

BETONUN RÖTRESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Murat PEHLİVAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2008

ANKARA

Murat PEHLİVAN tarafından hazırlanan BETONUN RÖTRESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Meral BEĞİMGİL
Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hüsnü CAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Meral BEĞİMGİL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA
Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 08 / 07 / 2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Murat PEHLİVAN

BETONUN RÖTRESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**(Yüksek Lisans Tezi)****Murat PEHLİVAN****GAZİ ÜNİVERSİTESİ****FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****Temmuz 2008****ÖZET**

Bu çalışmada basınç dayanımı C20/25, Süperakışkanlaştırıcı ve Silis Dumanı kullanılarak elde edilen C40/50 beton sınıfından iki adet olmak üzere toplam 3 farklı karışımda; ağırlık kaybı - boyda meydana gelen kılma, boyut ve numune tipinin çatlak oluşumuna etkisi ve rötrenin beton dayanımı üzerinde etkisi deneysel çalışmalar yapılarak araştırılmıştır. Deney parametreleri; numune boyutları, numune tipleri, beton sınıfları, katkı maddeleri olarak seçilmiştir. Deney sonucunda rötrenin ilk 20 gün içerisinde gerçekleştiği, ağırlık kaybı ve boyda meydana gelen kılma eğrilerinin birbiriyle tamamen aynı olmadığı görülmüştür.

Bilim Kodu : 911.1.144
Anahtar Kelimeler : Rötrenin, beton karışımı, süperakışkanlaştırıcı, silis dumanı
Sayfa Adedi : 92
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç. Dr. Meral BEGİMGİL

A STUDY ON SHRINKAGE OF CONCRETE
(M.Sc. Thesis)

Murat PEHLİVAN

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
July 2008

ABSTRACT

In this study, three type concrete mixtures; compression strength C20/25, and two units C40/ 50 formed by superplasticizers and silica fume were used. The weight loses - shortness of the height, the effects of specimen type and geometric size on the occurrence of cracking and also the effect of shrinkage on concrete strength were investigated with experiment researches. Experiment parameters were specimen sizes and types, concrete classes and admixture substance. Results of experiment exhibited that shrinkage occurred in first twenty days, and the curves of the weight lose and the curves shortness of the height were not exactly same.

Science Code : 911.1.144
Key Words : Shrinkage, concrete mixture, superplasticizers, silica fume
Page Number : 92
Adviser : Asst.Prof.Dr. Meral BEĞİMGİL

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd.Doç.Dr.Meral BEĞİMGİL'e, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım çalışma arkadaşlarım Kütük ŞAHİN, Kamuran ULUSOY, Özden KESKİN, M. Cem YILMAZ, Berk SARIOĞLU, Şener GÖKDEMİR, Ali Rıza MURATOĞLU'na ve manevi destekleriyle beni hiç yalnız bırakmayan aileme teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. BETONUN BELLİ BAŞLI MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ.....	3
2.1. Betonun Basınç Dayanımı.....	3
2.2. Elastik modülü	5
2.3. Poisson Oranı.....	6
2.4. Çekme Mukavemeti.....	7
2.5. Sünme	7
2.6. Rötire	10
2.6.1. Rötire çeşitleri	14
2.6.2. Rötire ve ağırlık kaybı	17
3. YÜKSEK DAYANIMLI BETON VE RÖTİRE İLİŞKİSİ	18
4. DENEYDE KULLANILACAK KATKI MADDELERİ.....	20
4.1. Süperakışkanlaştırıcı Maddeler	20
4.1.1. Taze betona etkileri.....	21

Sayfa

4.1.2. Sertleşmiş betona etkileri	21
4.2. Silis Dumanı	21
5. RÖTRE TEST ÇEŞİTLERİ.....	24
5.1. Serbest Rötire Testi	24
5.2. Engellenmiş Rötire Testi	24
5.2.1. Bar testi.....	25
5.2.2. Plaka testi.....	26
5.2.3. Dog-bone testi.....	26
5.2.4. Sertleştirilmiş tabaka üzerindeki test	27
5.2.5. Halka Testi	28
6. DAHA ÖNCE YAPILAN RÖTRE DENEYLERİ.....	30
6.1. Kısıtlanmış Beton Rötire Çatlağı	30
6.2. Yüksek Dayanımlı ve Normal Lifli Donatılı Betonda Büzülme	32
6.3. Numune Boyutu ve Geometrisinin Rötire Çatlakları Üzerinde Etkisi ...	33
6.4. Yüksek ve Normal Dayanımlı Betonda Rötrenin Gözlenmesi	34
7. DENEY ÇALIŞMASI	36
7.1. Karışımda Kullanılacak Malzemeler	40
7.1.1. Agregası.....	40
7.1.2. Çimento.....	44
7.1.3. Su.....	46
7.1.4. Süperakışkanlaştırıcı.....	46
7.1.5. Silis dumanı.....	47
7.2. Deney Numuneleri Karışım Oranları	48

	Sayfa
7.3 Deney Kullanılacak Yardımcı Malzemeler.....	49
7.3.1. Deney kalıpları	47
7.3.2. Laboratuvar Cihazları.....	51
7.4 Numune Dökülmesi ve Sonuçların Gözlenmesi	53
7.4.1. Ağırlık kaybı ve boydaki değişimin gözlenmesi	57
7.4.2. Rötire çatlaklarının gözlenmesi	78
7.4.3. Basınç deneyi.....	83
8. SONUÇ.....	87
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ.....	92

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Numune geometrisi basınç dayanımı ilişkisi	4
Çizelge 2.2. Numune kesitinin basınç dayanımına etkisi	4
Çizelge 2.3. Rötrenin bağlı olduğu etkenler	11
Çizelge 7.1. Halka tipi numuneler ve boyutları	36
Çizelge 7.2 Plaka tipi numuneler ve boyutları	37
Çizelge 7.3 Küp tipi numuneler ve boyutları	38
Çizelge 7.4 Elek analiz sonuçları	40
Çizelge 7.5 Toplam karışım elek altında ve üstünde kalan miktarı	41
Çizelge 7.6 Kaba agreganın özgül ağırlığı ve absorpsiyonu	42
Çizelge 7.7 İnce agreganın özgül ağırlığı ve absorpsiyonu	43
Çizelge 7.8 Agreganın birim ağırlığı	43
Çizelge 7.9 Deneyde kullanılan çimento verileri	45
Çizelge 7.10 Kullanılan süperakışkanlaştırıcının teknik özellikleri	47
Çizelge 7.11 Silis dumanı elek analizi	47
Çizelge 7.12 Silis dumanı kimyasal içeriği	48
Çizelge 7.13 Beton karışım oranları	49
Çizelge 7.14. Normal dayanımlı betonda küp numunelerin gözlenmesi	58
Çizelge 7.15. Normal dayanımlı betonda boyuna kısalma ve ağırlık kaybı %'si	60
Çizelge 7.16. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda küp numunelerin gözlenmesi	65
Çizelge 7.17. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda boyuna kısalma ve ağırlık kaybı %'si	67

Çizelge	Sayfa
Çizelge 7.18. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda küp_numunelerin gözlenmesi.....	71
Çizelge 7.19. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda boyuna kısalma ve ağırlık kaybı %'si	73
Çizelge 7.20. Normal dayanımlı halka tipi numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi.....	79
Çizelge 7.21. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı halka tipi_numuneler de rötre çatlaklarının gözlenmesi	80
Çizelge 7.22. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı halka tipi_numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi	81
Çizelge 7.23. Plaka tipi normal dayanımlı beton numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi.....	82
Çizelge 7.24. Plaka tipi SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı beton_numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi	82
Çizelge 7.25. Plaka tipi SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi	83
Çizelge 7.26. Normal dayanımlı betonda su kaybı gözlenmesi.....	84
Çizelge 7.27. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda su kaybı_gözlenmesi.....	84
Çizelge 7.28. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda su kaybı_gözlenmesi.....	84
Çizelge 7.29. Normal dayanımlı betonda basınç dayanımlarının gözlenmesi.....	85
Çizelge 7.30. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda basınç_dayanımlarının gözlenmesi.....	85
Çizelge 7.31. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda basınç dayanımlarının gözlenmesi.....	85

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Elastisite modülü, $\sigma - \epsilon$ eğrisi.....	6
Şekil 2.2. Yük düzeyinin sünme birim kısalması üzerindeki etkisi.....	9
Şekil 2.3. Zamana bağlı deformasyonun kalıcı yüke ve zamana göre değişimi.....	9
Şekil 2.4. Büzülmenin bağıl nem ve zamanla değişimi	12
Şekil 2.5. Ortamdaki bağıl nemin ve zamanın büzülme üzerindeki etkisi.....	13
Şekil 5.1. Serbest rötre testi numunesi	24
Şekil 5.2 Standart Bar	25
Şekil 5.3. Dog-Bone testi	26
Şekil 5.4. Sertleşmiş tabaka üzerindeki test.....	28
Şekil 6.1. Kısıtlanmış döşeme numunesi	32
Şekil 6.2 Numune geometrisinin rötre çatlaklarına etkisi deneyinin numune boyutları	34
Şekil 7.1. Agrega gradasyonu	41
Şekil 7.2. Normal dayanımlı betonda A1 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği.....	61
Şekil 7.3. Normal dayanımlı betonda A2 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği.....	61
Şekil 7.4. Normal dayanımlı betonda A3 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği.....	62
Şekil 7.5. Normal dayanımlı betonda A1 numunesinin boyuna kısalma-zaman grafiği.....	62
Şekil 7.6. Normal dayanımlı betonda A2 numunesinin boyuna kısalma-zaman grafiği.....	63
Şekil 7.7. Normal dayanımlı betonda A3 numunesinin boyuna kısalma-zaman grafiği.....	63

Şekil	Sayfa
Şekil 7.8. Sıcaklık-zaman grafiği.....	64
Şekil 7.9. Bağıl nem – zaman grafiği.....	64
Şekil 7.11. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B2 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği.....	68
Şekil 7.12. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B3 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği.....	69
Şekil 7.13. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B1 numunesinin boyuna kısalma-zaman grafiği.....	69
Şekil 7.14. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B2 numunesinin boyuna kısalma-zaman grafiği.....	70
Şekil 7.15. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B3 numunesinin boyuna kısalma-zaman grafiği.....	72
Şekil 7.16. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C1 numunesinin ağırlık kaybı -zaman grafiği.....	74
Şekil 7.17. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C2 numunesinin ağırlık kaybı -zaman grafiği.....	74
Şekil 7.18. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C3 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği.....	74
Şekil 7.19. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C1 numunesinin boydaki kısalma-zaman grafiği	75
Şekil 7.20. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C2 numunesinin boydaki kısalma-zaman grafiği	75
Şekil 7.21. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C3 numunesinin boydaki kısalma-zaman grafiği	76
Şekil 7.22. Numune gruplarının ortalamalarıyla elde edilen ağırlık kaybı –zaman grafiği.....	77
Şekil 7.23. Numune gruplarının ortalamalarıyla elde edilen boyuna kısalma –zaman grafiği	77
Şekil 7.24. Numune grupları- basınç dayanımları grafiği	86

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 7.1. Kalıpların hazırlanması	50
Resim 7.2. Kalıpların montaj işleminin yapılması.....	50
Resim 7.3. Kalıpların hazır hale getirilmesi.....	51
Resim 7.4. Beton test presi ve numune kırılması.....	52
Resim 7.5. Beton numune dökümünde vibratör kullanımı.....	53
Resim 7.6. Beton kür tankı.....	53
Resim 7.7. 200 kg kapasiteli etüv	53
Resim 7.8. Malzemelerin 10 kg'lık gruplar halinde tartılması	54
Resim 7.9. Karışımın kalıplara yerleştirilmesi	55
Resim 7.10. Halkasal numuneler	56
Resim 7.11. Küp numunelerin boyuna değişimlerinin gözlenmesi	57
Resim 7.12. Halkasal numunede rötre çatlakları	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
ζ	Çimento
s	Su
σ	Gerilme
E	Elastisite modülü
ε	Birim şekil değiştirme

Kısaltmalar	Açıklama
YDB	Yüksek Dayanımlı Beton
NDB	Normal Dayanımlı Beton
SD	Silis Dumanı
SA	Süperakışkanlaştırıcı

1. GİRİŞ

İnsanoğlu binlerce yıldır taş ve ahşabı yapı malzemesi olarak kullanmış ancak hayaller artıp ihtiyaçlar geliştikçe Romalılardan başlayarak 1800' lü yılların sonlarına doğru çimentonun buluş ve gelişim aşamaları tamamlanarak su ve agreganın da çimentonun yapısına katılmasıyla beton yapı malzemeleri arasındaki saygın yerini 19. yüzyılın ortalarından itibaren almaya başlamıştır.

Beton çelik ve ahşap yangına karşı duyarlı olmaması, yapı inşası tamamlandıktan sonra bu malzemeler gibi sürekli bakım gerektirmemesi, diğer yapı malzemelerine göre daha ekonomik olması, kolay şekil alması ve uygulama alanının daha geniş olması gibi etkenlerle diğer yapı malzemelerinin önüne geçmiştir.

Ancak betonun bu kadar olumlu özelliklerinin yanında yorulma, sünme ve çalışmamızın konusunu oluşturacak rötire gibi beton dayanımı olumsuz etkileyen özellikler yer almaktadır

Büzülme, betonun hidrasyon ısısı için gerekli su oranına ilaveten işlenebilirliği sağlamak için beton yapısına katılan fazla suyun zaman içerisinde buharlaşarak meydana getirdiği hacimsel küçülmeden ibarettir. Tanımdan da anlaşıldığı gibi büzülmede rol oynayan olay, suyun buharlaşması ve büzülme hızını etkileyen buharlaşma hızıdır. Dolayısıyla buharlaşma açısından ortamın sıcaklık ve nemi, beton numunenin ortamla temas yüzeyi, su/çimento oranı büzülme hızını etkileyen ortam koşulları ve numune özellikleri olarak sıralanabilir.

Deneyimizin amacı; büzülme olayına etki eden kriterleri eldeki imkanlar doğrultusunda sabitlemeye çalışarak büzülme olayını zamana bağlı olarak incelemektir. Bu bağlamda daha sonra özelliklerini ele alacağımız, su/çimento oranının büzülme üzerindeki etkisini göstermek açısından suyun

Çimentoya oranını azaltmak için süper akışkanlaştırıcı ve silis dumanı bileşenleriyle oluşturulan beton numuneler kullanılacaktır.

2. BETONUN BELLİ BAŞLI MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Çalışmamızın amacı rötre olayını incelemektir. Rötreye dışında kalan betonun mekanik ve fiziksel özelliklerine kısaca değinilecektir.

2.1. Betonun Basınç Dayanımı

Beton, basınç dayanımı yüksek bir malzeme olmanın yanında çekme dayanımı hesaplarda kullanılmayacak göz ardı edilecek kadar küçük gevrek bir malzemedir. Beton basınç mukavemeti belirli şartlar altında muhafaza edilmiş belli bir yaştaki beton numunenin hidrolik bir preste sıkıştırılarak, kırılmasıyla bulunmaktadır. Betonun standart basınç dayanımı ise, suda saklanmış, çapı 150 mm, boyu 300 mm olan silindir numunelerin, eksenel basınç altındaki dayanımı olarak adlandırılır [1].

2.1.1. Beton basınç dayanımının bağlı olduğu etmenler

Numune geometrisi ve boyutları

Numune şeklinin küp veya silindir olması gibi numunenin boyutları da dayanım farkını etkilemektedir. Genellikle numune boyutları küçüldükçe dayanım artmaktadır. Bu durum boyut etkisi olarak adlandırılmaktadır. Çok sayıda deney yapılarak küp ve silindir numunelerinden elde edilen basınç dayanımlarıyla aşağıdaki çizelge oluşturulmuş olup, beton dayanımının rastlantısal bir olay olduğu ve az miktarda yapılan deney sonuçlarının çizelgedeki değerleri yansıtamayacağı bilinmelidir [1].

Çizelge 2.1. Numune geometrisi basınç dayanımı ilişkisi

Numune Geometrisi	Numune Boyutları (mm)	Basınç Dayanımının Standart Numune Basınç Dayanımına Oranı
Küp	300x300x300	0,82
Küp	200x200x200	0,91
Küp	150x150x150 (standart)	1,00
Küp	100x100x100	1,14
Silindir	250x500	0,95
Silindir	150x300 (standart)	1,00
Silindir	100x200	1,05

Numune geometrisinde bir diğer kıstas ise numune boyunun yükün uygulandığı kesit boyutuna oranıdır (h/a). Bunun en önemli nedeni, pres ile numune arasında var olan sürtünme etkisinin, yükün uygulandığı yüzeyden uzaklaştıkça azalmasıdır. Çok sayıda deney yapılarak numune boyutunun kesit boyutuna oranının basınç dayanımına etkisi aşağıdaki Çizelge 2.2.'de gösterilmiştir[1].

Çizelge 2.2. Numune kesitinin basınç dayanımına etkisi

h/a Oranı	1	2	3	4	5
Basınç dayanımının boyu enine eşit bir numune dayanımına oranı	1,00	0,87	0,80	0,75	0,74

Yükleme hızı

Betonun zamana bağlı deformasyon gösteren bir malzeme olması nedeniyle basınç dayanımında yüklem hızı çok önemlidir. Yapılan deneyler, yavaş yüklenen bir numune dayanımının, hızlı yüklenen bir numuneye oranla daha yüksektir [1].

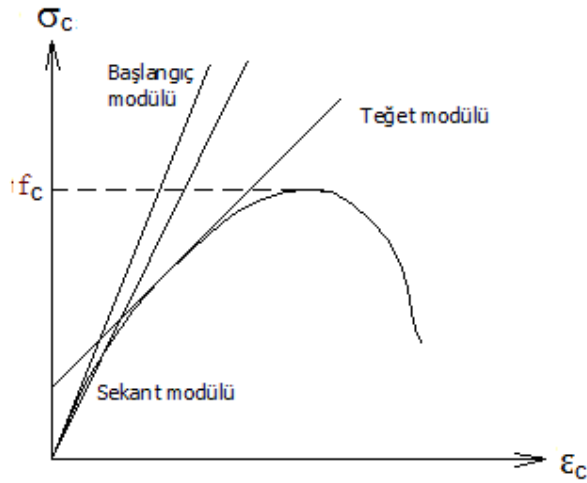
Diğer etkenler

Basınç dayanımını etkileyen diğer etkenler, su-çimento oranı, numunenin bakımı (kür) , deney sırasında numunenin nemli olup olmaması ve deney presinin özellikleridir [1].

2.2. Elastik modülü

Betonun çekme dayanımının hesaplarda kullanılamayacak kadar küçük olması nedeniyle gerilme birim deformasyon eğrisi standart silindirlerin eksenel basınç altında denenmesiyle bulunur.

Betonun basınç mukavemetini bulmak için yapılan deneyde de, çelikte olduğu gibi, gerilme - şekil değiştirme ($\sigma_b - \epsilon_b$) eğrisi çizilebilir. Eğri üzerinde, küçük gerilmeler altında, Hooke kanunun ($\sigma_b = E_b \cdot \epsilon_b$), geçerli olduğu söylenebilir. Ancak betonun elastik modülü çelikte kıyaslandığında sabit olmayıp bir betondan bir diğerine büyük değişiklikler göstermekte olup deneyler E_b değerinin 100 000~400 000 kg/cm² arasında değiştiğini ortaya koymaktadır [2].



Şekil 2.1. Elastisite modülü, $\sigma - \epsilon$ eğrisi

Başlangıç elastisite modülü, $\sigma - \epsilon$ eğrisinin başlangıç noktasına çizilen teğetin eğimi olarak tanımlanabilir. Bu bazı yayınlarda dinamik modül olarak da adlandırılmıştır. Beton çok düşük gerilmelere maruz ise başlangıç modülü kullanılarak gerçekçi sonuçlar alınabilir [1].

Teğet modülü, $\sigma - \epsilon$ eğrisine herhangi bir noktada çizilen teğetin eğimidir.

Sekant modülü, orijinden $\sigma - \epsilon$ eğrisindeki herhangi bir noktaya çizilen sekantın eğimi olarak tanımlanır. Servis yükleri altındaki bir yapı elemanında bu modül iyi sonuçlar verir [1].

2.3. Poisson Oranı

Bir elemanda kuvvete dik doğrultuda birim boy değişmesi ile kuvvet doğrultusundaki birim boy değişmesi arasındaki oran olarak tanımlanır. Poisson oranı için, yalnızca basınca çalışan elemanlarda 0,2 ; çekme çatlakları gösterebilen eğilmeye çalışan elemanlarda 0,15 ortalama değerleri alınabilir.

2.4. Çekme Mukavemeti

Betonun çekme dayanımı, basınç dayanımına oranla çok küçük olup yaklaşık $1/10'$ u kadardır. Betonun çekme dayanımının belirlenmesi basınç dayanımın belirlenmesine göre oldukça güçtür. Betonun çekme dayanımının eksenel çekme altında denenen bir elemandan elde edilmesi gerekir ancak bunun yapılması pres çenelerinin neden olduğu yerel gerilmeler neticesiyle çenenin numuneyi kavradığı yerden kırılması sebebiyle olası değildir.

Betonun çekme dayanımının belirlenmesinde, eksenel çekme altında sağlıklı sonuçlar alınamamasının ardından dolaylı bir çözüm olan kiriş numuneler geliştirilmiştir. 100x100 mm veya 150x150 mm ebatlarında donatısız kirişlerin tek veya simetrik noktasal yük uygulanarak kırılması, kırılma anındaki çekme dayanımının belirlenebilmesi Hooke kanunun kullanılması gerekmektedir.

Çekme dayanımının dolaylı olarak belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise Silindir Yarma Deneyi veya Brezilya Deneyi olarak adlandırılan deneydir. Deney sonuçlarındaki sapma ve dağılımın az olması nedeniyle çekme dayanımının belirlenmesinde en çok kullanılan deney çeşididir. Bu deney, pres tablasına yatay olarak yerleştirilen bir Standard silindir numunesinin (150x300 mm) altına ve üstüne yerleştirilen çelik lamalara dik yönde basınç uygulanarak gerçekleştirilir [1].

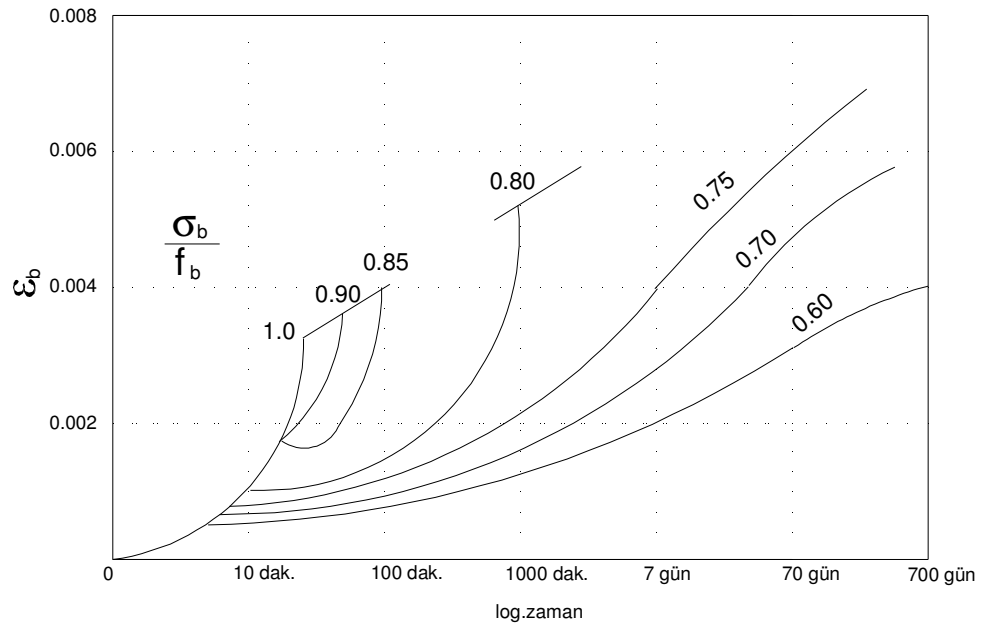
2.5. Sünme

Sünme, betonda sabit yükler altında zaman içerisinde oluşan deformasyonlar olarak tanımlanabilmektedir. Sünme ancak betonda basınç gerilmeleri oluşturan kalıcı yükler altında meydana gelmektedir. Eğer iki özdeş numuneden birisini yüklemeyen diğeri sabit bir yük altında kalırsa ve bu numunelerde bir zaman süresi içerisinde oluşan birim kısalmalar ölçülürse, sünme deformasyonu yüklenmiş numune deformasyonundan yüklenmemiş numunenin deformasyonunun çıkarılmasıyla hesaplanabilmektedir.

