



**T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Turhan Can KARCI

**BETONDA CAM ELYAF VE KAZINMIŞ
ASFALT ATIĞI KULLANIMININ DONATI
KOROZYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2022

**T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BETONDA CAM ELYAF VE KAZINMIŞ ASFALT ATIĞI
KULLANIMININ DONATI KOROZYONU ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**



Turhan Can KARCI

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE
Ekim-2022**

TEZ ONAYI

BETONDA CAM ELYAF VE KAZINMIŞ ASFALT ATIĞI KULLANIMININ DONATI KOROZYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Turhan Can KARCI tarafından Dr. Öğr. Üyesi Behçet DÜNDAR danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Behçet DÜNDAR
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Doç. Dr. Ümit YURT
İnşaat Teknolojisi Bölümü, DÜ

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ALTAY
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Bülent YANIKTEPE
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Turhan Can KARCI

ÖZET

BETONDA CAM ELYAF VE KAZINMIŞ ASFALT ATIĞI KULLANIMININ DONATI KOROZYONU ÜZERNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Turhan Can KARCI

Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Behçet DÜNDAR

Ekim 2022, 69 sayfa

Günümüzde yolların büyük bir kısmı asfalt kaplamadan oluşmaktadır. Asfalt kaplamaları çevre koşulları ve araç yükleri vb. nedenlerle deforme olmaktadır. Deforme olan asfalt kaplamaları kazınarak yeniden asfalt kaplama yapılmaktadır. Kazıma sonucunda ortaya çıkan asfalt atıkları depolanma alanlarına götürülerek depolanmaktadır. Sürekli artan atık malzemenin betonda agrega yerine kullanılması çevre kirliliği ve enerji kullanımını azaltarak maliyeti de düşürmektedir. En yaygın olarak kullanılan beton ve betonarmenin deniz kenarları, nemli ve rutubetli ortamlarda kullanımı betonda dayanım, maliyet ve dayanıklılık gibi sorunlar meydana getirmektedir. Bu sorunlardan biri donatının korozyona uğraması ve zamanla donatının işlevini yerine getirememesidir. Bu çalışma kapsamında belirli oranlarda Cam Elyaf (C) ve Kazınmış Asfalt Atığı (KAA) kullanılarak üretilen betonların fiziksel ve mekanik özellikleri yanında donatı korozyonu da incelenmiştir. KAA ağırlıkça %0, %30, %60 ve %90 oranlarında 0-4 mm boyutlarında kırma kum ile ikame edilmiştir. Elyaf olarak 6 mm boyunda C ağırlıkça 0.5, 1 ve 1.5 kg/m³ miktarda karışıma dahil edilmiştir. Beton numunelerin üretilmesinde bağlayıcı olarak CEM I 42.5 R tipi Portland Çimentosu kullanılmıştır. Su/çimento 0.4 oranı sabit tutulmuş ve agrega olarak da 5-12 mm boyutunda kırma taş agregası, 0-4 mm boyutunda ise kırma kum ve KAA kullanılmıştır. Hızlandırılmış korozyon deneyi için 8 mm çapında nervürlü betonarme çeliği kullanılmıştır. Üretilen betonlara 7, 28 ve 90 günlük kür yaşlarında basınç ve yarmada çekme dayanımı, kapiler su emme, birim hacim ağırlık, porozite, su emme, ultrases geçiş hızı, böhme (aşınma) direnci, elektriksel özdirenç ve hızlandırılmış korozyon deneyi uygulanmıştır. Beton numunelere uygulanan deneyler sonucunda KAA kullanılabilirliği tespit edilmiş ve en ideal ikame oranının %30 olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kazınmış Asfalt Atığı, Hızlandırılmış Korozyon Deneyi, Cam Elyaf, Donatı Korozyonu

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF USE OF GLASS FIBER AND SCRAPED ASPHALT WASTE IN CONCRETE ON REINFORCEMENT CORROSION

Turhan Can KARCI

M.Sc., Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Behçet DÜNDAR

October 2022, 69 pages

Today, most of the roads consist of asphalt pavement. Asphalt pavements environmental conditions and vehicle loads etc. causes deformation. Deformed asphalt pavements are scraped and asphalt pavement is made again. Asphalt wastes generated as a result of scraping are taken to storage areas and stored. The use of ever-increasing waste material in concrete instead of aggregate reduces environmental pollution and energy use, reducing costs. The use of concrete and reinforced concrete, which is the most widely used, in seaside, humid and humid environments creates problems such as strength, cost and durability in concrete. One of these problems is the corrosion of the reinforcement and the failure of the reinforcement to fulfill its function over time. Within the scope of this study, the physical and mechanical properties of the concretes produced by using certain proportions of Glass Fiber (C) and Scraped Asphalt Waste (KAA) were investigated, as well as reinforcement corrosion. 0%, 30%, 60% and 90% by weight of KAA was replaced with 0-4 mm crushed sand. As a fiber, 6 mm long C was included in the mixture in the amount of 0.5, 1 and 1.5 kg/m³ by weight. CEM I 42.5 R type Portland Cement was used as a binder in the production of concrete samples. The water/cement ratio of 0.4 was kept constant and 5-12 mm crushed stone aggregate, 0-4 mm crushed sand and KAA were used as aggregates. For the accelerated corrosion test, 8 mm diameter ribbed reinforced concrete steel was used. Pressure and splitting tensile strength, capillary water absorption, unit weight, porosity, water absorption, ultrasound transmission rate, bohme (abrasion) resistance, electrical resistivity and accelerated corrosion tests were applied to the produced concretes at curing ages of 7, 28 and 90 days. As a result of the experiments applied to the concrete samples, the availability of KAA was determined and it was concluded that the ideal replacement rate was 30%.

Keywords: Scraped Asphalt Waste, Accelerated Corrosion Test, Glass Fiber, Rebar Corrosion

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütülmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Behçet DÜNDAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sürecindeki yardım ve desteklerinden dolayı Arş. Gör. Emriye ÇINAR RESULOĞULLARI'na teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmalarım süresince beni destekleyen diğer bölüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak çalışma sürecimde her daim yanımda olarak, maddi ve manevi hiçbir desteği benden esirgemeyen kıymetli aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1 Kazınmış Asfalt Atığı Agregasıyla İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları	4
2.2. Cam Elyafı İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları.....	6
2.3. Donatı Korozyonuyla İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları	8
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	11
3.1. Malzemeler.....	11
3.1.1. Çimento	11
3.1.2. Karışım Suyu.....	12
3.1.3. Agregası	12
3.1.4. Kimyasal Katkı.....	13
3.1.5. Kazınmış Asfalt Atığı	14
3.1.6. Cam Elyafı.....	15
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1 Beton Numunelerin İsimlendirilmesi.....	16
3.2.2. Beton Numunelerin Hazırlanması.....	17
3.2.3. Beton Numunelerinin Kırılması	19
3.2.4. Deneyel Çalışmalar	20
3.2.4.1. Slump (Çökme) Deneyi	20
3.2.4.2. Basınç Dayanım Deneyi.....	20
3.2.4.3. Yarmada Çekme Dayanım Deneyi.....	21
3.2.4.4. Kapiler Su Emme Deneyi.....	22
3.2.4.5. Birim Hacim Ağırlık Deneyi.....	23

3.2.4.6. Porozite ve Su Emme Deneyi	24
3.2.4.7. Ultrases Geçiş Hızı Deneyi	25
3.2.4.8. Böhme (Aşınma) Deneyi	26
3.2.4.9. Elektriksel Özdirenç Deneyi	27
3.2.4.10. Hızlandırılmış Korozyon Deneyi	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRMELER	31
4.1. Slump (Çökme) Deneyi Sonuçları	31
4.2. Basınç Dayanım Değerleri	32
4.3. Yarmada Çekme Dayanım Değerleri	35
4.4. Kapiler Su Emme Deney Değerleri.....	38
4.5. Birim Hacim Ağırlık Değerleri	39
4.6. Su Emme ve Porozite Değerleri.....	40
4.7. Ultrases Geçiş Hızı Deney Değerleri	42
4.8. Böhme (Aşınma) Deney Sonuçları	43
4.9. Elektriksel Özdirenç Deney Değerleri	44
4.10. Hızlandırılmış Korozyon Deneyi Değerleri	48
4.11. Korozyon Sonucunda Donatıda Oluşan Ağırlık Kaybı.....	55
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
5.1. Sonuçlar	57
5.2. Öneriler	61
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. CEM I 42.5/R çimentosunun kimyasal ve fiziksel özellikleri	11
Çizelge 3.2. Kimyasal katkının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	14
Çizelge 3.3. KAA ait teknik özellikler.....	15
Çizelge 3.4. C'ye ait teknik özellikler.....	15
Çizelge 3.5. Numunelerin üretilmesinde kullanılan malzeme miktarları (1m ³)	18
Çizelge 3.6. Deney şeması	20



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kırma taş (A) ve kırma kum (B) görünüşleri	12
Şekil 3.2. Kırma kum elek analiz grafiği	13
Şekil 3.3. Kullanılan kimyasal katkı görünüşü.....	13
Şekil 3.4. Çeneli kırıcı.....	14
Şekil 3.5. Kazınmış asfalt atığının görünüşü.....	14
Şekil 3.6. KAA'nın elek analizi grafiği	15
Şekil 3.7. Kullanılan C'nin görünüşü	16
Şekil 3.8. Numunelerin kodlama şeması.....	17
Şekil 3.9. Karışımların hazırlanmasında kullanılan betoniye	17
Şekil 3.10. Slump (Çökme) deneyi	18
Şekil 3.11. Kalıplara alınmış numuneler.....	19
Şekil 3.12. Kür havuzundaki numunelerin görünüşü	19
Şekil 3.13. Beton pres makinesi.....	21
Şekil 3.14. Yarmada çekme dayanım deneyi	22
Şekil 3.15. Yarmada çekme uygulanan numuneler.....	22
Şekil 3.16. Kapiler su emme deney düzeneği	23
Şekil 3.17 Numunenin tel sepette tartımı	24
Şekil 3.18 Numunenin kuru yüzey doygun tartımı	25
Şekil 3.19. Ultrases geçiş hızı deneyi	25
Şekil 3.20. Böhme (Aşınma) cihazı	27
Şekil 3.21. Elektriksel öz direnç deney düzeneği	28
Şekil 3.22. Hızlandırılmış korozyon deney düzeneği	29
Şekil 3.23. Korozyona uğrayan beton numuneleri.....	29
Şekil 3.24. Korozyona uğrayan donatı ve betondaki izi	30
Şekil 3.25. Donatı korozyon hasarı örnekleri.....	30
Şekil 4.1. Beton numunelerinin Slump (çökme) değerleri.....	32
Şekil 4.2. Beton numunelerinin 7 günlük basınç dayanımları	33
Şekil 4.3. Beton numunelerinin 28 günlük basınç dayanımları	34
Şekil 4.4. Beton numunelerinin 90 günlük basınç dayanımları	35
Şekil 4.5. Beton numunelerinin 7 günlük yarmada çekme dayanımları	36

Şekil 4.6. Beton numunelerinin 28 günlük yarmada çekme dayanımları	37
Şekil 4.7. Beton numunelerinin 90 günlük yarmada çekme dayanımları	38
Şekil 4.8. Beton numunelerinin kılcal su emme katsayıları	39
Şekil 4.9. Beton numunelerinin birim hacim ağırlıkları	40
Şekil 4.10. Beton numunelerinin su emme değerleri	41
Şekil 4.11. Beton numunelerinin porozite değerleri	42
Şekil 4.12. Beton numunelerinin ultrases geçiş hızları	43
Şekil 4.13. Beton numunelerinin Böhme (aşınma) deneyi sonunda ağırlık kayıpları	44
Şekil 4.14. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri (0.1 kHz).....	45
Şekil 4.15. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri (0.12 kHz).....	46
Şekil 4.16. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri (1 kHz).....	47
Şekil 4.17. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri (10 kHz).....	48
Şekil 4.18. REF numunesi korozyon deneyi akım verileri	49
Şekil 4.19. REF numunesi korozyon deneyi çözelti sıcaklıkları	50
Şekil 4.20. KAA30 numunesi korozyon deneyi akım verileri	51
Şekil 4.21. KAA30 numunesi korozyon deneyi çözelti sıcaklıkları	51
Şekil 4.22. KAA60 numunesinin korozyon deneyi akım verileri	52
Şekil 4.23. KAA60 numunesi korozyon deneyi çözelti sıcaklıkları	53
Şekil 4.24. KAA90 numunesi korozyon deneyi akım verileri	54
Şekil 4.25. KAA90 numunesi korozyon deneyi çözelti sıcaklıkları	54
Şekil 4.26. Korozyon sonrası donatılarda oluşan ağırlık kaybı	55
Şekil 4.27. Korozyon sonrası donatılar	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

AC	: Alternatif Akım
Al ₂ O ₃	: Alüminyum Oksit
ASR	: Alkali Silika Reaksiyonu
CaO	: Kalsiyum Oksit
C	: Cam Elyaf
CO ₂	: Karbondioksit
FBG	: Fiber Bragg Izgara
Fe ₂ O ₃	: Demir (II) Oksit
FeOOH	: Demir (III) Oksit
KAA	: Kazınmış Asfalt Atığı
MgO	: Magnezyum Oksit
Na ₂ SO ₄	: Sodyum Sülfat
NaCl	: Sodyum Klorür
SB	: Stiren Bütadien
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
SiO ₂	: Silisyum Dioksit
SO ₃	: Kükürt Trioksi

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesi beton ve betonarme elemanlarını da etkilemektedir. Bu etkilerin başında beton üretimi ve betona uygulanan teknikler gelmektedir. Gelişen teknoloji ve uygulama teknikleriyle daha kısa zamanda betonun ilerleyen yaşlarındaki performansını değerlendirmek mümkün olmaktadır. Beton üretiminde kullanılan atık malzemelerin sürekli artması, yaşam standardındaki büyümeyle doğru orantılıdır (Bamigboye vd, 2021). İnşaat sektöründe kullanılan atık malzemelerin çeşitliliğinin artması beton ve betonarme elemanlarının üretim maliyetini de düşürmektedir. Atık malzemeler ile beton üretmek maliyeti azaltmanın yanı sıra çevre kirliliği, depolanma alanlarının yetersizliği gibi ortaya çıkan sorunlara çözüm olacaktır (Bittencourt vd, 2021).

Beton başlıca su, çimento, iri agrega, ince agrega ve kimyasal katkı maddelerini içeren kompozit bir malzemedir. Agregalar betonun önemli bir bölümünü oluşturur ve beton hacminin yaklaşık olarak %70-80'ini kapsar (Ahmed vd, 2022). Beton üretiminde alternatif malzemelerin agrega yerine kullanılması, doğal kaynakları koruma, büyük miktarda sera gazı emisyonu ve çevresel bozulmayı azaltacaktır (Kareem vd, 2022).

Beton üretiminde agrega yerine kullanılan asfalt atığı, esas olarak esnek kaplamalarda tercih edilen yolların yapımında önemli bir malzemedir. Asfalt karışımlarında büyük ölçüde agregalar, dolgu maddesi ve bağlayıcı olarak bitümden oluşur. Çeşitli boyuttaki agregalar, trafik yüküne karşı koyacak bir iskeleti oluşturarak stabilite sağlarken, bitüm ise karışımda bağlayıcılık özelliklerinin yanında dayanıklılıkta sağlamaktadır (Choudhary vd, 2020). Her yıl dünya genelinde asfalt kaplamaların yenilenmesiyle beraber milyonlarca ton asfalt atığı oluşmaktadır. Bu nedenle oluşan asfalt atıklarının tekrar kullanımları araştırılmaktadır (Hossiney vd, 2020). Asfalt atıkları geniş depolama alanlarını işgal ettiği ve depolama alanlarında düzenli olarak biriktirilmesi yer altı suyuna yönelik bir tehdit oluşturduğundan kullanımı araştırılmalıdır (Adesina vd, 2021).

Beton üretiminde kullanılan agregalar ilerleyen zamanlarda olumsuz çevresel ve ekolojik etkilere sahip olabilmektedir. Çakıl agregasının geri kazanılmış asfalt ile değiştirilmesi bu etkilerin azaltılmasına yardımcı olacaktır. KAA malzemelerinin

kaplama temel katmanlarında kullanılmasının, yalnızca doğal kaynakları korumak için değil, aynı zamanda çevre kirliliğini ve depolamayı azaltmak için de geçerli bir alternatif olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, çöp sahalarına atılacak olan yol yüzey kaplamasından elde edilen KAA miktarının azaltılmasına da yardımcı olabilir (Al-Mufti vd, 2017, Avirneni vd, 2016).

Geri dönüştürülmüş malzemeler ekonomik ve çevresel nedenlerle giderek daha fazla kullanılmaya başlamıştır (Settari, 2015). Beton içerisinde iri veya ince agrega olarak kullanımı fark etmeksizin benzer özellikler göstermiştir. Bunlardan basınç ve yarmada çekme dayanımlarından bir düşüşün gerçekleştiği ve bunun nedeninin bitümlü agregaların beton gibi taşıyıcı özelliği olan bir yapı malzemesinin içerisinde yumuşak yüzey oluşturmalarıdır. Buna benzer sebeplerden dolayı KAA düşürdüğü basınç dayanımı ilave bazalt agregası veya lif çeşitleri eklenerek kullanılması yapılan çalışmalar göstermektedir (Khodair vd, 2017).

Betonun düşük çekme kapasitesine ve dayanımı zayıf bir yapı malzemesidir. Uygulanan gerilmeler sonucunda kısa vadede çatlamaya eğilimli, uzun vadede ise dayanıklılık sorunlarından kaynaklanan bozulmalar görülmektedir. Betonda gözlemlenen çatlamayı iyileştirmek ve dayanıklılık sorunlarından kaynaklanan bozulmalara karşı daha fazla direnç sağlamak için, çeşitli lif veya elyaf takviyesiyle güçlendirme yapılabilir. Lif takviyesi hem kısa hem de uzun vadede tek veya çeşitli lifler ile, farklı uzunlukları hem mikro hem makro ölçekte çatlakların yayılmasını kontrol etmeye yardımcı olmaktadır (Abbadi vd, 2022).

İnşaat sektöründe son yıllarda kullanımı yaygınlaşan betonda lif kullanımı çatlakların oluşması ve büyümesini azaltır aynı zamanda kesme dayanımını arttırmaktadır. Bu durum betonun servis ömrünün artmasında ve deformasyonlara karşı direnci geliştirmek için kullanılmaktadır (Mobasher vd, 2015). Ayrıca betonda lif kullanımı betonun korozyona karşı direncinin artırılmasının başka bir yoludur. Sentetik ve polimerik lifler betonun korozyona karşı direncini arttırmak için kullanılan en yaygın lif çeşitleridir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı boyutlarda lif kullanımı, betonun gerilme ve dayanıklılık özelliklerini etkileyerek birlikte çalışma etkisine yol açtığı ve betonun performansını daha da iyileştirdiği gösterilmiştir (Liang vd, 2022, Zhaou vd, 2020, Wu vd, 2022, Ramkumar vd, 2022).

Betonlarda uzun vadede performansının iyileştirilmemesi dayanım kaybı, betonda çatlama ve bakım maliyetlerinin ciddi bir şekilde artmasına sebep olmaktadır. Betonun performansını etkileyen başlıca saldırılar sülfatlar, karbonatlar ve klorürlerdir. Betonarme yapıların korozyonunda en önemli faktör klorür geçirgenliğine bağlı olup, korozyonun önlenmesi ve donatı çeliğinin korunmasıdır (Eskandri vd, 2016, Chakraborty, 2021).

Klorür girişi, betonarme korozyonunun başlamasına neden olan önemli etkidir. Ayrıca deniz tuzları ve sülfatlardan kaynaklı kimyasal saldırılarda donatının korozyona uğramasına sebep olur. Bu durumda donatı işlevini yitirir, fiziksel ve mekanik özelliklerinin azalmasına neden olmaktadır. Klorür saldırısı, çimento, agrega, su veya katkı maddelerinde bulunan klorür iyonların beton içerisine nüfuz etmesiyle gerçekleşir. Betonarmede, klorür girişi esas olarak, çimento hidratasyonu reaksiyonu başladıktan hemen sonra donatı yüzeyinde oluşan FeOOH veya Fe_2O_3 'in pasif tabakayı tahrip ederek betonarme donatısını korozyona uğratır (Omar, 2015). Korozyon yayılımı ise çelik/beton ara yüzündeki klorür konsantrasyonu ve çeşitli parametrelerin belirli bir seviyenin üzerine çıktığında başlar (Gao vd, 2022).

Bu çalışmanın amacı beton ve betonarme elemanlarının çevresel etkiye bağlı olarak zamanla işlevinin yitirmesine sebep olan korozyonun KAA ve C takviyesiyle göstermiş olduğu direncin araştırılmasıdır. KAA güncel çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir atık türüdür. KAA ile beton üretiminde, bazı olumsuz mekanik özelliklerini iyileştirilmesi amacıyla C ile birlikte bu olumsuzlukların giderilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmada beton numunelerinin üretilmesinde s/ç oranı 0.4 ve çimento dozajı 350 kg olarak sabit tutulmuştur. KAA %0, %30, %60 ve %90 oranlarında 0-4 mm boyutlarında olan kırma kum ile ikame edilmiştir. C ise ağırlıkça 0.5, 1 ve 1.5 kg/m³ miktarlarında kullanılmıştır. Üretilen betonlara basınç ve yarmada çekme dayanımı, kapiler su emme, birim hacim ağırlık, porozite, su emme, ultrases geçiş hızı, böhme (aşınma) direnci, elektriksel özdirenç ve hızlandırılmış korozyon direnci deneyi uygulanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gelişen teknoloji sayesinde gün geçtikçe artan atık malzemelerin tekrar kullanımı ve çevreye verdikleri zararı azaltmak amacıyla atık malzemelerin kullanılabilirliği konusu son yıllarda araştırmacılar tarafından çalışılan konular arasında yer almaktadır. Çalışmanın bu bölüm KAA, C ve hızlandırılmış korozyon yöntemi ile hazırlanan önceki çalışmaları kapsamaktadır.

2.1 Kazınmış Asfalt Atığı Agregasıyla İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları

Hassan, vd (2000) yapmış oldukları çalışmada KAA'nın betonda agregası olarak kullanımını araştırmıştır. Çalışmada %0, %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında KAA uçucu kül ile birlikte kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde KAA kullanımının basınç dayanımını azalttığını fakat ilerleyen yaşlarda betonun performansını ve çekme dayanımını iyileştirdiğini göstermiştir.

Capson vd, (2013) yapmış oldukları çalışmada yüksek mukavemetli beton karışımlarında agregası yerine KAA kullanmıştır. Çalışmada amaç daha çevreci bir beton oluşturmaya çalışmaktır. Basınç ve çekme mukavemeti arasındaki ilişki üzerinden değerlendirmeler yapmışlardır. Sonuçlar incelendiğinde ağırlıkça %50 oranında KAA ikame edilmesi basınç dayanımı %44 oranında düşürürken, %30 oranında kullanılması çekme mukavemetinde %8'lik bir artış göstermiştir.

Marka vd, (2014) yapmış oldukları çalışmada KAA %0, 20, 35 ve 50 oranlarında iri agregası ile ikame yapmıştır. Aynı zamanda bağlayıcı olarak da %65 çimento %25 yüksek fırın cürufu ve %10 uçucu kül kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde karışımda KAA ikame oranının artması işlenebilirliği ve birim hacim ağırlığı azalmıştır. Basınç dayanım deneyi sonucunda KAA ikame oranının artmasıyla dayanımlar azalmıştır. Bunun nedeni de KAA'nın yumuşak bir yüzey oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. Numunelerin donma-çözünme deney sonuçları kabul edilebilir seviyedeysen, %50'ye kadar KAA kullanılması kabul edilebilir durumdadır.

Erdem ve Blankson, (2014) yapmış oldukları çalışmada agregası olarak KAA ve atık prekast beton içeren betonun çevresel performansı ve mekanik analizini yapmıştır. Tüm karışımlarda %35 öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve referans olarak da doğal agregası kullanılmıştır. Mekanik davranışını incelemek için numuneler üzerinde basınç

dayanımı, eğilme dayanımı ve dinamik elastik modül ölçümü deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde geri dönüştürülmüş agregaların döküm ve yerleştirme açısından herhangi bir zorluk oluşturmazken, %100 oranda atık malzeme ile değiştirilmesinde işlenebilirliğin önemli ölçüde azaldığı ve genel olarak en uygun işlenebilirliği elde etmek için daha fazla su veya süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılması gerektiği görülmüştür. KAA içeren betonlarda basınç dayanımı ve elastisite modülünde doğru orantılı bir azalma görülürken eğilme mukavemetinde bir artış sağlamıştır.

