

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

130830

YÜKSEK LİSANS TEZİ

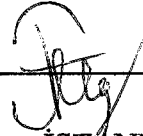
**FARKLI AKIŞKANLAŞTIRICI KATKI MADDELERİNİN
BETONUN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

İns. Müh. M. Gözde GÜRSOY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Programı

Danışman
Doç.Dr. Fahriye KILINÇKALE

Haziran 2003

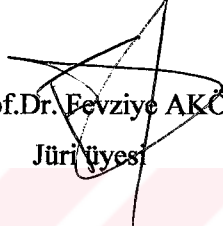

İSTANBUL

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma 11.07.2003 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Doç. Dr. Fahriye KILINÇKALE
(Danışman)


Prof. Dr. S. Feyza ÇİNCİOĞLU
Jüri üyesi


Prof. Dr. Fevziye AKÖZ
Jüri üyesi


Doç. Dr. Mustafa KARAGÜLER
Jüri üyesi


Doç. Dr. Ahmet KAŞGÖZ
Jüri üyesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada farklı akışkanlaştırıcı katkı malzemelerinin betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışmaların tümü İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Malzeme Laboratuvarında yapılmıştır.

Çalışmalarında tez danışmanım Sn. Doç. Dr. Fahriye KILINÇKALE' ye, her zaman her konuda yardımına koşan ve artık meslektaşım olan sevgili son sınıf öğrencilerim Muhharrem DEMİRCİ' ye, Hande YENER' e, Songül KAYATURAN' a ve Ali Haydar YEŞİLBAŞ' a, özverili çalışmasından ve desteğinden dolayı teknisyen Murat SEVİNDİK' e, sevginin, paylaşımın ve dayanışmanın en güzel örneğini bana yaşatan, her anımda yanımda oldukları, elimi tuttukları için canım arkadaşlarım Barış YILDIZLAR, Cihan ÖSER, Murat GÜLER, Sedat KUTU ve bıkmadan beni dinleyen okulda Fatih ALTUNCU ve okul dışında Naile YEŞİLÇİÇEK, Esra KİRAZ ve Aytaç KARA başta olmak üzere tüm dostlarıma , sabır ve anlayışlarıyla hep yanımda olan, içimde taşıdığım güzelliklerin kaynağı olan ailem ve Alptekin DOĞAN' a sonsuz şükranlarımı, ayrıca başta agregaların sağlanması olmak üzere her türlü konuda yardımlarını esirgemeyen AKÇANSA Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. Teknik Müdürü Ziya YÜCEER' e, İşletme Sorumlusu Mehmet Ali AYDEMİR' e, Teknik Personel Okay ALAYDIN' a, katkı malzemelerini temin etmemi sağlayan Sika Deteks Yapı Kimyasalları A.Ş' den Cem ERCAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

M.Gözde GÜRSOY

İÇİNDEKİLER		Sayfa No
ÖNSÖZ		i
İÇİNDEKİLER		ii
ŞEKİL LİSTESİ		v
TABLO LİSTESİ		viii
ÖZET		x
SUMMARY		xii
BÖLÜM 1. GİRİŞ		1
1.1 .Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar		2
1.2 .Çalışmanın Amacı ve Kapsamı		5
1.3. Beton veTarihçesi		6
1.3.1. Normal Betonlar		7
1.3.2. Özel Betonlar		7
1.3.2.1. Yüksek Performanslı Betonlar		7
1.4. Yüksek Performanslı Betonlardan Beklenen Özellikler		8
1.4.1. Taze Beton Özellikleri		8
1.4.1.1. İç Yapı		8
1.4.1.2. Hareketlilik Ve Pompalanabilirlik		8
1.4.1.3. Kararlılık		9
1.4.1.4. Yerleşebilirlik		9
1.4.2. Sertleşmiş Beton Özellikleri		10
1.4.2.1. Beton Basınç Mukavemetine Etki Eden Faktörler		10
1.4.2.1.1. Çimentonun Basınç Mukavemetine Etkisi		10
1.4.2.1.2. Agreganın Basınç Mukavemetine Etkisi		11
1.4.2.1.3. Su/çimento oranının Basınç Mukavemetine Etkisi		12
1.5. Beton Katkı Malzemeleri		13
1.5.1. Katkı Malzemelerinin Betonun İşlenebilirliğine (Reolojisine) Etkisi		14
1.5.2. Katkı Malzemelerinin Betonun Priz ve Sertleşmesine Etkileri		15
1.5.3. Katkı Malzemelerinin Betonun Hava İçeriğine Etkisi		15
1.5.4. Katkı Malzemelerinin Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkileri		16
1.5.5. Katkı Malzemelerinin Zararlı Ortamlara Karşı Etkileri		17
1.6. Kimyasal Katkılar		17
1.6.1. Kimyasal Katkıların Sınıflandırılması		17
1.7. Akışkanlaştırıcı (Su Azaltıcı) Katkı Malzemeleri		20
1.7.1. Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Sınıflandırılması		20
1.7.1.1. Normal Akışkanlaştırıcılar (Su Azaltıcılar)		20
1.7.1.2. Süper Akışkanlaştırıcılar (Yüksek Oranda Su Azaltıcılar)		20
1.7.1.3. Hiper Akışkanlaştırıcılar (Yeni Kuşak Süper Akışkanlaştırıcılar)		21

	<u>Sayfa No</u>
1.7.2. Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Kullanım Amacı	22
1.7.3. Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Beton Performansına Etkileri	23
1.7.3.1. Priz Süresine Etkisi	23
1.7.3.2. Rötire ve Sünmeye Etkisi	23
1.7.3.3. Geçirimsizliğe Etkisi	23
1.7.3.4. Durabiliteye Etkisi	23
1.7.3.5. Mukavemete Etkisi	24
1.7.4. Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Etki Mekanizmaları	24
1.7.4.1. Normal Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Etki Mekanizmaları	24
1.7.4.2. Süper Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Etki Mekanizmaları	25
1.7.4.3. Hiper Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Etki Mekanizmaları	26
 BÖLÜM 2. MALZEME ve YÖNTEM	 28
2.1. Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri	28
2.1.1. Agrega Özellikleri	28
2.1.1.1. Kum	28
2.1.1.2. Kırmataş I ve Kırmataş II	28
2.1.2. Çimento	29
2.1.3. Katkı Malzemeleri	29
2.2. Beton Bileşimi	30
2.2.1. Agregaların Granülometrik Bileşimi	30
2.2.2. Kabul Edilen Esaslar	30
2.2.3. Beton Bileşimlerinin Hesaplanması	31
2.2.4. Beton Üretimi, Karıştırma, Yerleştirme ve Kür Koşulları	33
2.2.5. Numune Kodlarının Belirlenmesi	34
2.3. Betonlar Üzerinde Yapılan Deneyler	35
2.3.1. Taze Beton Deneyleri	35
2.3.1.1. Birim Ağırlık	35
2.3.1.1.1. Birim Ağırlık Deneyinde Kullanılan Aletler	35
2.3.1.1.2. Birim Ağırlık Deneyinin Yapılışı	35
2.3.1.2. Çökme (Slump) Deneyi	36
2.3.1.2.1. Çökme Deneyinde Kullanılan Aletler	37
2.3.1.2.2. Çökme Deneyinin Yapılışı	37
2.3.1.3. VeBe Deneyi	38
2.3.1.3.1. VeBe Deneyinde Kullanılan Aletler	39
2.3.1.3.2. VeBe Deneyinin Yapılışı	39
2.3.1.4. Hava Miktarı Tayini Deneyi	39
2.3.1.4.1. Basınç Yöntemiyle Hava Miktarı Tayini Deneyinde Kullanılan Aletler	39
2.3.1.4.2. Hava Miktarı Tayini Deneyinin Yapılışı	40
2.3.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri	41

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Çimento Hamuru Basınç Mukavemeti Üzerine Porozitenin Etkisi	11
Şekil 1.2. Süper Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Su / Çimento Oranı ve Beton Basınç Mukavemeti Üzerine Etkileri	21
Şekil 1.3. Taze Betonda Su Miktarı ile Yayılma Miktarı Arasındaki Değişim	22
Şekil 1.4. Çimento Taneciğinin Flokül Yapı Oluşturması	25
Şekil 1.5. Tanecikler Arası İtme ve Suyun Serbest Kalması	25
Şekil 1.6. Hiper Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Çimento Partikülleri Üzerine Adsorbsiyonu	26
Şekil 1.7. Süper ve Normal Akışkanlaştırıcıların Elektrostatik Etki Mekanizmaları	27
Şekil 1.8. Hiper Akışkanlaştırıcıların Sterik Etki Mekanizması	27
Şekil 2.1. Agrega Karışımı ve A32, B32, C32 Referans Granülometri Eğrileri	32
Şekil 2.2. Eksenel Zorlamalı Karıştırılmalı Düşey Paleti 55 Lt Hacmindeki Betoniyer	33
Şekil 2.3. Kür Havuzu	34
Şekil 2.4. Çökme Deneyinde Kullanılan Çökme ve VeBe Deney Aleti	38
Şekil 2.5. Hava Ölçme Cihazı, Ölçme Kabı ve Kapak Düzeni	40
Şekil 2.6. Basınç Mukavemetini Ölçen Test Cihazı	41
Şekil 3.1. Ş1 (S / Ç=0,52) Beton Serisi Katkı % si ile Çökme Miktarı Değişimi	43
Şekil 3.2. Ş2 (S / Ç=0,56) Beton Serisi Katkı % si ile Çökme Miktarı Değişimi	44
Şekil 3.3. Ş3 (S / Ç=0,60) Beton Serisi Katkı % si ile Çökme Miktarı Değişimi	45
Şekil 3.4. Sabit Su / Çimento Oranlarında Aynı Katkı % lerindeki Süper Akışkanlaştırıcı Katkılı Betonların Çökme Miktarları	46
Şekil 3.5. Sabit Su / Çimento Oranlarında Aynı Katkı % lerindeki Hiper Akışkanlaştırıcı Katkılı Betonların Çökme Miktarları	47

Şekil 3.6. Ş1 (S / Ç=0,52) Beton Serisi Katkı % si ile VeBe Değeri Değişimi	48
Şekil 3.7. Ş2 (S / Ç=0,56) Beton Serisi Katkı % si ile VeBe Değeri Değişimi	49
Şekil 3.8. Ş3 (S / Ç=0,60) Beton Serisi Katkı % si ile VeBe Değeri Değişimi	50
Şekil 3.9. Ş1 (S / Ç=0,52) Beton Serisi Katkı % si ile Hava % si Değişimi	51
Şekil 3.10. Ş2 (S / Ç=0,56) Beton Serisi Katkı % si Hava ile % si Değişimi	52
Şekil 3.11. Ş3 (S / Ç=0,60) Beton Serisi Katkı % si ile Hava % si Değişimi	53
Şekil 3.12. Ş1 (S / Ç=0,52) Beton Serisi Katkı % si ile Komposite Değeri Değişimi	54
Şekil 3.13. Ş2 (S / Ç=0,56) Beton Serisi Katkı % si ile Komposite Değeri Değişimi	55
Şekil 3.14. Ş3 (S / Ç=0,60) Beton Serisi Katkı % si ile Komposite Değeri Değişimi	56
Şekil 3.15. Su / Çimento Oranı 0,52 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	58
Şekil 3.16. Su / Çimento Oranı 0,52 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	58
Şekil 3.17. Su / Çimento Oranı 0,52 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Hiper Akışkanlaştırıcı (H Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	59
Şekil 3.18. Su / Çimento Oranı 0,56 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	60
Şekil 3.19. Su / Çimento Oranı 0,56 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	60
Şekil 3.20. Su / Çimento Oranı 0,56 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Hiper Akışkanlaştırıcı (H Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	61

Şekil 3.21. Su / Çimento Oranı 0,60 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	62
Şekil 3.22. Su / Çimento Oranı 0,60 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	62
Şekil 3.23. Su / Çimento Oranı 0,60 Olan Seride 0,3 / 0,5 / 1 Katkı % li Hiper Akışkanlaştırıcı (H Kodlu) Betonların 7 / 28 / 56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması	63
Şekil 3.24. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,3) Basınç Dayanımları Değişimi	64
Şekil 3.25. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,5) Basınç Dayanımları Değişimi	65
Şekil 3.26. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 1) Basınç Dayanımları Değişimi	66
Şekil 3.27. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,3) Basınç Dayanımları Değişimi	67
Şekil 3.28. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,5) Basınç Dayanımları Değişimi	68
Şekil 3.29. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 1) Basınç Dayanımları Değişimi	69
Şekil 3.30. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Hiper Akışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,3) Basınç Dayanımları Değişimi	70
Şekil 3.31. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Hiper Akışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,5) Basınç Dayanımları Değişimi	71
Şekil 3.32. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Hiper Akışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 1) Basınç Dayanımları Değişimi	72

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Beton Teknolojisinin Gelişiminde Kilometre Taşları	6
Tablo 1.2. Beton Mukavemetine Etki Eden Faktörler	10
Tablo 1.3. Su Miktarındaki Değişiklik ile Mukavemetteki Azalma	12
Tablo 1.4. TS 802 Su / Çimento Oranının Basınç Mukavemetine Etkisi	12
Tablo 2.1. Agrega Özgül Ağırlık, Birim Ağırlık, Su Emme Oranı % Değerleri	28
Tablo 2.2. Çimentonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	29
Tablo 2.3. Çimentonun Mekanik Özellikleri (Rilem – Cembureau Yöntemi)	29
Tablo 2.4. Deneylerde Kullanılan Agrega Granülometrisi	30
Tablo 2.5. Karışımın ve Referans Eğrilerinin İncelik Modülü	31
Tablo 2.6. Üretilen Betonlardaki Teorik Malzeme Miktarları	31
Tablo 2.7. Beton Numune Kodları	34
Tablo 2.8. Üretilen Betonlardaki Gerçek Malzeme Miktarları	37
Tablo 3.1. Taze Beton Deney Sonuçları	42
Tablo 3.2. Ş1 (S / Ç = 0,52) Beton Serisi Çökme Deney Sonuçları	43
Tablo 3.3. Ş2 (S / Ç = 0,56) Beton Serisi Çökme Deney Sonuçları	44
Tablo 3.4. Ş3 (S / Ç = 0,60) Beton Serisi Çökme Deney Sonuçları	45
Tablo 3.5. Ş1 (S / Ç = 0,52) Beton Serisi VeBe Deney Sonuçları	48
Tablo 3.6. Ş2 (S / Ç = 0,56) Beton Serisi VeBe Deney Sonuçları	49
Tablo 3.7. Ş3 (S / Ç = 0,60) Beton Serisi VeBe Deney Sonuçları	50
Tablo 3.8. Ş1 (S / Ç = 0,52) Beton Serisi Hava (%) Miktarı Deney Sonuçları	51
Tablo 3.9. Ş2 (S / Ç = 0,56) Beton Serisi Hava (%) Miktarı Deney Sonuçları	52
Tablo 3.10. Ş3 (S / Ç = 0,60) Beton Serisi Hava (%) Miktarı Deney Sonuçları	53

Tablo 3.11. Ş1 (S / Ç = 0.52) Beton Komposite Değerleri	54
Tablo 3.12. Ş2 (S / Ç = 0.56) Beton Komposite Değerleri	55
Tablo 3.13. Ş3 (S / Ç = 0.60) Beton Komposite Değerleri	56
Tablo 3.14. Beton Basınç Mukavemeti Değerleri	57
Tablo 3.15. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,3) Basınç Dayanımları	64
Tablo 3.16. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,5) Basınç Dayanımları	65
Tablo 3.17. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 1) Basınç Dayanımları	66
Tablo 3.18. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,3) Basınç Dayanımları	67
Tablo 3.19. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,5) Basınç Dayanımları	68
Tablo 3.20. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Süper Akışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 1) Basınç Dayanımları	69
Tablo 3.21. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Hiper Akışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,3) Basınç Dayanımları	70
Tablo 3.22. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Hiper Akışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 0,5) Basınç Dayanımları	71
Tablo 3.23. Farklı Su / Çimento Oranlarında (0,52 / 0,56 / 0,60) Aynı Hiper Akışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiper Akışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı % sindeki (% 1) Basınç Dayanımları	72

ÖZET

Farklı Akışkanlaştırıcı Katkı Maddelerinin Betonun Özelliklerine Etkisi

Medeniyetin ilerlemesi ve gereksinimlerin artması ile son 150 yıllık süreçte beton teknolojisi önemli ilerlemeler kaydetmiştir. 1990'lı yıllarda başlayan kompozit malzeme ve çimento-agrega ara bölgesinin özelliklerine ilişkin araştırmalarla yüksek performanslı betonlar beton teknolojindeki yerini almıştır.

Günümüz koşullarına göre 80 Mpa ve daha yüksek basınç dayanımına sahip, işlenebilirliği ve durabilitesi iyi olan betonlar yüksek performanslı beton sınıfına girmektedir. Yüksek performanslı beton üretiminde en büyük işlev kimyasal katkı malzemelerine aittir. Yüksek performanslı betonlardan beklenen üç temel özellik optimum dayanım, dayanıklılık ve işlenebilirliktir. Bu üç temel özelliği sağlayabilmek için yüksek performanslı beton üretiminin, mümkün olan en düşük su/çimento oranının kullanılarak gerçekleşmesi, betonun boşluksuz ve ayrışmayan nitelikte olması gerekmektedir. Tüm bu nitelikleri sağlayan betonlar ancak akışkanlaştırıcı katkı malzemelerinin kullanılmasıyla üretimi gerçekleşen betonlardır.

Bu çalışmanın esas amacı, yüksek performanslı beton üretiminde kullanılan, betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini değiştiren farklı özelliklerdeki akışkanlaştırıcı katkı malzemelerinin beton performansına etkilerinin incelenmesidir.

Bu amaçla deney çalışmalarında geciktirici içeren süperakışkanlaştırıcı, erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcı (ASTM C 494 Tip G ve ASTM C 494 Tip F) ve hiperakışkanlaştırıcı (ASTM C 494 Tip F) katkı malzemesi olmak üzere farklı niteliklere sahip üç değişik akışkanlaştırıcı katkı malzemesi kullanılmıştır. Üretime katkısız olarak üretilen ve su/çimento oranları 0.52, 0.56, 0.60 olarak belirlenen şahit betonlarla başlanmıştır. Üretimin ikinci aşamasında % 0.3, % 0.5, % 1 olarak tespit edilen üç farklı katkı yüzdeli betonlar belirlenen herbir su/çimento oranı için üretilmiştir. Katkısız beton numuneleri ile katkılı beton numunelerinin taze ve sertleşmiş haldeki özellikleri kıyaslanarak katkı malzemelerinin betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerine etkisi bulunmuştur. Ayrıca üretilen akışkanlaştırıcı katkılı beton numunelerine ait deney sonuçları da kendi içlerinde kıyaslanarak herbir katkının beton performansına etkileri ayrı ayrı incelenmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, referans olarak şahit betonları aldığımız takdirde akışkanlaştırıcı kullanımı ile her seride işlenebilirliğin göstergesi olan çökme miktarının arttığı belirlenmiştir. Ancak çökme miktarındaki en büyük artış su/çimento oranı 0.56, 0.60 olan serilerde hiperakışkanlaştırıcı katkının % 1 oranında kullanılması ile ve su/çimento oranı 0.52 olan seride ise % 1'lik erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılması ile sağlanmıştır.. Katkı yüzdelerinin % 0.3'den % 0.5' e çıkartılması ile çökme miktarlarında çok büyük değişiklikler olmamıştır. Katkı yüzdesinin % 0.3'den % 1' e çıkartılması ile çökme miktarı artışları belirginleşmiştir. 0.52 su/çimento oranında % 1'lik hiperakışkanlaştırıcı kullanılması durumunda elde edilen 5 cm.'lik çökme miktarı 0.56 su/çimento oranında aynı akışkanlatırıcının aynı

katkı yüzdesinde kullanılması durumunda 22 cm.'e yükselmiştir. Ancak su/çimento oranının 0.56'dan 0.60' a çıkarılması ile aynı akışkanlaştırıcı, aynı yüzdede beton yine 22 cm. çökme miktarı vermiştir.

Basınç dayanımı sonuçlarından ise referans olarak şahit beton alındığı takdirde bütün serilerde ve bütün katkı yüzdelerinde akışkanlaştırıcı kullanımı ile basınç dayanımının belirgin bir şekilde arttığı söylenemez. Basınç dayanımda meydana gelen düşüşler çok büyük olmamakla birlikte, özellikle yüksek katkı yüzdelerinde üretimi gerçekleşen betonlarda bu düşüşler olmuştur. Bunun ana nedeni olarak çok akıcı beton üretilmesi ile agregaların betondan sıyrılması ve betonun heterojonliğinin bozulması olarak gösterilebilir.

Sonuçta gerek taze beton deney sonuçlarına gerekse basınç dayanımı deney sonuçlarına bakarak her katkı malzemesinin etkin olduğu su/çimento oranı ve katkı yüzdesi değeri olduğu belirlenmiştir.

Bu nedenle katkı malzemesi seçiminde amaca uygun katkının, optimum su/çimento oranı ve katkı yüzdesinin belirlenmesi gerekmektedir.



SUMMARY

The Influence of Various Plasticizing Admixtures on Concrete Properties

Due to civilization and the increase of demands, significant improvements in concrete technology have been recorded in the past 150 years. Following intensive researches regarding the features of composite materials and cement-aggregate transition areas since the early 90's, high performance concretes have achieved an important place in field of concrete technology.

Regarding the present conditions, any type of concrete that has a pressure resistance value equal to or higher than 80 MPa and which has good durability and workability features is accepted as a high-performance concrete. During the manufacturing of high performance concretes, chemical additives play the most important role. There are 3 main properties expected from a high performance concrete; these are strength, durability and workability. In order to achieve these properties, the manufacturing of high performance concretes should be carried out with the lowest water / concrete ratio and the concrete should be free of hollow spaces and nonsegregation such concretes are concretes manufactured by using chemical additives.

The primary aim of this study is to examine various effects that different chemical additives changing the properties of fresh and hardened concrete have on the performance of the concrete.

For this reason, 3 different kind of additives have been used as plasticizers during the tests.

For this purpose, at the experiments three different types of additive materials, which are retarding, early-strength, (ASTM C 494 type G and ASTM C 494 type F) and new generation superplasticisers (ASTM C type F) are used.

The first step has been the production of reference samples containing no additives and having water / cement ratios of 0.52, 0.56 and 0.60 . Afterwards, for each water / cement ratio, concretes containing 0.3 %, 0.5 % and 1 % of chemical additive have been produced. By comparing the properties of fresh and hard concrete samples containing additives with the samples containing none, the effects that chemical additives have on the properties of fresh and hardened concrete have been recorded. In addition, the test results obtained from samples containing superplasticizers have been compared within, thus the specific effect of each type of plasticizer has been evaluated.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Beton, medeniyetin önemli yapı taşlarındandır. İlkel şekliyle betonun 5000 yıl kadar önce Mısır Piramitlerinin yapımında kullanıldığı bilinmektedir. Kireç ve doğal çimento gibi bağlayıcıların bulunması ile betonda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. 18. yüzyılda iyi bir bağlayıcı olan doğal çimentonun Romalılar tarafından kullanılması ile günümüze kadar ayakta kalabilen pek çok mühendislik yapısını görmek mümkündür [1]. 18. yüzyıl sonlarında yapılmış olan Eddystone fenerinde John Smaeton tarafından elde edilen ilk çimentonun kullanıldığı bilinmektedir. Bu çimento kireç ve kil karışımından elde edilmektedir. Bugün kullandığımız çimento ise, John Aspidin adlı bir İngiliz duvarcı tarafından 1824 yılında bulunmuştur [2]. Çimentoya kum, çakıl ve su karıştırılarak elde edilen beton asıl gelişimini 2. Dünya Savaşı'nın ardından göstermiştir.

Beton; az enerji gereksinimi ile üretilebilmesi, üretiminin kolay ve üretim maliyetinin düşük olması, dayanımı ve dayanıklılığı yüksek ve yangın, su gibi darbe etkilerine daha dayanıklı olması gibi nedenlerle vazgeçilmez bir yapı malzemesidir.

Betonun mühendislik özellikleri onu oluşturan bileşenlerine ve bileşenlerin karışım oranlarına bağlıdır. Betonda performans kavramı geleneksel olarak beton kalitesinde ölçü alınan, basınç dayanımının dışında kimyasal ve biyolojik etkilere dayanıklılık, geçirimsizlik gibi betonun kullandığı ortam şartlarına bağlı olarak ekonomik ömrünü belirleyen özellikleri de içermektedir. Yüksek dayanım, düşük geçirimsizlik ve yüksek işlenebilirlik özelliklerinin tümünü birlikte sağlayan betonlar yüksek performanslı betonlardır [3].

Betona bu üstün niteliklerin kazandırılmasında en önemli parametre su/çimento oranıdır. Su/çimento oranının düşük değerler alması ile betonda basınç dayanımı artar ancak taze betonda işlenebilirlik önemli ölçüde azalır. Su oranı işlenebilirlik bozulacak kadar azalır ise boşluklu beton üretilir ve dayanım düşer.

Katkı malzemelerinin kullanılmaya başlaması ile beton teknolojisinde gelişmeler hızlanmıştır. Betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini istenilen yönde iyileştiren farklı katkı malzemeleri mevcuttur.

Betonda çimento tanelerini homojen bir şekilde dağıtarak su/çimento oranını düşürmek, betona işlenebilirlik kazandırmak aynı zamanda basınç dayanımını arttırmak amacıyla son yıllarda akışkanlaştırıcı katkı malzemeleri sıklıkla kullanılmaktadır.

Önceleri ancak 0.60-0.70 su/çimento oranı ile yerleşebilen betonlar günümüzde akışkanlaştırıcı katkıları sayesinde 0.35-0.40 su/çimento oranı ile kolaylıkla yerleşebilmektedir. Su/çimento oranında sağlanan bu düşüş ile beton üretiminde sadece çimentonun hidrotasyonu için gereken su miktarını kullanarak yeterli işlenebilirlikte beton üretmek mümkün olmaktadır. Bu sayede hem durabilite iyileştirilmekte hem de yüksek dayanım sağlanabilmektedir. Böylece çimento dozajında yapılan tasarruf ile beton üretiminde belli oranda ekonomi sağlanabilmektedir [4,5].

Yüksek performanslı beton üretiminde kullanılan diğer bir katkı malzemesi olan yeni kuşak süperakışkanlaştırıcıların (hiperakışkanlaştırıcılar) etki mekanizmaları süperakışkanlaştırıcılara göre daha farklıdır. Betonun taze haldeki akışkanlık özelliği de hiperakışkanlaştırıcı kullanımı ile daha uzun süre korunabilir. Hiperakışkanlaştırıcı kullanımı ile su/çimento oranı 0.30' un altına düşebilir, basınç dayanımı 80 Mpa değerinin üzerine çıkabilir aynı zamanda çökme değeri de 18-20 cm gibi çok yüksek oranda arttırılabilir [3].

1.1. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Smeaton (1756), Vicat (1818), Aspidin (1825) modern betonların kaşifleri arasında yer almaktadırlar. Monier ve Lambot (1848), Coiney (1852) ,Hennebique(1880) beton malzemede ile donatı kullanarak ilk betonarme yapıları gerçekleştirmişlerdir [6].

