ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Arif BENLİOĞLU

GEÇİRİMLİLİĞİN BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2020

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEÇİRİMLİLİĞİN BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Arif BENLİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez .../…/2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

……	……	……
Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY	Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR	Prof. Dr. Cahit Bilim
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GEÇİRİMLİLİĞİN BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Arif BENLİOĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY
Yıl: 2020, Sayfa: 121
Jüri : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY
: Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR
: Prof. Dr. Cahit BİLİM

Günümüzde en yaygın yapı malzemesi olarak kullanılan betonun, boşluksuz ve geçirimsiz bir yapıda olması durabilite açısından önemlidir. Üretilen betonların hizmet ömrü boyunca zararlı etkilerden korunabilmesi için düşük geçirimlilik değerlerine sahip olması gerekmektedir. Bu çalışmada, 4 farklı su/çimento (0,4-0,5-0,6-0,7) oranında hazırlanmış karışımların iyi ve kötü gradasyon etkisindeki basınç, yarmada çekme ve basınç altında su işleme derinliği deneyleri gerçekleştirilmiştir. Standart silindir ve küp olarak üretilen 96 adet numune üzerinde 28. günde geçirgenlik ve dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 2 farklı basınç dayanımına sahip (C16-C50) numuneler üzerinde 7. ve 28. günde geçirimlilik deneyleri yapılmıştır. Bu tez kapsamında betonun mekanik özellikleriyle geçirimlilik parametreleri arasında önemli bir ilişki olduğu gözlenmektedir. En düşük su işleme derinliği, iyi gradasyon kullanılarak hazırlanmış su/çimento oranı 0,4 olan karışımda gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basınç altında su işleme derinliği, Geçirimlilik, Beton, Su/çimento oranı

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PERMEABILITY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

Arif BENLİOĞLU

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY
Year: 2020, Pages: 121
Jury : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY
: Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR
: Prof. Dr. Cahit BİLİM

For concrete, which is used as the most common building material today, the void less and impermeable form is very important in terms of durability. It is required to have a low permeability value of the concrete to be able to protect the produced concrete from harmful effects during its service life. In this study, some experiments such as compressive strength under the effect of poor and well gradation, tensile splitting strength, and the depth of penetration of water under pressure were conducted for the mixtures prepared in four different water/cement ratios (0.4-0.5-0.6-0.7). On the 28th day, permeability and strength tests were carried out on 96 samples prepared as standard cylinders and cubes. In addition, both 7th and 28th day permeability tests were performed on samples with two different compressive strengths (C16-C50). In this study, it is seen that there is a significant relationship between the mechanical properties of concrete and permeability parameters. The lowest penetration depth was obtained in a mixture of well-graded crushed stone and water / cement ratio of 0.4.

Keywords: Depth of penetration of water under pressure, Permeability, Concrete, Water/cement ratio

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Beton, farklı dane boyutundaki agregalar, çimento, su ve katkı maddeleri içeren kompozit bir yapı malzemesidir. Agregalar karışımın önemli bir kısmını oluştururken çimento şerbeti tanecikler arasındaki boşlukları doldurmaktadır. Beton dayanımını, çimento ve su arasında gerçekleşen hidratasyon reaksiyonundan elde eder. Hidratasyon reaksiyonu sonucu ortaya çıkan jel yapıları agrega etrafını sararak sert monolitik bir yapı oluşturur.

Beton, geçmişten günümüze en çok kullanılan yapı malzemeleri arasında yer almaktadır. Bunun sebebi ise betonu oluşturan malzemelerin diğer yapı malzemelerine göre daha ekonomik olmasıdır. Betonun yapı malzemesi olarak kullanılmasının birçok avantajı bulunmasına rağmen dezavantajı da mevcuttur. Oluşturulan betonun boşluklu yapıda olması birçok zararlı maddeden etkilenmesine yol açmaktadır. Bu da betonun hem mekanik hem de durabilite açısından problemler yaşamasına sebep olur.

Günümüzde betonun geçirgenliğini azaltmaya yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Betonu oluşturan parametreler üzerinde yapılan bu çalışmalarda su/çimento oranı, mineral ve kimyasal katkı maddeleri kullanılarak, betonun minimum düzeyde geçirgen bir yapıya sahip olması amaçlanmıştır. Literatüre bakıldığında bu çalışmalarda hangi parametrenin beton geçirimliliği için daha önemli olduğu saptanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada 4 farklı su/çimento oranına (0,4-0,5-0,6-0,7) sahip iyi ve kötü gradasyon kullanılarak karışımlar hazırlanmıştır. 150*150*150 mm boyutlarında 48 adet küp, 150*300 mm boyutunda 48 adet silindir numune üretilmiştir. Ayrıca 2 farklı dayanıma (C16-C50) sahip, mineral katkı maddesi kullanılarak karışımlar hazırlanmıştır. Beton karışım deneyleri Çukurova Üniversitesi Yapı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan karışımlar, silindir ve küp kalıplara doldurularak prizini alması için beklemeye bırakılmıştır. Bir gün sonra kalıplardan sökülen numuneler oda sıcaklığında bulunan kür havuzuna

bırakılmıştır. Tüm gruplar 28. günde teste tabi tutulurken 5. ve 6. Grup mineral katkılı karşımlar 7. günde de teste tabi tutulmuştur. 7. ve 28. günde kür havuzundan çıkan numunelere öncelikle basınç deneyi uygulanmıştır. Her bir beton grubu için 3 adet silindir numune üzerinde basınç deneyi gerçekleştirilmiştir. Silindir numuneler üzerine yerleştirilen komparatör yardımıyla deplasman değerleri okunmuş ve tüm numunelerin gerilme-şekil değiştirme grafikleri elde edilmiştir. Çizilen grafikler yardımıyla her bir beton grubu için başlangıç elastisite modülü değerleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada, küp ve silindir numuneler üzerinde basınç altında su işleme derinliği deneyi gerçekleştirilmiştir. Numuneler 7 ve 28 gün kür havuzunda bekletildikten sonra bir gün süreyle oda sıcaklığında kurumaya bırakılmışlardır. Numunelere bir gün sonra basınç altında su işleme derinliği deneyi yapılmıştır. 3 adet küp ve silindir numune deney mekanizmasına bağlanarak, numuneye alt yüzeyinden 500 KPa su basıncı uygulanmıştır. Deney 72 saat boyunca uygulandıktan sonra silindir ve küp yarma deneyi yapılarak numune içerisindeki su işleme derinlikleri ölçülmüştür. Hassas metreyle ölçülen bu yükseklikler beton kalemiyle işaretlendikten sonra not edilmiştir.

Bu çalışmada, karışımlarda kullanılan su/çimento oranının betonda geçirimliliği nasıl etkilediği araştırılmıştır. Yapılan deneylerde betonun mukavemeti ve geçirimliliği arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır. Özellikle su/çimento oranı azaldıkça beton mukavemetinde önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra bu etki su işleme derinliklerinde de önemli ölçüde görülmüştür. Su/çimento oranı azaldıkça beton içerisindeki boşluklu yapının azaldığı ve su işleme derinliklerinin daha küçük değerde çıktığı tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, agrega gradasyonunun su işleme derinliğine etkisinin önemli olduğu anlaşılmaktadır. İyi gradasyon ile hazırlanmış numunelerde su işleme derinlikleri, kötü gradasyonla hazırlanmış numunelerden çok daha düşük değerlerde bulunmuştur. Kötü gradasyon ile hazırlanmış

numunelerde boşluk oranı daha fazla olduğundan dolayı su işleme derinlikleri yüksek çıkmaktadır.

3. ve 4. gruplar üzerinde yapılan 7 ve 28 günlük deneylere bakıldığında, 7. günde deneye tabi tutulan numunelerin basınç dayanımları 28 günlük numunelerden düşük değerde tespit edilmiştir. Yapılan su işleme derinliği deneyinde ise 7 günlük numunelerdeki su işleme derinlikleri 28 günlük numunelere göre daha fazla bulunmuştur.

Yapılan tüm deneylerde beton mukavemeti ve geçirimliliği arasında nasıl bir ilişki olduğu gözlemlenmeye çalışılmıştır. Bu sonuçlar ayrıntılı olarak bulgular ve tartışma bölümünde açıklanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yüksek öğrenimimim tüm süreçlerinde; fikirleri, bilgisi ve yönlendirmeleriyle tez çalışmamın şekillenmesine ve olgunlaşmasına olanak sağlayan saygı değer danışman hocam Sayın Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim ve tez çalışmalarım aşamasında maddi, manevi ve özellikle psikolojik olarak hep yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Tez çalışmamın önemli bir aşaması olan laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımları ve destekleri ile beni yalnız bırakmayan, ayrıca zorlandığım noktalarda fikir ve görüşlerini esirgemeyen Arş. Gör. Ahmet AKKAYA ve bölüm personeli Ömer KÜTÜK'e teşekkür ederim.

Deneyelerde kullanılan süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkısını temin eden BASF Yapı Kimyasalları'na teşekkür ederim.

Katkılarından dolayı, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölüm personelleri Sayın Muzaffer KURT ve Adnan AVLUK'a teşekkür ederim.

Son olarak, desteklerini bir an olsun esirgemeyen tüm arkadaşlara sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ XII
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XX
1. GİRİŞ 1
1.1. Genel 1
1.2.Tezin Amacı 4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Su İşleme Derinliği ve Agrega 5
2.2. Su İşleme Derinliği ve Mineral Katkı 7
2.3. Su İşleme Derinliği ve Kimyasal Katkı 9
2.4. Su İşleme Derinliği ve Çimento 10
2.5. Su İşleme Derinliği ve Kür 11
2.6. Diğer Çalışmalar 11
3. MATERYAL VE METOT 13
3.1. Materyal 13
3.1.1. Çimento 13
3.1.2. Agrega 14
3.1.3. Kimyasal Katkı 21
3.1.4. Uçucu Kül 21
3.1.5. Su 22
3.2. Karışım Oranları 22

3.3. Metot 32
3.3.1. Basınç Mukavemeti Tayini 32
3.3.2. Çekme Dayanımı Tayini 33
3.3.3. Basınç Altında Su İşleme Derinliği Tayini 34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 37
4.1. Basınç Dayanımı 37
4.1.1. 1. Grup Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 38
4.1.2. 2. Grup Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 46
4.1.3. 3. Grup Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 53
4.1.4. 4. Grup Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 54
4.1.5. 5. Grup 7 Günlük Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 56
4.1.6. 5. Grup 28 Günlük Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 57
4.1.7. 6. Grup 7 Günlük Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 58
4.1.8. 6. Grup 28 Günlük Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 59
4.2. Yarmada Çekme Dayanımı 62
4.2.1. 1. Grup Yarmada Çekme Dayanımı 63
4.2.2. 2. Grup Yarmada Çekme Dayanımı 65
4.2.3. 3. Grup Yarmada Çekme Dayanımı 67
4.2.4. 4. Grup Yarmada Çekme Dayanımı 68
4.2.5. 5. Grup Yarmada Çekme Dayanımı 70
4.2.6. 6. Grup Yarmada Çekme Dayanımı 75
4.3. Basınç Altında Su İşleme Derinliği 79
4.3.1. 1. ve 2. Grup Basınç Altnda Su İşleme Derinliği Deneyi 82
4.3.2. 3. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi 100
4.2.3. 4. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi 102

4.2.4. 5. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi..... 106
4.2.5. 6. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi..... 110
5. SONUÇLAR..... 115
KAYNAKLAR..... 117
ÖZGEÇMİŞ..... 121

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Çimentonun Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Analizi. 14
Çizelge 3.2. Tüm Agrega Gruplarının Fiziksel Özellikleri 15
Çizelge 3.3. 1. Grup Karışım Agrega Elek Analizi Değerleri 16
Çizelge 3.4. 2. Grup Karışım Agrega Elek Analizi Değerleri 17
Çizelge 3.5. 3-4-5 ve 6. Grup Karışım Agrega Elek Analizi Değerleri 18
Çizelge 3.6. Mglenium 51 Katkı Malzemesi Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri 21
Çizelge 3.7. Uçucu Kül Kimyasal Özellikleri 22
Çizelge 3.8. 1. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,4) 23
Çizelge 3.9. 1. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,5) 24
Çizelge 3.10. 1. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,6) 25
Çizelge 3.11. 1. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,7) 26
Çizelge 3.12. 2. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,4) 27
Çizelge 3.13. 2. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,5) 28
Çizelge 3.14. 2. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,6) 29
Çizelge 3.15. 2. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,7) 30
Çizelge 3.16. 3. ve 4. Grup Beton Karışım Değerleri (S/B: 0,37) 31
Çizelge 3.17. 5. ve 6. Grup Beton Karışım Değerleri (S/B: 1,06) 31
Çizelge 4.1. 1. Grup Farklı Su/Çimento Oranı Ortalama Basınç Değerleri 38
Çizelge 4.2. 2. Grup Farklı Su/Çimento Oranı Ortalama Basınç Değerleri 46
Çizelge 4.3. 3.Grup Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri 53
Çizelge 4.4. 4. Grup Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri 55
Çizelge 4.5. 5. Grup 7 Günlük Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri 56
Çizelge 4.6. 5.Grup 28 Günlük Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri 57
Çizelge 4.7. 6.Grup 7 Günlük Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri 59

Çizelge 4.8. 6. Grup 28 Günlük Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri 60
Çizelge 4.9. 1. Grup Ortalama Yarmada Çekme Dayanımı Değerleri 63
Çizelge 4.10. 2. Grup Ortalama Yarmada Çekme Dayanımı Değerleri 65
Çizelge 4.11. 3. Grup Yarmada Çekme Gerilmeleri 67
Çizelge 4.12. 4. Grup Silindir ve Küp Çekme Dayanımları 69
Çizelge 4.13. 5. Grup 7 Günlük Silindir ve Küp Çekme Dayanımları 71
Çizelge 4.14. 5. Grup 28 Günlük Silindir ve Küp Çekme Dayanımları 72
Çizelge 4.15. 6. Grup 7 Günlük Çekme Dayanımı Değerleri 75
Çizelge 4.16. 6. Grup Karışım 28 Günlük Çekme Dayanımı Değerleri 76
Çizelge 4.17. 1 ve 2. Grup Su/Çimento Oranı 0,7 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri 82
Çizelge 4.18. 1 ve 2. Grup Su/Çimento Oranı 0,6 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri 86
Çizelge 4.19. 1. ve 2. Grup Su/Çimento Oranı 0,5 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri 90
Çizelge 4.20. 1. ve 2. Grup Su/Çimento Oranı 0,4 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri 94
Çizelge 4.21. 3. Grup Karışım Su İşleme Derinlikleri 100
Çizelge 4.22. 4. Grup Karışım Su İşleme Derinlikleri 102
Çizelge 4.23. 5. Grup 7 ve 28 Günlük Numuneler Su İşleme Derinlikleri 106
Çizelge 4.24. 6. Grup 7 ve 28 Günlük Numuneler Su İşleme Derinlikleri 110

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Basınç Altında Su İşleme Derinliği Test Cihazı 3
Şekil 3.1. 1. Grup Karışım Agrega Gradasyon Grafiği 16
Şekil 3.2. 2. Grup Karışım Agrega Gradasyon Grafiği 17
Şekil 3.3. 3-4-5 ve 6. Grup Karışım Agrega Gradasyon Grafiği 18
Şekil 3.4. Agrega Yıkama İşlemi 19
Şekil 3.5. Agrega Kurutma İşlemi 20
Şekil 3.6. Elek Analizi Deneyi 20
Şekil 3.7. Silindir Numune Yarma Testi 33
Şekil 3.8. Küp Numune Yarma Testi 33
Şekil 3.9. Basınç Altında Su İşleme Test Cihazı 34
Şekil 3.10. Küp Numune Su İşleme Derinliği Ölçümü 35
Şekil 4.1. Silindir Numunelerde Basınç Testi 38
Şekil 4.2. 1. Grup Farklı Su/Çimento Oranına Sahip Betonların Ortalama Basınç Dayanımları 39
Şekil 4.3. 1. Grup Su/Çimento: 0,7 Karışım Basınç Değerleri 40
Şekil 4.4. 1. Grup Su/Çimento: 0,7 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 40
Şekil 4.5. 1. Grup Su/Çimento: 0,6 Karışım Basınç Değerleri 41
Şekil 4.6. 1. Grup Su/Çimento: 0,6 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 41
Şekil 4.7. 1. Grup Su/Çimento: 0,5 Karışım Basınç Değerleri 42
Şekil 4.8. 1. Grup Su/Çimento: 0,5 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 43
Şekil 4.9. 1. Grup Su/Çimento: 0,4 Karışım Basınç Değerleri 43
Şekil 4.10. 1. Grup Su/Çimento: 0,4 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 44
Şekil 4.11. 1. Grup Yoğunluk – Dayanım Arasındaki İlişki 45
Şekil 4.12. 2. Grup Farklı Su/Çimento Oranına Sahip Betonların Ortalama Basınç Dayanımları 46
Şekil 4.13. 2. Grup Su/Çimento: 0,7 Karışım Basınç Değerleri 47
Şekil 4.14. 2. Grup Su/Çimento: 0,7 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 48

Şekil 4.15. 2. Grup Su/Çimento: 0,6 Karışım Basınç Değerleri 48
Şekil 4.16. 2. Grup Su/Çimento: 0,6 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 49
Şekil 4.17. 2. Grup Su/Çimento: 0,5 Karışım Basınç Değerleri 50
Şekil 4.18. 1. Grup Su/Çimento: 0,5 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 50
Şekil 4.19. 2. Grup Su/Çimento: 0,4 Karışım Basınç Değerleri 51
Şekil 4.20. 1. Grup Su/Çimento: 0,4 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 51
Şekil 4.21. 2. Grup Yoğunluk – Dayanım Arasındaki İlişki..... 52
Şekil 4.22. 3. Grup Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 54
Şekil 4.23. 4. Grup Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 55
Şekil 4.24. 5. Grup 7 Günlük Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 56
Şekil 4.25. 5. Grup 28 Günlük Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 57
Şekil 4.26. 5. Grup 7-28 Günlük Basınç Dayanımları Karşılaştırması..... 58
Şekil 4.27. 6. Grup 7 Günlük Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 59
Şekil 4.28. 6. Grup 28 Günlük Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği 60
Şekil 4. 29. 5. Grup 7-28 Günlük Basınç Dayanımları Karşılaştırması..... 61
Şekil 4.30. Silindir Yarma Deneyi Düzeneği 62
Şekil 4.31. Silindir ve Küp Numune Yarma Deneyi 63
Şekil 4.32. 1. Grup Farklı Su/Çimento Oranındaki Silindir Çekme Gerilmeleri.. 64
Şekil 4.33. 1.Grup Çekme ve Basınç Gerilmeleri Karşılaştırması 64
Şekil 4.34. 2. Grup Farklı Su/Çimento Oranındaki Silindir Çekme Gerilmeleri.. 65
Şekil 4.35. 2. Grup Çekme ve Basınç Gerilmeleri Karşılaştırması 66
Şekil 4.36. 3.Grup Çekme Gerilmeleri 67
Şekil 4.37. 3.Grup Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı 68
Şekil 4.38. 4. Grup Çekme Gerilmeleri 69
Şekil 4.39. 4.Grup Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı 70

Şekil 4.40. 5. Grup 7 Günlük Çekme Gerilmeleri 71
Şekil 4 41. 5.Grup 7 Günlük Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı 72
Şekil 4.42. 5. Grup 28 Günlük Çekme Gerilmeleri 73
Şekil 4.43. 5.Grup 28 Günlük Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı 73
Şekil 4.44. 5.Grup 7 ve 28 Günlük Çekme Gerilmeleri Karşılaştırması 74
Şekil 4.45. 6. Grup 7 Günlük Çekme Gerilmeleri 75
Şekil 4.46. 6.Grup 7 Günlük Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı 76
Şekil 4.47. 6. Grup 28 Günlük Çekme Gerilmeleri 77
Şekil 4.48. 6.Grup 28 Günlük Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı 77
Şekil 4.49. 6.Grup 7 ve 28 Günlük Çekme Gerilmeleri Karşılaştırması 78
Şekil 4.50. Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi Cihazı 79
Şekil 4.51. Basınç Altında Su İşleme Derinliği Test Mekanizması (TS EN 12390-8) 80
Şekil 4.52. Alt Yüzeyi Pürüzlendirilmiş Silindir Numune 81
Şekil 4.53. 1. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,8 cm) 83
Şekil 4.54. 2. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (9,1 cm) 83
Şekil 4.55. 1. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (6,3 cm) 83
Şekil 4.56. 2. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,4 cm) 83
Şekil 4.57. 1. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (6,3cm) 83
Şekil 4.58. 2. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,4cm) 83
Şekil 4.59. 1. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,6 cm) 84
Şekil 4.60. 2. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,1 cm) 84
Şekil 4.61. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,9 cm) 84
Şekil 4.62. 2. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,3 cm) 84
Şekil 4.63. 1. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm) 84
Şekil 4.64. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,0 cm) 84
Şekil 4.65. 1. ve 2. Grup Su/Çimento:0,7 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri 85

Şekil 4.66. 1. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,1 cm)..... 87
Şekil 4.67. 2. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,4 cm) 87
Şekil 4.68. 1. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,6 cm)..... 87
Şekil 4.69. 2. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,9 cm)..... 87
Şekil 4.70. 1. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,8 cm)..... 87
Şekil 4.71. 2. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,7cm)..... 87
Şekil 4. 72. 1. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,6 cm) 88
Şekil 4. 73. 2. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,4 cm)..... 88
Şekil 4.74. 1. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,4 cm) 88
Şekil 4.75. 2. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,3 cm)..... 88
Şekil 4.76. 1. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,8 cm) 88
Şekil 4.77. 2. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,0 cm)..... 88
Şekil 4.78. 1. ve 2. Grup Su/Çimento:0,6 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri 89
Şekil 4.79. 1. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,2 cm)..... 90
Şekil 4.80. 2. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,2cm)..... 90
Şekil 4.81. 1. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,6 cm)..... 91
Şekil 4.82. 2. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,8 cm)..... 91
Şekil 4.83. 1. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,3 cm)..... 91
Şekil 4.84. 2. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,4 cm)..... 91
Şekil 4.85. 1. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,1 cm) 91
Şekil 4.86. 2. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,3 cm)..... 91
Şekil 4.87. 1. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,9 cm) 92
Şekil 4.88. 2. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,6 cm)..... 92
Şekil 4.89. 1. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,5cm) 92
Şekil 4.90. 2. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)..... 92
Şekil 4.91. 1. ve 2. Grup Su/Çimento:0,5 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri 93

Şekil 4.92. 1. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1,7 cm)..... 94
Şekil 4.93. 2. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,9 cm)..... 95
Şekil 4.94. 1. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,3 cm)..... 95
Şekil 4.95. 2. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,3 cm)..... 95
Şekil 4.96. 1. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,0 cm)..... 95
Şekil 4.97. 2. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,0 cm)..... 95
Şekil 4.98. 1. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1,3 cm) 95
Şekil 4.99. 2. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,8 cm)..... 96
Şekil 4.100. 1. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1,1 cm) 96
Şekil 4.101. 2. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,9 cm)..... 96
Şekil 4.102. 1. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1,2 cm)..... 96
Şekil 4.103. 2. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)..... 96
Şekil 4.104. 1. ve 2. Grup Su/Çimento:0,4 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri 97
Şekil 4.105. Farklı Su/Çimento Oranına Sahip 1. ve 2. Grup Numuneler Ortalama Silindir Su İşleme Derinlikleri..... 98
Şekil 4.106. Farklı Su/Çimento Oranına Sahip 1. ve 2. Grup Numuneler Ortalama Küp Su İşleme Derinlikleri..... 99
Şekil 4.107. Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,3 cm) 100
Şekil 4.108. Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)..... 101
Şekil 4.109. 3. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Değerleri 101
Şekil 4.110. Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,5 – 5,3 cm) 103
Şekil 4.111. Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,0- 0 cm)..... 103
Şekil 4.112. Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,7 cm)..... 103
Şekil 4.113. Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,2 cm)..... 104
Şekil 4.114. Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,5 cm)..... 104
Şekil 4.115. 4.Grup Tüm Numuneler Su İşleme Derinlikleri 105
Şekil 4.116. 4. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Değerleri 106

Şekil 4.117. 7 Günlük Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (22 cm) 107
Şekil 4.118. 28 Günlük Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (9,8 cm) ... 107
Şekil 4.119. 7 Günlük Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (17,75 cm) . 107
Şekil 4.120. 28 Günlük Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (6,4 cm) ... 107
Şekil 4.121. 7 Günlük Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (21 cm) 108
Şekil 4.122. 28 Günlük Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,8 cm) ... 108
Şekil 4.123. 7 Günlük Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (15 cm)... 108
Şekil 4. 124. 28 Günlük Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (10,1 cm) 108
Şekil 4.125. 7 Günlük Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (15 cm).... 108
Şekil 4.126. 28 Günlük Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (6,6 cm). 108
Şekil 4.127. 7 Günlük Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (15 cm).... 108
Şekil 4.128. 28 Günlük Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (9,8 cm). 108
Şekil 4.129. 5. Grup 7 ve 28 Günlük Numunelerde Su İşleme Derinlikleri Karşılaştırılması..... 109
Şekil 4.130. 7 Günlük Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4 cm) 111
Şekil 4.131. 28 Günlük Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1 cm) 111
Şekil 4.132. 7 Günlük Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,2 cm) 111
Şekil 4.133. 28 Günlük Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,4 cm) ... 111
Şekil 4.134. 7 Günlük Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm) 111
Şekil 4.135. 28 Günlük Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3 cm) 111
Şekil 4.136. 7 Günlük Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (8 cm)..... 112
Şekil 4.137. 28 Günlük Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3 cm).... 112
Şekil 4.138. 7 Günlük Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,2 cm)... 112
Şekil 4.139. 28 Günlük Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm). 112
Şekil 4.140. 7 Günlük Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3 cm)..... 112
Şekil 4.141. 28 Günlük Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,8 cm). 112
Şekil 4.142. 6. Grup 7 ve 28 Günlük Numunelerde Su İşleme Derinlikleri Karşılaştırılması 113

SİMGELER VE KISALTMALAR

σ	: Basınç Dayanımı
P	: Preste Kırılma Anında Okunan Değer
ε	: Birim Şekil Değiştirme Değeri
A	: Numunenin Basınç Yükü Uygulanan Kesit Alanı
D	: Numune Çapı
ΔL	: Boy Değişimi
L	: Küp veya Silindir Numunenin Yüksekliği
Dmax	: Agrega Yığını İçerisindeki Max. Dane Çapı
TS EN 12390-3	: Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini
TS EN 12390-6	: Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini
TS EN 12390-8	: Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 8: Basınç Altında Su İşleme Derinliğinin Tayini
S/Ç	: Su/Çimento Oranı

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Betonda dayanıklılık sürdürülebilirlik açısından son derece önemlidir. Dayanıklılığı etkileyen parametrelerden bir tanesi de geçirimliliktir. Betonun boşluksuz ve geçirimsiz bir yapıda olması durabilite açısından önemlidir. Bilindiği gibi betonun geçirgenliği, kapiler boşlukların büyüklüğü ve boşlukların birbiri ile bağlantılı olup olmaması durumuna göre değişmektedir. Karışım oranı, ince malzeme miktarı, agrega hamur ara yüzeyi, agrega geçirgenliği, yerleştirme sıkıştırma ve kür koşulları gibi değişkenler beton geçirgenliğini etkilemektedir. Hava sıcaklığı ve nem döngülerinden kaynaklanan mikro çatlaklar da betonun geçirimlilik özelliğini önemli ölçüde arttırır (Mardani ve ark, 2013).

Beton, dış ortamdaki etkilere maruz kaldığı zaman durabilitesinin iyi olması istenmektedir. Beton durabilitesini etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Sülfat etkisi, klorür etkisi, alkali silika reaksiyonu, asit etkisi, deniz suyu etkisi, donma-çözülme etkisi, aşınma duyarlılığı, çelik donatının korunması, ısıl çatlaklar, kürleme hassasiyeti, erken yaşta sıcaklık artışı beton durabilitesini etkileyen parametrelerden bazılarıdır (Higgins, 1991).

Yukarıda yazılmış olan çevre şartları betonun durabilitesinin ve mekanik özelliklerinin zayıflamasına, yapı elemanında geçirimliliğin artmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı bu etkilere maruz kalan betonların geçirimsiz olması istenmektedir. Yapının maruz kaldığı bu etkiler düşünülecek olduğunda, beton içerisine girebilen zararlı maddeler betonu oluşturan kimyasal reaksiyonları olumsuz yönde etkilemektedir.

Suyun beton malzemenin içine girmesi sonucunda yapı yüzeylerinde kir, çiçeklenme, küf ve mantar oluşumu gözlenebilir. Bunun yanı sıra, zeminde bulunan sülfat vb. iyonlarının su ile birlikte malzeme içerisine girmesi sonucu kimyasal bozulmalar da gözlenir. Bu kimyasal reaksiyonlar sonucu malzeme içindeki boşluk oranı hızla artar. Boşluk sayısının artması ile birlikte malzeme içine

giren zararlı madde miktarının da artmasına neden olur. Hasar süreci bu süreklilik içinde artar ve yapının işlevini yitirmesi ile sonlanır.

Su, beton üzerinde olduğu kadar betonarme elemanlarda kullanılan çelik donatı üzerinde de birçok olumsuz etki oluşturmaktadır. Betonarme eleman içerisine giren su çelik donatıda korozyona sebep olmaktadır. Kullanılan betonun geçirimsiz bir yapıda olması, betonarme elemanın zararlı dış etkilerden daha az etkilenmesini sağlamaktadır.

Ülkemizde ve dünyada beton geçirimliliğini azaltmaya yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Geçirimliliği azaltmak için betonda mineral katkı kullanılması, son zamanlarda yaygın olan bir uygulamadır. Betonun geçirimliliği su/çimento oranı azaltılarak ya da karışımda uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı gibi bazı mineral katkılar kullanılarak düşürülebilir.

Uçucu kul taneleri genellikle yuvarlak yapısı nedeni ile betonun işlenebilme kabiliyetini iyileştirmesi, taze betonda terlemeyi azaltması, betonun hidratasyon ısısını düşürmesi gibi birçok olumlu özelliğini geliştirmektedir (Erdoğan Y.T, 2003).

Silis dumanı çok yüksek oranda silis içeren, genellikle camsı ve düzgün yüzeyli küresel taneciklerden oluşan endüstriyel atıktır. Silis dumanı taneleri boşlukları doldurmakta, $Ca(OH)_2$ kristallerini küçültmekte ve çimento ve betonun basınç dayanımının artmasını sağlamaktadır (Yeğinobalı, 2002).

Beton karışımı içine ilave edilen yan sanayi atığı katkı maddeleri betonun geçirimsizlik özelliklerini iyileştirirken, betonun mekanik özelliklerine de olumlu yönde katkı yapar. Mineral katkı maddesi kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımlarının normal betonlara göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Betonun hem durabilite hem de mekanik özelliklerini arttıran mineral katkılar ayrıca ekolojik olarak da çevreye katkı sağlar.

Beton geçirgenliğini azaltan bir başka parametrede su/çimento oranıdır. Beton karışımında su/çimento oranı düştükçe dayanım artmakta ve betonun geçirgenliği azalmaktadır. Beton içerisine fazladan ilave edilen karışım suyu, beton

içerisinde kapiler boşluklara sebep olmakta ve bu da betonun geçirgenliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Beton geçirgenliği hakkında fikir veren yöntemlerden bir tanesi basınç altında su işleme derinliği deneyidir. Şekil 1.1'de görülen deney cihazında numuneler 72 saat boyunca 5 Bar (500 KPa) basınca maruz kaldıktan sonra yarma deneyi uygulanmaktadır. Uygulanan yarma deneyi sonucunda numune iç kısmında yükselen su yükseklikleri ölçülmektedir. Ölçülen bu yükseklikler istatiksel yöntemle betonun mekanik özellikleri ile geçirimliliği arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır.



Şekil 1.1. Basınç Altında Su İşleme Derinliği Test Cihazı

Farklı su/çimento oranına sahip karışımların basınç altında su işleme derinlikleri TS EN 12390-8 uygun olarak basınç altında su işleme derinliği test cihazı ile bulunmaktadır. Numunelere su basıncı uygulanan yüzünde pürüzlendirme işlemi uygulanmalı ve çimento hamuru kısmı aşındırılmalıdır. 500 KPa su basıncına maruz kalan numuneler 72 saat boyunca deneye tabi

tutulmaktadır. Beton dış yüzeyinde su sızıntısı görülmesi halinde deney sonlandırılır (TS EN 12390-8, 2019).

28 gün kür havuzunda bekleyen numuneler etüv kurusu halinde 29. günde deneye tabi tutulmaktadır. Deney sonrasında yarma işlemi uygulayarak numune iç kısmında ölçülen su işleme derinlikleri kalem ile gösterilerek not edilmektedir. Numunenin yarılma işleminde TS EN 12390-6'da tarif edilen metot uygulanabilir.

1.2.Tezin Amacı

Tezin amacı; önceki çalışmalardan elde edilen bulgular yardımıyla iyi ve kötü gradasyona sahip ve farklı su/çimento oranlarında hazırlanan karışımların, basınç altında su işleme derinliklerinin karşılaştırılmasıdır. Agrega gradasyonu ve su/çimento oranı betonun dayanımını etkileyen parametrelerden birkaçıdır. Gradasyon etkisinin betonun geçirimliliğini ve dayanımını nasıl etkilediği deneyler yardımıyla açıklanmaya çalışılmıştır. 4 farklı su/çimento oranında hazırlanmış numunelerde basınç altında su işleme derinlikleri bulunarak, geçirimlilik ve dayanım arasında su/çimento oranının etkisi incelenmiştir. Beton basınç dayanımı ve geçirgenliği arasındaki ilişki grafiksel olarak açıklanarak, dayanım ve geçirimlilik arasındaki bağlantı gösterilecektir. Farklı deney karışımları hazırlanarak betonun basınç altında su geçirimliliğinin en az seviyede çıkması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Beton, agrega (ince ve iri agrega), çimento ile suyun, kimyasal ve mineral katkı maddeleri ilave edilerek veya edilmeden homojen olarak üretim teknolojisine uygun olarak karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup, zamanla katılaşıp sertleşerek mukavemet kazanan önemli bir yapı malzemesidir. Diğer kullanılan yapı malzemeleriyle mukayese edildiğinde pek çok avantajı ve dezavantajı bulunmaktadır. Betonun boşluklu yapıda olması dayanım ve durabilite yönünden betonu olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumda dayanım ve durabilite sorunları yaşayan beton, üzerine gelebilecek yükleri taşıyamaz duruma gelmektedir.

Günümüzde betonun mekanik ve durabilite özelliklerini daha da geliştirmek için birçok farklı çalışma yapılmaktadır. Literatüre bakıldığında yapılan çalışmalar genellikle betonun geçirimliliğini azaltma amacıyla yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda üretilen numuneler üzerinde basınç altında su işleme derinliği deneyi yapılmıştır. Literatürde yapılan bu deneyler ile betonun geçirimliliği hakkında bilgi sahibi olunması amaçlanmıştır.

2.1. Su İşleme Derinliği ve Agrega

Betonu oluşturan önemli malzemelerden bir tanesi agregadır. Agreganın türü, boyutu, yığın içindeki dağılımı ve geri dönüşümlü olması beton geçirimliliğini etkileyen önemli bir parametredir. Literatürde agregayla yapılan çalışmalarda su işleme derinliğinin belirlendiği birçok araştırma yapılmıştır.

Geri dönüşümlü agregalar üzerinde Thomas ve ark (2013), tarafından yapılan çalışmada aynı su/çimento oranına sahip geri dönüşümlü agregalarla üretilen betonlarda yoğunluk değerleri normal betona göre azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumdan dolayı boşluk oranının arttığı ve betonda geçirimliliğin azaldığı söylenebilir. Düşen yoğunluktan dolayı beton içerisinde kapiler boşluk

seviyeleri artmaktadır. Bu durum da basınç altında su işleme derinliği değerlerinin büyük çıkmasına sebep olmuştur.

