

**UZUN SÜRE ETKİLİ PRİZ GECİKTİRİCİ KATKININ
PORTLAND ÇİMENTOLU HARÇ ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİ**

707434
**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TEZLERİN YAYINLANMASI İÇİN**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Hamit ULUDOĞAN
(501961017)

101434

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

Tez Danışmanı :

Prof.Dr. Mehmet UYAN

Diğer Jüri Üyeleri

Yrd.Doç.Dr. Hasan YILDIRIM

Doç.Dr. Fevziye AKÖZ (Y.T.Ü.)

HAZİRAN 2001

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında deneyimleriyle ve değerli fikirleriyle bana yol gösteren, çalışmanın her aşamasında yardım ve hoşgörüsünü esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet UYAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sırasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Yrd. Dç. Dr. Hasan YILDIRIM'a teşekkür ederim.

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Anabilim Dalı'ndaki araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve laboratuvar personeline samimi yardım ve desteklerinden dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Öğrenimimin bu aşamasına gelmemde ailemin göstermiş oldukları ilgi, şefkat ve maddi manevi her türlü yardımlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2001

Hamit ULUDOĞAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Priz Geciktirici Katkılar	4
2.1.1. Priz geciktirici katkıların başlıca kullanım alanları	4
2.1.2. Priz geciktirici katkıların kimyasal bileşimi	4
2.1.2.1. Linyosülfonatlar	4
2.1.2.2. Hidroksikarboksilik asitler	5
2.1.2.3. Karbonhidratlar	5
2.1.2.4. Diğer bileşikler	6
2.1.3. Priz geciktirici katkıların etki mekanizması	6
2.1.4. Priz geciktirici katkıların taze beton özelliklerine etkisi	7
2.1.4.1. Su indirgemeye etkisi	7
2.1.4.2. İşlenebilmeye etkisi	8
2.1.4.3. Çökme kaybına etkisi	8
2.1.4.4. Hidratasyon ısısına etkisi	8
2.1.4.5. Terlemeye etkisi	8
2.1.4.6. Priz süresine etkisi	8
2.1.4.7. Hava sürüklemeye etkisi	10
2.1.4.8. Pompalanabilirliğe etkisi	10
2.1.4.9. Plastik rötrene etkisi	10
2.1.4.10. Yüzey düzeltilmesine etkisi	10

2.1.5. Priz geciktirici katkıların sertleşmiş beton özelliklerine etkisi	10
2.1.5.1. Fiziksel özellikler	10
2.1.5.2. Mekanik özellikler	11
2.1.5.3. Durabilite	11
2.2. Uzun Süre Etkili Priz Geciktirici Katkı	12
2.2.1. Uzun süre etkili priz geciktirici katkının etki mekanizması	13
2.2.2. Uzun süre etkili priz geciktirici katkının başlıca kullanım alanları	14
2.2.3. Uzun süre etkili priz geciktirici katkının uygulamaları	15
2.3. Akışkanlaştırıcı Katkılar	16
2.2.1. Akışkanlaştırıcıların kullanım amaçları	16
2.2.2. Akışkanlaştırıcı katkıların etki mekanizmaları	16
2.4. Betonda Çökme Kayıpları ve Yeniden Su Verme İşlemi	18
2.5. Bu Konuda Yapılmış Çalışmalar	20
2.6. Araştırmanın Amacı ve Gerekçesi	25
2.7. Araştırmanın Kapsamı	25
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	27
3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler	27
3.1.1. Kum	27
3.1.2. Çimento	28
3.1.3. Su	29
3.1.4. Katkılar	29
3.2. Harç Karışımları	30
3.3. Harç Üretimi, Karıştırma, Yerleştirme, Saklama, Numune Boyutları	33
3.4. Deneylerin Tanımlanması, Yöntemler	35
3.4.1. Taze harç deneyleri	35
3.4.2. Sertleşmiş harç deneyleri	36
4. DENEY SONUÇLARI	37
4.1. Taze Harç Deney Sonuçları	37
4.1.1. Taze birim ağırlık deneyi sonuçları	37
4.1.2. Yayılma deneyi sonuçları	37
4.1.3. Priz deneyi sonuçları	39
4.2. Sertleşmiş Harç Deney Sonuçları	40

4.2.1. Basınç mukavemeti sonuçları	40
4.2.2. Eğilme mukavemeti sonuçları	45
4.2.3. Ultrases hızı sonuçları	50
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	55
5.1. Taze Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	55
5.1.1. Taze Birim Ağırlık Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	55
5.1.2. Yayılma deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi	56
5.1.3. Priz deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi	63
5.2. Sertleşmiş Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	65
5.2.1. Basınç deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi	65
5.2.2. Eğilme deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi	73
5.2.3. Ultrases hızı deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi	81
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
6.1. Sonuçlar	82
6.2. İleriki Çalışmalar için Öneriler	84
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	88

KISALTMALAR

ASTM	: American Society For Testing and Materials
BS	: Beton Sınıfı
TS	: Türk Standartları
ACI	: American Concrete Institute



TABLO LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Katkısız ve priz geciktirici katkı içeren betonların priz süreleri	9
Tablo 2.2	Çimento hamuru ve betonun prize başlama süreleri	9
Tablo 3.1	Kumun elek analizi sonuçları	27
Tablo 3.2	Kumun birim ağırlık ve özgül ağırlık ölçüm değerleri	28
Tablo 3.3	Çimentonun fiziksel özellikleri	28
Tablo 3.4	Çimentonun mekanik özellikleri	29
Tablo 3.5	Çimentonun kimyasal özellikleri	29
Tablo 3.6	Kontrol ve katkı harçların 1 m ³ için bileşimi ve taze harç özellikleri	32
Tablo 4.1.1	Yayılma değerleri (cm) ve 2 dm ³ harca ilave edilen su miktarı	37
Tablo 4.1.2	Yayılma değerleri (cm) ve 2 dm ³ harca ilave edilen su miktarı	38
Tablo 4.1.3	Yayılma değerleri (cm) ve 2 dm ³ harca ilave edilen su miktarı	38
Tablo 4.1.4	Yayılma değerleri (cm) ve 2 dm ³ harca ilave edilen su miktarı	39
Tablo 4.1.5	Harç karışımlarının priz deney sonuçları	39
Tablo 4.1.6	Çimento hamurunun priz başlangıç ve bitim süreleri	40
Tablo 4.2.1a	300 dozlu harçlarda basınç dayanımları (mutlak)	41
Tablo 4.2.1b	300 dozlu harçlarda basınç dayanımları (oranlanmış)	41
Tablo 4.2.2a	400 dozlu harçlarda basınç dayanımları (mutlak)	42
Tablo 4.2.2b	400 dozlu harçlarda basınç dayanımları (oranlanmış)	42
Tablo 4.2.3a	500 dozlu harçlarda basınç dayanımları (mutlak)	43
Tablo 4.2.3b	500 dozlu harçlarda basınç dayanımları (oranlanmış)	43
Tablo 4.2.4a	400A dozlu harçlarda basınç dayanımları (mutlak)	44
Tablo 4.2.4b	400A dozlu harçlarda basınç dayanımları (oranlanmış)	44
Tablo 4.2.5a	300 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (mutlak)	46
Tablo 4.2.5b	300 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (oranlanmış)	46
Tablo 4.2.6a	400 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (mutlak)	47
Tablo 4.2.6b	400 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (oranlanmış)	47
Tablo 4.2.7a	500 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (mutlak)	48
Tablo 4.2.7b	500 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (oranlanmış)	48
Tablo 4.2.8a	400A dozlu harçlarda eğilme dayanımları (mutlak)	49
Tablo 4.2.8b	400A dozlu harçlarda eğilme dayanımları (oranlanmış)	49
Tablo 4.2.9a	300 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (mutlak)	51
Tablo 4.2.9b	300 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (oranlanmış)	51
Tablo 4.2.10a	400 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (mutlak)	52
Tablo 4.2.10b	400 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (oranlanmış)	52
Tablo 4.2.11a	500 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (mutlak)	53
Tablo 4.2.11b	500 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (oranlanmış)	53
Tablo 4.2.12a	400A dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (mutlak)	54
Tablo 4.2.12b	400A dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (oranlanmış)	54
Tablo 5.1	1 m ³ harç karışımı için ilave edilen su miktarları (kg)	62

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Çimento taneciklerin priz esnasında görünümü 13
Şekil 2.2	Hidratasyon kontrol katkısının priz esnasında çimento tanecikleri etrafında oluşturduğu koruyucu tabaka oluşumu 13
Şekil 2.3	Çimento tanecikleri etrafındaki koruyucu tabakanın çözülmesi 14
Şekil 2.4	İşlenebilmedeki azalmaya etki eden faktörlerin şematik gösterimi 18
Şekil 2.5	Buharlaştıran miktarda su ilavesinin işlenebilme ve mukavemetin zamanla değişimi 20
Şekil 3.1	İri kumun granülometrik eğrisi 27
Şekil 5.1.1	300 dozlu harçlarda yayılma diyagramı (oranlanmış) 57
Şekil 5.1.1	400 dozlu harçlarda yayılma diyagramı (oranlanmış) 58
Şekil 5.1.1	500 dozlu harçlarda yayılma diyagramı (oranlanmış) 59
Şekil 5.1.1	400A dozlu harçlarda yayılma diyagramı (oranlanmış) 60
Şekil 5.2.1a	300 dozlu harçlarda 7 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 66
Şekil 5.2.1b	300 dozlu harçlarda 28 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 66
Şekil 5.2.1c	300 dozlu harçlarda 56 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 66
Şekil 5.2.2a	400 dozlu harçlarda 7 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 68
Şekil 5.2.2b	400 dozlu harçlarda 28 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 68
Şekil 5.2.2c	400 dozlu harçlarda 56 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 68
Şekil 5.2.3a	500 dozlu harçlarda 7 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 70
Şekil 5.2.3b	500 dozlu harçlarda 28 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 70
Şekil 5.2.3c	500 dozlu harçlarda 56 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 70
Şekil 5.2.4a	400A dozlu harçlarda 7 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 72
Şekil 5.2.4b	400A dozlu harçlarda 28 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 72
Şekil 5.2.4c	400A dozlu harçlarda 56 günlük basınç mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 72
Şekil 5.2.5a	300 dozlu harçlarda 7 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 74
Şekil 5.2.5b	300 dozlu harçlarda 28 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi 74

Şekil 5.2.5c	300 dozlu harçlarda 56 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	74
Şekil 5.2.6a	400 dozlu harçlarda 7 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	75
Şekil 5.2.6b	400 dozlu harçlarda 28 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	75
Şekil 5.2.6c	400 dozlu harçlarda 56 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	75
Şekil 5.2.7a	500 dozlu harçlarda 7 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	77
Şekil 5.2.7b	500 dozlu harçlarda 28 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	77
Şekil 5.2.7c	500 dozlu harçlarda 56 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	77
Şekil 5.2.8a	400A dozlu harçlarda 7 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	78
Şekil 5.2.8a	400A dozlu harçlarda 28 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	78
Şekil 5.2.8c	400A dozlu harçlarda 56 günlük eğilme mukavemetinin karıştırma süresi ile değişimi	78

SEMBOL LİSTESİ

C	: Çimento
E	: Su
σ_b	: Basınç mukavemeti
σ_e	: Eğilme mukavemeti
P_k	: Numunelerin kırılma kuvveti
L	: Mesnetler arası açıklık
B	: Prizma kesitinin eni
H	: Prizma kesitinin yüksekliği
V	: Ultrases hızı
L'	: Numune boyu
T'	: Numune içinden ultrases geçiş hızı



UZUN SÜRE ETKİLİ PRİZ GECİKTİRİCİ KATKININ PORTLAND ÇİMENTOLU HARÇ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET

Hazır beton üretiminde sıkça rastlanan sorunlardan en önemlisi transmikserlerdeki taşıma süresinin gereğinden fazla uzamasıdır. Trafik tıkanıklığı, transmikserin yolda arıza yapması veya döküm esnasında kalıp açması gibi nedenlerle taşıma süresi uzar.

Taşıma süresinin uzamasıyla beton işlenebilme kaybına maruz kalır ve işlenebilmeyi iyileştirmek için betona su katılmasıyla betonun mukavemeti düşer. İşlenebilme süresinin kısalığından kaynaklanan problemler priz geciktirici katkı kullanılarak çözülmeye çalışılır.

Bu çalışmada uzun süre etkili priz geciktirici katkının taze ve sertleşmiş çimentolu harçların özelliklerine etkisi incelenmiştir. Araştırmada çimento tipi sabit seçilmiş olup bütün deneylerde normal portland çimentosu (PÇ 42,5) kullanılmıştır.

Bu amaçla; 300, 400, 500 kg/m³ ve başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılan 400 kg/m³ dozajlı olarak üretilen harçlarda sabit işlenebilmeyi sağlamak için her dozaj için ayrı ayrı su/çimento oranı bulunmuştur. Bütün dozajlarda uzun süre etkili priz geciktirici katkı karışıma farklı zamanlarda ve t=0, 30, 60, 90 ve 120 dakikalarda katılmıştır. Böylece bir dozaj için şahit karışımla birlikte elde edilen 6 farklı karışımın 4 saat süresince taze özellikleri kontrol altında tutulmuştur. Karışımlarda zamanla oluşan işlenebilme kaybı ve karışımların priz başlangıç süreleri belirlenmiştir. Karışımlardan çeşitli zamanlarda (t=0, 60, 120, 180 ve 240 dakikalarda) alınan 2 dm³ taze harçlara gerektiğinde su ilavesi yapılarak başlangıç (t=0) işlenebilme sağlandıktan sonra boyutları 40*40*160 mm olan prizmatik numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin 7, 28 ve 56. gün için ultrases hızları, eğilme ve basınç mukavemetleri belirlenmiştir.

Yapılan deneyler sonunda, çimento dozajının artmasıyla uzun süre etkili priz geciktirici katkının taze ve sertleşmiş harç özelliklerini değiştirmede daha etkin olduğu gözlenmiştir. Bütün dozajlarda ve bütün yaşlarda uzun süre etkili priz geciktirici katkının basınç mukavemeti ve ultrases hızını olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Bunun yanında, yeniden su verme işleminin harç özelliklerini olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir.

THE EFFECT OF EXTENDED SET CONTROL ADMIXTURE ON PROPERTIES OF PORTLAND CEMENT MORTARS

SUMMARY

Extended transportation duration of concrete is the most important problem in ready mixed concrete production. Due to heavy traffic, breaking down of ready mixed truck or trouble in placing equipment at the site extends the transportation duration.

With extension of transportation duration, concrete loses its consistency and retempering is done to increase the consistency of concrete but lower the concrete strength. The shortness duration of concrete workability problems may be solved by using retarding admixtures.

In this study, the effect of extended set control admixture on the fresh and harden properties of cement mortars was examined. In the experiments, PC 42,5 Portland cement was used.

For this purpose, the mix dosages were produced 300, 400, 500 kg/m³ and using plasticizer to initial batching of 400 kg/m³. Different water/cement ratio was found for each dosages to provide same workability of all mixes. Extended set control admixture was added to the mixes at specific ($t=0^{\text{th}}$, 30^{th} , 60^{th} , 90^{th} and 120^{th}) minutes for each dosages. So, considering the control mix, 6 different mixes were got for one dosage and the fresh properties of cement mortars were controlled during 4 hours. Consistency loss of the mixes by the time and initial setting time of the mixes were determined. After initial batching, 2 dm³ of fresh mortar was taken from the mixes at specific ($t=0^{\text{th}}$, 60^{th} , 120^{th} , 180^{th} and 240^{th}) minutes and retempering, if necessary, before having 40*40*160 mm size of prismatic specimens were taken. Ultrasonic pulse velocity, flexural and compressive strengths testing were performed on specimens after 7, 28 and 56 days.

By the tests, it was observed that with the increase of mix dosage, the effectiveness of extended set control admixture to change the fresh and harden properties of cement mortars increase. For each dosages and for each days, it was determined that extended set control admixture effects the compressive strength and ultrasonic pulse velocity in a possitive manner. Besides, it was observed that retempering effects the properties of mortars negatively.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Günümüzde hazır beton teknolojisinde ortaya çıkan çeşitli problemlerin çözümünde katkı kullanımı vazgeçilmez hale gelmiştir. Hazır beton üretiminde sıkça rastlanan sorunlardan en önemlisi transmikserlerdeki taşıma süresinin gereğinden fazla uzamasıdır. Hazır beton santrali ile teslim yeri arasındaki mesafenin uzun olması, olumsuz hava koşulları, trafik tıkanıklığı, beton pompasının arıza yapması, kullanıcı sahasına gereğinden fazla sayıda transmikser yığılması, beton dökümü esnasında kalıp açması, beton dökümünün çok yavaş sürmesi gibi nedenlerden dolayı betonun taşıma süresi uzamaktadır.

Beton transmikserde taşınırken tamburun düşük devirde (dakikada 1-4 devir) çevrilmesi gerekir. Eğer beton karıştırılmadan taşınırsa ayrışma ve çökme oluşacağından betonun homojenliği bozulur ve tekrar karıştırmak güçleşir. Beton karıştırılırken hava ile temas nedeniyle buharlaşma oluşur, bu ise su kaybına yol açacağından işlenebilme düşer. Transmikserde taşınan betonların işlenebilmesine etki eden diğer faktörler şunlardır:

- Karıştırma işlemi agregaların parçalanıp ufalanmasına neden olması sonucu agregaların boyutu küçülüp toplam yüzey alanları artacağından su gereksinmesi artar, bunun sonucunda da işlenebilme düşer.

- Özellikle yaz aylarında agregaların beton suyunun bir bölümünü emmesi sonucu işlenebilmenin azalmasına yol açar.

- Sıcak havalarda çimentonun su ile yaptığı hidratasyon reaksiyonunun hızlanması ile ortaya çıkan ısı betonun daha fazla ısınmasına yol açar, bu ise buharlaşmayı artırarak işlenebilmenin azalmasına yol açar.

- Hidratasyon ısısı yüksek olan çimento (örneğin PÇ 42.5) kullanılması, hidratasyon reaksiyonunun hızlanmasına etki edebileceğinden ortamdaki suyun çimento ile daha fazla miktarda reaksiyona girmesine yol açarak beton içindeki

suyun azalması sonucunu doğurur. Tüm bu etkilerin sonucunda beton kıvam kaybına uğrar, yani işlenebilmesi azalır [1,2].

Betonu oluşturan malzemelerin karıştırılmaya başlandığı andan itibaren betonu kalıbına yerleştirene kadar geçen süre olarak tanımlanan döküm süresi uzadıkça betonun işlenebilmesi de azalmaya başlar ve betonun kalıbına yerleştirilmesi güçleşir. Değişik nedenlerden dolayı işlenebilirliği azalmış betonu tekrar ilk kıvamına getirebilmek için su ilave etmek (re-tempering) gerekecektir. Ancak karışıma konan bu suyun betonun mukavemetini ne yönde etkilediği belirlenmelidir [2].

Beton döküm süresinin aşırı uzun tutulması ve yukarıda açıklanan nedenlerle oluşan işlenebilmedeki azalmayı karşılamak üzere karışıma su ilave edilmesi sonucu başta dayanım olmak üzere sertleşmiş beton özelliklerinde belirsizlikler meydana gelir. Bu nedenle, ASTM C 94-84 [3] maksimum döküm süresini 1.5 saatle sınırlarken, TS 11222 [4] bu süreyi 2 saatle kısıtlamıştır.

Beton üretiminde döküm süresi uzadıkça taze beton işlenebilme kaybına maruz kalır ve betona su katılmasıyla betonun mukavemeti düşer. Bu araştırmada uzun süre etkili priz geciktirici (hidratasyon kontrol) katkının farklı zamanlarda katılmasıyla üretilen çimentolu harçların işlenebilmeleri ve mukavemetlerinin ne yönde etkilendiği incelenmiştir.

Üretimi yapılan harç numunelerinde Portland Çimentosu (PÇ 42.5) kullanılmış olup dozajları 300, 400 ve 500 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Dozajları 300 ve 500 kg/m³ olan harç karışımlarından birer seri üretim yapılmıştır. Dozajı 400 kg/m³ olan harç karışımlarından ise iki seri üretim yapılmıştır. Bunlardan birinde uzun süre etkili priz geciktirici katkının akışkanlaştırıcı katkıyla birlikte etkisi incelenmiştir. Bütün serilerde, uzun süre etkili priz geciktiricinin karışıma farklı zamanlarda katılmasının zamanla oluşan kıvam kaybını başlangıç kıvamına getirecek su ilaveli karışımdan alınan numuneler üzerinde 7, 28 ve 56. günde yapılan deneylerle ultrases hızı, eğilme ve basınç dayanımlarının nasıl etkilendiği araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Beton katkı maddeleri, çimento yada toplam bağlayıcı madde ağırlığının en fazla % 5'i oranında diğer bileşenlerine eklenen inorganik veya organik maddeler olup katı ya da sıvı halde olabilirler.

Katkı maddelerinden hidrasyon sırasında çimento ile fiziksel, kimyasal veya fiziko-kimyasal reaksiyona girerek, taze ya da sertleşmiş haldeki harç ve betonun özelliklerini değiştirmesi beklenir [5].

Yapılan çeşitli çalışmalarda beton katkı maddeleri kullanım amaçlarına göre sınıflandırılmıştır. Bu esasa göre katkıları sınıflandıran ACI Committee 212 [6] beton katkı maddelerini; hava sürükleyen katkılar, hızlandırıcı katkılar, su azaltıcı ve priz süresini ayarlayan katkılar, akıcı beton için katkılar ve diğer muhtelif katkılar olmak üzere beş ana başlıkta toplamışlardır.

ASTM C 494 [7] ise kimyasal katkıları şu şekilde sınıflandırmaktadır.

- a) Tip A: Su indirgeyiciler
- b) Tip B: Priz geciktiriciler
- c) Tip C: Priz hızlandırıcılar
- d) Tip D: Su indirgeyici ve priz geciktiriciler
- e) Tip E: Su indirgeyici ve priz hızlandırıcılar
- f) Tip F: Yüksek oranda su indirgeyiciler
- g) Tip G: Yüksek oranda su indirgeyiciler ve priz geciktiriciler

Bu çalışmada kullanılan su indirgeyiciler (Tip A), priz geciktiriciler (Tip B) ve su indirgeyici ve priz geciktiriciler (Tip D) sınıflarına giren katkı maddeleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

2.1 Priz Geciktirici Katkılar

Betonda çimentonun hidratasyon süresini ayarlayarak betonun işlenebilme süresini uzatan katkılara priz geciktirici katkılar denir.

2.1.1 Priz Geciktirici Katkılarının Başlıca Kullanım Alanları

- a. Sıcak havalarda beton dökümü
- b. Hazır beton üretiminde uzak mesafelere beton taşınması
- c. Kütle betonlarında sıcaklık yükselmelerinin kısıtlanması
- d. İnşaat birleşim derzlerini (soğuk derz) yoketme
- e. Enjeksiyon ve pompa betonlarının üretimi [8].

2.1.2 Priz Geciktirici Katkılarının Kimyasal Bileşimi

Priz geciktirici katkıların esasını suda çözünen organik bileşenler oluşturur. Organik bileşenler üç ana grupta toplanabilirler.

- Linyosülfonatlar (özellikle içerdikleri şeker nedeniyle)
- Hidroksi karboksilik asitler ve tuzları, strik asit (limon asidi), Na, Ca, glükonatlar
- Karbonhidratlar, şekerler, nişasta, sellüloz

Bunlar dışında inorganik bileşenler de vardır:

- Fosforik asitler, fluorhidrik asit, fosfat ve florürler
- Çinko, kurşun oksit, boraks ve magnezyum tuzları [3,8].

2.1.2.1 Linyosülfonatlar

Günümüzde hazır beton teknolojisinde çok yaygın olarak kullanılan katkı bileşenidir. Linyosülfonatların kimyasal yapıları oldukça karmaşıktır; hidroksil (OH),

metoksil (OCH_3), fenil zinciri (C_6H_5) ve sülfonik asit (SO_3H) grupların birleşmesinden meydana gelmiş bir polimer gibi düşünülebilir.

Linyosülfonatlar, piyasada sıvı veya toz halinde bulunurlar. Sıvılar sarı-siyah arası renktedirler, asidiktirler ($3 < \text{pH} < 7$) ve yoğunlukları $1,17 \text{ kg/dm}^3$ 'tür. Tozlar koyu sarı renkte, görünen birim ağırlıkları 0.45 kg/dm^3 , çimentodan çok ince (özgül alanları $5000\text{-}10000 \text{ cm}^2/\text{g}$) ve suda kolaylıkla eriyebilen maddelerdir.

Linyosülfonatlar tek başına kullanıldıklarında priz geciktirici veya hem priz geciktirici hem su indirgeyici özellik gösterirler. Eğer prizin gecikmesi istenmiyorsa linyosülfonatin bu özelliği trietanolamin veya kalsiyum klorür gibi priz hızlandırıcı tuzlar kullanarak yok edilebilir.

Linyosülfonat kökenli beton katkı maddeleri bir miktar hava sürüklemesi donma çözülme dayanımını artırır. Ama, betonda hava sürüklenmesi istenmiyorsa tribütilfosfat veya borat ester gibi köpük söndürücü maddeler katılır [9].

2.1.2.2 Hidroksikarboksilik asitler

Organik hidroksikarboksilik asitlerin tuzları su indirgeyici ve priz geciktirici katkı üretiminde kullanılmaktadır. Hidroksikarboksilik asitler, hidroksil (OH) ve karboksilik asit (COOH) gruplarının kısa karbon zincirlerine eklenmeleri sonucu oluşurlar.

Hidroksikarboksilik asitler tek başlarına priz geciktirici ve/veya su indirgeyici özellik gösterirler. Sadece su indirgeyici veya priz hızlandırıcı ve su indirgeyici olarak kullanılmak istendiğinde linyosülfonatlardaki gibi bir hızlandırıcı ile birlikte kullanılırlar [9].

2.1.2.3 Karbonhidratlar

Karbonhidratlar normal veya hızlandırıcı özellikte su indirgeyici olarak kullanılmaları için az miktarda trietanolamin, kalsiyum klorür veya geciktirme özelliğini kaldıracak başka tuzlar katılarak kullanılmalıdır.

2.1.2.4 İnorganik bileşikler

İnorganik bileşikler daha fazla geciktirici özelliği gösterirler, fakat organik bileşenlerden daha pahalı oldukları, çözünürlükleri düşük olduğu ve toksit olma riskleri bulunduğu için tercih edilmezler.

2.1.3 Priz Geciktirici Katkıların Etki Mekanizması

Priz geciktirici katkıların etki mekanizmalarına girmeden önce çimentonun hidratasyonu ve prizi hakkında hatırlatma faydalı olacaktır.

Çimento su ile karıştırıldığında ilk bir iki dakika içinde kalsiyum hidroksit ve sülfata doymuş hale gelir. Priz olayının başlayabilmesi için önce C_3A ve C_3S su içinde çözülmeli daha sonra da ortam kirece doymuş hale gelmelidir, yani Ca^{++} iyonları çoğalmalı ve sıvı ortamda rahatlıkla dolaşabilmelidirler. Hidratasyon çimento tanelerinin dış yüzünde başlar ve içeriye doğru ilerler. Bir miktar silis ve alümin sıvı faza geçerek su ile reaksiyona girerler. Hidrate ürünler meydana geldikçe yeni elemanlar sıvı faza geçerler. Anhidrate katıların suyla reaksiyonu ve sıvı fazdaki kireç, alümin, silis ve sülfatın birbirleriyle ekileşimleri ilk ürünlerin yapısını ve hidratasyon hızını belirler.

Normal koşullar altında oluşan bir priz için etrenjit (Candlot tuzu) oluşması gereklidir. Candlot tuzunun oluşması için ortamda yeterli miktarda kireç ve kalsiyum sülfat bulunmalıdır. Aksi takdirde alüminatlar hidrate olur ve şimşek priz meydana gelir. Şimşek prizde çimento tamamen katılaşır ve silikatların oluşmasına fırsat kalmaz. Meydana gelen hidrat oldukça zayıf dayanımlıdır. Şimşek prizin meydana gelmemesi için çimentoya üretim aşamasında $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (alçıtaşı) katılır.

İçerisinde alçıtaşı bulunmayan ve $Fe_2O_3:Al_2O_3$ oranı yüksek olan çimentolar hızla prize başlarlar fakat prizin sona ermesi uzayabilir. Bu olay şimşek priz değildir. Üretim aşamasında çimentoya katılan alçıtaşı priz başlangıcını geciktirip priz sonunu hızlandırır. İçerisinde alçıtaşı bulunmayan çimentolarda C_4AF 'nin hidratasyon esnasında meydana getirdiği hidrate kalsiyum alüminat ve hidrate demir oksit çimento tanelerinin üzerine çökerek hidratasyonu geciktirirler. Aynı durumda çimentonun alçıtaşı içermesi ise hidratasyonu geciktirici bir etkisi olmayan sülfalüminat ve sülfoferrit oluşmasını sağlar.

Priz esnasında çözünmeyi ve çözünme hızını sınırlayan katkılar priz süresini uzatarak geciktirici işlevi görürler. Bunlara çözünme indirgeyici katkılar denir. İkinci grup geciktirici de tıkayıcı geciktiriciler diye adlandırılır. Tıkayıcı geciktiriciler çimento taneleri üzerinde çökelen ince bir tabaka sayesinde suyun tane içine süzülmesini önlerler. Her iki grup geciktirici arasında belirli bir yakınlık vardır. İndirgeyiciler arayer sıvısında dolaşımı güçleştirerek tıkama görevi yaparlar, tıkayıcılar bazı durumlarda (şeker hariç) CaO'nun çözünmesini de indirgerler [10].