Shadmani vd, (2018) yapmış oldukları çalışmada silis dumanına ek olarak stiren bütadien kauçukla güçlendirilmiş KAA içeren betonun dayanıklılık ve mikro yapı özelliklerini incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda iri agrega ile ağırlıkça %33, %66 ve %100 oranlarında KAA yer değiştirilmiştir. Numunelerin 7 ve 28 günlük mekanik davranışın incelendiğinde iri agrega ile KAA'yı değiştirmek basınç dayanımlarında azalmaya sebep olmuştur ve %100 KAA kullanımıyla basınç dayanımında %36 oranında azalma göstermiştir. Silis dumanı ve KAA bir arada kullanıldığında ise mekanik dayanımlarında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Silis dumanı ve KAA kullanılan karışımda basınç dayanımında %20-%53 oranında önemli artışlar görülmüştür.

Bittencourt vd, (2021) yapmış oldukları çalışmada üretilen poroz betonda doğal agrega ile KAA %10, %20, %50 ve %100 oranlarında ikame edilmiştir. KAA ile üretilen betonlara fiziksel ve mekanik davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışmada numunelerin 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde asfalt atığı ikame oranı arttıkça basınç dayanımında azalmalar görülmüştür. %50 oranında KAA kullanılan numunede basınç dayanımı %49 düşerken, %100 oranında KAA ikameli numunelerde ise %71 azalmıştır. Bunun sebebi bitümden kaynaklı yumuşak yüzey oluşmasının neden olduğu düşünülmektedir. Numunelerin su geçirimsizliği incelendiğinde, %50 ve %100 oranında asfalt atığı ile üretilen betonlarda geçirimsizlik hızının arttığını ancak %10 ve %20 oranlarında kullanılan KAA ikameli numunelerde ise hızın azaldığı görülmektedir.

Çınar Resuloğulları E. vd, (2022) yapmış oldukları çalışmada KAA ile üretilen harçların fiziksel ve mekanik özellikleri yüksek sıcaklık etkisi altında incelemiştir. Çalışma kapsamında üretilen numunelerde %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında

KAA kullanılmıştır. 28. günde mekanik özelliklerinin yanı sıra su emme, ultrasonik ses dalgası yayılma hızı ve fiziksel özellikleri de belirlenmiştir. Çalışmada fiziksel, mekanik ve yüksek sıcaklık etkisi dikkate alınarak %25 KAA tavsiye edilmiştir.

Fidan, (2022) yapmış olduğu çalışmada beton ve KAA içeren kolemanit katkı harçların mekanik ve fiziksel özelliklerini incelemiştir. Çalışma kapsamında kırma kum ile ağırlıkça %25, %50, %75 ve %100 oranlarında geri dönüştürülmüş beton ve asfalt atığı kullanılmıştır. Üretilen numuneler üzerinde 7, 28 ve 90 günlerde eğilme ve basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı, su emme, porozite, aşınma ve elektriksel özdirenç deneyleri yapılmıştır. Elde ettiği sonuçlar incelendiğinde KAA içeren numunelerde eğilme dayanımında %45, basınç dayanımında %25 ve ultrases geçiş hızlarında düşüşler görülmüştür.

Mengilli, (2022) yılında yapmış olduğu çalışmada asfalt atığının alkali aktivasyonlu harçlarda fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Hazırlanan alkali aktivasyonlu harç numuneleri üzerinde sıcaklık aktivasyonunun etkisinin incelenmesi amacıyla üç farklı aktivasyonu sıcaklığı (40 °C, 80 °C ve 120 °C) 18 saat süresince uygulanmıştır. Aktivasyon sıcaklığı sonrasında 7, 28 ve 90 gün kür havuzunda bekletilip fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için deneyler gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak aktivasyon sıcaklığının önemli bir parametre olduğu görülmüştür. Asit etkisine karşı en iyi sonuçlar 80 °C aktivasyon sıcaklığı uygulanan örneklerden elde edilmiştir. Ayrıca geri dönüştürülmüş asfalt atığı oranındaki düşüşe bağlı olarak asit direncinin arttığı gözlemlenmiştir.

2.2. Cam Elyafı İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları

Betonda kullanılan lif türlerinden biri olan C kullanımı giderek artan bir malzemedir. Çalışmanın bu kısmında C ile yapılan çalışmalar incelenmiş ve literatür taraması yapılmıştır.

Dehghan vd, (2017) yapmış oldukları çalışmada Portland Çimentolu beton numunelere C takviyesiyle betonların basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, kuruma büzülme ve beton prizma testlerinde Alkali Silika Reaksiyonu (ASR) genişmesi araştırılmıştır. Çalışmada C 3 farklı epoksi ve doymamış polyester ile birleştirilerek kullanılmıştır. 3 farklı epoksidede %40, polyesterde %25 ve C kullanımı sonucunda da basınç dayanımı, kuruma büzülmesi olumsuz sonuçlar göstermiş

olurken yarmada çekme dayanımında olumlu sonuçlar göstermiştir. ASR deneyi ise ihmal edilebilir seviyede genleşme gözlemlenmiştir.

Saka, (2018) yapmış olduğu çalışmada cam elyaf takviyeli betonlarda Sepiyolit (lüle taşı) kullanımının mekanik, fiziksel ve durabilite özelliklerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada hacimce %3 oranında C takviyesi kullanarak beton numuneler üretmiştir. Çalışmada uygulanan deneyler basınç, eğilme ve darbe dayanımı gibi mekanik özelliklerin yanında taramalı elektron mikroskopuyla analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde eğilme dayanımında sepiyolit kullanımından dolayı azalma görülürken bu durum C ilavesiyle en düşük seviye indirilmeye çalışılmıştır. Bu durum basınç dayanımı ve darbe dayanımında da gerçekleşmiştir.

Anandaraj vd, (2019) yapmış olduğu deneysel çalışmada C ikameli betonların yük etkisi altında ve agresif ortamlarda oluşan yapısal bozulmaları incelemişlerdir. Aynı zamanda C ikamesinin yanında mermer ve granit tozları mineral katkı olarak kullanılmıştır. Beton numunelerinin basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımlarının yanısıra klor ve asit saldırısına maruz bırakılarak dayanıklılık özellikleri araştırılmıştır. C %0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 oranlarında kullanılmış olup C oranının artmasıyla beraber işlenebilirlik azalmaktadır. %20 mermer tozu ilavesi ve %1'lik C takviyesi betonun mukavemet özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. Bu durum mermer tozunun puzolanik yapısı ve C'lerin köprülleme etkisiyle çatlamanın azalmasından kaynaklanmaktadır.

Amed, (2019) yapmış olduğu çalışmada C takviyeli betonlarda mekanik ve dayanıklılık özelliklerini incelemiştir. Çalışmada çimento içeriğini azaltmak ve çevreci bir beton üretmek için uçucu kül ve yüksek fırın cürufu kullanılmıştır. C takviyeli karışımlarda dayanıklılığını belirlemek için donma-çözünme, yaş-kuru döngüsü ve yüksek sıcaklık etkilerine maruz bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde lif içeriğindeki artış, yüksek sıcaklığa karşı dayanıklılığı azaltırken, eğilme dayanımında artış göstermiştir.

Wang vd, (2020) yapmış oldukları çalışmada C ile üretilen betonların yüksek sıcaklık etkisi altında mukavemeti ve ısı iletkenliği üzerine çalışmışlardır. Çalışmada beton karışımına ağırlıkça %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında C ilave edilerek numuneler üretmişlerdir. 400, 500, 580, 800 ve 1000 °C sıcaklıkta bekletilen

numunelerde basınç dayanımı ve ısı iletkenlik değişimlerinin incelemişlerdir. Yüksek sıcaklık etkisi altında betonun basınç dayanımı eklenen C miktarı ile artarken aynı zaman da C boyunun uzunluğu arttıkça basınç dayanımı da arttığı görölmektedir.

2.3. Donatı Korozyonuyla İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları

Durabilite sorunlarından biri olan ve betonarmenin yapısını bozarak kullanım ömrünü azaltan donatı korozyonu, dikkat edilmediğinde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Çalışmanın bu kısmında donatı korozyonuyla ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş ve literatür taraması yapılmıştır.

Dong vd, (2013) yapmış olduğu çalışmada uçucu kül ikameli betonun korozyon direncinin deneysel araştırılmasını yapmıştır. Numuneler, gerçek korozyon ortamı oluşturmak için 50 g/L sülfat çözeltisine tamamen daldırılmıştır. Kullanılan uçucu kül miktarı %0, %20 ve %40 oranlarında çimento ile ikame edilerek numuneler üretilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 270 günlük deney süresi boyunca uçucu kül ile üretilen betonun korozyon direnci daha iyi sonuçlar verdiği görölmektedir. Sonuç olarak %40 uçucu kül karıştırılarak üretilen betonlarda korozyona karşı dirençli olabileceği sonucuna varılmıştır.

Eskandri vd, (2016) yapmış oldukları çalışmada hava sürükleyici katkının donatılı beton numunelerindeki korozyon etkisini incelemiştir. Korozyon ve su emme özelliklerini belirlemek için çeşitli hava sürükleyici katkıları ile 5 karışım ve ø15 donatı kullanılmıştır. Betonarme donatısının korozyon direncini araştırmak için akım yoğunluğu ve korozyon direncini araştırmak için %3.5'lik NaCl çözeltisine daldırılıp hızlandırılmış korozyon testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde hava sürükleyici katkı içeriği arttığında korozyon potansiyeli ve korozyon direnci azalmaktadır. Akım yoğunluğunun (korozyon hızı) katkı içeriğiyle arttığı görölmüştür. Bunun sebebi hava sürükleyici katkı maddesinin artması betonda gözenekliliğin artmasına ve korozyon hızının artmasına neden olmuştur.

Cho, (2017) yapmış olduğu çalışmada hidrojen zengin su ile üretilen Portland Çimentolu betonlara gömülü donatı korozyonu üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Kontrol amacıyla saf su ile üretilen harçlar kullanılmıştır. Üretilen numuneler üzerinde basınç ve çekme dayanımı, yarmada çekme dayanımı, elektriksel özdirenç deneyi ve %5'lik NaCl çözeltisinde korozyona uğratarak deneysel çalışma

yapılmıştır. Aynı zamanda korozyon akım potansiyelini ve yoğunluğunu ölçmek için potansiyostat cihazı kullanılmıştır. Hidrojence zengin su ile üretilen numuneler kontrol amacıyla üretilen numuneye göre daha düşük korozyon potansiyeli ve akım yoğunluğu göstermiştir. Aynı zamanda hidrojence zengin su ile üretilen numuneler elektriksel özdirenci kontrol amacıyla üretilen numuneye göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Mekanik özellikler incelendiğinde ise kontrol amacıyla üretilen numuneye göre daha iyi sonuçlar alınmıştır.

Güçlüer vd, (2019) yapmış oldukları çalışmada donatı korozyonunu ve aderansını araştırmışlardır. Beton numunelerin üretilmesinde çimentonun ağırlıkça %1'i kadar kalsiyum nitrat esaslı korozyon inhibitörü kullanılmıştır. Hazırlanan numuneler 7, 28, 90 ve 180 gün kür süresine tabi tutulmuştur. Donatı korozyonunu incelemek için de yarı hücre potansiyeli uygulanmıştır. Sonuç olarak inhibitör kullanılan numunelerde korozyon yoğunluğu daha düşük gözlemlenmiştir.

Yavuz vd, (2019) yapmış oldukları çalışmada donatılı betonda korozyon ve donatı aderansını araştırmıştır. Çalışmada çekme-çıkartma deneyi ve korozyon performansı için yarı hücre korozyon potansiyeli ölçümünü kullanmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda çekme-çıkarma deneyinde en yüksek aderans 180 günlük numunelerde görünürken en az ise 7 günlük numune de olmuştur. 180 günlük numunelerde ise korozyon inhibitörü kullanılan numuneler %33 oranında daha fazla aderans sağlamıştır. Aynı zamanda korozyon inhibitörü kullanılan numunelerde donatı etrafını saran çözünmez bir tabaka oluşurken, inhibitör kullanılmayan numuneler daha fazla korozyon olayı görülmüştür.

Hou, (2020) yapmış olduğu çalışmada hibrit fiber takviyeli betonun mekanik ve korozyon direnci üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmada hibrit elyaf takviyeli beton, polipropilen elyaf ve çelik elyaf kullanılarak numuneler hazırlanmıştır. Çalışmada üretilen numunelere basınç dayanımı, darbe tokluğu, Arşimet deneyleri ve korozyon deneyleri uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde çelik elyaf ve polipropilen elyaf ile üretilen betonların basınç dayanımı ve darbe tokluğunu önemli ölçüde iyileştirebileceğini göstermiştir. Lif oranları arttıkça betonun basınç dayanımı ve tokluğu artmış, ilk çatlak süresi azalmış ve aldığı darbe sayısı artmıştır. Lifli betonlarda 7 günlük korozyon direnci normal betona göre daha yüksek olmuştur.

Uygunlu vd, (2021) yapmış oldukları çalışmada nervürlü çelikleri bor tozu ile kaplayıp mikroyapısal karakterizasyonu ve korozyon dirençlerini incelemişlerdir. Donatılar bor ile kaplandıktan sonra hızlandırılmış korozyon testine tutulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde korumasız çeliklerin korozyon hızları ve kesit kayıpları korumalı donatılardan daha fazla olduğu görülmüştür. Başlama zamanlarına bakıldığında ise neredeyse 2 kat fazla fark olmuştur.

Chakraborty vd, (2021) yapmış oldukları çalışmada elektrolize su ile hazırlanan betonun durabilite ve korozyon direncini incelemek için araştırmalar yapmışlardır. Hazırlanan kontrol ve elektrolize sulu numuneler %5 Na₂SO₄, %3.5 NaCl birleşik karışımı, 200 gün boyunca %3.5 NaCl ve 180 gün boyunca %5 NaCl çözeltisine maruz bırakılmış ve korozyon potansiyelleri izlenmiştir. Kontrol numuneler için yukarıda belirtilen ortamlarda sırayla %5, %12.4 ve %6.1'lik basınç dayanım kayıpları olmuştur. Elektrolize su bazlı numunelerde ise kayıplar daha da azalmış ve %1, %10.1 ve %3.4'e düşmüştür. Hızlandırılmış korozyon deneyinde elde edilen veriler incelendiğinde ise elektrolize su bazlı numuneler ile üretilen numuneler kontrol numunelerine göre daha düşük korozyon potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde, uygulanan deneysel çalışmalar için gerekli malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bunun yanı sıra beton numunelerin karışım oranları ve yapılacak deneyler hakkında bilgiler de verilmektedir.

3.1. Malzemeler

3.1.1. Çimento

Deneysel çalışma için kullanılacak olan beton numunelerin hazırlanmasında bağlayıcı olarak TS EN 197-1 standardına uygun olarak üretilen ÇİMSA Çimento San. Tic. A.Ş.'den temin edilen CEM I-42.5/R tipi Portland Çimentosu kullanılmıştır (TS EN 197-1,2012). Bağlayıcı olarak kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.1. verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Kullanılan CEM I 42.5/R çimentosunun kimyasal ve fiziksel özellikleri

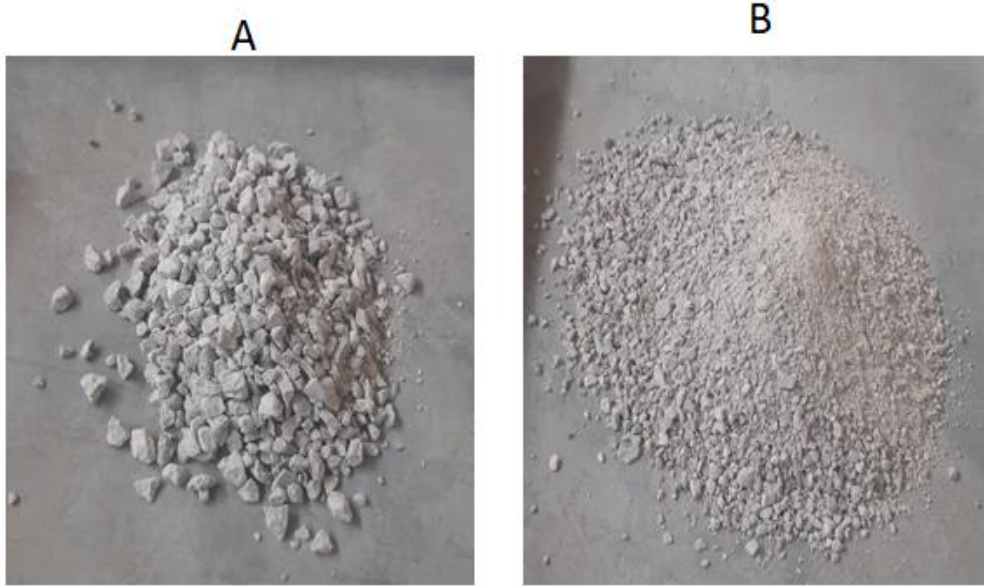
Kimyasal Özellikler	Kimyasal Analiz	Analiz Sonuçları (%)
	Al ₂ O ₃ (%)	5.65
	SiO ₂ (%)	20.62
	CaO (%)	62.08
	Fe ₂ O ₃ (%)	4.05
	K ₂ O (%)	0.69
	SO ₃ (%)	2.57
	MgO (%)	2.55
	Na ₂ O (%)	0.27
	Kızdırma Kaybı	1.55
	Çözünmez Kalıntı	0.54
Fiziksel Özellikler	Yoğunluk (gr/cm ³)	3.11
	Blaine- İncelik (cm ² /g)	3400
	Serbest CaO	0.3
	Serbest Kireç	1.21
	Priz Başlangıcı (dk)	135
	Priz Sonu (dk)	220

3.1.2. Karışım Suyu

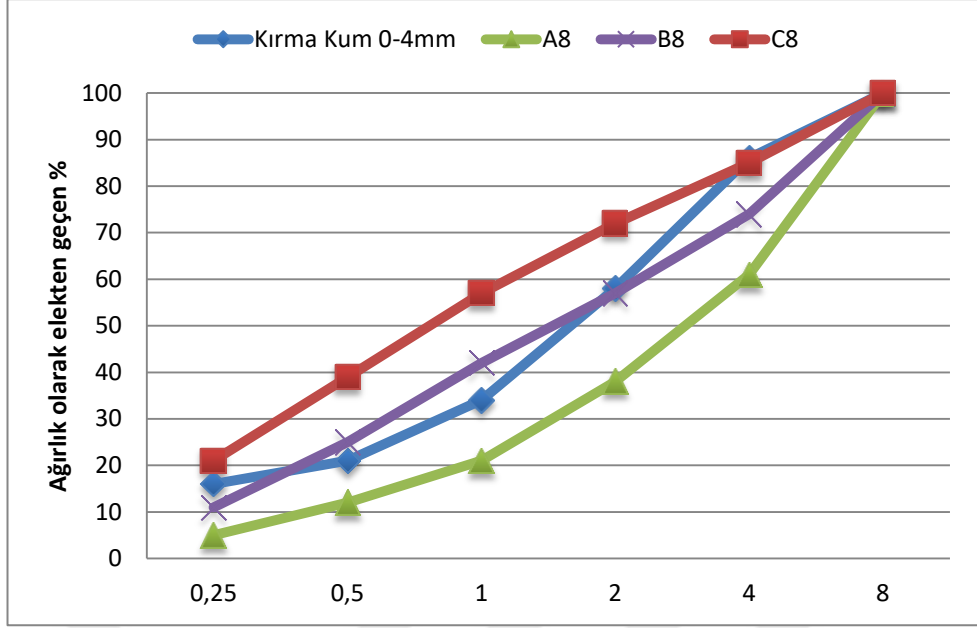
Beton numuneler üretiminde kullanılan su TS EN 1008 standardına göre içilebilir nitelik taşıyan ve içerisinde betona zarar verebilecek organik veya inorganik madde olmayan sıcaklığı 20 ± 5 °C olan Osmaniye ili şebeke suyu kullanılmıştır (TS EN 1008, 2003).

3.1.3. Agregalar

Numune üretimi için hazırlanan karışımlarda iki çeşit agregalar kullanılmıştır. Bunlardan ilki, ince agregalar olup kırma kum (0-4 mm) karışım içerisinde boşluk doldurma görevi üstlenirken, ikincisi olarak iri agregalar kırma taş (4-12 mm) beton içerisinde dayanım sağlaması amacıyla karışıma dahil edilmiştir. Kullanılan agregalar TS EN 706 EN12620 + A1 standardına uygun olup Osmaniye ili sınırları içerisinde bulunan ocaktan temin edilmiştir (TS 706, 2019). Çalışmada kullanılan agregaların görünümü Şekil 3.1’de, kırma kuma ait elek analizi sonuçları Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kırma taş (A) ve kırma kum (B) görünüşleri



Şekil 3.2. Kırma kumun elek analizi sonucu

3.1.4. Kimyasal Katkı

Beton numunelerin karışımları hazırlanırken yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı (Fosroc Gantre 142) kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal katkı Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkının kullanım oranı her karışım için sabit tutulup çimento miktarının %1.2'si olacak şekilde seçilmiştir. Kimyasal katkının teknik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir



Şekil 3.3. Kullanılan kimyasal katkı görünümü

Çizelge 3.2. Kimyasal katkının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Değerler
Malzemenin Yapısı	Polikarboksilik eter esaslı
Görünüm	Kahverengi- Sıvı
Özgül Ağırlık	25 °C’de 1.18 kg/L
pH Değeri	5-7
Klor İçeriği	En fazla %0.1
Hava Sürüklenmesi	En fazla %2

3.1.5. Kazınmış Asfalt Atığı

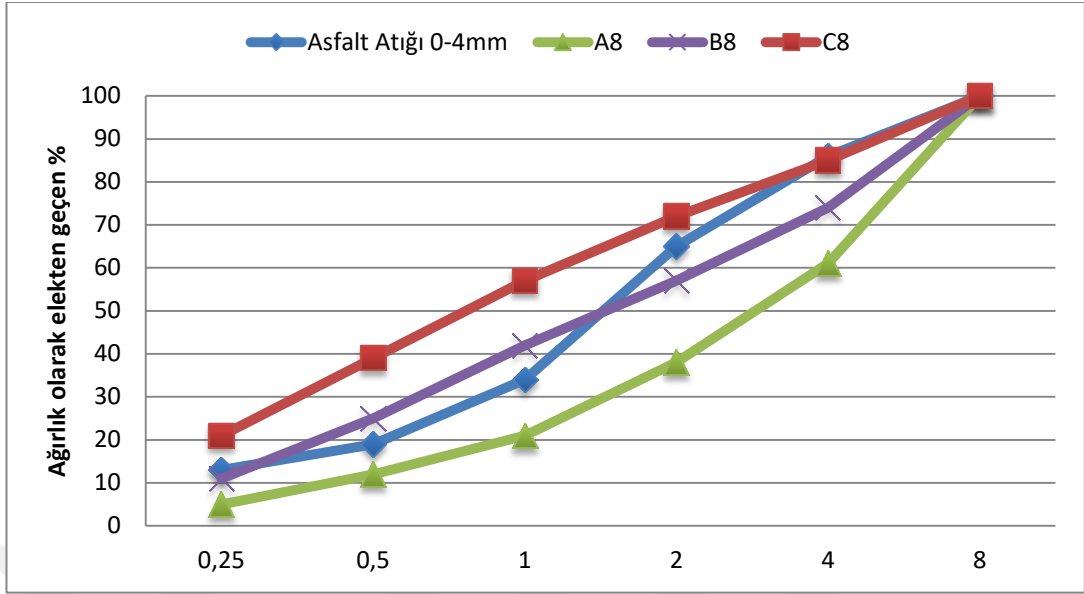
Çalışmada kullanılan KAA Osmaniye Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğünden temin edilmiştir. KAA Şekil 3.4’de görülen çeneli kırıcı yardımıyla öğütülmüştür. Beton üretiminde kullanılan kırma kum ile ikame edileceğinden kırıcıdan geçen KAA daha sonra 0-4 mm tane boyutunda olacak şekilde elekten geçirilerek kullanılmıştır. Şekil 3.5’te kullanılan KAA, Şekil 3.6’da kullanılan KAA’nın elek analizi grafiği ve Çizelge 3.3’de teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.4. Çeneli kırıcı



Şekil 3.5. Kazınmış asfalt atığının görünümü



Şekil 3.6. KAA'nın elek analizi grafiği

Çizelge 3.3. KAA ait teknik özellikler

Özellikler	Değerler
Nem Oranı (%)	0.23
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2.12
Su Emme Oranı (%)	0.70
Kum Eşitliği (%)	97
Doğal Nem Oranı (%)	0.05

3.1.6. Cam Elyaf

Deneysel çalışmalar için üretilen numunelerde, Fiber Elyaf Kompozit A.Ş. tarafından üretilen 6 mm boyutuna sahip olan C kullanılmıştır. Kullanılan C'ye ait teknik özellikler Çizelge 3.4'te, görünümü ise Şekil 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. C'ye ait teknik özellikler

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (µm)	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Cam Elyaf	6	13	2.68	72000	1700



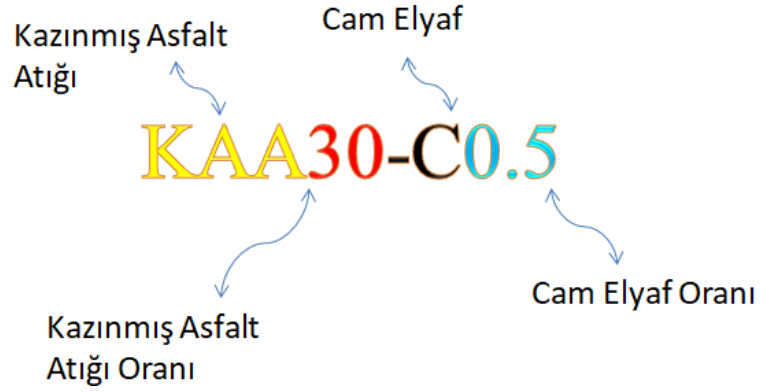
Şekil 3.7. Kullanılan C'nin görünümü

3.2. Yöntem

Çalışmada üretilen beton numunelerin karışımında KAA kırma kum ile ağırlıkça %0, %30, %60 ve %90 oranlarında ikame edilmiştir. Karışımlara C ise ağırlıkça 0.5, 1 ve 1.5 kg/m³ miktarında karışıma dahil edilmiştir. Hazırlanan numunelerden basınç ve yarmada çekme için 15x15x15 cm'lik küp numuneler, fiziksel özellikler (su emme, porozite, kapiler su emme, birim hacim ağırlık, ultrases ve elektriksel özdirenç) için 10x10x10 cm'lik küp numuneler, hızlandırılmış korozyon deneyi için de 10x20 cm'lik donatılı silindirik numuneler üretilmiştir. Taze beton karışımlarında kullanılan çimento, karışım suyu, agrega ve C miktarları TS 802'de belirtilen karışım esaslarına göre beton karışımı hazırlanmıştır (TS EN 802, TSE, 2016). Karışım hazırlandıktan sonra taze haldeki betonun işlenebilirliğini belirlemek için TS EN 12350-2 standardına göre Slump (çökme) deneyi yapılmıştır (TS EN 12350-2: 2010). Kalıplara yerleştirilen taze haldeki beton numuneleri 1 gün sonra kalıplardan çıkarılıp kür havuzunda 20±2 °C sıcaklıkta 7, 28 ve 90 gün bekletilerek planlanan deneyler yapılmıştır.

