



**UÇUCU KÜL VE ZEOLİT KATKILI ONARIM
HARÇLARININ MEKANİK VE FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

CAN TOMBULCA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Dr. Öğr. Üyesi MURAT ÇAVUŞ

Ağustos - 2019

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UÇUCU KÜL VE ZEOLİT KATKILI ONARIM
HARÇLARININ MEKANİK VE FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

CAN TOMBULCA

TOKAT
Ağustos - 2019

Her hakkı saklıdır

Can Tombulca Tarafından hazırlanan “**Uçucu Kül ve Zeolit Katkılı Onarım Harçlarının Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 22 Ağustos 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

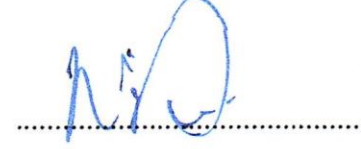
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi MURAT ÇAVUŞ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye
Prof. Dr. İlhami DEMİR
Kırıkkale Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Şinasi BİNGÖL
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

12/08/2019

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

CAN TOMBULCA

22 Ağustos 2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UÇUCU KÜL VE ZEOLİT KATKILI ONARIM HARÇLARININ MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

CAN TOMBULCA

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT ÇAVUŞ)

Kireç harçları, taş ve tuğla kullanılarak inşa edilen birçok tarihi yapıda kullanılmış yapı malzemeleri arasındadır. Harçlarda kullanılan malzemeler ile harçların fiziksel ve mekanik özellikleri, tarihi yapıların strüktürel ve deprem davranışında önemli rol oynamaktadır. Literatürde tarihi yapılardan alınan harç örneklerinde bağlayıcı olarak birçok malzemenin kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışmayla da literatürden elde edilen tarihi yapı harçlarının genel özellikleri (karışıma giren malzemeler ve oranları) dikkate alınarak alternatif onarım harçları üretilerek bu numunelerin bazı mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Onarım harç karışımlarında bağlayıcı olarak; sönmüş kireç, puzolan olarak; Zeolit ve Uçucu kül, ince agrega olarak ise; tuğla kırığı ve dere kumu kullanılmıştır. Onarım harcı karışımında puzolanlar kireç ile % 0, % 20, % 40, %60, %80 ve %100 oranlarında yer değiştirerek kullanılmıştır. Alternatif onarım harç karışımlarında 1/2 bağlayıcı/agrega (b/a) oranı kullanılmıştır. Üretilen taze ve sertleşmiş alternatif onarım harç numuneleri üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Elde edilen basınç ve eğilme dayanımları kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır. Ayrıca uçucu kül ilavesinin harcın kapileritesini önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür.

2019, 73 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Uçucu Kül, Zeolit, Dayanım, Onarım Harcı, Geri Dönüşüm.

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATION OF PROPERTIES OF MECHANICAL AND PHYSICAL OF REPAIR MORTARS CONTAINING FLY ASH AND ZEOLITE

CAN TOMBULCA

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR:;)ASST. PROF. DR. MURAT ÇAVUŞ

Lime mortars have been used as common construction materials for most of the historical structures built with stones and bricks. Ingredients used in the mortars, as well as physical and mechanical features of mortars, play a significant role during the earthquakes and the structural response of historical buildings. According to the literature, the mortar samples taken from historical structures demonstrated that various materials were utilized as a binder. In this study, considering the general characteristics of the historical building mortars (components and ratios) obtained from the literature, alternative repair mortars were produced and some mechanical and physical characteristics of these samples were examined. In repair mortar mixtures, slaked lime was used as binder while zeolite and fly ash were used as pozzolan and brick fractures and river sand were used as fine aggregate. Additionally, in the restoration mortar mixture, pozzolanas were utilized with the lime in varied ratios (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%). In the alternative restoration mortar, mixtures the proportion of binding and aggregate (b/a) was used as 1/2. Physical and mechanical experiments were conducted on the samples which were taken from fresh and hardened alternative restoration mortar samples. The obtained pressure and bending strength results were observed within the acceptable ranges. In addition, it was found that the addition of fly ash significantly improved the capillarity of the mortar.

2019,73 PAGE

KEYWORDS: FlyAsh, Zeolite, Strength, RepairMortar, Recycle.

ÖNSÖZ

Çalışmanın tamamlanması sırasında yardımlarını ve yorumlarını esirgemeyen, her aşamada yapıcı eleştirileri ile seminer sunum ve makalemin genel çerçevesini belirleyen, bu dönem içerisinde kişisel ve mesleki gelişimime büyük katkıda bulunan tez danışmanım **Dr. Öğr. Üyesi Murat Çavuş**'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın özellikle çevreci yanı ile şu günlerde vahametini giderek daha fazla hissettiren “çevre kirliliği” ve ‘küresel ısınma’ sorununa bir nebze çözüm katmasını dilerim. Tezimde alıntıda bulunduğum tüm literatür kaynaklarını oluşturan yazarlara teşekkür ederim.

Emeklerini katarak bu çalışmayı benim için daha anlamlı kılan, ağabeyim Mesut Tombulca'ya, dostlarım Bilal Çalışkan ve Dilek Hatipoğlu'na teşekkür ederim. Özellikle, akademik çalışmalarımı sonuna kadar destekleyen, bana olan güvenlerini, inançlarını, desteklerini ve sevgilerini hiçbir zaman kaybetmeden, en büyük motivasyon kaynağım olan aileme bilhassa eşim Ayşe'ye ve ona ayırmam gereken vakitten fedakarlık eden kızım Nil'e sonsuz teşekkürlerimi sunarak, bu çalışmamı eğitim aşığı, her zaman ilimden ve ilerlemeden yana olan, bu günlere gelmemi sağlayan **Babama** ithaf ederim.

CAN TOMBULCA

22 Ağustos 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
3. KORUMA ve ONARIM	8
3.1. Tarihi Yapılar ve Onarımın Gelişimi.....	8
3.1.1. Osmanlı İmparatorluğu dönemi.....	11
3.1.2. Roma dönemi.....	14
3.1.3. Eski mısır dönemi.....	19
3.2. Yanlış Uygulamalar ve Sorunlar.....	21
3.2.1 Korumaya ilişkin yanlışlar.....	21
3.2.2. Onarıma ilişkin yanlışlar.....	24
4. ONARIM HARÇLARI	28
4.1. Kireç Harçları.....	29
4.1.1. Alçı.....	31
4.1.2. Taş.....	31
4.1.3. Kerpiç.....	32
4.1.4.Puzolanlar.....	32
5. MATERYAL ve YÖNTEM	35
5.1. Materyal.....	35
5.2 Metot.....	37
5.3. Yapılan Deneyler.....	41
5.3.1. Eğilme dayanımı deneyleri.....	42
5.3.2. Basınç dayanımı deneyleri.....	45

5.3.3 Ultrases deneyleri.....	47
5.3.4. Kapilarite deneyleri.....	49
6. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	51
6.1. Mekanik Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	51
6.2. Ultrases Deneyi Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	60
6.3. Kapilarite Deneyi Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	60
6.4. Numune Gruplarının Sonuçlar Bakımından Kıyaslanması.....	62
7. SONUÇ.....	66
8. KAYNAKLAR.....	70
9.ÖZGEÇMİŞ.....	73

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Sayfa

Şekil 3.1. Bursa Yeşil Cami' nin Günümüzdeki Hali.....	12
Şekil 3.2. Bursa Ulu Camii'nin Günümüzdeki Hali.....	13
Şekil 3.3. Edirne Üç Şerefeli Cami'nin Günümüzdeki Hali.....	14
Şekil 3.4. UNESCO Dünya Mirası Listesindeki Pont Du Gard Su Kemerini	16
Şekil 3.5. Bozdoğan Su Kemerini'nin Günümüzdeki Hali.....	17
Şekil 3.6. Aspendos Antik Tiyatrosu'nun Günümüzdeki Hali.....	18
Şekil 3.7. Roma İlindeki Kolezyum'un Günümüzdeki Hali.....	19
Şekil 3.8. Keops Piramidi' nin Günümüzdeki Hali.....	20
Şekil 3.9. Behrampaşa Hanı Onarım Öncesi ve Sonrası.....	22
Şekil 3.10. Tahrip Edilmiş Ayasofya (Colybrassus) Antik Kenti.....	22
Şekil 3.11. Hırsızlığa Maruz Kalmış Saint Jean Theologos Kız Rum Mektebi.....	23
Şekil 3.12. Koruma Altına Alınmamış Aziz Nikolaos Kilisesi.....	23
Şekil 3.13. Evliya Çelebi'nin Pir Ahmed Camii'nde ki El Yazısı.....	24
Şekil 3.14. Köprü'nün Restorasyondan Sonrası Hali ve Yıkılmış Hali.....	25
Şekil 3.15. Kalenin Restorasyon Öncesindeki Hali ve Restorasyon Sonrasındaki Hali	25
Şekil 3.16. Süheyl Bey Caminin Restorasyon Öncesindeki ve Sonrasındaki Hali.....	26
Şekil 5.1. Kangal Termik Santrali'nin Uydu Görüntüsü.....	36
Şekil 5.2. Numune Dökümünde Kullanılan Kalıp.....	38
Şekil 5.3. Karışımların hazırlanmasında kullanılan mikser.....	38
Şekil 5.4. Numune Dökümü Örneği.....	39
Şekil 5.5. Kür Ortamı.....	40
Şekil 5.6. Kürlerin Boyutlarının Ölçülmesi.....	42
Şekil 5.7. Eğilme Dayanımı Deneyi.....	43
Şekil 5.8. 28. Gün Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	43
Şekil 5.9. 60. Gün Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	44
Şekil 5.10. 90. Gün Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	44
Şekil 5.11. Basınç Dayanımı Deneyi.....	45
Şekil 5.12. 28. Gün Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	46
Şekil 5.13. 60. Gün Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	46
Şekil 5.14. 90. Gün Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	47
Şekil 5.15. Ultrases Deneyi.....	48
Şekil 5.16. 28. Gün Ultrases Deneyi Sonuçları.....	49
Şekil 5.17. Kapılarite Deney Düzenegi.....	50
Şekil 6.1. 28, 60, 90 Günlük Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları UK Numuneleri.....	52
Şekil 6.2. 28, 60, 90 Günlük Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları UK Numuneleri.....	53
Şekil 6.3. 28, 60, 90 Günlük Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları UT Numuneleri.....	54
Şekil 6.4. 28, 60, 90 Günlük Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları UT Numuneleri.....	55
Şekil 6.5. 28, 60, 90 Günlük Eğilme Dayanım Deneyi Sonuçları ZUK Numuneleri.....	56
Şekil 6.6. 28, 60, 90 Günlük Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları ZUK Numuneleri.....	57
Şekil 6.7. 28, 60, 90 Günlük Eğilme Dayanım Deneyi Sonuçları ZUT Numuneleri.....	58
Şekil 6.8. 28, 60, 90 Günlük Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları ZUT Numuneleri.....	59
Şekil 6.9. 60. Gün Kılcallık Deneyi Sonuçları.....	60
Şekil 6.10. 90. Gün Kılcallık Deneyi Sonuçları.....	61
Şekil 6.11. 28. Gün UT ve UK Karşılaştırmalı Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	63

Şekil 7.1. 28, 60, 90 Günlük Karşılaştırmalı Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları.....67
Şekil 7.2. 28, 60, 90 Günlük Karşılaştırmalı Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....68



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge Sayfa

Çizelge 5.1. Kullanılan malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	37
Çizelge 5.2. Karışım oranları çizelgesi.....	41



1. GİRİŞ

Mühendisliğin en eski ve en yaygın bilinen türü inşaat mühendisliğidir. İnşaat mühendisliği ile ilgili uygulamalar insanların birleşerek oluşturdukları toplulukların ilk yıllarında başlamıştır. İnsanlar önceleri barınma ihtiyaçlarını karşılamak için basit evler ve yaşamlarını kolaylaştıracak basit yollar ve köprüler yapmışlardır. İnsan topluluklarının büyümesiyle ihtiyaç ve zevkleri değişmiş akabinde saraylar, tapınaklar, su kemerleri, kanallar, deniz fenerleri, yollar gibi yeni mühendislik binaları yapılmaya başlamıştır. Toplum olabilme, ulaşımı daha etkin sağlayabilme ve yaşam konforunu artırma, inşaat mühendisliği sayesinde yüksek ivmesine kavuşmuş konuların başındadır.

Yüzyıllardır insanlık için ilerleyen bu bilim dalı artık farklı materyaller edinme ihtiyacındadır. Bu materyaller öyle değildir ki ihtiyacı karşılarken aynı zamanda kaynak tüketmemeli, doğal dengeyi bozmamalı hatta atık mahiyetindeki malzemelerden üretilmelidir.

Bağlayıcı malzemelerin ilk yıllardan bu yana gösterdiği gelişmelerin bilinmesinin, bugünkü uygarlığa nasıl gelindiğinin anlaşılmasında yardımcı olacağına ve uygarlığın daha da ileri düzeye taşınabilmesine katkı sağlayacaktır.

Bağlayıcı maddeler genel olarak toz halindedir. Suyla karıştırılan bağlayıcı maddeler önce viskoz bir sıvı, sonra hamur haline dönüşürler, daha sonra katılaşıyor ve zaman içerisinde sertleşerek dayanım kazanırlar. Bağlayıcı maddelerin sıvı halden katı hale geçmesine priz adı verilir (Erdoğan, 2007). Priz olayı suyla karıştırma başladığında meydana gelir, ancak belirgin değildir. Pratik yönden katılaşmanın belirli bir düzeye varması durumuna priz başlangıcı denir. Priz olayını sadece havada yapabilen bağlayıcılara hava bağlayıcıları, hem havada hem su içinde katılaşabilen bağlayıcılara ise hidrolik bağlayıcılar adı verilir.

Yapılan araştırmalar neticesinde puzolanik malzemelerin harç üretiminde kullanılması hem taze harcın özelliklerine hem de uzun dönem durabilitesi iyi olan yüksek performanslı ürünlerin elde edilmesinde etkili bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Doğal puzolanlar silisli ya da silisli ve alüminli bileşiklerle zengindir. Uçucu külün puzolanik aktivitesinde rol oynayan en büyük faktörler ise reaktif silis ve kireç içeriği olarak

bilinmektedir. Puzolanik maddeler, silisli veya alüminyum silikatlı veya bunların bileşiminden oluşan doğal maddelerdir (Gündeşli 2008).

Çimento, su ile tepkimeye girebilmesi ve sonucunda suya dayanıklı bir ürün ortaya çıkarması ve bu ürünün yapılaşmada kullanılacak kadar olumlu mekanik özelliklere sahip olması açısından önemli bir malzemedir. Olumlu özelliklere rağmen klinker üretimi 1500 °C sıcaklıkta gerçekleşmekte ve elde edilen klinkerin öğütülmesi gerekmekte olduğu için de yüksek miktarda enerji tüketimine ihtiyaç duymaktadır. Diğer yandan fırında gerçekleşen tepkimeler yüksek miktarda karbondioksit (CO₂) ile az miktarda diğer zararlı gaz salınımına neden olmaktadır (Postacıoğlu, 1986). Bu sebepler araştırmacıları çevresel etkisi daha düşük malzeme arayışlarına yönlendirmektedir. Bu sakıncalarının yanında çimentonun tarihi yapıların onarımı için hazırlanacak olan harçlarda kullanılması koruma ilkeleri açısından uygun görülmemektedir.

Küller harçlarda mineral katkı olarak kullanılan yapay bir puzolandır ve ASTM C 618'e göre çoğunlukla kendi başlarına bağlayıcı olmadıkları halde, sönmüş kireçle hidratasyon reaksiyonuna girmek sureti ile suda sertleşirler. Küller çoğunlukla elektrik üreten termik santrallerden elde edilir. Verimli olarak kullanılmayan düşük kalorili kömürlerin ince öğütülerek termik santral fırınlarında yakılması sonrası elde edilir.

Termik santrallerde toplam 24.2 milyon ton atığın %98.5'ini mineral atık (kül, cüruf, uçucu vb.) içermektedir. Atığın yaklaşık %50'si kül dağı ve kül barajına atılarak, %20'si düzenli depolama sahalarında, %15'i satılarak veya lisanslı atık bertaraf ve geri kazanım firmalarına gönderilerek, %15'i ise diğer yöntemlerle bertaraf edilmiştir (TÜİK, 2014).

Bu çalışma; hem atık olan maddeden kurtulmak hem de doğal kaynakları minimum tüketerek gelecek nesillere borçlanmamaktır. Alternatif üretebilmek amacı ile yola çıkılan bu çalışmada yerküreye birçok faydalı sonuç bırakması hedeflenmektedir. Bu hedefle, bu çalışmada çeşitli oranlarda küller hazırlanarak uçucu kül ve zeolit katkılı onarım harcının fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

Almaç (2002); Kerpiç yapı dış kabuğunda kullanılmak üzere toprak ve alçı bazlı malzemelerden oluşan bir onarım harcı araştırması yapılmıştır. Bu amaçla, alçı bağlayıcılı ve makine ile de uygulanabilen hazır sıva türü seçilip, içine, dış ortamda kerpiç duvara uygulanabilecek şekilde farklı oranlarda toprak katılarak yeni bir onarım malzemesi elde edilmek istenmiştir. Ham malzemelerin, bu malzemelerin farklı oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan taze harçlar ve bunların kalıplanıp kurutulmasıyla elde edilen prizma numunelerin mekanik ve fiziksel özellikleri laboratuvar ortamında incelenmiştir. Onarım harcında kullanılacak en uygun karışım oranı tespit edilmiştir. Alçı katkılı kerpiç araştırma yapısı dış kabuğunda meydana gelen aşınma hasarlarının onarımı için yerinde uygulaması yapılmıştır. Önerilen harem aşınma hasarlarının onarımlarındaki uygulanabilirliği görülmüş, bir sonraki aşama olarak farklı malzemelerin kullanılacağı ve oluşturulan harcın püskürtme makinesiyle uygulanabileceği düşünülmüştür.

Yazıcı (2004); Harç karışımına eğilme ve basınç dayanımının geliştirilmesi amacıyla ısıtılma işlemi uygulanmış, ayrıca, polipropilen lif katkısının etkisi, polikarbon silikat bazlı hiperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddesi ilavesiyle birlikte incelenmiştir. Geliştirilen karışımın farklı kür koşulları altındaki mekanik özellikleri, yüksek sıcaklığa ve suya dayanıklılığı incelenmiştir. Seçilen karışımın dolu ve boşluklu blok eleman üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Geliştirilen karışım % 90 oranında atık malzeme esaslıdır ve deney sonuçları, Ülkemizde açığa çıkan termik santral atığı yapay alçıların, diğer termik santral atıklarıyla birlikte taşıyıcı olmayan kompozit bir malzeme üretiminde kullanılabilirliğini göstermesi açısından cesaret vericidir.

Özen (2013); Batı Türkiye'deki farklı zeolitler içeren tüflerin (Gördes, Aliğa ve Bigadiç bölgelerindeki klinoptilolit; Foça bölgesindeki mordenit; Ayvacık bölgesindeki analim) mineralojik özellikleri ve puzolanik aktiviteye etkileri incelenmiştir. Analizler yüksek spesifik yüzey alanının ilk aşamada puzolanik aktiviteyi arttırdığını, fakat daha sonrasında reaksiyona önemli bir katkısının olmadığını göstermiştir. Si/Al oranının ana etkisi ise ileriki aşamalarda, özellikle 28 günden sonra gözlemlenmiştir. Zeolitlerin XRD

piklerinin azalması, zeolit yapısının çözüldüğünü ve puzolanik reaksiyona katıldığını göstermektedir. Deney sonuçlarına dayanarak Bigadiç'te kikklioptilolitce zengin tñfñn 28 gñnlñk dayanımı kontrol çimentosundan %10 kadar yüksek olduğu belirlenmiştir. Gördes'tekikklioptilolitce zengin tñfñn basınç dayanımı ise kontrol çimentosundan biraz daha fazladır. Yüksek dayanımın sadece yüksek kireç bağlama kapasitesine bağlı olmadığı doğrulanmıştır. Örnek hazırlamada seçilen fiziksel parametrelerin de gözenekliliği düzenleyerek dayanım üzerinde önemli bir etkisi bulunduğu belirlenmiştir.

Uğurlu Sağın (2012); Aigai ve Nysa antik kentlerindeki doğal ve suni puzolanlar kullanılarak üretilmiş Roma dönemi harçlarının özellikleri Anadolu'da kullanılmış Roma dönemi kireç harçlarının teknolojilerinin anlaşılması amacıyla belirlenmiştir. Harçların bağlayıcı kısımlarında bulunan kireç ve silikanın ağırlıkça oranlarının belirlenmesi için FTIR, SEM-EDS, LIBS ve XRD yöntemlerinin uygunluğu saptanmıştır. Analiz sonuçları, doğal veya suni puzolanlar ile üretilmiş Roma dönemi kireç harçlarının düşük yoğunluklu, yüksek gözenekli ve yapılarında yüksek oranda makro gözenekler bulunduran malzemeler olduklarını göstermiştir. Bu harçlar, hidrolik olmayan kireç ve puzolanik agregalar kullanılarak üretilmiştir. Harçların kireç/agrega oranları doğal puzolanlar kullanılarak üretilmiş harçlarda 0.30, suni puzolanlar kullanılarak üretilmiş harçlarda 0.55'dir. Harçların bağlayıcı kısımlarını oluşturan kireç ve silika oranlarının belirlenmesi için FTIR, SEM-EDS ve LIBS analizlerinin güvenilir yöntemler oldukları saptanmıştır.

Cengiz (2009); Alçıtaşının 140 - 190 0C arasında pişirilmesiyle bu malzeme, içerdiiği su moleküllerinin dörtte üçünü kaybederek normal alçı (hemihidrat) durumuna dönüşmektedir; 190 0C ve üstündeki sıcaklıklarda ise içerdiiği suyun tamamını kaybetmekte ve malzemenin bu hali susuz alçı (hidrate alçı) olarak adlandırılmaktadır. Öte yandan, alçılı ürünlerin suya karşı dayanıklı olmayışları ve düşük dayanımları, bu ürünlerin dış cephede de kullanımını sınırlamaktadır. Bu çalışmada, doğal alçıya puzolan katımının ve değişik kür rejimleri uygulanmasının bu ürünlerin suya dayanıklılıkları ve dayanımları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneyler sonucunda, puzolan içeren alçı karışımlarının suya dayanıklılık ve dayanım özelliklerinde gelişme kaydedilmiştir. Yüksek sıcaklıkta kür uygulaması bu gelişmeye ayrıca katkı sağlayan bir faktör olmuştur.

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen tarzda hazırlanan ve kür edilen doğal alçı karışımlarının dış cephelerde de kullanılabilmesi görülmüştür.

Mavioğlu (2011); Koruma amaçlı üretilen horasan harçların özelliklerini geliştirebilmek amacıyla, laboratuvar koşullarında farklı katkı maddeleri içeren horasan harcı numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan harçlarda, üç farklı seri oluşturulmuş, birinci seride bağlayıcı olarak saf kireç, agrega olarak tuğla kırığı ve dere kumu, ikinci ve üçüncü seride de aynı hammaddelerle ancak bağlayıcının bir miktarına karşılık olarak iki tip ince öğütülmüş puzolanik katkı maddesi eklenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, saf kireç, tuğla kırığı ve dere kumu ile üretilen horasan harçlarının, tuğla kırıklarının puzolanik özelliklerinden dolayı, hidrolik özellik gösterdikleri, düşük yoğunluklu ve yüksek dayanımlı harçlar oldukları belirlenmiştir. Bununla birlikte, iki farklı ince öğütülmüş puzolanik katkı maddesinin katılmasıyla hazırlanan iki tür harçta mukavemetin daha hızlı arttığı ve bazı yapısal özelliklerin iyileştiği tespit edilmiştir. Bulunan sonuçlar özgün horasan harçlarında bulunan sonuçlarla karşılaştırılmış ve koruma amaçlı üretilen horasan harçlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin nasıl iyileştirileceği konusunda bir tespit çalışması yapılmıştır.