Suyun betoda çimentonun hidrotasyonunu sağlama ve betona işlenebilirlik verme gibi iki temel özelliği vardır. Son yıllarda yapılan birçok araştırma ile çimentonun hidrotasyonuna katılmayan gereğinden fazla suyun taze betonun reolojisi açısından dayanım (mukavemet) ve dayanıklılığı (durabilite) olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Su/çimento oranının azaltılması ile betonun basınç dayanımının artacağı 1897'de Feret' in yapmış olduğu çalışmalardan bilinmektedir. Feret mukavemeti, su/çimento oranının bir fonksiyonu olarak formüllendirmiştir [6].

Beton heterojen ve boşluklu bir yapı malzemesidir. Betonun yapısındaki zayıflık, kılcal boşluk ve betonun işlenebilirliği için gereğinden fazla konulan su miktarına bağlıdır. Dolayısı ile betonun yapısal özelliklerini iyileştirmek ve basınç dayanımını arttırmak amacı ile su miktarını azaltmanın yolları aranmıştır.

Ancak betonu işlenebilirliğinin de basınç dayanımı kadar önemli olması nedeni ile akışkanlaştırıcı ve süperakışkanlaştırıcı katkı malzemeleri ortaya çıkana kadar su/çimento oranını düşürmek mümkün olmamıştır.

Kimya endüstrisinin gelişimi elde edilen kimyasal ve mineral katkı malzemelerinin inşaat sektöründe kullanılması sonucu işlenebilirliği ve beton basınç dayanımını olumsuz etkilemeden su/çimento oranının düşürülmesi yolu bulunmuştur. Bu sayede yüksek performanslı beton üretimi gerçekleştirilmiştir.

Günümüzde bazı akışkanlaştırıcılar sayesinde su/çimento oranını 0.20 değerine kadar indirmek mümkündür. Yapılan çalışmalarda akışkanlaştırıcılarla çimento hamurunun boşluk oranının %5'lere inmesi halinde mukavemetin 200 Mpa değerine çıktığı bilinmektedir [7]. Ayrıca akışkanlaştırıcılarla birlikte çimentoya silis dumanı katılması sureti ile mukavemette daha büyük artışlar gözlenmiştir.

Betonun su/çimento oranının düşürülerek yüksek performanslı beton elde edilebileceğine ilişkin ilk çalışmalar P. Richard ve M. Cheyrezy tarafından yapılmıştır [7]. Çok ince agrega, süperakışkanlaştırıcı, silis dumanı ve çelik lif kullanılarak üretilen

numunelere ısıtma işlemi uygulanarak yüksek dayanım ve durabilite özelliklerine sahip betonlar üretilmiştir.

Roux ve arkadaşları su/çimento oranı düşük malzemelerin durabilite özelliklerini araştırdıkları çalışmada yüksek performanslı betonların normal betona göre 50 defa daha düşük difüzyon katsayısına sahip olduklarını bu betonların normal betona oranla daha yoğun ve çok daha geçirimsiz malzemeler oldukları belirtilmiştir [8].

Yüksek performanslı betonların mekanik özelliklerini araştıran Dugat ve arkadaşları ince agrega, hiperakışkanlaştırıcı, silis dumanı ve çelik lifler kullanarak beton üretmişlerdir. Karışımlarda hiperakışkanlaştırıcıların varlığı ile su/çimento oranı 0.23 mertebesine kadar düşürülmüş böylece yüksek çimento dozajı ve ince malzemelerin kullanımı ile sağlanacak yoğunluğun su miktarının düşürülmesi ile arttığı belirlenmiştir [9].

Süperakışkanlaştırıcıların rötre ve sünme etkisi üzerinde Zdenek ve Bazan'ın yapmış olduğu çalışmada, genelde katkılı ve katkısız betonların rötreleri arasında önemli farklar bulunmadığı belirtilmiştir. Ancak sünme ile yaptıkları incelemelerde Düşük su/çimento oranlarına daha az çimento kullanılarak ulaşıldığı için ısıtma çatlakları oluşmadan rötrelerin olumsuz etkisini ve sünme problemini azalttığını bulmuşlardır [10].

Mora ve arkadaşları uçucu küllü harçlar üzerinde yapmış oldukları çalışmada uçucu külün tane çaplarının azalması ile işlenebilirliğin arttığını bulmuşlardır. Ancak çok ince tanelerin ($< 10 \mu m$) yüzde olarak belirli bir çokluğa sahip olması durumunda çok ince tanelerin su tutması nedeni ile su ihtiyacının arttığı bu nedenle çok ince taneli uçucu küller akışkanlaştırıcı katkı malzemeleri ile kullanılması gerektiğini bulunmuştur [11].

Uçucukül ve akışkanlaştırıcı katkı kullanımı üzerinde Kim ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada yüksek mukavemetli beton üretimi için % 10'un üzerinde uçucu külün kullanılması ile sabit çökme değerinde su ihtiyacının arttığı ve akışkanlaştırıcı katkı ile kullanılması gerektiği bulunmuştur [12].

Malhotra ve Ramezaniapour' un yapmış oldukları çalışma uçucu kül ve silis dumanı çimentonun bir kısmı yerine veya çimentoya ilaveten betonda, özellikle yüksek katılma oranlarında ve düşük su/çimento oranlarında kullanıldığında akışkanlaştırıcı veya çoğunlukla süperakışkanlaştırıcı ile kullanılmasının zorunluluğu tekrarlanmıştır. Bir diğer taraftan kullanılan süperakışkanlaştırıcı dozajı işlenebilmeyi etkileyen en önemli faktör olurken, yapılan deneysel çalışmalarla betonda, yüksek katkı dozajlarının kullanılması ile betonun basınç ve eğilme dayanımlarında düşüşe neden olduğu saptanmıştır.

Farklı kimyasal kökene sahip akışkanlaştırıcı katkıların çökme kayıpları üzerine Malhotra ve Malanka'nın Melment L10 (SMF) ve Mighty 150 (SNF) kullanarak yaptıkları deneyde SMF'nin daha hızlı çökme kaybı gösterdikleri bulunmuştur. Max dozajda (Melment için çimento ağırlığının %3' ü, Mighty için % 1.5' i iki saat sonra Melmentli betonun çökmesi 38 mm'ye, Mighty' li betonun çökmesi 50 mm'ye düşmüştür. Başlangıç çökmeleri 260 mm'dir. Her iki katkının sürüklediği katkı miktarları ise % 4.0 ve % 3.8 olarak bulunmuştur [13].

Collepari ve arkadaşları SNF' nin daha iyi bir su indirgeyici olduğunu, geciktirici bir tesir oluşturduğunu ve yüksek dozajlarda daha fazla hava sürüklediğini belirtmiştir [14].

Banfill 'de işlenebilmeyi düzeltmek için yapılacak ikinci SP katılımının SMF durumunda 60 dak., SNF durumunda ise 120 dak. içinde yapılabileceği öne sürülmüştür. Buna göre SMF'li beton daha kısa sürede işlenebilme yeteneğini kaybettiği kanıtlanmıştır [15].

Aynı konu üzerinde Akman'ın yaptığı çalışmada SMF 'nin ilk dakikalarda hızlı çökme kaybına uğradıklarını ancak 67 dak. sonra bu kaybın SNF'li betonunkinden daha az olduğu gözlenmiştir. SMF ve SNF içeren harçlar üzerinde yapılan reolojik testlerde η_{P1} ve τ_0 değerlerinin SMF 'li harçlarda daha yüksek olduklarını, ayrıca PÇ 32.5 yerine PÇ 42.5 kullanılmasının bu sabitleri daha da arttırdığı görülmüş, η_{P1} ve τ_0 değerleri bekleme sonucu anlamlı şekilde arttığı bulunmuştur [16].

1800'lü yıllar boyunca agrega, su karışımı olarak kalarak beton daha sonraki yüzyıldaki gelişmelerle beton niteliğinin artması sonucu önceleri sadece araştırma laboratuvarlarında üretimi gerçekleşen yüksek performanslı betonlar, uzun yıllardan beri inşaat projelerinde ve uygulamalarında kullanılmaktadır.

1959 yılında yapımı tamamlanan 113 metre yüksekliğindeki Chicago'daki Executive House Hotel yüksek performanslı betonla yapılan ilk örneklerdendir [17].

1964 yılında 420 kg/cm^2 'lik basınç dayanımına ulaşılması uçucu kül ve akışkanlaştırıcı katkı malzemesi kullanılması ile sağlanmıştır [17].

1968'de yapımı biten Chicago River Plaza'da iki koloda 770 kg/cm^2 'lik basınç dayanımında beton dökülmesi ile o yılın en yüksek mukavemet değerine ulaşmıştır [17].

1979 yılında yapımına başlana A.B.D.' nin Houston, Texas Kentindeki Texas Commerce Tower 75 katı ile döneminin en yüksek betonarme yapılarından. Kullanılan 71.872 m^3 'lük betonun % 35' i yüksek performanslı betondur. Temelden çatı katına çıkıldıkça betonun basınç dayanımı düşürülerek beton dökümü gerçekleştirilmiştir. Beton üretiminde 28 günlük basınç dayanımı 40 N/mm^2 olan çimento seçilmiştir. Pozolan olarak çimento miktarının % 20-30 oranında % 34 SiO_2 içeren uçucu kül, agrega olarak doğal kum ve maksimum dane çapı 25.4 mm. olan kireç taşı kökenli agrega kullanılmıştır. Üretimde 448.5 kg/m^3 çimento, 112 kg/m^3 uçucu kül, 0.8 lt/m^3 akışkanlaştırıcı katkı malzemesi kullanılmıştır. Betonda kullanılan su azaltıcı akışkanlaştırıcı katkı malzemesi su/çimento oranını 0.30'a azaltırken işlenebilmede çökme 10 cm civarında tutulabilmiştir. Beton basınç dayanımı 72.7 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Verilen bu değerler laboratuvar koşullarında üretimi gerçekleşen betonlardır. Üretim alanında % 85 oranında başarı sağlanmıştır [17].

Yüksek performanslı betonların en belirgin kullanım alanlarından biri de açık denizlerdeki petrol platform yapılarıdır. Bu yapılarda en belirgin örnek Kuzey Denizi'ndeki Gullfaks platformudur. Bu platform için üretimi gerçekleşen betonda inceliği artıran 65 N/mm^2 dayanımlı özel bir çimento ve yanında %5-10 oranında silis dumanı kullanılmıştır. Kullanılan agrega feldispat ve kuvatz kökenli olup agregada max

dane çapı 19 mm'dir. Çökme miktarını 21.5-22 cm arasında veren süperakışkanlaştırıcıdan ortalama 2 lt/m³ kullanılmıştır. Bu sayede basınç dayanımı 70-100 N/mm² arasında olan beton üretilmiştir [18].

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu çalışmanın amacı, süperakışkanlaştırıcı ve yeni kuşak süperakışkanlaştırıcı (hiperakışkanlaştırıcı) katkı malzemelerinin taze ve sertleşmiş beton özelliklerine etkisinin incelenmesidir.

Bu amaçla İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Malzeme Laboratuvarında üç farklı su/çimento oranında katkısız (şahit) betonlar üretilmiştir. Şahit betonlar için su/çimento oranları 0.52, 0.56, 0.60 olarak belirlenmiştir. Su/çimento oranları sabit tutularak her su/çimento oranı için % 0.3, %0.5, %1 olarak tespit edilen farklı katkı yüzdelğinde süperakışkanlaştırıcılı ve yeni kuşak süperakışkanlaştırıcılı toplam üç farklı su/çimento oranında 30 seri beton üretilmiştir. Üretimlerde kullanılan çimento Portland Kompoze Çimento 32.5 olup çimento miktarı 425 kg/m³ alınmıştır. Bütün beton serilerinde kum, kırmataş I, kırmataş II olmak üzere üç cins agrega kullanılmıştır.

Üretimi gerçekleşen otuz seri beton için çökme, VeBe, hava %'desi değeri tespiti gibi taze beton deneyleri yapılmıştır. Aynı standart koşullarda saklanan bütün beton numuneleri 7, 28, 56 günde basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. İlk aşamada herbir seriye ait katkı malzemesi kullanılarak üretilen betonların taze ve sertleşmiş deney sonuçları kendi serisine ait şahit betonla göreceli karşılaştırma sağlamak amacı ile kıyaslanmıştır. Daha sonra akışkanlaştırıcı katkı malzemesi ile üretilen otuz serideki betonların taze ve sertleşmiş beton özellikleri Bölüm 3'de ve deney sonuçları ile sonuçların değerlendirilmesi Bölüm 4' de sunulmaktadır.

1.3. BETON ve TARİHÇESİ

Beton; çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı malzemesinden oluşan, oranları belirli esaslara göre ayarlanmış bir karışımı, istenen şekil ve uygun bakım koşulları altında sertleştirmek yolu ile elde edilen kompozit malzemedir [5].

Zaman içerisinde betonun niteliklerinde gelişmeler olduğu için betonların kesin sınıflandırmasını yapmak oldukça zordur. Örneğin 1950'lerde 34 MPa basınç dayanımına sahip betonlar yüksek dayanımlı beton sınıfına girmekteydi. 1960'larda bu değer 41 Mpa ve üzerine çıkmış, günümüz koşullarında ise 80 Mpa ve üzerinde kabul edilmektedir [5].

Tablo 1.1. Beton Teknolojisinin Gelişiminde Kilometre Taşları [6].

YILLAR	Hedef	Yöntem	Sonuç
1848 İngiltere	Basınç Dayanımı	Ham maddelerin iyileştirilmesi	Basınç Dayanımı > 30 MPa
1857 Fransa	Basınç Dayanımı	Ham maddelerin iyileştirilmesi	Basınç Dayanımı > 30 MPa
1865 Almanya	Basınç Dayanımı	Ham maddelerin iyileştirilmesi	Basınç Dayanımı > 30 MPa
1903 Almanya	Basınç Dayanımı	Ham maddelerin iyileştirilmesi	Basınç Dayanımı > 30 MPa
1936 A. B. D	Basınç Dayanımı	Ham maddelerin iyileştirilmesi	Basınç Dayanımı > 30 MPa
1950 Norveç	Basınç Dayanımı	Akışkanlaştırıcılar	Basınç Dayanımı > 40 Mpa ve su / çimento < 0.45
1965 A. B. D	Basınç Dayanımı	Akışkanlaştırıcılar	Basınç Dayanımı > 60 Mpa ve su / çimento < 0.45
1971 Norveç	Performans	Mineral katkıları	Basınç Dayanımı > 60 Mpa ve su / çimento < 0.35
1981 İzlanda	Performans	Mineral katkıları	Basınç Dayanımı > 70 Mpa ve su / çimento < 0.35
1992 A. B. D.	Yüksek Performans	Kompozit bağlayıcılar	Basınç Dayanımı > 70 Mpa ve su / çimento < 0.28
1993 A. B. D.	Yüksek Performans	Kompozit bağlayıcılar	Basınç Dayanımı > 70 Mpa ve su / çimento < 0.28
2000 - ?	Yüksek Performans ve çekme dayanımı	Akışkanlaştırıcılar ve mikrofiber	Bu konuda araştırmalar devam etmektedir.

Tablo 2. 1.'de de görüldüğü gibi beton için hedefler değiştikçe yeni yöntemler uygulanmıştır. Bu sayede beton sürekli gelişen bir yapı malzemesi halini almıştır.

Beton teknolojisindeki gelişmeler sayesinde günümüzde amaca uygun farklı özelliklerde beton üretilmektedir. Bu nedenle genel olarak betonları iki ana başlık altında toplayabiliriz.

1. Normal Betonlar

2. Özel Betonlar

1.3.1. Normal Betonlar

Normal beton, genel amaçlı uygulamalarda kullanılmak üzere kolay ulaşılabilir malzeme ve kolay elde edilebilir işgücü ile üretilen ekonomik malzemelerdir [19]. Normal betonlar çimento, agrega ve sudan oluşur. Katkı malzemesi içermezler, çimento katkılı veya katkısız olabilir.

Basınç dayanımları 20-50 MPa arasında değişen normal betonların çekme ve eğilme dayanımları ise özel betonlara oranla ihmal edilecek kadar düşüktür [19].

1.3.2. Özel Betonlar

Normal betonların yoğunluk, süneklik, basınç dayanımı ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılık gibi bazı özelliklerin amaca yönelik olarak iyileştirilmesi ve geliştirilmesi ile oluşan betonlardır. Bu betonlar bazı farklı malzemelerin kullanımı ve yeni tekniklerin uygulanması ile geliştirilmiş üstün iç yapı ve mekanik davranış özelliklerine sahip betonlardır. Literatürde 30'dan fazla özel beton çeşiti mevcuttur. Aşağıda bunlardan birkaçı örnek olarak verilmiştir [19].

- Yüksek Performanslı Betonlar
- Çok Yüksek Dayanımlı Beton
- Çimento Taneleri Enjekte Edilmiş Lif Donatılı Beton
- Yoğunlaştırılmış Çimento ve Ultra İnce Tane Esaslı Betonlar
- Büyük Boşluklarından Arınmış Polimer Hamurlar
- Ultra Yüksek Dayanımlı Çimento Esaslı Kompozit Malzemeler

1.3.2.1. Yüksek Performanslı Betonlar

Betonda performans kavramı, geleneksel olarak beton kalitesinde ölçü alınan basınç dayanımının dışında kimyasal ve biyolojik etkilere dayanıklılık, geçirimsizlik gibi betonun kullanıldığı ortam şartlarına bağlı olarak ekonomik ömrünü belirleyen özellikleri içermektedir.

Yüksek performanslı betonlar, iyi kaliteli çimento ve agrega ile süperakışkanlaştırıcı katkı ve gereğinde silis dumanı gibi mineral katkılar gerektiren, su/çimento oranını düşük olduğu halde yüksek işlenebilirlik ve mukavemet değerlerine sahip betonlardır.

Kısaca yüksek performanslı beton gerek işlenebilirlik, geçirimsizlik gibi taze beton özellikleri, gerekse sertleşmiş beton özellikleri bakımından geleneksel betondan, daha üstün olan betonlardır.

1.4. YÜKSEK PERFORMANSLI BETONLARDAN BEKLENEN ÖZELLİKLER

Betonlardan genel olarak beklenen dayanım, dayanıklılık, ve işlenebilirlik olmak üzere üç temel özellik vardır. Ancak yüksek performanslı betonların bileşenleri farklı olduğu için taze ve sertleşmiş betonunu özellikleri de farklıdır.

1.4.1. Taze Beton Özellikleri

Taze beton özellikleri olarak nitelendirilen işlenebilirlik ve kıvam kavramları üstün iç yapı özellikleri, hareketlilik ve pompalanabilirlik, yerleşebilirlik, kararlılık, gibi temel özelliklerle açıklanabilir.

Yüksek performanslı betonlar yeterli işlenebilirlikte olmalı ve taşınma, yerleşme aşamalarında kıvam kaybına uğramamalıdır.

1.4.1.1. İç Yapı

Yüksek performanslı beton elde etmek için gerek çimento hamurunun gerekse çimento hamuru agrega aderans bölgesinin iç yapılarının sıkışması, kompaktlaşması gerekmektedir. Özellikle çimento hamuru agrega aderans bölgesi boşluksuz, kırılğan olmayan yoğun bir yapı olmalıdır [20].

Betondan beklenen diğer bir özellik olan dayanıklılık da iç yapı özellikleri içerisinde değerlendirilebilir. Çünkü beton, boşluklarının boyutlarının dağılımı ve süreklilik derecesi, tane sınırları gibi mikro yapı süreksizlikleri ve hidrasyon ürünlerinin kristallik derecesi ile karakterize edilir. Bu poroziteye, şişme ve çatlamaya veya donatı korozyonuna izin verecek şekilde sıvı veya gazların beton bünyesinde dolaşmasına neden olur. Yüksek performanslı betonlar, uygun agrega granülometrisi seçimi, katkı malzemelerin kullanılması, düşük su/çimento oranı gibi nedenlerle normal betonlara göre üstün iç yapı özelliklerine sahip olduğundan beton bünyesindeki gaz geçişi daha az dolayısıyla korozyon etkilerine daha dayanıklı ve durabilitesi daha yüksektir [20].

1.4.1.2. Hareketlilik ve Pompalanabilirlik

Taze beton karışımının minimum dış güç ile donatılar arasından ve çevresinden kolayca akabilmesi, karmaşık kalıpları doldurabilmesi ve bu süreç içinde beton bileşimde ve özelliklerinde bir değişiklik olmaması istenir.

Bundan dolayı betonda hareketlilik, taze betonun akış kapasitesi olarak tanımlanabilir.

Betonun kolay pompalama için betonun minimum basınç ile tıkanma tehlikesi olmadan boru içinde kütleli bir şekilde akması gerekir.

Taze betonun yeterli pompalanabilirlikte olması için agrega granülometrisinin uygun bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Aksi takdirde beton içerisindeki çimento miktarı da dahil olmak üzere toplam ince malzeme miktarı arttıkça sürtünme artar ve pompalama basıncı kabul edilir sınırın üzerine çıkar.

1.4.1.3. Kararlılık

Kararlılık, taze betonun ilk andaki üniformluluğunu tüm taşıma ve yerleştirme süresi boyunca koruyabilme kapasitesidir. Ayrıca karışımın ayrışma ve terlemeye karşı gösterdiği direnç olarak da tarif edilebilir.

Ayrışma, karışımındaki bileşenlerin dağılımını ilk andaki üniformluluğunu ve homojenliğinin azaldığı zaman meydana gelir. Bunun sonucunda taze beton üniformluluğunu kaybeder, betonda hareketlilik ve yerleşebilirlik değişir.

Terleme, suyun betondan ayrılarak yüzeye çıktığı özel bir ayrışma türüdür. Karışım vibrasyon ile yerleştirilmesi esnasında agreganın çökmesi ile meydana gelir. Normal betonlarda yoğunlu en düşük bileşen su olduğu için taze karışımın yüzeyine çıkmaya çalışır. Ayrışmış su yüzeye çıkar, burada çok yüksek su/çimento oranına, zayıf dayanım ve dayanıklılığa sahip tabaka şeklinde çimento hamuru tabakası oluşur. Yüzeydeki su kısa sürede buharlaştığı için betonda plastik rötre sonucu çatlaklar oluşur. Betonda su yüzeye çıkarken iri agregalar da dibe çöker. Böylece sertleşmiş betonda dayanımı düşüren farklı bölgeler oluşur.

Kararlılık, taze betonun ayrışmaması ve terlememesi anlamındadır. Taze betonda kararlılığın artırılıp ayrışma riskinin azaltılması için , uygun agrega granülometrisinin seçilmesi, optimum su/çimento oranının tespit edilmesi, karışım sıvı fazını yoğunlaştırmak veya betona hava sürüklemek için katkı kullanımı gerekmektedir.

1.4.1.4. Yerleşebilirlik

Yerleşebilme kolaylığı karmaşık şekilleri doldurma kapasitesi olarak da tanımlanabilir. Beton kolay karıştırılmalı,tüm bileşen malzemeler karışım içerisinde etkin ve homojen olarak dağılmalıdır. Beton yerleştirilirken segregasyon ya da kıvam kaybına uğramamalı ve yerleştirme için çok fazla enerjiye gerek duyulmamalıdır.

Normal betonların işlenebilirliği, karışımın içine hapsolmuş havanın karıştırma ve yerleştirme sırasında yüzeye çıkarak kaçmasına izin verecek kadar yeterli değildir. Hapsolmuş hava dayanım ve dayanıklılığı önemli ölçüde etkilememektedir. Beton içerisindeki hava boşlukları ancak iyi bir yerleştirme ile yok edilebilir.

1.4.2. Sertleşmiş Beton Özellikleri

Betonun bütün mühendislik özellikleri genelde tek eksenli basınç dayanımı ile verilmektedir. Sertleşmiş beton özellikleri basınç dayanımının yanı sıra eğilme, yarma, kesme dayanımını da içermektedir. Ancak bu çalışma kapsamında basınç mukavemeti üzerinde durulacaktır.

1.4.2.1. Beton Basınç Mukavemetine Etki Eden Faktörler

Betonda basınç dayanımına etki eden faktörler beton bileşenlerinden kaynaklanan faktörler ve betonun kür ve deney koşullarından kaynaklanan faktörler olarak ayrılır. Bu çalışmada beton bileşenlerinin etkisi üzerinde durulacaktır. Ancak yüksek kür sıcaklıklarının nihai kaliteyi azaltıp termal çatlaklara neden olduğu ve betonun uzun süreli yüklemelerde gösterdiği dayanımın kısa süreli yüklemelere oranla daha düşük olduğu da unutulmamalıdır.

Tablo 1.2. Beton Mukavemetine Etki Eden Faktörler [21]

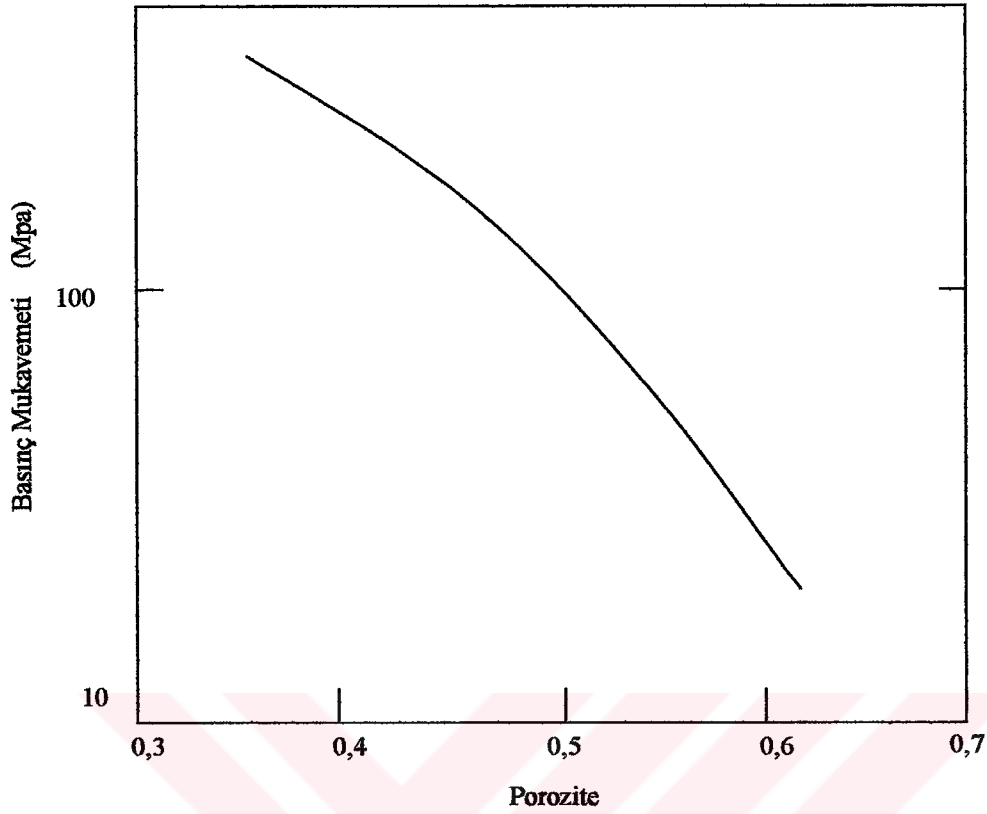
Bileşenlerle İlgili Faktörler	İlgili	Üretimle İlgili Faktörler	Bakımla İlgili Faktörler	Deney Koşulları
Çimento Agrega Su/çimento Oranı Katkı Malzemeleri		Tartıma Karıştırma Taşıma Yerleştirme	Zaman Sıcaklık Nem Durumu Rüzgar	Numune Biçim Ve Boyutu Numunenin Nem Durumu Yükleme Yüzeyi Durumu Numunenin Sıcaklığı Yükleme Hızı

2.2.2.1.1. Çimentonun Basınç Mukavemetine Etkisi

Çimento cinsi ve özellikleri beton mukavemetine etki eden en önemli özelliklerdir. Genel olarak muvemeti yüksek çimentolarla üretilen betonların mukavemetinin yüksek olduğu deneylerle saptanmıştır. Çimento özelliklerinin mukavemet üzerine etkisi, çimentonun hidrotasyonun hızlı ya da yavaş olmasına bağlıdır. Hidrotasyonun hızlı şekilde olması halinde çimento mukavemeti kısa zamanda büyük değerlere çıkar.