3.2.1 Beton Numunelerin İsimlendirilmesi

Deneyler için üretilen 16 farklı beton numunesinin birbirleriyle oluşabilecek karışıklıkları önlemek amacıyla Şekil 3.8'da verilen beton numunelerinin isimlendirilmesi yapılmıştır. Numunelerin isimlendirilmesinde 'KAA' kazınmış asfalt atığını ve 'C' cam elyafı ifade ederken, kullanılan oran da sayı olarak yanında belirtilmiştir. Şekil 3.8'de görüldüğü üzere 0.5 ifadesi ağırlıkça kullanılan C miktarını, 30 ifadesi KAA ikame oranını göstermektedir.



Şekil 3.8. Numunelerin kodlama şeması

3.2.2. Beton Numunelerin Hazırlanması

Çalışma kapsamında hazırlanan beton numuneler TS 802 standardına uygun olarak beton karışımları hazırlanmıştır (TS 802, 2016). Kullanılan KAA boyutları 0-4 mm aralığında kırılmış ve %0, %30, %60 ve %90 oranlarında kırma kum ile ikame edilmiştir. KAA yanında ağırlıkça 0.5, 1 ve 1.5 kg/m³ miktarlarında C kullanılmıştır. Toplam da 16 farklı beton karışım hesabı hazırlanmıştır. Numunelerin üretilmesinde kullanılan beton karışımlarının 1 m³ için gerekli olan malzeme miktarları Çizelge 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.9. Karışımların hazırlanmasında kullanılan betoniyer

Çizelge 3.5. Numunelerin üretilmesinde kullanılan malzeme miktarları (1m³)

İsim	Çimento	Su	C	Kimyasal Katkı	Kırma Kum	Kırma taş	KAA
REF	350	154	0	4.2	1073	875	0
REF-C0.5	350	154	0.5	4.2	1073	875	0
REF-C1	350	154	1	4.2	1073	875	0
REF-C1.5	350	154	1.5	4.2	1073	875	0
KAA30	350	154	0	4.2	749	875	276
KAA30-C0.5	350	154	0.5	4.2	749	875	276
KAA30-C1	350	154	1	4.2	749	875	276
KAA30-C1.5	350	154	1.5	4.2	749	875	276
KAA60	350	154	0	4.2	425	875	552
KAA60-C0.5	350	154	0.5	4.2	425	875	552
KAA60-C1	350	154	1	4.2	425	875	552
KAA60-C1.5	350	154	1.5	4.2	425	875	552
KAA90	350	154	0	4.2	101	875	827
KAA90-C0.5	350	154	0.5	4.2	101	875	827
KAA90-C1	350	154	1	4.2	101	875	827
KAA90-C1.5	350	154	1.5	4.2	101	875	827

TS 802'e göre hazırlanan beton karışımları betoniyer yardımıyla karıştırıldıktan sonra karışımların işlenebilirliğini belirlemek için TS EN 12350-2 standardına uygun olarak Slump (çökme) deneyi yapılmıştır. Slump (çökme) deneyinde çökme değeri Şekil 3.10'da gösterildiği gibi okunmuştur (TS EN 12350-2: 2010).



Şekil 3.10. Slump (Çökme) deneyi

Slump (ökme) deneyi yapılan numuneler önceden yağlanmış 15'lik, 10'luk, 7.1'lik küp ve 10x20 cm'lik silindir numune kaplarına doldurulmuştur. Sarsma tablasından alınan numuneler üst yüzeyleri perdahlayıp düzeltildikten sonra beton numunenin yüzeyine etiketleri yapıştırılmıştır. Perdah işlemi uygulanan numuneler Şekil 3.11'de verilmiştir. 24 saat kalıpta bekletildikten sonra kür havuzuna alınmıştır.



Şekil 3.11. Kalıplara alınmış numuneler

3.2.3. Beton Numunelerinin Kürlenmesi

Numuneler TS EN 12390-2 standardına uygun olarak 24 saat kalıplarda bekledikten sonra sıcaklığı 20 ± 2 °C ve %100 nem olan kür havuzunda 7, 28 ve 90 gün sonlarında uygulanacak deney için kür havuzundan çıkartılmıştır. Kür havuzunda bekletilen numuneler 3.12'de gösterilmiştir (TS EN 12390-2, 2019).



Şekil 3.12. Kür havuzundaki numunelerin görünümü

3.2.4. Deneysel Çalışmalar

Çalışmanın bu bölümünde üretilen beton numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin ve korozyon direncini incelemek için yapılan deneylerden bahsedilecektir. Çalışma kapsamında numunelere farklı yaşlarda uygulanacak deneyler Çizelge 3.6’de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Deney şeması

Deneyler	Numune Yaşı			
	Taze Hal	7 Gün	28 Gün	90 Gün
Slump (Çökme) Deneyi	√	-	-	-
Basınç Dayanımı	-	√	√	√
Yarmada Çekme Dayanımı	-	√	√	√
Kapiler Su Emme	-	-	√	-
Birim Hacim Ağırlık	-	-	√	-
Porozite ve Su Emme	-	-	√	-
Ultrases Geçiş Hızı	-	-	√	-
Aşınma Direnci	-	-	√	-
Elektriksel Özdirenç	-	-	√	-
Hızlandırılmış Korozyon Direnci	-	-	√	-

3.2.4.1. Slump (Çökme) Deneyi

Hazırlanan her bir beton karışımının taze haldeki işlenebilirliğini değerlendirmek için TS EN 12350-2 standardına göre Slump (çökme) deneyi yapılmıştır. Bu deney için bir adet Slump hunisi, kürek, şişleme çubuğu ve metre gerekmektedir. Deneye başlamadan önce Slump hunisi ıslak bir bez yardımıyla iç yüzeyi nemlendirilir. Nemlendirilen Slump hunisinin 3’de 1’i dolacak şekilde taze beton ile doldurulur. Doldurulan betonun iyice sıkışması için düşey düşüş şeklinde şişleme çubuğu 25 defa serbest bırakılır. Slump hunisi bu şekilde 3 defa da doldurulup huni sabit hızla çekilerek betonun çökmesi beklenir. Çöken betonun yanına huni ters çevrilerek konulur ve betonun en yüksek noktasıyla huninin en yüksek noktası arasındaki mesafe ölçülür (TS EN 12350-2, 2010).

3.2.4.2. Basınç Dayanım Deneyi

Üretilen beton numuneleri 7, 28 ve 90 günlük kür sürelerinin tamamlanmasından ardından TS EN 12390-3 standardına uygun olarak basınç dayanımlarının belirlenmesi için Şekil 3.13’te görülen 2000 kN kapasiteli basınç presisi kullanılmıştır.

Basınç dayanımı deneyi 15x15x15 cm boyutlu küp numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Numuneler bir gün önceden standart kür havuzundan çıkartılarak suya doygun hale getirilmiştir (TS EN 12390-3, 2019).



Şekil 3.13. Beton pres makinesi

3.2.4.3. Yarmada Çekme Dayanım Deneyi

Yarmada çekme dayanımı için hazırlanan 15x15x15 cm'lik küp numuneler 7, 28 ve 90 günlerindeki yaşlarından 1 gün önce kür havuzundan çıkarılıp suya doygun hale getirilmiştir. Şekil 3.14'te görüldüğü gibi 2000 kN'luk bir pres makinesi ve yarmada çekme aparatı ile deney yapılmıştır. Deney yapılırken TS EN 12390-6 standardına uygun olarak uygulanmış ve yarmada çekme dayanımı Denklem (3.1) kullanılarak hesaplanmıştır (TS EN 12390-6, 2010).

$$f_d = \frac{2.F}{\pi.L.d} \quad (3.1)$$

f_d : Yarmada çekme dayanımı, (MPa),

F : En büyük yük, (N),

L : Numunenin yükleme parçasına temas çizgisi uzunluğu, (mm),

d : Numunenin seçilen en kesit boyutlarını (mm) ifade etmektedir.



Şekil 3.14. Yarmada çekme dayanım deneyi



Şekil 3.15. Yarmada çekme uygulanan numuneler

3.2.4.4. Kapiler Su Emme Deneyi

Kılcal su emme deneyi için etüv kurusu 10x10x10 cm'lik numunelerin yan yüzeyleri tamamen parafin ile kaplanarak sadece alt yüzeyinden su emmesi sağlanmıştır. 28 günlük kürlenme işleminden sonra etüv kurusu numuneler su içerisinde 1, 4, 9, 16, 25 dk'dan sonra sudan çıkarılıp tartılmıştır. Alınan sonuçlar ile kapiler su emme katsayısı Denklem (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Deney düzeneği Şekil 3.16'da

verilmiştir. Kılcal su emme deneyi ASTM C1585 standardına uygun düzeneği kurulmuş ve uygulanmıştır (ASTM C1585, 2020).

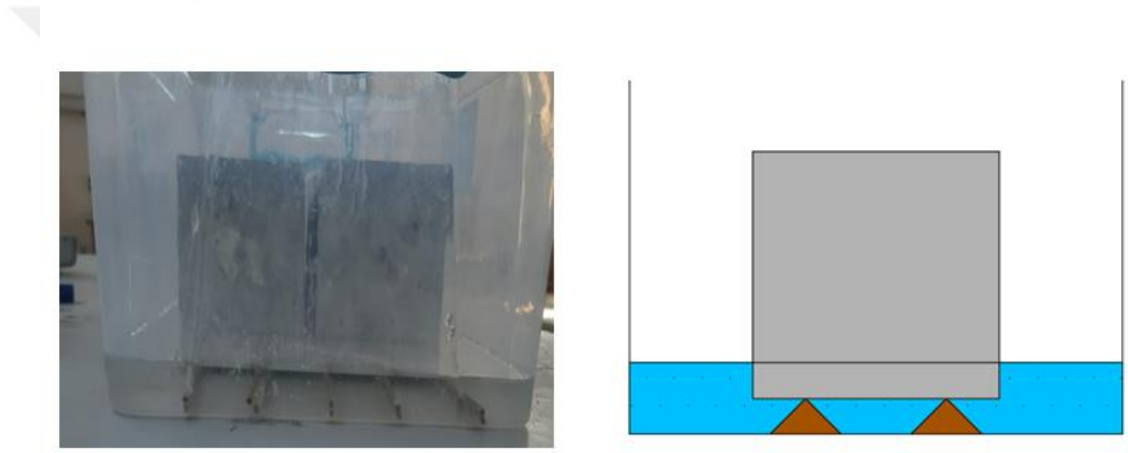
$$K = \frac{Q^2}{A^2 \times T} \quad (3.2)$$

Q = Numunenin absorbe ettiği su miktarı (gr)

A = Suyu temas eden yüzey alanı, (cm²)

K = Kapiler su emme katsayısı, (gr/cm/sn^{1/2})

T = Zaman, (sn)



Şekil 3.16. Kapiler su emme deney düzeneği

3.2.4.5. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Betonun birim hacim ağırlık değeri beton karışımında bulunan malzemelerin ve karışımındaki hava miktarına bağlı olarak değişmektedir. Beton içerisinde en fazla hacmi agregalar kapladığından agregaların birim hacim ağırlığının yüksek olması betonunda birim hacim ağırlığının yüksek olmasını sağlamaktadır. Birim hacim ağırlığı etkileyen diğer bir husus ise taze betonun sıkıştırma işlemi sırasında iyi yapılmadığı zaman hava miktarının fazla olmasıdır. Betonun birim hacim ağırlık deneyi, Arşimet terazisi ve 10x10x10 cm boyutlarındaki beton numuneleri yapılmıştır. Numuneler 28 gün kür havuzunda bekletildikten sonra çıkartılarak su içerisindeki sepete koyulmuş ve ağırlığı kaydedilmiştir. Daha sonra numuneler kuru yüzey ve suya doymun hale getirilerek ağırlıkları kaydedilmiştir. Son olarak 24 saat

105±5°C sıcaklıktaki etüv cihazında etüv kurusu haline getirilmiştir. Etüvden çıkarılan numuneler oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiş ve etüv kurusu ağırlıkları alınmıştır. Elde edilen ağırlıklar kullanılarak numunelerin birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır (TS EN 12350-6, 2019).

3.2.4.6. Porozite ve Su Emme Deneyi

Hazırlanan bütün numuneler üzerinin Arşimet terazisi kullanılarak porozite ve su emme yüzdeleri belirlenmiştir. 10x10x10 cm boyutlarındaki beton numuneleri 28 günlerde kür havuzundan çıkartılarak su içerisindeki sepete koyulmuş ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Daha sonra sudan çıkarılan numuneler kuru yüzey doygun hale getirilerek tartılıp ağırlıkları not edilmiştir. Numuneler daha sonra 105±5°C sıcaklıktaki etüv cihazında 24 saat bekletilerek etüv kurusu haline getirilmiştir. Etüvden çıkarttığımız numunelerin sıcaklıkları oda sıcaklığına gelinceye kadar beklenmiş ve daha sonrasında etüv kurusu ağırlıkları alınmıştır. Elde edilen ağırlıklar kullanılarak numunelere ait porozite ve su emme yüzdeleri değerleri hesaplanmıştır (TS EN 1170-6, 1999). Şekil 3.17 ve Şekil 3.18’de deney düzeneği verilmiştir.



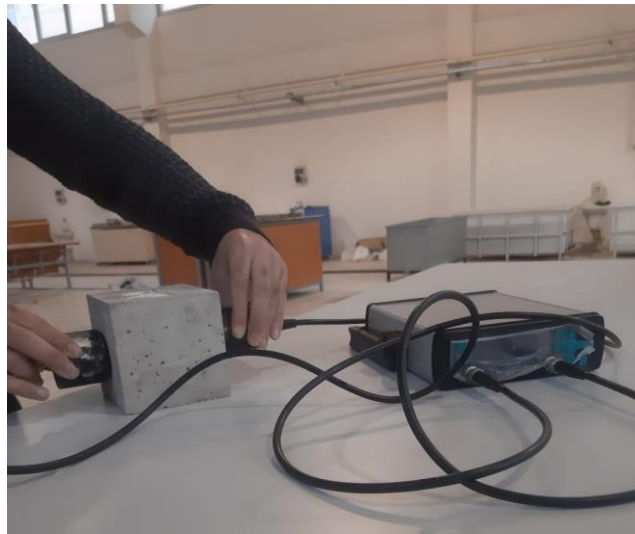
Şekil 3.17. Numunenin tel sepette tartımı



Şekil 3.18. Numunenin kuru yüzey doygun tartımı

3.2.4.7. Ultrases Geçiş Hızı Deneyi

Üretilen numunelerin ultrases geçiş hızı ölçümleri TS EN 12504-4, standardına göre ultrases test cihazı (P-dalgası) ile yapılmıştır. 28 günlük numunelerin etüv kurusu haline getirildikten sonra ultrases deneyi uygulanmıştır. Numunelerin, ölçüm yapılacak yüzeylerine ultrason jeli sürülerek pürüzsüz olması ve hava boşluğunun kalmaması sağlanmıştır. Numune cihazdaki iki probun (verici-alıcı) arasına yerleştirilerek cihaz çalıştırılmıştır. Cihazın ekranında görülen ses dalgasının geçiş süresi kaydedilmiştir. Probların arasındaki mesafe ve kaydedilen ses geçiş süresi ile Denklem (3.3)'te gerekli hesaplamalar yapılarak ultrases geçiş hızları hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan ultrases cihazı Şekil 3.19'ta gösterilmiştir (TS EN 12504-4, 2021).



Şekil 3.19. Ultrases geçiş hızı deneyi

$$V = X / t \quad (3.3)$$

Denklem (4)'te belirtilen kavramlar;

- V : Ultrases geçiş hızı (m/sn)
X : Ses dalgasının aldığı yol (m)
t : Ses dalgasının geçiş süresi (sn)

3.2.4.8. Böhme (Aşınma) Deneyi

Üretilen 7.1'lik küp beton numunelerinin aşınmalarını belirlemek için Böhme (aşınma) deneyi yapılmıştır (TS 2824 EN 1338/AC, 2009). Deney düzeneğine yerleştirilen her bir numunenin döküm yüzeyleri hariç olan her bir kenarı için 20 gramlık zımpara tozu diskin üzerine dökülmüş ve 22 tur çevrilerek aşınmaya maruz bırakılmıştır. Her bir 22 tur sonunda deney diskinin yüzeyi temizlenmiştir. Numune 90° döndürölüp diğer kenarı için de aynı işlem yapılarak tekrar 20 gramlık zımpara tozu disk yüzeyine dökölüp tekrar deney başlatılmıştır. Bu işlem döküm yüzeyi ve ona karşılık gelen kenar hariç diğer 4 kenarın 4 kez yapılması sonucu toplamda 16 defa tekrarlanarak numune aşınmaya maruz bırakılmıştır. Deney sonrasında numunenin aşınması Denklem (3.4) kullanılarak belirlenmiştir. Deneyde kullanılan Böhme (aşınma) cihazı şekil 3.20'de gösterilmiştir.

$$DV = Dm / \delta R \quad (3.4)$$

Burada;

- DV : Toplam hacim kaybı (Böhme Aşınma Direnci)
Dm : 16 periyot sonrası kütle kaybı (gr)
 δR : Örnek birim hacim ağırlığı (gr)



Şekil 3.20. Böhme (aşınma) cihazı

3.2.4.9. Elektriksel Özdirenç Deneyi

Beton numuneleri 7, 28 ve 90 günlük kür sonunda nem koşulları etkisinden bağımsız halde ölçüm yapabilmek için suya doygun duruma getirilmiş numuneler üzerinde ASTM C 1760 standardına uygun olarak direnç ölçer ile iki plaka yöntemine göre elektriksel özdirenç değeri ölçülmüştür. Elektriksel özdirenç deneyi için 10x10x10 cm boyutlarında numuneler üretilmiştir. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri verilen Denklem (3.5) kullanılarak hesaplanmıştır. Elektriksel özdirenç deney düzeneği Şekil 21’de verilmiştir (ASTM C 1760, 2021).

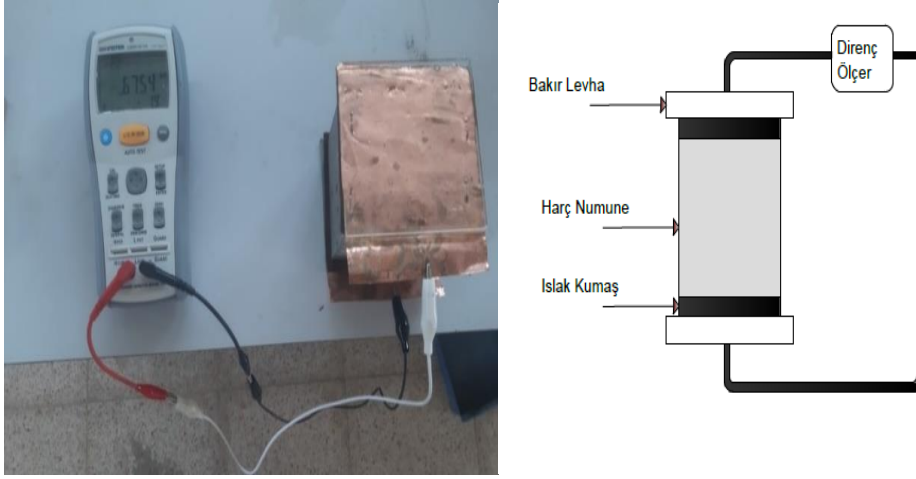
$$\delta = R \times A/L \quad (3.5)$$

δ = Elektriksel Özdirenç (kohm.m)

R = Direnç (kohm)

A = Numune yüzey alanı (m²)

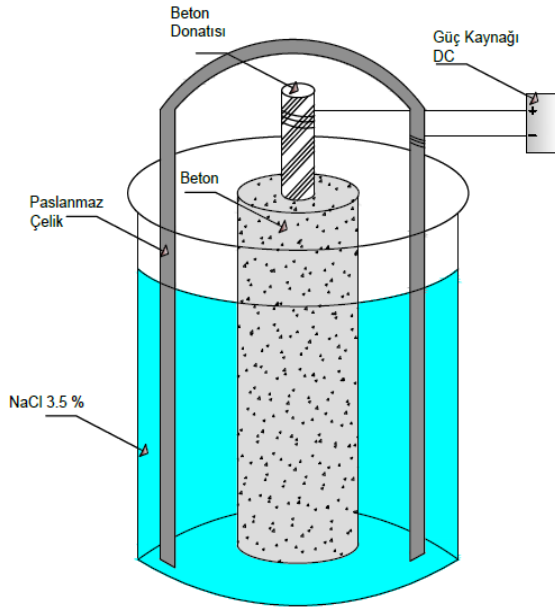
L = Plakalar arası mesafe (m)



Şekil 3.21. Elektriksel özdirenç deney düzeneği

3.2.4.10. Hızlandırılmış Korozyon Deneyi

Numunelerin korozyona karşı dayanıklılığını belirlemek amacıyla donatılı beton numunelerinde hızlandırılmış korozyon deneyleri yapılmıştır. Hızlandırılmış korozyon deneyi için 10x20 cm boyutlarında silindir numuneler üretilmiştir. Bu deney yönteminde kullanılan deney düzeneği doğru akım kapasiteli bir güç kaynağı, değerlerinin toplanmasında kullanılan bir veri toplama cihazı, içerisinde %3.5 konsantrasyonlu NaCl çözeltisi su (elektroliz), paslanmaz çelik plaka bulunan bir plastik kap ve üretilmiş deney numunelerimizden oluşmaktadır. Hızlandırılmış korozyon deney düzeneği Şekil 3.22’de verilmiştir. Yapılan işlemler sonunda ortalama 3 ile 5 gün içerisinde numuneler korozyona uğramış olur. Korozyona uğratılan donatılar beton içerisinde çıkartılıp paslardan arındırıldıktan sonra ağırlıkları not alınmıştır. Korozyon öncesi ve sonrası ağırlıklar yardımıyla donatıda meydana gelen ağırlık kayıpları yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Korozyona uğrayan donatı ve betondaki izleri Şekil 3. 23, Şekil 3.24 ve 25’te verilmiştir (ASTM G 1:03-2009).