Özetle priz geciktiriciler, C_3A ve C_3S 'nin su içinde çözünmelerini kısıtlayarak veya su içinde karıştırılan çimentoda ilk çözünen $Ca(OH)_2$ 'nin Ca^{++} iyonları üzerinde geçirimsiz bir tabaka oluşturarak etkinlik sağlarlar.

2.1.4 Priz Geciktirici Katkılarının Taze Beton Özelliklerine Etkisi

Priz geciktirici katkılar taze betonun işlenebilme, priz süresi, pompalanabilme gibi reolojik özelliklerini olumlu yönde etkiler. Bu etkiye priz geciktirici katkı moleküllerinin hidrasyon sırasında çimento tanelerinin yüzeyinde oluşturdukları kimyasal ve fiziksel etkilerden kaynaklanır.

2.1.4.1 Su İndirgemeye etkisi

Priz geciktirici katkıların kimyasal bileşimlerindeki ana bileşenler su indirgeyicilerle aynı olduğu için çoğu geciktiriciler su indirgeme, çoğu su indirgeyiciler de priz geciktirme özelliği gösterirler.

Aynı çökme değeri için su miktarındaki azalmaya etkiyen faktörler şunlardır:

- a) Kullanılan katkının cinsi ve miktarı,
- b) Katkının karışıma eklenme şekli,
- c) İşlenebilme derecesi ve su/çimento oranı ile sürüklenmiş hava miktarı
- d) Çimentonun cinsi ve miktarı,
- e) Agrega tipi,
- f) Karışımdaki uçucu kül ve cüruf miktarı.

2.1.4.2 İşlenebilmeye etkisi

Priz geciktirici eklenmiş beton aynı su/çimento oranına sahip normal betona göre daha işlenebilirdir. İşlenebilmedeki bu artış priz geciktirici katkıların yapılarının su indirgeyicilere benzemesinden kaynaklanmaktadır.

2.1.4.3 Çökme kaybına etkisi

Priz geciktirici katkıları zamanla betonda oluşan çökme kayıplarının genellikle yavaşlatır. Fakat bu katkıların çökme kaybını etkilemediği hatta hızlandırdığını gösteren laboratuvar sonuçları da mevcuttur. Bu çelişkili durumun nedenleri olarak ; çimento ile katkının uyumu, uygun katkı dozajı ve konsantrasyonu ile hava sıcaklığı gösterilebilir. Bu etkenlerin farklı olması sonucu ters yönde etkileyebilir [9].

2.1.4.4 Hidratasyon ısısına etkisi

Priz geciktirici katkıları hidratasyon sırasında ilk aşamada fazla miktarda ısı oluşmasını önlerler. Fakat zamanla ısı yayılımı artar ve toplam hidratasyon ısısı aynı kalır. Öte yandan ilk hidratasyon ısıları düşük olduğu için özellikle sıcak havalarda meydana gelen çatlak problemlerini önlerler [9].

2.1.4.5 Terlemeye etkisi

Priz geciktirici katılardan linyosülfonat ve glikoz esaslılar terlemeyi azaltırken, glukonat esaslılar ise terlemeyi arttırmaktadır [9].

2.1.4.6 Priz sürelerine etkisi

Priz geciktirici katkı maddeleri betonun priz başlangıcı ve priz sonu sürelerini uzatırlar. Priz sürelerindeki gecikme ancak deney yapılarak belirlenebilir. Çimento miktarı 300 kg/m³ olan, çimento ağırlığının %3'ü kadar priz geciktirici katkı içeren ve 60-70 mm. arasında çökme değeri olan betonun prize başlama ve sona erme süreleri çeşitli sıcaklıklarda incelenmiş olup sonuçlar Tablo 2.1'de verilmiştir [9].

Tablo 2.1 Katkısız ve priz geciktirici katkı içeren betonların priz süreleri

	Referans Karışım			Priz Geciktiricili Karışım		
Sıcaklık (°C)	5	20	35	5	20	35
Su/Çimento oranı	0,58	0,60	0,61	0,56	0,57	0,58
Priz başlangıcı (saat:dakika)	11:05	5:05	3:30	13:30	6:10	4:30
Priz sonu (saat:dakika)	16:55	7:50	6:20	19:05	8:55	7:55

Bir betonun prize başlama sürelerini belirlemek için çimento karışımı (çimento + katkı) üzerinde deney yapmak yanıltıcı olur. Çünkü katkılı yada katkısız çimento hamurunun prize başlama süreleri ile aynı çimento ile yapılmış katkılı yada katkısız betonun prize başlama süreleri arasında farklılıklar vardır ve çimento hamurları betona göre daha geç prize başlarlar. Bu konuda yapılmış bir çalışmanın sonucu Tablo 2.2’de verilmiştir [9].

Tablo 2.2 Çimento hamuru ve betonun prize başlama süreleri

Çimento	Alkali Na ₂ O (%)	1 kg çimento için eklenen katkı (ml)	Çimento hamurunun prize başlama süresi (saat)	Betonun prize başlama süresi (saat:dakika)
A	0.87	—	7	6:30
A	0.87	2.78	12	9:24
A	0.87	3.48	17	11:00
B	0.56	—	7	6:06
B	0.56	2.78	25	9:54
B	0.56	3.48	49	12:12

2.1.4.7 Hava sürüklemeye etkisi

Priz geciktirici katkıları normal dozlarda %2-3, aşırı dozlarda ise %7-8'e kadar hava sürüklerler. Taze betona plastiklik kazandırmak için %2-3 miktarında hava gereklidir. Eğer dayanımda düşme olması istenmiyorsa bu hava beton yerleştirildikten hemen sonra vibratörle çıkartılabilir.

2.1.4.8 Pompalanabilirliğe etkisi

Betonda priz geciktirici katkı kullanılması hava sürüklemeleri nedeniyle pompalanabilmeyi olumlu yönde etkiler. Çünkü betonda %3-5 oranındaki hapsedilmiş hava karışımının kohezyonunu ve plastikliğini artırır dolayısıyla beton daha pompalanabilir hale gelir.

2.1.4.9 Plastik rötrene etkisi

Priz geciktirici katkılı betonlarda kür uygulanmazsa plastik rötrede artış meydana gelir. Plastik rötrenin artmasıyla çatlak oluşumu da artar. Öte yandan, çimentonun hızlı hidratasyonundan meydana gelen çatlak oluşumunu önlerler.

2.1.4.10 Yüzey düzeltilmesine etkisi

Priz geciktirici katkılı betonlar saatlerce plastik kıvamda kalabildiklerinden inşaat birleşim derzlerinin oluşmasına izin vermezler. Beton dökümünden sonra master çekmek ve mala yapmak için gereken sürenin uzun olması nedeniyle, özellikle geniş yüzeylerde çalışma kolaylığı sağlar.

2.1.5 Priz Geciktirici Katkıların Sertleşmiş Beton Özelliklerine Etkisi

2.1.5.1 Fiziksel özellikler

Priz geciktirici katkı ile üretilmiş olan betonlarda priz geciktiricilerin akışkanlaştırıcı özelliklerinden dolayı aynı dayanım için su miktarında bir azalma meydana getireceği için, betonda fazla hava sürüklenmesi engellenirse, kontrol betonundan daha büyük birim ağırlık verir.

Priz geciktirici katkıları, su/çimento oranına ve ilk yaşlarda hidrasyon hızına bağlı olarak betonun porozitesini etkilerler. İleri yaşlarda hidrasyonun etkisi azalacağından tek parametre olarak su/çimento kalır ve su/çimento oranı küçüldükçe porozite azalır.

2.1.5.2 Mekanik özellikler

Betonun mekanik özelliklerinden olan basınç, eğilme ve çekme dayanımı, elastiklik modülü, aderans dayanımı ve yüzey aşınma direnci birbirine bağlıdır ve bu özelliklerin birinde olan değişme aynı oranda olmasa bile aynı doğrultuda diğerlerine yansır.

Priz geciktirici katkıların su miktarında meydana getirdikleri azalma betonların 28 günlük basınç dayanımlarında belirgin bir artışa neden olur. Bu artış yalnızca suyun azalmasından meydana gelen artıştan daha fazladır. Aynı su/çimento oranına sahip olsa dahi ileri yaşlarda priz geciktirici katkılı betonun hidrasyonu daha fazla olacağından kontrol betonuna göre daha yüksek dayanım verecektir.

2.1.5.3 Durabilite

Donma ve çözölmeye karşı dayanıklılık betonda süröklenen hava miktarına, hava kabarcıklarının boyut ve dağılımına, çimento hamuru ve agreganın su emme oranına bağlıdır. Hava sürökle-yici katkı kullanılmadan üretilen priz geciktirici betonlar donma çözölmeye karşı yeterince dayanıklı olmayabilir.

Deniz suyu gibi sülfatlı sular, asidik ve zararlı sıvılar geçirimliliği (permeabilitesi) yüksek betonun içine süzölerek zarar verirler. Priz geciktirici katkıların su indirgeme özelliklerinden dolayı su/çimento oranında yaptıkları azalma geçirimliliği azaltır, sülfatlı ve diğ-er zararlı sulara karşı dayanımı arttırır.

Klorür tuzları (CaCl_2) betonarme ve öngerilmeli beton yapıların içinde bulunan donatının korozyonuna neden olurlar. Klor iyonları kullanılan katkı maddelerinde veya çimento bileşiminde bulunabileceği gibi, deniz suyundan veya dış ortamlardan da beton içine nüfuz edebilirler. Donatının korozyona uğramaması için bir beton karışımında klor içeriği sınırlandırılmıştır ve öngerilmeli betonarme yapılarda % 0.06, diğ-er betonarme yapılarda ise % (0.10-0.15) değ-erlerini geçmemelidir. Klor

iyonlarının dış ortamlardan beton içine difüzyonunun önlenmesi ancak küçük su/çimento oranlarında ve artan kompasite ile sağlanabilir [9].

2.2. Uzun Süre Etkili Priz Geciktirici (Hidratasyon Kontrol) Katkıları

Hidratasyon kontrol katkıları ilk olarak 1986 yılında Master Builders tarafından geliştirildi. Delvo Stabilizer sıvı formda olup ASTM C 494 standardına göre priz geciktiriciler (Tip B), su indirgeyici ve priz geciktiriciler (Tip D) sınıflarına girmektedir [11]. Delvo Activator da sıvı formda olup ASTM C 494-86 standardına göre priz hızlandırıcılar (Tip C) sınıfına girmektedir [12]. Delvo Easy Stabilizer, Delvo Stabilizerla aynı özelliklere sahip olup toz formundadır.

Geleneksel priz geciktiriciler, C_3A ve C_3S 'nin su içinde çözünmelerini kısıtlayarak veya su içinde karıştırılan çimentoda ilk çözünen $Ca(OH)_2$ 'nin Ca^{++} iyonları üzerinde geçirimsiz bir tabaka oluşturarak prizi geciktirdikleri Bölüm 2.1.3.'de açıklanmıştır.

Hidratasyon kontrol katkıları prize başlamamış taze betonlara katıldığında çimento taneleri yüzeyindeki hidrat oluşumunu Ca^{++} iyonlarını bağlayarak yavaşlatırlar ve çimento tanelerinin etrafında koruyucu bir tabaka oluşturarak çimentonun hidratasyonunu uzun süre (72 saate kadar) durdurabilir.

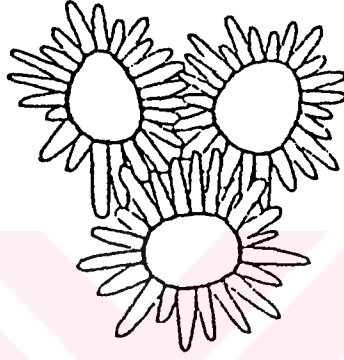
Bu katkının bağlayıcı maddenin (çimento, uçucu kül vs.) hidratasyonu üzerindeki etkinliği geleneksel priz geciktirici katkılarla benzer tarzdadır. Ancak geleneksel priz geciktirici katkıların çimento taneleri etrafında oluşturabildikleri koruyucu tabaka, uzun süre etkili priz geciktirici katkının oluşturduğu koruyucu tabakanın yalnızca küçük bir oranı kadardır [13].

Geleneksel priz geciktiriciler yüksek dozajda kullanıldıklarında Candlot tuzunun oluşması için ortamda yeterli miktarda bulunması gerekli olan kalsiyum sülfatın C_3A ile reaksiyonunu geciktirir ve C_3A 'nın suyla reaksiyona girmesine müsaade ederek şimşek prize neden olurlar. Bundan dolayı geleneksel priz geciktiriciler çok düşük oranda kullanılarak hidratasyon hızını kısa bir süre yavaşlatırlar. Fakat hidratasyon kontrol katkıları yüksek dozajlarda da kullanılabilir. Seçilecek katkı dozajı beton karışımının miktarına ve bileşimine, betonun

sıcaklığına, başlangıç karışımından sonra geçen zamana ve ne kadar süre prizin geciktirilmek istendiği gibi değişkenlere bağlıdır [13].

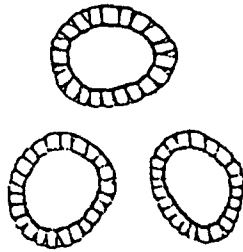
2.2.1 Uzun süre etkili priz geciktirici katkının etki mekanizması

Portland çimentolu betonlarda priz Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, çimento tanesinin çözünmesi sonunda oluşan kalsiyum iyonları (Ca^{++}) çözelti içinde hareket ederek çimento tanelerinin üzerine yerleşir. Çözelti doymun hale gelince meydana gelen çökeltme sonunda kalsiyum iyonları çimento bileşenlerinin hidrate elemanlarını oluştururlar. Böylece betonda priz başlamış olur.



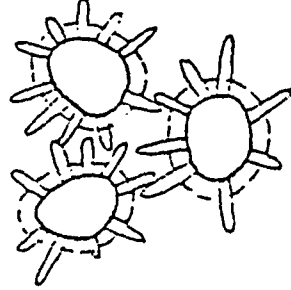
Şekil 2.1 Çimento taneciklerinin priz esnasında görünümü

Hidratasyon kontrol katkıları Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, çimento taneleri üzerine çökelen kalsiyum iyonlarını bağlayarak hidrat oluşumunu kontrol altına alır ve aynı zamanda çimento taneleri etrafında koruyucu bir tabaka oluşturarak hidratasyonu durdurur.



Şekil 2.2 Hidratasyon kontrol katkısının priz esnasında çimento tanecikleri etrafında oluşturduğu koruyucu tabaka

Çimento taneleri etrafında oluşturulan koruyucu tabaka Şekil 2.3'te görüldüğü gibi zamanla veya taze beton ilavesi ya da aktivatör kullanılarak ortadan kaldırılır ve Şekil 2.1'de görüldüğü gibi normal çimento hidratasyonu başlar.



Şekil 2.3 Çimento tanecikleri etrafındaki koruyucu tabakanın çözülmesi.

2.2.2 Uzun süre etkili priz geciktirici katkının başlıca kullanım alanları

Kullanım dışı kalan taze betonun elden çıkarılması ile mikser yıkama suyu sarfiyatı hazır beton teknolojisinin süregelen en önemli problemlerinden biri olmaya devam etmektedir.

Son yıllarda, hazır beton teknolojisi hızla gelişerek Türkiye'nin her bölgesine yayılmaktadır. 1998 yılında Türkiye'de 25.000.000 m³ [14] civarında hazır beton üretilmiştir. Üretilen hazır betonun en az %1.5'i taze halde iken kullanılamamakta ve çeşitli yöntemlerle elden çıkarılma yoluna gidilmektedir. Yaklaşık bir hesaplama elden çıkarılmaya çalışılan beton 375.000 m³ civarında ve maliyeti \$10.000.000 civarındadır. Ayrıca hazır beton fabrikasına dönen bir mikserin içinin temizlenmesi için 600-1100 litre arasında yıkama suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı hesap devam ettirildiği takdirde, 375.000 m³ beton için yaklaşık olarak 32.000.000 m³ yıkama suyuna ihtiyaç vardır [12].

Hidratasyon kontrol katkıları beton üreticilerine şu avantajları sağlar:

a) Döküm yerinde çeşitli nedenlerden dolayı kullanılmayarak fabrikaya geri dönen mikserdeki betonun saatlerce veya ertesi güne kadar taze halde kalmasını sağlar. Bu betona ihtiyaç duyulduğunda ise üzerine taze beton ekleyerek veya aktivatör

kullanarak çimentonun hidratasyonu normal hale getirilir ve betonun sevkiyatı yapılabilir.

b) Geri dönen taze betona katkı dozajı ayarlanarak katıldığı takdirde betonun prizi birkaç saat geciktirilerek aktivatör kullanmaya gerek kalmadan ihtiyaç halinde betonun sevkiyatı yapılabilir.

c) Boşalan mikserin yıkanması için gerekli olan su miktarını, mikser içine katkıyla birlikte konulan suyla büyük ölçüde düşürerek çevre ekolojisini destekler. Ertesi gün veya hafta sonu bitiminde mikser içindeki su yeniden betonun bir bileşeni olarak kullanılabilir. Ayrıca mikserlerin yıkanması için gerekli olan işgücünü ve zamanı düşürür [12].

2.2.3 Uzun Süre Etkili Priz Geciktirici Katkılarının Uygulamaları

Hidratasyon kontrol katkılarının hazır beton teknolojisinde çeşitli uygulama teknikleri vardır. Bu katkıların uygulama biçimleri aşağıda sıralanmıştır.

- Boşalan mikser kazanı içinde kalan agrega ve çimento parçacıklarının temizlenmesi için harcanan su miktarını önemli ölçüde düşürür. Mikser kazanı içindeki suya uygun dozajda konulan hidratasyon kontrol katkıyla çimentonun hidratasyonu birkaç saatliğine, bir geceliğine veya haftasonu bitimine kadar durdurulur ve bu katkılı suyla beton karışımı yapılabilir.

- Çeşitli nedenlerden dolayı hiç kullanılmadan veya bir kısmı kullanılarak geri dönmüş taze betonlarda uygun dozajlarda kullanılarak birkaç saatliğine, bir geceliğine veya hafta sonu bitimine kadar çimentonun hidratasyonu durdurarak betonun elden çıkarılmasını önler.

- Uzun süreli taşımalarda bu katkının kullanılması durumunda, taze betonda çimentonun hidratasyonundan dolayı kaynaklanan işlenebilme kaybını ortadan kaldırır.

- Sıcak hava koşullarında dökülen betonlarda çimentonun hidratasyonunu kontrol altına alarak betonun sıcaklığını düşürür. Böylece sıcak hava koşullarında üretilen betonlarda kullanılan buz azaltarak veya gereksiz kılarak betonun maliyetini düşürür [13].

2.3 Akışkanlaştırıcı Katkılar

Akışkanlaştırıcı katkılar işlevlerini fiziko-kimyasal yönden yapan tansio-aktif maddelerdir. Esas maddeleri şunlardır:

- Reçina sabunları, özellikle sodyum veya potasyum abietat
- Sodyum veya kalsiyum linyosülfonatlar
- Sentetik bir ürün olan alkil aril sülfonat
- Sülfone edilmiş hidrokarbonlar [8].

2.3.1 Akışkanlaştırıcı katkıların kullanım amaçları

Akışkanlaştırıcı katkılar yaklaşık çimento ağırlığının %0.2 ile %0.5'i oranında kullanılırlar. Bu katkılar uygulamada genelde üç amaçla kullanılmaktadır:

1. Katkısız betonda aynı işlenebilme olmak şartıyla su/çimento oranını azaltarak daha yüksek mukavemet elde edilir.
2. Kütle betonlarında hidratasyon ısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması durumunda aynı işlenebilmeyi sağlar. Katkının bu şekilde diğer beton türleri için de kullanılması aynı zamanda daha ekonomik bir beton üretimi sağlaması anlamına gelmektedir.
3. Ulaşılamayan yerlerde kolay yerleşmeyi sağlamak için işlenebilmeyi arttırmaları [15].

2.3.2 Akışkanlaştırıcı katkıların etki mekanizmaları

Akışkanlaştırıcı katkılar genellikle bir hidrofob ve hidrofil uç taşıyan büyük moleküllerden oluşmuş organik bileşiklerdir. Beton teknolojisinde kullanılan bu tür katkılar çoğunlukla linyo-sülfonat esastır.

Tansio-aktif maddelerin akışkanlaştırıcı etki göstermelerinin nedenleri şunlardır:

- Hava sürüklemeleri,
- Çimento taneleri tarafından adsorbe edilmeleri,
- Prizi geciktirmeleri.

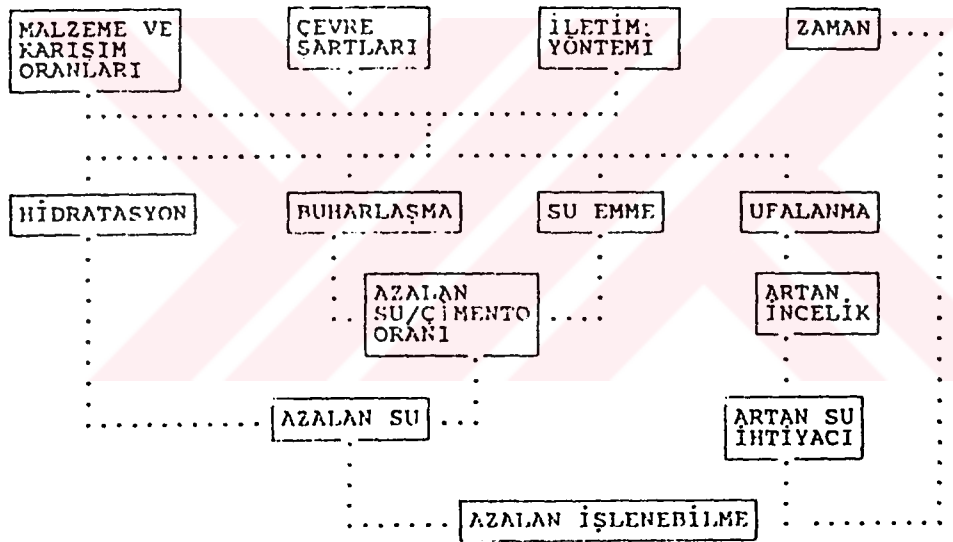
Tansio-aktif maddelerin molekülleri su ile habbenin sınır yüzeyinde hidrofil uçları ile suya, hidrofob uçları ile havaya değerek kohezyonu yüksek film oluştururlar. Bu durum suyun habbe içine girmesini önler. Böylece habbe iç basıncının düşürülmesi ve suyun habbe içine girmesinin önlenmesi hava kabarcıklarının kararlılığını sağlamış olur. Hava kabarcıklarının yüzeysel sürtünme kuvvetleri bulunmadığından bunların varlığı betonun iç sürtünmesini azaltır. Dolayısıyla betonun akışkanlığı artacağı için, eşit işlenebilme daha az su kullanarak elde edilir

Tansio-aktif maddelerinin diğer bir özelliği de topraklaşmayı önlemeleri yani dağıtma (dispersion) etkisi göstermeleridir. Çimento tanesi suyla temas ettiği zaman çözünme başlar ve yüzeyinden itibaren ortama bol miktarda Ca^{++} iyonları verir. Tane yüzeyinde Ca^{++} iyonu konsantrasyonunun artması, tansio-aktif maddenin tane yüzeyi tarafından adsorbe edilerek çökmesine neden olur. Tane yüzeyinde çökelen bu maddelerin oluşturduğu film dışarıya doğru (-) elektrik yüklüdür. Bu şekilde (-) yükle yüklenen taneler birbirlerini ittiklerinden bu maddelerin dağıtıcı etkisi ortaya çıkar. Tansio-aktif maddelerinin dağıtıcı etki göstermeleri ve aynı zamanda tanelerin birbiri üzerinde kaymalarını kolaylaştırdıklarından yağlayıcı etki göstermeleri, betonun iç sürtünmesini azaltarak işlenebilme yeteneğinin artmasını sağlarlar.

Sonuç olarak, akışkanlaştırıcı katkıların hava sürüklemeleri ve çimento tanelerine dağıtıcı etki göstermeleri betonun işlenebilme özelliğini arttırdığı gibi, prizi geciktirmeleri de su indirgeyici rol oynar. Böylece eşit işlenebilme daha az su ile sağlanabildiğinden betonun mukavemeti artabilir [16].

2.4 Betonda Çökme Kayıpları ve Yeniden Su Verme İşlemi

Betonu oluşturan malzemelerin karıştırılmaya başlandığı andan itibaren betonu kalıbına yerleştirene kadar geçen süre olarak tanımlanan döküm süresi uzadıkça betonun işlenebilmesi de azalmaya başlamaktadır. Zamanla işlenebilmedeki azalma çimentonun başlangıçtaki hidratasyonuna, suyun buharlaşmasına, agreganın su emmesine ve agreganın ufalanmasına bağlı olarak karışımdaki serbest suyun azalmasının sonucudur. Bundan dolayı işlenebilmedeki azalma oranı betonu oluşturan malzemeye, bunların karışım oranlarına, ortam şartlarına ve hazır beton üretiminde betonun iletim yöntemine bağlı olmaktadır [17]. Şekil 2.4'de işlenebilmedeki azalmaya etki eden faktörler şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.4 İşlenebilmedeki azalmaya etki eden faktörlerin şematik gösterimi

Zamanla işlenebilmedeki azalmaya etki eden bir beton karışımının karakteristikleri; kullanılan çimentonun tipi, çimentonun miktarı, başlangıçtaki su miktarı, agreganın rutubet muhtevası ve aşınma mukavemetidir.

Çimento tipi, hem verilen bir süredeki hidratasyon için kullanılan su miktarını ve hem de dolaylı olarak hidratasyon sırasında çıkan ısının buharlaşmayı etkilemesi bakımından önemlidir. Dolayısıyla ilk yaşlarda hidratasyon gelişimi hızlı olan çimentolar kullanıldığında işlenebilmedeki azalma fazla olacaktır. Aynı şekilde

çimento dozajıda işlenebilme üzerinde çift tesirli olacaktır. Yani yüksek dozajlı bir beton üretildiğinde çimento miktarının fazla olması hidrasyon için fazla su kullanımını gerektireceği gibi, bu sırada beton sıcaklığının yükselmesi buharlaşmayı hızlandıracığından işlenebilmedeki azalma artacaktır.

Karışım suyu miktarı yüksek olan betonlarda işlenebilmenin zamanla azalması daha düşük oranda gerçekleşmektedir. Bu durum başlangıçtaki işlenebilmesi yüksek olan betonlar içinde geçerli olmaktadır.

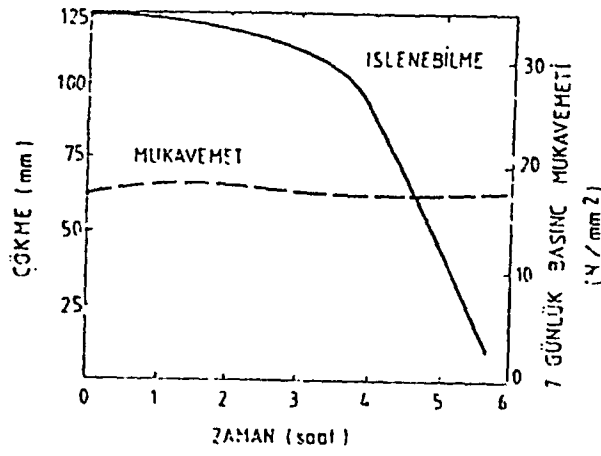
Bir karışımdaki agreganın su emmesine bağlı olarak ortaya çıkan su kaybı, kullanılan agreganın çok kuru veya su emme özelliği yüksek olduğu zaman önem kazanmaktadır. Agregaya suya doygun yüzey kuru durumda kullanıldığından karışım suyunu azaltıcı etkisi meydana gelmemektedir. Fakat, düşük aşınma mukavemetine sahip agreganın uzun karıştırma süresi sonunda ufalanması agregayı daha ince hale getirdiğinden su ihtiyacını arttırmakta, bu da işlenebilmenin azalmasına neden olmaktadır.

İşlenebilmenin zamanla azalmasına yol açan diğer bir faktör de ortam şartlarıdır. Yani ortam sıcaklığı, rutubeti ve ortamdaki rüzgar hızıdır. Havanın sıcaklığı hem hidrasyon hızını hem de buharlaşmayı artırarak su kaybını etkiler. Havanın rutubeti ve rüzgar hızı buharlaşma üzerinde etkilidirler.

Hazır beton uygulamasındaki iletim yöntemi betonun zamanla işlenebilmesini azaltan faktörlerden biridir. Betonun iletimi sırasında sürekli karıştırılması, karıştırma hızının artması işlenebilmedeki azalmanın artmasına yol açmaktadır [7].

Çeşitli nedenlerden dolayı işlenebilirliği azalmış taze betonun istenen kıvama getirilmesi için su eklenip karıştırılması işlemine “yeniden su verme işlemi” (re-tempering) denmektedir.

Buharlaşmayla kaybolan su kadar karışıma su ilave edildiğinde mukavemetin ve işlenebilmenin nasıl etkilendiğini araştıran bir çalışmadan elde edilen sonuçlar Şekil 2.5’da gösterilmiştir [17].



