



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**MİKRONİZE KALSİT KATKISI İLE ÜRETİLEN BETONLARIN BASINÇ
DAYANIMININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Mikail KURU

Yüksek Lisans

**KONYA
Ocak 2023**

MİKRONİZE KALSİT KATKI İLE ÜRETİLEN BETONLARIN BASINÇ
DAYANIMININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Mikail KURU

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Abdülkerim İLGÜN

Konya
Ocak 2023

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

25 Ocak 2023

Mikail KURU

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr Abdülkerim İLGÜN danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

25 Ocak 2023

Mikail KURU

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum bu tez çalıőmamda, planlamasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini sağlayan, yönlendirme ve özellikle sağlık problemlerim nedeniyle yaőadığım zaman probleminde motive eden hocam Dr. Öğretim Üyesi Abdülkerim İLGÜN' e teşekkürlerimi arz ederim.

Tez ve seminer çalıőmalarımnda tablolar ve ingilizce çevirilerde yardımcı olan oğullarım Yurdaer Hasbey KURU ve Zübeyir Zorbey KURU 'ya,

Her zaman yanımda olan, her dem motivasyon ve desteğini hissettiğim sevgili eşim Berna KURU' ya müteőekkirim.

25 Ocak 2023

Mikail KURU

ÖZET

Mikail KURU

Mikronize Kalsit Katkı ile Üretilen Betonların Basınç Dayanımının

Deneysel Olarak Araştırılması

Yüksek Lisans

Konya, 2023

Mikronize kalsit katkısının betonun mekanik özelliklerine etkisini incelemek için yapılan bu çalışmada sekiz farklı beton karışımı yapılmıştır. 200 mikrondan küçük dane çaplı mikronize kalsit kullanılmıştır. Referans numune beton karışımında % 0 mikronize kalsit kullanılmışken diğer karışımlarda sırasıyla; % 5, %7.5,%10,%12.5,%15, %17.5 ve %20 oranlarında çimento miktarı azaltılmış ve yerine aynı oranda mikronize kalsit ikame edilerek diğer tüm agrega ve su oranı sabit tutularak beton karışımları hazırlanmış, bu karışımlarda dayanım gelişimi, çökme deneyleri yapılmıştır. Oluşturulan bu numuneler 7.gün, 28.gün ve 56.günlerde kırılmış ve referans numuneye eşdeğer ya da daha yüksek değerleri, zamana bağlı tüm deneylerde % 5 mikronize kalsit ikame edilen numune sağlamıştır. Tüm numunelerde zamana bağlı olarak basınç mukavemetlerinde artış olmuş ve 56. Günlük %12.5 lik ve %15 lik numune deney sonuçları referans numuneye yakın değere ulaşmıştır. Bu % 15 lik çimentonun az kullanılması ve yerine ikame edilen mikronize kalsitin çimentoya göre daha az maliyetli olması, üretimi için daha az enerji sarfiyatı atmosfere daha az karbon salınımı demek olduğundan yaşanabilir bir dünya için çok önemli bir sonuçtur. Bu deneylerde bulduğumuz bir sonuçta ikame edilen mikronize kalsitin oranı arttıkça işlenebilirlik artmıştır. Bu sonucun çimentoya göre dane çapı farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler

Kalsit, Mineral Katkılar, Dayanım, Puzolanlar

ABSTRACT

Mikail KURU

Experimental Investigation of The Compressive Strength of Concrete Produced with
Micronized Calcite Additive

Master's Thesis

Konya, 2023

This research, which used eight different concrete mixtures, was done to understand the effects of micronized calcite on the mechanical properties of concrete. The micronized calcite, which has a grain diameter smaller than 200 microns, was used in the experiment. Although %0 of micronized calcite was used in the reference sample of concrete mixture, In the other mixtures, with ratios of %5, %7.5,%10,%12.5,%15,%17.5,%20 cement were removed and removed cement were replaced by same amount of micronized calcite in conditons agrega and water ratios aren't changed. Also, strength development and slumping experiments have been made on these concrete mixtures. These prepared samples were crushed on the 7th, 28th, and 56th days, and the sample with a %5 ratio provided values equivalent to or higher than the reference sample for all experiments. An increase in pressure strength depending on time was observed for all samples. Also samples had %12.5 and 15% rates on 56th day have reached near values with referance sample. Since using micronized calcite instead of cement (with a ratio of 15%) is much cheaper, more affordable, and requires less usage of energy resources, carbon emissions are way lower than normal circumstances, so this experiment has big importance towards creating a better world. Another result we reached in this experiment is that with an increase in micronized calcite, workability will also increase. It is believed that this result is due to the difference in grain diameter compared to cement.

Keywords

Calcite, Mineral Additives, Strength, Pozzolans

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Kalsit	3
2.1.1. Dünyada ve Türkiye’de kalsit.....	3
2.1.2. Kalsitin kullanım alanları	4
2.1. Önceki Çalışmalar	5
3. MATERYAL VE METOD	14
3.1. Materyal.....	14
3.2. Metod.....	16
4. SONUÇ	26
KAYNAKLAR	28
ÖZGEÇMİŞ	31
EKLER.....	32

TABLÖLAR DİZİNİ

Çizelge 1: 300 dozlu betonun 28 günlük dayanım değerleri.....	9
Çizelge 2: 350 dozlu betonun 28 günlük dayanım değerleri.....	9
Çizelge 3: Mikronize kalsit analiz sonuçları.....	14
Çizelge 4: Elek analiz sonuçları.....	15
Çizelge 5: Beton karışım miktarları	16
Çizelge 6: Çökme deneyi sonuçları	19
Çizelge 7: Beton numune sonuçları	22

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Granülometri eğrisi	15
Şekil 2. Karşılaştırmalı basınç dayanımı yatay grafiği.	23
Şekil 3. Zamana bağlı ortalama basınç dayanımı düşey grafiği.....	24
Şekil 4. Karışımların kendi içinde zamana bağlı basınç dayanımı değişimleri	24

SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
μm	Mikron metre

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
GCC	Granüle kalsiyum karbonat
KYB	Kendiliğinden yerleşen beton.
TS	Türk standartları

1. GİRİŞ

Beton,günümüz yapı endüstrisinde,taşıyıcı elemanların inşasından kaplama elemanlarının üretimine kadar birçok farklı amaç doğrultusunda ucuz maliyeti, dayanıklılığı, imalat üstünlükleri sayesinde tercih edilen farklı karışım oranlarında üretilebilen bir yapı malzemesidir (1). İnsanların yaşadıkları evlerin,çalıştıkları işyerlerinin,eğitim gördükleri okulların,spor yaptıkları tesislerin,arabalarını park ettikleri park yerlerinin ve garajların büyük bir bölümünün yapımında ve daha birçok yerde beton kullanılmaktadır. Betonun bu kadar çok tercih edilmesi bu yapı malzemesinin sahip olduğu üstün özelliklerden ileri gelmektedir (2). Bu üstün özelliklerden en önemli olanları ise sertleştikten sonra yüksek basınç dayanımına sahip olması ve diğer yapı malzemelerine oranla daha ekonomik olmasıdır.Bilindiği gibi beton;çimento,su,agrega ve gerektiğinde katkı maddelerinin(mineral,kimyasal,fiber vb.) belirli şartlar ve oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen,başlangıçta şekil verilebilen plastik formda olup,zamanla çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyonun gelişmesiyle (hidratasyon) sertleşerek mukavemet kazanan,harç fazı ve agregadan oluşan kompozit bir yapı malzemesidir (3).

2015 yılında World Cement web sitesinde yayınlanan bir çalışmaya göre dünya toplam çimento üretimi 4.2 milyar ton olmuş ve bu değer 2030 yılında 8 milyar ton olacağı öngörülmektedir.

Çimento üretiminin önemli çevresel etkileri bulunmaktadır. Bir ton Portland çimentosu üretimi sonucunda yaklaşık 0.7 ila 1 ton CO₂ gazı açığa çıkmaktadır. Bunun yanında zararlı diğer bazı gazlarda atmosfere salıverilmektedir. Çimento üretimine bağlı olarak dünya çapında yıllık yaklaşık 1.4 milyar ton CO₂ üretilmektedir ve bu miktar dünyadaki yıllık CO₂ üretiminin yaklaşık %7 sine tekabül etmektedir. Ülkemizde de 2020 yılında çimento üretimi 76.5 milyon ton olmuştur. Bu bir o kadar CO₂ salınımı demektir. Bu sera gazı emisyonunun yaklaşık yarısı çimento üretimi sırasında kalkerin pişirilmesi sonucu açığa çıkarken diğer bir yarısında üretim enerjisi için fosil yakıtların yakılması sonucunda ortaya çıkar. Ülkemizin 6 Ekim 2021 tarihinde onayladığı Paris İklim Anlaşması konuyu dahada ehemmiyetli bir duruma getirmiştir.

Çevreye verilen zararların azaltılması ve çimento maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla daha verimli üretim teknolojileri araştırılmaktadır. Daha çevre dostu ve düşük enerji gerektiren çimentoların gelişmesi, üretim süreçlerinde tasarrufların yapılması,

malzemelerin daha verimli kullanılması,geri kazanım ve çeşitli atık malzemelerin kullanımıyla birlikte çimento ve betonun çevreye verdiği zararların azalacağı aşıkardır. Çimentonun bir kısmının çeşitli mineral malzemelerle yer değiştirilerek hem daha ekonomik, hem de daha çevreyle uyumlu beton üretimi yapılmaktadır.

Çimento ve beton endüstrisinde kullanılmakta olan puzolanik malzemelerden uçucu kül ve yüksek fırın curufu ülkemizde bol miktarda bulunmaktadır. Bunların yanında tras,silis dumanı, metekaolin gibi çeşitli mineral malzemelerin kullanılmasıda söz konusudur.

Çimentonun bir bölümünün mineral malzemelerle yerdeğiştirilmesi taze ve sertleşmiş haldeki beton özelliklerini iyileştirirken çimento miktarında azalma sağlayabildiği için mineral malzemelerin temin şekline göre bir miktar beton maliyetini düşürmesi muhtemeldir. Kullanılan puzolanik malzemenin kimyasal yapısı, dane boyut dağılımı,inceliği ve puzolanik aktivitesi beton özelliklerini etkileyen önemli değişkenlerdir. Bunlara ilave olarak kür koşulları da puzolan içeren betonlarda büyük öneme sahiptir. Bu tez çalışmasında mikronize kalsitin beton üretiminde çimento yerine belli oranlarda ikame edilerek betonun mekanik özelliklerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Biri referans numune olmak üzere su ve agregası sabit kalmak şartıyla çimento miktarı azaltılıp yerine mikronize kalsit ikame edilmesi suretiyle toplam 8 grup numune oluşturulmuş ve herbirinden en az 9 adet numune hazırlanmıştır. Bu numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Kalsit

Kalsit bir mineral adı olup karbonatlı kayaçları oluşturan bu mineralin kimyasal yapısı CaCO_3 dır. Çeşitli şekillerde kristal halde bulunan camsı parlaklıkta, renksiz saydam yapıdadır. Kolay öğütülür ve öğütme sonrası rengi beyazdır. Kalsitin sertliği Mohs skalasına göre 3, yoğunluğu ise, 2.6-2.7 civarındadır. Mikronize boyutlarda öğütüldükten sonra boya, kağıt, dolgu, gübre, plastik, vb. birçok sektörde beyazlık, aşındırıcılık ve aşınmaya karşı direnç kazandırma özellikleri nedeniyle mümkün olduğu kadar fazla kullanılan bir dolgu maddesidir. Kalsit, temel birçok sanayinin ana girdisi olmakta, titanyum dioksit gibi çok pahalı pigmentlerin daha az kullanılmasını sağladığı için, gerek ekonomik gerekse çevre sağlığı açısından kullanımı yaygın bir maddedir (1). Öğütülmüş kalsiyum karbonat (GCC) endüstriyel mineral olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu mineralin kullanımı sırasında kalitesini tanımlayan üç niteliği vardır. Bunlar tane çapı, renk ve kimyasal saflığıdır. Bu özellikler mineralin herhangi bir uygulamadaki uygunluğunu tariflemektedir. Kalker taşının renkleri parlak bir beyazdan açık griye kadar yayılmakta ve kalsiyum karbonat içeriği ise %80-99.9 arasında değişmektedir. Kalsit, reel anlamda ise epoksi terrazzo yer döşeme kaplamasında, dolgu malzemesi göreviyle kullanılmaktadır. 250µm dane çapındaki kalsitin, 40 litrelik bir epoksi terrazzo karışım harcında 1:10 oranında yani 4 lt kullanılması, gerek maliyet gerek imalat kolaylığı anlamında ciddi avantajlar sağlamaktadır (4).