Martinez-Lage ve ark (2012) tarafından yapılan çalışmada yüksek oranda yanmış kil (tuğla vb.) beton içerisinde geri dönüşümlü iri agrega olarak kullanılmış, geri dönüşümlü iri agreganın miktarı arttıkça betonun basınç altında su işleme derinliğinin arttığı tespit edilmiştir.

Ganjian ve ark (2009), tarafından yapılan çalışmada beton içerisine iri agrega ve çimentonun yerine ayrı ayrı ağırlıkça %5, %7,5 ve %10 oranında lastik kauçuk ilave edilmiştir. Çimento ve iri agrega yerine eklenen kauçuk oranı arttıkça betonda basınç altında su işleme derinliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Aynı oranlarda iri agrega ve çimento yerine lastik kauçuk kullanıldığında ise çimento yerine lastik kauçuk kullanılan numunelerde daha düşük su işleme derinlikleri tespit edilmiştir.

Gayarre ve Lopez-Colina (2009), basınç altında su işleme derinlikleri geri dönüşümlü agrega ile üretilen betonlarda daha büyük değerlerde çıkmaktadır. Geri dönüşümlü agrega türü, kullanma yüzdesi ve dane dağılımı betonun geçirgenliğini etkileyen önemli parametrelerdendir. Yapılan deneylerde, beton içerisinde iki farklı yoğunlukta kullanılan geri dönüşümlü agregalar ile üretilen karışımlar arasında su geçirgenliğinin belirgin bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir.

Medina ve ark (2013), tarafından yapılan bir çalışmada iri agrega içerisindeki çakıl yerine ağırlıkça %20 ve %25 oranında geri dönüştürülmüş seramik agrega kullanılmıştır. Geri dönüşümlü seramik agrega ile hazırlanmış betondaki su işleme derinliğinin, doğal agregalı betondan daha yüksek olmadığını ve su işleme derinliğinin her iki agrega türüyle hazırlanmış betonda 30 mm'yi aşmadığı tespit edilmiştir.

Thomas ve ark (2013), kükürt içeren geri dönüşümlü agrega ile üretilen betonun basınç altında su işleme derinliği, normal betona göre önemli oranda yüksek bulmuştur. Bu etki, karıştırma işlemi sırasında kükürtün parçalanması olarak açıklanmaktadır.

Koçkal ve Özturan (2011), uçucu küllü hafif agregalar kullanılarak üretilen betonda 28. ve 56. günlerde basınç altında su işleme deneyleri gerçekleştirmiştir. 28 günlük numuneler oda sıcaklığında, 56 günlük numuneler ise 24 saat boyunca fırında kurutulmuştur. Etüvde kurutulan 56 günlük numunelerde oluşan mikro çatlaklar nedeniyle betonda daha yüksek su işleme derinlikleri görülmüştür.

Pereira-de-Oliveira ve ark (2014) tarafından yapılan çalışmada iri agrega ile üretilen kendiliğinden yerleşen betonda karışıma, agrega ağırlığının %20, %40 ve %100 oranında geri dönüştürülmüş agrega ikame edilmiştir. Yapılan deneylerde, geri dönüşümlü agrega miktarının kendiliğinden yerleşen betonun basınç altında su işleme derinliğini çok etkilemediği gözlemlenmiştir.

2.2. Su İşleme Derinliği ve Mineral Katkı

Beton içerisine ilave edilerek betonun dayanımını ve durabilitesini arttıran doğal ve sanayi atığı yan ürünlere mineral katkı maddesi denir. Kullanılan mineral katkı malzemeleri çimentonun hidratasyonu sonucu ortaya çıkan ürünlerle tepkimeye girerek betonda geçirgenliği olumlu yönde azaltmaktadır. Literatüre bakıldığında betonun geçirimliliğini azaltmak için mineral katkı maddeleri kullanıldığı görülmektedir.

Durmuş (2007), tarafından yapılan çalışmada beton içerisine ilave edilen silis dumanı ve uçucu külün geçirgenliği azalttığı ve zaman faktörü arttığı zaman basınç altında su işleme derinliklerinde önemli ölçüde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Gesoğlu ve ark (2009), tarafından kendiliğinden yerleşen betonlarda yapılan çalışmada farklı oranlarda uçucu kül, silis dumanı ve fırın cürufu ilave edilerek hazırlanan karışımlarda kontrol betonuna kıyasla mineral katkılı betonların su işleme derinliğinde %45 oranında azalma sağlandığı gözlemlenmiştir. Basınç dayanımı en yüksek olan kontrol betonunda, su işleme derinliği 26 mm ile en yüksek değerde bulunmuştur.

Dinakar ve ark (2013), tarafından su/bağlayıcı oranı 0,30'da sabit tutularak karışıma çimento ağırlığının %10-70 arasında uçucu kül ilavesi yapılmıştır. Kendiliğinden yerleşen betonda su işleme derinlikleri %10-%30 oranında uçucu kül ilave edildiği zaman düşük çıkarken, %50-%70 uçucu kül ilave edildiği zaman yüksek değerlerde su işleme derinlikleri bulunmuştur.

Rostami ve Behfarnia (2017), yaptıkları çalışmada çimento ağırlığının %5, %10 ve %15 oranında silis dumanı ilave ederek alkali aktif cürufun beton üzerindeki geçirgenliğe etkisini incelemiştir. Bu deneylerde su içerisinde ve örtü altında kürleme olmak üzere iki tip kür koşulunun da etkisi araştırılmıştır. Silis dumanı ikamesinin betonun geçirgenliğini azalttığı ve su kürünün geçirgenliği azaltmada en uygun kürleme şekli olduğu gözlemlenmiştir.

Ghasemi ve ark (2010), betonun basınç altında su işleme derinliği özelliğine silis dumanı ve nano silikat (SiO_2) ilavesinin etkisini araştırmıştır. Su işleme deneyinde çimento ağırlığının %0,75 nano silikat ve ağırlıkça %3 silis dumanı kullanıldığı zaman geçirgenlik değerleri düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Yapılan deneylerde tek başına nano silikat kullanıldığı zaman beton geçirimliliğinde önemli bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir.

Şimşek ve Akıncıtürk (2006), tarafından yapılan deneylerde, 90 günlük numunelerin su işleme derinliği değerleri, 28 günlük numunelerin su işleme derinliklerinden daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. En düşük su işleme derinliği sadece silis dumanı ilave edilen karışımda ölçülmüştür. Tüm karışımlardaki su işleme derinlikleri göz önünde bulundurularak kalker filleri, cüruf ve uçucu külün su işleme derinliğinin azaltılmasında etkili olduğu tespit edilmiştir.

Erdoğdu ve ark (2015), uçucu kül oranı arttıkça betonların su işleme derinliklerinde önemli ölçüde azalma olduğu görülmüştür. Toplam bağlayıcı miktarı arttıkça beton içerisindeki uçucu külün etkisi daha da artmaktadır. Su işleme derinlikleri, 290 kg/m^3 dozajlı betonda %0 ve %10 uçucu kül ilavesinde daha düşük çıkarken, 340 kg/m^3 dozajlı betonda ise %20 ve %30 uçucu kül ikame edilen betonlarda su işleme derinliği minimum düzeyde çıkmaktadır.

Motahari ve ark (2017) tarafndan üretilen numuneler 28. ve 90. günde basınç altında su işleme derinliği deneyine tabi tutulmuştur. Betona silis dumanı ilave edilmesi geçirgenliğin azaldığını göstermiştir. Silis dumanı ilavesinin 28 günlük numunelerde su işleme derinliklerini %35, 90 günlük numunelerde ise %63 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Sevim ve Okumuş (2011), tüm karışımlarda bağlayıcı oranını 0,4 olarak sabit tutup çimento yerine ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranında zeolit ve ağırlıkça %8 oranında silis dumanı kullanmıştır. Zeolit ile beraber kullanılan silis dumanı su işleme derinliğini arttırmıştır. Zeolit ile silis dumanının birlikte kullanılması beton geçirgenliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Güçlüer ve Ünal (2010), farklı oranlarda uçucu külün betonun geçirgenlik özelliklerine etkisini incelemeye çalışmıştır. Beton içerisine kullanılan uçucu kül miktarı arttıkça geçirimlilik zamanla azalmaktadır. Beton içerisine katılan %10-20 arasındaki uçucu külün betonun geçirgenlik özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür.

2.3. Su İşleme Derinliği ve Kimyasal Katkı

Mineral katkıların yanında kimyasal katkılar da betonun geçirimliliğini azaltmada önemli rol oynarlar. Özellikle suya maruz kalınan baraj, liman vb. su yapılarında geçirimlilik azaltıcı kimyasal katkılar kullanılmaktadır. Geçirimlilik azaltıcı kimyasal katkılar, betonun geçirimliliğine ve mekanik özelliklerine büyük ölçüde katkı sağlamaktadırlar.

Geçirimlilik azaltıcı kimyasal katkıyla oluşturulmuş numuneler üzerinde Felekoğlu ve Baradan (2007) tarafından yapılan çalışmada WRC (lignosülfat ve yağ asidi esteri) geçirimliliği azaltıcı katkı kullanılan betonlarda LS (geçirimlilik azaltıcı) katkılı betonlara göre su geçirimliliği daha düşük çıkmıştır. WRC katkısı %5 oranında ilave edildiği zaman en iyi düzeyde geçirgenlik değerleri elde edilmiştir. İlave edilen WRC geçirimlilik azaltıcı katkının miktarı arttığı zaman betonda geçirgenliğin azaldığı tespit edilmiştir.

Kılıç ve ark (2003), su/çimento oranı azaldıkça su işleme derinliklerinde azalma olduğunu gözlemiştir. Geçirimlilik azaltıcı kimyasal katkı maddesi kullanıldığında betondaki su işleme derinliğinde önemli derecede azalma olmuştur. Bunun yanı sıra, su azaltıcı kimyasal katkı maddesi ile birlikte hava sürükleyici katkı maddesinin birlikte kullanılması betonda su işleme derinliklerinin en düşük düzeyde çıkmasına sebep olmuştur.

Yapı kimyasalları sektörünün hızla gelişmesi sebebiyle pek çok çeşit geçirimsizlik azaltıcı kimyasal katkı kullanılmaktadır. Bunlar arasındaki etkiyi araştırmak için yapılmış olan bir çalışmada Mardani ve ark (2013), altı farklı su geçirgenliğini azaltıcı kimyasal katkının, 0.50 ve 0.60 olmak üzere iki farklı su/çimento oranına sahip beton karışımlarda su geçirimliliklerini araştırmıştır. Su geçirgenliğini azaltıcı kimyasal katkı kullanımı, beton karışımlarının geçirgenlik değerini azaltmıştır. Bu azalma düşük su/çimento oranına sahip karışımlarda daha belirgin görülmektedir. Geçirgenliği azaltmada, toz halindeki geçirgenliği azaltıcı katkılar sıvı haldeki kimyasal katkılara göre daha başarılı sonuçlar vermiştir.

2.4. Su İşleme Derinliği ve Çimento

Betonu oluşturan bağlayıcı malzemelerden en önemlisi çimentodur. Çimentonun yapısı, türü, içeriği ve dayanımı betonun geçirgenliğini etkileyen bir parametredir. Yapılan çalışmalarda çimentonun, geçirimliliği nasıl etkilediği açıklanmaktadır.

Kutlu ve ark (2008), CEM III A 42,5 N ile üretilmiş betonların klor geçirimlilik değerlerinde, CEM I ve CEM II çimentolarıyla üretilen betonlara göre önemli azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufunun zamanla artan puzolanik reaksiyonuyla birlikte klor geçirimliliklerinin de önemli miktarda azalacağı söylenebilir. Bunun nedeni CEM III çimento örneğinin öğütme inceliğinin diğer çimento türlerine göre yüksek olmasıyla açıklanmaktadır.

Mass ve ark (2012), tarafından farklı çimentolar ile ilgili yapılan deneylerde CEM II, CEM III ve CEM V çimentoları kullanılarak su işleme derinlikleri incelenmiştir. CEM III ve CEM V tipi çimentolarla üretilen betonda en düşük su işleme derinliği gözlemlenmiştir. Genel olarak her beton tipi için yüksek basınç dayanımı çıkması, basınç altında su işleme derinliğini azaltmaktadır. Bu da betonun mekanik özellikleri ile geçirgenliği arasında ilişki olduğunu göstermektedir.

2.5. Su İşleme Derinliği ve Kür

Beton numune kalıptan çıktıktan sonra belli bir süre kürlenmesi gerekmektedir. Günümüzde kür olarak genellikle su kürü uygulanmaktadır. Fakat erken dayanım gibi bir amaç var ise başka kür seçenekleri tercih edilmelidir.

Şengül ve Taşdemir (2015) tarafından farklı kürleme yöntemlerinin betonun geçirimliliğine etkisi incelenmiştir. Yüksek sıcaklıktaki kür uygulamalarında normal ve yüksek dayanımlı betonlar kür etkisinde fazla zarar görmekte ve geçirgenlikleri su kürüne göre daha fazla olmaktadır. Normal dayanımlı betonlarda yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulamalarının betonların iç yapı özelliklerine olumsuz etkileri daha fazladır.

Rostami ve Behfarnia (2017) tarafından yapılan çalışmaya göre, yaptıkları çalışmada üretilen numunelerin farklı kür işlemi uygulanması sonucunda, su kürü uygulanan numunelerin örtü altı kürü uygulanan numunelere göre su işleme derinlikleri daha düşük seviyede çıkmaktadır.

2.6. Diğer Çalışmalar

Kür havuzundan çıkan numunelere basınç altında su işleme derinliği deneyi uygulanabilmesi için suya doygun olan numunenin kuru hale getirilmesi gerekmektedir.

Figmig ve Kovac (2018), yapılan deneyde bir grup numuneyi kür havuzundan sonra etüvde kuruturken diğer grup numuneleri ise oda sıcaklığında

kurumaya bırakmışlardır. Oda sıcaklığında kurutulan numunelerdeki su işleme derinlikleri daha düşük değerlerde ölçülmüştür. Etüvde bekleyen numunelerde sıcaklıktan dolayı mikro çatlak hasarlar oluşmuştur. Bundan dolayı etüv kurusu numunelerde daha yüksek su işleme derinlikleri tespit edilmiştir.

Betonun içine durabiliteyi arttırmak için ilave teknolojik malzemeler de kullanabilir. Du ve ark (2016), tarafından yapılan çalışmada betonun mekanik ve boşluk özelliklerini karbon bazlı polimer malzeme ilave ederek incelemişlerdir. Polimer malzemenin eklenmesiyle gözenekliliğin ve betonun basınç dayanımının biraz değiştiği ancak kritik ve ortalama gözenek çaplarının düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca polimer malzemenin eklenmesiyle betonun su geçirgenlik dayanımının arttığı deneysel olarak ortaya konmuştur.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çimento

Portland çimentosu, klinkerin bir miktar mineral katkı ve priz düzenleyici olarak alçı taşı ile beraber öğütülmesi sonucu elde edilen bir katkılı çimento tipidir. Portland kompoze çimentoya göre daha fazla katkı içermektedir. 1. ve 2. Grup numunelerde özgül yoğunluğu 3,15 g/cm^3 ve özgül yüzeyi 3880 cm^2/gr olan TS EN 197-1 standardı ile uyumlu CEM V/A (S-P) 32,5 R tipi portland çimentosu kullanılmıştır. CEM V/A (S-P) 32,5 R tipi çimentonun ürün bileşiminde puzolan katkı maddesi ve fırın cürufu bulunmaktadır. Puzolan erken mukavemetleri yükseltirken, yüksek fırın cürufu ileri yaş mukavemetleri yükseltmektedir. Kompoze çimento, sülfat, klorür vb. kimyasalların ataklarında betonun dış etkilere karşı direncini arttırır.

İki farklı dayanımda (C16 ve C50) üretilen 3-4-5 ve 6. grup numunelerde CEM II / A-P 52,5 N tipi çimento kullanılmıştır. Priz düzenleyici olarak alçı taşı, %6-20 oranında katkı (puzolan-kalker) ve minör ilave bileşen ile birlikte öğütülmesi sonucu elde edilen katkılı bir çimentodur. İşlenebilirliği yüksek olup erken dayanım ve nihai mukavemete sahip olan bu çimento türü özellikle sıcak havada beton dökümünde ve kütle betonlarnda tercih edilmektedir.

Çimentonun fiziksel özellikleri kimyasal bileşenleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çimentonun Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Analizi.

Tipik Özellikler	Standart Değer	Çimento
Dayanım 2 Gün (MPa)	Min. 10,0	14,0- 17,0
Dayanım 28 Gün (MPa)	32,5- 52,5	36,0- 39,0
Priz başlangıcı (dak.)	Min. 75	140 – 200
Hacim genişlemesi (mm)	Max. 10	0- 3
Özgül yüzey (cm^2/gr)	-	3400- 4000
SO_3 (%)	Max. 3,50	1,50 – 2,50
Klorür (%)	Max. 0,10	0,01 – 0,0160
Kızdırma Kaybı (%)		3,00 – 4,00
Çözünmeyen Kalıntı (%)		5,00 – 10,00

3.1.2. Agrega

Bu çalışmada hazırlanan deney karışımlarında 0-0.25, 0.25-0.5, 0.5-1, 1-2, 2-4, 4-8, 8-16, 16-31.5 mm boyutlarındaki tek tip kırma taş agrega kullanılmıştır. Üretilen beton numuneler için üç farklı gradasyon grafiğine sahip karışımlar hazırlanmıştır. 1. Grup numunelerde kullanılan gradasyon TS 802'de verilen maksimum dane çapı 31,5 mm olan A ve B eğrileri arasında kalan uygun alan içerisinde kalacak şekilde seçilmiştir. 2. Grup numunelerde, bir kısmı TSE 802'de verilen uygun alan içerisinde kalan ve 2-4, 4-8 mm agrega dane çaplarının kullanılmadığı gradasyon grafiği seçilmiştir. Mineral katkı malzemesi kullanılarak hazırlanan diğer karışımlardaki gradasyon grafiği A ve C eğrileri arasında kalan uygun alanda seçilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda ince agrega gruplarının özgül ağırlıkları 2,66 g/cm^3 iken iri agrega gruplarının özgül ağırlıkları 2,65 g/cm^3 bulunmuştur. Yapılan agrega deneylerinde ince taneli agregalar için su emme kapasitesi %0,675 bulunurken doğal haldeki rutubet değerleri %0,046 olarak bulunmuştur. İri agrega için yapılan deneylerde ise su emme kapasitesi %1,073

bulunurken doğal haldeki rutubet değeri %0,081 bulunmuştur. Tüm agregalarda su emme kapasitesi doğal haldeki rutubet miktarından fazla olduğu için agregalar, doğal haldeki su emme kapasitesine göre daha kuru durumdadırlar. Çizelge 3.2'de tüm agrega gruplarının fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

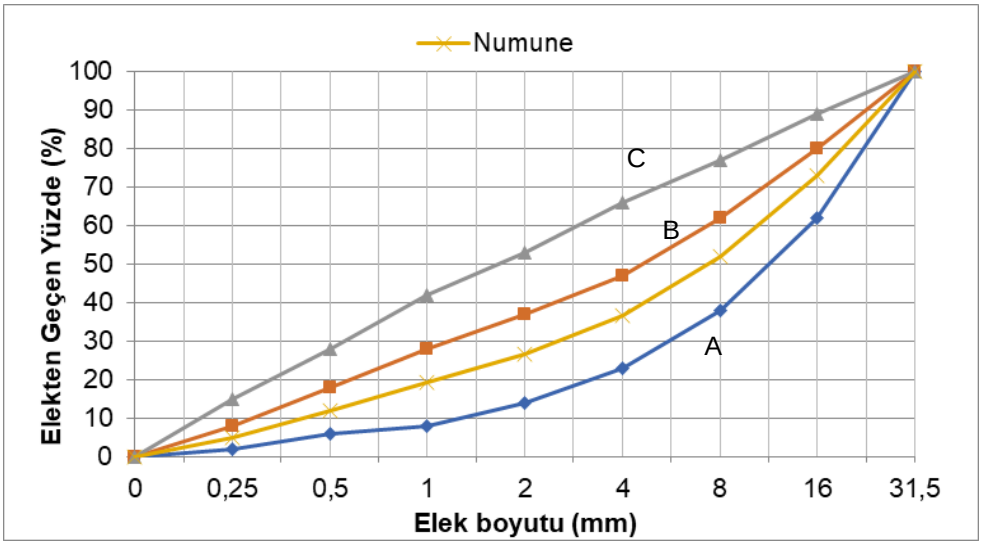
Çizelge 3.2. Tüm Agrega Gruplarının Fiziksel Özellikleri

	Özgül Ağırlık	**Su emme**	**Nem durumları**
0-0,25 mm	2,66	0,675	0,046
0,25-0,5 mm	2,66	0,675	0,046
0,5-1 mm	2,66	0,675	0,046
1-2 mm	2,66	0,675	0,046
2-4 mm	2,66	0,675	0,046
4-8 mm	2,65	1,073	0,081
8-16 mm	2,65	1,073	0,081
16-31,5	2,65	1,073	0,081

Aşağıda elek analizi uygulanmış tüm agrega gruplarının granülometri eğrileri görülmektedir. 1. Grup karışımda kullanılan agreganın elek analizi sonuçları Çizelge 3.3'de gösterilmiştir. Elde edilen elek analizi sonuçlarına göre 1. grup agreganın granülometri eğrisi Şekil 3.1'de çizilmiştir.

Çizelge 3.3. 1. Grup Karışım Agrega Elek Analizi Değerleri

Elek No (mm)	Elek üzerinden geçen (%)	TSE alt	TSE orta	TSE üst
0,25	5	2	8	15
0,50	12	6	18	28
1	19.2	8	28	42
2	26.7	14	37	53
4	36.7	23	47	66
8	52	38	62	77
16	73	62	80	89
31.5	100	100	100	100

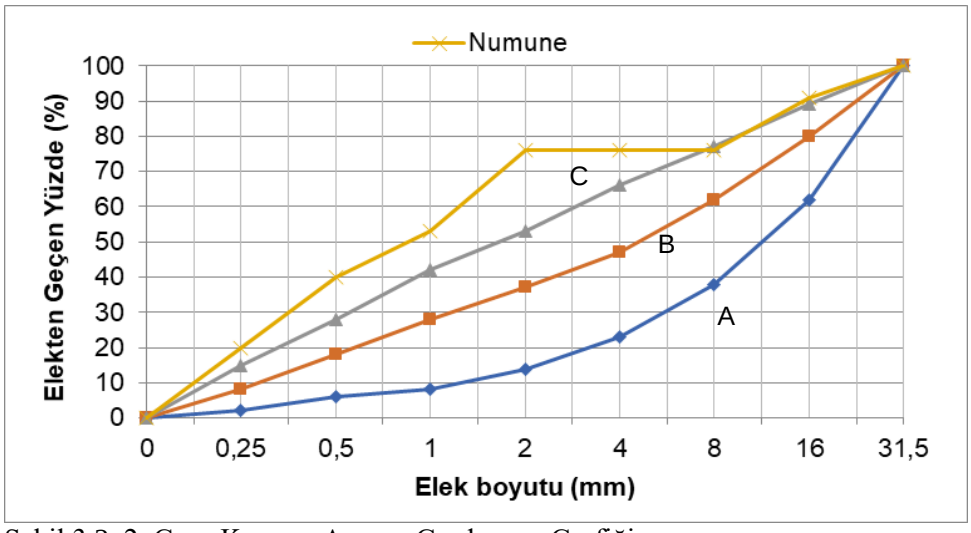


Şekil 3.1. 1. Grup Karışım Agrega Gradasyon Grafiği

Elek analizi yapılmış 2. Grup karışımda kullanılan agrega grubunun elek analizi sonuçları Çizelge 3.4'te gösterilmiştir. Yapılan deneyde elde edilen elek analizi sonuçlarına göre 2. Grup karşımdaki agreganın granülometri eğrisi Şekil 3.2'de çizilmiştir.

Çizelge 3.4. 2. Grup Karışım Agrega Elek Analizi Değerleri

Elek No (mm)	Elek üzerinden geçen (%)	TSE alt	TSE orta	TSE üst
0,25	20	2	8	15
0,50	40	6	18	28
1	53	8	28	42
2	76	14	37	53
4	76	23	47	66
8	76	38	62	77
16	91	62	80	89
31.5	100	100	100	100

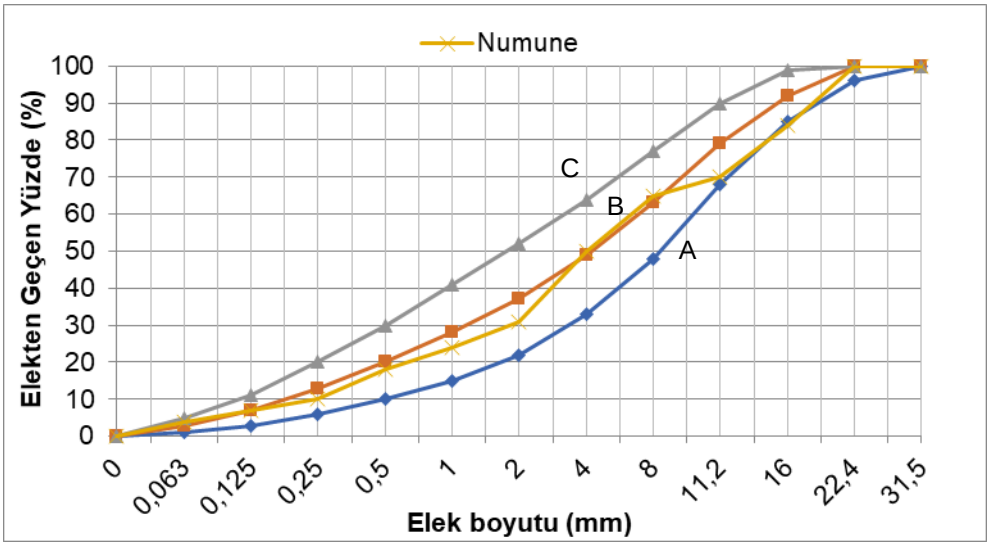


Şekil 3.2. 2. Grup Karışım Agrega Gradasyon Grafiği

Elek analizi yapılmış 3-4-5 ve 6. Grup karışımlarda kullanılan agrega grubunun elek analizi sonuçları Çizelge 3.5'te gösterilmiştir. Yapılan deneyde elde edilen elek analizi sonuçlarına göre granülometri eğrisi Şekil 3.3'te çizilmiştir.

Çizelge 3.5. 3-4-5 ve 6. Grup Karışım Agrega Elek Analizi Değerleri

Elek No (mm)	Elek üzerinden geçen (%)	TSE alt	TSE orta	TSE üst
0	0	0	0	0
0,063	4	1	3	5
0,125	7	3	7	11
0,25	10	6	13	20
0,5	18	10	20	30
1	24	15	28	41
2	31	22	37	52
4	50	33	49	64
8	65	48	63	77
11,2	70	68	79	90
16	84	85	92	99
22,4	100	96	100	100
31,5	100	100	100	100



Şekil 3.3. 3-4-5 ve 6. Grup Karışım Agrega Gradasyon Grafiği

Agregalar Çukurova Üniversitesi Yapı laboratuvarında bulunan agrega havuzu bölümünden temin edilmiştir. Çok tozlu olmasından dolayı agregalara elek analizi deneyi yapılmadan önce yıkama ve daha sonra kurutma işlemi uygulanmıştır. Temizlenmiş olan agregalara laboratuvar koşullarında küçük elekler yardımıyla elek analizi yapılmıştır. Agregalar üzerinde yapılan yıkama işlemi Şekil 3.4'te, kurutma işlemi Şekil 3.5'te ve eleme işlemleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Agrega Yıkama İşlemi



Şekil 3.5. Agrega Kurutma İşlemi



Şekil 3.6. Elek Analizi Deneyi

3.1.3. Kimyasal Katkı

Kimyasal katkılar, betonun birtakım özelliklerini iyileştirmek ya da çimentolu sistemlerin farklı uygulama alanlarına adaptasyonunu amacıyla, beton içerisindeki çimento miktarı baz alınarak belli oranlarda katılan organik veya inorganik kökenli katkı maddelerdir.

Düşük su/çimento oranına sahip karışımların işlene bilirliğini arttırmak için 1. ve 2. Grup numunelerde BASF MGLENIUM 51, 3-4-5 ve 6. Grup numunelerde POLITON 730 süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılmıştır. Mglenium 51 katkı maddesinin kimyasal özellikleri Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Mglenium 51 Katkı Malzemesi Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Nitelik	Değer
Yoğunluk (gr/cm^3)	1,084
pH	6
Katı madde (%)	35,64
Klor miktarı (%)	0,0527
Alkali miktarı (%)	1,19

3.1.4. Uçucu Kül

Uçucu kül, enerji üretmek amacıyla kurulmuş olan termik santrallerde yakılan taşkömürü veya linyit kömürünün yanması sonucu ortaya çıkan ve bacalar da elektro-filtreler aracılığıyla tutulan sanayi atığı maddelerdir. Uçucu küller, kendi başlarına bağlayıcılık özellikleri hemen hemen olmayıp sönmüş kireç ile kimyasal reaksiyona girerek hidrolik bağlayıcılık özelliği kazanan bir katkı malzemesidir. 3-4-5 ve 6. Grup karışımlarda mineral katkı maddesi olarak Yumurtalık Sugözü Termik Santralinden elde edilen F sınıfı uçucu kül kullanılmıştır. Uçucu külün kimyasal özellikleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Uçucu Kül Kimyasal Özellikleri

Oksit	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Cao	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	KK
Uçucu Kül	52,50	22,82	5,34	7,16	2,56	0,20	0,99	0,48	3,35

3.1.5. Su

Su beton içerisinde iki önemli görev üstlenmektedir. Bunlardan birincisi; çimento ile birleşerek hidratasyon reaksiyonunun gerçekleşmesini sağlamak, ikincisi ise, betonun karılma işleminde agrega ve çimento tanelerinin yüzeyini ıslatarak üretilen taze beton karışımında istenilen işlenebilirliği sağlamaktır.

Ayrıca kür suyu olarak, yerine yerleştirilmiş olan betonun yüzeyini ıslak tutup içerisindeki suyun buharlaşmasını önlemek ve böylece beton içerisinde kimyasal reaksiyonların devam edebilmesi için suyun bulunmasını sağlamak gibi bir görevi vardır. Kür suyu içerisinde, betonda zararlı kimyasal olaylara yol açacak yabancı maddelerin bulunmaması gerekir.

Deneylerde kullanılan karışım ve bakım suyu şehir şebekesinden alınan içme suyudur.

3.2. Karışım Oranları

Bu çalışma kapsamında yapılan deneylerde 4 farklı su/çimento oranı ve iki tip gradasyon kullanılarak standartlara uygun beton karışımları hesaplanmıştır. Ayrıca 0,37 ve 1,06 su/bağlayıcı oranına sahip uçucu kül katkılı betonların karışım oranları gösterilmiştir.

Su/çimento oranı 0,4 olan iyi gradasyonla hazırlanmış 1. Grup beton karışım oranları Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. 1. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,4)

Malzemeler	1 m^3 beton için DYK mik. (Kg)	1 m^3 için düzeltilmiş mik. (Kg)
Çimento	300	300
Su	120	125
16-31,5 mm agrega	539,280	535,888
8-16 mm agrega	419,440	416,802
4-8 mm agrega	305,592	303,670
2-4 mm agrega	199,733	198,477
1-2 mm agrega	149,800	148,858
0,5-1 mm agrega	143,808	142,381
0,25-0,5 mm agrega	139,813	138,426
0-0,25 mm agrega	99,867	98,876
Akışkanlaştırıcı	4,500	4,500
Yoğunluk = 2,41 t/m^3	Toplam Agrega = 1983,38	Toplam ağırlık = 2412,88
Dmax: 31,5 mm	Su / Çimento: 0,4	Hava oranı: %2,80

Su/çimento oranı 0,5 olan iyi gradasyonla hazırlanmış 1. Grup beton karışım oranları Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. 1. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,5)

Malzemeler	1 m^3 beton için DYK mik. (Kg)	1 m^3 için düzeltilmiş mik. (Kg)
Çimento	300	300
Su	150	163,475
16-31,5 mm agrega	520,717	517,441
8-16 mm agrega	405,002	402,454
4-8 mm agrega	295,073	293,217
2-4 mm agrega	192,858	191,645
1-2 mm agrega	144,643	143,734
0,5-1 mm agrega	138,858	137,480
0,25-0,5 mm agrega	135,001	133,661
0-0,25 mm agrega	96,429	95,472
Yoğunluk = 2,37 t/m^3	Toplam agrega = 1915,10	Toplam ağırlık = 2378,58
Dmax: 31,5 mm	Su / Çimento: 0,5	Hava oranı: %2,80

Su/çimento oranı 0,6 olan iyi gradasyonla hazırlanmış 1. Grup beton karışım oranları Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. 1. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,6)

Malzemeler	1 m^3 beton için DYK mik. (Kg)	1 m^3 için düzeltilmiş mik. (Kg)
Çimento	300	300
Su	180	192,919
16-31,5 mm agrega	499,222	496,082
8-16 mm agrega	388,284	385,841
4-8 mm agrega	282,892	281,113
2-4 mm agrega	184,897	183,734
1-2 mm agrega	138,673	137,801
0,5-1 mm agrega	133,126	131,805
0,25-0,5 mm agrega	129,428	128,144
0-0,25 mm agrega	92,449	91,531
Yoğunluk = 2,32 t/m^3	Toplam agrega = 1836,05	Toplam ağırlık = 2328,97
Dmax: 31,5 mm	Su / Çimento: 0,6	Hava oranı: %2,80

Su/çimento oranı 0,7 olan iyi gradasyonla hazırlanmış 1. Grup beton karışım oranları Çizelge 3.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. 1. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,7)

Malzemeler	1 m^3 beton için DYK mik. (Kg)	1 m^3 için düzeltilmiş mik. (Kg)
Çimento	300	300
Su	210	222,362
16-31,5 mm agrega	477,727	474,722
8-16 mm agrega	371,566	369,229
4-8 mm agrega	270,712	269,009
2-4 mm agrega	176,936	175,823
1-2 mm agrega	132,702	131,867
0,5-1 mm agrega	127,394	126,130
0,25-0,5 mm agrega	123,855	122,627
0-0,25 mm agrega	88,468	87,590
Yoğunluk = 2,27 t/m^3	Toplam agrega = 1756,99	Toplam ağırlık = 2279,36
Dmax: 31,5 mm	Su / Çimento: 0,7	Hava oranı: %2,80

Su/çimento oranı 0,4 olan kötü gradasyonla hazırlanmış 2. Grup beton karışım oranları Çizelge 3.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. 2. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,4)

Malzemeler	1 m^3 beton için DYK mik. (Kg)	1 m^3 için düzeltilmiş mik. (Kg)
Çimento	300	300
Su	120	136,52
16-31,5 mm agrega	181,005	179,866
8-16 mm agrega	301,675	299,777
4-8 mm agrega	0	0
2-4 mm agrega	0	0
1-2 mm agrega	462,568	459,658
0,5-1 mm agrega	261,451	258,858
0,25-0,5 mm agrega	402,223	398,243
0-0,25 mm agrega	402,223	398,243
Akışkanlaştırıcı	4,500	4,500
Yoğunluk = 2,43 t/m^3	Toplam Agrega = 2011,14	Toplam ağırlık = 2435,665
Dmax: 31,5 mm	Su / Çimento: 0,4	Hava oranı: %2,80

Su/çimento oranı 0,5 olan kötü gradasyonla hazırlanmış 2. Grup beton karışım oranları Çizelge 3.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. 2. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,5)

Malzemeler	1 m^3 beton için DYK mik. (Kg)	1 m^3 için düzeltilmiş mik. (Kg)
Çimento	300	300
Su	150	150,865
16-31,5 mm agrega	173,829	172,736
8-16 mm agrega	289,716	287,893
4-8 mm agrega	0	0
2-4 mm agrega	0	0
1-2 mm agrega	444,231	441,436
0,5-1 mm agrega	251,087	248,596
0,25-0,5 mm agrega	386,287	382,456
0-0,25 mm agrega	386,287	382,456
Akışkanlaştırıcı	2,25	2,250
Yoğunluk = 2,36 t/m^3	Toplam Agrega = 1931,44	Toplam ağırlık = 2368,69
Dmax: 31,5 mm	Su / Çimento: 0,5	Hava oranı: %2,80

Su/çimento oranı 0,6 olan kötü gradasyonla hazırlanmış 2. Grup beton karışım oranları Çizelge 3.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.14. 2. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,6)

Malzemeler	1 m^3 beton için DYK mik. (Kg)	1 m^3 için düzeltilmiş mik. (Kg)
Çimento	300	300
Su	180	195,21
16-31,5 mm agrega	166,654	165,606
8-16 mm agrega	277,756	276,009
4-8 mm agrega	0	0
2-4 mm agrega	0	0
1-2 mm agrega	425,893	423,214
0,5-1 mm agrega	240,722	238,334
0,25-0,5 mm agrega	370,342	366,668
0-0,25 mm agrega	370,342	366,668
Akışkanlaştırıcı	0	0
Yoğunluk = 2,33 t/m^3	Toplam Agrega = 1851,709	Toplam ağırlık = 2331,709
Dmax: 31,5 mm	Su / Çimento: 0,6	Hava oranı: %2,80

Su/çimento oranı 0,7 olan kötü gradasyonla hazırlanmış 2. Grup beton karışım oranları Çizelge 3.15'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. 2. Grup Beton Karışım Değerleri (S/Ç: 0,7)

Malzemeler	1 m^3 beton için DYK mik. (Kg)	1 m^3 için düzeltilmiş mik. (Kg)
Çimento	300	300
Su	210	224,555
16-31,5 mm agrega	159,478	158,475
8-16 mm agrega	265,797	264,125
4-8 mm agrega	0	0
2-4 mm agrega	0	0
1-2 mm agrega	407,556	404,992
0,5-1 mm agrega	230,358	228,072
0,25-0,5 mm agrega	354,396	350,881
0-0,25 mm agrega	354,396	350,881
Akışkanlaştırıcı	0	0
Yoğunluk = 2,28 t/m^3	Toplam Agrega = 1771,981	Toplam ağırlık = 2281,981
Dmax: 31,5 mm	Su / Çimento: 0,7	Hava oranı: %2,80

3. ve 4. Grup karışımlarda kullanılan, 0,37 su/bağlayıcı oranına sahip uçucu kül katkılı betonların karışım oranları Çizelge 3.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.16. 3. ve 4. Grup Beton Karışım Değerleri (S/B: 0,37)

Malzeme	Miktar (kg)	Özgül ağırlık (g/cm^3)	Hacim
Kırma kum (0-5mm)	796	2,60	306
Kırma kum (5-15mm)	388	2,66	146
Kırma kum (15-22,4mm)	496	2,68	185
Su	155	1,00	155
CEM II/A-P 52,5 N	420	3,13	134
Mineral katkı (Uçucu K.)	100	2,25	44,4
POLITON 730 K. K	8,32	1,06	7,85
TOPLAM	2363,32		978,25
Yoğunluk = 2,41 t/m^3	Dmax: 22,4 mm	Su/bağlayıcı: 0,37	Hava oranı: %2

5. ve 6. Grup karışımlarda kullanılan, 1,06 su/bağlayıcı oranına sahip uçucu kül katkılı betonların karışım oranları Çizelge 3.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17. 5. ve 6. Grup Beton Karışım Değerleri (S/B: 1,06)

Malzeme	Miktar (kg)	Özgül ağırlık (g/cm^3)	Hacim
Kırma kum (0-5mm)	996	2,60	383
Kırma kum (5-15mm)	182	2,66	68
Kırma kum (15-224,4mm)	503	2,68	188
Su	211	1,00	211
CEM II/A-S 42,5 R	159	3,13	51
Mineral katkı (Uçucu K.)	98	2,25	44
POLITON 730 K. K	0	1,06	0
TOPLAM	2149		945
Yoğunluk = 2,27 t/m^3	Dmax: 22,4 mm	Su/bağlayıcı: 1,06	Hava oranı: %2

3.3. Metot

3.3.1. Basınç Mukavemeti Tayini

Bu çalışmada farklı su/çimento oranı (0,4-0,5-0,6-0,7) ve iki değişik gradasyon tipi kullanılarak beton karışım hesapları yapılmıştır. Ayrıca iki farklı dayanıma sahip (C16-C50) mineral katkılı betonlar üretilerek, standart boyutlardaki küp ve silindir numuneler üzerinde basınç dayanımları test edilmiştir.