Şekil 3.22. Hızlandırılmış korozyon deney düzeneği



Şekil 3.23. Korozyona uğrayan beton numuneleri



Şekil 3.24. Korozyona uğrayan donatı ve betondaki izi



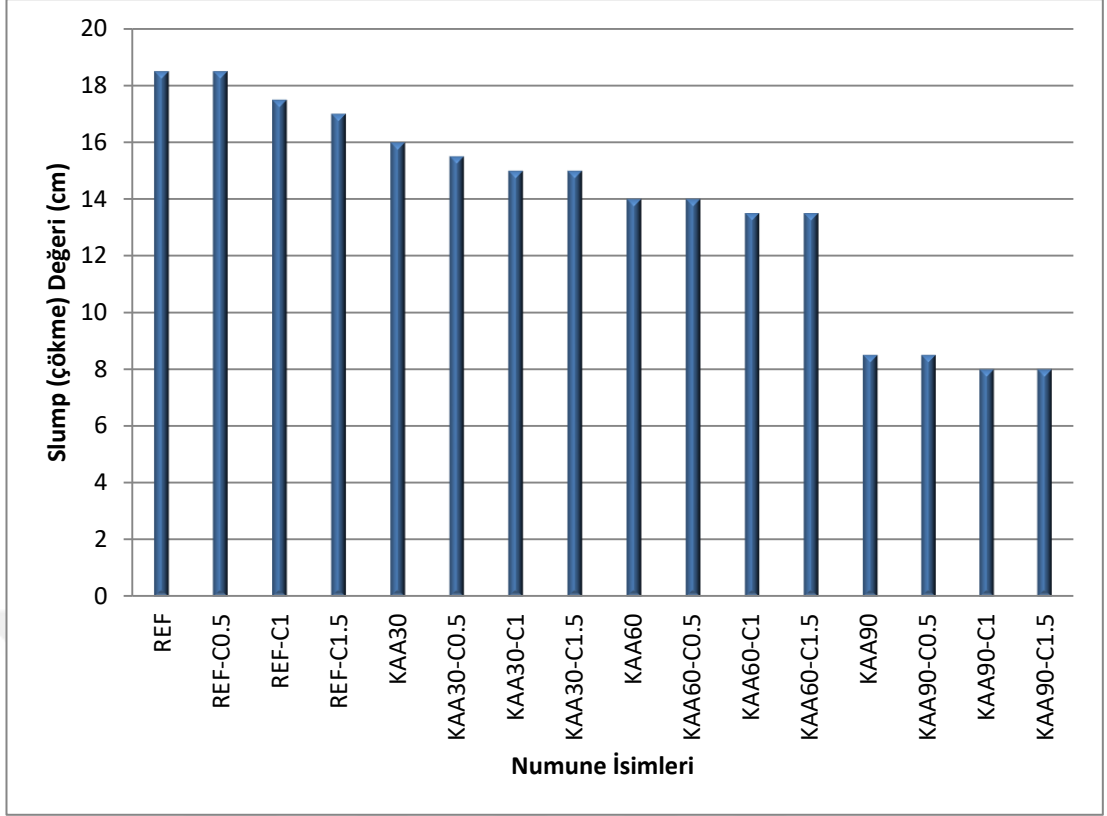
Şekil 3.25. Donatı korozyon hasarı örnekleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRMELER

Çalışmanın bu bölümünde beton numunelerine 7, 28 ve 90 günlerde uygulanan deneylerin sonuçları verilmiştir. Grafikler üzerinden yorumlar yapılarak deney sonuçları değerlendirilmiştir.

4.1. Slump (Çökme) Deneyi Sonuçları

Hazırlanan beton karışımlarının işlenebilirliğini belirlemek için taze haldeki betona Slump (çökme) deneyi uygulanmış ve sonuçları Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekil 4.1’deki veriler incelendiğinde REF numunesinin çökme değeri 18.5 cm olarak ölçülmüş, REF karışımlarına C eklendikçe Slump (çökme) değerinde düşüş ve REF-C0.5, REF-C1 ve REF-C1.5 numunelerinin Slump (çökme) değerleri sırasıyla 18.5 cm, 17.5 cm ve 17 cm olmuştur. Diğer sonuçlar incelendiğinde KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinde de benzer sonuçlar görülmüş ve C miktarı arttıkça çökme değeri azalmıştır. Amin, vd 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada C ilave yüzdelerinin artmasıyla Slump (çökme) değerinin azalmasını gözlemlemiştir. Elde edilen Slump (çökme) değerleri benzer sonuçlar göstermektedir (Amin vd, 2020). Slump (çökme) değerlerinin KAA ilişkisi incelendiğinde KAA ilave oranı arttıkça Slump (çökme) değeri azaldığı görülmüştür. Hossiney, vd 2020 yılında yapmış oldukları çalışmada asfalt atığı içermeyen numunede en yüksek Slump (çökme) değeri alırken, %25, %50 ve %75 asfalt atığı içeren numunelerde düşüşler görülmüştür (Hossiney vd, 2020). Tüm veriler incelendiğinde en düşük Slump (çökme) değeri ise 8 cm ile KAA90-C1.5 numunesinde, en yüksek Slump (çökme) değeri ise 18.5 cm ile REF numunesine aittir.

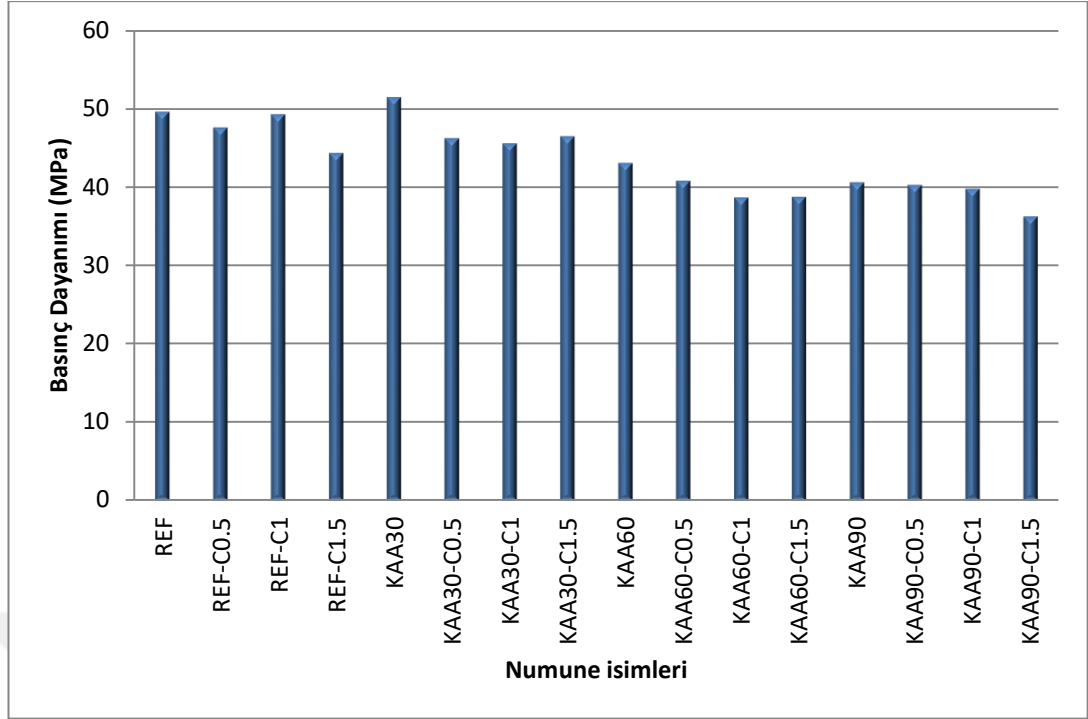


Şekil 4.1. Beton numunelerinin Slump (çökme) değerleri

4.2. Basınç Dayanım Değerleri

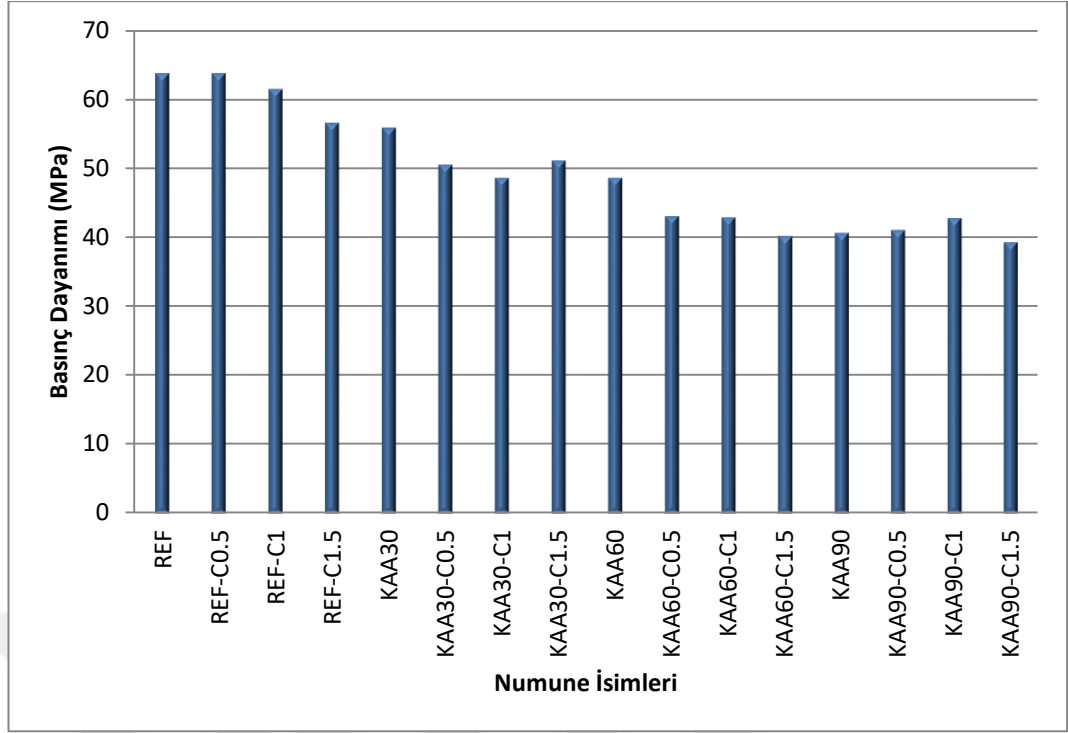
Üretilen beton numuneleri 7, 28 ve 90 günlük kür uygulamasının ardından basınç dayanım deneyi uygulanmıştır. Numunelerin Şekil 4.2’de 7 günlük, Şekil 4.3’te 28 günlük ve Şekil 4.4’te 90 günlük basınç dayanımları verilmiştir.

Numunelerin Şekil 4.2’deki 7 günlük basınç dayanımları incelendiğinde en yüksek basınç dayanımı 51.45 MPa değeri ile KAA30 numunesinde en düşük basınç dayanım ise 36.32 MPa değeri ile KAA90-C1.5 numunesinde olmuştur. REF ve KAA numunelerinde C miktarı arttıkça basınç dayanımlarında genel olarak bir düşüş gerçekleştiği görülmektedir. REF numunesine kıyasla KAA30 numunesinde 51.45 MPa değeri ile artış gösterirken KAA60 ve KAA90 numunelerinde basınç dayanımında düşüş gerçekleşmiştir.



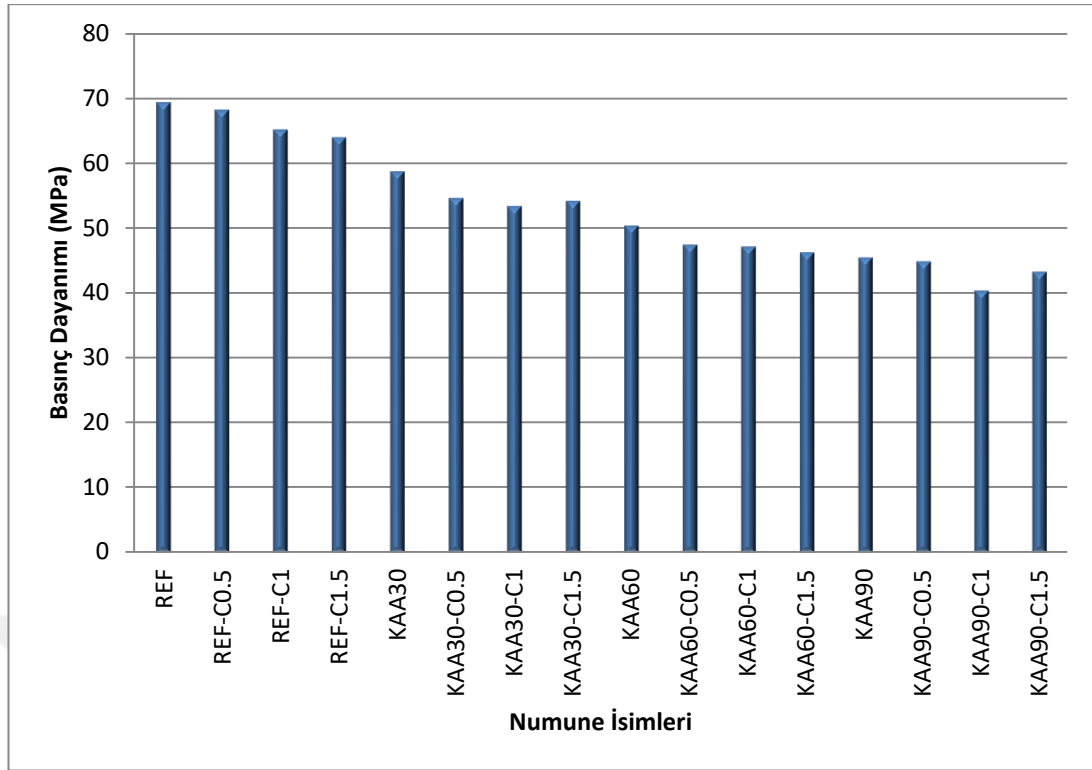
Şekil 4.2. Beton numunelerinin 7 günlük basınç dayanımları

Numunelerin Şekil 4.3'teki 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde, en yüksek basınç dayanımı 63.84 MPa değeri ile REF numunesi, en düşük dayanım ise 39.44 MPa değeri ile KAA90-C1.5 numunesinde olmuştur. 7 günlük basınç dayanımlarına göre tüm numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarında artış gerçekleşmiştir. 28 günlük basınç dayanımlarında en yüksek artış %34 ile REF-C0.5 numunesinde gerçekleşmiştir. REF, KAA30 ve KAA60 numuneleri kendi aralarında değerlendirildiğinde C ilave miktarının artmasıyla basınç dayanımında düşüşler gerçekleşmiştir. KAA90 numunesinde ise C, 0.5 ve 1 kg/m³ miktarında eklenen numunelerde basınç dayanımlarında artış görülürken 1.5 kg/m³ miktarında C eklenmesiyle bir düşüş gerçekleşmiştir. Genel olarak incelendiğinde 28 günlük basınç dayanımlarında 7 günlük dayanımlarda olduğu gibi KAA ve C ilavesi arttıkça basınç dayanımında düşüş görülmüştür.



Şekil 4.3. Beton numunelerinin 28 günlük basınç dayanımları

Numunelerin Şekil 4.4'teki 90 günlük basınç dayanımları incelendiğinde en yüksek basınç dayanımı 69.34 MPa değeri ile REF numunesi, en düşük dayanım ise 40.4 MPa değeri ile KAA90-C1 numunesinde olmuştur. 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarına kıyasla en yüksek basınç dayanımı değerlerine 90 günlük numunelerde ulaşılmıştır. 28 günlük numunelere kıyasla KAA90-C1 numunesi haricinde tüm numunelerde basınç dayanımı artışları görülmüştür. Fakat bu dayanım artışı 28 günlük kadar yüksek olmamıştır. Bunun nedeni beton numunelerin 28 günlük yaşlarında basınç dayanımlarının yaklaşık %90'ını kazanmış olmasıdır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında olduğu gibi REF numunesine kıyasla C ve KAA ilavesi basınç dayanımlarında düşüş gerçekleştirmiştir.



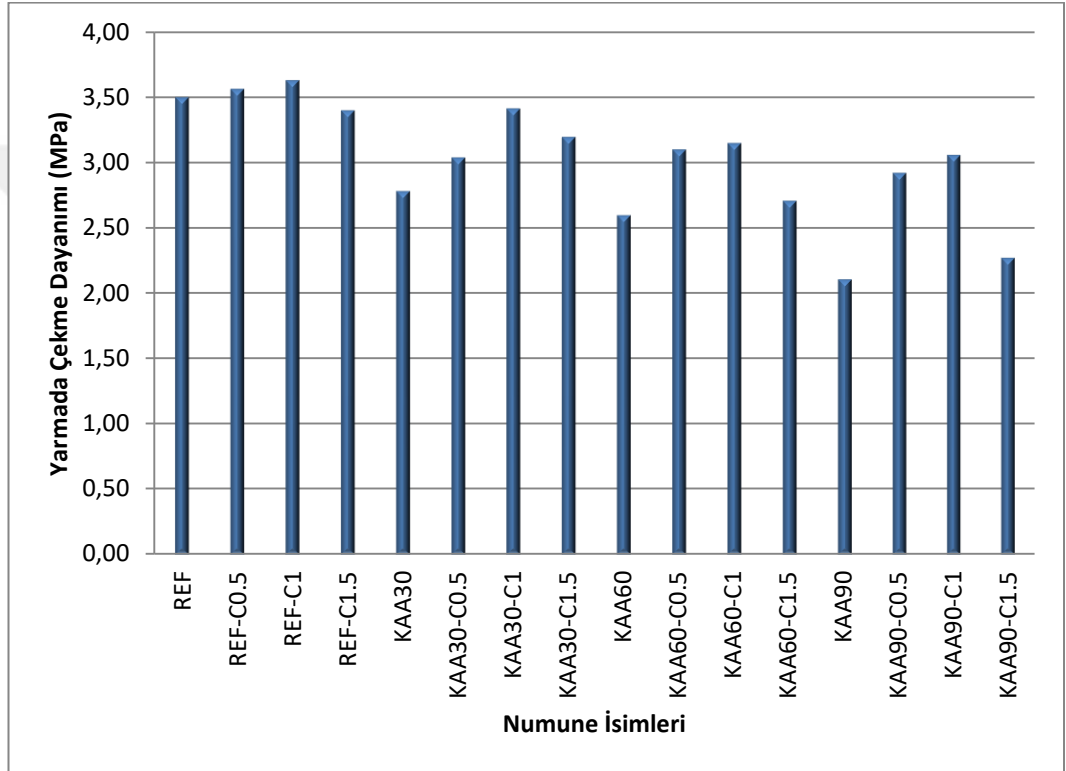
Şekil 4.4. Beton numunelerinin 90 günlük basınç dayanımları

Tüm numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde 90 günlük basınç dayanım değerlerinin en yüksek basınç dayanım değerleri olduğu görülmüştür. Numunelerin yaşları ilerledikçe basınç dayanımlarının arttığı tespit edilmiştir. KAA ile üretilen numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde ise ilave oranı arttıkça basınç dayanım da düşüş gerçeklemiştir. Basınç dayanımı için KAA ilave oranının en ideal olduğu oran %30 olduğu görülmüştür. Beton numunelerinde basınç dayanımının azalmasına nedeni agrega ile yer değiştirilen KAA beton içerisinde bitümden kaynaklı yumuşak yüzey oluşturması olduğu söylenebilir (Khodair vd, 2017, Bittencourt vd, 2021). 7., 28. ve 90. günün sonunda elde edilen basınç dayanımları sonucunda KAA içeren numunelerin göstermiş olduğu performans göz önüne alınınca kullanılabilirliği gösterilmiştir.

4.3. Yarmada Çekme Dayanım Değerleri

Üretilen beton numunelerin 7, 28 ve 90 günlük kür süreleri sonunda yarmada çekme deneyi yapılmıştır. Şekil 4.5'te 7 günlük, Şekil 4.6'da 28 günlük ve Şekil 4.7'de 90 günlük numunelere ait yarmada çekme dayanım değerleri verilmiştir.

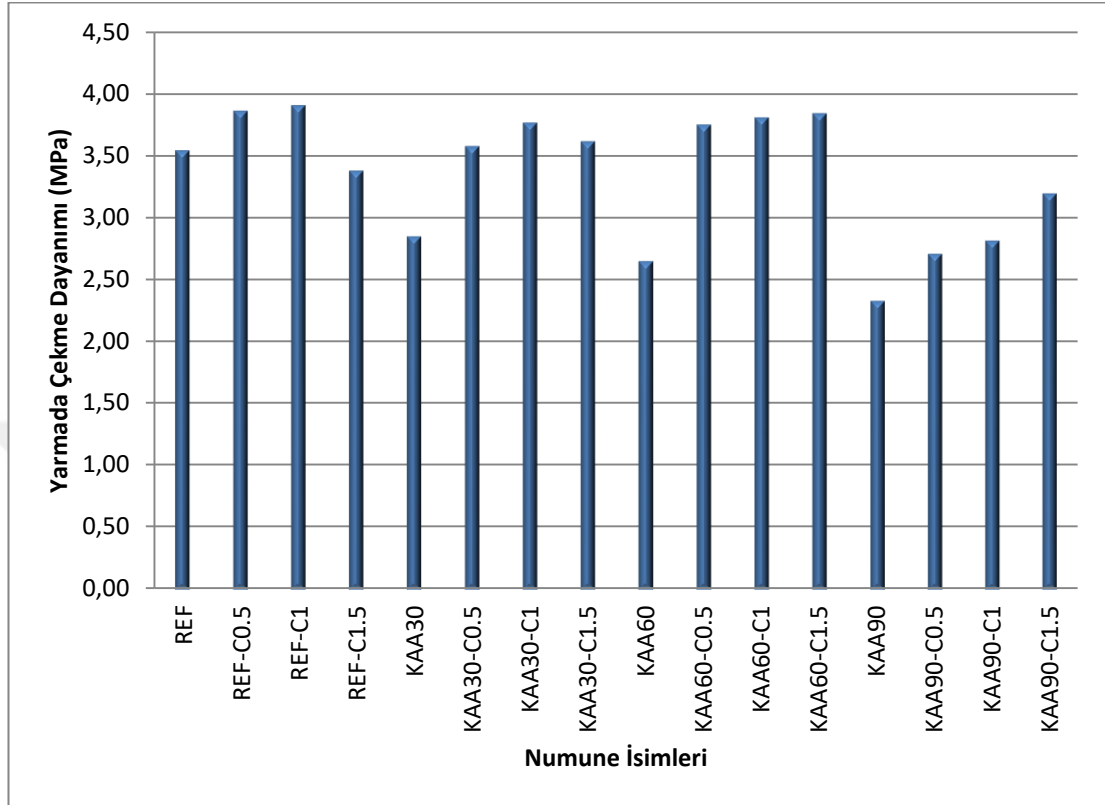
Numunelerin Şekil 4.5'teki 7 günlük yarmada çekme dayanımları incelendiğinde tüm numunelerde C ilavesinin 1 kg/m^3 miktarına kadar çekme dayanımını arttırırken, 1.5 kg/m^3 miktarında ilavede düşüş gerçekleşmiştir. 7 günlük yarmada çekme dayanımında en yüksek dayanım 3.63 MPa değeri ile REF-C1 numunesinde, en düşük çekme dayanımı ise 2.11 MPa değeri ile KAA90 numunesinde olmuştur. Sonuçlar incelendiğinde numunelere C eklenmesiyle çekme dayanımları artmıştır. Aynı sonucu KAA içeri ile değerlendirildiğimizde KAA ilave oranı arttıkça çekme dayanımında düşüş gerçekleşmiştir.



