekil vermeleri kötüdür, gevrek davranış gösterirler. Basma dayanımları çekmeden iyidir. Çünkü üretim esnasında oluşan boşluk ve düzensizlikler çentik etkisi yapar. Seramik türü malzemeler çok sert olduklarından çekme testi uygulamak zordur. Çünkü çeneler sert malzemeleri tutamaz. Bu nedenle üç noktadan eğme testi uygulanır.

Statik yorulma: Zorlama kimyasal yolla gerçekleşir. Özellikle sıvı ortamda ve oda sıcaklığında görülür. Su molekülü ile Si-O-Si molekülü etkileşerek Si-O-H bağları oluşturmakta ve camın ağ yapısına zarar vermektedir.

Sürünme: Seramiklerin ergime sıcaklıkları yüksek olduğu için sürünme dayanımları yüksektir. Ana mekanizma tane sınırı kaymasıdır.

Isıl şok: Seramikler ısıyı kötü ilettilikleri için görülür. Isıl genleşme farklılıkları kırılmalara sebep olur.

Vizkoz akış: Camsı seramik yapı T_c kristalleşme sıcaklığının altında gibi davranır. Camları yüksek sıcaklıkta gösterdiği vizkoz akış nedeniyle ato cam üretimi yapılmaktadır. T_e sıcaklığında atomlararası kuvvetli bağlar oluşmaya başlar, kısmen zayıf bağlı atomlar bağıl hareket ederek ve ısıl büzümeye ek olarak hacimce azalma olur. T_c sıcaklığında atomlar arası kuvvetli bağların oluşumu tamamlanır. Katılaşıırken bu tür hacim-sıcaklık değişimi gösteren malzemelere cam denir.



Şekil 2.5. Seramiğin hacim-sıcaklık değişimi

2.2.4 Seramik Malzemenin Elektriksel Özellikleri

Seramikler genellikle yalıtkan malzemelerdir. Elektriği iletmezler fakat elektrik alanına tepki gösterirler. Kondansatör üretiminde kullanılır. Kilden üretilen refrakter malzemeler yüksek sıcaklığa dayanıklıdır. Ve iyi yalıtım sağlarlar. Bunun için yüksek oranda silis, alüminat ve magnezyum oksit içeren kiler kullanılır. Alüminat oranı arttıkça ateşe dayanıklılık artar. Asidik ateş tuğlalarında ana bileşen silis, bazik ateş tuğlalarında magnezyum oksittir [18].

2.2.5 Türkiye’de seramik fabrikaları ve üretim atıkları

Türk seramik sektörünün ilk örnekleri 13. yüzyıla dayanmaktadır. Anadolu’da yapılan kazılarda 13.yüzyıldan kalma çeşitli seramik kaplamalara rastlanmıştır. Ayrıca Orta Asya’daki Türk boylarının geliştirdiği ve Selçuklularla Anadolu’ya taşınan ve günümüzde hala sürdürülmekte olan seramik sanatı “Çinicilik” dünya çapında ün kazanmıştır. O zamanlardan kalma cami, kütüphane ve hamam gibi yapıtlarda o dönemki çiniciliğe ait örnekler hala varlığını korumaktadırlar.

Bugün sektörün lokomotif ürün grubu seramik karodur. Türk seramik kaplama malzemeleri sektörü özellikle 1990 yılından sonra yaptığı yatırımlar ile bugün dünya seramik karo üretiminde söz sahibi olmayı başarmıştır. Ülkemiz seramik kaplama malzemeleri üretiminde Dünya’da 9’uncu, ihracatında Dünya’da 4’üncü sırada yer almaktadır.

Türkiye, dünyanın önde gelen sağlık gereci üreten ülkelerinden biridir. Büyük oranda yerli girdiler kullanan sektör, yüksek ihracat rakamları ile ülkemizin rekabet gücüne katkı sağlayan en önemli sektörlerinden biridir. Ülkemiz seramik sağlık gereçleri üretiminde ve ihracatında Avrupa’da birinci ülkedir. Türkiye 2012 yılında seramik kaplama malzemeleri sektöründe 432 milyon m²’ye ve seramik sağlık gereçleri sektöründe 22 milyon parçaya (330 bin ton) ulaşan üretim kapasitesi ile dünyadaki en büyük üretici ülkeler arasında yer almaktadır (Ceramic World Review, 2013). Sektörün ihracat değerlerine bakıldığında da dünya çapında önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Türkiye kaplama malzemeleri üretiminde Avrupa üçüncüsü, sağlık gereçleri üretiminde ise Avrupa birincisidir (TOBB, 2011).

Özellikle kaplama malzemeleri sektöründe yeni teknoloji fırın yatırımları yapılarak hem tesis verimlilikleri arttırılmakta, hem de ABD ve Avrupa pazarına yönelik yüksek kaliteli ürünler üretilmektedir. Üretim değerlerinin kaplama malzemeleri sektöründe 2012 yılında 2011 yılına göre %4,6 oranında, sağlık gereçleri sektöründe ise %6,5 oranında artış göstermesine dayanarak sektörün gelişmekte olduğunu göstermektedir (Ceramic World Review, 2013). 2013 yılı seramik karo ve kaldırım taşı imalatı üretim endeks ortalaması ise bir önceki yıla göre %0,36 oranında azalarak 96,85 olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye’de seramik üretimi yapan fabrikalarda üretim teknolojilerine bağlı olarak üretilen seramiklerde %1-5 oranlarında atık malzeme ortaya çıkmaktadır [6].

Tablo 2.1. Türkiye’de seramik sektörünün 2002 yılı profili

	Kaplama Malzemeleri	Sağlık Gereçleri	Sofra ve Süs Eşyaları	Teknik Seramikler
Fabrika Sayısı (Adet)	21	28	17	8
Üretim Kapasitesi	710 Mil. m ²	560 000 ton	300 000 ton	100 000 ton
Üretim Atıkları KO%	%1-5	%1	%8	%6

Bu atıkların büyük bir kısmı geri dönüştürülemede ve depolanması ekonomik, çevre kirliliği açısından problemler ortaya çıkarmaktadır. Atık seramikler kırılarak çeşitli boyutlara getirilip beton üretiminde agrega olarak kullanılabilir gibi boyutu küçültüldüğünde harç üretiminde kum yerine de kullanılabilir.

Seramikler yüksek sıcaklıklarda üretildiğinden kırmataşlara göre yüksek sıcaklık dayanıklılığı daha fazladır. Dolayısı ile yüksek sıcaklığa dayanıklı beton üretiminde kullanılabilir. Seramiklerde diğer pişmiş killer gibi öğütüldüklerinde bağlayıcı özellik göstermekte ve çimento yerine değerlendirilebilmektedir. Ayrıca çimento üretimi sırasında kullanılarak katkılı çimentolar da elde etmek mümkündür.

Çimento üretiminde klinkerin elde edilmesi için 1400 °C gibi yüksek sıcaklıklara çıkılması gerekmekte bu da CO₂ salınımını arttırmaktadır. Bu çevre kirliliğini azaltmak için çimento üretiminde daha az klinker kullanılarak yerine puzolanik özellikli mineral katkıları ilave edilerek kompoze çimentolar üretilmektedir. Pişmiş kil atıkları beton ve kompoze çimento (CEM II) üretiminde değerlendirilebilecek kadar fazla miktarda ortaya çıkmaktadır.

