

104098

**MELASIN BETON KATKI MADDESİ OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİ VE BETONUN
DURABİLİTESİNE ETKİSİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Barış ALTUN
(501981081)**

104098

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Haziran 2001
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Haziran 2001**

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Hasan YILDIRIM

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Mehmet UYAN (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. Fevziye AKÖZ (Y.T.Ü.)



HAZİRAN 2001

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, melas ve linyosülfonat esaslı normal akışkanlaştırıcı katkıların, betonun en önemli özelliklerinden biri olan durabilite (dayanıklılık) özelliği üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Başta yüksek lisans tez çalışmamın hazırlanmasında, ilgi ve yardımlarını gördüğüm, değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Hasan YILDIRIM olmak üzere Yapı Malzemesi Ana Bilim Dalı'ndaki tüm hocalarıma, deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Hüsnü SURAL'a, araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve Yapı Malzemesi Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederim.

Öğrenimimin bu aşamaya kadar gelmesi için çok büyük fedakarlıklarda bulunan ve beni özellikle yüksek mühendis olarak görmek isteyen, babam Seyfullah ALTUN, annem Güler ALTUN ve ağabeyim Özgür ALTUN ile beni desteklemekten bıkmayan ve üstün bir sabır gösteren nişanlım Çevre Mühendisi Ela ÇELİKKALKAN'a da ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

HAZİRAN 2001

Barış ALTUN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KİMYASAL KATKILAR	2
2.1.Normal Akışkanlaştırıcı Katkılar	4
2.1.1. Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Kimyasal Bileşimleri	4
2.1.1.1 Linyosülfonatlar	4
2.1.1.2 Hidroksikarboksilik Asitler	5
2.1.1.3 Karbonhidratlar	5
2.1.1.4 Diğer Bileşimler	5
2.1.1.5 Melas	5
2.1.2 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Kullanım Amaçları	7
2.1.3 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Olumlu ve Olumsuz Etkileri	8
2.1.4 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Etki Mekanizması	8
2.2 Betonda Durabilite Özelliği	8
2.2.1 Betonda Geçirimsizlik Özelliği	9
2.2.2 Betonda Sülfat Etkisi	11
2.2.2.1 Sülfatın Doğada Bulunuşu	11
2.2.2.2 Sülfatın Beton Üzerindeki Etki ve Hasar Mekanizması	12
2.3 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Durabiliteye Etkisi	14
2.4 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı	15
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	16
3.1 Kullanılan Malzemeler	16
3.1.1 Çimento	16
3.1.2 Agrega	17
3.1.3 Beton Karma Suyu	17
3.1.4 Akışkanlaştırıcı Katkı	18
3.1.5 Sodyum Sülfat	18

3.2 Üretilen Betonların Tipleri ve Kodları	18
3.3 Üretilen Betonların Bileşimleri	19
3.4 Numune Boyut ve Şekilleri	19
3.5 Sodyum Sülfat Çözeltisinin Hazırlanması	19
3.6 Kır Koşulları	21
3.7 Taze Beton Deneyleri	21
3.8 Sertleşmiş Beton Deneyleri	21
3.9 Çimento Hamuru-Katkı Karışımında Priz Süresi Tayini	22
4. DENEY SONUÇLARI	23
4.1 Taze Beton Deney Sonuçları	23
4.2 Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları	23
4.2.1 Basınç Deneyi Sonuçları	23
4.2.2 Eğilme Deneyi Sonuçları	25
4.2.3 Ultrases Hız Sonuçları	26
4.2.4 Ağırlık Değişimi Sonuçları	28
4.2.5 Boy Değişimi Sonuçları	29
4.2.6 Kılcallık Deneyi Sonuçları	30
4.3 Priz Deneyi Sonuçları	32
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	33
5.1 Taze Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	33
5.2 Sertleşmiş Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	33
5.2.1 Basınç Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	33
5.2.2 Eğilme Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	35
5.2.3 Ultrases Hız Sonuçlarının Değerlendirilmesi	37
5.2.4 Ağırlık Değişimi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	40
5.2.5 Boy Değişimi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	40
5.2.6 Kılcallık Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	41
5.3 Priz Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	41
6. SONUÇLAR	43
KAYNAKLAR	45
EK A	47
ÖZGEÇMİŞ	63

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
ASTM	: The American Society for Testing and Materials
TS	: Türk Standartları
PÇ	: Portland Çimentosu
P1, P2	: 35. günde yapılan deneyler için kullanılan prizma numuneler
P3, P4	: Suda bekletilen prizma numuneler
P5, P6	: Çözeltide bekletilen prizma numuneler
K1, K2	: 35. günde yapılan deneyler için kullanılan küp numuneler
K3, K4	: Suda bekletilen küp numuneler
K5, K6	: Çözeltide bekletilen küp numuneler



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Topraktaki ve Yer Altı Suyundaki Sülfat Miktarına Göre Betonda Kullanılması İstenen Çimento Tipleri ve Su/Çimento Oranları	12
Tablo 3.1. Çimentonun Fiziksel Özellikleri	16
Tablo 3.2. Çimentonun Mekanik Özellikleri	16
Tablo 3.3. Çimentonun Kimyasal Özellikleri	16
Tablo 3.4. Agregada Eleme Analizi Sonuçları ve Özgül Ağırlıkları	17
Tablo 3.5. Beton Tipleri ve Kodları	19
Tablo 3.6. Üretilen Betonların Gerçek Bileşimleri	20
Tablo 3.7. Çimento Hamuru-Katkı Karışımı Kodları	22
Tablo 4.1. Taze Beton Deney Sonuçları	23
Tablo 4.2. Basınç Mukavemeti Sonuçları	24
Tablo 4.3. Eğilme Mukavemeti Sonuçları	26
Tablo 4.4. Ultrases Hızı Sonuçları (Prizma Numuneler İçin)	27
Tablo 4.5. Ultrases Hızı Sonuçları (Küp Numuneler İçin)	28
Tablo 4.6. Ağırlık Değişimi Sonuçları (Prizma Numuneler İçin)	28
Tablo 4.7. Ağırlık Değişimi Sonuçları (Küp Numuneler İçin)	29
Tablo 4.8. Boy Değişimi Sonuçları (Prizma Numuneler İçin)	29
Tablo 4.9. 270+00 Kodlu Betona Ait Kılcalık Deneyi Sonuçları	30
Tablo 4.10. k Kılcalık Katsayıları	31
Tablo 4.11. Priz Süresi Sonuçları	32
Tablo 5.1. 35. Gün Baz Alınarak Hesaplanan Basınç Mukavemeti Değerleri	34
Tablo 5.2. 35. Gün Baz Alınarak Hesaplanan Eğilme Mukavemeti Değerleri	36
Tablo 5.3. 35. Gün Baz Alınarak Hesaplanan Ultrases Hızı Değerleri (Prizma Numuneler İçin)	38
Tablo 5.4. 35. Gün Baz Alınarak Hesaplanan Ultrases Hızı Değerleri (Küp Numuneler İçin)	39
Tablo A.1. Eğilme Deneyi Sonucunda Elde Edilen Parçalarda Basınç Mukavemeti Değerleri	48
Tablo A.2. PÇ270+00 Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	48
Tablo A.3. PÇ270+04L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	48
Tablo A.4. PÇ270+04MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	48
Tablo A.5. PÇ270+07L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	49
Tablo A.6. PÇ270+07MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	49

Tablo A.7.	PÇ320+00 Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	49
Tablo A.8.	PÇ320+04L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	49
Tablo A.9.	PÇ320+04MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	49
Tablo A.10.	PÇ320+04MB Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	50
TabloA.11.	PÇ320+04MS Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	50
Tablo A.12.	PÇ320+07L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	50
Tablo A.13.	PÇ320+07MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	50
Tablo A.14.	PÇ320+07MB Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	50
Tablo A.15.	PÇ320+07MS Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	51
Tablo A.16.	PÇ270+00 Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	51
Tablo A.17.	PÇ270+04L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	51
Tablo A.18.	PÇ270+04MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	51
Tablo A.19.	PÇ270+07L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	51
Tablo A.20.	PÇ270+07MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	52
Tablo A.21.	PÇ320+00 Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	52
Tablo A.22.	PÇ320+04L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	52
Tablo A.23.	PÇ320+04MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	52
Tablo A.24.	PÇ320+04MB Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	52
Tablo A.25.	PÇ320+04MS Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	53
Tablo A.26.	PÇ320+07L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	53
Tablo A.27.	PÇ320+07MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	53
Tablo A.28.	PÇ320+07MB Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	53
Tablo A.29.	PÇ320+07MS Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri	53
Tablo A.30.	PÇ270+00 Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri	54
Tablo A.31.	PÇ270+04L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri	54

Tablo A.32.	PÇ270+04MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	54
Tablo A.33.	PÇ270+07L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	54
Tablo A.34.	PÇ270+07MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	54
Tablo A.35.	PÇ320+00 Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık	
	Değişimleri	55
Tablo A.36.	PÇ320+04L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	55
Tablo A.37.	PÇ320+04MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	55
Tablo A.38.	PÇ320+04MB Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	55
Tablo A.39.	PÇ320+04MS Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	55
Tablo A.40.	PÇ320+07L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	56
Tablo A.41.	PÇ320+07MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	56
Tablo A.42.	PÇ320+07MB Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	56
Tablo A.43.	PÇ320+07MS Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	56
Tablo A.44.	PÇ270+00 Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık	
	Değişimleri	56
Tablo A.45.	PÇ270+04L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık	
	Değişimleri	57
Tablo A.46.	PÇ270+04MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	57
Tablo A.47.	PÇ270+07L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık	
	Değişimleri	57
Tablo A.48.	PÇ270+07MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	57
Tablo A.49.	PÇ320+00 Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık	
	Değişimleri	57
Tablo A.50.	PÇ320+04L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık	
	Değişimleri	58
Tablo A.51.	PÇ320+04MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	58
Tablo A.52.	PÇ320+04MB Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	58
Tablo A.53.	PÇ320+04MS Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	58
Tablo A.54.	PÇ320+07L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık	
	Değişimleri	58
Tablo A.55.	PÇ320+07MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	59
Tablo A.56.	PÇ320+07MB Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	59

Tablo A.57.	PÇ320+07MS Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca	
	Ağırlık Değişimleri	59
Tablo A.58.	PÇ270+00 Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	59
Tablo A.59.	PÇ270+04L Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	59
Tablo A.60.	PÇ270+04MK Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	59
Tablo A.61.	PÇ270+07L Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	60
Tablo A.62.	PÇ270+07MK Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	60
Tablo A.63.	PÇ320+00 Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	60
Tablo A.64.	PÇ320+04L Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	60
Tablo A.65.	PÇ320+04MK Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	60
Tablo A.66.	PÇ320+04MB Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	60
Tablo A.67.	PÇ320+04MS Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	61
Tablo A.68.	PÇ320+07L Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	61
Tablo A.69.	PÇ320+07MK Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	61
Tablo A.70.	PÇ320+07MB Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	61
Tablo A.71.	PÇ320+07MS Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy	
	Değişimleri	61
Tablo A.72.	Kılcal Su Emme Deneyinde Ağırlık Değişimleri	62

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 : TS 706 Referans ve Karışım Granülometri Eğrileri	17
Şekil 4.1 : Basınç Mukavemeti Değişimleri	25
Şekil 4.2 : Eğilme Mukavemeti Değişimleri	26
Şekil 4.3 : 270+00 Kodlu Betona Ait Kılcallık Katsayısı İçin Regresyon Grafığı	31
Şekil 4.4 : Çimento Hamuru-Katkı Karışımlarında Priz Başlangıç ve Bitiş Süreleri	32
Şekil 5.1 : Basınç Mukavemeti Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi	34
Şekil 5.2 : 270+00 Kodlu Betonun 35. Gün Mukavemetine Göre Basınç Mukavemeti Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi	35
Şekil 5.3 : Eğilme Mukavemeti Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi	36
Şekil 5.4 : 270+00 Kodlu Betonun 35. Gün Mukavemetine Göre Eğilme Mukavemeti Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi	37
Şekil 5.5 : Ultrases Hız Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi (Prizma Numuneler İçin)	38
Şekil 5.6 : Ultrases Hız Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi (Küp Numuneler İçin)	39
Şekil 5.7 : Karışımlarda Boy Değişimleri	40
Şekil 5.8 : Karışımlarda Kılcallık Katsayıları	41

SEMBOL LİSTESİ

P	: Basınç Kuvveti
A	: Yüzey Alanı
σ_b	: Basınç Mukavemeti
M	: Eğilme Momenti
W	: Mukavemet Momenti
σ_e	: Eğilme Mukavemeti
V	: Ultrases Hızı
l	: Numune Boyu
t	: Ultrases Geçiş Süresi, Kılcal Su Emme Süresi
q	: Birim Alandan Emilen Su miktarı
k	: Kılcallık Katsayısı



MELASIN BETON KATKI MADDESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ VE BETONUN DURABİLİTESİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmada normal akışkanlaştırıcı katkıların betonun durabilitesine etkisi incelenmiştir. Çalışmada, 2 adedi katkısız, 12 adedi katkılı olmak üzere toplam 14 tip beton üretilmiştir. Üretilen betonlarda, çimento dozajları 270 kg/m^3 ve 320 kg/m^3 , katkı miktarları da çimento dozajının % 0,4'ü ve % 0,7'si oranlarında kullanılmıştır. Normal akışkanlaştırıcı katkı olarak, kalsiyum linyosülfonat esaslı ve melas esaslı katkılar kullanılmıştır. Maksimum dane çapı 16 mm olarak seçilen agrega kullanılarak üretilen her tip betondan $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}$ boyutlarında küp ve $7 \times 7 \times 28 \text{ cm}$ boyutlarında prizma numuneler üretilmiştir.

Küp numuneler üzerinde; basınç, ultrases hızı, ağırlık değişimi ve kılcal su emme deneyleri, prizma numuneler üzerinde ise; eğilme, ultrases hızı, ağırlık değişimi ve boy değişimi deneyleri yapılmıştır. Her beton tipine ait küp ve prizma numunelerden 2'şer adedi ağırlıkça % 10'luk sodyum sülfat çözeltisine, 2'şer adedi ise kirece doymuş su içerisine konmuştur. Sodyum sülfat çözeltisi 15 günde bir yenilenmiştir.

Durabilite çalışması için 90 gün boyunca su ve çözeltide bekletilen numunelere, 15 günde bir sudan ve çözeltiden çıkarılarak ağırlık değişimi, boy değişimi ve ultrases hızı ölçümleri yapılmış, üretim tarihlerini takip eden 125. gün sonunda da basınç ve eğilme deneyleri yapılarak mukavemetleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sadece kirece doymuş su içerisinde bekletilip 35. günde basınç ve eğilme deneyi yapılan numuneler ile birlikte değerlendirilmiştir.

Bu çalışma sınırları içerisinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, melas ve kalsiyum linyosülfonat esaslı katkılarla üretilmiş betonların zararlı ortamdan olumsuz yönde etkilenmediği, basınç ve özellikle eğilme mukavemetlerinde artışlar olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla beraber ultrases hızı ve ağırlıklarda da bir miktar artışların olduğu göze çarpmaktadır. Durabilite açısından beton numunelerde yapılan kılcal su emme deneylerine göre, katkılı betonlardaki kılcal boşlukların, katkısız betonlara göre daha az olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yüzden, betonlarda bu tür akışkanlaştırıcı kullanıldığında betonların durabilitesi daha iyi olabilecektir.

USABILITY OF MOLASSES AS A CONCRETE ADMIXTURE AND ITS EFFECT ON DURABILITY OF CONCRETE

SUMMARY

In this study; the effect of normal plasticizers on durability of concrete was investigated. During this study; 14 types was produced of concrete that 2 of them were with admixture and 12 of them were without admixture . In these concrete; dosages of the cement were 270 kg/m^3 and 320 kg/m^3 , the admixtures ratios were used 0,4% and 0,7% of cement dosages. The admixtures based on calcium lignosulphonate and molasses were used as normal plasticizers. By using of selected aggregate which has maximum diameter of 16mm, cubic specimens of $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}$ and prismatic specimens of $7 \times 7 \times 28 \text{ cm}$ for all types of concrete were produced.

Compressive strength, ultrasound velocity, weight variation and capillary water absorption tests for the cubic specimens and flexural strength, ultrasound velocity, weight variation and length variation tests for the prismatic specimens were done. Two specimens with cubic and prismatic shape from each type of concrete put into sodium sulphate solution which has 10% of concentration by weight and the others of two specimens put in to the water saturated with lime. Sodium sulphate solutions used for tests, were renewed in every 15 days.

The specimens were kept in the water and the sodium sulphate solutions during 90 days for the durability tests. In every 15 days, specimens were taken out of the liquids and for all of them, weight variation, length variation and ultrasound pulse velocity tests were done. In the 125th day of the hardened concrete specimens, flexural and compressive strength tests were done. The results were evaluated together with the specimens which kept in the water saturated with lime for 35th day.

In this work, the concrete specimens produced by admixtures based on molasses and calcium lignosulphonate, were not damaged by sodium sulphate solutions and their compressive strength and particularly their flexural strength were increased. Nevertheless; it was observed that ultrasound pulse velocities and weights of specimens were increased. According to the capillary water absorption tests made on the specimens for durability; the capillary voids in the concrete with admixtures were seen being less than the control concrete. Therefore, the durability strength of concrete with normal plasticizers would be better than without plasticizers.

1.GİRİŞ

Beton, inşaat mühendisliği alanında kullanılan en önemli yapı malzemesidir. Betonu önceden şekil verebildiğimiz bir yapay taş olarak tanımlayabiliriz. Doğal taşlar birbirleriyle birleştirilerek yapı elemanını ve yapıyı meydana getirirler; halbuki beton sürekli bir biçimde, birleştirilmeye gerek kalmadan üretilir ve yapıyı oluşturur. [1]

Beton, agrega adını verdiğimiz kum, çakıl, mıcır gibi taneli mineral malzemenin, onları yapıştıran çimento ve su ile karıştırılması sonucu oluşan ve el yapımı malzemeler arasında en geniş kullanım alanına sahip kompozit bir malzemedir. [1,2]

Betonda kullanılması zorunlu olmayan ancak günümüz beton teknolojisinde betonun vazgeçilmez bileşenlerinden biri olan kimyasal katkıları, proje koşullarından dolayı ortaya çıkan betonun karıştırma ve yerleştirme süreçlerindeki sınırlamalar, olumsuz hava koşulları, yerleştirme sırasındaki problemler, yüksek dayanımlı, pompalanabilir ve durabilitesi yüksek beton üretimi gibi sorunların çözümünde etkin bir rol oynar. [3,4]

2. KİMYASAL KATKILAR

Kimyasal katkılar, bağlayıcı dozajının % 5'ini aşmadan, betona, harca veya çimento hamuruna katılan inorganik veya organik, sıvı veya katı maddeler olarak tanımlanırlar. Bu sınır ötesinde katılan, uçucu kül, silis dumanı vb. mineral maddeler, lifler katkı sayılmazlar, betonun ana bileşeni olurlar. [3]

Kimyasal katkılar, hidratasyon sırasında çimento ile fiziksel, kimyasal veya fiziko-kimyasal reaksiyona girip, taze yada sertleşmiş haldeki betonun bir veya daha fazla özelliğini iyileştirirler. [4]

Çeşitli çalışmalarda kimyasal katkı maddeleri kullanım alanlarına göre gruplandırılmaktadır. [5]

ACI Committee 212 raporunda beton katkı maddeleri;

1. Hava sürükleyen katkılar
2. Priz hızlandırıcı katkılar
3. Su azaltıcı ve priz süresini ayarlayan katkılar
4. Akıcı beton katkıları
5. Diğer muhtelif katkılar olmak üzere sınıflandırılmıştır.