Şekil 4.5. Beton numunelerinin 7 günlük yarmada çekme dayanımları

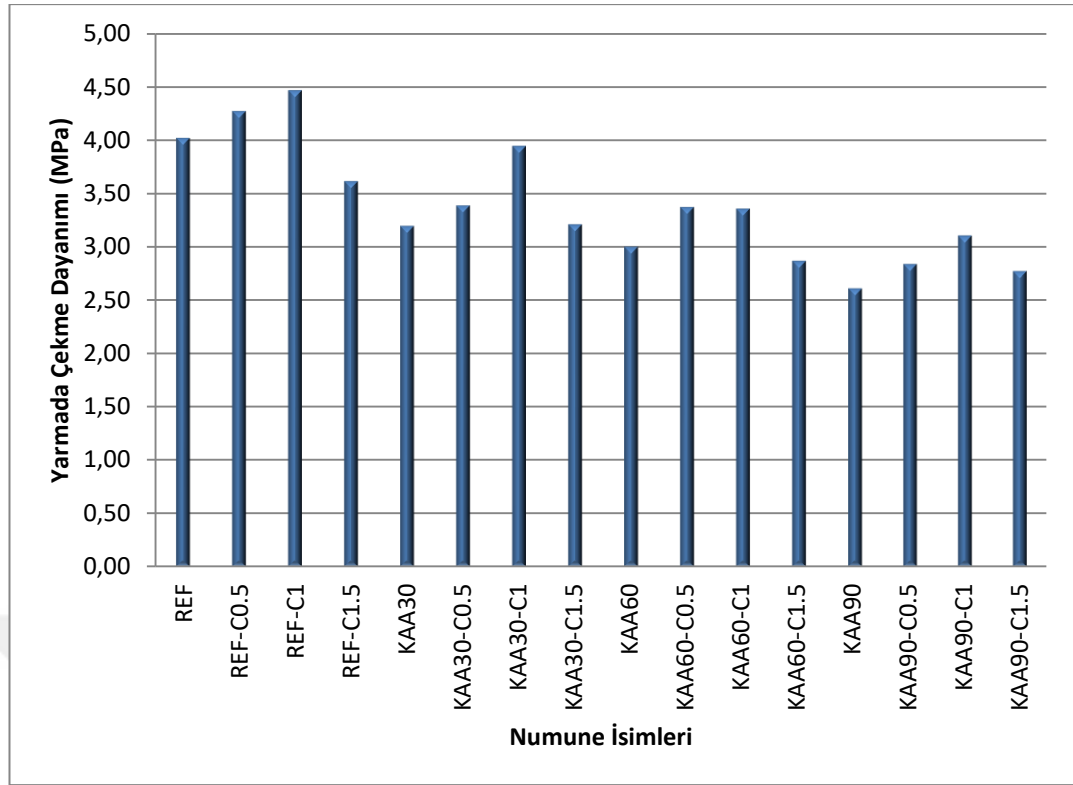
Numunelerin Şekil 4.6'daki 28 günlük yarmada çekme dayanımları incelendiğinde en yüksek çekme dayanımı 3.91 MPa değeri ile REF-C1 numunesi, en düşük çekme dayanımı ise 2.33 MPa değeri ile KAA90 numunesinde görülmüştür. REF ve KAA30 beton numunelerinde numunelere C ilavesinin 1 kg/m^3 miktarına kadar çekme dayanımını arttırırken, 1.5 kg/m^3 miktarında ilavede düşüş gerçekleşmiştir. KAA60 ve KAA90 beton numunelerinde ise sürekli bir artış görülmüştür. 7 günlük çekme dayanımları ile kıyaslandığında ise 28 günlük çekme dayanımlarında tüm

numuneler için bir artış görülmüştür. REF ve KAA içeren beton gruplarında en az artış REF numunelerinde olurken, en fazla artış ise KAA60 içeren numunelerde olmuştur.



Şekil 4.6. Beton numunelerinin 28 günlük yarmada çekme dayanımları

Numunelerin Şekil 4.7'deki 90 günlük yarmada çekme dayanımları incelendiğinde, en yüksek çekme dayanımı 4.47 MPa değeri ile REF-C1 numunesi, en düşük çekme dayanımı ise 2.61 MPa değeri ile KAA90 numunesinde göstermiştir. 90 günlük numunelerde KAA içeriği açısından incelendiğinde en yüksek çekme dayanımı 3.95 MPa değeri ile KAA30-C1 numunesinde olmuştur. Genel olarak Şekil 4.7. incelendiğinde tüm beton gruplarında benzer sonuç elde edilmiş ve C1 oranına kadar artmış C1.5'te düşüş görülmüştür. Bu durum yarmada çekme dayanımı için C1 oranında kullanımının uygun olduğu göstermiştir.



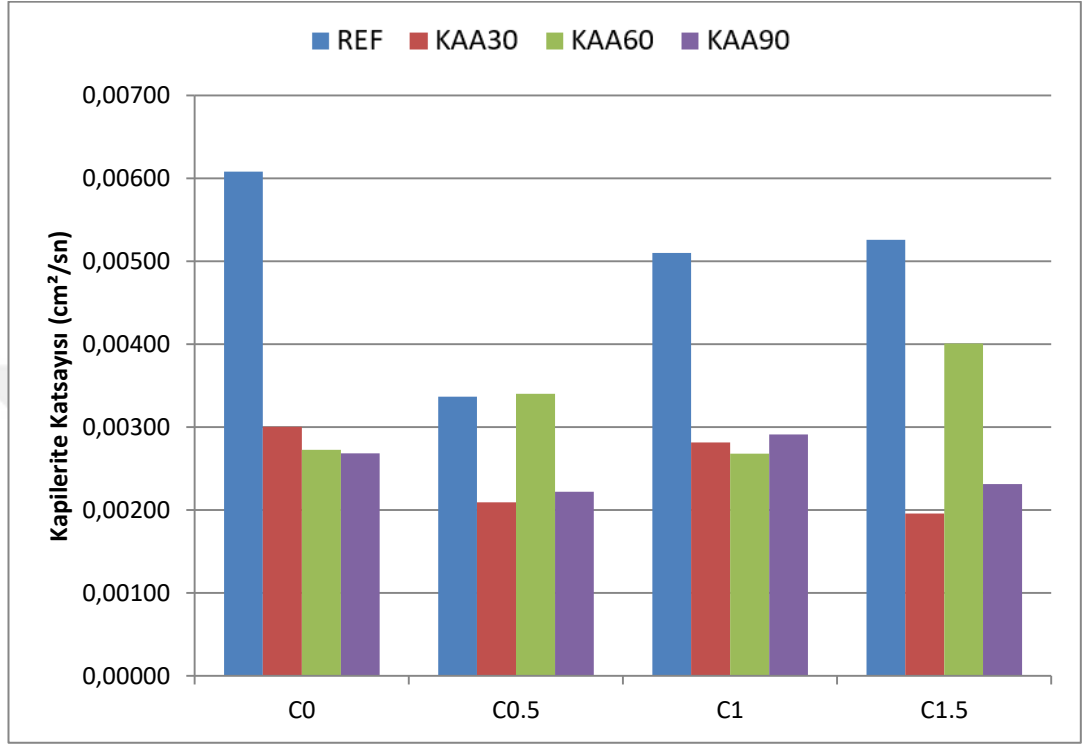
Şekil 4.7. Beton numunelerinin 90 günlük yarmada çekme dayanımları

Tüm beton numunelerin yarmada çekme dayanımları incelendiğinde, numunelere C eklenmesiyle yarmada çekme dayanımlarının arttırdığını ortaya koymuştur. 7, 28 ve 90 günlük sonuçlara göre en yüksek yarmada çekme dayanımları 1 kg/m³ miktarında C eklenmesi halinde elde edilmiştir. Çalışmada alınan sonuçlar bu doğrultuda olup daha önceden yapılan çalışmalardaki deney sonuçlarına benzer şekildedir. Marcalikova, vd farklı lif türlerinin çekme dayanımlarını karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise lifli betonların normal betonlara göre basınç dayanımlarında düşüş görülürken, çekme dayanımlarında önemli bir artış olduğu sonucuna varmıştır (Marcalikova vd, 2020). Ahmed S., vd yılında normal beton ve C takviyeli kendiliğinden yerleşen beton ile yapmış olduğu çalışmada C ilavesinin yarmada çekme dayanımını arttırdığını ifade etmiştir (Ahmed, 2017).

4.4. Kapiler Su Emme Deney Değerleri

Üretilen beton numunelerin kapiler su emme deneyi sonucunda elde edilen kapiler su emme katsayıları Şekil 4.8’de verilmiştir. Tüm değerler incelendiğinde kapiler su emme katsayısı 0.00608 cm²/sn ile 0.00196 cm²/sn değerleri arasında değiştiği

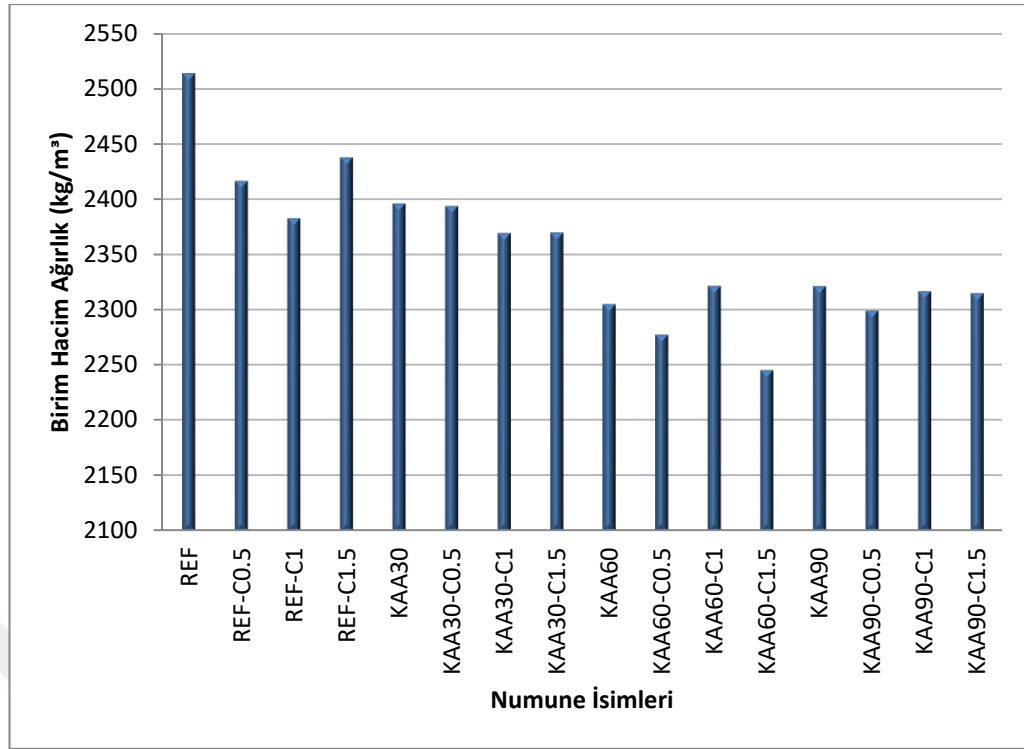
görülmüştür. C miktarının artmasıyla kapiler su emme katsayılarının azaldığı görülmüştür. Grafik incelendiğinde KAA içeriği kapilariteyi düşürdüğü görülmüştür. Kapiler su emme katsayısı en düşük değeri $0.00196 \text{ cm}^2/\text{sn}$ ve $0.00209 \text{ cm}^2/\text{sn}$ ile KAA30-C0.5, KAA30-C1.5 numunelerinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.8. Beton numunelerinin kılcal su emme katsayıları

4.5. Birim Hacim Ağırlık Değerleri

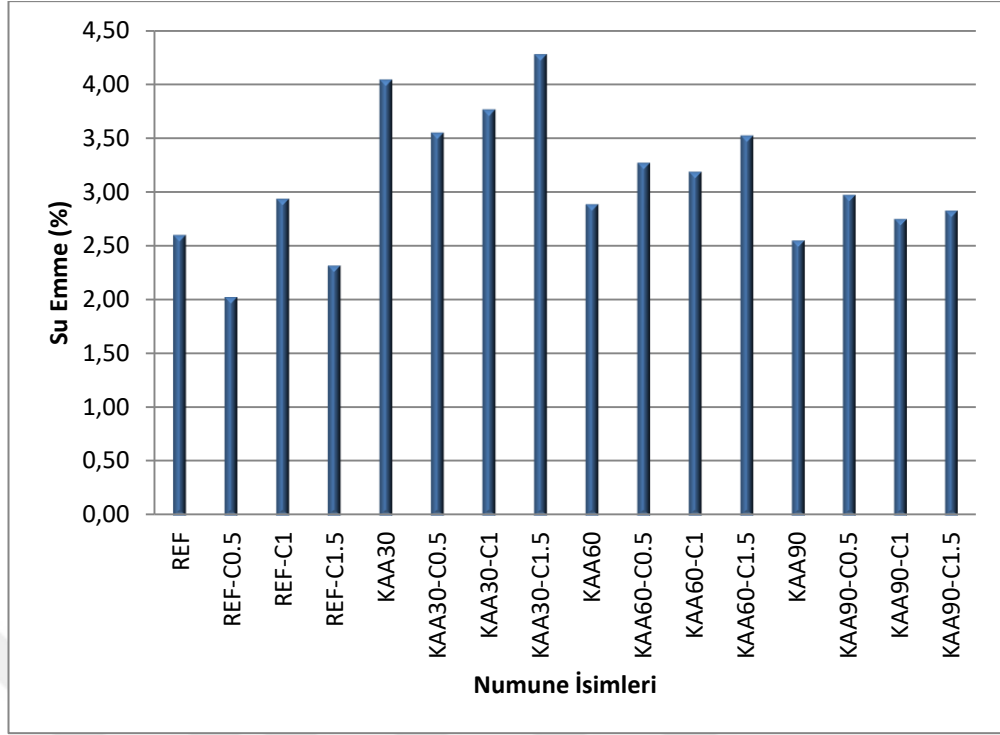
Çalışma kapsamında üretilen beton numunelerin birim hacim ağırlık değerleri Şekil 4.9'da verilmiştir. Birim hacim ağırlık değerleri incelendiğinde KAA ve C ilavesi numunelerde birim hacim ağırlığını düşürmüştür. REF numunesinin birim hacim ağırlığı 2514 kg/m^3 , REF-C0.5 birim hacim ağırlığı 2417 kg/m^3 , REF-C1 birim hacim ağırlığı 2383 kg/m^3 ve REF-C1.5 2438 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. En düşük birim hacim ağırlık 2246 kg/m^3 değeri ile KAA60-C1.5 numunesi En yüksek ise 2514 kg/m^3 değeri ile REF numunesinde olmuştur. Birim hacim ağırlık ile basınç dayanımı doğrudan ilişkilidir (Caitlin vd, 2021).



Şekil 4.9. Beton numunelerinin birim hacim ağırlıkları

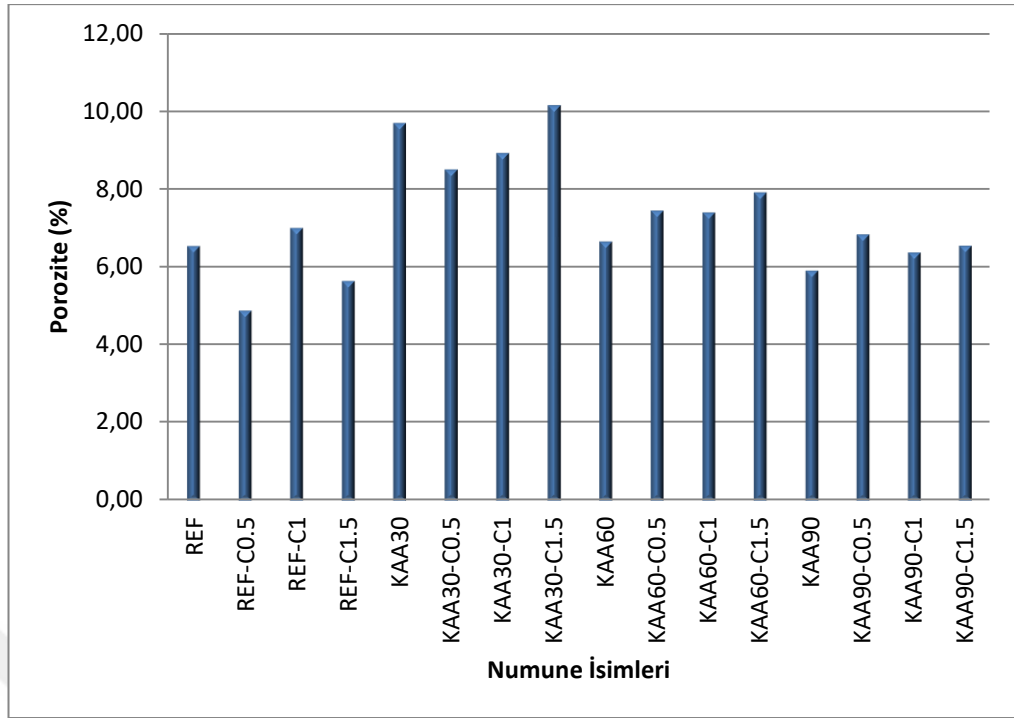
4.6. Su Emme ve Porozite Değerleri

Şekil 4.10’da verilen numunelerin 28. günlük su emme değerleri incelendiğinde, C miktarının ve KAA oranının artışının su emme değerlerinde artışa neden olduğu görülmektedir. Beton numunelere KAA ilave oranları arttıkça su emme oranı düşmüştür. Veriler incelendiğinde REF numunesinde su emme oranı %2.61 şeklinde hesaplanmıştır. KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinin su emme değerleri sırayla %4.05, %2.89 ve %2.56 olmuştur.



Şekil 4.10. Beton numunelerinin su emme değerleri

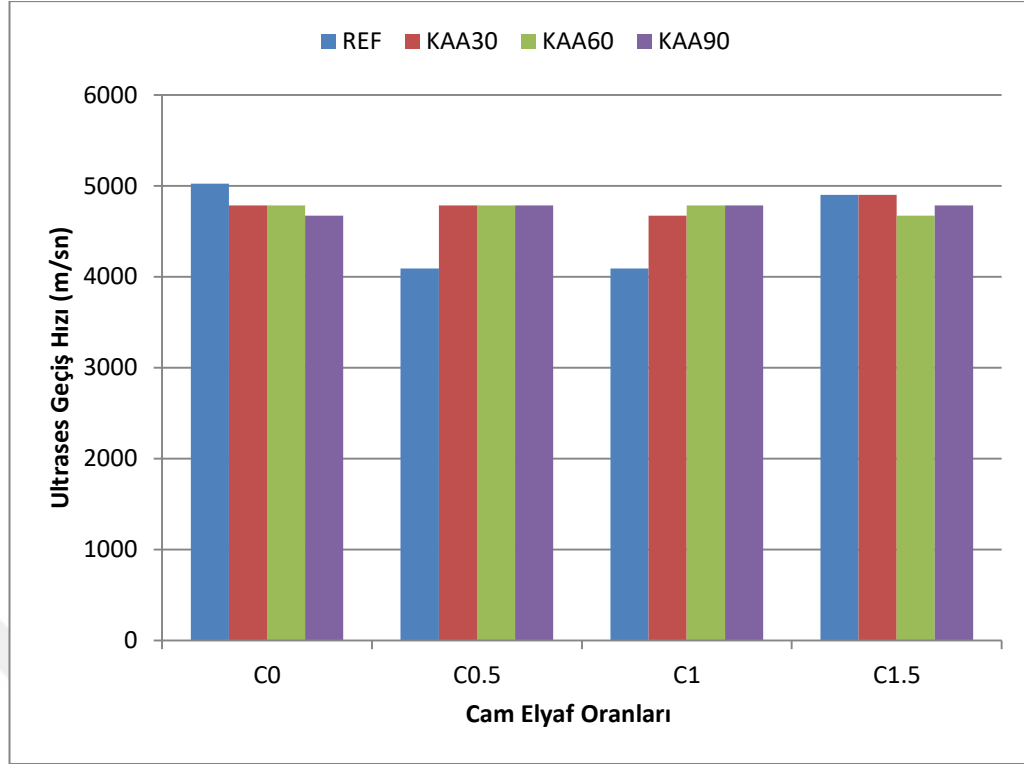
Şekil 4.11’de verilen beton numunelerinin porozite değerleri incelendiğinde, REF numunesinin porozite değeri %6.56 olmuştur. KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerin porozite değerleri sırasıyla %9.70, %6.67 ve %5.93 şeklinde hesaplanmıştır. Veriler incelendiğinde en düşük porozite %4.61 değeri ile REF-C0.5, en yüksek porozite ise %10.16 değeri ile KAA30-C1.5 numunesinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.11. Beton numunelerinin porozite değerleri

4.7. Ultrases Geçiş Hızı Deney Değerleri

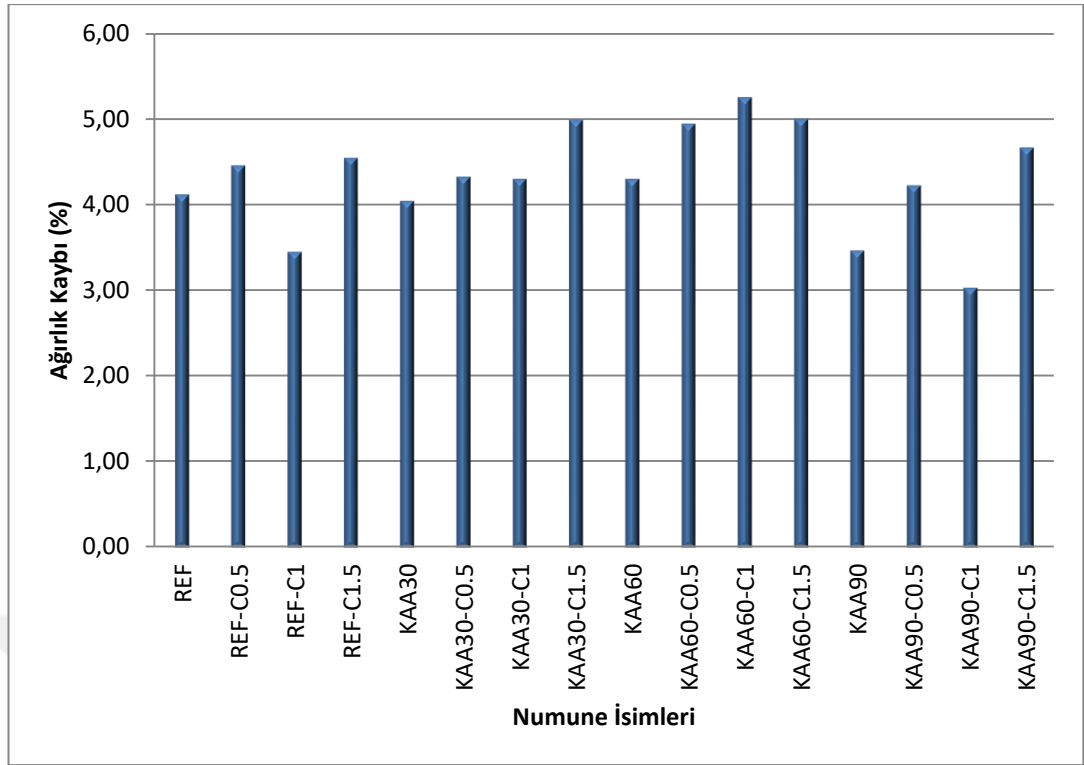
Üretilen beton numunelerin ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları Şekil 4.13'te verilmiştir. Numunelere ait veriler incelendiğinde REF numunesinin ultrases geçiş hızı 5025 m/sn olmuştur. KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerin ultrases geçiş hızı sırasıyla 4785 m/sn, 4785 m/sn ve 4673 m/sn şeklinde meydana gelmiştir. C ilavesi REF numunesinde ultrases geçiş hızını düşürürken, KAA ile kullanılıncı numunelerin ultrases geçiş hızını yükseltmiştir. KAA ve C birlikte kullanımında tüm numunelerin ultrases geçiş hızı 4500 m/sn'den daha fazla olduğu görülmüş ve numuneler beton kalitesi olarak çok iyi sınıflandırılmasına girmiştir (TS EN 12504-4, 2021). REF numunesinin C0.5 ve C1'de 3500 m/sn ve 4500 m/sn arasında olduğundan beton kalitesi iyi olarak sınıflandırılmıştır. En yüksek ultrases geçiş hızı 5025 m/sn ile REF numunesidir. REF-C0.5 ve REF-C1 numuneleri en düşük ultrases geçiş hızına sahip ve 4092 m/sn değeri okunmuştur.