Beydemir (2007); Kireç harcı üretiminde puzolanik özelliği olan silis dumanı, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu, endüstri atığı mineral katkı maddeleri kullanılmıştır. Bu maddeler kireç miktarının %30'u oranında katılmış dört farklı harç karışımı hazırlanmıştır. Agrega olarak silis esaslı standart kum kullanılmış, tuğla tozu ve kırığı kapsam dışı bırakılmıştır. Belirlenen 4 grup numunede 7. 28. ve 365. günlerde eğilme ve basınç deneyleri yapılmıştır. Puzolanların taze harç özelliklerine, eğilme ve basınç dayanımına etkisi bir yıl süren mekanik deneyler ile araştırılmış puzolanların dayanıklılığa etkisi kapsam dışı bırakılmıştır. Deney sonuçlarından kireç harcına belirli oranda puzolan malzeme katılması harçların dayanımını artırmıştır.

Buluş (1998); Dört değişik termik santral'a ait taban külünün dolgu maddesi ve taban astarı olabilirliği incelenmiştir. Bağlayıcı olarak ticari toz bentonit, sönmüş kireç ve doğal kil malzemesi kullanılmıştır. Bağlayıcı maddeler ile farklı oranlarda karıştırılan taban

külü üzerinde, sıkıştırılma (standart Proctor ve titreşimli tokmak) deneyleri yapılmıştır. Karışımların en iyi sıkışması % 40-45 su muhtevasında yaklaşık 1 Mg/m³ lük maksimum kuru yoğunluk değerleri vermiştir. Karışımların tek eksenli basınç dayanımları 0.1-0.5 kgf/cm² arasında olup, oda sıcaklığında 28 gün kür uygulanan örneklerde bu değerler 3 ila 20 kat arasında artış göstermiştir. Üç eksenli basınç deneylerinde oldukça değişken kayma dayanım değerleri elde edilmiştir. 28 gün kür süresi uygulanan örneklerde, kayma dayanımında 10 kata varan artışlar gözlenmiştir. Karışımlar üzerinde yapılan permeabilite deneylerinde çoğunlukla permeabilite değerlerinin 10⁻⁴ cm/s mertebesinde olduğu tespit edilmiştir. Damıtık su karışımlardan süzdürülmek suretiyle elde edilen sızıntı suyunun kimyasal analizi yapılmak suretiyle çevreye muhtemel olumsuz etkisi önerilmiştir.

Özdemir (2007); Kullanılan ana malzeme uçucu kül; puzolanik özellik gösterir ve atık malzeme olarak nitelendirilir. Standart bağlayıcı malzemeler olarak bilinen çimento, kireç ve alçı yerine kullanılabilmesi düşünülen uçucu külün bağlayıcı özelliği üzerine araştırma yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda puzolanik özelliği ve kireç oranı yüksek Yatağan Termik Santrali uçucu külü kullanılmış olup, üretilen uçucu kül, kil ve kireç karışımı numunelerin basınç ve eğilme deneyleri yapılarak mekanik dayanımları ile ilgili sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmalar sonucunda en yüksek eğilme dayanımı 2,39MPa, en yüksek basınç dayanımı olarak ta 10,01 MPa değerleri bulunmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda uçucu kül oranına bağlı olarak numunelerin mekanik dayanımında artış gözlenmiş ve puzolanik özelliğe sahip uçucu küllerin bağlayıcı olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Çekilmez (2018); Su depoları, baraj yapıları ve bazı sanayi tesislerinde kullanılan betonun, dayanıklılık bakımından basınçlı su geçirgenliği ve iyon salınımı büyük öneme sahiptir. Portland çimentosu, silis dumanı ve uçucu kül içeren ikili ve üçlü kendiliğinden yerleşen harçların basınçlı su geçirgenliği ve iyon salınımları incelenmiştir. Bu numunelerin basınçlı su işleme derinliklerinin yanında asidik, nötr ve bazik ortamlardaki Ca⁺², Si⁺⁴, Al⁺², Fe⁺³ ve Mg⁺² iyonlarının salınım değerleri bulunmuştur. İkili karışımlardan % 10 silis dumanı ve üçlü karışımlarda da % 10 silis dumanı ile % 35 uçucu

kül karışımlarında basınçlı su işleme derinliği azalmıştır. Asidik ortamda ikili karışım olan % 20 silis dumanlı numunede Ca+2 iyonu salınımı azalırken, nötr ve bazik ortamda da ise % 30 uçucu küllü numuneninki azalmıştır. İkili uçucu küllü numunelerde Si+4 iyon salınımları, diğer ikili ve üçlü karışımlara kıyasla azalmıştır. Asidik, nötr ve bazik ortamlarda, tüm numunelerin Al+2, Fe+3 ve Mg+2 iyon salınımları önemsenmeyecek düzeyde olmuştur.

Gündeşli (2008); Doğal puzolanlar, uçucu kül, silis dumanı ve yüksek fırın cürufu gibi malzemelerin ne anlama geldiği, nerelerden elde edilebileceği ve yapı sektöründe nasıl daha faydalı şekilde değerlendirilebileceği araştırılmıştır. Ayrıca, bu malzemelerin beton ve çimento katkısı olarak kullanımının beton özellikleri üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri, hangi oranlarda ikame edildiklerinde ne gibi sonuçlar elde edildiği daha önce yapılan çalışmalardan incelenmiştir. Kaynak araması sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek yukarıda adı geçen malzemeler üzerinde özelliklerin araştırılmasının devam edilmesi gerektiği hakkında yorumlar yapılmıştır.

Agar (2009); Değişik çimentolara, üç farklı mineral katkı katılarak üretilen harçların hem genel niteliklerindeki değişikliklere hem de harçlardaki durabilite etkisine bakılmıştır. SDÇ 32,5 ve CEMIV/B(P) 42,5R çimentoları kullanılarak üretilen harçlarda yüksek fırın cürufu, tras ve uçucu kül olmak üzere 3 ayrı mineral katkı kullanılarak 32 farklı karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerde sülfat, karbonatlaşma ve kılcal su emme deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda CEMIV/B(P) 42,5R çimentosuyla üretilen harçlarda kılcal su emme ve karbonatlaşma miktarları daha fazla çıkmıştır. Sülfat deneyinden en fazla etkilenen numuneler de yine aynı çimentoyla üretilen harçlardır.

3. KORUMA ve ONARIM

Onarım, bir nesnenin çeşitli sebeplerle oluşmuş olan yıpranma, hata, kusur vb halini ortadan kaldırıp, eski ve sağlam olan haline döndürme işine verilen addır (TDK, 2019). Mühendislikte onarım büyük bir pay almakta ve önemli konulardan birini oluşturmaktadır. Güncel bir yapıda yeniden inşa imkanı var ise onarıma sıcak bakılmamakla birlikte, tarihi değeri olan ve yeniden inşası dahi söz konusu olsa aynı yapı özellikleriyle inşa edilmesi gereken yapılarda ise onarım başlıca tercih edilen ve elzem olan yöntemdir.

Üzerinde durulacak olan tarihi değeri olan yapıların onarılmasında ise yapıya zarar vermeden en doğal yöntemleri seçerek yapının ihtiyaç duyacağı tekrar onarım tarihine kadar en sağlam şekilde kalması ve en uzun süre onarıma ihtiyaç duymaması esas gayedir. Onarımın en büyük parçası olan harçlar günümüze kadar önemli çalışmalar ile geliştirilmiştir. Bunda daha önce yapılan yanlış çalışmaların doğurduğu kötü sonuçlar ivmelendirici etkenler olarak öne çıkmıştır.

Son derece önemli ve geri dönülemez konularda hassas sonuçlar doğuran bu çalışmaların bilimsel desteği olan kanıtlanmış malzemelerle yapılmasının, yapı üzerindeki etkileri menfi olacaktır. Bu konudaki ilk çalışma, eski harçların özelliklerini tespit edebilmek için 1981 yılında Uluslararası Kültürel Değerleri Koruma ve Düzenleme Çalışmaları Merkezi (ICCROM) onayıyla araştırma stratejileri üzerinde yapılmıştır (Dinçer, 2013). Çalışmada harçların bileşenleri, özellikleri, nicelik değerleri ve bozulma sebepleri incelenmiş ve tarihi harçlarda koruma eğilimleri geliştirilmiştir.

3.1.Tarihi Yapılar ve Onarımın Gelişimi

Koruma, kelime anlamı; sakınma ve şehirlerin belli kesimlerindeki çağ bilimsel ve yapıt eserlilik değeri yüksek yapılarla, anıtların ve doğa güzelliklerinin gelecek kuşakların da yararlanması için her türlü yıkıcı, saldırgan ve dokunmalı eylemler karşısında güvence altına alınmasıdır (TDK, 2019).

Çağdaş mimari anlayışı içinde olan toplumlar yaşadıkları tarihi kentlerde güncel mimari örnekler ortaya çıkarmıştır. Yapıldıkları dönemlerin teknolojisini ve malzemesini yansıtan mimari mirasımız kararlılıkla korunmalı ve gelecek kuşaklara aktarılmalıdır. Geçmiş dönem eserlerinin yapı tekniklerini ve malzemelerini anlamak uzun yıllar almış ve almaya devam edecek tarihsel bir süreçtir. Bu süreç günümüzde gerçekleşen restorasyonlar ile devam etmektedir. Bu bağlamda gelecek nesillere düşen görev ise Tarihi yapıları koruyarak yaşayan malzeme laboratuvarlarının yok olmamasını sağlamaktır.

Geçmişte birçok medeniyeti bünyesinde barındıran ülkemizin kentlerinde her gün geçtiğimiz sokaklarda bizi geçmiş yüzyıllara götüren birçok tarihi yapı vardır. Bu yapılar ve medeniyetler tarihi insanları aynı ekseninde toplayan ortak fikirlerde birleştiren değerlerdir. O dönemlerde kült olan anıtsal eserler günümüzde de aynı etkiyi ve cazibeyi sürdürürken gelecekte de değeri artarak devam edecektir. Anıtsal yapılara karşı milletlerin ortak sorumluluğu yapıların korunması ve bilgilerin geleceğe aktarılması bilincini oluşturmaktadır.

Ülkemizde koruma kavramının gelişmesi ve günümüze aktarılmasındaki en önemli öge Osmanlı dönemindeki vakıf sistemidir. Cumhuriyet döneminin ilk yıllarına gelindiğinde ise Bayındırlık Bakanlığı imar planlarının hazırlanması sürecinde tarihi eserlerin ve bölgelerin korunması amacıyla teknik analizler istemiştir. 1933 Yılında bütün ülkede anıtlar ile ilgilenen Anıtlar Koruma Komisyonu kurulur. Anıtları Koruma Komisyonu'nun restorasyon konusunda benimsemiş olduğu yöntem, genel olarak; "sağlamlaştırma, koruma, anıtların özgün karakterini bozmadan onlara yaşam imkânı vermek, bu hususta o günkü tekniği kullanarak özgün ve aslına uygun olarak yeniden inşa etmektir. 1936 Yılında Evkaf Umum Müdürlüğüne bağlı kamusal yapıların onarımlarına bir düzen getirebilmek amacıyla nizamname yayınlanmıştır (Madran, 1996). Bu nizamnamede yapıların aslına uygun olmayan kısımların kaldırılması gerektiği, bazı imalatların özgün olarak yapılabileceği fakat yeniden yapılması mümkün olmayan süslemelerin bozulmaması gerektiği, zarar görmüş bölümlerinin yapıldığı devirdeki

mimari ve şeklinin korunması, yapının tavan ve döşemelerinin betonarme yapılabileceği, malzemenin yapının yapıldığı dönemine, mimarisine göre belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Anıtsal yapılara karşı gösterilen bu duyarlılık 50'lili yılların başında önemini yitirmiş, kentleşme sürecinde varlıklarını kaybetmiş, bir çoğu yok olmaya mahkum edilmiştir.

1951 yılında 5805 sayılı kanunda koruma düşüncesi “anıt ve tek yapı” ölçeğine dönüşmüştür. 1973 yılına geldiğimizde hazırlanan 1710 sayılı Eski Eserleri Koruma Kanunu ile önem kazanan eski eser tespit ve koruma çalışmaları 1980'lerde yoğunluğunu artırma başlamıştır. 1983 Yılında çıkarılan 2863 sayılı koruma kanunu ile bu kanunun bazı maddelerine 1987 yılında değişiklik getiren 3386 sayılı kanun ile koruma kavramı ciddiyetini arttırmıştır (Koruma Kurultayı, 1990). Bu kanun üzerinde 2004 ve 2011 yıllarında ve en son 2018 yılında 700 ve 703 sayılı KHK'ler ile kanunda düzenlemeler yapılmıştır.

İnsanlık tarihi boyunca yapı, medeniyet geliştirici bir vasıf üstlenmiş ve ilk çağlardan itibaren insan hayatında önemli bir yer almıştır. Yapı tarihinin gelişmesi ile birlikte koruma ve onarım faktörleri de gelişmiş ve çeşitli bilim dallarının konusu haline gelmiştir. Malzeme ve aletlerin gelişmesi ile birlikte daha sağlam ve uzun ömürlü, kalıcı yapılar inşa edilmeye başlanmıştır. İlk çağlarda daha basit ve kısa süreli ayakta kalacak eserler inşa edilirken tekniğin ve teknolojinin gelişmesi ile yüzlerce yıl ayakta kalacak ve kullanımı uzun yıllar sürecek yapılar inşa edilmiştir. Yapıların uzun yıllar kullanılmasına elveren bu gelişmeler yine bu yapılarda çeşitli koruma, tadilat ve onarım ihtiyacını doğurmuştur.

Uzun yıllar ayakta kalan yapılardaki bu koruma ve onarım ihtiyacı ise yeni teknikler ve malzemeler arayışı ortaya çıkarmıştır. Bu arayız günümüzde halen devam etmekte ve birçok akademik araştırmanın konusu olmaktadır. Bu tezde de bu gayelerden birini içermekte olup, onarım malzemelerinin tarihsel gelişimini ve yeni malzemelerin arayışını irdelemektedir. Koruma ve onarımda tarihi yapılar çeşitli dönemlerde farklı yaklaşımlar

görmüştür. Bu dönemler başlıca olarak özellikle coğrafyamızdaki eserler açısından bakıldığında birkaç ana başlığa ayrılabilir.

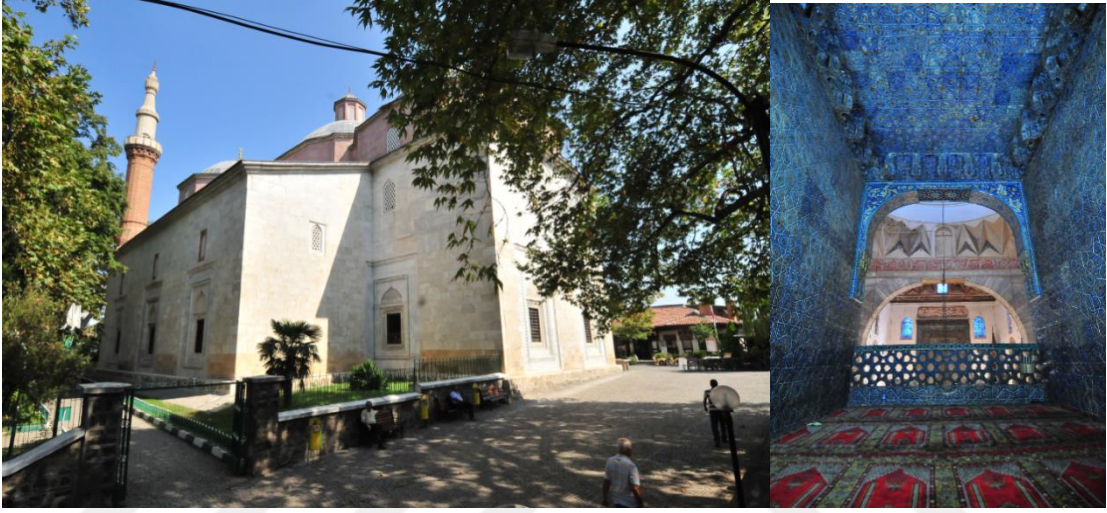
3.1.1. Osmanlı İmparatorluğu dönemi

Osmanlı İmparatorluğunda her türlü resmi yapım ve onarım işlerini deruhte eden teşkilatın adı Hassa Mimarları Ocağı idi. (Güneş, 2014) Hassa Mimarları Ocağı'nda yetişmiş Mimar Sinan Osmanlı tarihinin en bilinen ve efsanevi mimarı olarak akıllara kazınmıştır. Bunun en büyük sebebi ortaya çıkardığı şaheserler ve dolayısı ile döneminin Osmanlı tarihindeki en büyük imar hareketi dönemi olmasıdır. Bir yandan da bu dönemin doğmasına imkan veren siyasi ve ekonomik konjonktür bu denli büyük yapıların doğmasına ve büyük ustanın yeteneğini ortaya koymasına olanak sağlamıştır. Bu dönemde hasıl olan, büyük devlet olmanın ortaya konulduğu büyük yapılar ihtiyacı, İslam kültürü ile birleşerek büyük camiiler, külliyeler ve saraylar inşa edilmesine sebep olmuştur.

Osmanlı döneminde yapıların yer seçimi, zemin ve uygulanan temel yapım teknikleri günümüzde bile takdir toplayacak şekilde yapılmıştır. Bu dönemde ağırlıklı olarak ahşap, taş, tuğla gibi malzemelerin kireç horasan harcı ile birleşmesiyle inşa faaliyetleri sürdürülmüştür. Temelleri güçlendirmek için basamak sistemi uygulanmıştır. Kagir yapılarda tekil ya da mütemadi temeller uygulanmıştır. Duvarlara gelindiğinde ise ağırlıklı olarak taş malzeme ve bazı duvarlarda ahşap hatıllarda kullanılmış, çevrede zengin kaynakların oluşu nedeni ile kireç taşı yapının ana bağlayıcı malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kesmetaş ile örülmüş Osmanlı anıtsal yapılarının duvar örgüsünde çift cidarlı duvar örgü tekniği kullanılmıştır. Duvarın iç ve dış cidarlarında demir kenet ve zıvana ile bağlanmış kesmetaş arasında ise içinde moloztaş ve tuğla parçaları bulunan horasan harçlı bir dolgu bulunmaktadır. (Kolay, 2016)

Erken dönem Osmanlı mimari sanatının en güzel örneklerinden biri olan Şekil.3.1.de görülen Bursa Yeşil Cami 1419 yılında Çelebi Sultan Mehmet tarafından yaptırılmıştır. Ters t planlı camilerden olan Yeşil Caminin mimarı Hacı İvaz Paşadır. Yapıda kullanılan

bazı yapı malzemeleri Bizans döneminden kalmadır. 1552 yılında yapıldığı günden tam 132 yıl sonra onarıma alınarak kubbe kurşunlarının yenilenmesi gerektiği tespit edilmiştir. Hassa mimarlarından oluşan heyetin yerinde incelemesinden sonra, 10 bin akçe maliyet hesaplanmıştır. Ardından kubbe kurşunları, ilerleyen yıllarda onarılmıştır. (Yavaş, 2011)



Şekil 3.1. Bursa Yeşil Cami'nin Günümüzdeki Hali (Bursa Valiliği, 2019)

Vakıf yapısının gelişmiş olması ve vakıfların bu yapıların yaşatılması amacı ile kurulmuş olması Osmanlıdaki koruma ve onarım hassasiyetini göstermektedir. Dünyanın hiçbir yerinde bulunmayan bir sistemle, ilk defa Osmanlıda kurulan vakıflar, yalnızca eseri bağışlamak değil, eser çevresindeki ekonomik gelirle eseri yaşatıp, korumak ve onarmak amaçları güder. Bu kuvvetli vakıf yapısı birçok eserin günümüze sağlam bir şekilde gelebilmesini sağlamıştır.

Osmanlı zamanında başkent olmuş Bursa bu örneklerden çokça içermektedir. Şekil 3.2. de görülen Bursa Ulu Cami bunlardan en önemlisidir. Ülkemiz tarihi eser miraslarından da en önemlilerinden biri olan Ulu Cami tarihinde birkaç kere onarım görmüştür. Birinci Beyazıt tarafından 1400 Yılında inşa edilen Ulu Caminin mimarı Ali Neccar'dır. Çok ayaklı cami şemasının en klasik ve anıtsal örneği sayılmaktadır. Evliya çelebi bu yapı hakkında "Bursa'nın Ayasofyası" demiştir. 1567 tarihinde restore edilmiştir. Bu

restorasyonda çatı kurşunları, camlar, çerçeveler, vakfa ait dükkanlar, hamam ve su yolu tamir edilmiştir. En kapsamlı onarım ise 1855 depreminden sonra yapılmıştır. İçerisindeki süslemeler de bu döneme aittir. Devrin en ünlü hattatlarınca hün-i hat eserleri ile donatılan cami dünyada emsali bulunmayan bir hat müzesini andırmaktadır.



Şekil 3.2. Bursa Ulu Cami'nin günümüzdeki hali

Taş işçiliğindeki ustalık dönemin büyük eserler vermesini kolaylaştırmıştır. Üretilen bu eserler sağlam taş malzemeleri ile yıllarca ayakta kalmış ve onarımlar geçirerek günümüze ulaşmıştır.

Osmanlının başkentliğini yapmış başka bir şehir olan Edirne'de sayısız Osmanlı eseri bulunmaktadır. Şekil 3.3. de görülen Üç Şerefeli Cami bunlardan biridir. Osmanlı mimarisinin merkezi planlı camilerinin ilk örneğidir. 2. Murat tarafından inşa ettirilen cami saatli medrese, mektep, sebül çeşme ve hazire yapılarını içermektedir. 1447 Yılında mimar Muslihuttin ve Şehabettin Usta tarafından yapıldığı kabul edilmektedir. 1762 yılındaki depremde hasar gören cami, 1764 yılında 3. Mustafa tarafından onartılmıştır. Bu onarım bir kitabeye yazılarak son cemaat yeri revakında, taç kapı eksenindeki kemerin aynalarına asılmıştır. (Gönül, 2013)



Şekil 3.3. Edirne Üç Şerefeli Cami'nin günümüzdeki hali

3.1.2. Roma dönemi

Roma döneminde en çok, mermer, tuğla, kerpiç, killi toprak, ağaç ve taş gibi yapı malzemeleri kullanılmıştır (Çördük, 2006). Ayrıca puzolonik malzemelerin suda priz yapma özelliğinin keşfedilmesi bu döneme denk gelmektedir. Yaşam alanlarında ağırlıklı olarak kerpiç malzemeyle ve tuğla ile yapılmış evler bulunmaktadır.

Roma imparatorluk olmadan önceki döneminde yol ve su kemerlerinin yapımına ağırlık vermiştir. Yolların güzergahları belirlenirken en kısa güzergahlar seçilerek, coğrafyanın topografyasına da uygun olacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca dağlık kısımların güneşlenme yönleri ve süreleri de hesaba katılarak mümkün olduğunca düz yollar oluşturulurdu. Roma'da M.Ö. 312 yıllarında Appian Yolu yaklaşık 580 kilometre uzunluğundadır. Yolun büyük bir kısmı volkanik malzemeden bir kısmı işi kesme taştan yapılmıştır.