Normal akışkanlaştırıcılara göre daha yüksek oranda su azaltıcı olan katkılar veya süper akışkanlaştırıcı katkılar, su azaltıcı katkılar ve akıcı beton için katkılar grubuna dahil edilmiştir. [5]

A.S.T.M. C 494-98 kimyasal katkıları şu şekilde sınıflandırmaktadır. [6]

1. Tip A: Su azaltıcılar
2. Tip B: Priz geciktiriciler
3. Tip C: Priz hızlandırıcılar
4. Tip D: Su azaltıcı ve priz geciktiriciler

5. Tip E: Su azaltıcı ve priz hızlandırıcılar
6. Tip F: Yüksek oranda su azaltıcılar
7. Tip G: Yüksek oranda su azaltıcı ve priz geciktiriciler

Bir başka gruplandırma şeklini, Ramachandran Beton Katkıları El Kitabında şu şekilde yapmıştır. [2]

1. Priz hızlandırıcılar
2. Su azaltıcılar
3. Priz geciktiriciler
4. Yüksek oranda su azaltıcılar
5. Hava sürükleyiciler
6. Mineral katkıları
7. Polimer ile modifiye edilmiş harçlar ve betonlar
8. Antifrizler
9. Çok amaçlı kullanılan katkıları

TS 3452 'de beton kimyasal katkı maddeleri kullanım amaçlarına göre A.S.T.M. C 494-98 'e benzer olarak şu şekilde sınıflandırılmıştır. [7]

1. Beton priz süresini hızlandırıcı kimyasal katkı maddeleri (H)
2. Beton priz süresini geciktirici kimyasal katkı maddeleri (G)
3. Beton karışım suyunu azaltıcı kimyasal katkı maddeleri (A)
4. Beton karışım suyunu azaltıcı ve beton prizini hızlandırıcı kimyasal katkı maddeleri (AH)
5. Beton karışım suyunu azaltıcı ve beton prizini geciktirici kimyasal katkı maddeleri (AG)
6. Beton karışım suyunu yüksek miktarda azaltıcı kimyasal katkı maddeleri (YA)
7. Beton karışım suyunu yüksek miktarda azaltıcı ve beton priz süresini geciktirici kimyasal katkı maddeleri (YAG)

Neville ise beton katkı maddelerinin kullanım amaçlarına göre sınıflandırılabilirliğini söylemekte ve A.S.T.M. C 494-92'deki sınıflandırmayı önermektedir. [8]

2.1 Normal Akışkanlaştırıcı Katkılar

Normal akışkanlaştırıcı katkıları, A.S.T.M. C 494 standardına göre TipA sınıfına giren yani su azaltıcı katkılarıdır. Bu tür katkıları, aynı su miktarı ile daha yüksek çökme değerlerine ulaşabilmeyi, aynı çökme değerinde daha az su kullanabilmeyi veya aynı dayanım için daha az çimento kullanılmasını sağlarlar. [5,9]

2.1.1 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Kimyasal Bileşimleri

Normal akışkanlaştırıcı katkıların kimyasal esasları bakımından çeşitli türleri vardır. Bu katkıların üretiminde kullanılan ana bileşenleri dört gruba ayırabiliriz. Birinci grup, linyosülfonik asitlerin Ca, Na veya NH₄ tuzlarını içerir. İkinci grup, genellikle Na, NH₄ veya trietanolamin tuzlarından meydana gelen hidroksikarboksilik asitlerdir. Üçüncü gruba karbonhidratlar girer. Dördüncü ve son olarakta diğer organik bileşimler vardır. Piyasaya sıvı halde sürülen bu katkıların özgül ağırlıkları 1,10-1,30 gr/cm³ arasındadır. [2]

Bu bileşenlerin haricinde henüz literatürde pek yer almayan, ancak normal akışkanlaştırıcı katkı hammaddesi olarak kullanılan bir bileşende melastır.

2.1.1.1 Linyosülfonatlar

İlk olarak 1930'lu yıllarda kullanılmaya başlanan ve günümüzde de çok yaygınlaşan katkı bileşenidir. Kimyasal yapıları oldukça karmaşıktır; hidroksil (OH), metoksil (OCH₃), fenil zinciri (C₆H₅) ve sülfonik asit (SO₃H) gruplarının birleşmesinden meydana gelmiş bir polimer gibi düşünülebilir. [2]

Linyosülfonat, kağıt üretiminde kullanılan ve içerisinde %20-30 linyin içeren ağaç küspesinden atık bir sıvı olarak elde edilir. Siyah renkli olan bu sıvı kalsiyum, sodyum ve amonyum linyosülfonatlar, çeşitli karbonhidratlar ve şeker içeren bir maddedir. Sıcak kostik soda (NaOH) veya klor ile işleminden geçirilip, fermentasyon yapılır ve şekerden arındırılmaya çalışılır. Linyin'in kimyasal yapısını bozmadan bu işlemi tam olarak yapmak imkansız olduğundan son ürün içerisinde % 1 ile % 3 arasında kalan şeker vardır. Bu miktarlar kağıt üretiminde hammadde olarak kullanılan ağacın tipi ve yaşı yanında nötralizasyon ve fermentasyon işlemlerinde izlenen yola da bağlıdır.

Linyosülfonatlar piyasaya sıvı veya toz halinde sürülürler. Sıvı halde olanlar sarı-siyah arasında renktedirler, asidiktirler ($3 < \text{PH} < 7$) ve yoğunlukları $1,17 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Toz halinde olanlar ise koyu sarı renkte, görünen birim ağırlıkları $0,45 \text{ gr/cm}^3$, çimentodan çok ince ve suda kolay eriyebilen maddelerdir.

Linyosülfonat kökenli beton katkı maddeleri bir miktar hava sürükledikleri için donma-çözünme dayanımının artmasını sağlarlar. [1]

2.1.1.2 Hidroksikarboksilik Asitler

1950'li yıllardan beri organik hidroksikarboksilik asitlerin tuzları su azaltıcı katkı üretiminde kullanılmaktadır. Hidroksikarboksilik asitler, hidroksil (OH) veya karboksilik asit (COOH) gruplarının kısa karbon zincirlerine eklenmeleri sonucu oluşurlar.

Genellikle kimyasal olarak sentezlenirler, ilaç ve yemek endüstrilerinde hammadde olarak kullanıldıklarından saflık dereceleri yüksektir. Bazı alifatik hidroksikarboksilik asitler de karbonhidratların fermentasyon ve oksidasyonundan elde edilirler ve şeker asitleri diye adlandırılırlar. [2]

2.1.1.3 Karbonhidratlar

Karbonhidratlar, mısır nişastasından veya diğer bitkilerden elde edilen glikoz, sakkaroz gibi doğal maddelerden oluşur. [2]

2.1.1.4 Diğer Bileşimler

Gliserin, polivinil alkol, sodyum aluminometilsilikon, sülfonilik asit gibi organik bileşimlere ek olarak; bazı inorganik maddelerde katkı üretiminde kullanılırlar. Bunlar borat, fosfat ile Pb, Zn, Cu, As ve Sb tuzları gibi maddelerdir. Ancak organik bileşenlerden daha pahalı olmaları, çözünürlüklerinin düşük olması ve toksik olma riskleri bulunduğu için fazla tercih edilmezler. [2]

2.1.1.5 Melas

Şekerin fabrikasyonunda, kristal şeker elde edilmesi için muhtelif pişirim ve temizleme işlemleri sonunda (son şeker lapasının santrifüjlenmesi sonunda) içinde

%50 kadar şeker bulunan koyu kahverengi, pekmez kıvamında ve çok yapışkan bir şurup kalır ki, bu yan ürüne şeker teknolojisi dilinde melas adı verilir. İşletme hesaplarına göre, pancar miktarının yaklaşık % 3,8-% 4'ü kadar melas elde edilmektedir. Bir başka söyleşiyle, 100 kg. pancardan 14-16 kg. şeker üretimi yerine bunun yaklaşık % 11-% 13 kadarı elde edilemeyip melasta kalmaktadır. Melasta kalan bu şekerin bir kısmı serbest ve bir kısmı da su ve organik potas tuzları ile bileşikler halinde bağlıdır. Genel olarak melasın % 75-% 86'sı kuru madde, % 14-% 25'i sudur.

Yapılan analiz sonuçlarından birine göre, melasın yapısında yaklaşık olarak; % 50 kadar sakkaroz, % 30 kadar diğer şekerler (azotlu maddeler ve kül), % 20 kadar da su vardır.

Ham protein takriben % 11, diğer organik maddeler % 10,8 ve kül % 8,2 olarak tespit edilmiştir.

Pancar şekeri ile kamış şekeri rafinasyonundan elde edilen melasların bileşimi birbirinden farklıdır. Kamış melasında ayrıca invert şeker de bulunmasına rağmen, bu melasın azotlu maddeler miktarı pancara göre daha azdır. [10]

Alpullu şeker fabrikasında yapılan analiz sonuçlarına göre normal bir melasın kapsadığı maddeler şunlardır.

Kuru madde, Bx	: % 85
Polar şeker, P	: % 50
Arılık, Q	: % 58,8
Şeker dışı madde/100 Bx	: 41,2
Azotlu şeker dışı madde	: % 14,0
Azotsuz şeker dışı madde	: % 16,0
Kül	: % 11,2

Başka bir kaynağa göre ise şeker fabrikalarımızdan elde olunan melasların analizi sonucunda aşağıdaki miktarlar tespit edilmiştir.

Kuru Madde	: % 81,4-% 87,2
Sakaroz	: % 48,4-% 52,5
İnvert Şeker	: % 0,26-% 0,52
Rafinoz	: % 0,00-% 0,80
Azotlu Maddeler	: % 1,00-% 2,40
Özgül Ağırlık	: 1,431-1,439

Melasın kullanım alanlarına bakılacak olursa en çok; ispirto, maya, aseton, butanol, limon asidi, süt asidi ve gliserin gibi maddelerin üretimi ile hayvan yemi olarak kullanıldığı görülmektedir. [10,11,12]

Genel kullanım için, çimento ağırlığının % 0,05'i kadar kullanılan şeker normal bir Portland çimentosu ile yapılmış taze betonun prizini sadece 4 saat kadar geciktirmektedir. Bu miktar yapı şartnameleri için uyumlu bir yüzde miktar olarak ortaya çıkmaktadır. Geciktirici etkisine ilave olarak bu miktar şeker betonun dayanımını hem basınçta ve hem de eğilme de arttırmıştır. Aynı zamanda şekerli betonun işlenebilirliği de artmaktadır. İşlenebilirliğin artması ile % 15'e varan çimento azalması yapılabilmektedir. Şekerin, birim ağırlık, durabilite, rötre ve su emme üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı araştırma sonucu bulunmuştur. [13]

2.1.2 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Kullanım Amaçları

Normal akışkanlaştırıcı katkıların uygulamada genelde üç amaçla kullanılmaktadır.

1.Katkısız betonla aynı işlenebilmede olmak şartıyla su/çimento oranını azaltarak daha yüksek mukavemet sağlamak.

2.Kütle betonlarında hidrasyon ısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması durumunda aynı işlenebilmeyi kazanmak. Katkının bu şekilde kullanılması aynı zamanda daha ekonomik bir beton üretimi sağlanması anlamına gelmektedir.

3.Ulaşılamayan yerlere kolay yerleşmeyi sağlamak için işlenebilmeyi arttırmak.
[5]

2.1.3 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Olumlu ve Olumsuz Etkileri

Normal akışkanlaştırıcı katkıların kullanımı, betonda şu olumlu etkileri gösterir.

1. Sabit işlenebilmede su gereksinimi % 6,5'ten fazla azalabilir.
2. Her yaştaki basınç dayanımı % 10'dan fazla artabilir.
3. Daha dolu bir beton elde edilerek donma-çözölmeye, agresiv ortama dayanıklılık artar, geçirimsizlik sağlanır ve yüzey görünümü düzelir.

Olumsuz etkileri ise şöyle sıralayabiliriz;

1. Priz gecikebilir.
2. Rötire artabilir.
3. Çökme kaybı meydana gelebilir. [3]

2.1.4 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Etki Mekanizması

Normal akışkanlaştırıcı katkıları beton içine hava sürükleyerek ve çimento tanelerinin birbirlerine yapışmasını, topaklaşmasını önleyerek etki gösterirler. Akışkanlaştırıcı madde çimento taneleri tarafından adsorbe edilmeleri sonucu tane yüzeyine çökelir. Tane yüzeyine çökelen bu maddelerin oluşturduğu film negatif elektrik yüklüdür. Bu şekilde negatif elektrik yüklenen taneler birbirlerini ittiklerinden bu maddelerin dağıtıcı etkisi ortaya çıkar. Bu maddelerin topaklaşmayı önlemeleri ve aynı zamanda tanelerin birbirleri üzerinde kaymalarını kolaylaştırdıklarından yağlayıcı etki göstermeleri, betonun iç sürtünmesini azaltır, bu da betonun işlenebilme yeteneğinin artmasına neden olur. [5]

2.2 Betonda Durabilite Özelliği

Betonun, yıllar boyunca dış etkilere ve betonun bileşenlerinden ileri gelen faktörlerden olumsuz olarak etkilenmeyerek mukavemetini ve diğer niteliklerini kaybetmemesine durabilite özelliği denir. Betonun ana niteliklerinden olan durabilite (dayanıklılık) mukavemet kadar önemlidir. Dayanıklı bir beton, çevresinin etkisinde

ilk şeklini, niteliklerini ve hizmet görme yeteneğini uzun süre kaybetmeyen betondur. [14,15]

Dış ortam sertleşmiş betonu fiziksel ve kimyasal yönden hasara uğrattır. Fiziksel etkenler arasında donma-çözülme, ard arda oluşan ıslanma ve kurumayı, trafik araçlarının, kum fırtınalarının, deniz, göl ve ırmaklarda meydana gelen dalgaların yaptığı aşınmaları, kimyasal etkenler arasında ise asitli, sülfatlı, klorlu sular, alkali-agrega reaksiyonu ve atmosferin varlığını sayabiliriz. Betona zarar veren nedenlerden bazıları da biyolojik kökenlidir. Bunlara örnek olarak aerobik, anaerobik bakteriler ve yosunları verebiliriz.

Hemen hemen tüm durabilite problemlerinde ilk çare boşluk oranı düşük dolu bir beton üretebilmektir. Dolu bir beton mekanik yönden yüksek mukavemetli olması yanında aynı zamanda geçirimsizdir. [1]

2.2.1 Betonda Geçirimsizlik Özelliği

Belirli bir basınç altındaki sıvının, pratikte en çok karşılaşılan suyun, cismin bir yüzünden girmesi, cismin içerisinde ilerlemesi ve karşı yüzden dışarıya çıkması geçirimsizlik olayı olarak tanımlanır. [16]

Betonun dayanıklılığı birinci derecede onun geçirimsizliğine bağlıdır. Eğer malzeme geçirimsiz ise suda erimiş halde bulunan zararlı maddeler beton içine nüfuz edemez, dolayısıyla beton dayanıklılık gösterir. Betonun geçirimsizliği, kütle içindeki boşlukların mevcudiyeti ile ilgilidir. Eğer boşluklar birbirleri ile bağlantılı, sayı ve boyut olarak büyükse, zararlı maddeler bu yollardan beton kütesine girerek hasara yol açacaktır. [17]

Geçirimsizlik, betonun durabilitesinde bir anahtar olarak düşünülmelidir. Bu konuda, Mehta sülfat etkisini önlemede, betonun geçirimsizliğinin kontrol altına alınmasının, çimento kimyasının kontrolünden daha önemli olduğunu söylemiştir. [18]

Kılcal su akımı ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda ise, iyi kür edilmiş çimento hamurunda boşluk hacminin yüksek olması durumunda bile geçirimsizliğin düşük

olacağı saptanmıştır. Bu, kılcal boşluklardaki sürekliliğin hidratasyon ürünleri tarafından önlenmesi sebebi ile olur. [19]

Geçirimsizliği etkileyen faktörler içerisinde en etkili olanı, beton içindeki su miktarıdır ve buna bağlı olarak su/çimento oranıdır. Bu konuda harçlarla yapılan bir çalışmada su/çimento oranı azaldıkça kompasite ve birim ağırlığın arttığı, 0,50 değeri için maksimumdan geçerek 0,35 değerinde tekrar azaldığı görülmüştür. Kılcal su emme ve geçirimsizlik katsayılarının ise su/çimento oranı azaldıkça azaldığı, 0,50 değeri için minimumdan geçerek 0,35 değerinde tekrar arttığı görülmüştür. Teorik olarak su/çimento oranı azaldıkça harç bünyesindeki boşlukların azalması, dolayısıyla kompasitenin ve birim ağırlığın artması, kılcallığın ve geçirimsizliğin azalması beklenir. Rose, yaptığı çalışmalarda yaklaşık 0,25 değeri için sıfır geçirimsizlik değerine ulaşmıştır. [20]

Uygun seçim yapılarak elde edilen malzeme, uygun karışımla ve gerekli dikkat gösterilerek yapılan yerleştirme, sıkıştırma ve kür işlemlerine tabi tutulursa, Portland çimentolu betonda yeterli geçirimsizlik bir çok amaç için sağlamış olur. Boşlukların sebebi olan bu analiz bize gösteriyor ki en yoğun ve en geçirimsiz beton, ayrışma olmadan tam sıkışma ve yeterli işlenebilirliği, su/çimento oranının azaltılarak minimum tutarlılığa ulaştırılması ile sağlanır. [21]

Betonda geçirimsizliği etkileyen önemli bir etkende çimento cinsi ve miktarıdır. Çimentonun minerolojik ve kimyasal yapısı hidratasyon reaksiyonlarının gidişini ve hidratasyon ürünlerini değiştirerek geçirimsizliği etkilemekte, incelik, özgül yüzey arttıkça kompasite iyileşmekte, boşluklar süresizleşmekte ve bunun sonucunda da geçirimsizlik azalmaktadır.