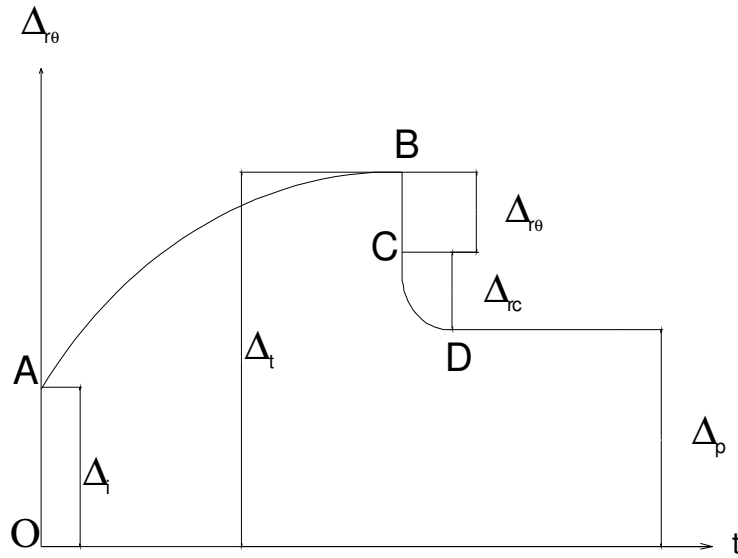
Sünme olayı yük uygulanan beton numunenin yükleme anındaki yaşı, karışımdaki su/çimento oranı, ortamın nemi ve ısı, kalıcı yük uygulandığı anda betonda oluşan gerilmelerin beton basınç dayanımına oranı, karışımda kullanılan agrega ve çimento çeşidi ile zaman gibi kriterlere bağlıdır [2].

Sünme olayını anlatabilmek için çeşitli matematiksel modeller geliştirilmiştir. Fakat bu matematiksel modeller birbirinden farklı sonuçlar vermektedir. Sünme olayını basit olarak "Sünger Analogisi" ile anlatılacaktır. Su emmiş bir süngere basınç uygulandığı zaman, emilen su basıncın büyüklüğüne bağlı olarak dışarı atılacak ve bu suyun doldurmuş olduğu boşluklar basınç nedeni ile küçülecektir. Bunun sonucu olarak da süngerin basınç uygulanan yönündeki boyu kısılacaktır. Betondaki sünme olayının da buna benzer biçimde oluştuğu söylenebilir [1].

Sünmenin basınç dayanımı üzerinde yapılan araştırmalar neticesinde, yükün ilk uygulandığı andaki gerilmenin, basınç dayanımına oranının 0.80'den az olduğu durumlarda, söz konusu yükün kırılmaya neden olmayacağı ve bu yükün sonsuza dek taşınabileceği değerlendirilmiştir. Bu oran 0.80' den büyük olduğunda ise beton bu yükü bir süre taşımakta, fakat belirli bir zaman sonunda ezilerek kırılmaktadır. Şekil 2.2'de çeşitli gerilme/basınç dayanımı oluşturulacak biçimde yüklenmiş görüleceği gibi, (gerilme/dayanım) oranı 0,80'den küçük olduğu durumlarda bu yükleme altında kırılma söz konusu olmamaktadır [1].



Şekil 2.2. Yük düzeyinin sünme birim kısalması üzerindeki etkisi



Şekil 2.3. Zamana bağlı deformasyonun kalıcı yüke ve zamana göre değişimi

Zamana bağlı olarak sünme deformasyonu gösteren bir elemanın üstündeki yük kaldırıldığı zaman, bu deformasyonun bir bölümü kaybolur, ancak deformasyon hiçbir zaman sıfıra inmez. Bu durum Şekil 2.3' de gösterilmiştir.

Şekilde gösterilen deformasyonun OA bölümü, yük uygulandığı anda oluşan deformasyon zamanla artar (eğrinin A-B parçası). Şekilden görüleceği gibi A ve B’de yük (gerilme) olmasına karşın, B’ deki deformasyon A’ da kinden çok büyüktür, $\Delta_t > \Delta_i$. B ve A’ da ki deformasyonlar arasındaki fark, zamana bağlı deformasyondur, $\Delta_t - \Delta_i$ (sünme + büzülme) [1].

B noktasına gelindiğinde yük tamamen kaldırıldığı takdirde, deformasyonda anında bir azalma görülür. Şekilde BC veya Δ_{re} olarak gösterilen bu deformasyon azalması, “elastik dönüşü” olarak tanımlanır. Sıfır yük altında sabit kalan deformasyon Δ_p ise “kalıcı deformasyon” olarak tanımlanır. Kalıcı deformasyon, genelde yükün uygulandığında andaki ani deformasyon daha büyüktür, $\Delta_p > \Delta_i$ [1].

Sünme nedeniyle artan deformasyonları azaltmak amacıyla yapılan hesaplarda elastisite modülünü azaltmak gerekmektedir. Elastisite modülünü azaltmak, elamanın eğilme rijitliğini azaltmak anlamına gelmektedir. Bu nedenle yüksek düzeyde kalıcı yük altında kirişlerde, yükün uygulanmasından bir, iki yıl sonra yer değiştirme, yükün uygulandığı andaki yer değiştirmenin 2-3 katına çıkabilir [1].

2.6. Rötire

Rötire, kelime anlamı olarak hacim büzülmesi anlamına gelmektedir. Betonun büzülmesi hacim azalmasıyla sonuçlanan bir çok faktörden etkilenen, çok yönlü kompleks bir olaydır. Hacim değişiminden kaynaklı üç boyutlu bir olay olan büzülme, boydaki kısalmanın ölçülmesi şeklinde lineer şekil değiştirmeye basite indirgenerek gözlemlenebilmektedir [1].

Betonda meydana gelen rötrenin temel nedeni su içeriğinin azalması olmakla birlikte Rötire çeşitleri kısmında açıklayacağımız farklı mekanizmalarda mevcuttur.

Büzülmeyi dolaylı olarak etkileyen ve büzülme derecesini belirleyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bunlar malzemenin özellikleri, kuruyan ortama bırakılan betonun yaşı, çevrenin bağıl nemi ve sıcaklığı, elemanın veya yapının boyutları olarak sayılabilir [3]. Bunun yanında bu faktörleri Çizelge 2.3' teki gibi gruplandırabiliriz [4].

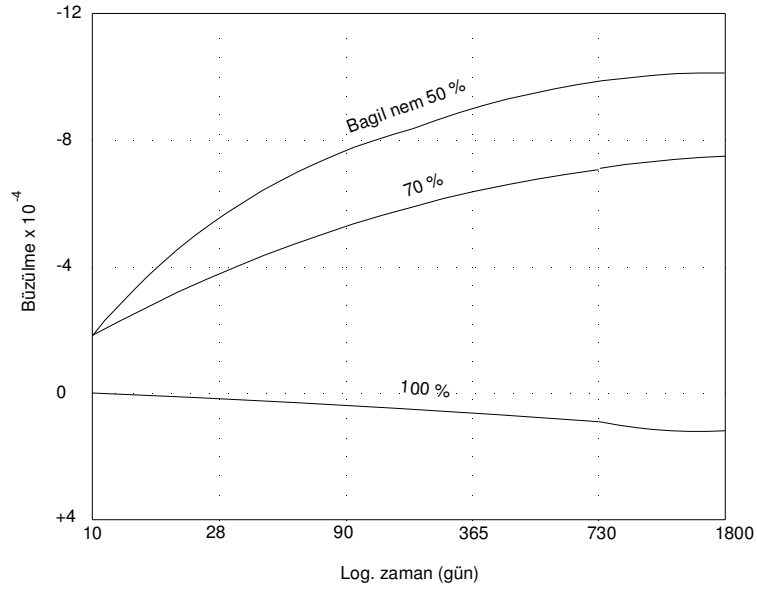
Rötrenin bağlı olduğu etkenler Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Rötrenin bağlı olduğu etkenler

Hamur faktörleri	Boşluk oranı Beton yaşı s/ç oranı ve hidrasyon derecesi Kür sıcaklığı Çimento bileşimi Nem içeriği Karışım
Beton faktörleri	Agrega sertliği Agrega yapısı Hacim/yüzey oranı Kalınlık
Çevresel faktörler	Nem yüzdesi Kuruma oranı Kuruma zamanı

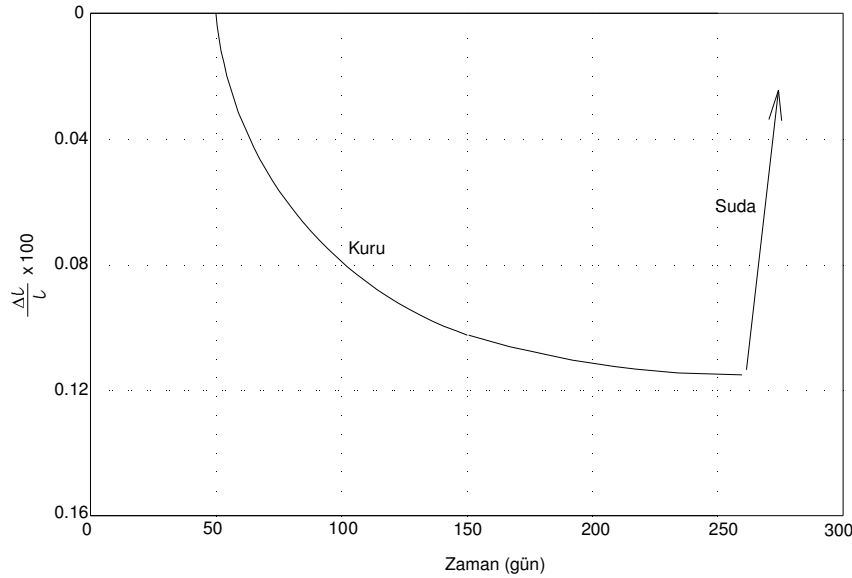
Büzülmeye etkileyen çevre koşulları içerisinde en önemlisi kuşkusuz nemdir. Bağıl nem özellikle % 50'nin altına düştüğü zaman betondaki suyun buharlaşması sonucu hidrasyon için gerekli su kalmayabilir. Beton numuneler üzerinde yapılan deneyler sırasında uygulanan kürün amacı budur. Betonarme yapılarda ise betonun sulanmasının amacı bu su kaybının önüne geçerek betonarme yapı oluşturan elemanın normal dayanımına kavuşmasını sağlamaktır [5].

Değişik nem derecelerinde saklanan beton numunelerde büzülme nedeniyle gözlenen birim boy değişimi zamanın bir fonksiyonu olarak Şekil 2.4.'te gösterilmiştir. Bu şekilde nemin ne denli önemli olduğu kolayca görülmektedir [1].



Şekil 2.4. Büzülmenin bağıl nem ve zamanla değişimi

Nemsiz bir ortamda büzülmüş olan beton numune, nemli bir ortama veya suya konulduğu zaman hacmi artarak eski boyuna ulaşabilir. Bu değişim Şekil 2.5'te gösterilmiştir [1].



Şekil 2.5. Ortamdaki bağıl nemin ve zamanın büzülme üzerindeki etkisi

Çevre şartlarını oluşturan diğer kriter olan sıcaklık ise nemi değiştirdiği gibi 20° C üzerine çıktığı zaman mukavemet artar ve priz hızlanır. Priz çimentoyu meydana getiren toz halindeki bağlayıcıların bir sıvıyla karıştırılmasından ve süspansiyon hale geldikten sonra geçirdiği çeşitli kimyasal tepkimeler sonucu katı hale gelmesi olayıdır [3].

Rötre olayının iki önemli zararlı etkisi vardır. Bunlardan biri betonda çatlakların oluşması, diğeri de betonarme donatıda parazit gerilmelerin oluşmasıdır. Çatlaklar, betonun özellikle çekme dayanımını düşürürler. Ayrıca geçirimliliğin artması nedeniyle betonun kimyasal etkilere ve dona dayanıklılığını azaltıp, donatının korozyonunu kolaylaştırır [6]. Rötre ve ısı farkları sonucu oluşan aksel çekme çatlaklarının kabul edilebilir sınırı aşması (genelde 0,3 mm sınırı) boyuna donatısının yetersizliğinden ve iyi dağıtılmamış olmamasından kaynaklanmaktadır. Büzülme neticesinde oluşan çatlaklar kiriş eksenine dik olarak elemanın dört yüzünde sürekli görülmektedir [7].

Kuru bir ortamla ilişkilendirildiğinde, betonda rötre oluşması kaçınılmazdır. Özellikle betonun üzerindeki mukavemet miktarı az miktardaysa sınırlandırılmış koşullar altında çekme gerilmeleri artmaktadır. Malzeme içerisinde zamana bağlı olarak çekme gerilmesiyle, malzeme mukavemeti artmaktadır. Mukavemetin ve çekme gerilmelerinin karşılıklı olarak ortaya çıkması erken beton çatlaklarına sebep olur. Beton mukavemetinin limit kapasitesini aşması halinde, çekme gerilmeleri ani veya uzun süreli çatlaklara neden olur [8]. Bu gibi ani bozulmalar, betonun bütünlüğünü etkilediği gibi, uzun ömürlülüğünü ve durabilitesini etkiler.

Betonlarda rötre olayı çok çeşitlidir, farklı nedenlere dayanan rötre türleri bulunmaktadır.

2.6.1. Rötre çeşitleri

Hidrolik (Kuruma) rötre

Hidrolik rötre üretimi izleyen günden itibaren başlar ve uzun süre (5 ila 6 ay boyunca) devam eder. Rötrenin önemli bölümü birinci ay zarfında meydana gelir.

Çimento hamurunun kuruması sonucu, önce kılcal boşluklardaki su buharlaşmakta, bu boşluklara jel suyu akımı başlamakta ve daha sonra bu su da kısmen buharlaşmaktadır. Sonuçta absorbe su tabakası incelenerek ve taneler yaklaşarak hacim büzülmektedir .

En tesirli rötre olarak karşımıza çıkmakta olan kuruma rötresini önlemenin en iyi metodu yapı üzerinde gerilme azaltıcı etki yapan rötre-kontrol derzlerinin açılmasıdır. Bu derzler çatlak oluşumu için bir zemin hazırlayarak zararlı kimyasalların yapı içerisine bu derzlerde oluşturulacak tıkayıcıların yardımıyla da girmesini engelleyecektir. Kuruma rötresi tamamen engellenemez ancak

bir miktar engelleme yeniden ıslanma ile mümkündür. Beton yüzeyinin % 100 nemlilikte tutulması kuruma rötresini oldukça azaltan bir yöntemdir .

Termik rötire

Prizi sona eren ve sertleşmeye başlayan betonda, hidratasyon ısısının tüm kütleyi ısıtmaya yetecek oranda artmamasıyla kütle soğuması sonucu bir termik büzülme oluşmaktadır. Bu büzülme çeşidine Termik rötire denilmektedir [8]. Hidratasyon sırasında betonun kendi kendini kurutması sırasında oluştuğundan otojen rötire olarak ta adlandırılan büzülme, kuruma büzülmesine benzerdir. Otojen büzülmenin toplam büzülme – şekil değiştirmeye göre dağılımı beton sınıfı artıkça artar [4].

Termik rötire olarak isimlendirilen ve 1-2 gün içinde ortaya çıkan bu rötire çeşidi özellikle baraj gibi kütle betonlarında önemli sorunlar yaratmaktadır. Termik rötire çatlakları geniş ve derin olurlar ve zamanla daha da derinleşirler, bir yılda 1,5 m derinliğe varabilmektedir. Bu rötireyi arttıran etkiler; hidratasyon ısısı yüksek çimento kullanımı, hızlı beton dökümü, kalınlığı fazla kütle betonu dökümüdür .

Plastik rötire

Taze betondan su kaybı olarak tanımlanabilir ve önlenmezse beton yüzeyinin kurummasına neden olacağından yüzeyde veya bazen iç kısımlarda betonda çatlamalara yol açabilir. Bu olay çevre faktörü tarafından daha da kötüye gidebilir, çünkü sıcaklık ve rüzgarın etkisi kurumayı hızlandırdığı gibi rötrenin oluşumunu da arttırabilir. Plastik rötire rüzgar hızını rüzgar kırıcılarla azaltmakla, betonun sıcaklığını düşürmekle veya priz alma süresini kısaltmakla kontrol edilebilir .

Karbonlaşma rötresi

Sertleşen çimento hamuru zaman içerisinde atmosferde bulunan CO₂ ile reaksiyona girip karbonlaşma rötresine neden olur [4]. Bu olay bağıl nemliliğe büyük ölçüde bağlıdır, çünkü düşük nemlilik oranlarında olay hızlanırken yüksek nemlilikte hiç olmayabilir. Karbonlaşma rötresi kurumadan sonra olursa en yüksek değerine ulaşır. Bu rötire beton yapıdan hem su kaybolmasına ve hem de reaksiyon sonucunda hacim genişlemesine neden olarak betonda çatlamlara neden olabilir .

Kuruyan betondaki hacim değişikliği her zaman ortadan kaybolan su hacmine eşit değildir. İlk baştaki su kaybı, ya çok az ya da hiç rötreye sebep olmamaktadır. Kuruma devam ederken, emilen su ortadan kaybolur. Çimento hamurundaki hacim değişimi, tüm jel parçaların yüzeyinden kaybolan su miktarına eşittir. Rötrenin, zeolitik su kaybıyla ilişkilendirilmesi mümkündür [5]. Kalsiyum silikat reaksiyonları ortaya çıktığında, parçacıklar arası mesafe 14 Å'dan 9 Å'ya düşmektedir. Nem hareketinin neden olduğu rötrenin parçacık düzeyinde olup olmadığı kesin değildir. Bundan dolayı rötrenin temel nedenleri, kimyasal ve mineral karakterlerden ziyade, fiziksel yapı içerisinde aranmalıdır.

Tüm rötire çeşitleri ele alındığında sertleşen betonun kuruma rötresi yukarıda açıklanan diğer rötire türlerinden çok daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Beton tasarımı ve yapım aşamasında, elemanların engellemesinden ve kuruma beton tasarımı ve yapım aşamasındaki kuruma rötresinin etkileri, eleman çatlamları ve eğilmeleri tolere edilir seviyededir. Bunun en açık örneği döşeme ve kaldırımlardaki derzlerde ortaya çıkmaktadır. Aralarına dışarıdan yabancı malzeme girmesini engellemek amacıyla özel bir macunla doldurulan bu derzler, geliş güzel ve düzensiz ortaya çıkan rötire çatlaklarını engeller ve onları sınırlandırır. Nem kaybıyla ortaya çıkan düzensiz rötireler, uygun ve iyi uygulanmış derz bağlantılarıyla bile, döşemelerin üzerlerinde

bulunan köşe noktalarında eğilmelere sebep olur. Büzülme çatlakları, beton duvarlarda oluşan çatlamların temel nedenleri arasındadır .

2.6.2. Rötire ve ağırlık kaybı

Daha öncede belirtildiği gibi betonun büzülmesi hacim azalmasıyla sonuçlanan karmaşık bir olaydır. Boydaki kısalmanın ölçülmesi ile büzülme lineer olarak ölçülebilmekte ve rötrenin gözlemlenmesi basite indirgenmektir.

Büzülme su kaybından kaynaklandığı için ağırlık kaybı ve büzülme değerleri birbiriyle ilişkilidir. Kısa süreli büzülme eğrileri su kaybından kaynaklanan ağırlık kaybıyla aynı eğrilerdir. Ağırlık kaybı eğrileri büzülme eğrileriyle aynıdır fakat büzülmenin aksine son su kaybı kolay ve güvenli bir şekilde tahmin edilebilir kısa zamanlı büzülme testi sonunda başlangıçtaki nem oranı ile son durumdaki nem oranının sıfırlanmasına kadar devam eden su kaybı değerleri etüvde kurutularak öğrenilebilir [10].

Kuruma rötresi su kaybına sebep olmaktadır. Büzülme beton içindeki nemin çevreyle dengeye geldiğinde durur. Dolayısıyla su kaybı sınırlı olacağından kuruma rötreside sınırlı olacaktır. Kimyasal reaksiyonlardan kaynaklanan Otojen veya karbonlaşma da dediğimiz kimyasal rötire dışında kalan tamamen fiziksel bir olay olan kuruma rötresi ağırlık kaybının gözlemlenmesiyle açıklanabilecek bir olaydır [10].

3. YÜKSEK DAYANIMLI BETON VE RÖTRE İLİŞKİSİ

Yüksek dayanımlı beton (YBD) kullanımı dünyada düzenli olarak büyümektedir. Yüksek dayanımlı betonun yapı içinde kullanım alanları sınırlı olsa da bu beton sınıfının dayanım derecesi ve daha belirgin şekilde kullanımına izin veren yönetmelik standart sayısının artmasının da bir sonucu olarak YDB kullanan yapılarda, düzenli bir artış mevcuttur [11].

Bu gelişmelere paralel olarak YDB' un performansı, karakteristik özellikleri hakkında geniş araştırmalar yapılmaktadır [12]. Maddenin ekonomik potansiyeli beğenilmesine ve yapı malzemesi olarak güven oluşmasına bağlı olarak yapım endüstrisi bu maddeyi etkili bir şekilde kullanmaya başlamıştır. YDB karakteristik özelliği çimento miktarının dozajından çok karışım bileşimleri içindeki su/çimento oranının düşüklüğüdür.

Süperakışkanlaştırıcıların (SA) ortaya çıkışı düşük su/çimento oranına rağmen yüksek işlenebilirlik imkânına olanak sağlamıştır. Birçok YDB karışımlarında çimento oranı silis dumanı (SD) gibi değişik katkı maddelerinin beton yapısına katılması ile azaltılmıştır. Beton yapısı içerisine katılan portlant çimento miktarının % 10' unun silis dumanıyla değiştirilmesi ekonomik bir beton elde edilmesi imkânı vermiştir [13,14]. YBD üretiminde etkin olan silis dumanı küçük daneli olması ve puzolonik özelliği nedeniyle agrega çimento hamuru arasında geçiş bölgesi özelliği taşır ve böylece daha kuvvetli homojen ve dayanıklı bir beton sağlanır oldukça YBD üretiminde etkindir.

YDB da 28 günlük dayanımlar ($90-120 \text{ N/mm}^2$) $450-500 \text{ kg/cm}^3$ çimento içeriği ve s/ç oranın 0,25-0,35 olması uygun olmakla birlikte bunların alt ve üst değerleri de kullanılmaktadır [15]. SA ve SD oranlarının farklılık göstermesi sürpriz değildir. Portlant çimento miktarının % 10' unun silis

dumanıyla değiştirilmesi uygun olmakla birlikte bu değerler çok farklılık göstermektedir. Kum içeriği dağılıma bağlı olmakla birlikte toplam agreganın % 35-40'ı civarındadır [14].

