

**UÇUCU KÜLLERİN
BETON KİLİTLİ PARKE TAŞI ÜRETİMİNDE
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

Yılmaz AÇIKGÖZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2008
ANKARA**

Yılmaz AÇIKGÖZ tarafından hazırlanan UÇUCU KÜLLERİN BETON KİLİTLİ
PARKE TAŞI ÜRETİMİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin
Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK

.....

Tez Danışmanı, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek
lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Metin ARSLAN

.....

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Osman Şimşek

.....

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. İlhami DEMİR

.....

İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı, KKÜ

Tarih: 25/04/2008

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek
Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Yılmaz AÇIKGÖZ

**UÇUCU KÜLLERİN BETON KİLİTLİ PARKE TAŞI ÜRETİMİNDE
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Yılmaz AÇIKGÖZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Nisan 2008**

ÖZET

Uçucu kül (UK), termik santrallerde kömürün yakılması sonucu oluşan atık malzemedir. Bu yan ürün betonda puzolanik malzeme olarak kullanılmaktadır. Çimento veya beton üretiminde UK belirli oranlarda kullanılmaya başlamıştır. UK'ler beton üretiminde puzolanik katkı veya dolgu (filler) malzemesi olarak kullanılmaktadır. UK kullanım alanının arttırılması hem ekonomi hem de çevre kirliliği açısından önemlidir.

Beton kilitli parke taşları, son zamanlarda oldukça yaygın kullanılmaktadır. Özellikle şehir içi yol ve kaldırımlarda, araç park alanlarında, ticari merkezlerde, fabrika çevreleri ve benzeri yerlerde yoğun çalışmalara maruz kalan bölgelerde kullanılmaktadır. Parke taşı üretimi, UK kullanımı için geniş hacimli bir alandır. UK'ün parke taşı üretiminde kullanılması, daha iyi parke taşı üretimi, ekonomiklik ve çevre açısından iyi bir yaklaşım olacaktır.

Çalışmada üç farklı santralden elde edilen uçucu kül %10-20-30-40 oranda çimento yerine ikame edilerek kullanılmıştır. Üretilen parke taşlarının yarısı kontrol numunesi olarak kullanılmıştır. Diğer yarısı tuzlu küre maruz bırakılmıştır. Kilit taşlarının yarmada çekme, su emme ve aşınma özellikleri saptanmıştır.

Genel olarak %10-20 UK ikameli numuneler, şahit numuneye benzer sonuçlar vermiştir. Tuzlu sulama kürü, erken yaşlarda, yarmada çekme dayanımını arttırırken, ileriki yaşlarda düşürmüştür. Diğer fiziksel özelliklerde, tuzlu su kürü etkisi altında, UK kullanılan numuneler daha iyi sonuçlar vermiştir.

Bilim Kodu : 714.1.143

Anahtar Kelimeler : Uçucu kül, puzolan, parke taşı, dayanım

Sayfa Adedi : 61

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK

**RESEARCH IN USAGE OF FLY ASHES IN THE PRODUCTION OF
INTERLOCKING CONCRETE PAVE**

(M.Sc. Thesis)

Yılmaz AÇIKGÖZ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

April 2008

ABSTRACT

Fly ash is a waste material which is produced in the thermal power plants by burning coal. This side product can be used as pozzolanic material in the concrete. Fly ash has started to be used in concrete production in certain amounts. Fly ashes are used as pozzolanic ingredients or filler materials. Increasing the usage areas of the fly ash is important for both economical and environmental reasons.

The usage of the interlocking concrete pave has been increased recently. It is used in the areas in local roads and pavements, parking sites, commercial centers and industrial areas, which are exposed to intensive usage. Production of the concrete pave is a wide area for the consumption of the FA. The usage of the FA in the production concrete pave is a more high quality production, more economical and a more environmentally friendly approach.

In this study, fly ash gathered from three different thermal power stations has been used as a substitute to cement in 10-20-30-40 % ratios. Half of the produced paves has been used as control example. The other half has been exposed to salt cure. The splitting tensile strenght and water absorbtion characteristics of the pave have been determined.

Generally, the examples with 10-20% substitute, had outcomes similar to the witness example. While the salt cure has improved the tensile strength in early ages, it has reduced it in older ages. In other physical properties, under exposure to salt cure, the examples with the fly ash had better outcomes.

Science Code : 714.1.143

Key Words : Fly ash, pozzolan, paste, resistance

Page Number: 61

Adviser : Assist. Prof. Dr. Osman ŞİMŞEK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK'e yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Doç. Dr. H. Yılmaz ARUNTAŞ' a, SET Beton ve Çimento işletmesine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vii
RESİMLERİN LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Uçucu Kül	4
2.1.1. Uçucu küllerin sınıflandırılması ve özellikleri.....	5
2.1.2. Uçucu küllerin beton özelliklerine etkileri.....	9
2.2. Beton Kilit Parke Taşı.....	10
2.2.1. Kilitli beton parke kaplamalar ve beklenen özellikler	11
2.2.3. Kilit taşı yapımında kullanılan betonun teknik özellikleri.....	14
2.2.4. Malzeme seçimi	15
2.2.5. Kilitli beton parke taşlarında görülen bozulmalar.....	16
3. MALZEME VE YÖNTEM	17
3.1. Malzeme.....	17
3.1.1. Çimento	17
3.1.2. Agrega.....	17
3.1.3. Karışım suyu	17

Sayfa

3.1.4. Orhaneli termik santrali uçucu külü	19
3.1.5.Çayırhan termik santrali uçucu külü	19
3.1.6. Kangal termik santrali uçucu külü	19
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1. Beton kilitli parke taşı üretimi	21
3.2.2. Kür suyu ve uygulama	22
3.2.3. Beton kilitli parke taşı numunelerine uygulanan deneyler.....	22
4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Yarmada Çekme Dayanımı Deney Sonuçları	30
4.2. Aşınma Deneyi Sonuçları	41
4.3. Su Emme Oranı Tayini Deney Sonuçları.....	46
4.4. Tuz Etkisi Atında Donma-Çözülme Deneyi Sonuçları	50
4.5. Sonuçların Değerlendirilmesi	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	61

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1 Kilitli parke taşı boyutları	11
Çizelge 3.1 Çimentonun Özellikleri	18
Çizelge 3.2 Agreganın fiziksel özellikleri	18
Çizelge 3.3 UK'lerin kimyasal analizleri ve standartlara uygunluk değerleri.	21
Çizelge 3.4 Beton karışımına giren malzeme miktarı (1m ³ için)	22
Çizelge 3.5 “k” düzeltme katsayısı	25
Çizelge 4.1 28 ve 90 günlük içme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin yarmada çekme deney sonuçları	30
Çizelge 4.2 Tuzlu küre maruz kalmış numunelerin yarmada çekme deney Sonuçları	35
Çizelge 4.3 İçme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin aşınma deneyi sonuçları	41
Çizelge 4.4 İçme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin su emme oranı deneyi sonuçları	46
Çizelge 4.5 Tuz etkisi altında donma-çözülme deneyi sonuçları	51

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1 Yarmada çekme dayanımı deney prensibi.....	23
Şekil 4.1 28 günlük içme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin, yarmada çekme dayanımı katkı oranı ilişkisi.....	32
Şekil 4.2 90 günlük içme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin, yarmada çekme dayanımı katkı oranı ilişkisi.....	33
Şekil 4.3 28 günlük tuzlu küre maruz kalmış kilit taşının yarmada çekme dayanımı katkı oranı ilişkisi.....	36
Şekil 4.4 28 günlük kilit taşı, yarmada çekme deneyleri tuzlu kür ilişkisi.....	37
Şekil 4.5 90 günlük tuzlu su kürüne maruz kalmış numunelerin yarmada çekme dayanımı katkı oranı ilişkisi.....	39
Şekil 4.6 90 günlük kilit taşı, yarmada çekme deneyi, tuzlu kür ilişkisi.....	40
Şekil 4.7 İçme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin aşınma deneyi katkı oranı ilişkisi.....	42
Şekil 4.8 Tuz etkisi altında aşınma deneyi katkı oranı ilişkisi.....	43
Şekil 4.9 Aşınma deneyi, tuz etkisi ilişkisi.....	44
Şekil 4.10 İçme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin su emme oranı tayini katkı oranı ilişkisi.....	47
Şekil 4.11 Tuzlu küre maruz kalmış numunelerin su emme oranı tayini, katkı oranı ilişkisi.....	49
Şekil 4.12 Su emme oranı tayini, tuzlu kür ilişkisi.....	50
Şekil 4.13 Tuz Etkisi altında donma-çözülme deneyi, normal sulama kürüne maruz kalmış numunelerin sonuçlarının katkı oranı ilişkisi.....	52
Şekil 4.14 Tuz etkisi altında donma-çözülme deneyi, tuzlu sulama kürüne maruz kalmış numunelerin sonuçlarının katkı oranı ilişkisi.....	53
Şekil 4.15 Tuz etkisi altında donma-çözülme deneyi, tuzlu kür ilişkisi.....	54

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1 Kilitli parke taşı	11
Resim 3.1 Beton kilit parke taşı üretim makinesi.....	21
Resim 3.2 Yarmada çekme dayanımı numune yerleştirilmesi.....	23
Resim 3.3 Yarmada çekme dayanımı deney sonucu kırılma.....	25
Resim 3.4 Aşınma deneyi görüntüsü	26
Resim 3.5 Resim 3.4. Aşınma deneyi sonucu numunelerden Görüntü.....	27
Resim 3.6 Numunelerin donma-çözülme deneyi için hazırlanma aşamaları.....	29

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

α	Alfa
$^{\circ}$	Derece
$\pm$	Artı-Eksi
SiO_2	Silisyum oksit
Al_2O_3	Alüminyum oksit
Fe_2O_3	Demir oksit
CO_2	Kalsiyum oksit
MgO	Magnezyum oksit
SO_3	Kükürt trioksit
H_2SO_4	Sülfirik asit
HNO_3	Nitrik asit

Kısaltmalar

Açıklama

Ç	Çayırhan termik santralinden temin edilen uçucu kül.
K	Kangal termik santralinden temin edilen uçucu kül.
MPa	Mega Pascal
N	Numune adedi
O%10	“O” harfi Orhaneli termik santrali uçucu külü, “%10” çimento yerine ikame edilen kül oranını belirtmektedir.
PÇ	Portlant Çimentosu
TS	Türk Standartları
UK	Uçucu Kül

1. GİRİŞ

1970’li yıllarda başlayan petrol krizinden sonra, her sektörde olduğu gibi, inşaat sektöründe de enerji azaltmaya yönelik alternatif malzeme kullanımı araştırılmaya başlanmış ve devam etmektedir[1].

Betonun ana bileşenlerinden olan çimento beton maliyetinde önemli bir yer tutar. Çimento üretiminin maliyeti ve çevreye verdiği zararda bir hayli çoktur. Çimento üretiminde kullanılan enerjinin en az %40’ı öğütme ve pişirmede kullanılmaktadır. Çimento üretiminin azaltılması, çevre ve ekonomik açıdan son derece önemlidir. Günümüzde çimentonun çeşitli puzolanik malzemelerle yer değiştirilerek hem daha ekonomik hem de daha iyi beton üretilebilmektedir[2-3].

Türkiye’de elektrik enerjisi, kömüre dayalı termik santrallerden ve hidroelektrik santrallerinden elde edilmektedir. Düşük kalorili linyit kömürlerinin yakıldığı termik santrallerde, elektrik üretimi sırasında toz haldeki kömürün yanması sonucu baca gazları ile sürüklenen ve elektro filtreler yardımı ile tutularak atmosfere çıkışı önlenen mikron boyutunda kül tanecikleri meydana gelmektedir[4].

Yanma gazlarıyla bacaya sürüklenen uçucu küllerin özellikle, çok küçük boyutlu olanlarının solunum sisteminde zararlı etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Çok büyük miktarlara varan bu küllerin tutulması için tüm termik santrallerde yüksek verimlere sahip (% 99’u geçen) filtreler kullanılmaktadır. Bu filtrelerde toplanan küllerin uygun olmayan yöntemlerle çevreye atılması ve depolanması halinde de yeni çevre sorunları gündeme gelmektedir[5].

UK’lerin bacalarda tutulması ile günümüzün çok önemli problemlerinden biri olan hava ve toprak, dolayısıyla çevre kirliliği de kısmen önlenmiş olmaktadır. Öte yandan UK’lerin biriktirilmesi veya atılması, önemli oranda çevre kirliliğine yol açmaktadır. UK’lerin neden olduğu çevre problemleri arasında, tozlanma, tarım ürünlerine zarar verme, yağmur ve rüzgar erozyonu, toprakta süzülme dolayısıyla toksin madde taşınması ve radyasyon sayılabilir. Bu çevre sorunları nedeniyle tarım

ürünleri, su ve havanın kalitesi, doğal hayat, bölgenin ekonomik durumu ve çevre güzelliği açısından istenmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır[4]. Rüzgar erozyonu ve tozlanma, UK'lerin havuzlarda çökeltilmesi veya ıslatılarak taşınması sayesinde önlenebilmektedir [6].

Yukarıda sayılan sorunların çözülmesi, UK'lerin çeşitli kullanım alanlarında değerlendirilerek ülke ekonomisine kazandırılması ile mümkün görülmektedir. UK'lerin değerlendirildiği sektörlerin başında ağırlıklı olarak inşaat sektörü gelmektedir[4].

UK'lerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri incelendiğinde, bunların inşaat sektöründe rahatlıkla kullanılabileceği ve dolayısıyla bir yandan malzeme ve enerji üretiminde ekonomi sağlanırken diğer taraftan çevre kirliliğinin önlenmesi ile ekolojik dengenin korunması da mümkün görülmektedir[4].

Parke yol yapımı Romalılardan beri kullanıla gelmiş bir üst yapı tipidir. Hidrokarbonlu bağlayıcıların (asfalt, katran vb.) kullanımı öncesinde taş parke kaplama uygulaması, dayanıklılık, temiz ve tekerlek yuvarlanmasına elverişli bir yüzey oluşturma yönleri ile tek çözümdü. Ülkemizde “Arnavut Kaldırımı” olarak tabir edilen bu tip kaplamalı yollara, hala rastlamak mümkündür[7]. Zamanla estetiğin daha fazla istenmesi sonucu, belirli bir işçilik isteyen düzgün boyutlu doğal taş malzemeli parke taşları kullanılmaya başlamıştır. Fakat doğal kaynaklardan sağlanan taş parkelerinin üretim işçiliğinin uzun sürmesi ve artan talep karşısında maliyeti de arttırmıştır. Birbirine kenetlenmiş rijit parçalardan oluşması nedeni ile rijit kaplama kategorisine yaklaşan prefabrike beton parkeleri buna karşılık alttaki tabakalara dokunma yüzeyleri sayesinde yükü bu tabakaya iletme yönüyle elastik davranış göstermekte ve esnek kaplama niteliği de gösterebilmektedir. Bu nedenle kilitli beton parke kaplamalara, bazen asfalt bazen de beton kaplamaya yaklaşma nedeni ile rijit ve esnek kaplamalar içerisinde bir yer vermek olasıdır[8].

Dış mekanların en çok kullanılan parke taşı olan kilitli parke taşı, alışılmış biçimiyle dış zeminlerin vazgeçilmez döşeme taşı olarak kendini kanıtlamıştır. Birçok toplu

konut alanlarında rahatlıkla kullanılan ve her türlü mimariye uyum gösteren kilitli parke taşı, sağlamlığının yanı sıra dekoratif görünümüyle de ihtiyaca en iyi şekilde cevap verebilmektedir. Özellikle şehir içi yol ve kaldırım kaplamalarında, sanayi alan ve yollarında, araç park alanlarında, ticari merkezlerde, fabrika çevreleri ve benzeri yoğun çalışmalara maruz kalan bölgelerde kullanılmaktadır. Günümüzde parke taşlarına olan talep hızla artmaktadır.

Parke taşı üretimi, UK kullanımı için geniş hacimli bir alandır. UK'lün parke taşı üretiminde kullanılması, daha iyi parke taşı üretimi, ekonomiklik ve çevre dostu bir yaklaşım olacaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Beton kilit taşları yaya yolu, meydan, bisiklet yolu, otopark, karayolu, endüstriyel saha, hava alanı kaplaması, otobüs durağı ve petrol dolum istasyonlarında uygulanabilmektedir[9].

UK çimento üretimi ve hazır beton üretiminde aktif ve yoğun olarak kullanılmaktadır. UK'ün sınıflandırılmasında, kimyasal bileşen yüzdesine göre esas olarak sınıflandırılırlar[10,11].