Beton basınç dayanımları bu numuneler üzerinde TS EN 12390-3 (2003)'e göre yapılan deneylerle bulunmuştur.

$\sigma = P/A$

Burada:

σ = basınç dayanımı

P = preste kırılma anında okunan en büyük yük

A= Numunenin basınç yükü uygulanan kesit alanı

Beton basınç dayanımında kullanılan numuneler TS Standardına uygun olarak hazırlanmıştır ve hazırlanan karışımlar, silindir ve küp numunelere dökülmüştür. Laboratuvar ortamında 24 saat bekletilen numuneler, kalıplardan alınarak sıcaklığı 20±2 °C olan kür havuzunda deneyin gerçekleştirileceği zamana kadar bekletilmiştir. Havuzdan çıkarılan numunelerin pürüzlü üst yüzeylerine kükürt başlık yapılarak yüzeyleri düzgün hale getirilmiştir.

Beton numuneye uygulanan gerilmenin uygulama hızı önemli bir etkendir. Uygulama hızı azaldıkça numune daha küçük bir gerilme altında kırılmaktadır. Yani düşük yükleme hızı uygulanan numunelerden elde edilen basınç dayanımı değeri yüksek yükleme hızı ile uygulanan basınç dayanımı değerinden daha düşüktür. Bu durum, yükün örnek üzerinde daha uzun süre kalması nedeniyle bir miktar sünme yapmasından kaynaklanmaktadır. (Erdoğan, 2003)

3.3.2. Çekme Dayanımı Tayini

Betonun çekme dayanımı, basınç dayanımının yaklaşık %10'u civarındadır ve direkt olarak çekme dayanımının belirlenmesi oldukça zordur. Bu nedenle, yarmada çekme dayanımı adı verilen yöntemle betonun çekme dayanımı pratik olarak bulunabilmektedir. Bu test yöntemi aşağıda açıklanmaktadır.

Bir beton numunesinin yarmada çekme dayanımı aşağıdaki formüller kullanılarak bulunur.



Şekil 3.7. Silindir Numune Yarma Testi



Şekil 3.8. Küp Numune Yarma Testi

Silindir numune test edilmiş ise:

$\sigma = 2P / \pi \times D \times L$

P: Uygulanan kırılma yükü

D: Numune çapı

L: Numune boyu

Küp numune test edilmiş ise:

$\sigma = 2P / \pi \times L^2$

P: Uygulanan kırılma yükü

L: Küp numune boyutu

3.3.3. Basınç Altında Su İşleme Derinliği Tayini

Su içerisinde kür uygunlaşmış sertleşmiş betonda, basınç altında su işleme (nüfuz etme) derinliğinin tayini için kullanılan deney yöntemidir. Basınçlı su, sertleşmiş beton yüzeyine uygulanır. Daha sonra numune, ortasından yarılarak su işleme derinliği, alın kısmından ölçülmek suretiyle belirlenir.

Numuneler 72 saat boyunca 500 KPa basınç altında test edilmektedir. 72 saat sonunda deney sonlandırılmakta ve silindir yarma deneyi uygulanarak suyun beton içerisinde ne kadar yükseldiği ölçülmektedir. Deney esnasında gerekli sızdırmazlık ekipmanı kullanılarak su sızıntısı engellenir. Deneyden önce beton numuneler üzerinde, basınca maruz kalacak yüzeyde pürüzlendirme işlemi yapılmaktadır. Şekil 3.9'da basınç altında su işleme cihazı gösterilmiştir.

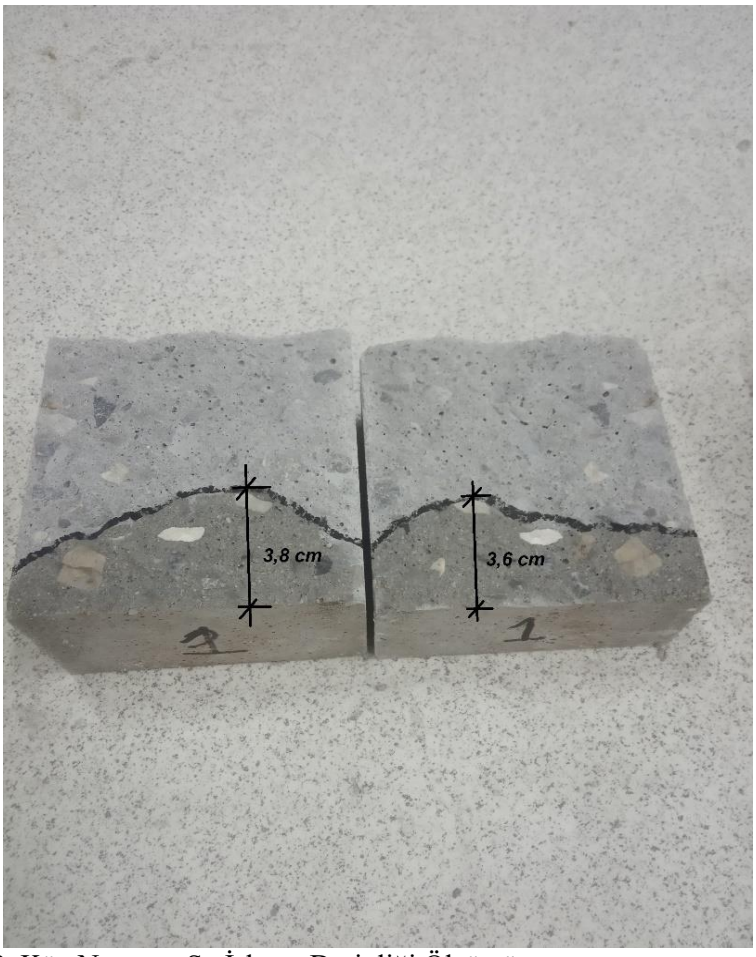


Şekil 3.9. Basınç Altında Su İşleme Test Cihazı

Yarma deneyi uygulanan numunelerde, hassas ölçüm cihazı yardımıyla maksimum su işleme derinlikleri ölçülür. Deneyler üç adet silindir ve üç adet küp

için yapılmaktadır. Deney sonucunda küp ve silindir arasındaki su işleme derinlikleri oranı farklı olduğu gözlemlenmiştir. Deney başlangıcından itibaren yüzeyde yükselmeye başlayan su yüksekliği 30 dakika ara ile kontrol edilerek işaretlemeler numune üzerinde yapılmıştır. Su yüksekliği numune üzerine ulaştığında deney sona erdirilmektedir.

Basınç altında su işleme derinliği deneyine tabi tutulan küp numunenin, yarma testi uygulandıktan sonraki su işleme derinliği ölçümü Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Küp Numune Su İşleme Derinliği Ölçümü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez kapsamında farklı su/bağlayıcı oranına sahip katkılı ve katkısız betonların basınç, yarma ve basınç altında su işleme derinliği deneyleri gerçekleştirilmiştir. Farklı karışım oranları hazırlanarak üretilen tüm betonlarda 28. günde standart basınç deneyi, 72 saat boyunca basınç altında su işleme derinliği deneyi ve yarma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ek olarak 5. ve 6. Grup numunelerde 7. Günde basınç ve su işleme derinliği deneyi gerçekleştirilmiştir.

4.1. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı, proje gereksinimlerinin ötesinde betonların sınıflandırılmasında kullanılan önemli bir parametredir. Bu çalışmada farklı su/çimento oranına sahip iyi, kötü ve uygun gradasyonla hazırlanmış mineral katkılı ve katkısız beton karışımların basınç dayanımları test edilmiştir. Çalışmada karışımlara ait basınç deneyleri silindir numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elastisite modülünü bulmak amacıyla silindir numunelerden komparatör yardımıyla ölçüm alınarak, gerilme-şekil değiştirme grafiği çizilmiş ve oradan elastisite modülü hesaplanmıştır. Silindir numunelerin üst yüzeyleri pürüzlü bir yüzeye sahip olduğu için numunelere kükürt başlık uygulanmıştır.

Tüm numunelerin basınç dayanımın tayini TS 12390-3 standardına uygun olarak yapılmıştır.



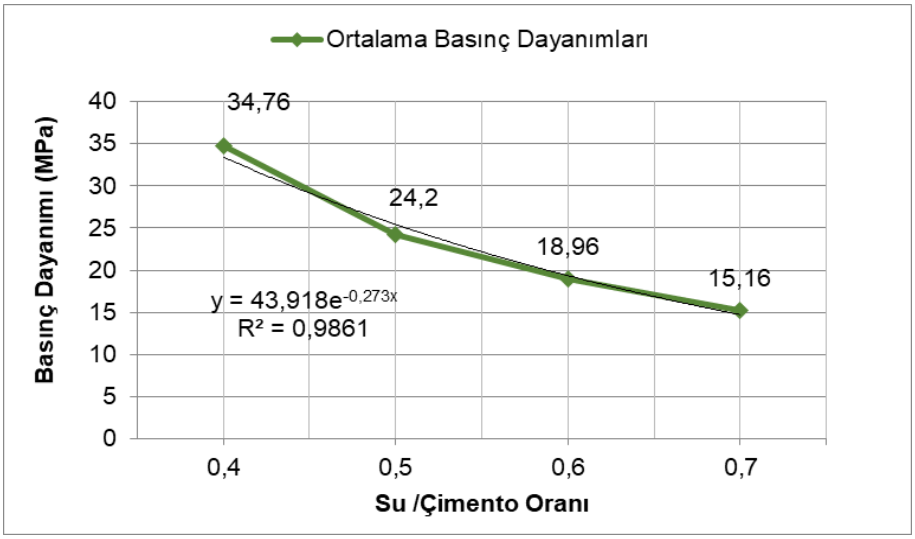
Şekil 4.1. Silindir Numunelerde Basınç Testi

4.1.1. 1. Grup Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Yapılan deneyler sonucunda iyi gradasyon ile hazırlanmış farklı su/çimento oranındaki 1. Grup numuneler için bulunan basınç değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. 1. Grup Farklı Su/Çimento Oranı Ortalama Basınç Değerleri

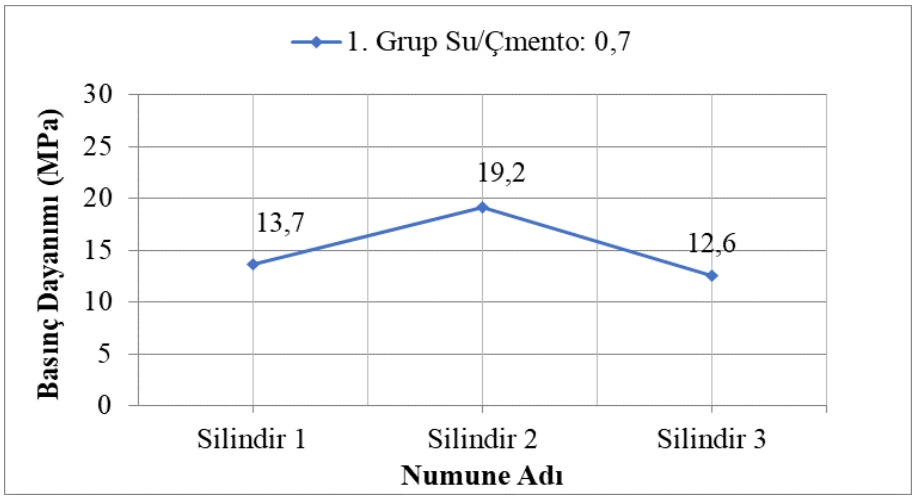
Su /Çimento	Ortalama basınç dayanımları (MPa)	Yoğunluk (gr/cm^3)
0,4	34,76	2,41
0,5	24,20	2,38
0,6	18,96	2,33
0,7	15,16	2,28



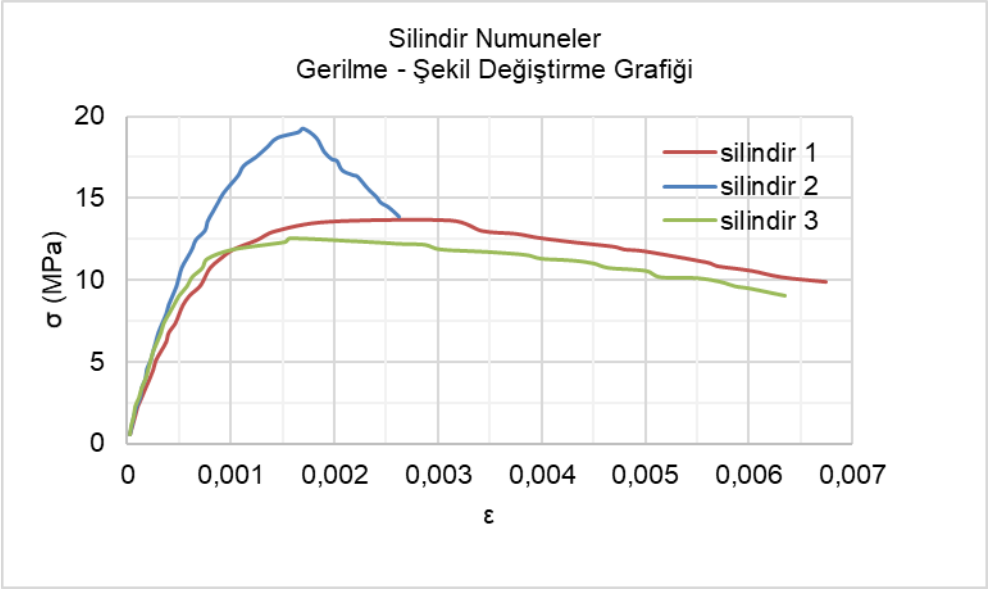
Şekil 4.2. 1. Grup Farklı Su/Çimento Oranına Sahip Betonların Ortalama Basınç Dayanımları

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2 incelendiğinde su/çimento oranının basınç dayanımını etkilediği görülmektedir. 28 gün sonra yapılan basınç deneylerinde en yüksek değer ortalama 34,76 MPa olarak su/çimento oranı 0,4 karışım tipinde görülmüştür. En düşük basınç dayanımı değeri su/çimento oranı 0,7 olan karışım tipinde ortalama 15,16 MPa olarak ölçülmüştür. Su/çimento oranının 0,4'ten 0,7'ye artması durumunda basınç dayanımı %56,4 oranında azalmıştır. Su/çimento oranı arttığında basınç dayanımı azalmaktadır.

Şekil 4.3, 1. Grup Su/çimento: 0,7 nolu karışımın ortalama basınç dayanımı değerlerini göstermektedir.

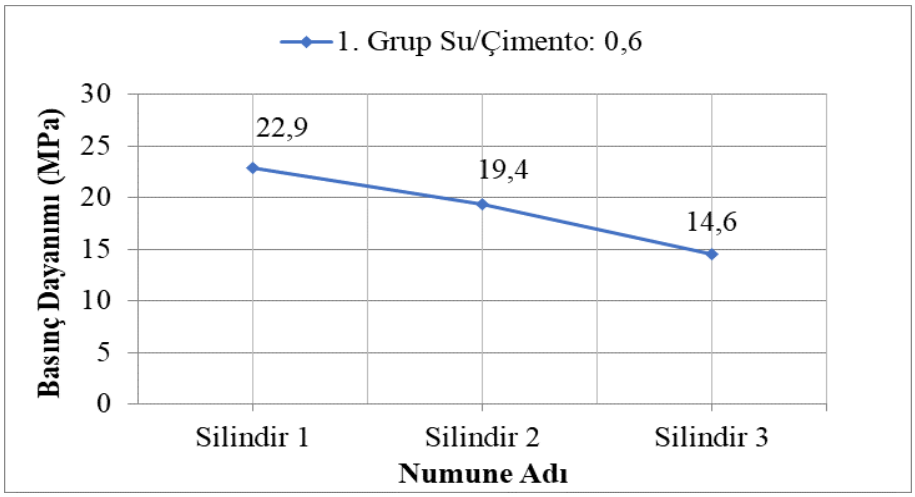


Şekil 4.3. 1. Grup Su/Çimento: 0,7 Karışım Basınç Değerleri

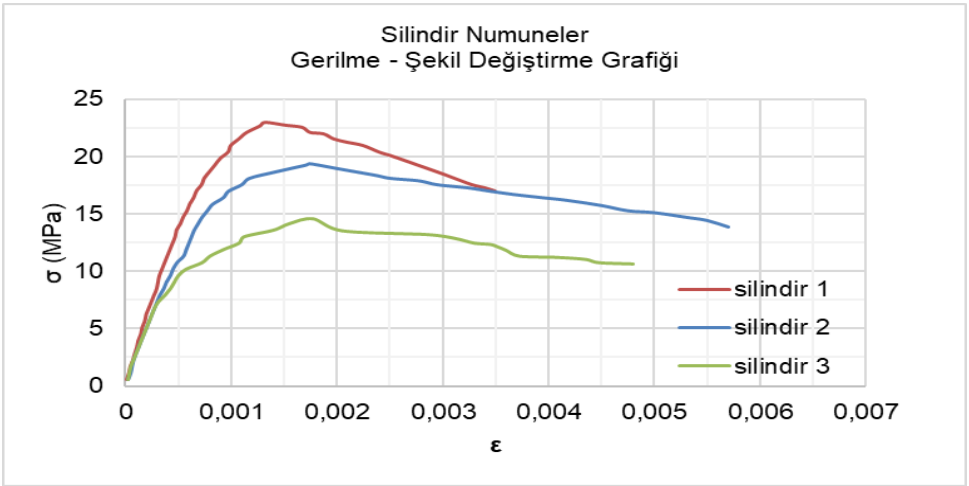


Şekil 4.4. 1. Grup Su/Çimento: 0,7 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

1.Grup Su/çimento oranı 0,7 nolu karışım incelendiğinde basınç dayanımları ortalama olarak 15,16 MPa olarak bulunmuştur. Fakat dayanımının düşük olmasının yanı sıra yüksek standart sapma değerlerine sahip olması bu betonda olumsuz bir özelliktir. Su/çimento oranının yüksek olması beton mukavemetinin kötü çıkmasındaki önemli bir parametredir.

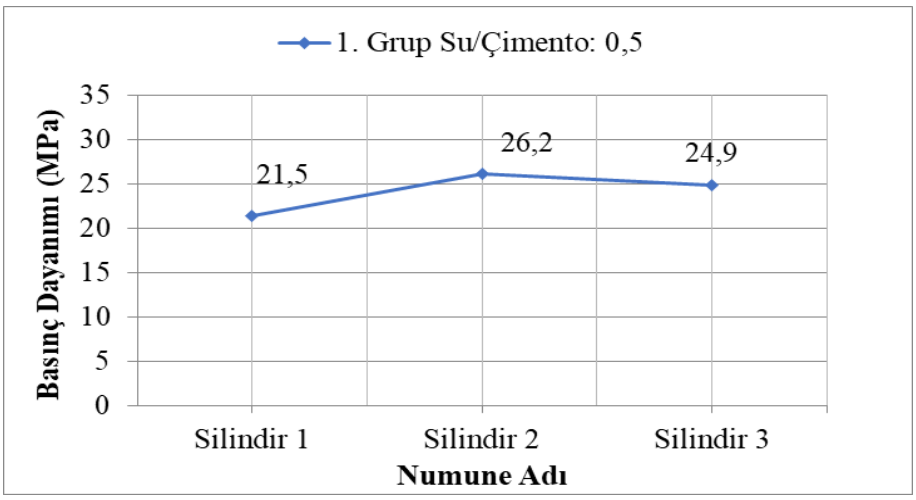


Şekil 4.5. 1. Grup Su/Çimento: 0,6 Karışım Basınç Değerleri

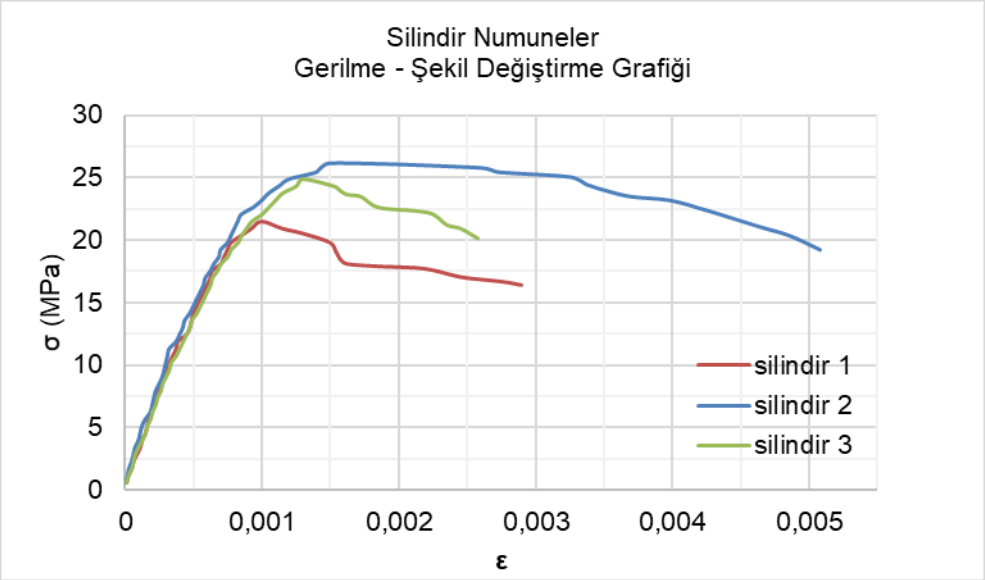


Şekil 4.6. 1. Grup Su/Çimento: 0,6 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 4.5'te su/çimento oranı 0,6 olan karışımın basınç deneyinden elde edilen ortalama değerler görülmektedir. Elde edilen dayanımlar üretilen betonun mukavemetinin düşük olduğunu göstermektedir. Bunun sebebi yüksek su/çimento oranının (S/Ç: 0,6) kullanılmasıdır. Fazla miktarda karışıma eklenen su, betonun mukavemetini olumsuz yönde etkilemiştir.

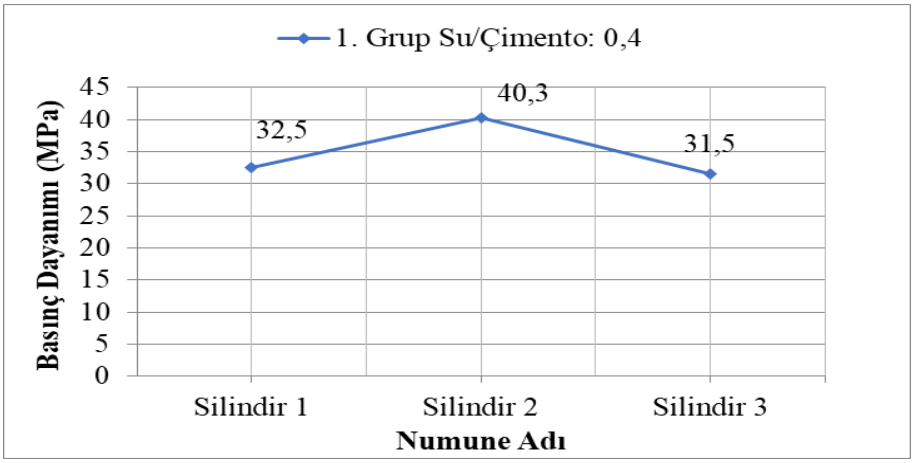


Şekil 4.7. 1. Grup Su/Çimento: 0,5 Karışım Basınç Değerleri

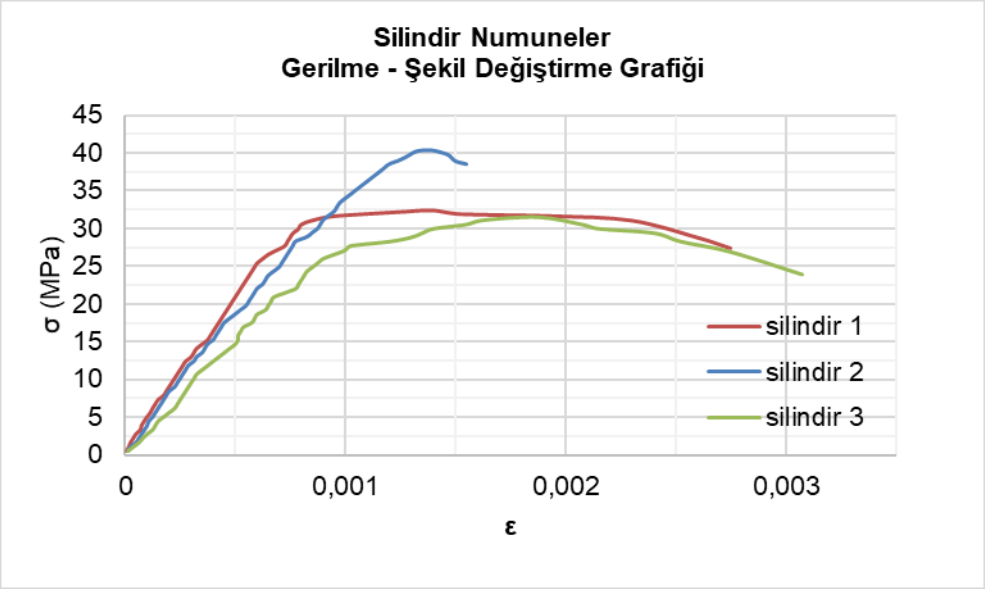


Şekil 4.8. 1. Grup Su/Çimento: 0,5 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 4.7 incelendiğinde basınç dayanımında önemli ölçüde artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi düşük su/çimento oranı kullanılmasıdır. Karışıma eklenen az karma suyu betonun mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir.



Şekil 4.9. 1. Grup Su/Çimento: 0,4 Karışım Basınç Değerleri

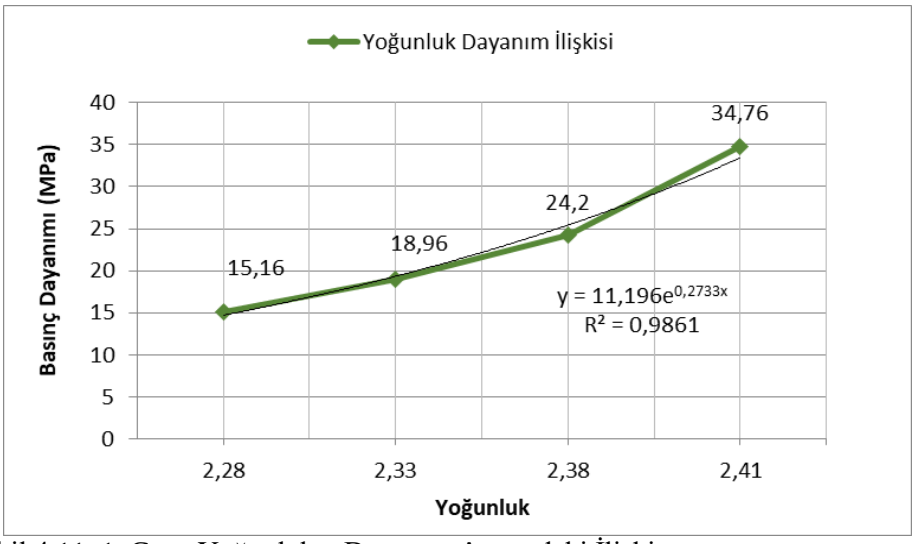


Şekil 4.10. 1. Grup Su/Çimento: 0,4 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 4.9 incelendiğinde en yüksek basınç mukavemeti bu karışımda gözlemlenmiştir. Su/çimento oranının düşük olması basınç mukavemetinin yüksek çıkmasının en önemli sebebidir. Düşük su/çimento oranında dökülen karışımda işlenebilirliği arttırmak için çimento miktarının %1,5 oranında süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Karışımda kullanılan az karıştırma suyu betonun birçok özelliğini olumlu yönde etkilemiştir.

Betonda su/çimento oranı azaltıldığında betonun basınç dayanımı artmaktadır. Şekil 4.10'da 0,40 su/çimento oranına sahip 1. Grup karışımda yüksek basınç değerlerine ulaştığı görülmektedir. Su /çimento oranı arttıkça betonun basınç dayanımında önemli derecede azalma olmaktadır. 1. Grup karışımda görüldüğü gibi su/çimento oranı 0,7 iken bu karışımın basınç dayanımı ortalama 15,16 MPa olarak ölçülmüştür. Bu değerler su/çimento oranı ile basınç dayanımı arasında ilişki olduğunu göstermektedir. Su/çimento oranı 0,5- 0,6- 0,7 olan karışımlarda işlenebilirliği arttırmak için sadece su kullanılmıştır. Bundan dolayı karışıma eklenen fazla su beton basınç mukavemetini önemli ölçüde azaltmıştır.

Şekil 4.11'de karışımların yoğunluk değerleri ve basınç dayanımı arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 4.11. 1. Grup Yoğunluk – Dayanım Arasındaki İlişki

Karışımlarda kullanılan beton yoğunlukları ve basınç dayanımları arasındaki ilişki Şekil 4.11'de verilmiştir. Yoğunluğu 2,41 t/m^3 olan 1. Grup su/çimento oranı 0,4 nolu karışım yüksek basınç değerlerine sahiptir. Yoğunluğu 2,28 t/m^3 olan 1.Grup su/çimento oranı 0,7 nolu karışımda ise beton mukavemeti oldukça düşük çıkmıştır. Yoğunluk değerinin 2,28 t/m^3'ten 2,41 t/m^3 artması durumunda basınç dayanımının %129 arttığı gözlemlenmiştir. Genel olarak betonun yoğunluğu azaldıkça basınç dayanımının da azalacağı, yoğunluk arttıkça ise basınç dayanımının da artacağı söylenebilir. Yukarıdaki grafik incelendiğinde yoğunluk ve basınç dayanımı arasında lineere yakın bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

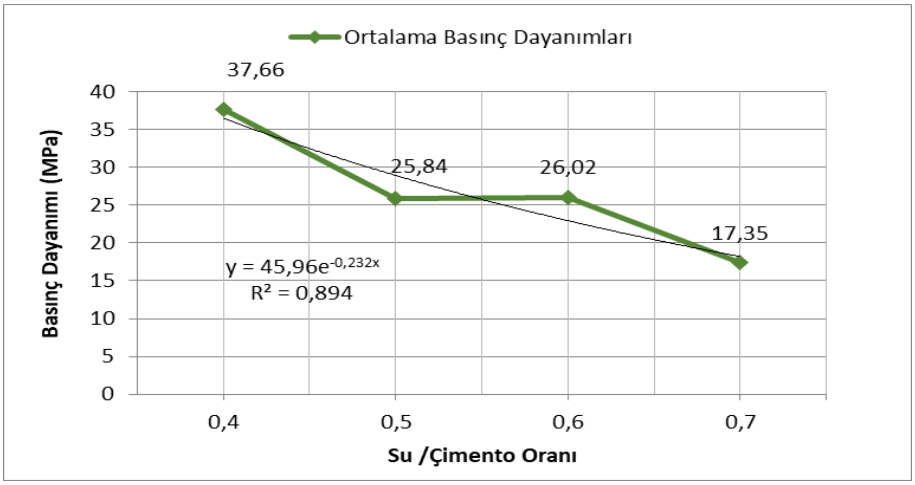
1. Grup karışımların gerilme-şekil değiştirme grafikleri, ortalama basınç değeri grafiklerinin altında gösterilmiştir. Gerilme-şekil değiştirme grafiği altında kalan alan, en fazla 1. Grup 0,4 nolu karışım gerilme-şekil değiştirme grafiğinde gözlenirken, en az tokluk 1. Grup 0,7 nolu karışım grafiğinde gözlenmiştir.