Roma eserleri Osmanlı dönemine göre hayli çeşitlilik içermektedir. Osmanlı döneminde genellikle cami inşası bulunurken Roma döneminde çok daha çeşitli yapılar inşa edilmiştir. Son dönemde yapılaşma ahşap ve kerpiç üzerine gelişirken antik zamanlarda ve Romanın ilk çağlarında taş yapılar çoğunlukta idi. Bu da antik dönemde ve Roma

döneminde yapılan kentlerin dahi ayakta kalması ile antik kentleri doğurmasına sebep olmuştur. Roma döneminde yol, su kemeri, tiyatro, liman, yarış pisti, ticaret borsaları ve tapınaklar inşa edilmiştir. Bu yapıların birçoğu günümüze kadar ulaşmayı başarmıştır. Puzolanik malzemenin bağlayıcı gücünün keşfedilmesi M.Ö. 300 yılları civarında Roma coğrafyası içinde gerçekleşmiştir. (Erdoğan, 2007)

M.Ö. 80 yılı civarında Roma' da doğmuş olan Marcus Vitruvius Pollio'nun M.Ö 30-M.Ö.20 yılları arasında yazmış olduğu De Architectura Libri Decem (Mimarlık üzerine on kitap) isimli eserinin ikinci kitabında puzolanik malzemeler hakkında önemli bilgiler vermektedir. Vitruvius' un eserinde, puzolanik malzemelerin kullanılmaya başlaması şu şekilde anlatılmaktadır: “Doğal olarak harikalar yaratan bir toz vardır. Bu malzeme Baiae Bölgesinde ve Vezüv Yanardağı'nın çevresindeki kasabaların etrafında bulunmaktadır. Kireçle ve taş parçalarıyla birleştiğinde her türlü yapıya dayanım sağlamakta, ayrıca, bu malzemenin kullanımıyla elde edilen karışımlar deniz yapılarında kullanılabilmekte, su altında da sertleşebilmektedir. Bu özelliğin nedeni şudur: Bu dağların altında bol miktarda su kaynağı ve kaynayan toprak vardır. Alttaki ateşin etkisiyle ortaya çıkan buhar üst kısımlardaki toprağa sızarak onu daha hafif bir malzeme haline getirmekte ve tuf oluşmaktadır. Böylece bu üç malzeme (kireç, ısıl işlem görmüş taş-toprak ve puzolan) bileştirilip tek bir malzeme gibi suyla temas ettiğinde, birbirine bağlanmakta ve kısa sürede sertleşmektedir. Bu malzemeyi ne dalgalar ne de su kuvveti ayırıştırılmamaktadır.” (Erdoğan, 2008).

Romalıların Etrüskler' den alarak geliştirdikleri ve mükemmelliğe ulaştırdıkları kanalizasyon sistemi ile kente su ulaştırmaktadır. Çoğu Roma evinde tuvalet, boru tesisatı ve Cloaca Maxima adı verilen karmaşık bir kanalizasyon sistemi vardır. (Hodge, 1992) Kapsamlı bir sokak kanalizasyonu sistemi Roma kolonilerinin planlamasıyla birlikte gerçekleştirilmekte ve birçok durumda kanalizasyon sistemi yerleşilen alandan daha geniş bir yer kaplamaktadır. Bu kanalizasyonlar yalnızca kentler genişledikçe geliştirilmediğini, kentleşmenin en başında kanalizasyon sisteminin planlandığının kanıtıdır.

Kanalizasyon sistemi ile kentlere su sağlanmaktaydı. Kaynaklardan halka açık sarnıçlar ve özel kuyulara ek olarak kente su getiren su kemerleri inşa edilmiş, su buradan kamu kullanımındaki çeşmelere ve yol kenarındaki havuzlar ile kamu yapılarına ve evlere dağıtılmaktaydı.

Şekil 3.4. de görülen Pont Du Gard su kemeri Romalılar tarafından bugünkü Fransa'nın güneyinde inşa edilmiştir..1985 yılında UNESCO tarafından Dünya Mirası olarak ilan edilmiştir (UNESCO. 2019). Nimes şehrine temiz su tedarik etmek için kullanılmıştır. Uzunluğu 50 kilometreyi bulan bu antik kemer inşa edilirken hiç harç kullanılmamıştır.



Şekil 3.4. UNESCO Dünya Mirası Listesindeki PontDu Gard Su Kemerini

Türkiye’de bilinen adıyla Şekil 3.5. de görülen Bozdağan Kemerini’nin yapımı Roma İmparatoru Valens zamanında milattan sonra 368 yılında tamamlanmıştır. İstanbul’da yer alan su kemeri, Osmanlı Sultanları tarafından da birkaç kez restore edilmiştir. Su taşıma sistemi toplamda 250 kilometreyi bulan su kemeri ise 921 metre uzunluğa sahiptir.



Şekil 3.5. Bozdoğan Su Kemerinin Günümüzdeki Hali

Antik Roma Tiyatrosu, Roma İmparatorluğu döneminde İspanya'dan Orta Doğu'ya kadar imparatorluk sınırları içindeki pek çok yerde inşa edilmiş tiyatro yapılarının adıdır. Dinsel törenler, tragedya ve komedyalı türü oyunların sergilendiği tiyatrolar ilk olarak Antik Yunan kentlerinde M.Ö. 6. ve 5. yüzyıllarda ortaya çıkmış; M.Ö. 4. yüzyıldan itibaren taştan yapılmış tiyatrolar görülmeye başlanmıştır. Romalılar ise tiyatro üzerinde birçok bilgi ve deneyimi bulunduğu halde M.Ö. 55 yılından önce taş tiyatro inşa etmemişlerdir (Yaşaroğlu, 2006). Roma döneminde tiyatro üç ana bölümden oluşmaktadır. Roma dönemi tiyatroları büyük ve gösterişli yapılardır. Orkestra birimleri yarım daire şeklinde, sahne binasının ön yüzü ise iki veya üç katlı bir sütun mimarlığı ile adeta saray cephesi durumuna getirilerek niş ve heykellerle süslenmiştir.

M.Ö. 2. Yüzyılda yapılan Antalya bölgesindeki Şekil 3.6'da görülen Aspendos Tiyatrosu, Roma Tiyatrosunun en güzel örneklerindedir. Antik kent, yamaca yaslanmış olan küçük bölümü ve düz kemerler üzerine inşa edilmesi, Roma dönemi mimarisinin özelliklerini yansıtmaktadır. Tiyatronun bazı kısımları onarılmış ve daha düzgün hale getirilmiştir. Oturma yerleri ve kaplamalarda kullanılan mermer, tarihi yapının günümüze kadar gelmesini sağlamıştır. Uzun ve dar olan sahne binası, esas yüksekliğini bozmamıştır.

Yatay şekilde uzanan sahne yapısı çok katlı olarak inşa edilmiştir. Sanatçıların kullandıkları kapı ile 5 kapıya sahip olan Aspendos Tiyatrosu, daha küçük kapılarla birlikte kapı sayısı çok olan bir yapı özelliği göstermektedir.



Şekil 3.6. Aspendos Antik Tiyatrosu'nun Günümüzdeki Hali

İtalya'nın başkenti Roma'da bulunan Flavianus Amfi tiyatro olarak bilinen Şekil 3.7. de görülen Kolezyum bir arenadır. Usta bir komutan olan Vespasianus tarafından MS 72 yılında yapımına başlanmış ve MS80 yılında Titus döneminde tamamlanmıştır. Daha sonraki değişiklikler Domitian hükümdarlığı zamanında yapılmıştır. İmparatorlar burada Roma halkını eğlendirmek için ve biraz da kendi eğlenceleri için gladyatör dövüşleri düzenlenmiştir. Bunlardan başka pek çok halk gösterileri, taklit deniz savaşları, hayvan avcılığı, infazlar, meşhur savaşların yeniden canlandırılması, klasik mitolojiye dayanan dramalar sergilenmiştir. Kolezyum daha sonra barınma yeri, iş dükkânları, dini kışlalar, istiham, taş ocağı, Hıristiyan türbesi olarak çeşitli amaçlarla kullanılmıştır (RothLeland M, 1993).



3.7. Roma İlindeki Kolezyum'un Günümüzdeki Hali

3.1.3. Eski Mısır dönemi

Mısır tarihindeki inanişa göre insanlar öldükten sonra tekrar dünyaya gelindiğine inanıyorlardı. Firavunları ise tanrısal birer varlık olarak görüyorlardı. Bu inaniş ve gelenekler nedeniyle ölen kişilerin bazı eşyalarını beraberlerinde defnediyorlardı. Bu defin işlemi kimi zaman büyük yapıları da beraberinde gerekli kılıyordu. Bir kral öldüğünde onun tekrar hayata geldiğinde kullanması için saray benzeri yapılar mezar olarak inşa ediliyordu. Ölen kişinin kıymetli eşyalarını yanlarında defnettikleri için mezarları, mezar hırsızları ve defnecilerden korumaları gerekiyordu. Bu da onlara dayanıklı ve uzun ömürlü yapılar yapma ihtiyaı doğurdu. Belli bir tarihten önce ölen krallar için tabandan yukarı doğru daralan Mastaba adı verilen geleneksel anıt mezarlar yapılıyordu. Bu yapılar için kerpiç malzeme kullanılıyordu. Bu gelenek zamanla yerini basamaklı piramit yapılar yapılmasına bıraktı. Mühendis Imhotep ilk büyük boyutlu piramidi inşa ettiğinde Mısırlılar o kadar etkilendiler ki ölümünden sonra Imhotep için tanrı dediler. Bu piramit Kahire yakınlarındaki Büyük Piramit'ler sahasında yer

almaktadır. Piramidin yapımında kutsal sayılan ve firavunu sonsuzluğa taşıması amaçlanan üçgen şeklinden ve merdivenlerden yararlanılmıştır. Bu yapılarda ayrıca literatüre katılan en önemli keşif biçimlendirilmiş taşlar ile inşa usulüdür. Bu yapılarda kullanılan ana malzeme, taş ocaklarından suyolları aracılığıyla getirilip yontularak şekillendirip kullanılan kireç taşlarıdır.

Bu yapıların en büyüğü ve en meşhuru Şekil 3.8. de görülen Keops Piramididir. Keops Piramidi ya da Büyük Piramit; günümüzde Mısır'ın başkenti Kahire'nin bir bölgesi olan Gize'yi çevreleyen antik Gize mezar kentinde bulunan üç anıtsal piramitten en eski ve en büyük olanıdır. MÖ 2551-2560 yılları civarında yapıldığı sanılan bu anıtsal kompleks, Dünyanın yedi harikasından biri olup, bu yedi harika içinde günümüze kadar ulaşan ve varlığını günümüze dek hemen hemen tam olarak sürdürebilmiş tek eserdir. Bu piramidin Mısır firavunu Khufu adına bir anıtsal mezar olarak inşa edildiğine inanılır ve yapımının yaklaşık yirmi yıl sürdüğü sanılmaktadır. 20. yüzyıl başlarına dek, yani 3800 yıl boyunca hacmi ve kütlesi bakımından Dünya'daki en büyük yapay (insan yapımı) yapı olarak kabul edilmiştir (Collins, 2001).



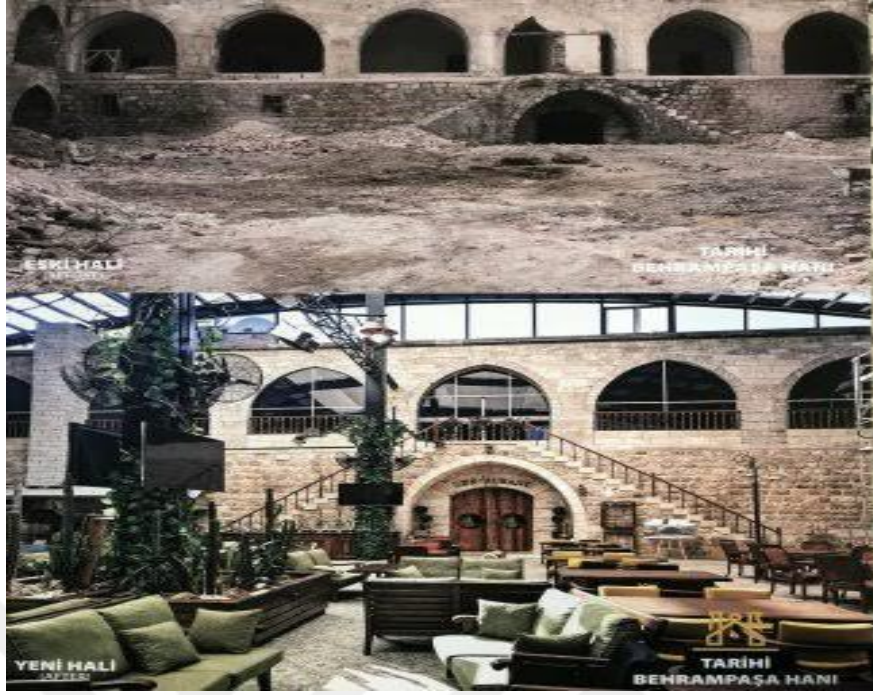
Şekil 3.8. Keops Piramidi'nin Günümüzdeki Hali

3.2. Yanlış Uygulamalar ve Sorunlar

Ülkemizde koruma ve onarım uzun yıllar boyunca gerekli ehemmiyetle irdelenmemiştir. Öncelikle korumanın ve ardından onarımın son yıllara kadar hayati önemde olduğu ve gelecek nesillere bir borç olarak aktarılacağı bilinci oluşmamıştır. Adeta hiç yapılmasa, yapı için daha faydalı olacak çalışmalar yürütülmüş “baştan savma” uygulamalar ile tarihi ve anıtsal yapılar tahrip edilmiştir (Genim, 1984). Öncelikle koruma hususu o kadar çok ihmal edilmiştir ki bazı anıtsal yapılar yıllarca ambar ve ahır olarak kullanılmış, birçok tarihi yapı yıllar sonra bulunup fark edilmiştir. Korumanın önemi hissedilince korunan yapılar yavaş yavaş onarılıp güncel kullanıma sunularak “kullanarak koruma” kültürü gelişmeye başlamıştır. Anıtsal yapılara karşı gösterilen bu duyarlılık 50’lili yılların başında önemini yitirmiş, kentleşme sürecinde varlıklarını kaybetmiş, bir çoğu yok olmaya mahkum edilmiştir. Son yıllarda yapılan onarım çalışmalarında, tarihi yapılar hakkında uzman olmayan kişilerce bilinçsiz bir şekilde onarımın yapıldığı ve tarihi yapılara geri dönüşü olmayan zararlar verdiği görülmektedir. Onarımın daha kısa sürede yapılmasına çalışılan restorasyonlar, bir taraftan yapıların işlevini bozarken, diğer taraftansa o döneme ait yapıların inşasında kullanılan yapım teknolojileri hakkında bilgi sağlayan verileri ortadan kaldırmakta ve malzemelere zarar vermektedir. Bu restorasyonlarda oluşan zararların önemli nedenlerinden biri, yeterli araştırma yapılmadan ve tarihi yapılara uygun olup olmadığı düşünülmeden kullanılan onarım malzemelerdir (Ömercioğlu, 2010). Son yıllarda bu konularla ilgili birçok araştırma yapılmaktadır ve bu tez çalışması bu araştırmalara katkı sağlayacak konularından biri olmayı amaçlamaktadır. Yapılan yanlış koruma ve onarımlardan birkaç örnek vermek gerekir ise;

3.2.1.Korumaya ilişkin yanlışlar

Şekil 3.9. de görülen Behrampaşa Hanı özel bir mermer firmasına 49 yıllığına kiralanmış, yıllarca ağır makinelerin ürettiği titreşim ve toza maruz kalmıştır. Tarihi bir yapı, imalathane ve depo olarak kullanılıp tahrip olmuştur. Ardından onarılan hanın, ne kadar kıymetli bir eser olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.9. Behrampaşa Hanı Onarım Öncesi ve Sonrası



Şekil 3.10. Tahrip Edilmiş Ayasofya (Colybrassus) Antik Kenti

Şekil 3.10. da görülen Antalya'nın Alanya ilçesinde 'Ayasofya' adıyla bilinen Colybrassus Antik Kenti'nde kaçak kazı yapan defineciler tarafından, kent kalıntıları,

lahitler, kayaya oyulmuş mezar odalarının içi ile girişindeki kemerde yer alan kartal motifinden biri kırılmış, Medusa başını ise kaçırılmıştır.



Şekil 3.11. Hırsızlığa Maruz Kalmış Saint Jean Theologos Kız Rum Mektebi

İzmir'de farklı kültürlere ve medeniyetlere ev sahipliği yapan, tarihi dokusuyla ilgi çeken semti Basmane'de, 19'uncu yüzyılda yapılan Şekil 3.11. de görülen Saint Jean Theologos Kız Rum Mektebi, hurdacılar tarafından talan edilmiştir.



Şekil 3.12. Koruma Altına Alınmamış Aziz Nikolaos Kilisesi

Aydın'nın Söke ilçesinde yer alan Şekil 3.12. de görülen Aziz Nikolaos Kilisesi 1821 yılında yapılmıştır.198 Yıllık tarihi eser, gün geçtikçe yok olmaktadır. Noel Baba diye anılan Aziz Nikolas'ın adına Gelebeç'te oturan Rumlar tarafından yaptırılan ve Anadolu'da onun adına inşa edilmiş ikinci kilise olması bakımından önem taşıyan yapı, kaderine terk edilerek define avcıları tarafından talan edilmiştir.



Şekil 3.13. Evliya Çelebi'nin Pir Ahmed Camii'nde ki El Yazısı

Şekil 3.13. de görülen Evliya Çelebi'nin Türkiye'deki tek somut izi kabul edilen Karaman Pir Ahmed Camisi'ndeki el yazısı gün geçtikçe yok olmaktadır.

3.2.2. Onarıma ilişkin yanlışlar

Şekil 3.14 de görülen Ambarlık köyünde Salarha Deresi üzerine 18'inci yüzyılda kesme ve moloz taştan inşa edilen tek gözlü Ambarlık Kemer Köprü 2003 yılında tescil edilerek koruma altına alınmıştır. Restore edilen 40m uzunluğunda 3.20m genişliğinde ve 10m yüksekliğindeki köprü 2011 yılında restore edilmesinden yaklaşık 8 yıl sonra çökmüştür.



Şekil 3.14.Köprü'nün Restorasyondan Sonrası Hali ve Yıkılmış Hali



Şekil 3.15.Kalenin Restorasyon Öncesindeki Hali ve Restorasyon Sonrasındaki Hali

Şekil 3.15 de görülen Ocak Ada Kalesi beyaz renkli kireç taşları kullanılarak inşa edilmiş olup 12 metre yüksekliğindedir. Denizden gelebilecek saldırılara karşı koyabilmek amacıyla inşa edilmiş olan kale 2000 yıl önce Cenevizliler tarafından inşa edilmiştir. Ancak kalede yapılan aslına uygun olmayan restorasyon ile tarihi kale olma özelliğini tamamen yitirmiştir.



Şekil 3.16.Süheyl Bey Caminin Restorasyon Öncesindeki ve Sonrasındaki Hali

Şekil 3.16 da görülen Süheyl Bey Camii 1591 yılında, Beyoğlu Fındıklı'da, Süheyl Bey tarafından Mimar Sinan'a inşa ettirilmiş olup, sekizgen planlı ve kubbelidir. Restorasyonu sonrası ise cam kaplanarak tarihi güzelliği yok edilmiştir.

Ülkemizde sadece tarihi yapılar değil yazılı eserler de yanlış onarımın kurbanı olmaktadır. Evliya Çelebi'nin en büyük özelliklerinden biri gezdiği yerlere kendine ait bir not bırakmasıydı. Çelebi, seyahatlerinde ziyaret ettiği camilerin uygun yerlerine kendi ismi, ziyaret ettiği yıl ve kendisine bir Fatıha okunmasını yazmayı ihmal etmezdi. Çelebi'nin bu notlarından Bulgaristan ve Bosna'da birer örneği zamanımıza kadar ulaşmışken notların Türkiye'de sadece iki örneği bulunmaktadır. Adana Hasan Ağa Camii'ndeki yazı 1998'deki deprem sonrası yanlış restorasyonla silinerek yok edilmiştir.

Bu yanlış onarımlar ülkemizde koruma yaklaşımı ile ilgili doğru yöntemlerin kullanılmadığını göstermektedir. Korumaya dair yanlışlar, özellikle ülkemizde tarihi eserin bolca bulunduğundan ören yerlerinin kaderine terk edilmesi sonucu oluşmaktadır. Onarıma dair yanlışlar ise tarihi eser bilinci oluşmamış kişilerce adeta konut tadilatı

yapılır gibi, tamamen kullanıma yönelik ve günün pratik onarım malzemeleri tercih ederek yapılan onarımlar, eserden uzak ve geri döndürülemez sonuçlar doğmasına yol açmıştır. Bu yaklaşım tarzı değişmeden ve tarihi eser bilinci oluşmadan bu koruma ve onarımların düzelmesi ve doğru malzeme kullanımı beklenmemelidir. Sorunları çözmek için mevcut olasılıkları gözden geçirerek, en az müdahale ile en iyi korumayı sağlayacak yöntemi seçmek ve çeşitli uzmanlık alanlarından yardım almak uygulanacak doğru yöntemlerden biridir.

Tez çalışmasına binaen değinilen konular yapılan bu hatalı onarımlarda kullanılan harçlar ve bu harçların esere zarar verme sebepleridir. Bu sebepler ortaya konduktan sonra sağlıklı şekilde onarımların yapılabilmesi için oluşturulması gereken harçlar için öneriler sunulmuş ve bazıları yapılan deneylere konu olarak araştırılmıştır.

4. ONARIM HARÇLARI

Harç, bağlayıcı malzeme, kum ve su karıştırılmasından meydana gelen, gerekirse içine katkı malzemeleri ilave edilen, katılaşma özelliğine sahip karışımlar olarak tanımlanmaktadır (Eriç, 2010). Harçların en önemli malzemelerinden biri bağlayıcılarıdır. Bağlayıcılar agrega adı verilen taneli malzemeyi birbirine bağlayarak yapay taş oluşumuna imkan sağlayan malzemelere verilen addır (Akman, 1990). Bağlayıcı maddeler sertleşme ile mekanik mukavemet kazanırlar ve bu zamanla artar (Postacıoğlu, 1986).Onarım için kullanılan harçlar ise yapının yetersiz kalan vasfını tekrar yerine getirebilmesini sağlar. Güncel yapıların onarılmaya ihtiyaç duyabileceği gibi hassas onarıma esas ihtiyacı olan yapılar tarihi yapılardır.

Tarihi yapıları onarma işine restorasyon denildiği gibi bu onarımı yapmak için kullanılan harçlara da restorasyon harçları denir. Çeşitli malzemeler ve yöntemlerle oluşturulabilen bu harçlardan beklenen en önemli özellik yapıyı sağlamlaştırırken ona ilerleyen sürede zarar vermeyecek olmasıdır. Bu yapılarda yapılan sağlamlaştırma çalışmalarında kullanılan taşın niteliği, onarım harcının taş ile uyumu çok önemlidir. Mukavemeti yüksek ve dayanıklı olmayan onarım harçları donma- çözünme, sıcaklık, su gibi etkenler altında bozularak yapının mukavemetini olumsuz etkiler. Yapıların onarımında doğru yapı malzemelerinin seçilebilmesi için bazı prensiplere saygı duyulmalıdır (Maravelak-Kalaitzaki,2003). Yıllarca yanlış uygulamalar sonucu, onarılan binaların, ilerleyen zaman sonunda bu onarımda kullanılan malzemelerden dolayı hasar gördüğü görülmüştür.

Restorasyon harçlarının ihtiyaç duyulan en hayati özelliği yapılan onarımın geri çevrilebilir olmasıdır. İhtiyaç duyulduğu halde onarılan bölgenin orijinal malzemeye zarar vermeyecek şekilde çıkarılabilir olması gerekmektedir. Orijinal malzeme ile onarım malzemesinin, özellikleri uyumlu ve eşdeğer nitelikte olan malzemelerinin tercih edilmesi gereklidir. Sadece gereken ölçüde müdahale uygulanarak yapının orijinal formunun ve malzemesinin korunması önemlidir (Maravelak-Kalaitzaki, 2003).

4.1. Kireç Harçları

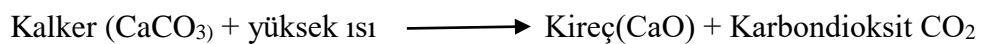
Tarihi harçların hazırlanmasında bağlayıcı malzeme olarak kireç yaygın biçimde kullanılmıştır. Agregalar ile etkileşmeden elde edilen kireç harçları, havada bulunan karbondioksit ile katılaşmaktadır. Puzolanik agregalar ise kireç ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat veya alüminatları oluşturup su ile katılan hidrolik harçları oluştururlar (Boynton, 1980).