Geçirimsizlik üzerinde önemli etkisi olan bir diğer etkende işlenebilirliği iyileştiren ve dolayısıyla su/çimento oranını azaltarak kompasiteyi arttıran kimyasal katkılarıdır. [22]

Geçirimsiz bir beton elde etmek için su/çimento oranını düşürmek, başarılı bir yerleştirme yapmak, uzun ve yeterli kür uygulamak gerekir. Bu genel koşullar dışında çevre etkisine bağlı olarak çimento türünün ve minimum miktarının belirlenmesi, agreganın etüdü, katkı maddesine karar verme gibi problemler de halledilmelidir. [15]

Basınçlı geçirimsizlik için plastifiyan adı verilen çok yüksek özgül alana sahip tozlar kullanılır. Bunların puzolanik aktiflikleri varsa daha yararlıdırlar. Kılcal su geçirimsizliği için ise su itici niteliğe sahip katkılardan yararlanılır. [1]

2.2.2 Betonda Sülfat Etkisi

2.2.2.1 Sülfatın Doğada Bulunuşu

Katı haldeki tuzların betona etkisi olmamasına rağmen, çözelti halindeki tuzlar, hidrate olmuş çimento hamuruyla reaksiyon verirler. Bunlardan özellikle yaygın olanları toprakta ve yer altı suyunda bulunan sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum sülfatlarıdır. Kalsiyum sülfatın çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle, yüksek sülfat içerikli yer altı suları kalsiyum sülfat kadar diğer sülfatları da içerir. Gerçekte bu durumun önemi diğer sülfatların yalnızca Ca(OH)_2 ile değil çimentonun hidratasyonunun çeşitli ürünleriyle reaksiyon vermesidir. [8]

Yer altı suyunda genellikle karbonik asit, magnezyum tuzları ve sülfatlar bulunabilir. Bu nedenle yer altı suları beton için oldukça tehlikelidir. Özellikle jips yatakları civarında kapalı havza yer altı sularında fazla miktarda çözünmüş sülfat tuzları bulunur. Bataklık sularında bulunan sülfat ve sülfür bileşenleri de hasara sebep olabilirler. Bu sülfatlar genellikle doğal kaynaklıdır fakat gübrelerden ve endüstriyel atıklardan da oluşabilir. [8,22]

Deniz sularıyla temas halinde olan betonlarda da en zararlı etkiyi sülfatlar oluşturur. Deniz suyunda sülfat konsantrasyonu çok fazla olmamakla beraber kılcallık nedeniyle beton boşluklarına dolan tuzlu suyun buharlaşması sonucu boşluklarda sülfat iyonu konsantrasyonu giderek çoğalır ve hasara sebep olur. [22]

Amerika'da da yaygın olarak kullanılan Kanada standartlarında, kritik sülfat değerleri Tablo 2.1'de görüldüğü gibidir. Bu tabloya göre, sülfat miktarı yer altı suyunda 150 ppm' den, toprakta ise % 0,1 değerinden daha az ise özel bir önlem almaya gerek yoktur. Kanada standartlarında belirtilen çimento tipleri 10, 20, 30, 40 ve 50, A.S.T.M. standartlarında Tip 1, 2, 3, 4 ve 5'e karşılık gelmektedir. [23]

Tablo 2.1 Topraktaki ve Yer altı suyundaki Sülfat Miktarına Göre Betonda Kullanılması İstenen Çimento Tipleri ve Su/Çimento Oranları

Sülfatın Etki Derecesi	Topraktaki Toplam (SO ₄) Miktarı (%)	Topraktaki Suda Çözünebilen (SO ₄) Miktarı (%)	Yeraltısuyundaki (SO ₄) Miktarı (mg/l)	Kullanılacak Çimento Tipi	Maksimum Su/Çimento Oranı
İhmal Edilebilir	< 0,10	-	<150	10, 20, 30, 40 veya 50	-
Hafif	0,10-0,20	-	150-1000	20, 40 veya 50	0,50
Önemli	-	0,20-0,50	1000-2000	50	0,50
Şiddetli	-	>0,50	>2000	50	0,45

2.2.2.2 Sülfatın Beton Üzerindeki Etki ve Hasar Mekanizması

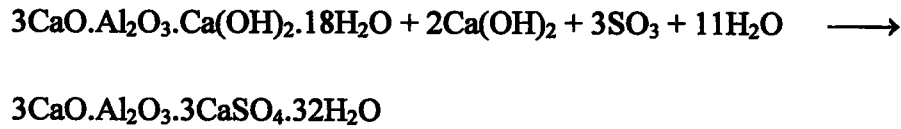
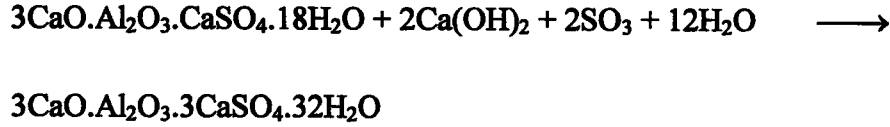
Sülfatın betona etkisi, hidrate olmuş Portland çimentosu ile sülfat iyonları arasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar yoluyla olur. Bu etki iki şekilde ortaya çıkar. Birinci etki sülfat anyonlarının, çimento hidratasyon ürünü hidrate kireçle tepkimesi sonucu alçı taşı oluşumudur. Sülfat tuzunun katyon türüne bağlı olarak alçı taşı ile birlikte teşekkül eden reaksiyon ürünü, NaOH gibi suda eriyen veya Mg(OH)₂ gibi suda erimeyen türde olabilir. Yan ürünün eriyebilirliğine bağlı olarak korozyon daha şiddetli olabilir. Örneğin sodyum sülfat, magnezyum sülfata oranla sülfat etkisi açısından daha az zararlıdır. Sodyum sülfatın kimyasal reaksiyonu aşağıda verilmiştir. [22,24]



İkinci ve asıl önemli etki ise Portland esaslı çimentoların ana karma oksit bileşenlerinden trikalsiyum alüminatın (C₃A) sülfatlarla reaksiyona girerek kristal tuz etrenjit (C₃A-3CaSO₄-32H₂O) oluşturmalarıdır. Oluşan yüksek sülfatlı sülfat-alüminat tuz (etrenjit) içerdiği kristal suyunun fazlalığı nedeniyle büyük hacim artışına neden olur. Kristalleşen katı haldeki tuz, betonun boşluk çeperlerinde büyük basınç gerilmeleri meydana getirir ve çatlamlar şeklinde başlayan hasar ileri yaşlarda ayrışma ve yumuşamaya dönüşür. Çimentoların hidratasyon ürünü olan Ca(OH)₂ 'nin sodyum ve magnezyum sülfatlarla kristal alçıtaşına dönüşmesi de sülfat probleminde bir aşamadır. [14,24,25]

Etrenjit'in oluşabilmesi için çimentodaki hidrate trikalsiyum alüminatın bir bölümünün önceden karmaşık bir yapı gösteren monosülfoalüminata dönüşmüş olması lazımdır. Esasen üretim sırasında çimento klinkerine katılan alçıtaşı bu işlevi

yerine getirmektedir. Monosülfoalüminatın formülü $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{CaSO}_4.18\text{H}_2\text{O}$ dur. Çimentoda trikalsiyum alüminat içeriğinin % 6'yı aşması durumunda kalsiyum hidroksit içeren bir diğer karmaşık ürün daha oluşur; $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Ca}(\text{OH})_2.18\text{H}_2\text{O}$. Trikalsiyum alüminatların oluşturduğu bu iki karmaşık üründe sülfat iyonları ve kireçle reaksiyona girerek etrenjite dönüşürler. [14]



Sülfatlar betonlarda ciddi hasarlara yol açabilirler. Nemli ve soğuk ortamlarda sülfat etkisi büyük boyutlara ulaşır. Betonun sülfat etkisiyle genişlemesi ve çatlaması sonucu geçirgenliği artar ve böylece zararlı suların betona girişi daha kolay olur. [25]

Mehta'nın yaptığı çalışmalarda, sülfatlarla ilgili olarak oluşan genleşmelere etrenjitin neden olduğuna ait fikir birliği olmakla beraber, etrenjit oluşumunun genleşmeye sebep olma şekillerinde tam bir anlaşmanın olmadığı söylenmektedir. Çoğu araştırmacı genleşmeye neden olan faktörleri iki farklı sebebe dayandırmaktadır.

1. Etrenjit kristalinin büyümesi ile ortaya çıkan basınç

2. Nispeten az kristalize olmuş etrenjit tarafından alkalın ortamda suyun adsorbe edilmesi nedeniyle meydana gelen şişme

Bunlara ek olarak katyon değişim reaksiyonlarından doğan alçı oluşumu da nispeten düşük düzeyde genişlemelere neden olur. Mehta'nın kimyasal reaksiyonlarla ilgili yaptığı gözlemlere göre, sertleşmiş çimento hamurunun alçı tarafından hasara uğratılması, sertliğin ve mukavemetin azalması ile bunları genişleme ve kırılmanın izlemesi sonucunda gerçekleşmektedir. [26]

Sülfatlı suların etkisiyle meydana gelen hasarların incelenmesinden, etrenjitten farklı bir sülfat bileşimi bulunmuştur. Bu $\text{Ca}_3\text{Si}(\text{OH})_6.12\text{H}_2\text{O}.\text{SO}_4.\text{CO}_3$ formülü ile

bilinen tomasittir. Bu mineralin oluşmasında asıl etkin jips ve ortamdaki su içindeki sülfat miktarıdır. Bu maddenin oluşması için ortamda rutubet, düşük sıcaklık (+4°C), çimentodaki alümin miktarının % 0,4-% 1 arasında kalması ve jipsin de % 1'den daha büyük bir değer alması gereklidir. Bu koşulların gerçekleşmesi halinde tomasit oluşabilir ve iki hafta gibi çok kısa bir zamanda, betonda tahribata neden olabilir. [16]

Sülfat etkisinde bir önemli noktada çözelti PH değerleridir. Yapılan bir çalışmada, numuneler % 5'lik Na₂SO₄ çözeltisine konmuş, Ca(OH)₂'nin birkaç saat içerisinde çözünmesi sonucu çözelti PH'ı 7 değerinden 12-12,5 değerine yükselmiştir. Her ne kadar numuneler başlangıçta PH değeri 7,5-8 olan çözeltiye konmuş olsalar da, aslında uzun bir süre PH değeri 12-12,5 olan çözeltide durmuşlardır. Çözelti değerinin 12-12,5 olması yalnızca etrenjit oluşumunun gerçekleşmesine ve bunun sonucunda genişlemeye neden olurken, PH değerinin 8-11,5 arasında olması alçıtaşı oluşumunu ve C-S-H'ın bozulmasıyla birlikte matrisin zayıflamasına, bunun sonucunda da mukavemet kaybı ve genişlemeye neden olur. [18]

Sülfatlı sularla temas halinde olan yerlerde alınması gereken önlemler arasında geçirimsizliği düşük, çimento dozajı yüksek, su/çimento oranı düşük bir beton üretmek gerekir. Bununla beraber suyun ve zeminin sülfat miktarının belirlenmesi ve ona göre de uygun çimento seçilmesi gereklidir. Özel durumlarda özel bir yalıtımla yapıyı koruma yoluna gidilmelidir. [22]

2.3 Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Durabiliteye Etkisi

Sülfatlı suların etkisi, örneğin deniz suyunun, çimento hamuru yüzeyinde oluşur. Bu yüzden, sülfat etkisinin hızı aslında betondaki çimento hamurunun geçirimsizliğine ve çimentonun sülfata dayanıklılığına bağlıdır.

Su azaltıcı katkıların kullanımı sonucu su/çimento oranındaki azalma ve bunun etkisiyle de sülfatın beton içine nüfuz etmesinin azaldığı varsayılır. Yapılan çalışmalarda katkı ile iyileştirilmiş betonda kontrol betonuna göre daha düşük genişleme meydana geldiği görülmüştür. Bunun nedeni ise sülfat iyonu ile alüminat arasındaki reaksiyonun azalmasıdır. Wallace ve Ore su azaltıcıların su/çimento

oranını düşürmek ve daima beton yapıların sülfat etkisine dayanımını arttırmak için kullanıldığını bulmuşlardır. [2]

Normal akışkanlaştırıcı katkıları taze betonda iyi işlenebilme ve yerleşebilmeyi sağlayarak durabiliteyi arttırmalıdır.

Normal akışkanlaştırıcıların temelinde hidroksikarboksilik asit ve kalsiyum linyosülfonat tipi maddeler vardır ve bunlar sülfata dayanıklılığın gelişiminde öncülük ederler.

Sonuç olarak betonda linyosülfonat ve hidroksikarboksilik asitli akışkanlaştırıcıların kullanımı su/çimento oranında azalmaya ve bununla beraber sülfat etkisine karşı durabilitede bir artışa sebep olurlar. [27]

2.4 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Beton üretiminde kimyasal katkıların kullanımının giderek yaygınlaşması, üretici firmaları daha ucuz ve kolay elde edilebilir katkı hammaddesi bulmaya zorlamıştır. Bunun sonucunda da melas, son yıllarda normal akışkanlaştırıcı katkıların üretiminde hammadde olarak kullanılmaya başlanmıştır. Melasın linyosülfonata göre daha ucuz ve kolay bulunabilmesi bu maddenin kullanımında artışa neden olmuştur.

Bu çalışmada değişik esaslı normal akışkanlaştırıcı katkıların betonda sülfat etkisine direnci incelenmiş ve durabilite açısından melasın linyosülfonat gibi katkı hammaddesi olarak kullanılmasında bir sakınca olup olmadığı araştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan betonlarda, üç farklı yöreden getirtilen melaslarla üretilmiş melas esaslı katkıları ve linyosülfonat esaslı katkı kullanılmıştır. Zararlı ortam olarak Sodyum-Sülfat çözeltisi kullanılmıştır. Numuneler 90 gün boyunca zararlı ortamda bekletilmiştir. Numuneler üzerinde basınç, eğilme, ultrases hızı, ağırlık değişimi, boy değişimi ve kılcallık deneyleri yapılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Kullanılan Malzemeler

3.1.1 Çimento

Üretilen betonlar ve yapılan deneylerin tamamında, Lafarge Aslan Çimento fabrikasında üretilmiş olan PÇ 42,5 dökme çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri sırasıyla Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3 de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Çimentonun Fiziksel Özellikleri

Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	3,14
Blaine Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3033
Kıvam Suyu (%)	28
Priz Başlangıcı	3 saat 29 dk.
Priz Sonu	4 saat 21 dk.
Hacim Sabitliği Le Chatelier (mm)	2

Tablo 3.2 Çimentonun Mekanik Özellikleri

Gün	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	16,6
2	27,6
7	40,9
28	56,2

Tablo 3.3 Çimentonun Kimyasal Özellikleri

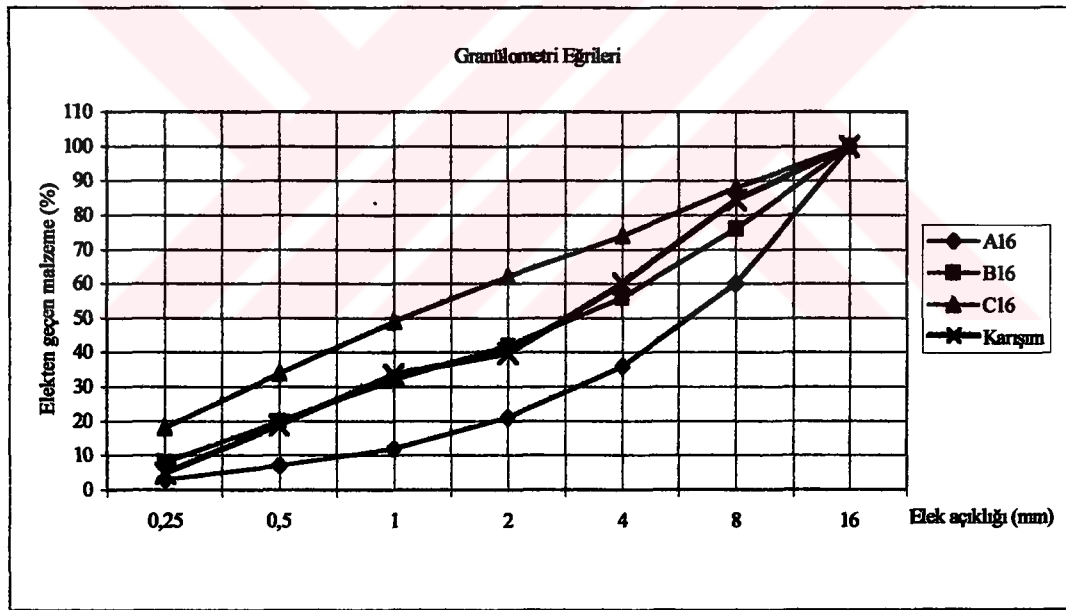
Çözünmez Kalıntı (%)	0,38
MgO (%)	2,26
SO ₃ (%)	3,26
K ₂ O (%)	0,66
Kızdırma Kaybı (%)	0,92
Cl (%)	0,01
Serbest CaO (%)	0,47
C ₃ A (%)	8,2
C ₃ S (%)	52,2

3.1.2 Agrega

Üretilen beton tiplerinin tamamında deniz kumu, kırmataş tozu ve kırmataş I olmak üzere 3 tip agrega kullanılmıştır. Maksimum dane boyutu 16 mm'dir. Deniz kumu kullanılmadan önce elenerek düşük dayanımlı malzemenin betonda kullanılması önlenmiştir. Deneylerde kullanılan agregaların yapılan elek analizi sonuçları ve özgül ağırlıkları Tablo 3.4'te gösterilmiştir. Ayrıca agrega karışımının granülometriside Şekil 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.4 Agrega Elek Analizi Sonuçları ve Özgül Ağırlıkları

Elek Açıklığı (mm)	Elekten Geçen Malzeme (%)							Özgül Ağırlık (kg/m ³)
	16	8	4	2	1	0,5	0,25	
Kırmataş I	100,0	74,2	34,3	10,0	6,0	4,1	2,9	2710
Kırmataş Tozu	100,0	100,0	96,3	59,7	42,0	27,3	13,6	2720
Kum	100,0	100,0	100,0	99,0	94,9	49,2	4,3	2610
Karışım	100,0	84,5	60,0	39,7	33,6	18,8	4,8	



Şekil 3.1 TS 706 Referans ve Karışım Granülometri Eğrileri [28]

3.1.3 Beton Karma Suyu

Beton karma suyu olarak şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.4 Akışkanlaştırıcı Katkı

Üretilen betonlarda 4 adet katkı kullanılmıştır. Kullanılan katkılar ASTM C-494 Standardına göre TipA Su İndirgeyici Katkı ve % 40 melas hammaddesi ile üretilmiş katkılardır. Bunlar sırasıyla, bir katkı firmasından sağlanan linyosülfonat esaslı BV-40 katkısı (TipA) ile Konya, Bor ve Susurluk yörelerinden getirtilen melas ile üretilen melas esaslı katkılardır. Bu katkılar betona çimento ağırlığının % 0,4'ü ve % 0,7'si oranlarında ilave edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda linyosülfonat esaslı katkının özgül ağırlığı 1,19 gr/cm³, melas esaslı katkılarının özgül ağırlıkları ise 1,20 gr/cm³ olarak bulunmuştur.