YBD karışımları alışılmış beton karışımlarından daha gevrekler. Karışım içine tel donatı katılarak gevreklik problemi aşılabılır. Fakat karışım içine katılan tel donatı miktarının fazla olması işlenebilme açısından zorluklar çıkarmaktadır. Bu yüzden karışım hazırlarken tel donatı miktarına çok dikkat edilmelidir [16]. YDB dayanım, rijitlik, kırılma dayanımı ve sertlik ölçümlerine dayanarak normal ve yüksek dayanımlı betonunun zamana bağlı özellikleri geniş ölçüde araştırılmaktadır. Buna karşın normal dayanımlı betonun büzülme şekil değiştirme değerlerini takip etmek için kuruyan büzölmeye bağılı olarak yönetmelik değerleri belirlenmiştir [17].

Kurumaya bağılı büzölme ve ağırlık kaybı arasındaki ilişki normal dayanımlı betonda iyi kurulmuş olup YDB ile ilgili sınırlı araştırmalar literatürde mevcuttur.

YBD' nin kuruyan büzölmesi hakkındaki yetersiz bilgi Price tarafından açıklanmıştır [18]. Price'a göre; başlangıçtaki su muhtevası ve kuruma büzölmesindeki az buhar geçirimliliğı normal dayanımlı betondan az olmaktadır. Otojen büzölmede ise bu oran daha çok belli olmaktadır. Bu kombinasyona az su muhtevası ve mikro silikanın eklenmesi kendini kurutmasına neden olur. Devam eden hidrasyon için yetersiz su miktarı oluşu büzölmeyi azaltmaktadır

4. DENEYDE KULLANILACAK KATKI MADDELERİ

4.1. Süperakışkanlaştırıcı Maddeler

Beton üretiminde kullanılması gereken çimento miktarında bir azaltışa gitmeden veya mukavemetten ödün vermeden imal edilen betonun, akıcı ve kolay yerleşebilir olmasını sağlamak ve su/çimento oranını düşürerek yüksek dayanımlı beton elde etmek istediğimizde, işlenebilirliği sağlamak için, su/çimento oranı sabit kalmak kaydıyla hem su hem de çimento miktarında azaltışa giderek tasarruf yapılması durumunda işlenebilirliği ilk seviyesinde tutabilmek amacı ile kullanılır.

Çimento partikülleri birbiriyle birleşmek suretiyle küçük topaklar oluşturmaya meyillidirler. Akışkanlaştırıcılar su ile birleşerek beton içerisindeki suyun yüzey gerilimlerini ve çekim gücünü azaltırlar. Akışkanlaştırıcılar negatif elektriksel yüke sahip olup su yüzeyinde hareket etme eğilimindedirler. Bu etkileri dolayısı ile topaklaşmayı önlemeleri ve aynı zamanda tanelerin birbiri üzerinden kaymalarını kolaylaştırmak ve yağlayıcı etki göstermeleri betonun iç sürtünmesini azaltmakta ve işlenebilirliğini artırmaktadır.

Akışkanlaştırıcı katkı ilavesi hava miktarında azalmaya neden olmaktadır. Taze betonlardaki birim ağırlıklar 7. ve 28. gündeki sertleşmiş betonlarda azalma göstermektedir. Bu betonlarda yapılan hasarsız deneylerden ultrases hızlarına ait sonuçlar incelendiğinde katkı ilaveleri ile ultrases hızlarında önemli değişimler olmadığı belirlenmiştir.

Akışkanlaştırıcılar, genellikle taşıma betonlarında, kütle betonlarında, pompa betonlarında, hazır betonda, düzgün yüzey istenen her yerde, çelik donatının yoğun olduğu yerlerde, vb. kullanılır.

Akışkanlar, çimento ağırlığının % 0,2- %0,5' i oranında kullanılır (100 kg çimento için 200- 600 gr katkı). Rengi, kahverengi ve sıvı haldedir. Yoğunluğu 20 °C' de yaklaşık 1,07 kg/lt' dir.

4.1.1.Taze betona etkileri

Aynı işlenebilmeyi sağlamak koşulu ile karışım suyu miktarında %5- %12 arası azalma sağlar. Karışım suyunu azaltmadan kullanılırsa işlenebilirliği önemli ölçüde artırır; ayrıca ayrışmayı azaltarak pompalanabilirliği artırır.

4.1.2. Sertleşmiş betona etkileri

Mukavemet, su/çimento oranının fonksiyonu olduğuna göre katkı kullanıldığında karışım suyunun azalması su/çimento oranını düşüreceğinden daha yüksek, erken ve nihai mukavemetler elde edilecek ve daha az boşluklu, daha iyi yüzey görünümlü ve daha az geçirimli beton elde edilir.

4.2. Silis Dumanı

Silis dumanı, silisyum ve ferrosilisyum alaşımlarının üretimi sırasında elektrik ark fırınlarında yaklaşık 200 °C' de yan ürün olarak elde edilen bir puzolonik maddedir. Çimentoya oranla çok ince taneli olup yaklaşık %90 oranında amorf silis içermektedir. Betonun performansını iyileştirmek için mineral katkı maddesi olarak kullanımı yaygınlaşmıştır.

Silis dumanı; ferro-silis, siliko-ferrokrom, ferrokrom ve zirkonyum elementlerinin üretimi sırasında elde edilen çok üstün nitelikli bir puzolonik maddedir. Çok ince olması, bileşiminde %63 ile %98 aralığında Silisyum-di-Oksit (SiO_2) bulunması ve bunun büyük bir kısmının amorf yapıda olması, silis dumanının diğer puzolonlara göre çok daha üstün nitelikte olmasını sağlamaktadır.

Silis dumanı genellikle gri-siyah renkli bir tozdur. SiO_2 gazı fırının düşük sıcaklıktaki üst bölümlerinde hava ile temas ederek hızla okside olur ve amorf silis olarak yoğunlaşarak silis dumanı bileşiminin çoğunu oluşturur. Standartta silis dumanında en az %80 SiO_2 ve kızdırma kaybının en çok %5 olması öngörülmektedir. Silis dumanının su ile karışımı sonrası rengi koyulaşır, hatta siyaha dönüşür. Çoğunlukla küresel olan silis dumanı taneleri, çimento inceliğinin 1/100 'ü kadar yaklaşık 0,1 mikron civarında bir çapa sahiptirler.

Silis dumanı betonda ilave olarak veya kısmen çimento yerine ya da çimentonun katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Silis dumanı çimentodan daha ince olması nedeniyle çimentonun hidratasyonu sırasında açığa çıkan Ca(OH)_2 ile hızla reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrateler oluşturur. Bunun sonucunda suda çözülebilen Ca(OH)_2 stabilize edilmektedir. Reaksiyona girmeyen taneler ise çimento taneleri arasındaki boşlukları doldurarak betonun daha geçirimsiz bir yapıya sahip olmasına neden olmaktadır [14].

Beton basınç dayanımına olumlu katkısı açısından çimento ağırlığının %20-25'i arasında bir miktarın silis dumanı ile değiştirilmesi optimum bir değer olarak verilmektedir. Ancak silis dumanı oranının yükselmesi beton işlenebilirliğinin yeterli düzeyde sağlanması için süper akışkanlaştırıcı katkı maddelerinin beraber kullanılmasını gerektirmektedir. Ayrıca taze betonda terleme azaldığı için plastik rötre eğilimi artmaktadır. Bu nedenlerle % 10- % 15 arasındaki oranlarda kullanımı betonda istenilen iyileşmenin sağlanmasında yeterli olduğu belirtilmektedir.

Silis dumanının kısmen çimento yerine kullanılması ile beton dayanımında artış sağlanmaktadır [14]. Bu artış, çimento hamurunun özelliklerinin ve hamur fazı ile agrega fazı arasındaki bağın iyileşmesi sonucudur. Silis dumanı, çimento tanelerinin, kum taneleri hamur fazı ile agrega tanelerinin

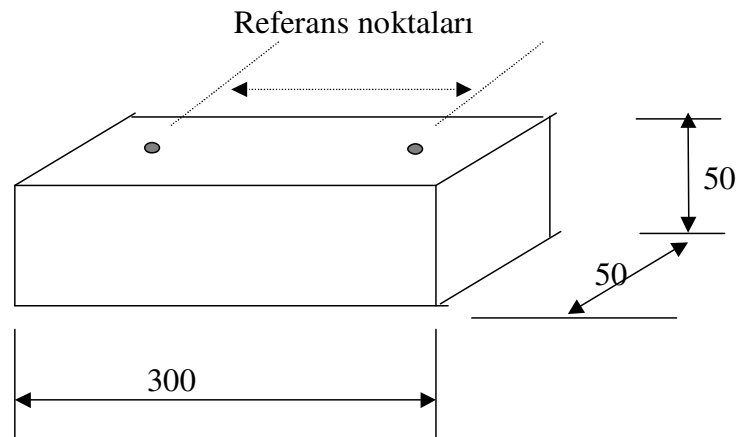
arasındaki boşlukları doldurmaktadır. Bu olay filler etkisi olarak da adlandırılmaktadır.

Silis dumanının çok ince taneli olması ve yüksek oranda SiO_2 içermesi nedeniyle puzolonik reaksiyonların çok erken yaşlarda başlamasına neden olmaktadır. Puzolonik reaksiyonların çimentonun hidratasyonunun başlangıcından 1 gün sonra başladığını, 3. günden sonra belirgin hale geldiğini ve 28 günde büyük ölçüde tamamlandığını çeşitli araştırmalar göstermiştir.

5. RÖTRE TEST ÇEŞİTLERİ

5.1. Serbest Rötre Testi

Betondaki serbest büzülme ASTM C157 [19] (Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic Cement Mortar and Concrete.)'ye göre yapılır. Bu testin numuneleri 25, 75 ya da 100 mm'lik karesel kesit alanlara ve 285 mm uzunluğa sahiptir. Bu örneklerde büzülmenin belli bir yöne doğru olduğu varsayılmaktadır. Bu numuneler 20 C sıcaklıkta, yüzde yüz nemli bir ortamda 24 saat boyunca kür edilir. Bunun ardından kuruma esnasındaki boy değişimini gözlemek amacıyla referans noktaları örnek üstüne yapıştırılır. Son olarak numuneler 23 ± 2 C ve 50 ± 5 nem oranına sahip bir kabine alınır. Boydaki değişim ekstensometre aracıyla ölçülür. Aynı zamanda ağırlık kaybı da kaydedilir.



Şekil 5.1. Serbest rötre testi numunesi

5.2. Engellenmiş Rötre Testi

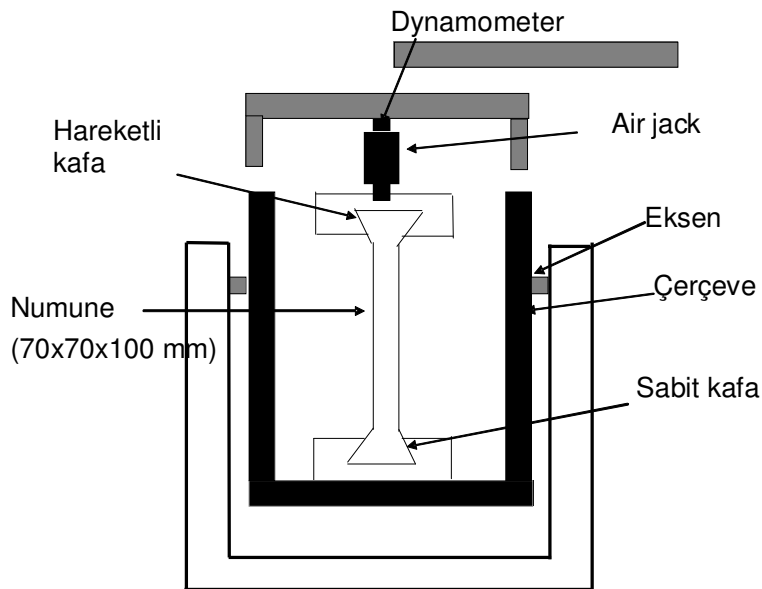
Serbest büzülme testi kuruma büzülmesinde gerilmenin nasıl olduğu hakkında yararlı bilgiler vermesine rağmen beton yapıların davranışı hakkında yetersiz kalmaktadır. Ancak tüm beton elemanlar donatı kullanılarak veya belirli sınırlandırma şekilleriyle engellenmiştir.

Engellenmiş büzülme testleri betondaki büzülme çatlaklarının davranışlarını gözlemek için geliştirilmiştir [20].

Bu testin bar testi, halka testi, plaka testi gibi  eşitleri vardır.

5.2.1. Bar testi

ASTM C878 [21] (Standard Test Method for Restrained Expansion of Shrinkage-Compensating Concrete)' de anlatıldığı gibi ve betonun büzülmesini engellemek için mesnetlenmiş 76 mm karesel kesit alanı ve 292 mm uzunluğundaki bir beton numune üzerinde uygulanır. Ne yazık ki özellikle geniş kesit alanına sahip çizgisel örneklerle çok da doğru sonuçlara ulaşmak mümkün değildir [22] .



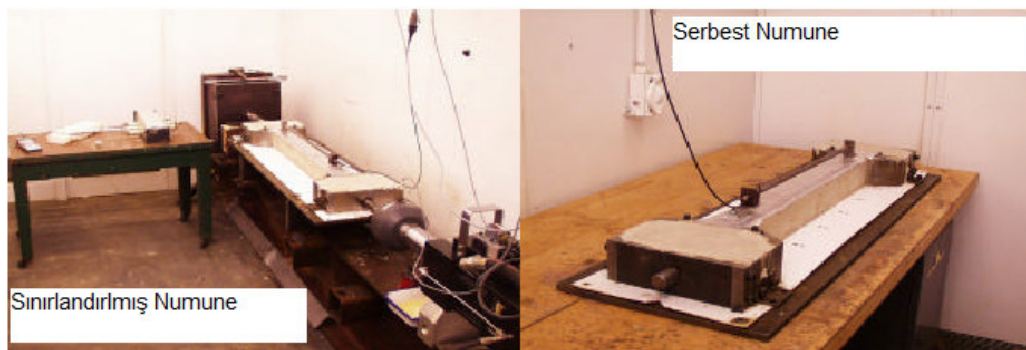
şekil 5.2. Standart Bar [22]

5.2.2. Plaka testi

Plaka testinde büzülme iki yönde sınırlandırıldığı zaman, iki eksenli gerilmeler ortaya çıkar. Özetle plaka testinde ortaya çıkan sonuçların gözlenmesi numune geometrisi, sınır koşulları ve malzeme özelliklerine bağlıdır [22].

5.2.3. Dog-bone testi

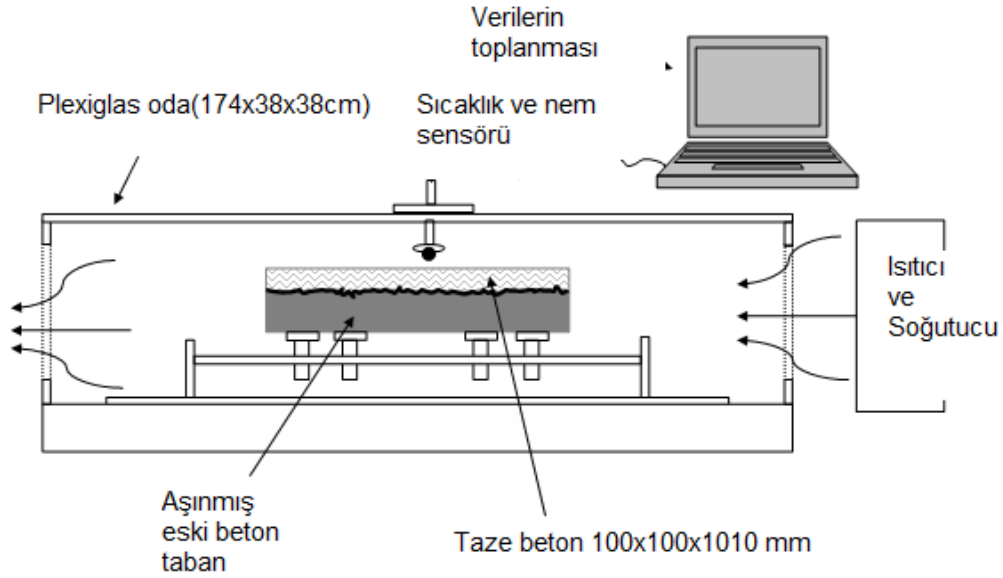
Kovler [23], diğer testlerin sınırlandırmalarının önüne geçmek için çok eksenli bir test geliştirmiştir. Bu metotta serbest büzülme, sınırlandırılmış gerilme ve eksenel s nme elde etmek için serbest ve sınırlandırılmış olmak üzere birbirinin tıpatıp aynı özelliklere sahip dog-bone tipi iki adet numune kullanılmıştır. Bu numunelerden biri sınırlandırılıp kuruma büzülmesinin ortaya çıkardığı kuvvetin miktarı ölçülürken, diğer sınırlandırılmamış numunedeki deformasyonlar gözlenir. Her bir numune 100 mm uzunluğuunda ve 76 mm kesit alanına sahiptir. Diğer testlerdeki numunelerle karşılaştırıldığında buradaki örneklerin daha büyük olduğu görülmektedir. Bu deney yüksek verimlilik sağlayan kapalı devre sistemiyle kontrol edilir.



Şekil 5.3. Dog-Bone testi [23]

5.2.4. Sertleştirilmiş tabaka üzerindeki test

Bu test metodları pratik uygulamalardan farklı olarak numune içerisinde gerilme alanları yaratır. Bu nedenle Banthia [24] sert bir zemin üzerindeki taze beton tabakalarını kullanarak yaptığı bir deneyi teknik yayında anlatmıştır. Eski tabaka pürüzlü bir yüzey oluşturan agregalardan oluşmaktadır, bu da yeni numunenin düzgün bir şekilde büzülmesini kısıtlamaktadır. Bütün bu işlemler tabakanın üzerindeki çatlak miktarının artmasına sebep olmaktadır. Numunenin yüzeyinde ilk çatlak oluştuğundan sonra, diğer çatlaklar da enine ve boyuna olacak şekilde sürekli oluşmaya başlar. Tüm çatlakların büyümesi durana kadar, her saat başı işaretlenerek genişliği ve uzunluğu ölçülür. Bu metotta hesaplanan çatlakların boy ve genişlikleri, çatlaklar çok çabuk ve gelişigüzel oluştuklarından dolayı kesin değildir. Çatlağın ilk ortaya çıkışından, maksimum boy ve genişliğe ulaşana kadar geçen zaman dilimi genellikle 10 dakika kadardır. Çok nadir olmakla birlikte, çatlak ilk görüldüğünde genişliğinin yüzde seksen kadarına ulaşmış olabilir. Birkaç dakika içinde ortaya çıkan ana çatlak dallara ayrılmaktadır. Bir çatlağın genişlik ve uzunluğundan ziyade, numune üst ve yan yüzeylerindeki toplam çatlak sayısı karşılaştırmada baz alınır.



Şekil 5.4. Sertleştirilmiş tabaka üzerindeki test [25]

5.2.5. Halka testi

Halka (ring) test asimetriden dolayı yüksek ve değişmez bir engelleme sağlar. Geometri ve sınır koşullarının sonuca önemli etkileri yoktur. Tipik halka ölçüleri kullanılarak beton yüzük çelik yüzükten kaynaklanan bir iç gerilmeyle karşı karşıyadır. Çemberin iç ve dış yüzeyindeki gerilme farkı iç gerilmenin % 10' u kadardır. Maksimum eksenel gerilme, yüzükteki gerilmenin % 20 si kadardır. Beton halka çelik halkanın engelleyici etkisinden kaynaklanan düzenli ve tek eksenli bir gerilmeyle karşı karşıya kaldığı ve düzenli olmayan kuruma etkileri ihmal edildiği varsayılır [26]. Numune kalınlığı çatlak derinliğinin yaklaşık olarak dört katı kadardır. Bu sebepten dolayı büzülmenin numune derinliği boyunca olduğu düşünülür. Çubuk ve ring testteki serbest büzülme değerleri birbirine çok yakındır.

Engellenmiş büzülme testinde numuneler 24 saat boyunca 20°C sıcaklığında ve % 100 bağıl nem oranına sahip ortamda bekletilir. Aynı yolla serbest büzülme numuneleri hazırlanır. Numunenin dış tarafının çevreleyen çelik

halka çıkartıldıktan sonra numunenin st yüzeyi silikon bir kauçukla kaplanır böylece kurumanın sadece dış kısm yüzeyinden olması sağlanır. daha sonra numune ASTM C 157 ‘ ye göre 23 ± 2  C ve 50 ± 5 bağıl nem yüzdesine sahip nem ve ısı kontrollü laboratuarda kuruma süresi boyunca bekletilir. Halka numunedeki çatlak genişliklerini ölçmek için özel bir mikroskop kullanılır. elik halka içinden geçerek tabandaki levhaya sabitlenmiş düşey bir çubuğa aşağı yukarı hareketini sağlayacak şekilde sabitlenmiş yatay bir çubuğa tutturulan mikroskop numune etrafında dönerek gerekli okumaları yapacak şekilde tasarlanmıştır. Çatlak genişlikleri halkanın ortasındaki, orta ile st ve yüzey arasındaki mesafenin yarısındaki 3 okumanın ortalaması alınarak bulunur. Numune yüzeyindeki yeni çatlak oluşumu ve oluşan çatlağın genişliğinin artışı bir hafta boyunca her 24 saatte bir daha sonra ise her 48 saatte bir olmak üzere ölçülür.

6. DAHA ÖNCE YAPILAN RÖTRE DENEYLERİ

6.1. Kısıtlanmış Beton Rötire Çatlağı

W. Jason Weises, Wei Yang ve Surendra P. Shah tarafından hazırlanan bu deneyde [27]; Bu çalışmanın amacı daha iyi anlamak ve kısıtlanmış beton döşemede büzülmenin ilk evresini tahmin edebilmektir. Çalışmanın 3 önemli amacı vardır:

- 1) Büzülme çatlağı potansiyelini ölçmek için test yöntemleri geliştirmek.
- 2) Çatlak tahmini için teorik model geliştirmek.
- 3) Genişlemeyen büzülme azaltıcı karışımın değerlendirilmesi.

İki test yöntemi kısıtlı durumdaki büzülme çatlağı potansiyelinin döşeme tipi örnekler kullanılarak değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Bu deneylerde normal ve yüksek dayanımlı betonlarda % 0,1 ve 2 oranında rötire azaltıcı katkı kullanılmıştır. Betonun zamana bağlı parametreleri ölçülmüş ve kısıtlamanın etkisi döşeme örneklerinde test edilmiştir. İlk çatlağın tahmini tespitini başarıyla sağlamak için bir bilgisayar modellemesi kullanılmıştır.

Sonuçlar teorik ve deneysel bulguların karşılaştırılması şeklinde gösterilmiştir.

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Katkı maddesi % 2 oranında kullanıldığında serbest büzülmede % 45'e varan bir azalma göstermiştir.