Tarihte Mısır ve Roma uygarlıkları tarafından alçı ve kireç harçları ile Roma'da puzolanik özellik gösteren harçlar kullanılmıştır. Osmanlıda ise kireç ve tuğla tozunun karışımıyla oluşan horasan harcı, M.S.1800'lerde Avrupa'da ise hidrolik kireç ile hazırlanan çeşitli harçlar kullanılmıştır (Eriç, 2010).

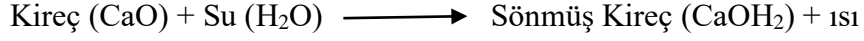
Kireç harcında agreganın yanında puzolanik katkı malzemesinin kullanımı, Roma döneminde doğal puzolan olan volkanik küllü toprakların eklenmesi ile başlamıştır. Puzolanların bağlayıcılık potansiyelinin keşfedilmesi yapay ve doğal puzolanların, harçların özelliklerini iyileştirmede kullanılmasını sağlamıştır (Gür, 2019). M.Ö.1200'lerde Mısır'da kireç harç ile şekillendirilmiş bloklar da kullanılmıştır. İlk dönemlerde kireç, yapılarda bağlayıcı olarak kullanılsa da bağlayıcıların gelişmesi sonucu alçı bağlayıcı olarak kullanılmaya başlanılmıştır (Shakouri, 2010).

Kalker taşı yüksek (900 °C) sıcaklıklara maruz kaldığında, taşın yapısındaki karbondioksit dışarı çıkar ve geriye gözenekli bir haldeki kireç kalır. Kalker magnezyum karbonat ihtiva ediyor ise yüksek sıcaklığa maruz kalması sonucunda bu maddedeki karbondioksit de yaklaşık 700 °C sıcaklıkta dışarı çıkarak geride magnezyum oksit oluşumu bırakır. Kalker taşının pişirilmesiyle CaO veya CaOMgO şeklinde sönmemiş kireç oluşur(MTA, 2019).

Kireç oluşumunun kimyasal formülü;



Sönmüş kireç oluşumunun kimyasal formülü;



Sönmemiş kirecin su veya havada bulunan nem ile reaksiyona girmesi sonucunda ise harçlarda kullanılan sönmüş kireç yani kalsiyum hidroksit oluşmaktadır (Erdoğan, 2009; TS EN 459-1).

Harç yapımında kullanılacak kirecin kalsine edilme yöntemi, iyi kalitede kireç elde etmek için önemlidir. Kireç üretiminde kullanılacak ısı kaynağı, yerleşimi, fırın sıcaklığı, kirecin bekletilme süresi ve taşınması gibi faktörler kireç kalitesini belirlemektedir. Kirecin kalitesini ve reaktifliğini etkileyen diğer faktörlerde kalsiyum karbonat kristallerinin büyüklüğü, kireç taşlarının cinsi, saflığı, yumru büyüklüğü gözenekliliği ve gözeneklilik dağılımı gibi fiziksel özelliklerin yanı sıra söndürme işleminde kullanılacak suyun saflığı, kireç/su oranı da kirecin özelliklerini etkilemektedir (Gökhan, 2006).

Sönmemiş kirecin suya temas eden yüzey alanının artırılması söndürme işlemini hızlandırmaktadır. Suyun sülfat ve sülfat iyonları içermesi kirecin söndürme süresini artırmakta, klorür iyonları ise söndürme süresini azaltmakta fakat tuzlanmaya neden olmaktadır. Ayrıca söndürme işlemindeki karıştırma söndürme süresini azaltmasına rağmen ortaya çıkan yüksek sıcaklık kirecin topaklaşmasına neden olarak homojenliğini ve plastik özelliğini yitirmesine neden olmaktadır. Sönmüş kirecin karbonatlaşması, havadan karbondioksitin yavaşça emilmesi sonucu, kalsiyum hidroksitin kalsiyum karbonata dönüşmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Kireçler iki ana başlık altında toplanabilirler. Bunlar hidrolik kireçler ve saf kireçlerdir. Hidrolik kireçler yüksek oranda kil parçacıkları içeren kireç taşlarıdır ve katılma bu killer, kireç ve su arasındaki reaksiyonlarla oluşmaktadır. Hidrolik olmayan saf kireçlerde ise katılma, kireç ile atmosferdeki karbondioksit arasındaki reaksiyon sonucunda oluşmaktadır. Her ikisinin de sertleşme süresi birbirinden farklıdır (Öncel, 2005).

Mühendislik, doğal ve yapay materyalleri kullanarak insanların her türlü ihtiyacını karşılamak amacıyla geliştirilen eylemlerin tamamıdır (TDK 2019). İnsanlık tarihinin en

eski mühendislik kolu ise inşaat mühendisliğidir. İnşaat mühendisliği yerleşik hayata geçilmeye başlandıktan sonra büyük gruplar halinde yaşayan insan topluluklarının barınma ihtiyacını ve ulaşım sıkıntılarını giderecek pratik çözümlerle gelişim göstermiştir. Çağlar değişirken yeni buluşlar gerçekleşmiş, insanlık tarihinde ve yaşantısında büyük değişiklikler olmuştur. Değişiklikler akabinde ihtiyaçlar farklılaşmış, yeni ve geniş yollar, ibadethaneler, daha büyük binalar yapılmaya başlanmıştır. Yapılardaki bu değişiklik, kullanılan materyallerin çeşitlenmesi ve güçlenmesi için mühendislik faaliyetlerini gelişmesinde itici bir güç olmuştur.

4.1.1. Alçı

Alçı, alçıtaşının pişirilmesi ile elde edilen ve yapılarda bağlayıcı olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Ögütüp su katılarak ile hamur haline getirilen alçı şekil alabilir bir yapı oluşturur. Etkileşim içinde kalan su ve alçı reaksiyona girerek esnekliğini kaybedip katı bir forma dönüşür(Erdoğan ve Erdoğan, 2007). Sertleşme süresini uzatmak istenirse karışıma şeker, un ve tutkal gibi koloidal olarak dağılan maddeler eklenebilir. Tam tersine tepkimeyi hızlandırarak donam işlemini çabuklaştırmak için ise su emici tuz vb malzemeler katılabilir ya da direkt olarak karışımdaki su miktarı azaltılabilir.

Alçı, kum ve su ile karıştırılarak bağlayıcı bir harç olarak kullanılabilir. En kolay elde edilen bağlayıcı harçlardan biridir. Bu harçlar ile duvar yapımı, kemer yapımı gibi bağlayıcı malzeme gerektiren inşalar yapılabilir. Ayrıca özellikle iç mekan sıvalarında çokça tercih edilen bir malzemedir. Fakat suya olan dayanıksızlığı nedeni ile dış mekanlarda kullanımı sorunlar teşkil etmekte ve tercih edilmemektedir. Ön üretimli olarak alçı pano levhalar, özellikle iç mekanda seperatör olarak yaygınca kullanılmaktadır.

4.1.2. Taş

Tarihin ile yapı malzemelerinden biri olan taş sağlam ve kalıcı olması nedeni ile yıllardır süregelen bir şekilde yapı malzemesi olarak tercih edilmeye devam etmektedir. Bu nedenle, özellikle tarihi yapıların ana malzemesini oluşturmaktadır. Taştan sonra birçok

farklı yapı malzemesi keşfedilmiş olsa da yüksek yük taşıma kabiliyeti ve suya dayanıklılığı sebebi ile yapıların temellerini oluşturmaya yıllarca devam etmiştir. Çekmeye karşı dayanıksız olsa da basınç karşısında muazzam dayanıklılığı ile taş yük taşımada oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bunun en büyük örnekleri ise temeller, sütunlar, taşıyıcı duvarlar, kemerler ve kubbelerdir. Taş ayrıca en yaygın agrega malzemesidir.

4.1.3. Kerpiç

Yüksek kil içeriği ile bağlayıcılık sağlayan toprağın saman gibi lif içeren malzemeler ve su ile karıştırılarak kalıplara dökülmesi ve güneşte kurutularak düzgün bir form kazanması ile elde edilen eski tip tuğla denilebilecek yapı malzemesine kerpiç denir. Bu yapı malzemesi yeryüzünde insanoğlunun kullandığı ilk yapı malzemelerindendir (Akyol, 2013). Kerpicin ana özelliği içinde bulunan kilin bağlayıcılığı ve dayanımı ile dayanıklılığını arttırmak, rötire sebebiyle oluşacak çatlamları önlemek için saman liflerinin çekmeye olan katkısıdır.

Tuğlaya çok benzeyen kerpicin en önemli farklılıkları, fırınlanmak yerine güneşte kurutulması, basınçsız olarak kalıplarda şekillenmesi, birim ağırlığı ve basınç dayanımıdır. Kerpiç toprak esaslı olduğu ve pişirilmediği için suya karşı oldukça dayanıksızdır ve bir yapıda kullanılması şartı yapının temellerinin taş vb ile inşa edilerek su ile kerpiç arasında izolasyon sağlanmasıdır. Aksi halde su ile temas eden kerpicin yapısı bozularak yumuşayıp yıkılabilir ve yapı malzemesi özelliğini yitirir (Almaç, 2002).

4.1.4. Puzolanlar

Puzolanlar, kendi başlarına bağlayıcılık değeri olmayan fakat öğütülerek yüzey alanı yeterince artırıldığına ve kalsiyum hidroksitle sulu ortamda birleştirildiklerinde hidrolik bağlayıcılık özelliğine sahip olan, silikalı ve alüminalı malzemelerdir (Gündeşli, 2008). Puzolanlar iki ana başlıkta incelenebilirler.

Doğal Puzolanlar

Doğada, doğal olarak mevcut olan silis ve alümin içeren, ince taneli forma getirilerek kalsiyum hidroksit ve su ile karıştırıldığında bağlayıcı özellik gösteren malzemelere doğal puzolanlardanir (ASTM C618).

Puzolanların bağlayıcı özellik gösterebilmesi için killi ve şeylli toprakların ayrıca bir ısıtım işlemine tabi tutulması gerekirken volkanik malzemelerin ise çok daha ince taneli yapılar haline getirilmesi gerekir. Bu ince taneli doğal puzolanlar sönmüş kireç ve su ile karıştırılarak veya puzolan katkılı çimento üretiminde klinker ile birlikte öğütülerek kullanılabilir. Çoğunlukla puzolanlar volkanik kökenli malzemelerdir. Kil ve şeyll mineralleri doğal yapıları itibari ile puzolanik özellik göstermemekle birlikte 900 °C sıcaklığa maruz kaldıklarında kristal yapılarındaki değişim ile düzensiz alümin ve silis içeren puzolanik malzemeler haline gelmektedirler (Erdoğan ve Erdoğan 2007).

Yapay Puzolanlar

Yapay puzolanlar doğal puzolanlara göre çok daha yeni bir yapı malzemesidir. Son yüzyılda kullanılmaya başlayan yapay puzolanlar endüstrilerin yan ürünleridirler. Başlıca yapay puzolanlar; uçucu küller, silis dumanı ve yüksek fırın cürufudur. Bunların en yaygın üretileni ve kullanılanı ise uçucu küllerdir. Bu tezde deney malzemesi olarak kullanılacak olan termik santral artığı uçucu küller yapay puzolanlar olarak onarım harçlarının başlıca malzemesi olmaya aday bir malzemedir (Erdoğan ve Erdoğan 2007).

Uçucu Kül

Termik santral ürünü uçucu küller, büyük bir çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir. Bu nedenle uçucu külün çeşitli alanlarda kullanılarak geri dönüştürülmesi ve değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Uçucu küller çimentoda katkı malzemesi olarak kullanıldığında, kullanılan Portland çimentosu miktarını azaltmakta, enerji tasarrufu sağlamakla dolayısı ile daha az karbon salınımı oluşmasına destek vermekte ve daha ucuz

Çimento elde edilmesine imkan vermektedir. Bir imalatta kullanılan uçucu kül, bertaraf edilmesi gereken bir atığı ortadan kaldırmakta ve ihtiyaç duyulan bir malzemeyi temin etmektedir. Yapılan işlem ile iki fayda birden sağlanmıştır.



5. MATERYAL ve YÖNTEM

Literatür analizlerinden elde edilen bilgiler neticesinde, günümüzde onarım harçlarının yeni yaklaşımlarla irdelenmesi, tarihi yapılar ve anıtsal kalıntılar için kullanılacak onarım malzemesi gelişimi açısından faydalı olacaktır. Tarihsel süreçte bağlayıcı olarak kirecin yanında pişmiş kil, doğal puzolanlar ve ardından yapay puzolanların sırasıyla eski dönemden günümüze doğru uygulamalarda ve bilimsel çalışmalarda kullanıldığı görülmektedir. Bu malzemelerin en ileri halde kullanılanlardan biri olarak puzolanik malzemeler dikkat çekmektedir. Bu literatür bilgiyi bir adım ileri götürmek için tercih edilirken en güncel malzemeler üzerinde yenilikçi çalışmalar yapmak gerekir. Bu tezin konusunda ise atık bir malzeme olan uçucu kül ve doğal bir puzolan olan zeolit alternatif onarım harçları için bağlayıcı olarak kullanılacak malzemeler olarak seçilmiştir. Bu yaklaşımın bir amacı da mevcut ekolojik sistemde ciddi bir şekilde tehdit oluşturmaya başlayan uçucu kül atıklarını tekrar üretime katarak mümkün olduğunca bertaraf edilmesini sağlamaktır.

Yapılan çalışmada bağlayıcı olarak kireç yanında uçucu kül ve zeolit farklı oranlarda kireç ile ikame edilerek kullanılmıştır. Bunun yanında agrega olarak dere kumu ve tuğla pirinci kullanılmıştır.

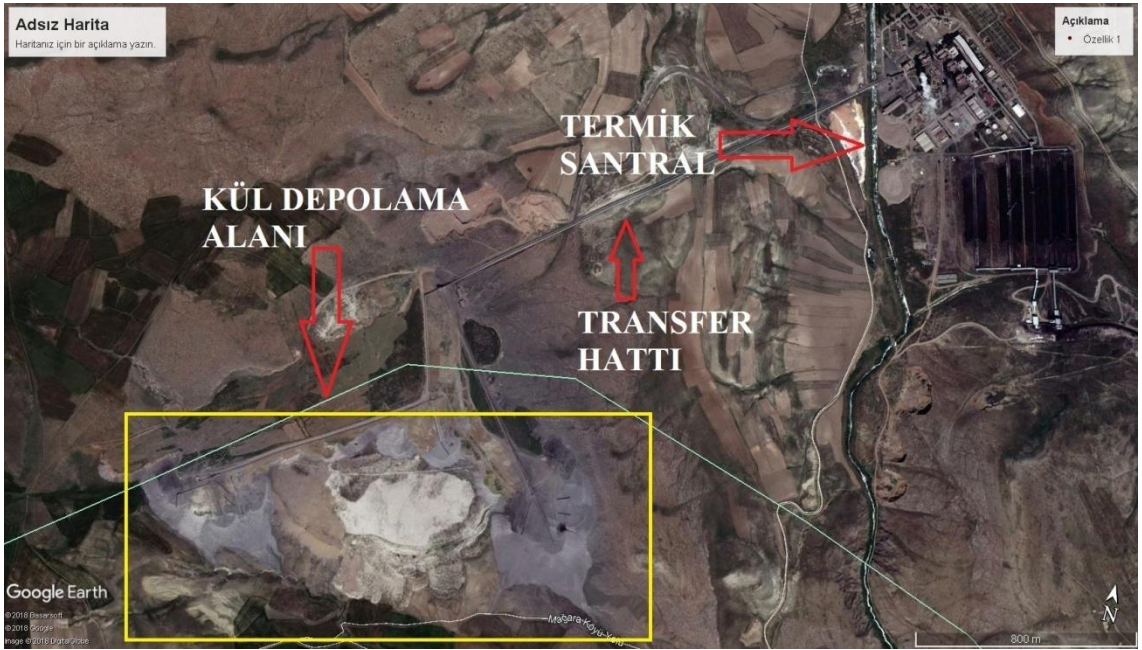
5.1. Materyal

Agrega tercihinde dere kumunun yanı sıra yine bir geri dönüşüm ürünü olan tuğla pirinci kullanmaya karar verilmiştir. Başka bir atık olan kullanılmış tuğla molozu böylelikle üretime kazandırılarak bir başka dönüşüm elde edilmiş olacaktır. Deneylerde kullanılan kireç Tokat Niksar'da faaliyet gösteren Nimsan kireç fabrikasında üretilen C180S kirecidir. Zeolit, Gördes Zeolit firmasından temin edilmiştir.

Esas konumuz olan uçucu kül ve zeolit kullanımı, onarım harçlarının klasik bağlayıcı maddesi olan kireç ile belirli oranlarda yer değiştirerek sağlanmıştır. Bu çalışmada Şekil 5.1. de uydu fotoğrafı görülen Sivas Kangal Termik Santrali'nden çıkan C sınıfı uçucu

külü kullanılmıştır. Optimum değerleri elde etmek için belli oranlarda karışımlar oluşturularak en iyi harcın hangi oranda ortaya çıktığı aranmıştır.

Deneyler iki ana grupta planlanarak sadece uçucu kül ve zeolit ile beraber uçucu kül karışımları oluşturulmuştur. Bu karışımlar mukayese edilebilmesi açısından agrega, kireç ve su oranları sabit tutularak yapılmıştır. Bir yandan da agrega olarak kum ve tuğla tozu oranları değiştirilerek doğru agrega karışımı bulunmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.1. Kangal Termik Santrali'nin Uydu Görüntüsü

Yapılan çalışmada bağlayıcı malzemelerin blaine değerlerinin ölçülerek belirli bir aralıkta olması hedeflenmiştir. Yapılan deney sonuçlarının ve dolayısı ile kullanılan malzemenin bağlayıcı özelliğinin daha detaylı ve tartışmaya mahal bırakmayacak şekilde ölçülebilmesi için blaine değerleri eşit olmalıdır. Zira blaine değeri, kimyasal özelliklerin eşitlenememesi dezavantajının aksine, fiziksel bir özellik olduğundan değiştirilebilir ve eşitlenebilir. Sonuçlar açısından bağlayıcı malzemelerin gerekirse öğütülmüş ve elekler vasıtası ile eşitlenmiş olarak kullanılması son derece faydalı olacaktır. Fakat teknik yetersizlik dolayısı ile bu değerler ölçülmüş olsa da eşitlenerek kullanılamamış ve bu

gelecekteki çalışmalar için bir öneri olarak belirtilmiştir. Çizelge 5.1. de çalışmada kullanılan malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kullanılan malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal özellikleri			
Ana element (%)	Uçucu Kül	Zeolit	Kireç
SiO₂	37.29	73,53	2
Al₂O₃	15.56	12,54	0,1
Fe₂O₃	4.83	1,45	0,1
CaO	28.90	2,85	85
MgO	3.63	0,82	2
SO₃	6.63	3,25	2
K₂O	0.84	2,7	
Kızdırma kaybı	2.75	3,51	3
Fiziksel Özellikleri			
90 mikron altı (%)	100	100	90
Özgül ağırlık (gr/cm³)	2,72	2,03	2,45
Özgül Yüzey Alanı (Blaine)(cm²/gr)	3150	9660	1580

5.2 Metot

Literatür araştırmaları sonucunda bu çalışma için, bağlayıcı-agrega oranı $\frac{1}{2}$ olarak kullanılmıştır. Karışımın su muhtevisiyatı ise $\frac{1}{4}$ olarak uygun görülmüştür. Böylece toplam karışım içerisinde $\frac{1}{2}$ agrega, $\frac{1}{4}$ bağlayıcı ve $\frac{1}{4}$ su içeren bir kür grubu oluşturulmuştur.

Deney çalışması için 4 seri numune hazırlanmıştır. Değişen parametrelerin numuneler üzerindeki fiziksel, kimyasal ve mekanik etkileri araştırılmıştır.

İlk olarak döküm için kullanılacak olan Şekil 5.2 de görülen 4x4x16 cm TS EN 12390-1 standart kalıpları hazır hale getirilerek numunelerin kolay çıkarılabilmesi için yağlama işlemi yapılmıştır.



Şekil 5.2. Numune dökümünde kullanılan kalıp

Ardından, önceden belirlenen oranlarda malzemeleri hassas tartı aracılığı ile tartılıp karışım kabına konmuştur. Bu malzemeleri laboratuarda bulunan Şekil 5.3'te görülen mikser yardımı ile karıştırarak harç oluşumu sağlanmıştır.



Şekil 5.3. Karışımların hazırlanmasında kullanılan mikser

Oluşturduğumuz harç karışımları önceden hazırlanıp yağlanman standart kalıplara dökülmüş, sarsma cihazı üzerine kalıpla birlikte konularak bu cihaz yardımı ile her seferde TS EN 196-1 standardına uygun olacak şekilde 60 devir/dakikalık sarsma periyodunda 15 milimetre yüksekten düşüş yaptırılarak sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kalıplara dökülmüş ve vibrasyona uğramış Şekil 5.4'te görülen harç numunelerini kalıp üzerinde mala yardımı ile düzleştirilerek pürüzsün bir şekil almasını sağlanmıştır. Ardından TS EN 12390-2 standartlarına uygun kür koşullarında prizini alması için muhafaza edilmiştir.



Şekil 5.4. Numune Dökümü Örneği

Şekil 5.5'de görülen ilk prizini alan numuneleri kalıplardan çıkarılarak 28, 60 ve 90 günlük prizlerini almalarını sağlamak için uygun kür koşullarının muhafaza edileceği ağız kapalı plastik kaplara alarak uygun sürelerde bekletilmiştir.



Şekil 5.5.Kür Ortamı

Numunelerin 28, 60 ve 90 günlük halleri üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Numuneleri iki ana başlık ve iki alt başlık olmak üzere toplam dört başlıkta dört seri olarak hazırlanmıştır.

Seri 1: Kısa adı (UK) İlk seride dere kumu, kireç, su ve uçucu kül kullanılmıştır. İsimlendirme uçucu kül oranına göre yapılmıştır.

Seri 2: Kısa adı (UT) İkinci seride tuğla tozu, dere kumu, kireç, su ve uçucu kül kullanılmıştır. İsimlendirme uçucu kül oranına göre yapılmıştır.

Seri 3: Kısa adı (ZUK) Üçüncü seride dere kumu, kireç, su, uçucu kül ve zeolit kullanılmıştır. İsimlendirme uçucu kül ve zeolit oranına göre yapılmıştır.

Seri 4: Kısa adı (ZUT) Dördüncü seride ise tuğla tozu, dere kumu, kireç, su, uçucu kül ve zeolit kullanılmıştır. İsimlendirme uçucu kül ve zeolit oranına göre yapılmıştır. Çizelge 5.7. de karışım oranlarının çizelgesi verilmiştir.

Çizelge 5.2. Karışım oranları çizelgesi

Kodlama	Karışımlar					
	Uçucu Kül (gr)	Zeolit (gr)	Kireç (gr)	Kum (gr)	Tuğla (gr)	Su (ml)
REF	0	0	500	1000	0	450
UK10	100	0	400	1000	0	450
UK20	200	0	300	1000	0	450
UK30	300	0	200	1000	0	450
UK40	400	0	100	1000	0	450
UK50	500	0	0	1000	0	450
UT10	100	0	400	666	334	450
UT20	200	0	300	666	334	450
UT30	300	0	200	666	334	450
UT40	400	0	100	666	334	450
UT50	500	0	0	666	334	450
ZUK10	250	50	200	1000	0	450
ZUK20	200	100	200	1000	0	450
ZUK30	150	150	200	1000	0	450
ZUK40	100	200	200	1000	0	450
ZUK50	50	250	200	1000	0	450
ZUT10	250	50	200	666	334	450
ZUT20	200	100	200	666	334	450
ZUT30	150	150	200	666	334	450
ZUT40	100	200	200	666	334	450
ZUT50	50	250	200	666	334	450

5.3. Yapılan Deneyler

Deney sonuçlarını görmek için numunelere çeşitli periyotlar ile çeşitli testler uygulanmıştır. Bu periyotlar TS EN 196-3 standartlarına göre 28, 60 ve 90 gün olmak üzere priz etkileşiminin belirgin şekilde değişime uğradığı süreler olarak seçilmiştir. 90 gün sonunda maksimuma yakın prize uğrayan harç bu süre sonrasında çok fazla değişim göstermemektedir. Fiziksel deneyler için 28 günlük numuneler tercih edilmiştir. Bunun nedeni numunelerin bu süre sonrasında fiziksel olarak kayda değer oranda değişmeyecek olmasıdır. Şekil 5.6’da görüldüğü gibi Numunelerin su emme, en, boy, ağırlık ve ultra ses geçirgenliği değerleri ölçülmüştür.



