T.C.
ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETON NEMLİLİĞİNİN, BASINÇ DAYANIMI, ULTRASES HIZI VE YÜZEY SERTLİK DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ERGUN AKBAŞ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2017

T.C.
ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETON NEMLİLİĞİNİN, BASINÇ DAYANIMI, ULTRASES HIZI VE YÜZEY SERTLİK DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ergun AKBAŞ

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez 22/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

…….
Doç.Dr. Osman GÜNAYGIN
BAŞKAN (DANIŞMAN)

…….
Doç.Dr Kazım TÜRK
ÜYE

…….
Yrd.Doç.Dr M. Fatih ŞAHAN
ÜYE

Prof. Dr. Ramazan GÜRBÜZ
Enstitü Müd

Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.
Proje No: -

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.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETON NEMLİLİĞİNİN, BASINÇ DAYANIMI, ULTRASES HIZI VE YÜZEY SERTLİK DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ERGUN AKBAŞ

Adıyaman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. OSMAN GÜNAYDIN
Yıl: 2017, Sayfa sayısı: 75
Jüri : Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN
: Doç. Dr. Kazım TÜRK
: Yrd. Doç. Dr. M. Fatih ŞAHAN

Beton nemliliğinin; basınç dayanımı, ultrases hızı ve yüzey sertlik değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla hazırlanan bu çalışmada 63 adet 15x15x15 cm kenarlı küp numune hazırlanmıştır. Hazırlanan beton örneklerine, farklı su içerik değerlerinin ultrases geçiş hızı, Schmidt çekici ve beton basınç dayanımını ne ölçüde etkilediğini belirlemek için etüv işlemi uygulanmış ve belli aralıklarla etüvden çıkarılarak deneylere tabi tutulmuştur. Hazırlanan eşit sayıdaki beton örneklerine 7, 28 ve 90 günlük sürelerde işlemler aynı şekilde uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiş ve regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi neticesinde çeşitli formüller ve grafikler elde edilmiştir. Beton karışımına ikame edilen pomza ve zeolitin yüksek su içeriği özelliklerine etkisi açık bir şekilde görülürken, kür sürelerinin sonunda ultrases geçiş hızının ve dayanımın artttığı; su içeriğinin ise giderek azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ultrases hızı, Schmidt çekici, Basınç Dayanımı, Su içeriği

ABSTRACT

MSc THESIS

THE EFFECT OF CONCRETE MOISTURE ON COMPRESSIVE STRENGTH, ULTRASOUND PULSE VELOCITY, AND SURFACE HARDNESS VALUES

ERGUN AKBAŞ

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

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN
Year: 2017, Number of pages: 75
Jüri : Assoc. Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN
: Assoc. Prof. Dr. Kazım TÜRK
: Asst. Prof. Dr. M. Fatih ŞAHAN

Concrete moisture; In this study, 63 specimens of 15x15x15 cm cube were prepared in order to investigate the effect of compressive strength, ultrasound velocity and surface hardness. In order to determine the effect of different water content values on the ultrasound pulse velocity, Schmidt hammer and compressive strength, the drying oven process was applied to the prepared concrete samples and they were subjected to experiments by removing them from the drying oven at regular intervals. 7, 28 and 90 day tests were applied to the same number of concrete specimens prepared in the same way. The results obtained were evaluated separately and regression analysis was performed. Various formulas and graphs were obtained as a result of regression analysis. The effect of the pumice and zeolite, which are replaced for concrete mixture, on the high water content is clearly visible, the ultrasound pulse velocity and srtength increased and the water content gradually decreased at the end of the drying periods.

Key Words: Ultrases speed, Schmidt hammer, compressive strength, Water content

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında bana destek veren, okul imkânlarını benim için seferber eden sayın hocam Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN'a, Meslek Yüksek Okulu laboratuvarını kullanmam için izin veren Yüksekokul yöneticilerine, araştırmalarımda bana yardımcı olan Öğr. Gör. Kadir GÜÇLÜER hocama ve Adıyaman Üniversitesi İnşaat Mühendisliği öğrencileri Bünyamin BUĞDAÇI, Akın DAYAN ve Sidar GÖZETİR'e bana verdikleri desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR xi
1. GİRİŞ 1
2. BETON 3
2.1. Beton Bileşenleri 3
2.2. Mineral Katkı Malzemeleri 5
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 10
4. BETON DAYANIMININ BELİRLENMESİ 13
4.1.Tahribatlı yöntemler 13
4.2. Tahribatsız yöntemler 13
4.2.1.Ultrases geçiş hızı 13
4.2.2. Schmidt çekici 16
4.3. Beton Dayanımını Etkileyen Faktörler 18
5. MATERYAL VE METOD 21
5.1.Materyal 21
5.1.1. Çimento 21
5.1.2. Su 21
5.1.3.Agrega 22
5.2. Metod 24
5.2.1. Beton karışımlarının hazırlanması 24
5.2.2.Slump deneyi 25
5.2.3.Taze betonda birim ağırlık deneyi 26
5.2.4.Numunelere uygulan kür 27
5.2.5. Beton numunelerden ince kesit hazırlanması 28
5.2.6. Ultrases hız ölçümleri 29

5.2.7.Schmidt çekici ile beton yüzeyin sertliğinin bulunması 30
5.2.8. Basınç deneyi 31
6. BULGULAR 32
6.1. Beton İnce Kesitlerinin Değerlendirilmesi 32
6.2. Beton Su İçerik Deney Bulguları 40
6.3. Beton Birim Ağırlıkları 41
6.4. Ultrases Hız Ölçüm Bulguları 43
6.5.Schmidt Çekici İle Beton Yüzey Sertliği Bulguları 44
6.6. Basınç Deneyi Bulguları 45
6.7. Ultrases Geçiş Hızı ile Basınç Dayanımı Arasındaki İlişki 47
6.8. Su İçeriği İle Ultrases Arasındaki ilişki 49
6.9. Su İçeriği İle Dayanım Arasındaki ilişki 51
6.10. Çoklu Regresyon Analizi 53
6.10.1.Schmidt çekici ve su içeriği ile basınç dayanımının tahmini 54
6.10.2.Schmidt çekici ve ultrases hızı ile basınç dayanımının tahmini 58
6.10.3. Su içeriği ve ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımının tahmini 61
6.10.4. Schmidt çekici, su içeriği ve ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımının tahmini 64
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 69
KAYNAKLAR 71
ÖZGEÇMİŞ 75

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Asidik pomza ile bazik pomzanın kimyasal bileşimi……7
Çizelge 2.2. Dünyadaki pomza rezervleri……7
Çizelge 4.1. Ultrases geçiş hızı yöntemiyle beton kalitesinin değerlendirilmesi……15
Çizelge 5.1. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel bileşimi……21
Çizelge 5.2. Kullanılan agregaların özgül ağırlık, su emme ve yüzey nem değeleri.....23
Çizelge 5.3. 1 m³ betonda kullanılan malzeme miktarları……...24
Çizelge 5.4. Çökme sınıfları ……..…….....26
Çizelge 6.1. Beton su içerik değerleri (%)……...40
Çizelge 6.2. Beton birim ağırlıkları (gr/cm^3)……...42
Çizelge 6.3. Ultrases hız ölçümleri (km/sn)……43
Çizelge 6.4. Schmidt çekici ile yüzey sertlik ölçüm sonuçları……....44
Çizelge 6.5. Beton basınç deneyi sonuçları (Mpa)…….....46
Çizelge 6.6. 7 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve w arasında elde edilen veriler.....54
Çizelge 6.7. 28 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve w arasında elde edilen veriler.....56
Çizelge 6.8. 90 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve w arasında elde edilen veriler.....57
Çizelge 6.9. 7 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve Vp arasında elde edilen veriler.....58
Çizelge 6.10. 28 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve Vp arasında elde edilen veriler.....59
Çizelge 6.11. 90 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve Vp arasında elde edilen veriler.....60
Çizelge 6.12. 7 günlük numunelerde f_{ck}, w ve Vp arasında elde edilen veriler.....62
Çizelge 6.13. 28 günlük numunelerde f_{ck}, w ve Vp arasında elde edilen veriler.....63
Çizelge 6.14. 90 günlük numunelerde f_{ck}, w ve Vp arasında elde edilen veriler.....63
Çizelge 6.15. 7 günlük numunelerde f_{ck}, Sch, w ve Vp arasında elde edilen veriler.....65
Çizelge 6.16. 28 günlük numunelerde f_{ck}, Sch, w ve Vp arasında elde edilen veriler...66
Çizelge 6.17. 90 günlük numunelerde f_{ck}, Sch, w ve Vp arasında elde edilen veriler...67
Çizelge 6.18. Geliştirilen modellerin denklemleri ve istatistiksel sonuçları……..68

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Puzolanların sınıflandırılması……6
Şekil 2.2. Asidik pomza ve bazik pomza görünümü……7
Şekil 4.1. Ultrases test cihazı……...14
Şekil 4.2. Kür süresi ve su/çimento oranı ile ultrases geçiş hızının değişimleri…….15
Şekil 4.3. a) Schmidt çekici b) N modeli Schmidt çekici boykesiti…….……...17
Şekil 4.4. Beton dayanımı ile su arasındaki ilişki……..……..……...19
Şekil 5.1. Karışımda kullanılan iri agregalar a) Kalker b) Pomza……...22
Şekil 5.2. Karışım agregalarının granülometri eğrileri …….....23
Şekil 5.3. Karışım agregalarının özgül ağırlıklarının bulunması…….23
Şekil 5.4. Beton döküm aşamaları……...25
Şekil 5.5. Taze beton kıvam ölçümü……..…....26
Şekil 5.6. Beton birim ağırlığının belirlenmesi……...27
Şekil 5.7. Beton numunenin kalıptan çıkarılması ve kür havuzuna konması……..28
Şekil 5.8. Polarizan mikroskop ile elde edilen ince kesit görüntüleri a) ince kesitler b) polorizan mikroskop c) beton örneğinin ince kesit görüntüsü……...28
Şekil 5.9. Beton örneklerin a) Kür İşlemi, b) Etüv İşlemi…….29
Şekil 5.10. Sertleşmiş betonda ultrases hız ölçümü ……...30
Şekil 5.11. Sertleşmiş betonda Schmidt çekici ile beton yüzey sertliği ölçümü…….....30
Şekil 5.12. Numunelerin streçle sarılması ve kırılması……...31
Şekil 6.1. 7 günlük beton örneğinin ince kesit görüntüleri a) Tek nikol boşluk, agrega ve çimento hamuru görüntüsü b) Çift nikol boşluk agrega ve çimento hamuru görüntüsü c) Tek nikol boşluk görünütüsü d) Çift nikol boşluk görüntüsü e) Tek nikol çatlak görüntüsü f) Çift nikol çatlak görüntüsü ……33
Şekil 6.2. 7 günlük beton örneğinde agregalara ait ince kesit görüntüleri a) Tek nikol Kalker (agrega) görüntüsü b) Çift nikol Kalker (agrega) görüntüsü c) Tek nikol Pomza (tüf) görüntüsü d) Çift nikol Pomza (tüf) görüntüsü……34

Şekil 6.3. 28 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler
a) Tek nikol boşluk, çatlak ve çimento hamuru görüntüsü
b) Çift nikol boşluk, çatlak ve çimento hamuru görüntüsü
c) Tek nikol boşluklar görüntüsü d) Çift nikol boşluklar görüntüsü
e) Tek nikol küçük boyuttaki boşluk, çatlak ve agrega görüntüsü
f) Çift nikol küçük boyuttaki boşluk, çatlak ve agrega görüntüsü…….35
Şekil 6.4. 28 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler
a) Tek nikol Kalker (agrega), ve çimento hamuru görüntüsü
b) Çift nikol Kalker (agrega) ve çimento hamuru görüntüsü
c) Tek nikol Pomza (tüf) ve çimento hamuru görüntüsü
d) Çift nikol Pomza (tüf) ve çimento hamuru görüntüsü……..….36
Şekil 6.5. 90 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler
a) Tek nikol boşluk ve çimento hamuru görüntüsü
b) Çift nikol boşluk ve çimento hamuru görüntüsü c) Tek nikol çatlak görüntüsü d) Çift nikol çatlak görüntüsü e) Tek nikol çatlaklar görüntüsü
f) Çift nikol çatlaklar görüntüsü…….37
Şekil 6.6. 90 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler
a) Tek nikol numunenin merkezindeki az belirgin çatlak görüntüsü
b) Çift nikol numunenin merkezindeki az belirgin çatlak görüntüsü
c) Tek nikol numunenin kenarındaki belirgin çatlak görüntüsü
d) Çift nikol numunenin kenarındaki belirgin çatlak görüntüsü……...38
Şekil 6.7. 90 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler
a) Tek nikol az fosilli kalker (agrega) görüntüsü
b) Çift nikol az fosilli kalker (agrega) görüntüsü c) Tek nikol fosilli kalker (agrega) görüntüsü d) Çift nikol fosilli kalker (agrega) görüntüsü
e) Tek nikol Pomza (Tüf) görüntüsü f) Çift nikol Pomza (Tüf) görüntüsü...39
Şekil 6.8. Beton numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen su içerikleri……..…….....41
Şekil 6.9. Numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen birim ağırlık değerleri……....42
Şekil 6.10. Beton numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen ultrases değerleri (km/sn)…….....44

Şekil 6.11. Beton numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen Schmidt çekici değerleri…….....45
Şekil 6.12. Beton numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen basınç değerleri…….……46
Şekil 6.13. 7 günlük numuneler de basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki…….....47
Şekil 6.14. 28 günlük numuneler basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki……..……....47
Şekil 6.15. 90 günlük numuneler de basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki…….48
Şekil 6.16. Basınç deneyi bulguları ile ultrases geçiş hızı ölçüm bulguları arasındaki korelosyonlar……..…..48
Şekil 6.17. 7 günlük numuneler de ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasındaki ilişki…….49
Şekil 6.18. 28 günlük numuneler de ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasındaki ilişki…….49
Şekil 6.19. 90 günlük numuneler de ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasındaki ilişki……....…….50
Şekil 6.20. Su içerik değer bulguları ile ultrases geçiş hız ölçüm bulguları arasındaki korelasyonlar….……..…….....50
Şekil 6.21. 7 günlük numuneler de dayanım ile su içeriği arasındaki İlişki……..51
Şekil 6.22. 28 günlük numuneler de dayanım ile su içeriği arasındaki ilişki…….51
Şekil 6.23. 90 günlük numuneler de dayanım ile su içeriği arasındaki ilişki…….52
Şekil 6.24. Basınç deneyi bulguları ile su içerik değerleri bulguları arasındaki korelasyonlar……...52
Şekil 6.25. 7 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve su içeriği arasında ki üçlü ilişki……...55
Şekil 6.26. 28 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve su içeriği arasında ki üçlü ilişki……..56

Şekil 6.27. 90 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve su içeriği arasında ki üçlü ilişki……...57
Şekil 6.28. 7 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve ultrases arasında ki üçlü ilişki……...59
Şekil 6.29. 28 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve ultrases arasında ki üçlü ilişki……...60
Şekil 6.30. 90 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve ultrases arasında ki üçlü ilişki……...61
Şekil 6.31. 7 günlük numunelerde dayanım, su içeriği ve ultrases arasında ki üçlü ilişki……....62
Şekil 6.32. 28 günlük numunelerde dayanım, su içeriği ve ultrases arasında ki üçlü ilişki…….……..63
Şekil 6.33. 90 günlük numunelerde dayanım, su içeriği ve ultrases arasında ki üçlü ilişki……...64
Şekil 6.34. 7 günlük numunelerde dörtlü regresyon sonucu grafiksel ilişki…….....65
Şekil 6.35. 28 günlük numunelerde dörtlü regresyon sonucu grafiksel ilişki……..67
Şekil 6.36. 90 günlük numunelerde dörtlü regresyon sonucu grafiksel ilişki……..68

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	: Alan
C	: Concrete, Beton
ºC	: Santigrat derece
Ca	: Kalsiyum
CEM	: EN 197 standart serisine göre çimento tipi.
DKY	: Doygun kuru yüzey
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EN	: European Norm, Avrupa Standartları
f_c	: Beton numunesi basınç dayanımı
f_{ck}	: Standart numune karakteristik basınç dayanımı
kg	: Kilogram
m^3	: Metre küp
mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal
P	: Beton basınç deneyinde kırılma anında ulaşılan en büyük yük
S/Ç	: Su/Çimento Oranı
SN	: Standart Numune
TS	: Türk Standartları
V	: Beton numunesi hacmi
vb	: Ve benzeri
Vp	: Ultrases geçiş hızı
w	: Beton su içeriği

1. GİRİŞ

Beton, günümüz yapı teknolojisinde en sık kullanılan, kolay üretilebilen ve bileşenleri kolay temin edilebilen ekonomik bir malzeme olmasına karşın, özellikle yük altındaki davranışının ve mekanik özelliklerinin tam anlamıyla anlaşılamamış olması sebebiyle üzerinde yoğun çalışmaların hala sürdürüldüğü kompozit bir malzemedir.

Beton, yapı malzemesi olarak modern toplumun temelini oluşturur. Günümüzde barınma maksadıyla inşa edilmiş olan binalarda, çalışma gayesiyle yapılan ofis yapılarında ve iş merkezlerinde, ulaşım amacıyla kullanılan otoyollarda ve köprülerde, çeşitli amaçlar için inşa edilen barajlarda, termik santral inşaatlarında ve daha birçok önemli altyapı ve üst yapı projelerinde çoğunlukla beton kullanılmaktadır (Mindess ve Young 1981, Erdoğan 2003, Arıoğlu 1998).

Betonun diğer yapı malzemelerine olan üstünlüğü kullanım yerine göre değişkenlik gösterse de, en önemli avantajı: ekonomik olması, içeriğinde ki yapı malzemelerinin kolayca bulunabilen yapı malzemelerinden üretiliyor olması ve kullanım süresi boyunca daha az bakım ve onarım gerektirmesi şeklinde özetlenebilir (Mindess ve Young 1981). Taze betonun plastik özelliği sayesinde, istenilen şekil ve boyutlarda kalıplara doldurulabilmesi ve betona istenilen şeklin verilebilmesi de betonu diğer yapı malzemelerinden ayıran bir özelliğidir. Betonun bu plastiklik özelliği sayesinde estetik yapılar üretmek oldukça kolaylaşmaktadır. Aynı zamanda taze beton pompalanabilme özelliği sayesinde ulaşılması güç noktalara kolayca taşınabilmektedir. Beton sertleştiğinde ise basınç dayanımı bazı doğal taşların basınç dayanımına yaklaşmaktadır. Bu özelliğinden dolayı betonu yapı elemanlarında basınç dayanımı gerektiren kısımlarda kullanmak mümkün hale gelmektedir. Betonun çelik donatılarla olan aderansı da iyi olduğundan, donatılı beton olarak kullanılabilmekte ve çok farklı tasarım projeleri hayata geçirilebilmektedir.

Beton, çekme dayanımının düşük olması, zararlı çevresel etkilere maruz kaldığında az da olsa hacminde değişiklik meydana gelmesi, sürekli yükler etkisi altında bir miktar deforme olması ve geçirimsizlik konusunda bu özelliği tamamen sağlamaması gibi dezavantajlarına rağmen hala günümüzde en çok kullanılan yapı malzemesidir (Neville 1981, Taylor 1977).

Beton basınç dayanımı tahribatlı ve tahribatsız olmak üzere iki yöntemle belirlenebilmektedir. Tahribatlı yöntemler taşıyıcı elemanlara zarar vermesinin yanında pahalı ve uygulaması zor yöntemlerdir. Tahribatsız yöntemler ise taşıyıcı elemanlara zarar vermeyen, uygulanması kolay ve daha ekonomik yöntemlerdir. Tahribatsız yöntemler bu bakımdan beton basınç dayanımı testinde etkin olarak kullanılmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan tahribatsız test yöntemleri Schmidt çekici ve ultrases geçiş hızı metotlarıdır. Bu iki yöntem ayrı ayrı kullanıldıkları zaman beklenen doğruluğu tam olarak verememektedir. Beton basınç dayanımının yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan en etkin ve güvenilir yöntem, Schmidt çekici ile ultrases geçiş hızının birlikte kullanıldığı birleşik yöntemdir.

Beton basınç dayanımı TS EN 12390-3 'e göre belirlenmekte ve beton dayanım hedefinde güvenli tarafta kalmak için örnekler belli süre kür edildikten sonra doygun kuru yüzey durumda kırılmaktadır. Betonun ilerleyen kür sürelerinde hidratasyon tepkimesi devam etmekte ve beton içindeki boşluklar hidrate ürünlerle dolmaktadır. Bunun sonucu boşlukların azalması ile basınç dayanımı artmakta, su muhtevası ise azalmaktadır. Beton su muhtevası ultrases geçiş hızıyla da doğrudan ilişkilidir. Beton su muhtevasının belli süreler içerisinde peryodik olarak azaltılmasıyla ultrases geçiş hızının da azalacağı bilinmektedir. Çünkü ultrases ışınları beton su muhtevasının azalmasıyla kendine köprü görecek geçiş yolları bulamayacak ve beton örneğini daha uzun bir süre içerisinde terk edecektir. Scmidt çekici ise yüzey sertliğiyle doğrudan ilgili olup su muhtevasıyla da ilişkilidir. İlerleyen kür yaşlarında beton mukavemeti artmasına bağlı olarak Schmidt değerinin de artacağı bilinmektedir. Fakat beton yüzeyinin nem durumu Schmidt sertliğini direk etkilemekte olup doygun kuru yüzey durumda daha düşük Schmidt değerleri verirken azalan su içeriği'ne (bağıl nem miktarının azalması) bağlı olarak yüzeydeki nem miktarının azalması daha yüksek Schmidt değerlerine neden olabilmektedir. Tüm bunlar dikkate alındığında betonun su içeriği (doygun kuru yüzeyden azalan su içeriğinde kuruya doğru) tahribatlı ve tahribatsız deneyleri etkilemekte olup bu durumun hassasiyeti unutulmamalıdır.

Bu çalışmada farklı nem içeriğindeki betonun dayanımı, tahribatlı ve tahribatsız deneyler ile incelenmek için kısmen boşluklu ve su içeriği yüksek betonda, kalker, pomza ve zeolit ince ve iri agrega olarak kullanılmıştır.

2. BETON

Beton; çimento, agrega, su ve gerekli hallerde kimyasal ve mineral katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılması ile elde edilen kompozit bir yapı malzemesidir (Doğangün 2008). Çimentonun su ile hidratasyonu ile bağlayıcılık özelliği olan ürünler oluşur ve bu ürünler agregalar arasındaki boşlukları doldurarak taneli malzemeleri birbirine bağlar. Beton yapımında kullanılan agregaların üç temel görevi vardır. Bunlar; agregaların çimento-su bağlayıcı malzemesi içerisinde, nispeten daha ucuz dolgu malzemeleri olmaları nedeniyle ekonomik avantaj sağlamaları, etkisi altında bulunduğu yüklere ve çevresel faktörlere karşı daha dayanıklı bir yapı oluşturmaları, çimento hamurundan kaynaklı nem değişikliği sonucu hacimlerinde meydana gelebilecek değişiklikleri azaltmaları olarak değerlendirilebilir (Neville 1981, Erdoğan 2003).

2.1. Beton Bileşenleri

2.1.1. Çimento

Kil ve kalker taşlarının yüksek sıcaklıkta birlikte pişirilmesinden sonra öğütülerek elde edilen bir yapı bileşenidir. Çimento aynı zamanda, su ile karıştırıldığında reaksiyona girerek sertleşen daha sonra suyla teması halinde yumuşamayan ve dayanım kazanan, dayanımını su içinde de koruyan çok ince öğütülmüş, mineral kökenli, hidrolik bağlayıcı olarak da tanımlanmaktadır (Akman 1990, TS 11222).

Çimentonun üretiminde, yaklaşık %23 oranında kil ve %77 oranında kalker kullanılmaktadır. Bu karışım döner fırın içinde 1400 C° 'ye kadar ısıtılıp aniden soğutulur. Elde edilen madde klinker ismini alır. İri haldeki klinkerin bağlayıcılık özelliği olmayıp ince öğütüldüğünde su ile reaksiyona girdiğinde bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır.

Çimento miktarı beton dayanımı açısından son derece önemlidir. Bu yüzden beton karışım hesabı yapılırken çimento dozajı son derece dikkatli belirlenmelidir.

2.1.2. Agrega

Beton içerisinde kullanılan ve % 60-80 oranlarına ulaşarak betonun iskeletini meydana getiren kum-çakıl ve kırmataş, gibi malzemelere agrega denilmektedir. Agregalar doğal (kum-çakıl, kırmataş) ve yapay (yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş kil, perlit) olmak üzere iki kısımda değerlendirilirler. Agrega, betonun hacimsel olarak en büyük kısmını oluşturduğundan, özelliklerinin kullanılmasından önce deneylerle belirlenmesi gerekir (Yaşarer 2008). Ayrıca beton içerisinde kullanılacak agrega TS 706 EN 12620 + A1 standardına uygun olmalıdır.