Şekil 2.5 Beton karışımına buharlaşma kadar su ilave edildiğinde mukavemetin ve işlenebilmenin zamanla değişimi

Şeklin incelenmesiyle anlaşıldığı gibi, 3 saatlik bir süreye kadar buharlaşan miktarda su ilave edilmesi işlenebilmeyi pek etkilememektedir. Ancak 3 saatten sonraki zaman dilimlerinde buharlaşma kadar su ilave edilmesine rağmen işlenebilme azalmaktadır. İşlenebilmedeki bu azalma 3 saatten itibaren hidrasyon olayının başlamasına bağlanmaktadır.

Şeklin incelenmesinden çıkarılacak diğer önemli sonuç ise, 6 saatlik döküm süresine kadar basınç mukavemeti sabit kalmaktadır.

2.5 Bu Konuda Yapılmış Çalışmalar

Konuyla ilgili yapılan literatür taramalarında, hidrasyon kontrol katkıları kullanılarak yapılmış araştırmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür.

Master Builders'ın Delvo katkılarıyla yaptığı bir araştırmada [13], aşağıda özetlenen sonuçlara ulaşılmıştır:

- Delvo katkılı değişik yaşlardaki taze betona ve beton yıkama suyuna katılarak elde edilen betonların katkısız betonlarla kıyaslandığında 7 ve 28 günlük basınç mukavemetleri hep daha büyük değerler almıştır.

- Benzer bir çalışmayla yapılan deneyler sonucunda, 7 günlük eğilme mukavemeti katkılı betonlarda katkısız betona göre daha büyük değer almış olup, 28 günlük eğilme mukavemetleri aynı değerde kalmıştır.

- Katkı dozajı arttıkça betonda priz başlangıç süresinin arttığı görülmüştür.
- Hava sürükleyici katkı ile üretilmiş betonlara uygulanması halinde, Delvo katkılı betonların en az şahit betonlar kadar donma ve çözölmeye karşı dayanıklı olduğu ortaya çıkmıştır.
- Betonarme betonlarında yapılan deneyler sonucunda, Delvo katkılı betonların katkısız betonlara göre daha az korozyon etkili olduğu ortaya çıkmıştır.
- Delvo katkılı betonlarda hidratasyon ısısı değeri priz öncesi, priz anı ve prizden 12 saat sonrası için katkısız betonlara göre daha düşük çıkmıştır.
- Betonarme betonlarında yapılan deneyler sonucunda, katkısız betonların Delvo katkılı betonlara göre çatlaklara karşı daha meyilli olduğu ortaya çıkmıştır.
- Delvo katkılı betonlar 90 günlük yükleme sonucunda katkısız betonlara göre % 22 daha büyük sünme değeri vermiştir.
- Betonun diğeri mühendislik özellikleri (elastisite modülü, şekil değıştirme kapasitesi ve tokluk) Delvo katkılı betonlarda katkısız betonlara göre az miktarda iyileşmiştir.

Topçu [12]'nin BS20 ve BS25 sınıfı ve Çayırhan uçucu külü kullanılarak üretilen betonlar üzerinde yaptığı çalışmada 3, 7, 28 ve 90 günlük basınç mukavemeti sonuçlarına bakılmış ve Delvo katkılı betonların şahit betonlara göre daha iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur.

Kinney [18]'in başlangıç karışımından sonra 2 saat süre geçmiş taze betonlara Delvo katkısı katarak kısa süreli (3.8 saat) ve uzun süreli (14.5 saat) hidratasyon kontrolü sağlayarak üretilen betonların, şahit betonlara göre 7 günlük basınç dayanımı değeri kısa sürelielerde % 23, uzun sürelielerde % 47, 28 günlük basınç dayanımı kısa sürelielerde % 18 ve uzun sürelielerde % 38 daha büyük değeri almıştır. Ayrıca, boşalmış mikser içine 227 lt. su ve 0.9 lt. Delvo katkısı ilave edildikten sonra 5 dakika çevirmiş ve içinde beton parçacıkları bulunan suyu bir gece mikser içinde beklettikten sonra ertesi sabah beton karışımında kullanarak elde ettiğı betonlarla, aynı özelliklere sahip katkısız betonlar üzerinde yaptığı deneyler

sonucunda; Delvo katkılı betonların priz süresini şahite göre az da olsa geciktirdiği, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında de ufak artışlar sağladığı bulunmuştur.

Senbetta [19]'ın yaptığı araştırmada;

- Başlangıç karışımından 2 saat süre geçmiş hava sürükleyici katkılı betonun hidratasyonunu Delvo katkısıyla 18 saat kontrol altına aldıktan sonra, 3 katı oranında taze betonla karıştırarak elde ettiği betonla aynı özelliklere sahip Delvo katkısız betonların donma-çözülme durabilitesini kıyaslamış ve Delvo katkılı betonun ASTM C 494'e göre yeterli ve şahit betona göre az miktarda daha iyi sonuçlar verdiğini bulmuştur.

- ASTM C 642'ye göre yaptığı su emme deneylerinde, Delvo katkılı betonların şahite göre olumsuz etkisine rastlanmamıştır.

- Delvo katkılı ve katkısız harçlarda yapılan korozyon testinde; harçların içindeki çelik çubukların korozyondan ilk dakikalardan sonra daha az etkilendikleri ortaya çıkmıştır.

Okawa [20]'nın Delvo katkısıyla yaptığı araştırmada;

- Uygun katkı dozajıyla elde edilen betonların en az 24 saat taze özelliğini koruduğu,

- Sadece Delvo katkısı kullanılarak 16 saat hidratasyonu durdurulan betonda kıvam kaybının çok olduğu, fakat süperakışkanlaştırıcı katkıyla birlikte kullanılması halinde kıvam kaybının çok azaldığı,

- 30 saate kadar hidratasyonu durdurulan betonla priz hızlandırıcı katkı içeren beton karıştırılarak oluşturulan betonun priz süresi ile kontrol betonunun priz süresi hemen hemen aynı değerde olduğu,

- Katkılı betonların basınç mukavemetinde kontrol betonlarına göre ufak artışlar olduğu,

- Donma dayanımının kontrol betonlarıyla aynı değerler aldığı sonuçları elde edilmiştir.

Öte yandan, Uyan [2]'ın katkısız betonlarda yaptığı çalışmada, 3. saat sonunda karışıma başlangıçtaki çökme değerine getirecek kadar su eklendiğinde basınç dayanımının belirgin şekilde düştüğü görülmektedir.

Uyan [21]'ın bir başka çalışmasında; "Modifiye edilmiş fosfat" esaslı priz geciktirici katkı betonlara $t=0, 30, 60, 90$ ve 120 dakikalarda % 0.4 oranında katılarak elde ettiği betonları sürekli karıştırarak 4 saat süre ile bekletmiş ve karışım türüne göre $t=0, 30, 60, 90, 120, 180, 240$ dakikalarda aldığı numuneler üzerinde yaptığı deney sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

- Geciktiricinin $t=0$ zamanında katılması halinde; katkının akışkanlaştırıcı özelliğinden dolayı betonun başlangıçtaki çökme değerini arttırmasına rağmen 4 saatin sonunda çökmedeki azalma şahit betona benzer eğimde değişmektedir.

- Geciktiricinin 30 ile 90 dakikalık zaman aralığında katılması durumunda bir saatlik süre boyunca çökme kaybı azalmakta, fakat karıştırma süresinin uzamasıyla birlikte çökme kayıpları yine şahit betonla benzer şekilde meydana gelmektedir.

- Yapılan değerlendirmede 1.5 saatlik döküm süresine kadar geciktirici katkının gecikmeli olarak katılmasının yaralı olabileceği, ama işlenebilmeyi yüksek tutmak açısından geciktirici katkı kullanmanın pek de anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

- Hem şahit hem de geciktiricinin başlangıçta katıldığı betonlarda basınç dayanımları 3 saatlik karıştırma süresince arttığı, buna karşılık 3. saatten itibaren geciktirici katkılı betonun mukavemetinde düşme eğilimi başladığı, geciktirici katkının başlangıçta konulduğu betonlara ait mukavemet değerlerinde şahit betona göre artışlar elde edilmiştir.

- 30 ile 90 dakikalık döküm süreleri arasında geciktirici katmanın 4 saatlik karıştırma süreli mukavemetleri geciktiricisi başlangıçta katılan beton mukavemetlerine göre % 10 civarında arttırdığı ortaya çıkmıştır.

Kadiroğlu [22]'nin % 0.3 oranında akışkanlaştırıcı katkılı taze betonlar üzerinde yaptığı çalışmada, zamanla kıvam kaybına uğramış betonları başlangıç ($t=0$) kıvamlarına getirmek için $t=1, 2, 3$ ve 4 saatlerde gerekli olan su ilavesi

yapılarak elde edilen numuneler üzerinde yaptığı deneylerle sonradan su ilave etmenin (retempering) betonların basınç dayanımını olumsuz bir şekilde etkilediği sonucuna varmıştır.

Başkoca [23] polifosfat + glukonat esaslı ve dekstrin bazlı priz geciktiriciler ile linyosülfonat esaslı akışkanlaştırıcı katkıları değişik zamanlarda kullanarak ürettiği betonları $t=1.5, 4, 5$ ve 6 saatlerde başlangıç kıvamına getirecek su ilavesinden sonra aldığı numunelerin katkısız betonda ve işlenebilirliği uzun süre korunabileceği oranda geciktirici katkı içermeyen betonlarda basınç dayanımını, donma-çözülme dayanıklılığını azalttığı, kılcallık katsayısını yükselttiğini, öte yandan işlenebilirliği uzun süre koruyacak oranda geciktirici kullanılması halinde ise çökmenin az olmasından dolayı yeniden verilen su miktarında düşüşler olmasına rağmen sertleşmiş beton özelliklerinin büyük oranda değişmediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, başlangıç karışımında su indirgeyici katkı kullanılarak üretilen betonlara 1.5 saat sonra geciktirici katkı kullanmanın olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anderson ve Carrasquillo [24]'nın yaptığı araştırmada iki farklı dozajda ASTM C 150'ye göre Tip I çimentosu ve priz geciktirici (ASTM C 494 Tip D) ile hava sürükleyici (ASTM C 260) katkıları kullanılarak üretilen betonların, başlangıç karışımlarındaki su miktarından % 5 ya da % 10 oranında tutularak betonlara 45. ve 75. dakikalarda eklenmesiyle ortaya çıkan taze ve sertleşmiş özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

- Başlangıç karışımından tutulan suyun sonraki zamanlarda karışıma ilave edilmesinin işlenebilirliğe olumlu etkisinin olmadığı, hatta 75. dakikada katılan betonların işlenebilirliğinin kontrol betonlarına göre azaldığı,

- Basınç ve eğilme dayanımlarına etkisi olmadığı,

- Başlangıç karışımından tutulan su dışındaki su ilavesinin ise dayanımları belirgin bir biçimde düşürdüğü,

- Betonun donma-çözülme durabilitesini düşürdüğü ortaya çıkmıştır.

Haneyneh [25]'in katkısız ve süperakışkanlaştırıcı katkılı betonlara başlangıç karışımından 1 saat sonra % 0.5 oranında süperakışkanlaştırıcı katkı ilave ederek elde ettiği betonlar üzerinde yaptığı araştırmada;

- Katkı ve katkısız bütün betonların kıvamının arttığı,
- Katkı betonların kontrol betonlarına göre basınç mukavemeti değerinde küçük artışlar olduğu, katkısız betonlarda ise % 10 civarında düşüşler meydana geldiği,
- Yarma mukavemeti değerinde değişiklik olmadığı sonuçları ortaya çıkmıştır.

2.6 Çalışmanın Amacı ve Gerekçesi

Bu araştırmada, hidrasyon kontrol katkısını değişik sürelerde taze harç karışımlarına katarak, katkının taze ve sertleşmiş harç özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Araştırma aşağıda belirtilen gerekçeye dayanılarak gerçekleştirilmiştir.

Konuyla ilgili yapılan literatür taramalarında, hidrasyon kontrol katkılarının harç ve beton özelliklerine etkisinin sistematik ve yeterli derecede incelenmediği ve yapılan araştırmaların sınırlı sayıda olmasının yanı sıra, bu katkının hazır beton teknolojisine getireceği olası avantajlarının aydınlatılması bakımından üzerinde çalışılması gerekliliği öngörülmüştür.

2.7 Araştırmanın Kapsamı

Çalışmada dozajları 300, 400, ve 500 kg/m³ olarak değişen ve 400 kg/m³ için başlangıç karışımında linyosülfonat esaslı akışkanlaştırıcı katkı kullanılmasıyla tekrarlanan dört farklı bileşimde harç numuneleri üretilmiştir. Üretilen harçların tümünde en büyük agrega boyutu 8 mm. olan iri kum kullanılmıştır. Üretilen harçlarda çimento tipi sabit seçilmiş olup tamamında Portland çimentosu (PÇ 42.5) kullanılmıştır.

300, 400 ve 500 kg/m³ dozajlı olarak üretilen harçlarda sabit işlenebilmeyi sağlamak için her dozaj için kontrol harçlarında ayrı ayrı su/çimento oranı bulunmuş olup tüm dozlarda katkı maddesi olarak uzun süre etkili priz geciktirici % 0,3 oranında kullanılmıştır. Dört farklı bileşim içinde uzun süre geciktirici katkı harçlara t=0, 30, 60, 90 ve 120 dakikalarda katılarak Şahit, Kat T₀, Kat T₃₀, Kat T₆₀, Kat T₉₀ ve Kat T₁₂₀ olmak üzere altı farklı karışım üretilmek suretiyle toplam 24 adet karışım elde edilmiştir.

Kontrol ve katkılı harç numunelerinin tamamı sıcaklığı 20±1 °C ve nem oranı % 60±5 olan laboratuvar ortamında üretilmiştir.

Her karışım için t=60, 120, 180 ve 240 dakikalarda harç mikserinden alınan 2 dm³ harçlar üzerinde yayılma deneyi yapılarak başlangıç yayılma değerini veren su miktarı tespit edilmiştir. Şahit ve Kat T₀ karışımları için t=0, 60, 120, 180, 240 dakikalarda, Kat T₃₀ ve Kat T₆₀ karışımları için t=60, 120, 180, 240 dakikalarda, Kat T₉₀ ve Kat T₁₂₀ karışımları için t=120, 180, 240 dakikalarda 2x3 adet ve boyutları 4x4x16 cm. olan prizma numuneleri üretilmiştir. Kalıplarına yerleştirilen harçlar bir gün boyunca üzeri hava ile temas etmesini önlemek amacıyla cam plaklarla kapalı bir şekilde karışımın gerçekleştirildiği ve sıcaklığı 20±1 °C olan laboratuvar odasında muhafaza edildi ve birinci günün sonunda kalıptan alınarak sıcaklığı 20±1 °C olan su havuzlarında saklandı.

Parametrelerin bu şekilde seçildiği çalışmada üretilen harç numunelerinin 7, 28 ve 56. gün ultrases hızı, eğilme ve basınç mukavemetleri belirlenmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Malzemenin Tanımlanması

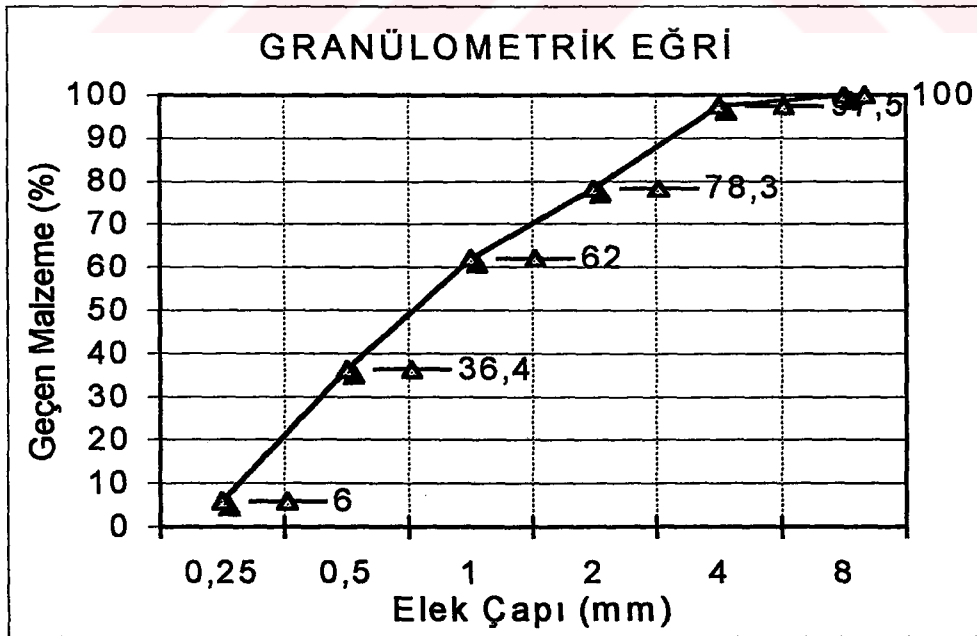
3.1.1 Kum

Üretilen harç numunelerinin tümünde en büyük agrega boyutu 8 mm. olan iri kum kullanılmıştır. Kumun T.S. 2717'e [26] göre yapılan elek analizi sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kumun elek analizi sonuçları

Elek göz açıklığı (mm)	Elekten geçen (%)					
	8	4	2	1	0.5	0.25
Kum	100	97.5	78.3	62.0	36.4	6.0

Kumun elek analizi sonuçlarına göre çizilen granülometrik eğrisi Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 İri kumun granülometrik eğrisi

Kumun T.S. 3529'a [27] göre ölçülmüş birim ağırlığı ve T.S. 3526'ya [28] göre ölçülmüş özgül ağırlığı Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kumun birim ağırlık ve özgül ağırlık ölçüm değerleri

Malzeme	Özgül ağırlık (kg/dm ³)	Birim ağırlık (kg/dm ³)
Kum	2.55	1.33

3.1.2 Çimento

Deneylerin tamamında Akçansa tarafından üretilmiş PÇ 42.5 portland çimentosu kullanılmıştır. Çimento kullanılmadan önce TS 24'e [29] göre fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ve sonuçların TS 19'da [30] belirtilen PÇ 42.5 standardına uygunluğu tespit edilmiştir. TS 24'e göre bulunan fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3 – Çimentonun Fiziksel Özellikleri

Blaine özgül alanı	(cm ² /gr) : 3520
90 µm elek üzerinde kalan	(%) : 1.5
200 µm elek üzerinde kalan	(%) : 0.2
Özgül ağırlık	(gr/cm ³) : 3.07
Normal kıvam suyu	(%) : 28
Le Chatelier Deneyi	Soğukta : 1
(İğnelerin açılması, mm)	Sıcakta : 1
Priz başlangıcı	: 2 saat 45 dakika
Priz sonu	: 3 saat 55 dakika

Çimentonun mekanik özelliklerinin tayininde, 450 gr çimento, 225 gr su ve özel granülometriye sahip kum karışımıyla oluşturulan harcın 4x4x16 cm boyutlarındaki Rilem kalıplarına yerleştirilerek elde edilen 6 adet numunenin 7 ve 28 günlük eğilme ve basınç dayanımları belirlenmiştir.

Yapılan deneylerde üçer numune kullanılarak elde edilen ortalama sonuçların TS.19'da belirtilen koşulları sağladığı görülmüştür.

Tablo 3.4 – Çimentonun Mekanik Özellikleri

7. gün dayanımları	: Eğilme = 7.2 (N/mm ²)
	Basınç = 47.5 (N/mm ²)
28. gün dayanımları	: Eğilme = 8.0 (N/mm ²)
	Basınç = 55.8 (N/mm ²)

Akçansa Çimento A.Ş'nin laboratuvarlarında yapılan deneyler sonucunda PC 42.5'in kimyasal analiz sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 3.5 – Çimentonun kimyasal özellikleri

Kızdırma Kaybı	(%) : 1.58	Cl	(%) : 0.0290
Çözünmeyen Kalıntı	(%) : 0.30	ScaO	(%) : 1.05
SiO ₂	(%) : 20.42		
Al ₂ O ₃	(%) : 5.02	Kst	(%) : 97.78
Fe ₂ O ₃	(%) : 3.50	SM	(%) : 2.40
CaO	(%) : 63.94	TM	(%) : 1.43
MgO	(%) : 1.21	C ₃ S	(%) : 54.57
Na ₂ O	(%) : 0.23	C ₂ S	(%) : 17.37
K ₂ O	(%) : 0.84	C ₃ A	(%) : 7.38
SO ₃	(%) : 2.64	C ₄ AF	(%) : 10.65

3.1.3 Su

İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'na şehir şebekesinden gelen çeşme suyu kullanılmıştır.

3.1.4 Katkılar

Yapılan 4 seri deneylerin tamamında çalışmaya esas konu olan hidrasyon kontrol katkısı kullanılmıştır. Ayrıca bu katkının yalnızca 1 seride akışkanlaştırıcı ile birlikte etkisini ortaya çıkarmak için linyosülfonat esaslı katkı kullanılmıştır.

Kullanılan katkıların özellikleri aşağıda açıklanmıştır. Bu özellikler üretici firmaların belirttiği sonuçlardır.

Hidratasyon kontrol katkısı, uzun süre etkili priz geciktirici ve su indirgeyici özelliğe (ASTM C 494 Tip B ve Tip D) sahip beton katkı maddesidir. Toz formda, açık pembe renkte ve kokusuzdur. Su içinde çözünür, pH değeri 11-12 arasında (10% sulu çözeltide) ve bileşiminde klorür içermez. Üretici firma, kullanım dozajının istenen geciktirme süresine (72 saate kadar), karışımın dizaynı ve miktarına, başlangıç karışımından geçen süreye, betonun kıvamı ve sıcaklığına bağlı olarak değiştiğini ve yüksek dozajlarda kullanılmasının sakınca yaratmadığını belirtmektedir.

Üretici firma hidratasyon kontrol katkısının kimyasal özellikleri hakkında bilgi vermemektedir. Literatür [31]'a göre katkı organik asitleri ve tuzları içeren karboksilik asit ve fosfor esaslıdır.

Akışkanlaştırıcı katkı, linyosülfonat esaslı su indirgeyici özelliğe (ASTM C494 Tip A, TS 3452 Tip A [32]) sahip normal akışkanlaştırıcı beton katkı maddesidir. Sıvı formda ve koyu kahverengi renktedir. Yoğunluğu 1.2 kg/l (20 °C'de), pH değeri 7,5-8.0 arasında ve bileşiminde klorür içermez. Üretici firma, katkı dozajının çimento ağırlığının %0.2 - %0.5 arasında taze betona veya beton karışım suyuna katılarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

3.2 Harç Karışımları

Harç karışımında en büyük agrega boyutu, granülometresi ve başlangıç işlenebilmesi sabit tutulmuş; dozajları sırasıyla 300, 400, 500 kg/m³ olan dört farklı seri üretim yapılmıştır. Dozajları 300 ve 500 kg/m³ olan serilerden birer tane, dozajı 400 kg/m³ için ise iki farklı seri üretim yapılmıştır. Bunlardan birinde başlangıç karışımında %0.5 oranında linyosülfonat esaslı akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Bütün serilerde uzun süre etkili priz geciktirici katkı %0.3 oranında ve karışıma t=0,30,60,90 ve 120 dakikalarda katılarak kullanılmıştır. Böylece her bir seride kontrol harcıyla birlikte 6 karışım olmak üzere toplam 24 karışım üretilmiştir. Üretilen 3 farklı dozaj ve 4 farklı bileşimdeki harçların 1 m³ üne giren gerçek malzeme miktarları Tablo 3.5'de verilmiştir. Harç karışımlarının kodlandığı notasyonlar sayfa 31'de gösterilmiştir.

Aşağıda verilen harç karışımlarının kodlama notasyonlarındaki alt simgeler uzun süre etkili priz geciktirici katkının karışıma katılma zamanını göstermektedir. Başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılan serideki dozajın simgesi karışıklığa meydan vermemek için 400A olarak gösterilmiştir.

Şahit	: 300 doz kontrol harcı	(E/C : 1.10)
Kat T ₀	: 300 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.97)
Kat T ₃₀	: 300 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 1.10)
Kat T ₆₀	: 300 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 1.10)
Kat T ₉₀	: 300 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 1.10)
Kat T ₁₂₀	: 300 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 1.10)

Şahit	: 400 doz kontrol harcı	(E/C : 0.82)
Kat T ₀	: 400 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.70)
Kat T ₃₀	: 400 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.82)
Kat T ₆₀	: 400 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.82)
Kat T ₉₀	: 400 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.82)
Kat T ₁₂₀	: 400 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.82)

Şahit	: 500 doz kontrol harcı	(E/C : 0.67)
Kat T ₀	: 500 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.57)
Kat T ₃₀	: 500 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.67)
Kat T ₆₀	: 500 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.67)
Kat T ₉₀	: 500 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.67)
Kat T ₁₂₀	: 500 doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.67)

Şahit	: 400A doz kontrol harcı	(E/C : 0.74)
Kat T ₀	: 400A doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.70)
Kat T ₃₀	: 400A doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.74)
Kat T ₆₀	: 400A doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.74)
Kat T ₉₀	: 400A doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.74)
Kat T ₁₂₀	: 400A doz uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç	(E/C : 0.74)

Tablo 3.5 Kontrol ve katkılı harçların 1 m³ için bileşimi ve taze harç özellikleri

Doz (kg/m ³)	Harç Türü	Kum (kg)	C (kg)	E (kg)	E/C	Akışkanlaş- tırıcı Katkı Oranı(%)	Uzun Süre Etkili Priz Geciktirici Katkı Oranı(%)	Hava (%0,0)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Kompasite (m ³ /m ³)
300	Şahit	1440	302	333	1,1	—	—	4,1	2076	0,663
	Kat T ₀	1519	298	288	0,97	—	0,3	19,0	2105	0,693
	Kat T ₃₀	1442	303	333	1,1	—	0,3	3,1	2077	0,664
	Kat T ₆₀	1439	302	332	1,1	—	0,3	5,1	2074	0,663
	Kat T ₉₀	1436	302	332	1,1	—	0,3	7,0	2070	0,661
	Kat T ₁₂₀	1440	302	333	1,1	—	0,3	4,1	2077	0,663
400	Şahit	1347	405	334	0,82	—	—	5,8	2087	0,660
	Kat T ₀	1458	399	278	0,70	—	0,3	19,8	2135	0,702
	Kat T ₃₀	1354	405	332	0,82	—	0,3	4,9	2092	0,663
	Kat T ₆₀	1352	405	332	0,82	—	0,3	5,8	2090	0,662
	Kat T ₉₀	1351	405	332	0,82	—	0,3	6,8	2088	0,662
	Kat T ₁₂₀	1354	406	333	0,82	—	0,3	3,9	2094	0,663
500	Şahit	1257	507	337	0,67	—	—	6,1	2100	0,657
	Kat T ₀	1366	502	287	0,57	—	0,3	13,9	2155	0,699
	Kat T ₃₀	1250	507	339	0,67	—	0,3	5,3	2097	0,655
	Kat T ₆₀	1252	507	340	0,67	—	0,3	4,2	2100	0,656
	Kat T ₉₀	1248	506	339	0,67	—	0,3	6,6	2095	0,654
	Kat T ₁₂₀	1251	507	339	0,67	—	0,3	4,9	2098	0,656
400A	Şahit	1388	396	293	0,74	0,5	—	33,4	2077	0,673
	Kat T ₀	1400	389	272	0,70	0,5	0,3	52,5	2060	0,675
	Kat T ₃₀	1393	398	295	0,74	0,5	0,3	29,6	2085	0,676
	Kat T ₆₀	1394	398	295	0,74	0,5	0,3	28,6	2087	0,677
	Kat T ₉₀	1392	398	294	0,74	0,5	0,3	30,5	2084	0,675
	Kat T ₁₂₀	1389	397	294	0,74	0,5	0,3	32,3	2079	0,674

3.3 Harç Üretimi, Karıştırma, Yerleştirme, Saklama, Numune Boyutları

Bütün harç üretimleri, eğik eksenli karıştırıcı, kendi ekseni etrafında ortalama 1.5 devir/dakika hızla dönen 20 lt. kapasiteli kazana sahip karıştırma makinesinde gerçekleştirilmiştir. Karışım 4 saat boyunca, ilk 3 saat sürekli karıştırıldıktan sonra 1 saatte kazan içinde karıştırılmadan kendi halinde bekletilmiştir. Şahit ve katkılı harç üretimleri aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilmiştir:

A. Şahit harç üretimleri için şu sıra izlenmiştir:

1. İri kum karıştırma makinesine konduktan sonra üzerine PÇ 42.5 (Normal Portland Çimentosu) konulmuştur. Kuru malzeme 60 saniye karıştırıldıktan sonra 120 sn. içinde su karışımın içine kontrollü olarak dökülmüştür. Karışım 120 saniye daha karıştırıldıktan sonra taze harç deneylerine başlanmıştır. Beş dakikalık karıştırma süresi boyunca daha iyi karışım elde etmek için karışıma mala ile müdahale edilmiştir.