2.1. Uçucu Kül

UK kömürle çalışan termik santrallerinden ortaya çıkan bir atık üründür. Termik santrallerde çok ince öğütülerek yakılan kömürden aşağıdaki gibi üç farklı kül elde edilir[6].

- Göreceli olarak iri taneli olup baca gazları ile taşınamayan ve kazan tabanına düşen “taban külü”
- Siklon tipi ocaklarda yakılan kömürün suda soğutularak uzaklaştırılması ile elde edilen “ham kül”
- Çok ince taneli olup baca gazları ile taşınan “uçucu kül”[6].

UK'ler küresel yapıda olmakta ve çapları 1-200 mikron arasında değişmektedir[3]. Çevreyi olumsuz olarak etkileyecekleri için, UK'lerin santral bacasından çıkarak havaya karışmaları önlenir. Bu amaçla küller mekanik ve elektrostatik yöntemlerle toplanarak santral çevresinde veya farklı uygun yerlerde depolanır[6].

Türkiye’de, Afşin-Elbistan, Çatalağz, Çayırhan, Kangal, Kemerköy, Orhaneli, Seyitömer, Soma, Tunçbilek, Yatağan ve Yeniköy santralleri olmak üzere 11 termik santral faaliyet göstermektedir. Bu santraller 2003 verilerine göre yılda 13.5 milyon ton UK’ü yan ürün olarak üretmektedir[3,6].

UK'ün özellikleri kömürün özelliklerine ve yakılma yöntemine bağlı olarak farklılıklar gösterir. Genellikle silisli ve alüminli olan bileşimi dolayısıyla puzolanik özellik göstererek çimento ve betonda katkı maddesi olarak kullanılır. Taze betonda hidrasyon ısını azaltır. Çimento hidrasyonu sonucu oluşan kireçle reaksiyona girerek ilave bağlayıcı jel oluşturur. Çimento hamurundaki boşlukları doldurur ve betona dayanıklılık kazandırır. Linyit kömürü yakılması ile elde edilen UK'de kireç oranı genellikle yüksektir. Bu tür küller aynı zamanda hidrolik yani bağlayıcılık özelliği gösterir[6].

Antrasit kömüründe veya iyi yakılmayan diğer kömürlerden elde edilen UK'lerde karbon miktarı yüksek olur. Buda çimento ve betonda su ihtiyacını artırır, puzolanik özelliği ve kaliteyi olumsuz etkiler[6].

UK'ün inşaat alanında en yaygın kullanım yeri betondur. UK'ler beton karışımında üç ayrı yöntemle kullanılırlar[3].

- Çimentonun belli oranlarda azaltılarak yerine UK kullanılması.
- İnce agrega belli oranda azaltılarak yerine UK kullanılması.
- Hem ince agrega hem de çimento belli oranlarda azaltılarak yerine UK kullanılması[3].

UK'ün bilinçli olarak çeşitli alanlarda kullanımı hem kullanıcı, hem de külü üreten için ekonomik avantaj sağlar. Atık bir madde ortadan kalktığı için çevre korunmuş olur[6].

2.1.1. Uçucu küllerin sınıflandırılması ve özellikleri

Kömürün yüksek sıcaklıklarda yanması sonucu meydana gelen ergimiş malzeme soğuyarak, gaz akışı ile kısmen veya tamamen küresel şekilli kül taneciklerine dönüşmektedir[6].

UK'lerin kimyasal kompozisyonlarının elde edildikleri kömürün jeolojik geçmişiyle, termik santraldeki yanma sıcaklığıyla, üretilen enerji miktarıyla, kül toplama sisteminin özellikleriyle, doğrudan ilişkili olması her türlü sınıflandırma çabasını yetersiz kılmaktadır. Geniş sınıflandırmalar yapmak mümkündür. Bazı UK'ler birden fazla sınıfın özelliklerini taşıırken, bazıları da neredeyse kendileri bir sınıf oluşturacak kadar özel niteliklere sahip olabilirler. UK'ler genel olarak kimyasal kompozisyonuna göre değişik şekillerde sınıflandırılmaktadırlar[3].

UK'de başlıca bulunan bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , ve CaO olup. Bunların miktarları UK cinsine göre değişmektedir. Ayrıca MgO , SO_3 , alkali oksitlerde minör bileşen olarak bulunmaktadır. UK'deki temel oksitlerden SiO_2 %25-60, Al_2O_3 %10-30, Fe_2O_3 %1-15 ve CaO %1-40 oranlarında bulunmaktadır[6].

Kireç (CaO) ve sülfat (SO_3) miktarına göre sınıflandırma:

- Esas yapısı siliko alüminatlardan meydana gelen ve genellikle taş kömüründen elde edilen UK'lere siliko alüminöz UK'ler denir.
- Genellikle linyit kömüründen elde edilen ve diğerlerine oranla yüksek miktarda SO_3 ve CaO içeren küllere sülfokalsik UK'ler denir.
- Linyit kömürlerinden elde edilen kireç ve silika miktarı yüksek UK'lere ise silikokalsik UK'ler olarak adlandırılır[3].

Kireç (CaO) miktarına göre sınıflandırma: Son yıllarda oldukça geniş kabul gören başka sınıflandırma ise, UK'lerin içerdiği analitik CaO miktarına dayanmaktadır. Buna göre CaO miktarı %10'un altında olan UK'ler düşük kireçli veya düşük kalsiyumlu, %10'un üstünde olanlar ise yüksek kireçli kalsiyumlu UK'ler olarak adlandırılır[3].

ASTM C 618 standardına göre: UK'ler F ve C sınıfına ayrılırlar[10].

F sınıfı UK: Bitümlü kömürden üretilen ve toplam SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 yüzdesi %70'den fazla olan uçucu küllerdir. Aynı zamanda bu küllerde CaO yüzdesi %10'un altında olduğu için düşük kireçli olarak ta adlandırılırlar. F sınıfı UK'ler puzolanik özelliğe sahiptirler[10].

C sınıfı UK: Linyit veya yarı-bitümlü kömürden üretilen ve toplam SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 yüzdesi %50'den fazla olan küllerdir. Aynı zamanda C sınıfı UK'lerde CaO Yüzdesi %10'un altında olduğu için düşük kireçli olarak ta adlandırılırlar. C sınıfı UK'ler puzolanik özelliğe sahip olmanın yanında bağlayıcı özelliğe de sahiptirler[10].

TS EN 197-1'e göre sınıflandırma: Silissi (V) ve kalkersi (W) olmak üzere ikiye ayrılırlar[11].

V sınıfı UK'ler: Bu küllerde, reaktif kireç (CaO) oranının %10'dan az reaktif silis miktarının ise %25'ten fazla olması gerekmektedir[11].

W sınıfı UK'ler: Bu küllerde, reaktif kireç (CaO) oranının %10'dan fazla reaktif silis miktarının ise %25'ten fazla olması gerekmektedir[11].

Kimyasal bileşimleri

UK'lün kimyasal bileşimi, kullanılan kömürün yapısı, jeolojik orijini ve proses koşullarına (kömürü hazırlama, yanma, toz toplama, desülfirizasyon vb.) bağlıdır[6].

UK'de bulunan başlıca bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , ve CaO olup, diğerleri SO_3 , MgO ve alkali oksitlerdir. Ayrıca yanmış karbon ve bunun yanında titanyum, fosfor, berilyum, mangan ve molibden de çok az bileşen olarak bulunmaktadır[6].

Temel oksitler olan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO' in miktarları UK'ün silissi veya kireçsi yapıda olmasına göre geniş aralıkta değişmektedir. Buna göre UK'de SiO_2

%25-60, Al_2O_3 %10-30, Fe_2O_3 %1-15 ve CaO %1-40 değerleri arasında bulunmaktadır[6].

Kızdırma kaybı, esas olarak kömürdeki yanmamış karbona karşılık gelmekle birlikte, kömürdeki hidratlar veya karbonatların bozulması ile ortaya çıkan bağlanmamış su veya CO_2 kaybını da içine almaktadır. Kızdırma kaybı, %1.0-10 arasında değişmektedir[6].

UK'de reaktif silis ve reaktif kireç, çimentonun hidratasyonu sırasında oluşan ve dayanım gelişiminde önemli rolü olan kalsiyum silikat hidrat jeli oluşturan silisyum ve kalsiyum oksitleri temsil etmektedir. Özellikle reaktif silis, külün aktif bileşeni olup puzolanik reaksiyonlara girmek üzere, alkali ortamda çözülen silistir. Bu bileşik amorf veya camsı faz halinde bulunurken; multi ve kuvars gibi diğer bileşenler inert olup kristalize halde bulunurlar. Reaktif silis miktarının, UK'lün tipine bağlı olmaksızın en az %25 olması gerekmektedir. Reaktif kireç ise düşük kireçli küllerde %10' un altında olmakta; yüksek kireçli küllerde %10-15 arasında değişmektedir[6].

UK'lerin fiziksel özellikleri

İncelik: UK'lerin tane dağılımı UK'ün bacada tutulmasında kullanılan mekanizmalara bağlıdır. UK'lerin incelikleri betonun ve çimentonun özelliklerine olumlu etkide bulunmaktadır. Elektrostatik yöntemle tutulan UK'lerin inceliği 4000-7000 cm^2/g arasında değişmektedir. Bu küller çimento üretiminde kullanılmaya daha uygundur. Siklon ve mekanik olarak tutulan UK'lerin incelikleri 1500-2000 cm^2/g arasında değişmektedir. Genel olarak bir termik santralin UK tane dağılımı, kömür kaynağı, kömür öğütme yöntemi ve termik santralin çalışma prensipleri değişmediği sürece aynı kabul edilir. UK'ler ne kadar ince ve karbon içeriği ne kadar düşük olursa puzolanik aktivitenin o kadar yüksek olacağı söylenebilir. Aynı işlenebilirlikteki beton dayanımına katkısı o kadar olumludur[3].

Yoğunluk: UK'lerin yoğunlukları inceliğe ve mineralojik yapılarına bağlıdır. Genel olarak KUK'lerin yoğunlukları 1,9 ila 2,4 arasında değişmektedir[3].

2.1.2. Uçucu küllerin beton özelliklerine etkileri

Beton karışımının su ihtiyacı

Sabit bir çökme değeri elde edebilmek için, UK'lü beton karışımının su ihtiyacı olan su miktarı, genellikle katkısız, betondakinden daha az olmaktadır. Yapılan araştırmalarda çimento ağırlığının % 20-30'u azaltılarak, yerine UK ikame edilen betonların su ihtiyacında yaklaşık %7 kadar daha az su kullanıldığı gözlemlenmiştir. Kül tanelerinin küresel şekilli olmaları, daha az sürtünmeye yol açtığı için, daha az su ihtiyacı olmasına neden olmaktadır[12].

Yine yapılan araştırmalara göre taze betondaki UK ikame oranı artarken, çökme değeri azalmaktadır. Yani işlenebilme zorlaşmaktadır. Bu durum sabit su/bağlayıcı (s/b) oranı ile UK'ün özgül ağırlığının çimentodan düşük olması ve karışıma giren ince malzeme miktarının hacimce artması ile doğru orantılı olarak su ihtiyacının artması olarak açıklanır[1].

Görüldüğü üzere UK'ün işlenebilirliğe etkisi çeşitli kaynaklarda farklı olarak belirtilmiştir. Bu farklılık UK'lerin kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Farklı araştırmaların sonucuna göre gözlemlenen; düşük kireçli UK'ler sabit s/b oranında su ihtiyacını azaltmaktadır, yani işlenebilirliği arttırmaktadır. Yüksek oranda kireç içeren UK'ler işlenebilirliği azaltmaktadır[6,1, 12,13].

Priz süresi: UK katkılı betonların priz süresi katkısız betonlarındakinden genellikle daha uzun sürmektedir. Priz süresi kullanılan UK'ün tipine ve inceliğine göre değişmektedir. C sınıfı UK'ler F sınıfı UK'lerden daha kısa priz süresi göstermektedir[12].

Hidratasyon ısıtı: UK kullanımı hidratasyon ısınısını düşürür. UK, Türkiye'de ve dünyada birçok baraj yapımında kullanılmıştır[4].

UK kullanımının olumlu etkileri

- Genel olarak işlenebilirliği artırır.
- Taze betondaki kuma ve terlemeyi azaltır.
- Taze betonun tane ayrışmasını azaltır.
- Betonun hidrasyon ısını azaltır
- Sertleşmiş betonun su geçirimsizliğini azaltmaktadır.
- Sertleşmiş betonun sülfat direncini artırır.
- Sıcak havada beton dökümünü kolaylaştırır.
- Sertleşmiş betonun sülfatlara dayanıklılığını arttırmaktadır.
- Ekonomiklik sağlar[3,6].

UK kullanımının olumsuz etkileri

- Betonun prizini geciktirir, soğuk havada beton dökümünü zorlaştırır.
- Betonun ilk günlerdeki dayanım hızını yavaşlatmaktadır.
- Betonun daha uzun süreyle kür edilmesini gerektirmektedir.
- Betonda belirli miktarda sürüklenmiş hava elde edebilmek için daha çok miktarda hava sürükleyici katkı maddesinin kullanılmasını gerektirmektedir.
- Sertleşmiş betonun donma çözülme direncini azaltır[3,6].

2.2. Beton Kilit Parke Taşı

Beton kilit parke taşları çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karıştırılması ve beton parke makinesi vasıtasıyla üretilen yapı elemanıdır[8].

Beton parke elemanları farklı tip ve ebatlarda fabrikasyon olarak üretilmekte ve son yıllarda hızla yaygınlaşan beton parke kaplamaların yapımında kullanılmaktadır. Kent içi yollarda (ağır taşıt trafiğinin yoğun olmadığı cadde ve sokaklarda) kaldırımlarda, yaya yollarında rekreasyon alanlarında, site içi bağlantı yollarında vb. kullanılmaktadır[7].

Yapay (beton) parke taşları; kilitli parke taşı, küp parke taşı, damla taşı, S tipi tırtıl parke taşı, süper dekor parke taşı, kupa parke taşı, yelpaze parke taşı, beşgen parke taşı, kare parke taşı, baklava parke taşı, delta parke taşı, çim dekor parke taşı, yapraktaş, çimtaş ve yuvarlak çimtaş olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada, kullanım alanı ve maruz kaldığı koşullar açısından "I" şeklindeki beton kilit taşı, yani kilitli parke taşı incelenecektir[8].



Resim 2.1. Kilitli parke taşı

Çizelge 2.1 Kilitli parke taşı boyutları

BOYUTLAR (cm.)			Adet/m ²	Ağırlık	
Genişlik	Uzunluk	Yükseklik		kg/adet	Kg/m ²
16,3	19,8	10	36	5,8	210
16,3	19,8	8	36	4,8	173
16,3	19,8	6	36	3,8	135

2.2.1. Kilitli beton parke kaplamalar ve beklenen özellikler

TS 2824 EN 1338'de [9] önerildiğine göre parke taşlarının, aşağıdaki kriterleri taşıması gerekmektedir.

Yarmada çekme dayanımı: Ortalama değer 3.6 MPa olmalıdır, en düşük değer 2.9 MPa dan az olmamalıdır[9].

Su emme oranı: Ortalama %5 ve tek numunede %7 den fazla olmamalı.

Don dayanımı: Hiç bir numunede kütle kaybı, %3 ten fazla olmamalı.

Görünüş: Gözle yapılacak muayenede çatlaklar, yüzeyde boşluklar, çukurlar ve pürüzler olmamalıdır.

2.2.2. Kilitli beton parke kaplamaların avantaj ve dezavantajları

Ülkemizde çimento ve hazır beton sanayinin gelişmiş olması ve bir çok bölgemizde 3 ila 6 ay beton dökümüne müsait olmaması nedeniyle, bu işletmelerin kış aylarında kapalı mekanlarda üreteceği prefabrik beton blokların yaz aylarında ve hatta yağışın olmadığı her mevsimde yola döşenmesi mümkündür[7].

Öztaş ve arkadaşlarının(15), yaptığı araştırmaya göre, parke taşlarının özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Fabrikada üretildiği için direnci yüksek agrega kullanmak, betonun kalitesini iyileştirmek, sonuç olarak da mekanik direnci yüksek bir kaplama elde etmek mümkündür.
- Prefabrike parke elamanlar, boyut açısından hassas ölçülerle üretilir.
- Üretim hızı ve kapasiteleri yüksektir.
- Yol kaplamanın hemen ardından trafiğe açılabilir.
- Kaplamanın yapımı meteorolojik koşullardan etkilenmemektedir. Her türlü hava koşulunda kaplama yapılabilir.
- Parkelerin yan yana getirilmesinde birbirine uyum sağlayan girinti ve çıkıntılar taşıtların frenlemesinde veya hızlanmasında doğan yatay kayma gerilmelerini, kolayca ve kırılmadan aktarabilir.