Çimento inceliğinin artması ile özgül alan da artar, bağlayıcı malzemenin mukavemet kazanması hızlanır. Ancak nihai mukavemete inceliğin etkisi fazla değildir.

Beton içerisinde çimento dozajı belirli sınırlar içinde arttıkça beton basınç mukavemeti de artar. Çimento dozajı agreganın granülometrik bileşimi ile de ilgilidir. Yani iyi işlenebilirlik ve mukavemet için en ince tanelerin toplam tane dağılımına oranları da önemlidir [22].



Şekil 1.1. Çimento Hamuru Basınç Mukavemeti Üzerine Porozitenin Etkisi [22].

1.4.2.1.2. Agreganın Basınç Mukavemetine Etkisi

Beton mukavemetine etki eden diğer bir faktör de agreganın kendi kalitesidir. Beton agregalarının kalitesi, tanelerin yüzey durumu, tanelerin biçimi, granülometrisi, mekanik ve fiziksel özellikleri ile ilgilidir.

Üretilen betonda agregalar ile çimento hamuru arasında büyük bir bağ kuvvetinin bulunması yani kuvvetli bir aderansın olması istenir. Burada aderansa olumlu etki eden agrega yüzeyinin pürüzlülüğüdür. Yüzeydeki girinti ve çıkıntılara çimento hamurunun girmesi ayrışmaları güçleştirip mukavemeti artırır.

Granülometri bileşimi boyutları belirli limitler arasında bulunan tanelerin agrega içindeki miktarını ifade eden kavramdır. Kaliteli beton granülometrisi iyi ayarlanmış betondur. Betonda uygun kompasitenin olması uygun bir gradasyon oranının seçimine bağlıdır [23].

Kısaca agrega seçiminde; mümkün olan en düşük su/çimento oranında yerleşme kolaylığı sağlaması ve hamur ile aderans gerilmesini alacak yeterli yüzey alanının olmasına dikkat edilir. Agregada silt, kil kirliliği olmaması, uygun granülometri ve dane şeklinin seçilmesi düşük su/çimento oranlı karışımlarda bir miktar su emen agrega seçilmesi ve kaba agrega mekanik özelliklerinin yeterli düzeyde olması istenir.

1.4.2.1.3. Karma Suyunun Basınç Mukavemetine Etkisi

Karma suyunun betonda görevi; çimentonun hidrotasyonunu sağlamak ve agrega yüzeylerini ıslatarak belirli kıvamda taze betonun kalıba boşluksuz yerleşmesini sağlamaktır.

Karma suyunun fazla ya da az olması mukavemette düşüşe neden olur. Karma suyunun fazla olması ile hidratosyana katılmayan su beton bünyesinde kalır ve boşluk yaratıp mukavemeti düşürür. Karışımında yeterli miktarda suyun olmaması durumunda çimentonun hidratosyonu tam olarak yapılamaz ve agregaların yüzeyleri tam olarak ıslatılamaz. Bu nedenle agrega taneleri ile çimento taneleri arasında aderans zayıf olur ve beton mukavemeti düşer

Beton bünyesindeki fazla suyun dayanım (mukavemet), dayanıklılık (durabilite) üzerindeki olumsuz etkilerini yok etmek ve betonun yapısal özelliklerini iyileştirmek amacıyla betonda optimum su miktarı belirlenmelidir.

Tablo 1.3. Su Miktarındaki Değişiklik ile Mukavemetteki Azalma [21]

Optimum Değere Göre Su Miktarı	Mukavemetteki Azalma
% 10 Eksik Olması	% 10
% 20 Eksik Olması	% 60
% 20 Fazla Olması	% 30
% 30 Fazla Olması	% 50
% 100 Fazla Olması	% 80

Betonda basınç mukavemeti su/çimento oranının bir fonksiyonudur.

Tablo 1.4. TS 802 su/çimento Oranın Basınç Mukavemetine Etkisi [24]

Su/Çimento Oranı	Dayanım(Kg/cm ²)
0.40	360
0.50	295
0.55	265
0.65	210
0.70	190
0.80	150
0.90	125
1.00	100

Betonda su miktarı dolayısı ile su/çimento oranı ne kadar küçük olursa çimento taneleri arasındaki mesafe de o kadar küçülecek ve hidrotasyon sonunda gelişen kristaller bu boşlukları dolduracak dolayısıyla geçirimsizliği düşürecektir.

Basit bir yaklaşım ile beton mukavemeti porozitesi ile ters orantılıdır. Betonda mukavemeti arttırmak poroziteyi (boşluk) azaltmak ile mümkündür. Bu da su/çimento oranını düşürmeye bağlıdır.

Betonda su/çimento oranını düşürmenin iki yolu vardır;

1. *Granülometri Spektrumunun Genişletilmesi*; İnce taneleli agrega,mineral katkı malzemesi kullanılması veya çimento miktarının arttırılmasına bağlıdır. Ancak çimento miktarının fazla artışı mukavemet kazanma etkinliğini azalttığı gibi yüksek hidrotasyon ısısı nedeni ile çatlamalara da neden olur.
2. *Katkı Malzemelerinin kullanılması*; Bunlar tek başlarına kullanılan çimento tanelerinin topaklaşmasını önleyen katkılar olduğu gibi agrega çimento taneleri arasında kalan mikro boşlukları dolduran karışım kompositesini yükselten çok ince taneli katkılar da olabilmektedir. Ancak bu ince taneli katkılar tek başlarına kullanılması etkili değildir. Optimum çözüm ince taneli bağlayıcıların ve kimyasal katkılarının birarada kullanılmasıdır.

1.5. BETON KATKI MALZEMELERİ

Genel olarak katkı malzemeler, harç ve betonun taze veya sertleşmiş haldeki özelliklerini değiştiren malzemelerdir [25].

Uçucu kül, silis dumanı, lifler mineral katkı sınıfına girmeye beraber son ACI (American Concrete Institute) çalışmalarında mineral katkı tabiri kaldırılmış, yerine bağlayıcı maddeler deyimi getirilmiştir (cementitious materials). Bunun nedeni olarak ise bu katkılarda dozajın % 5' i aşması olarak gösterilmektedir. Bu nedenle katkı katkı malzemesi sadece kimyasal katkıları kapsamaktadır.

Betonda kullanılan ve kullanımı gün geçtikçe artan katkı malzemelerinin önemi ve sağladığı yararları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Sabit su/çimento oranında işlenebilirliğin arttırılması
- Su miktarının azaltılması ile mukavemet artışının sağlanması
- Segregasyonun azaltılması
- Beton yüzeyinde terlemenin azaltılması ve kılcal çatlakların minimuma indirilmesi
- Çökmenin istenen düzeyde tutulup çölme hızının azaltılması
- Dayanıklılığın arttırılması
- Geçirimsiz beton elde edilmesi
- Donatı korozyonuna engel olunması
- Donma-çözünme olayında betonun dayanımının arttırılması

- Kür süresinin azaltılması
- Yoğun donatılı kesitlerde kolay beton dökümünün sağlanması
- İşçilikten tasarruf sağlanması

Her katkı maddesi her betona uygulanmaz. Her betonun özelliklerini katkı maddeleri iyileştiremez. Katkı maddeleri kullanılmadan önce katkı maddelerinin betonu oluşturan elemanlarla uyumuna, ekonomikliğine bakılır [26].

Katkı maddeleri, iyi üretilmiş bir betonun özelliklerini daha geliştirici yönde kullanılan malzemelerdir. Tekniğine göre üretilmemiş nitelsiz betonların iyileştirilmesi gibi bir özelliği bulunmamaktadır [26].

Katkılar betonun diğer ana bileşenleşine oranla betoda çok az miktarda olan kimyasal veya organik malzemeldir.. Karışımda kullanılacak miktar, çimentonun cinsine, inceliğine ve alkalinite yüzdesine göre değişir. Karışımın katkı yüzdesi çimento dozajına göre belirlenir. Gereğinden fazla veya az katkı katılması betondan beklenen özelliğini sağlamadığı gibi diğer özellikleri üzerinde olumsuz etkisi de olabilir. Betonda kullanılacak optimum katkı yüzdesi deneysel çalışmalarla belirlenir [26].

1.5.1. Katkı Malzemelerinin Betonun İşlenebilirliğine (Reolojisine) Etkisi

Geleneksel betonun işlenebilme özelliği, taze haldeki betonun kalıbına az iş gücü harcayarak ve bileşenlerin ayrışmadan yerleştirilebilmesinin özelliğidir. Geleneksel beton ne kadar az enerji ile yerine yerleştiriliyor ve bu yerleştirme sırasında taze betonu oluşturan yapı ne kadar az ayrışlıyorsa bu betonun işlenebilirliği, başka bir deyişle reolojisi o kadar iyi demektir.

Betonun işlenebilirliğini değiştiren katkı maddeleri su azaltıcı ve su tutucu olarak iki kısımda toplanır.

Su azaltıcı katkı maddeleri taze betonun geçirimsizliğini artırır. Rötire azalır ve donma etkisine karşı dayanıklı bir beton elde etmeyi sağlar. Bu iyileştirici özelliklerinin yanında prizi yavaşlatma etkileri olabilir. Bu gruba giren belli başlı maddeler olarak linyosülfonatlar, hidrokarboksilat ve tuzları, naftalin / melamin sülfonat formaldehitler örnek gösterilebilir [27].

Su tutucu katkı maddeleri taze betonun geçirimsizliğini artırır, beton karma suyunun betondan ayrılmasını önlerler. Bu gruba giren belli başlı maddeler olarak toz halindeki maddeler [kieselguhr (silisleşmiş alk fosili), bentonit (kollaidal kil), yağlı kireç, uçucu kül, öğütülmüş pozulan], kollaidal maddeler [alginat (yosun esaslı) kazein] polivinil asetat ve stearatlar örnek gösterilebilir [27].

1.5.2. Katkı Malzemelerinin Betonun Priz ve Sertleşmesine Etkileri

Bu katkı maddeleri az miktarda kullanıldıklarında etkili olurlar. Suda çözülebilir yapıdadırlar. Bir çeşit katalizördürler. Katkı maddesi çözünmeyi yavaşlatıyorsa prizi geciktiren katkı maddesi, çözünmeyi hızlandırıyorsa prizi hızlandırıcı katkı maddesi olarak isimlendirilir. Türk Standartları Enstitüsüne göre çimentoların bir saatten önce prize başlaması, 10 saatten önce de priz bitmesi istenir. Bazı durumlarda priz başlama, bitme sürelerinin değiştirilmesi ve sertleşmenin hızlandırılması istenir. Bu gibi durumlarda priz ve sertleşmeyi etkileyen katkı maddeleri kullanılır.

Prizi hızlandıran katkı maddeleri, karma suyuna çimento ağırlığının % 0,5 – 5 civarında katılırlar. Bu katkı maddeleri priz süresini kısaltmakla betonların başlangıç dayanımlarını artırır. Betonlar katılaştıktan sonra katkılı veya katkısız betonlar arasında dayanım değeri bakımından bir fark oluşmaz. Prizi hızlandırıcı katkı maddeleri % 2 oranından fazla kullanılırsa, betonun rötresini artırır, beton içerisindeki donatıların paslanmasına (korozyonuna) ve yapıların rutubetli olmasına neden olurlar. Bu gruba giren belli başlı maddeler olarak bütün klorürler (CaCl_2 , NaCl , NH_4Cl), alkali bazlar (NaOH , KOH , NH_4OH), alkali tuzlar (Na_2CO_3), sodyumfluosilikat (Na_2SiF_6), kalsiyumnitrat (CaNO_3) ve kalsiyumnitrit (CaNO_2) örnek verilebilir [27].

Prizi geciktiren katkı maddeleri, karma suyuna çimento ağırlığının % 0,05 – 2 civarında katılırlar. Bu katkı maddeleri priz süresini uzatmakla betonların 1 – 2 günlük dayanım değerlerinde dikkate değer azalmalara neden olurlar. Bu katkı maddelerinin kullanılması durumunda katkısız betonların 28 ve 90 günlük dayanım değerlerinden daha yüksek dayanım değerleri elde edilebilir. Sıcak havalarda beton dökümüne fayda sağlarlar. Priz geciktirici maddelerin kullanılması prizden evvelki rötreyi belirgin ölçüde artırır. Bu gruba giren belli başlı maddeler olarak linyosülfonatlar (Cl , Na , NH_4), hidroksi karboksilik asitler ve tuzları, karbonhidratlar (şeker, glikoz, selüloz), oksitler (Zn ve Pb oksit), fosforik asit, fluorhidrik asit, hümkik asit, gliserin, boraks örnek verilebilir.

1.5.3. Katkı Malzemelerinin Betonun Hava İçeriğine Etkisi

Bu tür katkı maddeleri beton içerisinde büyüklükleri 0,01 – 0,20 mm civarındaki hava taneciklerinin oluşmasını sağlayarak işlenmeyi (plastisitesini) artırır, donma ve çözünmeye karşı dayanımını yükseltirler, kılcal su emmeyi azaltırlar, mukavemeti düşürürler, homojen bir beton oluşumuna yardımcı olurlar. Hava sürükleyici katkı maddeleri olarak bilinirler. Betonun hava içeriğini değiştiren katkı maddeleri çimento ağırlığının % 0,5 – 2 civarında katılırlar. Hava içeriğini değiştiren katkı maddeleri betona zarar verebilecek tuzların bulunduğu alanlarda kullanışlıdır. Bu gruba giren belli başlı maddeler olarak linyosülfonatlar, alkil aril sülfonatlar (sentetik deterjanlar) etanorlamiziner (özellikle trietanolamin) yağlı asit sülfonatları, yağlı asit alkalin sabunları, polihidroksikarboksilik asitlerin soda sabunları örnek verilebilir.

2.3.4. Katkı Malzemelerinin Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisileri

Beton fiziksel olarak çeşitli zararlı etkilere maruz kalır. Donma-çözülme, kuruma-ıslanma ve aşınma gibi birçok fiziksel zararlı etkilere maruz kalabilirler. Donma ve çözünmeye karşı hava sürükleyici katkıları kullanılır. Gaz oluşturan katkı maddeleri hafif beton üretmek amacı ile alüminyum, çinko ve magnezyum türü metal tozlarının çimentoya katılması ve sulu ortamda metal tozlarının çimentonun serbest kireci ile tepkime vermesi sonucunda hidrojen gazı oluşturmaya esasına dayalı katkı maddeleridir.

Köpük oluşturan katkı maddeleri, vinilik reçinesi ve alkilerik sülfonattan oluşan katkıları karma suya ilave edilir ve kuvvetli bir karıştırma sonucu ile betonda köpük meydana getirilir. Fazla miktarda köpük oluşmuşsa bunları giderici katkı maddeleri kullanılır (düşük dereceli proteinler, silikonlar, butiller).

Geçirimsizliği artıran katkı maddeleri su yalıtım maddeleri olarak ifade edilirler. Bu katkı maddeleri de su geçirimsizliğini azaltan katkı maddeleri ve rutubet geçirimsizliğini azaltan katkıları olarak 2 grupta toplanırlar. Su geçirimsizliğini sağlamak amacıyla işlenebilirlik özelliğini artıran katkıları, hava sürükleyen katkıları, puzolanlar ve priz hızlandırıcıları kullanılabilir. Su itici katkı maddeleri dışarıdan basınçlı suya karşı geçirimsizlik sağlayan kütle hidrofüjleridir. Hidrofüjler kullanıldığında kılcal su emme azalır, priz zamanında gecikme oluşur, su tutuculuk özelliği gelişir, mekanik dayanımlar bir miktar düşer, rötre artar.

Taze betonun donmasını önleyen katkı maddeleri hava sıcaklığının sıfırın altına düşmesi sonucunda beton karma suyunu betonun prizini almadan donmasını önleyen ve bu etkileri sayesinde de hava sıcaklığının negatife düşmesi durumlarında beton üretim ve dökme işlemine olanak sağlar. Bu katkı maddeleri beton karma suyunun donma derecesini düşürerek çimento prizinin tamamlanmasına olanak sağlar.

Aderansı artıran katkı maddeleri polimer maddelerdir. Bu katkı maddeleri betonun birleşim elemanlarından çimentonun % 5' inden daha fazla oranda betonun yapısına girerler. Betonun birleşimine giren bu % oranlarının fazlalığı nedeniyle polimerlere tam anlamıyla katkı maddesi demek doğru değildir. Kullanım oranı çimento oranına göre belirlenmekte olup % 5'den % 20' ye kadar değişebilmektedir. Temel maddeleri vinilik reçineleridir (PVA = Polivinilasetat, PVC = Polivinilklorür ve Polivinilpropionat), akrilik reçineler stiren-bütadiyen reçineleri, doğal kauçuk lateksi ve bitümlerde kullanılmaktadır.

Polimer malzeme sıvı haldeyse karma suyunun tamamına bir kerede karıştırılarak elde edilen karma suyu betonda veya harçta kullanılır. Polimer malzeme toz halindeyse, polimer malzeme ilk olarak karma suyunun % 50' sine katılır ve daha sonra bu karışım kalan % 50 karma suyu ile yeniden karıştırılarak sonuç karma suyu haline getirilir. Eğer elde edilen polimer katkılı karma suyu betonu veya harcı plastik kıvama elverişli kılmıyorsa ek olarak saf su katılarak harç sulanmalıdır [27].

1.5.5. Katkı Malzemelerinin Zararlı Ortamlara Karşı Etkileri

Betonun kimyasal etkilere dayanıklılığını artıran katkı maddeleri betonun yapısında bulunan donatının korozyona maruz kalmasını engelleyen katkı maddeleri olup, betonun korozyona uğramasına karşı kullanılan katkı maddeleri değildir. Çimento ağırlığının % 1 – 2' si oranında kullanılan CaCl_2 katılmasına olanak sağlayan tuzlardır. Bu gruba sodyum nitrit (NaNO_2), sodyum benzoat, potasyum kromat, sodyum ve potasyum molipdat ve fosfatlar bu maddelerin esasını oluştururlar[27].

Örneğin, İtalya' da 1950 ve 1970' li yıllar arasında resmi ve özel kuruluşlarda 3000 km' den fazla uzunlukta otoyol inşaatı tamamlanmıştır. Bu otoyolların üzerindeki köprü, viyadük ve tünellerin yapımında kullanılan betonun bir bölümünün söz konusu bulunduğu çevresindeki koşullarda betonun dayanıklılığını sağlamakta yetersiz özelliklerde üretildiği ortaya çıkmıştır.

Yapılardaki zaman içerisindeki bozulmaların ana nedeni betonun yapısını oluşturan yetersiz beton kompozisyonudur. Yapıların bozulmasında etkili kimyasal nedenler (sülfat, sülfid, karbon dioksit, asit yağmuru, klorür vs.) ve diğer fiziksel etkenler (özellikle donma-çözülme olayı) çevresel koşullara bağlı olarak betonda oluşan bozulmanın ana sebebini oluşturmaktadır.

Yapılar projelendirilirken yalnızca yapı üzerine gelen yüklere göre projelendirilmemeli en az bakım ve yapısal tamir masrafı ile en elverişli, en uzun süre serviste kalabilmesi için gerekli dayanıklılık etkisine göre projelendirilmelidir. Günümüzde bozulmanın hızı geçmişe göre daha fazladır. Bunun başlıca 3 nedeni vardır. Artan zararlı madde derişimi, işçilikteki kalitenin düşmesi ve inşaat tekniklerinin daha karmaşık hale gelmiş olması bozulmaların ana nedenidir.

1.6. KİMYASAL KATKILAR

Bağlayıcı dozajının % 5' ini aşmadan betona, harca, çimento hamuruna katılan organik, inorganik sıvı ya da katı maddelerdir [28].

1.6.1. Kimyasal Katkıların Sınıflandırılması

Standartlara konu olan kimyasal katkıları, normal betonlarda yüksek performanslı beton elde etmek amacı ile yaygın olarak kullanılan katkılardır. Ancak kimyasal katkıları sınıflandırmada uluslararası mutabakat söz konusu değildir. Bu nedenle değişik ülke standartlarına göre sınıflandırmalar verilmiştir.

1.EN 934 (Avrupa Birliđi Standartı) [29]

- Su İngirgeyiciler/ Plastifiyan
- Yüksek Mertebe Su İngirgeyiciler/ Süperplastifiyan
- Su Tutucular/ Terleme Önleyenler
- Hava Sürükleyiciler
- Priz Hızlandırıcılar
- Priz Geciktiriciler
- Sertleşmeyi Hızlandıranlar
- Suya Dayanıklılık Sağlayanlar
- Çok İşlevliler

ACI 212 (American Concrete Institute) [30]

- Hızlandırıcı ve Erken Yaştaki Dayanımı Arttıran,
- Hava Sürükleyici,
- Su Azaltıcı ve Prizi Düzenleyen,
- Diğerleri: Gaz oluşturan, rötne önleyen, ayrışma önleyen,
- Alkali-agrega oluşumunu önleyen, bakteri oluşumunu önleyen,
- Pompa betonu katkıları, enjeksiyon katkıları.

RILEM (Reunion Internationale Des Labrotories Dessais Et De Recherches Sur Les Metariaux Et Les Constructions) [31]

- Su Azaltıcı
- Yüksek Oranda Su Azaltıcı
- Süper Akışkanlaştırıcı
- Geciktirici Katkılar
- Hızlandırıcı Katkılar
- Hava Sürükleyici Katkılar

TS 3452 [32]

- Priz Süresini Hızlandırıcı (H)
- Priz Süresini Geciktirici (G)
- Karışım Suyunu Azaltıcı (A)
- Karışım Suyunu Azaltıcı ve Hızlandırıcı (AH)
- Karışım Suyunu Azaltıcı ve Geciktirici (AG)
- Karışım Suyunu Yüksek Miktarda Azaltıcı ve Geciktirici (YAG)

Yukarıda değişik standartlara göre kimyasal katkı malzemelerinin sınıflandırılması yapılmıştır. Bunun dışında kimyasal katkılar kullanım amaçlarına göre de sınıflandırılabilir.

Amaca Uygun Gruplandırma [33]

1. Taze Betonda İşlenebilmeyi Değiştiren Katkılar

- Su indirgeyiciler
- Yüksek mertebe su indirgeyiciler
- Süperplastifiyanlar
- Hava sürükleyiciler

2. Priz ve Sertleşme Hızını Değiştiren Katkılar

- Priz hızlandırıcılar
- Priz geciktiriciler
- Sertleşme hızlandırıcılar

3. Mekanik Dayanımı Değiştiren Katkılar

- Su indirgeyiciler
- Yüksek mertebe su indirgeyiciler
- Sertleşmeyi hızlandıranlar

1.7. AKIŞKANLAŞTIRICI (SU AZALTICI) KATKI MALZEMELERİ

Akışkanlaştırıcı katkı malzemeleri, yüksek performanslı beton elde etmek için üretim aşamasında su/çimento oranını minimuma düşürmek ve minimum su/çimento oranında betonun boşluksuz ve ayrışmadan yerleşmesini sağlamak amacıyla kullanılan kimyasal katkı malzemeleridir.

Genel olarak akışkanlaştırıcı katkı malzemeleri, üretilen betonun minimum su/çimento ancak yeterli işlenebilirlikte olması için kullanılan katkılar olarak tanımlanır.

1.7.1. Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Sınıflandırılması

Yüksek performanslı betona duyulan ihtiyacın beton teknolojisini zorlaması, normal akışkanlaştırıcıların performans için gerekeni sağlamaması ve polimerlerin kimyasal katkı teknolojilerine girmesi ile süper ve hiperakışkanlaştırıcı katkı malzemeleri geliştirilmiştir.

Akışkanlaştırıcı katkılar taze beton ve harçların işlenebilirliğini, sertleşmiş beton ve harçların mukavemetini etkiler. Akışkanlaştırıcı katkılar, etkinlik derecelerine göre üç grupta toplanabilir.

1.7.1.1. Normal Akışkanlaştırıcılar (Su Azaltıcılar)

Kimyasal esaları bakımından çeşitli türleri vardır. Ancak bu katkıların çoğunluğunun kimyasal yapıları linyosülfonik asit, asit tuzları ve bunların değişime uğramış türleridir. ASTM C 494 standartındaki kodları Tip A'dır [34]. Su azaltıcı katkıların fonksiyonları gereği bir miktar havayı ufak kabarcıklar halinde beton içerisine sürükler.

1.7.1.2. Süper Akışkanlaştırıcılar (Yüksek Oranda Su Azaltıcılar)

Kimyasal kökenlerine göre,

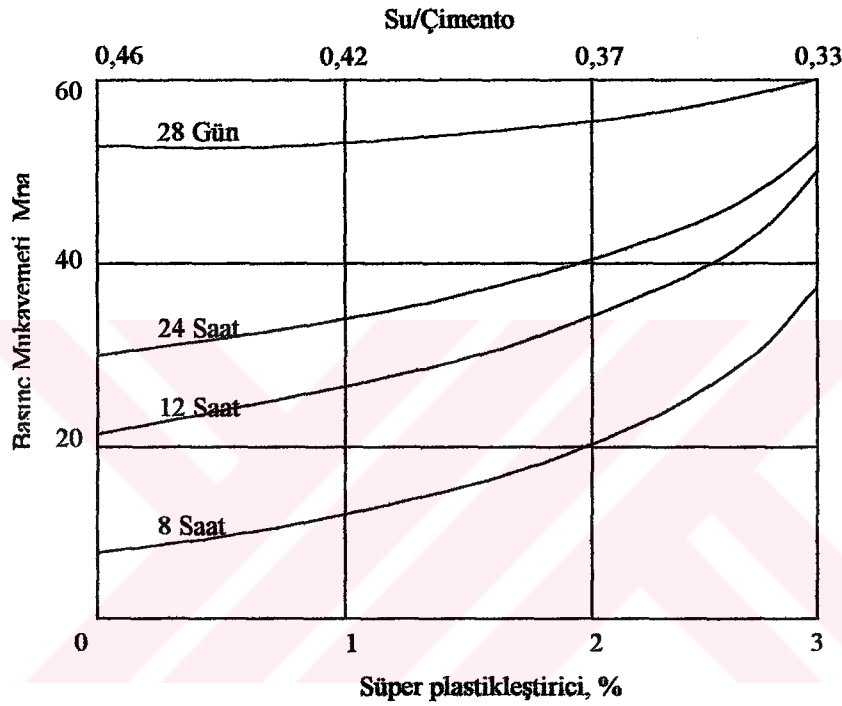
- Melamin Formaldehit Sülfonat (M TİPİ),
- Naftelin Formaldehit Sülfonat (N TİPİ),
- Modifiye Edilmiş Lignosülfonat (L TİPİ) olmak üzere üçe ayrılır.