Yapılan çalışmalarda atık seramik tozlarının Portland çimentosu yerine % 20 oranına kadar kullanılması önerilmiştir. Atık seramik tozu oranı % 20’yi aştığında basınç dayanımlarının hızla azaldığı vurgulanmıştır. Seramik atıklarının farin karışımında değerlendirilmesi ile TSEN 197-1 e uygun klinker ve çimento elde edilebileceği görülmüştür. Seramik tozlu çimentoların priz süreleri artmıştır. Hacim

genleşmeleri seramik tozu katılmasıyla 10 mm geçmemiştir. Seramik tozu ile üretilen harçların eğilme dayanımları 28 günde 3.5-7 MPa arasında değişmiştir. Seramik tozu oranı arttıkça eğilme dayanımları düşmüştür.

Harçların basınç dayanımları Seramik tozu kullanılması durumunda düşmüştür. 28 günde %0-50 seramik tozu kullanılması ile 35-15 MPa arasında değişmiştir.

Agregadaki aktif silis ve çimentodaki alkali oksitler birleşerek ASR jellerini oluşturur. Bu jeller ortam nemi ile birleşerek büyük genleşmelere neden olur. Bu da betonda çatlak oluşumlarına ve hatta taşıma gücü kaybına yol açar. ASR çok eskiden beri bilinmekte olup hala ülkemizde yeterince önem verilmeyen bir sorundur.

Özellikle ASR çatlakları üretimi takip eden 6 ay içerisinde kendini göstereceğinden önlem alınması olanaksızdır. Ülkemizde ASR, köprü ayakları, beton direk, istinat duvarları, brüt beton uygulamaları gibi dış ortam nemine maruz kalan sahil bölgelerinde sıkça görülür.

Öğütülmüş atık seramiklerle üretilmiş katkılı çimentoların kullanıldığı harç karışımlarında yapılan ASR deneyi sonuçları incelendiğinde boy değişimleri ST kullanılması ile artmıştır. Fakat potansiyel zararlılık sınırı olan % 0.1'i geçmemiştir.

Seramik tozu kullanımının ASR dayanıklılığına olumlu katkısı olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu etkinin olabileceği yerlerde seramik tozu katkılı çimentoların kullanılması tavsiye edilebilir [19].

3. DENEYSEL KISIM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılacak olan CEN (European Committee for Standardization) standart kumu Limak Batı Çimento firmasının Kırklareli fabrikasından temin edilmiştir. Limak Batı Çimento tarafından standart kum numunesine ait kalite kontrol deneyi yapılmış olup analiz sonuçları çıkarılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. CEN standart kumu analiz sonuçları

Tane Büyüklüğü Dağılımı Kare göz açıklığı (mm)	STANDART Kümülatif Elekte Kalan (%)	ANALİZ SONUÇLARI
2,00	0,00	0,00
1,60	7±5	6,99
1,00	33±5	33,91
0,50	67±5	64,72
0,16	87±5	86,05
0,08	99±1	99,24

Tablo 3.2. CEN standart kumuna ait rutubet yüzdesi

	STANDART	ANALİZ SONUÇLARI
Rutubet (%)	0,20	0,07

Harçların hazırlanması aşamasında Çimbeton A.Ş. firması tarafından üretilen TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 42,5 R tipi portland çimentosu kullanılmıştır. Bu çimentoya ait fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3. CEM I 42,5 R tip çimento analizi

Çimento Tipi	CEM I 42,5 R				
	Birim	Deney Metodu	Uygunluk Kriteri (TS EN 197-1)	Değer	
Çözünmeyen Kalıntı	%	TS EN 196-2	\leq %5,0	0,10	
Klorür Muhtevası (Cl^-)	%	TS EN 196-2	\leq %0,1	0,01	
Sülfat Miktarı (SO^3)	%	TS EN 196-2	\leq %4,0	2,82	
Kızdırma Kaybı	%	TS EN 196-2	\leq %5,0	3,63	
Priz Başlama Süresi	dk	TS EN 196-3	\geq 60	155	
Priz Bitiş Süresi	dk	TS EN 196-3	-	230	
Özgül Yüzey (Blaine)	cm^2/gr	TS EN 196-6	-	3640	
Hacim Genleşmesi	mm	TS EN 196-3	\geq 10	0,5	
Erken Dayanım (2 gün)	N/mm^2	TS EN 196-1	\geq 20	-	27,60
Standart Dayanım (28 gün)	N/mm^2	TS EN 196-1	\geq 42,5	\leq %62,5	50,40
Kimyasal Kompozisyon	C3S	C2S	C3A	C4AF	
Miktarı (%)	69,58	9,20	6,74	10,74	

Diğer yandan deneyler kapsamında kullanılacak olan seramik tozu Serel Seramik firmasının Manisa firmasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntemler

Farklı oranlarda seramik tozu katılarak hazırlanan çimento harcı numunelerinde yayılma, dayanım, asit direnci gibi dayanıklılık özellikleri incelenmek amacıyla harç örnekleri hazırlanmıştır. Numunelerde kullanılan çimento ağırlığının %5, %10 ve %15 i yerine seramik tozu kullanılarak hazırlanan çimento harçları CP05, CP10 ve CP15 olarak ifade edilmiştir.

Tablo 3.4. Karışım Oranları

Seri Adı	Standart Kum (gr)	Çimento (gr)	Su (gr)	Seramik Tozu (gr)
Referans	2025	675	340	-
CP05	2025	641,25	340	33,75
CP10	2025	607,5	340	67,5
CP15	2025	573,75	340	101,25

Hazırlanan çimento harcı serileri ASTM C 109'a uygun 5x5x5 cm küp ve TS EN 196-1'e göre hazırlanan 4x4x16 cm boyutlarındaki prizma numunelerden oluşmaktadır. Bu amaçla kullanılacak olan küp ve prizma geometri metal kalıplar Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Standart küp ve prizma kalıplar

Harç örneklerinde kullanılacak malzemelerin elektronik tartı ile tartılmalarının ardından harç haline getirmek amacıyla çimento mikserinde karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma işleminin ardından elde edilen harç örnekleri yapışmayı engellemek amacıyla önceden iç yüzeyi yağlanmış olan küp ve prizma kalıplar içerisine yerleştirildi. Karıştırıcı beton mikseri görünümü Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Otomatik karıştırıcı

Kalıplara iki tabaka halinde yerleştirilen harç örneği TS EN 12390-2'de belirtildiği gibi daire kesitli çubuk ile her tabakada en az 25 defa şişlenmiştir. Şişleme aşamasında ilk tabakanın sıkıştırılmasında, çubuğun numune kalıbının tabanına hızla çarpmaması ve diğer tabakanın sıkıştırılması esnasında da alt tabakaya girmemesine dikkat edilmiştir.

Kalıpların doldurulmasının ardından kalıp yüzeyinin üzerinde kalan fazla harç mala yardımıyla kesme hareketi yapılarak yüzey tesviyesi gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen deney numuneleri TS EN 12390-2'de belirtildiği gibi 24 saat şoktan, titreşimden ve kurumadan korunarak $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta bekletildikten sonra kalıptan çıkarılmıştır.