4.1.2. 2. Grup Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Yapılan deneyler sonucunda kötü gradasyon ile hazırlanmış farklı su/çimento oranındaki 2. Grup numuneler için bulunan basınç değerleri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. 2. Grup Farklı Su/Çimento Oranı Ortalama Basınç Değerleri

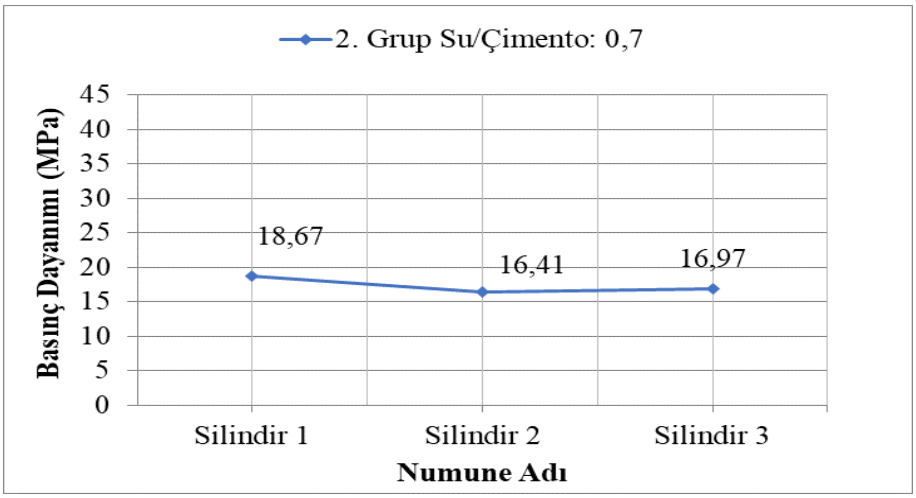
Su/ Çimento	Ortalama Basınç Dayanımları (MPa)	Yoğunluk (gr/cm^3)
0,4	37,66	2,435
0,5	25,84	2,368
0,6	26,02	2,331
0,7	17,35	2,281



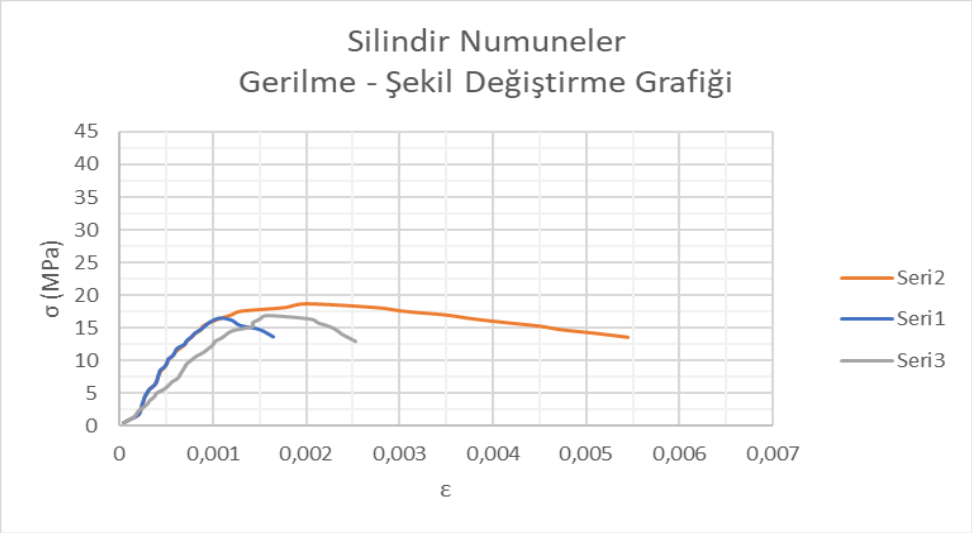
Şekil 4.12. 2. Grup Farklı Su/Çimento Oranına Sahip Betonların Ortalama Basınç Dayanımları

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.12 incelendiğinde su/çimento oranının basınç dayanımını etkilediği görülmektedir. 28 gün sonra yapılan basınç deneylerinde en yüksek değer ortalama 37,66 MPa olarak su/çimento oranı 0,4 karışım tipinde görülmüştür. En düşük basınç dayanımı değeri ise su/çimento oranı 0,7 olan karışım tipinde ortalama 17,35 MPa olarak ölçülmüştür. Su/çimento oranının 0,4'ten 0,7'ye artması durumunda basınç dayanımı %53,9 oranında azalmaktadır.

Şekil 4.13 İncelendiğinde 2. Grup Su/çimento: 0,7 nolu karışımın ortalama basınç dayanımı değerlerini göstermektedir.

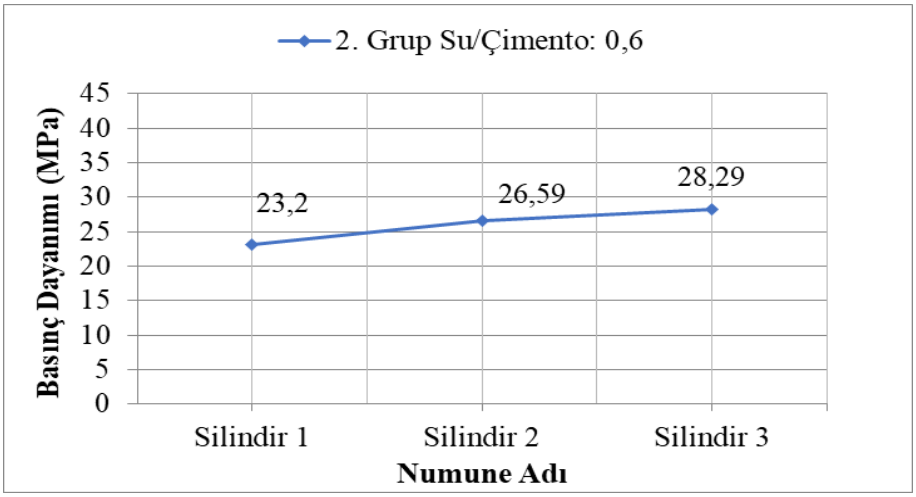


Şekil 4.13. 2. Grup Su/Çimento: 0,7 Karışım Basınç Değerleri

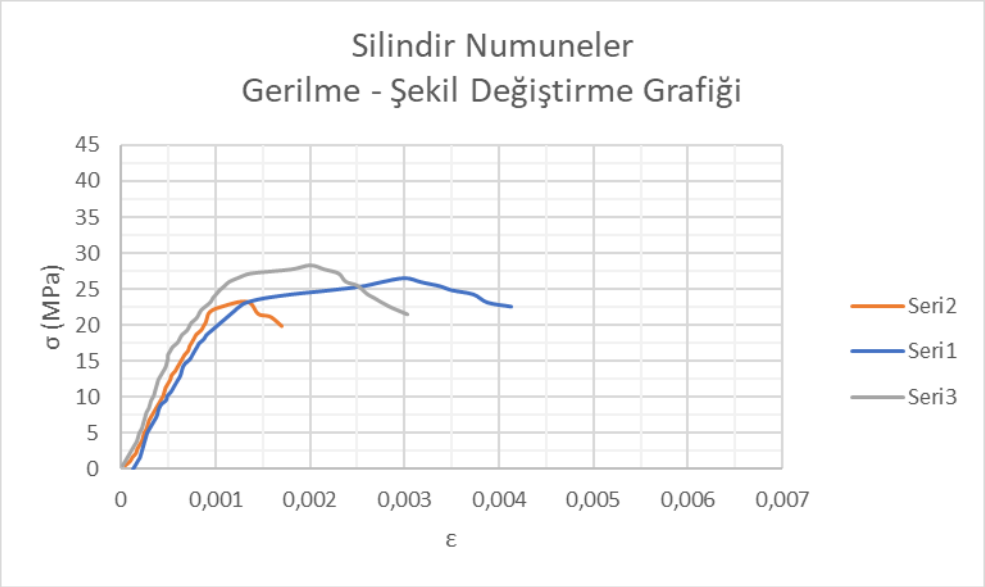


Şekil 4.14. 2. Grup Su/Çimento: 0,7 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

2. Grup su/çimento oranı 0,7 nolu karışım incelendiğinde basınç dayanımları ortalama olarak 17,35 MPa olarak bulunmuştur. Fakat dayanımının düşük olmasının yanı sıra düşük standart sapma değerlerine sahip olması bu betonun olumlu bir özelliğidir. Su/çimento oranının 0,7 olarak kullanılması, betonun mukavemetine olumsuz bir etki yapmıştır.

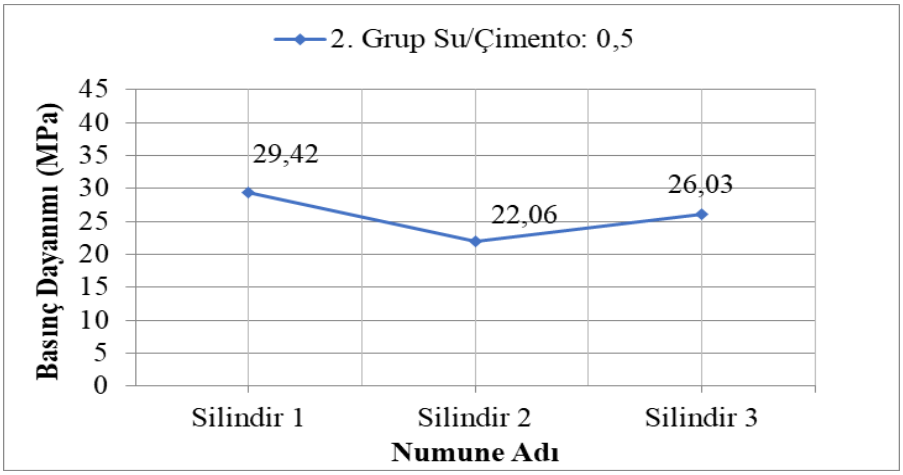


Şekil 4.15. 2. Grup Su/Çimento: 0,6 Karışım Basınç Değerleri

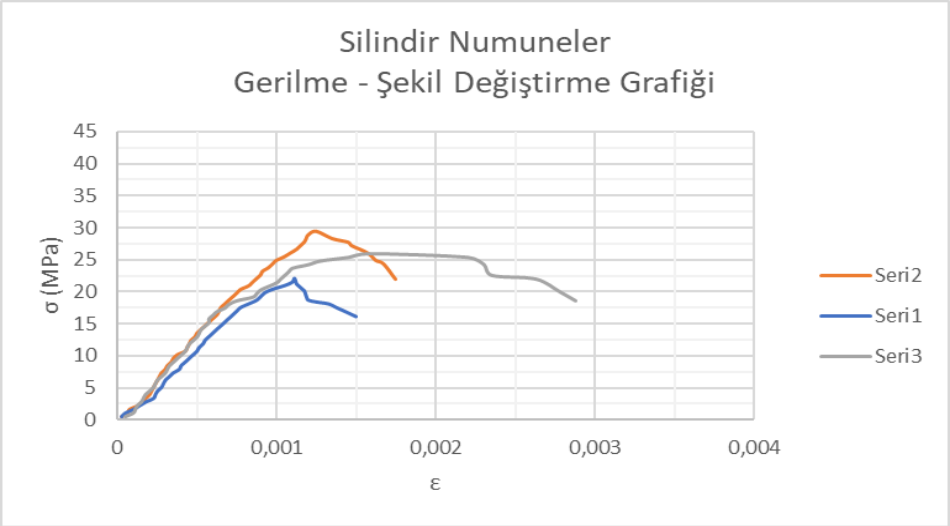


Şekil 4.16. 2. Grup Su/Çimento: 0,6 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 4.15 incelendiğinde su/çimento oranı 0,6 olan kötü gradasyonla hazırlanmış numunelerin basınç deneyinden elde edilen ortalama değerler görülmektedir. Elde edilen dayanımlar üretilen betonun mukavemetinin düşük olduğunu göstermektedir. Bunun sebebi yüksek su/çimento oranının kullanılmasıdır. Fazla miktarda karışıma eklenen su, betonun mukavemetini olumsuz yönde etkilemiştir.

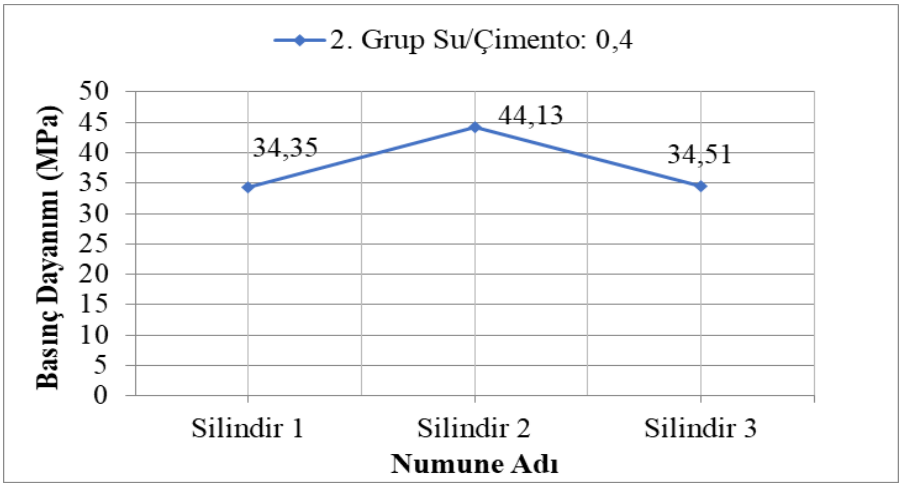


Şekil 4.17. 2. Grup Su/Çimento: 0,5 Karışım Basınç Değerleri

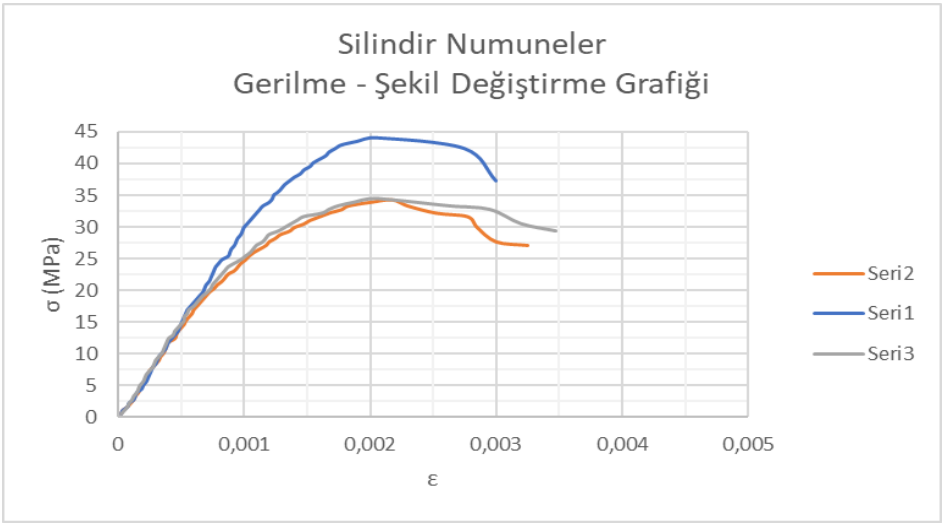


Şekil 4.18. 1. Grup Su/Çimento: 0,5 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 4.17 incelendiğinde basınç dayanımında önemli ölçüde artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi düşük su/çimento oranının giderek azalmasıdır. Ortalama basınç dayanımına bakıldığında beton türü C25 olarak söylenebilir.



Şekil 4.19. 2. Grup Su/Çimento: 0,4 Karışım Basınç Değerleri



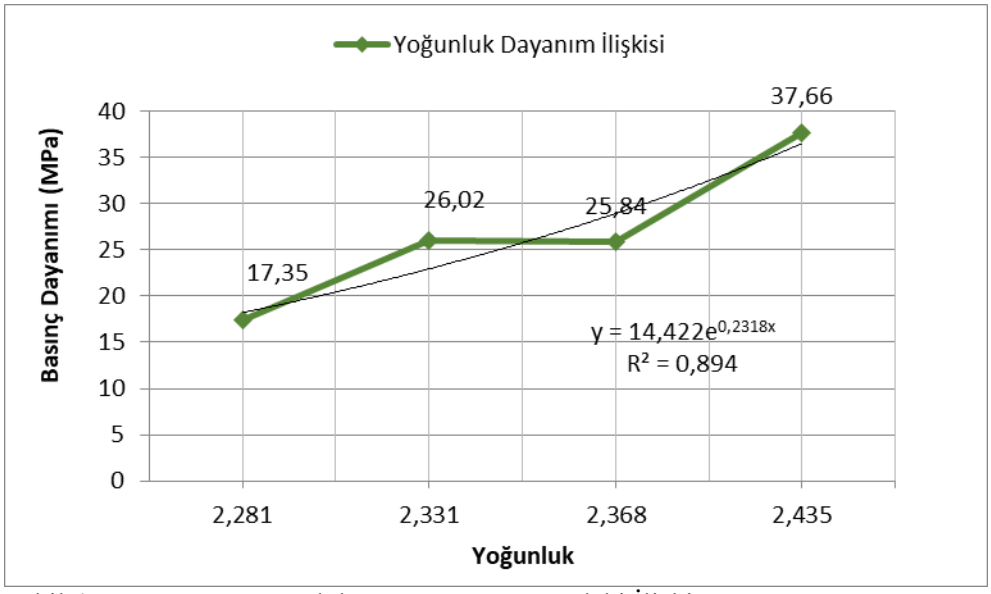
Şekil 4.20. 1. Grup Su/Çimento: 0,4 Karışım Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Şekil 4.19 incelendiğinde en yüksek basınç mukavemeti bu karışımda tespit edilmiştir. Su/çimento oranının düşük olması basınç mukavemetinin yüksek çıkmasında önemli sebeptir. Düşük su/çimento oranında dökülen karışımda işlene bilirliği arttırmak için çimento miktarının %1,5 oranında süper akışkanlaştırıcı

katkı kullanılmıştır. Karışımda kullanılan az karıştırma suyu betonun birçok özelliğini olumlu yönde etkilemiştir.

Su/çimento oranı arttıkça betonun basınç dayanımında önemli derecede azalma olmaktadır. 2. Grup karışımda görüldüğü gibi su/bağlayıcı oranı 0,7 iken bu karışımın basınç dayanımı ortalama 17,35 MPa olarak ölçülmüştür. Bu değerler su/çimento oranı ile basınç dayanımı arasında ilişki olduğunu göstermektedir. 2. Grup su/çimento oranı 0,4 ve 0,5 nolu karışımda işlenebilirliği arttırmak için süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılmıştır. Su/çimento oranı 0,6 ve 0,7 olan karışımlarda işlenebilirliği arttırmak için sadece su kullanılmıştır. Bundan dolayı karışıma eklenen fazla su beton basınç mukavemetini önemli ölçüde azaltmıştır.

Şekil 4.21'de karışımların yoğunluk değerleri ve basınç dayanımı arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 4.21. 2. Grup Yoğunluk – Dayanım Arasındaki İlişki

Karışımlarda kullanılan beton yoğunlukları ve basınç dayanımları arasındaki ilişki Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Yoğunluğu 2,43 t/m^3 olan 2. Grup 0,4

nolu karışım yüksek basınç değerlerine sahiptir. Yoğunluğu 2,28 t/m^3 olan 2.Grup 0,7 nolu karışımında ise beton mukavemeti oldukça düşük çıkmıştır. Yoğunluk değerinin 2,28 t/m^3'ten 2,43 t/m^3 artması durumunda basınç dayanımının %117,1 arttığı gözlemlenmiştir. Genel olarak betonun yoğunluğu arttıkça basınç dayanımının da artacağı söylenebilir.

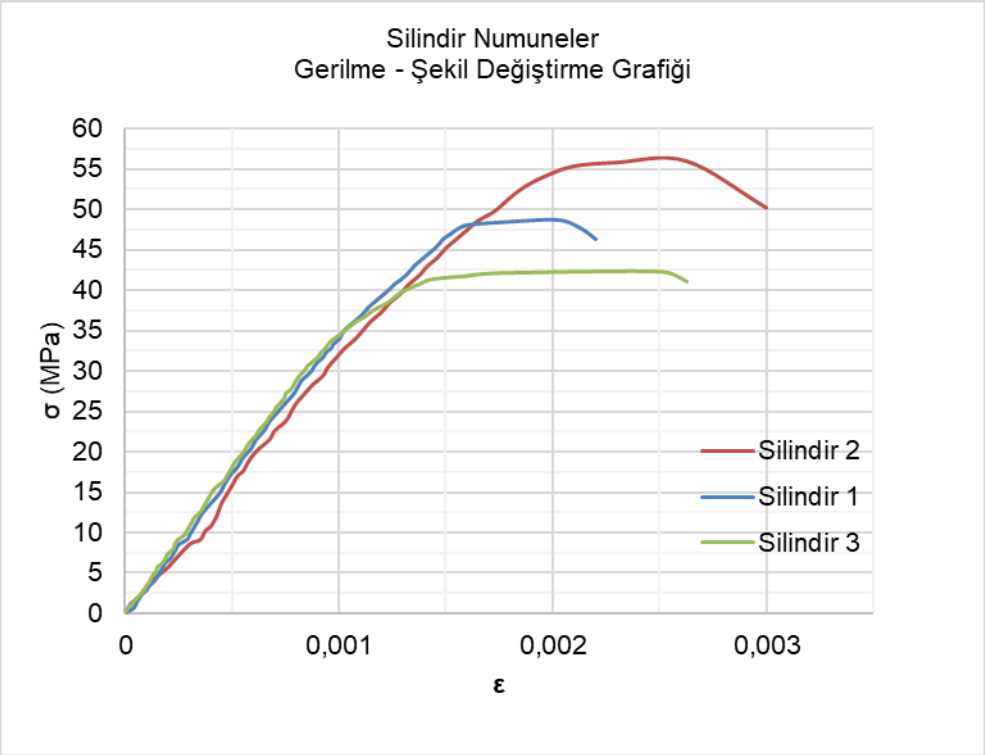
2. Grup karışımların gerilme-şekil değiştirme grafikleri, ortalama basınç değeri grafiklerinin altında gösterilmiştir. Gerilme-şekil değiştirme grafiği altında kalan alan malzemenin tokluğunu göstermektedir. En büyük tokluk değeri su/çimento oranı 0,4 olan numunede görülmüştür.

4.1.3. 3. Grup Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Yapılan deneyler sonucunda uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 3. Grup karışımdaki numuneler için 28. günde bulunan basınç değerleri Çizelge 4.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. 3.Grup Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri

Eleman	Su /Çimento	Basınç Dayanımları (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
3.Grup Silindir-1	0,37	48,70	28647
3.Grup Silindir-2	0,37	56,07	26700
3.Grup Silindir-3	0,37	42,27	30192



Şekil 4.22. 3. Grup Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.22 incelendiğinde su/çimento oranının basınç dayanımını etkilediği görülmektedir. Düşük miktarda ilave edilen karıştırma suyu betonun dayanımında önemli derecede arttırmıştır. 28 gün sonra yapılan basınç deneylerde en yüksek değer ortalama 56,07 MPa olarak 1. Silindir numunede görülmüştür. En düşük basınç dayanımı değeri ise 3. Silindir numunede ortalama 42,27 MPa olarak ölçülmüştür.

4.1.4. 4. Grup Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Yapılan deneyler sonucunda uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 4. Grup karışımdaki numuneler için 28. günde bulunan basınç değerleri Çizelge 4.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. 4. Grup Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri

Eleman	Su /Çimento	Basınç Dayanımları (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
4.Grup Silindir-1	0,37	48,10	30075
4.Grup Silindir-2	0,37	50,15	27108
4.Grup Silindir-3	0,37	44,63	33059



Şekil 4.23. 4. Grup Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

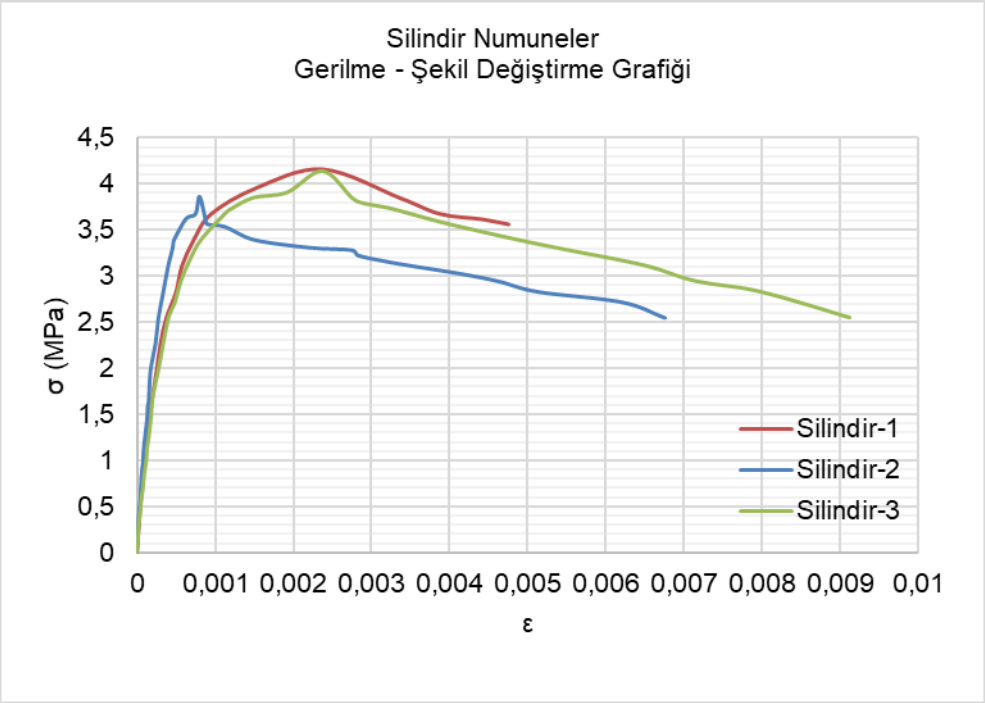
Çizelge 4.4 ve Şekil 4.23 incelendiğinde düşük su/çimento oranının kullanılması, basınç dayanımının yüksek çıkmasındaki en önemli etkendir. Yapılan basınç deneylerinde, en büyük basınç dayanımı 2. Silindir numunede 50,15 MPa olarak ölçülmüştür. En düşük basınç dayanımı ise 44,63 MPa olarak 3. Silindir numunede gözlemlenmiştir. Deneyi yapılan üç numune arasındaki standart sapmanın yüksek olması beton için olumsuz bir özelliktir.

4.1.5. 5. Grup 7 Günlük Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Yapılan deneyler sonucunda uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 5. Grup karışımdaki numuneler için 7. günde bulunan basınç değerleri Çizelge 4.5'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. 5. Grup 7 Günlük Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri

Eleman	Su /Çimento	Basınç Dayanımları (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
5.Grup Silindir-1	1,06	4,16	3700
5.Grup Silindir-2	1,06	3,86	4562
5.Grup Silindir-3	1,06	4,13	2600



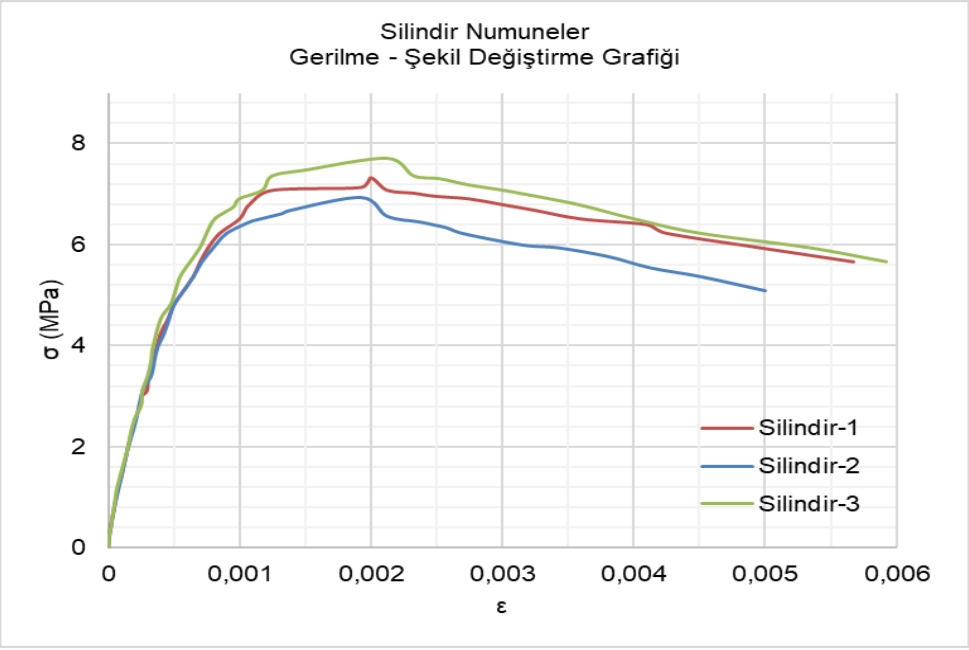
Şekil 4.24. 5. Grup 7 Günlük Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

4.1.6. 5. Grup 28 Günlük Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

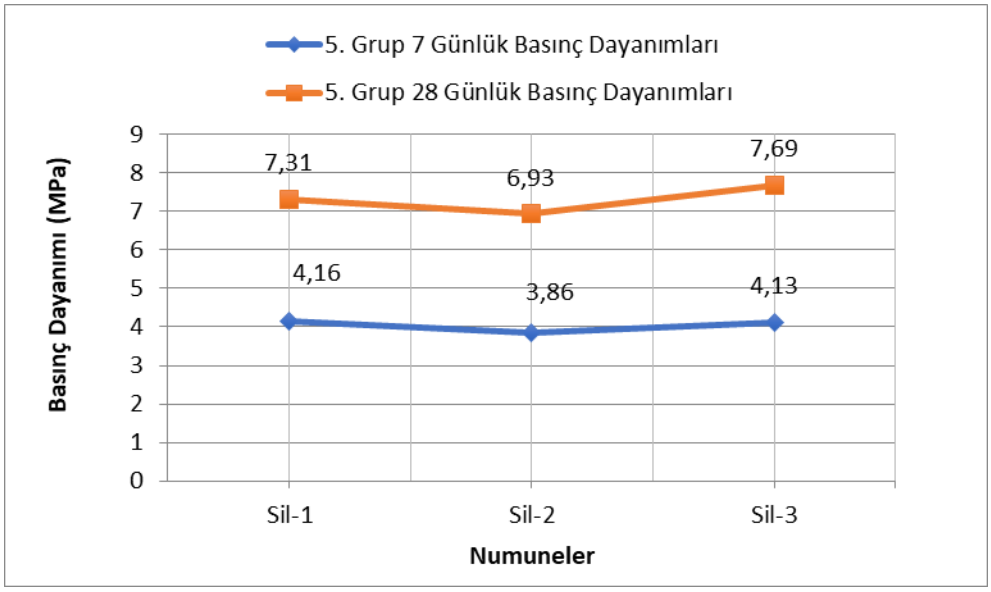
Yapılan deneyler sonucunda uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 5. Grup karışımdaki numuneler için 28. günde bulunan basınç değerleri Çizelge 4.6'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. 5.Grup 28 Günlük Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri

Eleman	Su /Çimento	Basınç Dayanımları (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
5.Grup Silindir-1	1,06	7,31	5840
5.Grup Silindir-2	1,06	6,93	5779
5.Grup Silindir-3	1,06	7,69	5923



Şekil 4.25. 5. Grup 28 Günlük Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği



Şekil 4.26. 5. Grup 7-28 Günlük Basınç Dayanımları Karşılaştırması

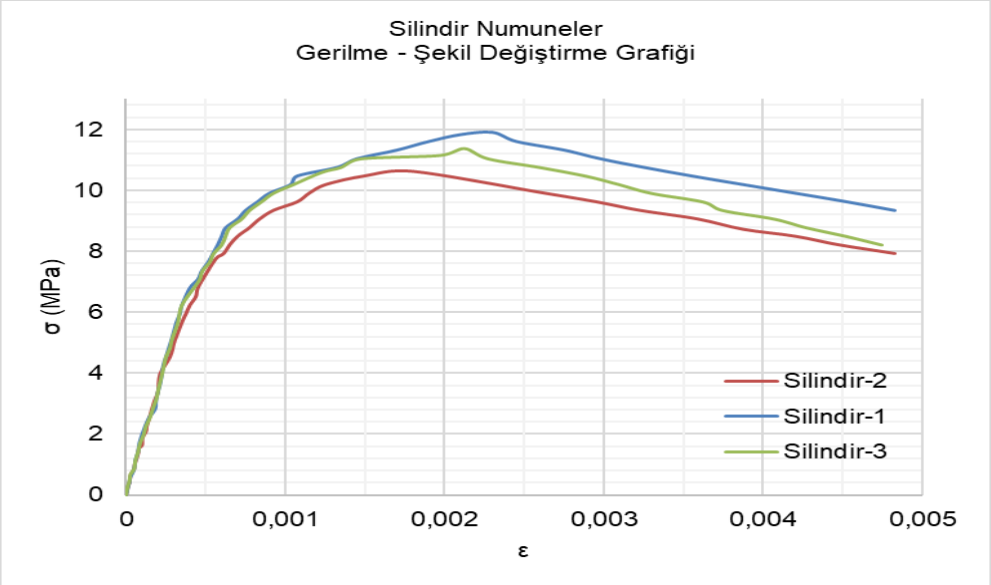
Şekil 4.26 incelendiğinde 28 günlük betonların dayanımlarının 7 günlük dayanımlarından daha fazla çıktığı görülmektedir. Yapılan deneylerde 7 günlük basınç dayanımın 28 günlük dayanımdan ortalama olarak %44 oranında az çıktığı görülmektedir. 5. Grup numunelerde 7 günlük basınç deneyinde en büyük basınç dayanımı 4,16 MPa olarak ölçülürken en düşük basınç dayanımı da 3,86 MPa olarak ölçülmüştür. 28 Günlük basınç deneyinde en büyük basınç dayanımı 7,69 MPa olarak ölçülürken en düşük basınç dayanımı 6,93 MPa olarak ölçülmüştür.