Bu katkıların ASTM C 494 standartındaki kodları Tip F ve Tip G'dır.[34] Genel olarak beton performansına etkileri normal akışkanlaştırıcılarla kıyaslanırsa, normal akışkanlaştırıcı katkılara oranla daha az katkı yüzdesinde kullanılmakta buna rağmen işlenebilirlik ve mukemete olan etkileri daha fazla olmaktadır. İşlenebilirlik süreleri ise normal akışkanlaştırıcılara oranla daha uzundur.

Taze betonun akıcılığı büyük ölçüde arttığı halde kohezyonda azalma meydana gelmez. Bir başka deyişle süperakışkanlaştırıcıların kullanılması betonun işlenebilme özelliğini arttırmakta fakat çözülmesine yol açmamaktadır.

Normal akışkanlaştırıcı katkıları % 5 - % 10 arasında azaltılabilen su/çimento oranı süperakışkanlaştırıcılarla % 20-% 25 oranında mukavemet düşmeden azaltılabilir.

Süperakışkanlaştırıcı katkıları sadece su/çimento oranını azaltmakla kalmayıp aynı zamanda beton basınç mukavemetini de artırırlar.



Şekil 1.2. Süperakışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin su/çimento oranı ve Beton Basınç Mukavemeti Üzerine Etkileri [33]

1.7.1.3.Hiper Akışkanlaştırıcılar (Yeni Kuşak Süperakışkanlaştırıcılar)

Naftelin veya melamin sülfone formaldehitler ve polikarboksilat türü 3. nesil akışkanlaştırıcılarıdır [35].

Yeni kuşak süperakışkanlaştırıcı olarak da isimlendirilen hiperakışkanlaştırıcılar süperakışkanlaştırıcılara oranla daha yüksek oranda su kesme ve 90 dakika süre ile işlenebilirliğini koruma özelliğine sahiptir [36].

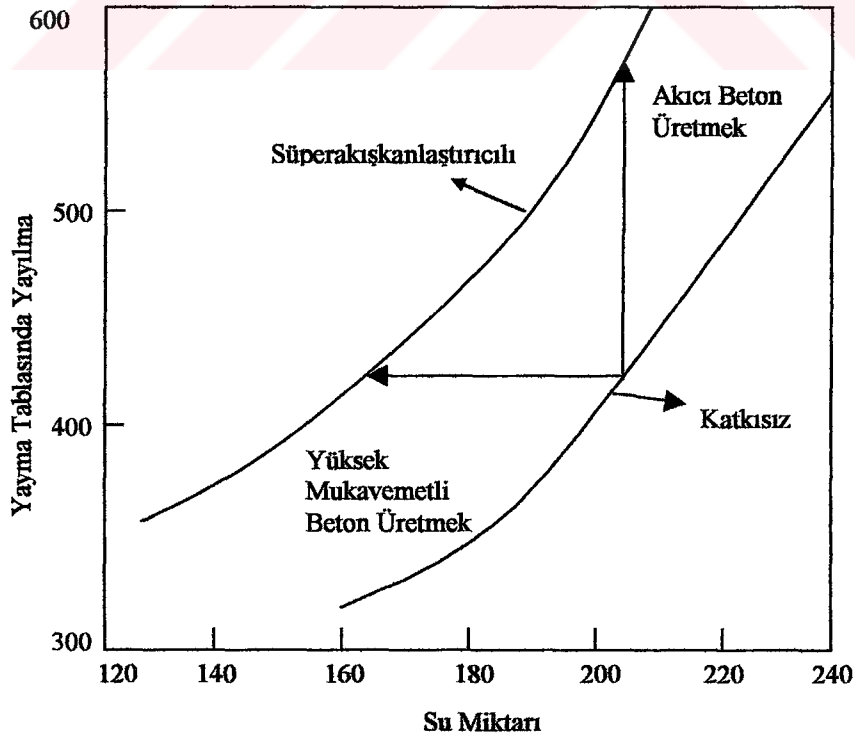
Hiperakışkanlaştırıcılar betona yüksek oranda su kesme özelliği kazandırır, uzun süre ayrılmadan ve titreşim gerektirmeden kendiliğinden yerleşen beton elde edilmesini sağlarlar [37].

Hiperakışkanlaştırıcıların kimyasal yapıları uzun yandan ekli zincirler şeklinde olduğu için süper ve normal akışkanlaştırıcılardan etki dereceleri daha fazla, etki mekanizmaları farklıdır.

1.7.2. Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Kullanım Amacı

Akışkanlaştırıcı katkıların kullanım amacı genel bir ifade ile betonun üç temel özelliği olan dayanım, dayanıklılık, işlenebilirlik özelliklerini aynı anda sağlamak olarak özetlenebilir. Akışkanlaştırıcı katkıları uygulamada ise;

- Aynı dozaj ve slump değerinde, su/çimento oranını düşürerek daha yüksek mukavemetli beton elde etmek,
- Aynı dozaj ve su/çimento oranında akışkanlaştırıcı kullanarak işlenebilirliği artırıp akıcı beton elde etmek,
- Aynı su/çimento oranında mukavemeti düşürmeden özellikle kütle betonlarda hidrotasyon ısını düşürmek için çimento miktarını azaltmak ve bu aşamada akışkanlaştırıcı kullanarak işlenebilirlik artırmak,
- Katkısız betonla aynı işlenebilirlikte kalarak su/çimento oranını değiştirmeden çimento oranını düşürerek maliyeti azaltmak,
- Ulaşılması güç yerlerde (donatı sıklığı, kesit darlığı çekilen bölgeler) kolay yerleşmeyi sağlamak için işlenebilirliği arttırmak amaçlarıyla kullanılırlar.



Şekil 1.3. Taze Betonda Su Miktarı ile Yayılma Miktarı Arasındaki Değişim[36]

1.7.3. Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Beton Performansına Etkileri

Akışkanlaştırıcı katkı malzemelerinin genel olarak etkileri, su emme, yüzey gerilimini değiştirme, kolloid oluşturma hidrotasyon sırasında çimento ile su reaksiyonuna katalizör etkisi yapma gibi çeşitli fiziko kimyasal olaylarla ortaya çıkar.

1.7.3.1. Priz Süresine Etkisi

Akışkanlaştırıcı katkılar önemli derecede olmasada priz sürelerini azaltan veya arttıran yönde etkilemektedir. Bu katkıların priz sürelerine etkisi kullanılan akışkanlaştırıcı türüne bağlı olmaktadır. Örneğin C_3A miktarı çok düşük olan çimentolarda süperakışkanlaştırıcılar priz sürelerini aşırı derecede geciktirebilir

1.7.3.2. Rötire ve Sünmeye Etkisi

Akışkanlaştırıcıların rötreye etkisine ilişkin çalışmalarda, genellikle katkılı ve katkısız şahit betonların rötireleri arasında önemli farklar bulunmadığı belirtilmektedir. Diğer taraftan, bazı araştırmalarda bu tür katkıların sünmeyi önemli derecede etkilemediği tespit edilmişken bazılarında ise süperakışkanlaştırıcıların şartlara bağlı olarak artan veya azalan yönde değiştirdiği sonucuna varılmıştır. Rötire ve sünmeye etkileri günümüzde de araştırılan başlıca konulardır

1.7.3.3. Geçirimsizliğe Etkisi

Düşük su/çimento oranlı betonlar iyi bir şekilde yerleştirilir ve küre tabi tutulursa düşük geçirimsizlik elde edilir. Akışkanlaştırıcı katkı kullanılarak üretilen düşük su/çimento oranlı akıcı beton kolaylıkla yerleştirilebilir ve sıkıştırılabilir. Bu sayede; örneğin su/çimento oranı 0,40 tan daha küçük olan bir beton, eğer özel bir şekilde küre maruz bırakılırsa, önemli derecede düşük geçirimsizliğe ve sonuçta zararlı eriyiklerin içine girmesine karşı yüksek bir dirence sahip olabilir.

1.7.3.4. Durabiliteye Etkisi

Akışkanlaştırıcı katkılar sürüklenen hava kabarcıklarının boyutlarını büyütmektedir. Bu nedenle kontrol betonuna göre birim boydaki boşluk sayısı azalmakta ve kabarcıklar arasındaki aralık artmaktadır. Bu aralıkların uzunluğu, durabilitesi yüksek betonlar için istenen maksimum 0,2 mm değerinden daha büyük olmaktadır. Bu sonuç artan mukavemet ve yoğunluk ile azalan geçirimsizliğe bağlanabilir.

1.7.3.5. Mukavemete Etkisi

28 günlük basınç mukavemetinin 41 MPa'nın üzerinde olması istendiğinde, düşük su/çimento oranı elde etmek için ekseriya süperakışkanlaştırıcı bir katkı kullanılır. Bu tür bir katkıdan yararlanarak düşük su/çimento oranı elde edilmesi sonucu 28 günlük mukavemet %35 veya daha büyük oranlarda artırılabilir. Bu tür katkının kullanılmasıyla ilk yaşlarda sağlanan mukavemet artış oranları ise 28 günlük artış oranına göre daha büyük olmaktadır. Öte yandan su azaltmadan üretilen akıcı betonların mukavemetlerinin katkısız betona göre arttığı görülmüştür.

1.7.4. Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Etki Mekanizması

Akışkanlaştırıcı katkıların betona ilavesi ile genel olarak betonun reolojik özellikleri üzerindeki etkisi kayma gerilmelerinin düşmesi olarak ortaya çıkar. Akışkanlaştırıcı moleküllerinin çimento tanelerini dağıtması ile akışkanlaştırıcılar etki gösterir. Ancak normal, süper ve hiperakışkanlaştırıcıların etki mekanizmaları birbirinden farklılık gösterir.

1.7.4.1. Normal Akışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Etki Mekanizmaları

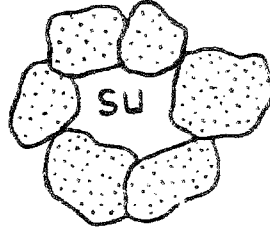
Normal betonlarda (katkı malzemesi kullanılmayan) su ve çimento reaksiyona girdiği zaman çimento tanecikleri su moleküllerini çevreleyerek floküller bir yapı oluşturur. Su beton içerisinde hapsediği için beton istenen akıcılığa ulaşamaz. Akıcılık için betona fazla su ilave edilmesi gerekir. Ancak bu da su/çimento oranının artmasına ve mukavemetin düşmesine neden olur.

Betona normal akışkanlaştırıcı katkı ilavesi ile beton içine hava sürükleyerek çimento tanelerinin birbirine yapışıp topaklaşmasını önlenir.

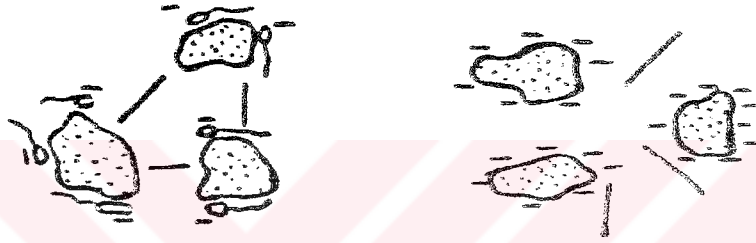
Akışkanlaştırıcı katkı malzemeleri su içerisinde eriyen, boşluklu kimyasal dizilişleri ile suyun yüzey gerilimini düşüren organik maddelerdir (tensio-aktif).

Beton içine Akışkanlaştırıcı maddeler çimento tanelerinin adsorbe etmesiyle tane yüzeyinde (–) elektrik yüklü bir film tabakası oluşturur. Bu taneler (–) yüklü olduklarından birbirlerini iterler, bu durumda bir miktar su açığa çıkar. Böylece akıcı bir beton oluşur [38].

Normal akışkanlaştırıcıların etki mekanizmaları Şekil 1.4 ve Şekil 1.5’de verilmektedir.



Şekil 1.4. Çimento taneciğinin Flokül Yapı Oluşturması [25]



Şekil 1.5. Tanecikler arası İtme Ve Suyun Serbest Kalması [25]

1.7.4.2. Süperakışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Etki Mekanizmaları

Süperakışkanlaştırıcıların etki mekanizmaları DLVO(Derjaguin, Landau, Verwey, Overback) teorisi ile açıklanabilir [39].

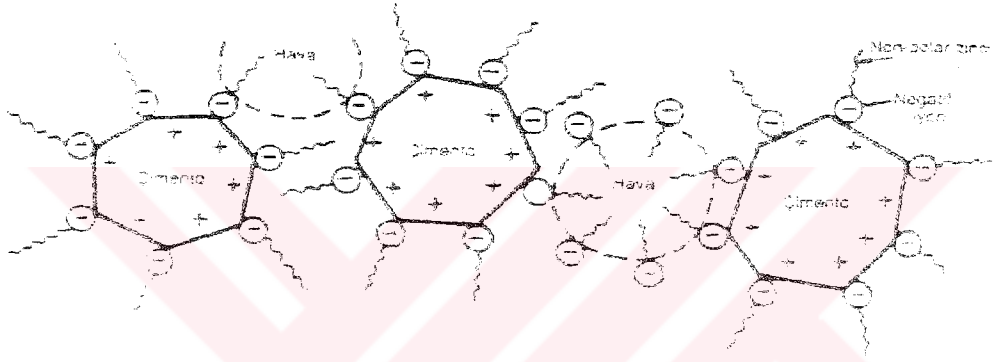
Süperakışkanlaştırıcıların etki mekanizması normal akışkanlaştırıcılara benzemektedir. Süperakışkanlaştırıcıların etkinliği katı maddeleri dağıtma özelliği ile açıklanabilir.

Dağılma, süperakışkanlaştırıcı moleküllerin bağlayıcı toz parçacıkları tarafından adsorbe edilmesi ile oluşur. Adsorbe edilen bu katkılar çimento taneciklerini (-) yükle yüklerler ve taneler arası elektrostatik itki oluştururlar. Çimento tanelerinin folükülleşmesi önlenmekte, açığa su çıkmaktadır. Çimento taneleri katkıların yağlayıcı etkisi ile birbiri üzerinden kaymaktadır. İç sürtünme azalmakta ve işlenebilirlik artmaktadır.

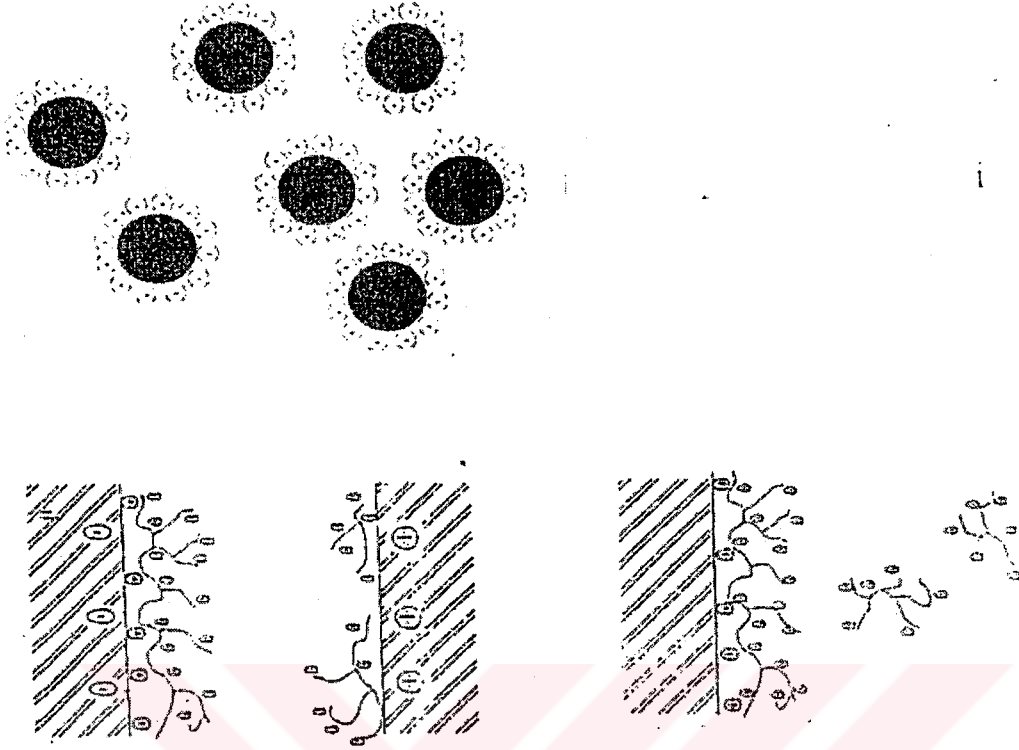
1.7.4.3. Hiperakışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Etki Mekanizmaları

Hiperakışkanlaştırıcı katkıların etki mekanizmaları Sterik İtme Teorisi ile açıklanabilir.

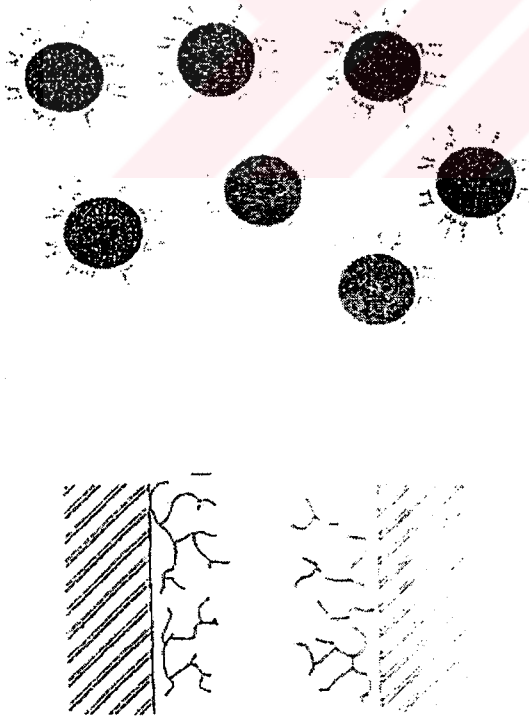
Hiperakışkanlaştırıcıların esas kısmı uzun ve yandan ekli zincirleri olan yüzey aktif maddelerdir. Adsorbe edilmiş molekül halindeki hiperakışkanlaştırıcıların sterik yapıları itici bir potansiyel enerji yaratır. Bu organik moleküllerinin bir ucunda hidrofilik(suyu çeken)diğer ucunda hidrofobik (suyu iten) kimyasal gruplar bulunur. Hidrofilik uç suyu çekerken hidrofobik uç suyu iterek hava boşluğu oluşturur. Böylece suyun çimento partiküllerine yaklaşması engellenir.Çimento partikülleri hava yastıkları üzerinde hareket ederler. Betonun işlenebilme özelliği artarken su da azalmış olur [39].



Şekil 1.6. Hiperakışkanlaştırıcı Katkı Malzemelerinin Çimento Partikülleri Üzerine Adsorbsiyonu [39]



Şekil 1.7. Süper ve Normal Akışkanlaştırıcıların Elektrostatik Etki Mekanizmaları [39]



Şekil 1.8. Hiperakışkanlaştırıcıların Sterik Etki Mekanizması [39]

BÖLÜM 2

MALZEME ve YÖNTEM

Bu bölümde beton üretiminde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin özellikleri ve beton bileşim hesaplarında izlenen yol, taze ve sertleşmiş beton deneyleri verilmiştir.

2. 1.KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ

2.1.1.Agrega Özellikleri

Üretilen betonlarda üç cins agrega kullanılmıştır. Bu agregalar kırmataş II.,kırmataş I. ve kum olup maksimum dane çapı 31.5 mm.' dir. Kullanılan agregaların diğer özellikleri yapılan deneylerle belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.

2.1.1.1. Kum

Tüm üretimlerde İstanbul Kumcular yöresinden temin edilen 4mm.' nin altında podima kumu kullanılmıştır.

2.1.1.2. Kırmataş I ve Kırmataş II

Betonlarda İstanbul Çatalca yöresinden temin edilen kırmataş I ve kırmataş II kullanılmıştır.

Üretilen betonlarda kullanılan kum, kırmataş I, kırmataş II üzerinde TS 3526' ya göre özgül ağırlık, TS 3529' a göre birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 2.1' de verilmektedir.

Tablo 2.1. Agrega Özgül Ağırlık, Birim Ağırlık, Su Emme Oranı % Değerleri

Agrega Cinsi	Özgöl Ağırlık (kg/dm ³)	Birim Ağırlık (kg/dm ³)	Su Emme Oranı(%)
Kum	2.57	1.37	0.90
KırmataşI	2.62	1.34	1.40
KırmataşII	2.57	1.31	1.40

2.1.2. Çimento

Beton üretiminde kullanılan çimento SET Çimento Ambarlı Tesislerinde üretilen Portland Kompoze Çimento 32.5 olup TS 24 'e göre yapılan deneylerin sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.2. Çimentonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kükürt Trioksit (%)	2.83
Cl (%)	0.01
Toplam Katkı Miktarı (%)	45
Özgül Ağırlık(gr/cm^3)	3.2
Le Chatelier Deneyi (iğnelerin açılması toplam(mm)	1
Priz Başlangıcı (Saat)	4:00

Tablo 2.3. Çimentonun Mekanik Özellikleri(Rilem-Cembureau Yöntemi)

Çimento Dayanımları (N/mm^2)	2 Günlük	7 Günlük	28 Günlük
Basınç Dayanımları	9.5	37.5	37.9

2.1.3. Katkı Malzemeleri

Beton üretimlerinde Sika Yapı Kimyasalları A.Ş. tarafından sağlanan iki farklı süperakışkanlaştırıcı ve bir çeşit hiperakışkanlaştırıcı olmak üzere üç farklı akışkanlaştırıcı katkı malzemesi kullanılmıştır.

Kullanılan süperakışkanlaştırıcılardan ilki ASTM C 494 Standartına göre Tip G olarak sınıflandırılan yoğunluğu 1.19 kg/lt olan priz geciktirici süperakışkanlaştırıcı katkı malzemesi, diğeri ASTM C 494 Standartına göre Tip F olarak sınıflandırılan yoğunluğu 1.14 kg/lt olan erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcı katkı malzemesidir. Kullanılan iki süperakışkanlaştırıcıdan priz geciktirici süperakışkanlaştırıcı naftalin, erken dayanım sağlayan melamin formaldehit sülfonat kökenli katkı malzemeleridir.

Kullanılan hiperakışkanlaştırıcı özellikle hazır beton, plastik pompa betonu ve yüksek kaliteli akışkan beton üretiminde kullanılan ASTM C 494 Standartına göre Tip F olarak sınıflandırılan yoğunluğu 1.23 kg/lt olan, ana kimyasal yapıları naftalin formaldehit sülfonat esaslı süperakışkanlaştırıcılardan farklı olan hiperakışkanlaştırıcı melamin kökenli uzun yandan ekli zincir şeklinde kopolimerlerden oluşan kimyasal yapıya sahiptir.

2.2. BETON BİLEŞİMİ

2.2.1. Agregaların Granülometrik Bileşimi

Kullanılan agregaların granülometrik bileşimlerini saptamak için alınan agrega numunesi 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm' lik eleklerden elenmiş, TS 706' daki elek takımına göre granülometri deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2.4' de verilmektedir.

Tablo 2.4. Deneylerde Kullanılan Agrega Granülometrisi

Elek Göz Boyutları (mm)	Elekten Geçen Malzeme Yüzdesi (%)		
	Kum	Kırmatas I	Kırmatas II
31.5	100	100	100
16	100	95	9
8	100	45	3
4	100	20	0
2	93	5	0
1	76	0	0
0.5	38	0	0
0.25	21	0	0

2.2.2. Kabul Edilen Esaslar

Üretilen bütün betonların karışım granülometri eğrisi A32-B32-C32 arasında kalacak şekilde seçilmiştir.

Yapılan bu çalışmada farklı akışkanlaştırıcı katkı malzemelerinin beton özelliklerine etkisi araştırılmaktadır. Öncelikle 0.52, 0.56, 0.60 olarak belirlenen 3 farklı su/çimento oranlarında katkısız şahit betonlar üretilmiştir. Daha sonra su/çimento oranları sabit tutularak ve her su/çimento oranı için %0.3, %0.5, %1 olarak üç farklı katkı oranında süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı toplam üç farklı su/çimento oranlı 30 seri beton üretilmiştir.

2.2.3. Beton Bileşimlerinin Hesaplanması

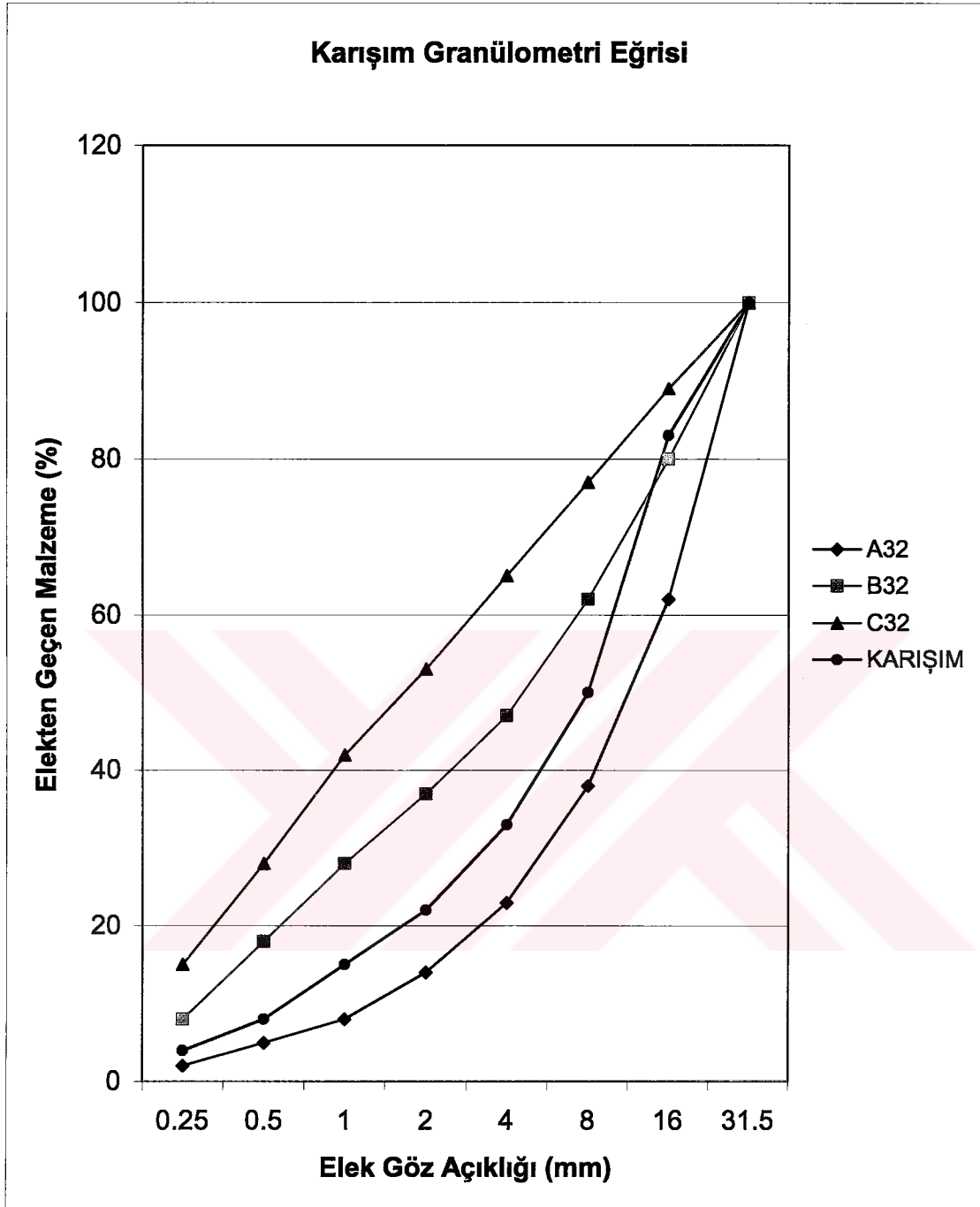
Yapılan bu çalışmada agrega karışım oranları; Kum: % 20 , Kırmataş I : % 65 , Kırmataş II : %15 olarak alınmıştır. Karışımın incelik modülü ve referans eğrileri incelik modülü Tablo 2.5' de verilmektedir.