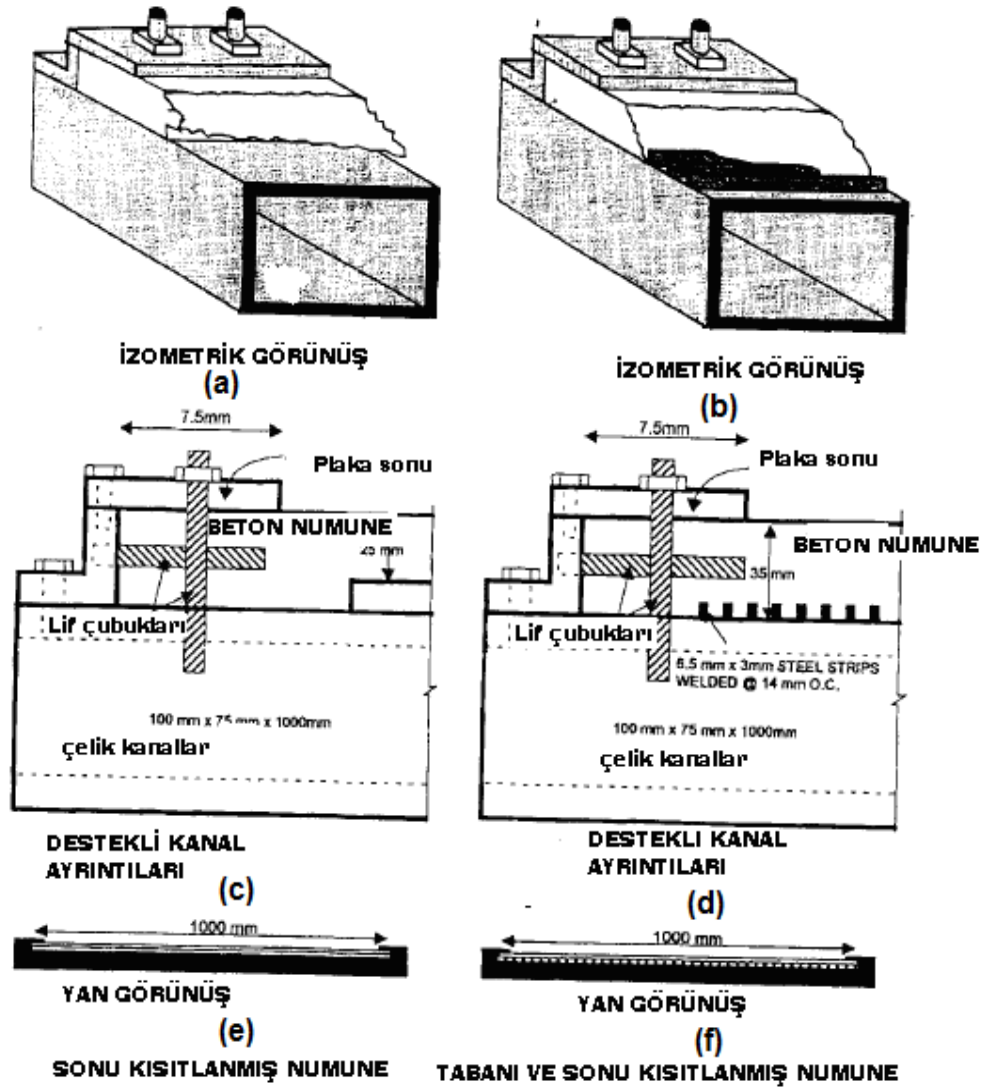
Katkı maddesinin en büyük avantajı büzülme çatlağını geciktirmesi ve çatlak eninin daha küçük olmasıdır. Normal dayanımlı betonda % 2 katkı maddesi

Sonu tutulu ve hem tabanı hem de başı tutulu döşeme örneklerinde büzülmeyi engellemiştir.

Teorik ve deneysel bulguların sonuçlarının birbiriyle örtüştüğü görülmüştür.

Çekme sünmesi çekme gerilimi oluşumunu kayda değer biçimde azalttığından büzülme çatlağı için önem arz etmektedir.

Tepe yükleme metodu eğer kapalı devre testi yapılamıyorsa büzülme çatlağı parametrelerinin elde edilmesi için çok etkindir.



KISITLANMIŞ DÖŞEME NUMUNESİNİN GEOMETRİSİ

Şekil 6.1. Kısıtlanmış döşeme numunesi [28] a) Sonu kısıtlanmış numune (SKN) izometrik görünüşü, b) Tabanı ve sonu kısıtlanmış numune (TSKN) izometrik görünüşü, c) SKN destekli kanal ayrıntıları, d) TSKN destekli kanal ayrıntıları, e) SKN yan görünüşü, f) TSKN yan görünüşü

6.2. Yüksek Dayanımlı ve Normal Lifli Donatılı Betonda Büzülme

B. Barr ve A. El-Baden tarafından yapılan bu çalışmada [28] ; Lif derişimleri ağırlıkça % 1,2,3 olan ve 40-120 mpa arasında değişen 5 beton sınıfı

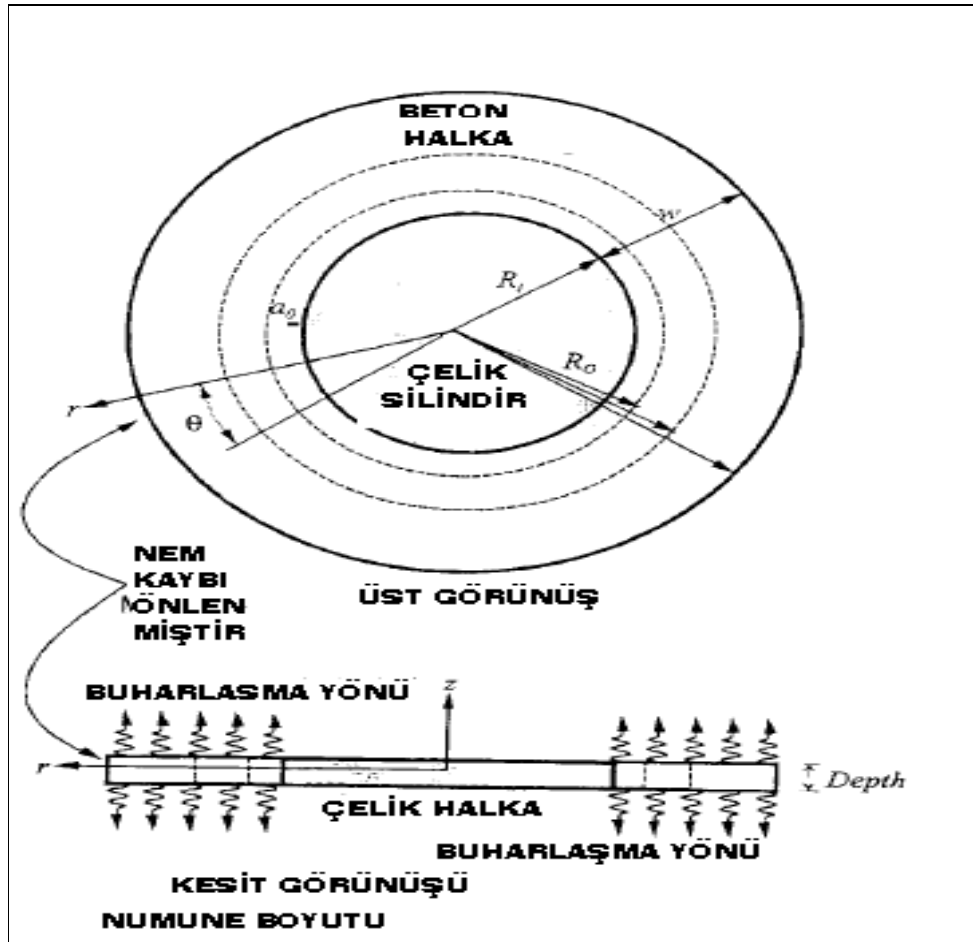
kullanıldı. Efektif kalınlığının etkilerini bulmak için 4 Adet numune çeşidi kullanıldı. Bu numune çeşitlerinden üç tanesi yükseklik / çap oranları 2 ve çapları 100,150,200 mm olarak değişen silindirdir. 4.numune çeşidi olaraksa 76x76x254 mm' lik prizma kullanılmıştır. Bütün numuneler nem kontrollü laboratuarda $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, 1 yıl veya 100 gün süre zarfında serbest kurumaya bırakılmışlardır.

Sonuçlar; Yüksek dayanımlı beton, normal dayanımlı betona göre benzer uzun vadeli büzümle değişimi ve ağırlık kaybına sahip olduğunu gösterdi. Ayrıca ilk 100 günlük süreçte ağırlık kaybı ve büzülme tüm beton sınıfları için doğrusal olmaktadır. Tel donatılar erken büzülme, şekil değiştirmeleri engellemekte ve bu amaç için % 1'lik oran yeterli gelmektedir.

6.3. Numune Boyutu ve Geometrisinin Rötre Çatlakları Üzerinde Etkisi

W. Jason Weises, Wei Yang ve Surendra P. Shah [29] tarafından hazırlanan bu deneyde; kısıtlı beton yapılarda büzülme çatağının boyut-geometri özelliklerine bağlı olduğunu deneysel kanıtlar ışığında göstermiştir. Bu davranışı anlamak için bir teorik model geliştirilmiştir. İlk olarak doğrusal, viskoelastik silindirin gerilme ve deplasman alanları büzülmenin radyal yönde düzenli olduğu varsayılarak hesaplanmıştır. İkinci olarak zaman ve geometriye bağlı çekme gerilme rezistansı eğrisi geliştirmek için kırılma mekaniği kriterleri oluşturulmuştur. Üçüncü olarak ebat-geometri ve malzeme birleşimlerinin yıkımdaki rolünü göstermek için bu model kullanılmıştır. Son olarak teorik ve deneysel bulgular karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada görüldüğü üzere son dayanım kriterleri kısıtlanmış büzülme çatlağını tahmin etmede de yetersiz olmuştur. Deneyler boyutların büzülme çatlağının oluşmasında etkili olduğunu göstermiştir. Teorik ve deneysel bulgular ışığında elde edilen sonuçlara göre malzeme daha az kırılğan oldukça geometri etkisi artmaktadır.



Şekil 6.2. Numune geometrisinin rötre çatlaklarına etkisi deneyinin numune boyutları [29]

6.4. Yüksek ve Normal Dayanımlı Betonda Rötrenin Gözlenmesi

Daha önce yapılmış olan ön deneyde YDB ve NDB karışımları hazırlanarak silindirlere 3 kademe halinde dolduruldu her kademelerin sonunda silindirler periyodik olarak salınım yaparak bir nevi vibratör görevi yapan sarsma tablası üzerinde sarsılmıştır. Daha önce belirtildiği gibi değişik boyutlarda yüksek ve normal dayanımlı olmak üzere toplam 11'er adet numune alındı Tüm numunelerin bu şekilde hazırlanmasından sonra numunelerin üzerleri mümkün olduğunca havayla temas etmeyecek şekilde telisle kapatıldı.

Numune hazırlanmasından 2 gün sonra silindirler açılarak deneyin devam edeceği yapı gereçleri laboratuvarı içinde tahsis edilmiş odaya taşındı.

İçerikleri nedeniyle yüksek dayanımlı beton numunelerde normal dayanımlı numunelere oranla daha az ağırlık kaybı gözlenmiştir . Bunun sebebi yüksek dayanımlı numuneler normal dayanımlı numunelere oranla daha az su içermekte olmasıdır. Ağırlık kaybına oranla boyda meydana gelen deformasyon grafikleri de aynı olayı göstermektedir. Kısaca büzülmeyi gözlemeyi sağlayan iki yöntemle de varılan ve deney öncesinde de tahmin edilebileceği gibi içerdiği düşük su oranına bağlı olarak yüksek dayanımlı betonlarda normal dayanımlı betonlara göre daha az büzülme oranı gözlenir.

Diğer taraftan büzülmenin büyük kısmı ilk 1000 dakikalık yani 1 gün tamamlanmadan gerçekleşmiş daha sonraki zaman dilimlerinde yapılan ölçümlerde ise ağırlık kaybı hızı düşerek sabit bir değere doğru gitmiştir.(Özellikle küçük boyutlu numunelerde terazinin gram hassasiyetinden dolayı ağırlık kaybının okunamayacak kadar küçük olduğu gözlenmiştir.) Bunun sebebi hidrasyon olayını meydana getiren alkali-silika reaksiyonlar sırasında ihtiyaç duyulan aşırı su ihtiyacına rağmen numuneye kür şartları uygulanmaması sonucu bu aşamada hızla suyun beton yapısını terk etmesidir. Dolayısıyla büzülmenin çok önemli bir kısmı plastik büzülme adı verilen yaş betonun oluşturduğu hidrasyon ısısı kaynaklı büzülme tipidir.

7. DENEY ÇALIŞMASI

Deneyde herhangi bir katkı kullanmadan hazırlanmış C20/25, süperakışkanlaştırıcı kullanılarak hazırlanan C40/50 ve silis dumanı kullanılarak hazırlanan C40/50 beton sınıfları olmak üzere deneyde toplam 3 farklı karışım kullanılmıştır.

Deney esnasında rötire çatlaklarını gözlemek amacıyla iç çapı 15 cm, yüksekliği 3 cm dış çapı sırasıyla 18; 22,5 ve 30 cm olacak şekilde değişen ve her bir dış çap ölçüsünden 3'er adet olmak üzere her bir karışım için halka şeklinde toplam 9 adet numune ve boyut etkisinin gözlenebilmesi için 50x50x10 ile 50x50x5 cm ebatlarına sahip her karışım için ve her plakadan 3'er adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan Halka tipi numuneler Çizelge 7.1'de, Plaka tipi numuneler de Çizelge 7.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. Halka tipi numuneler ve boyutları

HALKA TİP NUMUNELER					
Karışım Cinsi	Numune No	Numune Boyutları (mm)			Deney Çeşidi
		Dış Çap	İç Çap	Yükseklik	
Normal Dayanımlı Beton	ND1	300	150	30	Rötre Çatlağı
	ND2				
	ND3				
	ND4	225			
	ND5				
	ND6				
	ND7	180			
	ND8				
	ND9				
Süperakışkanlaştırıcı Kullanılarak Hazırlanan Yüksek Dayanımlı Beton	YDSA1	300			
	YDSA2				
	YDSA3				
	YDSA4	225			
	YDSA5				
	YDSA6				
	YDSA7	180			
	YDSA8				
	YDSA9				

Çizelge 7.1 Halka tipi numuneler ve boyutları (Devam)

Karışım Cinsi	Numune No	Numune Boyutları			Deney Çeşidi
		Dış Çap	İç Çap	Yükseklik	
Silis Dumanı Kullanılarak Hazırlanan Yüksek Dayanımlı Beton	YDSD1	300	150	30	Rötre Çatlağı
	YDSD2				
	YDSD3				
	YDSD4	225			
	YDSD5				
	YDSD6				
	YDSD7	180			
	YDSD8				
	YDSD9				

Çizelge 7.2 Plaka tipi numuneler ve boyutları

PLAKA TİPİ NUMUNELER					
Karışım Cinsi	Numune No	Numune Boyutları (mm)			Deney Çeşidi
		En	Boy	Yükseklik	
Normal Dayanımlı Beton	PN1	500	500	100	Rötre Çatlağı
	PN2				
	PN3				
	PN4			50	
	PN5				
	PN6				
Süperakışkanlaştırıcı Kullanılarak Hazırlanan Yüksek Dayanımlı Beton	PYSA1	500	500	100	
	PYSA2				
	PYSA3				
	PYSA4			50	
	PYSA5				
	PYSA6				
Silis Dumanı Kullanılarak Hazırlanan Yüksek Dayanımlı Beton	PYSD1	500	500	100	
	PYSD2				
	PYSD3				
	PYSD4			50	
	PYSD5				
	PYSD6				

Rötreinin; ağırlık kaybı ve boydaki değişim olarak gözlemlenmesi için 15x15x15 ebatlarına sahip her karışımdan 3' er ve basınç deneyine tabi

tutabilmek için yine her bir karışım için 3'er adet olmak üzere küp numuneler dökülmüştür. Küp tipi numuneler ve boyutları Çizelge 7.3'te verilmiştir.

Çizelge 7.3 Küp tipi numuneler ve boyutları

KÜP TİPİ NUMUNELER					
Karışım Cinsi	Numune No	Numune Boyutları			Deney Çeşidi
		En (mm)	Boy (mm)	Yükseklik (mm)	
Normal Dayanımlı Beton	A1	150	150	150	Ağırlık Kaybı, Büzülme Oranı ve Basınç Deneyi
	A2				
	A3				
	A4				
	A5				
	A6				
Süperakışkanlaştırıcı Kullanılarak Hazırlanan Yüksek Dayanımlı Beton	B1	150	150	150	
	B2				
	B3				
	B4				
	B5				
	B6				
Silis Dumanı Kullanılarak Hazırlanan Yüksek Dayanımlı Beton	C1	150	150	150	
	C2				
	C3				
	C4				
	C5				
	C6				

Deneyin hazırlık kısmı olan halka şeklinde dairesel, küp ve plaka numunelerin döküm işlemi yapıldıktan sonra esas işlem olan YDB (Silis dumanı ve Süperakışkanlaştırıcı kullanılarak hazırlanan) ve NDB beton numuneler de zamana bağlı büzülmenin gözlenmesi işlemine geçilmiştir.

Daha öncede belirtildiği gibi büzülmenin gözlenmesi, ağırlık kaybı ve kompleks bir olay olan boyut değişiminin (hacim azalmasının) basite indirgenerek sadece boydaki kısılmanın izlenmesi şeklinde iki yolla mümkündür.

Boydaki kısılmanın ölçümü mm' nin 1000' de 1'i hassasiyetinde olan elektronik bir kumpas yardımıyla yapılacaktır. Kumpas daha önceden özel bir tutkalla beton numunenin yüzeyine yapıştırılan, dişlerin üzerine oturtularak boydaki değişim ölçülecektir. Elektronik kumpasın, bir ayağı sabit diğer ayağı hareketli olarak tasarlanmış, yataya göre mükemmel bir diklikte tutulması veya ölçüm süresince numune üzerinden kıpırdatılmaması gereken demec gauge'e oranla çok daha sağlıklı sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Büzülmenin gözlenmesinde izlediğimiz ikinci yöntem ağırlık kaybında ise 10 kg'ye kadar ağırlık tartabilen elektronik tartı kullanılacaktır.

Devam eden deney süresi içerisinde büzülmenin izlenmesi adına ağırlık kaybı ve boyda meydana gelen değişimin yanında sabit olmasını istediğimiz çevre şartlarını takibi işlemi de gerçekleştirilecektir. Çevre şartlarını oluşturan öğeler nem ve sıcaklık termometre ve nemölçerler aracılığıyla gözlenecektir.

Deneyimizin son kısmında ise numunelerimizin basınç altındaki dayanımı ele alınacaktır. Ağırlık kaybı ve boydaki değişim incelenen 3'er adet numune 28. günde etüve atılarak kurutulmuş ve son su kaybı bulunduktan sonra basınç deneyine tabi tutularak olması gereken basınç dayanımıyla karşılaştırılacaktır.

7.1. Karışımda Kullanılacak Malzemeler

7.1.1. Agregası

Kıbrısköyü-Mamak- Kayaş taş ocağından getirilen ve Hava Lojistik K.lığı 3. İ.s.İnş.Tb.K.lığı laboratuvarında deneyimiz de kullanılacak 7-15 ve 0-7 malzemelerine ait elek analiz sonuçları Şekil 7.4 ' te verilmiştir.

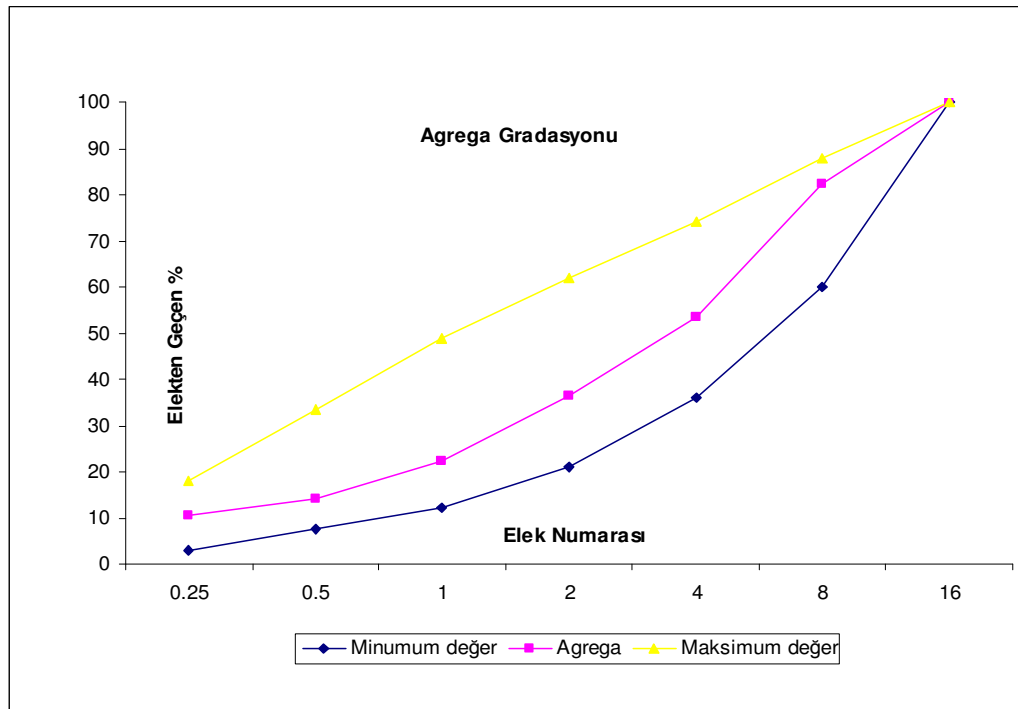
Çizelge 7.4 Elek analiz sonuçları

Elek No: (mm)	Elekten Geçen Malzeme %		İstenilen Değer
	7-15 (Malzeme)	0-7 (Malzeme)	
16	100	100	100
8	63	100	60–88
4	4	99	36–74
2	0.3	70	21–62
1	0	43	12–49
0,5	0	27	7,5–33,5
0,25	0	20	3–18

İstenilen değer ve elek analiz sonuçları düşünüldüğünde % 52, 0-7 ; % 48, 7-15 malzeme kullanılacaktır. Buna göre agregası elekten geçen ve kalan malzeme %' si ve TS 706'ya göre hazırlanmış agregası incelik modülü Çizelge 7.5' te, Agregası gradasyonu ise Şekil 7.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 7.5 Toplam karışım elek altında ve üstünde kalan miktarı

Elek No: (mm)	Elekten Geçen Malzeme %		Elekten Kalan Malzeme %
	7-15 48%	0-7 52%	
16	100		0
8	82.24		17.76
4	53.4		46.6
2	36.54		63.46
1	22.36		77.64
0.5	14.04		85.96
0.25	10.4		89.6
Elek Altı	0		Toplam =381.016 İncelik Modülü=3.81



Şekil 7.1 Agregada gradasyonu

Deneyde kullanılan agreganın fiziksel özellikleri Çizelge 7.6 - Çizelge 7.8' de gösterilmiştir.