Deney numunelerinin deney yapılacak olan güne kadar sağlıklı bir ortamda saklanması gerekmektedir. Bu amaçla TS EN 12390-2'ye göre deney numunelerinin

kalıptan çıkarılmasından itibaren deney yapılacak güne kadar (20±2) °C sıcaklıktaki su içerisinde veya sıcaklığı (20±2) °C ve bağıl nemi \geq %95 olan kür odasında küre tâbi tutulmalıdır. Kür odası içerisindeki numune yüzeylerinin sürekli şekilde ıslak kaldığı, düzgün aralıklarla kontrol edilmelidir. Şekil 3.3.'de gösterilen kür havuzu içerisinde, su numunelerin bütün yüzeyleriyle temas edebilecek şekilde ayrı ayrı yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Kür havuzu

Farklı oranlarda seramik tozu ilavesiyle elde edilen çimento harcı örneklerinin mekanik ve durabilite özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla seçilen günlerde çeşitli deneyler yapılmıştır. Çimento harcı örneklerinin mekanik deneyler kapsamında, eğilme dayanımı, eğilme sonrası basınç dayanımı ve yayılma davranışları incelenmiştir. Durabilite özellikleri olarak da asit dayanımı araştırılmıştır.

3.2.1 Mekanik Deneyler

3.2.1.1 Yayılma Deneyi

Çimento esaslı malzemelerin kolayca karılabilmesi, segregasyona uğramadan taşınabilmesi, kalıba daha kolay bir şekilde yerleştirilebilmesi, boşluksuz olarak elde edilebilmesi ve yüzeyinin düzeltilebilmesi gibi özelliklere sahip olması betonun

işlenebilirlik performansı ile alakalıdır. Çimento esaslı malzemelerin işlenebilirlik performansı, kıvam ölçüsünün elde edilmesiyle belirlenir. Taze betonun kıvamı TS EN 206-1'e göre 4 şekilde tayin edilir.

1. Çökme deneyi, (EN 12350-2'e göre)
2. Vebe deneyi, (EN 12350-3'e göre)
3. Sıkıştırılabilirlik derecesi, (EN 12350-4'e göre)
4. Yayılma tablası deneyi, (EN 12350-5'e göre)

Bu projede taze betonun kıvamını belirleyebilmek amacıyla yayılma tablası deneyi uygulanacaktır. Yayılma tablasının görünümü Şekil 3.4.'te verilmiştir.

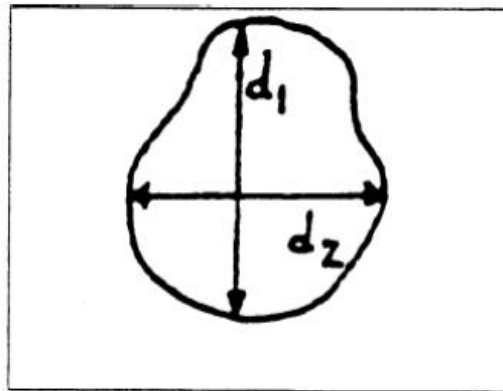


Şekil 3.4. Yayılma tablası

Yayılma tablası, düz, yatay, titreşim veya darbe tesiri olmayan bir zemine yerleştirilir. Tablanın menteşeli üst plâkasının belirlenen yüksekliğe kadar kalkıp, alt durdurucular üzerine serbestçe düşmesi yerinde kontrol edilir. Üst plâkanın alt durdurucular üzerine düştüğü anda sıçrama eğilimini en aza indirmek üzere gerekli mesnetleme tedbirleri alınmalıdır.

Tabla ve kalıp temizlenir ve deneyden hemen önce yüzeyde serbest su kalmayacak şekilde nemlendirilir. Temas blokları temizlenir. Kalıp, üst plâkaya merkezi olarak yerleştirilir ve ayak parçalarına basılarak veya iki mıknatıs yardımıyla bulunduğu konumda sabitlenir. Taze beton kalıba iki eşit tabaka halinde kepçe kullanılarak doldurulur, doldurma esnasında her tabaka sıkıştırma çubuğu ile 10 defa hafifçe tokmaklanarak sıkıştırılır. Gerekli olması halinde, ikinci tabakaya, kalıp üst yüzünden taşıncaya kadar taze beton ilâve edilir. Kalıp üst seviyesinden taşan fazla beton, sıkıştırma çubuğu kullanılarak sıyrılıp alınır ve tabladaki beton kalıntıları temizlenir. Kalıp üst yüzeyinin sıyırılmasından 30 saniye sonra, kalıp el tutamaklarından tutularak düşey şekilde yukarıya doğru çekilerek alınır. Kalıbın çekilme işlemi 3 saniye . 6 saniye arasındaki sürede tamamlanmalıdır.

Tablanın ön tarafında bulunan uç levhasına basılarak yayılma tablası sabitlenir ve üst plâka, durdurma parçasına kadar yavaşça kaldırılır, kaldırma esnasında üst plâka, durdurma parçasına sert çarpmamalıdır. Üst plâka, alt durdurucular üzerine serbestçe düşürülür. Bu işlem toplam 15 düşürme yaptırılacak şekilde tekrarlanır. Her kaldırıp düşürme işlemi, 2 saniyeden az, 5 saniyeden daha fazla olmayan sürede tamamlanmalıdır. Düşürme işlemleri tamamlandıktan sonra üst plâkaya yayılan beton tabakasının en büyük boyutları, plâka kenarlarına paralel iki doğrultuda cetvelle d_1 ve d_2 olarak ölçülür(Şekil 3.5.). İki doğrultuda alınan ölçüm sonuçları en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.



Şekil 3.5. Yayılma değerleri

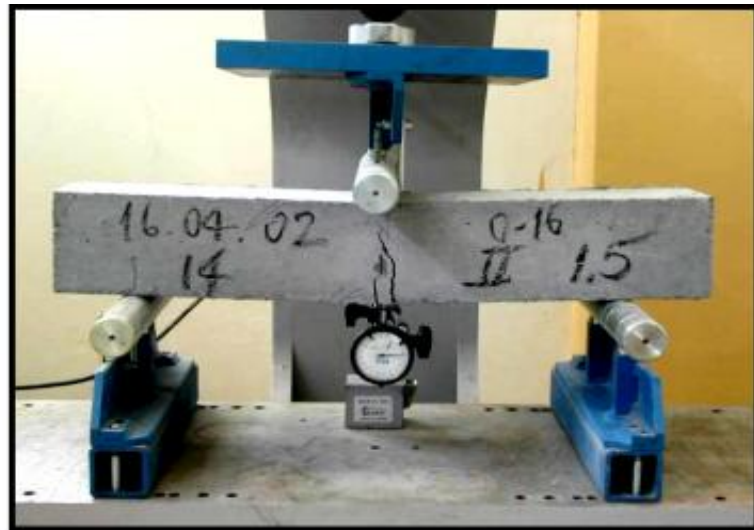
Tabla üzerinde yayılan beton tabakasında ayrışma meydana gelip gelmediği kontrol edilmelidir. Çimento hamuru kısmı, iri agrega taneleri etrafında, birkaç milimetre ötede halka meydana getirir şekilde ayrılmış olabilir. Bu şekilde oluşmuş ayrışma kaydedilmeli ve bu deney geçersiz kabul edilmelidir.

Yayıma değeri, $(d_1 + d_2) / 2$ olarak belirlenir ve en yakın 10 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir.