3.1.5 Sodyum-Sülfat (Na₂SO₄)

Çözelti için saf sodyum sülfat (Na₂SO₄) kullanılmıştır.

3.2 Üretilen Betonların Tipleri ve Kodları

Bu çalışmada 2 tanesi şahit, 12 tanesi katkılı olmak üzere toplam 14 tip beton üretilmiştir. Bütün beton tiplerinde çimento dozajları 270 kg/m³ ve 320 kg/m³, çökme değerleri de 13-16 cm arasında kalacak şekilde üretim yapılmıştır. Sabit çimento dozajında, çökme değerini 13-16 cm arasında tutabilmek için deneme betonları üretilerek su miktarları belirlenmiştir. Katkılı betonlarda katkı, çimento ağırlığının % 0,4'ü ve % 0,7'si oranlarında betona ilave edilmiştir. Üretilen betonların tipleri ve kodlamaları Tablo 3.5'te gösterilmiştir.

Tablo 3.5 Beton Tipleri ve Kodları

Beton Tipi	Beton Kodu	Çimento Dozajı (kg/m ³)	Katkı Oranı (%)	Katkı
270 Şahit	PC270+00	270	0,0	-
270+%0,4 L	PC270+04L	270	0,4	Linyosülfonat
270+%0,4 M1	PC270+04MK	270	0,4	Konya Melası
270+%0,7 L	PC270+07L	270	0,7	Linyosülfonat
270+%0,7 M1	PC270+07MK	270	0,7	Konya Melası
320 Şahit	PC320+00	320	0,0	-
320+%0,4 L	PC320+04L	320	0,4	Linyosülfonat
320+%0,4 M1	PC320+04MK	320	0,4	Konya Melası
320+%0,4 M2	PC320+04MB	320	0,4	Bor Melası
320+%0,4 M3	PC320+04MS	320	0,4	Susurluk Melası
320+%0,7 L	PC320+07L	320	0,7	Linyosülfonat
320+%0,7 M1	PC320+07MK	320	0,7	Konya Melası
320+%0,7 M2	PC320+07MB	320	0,7	Bor Melası
320+%0,7 M3	PC320+07MS	320	0,7	Susurluk Melası

3.3 Üretilen Betonların Bileşimleri

Üretimden hemen sonra taze beton birim ağırlığı belirlenerek betonların gerçek bileşimleri hesaplanmıştır. 1 m³ beton için gerçek bileşimler ve taze beton özellikleri Tablo 3.6’da verilmiştir.

3.4 Numune Boyut ve Şekilleri

Beton üretimleri düşey eksenli cebri karıştırıcılı betoniyerde yapılmıştır. Üretilen her bir karışımdan 6 adet 7x7x28 cm boyutlu prizma ve 7 adet 7x7x7 cm boyutlu küp numune elde edilmiştir. Numuneler kalıptan alındıktan sonra 20±2 °C sıcaklıktaki kirece doymun su içerisinde 28 gün bekletilmiştir. Prizma ve küp numunelerden 2’şer adeti 35. günde yapılacak basınç ve eğilme deneyi için, diğer 4’er adet prizma ve 5’er adet küp numune ise durabilite ve kılcallık deneyi için 28. gün sonunda sudan alınmıştır.

3.5 Sodyum Sülfat Çözeltisinin Hazırlanması

Deneylerde kullanılan çözelti hazırlanırken Na₂SO₄’ün su içerisinde erimesini kolaylaştırmak amacıyla su sıcaklığı 40-50 °C’de tutulmuştur. Çözelti, 90 kg suya 10 kg Na₂SO₄ ilave edilerek hazırlanmıştır. Çözelti PH değerleri, çözeltinin hazırlandığı gün ve 15. günde ölçülmüş, PH değerlerinin 8,5-11,5 arasında kaldığı görülmüştür.

Tablo 3.6 Üretilen Betonların Gerçek Bileşimleri (1 m³ betona giren malzeme miktarları)

Beton Kodu	Çimento (kg)	Su (kg)	Katkı (kg)	Su/Çimento	Kırmataş 1 (kg)	Kırmataş tozu (kg)	Kum (kg)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Taze Beton Özellikleri		Kompasite (m ³ /m ³)
									Çökme (cm)	Hava (%)	
PÇ270+00	277	245	0,00	0,88	1093	274	437	2326	16	0,0	0,760
PÇ270+04L	269	235	1,08	0,87	1091	274	436	2307	14	1,0	0,756
PÇ270+04MK	276	224	1,10	0,81	1112	279	444	2336	15	0,6	0,771
PÇ270+07L	269	218	1,89	0,81	1118	281	447	2335	15	0,9	0,773
PÇ270+07MK	272	214	1,90	0,79	1107	278	442	2315	17	1,9	0,767
PÇ320+00	325	241	0,00	0,74	1070	268	428	2332	13	0,0	0,761
PÇ320+04L	323	215	1,29	0,67	1085	272	434	2331	15	1,6	0,770
PÇ320+04MK	325	229	1,30	0,71	1081	271	432	2340	15	0,4	0,768
PÇ320+04MB	324	228	1,30	0,70	1085	272	434	2344	15	0,3	0,770
PÇ320+04MS	323	224	1,29	0,69	1084	272	434	2338	14	0,8	0,769
PÇ320+07L	323	209	2,26	0,65	1099	276	440	2349	16	1,2	0,778
PÇ320+07MK	324	222	2,27	0,68	1083	272	433	2335	15	1,0	0,768
PÇ320+07MB	325	216	2,27	0,67	1085	272	434	2333	16	1,4	0,770
PÇ320+07MS	321	223	2,25	0,69	1085	272	434	2337	14	0,8	0,769

Ayrıca çözelti, özelliğinin kaybolmaması amacıyla 15 günde bir tekrar üretilmek suretiyle yenilenmiştir.

3.6 Kür Koşulları

Durabilite çalışması için kullanacağımız her tip betondan ayrılan 4 adet küp ve 4 adet prizma numuneler için iki farklı kür koşulu oluşturulmuştur. 2 adet küp ve 2 adet prizma 90 gün boyunca 20 ± 2 °C sıcaklıktaki kirece doymun su içerisinde, diğer 2 adet küp ve 2 adet prizma numune ise 90 gün boyunca çözelti içerisinde bekletilmiştir. Bu numuneler 15 günde bir sudan ve çözeltiden çıkarılarak ağırlık değişimi, boy değişimi ve ultrases hızı ölçümleri yapılarak tekrar aynı kür koşullarında saklanmıştır.

3.7 Taze Beton Deneyleri

Üretilen betonlarda çökme değerini 13-16 cm arasında tutabilmek amacıyla deneme betonları üretilip bir ön yaklaşım yapılarak su miktarları belirlenmiştir. Belirlenen su miktarları ile gerçek betonlar üretilmiş, bu betonlarda çökme değerlerinin 13-16 cm arasında kalması sağlanmış ve gerçek birim ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu bilgiler kullanılarak belirlenen, betonların gerçek bileşimleri ve taze beton özellikleri Tablo 3.6 da verilmiştir.

3.8 Sertleşmiş Beton Deneyleri

Sertleşmiş numuneler üzerinde basınç ve eğilme deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler için her tip betondan altı adet küp ve altı adet prizma numune kullanılmıştır. 28 gün 20 ± 2 °C sıcaklıktaki kirece doymun su içerisinde bekletilmiş numuneler, 28. gün sonunda sudan alınarak % 70 bağıl neme sahip odada 7 gün daha bekletilmiştir. 35. günde 2 adet küp numune üzerinde basınç, 2 adet prizma numune üzerinde eğilme ve basınç deneyleri yapılmıştır. Diğer 4'er adet küp ve prizma numunelerden 2'ser adedi 20 ± 2 °C sıcaklıktaki kirece doymun su içersine, 2'ser adedi de % 10'luk Na_2SO_4 çözeltisi içersine konmuştur.

Suya ve çözeltiye konan numuneler, her 15 günde bir sudan ve çözeltiden alınarak 50 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutulmuş ve bu numuneler üzerinde ultrases hızı, ağırlık değişimi ve boy değişimi ölçümleri yapılmıştır. 90 Gün boyunca suda ve çözeltide bekletilen bu numunelerin, üretim tarihlerini takip eden 125. Gün sonunda basınç ve eğilme deneyleri yapılmak suretiyle mukavemetleri belirlenmiştir.

3.9 Çimento Hamuru-Katkı Karışımında Priz Süresi Tayini

Normal akışkanlaştırıcı katkıların ana işlevi olan su azaltıcı özelliğinin yanında ikincil bir etki olarak göze çarpan priz geciktirici özellikleri vardır. Bu nedenle, çalışma sırasında kullanılan katkıların, priz başlama ve bitiş sürelerini ne oranda değiştirdiğini belirlemek amacıyla çimento hamuru-katkı karışımları ile priz deneyleri yapılmıştır. Priz süresi deneyi için 1'i şahit 8'i katkılı olmak üzere toplam 9 adet numune üretilmiştir. Üretilen bütün numunelerde yoğurma suyu miktarları eşit alınmıştır. Katkılı numuneler üretilirken, katkı miktarı kadar su azaltılmış ve yerine katkı kullanılmak suretiyle yoğurma suyu değeri sabit tutulmuştur. Üretilen numunelerin kodları Tablo 3.7'de verilmiştir. Deneyler için elektronik priz süresi ölçme aleti kullanılmıştır.

Tablo 3.7 Çimento Hamuru-Katkı Karışımı Kodları

Çimento Hamuru Kodu	Katkı Oranı (%)	Katkı
Şahit	0,0	-
% 0,7L	0,7	Linyosülfonat
% 0,7MK	0,7	Konya Melası
% 0,7MB	0,7	Bor Melası
% 0,7MS	0,7	Susurluk Melası
% 0,4L	0,4	Linyosülfonat
% 0,4MK	0,4	Konya Melası
% 0,4MB	0,4	Bor Melası
% 0,4MS	0,4	Susurluk Melası

4. DENEY SONUÇLARI

4.1 Taze Beton Deney Sonuçları

Taze betonlar üzerinde çökme ve birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Çökme deneyi TS 2871'e göre üst çapı 10 cm, alt çapı 20 cm ve yüksekliği 30 cm olan kesik koni kullanılarak yapılmıştır. Birim ağırlık deneyi için 20x20x20 cm boyutlu, 8 lt hacimli kap kullanılmıştır. Belirlenen birim ağırlıklar kullanılarak betondaki gerçek hava miktarı ve kompasite değerleri hesaplanmıştır. Taze beton deneyi ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.1'de gösterilmiştir. [29]

Tablo 4.1 Taze Beton Deney Sonuçları

Beton Kodu	Su (kg)	Su/Çimento (%)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Çökme (cm)	Hava (%)	Kompasite m ³ /m ³
PC270+00	245	0,88	2326	16	0,0	0,760
PC270+04L	235	0,87	2307	14	1,0	0,756
PC270+04MK	224	0,81	2336	15	0,6	0,771
PC270+07L	218	0,81	2335	15	0,9	0,773
PC270+07MK	214	0,79	2315	17	1,9	0,767
PC320+00	241	0,74	2332	13	0,0	0,761
PC320+04L	215	0,67	2331	15	1,6	0,770
PC320+04MK	229	0,71	2340	15	0,4	0,768
PC320+04MB	228	0,70	2344	15	0,3	0,770
PC320+04MS	224	0,69	2338	14	0,8	0,769
PC320+07L	209	0,65	2349	16	1,2	0,778
PC320+07MK	222	0,68	2335	15	1,0	0,768
PC320+07MB	216	0,67	2333	16	1,4	0,770
PC320+07MS	223	0,69	2337	14	0,8	0,769

4.2 Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

4.2.1 Basınç Deneyi Sonuçları

Basınç deneyi, 7x7x7 cm boyutlu küp numuneler üzerinde, 500 kN kapasiteli Amsler marka beton presi kullanılarak yapılmıştır. 28. günde 20±2 °C sıcaklıktaki

kirece doymun su içerisinden çıkarılıp, 35. güne kadar % 70 bağıl neme sahip odada bekletilen kp numunelerden 2 adedi, 35. günde basınç deneyine tabi tutulmuştur. Su ve çözelti içerisinde bekletilen numuneler ise 125. günde kırılarak basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Bütün numuneler kırılmadan önce 50 C sıcaklıktaki etüvde 24 saat bekletilmiştir. Basınç mukavemetleri 4.1 bağıntısı ile hesaplanmıştır. Elde edilen basınç mukavemeti değerleri, Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Ayrıca eğilme deneyinden sonra oluşan parçalar üzerinde de basınç deneyi yapılarak basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Bu değerler Tablo A.1’de verilmiştir.

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

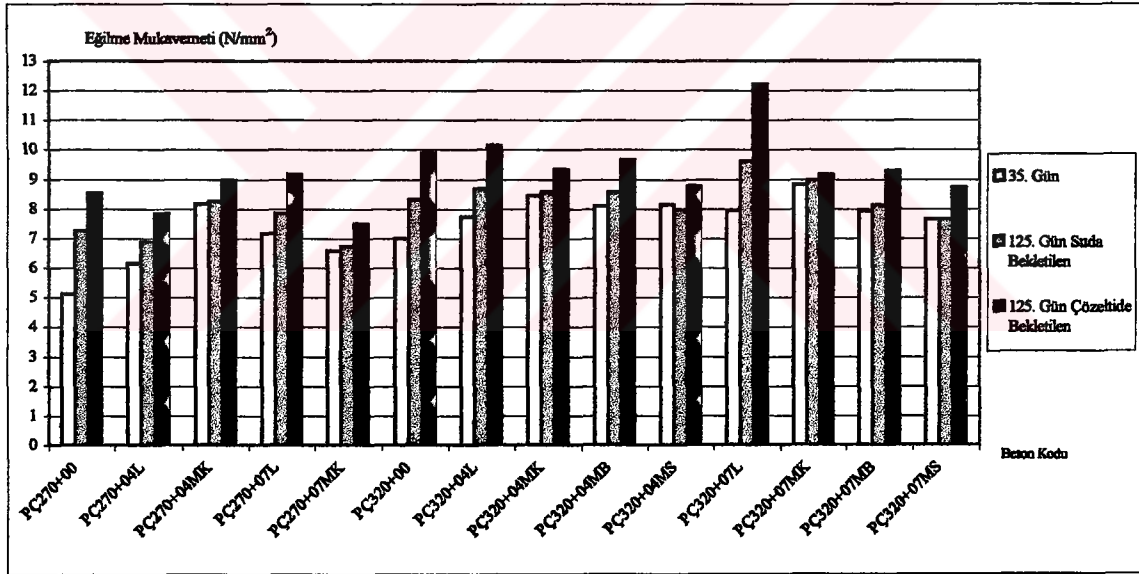
Bu bağıntıda, P (N) uygulanan basınç kuvvetini, A (mm²) basınç kuvvetinin uygulandığı alanı, σ_b (N/mm²) de basınç mukavemetini göstermektedir.

Tablo 4.2 Basınç Mukavemeti Sonuçları

Beton Kodu	35. Gün (N/mm ²)	125. Gün Suda Bekletilen (N/mm ²)	125.Gün zeltide Bekletilen (N/mm ²)
P270+00	33,3	33,0	35,3
P270+04L	38,6	38,0	38,8
P270+04MK	41,5	43,6	44,5
P270+07L	40,2	40,7	42,7
P270+07MK	30,1	33,8	36,8
P320+00	45,3	47,3	47,4
P320+04L	53,0	53,2	52,8
P320+04MK	41,6	40,4	41,2
P320+04MB	44,7	46,9	46,8
P320+04MS	51,5	51,5	51,1
P320+07L	56,8	55,5	55,5
P320+07MK	48,1	52,3	51,4
P320+07MB	52,7	54,8	53,1
P320+07MS	48,7	50,1	46,7

Tablo 4.3 Eğilme Mukavemeti Sonuçları

Beton Kodu	35. Gün (N/mm ²)	125. Gün Suda Bekletilen (N/mm ²)	125. Gün Çözeltide Bekletilen (N/mm ²)
PÇ270+00	5,1	7,3	8,5
PÇ270+04L	6,2	6,9	7,8
PÇ270+04MK	8,2	8,3	9,0
PÇ270+07L	7,2	7,8	9,2
PÇ270+07MK	6,6	6,7	7,5
PÇ320+00	7,0	8,3	9,9
PÇ320+04L	7,7	8,7	10,1
PÇ320+04MK	8,4	8,6	9,3
PÇ320+04MB	8,1	8,6	9,7
PÇ320+04MS	8,1	8,0	8,8
PÇ320+07L	8,0	9,6	12,2
PÇ320+07MK	8,8	9,0	9,2
PÇ320+07MB	7,9	8,1	9,3
PÇ320+07MS	7,6	7,6	8,7

**Şekil 4.2 Eğilme Mukavemeti Değişimleri****4.2.3 Ultrases Hızı Sonuçları**

Ultrases hızı ölçümü, basınç ve eğilme deneyleri yapılmadan hemen önce bütün numuneler üzerinde yapılmıştır. Ayrıca, su ve çözeltide bekletilen numunelere 15 günde bir ölçüm yapılmıştır. Ultrases hızı ölçülürken, numunelerin karşılıklı iki yüzüne gres yağı sürülmüştür. Daha sonra numune ses verici ve alıcı problemlerin

arasına yerleştirilmiş ve sesin numune boyunca geçiş süresi mikrosaniye cinsinden ölçülmüştür.

Ultrases hızı değerleri 4.3 bağıntısı ile hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te gösterilmiştir. Ayrıca, 15 günde bir prizma ve küp numunelerde ölçülen ultrases hızı değerleri Tablo A.2-Tablo A.29'da verilmiştir.

$$V = \frac{l}{t} \quad (4.3)$$

Bu bağıntıda, V (km/sn) ultrases hızını, l (km) numune boyunu ve t (sn) ultrases geçiş süresini ifade etmektedir.

