T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞANLIURFA KİREÇTAŞI TOZUNUN ÇİMENTO İKAMESİYLE BETONUN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa YETİM

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA

2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1.GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 6
3. MATERYAL ve YÖNTEM 19
3.1. Materyal 19
3.1.1. Malzemeler 20
3.2. Yöntem 22
3.2.1. Malzeme ön deneyleri 22
3.2.2. Karışımların hazırlanması 30
3.2.3. Taze Beton Deneyleri 33
3.2.4. Sertleşmiş Beton Deneyleri 37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 46
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 61
5.1. Sonuçlar 61
5.2 Karşılaştırmalar 62
5.3. Öneriler 63
KAYNAKLAR 65
ÖZGEÇMİŞ 68

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ŞANLIURFA KİREÇTAŞI TOZUNUN ÇİMENTO İKAMESİYLE BETONUN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa YETİM

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatma Şebnem KULOĞLU YÜKSEL
Yıl: 2021, Sayfa: 69

Bu çalışmada, kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve betonun ana bağlayıcı malzemesi olan çimentonun üretiminden kaynaklanan çevresel zararlarının minimize edilmesi amacıyla, kireçtaşı ocaklarında konkasör makinalarında kırılan taşın elenmesi sonucunda ortaya çıkan tozlarının betonda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Şanlıurfa ilinde üretilen betonlarda agrega olarak çoğunlukla kireçtaşının kırılıp elenmesiyle oluşan çeşitli granüldeki malzemeler kullanılmaktadır. Bu taş tozlarının alanda birikmesi, hem iş makinelerinin alanda rahat hareket etmesini kısıtlamakta hem toz partiküllerinin havaya karışmasıyla hava kalitesini düşürerek ocakta çalışan personellerin ve yakın yerleşim alanlarında yaşayan canlıların sağlığına zarar vermektedir. Çimento üretiminde ortaya çıkan çevreye zararlı gazların minimize edilmesi noktasında birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada da beton karışımındaki çimento miktarını azaltmak amacıyla ocakta atıl durumdaki kireçtaşı tozunun beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Sürdürülebilir beton üretimi amacıyla yapılan çalışmada, referans betonda kullanılan çimento miktarı yerine belli oranlarda kireçtaşı tozu ikame edilerek betonlar üretilmiştir. Kireçtaşı tozu ikameli beton ile referans beton numuneleri fiziksel ve mekanik deneylere tabi tutulmuştur. Kireçtaşı tozu çimento ile %0, %5, %10, %15 ile %20 oranında ağırlıkça yer değiştirilerek üretilen betonlarda, taze halde; Birim hacim ağırlık, slump(çökme) deneyleri, sertleşmiş betonda ise ultra ses geçiş hızı, basınç, eğilmede çekme, kapiler su emme deneyleri yapılmıştır. Çıkan sonuçlar incelenen literatür bilgileri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda belli oranlarda çimento yerine taş tozu kullanımının; betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinde olumlu sonuçlar verdiği, çevresel etkisi yüksek çimento yerine atıl durumdaki kireçtaşı tozunun kullanımının hem ekonomik hem de çevresel etki bakımından olumlu sonuçlar doğuracağı gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Sürdürülebilir beton, kireçtaşı tozu, çevresel etki

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SANLIURFA LIME STONE POWDER ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE BY CEMENT

Mustafa YETİM

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatma Şebnem KULOĞLU YÜKSEL
Year: 2021, Page:69

In this study, in order to minimize the environmental damage caused by the production of cement, which is the main binding material of concrete, and the sustainable use of resources, the usability of the dust, which is produced as a result of the sieving of the crushed stone in the crusher machines in the limestone quarries, in the concrete has been investigated. In the concretes produced in Şanlıurfa, materials in various granules, which are mostly formed by crushing and sifting the limestone stone, are used as aggregate. The accumulation of these stone dusts in the area both restricts the comfortable movement of construction machines in the area and reduces the air quality by mixing the dust particles into the air and harms the health of the personnel working in the quarry and the living things living in the nearby residential areas. Many studies have been carried out to minimize the harmful gases to the environment that occur in cement production. In this study, in order to reduce the amount of cement in the concrete mix, the usability of the limestone dust in the quarry inactive in concrete production was investigated. In the study carried out for the purpose of sustainable concrete production, concretes were produced by replacing the amount of cement used in the reference concrete with limestone powder in certain proportions. Limestone powder substituted concrete and reference concrete samples were subjected to physical and mechanical tests. In the concrete produced by replacing the limestone powder with cement at the rate of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% by weight, in fresh form; Unit volume weight, slump (slump) tests, and in hardened concrete, ultra sound transmission velocity, pressure, tensile in bending, capillary water absorption tests were carried out. The results were evaluated in line with the literature information examined. As a result of the study, the use of stone dust instead of cement at certain rates; It has been observed that concrete gives positive results in some physical and mechanical properties, and the use of inactive limestone dust instead of cement with high environmental impact will have positive results in terms of both economic and environmental impact.

KEY WORDS: Sustainable concrete, limestone dust, environmental impact

TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca her konuda bana destek olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Fatma Şebnem KULOĞLU YÜKSEL'e Laboratuvar çalışmasında bana yardımcı olan lisans öğrencisi Ahmet ALHUMSİ'ye ve çevre mühendisliği Doktora öğrencisi Perihan DERİN'e ve manevi desteklerinden dolayı eşime ve anneme teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Çalışma şeması 19
Şekil 3.2. Taş tozun alındığı Kireçtaşı ocağının uydu görüntüsü 21
Şekil 3.3. Elek analizi düzeneği 24
Şekil 3.4. İri agrega özgül ağırlık deneyinin yapılışı 26
Şekil 3.5. İnce agrega deneyinin yapılışı 29
Şekil 3.6. Beton karışımına taş tozu eklenmesi 30
Şekil 3.7 numunelerin kalıplara yerleştirilmesi 32
Şekil 3.8. Numunelerin etüvde bekletilmesi 32
Şekil 3.9. Taze beton birim ağırlığının ölçülmesi 34
Şekil 3.10. Numune tartım işlemi 35
Şekil 3.11. Slump deneyinde kullanılan koni kalıp 36
Şekil 3.12. Kalıbın üst seviyesinde fazla taşan beton mala ile tesviyesi 36
Şekil 3.13. Çökme değerinin belirlenmesi 37
Şekil 3.14. basınç test cihazı 38
Şekil 3.15. Üç eksenli eğilme dayanımı deney düzeneği 39
Şekil 3.16. Üç eksenli eğilme dayanımı deneyin uygulanışı 40
Şekil 3.17. ultrases cihazı 41
Şekil 3.18. UPV Test düzeneği 42
Şekil 3.19. Ultra ses hızı deneyi 42
Şekil 3.20. Kapiler su emme deneyi düzeneği 44
Şekil 3.21. Kapiler su emme deneyi 45
Şekil 4.1. Birim hacim ağırlık grafiği 46
Şekil 4.3. Basınç dayanımı KTT ilişkisi 49
Şekil 4.4. Basınç dayanımı KTT ilişkisi 50
Şekil 4.5. Basınç dayanımı KTT ilişkisi 51
Şekil 4.9. Farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin 7 günlük ultra ses hızlarının karşılaştırılması 56
Şekil 4.10 7 günlük Kapiler su emme miktarlarının değişimi 58
Şekil 4.11 28 günlük Kapiler su emme miktarlarının değişimi 59
Şekil 4.12. 56 günlük Kapiler su emme miktarlarının değişimi 60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Çimento Kimyasal Bileşenleri…….…..11
Çizelge 3.2. Katkı maddesi teknik özellikler……..…12
Çizelge 3.3. Kireçtaşının kimyasal bileşenleri……...…13
Çizelge 3.4. deney sonucunda elde edilen değerler……...16
Çizelge 3.5 İri agrega özgül ağırlığı ve su emme yüzdesi……17
Çizelge 3.6 deney sonucunda elde edilen değerler……18
Çizelge 3.7 İnce agrega özgül ağırlığı ve su emme yüzdesi……..18
Çizelge 3.8. 1 m3 beton için karışım miktarları…….20
Çizelge 3.9. Deneylerde kullanılan numune miktarları……22
Çizelge 3.10. Taze beton numunelerin birim hacim ağırlıkları……24
Çizelge 3.11. Ses geçiş hızı ölçümlerine göre beton kalitesi……33
Çizelge 4.1. Taze beton numunelerin birim hacim ağırlıkları……...36
Çizelge 4.2. KTT katkı oranına göre çökme değerleri……...37
Çizelge 4.3. Taze beton için çökme sınıfları……..37
Çizelge 4.4. Farklı oranlardaki KTT katkılı beton numunelerin 7 günlük basınç dayanımları…….39
Çizelge 4.5. Farklı oranlardaki KTT katkılı beton numunelerin 28 günlük basınç dayanımları……...40
Çizelge 4.6. Farklı oranlardaki KTT katkılı beton numunelerin 56 günlük basınç dayanımları……...40
Çizelge 4.7. Farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin eğilmede çekme dayanımları……..41
Çizelge 4.8. Farklı oranlardaki KTT katkılı beton numunelerin basınç dayanımları……..…..43
Çizelge 4.8. Farklı oranlardaki KTT katkılı betonun 7 günlük Ultrases geçiş hızları……...44
Çizelge 4.9. Farklı oranlardaki KTT katkılı betonun 28 günlük Ultrases geçiş hızları……45
Çizelge 4.11. 7 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları……...46
Çizelge 4.12. 7 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları…….…..46
Çizelge 4.13. 28 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları…….….47
Çizelge 4.14. 28 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları……47
Çizelge 4.15. 56 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları…….…...48
Çizelge 4.16. 56 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları…….….48

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	Amerikan Test ve Standart Oluşturma Birliği
CEM	Çimento
EN	Europeane Norm, Avrupa Standartları
F	Beton basınç deneyinde kırılma anında ulaşılan en büyük yük
KTT	Kireçtaşı Tozu
PÇ	Portland Çimentosu
RB	Referans Beton
TS	Türk Standartları

1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik;

Günümüzde çok karşımıza çıkan bir kavram olan "sürdürülebilirlik'' İngilizce bir kelime olup "Sustainability'' kelimesinden türetildiği, sustainability' kelimesinin de Latince de ki "tutmak'' anlamında kullanılan "tenere'' sözcüğünden gelmektedir. Yine kelimenin İngilizce "Sustain'' kökünden geldiği, sürdürmek, devam etmek gibi anlamlara geldiği bilinmektedir (Aydın, 2017).

Sanayi devrimine kadar buharlı makinenin olmaması, insan sayısının savaşların etkisi ile fazla olmaması sebeplerinden ötürü yeryüzünde çevresel problem çok az düzeyde kaldı. Fakat 18. ve 19. Yy'de sanayi devriminin gerçekleşmesi ile birlikte buharlı makinelerin icadı, sanayi dalların çoğalması, insan sayısının hızlı bir şekilde yükselmesinin aksine natürel kaynakların daralmasına, yenilenemeyen enerji ve materyal kullanılması nedeniyle çevre kirliliği, küresel ısınma vb. dünya ve canlılara zarar veren problemler vuku bulmuştu. Sanayi devrimi ile birlikte beliren bu problemleri en aza indirmek için sürdürülebilirlik fikri ortaya çıkmıştır. (TUFAN,2018)

Osso vd (1996) sürdürülebilirlik kavramını, doğal ve suni çevrenin himayesiyle insanların yaşamı ve kaynakların sürdürülmesini de hedefler.

Sürdürülebilir yapı;

Sürdürülebilir gelişim ilkeleri binanın ve alt yapı planlanması, inşası ve tasarlanmayla hammaddelerin elde edilmesinde işe yarar hale getirilmesi, yıkım ve sonucu ile ortaya çıkan atıkların yönetimi kapsamlı inşaat döngüsünün gerçekleştirilmesine denir. İnsan sağlığı ve etrafa verdiği negatif etki düşürülerek su, enerji ve materyallerin aktif bir şekilde kullanımına olanak sunan tasarımın neticesinde oluşan malzemedir.

İnşaat alanı, başka etkinliklere oranla, dünyadaki kaynakların ciddi bir kısmını tüketir, global ısınma, asit yağmuru, atığın aşırı birikmesi vb. konularda ki rolü oldukça fazladır.

Bir yapının sürdürülebilir olarak adlandırılabilmesi için 3 önemli faktör ele alınmaktadır;

- Ekolojik,
- Ekonomik,
- Sosyal sürdürülebilirliktir.

Sürdürülebilir yapı malzemeleri;

Doğal ve yapay çevreyi, kaynakların sürekliliğini de sağlayarak korumayı amaçlayan "sürdürülebilirlik" kavramı yapı malzemeleri ile ilişkilendirildiğinde karşımıza "sürdürülebilir yapı malzemesi" kavramı çıkar. Sürdürülebilir yapı malzemeleri, yaşam döngüleri süresince en düşük miktarda enerji tüketen, hammaddelerinin temin edilmesi sırasında ve hammaddelerin işlenmesi, kullanımı, bakım-onarım ve atık oluşumları sürecinde çevreye ve dolayısıyla canlıların sağlığına zararı olmayan ürünlerdir (Orhon, 2012).

Yapının yapımı ve kullanımı sürecindeki betondan kaynaklı karbondioksit salınımlarını azaltmaya yönelik sürdürülebilirlik yaklaşımları temel olarak iki gruba ayrılabilir:

1) Betonun yapımı sürecindeki karbondioksit salınımını azaltmaya yönelik üretim yaklaşımları (doğrudan kazanım)

2) Yapının kullanımı sürecindeki karbondioksit salınımını azaltmaya yönelik tasarım (dolaylı kazanım) yaklaşımları (Orhon, 2012).

Sürdürülebilir beton;

Dünyada nüfusun hızlı artışı sonucunda sınırlı olan doğal kaynakların tüketilmesi ve bu sırada ortaya çıkan çevre kirliliğin de artması sonucunda kaynakların sürdürülebilir kullanımı hususunda birçok alanda çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

En yaygın yapı malzemesi olarak kullanılan betonun çevresel etkilerini minimize etmek noktasında sürdürülebilir beton çalışmaları da yapılmaktadır. Türkiye Hazır Beton Birliği 2020 raporuna göre 2019 yılı Yıllık 77.000.000 ton civarı üretilen betonda kullanılmak üzere üretilen çimentodan küçük bir miktarın azaltılması, binlerce m^3 zararlı gazın çevreye salınımı engellenmiş olacaktır (THBB, 2021).

Sürdürülebilir beton üretmenin birçok farklı yolu vardır. Bunlar; Çimento üretimi sırasında oluşan CO_2 miktarı insan kaynaklı CO_2 miktarı oluşumunda ön sıralarda yer almaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir beton üretmek için birden çok farklı yol izlenmektedir. Bunlar, çimento azaltıcı ikincil bağlayıcı malzeme kullanmak, çimentoyu mineral katkılar ile yer değiştirerek betonun fiziksel, mekanik ve durabilite özelliklerini iyileştirmek, su azaltıcı katkılar kullanarak çimento miktarını azaltmak, bağlayıcı kombinasyonları kullanarak uzak mesafeden reaktif olmayan agrega yerine daha yakın kaynaklardan alkali silika reaksiyonuna duyarlı agrega kullanmak, yerel kaynaklardan temin edilen kırma taş agregalar ile üretmek (Justnes ve ark, 2016).

19.yy sonlarından başlanarak günümüze değin yapı malzemesi olarak kullanılan beton, günümüzde teknolojinin gelişmesiyle en önemli ve en yaygın yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Beton üretiminde kullanılan ana malzemeler çimento, agrega, su ve katkı maddesidir. Bu da gösteriyor ki betonun üretiminde kullanılan malzemelerin büyük bir oranı doğal kaynaklardan oluşmaktadır. Yapının temel malzemesi olan betonun sürdürülebilirliğinin arttırılması inşaat sektörü açısından önemli bir etki sağlayacaktır.

Betonu oluşturan temel unsurlar çimento, agrega ve sudur. Beton; hacimce %70-80 arası agrega (deniz ya da dere veya büyük taşların komkasörde kırılmasıyla oluşan) geri kalan kısım ise bağlayıcı malzeme ve sudan oluşmaktadır. Agregalar da genel olarak ince agrega ve kaba agrega olarak ikiye ayrılır. Agregaların 4 mm 'den fazla olanlara iri agrega, 4 mm'den az olanlara da ince agrega olarak sınıflandırılmış.

Betonun yaygın yapı malzemesi olarak kullanılması, yer kürede sınırlı kaynaklara sahip olan ve betonu oluşturan unsurlarla ilgili kaynak temin için çalışmalar giderek artmaktadır.

Kaynak temininin yanı sıra betonu oluşturan unsurların en yüksek maliyete sahip çimentonun yerine kullanılabilecek malzemeler ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Puzolanlar; kendi kendine bağlayıcılık özelliği göstermeyen veya fazla düşün olan, ancak ince taneli durumunda sıvı ortamda kalsiyum hidroksitle tepkimesinde hidrolik bağlayıcılık gösterebilme fonksiyonu kazanan silikalı ve alüminalı ürünlerdir. Puzolanlar doğal(volkanik tüfler, volkanik camlar,), yapay(silis dumanı yüksek fırın cürufu, uçucu kül,) ve ısıl işlem uygulanmış olanlar(ısıtılmış killer, diatomik topraklar) olarak üç gruba ayrılırlar.(Kandemir, 1993). Son yıllarda puzolanik özellik gösteren silis dumanı, yüksek fırın cürufu, uçucu kül gibi malzemeler çimentoya belli oranlarda katılarak hem ekonomik olarak daha ucuza mal ediliyor hem de çevreye zararlı malzemeler geri dönüşüm olarak kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmakla beraber çeşitli mineral yapıya sahip filler malzemelerin de çimentoya ikame edilmesi çalışmaları yapılmaktadır.