3.2.1.2 Eğilme ve Eğilme Sonrası Basınç Deneyleri

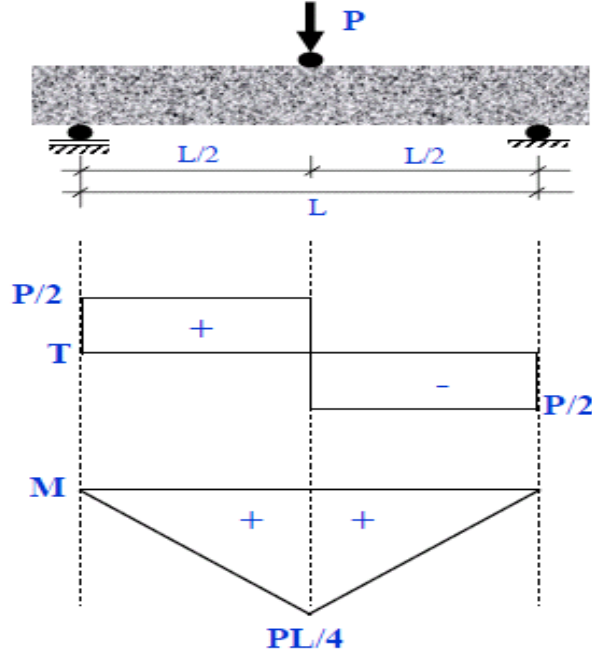
4x4x16 cm ayrıtlı prizma örnekler kullanılarak üç nokta eğilme deneyi yapılmıştır. Su içerisinde bekletilen numuneler, deney için sudan çıkartıldıktan sonra, yüzeylerindeki fazla su, deney makinasına yerleştirilmeden önce, silinerek temizlenmelidir. Deney makinesinin tüm yükleme yüzeyleri silinerek temizlenmeli, deney numunesinin, silindirlerin temas edeceği yüzeylerindeki herhangi gevşek tane veya diğer fazlalık malzeme alınmalıdır. Deney numunesi, makinaya tam merkezlenerek ve numune boyuna eksenini, üst ve alt yükleme silindirleri boyuna eksenine dik açı teşkil eder şekilde yerleştirilmelidir.

Yerleştirilen prizma şekilli deney numuneleri, mesnet (alt) ve yükleme (üst) silindirleri yoluyla yük uygulanarak eğilme momentine maruz bırakılır. Ulaşılan en büyük yük kaydedilir ve eğilme dayanımı hesaplanır.



Şekil 3.6. Üç nokta eğilme deneyi

Üç nokta eğilme deneyi sonucu meydana gelen kesit kesme kuvveti ve moment diyagramları Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Kesme kuvveti ve moment diyagramları

3 nokta eğilme deneyi $L=10$ cm açıklıkta uygulanmış ve ardından kırılma yükü okunduktan sonra eğilme dayanımı Bağıntı 3.1.'den hesaplanmıştır.

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{\frac{P \times L}{4}}{\frac{b \times h^2}{6}}$$

(3.1.)

σ : Eğilme dayanımı (kgf/cm^2),

M : Maksimum moment,

W : Mukavemet momenti,

P : Kırılma yükü (kgf),

b : Kesit genişliği,

h : Kesit yüksekliği

Not: Elde edilen eğilme dayanımı değerlerinin birimleri kgf/cm^2 'den MPa'ya çevrilerek verilmiştir.

Üç nokta eğilme deneyi sonrası iki parçaya ayrılan yarım prizmalar üzerinde eğilme sonrası basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Bu amaçla Şekil 3.8’de görülen sert metalden bir aparat içine yerleştirilen yarım prizma örnekler 40x40 mm²’lik alanda tek eksenli basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.8. Eğilme sonrası basınç deneyi

3.2.2 Durabilite Deneyleri

3.2.2.1 Asit Dayanımı Deneyi

Ağırlıkları ölçülmüş 28 günlük küp deney örnekleri ağırlıkça %3,5’luk HCl (hidroklorik asit) çözeltisi içerisine atılmış ve 7 gün süreyle asit çözeltisi içerisinde bekletilmiştir. 7 günün ardından deney örneklerinin ağırlık ölçülmüş ve ağırlık değişimleri hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

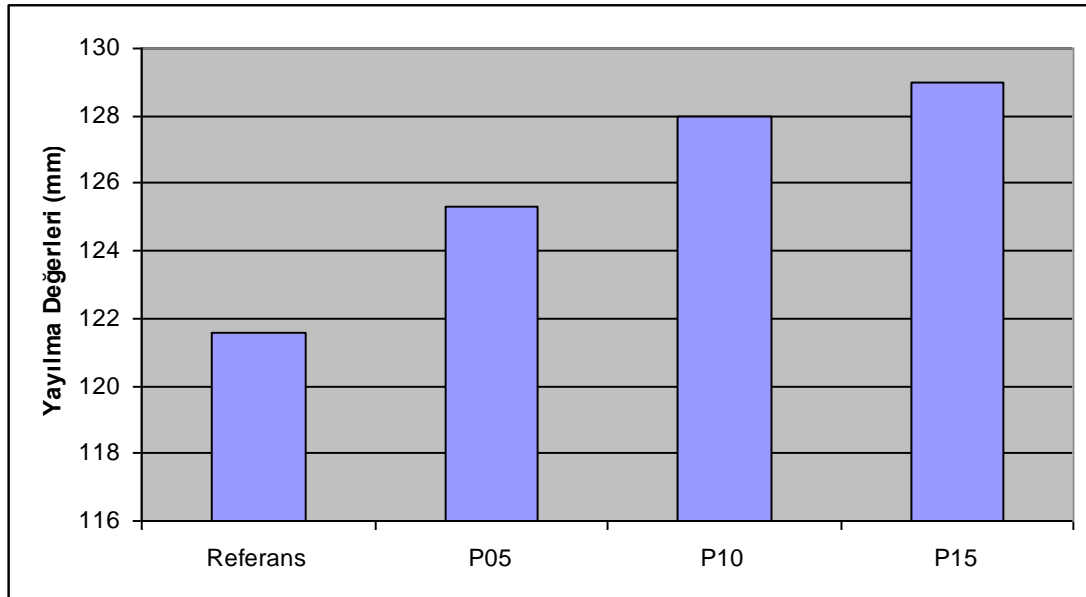
4.1. Mekanik Deney Sonuçları

4.1.1. Yayılma Deneyi Sonuçları

Beton üretiminde göz önüne alınması gereken en önemli kriterlerden biri de betonun “işlenebilirlik” genel tanımı altında toplanabilecek olan özellikleridir. Sertleşmiş betonun dayanım, dayanıklılık ve boyutsal stabilitesinin istenilen düzeyde olabilmesi, büyük ölçüde taze haldeki özelliklerine de bağlıdır. Beton, bileşenlerinin su ile karıştırılmasından sertleşmeye başlamasına kadar geçen sürede plastik kıvamdadır. Plastik kıvamda olan ve sertleşmemiş haldeki betona “taze beton” denir. [20]

Taze betonun işlenebilirlik özelliğinin sertleşmiş beton kalitesini doğrudan etkilediğini söylenebilir. İşlenebilirliği düşük olan betonlar, boşluklu yapıda olduklarından bu betonların dayanım ve dayanıklılığı da çok düşük düzeylerde olur.

Çimento harcı örnekleri hazırlanırken yayılma tablasında hazırlanan örneklerin seramik tozu dozajına bağlı olarak akış değerleri belirlenmiştir. Elde edilen akış değerleri aşağıda Şekil 4.1.’de verilmiştir.