- Yol yüzeyine dökülebilecek yağ, mazot, benzin asit vb. Gibi kimyasal maddelerden etkilenmez ve bunlara dayanıklıdır.
- Su, telefon, elektrik, kanalizasyon vb. gibi alt yapı çalışmalarının, malzeme kaybı olmadan kolaylıkla yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bozulan yüzeyin aynı malzeme ile onarılması mümkündür ve kolaylıkla yapılabilir.
- Çeşitli renk ve değişik geometrik şekillerde üretilebilir. Bu nedenle mekanların çeşitli renk ve desenlerde kaplanması, mekan sınırlarının çizilmesi, trafik işaretlerinin belirlenmesi, çevreye estetik yönden uyum sağlaması, ayrıca kendi başına estetik elamanı durması, önemli bir avantaj ve üstünlük olarak sayılmaktadır.
- Beton yollarda derzlerin kontrolü ve derz dolguları değişiminin 4-5 yılda yapılması gerekir. Asfalt yollarda ise ortaya çıkabilecek çatlama çukurlaşma veya ayrışımından ileri gelen bozuklukların onarımı daha kısa periyotlarda yapılması gerekmektedir. Oysa kilitli beton parke kaplamanın, yapım sonrasında itibaren 25 yıl bakım gerektirmediği saptanmıştır[14].

Tunç(7)'de belirtildiğine göre;

- Üretimin her aşamasında kalite kontrol denetimleri kolaylıkla yapılabildiğinden yüksek kalitede olması.
- En az beton kaplama kadar mukavemetli olması.
- Kür şartlarının daha iyi olması.
- Kademeli inşaatla müsait olması.
- Bakım ve onarım işlerinin kolaylığı ,ucuzluğu ve hızı[7].

Bu avantajlarının yanında, kilitli beton parke kaplamaları yapımı için bu işte kalifiye bir ekibe gereksinim duyulması, ilerleme hızının da yine bu ekibin çalışma hızına bağlı kalması, herhangi bir alt yapı onarımı sonrasında veya üstyapı onarımında yine kalifiye bir ekibe gereksinim duyulması, şehir içi yollar için son derece uygun bir kaplama türü olmasına karşılık çok daha büyük uzunluğa sahip şehirler arası yollarda, yapım hızı sebebi ile pratik ve ekonomik olmaması gibi faktörler bu kaplama tipinin zayıf taraflarını oluşturmaktadır[14].

2.2.3. Kilit taşı yapımında kullanılan betonun teknik özellikleri

Beton kilit taşları; çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karıştırılması ve beton parke makinesi vasıtasıyla üretilen, başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidrasyonu nedeniyle katılaşp sertleşen bir yapı malzemesidir[15]. (Çimentolar, hidrolik bağlayıcı maddeler olup, gerek kendi başına gerekse yanı sıra katılan kum, çakıl, kırma taş gibi malzemelerle birlikte su ile karıştırılıp hamur haline getirildikten sonra hem havada hem de su içinde yavaş yavaş sertleşerek taş haline dönüşürler. Çimentonun ana maddeleri kalker, kil, alçı taşı (% 3 - % 6 oranında), silisli kumdur[3]. Bütün yapı şartnamelerinde olduğu gibi, beton parke taşlarında da kural olarak Türk standartlarına uygun çimento kullanılması kaydı bulunmaktadır[9]. Betonun oluşmasında en büyük rolü üstlenen elemanlardan birisi çimentodur. Her yapının özelliğine göre çimento cinsi kullanılmalıdır. Agregalar; doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin bir yığındır[16]. Agregalar, beton yapımında çimento ve su ile birlikte kullanılan, kum, çakıl, kırma taş gibi taneli malzemelerdir. Beton hacminin yaklaşık % 75'i agrega tarafından oluşturulmaktadır[12]. Beton yapımında su önemli bir bileşendir. Bu nedenle beton yapımında kullanılacak suda bulunan maddelerin betona etkilerinin bilinmesi gereklidir. Beton, sertleşme sırasında ve sertleşmeden sonra da ara sıra veya her an su ile temastadır. Beton karma suyunun en iyisi içilecek su olmakla birlikte daha önce kullanılarak denenmiş ve iyi sonuç vermiş bütün sular beton karışım suyu olarak kullanılabilir[8].

Bir betondan taze halde işlenebilme, sertleşmiş halde de dayanım ve dayanıklılığın iyi olması istenir. Betonun işlenebilme ve basınç dayanımı özelliği kısa sürede belirlenebilirken, dayanıklılık özelliği uzun zaman içinde belirlenir. Betonun dayanıklılığında en önemli faktör, boşluksuz bir beton üretmektir. Boşluk ve çatlakların çapı ve dağılımı beton yüzeyindeki mikro iklime bağlıdır. Boşluk oranının kontrolü, en düşük değere indirilmesi, beton teknolojisinin kurallarına uymakla

olanaklıdır. Betona, dış ortam fiziksel ve kimyasal etkenlerle etki eder. Fiziksel etkenler, atmosfer koşullarında ıslanma-kuruma, donma-çözülme, aşınma, kum fırtınaları ve taşıt araçların etkisi şeklinde sıralanabilir. Kimyasal etkenler ise iç ve dış etkenler olarak belirlenir. İç etkenler beton içine giren malzemelerin (çimento, agrega, karma suyu ve katkı maddeleri) kimyasal yapısındaki bileşiklerin standartlardaki limit değerlerin dışında olmasından dolayı ortaya çıkar. Dış etkenler ise betonun çevresindeki dış ortamdır. Dış ortam etkisi, buz, çözücü tuzlar, zemin suyu gibi sıvı ortam, hava kirliliği sonucu CO₂ ve SO₂ gazlarından, endüstri ve sanayi katı atıklarından kaynaklanabilir[8].

Beton, yapılarda çeşitli zorlamaların etkisi altında bulunmaktadır. Bu zorlamaların türüne göre çeşitli özelliklere sahip olması gerekir. Betonun mekanik mukavemetleri arasında en büyük değere sahip olan basınç mukavemeti olmasına rağmen, yapı elemanının kullanıldığı yere göre çarpma, eğilme, aşınma ve çekme dayanımlarına maruz kalırlar. Beton kilit taşlarının; basınç gerilmelerinden başka çekmeye, çarpmaya ve aşınmaya karşı yeterli bir mukavemete sahip olması gerekmektedir[17]. Ayrıca beton kilit taşlarında biçim ve boyutunda düzgün olması gerekir.

2.2.4. Malzeme seçimi

Kilit taşı üretiminde seçilecek malzemelerin seçiminde, emniyet, ekonomi ve estetik gibi unsurlara dikkat edilmelidir.

Kilit taşı üretiminde kullanılacak malzemelerin aşağıdaki özelliklerin bulunmasında fayda var.

Teknolojik özellikler: Aşınma, şekil değiştirme ve kırılma , çarpma dayanımı, sertlik, yorulma ve sünme.

Fiziksel özellikler: Birim ağırlık, özgül ağırlık, porozite (boşluk), kompasite (doluluk), su emme, donma-çözülme dayanımı, geçirimsizlik, rötre ve şişme,

kapilarite (kılcal su emme).

Mekanik özellikler: Basınç dayanımı, çekme dayanımı, kesme dayanımı.

Geometrik özellikler: Agrega tanelerinin biçimi, yüzey durumu, özgül alan, granülometrik bileşim. [3]

2.2.5. Kilitli beton parke taşlarında görülen bozulmalar

Beton kilit taşları dış hava tesirleriyle doğrudan doğruya temas halinde olan yapı elemanlarıdır. Kötü hava şartlarına ve diğer dış etkilere maruz kalan beton kilit taşlarında bu etkilerin bir sonucu olarak bozulmalar ve dökülmeler meydana gelebilmektedir. Uygulamanın yapıldığı yöre için test edilmiş ve; uygulama yapılmışsa onlarında sonuçları dikkate alınmalıdır. Beton kilit taşlarına tesir eden dış etkiler şunlardır[5];

Meteorolojik faktörler: Beton kilit taşları, yazın sıcak hava, kışın soğuk hava, kar, yağmur, rüzgar ve don etkisine maruz kalırlar. Bunlardan özellikle don etkisi, parke taşları üzerinde çok etkili olduğu gözlemlenmiştir[8].

Hava kirliliğinin etkisi: Beton kilit taşlarında hava kirliliğinin etkisiyle zamanla renk değişimi ve dökülmeler gözlenebilir. Nitrojen, Oksijen, Argon, Karbondioksit, Neon, Helyum ve çok az miktarda diğer elementlerden meydana gelir. Elementlerin bileşimiyle oluşan H_2SO_4 (Sülfirik asit) ve HNO_3 (Nitrik asit) kirletici bileşimler beton yüzeyinde alçı taşı (Gipsium) oluşumu meydana getirir. Bu da malzemenin dağılmasına, rüzgar ve yağmur etkisiyle dökülmeler meydana gelmesine sebep olmaktadır[8].

Hava kirliliği kaynakları ise egzoz gazları, soba ve kalorifer gazları, fabrika baca dumanları, ile oluşmaktadır[8].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

Çalışmada, Orhaneli termik santrali, Çayırhan termik santrali, Kangal termik santrali'ne ait 3 farklı uçucu kül kullanılarak. % 10, 20, 30, 40 oranlarda çimento yerine ikame edilerek parke taşı üretilmiştir. Aynı özellikte her karışımda 12 numune üretilmiş, 6 adet numune normal sulama kürüne, 6 numune tuzlu sulama kürüne tabi tutulmuştur. Üretilen beton kilitli parke taşları, 28 ve 90 günlük yarmada çekme dayanımı, 28 günlük parke taşları üzerinde; donma-çözülme, aşınma, su emme özellikleri belirlenmesi amaçlanmıştır.

3.1.1. Çimento

Beton kilit taşı üretiminde, Set Çimento'dan temin edilmiş PÇ 42.5 çimento kullanılmıştır.

3.1.2. Agrega

Beton kilit taşı üretiminde; Set Beton idaresinden temin edilmiş 0-4 tane sınıfı kırma taş kullanılmıştır.

3.1.3. Karışım suyu

Karışım suyu olarak Ankara şebeke suyu kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 Çimentonun Özellikleri

Fiziksel özellikleri (PÇ 42.5)	
Özgül ağırlık	2,95
Blaine (incelik) modülü (cm ² /gr)	4108
Su içeriği (%)	28,4
Priz başlama süresi (dk.)	105
Priz sona erme süresi (dk.)	2.45
Çimentonun Kimyasal Analizleri	
MgO (%)	0,85
Al ₂ O ₃ (%)	4,80
SiO ₂ (%)	14,73
Fe ₂ O ₃ (%)	3,61
CaO (%)	64,29
SO ₃ (%)	2,40
K ₂ O (%)	0,79
Na ₂ O (%)	0,30

Çizelge 3.2 Agreganın fiziksel özellikleri

Deneyin adı	0-4 mm.
Özgül ağırlık (kg/dm ³)	2,574
Su emme oranı (%)	2,2
İnce madde oranı (%)	1,595
Organik madde oranı	Yok
Hafif madde oranı	0,12
Yüzey nemi oranı (%)	1,4

3.1.4. Orhaneli termik santrali uçucu külü

Orhaneli uçucu külü, reaktif kireç miktarının % 10'un altında olması nedeniyle V sınıfı (silissi uçucu kül) kapsamına girmektedir[11]. SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 yüzdesinin % 70'i geçmesi, ve CaO miktarının % 10 un altında olması nedeniyle F sınıfı (düşük kireçli) UK koşulunu sağlamaktadır[10](Çizelge 3.3). Aynı zamanda TS 639'da istenen $\text{S}+\text{A}+\text{F} > \%70$ koşuluna da uymaktadır. Orhaneli UK'ü TS EN 450 standartlarına göre SO_3 için getirilen % 3'lük sınırın altında SO_3 içermesi, ve serbest kireç miktarının % 1'in altında olması nedeniyle bu standarda da uymaktadır[18].

3.1.5.Çayırhan termik santrali uçucu külü

Çayırhan UK'ü reaktif kireç miktarının %10 un altında olduğundan V sınıfına (silissi UK) girmektedir[11]. Yine, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 değerinin % 70 in üzerinde olmasından F sınıfı (düşük kireçli) dahil olmakla birlikte analitik CaO miktarının % 10 un üzerinde olması nedeniyle kireçsi kül sınıfına da girmektedir[10].

3.1.6. Kangal termik santrali uçucu külü

Kangal UK'ü göre reaktif kireci %10'un üzerinde olduğundan kalkersi UK (W) sınıfına girmektedir[11]. SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 miktarı, TS 639'da $> \%70$ sağlamamakta; ancak ASTM C618'e göre $\text{S}+\text{A}+\text{F} > \%50$ olduğu için bu kül C sınıfı UK sınıfına girmektedir[10].

Çizelge 3.3 UK'lerin kimyasal analizleri ve standartlara uygunluk değerleri

Oksit	Uçucu Küller			Standartlara uygunluk sınırları					
	O(%)	Ç(%)	K(%)	TS EN 450	TS EN 197-1		TS 639	ASTM C 618	
					V	W		F	C
SiO ₂	48,45	50,88	37,85						
Al ₂ O ₃	24,75	14,00	14,23						
Fe ₂ O ₃	7,65	9,63	4,25						
S+A+F	80,85	74,51	56,33				>70,00	>70,00	>50,00
CaO	9,11	11,75	29,14						
MgO	2,30	4,11	1,68				<5,00		
SO ₃	2,51	3,96	7,12	<3,00			<5,00	<5,00	<5,00
K ₂ O	2,65	1,85	1,02						
Na ₂ O	0,42	2,65	0,65						
KK	1,72	0,74	3,56	<5,00	<5,00	<5,00	<10,00	<6,00	<6,00
Cl ⁻	0,005	0,017	0,007	<0,10					
Serbe. CaO	0,12	0,57	7,58	<1,00					
Reak. SiO	35,1	40,15	28,04	>25,00	>25,00	>25,00			
Reak. CaO	7,86	7,84	24,02		<10,00	>10,00			

3.2. Yöntem

3.2.1. Beton kilitli parke taşı üretimi

Beton kilitli parke taşları, karışım elamanlarının depolandığı üniteler, taşıma sistemi, ölçme tertibatı ve uygun karıştırıcı bulunan bir laboratuarda üretilmiştir. Harç hafif nemli ve ele alındığında yumrukta sıkışacak kıvamda yapılmıştır. Hazırlanan harç, kilitli parke taşı makinesinde 6 sn titreşim uygulanarak üretilmiştir. Kalıptan çıkan numuneler, 1 hafta boyunca günde 2 defa (sabah akşam), diğer günler günde 1 defa yağmurlama yöntemi ile sulanmıştır.



Resim 3.1 Beton kilit parke taşı üretim makinesi.

Çizelge 3.4 Beton karışımına giren malzeme miktarı (1m³ için)

Malzemeler	Kontrol num.	%10 UK	%20 UK	%30 UK	% 40 UK
Agrega 0-4 mm. (kg.)	1041	1041	1041	1041	1041
Çimento (kg.)	260	234	208	182	156
UK (kg.)	0	26	52	78	104
Su (Lt.)	130	130	130	130	130

Üretim esnasında gözlemler: Üretim esnasında optimum kıvam şahit numune için belirlenmiş ve diğer karışımlar için, kütlece (s/b) oranı sabit tutulmuştur.

3.2.2. Kür suyu ve uygulama

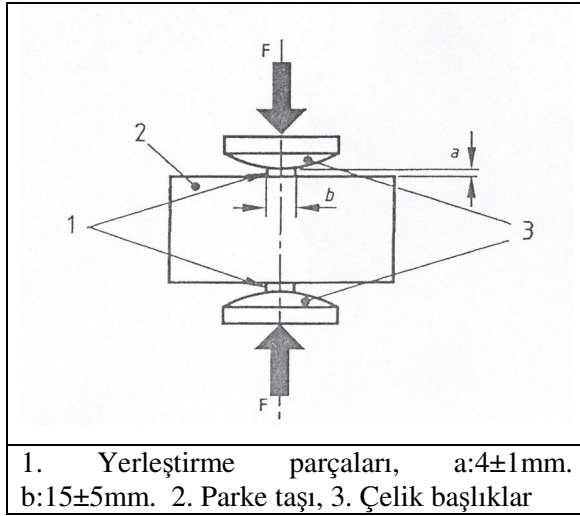
Numuneler ilk 7 gün sabah ve akşam olmak üzere günde 2 defa, test gününe kadarda günde 1 defa yağmurlama yöntemi ile sulanmıştır. Numunelerin yarısı Ankara şebeke suyu ile sulanmıştır. Diğer yarısı tuzlu suya maruz bırakılmıştır. Tuz su içerisine %3 oranda ilave edilip çözelti olarak, sulama yapılmıştır.