Beton üretimi sırasında tüketilen karma suyu bağlayıcı maddelerin hidratasyonuna yardımcı olur, ince ve iri agrega tanelerinin yüzeyini ıslatır ve betonun işlenebilirliğinin istenen oranda olmasını sağlar **(**Postacıoğlu, 1987). Karma suyu karışıma katıldığında agrega tarafından absorbe edilir absorbe edilen bu suyun bir kısmı agreganın boşluklarına girer bir miktar da agrega yüzeyinde serbest tutunur (Neville, 1996).

Belirli miktarda çimento ve agrega kullanılarak beton üretilmesi tasarlandığında karışım için optimum su miktarı vardır. Optimum su miktarının kullanılmasıyla yüksek dayanımlı beton üretilmiş olur. Belirlenen optimum su miktarından az su kullanılması durumunda çimento hidratasyonu tamamlanamaz, agrega yüzeyleri yeterli su hapsedemez dolayısıyla agrega ile çimento arasında oluşan aderans zayıflar ve işlenebilirlik azalır. Bu olumsuz durum sonucunda betonda boşluklar oluşacak ve hidratasyonu tamamlanamayan betonun dayanımı

düşük olacaktır. Optimum su miktarında fazla su kullanılması durumunda ise çimento hamurunun mukavemeti azalacak, betonun bünyesindeki fazla su betonun sıkışmasını engelleyecek ve boşluklu bir beton elde edilecek. Belirtilen etkiler de betonun dayanımının azalmasına neden olacaktır **(**Postacıoğlu, 1987).

Çimento dozajının yani 1 m^3 beton karışımına giren çimento miktarının fazla olması betonun dayanımı arttırır, fakat dayanıma etki eden yegane etken dozaj olmamaktadır. Su/çimento oranı mühim bir faktördür (Akman, 1990). Beton basınçının dayanımı ve dinamik elastisite modülü benzeri mekanik özellikleri çoğunlukla su/çimento oranına bağlıdır (Zain ve ark, 2000). Su/çimento oranının artmasıyla dayanım azalır. Su miktarı (w) arttıkça w/c artacağından dayanımı düşer. W azaldıkça w/c azalacağından dayanım artar. Dayanımın çimento miktarının artmasıyla artacağı da bilinmektedir. Bu iki faktör birlikte düşünüldüğünde, betonun dayanımını etki eden en mühim etken olan su/çimento (W/C) oranı elde edilir. Su/çimento oranının betonun geçirimlilik özelliği ve donmaya dayanıklılığı gibi fiziksel özelliklerine de önemli derecede etki etmektedir (Postacıoğlu, 1987).

Tüm çalışmalarda optimum su/çimento oranının yakalanması öncelikli hedeftir. Yapılan bu çalışmada da karışıma eklenecek kireçtaşı tozunun su/bağlayıcı oranının uygun değer yakalaması amaçlanmıştır.

Kireçtaşı tozu ikamesiyle karışımın tanelerin yüzeyini ıslatacak su ihtiyacı artacaktır. Ancak yukarıda bahsedilen w/ç oranının betonun dayanımına etkisi göz önüne alınarak optimum değer yakalanması hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kireçtaşı taşı tozunun betonda kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalar giderek artmaktadır. Bu tez çalışması konusuna benzer çalışmalara aşağıda rastlanılmıştır.

Malhotra ve Carette (1983), yaptıkları çalışmada, kireçtaşı tozunun; CSH (Kalsiyum - Silikat - Hidrat) oluşmasını kolaylaştıracak uygun çekirdekler oluşturarak hidratasyon tepkilerinin hızlandırdığı, Özellikle C3A oranı fazla çimentolarla tepkimeye girerek bağlayıcı özelliğindeki karboalüminat oluşturduğu, İnceliği arttıkça hidratasyonu hızlandırır ve erken dayanımı arttırdığı, fakat nihai dayanımda değişiklik meydana getirmediği belirtilmiştir

Taşdemir ve Atahan (1996**)** yaptıkları çalışmada biri kontrol betonu olmak üzere Kireçtaşı filleri ve silis dumanını içeren agregaları ve çimento miktarları aynı üç farklı beton üretilerek Kireçtaşı filleri ve silis dumanı ağırlıkça %10 oranında çimentoya ikame edilerek sabit su/toz malzeme ile sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı kullanarak filler malzemenin betonun durabilite ve mekanik özelliklerine etkileri incelendi. Çimentoya ikame edilen Kireçtaşı fillerinin betonun mekanik özelliklerini etkilemediği görülmüş. Sülfatın betonun mekanik özelliklerine etkisi de incelendi. Çimentonun bir miktar Kireçtaşı filleri ile yer değiştirmesi çimentonun daha etkin kullanılması, çimento üretiminde harcanan enerjinin tasarrufu sağlanması ve çimento üretiminde çevreye verilen kirliliğin azaltılması sağlanabileceği gözlemlenmiştir. Netice olarak Kireçtaşı fillerinin bağlayıcılık özelliği taşıdığı görülmüştür**.**

Topçu ve Ünal (2007) Yaptıkları çalışmada, kireçtaşı tozu, uçucu kül, mermer tozu ve tuğla tozunun kendiliğinden yerleşen betonda ince malzeme olarak kullanılmasında katkı maddesi üzerindeki etkisinin saptanması hedeflenmiştir. KYB'de işlenebilirliği sağlamak amacıyla silis dumanı ve uçucu külün yanı sıra taş tozu gibi ince malzemeler de beton üretiminde kullanılmaktadır.

Deneyler akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı katkı maddesi kullanılarak üretilen KYB harç numuneleri üzerinde yapılmıştır. Harç üretiminde

ince malzemeler belli oranlarda çimentoya ikame edilerek %0.5 ile %2.5 arasında kimyasal katkı maddesi eklenmiştir. 0.4 mm doğal kum ile üretilen harç numuneleri, mini çökme-yayılma ve V-hunisi deneylerine tabi tutulmuştur. Rölatif çökmede yayılma ile su/çimento oranları arasındaki bağlantıdan ihtiyaç olan katkı maddesi miktarı çimento ağırlığının yüzde olarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak seçilen mineral katkı maddelerinin katkı ihtiyacını gözününe alınarak belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır

Aruntaş ve arkadaşları (2008**)** yaptıkları çalışmada, atık mermer tozunun ilavesinin (AMT) kendiliğinden yerleşen betonun(KYB) özelliklerine etkisi incelenmişlerdir. KYB karışımlarında katkı miktarı, s/ç oranı ve bağlayıcı miktarı sabit tutulmuş ve atık mermer tozu %5,%10,%15,%20,%25 oranlarında ikame edilerek KYB içerisinde kullanılmıştır. Üretilen 15 cm boyutlarındaki küp numuneler ile 3-7-28 günlük basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Çıkan sonuçlar hem referans betonu ile hem de birbiriyle kıyaslanarak fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Deney sonucunda %20 atık mermer tozu katkılı betonda en yüksek basınç dayanımı değeri elde edilmiştir. Atık mermer tozunu belli oranlarda betonda kullanılabileceği saptanmıştır.

Özdemir (2009)**,** yaptığı çalışmada, farklı oranlarda filler malzemesi kullanımının betonun mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında farklı oranda filler ve bağlayıcı bulunduran beton örnekleri hazırlanarak bu numuneler üzerinde hem taze beton deneyleri hem de sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar incelenmiş, deneyde kullanılan filler malzeme oranları için numuneler üzerinde performans analizleri yapılmış, bulunan sonuçlara göre filler malzemenin %12'ye kadar çimentoya ikame edilmesi, betonun mekanik özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür**.**

Açıkgenç ve arkadaşları (2010) yaptıkları çalışmada mermer tozu atıklarının çevre yararı ve beton ekonomikliği açısından kendiliğinden yerleşen betonda kullanılması hedeflenmiştir. Kendiliğinden yerleşen beton üretimi için çimentoya

ağırlıkça %10-20-30 oranlarında atık mermer tozu ikame edilerek numuneler üretilmiş taze beton deneyleri olarak yayılma deneyi ve T_{50} süresi ölçümü işe V-hunisi akış süresi ölçümü ile L kutusu deneyleri yapılmıştır. Sertleşmiş betonda ise ultrases geçiş hızı deneyi, yarmada çekme deneyi ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Mermer tozu kullanılarak üretilen betonların betonarme yapılarda kullanılabilir mekanik özelliklerde olduğu kanaatine varılmıştır.

Tanyıldızı ve Coşkun, A. (2011). yaptıkları çalışmada, mineral katkı maddesi olarak Elazığ yöresinde bulunan vişneçürüğü olarak adlandırılan mermer tozu, agrega olarak ise pomza taşı kullanılmıştır. Üretilen taşıyıcı hafif betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği özellikleri araştırılmıştır. vişneçürüğü mermer tozu çimentoya ağırlıkça % 0, % 10 ve % 20 oranlarında ikame edilerek kullanılmıştır. Deneylerde maksimum tane çapı (dmax) 16 mm olan pomza taşı seçilmiştir. Basınç dayanım ve ultrasonik ses geçirgenliğindeki deneyler için 150×150×150 mm ebatlarında küp örnekler kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler 20+-2 ºC de 7, 14, 28 ve 90 gün su kürüne tabi tutulmuştur. Kür sonucunda numuneler üzerinde basınç dayanımı deneyleri ile ultrasonik ses geçirgenlik hızı deneyleri yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre, % 10 mermer tozu katkılı beton numuneler 28. günden itibaren referans betonuna oranla yüksek dayanım özelliği gösterdiği gözlemlenmiştir. Ancak, % 20 oranında mermer tozu katkılı betonunda basınç dayanım değerleri referans betona kıyasla daha düşük çıktığı ortaya çıkmıştır.

Erdal ve Şimşek (2011) yaptıkları çalışmada Ahlat taşının ocaklardan çıkarılması sonucu oluşan Taş tozunun betonda kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada ahlat taşı unu çimentoya %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında ikame edilerek beton harç çubukları üretilmiştir. Aynı çalışmada andezit ve Kireçtaşı taş unlarından da aynı oranlarda çimento ikamesi yapılarak numuneler üretilmiş, %5 Taş tozu ikame edilerek hazırlanan betonlar referans beton ile aynı basınç ve çekme dayanımı sonuçları verdiği görülmüştür. Çalışmanın sonucunda %5 oranında Taş tozu kullanımının hem çimentodan tasarruf sağlayacağı hem de çimentonun üretilmesi sırasında oluşan oluşan çevresel zararların önlenmesinde fayda sağlayacağı belirtilmiştir.

Özer (2012) yaptığı çalışmada; mineral katkı maddesi olarak Tuğla tozu, taş tozu, mermer tozu ve uçucu kül filler malzemelerinin betonun mekanik ve durabilite özelliklerine etkisi incelenerek karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmada kontrol karışımı hazırlanmış ve mermer tozu, uçucu kül, tuğla tozu ve taş tozu sırasıyla çimentoya %10-20 ve 30 oranlarında ikame edilerek numuneler üretilmiş ve üretilen numuneler 7 ve 28 günlük basınç, eğilme ve aşınma dayanımları ile kılcallık değerleri saptanıp karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak tüm karışımlar kontrol betona göre daha düşük sonuçlar vermiştir. Tuğla tozu karışımlarda diğer karışımlara göre eğilme dayanımı daha yüksek çıkmıştır. Tuğla ve mermer tozu karışımlarında kılcallık katsayıların daha düşük olduğu görülmüştür. Uçucu külün %10 ikamesinde basınç dayanımı kontrol betonuna yakın değerler çıkmış ve uçucu külün betonun işlenebilirliğini arttırdığı görülmüştür. %10 Taş tozu ve %10 mermer tozunun erken dayanım kazanmasında etkin olduğu, %10 tuğla tozu ve %10 silis dumanının ise geç dayanım kazanılmasında etkili olduğu görülmüştür.

Erdem ve Öztürk (2012) yaptıkları çalışmada, mermer bloklarının fabrikalarda işlem görmesi esnasında ortaya çıkan ve ciddi çevre sorunlarına neden olan mermer tozunun belli miktarlarda karışıma eklenmesiyle elde edilen çimento harçlarındaki donma-çözünme döngüleri nihayetinde durabilite özellikleri yönünden incelenmiştir. Mermer tozu ile üretilen harçlarda taze haldeki işlenebilirlik ve yayılma değerleri ile sertleşmiş haldeki basınç ve eğilme dayanımları araştırılmıştır. Laboratuvar ortamında. Deneylerde, mermer tozu karışıma ağırlıkça % 0, % 10, % 20 ve % 30 oranlarında çimentoya ikame edilmiştir. Çeşitli oranlarda mermer tozu çimentoya ikame edilerek elde edilen harç örneklerinin mekanik özellikleri saptanmıştır. Mermer tozu katkılı örnekler 28 gün kürlenerek iklimlendirme kabininde çevrime tabi tutulmuş ve numunelerin donma– çözünme dirençleri saptanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, mermer tozunun çimentoya ikamesiyle dayanım üzerinde pozitif etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Görülen pozitif sonuçlar, mermer işletme tesislerinde işlenmesi esnasında ortamda biriken ve çevre kirliliğine sebebiyet veren mermer tozunun, elde edilen harçlar ve beton elemanlarda belirli miktarlardaki puzolan materyal olarak kullanılmasıyla çevre kirliliğini engellemek ve doğal kaynakları çok daha az miktarlarda tüketmeyi sağlayacağı tespit edilmiştir.

Demirhan (2012) Yaptıkları çalışmada, silis kumu yerine kireçtaşı tozu kullanılarak üretilen çimento esaslı kompozitlerin mekanik, reolojik özellikleri incelenmiştir. Belirtilen özelliklerin saptanması amacıyla beş farklı ECC(Çimento Esaslı Kompozit) karışım belirlendi. %100 silis kumlu kontrol karışımı ile %25,%50,%75,%100 oranlarında kireçtaşı tozu karışımlı karışım hazırlandı. Üretilen ECC karışımların mekanik özellikleri kıyaslandığında, KTT içeren karışımların kontrol karımdan daha iyi davranış sergiledikleri tespit edilmiştir. KTT kullanım oranının artmasıyla basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı ve kırılma tokluğu özelliklerinin erken kür sürelerinde olumlu etkilendiği fakat geç kür sürelerinde önemli bir değişiklik olmadığı saptanmıştır. Ayrıca, silis kumu yerine kullanılan KTT'nin miktarı ve numune yaşının ECC kirişlerinin sünekliği üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Taze ve reolojik özellikleri bakımından incelendiğinde, KTT kullanımı arttıkça çökme değerinin yani işlenebilirliğin düştüğü ve marsh hunisi akma süresinin arttığı tespit edilmiştir. KTT artışı ile birlikte ECC karışımların viskozite ve akma dayanımının arttığı görülmüştür.

Kaya (2013) Yaptıkları çalışmada referans beton olarak sadece çimento olarak kullanılan bir karışım ve çimento miktarını belli oranlarda azaltarak yerine mineral katkılar ikame ederek KYB üretilerek taze ve sertleşmiş beton özellikleri yönünden incelenmiştir. Kullanılan mineral katkılar çimento ve kimyasal katkılara nazaran daha düşük maliyetli olduklarından çimento yerine kullanılması maliyeti düşürecektir. Bu amaçla 500 dozlu referans karışım ile referans karışımdaki çimentoyu %20, %30 ve %40 oranlarında azaltarak kireçtaşı filler, uçucu kül ve kum taşı filler eklenmiş üçer beton karışımı üretilmiştir. Üretilen betonlarda taze halde V-hunisi, U-kutusu, L-kutusu ve çökme akma deneyleri yapılmıştır. Sertleşmiş betonda ise 28 gün su ve 35. Güne kadar hava kürü uygulanmıştır. 35. Gün sonunda sertleşmiş numuneler basınç, ultrases, üç noktalı eğilme deneylerine tabi tutulmuştur. Çalışmada çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde kullanılan oranlarda çimento – mineral katkı oranları değişiminin boşlukları doldurma ve geçiş özelliğinde önemli bir değişim göstermediği, viskozite özelliğinde ise düzenli olmayan değişimlere sebep olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, bu değişimler KYB'nin tana özelliklerini

büyük ölçüde etkileyecek kadar önemli değildir. eğilme dayanımı ve enerjisinde önemli olmayan düzensiz arma azalmalar olmuştur. elastisite ve Ultrases değerlerinde ise önemli değişimler görülmemiştir. Mekanik özelliklerde ise en net ve düzenli değişiklik basınç dayanım değerlerinde gözlemlenmiştir. üç mineral katkı türünde de mineral katkı – çimento oranı arttıkça basınç dayanım değerinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Ünal (2013), yaptıkları deneyde dayanımı yüksek kendiliğinden yerleşen beton basınç dayanım özelliği üzerine su/çimento oranı, katkı türü ve miktarı, kireçtaşı tozu, silis dumanının tesiri incelenmiştir. Dayanımı yüksek kendiliğinden yerleşen betonun üretiminde en büyük agrega tane boyutu 16 mm olacak şekilde ve karışımlarda çökme yayılması göz önünde bulundurularak % 36.5 ve % 40 su/çimento oranları için Glenium C300 süperakışkanlaştırıcı katkı miktarı % 1.37'den % 2.arasında seçilmiştir. yine mineral katkı maddesi olarak kireçtaşı ve silis dumanı belirli oranlarda beton karışımlarına eklenerek 12 adet karışım hazırlanmıştır. Üretilen beton karışımlarında taze halde slamp yayılması, J-halkası, L20 cm ile L40 cm süreleri, V-hunisi akış zamanı (Tv) ve L-kutusu yüksekliği deneyleri ile sertleşmiş betonda 14 ve 28 günlük kür süreli numuneler üzerinde basınç deneyleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda kimyasal katkı ile beraber silis dumanında kullanılan dayanımı yüksek kendiliğinden yerleşen betonun basınç dayanımına pozitif katkı yaptığı gözlemlenmiştir.