Beton agregası olarak kullanılacak taşlarda şu özelliklerin olması istenmektedir:

- Su etkisine karşı dayanıklı olmalı ve şişerek hacim artışına neden olmamalıdır.
- Tane biçimi küresel boyutlara sahip olmalıdır.
- Klor- sülfat iyonları içermemelidir.
- Yeterli dayanıma sahip olmalıdır
- Alkali - agrega reaksiyonuna neden olmamalıdır.
- Donma çözülme etkisine karşı dayanıklı olmalı, yapraklanıp dağılmamalıdır.

2.1.3. Karışım ve bakım suyu

Çimento ve agregayla beraber betonu oluşturan bir diğer malzeme sudur. Beton malzemelerinin karılmasında kullanılan karışım suyunun iki temel görevi vardır. Bunlardan ilki, suyun çimento ile birleşerek hidratasyonun oluşmasını sağlaması, ikincisi ise betonun karılması esnasında agrega ve çimento taneciklerinin dış yüzeylerinin ıslatılıp imalatı yapılan taze beton karışımında istenilen işlenebilmeyi sağlamasıdır (Erdoğan 2003). Karma suyunun gereğinden az konulması durumunda, çimento hidratasyonunu tam olarak yapamaz, agrega tanelerinin yüzeyleri tamamen ıslanmaz ve çimento ile arasındaki aderans zayıflar, betonun işlenebilme özelliği yeterli düzeyde olmadığı için yerleştirme zorlaşır. Bu nedenlerle boşlukları çok, hidratasyonu tamamlanmamış ve iyi yerleştirilmemiş bir beton üretilir. Bu betonun basınç dayanımı düşük olur. Karma suyu gereğinden daha fazla konulur ise; çimento hamurunun mukavemeti düşer, ayrıca fazla su boşlukları artıracağından betonun yeterince sıkıştırılamamasına neden olur, dolayısı ile betonun basınç dayanımı azalır (Postacıoğlu

1987). Karışım suyu temiz olmalıdır ve içeriğinde taze ve sertleşmiş beton özelliklerine negatif etkide bulunabilecek miktarda kil, silt, asit, klorür, sülfat, yağ ve endüstriyel atıklar gibi maddeler bulundurmamalıdır (TS EN 1008).

2.2. Mineral Katkı Malzemeleri

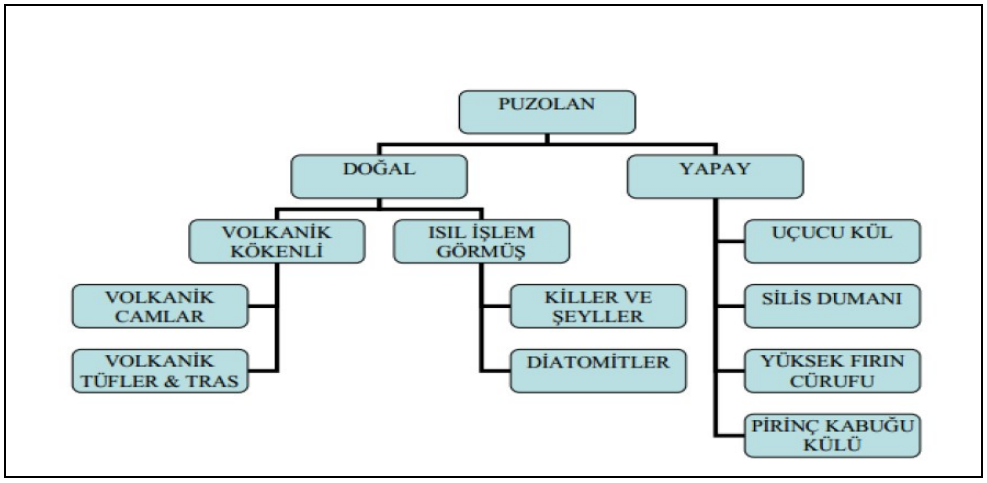
Çimento gibi öğütülmüş toz formunda olan yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı gibi maddelere puzolan adı verilmektedir. Puzolanlar yalnız başlarına kullanıldıklarında çimento gibi bağlayıcılık özelliği taşımayıp ancak ince öğütüldüğünde çimento ile birlikte kullanıldıklarında çimentoyla benzer bir şekilde bağlayıcılık özelliği kazanıp çimento miktarını düşürerek ekonomik katkı sağlarlar. Puzolanlar yüksek dayanıma sahip beton üretiminde de kullanılırlar (Hamalı 2007).

Puzolanların tek başlarına bağlayıcılık özelliği yoktur. Ancak kireçle karıştırılmaları halinde bağlayıcılık özelliği kazanırlar ve suda erimeyen bikalsiyum silikat tuzuna dönüşürler (Akman 1990). Şekil 2.1'de sınıflandırılması verilen puzolanların betona ait olumlu ve olumsuz etkileri aşağıda belirtilmektedir;

- Alkali-silika reaksiyonlarını azaltırlar
- Permeabiliteyi azaltmak suretiyle, deniz suyu gibi agresif çevre koşullarına karşı harç ve betonun durabilitesini artırırlar.
- Hidratasyon ısısını düşürüp, priz süresini geciktirirler.
- Çimento ve beton maliyetlerinde belirgin bir düşüş elde ederler.
- Çevrenin korunmasına destek olurlar.
- Kullanılan çeşit ve içeriğe bağlı olarak çimento ve betonun kıvamının ayarlanmasını sağlarlar.
- Dona karşı direnci artırırlar.

Puzolanların sakıncaları ise şunlardır;

- Mekanik mukavemet artış hızı azaltarak kalıp alma süresi artırırlar.
- Kür süresi artırırlar.
- Soğuk havada kullanılırsa, zaten yavaş olan reaksiyonları daha da yavaşlatırlar.
- Erken yaşlarda donma-çözülme direncini azaltırlar.



Şekil 2.1. Puzolanların sınıflandırılması (Ün 2007)

2.2.1. Pomza

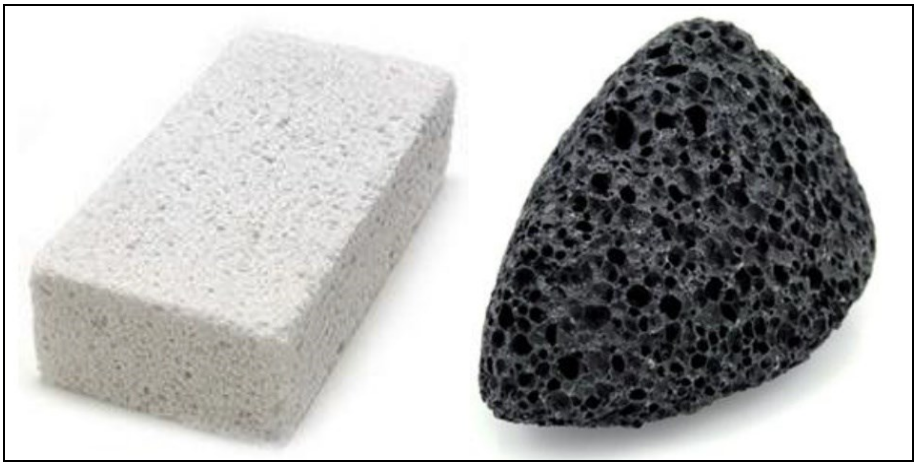
Pomza madeni ülkemizde ilgili sektörlere yaklaşık 20 yıldır girmesine rağmen dünya endüstrisinde uzun yıllardır bilinen ve kullanılan volkanik kökenli bir kayaçtır. Pomza, volkanik olaylar sonucunda oluşmuş süngerimsi bir dış yapıya sahip, dış etkenlere karşı oldukça dayanıklı, camsı volkanik bir kayaçtır. Oluşması sırasında içeriğindeki gazlar birdenbire dışarı çıkar ve daha sonra aniden soğur. Bu sebepten dolayı çeşitli büyüklüklerde sayısız gözenek içerir. Gözenekler arasındaki boşluklar genellikle bağlantısız olduğundan, bu agreganın permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir. Bünyesindeki boşluk miktarı yaklaşık %75 civarındadır. Oldukça yüksek miktarda genleşmeyen artık madde miktarı teşkil etmelerinin yanında granülometrik dağılımının da düzensizlik göstermesi gibi dezevantajlarının olmasına rağmen yıllık tüketimi on beş milyon ton civarındadır (Polat 2007).

Pomza oluşum şekline göre asidik ve bazik olarak iki sınıfa ayrılır. Piyasada genellikle asidik pomza baziğe göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Asidik pomza doğada beyaz veya kirli beyaz renkli olarak ve mohs skalasına göre sertliği 5 - 6 olarak, yoğunluğu 0,5-1 gr/cm³ şeklinde karşımıza çıkarken, bazik pomza ise kahverengi veya siyah olarak ve sertliği 5 - 6, yoğunluğu ise 1 - 2 gr/cm³ olarak karşımıza çıkmaktadır. Volkanda ki asidik malzemenin basınçla püskürmesi ve erimiş gazların ani basınç azalması neticesinde genleşmesi sonucu uçucu bileşenler malzeme bünyesinden ayrılırlar. Ayrılan bu erimiş küresel parçaların hızla soğuması neticesinde pomza

oluşmaktadır. Çizelge 2.1'de asidik ve bazik pomzanın kimyasal bileşimleri, Şekil 2.2'de ise bazik ve asidik pomzaların görünümleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Asidik pomza ile bazik pomzanın kimyasal bileşimi (Öz 2007)

Bileşim	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**CaO**	**MgO**	**Na_2O+K_2O**	**K.K.**
Asidik Pomza	70	14	2.5	0.9	0.6	9	3
Bazik Pomza	45	21	7	11	7	8	1



Şekil 2.2. Asidik pomza ve bazik pomza görünümü (Yazıcıoğlu vd. 2003)

Çizelge 2.2'de pomzanın dünya üzerindeki rezerv miktarları verilmiştir. Yapılan çalışmalar ülkemizin pomza maden rezervi olarak oldukça zengin olduğunu göstermekte olup ülkemizin üç milyar metreküp pomza rezervi olduğu tespit edilmiştir. Bu miktarla pomza rezervi olarak dünyanın önde gelen ülkeleri arasında kabul edilen Türkiye'nin dünyada ki tüm pomza rezervlerinin 1/7' sine sahip olduğu bilinmektedir (Dolğun 2010).

Çizelge 2.2 Dünyadaki pomza rezervleri

Kıtalar ve Ülkeler	**Miktar (Milyon Ton)**
Amerika Kıtası	12.160
Türkiye	2.836
İtalya	2.000
Avustralya	500
Diğer	500
Dünya Toplamı	17.996

Ülkemiz içindeki bölgeleri sahip oldukları pomza rezervleri açısından kıyasladığımızda ise İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi ön sıralardadır. İşletme sayısı bakımından ise İç Anadolu Bölgesi önde gelmektedir (Yazıcıoğlu vd. 2003).

Pomzanın boşluklu yapıya sahip oluşu, ısı iletkenliğinin düşük olmasını sağlar. Isı iletkenliği 0,10 - 0,60 kcal/m^2h ºC‟ dir (Serin 1999). Yangına dayanıklılık açısından kıyaslandığında standart betona kıyasla daha emniyetli olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında hafif olduğu için nakliyesi de oldukça kolaydır. Pomza kullanılarak elde edilen standart betona kıyasla önemli bir avantajı, deprem yüklerine karşı daha elastik davranış gösterebilmesidir. Ayrıca pomza kullanılarak elde edilen betonlar standart betonlarla kıyaslandığında dona karşı direnci daha yüksektir (Öz 2007).

Elazığ yöresinden çıkan pomzanın çimento miktarı düşürülerek yerine katkı maddesi olarak kullanılmasıyla elde edilen betonun ileri kür şartlarında ki dayanımlarının tespiti için yapılan bir araştırmada pomzanın ilave edilmesinin, dayanımı düşürdüğü tespit edilmiştir. Kür yaşının arttıkça, pomzanın puzolanik aktivite gösterdiği ve düşüşteki farkın büyük ölçüde kapandığı ifade edilmektedir (Yazıcıoğlu vd. 2003).

Yapılan bir araştırmada çimentonun yerine öğütülmüş pomza kullanımı ve hafif beton agregası olarak pomzanın kullanılmasının uygunluğu incelenmiştir. Deneylerde çimento yerine % 0 - 25 oranında öğütülmüş pomza ve % 0 - 100 arasında değişen oranlarda hafif beton agregası olarak pomza kullanmıştır. Deneyler sonucunda %15 oranında çimento yerine öğütülmüş pomzanın ve %50 oranında hafif beton agregası olarak pomza kullanımının olumlu sonuçlar vereceği ifade edilmiştir (Khandaker 2004).

Van Erciş yöresinde mevcut bulunan pomzanın çeşitli oranlarda karıştırılması ile üretilen hafif betonların donma çözülme dayanıklılıkları incelenmiş ve standart betonlarla kıyaslandığında donma-çözülmeye karşı daha dirençli oldukları belirlenmiştir (Türkmen 1997).

2.2.2.Zeolit

Kafes yapılarında silis, oksijen ve alimünyum bulunan gözeneklerinde ise su ihtiva eden zeolit, kelime anlamı olarak kaynayan taş anlamına gelmektedir. Zeolit ısıtıldığında patlar ve etrafa yayılır.

Zeolit ülkemizde oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Sudaki radyoaktif maddelerin kontrolünde bacadan çıkan zehirli gazların emiliminde, petrol sızıntılarının kontrol altına alınmasında, çöp toplamada ve atık sularda metal iyonlarının ve azot bileşiklerinin tutulmasında kullanılmaktadır.

Enerji sektöründe de zeolitler oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kömürün gazlaştırılması, azotoksit temizlenmesi, doğalgaz saflaştırma, karbondioksitin uzaklaştırılması, güneş enerjisi üretimi gibi pekçok alanda kullanılmaktadır.

Zeolitlerin ek olarak kâğıt, inşaat, sağlık, deterjan gibi pek çok sektörde kullanımı mevcuttur. Zeolitler kâğıt üretiminde katkı maddesi olarak, inşaat sektöründe beton katkı maddesi olarak, sağlık sektöründe diş macunu ve ilaç üretiminde, deterjan sektöründe ise fosfatların yerine kullanılmaktadır (DPT 2001).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ravindrajah (1992) yaptığı çalışmayla yüksek dayanımlı betonların dayanımını ultrases geçiş hızıyla bulmayı amaçlamıştır. Tahribatsız yöntemlerin inşaat mühendisleri açısından, ekonomi, hız ve en az zarar verme yönlerinden birçok faydası olduğunu vurgulamıştır. Çalışmada, çimento tiplerinin etkisi, silis dumanı katkısı, betonun yaşı ve kür koşulları dikkate alınmıştır.

Yüksel (1995) tarafından yapılan çalışmada genel olarak betonun kalitesinin küp veya silindir numune basınç deneyi ile belirleneceğini ifade etmiştir. Basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasında basit bir korelasyonun olmadığını vurgulamıştır. Ultrases geçiş hızı sonuçları eşdeğer basınç dayanımı ile tarif edilmek istendiğinde, nitelenecek betonla aynı malzeme ve karışım oranlarına sahip bir seri numunenin hazırlanması ve ardından bu numuneler üzerinde ultrases geçiş hızının ölçülmesi daha sonra preste kırılarak basınç dayanımlarının belirlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Ardından, her iki yolla bulunan sonuçlar arasında ki korelasyonun tespiti için çalışmalar yapmıştır.

Kheder (1999) yaptığı çalışmada, ultrases geçiş hızı yöntemini ve Schmidt çekici yöntemlerini birlikte kullanmış, betonun basınç dayanım tahmini için çoklu regresyon analizi yapmıştır. Regresyon analizini hem ıslak hem de kuru haldeki beton numuneler için yapmıştır. 103 farklı numune üzerinde 7 günlük ve 90 günlük testler uygulanmıştır. Bir sonraki aşamada, ilk çalışmadan elde edilen beton dayanım sonuçları arasında doğrusal korelasyon yaparak daha doğru sonuçlar elde etmiştir. Bu çalışmada testleri iki kısma ayırmıştır. İlk kısımda dayanımı 15.7-33.8 MPa aralığındaki numuneler için ±2.95 MPa, ikinci kısımda dayanımı 12.5-23 MPa aralığındaki numuneler için ±0.91 MPa değerinde bir sapma olduğunu gözlemlemiştir

Qasrawi (2000) beton dayanımının tahmininde tahribatsız test yöntemlerini birleştirerek sonuca varmayı amaçlamıştır. Bu amaçla çalışmasında geleneksel olarak iyi bilinen Schmidt çekici ve ultrases geçiş hızı yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Sonuçları, çeşitli grafik ve abaklara çevirmiştir. Abaklardan elde edilen grafikler % 95 tahmin aralığını göstermiştir.

Qasrawi (2003) tarafından yapılan çalışmada yük altındaki betonlarda hasar tespitinde bulunmak için ultrases geçiş hızı testini kullanmışlardır. Ultrases geçiş hızı yönteminin betonarme yapılarda meydana gelen ilk çatlaklarının ortaya konması için

kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ultrases geçiş hızı deneylerini laboratuvar koşullarında, çeşitli beton numuneler üzerinde göçme gerçekleşene kadar yüklemeyle birlikte yapmışlardır. Ultrases geçiş hızı ile beton basınç dayanımı arasındaki ilişki çeşitli grafiklerle gösterilmiştir.

Ergün ve Kürklü (2005) yaptıkları çalışmada, basınç dayanımını belirlemek için kullanılan tahribatlı ve tahribatsız yöntemler hakkında bilgi vermişlerdir. Üç katlı bir bina üzerinde yapılan Schmidt çekici değeri ve ultrases hız ölçümlerini karşılaştırılarak projede öngörülen dayanım sınıfının karşılayıp karşılamadığını kontrol etmişlerdir. Bulunan değerleri regresyon analiziyle değerlendirerek sonuçların şüpheli olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak yapılarda beton basınç dayanımının tahmininde tahribatsız yöntemlerin tek başlarına sağlıklı sonuçlar vermeyeceğini tespit etmişlerdir. Ultrases geçiş hızı ve Schmidt çekici değeri okumalarının yanı sıra yapıdan karot alınarak hepsinin regresyon analizine tabi tutulması gerektiği kanaatine varmışlardır.

Başka (2006) yaptığı çalışmada, betonun basınç dayanımının tespiti ile ilgili başlıca deney yöntemlerini açıklamıştır. Tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerin neler olduğunu ve ne şekilde yapıldıkları hakkında bilgiler vermiştir. Metodların uygulama şekilleri ve yapılırken nelere dikkat edilmesi gerektiğini açıklamıştır.

Küçük (2006) yaptığı çalışmada direkt, direkt olmayan ve yarı direkt ultrases geçiş hızı ölçümlerini kıyaslamak için, küp beton basınç dayanımları 18,8 ile 79,9 MPa arasında değişen, karışımları farklı, boyutları 30x30x25 cm olan toplam 30 beton numune üzerinde deneysel bir araştırma yapmıştır. İstatistiksel analizleri kullanarak direkt ultrases geçiş hızı, beton döküm yönünde ve beton döküm yönüne dik doğrultuda direkt olmayan ultrases geçiş hızı ve yarı direkt ölçümleri arasında korelasyonlar yapmıştır. Elde edilen veriler regresyon denklemleriyle, direkt olmayan veya yarı direkt ultrases geçiş hızını, direkt ultrases hızına çevrilerek, Schmidt çekici değeri sayısı ve direkt ultrases geçiş hızı regresyon modellerinden herhangi birisinin betonun basınç dayanımının bulunmasında kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Aydın ve Sarıbıyık (2010) betonarme yapılar için Schmidt çekici değeri ve tahribatlı beton basınç testi arasında korelasyon kurmayı hedeflemişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda, beton üzerinde Schmidt çekici değeri testi ve basınç cihazında kırma tekniklerini uygulayarak, aralarında korelasyon kurmuşlardır. Çeşitli yaşlarda betonlara Schmidt çekici değeri uygulamak için, 28-90 günlük küp numuneler hazırlamış ve farklı

birkaç betonarme yapıdan karot numuneler alınarak test etmişlerdir. Beton basınç dayanımı-Schmidt çekici okumaları arasındaki ilişki için en uygun sonuçların, veriler arasında korelasyon kurularak elde edildiğini belirlemişlerdir.

Szilagyi (2011) 'Betonun yüzey sertliği derecesi: Gözlemsel bir model kurmaya giriş' adlı bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmayla, s/ç oranı ve betonun basınç dayanımıyla yüzey sertliği arasındaki bağlantıyı incelemişlerdir. Zamana bağlı olarak betonun karbonatlaşma derinliğinin gelişimini ve yüzey sertliğine etkisini bulmaya çalışmışlardır. CEM I- 42.5, CEM II / A-V 42.5 ve CEM III /B 32.5 çimentolarını, 0.38-0.60 aralığında s/ç oranı ve 7-180 gün kür edilmiş beton numunelerle çalışmışlardır. Bu çalışmanın geçmişteki 60 yıllık çalışmaları daha da ileriye taşıyacağını vurgulamışlardır.

Mohammed (2011) tarafından yapılan çalışmaya göre, kırıntı kauçuk katkılı taze ve sertleşmiş betonlar üreterek yapılan betonlarda Schmidt çekici testi ve ultrases geçiş hızı testi ile betonun dayanımını belirlemeyi amaçlamışlardır. Üç farklı s/ç oranı sahip beş farklı kauçuk içerikli beton karışımlarını hazırlayarak 3, 7 ve 28 günlük Schmidt çekici değeri ve ultrases geçiş hızı değerlerini elde etmişlerdir. Her birinin beton dayanımına nasıl etki ettiğini incelemişlerdir.

4. BETON DAYANIMININ BELİRLENMESİ

4.1.Tahribatlı yöntemler

Tahribatlı deney yöntemleri betona zarar vererek betonun basınç dayanımının belirlenmesi işlemidir. Bu yöntemler arasında beton basınç deneyi, eğilme çekme deneyi ve yarmada çekme deneyi gibi metodlar vardır. Uygulama açısından zor olmakla birlikte pahalı ve uzun çalışma süresi gerektirirler.

4.2. Tahribatsız yöntemler

Bir yapının geometrik boyutları, yapı kusurları ve birleşimi hakkında onu bir daha kullanılamaz hale getirmeden bilgi edinilmesi tahribatsız deneyler olarak tanımlanmaktadır (Akbaş 1991). Tahribatsız yöntemlerden bazıları;

- Schmidt çekici,
- Ultrasonik yöntem,
- Windsorprobe penetrasyon yöntemi,
- Rezonans frekans yöntemi,
- Pinpenetrasyon yöntemi,
- Çekme (Pull-out) yöntemi,
- Kırılma (Break-off) yöntemi,
- Çıkarma (Pull-off) yöntemidir

4.2.1.Ultrases geçiş hızı

Beton karotun alt ve üst yüzeyleri hassas bir şekilde düzeltilerek hazırlanan numunede ultrases hız ölçümleri yapılabilir. Ayrıca, ölçülen hız değerleri betonun içyapısı (boşluklar hidratasyon derecesi kılcal çatlaklar vb.) hakkında kıymetli bilgiler sağlar.

Ultrases cihazı: Şekil 4.1'de gösterilen ultrases geçiş hızı cihazı üzerinde yer alan bir düğme, elektronik devrenin açılmasını ve kapanmasını kontrol etmektedir. Cihaz çalışır durumdayken, ultrases dalgalar üreterek iletmektedir. Ultrases cihazı

kablolarla bağlanan biri dalga gönderici diğeri dalga alıcı olmak üzere iki adet başlık bulunmaktadır.

Ölçümler öncesi, ölçüm yapılacak iki yüzeyin orta noktası belirlenir ve bu noktalar ölçüm cihazının problarının tam temasını sağlamak üzere gres yağı ile özenli bir şekilde yağlanır. Ölçü aletinin kalibrasyonu yapılır. Ultrases hız okumalarında, karotun karşılıklı iki yüzeyi kullanılır ve "direkt geçiş" yöntemine uygun olarak "geçiş süreleri" belirlenir. Karotun boyu, okunan bu geçiş sürelerine bölünerek ultrases hız değerleri hesaplanır.

$$V=L/T \qquad (4.1.)$$

Burada;

V=Ultrases geçiş hızı (m/sn) veya (km/sn)

L=Dalgaların katettiği mesafe (m) veya (km)

T=Zaman (sn cinsinden)

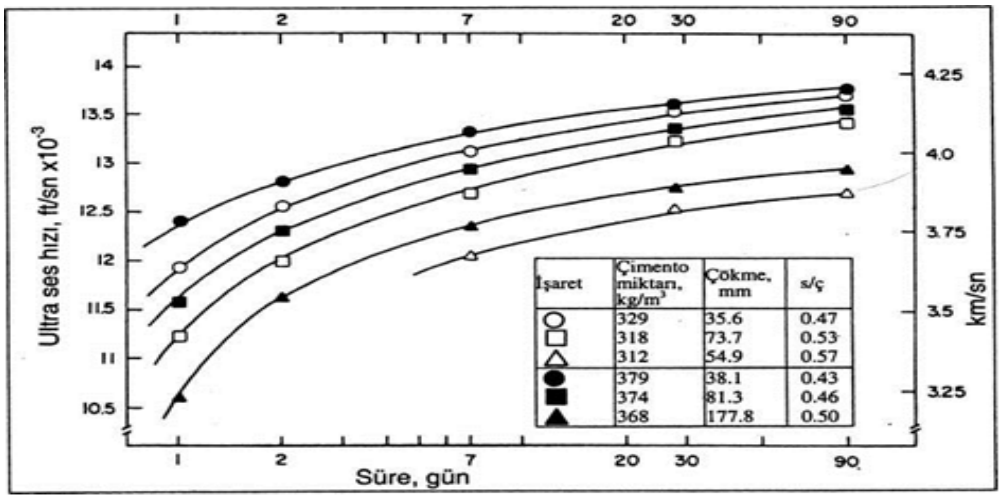


Şekil 4.1. Ultrases test cihazı

Ultrases sonuçlarını etkileyen faktörler;

Nem içeriği: Betonun nem içeriği düştükçe ultrases hızıda düşer. Buna sebep olarak ultrases ışınlarının beton içerisinde kendisine köprü görevi gören alanların nem düşmesi sebebiyle boşluklu hale gelmesi ve kendisine geçecek bir yol bulamaması olarak gösterilebilir.