Çizelge 7.6. Kaba agreganın özgül ağırlığı ve absorpsiyonu

KIBRISKÖYÜ MAMAK KAYAŞ TAŞ OCAĞINDAN GETİRİLEN KABA AGRANIN ÖZGÜL AĞIRLIĞI VE ABSORPSİYONU		
FORMÜLLER	METOD	7-15
A	Kurutulmuş Malzeme Ağırlığı (g)	994,6
B	Doygun Yüzey Kuru Malzeme Ağırlığı (g)	1001,1
C	Doygun Malzemenin Suda Ağırlığı (g)	624,7
$A / (B - C)$	Hacim Özgül Ağırlığı (Kuru)	2,642
$B / (B - C)$	Hacim Özgül Ağırlığı (Doygun Yüzey Kuru)	2,66
$A / (A - C)$	Zahiri Özgül Ağırlığı	2,689
$[(B-A) / A] * 100$	Absorpsiyon Yüzdesi %	0,65

Çizelge 7.7. İnce agreganın özgül ağırlığı ve absorpsiyonu

KIBRISKÖYÜ MAMAK KAYAŞ TAŞ OCAĞINDAN GETİRİLEN İNCE AGRAGANIN ÖZGÜL AĞIRLIĞI VE ABSORPSİYONU		
FORMÜLLER	METOD	0-7
A	Kurutulmuş Malzeme Ağırlığı (g)	300
B	Doygun Yüzey Kuru Malzeme Ağırlığı (g)	306,5
C	Volimetrik Kap + Su + İnce Agreganın Ağırlığı	818,1
D	Volimetrik Kap + Su + İnce Agreganın Ağırlığı (g)	630,6
E	Kabın boş ağırlığı (g)	133,2
$A / (B + D - C)$	Hacim Özgül Ağırlığı (Kuru)	2,521
$B / (B + D - C)$	Hacim Özgül Ağırlığı (Doygun Yüzey Kuru)	2,576
$A / (A + D - C)$	Zahiri Özgül Ağırlığı	2,667
$[(B-A) / A] * 100$	Absorpsiyon Yüzdesi %	2,17

Çizelge 7.8 Agreganın birim ağırlığı

AGREGA BİRİM AĞIRLIĞI			
FORMÜLLER	METOD	SIKIŞIK	
		Çakıl	Kum
A	Ölçeğin Su Dolu Ağırlığı (g)		1500
B	Ölçeğin boş ağırlığı (g)		500
C	Ölçeğin Agreganın Dolu Ağırlığı (g)	4871.5	4568
$D = A - B$	Ölçeğin Hacmi (cm ³)	2992.55	2992.55
$(C - B) / D$	Agreganın Birim Ağırlığı Kg/m ³	1.628	1.526

7.1.2. Çimento

Deney çalışmalarında Bolu Çimento'dan alınan Portland çimento kullanılmış ve Çizelge 7.9'da teknik özelliklerine yer verilmiştir.

Portland çimentoları yapılarda en çok kullanılan çimentolardır. Bu çimentolar, uygun oranlardaki kalker taşı ve kilin karıştırılıp 1300~1500 °C sıcaklıkta yumuşayınca kadar pişirilmesinden oluşan klinkerin öğütülmesinden elde edilir. Çimentonun sertleşmesini uygun süre geciktirmek için öğütme sırasında klinkere en çok % 2 alçı taşı da eklenir. Çimento üretimi sırasında, pişirme işleminden önce ham maddelerin belirli oranlarda olması ve gayet iyi bir şekilde karıştırılması sağlanmalıdır. Portland çimentoları normal mukavemetinin yaklaşık % 70' ini 28 günde kazanır.

Çizelge 7.9. Deneyde kullanılan çimento verileri

		ANALİZ RAPORU (ANALYSIS REPORT)		Tarih (Date) : 30.05.2008 No : 200					
NUMUNE (SAMPLE)	CİNSİ (TYPE) : PORTLAND CÜRÜFLÜ ÇİMENTO CEM II/B-S 42,5 R (PORTLAND SLAG CEMENT CEM II/B-S 42,5 R)								
	STANDARDI (STANDARD) : TS EN 197 - 1								
	YERİ (TAKEN FROM) : PAKETLEME (PACKING UNIT)								
	ALINDIĞI TARİH (DATE) : 19.05.2008 - 25.05.2008								
KİMYASAL ANALİZLER (CHEMICAL ANALYSIS)		Standart (Standard)	Analiz Sonucu (Analysis Result)	FİZİKSEL ANALİZLER (PHYSICAL ANALYSIS)		Standart (Standard)	Analiz Sonucu (Analysis Result)		
	Toplam SiO ₂ (Total SiO ₂)		22,70		Özgül Ağırlık (Specific Gravity)	g/cm ³		3,13	
	Çözünmeyen Kalıntı (Insoluble Residue)				Litre Ağırlığı (Density)	g/l			
	Al ₂ O ₃		7,00		Başlangıç (Initial)	Saat (Hour)		02:40	
	Fe ₂ O ₃		3,02		Priz Sür. (Set. Time)	Saat (Hour)			
	CaO		56,15		Sonü (Final)	Saat (Hour)			
	MgO		2,84		Şatöllye (Soundness)	mm		1,3	
	SO ₃		2,66		Özgül Yüzey (Specific Surface)	cm ² /g		4211	
	Na ₂ O				Incelik (Fineness)	90 µ %		0,00	
	K ₂ O					45 µ %		0,90	
	Toplam Alkali (Total Alkali)			MEKANİK TESTLER (MECHANICAL TESTS)	Prizma (Prizm) : 40 x 40 x 160 mm Karşım (Mixture) : 1 / 3 Su / Çimento (Water / Cement) : 0,5				
	Cl ⁻		0,0142						
	Katkı Miktarı (Additive Amount)								
	Kızdırma Kaybı (Loss on Ignition)		3,11						
	s.CaO (f.CaO)		0,75		GÜN (DAY)			Basınç Dayanımı, N/mm² (Compressive Strength)	
	Minerolojik Kompozisyon (Minerological Composition)							Standart (Standard)	Analiz Sonucu (Analysis Result)
	C ₃ S				1		21,2		
	C ₂ S				2				
	C ₃ A				7				
	C ₄ AF				28				
2C ₃ A+C ₄ AF			Kal. Kont.ve Yön. Md. (Q.C. and Management Manager)						
Kireç Standartı (Lime Saturation Fac.)									
21.04.2008 - 27.04.2008 tarihli numunenin 28 günlük değeri 49,2 N/mm ² dir (28 days compressive strength of the sample taken at 21.04.2008 - 27.04.2008 is: 49,2 N/mm ²)									
Bu rapor deney laboratuvarının izni olmadan çoğaltılamaz (This report cannot be copied without the permission of the test laboratory) Deney sonuçları yukarıda tanımlanan numuneye aittir (Test results belong to the sample defined above)									

7.1.3. Su

Yapılan deneylerde gerek karışım suyu gerekse kür havuzunda numunelerin yüzeyini ıslak tutarak su buharlaşmasını önlemek amacıyla şehir şebekesinden elde edilen musluk suyu kullanılmıştır.

7.1.4. Süperakışkanlaştırıcı

Deney Çalışmalarında klor içermeyen süperakışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Üretici firma tarafından 100 kg'lık çimentoya yaklaşık 1 lt kadar akışkanlaştırıcı katılması istenmiştir.

Kullanılan süperakışkanlaştırıcının geleneksel süper akışkanlık verici katkı maddelerinden farkı, çimento dağılımının etkinliğini büyük ölçüde artıran etki mekanizmasıdır.

Geleneksel, melamin ve naftalin sülfonatlar gibi süper akışkanlaştırıcılar, çimento granülleri tarafından emilen polimer esaslı katkılardır. Bu katkılardaki polimerler beton karıştırma işleminin en erken aşamasında granüllerin yüzey alanlarının çevresini kuşatırlar. Polimer zincirlerinin sülfonik grupları, çimento partikül yüzeylerinin negatif yükünü artırır ve bu partikülleri elektriksel itme ile dağıtırlar. Bu elektrostatik mekanizma, çimento hamurunun dağılmasına neden olur ve bunun olumlu bir sonucunda, belirli beton işlenebilirliğinin daha az su karışımı ile elde edilmesini sağlamasıdır.

Kullanılan süper akışkanlaştırıcı geleneksel süper akışkanlık verici katkı maddelerine göre değişik bir kimyasal yapıya sahiptir. Uzun kenar zincirli karboksilik eter polimerlerinden oluşur. Karıştırma işleminin başlangıcında, geleneksel süper akışkanlaştırıcılarda olduğu gibi, elektrostatik dağılma mekanizmasını harekete geçirir. Bu işlemle su içeriği büyük ölçüde azalan akışkan bir beton elde edilir. Ancak polimer omurgasına bağlayan zincirler, çimento partiküllerinin dağılma ve yayılma yeteneğini büyük ölçüde stabilize eden sterik bir engel oluşturur.

Kullanılan Süperakışkanlaştırıcının teknik özellikleri Çizelge 7.10' da verilmiştir.

Çizelge 7.10. Kullanılan süperakışkanlaştırıcının teknik özellikleri

Teknik Özellikleri	
Yoğunluk(g/cm ³) (20 °C)	1,082–1,142
Klor % (EN 480–10)	<0,1
Renk	Amber
Homojenite	Homojen
Kimyasal İçeriği	Polikarboksilik Eter Zincirleri

7.1.5. Silis dumanı

Deneylerde katkı maddesi olarak kullanılan silis dumanı İsviçre Silikoferrokrom Tesislerinde üretilmiştir. Kullanılan silis dumanı elek analizi Çizelge 7.11'de, kimyasal içerikleri Çizelge 7.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.11. Silis dumanı elek analizi

Elek Analizi	%
+ 0,250 mm	0,2 – 0,5
+ 0,125 mm	1,5
+ 0,074 mm	0,5 – 2,0
+ 0,044 mm	2,5 – 7,5
+ 0,038 mm	3 – 7
+ 0,019 mm	80 - 92

Çizelge 7.12. Silis dumanı kimyasal içeriği

Kimyasal Bileşim	%
SiO ₂	70-85
Al ₂ O ₃	2-5
Fe ₂ O ₃	1-2.5
CaO	1-2
MgO	4-8
Cr ₂ O ₃	1-4
Na ₂ O	-
K ₂ O	-
SO ₃	-
TiO ₂	-
Kızdırma Kaybı	max 5

7.2. Deney Numuneleri Karışım Oranları

Deney numunelerinde kullanılmak üzere iki farklı beton sınıfı ve üç tip karışım kullanılmıştır. Buna göre;

C20/25 karışımı için,

0-7 malzeme 929 kg

7-15 malzeme 848 kg

Su 167 kg

Çimento 280 kg

Süperakışkanlaştırıcı kullanılarak elde edilmiş C40/45 için

0-7 malzeme 761 kg

7-15 malzeme 833 kg

Su 134 kg

Çimento 491 kg

Süper akışkanlaştırıcı 4,91 lt

Silis dumanı kullanılarak elde edilmiş C40/45 için

0-7 malzeme 761 kg

7-15 malzeme 833 kg

Su 167 kg

Çimento 486 kg

Silis dumanı 4,9 kg olarak belirlenerek karışımlar hazırlanmıştır. Söz konusu karışım içerikleri Çizelge 7.13' de gösterilmiştir.

Çizelge 7.13. Beton karışım oranları

Beton Karışım Oranları						
Karışım Çeşidi	7-15 Malzeme (kg)	0-7 Malzeme (kg)	Çimento (kg)	Su (kg)	SA (kg)	SD (kg)
Normal Dayanımlı Beton	848	929	280	167	-	-
SA Kullanılan Yüksek Dayanımlı Beton	761	833	491	134	4.91	-
SD Kullanılan Yüksek Dayanımlı Beton	761	833	486	167	-	4.9

7.3 Deney Kullanılacak Yardımcı Malzemeler

7.3.1. Deney kalıpları

Standart küp numuneler için hazırlanan kalıpların dışında deneyde kullanılacak tüm kalıplar 3 ve 4 mm lik çelik saç plakalardan hazırlanmıştır. Plaka kalıplarının 50 ve 100 mm' lik kenarları için 4mm kalınlığında tabaka kullanılırken halkasal numune kalıplarının kenarları için 3mm, taban kısmı içinse 4mm kalınlığında çelik saç kullanılmıştır. Halkasal numunenin

evresini saran kenar kısımlar, numunenin kolay çıkması sağlamak ve parçalanmasını önlemek dıştan ve iten akıllı vidalarla 4mm lik tabakaya tutturulmuştur.

Kalıpların hazırlanması, montaj işlemlerinin yapılması ve hazır hale getirilmesi Resim 7.1 - Resim 7.3'te verilmiştir.



Resim 7.1. Kalıpların hazırlanması



Resim 7.2. Kalıpların montaj işleminin yapılması



Resim 7.3. Kalıpların hazır hale getirilmesi

7.3.2. Laboratuar Cihazları

Laboratuar ortamında yapılan çalışmada 250 °C sıcaklık kapasitesine sahip etüv, kür tankı, 30 kg hassasiyetinde elektronik terazi, beton yerleşimini sağlamak için vibratör, 200 ton kapasiteli beton test presi ve standart 15x15x15'lik plastik küp numune kalıpları kullanılmıştır.



Resim 7.4. Beton test presi ve numune kırılması



Resim 7.5. Beton numune dökümünde vibratör kullanımı



Resim 7.6. Beton k r tankı



Resim 7.7. 200 kg kapasiteli etüv

7.4 Numune Dökülmesi ve Sonuçların Gözlenmesi

Hava Lojistik K.lı ı 3. İ.s.İn .Tb.K.lı ı laboratuvarında deneyde kullanılacak karışım oranlarına uygun olarak karışımlar hazırlanmıştır.

Deney de öncelikle herhangi bir katkı maddesi içermeyen C20/25 beton sınıfı olarak belirlenen yaklaşık 190 dm³ Normal Dayanımlı Beton bir defada üretilmiştir.

Beton karışımını oluşturan malzemeler elektronik tartının kapasitesi nedeniyle 10 kg'lık parçalara ayrılarak tartılarak karışımı oluşturulmuştur. Resim 7.8.'de malzemelerin tartılma işlemi görülmektedir.



Resim 7.8. Malzemelerin 10 kg'lık gruplar halinde tartılması

Kalıplara vibratör kullanılarak yerleştirilen numunelerin 24 saat sonra kalıplardan çıkarılmasıyla 3 adet küp numune kür havuzuna 28 günlük dayanımı incelenmek üzere atılmış, diğer numuneler ise çıkarıldıktan sonra ortam şartlarında gözlenmiştir. Resim 7.9'te karışımın kalıplara yerleştirilmesi görülmektedir.



Resim 7.9. Karışımın kalıplara yerleştirilmesi

Normal dayanımlı beton numuneler kalıplardan çıkarıldıktan sonra sırasıyla süperakışkanlaştırıcı ve silis dumanı kullanılan diğer beton sınıfları üretilmiş ve benzer aşamalar bu numunelerde de izlenmiştir.

Gözlem aşamaları 8.Deney Programı kısmında anlatıldığı gibi gözlemler yapılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Resim 7.10 Halkasal numuneler ve Resim 7.11'de Küp numunelerde boy değişim ölçümü gösterilmiştir.



Resim 7.10. Halkasal numuneler



Resim 7.11. Küp numunelerin boyuna değişimlerinin gözlenmesi

7.4.1. Ağırlık kaybı ve boydaki değişimin gözlenmesi

Deneyin bu kısmında zamana bağlı olarak ortam şartları (sıcaklık ve nem) ile beraber rötrenin bir göstergesi olacak hacim kaybı gözlenecektir. Hacim kaybının gözlenmesi bir nevi ağırlık kaybı olarak üç boyutlu ve boy kısalması olarak tek boyutlu olarak incelenecektir.

Ağırlık kaybı ve boyuna kısalmanın zamana bağlı değişken olduğu düşünüldüğünde numunelerin kalıptan çıkarıldıktan hemen sonra kısa aralıklarla gözlem yapılmış zamanla aralıklar uzun tutulmuştur. Gözlem sonuçları da bunu doğrulamaktadır.

Ağırlık kaybının gözlenmesi, numunelerin tek tek tartılması şeklinde yapılmıştır. Okunan her ağırlık zamana uygun olarak kaydedilmiştir.

Boydaki kısalmanın ölçümü daha önce bahsedildiği gibi mm'nin 1000' de 1'i hassasiyetinde ölçüm yapabilecek kapasiteye sahip elektronik kumpasla yapılmış, ölçümlerde farklılıklar ortaya çıkması ihtimali nedeniyle 3' er adet okuma yapılmış olup bu okumaların ortalaması alınarak grafikler çizilmiş ve yorum yapılmıştır.

Normal dayanımlı, SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı ve SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonlara ait veriler ile grafikler devam eden çizelge ve şekillerde ayrı ayrı gösterilmiştir.

Çizelge 7.14. Normal dayanımlı betonda küp numunelerin gözlenmesi

Normal Dayanımlı Betonda Zamana Bağlı Büzülme Değerleri						
Tarih	Kumpas Ayak Mesafesi (mm)	°C	Nem	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)
30.05.08 17:45	A1= 82,97; 82,97; 82,96 A2= 80,91; 80,91; 80,92 A3= 98,66; 98,66; 98,65	20	52	7770	7742	7782
30.05.08 17:55	A1= 82,96; 82,95; 82,95 A2= 80,90; 80,90; 80,90 A3= 98,65; 98,65; 98,65	20	52	7769	7740	7781
30.05.08 18:45	A1= 82,89; 82,89; 82,89 A2= 80,82; 80,82; 80,81 A3= 98,58; 98,58; 98,57	20	53	7761	7735	7777
31.05.08 10:30	A1= 82,78; 82,79; 82,78 A2= 80,71; 80,71; 80,72 A3= 98,46; 98,46; 98,45	21	54	7703	7679	7717
01.06.08 15:30	A1= 82,77; 82,78; 82,78 A2= 80,70; 80,70; 80,70 A3= 98,45; 98,45; 98,45	21	54	7690	7672	7715
03.06.08 12:30	A1= 82,71; 82,71; 82,72 A2= 80,67; 80,67; 80,68 A3= 98,38; 98,38; 98,37	20	55	7670	7655	7685
04.06.08 10:30	A1= 82,70; 82,69; 82,70 A2= 80,67; 80,67; 80,67 A3= 98,36; 98,36; 98,36	20	52	7665	7650	7683
05.06.08 12:30	A1= 82,68; 82,69; 82,69 A1= 80,66; 80,67; 80,66 A3= 98,34; 98,35; 98,35	19	52	7662	7648	7680

Çizelge 7.14 (Devam) Normal dayanımlı betonda küp numunelerin gözlenmesi

Normal Dayanımlı Betonda Zamana Bağlı Büzülme Değerleri						
Tarih	Kumpas Ayak Mesafesi (mm)	°C	Nem	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)
08.0.08 16:00	A1= 82,65; 82,66; 82,66 A2= 80,64; 80,65; 80,65 A3= 98,34; 98,33; 98,33	20	57	7653	7644	7678
09.06.08 14:22	A1= 82,65; 82,64; 82,64 A2= 80,64; 80,63; 80,64 A3= 98,32; 98,32; 98,33	20	57	7650	7643	7676
12.06.08 13:30	A1= 82,63; 82,63; 82,63 A2= 80,64; 80,63; 80,64 A3= 98,32; 98,32; 98,31	21	55.5	7641	7620	7657
16.06.08 09:20	A1= 82,63; 82,62; 82,62 A2= 80,63; 80,62; 80,63 A3= 98,30; 98,31; 98,31	20	53	7626	7609	7641
19.06.08 16:30	A1= 82,62; 82,62; 82,62 A2= 80,62; 80,61; 80,62 A3= 98,30; 98,30; 98,30	20	59	7606	7597	7623
26.06.08 12:30	A1= 82,61; 82,60; 82,61 A2= 80,60; 80,61; 80,60 A3= 98,29; 98,30; 98,29	21	57	7573	7566	7596

Çizelge 7.15. Normal dayanımlı betonda boyuna kısalma ve ağırlık kaybı %'si

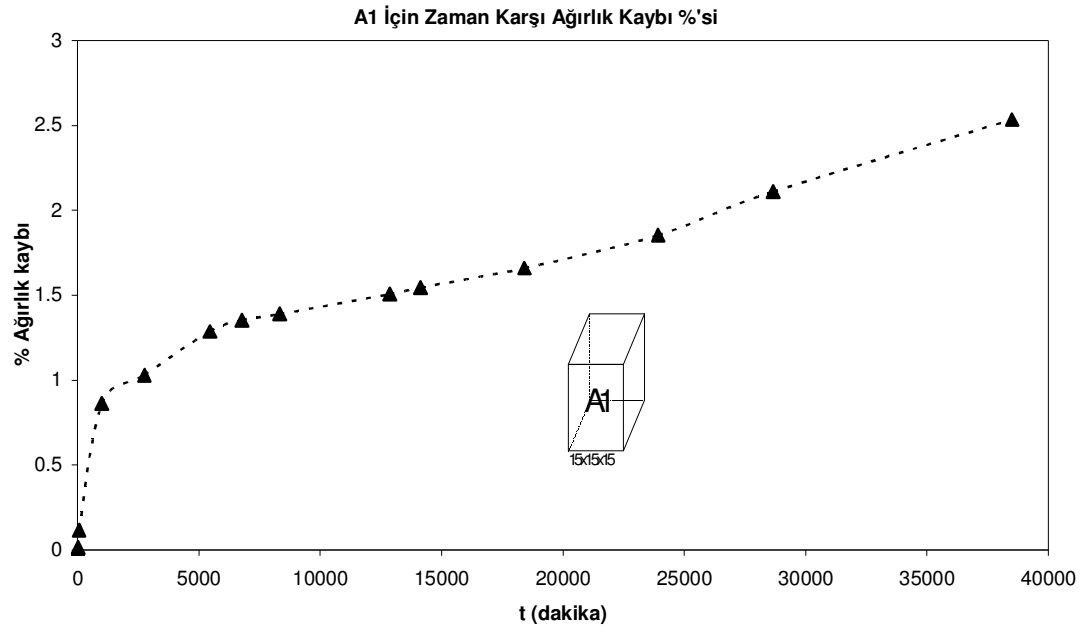
ZAMAN (dk)	SICAKLIK (°C)	NEM	BOYUNA KISALMA %'Sİ $[(L_0 - L_1)/L_0 \cdot 100]$			AĞIRLIK KAYBI %'Sİ $[(M_0 - M_1)/M_0 \cdot 100]$		
			A1	A2	A3	A1	A2	A3
0	20	52	0	0	0	0	0	0
10	20	52	0,01607	0,01648	0,00676	0,0129	0,0258	0,01285
60	20	53	0,09241	0,11947	0,08109	0,1158	0,0904	0,06425
1005	21	54	0,22097	0,24718	0,20272	0,8623	0,8137	0,83526
2745	21	54	0,22901	0,26366	0,20948	1,0296	0,9042	0,86096
5445	20	55	0,30534	0,29661	0,28043	1,287	1,1237	1,24647
6765	20	52	0,32543	0,30073	0,30071	1,3514	1,1883	1,27217
8325	19	52	0,33748	0,30897	0,31422	1,39	1,2142	1,31072
12855	20	57	0,37364	0,32957	0,32774	1,5058	1,2658	1,33642
14137	20	57	0,38971	0,34193	0,33449	1,5444	1,2787	1,36212
18405	21	55.5	0,40579	0,34193	0,34463	1,6602	1,5758	1,60627
23915	20	53	0,41382	0,35017	0,35477	1,8533	1,7179	1,81187
28665	20	59	0,41784	0,36665	0,36152	2,1107	1,8729	2,04318
38505	21	57	0,42189	0,383126	0,368281	2,5354	2,3262	2,3901