İşsever (2013) yaptıkları çalışmada, süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı ilave edilerek üretilen harcın, EFNARC standartlarına göre reolojik, TS-EN standartlarına göre de dayanım ve dayanıklılık özellikleri incelenmiştir. Deneylerde CEM I 42.5 çimento, kireçtaşı tozu ve uçucu külün bağlayıcı malzeme olarak kullanıldığı karışımlar oluşturulmuştur. Bahsi geçen bağlayıcılar karışımlarda kullanılırken ikili ve üçlü şekilde birlikte kullanılmış. Bağlayıcı malzemeler ağırlıkça değişkenlik gösteren oranlarda %20- %100 arası oranda çimento, %30-%60 arası oranda kireçtaşı tozu ve %10-%40 arası oranda uçucu kül kullanılmıştır. Taze halde birim hacim ağırlığı, çökme-yayılma, viskozite ve V-hunisi akma süresi özellikleri incelenmiştir. Sertleşmiş betonda ise dayanım özelliklerinden basınç dayanımı, eğilmede çekme

dayanımı, dinamik elastisite modülü ve rölatif ultrases geçiş hızı, dayanıklılık yönünden ise özgül ağırlık ölçümleri, kapiler su emme hızı, toplam su emme kapasitesi, , ağırlık kaybı, görünür boşluk oranı analizi ve ortalama boy kısalmasına göre beton-donatı aderansı ile Böhme aşınma miktarı özellikleri incelenmiştir. Deneyler sonucunda sözü edilen özellikler arasındaki korelasyonlar analizi yapılmıştır. Sertleşmiş harçlar tetkik edilirken kullanılan bağlayıcı malzeme karışım oranları ve türü aynı seçilmiştir. 4x4x16, 10x10x10, 15x15x15 ve 7.1x7.1x7.1 cm ebatlarında numuneler üretilmiştir. Tüm numuneler 28 gün süre ile su kürüne tabi tutulmuştur.

Deneyler sonucunda uçucu külün kireçtaşı tozuna göre harcın tüm taze ve sertleşmiş özelliklerinden daha güzel sonuçlar gösterdiği tespit edilmiş. Bununla beraber çeşitli oranlarda kullanılan uçucu kül+kireçtaşı tozu bileşimindeki mineral bağlayıcıların ayrı ayrı kullanım durumuna göre daha olumlu sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre ekonomik olarak maliyetleri minimize etmek gayesiyle çimento için en az %50, Kireçtaşı tozu için yaklaşık olarak %30 ve uçucu kül için yaklaşık olarak %20 karışım oranlarının uygun bağlayıcı oranlar olduğu tespit edilmiştir. Bu oranlarda üçlü bağlayıcı kullanılması, taze ve sertleşmiş harç özelliğinde oldukça güzel sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bahsedilen oranlardan daha fazla mineral katkı kullanımı ile %50'nin altında çimento kullanımlarında özellikle sertleşmiş harç deneyinde olumsuz sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Bağdiken (2013) yaptıkları çalışmada, betonda dezenformasyona sebep olmasıyla bilinen Alkali-Silika Reaksiyonu sonucunda meydana gelen genleşmeleri azaltmak maksadıyla mineral katkı maddesi olarak kireçtaşı tozu (KTT) ve uçucu külün(UK) ayrı ayrı çimento ile ve beraber çimento ile kullanılarak karışımlar elde edilmiştir. Alkali-agrega reaktivitesi yönünden zararlı bölgede elde edilen agrega, yüksek alkaniteye sahip CEM II/B-M (P-LL) 32.5R tipi Portland-Kompoze çimento ile beraber kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, ARS sonucu meydana gelen genleşmeleri minimize etmek için Reaktif kireçtaşı tozunun tek başına kullanılması, sadece uçucu kül ve kireçtaşı tozunun birlikte kullanılmasından daha etkili sonuç

verdiği görülmüştür. Karışımda Kullanılan mineral katkı miktarının artmasıyla genleşmenin azaldığı sonucuna varılmıştır. Fakat ; deneysel çalışmada hem ikili hem de üçlü sistem karışım kullanılması ASR sonucunda oluşan genleşme miktarını %0.1 oranının altına düşürememiştir. Bunun sebebi, alkanitesi yüksek olan çimento ve reaktivitesi yüksek olan agrega kullanılmasıdır.

Sancak ve Özkan (2014) yaptıkları deneysel çalışmada, Isparta ili ve çevresindeki mermer üretim tesislerinde işlenmesi sırasında atık halinde meydana gelen mermer tozun, %10-20 ve 30 oranlarında çimento klinkeriyle yer değiştirilerek ve ayrıca uçucu kül ve pomzanın sabit olarak %10 oranında kullanılarak katkılı çimentoların sülfata dayanıklığı ve çimento özellikleri, klasik Portland çimento klinkeri kullanılarak elde edilen çimento harç çubukları ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Bu nedenle sağlanan mermer tozu, çimento üretiminde kullanılmak için farklı kademelerden geçirilerek çimentonun temel malzemeleri ve Isparta Göltaş Çimento üretim tesisinden sağlanan klinker ve alçıtaşıyla farklı oranlarda karıştırılmıştır. Çimentoların özellikleri çimento hamuru, harç olmakla iki farklı yönden incelenmiştir. Hazırlanan harç numuneleri 28 gün küre tabi tutulduktan sonra 3 ay boyunca üç farklı orana sahip sodyum sülfat çözeltisinde bekletilmiştir. Bu işlemlerden sonra harç çubukları üzerinde basınç ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Netice olarak, çimentoya ikame edilerek kullanılan atık mermer tozunun çimento klinkerinin % 10'u yerine kullanılması ile üretilen çimentoların, standart çimento testlerinde, tüm çözelti derişimlerinde kontrol (Portland çimento harç çubuğu) çimento numunelerindeki gibi dayanım değerlerini aldığı gözlemlenmiştir.

Güven (2015) yaptığı çalışmada; Denizlide önemli ölçüde bulunan traverten atıklarının atık yığınlarını azaltmak, tarıma verdiği zararları minimize etmek, traverten üretim tesislerinin atık maliyetlerini azaltmak ve atıl durumdaki travertenlerin betonda kullanılabilirliği amaçlanmıştır. Traverten çamurunun %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 oranlarında çimentoya ikame edilerek üretilen numunelerin, farklı yaş gruplarında birtakım deneyleri yapılmıştır. Yalnızca çimento kullanılarak elde edilen numuneler şahit numune olarak belirlenmiş ve traverten ikame edilerek üretilen beton numunelerinin test sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında traverten çamuru betona mineral katkı maddesi olarak eklenmiştir. Bu aşamadaki traverten çamuru ağırlık oranları %3 , %6 ve %9 olarak alınmıştır. sonuçlar salt numune ile kıyaslanmıştır. Traverten çamurunun mineral katkı olarak betonda kullanılması basınç dayanımında azalmaya sebep olmuş ancak, çekme ve aşınma dayanımlarında artış gösterdiği görülmüştür.

Yazıcıoğlu ve Kara (2017) yaptıkları çalışmada, atık mermer tozunun betonun sürürülebilir özelliğinin bir parametresi olarak dayanıklılığını nasıl etkilediğini karbonatlaşma etkisi yönünden incelemiştir. Çimentoya çeşitli oranlarda ikame edilen atık mermerlerin tozları katkılı betonların karbonatlaşma derinliklerinin saptanması hedeflenmiştir. Bu gaye ile; çökme miktarları eşit, dört farklı C30 sınıfında % 0, % 5, % 10 ve % 15 mermer tozu çimentoya ikame edilerek betonlar üretilmiştir. 28 gün standart küre tabi tutulan numuneler, 56 gün boyunca karbonatlaşmaya maruz bırakılarak karbonatlaşma derinlikleri ölçülmüştür. Karbonatlaşmaya maruz bırakılmamış ve karbonatlaşmaya maruz bırakılmış numuneler üzerinde ultrases geçiş hızı testleri gerçekleştirilmiş, basınç dayanımları kapilerite katsayıları ve aşınma belirlenmiştir. Deneyler sonucunda, en yüksek karbonatlaşma % 15 mermer tozu içeren numunelerde görülmüştür. karbonatlaşma deneyinden sonra MT miktarı arttıkça basınç dayanımının ve karbonatlaşma derinliğinin arttığı, kapilarite katsayısı ve aşınma dayanımının azaldığı görülmüştür. Ayrıca, çevre kirliliğinin minimize edilmesi amacıyla MT'nin beton üretiminde en uygun ikame oranı % 5 olduğu, en uygun MT kullanımı betonun sürdürülebilirliği yönünden olumlu sonuçlar elde edileceği kararına varılmıştır.

Boğa ve arkadaşları (2018**)** yaptıkları çalışmada mermer tozu atıklarının çevre yararı ve beton ekonomikliği açısından kendiliğinden yerleşen betonda kullanılması hedeflenmiştir. Kendiliğinden yerleşen beton üretimi için çimentoya ağırlıkça %10-20-30 oranlarında atık mermer tozu ikame edilerek numuneler üretilmiş taze beton deneyleri olarak yayılma testi ve T_{50} süresi ölçümü ile V-hunisi akış süresi ölçümü ile L kutusu deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sertleşmiş betonda ise ultrases geçiş hızı deneyi, yarmada çekme deneyi ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Mermer

tozu kullanılarak üretilen betonların betonarme yapılarda kullanılabilir mekanik özelliklerde olduğu kanaatine varılmıştır**.**

Şit ve Ağan (2018) yaptıkları çalışmada, estetik görünüm, işlenme kolaylığı, ısı yalıtım ve dayanıklılık özelliklerine sahip Şanlıurfa taşının mühendislik özellikleri incelenerek agrega olarak beton üretiminde kullanılmasının sebep olduğu ekonomik kayıplar irdelenerek finansal analiz yapılmıştır. Sonuç olarak Şanlıurfa taşının dünyada kabul gören standartların gerektirdiği özellikleri yerine getirdiği, mermer ve kaplama olarak üretilmesi ile temin edilen geliri 4 kat arttırdığı ayrıca ülkedeki mermer üretiminde sahip olduğu payı %3 daha arttırabileceği sonucuna varılmıştır.

Şimşek ve Erdal (2018**)** yaptıkları çalışmada beton üretiminde çimentonun %10-15-20-25 oranlarda azaltılması ve yerine Kireçtaşı Taş tozu ve andezit ikame edilerek oluşan betonların taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerinin değişiminin saptanması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda oluşan betonun basınç dayanımında kontrol betona nazaran önemli bir azalış göstermediği görülmüş ve Taş tozun artmasıyla betondaki hava içeriğinin azaldığı görülmüştür**.**

Ulugerger (2018**)** yaptığı çalışmada, Mekanik, işlenebilirlik ve dayanıklılık özellikleri açısından önem arzeden toz malzeme yerine kireçtaşı tozunun(KTT) kendiliğinden yerleşen betonda(KYB) kullanılabilirliği araştırılmıştır. Şanlıurfa ilinde beton agregası olarak yaygın kullanılması sebebiyle konkasör ile kırma esnasında büyük miktarda taş tozu birikmektedir. Çalışmada kendiliğinden yerleşen harçta (KYH) kireçtaşından elde edilen taş tozunun %0-15-25-35 oranlarında çimentoya ikame edilerek harcın taze ve sertleşmiş özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu özelliklerin saptanması amacıyla belirtilen oranlarda KTT ve KYH karışımlarının V-hunisi, mini çökme-yayılma ve rasyonel viskozimetre deneyleri ile sertleşmiş betonda 3,28,56 günlük basınç, ultrases ve yarmada çekme dayanım testleri yapılmış, ayrıca karışımlara ait 28 günlük karbonatlaşma derinliği ve kapilarite deneyleri yapılarak durabilite özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak KTT'nin çimento yerine ikamesinde genel olarak karışımların reolojik ve işlenebilirlik açısından olumsuz bir etkiye sahip olmadığı gözlemlenmiştir. KTT'nin %15'e kadar kullanılması referans

betona göre mekanik ve durabilite özelliklerinin tüm kür yaşlar için fazla değişmediği görülmüştür.

Türk ve arkadaşları (2018**)** yaptıkları çalışmada, 3 farklı beton santralinin ürettikleri dayanımı farklı geleneksel sıkıştırılan beton (GSB) üzerinde çalışma yapıldı. Bu karışımlarda kullanılan aynı agregalar ile düşük ölçülerde polikarboksilat esaslı süperakışkanlaştırıcı ile birlikte Şanlıurfa Kireçtaşı taş tozu (KTT) kullanarak kendiliğinden yerleşen beton(KYB) karışımları oluşturuldu. 500 dozzlu karışımlar için T50 ve Çökme-yayılma deneylleri yapıldı. Numuneler 28 günlük kür süreleri sonunda basınç testine tabi tutuldular. Deneyler sonucunda hazır beton santrallerinin ürettikleri geleneksel sıkıştırılan betona(GSB) benzer dayanımdaki kendiliğinden yerleşen beton(KYB) karışımlarının kar-zarar analizi dikkate alındığında GSB'den daha az maliyete KYB üretildiği görülmüştür**.**

Bideci (2018) yaptığı çalışmada, ince olarak öğütülmüş kolemanit katkısı çimento harcının özelliklerine etkisi araştırılmış. İlk olarak ince halde öğütülen kolemanitin puzolanik aktivitesi incelenmiştir. Daha sonra farklı oranda (%0, %1, %3, %5 ve %7) öğütülen kolemanit katkılı çimento harçları; taze fazında kıvam ve genleşme, özgül ağırlık, priz başlama, özgül yüzey ve sona erme süresi tayini deneylerinin yapılmış ve sertleşmiş haldeki harç örneklerin basınç dayanımları (2, 7 ve 28 günlük) saptanarak kontrol örneğiyle kıyaslanmıştır. Sonuç olarak ince öğütülmüş kolemanitin ikame oranı artışı ile priz başlangıç ve priz bitiş sürelerinin uzun olduğu, bütün çimento harçlarının TS EN 197-1 standardında tercih edilen en düşük mekanik özellik gösterdiği (≥42.5 MPa ve ≤62.5MPa) görülmüştür. Netice olarak %1, %3, %5 oranlarında öğütülmüş kolemanitin çimento yerine kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Deşik ve Ustabaş (2019) yaptıkları deneyde kireçtaşı orijinli agrega içerisinde olan toz madde miktarının betonun işlenebilirlik, dayanım özelliklerine tesiri incelenmiştir. 2 grup halinde üretilen betonlar öncelikle; 0.58-0.53-0.56 su/çimento oranlarında her biri farklı su/çimento oranında 3'er tane olacak şekilde toplamda 9 tane numune üretilmiştir. Sonrasında kıvamları eşit bir şekilde su/çimento oranları

düzenlenmiştir. Elde edilen betonlarda 0.075 mm elek altında kalan ince agrega %5,%10 ve %15 olmuştur. Çalışma neticesinde kireçtaşı tozunun beton boşluklarını doldurarak ince malzeme görevi görerek betonun işlenebilirliğini arttırdığı görülmüştür. İşlenebilirlik ve basınç dayanımına etkileri yönünden değerlendirildiğinde, %15 oranına kadar ince malzemenin kullanılabileceği belirlenmiştir.

Akan (2019) yaptığı çalışmada; katkılı çimento üretiminde, Çanakkale İli, Ayvacık İlçesi dolaylarında bulunan volkanik tüflerin doğal puzolan hammaddeleri olarak kullanılabilirliği araştırılmış. Bu amaçla; tane boyutları farklı, pişmiş ve ham materyal kullanılarak hazırlanmış reçete kullanılmış. Belirli miktarlarda katılarak hazırlanan bu karışımlardan üretilen numunelere; fiziksel, mekanik deneyler ile mineralojik, kimyasal, SEM ve optik dilatometre analizleri yapılmış. Bu deney ve analiz sonuçları, tüfün çimentoda katkı maddesi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Volkanik tüfün ham materyal formasyonunda kullanılarak üretilmiş harçta %10-15, pişirilmiş materyal ile üretilmiş harçta ise %20-25 oranlarında çimentoya ikame edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Kara (2020) yaptığı çalışmada %0, %3, %5, %10 oranlarında mikronize kalsit ağırlıkça çimento yerine kullanılmıştır. Çeşitli miktarlarda kullanılan kalsit mineraliyle üretilen taze betonların slump (çökme) miktarları tespit edilmiştir. Sertleşmiş beton numuneleriyse basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı, su emme ve Schmidt çekici deneyleri yapılmıştır. Netice olarak kalsitin %10 oranında çimentoya ikame edilmesi betonun basınç dayanım değerini yükselttiği tespit edilmiştir.