Tablo 2.5. Karışımın ve Referans Eğrilerinin İncelik Modülü

Elek Çapı (mm)	Elekten Geçen Malzeme Yüzdesi (%)			
	A32	B32	C32	KARIŞIM
31.5	100	100	100	100
16	62	80	89	83
8	38	62	77	50
4	23	47	65	33
2	14	37	53	22
1	8	28	42	15
0.5	5	18	28	8
0.25	2	8	15	4
İncelik Modülü	5.48	4.20	3.31	4.85

Tablo 2.6. Üretilen Betonlardaki Teorik Malzeme Miktarları

Beton Kodu	Katkı Kodu	Su (kg)	Çimento (kg)	Kum (kg)	K.taşI (kg)	K.taşII (kg)
Ş1		221.5	426	326.8	1082	244.9
Ş1	N1	220.2	426	326.8	1082	244.9
Ş1	N2	219.4	426	326.8	1082	244.9
Ş1	N3	217.3	426	326.8	1082	244.9
Ş1	Ş1	220.2	426	326.8	1082	244.9
Ş1	Ş2	219.4	426	326.8	1082	244.9
Ş1	Ş3	217.3	426	326.8	1082	244.9
Ş1	H1	220.2	426	326.8	1082	244.9
Ş1	H2	219.4	426	326.8	1082	244.9
Ş1	H3	217.3	426	326.8	1082	244.9
Ş2		240	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	N1	238.7	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	N2	237.9	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	N3	235.7	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	Ş1	238.7	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	Ş2	237.9	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	Ş3	235.7	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	H1	238.7	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	H2	237.9	426	317.0	1050.5	237.8
Ş2	H3	235.7	426	317.0	1050.5	237.8
Ş3		255.6	426	309.4	1025	232.0
Ş3	N3	251.3	426	309.4	1025	232.0
Ş3	N1	254.3	426	309.4	1025	232.0
Ş3	N2	253.5	426	309.4	1025	232.0
Ş3	Ş3	251.3	426	309.4	1025	232.0
Ş3	Ş1	254.3	426	309.4	1025	232.0
Ş3	Ş2	253.5	426	309.4	1025	232.0
Ş3	H3	251.3	426	309.4	1025	232.0
Ş3	H1	254.3	426	309.4	1025	232.0
Ş3	H2	253.5	426	309.4	1025	232.0



Şekil 2.1. Agrega Karışımı ve A32, B32, C32 Referans Granülometri Eğrisleri

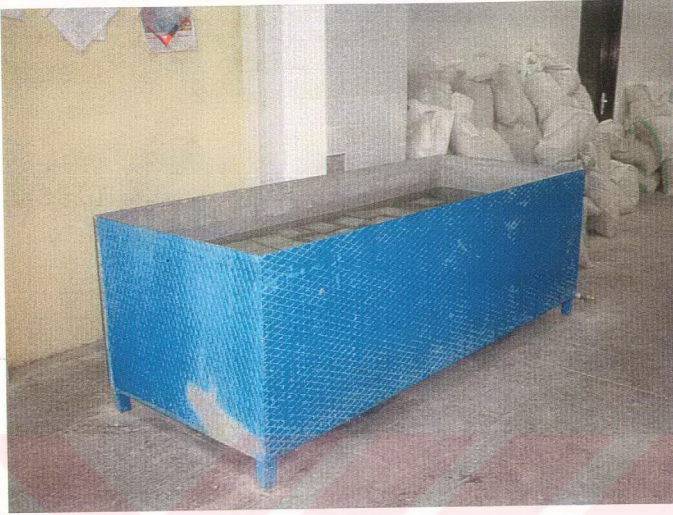
2.2.4. Beton Üretimi, Karıştırma, Yerleştirme ve Kür Koşulları

Beton üretiminde eksenel zorlamalı karıştırmalı düşey paleti 55 lt hacminde bir betoniyer kullanılmıştır. Üretim aşamasında öncelikle oranları belirlenmiş olan agregalar ve çimento kuru olarak 1.5 dakika karıştırılmıştır. Şahit betonlarda su, akışkanlaştırıcı katkı betonlarda ise karışım suyuna yine belirlenen oranlarda katkının eklenmesi sureti ile elde edilen karışım suyu betoniyere üç kademeli olarak eklenmiş 2 dakikalık bir karıştırma uygulanmıştır. 3.5 dakikanın sonunda betoniyerdan çıkartılan betonda çökme, VeBe, gerçek birim ağırlık ve taze betonda hava miktarı deneyleri uygulanmıştır.

Daha sonraki aşamada betonlar kalıplara alınarak vibrasyona tabi tutulmuştur. Üretim 50 dm³ 'lük harmanlar halinde yapılmıştır. Her harmandan 9 adet 15 cm*15 cm*15 cm boyutlarında küp numuneler üretilmiştir. Üretimden 24 saat sonra kalıplardan çıkarılarak yaklaşık 18 °C sıcaklıkta kirece doymun suda kür ortamlarında basınç dayanımı deney gününe kadar bekletilmiştir.



Şekil 2.2. Eksenel Zorlamalı Karıştırmalı Düşey Paleti 55 lt Hacmindeki Betoniyer



Şekil 2.3. Kür Havuzu

2.2.5. Numune Kodlarının Belirlenmesi

Bu çalışmada üretilen betonlar ilk etapta katkılı ve katkısız betonlardan oluştuğu için kodlar öncelikle beton kodu ve katkı kodu olmak üzere kodlar ikiye ayrılmıştır. 3 farklı su/çimento oranı olduğu için beton kodları kendi arasında üçe, kullanılan üç farklı katkı malzemeleri ve üç farklı katkı yüzdesi olduğu için katkı kodları da kendi aralarında dokuza ayrılmıştır. Numune kodları Tablo 3.6'da verilmiştir.

Beton Kodları

- Ş1 : su/ çimento = 0.52
 Ş2 : su/ çimento = 0.56
 Ş3 : su/ çimento = 0.60

Tablo 2.7. Beton Numune Kodları

Su/Çimento Oranı	N Kodlu Katkı			Ş Kodlu Katkı			H Kodlu Katkı		
	Malzemesi			Malzemesi			Malzemesi		
	Katkı %' des			Katkı %' des			Katkı %' des		
	0.3	0.5	1	0.3	0.5	1	0.3	0.5	1
0.52	Ş1N1	Ş1N2	Ş1N3	Ş1Ş1	Ş1Ş2	Ş1Ş3	Ş1H1	Ş1H2	Ş1H3
0.56	Ş2N1	Ş2N2	Ş2N3	Ş2Ş1	Ş2Ş2	Ş2Ş3	Ş2H1	Ş2H2	Ş2H3
0.60	Ş3N1	Ş3N2	Ş3N3	Ş3Ş1	Ş3Ş2	Ş3Ş3	Ş3H1	Ş3H2	Ş3H3

Tablo 2.7' de verilen katkı kodlarında, N ASTM C 494 Tip G süperakışkanlaştırıcıyı (priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcı), Ş ASTM C 494 Tip F süperakışkanlaştırıcı (erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcı) ve H ASTM C 494 Tip F hiperakışkanlaştırıcıyı ifade etmektedir.

Örneğin; Ş1H3 su/çimento oranı 0.52 olan ASTM C 494 Tip F Hiperakışkanlaştırıcı katkılı ve katkı dozajı % 1 olan betonu ifade etmektedir.

2.3. BETONLAR ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER

2.3.1. Taze Beton Deneyleri

Taze betonlar üzerinde birim ağırlık, hava miktarı tayini ve çökme ve VeBe deneyleri yapılmıştır.

2.3.1.1. Birim Ağırlık

Taze betonun birim hacim ağırlığı, belirli bir hacim içerisine sıkıştırılarak yerleştirilmiş taze betonun birim hacmine isabet eden ağırlığının kg/m^3 olarak ifade edilmesidir.

Kullanılan agreganın maksimum boyutuna göre seçilen birim ağırlığı kovanının içine aşağıda izah edilen gibi doldurduktan sonra tartılıp birim ağırlığı bulunur.

2.3.1.1.1. Birim Ağırlık Deneyinde Kullanılan Aletler

Tartı : 50 kg çekerli, 20 g duyarlı

Şişleme çubuğu : Çelikten yapılmış, 16 mm çapında, 600 mm uzunluğunda uçları 16 mm çapında yarım küre olarak yuvarlatılmış düzgün bir çubuktur.

Vibratör : Vibrasyon masası

Ölçme Kabı, silindirik şeklindedir. Sıcaklığı yaklaşık 20°C olan su ile tamamen doldurulur, hava kabarcıklarını veya fazla suyu gidermek için üstü cam plakla kaplanır. Kabı dolduran suyun net ağırlığı $\%0,3$ duyarlılıkla tayin edilir. Ölçme kabının net hacmi (V_k) kabı dolduran suyun net ağırlığının su özgül ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Deneylerde camdan imal edilmiş silindirik bir kavanoz kullanılmış, suyun özgül ağırlığı 1000 kg/m^3 olarak kabul edilmiştir.

2.3.1.1. 2. Birim Ağırlık Deneyinin Yapılışı

Boş ölçme kabı tartılmıştır. Ölçme kabı hacmi küçük olduğu için beton üç tabaka halinde şişlenerek yerleştirilmiş, ayrıca hava kaybını önlemek için betona bir dakika süre ile vibrasyon uygulanmıştır. Dolu kap tartılmış (W_d) daha önce tartılarak bulunan boş kap ağırlığı (W_b) düşülerek beton net ağırlığı (W_n) hesaplanmıştır.

($W_n = W_d - W_b$) Aşağıda verilen bağıntıya göre taze betonun gerçek birim ağırlığı birim hacim ağırlığı hesaplanmıştır.

$$\delta_b = \frac{W_n}{V_k}$$

Burada = δ_b = Taze beton birim hacim ağırlığı (Kg/m^3)

W_n = Ölçme kabındaki betonun net ağırlığı (Kg/m^3)

V_k = Ölçme kabının kalibre edilmiş hacmi (m^3)

Gerçek birim ağırlığına göre üretilen betonların gerçek bileşimleri hesaplanmıştır. Hesap sonuçları Tablo 2.8.'de verilmiştir.

Tablo 2.8. Üretilen Betonlardaki Gerçek Malzeme Miktarları

Beton Kodu	Katkı Kodu	Su (kg)	Çimento (kg)	Kum (kg)	K.taşI (kg)	K.taşII (kg)
Ş1		221.5	425.9	328	1081.9	242.8
Ş1	N1	221.9	426.7	328.54	1083.7	243.2
Ş1	N2	222.0	427.0	328.8	1084.7	243.4
Ş1	N3	222	426.9	328.7	1084.2	243.3
Ş1	Ş1	221.8	426.5	328.4	1083.3	243.1
Ş1	Ş2	222	426.9	328.7	1084.2	243.3
Ş1	Ş3	222.2	427.2	329	1085.1	243.5
Ş1	H1	222.2	427.2	329	1085.1	243.5
Ş1	H2	222.3	427.4	329.1	1085.6	243.6
Ş1	H3	222.5	427.8	329.4	1086.6	243.8
Ş2		239.1	427	316	1054.7	239.1
Ş2	N1	238.7	426.3	315.4	1052.9	238.7
Ş2	N2	238.7	426.3	315.4	1052.9	238.7
Ş2	N3	239.3	427.4	316.3	1055.	239.3
Ş2	Ş1	238.7	426.3	315.4	1052.	238.7
Ş2	Ş2	238.9	426.7	315.7	1053.8	238.9
Ş2	Ş3	239.6	427.8	316.6	1056.	239.6
Ş2	H1	238.9	426.5	315.7	1053.6	238.9
Ş2	H2	239.0	426.8	315.9	1054.3	239.0
Ş2	H3	239.9	428.3	317	1058	239.9
Ş3		255.7	426.2	311.0	1027	230.1
Ş3	N1	254.0	423.5	309.1	1020.6	228.7
Ş3	N2	254.8	424.6	310	1023.3	229.3
Ş3	N3	256.5	427.5	312.0	1030.2	230.8
Ş3	Ş1	253.8	422.9	308.7	1019.2	228.4
Ş3	Ş2	254.9	424.8	310.1	1023.3	229.4
Ş3	Ş3	256.7	427.8	312.3	1031.1	231.0
Ş3	H1	256.0	426.7	311.5	1028.4	230.4
Ş3	H2	256.5	427.5	312.0	1030.2	230.8
Ş3	H3	256.7	427.8	312.3	1031.1	231.0

2.3.1. 2. Çökme (Slump) Deneyi

Bu deney, huniye doldurularak sıkıştırılan betonun o andaki yüksekliğinin, huni düşey doğrultuda çekilip alındıktan sonraki yüksekliğine kıyaslanmasıdır. Aradaki yükseklik farkı çökme değeri olarak (cm) cinsinden vermiştir.

2.3.1.2.1. Çökme Deneyinde Kullanılan Aletler

Çökme(Abrams) Hunisi : Galvanizli çelik saçtan yapılmış kesik koni şeklindedir. Alt çapı 20 cm, üst çapı 10 cm ve yüksekliği 30 cm 'dir. Ayrıca üst kısmında da koniyi deneme esnasında tutup yukarı çekmek için iki tane kulp vardır. Kalıbın tabanı ve üst yüzeyi açık olup, bu yüzeyler birbirlerine paralel ve koni eksenine tam dikeydir.

Doldurma hunisi : Çökme hunisi üzerine oturtulur ve betonun çökme hunisine yerleşirken taşmamasını sağlar.

Şişleme çubuğu : 600 mm boyunda, 16 mm çapında ucu yuvarlatılmış çelik çubuk kullanılmıştır.



Şekil 2.4. Çökme Deneyinde Kullanılan Çökme ve VeBe Deney Aleti

2.3.1.2.2. Çökme Deneyinin Yapılışı

Deney numunesi betonu temsil edecek şekilde harmandan alınmıştır. Kesik koni VeBe aletinin ortasına oturtulmuş ve kesik koninin üst kısmına doldurma hunisi yerleştirilmiştir. Kesik koni yaklaşık $1/3$ 'üne kadar taze beton numunesi ile doldurulmuş (yaklaşık 7 cm yüksekliğinde) ve 25 defa şişlenerek sıkıştırılmıştır. Aynı işlem geriye kalan 2 tabaka için de tekrarlanmıştır. Çökme hunisi üst yüzeyindeki beton şişleme çubuğu ile sıyrılarak tesviye edilip ve mala ile düzeltilmiştir. Kesik koni düşey doğrultusunda çekilerek çıkartılmış ve çökme miktarı aletin üstündeki cetvel ile ölçülmüştür.

2.3.1.3. VeBe Deneyi

Çökme deneyinde çökme miktarı fazla olan bir betonun işlenebilme özelliği bakımından durumunun iyi olduğu kabul edilir. Ancak bu beton vibrasyonla yerleştirmeye genellikle elverişli değildir. Bu durum çökme deneyi esnasında betonun yerleştirme

işlemine maruz kalmamasından ileri gelmektedir. Yani betonun işlenebilirlik miktarına kara verirken çökme deneyi yeterli olmamakta Ve Be deneyine de ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3.1.3.1. VeBe Deneyinde Kullanılan Aletler

Vibrasyon masası : Standart bir şekilde titreşim verir.

Numune kabı : Silindirik biçiminde (24 cm çapında) (20 cm yüksekliğinde)

Plastik Disk

Kronometre

2.3.1.3.2. VeBe Deneyinin Yapılışı

Silindirik numune kabı içinde çökme deneyi sonunda kalan betonla VeBe deneyine devam edilmiştir. Beton üzerine çökme hunisinin şeklini muhafaza eden ve kendi ağırlığı ile betona oturan plastik disk yerleştirilmiştir. Vibrasyon masası çalıştırılarak beton titreşime tabi tutulmuş, vibrasyon etkisiyle akışkanlaşan beton, disk taşıyamayacağı için disk kendi ağırlığıyla oturmaya başlamıştır. Böylece beton silindirik şeklindeki kap içerisinde yayılmaya başlamıştır. Betonun bu kalıbın içinde tamamen yayılması ile beton içerisindeki suyun plastik disk yüzeyine çıkmıştır. Suyun çıkışı için geçen süre (t) kronometre vasıtasıyla sn. cinsinden saptanmıştır

2.3.1. 4. Hava Miktarı Tayini Deneyi

Betonda hava miktarı, betondaki kapalı agrega boşlukları haricinde mevcut hava hacminin beton hacmine oranının yüzde olarak ifadesidir.

Havaölçer aleti basınç metoduna göre beton içerisindeki hava miktarını ölçülmüştür.

2.3.1.4.1. Basınç Yöntemiyle Hava Miktarı Tayini Deneyinde Kullanılan Alet

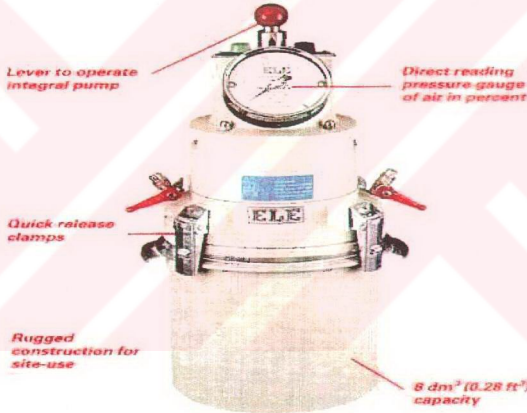
Hava Ölçme Cihazı : Ölçme kabı ve bir kapak düzeninden oluşur. Bu aletin çalışma esası gazlardaki BOYLE MARIOTTE kanununa dayanmaktadır. Belirli bir ilk basınç altındaki bir miktar hava ,taze beton ile dolu bir kaba sevk edilerek betondaki hava boşluklarını sıkıştırarak şekilde genişlemesine müsaade edilir .Basıncıdaki azalma ,betondaki hava boşlukları yüzdesini gösterir.Bu yüzde göstergeden doğrudan doğruya okunur. Yani, belirli bir basınç altında kapalı bir hava hücresinde bulunan belirli bir hava hacminin beton numunesindeki bilinmeyen hava hacmi ile dengelenmesini kapsar. Manometre kadranı dengeyi sağlayan basıncı beton numunesindeki hava yüzdesi

cinsinden verecek şekilde kalibre edilmiş olduğundan hava miktarı doğrudan doğruya tayin edilmiş olur.

Ölçme Kabı : Flaşlı silindirik bir kaptır. Sert bir metalden yapılmış olup çimento hamurunun kimyasal etkilerine mukavemetlidir. Genleşme ve ezilmeye karşı yeter rijitliktedir. Kapasitesi yaklaşık 8 litre olup üst yüzeyi tamamıyla düzgün ve hiçbir basınç kaybı olmayacak şekilde sıkıca kapatılabilmektedir. Kabin iç hacmi pürüzsüz ve kaygandır.

Kapak Düzeni : Ölçme kabının benzeri metalinden yapılmış , rijit, basınç sızdırmayacak bir sistem meydana getirecek şekilde imal edilmiş , iç yüzeyi pürüzsüz ve kaygandır. Kapak düzeninde hava miktarının doğrudan doğruya okunmasını sağlayacak bir tertibat vardır ve gerektireceği hava doldurma ve boşaltma muslukları ile suyun ilave veya boşaltılacağı musluklar bulunur.

Şekil 2.5.' de hava ölçme cihazı ölçme kabı ve kapak düzeni ile birlikte verilmiştir.



Şekil 2.5. Hava Ölçme Cihazı, Ölçme Kabı ve Kapak Düzeni

2.3.1.4.2. Hava Miktarı Tayini Deneyinin Yapılışı

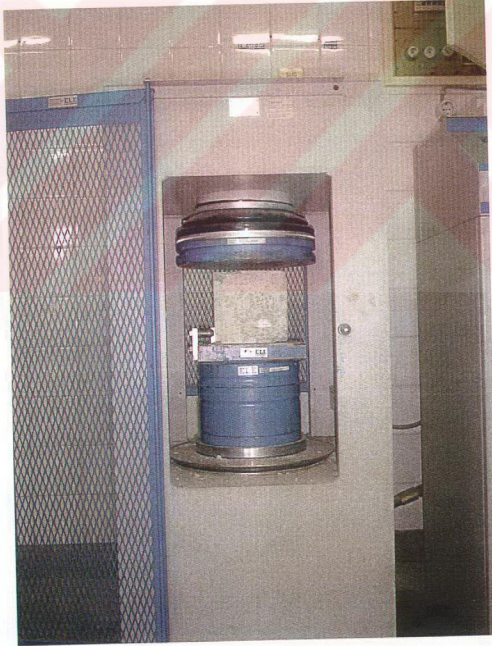
Deney numunesi eşit tabakalar halinde ölçme kabı içerisine yerleştirilmiş ve her tabaka şişleme yöntemi ile sıkıştırılmıştır. Sonra mala ile kap yüzeyi üzerinde boydan boy hareket ettirilerek kabın tam dolu ve beton yüzeyinin düzgün olması sağlanmıştır.

Kapak üzerindeki basınç ibresi deneye başlamadan önce 100 çizgisindedir. Kap üzerindeki kapak oturma yeri iyice temizlendikten sonra kapak yerleştirilmiş ve kilitlenmiştir. Hava hücresi ile ölçme kabı arasındaki ana hava boşluğu kapatılmış ve kapaktaki iki boşaltma musluğu açılmıştır. Plastik bir hortum vasıtası ile cihaza su

ilave edilmiştir. Bu işleme çıkış musluğundan temiz su çıkıncaya kadar devam edilmiş ve cihaz hafifçe sarsılarak havanın tamamen bu musluktan dışarı çıkması sağlanmıştır. Hava boşaltma musluğu kapatıldıktan sonra hava hücresine manometre göstergesi ilk basınç çizgisine gelinceye kadar hava pompalanmıştır. Kaba basınç tatbik edilir ve göstergedeki ibrenin hareketi tamamen duruncaya kadar beklenir. Okunan değer % olarak betondaki hava miktarını gösterir.

2.3.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Üretilen betonların basınç dayanımlarının belirlenmesi amacı ile $15*15*15 \text{ cm}^3$ küp numuneler alınmış ve basınç dayanımı deneyleri tarihine kadar yaklaşık 18°C sıcaklıkta kirece doymun kür havuzunda ve yaklaşık $\%60 \pm \%5$ nem oranına sahip laboratuvar koşullarında bekletilmiştir. Basınç dayanımı deneyine tabi tutulacak beton serilerinden herbiri için 9 küp numune alınmıştır. Numunulaer 7, 28, 56. cı günlerde basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Herbir yaş için 3' er adet numune üzerinde basınç dayanımı deneyleri yapılmış üç numunenin basınç dayanımı olarak ortalaması alınmıştır.



Şekil 2.6..Basınç Mukavemetini Ölçen Test Cihazı

BÖLÜM 3

BULGULAR

Bu bölümde deney sonuçları tabolar halinde verilerek sonuçlarının grafik olarak ifadeleri sunulmuştur.