Numunenin yaşı ve diğer faktörler: Numunenin kür yaşı arttıkça ultrases geçiş hızı da artmaktadır. Anderson ve Seals (1981) yaptıkları çalışmayla özellikle "artış hızı" betonun ilk kür sürelerinde (1-7 gün aralığı) çok belirgin olduğu, genelde aynı agrega konsantrasyonu ve türünde olmak üzere değişmeyen kür süresinde artan (su/çimento) oranıyla anılan fiziksel büyüklüğün azaldığını Şekil 4.2'deki grafikte belirtmişlerdir.



Şekil 4.2. Kür süresi ve su/çimento oranı ile ultrases geçiş hızının değişimleri

Ultrases geçiş hızıyardımıyla beton basınç dayanımının belirlenmesi; Whitehurst (1951) tarafından yapılan çalışmalar neticesinde, yoğunluğu yaklaşık 2400 kg/m^3 olan betonlar için ultrases geçiş hızının bilinmesi halinde beton kalitesinin muhtemel sınırları Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Ultrases geçiş hızı yöntemiyle beton kalitesinin değerlendirilmesi

Çok İyi	>4.5km/s
İyi	3.5–4.5 km/s
Şüpheli	3–3.5 km/s
Zayıf	2–3 km/s
Çok Zayıf	<2 km/s

4.2.2. Schmidt çekici

Bu yöntem 1948 yılında İsviçreli Ernst Schmidt tarafından bulunmuştur. Elastik bir kütlenin cismin yüzeyine çarpıp geri sıçramasıyla yüzeyin sertliğinin belirlendiği varsayılmaktadır. Schmidt çekici yöntemiyle cisimlerin sertliği tespit edilebilmektedir. Sertlik, malzeme yüzeyinin plastik şekil değiştirmeye karşı gösterdiği dirençtir. Postacıoglu (1981)'e göre sertliğin bilinmesi şu yararları sağlayacaktır:

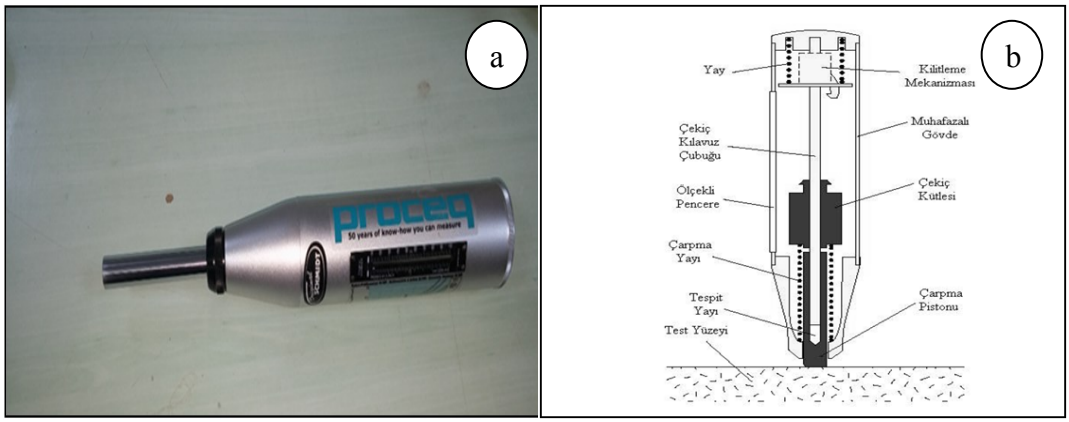
- Sertlik deneyi sonunda malzemenin kökeni hakkında bilgi edinilir, örneğin iki numunenin aynı malzemeye ait olup olmadığı anlaşılabilir.
- Cismin yüzeye yakın kısımlarının mekanik özellikleri, cismin genel özelliklerinden önemli derecede farklı olmasına rağmen, sertliğin bilinmesi ile malzemenin mekanik mukavemetlerinin değeri yaklaşık olarak tahmin edilebilir.
- Sertlik deneylerinin yapılması kolaydır, deney sonunda malzemenin tahrip olması söz konusu değildir. Bu deneyin elde taşınabilir aletlerle yapılması mümkündür.

Bu yöntem yardımıyla, hareketli bilyanın geliş enerjisine oranla oluşan dönüş elastik enerjisi ölçülür. Betonun yüzeyine belirli bir hızla bilya fırlatılır, yüzeye çarpan bilyanın geri sıçrama veya geri tepme mesafesi ne kadar fazla ise beton o kadar serttir ve mukavemeti de o kadar büyüktür. Çekiçte bilyanın geri tepme mesafesi ölçülmek suretiyle betonun mukavemeti hakkında bilgi edinilmektedir (Akbaş 1991).

Schmidt çekicinin kullanımı: Uygulamada en çok kullanılan tip olması nedeni ile sadece N tipi Schmidt çekicinin kullanımı açıklanmıştır, Şekil 4.3'te şekli ve boy kesiti gösterilmiş olan N tipi Schmidt çekicinin kullanımı şu şekildedir (Yüksel 1995).

- Pistonunun uç kısmına hafifçe basılarak pistonun boşalması ve kılavuz üzerinde kayarak muhafazanın uç kısmındaki delikten kayarak dışarıya çıkması sağlanır.
- Piston ölçülecek yüzey üzerine bastırılarak piston kendi yuvası içinde kaybolduğu anda çekiç kütlesi boşalır. Darbe anında çekiç beton yüzeyi ile dik açı yapmalı ve kilitleme düğmesine dokunulmamalıdır.

- Darbeleme sırasında çekiç kütlesi bir miktar geri sıçrama yapar. Bu sıçrama miktarı kayar göstergenin skala üzerinde hareket etmesiyle ölçülür. Ölçek üzerinde okunan değer çekiç kütlesinin ileri hareketinin yüzdesi olarak "Geri Tepme İndeksi" olarak kaydedilir.
- Çekiç deneye tabi yüzeyden geri çekildiğinde daha önceden okunan değer göstergeden silinir. Kayar gösterge hiç bir zaman tam olarak sıfır çizgisine gelmez. Aletin iç düzeneğindeki ayarlama nedeniyle bu durum herhangi bir ölçme hatasına neden olmaz.
- Ölçüm bittikten sonra, piston ve kılavuz çubuğu ile kılavuz disk kilitleme düğmesi yardımıyla deney öncesi durumunda olduğu şekilde kilitlenir. Kilitleme darbeleme işleminden sonra, uzamayan darbeleme yayı vasıtasıyla oluşacak boşalma üzerinde de etkili olacaktır.
- Deneye başka bir noktada devam edilir.



Şekil 4.3. a) Schmidt çekici b) N modeli Schmidt çekici boy kesiti (University of IIIinois 2003)

Ölçümler bittikten sonra ortalama vuruş sayısı bulunur. Schmidt çekici ile karota uygulanan 11 adet vuruş neticesinde elde edilen Schmidt değerleri genelde birbirine yakın değerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen değerlerden en küçük ve en büyük değerler çıkarılıp geri kalanların aritmetik ortalaması alınarak numuneye ait Schmidt değeri tespit edilir.

Schmidt yönteminin uygulanması esnasında dikkat edilecek hususlar şu şekildedir:

- Ölçüm için en ideal yüzey, düşey kalıp içine dökülmüş betondur.

- Kalıp bağlantı yerlerinden boşluklu ya da görünür agrega üzerlerinden ölçüm yapılmamalıdır.
- Elamanın en çok zorlanan bölgeleri arasından ve dayanım yönünden kritik noktalar seçilmelidir.
- Ölçüm yapılacak yüzey pürüzsüz olmalıdır. Yüzeydeki alçı sıva tipi malzemeler temizlenmelidir.
- Ölçüm yapılacak yüzey yaklaşık 20x20 cm olmalı ve 5-10 vuruş yapılabilecek kadar düzgün olmalıdır.

4.3. Beton Dayanımını Etkileyen Faktörler

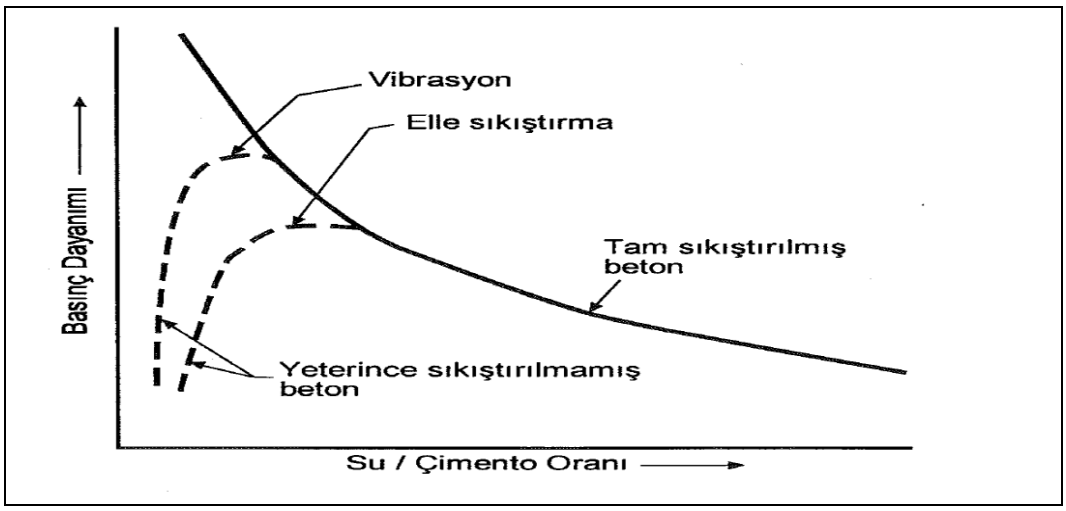
Su/çimento oranı; Karışım suyunu miktarı beton mukavemetine önemli ölçüde etki eder**.** Karışım suyu beton içeriğinde ki iri agrega ve kum taneciklerini ıslatarak çimento ile reaksiyona girer ve bu maddelerin hidratasyonunu sağlar. Beton yapımında kullanılan su miktarının artması, betonun işlenebilirliğini artırmakta ve betonun daha yüksek kıvama sahip olmasını sağlamaktadır. Su miktarının çok yüksek olması elde edilen beton yüzeyinde petekleşmeye neden olmaktadır Yani betonun yüzeyi istenmeyen büyüklükteki gözeneklere sahip olmaktadır. Karışımda yeteri kadar suyun olmaması halinde ise çimentonun hidratasyonutam olarak yapamayacağı; agrega tanelerinin yüzeyleri tam olarak ıslanmayacağından, agrega tanesi ile çimento arasındaki aderansın zayıf olacağı ve betonun yeterli dayanıma ulaşamayacağı bilinmektedir.

Beton karışım hesabında, s/ç oranına, çeşitli iklimlere, beton dökülecek alana ve basınç dayanımına göre seçilir. Seçilen s/ç oranı, beton özelliğine göre değişiklik gösterir (Şimşek 2004). Beton mukavemeti üzerine etki yapan en önemli faktörün su/çimento oranı olduğu söylenebilir. Beton yapımında yüksek dozda çimento ve düzgün bir agrega granülometrisi kullanılmış olsa bile, s/ç oranının yüksek olması halinde istenilen mukavemet değerine erişilemez. Su/çimento oranı arttıkça, betonun bütün yaşlardaki mukavemet değerlerinde azalma görülür (Yalçın ve Gürü 2006).

Beton karışımı içine katılan suyun iki temel görevi vardır. Birincisi çimento hidratasyonu sırasında kimyasal reaksiyonları gerçekleştirmek için gerekli olan suyu karıştırmak, ikincisi de beton karışımını kalıplara yerleştirecek kadar akıcı hale

getirmek, yani betonu plastik kıvamda tutabilmektir. Su/çimento oranı seçilirken, beton karışım suyunun en az bu iki su ihtiyacının toplamından daha büyük olmasına çalışılır. Su/çimento oranı başta mukavemet ve permeabilite olmak üzere, betonun bütün fiziksel özelliklerine etki yapar. Su /çimento oranının gereksiz şekilde artırılması ile betonun basınç mukavemeti ve dona dayanıklılığı azalır (Yalçın ve Gürü 2006).

Su/çimento oranı ile beton dayanımı arasındaki ilişki Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Genel anlamda, s/ç oranı azaldıkça dayanım artmaktadır. Su/çimento oranının aşırı düşük olması da betonu iyi sıkıştırmanın zor olması ve buna bağlı olarak betonda boşlukların kalması nedeniyle dayanım istenilen değerde olmamakta ve kesikli çizgilerle belirtildiği gibi dayanımda düşük olmaktadır (Erdoğan 2010).



Şekil 4.4. Beton dayanımı ile su arasındaki ilişki (Neville 1981)

Karışım suyunun kalitesi; Beton üretiminde kullanılacak karma suyunda betona zarar verecek nitelikte kimyasallar bulunmamalıdır. Aksi halde beton dayanımı olumsuz etkileneceği gibi bu durumbetonarme elemanlarda donatının korozyona uğramasına sebebiyet vermektedir.

Çimento özellikleri; Çimento dozajı ve kullanılan çimentonun cinsi dayanımı etkileyen iki temel faktördür. Bunlardan çimento dozajının artması daha yüksek dayanımlar elde etmemizi sağlar. Bu durumda beton kesitine gelebilecek daha büyük gerilmeler altında çimento hamurunda oluşan gerilmeler daha küçük değerlerde kalır. Diğer faktör ise, çimento tipinin beton dayanımına etkisidir. Dayanımı yüksek olan çimentolarla üretilen betonların dayanımı da yüksek olmaktadır (Baradan vd. 2012).

Çimento cinsini belirleyen özellikler, çimentonun kimyasal bileşimi ve çimento tane inceliğidir. Bu özellikler, çimentonun hidratasyon hızını etkilemektedir. Dolayısıyla bu özellikler, çimento hamurunun ne kadar sürede dayanım kazanacağını ve kazanacağı dayanım değerini etkilemektedir (Erdoğan 1995, 2010).

Agrega özellikleri; Agrega gronülometri, agreganın birim ağırlığı, agrega boyutu ve şekli ve agreganın içindeki yabancı madde miktarı dayanımını etkilemektedir (Erdoğan 2003).

Betonun taşınması ve yerleştirilmesi; Beton üretimi esnasında uygulanan karılma işleminin süresinin belli bir standardı vardır. Karılma işlemi gereğinden kısa tutulduğunda, malzemelerin homojen bir şekilde dağılması mümkün olmamaktadır. Karılma işlemi süresi gereğinden uzun tutulduğunda, meydana gelen sürtünme kuvvetinden dolayı agrega ısısı artmakta ve bu durum da agregaların ufalanmasına sebep olmaktadır. Agregalardaki bu ufalanmalardan dolayı istenilen işlenebilirliği sağlamak için su miktarını artırmak gerekmektedir. Su miktarının artması da, su/çimento oranının yükselmesine ve doğal olarak beton dayanımının düşmesine neden olmaktadır (Erdoğan 2003). Betonun dökümünden önce döküm yeri beton santrali arasındaki mesafe iyi hesaplanmalıdır. Betonun taşınma süresi uzadığında kıvam kayıpları oluşmakta ve betonun yerleştirilmesi zorlaşmaktadır (Baradan vd. 2012). Taze beton, homojenliğini kaybetmeden iyi sıkıştırılarak yerine yerleştirilmelidir. Yerleştirme işlemi esnasında beton içinde ki hava miktarını en aza indirmek ve beton dayanımının bu durumdan olumsuz etkilenmemesi için vibratör kullanılması gerekmektedir.

5. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde, deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri ile beton karışımlarında kullanılan malzeme miktarları, numune boyutları ve bu numuneler üzerinde yapılan deneyler hakkında bilgiler verilmiştir.

5.1.Materyal

5.1.1. Çimento

Bu çalışmada kullanılan çimento, TS EN 197–1 ile uyumlu normal Portland çimentosu (PÇ 42,5R) olup, Adıyaman Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından üretilmiştir. Çimentonun taze olarak kullanılmasına özen gösterilip, nem alarak topaklaşma göstermemesi için de çimento, özel koruyucu kaplar içerisinde muhafaza edilmiştir. Kullanılan PÇ 42,5 R çimentosuna ait kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel bileşimi

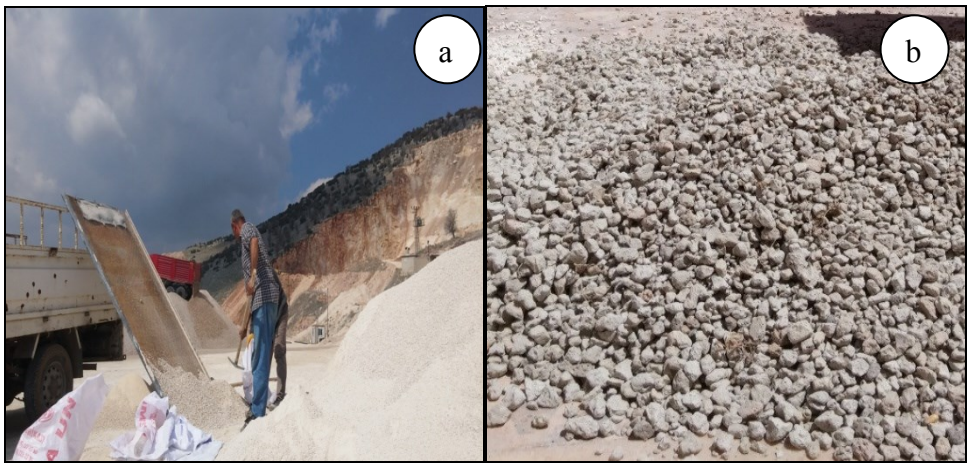
Oksit	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	KK
Çimento	19.29	3.88	4.25	62.63	3.42	2.58	0.34	2.86
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)								3.09
Priz Süresi		İlk (dakika)						125
		Son (dakika)						190
İncelik		Özgül Yüzey (cm^2/gr)						3420

5.1.2. Su

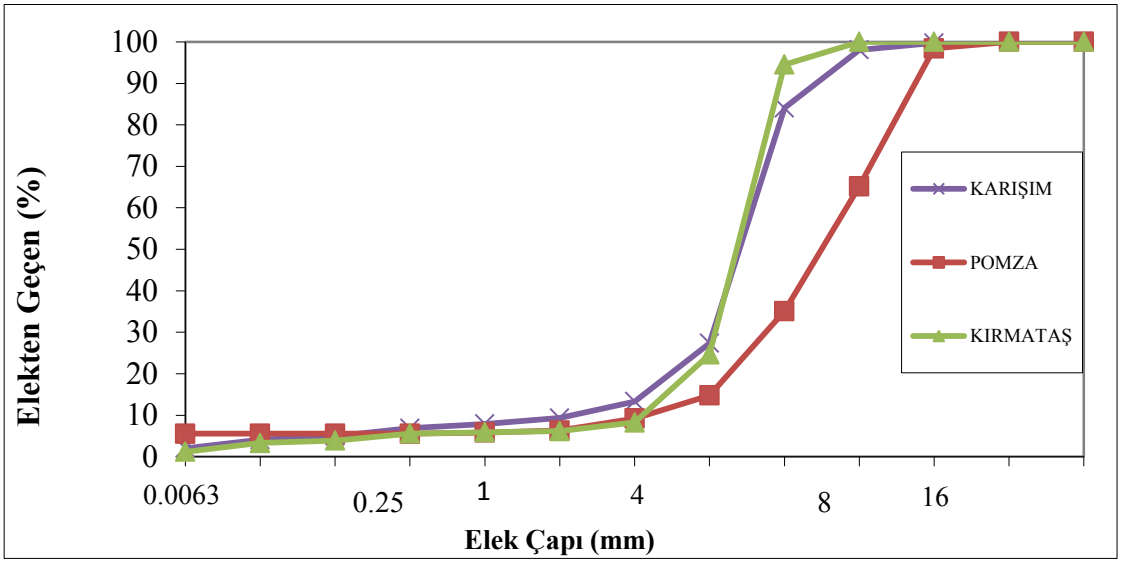
Beton üretiminde kullanılan karma suyu içilebilir özellikte olup, Adıyaman Üniversitesi İnşaat Meslek Yüksekokulu binası şebekesinden temin edilmiştir. Beton karışımlarında su/bağlayıcı oranına göre su kullanılmıştır.

5.1.3.Agrega

Deneylerde kullanılan kalker agrega Ufuker İnş. A.Ş tesislerinden alınmıştır. Karışım'da kalker agrega betonda boşluk oluşturması için tek boyutta kullanılmış olup, agrega boyutu olarak 5-12 mm seçilmiştir. Karışım hesabında kalker agrega %75 oranında kullanılmıştır. Kalker agrega ile birlikte betonun su emme kapasitesini daha fazla artırmak için iri agregaya ek olarak karışıma %15 oranında Bitlis ili Ahlat ilçesinden alınan bazik pomza ve ince agrega olarak da %10 oranında zeolit ikame edilmiştir. Karışımda kullanılan agregalar (kalker ve pomza) Şekil 5.1'de, agrega granülometrisi Şekil 5.2'de verilmiştir. Agregaların su emme kapasitesi ve özgül ağırlığı TS EN 1097–6' ya göre bulunmuştur (Şekil 5.3-Çizelge 5.2).



Şekil 5.1. Karışımda kullanılan iri agregalar a)Kalker b)Pomza



Şekil 5.2. Karışım agregalarının granülometri eğrileri



Şekil 5.3. Karışım agregalarının özgül ağırlıklarının bulunması

Çizelge 5.2. Kullanılan agregaların özgül ağırlık, su emme ve yüzey nem değerleri

Agrega	**Özgül ağırlık**	**Su emme (%)**	**Yüzey nemi (%)**
Kalker agrega	2.52	4.95	0.26
Pomza	0.93	64.29	3.7

5.2. Metod

5.2.1. Beton karışımlarının hazırlanması

Deneylerde kullanılan beton TS 802'ye göre tasarlanmış olup karışımlarda kullanılan malzeme miktarları Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çalışmada 7, 28 ve 90 günlük örneklerden planlanan deneyleri yapmak için toplamda 63 adet 15x15x15 cm küp numune üretimi yapılmıştır. Tasarlanan betonun hedef basınç dayanımına göre su/çimento oranı 0.46 olarak alınmıştır. Gerekli kıvamın elde edilmesi için su miktarı 204 kg alınmıştır. Hesaplar 1 m^3 beton için yapılmış ve 63 adet küp numune için orantı kurularak deneylerde kullanılacak miktarda numuneler dökülmüştür. Şekil 5.4'te betonun dökümü, kalıpların yağlanması, betonun kalıplara konması ve küp numunelerin sarsma tablasında sıkıştırılma işlemleri verilmiştir.

Çizelge 5.3. 1 m^3 betonda kullanılan malzeme miktarları

Kullanılan Malzeme Cinsi	**Miktar (kg)**
Kalker agrega	1205.82
Çimento	443.50
Su	204.00
Pomza	89.00
Zeolit	151.21



Şekil 5.4. Beton döküm aşamaları

5.2.2.Slump deneyi

Taze betonun işlenebilirliğini belirlemek amacıyla TS EN 12350-2'ye göre Abraham hunisi metodu yardımıyla kıvamı saptanmıştır. Slump deneyin de taze betonun kesik koni şeklindeki kaba konup, ardından da yukarı doğru çekilerek alınmasından sonra taze betonda oluşan çökme miktarı betonun kıvam ölçüsü olarak kullanılmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Taze beton kıvam ölçümü

Deney tamamladıktan sonra kıvamı belirlenen beton Çizelge 5.5'teki gibi sınıflara ayrılır.

Çizelge 5.4. Çökme sınıfları (TS EN 206-1)

Sınıf	Çökme (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	>220

5.2.3.Taze betonda birim ağırlık deneyi

Taze betonun birim ağırlığının tespiti amacıyla elde edilen beton TS EN 12350-6'ya göre silindirik ölçme kabına üç katman halinde yerleştirilmiş, yerleştirilen katmanlar sırasıyla 25'er kez şişlenmiş ve Şekil 5.6'da gösterildiği gibi beton yüzeyinin düzeltilip ölçme kabının silinmesiyle beton dolu kap tartılmıştır. Brüt ağırlıktan kabın dara ağırlığının çıkarılması sonucu kaptaki betonun net ağırlığı (W_n) tayin edilmiş, silindirik kabın hacmine bölünmesiyle de betonun birim ağırlığı bulunmuştur.