Çelikten ve Canbaz (2021) yaptıkları çalışmada, Andezit ve mermer taşlarının işlenmesi esnasında meydana gelen çamur formundaki atığın kuruması sonrasında toz hali de birikmektedir. Mermer ve andezitin kullanım yaygınlığı nedeniyle meydana çıkan atıkların depolanması problemleri yaşanmaktadır. Bu âtıl durumdaki atıkların ekonomik olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu amaçla, yapılan çalışmada çimentoya ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 oranlarında mermer tozu ve

atık andezit kullanılarak farklı farklı harç örnekleri üretilmiştir. Üretilen örneklerde mekanik olarak basınç dayanımı, eğilme ve ultrases geçiş hızı testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, mermer tozunun çimentoya optimum ikame oranının %10, andezit tozunun optimum ikame oranının ise %15 olduğunu saptanmıştır. Aynı zamanda en yüksek basınç ve eğilme dayanımı çimento değil %15 andezit tozu ikame edilmesiyle elde edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında kullanılan agregalar, Horoz (2020). tarafından "Şanlıurfa Yöresinde Bulunan Kireçtaşı Ocaklarında Atıl Durumdaki Elenmiş Malzemelerin (Taş Unu) Taze Ve Sertleşmiş Betona Etkisi" isimli çalışmada kullanılan agregalar ile aynı özellik ve oranlarda kullanılmıştır. Belirlenen reçete doğrultusunda malzemenin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla öncelikle malzeme ön deneyleri(Elek analizi, Özgül ağırlık deneyi, Su emme deneyi) yapılmıştır. Betonun mühendislik özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla beton dökümleri 5 aşamada gerçekleştirilmiştir. Üretilen Beton küre tabi tutulmadan Taze haldeki beton deneyleri(Slump ve Birim ağırlık deneyi) yapılmıştır. Küre tabi tutulan numuneler üzerinde de Sertleşmiş beton deneyleri (Ultrases, Basınç, Eğilme ve Kılcallık) yapılmıştır deneyin akış şeması Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma akış şeması

3.1.1. Malzemeler

Beton karışımında çimento, agrega, su ve kimyasal katkı kullanılmıştır.

Çimento

Çalışmada üretilen betonların karışımında Limak Şanlıurfa çimento fabrikasında üretilen standart CEM I 42.5 N tipi Portland çimentosu (PÇ) kullanılmıştır. Portland çimentonun kimyasal bileşenleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çimento Kimyasal Bileşenleri

Malzeme Kompozisyonu	Çimento
CaO (%)	64.70
$SİO_2$ (%)	18.82
Al_2O_3 (%)	5.09
Fe_2O_3 (%)	3.03
MgO (%)	1.53
SO_3 (%)	2.52
K_2O (%)	0.46
Na_2O (%)	0.19
Kızdırma Kaybı (%)	2.50

Agrega

Bu çalışmada en yüksek dane çapı 16 mm olan Şanlıurfa bazalt taşının kırılıp elenmesi sonucu çıkan agregalar kullanılmıştır. İnce agreaga olarak dere kumu ve 0-5 mm bazalt kırmataş, İri agrega olarak da 5-12 mm bazalt kırmataş kullanılmıştır. Agregalar Şanlıurfa'daki taş ocaklarından temin edilmiştir.

Su

Üretilen betonlarda karma suyu olarak Şanlıurfa şebeke suyu kullanılmıştır.

Kimyasal katkı

BasfTürk kimya firması tarafından üretilen polikarboksilik eter esaslı ikinci nesil süper akışkanlaştırıcı Master Glenium SKY 608 beton katkı maddesi kullanılmıştır. Beton üretiminde kullanılan kimyasal katkı maddesinin teknik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Katkı maddesi teknik özellikler

Malzeme Yapısı	Polikarboksilik Eter Esaslı
Görünüm	Kahverengi-Sıvı
Özgül (20°C'de)	1.069-1.109 kg/lt
pH değeri	5-7
Alkali içeriği (%)	≤ 3.00 (Kütlece)
Klor iyon içeriği (%)	≤0.10 (Kütlece)
Korozyon davranışı	Sadece EN 934-1:2008,EK A.1 standartlarına uygun bileşenleri içerir.
Tehlikeli maddeler	Tamamen Ek-AZ'ye uygundur

Kireçtaşı tozu

Yapılan çalışmada Şanlıurfa ili Eyyübiye ilçesi Evren sanayi çıkışında bulunan Yetimoğlu taş ocağından temin edilmiştir (Şekil 3.2). Karışımlarda kireçtaşı tozu 0.125 nolu elekten elenerek elekten geçen kısmı kullanılmıştır. Kireçtaşı tozu %0, %5, %10, %15, %20 oranlarında çimentoya ikame edilerek kullanılmıştır. Şanlıurfa kireçtaşına ait kimyasal bileşenler Çizelge 3.3'te gösterilmiştir



Şekil 3.2. Kireçtaşı tozun alındığı Kireçtaşı ocağının uydu görüntüsü

Çizelge 3.3. Kireçtaşının kimyasal bileşenleri(Şit ve Ağan (2018)

Kimyasal Bileşen	Oranı (%)
CAO	54,69
SiO_2	0,5
MgO	0,44
Al_2O_3	0,29
Fe_2O_3	0,20
Isınma Kayıpları	43,33
Tanımlanamayan	0,54
Toplam	99,46

3.2. Yöntem

Bu bölümde, karışımın hazırlanması, taze beton deneyleri ve sertleşmiş beton deneyleri ilgili standart ve normlar çerçevesinde yapılmıştır.

Kullanılacak malzemelerin fiziksel özelliklerin belirlenmesi amacıyla özgül ağırlık ve su emme deneyleri yapılmıştır.

Taze betonun kıvamını tayin etmek amacıyla taze halde slump(çökme), Vebe, sıkıştırabilme derecesi, yayılma tablası deneyleri yapılır. Bu çalışmada En büyük tane çapına uygun olarak slump(çökme) deneyi yapılmıştır.

Sertleşmiş betonda ise betondan beklenilen temel mekanik özellik olan basınç ve çekme dayanımı ile fiziksel özelliğinin tayin edilmesinde ulatrases geçiş hız ve kapiler su emme deneyleri yapılmıştır.

3.2.1. Malzeme ön deneyleri

Malzeme ön deneyi olarak elek analizi, özgül ağırlık ve su ve su emme deneyleri yapılmıştır.

Elek analizi deneyi;

Elek analizi; farklı büyüklüğe sahip tanelerden oluşan kırılmış ve/veya öğütülmüş malzemenin “Tane Boyu Dağılımı”nı saptamak için çeşitli çaplardaki

deliklere sahip elek makinası ile yapılmaktadır. Malzeme kaynağının özelliğini temsil edecek miktara indirilmesi iki yöntem ile yapılır.

A) Dört parçaya bölerek küçültme (çeyrekleme)
B) Bölgeçler ile numune hazırlama.

Tüm kaynağı temsil edecek şekilde çeyrekleme yöntemi kullanılarak malzemeden numune seçilmiştir.

Deneyde kullanılan aletler;

1) 31,5mm seri elek takımı (pan-0,125-0,25-0,5-1-2-4-8-16-31,5)
2) Elek sarsma makinesi
3) El küreği
4) Etüv
5) Tel ve kıl fırça
6) 5kg çekerli, 0,1g duyarlı Terazi,
7) Toplama tavası
8) Kaplar (plastik veya paslanmaz tepsi)

Eleme işlemi seri makine marifetiyle yapıldı(şekil 3.3). Deney numunesi en üst serideki eleğe boşaltılarak sarsma işlemine başlandı, gözle görülebilir eksilme oluncaya kadar işlem devam etti. Eleme işlemi tamamlanınca her elek üzerinde kalan malzeme tartıldı ve çizelgeye tek tek yazıldı. Her elek içindeki agrega, toplam miktara bölünüp 100 ile çarpılarak, her elek içinde kalan malzemenin yüzdesi bulundu. Deney sonucunda elde edilen elek analizi sonuçları çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

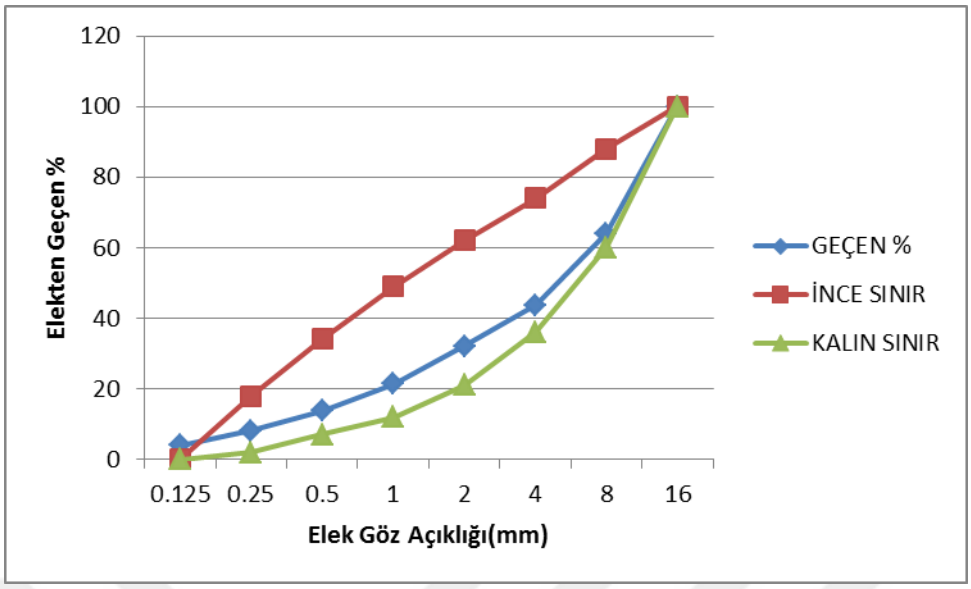


Şekil 3.3. Elek analizi düzeneği

Çizelge 3.4. Elek analiz sonuçları

Elek Göz Açıklığı(mm)	Elek Üstünde Kalan Kütle, g	Elek Üstünde Kalan Toplam Kütle, g	Elekten Geçen Toplam Kütle, g	Elekten Geçen Kütle Oranı(%)	Elekte Kalan Kütle Oranı(%)
16	0	0	2000	100	0
8	720.4	720.4	1279.6	63.98	36.02
4	406.2	1126.6	873.4	43.67	56.33
2	229.9	1356.5	643.5	32.175	67.825
1	216.1	1572.6	427.4	21.37	78.63
0.5	152.1	1724.7	275.3	13.765	86.235
0.25	114.3	1839	161	8.05	91.95
0.125	82.4	1921.4	78.6	3.93	96.07
PAN	76.8				

Elek analizi deneyi sonucunda elde edilen malzemelerin tane dağılımı şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Malzemelerin tane dağılımı

Özgül ağırlık ve su emme deneyi

Özgül ağırlık deneyinde iri agrega ve ince agrega olmak üzere iki farklı metot kullanılmaktadır.

Beton literatüründe genel olarak 4.75 mm elekten geçen malzemeye "ince agrega", 4.75 mm elek üstünde kalan malzemeye ise "iri agrega" denir.

İri agraga ve ince agrega TS EN 1097-6, AASHTO T 85, ASTM C 127 standartlarına göre hazırlandı.

İnce Agrega

Deneyde kullanılan aletler:

- Arşimet terazisi
- Kafes örgülü sepet
- Havlu
- Etüv

Agrega tane dağılımını temsil edecek şekilde çeyrekleme yöntemiyle 2 kg malzeme alındı. Deneyde 0.1 hassasiyetli terazi kullanıldı(Şekil 3.4). Agrega yıkandı ve üzerini geçecek şekilde su ilave edildi 24 saat suda bekledikten sonra su

boşaltılarak malzeme bir havlu yardımıyla yüzeyi kurutuldu ve tartılarak YKSD(Yüzey kuru suya dolgun) ağırlığı belirlendi. Sonra YKSD malzeme Arşimet terazisi yardımıyla sudaki ağırlığı belirlendi. Akabinde malzeme etüve koyularak kuru ağırlığı belirlendi. Malzemeye ait elde edilen değerler çizelge 3.5'de gösterilmiştir.

W_{KYD}= Yüzey kuru suya doygun ağırlık

W_{SUDA}= Sudaki ağırlık

W_{KURU}=Etüv kurusu ağırlık

$$\text{Özgül ağırlık} = (W_{KURU}/(W_{KYD} - W_{SUDA}) \quad (3.1)$$

$$\text{Su emme}(\%) = ((W_{KYD} - W_{KURU})/ W_{KURU}))*100 \quad (3.2)$$



Şekil 3.4. İri agrega özgül ağırlık deneyinin yapılışı

Çizelge 3.5. Özgül ağırlık deney sonucunda elde edilen değerler

5-12 Kırmataş	Birim,kg
Numune Ağırlığı:	2000
Yüzey Kuru Suya Dolgun Ağırlığı	2018.2
Arşimet Terazisindeki Ağırlığı	1284.45
Etüvde Kurutulmuş Ağırlğı	1979.2

Deney sonucunda çizelge 3.5'te elde edilen değerler 3.1 ve 3.2'de verilen formüle göre hesaplanarak özgül ağırlık ve su emme değerleri bulunmuştur. Bulıunan değerler çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3. 6. İri agrega özgül ağırlığı ve su emme yüzdesi

Agrega Cinsi	Malzeme Özgül Ağırlıkları	Su Emme(%)
5-12 Bazalt	2.70	1.97

İnce agrega

Deney için kullanılan aletler;

- Ölçü kabı(balon joje)
- Tavalar
- Metal kalıp
- Sıkıştırma çubuğu
- Etüv
- Terazi(0.1 g duyarlı)
- Hava öflemeli ısıtıcı
- Havlu
- Mala

İnce agrega, Agrega dane dağılımını temsil edecek şekilde çeyrekleme yöntemiyle 500 g malzeme alındı 0.1 hassasiyetli terazide tartıldı tepsiye konuldu üzerine su ilave edildi 24 saat tepside bekletildi. 24 saat sonunda tepside bekletilen malzemenin suyu döküldü ve sıcak hava yardımıyla yüzey kuru suya doygun hale

getirildi. Bu şekilde tartılarak YKSD ağırlığı bulundu. Yüzey kuru suya doygun olup olmadığı koni yöntemiyle tespit edildi. Metal koni içerisinde konulan malzeme 3 tabaka halinde sıkıştırılarak her seferinde 25 defa şişlenerek sıkıştırılır. Sıkışan numuneler tepsiye ters şekilde tepsiye konarak ince kesitli mala ile ikiye bölündü numune yğını kendini bırakana kadar kurutma işlemine devam edildi. YKSD sağlandıktan sonra huni yardımıyla özgül ağırlık bulundu.

Huninin boş ağırlığı tartıldı, Piknometre çizgisine kadar su dolduruldu tekrar ağırlığı belirlendi, pinometredeki su boşaltılıp piknometreler etüvde 105 derecede kurutuldu. Numuneler pinometreye doldurulup sıkıştırıldıktan sonra üzerine piknometre çizgisine kadar su eklendi ve tekrar tartıldı. Numuneler piknometreden çıkarılıp etüve konuldu ve 24 saat bekledikten sonra(şekil 3.5) kuruyan numune tartıldı. Tartım sonucunda elde edilen değerler çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

W_{KYD}= Yüzey kuru suya doygun ağırlık
W_{P+SU}= Piknometre+su ağırlığı
W_{P+SU+M}=Piknometre+su+malzeme ağırlığı
W_{KURU}= Etüvde kurutulmuş malzeme

$$\text{Özgül ağırlık} = ((W_{KURU}/(W_{KYD}+ W_{P+SU}- W_{P+SU+M}) \quad (3.3)$$

$$\text{Su emme}(\%)=((W_{KYD}- W_{KURU})/ W_{KURU})*100 \quad (3.4)$$

Çizelge 3.7.deney sonucunda elde edilen değerler

0-5 Kırmataş	Birim, gr
Numune Yüzey Kuru Suya Dolgun Ağ.	500.3
Piknometre	146.5
Piknometre+Su	646.6
Piknometre+Malzeme	640.5
Piknometre+Su+Malzeme	954.6
Etüv Kurusu Malzeme	487.4
Dere Kumu	
Numune Yüzey Kuru Suya Dolgun Ağ.	500
Piknometre	146.5

Çizelge 3.7.(Devamı)

Piknometre+Su	646.6
Piknometre+Malzeme	645.6
Piknometre+Su+Malzeme	952.4
Etüv Kurusu Malzeme	490.1
Kireçtaşı Tozu	
Numune Yüzey Kuru Suya Dolgun Ağ.	500.1
Piknometre	146.5
Piknometre+Su	635.8
Piknometre+Malzeme	649.1
Piknometre+Su+Malzeme	942.5
Etüv Kurusu Malzeme	488.5

Deney sonucunda çizelge 3.8'de elde edilen değerler 3.3 ve 3.4'te verilen formüller yardımıyla hesaplanarak özgül ağırlık ve su emme değerleri bulunmuştur.