L0 : İlk boy

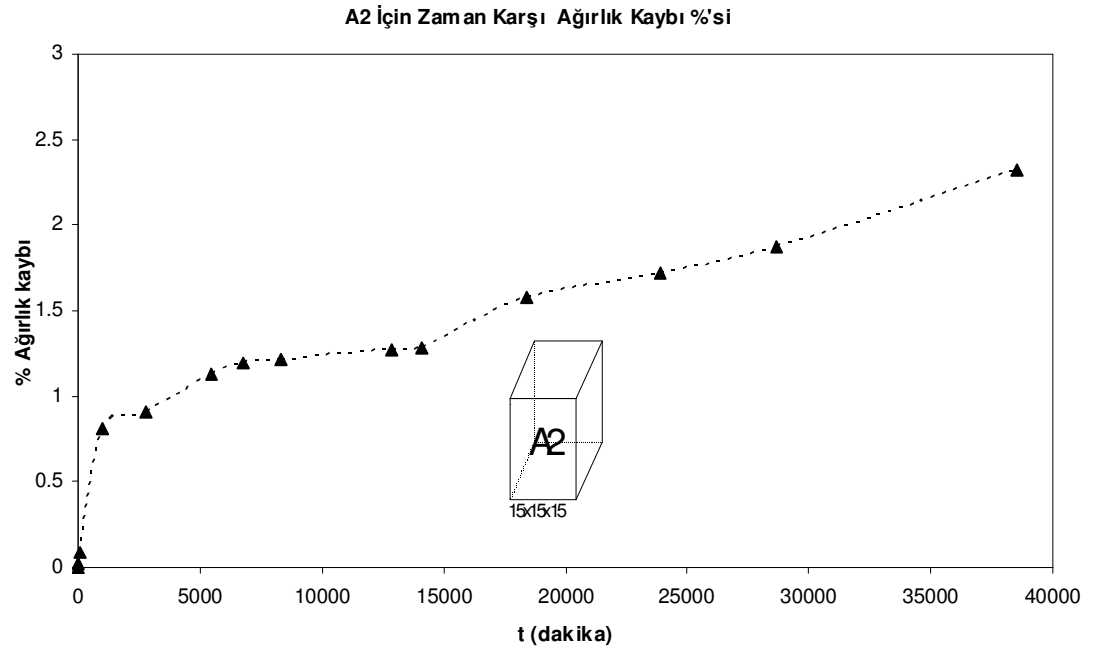
L1 : İkinci boy

M0 : İlk ağırlık

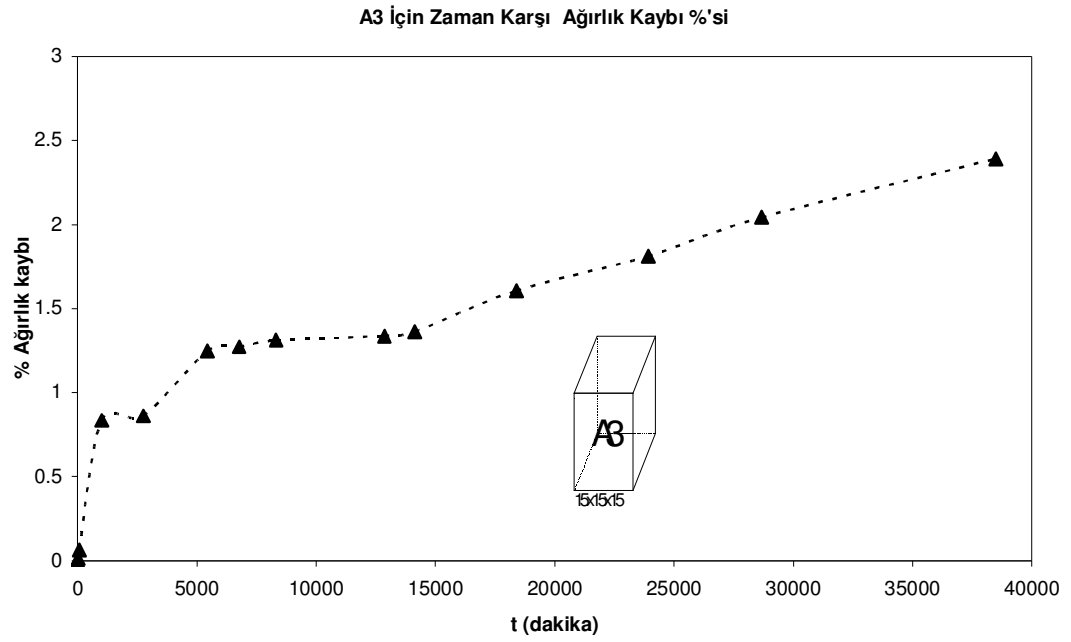
M1 : İkinci ağırlık



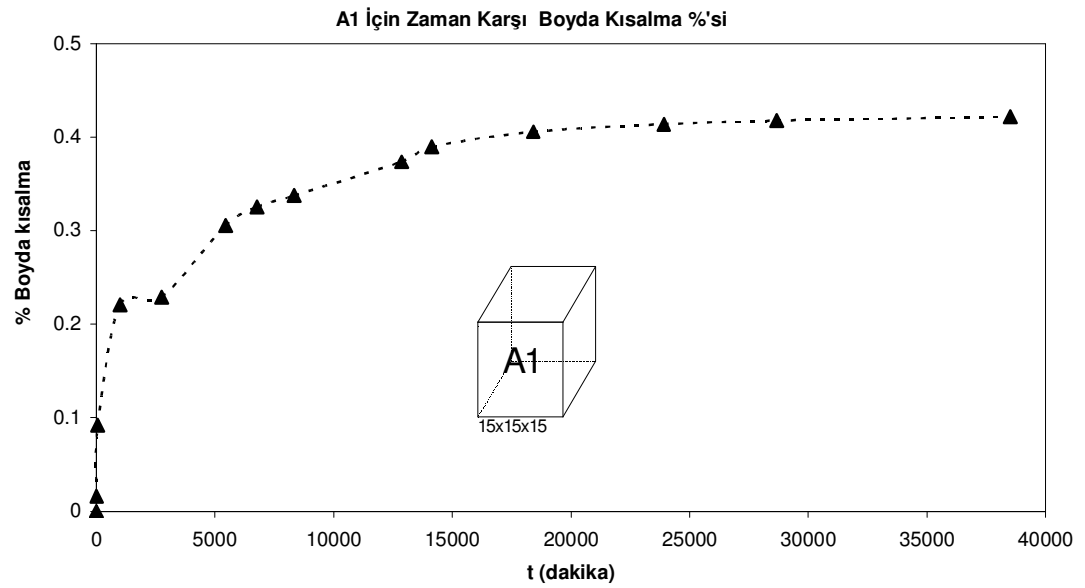
Şekil 7.2. Normal dayanımlı betonda A1 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği



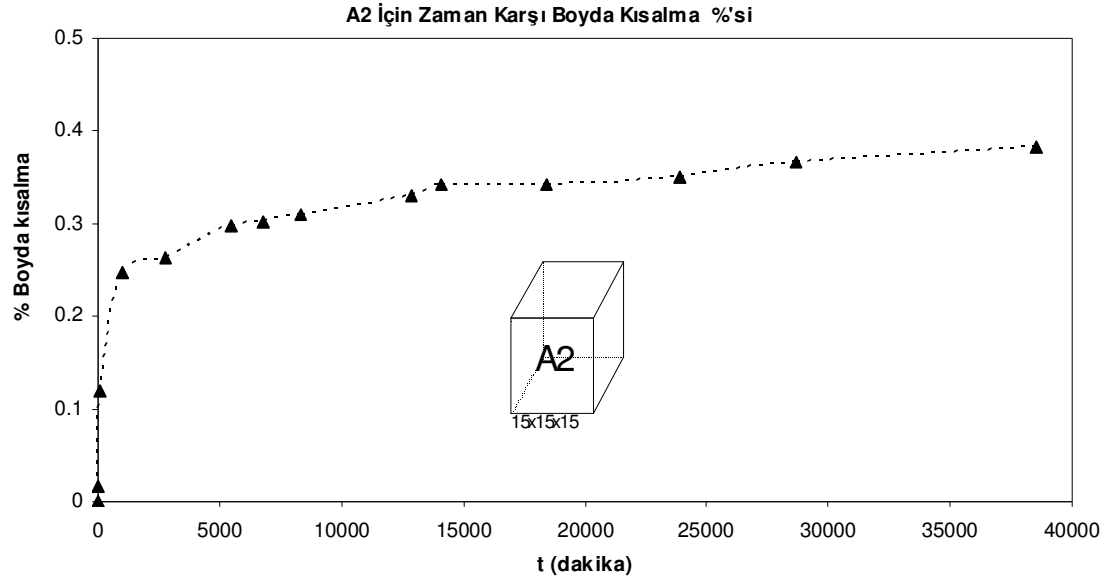
Şekil 7.3. Normal dayanımlı betonda A2 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği



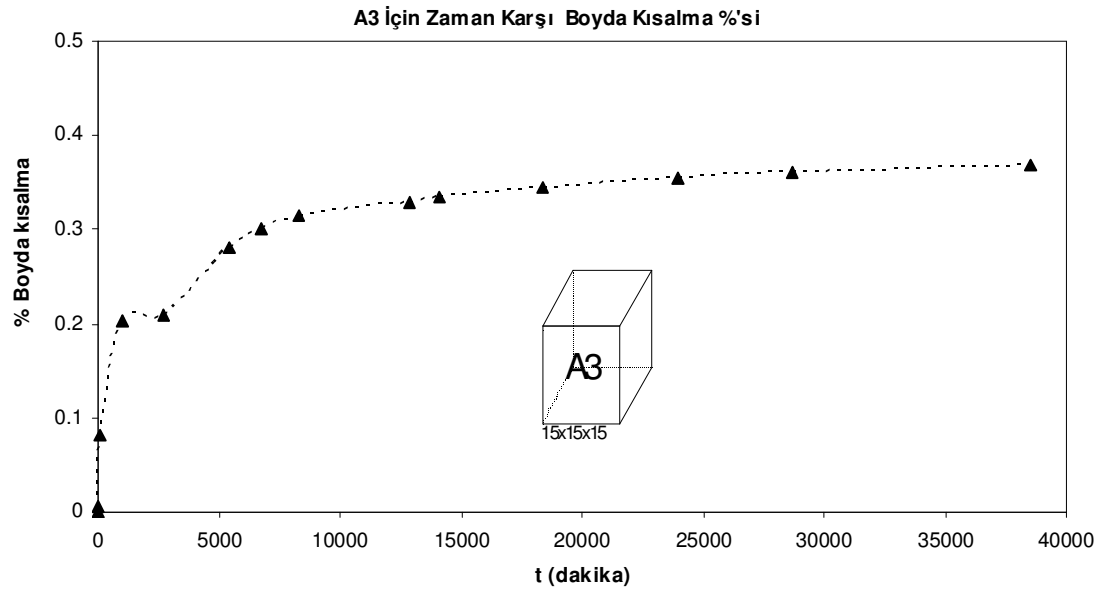
Şekil 7.4. Normal dayanımlı betonda A3 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği



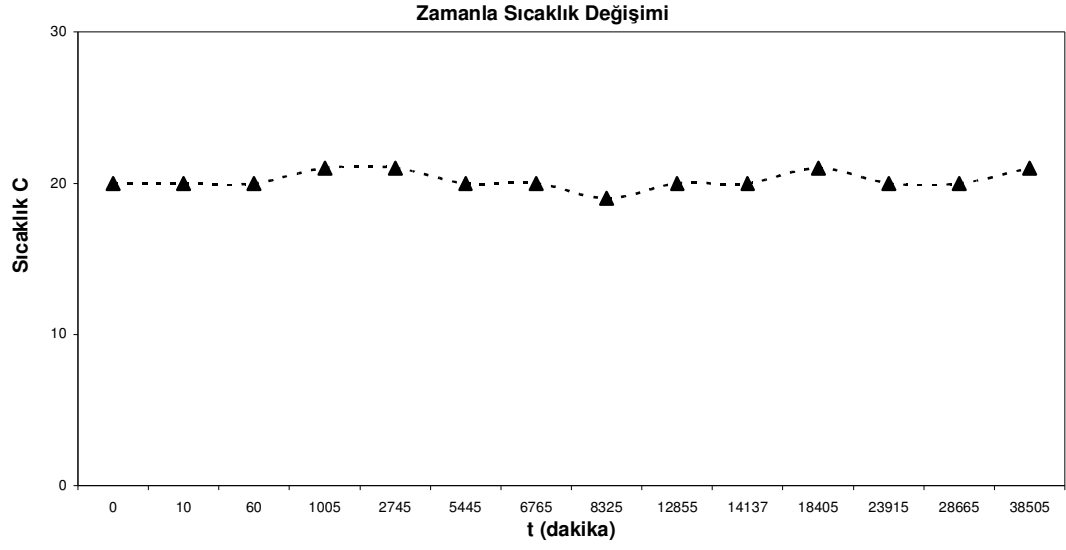
Şekil 7.5. Normal dayanımlı betonda A1 numunesinin boyuna kısılma-zaman grafiği



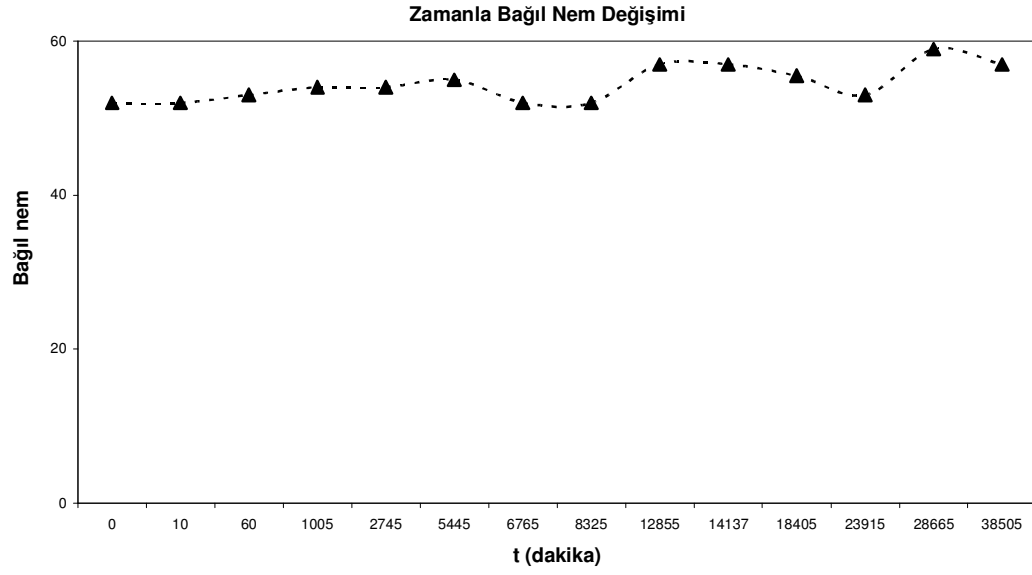
Şekil 7.6. Normal dayanımlı betonda A2 numunesinin boyuna kısılma-zaman grafiği



Şekil 7.7. Normal dayanımlı betonda A3 numunesinin boyuna kısılma-zaman grafiği



Şekil 7.8. Sıcaklık-zaman grafiği



Şekil 7.9. Bağıl nem – zaman grafiği

Çizelge 7.16. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda küp ,
numunelerin gözlenmesi

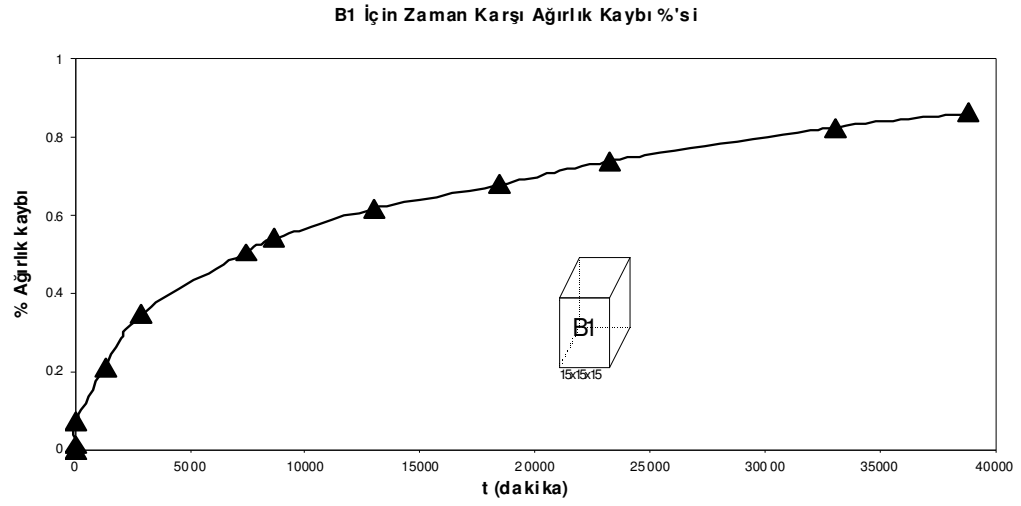
SA Kullanılarak Elde Edilen Yüksek Dayanımlı Betonda Zamana Bağlı Büzülme Değerleri						
Tarih	Kumpas Ayak Mesafesi (mm)	°C	Nem	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)
03.06.08 12:30	B1 = 84,86; 84,87; 84,86 B2 = 82,69; 82,69; 82,69 B3 = 92,40; 92,39; 92,40	20	55	8109	8038	7989
03.06.08 12:40	B1 = 84,86; 84,86; 84,86 B2 = 82,69; 82,68; 82,69 B3 = 92,40; 92,40; 92,39	20	55	8108	8038	7988
03.06.08 13:30	B1 = 84,81; 84,81; 84,80 B2 = 82,63; 82,63; 82,64 B3 = 92,34; 92,33; 92,33	20	55	8103	8035	7984
04.06.04 10:30	B1 = 84,74; 84,76; 84,74 B2 = 82,57; 82,57; 82,56 B3 = 92,25; 92,24; 92,24	20	52	8092	8024	7972
05.06.04 12:30	B1 = 84,72; 84,72; 84,71 B2 = 82,53; 82,53; 82,53 B3 = 92,21; 92,21; 92,21	19	52	8081	8018	7961
08.0.04 16:00	B1 = 84,69; 84,69; 84,68 B2 = 82,51; 82,51; 82,51 B3 = 92,17; 92,18; 92,17	20	57	8068	8011	7950
09.06.04 14:22	B1 = 84,68; 84,67; 84,68 B2 = 82,50; 82,50; 82,49 B3 = 92,15; 92,16; 92,16	20	57	8065	8009	7947

Çizelge 7.16. (Devam) SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda küp numunelerin gözlenmesi

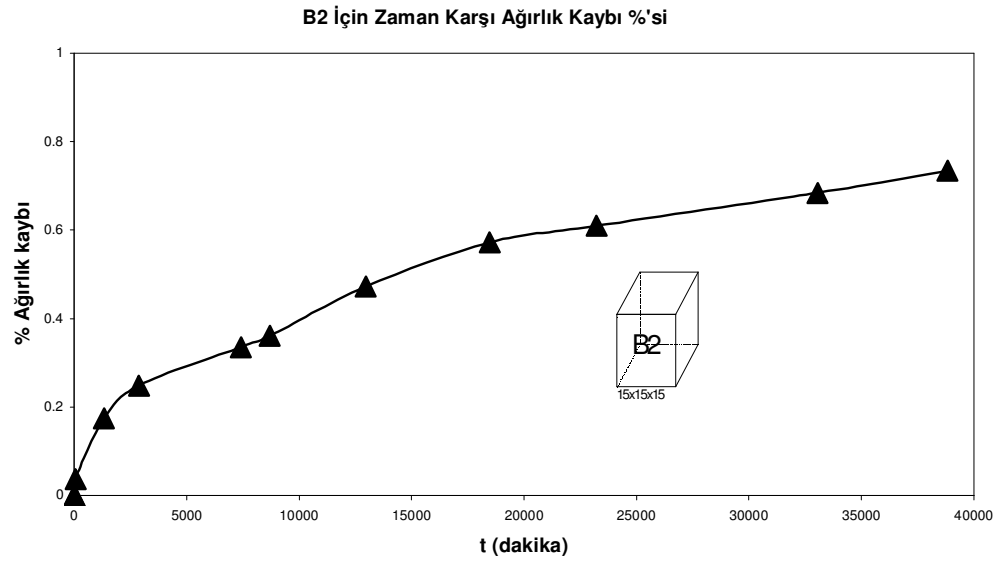
SA Kullanılarak Elde Edilen Yüksek Dayanımlı Betonda Zamana Bağlı Büzülme Değerleri						
Tarih	Kumpas Ayak Mesafesi (mm)	°C	Nem	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)
12.06.04 13:30	B1 = 84,67; 84,67; 84,66 B2 = 82,49; 82,49; 82,48 B3 = 92,13; 92,13; 92,13	21	55.5	8059	8000	7940
16.04.04 09:20	B1 = 84,66; 84,66; 84,66 B2 = 82,48; 82,48; 82,47 B3 = 92,11; 92,12; 92,11	20	53	8054	7992	7936
19.04.04 16:30	B1 = 84,66; 84,65; 84,66 B2 = 82,47; 82,48; 82,48 B3 = 92,10; 92,11; 92,11	20	59	8049	7989	7933
26.06.08 12.30	B1 = 84,65; 84,65; 84,65 B2 = 82,47; 82,47; 82,46 B3 = 92,10; 92,10; 92,09	21	57	8042	7983	7925
30.06.08 12:30	B1 = 84,65; 84,65; 84,65 B2 = 82,47; 82,47; 82,46 B3 = 92,10; 92,09; 92,09	21	54	8039	7979	7922

Çizelge 7.17. Süperakışkanlaştırıcı kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda boyuna kısalma ve ağırlık kaybı %'si

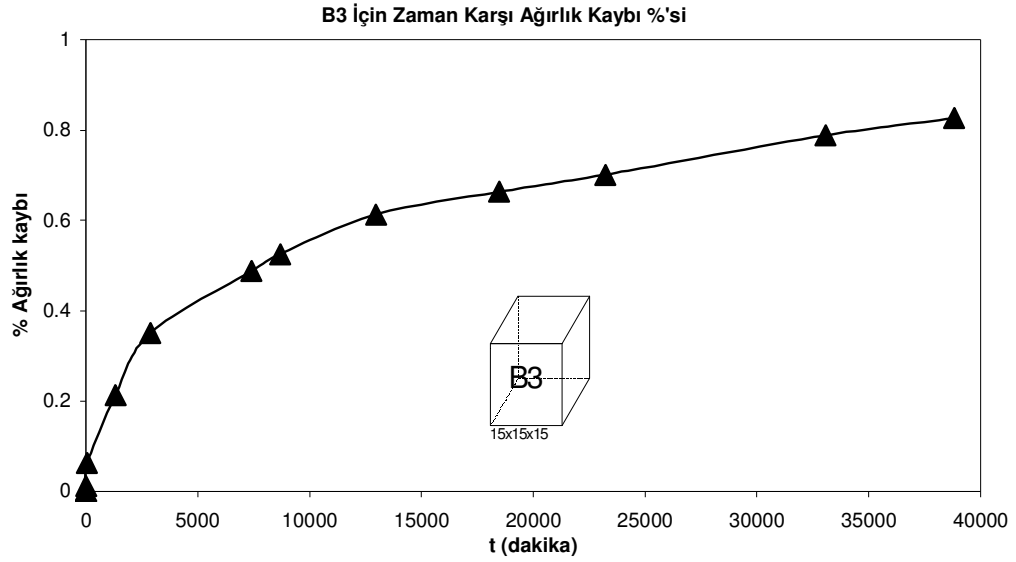
ZAMAN (dk)	SICAKLIK (°C)	NEM	BOYUNA KISALMA %'Si [(L1-L0)/L0*100]			AĞIRLIK KAYBI %'Si [(M1-M0)/M0*100]		
			B1	B2	B3	B1	B2	B3
0	20	55	0	0	0	0	0	0
10	20	55	0,003928	0,004031	0	0,012332	0	0,012517
60	20	55	0,066774	0,068529	0,07215	0,073992	0,037323	0,062586
1320	20	52	0,137476	0,149151	0,169553	0,209644	0,174173	0,212793
2880	19	52	0,172827	0,193494	0,205628	0,345295	0,248818	0,350482
7410	20	57	0,208178	0,21768	0,24531	0,505611	0,335904	0,488171
8692	20	57	0,219962	0,233805	0,263348	0,542607	0,360786	0,525723
12960	21	55.5	0,235673	0,245898	0,292208	0,616599	0,472754	0,613343
18470	20	53	0,239601	0,257992	0,310245	0,678259	0,572282	0,663412
23220	20	59	0,243529	0,257992	0,31746	0,739919	0,609604	0,700964
27540	21	57	0,251385	0,270085	0,324687	0,826242	0,68425	0,801102
33300	21	54	0,251385	0,270085	0,328295	0,863238	0,734013	0,838653