Şekil 5.6. Beton birim ağırlığının belirlenmesi

Taze betonun birim ağırlığı (B) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$B=W_n/V_k \quad (5.1.)$$

Burda;

B=Taze betonun birim ağırlığı, kg/m^3

W_n=Ölçme kabındaki betonun net ağırlığı, kg

V_k=Ölçme kabının kalibre edilmiş hacmidir, m^3

5.2.4.Numunelere uygulan kür

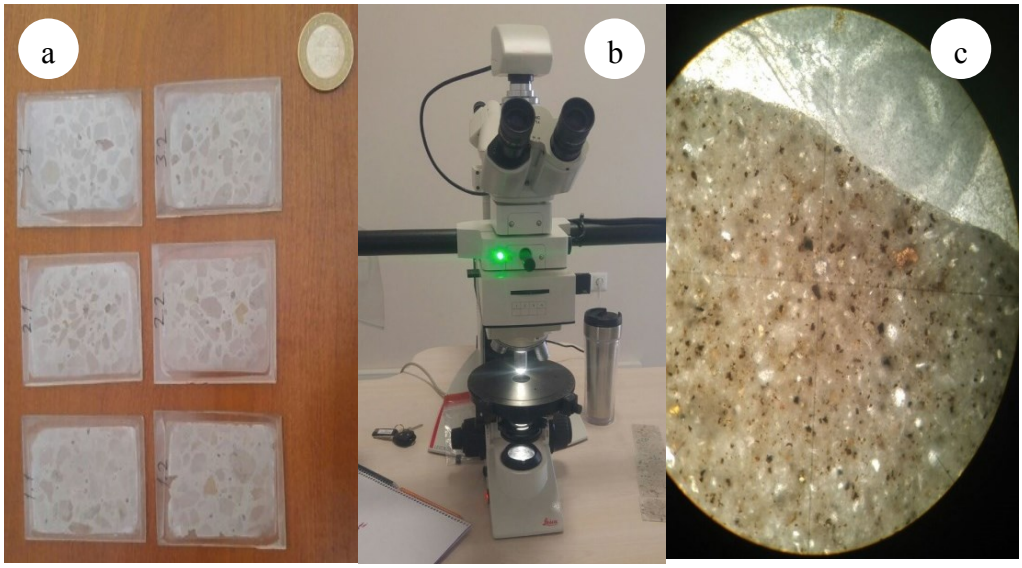
Betonda hidratasyonun başlaması ve devamı ile istenilen hedef dayanıma ulaşmak için doygun ortamda kür işlemi uyguanmıştır. Hazırlanan küp numuneler 24 saat sonra kalıplarından alınarak, deney anına kadar 7, 28 ve 90 gün sürelerinde 23 ± 1.7 °C sıcaklıktaki su içerisinde bekletilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Beton numunenin kalıptan çıkarılması ve kür havuzuna konması

5.2.5. Beton Numunelerden İnce Kesit Hazırlanması

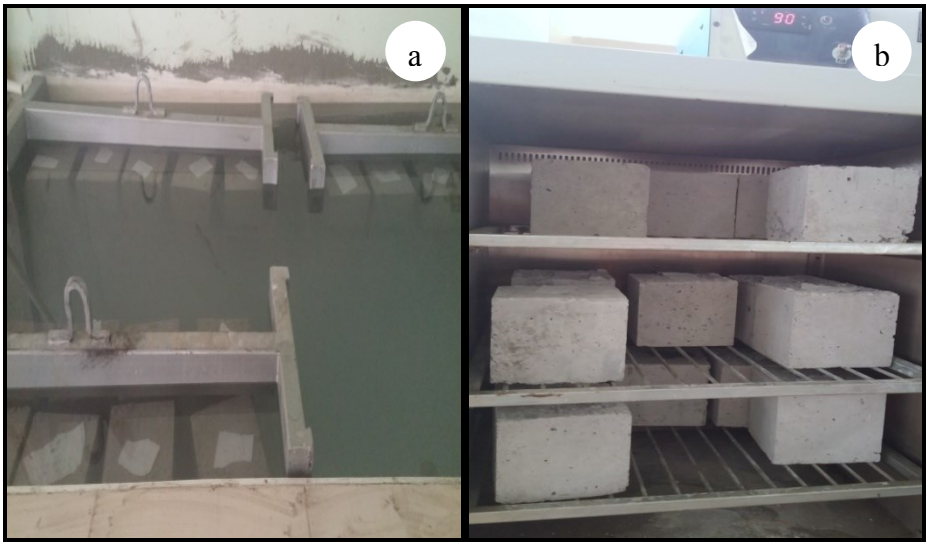
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ince kesit laboratuvarında beton numunelerin ince kesitleri hazırlanmış ve kesitler Nikon ECLIPSE E400 ile polarizan mikroskop görüntüleri alınarak 12 Megapixel çözünürlükteki kamera ile kaydedilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.8. Polarizan mikroskop ile elde edilen ince kesit görüntüleri a) ince kesitler b) polorizan mikroskop c) beton örneğinin ince kesit görüntüsü

5.2.6. Ultrases hız ölçümleri

7 günlük kür uygulaması sonrasında üretilen beton örneklerinden 21 tanesi Şekil 5.9'daki gibi kür havuzundan çıkarılmış ve etüve konmuştur. 3 örnek doygun kuru yüzey olarak ağırlıkları tartıldıktan sonra ultrases deneyi ile probların tam teması için ultrason jeli sürülerek karşılıklı iki yüzeyde ultrases geçiş süreleri ASTM C 597 standardına göre ölçülmüş ve sonrasında aynı işlem diğer yüzeyden de yapılarak 2 farklı yüzeyden ölçülen ultrases geçiş sürelerinin ortalamaları alınmıştır (Şekil 5.10). Aynı işlem su muhtevası azaltılan diğer beton örneklerine de uygulanmıştır. 18 örnek su muhtevasının azaltılması için ultrases deneyi öncesi etüve konmuş, 2'şer saat aralıklar ile 3 'er örnek etüvden çıkarılmış ve deney başı ağırlık ölçümleri sonrasında yukarıda belirtilen işlemler uygulanarak ultrases ölçümleri yapılmıştır. İşlemler 28 gün ve 90 günlük 21'er beton örnekleri için de sırasıyla uygulanmıştır.



Şekil 5.9. Beton örneklerin a) Kür İşlemi, b) Etüv İşlemi



Şekil 5.10. Sertleşmiş betonda ultrases hız ölçümü

5.2.7.Schmidt çekici ile beton yüzeyin sertliğinin bulunması

Ultrases ölçümleri yapılan beton örnekler tahribatlı deney (basınç deneyi) uygulanmadan önce Schmidt çekici ile beton yüzey sertliği ölçümleri yapılmıştır. Schmidt çekici ile beton yüzey sertliği ölçümleri ultrases deneyinde yukarıda belirtilen sıralama ile yapılmıştır. Öncelikle 7 günlük kür uygulanan betonlardan 21 tanesi sudan çıkarılmış, 3 örnek doygun kuru yüzey olmak üzere su muhtevası azaltılan diğer 18 örnek TS 3260 standardına göre 11 farklı noktadan okumalar gerçekleştirilmiş, en küçük ve en büyük değerin çıkarılmasıyla kalan değerlerin ortalaması alınmış, ortalama Schmidt değeri belirlenmiştir (Şekil 5.11). Aynı işlemler 28 gün ve 90 günlük 21'er beton örnekleri için de uygulanmıştır.



Şekil 5.11. Sertleşmiş betonda Schmidt çekici ile beton yüzey sertliği ölçümü

5.2.8. Basınç deneyi

Ultrases geçiş hızı ve Schmidt çekici değerleri belirlenen 63 adet beton örneği Şekil 5.12'deki gibi önce kırım esnasında herhangibir kütle kaybı olmaması ve deney sırasında su muhtevasının doğru belirlenmesi için streçle sarılmış ve 200 tonluk basınç presinde TS EN 12390-3'ya uygun olarak 6 kgf/cm².sn'lik sabit bir yükleme hızında yükleme işlemine tabi tutulmuş ve bilgisayar üzerinden okunan en yüksek gerilme değeri okunmuştur. Okunan değer P (N), basınç kuvvetinin uygulandığı alan A (mm²) olmak suretiyle basınç dayanım değerleri f_c (MPa) olarak fc = P/A bağıntısından hesaplanmıştır.



Şekil 5.12. Numunelerin streçle sarılması ve kırılması

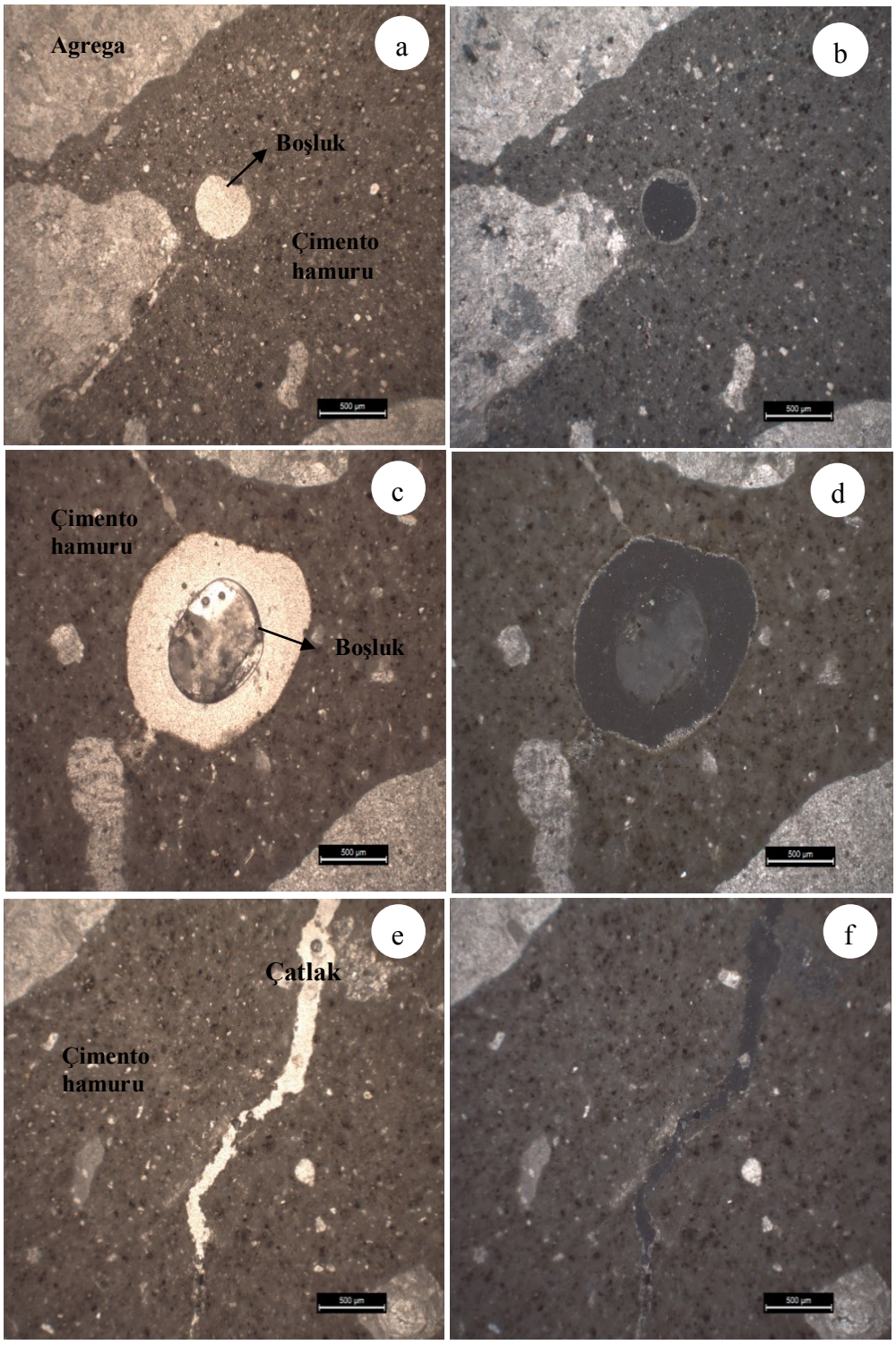
6. BULGULAR

Beton numunelerine ait ince kesit görüntüleri, birim ağırlık değerleri ultrases geçiş hızı, Schmidt çekici ve beton basınç dayanımı deneyleri neticesinde elde edilen bulgular ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir.

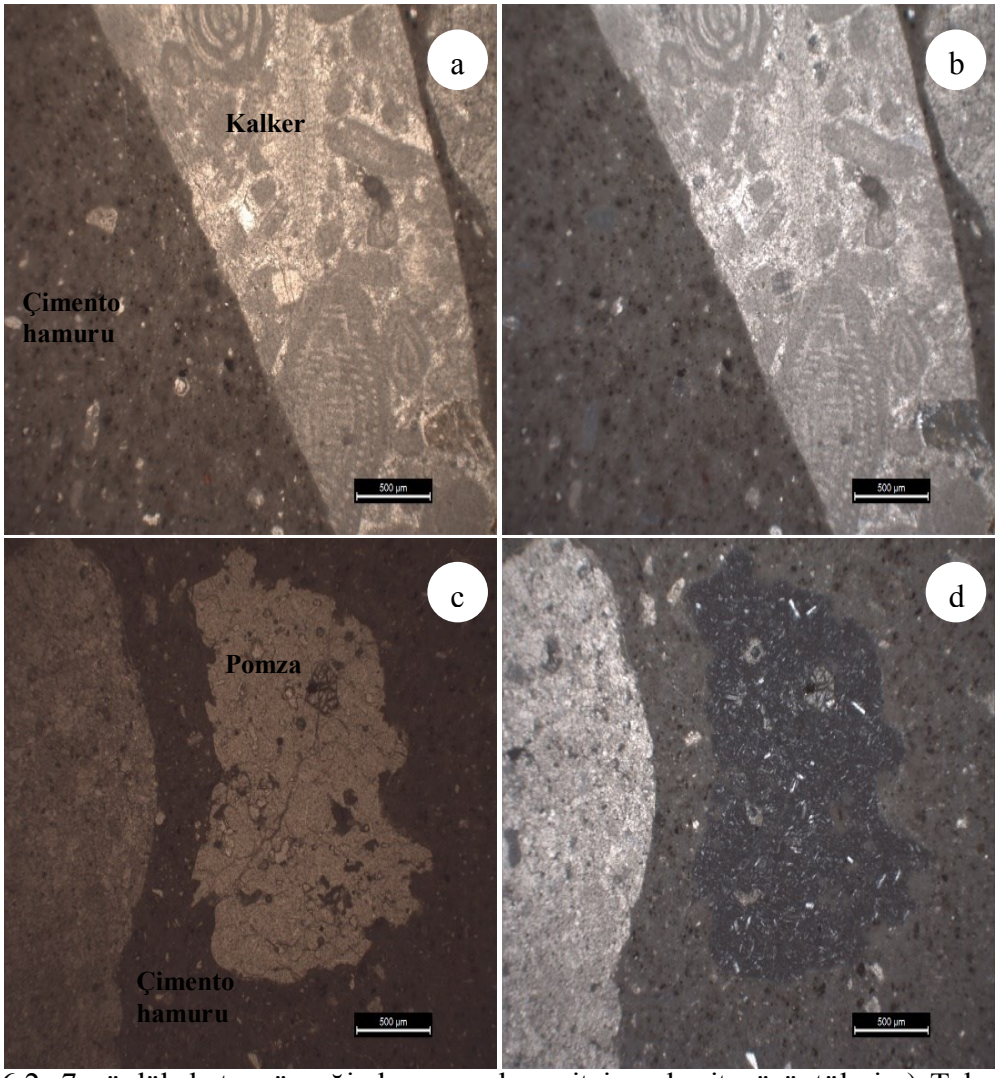
6.1. Beton İnce Kesitlerinin Değerlendirilmesi

7, 28 ve 90 günlük beton örneklerinde kalker ve pomza agregalar, çimento hamuru, boşluklar ve beton içerisinde oluşan çatlaklar ile agrega çimento aderansları tek ve çift nikol ince kesit görüntüleri detaylı bir şekilde gösterilerek değerlendirilmiştir. İnce kesit görüntülerinden kalkerlerin içerisinde fosil kalıntıları bol miktarda gözlemlenmiştir (Şekil 6.1). Pomza agregalar ve bu agregalar bünyesindeki boşluklar ince kesitlerde görüntülenmiştir (Şekil 6.2).

7 günlük beton örneklerinde büyük boşluklar ile kalın çatlaklar kesit genelinde yaygın bir şekilde gözlenmiştir (Şekil 6.1). 7 günlük örneklerde agregalar ile çimento hamuru temaslarında aderansların çok sıkı bir şekilde olmadığı görülmektedir.

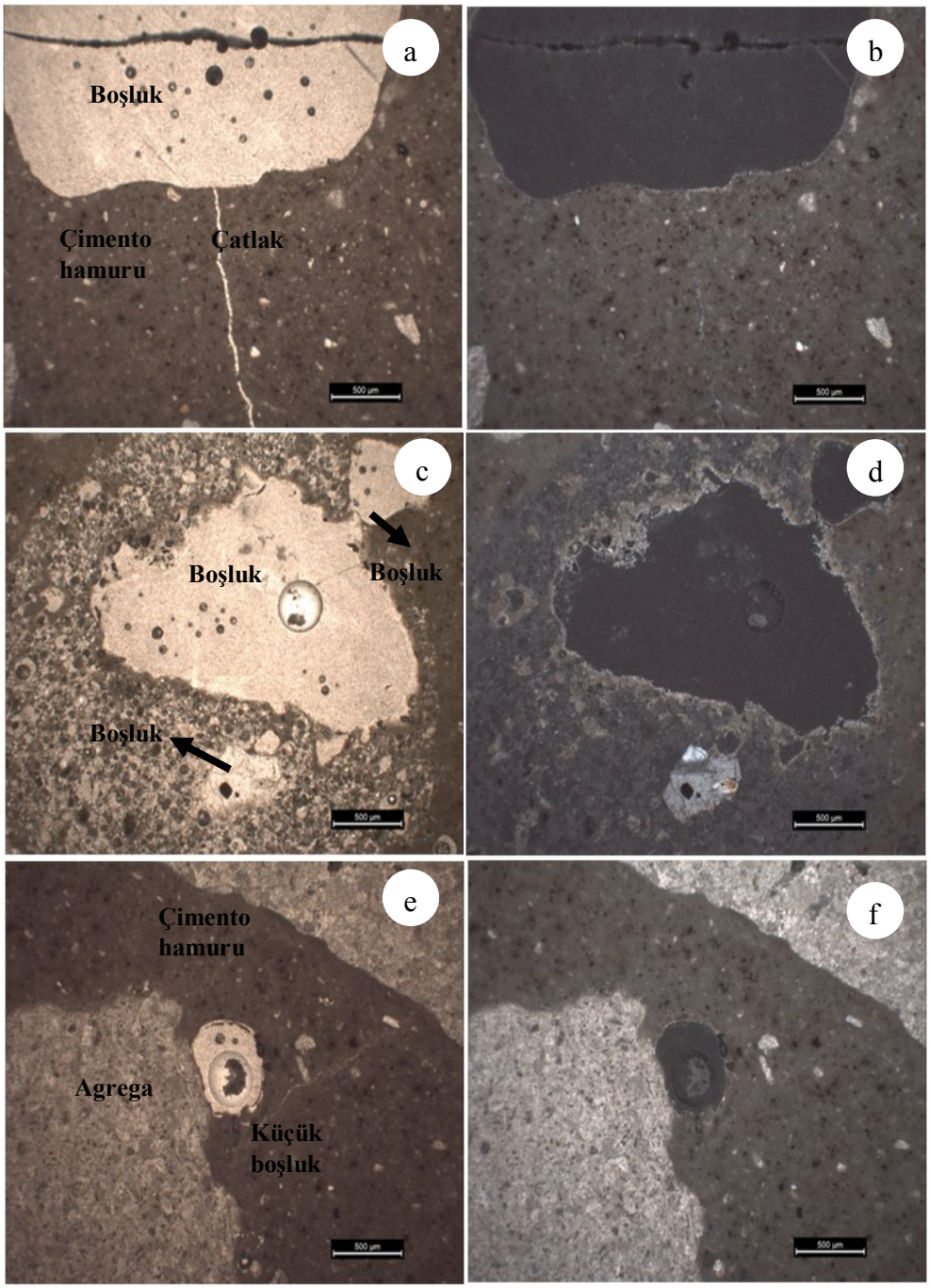


Şekil 6.1. 7 günlük beton örneğinin ince kesit görüntüleri a) Tek nikol boşluk, agrega ve çimento hamuru görüntüsü b) Çift nikol boşluk, agrega ve çimento hamuru görüntüsü c) Tek nikol boşluk görünütüsü d) Çift nikol boşluk görüntüsü e) Tek nikol çatlak görüntüsü f) Çift nikol çatlak görüntüsü

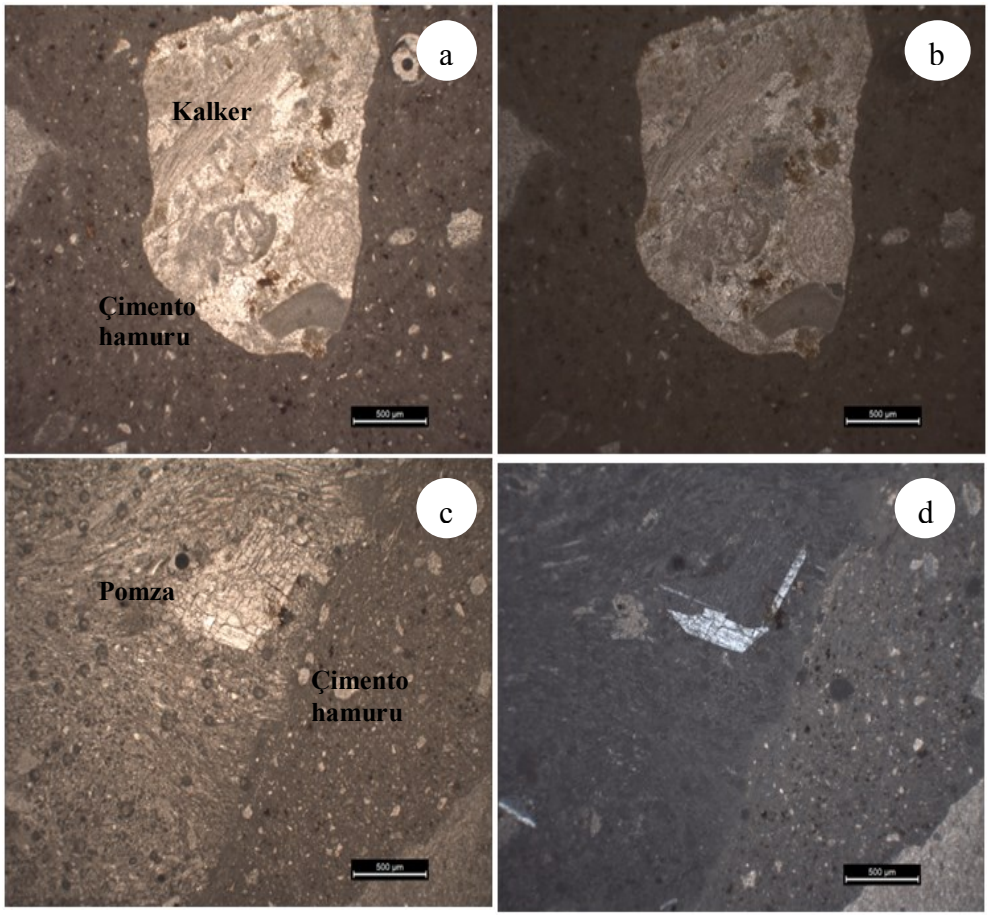


Şekil 6.2. 7 günlük beton örneğinde agregalara ait ince kesit görüntüleri a) Tek nikol Kalker (agrega) görüntüsü b) Çift nikol Kalker (agrega) görüntüsü c) Tek nikol Pomza (tüf) görüntüsü d) Çift nikol Pomza (tüf) görüntüsü

Şekil 6.1 a, b, c ve d görüntülerinde çimento hamuru içerisindeki farklı boyuttaki boşlukların tek ve çift nikol görüntüleri, e ve f görüntülerinde ise çimento hamuru içerisindeki çatlakların görüntüleri yer almaktadır. Şekil 6.2. a ve b görüntüsünde fosilli kalker agregaları c ve d görüntüsünde pomza agregalar görülmektedir.