Şekil 4.12. Beton numunelerinin ultrases geçiş hızları

4.8. Böhme (Aşınma) Deney Sonuçları

C ve KAA ile üretilen betonların aşınma deneylerine ait sonuçları yüzdece ağırlık kaybı olarak Şekil 4.14'te verilmiştir. Beton numunelerin ağırlık kayıpları incelendiğinde KAA60 numunesi haricindeki tüm numunelerde C ilavesi 1 kg/m^3 miktarında kullanıldığında en düşük ağırlık kayıpları olmuştur. En fazla ağırlık kaybı %5.25 oranı ile KAA60-C1 numunesinde, en düşük ağırlık kaybı ise KAA-C1 numunesinde %3.04 oranında gerçekleşmiştir. Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde KAA içeriğinde C1'e kadar numuneler ağırlık kayıpları artarken C1'de azalmıştır. KAA ilave oranları arttıkça ağırlık kaybı KAA30 ve KAA60 numunelerinde artmış, KAA90 numunesinde ise düşüş gerçekleşmiştir.

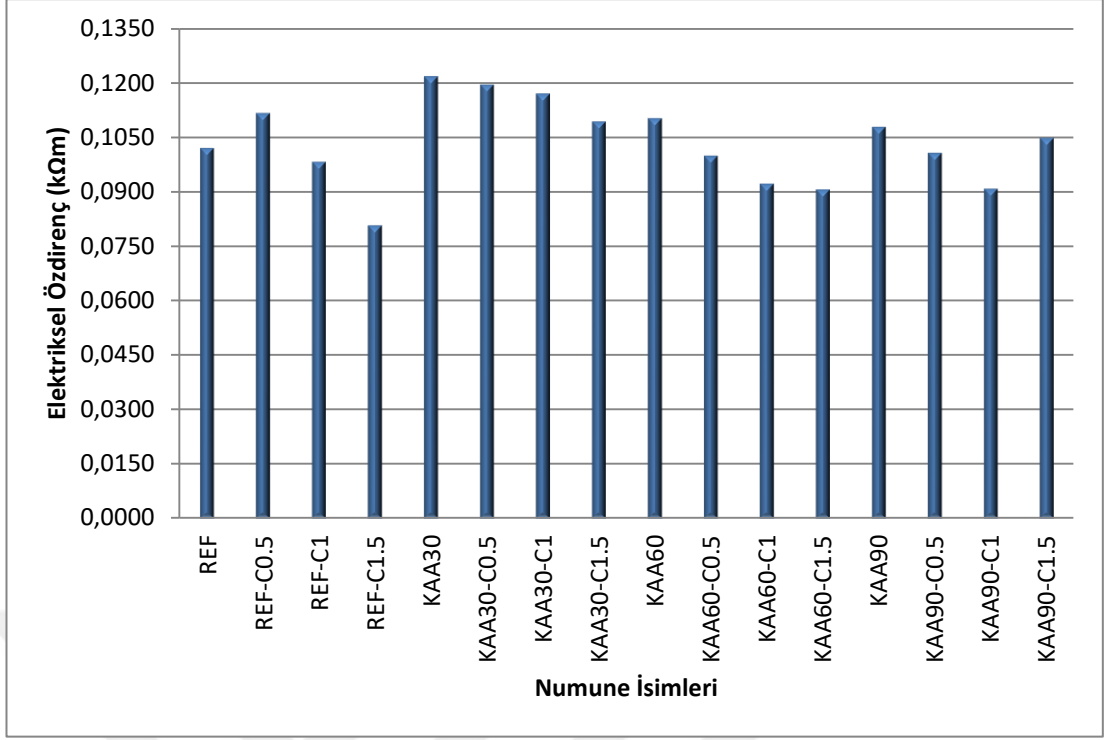


Şekil 4.13. Beton numunelerinin Böhme (aşınma) deneyi sonunda ağırlık kayıpları

4.9. Elektriksel Özdirenç Deney Değerleri

Beton numunelerin 0.1 kHz, 0.12 kHz, 1 kHz ve 10 kHz frekanslarında elektriksel özdirençleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de verilmiştir.

Numunelerin Şekil 4.15’te verilen 0.1 kHz frekansındaki elektriksel özdirenç değerleri incelendiğinde, REF numunesi 0.1020 k Ω m değerinde direnç göstermiştir. REF-C0.5 numunesinde 0.1116 k Ω m, REF-C1 numunesinde 0.0982 k Ω m ve REF-C1.5 numunesinde 0.0807 k Ω m olmuştur. Veriler incelendiğinde en yüksek direnç 0.1218 k Ω m değeri ile %30AA numunesinde, en düşük elektriksel özdirenç gösteren numune ise 0.0807 k Ω m değeri ile REF-C1.5 numunesinde olmuştur. Numunelere C eklenmesiyle özdirençlerde düşüşler gerçekleşmiştir. KAA içeriği açısından incelendiğinde ise KAA30, KAA60 ve KAA90 numuneleri REF numunesinin elektriksel özdirenç değerlerinden sırayla %19, %8 ve %6 fazladır. Elektriksel özdirenç değerleri KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinde sırayla 0.1218 k Ω m, 0.1102 k Ω m ve 0.1078 k Ω m olmuştur.

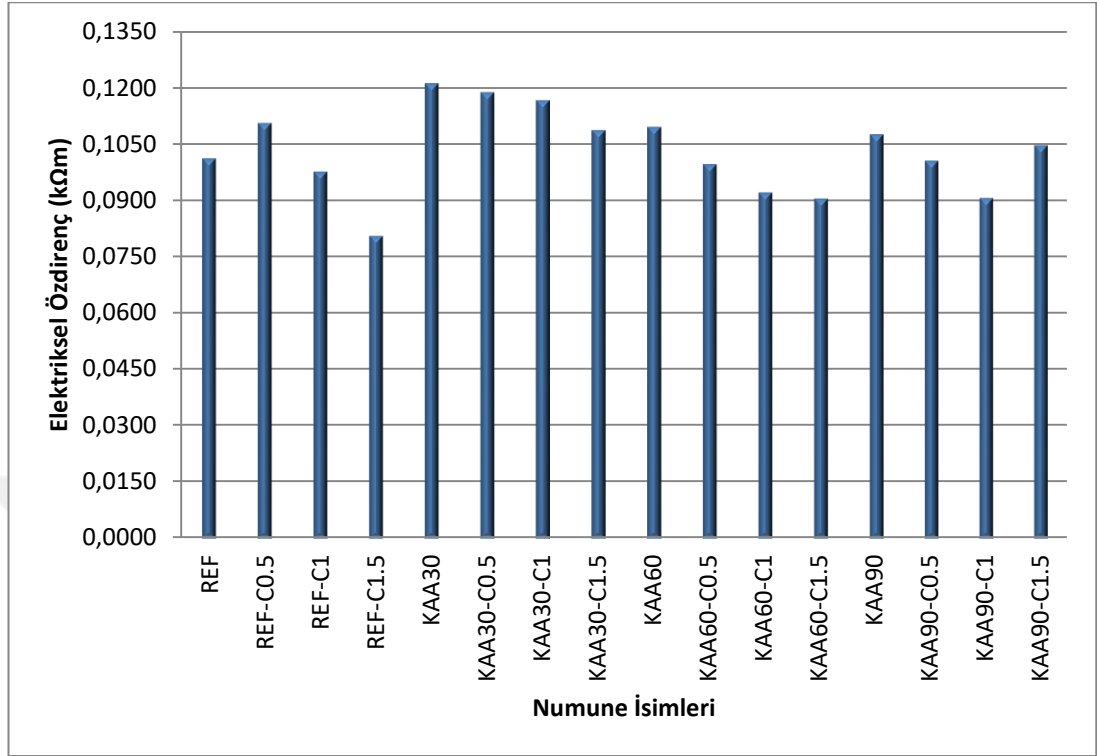


Şekil 4.14. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri (0.1 kHz)

Numunelerin Şekil 4.16'da verilen 0.12 kHz frekansındaki elektriksel özdirenç değerleri incelendiğinde, REF numunesi 0.1012 kΩm değerinde direnç göstermiştir. REF-C0.5 numunesinde 0.1106 kΩm, REF-C1 numunesinde 0.0977 kΩm ve REF-C1.5 numunesinde 0.0806 kΩm olmuştur. Veriler incelendiğinde en yüksek elektriksel özdirenç 0.1212 kΩm değeri ile %30AA numunesinde, en düşük elektriksel özdirenç ise 0.0806 kΩm değeri ile REF-C1.5 numunesinde olmuştur. Numunelere C eklenmesiyle özdirençler düşerken, KAA eklenmesiyle özdirençler yükselmiştir.

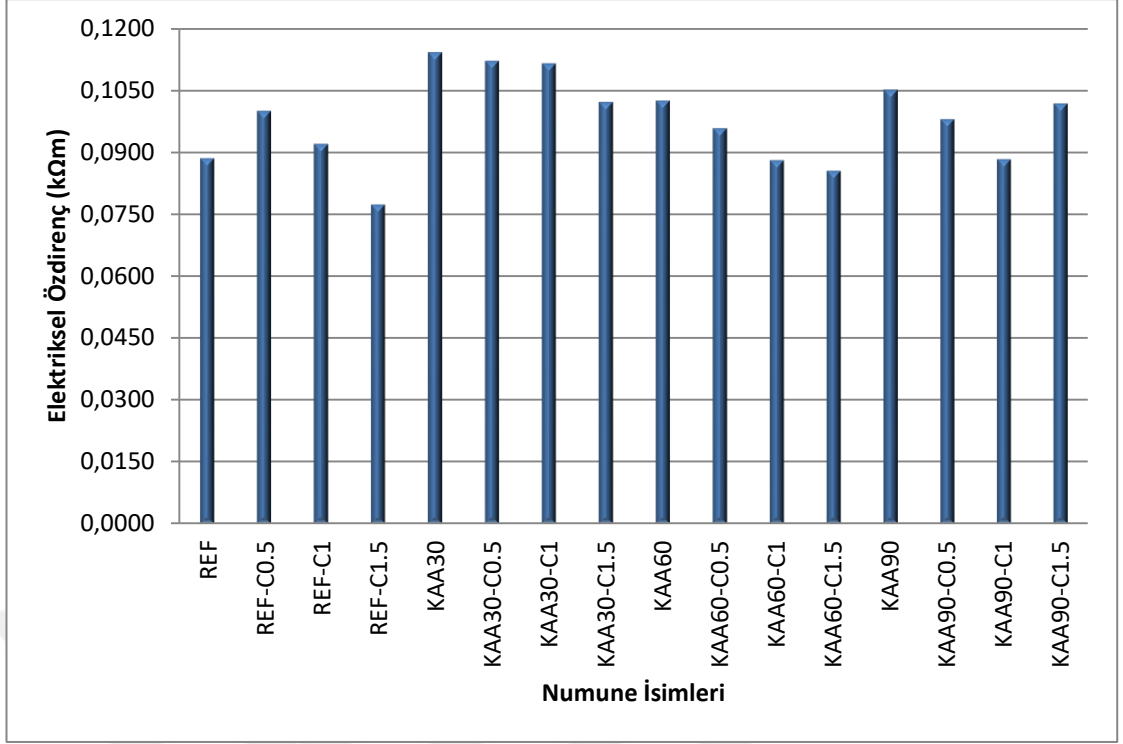
Frekansın artmasıyla genel olarak dirençlerde düşüş görülmüştür. Frekans değerinin artmasıyla elektriksel özdirenç değerlerinin azalmasının sebebi, frekans bilindiği gibi bir alternatif akım sinyalinin saniyedeki devir sayısıdır. Çimento esaslı sistemlerde, gözenekli çözeltilerde iyon transferi nedeniyle elektriksel iletkenlik oluşur ve artan frekansla iyon transferi hızlanır. Bu nedenle frekansın artmasıyla direnç azalmaktadır (Uygunoğlu, vd 2018). 0.12 kHz frekansındaki dirençler incelendiğinde 0.1 kHz benzer şekilde C ilavesi direnci düşürürken KAA eklenmesi dirençleri yükseltmiştir.

Elektriksel özdirenç değerleri KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinde sırayla 0.1212 k Ω m, 0.1096 k Ω m ve 0.1076 k Ω m olmuştur.



Şekil 4.15. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri (0.12 kHz)

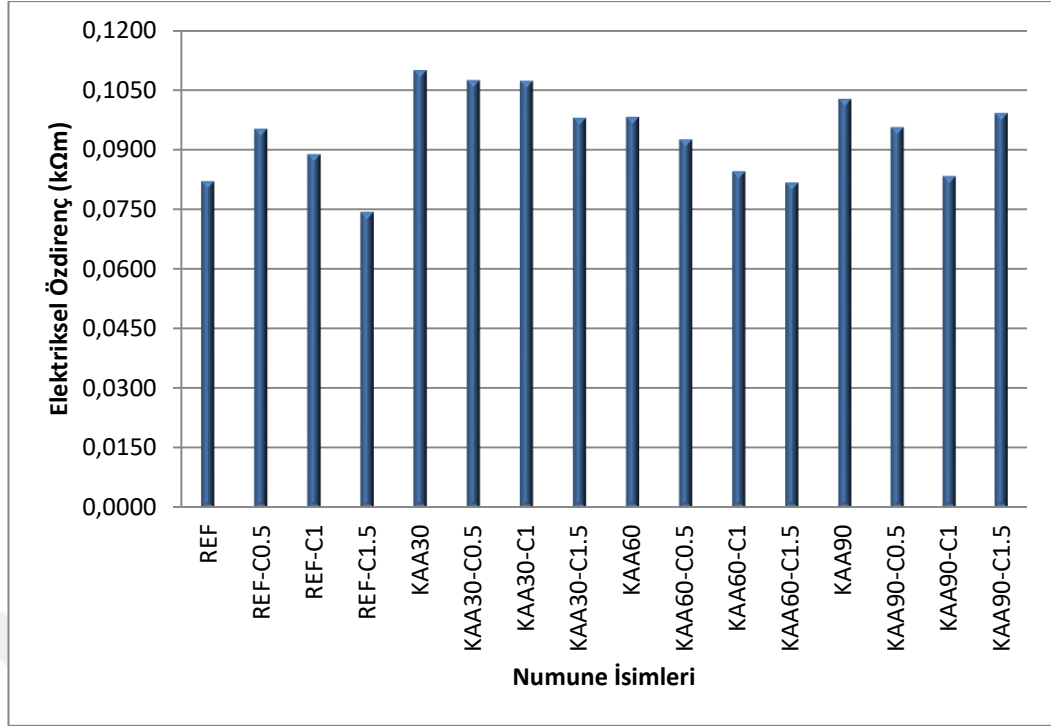
Şekil 4.17’de verilen 1 kHz frekansındaki elektriksel özdirenç değerleri incelendiğinde, REF numunesi 0.0885 k Ω m değerinde direnç göstermiştir. REF numunesine C ilavesinin değerleri sırayla 0.1 k Ω m, 0.092 k Ω m ve 0.0773 k Ω m olmuştur. Veriler incelendiğinde en yüksek elektriksel özdirenç 0.1142 k Ω m değeri ile KAA30, en düşük elektriksel özdirenç gösteren numune ise 0.0773 k Ω m değeri ile REF-C1.5 olmuştur. 1 kHz frekansındaki dirençler incelendiğinde 0.1 ve 0.12 kHz frekansına benzer sonuçlar alınmıştır. Aynı şekilde REF numunesinde C0.5 ilavesi direnç arttırmış daha sonrasında C1 ve C1.5 ilavesi düşürmüştür. 0.1 ve 0.12 kHz frekanslarında olduğu gibi numunelere KAA ilavesi direnci arttırmıştır. 1 kHz frekansında KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinin özdirençleri sırayla 0.1142 k Ω m, 0.1025 k Ω m ve 0.1051 k Ω m olmuştur.



Şekil 4.16. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri (1 kHz)

Şekil 4.18’de verilen 10 kHz frekansındaki elektriksel özdirenç değerleri incelendiğinde, REF numunesi 0.0821 kΩm değerinde direnç göstermiştir. REF numunesine C ilavesinin değerleri sırayla 0.0953 kΩm, 0.0889 ve 0.0745 kΩm olmuştur. Veriler incelendiğinde en yüksek direnç 0.11 kΩm değeri ile KAA30 numunesinde, en düşük direnç ise 0.0745 kΩm değeri ile REF-C1.5 numunesinde okunmuştur. Şekil genelinde incelendiğinde 0.1, 0.12 ve 1 kHz’de olduğu gibi C ilavesi direnci azaltırken KAA ilavesi elektriksel özdirenci yükseltmiştir. 10 kHz frekansında KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerin özdirençleri sırayla 0.11 kΩm, 0.0983 kΩm ve 0.1028 kΩm olmuştur.

Genel olarak elektriksel özdirenç değerleri incelendiğinde tüm frekanslarda benzer sonuçlar alınmıştır. Frekans artmasıyla elektriksel özdirençlerde düşüş gerçekleşmiştir. Bunun sebebi artan frekansla iyon transferi olduğu söylenmiştir. Beton numunelere C ilavesinin elektriksel özdirenci düşürdüğü ve numunelere KAA eklenmesiyle elektriksel özdirençlerinin arttığı da görülmüştür. Tüm frekanslarda en yüksek direnç KAA30 numunesi, en düşük direnç ise REF-C1.5 numunesinde olmuştur.



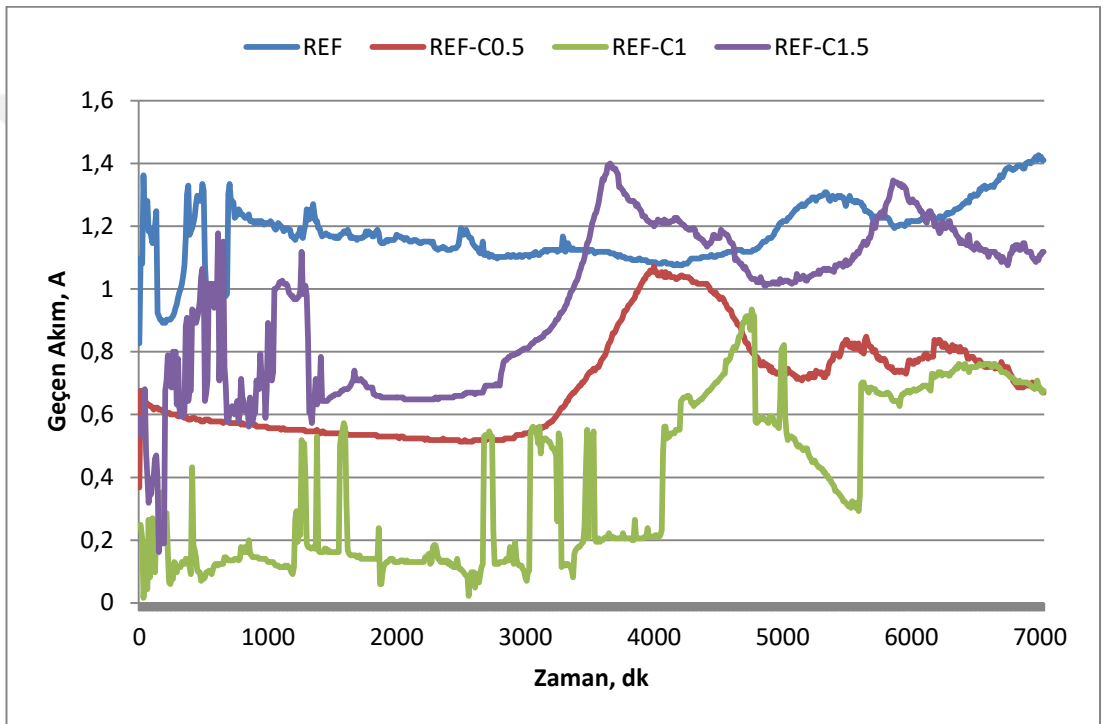
Şekil 4.17. Beton numunelerinin elektriksel özdirenç değerleri (10 kHz)

4.10. Hızlandırılmış Korozyon Deneyi Değerleri

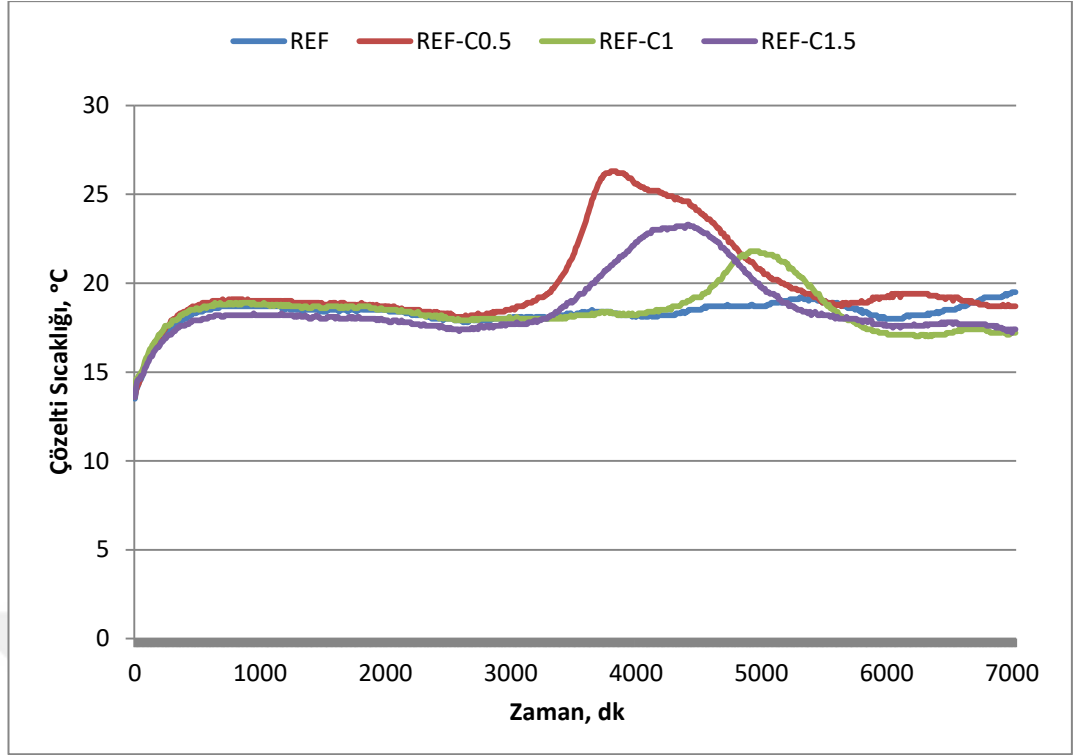
Beton numunelerde hızlandırılmış korozyon deneyinden geçen akım verileri Şekil 4.19. REF, Şekil 4.21. KAA30, Şekil 4.23. KAA60 ve Şekil 4.25'te KAA90 verilmiştir. Hızlandırılmış korozyon deneyi esnasında termokopullar yardımıyla okunan çözelti sıcaklıkları ise Şekil 4.20 REF, Şekil 4.22. KAA30, Şekil 4.24. KAA60 ve Şekil 4.26'da KAA90'da verilmiştir. Hızlandırılmış korozyon deneyi sırasında çekilen yüksek akım korozyon olayının olma ihtimalinin daha yüksek olacağını göstermektedir (Shijun vd, 2018). Numunelerde korozyon kaynaklı çatlaklar oluşmasıyla beraber betonun çektiği akım değeri de artmaktadır. Korozyon başlayıp çatlakların oluşmasıyla numuneler daha fazla akım çekmeye başlamıştır (Caitlin vd, 2021). Akımların artmaya başladığı süreleri korozyon başlama süresi olarak kabul edebiliriz.

Şekil 4.19'de verilen REF numunesine ait hızlandırılmış korozyon deneyinin akım verileri incelendiğinde en fazla akım REF numunesi, en az akım çeken ise REF-C1 numunesinde olmuştur. Veriler incelendiğinde korozyona uğratılan numuneler çatladıktan sonra daha yüksek akım çektiği görülmektedir. Şekil 4.19'da veriler

incelendiğinde çatlama başlama sıraları REF, REF-C1.5, REF-C0.5 son olarak da REF-C1 görülmüştür. REF-C1 numunesi korozyon başlangıcı 3690 dk'da, REF-C0.5 3040 dk'da, REF-C1.5 1320 dk'da ve REF numunesi ise 900 dk'da korozyon başlangıcı gerçekleşmiştir. Numunelerin korozyon başlangıçları korozyona gösterdikleri direnç ile doğru orantılı olduğu gösterilmiştir. Sıcaklık verileri de incelendiğinde numuneler çatlamaya başladıktan sonra sıcaklık artmış gözlemlenmiştir. Korozyon başlangıcı ile sıcaklık artışının aynı dakikalarda olduğu, korozyon başlama süresi için hem sıcaklıktan hem de akım değerinden yararlanılabileceği sonucuna varılmıştır.