Tuzlu kürün amacı; Donma- çözülme yaşanan illerde her kış yollar ve kaldırımlarda yapılan tuzlamanın, parke taşı üzerine etkisini araştırmaktır.

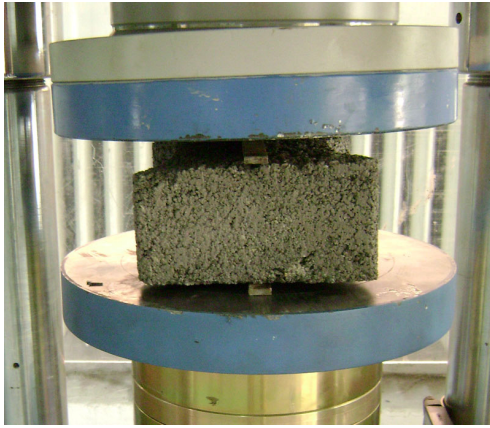
3.2.3. Beton kilitli parke taşı numunelerine uygulanan deneyler

Yarmada Çekme Dayanımı

Yarmada çekme deneyi TS 2824 EN 1338 (9)'e göre yapılmıştır. Standardın önerisi doğrultusunda numunelerin; çapak ve büyük çıkıntılar giderilmiş, tam beton kilit taşları kullanılmıştır. Pürüzlü desenli veya eğri olan yüz aşındırılarak deneye hazır hale getirilmiştir. Beton kilit testten önce $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki suya (24 ± 3) saat süreyle bekletilmiştir. Sudan çıkarılınca numune bir bezle kurulanıp deneye tabi tutulmuştur. Şekil 3.1.'de yarmada çekme dayanımı ölçümü deney prensibi görülmektedir[9].



Şekil 3.1 Yarmada çekme dayanımı deney prensibi



Resim 3.2 Yarmada çekme dayanımı numune yerleştirme

- Deney beton kilit taşının kenarlarına paralel, simetrik ve en uzun yarıлма kesiti boyunca yapılır. Böylece yarıлма kesitinin her hangi noktasından yan yüzeylere olan dik mesafe, kırılma kesiti alanının en az %75'inde kilit taşı kalınlığının en az 0,5 katıdır şartı sağlanmış olur.
- Yük saniyede $(0,05 \pm 0,01)$ MPa gerilme artışı sağlayacak hızla, düzgün ve kesintisiz arttırılarak uygulanır. Kırılma yükü kayıt edilir[9].

Deney uygulanan beton kilit taşlarının kırılma düzlemi alanı aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$S=l \times t' \text{ dir.}$$

Burada;

S: Kırılma alanı, mm²

l: Beton kilit taşının, üst ve altında yapılan iki ölçmenin ortalaması olarak kırılma kesitinin uzunluğu

t: beton kilit taşının, biri ortadan, diğer ikisi kenarlardan yapılan üç ölçmenin ortalaması olarak kırılma düzlemindeki kalınlığı, (mm).

TS 2824 EN 1338 (9)'e göre yarmada çekme dayanımında bulunan değerlerin ortalamalarının 3,6 MPa'dan küçük olmaması veya her bir sonucun 2.9 MPa'dan küçük olmaması istenmektedir.

Deney uygulanan numunenin yarmada çekme dayanımı (T), aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$T = 0.637 \times k \times P/S$$

Burada;

T: Dayanım, MPa

P: Kırılma yükü, N

k: Aşağıdaki eşitlikle hesaplanan veya Çizelge 3.5.'den alınan parke taşı kalınlığı için düzeltme katsayısıdır.

Beton kilit taşı kalınlığı; 140 mm < t ≤ 180 mm ise k: 1,2 – 30(0,18-t/1000)² eşitliği ile hesaplanır. Beton kilit taşı kalınlığı; t > 180 mm ise k: 1.3 alınır veya t ≤ 140 mm ise k, Çizelge 3.5. dan alınır.

Çizelge 3.5 “k” düzeltme katsayısı.

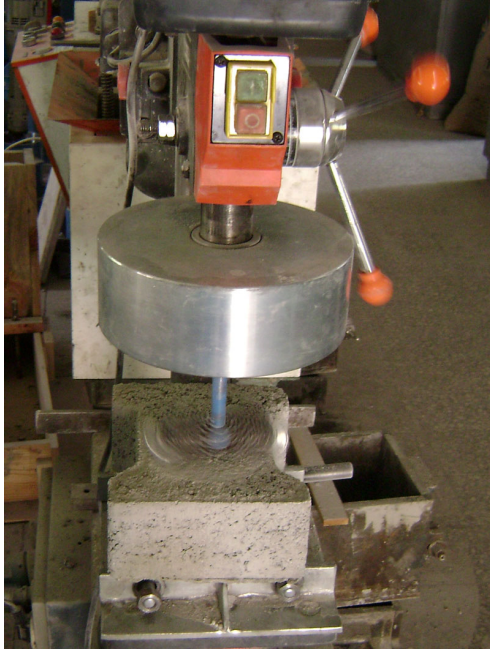
T (mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
k	0,71	0,79	0,84	0,94	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23	1,25



Resim 3.3 Yarmada çekme dayanımı deney sonucu kırılma.

Aşınma Dayanımı

ASTM C 914 (21)’ e göre; Parke taşının üst yüzünü standart şartlar altında aşındırıcı çark ile aşındırarak yapılır. Aşındırma makinesi 200 dev/dk.’da çalışan bir aşındırıcı çark (her bir tarafta 10 diş) çarkın aşağı yukarı hareketini sağlayan mekanizma, numune taşıyıcı teşkilat ve bir karşı ağırlıktan meydana gelmektedir[19].



Resim 3.4 Aşınma deneyi görüntüsü

Deney, orijinal ölçülerdeki beton kilit taşı üzerinde yapılmıştır. Deneyden hemen önce, işleme uygulanacak numune yüzeyi, sert fırça ile temizlenmiştir. Numuneler deneye tabi tutulmadan önce hassas terazide tartılmış ve (M_1) olarak kaydedilmiştir. Numune taşıyıcı teşkilata yerleştirilir ve aşındırma makinesi çalıştırılır. Aşındırıcı dişler numunenin üzerinde 400 sn (6,66 dk.) uygulanır. Aşınmaya maruz kalmış numuneler kıl fırça ile temizlenerek tekrar tartılmış ve (M_2) olarak kaydedilmiştir [9].

Aşınma miktarının %'si olarak aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

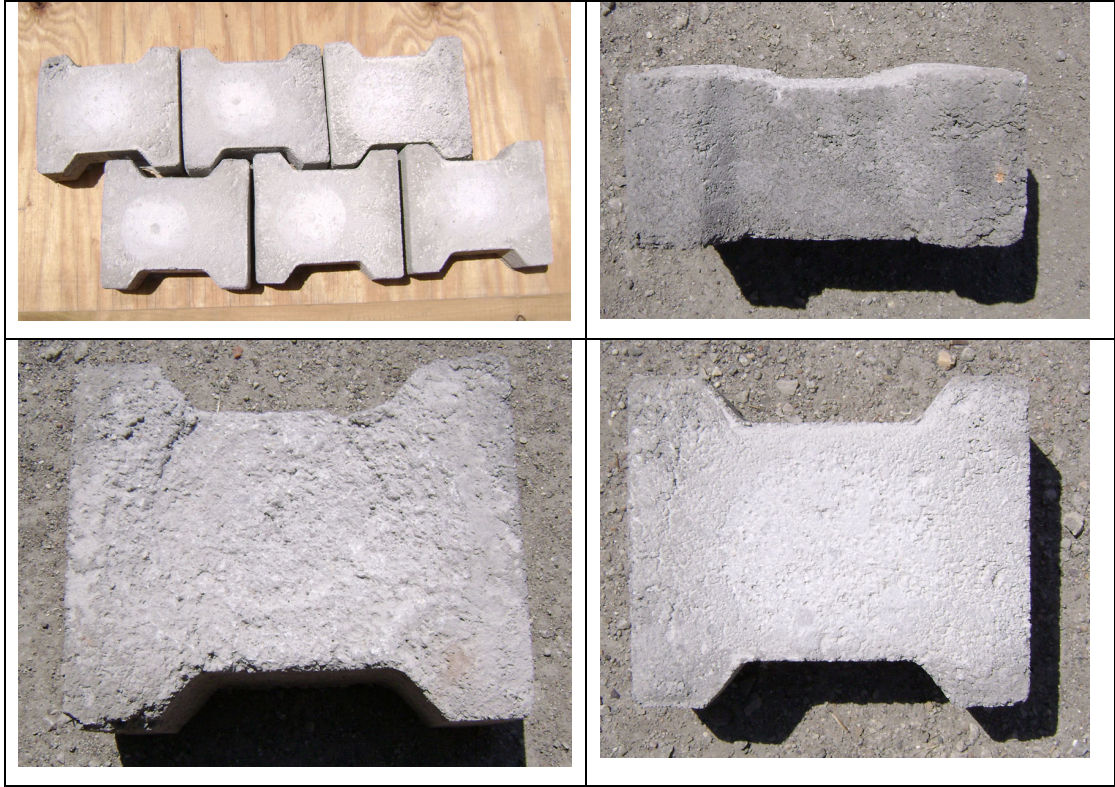
$$AK = [(M_1 - M_2) / M_1] * 100$$

Burada:

AK: Aşınma kaybı, (%)

M_1 : Aşınma öncesi ağırlık. (gr.)

M_2 : Aşınma sonrası ağırlık, (gr.)



Resim 3.5 Aşınma Deneyi Sonucu Numunelerden Görüntü

Su Emme Oranı Tayini

Deney numunelerindeki tozlar, gevşek kısımlar vs. fırça ile temizlenir ve numunelerin $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıkta olması sağlanır[9].

Numuneler kap içerisindeki $(20) ^\circ\text{C}$ sıcaklıkta suya batırılarak bu konumda sabit kütleye M_1 ulaşınca kadar tutulur. Suya batırma esnasında numuneler arası en az 15 mm mesafe bulunmalı ve numunelerin üzerinde en az 20mm yükseklikte su bulunmalıdır. Suya batırma süresi en az 3 gün olmalı ve ardı arda yapılan 2 tartım arasındaki kütle farkı $\%0,1$ 'den düşük olunca sabit doymuş kütleye ulaşıldığı kabul edilmelidir. Her bir tartımdan önce numuneler, su ile ıslatıldıktan sonra sıkılarak fazla suyu alınmış nemli bir bez ile kurulmalıdır. Beton yüzeyin mat bir görünüm alması silinerek kurulanmanın yeterliliğini gösterir[9].

Numuneler etüv içerisinde aralarında en az 15 mm mesafe olacak şekilde yerleştirilir ve $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıkta değişmez sabit kuru kütleye (M_2) erişinceye kadar kurutulur. Tartma işleminden önce numuneler oda sıcaklığına soğuyuncaya kadar bekletilir[9].

Her bir numunenin su emmesi (t_a) aşağıda verilen eşitlik kullanılarak kütlece yüzde cinsinden hesaplanır[9].

$$t_a = (M_1 - M_2) / M_2 \%$$

Burada;

M_1 deney numunesinin ilk kütlesi, g.

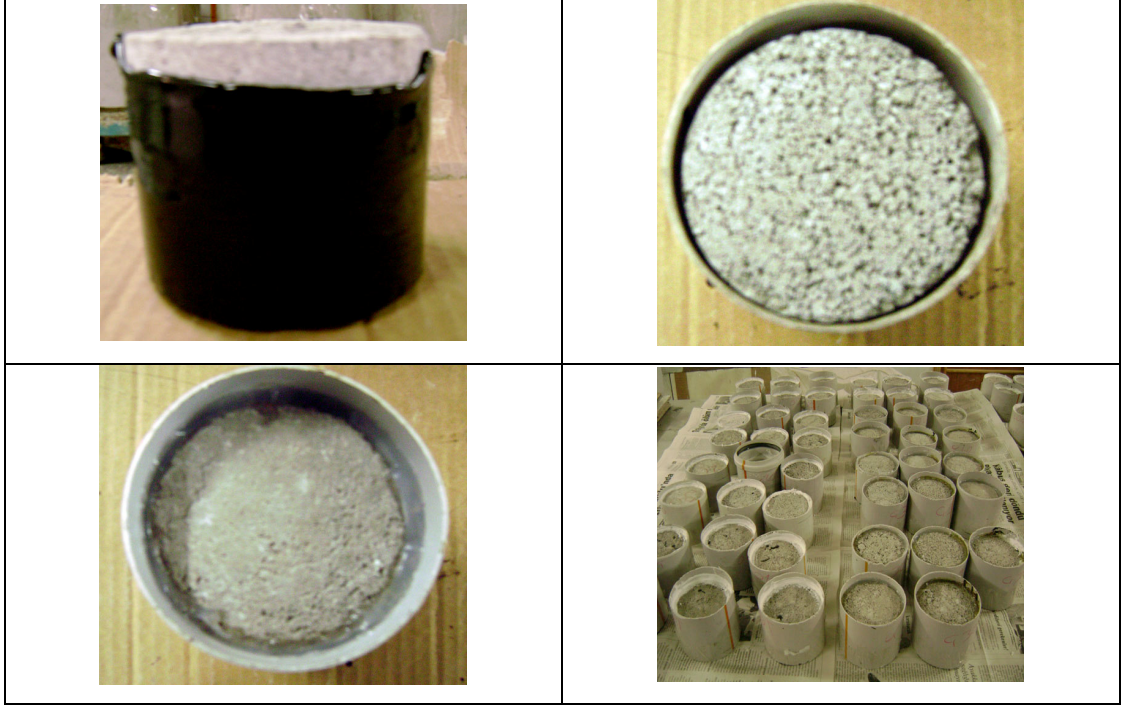
M_2 deney numunesinin son kütlesi, g. dir.

Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma-Çözülme Etkisine Direnç Deneyi

- Deneyde kullanılmak üzere %3 oranda NaCl içeren su hazırlanmıştır.
- Deney için numunelerde 10 cm çapında karot alınmıştır.
- Alınan karotlar, izolasyon amaçlı sadece üst yüzeyi açıkta kalacak şekilde sıcak katrana daldırılmışlardır.
- Üst yüzey üzerinde 5 ± 2 mm sıvı tabakası olacak şekilde çapı 11 cm olan plastik kaplara yerleştirilmişlerdir.
- Sızdırmazlık için plastik kap ve numune arası silikon ile doldurulmuştur.

Numunelerin üzerine %3'lük NaCl çözeltisi konularak 3 gün bekletildikten sonra deneye donma çözünce çevrimlerine maruz bırakılmıştır.

Bu deneyde numuneler -10°C 'ye kadar soğutulmuştur. Çözülme için ise $20 \pm 2 ^\circ\text{C}$ su içerisinde bekletilmiştir. Tüm numunelere 30'ar çevrim yapılmıştır.



Resim 3.6 Numunelerin donma-çözülme deneyi için hazırlanma aşamaları.

Deney sonucunun aşağıdaki formüle göre kg/m^2 biriminden hesaplanır.

$$L = M/A$$

L: Numunenin birim alan başına düşen kütle kaybı (kg/m^2)

M: Çevrimler sonunda numuneden ayrılan malzemenin toplam kütlesi(kg).

A: Donma-çözülme etkisine maruz bırakılan yüzey alanı (m^2).

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneylerin sonuçları ve değerlendirmelere bu bölümde değinilmiştir.

4.1. Yarmada Çekme Dayanımı Deney Sonuçları

Hazırlanan numunelerden tuzlu ve normal su kürüne tabi tutulan her bir grup 28 ve 90 günlük olmak üzere yarmada çekme deneyine tabi tutulmuşlardır.