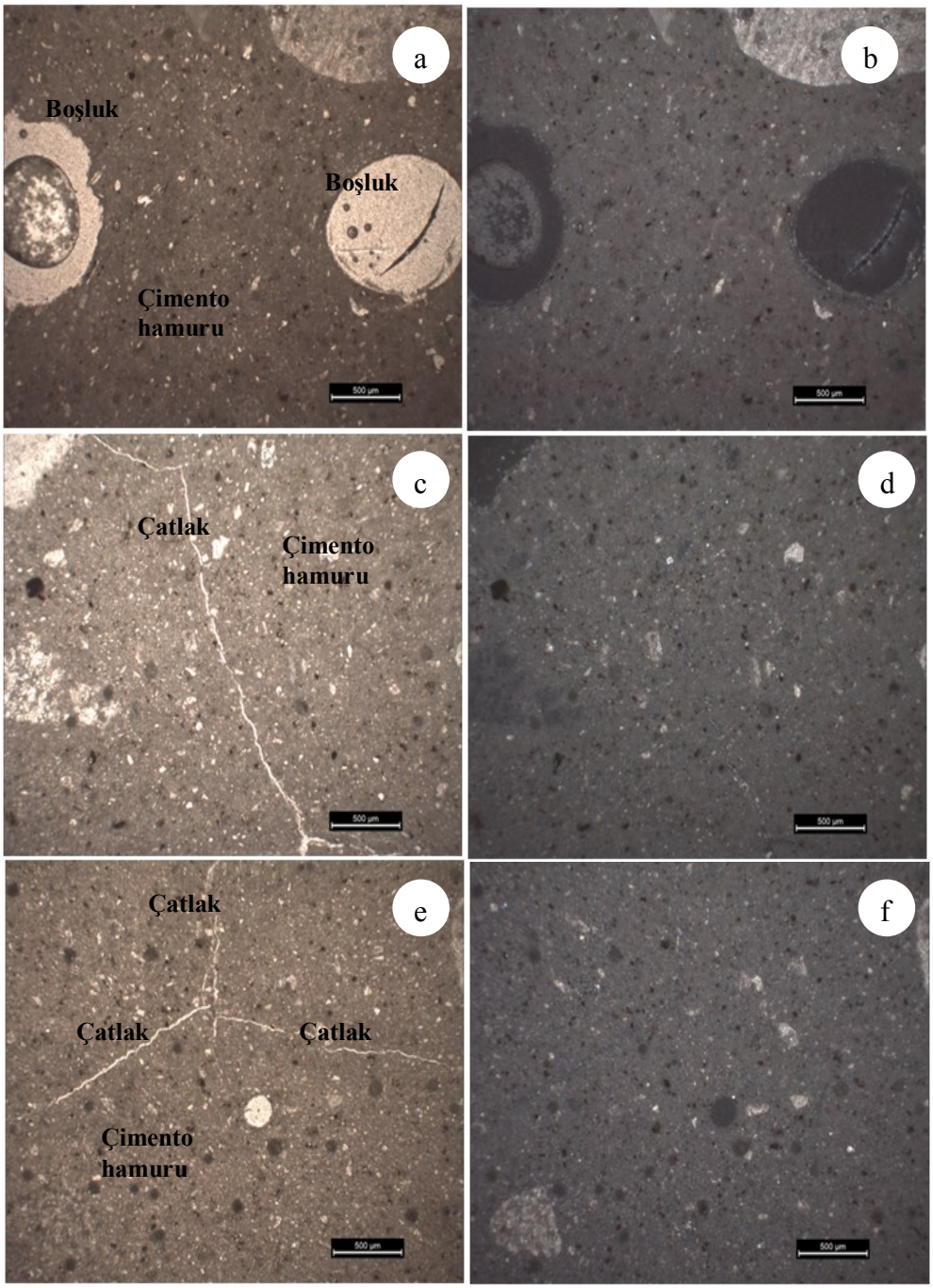


Şekil 6.3. 28 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler a) Tek nikol boşluk, çatlak ve çimento hamuru görüntüsü b) Çift nikol boşluk, çatlak ve çimento hamuru görüntüsü c) Tek nikol boşluklar görüntüsü d) Çift nikol boşluklar görüntüsü e) Tek nikol küçük boyuttaki boşluk, çatlak ve agrega görüntüsü f) Çift nikol küçük boyuttaki boşluk, çatlak ve agrega görüntüsü



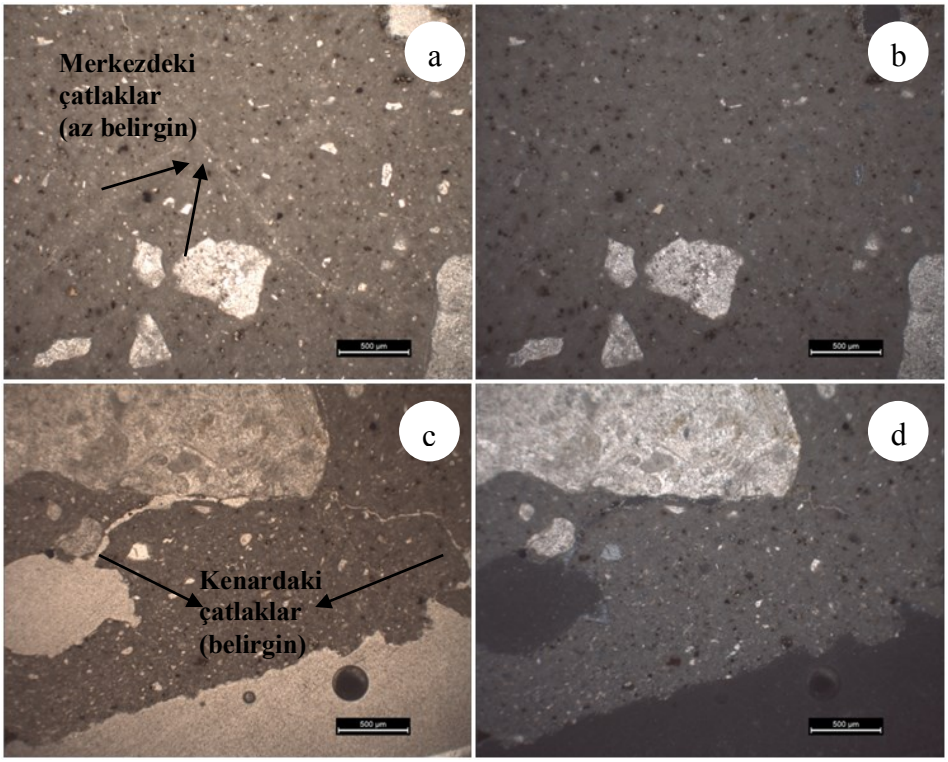
Şekil 6.4. 28 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler a) Tek nikol Kalker (agrega), ve çimento hamuru görüntüsü b) Çift nikol Kalker (agrega) ve çimento hamuru görüntüsü c) Tek nikol Pomza (tüf) ve çimento hamuru görüntüsü d) Çift nikol Pomza (tüf) ve çimento hamuru görüntüsü

Şekil 6.3 de 28 günlük beton örneğinin ince kesitleri görülmektedir. Şekil 6.3 a, b görüntülerinde çimento hamuru içerisindeki boşluk ve boşluk ile çatlağın birleştiği tek ve çift nikol görüntüleri yer almaktadır. c, d, e, f görüntülerinde çimento hamuru içerisindeki farklı boyuttaki boşlukların tek ve çift nikol görüntüleri yer almaktadır. Şekil 6.4 a ve b görüntüsünde fosilli kalker agregaları c ve d görüntüsünde pomza agregalar görülmektedir. Şekillerde agregalar ile çimento ara yüzeylerinin tam sarılmadığı ve yapı içindeki boşlukların 7 günlük numunelere göre küçüldüğü gözlenmektedir.



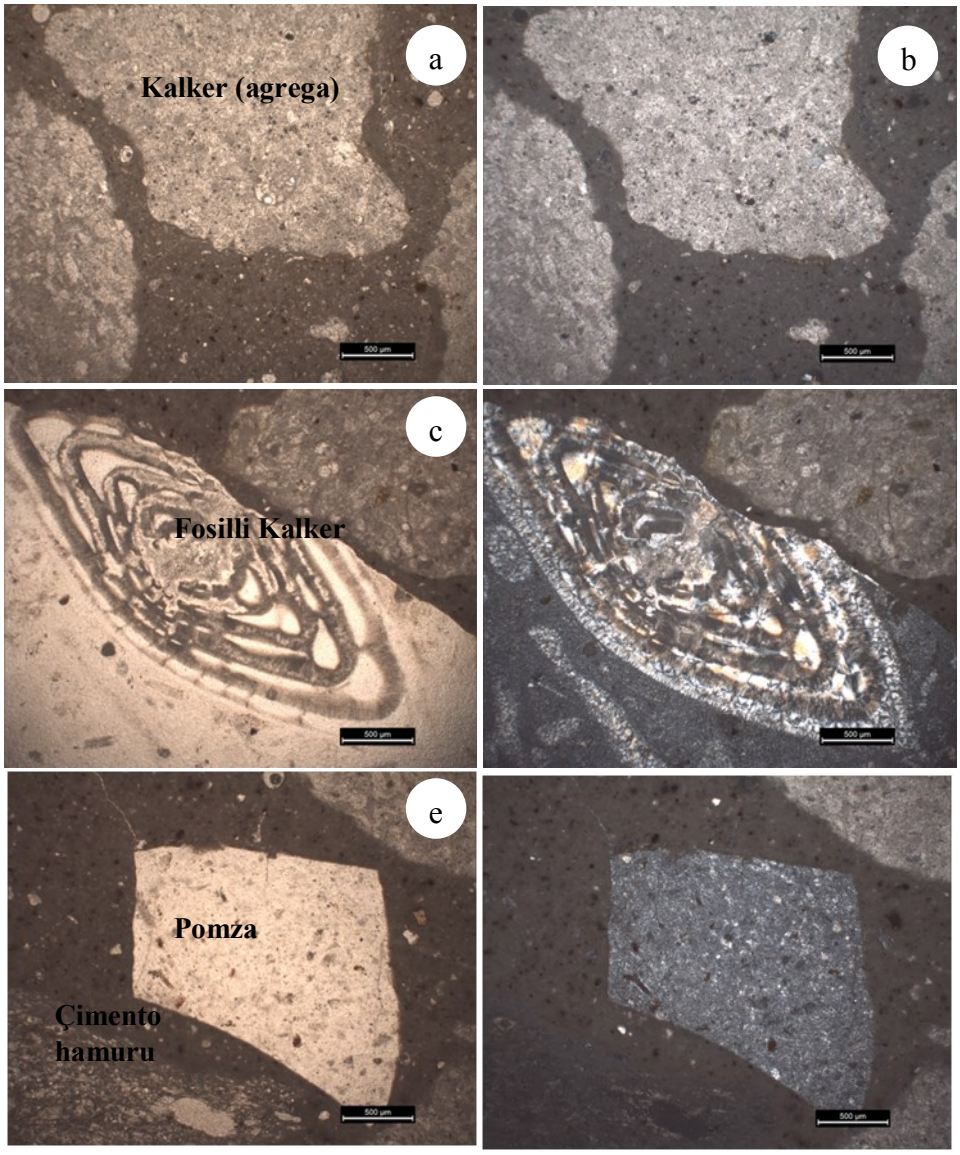
Şekil 6.5. 90 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler a) Tek nikol boşluk ve çimento hamuru görüntüsü b) Çift nikol boşluk ve çimento hamuru görüntüsü c) Tek nikol çatlak görüntüsü d) Çift nikol çatlak görüntüsü e) Tek nikol çatlaklar görüntüsü f) Çift nikol çatlaklar görüntüsü

Powers (1958) yaptığı çalışmada hidratasyona uğrayan her 1 cm^3 çimento tanesinin 2.06 cm^3 çimento jeli oluşturduğu sonucuna varmıştır. Oluşan bu jelleşmeden dolayı çimento taneleri arasında kılcal boşlukların hacimlerinin kür süreleri sonunda giderek azalmakta olduğu bunun sonucu olarak görülmüştür.



Şekil 6.6. 90 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler a) Tek nikol numunenin merkezindeki az belirgin çatlak görüntüsü b) Çift nikol numunenin merkezindeki az belirgin çatlak görüntüsü c) Tek nikol numunenin kenarındaki belirgin çatlak görüntüsü d) Çift nikol numunenin kenarındaki belirgin çatlak görüntüsü

Şekil 6.5-6.6 da 90 günlük beton örneğinin ince kesitleri görülmektedir. Şekil 6.5 a ve b görüntülerinde çimento hamuru içerisindeki boşlukların boyutunun 7 ve 28 günlük beton örneklerine kıyasla daha küçük ve sayısının daha az olduğu görülmektedir. c ve d görüntülerinde çatlakların numune içindeki boşlukları birbirine bağladığı, e ve f görüntülerinde ise çimento hamuru içerisindeki çatlakların tek ve çift nikol görüntüleri yer almaktadır. Şekil 6.6 a ve b görüntülerinde numune merkezindeki çatlakların az belirgin olduğu c ve d görüntülerinde ise numunenin kenarındaki çatlağın daha belirgin olduğunun tek ve çift nikol görüntüsü yer almaktadır. Şekillerde çimento ara yüzeyinin agregaları 7 ve 28 günlük örneklere kıyas ile daha iyi sardığı görülmektedir.



Şekil 6.7. 90 günlük beton örneğinden ince kesit görüntüler a) Tek nikol az fosilli kalker (agrega) görüntüsü b) Çift nikol az fosilli kalker (agrega) görüntüsü c) Tek nikol fosilli kalker (agrega) görüntüsü d) Çift nikol fosilli kalker (agrega) görüntüsü e) Tek nikol Pomza (Tüf) görüntüsü f) Çift nikol Pomza (Tüf) görüntüsü

Şekil 6.7 de 90 günlük beton örneğinin ince kesitleri görülmektedir. Şekil 6.7 a, b, c ve d görüntülerinde çimento hamuru içerisindeki az ve çok fosilli agreganın tek ve çift nikol görüntüleriyle e ve f görüntülerinde pomzanın çift ve tek nikol görüntüleri verilmektedir.

Tüm ince kesit görüntülerinde çalışmada amaçlanan betonun yüksek nem miktarını sağlayacak boşluklu beton özellikleri görülmektedir. Beton ince kesitlerinde yaygın bir şekilde kılcal çatlaklar gözlemlenmiş ve bu çatlakların miktarının fazlalığı ince malzeme olarak beton bileşenlerine yerleştirilen zeolitin etkisinde oluştuğu

düşünülmektedir. Bunun nedeni olarak porozitesi yüksek olan ve dolayısıyla su emme kapasitesi yüksek zeolitin su alarak genleşmesi sonucu kılcal çatlaklara sebep olduğu tahmin edilmektedir. Bu kılcal çatlakların kesitlerin genelinde boşluklar ile birleşerek geçirimliliği arttırması, çalışma için yüksek nem miktarı sağlaması açısından olumlu katkı sağlamıştır.

6.2. Beton Su İçerik Deney Bulguları

Toplamda 63 adet küp numunenin ikişer saat arayla etüvden çıkarılarak deney başı ve deney sonu ağırlığının tespiti neticesinde bulunan su içerik değerleri Çizelge 6.1'de verilmiştir. Çizelge 6.1'deki ortalama su içeriği değerleri ile oluşturulan sütun diyagram Şekil 6.8'de gösterilmiştir.

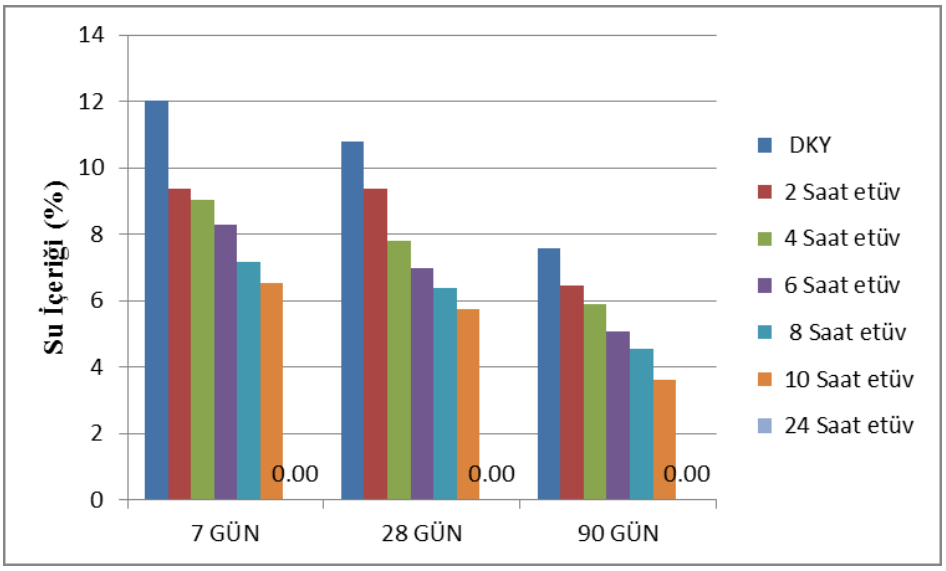
Beton su içerik değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama oranı % 12.02 ile 7 günlük suya doygun numunelerde görüldüğü, 28 ve 90 günlük numunelerde ise su içerik değerlerinin devam eden hidratasyon tepkimelerinden dolayı giderek azaldığı (% 7.58 lere kadar azaldığı) görülmüştür.

Çizelge 6.1. Beton su içerik değerleri (%)

Örnek No	Etüv süresi (saat)	7 Gün		28 Gün		90 Gün	
		Değer	Ort	Değer	Ort	Değer	Ort
1.1	0	12.39	12.02	10.94	10.80	7.33	7.58
1.2		11.67		10.13		7.31	
1.3		12.00		11.34		8.10	
2.1	2	9.97	9.36	9.88	9.36	6.42	6.44
2.2		9.30		9.77		6.93	
2.3		8.81		8.43		5.98	
3.1	4	9.24	9.05	7.99	7.79	5.70	5.89
3.2		8.74		7.32		6.21	
3.3		9.16		8.07		5.76	
4.1	6	7.97	8.28	7.20	6.97	5.26	5.07
4.2		8.61		6.85		4.93	
4.3		8.26		6.87		5.02	
5.1	8	7.06	7.17	6.55	6.40	4.46	4.55
5.2		7.12		6.58		4.73	
5.3		7.34		6.07		4.45	

Çizelge 6.1. (devam)

6.1	10	5.98	6.55	5.69	5.73	3.84	3.62
6.2		6.86		5.59		3.44	
6.3		6.81		5.90		3.58	
7.1	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.2		0.00		0.00		0.00	
7.3		0.00		0.00		0.00	



Şekil 6.8. Beton numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen su içerikleri

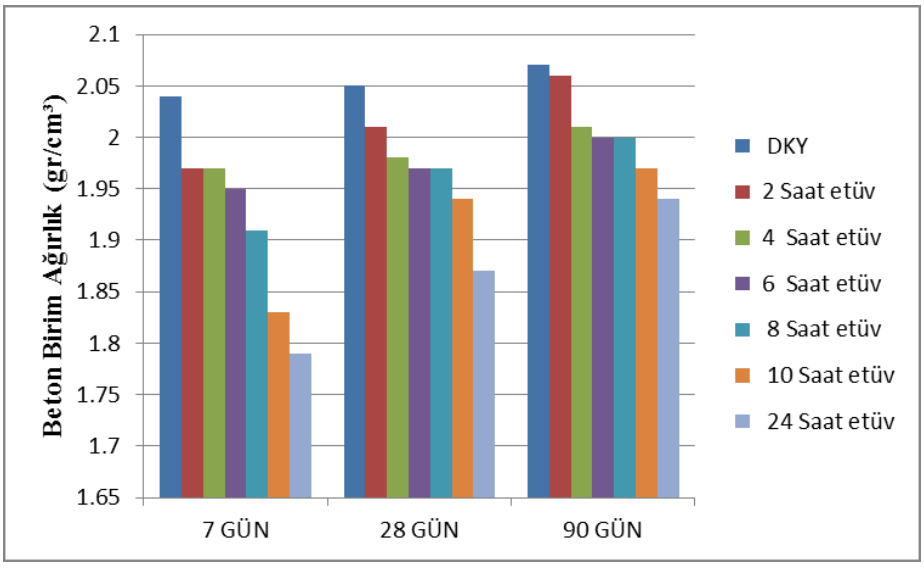
6.3. Beton Birim Ağırlıkları

Beton numunelerin deney başı ağırlıklarının ikişer saat arayla etüvden çıkarılmasıyla belirlenen 7, 28 ve 90 günlük birim ağırlık değerleri Çizelge 6.2'de verilmiştir. Çizelge 6.2'deki ortalama değerler ile nem oranının azalmasına bağlı olarak birim ağırlık değerlerindeki azalmalar çizilen sütun diyagramda gösterilmiştir (Şekil 6.9).

Beton birim ağırlıkları incelendiğinde 90 günlük beton numunelerin birim ağırlıklarının 7 ve 28 günlüklere göre büyük değerlerde olduğu görülmektedir. Uygun kür koşullarında beton birim ağırlıkları hidratasyonun devamı süresince boşluklarının hidratasyon ürünleriyle dolmasıyla birlikte sürekli olarak artmakta olup buna bağlı olarak beton boşluklarıda da azalmaktadır.

Çizelge 6.2. Beton birim ağırlıkları (gr/cm^3)

Örnek No	Etüv süresi (saat)	7 Gün Değer	7 Gün Ort	28 Gün Değer	28 Gün Ort	90 Gün Değer	90 Gün Ort
1.1	0	1.96	2.04	2.06	2.05	2.05	2.07
1.2		2.07		2.04		2.08	
1.3		2.09		2.05		2.08	
2.1	2	1.97	1.97	1.98	2.01	2.06	2.06
2.2		1.93		2.03		2.04	
2.3		2.02		2.02		2.07	
3.1	4	1.98	1.97	2.03	1.98	2.01	2.01
3.2		1.92		1.99		2.02	
3.3		2.00		1.93		1.99	
4.1	6	1.92	1.95	2.00	1.97	2.05	2.00
4.2		1.99		1.92		1.96	
4.3		1.94		1.98		1.98	
5.1	8	1.87	1.91	1.98	1.97	2.00	2.00
5.2		1.88		1.96		2.01	
5.3		1.98		1.97		2.00	
6.1	10	1.78	1.83	1.86	1.94	1.91	1.97
6.2		1.86		1.99		1.99	
6.3		1.86		1.97		2.01	
7.1	24	1.79	1.79	1.85	1.87	1.92	1.94
7.2		1.79		1.88		1.94	
7.3		1.78		1.88		1.97	



Şekil 6.9. Numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen birim ağırlık değerleri

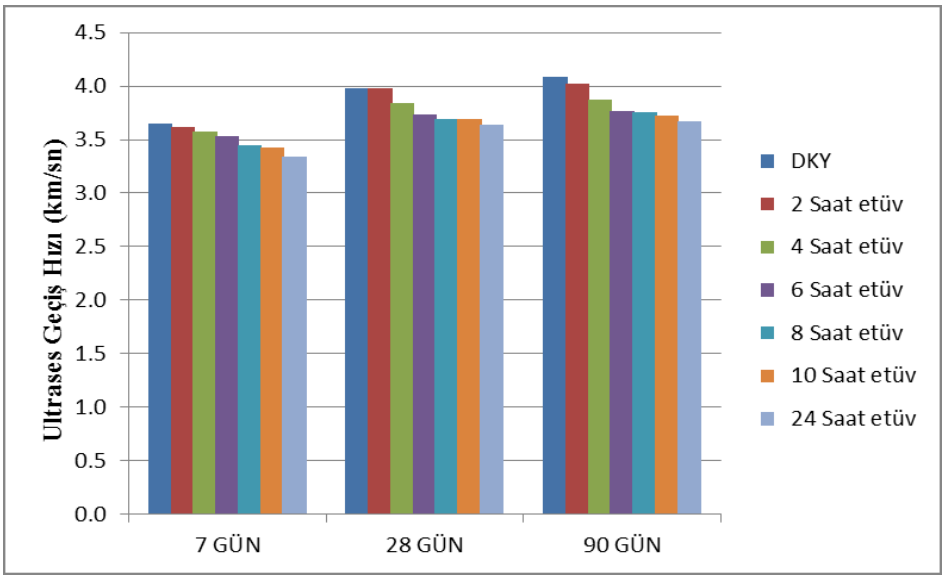
6.4. Ultrases Hız Ölçüm Bulguları

Beton numunelerin deney başı ağırlıklarının ikişer saat arayla etüvden çıkarılmasıyla ASTM C 597 standardına göre belirlenen 7, 28 ve 90 günlük ultrases geçiş hızı değerleri Çizelge 6.3'te verilmiştir. Çizelge 6.3'teki ortalama ultrases geçiş hızı değerleri ile oluşturulan sütun diyagram Şekil 6.10'da gösterilmiştir.

7, 28 ve 90 günlük numuneler ikişer saat arayla etüve konduğundan beton su içerik değerleri azalmış buna bağlı olarak ultrases geçiş hızları da düşmüştür. 90 günlük örneklerde beton boşluklarının 7 ve 28 günlüklere nazaran daha az olmasından dolayı ultrases geçiş hızlarının 90 günlük numunelerde daha yüksek çıktığı görülmektedir.