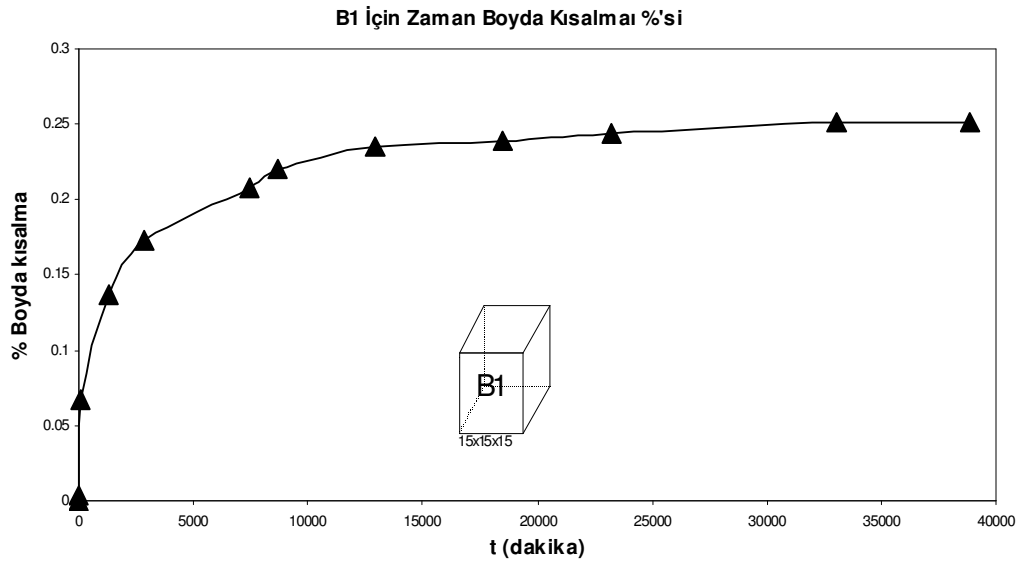
Şekil 7.10. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda numunesinin ağırlık kaybı – zaman grafiği



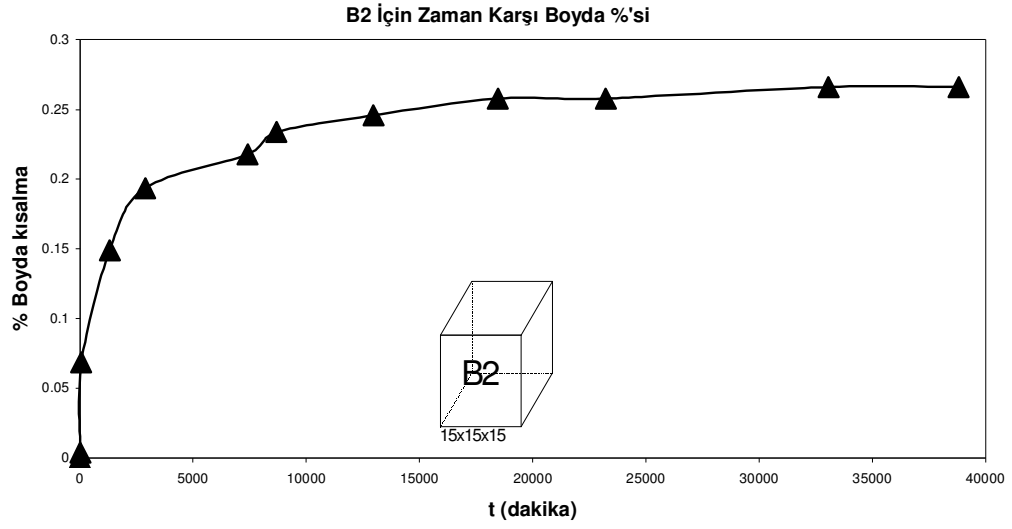
Şekil 7.11. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B2 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği



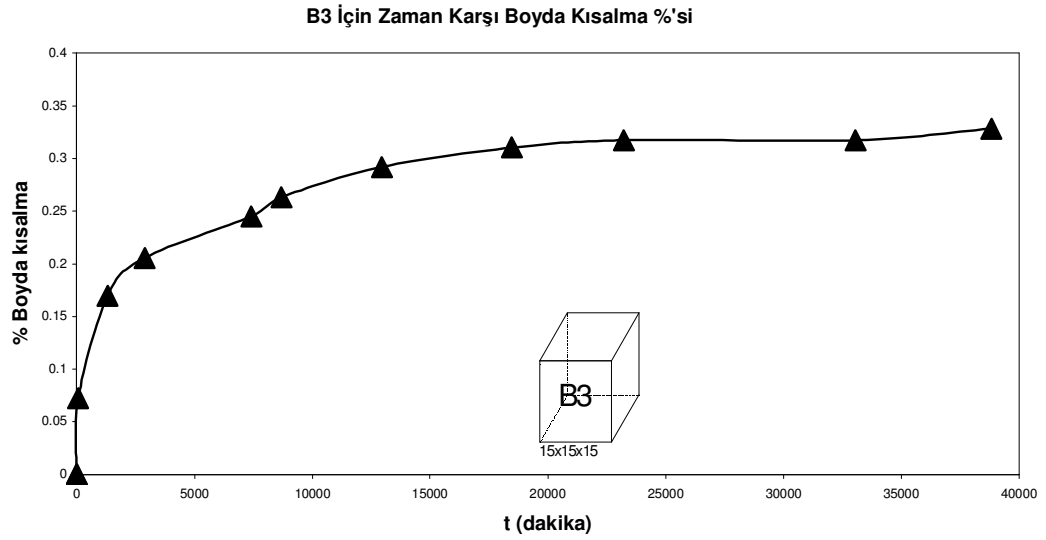
Şekil 7.12. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B3 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği



Şekil 7.13. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B1 numunesinin boyuna kısalmaları-zaman grafiği



Şekil 7.14. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B2 numunesinin boyuna kılalma-zaman grafiğı



Şekil 7.15. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda B3 numunesinin boyuna kılalma-zaman grafiğı

Çizelge 7.18. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda küp numunelerin gözlenmesi

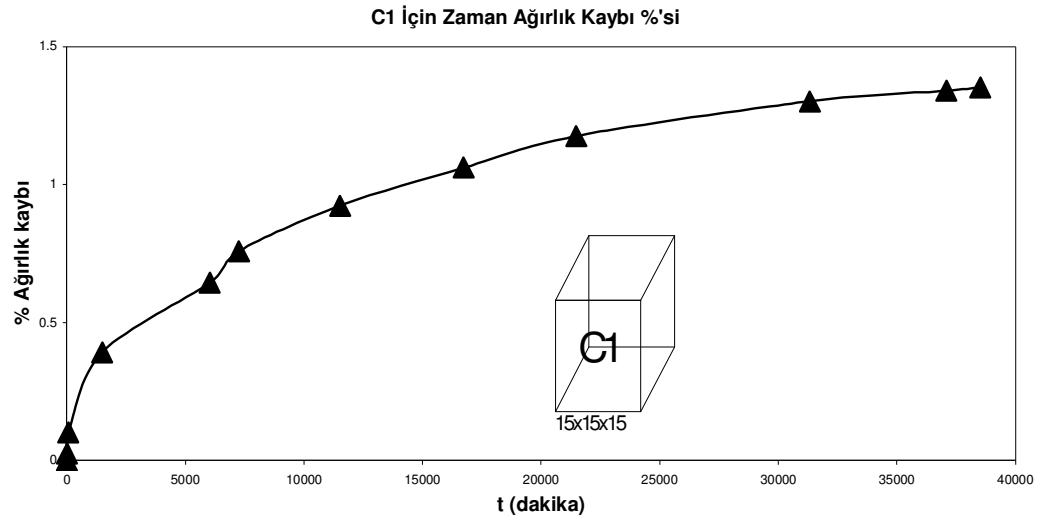
SD Kullanılarak Elde Edilen Yüksek Dayanımlı Betonda Zamana Bağlı Büzülme Değerleri						
Tarih	Kumpas Ayak Mesafesi (mm)	°C	Nem	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)
04.06.04 10:30	C1 = 85,56; 85,55; 85,56 C2 = 83,22; 83,22; 83,22 C3 = 87,77; 87,77; 87,77	20	52	7912	7853	7960
04.06.08 10:40	C1 = 85,56; 85,55; 85,55 C2 = 83,22; 83,22; 83,22 C3 = 87,77; 87,77; 87,76	20	52	7910	7852	7959
04.06.08 11:30	C1 = 85,50; 85,50; 85,49 C2 = 83,17; 83,17; 83,17 C3 = 87,71; 87,72; 87,71	20	52	7904	7846	7955
05.06.04 12:30	C1 = 85,41; 85,42; 85,41 C2 = 83,09; 83,08; 83,08 C3 = 87,60; 87,61; 87,60	19	52	7881	7821	7926
08.0.04 16:00	C1 = 85,36; 85,36; 85,35 C2 = 83,01; 83,00; 83,00 C3 = 87,56; 87,57; 87,56	20	57	7861	7798	7909
09.06.04 14:22	C1 = 85,34; 85,34; 85,34 C2 = 82,99; 83,00; 82,99 C3 = 87,54; 87,54; 87,55	20	57	7852	7789	7897
12.06.04 13:30	C1 = 85,31; 85,31; 85,30 C2 = 82,97; 82,98; 82,97 C3 = 87,51; 87,50; 87,51	21	55.5	7839	7778	7885

Çizelge 7.18. [Devam] SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda küp numunelerin gözlenmesi

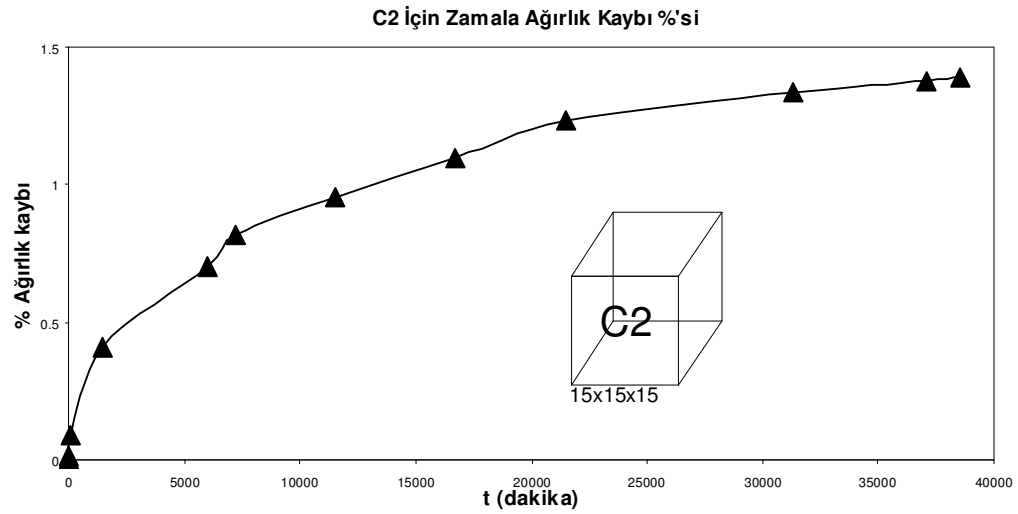
SD Kullanılarak Elde Edilen Yüksek Dayanımlı Betonda Zamana Bağlı Büzülme Değerleri						
Tarih	Kumpas Ayak Mesafesi (mm)	°C	Nem	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)
16.04.04 09:20	C1 = 85,28; 85,27; 85,28 C2 = 82,94; 82,94; 82,95 C3 = 87,48; 87,48; 87,47	20	53	7828	7767	7872
19.04.04 16:30	C1 = 85,26; 85,26; 85,25 C2 = 82,92; 82,92; 82,92 C3 = 87,46; 87,45; 87,45	20	59	7819	7756	7864
26.06.08 12:30	C1 = 85,24; 85,24; 85,25 C2 = 82,90; 82,90; 82,90 C3 = 87,44; 87,44; 87,45	21	57	7809	7748	7858
30.06.08 12:30	C1 = 85,24; 85,24; 85,23 C2 = 82,90; 82,90; 82,89 C3 = 87,44; 87,44; 87,44	21	54	7806	7745	7856
26.06.08 12:30	C1 = 85,24; 85,24; 85,25 C2 = 82,90; 82,90; 82,90 C3 = 87,44; 87,44; 87,45	21	57	7809	7748	7858
01.07.08 12:30	C1 = 85,23; 85,23; 85,24 C2 = 82,89; 82,89; 82,89 C3 = 87,44; 87,44; 87,44	22	49	7805	7744	7855

Çizelge 7.19. Silis dumanı kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda boyuna kısalma ve ağırlık kaybı %'si

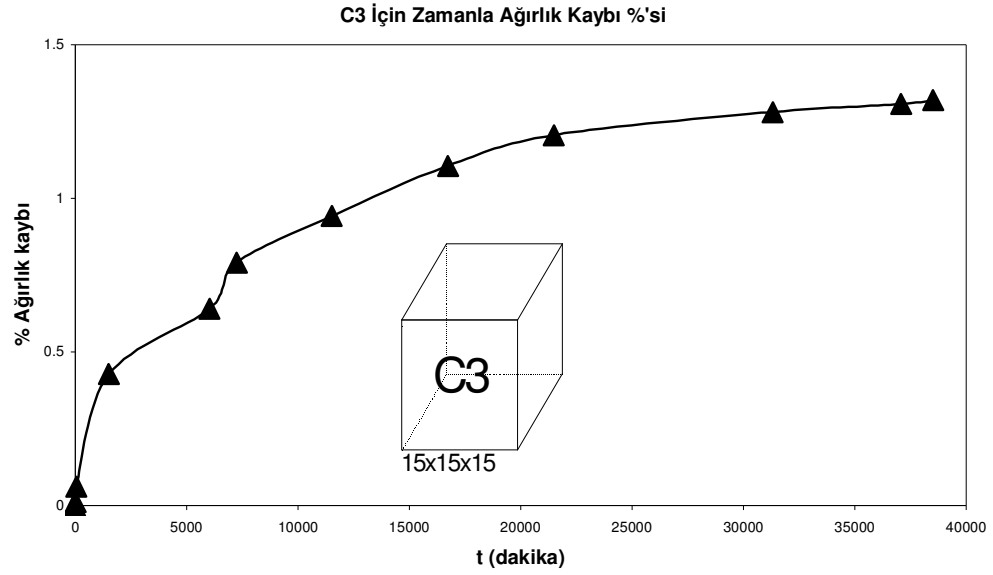
ZAMAN (dk)	SICAKLIK (°C)	NEM	BOYUNA KISALMA %'Si [(L1-L0)/L0*100]			AĞIRLIK KAYBI %'Si [(M1-M0)/M0*100]		
			C1	C2	C3	C1	C2	C3
0	20	52	0	0	0	0	0	0
10	20	52	0,003896	0	0,003798	0,025278	0,012734	0,012563
60	20	52	0,070129	0,060082	0,064563	0,101112	0,089138	0,062814
1500	19	52	0,16753	0,164223	0,18989	0,39181	0,407488	0,427136
6030	20	57	0,233763	0,260354	0,22407	0,64459	0,700369	0,640704
7252	20	57	0,253244	0,268365	0,258251	0,758342	0,814975	0,791457
11520	21	55.5	0,292204	0,292398	0,31142	0,922649	0,955049	0,942211
16730	20	53	0,327269	0,332452	0,334207	1,061678	1,095123	1,105528
21480	20	59	0,350645	0,36049	0,360791	1,17543	1,235197	1,20603
31320	21	57	0,366229	0,384523	0,372185	1,30182	1,337069	1,281407
37080	21	54	0,374021	0,388528	0,375983	1,339737	1,375271	1,306533
38520	22	49	0,377917	0,396539	0,375983	1,352376	1,388005	1,319095



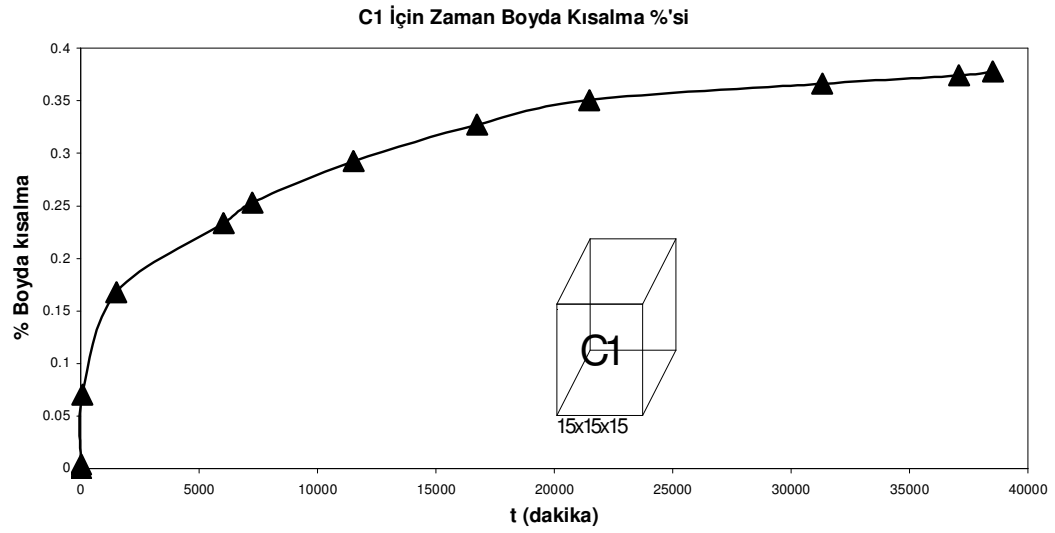
Şekil 7.16. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C1 numunesinin ağırlık kaybı -zaman grafiği



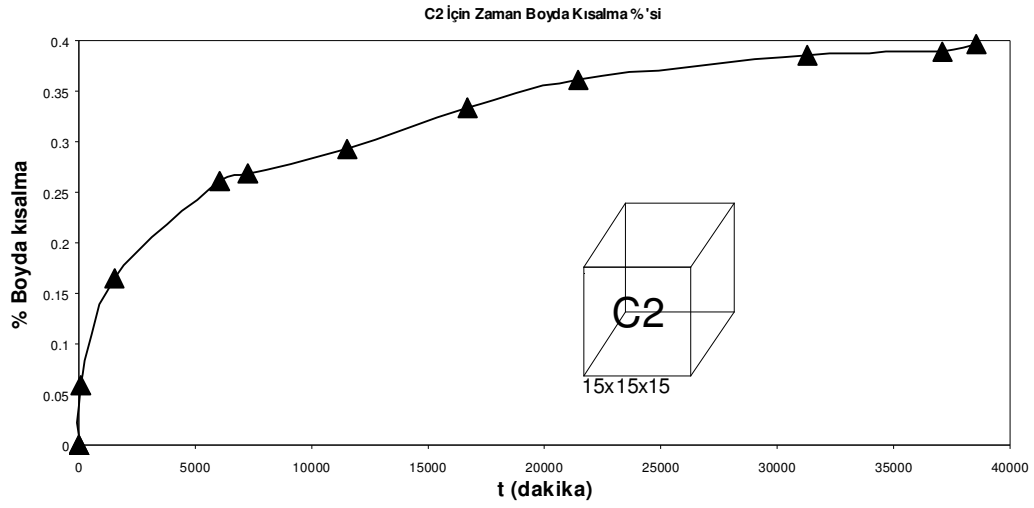
Şekil 7.17. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C2 numunesinin ağırlık kaybı -zaman grafiği



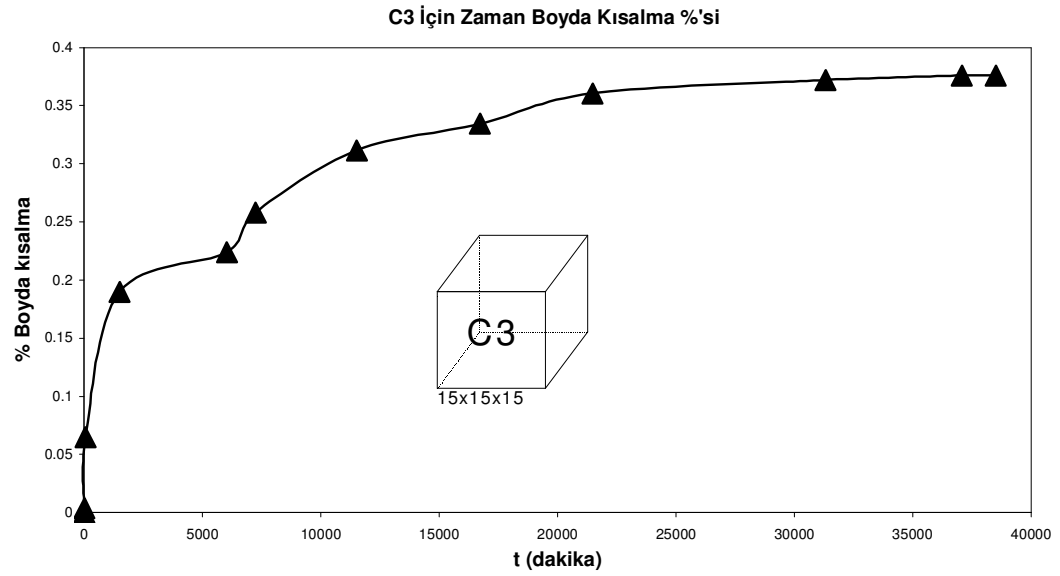
Şekil 7.18. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C3 numunesinin ağırlık kaybı-zaman grafiği



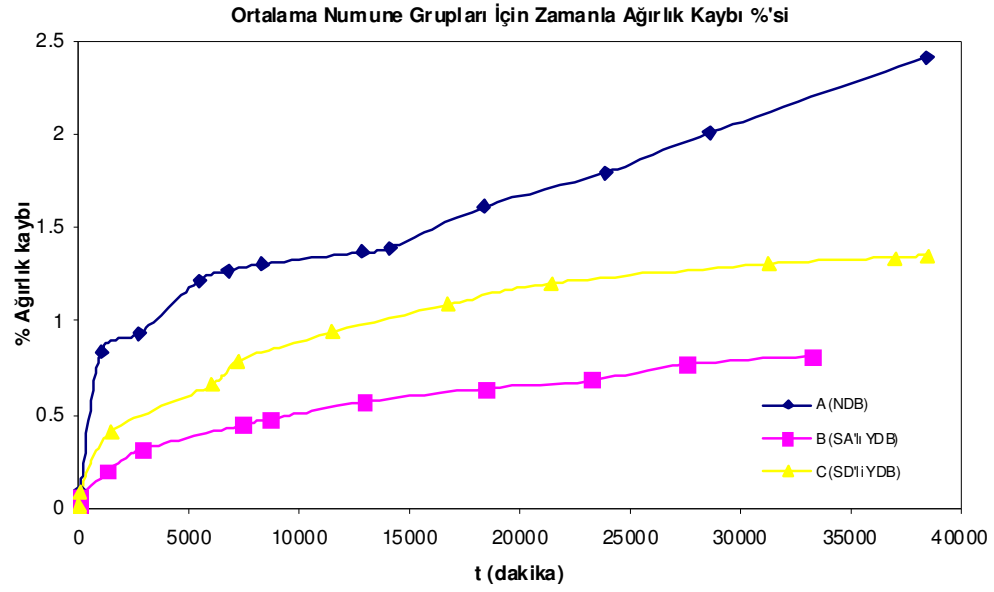
Şekil 7.19. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C1 numunesinin boydaki kısılma-zaman grafiği



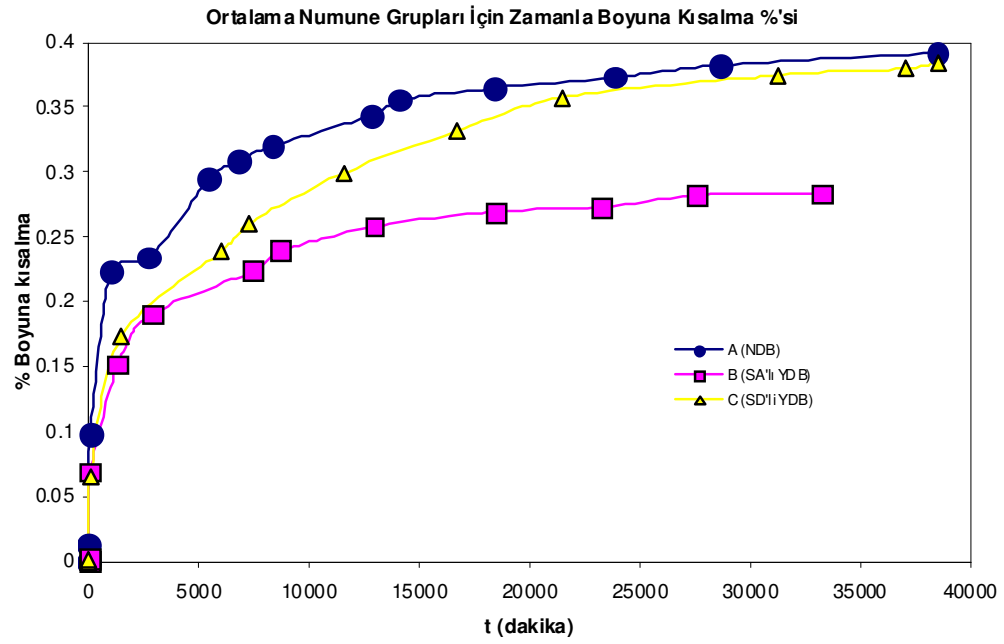
Şekil 7.20. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C2 numunesinin boydaki kısılma-zaman grafiği



Şekil 7.21. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda C3 numunesinin boydaki kısılma-zaman grafiği



Şekil 7.22. Numune gruplarının ortalamalarıyla elde edilen ağırlık kaybı – zaman grafiği



Şekil 7.23. Numune gruplarının ortalamalarıyla elde edilen boyuna kısılma – zaman grafiği

7.4.2. Rötre çatlaklarının gözlenmesi

Rötre çatlakları; farklı karışım oranlarıyla su- imento oranı, agrega tipi, katkı maddeleri gibi rötreye etki eden faktörler açısından incelenmesinin yanında değişik boyutlara sahip halka numunelerle farklı kalınlıktaki plaka numunelerinin de gözlenmesiyle boyut etkisi yönünden de incelenmiş olmaktadır

Herhangi mesnetlenme şartına sahip olmayan halka numunelerin su kaybının etkisiyle merkeze doğru b z leceği ancak kabuk teorisi gereği merkezde büzülme sağlanamayacağı için doğal bir mesnetlenme olacağı, ortaya çıkan kuvvetin halka numune yüzeyinde gerilmeler açığa çıkaracağı bu gerilmelerin rötre çatlakları şeklinde yansıyacağı değerlendirilmiştir.