4.1.7. 6. Grup 7 Günlük Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Yapılan deneyler sonucunda uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 6. Grup karışımdaki numuneler için 7. günde bulunan basınç değerleri Çizelge 4.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. 6.Grup 7 Günlük Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri

Eleman	Su /Çimento	Basınç Dayanımları (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
6.Grup Silindir-1	1,06	10,61	10000
6.Grup Silindir-2	1,06	11,89	8562
6.Grup Silindir-3	1,06	11,36	10022



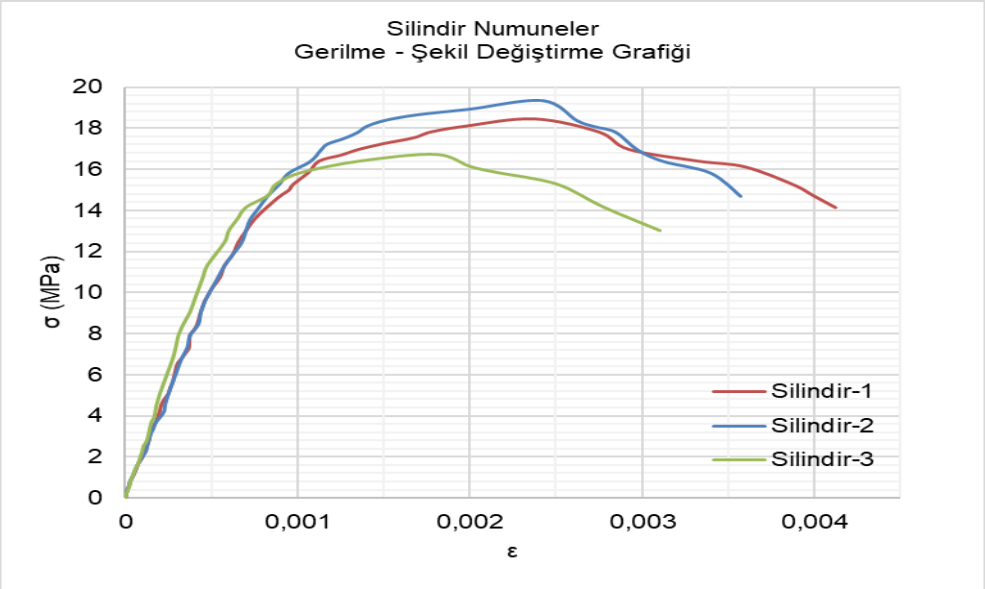
Şekil 4.27. 6. Grup 7 Günlük Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

4.1.8. 6. Grup 28 Günlük Basınç Dayanımı ve Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

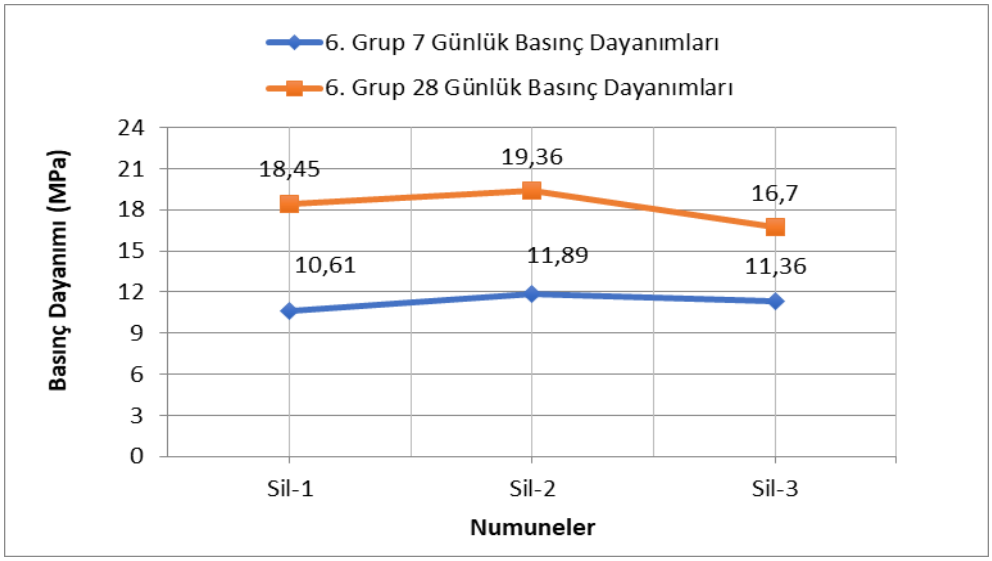
Yapılan deneyler sonucunda uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 6. Grup karışımdaki numuneler için 28. günde bulunan basınç değerleri Çizelge 4.8'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. 6. Grup 28 Günlük Silindir Basınç Dayanımları ve Elastisite Modülleri

Eleman	Su /Çimento	Basınç Dayanımları (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
6.Grup Silindir-1	1,06	18,45	14581
6.Grup Silindir-2	1,06	19,36	14264
6.Grup Silindir-3	1,06	16,70	16404



Şekil 4.28. 6. Grup 28 Günlük Silindir Numune Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği



Şekil 4.29. 5. Grup 7-28 Günlük Basınç Dayanımları Karşılaştırması

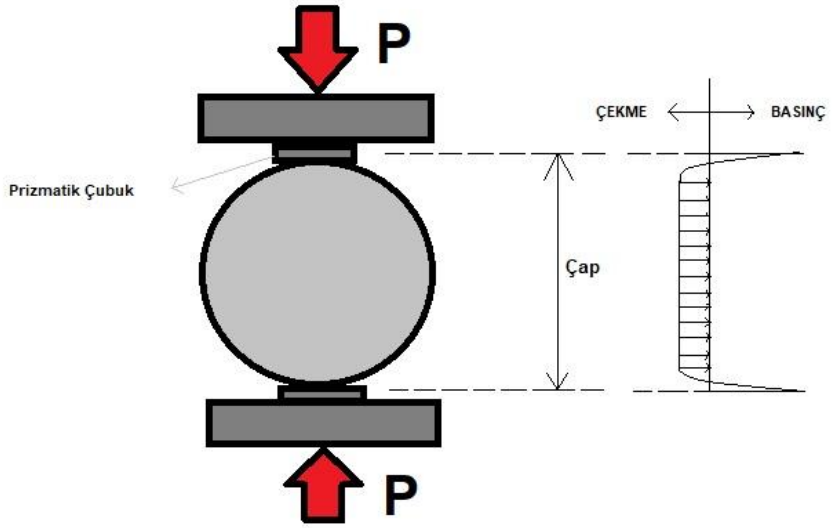
Şekil 4.29 incelendiğinde 28 günlük deneylerde elde edilen sonuçlar, 7 günlük deneylerde elde edilen sonuçlardan daha yüksek çıktığı görülmektedir. 7 günlük numunelerde en büyük dayanım 11,89 MPa olarak ölçülürken en düşük dayanım 10,61 MPa olarak ölçülmüştür. 28 günlük numunelerde en büyük basınç dayanımı 19,36 MPa olarak ölçülürken en düşük basınç dayanımı 16,70 MPa olarak ölçülmüştür. Yapılan deneylerde 7 günlük dayanımın 28 günlük dayanımdan ortalama olarak %37,7 oranında az çıktığı görülmektedir. Yapılan deneylerde beton, 0,37 su/çimento oranında yüksek basınç dayanımlarına ulaşırken 1,06 su/çimento oranında düşük basınç dayanımları ortaya çıkmıştır.

4.2. Yarmada Çekme Dayanımı

Betonun çekme mukavemeti basınç mukavemetine göre çok düşüktür. Betonun çekme dayanımı belirlemek için üç farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar

- Yarmada çekme dayanımı
- Eğilmede çekme dayanımı
- Doğrudan çekme dayanımı

Yapılan deneylerde betonun çekme mukavemetini belirlemek için silindir ve küp yarma deneyleri yapılmıştır.



Şekil 4.30. Silindir Yarma Deneyi Düzeneği

Bu deneyde, yatay olan presin başlıkları arasına yerleştirilen silindir ve küp beton örneklerin altına ve üstüne yerleştirilen plakalar yardımıyla dik yönde basınç yüklemesi uygulayarak deney gerçekleştirilir. Yükün arttırılmasıyla dolaylı olarak çekme gerilmeleri oluşur ve silindir veya küp numune ekseni boyunca yarılarak

kırılır. Yarmada çekme dayanımı deneyleri TS EN 12390-6 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



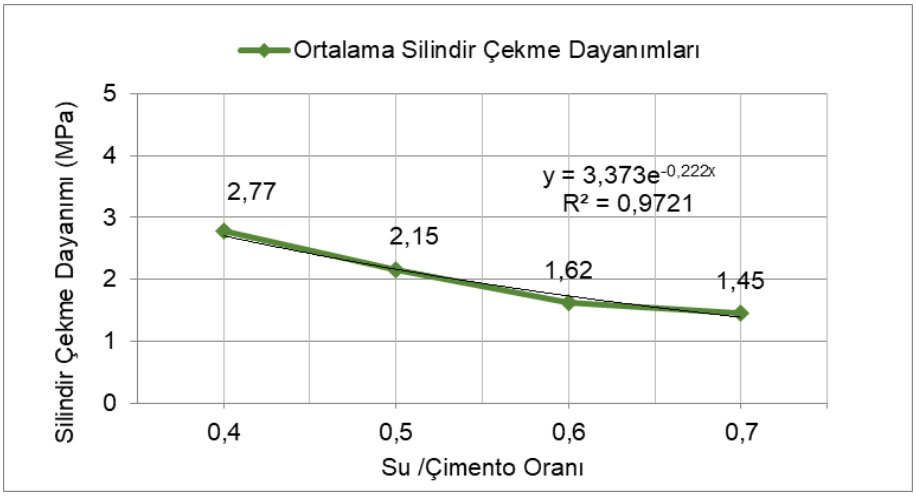
Şekil 4.31. Silindir ve Küp Numune Yarma Deneyi

4.2.1. 1. Grup Yarmada Çekme Dayanımı

İyi gradasyon ile hazırlanmış 4 farklı su/çimento oranındaki 1. Grup numuneler için 28. günde bulunan ortalama silindir yarma dayanımı değerleri Çizelge 4.9'da gösterilmektedir.

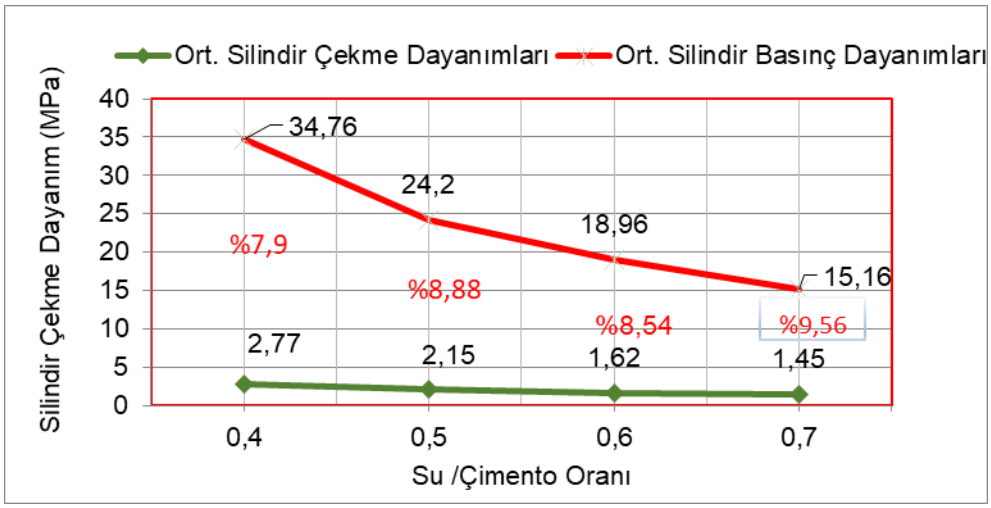
Çizelge 4.9. 1. Grup Ortalama Yarmada Çekme Dayanımı Değerleri

Su /Çimento	Yükleme hızı (kN/s)	Ortalama silindir çekme dayanımları (MPa)
0,4	3,5	2,77
0,5	3,5	2,15
0,6	3,5	1,62
0,7	3,5	1,45



Şekil 4.32. 1. Grup Farklı Su/Çimento Oranındaki Silindir Çekme Gerilmeleri

Şekil 4.32 incelendiğinde su/çimento oranı ile çekme dayanımı arasındaki ilişki olduğu görülmektedir. Su/çimento oranının 0,4'ten 0,7'ye artması durumunda yarmada çekme dayanımları %47,6 oranında azaldığı görülmektedir. Grafik incelendiğinde su/çimento oranı ve çekme dayanımı arasında lineere yakın bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.33. 1.Grup Çekme ve Basınç Gerilmeleri Karşılaştırması

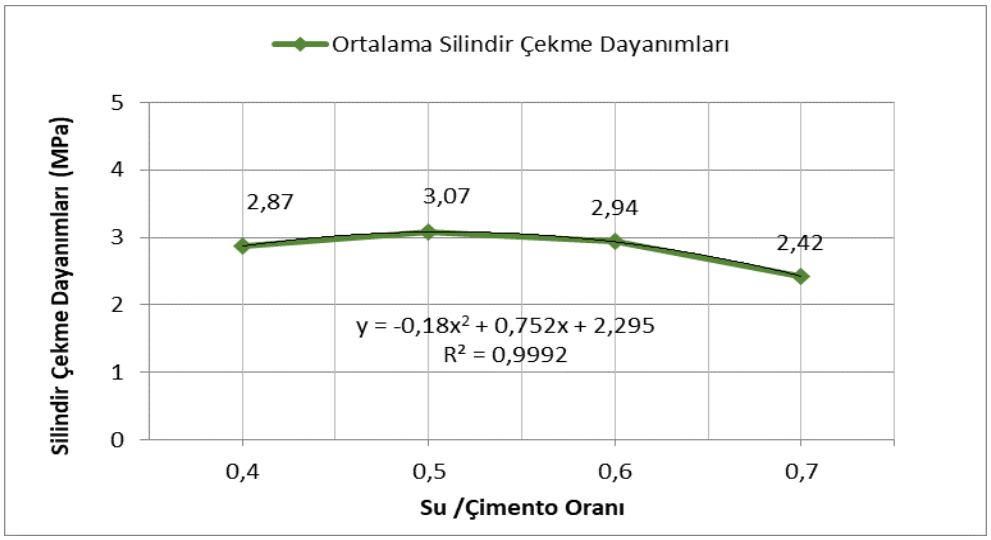
İyi gradasyon ile yapılan 1.Grup deneylerinde su/çimento oranı azaldıkça hem basınç hem de çekme dayanımında önemli bir artış olmuştur. En büyük su/çimento oranındaki çekme dayanımı, basınç dayanımının %9,56'sı bulunurken en küçük su/çimento oranındaki karışımda ise bu değer %7,9 olarak bulunmuştur.

4.2.2. 2. Grup Yarmada Çekme Dayanımı

Kötü gradasyon ile hazırlanmış 4 farklı su/çimento oranındaki 2. Grup numuneler için 28. günde bulunan ortalama silindir yarma dayanımı değerleri Çizelge 4.10'da gösterilmektedir.

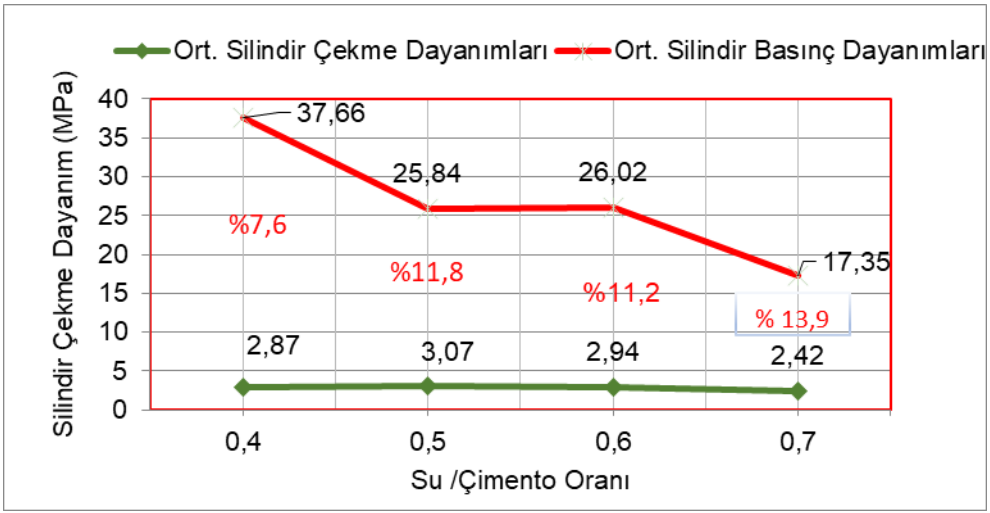
Çizelge 4.10. 2. Grup Ortalama Yarmada Çekme Dayanımı Değerleri

Su/ Çimento	Yükleme hızı (kN/s)	Ortalama Silindir Çekme Dayanımları (MPa)
0,4	3,5	2,87
0,5	3,5	3,07
0,6	3,5	2,94
0,7	3,5	2,42



Şekil 4.34. 2. Grup Farklı Su/Çimento Oranındaki Silindir Çekme Gerilmeleri

Şekil 4.34 incelendiğinde kötü gradasyon ile hazırlanmış 2. Grup karışımların ortalama çekme dayanımları grafikte gösterilmiştir. Yapılan silindir yarma deneylerinde en büyük yarma dayanımı değeri su/çimento oranı 0,5 nolu numunede 3,07 MPa olarak bulunurken en küçük yarma dayanımı değeri ise su/çimento oranı 0,7 nolu numunede 2,42 MPa olarak bulunmuştur.



Şekil 4.35. 2. Grup Çekme ve Basınç Gerilmeleri Karşılaştırması

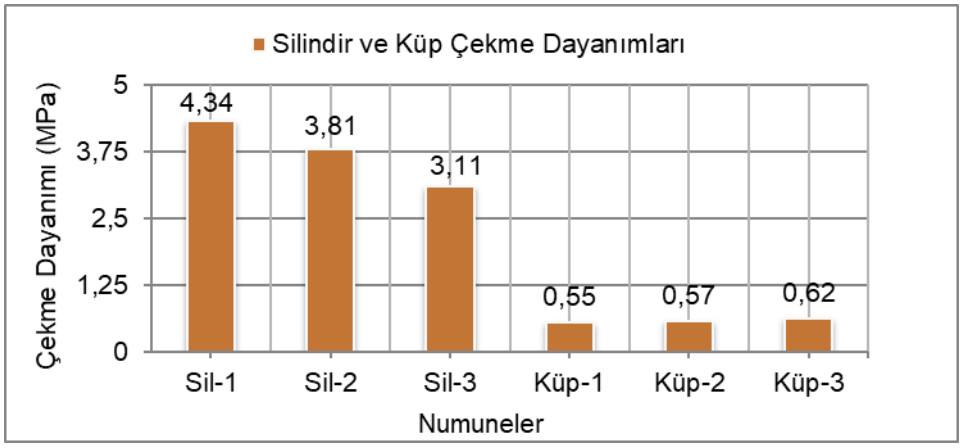
Şekil 4.35 incelendiğinde yapılan basınç ve yarma deneyleri arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Deneylerde yarma değerleri arasında. Su/çimento oranı 0,5 ve 0,6 olan karışımlarda ortalama olarak aynı basınç dayanımı değerleri bulunmuştur. Grafikte betonun su/çimento oranı azalırken, basınç ve çekme gerilmeleri arasındaki oranında azaldığı görülmektedir. Su/çimento oranı 0,4 nolu karışımda çekme dayanımı, basınç dayanımının %7,62'sı bulunurken, su/çimento oranı 0,7 nolu karışımda bu değer %13,9 bulunmuştur.

4.2.3. 3. Grup Yarmada Çekme Dayanımı

Yapılan deneyler sonucunda uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 3. Grup numuneler için 28. günde bulunan silindir ve küp yarma dayanımı değerleri çizelge 4.11'de gösterilmektedir.

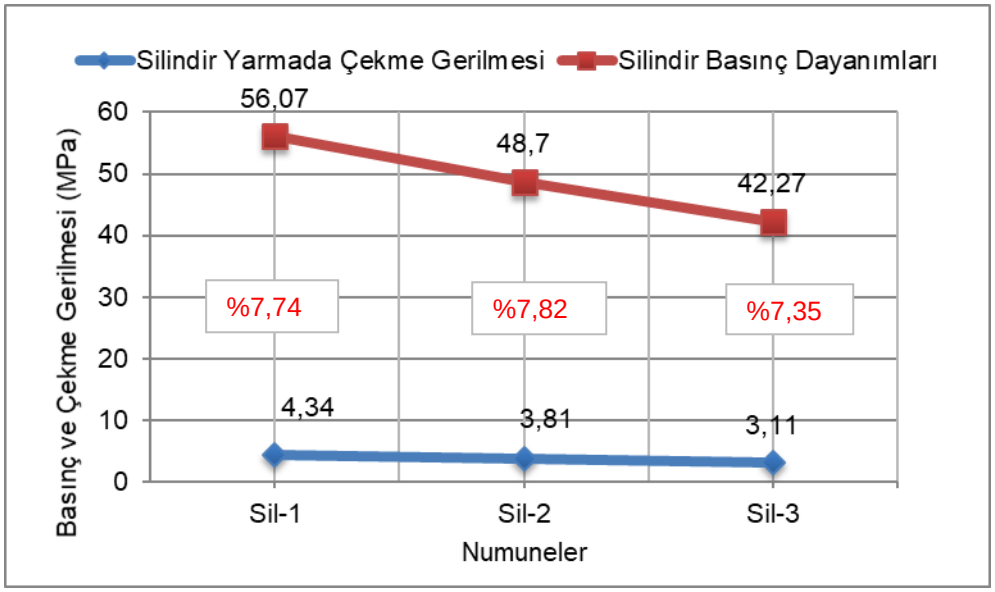
Çizelge 4.11. 3. Grup Yarmada Çekme Gerilmeleri

Eleman	Yükleme Hızı (kN/s)	Çekme gerilmesi (MPa)
Silindir-1	3,50	4,34
Silindir-2	3,50	3,81
Silindir-3	3,50	3,11
Küp-1	3,50	0,55
Küp-2	3,50	0,57
Küp-3	3,50	0,62



Şekil 4.36. 3.Grup Çekme Gerilmeleri

Yapılan deneylerde mineral katkılı olarak hazırlanmış karışımın çekme dayanımı değerleri Şekil 4.36'da gösterilmiştir. Küp numunelerden elde edilen çekme gerilmeleri, silindir numunenin çekme gerilmelerinden düşük çıkmıştır. Bu durum küp ve silindir arasındaki şekil farklılığı ile açıklanabilir. Yapılan deneylerde betonun çekme gerilmesi, basınç gerilmesinin %7,63'ü olarak bulunmuştur.



Şekil 4.37. 3.Grup Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı

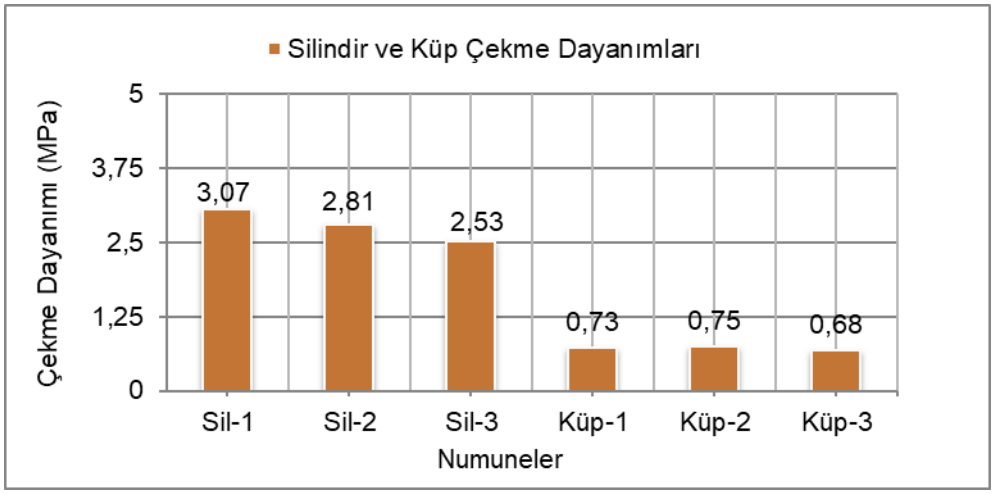
Şekil 4.37 incelendiğinde basınç ve çekme gerilmeleri arasında belirli bir oran olduğunu göstermektedir. Yapılan deneyde 1.Silindir numunede çekme gerilmeleri, basınç gerilmesinin %7,74'i; 2.Silindir numunede %7,82'si ve 3.Silindir numunede bu oran %7,35 olarak hesaplanmıştır.

4.2.4. 4. Grup Yarmada Çekme Dayanımı

Uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 4. Grup numuneler için 28. günde bulunan silindir ve küp yarma dayanımı değerleri Çizelge 4.12'de gösterilmektedir.

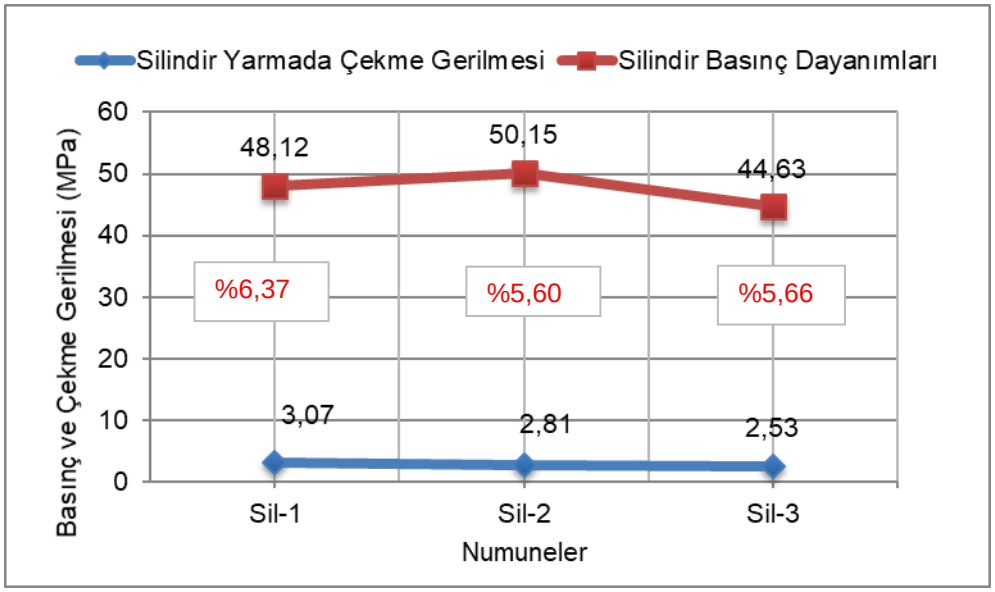
Çizelge 4.12. 4. Grup Silindir ve Küp Çekme Dayanımları

Eleman	Yükleme Hızı (kN/s)	Çekme gerilmesi (MPa)
Silindir-1	3,50	3,07
Silindir-2	3,50	2,81
Silindir-3	3,50	2,53
Küp-1	3,50	0,73
Küp-2	3,50	0,75
Küp-3	3,50	0,68



Şekil 4.38. 4. Grup Çekme Gerilmeleri

Şekil 4.38 incelendiğinde 4. Grup çekme gerilmeleri biraz düşük çıkmıştır. 3 adet silindir ve küp ile yapılan deneylerde Şekil 4.39'da basınç ve çekme gerilemeleri arasındaki oran gösterilmiştir.



Şekil 4.39. 4.Grup Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı

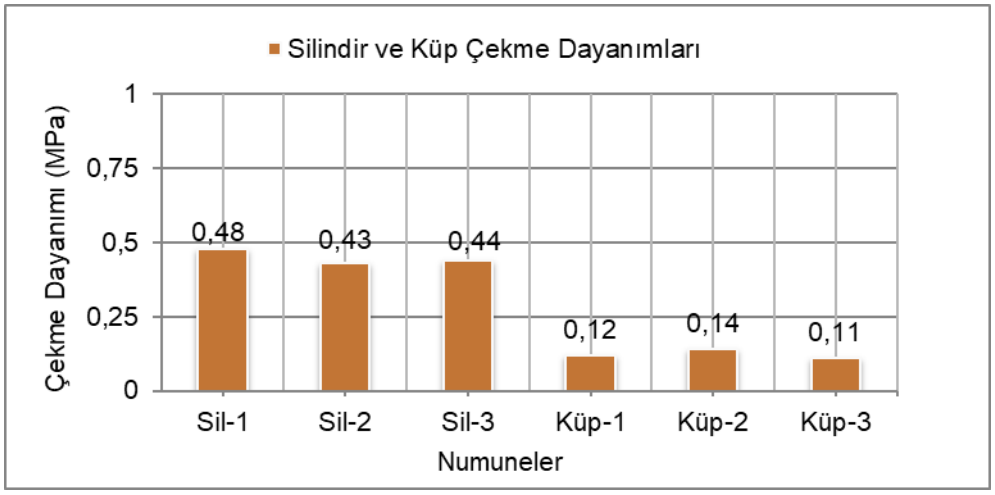
Şekil 4.39 incelendiğinde basınç ve çekme gerilmeleri arasındaki oran düşük olduğu tespit edilmiştir. 1. Silindir numunede çekme gerilmesi, basınç gerilmesinin %6,37'si, 2. Silindir numunede %5,60 ve 3. Silindir numunede ise bu oran %5,66 olarak bulunmuştur.

4.2.5. 5. Grup Yarmada Çekme Dayanımı

Uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 5. Grup numuneler için 7. günde bulunan silindir ve küp yarma dayanımı değerleri Çizelge 4.13'de gösterilmektedir.

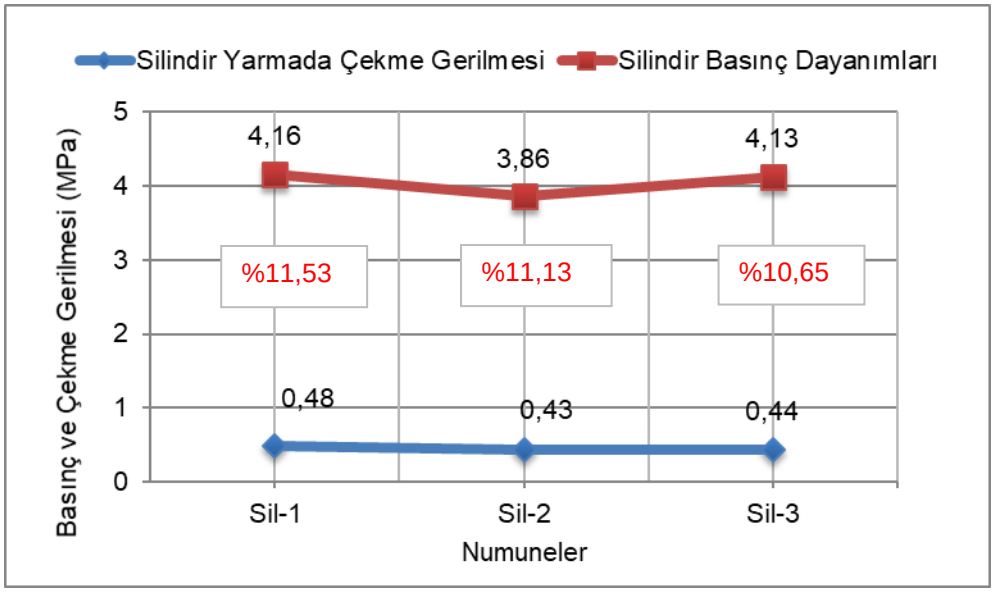
Çizelge 4.13. 5. Grup 7 Günlük Silindir ve Küp Çekme Dayanımları

Eleman	Yükleme Hızı (kN/s)	Çekme gerilmesi (MPa)
Silindir-1	3,50	0,48
Silindir-2	3,50	0,43
Silindir-3	3,50	0,44
Küp-1	3,50	0,12
Küp-2	3,50	0,14
Küp-3	3,50	0,11



Şekil 4.40. 5. Grup 7 Günlük Çekme Gerilmeleri

Şekil 4.40 incelendiğinde üretilen betonun çekme gerilmelerinin çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, karışımda yüksek su/çimento oranı kullanılması ve numunelerin 7. günde deneye tabi tutulması olarak açıklanabilir. Betonda su/çimento oranı arttıkça hem basınç hem de çekme dayanımında önemli derecede azalma görülmektedir.



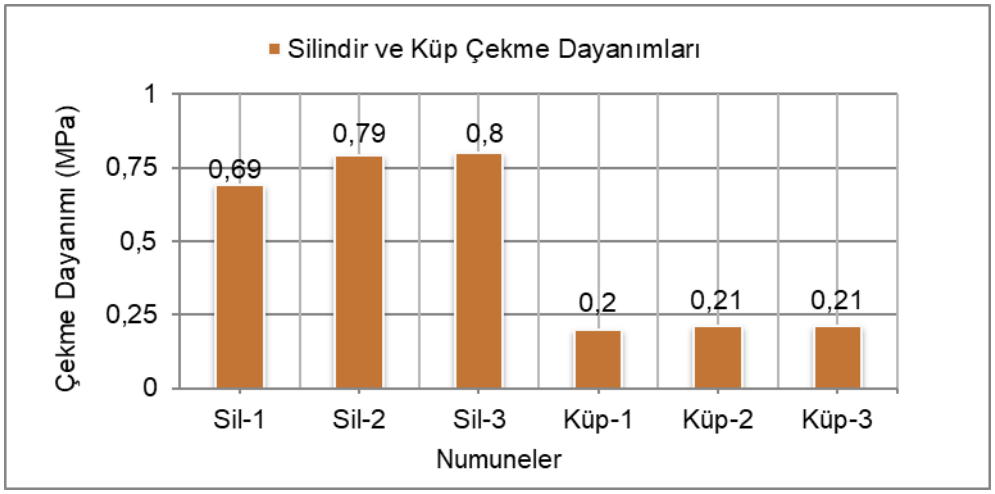
Şekil 4 41. 5.Grup 7 Günlük Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı

Şekil 4.41 incelendiğinde beton dayanımında bir düşüş gözlendiği zaman basınç çekme gerilmeleri arasındaki oranın büyüdüğü gözlemlenmiştir. 1. Silindirde çekme gerilmesi, basınç dayanımının %11,53, 2. Silindirde %11,13 ve 3. Silindirde ise %10,65 olduğu bulunmuştur.

Uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 5. Grup numuneler için 28. günde bulunan silindir ve küp yarma dayanımı değerleri Çizelge 4.14'de gösterilmektedir.

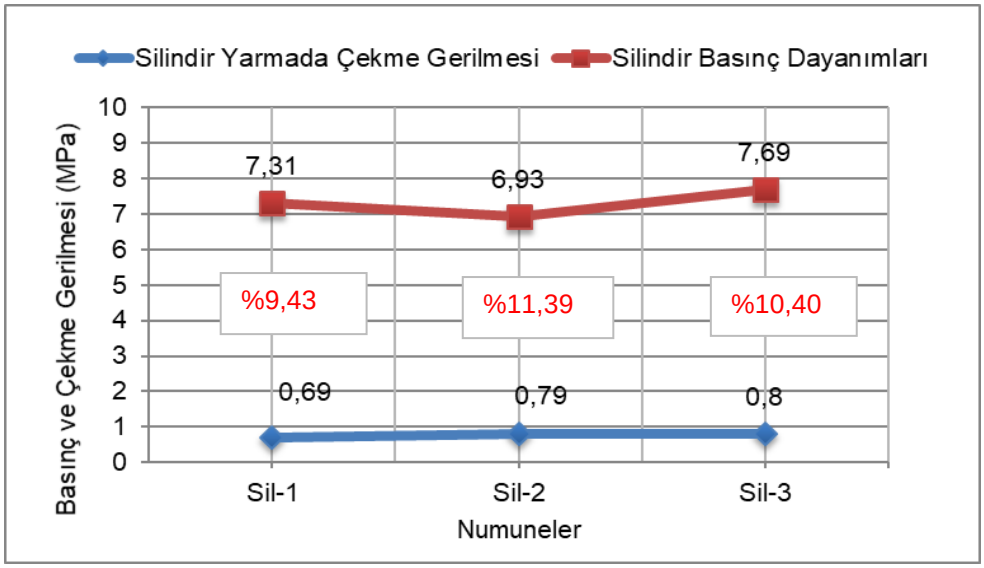
Çizelge 4.14. 5. Grup 28 Günlük Silindir ve Küp Çekme Dayanımları

Eleman	Yükleme Hızı (kN/s)	Çekme gerilmesi (MPa)
Silindir-1	3,50	0,69
Silindir-2	3,50	0,79
Silindir-3	3,50	0,80
Küp-1	3,50	0,20
Küp-2	3,50	0,21
Küp-3	3,50	0,21



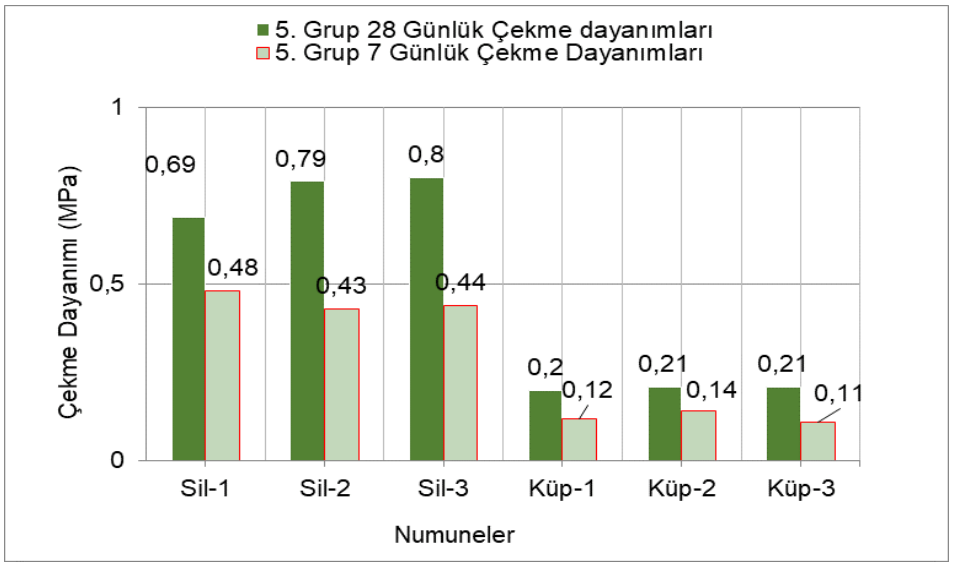
Şekil 4.42. 5. Grup 28 Günlük Çekme Gerilmeleri

Şekil 4.42 incelendiğinde bulunan çekme oldukça düşüktür. 1. Silindir numunede çekme dayanımı 0,69 MPa, 2. Silindir numunede çekme dayanımı 0,79 MPa ve 3. Silindir numunede betonun çekme dayanımı 0,80 MPa olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.43. 5.Grup 28 Günlük Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı

Şekil 4.43 incelendiğinde çekme gerilmeleri, betonun basınç dayanımının yaklaşık olarak %10 oranlarında çıkmıştır. 1. Silindir numunede çekme gerilmesi, basınç gerilmesinin %9,43'ü, 2. Silindir numunede %11,39 ve 3. Silindir numunede ise bu oran %10,40 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.44. 5.Grup 7 ve 28 Günlük Çekme Gerilmeleri Karşılaştırması

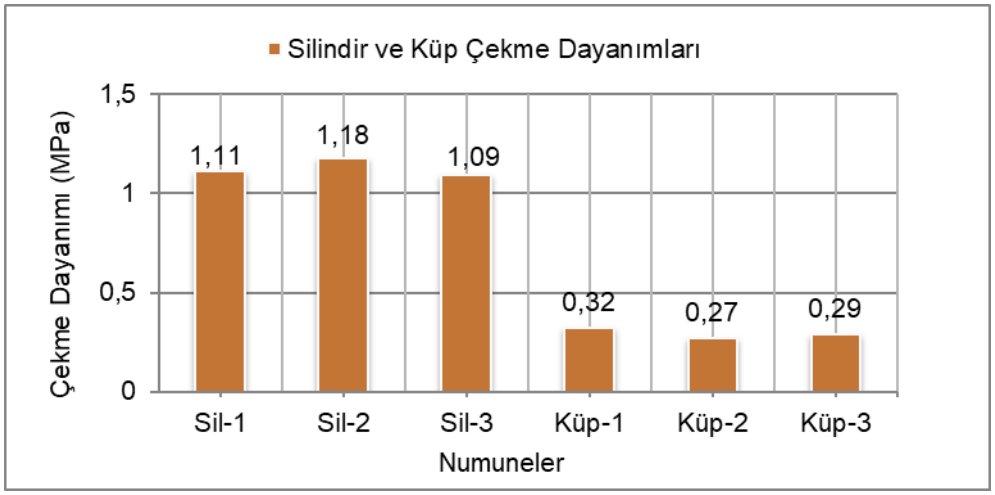
Şekil 4.44 incelendiğinde 5. Grup betonda 7 günlük betonların çekme gerilmelerinin 28 günlük betonların çekme gerilmelerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, beton yaşının basınç ve çekme dayanımlarını etkileyen bir parametre olduğu bulunmuştur.