Çizelge 6.3. Ultrases hız ölçümleri (km/sn)

Örnek No	Etüv süresi (saat)	7 Gün		28 Gün		90 Gün	
		Değer	Ort	Değer	Ort	Değer	Ort
1.1	0	3.601	3.65	3.963	3.98	4.031	4.09
1.2		3.614		3.968		4.093	
1.3		3.741		4.000		4.155	
2.1	2	3.610	3.62	3.886	3.98	3.986	4.02
2.2		3.550		4.065		4.065	
2.3		3.693		4.000		4.000	
3.1	4	3.580	3.58	3.855	3.84	3.955	3.87
3.2		3.519		3.806		3.906	
3.3		3.636		3.845		3.745	
4.1	6	3.564	3.53	3.778	3.74	3.778	3.77
4.2		3.445		3.710		3.710	
4.3		3.581		3.722		3.822	
5.1	8	3.475	3.45	3.693	3.69	3.793	3.76
5.2		3.390		3.674		3.774	
5.3		3.472		3.712		3.712	
6.1	10	3.408	3.43	3.683	3.69	3.683	3.72
6.2		3.448		3.683		3.683	
6.3		3.425		3.693		3.793	
7.1	24	3.337	3.34	3.645	3.64	3.645	3.67
7.2		3.337		3.628		3.728	
7.3		3.332		3.636		3.636	



Şekil 6.10. Beton numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen ultrases değerleri (km/sn)

6.5.Schmidt Çekici İle Beton Yüzey Sertliği Bulguları

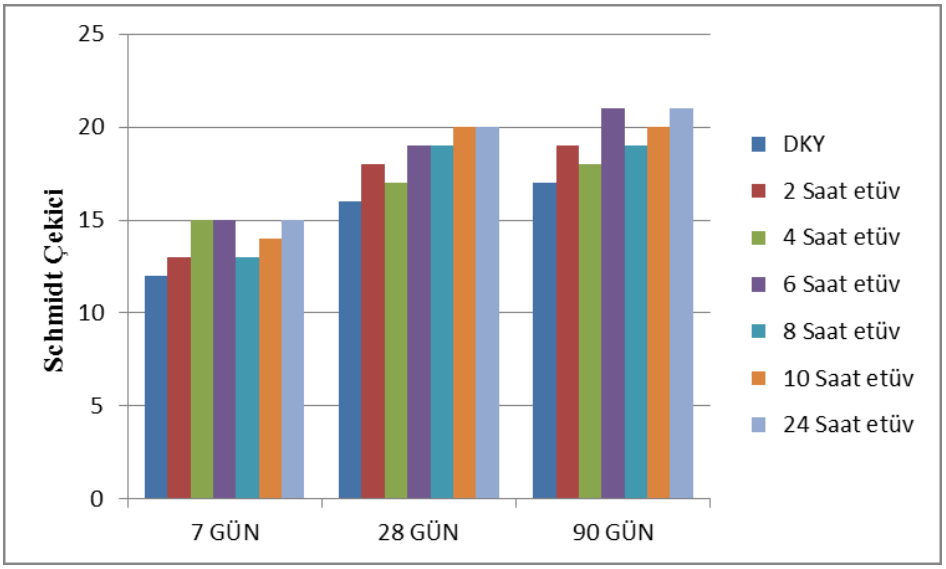
Beton numunelerin deney başı ağırlıklarının ikişer saat arayla etüvden çıkarılmasıyla TS 3260'a göre belirlenen 7, 28 ve 90 günlük Schmidt çekici değerleri Çizelge 6.4'te verilmiştir. Çizelge 6.4'teki ortalama Schmidt çekici değerleri ile oluşturulan sütun diyagram Şekil 6.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Schmidt çekici ile yüzey sertlik ölçüm sonuçları

Örnek No	Etüv süresi (saat)	7 Gün		28 Gün		90 Gün	
		Değer	Ort	Değer	Ort	Değer	Ort
1.1	0	11.00	12.00	16.00	16.00	17.00	17.00
1.2		13.00		16.00		16.00	
1.3		12.00		16.00		18.00	
2.1	2	15.00	13.00	18.00	18.00	18.00	19.00
2.2		10.00		18.00		21.00	
2.3		14.00		18.00		18.00	
3.1	4	18.00	15.00	18.00	17.00	18.00	18.00
3.2		14.00		17.00		17.00	
3.3		14.00		16.00		20.00	
4.1	6	13.00	15.00	18.00	19.00	22.00	21.00
4.2		15.00		18.00		18.00	
4.3		16.00		20.00		23.00	

Çizelge 6.4. (devam)

5.1	8	12.00	13.00	19.00	19.00	19.00	19.00
5.2		12.00		19.00		19.00	
5.3		16.00		18.00		20.00	
6.1	10	14.00	14.00	19.00	20.00	19.00	20.00
6.2		13.00		19.00		19.00	
6.3		15.00		19.00		22.00	
7.1	24	15.00	15.00	20.00	20.00	21.00	21.00
7.2		15.00		20.00		21.00	
7.3		15.00		20.00		21.00	



Şekil 6.11. Beton numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen Schmidt çekici değerleri

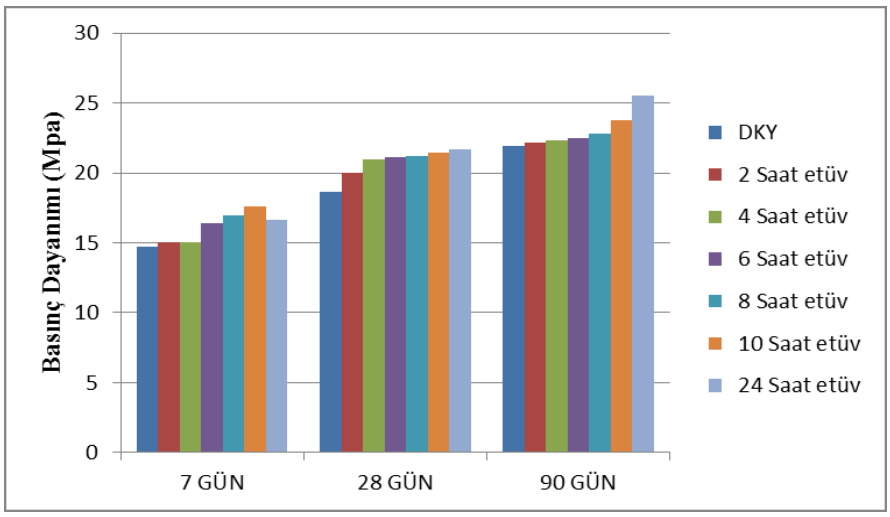
6.6. Basınç Deneyi Bulguları

Beton numunelerin deney başı ağırlıklarının ikişer saat arayla etüvden çıkarılmasıyla TS EN 12390-3'e göre belirlenen 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanım değerleri Çizelge 6.5'te verilmiştir. Çizelge 6.5'te ki ortalama basınç dayanım değerleri ile oluşturulan sütun diyagram da Şekil 6.12'de gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlara baktığımızda 90 günlük örneklerin 7 ve 28 günlüklere göre daha az boşluklu olmasından dolayı daha yüksek dayanıma sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.5. Beton basınç deneyi sonuçları (MPa)

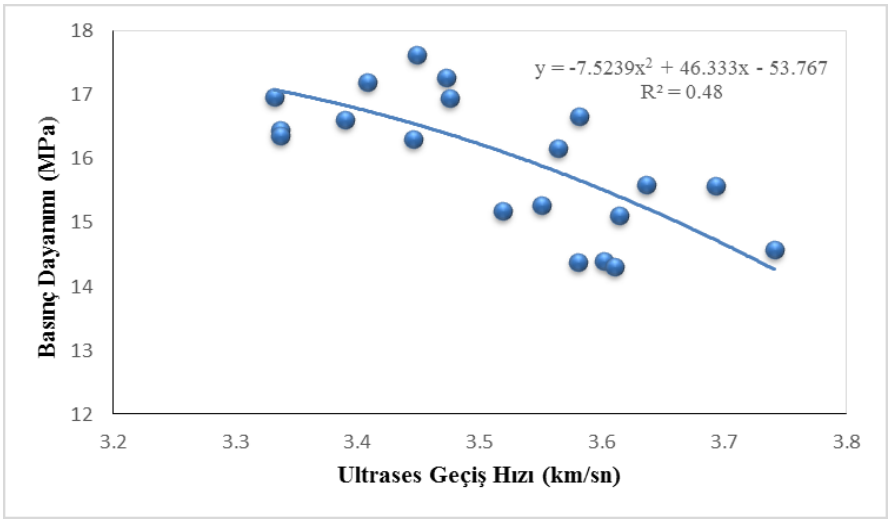
Örnek No	Etüv süresi (saat)	7 Gün		28 Gün		90 Gün	
		Değer	Ort	Değer	Ort	Değer	Ort
1.1	0	14.40	14.70	18.69	18.67	21.59	21.90
1.2		15.12		18.69		21.83	
1.3		14.58		18.64		22.29	
2.1	2	14.31	15.05	19.00	19.99	21.83	22.14
2.2		15.27		20.79		22.03	
2.3		15.58		20.19		22.56	
3.1	4	14.38	15.06	20.88	20.99	21.96	22.29
3.2		15.19		21.64		22.26	
3.3		15.60		20.44		22.64	
4.1	6	16.17	16.38	21.44	21.13	22.21	22.48
4.2		16.31		20.80		22.87	
4.3		16.67		21.16		22.36	
5.1	8	16.95	16.94	21.90	21.17	22.17	22.81
5.2		16.61		20.41		22.67	
5.3		17.27		21.21		23.59	
6.1	10	17.20	17.63	21.30	21.48	23.48	23.78
6.2		17.63		21.88		24.76	
6.3		18.06		21.25		23.10	
7.1	24	16.45	16.60	22.25	21.67	25.39	25.55
7.2		16.37		21.47		26.07	
7.3		16.98		21.30		25.19	



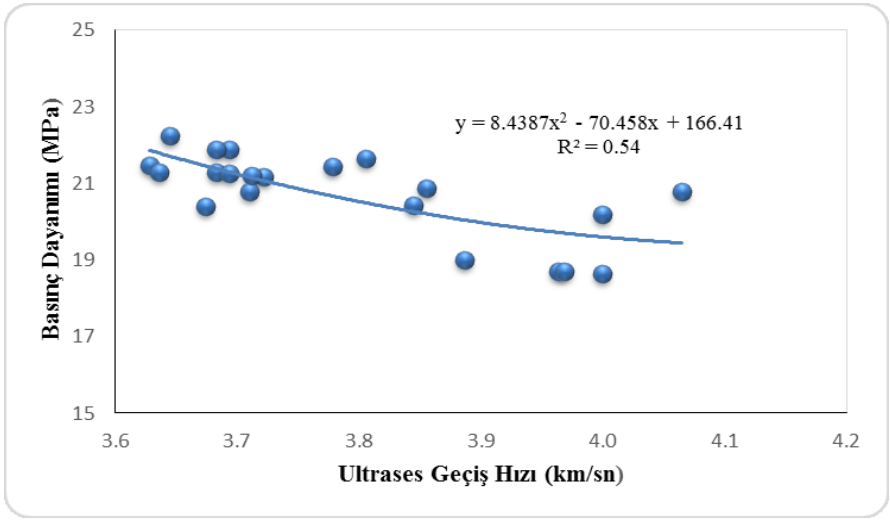
Şekil 6.12. Beton numunelerin (7, 28 ve 90 gün) ikişer saat arayla belirlenen basınç değerleri

6.7. Ultrases Geçiş Hızı ile Basınç Dayanımı Arasındaki İlişki

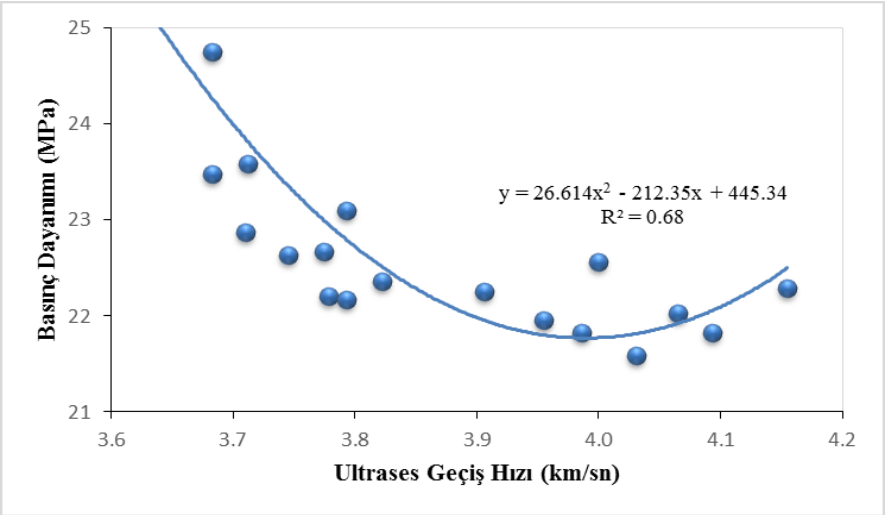
7, 28 ve 90 günlük beton numunelerin ultrases geçiş hızları ile basınç dayanımları karşılaştırılmıştır (Şekil 6.13-Şekil 6.16). Beton numunelerinin ultrases geçiş hızları ile dayanımlar arasında beklenildiği gibi ters bir ilişki çıkmıştır. Beton numunelerin belli aralıklarla etüve konarak su içeriklerinin azaltılmasıyla ultrases geçiş hızı değerlerinde azalmalar olurken beton dayanımlarında artışlar gözlemlenmiştir. Bunun sebebi boşluklardaki suyun köprü görevi görerek ultrases geçiş hızını artırması olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 6.13. 7 günlük numuneler basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki

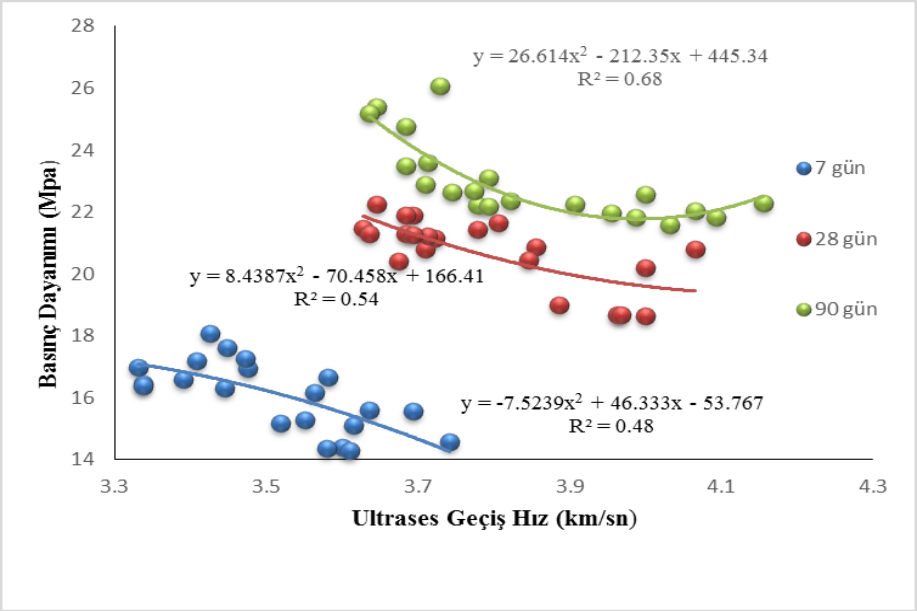


Şekil 6.14. 28 günlük numuneler basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki



Şekil 6.15. 90 günlük numuneler basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki

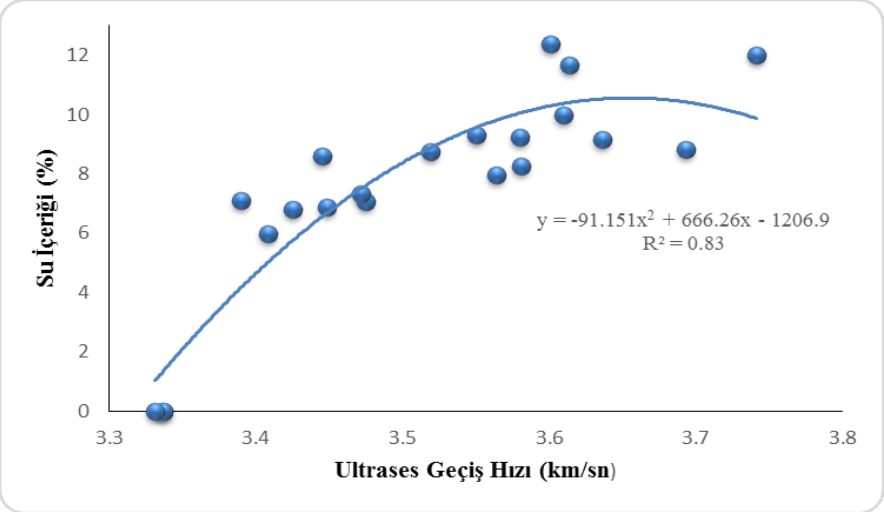
7, 28 ve 90 günlük beton numunelerin ultrases geçiş hızları ile basınç dayanımları ve değerlerin genel dağılımları Şekil 6.16 da birlikte değerlendirilmiştir. Farklı yaşlardaki beton dayanımlarının ultrases hızlarıda değişken çıkmıştır. Düşük korelasyonlar nedeniyle üssel eğri uydurma yöntemi kullanılarak korelasyonlar arttırılmaya çalışılmıştır. 7, 28 ve 90 günlük numunelere ait ultrases geçiş hızı- basınç dayanımı arasındaki korelasyon katsayıları (R^2= 0.48, 0.54 ve 0.68) elde edilmiştir.



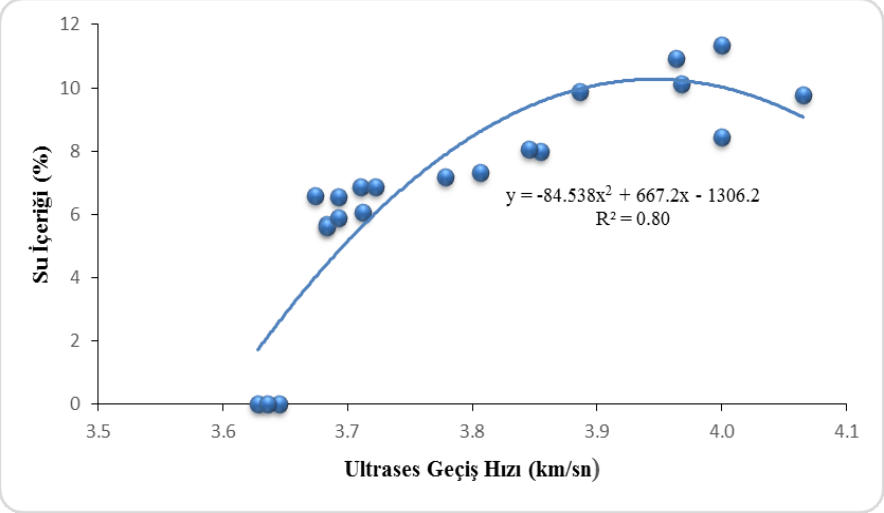
Şekil 6.16. Basınç deneyi bulguları ile ultrases geçiş hızı ölçüm bulguları arasındaki korelasyonlar

6.8. Su İçeriği İle Ultrases Arasındaki ilişki

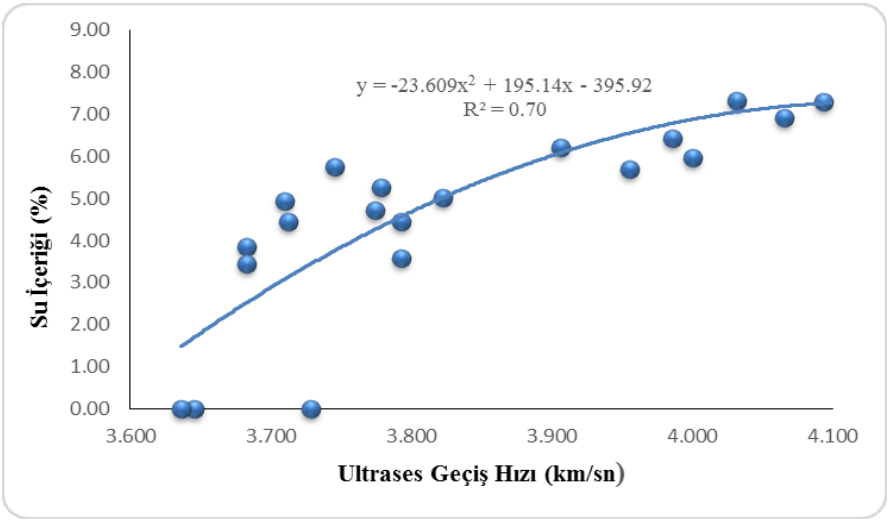
7, 28 ve 90 günlük beton örneklerin su içeriği okumalarıyla ultrases hız değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 6.17-Şekil 6.20). Deneylerde artan su içeriğine bağlı olarak 7, 28 ve 90 günlük beton örneklerinde ultrases hız değerlerinde doğru orantılı olarak artışlar gözlenmiştir.



Şekil 6.17 7 günlük numuneler de ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasındaki ilişki

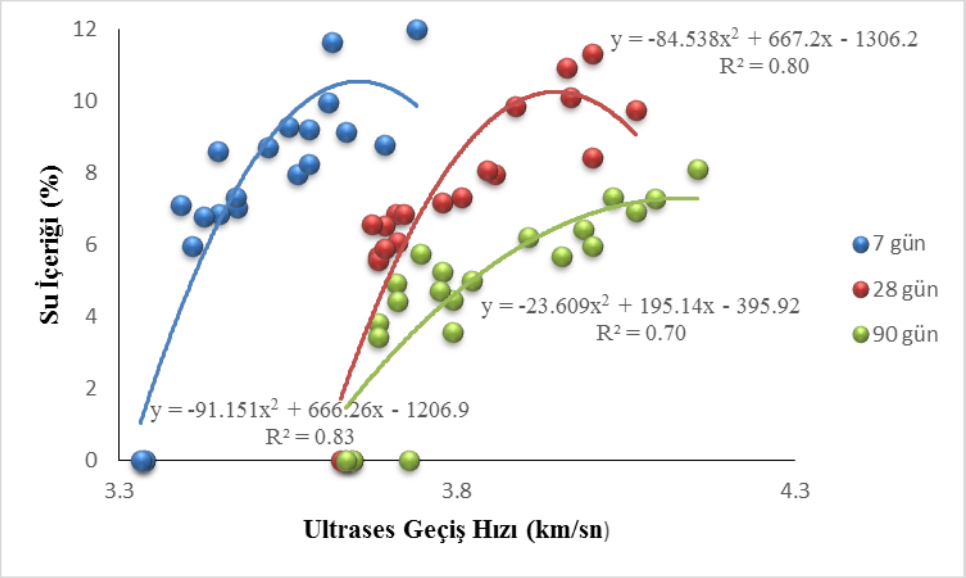


Şekil 6.18 28 günlük numuneler de ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasındaki ilişki



Şekil 6.19. 90 günlük numuneler de ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasındaki ilişki

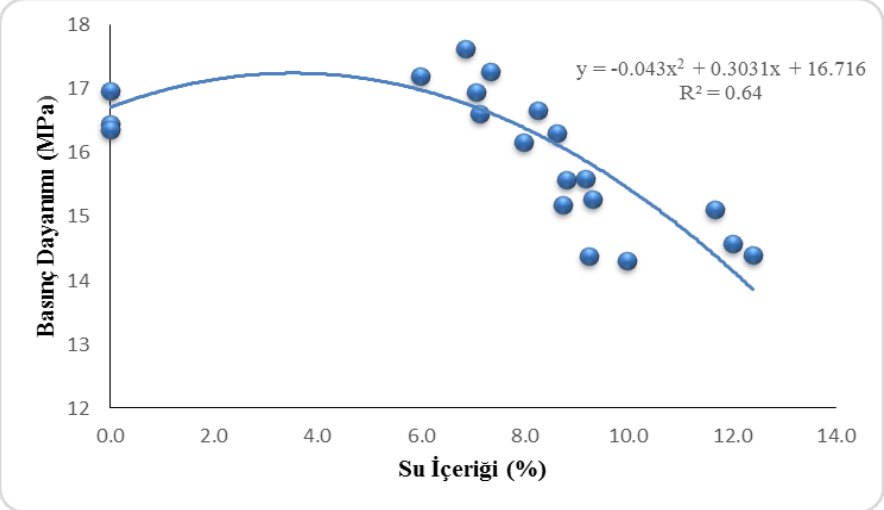
7, 28 ve 90 günlük beton numunelerin ultrases geçiş hızı ile su içerik değerleri ve değerlerin genel dağılımları Şekil 6.20'de birlikte değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırmada üssel denklemler kullanılarak yüksek korelasyon katsayıları (R^2= 0.83, 0.80 ve 0.70) elde edilmiştir. Hidrataston tepkimelerinin sürekli devam ediyor olması beton su içeriğinin zamanla düşmesine neden olmaktadır. Beton su içeriğinin giderek düşmesi ise ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasındaki ilişkiyi negatif yönde etkilediği görülmektedir.