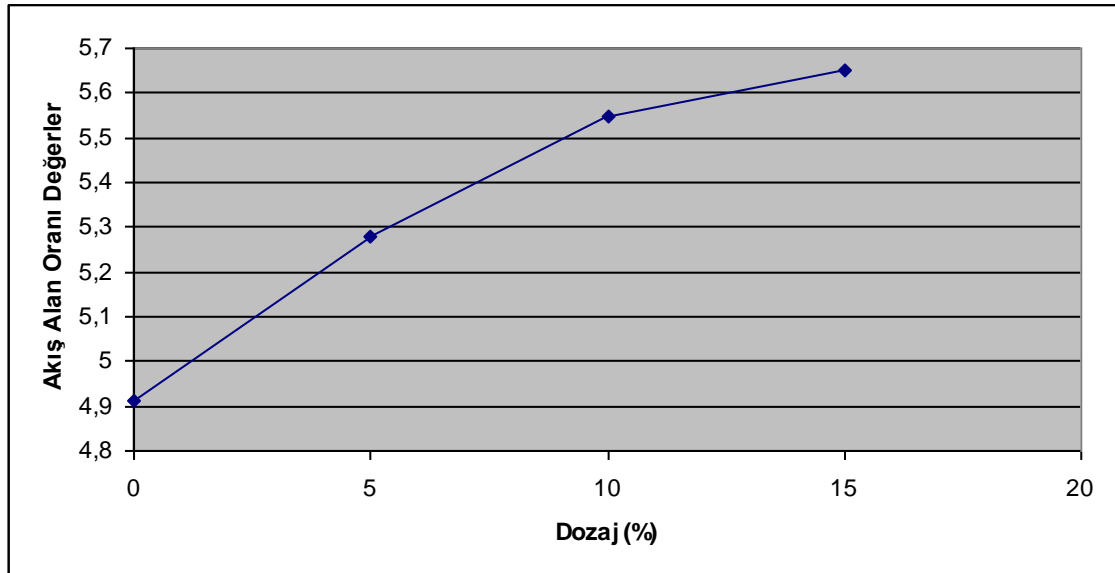
Şekil 4.1. Numunelere ait yayılma değerleri

Saptanan akış değerlerine bağlı olarak; kullanılan seramik tozu katkının akış değerleri üzerine etkisinin lineer olup olmadığını saptamaya yardımcı olan akış alan oranı değerleri de hesaplanmış ve grafik halinde verilmiştir.

Akış alan oranı aşağıdaki formüle bağlı olarak; akış değeri ve 50 mm çaplı orijinal akış konisi alanı arasındaki alan farkının orijinal koni alanına bölünmesi ile elde edilir. (Bağıntı 4.1)

$$\text{Akış alan oranı} = \frac{F^2 - 50^2}{50^2} \quad (4.1)$$

F: Yayılma değeri (mm)

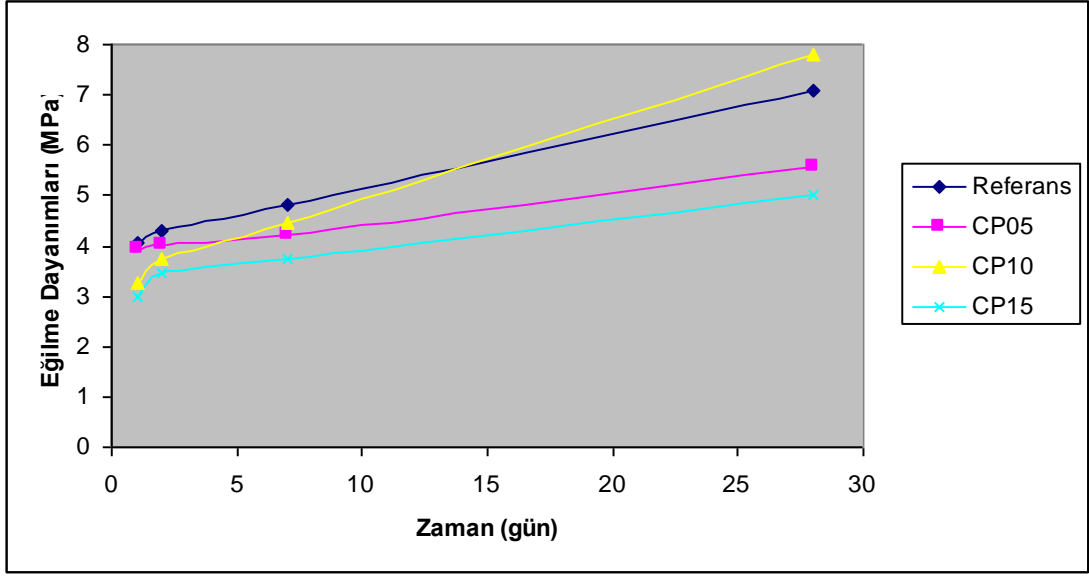


Şekil 4.2. Numunelere ait akış alan oranı değerleri

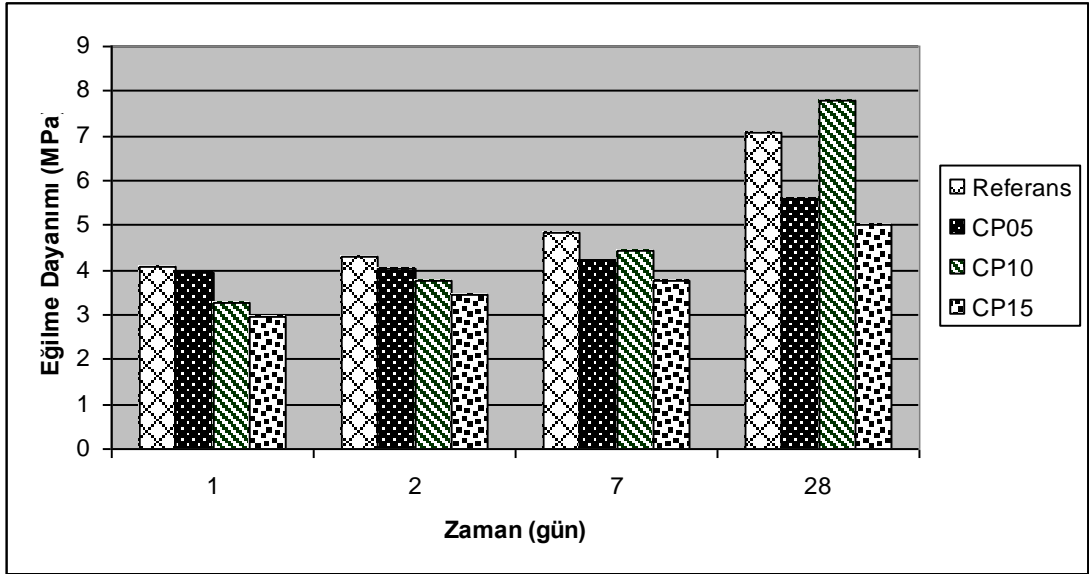
Görüldüğü gibi seramik tozu katkı dozajı arttıkça yayılma değerleri de artmıştır.

4.1.2 Eğilme ve Eğilme Sonrası Basınç Deneyleri Sonuçları

Seramik tozu katkısı kullanılarak hazırlanan 4x4x16 cm ayrıtlı prizma harç örneklerin 1, 2, 7 ve 28 günlük eğilme ve eğilme sonrası basınç dayanımı değerleri saptanmıştır. Elde edilen dayanım değerleri ve dayanım değerlerinin zamana ve dozaja bağlı değişimleri aşağıda grafikler halinde verilmiştir. (Şekil 4.3-10).