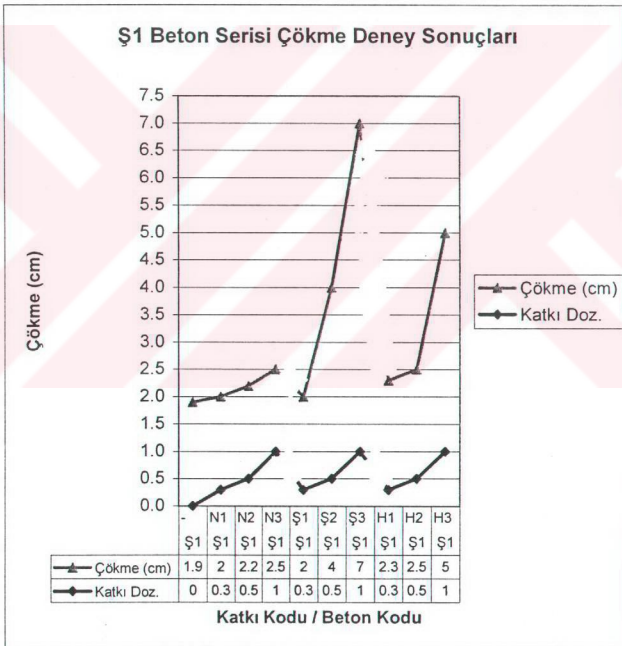
3.1. Taze Beton Deneyleri Sonuçları

Tablo 3.1. Taze Beton Deneyi Sonuçları

Beton Kodu	Katkı Kodu	Birim Ağırlık(kg/m3)	Hava (%)	Kompazite (m3/m3)	Çökme (cm)	VeBe (sn)
Ş1	-	2300	2.4	0.768	1.9	10
Ş1	N1	2304	2.4	0.769	2	10
Ş1	N2	2306	2.4	0.770	2.2	9
Ş1	N3	2305	2.3	0.769	2.5	9
Ş1	Ş1	2303	2.4	0.769	2	10
Ş1	Ş2	2305	2.1	0.769	4	7
Ş1	Ş3	2307	1.8	0.770	7	5
Ş1	H1	2307	2.4	0.770	2.3	10
Ş1	H2	2308	2.3	0.770	2.5	9
Ş1	H3	2310	2.0	0.771	5	6
Ş2	-	2276	2.4	0.751	2.7	9
Ş2	N1	2272	2.4	0.750	3	8
Ş2	N2	2272	2.4	0.750	3	8
Ş2	N3	2278	2.3	0.752	4.5	6
Ş2	Ş1	2272	2.0	0.750	7	5
Ş2	Ş2	2274	2.0	0.751	7.5	4
Ş2	Ş3	2280	1.5	0.753	15	2
Ş2	H1	2273	1.4	0.751	14	3
Ş2	H2	2275	1.5	0.751	15.5	1.5
Ş2	H3	2283	1.2	0.754	22	1
Ş3	-	2250	2.3	0.735	4.8	7
Ş3	N1	2236	2.3	0.730	5	7
Ş3	N2	2242	2.1	0.733	5.5	7
Ş3	N3	2257	1.6	0.738	15	1.5
Ş3	Ş1	2233	1.7	0.731	14	2
Ş3	Ş2	2243	1.6	0.733	14.5	2
Ş3	Ş3	2259	1.6	0.738	15	1.5
Ş3	H1	2253	1.9	0.736	13	1.5
Ş3	H2	2257	1.6	0.738	14.5	2
Ş3	H3	2259	1.5	0.738	22	1

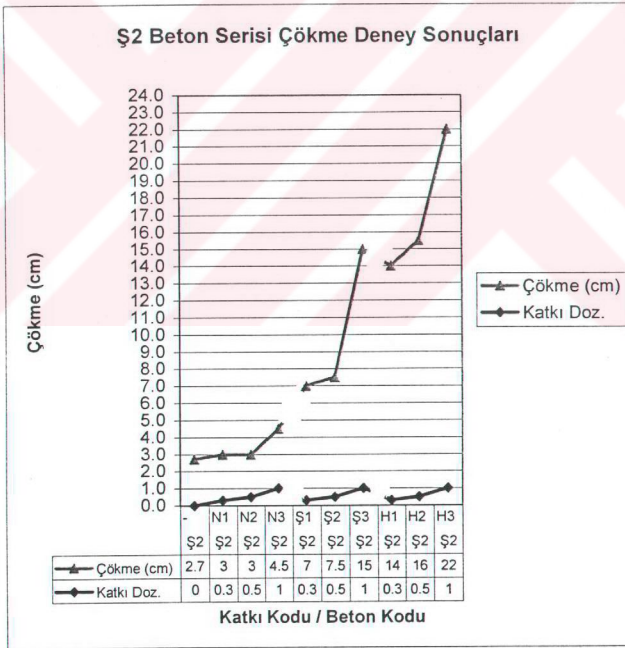
Tablo 3.2. Ş1($s/\phi=0.52$) Beton Serisi Çökme Deneyi Sonuçları

Beton Kodu	Katkı Kodu	Çökme (cm)
Ş1	-	1.9
Ş1	Ş1	2
Ş1	Ş2	2.2
Ş1	Ş3	2.5
Ş1	Ş1	2
Ş1	Ş2	4
Ş1	Ş3	7
Ş1	H1	2.3
Ş1	H2	2.5
Ş1	H3	5

Şekil 3.1. Ş1 ($s/\phi=0.52$) Beton Serisi Katkı Yüzdesi ile Çökme Miktarının Değişimi

Tablo 3.3. Ş2 (s/ç=0.56) Beton Serisi Çökme Deneyi Sonuçları

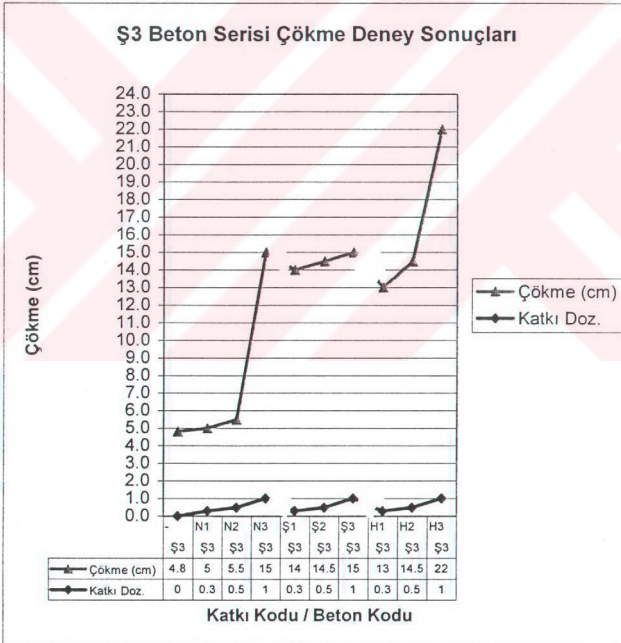
Beton Kodu	Katkı Kodu	Çökme (cm)
Ş2		2.7
Ş2	N1	3
Ş2	N2	3
Ş2	N3	4.5
Ş2	Ş1	7
Ş2	Ş2	7.5
Ş2	Ş3	15
Ş2	H1	14
Ş2	H2	15.5
Ş2	H3	22



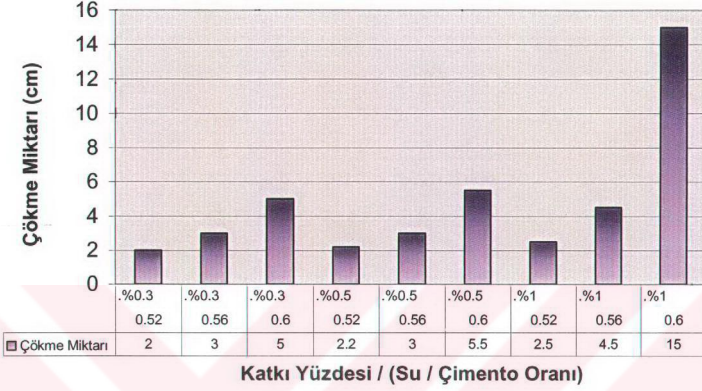
Şekil 3.2. Ş2 (s/ç=0.56) Beton Serisi Katkı Yüzdesi ile Çökme Miktarının Değişimi

Tablo 3.4. Ş3($s/\phi=0.60$) Beton Serisi Çökme Deneyi Sonuçları

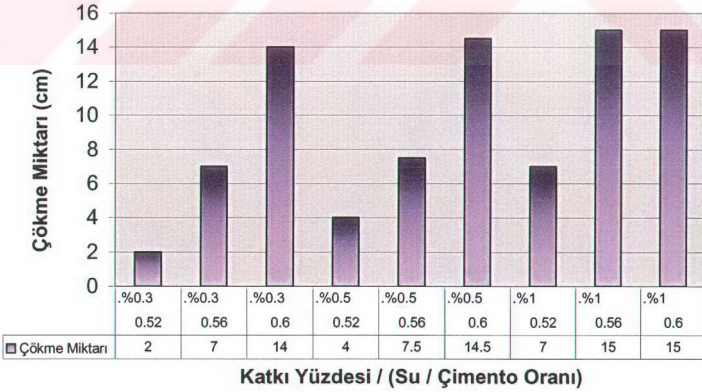
Beton Kodu	Katkı Kodu	Çökme (cm)
Ş3	-	4.8
Ş3	N1	5
Ş3	N2	5.5
Ş3	N3	15
Ş3	Ş1	14
Ş3	Ş2	14.5
Ş3	Ş3	15
Ş3	H1	13
Ş3	H2	14.5
Ş3	H3	22

Şekil 3.3. Ş3 ($s/\phi=0.60$) Beton Serisi Katkı Yüzdesi ile Çökme Miktarının Değişimi

**Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı Katkının (N Kodlu)
0.52 / 0.56 / 0.60 su/çimento Oranlarındaki Çökme Miktarları**

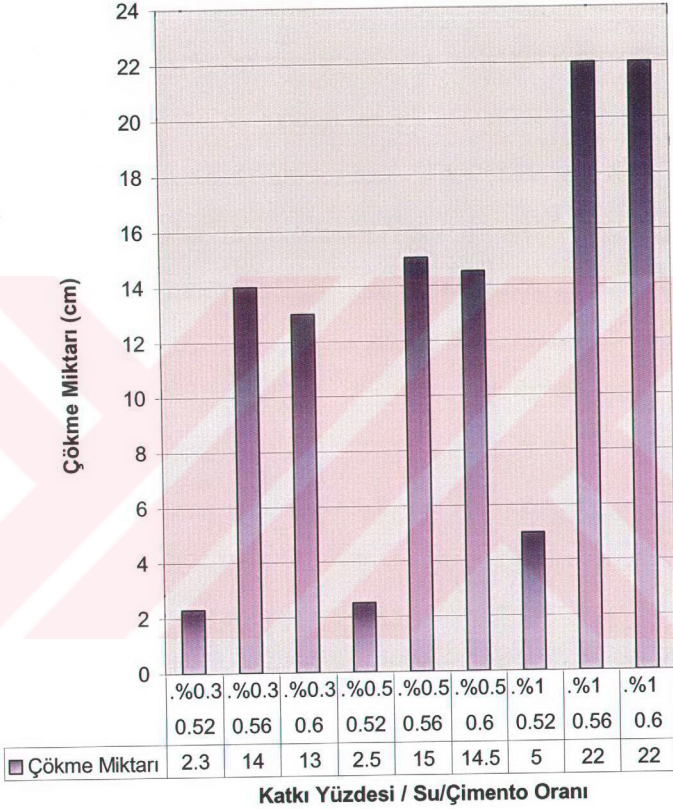


Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı Katkının (Ş Kodlu) 0.52 / 0.56 / 0.60 su/çimento Oranlarındaki Çökme Miktarları



Şekil 3.4. Sabit Su/Çimento Oranlarında Aynı Katkı Yüzdelerindeki Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Betonların Çökme Miktarları

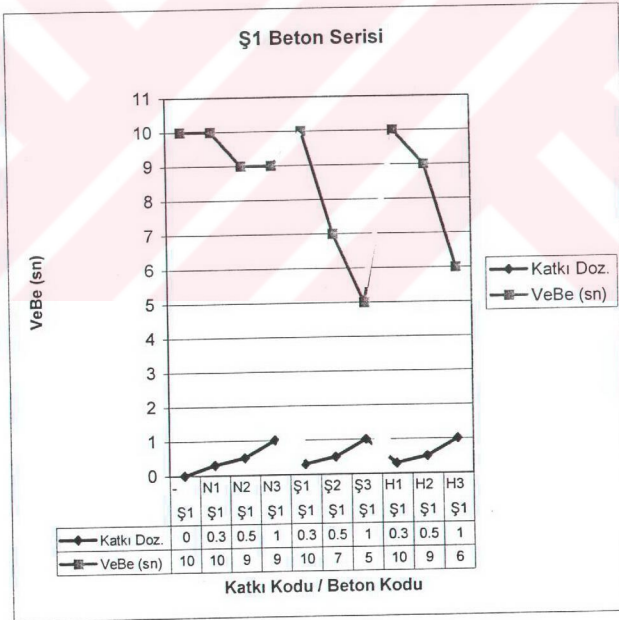
Hiperakışkanlaştırıcı Katkının (H Kodlu) 0.52 / 0.56 / 0.60 su/çimento Oranlarındaki Çökme Miktarları



Şekil 3.5. Sabit Su/Çimento Oranlarında Aynı Katkı Yüzdelerindeki Hiperakışkanlaştırıcı Katkılı Betonların Çökme Miktarları

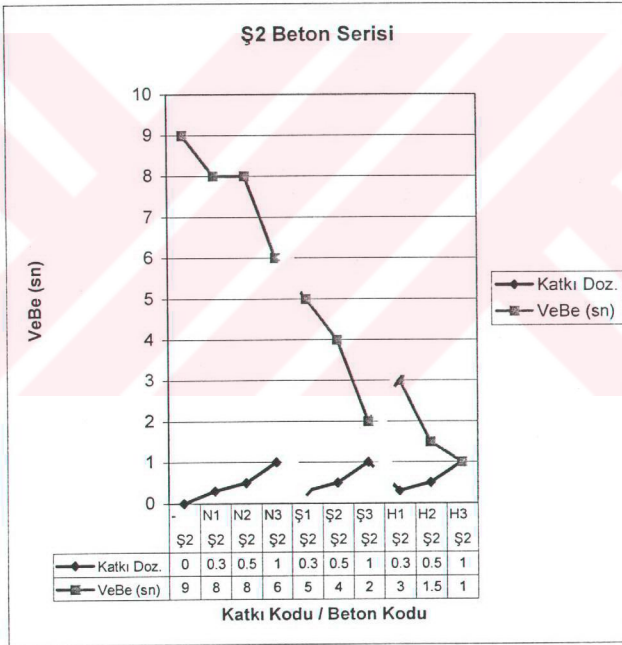
Tablo 3.5. $\text{\text{Ş}1}(\text{s}/\text{ç}=0.52)$ Beton Serisi *VeBe* Deneyi Sonuçları

Beton Kodu	Katkı Kodu	VeBe (sn)
$\text{\text{Ş}1}$	-	10
$\text{\text{Ş}1}$	$\text{\text{Ş}1}$	10
$\text{\text{Ş}1}$	$\text{\text{Ş}2}$	9
$\text{\text{Ş}1}$	$\text{\text{Ş}3}$	9
$\text{\text{Ş}1}$	$\text{\text{Ş}1}$	10
$\text{\text{Ş}1}$	$\text{\text{Ş}2}$	7
$\text{\text{Ş}1}$	$\text{\text{Ş}3}$	5
$\text{\text{Ş}1}$	H1	10
$\text{\text{Ş}1}$	H2	9
$\text{\text{Ş}1}$	H3	6

Şekil 3.6. $\text{\text{Ş}1}(\text{s}/\text{ç}=0.52)$ Beton Serisi Katkı Yüzdesi ile *VeBe* Değeri Değişimi

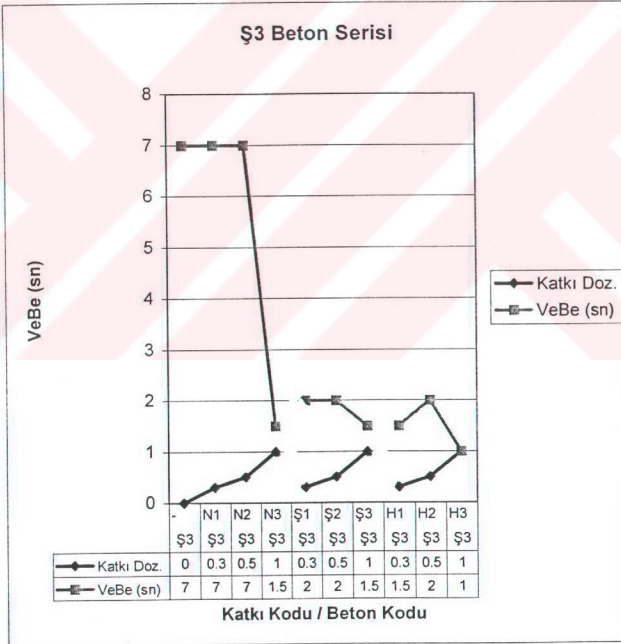
Tablo 3.6. Ş2 ($s/\zeta=0.56$) Beton Serisi VeBe Deneyi Sonuçları

Beton Kodu	Katkı Kodu	VeBe (sn)
Ş2	-	9
Ş2	Ş1	8
Ş2	Ş2	8
Ş2	Ş3	6
Ş2	Ş1	5
Ş2	Ş2	4
Ş2	Ş3	2
Ş2	H1	3
Ş2	H2	1.5
Ş2	H3	1

Şekil 3.7. Ş2 ($s/\zeta=0.56$) Beton Serisi Katkı Yüzdesi ile VeBe Değeri Değişimi

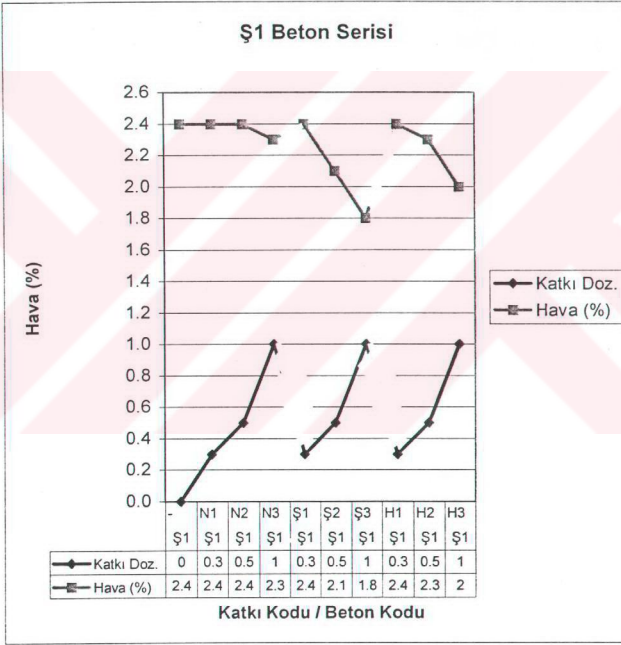
Tablo 3.7. Ş3 ($s/\zeta=0.60$) Beton Serisi VeBe Deneyi Sonuçları

Beton Kodu	Katkı Kodu	VeBe(sn)
Ş3	-	7
Ş3	N1	7
Ş3	N2	7
Ş3	N3	1.5
Ş3	Ş1	2
Ş3	Ş2	2
Ş3	Ş3	1.5
Ş3	H1	1.5
Ş3	H2	2
Ş3	H3	1

Şekil 3.8. Ş3($s/\zeta=0.60$) Beton Serisi Katkı Yüzdesi ile VeBe Değeri Değişimi

Tablo 3.8. Ş1 (s/ç=0.52) Beton Serisi Hava (%) Miktarı Deney Sonuçları

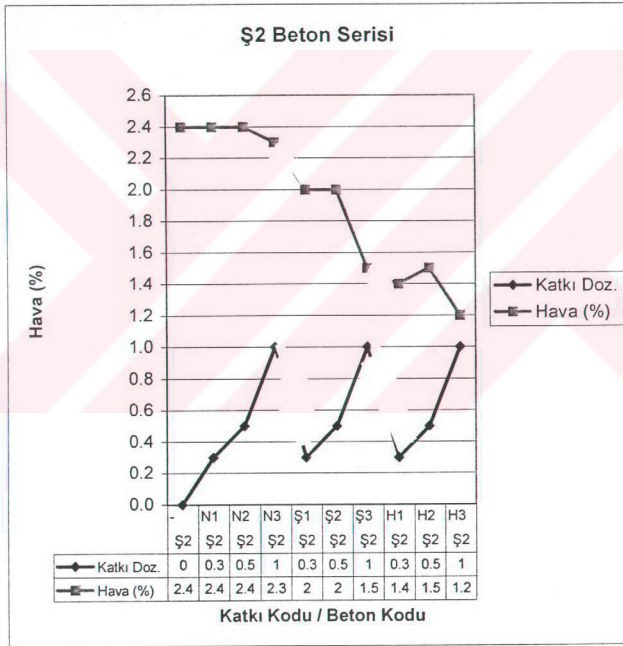
Beton Kodu	Katkı Kodu	Hava (%)
Ş1	-	2.4
Ş1	Ş1	2.4
Ş1	Ş2	2.4
Ş1	Ş3	2.3
Ş1	Ş1	2.4
Ş1	Ş2	2.1
Ş1	Ş3	1.8
Ş1	H1	2.4
Ş1	H2	2.3
Ş1	H3	2.0



Şekil 3.9. Ş1(s/ç=0.52) Beton Serisi Katkı Yüzdesi ile Hava % desinin Değişimi

Tablo 3.9. Ş2 (s/ç=0.56) Beton Serisi Hava (%) Miktarı Deney Sonuçları

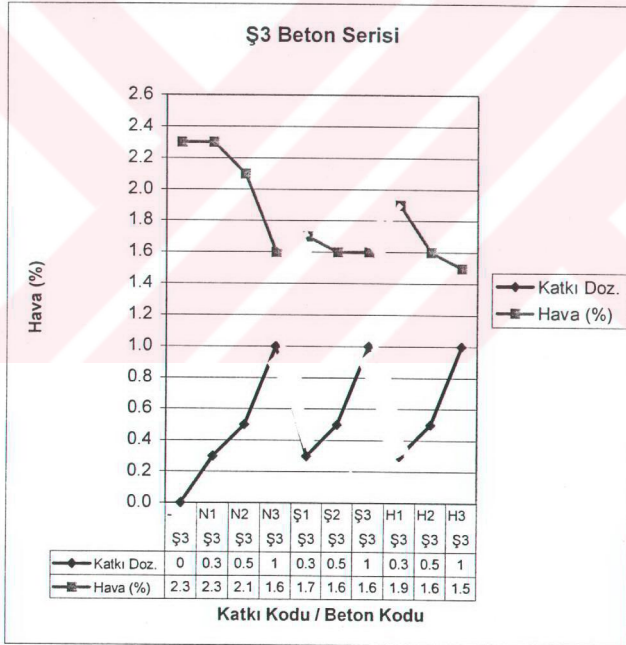
Beton Kodu	Katkı Kodu	Hava (%)
Ş2	-	2.4
Ş2	Ş1	2.4
Ş2	Ş2	2.4
Ş2	Ş3	2.3
Ş2	Ş1	2.0
Ş2	Ş2	2.0
Ş2	Ş3	1.5
Ş2	H1	1.4
Ş2	H2	1.5
Ş2	H3	1.2



Şekil 3.10. Ş2 (s/ç=0.56) Beton Serisi Katkı Yüzdesi ile Hava % desinin Değişimi

Tablo 3.10. Ş3 (s/ç=0.60) Beton Serisi Hava (%) Miktarı Deney Sonuçları

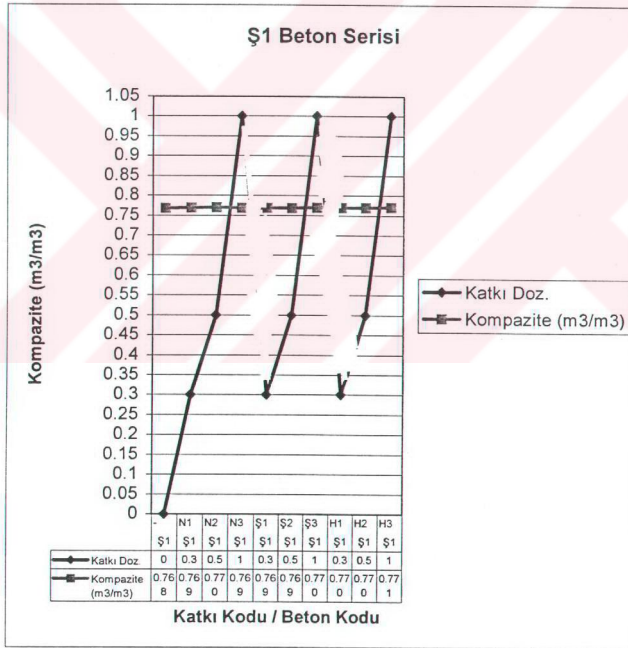
Beton Kodu	Katkı Kodu	Hava (%)
Ş3	-	2.3
Ş3	Ş1	2.3
Ş3	Ş2	2.1
Ş3	Ş3	1.6
Ş3	Ş1	1.7
Ş3	Ş2	1.6
Ş3	Ş3	1.6
Ş3	H1	1.9
Ş3	H2	1.6
Ş3	H3	1.5



Şekil 3.11. Ş3 (s/ç=0.60) Beton Serisi Priz Geciktiricili Katkı %'desi ile Hava %'desi Değişimi

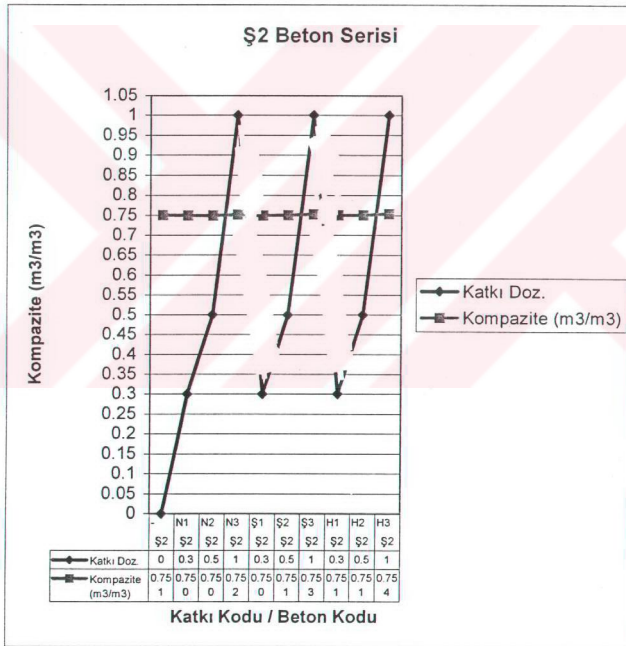
Tablo 3.11. $\$1(s/\phi=0.52)$ Beton Kompozite Değerleri

Beton Kodu	Katkı Kodu	Kompozite (m ³ /m ³)
\$1	-	0.768
\$1	N1	0.769
\$1	N2	0.770
\$1	N3	0.769
\$1	\$1	0.769
\$1	\$2	0.769
\$1	\$3	0.770
\$1	H1	0.770
\$1	H2	0.770
\$1	H3	0.771

Şekil 3.12. $\$1(s/\phi=0.52)$ Beton Serisi Priz Geciktiricili Katkı %'desi Kompozite Değeri Değişimi

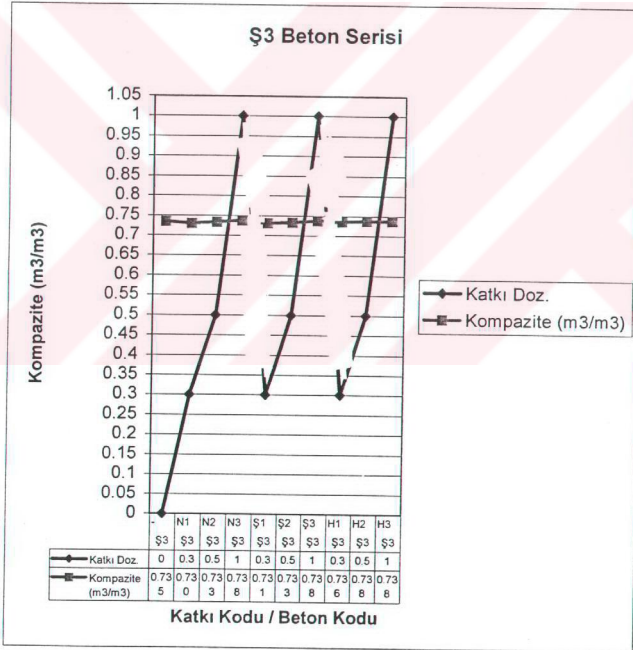
Tablo 3.12. Ş2 ($s/\zeta=0.56$) Beton Serisi Kompasite Değerleri

Beton Kodu	Katkı Kodu	Kompazite (m ³ /m ³)
Ş2		0.751
Ş2	N1	0.750
Ş2	N2	0.750
Ş2	N3	0.752
Ş2	Ş1	0.750
Ş2	Ş2	0.751
Ş2	Ş3	0.753
Ş2	H1	0.751
Ş2	H2	0.751
Ş2	H3	0.754

Şekil 3.13. Ş2 ($s/\zeta=0.56$) Beton Serisi Priz Geciktiricili Katkı %'desi ile Kompasite Değeri Değişimi

Tablo 3.13. Ş3 ($s/\phi=0.60$) Beton Serisi Kompozite Değerleri

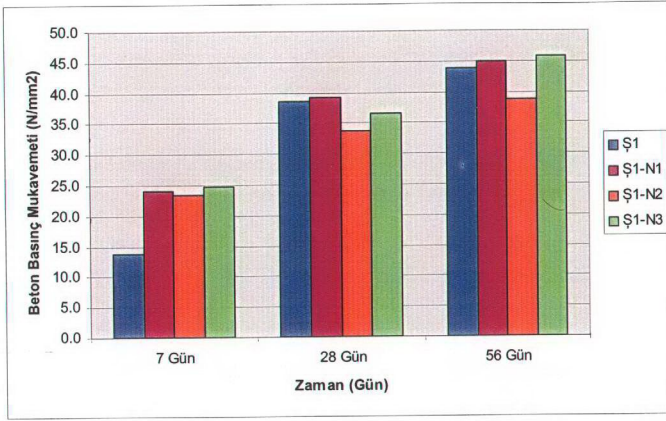
Beton Kodu	Katkı Kodu	Kompazite (m^3/m^3)
Ş3	-	0.735
Ş3	N1	0.730
Ş3	N2	0.733
Ş3	N3	0.738
Ş3	Ş1	0.731
Ş3	Ş2	0.733
Ş3	Ş3	0.738
Ş3	H1	0.736
Ş3	H2	0.738
Ş3	H3	0.738