Çizelge 4.1 28 ve 90 günlük, içme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin, yarmada çekme deney sonuçları

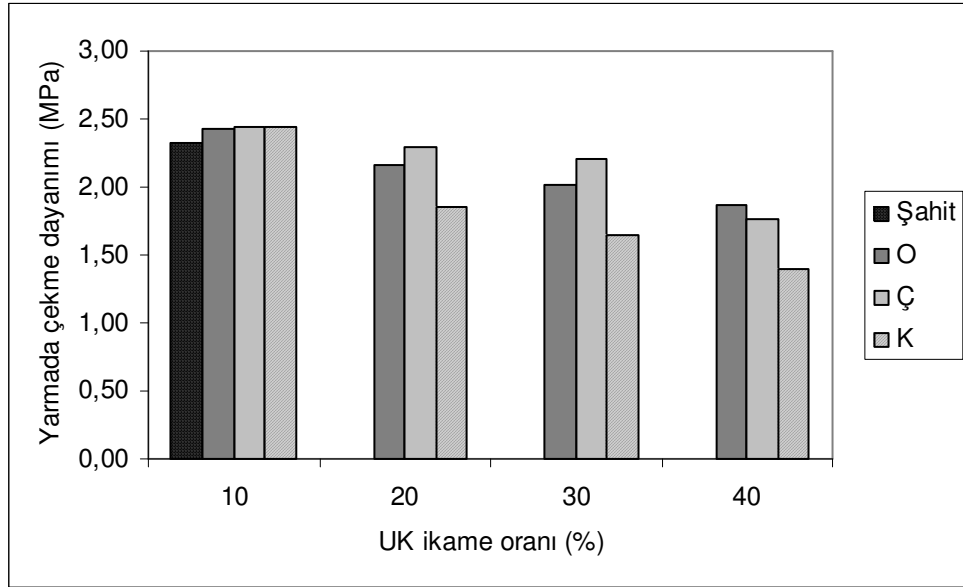
Numuneler (UK ikame oranlarına göre)	N	28-90 gün artış oranı (%)	28 Günlük		90 Günlük	
			Ortalama (MPa)	Std. Sapma	Ortalama (MPa)	Std. sapma
Şahit	6	22	2,33	1,20	2,99	0,44
O %10	6	23	2,43	0,56	3,15	0,33
O %20	6	29	2,16	0,58	3,06	0,42
O %30	6	34	2,01	0,53	3,03	0,27
O %40	6	20	1,87	0,39	2,34	0,39
Ç %10	6	21	2,44	0,37	3,10	0,44
Ç %20	6	23	2,30	0,41	2,99	0,66
Ç %30	6	14	2,20	0,42	2,56	0,89
Ç %40	6	11	1,76	0,31	1,97	0,52
K %10	6	24	2,44	0,19	3,20	0,59
K %20	6	38	1,86	0,43	3,02	0,73
K %30	6	37	1,64	0,61	2,60	0,46
K %40	6	19	0,140	0,11	1,66	0,80

Çizelge 4.1. incelendiğinde beton kilit taşının yaşı arttıkça dayanımında doğal olarak artma görülmektedir. 28 günlük deney sonuçlarında, %10 ikame oranlı karışımlar, şahit numuneden daha yüksek dayanım göstermiştir. En yüksek dayanımı Çayırhan

%10 (Ç%10) ve Kangal %10 (K%10) şahit numuneye göre %5 daha fazla bir dayanım göstermiştir. En düşük dayanımı, her iki yaşlarda da K%40 göstermiştir. 28 günlük normal küre maruz kalmış numunelerin yarmada çekme dayanımında şahit numuneden %40, en yüksek dayanımı gösteren Ç%10 ve K%10 karışımlarından ise %44 daha düşük dayanım göstermiştir.

90 günlük dayanım sonuçlarını incelersek; %20 UK ikameli karışımlar şahit numune ile aynı dayanımı gösterirken %10 UK ikameli karışımlar şahit numuneden daha fazla dayanım göstermiştir ve bu numunelerin değerleri birbirine yakındır. En yüksek dayanımı K%10, şahit numuneye oranla % 7'lik bir artış göstermiştir. En düşük dayanımı gösteren K%40, şahit numuneye oranla %45 düşüş göstermiştir.

28 ve 90 günlük yarmada çekme dayanımları karşılaştırıldığında; şahit numunede %22'lik bir artış görülürken, UK ikameli numunelerde daha fazla artış görülmektedir. Orhaneli uçucu külü (OUK)'ü incelendiğinde %10-20-30 oranlarda %38'e kadar artış görülmüştür. O%40 ikame oranında artış oranı %20'ye düşmüştür. ÇUK incelendiğinde %10-20 UK ikameli karışımlarda artış %20 üzerindeyken, %30-40 ikameli karışımlarda artış %10-%20 arasındadır. KUK incelendiğinde UK ikame oranı arttıkça ilerleyen yaşlardaki artış oranı hızla yükselmektedir. Ama yinede KUK'ü kullanılan %30-40 ikameli karışımların yarmada çekme dayanımları çok düşüktür.

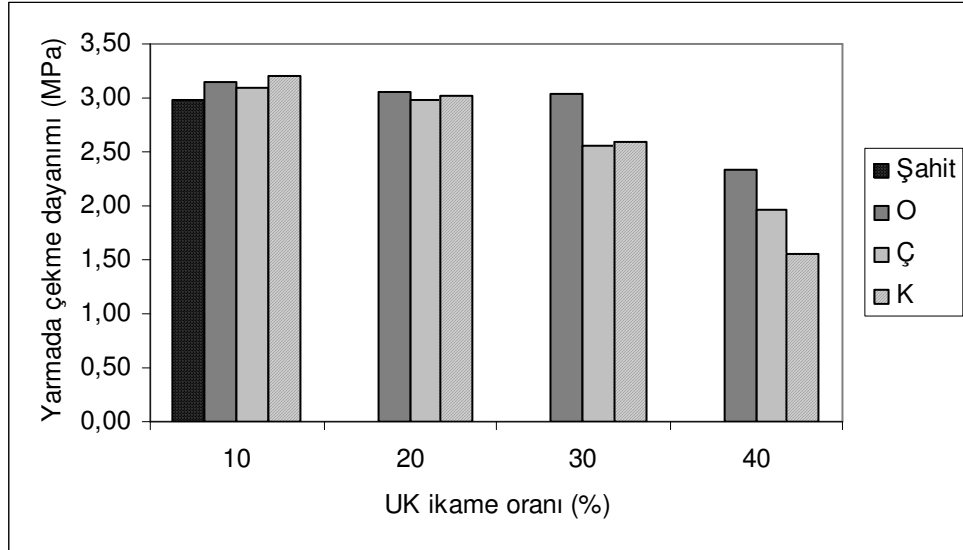


Şekil 4.1 28 günlük içme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin yarmada çekme dayanımı katkı oranı ilişkisi

Şekil 4.1. incelendiğinde, üç farklı termik santral UK oranları arasında en yüksek dayanımı %10 UK ikameli Ç ve K göstermiştir. Genel olarak en yüksek dayanımı %10 UK ikameli karışımlardır ve birbirine yakın değerdedirler. Şahit numune %10 UK ikameli karışımlardan %5 daha az dayanım göstermiştir. OUK'ü ikame oranı arttıkça, yarmada çekme dayanımı düşmüştür. Bu düşüş diğer UK'lerine kıyasla daha azdır. O%40 UK ikameli numuneler, O%10 UK ikameli numunelere göre %23 düşüş göstermiştir.

%20-30 UK ikameli karışımlar incelendiğinde; en yüksek dayanımı Ç göstermiştir. Ç%20 UK ikameli numunelerin dayanımı şahit numuneye oranla %1'lik bir düşüş göstermiştir. Ç%20 UK ikameli numunelerin dayanımı, şahit numuneye oranla %6 lık bir düşüş göstermiştir. K%10 UK ikameli numunelerle K%40 UK ikameli numuneler arasında %28'lik bir düşüş görülmüştür.

%20-30-40 ikameli karışımlarda en düşük dayanımı KUK ikameli karışımlar göstermiştir. KUK' ünde ikame oranı arttıkça belirgin bir düşüş yaşanmaktadır. K%40 UK ikameli numuneler, K%10 UK ikameli numunelere oranla %43'lük bir dayanım kaybı göstermektedir.



Şekil 4.2 90 günlük içme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin yarmada çekme dayanımı katkı oranı ilişkisi

Şekil 4.2 incelendiğinde en yüksek dayanımı K%10 göstermiştir. %20 UK ikameli numenlerde en yüksek dayanımı OUK'ü göstermiştir. Diğer %20 UK ikameli numenlerle arasında %2'lik bir fark vardır. O%20 yarmada çekme dayanımı, şahit numuneye oranla %2 daha fazladır.

%30 UK ikameli numuneler incelendiğinde; en yüksek dayanımı belirgin bir farkla O%30 UK'ü göstermiştir. O%30'un dayanımı, K%30'dan %13, Ç%20'den %12 daha fazladır. O%30, şahit numuneye oranla %1 daha fazla dayanım göstermiştir.

%40 UK ikame oranları incelendiğinde, en yüksek dayanımı O%40 gösterirken, en düşük dayanımı K%40 göstermiştir. K%40'ın dayanımı O%40'a oranla %33, şahit numuneye oranla %48 daha düşüktür.

O%10 karışımı O%40'a göre %22 düşüş, Ç%10 karışımı Ç%40'a göre %36 düşüş, K%10 karışımı K%40'a göre %51 düşüş göstermiştir.

O%10'a göre O%40 UK ikameli numunelerde %22'lik düşüş görülürken, ÇUK ile üretilen %10'a göre %40 UK ikameli numunelerde %36'lık düşüş olduğu saptanmıştır. KUK ile üretilenlerde ise %10 ile %40 arasında %51'lik bir fark olduğu görülmüştür. Netice olarak bu oranlar arasında en az düşüş ÇUK üretilen kilit taşlarında rastlanmıştır.

Tuzlu su ile olgunlaştırılan numunelerin yarmada çekme dayanımları Çizelge 4.2. de verilmiştir.

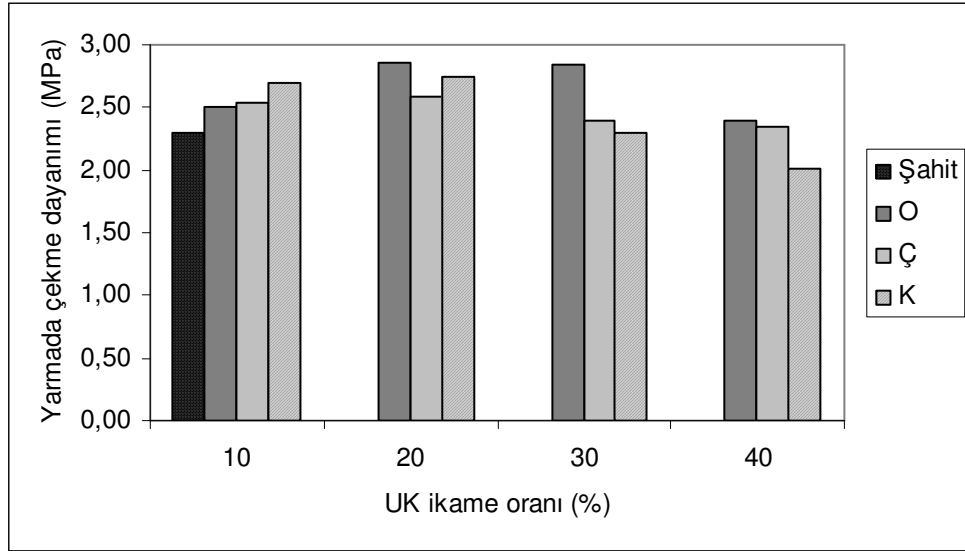
Çizelge 4.2 Tuzlu küre maruz kalmış numunelerin yarmada çekme deney sonuçları

Numuneler	N	28-90 gün değişim oranı (%)	28 Gün (MPa)		90 Gün (MPa)	
			Ortalama	Std. sapma	Ortalama	Std. sapma
Şahit	6	7,0	2,30	1,33	2,46	0,81
O %10	6	-1,2	2,50	0,44	2,47	0,56
O%20	6	-7,4	2,85	1,18	2,64	0,70
O %30	6	-15,1	2,84	1,25	2,41	0,55
O %40	6	-4,6	2,40	0,69	2,29	0,44
Ç %10	6	-2,0	2,54	0,33	2,49	0,37
Ç %20	6	-5,4	2,59	0,86	2,45	0,61
Ç %30	6	-1,2	2,40	0,46	2,37	0,68
Ç %40	6	-1,3	2,34	0,57	2,31	0,34
K %10	6	-6,3	2,69	0,41	2,52	0,31
K %20	6	-6,6	2,74	0,95	2,56	0,48
K %30	6	-14,3	2,30	0,25	1,97	0,44
K %40	6	-18,4	2,01	0,33	1,64	0,43

Çizelge 4.2 incelendiğinde, tuzlu sulama kürü altında 28 ve 90 günlük dayanımları karşılaştırsak; şahit, numunede artış görülürken, diğer karışımların hepsinde düşüş görülmektedir. Şahit numunede 28 ve 90 gün yaşları arasında %7'lik bir artış vardır. O%10 kendi arasında %1,2'lik bir düşüş görülse de, 90 günlük dayanımı, şahit numune ile aynıdır. OUK' ünde ikame oranı %30'a kadar arttıkça, ileriki yaşlardaki dayanım düşüş oranı artmaktadır. O%40 UK ikameli numunede düşüş oranı azalmıştır.

ÇUK ikameli numunelerde %10 ve %40 UK ikameli numunelerde %1,3-2 düşüş yaşanırken, %20-30 ikameli numunelerde %2,3-7,9 oranda artış görülmüştür.

KUK ikameli numunelerde UK ikame oranı arttıkça, tuz etkisi altında, yarmada çekme dayanımı ileriki yaşlarda doğru orantılı olarak düşmüştür.



Şekil 4.3 28 günlük tuzlu küre maruz kalmış kilit taşının yarmada çekme dayanımı katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.3 incelendiğinde; %10 UK ikameli numuneler arasında en yüksek dayanımı K%10 numuneleri vermiştir. K%10 karışımı, şahit numuneye oranla %14 daha yüksek dayanım göstermiştir. Aynı zamanda Ç%10 şahit numuneye göre %9, O%10 şahit numuneye göre %8 daha yüksek dayanıma sahiptir.

%20 UK ikameli numuneler incelendiğinde; O%20 karışımı en yüksek değeri vermiştir. O%20 karışımının dayanımı, Ç%20'ye göre %9 daha fazlayken, K%20 karışımına göre %4 fazladır.

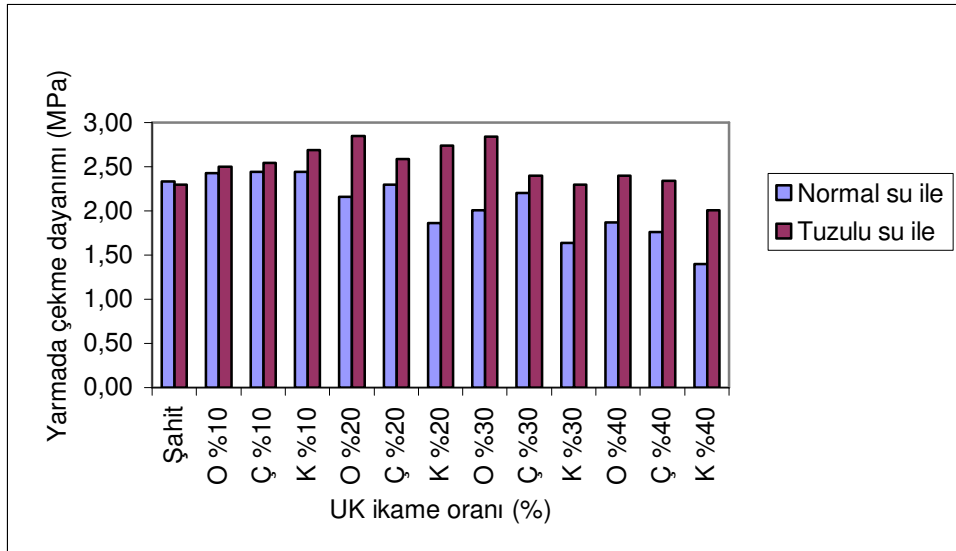
%20 UK ikameli numunelerin, şahit numuneye oranla dayanım artışları O %19 oranda artış gösterirken, Ç %11, K %16 oranda artış göstermiştir.

%30 UK ikameli numuneler incelendiğinde; en yüksek dayanımı yine O%30 karışımı göstermiştir.

O%30 numunelerinin dayanımı, şahit numuneye oranla %19 daha fazladır. Ç%30 karışımına göre %15, K%30 karışımına göre %19 daha fazla yarmada çekme dayanımı göstermiştir.

Ç%30 ikameli numunelerin, yarmada çekme dayanımları şahit numuneye oranla; %4 artış gösterirken, K%30 karışımı, şahit numune ile aynı dayanımı göstermiştir.