4.2.6. 6. Grup Yarmada Çekme Dayanımı

Uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 6. Grup numuneler için 7. günde bulunan silindir ve küp yarma dayanımı değerleri Çizelge 4.15'de gösterilmektedir.

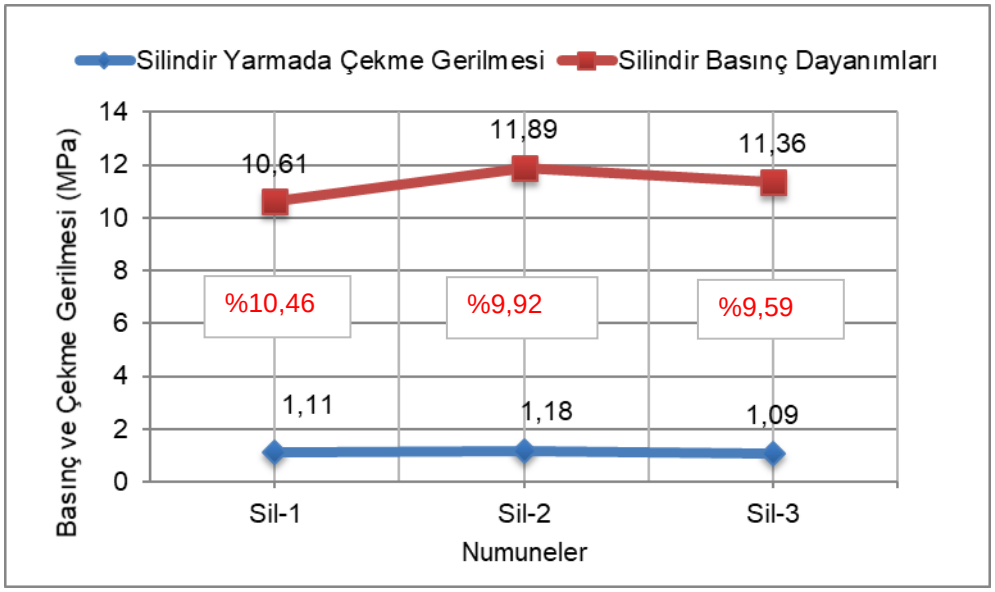
Çizelge 4.15. 6. Grup 7 Günlük Çekme Dayanımı Değerleri

Eleman	Yükleme Hızı (kN/s)	Çekme gerilmesi (MPa)
Silindir-1	3,50	1,11
Silindir-2	3,50	1,18
Silindir-3	3,50	1,09
Küp-1	3,50	0,32
Küp-2	3,50	0,27
Küp-3	3,50	0,29



Şekil 4.45. 6. Grup 7 Günlük Çekme Gerilmeleri

Şekil 4.45 incelendiğinde yapılan silindir ile yapılan yarma deneylerinde en büyük çekme gerilmesi 1,18 MPa, en düşük çekme gerilmesi 1,09 MPa olarak bulunmuştur. Yapılan deneylerde betonun ortalama çekme dayanımı düşük çıkmıştır. Kullanılan 1,07 su/çimento oranı betonun çekme gerilmelerini olumsuz olarak etkilemiştir.



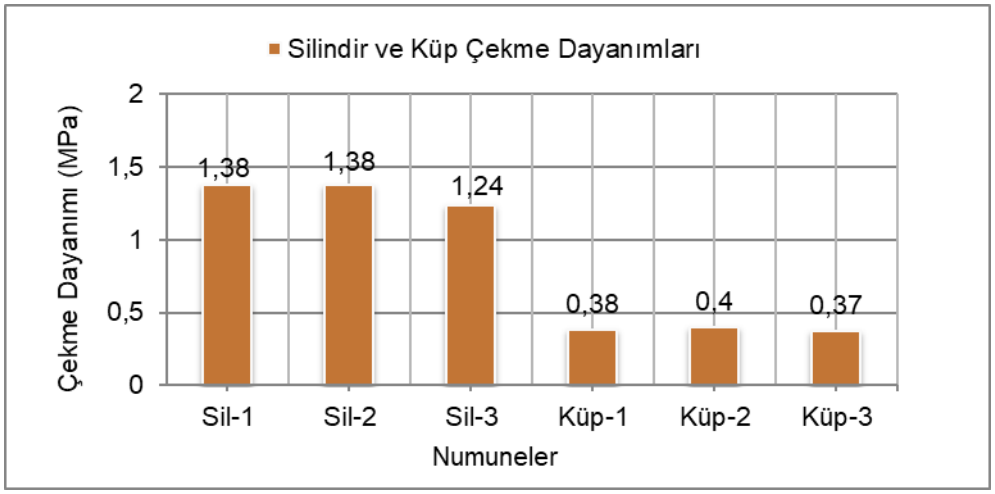
Şekil 4.46. 6.Grup 7 Günlük Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı

Yukarıdaki Şekil 4.46 incelendiğinde çekme gerilmeleri, basınç gerilmelerinin yaklaşık %10'u olarak çıkmıştır. Yapılan bu deneyde literatür ile aynı çıktığı görülmektedir.

Uygun gradasyon ile hazırlanmış mineral katkılı 6. Grup numuneler için 28. günde bulunan silindir ve küp yarma dayanımı değerleri Çizelge 4.16'da gösterilmektedir.

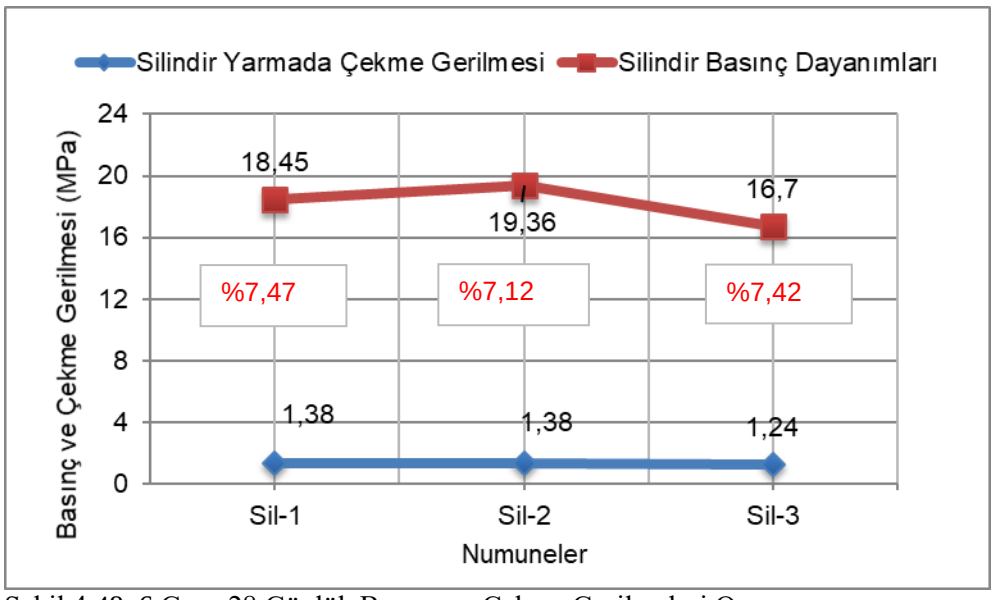
Çizelge 4.16. 6. Grup Karışım 28 Günlük Çekme Dayanımı Değerleri

Eleman	Yükleme Hızı (kN/s)	Çekme gerilmesi (MPa)
Silindir-1	3,50	1,38
Silindir-2	3,50	1,38
Silindir-3	3,50	1,24
Küp-1	3,50	0,38
Küp-2	3,50	0,40
Küp-3	3,50	0,37



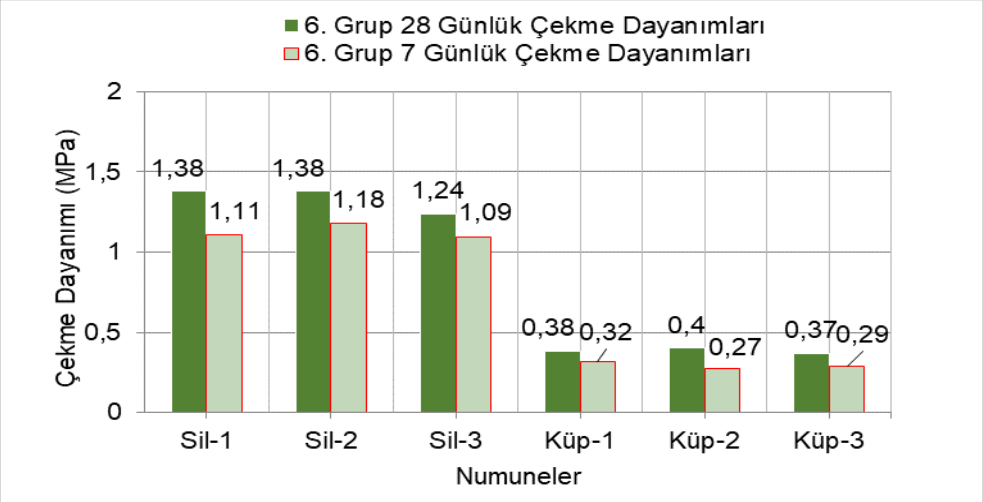
Şekil 4.47. 6. Grup 28 Günlük Çekme Gerilmeleri

6. Grup ile yapılan 28 günlük deneylerde en büyük silindir çekme gerilmesi 1,38 MPa, en düşük silindir çekme gerilmesi 1,24 MPa olarak ölçülmüştür. Çekme gerilmelerinin düşük çıkmasının sebebi, kullanılan yüksek su/çimento oranı olarak açıklanabilir.



Şekil 4.48. 6.Grup 28 Günlük Basınç ve Çekme Gerilmeleri Oranı

Şekil 4.48 incelendiğinde yapılan Silindir-1 yarma deneyinde çekme gerilmesi, basınç dayanımının %7,47'si, Silindir-2'de %7.12 ve Silindir-3 nolu numunede ise %7,42 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.49. 6.Grup 7 ve 28 Günlük Çekme Gerilmeleri Karşılaştırması

Şekil 4.49 incelendiğinde 6. Grup 7 ve 28 günlük çekme gerilmeleri karşılaştırıldığında, 28 günlük çekme dayanımları daha yüksek çıkmaktadır. Eğer beton dış etkilere ve zararlı maddelere maruz kalmazsa gün geçtikçe dayanımında bir artış görülmektedir. Bu artışın 28. Günden sonra çok az olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmada bu durum deneysel olarak gösterilmiştir.

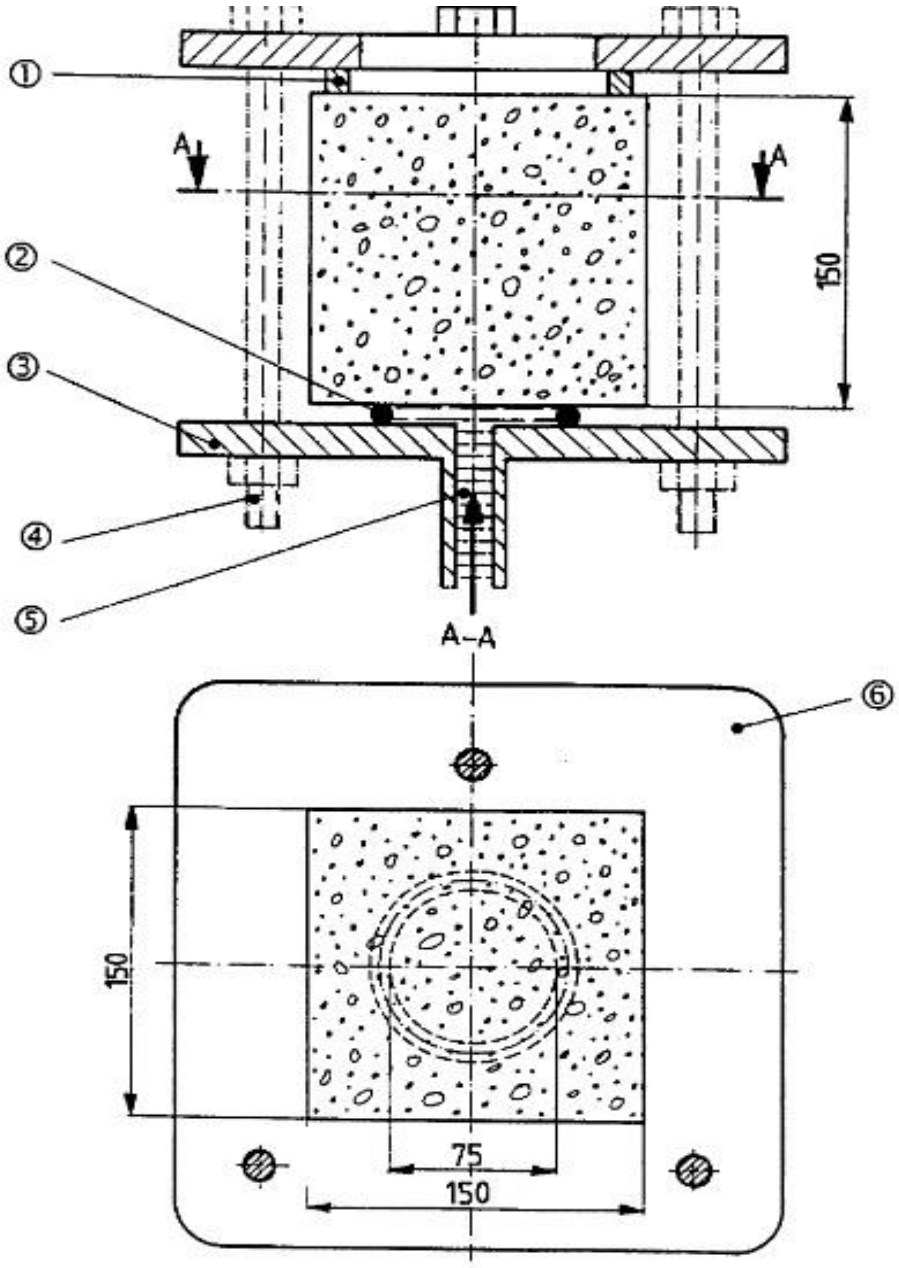
4.3. Basınç Altında Su İşleme Derinliği

Betonun geçirimliliğini belirlemek için günümüzde pek çok farklı deney yapılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de basınç altında su işleme derinliği deneyidir. Beton numeneler içerisine alt yüzeyinden basınçlı olarak su verilmektedir. 72 saat boyunca 500 KPa basınca maruz bırakılan numuneler deney sonunda ortadan ikiye yarılarak su işleme derinlikleri işaretlenir.



Şekil 4.50. Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi Cihazı

Su işleme derinliğinde kriko yöntemiyle sıkıştırılan numuneler, alt yüzeylerinde su basıncına maruz kalır. Su basıncı numunelere 75 mm'lik bir alandan etki etmektedir. Numuneye su basıncı uygulanan yüzeyinden su kaçışını engellemek için plastik conta kullanılmıştır. Deney mekanizması Şekil 4.51'de gösterilmiştir.



Şekil 4.51. Basınç Altında Su İşleme Derinliği Test Mekanizması (TS EN 12390-8)

1- Yerleştirme Parçası
2- Sızdırmazlık Contası
3- Sabitleme Plakası
4- Yivli Sıkıştırma Çubuğu
5- Basınçlı Su Girişi
6- Sıkıştırma Plakası

Yapılan deneylerde su girişini kolaylaştırmak için numune alt yüzeylerine aşındırma işlemi uygulanmıştır. Numune alt yüzeyinde biriken çimento harcı aşındırılıp agrega taneleri ortaya çıkana kadar bu işlem devam etmiştir.



Şekil 4.52. Alt Yüzeyi Pürüzlendirilmiş Silindir Numune

Betonun basınç altında su işleme derinliği deneyi TS EN 12390-8 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. 1. ve 2. Grup Basınç Altnda Su İşleme Derinliği Deneyi

4.3.1.1. Su/Çimento Oranı = 0,7

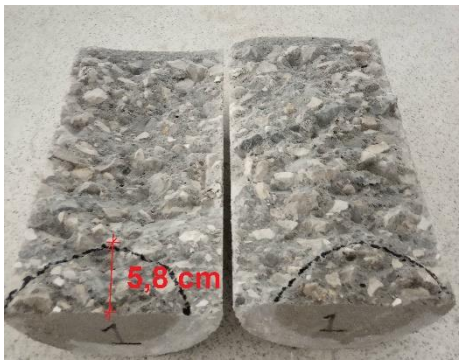
İyi ve kötü gradasyon ile hazırlanmış 1. ve 2. Grup numunelerde su işleme derinliği deneyi yapılmıştır. Numuneler 28 gün kür havuzunda bekledikten sonra su işleme derinliği deneyine tabi tutulmuştur. Çizelge 4.17'de 1. ve 2. Grup karışımların su/çimento oranı 0,7 numaralı numuneler üzerindeki su işleme derinlikleri verilmiştir.

Çizelge 4.17. 1 ve 2. Grup Su/Çimento Oranı 0,7 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri

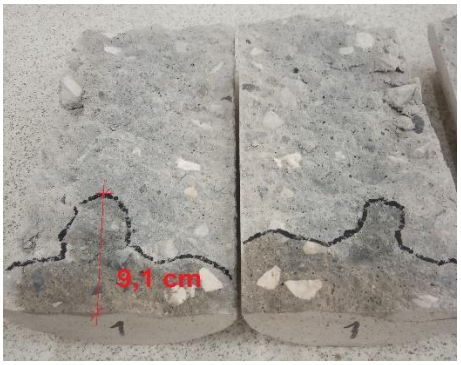
Eleman	1. Grup (İyi Gradasyon) Su işleme Derinliği (cm)	2. Grup (Kötü Gradasyon) Su İşleme Derinliği (cm)
Silindir-1	5,8	9,1
Silindir-2	6,3	4,4
Silindir-3	4,6	3,8
Küp-1	2,6	5,1
Küp-2	2,9	5,3
Küp-3	3,5	5,0
Ortalama Silindir Su İşleme Derinlikleri	5,56	5,76
Ortalama Küp Su İşleme Derinlikleri	3,0	5,13

Çizelge 4.17'de kötü gradasyon ile oluşturulmuş küp ve silindir numunelerin ortalama su işleme derinlikleri, iyi gradasyon ile hazırlanmış numunelerin ortalama su işleme derinliklerinden daha büyük değerlerde çıkmıştır. İyi gradasyon ile hazırlanmış silindir numunelerde ortalama su işleme derinliği 5,56 cm, küp numunelerde ortalama su işleme derinliği 3,0 cm çıkmıştır. Kötü gradasyon ile hazırlanmış su/çimento oranı 0,7 olan silindir numunelerde ortalama su işleme derinliği 5,76 cm çıkarken küp numunelerde ortalama su işleme derinliği 5,13 cm bulunmuştur.

Aşağıda su/çimento oranı 0,7 olan 1. ve 2. Grup numunelerin ortalama su işleme derinlikleri karşılaştırmalı olarak görseller üzerinde gösterilmektedir.



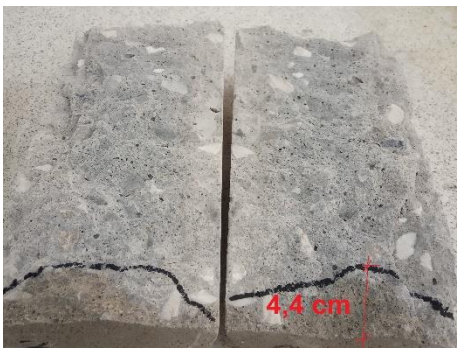
Şekil 4.53. 1. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,8 cm)



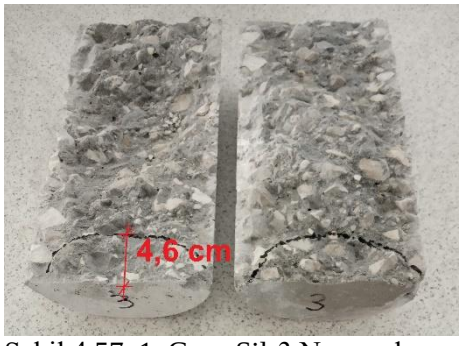
Şekil 4.54. 2. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (9,1 cm)



Şekil 4.55. 1. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (6,3 cm)



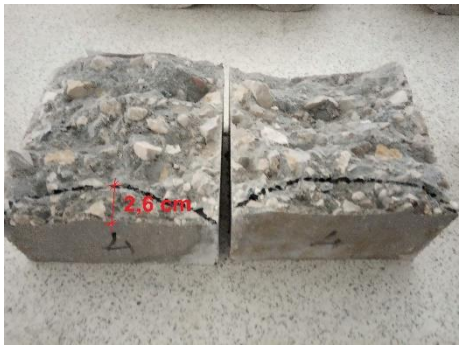
Şekil 4.56. 2. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,4 cm)



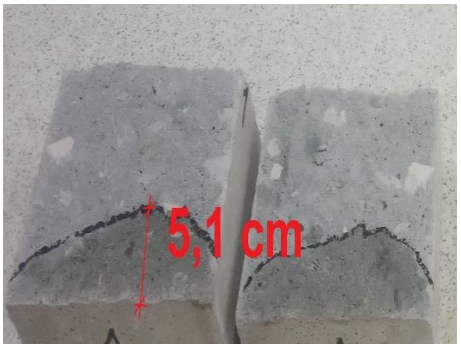
Şekil 4.57. 1. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,6 cm)



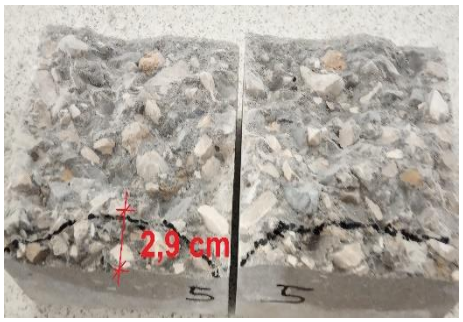
Şekil 4.58. 2. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,8 cm)



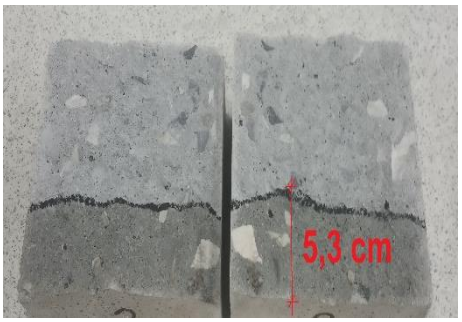
Şekil 4.59. 1. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,6 cm)



Şekil 4.60. 2. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,1 cm)



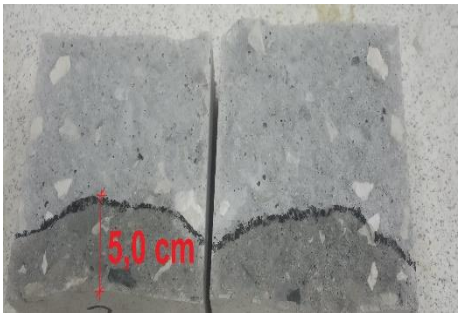
Şekil 4.61. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,9 cm)



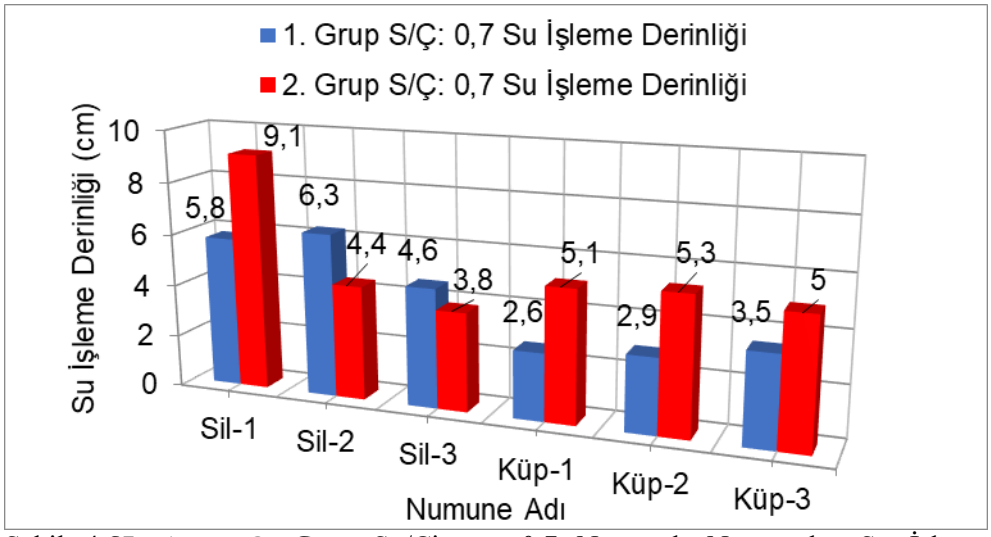
Şekil 4.62. 2. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,3 cm)



Şekil 4.63. 1. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)



Şekil 4.64. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,0 cm)



Şekil 4.65. 1. ve 2. Grup Su/Çimento:0,7 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri

Şekil 4.65 incelendiğinde iyi gradasyonla hazırlanmış karışımda Sil-2 ve Sil-3 numaralı numunelerde su işleme derinlikleri, kötü gradasyonla hazırlanmış numunelerden daha büyük değerde çıkmıştır. İyi gradasyon ile hazırlanmış ortalama silindir su işleme derinlikleri kötü gradasyon ile hazırlanmış silindir numunelerden %3,47 oranında daha az bulunmuştur. İyi gradasyonla hazırlanmış küp numunelerde ortalama su işleme derinlikleri %41,5 oranında daha az çıkmıştır. Yapılan deneyde su işleme derinliği, beklenildiği gibi kötü gradasyonla hazırlanış numunelerde daha büyük değerlerde ölçülmüştür.

4.3.1.2. Su/Çimento Oranı = 0,6

İyi ve kötü gradasyon ile hazırlanmış 1. ve 2. Grup karışımların su/çimento oranı 0,6 numaralı numuneler üzerindeki su işleme derinlikleri Çizelge 4.18'de gösterilmiştir. 28 gün kür havuzunda bekleyen numuneler 1 gün kurumaya bırakıldıktan sonra basınç altında su işleme derinliği deneyine tabi tutulmuştur.

Çizelge 4.18. 1 ve 2. Grup Su/Çimento Oranı 0,6 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri

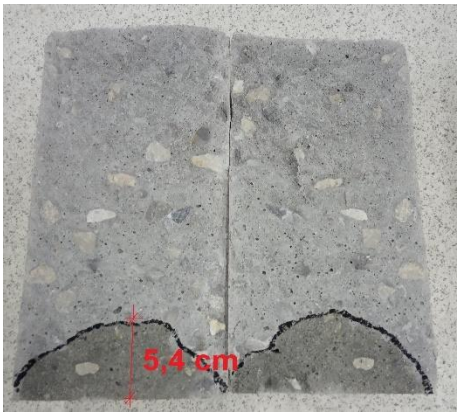
Eleman	1. Grup (İyi Gradasyon) Su işleme Derinliği (cm)	2. Grup (Kötü Gradasyon) Su İşleme Derinliği (cm)
Silindir-1	4,1	5,4
Silindir-2	3,6	4,9
Silindir-3	3,8	4,7
Küp-1	2,6	5,4
Küp-2	2,4	3,3
Küp-3	2,8	3,0
Ortalama Silindir Su İşleme Derinlikleri	3,83	5,0
Ortalama Küp Su İşleme Derinlikleri	2,6	3,9

Çizelge 4.18 incelendiğinde 0,6 su/çimento oranına sahip kötü gradasyonla hazırlanmış tüm numunelerdeki su işleme derinlikleri iyi gradasyonla hazırlanmış numunelerden daha küçük değerlerde bulunmuştur. Yapılan deneylerde ortalama su işleme derinliklerine bakıldığında iyi gradasyonla hazırlanmış 1. Grup numunelerde ortalama silindir su işleme derinliği 3,83 bulunurken küp numunelerde ortalama su işleme derinlikleri 2,6 cm olarak bulunmuştur. Kötü gradasyonla hazırlanmış numunelerde ortalama silindir su işleme derinliği 5,0 cm, ortalama küp su işleme derinlikleri ise 3,9 cm olarak ölçülmüştür.

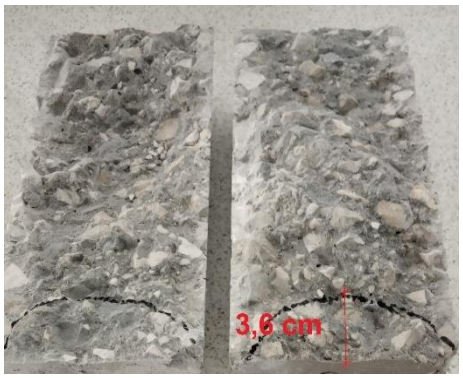
Aşağıda iyi ve kötü gradasyonla oluşturulmuş ve su/çimento oranı 0,6 olan numunelerin su işleme derinlikleri görsel olarak gösterilmektedir.



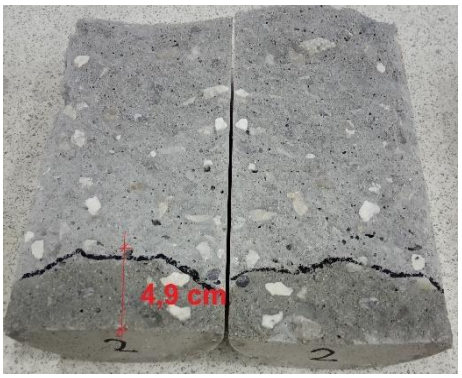
Şekil 4.66. 1. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,1 cm)



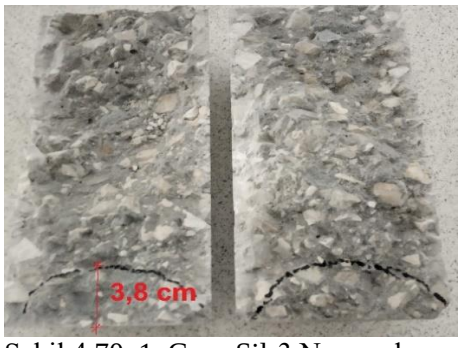
Şekil 4.67. 2. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,4 cm)



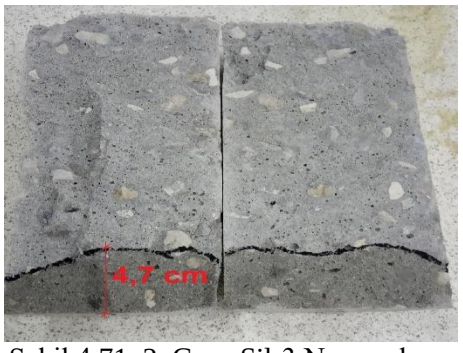
Şekil 4.68. 1. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,6 cm)



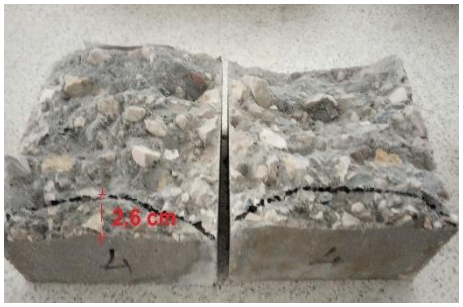
Şekil 4.69. 2. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,9 cm)



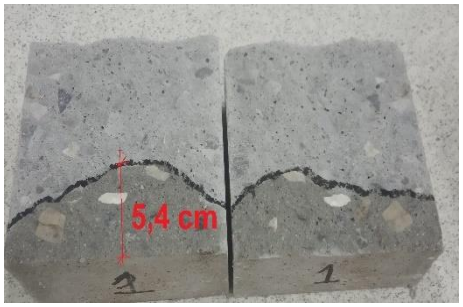
Şekil 4.70. 1. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,8 cm)



Şekil 4.71. 2. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,7 cm)



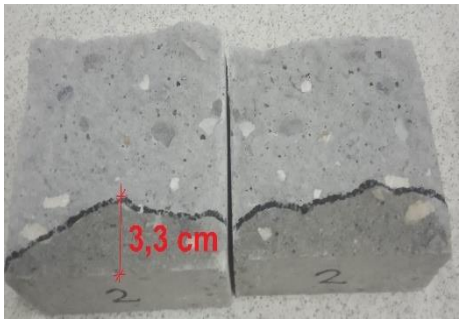
Şekil 4. 72. 1. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,6 cm)



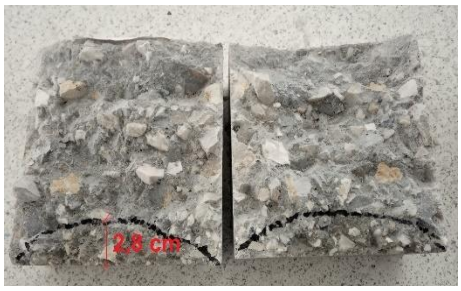
Şekil 4. 73. 2. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,4 cm)



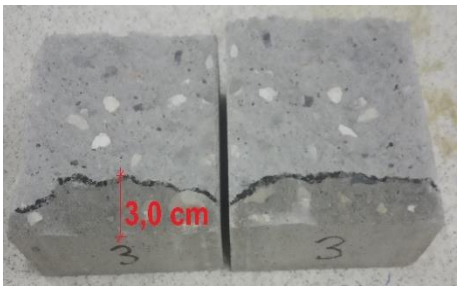
Şekil 4.74. 1. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,4 cm)



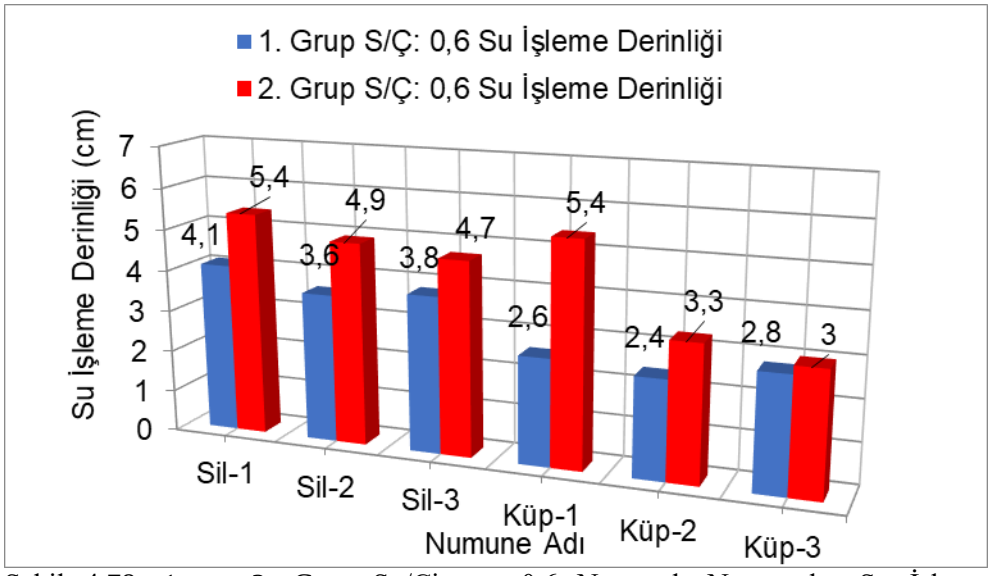
Şekil 4.75. 2. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,3 cm)



Şekil 4.76. 1. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,8 cm)



Şekil 4.77. 2. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,0 cm)



Şekil 4.78. 1. ve 2. Grup Su/Çimento:0,6 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri

Şekil 4.78 incelendiğinde kötü ve iyi gradasyon ile hazırlanmış numunelerin su işleme derinlikleri karşılaştırıldığında, iyi gradasyonla hazırlanmış silindir numunelerde ortalama %23,4 daha az su işleme derinliği bulunurken küp numunelerde ortalama %33,3 oranında daha az su işleme derinlikleri tespit edilmiştir. Su/çimento oran azaldıkça hem iyi gradasyon hem de kötü gradasyon ile hazırlanmış numunelerdeki su işleme derinliklerinde önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. Yapılan deneylerde su/çimento oranının azalması betonun mekanik özelliklerine olumlu katkı yaparken durabilite özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür.