2.1.1 Dünya ve Türkiye’de Kalsit

Türkiye kalsitleri kalitesi ve rezervleri bakımından çok zengindir. Yabancı kuruluşlar yatırımlara ve araştırmalara başlamıştır. 1980’lerde 2-3 olan üretici sayısı günümüzde biri yabancı olmak üzere 20’ye yaklaşmıştır. Türkiye kalsit tüketimi ise 1980’li yıllarda 20-30.000 ton/yıl’dan 2000’lere gelindiğinde 300.000 t/yıl’a yaklaşmıştır ve hızla artmaktadır. Kalsit çevreye en az zarar veren mineraldir. Birçok yabancı ülkede toprağa zenginleştirmek için karıştırılmakta ve kirlenen göllerin asiditesini düşürmek için kullanılmaktadır (5).

Çanakkale Karabiga Bölgesi, Türkiye’de mevcut en iri kristalli kalsit oluşumlarından biridir. Granit kontağında oluşan kalsit yatakları yüksek beyazlıktadır ve öğütülmesi

kolaydır, fakat Ege Bölgesi ve Niğde'de bulunan oluşumlara göre beyazlığı daha düşüktür. Bayramiç, Biga, Ezine'de mermer yatakları bulunmaktadır. Balıkesir Erdek ve Manyas'da çok zengin iri kristalli mermer yatakları ve ocakları bulunmaktadır.

Trakya'da Yıldız dağları, Bursa Orhaneli'nde mermer ve dolomitik mermer yatakları bulunmaktadır. Bursa Orhangazi, Keles, İnegöl zengin mermer yataklarına sahiptir, fakat üretim çok küçük çapta yapılmaktadır (6).

Niğde Bölgesinde son 10 yıl içerisinde çok hızlı üretim artışı yapan kalsit ocakları bulunmaktadır ve çok zengin rezerve sahiptir. Türkiye'deki en beyaz oluşumlardır (5).

2.1.2 Kalsitin Kullanım Alanları

2.1.2.1 Kağıt sektörü

Mikronize kalsit özellikle yazı kağıtları, duvar kağıtları ve kartonların üretiminde selüloza %15-30 oranlarında katılarak kullanılmaktadır. Yüksek beyazlıkta olması, ucuzluğu ve kağıda kazandırdığı diğer teknik özelliklerden dolayı son 10 yıl içerisinde Avrupa'dan başlayıp tüm dünyada kaolinin yerini alarak kağıt sektörüne girmiştir.

Kaolinin dolguda kullanıldığı asit sistemiyle üretim yapan kağıt sektörü son 10-15 yıl içerisinde artan bir ivmeyle nötr tutkallama veya alkali sistem diye tanımlanan yöntemeye dönmüştür. Üretilen kağıtlarda böylece zaman içerisinde sararma önlenmiş ve kaoline göre daha fazla asit dolgusu girme imkanı olmuştur. Bu da daha az selüloz tüketimi, daha az optik beyazlatıcı kullanımı demektir. Böylece kalsit kullanımı çevreye ciddi katkılarda bulunmuştur.

2.1.2.2 Boya sektörü

Boya sektöründe 1-40 mikron boyutları arasında kuru öğütülmüş kalsit kullanılmaktadır. En yaygın kalsit kullanım boyutu 5 mikrondur. İnşaat boyalarında iç ve dış kaplamada su bazlı boya sisteminde %25-30 oranında kalsit, boya içerisinde kullanılmaktadır (5).

2.1.2.3 Plastik sektörü

Kalsit; plastik mobilya, boru, otomotiv ve yan sanayi gibi bir çok plastikten mamul ürün üretiminde gerek doğal öğütülmüş, gerekse kaplanmış halde kullanılmaktadır. Kaplama çoğunlukla stearik asitle bazen de kalsiyumstearat ile yapılmaktadır. Plastik sektöründe başta kalsit olmak üzere benzeri dolgu maddelerinin kullanımı her yıl giderek artmıştır. Rengi, kimyasal saflığı, ucuzluğu ve bir çok nedenlerle kalsit dolgu olarak kullanılmaktadır (5).

2.1.2.4 İnşaat sektörü

Türkiye’de gelişmekte olan hazır sıva, macun gibi maddelerde beyaz dolgu kullanılması, Avrupa’da ve ABD’de çok yaygındır. İnşaat sektöründe beyaz renkli, çimento esaslı sıva ve macunlar toz polimerlerle karıştırılıp duvara uygulandığında kaba sıva, macun ve hatta boya işlemi bir uygulamada çözülmektedir. Yakın gelecekte çeşitli boyutlarda öğütülmüş kalsit alçı, çimento, toz polimer bağlayıcılarla karıştırılıp inşaat sektöründe yoğun olarak kullanılmaya başlayacaktır. Bu sektör tonaj olarak en büyük oranda kalsit tüketimi alanı oluşturacak bir sektördür. Kalsit seramik sektöründe düşük oranlarda olsa da 40-100 mikron boyutlarında öğütüldükten sonra reçetelere katılmaktadır. Seramik yapıştırıcılarında ve derz dolgu malzemelerinin içeriğinde bol miktarda kullanılmaktadır.

2.2. Önceki Çalışmalar

Z. Funda Türkmenoğlu, A. Mahmut Kılıç, Tolga Depci (2015) yaptıkları çalışmada, Van bölgesine ait olan ponza ve mineral katkıları olarak da mermer tozu eklenerek, kendiliğinden yerleşen hafif beton numunesi hazırlanmıştır. Deney kapsamında 5 farklı beton karışımı tasarlanmıştır. Mermer tozu çimento oranının %0, %5, %10, %15 ve %20 ile değiştirilerek kullanılmıştır. Tüm karışım hesaplarında s/ç oranı ve toplam bağlayıcı miktarı eşit alınmıştır. Öncelikle taze betonlar üzerinde, T50 süresi, çökme-yayılma, V hunisi ve L kutusu deneyleri yani kıvam deneyleri yapılarak elde edilen sonuçlar, mermer tozu eklenmeden dökülen betonlarla mukayese edilmiştir. Sonra 23°C olan su havuzunda küre bırakılan 7 ile 28 günlük küp numunelere yarmada çekme dayanımı, basınç dayanımı, birim hacim ağırlık ve ultrases geçiş hızı deneyleri yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda %15 oranındaki mermer tozu eklenmesinin kendiliğinden yerleşen beton numuneleri üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca mermer tozunun kendiliğinden yerleşen hafif beton üretiminde değerlendirilmesi ile bu atıl durumdaki malzemelerin çevreye verilen olumsuz etkiler azaltılacak ve ekonomiye fayda sağlayacağı sonucuna varmışlardır (7).

Horoz, A. (2020) yaptığı bir çalışmada ocaklardan çıkan atık malzemelerin betonda kullanılabilirliği araştırılmak istenmiştir. Yapılan çalışmada tanık beton için oluşturulan reçetede kullanılan ince agrega ile taş ununun yer değiştirilmesinin kullanılabilirliği incelenmiştir. Taş unu ince agrega ile %0, %5, %10, %15 ile %20 oranında yer değiştirilmiş ve birim hacim ağırlık, slump (çökme) deneyi, basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı, kapiler su emme ve ultra ses geçiş hızı testlerine tabi tutulmuştur. Bu çalışmanın en önemli unsurlardan biri olan basınç dayanımında sürekli bir artış, eğilmede

çekme dayanımında ise % 10'a kadar bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Taş ununun beton basınç dayanımını arttırdığı görülmektedir. Taş unu belirli bir orana kadar beton karışımına eklenirse betondaki boşluklu yapıyı azaltarak betonun kompozitesini arttırmakta ve bununla beraber dayanımını da arttırmaktadır. Basınç dayanımı en yüksek değere %20 taş unu eklendiğinde ulaşmakta olduğu sonucuna varmışlardır (8).

Bekem Kara,İ.(2020) yaptığı çalışmada kalsitin çimento malzemesi olarak kullanımının basınç dayanımına etkisini incelemiştir; mikronize kalsit %0, %3, %5 ve %10 oranlarında ağırlıkça çimentoya ikame edilmiştir. Farklı oranlarda kalsit minerali ile elde edilen taze betonların çökme değerleri belirlenmiştir. Sertleşmiş beton numuneler ise, su emme, ultrases geçiş hızı, Schmidt çekici ve basınç deneylerine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak kalsitin %10'a kadar kullanımının betonun basınç dayanımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır (9).

N.Terzibaşoğlu (1996), yaptığı çalışmada ince agrega olarak kireç taşından üretilen kırma taş tozdan beton üretiminde kullanılabilirliği beton özelliklerine olan etkileri ve doğal kuma göre üstünlükleri karşılaştırılma yapılarak araştırılmıştır. Doğal kum yerine kırma taş tozu kullanılarak hazırlanan betonun priz süresi, taze betonun işlenebilirliği, kıvamı, sıcaklığı, birim hacim ağırlığı ve sertleşmiş betonun 7 ile 28 günlük basınç dayanımı karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak kırma taş tozu miktarı arttıkça çökme değerinin aynı olduğu halde işlenebilirliğinin büyük oranda azaldığı, priz süresinin kısaldığı birim hacim ağırlığının arttığı ve 7 ile 28 günlük basınç dayanımlarının da arttığı sonucuna varılmıştır (10).

Erdal, M. ve Şimşek, O. (2011) yaptıkları çalışmada, Ahlat taşının ocaklardan çıkarılması ve uygun boyutlara getirilmesi sırasında ortaya çıkan atıklardan elde edilen taşunlarının beton içerisinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, % 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında Ahlat taşunu çimento yerine ikame edilerek, beton harç çubukları hazırlanmıştır. Karşılaştırma yapmak amacıyla Andezit ve Kalker taşunlarından da aynı oranlarda çimento yerine ikame edilerek harç numunesi hazırlanmıştır. Sonuç olarak % 5 oranında taşunu ilave edilerek hazırlanan bütün betonların, ikame yapılmadan üretilen normal betonlarla benzer basınç ve çekme dayanımlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda % 5 oranında taşunu ilave edilerek beton üretilmesinin, hem taşunu atıklarının kullanılmasından dolayı çevreye verilen zararı önlemede, hem de çimento kullanılmasını azaltacağından dolayı çimento üretiminden kaynaklanan çevre zararlarını önlemede yardımcı olacağı sonucuna varmışlardır (11).

Durmuş,G ve Bekem,İ. (2015) yaptığı çalışmada ince agrega ikamesi ile farklı oranlarda kalsit kullanımının beton özelliklerine etkisini araştırmıştır. Referans, % 3, % 5 ve % 10 kalsit olmak üzere dört farklı beton türü hazırlanmıştır. Karışımlarda S/Ç oranı sabit tutulmuştur. 7 ve 28. gün olmak üzere her bir karışımdan 6 adet standart küp ($15 \times 15 \times 15\text{cm}^3$) üretilmiştir. Belirtilen yaşlarda sertleşmiş beton örnekleri üzerinde su emme, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. En yüksek fiziksel ve mekanik özelliklerin % 5 kalsit ikameli betonda olduğu belirlenmiştir. Beton üretiminde ince agrega yerine uygun oranda kalsit kullanımının betonun sürdürülebilirliğine olumlu katkı sağladığı kanaatine varılmıştır (12).