%40 UK ikameli numuneler incelendiğinde; en yüksek dayanımı O%40 göstermiştir. O%40, şahit numuneye %4 oranda artarken O%10 UK ikamelilere göre %4 düşüş göstermiştir.. O%40'ın dayanımı Ç%40'a göre %3 fazlayken, K%40 UK ikameli numunelere göre %16 daha fazladır. Ç%40 UK ikameli numunelerin yarmada çekme dayanımları, şahit numuneye oranla %2 fazlayken, Ç%10 UK ikameli numunelere göre %8 düşüş görülmektedir. K%40 UK ikameli numunelerin yarmada çekme dayanımı şahit numuneye oranla %13 düşüş görülürken K%10 UK ikameli numunelere göre %25 düşüş görülmektedir. UK ikameleri arasındaki fark yine en çok KUK' ünde görülmüştür.



Şekil 4.4 28 günlük kilit taşı, yarmada çekme deneyleri tuzlu kür ilişkisi

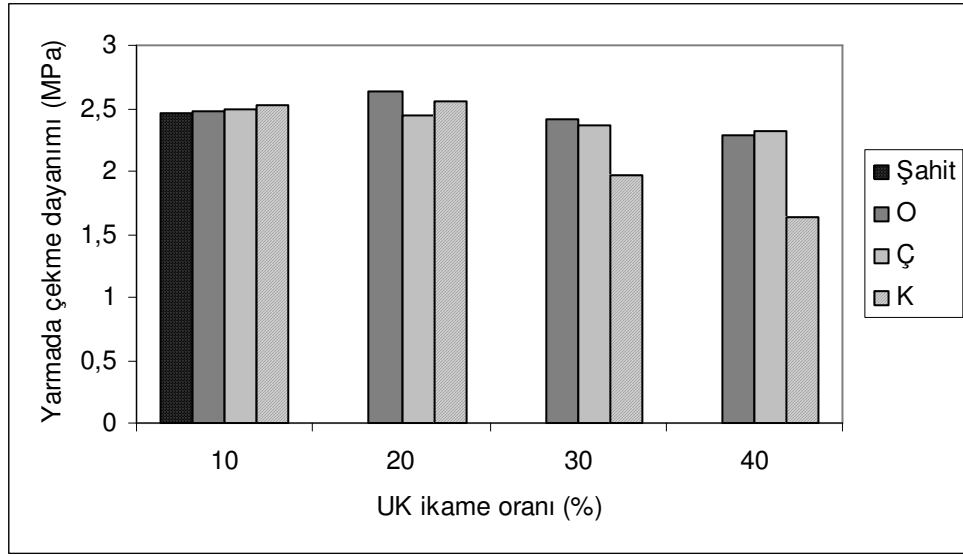
Şekil 4.4 incelendiğinde; şahit numuneler hariç tuzlu sulama ile kür edilenlerin, normal sulama ile kür edilen numunelere göre dayanımının daha yüksek olduğu görülmektedir. bu artış oranları UK oranına paralel olarak artmaktadır. UK çeşitleri arasında bu artış oranları farklılık göstermektedir.

Şahit numune tuz etkisi altında %1'lik bir düşüş sergilerken UK kullanılan numunelerde artış görülmektedir. artış oranı en yüksek olan karışımlar, üç farklı UK içinde %20 ikame oranı olan numunelerdir.

UK ikame oranı arttıkça, genel olarak yarmada çekme dayanımı düşse de, UK kullanılan numunelerin dayanımı daha yüksektir.

Tuzlu su kürüne maruz kalan %40 UK ikameli karışımlardan O ve ÇUK' leri, yarmada çekme dayanımları, %10 UK kullanılan numuneler ve şahit numune ile aynıdır.

Tuzlu kür etkisi altında 28 günlük yarmada çekme dayanımında sonuçların daha yüksek çıkması literatürle örtüşmektedir. Beton karışımında deniz suyu kullanılması, betonun prizini hızlandırmakta ve hatta ilk günlerdeki dayanımını arttırmaktadır. Ancak betonun nihai dayanımında %10-20 kadar azalma olmaktadır[12].

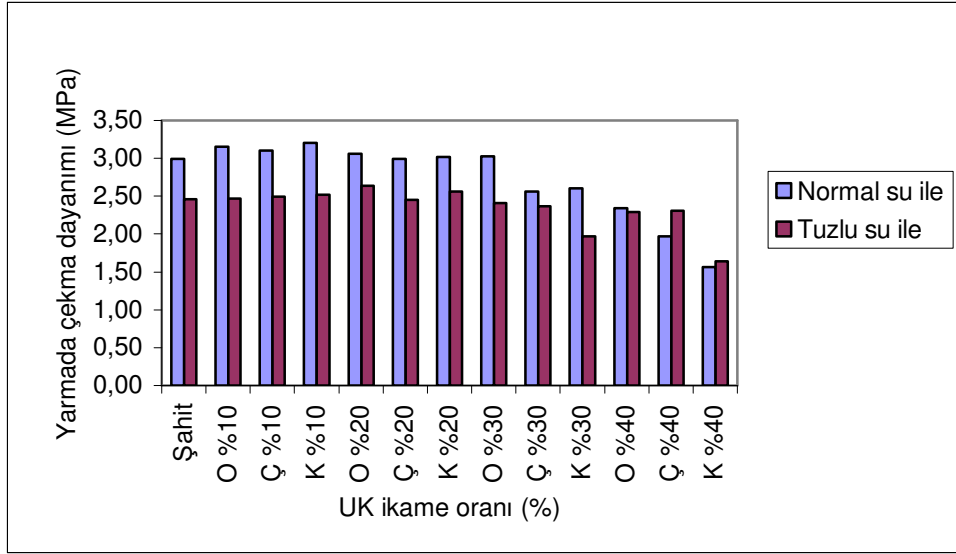


Şekil 4.5 90 günlük tuzlu su kürüne maruz kalmış numunelerin yarmada çekme dayanımı katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.5 incelendiğinde; %10 UK ikameli numuneler ve şahit numune, birbirine çok yakın dayanım göstermişlerdir. En yüksek dayanımı %20 UK ikameli numuneler arasında O%20 göstermiştir. O%20 ikameli numuneler, şahit numuneye oranla %7 daha fazla dayanım göstermiştir.

%30 UK ikameli numunelerde O ve Ç şahit numuneye oranla dayanımda (%1-2) düşüş gösterirken, K%30, şahit numuneye oranla %20'lik bir düşüş göstermektedir.

%40 UK ikameli numuneler incelendiğinde; en yüksek değeri O ve ÇUK ikameli karışımlar vermiştir. O%40 ve Ç%40 UK ikameli numuneler, şahit numuneye oranla % 6-7'lik bir dayanım düşüşü gösterirken, K%40 UK ikameli numuneler %33'lük bir dayanım düşüşü göstermiştir.



Şekil 4.6 90 günlük kilit taşı, yarmada çekme deneyi, tuzlu kür ilişkisi

Şekil 4.6 incelendiğinde; 28 günlük dayanımın aksine 90 günlük dayanımlarda, normal su ile kür edilen numunelerin yarmada çekme dayanımları, tuzlu su ile kür edilenlere göre daha yüksektir. UK oranları arttıkça kür farkı azalmaktadır.

UK ikame oranı %40 olan karışımlarda eşitlik ve artış görülmektedir. O%40 UK ikame oranına sahip numunelerde belirgin bir fark görülmezken, Ç%40 ve K%40 UK ikameli numunelerde tuzlu kür altında yarmada çekme dayanımı normal küre oranla artmıştır.

Şekil 4.4 ile Şekil 4.6 karşılaştırıldığında şunu söylemek olasıdır. Tuz kilit taşıının prizini hızlandırarak erken yaştaki dayanım artışına sebep olmuştur.

4.2. Aşınma Deneyi Sonuçları

Hazırlanan kilit parke taşları aşınma deneyine tabi tutulmuştur ve sonuçlar Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Çizelge 4.3 İçme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin aşınma deneyi sonuçları

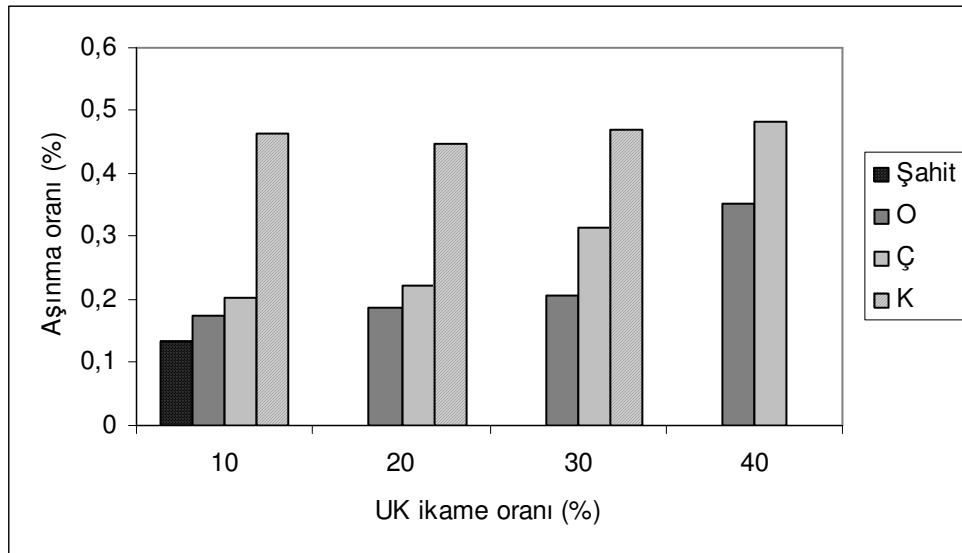
Numuneler	N	Kür uygulaması arasındaki değişim (%)	Normal Kür		Tuzlu Kür	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
Şahit	6	11	0,132	0,04	0,118	0,03
O %10	6	32	0,176	0,06	0,119	0,03
O %20	6	33	0,187	0,07	0,125	0,05
O %30	6	36	0,206	0,07	0,131	0,04
O %40	6	56	0,351	0,21	0,154	0,21
Ç %10	6	19	0,204	0,05	0,165	0,08
Ç %20	6	24	0,221	0,05	0,168	0,08
Ç %30	6	35	0,315	0,04	0,204	0,08
Ç %40	6	55	0,484	0,22	0,218	0,09
K %10	6	45	0,464	0,11	0,254	0,11
K %20	6	44	0,447	0,17	0,252	0,08
K %30	6	47	0,470	0,08	0,251	0,06
K %40	6	---	Çürük	---	0,385	0,60

Çizelge 4.3 incelendiğinde; genel olarak tuzlu su kürüne maruz kalmış numunelerin aşınma direnci daha yüksektir. En iyi aşınma dayanımı şahit numune ve O %10 UK ikameli numunelerde görülmüştür. Bu numunelerin tuzlu kür etkisi altında ciddi bir değişim yoktur.

KUK'ü tüm ikame oranlarında, aşınmaya karşı direnci düşük çıkmıştır. K%10 UK ikameli numunelerin aşınma dayanımı, şahit numuneye oranla %70 daha fazladır. KUK ikameli numunelerin, tuzlu kür altındaki aşınma direnci, normal küre oranla ortalama %46 daha fazladır.

Normal kür ile tuzlu kür birbiriyle kıyaslandığında; tuzlu kürde aşınma kaybı daha az olduğu saptanmıştır. UK ikame oranı yüksek numunelerde düşüş daha az yaşanmıştır.

Kürün etkisini daha iyi analiz etmek için kür uygulaması arasındaki değişim % sütünü incelenirse, UK oranı arttıkça, aşınma oranı arttığı görülmektedir. OUK numunelerde değişim farkı daha az olurken KUK ile üretilen numunelerde değişim farkı en fazla olduğu söylenebilir. Bunun nedeni UK'ün tane boyutu, veya kimyasal yapıdan kaynaklandığı söylenebilir. Özellikle KUK'ü UK ikameli oranı arttıkça, işlenebilirlik çok zorlaşmıştır.



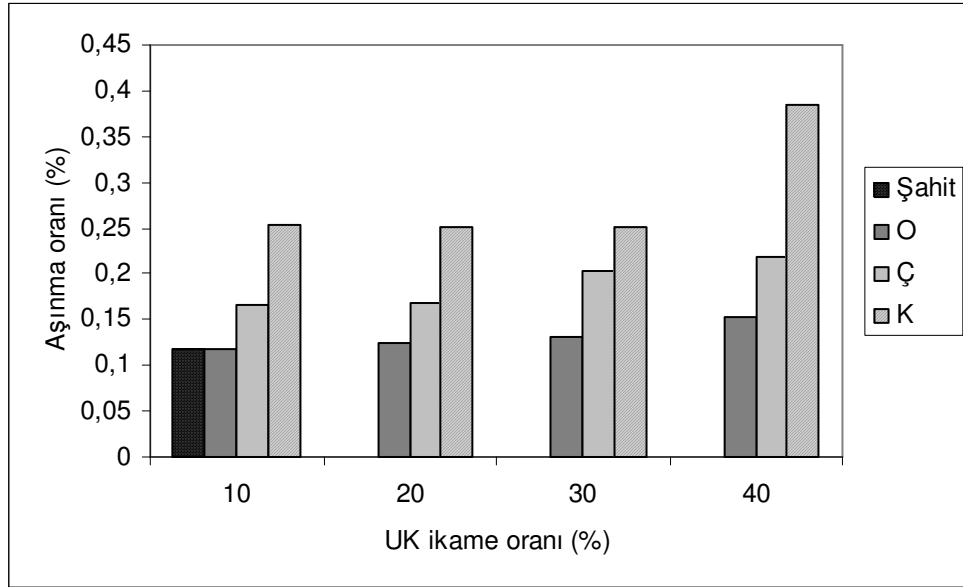
Şekil 4.7 İçme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin aşınma deneyi katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.7 incelendiğinde; UK oranı arttıkça aşınma miktarının arttığı açıkça görülmektedir. K%40 UK ile üretilen numuneler üzerinde aşınma testi yapılamamıştır. Bu numunede çok hızlı ve aşırı derecede aşınma meydana gelmiştir.

En yüksek aşınma direncini şahit numune göstermiştir. %10 UK ikameli numuneler arasında, O%10, şahit numuneden sonra en yüksek aşınma direncini göstermiştir ve şahit numuneye oranla %25 daha düşük direnç göstermiştir. Bütün ikame oranlarında aşınma direnci en yüksek OUK' üdür. O%10-20-30 UK ikame oranlı numunelerin aşınma direnci birbirine çok yakındır. O%40 UK ikame oranlı numunede aşınma direnci %20 düşmüştür.

ÇUK' ünde ikame oranı arttıkça, aşınma direnci orantılı olarak azalmıştır. En düşük aşınma direncini ise KUK'ü göstermiştir. Genel olarak bakıldığında KUK'ü hariç, UK ikame oranı arttıkça aşınma direnci düşmektedir.

En düşük aşınma direncini, K%40 ikame oranından sonra Ç%40 UK ikame oranlı numuneler göstermiştir. Ç%40 UK ikameli numuneler şahit numuneye oranla %266 daha az direnç göstermiştir.

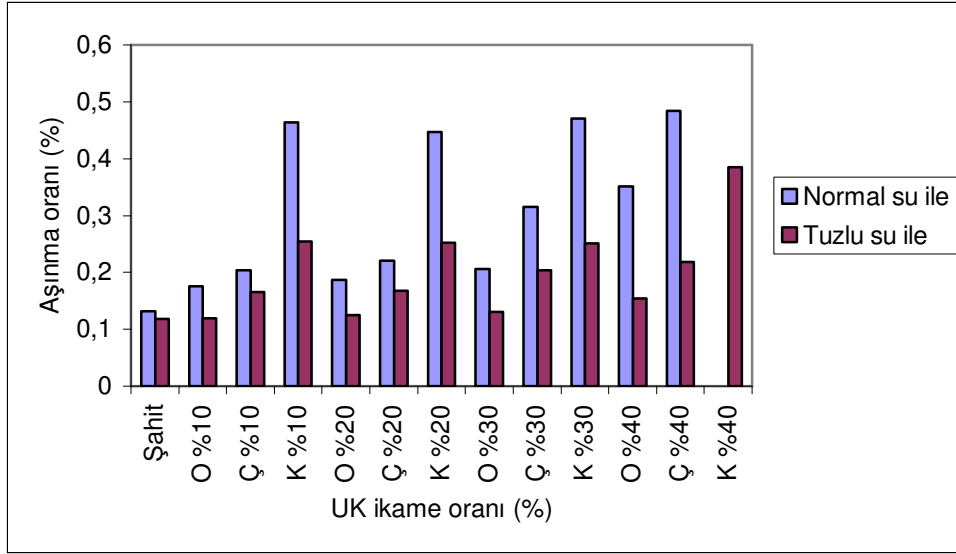


Şekil 4.8 Tuz etkisi altında aşınma deneyi katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.8 incelendiğinde; tuzlu su etkisi altında en iyi aşınma direncini şahit numune ve O%10-20-30 UK ikameli numuneler göstermiştir. Bütün UK ikame oranlarında da OUK' lü numuneler en iyi aşınma direncini sağlamıştır. O%10-20-30 UK ikameli numunelerin aşınma dirençleri birbirlerine çok yakındır. O%40 UK ikameli numuneler, O%10 UK ikameli ve şahit numunelere oranla %23 daha düşük aşınma direnci göstermiştir.