2. Beş dakikalık karıştırma süresi sonunda ilk olarak yayılma deneyi çapı 25 cm. olan sarsma tablası üzerinde yapılmıştır. Yayılma deneyi sarsma tablası üzerine konulmuş küçük çapı 7 cm., büyük çapı 10 cm., ve yüksekliği 5,2 cm. olan koniğin içine yerleştirilmiş harç üzerinde yapılmıştır. Sarsma tablası üzerinde saniyede 1 tur olmak üzere 15 kez sarsılarak elde edilen yayılmanın çap değeri tespit edilmiştir. Bütün karışımlarda başlangıç yayılma değeri 19 cm. olacak şekilde karışımın su/çim. oranı tespit edilmiştir. Yayılma deneyinden sonra taze birim ağırlık deneyi 4 litrelik kovada yapılmıştır. Priz başlangıç süresinin tayini için 15 cm. çapında ve 5.5 cm. yüksekliğinde geometrisi silindirik olan bir kaba harç doldurularak üzeri kapatılmıştır.

3. Yayılma ve taze birim ağırlık deneylerinde kullanılan harç tekrar karıştırıcıya konulduktan 60 saniye sonra karışımdan 2 litre taze harç alınmıştır. Alınan harç 3 litre kapasiteli, düşey eksenli karıştırıcı harç mikserinde 30 saniye hızlı devirde karıştırılmıştır. Daha iyi karışım elde etmek için son kez 15 saniye elle karıştırılan taze harç 2 adet 4*4*16 cm.'lik kalıplara iki tabaka halinde döküldü ve her tabaka için makinede çarpma suretiyle yerleştirme yapılmıştır. Böylece her kalıp için 3 olmak üzere toplam 6 adet numune elde edilmiştir.

4. Başlangıç karışımının elde edilmesinden 60 dakika sonra kazan içindeki karışımdan alınan harçla yine ilk olarak yayılma deneyi yapılarak yayılma çapı tespit edilmiştir. Sonra kazandan alınan 2 litre harca düşey eksenli karıştırıcılı harç mikserinde yavaş devirde karıştırılırken başlangıç yayılma çapı değerini vermesi için kontrollü olarak su ilavesi yapılmıştır. Su ilaveli 2 litre harç yayılma sehpasında istenilen yayılmayı sağladıktan sonra tekrar düşey eksenli karıştırıcılı harç mikserinde 30 saniye hızla karıştırılıp, son kez 15 saniye elle karıştırıldıktan sonra madde 3’de belirtilen yöntemle kalıplarına doldurulmuştur.

5. Başlangıç karışımının elde edilmesinden 120, 180, 240 dakikalarından sonra da madde 4’de belirtilen aynı adımlar uygulanarak kalıplar doldurulmuştur.

B. Katkılı harç üretimleri (Kat T_0 , Kat T_{30} , Kat T_{60} , Kat T_{90} , Kat T_{120}) şu sıra izlenerek gerçekteştirilmiştir:

1. Kat T_0 karışımı için toz halindeki uzun süre etkili priz geciktirici katkı, karışım suyundan alınan su ile karıştırılarak başlangıç karışımına ilave edilmiştir. Diğer karışım suyu, uzun süre etkili priz geciktirici katkının su indirgeyici özelliğinden dolayı karışıma kontrollü olarak ilave edildi ve başlangıç yayılma çapı değerini veren su miktarı tespit edildikten sonra şahit harç için yapılan bütün işlemler tekrar edilmiştir.

2. Kat T_{30} karışımı için şahit harç üretimi tekrarlanmıştır. Karışımın başlangıçtaki yayılması kontrol edildikten sonra taze birim ağırılık deneyi yapılmıştır. Ancak başlangıçta karışımdan numune alınmamıştır. Başlangıç karışımından 30 dakika sonra uzun süre etkili priz geciktirici katkı karışıma serpiştirilerek ilave edilmiştir. Homojen karışım elde edildikten sonra kazandan alınan katkılı harçla priz başlangıç süresinin tayini için silindirik kap doldurulmuştur. Bundan sonra şahit harç üretiminde olduğu gibi aynı işlemler tekrar edilerek $t=60, 120, 180$ ve 240 dakikalarda numune kalıpları doldurulmuştur.

3. Kat T_{60} karışımı için Kat T_{30} karışımında olduğu gibi başlangıçtaki işlemler tekrar edilmiştir. Uzun süre etkili priz geciktirici katkı karışıma 60 dakika sonra ilave edilmiştir. Katkı ilavesinden sonra ilk olarak yayılma deneyi yapılmıştır. Priz başlangıç süresinin tayini için silindirik kap doldurulduktan sonra aynı işlemler tekrar edilerek $t=60, 120, 180$ ve 240 dakikalar için numune kalıpları doldurulmuştur.

4. Kat T₉₀ karışımında Kat T₃₀ karışımı için uygulanan işlemlerin başlangıç karışımından 90 dakika sonra aynısı uygulanmıştır ve t=120,180 ve 240 dakikalar için numune kalıpları doldurulmuştur.

5. Kat T₁₂₀ karışımında Kat T₆₀ karışımı için uygulanan işlemlerin başlangıç karışımından 120 dakika sonra aynısı uygulanmıştır ve t=120,180 ve 240 dakikalar için numune kalıpları doldurulmuştur.

6. Katkılı harç üretiminde t=60,120,180 ve 240 dakikalarda yapılan yayılma deneyi sonucunda, başlangıç yayılma değerine eşit yada daha büyük sonuç çıkması durumunda su ilavesine gerek kalmadığı için numune kalıpları aynı yöntemle doldurulmuştur.

Katkılı veya katkısız bütün harç üretimlerinde kalıplarına yerleştirilen harçlar bir gün boyunca üzeri hava ile temas etmesini önlemek amacıyla cam plaklarla kapalı bir şekilde karışımın gerçekleştirildiği ve sıcaklığı 20 ± 1 °C, nem oranı $\% 60 \pm 5$ olan laboratuvar odasında muhafaza edildi ve birinci günün sonunda kalıptan alınarak deney gününe kadar sıcaklığı 20 ± 1 °C olan su havuzlarında saklanmıştır.

3.4 Deneylerin Tanımlanması, Yöntemler

3.4.1 Taze Harç Deneyleri

Harç karışımları hazırlandıktan sonra ilk olarak sarsma tablası üzerinde yayılma deneyi yapılmıştır. Çeşitli zamanlarda (t=60,120,180 ve 240 dakikalarda) yayılma deneyi tekrarlanarak harcın işlenebilme özelliği belirlenmiştir. Böylece karışımdan değişik zamanlarda (t=60,120,180 ve 240 dakikalarda) alınan 2 litrelik harç içine gerektiği takdirde su ilavesi yapılarak numune kalıpları doldurulmadan önce başlangıç işlenebilmesine getirilmiştir.

Bütün karışımlarda başlangıçta 4 litrelik kovada taze birim hacim ağırlığı deneyi yapılarak karışıma giren gerçek malzeme miktarları ve hava boşluğu yüzdeleri tespit edilmiştir.

Şahit ve Kat T₀ karışımları için başlangıçta, Kat T₃₀ karışımı için başlangıç karışımından 30 dakika sonra, Kat T₆₀ karışımı için başlangıç karışımından 60 dakika sonra, Kat T₉₀ karışımı için başlangıç karışımından 90 dakika sonra ve Kat T₁₂₀ karışımı için başlangıç karışımından 120 dakika sonra TS 2987 [33] esaslarına göre priz başlangıç süresinin tayini için karışımdan alınan harçla, 15 cm. çapında ve 5.5 cm. yüksekliğinde geometrisi silindirik olan kap doldurulmuştur. Üzeri cam ile kapatılan harcın her 30 dakikada bir okuması yapılarak priz başlangıç süresi tayin edilmiştir.

Ayrıca, otomatik vicat aleti kullanılarak katkısız ve değişik oranlarda katkı çimento hamurlarının priz başlangıç ve bitim süreleri belirlenmiştir.

2.4.2 Sertleşmiş Harç Deneyleri

Sertleşmiş harçlar üzerinde 7, 28 ve 56. günlerde sırasıyla; ultrases hızı, eğilme ve basınç mukavemeti deneyleri yapılmıştır.

Ultrases hızı deneyinde markası Pundit 6 (Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester) olan ultrases cihazı kullanılmıştır.

Eğilme deneyleri H. Seger and E. Cramer marka alet ile yapılmıştır. Deney numunelerinin mesnet açıklığı 10 cm.'dir ve tekil yük açıklığının tam ortasından uygulanmıştır.

Basınç mukavemeti deneyleri, eğilme mukavemeti deneylerinden arta kalan parçalar üzerinde Amsler marka 1000 kN kapasiteli presle gerçekleştirilmiştir.

4. DENEY SONUÇLARI

Bu bölümde deneylerden elde edilen sonuçlar tablolar halinde verilecektir. Bunun yanında sertleşmiş harç deneylerinde uygulanan hesapların nasıl yapıldığı açıklanacaktır.

4.1 Taze Harç Deney Sonuçları

4.1.1 Taze birim ağırlık deneyi sonuçları

Taze harç özellikleri Tablo 3.5’de harç bileşimiyle birlikte gösterilmiştir. Burada harç karışımı içerisindeki gerçek malzeme miktarları, harcın kompasitesi ve hava boşluğu yüzdeleri taze birim hacim ağırlığı sonuçlarından faydalanılarak hesapla bulunmuştur.

4.1.2 Yayılma deneyi sonuçları

Yayılma deneyi sonuçları, Tablo 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 ve 4.1.4’de verilmiştir.

Tablo 4.1.1 Yayılma değerleri (cm) ve 2 dm³ harç için ilave edilen su miktarı (gr)

300 DOZLU HARÇ KARIŞIMI	SÜRE (dakika)								
	t ₀	t ₆₀		t ₁₂₀		t ₁₈₀		t ₂₄₀	
ŞAHİT	19 (100)	16,8 (88)	58	15,7 (83)	112	14,8 (78)	128	13,5 (71)	153
KAT T ₀	19 (100)	16,4 (86)	80	15,0 (79)	130	13,8 (73)	166	13,0 (68)	195
KAT T ₃₀	19 (100)	17,5 (92)	38	16,4 (86)	65	15,7 (83)	100	15,0 (79)	138
KAT T ₆₀	19 (100)	17,2 (91)	49	16,2 (85)	82	15,5 (82)	116	15,0 (79)	140
KAT T ₉₀	19 (100)	16,8 (88)	—	17,0 (89)	59	16,0 (84)	95	15,4 (81)	115
KAT T ₁₂₀	19 (100)	16,8 (88)	—	16,9 (89)	64	16,1 (85)	92	15,4 (81)	113

Tablo 4.1.1'de 300 dozlu harç karışımının yayılma değerleri (cm) ve karşılığında başlangıç yayılma değerini vermesi için 2 dm³ harca ilave edilen su miktarı (gr) gösterilmiştir. Parantez içindeki değerler başlangıç yayılma değerine göre yayılma oranlarını ifade etmektedir. Diğer seriler için aşağıda Tablo 4.1.2, Tablo 4.1.3 ve Tablo 4.1.4'de verilmiştir.

Tablo 4.1.2 Yayılma değerleri (cm) ve 2 dm³ harç için ilave edilen su miktarı (gr)

400 DOZLU HARÇ KARIŞIMI	SÜRE (dakika)								
	t ₀	t ₆₀		t ₁₂₀		t ₁₈₀		t ₂₄₀	
ŞAHİT	19 (100)	17,0 (89)	65	16,3 (86)	78	15,2 (80)	118	14,0 (74)	148
KAT T ₀	19 (100)	16,1 (85)	93	14,8 (78)	143	13,9 (73)	160	13,4 (71)	190
KAT T ₃₀	19 (100)	18,6 (98)	10	18,2 (96)	20	17,8 (94)	36	17,5 (92)	48
KAT T ₆₀	19 (100)	18,7 (98)	8	18,4 (97)	16	17,8 (94)	36	17,5 (92)	48
KAT T ₉₀	19 (100)	17,0 (89)	—	18,2 (96)	20	17,8 (94)	36	17,3 (91)	58
KAT T ₁₂₀	19 (100)	17,0 (89)	—	17,9 (94)	28	17,5 (92)	48	17,0 (89)	64

Tablo 4.1.3 Yayılma değerleri (cm) ve 2 dm³ harç için ilave edilen su miktarı (gr)

500 DOZLU HARÇ KARIŞIMI	SÜRE (dakika)								
	t ₀	t ₆₀		t ₁₂₀		t ₁₈₀		t ₂₄₀	
ŞAHİT	19 (100)	17,4 (92)	52	16,3 (86)	77	14,7 (77)	128	13,2 (69)	155
KAT T ₀	19 (100)	16,6 (87)	51	15,6 (82)	82	15,2 (80)	103	14,8 (78)	127
KAT T ₃₀	19 (100)	21,0 (111)	—	20,0 (105)	—	19,8 (104)	—	19,5 (103)	—
KAT T ₆₀	19 (100)	21,1 (111)	—	20,2 (106)	—	19,9 (105)	—	19,6 (103)	—
KAT T ₉₀	19 (100)	17,4 (92)	—	20,0 (105)	—	19,4 (102)	—	19,2 (101)	—
KAT T ₁₂₀	19 (100)	17,4 (92)	—	19,8 (104)	—	19,3 (102)	—	19,1 (101)	—

Tablo 4.1.4 Yayılma değerleri (cm) ve 2 dm³ harç için ilave edilen su miktarı (gr)

400A DOZLU HARÇ KARIŞIMI	SÜRE (dakika)								
	t ₀	t ₆₀		t ₁₂₀		t ₁₈₀		t ₂₄₀	
ŞAHİT	19 (100)	15,8 (83)	100	13,5 (71)	142	12,4 (65)	173	11,0 (58)	222
KAT T ₀	19 (100)	17,0 (89)	50	15,5 (82)	86	14,6 (77)	120	14,3 (75)	132
KAT T ₃₀	19 (100)	18,8 (99)	6	17,9 (94)	38	17,1 (90)	57	16,5 (87)	72
KAT T ₆₀	19 (100)	18,0 (95)	30	17,0 (89)	59	15,8 (83)	87	15,5 (82)	100
KAT T ₉₀	19 (100)	15,8 (83)	–	16,3 (86)	70	15,6 (82)	96	15,3 (81)	107
KAT T ₁₂₀	19 (100)	15,8 (83)	–	15,7 (83)	90	15,0 (79)	113	14,5 (76)	124

4.1.3 Priz deneyi sonuçları

Harç karışımlarının priz deneyiyle elde edilen priz başlangıç süresi sonuçları toplu olarak Tablo 4.1.5’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1.5 Harç karışımlarının priz deneyi sonuçları

HARÇ TÜRÜ	PRİZ BAŞLANGICI (SAAT:DAKİKA)			
	300 DOZ	400 DOZ	500 DOZ	400A DOZ
ŞAHİT	02:45	03:40	03:40	04:10
KAT T ₀	05:15	05:55	08:00	8 saatten fazla
KAT T ₃₀	05:50	07:30	12 saatten fazla	8 saatten fazla
KAT T ₆₀	05:45	07:45	12 saatten fazla	8 saatten fazla
KAT T ₉₀	05:40	07:55	12 saatten fazla	8 saatten fazla
KAT T ₁₂₀	05:40	08:00	12 saatten fazla	8 saatten fazla

Uzun süre etkili priz geciktirici katkı ve katkısız çimento hamurlarının priz başlangıç ve bitim süreleri Tablo 4.1.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.1.6 Çimento hamurunun priz başlangıç ve bitim süreleri

Çimento hamuru	Priz Başlangıç Süresi (Saat:Dakika)	Priz Bitim Süresi (Saat:Dakika)
Şahit	02:45	03:55
%0.1 Katkılı	08:45	10:50
%0.2 Katkılı	28:50	32:30
%0.3 Katkılı	40:20	44:50

4.2 Sertleşmiş Harç Deney Sonuçları

Üretilen harç numunelerinin 7, 28 ve 56. gün basınç mukavemeti, eğilme mukavemeti ve ultrases hızı değerleri sırasıyla Tablo 4.2.1a, Tablo 4.2.2a, Tablo 4.2.3a, Tablo 4.2.4a, Tablo 4.2.5a, Tablo 4.2.6a, Tablo 4.2.7a, Tablo 4.2.8a, Tablo 4.2.9a, Tablo 4.2.10a, Tablo 4.2.11a ve Tablo 4.2.12a toplu olarak verilmiştir. Ayrıca bu değerlerin oranlanarak yüzde cinsinden rölatif değerleri de Tablo 4.2.1b, Tablo 4.2.2b, Tablo 4.2.3b, Tablo 4.2.4b, Tablo 4.2.5b, Tablo 4.2.6b, Tablo 4.2.7b, Tablo 4.2.8b, Tablo 4.2.9b, Tablo 4.2.10b, Tablo 4.2.11b ve Tablo 4.2.12b'de toplu olarak verilmiştir.

4.2.1 Basınç mukavemeti sonuçları

Basınç mukavemeti deneylerinin değerlendirilmesinde mukavemetten bilinen basit gerilme formülü kullanılarak sonuçlar (N/mm^2) cinsinden hesaplanmıştır.

$$\sigma_b = P_k / a^2$$

σ_b : Basınç mukavemeti (kgf / cm^2)

P_k : Numunenin kırılma kuvveti (kgf)

a : Prizma kesitinin boyutu (cm)

Tablo 4.2.1a 300 dozlu harçlarda basınç dayanımları (mutlak)

300 DOZLU HARÇ	BASINÇ MUKAVEMETİ (N/mm ²)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	9,9	7,8	7,0	6,5	6,1	15,3	13,4	11,8	11,1	10,3	17,0	14,4	12,8	12,5	12,1
KAT T ₀	13,8	10,9	9,9	8,3	8,0	20,6	16,1	14,4	12,5	12,1	22,4	18,1	15,6	14,0	13,1
KAT T ₃₀	—	11,6	10,4	8,9	8,5	—	16,2	14,7	12,6	12,2	—	18,0	15,6	14,1	13,5
KAT T ₆₀	—	11,5	10,4	8,9	8,5	—	16,0	14,6	12,5	12,2	—	17,9	15,7	14,0	13,4
KAT T ₉₀	—	—	9,3	8,0	7,6	—	—	14,0	12,0	11,6	—	—	16,1	13,8	13,2
KAT T ₁₂₀	—	—	8,8	7,8	7,4	—	—	13,6	12,4	11,7	—	—	15,5	14,0	13,1

Bütün serilerin (300, 400, 500 ve 400A dozajlı harçların) basınç mukavemeti mutlak sonuçları Tablo 4.2.1a, Tablo 4.2.2a, Tablo 4.2.3a ve Tablo 4.2.4a'da verilmiştir.

Tablo 4.2.1b 300 dozlu harçlarda basınç dayanımları (oranlanmış)

300 DOZLU HARÇ	BASINÇ MUKAVEMETİ (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	79	71	66	62	100	88	77	72	67	100	85	75	74	71
KAT T ₀	139	110	100	84	81	135	105	94	82	79	132	106	92	82	77
KAT T ₃₀	—	117	105	90	86	—	106	96	82	80	—	106	92	83	79
KAT T ₆₀	—	116	105	90	86	—	105	95	82	80	—	105	92	82	79
KAT T ₉₀	—	—	94	81	77	—	—	92	78	76	—	—	95	81	78
KAT T ₁₂₀	—	—	89	79	75	—	—	89	81	76	—	—	91	82	77

Tablo 4.2.2a 400 dozlu harçlarda basınç dayanımları (mutlak)

400 DOZLU HARÇ	BASINÇ MUKAVEMETİ (N/mm ²)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	18,4	14,8	14,3	13,2	13,1	27,3	22,4	21,9	21,1	20,5	29,1	24,4	23,9	22,1	21,8
KAT T ₀	25,7	21,4	18,0	17,5	16,8	35,0	30,3	26,3	25,8	24,7	37,5	31,3	29,2	28,0	26,9
KAT T ₃₀	—	20,8	19,8	19,4	18,8	—	29,4	27,9	26,2	25,6	—	32,6	30,4	30,0	29,7
KAT T ₆₀	—	20,8	20,0	19,5	18,8	—	28,8	27,8	26,9	26,4	—	31,4	30,4	29,8	29,7
KAT T ₉₀	—	—	19,9	19,4	18,6	—	—	28,7	27,2	26,7	—	—	31,3	29,5	29,5
KAT T ₁₂₀	—	—	19,9	19,1	18,5	—	—	28,6	27,1	26,3	—	—	30,6	29,6	29,5

Bütün serilerin (300, 400, 500 ve 400A dozajlı harçların) basınç mukavemeti oranlanmış sonuçları ise Tablo 4.2.1b, Tablo 4.2.2b, Tablo 4.2.3b ve Tablo 4.2.4b’de verilmiştir.

Tablo 4.2.2b 400 dozlu harçlarda basınç dayanımları (oranlanmış)

400 DOZLU HARÇ	BASINÇ MUKAVEMETİ (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	80	78	72	71	100	82	80	77	75	100	84	82	76	75
KAT T ₀	140	116	98	95	91	128	111	96	95	90	129	108	100	96	92
KAT T ₃₀	—	113	108	105	102	—	108	102	96	94	—	112	104	103	102
KAT T ₆₀	—	113	109	106	102	—	105	102	99	97	—	108	104	102	102
KAT T ₉₀	—	—	108	105	101	—	—	105	100	98	—	—	108	101	101
KAT T ₁₂₀	—	—	108	104	101	—	—	105	99	96	—	—	105	102	101

Tablo 4.2.3a 500 dozlu harçlarda basınç dayanımları (mutlak)

500 DOZLU HARÇ	BASINÇ MUKAVEMETİ (N/mm ²)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	29,7	27,4	25,9	23,5	22,8	37,5	35,1	32,9	31,0	30,7	39,9	38,1	35,7	33,1	32,9
KAT T ₀	36,9	34,4	32,1	31,9	30,3	44,2	43,3	41,5	41,0	39,2	48,7	46,2	43,9	43,6	42,3
KAT T ₃₀	—	31,1	31,1	31,1	31,8	—	39,9	40,0	40,2	40,4	—	43,3	43,6	44,0	44,2
KAT T ₆₀	—	32,0	32,0	32,4	32,7	—	41,5	41,8	42,0	42,5	—	43,3	43,8	44,1	44,9
KAT T ₉₀	—	—	31,8	32,7	32,9	—	—	41,5	42,4	43,1	—	—	44,6	43,6	44,7
KAT T ₁₂₀	—	—	32,8	32,3	31,1	—	—	40,6	43,0	43,3	—	—	43,5	45,4	44,7

Tablo 4.2.3b 500 dozlu harçlarda basınç dayanımları (oranlanmış)

500 DOZLU HARÇ	BASINÇ MUKAVEMETİ (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	92	87	79	77	100	94	88	83	82	100	95	89	83	82
KAT T ₀	124	116	108	107	102	118	115	111	109	105	122	116	110	109	106
KAT T ₃₀	—	105	105	105	107	—	106	107	107	108	—	109	109	110	111
KAT T ₆₀	—	108	108	109	110	—	111	111	112	113	—	109	110	111	113
KAT T ₉₀	—	—	107	110	111	—	—	111	113	115	—	—	112	109	112
KAT T ₁₂₀	—	—	110	109	105	—	—	108	115	115	—	—	109	114	112

Tablo 4.2.4a 400A dozlu harçlarda basınç dayanımları (mutlak)

400A DOZLU HARÇ	BASINÇ MUKAVEMETİ (N/mm ²)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	21,7	17,5	16,2	15,7	13,6	29,8	25,5	23,4	22,3	20,5	31,2	26,3	24,5	24,2	21,7
KAT T ₀	22,8	21,1	19,8	18,5	17,9	30,2	28,6	27,5	26,2	25,8	31,6	30,0	29,4	27,4	26,2
KAT T ₃₀	—	22,8	22,2	20,0	19,8	—	31,5	29,7	28,1	27,9	—	33,5	32,3	30,6	30,5
KAT T ₆₀	—	22,1	20,0	18,6	18,4	—	30,5	28,3	27,0	26,6	—	32,5	31,0	30,1	29,8
KAT T ₉₀	—	—	21,3	19,7	19,3	—	—	28,8	26,9	25,8	—	—	30,3	28,8	28,5
KAT T ₁₂₀	—	—	19,5	18,7	17,7	—	—	27,2	26,1	25,7	—	—	29,6	28,7	28,4

Tablo 4.2.4b 400A dozlu harçlarda basınç dayanımları (oranlanmış)

400A DOZLU HARÇ	BASINÇ MUKAVEMETİ (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	81	75	72	63	100	86	79	75	69	100	84	79	78	70
KAT T ₀	105	97	91	85	82	101	96	92	88	87	101	96	94	88	84
KAT T ₃₀	—	105	102	92	91	—	106	100	94	94	—	107	104	98	98
KAT T ₆₀	—	102	92	86	85	—	102	95	91	89	—	104	99	96	96
KAT T ₉₀	—	—	98	91	89	—	—	97	90	87	—	—	97	92	91
KAT T ₁₂₀	—	—	90	86	82	—	—	91	88	86	—	—	95	92	91

4.2.2 Eğilme mukavemeti sonuçları

Eğilme mukavemeti sonuçlarının değerlendirilmesi aşağıdaki formül kullanılarak sonuçlar (N/mm²) cinsinden hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = M_{\max} / W = 50(P_k L / 4) / (bh^2) / 4$$

σ_e : Eğilme mukavemeti (kgf/cm²)

P_k : Numunenin kırılma kuvveti (kgf)

L : Mesnetler arası açıklık (cm)

b : Prizma kesitinin genişliği (cm)

h : Prizma kesitinin yüksekliği (cm)



Tablo 4.2.5a 300 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (mutlak)

300 DOZLU HARÇ	EĞİLME MUKAVEMETİ (N/mm ²)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	3,2	2,8	2,4	2,4	2,3	4,0	3,9	3,7	3,5	3,4	4,2	4,1	4,0	3,9	3,7
KAT T ₀	3,8	3,4	3,0	2,7	2,5	4,5	4,0	3,8	3,5	3,4	5,2	4,8	4,3	4,1	3,9
KAT T ₃₀	—	3,5	3,0	3,0	2,8	—	4,3	4,0	3,8	3,6	—	4,9	4,1	3,9	3,8
KAT T ₆₀	—	3,5	3,0	3,0	2,8	—	4,2	3,9	3,8	3,6	—	4,8	4,2	3,9	3,8
KAT T ₉₀	—	—	3,0	2,8	2,7	—	—	3,9	3,6	3,5	—	—	4,4	4,1	3,9
KAT T ₁₂₀	—	—	3,0	2,6	2,5	—	—	3,9	3,7	3,5	—	—	4,3	4,0	3,9

Bütün serilerin (300, 400, 500 ve 400A dozajlı harçların) eğilme mukavemeti mutlak sonuçları Tablo 4.2.5a, Tablo 4.2.6a, Tablo 4.2.7a ve Tablo 4.2.8a'da verilmiştir.

Tablo 4.2.5b 300 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (oranlanmış)

300 DOZLU HARÇ	EĞİLME MUKAVEMETİ (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	88	75	75	72	100	98	93	88	85	100	98	95	93	88
KAT T ₀	119	106	94	84	78	113	100	95	88	85	124	114	102	98	93
KAT T ₃₀	—	109	94	94	88	—	108	100	95	90	—	117	98	93	90
KAT T ₆₀	—	109	94	94	88	—	105	98	95	90	—	114	100	93	90
KAT T ₉₀	—	—	94	88	84	—	—	98	90	88	—	—	105	98	93
KAT T ₁₂₀	—	—	94	81	78	—	—	98	93	88	—	—	102	95	93

Tablo 4.2.6a 400 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (mutlak)

400 DOZLU HARÇ	EĞİLME MUKAVEMETİ (N/mm ²)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	5,0	4,7	4,4	4,0	3,9	6,4	5,9	5,8	5,4	5,3	6,6	6,0	5,9	5,6	5,5
KAT T ₀	5,6	5,2	5,0	4,7	4,6	7,0	6,3	5,8	5,7	5,6	7,0	6,6	6,4	6,3	5,7
KAT T ₃₀	—	5,5	5,2	5,0	4,8	—	6,5	6,3	6,0	5,9	—	6,7	6,4	6,2	6,2
KAT T ₆₀	—	5,4	5,1	5,0	4,8	—	6,4	6,3	6,0	5,9	—	6,6	6,4	6,2	6,1
KAT T ₉₀	—	—	5,2	4,9	4,7	—	—	6,4	6,3	5,9	—	—	6,5	6,3	5,9
KAT T ₁₂₀	—	—	5,2	4,9	4,6	—	—	6,3	6,2	5,9	—	—	6,4	6,2	5,9

Bütün serilerin (300, 400, 500 ve 400A dozajlı harçların) eğilme mukavemeti oranlanmış sonuçları ise Tablo 4.2.5b, Tablo 4.2.6b, Tablo 4.2.7b ve Tablo 4.2.8b'de verilmiştir.