Yahia ve ark.(2005) tarafından yapılan araştırma göstermiştir ki kireçtaşının (%98'i kalsit) etkinliğini su/çimento oranı ve kullanılan kireçtaşı dolgu malzemesinin içeriği etkilemektedir. 0.35-0.45 arasında değişen su/çimento oranlarıyla yapılan bu çalışmada kireçtaşı katkısı eklemek akıcılıkta önemli bir değişiklik yapmamıştır. Ancak kritik dozun üstünde karıştırılan bazı kireçtaşı karışımları harcın akıcılığını önemli ölçüde arttırmıştır. Bu çalışmada görülmüştür ki kireçtaşının fiziksel özelliklere etkisi su/çimento oranı ve kireçtaşı dozajı gibi karışım parametrelerine bağlıdır (13).

Çimento esaslı malzemelerin viskozitesi su/çimento oranı düşürülerek veya kireçtaşı gibi dolgu malzemeleri eklenerek bağlayıcılığın artırılmasıyla olumlu yönde değiştirilebilir (3).

Çimento esaslı malzemelere kireçtaşı eklenmesi fiziksel veya kimyasal birçok malzeme özelliğini iyileştirir. Kireçtaşının tane boyutuna bağlı olarak karışımın yoğunluğu artar ve ara yer boşlukları azalır, bu değişimler hapsolmuş havanın azalmasına sebep olurlar (14).

Kireç taşının kimyasal değişime etkisi ise çözülme safhasında iyonlar ekleyerek hidrasyonun kinetik enerjisini ve hidrasyon ürünlerinin morfolojisini değiştirmek olmuştur (15).

Yüksek akışkanlıktaki harçlarda çimentonun kireçtaşıyla eş değer hacimde kısmi yer değiştirmesi akıcılıkta değişime ve akma gerilmesinde azalmaya sebep olur (16).

Bir başka araştırmada göstermiştir ki yüksek akışkanlıktaki harçlarda su/çimento oranının 0.35 ile 0.41 arasında değiştiği durumlarda çimentoyla kireç taşının %5 ile %20 arasında eş değer hacimde yer değiştirmesi akıcılıkta değişikliğe yol açmıştır (17).

Bonavetti ve ark.(2003) yaptığı araştırmada %20'ye kadar eklenen kireçtaşının (%85'i kalsit) hidrasyon derecesine, hidrasyon ürünlerine etkisi ve 0.25 ile 0.5 arasında değişen su/çimento oranlarında optimum çimento-kireçtaşı değişimi bulunmaya çalışılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki düşük su/çimento oranında kireçtaşı içeriği arttırıldığında hidrasyon derecesindeki artış düşük olmuştur. Ancak en büyük hidrasyon ürünleri hacmi yüksek su/çimento oranında görülmüştür. Kireçtaşı içeren betonlarda 28. gün beton dayanımında küçük bir azalma gözlemlenmiştir. Düşük su/çimento oranında çimentonun büyük bir kısmı hidrate olmadan kalmıştır. Kireçtaşı kullanılması ekonomik ve ekolojik koşullar açısından daha gerçekçi olmaktadır. Kullanılacak kireçtaşı oranı her karışmada farklılık göstermektedir. Bu araştırmada görülmüştür ki düşük su/çimento oranına sahip harçlara %10-15 arasında kireçtaşı eklenmesi erken yaş dayanımlarını etkilemezken ileri yaş dayanımlarında azalmaya sebep olmuştur. Kireçtaşının dayanımı düşürmesini engellemek için su/çimento oranında azaltmaya gidilmelidir (18).

Kireçtaşı içeren Portland çimentosu kullanmak teknik, ekonomik ve ekolojik olarak avantajlar sağlamaktadır. Teknik avantajlar arasında erken yaş dayanımını arttırması, düşük çimento içeriğinde terlemeyi kontrol etmesi ve kötü kür koşullarına daha az hassasiyet gösterilebilir (19).

Kimyasal açıdan bakacak olursak kireçtaşının puzolanik bir etkisi yoktur ancak çimentonun alimüne fazıyla reaksiyona girerek dayanımda önemli bir değişiklik yapmadan kalsiyum monokarboalüminat hidrat (AFm) meydana getirirler (20).

Kireçtaşının en büyük etkisi fiziksel değişim üzerinde olmaktadır. Çimento tanelerinin daha yoğun olmasına ve çimento granülometrisinde daha büyük ayrılmalara sebep olur (21).

Ünal ve ark.(2001) tarafından yapılan araştırmada mermer tozu 2mm elekten elenerek betonun içerisinde ince malzeme olarak kullanılmıştır. 300 ve 350 dozlu 2 farklı tipte beton üretilmiştir. Bu betonlara %10-15 ve 20 oranlarında mermer tozu eklenmiştir. Elde edilen numunelerde basınç ve yarma deneyleri yapılmıştır. 300 dozlu numunede %10 mermer tozu eklendiği durumda şahit numuneye göre daha yüksek basınç dayanımı elde edilmiştir. Bu artış eğilimi % 20 mermer tozu ilavesinde azalmasına rağmen yine de şahit

numuneye göre dayanım yüksektir. 300 dozlu betonun 28 günlük dayanım değerleri Çizelge 1.'de gösterilmiştir (22).

Çizelge 1. 300 dozlu betonun 28 günlük dayanım değerleri (22)

Karışım	Ultrases Hızı (km/sn)	Küp Basınç Dayanımı (MPa)	Silindir Basınç Dayanımı (MPa)	Silindir Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)
MT0	4.41	16.3	13.9	2.2
MT10	4.43	20.4	19.2	2.3
MT15	4.31	21.1	18.6	2.1
MT20	4.33	17.6	14.8	2.0

350 dozajlı karışımlarda ise mermer tozunun kullanılması hem küp hem de silindir numunelerde şahit numuneye göre %10 mermer tozunda azalma eğilimine karşılık %15 mermer tozundan itibaren az da olsa artış eğilimi görülmektedir. Dayanımlarda görülen artışlar mermer tozunun kireçtaşı kökenli olmasına ve betonun yapısına bağlanabilir. 350 dozlu betonun 28 günlük dayanım değerleri Çizelge 2.de gösterilmiştir (22).

Çizelge 2. 350 dozlu betonun 28 günlük dayanım değerleri (22)

Karışım	Ultrases Hızı (km/sn)	Küp Basınç Dayanımı (MPa)	Silindir Basınç Dayanımı (MPa)	Silindir Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)
MT0	4.15	18.0	18.2	2.6
MT10	4.41	16.9	17.7	2.5
MT15	4.31	19.8	18.2	2.4
MT20	4.51	21.2	19.6	2.0

Kireç taşı tozunun beton karışımında homojen dağılması sağlanmazsa, dayanım ve dayanıklılık açısından olumsuz etkiler oluşturabilir. Kireç taşı tozu elektrostatik olarak negatif, kum ve iri agrega pozitif yüklü olduğundan agrega yüzeyine yapışır. Bu yapışmayı engellemek için, malzemelerin karıştırma sırasına ve yöntemine dikkat etmek gerekir. Mikro yapı incelemesi ile yapılan çalışmalarda en iyi ince kesit görüntüsü, önce çimento ve taş tozunun karıştırılıp, sonra agreganın ilave edildiği durumda elde edilmiştir (22).

Petersson yaptığı araştırmada betonun dayanım kazanma hızına etkisi üç mekanizma (23) ile açıklanmaktadır.

- 1- CSH oluşumuna uygun çekirdek oluşturarak hidratasyon reaksiyonlarını hızlandırır.
- 2- Özellikle C3A' sı yüksek çimentolarla reaksiyona girip bağlayıcı özelliği olan karboalüminat oluşturur.
- 3- İnceliği arttıkça hidratasyonu hızlandırır ve erken dayanımı artırır, fakat nihai dayanımda değişiklik meydana gelmez.

Benachour ve ark.(2008) tarafından yapılan araştırmada görülmüştür ki kalsit dolgu malzemesi yüzeyinde suyu absorbe etmiş, bunun sonucunda su ihtiyacı artmıştır. Ayrıca dolgu malzemesi betonda boşlukların azalmasını sağlar. Boşluk miktarıyla elastisite modülü arasında ters orantı vardır. Boşluk miktarı azaldığı için elastisite modülü artar ve betonun sehim yapabilme kapasitesi düşer. Dolgu malzemesi eklenmesiyle basınç dayanımı artar veya aynı kalır. Optimum basınç ve yarma dayanımı artışı %0 ile %25 arasında dolgu malzemesi konulduğunda ortaya çıkar. Dayanımlardaki artış dolgu malzemesinin boşlukları doldurma ve daha güçlü çimento hamuru oluşturmasından kaynaklanmaktadır (24).

Kalsitli dolgu tozları hidratasyon sırasında katalizör ve fiziksel etkiye sahiptir. Çimento hidratasyonu sırasında kalsitin (CaCO_3) ilk önce C3A ve C4AF ile reaksiyonu oluşur. Kalsitin inceliğine göre C3A ve C4AF'nin reaktivitesi artar (25).

Ramachandran (1965) CaCO_3 kalsiyum silikat hidrate ile birleşirken çekirdeklenme etkisini açıklamıştır. Kalsitin katalizör etkisi yüksek özellikteki yüzeyinden kaynaklanmaktadır. Hızlandırılmış kimyasal reaksiyon sonucu kalsiyum silikat hidrate kristalinin boyutu küçülür. Bu reaksiyon sırasında kalsit taneleri çimento hamuruyla bütünleşir (25).

Kalsitin fiziksel olarak da birçok etkisi vardır. Dolgu malzemesi çimentoyla yer değiştirildiğinde seyreltme etkisi olur. Çimento hamuru miktarı azalır ve bundan dolayı basınç dayanımını arttırmaz (26).

Belli bir miktara kadar eklenen dolgu malzemesi çimento hamurunun daha sıkı birleşmesini sağlar. Buna “filler etkisi” denir (27).

Kalsit betonun en zayıf bölgesi olan hamurla agregalar arasındaki geçiş bölgesini de kuvvetlendirir. Topçu ve ark. %7 ile 10 arasında kullanılan filler malzeme betonun geçirimsizlik ve mekanik özelliklerini iyileştirdiğini söylemiştir (28).

Esping (2008)yaptığı çalışmada farklı yüzey alanlarına sahip kireçtaşı dolgu malzemesinin taze ve sertleşmiş beton özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Kireçtaşının yüzey alanı BET metoduyla belirlenmiştir. Deneyler 0.55 su/çim oranıyla üretilen 33 kendinden yerleşen beton numuneler üzerinde yapılmıştır. Sonuç olarak yüzeysel alan arttıkça yüksek viskozite ve çekme dayanımı, düşük çökme yayılması görülmektedir. Yüzeysel alanı fazla olan malzeme kullanıldığında KYB'nin akışkanlığı azalır, otojen rötre artar, terlemeyi azaltır, plastik çatlak riskini azaltır ve daha yüksek basınç dayanımı sağlanır Yüzey alanı yüksek olan malzeme kullanıldığı sabit akışkanlığı sağlamak için su miktarını arttırmak gerekir. Sabit akışkanlığı elde etmek için eklenen su neticesinde plastik çatlak riski artmış, dayanım azalmıştır (29).

Kireçtaşı puzolanik bir dolgu malzemesi değildir ancak çimentonun içindeki C3A ile reaksiyona girerek karboalüminat oluşturur. Bu reaksiyon dolgu malzemesinin inceliği ve yüzey alanı, çimentonun C3A içeriği ile artar. Sonucunda çimentonun hidratasyonunu ayarlar ve basınç dayanımını artırır (30).

Felekoğlu ve ark.(2006)yaptıkları, çalışmada erken yaş dayanımı göz önüne alındığında kireçtaşı numuneleri uçucu küllü numunelere göre daha yüksek dayanıma sahipken 28 gün sonunda uçucu küllü numuneler puzolanik reaksiyona girdikleri için daha yüksek dayanım verdiğini görmüşlerdir (31).