4.3.1.3. Su/Çimento Oranı = 0,5

İyi ve kötü gradasyon ile hazırlanmış 1. ve 2. Grup karışımların su/çimento oranı 0,5 numaralı numuneler üzerindeki su işleme derinlikleri Çizelge 4.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. 1. ve 2. Grup Su/Çimento Oranı 0,5 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri

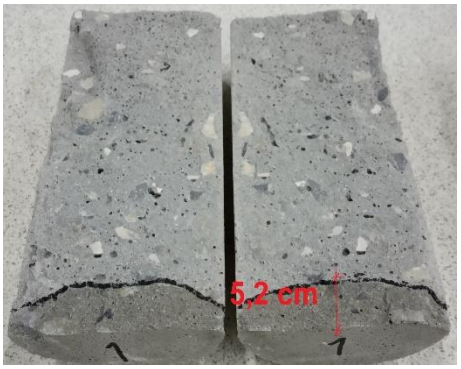
Eleman	1. Grup (İyi Gradasyon) Su işleme Derinliği (cm)	2. Grup (Kötü Gradasyon) Su İşleme Derinliği (cm)
Silindir-1	2,2	5,2
Silindir-2	2,6	4,8
Silindir-3	4,3	4,4
Küp-1	2,1	3,3
Küp-2	2,9	3,6
Küp-3	2,5	3,5
Ortalama Silindir Su İşleme Derinlikleri	3,03	5,13
Ortalama Küp Su İşleme Derinlikleri	2,5	3,46

Çizelge 4.19 incelendiğinde İyi gradasyonla hazırlanmış karışımda, silindirlerde ortalama su işleme derinliği 3,03 cm bulunurken küp numunelerde ortalama su işleme derinliği 2,5 cm olarak ölçülmüştür. Kötü gradasyonla hazırlanmış numunelerde ortalama silindir su işleme derinliği 5,13 cm, ortalama küp su işleme derinliği 3,46 cm olarak bulunmaktadır. Küp numunelerin su işleme derinlikleri, silindir numunelerin su işleme derinliklerinden daha küçük çıkmaktadır.

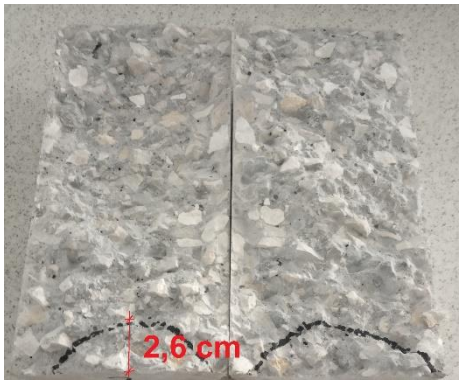
Aşağıda iyi ve kötü gradasyonla oluşturulmuş ve su/çimento oranı 0,5 olan numunelerin su işleme derinlikleri görsel olarak gösterilmektedir.



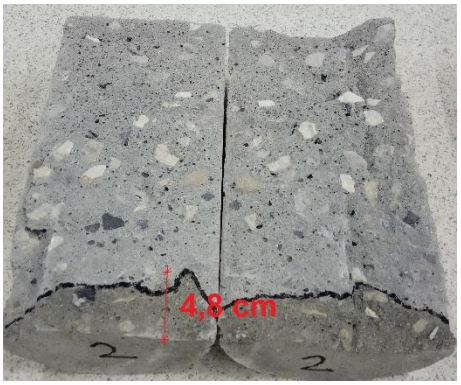
Şekil 4.79. 1. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,2 cm)



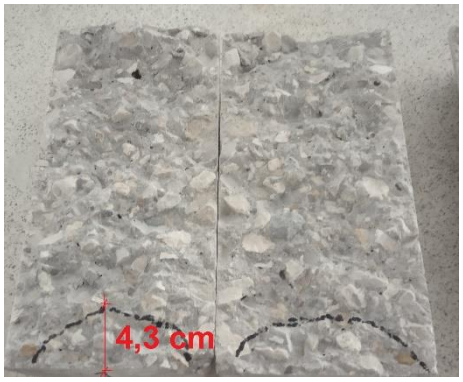
Şekil 4.80. 2. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,2 cm)



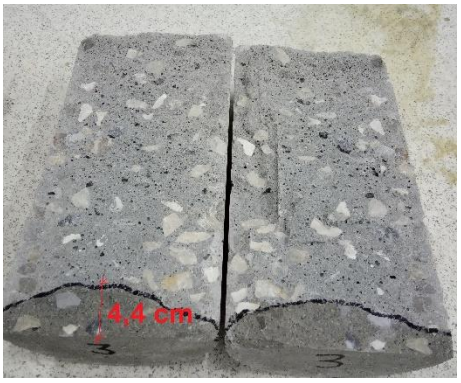
Şekil 4.81. 1. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,6 cm)



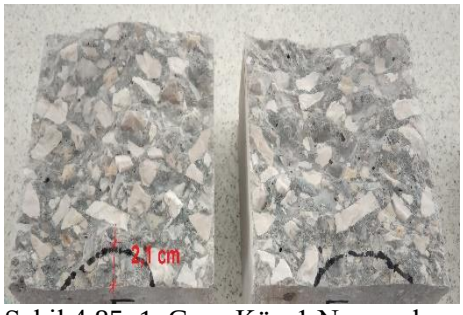
Şekil 4.82. 2. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,8 cm)



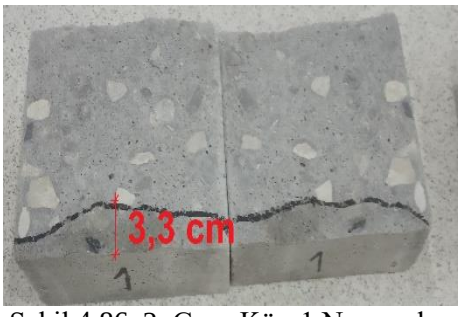
Şekil 4.83. 1. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,3 cm)



Şekil 4.84. 2. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,4 cm)



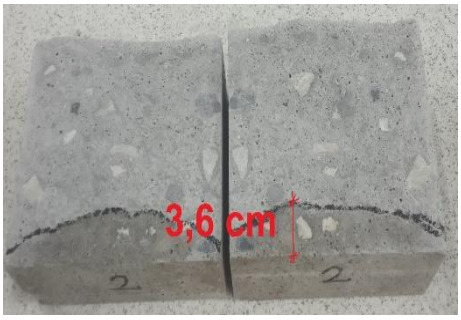
Şekil 4.85. 1. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,1 cm)



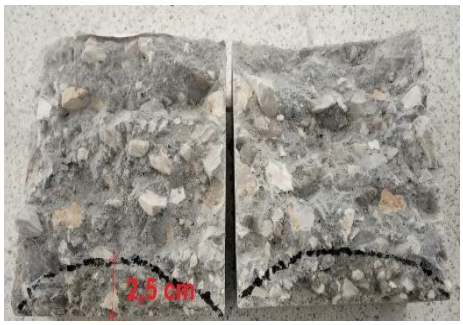
Şekil 4.86. 2. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,3 cm)



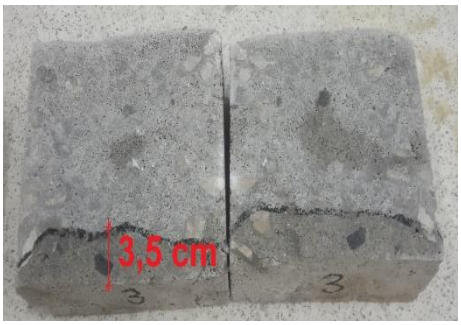
Şekil 4.87. 1. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,9 cm)



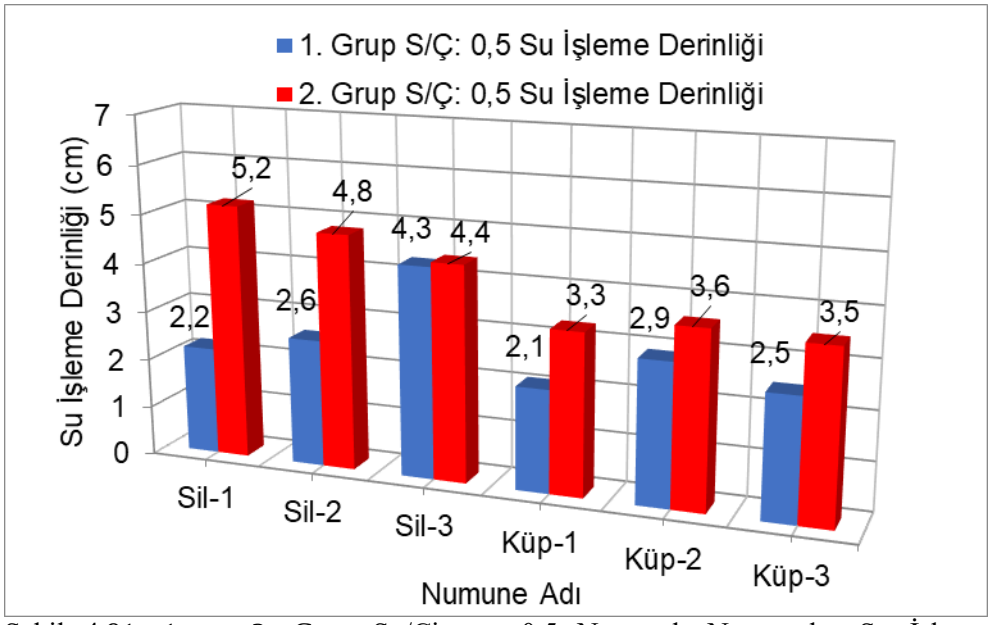
Şekil 4.88. 2. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,6 cm)



Şekil 4.89. 1. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,5 cm)



Şekil 4.90. 2. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)



Şekil 4.91. 1. ve 2. Grup Su/Çimento:0,5 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri

Şekil 4.91 incelendiğinde, içerisinde fazla boşluk oranına sahip kötü gradasyonla hazırlanmış karışımlarda su işleme derinlikleri, daha az boşluk oranına sahip iyi gradasyonlu karışımlardan daha fazla bulunmuştur. Kötü ve iyi gradasyon ile hazırlanmış numunelerin su işleme derinlikleri karşılaştırıldığında, iyi gradasyonla hazırlanmış silindir numunelerde ortalama %40,9 daha az su işleme derinliği bulunurken küp numunelerde ortalama %27,7 oranında daha az su işleme derinlikleri tespit edilmiştir. Yapılan deneylerde su/çimento oranının azalması daha boşluksuz bir beton elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Kullanılan agrega gradasyonu, betonun geçirgenliğini etkileyen önemli bir parametre olduğu görülmektedir.

4.3.1.4. Su/Çimento Oranı = 0,4

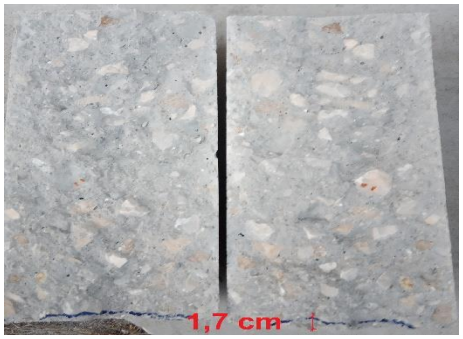
İyi gradasyon ve kötü gradasyon ile hazırlanmış 1. ve 2. Grup karışımların su/çimento oranı 0,4 numaralı numuneler üzerindeki su işleme derinlikleri Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. 1. ve 2. Grup Su/Çimento Oranı 0,4 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri

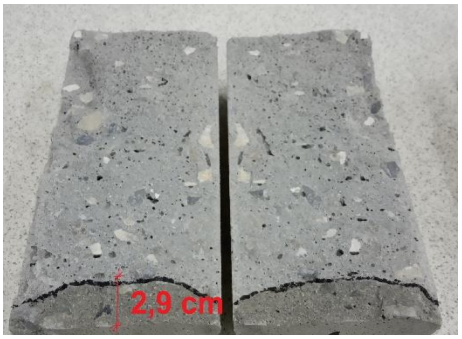
Eleman	1. Grup (İyi Gradasyon) Su işleme Derinliği (cm)	2. Grup (Kötü Gradasyon) Su İşleme Derinliği (cm)
Silindir-1	1,7	2,9
Silindir-2	2,3	4,3
Silindir-3	2,0	3,0
Küp-1	1,3	2,8
Küp-2	1,1	2,9
Küp-3	1,2	3,5
Ortalama Silindir Su İşleme Derinlikleri	2,0	3,4
Ortalama Küp Su İşleme Derinlikleri	1,2	3,06

Çizelge 4.20 incelendiğinde iyi gradasyon ile hazırlanmış numunelerde ortalama silindir su işleme derinliği 2,0 cm, ortalama küp su işleme derinliği 1,2 cm olarak bulunmuştur. Kötü gradasyon ile hazırlanmış numunelerde ortalama silindir su işleme derinliği 3,4 cm bulunurken ortalama küp su işleme derinliği 3,06 cm olarak bulunmuştur. En büyük su işleme derinliği kötü gradasyonla hazırlanmış Sil-2 numaralı numunede görülürken en küçük su işleme derinliği iyi gradasyonla hazırlanmış Küp-2 numaralı numunede görülmüştür.

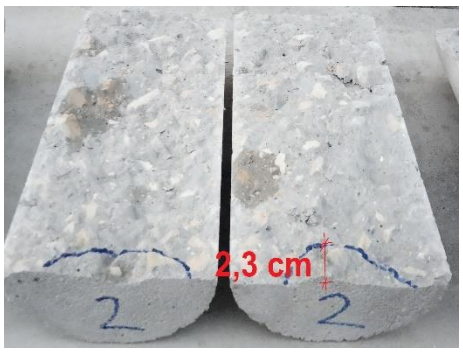
Aşağıda iyi ve kötü gradasyonla oluşturulmuş ve su/çimento oranı 0,4 olan numunelerin su işleme derinlikleri görsel olarak gösterilmektedir.



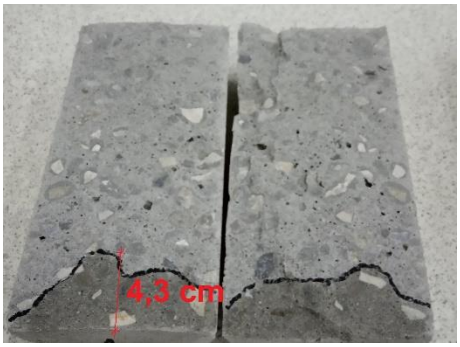
Şekil 4.92. 1. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1,7 cm)



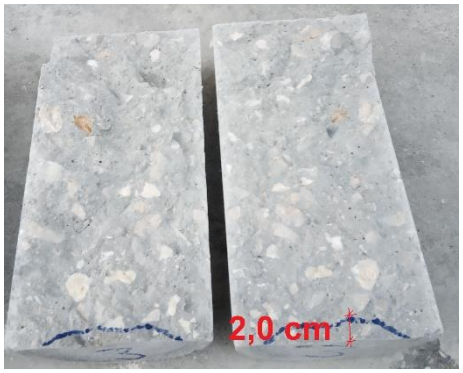
Şekil 4.93. 2. Grup Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,9 cm)



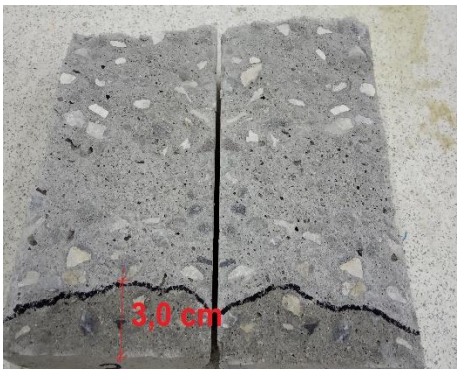
Şekil 4.94. 1. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,3 cm)



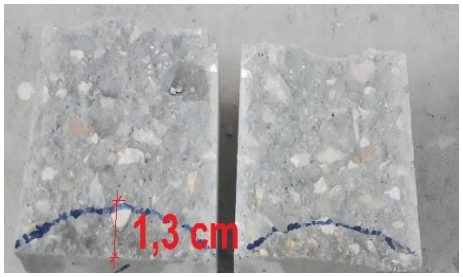
Şekil 4.95. 2. Grup Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,3 cm)



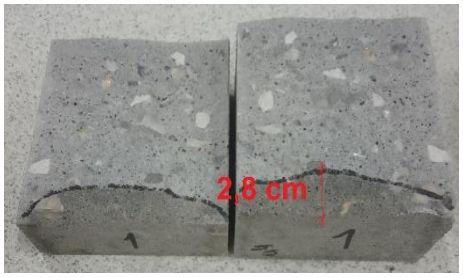
Şekil 4.96. 1. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,0 cm)



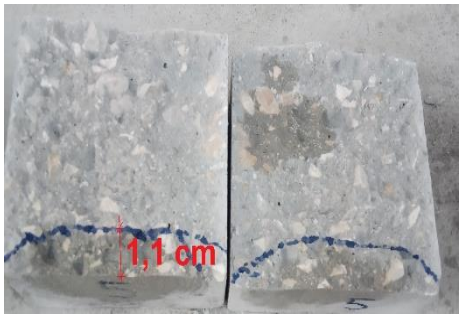
Şekil 4.97. 2. Grup Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,0 cm)



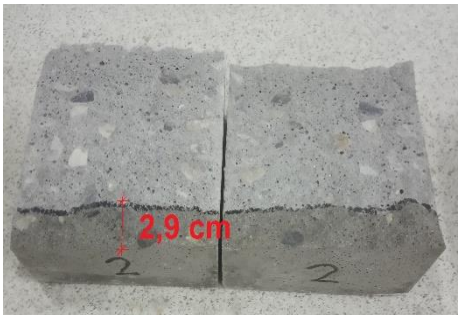
Şekil 4.98. 1. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1,3 cm)



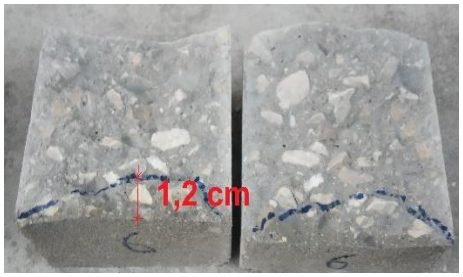
Şekil 4.99. 2. Grup Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,8 cm)



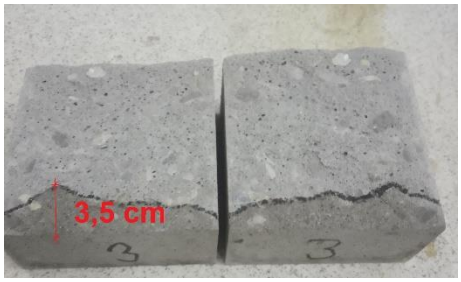
Şekil 4.100. 1. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1,1 cm)



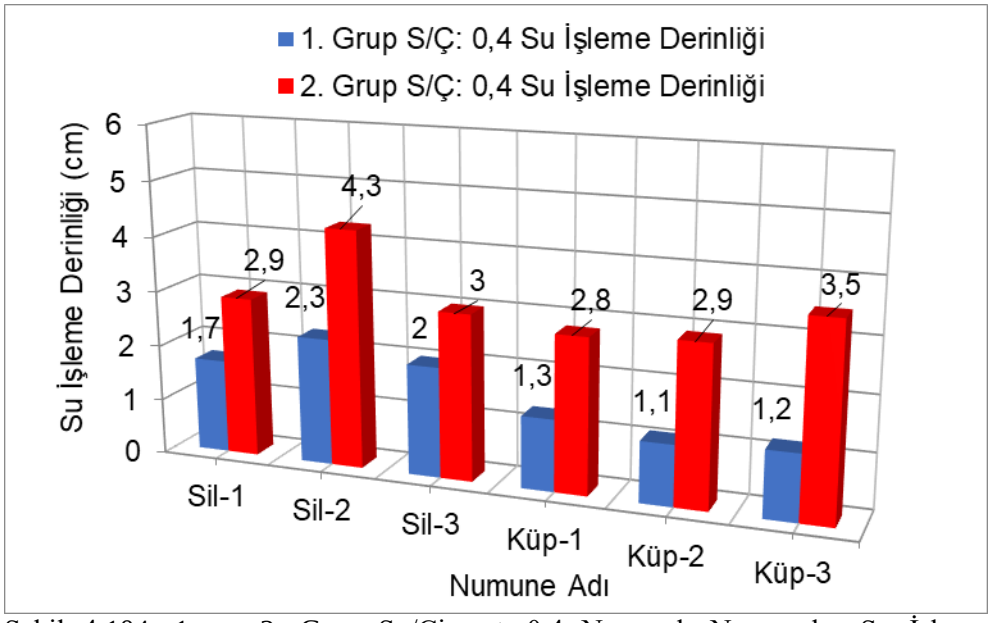
Şekil 4.101. 2. Grup Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,9 cm)



Şekil 4.102. 1. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1,2 cm)



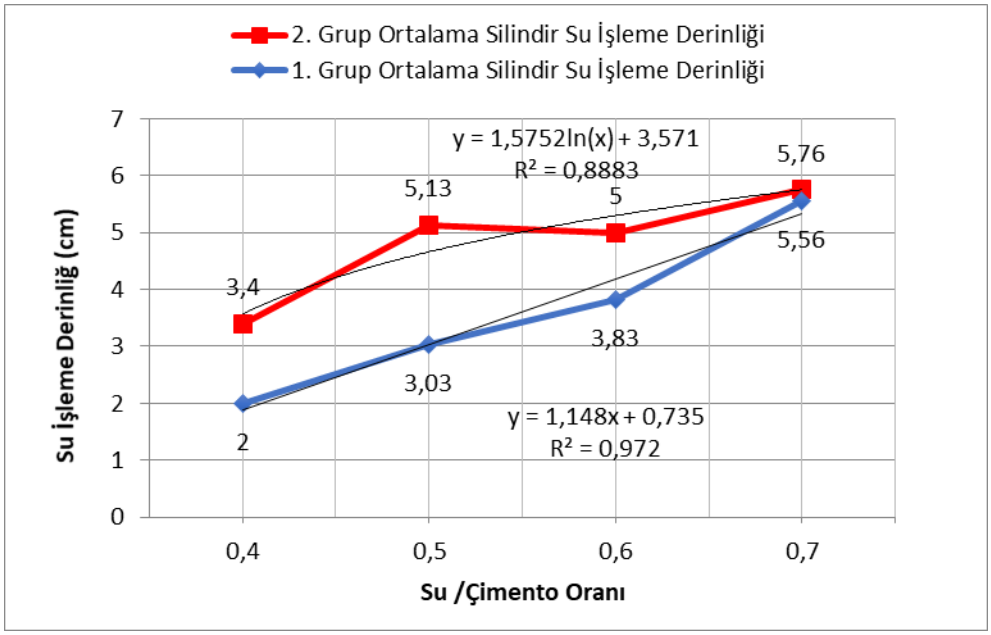
Şekil 4.103. 2. Grup Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)



Şekil 4.104. 1. ve 2. Grup Su/Çimento:0,4 Numaralı Numuneler Su İşleme Derinlikleri

Şekil 4.104 incelendiğinde, kötü ve iyi gradasyon ile hazırlanmış numunelerin su işleme derinlikleri karşılaştırıldığında, iyi gradasyonla hazırlanmış silindir numunelerde ortalama %41,2 daha az su işleme derinliği bulunurken küp numunelerde ortalama %60,8 oranında daha az su işleme derinlikleri tespit edilmiştir. 1. ve 2. Gruplarla yapılan su işleme derinliği deneyinde ortalama en az su işleme derinlikleri, su/çimento oranı 0,4 olan bu karışımda gözlemlenmiştir.

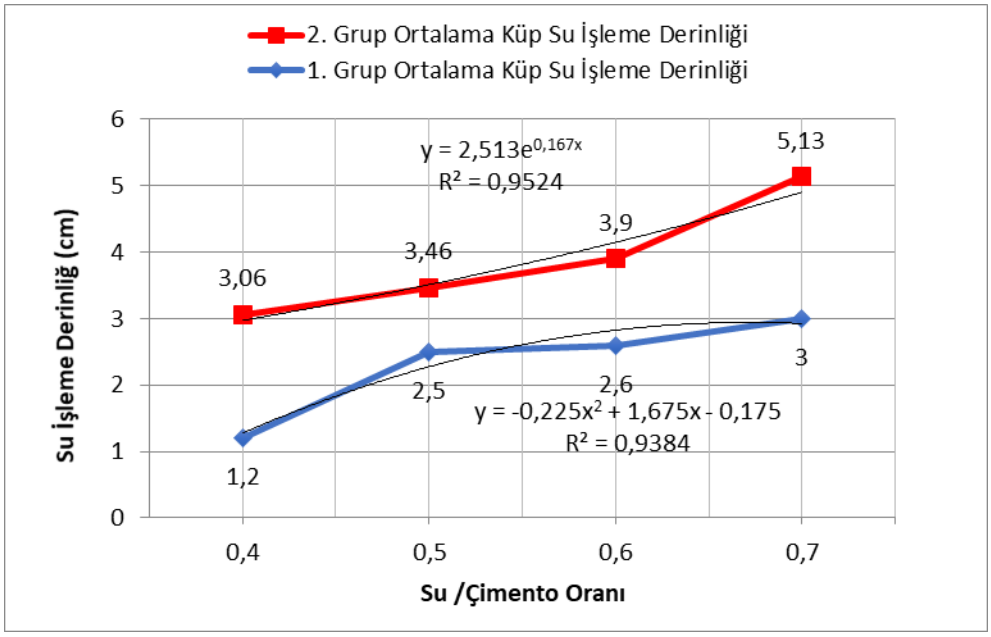
1. ve 2. Grup betonlarda, farklı su/çimento oranı kullanılarak hazırlanan silindir numunelerdeki ortalama su işleme derinlikleri Şekil 4.105'de gösterilmektedir.



Şekil 4.105. Farklı Su/Çimento Oranına Sahip 1. ve 2. Grup Numuneler Ortalama Silindir Su İşleme Derinlikleri

1. ve 2. Grup numunelerle yapılan su işleme derinliği deneyinde su/çimento oranı azaldığında, su işleme derinliklerinin azaldığı Şekil 4.105'de görülmektedir. Kötü ve iyi gradasyon ile hazırlanmış numunelerde sadece su/çimento oranı 0,7 numaralı numunede ortalama silindir su işleme derinliği aynı çıkarken diğer tüm su/çimento oranlarında kötü gradasyon ile hazırlanan karışımların ortalama silindir su işleme derinlikleri daha büyük çıkmıştır. Su/çimento oranı 0,4'ten 0,7'ye artması durumunda kötü gradasyonla oluşturulmuş karışımlardaki su işleme derinliği %69,4 artarken iyi gradasyonla hazırlanmış karışımlarda %178 artığı görülmektedir.

1. ve 2. Grup betonlarda, farklı su/çimento oranı kullanılarak hazırlanan küp numunelerdeki ortalama su işleme derinlikleri Şekil 4.106'da gösterilmektedir.



Şekil 4.106. Farklı Su/Çimento Oranına Sahip 1. ve 2. Grup Numuneler Ortalama Küp Su İşleme Derinlikleri

Şekil 4.06 incelendiğinde kötü gradasyonla hazırlanmış karışımlarda ortalama küp su işleme derinliği su/çimento oranına bağlı olarak artmaktadır. İyi gradasyon ile hazırlanmış su/çimento oranı 0,5 olan karışımdaki su işleme derinliği, bir önceki su/çimento oranı 0,6 olan karışıma göre azalma göstermemiştir. Bunun nedeni, akışkanlaştırıcı katkı kullanılmadan dökülen 0,5 su/çimento oranına sahip numunede yeterli yerleştirme ve sıkıştırmanın yapılmamış olmasıdır. Su/çimento oranı 0,4'ten 0,7'ye artması durumunda kötü gradasyonla oluşturulmuş karışımlardaki su işleme derinliği %67,6 artarken iyi gradasyonla hazırlanmış karışımlarda %150 artığı görülmektedir.

4.3.2. 3. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi

Uygun Gradasyon ile hazırlanmış 3. Grup numunelerde su işleme derinlikleri Çizelge 4.21'de gösterilmiştir. Numuneler 28 gün kür havuzunda bekledikten sonra su işleme derinliği deneyine tabi tutulmuştur.

Çizelge 4.21. 3. Grup Karışım Su İşleme Derinlikleri

Eleman	Su işleme derinliği (cm)
Silindir-1	0
Silindir-2	0
Silindir-3	4,3
Küp-1	0
Küp-2	3,5
Küp-3	0

Çizelge 4.21 incelendiğinde su işleme derinliği deneyi sonucunda sadece Sil-3 ve Küp-2 nolu numunelerde su işleme derinliği tespit edilmiştir. Diğer numunelerde herhangi bir su işleme derinliği bulunamamıştır. Bunun sebebi ise numune alt yüzeylerinde pürüzlendirme işleminin yapılmamış olmasıdır.

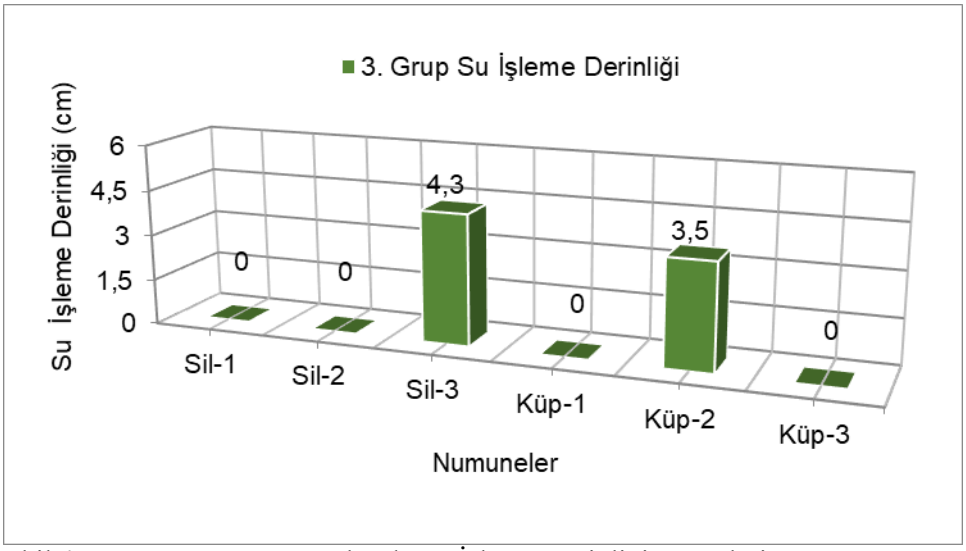


Şekil 4.107. Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,3 cm)



Şekil 4.108. Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)

Kullanılan beton numunelerin dayanımları çok yüksek olduğundan dolayı geçirimlilik minimum düzeyde olan bir beton elde edilmiştir. Geçirimlilik betonda kullanılan çimento dozajı, su miktarı, agrega gradasyonu ve su/çimento oranına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan betonda bu parametreler en optimum düzeyde olduğu için kullanılan beton az geçirimli bir betondur.



Şekil 4.109. 3. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Değerleri

Şekil 4.109 incelendiğinde su işleme derinliği değerleri minimum düzeyde çıkmıştır. Geçirgenliği az olan bu beton karışımı, suya maruz kalan inşaat sahalarında kullanabilmektedir. Yapılan deneylerde küp numunelerde ortalama su işleme derinliği 1,16 cm çıkarken silindir numunelerde ortalama su işleme derinliği 1,43 cm bulunmuştur.

4.2.3. 4. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi

Uygun Gradasyon ile hazırlanmış 4. Grup numunelerde su işleme derinlikleri Çizelge 4.22'de gösterilmiştir. Numuneler 28 gün kür havuzunda bekledikten sonra su işleme derinliği deneyine tabi tutulmuştur.

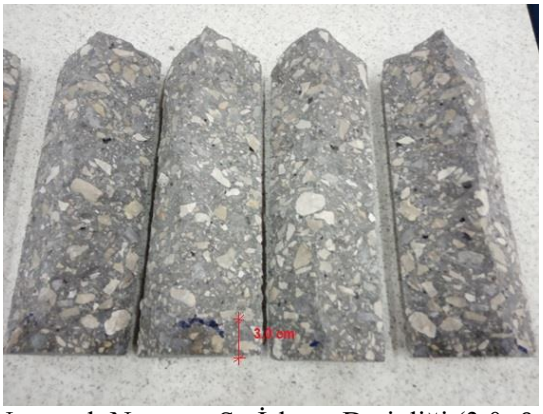
Çizelge 4.22. 4. Grup Karışım Su İşleme Derinlikleri

Eleman	Su işleme derinliği (cm)
Silindir-1	4,5/5,3
Silindir-2	3,0/0
Silindir-3	1,7
Küp-1	2,7
Küp-2	4,2
Küp-3	2,5

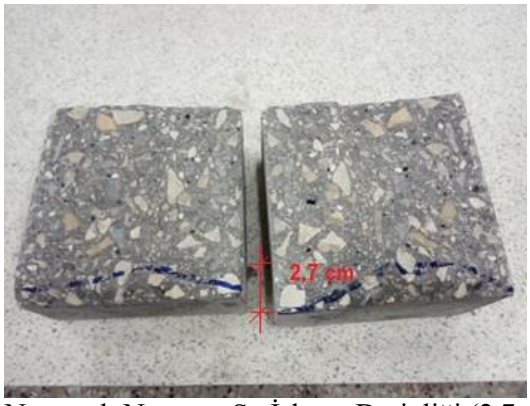
Çizelge 4.22 incelendiğinde tüm numunelerde su işleme derinlikleri çıktığı görülmektedir. Sil-1 ve Sil-2 numaralı numuneler de iki farklı yönde yarma deneyi uygulandığı için 2 farklı su işleme derinliği bulunmuştur. Yapılan deneyler 28. Günde kuru yüzey doygun numuneler üzerinde yapılmıştır. Numunelerin alt yüzeylerinde pürüzlendirme işlemi uygulanmıştır.