Şekil 3.14. Ş3 ($s/\phi=0.60$) Beton Serisi Priz Geciktiricili Katkı %'desi ile Kompazite Değeri Değişimi

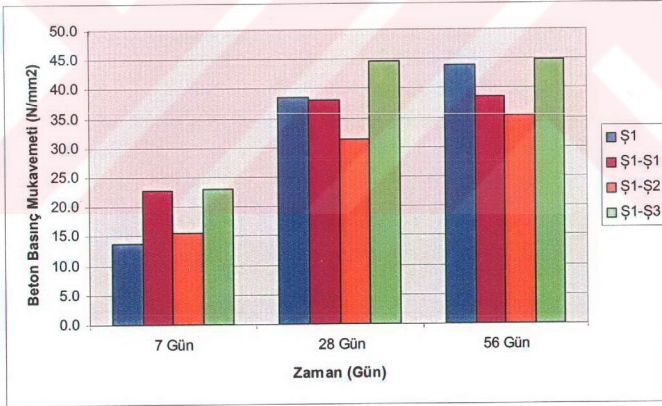
4.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri Sonuçları

Tablo 3.14. Beton Basınç Mukavemeti Değerleri

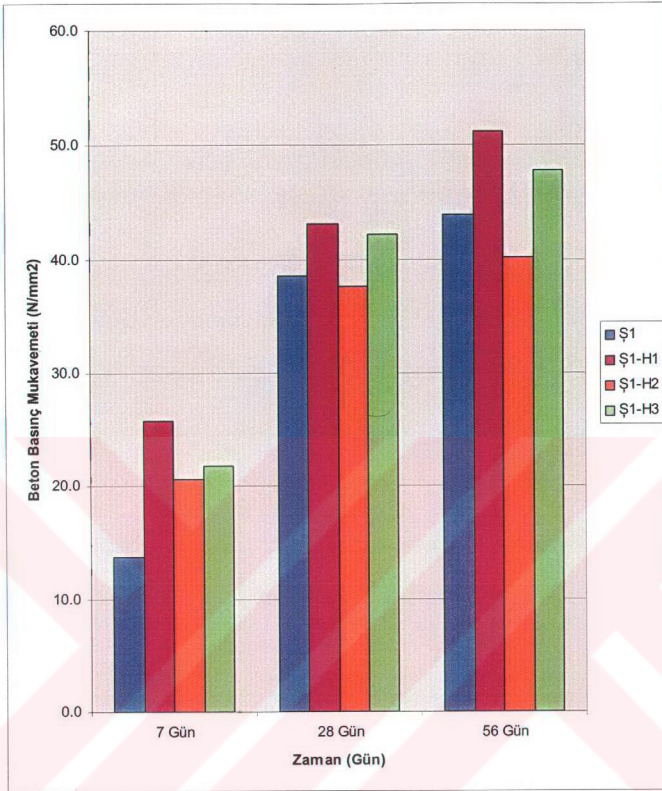
B.K.	K.K	Su/çimento	7(N/mm ²) GÜNLÜK	28 (N/mm ²) GÜNLÜK	56 (N/mm ²) GÜNLÜK
Ş1	-	0.52	13.7	38.5	43.9
Ş1	N1	0.52	24.2	39.3	44.9
Ş1	N2	0.52	23.5	33.7	38.8
Ş1	N3	0.52	24.9	36.6	45.9
Ş1	Ş1	0.52	22.7	38.1	38.6
Ş1	Ş2	0.52	15.5	31.2	35.4
Ş1	Ş3	0.52	23.0	44.5	44.9
Ş1	H1	0.52	25.8	43.1	51.2
Ş1	H2	0.52	20.7	37.6	40.2
Ş1	H3	0.52	21.8	42.2	47.8
Ş2	-	0.56	20.4	29.5	39.3
Ş2	N1	0.56	25.9	32.0	41.9
Ş2	N2	0.56	25.9	32.4	43.6
Ş2	N3	0.56	25.5	43.6	42.5
Ş2	Ş1	0.56	19.7	36.3	35.1
Ş2	Ş2	0.56	14.5	33.0	32.2
Ş2	Ş3	0.56	21.2	39.0	43.1
Ş2	H1	0.56	20.3	33.4	44.1
Ş2	H2	0.56	11.3	21.2	25.6
Ş2	H3	0.56	14.7	33.4	29.7
Ş3	-	0.60	15.5	30.9	34.8
Ş3	N1	0.60	17.4	31.1	40.5
Ş3	N2	0.60	14.7	30.9	35.5
Ş3	N3	0.60	16.0	33.2	39.0
Ş3	Ş1	0.60	16.0	24.6	31.2
Ş3	Ş2	0.60	17.2	30.7	36.4
Ş3	Ş3	0.60	10.1	20.9	36.0
Ş3	H1	0.60	15.9	26.4	37.3
Ş3	H2	0.60	18.4	31.3	34.4
Ş3	H3	0.60	33.4	33.6	40.1



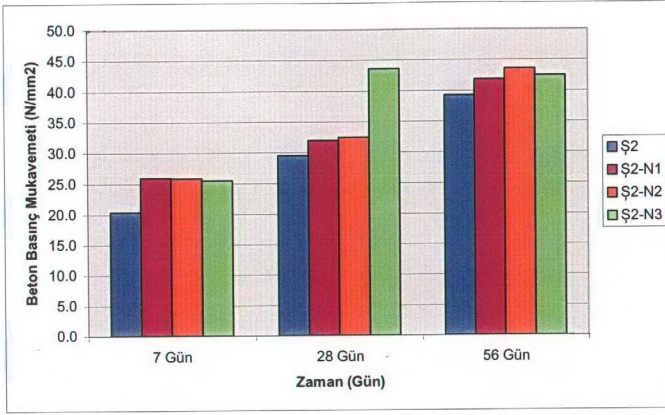
Şekil 3.15. Su/Çimento Oranı 0.52 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması



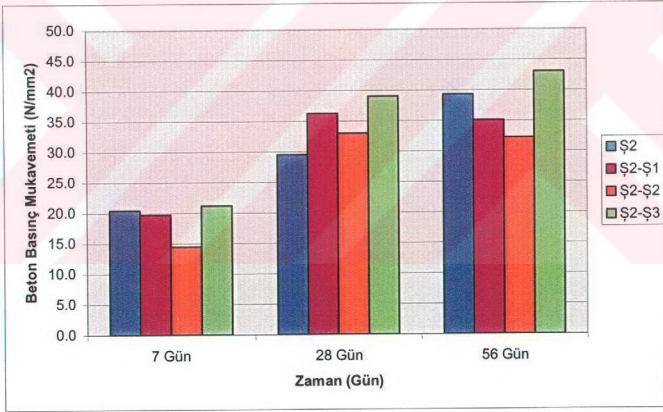
Şekil 3.16. Su/Çimento Oranı 0.52 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı (Ş Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması



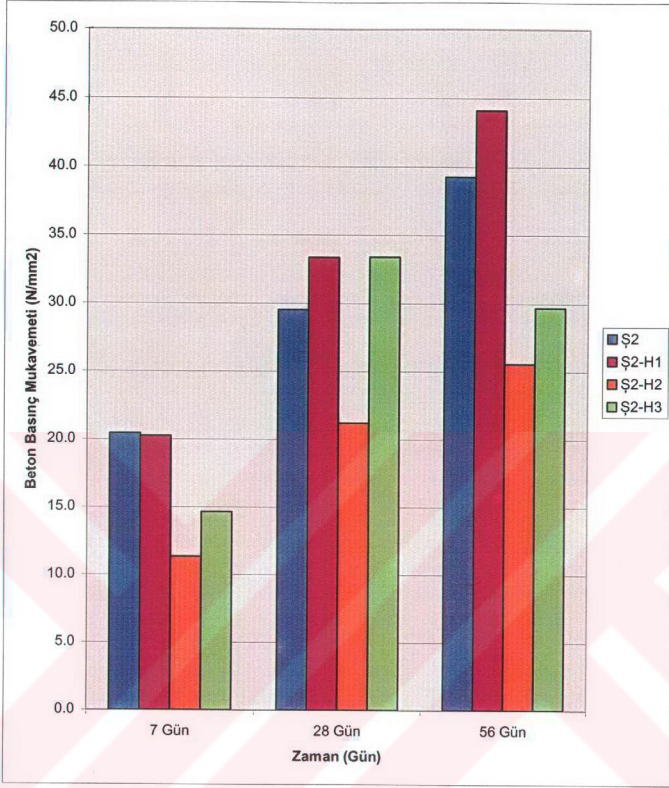
Şekil 3.17. Su/Çimento Oranı 0.52 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Hiperakışkanlaştırıcı (H Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması



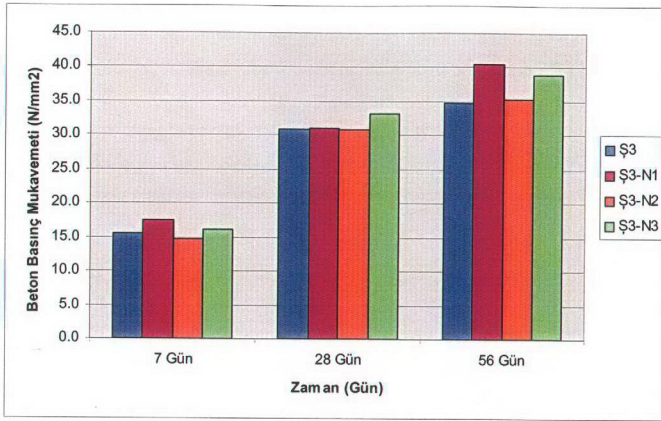
Şekil 3.18. Su/Çimento Oranı 0.56 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması



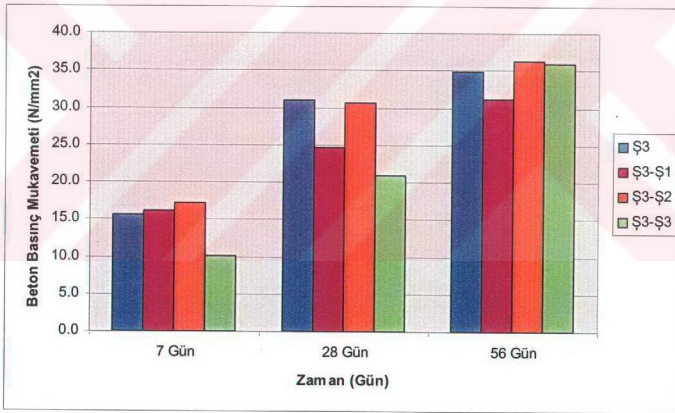
Şekil 3.19. Su/Çimento Oranı 0.56 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı (Ş Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması



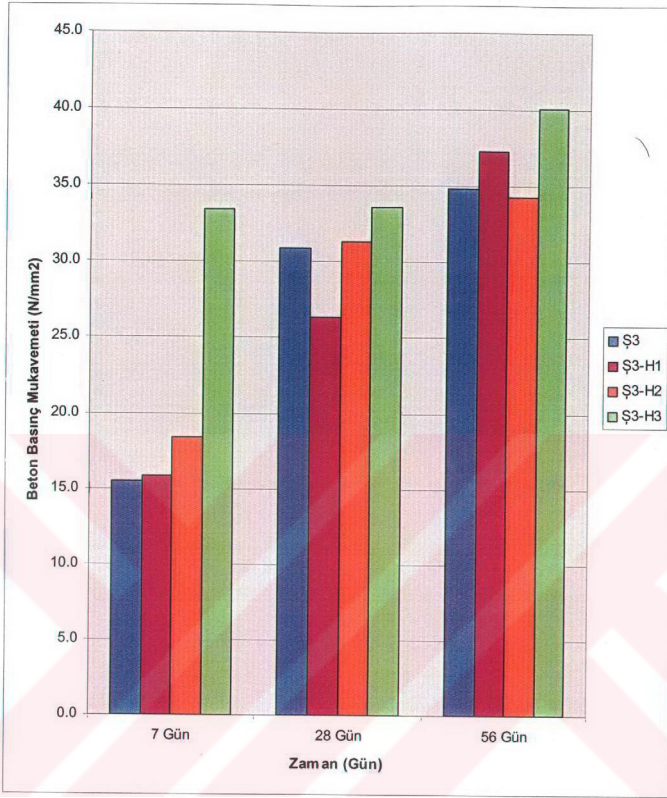
Şekil 3.20. Su/Çimento Oranı 0.56 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Hiperakışkanlaştırıcılı (H Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması



Şekil 3.21. Su/Çimento Oranı 0.60 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması



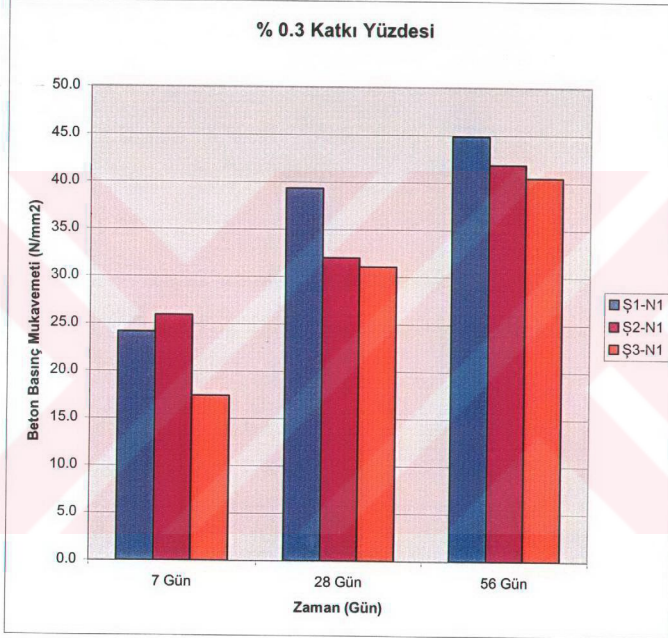
Şekil 3.22. Su/Çimento Oranı 0.60 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı (S Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması



Şekil 3.23. Su/Çimento Oranı 0.60 Olan Seride 0.3/0.5/1 Katkı Yüzdeli Hiperakışkanlaştırıcılı (H Kodlu) Betonların 7/28/56 Günlük Basınç Dayanımlarının Şahit Betonla Karşılaştırılması

Tablo 3.15. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.3) Basınç Dayanımları

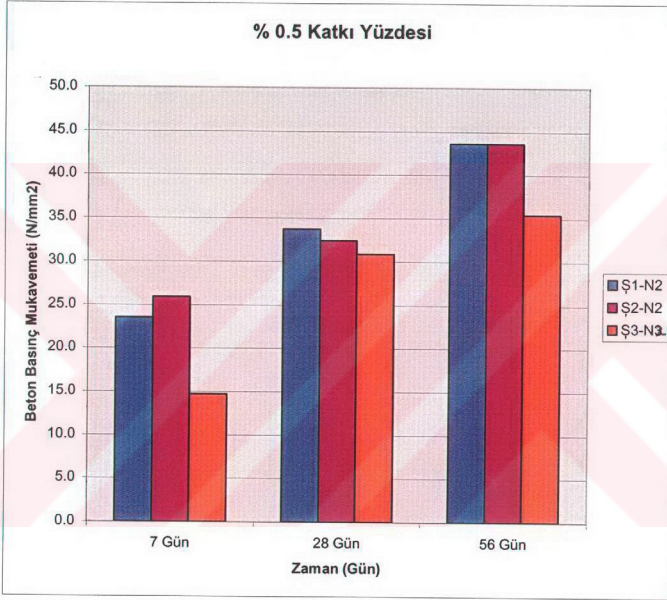
Ş1-N1	Ş2-N1	Ş3-N1	Gün
24.2	25.9	17.4	7 Gün
39.3	32.0	31.1	28 Gün
44.9	41.9	40.5	56 Gün



Şekil 3.24. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.3) Basınç Dayanımları Değişimi

Tablo 3.16. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.5) Basınç Dayanımları

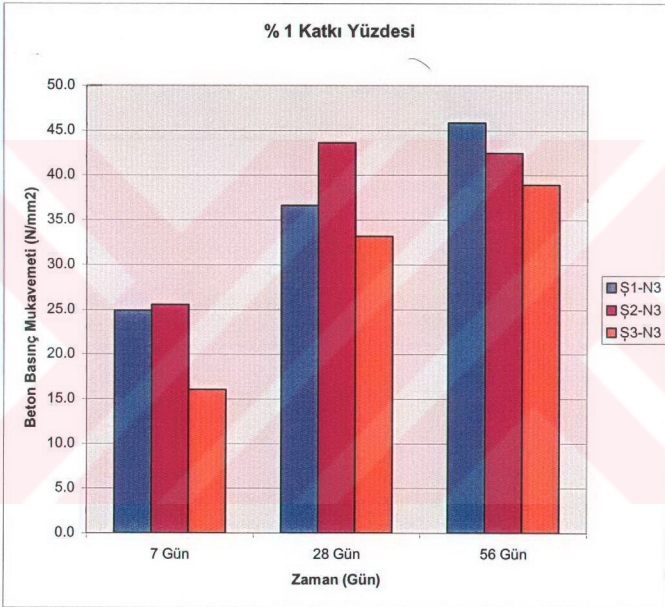
Ş1-N2	Ş2-N2	Ş3-N2	Gün
23.5	25.9	14.7	7 Gün
33.7	32.4	30.9	28 Gün
43.6	43.6	35.5	56 Gün



Şekil 3.25. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.5) Basınç Dayanımları Değişimi

Tablo 3.17. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdelerindeki (% 1) Basınç Dayanımları

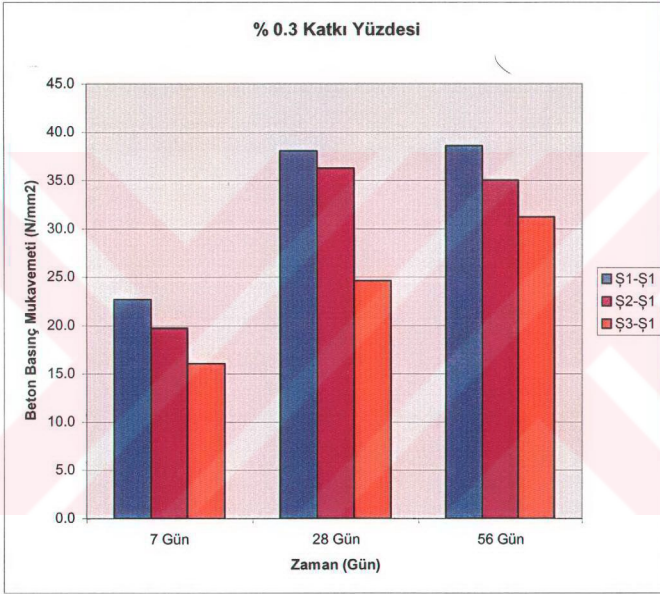
Ş1-N3	Ş2-N3	Ş3-N3	Gün
24.9	25.5	16.1	7 Gün
36.6	43.6	33.2	28 Gün
45.9	42.5	39.0	56 Gün



Şekil 3.26. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (N Kodlu Priz Geciktiricili Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdelerindeki (% 1) Basınç Dayanımları Değişimi

Tablo 3.18. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı ($\text{\text{S}}$ Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.3) Basınç Dayanımları

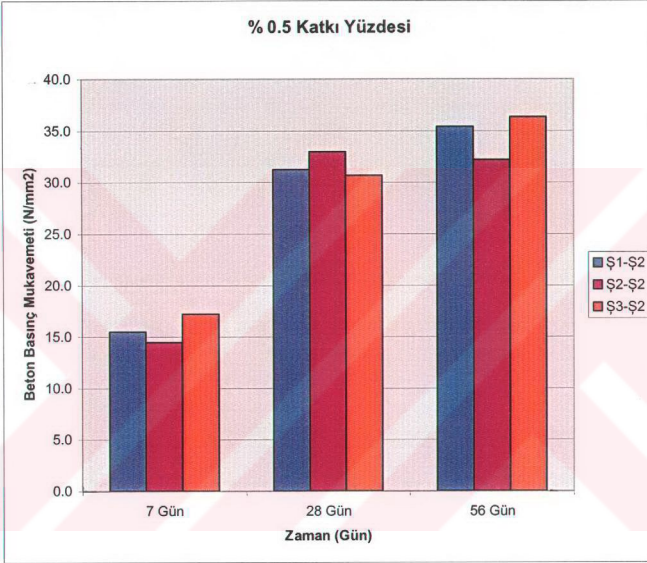
$\text{\text{S1-S1}}$	$\text{\text{S2-S1}}$	$\text{\text{S3-S1}}$	Gün
22.7	19.7	16.0	7 Gün
38.1	36.3	24.6	28 Gün
38.6	35.1	31.2	56 Gün



Şekil 3.27. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı ($\text{\text{S}}$ Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.3) Basınç Dayanımları Değişimi

Tablo 3.19. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.5) Basınç Dayanımları

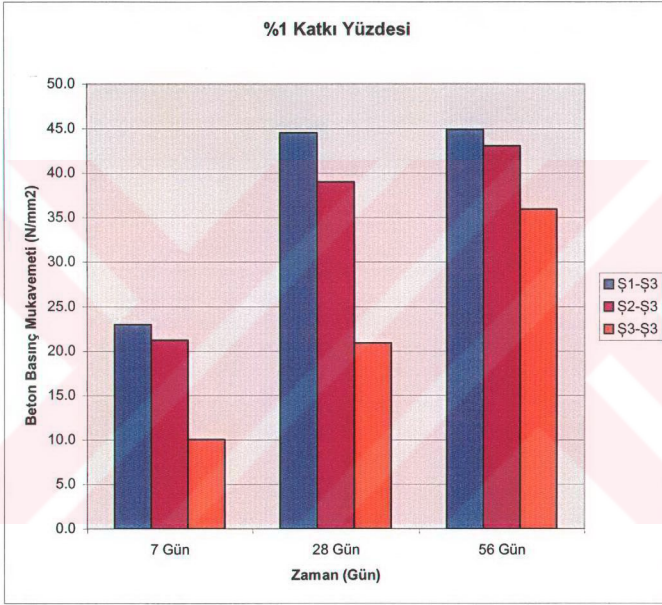
Ş1-Ş2	Ş2-Ş2	Ş3-Ş2	Gün
15.5	14.5	17.2	7 Gün
31.3	33.0	30.7	28 Gün
35.4	32.2	36.4	56 Gün



Şekil 3.28. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.5) Basınç Dayanımları Değişimi

Tablo 3.20. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (%1) Basınç Dayanımları

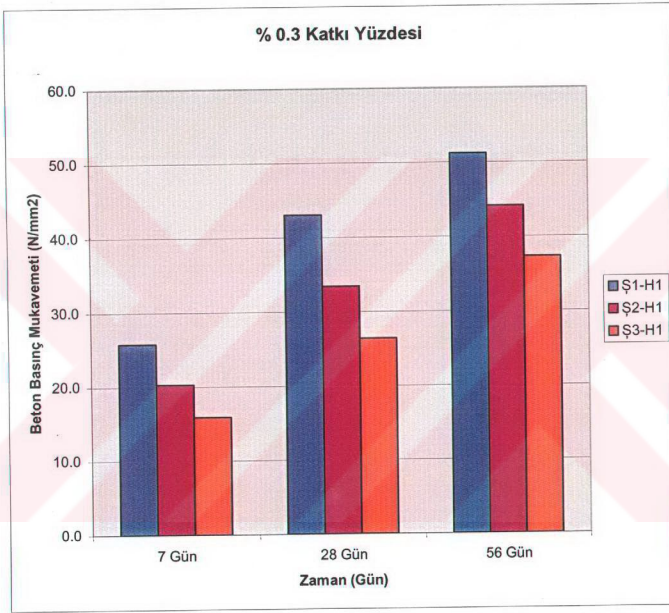
Ş1-Ş3	Ş2-Ş3	Ş3-Ş3	Gün
23.0	21.2	10.1	7 Gün
44.5	39.0	20.9	28 Gün
44.9	43.1	36.0	56 Gün



Şekil 3.29. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Süperakışkanlaştırıcı (Ş Kodlu Erken Dayanım Sağlayan Süperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (%1) Basınç Dayanımları Değişimi

Tablo 3.21. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Hiperakışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.3) Basınç Dayanımları

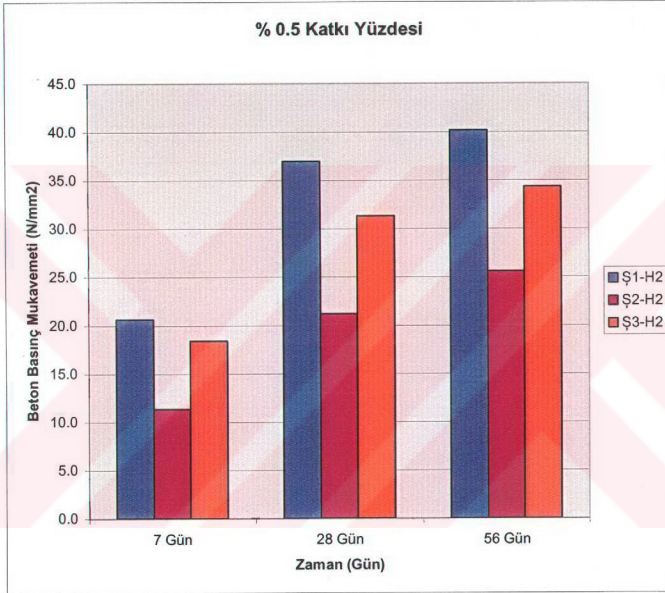
Ş1-H1	Ş2-H1	Ş3-H1	Gün
25.8	20.3	15.9	7 Gün
43.1	33.4	26.4	28 Gün
51.2	44.1	37.3	56 Gün



Şekil 3.30. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Hiperakışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.3) Basınç Dayanımları Değişimi

Tablo 3.22. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Hiperakışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.5) Basınç Dayanımları

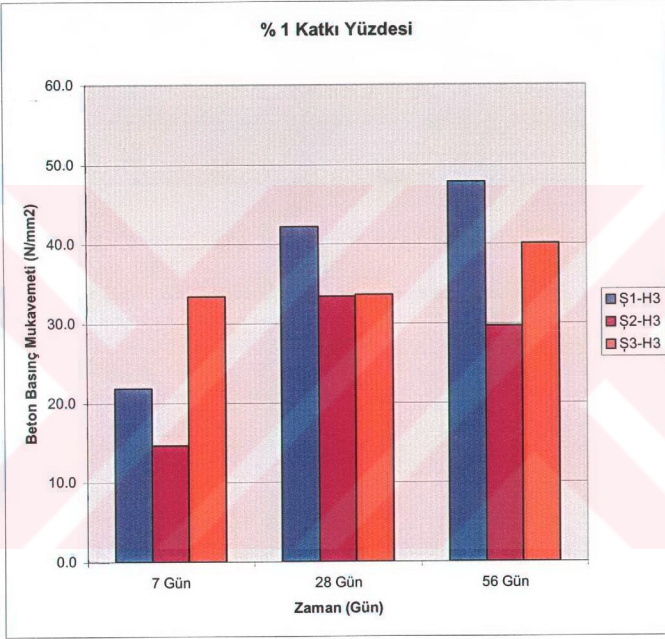
Ş1-H2	Ş2-H2	Ş3-H2	Gün
20.7	11.3	18.4	7 Gün
37.0	21.2	31.3	28 Gün
40.2	25.6	34.4	56 Gün



Şekil 3.31. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Hiperakışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (% 0.5) Basınç Dayanımları Değişimi

Tablo 3.23. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Hiperakışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (%1) Basınç Dayanımları

Ş1-H3	Ş2-H3	Ş3-H3	Gün
21.8	14.7	33.4	7 Gün
42.2	33.4	33.6	28 Gün
47.8	29.7	40.1	56 Gün



Şekil 3.32. Farklı Su/Çimento Oranlarında (0.52/0.56/0.60) Aynı Hiperakışkanlaştırıcının (H Kodlu Hiperakışkanlaştırıcı) Betonların Sabit Katkı Yüzdesindeki (%1) Basınç Dayanımları Değişimi

BÖLÜM 4

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı katkı betonlarda, farklı kimyasal yapıda ve oranlarda akışkanlaştırıcıların beton performansına etkileri deney sonuçlarına göre aşağıda değerlendirilmiştir.