Zhu ve ark.(2005) yaptıkları çalışmada portland çimentosuyla kireçtaşı (%99,3'ü kalsit) eklenmiş çimento karşılaştırıldığında kireçtaşı eklenmiş üretimlerde aynı işlenebilirlik daha az katkıyla sağlanabildiğini görmüşlerdir. Bu da ekonomik açıdan önemli bir etkidir. Kireçtaşı eklenen numunelerin dayanımları şahit numunelere göre oldukça yüksek olmuştur. 7 günlük küp dayanımında %60-80, 28 günlük dayanımda ise %30-40'lık bir fark gözlemlenmiştir (32).

Çankayalı ve ark.(2009) yaptıkları çalışmada ince malzeme hamurunun plastik viskozitesinin ve kayma eşiğinin ayarlanması için ince malzeme hamuruna değişik oranlarda elek altı kalker tozu(%95'i kalsit) ikamesi yapılarak, farklı su/çimento oranlarındaki plastik viskozite ve kayma eşiğini tespit etmişlerdir. Kalker tozu ikamesinin

artmasıyla viskozitenin arttığı ve daha homojen bir yapı ortaya çıktığını gözlemlemişlerdir. Eşit su/çimento oranında olmalarına rağmen %15 kalker tozu olan betonlarda viskozitenin yüksek ve ayrışmanın olmadığı, %9 kalker tozu olan numunede betonda ince malzemenin yetersiz kalması nedeniyle ayrışma durumu görülmüştür. Ayrıca kalker tozunu ikamesinin artmasıyla basınç dayanımında artış olmuştur (33).

Bu durum kalker tozunun betondaki mikro gözenekleri doldurması ve boşluksuz bir yapı oluşturmasına bağlanabilir.

Gökçe ve ark.(2009) betonlarda mermer tozunu (%91'i kalsit) ince agregayla hacimce ikame ederek üretimler yapmışlardır. Hazırladıkları düşük dozajlı betonlarda(220 kg/m³) mermer tozu ikamesinin artmasıyla işlenebilirliğin ve kıvam koruma arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca mermer tozu ilavesinin artmasıyla plastik viskozitede de artış, kayma eşiği değerinde ve ayrışma sorununda düşüş olduğunu görmüşlerdir (34).

Özgan (2005) yaptığı araştırmada ince agregaya yerine ağırlıkça %0,%5,%10 ve %15 oranlarda taş unu içeren beton numunelerin basınç dayanımları arasında önemli derecede fark bulunduğunu tespit etmiş ve agregaya muhteviyatındaki taş unu miktarı arttıkça beton numunelerinin basınç dayanımının da arttığını gözlemlemiştir. Ancak taş unu miktarının (%'sinin) hangi orandan sonra betonun basınç mukavemetini azalttığı ayrıca yapılacak deneysel çalışmalardan sonra belirlenmesi sonucuna varılmıştır. Taş ununun betonun içerisindeki boşlukları doldurarak betonun kompozitesini arttırdığı ve bu nedenle de beton basınç dayanımını olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır (35).

Giaccio, Violeni, Zappitelli ve Zerbino (1989) üç farklı çimento ve iki farklı F sınıfı uçucu külü, %20 ve %30 oranlarında basit ikame metoduyla kullanarak 0.55 ve 0.40 su/bağlayıcı madde oranlarına sahip betonlar üretmişler, elde ettikleri verilere göre uçucu küllerin erken yaşlardaki beton mukavemetlerini düşürdüğünü söylemişlerdir. Ancak, %20 oranlı uçucu küle sahip betonlarda ileriki yaşlardaki dayanımların arttığı, hatta bazen kontrol betonunun basınç dayanımını aştığı belirtilmiştir. İnceliği fazla olan F sınıfı uçucu küllü betonların basınç dayanımları, diğerlerine oranla daha fazla olmuştur. Kontrol betonunun basınç dayanımını aşan bu mukavemet kazanımı üç farklı çimentodan kiminde 270. günde, kiminde 90. günde oluşurken bir diğesinde 56. günde olmuştur (36).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında KONYA ÇİMENTO fabrikasında üretilen CEMII/A-L 42,5R portland kalkerli çimentosu kullanılmıştır. Agregada olarak Konya bölgesindeki taş ocaklarında üretilen kırmataş kullanılmıştır. Beton karışımında kullanılan su Konya Büyükşehir Belediyesine ait şehir şebeke suyudur. Çalışmaya konu olan mikronize kalsit ise Konya/ Selçuklu/ Eğribayat bölgesinde üretim yapan MERMER MOZAIK MADENCİLİK A.Ş.'nin mamülü olan 200 mikrondan küçük dane çaplı mikronize kalsit kullanılmıştır. Mikronize kalsit içeriği ile ilgili Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarında 20-0139-0979 rapor no.lu analiz sonuçları çizelge 3. de verilmiştir.

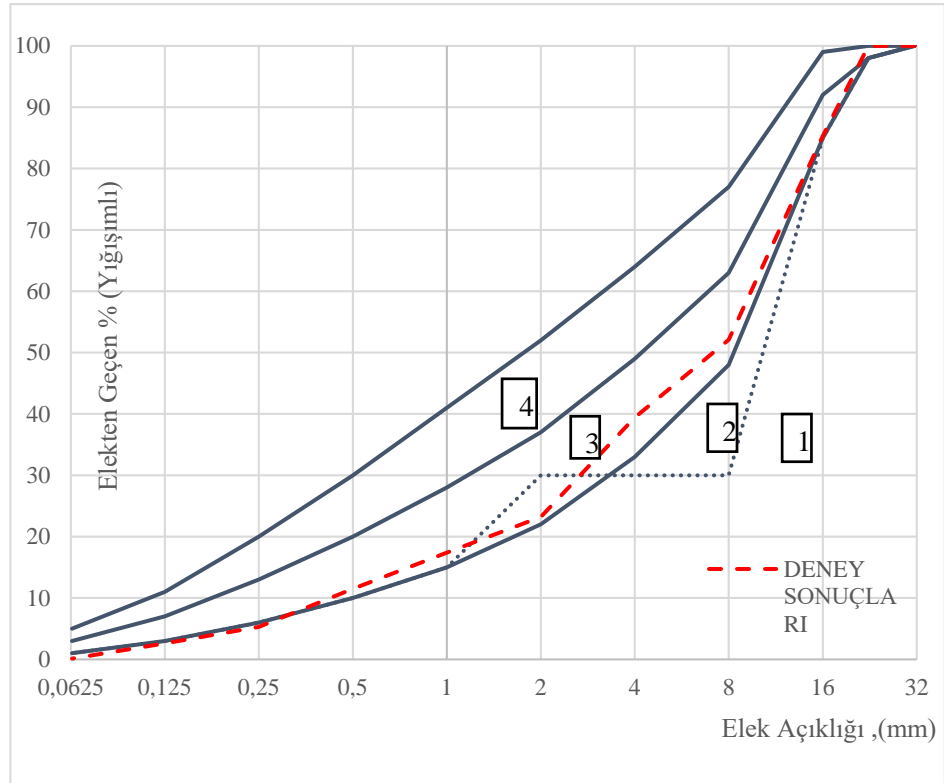
Çizelge 3. Mikronize kalsit analiz sonuçları

Numune Adı	Analiz Parametreleri	Analiz Metodu	Analiz Sonucu (%)
Kireçtaşı/Kalsit	Silisyum dioksit (SiO ₂)	ASTMC1301-95	0.13
Kireçtaşı/Kalsit	Alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)	ASTMC1301-95	0.01
Kireçtaşı/Kalsit	Demir oksit (Fe ₂ O ₃)	ASTMC1301-95	0.05
Kireçtaşı/Kalsit	Kalsiyum oksit (CaO)	ASTMC1301-95	55.82
Kireçtaşı/Kalsit	Magnezyum oksit (MgO)	ASTMC1301-95	0.06
Kireçtaşı/Kalsit	Kızdırma Kaybı	ISO 26845	43.92
Kireçtaşı/Kalsit	Kalsiyum Karbonat (CaCO ₃)	ASTMC1301-95 İşletme İçi Method	99.67
Kireçtaşı/Kalsit	Magnezyum Karbonat (MgCO ₃)	ASTMC1301-95 İşletme İçi Method	0.13
Kireçtaşı/Kalsit	Asitte çözünmeyen kısım	ASTMC1301-95	0.14

Agregalara ait dane dağılımı TS 706 EN 12620+A1 ve TS 706 EN 933-1 standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir (37,38). Elek analiz sonuçları çizelge 4. de verilmiştir. Granülometri eğrisi Şekil 1 de verilmiştir.

Çizelge 4. Elek analiz sonuçları

A-16		B-16		C-16		U-16		DENEY SONUÇLARI	
31.5	100	31.5	100	31.5	100	31.5	100	31.5	100.0
22.4	98	22.4	98	22.4	100	22.4	98	22.4	100.0
16	85	16	92	16	99	16	85	16	85.3
8	48	8	63	8	77	8	30	8	52.1
4	33	4	49	4	64	4	30	4	39.4
2	22	2	37	2	52	2	30	2	23.2
1	15	1	28	1	41	1	15	1	17.4
0.5	10	0.5	20	0.5	30	0.5	10	0.5	11.5
0.25	6	0.25	13	0.25	20	0.25	6	0.25	5.3
0.125	3	0.125	7	0.125	11	0.125	3	0.125	2.6
0.063	1	0.063	3	0.063	5	0.063	1	0.063	0.1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0



Şekil 1. Granülometri eğrisi

3.2. Metod

Bu çalışmada biri referans numune hiç mikronize kalsit katılmamış ve K₀ olarak adlandırılmış olmak üzere çimento oranı % olarak ağırlıkça azaltılarak yerine mikronize kalsit ikame edilmek suretiyle sırasıyla K₅(%5), K_{7.5} (%7.5), K₁₀ (%10), K_{12.5}(%12.5), K₁₅ (%15), K_{17.5} (%17.5) ve K₂₀(%20) şeklinde toplam 8 farklı karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan karışım numunelerin isimleri deney esnasında K₀ karışımı 1 nolu karışım olarak adlandırılmış ve sırasıyla 2,3,4,5,6,7 ve 8 nolu numune gurubu olarak deneyler yapılmıştır. Beton karışımları TS 802 ve TS EN 206-1 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (39,40). 1 metreküp referans ve farklı oranlarda mikronize kalsit içeren betonlara ait malzeme miktarları Çizelge 5. de verilmiştir. Hazırlanan beton karışımlarının hepsinde su/çimento oranı 0.55 olmak üzere sabit tutulmuştur.

Çizelge 5. Beton karışım miktarları

Numune Adı	Çimento (kg)	Mikronize kalsit (kg)	Su (kg)	Agrega 0-4 (kg)	Agrega 4-16 (kg)	Agrega 16-22 (kg)
K ₀ %'0	350	0	192.5	577	577	777
K ₅ %'5	332.5	17.5	192.5	577	577	777
K _{7.5} %'7.5	323.75	26.25	192.5	577	577	777
K ₁₀ %'10	315	35	192.5	577	577	777
K _{12.5} %'12.5	306.25	43.75	192.5	577	577	777
K ₁₅ %'15	297.5	52.5	192.5	577	577	777
K _{17.5} %'17.5	288.75	61.25	192.5	577	577	777
K ₂₀ %'20	280	70	192.5	577	577	777

Karışım için gerekli malzemeler KTO Karatay Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölüm laboratuvarında bulunan resim 1 de görülen beton mikserinde her bir beton için ayrı ayrı karıştırılarak beton imalatı yapılmıştır.



Resim 1.

Hazırlanan beton resim 2 de görüldüğü gibi önceden temizlenen ve yağlanan $(15 \times 15 \times 15)cm^3$ ebatlarındaki küp numune kaplarına laboratuvar tipi vibratörle sıkıştırılarak yerleştirilmiştir.



Resim 2.

Numunelerin üzerine bilgilendirme etiketleri konularak resim 3 te görüldüğü gibi 24 saat sonra kaplardan çıkartılarak kür havuzuna konulması için priz alması beklenmiştir.



Resim 3.

Beher karışımdan en az dokuz adet numune dökülerek 7., 28. ve 56. Günlerde basınç mukavemeti deneyine tabi tutulmak üzere deney gününe kadar kaplardan çıkan numuneler resim 4. teki gibi kür havuzunda bekletilmiştir.