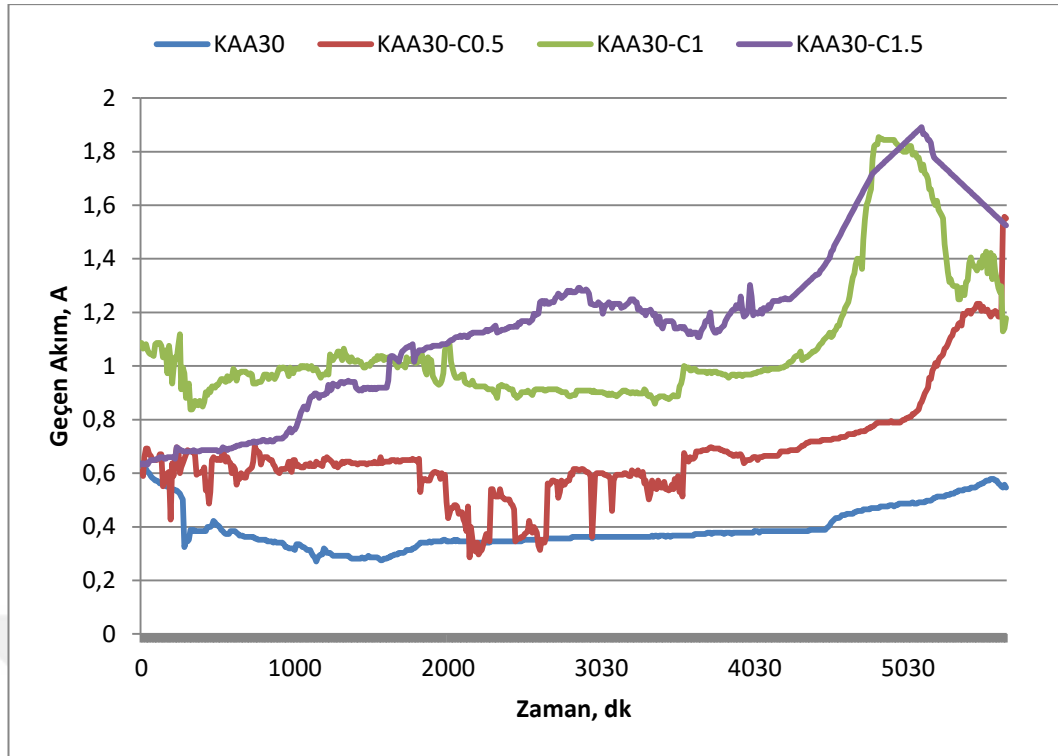
Şekil 4.18. REF numunesi korozyon deneyi akım verileri



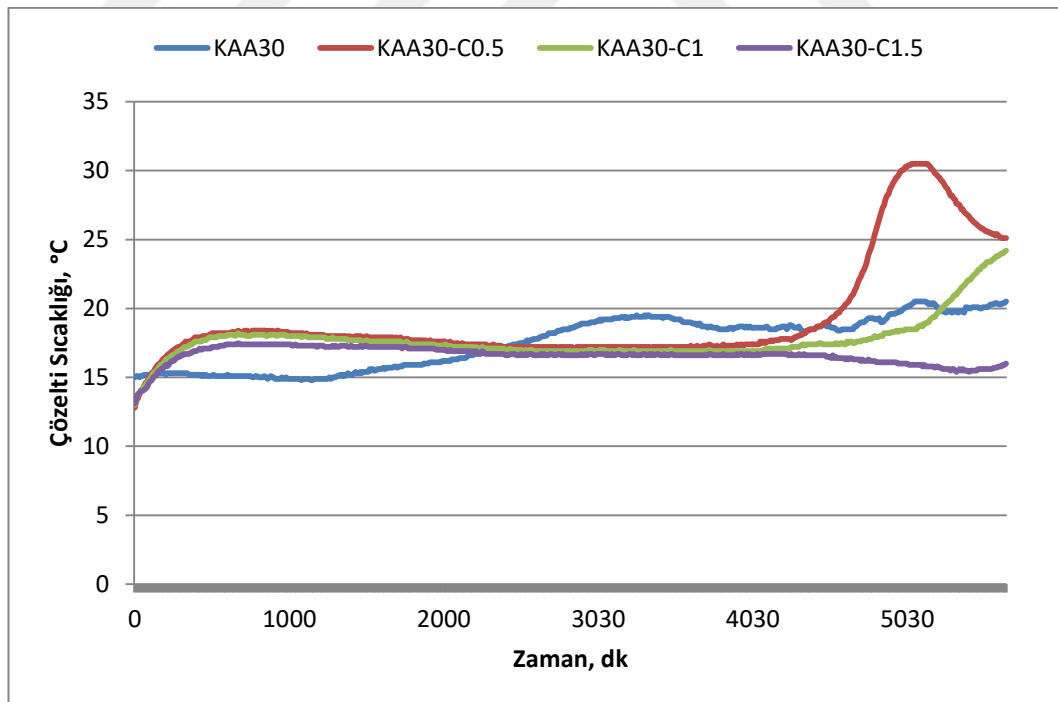
Şekil 4.19. REF numunesi korozyon deneyi çözelti sıcaklıkları

Şekil 4.21’de verilen KAA30 numunesine ait hızlandırılmış korozyon deneyinin akım verileri incelendiğinde en fazla akım KAA30-C1.5 numunesinde, en az akım çeken numune ise KAA30 numunesinde olmuştur. Elektriksel özdirenç verileri incelendiğinde en fazla elektriksel özdirenç KAA30 numunesinde görülmüştür. Elektriksel özdirenç ne kadar yüksek ise korozyon direnci de o kadar yüksek olacaktır. KAA30 verileri incelendiğinde bunu desteklemektedir. Korozyon başlama süreleri incelendiğinde KAA30 4700 dk’da, KAA-C0.5 3850 dk’da, KAA30-C1 3270 dk’da, KAA30-C1.5 numunesi ise 1490 dk’da korozyon başlamıştır. Korozyon verileri incelendiğinde numuneler çatladıktan sonra numunelere ait akım verileri artmıştır.

Şekil 4.22’ verilen KAA30 numunesine ait hızlandırılmış korozyon deneyini sırasında termokopullarla okunan çözelti sıcaklıkları verilmektedir. Veriler incelendiğinde en fazla 30.5 °C sıcaklık ile KAA30-C0.5 olmuştur. Akım artmasıyla sıcaklığın arttığı da görülmektedir. Genel olarak daha düşük akım oranı daha yüksek korozyon direnci anlamına gelmektedir. Hızlandırılmış korozyon sonuçları incelendiğinde en düşük akım KAA30’da gerçekleşmiştir.



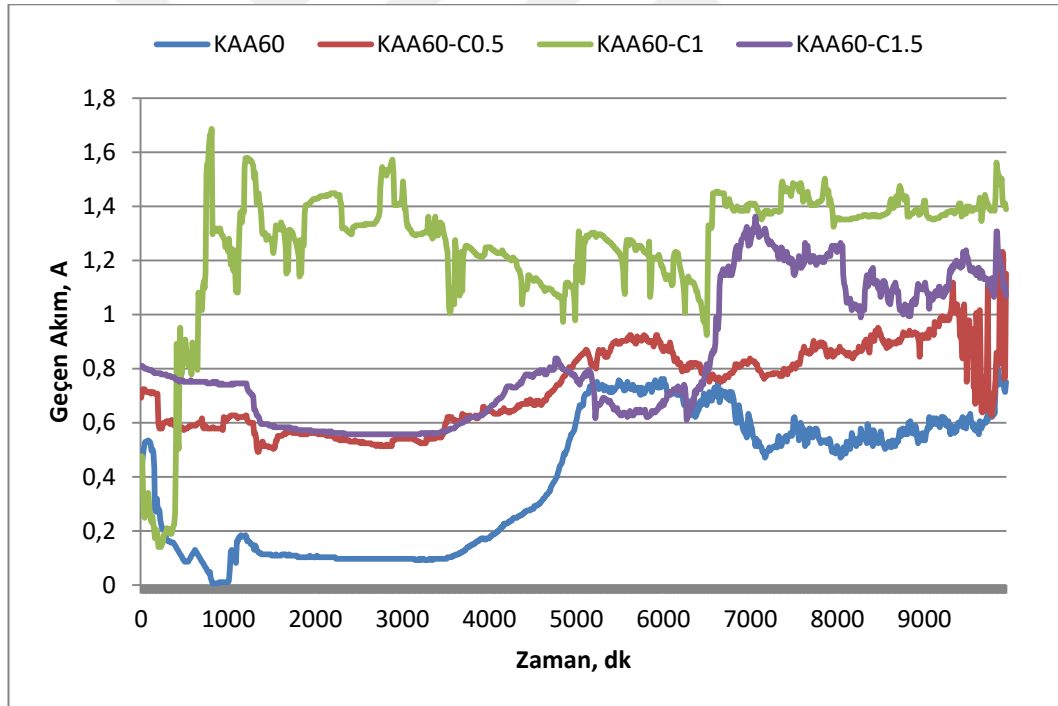
Şekil 4.20. KAA30 numunesi korozyon deneyi akım verileri



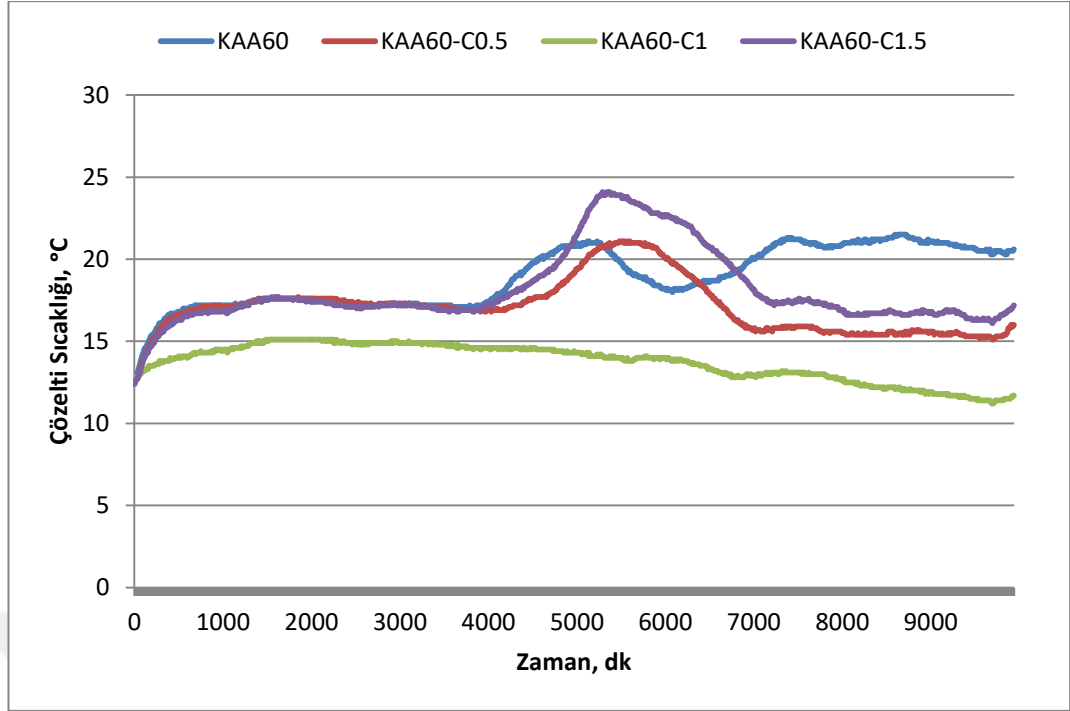
Şekil 4.21. KAA30 numunesi korozyon deneyi çözelti sıcaklıkları

Şekil 4.23'te verilen KAA60 numunesine ait hızlandırılmış korozyon deneyinin akım verileri incelendiğinde en fazla akım KAA60-C1 numunesi, en az akım çeken numune ise KAA60 olmuştur. KAA60 numunesinin elektriksel özdirenci yüksek olduğundan korozyon deneyinde geçen akım da daha düşük gerçekleşmiştir. Veriler incelendiğinde sırayla KAA60, KAA60-C0.5, KAA60-C1.5, KAA60-C1 numunelerin korozyon direnci olmuştur. Korozyon başlangıç süreleri incelendiğinde, KAA60 3860 dk'da, KAA60-C1.5 3040 dk'da, KAA60-C1.5 2710 dk'da ve KAA60-C1.5 150 dk'da korozyon başlamıştır. Korozyon verileri incelendiğinde ise numuneler çatladıktan sonra numunelere ait akım verileri arttığı görülmüştür.

Şekil 4.24'te verilen KAA60 numunesi ait hızlandırılmış korozyon deneyini sırasında termokopullarla okunan çözelti sıcaklıkları görülmüştür. Veriler incelendiğinde en fazla 24.1 °C sıcaklık ile KAA60-C1.5 olmuştur. Şekil 4.24. incelendiğinde en düşük sıcaklık KAA60-C1 numunesinde olmuştur.



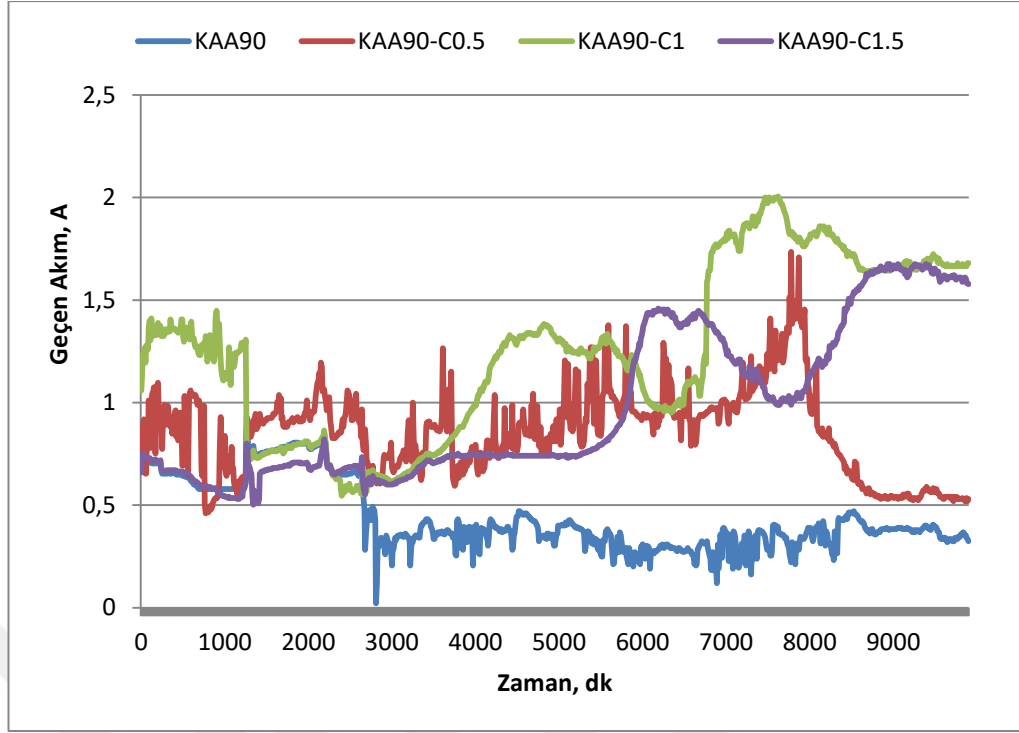
Şekil 4.22. KAA60 numunesinin korozyon deneyi akım verileri



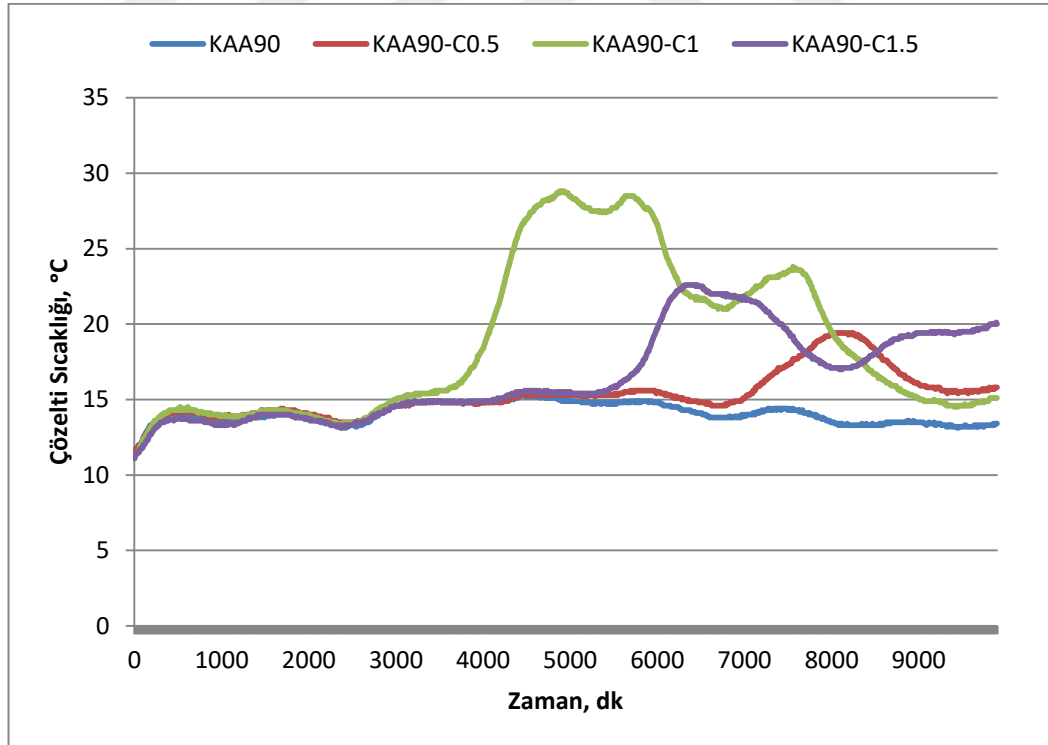
Şekil 4.23. KAA60 numunesi korozyon deneyi çözelti sıcaklıkları

Şekil 4.25’de verilen KAA90 numunesi ait hızlandırılmış korozyon deneyinin akım verileri incelendiğinde en fazla akım KAA90-C1 numunesi çekmiştir. En az akım ise KAA90 numunesinde gerçekleşmiştir. Elektriksel özdirenç verileri ile doğru orantılı olup elektriksel özdirenç ne kadar yüksek ise korozyona karşı yüksek direnci olmuştur. Deney sonuçları doğrultusunda sırayla KAA90, KAA90-C0.5, KAA90-C1.5, KAA90-C1 numunelerin korozyon direnç sıralaması okunmuştur. Korozyon başlangıç süreleri incelendiğinde, KAA90 2810 dk’da, KAA90-C1.5 2660 dk’da, KAA90-C1 2380 dk’da ve KAA90-C1.5 1260 dk’da korozyona başlamıştır. Veriler incelendiğinde diğer numune gruplarında olduğu gibi numune çatladıkça çektikleri akım değerleri de artmıştır.

Şekil 4.26’da verilen KAA90 numunesi ait hızlandırılmış korozyon deneyini sırasında termokopullarla okunan çözelti sıcaklık verileri verilmiştir. Şekilde verilen sıcaklıklar incelendiğinde en fazla sıcaklık 28.8 °C sıcaklık ile KAA90-C1 numunesinde, en düşük sıcaklık ise KAA90 numunesinde gerçekleşmiştir.



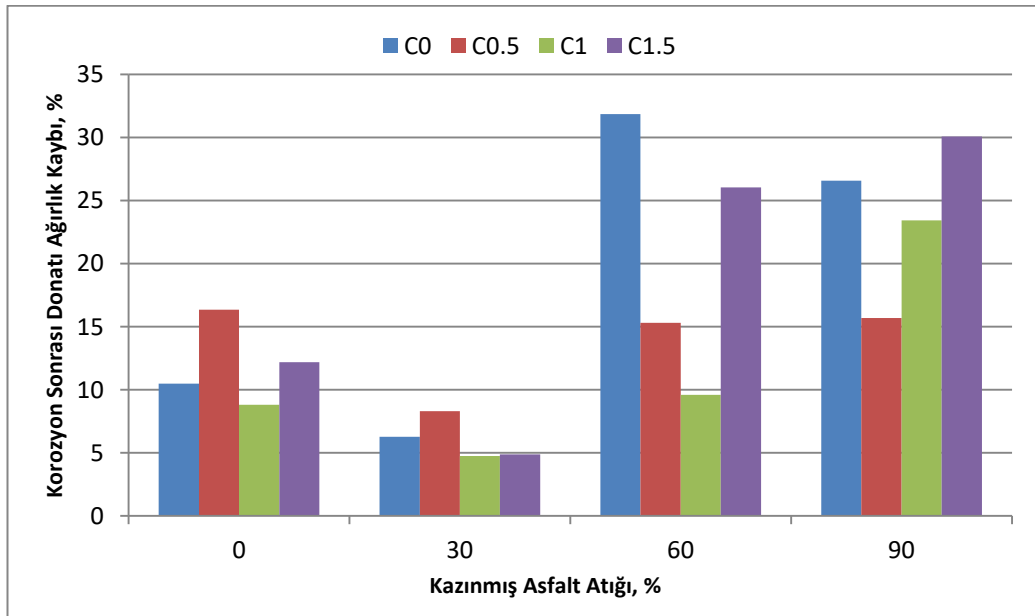
Şekil 4.24. KAA90 numunesi korozyon deneyi akım verileri



Şekil 4.25. KAA90 numunesi korozyon deneyi çözelti sıcaklıkları

4.11. Korozyon Sonucunda Donatıda Oluşan Ağırlık Kaybı

Hızlandırılmış korozyon testi sonucunda donatılarda meydana gelen ağırlık kayıpları Şekil 4.27’de verilmiştir. Korozyona uğrayan donatıların görünümü ise Şekil 4.28’deki gibidir. REF numunesinde donatıda %10.5 oranında ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. KAA30 numunesi daha düşük donatı ağırlık kaybı görülürken, KAA60 ve KAA90 numunelerinde daha yüksek donatı ağırlık kayıpları görülmüştür. KAA60 ve KAA90 ilavesinde korozyondan kaynaklı donatı ağırlık kaybı sonuçları incelendiğinde C ilavesinin 1 kg/m^3 ilave miktarına kadar donatıyı koruduğunu 1.5 kg/m^3 miktarında ilavenin ise donatıda kayıpların arttırdığı söylenebilir. Donatıdaki en yüksek ağırlık kaybı KAA60 numunesinde oluşmuştur. Şekil 4.28’de görüldüğü gibi KAA60 oranında donatının bir parçası tamamen korozyondan kaynaklı yok olmuştur. Beton donatıyı korozyona karşı ne kadar iyi korursa o kadar düşük donatı ağırlık kaybı oluşur. KAA30 beton grubu incelendiğinde %4.7 ile %8.3 oranlarında donatı ağırlık kaybı gerçekleşmiştir ve en az ağırlık kaybının gerçekleştiği beton grubu olmuştur. Elektriksel özdirenç değerleri de incelendiğinde en yüksek direnç KAA30 beton grubunda görülmüştü. Bu durum elektriksel özdirenç ne kadar yüksek ise betonarme korozyona karşı o kadar dirençli olduğu anlamına gelmektedir. Ağırlık kayıplarından elde edilen sonuçlarla akım verileri de paralellik göstermiştir. KAA30 verileri incelendiğinde en düşük ağırlık kaybı %4.7 ile KAA30-C1 olmuştur.



Şekil 4.26. Korozyon sonrası donatılarda oluşan ağırlık kaybı

REF



KAA30



KAA60



KAA90



Şekil 4.27. Korozyon sonrası donatılar

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Beton numunelerine ait Slump (çökme) değerleri incelendiğinde, REF numunesinin Slump (çökme) değeri 18.5 cm olurken, REF numunesine C ilave miktarı arttıkça Slump (çökme) değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. REF-C0.5, REF-C1 ve REF-C1.5 numunelerin Slump (çökme) değerleri sırayla 18.5 cm, 17.5 cm ve 17 cm şeklindedir. KAA30 numunesinde Slump (çökme) değeri 16 cm olurken, KAA30-C0.5, KAA30-C1 ve KAA30-C1.5 numunelerinde Slump (çökme) değerleri sırasıyla 15.5 cm, 15 cm ve 15 cm olmuştur. KAA60 numunesinde Slump (çökme) değeri 14 cm olurken, KAA60-C0.5, KAA60-C1 ve KAA60-C1.5 numunelerin Slump (çökme) değerleri sırasıyla 14 cm, 13.5 cm ve 13.5 cm olmuştur. KAA90 numunelerinde ise Slump (çökme) değeri 8.5 cm olurken, KAA90-C0.5, KAA90-C1 ve KAA90-C1.5 numunelerin Slump (çökme) değerleri sırasıyla 8.5 cm, 8 cm ve 8 cm olmuştur. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde C ilave miktarı arttıkça Slump (çökme) değeri azalmıştır. Slump (çökme) değerlerini KAA ilave oranı açısından incelendiğinde bu oran arttıkça Slump (çökme) değerinde azalma gerçekleşmiştir.