Numunelerin kenarların çatlamasını önlemek amacıyla 30 mm gibi numune boyutlarına göre kıyasla küçük bir kalınlık seçilmiştir.

C 20/25 normal beton dayanımına sahip numuneler; ND1-ND9, C40/50 yüksek dayanımlı beton sınıfına sahip karışımından SA kullanılan YDSA1-YDSA9 ve SD kullanılan numuneler YDSD1-YDSD9 olarak isimlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar  izelge 7.20 -  izelge 7.22.'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.20. Normal dayanımlı halka tipi numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi

Normal Dayanımlı Halka Tipi Beton Numunelerinde Çatlak Boyunun Gözlenmesi				
Numune No	Boyut	24 Saat Sonra (mm)	48 Saat Sonra (mm)	Deney Süresi Boyunca (mm)
ND1	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	52,34	14,21	-
ND2	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	-	-	-
ND3	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	-	-	-
ND4	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
ND5	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
ND6	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
ND7	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	6,37	-	-
ND8	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	-	-	-
ND9	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	-	-	-



Resim 7.12. Halkasal numunede rötre çatlakları

Çizelge 7.21. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı halka tipi numuneler de rötre çatlaklarının gözlenmesi

Süperakışkanlaştırıcı Kullanılarak Hazırlanan Halka Tipi Yüksek Dayanımlı Beton Numunelerinde Çatlak Boylarının Gözlenmesi				
Numune No	Boyut (mm)	24 Saat Sonra (mm)	48 Saat Sonra (mm)	Deney Süresi Boyunca (mm)
YDSA1	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSA2	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSA3	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSA4	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSA5	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSA6	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSA7	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSA8	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSA9	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	-	-	-

Çizelge 7.22. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı halka tipi numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi

Silis Dumanı Kullanılarak Hazırlanan Halka Tipi Yüksek Dayanımlı Beton Numunelerinde Çatlak Boylarının Gözlenmesi				
Numune No	Boyut (mm)	24 Saat Sonra (mm)	48 Saat Sonra (mm)	Deney Süresi Boyunca (mm)
YDSD1	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSD2	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSD3	15 cm iç yarıçap, 30 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSD4	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSD5	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSD6	15 cm iç yarıçap, 22,5 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSD7	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSD8	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	-	-	-
YDSD9	15 cm iç yarıçap, 18 cm dış yarı çap	-	-	-

Beton çatlakların boyut etkisini gözlemlemek için yapılan bir diğer gözlem farklı kalınlıklara sahip olan plakalarda yapılmıştır. 500x500x100 ve 500x500x50 ebatlarına sahip her karışım için 3'er adet numune incelenerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

C 20/25 normal beton dayanımına sahip numuneler; PN1-PN9, C40/50 yüksek dayanımlı beton sınıfına sahip karışımlardan SA kullanılan PYSA1-PYSA9 ve SD kullanılan numuneler PYSD1-PYSD9 olarak isimlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.20 - Çizelge 8.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.23. Plaka tipi normal dayanımlı beton numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi

Normal Dayanımlı Plak Tipi Beton Numunelerinde Çatlak Boylarının Gözlenmesi				
Numune No	Boyut (mm)	24 Saat Sonra (mm)	48 Saat Sonra (mm)	Deney Süresi Boyunca (mm)
PN1	500x500x100	-	-	-
PN2	500x500x100	-	-	-
PN3	500x500x100	-	-	-
PN4	500x500x50	89	105	152
PN5	500x500x50	-	52	123
PN6	500x500x50	-	-	59

Çizelge 7.24. Plaka tipi SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı beton numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi

Süperakışkanlaştırıcı Kullanılarak Hazırlanan Plak Tipi Yüksek Dayanımlı Beton Numunelerinde Çatlak Boylarının Gözlenmesi				
Numune No	Boyut (mm)	24 Saat Sonra (mm)	48 Saat Sonra (mm)	Deney Süresi Boyunca (mm)
PYSA1	500x500x100	-	-	-
PYSA2	500x500x100	-	-	-
PYSA3	500x500x100	-	-	-
PYSA4	500x500x50	-	-	-
PYSA5	500x500x50	-	-	-
PYSA6	500x500x50	-	-	-

Çizelge 7.25. Plaka tipi SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı numunelerde rötre çatlaklarının gözlenmesi

Silis Dumanı Kullanılarak Hazırlanan Plak Tipi Yüksek Dayanımlı Beton Numunelerinde Çatlak Boylarının Gözlenmesi				
Numune No	Boyut (mm)	24 Saat Sonra (mm)	48 Saat Sonra (mm)	Deney Süresi Boyunca (mm)
PYSD1	500x500x100	-	-	-
PYSD2	500x500x100	-	-	-
PYSD3	500x500x100	-	-	-
PYSD4	500x500x50	-	-	-
PYSD5	500x500x50	-	-	-
PYSD6	500x500x50	-	-	-

7.4.3. Basınç deneyi

Deneyin son kısmında ise numunelerimizin basınç altındaki dayanımı ele alınmıştır. Ağırlık kaybı ve boyuna kısalma gözlenen numuneler etüve atılmış, ASTM standardı gereği 105° C sıcaklıkta 1 gün bekletilmiştir.

Etüve atılmadan önce ve sonra numune ağırlığı tartılarak etüvde ve deney boyunca kaybettiği su içeriği belirlenmiştir. Kaybedilen su miktarları Çizelge 7.26 - Çizelge 7.28’ de gösterilmiştir.

Çizelge 7.26. Normal dayanımlı betonda su kaybı gözlenmesi

Normal Dayanımlı Betonda Su Kaybı					
Numune Numarası	Deney Başlangıcındaki Ağırlık (g)	Deney Sonundaki Ağırlık (g)	Etüv Sonrası Ağırlık (g)	Deney Sonunda Kaybedilen Su %'si	Deney Sonunda Etüvle Kaybedilen Su %'si
A1	7770	7573	7351	2,54	5,39
A2	7742	7566	7314	2,27	5,53
A3	7782	7596	7359	2,39	5,43

Çizelge 7.27. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda su kaybı gözlenmesi

Süperakışkanlaştırıcı Kullanılarak Elde Edilen Yüksek Dayanımlı Betonda Su Kaybı					
Numune Numarası	Deney Başlangıcındaki Ağırlık (g)	Deney Sonundaki Ağırlık (g)	Etüv Sonrası Ağırlık (g)	Deney Sonunda Kaybedilen Su %'si	Deney Sonunda Etüvle Kaybedilen Su %'si
B1	8109	8039	7936	0,86	2,13
B2	8038	7979	7873	0,73	2,05
B3	7989	7922	7812	0,84	2,21

Çizelge 7.28. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda su kaybı gözlenmesi

Silis Dumanı Kullanılarak Elde Edilen Yüksek Dayanımlı Betonda Su Kaybı					
Numune Numarası	Deney Başlangıcındaki Ağırlık (g)	Deney Sonundaki Ağırlık (g)	Etüv Sonrası Ağırlık (g)	Deney Sonunda Kaybedilen Su %'si	Deney Sonunda Etüvle Kaybedilen Su %'si
C1	7912	7805	7653	1,35	3,27
C2	7853	7744	7591	1,39	3,34
C3	7960	7855	7704	1,32	3,22

Etüve atılan numunelerle birlikte 28 gün boyunca kür havuzunda bekletilen numuneler basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılmış ve Çizelge 7.29 - Çizelge 7.31'de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 7.29. Normal dayanımlı betonda basınç dayanımlarının gözlenmesi

Normal Dayanımlı Betonda Basınç Dayanımları						
Numune Numarası	Etüve Atılan Numuneler			Küre Tabi Tutulan Numuneler		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Basınç Dayanımı (Mpa)	19,8	20,2	19,8	35,1	34,2	33,3

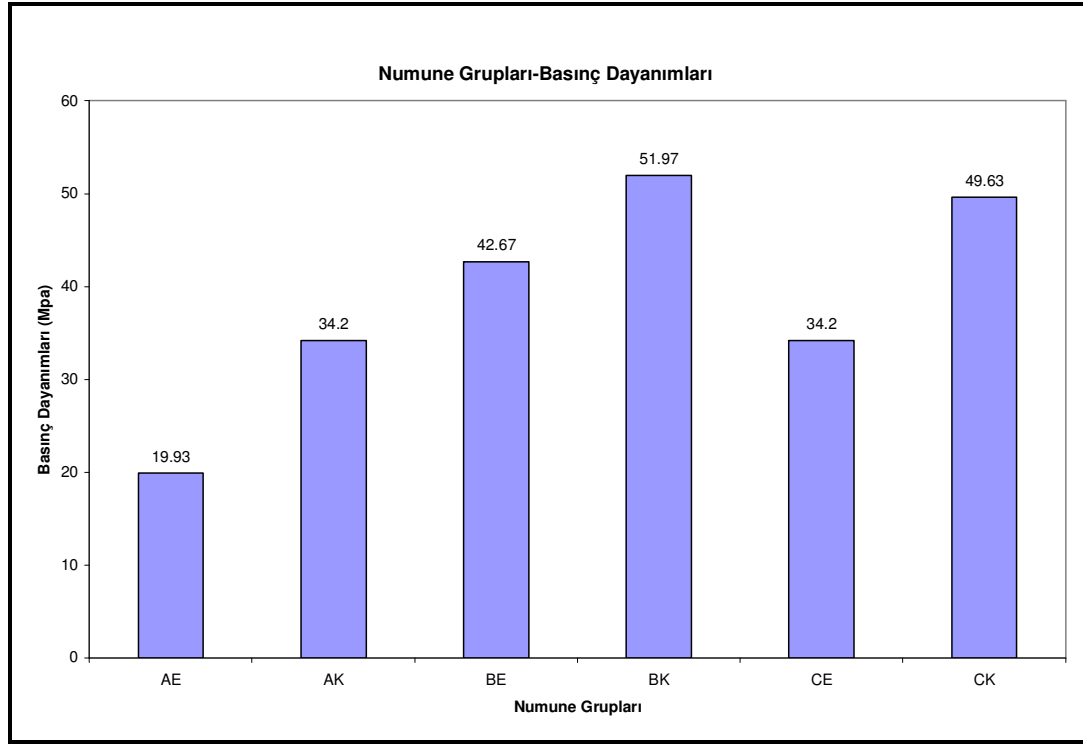
Çizelge 7.30. SA kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda basınç dayanımlarının gözlenmesi

Süperakışkanlaştırıcı Kullanılarak Elde Edilen Yüksek Dayanımlı Betonda Basınç Dayanımları						
Numune Numarası	Etüve Atılan Numuneler			Küre Tabi Tutulan Numuneler		
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Basınç Dayanımı (Mpa)	42,1	42,5	43,4	52,3	52,0	51,6

Çizelge 7.31. SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı betonda basınç dayanımlarının gözlenmesi

Silis Dumanı Kullanılarak Elde Edilen Yüksek Dayanımlı Betonda Basınç Dayanımları						
Numune Numarası	Etüve Atılan Numuneler			Küre Tabi Tutulan Numuneler		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Basınç Dayanımı (Mpa)	35,1	34,2	33,3	49,5	50,2	49,2

Basınç Dayanımları her bir grubun kendi içinde ortalaması alınarak Şekil 7.24'te ki grafikte ilk harf numune numarası ikinci harf etüvde kurutulmuş veya küre tabi tutulmuş olduğunu belirtecek şekilde gösterilmiştir. Örnek olarak AE normal dayanımlı, etüve atılmış numune grubunun ortalamasını göstermektedir.



Şekil 7.24. Numune grupları- basınç dayanımları grafiği

Burada;

AE : Etüve atılan NDB numune grupları

AK : Kür işlemine tabi tutulan NDB numune grupları

BE : Etüve atılan SA kullanılarak elde edilmiş YDB numune grupları

BK : Kür işlemine tabi tutulan SA kullanılarak elde edilmiş YDB numune grupları

CE : Etüve atılan SD kullanılarak elde edilmiş YDB numune grupları

CK : Kür işlemine tabi tutulan SA kullanılarak elde edilmiş YDB numune gruplarını göstermektedir.

8. SONUÇ

Deney amacımız karmaşık bir olay olan rötrenin açıklanmasına yardımcı olmaktır. Bu bağlamda bu karmaşık olay ağırlık kaybı ve boyda meydana gelen kısalma olarak basite indirgenerek gözlemlenmiş, farklı boyutta ve farklı tipte numuneler kullanılarak rötreye yüzey gerilmelerinin sebep olduğu çatlaklar incelenmiş ve küre tabii tutulmayan, rötreye maruz kalmış numunelerin basınç dayanımları kür edilmiş numunelerle kıyaslanmıştır.

Gerek normal dayanımlı numunelerde gerekse yüksek dayanımlı betonlarda ağırlık kaybı ve boyda meydana gelen kısalma olarak takip edilen rötrenin döküldükten 48 saat içinde en yoğun olarak gözlemlendiği durum olmakta daha sonraki aşamalarda zamanla bu hızın azaldığı yaklaşık 20 günlük bir süreden sonra sifıra yaklaşılmaya başlamıştır.

Betonun karışımlarının su-çimento oranı incelendiğinde; NBD için % 59, SA kullanılan YDB için % 27 ve SD kullanılarak yapılan YDB için % 34 dür. Deney sonunda ağırlık kayıplarına baktığımızda NBD için % 2,41; SA kullanılan YDB için % 0,81 ve SD kullanılarak yapılan YDB için % 1,53 dür.

Beton yapısına katılan su miktarının rötreyi doğrudan etkilediği; normal dayanımlı beton, SA ve SD kullanılarak elde edilen yüksek dayanımlı beton numuneler incelendiğinde su içeriği en çok olan normal dayanımlı beton karışımının büzölmeye maruz kaldığı gözlenmiştir.

Genellikle boyda meydana gelen kısalma ve ağırlık kaybı grafikleri birbirine benzemekle birlikte yaklaşık 10 000 dk ile 2 000 dk arasında grafiklerin ağırlık ve boyda meydana gelen kısalma hızları yavaşlayarak sabit bir değere gitmektedir. Bu açıdan normal dayanımlı betonda meydana gelen bağıl nemde meydana gelen artışa rağmen ağırlık kaybındaki hız artışı şaşırtıcıdır.

Öte yandan rötre çatlaklarının gözlemlendiği halka ve plaka numuneler incelendiğinde; halka numunelerin su kaybının etkisiyle merkeze doğru büzüleceği ancak kabuk teorisi gereği merkezde büzülme sağlanamayacağı için halka numune yüzeyinde gerilmeler açığa çıkaracağı bu gerilmelerin rötre çatlakları şeklinde yansıyacağı değerlendirilmesine rağmen halka numunelerde NDB haricinde herhangi bir çatlak oluşmadığı görülmüştür.

Plaka numunelerde ise 100 mm kalınlığında numunelerin çatlak oluşturmadığı çatlakların sadece NDB' nin 50 mm kalınlığındaki plakalarında ortaya çıktığı görülmüştür.

Numuneler basınç deneyi açısından kıyaslandığında deney sonlarına doğru ağırlık kaybının sabitlenmesine rağmen bir gün etüvde bekleyen beton numunenin deney boyunca kaybettiği ağırlıktan çok daha fazlasını etüvde kaybettiği gözlemlenmiştir.

Basınç dayanımları incelendiğinde etüv işleminin en az su çimento oranına sahip numuneyi etkilediği görülmektedir. NDB betonda neredeyse yarıya yakın bir dayanım azalması gözlenirken bu oran diğer sınıflarda çok daha düşüktür.

KAYNAKLAR

1. Ersoy, U., Özcebe, G., "Betonarme ve Betonarme", Betonarme 2.baskı, **EVRİM Yayınevi**, 1-77 (2004).
2. Doğangün, A., " Beton ve Donatının Özellikleri", Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı 3.baskı, **BİRSEN Yayınevi**, 65-95 (2007)
3. Aka, İ., Keskinel, F., Arda, T.S., "Yapı Malzemesi Olarak Betonarme", Betonarmeye Giriş 9.baskı, **BİRSEN Yayınevi**, 14-34 (1996).
4. Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D. "Concrete" 2 nd ed., **Printice Hall**, 111-113 (2002).
5. Neville, A.M., "Proporties of Concrete", 4 th ed., **Longman**, London, 26-35 (1995).
6. Taşdemir, M.A., "Betonun Durabiliteye Göre Tasarımı ve Üretimi", İMO **İstanbul Şubesi, Sürekli Eğitim Seminerleri**, İstanbul (2002).
7. Tuna, M.E., " Betonarme İnşaat", Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı 1.baskı, **Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı**, 224-239 (2000).
8. Wiegink, K., Marikunte, S.M., Shah, S.P., "Shrinkage Cracking of High-Strength Concrete", **ACI Materials Journal**, 93(5): 409-415 (1996).
9. Bazant, Z.P., Bajewa, S., " Creep and Shrinkage Prediction for Model Analyses and Design of Concrete Structures", **Materials and Structures**, 29(28):357-365 (1996).
10. Bazant, Z.P., " Criteria for Rational Prediction of Creep and Shrinkage of Concrete", **Concrete Institute**, 237-260 (2000).
11. FIB/CEB, "High Strenght Concrete", State of the art report, **CEB Bulletin**, 59(1990).
12. Holland, I., Sellevold, E., "Symposium on High-Strength Concrete", **Norwegian Concrete Association**, Oslo (1993)
13. Larrard, F., "Ultrafine Particles for Making Very High Performance Concrete", Material to Structures 4th ed, **FN Spon**, 34-47 (1992)
14. Begimgil, M. "Silica Fume, Fly Ash in High Performance Concrete and their Microstructural Overview", Proceeding of the İnternational Congress of Challenges of the Concrete Construction, University of Dundee,

- Scotland, UK, **Volume of Innervations an Developments in Concrete Materials and Constructions**, 9(11): 879-888 (2002).
15. Taylor, M.R., Lydon, F.R., Barr, B., " Mix Proportions of High Strength Concrete", **Construction and Building Materials**, 10(6): 445-450(1996).
 16. Neil, F., "Desing of Steell Fibre Floors, Problems and Pitfalls", **The Structrual Engineer**, 78(11): 14-16 (2000).
 17. Sakata, K. "A Study on Moisture Diffusion in Drying and Drying Shrinkage of Concrete", **Cement and Concrete Research**, 13(2): 216-224(1983).
 18. Price, W.F., "High Strength Concrete", **Current Particle Sheet Concrete**, 118:9-10(1999).
 19. ASTM C157, "Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydaulic-Cement Mortar and Concrete ", **Annual Book of ASTM Standards**, 4(2): 96-101(1997).
 20. Wiegriink, K., Marikunte, S.M., Shah, S.P., "Shrinkage Cracking of High-Strength Concrete", **ACI Materials Journal**, 93(5): 409-415 (1996).
 21. ASTM C878, "Standard Test Method for Restrained Expansion of Shrinkage-Compensating Concrete", **Annual Book of ASTM Standards**, 4(2): 123-127(1997).
 22. Grzybowski, M., Shah, S.P., "Shrinkage Cracking of Fiber Reinforced Concrete ", **ACI Materials Journal** , 87(2): 138-148 (1990).
 23. Kovler, K., " Testing System for Determining the Mechanical Behavior of Early Age Concrete under Restrained and Free Uniaxial Shrinkage", **Materials and Structures**, 27: 324-330(1994).
 24. Banthia, N.,Yan, C., "Shrinkage Cracking in Polyolefin Fiber-Reinforced Concrete", **ACI Materials Journal**, 97 (4):422-427(2000).
 25. Shah, S.P., Karaguler, M.E., Sarigaphuti, M. "Effects of Shrinkage-Reducing Admixtures on Restrained Shrinkage Cracking of Concrete", **ACI Materials Journal**, 89 (3):289-295(1992).
 26. Weises, W.J., Yang, W., Shah, P. " Shrinkage Cracking of Restrained Concrete Slabs", **Journal of Engineering Mechanics**, 124(7): 765-773 (1998).
 27. Barr, B., El-Baden, A., "Shrinkage Properties of Normal and High Strength Fibre Reinforced Concrete", **Structures & Buildings**, 156(1): 15-25 (2001).

28. Weises, W.J., Yang, W., Shah, P. "Influence of Specimen Size/ Geometry on Shrinkage Cracking of Rings", ***Journal of Engineering Mechanics***, 126(1), 93-101 (2000).
29. Altoubat, S.A., Lange, D.A., "Creep, Shrinkage, and Cracking of Restrained Concrete at Early Age", ***ACI Materials Journal***, 98(4): 323-331(2001).

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Soyadı, adı : PEHLİVAN, Murat
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 08.03.1982 KIRIKKALE
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 298 6877
e-mail : mpn422@hotmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ İnşaat Müh Bölümü	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2008	Hava Lojistik Komutanlığı	Yapı Denetim Kısım Amiri

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Futbol, Kitap okumak, Yürüyüş