Resim 4.

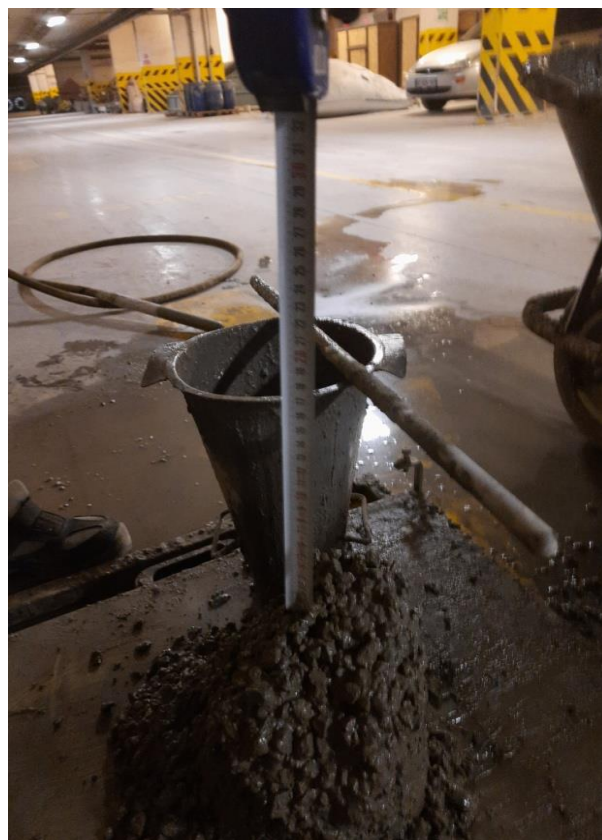
Taze beton üzerinde çökme değerini belirlemek amacıyla resim 5 ve resim 6 da görüldüğü gibi slump deneyi gerçekleştirilmiştir (41). Deneylerde elde edilen veriler Çizelge 6.da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Çökme deneyi sonuçları

Numune adı	K ₀	K ₅	K _{7.5}	K ₁₀	K _{12.5}	K ₁₅	K _{17.5}	K ₂₀
Çökme (mm)	25	40	60	85	100	110	130	160
Hava sıcaklığı	20.5	20.5	21	21	21	21	20	20



Resim 5



Resim 6

Basınç deneyleri $(15 \times 15 \times 15)cm^3$ ebadındaki kp numunelerden oluşan beton grupları 7.,28. ve 56. günlerde resim 7. de görülen KTO Karatay niversitesi beton laboratuvarına ait 2000kN kapasiteli beton test presi kullanılarak TS EN 12390-3'e uygun olarak 0.6 MPa yükleme hızında teste tabi tutulmuştur (42).



Resim 7

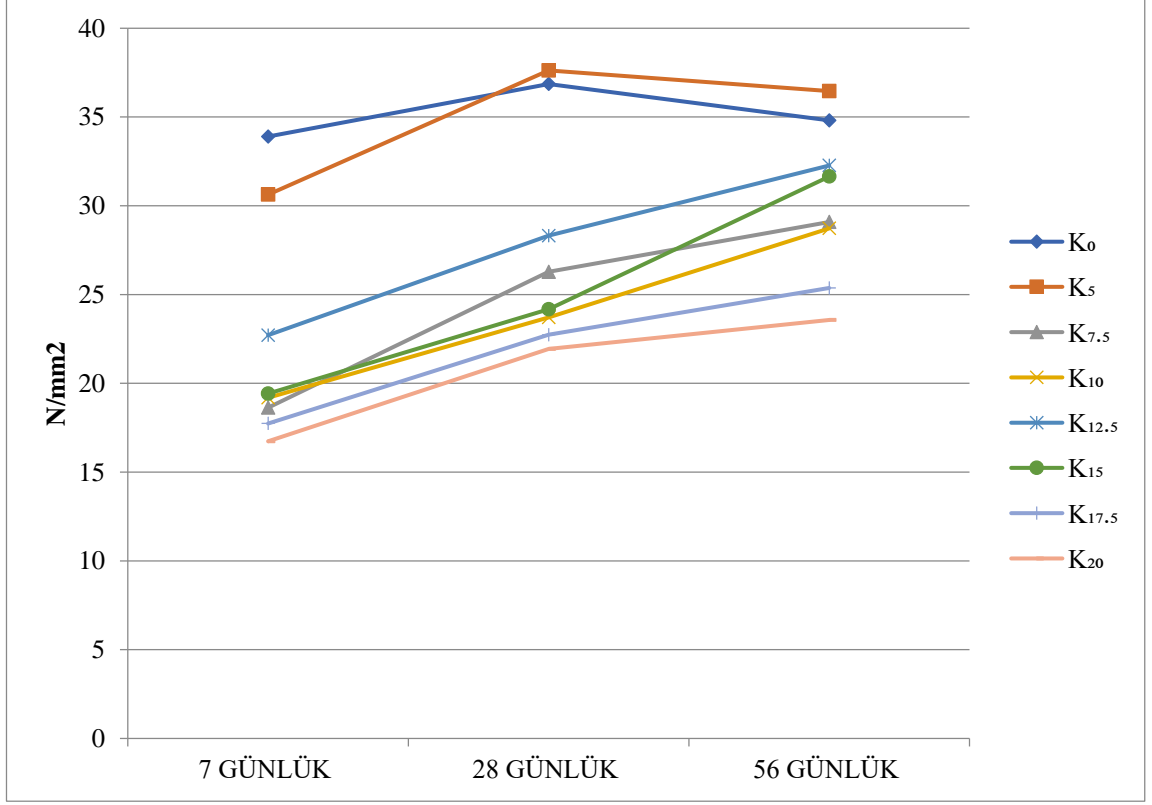
Çizelge 7. de toplu olarak beher grup ve numune için 7.,28. ve 56. Günlerdeki test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 7. Beton numune sonuçları

NUMUNE ADI	7 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI N/mm2				28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI N/mm2				56 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI N/mm2				
	1	2	3	ORT	1	2	3	ORT	1	2	3	4	ORT
K₀ REFERANS NUMUNE	29.84	40.92	30.94	33.90	38.46	40.16	31.97	36.86	36.27	31.69	39.21	32.06	34.81
K₅ NUMUNE %5 KALSİT	29.74	30.08	32.08	30.63	32.84	41.42	38.60	37.62	36.81	31.95	41.34	35.73	36.46
K_{7.5} NUMUNE %7.5 KALSİT	18.42	19.40	17.16	18.33	25.98	29.16	23.70	26.28	33.12	24.82	29.80	28.61	29.09
K₁₀ NUMUNE %10 KALSİT	20.31	20.12	17.13	19.19	23.21	24.81	23.10	23.71	29.20	27.39	29.61		28.73
K₁₀ NUMUNE %12.5 KALSİT	23.85	22.88	21.41	22.71	24.49	30.25	30.22	28.32	33.83	30.85	27.80	36.60	32.27
K₁₅ NUMUNE %15 KALSİT	20.67	19.89	17.71	19.42	24.80	20.26	27.45	24.17	32.17	27.87	35.12	31.44	31.65
K_{17.5} NUMUNE %17.5 KALSİT	17.96	16.59	18.67	17.74	22.85	22.32	23.05	22.74	26.56	24.15	25.45	25.30	25.37
K₂₀ NUMUNE %20 KALSİT	16.81	17.31	16.10	16.74	20.07	22.65	23.10	21.94	22.01	19.69	25.12	27.44	23.57

Çizelge 7.de sonuçları verilen K₀ ,K₅,K_{7.5},K₁₀,K_{12.5},K₁₅,K_{17.5} ve K₂₀ numune guruplarının basınç dayanım grafikleri Ekler bölümünde Ek1,Ek2,Ek3,Ek4,Ek5,Ek6,Ek7 ve Ek8 olarak verilmiştir.

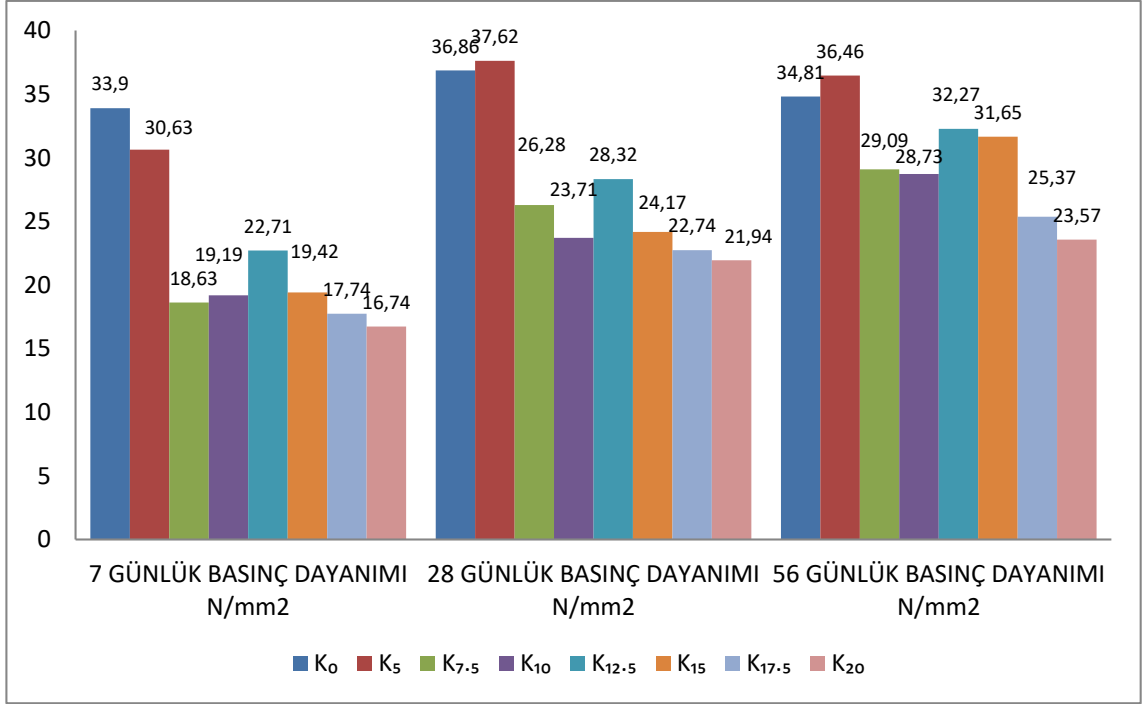
Beton numunelerinin karşılaştırmalı basınç dayanım yatay grafiği Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Karşılaştırmalı basınç dayanımı yatay grafiği.