Çizelge 3.8. İnce agrega özgül ağırlığı ve su emme yüzdesi

	Malzeme Özgül Ağırlıkları	Su Emme(%)
Dere Kumu	2.57	2.02
0-5 Bazalt	2.60	2.6
Kireçtaşı Tozu	2.59	2.31



Şekil 3.5. İnce agrega deneyinin yapılışı

3.2.2. Karışımların hazırlanması

Bu çalışmada beton üretiminde kullanılan agregalar ile kireçtaşı tozunun fiziksel özellikleri belirledikten sonra karışım hazırlanmaya başlanmıştır. Hazırlanan karışımda Su/Toz 0,43 oranında sabit tutulmuştur. Referans beton için Hazırlanan numunelerin 28 günlük karakteristik basınç dayanım değerlerinin 37 MPa'dan fazla olması ve Slump(çökme) değerinin 18-20 cm arasında olması hedeflenmiştir. KTT içermeyen beton karışımı Referans Beton(RB) olarak ve KTT%0 ile gösterilmiştir. Üretilen betonda, çimento %5 oranında azaltılarak yerine aynı oranda KTT ikamesiyle oluşan beton karışımına KTT%5, çimento %10 oranında azaltılarak yerine aynı oranda KTT ikamesiyle oluşan beton karışımına KTT%10, çimento %15 oranında azaltılarak yerine aynı oranda KTT ikamesiyle oluşan beton karışımına KTT%15, çimento %20 oranında azaltılarak yerine aynı oranda KTT ikamesiyle oluşan beton karışımı ise KTT%20 olarak isimlendirilmiştir. Referans beton ile birlikte 5 farklı beton üretildi. Beton karışımları ASTM C685 / C685M – 17'ye uygun bir mikser kullanılarak üretilmiştir. Önce iri ve ince agrega karma makinasına konulmuş ve bir miktar su eklenerek karıştırılmış akabinde çimento ve taş tozu kademeli olarak aktarılarak standart süre boyunca karıştırılarak tamamlanmıştır. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6. Beton karışımına taş tozu eklenmesi

1 m^3 beton üretimi için karışım miktarları Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. 1 m^3 beton için karışım miktarları

Karışım oranları	Agregalar (kg)			Taş tozu (kg)	Katkı (kg)	Su (kg)	Çimento (kg)
	Nehir kumu	Kırma bazalt	5-12 mm				
%0	446	446	966	0	8	172	400
%5	446	446	966	20	8	172	380
%10	446	446	966	40	8	172	360
%15	446	446	966	60	8	172	340
%20	446	446	966	80	8	172	320

Bu yöntem ile 5 farklı beton üretilmiş ve 2 aşamada deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak beton karışımların taze haldeki özelliklerinin belirlenmesi maksadıyla Slump (çökme) ve Birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. İkinci aşamada ise betonların sertleşmiş haldeki özelliklerin belirlenmesi için basınç, Ultrases, eğilmede çekme ve kapiler su emme deneyleri yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Beton numunelerinin her bir karışım oranı için 7, 28, 56 günlük basınç dayanımı için her kür yaşı için 3 numune olmak üzere toplamda 45 adet 150x150x150 mm ebatlarında küp numunesi, eğilmede çekme dayanımı için 28 günlük kür yaşı için 3 adet numune kullanılmak üzere toplamda 15 adet 100x100x400 mm ebatlarında prizma numunesi, kapiler su emme için 7, 28, 56 günlük kür yaşı için 45 adet 50x50x50 mm ebatlarında küp numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler kürlenmek üzere kür havuzunda küre tabi tutuldular (şekil 3.7)

Kapiler su emme deneyi için numuneler 24 saat süreyle 105 °C sıcaklıkta etüvde bekletildi.(şekil 3.8)



Şekil 3.7 numunelerin kalıplara yerleştirilmesi



Şekil 3.8. Numunelerin etüvde bekletilmesi

Makine ile karıştırılan betonlar önceden temizlenip yağlanan ve Çizelge 3.10'da belirtilen sayı ve ebatlardaki numune kaplarına koyularak üzerinden 24 saat geçinde 7-28-56 günlük kür uygulanmak üzere kür havuzunda küre tabi tutuldular.

Çizelge 3.10. Deneylerde kullanılan numune miktarları

Numune Ebatları(cm)	**Miktarı(ad.)**
15x15x15	45
10x10x40	15
5x5x5	45

Bu yöntemle 5 farklı karışım üretilmiş, üretilen karışımlarda taze haldeki özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Slump (çökme), Birim ağırlık deneyleri ve sertleşmiş haldeki betonda basınç, ultrases, eğilmede çekme ve kapiler su emme deneyleri yapılarak sonuçlar elde edilmiştir.

3.2.3. Taze Beton Deneyleri

Taze ve sertleşmiş Betondan beklenen 3 ana özellik vardır bunlar; işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık. Betonun taze haldeki davranışı açısından işlenebilirlik özelliği önemlidir. Taze betonun kalıplara yerleştirilmesi ve homojen dağılması açısından işlenebilirlik özelliğinin yüksek olması istenir. Betonun işlenebilirliğinin tespit edilmesi için bir çok yöntem vardır. Bunlardan en çok kullanılanları; çökme deneyi(slump test), sarsma tablası deneyi, ve-be deneyidir. Bu çalışmada taze betonun işlenebilirliği (kıvamı) saptamak için çökme(slump) deneyi yapılmıştır.

Birim ağırlık deneyi

Taze betonun birim ağırlığı beton ile ilgili ön bilgilere sahip olmamızı sağlar. Taze betonun birim ağırlığını, kullanılan agreganın türü, şekli, dane çapının yanı sıra betonun karma süreleri, kullanılan katkı maddeleri gibi birçok etken belirler. Birim ağırlık, boşluklu ağırlığının hacmine oranıdır. Birim ağırlığı hesaplamasında beton numuneler TS EN 12350-1'e uygun olarak önce boş kabın darası alındıktan sonra 15x15x15 ebatlarında küp numuneye beton doldurulup titreşim masasında 2 tabaka halinde sıkıştırılarak sonra tartım yapılmış ve bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır.(şekil 3.9). Her bir döküm için bu işlem tekrarlanmıştır.



Şekil 3.9. Taze beton birim ağırlığının ölçülmesi

Sıkıştırılma işlemi tamamlandıktan sonra kalıbın üst yüzeyi çelik mala kullanılarak tesviyesi yapıldı. 15 saniye vibre edildi. Daha sonra beton dolu kap numunesi tartılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir (Şekil 3.10). Bu değerden kabın darası çıkarılmış ve bulunan değer kabın hacmine bölünerek taze betonun birim ağırlığı bulunmuştur. Birimi gr/cm^3'dır. Her bir döküm için alınan 3 numunenin ortalaması alınarak kabın hacmine bölünmüş ve sonuçlar çizelge 3.11'de gösterilmiştir. Bulunan sonuçlar (3.5)'deki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\Delta = \frac{P}{V} \tag{3.5}$$

Δ : Taze betonun birim ağırlığı

P : Taze betonun ağırlığı

V : Taze betonun hacmi



Şekil 3.10. Numune tartım işlemi

Çizelge 3.11. Taze beton numunelerin birim hacim ağırlıkları

Katkı Oranı(%)	1.Numune(g)	2. Numune(g)	3. Numune(g)	Ortalama(g)	Birim Ağırlık g/cm^3
0	8490	8510	8400	8,466.67	2.51
5	8450	8480	8440	8,456.67	2.51
10	8430	8140	8480	8,350.00	2.47
15	7870	8260	8540	8,223.33	2.44
20	8310	8160	8150	8,206.67	2.43

3.2.3.2 Slump (Çökme) deneyi

Taze betonun kıvam sınıfını belirlemek amacıyla TS 12350-2 Standartlarına göre, tabanı 20 cm, üst yüz çapı 10 cm ve 30 cm yüksekliğinde saç koni kalıbı kullanılarak yapılan bir deneydir **(**TS 12350-29).

Koni kalıp deney öncesinde nemlenrilmiş akabinde 3 tabaka halinde doldurulup her bir tabaka 16 mm kanlınlığında çelik çubukla 25 defa şişlenerek (şekil 3.11) yüzeyi mala ile temizlenerek (şekil 3.12) tesviyesi yapılmıştır. Tüm bu işlemler 150 saniye içerisinde tamamlanarak ölçüm yapılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.11. Slump deneyinde kullanılan koni kalıp



Şekil 3.12. Kalıbın üst seviyesinde fazla taşan beton mala ile tesviyesi



Şekil 3.13. Çökme değerinin belirlenmesi

3.2.4. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Sertleşmiş beton deneyleri mekanik ve fiziksel deney olarak iki grupta yapılmıştır.

Mekanik deneyler

Mekanik deney olarak basınç dayanımı deneyi ve eğilmede çekme dayanım deneyi yapılmıştır.

Basınç dayanımı deneyi

Kullanılan Cihazlar;

2000 kN kapasiteli UTEST markalı yarı otomatik (motorlu) basınç dayanım deney presi kullanılmıştır.(şekil 3.14)

Yapılan basınç dayanımı deneyleri 7-28-56 gün kürde bekletilen 15x15x15 mm ebatlarında küp numuneler üzerinde TS EN 12390-3 standartlarına uygun şekilde, deneyden 24 saat önce kür havuzundan çıkarılan ve oda koşullarında bekletilen numuneler test cihazına koyulmadan önce yüzeyleri temizlenerek basınç test cihazına, yükleme başlığını ortalayacak şekilde konularak deney yapılmıştır. Her deney için 3 adet numune kullanılmıştır. Numunelerin basınç dayanımı değerleri (3.6)'de verilen formülle belirlenmiştir.

$$fc = \frac{F}{Ac} \quad (3.6)$$

fc: Basınç dayanımı(MPa)

F:Kırılma esnasında oluşan en büyük yük(N)

Ac: yükün uygulandığı En kesit alanı(mm^2)



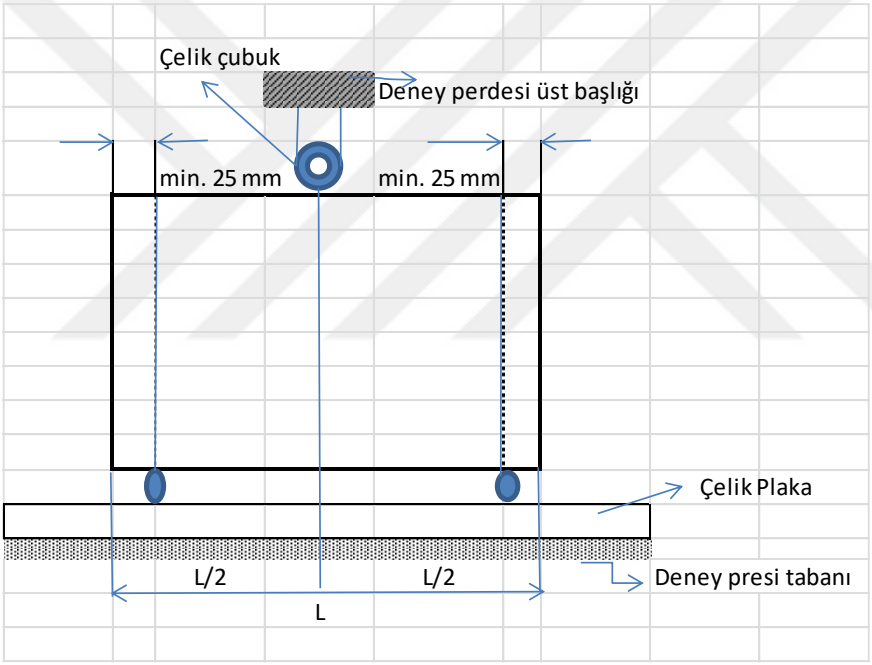
Şekil 3.14. basınç test cihazı

Eğilmede çekme dayanımı deneyi

Kullanılan Cihazlar;

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Mekanik Laboratuvarında bulunan SHIMATZU marka Universal Mekanik Test cihazı kullanıldı. 100 kN kapasiteye sahip cihaz, etal, kompozit, taş, beton, tuğla, harç ve ahşap gibi malzemelerin çekme, basma ve eğmede dayanım değerlerini saptar.

Eğilmede çekme dayanımının belirlenmesi için 28 gün kür havuzunda bekletilen 100x100x400 mm boyutlarındaki kiriş numunelere TS EN 12390-5 standartlarına göre test uygulanmıştır. Eğilme dayanımı tayini için üç eksenli eğilmede çekme deneyi metoduyla yapılmıştır (şekil 3.15). Mesnet aralığı 350 mm olacak şekilde ayarlanarak 0.5 Mpa/s(N/mm^2.s) sabit hız ile orta noktadan yükleme yapılmış ve kırılıncaya kadar işleme devam edilmiştir (şekil 3.16).



Şekil 3.15. Üç eksenli eğilme dayanımı deney düzeneği

Maksimum kırılma yükü değerleri cihaz bilgisayarından okunmuş ve eğilme dayanımı (3.7)'de verilen formül ile hesaplanmıştır.

$$\sigma e\ (N/mm^2) = \frac{3.P.L}{b.h^2} \qquad (3.7)$$

σe :Eğilmede çekme dayanımı(N/mm2)

P: Maksimum eğilme yükü, N

b, h = Numune boyutları,mm

L = Mesnetler arası mesafe, mm



Şekil 3.16. Üç eksenli eğilme dayanımı deneyin uygulanışı

Fiziksel deneyler

Fiziksel deney olarak ultrases deneyi ve kapiler su emme deneyi yapılmıştır.

Ultra ses hızı deneyi

Kullanılan cihazlar;

UPV testleri için Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü Yapı Malzemesi Laboratuvarında bulunan PROCEQ marka Cihaz kullanılmıştır. (Şekil 3.18)

Ultrases geçiş hızı, Sesin beton içerisinde geçiş hızı betonun yoğunluğu hakkında, dolayısıyla da beton dayanımı hakkında fikir oluşturmaktadır.

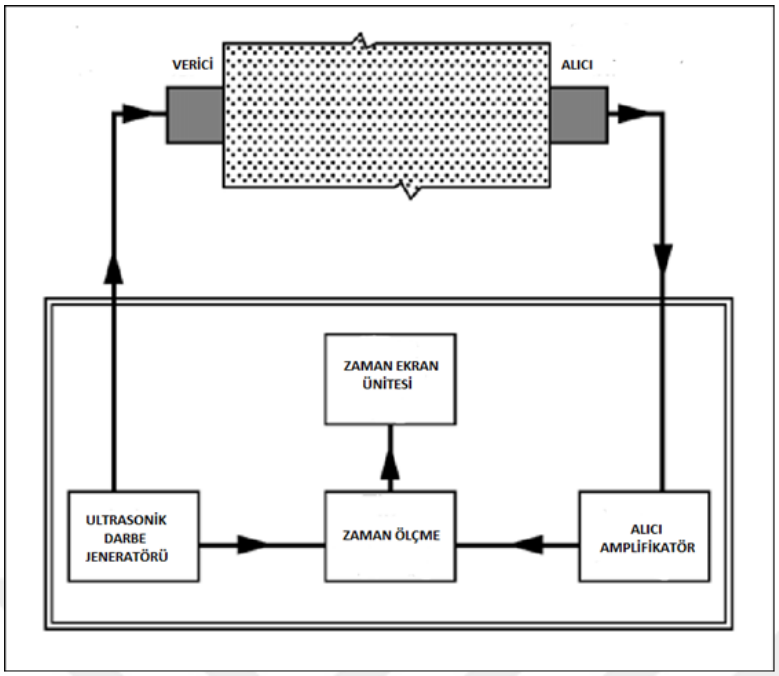
Cihaz alıcı ve verici sensörlerden aldığı sinyaller vasıtasıyla dalganın ortam içerisindeki yayılma hızını ölçmektedir.



Şekil 3.17. ultrases cihazı

Yapılan çalışmalarda Deneyler ASTM C597-09'e uygun olarak basınç için kullanılacak 150x150x150 mm küp numunelere, Ses dalgalarının beton numune içerisindeki geçiş hızını ölçmek amacıyla ulatra ses geçiş hızı deneyi yapılmıştır. Cihaz tarafından üretilen düşük frekanslı sinyaller numune içerisinden karşı tarafa geçerek uçlarda bulunan transduserler ile algılanarak sinyallerin numune içerisinden geçiş süreleri belirlenmiş olur. Geçiş süresi numunenin yoğunluğu, dolayısıyla kalitesi hakkında bilgi verir.

Numuneler temizlenerek iki ucuna jel sürülen ultra ses cihazının probları küp numunenin karşılıklı iki yüzeyine birbirine çakışan paralel düzlem üzerinde duracak şekilde tutularak ekrandan ses geçiş süresi okunmuştur.(şekil 3.19). Her bir numunenin 3 farklı yerinden 3 farklı ölçüm alınmış ve bu değerlerin ortalaması alınarak (3.8)'de verilen formül ile hesaplanmıştır. Cihazın çalışma prensibi (şekil 3.18)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. UPV Test düzeneği



Şekil 3.19. Ultra ses hızı deneyi

Ses geçiş hızı(V), aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanır.

$$V=\frac{L}{t} \quad (3.8)$$

V: Ultra ses-hızı (km/sn)

L:Geçiş uzunluğu (mm)

t:Geçiş zamanı (µsn) (Güner, 1999).

Ses geçiş hızı ölçümlerine göre beton kalite aralıkları Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Ses geçiş hızı ölçümlerine göre beton kalitesi

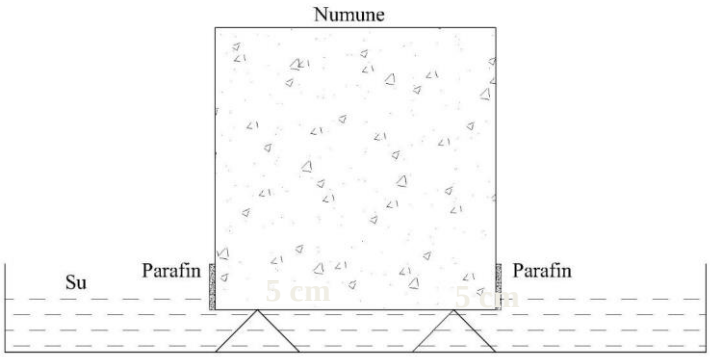
Ultrases geçiş hızı(km/s)	<2.0	2.0-3.0	3.0-3.5	3.5-4.5	>4.5
Beton kalitesi	Çok Zayıf	Zayıf	Şüpheli	İyi	Çok iyi

Kapiler su emme deneyi

Kullanılan cihazlar;

Utest marka etüv cihazı ve 0.01 gram hassasiyetli tartı makinası

Beton numunelerinin kapiler su emme kapasitelerinin belirlenmesi 05x05x05 cm boyutlarındaki küp numuneler üzerinde TS EN 4045'e uygun olarak yapılmıştır. Deney düzeneği (şekil 3.20)'de gösterilmiştir. Numuneler 7-28-56 günlük kür süresileri sonunda çıkarılarak 24 saat boyunca 105°C etüvde kurutularak etüv kurusu haline getirilerek içindeki hapsolmuş suyun tamamen buharlaşması sağlanmıştır. Etüvde kurusu numunelerin yan yüzeyleri suyun geçirimsizliğini sağlamak maksadıyla parafinlenerek su emmesi engellenmiş sadece alt yüzeyden su emilimi yapılması sağlanmıştır.