Şekil 5.6. K rlerin Boyutlarının  l lmesi

Kapilarite  l mleri 60 ve 90 günlük numuneler üzerinde, mekanik deneyler 28, 60 ve 90 günlük numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş, eğilme deneyi sonrasında kırılan numunelerin bir parçası üzerinde basınç deneyi uygulanırken, diğeri üzerinde kılcallık ve su emme deneyleri yapılmak üzere yetmiş derecede olan etüvde bekletilmiştir.

Numunelerin 28, 60 ve 90 günlük hallerine eğilme ve basınç deneyleri uygulanmıştır. Bu deneyler TS EN 196-1 kriterlerine göre yapılmıştır.

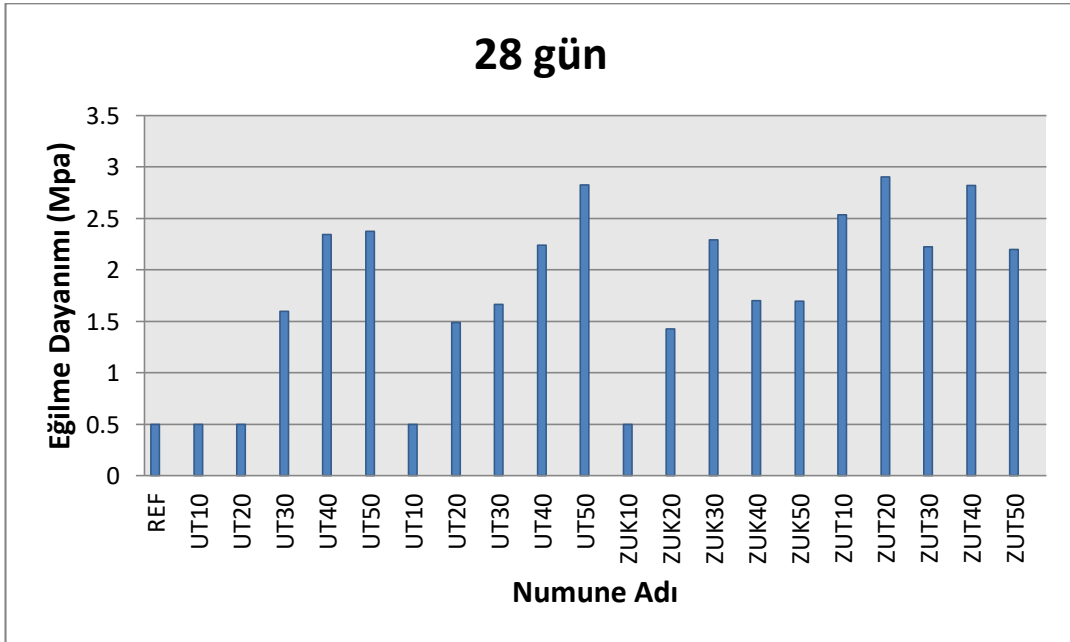
5.3.1. Eğilme dayanımı deneyleri

Eğilme deneylerinde, 4x4x16 cm boyutlarındaki numuneler, TS EN 12390-5 standartlarına uygun olarak Şekil 5.7’de görülen deney cihazına yan yüzeylerinden biri, iki mesnet silindirleri üzerine denk gelecek şekilde, boyuna ekseni mesnet silindirlerine dik olarak yerleştirilir. Mesnetlere oturmayan diğer yan yüzeyin ortasına başka bir mesnet ile 40-60 N/s sabit hızla, numune kırılıncaya kadar yük uygulanır.

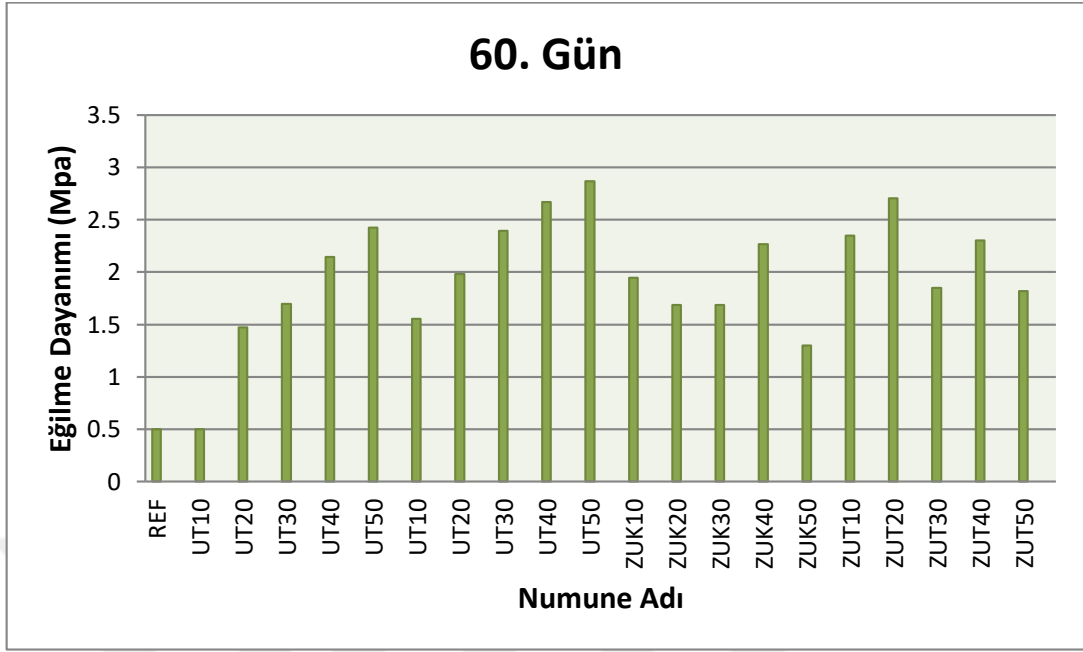


Şekil 5.7. Eğilme Dayanımı Deneyi

Bu testte kırılan numunenin iki parçasına ayrı ayrı olarak basınç dayanımı testi uygulaması yapılmıştır. Deney numunelerinin tamamı aynı kür ortamında bırakılmıştır. Eğilme dayanımı testleri 28, 60 ve 90 günlük periyotlarda yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonuçları Şekil 5.8, Şekil 5.9. da ve Şekil 5.10 de grafikleştirilerek verilmiştir.

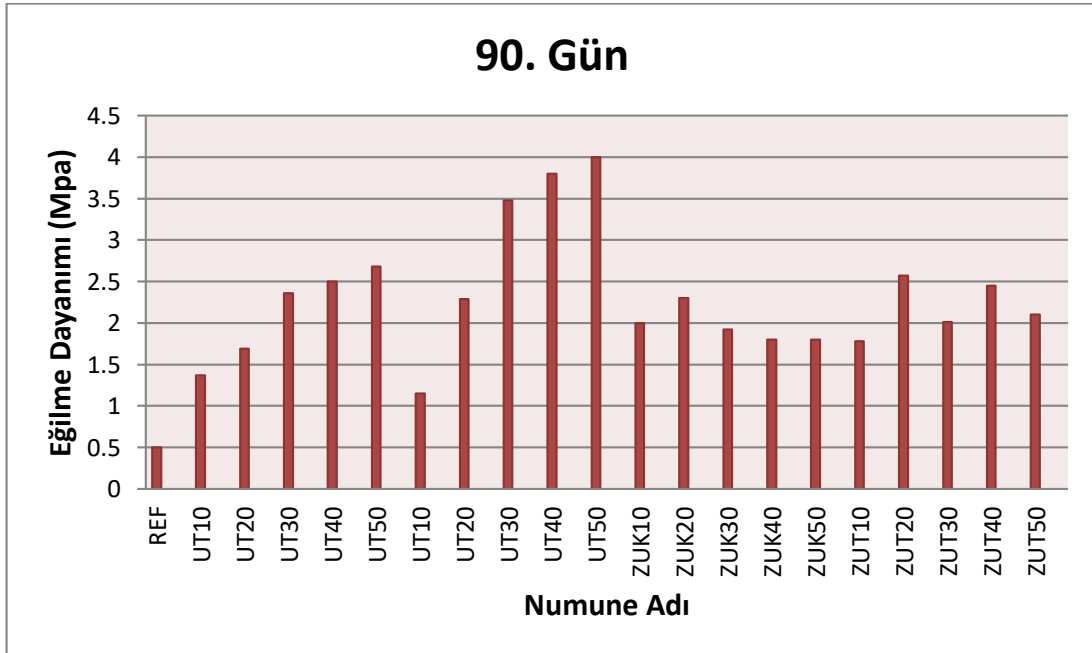


Şekil 5.8. 28. Gün Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları



Şekil 5.9. 60. Gün Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Deney numunelerinin 90. Gün eğilme dayanımı deneyi sonuçları:



Şekil 5.10. 90. Gün Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Yapılan deneylerin sonuçları yukarıda grafikleştirilerek verilmiştir. Bu grafiklerden yola çıkarak eğilme dayanımı sonuçları, ve kür süreleri farkına ilişkin sonuçların değerlendirilmesi hususu, değerlendirme ve sonuç başlığı altında irdelenmiştir.

5.3.2. Basınç dayanımı deneyleri

Basınç dayanımı testinde TS EN 12390-4 standartları gereği numune parçaları boyuna yönde yükleme plakalarının arasına yatay konumda yerleştirilmiştir. Malzemenin bu plakalardan taşan kısımlarının 10 mm'yi aşmaması gerekir. Yükleme, deney boyunca 2200-2600 N/s sabit hızla uygulanır.

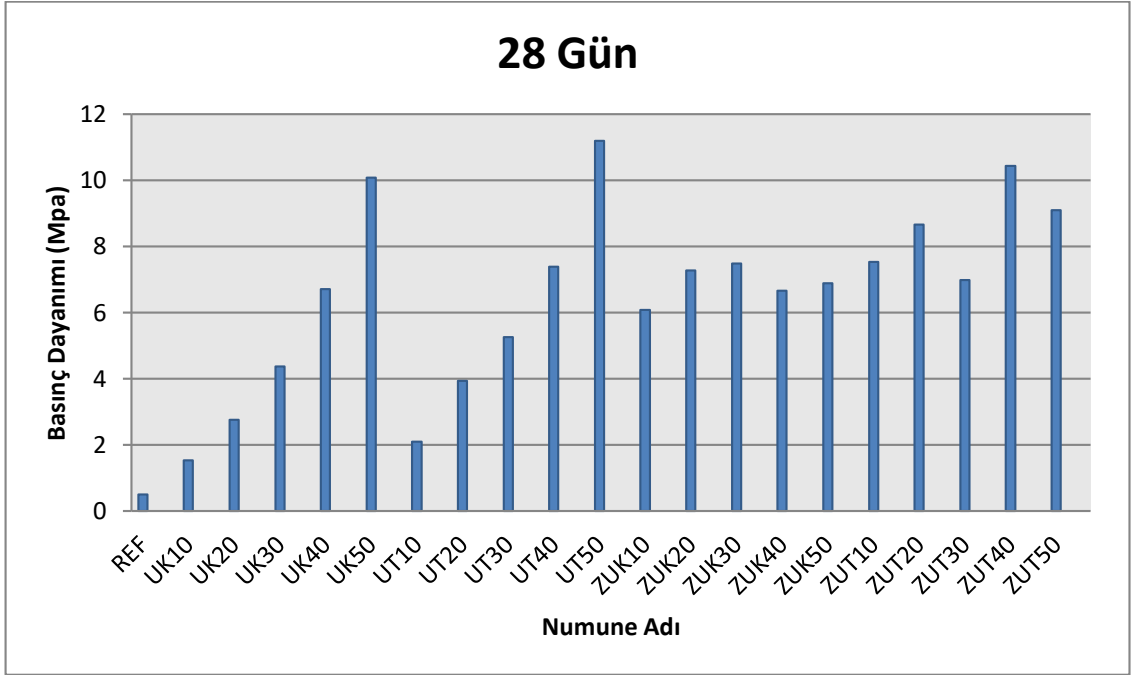


Şekil 5.11. Basınç Dayanımı Deneyi

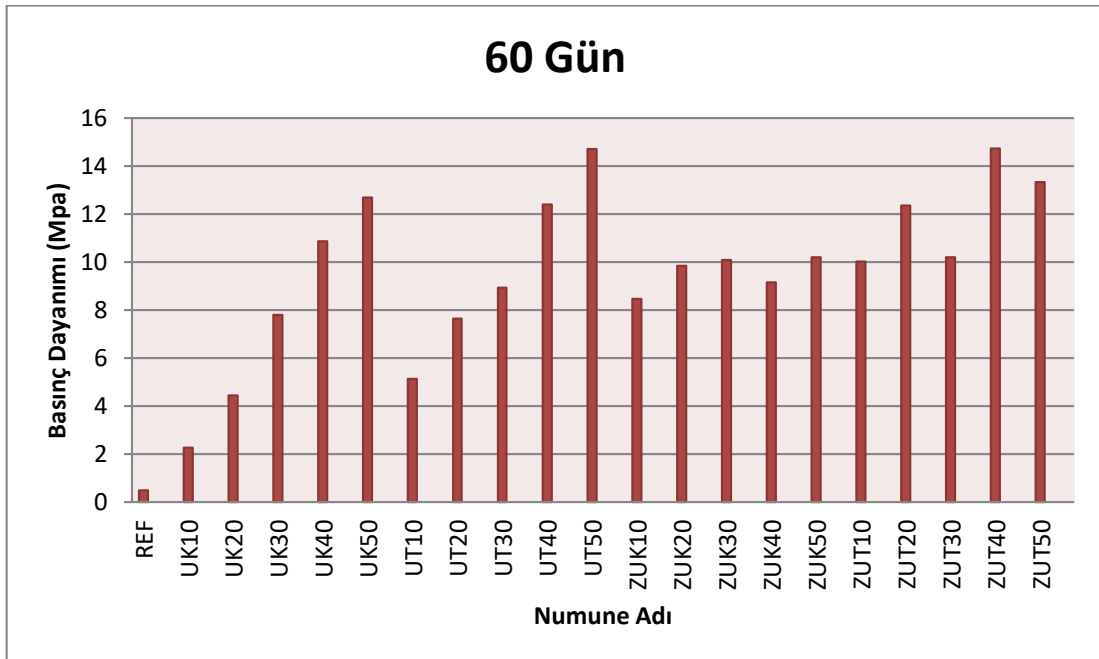
Bu deneyler de diğer deneyler gibi Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi laboratuvarlarında bulunan Şekil 5.11 de görülen deney makineleri ile yapılmıştır.

Yapılan deneyler sonucu elde edilen veriler önce tablo haline ardından da grafik haline dönüştürülmüştür. Bu grafikler sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesi sürecinde

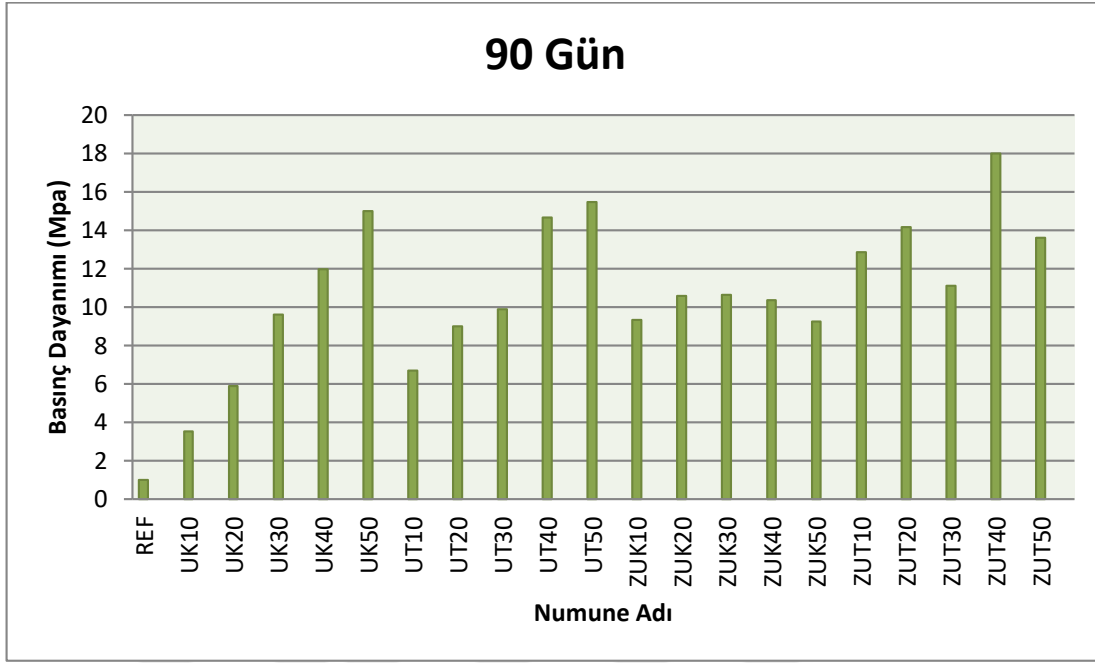
bize yardımcı olacaktır. Yapılan deneylerin sonuçları Şekil.5.12. de, Şekil 5.13. de ve Şekil 5.14 degrafikleştirilerek verilmiştir.



Şekil 5.12. 28. Gün Basiñç Dayanımı Deneyi Sonuçları



Şekil 5.13. 60. Gün Basiñç Dayanımı Deneyi Sonuçları



Şekil 5.14. 90. Gün Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Deney numunelerinin tamamı aynı kür ortamında bırakılmıştır. Basınç dayanımı deneyleri, diğer mekanik özellik testleri gibi 28, 60 ve 90 günlük periyotlarda yapılmıştır. Kür süreleri farkına ilişkin sonuçların değerlendirilmesi hususu değerlendirme ve sonuç başlığı altında irdelenmiştir.

5.3.3.Ultrases deneyleri

İnsan kulağının duyamadığı (16.000 frekans üzeri) yüksek frekanslardaki seslere ultrases denir. Bu yükseklikteki ses dalgaları yayılmak için cisme ihtiyaç duymakta aksi halde yayılamamaktadır. Dikkate alınacak değer cismin içindeki ultrases hızıdır. Bunun ölçümü için bir probdan gönderilen sesin diğer proba ulaşma süresini hesaplayan ve ossilografa aktaran Şekil 5.15 de görüldüğü gibi bir deney cihazı kullanılır. Dikkat edilecek kıstaslardan birisi ise numune boyu (L) ve agrega boyu (D) oranıdır.

L_{min}= 3,5D değerinden daha küçük olmamalıdır. Bu deneyler TS EN 12504-4 standartlarına göre yapılmıştır.



Şekil 5.15. Ultrases Deneyi

Cihaz iki uc arasındaki süreyi mikrosaniye olarak ölçer. Ses çıkış hızı için aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$V=L/t_1 \quad (1)$$

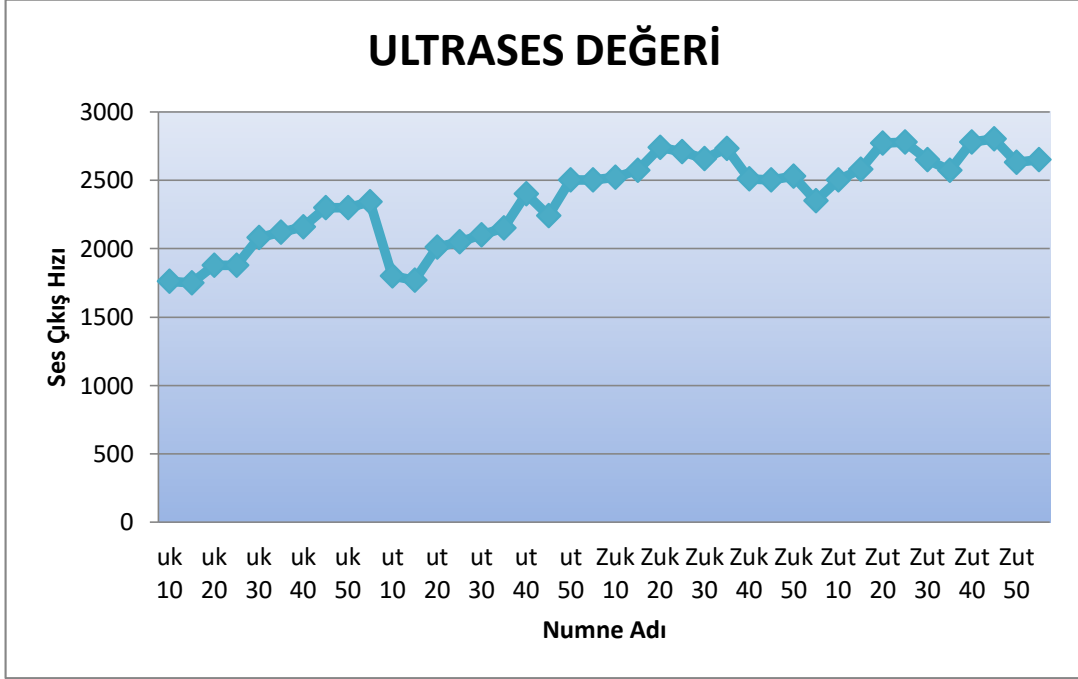
V: Ultrases hızı (km/s)

L: Ses hızının geçtiği numune boyu (mm)

t₁: Uzunluk boyunca sinyalin aldığı yol (μ s)

bu ölçümler 28 günlük deney numuneleri üzerinde yapılmış ve kayıt altına alınmıştır.

Deney numunelerinin Şekil 5.16 da grafiği verilen 28. Gün ultrases deneyi sonuçları



Şekil 5.16. 28. Gün Ultrases Deneyi Sonuçları

5.3.4.Kapilarite deneyleri

Su moleküllerinin çekiminin temas ettiği madde moleküllerini etkisine girmesiyle oluşan basınç farkıyla suyun kılcal boşluklardan yukarı çekilmesine kılcal çekim denir. Kılcallık deneyi için TS EN 480-5 standartlarına göre etüvde kurutulmuş numune Şekil 5.17 de görüldüğü gibi yan yüzeylerden su almasını engellemek için mum ile kaplanarak alt yüzeyi suya temas edecek şekilde 2-4 mm arası su içerisine batırılmıştır. Belirli zaman aralıkları ile kütesindeki artış ölçülerek zamanla emdiği su kayıt altına alınmıştır. Kaptaki su seviyesi düştükçe su tamamlanarak deneye devam edilmiştir. Numune ele vb cisim üzerinde suya konularak rahatça suya teması sağlanmıştır.



Şekil 5.17. Kapilarite Deney Düzenegi

Aktif halde bir tartı ve kronometre çalışır durumda bulundurulmuştur. Tartı süresi aralıkları gittikçe artan bir şekilde devam etmektedir. İlk tartım aralıkları çok seridir. Sudan çıkartılan numune hafifçe kurularak tartılmıştır. Uygun zaman aralıkları (TS EN 1925, 2000) 2, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121, 144 ve 169 dakikadır. Bu deney 28, 60 ve 90. Günlerde tekrarlanmıştır. Numunenin emdiği su miktarına ve sureye bağlı olarak, aşağıdaki formülle kılcallık katsayıları belirlenmiştir.

$$N = \frac{Q}{\sqrt{t} \cdot A} \quad (2)$$

N: kılcallık katsayısı (cm/ $\sqrt{\text{dak}}$)

Q: emilen suyun ağırlığı (cm³)

A: su değen yüzeyin alanı (cm²)

t: zaman (dakika)

6. BULGULAR ve TARTIŞMA

Literatüre yeni bir materyal kazandırmak ve malzeme biliminin gelişmesine katkı sağlamak amacı ile yola çıkılan bu çalışmada, çeşitli denemeler ve araştırmalar yapılmış, literatür taramaları neticesinde metoda karar verilmiş ve çeşitli karışımlar oluşturularak kürler elde edilip, sabit şartlar altında laboratuvar ortamında çeşitli deneyler ve testler yapılmıştır.