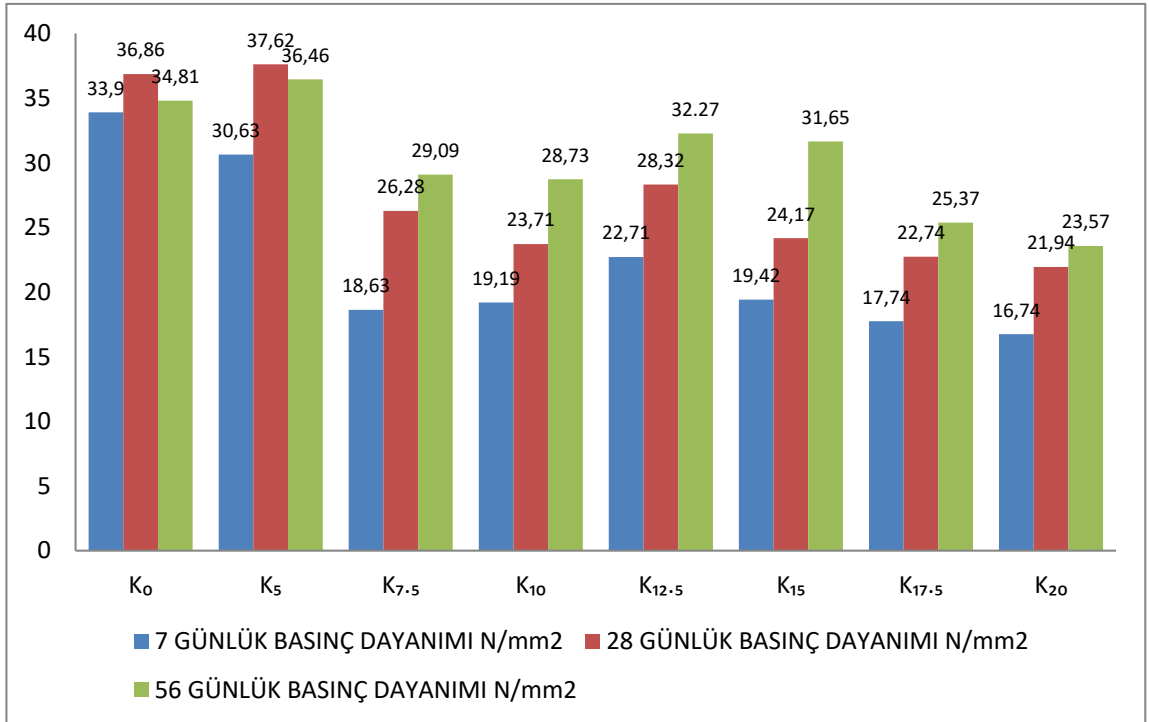
Zamana bağlı ortalama basınç dayanımları düşey grafiği Şekil 3 te verilmiştir.

Şekil 3'teki grafiği incelediğimizde erken yaşta K₀ referans numunesinin ve K₅ numunesinin beklenen değerleri sağladığı diğer numunelerin ise hedef performansın altında kaldığı görülmektedir. 28 günlük test sonuçlarında ise tüm deney gruplarının mukavemetinde artış olmuş lakin K₀ ve K₅ karışımları haricinde hedef performansı sağlayan karışım olmamıştır. 56. gündeki test sonuçlarında ise K₀ ve K₅ karışımları dışında diğer karışımların basınç dayanımlarında artış olmuş ve K_{12.5} ve K₁₅ karışımları hedef performans değerini aşmış neredeyse referans numune mukavemetine ulaşmıştır. Bu grafikte ortalama değerler verilmekte olup tekil bazda incelendiğinde istenilen ortalama performansa ulaşmayan karışımlarda da bazı numunelerin 28.günde istenilen performansa ulaştığı görülmüştür. Her bir numune için düşey grafikler ekler bölümünde verilmiştir.



Şekil 3. Zamana bağlı ortalama basınç dayanımı düşey grafiği

Her bir karışım gurubunun kendi içinde zamana bağlı değerlendirildiği toplu düşey grafik Şekil 4 te verilmiştir.



Şekil 4. Karışımların kendi içinde zamana bağlı basınç dayanımı değişimleri.

Şekil 4'teki grafik incelendiğinde Ko referans numunede 56. gün sonunda önemli bir değişim olmazken K_s numunesinde 7.gün ile 56.gün arasında cüz'i bir değişim olmuştur. Burada şaşırtıcı bir şekilde diğer karışımlarda 7.günden itibaren parabolik bir şekilde basınç mukavemetleri artmış 7.güne kıyasla 56. güne gelindiğinde % 50 ye yakın bir artış olmuştur.Bu artışın sebebi araştırıldığında kullanılan mikronize kalsitin Çizelge 3 de verilen analiz sonuçlarına bakıldığında muhteviyatında bulunan silisyum dioksit(SiO₂),Aliminyum oksit (Al₂O₃),Demir oksit(Fe₂O₃),Kalsiyum oksit(CaO) ve Magnezyum oksit(MgO) gibi bileşiklerin zamanla puzolonik etki göstermiş olabileceği ve bu nedenle de bu mukavemet artışının oluştuğu, ileride daha yaşlı betonlarla çalışıldığında hedef performansa ulaşamayan diğer karışımlarında istenilen sonuçlara ulaşabileceği düşünülmektedir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasına başlanırken çimento yerine mikronize kalsit ikamesiyle referans numuneye göre daha yüksek basınç mukavemeti sağlanacağı öngörülmüştür. Bekem Kara,İ.'nin yaptığı çalışmaya benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Bekem Kara,İ.2020 yılında yaptığı çalışmada %10 kalsit ikamesine kadar ilk günlerden itibaren olumlu sonuçlar elde etmesine rağmen, yapılan çalışmada zamana bağlı olarak tedricen basınç mukavemet değerleri yükselmiştir. Erdal,M. ve Şimşek,O. 2011 yılında yaptıkları çalışmada Ahlat taş ununu çimento yerine ikame ederek ürettikleri betonlarda %5 taş unu ikameli betonun referans numuneye uyumlu sonuç elde etmişlerdir. Yapılan çalışmada %5 lik mikronize kalsit ilaveli beton sonucu referans karışım betonundan daha yüksek basınç dayanımı vermiş bu yönüyle uyumlu iken ilaveten % 15 ikameli karışım da ise basınç dayanımı, referans numuneye çok yakın sonuçlar vermiştir. Tez çalışmasında deney bulguları değerlendirildiğinde şu sonuçlara ulaşılmıştır.

1)-Çökme deneyleri sonucunda ölçülen değerlerden görüldüğü üzere çimento yerine ikame edilen mikronize kalsit oranı arttıkça betonun işlenebilirliği artmaktadır. Bu özellik ile akışkanlaştırıcı katkı kullanmadan su/çimento oranı düşük beton üretilmi yapılabileceği görülmüştür.

2)-%'5 mikronize kalsit ikameli betonun referans karışım beton dayanımından daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu görülmüş olup, kullanıma uygun bir beton olacağı ve referans betona göre daha ekonomik ve daha az karbon salınımına neden olduğu için daha çevreci bir beton üretimine sahip olduğu görülmüştür.,

3)-Yüksek oranlı mikronize kalsit ikameli beton karışımları erken yaşta referans betonun basınç dayanımının %'50'sine ulaşırken zamanla basınç dayanımlarının artış gösterdiği görülmüştür. K_{12.5} (%'12.5) ve K₁₅(%'15) karışımları 56.günün sonunda referans beton basınç dayanımına ulaşmıştır. Bu artışın nedeninin mikronize kalsit bünyesindeki silisyum dioksit(SiO₂), Alüminyum oksit (Al₂O₃), Demir oksit(Fe₂O₃), Kalsiyum oksit(CaO) ve Magnezyum oksit(MgO) gibi bileşiklerin zamanla puzolonik etki göstermiş olabileceği ve bu nedenle de bu mukavemet artışının oluştuğu görülmüştür.

K₁₅(%'15) karışımı ile üretilmiş beton ele aldığı referans beton dayanım değerine ulaştığı görülmüştür. Bu sonuç, birim metreküp betonda 50 kg çimento daha az çimento

kullanılmasına hemde atmosfere karbon salınımının düşmesini sağladığından çevreci ve ekonomik bir beton üretilmiş olmaktadır.

Mikronize kalsit ikameli K₁₅ betonunun dezavantajlı yönü ise erken yaşta ancak %'50 basınç dayanımına ulaşabilmesidir. Bu dezavantajın, hemen kullanıma açılacak yapılarda değil aşamalı inşaat yapımında kullanılmak suretiyle ortadan kaldırılabilmesi mümkündür. Çalışılan, mikronize kalsit ikamesi ile üretilen betonların kullanılmadan önce üretilen betonların diğer mekanik özelliklerindeki bilimsel olarak araştırılması gereklidir.

ÖNERİLER

Standart numuneler yaşlandırılarak değişik beton sınıflarının hedef performansa ulaşamayan diğer karışımlarında istenilen sonuçlara ulaşabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- (1) Filiz, M., Özel, C., Soykan, O. ve Ekiz, Y., 2010. “Atık Mermer Tozunun Parke Taslarında Kullanılması”, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6, 57-72
- (2) Erdoğan, T.Y., 2010.” *Beton*”, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.
- (3) Ozawa, K., Sakata, N., Okamura, H., 1995. Evaluation of SelfCompactability of Fresh Concrete Using the Funnel Test,*Proc. Jpn. Soc. Civ. Eng.* 25, (June) 59– 75.
- (4) Akın, M. *Kalsit katkılı betonların geçirimsizlik ve durabilite özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s.4-5, 2009
- (5) Kaymak, H., *Kendiliğinden yerleşen betonlarda metakaolin ve kalsit kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2010.
- (6) Sprung, S., Siebel, E., Assessment of the Suitability of Limestone for Producing Portland Limestone Cement (PKZ), *Zement-Kalk-Gips* 44(1), 1-11, 1991.
- (7) Türkmenoğlu, Z.F, Kılıç, A.M ve Depçi, T., 2015. Van Pomzası ve Mermer Tozu Atıkları ile Üretilmiş Kendiliğinden Yerleşen Hafif Betonların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(1): 105-116.
- (8) Horoz, A. 2020 ‘*Şanlıurfa Yöresinde Bulunan Kalker Ocaklarında Atıl Durumdaki Elenmiş Malzemeleri (Taş Unu) Taze ve Sertleşmiş Betona Etkisi*’, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- (9) Bekem Kara, İ. Kalsitin çimento malzemesi olarak kullanımının basınç dayanımına etkisi, *Journal of Investigations on Engineering & Technology* Volume 3, Issue 1, 10-16.2020.
- (10) Terzibaşoğlu, N., 1996. *Kırma Taş Tozunun Betonda Kullanılabilirliği. 1.Ulusal Kırma Taş Sempozyumu*, İstanbul.
- (11) Erdal, M. ve Şimşek, O. Ahlat Taşı (İgnimbrit) Atıklarının Taşunu Olarak Beton içinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması , *Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic Cilt: 14 Sayı: 3* s. 173-177, 2011
- (12) Durmuş, G., Bekem, İ. 2015. *Kalsitin İnce Agregaya İkamesi Olarak Kullanımının Beton Sürdürülebilirliğine Etkisi*, *2nd International Sustainable Buildings Symposium*, syf 309-313.
- (13) Yahia, A., Tanimura, M., Shimoyama, Y., 2005. Rheological Properties of Highly Flowable Mortar Containing Limestone Filler-Effect of Powder Content and W/C Ratio, *Cement and Concrete Research*, 35, pp 532-539.
- (14) Fujiwara, H., Nagataki, S., Otsuki, N., Endo, H., 1996. Study on Reducing Unit Powder Content on High-Fluidity Concrete by Controlling Powder Particle Size Distribution, *Transl. Proc. Jpn. Soc. Civ. Eng.* 30 (532) pp 117– 127.
- (15) Daimon, M., Sakai, E., 1998. *Limestone Powder Concerning Reaction and Rheology*, *4 th CANMET/ACI/JCI Int. Conf. on Recent Advances in Concrete Technology*, *Shigeyoshi Nagataki Symposium*, Tokushima, Japan, pp. 41– 54.