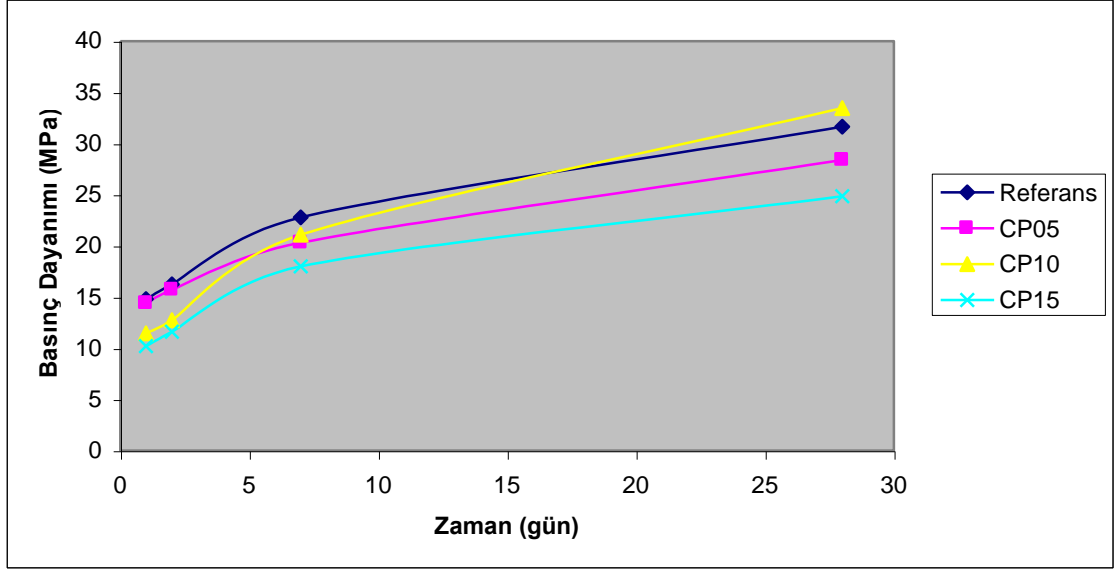
Şekil 4.3. Farklı dozajlı numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı gelişimi



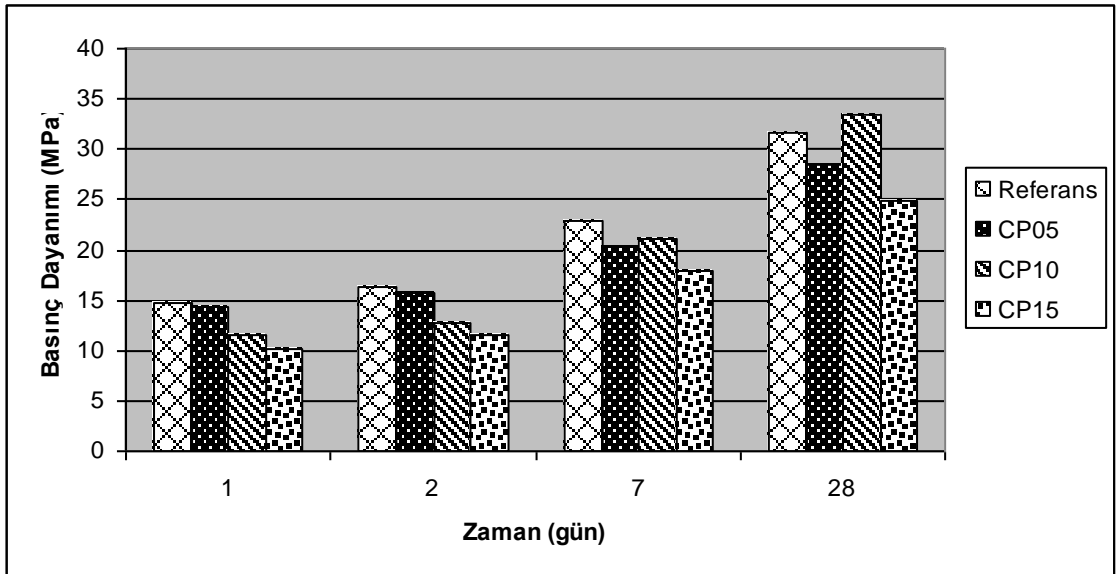
Şekil 4.4. Farklı dozajlı numunelerin zamana bağlı eğilme dayanımı gelişimi

Farklı dozajlardaki seramik tozuyla hazırlanan 4x4x16 cm ayrıtlı prizmalarda yapılan eğilme dayanım testleri sonucunda görülüyor ki oluşturulan bütün deney serilerinin 1. ve 2. günlerdeki eğilme dayanım değerleri referans örnek dayanım değerinden daha düşüktür. Ancak CP10 serisi 7. günde belirgin bir dayanım artışı

göstermeye başlamış ve 28. günde diğer örneklerin eğilme dayanım değerlerini geçmiştir.



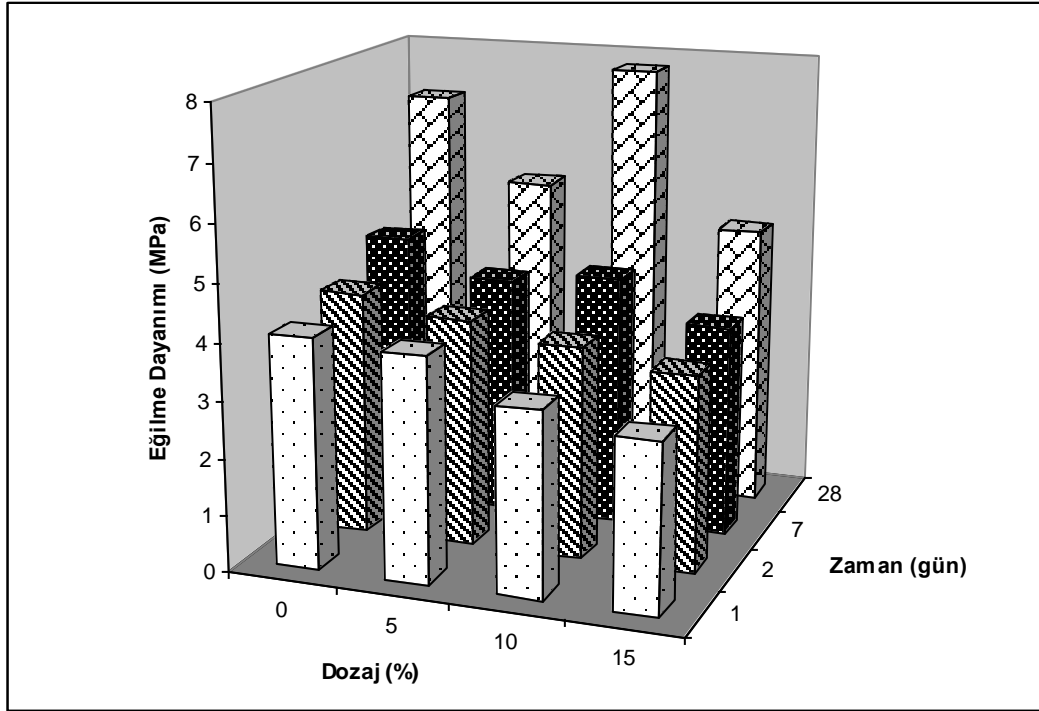
Şekil 4.5. Numunelerin zamana bağlı eğilme sonrası basınç dayanımı gelişimi