Şekil 3.20. Kapiler su emme deneyi düzeneği

7-28-56 gün kür süreleri sonunda Numuneler su içerisine 5 mm batacak şekilde yerleştirilmiş(şekil 3.21) kapiler su emmeye maruz bırakılan beton numunelerinin suyla temas eden yüzeyler nemli bir havlu ile silinerek 0.01 gram hassasiyetli tartı ile tartılarak her numune için 1,4,9,16,25,36,49 ve 64. dakikalık süreler sonundaki ağırlıkları ölçülmüş. Emilen su miktarının(Q), numunenin su ile temas ettiği yüzey alanına(A) oranıyla (Q/A) ,geçen sürenin (t) karekökü arasındaki lineer bir ilişki sonucunda ortaya çıkan grafiğin eğimi, beton numunelerinin kapiler su emme katsayıları olarak alınmaktadır. Deney sonucunda elde edilen değerler (3.9)'da gösterilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$\frac{Q}{A}=K.\sqrt{t} \qquad (3.9)$$

Q: Emilen su miktarı (cm3)

A: Su ile temas eden yüzey alan (cm2)

K: Kapilarite katsayısı (cm2/sn)

t: Geçen zaman (sn)



Şekil 3.21. Kapiler su emme deneyi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Beton üretiminde taze ve sertleşmiş haldeki gelişmeleri gözlemlemek için Taş tozu %0, %5, %10, %15, %20 oranlarında çimento yerine ikame edilerek çeşitli deneyler yapılmış, taze betonda birim hacim ağırlık ve çökme değerlerindeki değişimler tespit edilirken sertleşmiş beton deneylerinde ise basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı değerleri, kılcal su emme değerleri ve eğilme dayanımındaki değişimler tespit edilerek karşılaştırmalar yapılmıştır

4.1. Taze Beton Deneyleri

Taze beton deneyleri olarak birim ağırlık ve su emme deneyi sonuçları verilmiştir.

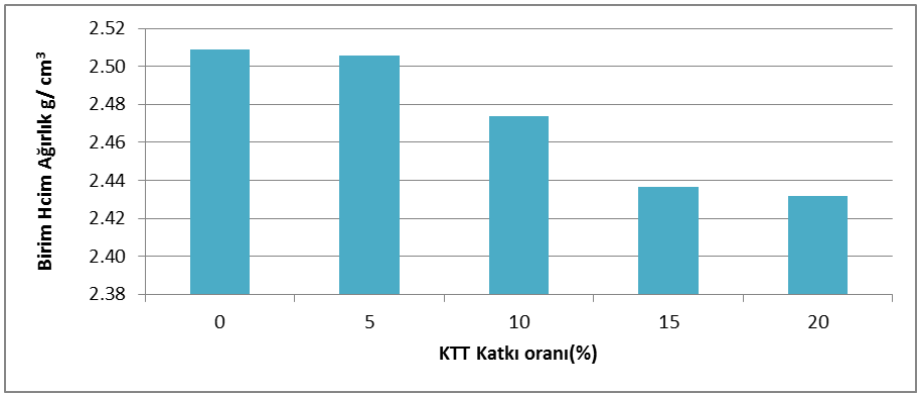
4.1.1. Birim ağırlık deneyi

Çalışmada üretilen taze betonun birim hacim ağırlıkları çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Taze beton numunelerin birim hacim ağırlıkları

Katkı Oranı(%)	1.Numune, g	2.Numune, g	3.Numune, g	Ortalama, g	Birim Ağırlık g/cm^3
0	8490	8510	8400	8,466.67	2.51
5	8450	8480	8440	8,456.67	2.51
10	8430	8140	8480	8,350.00	2.47
15	7870	8260	8540	8,223.33	2.44
20	8310	8160	8150	8,206.67	2.43

Birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması (şekil 4.1)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Birim hacim ağırlık değişimi

4.1.2. Slump(çökme) deneyi

Farklı oranlarda (%0, %5, %10, %15, %20) Taş tozu kullanılarak hazırlanan karışımların çökme değerleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. KTT katkı oranına göre çökme değerleri

Kireçtaşı tozu oranı	**Çökme değeri, cm**
%0	20
%5	20
%10	19
%15	17
%20	14

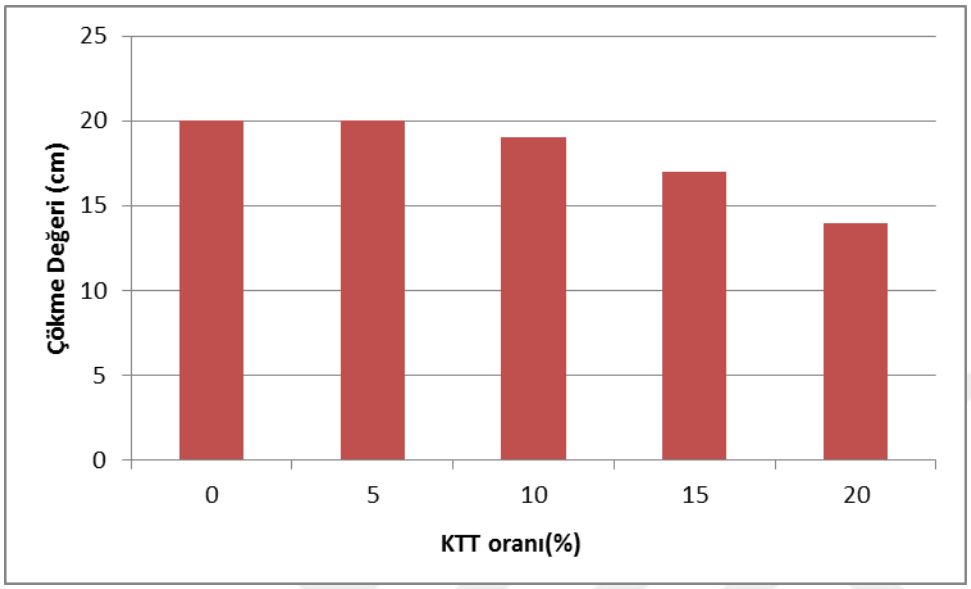
Elde edilen verilere dayanılarak üretilen taze betonun kıvam sınıfının tayini için kullanılan sınır değerler Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Taze beton için çökme sınıfları (TS EN 206-1, Nisan 2002**)**

Kıvam Sınıfı	Çökme Değeri,mm	Özelliği
S1	10-40	Su miktarı çok az, bir vibrasyonla özenli ve kuvvetli bir şekilde yerleştirilmediği taktirde betonda boşluklar kalır.
S2	50-90	Vibrasyonla sıkıştırmaya elverişli, betonarme yapılar için uygundur.
S3	100-150	Donatının fazla sık olması halinde seçilir
S4	160-210	Su miktarı fazla, vibrasyonla sıkıştırmaya elverişli değil. Çok sık donatı bulunması halinde kullanılmasına izin verilir.
S5	≥ 220	Su azaltıcı katkılar ile kullanılabilir.

Çizelge 4.3.'de görüldüğü gibi %0,%5,%10 ve %15 KTT katkılı betonların S4 sınıfında yer alırken %20 KTT katkılı betonun S3 sınıfında yer aldığı görülmüştür.

Hazırlanan karışımın sonuçlarından yola çıkılarak Şekil 4.2. ‘de görüldüğü gibi KTT oranı arttıkça slump değerinde azalma görülmektedir. Azalmanın sebebi KTT oranının artmasıyla özgül yüzey alanın daha büyük olan kireç taşı tozunun daha fazla suya ihtiyaç duyması ve dolayısıyla çökme değerinin de azalmasına sebebiyet vermiştir.



Şekil 4.2. Farklı KTT katkı oranına göre slump(çökme) değerinin değişimi

4.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Sertleşmiş beton deneyleri mekanik deney olarak basınç ve eğilmede çekme, fiziksel deney olarak da Ultrases ve kapiler su emme deneyleri sonuçları değerlendirilmiştir.

4.2.1. Basınç dayanımı deneyi

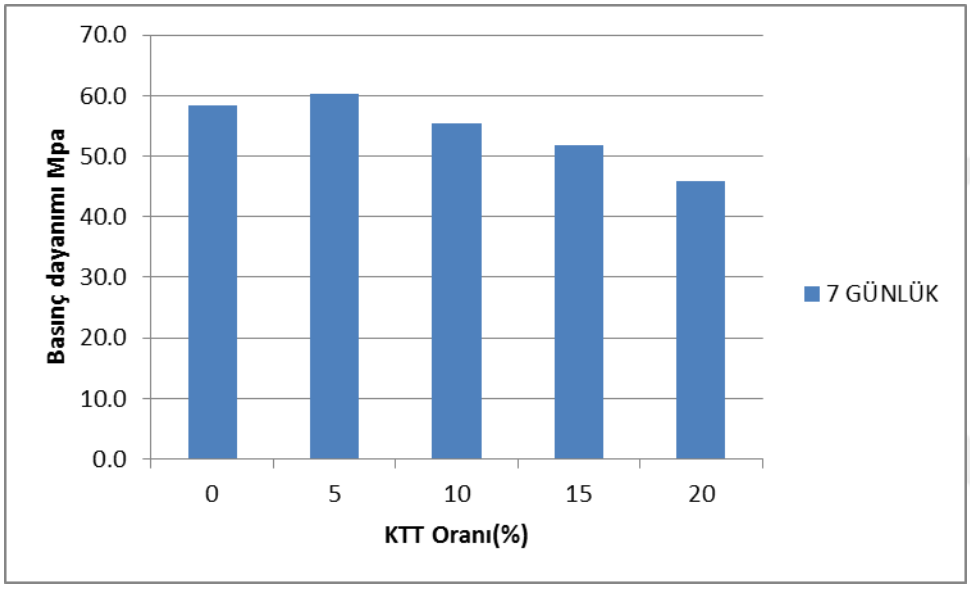
Basınç dayanımı deneyleri kür sürelerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

7 günlük Beton basınç dayanımı deneyi sonuçları ve değerlendirilmesi

Beton basınç dayanımının tespiti için 7 gün kür havuzunda bekletilen 150x150x150 mm’lik küp numuneler kullanılarak kırma işlemine tabi tutulmuştur. Deney kapsamında elde edilen sonuçlar MPa (N/mm2) olarak Çizelge 4.4’te verilmiştir. KTT kullanımının 7 günlük kür süreleri sonunda beton basınç dayanımını %5 katkı oranına kadar arttırdığı gözlemlenmiştir.. En yüksek basınç dayanımı % 5 KTT katkılı beton numunesinde görülmüştür. KTT kullanımı %5 oranında kullanılması basınç değerinde artışa sebep olmuştur. %15 katkılı betona kadar büyük düşüş olmadığı gözlemlenmiştir. Farklı KTT katkılı betonların basınç dayanımı değişimi şekil 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı oranlardaki KTT katkılı beton numunelerin 7 günlük basınç dayanımları

Katkı Oranı(%)	Basınç dayanımı,MPa
0	58.4
5	60.4
10	55.4
15	51.9
20	45.8



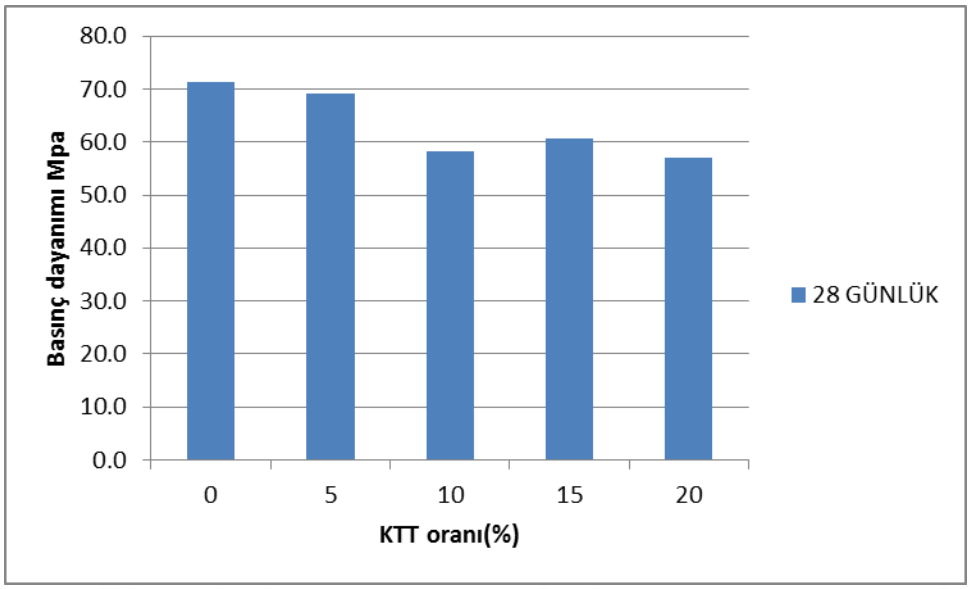
Şekil 4.3. Basınç dayanımı KTT ilişkisi

28 günlük Beton basınç dayanımı deneyi sonuçları ve değerlendirilmesi

Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere 28 günlük kür süreli numunelerin KTT katkı oranı arttıkça basınç dayanımında düşüş olduğu görülmüştür. Farklı KTT katkılı betonların basınç dayanımı değişimi şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı oranlardaki KTT katkılı beton numunelerin basınç dayanımları

Katkı Oranı(%)	Basınç dayanımı,MPa
0	71.2
5	69.2
10	58.2
15	60.8
20	56.9



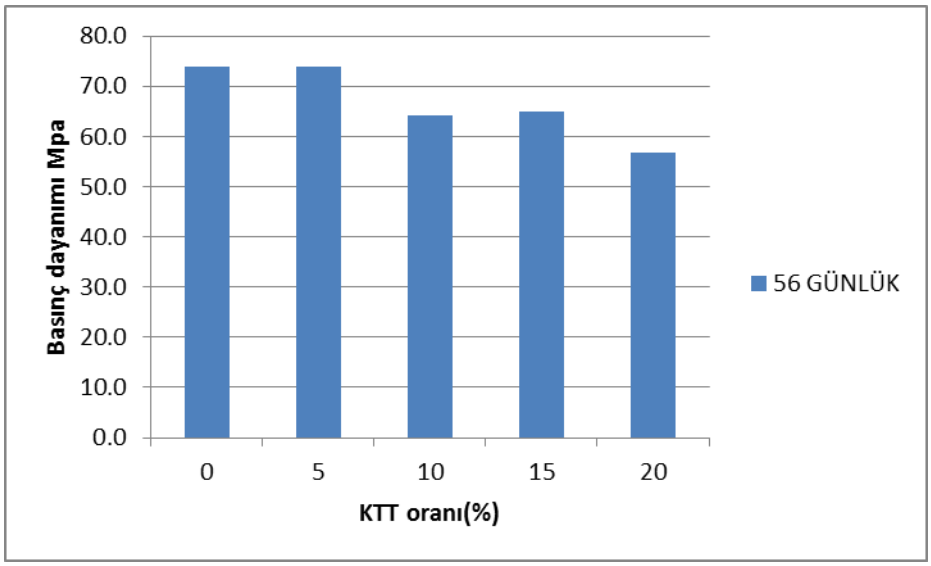
Şekil 4.4. Basınç dayanımı KTT ilişkisi

56 günlük Beton basınç dayanımı deneyi sonuçları ve değerlendirilmesi

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi %5 katkılı betonun referans betonla yaklaşık aynı basınç dayanımına sahip olduğu katkı oranının artmasıyla düşüşler olduğu görülmüştür. Farklı KTT katkılı betonların basınç dayanımı değişimi şekil 4.5'te gösterilmiştir.

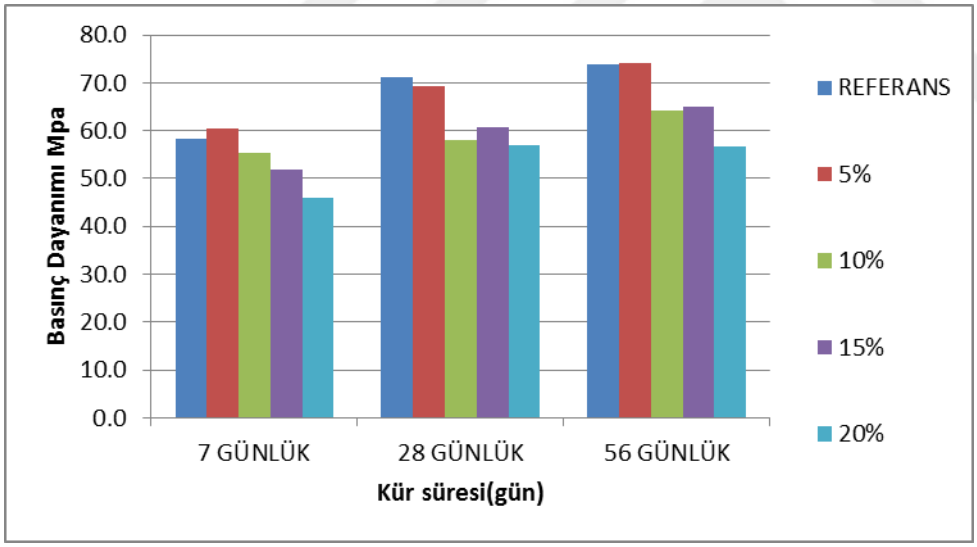
Çizelge 4.6. Farklı oranlardaki KTT katkılı beton numunelerin basınç dayanımları

Katkı Oranı(%)	Basınç dayanımı,MPa
0	73.8
5	74.0
10	64.1
15	64.9
20	56.7



Şekil 4.5. Basınç dayanımı KTT ilişkisi

7-28-56 gün kür süreli tüm KTT katkı oranlarının basın dayanım değerlerinin karşılaştırması şekil 4.6'da verilmiştir.