Tablo 4.4 Ultrases Hızı Sonuçları (Prizma Numuneler İçin)

Beton Kodu	35. Gün (km/sn)	125. Gün Suda Bekletilen (km/sn)	125. Gün Çözeltide Bekletilen (km/sn)
PC270+00	4,38	4,48	4,51
PC270+04L	4,33	4,36	4,49
PC270+04MK	4,63	4,68	4,73
PC270+07L	4,46	4,53	4,59
PC270+07MK	4,48	4,62	4,71
PC320+00	4,47	4,53	4,55
PC320+04L	4,63	4,69	4,73
PC320+04MK	4,64	4,75	4,80
PC320+04MB	4,65	4,73	4,84
PC320+04MS	4,64	4,65	4,69
PC320+07L	4,70	4,77	4,78
PC320+07MK	4,71	4,72	4,75
PC320+07MB	4,68	4,80	4,88
PC320+07MS	4,66	4,66	4,69

Tablo 4.5 Ultrases Hızı Sonuçları (Küp Numuneler İçin)

Beton Kodu	35. Gün (km/sn)	125. Gün Suda Bekletilen (km/sn)	125. Gün Çözeltide Bekletilen (km/sn)
PÇ270+00	4,55	4,56	4,68
PÇ270+04L	4,55	4,55	4,56
PÇ270+04MK	4,67	4,84	4,95
PÇ270+07L	4,74	4,75	4,83
PÇ270+07MK	4,52	4,78	4,83
PÇ320+00	4,70	4,75	4,79
PÇ320+04L	4,79	4,76	4,83
PÇ320+04MK	4,67	4,90	4,98
PÇ320+04MB	4,80	5,02	4,95
PÇ320+04MS	4,88	4,90	4,90
PÇ320+07L	4,98	5,04	5,02
PÇ320+07MK	4,88	4,98	4,91
PÇ320+07MB	4,85	4,93	4,96
PÇ320+07MS	4,76	4,79	4,86

4.2.4 Ağırlık Değişimi Sonuçları

Ağırlık değişimi ölçümleri, su ve çözelti içerisinde bekletilen numunelerde yapılmıştır. 90 gün boyunca, her 15 günde bir numuneler sudan ve çözeltiden çıkarılan numuneler 24 saat 50 °C sıcaklıktaki etüvde bekletildikten sonra 0,1 gr hassasiyetli terazide tartılmışlardır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de verilmiştir. Ayrıca, 15 günde bir prizma ve küp numunelerde yapılan ağırlık ölçümü sonuçları Tablo A.30-Tablo A.57’de verilmiştir.

Tablo 4.6 Ağırlık Değişimi Sonuçları (Prizma Numuneler İçin)

Beton Kodu	Ağırlık Artışı (%)	
	Suda Bekletilen	Çözeltide Bekletilen
PÇ270+00	2	3
PÇ270+04L	2	3
PÇ270+04MK	1	2
PÇ270+07L	2	3
PÇ270+07MK	1	2
PÇ320+00	2	3
PÇ320+04L	1	2
PÇ320+04MK	1	2
PÇ320+04MB	1	2
PÇ320+04MS	1	2
PÇ320+07L	1	2
PÇ320+07MK	1	1
PÇ320+07MB	2	2
PÇ320+07MS	1	1

Tablo 4.7 Ağırlık Değişimi Sonuçları (Küp Numuneler İçin)

Beton Kodu	Ağırlık Artışı (%)	
	Suda Bekletilen	Çözeltide Bekletilen
PÇ270+00	2	4
PÇ270+04L	3	4
PÇ270+04MK	2	2
PÇ270+07L	2	3
PÇ270+07MK	2	2
PÇ320+00	2	3
PÇ320+04L	1	2
PÇ320+04MK	1	2
PÇ320+04MB	2	2
PÇ320+04MS	1	2
PÇ320+07L	1	2
PÇ320+07MK	1	1
PÇ320+07MB	1	1
PÇ320+07MS	1	2

4.2.5 Boy Değişimi Sonuçları

Boy değişimi ölçümleri, su ve çözeltide bekletilen prizma numuneler üzerinde yapılmıştır. 90 gün boyunca, her 15 günde bir sudan ve çözeltiden çıkarılan numuneler, 24 saat 50 °C sıcaklıktaki etüvde bekletildikten sonra mikrometre aleti ile boy ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.7’de verilmiştir. Ayrıca, 15 günde bir yapılan boy değişimi sonuçları Tablo A.58-Tablo A.71’de gösterilmiştir.

Tablo 4.8 Boy Değişimi Sonuçları (Prizma Numuneler İçin)

Beton Kodu	Suda Bekletilen (%)	Çözeltide Bekletilen (%)
PÇ270+00	0,0	0,0
PÇ270+04L	-0,1	0,0
PÇ270+04MK	0,1	0,1
PÇ270+07L	0,0	0,0
PÇ270+07MK	0,0	0,0
PÇ320+00	0,0	0,0
PÇ320+04L	0,0	0,0
PÇ320+04MK	0,0	0,0
PÇ320+04MB	0,0	0,0
PÇ320+04MS	0,0	0,0
PÇ320+07L	0,0	0,1
PÇ320+07MK	0,0	0,0
PÇ320+07MB	0,0	0,0
PÇ320+07MS	0,0	0,0

4.2.6 Kılcallık Deneyi Sonuçları

Kılcallık deneyi, 7x7x7 cm boyutlu küp numuneler ile yapılmıştır. Kılcallık deneyine başlanmadan önce numuneler 50 °C sıcaklıktaki etüvde 48 saat bekletilmiş ve daha sonrada oda sıcaklığına gelene kadar soğumaya bırakılmıştır. Numuneler, sadece alt yüzeyinden su girişine izin verilecek şekilde hazırlanmış, bunu sağlamak içinde numunelerin su ile temas edecek yükseklikteki yan yüzleri parafinle kaplanmıştır. Numunelerin önce kuru ağırlıkları sonra sırasıyla 1., 4., 9., 16., 25., 36., 49. dakikalardaki ve son olarak ta 24. saatteki ağırlıkları 0,1 gr hassasiyetli terazide ölçülerek betona belirtilen sürelerde giren su miktarları tespit edilmiştir. Örnek olarak 270+00 kodlu betonun kılcallık katsayısı detaylı olarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.8 ile Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Diğer kılcallık katsayıları da aynı şekilde hesaplanarak sonuçlar Tablo 4.9’da verilmiştir. Ayrıca kılcal su emme deneyi sırasında ölçülen ağırlık değişim miktarları Tablo A.72’de gösterilmiştir.

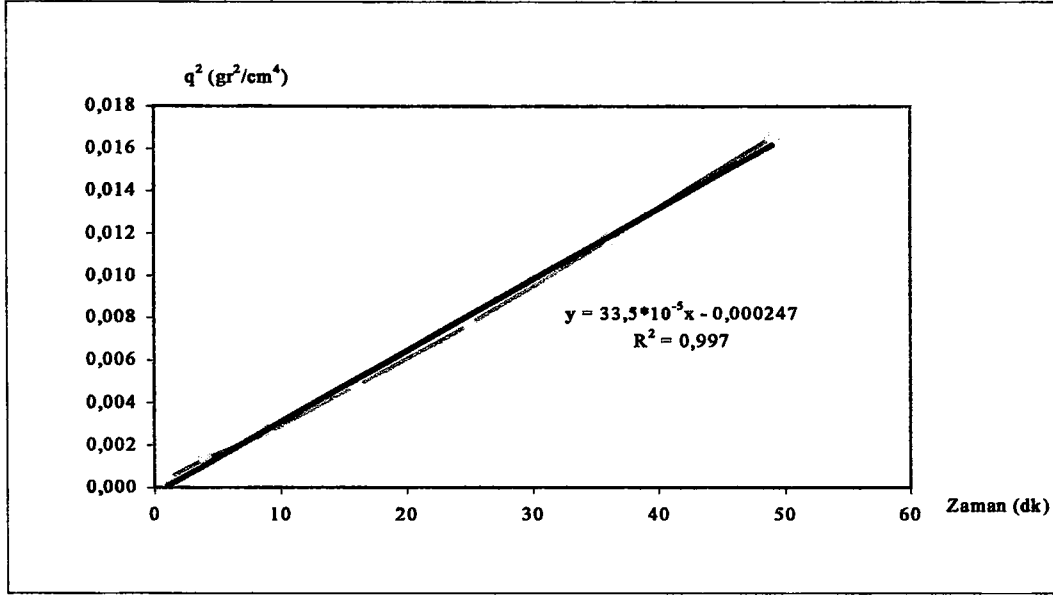
Kılcallık deneyi yapılırken Uyan’ın çalışmaları gözönünde bulundurulmuş ve kılcallık katsayıları (4.4) bağıntısı ile elde edilmiştir. [30]

$$q^2=k.t \quad (4.4)$$

Burada; q (gr/cm^2) birim alandan emilen su miktarını, k (cm^2/dk) kılcallık katsayısını ve t (sn) de kılcal su emme süresini göstermektedir.

Tablo 4.9 270+00 Kodlu Betona Ait Kılcallık Deneyi Sonuçları

Zaman (dk)	Numune Ağırlığı (gr)	Q (Emilen Su) (gr)	A (Alan) (cm^2)	$q^2=(Q/A)^2$ (gr^2/cm^4)
0	776,6	0	49	0
1	777,6	1	49	$41,6 \times 10^{-5}$
4	778,4	1,8	49	$134,9 \times 10^{-5}$
9	779,1	2,5	49	$260,3 \times 10^{-5}$
16	780	3,4	49	$481,5 \times 10^{-5}$
25	780,9	4,3	49	$770,1 \times 10^{-5}$
36	781,9	5,3	49	$1169,9 \times 10^{-5}$
49	782,9	6,3	49	$1653,1 \times 10^{-5}$



Şekil 4.3 270+00 Kodlu Betona Ait Kılcallık Katsayısı İçin Regresyon Grafiği

Tablo 4.10 k Kılcallık Katsayıları

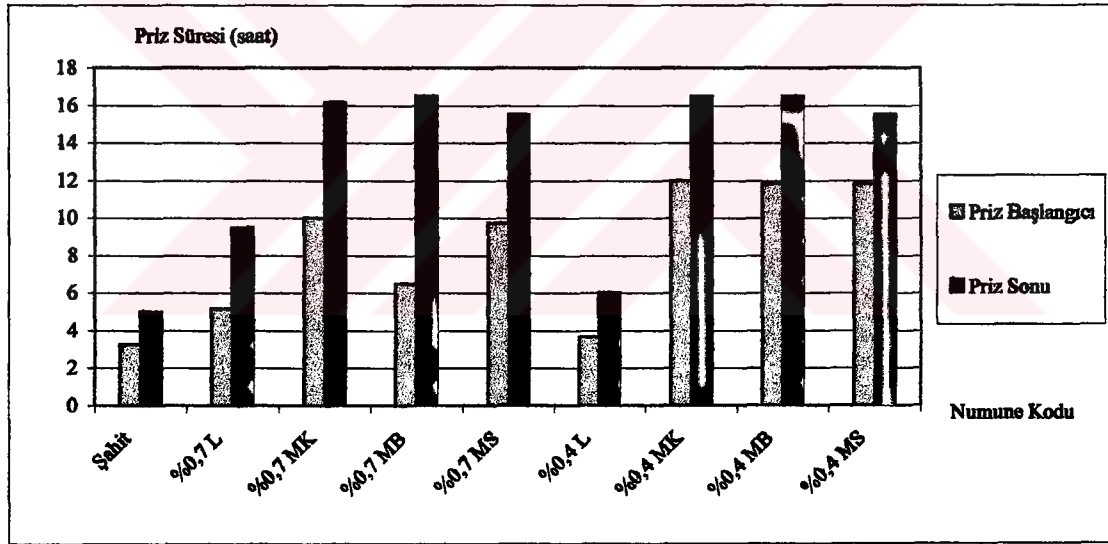
Beton Kodu	k (cm ² /dk)x10 ⁻⁵
PÇ270+00	33,5
PÇ270+04L	18,1
PÇ270+04MK	4,0
PÇ270+07L	13,3
PÇ270+07MK	3,5
PÇ320+00	20,9
PÇ320+04L	12,1
PÇ320+04MK	3,9
PÇ320+04MB	2,6
PÇ320+04MS	4,0
PÇ320+07L	4,2
PÇ320+07MK	3,3
PÇ320+07MB	3,0
PÇ320+07MS	3,7

4.3 Priz Deneyi Sonuçları

Çimento hamuru-katkı karışımları ile yapılan priz süresi deney sonuçları Tablo 4.11 ve Şekil 4.4'te görülmektedir.

Tablo 4.11 Priz Süresi Sonuçları

Çimento Hamuru Kodu	Priz Başlangıcı (saat:dakika)	Priz Sonu (saat:dakika)
Şahit	3 s. 15 dk.	5 s.
% 0,7L	5 s 10 dk.	9 s. 30 dk.
% 0,7MK	10 s.	16 s. 10 dk.
% 0,7MB	6 s. 30 dk	16 s. 30 dk.
% 0,7MS	9 s. 45 dk.	15 s. 30 dk.
% 0,4L	3 s. 40 dk.	6 s.
% 0,4MK	12 s.	16 s. 30 dk.
% 0,4MB	11 s. 50 dk.	16 s. 30 dk.
% 0,4MS	11 s. 50 dk.	15 s. 30 dk.



Şekil 4.4 Çimento Hamuru-Katkı Karışımlarında Priz Başlangıç ve Bitiş Süreleri

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Taze Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 4.1’de verilen taze beton deney sonuçları incelenecek olursa; katkılı betonlarda, şahit betonlara göre daha düşük su/çimento oranlarıyla, araştırma kapsamında istenen, çökme değerlerinin 13-16 cm arasında kalması sağlanmıştır. PÇ270+04L kodlu beton haricinde 270 dozlu ve katkılı betonlar, şahit betonunda 0,88 olan su/çimento oranını 0,79 değerine kadar, 320 dozlu ve katkılı betonlarda ise şahit betonunda 0,74 olan su/çimento oranını 0,65 değerine kadar düşürmüşlerdir.

5.2 Sertleşmiş Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.2.1 Basınç Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 4.2’de verilen basınç mukavemeti sonuçları, Tablo 5.1’de 35. günde basınç deneyi yapılan betonların mukavemetlerine göre yüzde olarak kıyaslanarak verilmiştir.

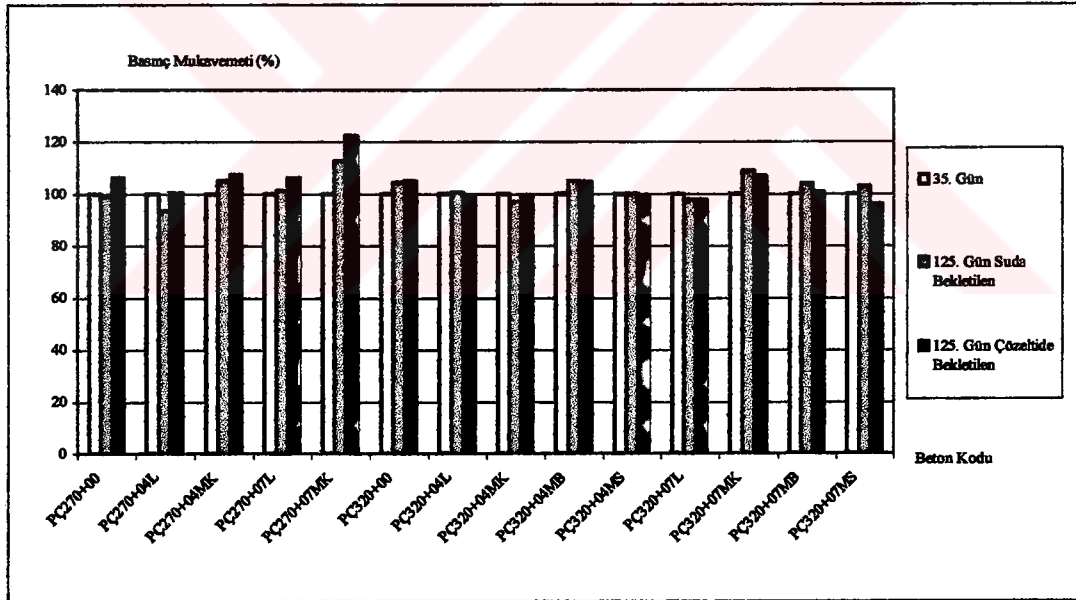
Tablo 5.1 ve Şekil 5.1’den 125. gün mukavemetleri incelendiğinde, genel olarak basınç mukavemetlerinde 35. güne nazaran önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir. PÇ270+07MK kodlu beton dışındaki diğer betonlarda basınç mukavemetlerinde % 2-% 5 arasında azalmalar ve artışlar gözlenmiştir. PÇ270+07MK kodlu betona ait 90 gün suda bekletilen numunelerde % 12’lik, 90 gün çözeltide bekletilen numunelerde %22’lik bir basınç mukavemeti artışı göze çarpmaktadır.

Sodyum sülfat çözeltisinin, PÇ320+04L, PÇ320+04MK, PÇ320+04MS, PÇ320+07L ve PÇ320+07MS kodlu betonlarda, % 1-% 4 arası mukavemet

kayıplarına neden olduğu görülmektedir. Bu değerlerin çok küçük mertebelerde kalması olumsuz bir etkilenmenin olmadığını göstermektedir.

Tablo 5.1 35. Gün Baz Alınarak Hesaplanan Basınç Mukavemeti Değerleri

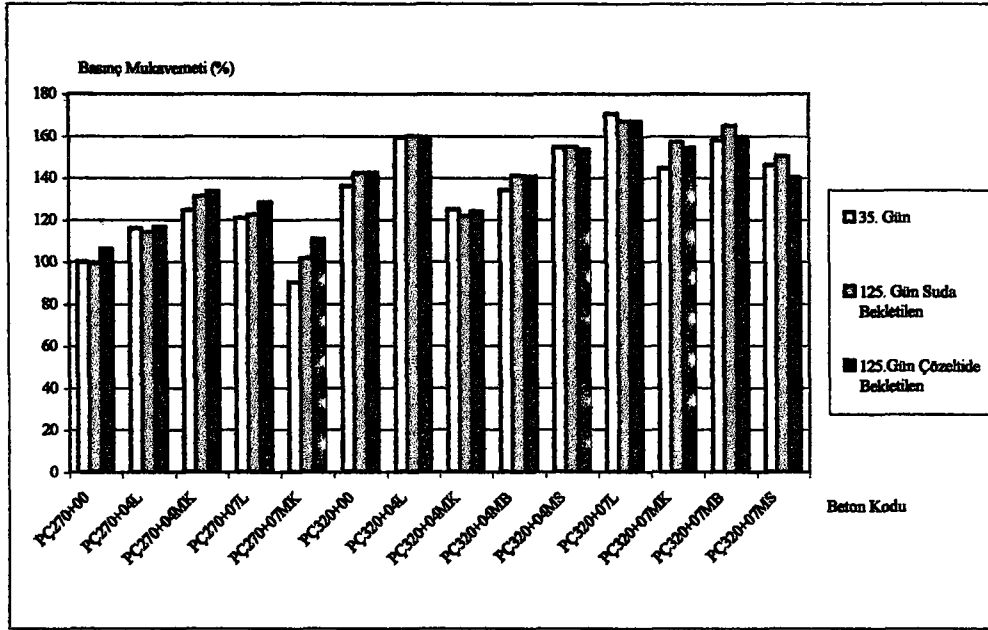
Beton Kodu	35. Gün (%)	125. Gün Suda Bekletilen (%)	125. Gün Çözeltide Bekletilen (%)
PÇ270+00	100	99,0	106,1
PÇ270+04L	100	98,4	100,5
PÇ270+04MK	100	105,2	107,3
PÇ270+07L	100	101,2	106,0
PÇ270+07MK	100	112,6	122,6
PÇ320+00	100	104,6	104,8
PÇ320+04L	100	100,3	99,5
PÇ320+04MK	100	97,2	99,2
PÇ320+04MB	100	105,0	104,7
PÇ320+04MS	100	100,0	99,2
PÇ320+07L	100	97,8	97,8
PÇ320+07MK	100	108,7	106,9
PÇ320+07MB	100	104,1	100,8
PÇ320+07MS	100	102,9	96,0



Şekil 5.1 Basınç Mukavemeti Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi

Literatürde, uçucu kül ile üretilen betonlar üzerinde yapılan bir çalışmaya göre, sodyum sülfat çözeltisinde bekletilen bazı numunelerde % 17 mertebesinde basınç mukavemeti artışları olduğu görülmüştür. [31]

Melas ve linyosülfonat esaslı katkıları karşılaştırmak amacıyla 270+00 kodlu şahit beton baz alınarak, basınç mukavemeti değerleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 270+00 Kodlu Betonun 35. Gün Mukavemetine Göre Basınç Mukavemeti Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi

Şekil 5.2 incelendiğinde, 270 dozlu ve % 0,4 katkılı betonlarda, melasın linyosülfonata göre daha yüksek, 270 dozlu ve % 0,7 katkılı betonlarda ise daha düşük basınç mukavemetleri verdiği görülmektedir. 320 dozlu betonlara baktığımızda ise, % 0,4 ve % 0,7 oranlarında linyosülfonat esaslı katkı ile üretilmiş betonlar, melas esaslı katkı ile üretilmiş betonlara göre daha yüksek basınç mukavemetleri sağlamıştır.