Tablo 4.2.6b 400 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (oranlanmış)

400 DOZLU HARÇ	EĞİLME MUKAVEMETİ (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	94	88	80	78	100	92	91	84	83	100	91	89	85	83
KAT T ₀	112	104	100	94	92	109	98	91	89	88	106	100	97	95	86
KAT T ₃₀	—	110	104	100	96	—	102	98	94	92	—	102	97	94	94
KAT T ₆₀	—	108	102	100	96	—	98	95	94	92	—	100	97	94	92
KAT T ₉₀	—	—	104	98	94	—	—	98	97	92	—	—	98	95	89
KAT T ₁₂₀	—	—	104	98	92	—	—	98	97	94	—	—	97	94	89

Tablo 4.2.7a 500 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (mutlak)

500 DOZLU HARÇ	EĞİLME MUKAVEMETİ (N/mm ²)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	5,5	5,3	5,3	5,2	5,1	6,8	6,7	6,5	6,5	6,3	7,1	7,0	6,9	6,9	6,8
KAT T ₀	6,2	6,0	5,9	5,9	5,8	8,1	7,5	7,4	7,3	7,2	8,0	7,5	7,2	7,1	7,0
KAT T ₃₀	—	5,9	5,8	5,8	5,7	—	7,7	7,7	7,6	7,2	—	7,1	7,0	7,0	6,3
KAT T ₆₀	—	5,8	5,7	5,7	5,6	—	7,2	7,2	7,1	6,8	—	6,8	6,8	6,7	6,2
KAT T ₉₀	—	—	5,6	5,5	5,4	—	—	6,8	6,7	6,3	—	—	6,9	6,7	6,1
KAT T ₁₂₀	—	—	5,5	5,5	5,4	—	—	6,3	6,0	5,9	—	—	6,6	6,6	5,9

Tablo 4.2.7b 500 dozlu harçlarda eğilme dayanımları (oranlanmış)

500 DOZLU HARÇ	EĞİLME MUKAVEMETİ (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	96	96	95	93	100	99	96	96	93	100	99	97	97	96
KAT T ₀	113	109	107	107	105	119	110	109	107	106	113	106	101	100	99
KAT T ₃₀	—	107	105	105	104	—	113	113	112	106	—	100	99	99	89
KAT T ₆₀	—	105	104	104	102	—	106	106	104	100	—	96	96	94	87
KAT T ₉₀	—	—	102	100	98	—	—	100	99	93	—	—	97	94	86
KAT T ₁₂₀	—	—	100	100	98	—	—	93	88	87	—	—	93	93	83

Tablo 4.2.8a 400A dozlu harçlarda eğilme dayanımları (mutlak)

400A DOZLU HARÇ	EĞİLME MUKAVEMETİ (N/mm ²)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	5,2	4,7	4,6	4,4	4,2	6,2	5,9	5,6	5,5	5,2	6,2	5,7	5,6	5,4	5,1
KAT T ₀	5,3	5,1	5,0	4,9	4,8	6,2	6,3	6,2	6,0	5,9	6,1	6,1	6,2	6,0	5,9
KAT T ₃₀	—	5,5	5,4	5,1	5,0	—	6,5	6,3	6,2	6,1	—	5,8	5,9	5,9	6,0
KAT T ₆₀	—	5,3	5,2	4,9	4,8	—	6,4	6,2	6,0	5,9	—	5,9	6,1	5,8	5,9
KAT T ₉₀	—	—	5,2	5,1	4,8	—	—	6,1	5,8	5,7	—	—	5,9	5,7	5,5
KAT T ₁₂₀	—	—	5,1	5,0	4,8	—	—	6,0	5,8	5,6	—	—	5,8	5,8	5,5

Tablo 4.2.8b 400A dozlu harçlarda eğilme dayanımları (oranlanmış)

400A DOZLU HARÇ	EĞİLME MUKAVEMETİ (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	90	88	85	81	100	95	90	89	84	100	92	90	87	82
KAT T ₀	102	98	96	94	92	100	102	100	97	95	98	98	100	97	95
KAT T ₃₀	—	106	104	98	96	—	105	102	100	98	—	94	95	95	97
KAT T ₆₀	—	102	100	94	92	—	103	100	97	95	—	95	98	94	95
KAT T ₉₀	—	—	100	98	92	—	—	98	94	92	—	—	95	92	89
KAT T ₁₂₀	—	—	98	96	92	—	—	97	94	90	—	—	94	94	89

4.2.3 Ultrases hızı sonuçları

Ultrases deneyi sonuçlarının değerlendirilmesinde mikrosaniye (μs) olarak okunan ultrases geçiş süresi değerleri aşağıdaki formülde uygulanarak numune içinden geçen sesin hızı bulunmuştur.

$$V = L' / T'$$

V : Ultrases hızı (km/sn)

L' : Numune boyu (mm)

T' : Numune içinden ultrases geçiş süresi (μs)



Tablo 4.2.9a 300 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (mutlak)

300 DOZLU HARÇ	ULTRASES HIZI (km/sn)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1
KAT T ₀	3,3	3,2	3,0	3,0	2,9	3,5	3,4	3,2	3,2	3,1	3,6	3,4	3,3	3,2	3,2
KAT T ₃₀	—	3,2	3,1	3,1	3,0	—	3,3	3,3	3,2	3,2	—	3,4	3,4	3,3	3,2
KAT T ₆₀	—	3,2	3,1	3,1	3,0	—	3,3	3,3	3,2	3,2	—	3,4	3,3	3,3	3,2
KAT T ₉₀	—	—	3,1	3,0	2,9	—	—	3,3	3,2	3,1	—	—	3,4	3,3	3,2
KAT T ₁₂₀	—	—	3,0	3,0	2,9	—	—	3,3	3,2	3,1	—	—	3,4	3,3	3,2

Bütün serilerin (300, 400, 500 ve 400A dozajlı harçların) ultrases hızı mutlak sonuçları Tablo 4.2.9a, Tablo 4.2.10a, Tablo 4.2.11a ve Tablo 4.2.12a'da verilmiştir.

Tablo 4.2.9b 300 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (oranlanmış)

300 DOZLU HARÇ	ULTRASES HIZI (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	T ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	97	94	94	90	100	97	94	94	94	100	97	94	94	91
KAT T ₀	106	103	97	97	94	106	103	97	97	94	106	100	97	94	94
KAT T ₃₀	—	103	100	100	97	—	100	100	97	97	—	100	100	97	94
KAT T ₆₀	—	103	100	100	97	—	100	100	97	97	—	100	97	97	94
KAT T ₉₀	—	—	100	97	94	—	—	100	97	94	—	—	100	97	94
KAT T ₁₂₀	—	—	97	97	94	—	—	100	97	94	—	—	100	97	94

Tablo 4.2.10a 400 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (mutlak)

400 DOZLU HARÇ	ULTRASES HIZI (km/sn)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	T ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	3,4	3,2	3,2	3,2	3,1	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4
KAT T ₀	3,7	3,5	3,4	3,3	3,3	3,9	3,7	3,6	3,6	3,5	3,9	3,8	3,7	3,6	3,6
KAT T ₃₀	—	3,5	3,4	3,4	3,4	—	3,7	3,6	3,6	3,6	—	3,7	3,7	3,7	3,6
KAT T ₆₀	—	3,5	3,4	3,4	3,4	—	3,7	3,7	3,6	3,5	—	3,7	3,7	3,6	3,6
KAT T ₉₀	—	—	3,4	3,4	3,4	—	—	3,7	3,6	3,6	—	—	3,7	3,7	3,6
KAT T ₁₂₀	—	—	3,4	3,4	3,3	—	—	3,6	3,6	3,5	—	—	3,7	3,6	3,6

Bütün serilerin (300, 400, 500 ve 400A dozajlı harçların) ultrases hızı oranlanmış sonuçları ise, Tablo 4.2.9b, Tablo 4.2.10b, Tablo 4.2.11b ve Tablo 4.2.12b’de verilmiştir.

Tablo 4.2.10b 400 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (oranlanmış)

400 DOZLU HARÇ	ULTRASES HIZI (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	T ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	94	94	94	91	100	97	94	94	92	100	97	95	95	92
KAT T ₀	109	103	100	97	97	108	103	100	100	97	105	103	100	97	97
KAT T ₃₀	—	103	100	100	100	—	103	100	100	100	—	100	100	100	97
KAT T ₆₀	—	103	100	100	100	—	103	103	100	97	—	100	100	97	97
KAT T ₉₀	—	—	100	100	100	—	—	103	100	100	—	—	100	100	97
KAT T ₁₂₀	—	—	100	100	97	—	—	100	100	97	—	—	100	97	97

Tablo 4.2.11a 500 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (mutlak)

500 DOZLU HARÇ	ULTRASES HIZI (km/sn)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	T ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	3,6	3,4	3,4	3,4	3,3	3,8	3,7	3,6	3,6	3,5	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6
KAT T ₀	3,8	3,7	3,7	3,7	3,6	4,1	4,0	3,9	3,9	3,8	4,1	4,0	4,0	3,9	3,9
KAT T ₃₀	—	3,7	3,7	3,7	3,7	—	3,9	3,9	3,9	3,9	—	4,0	3,9	3,9	3,9
KAT T ₆₀	—	3,7	3,7	3,7	3,7	—	3,9	3,9	3,9	3,9	—	3,9	3,9	3,9	3,9
KAT T ₉₀	—	—	3,7	3,7	3,7	—	—	3,9	3,9	3,8	—	—	3,9	3,9	3,9
KAT T ₁₂₀	—	—	3,7	3,7	3,7	—	—	3,9	3,8	3,8	—	—	3,9	3,9	3,9

Tablo 4.2.11b 500 dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (oranlanmış)

500 DOZLU HARÇ	ULTRASES HIZI (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	T ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	94	94	94	92	100	97	95	95	92	100	100	97	97	95
KAT T ₀	106	103	103	103	100	108	105	103	103	100	108	105	105	103	103
KAT T ₃₀	—	103	103	103	103	—	103	103	103	103	—	105	103	103	103
KAT T ₆₀	—	103	103	103	103	—	103	103	103	103	—	103	103	103	103
KAT T ₉₀	—	—	103	103	103	—	—	103	103	100	—	—	103	103	103
KAT T ₁₂₀	—	—	103	103	103	—	—	103	100	100	—	—	103	103	103

Tablo 4.2.12a 400A dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (mutlak)

400A DOZLU HARÇ	ULTRASES HIZI (km/sn)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	T ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4
KAT T ₀	3,6	3,5	3,5	3,4	3,3	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6
KAT T ₃₀	—	3,6	3,5	3,5	3,4	—	3,8	3,7	3,6	3,6	—	3,8	3,8	3,7	3,7
KAT T ₆₀	—	3,5	3,5	3,4	3,4	—	3,7	3,6	3,6	3,6	—	3,7	3,7	3,6	3,6
KAT T ₉₀	—	—	3,5	3,5	3,4	—	—	3,7	3,6	3,6	—	—	3,8	3,7	3,7
KAT T ₁₂₀	—	—	3,4	3,4	3,3	—	—	3,7	3,6	3,5	—	—	3,7	3,6	3,5

Tablo 4.2.12b 400A dozlu harçlarda ultrases hızı değerleri (oranlanmış)

400A DOZLU HARÇ	ULTRASES HIZI (%)														
	7 GÜN					28 GÜN					56 GÜN				
	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	t ₁₂₀	t ₁₈₀	T ₂₄₀	t ₀	t ₆₀	T ₁₂₀	t ₁₈₀	t ₂₄₀
ŞAHİT	100	97	94	91	89	100	97	95	92	89	100	97	95	92	92
KAT T ₀	103	100	100	97	94	103	100	97	97	95	103	100	100	97	97
KAT T ₃₀	—	103	100	100	97	—	103	100	97	97	—	103	103	100	100
KAT T ₆₀	—	100	100	97	97	—	100	97	97	97	—	100	100	97	97
KAT T ₉₀	—	—	100	100	97	—	—	100	97	97	—	—	103	100	100
KAT T ₁₂₀	—	—	97	97	94	—	—	100	97	95	—	—	100	97	95

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, bölüm 4'te verilen taze ve sertleşmiş harç deney sonuçları değerlendirilecek ve irdelenecektir.

5.1 Taze Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.1.1 Taze birim ağırlık deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Tablo 3.5'de görüldüğü gibi, 300, 400 ve 500 dozlu serilerin karışımlarını kendi içinde kıyasladığımızda, taze birim ağırlık ve kompasite değerlerinin Kat T₀ karışımları hariç yakın değerler aldığı görülmektedir. Kat T₀ karışımlarında ise, diğer karışımlara göre başlangıç karışımına giren su miktarındaki hissedilir azalmadan dolayı taze birim ağırlık ve kompasite değerlerinin arttığı görülmektedir.

400A dozlu serinin Kat T₀ karışımında ise, başlangıç karışımına giren uzun süre etkili priz geciktirici katkı ve akışkanlaştırıcının birlikte daha çok hava sürüklemesinden dolayı taze birim ağırlık değerinde serinin diğer karışımlarına göre düşüş gözlenirken, aynı katkının bir miktar su indirgemesinden dolayı kompasite değerinde ise, serinin diğer karışımlarıyla benzer değerleri aldığı görülmektedir.

Başlangıç karışımında hiç katkı kullanılmayan (Şahit, Kat T₃₀, Kat T₆₀, Kat T₉₀ ve Kat T₁₂₀) 300, 400 ve 500 kg/m³ dozajlı karışımlarda yapılan taze birim ağırlık deneyleri sonucunda hava yüzdelerinin düşük değerler aldığı ve Tablo 3.5'de görüldüğü gibi % 1'in altında kaldığı görülmektedir. Fakat aynı dozajların Kat T₀ karışımlarında, yani başlangıç karışımında % 0.3 oranında uzun süre etkili priz geciktirici katkı kullanılması durumunda, karışımın su/çim. oranında önemli düşüşler olurken hava yüzdelerinde bir miktar artış meydana gelmiştir. Bu sonuçların ortaya çıkmasında, bütün priz geciktirici katkıların ortak özelliklerinden su indirgeyici ve hava sürükleyici olması etkili olmuştur.

Başlangıç karışımında yalnızca %0.5 oranında akışkanlaştırıcı katkı kullanılan 400A kg/m³ dozajlı serinin bütün karışımlarında hava miktarının diğer

serilerdeki karışımlara kıyasla arttığı ve % 3 civarında değerler aldığı görülmektedir. Öte yandan, başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkıyla birlikte uzun süre etkili priz geciktirici katkı kullanılması (400A dozlu Kat T₀ karışımı) durumunda ise hava miktarının daha da artarak % 5 civarında değer aldığı görülmektedir. Bu ise, akışkanlaştırıcı katkıyla birlikte uzun süre etkili priz geciktirici katkının hava sürüklemesiyle oluşan bileşik etkinin sonucu olarak yorumlanabilir.

Başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılan 400A kg/m³ dozajlı karışımların diğer 400 kg/m³ dozajlı karışımlara göre kıyaslandığında, akışkanlaştırıcı katkının su indirgeme özelliğinden dolayı su/çim. oranını % 8 düşürdüğü görülmektedir.

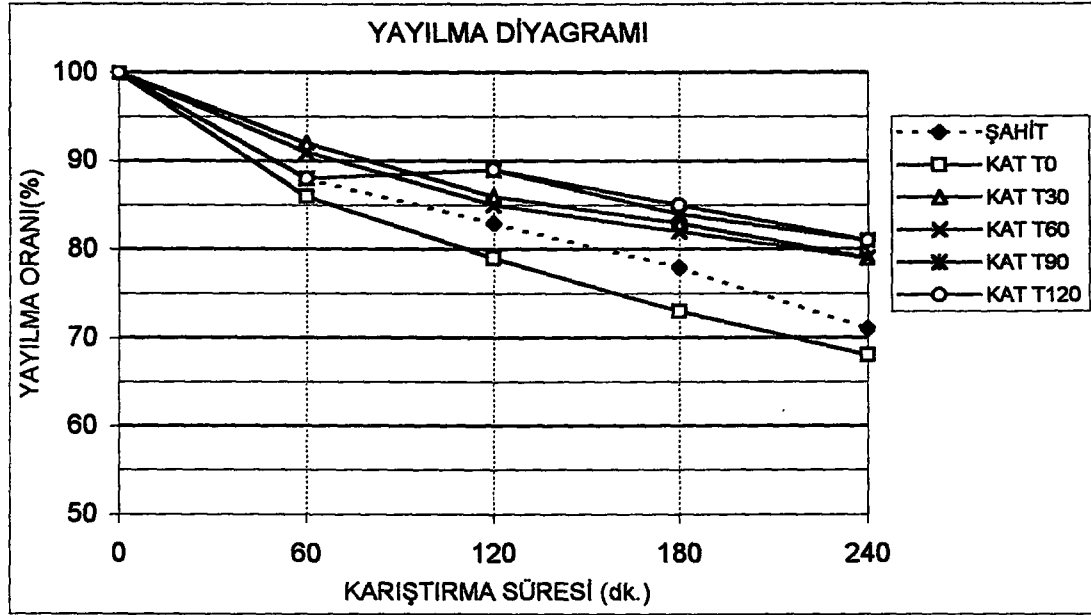
Başlangıç karışımında yalnızca uzun süre etkili priz geciktirici katkı kullanıldığında (300, 400 ve 500 kg/m³ dozajlı serinin Kat T₀ karışımları) karışımın su/çim. oranında % (10-13) arasında düşüşler ortaya çıkarken, 400A kg/m³ dozajlı Kat T₀ karışımında ise uzun süre etkili priz geciktirici katkıdan dolayı su/çim. oranında yalnızca % 4 oranında düşüş ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, dozajları aynı olan 400 kg/m³'ün Kat T₀ karışımı ile 400A kg/m³'ün Kat T₀ karışımının su/çim. oranları aynı değerde olup, şahit karışıma göre toplamda % 12 oranında düşüş ortaya çıkmıştır.

5.1.2 Yayılma deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi

Yayılma deneyi sonuçlarının değerlendirilmesinde, Tablo 4.1.1, Tablo 4.1.2, Tablo 4.1.3 ve Tablo 4.1.4'deki sonuçlardan yararlanılarak çizilen Şekil 5.1.1, Şekil 5.1.2, Şekil 5.1.3 ve Şekil 5.1.4 faydalanılmıştır. Bölümün sonunda, bütün serilerin karışımlarında t=1, 2, 3 ve 4 saatlerde 2 dm³ harca ilave edilen su miktarı 1 m³ için hesaplanarak değerlendirilmiştir.

Bu tablolardan görüldüğü gibi, Kat T₀ karışımı hariç bütün serilerdeki uzun süre etkili priz geciktirici katkılı karışımlarda zamanla oluşan yayılma kaybı şahit karışımlara göre düşük çıkmıştır.

Kat T₀ karışımları ise, karışımın dozajına ve başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak şahit karışımlara göre değişen özelliklerde yayılma kaybı vermiştir.

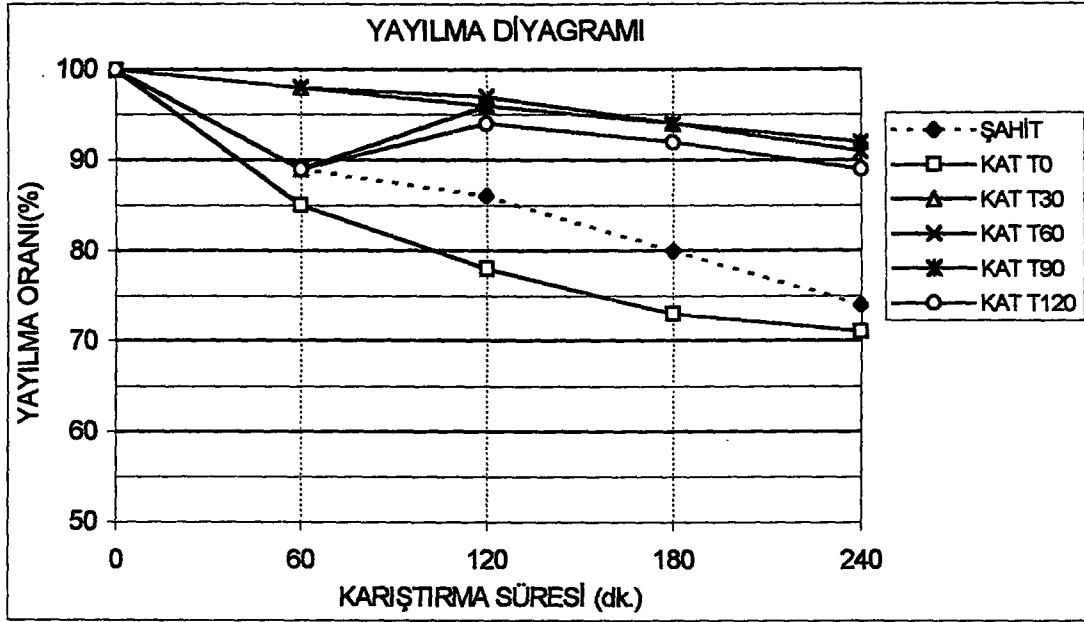


Şekil 5.1.1 300 dozlu harçlarda yayılma diyagramı (oranlanmış)

Şekil 5.1.1’de görüldüğü gibi, 300 dozlu harçlarda Kat T₀ karışımı hariç diğer katkılı karışımlarda zamanla oluşan yayılma kaybı şahit karışıma göre daha düşük çıkmakta ve başlangıç karışımından 240 dakika sonra birbirine yakın değerler almaktadır. Kat T₉₀ ve Kat T₁₂₀ karışımlarında, yani karışıma başlangıç zamanından 90 ve 120 dakika sonra uzun süre etkili priz geciktirici katkı katılmış karışımlarda, 120 dakika için belirlenen yayılma kaybı 60 dakika için belirlenenden daha düşük çıkmıştır. Bu durum uzun, süre etkili priz geciktirici katkının kısa süredeki akışkanlaştırıcı özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Başlangıç karışımından 4 saat sonra en az yayılma kaybını Kat T₉₀ ve Kat T₁₂₀ karışımlarının vermesi ise, katkının prize başlamamış harçlarda zamana bağlı olmaksızın etkinliğini göstermektedir.

Kat T₀ karışımı ise, şahite benzer eğimde ve bir miktar daha fazla yayılma kaybı vermiştir. Bunda, katkının başlangıç karışımında su/çim. oranını % 13 düşürerek indirgediği su miktarı rol oynamıştır. Kat T₀ karışımında 3 ile 4. saatler arası yayılma kaybı hızı yavaşlarken, şahitte hızlandığı görülmektedir. Bu durumun nedeni, priz başlangıç sürelerini gösteren Tablo 4.1.5’e bakılarak yorumlanabilir. Katkılı karışımın şahite göre daha geç prize başlamasından dolayı geç yaşlarda yayılma kaybı hızının azalmasına neden olduğu görülmektedir.

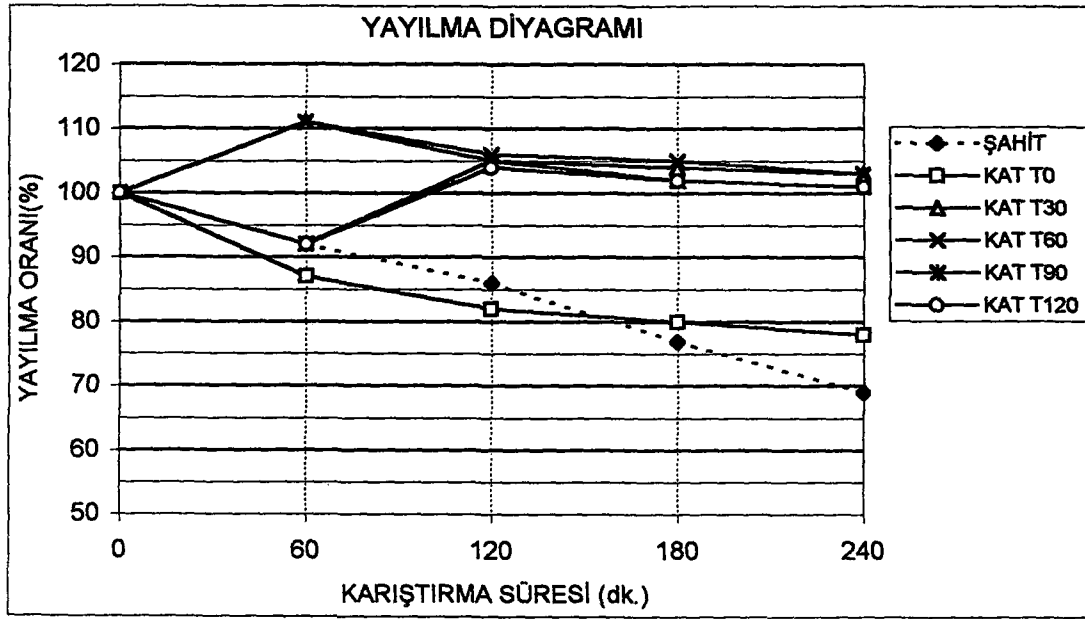


Şekil 5.1.2 400 dozlu harçlarda yayılma diyagramı (oranlanmış)

400 dozlu harçlarda (Şekil 5.1.2) da 300 dozlu harçlar gibi Kat T₀ karışımı hariç bütün katkıli harç karışımları şahite göre daha az yayılma kaybı vermiştir ve birbirine çok yakın değerler almıştır. 300 ve 400 dozlu benzer karışımlar birbirleriyle kıyaslandığında, 400 dozlu bütün karışımlar zamanla daha az yayılma kaybı vermiştir.

400 dozlu harçlarda Kat T₀ karışımı hariç bütün katkıli harç karışımları zamanla çok az yayılma kaybı vermekte ve 300 dozlu benzer karışımlarla kıyaslandığında, katkının zamanla oluşan yayılma kaybını çok azalttığı görülmektedir. Bunda ise, katkının aynı oranlarda kullanılmasına rağmen yüksek dozajlarda daha etkili olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi, Kat T₀ karışımı şahit karışımdan zamanla daha fazla yayılma kaybı vermektedir. Fakat, şahit karışımında 2. saatten sonra yayılma kaybı hızı artarken, Kat T₀ karışımında azalmaktadır. Her iki karışımında 4. saatin sonunda meydana gelen yayılma kaybı değeri birbirine çok yaklaşmıştır.

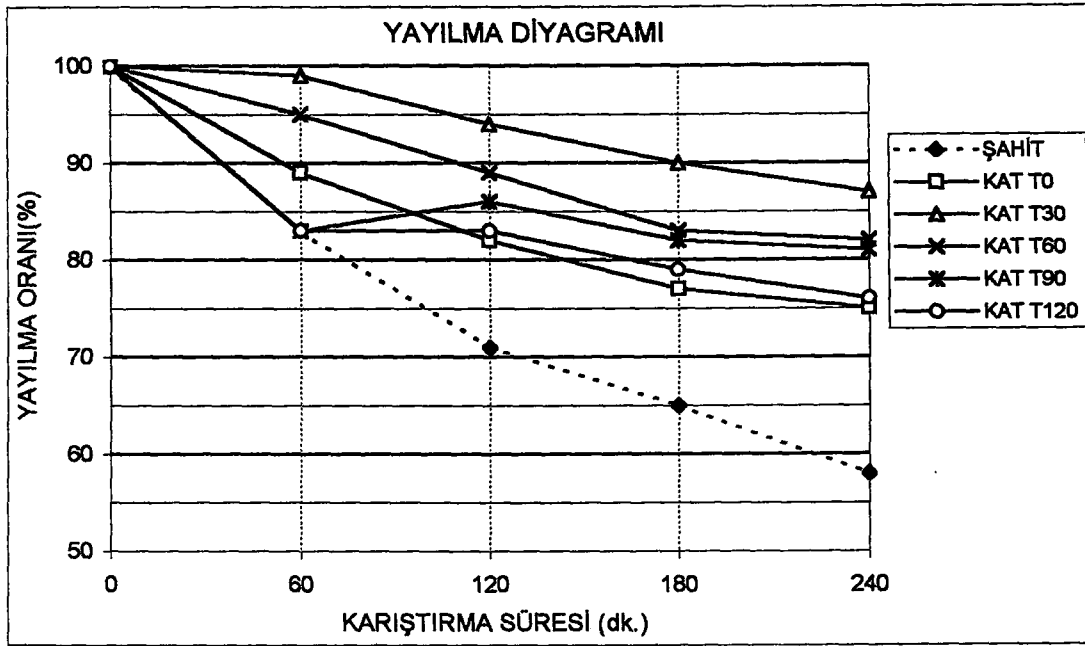


Şekil 5.1.3 500 dozlu harçlarda yayılma diyagramı (oranlanmış)

500 dozlu harçlarda Şekil 5.1.3'te görüldüğü gibi, Kat T₀ karışımı hariç bütün katkılı karışımların 4. saate kadar yayılması başlangıç yayılma değerinin üstünde değerler almıştır.

300 ve 400 dozlu harçlar birbirleriyle kıyaslandığında, karışımın çimento dozajı arttıkça, katkının karışım üzerinde daha etkili olduğu ve zamanla oluşan yayılma kaybını çok azalttığı belirtilmişti. 500 dozlu harçlarda katkının bu özelliği açıkça ortaya çıkmaktadır. 500 dozlu harçlarda Kat T₀ karışımı hariç bütün katkılı karışımların yayılma değerleri başlangıç yayılma değerinden 4 saat sonunda bile daha yüksek değer vermesi, karışımda çimento hidrasyonundan kaynaklı su kaybını azalttığı ve katkının akışkanlaştırıcı özelliğinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir. Katkının akışkanlaştırıcı özelliğinin zamanla kaybolmasıyla, karışımın işlenebilmesinin zamanla küçük oranlarda azaldığı ve 4. saatte başlangıç yayılma değerine çok yaklaştığı görülmektedir.

500 dozlu Kat T₀ karışımı 300 ve 400 dozajlı Kat T₀ karışımlarında olduğu gibi başlangıçta şahit karışımdan daha fazla yayılma kaybı vermektedir. Ancak, 2. saatten itibaren yayılma kaybı hızla düşerek 3. saatte şahite göre daha az yayılma kaybı vermiştir.