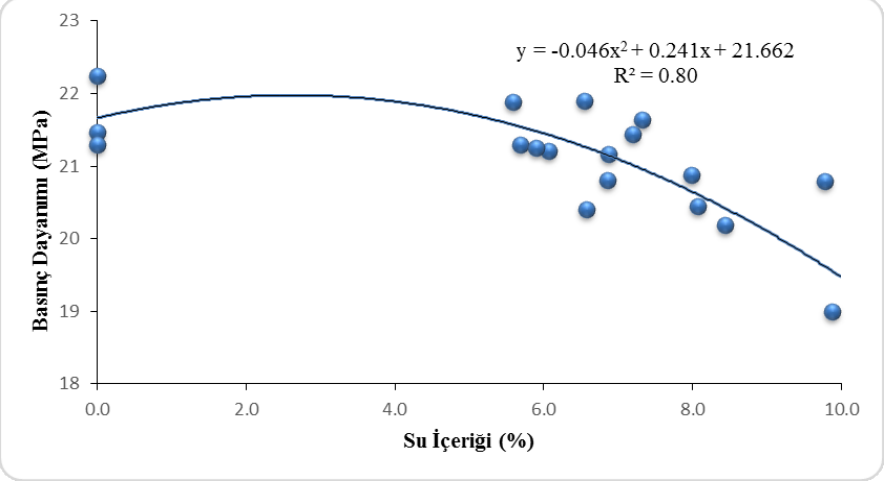
Şekil 6.20. Su içerik değer bulguları ile ultrases geçiş hız ölçüm bulguları arasındaki korelasyonlar

6.9. Su İçeriği İle Dayanım Arasındaki ilişki

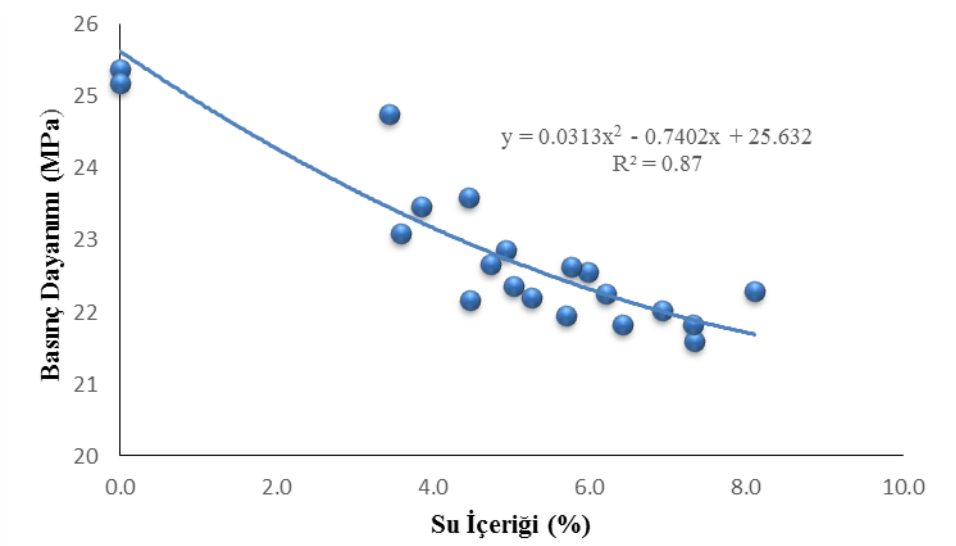
7, 28 ve 90 günlük beton su içeriği okumalarıyla dayanımlar arasındaki korelasyon katsayıları üssel denklem ve eğri uydurma yöntemiyle belirlenmiştir. Su içeriği değerleri düşerken beton örneklerin dayanımları artmıştır. Buna neden olarak, betonda agregalar arasında yağlama görevi olan suyun azalmasıyla sürtünmenin dolayısıyla da aderansın artmasına bağlı olarak basınç dayanımının yükselmesine sebeb olduğu düşünülmektedir. Betonda yaşın artmasıyla hidratasyonun devamına bağlı olarak dayanım değerleri artmış ve bu koralasyon katsayısınında artması şeklinde gözlemlenmiştir.



Şekil 6.21. 7 günlük numuneler de dayanım ile su içeriği arasındaki ilişki

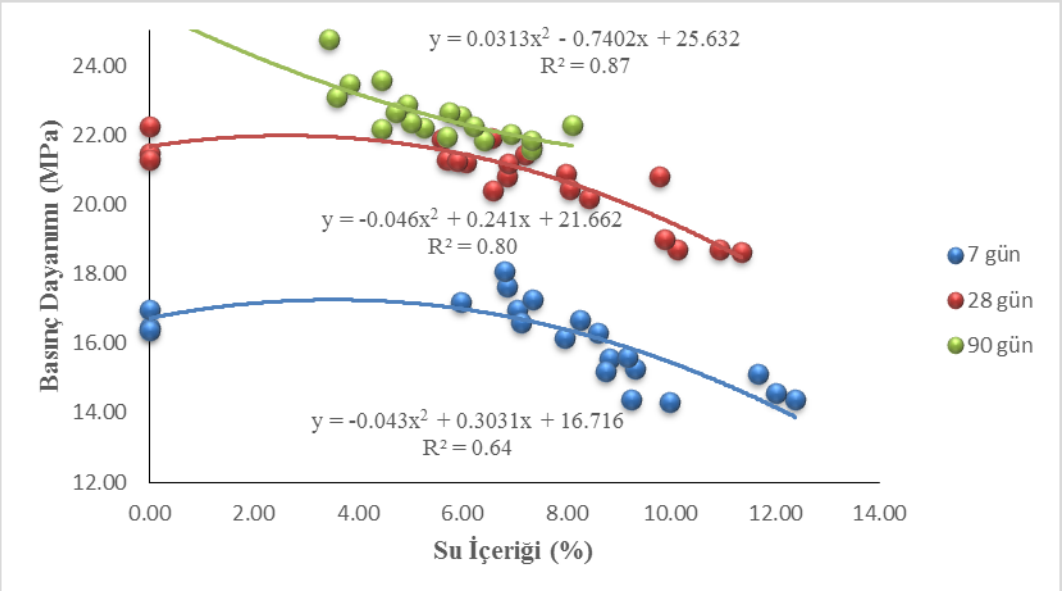


Şekil 6.22. 28 günlük numuneler de dayanım ile su içeriği arasındaki ilişki



Şekil 6.23. 90 günlük numuneler de dayanım ile su içeriği arasındaki ilişki

7, 28 ve 90 günlük beton numunelerin basınç dayanımı ile su içerik değerleri ve değerlerin genel dağılımları Şekil 6.24'de birlikte değerlendirilmiştir. Farklı yaşlardaki beton dayanımlarının su içerik değerleri de değişken çıkmıştır. 7, 28 ve 90 günlük beton su içeriği okumalarıyla dayanımlar arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla R^2 0.64, R^2 0.80 ve R^2 0.87 bulunmuştur.



Şekil 6.24. Basınç deneyi bulguları ile su içerik değerleri bulguları arasındaki korelasyonlar

6.10. Çoklu Regresyon Analizi

Yapılan çalışmada önce basit regresyonlar ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırmalarda beton dayanımının sadece tek parametre ile karşılaştırması düşük korelasyonlar olarak karşımıza çıkmıştır. Beton dayanımının yukarıda verilen düşük korelasyon değerlerinin yükseltilmesi ve birden çok parametrenin beton dayanımındaki etkisini ortaya koyabilmek için çoklu regresyon denemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yapılan deneylerden elde edilen beton su içeriği, ultrases geçiş hızı, Schmidt çekici değerleri kullanılarak 7, 28 ve 90 günlük betonlar için çoklu regresyonlar ile fomülasyonlar eview programı kullanılarak geliştirilmiştir.

Regresyon

Regresyon, biri bağımlı, bir bağımsız değişken olmak üzere iki değişken arasındaki ilişkiyi ifade etmek için kullanılan bir terimdir.

Regresyon Analizi

Bir kriter değişkeni ile bir veya daha fazla sayıda tahmin değişkenleri arasındaki ilgiyi sayısal hale dönüştürmede kullanılan istatistiksel analizdir. Regresyon analizi esas olarak değişkenler arasında ilişkinin niteliğini saptamayı amaçlar. Tahmin değişkeni olarak bir değişken kullanılırsa basit regresyon, tahmin değişkenleri olarak iki veya daha fazla değişken kullanılırsa çoklu regresyon analizinden söz etmek mümkündür. Amaç her tahmin değişkeninin kriter değişkenindeki toplam değişmeye olan katkısının saptanması ve dolayısıyla tahmin değişkenlerinin doğrusal kombinasyonunun değerinden hareketle kriter değerinin tahmin edilmesidir.

Bağımlı değişken (y): Regresyon modelinde açıklanan veya tahmin edilecek olan değişkendir. Bu değişkenin bağımsız değişkenle fonksiyonel bir ilişkide olduğu varsayılır.

Bağımsız değişken (x): Regresyon modelinde bağımlı değişken ile ilişkili değişkendir. Bağımsız değişken, regresyon modelinde bağımlı değişkenin değerini tahmin etmek için kullanılır.

$y = \alpha + \beta x + \varepsilon$

y= bağımlı değişken

x= bağımsız değişken

α= sabit (y-eksenini kestiği nokta)

β= regresyon doğrusunun eğimi

Korelasyon: Korelasyon, iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını gösterir. Yani değişkenlerde meydana gelen değişikliklerin birbirini etkileyip etkilemediklerini gösterir.

Korelasyon Katsayısı: Korelasyon katsayısı, değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılan bir değerdir. Değişken, aşağıdaki formülle hesaplandığında -1 ile 1 arasında bir değer alır. Negatif değerler negatif ilişkiyi, pozitif değerler ise pozitif ilişki olduğunu gösterir. Değerler 1 veya -1 olduğunda mükemmel bir ilişki vardır. Değerler 0'a yaklaştıklarında değişkenlerin aralarındaki ilişki de azalır.

6.10.1.Schmidt çekici ve su içeriği ile basınç dayanımının tahmini

Schmidt çekici ve su içeriğinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı 7, 28 ve 90 günlük deneylerden elde edilen değerler için çoklu regresyon ile formüller üretilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla bağımlı değişken olarak basınç dayanımı seçilmiş ve doğrusal formüller elde edilmiştir.

$f_{ck}= c+B_1Sch+B_2w$

Burada;

f_{ck}=Basınç Dayanımı (MPa)

Sch=Schmidt

w= Su İçeriği (%)

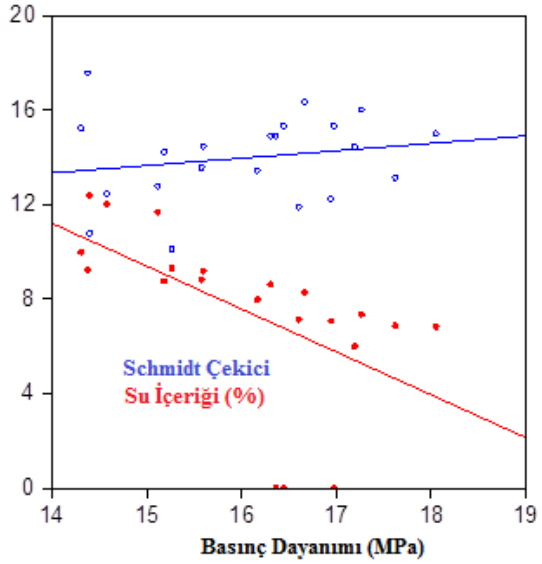
c, B_1 ve B_2 Sabit katsayılardır.

Çizelge 6.6. 7 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve w arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	**Sabit Katsayılar**	**R^2**	**Olasılık (F)**
Sch	0.015350		
w	-0.184282	0,33	0.027318
c	17.64755		

Çizelge 6.6'da bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.1 elde edilmiştir. Değişkenlerin 7. günün sonundaki ilişkileri Şekil 6.25'de gösterilmiştir.

f_{ck}=17.64755+0.015350* Sch-0.184282* w (6.1.)



Şekil 6.25. 7 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve su içeriği arasında ki üçlü ilişki

Schmidt çekici ve su içeriğinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı 7, 28 ve 90 günlük deneylerden elde edilen değerler için Regresyonun F testi kullanılarak anlamlılığının incelenmesi yapılmıştır.

F testinde ilk olarak R^2 değerine bakılır, bu değer anlamlıysa diğer aşamalara geçilir. 2. aşamada modelin anlamlılığının sınandığı F istatistiğine bakılır,

1.Aşama: Uyum iyiliğine bakılması

R^2=0.33 bulunmuştur. Yani Schmidt çekici ve su içeriğinin basınç dayanımını açıklama gücü % 33'dir.

2.Aşama: Modelin anlamlığına bakılması (F Testi)

Modelin anlamlı olup olmadığına F istatistiğiyle bakılır. F değerini %1, %5 ve %10 düzeyinde sınarız. Bu test için hipotezlerimiz şunlardır.

H_0: Model genel olarak anlamsız

H_1: Model genel olarak anlamlı.

%10 (0.10)
Eğer Olasılık (F) değeri <**%5 (0.05)** ise sıfır hipotezini reddederiz ve alternatif olan
%1 (0.01)
kabul ederiz. Bu durumda modelin anlamlı olduğu sonucuna varırız.

Çalışmada Olasılık (F) değeri 0.027318 bulunmuştur. Bu değer, kritik değerlerden (%10, ve %5) küçük olduğu için sıfır hipotezini reddederiz ve alternatif hipotezi kabul ederiz. Dolayısıyla, Bağımlı değişkenin dayanım olduğu, bağımsız değişkenlerin Schmidt çekici su içeriği olduğu model anlamlıdır.

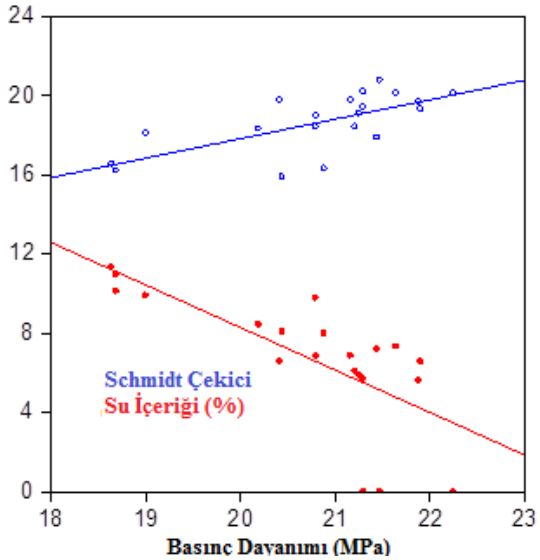
28 günlük regresyon ilişkisi;

Çizelge 6.7. 28 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve w arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	**Sabit Katsayılar**	**R^2**	**Olasılık (F)**
Sch	0.287323		
w	-0.144201	0,59	0.000309
c	16.36666		

Çizelge 6.7'de bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.2 elde edilmiştir. Değişkenlerin 28. günün sonundaki ilişkileri Şekil 6.26'da gösterilmiştir.

$$f_{ck}=16.36666+ 0.287323 *Sch-0.144201*w \quad (6.2.)$$



Şekil 6.26. 28 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve su içeriği arasında ki üçlü ilişki

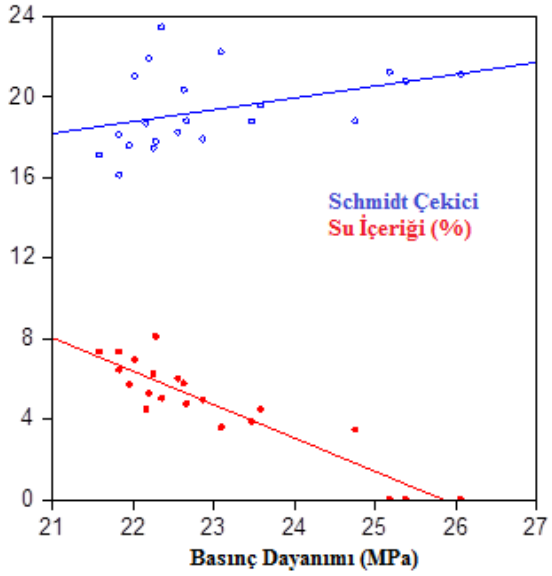
90 günlük regresyon ilişkisi;

Çizelge 6.8 90 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve w arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	Sabit Katsayılar	R^2	Olasılık (F)
Sch	0.071722		
w	-0.539024	0,85	0.000000
c	26.93481		

Çizelge 6.8'de bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.3 elde edilmiştir. Değişkenlerin 90. günün sonunda ilişkileri Şekil 6.27'de gösterilmiştir

$$f_{ck}=26.93481+0.071722*Sch-0.539024*w \quad (6.3.)$$



Şekil 6.27. 90 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve su içeriği arasında ki üçlü ilişki

Su içeriği ile Schmidt çekicinin birlikte değerlendirilmesiyle 7, 28 ve 90 günlük sonuçların karşılaştırılmasında en küçük korelasyon (R^2= 0.33) 7 günlük ve 28 günlük (R^2=0.59) örneklerde gözlenmiş olup, 90 günlük örnekte ise iyi korelasyon (R^2=0.85) değeri gözlemlenmiştir. Su içeriği Schmidt çekicini en fazla etkileyen parametrelerden biridir. Buna bağlı olarak su içeriği ile korelasyonlar birlikte değerlendirildiğinde, su içeriği düşüşüne bağlı olarak ilerleyen yaşlarda korelasyonlar artmıştır. Tüm örneklerde su içeriği değerlerinin 90 günlüklerde en düşük değerleri aldığı ölçümlerle

belirlenmiştir. Hidratasyonun devam etmesi sonucunda hidratasyon ürünü Kalsiyum-Silikat-Hidrat (C-S-H) jelleri ile portlantid (CH) oluşumlarına bağlı olarak boşlukların azaldığı ve örneklerin porozitesinin azaldığını söyleyebiliriz. Bu porozitedeki düşüşe bağlı olarak korelasyon değerleri yaşa bağlı olarak artmış, 90 günlük örneklerde ise en yüksek korelasyonlar elde edilmiştir.

6.10.2.Schmidt çekici ve ultrases hızı ile basınç dayanımının tahmini

Schmidt çekici ve ultrases geçiş hızının bağımsız değişkenolarak kullanıldığı 7, 28 ve 90 günlük deneylerden elde edilen değerler için çoklu regresyon ile formüller üretilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla bağımlı değişken olarak basınç dayanımı seçilmiş ve doğrusal formüller elde edilmiştir.

$f_{ck}= B_0+B_1*Sch+B_2*Vp$

Burada;

f_{ck}=Basınç Dayanımı (Mpa)

Sch=Schmidt

Vp= Ultrases geçiş hızı (Km/sn)

c, B_1 ve B_2 Sabit katsayılardır.

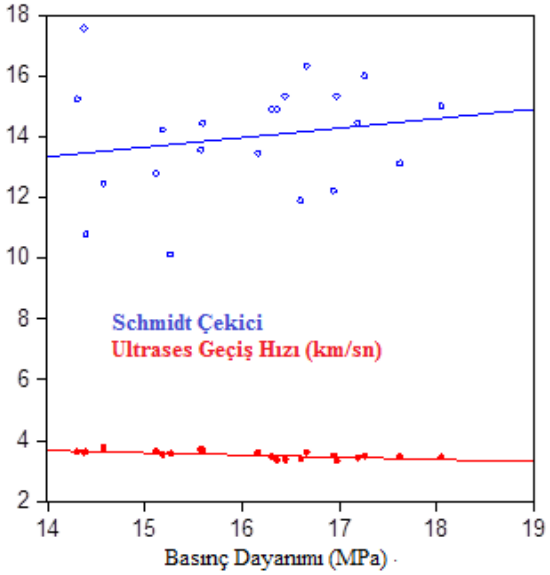
7 günlük regresyon ilişkisi;

Çizelge 6.9. 7 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	**Sabit Katsayılar**	**R^2**	**Olasılık (F)**
Sch	0.024438		
Vp	-6.495692	0,48	0.002778
c	38.52485		

Çizelge 6.9'de bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.4 elde edilmiştir. Değişkenlerin 7. günün sonundaki ilişkileri Şekil 6.28'de gösterilmiştir.

$f_{ck}=38.52485+0.024438*Sch-6.495692*Vp$ (6.4.)



Şekil 6.28. 7 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve ultrases arasında ki üçlü ilişki

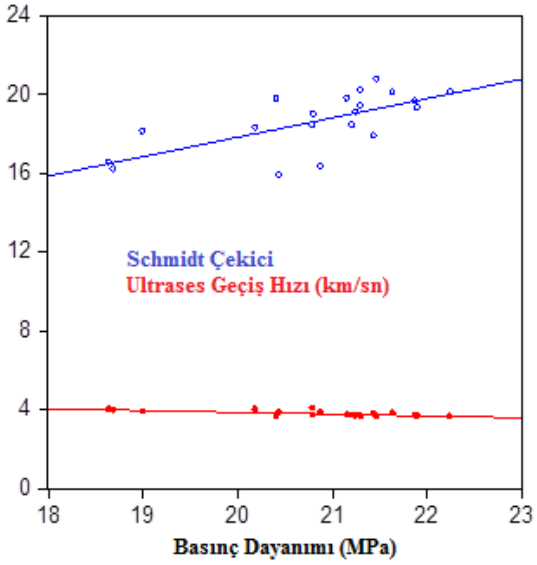
28 günlük regresyon ilişkisi;

Çizelge 6.10. 28 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	**Sabit Katsayılar**	**R^2**	**Olasılık (F)**
Sch	0.286611		
Vp	-3.511328	0,60	0.000247
c	28.72763		

Çizelge 6.10'da bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.5 elde edilmiştir. Değişkenlerin 28. Günün sonundaki ilişkileri Şekil 6.29'te gösterilmiştir.

$$f_{ck}=28.72763+0.286611*Sch-3.511328*Vp \quad (6.5.)$$



Şekil 6.29. 28 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve ultrases arasında ki üçlü ilişki

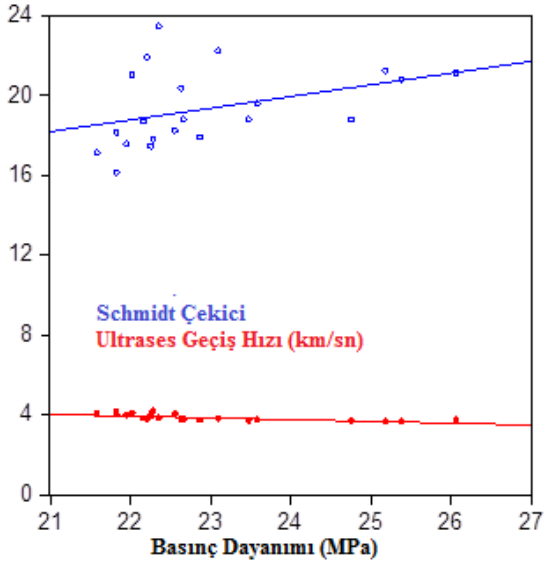
90 günlük regresyon ilişkisi;

Çizelge 6.11. 90 günlük numunelerde f_{ck}, Sch ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	**Sabit Katsayılar**	**R^2**	**Olasılık (F)**
Sch	0.046252		
Vp	-5.465496	0,50	0.001807
c	43.09823		

Çizelge 6.11'de bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.6 elde edilmiştir. Değişkenlerin 90. Günün sonundaki ilişkiler Şekil 6.30'de gösterilmiştir.

$$f_{ck}=22.61544+0.460920*Sch-2.154167*Vp \quad (6.6.)$$



Şekil 6.30. 90 günlük numunelerde dayanım, Schmidt ve ultrases arasında ki üçlü ilişki

Ultrases geçiş hızı ile Schmidt çekicinin birlikte değerlendirilmesiyle 7, 28 ve 90 günlük sonuçların karşılaştırılmasında küçük korelasyon 7 günlük (R^2=0.48) ve 90 günlük (R^2= 0.50) örneklerde gözlenmiş olup, 28 günlük örnekte ise diğer yaşlara göre daha yüksek korelasyon (R^2=0.60) değeri gözlemlenmiştir. Tüm örneklerde su içeriği değerlerinin 90 günlüklerde en düşük değerleri aldığı ölçümlerle belirlenmiştir. 90 günlük örneklerde boşlukların hidratasyon ürünlerle dolmasından dolayı ultrases hızlarının 7 ve 28 günlük örneklere göre daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Ultrases geçiş hızları suyun boşlukları doldurmasına bağlı olarak hız kazanmaktadır. Ultrases geçiş hızı yüksek olan tüm malzemelerde yoğunluğun ve dolayısıyla dayanımın yüksek olduğu söylenebilinir. Burda su içeriği ultrases geçiş hızları ile yorumlamalarda yanıltıcı olabilmektedir. Fakat Beton dayanımları boşluklarda suyun olmaması durumunda ultrases geçiş hızının aksine aderanstan dolayı daha yüksek çıkmaktadır. 28 günlük örneklerdeki korelasyon değerinin 90 günlük örneklerden yüksek çıkması bunun sebebi olarak tahmin edilmektedir.

6.10.3. Su içeriği ve ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımının tahmini

Su içeriği ve ultrases geçiş hızının bağımsız değişken olarak kullanıldığı 7, 28 ve 90 günlük deneylerden elde edilen değerler için çoklu regresyon ile formüller

üretilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Bağımlı değişken olarak basınç dayanımı seçilmiş ve doğrusal formüller elde edilmiştir.