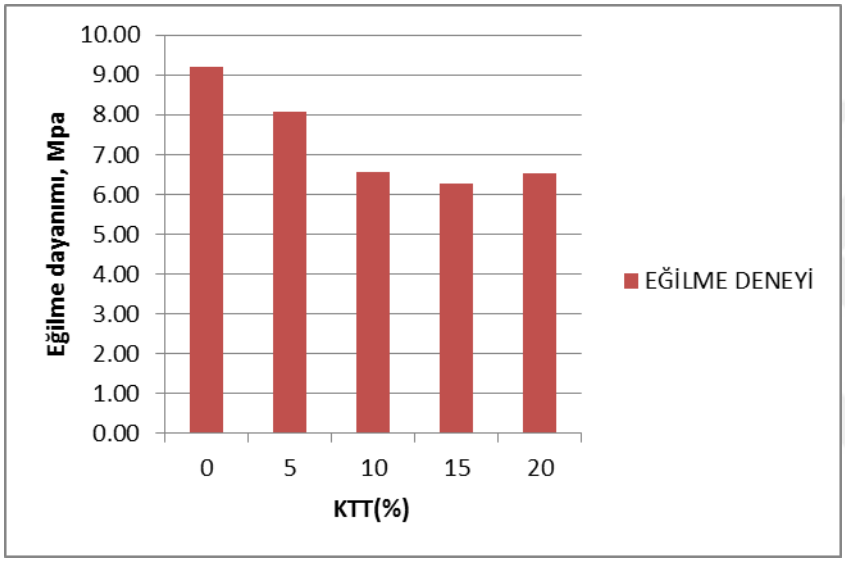
Şekil 4.6 farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin kür sürelerine göre basınç dayanım değişimi

4.2.2. Eğilmede çekme dayanımı sonuçları ve değerlendirilmesi

Eğilmede çekme dayanımının saptanması için 28 günlük kür süreleri 100x100x400 mm boyutlara sahip kiriş numuneleri kırıma tabi tutulup belirlenmeye çalışılmıştır. Eğilme testine tabi tutulan numunelere ait deney sonuçları çizelge 4.7'de belirtilmiştir. Farklı oranlarda KTT katkılı betonların eğilme dayanımı değişimleri şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin eğilme dayanımları

Katkı Oranı(%)	Ortalama Çekme Dayanımı, MPa
0	9.20
5	8.08
10	6.57
15	6.28
20	6.52



Şekil 4.6 farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin Eğilme dayanımının değişimi

Elde edilen sonuçlara göre KTT oranının artmasıyla eğilme dayanımının düştüğü görülmüştür. %5 KTT katkı oranında Referans numuneye yakın değerler kaydedilmiştir.

4.2.3.Ultra Ses Hızı Deneyi Sonuçları Ve Değerlendirilmesi

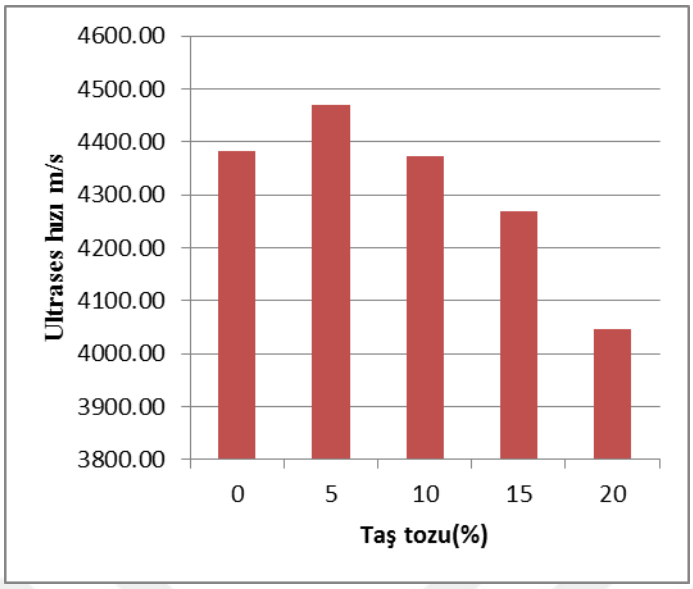
Ultra ses hızı deneyi tahribatsız deney metotlarından biri olduğu için beton basınç dayanımı deneyinde kullanılan 3 adet 150x150x150 mm küp numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kür sürelerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir

7 günlük Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları ve değerlendirilmesi

7 günlük küp numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Ultrases geçiş hızı %5 KTT katkılı betonda Referans betondan daha yüksek bir değer almış, %10 KTT katkılı betonda ise referans betona yakın değerler almıştır. Farklı KTT oranına sahip betonların Ultrases geçiş hızı değişimi şekil 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı oranlardaki KTT katkılı betonun 7 günlük Ultrases geçiş hızları

Katkı Oranı(%)	Upv, m/sn
0	4382.50
5	4470.00
10	4373.33
15	4270.00
20	4046.67



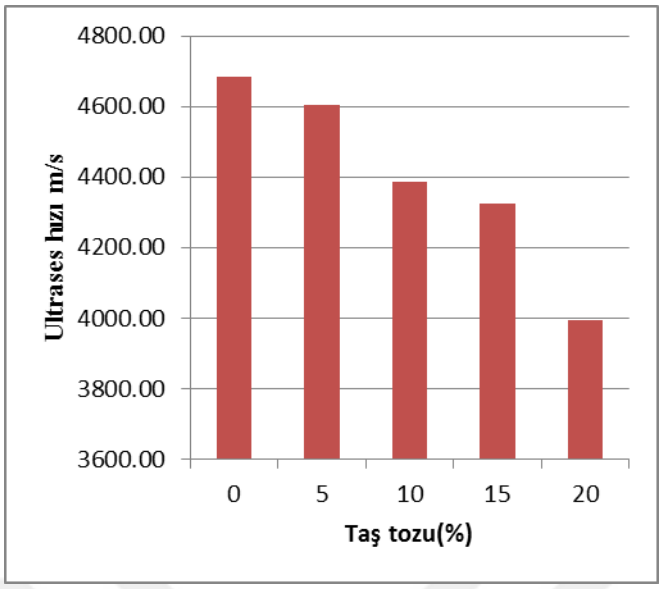
Şekil 4.7. Farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin 7 günlük ultra ses hızlarının karşılaştırılması

28 günlük Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları ve değerlendirilmesi

28 günlük küp numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 4.9'de verilmiştir. Ultrases geçiş hızı tüm KTT katkılı betonlarda referans beton değeri yakalanamamıştır. Farklı KTT oranına sahip betonların Ultrases geçiş hızı değişimi şekil 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı oranlardaki KTT katkılı betonun 28 günlük Ultrases geçiş hızları

Katkı Oranı(%)	Upv, m/sn
0	4682.50
5	4603.75
10	4386.67
15	4324.44
20	3995.00



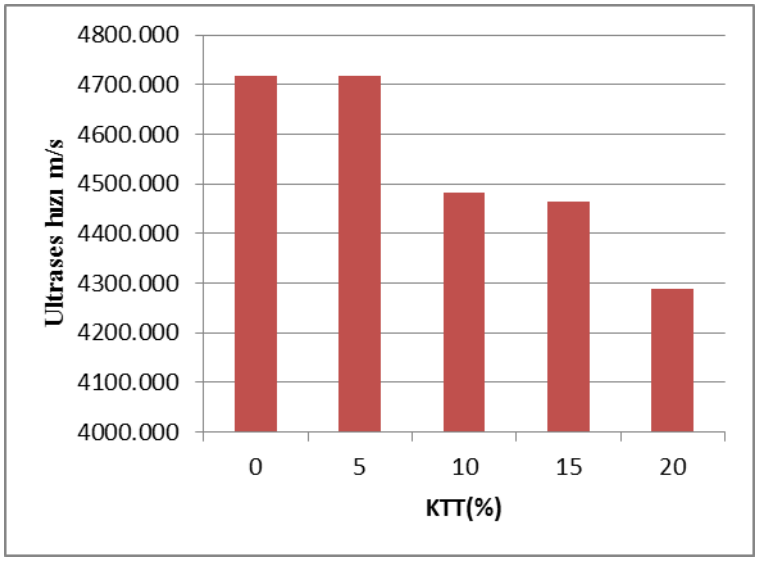
Şekil 4.8. Farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin 28 günlük ultra ses hızlarının karşılaştırılması

56 günlük Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları ve değerlendirilmesi

56 günlük küp numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Ultrases geçiş hızı %5 KTT katkılı betonda referans betona yakın değerler almıştır. Ultrases geçiş hızı değerleri katkı oranının artmasıyla azalmıştır Farklı KTT oranına sahip betonların Ultrases geçiş hızı değişimi şekil 4.9'da gösterilmiştir.

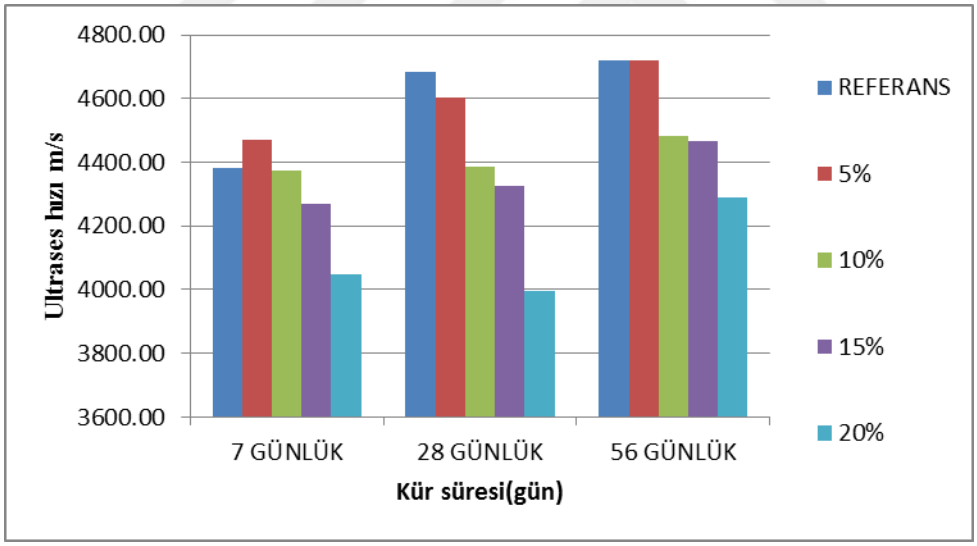
Çizelge 4.10. Farklı oranlardaki KTT katkılı betonun 56 günlük Ultrases geçiş hızları

Katkı Oranı(%)	Upv, m/sn
0	4718.13
5	4717.50
10	4483.75
15	4465.00
20	4288.13



Şekil 4.9. Farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin 56 günlük ultra ses hızlarının karşılaştırılması

7-28-56 gün kür süreli tüm KTT katkı oranlarının ultrases geçiş hızlarının karşılaştırması şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9 farklı oranlardaki KTT katkılı numunelerin kür sürelerine göre ultrases hızı değişimi

4.2.4 Kapiler su emme deneyi ve değerlendirilmesi

Kapiler su emme deneyleri kür sürelerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

7 günlük Kapiler su emme deneyi değerlendirilmesi

Yapılan deneyler sonucunda kapiler su emme katsayıları %5 ve %10 KTT katkılı betonlarda referans betonla aynı değerler almıştır. Sonrasında katkı oranının artmasıyla arttığı görülmüştür.

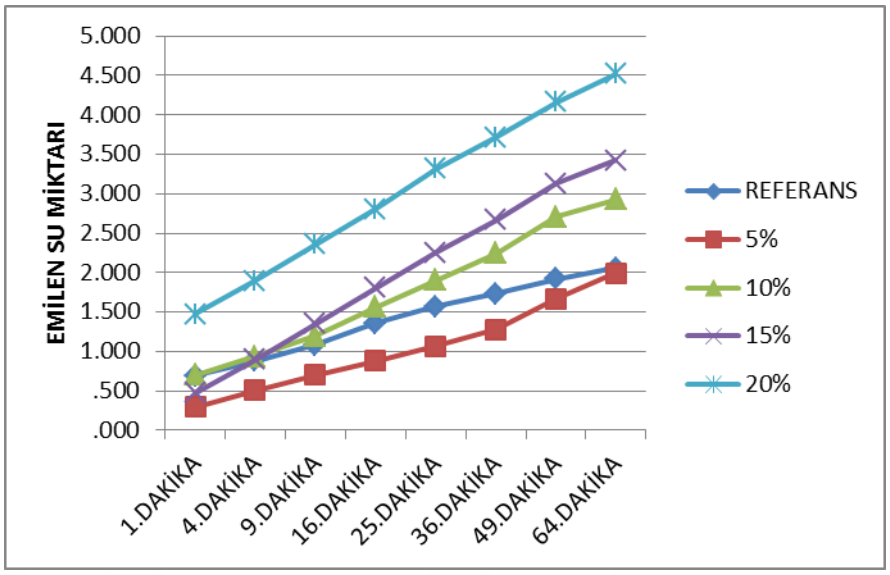
7 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları çizelge 4.10'da, 7 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları çizelge 4.12''de, Kapiler su emme miktarlarının değişimi şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. 7 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları

	25 cm^2 alandan emilen su miktarı,g				
Süre,dk	0%	5%	10%	15%	20%
1	0.69	0.29	0.70	0.48	1.48
4	0.88	0.51	0.94	0.89	1.89
9	1.08	0.70	1.20	1.35	2.36
16	1.36	0.88	1.57	1.81	2.80
25	1.57	1.06	1.91	2.25	3.32
36	1.73	1.28	2.24	2.67	3.72
49	1.92	1.67	2.71	3.13	4.16
64	2.06	1.99	2.92	3.42	4.52

Çizelge 4.12. 7 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları

	Kapiler su emme katsayıları (cm/sn1/2)				
SÜRE	0%	5%	10%	15%	20%
1	0.03	0.01	0.03	0.02	0.06
4	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04
9	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
25	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
36	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
49	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
64	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02



Şekil 4.10 7 günlük Kapiler su emme miktarlarının değişimi

28 günlük Kapiler su emme deneyi değerlendirilmesi

Yapılan deneyler sonucunda kapiler su emme katsayıları %5 ve %10 KTT katkılı betonlarda referans betondan daha düşük değerler almıştır.. Sonrasında katkı oranının artmasıyla kapiler su emme katsayılarının arttığı görülmüştür.

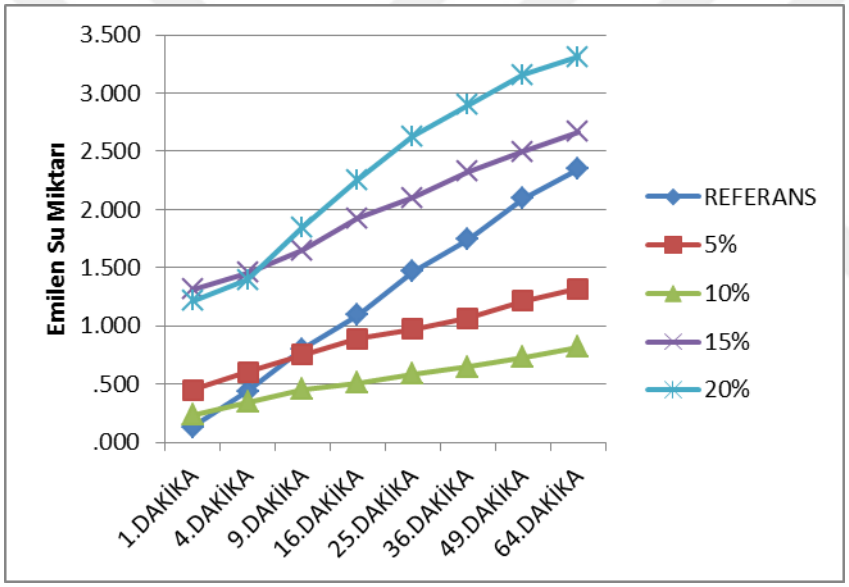
28 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları çizelge 4.13'de, 28 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları çizelge 4.14'de, Kapiler su emme miktarlarının değişimi şekil 4.11'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. 28 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları

	25 cm^2 alandan emilen su miktarı,g				
Süre,dk	0%	5%	10%	15%	20%
1	0.13	0.45	0.24	1.31	1.21
4	0.44	0.61	0.34	1.46	1.40
9	0.80	0.75	0.45	1.65	1.85
16	1.10	0.89	0.51	1.92	2.26
25	1.47	0.97	0.59	2.10	2.63
36	1.74	1.07	0.65	2.33	2.90
49	2.10	1.22	0.73	2.50	3.16
64	2.35	1.32	0.82	2.67	3.31

Çizelge 4.14. 28 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları

	Kapiler su emme katsayıları (cm/sn1/2)				
SÜRE	0%	5%	10%	15%	20%
1	0.01	0.02	0.01	0.05	0.05
4	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03
9	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
16	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
25	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02
36	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02
49	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02
64	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02



Şekil 4.11 28 günlük Kapiler su emme miktarlarının değişimi

56 günlük Kapiler su emme deneyi değerlendirilmesi

Yapılan deneyler sonucunda kapiler su emme katsayıları hiçbir katkı oranında referans beton değeri alınamamıştır. KTT katkı oranının artmasıyla emilen su miktarları ve kapiler su emme katsayıları artmaktadır.

56 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları çizelge 4.15'de, 56 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları çizelge 4.16'de, Kapiler su emme miktarlarının değişimi şekil 4.12'de gösterilmiştir.