Şekil 1.1.4 400A dozlu harçlarda yayılma diyagramı (oranlanmış)

400A dozlu harçlarda, Kat T₀ karışımı da dahil olmak üzere bütün katkı karışımların zamanla oluşan yayılma kaybı şahit karışıma göre daha az olmakta ve uzun süre etkili priz geciktirici katkının karışıma katılma zamanına göre değişen özellikler göstermektedir.

400A dozlu harçlarda Kat T₀ karışımında zamanla oluşan yayılma kaybı, başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılmayan 300, 400 ve 500 dozajlı Kat T₀ karışımlarından farklılık göstermekte ve ilk saatlerde bile şahit karışımından daha az yayılma kaybı vermektedir. 400A dozajlı bütün karışımlarda başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılmasıyla diğer 400 dozajlı karışımlara göre su/çim. oranını % 8 oranında azaltması nedeniyle, 400A dozajlı Kat T₀ karışımında başlangıçta kullanılan uzun süre etkili priz geciktirici katkı, şahitle eşit işlenebilme elde edilebilmesi için su/çim. oranını ancak % 4 oranında düşürebilmiştir. Bu nedenle, Kat T₀ karışımı diğer katkı karışımlarla kıyaslanacak oranlarda yayılma kaybı vermekte, fakat 4. saatte diğer katkı karışımlara göre en fazla yayılma kaybını vermekten kurtulamamaktadır. Bu durum, başlangıç karışımına giren su miktarının zamanla oluşan yayılma kaybına etkisinin önemini göstermektedir.

Bu özellikteki dozajda, 4. saatte en az yayılma kaybını Kat T₃₀ karışımı vermekte ve zamanla oluşan yayılma kaybı diğer katkı karışımlara göre önemli

ölçüde azalmaktadır. Bu durum, başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılmayan diğer dozajlı karışımlara göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni ise, akışkanlaştırıcının henüz etkisini yitirmeden, karışıma 30 dakika sonra ilave edilen uzun süre etkili priz geciktirici katkıyla birlikte oluşturduğu bileşik etkinin sonucu olarak düşünülebilir.

Kat T₆₀ karışımı ile Kat T₉₀ karışımı birbirleriyle kıyaslandığında, Kat T₆₀ karışımının ilk saatlerde Kat T₉₀ karışımına göre daha az yayılma kaybı verdiğini, ancak 3. saatten sonra yayılma kaybı değerlerinin birbirine çok yaklaştığı görülmektedir.

Kat T₁₂₀ karışımı ise, başlangıç karışımında aynı miktarda su kullanılan diğer katkılı karışımlara göre zamanla en fazla yayılma kaybını vermiştir. Bu durum, uzun süre etkili priz geciktirici katkının başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılan karışımlara katılma zamanının daha önemli olduğunu ve karışıma katılma zamanına göre katkı dozajının ayarlanması gerekliliğini göstermektedir.

Diğer dozajların şahit karışımlarına göre 400A dozajlı şahit karışımın zamanla en fazla yayılma kaybı vererek 4. saatte sıfır yayılmaya yakın değer alması (bkz. Tablo 4.1.4), başlangıç karışımına giren su miktarının zamanla oluşan yayılma kaybına kuvvetli etkisinin sonucuna bağlanabilir.

400 ve 400A dozajlı karışımların Kat T₃₀, Kat T₆₀, Kat T₉₀ ve Kat T₁₂₀ karışımları kıyaslandığında, başlangıç karışımlarında akışkanlaştırıcı katkı kullanılmayan karışımların 2, 3 ve 4. saatlerde daha az yayılma kaybı verdiği görülmektedir. Akışkanlaştırıcı katkının Tablo 4.1.5’de görüldüğü gibi bir miktar prizi geciktirmesine rağmen, başlangıç karışımında eşit işlenebilme elde etmek için önemli miktarda su indirgemesi, bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olmuştur.

Bütün dozajlardaki harç karışımlarının 2 dm³’ne başlangıç yayılma değerini vermesi için ilave edilen su miktarı Tablo 4.1.1, Tablo 4.1.2, Tablo 4.1.3 ve Tablo 4.1.4’de verilmişti. Tablo 5.1’de 1 m³ için ilave edilen su miktarı hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 5.1 1 m³ harç karışımı için saat başlarında ilave edilen su miktarı (kg)

HARÇ TÜRÜ	İLAVE EDİLEN SU MİKTARI (kg)															
	300 DOZ				400 DOZ				500 DOZ				400A DOZ			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ŞAHİT	29	56	64	76	32	39	59	74	26	33	64	77	50	71	86	111
KAT T0	40	70	83	97	46	71	80	95	25	41	51	63	25	43	60	66
KAT T30	19	32	50	69	5	10	18	24	-	-	-	-	3	19	28	36
KAT T60	24	41	56	70	4	8	18	24	-	-	-	-	15	29	43	50
KAT T90	-	29	42	57	-	10	18	29	-	-	-	-	-	35	48	53
KAT T120	-	32	46	56	-	14	24	32	-	-	-	-	-	45	56	62

Saat başlarında ilave edilen su miktarlarının, karışımların başlangıç işlenebilmesinin sağlanabilmesi için gerekli olan su miktarı kadar olduğu belirtilmiştir. Tablodaki tire (-) işareti su ilavesi yapılmadığını göstermektedir.

Bütün dozajlardaki şahit karışımları kendi aralarında kıyaslandığında, 300, 400 ve 500 dozajlardaki karışımların 1, 2, 3 ve 4. saatlerde başlangıç işlenebilmesine gelebilmesi için birbirlerine yakın değerlerde su ilavesine ihtiyaç duydukları görülmektedir. Ancak, başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılan 400A dozajlı şahit karışımını diğer dozajlı şahit karışımlarla kıyaslandığında, bütün saatlerde eşit işlenebilme için daha çok su ilavesine ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Bunun nedeni, akışkanlaştırıcı katkının başlangıç karışımına giren su miktarını % 10 oranında azaltmasıdır.

Bütün dozajlardaki Kat T₀ karışımları kendi aralarında kıyaslandığında, 300 ile 400 dozlu karışımlarda su ilave değerlerinin birbirine benzer olduğu görülmektedir. Ancak 500 dozajlı Kat T₀ karışımında katkının etkinliğinin artmasıyla, su ihtiyacının önemli oranda azaldığı görülmektedir. Öte yandan, başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılan 400A dozajlı Kat T₀ karışımında da

su ihtiyacının önemli oranda azalması, akışkanlaştırıcı katkıyla uzun süre etkili priz geciktirici katkının birlikte kullanılmasıyla ortaya çıkan bileşik etkinin sonucu olarak yorumlanabilir.

Diğer katkılı karışımların su ihtiyacı; başlangıç karışımından geçen süreye, karışımın dozajına, uzun süre etkili priz geciktirici katkının karışıma katılma zamanına ve başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak değişmektedir. Ancak, 500 dozajlarında Kat T₀ karışımı hariç bütün katkılı karışımların 4. saatte bile su ihtiyacı göstermemesi, uzun süre etkili priz geciktirici katkının yüksek dozajlardaki etkinliğinin göstergesi olarak yorumlanabilir.

5.1.3 Priz deneyi sonuçları

Bütün dozajlardaki karışımların priz başlangıç süresi toplu olarak Tablo 4.1.5’de ve çeşitli katkı oranları kullanılarak çimento hamurlarında yapılan priz başlangıç ve bitim süresi değerleri Tablo 4.1.6’da verilmişti.

Harç karışımlarının priz başlangıç süresinin belirlenmesinde 8 saate kadar ölçüm yapılabildiği için, bu süre zarfında priz başlangıç süresi belirlenemeyen karışımların, priz başlangıç süresi tam olarak belirlenememiştir. Ancak, bu süre zarfında yapılan ölçümler sonucunda priz başlangıç süresinin minimum değerini ifade eden süre yorumlanmıştır.

Bütün dozajlarda katkılı karışımların priz başlangıç süresi şahit karışımlara göre kıyas kabul edilemeyecek oranda uzamaktadır.

Bütün dozajlarda şahit karışımların priz başlangıç süresi kendi aralarında kıyaslandığında; en düşük değeri 300 dozlu karışımın aldığı, 400 ve 500 dozlu karışımların priz başlangıç süresinin birbirine eşit ve 300 dozlu karışıma göre süreyi yaklaşık 1 saat geciktirdiği, en uzun sürenin ise başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılan 400A dozlu karışımında ortaya çıktığı görülmektedir. En uzun sürenin başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılan 400A dozlu karışımında ortaya çıkması, akışkanlaştırıcı katkının priz geciktirici özelliğini göstermektedir. 400 ve 500 dozlu karışımların 300 dozlu karışıma göre daha geç prize başlaması ise, karışımların dozaj farklılığına bağlanabilir.

Aynı dozaja sahip katkılı karışımlar kendi aralarında kıyaslandığında, en düşük priz başlangıç süresi değerini 400A dozaj hariç hep Kat T₀ karışımları vermiştir. Bu ise, başlangıç karışımına giren su miktarının priz başlangıç süresine olan etkisini göstermektedir.

400A dozajlı katkılı karışımlarda kesin sonuç elde edilememesine rağmen, Kat T₀ karışımının priz başlangıç süresinin diğer katkılı karışımlarla benzer değer alması, uzun süre etkili priz geciktirici katkının başlangıç karışımında az miktarda su indirgemesinin diğer katkılı karışımlara göre priz başlangıç süresini kısaltma etkisiyle, karışıma başlangıçta katılmasının priz başlangıç süresini uzatma etkisinin ortak sonucu şeklinde yorumlanabilir.

300 dozlu katkılı karışımların Kat T₀ karışımları hariç priz başlangıç süreleri 5,5 ile 6 saat arasında değerler alırken; 400 dozlularda bu değer 7,5 ile 8 saat arasında, 500 dozlularda ise bu değer yapılan ölçümler sonucunda en az 12 saat sürmektedir. Bu durum katkının yüksek dozajlarda daha etkili olduğunu açıkça göstermektedir.

300 ve 400 dozajlı harçlarda, Kat T₀ karışımları hariç katkının karışıma katılma zamanının priz başlangıç süresini pek etkilemediği görülmektedir. Hatta 400 dozajlı harçlarda en uzun süreyi Kat T₁₂₀ karışımının vermesi ilk bakışta çelişki gibi gözükmemektedir. Ancak, katkının karışıma katılma zamanı düşünülerek bir hesap yapıldığında; Kat T₁₂₀ karışımında katkıdan kaynaklı priz gecikme süresinin 6 saat olduğu, Kat T₃₀ karışımında ise bu sürenin 7 saate çıktığı bulunmaktadır.

Bu sonuç bile, prize başlamamış taze harçlarda katkının katılma zamanının priz başlangıç süresini çok da etkilemediği sonucunu değiştirememektedir.

Öte yandan, Tablo 4.1.6'da görüldüğü gibi; uzun süre etkili priz geciktirici katkılı çimento hamurları üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen priz sürelerinin, aynı katkılı harçlardan elde edilen priz başlangıç süreleriyle uyuşmadığı ve önemli farkların ortaya çıktığı anlaşılmaktadır.

Çimento hamurunda yalnızca % 0.1 katkı kullanılarak priz başlangıç süresi 9 saat civarında çıkarken, % 0.3 katkı kullanılması halinde ise bu sürenin 40 saat

civarına çıktığı görülmektedir. Çimento hamuruna katılan katkı dozajı arttıkça priz sürelerinin katlanarak arttığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Bütün dozajlarda % 0.3 katkı kullanılarak elde edilen harçların priz başlangıç süreleriyle, aynı oranda katkı kullanılarak elde edilen çimento hamurunun priz başlangıç süreleri arasındaki farkın bu denli büyük çıkması literatür [9]'daki bilgilerle de uyumaktadır.

5.2 Sertleşmiş Harç Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

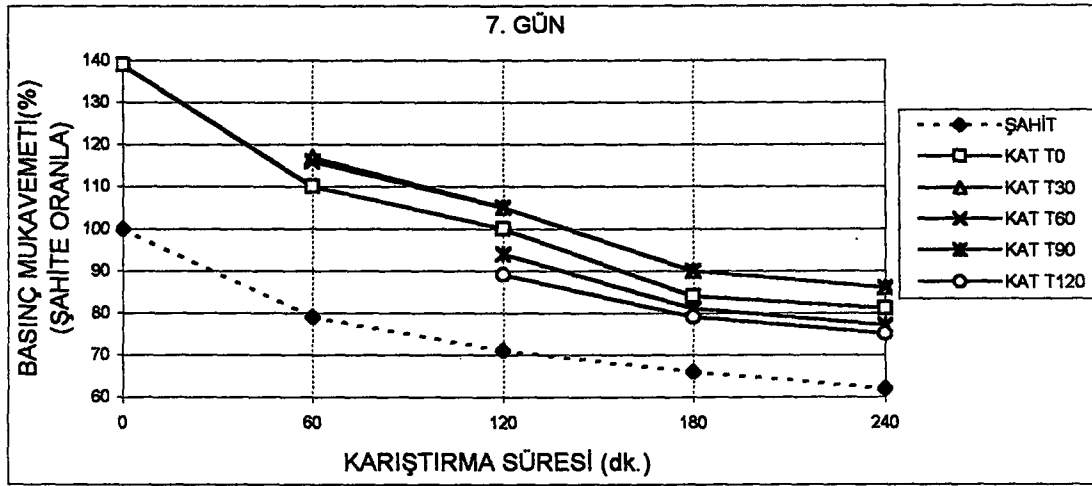
Sertleşmiş harç deney sonuçlarının değerlendirilmesinde Bölüm 4'te verilen ilgili tablolardan faydalanıldı ve çizilen şekillerle birlikte irdeleme yapılmıştır.

5.2.1 Basınç deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi

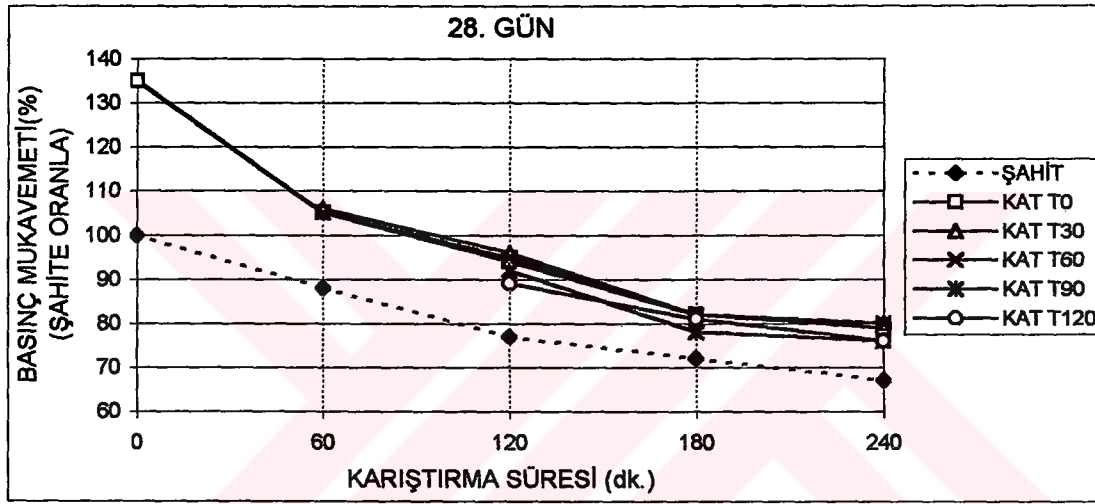
Basınç deneyi sonuçlarının değerlendirilmesinde; Tablo 4.2.1a, Tablo 4.2.2a, Tablo 4.2.3a ve Tablo 4.2.4a'de verilen 7, 28 ve 56 günler için basınç mukavemeti değerleriyle, Tablo 4.2.1b, Tablo 4.2.2b, Tablo 4.2.3b ve Tablo 4.2.4b'de verilen 7, 28 ve 56 günler için katkısız karışımdan başlangıçta ($t=0$) alınan numunelere (kontrol numune) göre oranlanmış basınç mukavemeti değerlerinden faydalanılmıştır. Bu değerlerden faydalanılarak çizilen şekillerle birlikte irdeleme yapılmıştır.

300 dozajlı harçlarda (Şekil 5.2.1a, 5.2.1b, 5.2.1c), aynı zamanda alınan numuneler birbirleriyle kıyaslandığında, bütün katkılı numunelerin 7, 28 ve 56 günlük basınç mukavemeti değerleri katkısız numunelere göre daha büyük olduğu ve 7. gün için %(13-39) arasında, 28. gün için %(6-35) arasında ve 56. gün için %(6-32) arasında değişen daha büyük değerler aldığı görülmektedir.

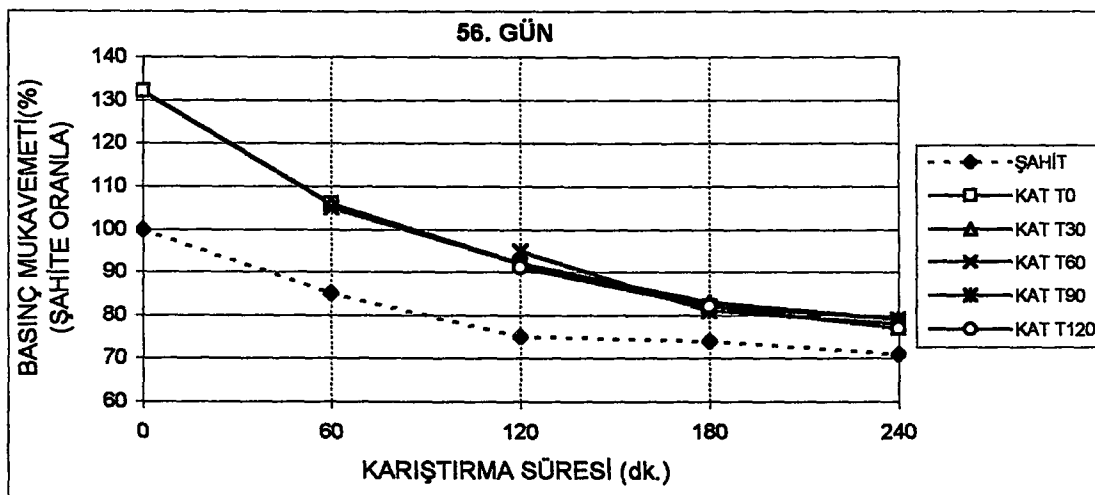
En büyük basınç mukavemeti değerini bütün günler için hep Kat T_0 karışımından başlangıçta ($t=0$) alınan numuneler vermiştir. Kat T_0 karışımında, katkının su indirgeyerek karışımın su/çim. oranını düşürmesi bu sonucun ortaya çıkmasına neden olduğu söylenebilir (Şekil 5.2.1).



Şekil 5.2.1a 300 dozlu harçlarda 7 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.1b 300 dozlu harçlarda 28 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.1c 300 dozlu harçlarda 56 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi

Başlangıç karışımından 1 saat sonra alınan katkılı numunelerin bütün yaşlarda kontrol numunelerine göre daha yüksek basınç mukavemeti değerleri vermesi ilgi çekicidir. Bu numunelerin su ilavesiyle elde edilmesine rağmen, kontrol numunelere göre basınç mukavemetinde artış sağlaması, katkının basınç mukavemetine olumlu etkisinin sonucu olabilir (Şekil 5.2.1).

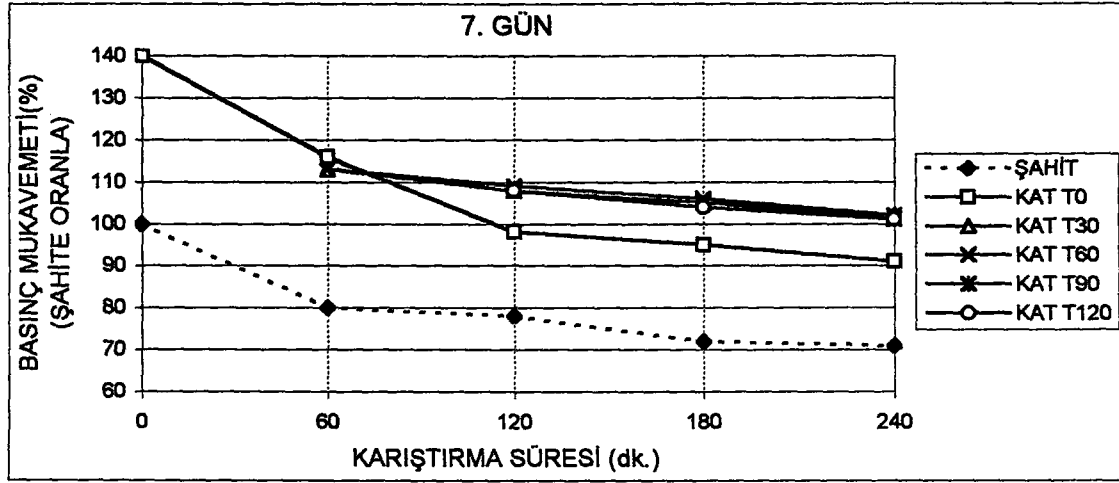
Öte yandan, katkılı karışımlardan 2-4 saat arasında alınan numunelerin, kontrol numunelerine göre daha düşük değerlerde basınç dayanımı vermesi numunelerin elde edilmesinde karışıma giren ilave su miktarının artmasına bağlanabilir (Şekil 5.2.1).

Bütün karışımların 56 günlük basınç mukavemeti değerleri 28 günlüklere göre %10 civarında artış göstermektedir. Bu ise, katkının uzun süreli basınç mukavemetine olumsuz etkisi olmadığı şeklinde yorumlanabilir (Tablo 4.2.1).

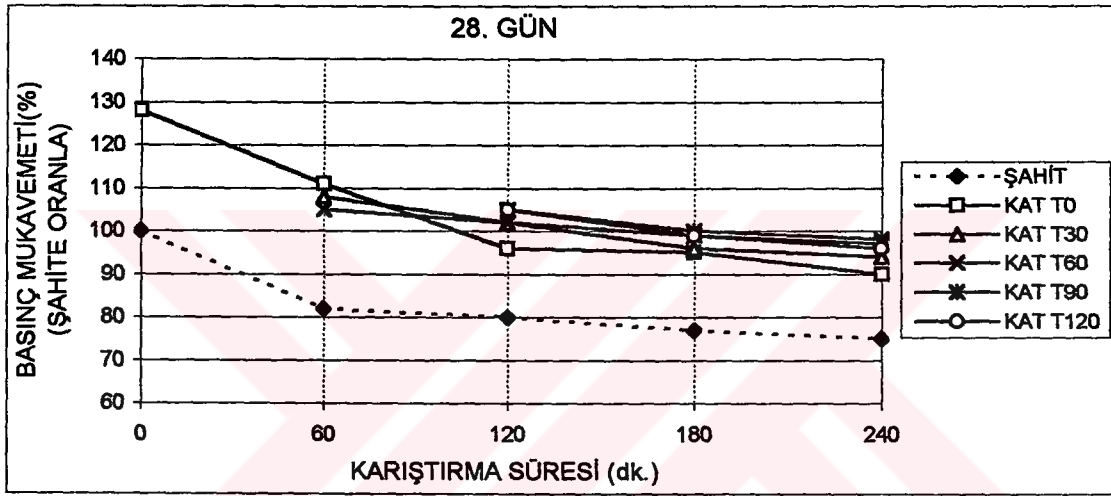
400 dozajlı harçlarda (Şekil 5.2.2a, 5.2.2b, 5.2.2c), aynı zamanda alınan numuneler birbirleriyle kıyaslandığında, bütün katkılı numunelerin 7, 28 ve 56 günlük basınç mukavemeti değerleri katkısız numunelere göre daha büyük olduğu ve 7. gün için %(20-40) arasında, 28. gün için %(15-29) arasında ve 56. gün için %(17-29) arasında değişen daha büyük değerler aldığı görülmektedir.

300 dozlu harçlarda olduğu gibi, bütün yaşlarda en büyük basınç mukavemeti değerini Kat T₀ karışımının t=0 için alınan numuneleri vermiştir (Şekil 5.2.2).

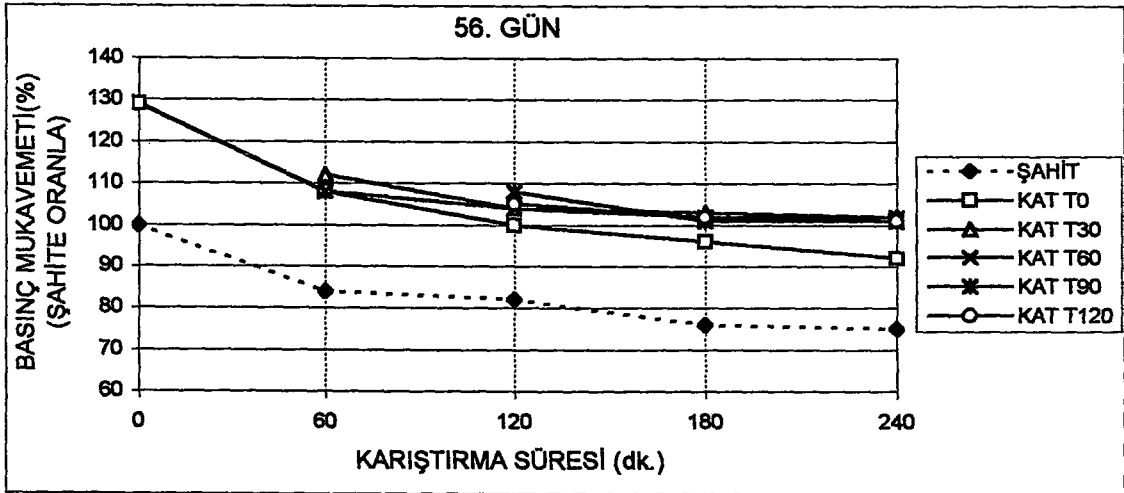
400 dozlu harçlarda, Kat T₀ karışımı hariç bütün katkılı karışımlardan alınan numuneler genelde kontrol numunelerine göre daha yüksek basınç mukavemeti değeri vermişlerdir. Yalnızca, 28 gün için 3 ile 4. saatlerde alınan katkılı numuneler kontrol numunelerine göre küçük oranlarda düşük değerler vermiştir. Katkılı numunelerin yaşlara göre gösterdiği bu değişkenlik, katkının hidratasyon üzerindeki etkisinin sonucu olabilir (Şekil 5.2.2).



Şekil 5.2.2a 400 dozlu harçlarda 7 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.2b 400 dozlu harçlarda 28 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.2c 400 dozlu harçlarda 56 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi

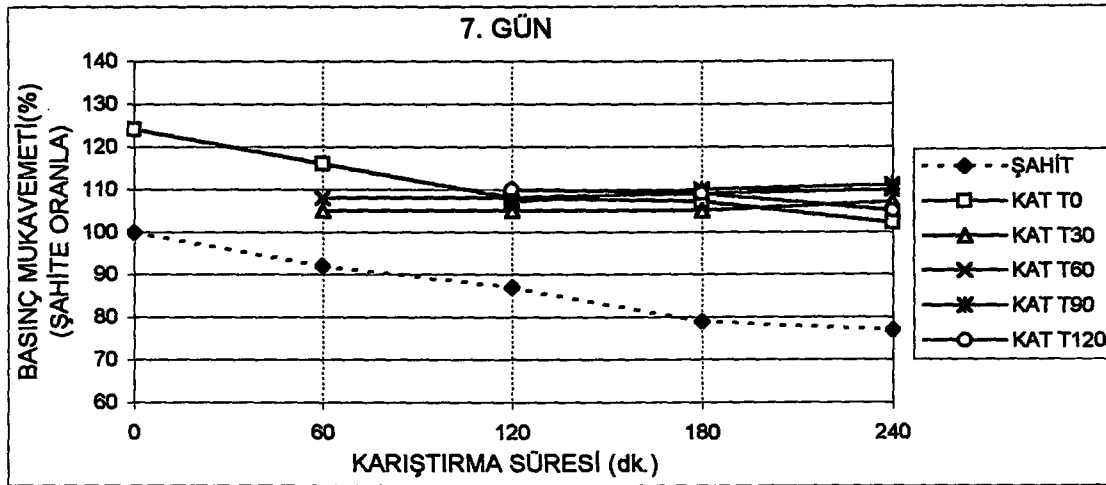
400 dozlu harçlarda, katkılı numuneler birbirleriyle kıyaslandığında, bütün yaşlarda kontrol numunelerine göre en küçük basınç mukavemeti değerlerini Kat T₀ karışımının 2-4 saatleri arasında alınan ve diğer katkılı numunelerin elde edilmesine göre en çok su ilavesine maruz kalan numuneleri vermiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında, bu numunelerin elde edildiği Kat T₀ karışımının su/çim. oranının düşük olmasına rağmen, sonradan ilave edilen su miktarıyla karışımın su/çim. oranını diğer katkılı karışımlara göre yükseltmesinin etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.2.2).

400 dozlu harçlarda, katkılı numunelerin yaşlara göre basınç dayanımlarının kontrol numunelere göre kıyaslandığında, 28. gün için mukavemetlerin % 5 civarında azaldığı, fakat 56. gün için bu düşüşlerin toparlanarak 7. günle benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir. Bu durum, katkının hidrasyon üzerinde gösterdiği etkiye bağlanabilir. Bu durumla aynı zamanda, katkının ileri yaşlarda basınç mukavemetine olumsuz etkisinin olmadığını göstermektedir (Şekil 5.2.2).