Yapılan bu araştırmalar, çalışmalar, deneyler ve testler sonucu ortaya birçok veri çıkmıştır. Bu verilerin yorumlanması, bu veri ortaya çıkarmak için yapılan çalışmalar kadar önemlidir. Tamamlanan bu çalışmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan sonuçlar ve verilerin yorumlanmasında bilimsel etik kuralları ve uluslararası normlar kullanılmıştır.

Deney numunelerinin normal bir harç numunesine olan farkını görebilmek amacı ile bir seri referans numunesi oluşturulmuş ve “REF” kodu ile kodlanmıştır. Bu numunelerin karışım oranı; 1000gr kum 500gr kireç ve 450ml su şeklindedir.

Kullanılan malzemelerin kürler içinde ortaya çıkardığı değişimler çeşitli deneylerle irdelenmiş ve sonuçlar kullanılan malzeme odak noktasına konularak, optimum birleşimi elde edebilmek için seriler içinde ayrı ayrı olarak ve sonunda tüm seriler kıyaslanarak ele alınmıştır. Dolayısı ile ilk olarak serilerin kendi içindeki en iyi karışım oranı bulunmaya çalışılacaktır. Ardından tüm seriler içindeki en iyi karışım oranı olan numune belirlenecektir.

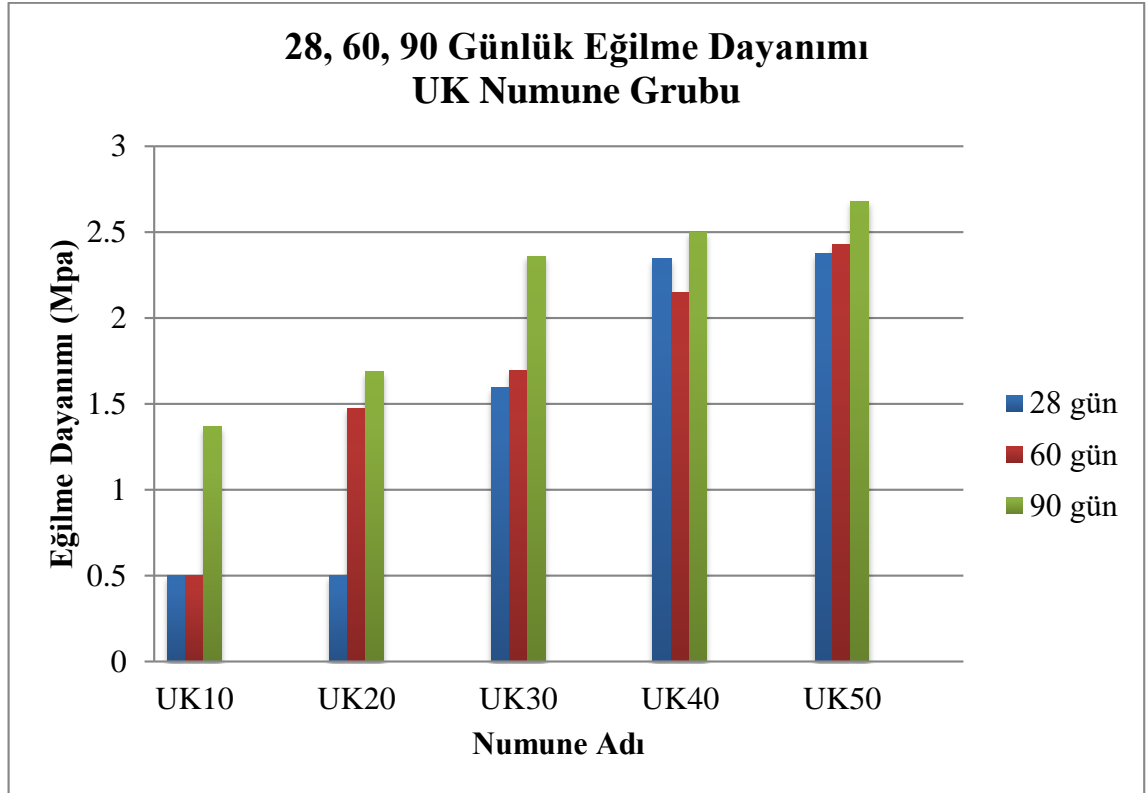
6.1. Mekanik Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Dört ayrı seri olarak hazırlanan ve aynı kür ortamında bekletilen numunelerin kendi serileri içinde ve seriler arasında oluşan farklı basınç dayanımları karşılaştırmalı olarak ve değişen kür süresine bağlı olarak değerlendirilmiştir.

İlk seri olan “UK” serisinde bileşim; 1000gr kum, 450ml su ve 500gr çeşitli oranda kireç-uçucu kül karışımı şeklindedir. İçerikteki puzolan karışımında bulunan yapay puzolan

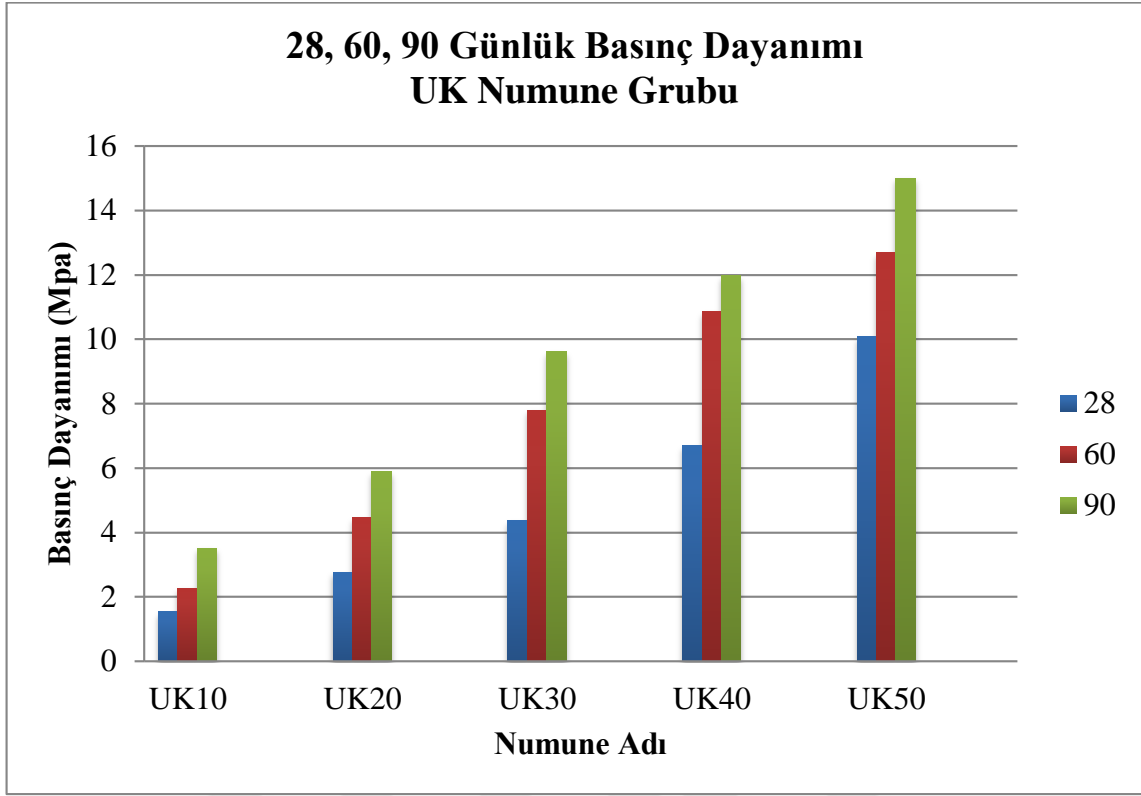
uçucu kül olup 100gr dan başlayarak 500gr a kadar çıkmaktadır. Numuneler de bunu temsilen kül muhteviyatına göre 10, 20, 30 gibi kısa kodlar alır. Örneğin 200gr uçucu kül içeren numune “UK20” olarak adlandırılır.

UK serisine ait 28, 60 ve 90 günlük eğilme ve basınç dayanımı değerleri Şekil 6.1. de ve Şekil 6.2.de karşılaştırmalı olarak aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 6.1.28, 60, 90 Günlük Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları UK Numune Grubu

İlk seri olan “UK” serisinde uçucu kül katkısı eğilme dayanımına bariz derecede fayda sağlamıştır. Uçucu kül miktarı arttıkça eğilme dayanımının arttığı ve süre uzadığında kürde kullanılan uçucu külün dayanıma daha fazla katkı sağladığı görülmüştür. 100gr kadar kireç kullanılan numune 90 gün sonunda hiç kireç içermeyen numuneye göre daha fazla eğilme dayanımı göstermiştir.

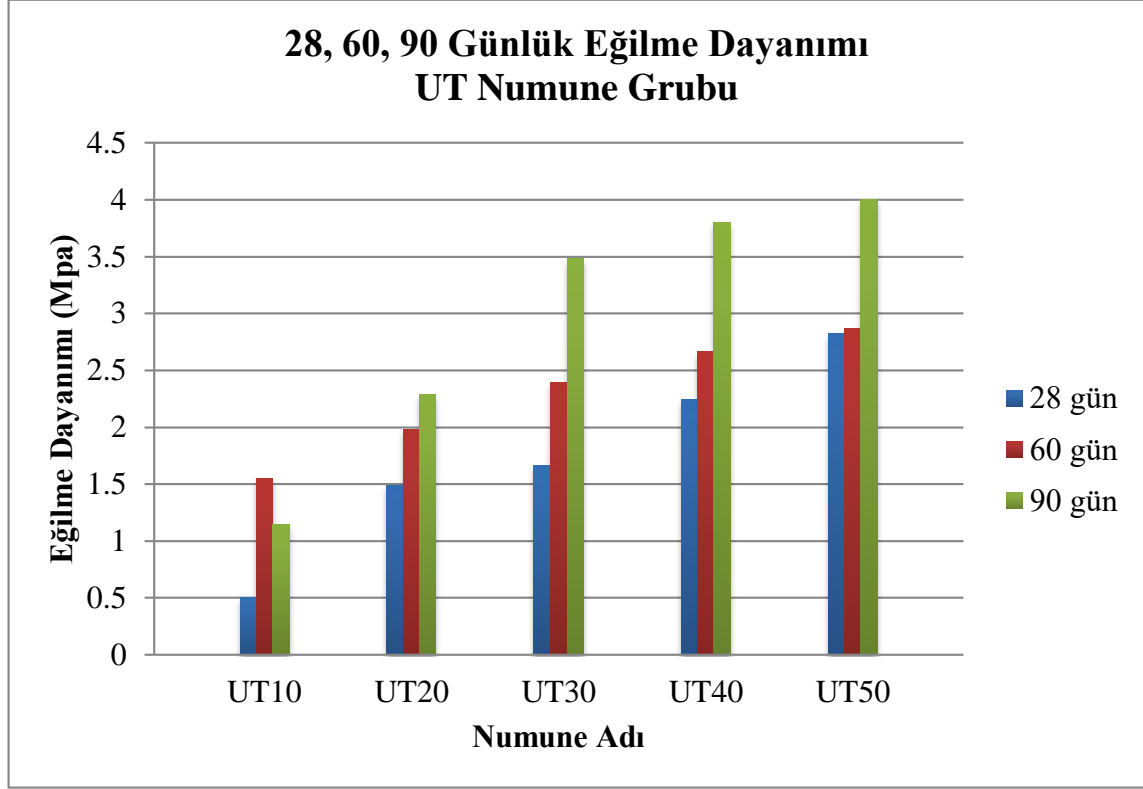


Şekil 6.2.28, 60, 90 Günlük Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları UK Numune Grubu

Bu seride uçucu kül katkısı eğilme dayanımına olduğu gibi basınç dayanımına da oldukça fayda sağlamıştır. Kül miktarı ve süre arttıkça basınç dayanımı lineer şekilde artmıştır. “UK” serisinde en yüksek basınç ve eğilme dayanımını en çok uçucu kül katkısı içeren numune sağlamıştır.

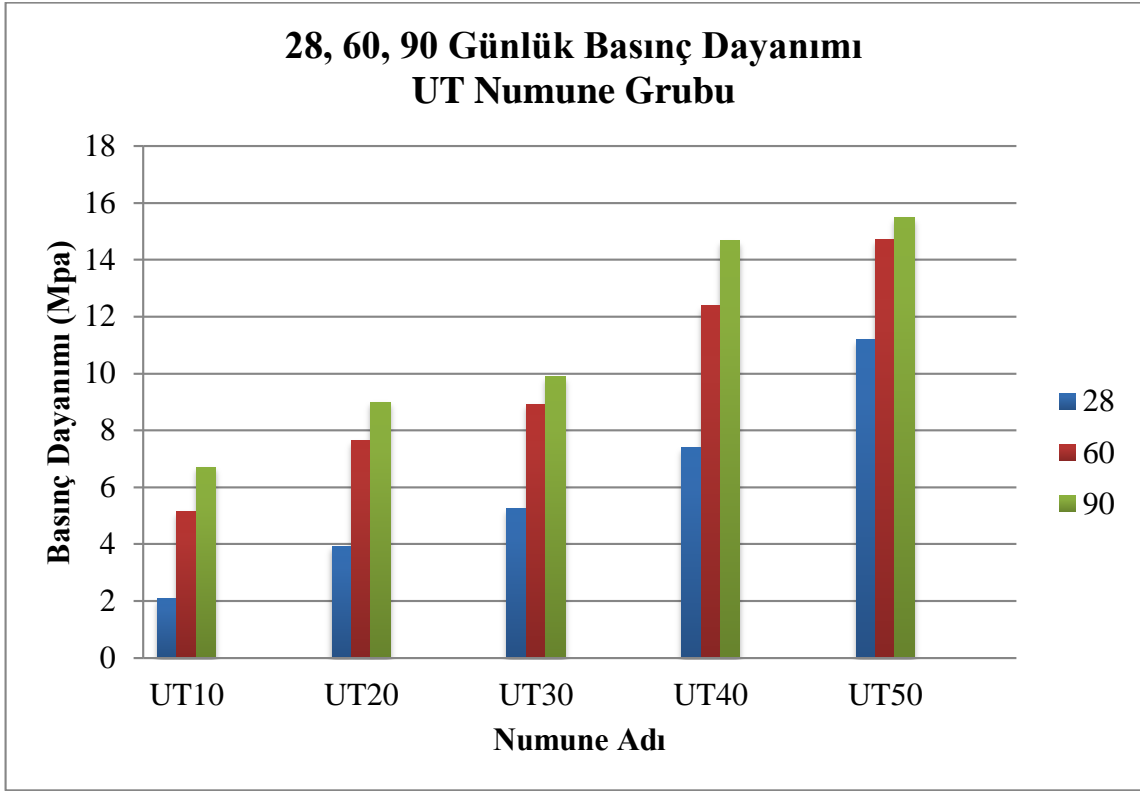
İkinci seri olan “UT” serisinde bileşim; 666gr kum, 334gr tuğla kırığı, 450ml su ve 500gr çeşitli oranda kireç-uçucu kül karışımı şeklindedir. Bu serinin farkı agrega içeriğidir ve kür ismine “T” kodlaması ile yansıtılmıştır. Agregada daha önceki seriden farklı olarak 666gr kum ve 334gr tuğla kırığı şeklinde tercih edilmiş ve tüm kürlerde bu oranda uygulanmıştır. İçerikteki puzolan karışımında bulunan yapay puzolan uçucu kül olup 100gr dan başlayarak 500gr a kadar çıkmaktadır. Numuneler de bunu temsilen kül muhteviyatına göre 10, 20, 30 gibi kısa kodlar alır. Örneğin 200gr uçucu kül içeren numune “UT20” olarak adlandırılır.

UT serisine ait 28, 60 ve 90 günlük eğilme ve basınç dayanımı değerleri şekil 6.3. de ve Şekil 6.4. de karşılaştırmalı olarak aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 6.3.28, 60, 90 Günlük Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları UT Numune Grubu

İkinci seri olan “UT” serisinde uçucu kül katkısı eğilme dayanımına bariz derecede fayda sağlamıştır. Uçucu kül miktarı arttıkça eğilme dayanımının arttığı ve süre uzadığında kürede kullanılan uçucu külün dayanıma daha fazla katkı sağladığı görülmüştür. Kireç oranı en çok olan UT10 numunesinde 60 günden sonra dayanım düşerken hiç kireç içermeyen UT50 numunesi 90. Günde, 60 ve 28 güne göre bariz derecede fazla dayanım göstermiştir. Bu bize katılan uçucu külün eğilme açısından ilerleyen zamanda dayanımda oluşan olumsuz durumu ortadan kaldırıp daha olumlu bir durum doğurduğunu göstermiştir.

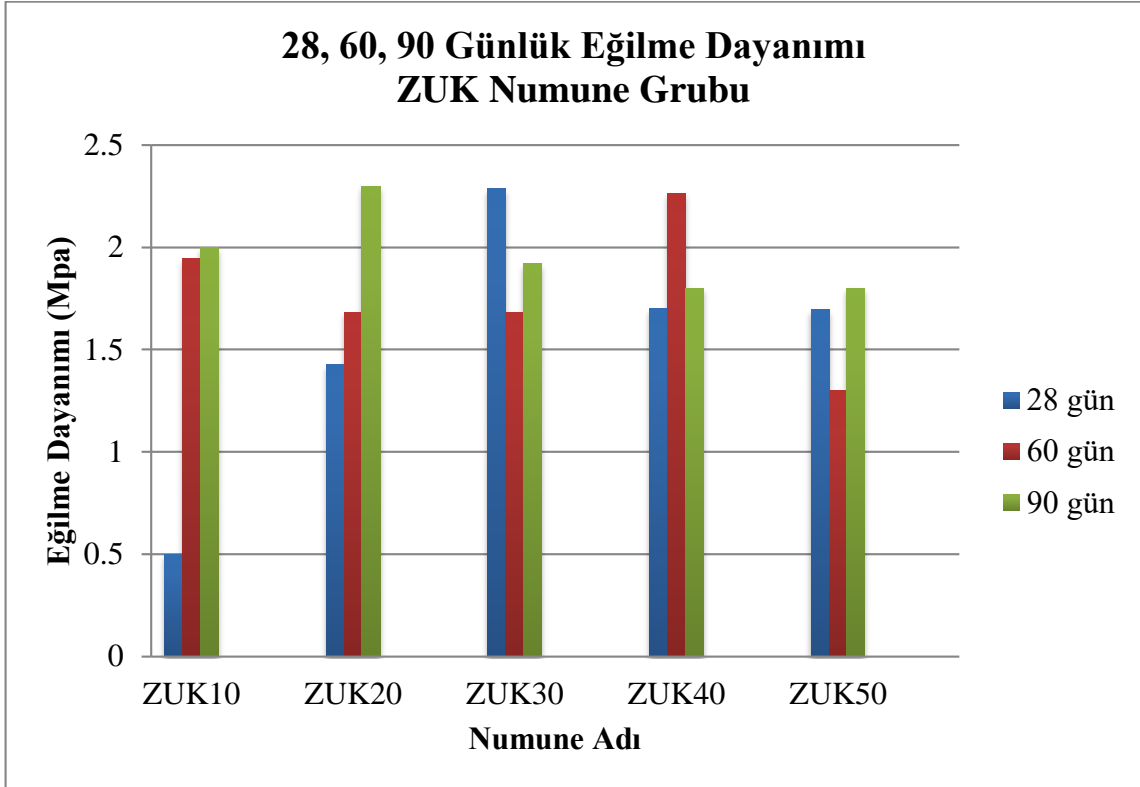


Şekil 6.4.28, 60, 90 Günlük Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları UT Numune Grubu

Bu seride de uçucu kül katkısı eğilme dayanımına olduğu gibi basınç dayanımına da oldukça fayda sağlamıştır. Kül miktarı ve süre arttıkça basınç dayanımı lineer şekilde artmıştır. “UT” serisinde de en yüksek basınç ve eğilme dayanımını en çok uçucu kül katkısı içeren numune sağlamıştır. Görüldüğü üzere uçucu kül numunelere dayanımda oldukça fayda sağlamaktadır.

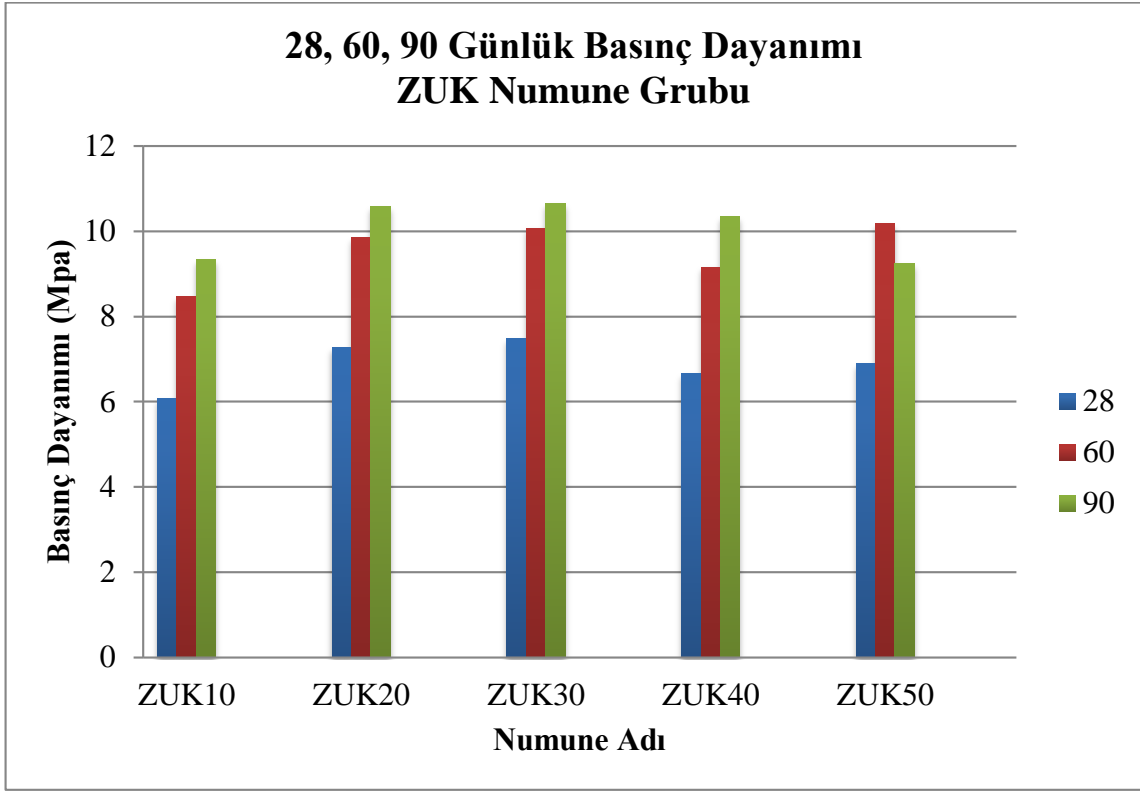
Üçüncü seri olan “ZUK” serisinde bileşim; 1000gr kum, 450ml su 200gr kireç ve çeşitli oranda zeolit-uçucu kül karışımı olan 300gr yapay puzolan şeklindedir. İçerikteki puzolan karışımında bulunan yapay puzolana bu kürde uçucu külün yanı sıra zeolit ilave edilmiş olup, zeolit içeriği 50gr dan başlayarak 250gr a kadar çıkmaktadır. Numuneler de bunu temsilen zeolit muhteviyatına göre 10, 20, 30 gibi kısa kodlar alır. Zeolit içeriğini temsilen kürün koduna “Z” harfi eklenmiştir.