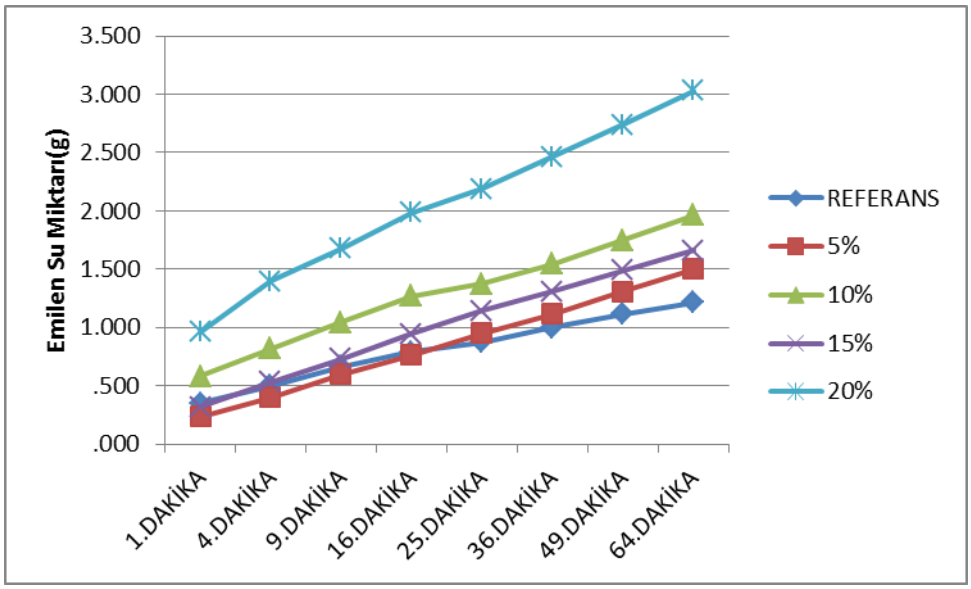
56 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları

Çizelge 4.15. 56 günlük kür süreli Numunelerin emdiği su miktarları

	25 cm^2 alandan emilen su miktarı,g				
Süre,dk	0%	5%	10%	15%	20%
1	0.35	0.24	0.58	0.32	0.96
4	0.50	0.40	0.82	0.53	1.40
9	0.66	0.60	1.04	0.73	1.68
16	0.79	0.76	1.27	0.95	1.98
25	0.87	0.95	1.38	1.14	2.19
36	1.00	1.11	1.55	1.31	2.47
49	1.11	1.31	1.75	1.49	2.74
64	1.21	1.50	1.96	1.66	3.03

Çizelge 4.16. 56 günlük kür süreli numunelerin Kapiler su emme katsayıları

	Kapiler su emme katsayıları (cm/sn1/2)				
SÜRE	0%	5%	10%	15%	20%
1	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04
4	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03
9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
16	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
36	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
49	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
64	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02



Şekil 4.12. 56 günlük Kapiler su emme miktarlarının değişimi

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında kireçtaşı tozunun çimentoya ikamesiyle betonun işlenebilirliğinin tespiti amacıyla slump test, mekanik ve fiziksel özelliklerin tayini için basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı, çekme dayanımı ve kapiler su emme gibi özellikleri incelenmiştir. Deneyler sonuçlarına göre aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir.

Taş tozu katkı miktarının %5 orana kadar arttırılması fiziksel ve mekanik özelliklerinde iyileştirmeler görülmüş, %5,%15 ve %20 katkı oranında kullanılması betonun temel özelliklerinde referans betona kıyasla daha düşük değerler aldığı görülmüştür. Araştırmanın sonucunda çıkan sonuçlar maddeler halinde sıralanmıştır:

1. Çimentoya KTT ikamesinin artışıyla birlikte karışımların su ihtiyacı artmıştır. Buna bağlı olarak slump(çökme) değeri düşmüştür. Referans betonda Slump(çökme) değeri 20 cm, %5 KTT katkılı betonda 20 cm, %10 KTT katkılı betonda 19 cm, %15 KTT katkılı betonda 17 cm ve %20 KTT katkılı betonda 14 cm olmuştur.
2. Çimentoya KTT ikamesinin artışıyla betonun birim ağırlığında düşme olmuştur.
3. %5 KTT içeren KYH karışımlarına ait basınç dayanımı değeri referans beton ile yaklaşık aynı değerler çıkmaktadır. %10 ve üzerindeki KTT katkılı betonlarda ise hedeflenen karakteristik basınç dayanımını üzerinde çıkmıştır. Bu durumda, hem çimento üretiminde ekonomiklik sağlanmış olur hem de CO2 gazının salınımını azaltacağından büyük bir önem arzetmektedir.
4. Çimentoya KTT ikame edilerek üretilen beton numunelerin çekme dayanımları, %5 oranı için referans betona yakın çıkmış fakat sonraki oranlarda giderek azalmaktadır.

5. Ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde, %5 KTT ikamesinde basınç değerinde olduğu gibi kontrol betona yakın değerler çıkmıştır, sonraki oranın artmasıyla ultrases geçiş hızı değeri de azalmaktadır.
6. Çimento yerine katılan KTT miktarlarının artması ile kapiler su emme katsayılarında da artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu artışın azalan çimento miktarına bağlı olarak artan su ihtiyacıyla hidratasyonun tamamlanamaması nedeniyle betonun iç yapısında oluşan gözeneklerin bir sonucu olduğu belirtilebilir.

Elde edilen Bütün bu sonuçlar dikkate alındığında Şanlıurfa ilinde beton üretiminde çoğunlukla kireçtaşının kırılıp elenmesiyle elde edilen agrega kullanılmaktadır. Ana kayanın patlatılması ve konkasör makinasında kırılıp elenmesi sonucunda yaklaşık olarak %0.4-0.5 oranında kireçtaşı toz haline gelerek makinaların altında birikmektedir. Biriken bu tozun beton katkı maddesi olarak kullanılması hem çevreye verilen zarar minimize edilmiş olur hem de çimentonun azaltılmasıyla ekonomik kazanım elde edilmiş olur.

5.2 Karşılaştırmalar

1. Türk ve arkadaşları (2018**)** yaptıkları çalışmada geleneksel sıkıştırılan betondaki çimento yerine %40, %45 ve %50 kireçtaşı ikame edilerek kendiliğinden yerleşen beton üretilmiş ve basınç testlerine tabi tutularak çıkan sonuçlara göre maliyet analizleri yapılmıştır. Maliyet analizi sunucunda %50'ye kadar kireştaşı ikame edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmada kireçtaşının %20 oranına kadar çimentoya ikame edilmesi, basınç dayanımında %20 civarında bir azalmaya sebep olmuştur. Yapılacak maliyet hesaplamalarında %20'ye kadar kireçtaşının çimento yerine kullanılmasının hem çevresel hem de ekonomik kazanımlar elde edileceği görülecektir.

2. Ulugerger(2019) kireçtaşı tozunun kendiliğinden yerleşen betonda çimentoya ikamesiyle betonun işlebebilirlik, mekanik ve durabilite özelliklerinin belirlenmesi maksadıyla yaptığı tez çalışmasında,

kireçtaşı tozunun ikame oranı arttıkça işlenebilirliğin arttığı, basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızı ve çekme dayanım değerlerinin hiç birinin kontrol betonu geçmediği görülmüştür. Yapılan çalışmada ise kireçtaşı ikame oranının artmasıyla işlenebilirlik azalmakla birlikte basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızı değerlerinin %5 ikameli betonda kontrol betona göre daha yüksek çıktığı, eğilmede çekme dayanımının ise konrol betona yakın çıktığı, yine kapiler su emme katsayının da kontrol beton ile aynı değer aldığı görülmüştür.

3. Horoz(2020) Şanlıurfa Yöresinde Bulunan Kireçtaşı Ocaklarında Atıl Durumdaki Elenmiş Malzemelerin (Taş Unu) Taze Ve Sertleşmiş Betona Etkisinin araştırıldığı çalışmasında; kireçtaşı tozu ince agrega ile yer değiştirilerek deneysel çalışmalar yapmış ve ikame oranının artmasıyla taze betonun birim hacim ağırlığının arttığı, işlenebilirliğin azaldığı, basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızının da arttırdığı gözlemlenmiştir. Yaptığım çalışmada ise %5 KTT katkı oranında fiziksel ve mekanik özelliklerde olumlu sonuçlar görülmüş, %10,%15 ve %20 KTT katkı oranında ise fiziksel ve mekanik özelliklerde negatif sonuçlar alınmıştır.

5.3. Öneriler

Yapılan çalışmada %5 oranında çimento yerine Kireçtaşıtaşı tozu kullanımının; betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinde olumlu sonuçlar verdiği, %20 oranına kadar da kullanılmasının ise hedeflenen basınç dayanımını sağladığı görülmüştür. Çevresel etkisi yüksek çimento yerine atıl durumdaki kireçtaşı tozunun kullanımının hem ekonomik hem de çevresel etki bakımından olumlu sonuçlar doğuracağı gözlemlenmiştir.

Sürdürülebilirlik kavramının önemi açısından günümüzde en yaygın kullanılan yapı malzemesi olan betonun üretiminde ana bağlayıcı madde olan çimentonun kireçtaşı tozu ile ikame edilmesi konusu bilimsel açıdan araştırma yapmaya değerdir. kireçtaşı tozunun betonda kullanılmasının, betonun su emme,

Donma çözünme, sülfata dayanıklılık ve ıslanma kuruma gibi durabilite özelliklerine etkisinin de araştırılmasının bilime katkı sunacağı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

AÇIKGENÇ, M., KARATAŞ, M., ve ULUCAN, Z. Ç. 2013. Elazığ yöresine ait atık tuğla ve kireç taşı tozunun kendiliğinden yerleşen harcın mühendislik özelliklerine etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(6), 249-255.

AKAN, İ. E. 2019. Çanakkale-Ayvacık bölgesinde bulunan volkanik tüfün katkılı çimento üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi (Master's thesis, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü).

AKMAN, 1990. Yapı Malzemeleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul)

ARUNTAŞ, Y. H., Dayı, M., Tekin, İ., Birgül, R., & Şimşek, O. (2007). Kendiliğinden Yerleşen Beton Özelliklerine Atık Mermer Tozunun Etkisi. 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, 173-180

AYDIN, S., 2017. İletişim Yaklaşımıyla Sürdürülebilirlik Kavramı, Yeşil Kavramı ve YerelKüresel Yansımaları ile ilgili bir İnceleme Örneği. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 137 s.

BARADAN, B., YAZICI, H.İ., ve AYDIN, S., 2015. Beton. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, no:334

BAĞDİKEN, M. Y. 2013. Betondali alkali-silika reaksiyonunu önlemek için kireçtaşı tozu ve uçucu kül içeren ikili ve üçlü karışımların kullanılması/The use of binary and ternary cementitious blends of limestone powder and fly ash to prevent alkali-silica reaction in concrete (Doctoral dissertation).

BİDECİ, Ö. S., & BİDECİ, A. 2018. Öğütülmüş Kolemanit Katkısının Çimento Harçlarına Etkisi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 30(1), 133-138.

BOĞA, A. R., KÜRKLÜ, G., ve ERGÜN, A. 2014. Mermer tozu katkılı kendiliğinden yerleşen betonların taze ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. ISEM2014, Adıyaman, 1239-1248.

BOZKURT, N., ve KARACA, E. O. 2019. Atık Taş Tozları ile Üretilen Harçların Dayanım ve Durabilite Özelliklerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 31(1), 11-20.

CEYLAN, H., ve DAVRAZ, M. 2019. Atık andezit tozu ve uçucu küllerin betonda kullanımının karşılaştırılması. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 5(1), 110-115.

ÇELİKTEN, S., ve CANBAZ, 2021 M. Atık Andezit Ve Mermer Tozunun Çimento Harçlarının Dayanım Özelliklerine Etkisi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(1), 43-48.

DEMİRHAN, S. 2012. Kireçtaşı tozunun lif takviyeli çimento esaslı kompozitlerin reolojik ve mekanik özellikleri üzerine etkisi/Effect of limestone powder on mechanical and rheological properties of engineered cementitious composites (Doctoral dissertation).

DEŞİK, F., ve USTABAŞ, İ. 2019. Kireçtaşı Kökenli Kırma Kumdaki İnce Madde Oranının Beton Kıvamına ve Dayanımına Etkisi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2), 262-271.

ERDAL, M., ve ŞİMŞEK, O. 2011. Ahlat taşı (ignimbrit) atıklarının taşunu olarak beton içinde kullanılabilirliğinin araştırılması. Politeknik Dergisi, 14(3), 173-177.

ERDEM, R. T., ve ÖZTÜRK, A. U. 2012. Mermer tozu katkısının çimento harcı donma-çözünme özellikleri üzerine etkisi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1(2), 85-91.

GÜNER, M.S., 1999. Malzeme Bilimi-Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi, 8, Aktif Yayınevi, İstanbul.]

HOROZ, A., 2020. Şanlıurfa yöresinde bulunan Kireçtaşı ocaklarında atıl durumdaki elenmiş malzemelerin (Taş unu) taze ve sertleşmiş betona etkisi (Doctoral dissertation).

İŞSEVER, F. 2013. Birden fazla mineral katkı içeren, kendiliğinden yerleşen harcın dayanım, dayanıklılık ve viskozite özelliklerinin incelenmesi/Analysis of strength, durability, and viscosity properties of self-compacting mortars which have multi-mineral additives.

JUSTNES, H., ve MARTİUS-HAMMER, T. A. 2016. Sürdürülebilirlik-Beton İnovasyonundaki Öncü Rolü. Hazır Beton, 23, 77-82.

KANDEMİR, N., 1993. Pozzolanic Cement (Tez), Middle East Technical University, Ankara

KARA, İ. B., 2020. Kalsitin Çimento İkame Malzemesi Olarak Kullanımının Basınç Dayanımına Etkisi. Journal of Investigations on Engineering and Technology, 3(1), 10-16.

KAYA, A. O., 2013. Farklı türde mineral katkı kullanımının kendiliğinden yerleşen betonun taze faz ve mekanik özelliklerine etkisi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

KAZIM, T. Ü. R. K., TURĞUT, P., ve ÇELİK, B.. 2015 En az Miktarda Süper Akışkanlaştırıcı ve Kireçtaşı Tozu Kullanarak Düşük Maliyetli KYB Üretimi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(1), 23-28.

MALHOTTRO CARETTE, G.G., 1983. Silica Fume Concrete - Properties, Applications, and Limitations. Concrete International, ACI, May,5(1): 3-13.)

ŞİT. M., ve AĞAN. C., 2018. Şanlıurfa Taşının Bazı Mühendislik Özellikleri ve İktisadi Yönden İncelenmesi. Academic Platform Journal of Engineering and Science, 6(3), 145-152.

NEVİLLE, A.M., 1995. Properties of Concrete, 4th Edition Longman Group Limited, 844p.

ORHON, A. V. 2012. Tasarımdan yapıma, sürdürülebilir beton yaklaşımları. In Proceedings of 2nd project and construction management congress, Izmir Institute of Technology, Izmir (pp. 13-16).

ÜNAL. O., 2013. Yüksek Dayanımlı Kendiliğinden Yerleşen Beton Dayanımına Su/Ç Oranı ve Katkıların Etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 1-8.

OSSO, A., Walsh, T., ve Gottfried, D., 1996. "Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction and Operations", Public Technology Inc., New York.)

ÖZDEMİR. A., 2009. Filler İçeriğinin Portland Çimentosu Betonunun Mekanik Özelliğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Blimleri Üniversitesi,İzmir.

ÖZER 2012 Bazı Endüstriyel Atıkların Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon

POSTACIOĞLU. 1987 Beton Cilt 2, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul). Properties of Concrete, J. Wiley, New York)

ŞİMŞEK, O., ve ERDAL, M. 2001. Kireçtaşı ve andezit taşunlarının betonun basınç dayanımına etkisi.

TANYILDIZI, H., ve COŞKUN, A. 2011. Elazığ Yöresi Vişne Mermer Tozu Katkılı Hafif Betonun Basınç Ve Ultrasonik Ses Geçirgenliği Özelliğinin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 27(2), 150-154.

THBB, 2021. Hazır Beton Sektör Raporu. Türkiye Hazır Beton Birliği, Şubat, 10-63.

TOPÇU, İ. B., ÜNAL, O., ve UYGUNOĞLU, 2007. Kendiliğinden Yerleşen Betonda Mineral Katkıların Taze Beton Özeliklerine Etkilerinin Araştırılması. 2 Yapılarda Kimyasal Katılar Sempozyumu 182-193

TUYAN, M., 2019. Atık Tuğla Tozunun Mineral Katkı Olarak Kullanımının Kendiliğinden Yerleşen Betonun Taze Hal, Mekanik ve Durabilite Özelliklerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23(2), 540-548.

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ. 2019. TS EN 12350-2: Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ. (2019). TS EN 12390-3: Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayin. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.

ULUGERGER, K., 2018, 'Yüksek Oranda Kireçtaşı Tozu İçeren Kendiliğinden Yerleşen Harcın Taze ve Sertleşmiş Özelliklerinin İncelenmesi',Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.

YAZICIOĞLU, S., & Cuma, K. A. R. A. (2017). Betonda atık mermer tozu kullanımının karbonatlaşmaya etkisi. Politeknik Dergisi, 20(2), 369-376.

YAZİCİ, Ş., MARDANİ-AGHABAGLOU, A., 2017. Effect of aggregate grain size distribution on properties of permeable concrete. Journal of Fundamental and Applied Sciences, 9(1): 323-338.

YOSHIOKA, K.,SAKAI, E., DAMIAN, M., and KITAHARU, A., 1997. Rol of steric hindrance in the performance of superplasticizers for concrete. 5th American Ceramic Society Journal, 80(10): 2667-2771.

ZAİN, M.F.M., SAFUDDİN, MD., ve MAHMUD, H., 2000. Development of High Performance Concrete Using Silica Fume At Relatively High Water-Binder Ratios, Cement and Concrete Research, Vol.30 No.9)