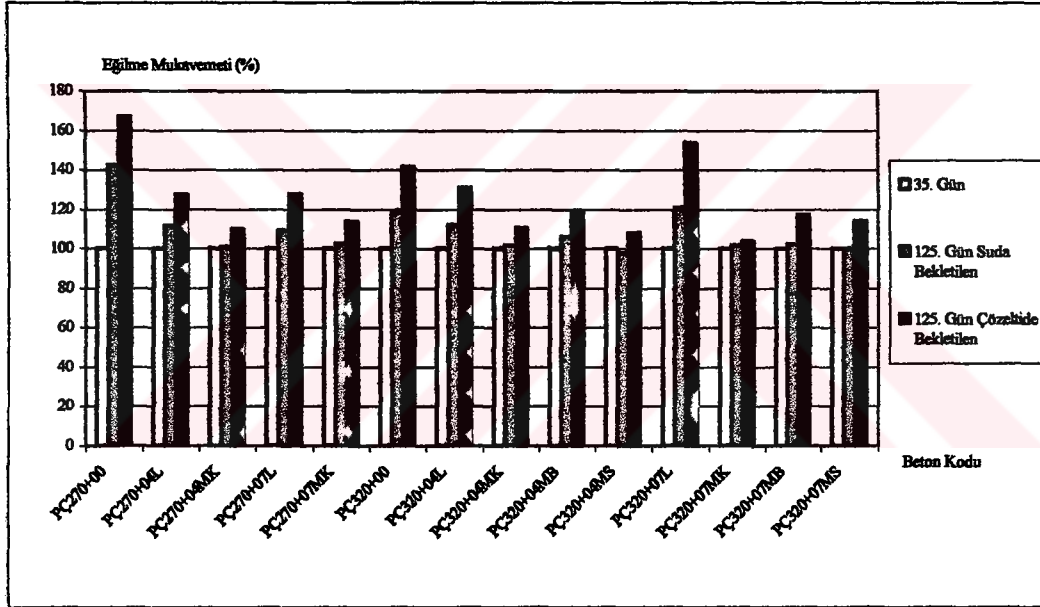
Sonuç olarak; bu çalışmaya göre, basınç mukavemetleri açısından melasın düşük dozajlı betonlarda ve düşük oranlardaki kullanımlarında daha etkili olduğu görülmektedir.

5.2.2 Eğilme Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Basınç mukavemeti sonuçlarına benzer olarak, eğilme mukavemetleri de 35. güne göre yüzde olarak kıyaslanmış ve bu sonuçlar Tablo 5.2 ve Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2 35. Gün Baz Alınarak Hesaplanan Eğilme Mukavemeti Değerleri

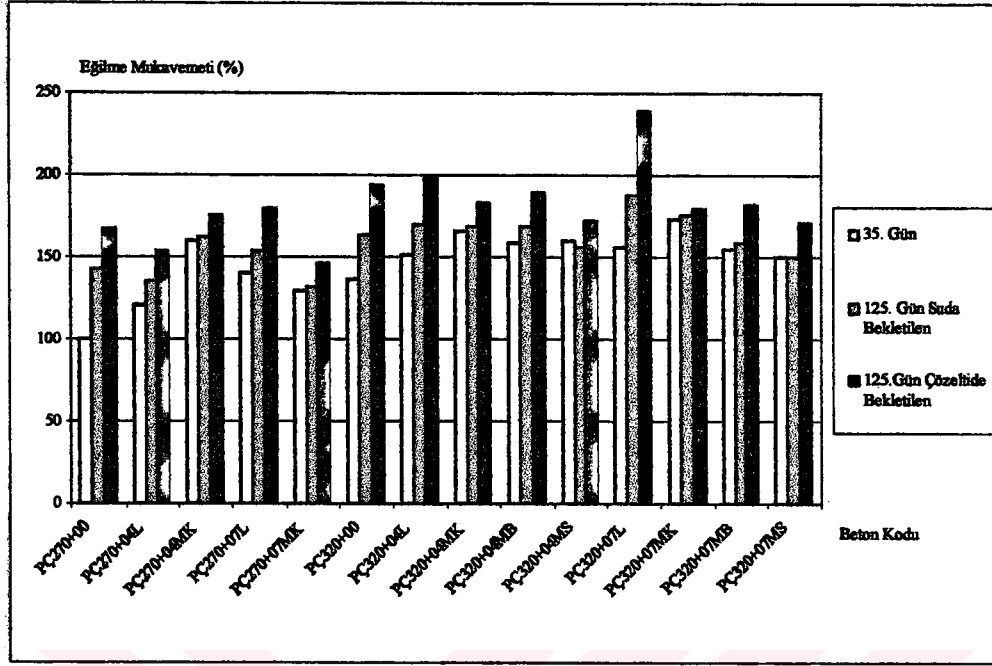
Beton Kodu	35. Gün (%)	125. Gün Suda Bekletilen (%)	125. Gün Çözeltide Bekletilen (%)
PÇ270+00	100	142,2	167,1
PÇ270+04L	100	111,9	127,2
PÇ270+04MK	100	101,1	109,8
PÇ270+07L	100	109,2	127,6
PÇ270+07MK	100	102,3	113,7
PÇ320+00	100	118,9	141,4
PÇ320+04L	100	112,2	131,1
PÇ320+04MK	100	101,7	110,6
PÇ320+04MB	100	105,9	119,3
PÇ320+04MS	100	98,0	107,8
PÇ320+07L	100	121,0	153,6
PÇ320+07MK	100	101,6	103,7
PÇ320+07MB	100	102,4	117,3
PÇ320+07MS	100	100,0	114,2



Şekil 5.3 Eğilme Mukavemeti Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi

Tablo 5.2 ve Şekil 5.3 incelendiğinde, suda bekletilen numunelerden PÇ320+04MS ve PÇ320+07MS haricindeki bütün betonlarda eğilme mukavemetlerinde 35. güne göre % 1-% 42 arasında artışlar olduğu görülmektedir. Çözeltide bekletilen numunelerin ise tamamında eğilme mukavemetlerinde artış olmuştur. Bu artışlar beton tiplerine göre % 4-% 67 arasında gerçekleşmiştir. Özellikle şahit betonlar ile linyosülfonat esaslı katkı ile üretilmiş betonların, çözelti içerisinde bekletilen numunelerinde eğilme mukavemetlerindeki yüksek artışlar göze çarpmaktadır.

270+00 Kodlu betonun 35. Gün eğilme mukavemeti baz alınarak hesaplanan eğilme mukavemeti değerleri Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4 270+00 Kodlu Betonun 35. Gün Mukavemetine Göre Eğilme Mukavemeti Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi

Şekil 5.4'e baktığımızda, eğilme mukavemeti değerlerinde bütün betonlar için artış olduğu göze çarpmaktadır. Özellikle 320+04L ve 320+07L kodlu betonlarda % 99- % 139 gibi yüksek artışlar olmuştur. Burada da basınç mukavemetlerinde olduğu gibi, linyosülfonat esaslı katkıları melas esaslı katkılara göre daha yüksek eğilme mukavemetleri vermiştir.

5.2.3 Ultrases Hızı Sonuçlarının Değerlendirilmesi

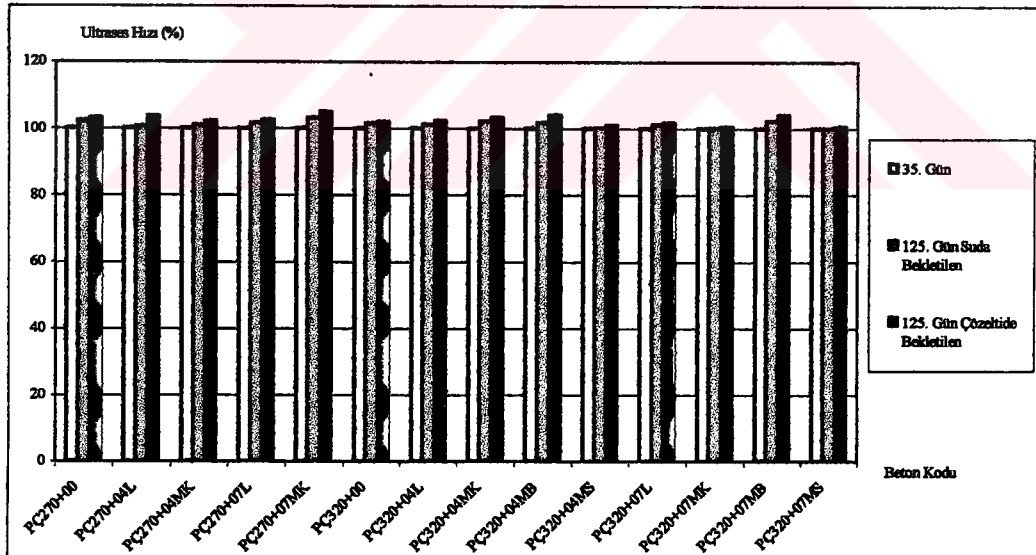
Ultrases hızı, betonun boşluk yapısı ile ilişkili bir ölçüm şeklidir. Ölçüm yapılan numunenin karşılıklı iki yüzeyi arasındaki yolun ne kadar sürede aşıldığı, ultrases aleti ile mikrosaniye cinsinden ölçülmektedir. Bu süre, betonun iç yapısındaki boşlukların az olmasına bağlı olarak daha kısa olacaktır. Sürenin kısılması ultrases hızının daha yüksek olmasını ve betonun daha az boşluklu olduğu sonucunu doğuracaktır.

Daha önce Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te verilen prizma ve küp numunelere ait ultrases hızı değerleri, Tablo 5.3 ve Tablo 5.4'te, 35.günde ölçülen ultrases hızı

değerlerine göre yüzde olarak kıyaslanmıştır. Ayrıca bu değerler kullanılarak prizma ve küp numuneler için ultrases hızlarının yüzde olarak değişimleri Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.3 35. Gün Baz Alınarak Hesaplanan Ultrases Hızı Değerleri (Prizma Numuneler İçin)

Beton Kodu	35. Gün (km/sn)	125. Gün Suda Bekletilen (km/sn)	125. Gün Çözeltide Bekletilen (km/sn)
PÇ270+00	100	102,4	103,1
PÇ270+04L	100	100,7	103,8
PÇ270+04MK	100	101,1	102,1
PÇ270+07L	100	101,5	102,7
PÇ270+07MK	100	103,1	105,1
PÇ320+00	100	101,5	102,0
PÇ320+04L	100	101,3	102,3
PÇ320+04MK	100	102,2	103,3
PÇ320+04MB	100	101,8	104,3
PÇ320+04MS	100	100,2	101,1
PÇ320+07L	100	101,4	101,7
PÇ320+07MK	100	100,2	100,8
PÇ320+07MB	100	102,4	104,2
PÇ320+07MS	100	100,0	100,7



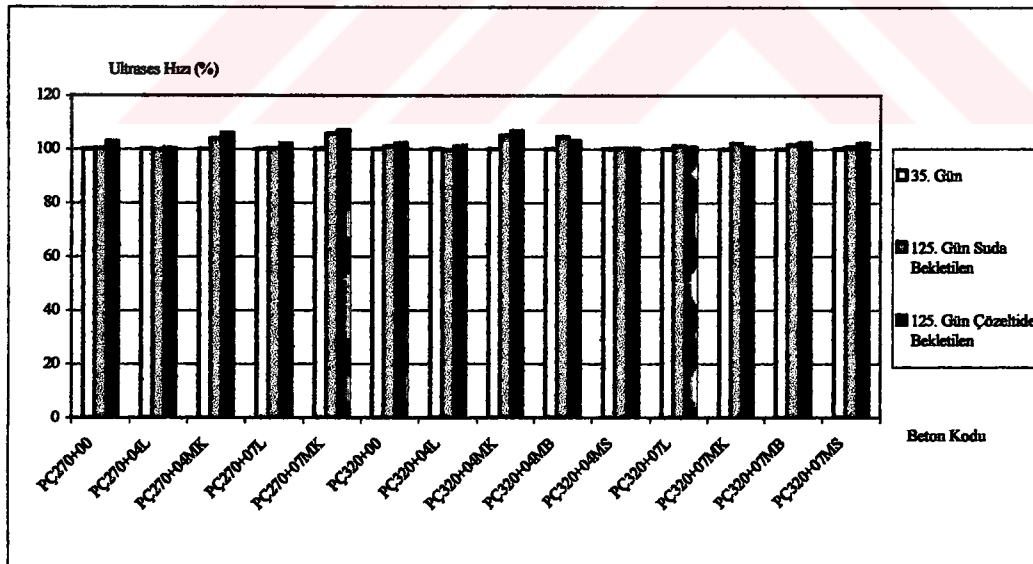
Şekil 5.5 Ultrases Hızı Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi (Prizma Numuneler İçin)

Tablo 5.3 ve Şekil 5.5'e baktığımızda prizma numunelerde yapılan ultrases hızı ölçüm sonuçlarına göre, suda ve çözeltide bekletilen numunelerde küçük mertebelerde hız artışlarının olduğu görülmektedir.

Tablo 5.4 ve Şekil 5.6'da da bu defa küp numuneler için aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Melas esaslı katkı ile üretilmiş PÇ270+04MK, PÇ270+07MK ve PÇ320+04MK kodlu küp numunelerdeki ultrases hızı artışları göze çarpmaktadır. Diğer numunelerde artış miktarları % 1-% 3 arasında oynarken, bu numunelerde % 5-% 7 değerlerine ulaşmıştır.

Tablo 5.4 35. Gün Baz Alınarak Hesaplanan Ultrases Hızı Değerleri (Küp Numuneler İçin)

Beton Kodu	35. Gün (km/sn)	125. Gün Suda Bekletilen (km/sn)	125. Gün Çözeltide Bekletilen (km/sn)
PÇ270+00	100	100,2	102,9
PÇ270+04L	100	99,8	100,2
PÇ270+04MK	100	103,8	106,0
PÇ270+07L	100	100,2	101,9
PÇ270+07MK	100	105,8	106,9
PÇ320+00	100	101,0	102,1
PÇ320+04L	100	99,5	100,9
PÇ320+04MK	100	104,9	106,8
PÇ320+04MB	100	104,5	103,0
PÇ320+04MS	100	100,3	100,3
PÇ320+07L	100	101,1	100,7
PÇ320+07MK	100	102,1	100,7
PÇ320+07MB	100	101,6	102,3
PÇ320+07MS	100	100,7	102,1



Şekil 5.6 Ultrases Hızı Değerlerinin Yüzde Olarak Değişimi (Küp Numuneler İçin)

Sonuç olarak; suda ve çözeltide bekletilen numunelerde ultrases hızları 35. güne göre artmıştır. Çözelti içerisinde bekletilen numunelerde bu artış suda bekletilenlere

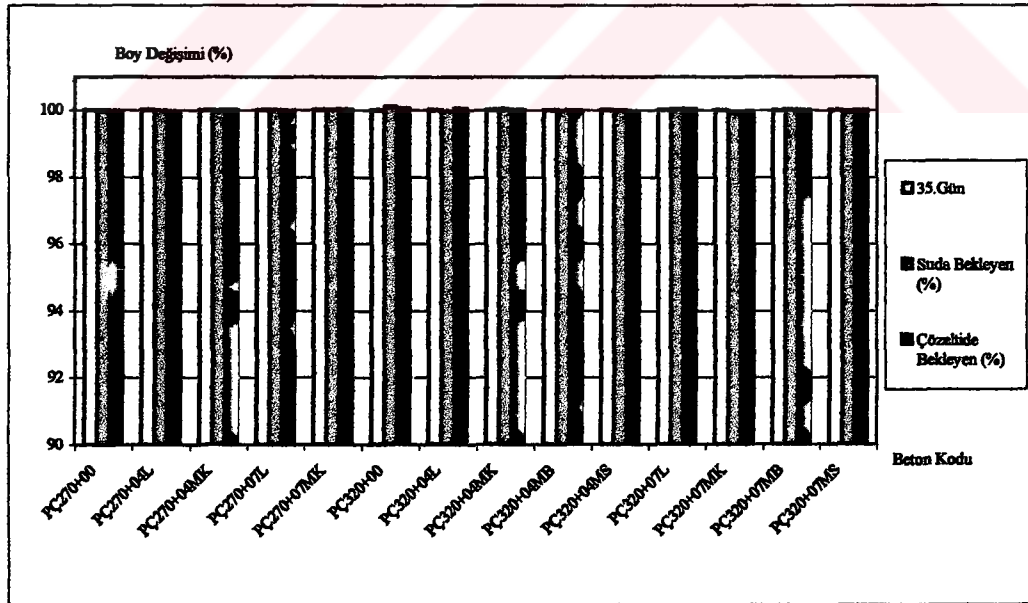
göre daha fazla olmuştur. Bu da betona nüfuz eden sodyum sülfatın, kristalleşerek boşlukları doldurmasının bir sonucu olarak yorumlanabilir.

5.2.4 Ağırlık Değişimi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 4.6 ve Tablo 4.7 incelenecek olursa, bu çalışma sınırları içerisinde sodyum sülfatın betonlarda çok düşük oranlarda ağırlık artışı meydana getirdiği görülmüştür. Bu artış miktarları, suda bekletilen prizma ve küp numunelerde % 1-% 2, çözeltide bekletilen prizma ve küp numunelerde ise % 2-% 4 oranlarında olmuştur. Çözeltide bekletilen numunelerden düşük dozajlı şahit ve linyosülfonat esaslı katkılarla üretilmiş betonlarda ağırlık artışının daha fazla olduğu görülmektedir. Bu da kılcallık katsayıları büyük olan bu betonlarda boşlukların fazla olmasının ve bu boşluklarda kristalleşen tuzun, ağırlığı daha fazla artırmasının bir sonucu olarak göze çarpmaktadır.