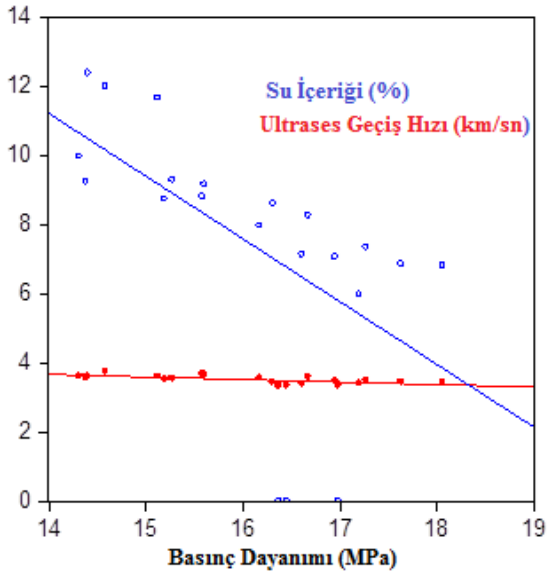
7 günlük regresyon ilişkisi;

Çizelge 6.12. 7 günlük numunelerde f_{ck}, w ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	**Sabit Katsayılar**	**R^2**	**Olasılık (F)**
w	-0.006404		
Vp	-6.741393	0,48	0.002846
c	39.68195		

Çizelge 6.12'de bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.7 elde edilmiştir. Değişkenlerin 7. Günün sonundaki ilişkileri Şekil 6.31'de gösterilmiştir.

$$f_{ck}=39.68195-0.006404*w-6.741393*Vp \quad (6.7.)$$



Şekil 6.31. 7 günlük numunelerde dayanım, su içeriği ve ultrases arasında ki üçlü ilişki

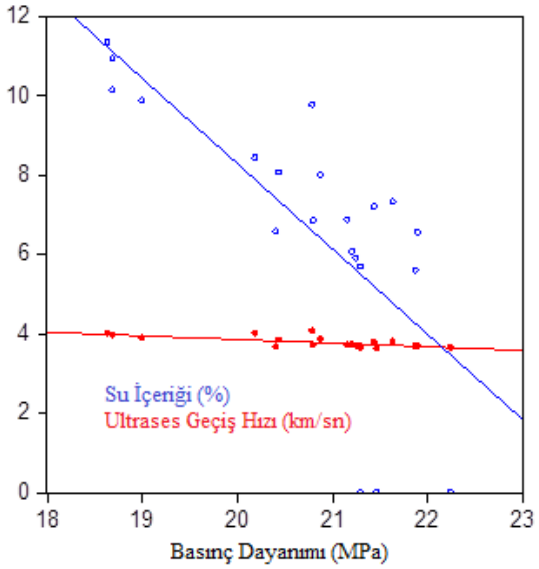
28 günlük regresyon ilişkisi;

Çizelge 6.13. 28 günlük numunelerde f_{ck}, w ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	Sabit Katsayılar	R^2	Olasılık (F)
w	-0.130292		
Vp	-3.268733	0,58	0.000419
c	34.00293		

Çizelge 6.13'te bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.8 elde edilmiştir. Değişkenlerin 28. Günün sonunda ki ilişkileri Şekil 6.32'de gösterilmiştir.

$$f_{ck}= 34.00293-0.130292*w-3.268733*Vp \quad (6.8.)$$



Şekil 6.32. 28 günlük numunelerde dayanım, su içeriği ve ultrases arasında ki üçlü ilişki

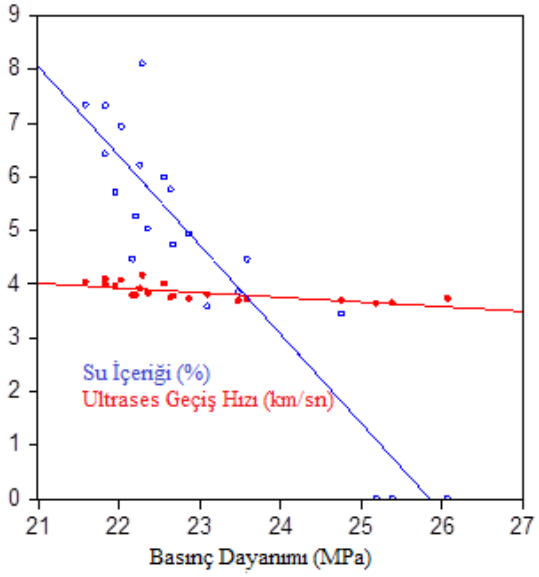
90 günlük regresyon ilişkisi;

Çizelge 6.14. 90 günlük numunelerde f_{ck}, w ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	Sabit Katsayılar	R^2	Olasılık (F)
w	-0.555634		
Vp	-0.851150	0,85	0.000000
c	22.35361		

Çizelge 6.14'te bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.9 elde edilmiştir. Değişkenlerin 90. Günün sonunda ki ilişkileri Şekil 6.33'da gösterilmiştir.

f_{ck}=22.35361-0.555634*w-0.851150*Vp (6.9.)



Şekil 6.33. 90 günlük numunelerde dayanım, su içeriği ve ultrases arasında ki üçlü ilişki

Su içeriği ile Ultrases geçiş hızının birlikte değerlendirilmesiyle 7, 28 ve 90 günlük sonuçların karşılaştırılmasında en küçük korelasyon (R^2= 0.48) 7 günlük ve 28 günlük (R^2=0.58) örneklerde gözlenmiş olup, 90 günlük örnekte ise iyi korelasyon (R^2=0.85) değeri gözlemlenmiştir. Hidrataston tepkimelerinin sürekli devam ediyor olması beton su içeriğinin zamanla düşmesine neden olmaktadır. Beton Su içeriğinin giderek düşmesi ise Ultrases geçiş hızı ile Su içeriği arasındaki ilişkiyi negatif yönde etkilediği düşünülmektedir.

6.10.4. Schmidt çekici, su içeriği ve ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımının tahmini

Schmidt çekici ve ultrases geçiş hızının bağımsız değişken olarak kullanıldığı 7, 28 ve 90 günlük deneylerden elde edilen değerler için çoklu regresyon ile formüller üretilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Bağımlı değişken olarak basınç dayanımı seçilmiş ve doğrusal formüller elde edilmiştir.

f_{ck}= c+B_1Sch+B_2w+B_3Vp

Burada;

f_{ck}=Basınç Dayanımı (MPa)

Sch=Schmidt

w= Su İçeriği (%)

Vp=ultrases geçiş hızı (km/sn)

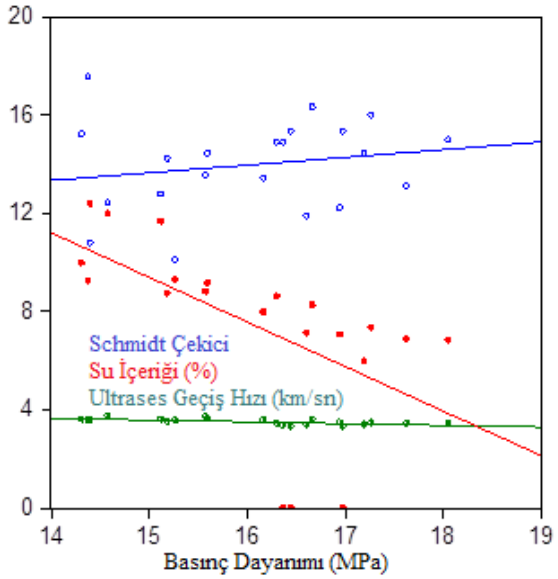
c, B_1, B_2ve B_3 Sabit katsayılardır.

Çizelge 6.15. 7 günlük numunelerde f_{ck}, Sch, w ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	Sabit Katsayılar	R^2	Olasılık (F)
Sch	0.030559	0,48	0.009556
w	-0.016291		
Vp	-6.885512		
c	39.68628		

Çizelge 6.15'te bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.10 elde edilmiştir. Değişkenlerin 7. günün sonundaki ilişkileri Şekil 6.38'da gösterilmiştir.

f_{ck}=39.68628+0.030559*Sch-0.016291*w-6.885512*Vp (6.10.)



Şekil 6.34. 7 günlük numunelerde dörtlü regresyon sonucu grafiksel ilişki

Schmidt çekici, su içeriği ve ultrases geçiş hızının bağımsız değişken olarak kullanıldığı 7, 28 ve 90 günlük deneylerden elde edilen değerler için Regresyonun F testi kullanılarak anlamlılığının incelenmesi yapılmıştır.

F testinde ilk olarak R^2 değerine bakılır, bu değer anlamlıysa diğer aşamalara geçilir.2. aşamada modelin anlamlılığının sınandığı F istatistiğine bakılır.

1.Aşama: Uyum iyiliğine bakılması

R^2=0.48 bulunmuştur. Yani bu üç değişkenin basınç dayanımını açıklama gücü %48'dir.

2.Aşama: Modelinanlamlığına bakılması (F Testi)

Modelin anlamlı olup olmadığına F istatistiğiyle bakılır. F değerini %1, %5 ve %10 düzeyinde sınanılır. Bu test için hipotezlerimiz şunlardır.

H_0: Model genel olarak anlamsız

H_1: Model genel olarak anlamlı.

Eğer Olasılık (F) değeri < **%10 (0.10)** **%5 (0.05)** **%1 (0.01)** ise H_0 hipotezi reddedilir ve alternatif olan H_1 hipotezi kabul edilir.

Bu durumda modelin anlamlı olduğu sonucuna varılır. Çalışmada olasılık (F istatistik) değeri 0.009556 bulunmuştur. Bu değer, kritik değerlerden (%10, %5 ve %1) küçük olduğu için sıfır hipotezi reddedilmiş ve alternatif hipotez kabul edilmiştir. Dolayısıyla, Bağımlı değişkenin basınç dayanımı olduğu, bağımsız değişkenlerin schmidt çekici, suiçeriği ve ultrases geçiş hızı olduğu model anlamlıdır.

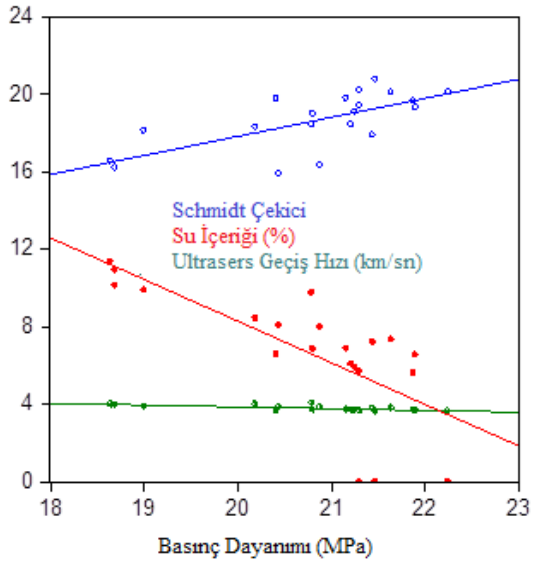
28 günlük regresyon;

Çizelge 6.16. 28 günlük numunelerde f_{ck}, Sch, w ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	**Sabit Katsayılar**	**R^2**	**Olasılık (F)**
Sch	0.230312	0,62	0.000752
w	-0.081953		
Vp	-2.375692		
c	26.01643		

Çizelge 6.16'da bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.11 elde edilmiştir. Değişkenlerin 28. günün sonundaki ilişkileri Şekil 6.39'de gösterilmiştir.

f_{ck}=26.01643+0.230312*Sch-0.081953*w-2.375692*Vp (6.11.)



Şekil 6.35. 28 günlük numunelerde dörtlü regresyon sonucu grafiksel ilişki

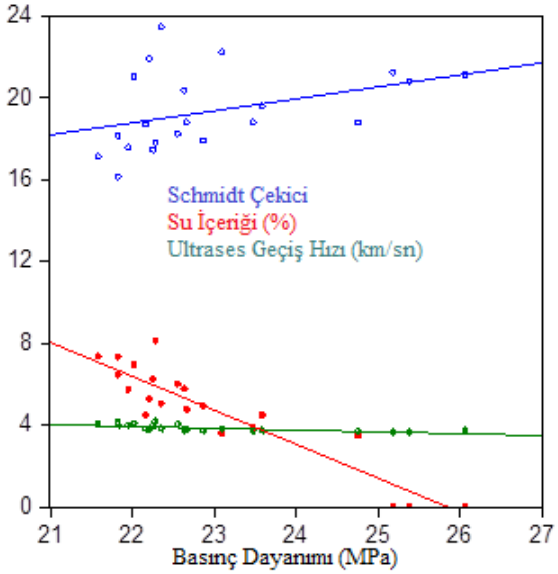
90 günlük regresyon;

Çizelge 6.17. 90 günlük numunelerde f_{ck}, Sch, w ve Vp arasında elde edilen veriler

Bağımsız Değişkenler	**Sabit Katsayılar**	**R^2**	**Olasılık (F)**
Sch	0.066664	0,86	0.000000
w	-0.575588		
Vp	-0.700425		
c	24.31859		

Çizelge 6.17'de bulunan katsayıların kullanılmasıyla bağıntı 6.12 elde edilmiştir. Değişkenlerin 90. günün sonundaki ilişkileri Şekil 6.40'de gösterilmiştir.

f_{ck}=24.31859+0.066664*Sch-0.575588*w-0.700425*Vp (6.12.)



Şekil 6.36. 90 günlük numunelerde dörtlü regresyon sonucu grafiksel ilişki

Su içeriği, ultrases geçiş hızı Schmidt çekicinin birlikte değerlendirilmesiyle 7, 28 ve 90 günlük sonuçların karşılaştırılmasında en küçük korelasyon (R^2= 0.48) 7 günlük ve 28 günlük (R^2=0.62) örneklerde gözlenmiş olup, 90 günlük örnekte ise iyi korelasyon (R^2=0.86) değeri gözlemlenmiştir.

Geliştirilen modellerin denklemleri ve istatistiksel sonuçları Çizelge 6.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.18 Geliştirilen modellerin denklemleri ve istatistiksel sonuçları

	Bağımsız Değişkenler	**R^2**	**Denklem**
7 Gün	Sch-w	0.40	f_{ck}=17.64755+0.015350* Sch-0.184282* w
	Sch-Vp	0,48	f_{ck}=38.52485+0.024438*Sch-6.495692*Vp
	w-Vp	0,48	f_{ck}=39.68195-0.006404*w-6.741393*Vp
	Sch-w-V_p	0,48	f_{ck}=39.68628+0.030559*Sch-0.016291*w-6.885512*Vp
28 Gün	Sch-w	0.53	f_{ck} =16.36666+ 0.287323 *Sch-0.144201*w
	Sch-V_p	0,61	f_{ck}=28.72763+0.286611*Sch-3.511328*Vp
	w-Vp	0,52	f_{ck}=34.00293-0.130292*w-3.268733*Vp
	Sch-w-Vp	0,62	f_{ck}=26.01643+0.230312*Sch-0.081953*w-2.375692*Vp
90 Gün	Sch-w	0.80	f_{ck}=26.93481+0.071722*Sch-0.539024*w
	Sch-Vp	0,44	f_{ck}=22.61544+0.460920*Sch-2.154167*Vp
	w-Vp	0,81	f_{ck}=22.35361-0.555634*w-0.851150*Vp
	Sch-w-Vp	0,86	f_{ck}=24.31859+0.066664*Sch-0.575588*w-0.700425*Vp

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Beton nemliliğinin, basınç dayanımı, ultrases hızı ve yüzey sertlik değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla hazırlanan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

Beton ince kesitlerinde;

- Tüm ince kesit görüntülerinde çalışmada amaçlanan betonun nem miktarını tutmada işlev görecek boşluklu beton özellikleri görüldüğü,
- Beton ince kesitlerinde yaygın bir şekilde kılcal çatlaklar görüldüğü, bu çatlakların miktarının fazlalığı ince malzeme olarak beton bileşenlerine yerleştirilen zeolitin etkisinde oluşabileceği,
- Kılcal çatlaklar kesitlerin genelinde boşluklar ile birleşerek geçirimliliği arttırmasının çalışmaya olumlu katkı sağladığı,
- 7 günlük beton örneklerinde büyük boşluklar ile kalın çatlakların kesit genelinde yaygın bir şekilde gözlendiği,
- 28 ve 90 günlük beton örneklerinde boşluklar ile çatlaklar ince kesit genelinde 7 günlüğe göre daha düşük oranda olduğu görülmüştür.

Basit regresyonda;

- 7, 28 ve 90 günlük beton numunelerin ultrases geçiş hızları ile basınç dayanımları arasındaki düşük korelasyon katsayıları (R^2= 0.48, 0.54 ve 0.64) elde edilmiş,
- Ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasında 7, 28 ve 90 günlük örneklerdenkorelasyon katsayıları (R^2=0.83, 0.80 ve 0.70) elde edilmiş,
- 7, 28 ve 90 günlük beton numunelerin Basınç dayanımı ile Su içeriği okumalarıyla dayanım arasındaki korelasyon katsayıları (R^2= 0.64, 0.80 ve 0.73) elde edilmiştir.

Çoklu regresyonda;

- Su içeriği ile Schmidt çekicinin birlikte değerlendirilmesiyle 7, 28 ve 90 günlük sonuçların karşılaştırılmasında korelasyon değerleri R^2=0.33, 0.59 ve 0.85 olarak belirlenmiş, ilerleyen yaşlarda su içeriğinin azalmasına bağlı olarak boşlukların azalması artan korelasyon değerleri olarak gözlemlenmiş,
- Ultrases geçiş hızı ile Schmidt çekicinin birlikte değerlendirilmesiyle 7, 28 ve 90 günlük sonuçların karşılaştırılmasında korelasyon değerleri R^2=0.48, 0.60, 0.50 olarak belirlenmiş.
- Su içeriği ile ultrases geçiş hızının birlikte değerlendirilmesiyle 7, 28 ve 90 günlük sonuçların karşılaştırılmasında korelasyon değerleri R^2=0.48, 0.58, 0.85 olarak belirlenmiş, hidrataston tepkimelerinin sürekli devam ediyor olması beton su içeriğinin zamanla düşmesine neden olduğu, beton su içeriğinin giderek düşmesi ultrases geçiş hızı ile su içeriği arasındaki ilişkiyi negatif yönde etkilediği ve ilerleyen yaşlarda artan değerler olarak gözlemlendiği.
- Su içeriği, ultrases geçiş hızı Schmidt çekicinin birlikte değerlendirilmesiyle 7, 28 ve 90 günlük sonuçların karşılaştırılmasında korelasyon değerleri R^2=0.48, 0,62, 0.86 oladuğu belirlenmiştir.

Öneriler;

- Su içeriğinin değişimi tahribatsız ve tahribatlı deney sonuçlarını etkilemekte olup bu deneyler yapılırken beton su muhtevasınında göz önününde tutulması önerilmektedir..
- Çalışmada kullanılan zeolit ve pomzanın yüksek porozitelere sahip olmasından dolayı beton karışım hesabında bulunan su oranının bir miktar daha artırılması daha uygun bir Slump değeri için uygun olacaktır.
- Beton örneklerinin sayısının ve etüv sürelerinin artırılmasıyla daha sağlıklı sonuçların alınabileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Akbaş, B., (1991). Tahribatsız Beton Deneyleri, Y.Lisans Tezi, s. 1-15.

Akman, M.S., (1990). Yapı malzemeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yayını, (İkinci baskı) s. 1-104, İstanbul.

Arıoğlu, E., (1998). Üst ve alt yapılarda beton karot deneyleri ve değerlendirilmesi Evrim Yayınevi, İstanbul.

Anderson, D.A. and Seals, R.K.,(1981). Pulsevelocity as a predictor of 28 and 90 day strength, ACI J., 78, 116.

ASTM C597 (1983). Standard Test Method For Pulse Velocity Through Concrete ASTM, 38p., U.S.A.

Baradan, B., Türkel, S., Yazıcı, H., (2012). Beton, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.

Başka, M. A., (2006). Betonun basınç dayanımının belirlenmesi ve değerlendirilmesi, Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 103s.

Doğangün, A., (2008). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Dolğun, O., (2010). Kendiliğinden yerleşen betonlarda öğütülmüş pomza kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.

DPT, (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II (Mika-Zeolit-Lületaşı) Çalışma Grubu Raporu, DPT, Ankara.

Erdoğan, T. Y., (1995). Çimentolar, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.

Erdoğan, T.Y., (2003). Beton, Odtü Yayınevi, Ankara.

Erdoğan, T. Y., (2010). Beton, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.

Ergün, A. ve Kürklü, G., (2005). Mevcut betonarme yapılarda beton dayanımının belirlenmesi, Kocaeli.

Aydın, F., Sarıbıyık, M., (2010). Correlation between Schmidt Hammer and destructive compressions testing for concretes in existing buildings, Scientific Research and Essays, 1644-1648.

Hamalı, Y., (2007). Metakaolin ve silis dumanı içeren harç ve betonların özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Khandaker, M.A.H., (2004). Properties of volcanic pumice based cement and light Weight concrete, Cement and Concrete Research, 34, 283-291.

Kheder, G.F., (1999). A two stage procedure forassessment of in situ concrete strength Using combined -non-destructive, testing, Materials and Structures, 410-417.

Küçük, Ö.F., (2006). Ultrasonik yüzey dalgaları-Schmidt yöntemi yardımıyla beton dayanımının bulunması, Yüksek lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Mohammed, B.S., vd., (2011). Evaluation of rubbercrete based on ultrasonic pulse Velocity and rebound hammer tests, Construction and Building Materials, 1388-1397.

Mındess, S. and Young, J.F., (1981). Concrete pentice-hall, inc, New Jersey.

Nevılle, A.M., (1981). Properties of concrete, Pitman Books Limited, London.

Öz, E., (2007). Nevşehir dolaylarında yüzeylenen asidik pomzanın hafif beton agregası olarak kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen BilimleriEnstitüsü, Adana.

Polat, R., (2007). Genleştirilmiş perlit ve pomza ile hava sürükleyici katkının betonda kılcal geçirimlilik ve don hasarına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Postacıoğlu, B., (1981). Cisimlerin yapısı ve özellikleri, Cilt 1, Teknik üniversite matbaası, İstanbul.

Powers, T.C., (1958). The pysical structure and engineering properties of concrete, Port. Cem. Assoc. Res. Dept. Bul., Chicago.

Ravindrajah, R., (1992). Strength evaluation of high-strength concrete by ultrasonic, Non-DestructiveTesting-Australia, 6-9, 67.

Serin, G., (1999). Pomzanın hafif beton blok duvar elemanı olarak kullanılmasının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Szilágyi, K., (2011). Rebound surface hardness of concrete: Introduction of an empirical constitutive model, Construction and Building Materials, 2480-2487.

Schmidt and Partner Bauinggenieure A.G., (2004). http://www.schmidundpartner.ch.

Şimşek, O., (2004). Beton ve Beton Teknolojisi. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 247s.

Taylor, W.H., (1977). Concrete technology and practise, McGraw-HillBook Company, Sydney.

TS 3260, (1978). Beton yüzey sertliği yolu ile yaklaşık beton dayanımının tayini kuralı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 11222, (2002). Beton- Hazır beton- Sınıflandırma, özellikler performans üretim ve uygunluk kriterleri

TS EN 1008, (2003). Beton-karma suyu-numune alma, deneyler ve beton Endüstrisindeki İşlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1097-6, (2006). Agregaların Tane Yoğunluğu Ve Su Emme Oranının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 706 EN 12620 + A1, (2009). Beton agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 802, (2009) Beton karışım tasarımı hesap esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12350-2, (2010). Beton Taze beton deneyleri – Bölüm 2: Çökme (slamp) deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12350-6, (2010). Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-3, (2010). Beton- Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 3 : Deney numunelerinde basınç dayanımının tahmini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 206-1, (2014). Beton Özellik, performans, imalât ve uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türkmen, G., (1997). Van Erciş pomzasından üretilen hafif betonun donma çözülme Dayanıklılığının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Uyanık, O., (2012). Beton dayanımının tahribatsız ultrasonik yöntemle tayini, Hazır Beton, 82-85.

University of Illinois at Urbana –Champaign. College of Engineering (2003). ‘’Tam 224/CEE 210 Labs Mechanical Behavior of Materials, Lab3, Non-DestructiveTesting’’,http://www.tam.uiuc.Edu/courses/TAM224/Lab_manua/.

Ün, H., (2007). PAÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Ders Notları, Denizli.

Yalçın, H., Gürü, M., (2006). Çimento ve Beton. Palme Yayıncılık, 406s.

Yaşarer, F., (2008). Pomzalı boyalarla kaplanan ve deniz suyunda bekletilen betonların performansı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü imam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Yazıcıoğlu, S, Arıcı, E. ve Gönen, T., (2003). Pomza taşının kullanım alanları ve ekonomiye etkisi, Fırat Üniversitesi DAUM Dergisi 1, s.118-123.

Yüksel, İ., (1995). ‘Bileşik yıkın beton deneyi ile beton mukavemet belirlenmesi, Zonguldak Alaplı ‘da 5 Katlı Beton Bir Yapıya Uygulanması’’, Y. Lisans Tezi.

Qasrawi, H., (2000), Concrete strength by combined non destructive methods Simply and reliably predicted, Cement and Concrete Research, 739-746.

Qasrawi, H.Y., (2003). Theuse of USPV to anticipate failure in concrete under compression, Cement and Concrete Research, 2017-2021.

Whitehurst, E., (1951). Soniscope Tests Concrete Structures, J. of American Concrete Institute, 443-444.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : ERGUN AKBAŞ
Doğum Yeri : İSTANBUL
Doğum Tarihi : 11.04.1988
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : ADIYAMAN ANADOLU LİSESİ (2008)
Lisans : KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ (2013)
Yüksek Lisans : ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ (2017)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

02 Akbaş İnş. Tic.Ltd. Şti/ Proje Mühendisi (2013-2015)
Devlet Su işleri 10.Bölge Müdürlüğü/Yapı Denetim Mühendisi (2015- Devam)

Yayınları (SCI ve diğer)

Yıldırım, A., Şengül, B., Akbaş, E., Saraçoğlu, S., Yeşilpınar, Y., (2013) Mineral katkılı betonların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması.
Akbaş, E., (2017) Beton nemliliğinin basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve yüzey sertlik değerleri üzerine etkisi.