ZUK serisine ait 28, 60 ve 90 günlük eğilme ve basınç dayanımı değerleri Şekil 6.5. de ve Şekil 6.6. da karşılaştırmalı olarak aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 6.5.28, 60, 90 Günlük Eğilme Dayanım Deneyi Sonuçları ZUK Numune Grubu

Üçüncü seri olan “ZUK” serisinde uçucu kül katkısı eğilme dayanımına bariz derecede bir fayda sağlamamıştır. Zeolit miktarı ve kür süresi arttıkça da eğilme dayanımı değişiklik göstermeyip tüm zamanlarda ve tüm numunelerde yaklaşık olarak 1,5-2Mpa arasında kalmıştır. Zeolit katkısı 90. günde uçucu kül katkısına 1/3 oranla katıldığında dayanıma ufak bir fayda sağlamış fakat uçucu kül ile aynı yahut daha fazla oranda katıldığında ise dayanımı düşürmüştür.



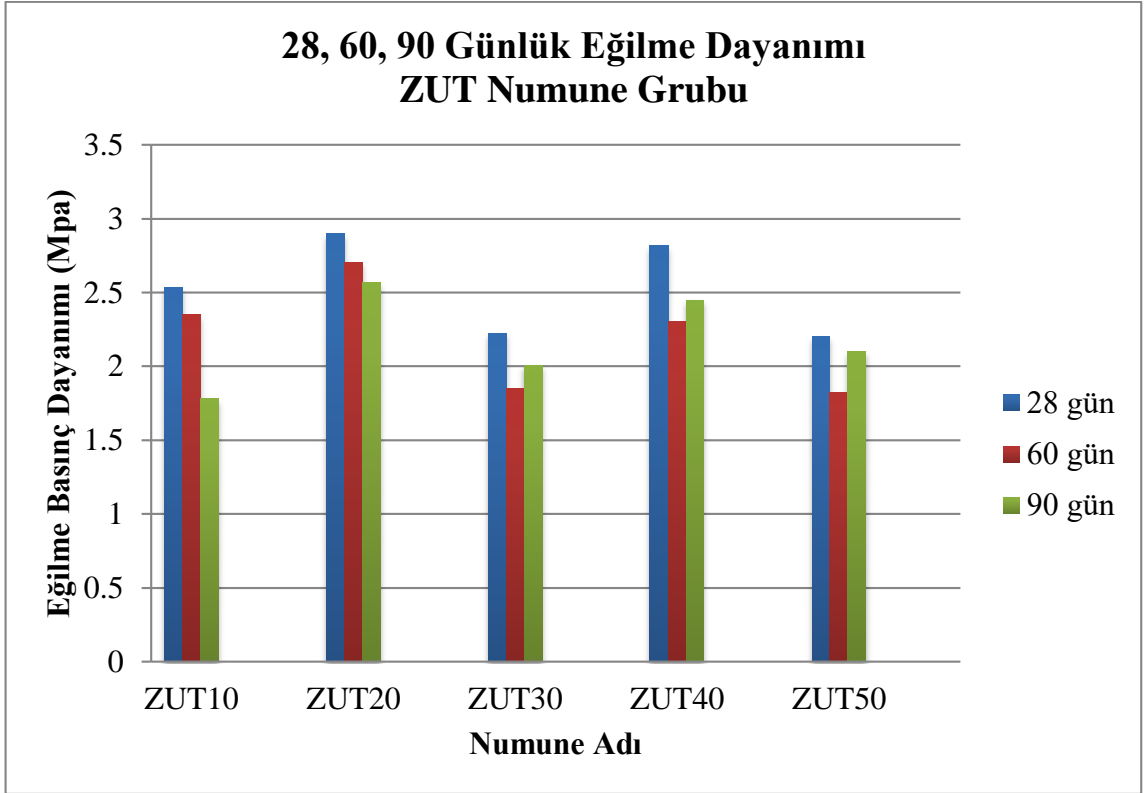
Şekil 6.6.28, 60, 90 Günlük Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları ZUK Numune Grubu

Bu seride zeolit katkı oranı eğilme dayanımına olduğu gibi basınç dayanımına da belirgin bir fayda sağlamamıştır. Zeolit miktarı arttıkça basınç dayanımı sabit kalmış, süre arttıkça, özellikle 28 günden sonra basınç dayanımı lineer şekilde artmıştır. “ZUK” serisinde basınç ve eğilme dayanımları açısından diğer numunelerden belirgin şekilde farkı olan bir numune tespit edilmemiştir.

Dördüncü seri olan “ZUT” serisinde bileşim; 666gr kum, 334gr tuğla kırığı, 450ml su, 200gr kireç ve çeşitli oranda zeolit-uçucu kül karışımı olan 300gr yapay puzolan şeklindedir. İçerikteki puzolan karışımında bulunan yapay puzolana bu kürde uçucu külün yanı sıra zeolit ilave edilmiş olup, zeolit içeriği 50gr dan başlayarak 250gr a kadar çıkmaktadır. Bu serinin farkı zeolit ve agrega içeriğidir ve kür ismine “Z” ve “T” kodlaması ile yansıtılmıştır. Agrega daha önceki seriden farklı olarak 666gr kum ve 334gr

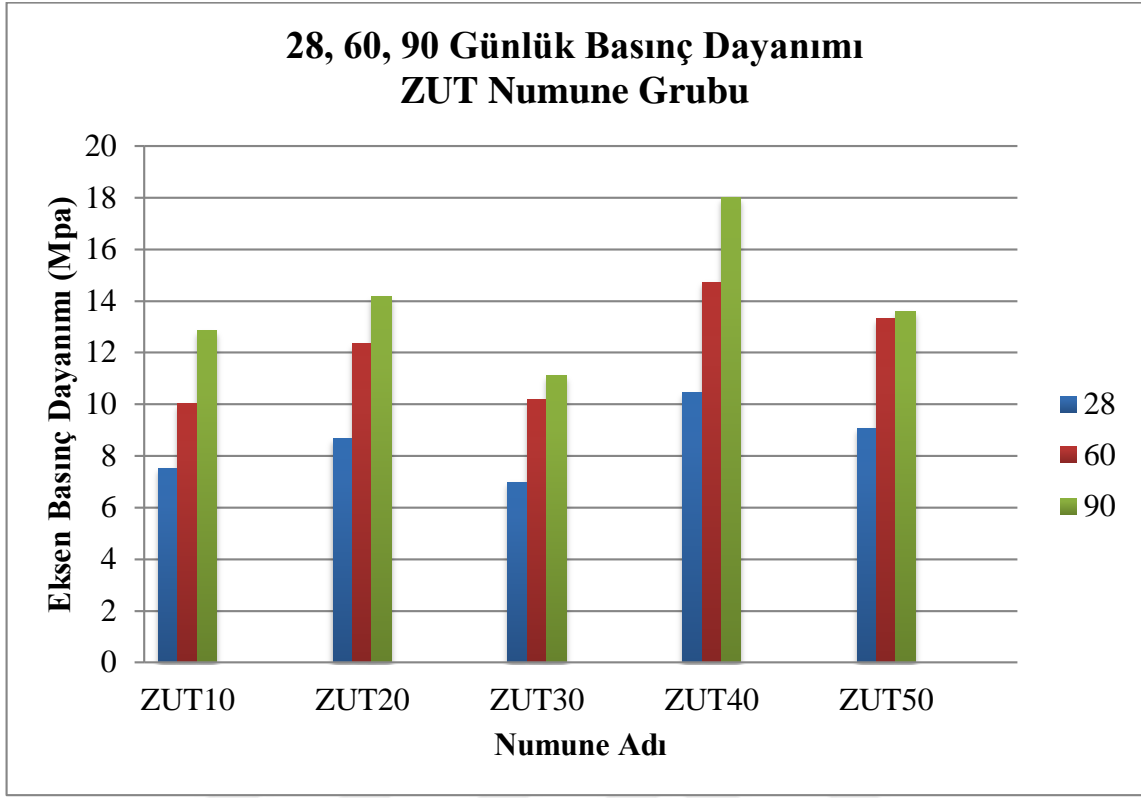
tuğla kırığı şeklinde tercih edilmiş ve tüm kürlerde bu oranda uygulanmıştır. Numunelerde zeolit muhteviyatına göre 10, 20, 30 gibi kısa kodlar almıştır.

ZUT serisine ait 28, 60 ve 90 günlük eğilme ve basınç dayanımı değerleri Şekil 6.7. de ve Şekil 6.8. de karşılaştırmalı olarak aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 6.7. 28, 60, 90 Günlük Eğilme Dayanım Deneyi Sonuçları ZUT Numune Grubu

Dördüncü seri olan “ZUT” serisinde zeolitin yanı sıra tuğla katkısı eğilme dayanımına bariz derecede bir fayda sağlamamıştır. Uçucu kül miktarı arttıkça ve kür süresi ilerledikçe eğilme dayanımında küçük miktarda azalma olduğu dahi gözlemlenmiştir.



Şekil 6.8.28, 60, 90 Günlük Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları ZUT Numune Grubu

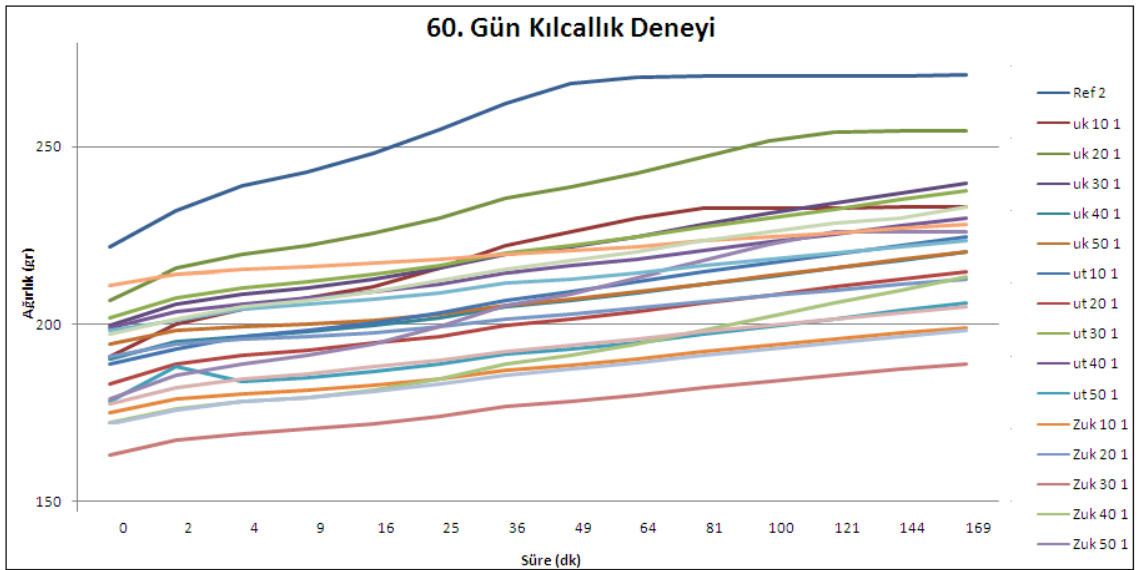
Bu seride üçüncü seriden farklı olarak agregaya 2/3 oranında tuğla parçası katkısı yapılmıştır. Üçüncü seride olduğu gibi dördüncü seri numuneleri arasında da basınç dayanımı açısından yüksek fark görülmemiştir. Numuneler içerisinde diğerlerine göre basınç dayanımı değeri daha yüksek olan tek numune “ZUT40” dir. Bu numune 200gr zeolit 100gr uçucu külden oluşan karışım şeklinde puzolan katkısı içermektedir. Zeolitin 250gr ile en çok kullanıldığı numune olan “ZUT50” numunesinde ise 90. Günde basınç dayanımı düşmüştür. Diğer numunelerde zamanla dayanım artarken çok fazla zeolit kullanmak dayanımı ilerleyen sürede olumsuz etkilemiştir.

6.2.UltrasDeneyi Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

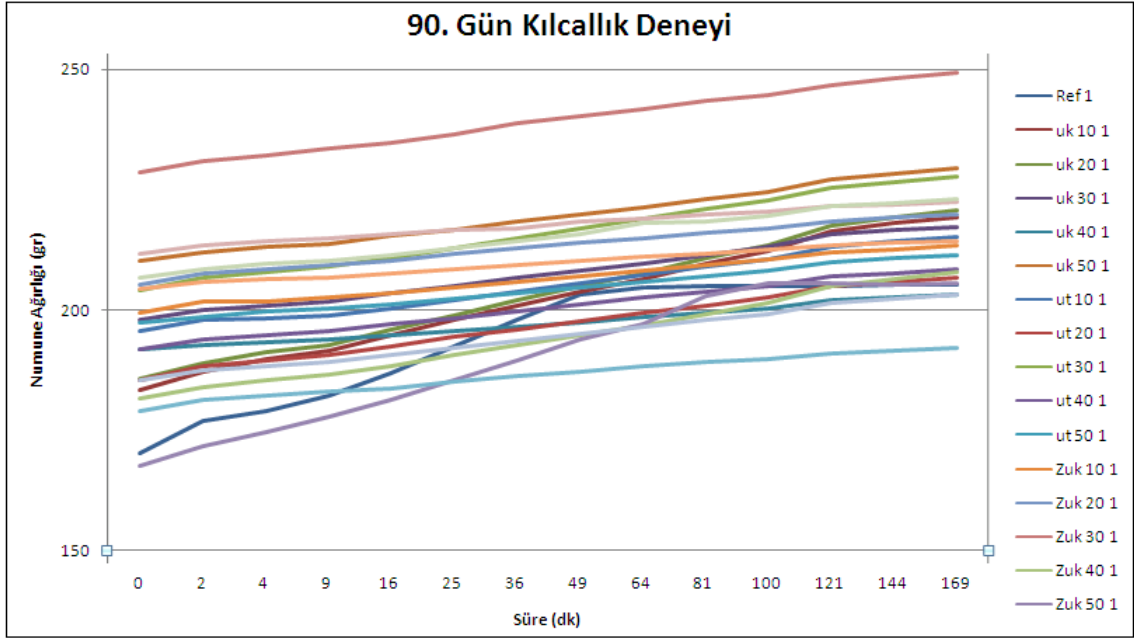
Numunelerin ultra ses deneyi sonuçlarını incelediğimizde ilk ve ikinci seride son numunelere doğru değerin arttığı gözlemlenmektedir. Üçüncü ve dördüncü seride ise zeoliti belirli oranda içeren numunelerin en yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Zeolit oranı çok fazla olduğunda değer tekrar düşmüştür. Uçucu kül ve tuğra ultras ses değerini artırıcı etkide bulunurken, zeolitin belirli bir orana kadar karışıma eklendiğinde ultras ses değerinde artırıcı etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu numunelere katılan maddelerin basınç dayanımı için fayda gösterip göstermeyeceği hakkında bize bir ön bilgi vermiştir.

6.3.Kapilarite Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tüm numunelerin 60 ve 90 günlük kapilarite değerleri Şekil 6.9. da ve Şekil 6.10 da karşılaştırmalı olarak aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 6.9. 60. Gün Kılcallık Deneyi Sonuçları



Şekil 6.10. 90. Gün Kılcallık Deneyi Sonuçları

Bu deney sonuçlarını yorumlamak için değerler sürelerle orantılı olarak 60 ve 90 güne ait grafiklere dönüştürülmüştür. Grafikte görülebileceği gibi referans numunesi olan ve uçucu kül ile zeolit içermeyip sadece kum, su, kireç içeren “ref 2” adlı numune yaklaşık 49. Dakikada doymun hale ulaşmıştır. Bu süreden sonra su emme hali sona ermiş ve ağırlığı sabit kalmıştır. Puzolan katkısı bakımından en yoğun ve en az oranlı olan numuneler incelendiğinde ise uçucu kül katkısının su emmeyi daha yavaş fakat daha stabil hale getirdiği görülmüştür. İlk seride uçucu kül katkısı en az olan “uk 10” numunesi yaklaşık doymunluğa 43 ml su alarak, 80 dakikada ulaşmış ve devamında artış göstermemişken en yoğun uçucu kül içeriği ile “uk 50” numunesi 169. Dakikada 25 ml suyu sabit hızda alıp devam eden sürede su emmeye devam edeceğini göstermiştir. Uçucu kül beklendiği gibi, ufak taneli yapısı nedeni ile su emme süresini artırmıştır. İkinci seri incelendiğinde ise agregaya katılan tuğla kırığı aynı küçük parçacık etkisini gösterip tüm numunelerin yavaş ve stabil şekilde su emmesini sağlamıştır. Üçüncü seride ilk defa eklenen zeolitin referans numunesinde olduğu gibi su emmeyi hızlandırdığı ve artırdığı gözlemlenmiştir. En az zeolit ihtiva eden “zuk 10” numunesi stabil halde su emip 169. Dakikada 25 ml su alarak doymunluğa ulaşmamışken en çok zeolit içeren zuk 50” numunesi 120. Dakikada 45 ml su alarak doymunluğa ulaşmıştır. Dördüncü seride aynı

şekilde zeolit ve uçucu kül olarak puzolanlar beraber kullanılmış ve zeolitın su emmeyi hızlandırıcı etkisi görülmüştür.

Yapılan deneylerin sonuçlarının tamamı karşılaştırılınca uçucu külün ve tuğlanın su emmeyi zamana yayarak yavaş fakat stabil bir hale getirdiği, zeolitın ise hızlandırarak bir buçuk saat kadar sürede doygunluğa ulaştırdığı görülmüştür.

6.4.Numune Gruplarının Sonuçlar Bakımından Kıyaslanması

Serilerde kullanılan malzemelerin çeşitlerini ve oranlarını değiştirmenin deney sonuçlarına yaptığı etkiyi daha iyi görmek ve istenilen özelliklerde küller oluşturmak için kullanılan malzeme odaklı olarak serileri birbirleri ile kıyaslamak daha doğru sonuçlar verecektir. Bunun için uçucu kül, zeolit ve tuğla gibi küre sonradan eklenerek farklı karışımlar oluşturulan malzemelere göre külleri kıyaslayıp deney sonuçlarını değerlendirmek gerekmektedir.

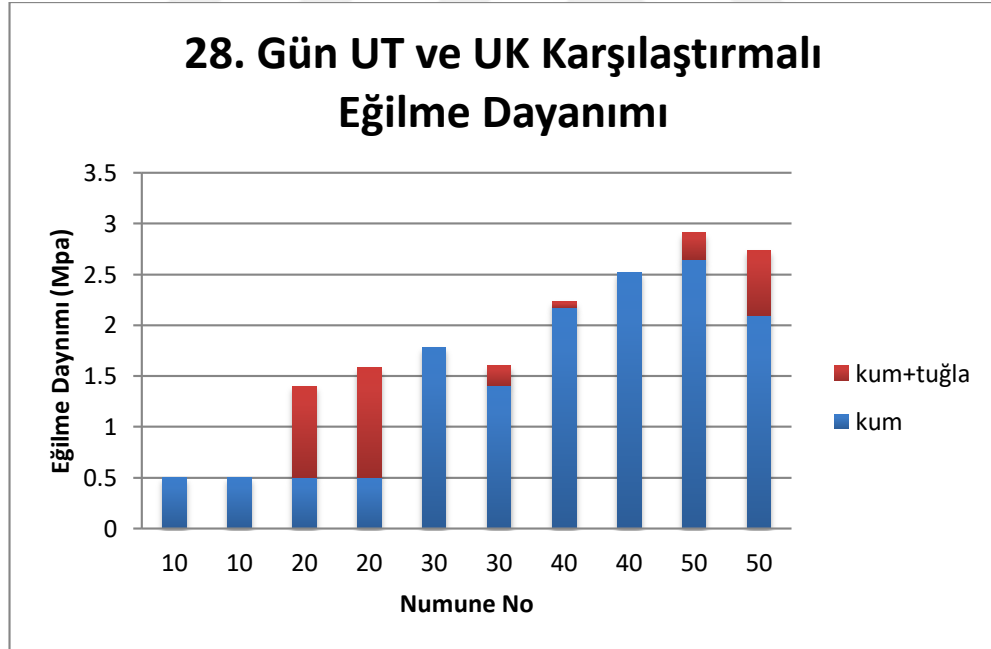
UT serisi numuneler bize kullanılan uçucu kül miktarının sonuca etkisi açısından fikir vermektedir. Yapılan incelemeler sonucunda uçucu kül katkısının ultrases, kılcallık, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı açısından miktarının arttıkça sağladığı faydanın arttığı gözlemlenmiştir. Yalnızca uçucu kül ve kireç kullanılan kum agregalı küllerde en yüksek eğilme dayanımı değeri 3,7mpa ve en yüksek basınç dayanımı 15mpa değeri olmuştur. Bu numuneler puzolan olarak fazla uçucu kül kullanılan numunelerdir.

UT ve UK numunelerini incelediğimizde bu numunelerin etkin farkı agrega içeriği olup bu içerik farkı iki seri arasındaki aynı kodlu numunelerde bir dayanım farkı oluşturmamıştır. İlk seride agrega kumdan, ikinci seride ise 1/3 tuğla parçası + 2/3 kumdan oluşmaktadır. Agreganın kendi içinde 1/1 kum veya 1/3 tuğla parçası + 2/3

kumdan oluşması da basınç dayanımına etki ederek tuğla parçası içeren agregaya dayanıma 28 ve 60 günlük numunelerde olumlu etki katmıştır. 90 günlük test sonuçlarına göre uzun süre priz sonunda agregaya belirli bir oranda tuğla katılmasının, basınç dayanımına kül içermeyen numuneler haricinde bariz bir katkısı olmamıştır.

Uçucu kül ve kireç kullanılan kürlerde agregaya içeriğinde tuğla kırığı bulundurmamak sonuçlar açısından faydalı ya da faydasız bir değişken etki göstermemiştir.

Birinci kürden farklı olarak agregasının üçte birlik kısmı kum yerine tuğla kırığı ile değiştirilen ikinci serinin eğilme açısından karşılaştırılması grafiği aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.11. 28. Gün UT ve UK Karşılaştırmalı Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Şekil 6.11. de görüldüğü üzere agregaya tuğla eklemek 28. Günde kürler arasında yaklaşık 1Mpa kadar fayda sağlamıştır. Tuğla kırığının işlenebilirliği ve elde edilebilirliği açısından bakıldığında yeterli faydayı sağlayamadığı gözlemlenmiştir.

UK ve ZUK numunelerini incelediğimizde bu numunelerin etkin farkının kür içeriğinde kullanılan puzolan karışımına uçucu kül ile beraber zeolit eklenmesidir. Daha önce UK numunelerinde kirece uçucu kül eklenerek farklı karışımlarda numuneler oluşturulmuştu. ZUK serisi numunelerde ise kireç oranı 200grda sabit tutularak 300grlık uçucu kül-zeolit karışımı çeşitli oranlarda eklenmiştir. Dolayısı ile yapılan bu değişimin sonuçlarını objektif olarak değerlendirebilmek için daha önce aynı derşimin 200gr kireç ve 300gr uçucu külle oluşturulan UK30 serisi numunelerin referans olarak kullanılması doğru bulunmuştur.

Bu iki seri arasında fark yapılan zeolit ilavesinin oranına bağlı olarak numunelere kazandırdığı ve kaybettiği özellikleri ortaya koyacaktır. Uçucu kül ile birebir oranda yapılan zeolit katkısı 28 günlük eğilme dayanımı sonuçlarına küçük oranda etkili fayda sağlamıştır. Az oranda yapılan zeolit katkısı ise 28 günde eğilmeye olumsuz etki gösterirken diğer kür sürelerinde etkin fark oluşturmamıştır. Zeolit katkısı eğilme açısından erken priz sürecine katkı sağlarken uzun priz süresinde olumsuz sonuç doğurmuştur. Zeolit katkısının basınç dayanımındaki katkısı ise tüm oranlarda 28 ve 60 günlük deneylerde yaklaşık 2mpa civarında olup 90 günlük numunelerde etkin fark oluşturmuştur. Zeolit eğilme ve basınç dayanımına erken kür sürelerinde az miktarda katkı sağlamaktadır.