5.2.5 Boy Değişimi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

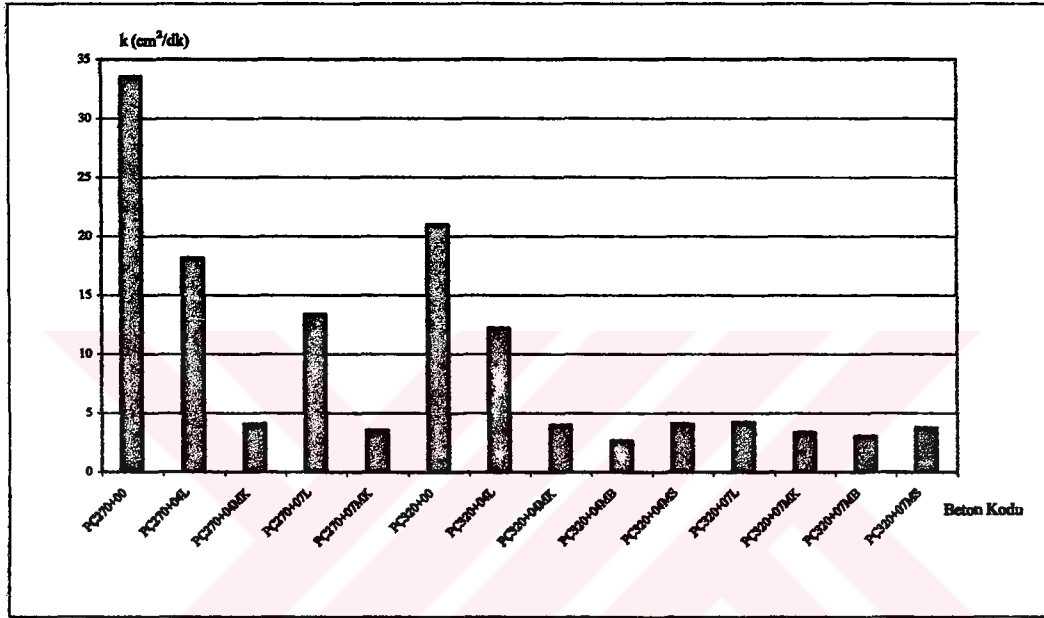
Tablo 4.8 ve Şekil 5.7’de görüldüğü üzere üretilen betonların hiçbirisinde boy değişimi gerçekleşmemiştir.



Şekil 5.7 Karışımlarda Boy Değişimleri

5.2.6 Kılcallık Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 4.8 ve Şekil 5.8 incelendiğinde, şahit betonların kılcallık katsayılarının katkı betonlara oranla oldukça yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Ancak bu farklılık katkının esasına göre değişiklik göstermiştir. Kılcallık katsayıları, linyosülfonat esaslı katkılarla üretilmiş betonlardan PÇ320+04L haricindekilerde, şahite göre % 40-% 55 , melas esaslı katkılarla üretilmiş betonlarda ise % 86-% 90 daha küçük değerler almıştır.



Şekil 5.8 Karışımlarda Kılcallık Katsayıları

Elde edilen kılcallık sonuçlarına göre, betonda normal akışkanlaştırıcı katkı kullanımının daha dolu bir beton üretilmesinde etkin bir rol oynadığı görülmektedir. Bu çalışmaya göre, melas esaslı katkıları, linyosülfonat esaslı katkılara göre kılcallık açısından daha iyi bir beton elde etmemizi sağlamıştır.

5.3 Priz Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çimento hamuru-katkı karışımlarında prize başlama ve bitiş sürelerinin verildiği Tablo 4.11 ve Şekil 4.4 incelendiğinde, özellikle melas esaslı katkıların şahite oranla prize başlama ve bitiş sürelerini oldukça geciktirdiği görülmektedir. Melas esaslı katkıların % 0,7 oranında kullanıldığı numunelerde, prize başlama süresini 3-7 saat, priz bitiş süresini 10,5-11 saat kadar geciktirdiği görülmüştür. Benzer olarak, % 0,4

oranında kullanıldığı numunelerde prize başlama süresini 8,5 saat, priz bitiş süresini 10,5-11,5 saat geciktirmiştir. Linyosülfonat esaslı katkının % 0,4 oranında kullanıldığı numunede prize başlama ve bitiş süreleri 0,5-1 saat arasında, % 0,7 oranında kullanılan da ise bu değerleri 2-4,5 saat geciktirdiği görülmüştür.

Literatürde de görüldüğü üzere, melas esaslı katkı içerisindeki şeker dolayısıyla priz geciktirici özellik göstermektedir. Ancak priz geciktiricilerin kullanılması çok büyük dikkat gerektiren bir işlemdir. Yanlış kullanımlar veya fazla kullanımlar betonun ilelebet priz almamasına yol açabilmektedir. [13]



6. SONUÇLAR

Bu çalışma sınırları içerisinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1) Taze beton ile ilgili sonuçlar;

- Melas ve linyosülfonat esaslı normal akışkanlaştırıcı katkıların betonda kullanımı, su/çimento oranlarında azalmaya neden olmuştur.
- Melas esaslı katkıların priz geciktirici etkilerinden dolayı, betonların priz ve sertleşme süreleri, özellikle 270 dozlu ve % 0,7 melas katkılılarda, 3 güne kadar uzamıştır.
- Yapılan bu çalışmaya göre, melasın beton üretiminde kullanılabileceği ancak priz geciktirici özelliğinin betona zarar vermeyecek bir hammadde ile ayarlanması ile daha uygun olacağı ortaya çıkmıştır.

2) Sertleşmiş beton ile ilgili sonuçlar;

- Basınç ve eğilme mukavemeti sonuçlarına göre, melas düşük dozajlı betonlarda ve düşük orandaki kullanımlarında linyosülfonata göre daha etkili olmuştur.
- Durabilite açısından, melas ve linyosülfonat esaslı katkılarla üretilmiş betonlarda, 90 günlük etki süresinde bir hasar meydana gelmemiştir.
- 90 gün boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerde boy değişimi olmamıştır.
- Katkılı betonların kılcallık katsayıları katkısız betonlara göre daha düşük çıkmıştır. Kılcallık katsayısı düşük betonlarda daha az kılcal boşluk olduğu bilinmekte ve bu durum durabilite açısından betonda katkı kullanımının önemli bir faktör olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

- Genel olarak katkılı betonlarda ultrases hızı değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Melas esaslı katkılarla üretilmiş betonlarda, çok büyük bir fark olmamakla beraber, linyosülfonat esaslı katkılarla üretilmiş betonlara göre daha fazla artış olmuştur.
- Suda ve çözeltide bekletilen numunelerin tamamında bir miktar ağırlık artışı olmuştur. Bu değerın çözeltide bekletilen numunelerde daha fazla olduğu görülmüştür.

3) Çimento hamuru-katkı karışımının priz süresi ile ilgili sonuçlar;

- Melas esaslı katkılarla üretilen numunelerde priz süreleri linyosülfonat esaslı katkılılara ve şahite oranla daha yüksek çıkmıştır.

Bu konuda ileride yapılabilecek çalışmalar;

- Farklı tip çimentolar kullanılarak,
- Aynı fabrikaların değişik zamanlarda ürettiği melasları kullanarak,
- Melas esaslı katkılarda priz süresi ayarlayıcı maddeler kullanılarak,
- Sülfat çözeltisinden başka, beton için zararlı ortam ifade eden çözeltiler kullanılarak,
- Numuneler çözeltide daha uzun süre bekletilerek,
- Değişik agrega karışım oranları kullanılarak,

yeni çalışmalar yapılırsa, melasın betonda katkı hammaddesi olarak kullanılıp kullanılamayacağı konusunda daha net bilgiler elde edilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Akman, S., 1990. Yapı Malzemeleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- [2] Ramachandran, V.S., 1995. Concrete Admixtures Handbook, Noyes Publications, New Jersey.
- [3] Akman, M.S., 1996. Kimyasal katkıların betona uygulanması, 4. *Ulusal Beton Kongresi*, İTÜ, İstanbul, 30 Ekim-1 Kasım, s. 1-11.
- [4] Paillere, A.M. and Ben Basat, M. and Akman, S., 1992. Guide For Use of Admixtures in Concrete,
- [5] Uyan, M., Yıldırım H., Süvari Y., 1996. Akışkanlaştırıcı katkıların etkinliği, 4. *Ulusal Beton Kongresi*, İTÜ, İstanbul, 30 Ekim-1 Kasım, s. 13-23.
- [6] A.S.T.M. C 494, 1998. Standart Specification for Chemical Admixtures for Concrete
- [7] TS-3452, 1988. Beton kimyasal katkı maddeleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [8] Neville, A.M., 1996. Properties of Concrete, J. Wiley, New York.
- [9] Dodson, V.H., 1990. Concrete Admixtures, Structural Engineering, U.S.A.
- [10] Görgülü, F., 1967. Hayvan Beslemede Pancar Posası ve Melas, Güven Matbaası, Ankara.
- [11] Leblebici, M.J. ve Kavas, M.F., 2000. Kalite ve İşletme Kontrol Laboratuvarı El Kitabı, T.Ş.F.A.Ş. Analitik Şubesi, Ankara.
- [12] Akakıncı, M., Bozok, O. ve Gökdağ, C., 1955. Şeker Teknolojisi, T.Ş.F.A.Ş. Matbaası, Ankara.
- [13] Sağlık, A. ve Doğan A., 2000. Betonda bir katkı olarak şeker kullanımı üzerine araştırma, *Türkiye Hazır Beton Birliği*, 41, 60-69.
- [14] Akman, M.S., 1992. Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi, İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [15] Akman, M.S., 1989. Betonda dayanıklılık özelliği ve önemi, 1. *Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 24-26 Mayıs, s. 53-65.
- [16] Postacıoğlu, B., 1986. Beton, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

- [17] Collepardi, M. ve Gököz, N.Ü., 1989. Betonda zaman içerisinde dayanıklılık, *1. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 24-26 Mayıs, s. 67-78.
- [18] Khatri, R.P., Sirivivatnanon, V. And Yang, J.L., 1997. Role of permeability in sulphate attack, *Cement and Concrete Research*, 27, 1179-1189
- [19] Young, J.F., 1988. A Review of the Pore Structure of Cement Paste and Concrete and its Influence on Permeability, Permeability of Concrete, Detroit, American Concrete Institute, s. 1-18.
- [20] Sümer, M., 1994. Harçlarda kılcal ve basınçlı su altındaki geçirimsizliğin su/çimento oranı ile değişimi, *Teknik Dergi T.M.M.O.B.*, Cilt 5, Sayı1.
- [21] Murdock, L.J., Brook, K.M. and Dewar, D.J., 1991. Concrete Materials and Practice, Hodder and Stoughton, London.
- [22] Akkaya, Y., 1994. Zararlı bir ortamda betonun uğradığı hasarın hasar mekanizması ile incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [23] Mindess, S. and Young, J.F., 1981. Concrete, Prentice-Hall, New Jersey.
- [24] Mehta, K., 1986. Concrete, Structure, Properties and Materials, Prentice-Hall Ed, New Jersey.
- [25] Collepardi, M., Kozanoğlu, C. ve Yanardağ, C., 1991. Yüksek dayanımlı betonlarda durabilite, *2. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 27-30 Mayıs, s. 67-75.
- [26] Özkan, S.B., 1992. Türkiye doğal puzolanları ile üretilen çimentoların sülfata ve nitrata dayanıklılığı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [27] Yıldırım, H., Uyan, M. and Akkaya, Y., 1996. Durability of Concretes Cast With Steel Fibers and Normal Plasticizers, Fourth International Conference on Concrete Technology in Developing Countries, M.E.T.U. and E.M.U., Gazimağusa, 7-8 November, p.374-381.
- [28] TS-706, 1980. Beton agregaları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [29] TS-2871, 1977. Taze beton kıvam deneyi (çökme hunisi metodu ile), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [30] Uyan, M., 1975. Beton ve harçlarda kılcallık olayı, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] Yörük, Ö., 2001. Katkılı ve katkısız çimentoların betonun durabilitesine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



Tablo A.1 Eğilme Deneyi Sonucunda Elde Edilen Parçalarda Basınç Mukavemeti Değerleri

Beton Kodu	35. Gün N/mm ²	125. Gün Suda Bekletilen N/mm ²	125. Gün Çözeltide Bekletilen N/mm ²
PÇ270+00	26,2	34,8	34,7
PÇ270+04L	32,8	31,7	36,9
PÇ270+04MK	43,5	46,0	40,8
PÇ270+07L	33,8	37,6	38,9
PÇ270+07MK	32,1	38,2	39,8
PÇ320+00	36,1	40,2	44,1
PÇ320+04L	45,6	46,7	47,3
PÇ320+04MK	45,4	45,7	49,2
PÇ320+04MB	43,0	48,1	39,7
PÇ320+04MS	50,0	49,6	50,9
PÇ320+07L	45,9	49,4	50,2
PÇ320+07MK	44,2	51,0	50,5
PÇ320+07MB	44,7	49,8	50,1
PÇ320+07MS	51,5	48,5	49,5

Tablo A.2 PÇ270+00 Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,42	4,46	4,55	4,48	4,44	4,55	4,47
P4	4,42	4,47	4,52	4,50	4,46	4,50	4,49
P5	4,31	4,42	4,48	4,47	4,44	4,50	4,52
P6	4,36	4,40	4,48	4,46	4,44	4,53	4,51

Tablo A.3 PÇ270+04L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,32	4,35	4,36	4,38	4,40	4,42	4,37
P4	4,32	4,35	4,34	4,36	4,40	4,42	4,35
P5	4,35	4,40	4,39	4,45	4,48	4,54	4,49
P6	4,33	4,38	4,40	4,43	4,47	4,53	4,49

Tablo A.4 PÇ270+04MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,65	4,67	4,65	4,67	4,68	4,75	4,68
P4	4,64	4,72	4,66	4,75	4,72	4,73	4,67
P5	4,59	4,64	4,63	4,64	4,64	4,65	4,67
P6	4,64	4,67	4,67	4,73	4,72	4,70	4,78

Tablo A.5 PÇ270+07L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,46	4,49	4,55	4,49	4,52	4,56	4,53
P4	4,46	4,48	4,57	4,47	4,50	4,55	4,53
P5	4,49	4,52	4,55	4,52	4,57	4,65	4,60
P6	4,45	4,46	4,56	4,50	4,56	4,58	4,58

Tablo A.6 PÇ270+07MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,40	4,50	4,51	4,48	4,55	4,58	4,56
P4	4,51	4,55	4,54	4,61	4,64	4,67	4,67
P5	4,52	4,56	4,58	4,66	4,68	4,73	4,74
P6	4,49	4,52	4,55	4,57	4,62	4,64	4,67

Tablo A.7 PÇ320+00 Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,45	4,49	4,55	4,51	4,50	4,51	4,53
P4	4,47	4,47	4,58	4,50	4,49	4,59	4,54
P5	4,46	4,49	4,57	4,55	4,50	4,62	4,53
P6	4,48	4,49	4,53	4,55	4,55	4,60	4,58

Tablo A.8 PÇ320+04L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,58	4,60	4,57	4,62	4,64	4,67	4,67
P4	4,60	4,60	4,58	4,63	4,66	4,70	4,70
P5	4,67	4,64	4,64	4,67	4,70	4,75	4,75
P6	4,66	4,64	4,66	4,66	4,70	4,71	4,71

Tablo A.9 PÇ320+04MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,65	4,70	4,71	4,73	4,72	4,79	4,75
P4	4,65	4,67	4,66	4,72	4,70	4,77	4,75
P5	4,64	4,74	4,75	4,79	4,80	4,81	4,81
P6	4,64	4,69	4,68	4,76	4,75	4,80	4,79

Tablo A.10 PÇ320+04MB Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,63	4,70	4,70	4,70	4,70	4,77	4,71
P4	4,64	4,69	4,70	4,71	4,71	4,76	4,75
P5	4,63	4,68	4,68	4,74	4,73	4,73	4,80
P6	4,69	4,74	4,75	4,79	4,79	4,79	4,89

Tablo A.11 PÇ320+04MS Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,64	4,65	4,70	4,72	4,65	4,66	4,65
P4	4,64	4,64	4,70	4,72	4,64	4,65	4,64
P5	4,64	4,66	4,68	4,75	4,67	4,68	4,67
P6	4,64	4,67	4,69	4,74	4,71	4,70	4,71

Tablo A.12 PÇ320+07L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,71	4,74	4,79	4,75	4,71	4,75	4,78
P4	4,68	4,71	4,78	4,78	4,69	4,73	4,75
P5	4,71	4,69	4,76	4,74	4,71	4,75	4,79
P6	4,70	4,68	4,73	4,73	4,71	4,79	4,78

Tablo A.13 PÇ320+07MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,70	4,78	4,73	4,73	4,79	4,84	4,71
P4	4,69	4,71	4,71	4,72	4,71	4,75	4,73
P5	4,73	4,70	4,74	4,74	4,78	4,82	4,76
P6	4,74	4,71	4,71	4,71	4,71	4,82	4,74

Tablo A.14 PÇ320+07MB Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,64	4,74	4,74	4,79	4,87	4,78	4,80
P4	4,63	4,71	4,71	4,78	4,86	4,79	4,79
P5	4,75	4,77	4,78	4,84	4,90	4,84	4,89
P6	4,72	4,80	4,82	4,84	4,90	4,84	4,88

Tablo A.15 PÇ320+07MS Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	4,67	4,67	4,70	4,78	4,65	4,66	4,65
P4	4,65	4,66	4,69	4,75	4,66	4,65	4,66
P5	4,66	4,65	4,69	4,76	4,67	4,68	4,67
P6	4,65	4,65	4,68	4,76	4,71	4,72	4,71

Tablo A.16 PÇ270+00 Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,55	4,49	4,55	4,52	4,40	4,64	4,49
K4	4,55	4,49	4,55	4,52	4,43	4,58	4,64
K5	4,61	4,49	4,55	4,56	4,58	4,64	4,70
K6	4,58	4,49	4,52	4,58	4,55	4,73	4,67

Tablo A.17 PÇ270+04L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,55	4,49	4,55	4,50	4,54	4,64	4,55
K4	4,58	4,55	4,58	4,55	4,58	4,64	4,55
K5	4,61	4,52	4,61	4,58	4,61	4,70	4,61
K6	4,49	4,52	4,55	4,52	4,60	4,64	4,52

Tablo A.18 PÇ270+04MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,61	4,76	4,76	4,70	4,72	4,79	4,86
K4	4,61	4,86	4,80	4,76	4,76	4,79	4,83
K5	4,76	4,83	4,80	4,79	4,84	4,86	4,93
K6	4,70	4,93	4,90	4,79	4,86	4,90	4,96

Tablo A.19 PÇ270+07L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,76	4,67	4,73	4,73	4,73	4,86	4,76
K4	4,73	4,64	4,73	4,73	4,70	4,90	4,73
K5	4,73	4,67	4,76	4,76	4,64	4,90	4,79
K6	4,73	4,64	4,73	4,73	4,64	4,93	4,86