- (16) Yahia, A., Tanimura, M., Shimabukuro, A., Shimoyama, H., Tochigi, T., 1999. *Effect of Mineral Admixtures on Rheological Properties of Equivalent Self-Compacting Concrete Mortar, Proceedings of the 7th East Asia-Pacific Conf. on Structural Engineering & Construction*, Kochi, Japan, August 27– 29, pp. 1330–1335.
- (17) Nehdi, M., Mindess, S., 1998. Rheology of High-Performance Concrete: Effect of Ultrafine Particles, *Cement and Concrete Research*, 28, pp 687– 697.
- (18) Bonavetti, V., Donza, H., Menendez, G., Cabrera, O., Irassar, E.F., 2003. Limestone Filler Cement in Low W/C Concrete: A Rational Use of Energy, *Cement and Concrete Research*, 33, pp 865-871.
- (19) Moir, G., Kelham, S., 1997. *Developments in Manufacture and Use of Portland Limestone Cement*, in: V.M. Malhotra (Ed.), *Proceedings of High Performance Concrete*, ACI SP-172, American Concrete Institute, Detroit, MI, pp. 797– 819.
- (20) Bonavetti, V.L., Donza, H., Rahhal, V.F., Irassar, E.F., 1999. High Strength Concrete With Limestone Filler Cements, in: V.M. Malhotra, P. Helene, D.C.C. Dal Molin. (Eds.), *High-Performance Concrete and Performance and Quality of Concrete Structures*, ACI SP- 186, American Concrete Institute, Farmington Hill, MI, pp. 567– 580. 75
- (21) Opoczky, L., 1992. Progress of the Particle Size Distribution During the Intergrinding of a Clinker– Limestone mixture, *Zem.–Kalk– Gips* 45 (12) 648–651.
- (22) Ünal, O., Kibici, Y., 2001. *Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanımının Araştırılması, Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı*.
- (23) Petersson, Ö., 2002. *Limestone Powder as Filler in Self-Compacting Concrete – Frost Resistance, Compressive Strength and Chloride Diffusivity*, *First North American Conference on the Design and Use of Self Consolidating Concrete*, p. 391-396.
- (24) Benachour, Y., Davy, C.A., Skoczylas, F., Houari, H., 2008. Effect of a High Calcite Filler Addition Upon Microstructural, Mechanical, Shrinkage and Transport Properties of a Mortar, *Cement and Concrete Research*, 38, pp 727–736.
- (25) Feldman, R.F., Ramachandran, V.S., Sereda, P.J., 1965. Influence of CaCO₃ on the Hydration of 3CaO, Al₂O₃, *J. Am. Ceram. Soc.* 48 (1) pp 25– 30.
- (26) Lawrence, P., Cyr, M., Ringot, E., 2005. Mineral Admixtures in Mortars: Effect of Type, Amount and Fineness of Fine Constituents on Compressive Strength, *Cement and Concrete Research*, 35, pp 1092– 1105.
- (27) Moosberg-Bustnes, H., Lagerblad, B., Forssberg, E., 2004. The Function of Fillers in Concrete, *Materials Structure*, 37, pp 74–81.
- (28) Topçu, I.B., Uğurlu, A., 2003. Effect of the Use of Mineral Fillers in the Properties of Concrete, *Cement and Concrete Research*, 33, pp 1071– 1075.
- (29) Esping, O., 2008. Effect of Limestone Filler BET(H₂O)-Area on the Fresh and Hardened Properties of Self-Compacting Concrete, *Cement and Concrete Research*, 38, pp 938-944.

- (30) Bonavetti, V.L., Rahhal, V.F., Irassar, E.F., 2001. Studies on the Carboaluminate Formation in Limestone Filler-Blended Cements, *Cement and Concrete Research*, 31, pp 853–859.
- (31) Felekoğlu, B., Tosun, K., Baradan, B., Altun, A., Uyulgan, B., 2006. The Effect of Fly Ash and Limestone Fillers on the Viscosity and 76 Compressive Strength of Self-Compacting Repair Mortars, *Cement and Concrete Research*, 36, pp 1719–1726
- (32) Zhu, W., Gibbs, J.C., 2005. Use of Different Limestone and Chalk Powders in Self-Compacting Concrete, *Cement and Concrete Research*, 35, pp 1457– 1462.
- (33) Çankayalı, A., Gökçe, M., Levent, K. Y., 2009. *Taze Beton Bünyesindeki İnce Malzeme Hamuru Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Yapılarda Kimyasal Katkılar 3. Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, syf 25-42.
- (34) Gökçe, M., Dalmış, K., Şimşek, O., 2009. *Farklı Tip Akışkanlaştırıcı Katkı ile Değişik Oranlarda Mermer Tozu İkame Edilen Betonların Performansları, Yapılarda Kimyasal Katkılar 3. Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, syf 215-224.
- (35) Özgan, E., Kırmataş, A., 2005. Agregada İçerisindeki Taş-Unu Miktarının Betonun Basınç Dayanımına Etkisi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 21 (1-2), 198-205 (2005)
- (36) Giaccio, G., Violoni, D., Zappitelli, R., Zerbino, R., 1989. *Compressive Strength and Elastic Properties of Fly Ash Concrete Elaborated with Different Cement Types, Supplementary Papers of Third CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Pozzolans in Concrete*, Trondheim, Norway, pp. 188-202
- (37) Türk Standartları Enstitüsü (TSE), “Beton agregaları”, **TS 706 EN 12620+A1**, Ankara, Türkiye (2009).
- (38) Türk Standartları Enstitüsü (TSE), “Agrega tane büyüklüğü dağılımı”, **TS 3530 EN 933-1**, Ankara Türkiye (2007).
- (39) Türk Standartları Enstitüsü (TSE), “Beton Karışımı Hesap Esasları”, **TS 802**, Ankara, Türkiye (1985).
- (40) Türk Standartları Enstitüsü (TSE), “Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”, **TS EN 206-1** Ankara, Türkiye (2002).
- (41) Türk Standartları Enstitüsü (TSE), “Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi”, **TS EN 12350-2**, Ankara, Türkiye (2002).
- (42) Türk Standartları Enstitüsü (TSE), “Sertleşmiş Beton Deneyleri”, **TS EN 12390**, Ankara, Türkiye (2002)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Mikail KURU

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 1993,Selçuk Üniversitesi, Müh.Mim.Fakültesi, İnşaat

Yüksek Lisans Öğrenimi : ----

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce,Arapça

Bilimsel Faaliyetleri : ---

İŞ DENEYİMİ

Stajlar : ----

Projeler : ----

Çalıştığı Kurumlar : 1993,Öğretim Görevlisi, Selçuk Üniversitesi.

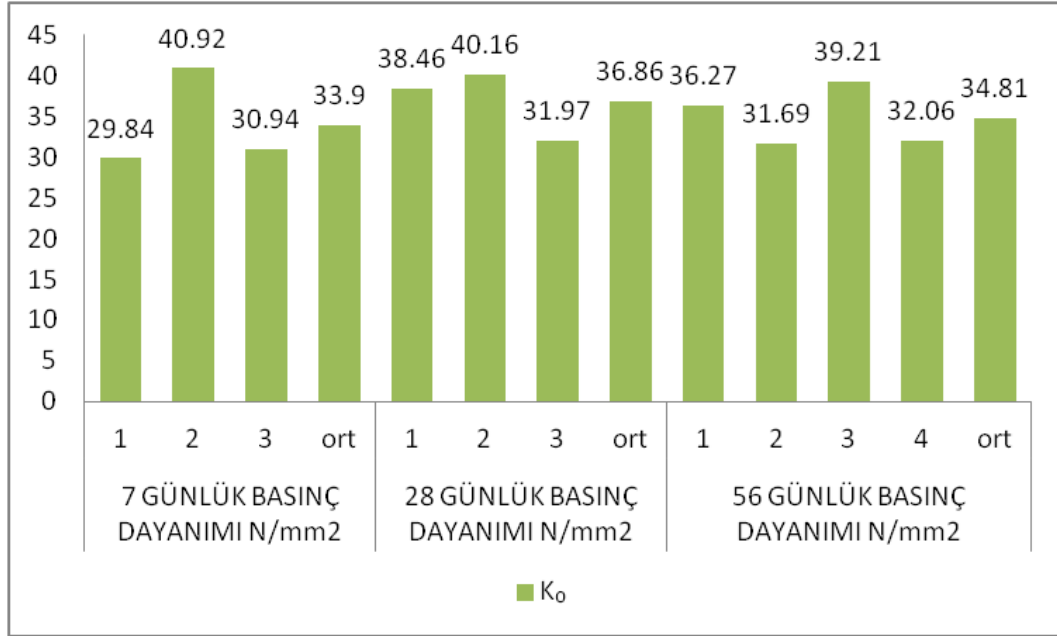
1997,Genel Müdür Yrd., Sayha İnşaat A.Ş.

1998, Yönetici,Bemsan İnşaat ltd.şti.

1999,Yönetici,Mikail Kuru İnşaat Ltd.Şti.

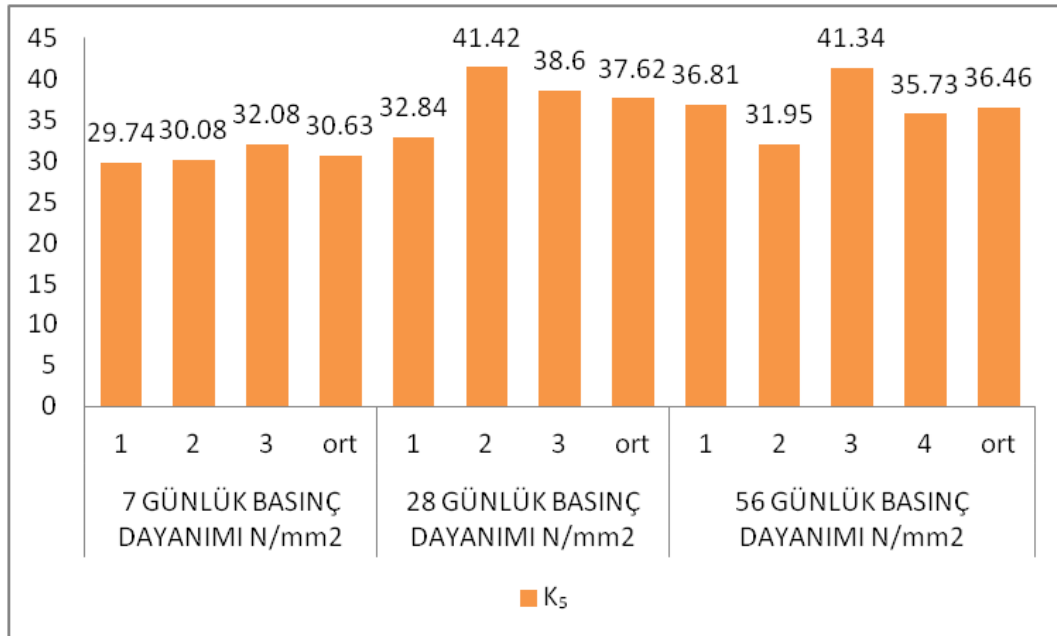
Tarih: 25 Ocak 2023

EK 1.



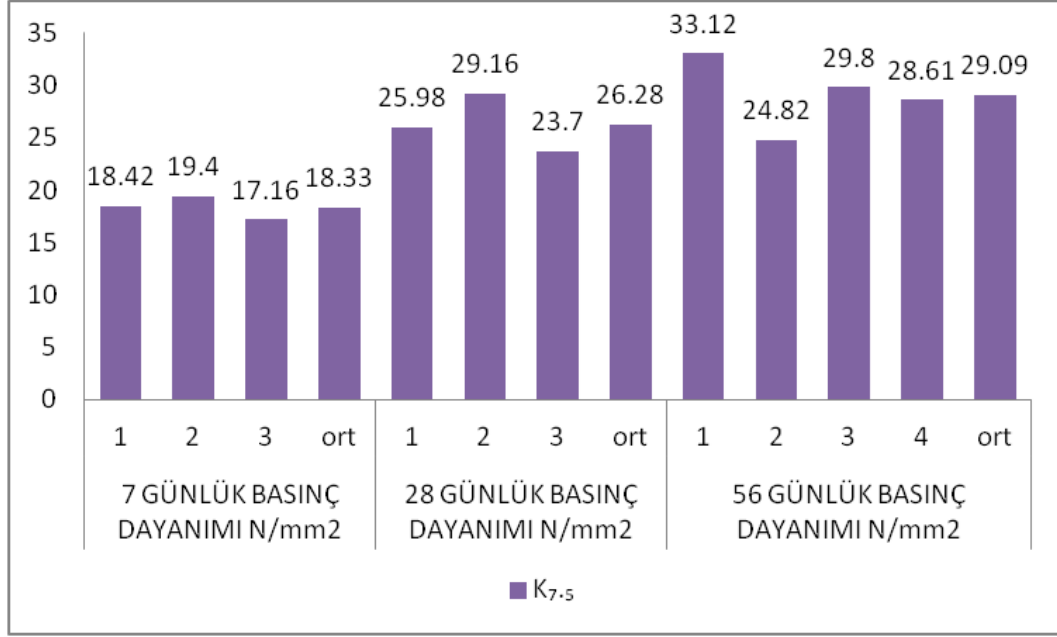
K₀ Numunelerinin Basınç Dayanım grafiği

EK 2.