UT ve ZUT numunelerini incelediğimizde bu numunelerin etkin farkının kür içeriğinde kullanılan puzolan karışımına uçucu kül ile beraber zeolit eklenmesidir. İki numune serisinde de 666gr kum ve 334gr tuğla kırığı agrega olarak kullanılmıştır. Daha önce UT numunelerinde kirece uçucu kül eklenerek farklı derişiklerde numuneler oluşturulmuştu. ZUT serisi numunelerde ise kireç oranı 200grda sabit tutularak 300grlık uçucu kül-zeolit karışımı çeşitli oranlarda eklenmiştir. Dolayısı ile yapılan bu değişimin sonuçlarını doğru olarak değerlendirebilmek için daha önce aynı derişimin 200gr kireç ve 300gr uçucu külle oluşturulan UT30 serisi numunelerin referans olarak kullanılmasına karar verilmiştir.

Bu iki seri arasında fark yapılan zeolit ilavesinin oranına bağlı olarak numunelere kazandırdığı değişimler ortaya koyacaktır. Uçucu küle yapılan zeolit katkısı tüm kürlerde 28 günlük eğilme dayanımı sonuçlarına küçük oranda etkili fayda sağlamıştır. Yapılan zeolit katkısının miktarının fazla olduğu durumlarda ise 60 günlük kürlerde eğilme olumsuz etkilenmiştir. 90 günlük kürlerde ise oranına bakılmaksızın tüm kürler eğilme açısından olumsuz etkilenmiştir. Agregada içeriğine tuğla katılan ZUT numunelerinde, agregasında sadece kum bulunan ZUK numunelerindeki gibi zeolit katkısı eğilme açısından erken priz sürecine katkı sağlarken uzun priz süresinde olumsuz sonuç doğurmuştur. Zeolit katkısının basınç dayanımındaki katkısı ise tüm oranlarda 28 ve 60 günlük deneylerde yaklaşık 4mpa civarında olmuştur. Tuğla içermeyen numunelerde bu oran 2mpa idi. Tuğla ile zeolitın birlikte kullanılması basınç dayanımına etkin oranda fayda sağlamıştır.

ZUT ve ZUK numunelerini incelediğimizde bu numunelerin farkı agregada içeriği olup bu içerik farkı iki seri arasındaki aynı kodlu numunelerde sonucu değiştirecek oranda bir eğilme dayanımı farkı oluşturmamıştır. İlk seride agregada kumdan, ikinci seride ise 1/3 tuğla parçası + 2/3 kumdan oluşmaktadır. Agreganın kendi içinde 1/1 kum veya 1/3 tuğla parçası + 2/3 kumdan oluşması da basınç dayanımına etki ederek tuğla parçası içeren agregada, dayanıma 60 ve 90 günlük uzun priz süreleri sonunda numunelerde 2-3mpa olumlu etkide bulunmuştur.

Uçucu kül ve zeolit kullanılan kürlerde agregada içeriğinde tuğla kırığı bulundurmamak sonuçlar açısından basınç dayanımına olumlu etki göstermemiştir. En yüksek basınç dayanımı ZUT40 numunesinde gözlemlenmiştir.

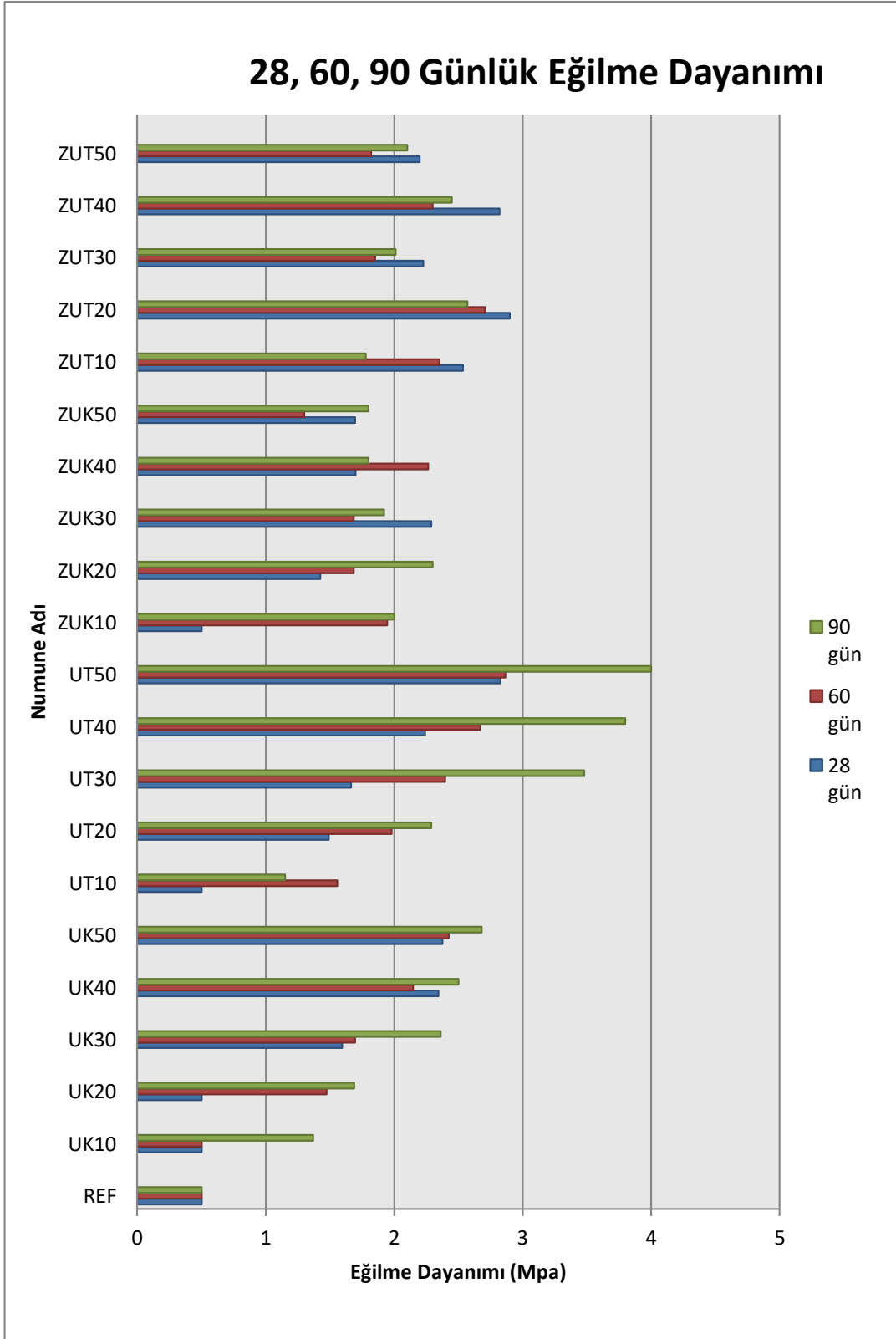
7. SONUÇ

Tüm bu irdelemeler göz önünde bulundurulduğunda ultrases deneyi sonucunda en iyi değer ZUK30, ZUK40, ZUT20 ve ZUT40 numunelerinde ortaya çıkmış olup, karışıma dengeli oranda zeolit ve uçucu kül katkı konulmasının ultrases geçirimi açısından olumlu sonuç doğurduğu kanısına varılmıştır.

Kılcallık açısından en optimum sonucu veren numuneler ise zeolit içeriği az, uçucu kül içeriği çok ve agrega içerisinde tuğla kırığı bulunduran numunelerdir. UT serisinin son ZUT serisinin ise ilk numuneleri en yavaş kılcal emilim ile en geç suya doymun hale gelen numuneler olmuştur. Bu sonuçlar göz önüne alındığında uçucu kül ve tuğlanın kılcallık açısından olumlu, zeolit ise olumsuz sonuçlar ortaya çıkardığı kanısına varılmıştır.

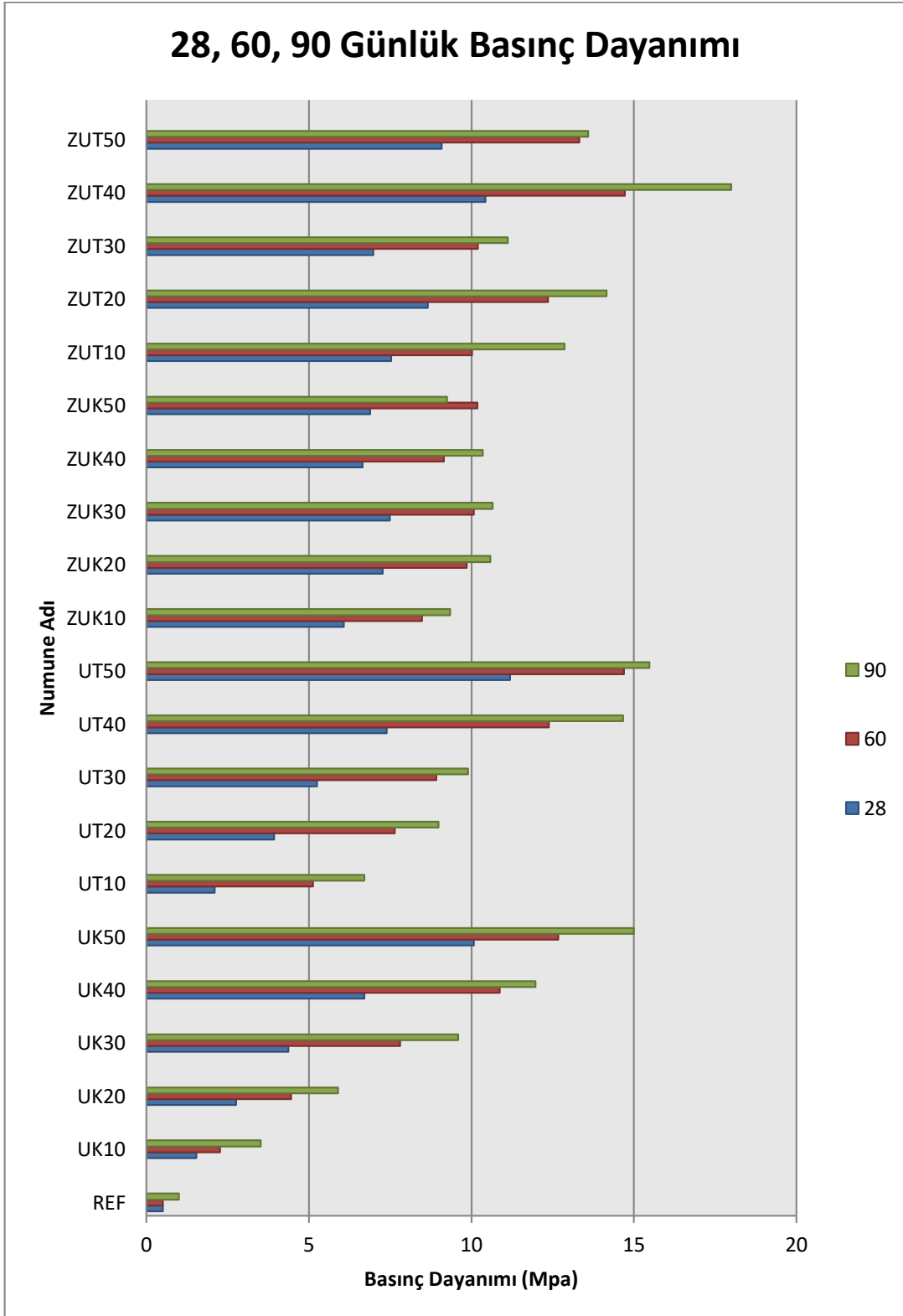
Eğilme dayanımında tüm numunelerin gösterdiği performanslar bir arada incelendiğinde özellikle uzun priz süresi sonunda en yüksek eğilme dayanımına sahip numunelerin UT serilerine ait UT30, UT40, UT50 ve UK serisinden UK40 ve UK50 numuneleri olduğu görülmüştür. Bu sonuç bize uçucu külün, tuğla kırığı içeren agrega ile eğilme dayanımına olumlu katkı sağladığını göstermiştir. Zeolit ise erken priz süresinde olumlu etki gösterse de uzun priz süresi sonunda eğilme dayanımını düşürmüştür. Zeolit erken prizde, uçucu kül ve tuğla ise geç prizde, eğilme dayanımı üzerinde olumlu etki göstermiştir.

Karşılaştırmalı olarak eğilme dayanımı sonuçları Şekil 7.1. de görülmektedir.



Şekil 7.1.28, 60, 90 Günlük Karşılaştırmalı Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Karşılaştırmalı olarak basınç dayanımı sonuçları Şekil 7.2.de görülmektedir.



Şekil 7.2.28, 60, 90 Günlük Karşılaştırmalı Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Basınç dayanımında da tüm numunelerin gösterdiği performanslar bir arada incelendiğinde, uçucu külün küre katılım oranı arttıkça, basınç dayanımına etkin şekilde fayda sağladığı gözlemlenmiştir. Puzolan olarak kireç ve uçucu kül içeren numunelerden, en yüksek basınç dayanımına sahip olanları en yüksek miktarda uçucu kül içeren numuneler olmuştur. Agregaya yapılan tuğla kırığı katkısı ise basınç dayanımına zeolit ile birlikte kullanıldığında katkı sağlamıştır. En yüksek basınç dayanımına sahip numuneler yüksek oranda uçucu kül, tuğla ve beraberinde zeolit içeren numuneler olan UK40, UK50, UT40, UT50, ZUT20 ve ZUT40 olarak ölçülmüştür. Özellikle ZUT40 numunesi 90 günlük kür sonunda 18mpa değerinde basınç dayanımı sağlamıştır.

Ölçülen ultrases değerlerinin, eğilme ve basınç dayanımı değerleri ile karşılaştırıldığında örtüştüğü, ultrases geçirgenliği açısından yüksek sonuçlar veren numunelerin eğilme ve basınç dayanımı açısından da yüksek dayanım sağladığı görülmüştür. Bu da bize fikir edinmek adına, ultrases ölçümü ile ön bilgi edinilebileceği bilgisini vermiştir. Numunelerin eğilme dayanımı değerleri arttıkça da basınç dayanımı değerlerinde de artış görülmüştür.

Araştırmalar, deneyler ve testler sonucunda uçucu kül, zeolit ve tuğla kırığı agregası hakkında birçok bilgi edinilmiştir. Bu bilgiler dahilinde malzemeleri yorumlayacak olursak onarım harcı malzemesi olarak kullanılan uçucu kül tek başına puzolan olarak katıldığı kürlerde dahi olumlu sonuçlar doğurmuştur. Zeolit ise tek başına etkin olamayıp tuğla kırığı agregası ve uçucu küle beraber kullanıldığında özellikle basınç dayanımına katkı sağlamıştır.

Özellikle uçucu külün gelecekte, onarım harçları için ideal özelliklere sahip bir yapay puzolan olarak kullanılabilir bir malzeme olduğu tespit edilmiştir. Bu malzemenin düşük maliyetle ve kolay erişilebilir olması ayrıca çevreye zarar verebilecek durumda iken hammadde durumuna dönüşmesi dünya ve gelecek nesiller için oldukça faydalı sonuçlar doğuracaktır.

8. KAYNAKLAR

- Agar S., 2009, Farklı Özellikte Pozolan Katkılı Harçların Durabiliteye Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Bilim Dalı.
- Akman M.S., 1990, Yapı Malzemeleri (2.Baskı), İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Akyol, A.A., Yıldırım, E.E., Erten, E. ve Kadioğlu, Y.K., 2013, Olba Kazı Kiremit Örnekleri Arkeometrik Çalışmaları, Olba Kazısı Yayınları, Sayı: III-2013. s. 251-269.
- Almaç U., 2002, Alçı Bağlayıcılı Hazır Sıva İle Toprak Karışımının Hasarlı Kerpiç Yapılarda Onarım Harcı Olarak Kullanılabilirliği İçin Deneysel Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ASTM C 618, 1994, Standart Specification for Coal Fly Ash and Rawor Calcined Naturel Pozolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete. AnnualBook of ASTM Standards.
- Beydemir K., 2007, Pozolan Katkıların Kireç Harcının Mekanik Özelliklerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Bilim Dalı.
- Boynton, R. S., 1980, Chemistryand Technology of Lime and Limestone (2nd edition.). New York, NY.: John Wiley&Sons.
- Buluş G., 1998, Değişik Bağlayıcı Maddeler İle İyileştirilmiş Kömür Külünün Mühendislik Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Cengiz O., 2009, Pozolan Katılmasının Ve Kür Koşullarının Doğal Alçı Hamurlarının Dayanımlarına Ve Suya Dayanıklılığına Etkileri, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Collins, D. M., 2001, The Oxford Encyclopedia of Ancient Egypt, Oxford UniversityPress.
- Çekilmez N., 2018, Silis Dumanlı-Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Yerleşen Harç Karışımlarının Basınçlı Su Geçirgenliği Ve İyon Salınımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Çördük A., 2006, Yunan ve Roma Mimarisindeki Yapı Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Klasik Arkeoloji Anabilim Dalı.
- Dinçer İ., 2013, Kentleri Dönüştürürken Korumayı ve Yenilemeyi Birlikte Düşünmek: “Tarihi Kentsel Peyzaj” Kavramının Sunduğu Olanaklar, International Journal of Architecture and Planning 1 (1).
- Erdoğan S.T., ve Erdoğan T. Y., 2007, Bağlayıcı Malzemelerin ve Betonun On bin Yıllık Tarihi, ODTÜ Yayıncılık
- Erdoğan S.T. ve Erdoğan T.Y., 2007, Pozolanik Mineral Katkılar ve Tarihi Geçmişleri, 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyum ve Sergisi Bildiriler Kitabı, (s. 263-275). Ankara : TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayınevi.
- Eriç M., 2010, Yapı Fiziği ve Malzemesi, (3. Baskı), Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Genim S., 1984, İkinci Grup Uygulama Örnekleri, Mimarlık Dergisi, İstanbul s. 31-35
- Görhan G., 2006, Hafif Yapı Blokları Üretiminde Uçucu Külün Kireç Ve Çimento İle Birlikte Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Gündeşli U., 2008, Uçucu Kül, Silis Dumanı Ve Yüksek Fırın Cürufunun Beton Ve Çimento Katkısı Olarak Kullanımı Üzerine Bir Kaynak Taraması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güneş G.A., 2014, Tarih Okulu Dergisi, Mart 2014 ,Sayı XVII
- Gür D., 2019, Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılmak Üzere Puzolan Katkılı Hidrolik Kireç Esaslı Onarım Harcı Üretilme Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GüreşseverCantay G., 2013, Fatih Camii ve Sultan I. Mahmut Kütüphanesi 2007-2012 Onarımında Bezeme Çalışmaları, Restorasyon Yıllığı Dergisi, 7.
- Hodge A.T., 1992, Roman Aqueductsand Water Supply.
- Kolay İ.A., 2016, Osmanlı Dönemi İnşaat Belgelerine Göre Anıtsal Yapılarda Örtü Ve Duvar Sistemleri, 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu.
- Koruma Kurultayı, 1990, T.C. Kültür Bakanlığı Kültür Ve Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü Kültür Ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurultayı, Ankara
- Lloyd, R.R., Provis, J.L., vanDeventer, J. S. J., &Deventer, J.S.J. (2009), Microscopy and microanalysis of inorganic polymer cements. 1: remantfly as particles. Microscopyand Microanalysis.
- Madran E., 1996, Cumhuriyetin İlk Otuz Yılında (1920-1950) Koruma Alanının Örgütlenmesi.
- Maravelak-Kalaitzaki, P.,Bakolas, A., Moropoulou, A., 2016, Physico-chemicalStudy of Cretan Ancient Mortars, Cementand Concrete Research, 33.
- Mavioğlu Ü.A., 2011, Farklı Puzolanik Katkılar İle Hazırlanan Horasan Harçlarının Değişen Parametrelerinin, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı,.
- Meral Ç., ve Tangüler M., ve Gürsel P., 2015, Türkiye’de uçucu küllü betonlar için yaşam döngüsü analizi, 9. Ulusal beton kongresi, Antalya.
- MTA., 2019, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kirec>, Erişim Tarihi: 13 Ağustos 2019
- Öncel, D., 2005, Kireç ve Kireçtaşı Üretimi, Kimyasal Teknolojiler Projeler, Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Örmecioğlu H. T., 2010, Tarihi Yapıların Yapısal Güçlendirilmesinde Ana İlkeler ve Yaklaşımlar, Politeknik Dergisi, 13(3)
- Özdemir O., 2007, Uçucu Külün Yapı Malzemelerinde Bağlayıcılığa Etkisinin, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı.
- Özen S., 2013, Doğal ZeolitlerinPuzolanik Aktivitesi: Mineralojik, Kimyasal Ve Fiziksel Karakterizasyon Ve Hidratasyon Ürünlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Postacıoğlu B., 1986, Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri-İç Yapı ve Mekanik Özellikler, Cilt 1, İTÜ Matbaası, İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1986, Bağlayıcı Maddeler, Cilt 1, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.
- Roth, L. M., 1993, Understanding Architecture: Its Elements, Historyand Meaning, First, Boulder, Co: Westview Press.
- Shakouri N., 2010, Arihsel Süreç İçinde Peyzaj Tasarım Ve Uygulama Çalışmalarında Yapı Malzemelerinin Kullanımının İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara

- Türkiye İstatistik Kurumu, 2014., Termik Santral Su, Atık Su ve Atık İstatistikleri.
- TDK., 2019, www.sozluk.gov.tr., Erişim tarihi: 09 Ağustos 2019
- TS EN 12390-1, 2013, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 1: Deney numunesi ve kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri, TSE, Ankara.
- TS EN 12390-2, 2013, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması Ve Kürlenmesi, TSE, Ankara.
- TS EN 12390-4, 2013, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 4: Basınç Dayanımı - Deney Makinelerinin Özellikleri, TSE, Ankara.
- TS EN 12390-5, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 196-1, 2016, Çimento Deney Metotlar - Bölüm 1: Dayanım, TSE, Ankara.
- TS EN 196-2, 2016, Çimento Deney Metotlar - Bölüm 2: Çimentonun Kimyasal Analizi, TSE, Ankara.
- TS EN 196-3, Çimento Deney Metotlar - Bölüm 3: priz Süresi ve Hacim Genleşme Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 459-2, 2012, Yapı kireci - Bölüm 2: Deney yöntemleri, TSE, Ankara.
- TS EN 1015-1, 2000, Kâgir harcı - Deney metotları - Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini (elek analizi yoluyla), TSE, Ankara.
- TS EN 480-5, 2001, Kimyasal Katkılar - Beton, Harç ve Şerbet İçin- Deney Metotlar - Bölüm5: Kılcal Su Emme Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 12504-4, 2012, Beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrases geçiş hızının tayini, TSE, Ankara
- Uğurlu Sağın E., 2012, Aigai ve Nysa'da doğal ve suni puzolanlar ile üretilen Roma harçlarının özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı.
- UNESCO, 2019, <http://whc.unesco.org/en/list/344>, Erişim Tarihi: 13 Ağustos 2019
- Yaşaroğlu, K., 2006, Açık hava Tiyatrolarının Akustik Açısından Değerlendirilmesi: İstanbul Cemil Topuzlu Açık hava Tiyatrosu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yavaş D., 2011, Bursa Yeşil Camide Yapılan Onarımlar, XIV. Ortaçağ ve Türk Dönemi Kazıları ve Sanat Tarihi Araştırmaları Sempozyumu.
- Yazıcı H., 2004, Termik santral atığı yapay alçı-uçucu kül-taban külü esaslı yapı malzemesi geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: CAN TOMBULCA

Doğum Tarihi: 25.06.1987

Doğum Yeri: Yıldızeli/Sivas

Eğitim Bilgileri;

Yabancı Dil: İngilizce

Lise: Cumhuriyet Anadolu Lisesi

Lisans: Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Sertifikaları: Gayrimenkul Değerleme Uzmanı – SPK

Halk Eğitim Merkezi ve Akşam Sanat Okulu Tiyatro Oyunculuğu

Yamaç Paraşütü Pilotu, Yelken Kanat Pilotu

Eserler;

28 Daireli Konut İnşaatı Statik Projesi (2012)

3 Daireli Konut İnşaatı Statik Projesi (2013)

Müstakil Villa İnşaatı Statik Projesi (2013)

Müstakil Villa İnşaatı Statik Projesi (2015)

16 Daireli Konut İnşaatı Statik Projesi (2016)