Beton numunelerine ait 7 günlük basınç dayanımları incelendiğinde, en yüksek dayanım 51.45 MPa değeri ile KAA30 numunesinde, en düşük dayanım ise 36.32 MPa değeri ile KAA90-C1.5 numunesinde olmuştur. REF ve KAA numunelerinde C ilavesiyle basınç dayanımları değerlendirildiğinde C miktarı arttıkça basınç dayanımlarında bir düşüş görülmüştür. KAA ile üretilen betonlarda REF numunesine kıyasla KAA30 numunesinde artış gösterirken KAA60 ve KAA90 numunelerinde basınç dayanımında azalma gerçekleşmiştir.

Beton numunelerine ait 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde, en yüksek basınç dayanımı 63.84 MPa değeri ile REF numunesinde, en düşük dayanım ise 39.44 MPa değeri ile KAA90-C1.5 numunesinde görülmüştür. 7 günlük basınç dayanımlarına kıyasla tüm numunelerin basınç dayanımlarında artış gözlemlenirken, en yüksek basınç dayanımı artışı %34 ile REF-C0.5 numunesinde görülmüştür. REF, KAA30 ve KAA60 numunelerinde kendi içlerinde değerlendirildiğinde C miktarı artmasıyla basınç dayanımında düşüş ve KAA90 ise C1 miktarına kadar artış görülürken C1.5'te bir düşüş gerçekleşmiştir. Genel olarak 28 günlük basınç

dayanımlarında 7 günlük dayanımlarda olduğu gibi KAA ve C miktarı arttıkça dayanım da düşüş görüldü.

Beton numunelerine ait 90 günlük basınç dayanımları incelendiğinde, en yüksek dayanım 69.34 MPa değeri ile REF numunesi, en düşük dayanım ise 40.4 MPa değeri ile KAA90-C1 numunesi olmuştur. 28 günlük numunelere kıyasla KAA90-C1 numunesi haricinde tüm numunelerde dayanım artışları görüldü. 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında olduğu gibi REF numunesine kıyasla C ve KAA eklenmesi basınç dayanımlarında düşüş gerçekleştirmiştir.

Beton numunelerine ait 7 günlük yarmada çekme dayanımları incelendiğinde, tüm beton gruplarında C1'e kadar çekme dayanımı artarken C1.5'te düşüş gerçekleşti. 7 günlük yarmada çekme dayanımında en yüksek dayanım 3.63 MPa değeri ile REF-C1 numunesi, en düşük yarmada çekme dayanımı ise 2.11 MPa değeri ile KAA90 numunesi olmuştur. 7 günlük yarmada çekme sonuçlarında C1 miktarına kadar artış görülürken C1.5 miktarına çıktığında yarmada çekme dayanımları azalış görülmüştür. Aynı sonucu KAA içeri ile değerlendirildiğimizde KAA oranı arttıkça çekme dayanımında düşüş gerçekleşmiştir.

Beton numunelerine ait 28 günlük yarmada çekme dayanımları incelendiğinde, en yüksek çekme dayanımı 3.91 MPa değeri ile REF-C1 numunesi, en düşük yarmada çekme dayanımı ise 2.33 MPa değeri ile KAA90 numunesi olmuştur. KAA içeren numuneler incelendiğinde ise REF-C1 numunesine en yakın 3.84 MPa değeri ile KAA60-C1.5 numunesinde olmuştur. REF ve KAA30 beton gruplarında 7 günlük sonuçlara benzer şekilde numuneler C1'e kadar bir yükselme gösterirken C1.5 düşüş gerçekleşmiştir. KAA60 ve KAA90 beton gruplarında ise sürekli bir artış ve 7 günlük yarmada çekme dayanımları ile kıyaslandığında ise 28 günlük yarmada çekme dayanımlarında tüm numuneler için bir artış görülmüştür. REF ve KAA içeren beton gruplarında en az artış REF numunelerinde olurken, en fazla artış ise KAA60 içeren numunelerde olmuştur.

Beton numunelerine ait 90 günlük yarmada çekme dayanımları incelendiğinde, en yüksek yarmada çekme dayanımı 4.47 MPa değeri ile REF-C1 numunesinde, en düşük yarmada çekme dayanımı ise 2.61 MPa değeri ile KAA90 numunesinde olmuştur. 90 günlük numunelerde KAA içeriği açısından incelendiğinde en yüksek

yarmada çekme dayanımı 3.951 MPa değeri ile KAA30-C1 numunesinde görülmüştür.

Farklı KAA ve C miktarları ile hazırlanan betonların kapiler su emme deney sonuçları incelendiğinde, kapiler su emme katsayısı 0.00608 ile 0.00196 değerleri arasında değiştiği görülmüştür. REF ile sadece KAA kullanılan numuneler incelendiğinde, KAA oranının artmasıyla kapiler su emme katsayısı azaltmaktadır. Kapiler su emme katsayısı en düşük değeri 0.00196 cm²/sn ve 0.00209 cm²/sn ile KAA30-C0.5, KAA30-C1.5'te okunmuştur. Kapiler su emme katsayısındaki düşüklük basınç dayanımı ile doğru orantılı olup, kapiler su emme katsayısı ne kadar düşük ise basınç dayanımı da o kadar yüksek olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Birim hacim ağırlık, su emme ve porozite değerleri incelendiğinde, KAA ve C ile üretilen beton numunelerin birim hacim ağırlık değeri REF numunesinden daha düşük, su emme ve porozite değerleri ise REF numunesine kıyasla daha yüksek değerler alınmıştır. REF numunesinin ait sonuçlara en yakın sonuçlar KAA30 numunesinde ve kullanılabilir seviyede kaldığı görülmüştür.

Beton numunelerine ait ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde, REF numunesi 5025 m/sn olmuştur. KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinin sırayla sonuçları 4785 m/sn, 4785 m/sn ve 4673 m/sn olmuştur. C ilavesi REF numunesinde ultrases geçiş hızını düşürürken, KAA ile kullanılınca numunelerin geçiş hızını yükseltmiştir. KAA ve C birlikte kullanımında tüm numunelerin geçiş hızı 4500 m/sn'den daha fazla olduğu görülmüş ve numuneler beton kalitesi olarak çok iyi sınıflandırılmasına girmiştir. REF numunesinin C0.5 ve C1 miktarlarında sırasıyla 3500 m/sn ve 4500 m/sn olduğundan beton kalitesi iyi olarak sınıflandırılmıştır. En yüksek ultrases geçiş hızı 5025 m/sn ile REF numunesinde, en düşük ultrases geçiş hızı ise 4092 m/sn ile REF-C0.5 ve REF-C1 numunelerinde görülmüştür.

Beton numunelere ait Böhme (aşınma) deney sonuçları incelendiğinde, 28 günlük beton numunelerin kütle kayıpları KAA60 haricinde tüm beton numunelerinde C1 miktarında en düşük ağırlık kayıpları gözlemlenmiştir. En yüksek ağırlık kaybı olan beton numunesi %5.25 değeri ile KAA60-C1'de, en düşük ağırlık kaybı ise %3.04 değeri ile KAA90-C1 numunesinde görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde REF, KAA30 ve KAA90 beton gruplarında C0.5'te ağırlık kaybı artarken C1'de

azalmış olup C1.5'te tekrar artış olmuştur. KAA oranları arttıkça ağırlık kaybı KAA90'a kadar artmıştır. KAA90'ında ağırlık kayıplarında büyük bir düşüş gerçekleşmiştir.

Genel olarak elektriksel özdirenç değerleri incelendiğinde tüm frekanslarda benzer sonuçlar alınmıştır. Frekans artmasıyla elektriksel özdirençlerde düşüş gerçekleşmiştir. Bunun sebebi artan frekansla iyon transferi olduğu belirtilmiştir. Beton numunelere C ilavesinin elektriksel özdirenci düşürdüğü ve numunelere KAA ikamesiyle elektriksel özdirençlerinin arttığı da görülmüştür. Tüm frekanslarda en yüksek direnç KAA30 numunesinde, en düşük direnç ise REF-C1.5 numunesinde olmuştur.

Beton numunelere ait hızlandırılmış korozyon deney değerleri incelendiğinde ise elektriksel özdirenç ile bağlantılı şekilde sonuçlar elde edilmiştir. Elektriksel özdirençleri ne kadar yüksek olursa numuneler korozyona karşı o kadar yüksek dayanım göstermiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde en yüksek korozyon direnci KAA30 içeren numunelerde görülmüştür.

Hazırlanan beton numuneler hızlandırılmış korozyon deneyi sonrasında donatılarda meydana gelen ağırlık kayıpları incelendiğinde, elektriksel özdirenç ve korozyona karşı göstermiş olduğu direnç ile doğru orantılı şekilde olmuştur. Numunelerin korozyona karşı direnci ne kadar yüksek olursa, o kadar geç korozyon başlangıç süresine ve düşük donatı ağırlık kayıplarına rastlanmaktadır. Bu doğrultuda veriler incelendiğinde KAA30 beton grubunun göstermiş olduğu direnç sayesinde donatılar daha az ağırlık kaybına uğramıştır. KAA60 ve KAA90 içeren beton gruplarında ise donatılarda parça kopmaları ve donatı yumuşaması gibi sorunlar ile karşılaşmıştır.

5.2. Öneriler

Beton üretiminde kullanılan agregalar, beton hacminin yaklaşık olarak %70-80 arasında bir yer kaplamaktadır. Dolayısıyla beton üretiminde KAA kullanımı daha ekonomik betonlar üretmek ve atık tüketimi için bize imkân sağlamaktadır. Üstelik KAA kullanımı daha çevreci bir beton ve geri dönüşümü desteklemektedir.

Yapılan deneyler sonucunda alınan veriler incelendiğinde KAA ile üretilen betonlar tek başına kullanımı dayanımda düşüslere sebep olmaktadır. Fakat KAA ikamesiyle dayanımda oluşan düşüsleri karşılamak için agregalar veya liflerle kullanımı sağlandığında istenen dayanımlara ulaşılabilir. Veriler incelendiğinde ise KAA30-C1 oranının gösterdiği korozyona direnci ve dayanımdaki diğer numunelere kıyasla daha yüksek performans göstermesi kullanılabilirliğini göstermiştir. KAA'nın en ideal kullanım oranının %30, C'nin ise ideal ilavesinin 1 kg/m³ olarak kullanımı önerilmektedir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında ise asfalt atığının kullanımını daha da zenginleştirilerek kullanılması mümkün olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adesina A., Das S., Crack Properties, Toughness And Absorption Evaluation Of FRCC Incorporating Reclaimed Asphalt Pavement And Crumb Rubber As Aggregates. Cleaner Materials. 1 (100004), 2021.
- Ahmed T., Ray S., Haque M., Nahin T.T., Mita A.F., Optimization Of Properties Of Concrete Prepared With Waste Glass Aggregate And Condensed Milk Can Fiber Using Response Surface Methodology. Cleaner Engineering and Technology. 8 (100478), 2022.
- Ahmed S., Umar A., Masood A., Properties of Normal Concrete, Self-compacting Concrete and Glass Fibre-reinforced Self-compacting Concrete: An Experimental Study. Procedia Engineering. 173, 807-813, 2017.
- Anandaraj S., Rooby J., Awoyera P.O., Gobinath R., Structural Distress In Glass Fibre-Reinforced Concrete Under Loading And Exposure To Aggressive Environments. Construction and Building Materials. 197, 862-870, 2019.
- Amed B., Mechanical And Durability Properties Of Glass Fiber Reinforced Concrete. Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2019
- Abbadi A., Basheer P.A.M., Forth J.P., Effect Of Hybrid Fibres On The Static Load Performance Of Concrete Beams. Materials Today : Proceedings. 65, 681-687, 2022.
- Al-Mufti R.L., Fried A.N., Improving The Strength Properties Of Recycled Asphalt Aggregate Concrete. Construction and Building Materials. 149, 45-52, 2017.
- Avirneni D., Peddinti P.R.T., Saride S., Durability And Long Term Performance Of Geopolymer Stabilized Reclaimed Asphalt Pavement Base Courses. Construction and Building Materials. 121, 198-209, 2016.
- ASTM G 1-03: 2009 Standard Practice For Preparing, Cleaning And Evaluating Corrosion Test Specimens, American Society for Testing Materials, 2009.

ASTM C1760 Standard Test Method for Bulk Electrical Conductivity of Hardened Concrete, 2021

ASTM C1585-13 Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes, 2020

Bamigboye G.O., Bassey D.E., Olukanni D.O., Ngene B.U., Adegoke D., Odetoyan A.O., Kareem M.A., Enabulele D.O., Nworgu A.T., Waste Materials In Highway Applications: An Overview On Generation And Utilization Implications On Sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 283 (124581), 2021.

Bittencourt S.V., Magalhães M.S., Tavares M.E.N., Mechanical Behavior And Water Infiltration Of Pervious Concrete Incorporating Recycled Asphalt Pavement Aggregate. *Case Studies in Construction Materials*. 14 (e00473), 2021.

Capson T., Sorenson A.D., Recycled Asphalt Pavement as Course Aggregate Replacement in High Strength Concrete Mixes, *AEI 2013: Building Solutions for Architectural Engineering*. 652-661, 2013.

Caitlin M.T., Kyle A.R., Christopher C.F., A Critical Review Of The Testing And Benefits Of Permeability-Reducing Admixtures For Use In Concrete. *Cement*. 6 (100016), 2021.

Chakraborty S., Mandal R., Chakraborty S., Guadagnini M., Pilakoutas K., Chemical Attack And Corrosion Resistance Of Concrete Prepared With Electrolyzed Water. *Journal of Materials Research and Technology*, 11, 1193-1205, 2021.

Cho B.W., Investigation Of Corrosion Assessment Of Hydrogen-Rich Water Based Cement Mortars. *Journal Of Ceramic Processing Research*, 18, 305-312, 2017.

Choudhary J., Kumar B., Gupta A., Performance Evaluation Of Asphalt Concrete Mixes Having Copper Industry Waste As Filler. *Transportation Research Procedia*. 48, 3656-3667, 2020.

Çınar Resuloğulları E., Uygunoğlu T., Dündar B., Investigation Of Physical And Mechanical Properties Of Mortars Produced With Recycled Asphalt Waste

Under The Influence Of High Temperature. Journal of Material Cycles and Waste Management. 2, 743-750, 2022.

Dehghan A., Peterson K., Shvarzman A., Recycled Glass Fiber Reinforced Polymer Additions To Portland Cement Concrete. Construction and Building Materials. 146, 238-250, 2017.

Dong Q.Y., Zhang Y.H., Feng L.P., Jin D.B., Zhang J.S., Wang C.C., Experimental Research Of Sulfate Corrosion Resistance Of Fresh Concrete With Fly Ash, Advanced Materials Research, 772, 109-116, 2013.

Erdem S., Blankson M.A., Environmental Performance And Mechanical Analysis Of Concrete Containing Recycled Asphalt Pavement (RAP) And Waste Precast Concrete As Aggregate. Journal of Hazardous Materials. 264, 403- 410, 2014.

Eskandari H., Nic A.M., Ghanei A., Effect of Air Entraining Admixture on Corrosion of Reinforced Concrete. Procedia Engineering, 150, 2178-2184, 2016.

Fidan O., Beton Ve Asfalt Atığı İçeren Kolemanit Katkılı Harçların Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye, 2022

Gao X.X., Deby F., Goubeyre Y., Samson G., Garcia S., Arliguie G., Influence Of Catholytes On The Generation Of Steel Corrosion In Concrete With Accelerated Chloride Migration Method. Case Studies in Construction Materials. (e01123), 2022.

Güçlüer K., Polimer Katkılı Harçların Mekanik ve Elektriksel Özdirenç Özelliklerinin Araştırılması. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (9)4:1649-1654, 2020.

Güçlüer K., Günaydın O., Bazalt Lifli Katkılı Betonların Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. El-Cezire Fen ve Mühendislik Dergisi (5)2:416-424, 2018.

- Mengilli G., Asfalt Atığının Alkali Aktivasyonlu Harçların Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye, 2022
- Hassan K.E., Brooks J.J., Erdman M., The Use Of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Aggregates In Concrete, Waste Management Series, 1, 121-128, 2000.
- Hou Y., Study On The Mechanical And Corrosion Resistance Of Hybrid Fiber Reinforced Concrete, School of Architecture and Civil Engineering, Weifang University of Science and Technology, Weifang, 51, 11116-11120, 2020.
- Hossiney N., Sepuri H.K., Mohan M.K., Arjun H.R., Govindaraju S., Chyne J., Alkali-Activated Concrete Paver Blocks Made With Recycled Asphalt Pavement (RAP) Aggregates. Case Studies in Construction Materials. 12 (e00322), 2020.
- Hossiney N., Tia M., Bergin M.J., Concrete Containing RAP for Use in Concrete Pavement. Construction Engineering and Management. 5, 251-258, 2010.
- Kaplan C., Sülfürik Asitin Öğütülmüş Profillit Tozu Ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Harçlar Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye, 2020
- Kareem M.A., Raheem A.A., Oriola K.O., Abdulwahab R., A Review On Application Of Oil Palm Shell As Aggregate In Concrete - Towards Realising A Pollution-Free Environment And Sustainable Concrete. Environmental Challenges. 8, (100531), 2022.
- Khodair Y., Raza M., Sustainable Self-Consolidating Concrete Using Recycled Asphalt Pavement And High Volume Of Supplementary Cementitious Materials. Construction and Building Materials. 131, 245-253, 2017.
- Li W., Xu C., Micheal Ho S.C., Wang B., Song G., Monitoring Concrete Deterioration Due to Reinforcement Corrosion by Integrating Acoustic Emission and FBG Strain Measurements. Sensors, 17, 657, 2017.

- Liang N., Mao J., Yan R., Liu X., Zhaou X., Corrosion Resistance Of Multiscale Polypropylene Fiber-Reinforced Concrete Under Sulfate Attack. *Case Studies in Construction Materials*. 16 (e01065), 2022.
- Marcalikova Z., Racek M., Mateckova P., Cajka R., Comparison Of Tensile Strength Fiber Reinforced Concrete With Different Types Of Fibers. *Procedia Structural Integrity*. 28, 950-956, 2020.
- Ma K., Feng J., Long G., Xie Y., Chen X., Improved Mix Design Method Of Self-Compacting Concrete Based On Coarse Aggregate Average Diameter And Slump Flow. *Construction and Building Materials*. 143, 566-573, 2017.
- Mobasher B., Yao Y., Soranakom C., Analytical Solutions For Flexural Design Of Hybrid Steel Fiber Reinforced Concrete Beams. *Engineering Structures*. 100, 164-177, 2015.
- Omar S., The Effect of Chloride and Sulfate Ions on the Resistivity of Concrete. McGill University (Canada) Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, 2015.
- Ramkumar K.B., Rajkumar K.P.R., Impact Of Hybrid Steel Fibres On Fresh And Mechanical Properties Of Self-Compacting Concrete. *Case Studies in Construction Materials*. 17 (e01274), 2022.
- Saka R.C., Cam elyaf takviyeli betonlarda sepiyolit kullanımının mekanik, fiziksel ve durabilite özelliklerine etkilerinin araştırılması. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Düzce, 2018
- Settari C., Debieb F., Kadri E.H., Boukendakdji O, Assessing The Effects Of Recycled Asphalt Pavement Materials On The Performance Of Roller Compacted Concrete. *Construction and Building Materials*. 101, 617-621, 2015.
- Shadmani A., Tahmouresi B., Saradar A., Mohseni E., Durability And Microstructure Properties Of SBR-Modified Concrete Containing Recycled Asphalt Pavement. *Construction and Building Materials*. 185, 380-390, 2018.

- Shi D., Geng Y., Li S., Gao J., Hou D., Jin Z., Liu A., Efficacy And Mechanism Of Graphene Oxide Modified Silane Emulsions On Waterproof Performance Of Foamed Concrete. Case Studies in Construction Materials, 16, (e00908), 2022.
- Shijun H, Zhen W, Jun H, Jianbo Z, Liping W, Zhong C, Formation Of Superhydrophobic Micro-Nanostructured Iron Oxide For Corrosion Protection Of N80 Steel. Materials & Design, 160, 84-94, 2018.
- TS EN 1008, Beton-Karma Suyu-Numune Alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun, beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları, TSE, Ankara, Türkiye, 2003.
- TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel çimentolar- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, TSE, Ankara, Türkiye, 2012.
- TS EN 706 EN12620 + A1 2009, Beton agregaları, TSE, Ankara, Türkiye, 2009
- TS EN 802 Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, TSE, Ankara, Türkiye, 2016.
- TS EN 12350-2 Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi, TSE, Ankara, Türkiye, 2019.
- TS EN 12390-2 Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabi tutulması, TSE, Ankara, Türkiye, 2019
- TS EN 12390-6, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, TSE, Ankara, Türkiye, 2010.
- TS EN 1170-6, Precast concrete products-test method for glass fibre reinforced cement-part 6: determination of the absorption of water by immersion and determination of the dry density, TSE, Ankara, Türkiye, 1999
- TS EN 12350-6 Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 6: Birim hacim kütlesi, TSE, Ankara, Türkiye, 2019
- TS EN 12504-6 Yapılarda beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrasonik atımlı dalga hızının tayini, TSE, Ankara, Türkiye, 2021

TS EN 123-2 Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayin, TSE, Ankara, Türkiye, 2019

UYGUNOĞLU T., TOPÇU İ.B., ŞİMŞEK B., ÇINAR E., Kendiliğinden Yerleşen Harçların Elektriksel Özdirinci Üzerine Mineral Katkıların Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22, 986-992, 2018.

Uygunoğlu T., Güneş İ., Çelik A.G., Çınar E., Microstructural Characterization and Corrosion-Resistance of Borided Rebar. El-Cezeri, 3, 1135-1148, 2021.

Yavuz R., Günaydın O., Güçlüer K., Donatılı Betonda Korozyon Ve Aderansın Araştırılması, Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences, 22, 12-18, 2019.

Zhaou K., Zhao L., Hou J., Zhang X., Feng Z., Yang S., Effect Of Vibratory Mixing On The Slump, Compressive Strength, And Density Of Concrete With The Different Mix Proportions. Journal of Materials Research and Technology, 15, 4208-4219, 2021.

Zhaou H., Jia B., Huang H., Mou Y., Experimental Study on Basic Mechanical Properties of Basalt Fiber Reinforced Concrete. Materials. 13, 1362, 2020.

Wang W.C., Wang H.Y., Chang K.H., Wang S.Y., Effect Of High Temperature On The Strength And Thermal Conductivity Of Glass Fiber Concrete. Construction and Building Materials. 245, (118387), 2020.

Wu F., Yu Q., Chen X., Effects Of Steel Fibre Type And Dosage On Abrasion Resistance Of Concrete Against Debris Flow. Cement and Concrete Composites. 134, (104776), 2022.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı: Turhan Can KARCI

2. Doğum Tarihi:

3. Ünvanı: İnşaat Mühendisi

4. Öğrenim Durumu:

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Osmaniye Korkut Ata Üniveristesi	2015-2019
Yüksek Lisans	İnşaat Mühendisliği	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2020-

5. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler:

Dündar, B., Çınar, E., Karcı T.C., Dönmez A., Cam Tozu ve Uçucu Kül Katkılı Harçların Zamana Bağlı Elektriksel Özdirenç Değişimlerinin İncelenmesi, 4th International Engineering Research Symposium INERS'22 Düzce, Türkiye, 2022.



OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

FORM
YL11

OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 01/11/2022

Tez Başlığı / Konusu: BETONDA CAM ELYAF VE KAZINMIŞ ASFALT ATIĞI KULLANIMININ DONATI KOROZYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Özet ve Abstract, c) Giriş, d) Ana bölümler ve e) Sonuç, f) Kaynakça kısımlarından oluşan toplam 71 sayfalık kısmına ilişkin, 01/11 /2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme tiplerinden biri uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 14'dir.

Filtreleme Tip 1 (maksimum %30) ☒

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar dahil,
- 4- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Filtreleme Tip 2 (maksimum %10) ☐

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar hariç,
- 4- 5 Kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Turhan Can KARCI

Öğrenci No:

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı:

Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

RAPORU DÜZENLEYEN

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

(Unvan, Ad Soyad, İmza)