Tablo A.20 PÇ270+07MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,58	4,76	4,72	4,73	4,74	4,73	4,79
K4	4,38	4,70	4,69	4,70	4,71	4,76	4,76
K5	4,58	4,70	4,70	4,70	4,70	4,76	4,86
K6	4,55	4,73	4,68	4,64	4,72	4,79	4,79

Tablo A.21 PÇ320+00 Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,70	4,58	4,67	4,68	4,61	4,76	4,76
K4	4,64	4,67	4,64	4,64	4,58	4,76	4,73
K5	4,73	4,70	4,76	4,75	4,64	4,90	4,83
K6	4,73	4,58	4,70	4,70	4,61	4,76	4,76

Tablo A.22 PÇ320+04L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,73	4,73	4,73	4,75	4,80	4,90	4,70
K4	4,76	4,76	4,79	4,80	4,79	4,96	4,83
K5	4,83	4,76	4,83	4,85	4,83	4,93	4,83
K6	4,83	4,76	4,79	4,79	4,80	4,96	4,83

Tablo A.23 PÇ320+04MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,70	4,90	4,92	4,86	5,04	4,93	4,96
K4	4,64	4,86	4,86	4,83	5,00	4,79	4,83
K5	4,67	4,90	4,92	4,76	5,07	4,96	4,96
K6	4,67	4,86	4,90	4,76	5,07	4,93	5,00

Tablo A.24 PÇ320+04MB Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,83	5,07	5,02	4,93	4,96	5,07	5,04
K4	4,86	5,00	5,00	4,90	4,90	5,00	5,00
K5	4,73	4,96	4,93	4,79	4,83	4,96	4,90
K6	4,79	4,93	4,93	4,83	4,90	5,00	5,00

Tablo A.25 PÇ320+04MS Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,83	4,86	4,90	4,93	4,93	4,92	4,93
K4	4,93	4,88	4,93	4,93	4,86	4,81	4,86
K5	4,86	4,86	4,89	5,00	4,90	4,88	4,90
K6	4,90	4,93	4,90	5,00	4,90	4,90	4,90

Tablo A.26 PÇ320+07L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,96	4,76	5,00	5,02	4,86	5,00	5,00
K4	5,00	4,76	4,96	4,98	4,96	5,07	5,07
K5	4,96	4,79	4,96	4,85	4,90	5,07	5,07
K6	5,00	4,76	4,93	4,90	4,90	5,04	4,96

Tablo A.27 PÇ320+07MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,96	4,93	4,93	4,93	4,93	5,11	4,96
K4	4,96	5,00	4,96	4,99	5,00	5,15	5,00
K5	4,90	4,79	4,86	4,82	4,79	4,96	4,90
K6	4,86	4,76	4,90	4,76	4,78	5,07	4,93

Tablo A.28 PÇ320+07MB Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,86	4,86	4,93	4,96	4,99	5,00	4,93
K4	4,90	4,86	4,96	4,98	5,01	5,07	4,93
K5	4,90	4,83	4,86	4,90	4,96	4,96	4,90
K6	4,76	4,90	4,93	5,01	5,08	5,11	5,04

Tablo A.29 PÇ320+07MS Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ultrases Hızı Değişimleri

Numune Kodu	Ultrases Hızı (km/sn)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	4,76	4,78	4,80	4,86	4,79	4,82	4,79
K4	4,70	4,71	4,72	4,86	4,79	4,82	4,79
K5	4,79	4,79	4,80	4,93	4,83	4,86	4,83
K6	4,79	4,79	4,82	4,96	4,90	4,88	4,90

Tablo A.30 PÇ270+00 Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3000,5	3013,6	3058,4	3039,2	3032,8	3058,1	3051,0
P4	3011,5	3040,2	3050,4	3060,3	3051,0	3066,2	3063,0
P5	3146,2	3195,5	3219,1	3207,2	3206,1	3222,9	3222,0
P6	3116,3	3163,0	3168,9	3182,8	3174,7	3196,9	3198,0

Tablo A.31 PÇ270+04L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3082,5	3123,0	3116,7	3142,4	3127,7	3135,8	3148,0
P4	3148,0	3196,4	3182,4	3204,1	3190,8	3201,2	3206,0
P5	2982,1	3047,6	3053,6	3073,9	3062,5	3074,1	3080,0
P6	3013,0	3094,5	3090,0	3114,7	3101,3	3109,0	3115,0

Tablo A.32 PÇ270+04MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3120,7	3157,1	3154,9	3164,0	3167,1	3170,0	3167,0
P4	3192,9	3228,2	3225,4	3233,8	3239,5	3239,0	3239,0
P5	3116,7	3154,6	3157,4	3161,7	3166,7	3169,0	3175,0
P6	3108,7	3149,9	3155,6	3163,4	3171,5	3175,0	3172,0

Tablo A.33 PÇ270+07L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3113,3	3129,0	3159,4	3152,7	3166,4	3173,4	3173,0
P4	3157,5	3171,4	3221,8	3196,4	3213,4	3211,5	3215,0
P5	3140,4	3166,8	3197,8	3196,4	3204,3	3210,3	3217,0
P6	3108,3	3147,4	3179,2	3174,7	3184,6	3192,1	3196,0

Tablo A.34 PÇ270+07MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	2974,6	3007,6	2998,0	3000,7	3019,3	3016,0	3009,0
P4	2936,4	2966,2	2964,3	2964,4	2973,8	2979,0	2970,0
P5	2929,0	2962,4	2960,1	2967,3	2983,2	2990,0	2977,0
P6	2993,3	3032,7	3029,4	3033,6	3044,7	3056,0	3044,0

Tablo A.35 PÇ320+00 Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3141,4	3157,5	3196,0	3191,4	3181,6	3198,0	3197,0
P4	3135,9	3149,6	3190,6	3182,3	3165,5	3176,0	3184,0
P5	3102,1	3137,5	3173,1	3166,4	3158,4	3182,9	3179,0
P6	2996,7	3030,4	3059,6	3055,9	3054,0	3076,0	3074,0

Tablo A.36 PÇ320+04L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3171,5	3209,9	3204,1	3224,9	3209,8	3215,2	3218,0
P4	3207,5	3247,5	3239,7	3258,5	3248,9	3250,2	3252,0
P5	3229,1	3277,2	3273,1	3290,6	3279,7	3287,1	3288,0
P6	3209,1	3252,6	3244,8	3267,2	3255,9	3257,0	3262,0

Tablo A.37 PÇ320+04MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3039,5	3072,1	3070,3	3076,0	3081,6	3089,0	3081,0
P4	3057,4	3097,8	3089,6	3093,6	3101,5	3103,0	3095,0
P5	2976,6	3021,5	3018,2	3028,8	3033,2	3047,0	3035,0
P6	3118,5	3153,9	3153,3	3163,9	3169,9	3182,0	3171,0

Tablo A.38 PÇ320+04MB Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3183,8	3214,3	3206,3	3210,1	3216,1	3219,0	3216,0
P4	3156,3	3189,1	3180,9	3182,6	3191,4	3192,0	3190,0
P5	3155,7	3180,8	3178,1	3185,3	3196,4	3203,0	3203,0
P6	3159,0	3184,9	3184,1	3195,3	3206,2	3208,0	3211,0

Tablo A.39 PÇ320+04MS Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3147,7	3180,8	3174,2	3172,0	3175,0	3176,6	3179,2
P4	3169,7	3204,8	3201,5	3204,1	3203,0	3206,5	3207,0
P5	3154,5	3196,7	3194,5	3197,2	3202,0	3203,0	3203,7
P6	3125,3	3166,4	3161,6	3170,8	3172,0	3171,9	3173,3

Tablo A.40 PÇ320+07L Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3132,4	3139,5	3169,6	3162,8	3148,9	3159,9	3163,0
P4	3112,0	3133,9	3156,7	3149,5	3135,7	3149,6	3151,0
P5	3200,2	3214,3	3241,5	3239,1	3229,9	3252,7	3251,0
P6	3201,3	3218,9	3247,2	3243,3	3233,8	3251,9	3252,0

Tablo A.41 PÇ320+07MK Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3146,5	3172,8	3169,2	3182,8	3180,9	3179,5	3177,0
P4	3134,4	3157,4	3153,5	3168,4	3166,1	3165,7	3164,0
P5	3147,3	3171,5	3170,4	3187,5	3183,1	3188,3	3191,0
P6	3146,2	3173,0	3170,7	3186,8	3183,8	3185,0	3186,0

Tablo A.42 PÇ320+07MB Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3054,3	3096,1	3089,0	3090,6	3105,0	3099,0	3102,0
P4	3095,4	3133,2	3130,5	3133,4	3140,1	3145,0	3143,0
P5	3077,4	3118,8	3121,4	3123,5	3132,8	3134,0	3132,0
P6	3086,6	3127,7	3128,0	3129,5	3135,9	3135,0	3137,0

Tablo A.43 PÇ320+07MS Kodlu Prizma Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	3011,2	3043,6	3033,2	3028,5	3040,0	3039,6	3042,3
P4	2984,8	3014,4	3010,5	3016,1	3015,0	3017,8	3019,9
P5	2966,5	2999,4	2993,6	3001,0	3000,0	3005,6	3010,6
P6	3019,7	3051,2	3048,2	3050,4	3052,0	3059,7	3065,3

Tablo A.44 PÇ270+00 Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	800,9	808,2	818,8	813,2	810,6	814,6	819,0
K4	794,5	804,6	812,4	808,6	812,4	810,6	816,0
K5	813,0	829,8	838,8	837,9	834,1	836,7	843,0
K6	803,2	820,1	826,1	827,2	824,4	829,7	831,0

Tablo A.45 PÇ270+04L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	812,5	830,4	829,7	836,1	830,6	832,5	837,0
K4	810,4	829,7	828,1	835,0	829,3	830,4	833,0
K5	807,5	832,8	831,9	837,4	835,2	837,2	839,0
K6	791,8	817,4	815,8	823,0	819,4	820,1	823,0

Tablo A.46 PÇ270+04MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	787,6	798,6	799,5	801,1	801,4	803,0	803,0
K4	820,8	835,2	832,6	835,4	836,1	835,0	834,0
K5	804,8	818,6	820,5	822,1	826,1	826,0	825,0
K6	806,4	820,6	822,4	823,9	828,4	827,0	826,0

Tablo A.47 PÇ270+07L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	813,4	825,8	830,0	827,3	830,9	830,9	831,0
K4	811,7	822,0	829,9	827,6	828,1	832,0	831,0
K5	822,0	837,5	842,8	844,8	842,3	843,9	848,0
K6	789,5	802,9	810,3	813,7	810,7	818,2	815,0

Tablo A.48 PÇ270+07MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	781,2	794,4	793,4	796,3	796,5	796,0	795,0
K4	780,3	795,0	791,8	795,4	794,5	798,0	795,0
K5	771,8	785,2	786,7	786,2	787,5	790,0	789,0
K6	770,6	783,5	785,9	786,0	790,7	789,0	788,0

Tablo A.49 PÇ320+00 Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	805,5	810,0	818,9	816,1	814,9	822,2	819,0
K4	809,1	819,8	827,1	825,3	829,3	830,7	829,0
K5	813,6	828,6	835,4	834,1	832,5	838,0	836,0
K6	812,7	824,6	832,5	830,5	829,8	831,3	835,0

Tablo A.50 PÇ320+04L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	820,6	831,2	832,1	837,0	833,0	834,1	835,0
K4	822,8	833,7	834,2	839,2	835,5	833,0	832,0
K5	839,5	852,5	851,1	855,7	855,1	855,1	855,0
K6	817,3	833,1	831,6	835,8	835,4	833,8	834,0

Tablo A.51 PÇ320+04MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	798,8	810,4	810,8	811,4	813,9	815,0	811,0
K4	798,9	810,2	809,0	810,6	811,7	811,0	806,5
K5	803,1	813,2	815,7	819,1	820,9	823,0	820,0
K6	795,9	808,0	810,6	813,7	817,4	817,0	814,0

Tablo A.52 PÇ320+04MB Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	797,1	809,9	808,0	808,1	809,3	809,0	810,0
K4	808,1	821,0	819,8	818,6	821,0	821,0	822,0
K5	817,4	828,7	828,4	828,9	830,0	833,0	832,0
K6	812,7	824,9	824,5	825,2	827,9	828,0	826,0

Tablo A.53 PÇ320+04MS Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	802,3	815,1	810,2	812,1	815,0	814,9	814,5
K4	825,3	837,3	832,9	833,0	835,0	835,6	836,1
K5	816,5	829,4	827,1	829,1	830,0	830,1	830,2
K6	799,4	813,5	811,3	812,0	813,0	813,6	815,0

Tablo A.54 PÇ320+07L Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	794,7	799,9	802,1	800,8	802,9	804,4	802,0
K4	823,3	829,4	832,6	830,7	834,3	834,5	838,0
K5	826,7	832,3	836,3	836,0	834,7	838,1	839,0
K6	823,4	829,8	833,2	834,2	833,0	836,0	839,0

Tablo A.55 PÇ320+07MK Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	789,5	796,4	795,2	798,8	797,0	796,2	796,0
K4	819,3	826,7	825,0	828,4	827,1	826,0	825,0
K5	826,5	834,2	834,5	838,0	838,0	838,1	837,0
K6	789,5	796,5	795,4	799,0	798,2	797,1	796,0

Tablo A.56 PÇ320+07MB Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	819,5	827,4	827,2	830,0	828,7	827,3	827,0
K4	802,8	810,0	809,3	812,4	811,1	810,5	810,0
K5	806,4	815,2	814,3	817,6	815,7	815,1	814,0
K6	800,1	808,5	808,6	811,2	809,3	808,3	808,0

Tablo A.57 PÇ320+07MS Kodlu Küp Numunelerde 90 Gün Boyunca Ağırlık Değişimleri

Numune Kodu	Ağırlık Değişimi (gr)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
K3	803,0	813,6	811,7	812,3	815,0	814,6	814,4
K4	800,0	811,8	808,7	809,6	810,0	811,5	811,9
K5	803,2	814,6	814,0	815,0	817,0	818,0	818,8
K6	791,4	801,5	802,2	802,6	803,0	804,5	806,8

Tablo A.58 PÇ270+00 Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	99,9	100,0	99,9	100,0	100,0
P4	100,0	99,9	99,9	100,0	99,9	100,0	100,0
P5	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	100,0	100,0
P6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo A.59 PÇ270+04L Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,2	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1
P4	100,0	100,1	100,1	100,0	100,1	100,0	100,1
P5	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0
P6	100,0	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1

Tablo A.60 PÇ270+04MK Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
P4	100,0	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
P5	100,0	100,0	99,9	99,9	100,0	100,0	99,9
P6	100,0	100,0	99,9	99,9	99,9	99,9	100,0

Tablo A.61 PÇ270+07L Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo A.62 PÇ270+07MK Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	100,0	100,1	99,9	100,0	100,1
P4	100,0	100,0	99,9	100,0	99,9	99,9	100,0
P5	100,0	100,0	99,9	100,0	100,1	100,1	100,0
P6	100,0	100,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo A.63 PÇ320+00 Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0
P4	100,0	100,0	100,1	99,9	100,0	99,9	100,0
P5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P6	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,9	100,0

Tablo A.64 PÇ320+04L Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,1	100,0	100,0
P5	100,0	100,1	100,0	100,1	100,0	100,1	100,1
P6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo A.65 PÇ320+04MK Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0
P4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P6	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0

Tablo A.66 PÇ320+04MB Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,1	99,9	100,1	100,1	100,1	100,0
P4	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0
P5	100,0	100,0	99,9	99,9	99,9	99,9	100,0
P6	100,0	100,0	99,9	99,9	99,9	100,0	99,9

Tablo A.67 PÇ320+04MS Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo A.68 PÇ320+07L Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	99,9	100,0
P4	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,9	100,0
P5	100,0	99,9	100,0	100,0	99,9	99,9	99,9
P6	100,0	100,0	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9

Tablo A.69 PÇ320+07MK Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	99,9
P4	100,0	100,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P5	100,0	100,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P6	100,0	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1

Tablo A.70 PÇ320+07MB Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	100,1	100,1	100,0	100,1	100,1
P4	100,0	100,1	101,1	100,0	100,1	100,0	100,0
P5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P6	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0

Tablo A.71 PÇ320+07MS Kodlu Numunelerde 90 Gün Boyunca Boy Değişimleri

Numune Kodu	Boy Değişimi (%)						
	35.Gün	35+15.Gün	35+30.Gün	35+45.Gün	35+60.Gün	35+75.Gün	35+90.Gün
P3	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0
P4	100,0	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1
P5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P6	100,0	100,0	100,1	100,1	100,0	100,1	100,0

Tablo A.72 Kılcal Su Emme Deneyinde Ağırlık Değişimleri

Beton Kodu	AĞIRLIK (gr)									k (cm ² /dk)x10 ⁻⁵
	Kuru	1. Dakika	4. Dakika	9. Dakika	16. Dakika	25. Dakika	36. Dakika	49. Dakika	24. Saat	
PÇ270+00	776,6	777,6	778,4	779,1	780,0	780,9	781,9	782,9	818,4	33,5
PÇ270+04L	819,9	820,8	821,5	822,1	822,7	823,3	823,9	824,6	851,9	18,1
PÇ270+04MK	808,1	808,6	808,9	809,1	809,4	809,7	810,0	810,3	820,2	4,0
PÇ270+07L	773,9	774,6	775,0	775,5	776,0	776,6	777,2	777,9	802,1	13,3
PÇ270+07MK	779,6	780,2	780,5	780,7	781,0	781,2	781,5	781,7	789,5	3,5
PÇ320+00	786,3	787,2	787,6	788,2	788,9	789,6	790,4	791,3	819,4	20,9
PÇ320+04L	814,5	815,1	815,6	816,1	816,6	817,2	817,7	818,3	837,4	12,1
PÇ320+04MK	794,2	794,8	795,0	795,3	795,5	795,8	796,1	796,4	805,3	3,9
PÇ320+04MB	791,5	791,9	792,2	792,4	792,6	792,8	793,1	793,3	800,3	2,6
PÇ320+04MS	794,9	795,4	795,7	795,9	796,2	796,5	796,8	797,1	808,8	4,0
PÇ320+07L	821,5	822,0	822,3	822,5	822,8	823,1	823,4	823,8	835,6	4,2
PÇ320+07MK	810,7	811,2	811,4	811,7	811,9	812,2	812,5	812,7	821,1	3,3
PÇ320+07MB	806,1	806,5	806,8	807,0	807,2	807,5	807,8	808,0	817,7	3,0
PÇ320+07MS	782,2	782,6	782,9	783,1	783,4	783,7	784,0	784,3	795,5	3,7

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Ankara’da doğan Barış ALTUN, ilköğrenimini Mersin Özel Akdeniz Palmiye Kolejinde, orta ve lise öğrenimini Mersin Tevfik Sırrı Gür Lisesi’nde tamamlamıştır. 1994 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitime başlamış ve 1998 yılında bu bölümden mezun olmuştur. Aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Malzemesi Bölümünde yüksek lisans eğitime başlamıştır.