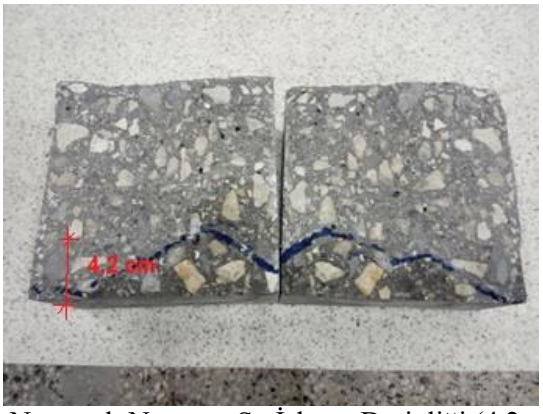
Şekil 4.110. Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,5 – 5,3 cm)



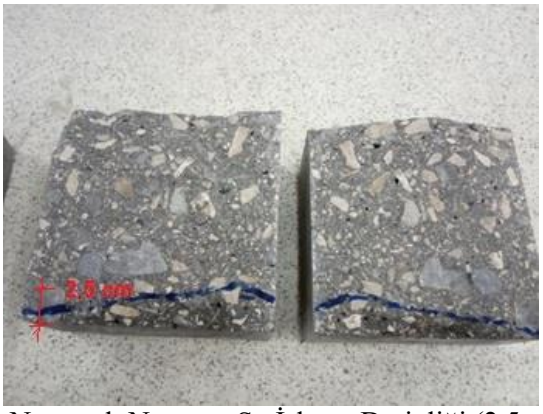
Şekil 4.111. Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,0- 0 cm)



Şekil 4.112. Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,7 cm)



Şekil 4.113. Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,2 cm)

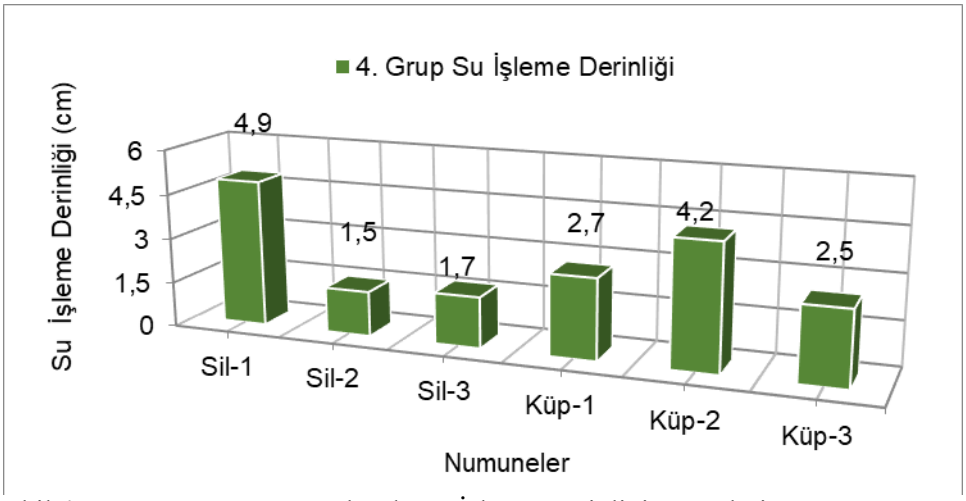


Şekil 4.114. Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,5 cm)



Şekil 4.115. 4.Grup Tüm Numuneler Su İşleme Derinlikleri

Kullanılan betonun mekanik özelliklerinin iyi olmasından dolayı su işleme derinlikleri küçük değerlerde çıkmıştır. İki farklı yönde yarılan silindir numunelerde farklı su işleme derinliklerinin çıkması betonun içindeki suyun ilerleyişinin lineer olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.116. 4. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Değerleri

Yapılan su işleme derinliği deneyinde silindir numunelerin ortalama su işleme derinlikleri küp numunelerden düşük olarak çıkmıştır. Silindir numunelerin ortalama su işleme derinlikleri 2,07 cm çıkarken küp numunelerin ortalama su işleme derinlikleri 3,13 cm çıkmıştır.

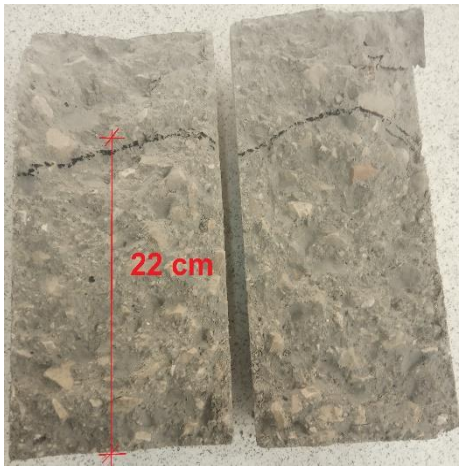
4.2.4. 5. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi

Uygun gradasyon ile hazırlanmış 5. Grup numunelerde su işleme derinliği deneyi yapılmıştır. Numuneler hem 7 hem de 28 gün kür havuzunda bekledikten sonra su işleme derinliği deneyine tabi tutulmuştur. Çizelge 4.23'de 5. Grup karışımın 7 ve 28 günlük numuneler üzerindeki su işleme derinlikleri verilmiştir.

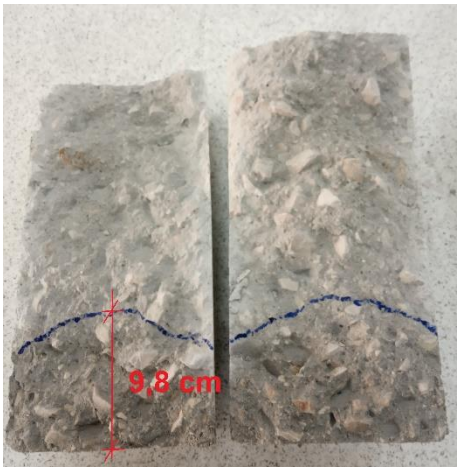
Çizelge 4.23. 5. Grup 7 ve 28 Günlük Numuneler Su İşleme Derinlikleri

Eleman	Su işleme derinliği-7 gün (cm)	Su işleme derinliği-28 gün (cm)
Silindir-1	22	9,8
Silindir-2	17,75	6,4
Silindir-3	21	5,8
Küp-1	15 (tamamı su)	10,1
Küp-2	15 (tamamı su)	6,6
Küp-3	15 (tamamı su)	9,8

Çizelge 4.23 incelendiğinde 5. Grup beton karışımında 28 günlük deneylerde su işleme derinliği değerleri, 7 günlük su işleme derinliği değerlerine göre çok fazla çıkmıştır. 7 günlük betonun mekanik özelliklerini tam olarak kazanamamış olmasından dolayı su geçirgenliği daha fazla çıkmıştır. 7 günlük numuneler üzerinde yapılan deneylerde, küp numuneler tamamıyla suyu geçirmiştir.



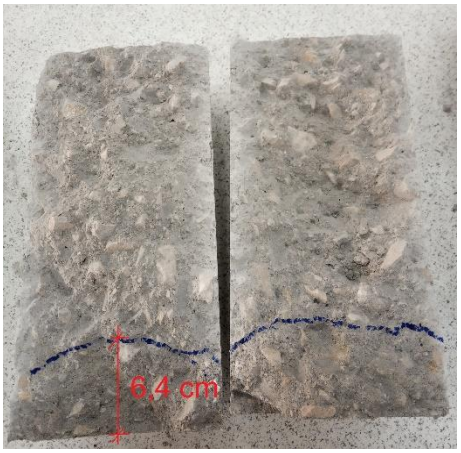
Şekil 4.117. 7 Günlük Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (22 cm)



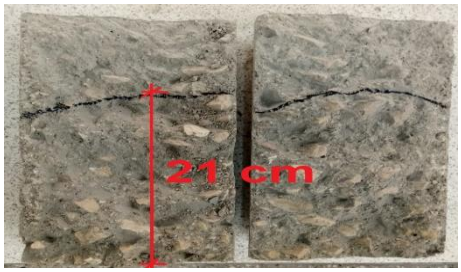
Şekil 4.118. 28 Günlük Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (9,8 cm)



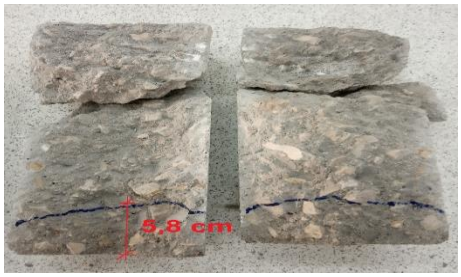
Şekil 4.119. 7 Günlük Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (17,75 cm)



Şekil 4.120. 28 Günlük Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (6,4 cm)



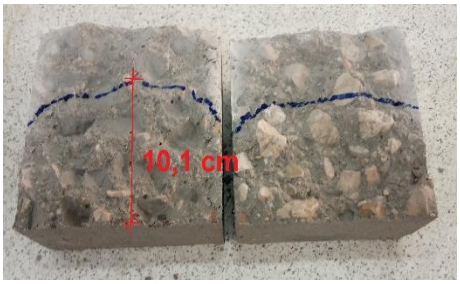
Şekil 4.121. 7 Günlük Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (21 cm)



Şekil 4.122. 28 Günlük Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,8 cm)



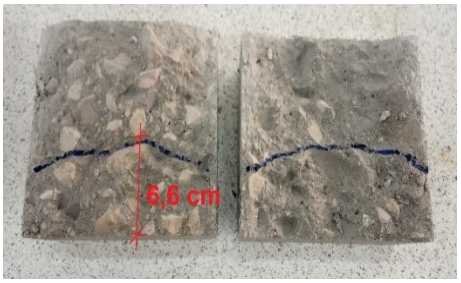
Şekil 4.123. 7 Günlük Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (15 cm)



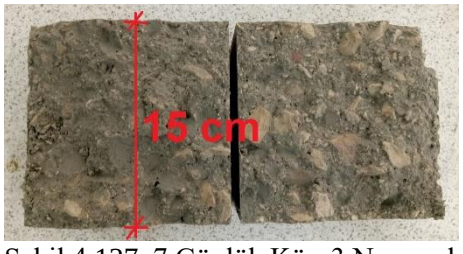
Şekil 4.124. 28 Günlük Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (10,1 cm)



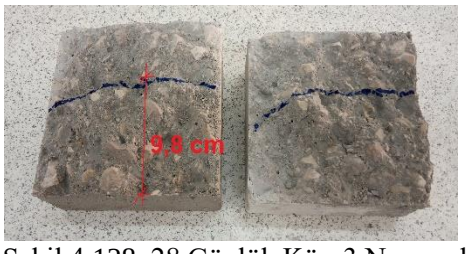
Şekil 4.125. 7 Günlük Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (15 cm)



Şekil 4.126. 28 Günlük Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (6,6 cm)

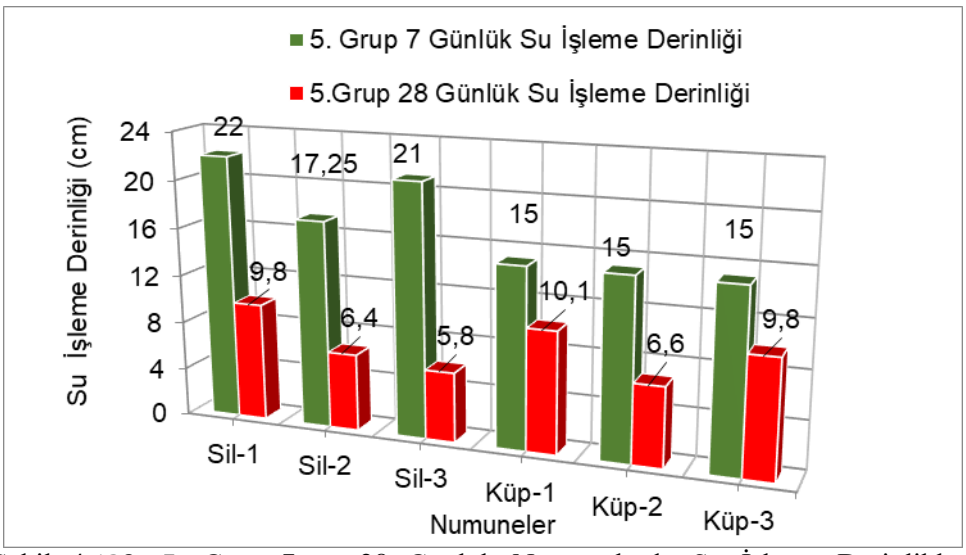


Şekil 4.127. 7 Günlük Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (15 cm)



Şekil 4.128. 28 Günlük Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (9,8 cm)

Yapılan deneylerde 28 günlük su işleme derinlikleri, 7 günlük su işleme derinliklerinden daha küçük bulunmuştur. Deneylerde numuneler yarıldıktan sonra okuma değerleri hassas metre ile yapılmıştır.



Şekil 4.129. 5. Grup 7 ve 28 Günlük Numunelerde Su İşleme Derinlikleri Karşılaştırılması

Yapılan deneyler sonucunda 7 günlük su işleme derinlikleri silindirlerde ortalama olarak 20,08 cm çıkarken küp numunelerde 15 cm bulunmuştur. 28 günlük numuneler üzerinde yapılan su işleme derinliği deneyinde, silindir numunelerde ortalama su işleme derinliği 7,33 cm bulunurken küp numunelerde 9 cm olarak bulunmuştur. 28 günlük silindir numunelerin su işleme derinlikleri 7 günlük numunelere göre %63,8 oranında daha az bulunmuştur. 28 günlük küp numunelerin su işleme derinlikleri 7 günlük numunelere göre %41,1 oranında daha az bulunmuştur. Tüm numunelerin 7 günlük su işleme derinlikleri 28 günlük su işleme derinliklerinden düşük çıkmıştır.

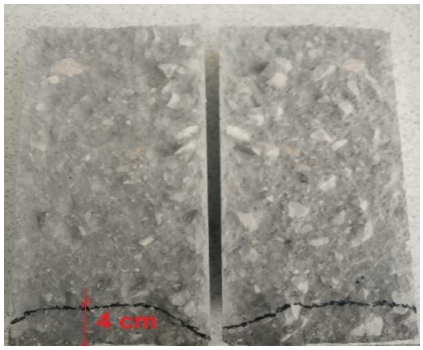
4.2.5. 6. Grup Basınç Altında Su İşleme Derinliği Deneyi

Uygun gradasyon ile hazırlanmış 6. Grup numunelerde su işleme derinliği deneyi yapılmıştır. Numuneler hem 7 hem de 28 gün kür havuzunda bekledikten sonra su işleme derinliği deneyine tabi tutulmuştur. Çizelge 4.24'de 6. Grup karışımın 7 ve 28 günlük numuneler üzerindeki su işleme derinlikleri verilmiştir.

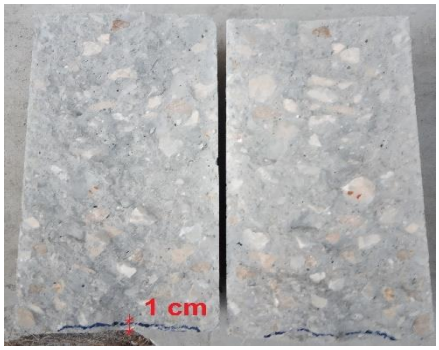
Çizelge 4.24. 6. Grup 7 ve 28 Günlük Numuneler Su İşleme Derinlikleri

Eleman	Su işleme derinliği 7 gün (cm)	Su işleme derinliği 28 gün (cm)
Silindir-1	4	1
Silindir-2	5,2	2,4
Silindir-3	3,5	3
Küp-1	8	3
Küp-2	4,2	3,5
Küp-3	3	3,8

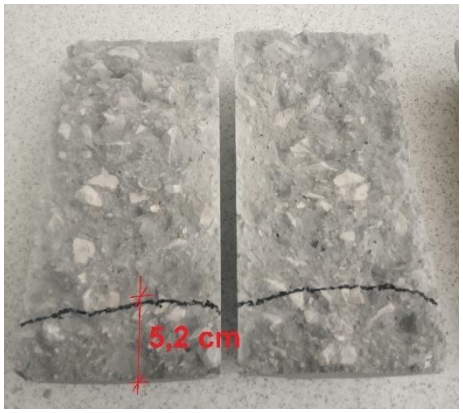
6. grup ile yapılan deneyde numuneler hem 7 hem de 28 günde su işleme derinliği deneyine tabii tutulmuştur. Yapılan deneylerde genellikle silindir numunelerdeki su işleme derinlikleri küp numunelere oranla daha fazla çıkmıştır. Çizelge 4.24 incelendiğinde beton mukavemetini alması için geçen süre su işleme derinliklerini etkilediği görülmektedir. 28 günlük numuneler üzerinde yapılan su işleme derinliği değerleri 7 günlük numuneler üzerinde yapılan deneyden daha düşük değerlerde çıkmıştır. Sadece Küp-3 numaralı numunede 7 günlük su işleme derinliği değeri 28 günlük su işleme değerinden daha küçük çıkmıştır.



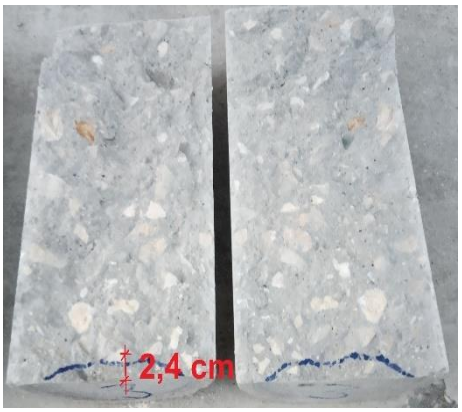
Şekil 4.130. 7 Günlük Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4 cm)



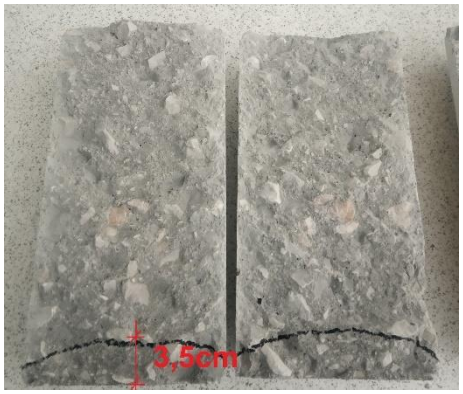
Şekil 4.131. 28 Günlük Sil-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (1 cm)



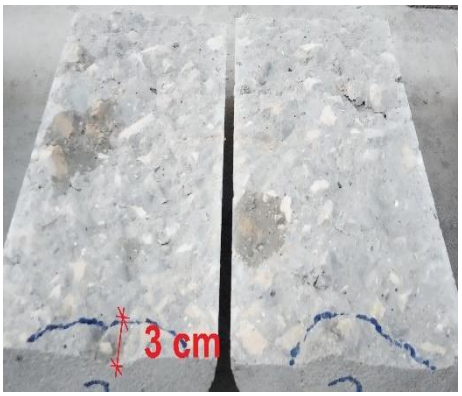
Şekil 4.132. 7 Günlük Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (5,2 cm)



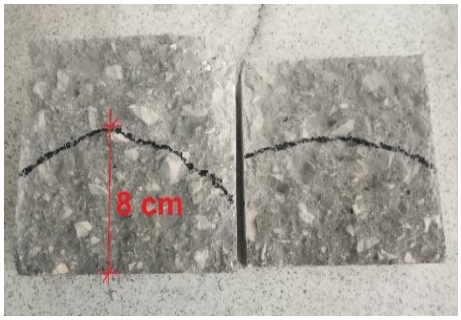
Şekil 4.133. 28 Günlük Sil-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (2,4 cm)



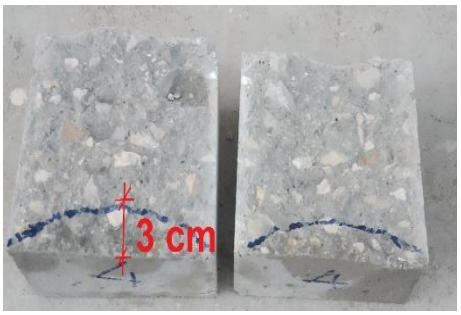
Şekil 4.134. 7 Günlük Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)



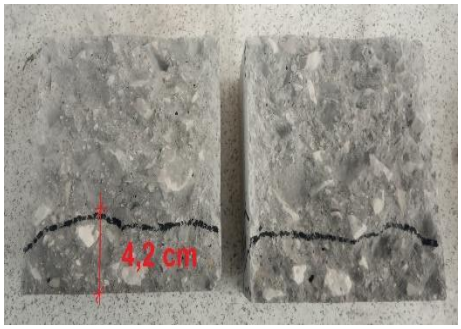
Şekil 4.135. 28 Günlük Sil-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3 cm)



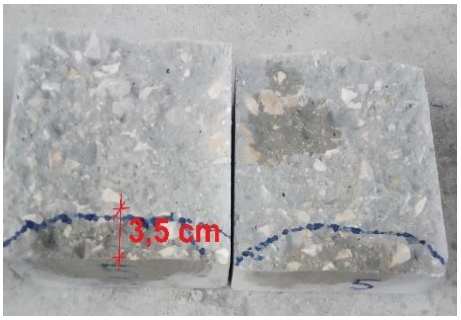
Şekil 4.136. 7 Günlük Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (8 cm)



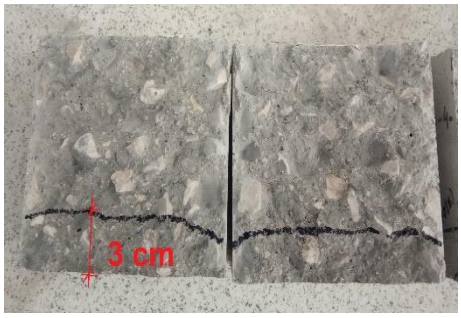
Şekil 4.137. 28 Günlük Küp-1 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3 cm)



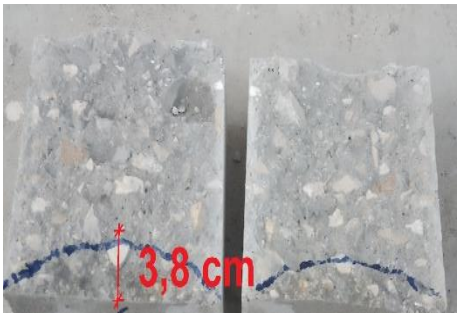
Şekil 4.138. 7 Günlük Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (4,2 cm)



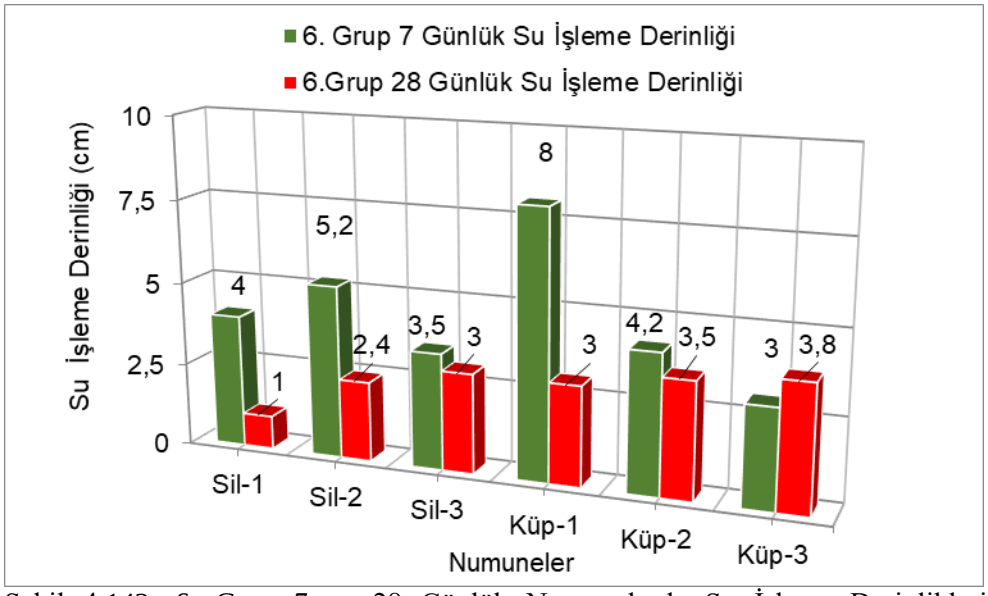
Şekil 4.139. 28 Günlük Küp-2 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,5 cm)



Şekil 4.140. 7 Günlük Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3 cm)



Şekil 4.141. 28 Günlük Küp-3 Numaralı Numune Su İşleme Derinliği (3,8 cm)



Şekil 4.142. 6. Grup 7 ve 28 Günlük Numunelerde Su İşleme Derinlikleri Karşılaştırılması

Şekil 4.142 incelendiğinde 28 günlük numunelerin basınç altında su işleme derinlikleri 7 günlük numunelerinkinden daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. 7 günlük numuneler üzerinde yapılan su işleme derinliği deneylerinde silindir numunelerin ortalama su işleme derinlikleri 4,23 cm bulunurken küp numunelerin ortalama su işleme derinlikleri 5,06 cm bulunmuştur. 28 günlük numuneler üzerinde yapılan deneyde silindir numunelerin ortalama su işleme derinlikleri 2,13 cm bulunurken küp numunelerin ortalama su işleme derinlikleri 3,43 cm bulunur. 28 günlük silindir numunelerin su işleme derinlikleri 7 günlük numunelere göre %49,6 oranında daha az bulunmuştur. 28 günlük küp numunelerin su işleme derinlikleri 7 günlük numunelere göre %32,2 oranında daha az bulunmuştur

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada dört farklı su/çimento oranında (0,4-0,5-0,6-0,7) iyi ve kötü gradasyona sahip karışımlar ve iki farklı basınç dayanımına göre hazırlanmış (C16-C50) mineral katkılı betonlar üzerinde basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve su işleme derinliği tespiti için deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

1. Yapılan deneylerde su/çimento oranı, beton yaşı ve gradasyon etkisinin beton geçirimliliğini etkileyen önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir.
2. 1. ve 2. grup karışımlarda su/çimento oranının artması beton numunelerin basınç altında su işleme derinliğini, basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı değerlerini olumsuz olarak etkilemiştir. Su/çimento oranının artmasıyla su işleme derinlikleri artmış, basınç ve yarmada çekme dayanım değerleri düşmüştür.
3. Farklı su/çimento oranı kullanılarak hazırlanan karışımlarda en büyük su işleme derinliği 2. Grup silindir numunelerde elde edilmiş ve su/çimento oranı 0,7 olan karışımda 9,1 cm olarak ölçülmüştür. En küçük su işleme derinliği ise iyi gradasyona sahip 1. Grup küp numunede elde edilmiş ve su/çimento oranı 0,4 olan karışımda 1,1 cm olarak bulunmuştur.
4. 1. ve 2. Grup küp numuneler kıyaslandığında aynı su/çimento oranında 1. Grup numunelerin ortalama su işleme derinlikleri 2. grup numunelerden %40,82 oranında daha az bulunurken bu değerler silindir numunelerde %27,1 bulunmuştur.
5. 3-4-5 ve 6. Grup numunelerde yapılan su işleme derinliği deneyinde en büyük su işleme derinliği su/bağlayıcı oranı 1,06 olan 5. Grup karışımda 22 cm olarak silindir numunede bulunmuştur. En küçük

basınç altında su işleme derinliği 3. Grup karışım 1. Silindir numunede 0 olarak ölçülmüştür.

6. İyi ve kötü gradasyon kullanılarak hazırlanmış 1. ve 2. Grup numunelerde en büyük basınç dayanımı değeri su/çimento oranı 0,4 olan kötü gradasyon ile hazırlanmış numunede 37,66 MPa olarak bulunmuştur. En küçük basınç dayanımı değeri iyi gradasyonla ile hazırlanmış su/çimento oranı 0,7 olan karışımda 15,16 MPa olarak bulunmuştur.
7. 3-4-5 ve 6. Grup numunelerde en büyük basınç değeri su/çimento oranı 0,37 olan karışımda 56,07 MPa olarak bulunmuştur.
8. Tüm grupların yarma dayanımına incelendiğinde en büyük yarma dayanımı 3. Grup mineral katkı maddesi kullanılarak hazırlanan karışımda 4,37 MPa olarak bulunmuştur.

KAYNAKLAR

Dinakar, P., Kartik Reddy, M., & Sharma, M. (2013). Behaviour of self compacting concrete using Portland pozzolana cement with different levels of fly ash. Materials & Design, 46, 609–616.

Du, H., Gao, H. J., & Pang, S. D. (2016). Improvement in concrete resistance against water and chloride ingress by adding graphene nanoplatelet. Cement and Concrete Research, 83, 114–123.

Durmuş, G. (2008). Farklı Beton Sınıflarının Su İşleme Derinliğinin Değerlendirilmesi. Journal of Polytechnic, 11(4): 379-383.

Erdoğan Y.T., "Beton", Sayfa: 183, Ankara, 2003.

Erdoğdu, Ş., Kamdil, U., Nayır, S. (2015). Farklı Oranlarda Uçucu Kül İkame Edilerek Üretilen Betonların Klor Geçirimliliklerinin Belirlenmesi, 9. Ulusal Beton Kongresi, E/15/01, 59-70, Antalya.

Felekoğlu, B., Baradan, B. (2007). Beton Üretiminde Alternatif Su Geçirimsizlik Katkılarının Kullanımı, 2.Yapılarda kimyasal katkılar sempozyumu, 53-63.

Figmig, R., & Kovac, M. (2018). Influence of moisture content of samples on the depth of penetration of water under pressure. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 385, 012013. Doi:10.1088/1757-899x/385/1/012013.

Ganjian, E., Khorami, M., & Maghsoudi, A. A. (2009). Scrap-tyre-rubber replacement for aggregate and filler in concrete. Construction and Building Materials, 23(5), 1828–1836.

Gayarre, L.F., Lopez-Colina, C. (2009). Influence of recycled aggregate quality and proportioning criteria on recycled concrete properties, Waste Management, Volume 29, Issue 12, Pages 3022-3028

Gesoğlu, M., Güneyisi, E., & Özbay, E. (2009). Properties of self-compacting concretes made with binary, ternary, and quaternary cementitious blends of

fly ash, blast furnace slag, and silica fume. Construction and Building Materials, 23(5), 1847–1854.

Ghasemi, A.M., Parhizkar, T., Ramezanianpour. (2010). Influence of Colloidal Nano-SiO2Addition as Silica Fume Replacement Materialin Properties of Concrete, Construction Materials and Technologies, June-28, 2010.

Güçlüer, K., Ünal, O. (2010). Uçucu Kül İçeriğinin Beton Basınç Dayanımı ve Geçirimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 6, No: 1, (11-18).

Higgins, Uron (1991) Concrete, September/October 1991, Volume 25, No.6

Kılıç, H., Özdemir, Ö., Mısırlıoğlu, M., Oral, A.K. (2003). Koçhisar barajı blanket kaplamasında kullanılan geçirimsiz beton tasarımı, 5.Ulusal Beton Kongresi, 503-504.

Kockal, N. U., & Ozturan, T. (2011). Durability of lightweight concretes with lightweight fly ash aggregates. Construction and Building Materials, 25(3), 1430–1438.

Kutlu, O., Demiriz, M. Cem III Tipi Çimentoların Betonda Kullanımının Teknik ve Ekonomik Yönlerinin Değerlendirilmesi.

Mardani, A., Yılmaz, G., Hosseinnezhad, H., Ramyar, K. (2013). Farklı Geçirgenlik Azaltıcı Katkıların Betonun Basınç Dayanımı ve geçirimlilik özelliklerine etkisinin araştırılması, Yapılarda Kimyasal Katkılar 4.Sempozyum ve Sergisi, Ankara.

Mardani, A., Yılmaz, G., Hosseinnezhad, H., Ramyar, K., (2013). Farklı geçirgenlik azaltıcı katkıların betonun basınç dayanımı ve geçirimlilik özelliğine etkisi. Yapılarda kimyasal katkılar 4. Sempozyum ve sergisi. Ankara

Martinez-Lage, I., Perez-Ordenez, J.L., Martinez-Albella, F., Vazquez- Herrero, C. (2012). Properties of plain concrete made with mixed recycled coarse aggregate, Construction and Building Materials, Volume 37, Pages 171-176.

Mas, B., Cladera, A., Bestard, J., Muntaner, D., López, C. E., Piña, S., & Prades, J. (2012). Concrete with mixed recycled aggregates: Influence of the type of cement. Construction and Building Materials, 34, 430–441.

Medina, C., Sánchez de Rojas, M. I., & Frías, M. (2013). Properties of recycled ceramic aggregate concretes: Water resistance. Cement and Concrete Composites, 40, 21–29.

Motahari Karein, S. M., Ramezanianpour, A. A., Ebadi, T., Isapour, S., & Karakouzian, M. (2017). A new approach for application of silica fume in concrete: Wet granulation. Construction and Building Materials, 157, 573–581.

Pereira-de-Oliveira, L. A., Nepomuceno, M. C. S., Castro-Gomes, J. P., & Vila, M. F. C. (2014). Permeability properties of self-compacting concrete with coarse recycled aggregates. Construction and Building Materials, 51, 113–120.

Rostami, M., & Behfarnia, K. (2017). The effect of silica fume on durability of alkali activated slag concrete. Construction and Building Materials, 134, 262–268.

Sevim, U.K., Okumuş, N. (2011). Zeolit ve Silis Dumanı Katkılı Betonların Mekanik ve Geçirimlilik Özelikleri, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26(2), ss. 57-63.

Şengül, Ö., Taşdemir, M.A. (2015). Farklı Kür Yöntemlerinin Betonun Geçirimlilik ve Mekanik Özeliklerine Etkileri, 9. Ulusal Beton Kongresi, E/15/01, 171-180, Antalya.

Şimşek, Z. (2005) Yapı Yeraltı Kabuğunda Su ve Nem Sorunlarının Geçirimsiz Malzeme ile Giderilmesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi.

Şimşek, Z., Akıncıtürk, N. (2006). Betonarme yapı elemanları üzerindeki basınçlı yeraltı su geçirimliliğine puzzolan katkı maddelerinin etkisi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 2.

Thomas, C., Cimentada, A., Polanco, J. A., Setién, J., Méndez, D., & Rico, J. (2013). Influence of recycled aggregates containing sulphur on properties of recycled aggregate mortar and concrete. Composites Part B: Engineering, 45(1), 474–485.

Thomas, C., Setién, J., Polanco, J. A., Alaejos, P., & Sánchez de Juan, M. (2013). Durability of recycled aggregate concrete. Construction and Building Materials, 40, 1054–1065.

Tokyay, M., ve Erdoğdu, K., (1997). Curuflar ve Curuflu Cimentolar, Cimento Mustahsilleri Birliği, TCMB / AR-GE/Y 97.2, 34.

TS 802, 2009. Beton Karışımı Hesap Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-3, 2003. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-6, 2002. Beton Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 12390-8, 2010. Beton Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 8: Basınç Altında Su İşleme Derinliğin Tayini

Yeğinobalı, A., Silis Dumanı ile Cimento ve Betonda Kullanımı, Turkiye Cimento Mustahsilleri Birliği, Ar-Ge, Y01.01, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Bursa'da doğdu. İlköğrenimini Fadıllı İlköğretim Okulunda ve ortaöğrenimi Turgut Yılmaz İpek P.İ.O. tamamladı. Lise Eğitimini Bursa Emirsultan Lisesinde tamamladı. 2016 yılında Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2016 yılında Uludağ Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı. 2018 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalında asistan olarak göreve başladı. 2018 yılından beri Çukurova Üniversitesinde Yapı Anabilim Dalında asistan olarak görev yapmaktadır.