Ç%10 ikameli UK'ü , şahit numuneye oranla %53 daha düşük aşınma direnci göstermiştir. ÇUK'ü ikame oranı arttıkça aşınma direnci düşmüştür. Ç%40 UK ikameli numunelerin aşınma direnci şahit numuneye oranla, %45, Ç%10 UK ikameli numunelere oranla %24 düşüş göstermiştir.

KUK'ü bütün ikame oranlarında aşınma direnci en düşük olan karışımlardır. K%10-20-30 UK ikame oranlı numuneler birbirine benzer aşınma direnci göstermişlerdir. Şahit numuneye oranla %61 daha düşük aşınma direnci göstermişlerdir. K%40 UK ikameli numunelerin aşınma direnci şahit numuneye oranla %69, K%10 UK ikameli numunelere oranla %34 düşüş göstermiştir.



Şekil 4.9 Aşınma deneyi, tuz etkisi ilişkisi

Şekil 4.9 incelendiğinde; genel olarak, UK ikame oranı arttıkça, normal küre maruz kalmış numunelerin aşınma direnci azalmaktadır. Tuzlu kür etkisinde kalan numunelerin aşınma direnci daha yüksektir. UK ikame oranı arttıkça, kür farkları arasındaki aşınma farkı artmaktadır. Yani, normal sulama altında kür edilen numunelerin aşınma kaybı, tuzlu sulama kürüne maruz kalanların aşınma kaybından daha fazladır.

KUK'ü ile üretilen numunelerin aşınma kaybı diğerlerine göre daha fazla olduğu görülmektedir.

4.3. Su Emme Oranı Tayini Deney Sonuçları

Hazırlanan bütün numuneler su emme oranı tayini deneyine tabi tutulmuşlardır. Sonuçları Çizelge 4.4 da verildiği gibidir.

Çizelge 4.4 Su emme oranı deneyi sonuçları

Numuneler	N	Kür uygulaması arasındaki değişim (%)	Su emme oranı tayini		Tuzlu küre maruz kalan su emme oranı tayini	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. sapma
Şahit	6	-3	6,06	0,003	5,87	0,01
O %10	6	-3	6,02	0,04	5,86	0,01
O %20	6	-2	5,83	0,005	5,72	0,01
O %30	6	-7	5,98	0,01	5,54	0,03
O %40	6	-19	6,78	0,003	5,48	0,01
Ç%10	6	-8	6,51	0,005	6,00	0,01
Ç %20	6	-11	7,02	0,009	6,24	0,01
Ç %30	6	-9	7,22	0,01	6,60	0,01
Ç %40	6	-5	7,66	0,009	7,28	0,01
K%10	6	-5	5,57	0,003	5,29	0,02
K %20	6	-40	9,21	0,01	5,51	0,01
K %30	6	-46	10,3	0,01	5,59	0,02
K%40	6	-63	17,06	0,01	6,23	0,02

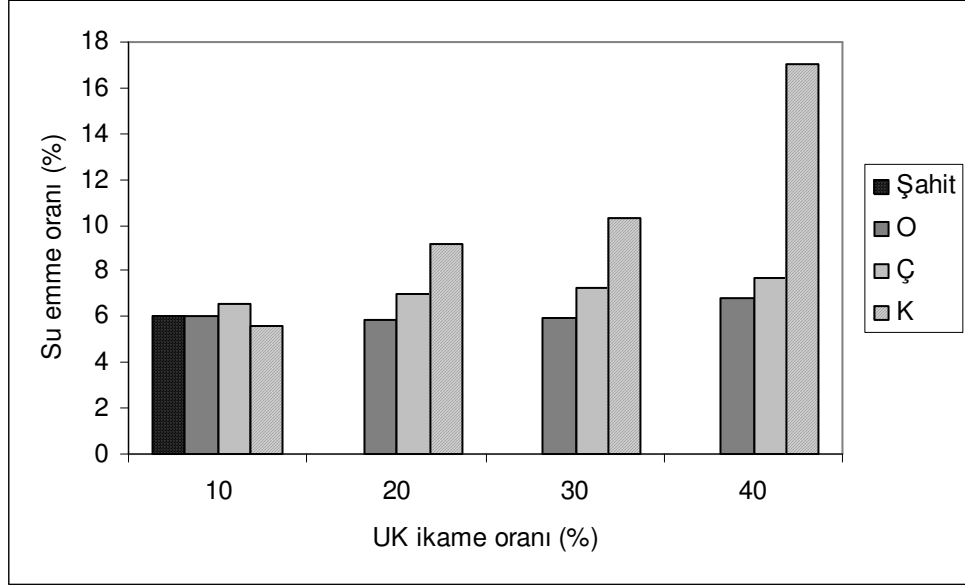
Çizelge 4.4 incelendiğinde, tuzlu su kürüne maruz kalmış K%10 UK ikameli numune en düşük su emme oranına sahiptir. Şahit numuneye oranla %10 daha az su emme oranına sahiptir. Genel olarak bakıldığında, O UK karışımları hariç, UK oranı arttıkça su emme oranı artmaktadır. Tuzlu su kürü etkisi altındaki numunelerin su emme oranları daha düşüktür. UK ikame oranı arttıkça su emme oranı artmaktadır. UK ikame oranı arttıkça, tuzlu kür ve normal kür arasındaki su emme oranı farkları artmaktadır (Ç%40 hariç).

KUK'ü incelendiğinde, UK ikame oranı arttıkça su emme oranı belirgin bir şekilde artmaktadır. K%10'da %5'lik bir değişim varken K%40 UK ikameli numunelerde %63'lük bir değişim görülmektedir.

Normal kür ortamında en yüksek su emme oranını K%40 karışımı göstermektedir. Şahit numuneye oranla %64 daha fazladır.

OUK ikameli numuneler incelendiğinde; UK ikame oranı arttıkça su emme oranında belirgin bir değişim görülmemektedir. OUK normal ve tuzlu kür etkisi altında UK oranı arttıkça su emme oranı değişimi artmaktadır. O%10 UK ikameli numunelerde, tuzlu ve normal kür etkisi altında değişim %3' ken, O%40 UK ikameli numunelerde %19 dur. O%20-30 UK ikameli numunelerde de UK oranına bağlı olarak değişim oranı artmıştır.

ÇUK' ü incelendiğinde, UK ikame oranı artışı ile birlikte su emme oranı artışı da görülmektedir. farklı iki kür ortamı arasında kararlı bir değişim yoktur.



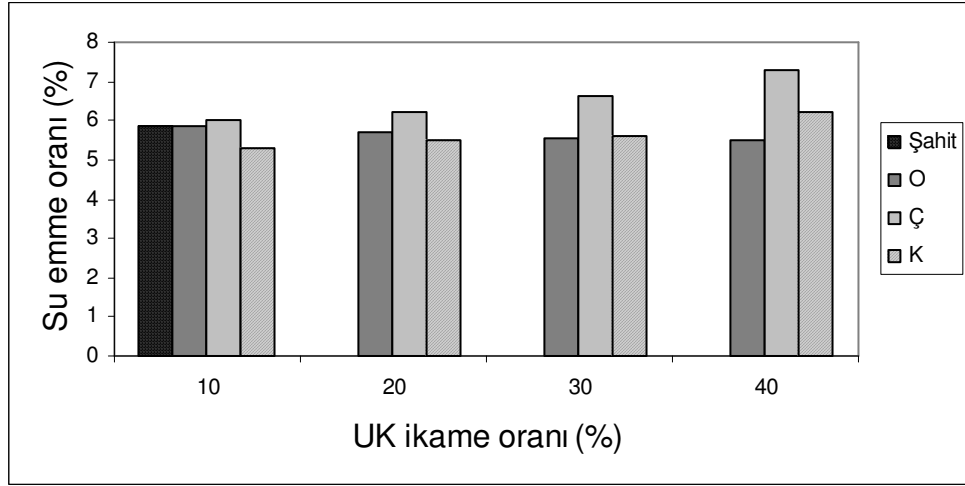
Şekil 4.10 İçme suyu kürüne maruz kalmış numunelerin su emme oranı tayini katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.10 incelendiğinde; %10 UK ikameli numuneler arasında belirgin bir fark görülmemektedir. En düşük su emme oranı K%10 UK ikameli numuneler göstermektedir. Şahit numuneye oranla %8 daha düşüktür. OUK'ü şahit numuneye çok yakın su emme oranına sahiptir. %10 UK ikameli numunelerde, en yüksek su emme oranı Ç%10 numunelerine aittir. Şahit numuneye oranla %7 daha yüksek su emme oranı göstermiştir.

%20 UK ikameli numuneler incelendiğinde, en düşük su emme oranı O%20 karışımınınındır. Şahit numuneye oranla %4 daha düşüktür. %20 karışımlar arasında en yüksek su emme oranı K%20 karışımına aittir. Şahit numuneye oranla %34 daha fazla su emmiştir.

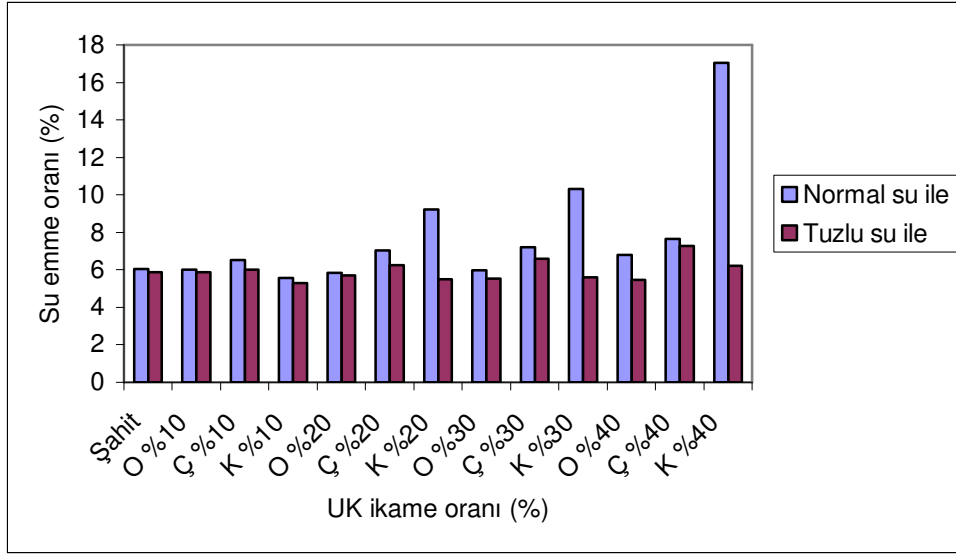
%30 UK ikameli karışımlar incelendiğinde; yine en düşük su emme oranı O %30 karışımındadır. Şahit numuneye oranla %1 daha az su emmiştir. Burada da en yüksek değer K %30 karışımındadır. Şahit numuneye oranla %41 daha fazla su emmiştir.

%40 UK ikame oranları incelendiğinde, en düşük su emme oranı O%40 numunelerindedir. Şahit numuneye oranla %11 daha fazladır. En yüksek su emme oranı K %40 numunelerindedir. Şahit numuneye oranla %64 daha fazladır.



Şekil 4.11 Tuzlu küre maruz kalmış numunelerin su emme oranı tayini, katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.11 incelendiğinde; tuzlu küre etkisi altında numunelerin su emme oranları daha kararlı görülmektedir. ÇUK ikameli karışımlar hariç, UK ikame oranı arttıkça ciddi bir değişim görülmemektedir. Ç harici numuneler bütün UK ikame oranlarında benzer su emme oranına sahiptirler. ÇUK ikameli numunelerde UK oranı arttıkça su emme oranı artmıştır. Ç%10, şahit numuneye oranla %2 daha fazla iken Ç%40 UK ikameli numunelerin su emme oranlar %19 daha fazladır.



Şekil 4.12 Su emme oranı tayini, tuzlu kür ilişkisi.

Şekil 4.12 incelendiğinde; özellikle KUK'ü normal kür altında UK oranı arttıkça, su emme oranı artmaktadır. Aynı numunelerin, tuzlu su kürü etkisi altındaki su emme oranları daha düşüktür. O ve Ç karışımları incelendiğinde UK ikame oranı arttıkça su emme oranlarında ciddi bir değişim görülmemektedir.

Genel olarak görülen, tuz etkisi altında numunelerin daha az su emme oranına sahip olduklarıdır.

4.4. Tuz Etkisi Atında Donma-Çözülme Deneyi Sonuçları

Bütün numuneler tuz etkisi altında donma-çözülme deneyine tabi tutulmuşlardır. Sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

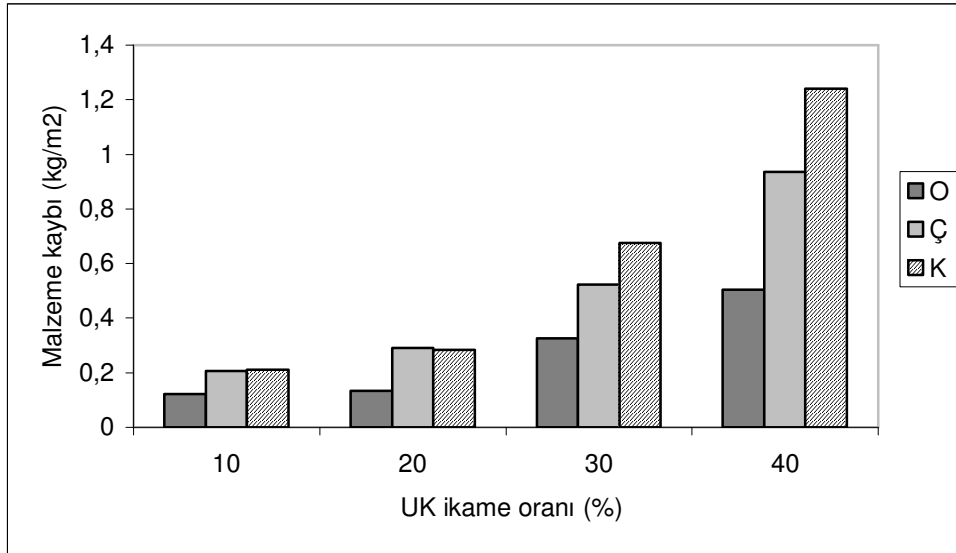
Çizelge 4.5 Tuz etkisi altında donma-çözülme deneyi sonuçları

Numuneler	N	Kür uygulaması arasındaki değişim (%)	Donma-Çözülme sonucu malzeme kaybı (kg/m ²)		Tuzlu küre maruz kalan Donma-Çözülme sonucu malzeme kaybı (kg/m ²)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. sapma
Şahit	6	-	0,00	-	0,122	0,01
O %10	6	1,7	0,121	0,01	0,119	0,01
O %20	6	6,4	0,133	0,005	0,125	0,01
O %30	6	8,7	0,325	0,009	0,299	0,003
O %40	6	12,0	0,504	0,004	0,45	0,009
Ç %10	6	5,6	0,206	0,006	0,195	0,003
Ç %20	6	14,2	0,29	0,008	0,254	0,004
Ç %30	6	23,0	0,524	0,007	0,426	0,002
Ç %40	6	34,5	0,935	0,008	0,695	0,005
K %10	6	5,0	0,212	0,003	0,202	0,008
K %20	6	16,9	0,283	0,009	0,242	0,002
K %30	6	36,4	0,675	0,01	0,495	0,003
K %40	6	47,6	1,24	0,02	0,84	0,004

Çizelge 4.5 incelendiğinde; normal sulama kürü altındaki şahit numune, donma-çözülme deneyinden hiç etkilenmediği görülmüştür. Genel olarak, UK ikame oranının artması ile, donma-çözülme sonucu oluşan malzeme kaybı doğru orantılıdır.