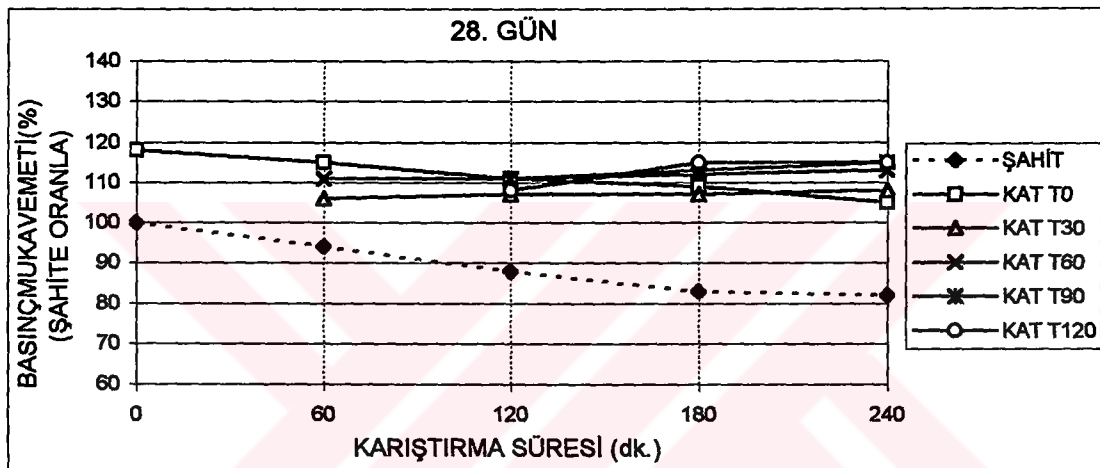
300 ve 400 dozlu harçlarda, yalnızca şahit numunelerin yaşlara göre basınç mukavemeti değerleri incelendiğinde, su ilavesiyle elde edilen numunelerin yaşları ilerledikçe basınç mukavemeti değerlerinin kontrol numunelere göre küçük oranlarda artış gösterdiği sonucu ortaya çıkmaktadır (Tablo 4.2.1, 4.2.2).

500 dozajlı harçlarda (Şekil 5.2.3a, 5.2.3b, 5.2.3c), bütün zamanlarda alınan bütün katkılı numunelerin bütün yaşlardaki basınç mukavemeti değerleri kontrol numunelerinden hep daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ise Kat T₀ karışımı hariç bütün katkılı karışımlarda su ilavesine gerek kalmaması ve katkının basınç mukavemetine olan olumlu etkisinin sonucu olduğu düşünülmektedir. Kat T₀ karışımında ise, karışımın su/çim. oranının şahit karışıma göre küçük olması, su ilavesi ihtiyacının diğer dozajlı karışımlara göre azalması ve katkının basınç mukavemetine olan olumlu etkisinin bileşik sonucu olduğu düşünülmektedir.

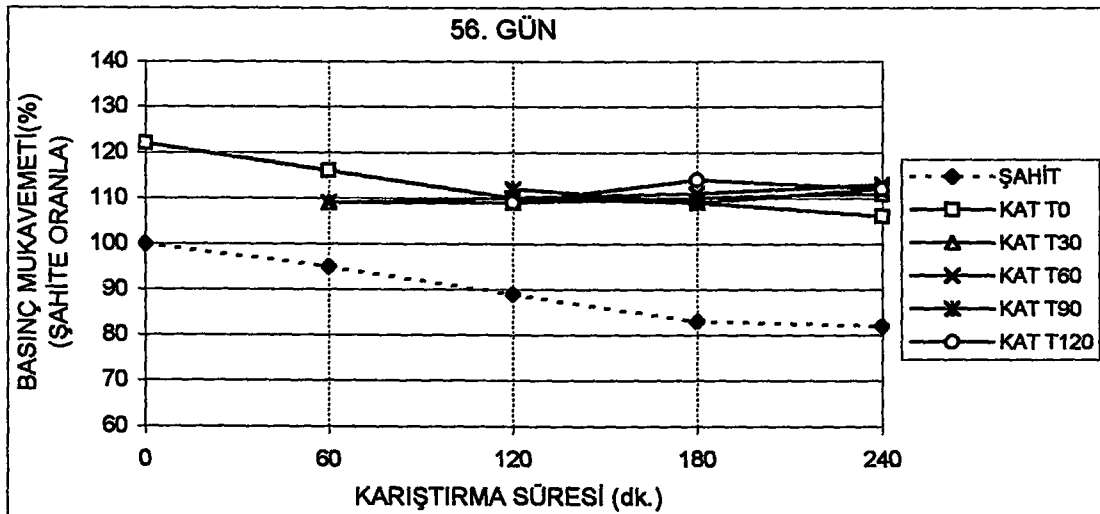
500 dozlu harçlarda da 300 ve 400 dozlu harçlarda olduğu gibi, bütün yaşlarda en büyük basınç mukavemeti değerini Kat T₀ karışımının t=0 için alınan numuneleri vermekte ve kontrol numunelerine göre % 20 civarında artış elde edilmektedir. En küçük basınç mukavemeti değerini ise, yine Kat T₀ karışımının t=240 için alınan numuneleri vermiştir. Bu sonuç su ilavesinin etkisine bağlanabilir.



Şekil 5.2.3a 500 dozlu harçlarda 7 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.3b 500 dozlu harçlarda 28 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.3c 500 dozlu harçlarda 56 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi

500 dozlu harçlarda, bütün katkılı numunelerin yaşlara göre basınç mukavemetleri kıyaslandığında, önemli farkların ortaya çıkmadığı ve kontrol numunelerine oranla benzer değerleri aldıkları görülmektedir (Şekil 5.2.3).

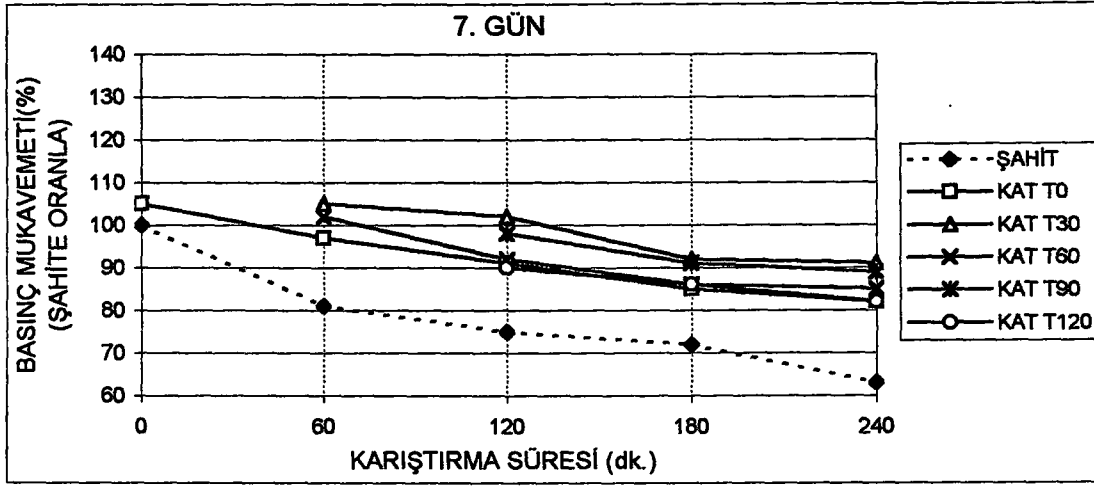
500 dozlu harçlarda da, şahit karışımdan su ilavesiyle elde edilen numunelerin kontrol numunelerine göre kıyaslandığında, yaş ilerledikçe basınç mukavemeti değerlerinin diğer dozajlarda olduğu gibi küçük oranlarda artışların olduğu görülmektedir. (Tablo 4.2.3)

500 dozlu harçlarda, Kat T_0 karışımı hariç diğer katkılı karışımlardan su ilavesine ihtiyaç duyulmadan elde edilen numunelerin basınç mukavemeti değerleri bütün yaşlarda kendi aralarında kıyaslandığında, katkının karışıma katılma zamanının ve numunenin elde edilme zamanının basınç mukavemeti değerlerini çok etkilemediği görülmektedir. Bunun yanında, çoğunlukla bütün yaşlarda en büyük basınç mukavemeti değerlerini, katkının katılma zamanının geç olduğu karışımlardan ileri saatlerde elde edilen numunelerin vermesi ilgi çekicidir (Tablo 4.2.3).

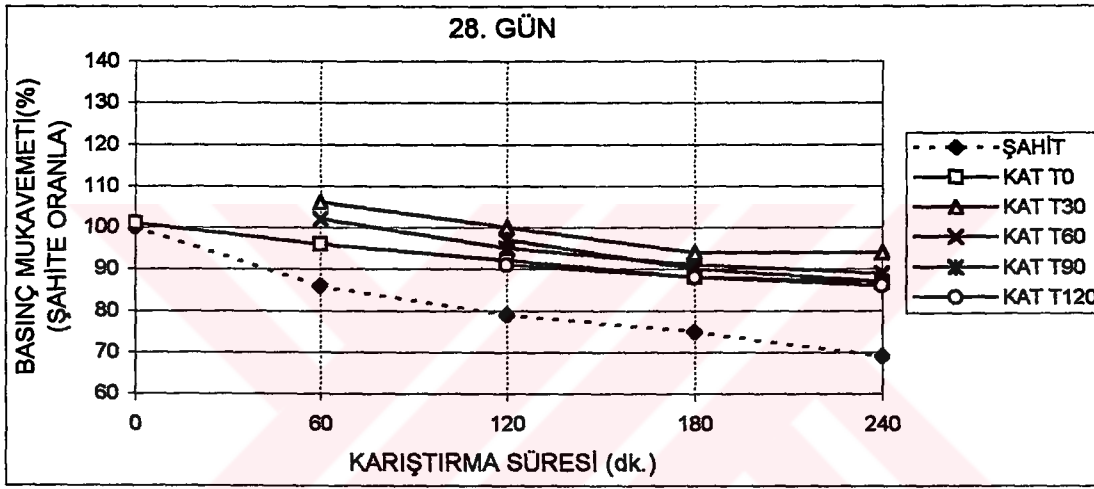
500 dozajda da, katkılı karışımlardan elde edilen numunelerin 28 ile 56 günlük basınç mukavemetleri kıyaslandığında (Tablo 4.2.3), 56 günlüklerin 28 günlüklere göre basınç mukavemeti değerlerinde %(5-10) arasında artışlar sağlaması ise, dozaj arttıkça katkının ileri yaşlarda da basınç mukavemetine olumlu etkisinin devam ettiğini göstermektedir.

400A dozajlı harçlarda (Şekil 5.2.4a, 5.2.4b, 5.2.4c), aynı zamanda alınan numuneler birbirleriyle kıyaslandığında, bütün katkılı numunelerin 7, 28 ve 56 günlük basınç mukavemeti değerleri katkısız numunelere göre daha büyük olduğu ve 7. gün için %(5-28) arasında, 28. gün için %(1-25) arasında ve 56. gün için %(1-25) arasında değişen daha büyük değerler aldığı görülmektedir.

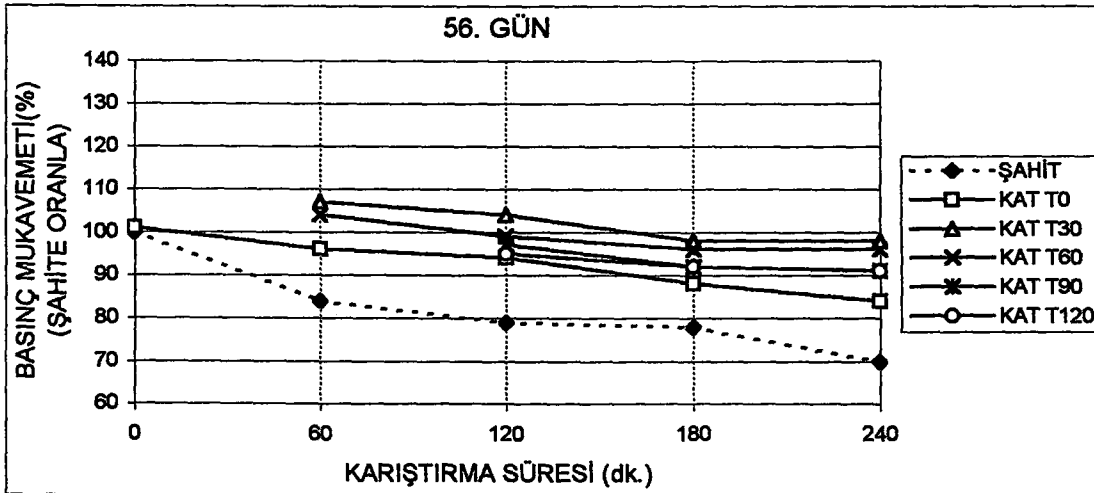
Diğer dozajlarda en büyük basınç mukavemeti değerini bütün yaşlarda hep Kat T_0 karışımından $t=0$ için alınan numuneler büyük farklarla vermişti. Ancak, 400A dozajlı harçlarda en büyük basınç mukavemeti değerini bütün yaşlarda hep Kat T_{30} karışımından $t=60$ için alınan numuneleri vermektedir. Bu sonucun ortaya çıkmasında, Kat T_0 karışımına başlangıçta giren katkıların sürüklediği hava miktarının diğer karışımlara göre önemli oranda artması ve başlangıç karışımına giren su miktarının önemsiz oranda azalmasının ortak sonucuna bağlanabilir.



Şekil 5.2.4a 400A dozajda 7 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.4b 400A dozajda 28 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.4c 400A dozajda 56 günlük basınç muk. karıştırma süresi ile değişimi

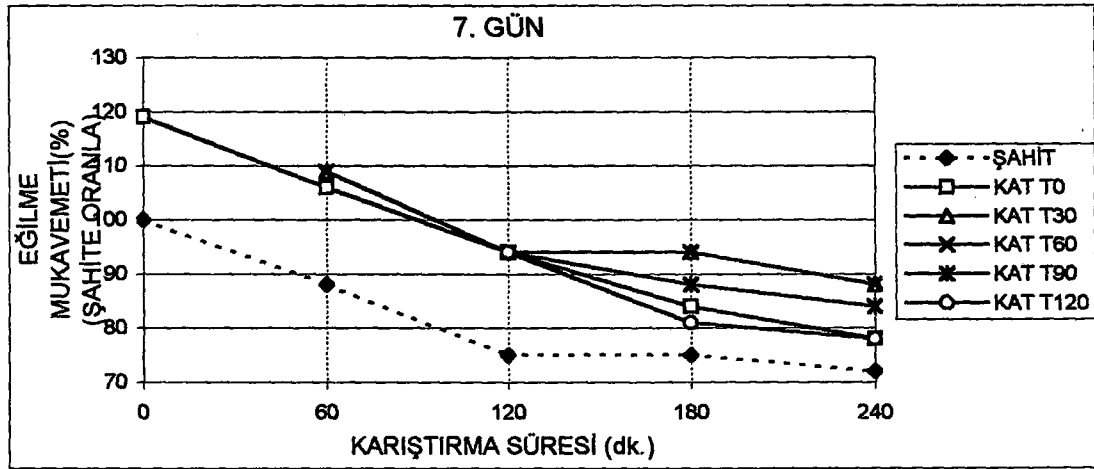
400A dozajlı harçlarda, Kat T_{30} karışımından $t=60$ ve 120 için alınan numunelerle Kat T_{60} karışımında $t=60$ için alınan su ilaveli numunelerin basınç mukavemeti değerlerinin bütün yaşlarda kontrol numunelerine göre daha büyük değerler alması dikkat çekicidir. Bu durum, su ilavesinin çok az olmasının yanı sıra, uzun süre etkili priz geciktirici katkının basınç mukavemetine olumlu etkisinin başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılan harçlarda da devam ettiğinin göstergesi şeklinde yorumlanabilir (Şekil 5.2.4).

Şahit karışımından su ilavesiyle elde edilen numunelerin kontrol numunelerine göre kıyaslandığında, yaş ilerledikçe basınç mukavemeti değerlerinin başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılmayan dozajlarda olduğu gibi küçük oranlarda artışların olduğu görülmektedir (Tablo 4.2.4).

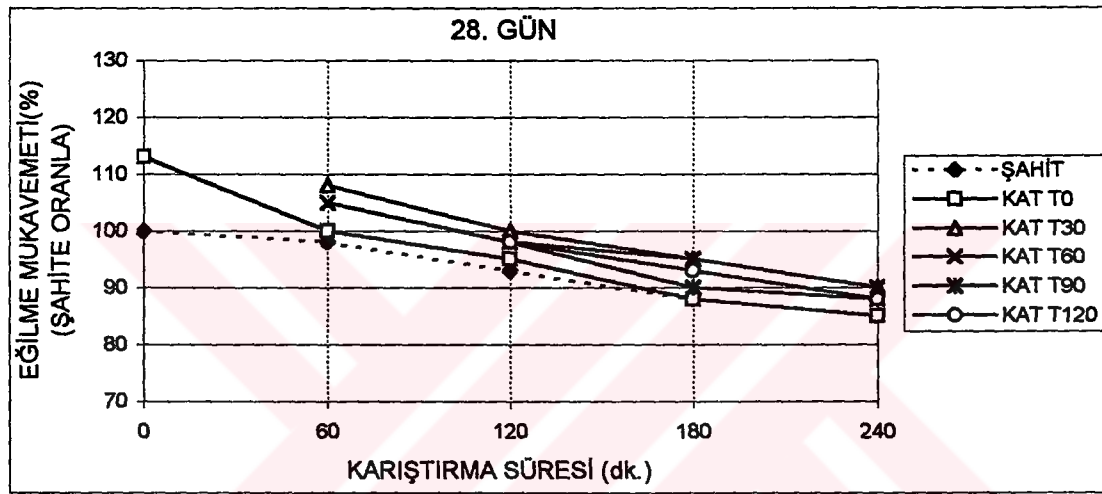
400 dozla 400A dozajlı harç karışımlarının aynı zamanda alınan numunelerin basınç mukavemeti değerleri kendi aralarında kıyaslandığında; bütün yaşlarda Kat T_0 karışımından $t=0$ için alınan numuneler dışında önemli farkların olmaması dikkat çekicidir. Başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılan dozajda karışıma giren su miktarının, başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılmayan dozaja göre %10 az olmasına rağmen, bütün yaşlarda benzer basınç mukavemeti değerleri aldıkları görülmektedir. Bu durum, 400A dozajlılarda, karışıma giren su miktarının azalması sonucu basınç dayanımına olumlu etkiyle, akışkanlaştırıcı katkının hava sürüklemesiyle birlikte basınç mukavemetine olumsuz etkisinin ortak sonucuna bağlanabilir (Tablo 4.2.2, 4.2.4).

5.2.2 Eğilme deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi

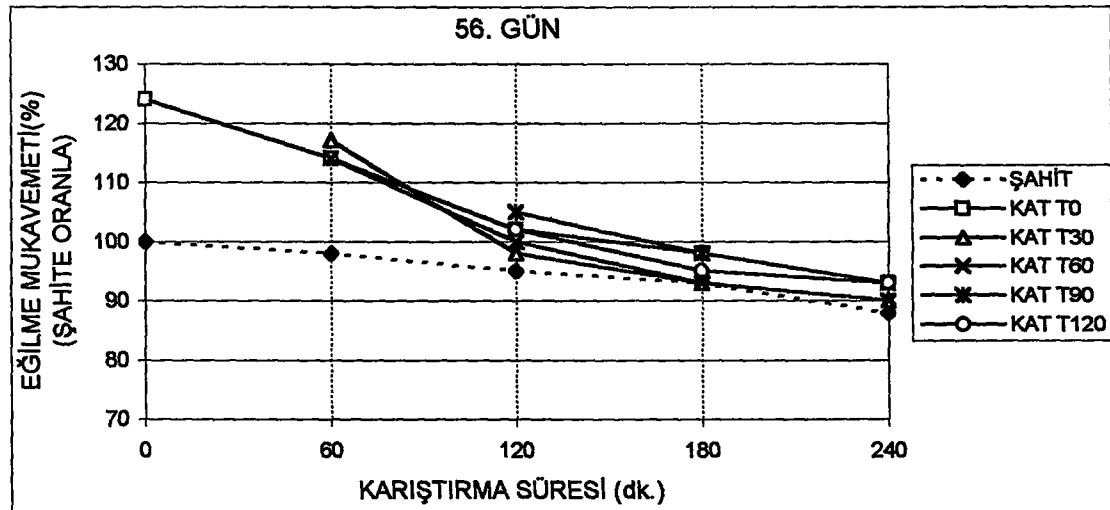
Eğilme deneyi sonuçlarının değerlendirilmesinde; Tablo 4.2.5a, Tablo 4.2.6a, Tablo 4.2.7a ve Tablo 4.2.8a'de verilen 7, 28 ve 56 günler için eğilme mukavemeti değerleriyle, Tablo 4.2.5b, Tablo 4.2.6b, Tablo 4.2.7b ve Tablo 4.2.8b'de verilen 7, 28 ve 56 günler için katkısız karışımdan başlangıçta ($t=0$) alınan numunelere (kontrol numune) göre oranlanmış eğilme mukavemeti değerlerinden faydalanılmıştır. Bu değerlerden faydalanılarak çizilen şekillerle birlikte irdeleme yapılmıştır.



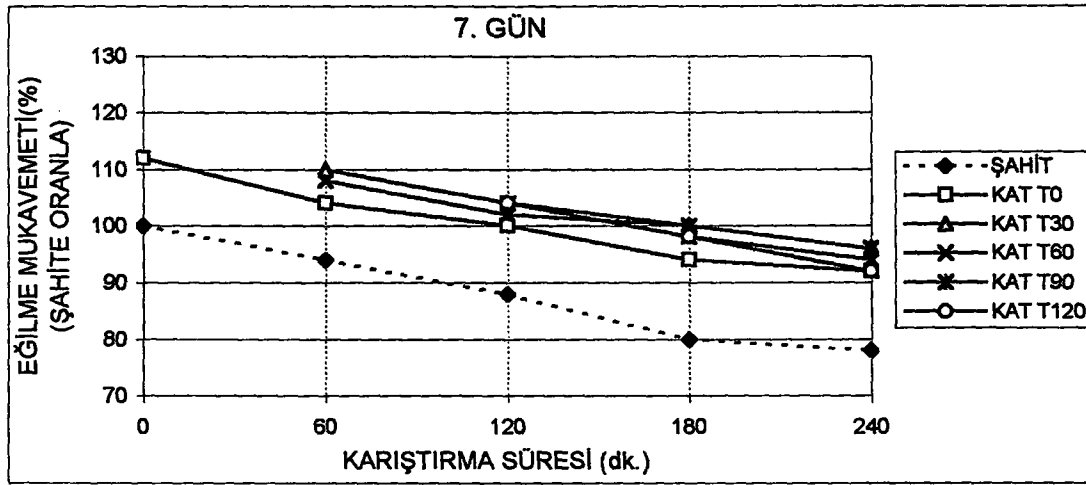
Şekil 5.2.5a 300 dozajda 7 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



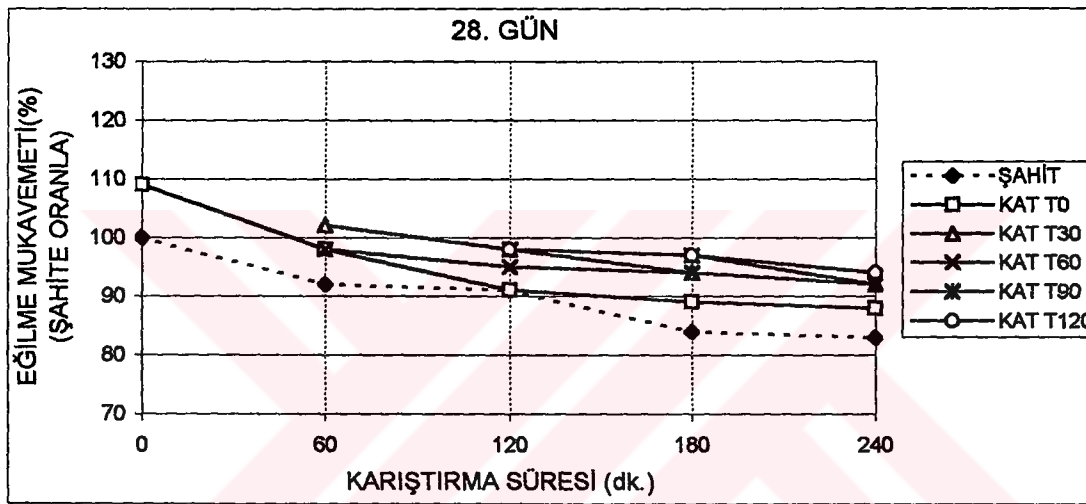
Şekil 5.2.5b 300 dozajda 28 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



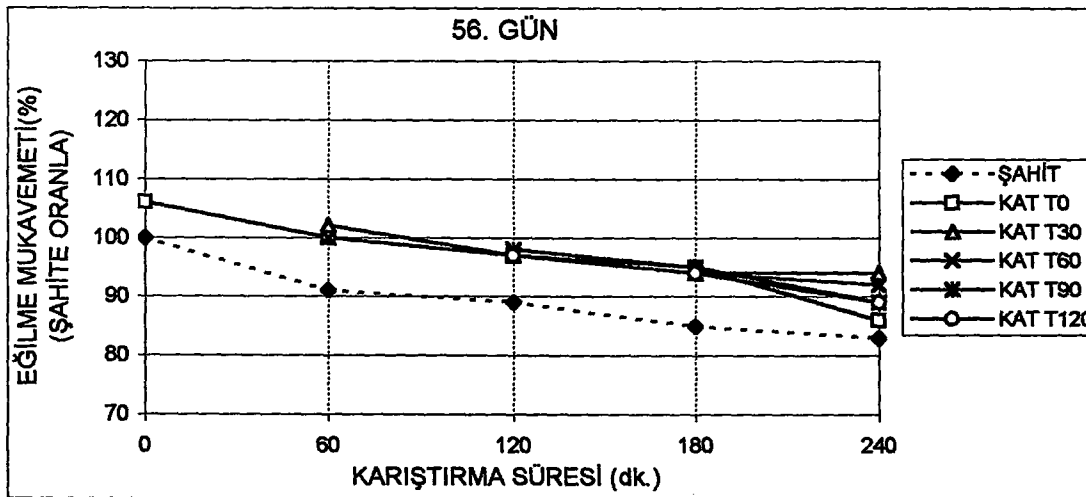
Şekil 5.2.5c 300 dozajda 56 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.6a 400 dozajda 7 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.6b 400 dozajda 28 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.6c 400 dozajda 56 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi

300 ve 400 dozajda (Şekil 5.2.5, 5.2.6), aynı zamanda alınan numuneler birbirleriyle kıyaslandığında, bütün katkılı numunelerin 7, 28 ve 56 günlük eğilme mukavemeti değerleri katkısız numunelere göre eşit yada daha büyük olduğu ve 300 dozaj için; 7. günde %(6-21) arasında, 28. günde %(0-13) arasında ve 56. günde %(0-24) arasında, 400 dozaj için ise; 7. günde %(10-20) arasında, 28. günde %(0-13) arasında ve 56. günde %(3-11) arasında değişen daha büyük değerler aldığı görülmektedir.

İki farklı dozajda da bütün yaşlarda en büyük eğilme mukavemeti değerini Kat T_0 karışımından $t=0$ zamanından alınan numuneler vermiştir. Bunda, Kat T_0 karışımının su/çim oranının diğer karışımlara göre daha düşük olması etkili olmuştur.

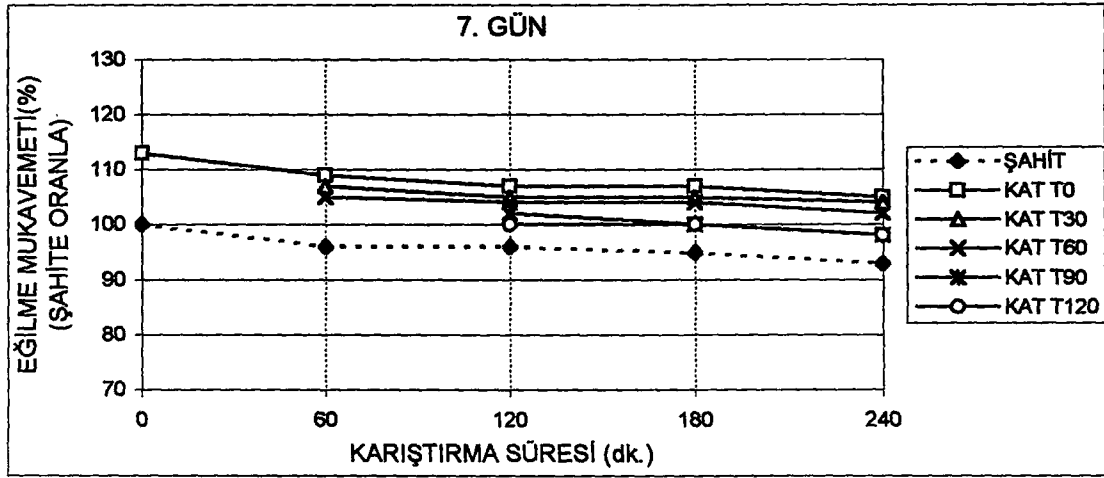
300 dozlu harçlarda (Şekil 5.2.5), aynı zamanda alınan katkılı numunelerin 28 ile 56. gün eğilme mukavemeti değerleri kıyaslandığında, 56 günlüklerin % 10 civarında artış gösterdikleri görülmektedir. 400 dozlu harçlarda kıyaslandığında ise, 56 günlüklerin 28 günlüklere göre eşit değerde ya da çok küçük oranlarda artış gösterdikleri görülmektedir.