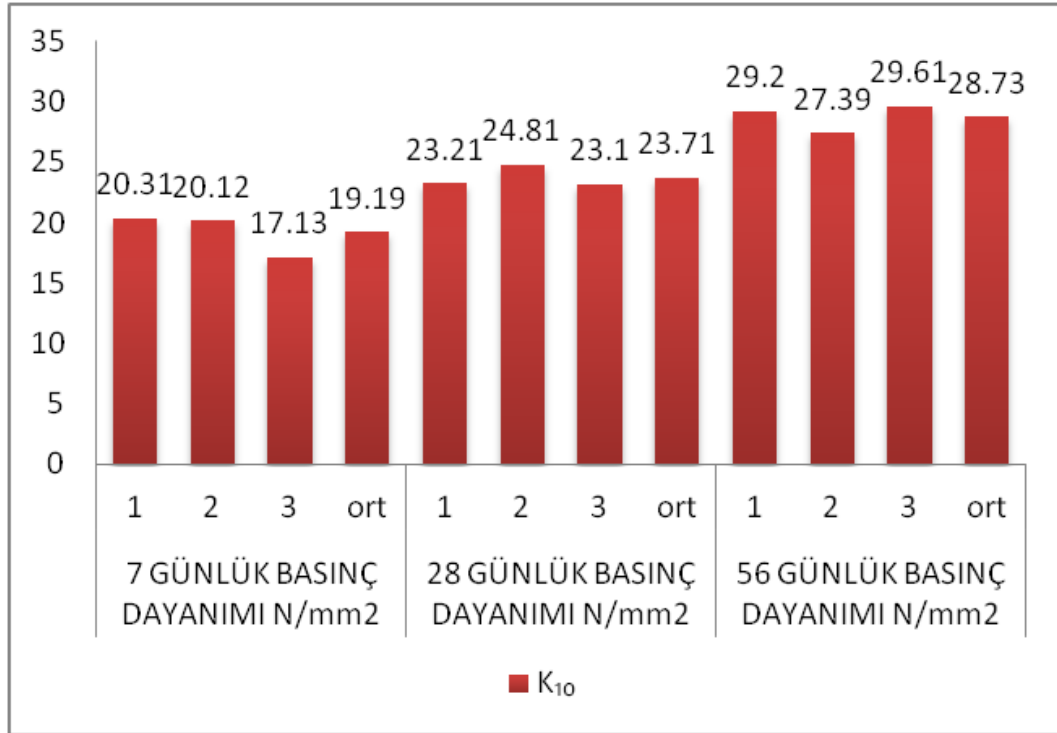
K₅ Numunelerinin Basınç Dayanım Grafiği

EK 3.



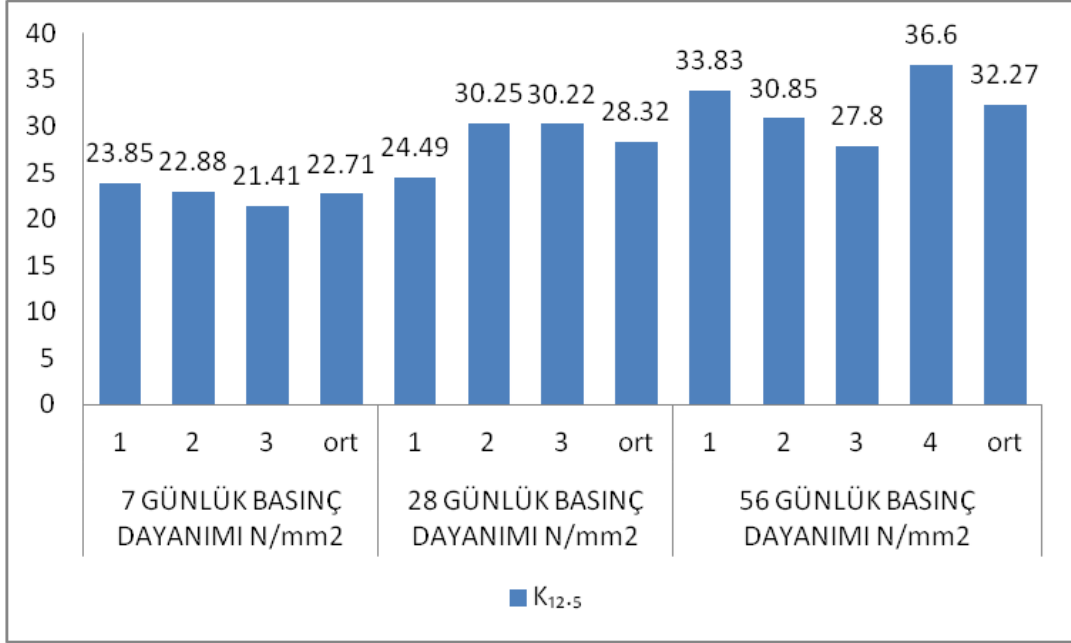
K_{7.5} Numunelerinin Basınç Dayanım Grafiği

EK 4



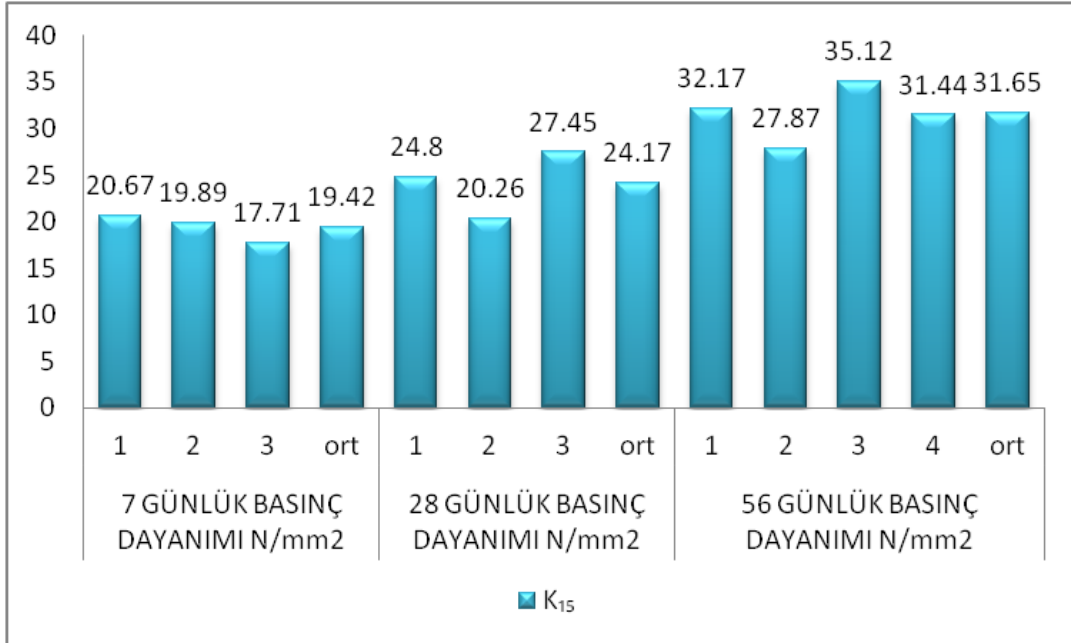
K₁₀ Numunelerinin Basınç Dayanım Grafiği

EK 5



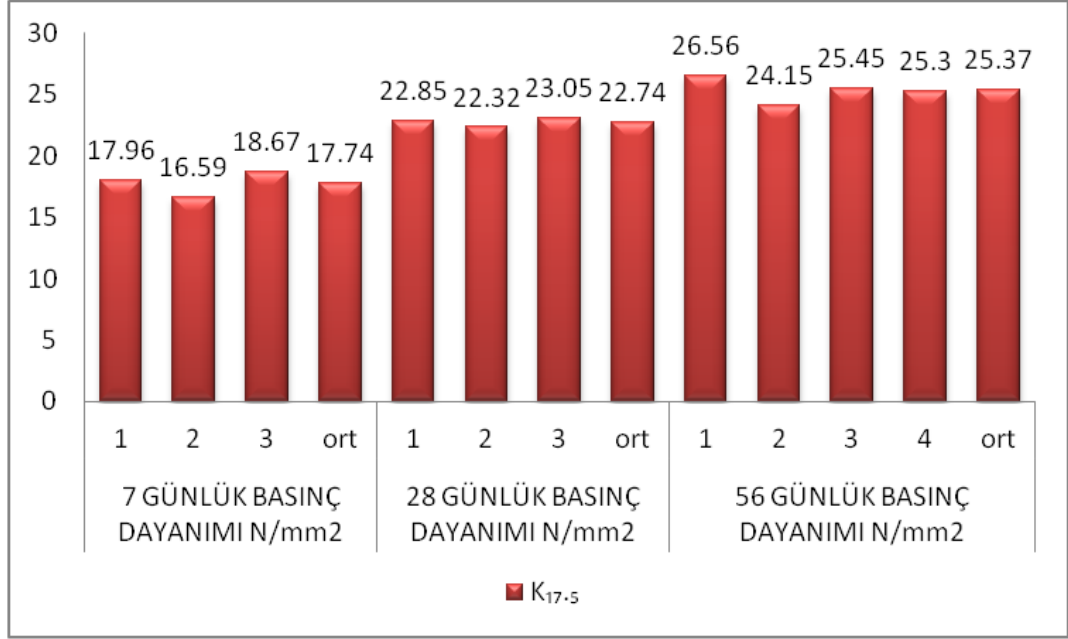
K_{12.5} Numunelerinin Basınç Dayanım Grafiği

EK 6.



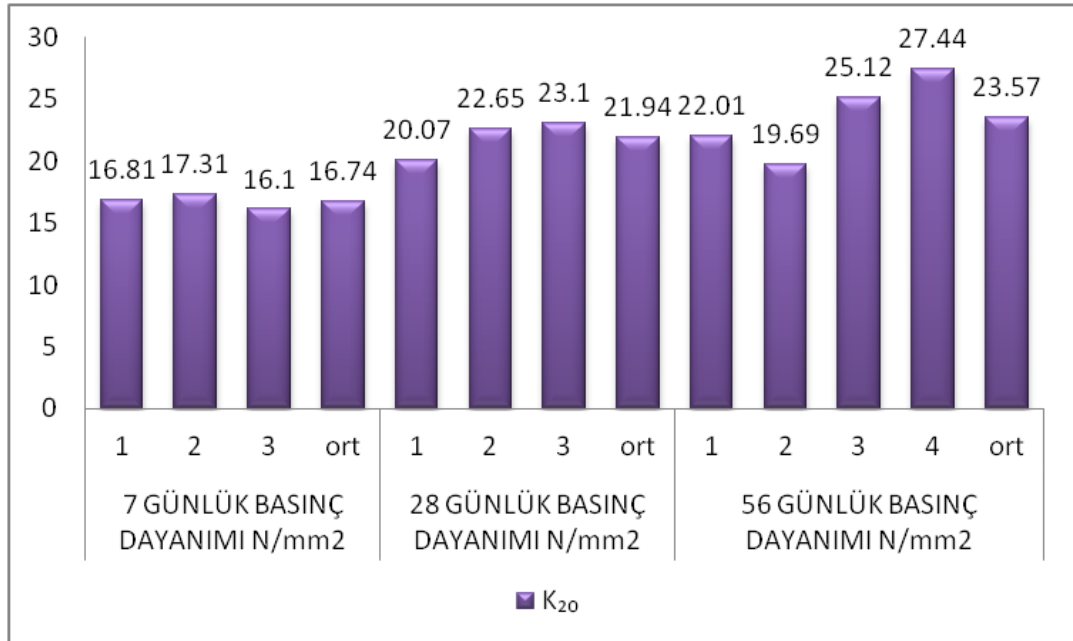
K₁₅ Numunelerinin Basınç Dayanım Grafiği

EK 7.



K_{17.5} Numunelerinin Basınç Dayanım Grafiği

EK 8.



K₂₀ Numunelerinin Basınç Dayanım Grafiği