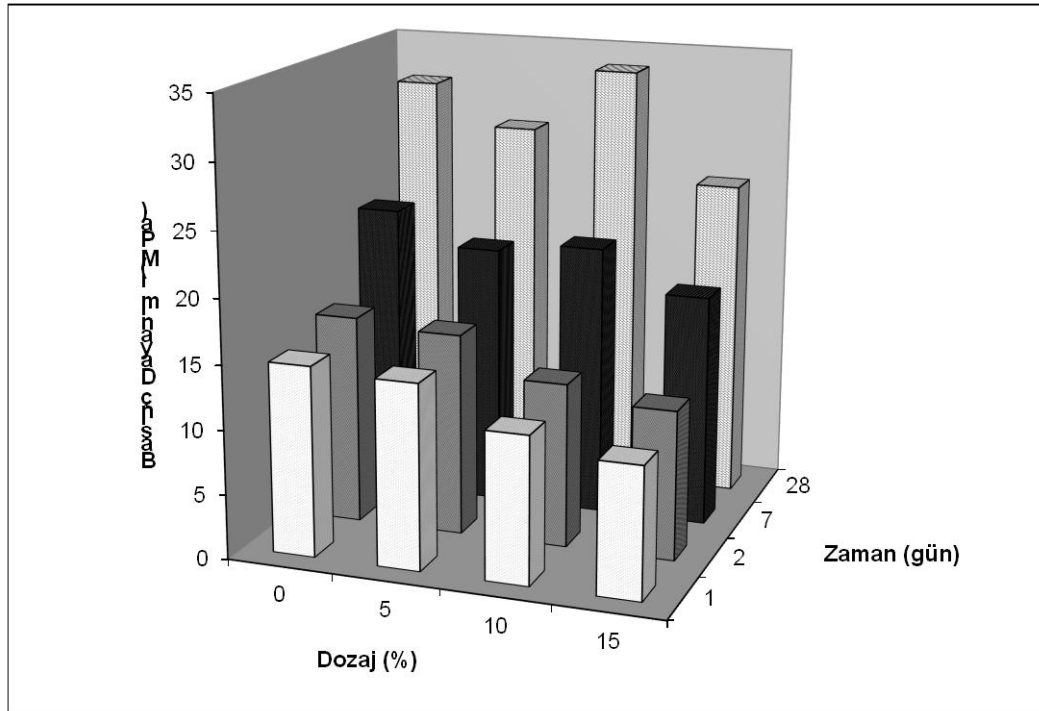
Şekil 4.6. Numunelerin zamana bağlı eğilme sonrası basınç dayanımı gelişimi

Prizma örnekler üzerinde yapılan eğilme deneyleri sonucunda elde edilen eğilme dayanım değerleri, eğilme sonrası basınç dayanımı değerleriyle benzerlik göstermektedir. Eğilme dayanım testinde olduğu gibi eğilme sonrası basınç dayanım

testinde de 1., 2. ve 7. gün tüm serilerin dayanımları referans örnekten düşük olup 28. günde en yüksek değere ulaşan seri CP10 olmuştur.



Şekil 4.7. Serilerin dozaja bağlı eğilme dayanımı gelişimi



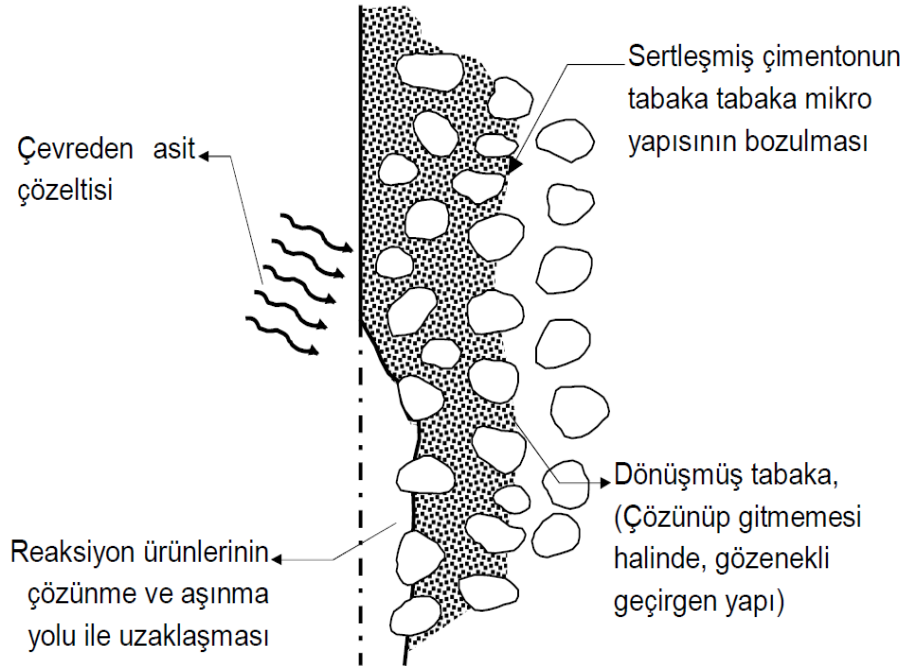
Şekil 4.8. Serilerin dozaja bağlı eğilme sonrası basınç dayanımı gelişimi

4.2 Durabilite Deney Sonuçları

4.2.1 Asit Dayanımı Deneyi Sonuçları

Portland çimentosu yüksek dereceden alkali olduğu için, beton güçlü asitlerin ya da asit oluşturan maddelerin saldırısına dayanıksızdır. Kimyasal saldırı, çimento hidratasyon ürünlerinin ayrışması ve oluşan yeni ürünlerden eriyebilir olanların betondan ayrılması, erimez olanların betonu parçalaması şeklinde görülür [21].

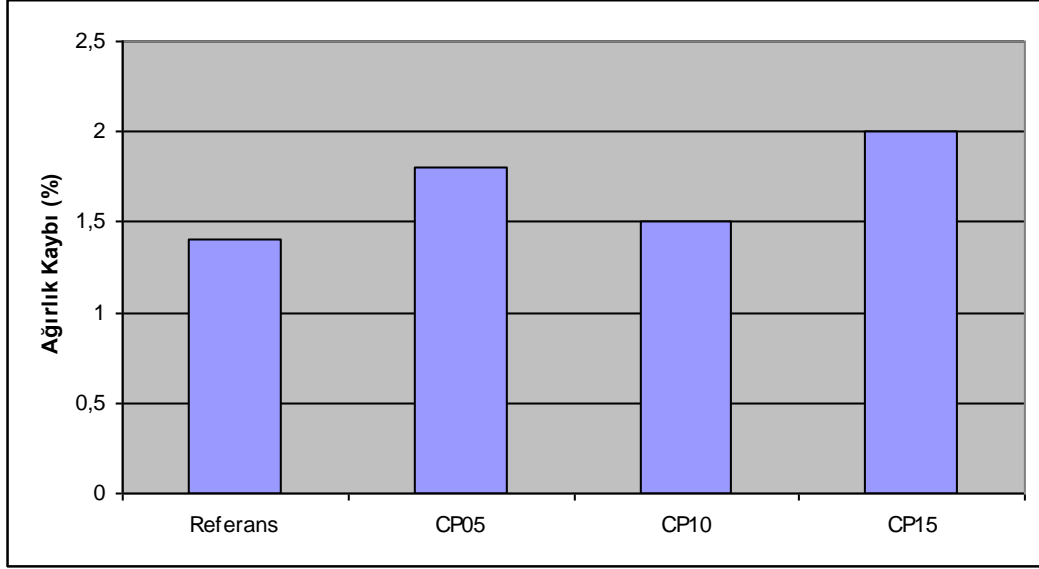
Asit reaksiyonlarının hızı ve şiddeti; asit tipine, etkilenme süresine ve asit yoğunluğuna göre değişir. Ancak en önemli etken oluşan kalsiyum tuzunun çözünürlüğüdür. Çözünürlük arttıkça, su ile taşınan maddeler zararı arttırmaktadır. Reaksiyonların gelişimine bağlı olarak sertleşmiş betonun yüzeyinden başlamak suretiyle bünyesinde yumuşama ve gözenekler oluşur [20].