300 dozlu harçlarda (Şekil 5.2.5), aynı zamanda alınan katkısız ve su ilaveli numunelerin bütün yaşlarda eğilme mukavemeti değerleri kontrol numunelerine göre kıyaslandığında, yaş ilerledikçe su ilaveli numunelerin toparlandıkları ve kontrol numunelerine göre dayanım oranlarının arttıkları görülmektedir. 400 dozlu harçlarda ise (Şekil 5.2.6); yaş ilerledikçe 28. gün için küçük miktar artış olurken, 56 günlüklerin 28 günlüklerle paralellik gösterdiği görülmektedir.

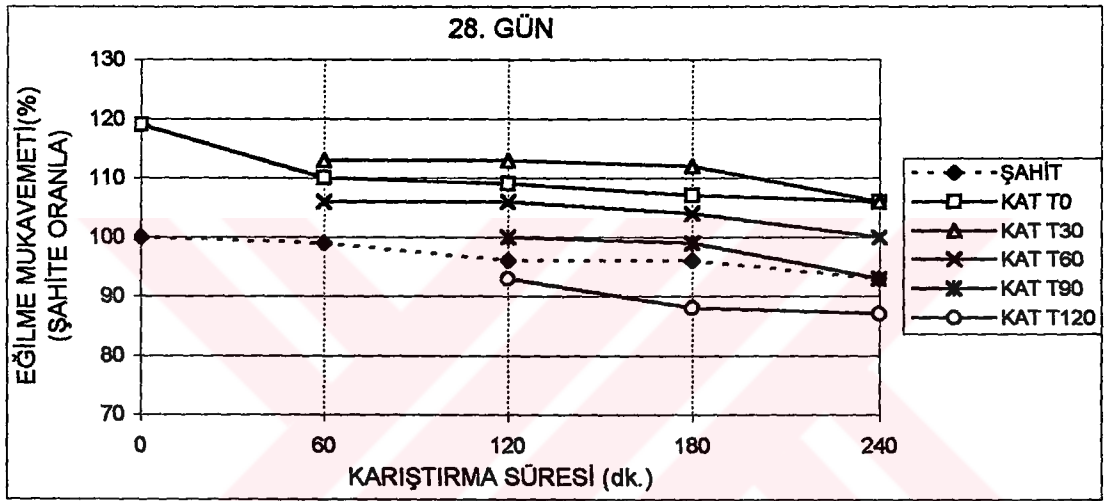
300 dozlu harçların (Şekil 5.2.5) Kat T_{30} ve Kat T_{60} karışımlarından $t=60'$ da elde edilen numunelerin, küçük oranlarda su ilavesine maruz kalmalarına rağmen, bütün yaşlarda kontrol numunelerine göre daha iyi eğilme mukavemeti değerleri vermeleri ilgi çekicidir.

400 dozda (Şekil 5.2.6) , Kat T_{90} ve Kat T_{120} karışımlarından $t=180$ ve 240 dakikalarda elde edilen numunelerin, yaş ilerledikçe eğilme dayanımı oranlarının kontrol numunelerine göre azalırken, 300 dozlularda artması dikkat çekicidir.

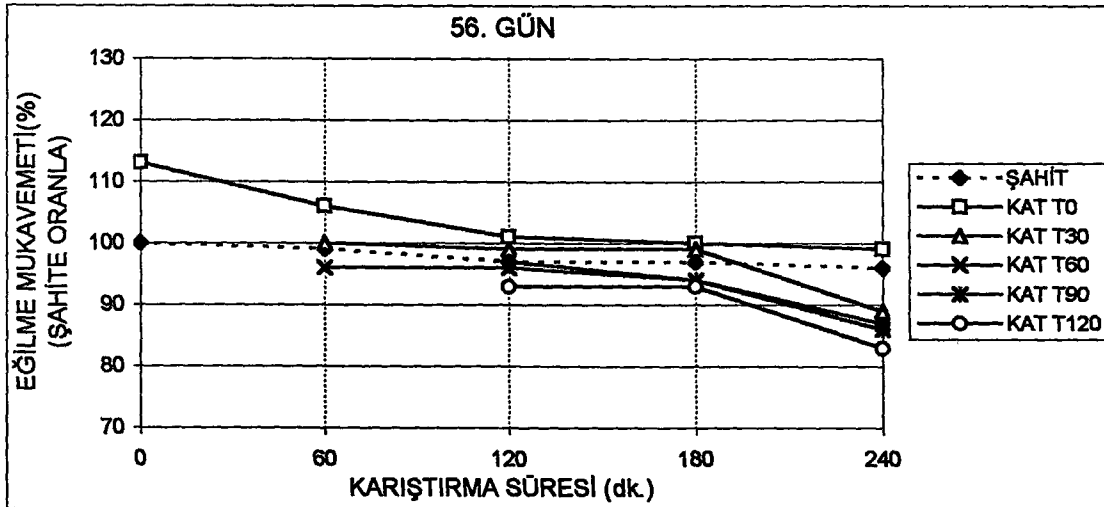
Dozaj arttıkça (Şekil 5.2.5, 5.2.6) katkılı numunelerin ileri yaşlardaki eğilme dayanımını oranlarının kontrol numunelerine göre azalması dikkat çekicidir.



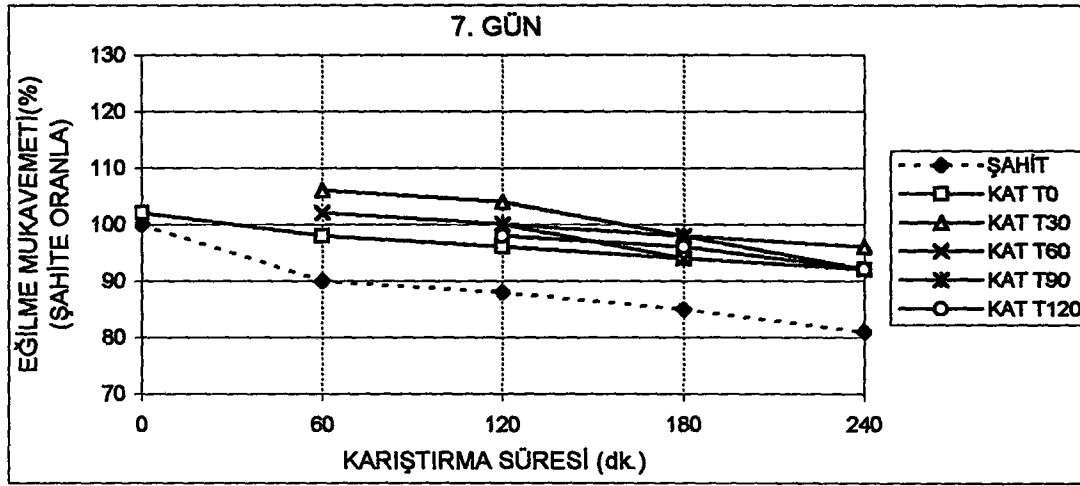
Şekil 5.2.7a 500 dozajda 7 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



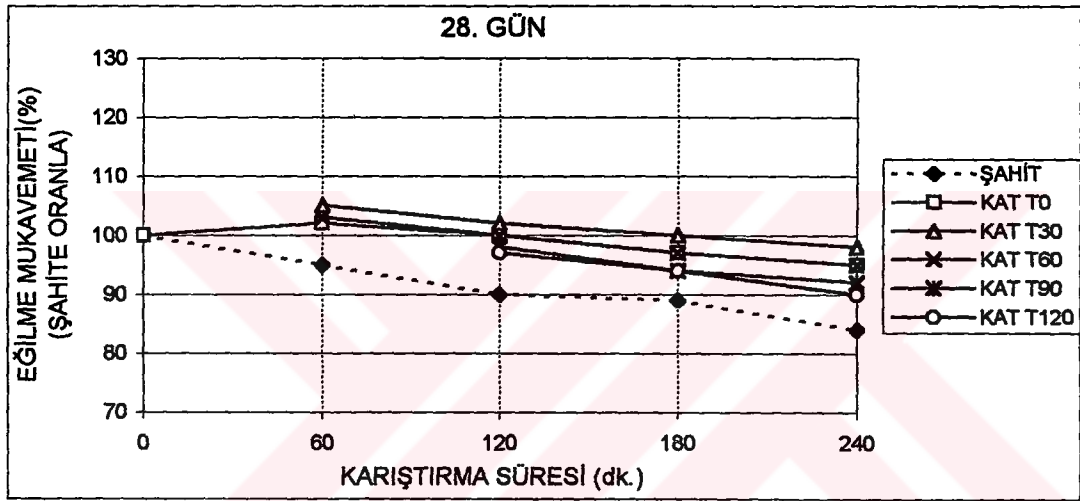
Şekil 5.2.7b 500 dozajda 28 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



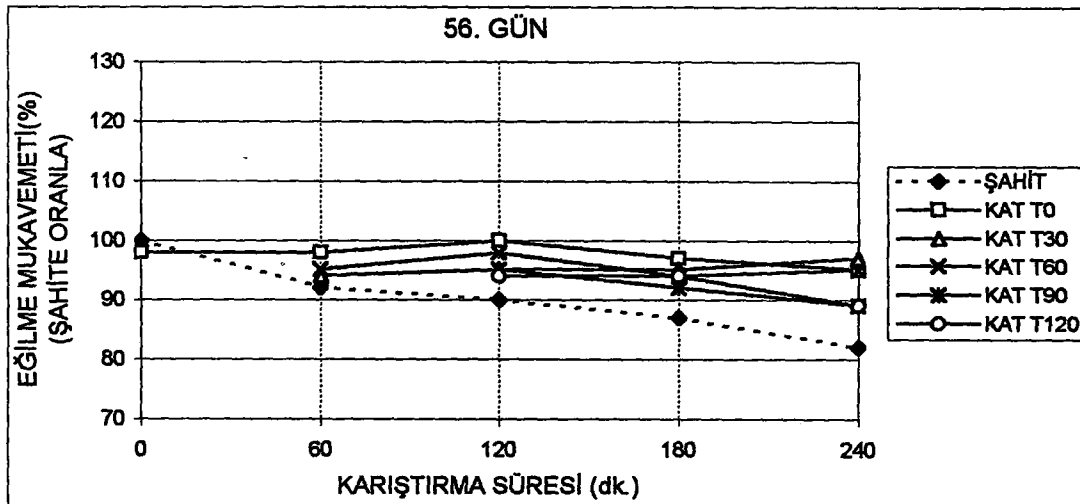
Şekil 5.2.7c 500 dozajda 56 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.8a 400A dozajda 7 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.8b 400A dozajda 28 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi



Şekil 5.2.8c 400A dozajda 56 günlük eğilme muk. karıştırma süresi ile değişimi

500 dozlu harçlarda (Şekil 5.2.7), aynı zamanda alınan Kat T_0 karışımının numuneleri şahit numunelere göre kıyaslandığında, katkılı numunelerin eğilme mukavemeti değerlerinin bütün yaşlarda daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durum, başlangıçta katkılı karışıma giren su miktarının şahit karışıma giren su miktarına göre az olmasının etkisine bağlanabilir. Öte yandan, bu katkılı karışımın bütün zamanlarda alınan numunelerinin eğilme dayanımı değerleri 7 ve 28 günler için tamamının kontrol numunelere göre % (5-19) oranları arasında artış gösterirken, 56 gün için ise azalma eğiliminde olması ve $t=240$ için alınan numunenin düşük çıkması dikkat çekicidir.

500 dozajlı diğer katkılı karışımlarda bütün zamanlarda su ilavesine gerek kalmadan alınan numunelerde bu eğilim 7. günden itibaren başladığı görülmektedir. Kat T_{90} ve Kat T_{120} karışımlarından $t=240$ için alınan numunelerin 7. gün eğilme dayanımı oranlarının kontrol numuneye göre % 2 oranında düştüğü görülmektedir. Bu eğilim 28. gün için artmakta ve 56. günde iyice belirginleşmektedir. 28. gün için Kat T_0 karışımı hariç bütün katkılı karışımlardan elde edilen numunelerin eğilme dayanımları oranlarının kontrol numuneye göre % 13 artış ile % 13 düşüş arasında değiştiği ve katkının katılma zamanı ile numunenin alınma zamanı geciktikçe düşüşlerin gerçekleştiği görülmektedir. 56. gün için ise, Kat T_0 karışımı hariç bütün katkılı karışımlardan elde edilen numunelerin eğilme dayanımları oranlarının kontrol numuneye göre birisi dışında düşük çıkması ve katkıyı katma zamanının geciktikçe oranların belirgin bir biçimde düşmesi dikkat çekicidir.

300, 400 ve 500 dozajlı katkılı numuneler kıyaslandığında, dozaj arttıkça eğilme dayanımı değerlerinin arttığı görülmektedir. Ancak, dozaj arttıkça ileri yaşlarda kontrol numunelerine göre eğilme dayanımı oranlarında düşüşler görülmektedir.

Bu durum, literatür [13]'te yazılanlarla tam olarak uyuşmasa bile tam olarak da çelişmemektedir. Literatür [13]'te; 517 kg/m^3 dozajlı betonlarda yapılan eğilme deneyi sonucunda, katkılı numunelerin kontrol numuneler göre 28 günlük eğilme mukavemeti değerinde artış olmadığı ve eşit değerde kaldıkları bulunmuştur. İleri yaşlarda eğilme mukavemeti deneyi literatürde bulunamadığından kıyaslama yapılamamıştır.

400A dozajlı harçlarda (Şekil 5.2.8), aynı zamanda alınan numuneler birbirleriyle kıyaslandığında, bütün katkılı numunelerin 7, 28 ve 56 günlük eğilme mukavemeti değerleri katkısız numunelere göre çoğunlukla artmakta olduğu ve 7. günde %(2-16) arasında, 28. günde %(0-14) arasında ve 56. günde Kat T_0 karışımının $t=0$ için alınan numuneleri dışında %(2-15) arasında değişen daha büyük değerler aldığı görülmektedir. Bu durum, katkılı numunelerin elde edilmesinde ilave su miktarının şahit numunelere göre az olmasına bağlanabilir.

400A dozajlı harçlarda (Şekil 5.2.8), katkılı numunelerin bütün yaşlardaki eğilme mukavemeti değerleri kontrol numunelere göre kıyaslandığında, 56 günlüklerin 500 dozajlı harçlarda olduğu gibi düşme eğilimi gösterdiği görülmektedir. Ancak bu eğilim 500 dozajlılara göre daha küçük oranlardadır. Bu eğilimin katkılı bütün karışımların ilk alınan numunelerinde daha da belirginleşmesi dikkat çekicidir. Kat T_0 karışımının $t=0$ için alınan numunelerinin elde edildiği karışımın kontrol numunelerin elde edildiği karışıma göre su/çim. oranının % 4 düşük olmasına rağmen, 56 günlük eğilme mukavemeti değerinde kontrol numuneye göre % 2 düşüş göstermesi de ilginç bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır.

400A dozajlı harçlarla başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılmayan 400 dozajlı harçların Kat T_0 karışımı hariç bütün katkılı karışımların bütün zamanlarda alınan numuneleri kendi aralarında kıyaslandığında, 7 ve 28 günlüklerin benzer değerleri aldıkları, ancak başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı katkı kullanılmayan 400 dozajlı harçlarda 56 günlük eğilme mukavemeti değerlerinin 28 günlüklere göre genelde küçük artışlar gösterirken, akışkanlaştırıcı kullanılan dozajlılarda ise, katkırı katma zamanı ile numuneyi alma zamanına göre 56 günlüklerin 28 günlüklere kıyasla değişen oranlarda azalışların olması dikkat çekicidir. Böyle bir sonucun ortaya çıkmasında, uzun süre etkili priz geciktirici katkının başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılan karışımlarda daha etkili olmasına bağlanabilir.

Dozaja ve başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılıp kullanılmamasına göre katkının etkinliği arttıkça, geç yaşlarda eğilme dayanımında belirsizliklerin olduğu görülmektedir.

5.2.3 Ultrases hızı deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi

Ultrases hızı deneyi sonuçlarının değerlendirilmesinde; Tablo 4.2.9a, Tablo 4.2.10a, Tablo 4.2.11a ve Tablo 4.2.12a'de verilen 7, 28 ve 56 günler için ultrases hızı değerleri, Tablo 4.2.9b, Tablo 4.2.10b, Tablo 4.2.11b ve Tablo 4.2.12b'de verilen 7, 28 ve 56 günler için katkısız karışımdan başlangıçta ($t=0$) alınan numunelere (kontrol numune) göre oranlanmış ultrases hızı değerlerinden faydalanılmıştır.

300 dozlu harçlarda (Tablo 4.2.9) aynı zamanda alınan numuneler kıyaslandığında; bütün yaşlarda katkılı numunelerin katkısız numunelere göre ultrases hızı değerlerinin % (0-6) arasında değişen oranlarda daha yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir.

400 dozlu harçlarda ise (Tablo 4.2.10), % (2-9) arasında değişen oranlarda daha yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir.

500 dozlu harçlarda (Tablo 4.2.11), bütün zamanlarda alınan katkılı numunelerin bütün yaşlarda ultrases hızı değerleri kontrol numunelerine göre % (0-8) arasında değişen oranlarda daha iyi sonuçlar verdikleri görülmektedir.

Başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılan 400A dozlu harçlarda (Tablo 4.2.12) aynı zamanda alınan numuneler kıyaslandığında; bütün yaşlarda katkılı numunelerin katkısız numunelere göre ultrases hızı değerlerinin % (2-9) arasında değişen oranlarda daha yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir.

Bütün dozajlardaki katkılı numunelerin şahit numunelere göre bütün yaşlarda küçük oranlarda artış göstermesi basınç mukavemeti sonuçlarıyla da paralellik göstermektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

1. Uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harçlar Kat T₀ karışımı hariç olmak üzere bütün dozajlarda şahit harçlara göre daha az yayılma kaybı vermiştir.

2. Kat T₀ karışımı 300 ve 400 dozlu harçlarda Şahit harca göre aynı eğilimde ve küçük oranlarda daha fazla yayılma kaybı vermiştir. 500 dozlu harçlarda ise, ilk saatlerde daha fazla yayılma kaybı verirken 3 ile 4. saatlerde daha az yayılma kaybı vermiştir. Başlangıç karışımında akışkanlaştırıcı kullanılan 400A dozlu harçlarda bütün zamanlarda şahit karışıma göre daha az yayılma kaybı verdiği belirlenmiştir.

3. Çimento dozajı arttıkça; uzun süre etkili priz geciktirici katkının karışımın işlenebilmesinde daha etkili olduğu ve zamanla oluşan işlenebilme kaybını azalttığı görülmüştür.

4. 500 dozlu harçlarda, uzun süre etkili priz geciktirici katkının karışıma katılma zamanına bakılmaksızın 4. saate kadar karışımın işlenebilmesini başlangıç işlenebilmesinden daha yüksekte tutabilmesi ilgi çekicidir. Bu sonuç karışıma katılan katkı dozajının ayarlanması durumunda, katkının taze karışımlarda uzun süreler etkinliğini gösterebileceği şeklinde yorumlanabilir.

5. Bütün uzun süre etkili priz geciktirici katkılı harç karışımlarında priz başlangıç süresinin Şahit harç karışımlarına göre uzadığı ve çimento dozajı arttıkça sürenin önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir.

6. Uzun süre etkili priz geciktirici katkılı çimento hamurlarında yapılan priz süreleri ile harç karışımlarında yapılan priz sürelerinin çok farklılık gösterdiği ve katkının çimento hamurunun priz sürelerini harç karışımlarına göre kıyaslanamayacak oranlarda arttırdığı belirlenmiştir.

7. Bütün dozajlarda ve bütün yaşlarda uzun süre etkili priz geciktirici katkının basınç mukavemetine olumlu etki göstererek değerlerde artışlar sağladığı ve özellikle 500 dozlu harçlarda bütün zamanlara ait katkılı numunelerin basınç mukavemetleri kontrol numuneye göre daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. Bu bulgu, priz geciktirici etkinin ara yer sıvısında çimento tanelerinden çözünmüş bazı iyonların uzun süre difüzyonlarına olanak vermesi ile sağlanan üniformluğun mukavemet artışına yardımcı olmasıyla açıklanabilir [16].

8. Uzun süre etkili priz geciktirici katkının katılma zamanının $t=0$ (Kat T_0 Karışımları) hariç; 300, 400 ve 500 dozajda basınç mukavemeti değerlerini kontrol numunelerine göre kıyaslandığında çok etkilemediği, fakat 400A dozajda geciktirici katkının erken katılmasının basınç mukavemeti değerlerinde artışlar sağladığı belirlenmiştir.

9. 300, 400 ve 500 dozajda Kat T_0 karışımlarından ilk saatte ($t=0$ ve 60 dakikalarda) elde edilen numunelerin basınç mukavemeti değerlerinde diğer katkılı numunelere göre artışların olduğu, fakat 400A dozajda Kat T_0 karışımından bütün zamanlarda alınan numuneler diğer katkılı numunelere göre kıyaslandığında, basınç mukavemeti değerlerinde çoğunlukla küçük oranlarda azalmaların olduğu görülmüştür.

10. 300, 400 ve 400A dozajlarda, uzun süre etkili priz geciktirici katkının eğilme mukavemetine etkisi genellikle basınç mukavemetine benzer sonuçlar verirken, 500 dozajda Kat T_0 hariç diğer katkılı harçların eğilme mukavemetlerinin kontrol harcına göre daha düşük sonuçlar vermesi ilginç bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır.

11. Bütün dozajlarda ve bütün yaşlarda uzun süre etkili priz geciktirici katkının ultrases hızına olumlu etkisinin olduğu ve değerlerde küçük oranlarda artışlar sağladığı görülmüştür.

12. Uzun süre etkili priz geciktirici katkının; bu çalışmanın parametreleri çerçevesinde ve bu çalışmada denenen akışkanlaştırıcı katkıyla birlikte kullanılmasının basınç mukavemetine, eğilme mukavemetine ve ultrases hızına genellikle önemli etkisinin olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak; bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre, denenen uzun süre etkili priz geciktirici katkının hazır beton sektöründeki döküm süresinin uzamasından dolayı karşılaşılan sorunları çözmede, beton parametrelerine bağlı uygun katkı dozajı oranının kullanılmasıyla, yararlı olabileceği söylenebilir.

6.2 İleriki Çalışmalar İçin Öneriler

1. Uzun süre etkili priz geciktirici katkı kullanılarak bir geceliğine (16-24 saat) hidrasyonu durdurulmuş betonun, taze ve sertleşmiş özelliklerinin belirlenmesi yararlı olacaktır.

2. Uzun süre etkili priz geciktirici katkı kullanılarak üretilmiş çeşitli dozajlardaki betonların orta ve uzun süreli eğilme mukavemetlerin araştırılması yararlı olacaktır.

3. Bu çalışmada katkı dozajı sabit tutularak katkının farklı çimento dozajları üzerine etkisi incelenmiştir. Katkı dozajı parametre tutularak yapılacak çalışmalar katkının etkinliğinin belirlenmesinde faydalı olacaktır.

4. Bu çalışmada uzun süre etkili priz geciktirici katkıyla normal akışkanlaştırıcı bir katkının bileşik etkisi incelenmiştir. Diğer katkılarla yapılacak çalışmalar sonucu bileşik etkinin irdelenmesi yararlı olacaktır.

5. Bu çalışmada çimento tipi sabit seçilip normal portland çimentosu (PÇ 42,5) kullanılmıştır. Uzun süre etkili priz geciktirici katkının değişik çimento tiplerinde ve uçucu küller üzerinde etkinliği araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Özkul H., Taşdemir A.M., Tokyay M., Uyan M., 1999 Meslek liseleri için her yönüyle beton, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.
- [2] Uyan M., Gülseren H., Diker B., 1994. Hazır betonda üretim-yerleştirme süresinin beton mukavemetine etkisi, 3. *Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, Türkiye.
- [3] ASTM C 94-84, 1985. Standart specifications for ready mixed concrete, Annual Book of ASTM Standarts.
- [4] TS 11222, 1994. Beton-Hazır beton, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] Paillera A.M., Benbassat M., Akman M.S., 1992. Guide for use of admixtures in concrete, *Materials and Structures*, Rilem, Vol. 25, 145, 49-56.
- [6] ACI Committee 212, 1986. Chemical admixtures for Concrete, *ACI Materials Journal*, Part 1, 297-327.
- [7] A.S.T.M., 1985, Vol. 0.4.02, 321.
- [8] Akman M.S., 1987. Yapı Malzemeleri, s. 98, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Ders Notları, İstanbul.
- [9] Ramachandran V.S., 1984. Concrete Admixtures Handbook, pp. 116-210, Noyes Publications.
- [10] Akman M.S., Uyan M., 1977. Priz geciktirici katkıların bazı Türk Çimentoları üzerine etkileri, s. 65-79, *Tübitak VI. Bilim Kongresi*, Türkiye.
- [11] Solar Testing Laboratories, 1990. "Material test report on Delvo Stabilizer conformance with requirements of ASTM C 494-86, CRD-C 87-86, AASHTO M 194-871 for Type B, Retarding and Type D, Water-Reducing and Retarding Admixtures," Independent Laboratory, Inc. Cleveland, Ohio.
- [12] Topçu O., Sağlık A., Çil İ., İnal M., Öztürk H., Üste A., 2000. An economical solution to returned concrete problem in the ready mixed concrete industry, Cement and Concrete Technology in the 2000 s, *Second International Symposium*, İstanbul, Türkiye, September 6-10.

- [13] **Master Builders Technologies**, 1988. "Technical report on the Delvo System,"
Unpublished Research and Development Report, No. 128 24 pp.
- [14] **Türkiye Hazır Beton Birliği**, 2000. *Hazır Beton Dergisi*, Yıl 7, 37.
- [15] **Uyan M., Yıldırım H.**, 1991. Yüksek dayanımlı beton üretiminde
süperakışkanlaştırıcı beton katkı maddelerinin etkinliği, 2. *Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, Türkiye.
- [16] **Uyan M.**, 1982. Isıl işlem uygulaması ile birlikte katkı kullanımının beton
özelliklerine etkisi, *Doçentlik Tezi*, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [17] **Munday J.G.L.**, 1975. Transportation effects on concrete workability, *The First International Conference on Ready-Mixed Concrete Held at Dundee University*.
- [18] **Kinney F.D.**, 1989. Reuse of returned concrete by hydration control:
Characterization of a new concept, *Proceedings Third International Conference*, Ottawa, Canada.
- [19] **Senbetta E., Scanlon M.J.**, 1991. Effect of three new innovative chemical
admixtures on durability of concrete, *2nd CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete*, Montreal, Canada.
- [20] **Okawa Y., Yamamiya H., Nishibayashi S.**, 2000. Study on the use of returned
concrete, *Magazine of Concrete Research*, 52, 109-115.
- [21] **Uyan M., Aydın K.K., Baş S.**, Beton döküm süresi sırasında priz geciktirici
katkıların katılma zamanının etkileri, İstanbul, Türkiye.
- [22] **Kadiroğlu İ.**, 2000. Türkiye hazır beton birliği, *Hazır Beton Dergisi*,
Yıl 7, 42, 58-63.
- [23] **Başkoca A.**, 1995. Priz geciktirici katkıların uzun süre karıştırılmış beton
özelliklerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
İstanbul.
- [24] **Anderson M.S., Carraquillo L.R.**, 1995. Effects of withholding mixing water
and retempering on properties of concrete, *ACI Materials Journal*,
5, 497-506.
- [25] **Hanayneh J.B., Itani Y.R.**, 1989. Effect of retempering on the engineering
properties of superplasticized concrete, *Materials and Structures*,
22, 212-219.

- [26] TS 2717, 1977. Harç Kumları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [27] TS 3529, 1980. Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [28] TS 3526, 1980. Beton Agregalarında Özgöl Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [29] TS 24, 1985. Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deneyleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [30] TS 19, 1988. Portland Çimentoları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [31] Paolini M., Khrana R., 1998. Admixtures for recycling of waste concrete, *Cement and Concrete Composites*, **20**, 221-229.
- [32] TS 3452, 1984. Beton Kimyasal Katkı Maddeleri (Priz Süresini Ayarlayan ve Karışım Suyunu Azaltan), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [33] TS 2987, 1978. Betonda Priz Süresinin Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.



ÖZGEÇMİŞ

22 Mayıs 1972 yılında Samsun'da doğan Hamit ULUDOĞAN, ilk öğrenimini Samsun Kazım Orbay İlkokulu'nda, orta öğrenimini Samsun Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1992 yılında öğrenimine başladığı İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 1996 yılında mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü. bilim sınavını kazandı ve 1997 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimine başladı. 1996-1999 yılları arasında İstanbul Metrosunun Gayrettepe ve 4. Levent istasyon şantiyelerinde çalıştı ve 1999-2000 yılları arasında askerliğini yaptı. Kendisi halen Yapı Malzemesi Anabilim Dalı'nda öğrenim görmektedir.