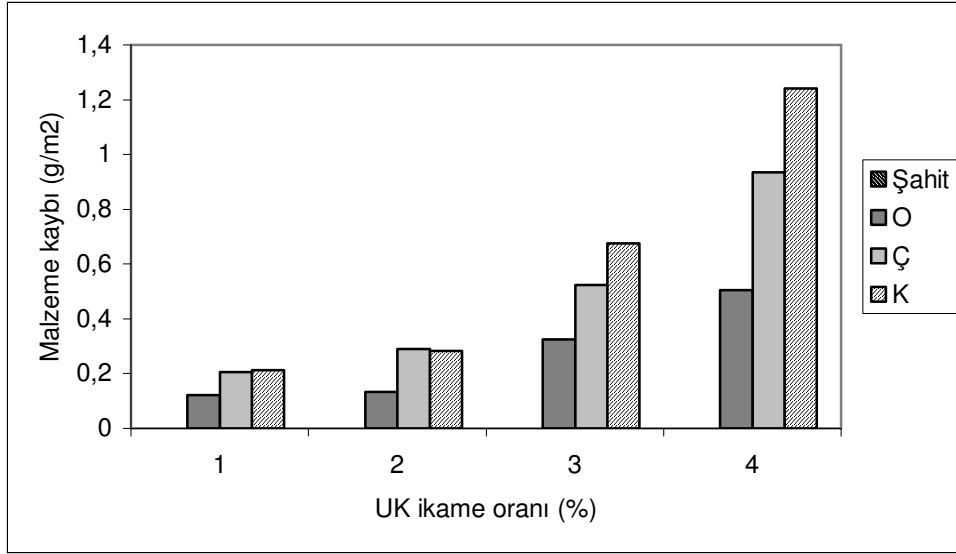
Tuzlu sulama kürü sonucu şahit numunede de malzeme kaybı gözlemlenmiştir. Burada da UK ikame oranının artması, malzeme kaybının artmasına sebep olmuştur. Şahit numune harici, tuzlu su kürüne maruz kalan numunelerin donma-çözülme dirençleri daha yüksektir.

İki farklı kür karşılaştırılması yapıldığında; değişim oranlarının, Uk oranı ile doğru orantılı arttığı görülmektedir.



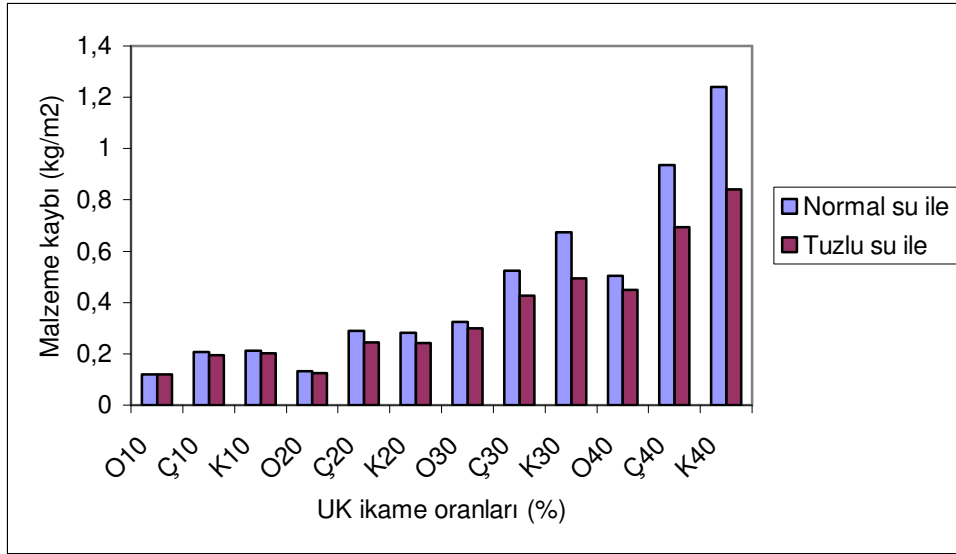
Şekil 4.13 Tuz Etkisi altında donma-çözülme deneyi, normal sulama kürüne maruz kalmış numunelerin sonuçlarının katkı oranı ilişkisi.

Şekil 4.13 incelendiğinde; bütün karışım oranlarında en yüksek direnci Orhaneli UK'ü göstermiştir. %10 UK ikame oranlarında K%10 ve Ç%10 karışımları O%10 karışımından %40 daha fazla malzeme kaybı göstermiştir. %20 UK ikame oranlarında da benzer bir grafik görülmektedir. %30 UK ikame oranında en düşük direnci KUK'ü göstermişti. KUK'ünde UK ikame oranı arttıkça malzeme kaybı yüksek oranda artmıştır.



Şekil 4.14 Tuz etkisi altında donma-çözülme deneyi, tuzlu sulama kürüne maruz kalmış numunelerin sonuçlarının katkı oranı ilişkisi.

Tuzlu sulama etkisi altında da en yüksek direnci OUK göstermiştir. Üç farklı santral külünde de UK ikame oranı arttıkça malzeme kaybı artmıştır. %10-20 UK ikame oranlarında K ve Ç benzer değerler verirken O %10-20 UK ikameli numunelere göre %50 daha fazla malzeme kaybı görülmüştür. %30-40 UK ikame oranlı karışımlarda en düşük donma-çözülme direncini KUK ile üretilen numuneler göstermiştir.



Şekil 4.15 Tuz etkisi altında donma-çözülme deneyi, tuzlu kür ilişkisi.

Şekil 4.15 incelendiğinde; Tuzlu sulama kürü etkisi altında, donma-çözülme deneyi sonucu malzeme kaybının normal su kürüne oranla daha az olduğu görülmektedir.

Genel olarak UK ikame oranı arttıkça, donma-çözülme deneyi sonucu malzeme kaybı artmıştır. Ancak tuzlu ve normal sulama kürü karşılaştırıldığında; normal kür uygulanan numunelerde UK ikame oranı arttıkça, malzeme kaybı artış oranı, tuzlu su kürüne maruz kalan numunelerde görülmemiştir.

UK ikameli numunelerin tuz etkisi altında, donma-çözülme dirençleri daha yüksektir.

%10-20 UK ikameli numunelerde, farklı kürlerde ciddi bir değişim olmazken, %30-40 UK ikameli karışımlarda değişim farkı açıkça görülmektedir.

4.5. Sonuçların Değerlendirilmesi

Beton kilit parke taşı üretiminde UK kullanımı, 28 günlük yaşlarda %10 ikame oranında erken yaşlarda, şahit numuneden daha yüksek dayanımı göstermiştir. UK oranının %10'dan fazla artması yarmada çekme dayanımını genel olarak azaltmaktadır.

90 günlük yaşlarda, numunelerin dayanımları artmıştır. Üç farklı santral külünde de %40 ikame oranında, şahit numuneden daha düşük dayanım göstermiştir. %10 ve %20 UK ikame oranları dayanımlar yüksektir. OUK' lü %30 ikame oranında da şahit numuneye kıyasla daha yüksek dayanım gösterirken, Ç ve K UK'lerinde düşüş başlamıştır.

Tuzlu sulama kürü etkisi altında, erken yaşlarda UK kullanılan numuneler, daha yüksek dayanım gösterirken. 90 günlük yarmada çekme dayanımı deneyi sonuçlarına göre, düşüş görülmüştür. Buradan anlaşılan, 90 günlük yaşlarda tuz etkisi altında, UK kullanımı dayanım kaybına sebep olmaktadır. Ancak, tuzlu kür altında, UK oranı yüksek numunelerin etkilenme oranı daha düşük, hatta normal küre kıyasla daha yüksek değerler vermiştir.

UK ikame oranı arttıkça aşınma direnci düşmektedir. KUK'ü aşınma direnci sonuçları diğer karışımlara göre çok düşüktür. Özellikle ikame oranının arttığı numunelerin aşınma kaybı çok fazladır. OUK aşınma direnci diğer UK'lerle üretilen numunelere göre daha yüksektir.

Tuzlu sulama kürü sonucu, aşınma direncini tüm numenlerde arttırmıştır. Normal sulama küründe, UK ikame oranını ile birlikte artan aşınma kaybı, tuzlu sulama küründe görülmemiştir. OUK tuzlu su küründe de en yüksek aşınma direncini göstermiştir.

Su emme oranları incelendiğinde, genel olarak, %10 dan fazla UK ikame oranı artışı su emme oranı da artmaktadır. KUK'ü su emme oranları diğerlerine göre daha fazladır.

Tuzlu su kürü uygulaması sonucu, bütün numunelerde su emme oranı düşmüştür. UK ikame oranına paralel olarak su emme oranı farkında artış görülmektedir.

UK ikame oranının artması donma-çözülme direncini azaltmıştır. En yüksek direnci OUK'ü gösterirken en düşük direnci KUK'ü göstermiştir. Diğer deneylerde de olduğu gibi, tuzlu sulama kürü etkisi altında UK ikame oranı yüksek numuneler, Normal sulama kürü uygulanan numunelere göre daha yüksek direnç göstermiştir.

Üç farklı termik santralden elde edilen UK'ler arasında farklılıklar görülmektedir. yapılan bütün deneylerde, OUK'ü daha kararlı ve yüksek değerler vermiştir. UK ikame oranının artması durumunda, O UK' ündeki düşüş diğer santral küllerine oranla daha azdır. Bu da hazırlanacak bir karışımda, UK ikame oranının daha yüksek tutulabileceği anlamına gelmektedir.

ÇUK' ü %10-20 UK ikame oranlarında genelde, şahit numuneye kıyasla, daha iyi ve yakın sonuçlar vermiştir. UK ikame oranı daha fazla arttıkça fiziksel özellikler olumsuz yönde etkilenmektedir. OUK' lüne ve şahit numuneye göre daha düşük aşınma direnci göstermiştir.

KUK'ü genel olarak en düşük fiziksel özellikler sergileyen UK'dür. %10 UK ikame oranında diğer santral küleriyle yakın değerlere sahipken %20 ve üzeri ikame oranlarında hep olumsuz sonuçlar vermiştir. KUK'ü ikame oranı %10'dan fazla kullanmak uygun görülmemiştir. Özellikle aşınma direnci, UK ikame oranına paralel olarak yüksek oranda düşüş göstermiştir.

Tuzlu kür altında, 90 günlük yarmada çekme dayanımında düşüş yaşanırken, aşınma ve su emme oranlarında olumlu etkiler gözlemlenmiştir. Tuz etkisi altında UK ikame oranının artması daha iyi değerler vermiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçların, iyileştirilmesi ve gelecekteki benzeri çalışmalara, yön vermesi açısından, önemli görülen öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- UK kullanımını yüksek oranda olması, genel olarak dayanımı düşürmüştür ancak, erken yaşta (28 gün) tuz etkisi altında daha yüksek dayanım göstermiştir.
- UK ikame oranını artması, taze betonun su ihtiyacının artmasına sebep olmuştur, s/b oranı sabit tutulduğu için, UK oranı yüksek numuneler iyi sıkışmamıştır.
- Çalışmada sabit s/b oranı uygulandığı için, UK ikame oranlarında farklı işlenebilirlikte parke taşı üretilmiştir. Buna bağlı olarak boyutlar çok değişmiştir.
- UK kullanımı aşınma direncini azaltmıştır. UK ile üretilcek parke taşlarında yüzey kısmı, aşınmaya karşı daha dirençli malzemelerle kaplanması tavsiye edilebilir.
- UK ikame oranı yüksek numunelerde, üretim esnasında uygulanan sıkıştırma süresi daha uzun tutulduğu takdirde, daha iyi sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.
- Kangal UK' lü betonun su ihtiyacını arttırmaktadır. Çayırhan UK'ü sadece %40 oranda su ihtiyacını arttırmıştır. Orhaneli UK'ü su ihtiyacını azaltmaktadır.
- K%30-40 ikameli parke taşları, her türlü, kötü sonuçlar vermektedir, bu oranların kullanılması önerilmemektedir.
- Tuzlu su kürü etkisi altında, UK kullanılan numunelerin su emme oranı ve aşınma direnci daha düşüktür, bu konu daha detaylı incelenmelidir.
- Üç farklı termik santralden elde edilen UK'de de %40 ikame oranları düşük değerler vermiştir.

KAYNAKLAR

1. Şimşek, O., Yaprak, H., Aruntaş, H.Y., “Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufunun Süper Akışkanlaştırıcı Katkılı Beton Özelliklerine Etkisi”, **Beton 2004 Kongresi**, İstanbul, 707-715 (2004).
2. Şengül, Ö, Taşdemir, M,A, Sönmez, R, Yüksek Oranda Uçucu Kül İçeren Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Klor Geçirirmliliği, **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi**, İstanbul Bülten 77: 27-32 (1999)
3. Şimşek, O., “Beton ve Beton Teknolojisi” **Seçkin yayıncılık A.Ş.**, Ankara, 104-108 (2004)
4. Aruntaş, H.Y. Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli, **Gazi Üni. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi**, 21 (1): 193-203 (2006).
5. Ercan, N., Nakiboğlu, H., “Termik Santraller ve Çevre”, **Kimya Mühendisleri Odası ve Çevre Kurulu**. 17-25 (2002)
6. Türker, P, Erdoğan, B, Kantaş, F, Yeğınobalı, A, Türkiye’deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri, **Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği** Ankara 20-34 (2003).
7. Tunç, A, “Yol Malzemeleri ve Uygulamaları”, **Atlas yayın dağıtım**, İstanbul, 466-467 (2001)
8. Semiz, M, “Beton Kilit Taşlarının Fiziksel Özellikleri ve Alternatif Üretimin Araştırılması”, Yüksek Lisans tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-20 (2006)
9. TS 2824 EN 1338, “Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1-25 (2006)
10. ASTM C 618, Standart specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete, **Annual Book of ASTM Standards**, 4-16 (1998)
11. TS EN 197-1, “Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 33-42 (2002).
12. Erdoğan T.Y, “BETON” **ODTÜ**, Ankara,183-189 (2003)
13. Şimşek O., Aruntaş H.Y., Fırat S., " Çayırhan ve Soma-B Termik santrali uçucu küllerinin beton basınç dayanımına etkisi", **Türkiye İnşaat Mühendisliği 16.Teknik Kongre ve Sergisi**, 199-205 (2001).

14. Öztaş, G., Açar, E, Kilitli Beton Parke Kaplamalar, *Şantiye İnşaat Makine ve Mimarlık Dergisi*, (18): 98-102 (2005)
15. TS 1247, “Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları (Normal hava koşullarında)”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 5-19 (1984).
16. TS 706 EN 12620, “Beton Agregaları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-3 (2003).
17. Postacıoğlu, B., “Betondan Beklenen Özellikler”, *Matbaa Teknisyenleri Basımevi*, İstanbul, 241-224 (1987).
18. TS EN 450, “Uçucu Kül-Betonda Kullanılan-Tarifeler, Özellikler ve Kalite Kontrolü”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 16-22 (1998).
19. ASTM C 944, “Standart Test Method For Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by The Rotating-Cutter Method”, *American Society For Testing and Materials*, USA, 1- 4 (1999)
20. Tokyay, M, Erdoğan, K, Türkiye Termik Santrallerinden Elde Edilen Uçucu Küllerin Karakterizasyonu, *TÇMB*, Ankara, 5-8 (1998).
21. Yazıcı, H., “Yapay Alçı – Uçucu Kül Esaslı Bağlayıcıların Mekanik Özellikleri”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7 (1): 65-72 (2005).
22. Ünal, O., Uygunoğlu, T., “Afyon Mermer Tozu ve Soma Uçucu Kül Katkılı Betonların, Donma-Çözülme Özellikler ve Ekonomik Değerlendirilmesi”, *I. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 75-79 (2004).
23. Türk, K., Karataş, M., Ulucan, Z., Ç., “Farklı oranlarda F sınıfı Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Sıkışan Betonun Dayanım Özellikleri”, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi* 18 (4): 513-520 (2006).
24. TS 639, Uçucu Küller, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 9-15 (1998).
25. TS 3526, “Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (1980)
26. TS 3523, “Beton Agregalarının Yüzey Nemi Oranının Tayini ”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-13 (1980)

27. TS 3527, “Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara,1-7 (1980).
28. TS EN 1744-1, “Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (2000).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AÇIKGÖZ, Yılmaz
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 05.04.1981 Antalya
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (242) 335 29 77
e-mail : yilmazacikgoz@gmail.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet tarihi</u>
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Yapı Bölümü	2004
Lise	Manavgat Endüstri Meslek	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2008	Uçuş Kulübü	Yamaç Paraşütü Eğitmeni

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yamaç Paraşütü