Şekil 4.9. Asit etkisiyle betonun bozulması

Seramik tozu katkılı çimento harçlarının asit dayanıklılığı üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacıyla 5 cm ayrıtlı küp numuneler kullanılmıştır. 28 gün sonunda kür havuzundan çıkarılan küp numuneler oda sıcaklığında kurutulduktan sonra ağırlıkları ölçülmüştür. Ardından bu küp numuneler ağırlıkça %3,5'luk 400 gr HCl

çözeltisi içerisine atılmış ve 7 gün süreyle asit çözeltisi içerisinde bekletilmiştir. 7 günün sonunda çözelti kabından çıkarılan örneklerin ağırlıkları tekrar ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre deney örneklerine ait yüzdece ağırlık kayıpları hesaplanmıştır. Şekil 4.10'da deney örneklerine ait ağırlık kayıpları gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Numunelere ait HCl etkisinde kütlece yüzde kayıpları

Şekil 4.10.'da görüldüğü gibi HCl etkisi altında en fazla ağırlık kaybı CP15 serisinde gerçekleşmiştir. Seramik tozu katkılı tüm serilere ait yüzdece ağırlık kayıpları referans örneğin kaybını aşmıştır. Örnekler incelendiğinde en olumlu sonucun CP10 serisinde olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, üretim atığı olarak açığa çıkan seramik tozunun, farklı oranlarda çimento katkı malzemesi olarak kullanılmasıyla gözlemlenen yayılma, dayanım, asit direnci gibi dayanıklılık özellikleri incelenmiştir.

Farklı dozajlardaki serilerin yayılma sonuçlarına bakacak olursak, çimento harcı örneklerindeki seramik tozu katkı oranı arttıkça yayılma değerlerinin de arttığı söylenebilir. Yayılma değerlerinin artması, taze betonun işlenebilirliği açısından oldukça önemlidir. Zira taze betonun işlenebilirliğinin artması, betonun homojenliğini yitirmeden karıştırılma ve yerleştirilme özelliğinin minimum enerji ile sağlanabilmesi anlamına gelmektedir.

Seramik tozu katkısı kullanılarak hazırlanan prizma harç örneklerinin 1, 2, 7 ve 28 günlük eğilme ve eğilme sonrası basınç dayanımları gözlemlendiğinde ise, 1., 2. ve 7. günlerin sonunda hiçbir seriye ait numune dayanımları referans örneğin dayanımını geçemezken, 28. günde %10 seramik tozu katkılı CP10 serisine ait çimento harcı numuneleri referans örneğin dayanımını da aşarak belirgin bir artış göstermiştir.

Durabilite özelliklerinin saptanması amacıyla 28 gün kür havuzunda bekletildikten sonra kurutulup ağırlıkları ölçülen küp numuneler 7 gün daha süreyle HCl çözeltisi içerisinde bekletildikten sonra tekrar ağırlıkları ölçülmüş ve kütle kayıpları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, seramik tozu katkılı tüm numunelere ait kütle kayıpları referans örnekten daha fazla olup, katkılı örneklerde en olumlu sonucu CP10 serisi göstermiştir.

Yapılan çalışmalar göz önüne alındığında, belirli oranlardaki seramik tozu katkısının betonun mekanik özellikleri üzerinde iyileştici etkileri olduğu görülmüştür. Yayılma değerlerinin seramik tozu katkısı yüzdesiyle doğru orantılı olarak arttığı saptanmış, eğilme ve eğilme sonrası basınç değerleri için ise, optimum katkı oranı belirlenmiştir. Fakat, seramik tozu katkısı, durabilite özelliklerinden biri olan asit dayanımı açısından olumlu özellik gösterememiş ve katkılı numunelerin

kütle kaybı, referans örneğın kütle kaybı değerını aşımlı ve olumsuz sonuçlar vermiştır.

KAYNAKLAR

1. Erdem R.T., Öztürk A.U. 2012. Mermer Tozu Katkısının Çimento Harcı Donma-Çözünme Özellikleri Üzerine Etkisi
2. Uğurlu A. 2013. Depremde Beton ve Davranışı, Türkiye Mühendislik Haberleri (457):57-63
3. Erdoğan Ş., Kurbetçi Ş. 2003. Betonun Performansına Sağladıkları Etkinlik Açısından Kimyasal ve Mineral Katkı Maddeleri, Türkiye Mühendislik Haberleri (48):100-114
4. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012)
5. Beycioğlu A., Başyigit C., Subaşı S. 2008. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı İle Geri Kazanılması ve Çevresel Etkilerin Azaltılması, Çevre Sorunlar Sempozyumu, 1386-1394, Kocaeli.)
6. Ay.N., Ünal, M., “ The use of waste ceramic tile in cement production”, *Cement and Concrete Research*, 30: 497-499 (2000).)
7. F. Massazza ‘Puzolanlı Çimentolar ve Kullanım Alanları’, Seminer, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, 1-165, Ankara (1989)
8. F. Massazza, ‘Chemistry of Pozzolan Additions and Mixed Cements’ Principal Paper Proc. 6th Inc. Cong. on the Chemistry of Cements, Moscow (1974)
9. F. Massazza, ‘Pozzolan Cements’, *Cement and Concrete Composites* 15, 185-214, (1993)
10. Swamy, R.N., (editor), *Cement Replacement Materials*, Surrey University Press, London, 1986, 259p
11. Turanlı, L., ‘Effects of Natural Pozzolan Addition on the Properties of Portland-Pozzolan Cements and the Concretes Made with Those Cements’ Ph.D. Thesis, in Civil Engineering , Middle East Technical University, Ankara, 1995, 151p
12. Massazza, F., “Puzolanlar, puzolanlı çimentolar ve kullanım alanları, “*Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği*, Ankara, 8:1-15 (1989)
13. Yetgin Ş., Çavdar A., Doğal Puzolan Katkı Oranının Çimentonun Dayanım, İşlenebilirlik, Katılma ve Hacim Genleşmesi Özelliklerine Etkisi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimi Dergisi* 17 (4), 687-692, 2005
14. Ergüvanlı, K., ”Mühendislere Jeoloji”, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul, 54-68 (1983)

15. Ekinci, C. E.,1995, “Antalya Etibank Elektrometalurji İşletmesi Silis Dumanlarının Çimento ve Betonda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, sayfa 195.
16. Baradan B., İnşaat Mühendisleri için Malzeme Bilgisi
17. Ertuna, C., ”Keremos’a küskünüz”, *Seramik Dünyası Dergisi*, 13:1-17 (1995).
18. Ünal O., Yapı Malzemesi Ders Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi
19. Canbaz M., Cam, Seramik ve Pişmiş Kil Atıklarının Beton Teknolojisinde Değerlendirilmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ders Notu
20. Baradan B., Türkel S., Yazıcı H., Ün H., Yiğiter H., Felekoğlu B., Tosun Felekoğlu K., Aydın S., Yardımcı M. Y., Topal A., Öztürk A. U., Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları NO: 334
21. CEB (Comite Euro-International du Beton) (1992). Durable Concrete Structures. Lausanne: Thomas Telford Ltd.)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Günseli KALINÇİMEN
Doğum Yeri ve Yılı : Edirne, 1989
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : gonselikalincimen@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Edirne Anadolu Lisesi, 2007
Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2012

Mesleki Deneyim

Tam Yapı Denetim Yaşar Üniversitesi Şantiyesi-Kontrol Mühendisi	2012-2013
Favori Yapı Denetim (halen) Hakediş Bölümü-Kontrol Mühendisi	2015-.....