4.1. TAZE BETON DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1.1. Çökme Deneyi Sonuçları

- 0.52, 0.56, 0.60 oranlarında üretilen şahit betonların çökme miktarı kıyaslandığında, su/çimento oranı arttıkça çökme miktarı da sırası ile 1.9, 2.7, 4.8 değerleri almıştır. En düşük su/çimento (0.52) oranlı şahit betonu referans olarak alıp diğer katkısız betonların çökme miktarı ile kıyaslırsak su/çimento oranında yapılan yaklaşık % 7.7'lik artış çökme miktarını yaklaşık 1.4 kat, yaklaşık %15.4'lük artış yaklaşık 2.5 kat arttırmıştır.
- Su/çimento oranı 0.52 olan seride en fazla çökme değeri erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcının % 1 oranında kullanılması durumunda sağlanmıştır. Katkısız betonda 1.9 olan çökme değeri 7 cm olmuş ve 3.7 kat artarak bu serideki en büyük çökme değerini almıştır.

Katkı %' desini ile çökme miktarlarındaki değişim incelendiğinde, katkı %' desinin % 0.3'den % 0.5' e çıkartılması ile priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcılarda (N Kodlu) çökme miktarı 1.1 kat, erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcılarda (Ş Kodlu) 2 kat, hiperakışkanlaştırıcılar da ise 1.08 kat artmıştır. Katkı %' desinin %0.5'den % 1'e çıkartılması ile çökme miktarındaki artışlar aynı sıra ile 1.25 kat, 3.5 kat, 2.17 kat olmuştur. Bu sonuçlara bakarak düşük su/çimento oranlı bu seri için çökme miktarına en fazla etkiyi erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcı (Ş Kodlu), en az etkiyi ise priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcılarda (N Kodlu) göstermiştir.

- Su/çimento oranı 0.56 olan seride çökme değerlerindeki artışı sırası ile priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcı katkı beton, erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı betonlar göstermiştir. Bu serideki en büyük çökme değerini hiperakışkanlaştırıcı katkı kullanılan, en düşük çökme değerini de priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılan beton vermiştir. Şahit betonda 2.7 cm olan çökme değeri hiperakışkanlaştırıcı katkının % 1 kullanılması ile 22 cm' e kadar çıkmış böylece çökme miktarında 8 kattan fazla artış sağlanmıştır.

Katkı %' desini ile çökme miktarlarındaki değişim incelendiğinde, katkı %' desinin % 0.3'den % 0.5' e çıkartılması ile priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcılarda (N Kodlu) çökme miktarı değişmemiş, erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcılarda (Ş Kodlu) 1.07 kat, hiperakışkanlaştırıcılar da ise 1.11 kat artmıştır. Katkı %' desinin %0.3'den % 1'e çıkartılması ile çökme miktarındaki artışlar aynı sıra ile 1.5 kat, 2.14 kat, 1.57 kat olmuştur. Su/çimento oranı 0.56 olan bu seride en büyük çökme miktarını hiperakışkanlaştırıcı kullanılan betonlar vermekte ancak katkı yüzdesi ile çökme miktarında en büyük artış erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcılarda katkı yüzdesinin %0.3' den % 0.5'e çıkartılması ile olmuştur.

- Su/çimento oranı 0.60 olan seride çökme değerindeki en büyük artışı hiperakışkanlaştırıcı betonlar yapmıştır. % 1 oranında kullanılan hiperakışkanlaştırıcı katkı ile şahit betonda 4.8 olan çökme değeri 22 cm'e ulaşarak yaklaşık 4.6 kat artmıştır. En düşük artış erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcılarda (Ş Kodlu) 1.04 kat artışla olmuştur.

Katkı %' desini ile çökme miktarlarındaki artışlar katkı %' desinin %0.3'den % 0.5' e çıkartılması ile priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcılarda (N Kodlu) 1.1 kat, hiperakışkanlaştırıcılar da ise 1.12 kat artmıştır. Katkı %' desinin % 0.3'den % 1'e çıkartılması ile çökme miktarındaki artışlar ise priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcılarda (N Kodlu) 3 kat, erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcılarda (Ş Kodlu) 1.07 kat, hiperakışkanlaştırıcı kullanılan betonlarda 1.7 kat olarak bulunmuştur.

- Referans olarak şahit (katkısız) betonu aldığımız takdirde süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı katkı kullanımı ile betonların çökme miktarları her üç farklı su/çimento oranlı beton serisi için artış göstermiştir.
- Üç farklı su/çimento oranlı seride katkı yüzdesinin artışı ile çökme miktarı da artmıştır. Ancak %0.3 ile % 0.5 katkı oranları için serilerdeki beton çökme miktarlarında çok büyük farklı artış ölçülmemiştir. Katkı %' desinin % 0.3'den % 1'e çıkartılması ile artış tüm serilerde belirginleşmiştir
- Su/Çimento oranı 0.52 olan seride %1'lik hiperakışkanlaştırıcı kullanımı ile 5 cm olan çökme değeri su/çimento oranının 0.60' a çıkması ve aynı katkının aynı yüzdesi kullanılması ile 22 cm 'e yükselmiştir. Katkı ve katkı yüzdesinin sabit tutularak su/çimento oranının yapılan yaklaşık 15.4'lük artış ile çökme miktarının 4.4 kat artmıştır. %1'lik hiperakışkanlaştırıcı kullanılarak su/çimento oranı 0.56'dan 0.60'a artırılmış aynı inceleme yapılmıştır. Ancak su/çimento oranı 0.56 iken elde edilen 22cm 'lik çökme değeri su/çimento oranı 0.60 iken de aynı kalmıştır.
- Genel olarak üç su/çimento oranına bakılırsa, su/çimento oranının 0.52'den 0.60'a çıkartılması ve priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcının (N Kodlu) % 1 katkı dozajında kullanılması ile çökme miktarı 2.5 cm'den 15'e çıkarak 6 katlık bu serinin en büyük çökme miktarı artışı sağlanmıştır. Priz geciktiricili süperakışkanlaştırıcının su/çimento oranının 0.56 olan beton serisindeki çökme miktarı 4.5 cm su/çimento oranının 0.52'deki değerine göre artış 3.33 kattır.

4.1.2. VeBe Deney Sonuçları

- 0.52, 0.56, 0.60 oranlarında üretilen şahit betonların VeBe miktarı kıyaslandığında su/çimento oranı arttıkça VeBe miktarı da sırası ile 10,9,7 değerleri almıştır. En düşük su/çimento (0.52) oranlı şahit betonu referans olarak alıp diğer katkısız betonların VeBe miktarı ile kıyaslayarak su/çimento oranında yapılan yaklaşık % 7.7 'lik artış VeBe miktarını yaklaşık 1.11 kat, yaklaşık %15.4'lük artış yaklaşık 1.42 kat azalmıştır.
- Su/çimento oranı 0,52 olan seride en fazla VeBe değeri normal, süper ve hiper akışkanlaştırıcı katkı maddelerinin %0,3 oranında kullanılması durumunda eşit sonuçlar alınmıştır.

Katkı yüzdesi ile VeBe miktarlarındaki değişim incelendiğinde, katkı yüzdesinin %0.3'den %0.5'e çıkarılması ile priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcılarda (N kodlu) VeBe miktarı 1.11 kat, erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcılarda (Ş kodlu) 1.42 kat, hiper akışkanlaştırıcılar da ise 1.11 kat düşmüştür. Kat %'desinin %0.5'den %1'e çıkarılması ile VeBe miktarlarındaki düşüşler N kodlu akışkanlaştırıcıda düşüş yok, Ş kodlu akışkanlaştırıcıda 1.4 kat, hiper akışkanlaştırıcıda 1.5 kat olmuştur. Bu seri için katkı yüzdesindeki değişmeyi göz önüne aldığımızda en büyük etkiyi hiper akışkanlaştırıcı katkı maddesinde en düşük etkiyi priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcıda yapmıştır.

- Su/çimento oranı 0.56 seride VeBe değerlerindeki azalma sırası ile priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcı katkı beton, erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcı ve hiper akışkanlaştırıcı betonlar göstermiştir. Bu serideki en düşük VeBe değerini de hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan, en yüksek VeBe değerini de priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan beton vermiştir. Şahit betonda 9 sn. olan VeBe değeri hiper akışkanlaştırıcıda katkının % 1 kullanılması ile 1 sn. kadar düşmüştür.

Katkı yüzdesi ile çökme miktarlarındaki değişim incelendiğinde, katkı %'desinin % 3'den % 5'e çıkarılması ile priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcılarda (N kodlu) değişmemiş, erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcılarda (Ş kodlu) 1.2 kat, hiper akışkanlaştırıcılarda ise 2 kat azalmıştır. Katkı %' desinin % 0.5'den % 1'e çıkarılması ile VeBe miktarındaki azalma aynı sıra ile 1.33, 1.5 , 2 kat olmuştur. Su/çimento oranı 0.56 olan bu seride en düşük VeBe miktarını hiperakışkanlaştırıcı kullanılan betonlar vermektedir.

- Su/çimento oranı 0.60 olan seride VeBe değerindeki en büyük azalmayı hiper akışkanlaştırıcı beton yapmıştır. % 1 oranında kullanılan hiper akışkanlaştırıcı katkı ile şahit betonda 7 sn. olan VeBe değeri 1 sn.'ye ulaşarak yaklaşık 7 kat azalma meydana gelmiştir.

Katkı yüzdesi ile çökme miktarındaki artışlar katkı %'desinin % 0.3 'den % 5'e çıkarılması ile priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcılarda (N kodlu) değişme olmamış, erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcılarda da değişme olmamış, hiper akışkanlaştırıcılarda 0,75 kat artma meydana gelmiştir. Katkı

%'desinin %0.5 'den %1'e çıkarılması ile VeBe miktarındaki değişimler priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcılarda(N kodlu) 4,66 kat, erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcılarda (Ş kodlu) 1.33 kat, hiper akışkanlaştırıcı kullanılan betonlarda 2 kat azalma meydana gelmiştir.

- Referans olarak şahit (katkısız) betonu aldığımız taktirde süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı katkı kullanımı ile betonların VeBe miktarları her üç farklı beton serisi için artış göstermiştir.
- Üç farklı su/çimento oranlı seride katkı yüzdesinin artışı ile VeBe miktarı da artmıştır. Ancak %0.3 ile % 0.5 katkı oranları için serilerdeki beton çökme miktarlarında çok büyük farklı artış ölçülmemiştir. Katkı % desinin %0.3'den %1'e çıkarılması ile artış tüm serilerde belirlenmiştir.

4.1.3. Hava %'desi Deney Sonuçları

- 0.52, 0.56, 0.60 oranlarında üretilen şahit betonların hava miktarı kıyaslandığında su/çimento oranı arttıkça sırası ile %2.4, %2.4, %2.3 değerleri almıştır. En düşük su/çimento (0.52) oranlı şahit betonu referans olarak alıp diğer katkısız betonların hava miktarı ile kıyasarsak su/çimento oranında yapılan yaklaşık %7.7 lik bir artış hava miktarında bir değişme yaratmamış yaklaşık %15.4lük artış yaklaşık 1.043 kat azalmaya yaratmıştır.
- Su/çimento oranı 0.52 olan seride en az hava miktarı değeri erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcının %1 oranında kullanılmasında sağlanmıştır. Katkısız betonda %2.4 olan hava değeri %1.8 kadar azalma sağlamış ve 1.33 kat artarak bu serideki en az hava miktarı değerini elde etmiştir.

Katkı yüzdesindeki ile hava %'desindeki değişim incelendiğinde, katkı %'desinin %0.3 'den %0.5 'e çıkarılması ile priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcı da(N kodlu) hava miktarında bir değişme meydana gelmemiş, erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcının da (Ş kodlu) 1.33 kat azalma, hiper akışkanlaştırıcı da ise 1.04 kat azalma meydana gelmiştir. Katkı %desinin %0.3 den %1 çıkarılması iğle hava miktarındaki azalma aynı düşük su/çimento oranlı bu seri için hava miktarında en fazla etkiyi erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcı, en az etkiyi priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcılı betonlarda gözlenmiştir.

- Su çimento oranı 0.56 olan seride hava değerlerindeki azalma en fazla hiper akışkanlaştırıcı katkı maddesi, en fazla azalmayı ise priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcılı katkı maddesi göstermiştir.

Katkı yüzdesi ile hava miktarındaki değişim incelendiğinde katkı yüzdesinin %0.3 den %0.5 e çıkarılması ile priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcılarda hava miktarı değişmemiş, erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcılarda da bir değişme olmamış, hiper akışkanlaştırıcı katkı maddesinde 1.07 lik bir artış meydana gelmiştir. Katkı yüzdesinin %0.3 den %1 e çıkarılması ile hava miktarındaki azalma miktarları aynı sıra ile 1.04 kat, 1.33 kat, 1.16 kat olmuştur.

- Su/çimento oranı 0.60 olan seride çökme değerindeki en büyük azalmayı hiper akışkanlaştırıcı katkı maddesi göstermiştir. % 1 oranında kullanılan hiper akışkanlaştırıcı katkıli şahit betonda %2.3 olan hava miktarı 1.5 e kadar düşerek yaklaşık 1.5 oranında azalma meydana getirmiştir. Katkı yüzdesi ile hava miktarındaki azalmalar katkı % desinin %0.3 den %0.5 çıkarılması ile priz geciktiricili süper akışkanlaştırıcı katkıli betonlarda 1.09 kat, erken dayanım sağlayan süper akışkanlaştırıcı betonlarda 1.06 kat, hiper akışkanlaştırıcı betonlarda 1.18 kat azalma gözlenmiştir. Katkı yüzdesinin %0.3 den %1 e çıkarılması durumunda aynı sıra ilçe gösterdikleri azalma oranları 1.43 kat, 1.06 kat, 1.26 kat olarak gözlenmiştir.

4.2. SERTLEŞMİŞ BETON DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

7 Günlük Basınç Dayanımları

- Su/çimento oranı 0.52 olan seride kullanılan bütün katkılarda ve bütün katkı yüzdelinde basınç dayanımları artmıştır. N kodlu süperakışkanlaştırıcı betonda süperakışkanlaştırıcının %1 kullanılması durumunda yaklaşık %82'lik artış kaydedilmiştir. Bu süperakışkanlaştırıcı için katkı yüzdesi değişimi ile basınç dayanımları değişimleri birbirlerine yakın değerler almıştır artışlar % 70'in üzerindedir. Ş kodlu süperakışkanlaştırıcının % 0.3 ve % 1 katkı yüzdelindeki betonların basınç dayanımları birbirlerine yakın değerler almıştır. Ş kodlu seri için en büyük artışı yaklaşık %66 ile %0.3 katkıli en küçük artışı ise %13 ile %0.5 katkı yüzdesinin kullanılması durumu göstermiştir. Hiperakışkanlaştırıcı katkının %0.3 kullanılması durumunda basınç dayanımında yaklaşık %88'lik artış sağlanmıştır. Aynı katkının %0.5 ve %1 katkı yüzdelindeki artışları birbirlerine yakındır. 0.52 su/çimento oranlı bu seride her üç akışkanlaştırıcı için de en düşük artışlar %0.5'lik katkı yüzdesinde görülmüştür.
- Su/çimento oranı 0.56 olan seride bütün katkılarda ve bütün katkı yüzdelinde basınç dayanımı artışlarının olduğu söylenemez. Ş kodlu süperakışkanlaştırıcının %0.3 ve %0.5 katkı yüzdelinde, hiperakışkanlaştırıcının %0.5 ve %1 kullanılması durumlarında basınç dayanımlarında düşüşler olmuştur. Bu seride su/çimento oranı için N kodlu süperakışkanlaştırıcıların bütün katkı yüzdelinde %25 civarında basınç dayanımları artışları olmuştur.
- Su /çimento oranı 0.60 olan seride N kodlu süperakışkanlaştırıcının %0.5 kullanılması, Ş kodlu süperakışkanlaştırıcının %1 katkı yüzdesi ile kullanılması durumunda basınç dayanımında düşüşler olmuştur. Bu seride hiperakışkanlaştırıcılarda her üç katkı yüzdesi için basınç dayanımları artmıştır. En büyük artışı %1 katkıli hiperakışkanlaştırıcı, %100'ün üzerindeki bir oran olarak göstermiştir.

28 Günlük Basınç Dayanımları

- Su/çimento oranı 0.52 olan seride en büyük basınç dayanımı değerini yaklaşık %15'lik artışla Ş kodlu süperakışkanlaştırıcının %1 kullanılması durumu sağlamıştır. N kodlu süperakışkanlaştırıcının basınç dayanımına etkisi, her üç katkı için de belirgin değildir. Hiperakışkanlaştırıcının %0.3 ve %1 kullanılması durumlarında birbirlerine yakın değerler almış ve yaklaşık %10 artmıştır.
- Su/çimento oranı 0.56 olan seride en büyük artışı %1'lik N kodlu süperakışkanlaştırıcı %48'e varan oranda göstermiştir. Ş kodlu süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcının basınç dayanımı değerleri birbirlerine çok yakın ve katkı yüzdesi ile değişimleri belirgin değildir.
- Su/çimento oranı 0.60 olan seride her iki süperakışkanlaştırıcının ve hiperakışkanlaştırıcının basınç dayanımına etkileri çok büyük değildir. En büyük artışı %9'luk oranda %1 hiperakışkanlaştırıcı kullanılması durumu göstermiştir.

56 Günlük Basınç Dayanımları

- Su/çimento oranı 0.52 olan seride en büyük artışı %0.3'lük hiperakışkanlaştırıcı %17'lik oranda göstermiştir. İki süperakışkanlaştırıcıda %1'lik katkı yüzdeleri basınç dayanımı artışını en fazla sağlayan yüzdelerdir.
- Su/çimento 0.56 olan seride N kodlu süperakışkanlaştırıcının en üç katkı yüzdesi için de basınç dayanımları artmış, bu artışlardan en büyüğü %8 ile %1'lik katkı yüzdesinde görülmüştür. Ş kodlu süperakışkanlaştırıcının %1'lik katkılı durumunda yaklaşık %10, hiperakışkanlaştırıcı için ise %0.3 katkı yüzdesinde %12 civarında artış olmuştur.
- Su/çimento oranı 0.60 olan seride N kodlu süperakışkanlaştırıcının %0.3 katkı yüzdeli durumunda yaklaşık %16 artış olmuştur. Ş kodlu süperakışkanlaştırıcının dayanım artışları çok belirgin değildir. %1'lik hiperakışkanlaştırıcıda dayanım artışı %15 civarındadır.
- Bütün serilerde aynı su/çimento oranlarında aynı akışkanlaştırıcının farklı yüzdeleri için değişimleri arasında çok büyük farklar yoktur. Basınç dayanımı değerleri lineere yakın sonuçlar göstermiştir.
- Üç farklı su/çimento oranlarında N kodlu süperakışkanlaştırıcının aynı katkı yüzdelindeki değerleri incelendiğinde %0.3 ve %0.5 katkı yüzdeli durumlarında 28 ve 56 günlük dayanımlarında su/çimento oranı arttıkça basınç dayanımının düştüğü gözlenmiştir. %1 katkı yüzdesinde ise 28 günlük dayanımlarda 0.56 su/çimento oranı için belirgin bir artış olmuştur.

- Üç farklı su/çimento oranlarında Ş kodlu süperakışkanlaştırıcı için katkı yüzdesi %0.3 ve %1 iken su/çimento oranı arttıkça 7,28 ve 56 günlük basınç dayanımları düşüş göstermişlerdir. Katkı yüzdesi %0.5 iken su/çimento oranı 0.60'da 7 ve 56 günlük dayanımlarda, su/çimento oranı 0.56 iken ise 28 günlük dayanımlarda sapmalar olmuştur.
- Üç farklı su/çimento oranlarında hiperakışkanlaştırıcının %0.3 katkı yüzdesinde 7,28 ve 56 günlük dayanımları su/çimento oranı arttıkça düşmüştür. Katkı yüzdeleri %0.5 ve %1 iken özellikle su/çimento oranı 0.60 olan seride artış yönünde sapmalar olmuştur.
- Yapılan basınç dayanımı deneylerinde bir kısım akışkanlaştırıcı katkılı betonların basınç dayanımları değerleri düşüş göstermiştir. Bunun nedenlerinden biri yüksek katkı yüzdesidir. Yüksek katkı yüzdesinde betonun homojenliği bozulmuş,agregalar ayrılmıştır. Bunun dışında küçük sapmaların nedeni deney koşullarıdır. Vibrasyon sürelerine dikkat edilmemesi durumunda homojenizasyon yine bozulur.

4.3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında iki farklı tip süperakışkanlaştırıcı ve bir çeşit hiperakışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Kullanılan priz geciktirici süperakışkanlaştırıcı naftalin, erken dayanım sağlayan süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı ise melamin kökenlidir. Beton üretimi üç değişik su/çimento oranında ve katkılı betonlar için de üç farklı katkı yüzdesinde gerçekleştirilmiştir. Üretilen katkılı ve katkısız betonlar üzerinde taze ve sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

- Bu çalışmada kullanılan akışkanlaştırıcılar ile akıcı beton üretimi mümkün kılınmıştır.
- Bu çalışmada 28 günlük basınç dayanımı 44.5 Mpa alan beton üretimi gerçekleştirilmiştir.
- Yukarıda verilen sonuçlardan da anlaşılabileceği gibi sabit su /çimento oranında, aynı katkı malzemesinin farklı yüzdelerde kullanılması ile taze beton deney sonuçları farklılık göstermektedir. Veya aynı akışkanlaştırıcı katkının sabit katkı yüzdesinde, farklı su/çimento oranındaki değerleri birbirinden farklıdır. Bu nedenle üretim aşamasında optimum su/çimento oranı ve katkı dozajı, amaca uygun katkı malzemesi seçilmelidir. Katkı malzemesi seçilirken, beton bileşenleri ile katkı malzemesinin uyumu, betonu kullanacağımız yapı türü (havaalanı,tünel,bina), hava koşulları ve maliyet gibi önemli faktörler ele alınarak yapılmalıdır.

- Genel olarak; sabit su/çimento oranlarındaki katkı betonlar katkısız betonuyla karşılaştırıldığında her iki süperakışkanlaştırıcıda da çökme miktarı ve birim ağırlık değerleri artıyor , Vebe değerleri ve hava yüzdesi azalıyor.Kompasiteleri çok büyük farklılıklar görülmemekle birlikte küçük artışlar söz konusudur.
- Süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı betonlarda aynı su/çimento oranlarında yerleşme kusurlarının azaltılması ve işlenebilir bir beton üretimi için vazgeçilmez bir yapı malzemesidir.
- Özellikle düşük su/çimento oranlı betonlarda betonun yerleşebilmesi, segregasyona uğramaması için akışkanlaştırıcı katkı malzemesinin kullanımı gerekmektedir. Ancak deney sonuçlarından da anlaşılabacağı üzere uygun olmayan yüksek katkı dozajının kullanılması ile agregalar ayrılmış homojen olmayan betonda dayanım düşmüştür.
- Süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı gibi katkı kullanımı ile su/çimento oranı değişmeden çimento oranı düşürülebilir. Böylece ekonomik dozajda beton üretilir, maliyet düşer.
- Literatürde yapılan çalışmalardan da bilindiği üzere akışkanlaştırıcı katkı malzemesi kullanımı ile su miktarında azalama sağlan Bu sayede beton bünyesindeki sıvı ve gaz hareketini zorlaştırarak durabiliteyi(dayanıklılık) artırır ve korozyonu önler.

KAYNAKLAR

- [1] MİNDESS, S. & YOUNG, J. F.,(1981), Concrete, Pentice-Hall, Inc., New Jersey,
- [2] ERSOY, U. & ÖZCEBE, G. (1985) Betonarme, Evrim Yayınevi, 3. Basım Ankara
- [3] NAGAİ, T. & KOJİMA, T. & MİURA, T.,(1999) "Application of High-Strength/Superworkable Concrete to Thin-Wall Prestressed Concrete" Magazine of Concrete Research, 51, pp. 153-162
- [4] WEE, T.H. & MATSUNAGA, Y. & WATANABE, Y. & SABAİ E., (1995) "Production and Properties of Hight Strength Concrete Containing Various Mineral Admixtures" Cement and Concrete Research, 25, pp. 709-714
- [5] KOCATAŞKIN, F., (1991), "Betonun Dünü Bugünü Yarını", Yüksek Dayanımlı Beton, 2. Ulusal Beton Kongresi Kardeşler Matbaası, (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), sf.23-42
- [6] KOCA, C., (1996) "Yüksek Performanslı Beton Üretiminde Mikrosilis Curuf, Klinker Karışımının Çimentoda Uygulanması" Beton Teknolojinde Mineral ve Kimyasal Katkılar, 4. Ulusal Beton Kongresi(TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası),sf.381-394
- [7] RİCHARD, P. & CHEYREZY, M. H.,(1995) Reactive Powder with High Ductility and 200-800 Mpa Compressive Strength, Reactive Powder Concrete, BOUYGUES Corporation, France/Nilüfer ÖZYURT yüksek lisans tezi,Haziran 2000, İ.TÜ.
- [8] ROUX, N. & ANDRADE, C. & SANJUAN, M. A.,(1995) Experimental Study of the Durability of Reactive Powder Concrete, BOUYGUES Corporation, France
- [9] DUGAT, J. & ROUX, N. & BERNİER, G., (1996). Mechanicxal Properties of Reactive Powder Concretes Metarials and Structures
- [10] ZDENEK, P. & BAZANT, Z.P. Limitations of Strain –Hadening Model of Concrete Creep, (1987) Cement and Concrete Ressearch Vol.17,1987,pp.505-509 / 4. Ulusal Beton Kongresi, sf.95,103
- [11] MORA, E. P. & PAYA, J. & MONZO, J., "Influence of Diffrent Sized Fractions of A Fly ash on Workability of Mortars", Cement and Concrete Ressearch Vol.23, No.4, pp.112-113 / 4. Ulusal Beton Kongresi, sf.209,221

- [12] KİM, J. K, PARK & Y.D. & SUNG, K. Y., and LEE, S. G. (1993) "The Production of High Strength Fly Ash Concrete in Korea", Fourth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Istanbul, Supplementary Papers, pp. 112-113
- [13] MALHOTRA, V. M. & MALANKA, D., (1979) Performance of Superplasticizers in Concrete Laboratory Investigations ,Part I, ACI SP-62-12,pp.209-243
- [14] COLLEPARDİ, M. & MONOSİ, S. and VALANTE, M.,(1989) "Optimization of Superplasticizer Type and Dosage in Fly Ash and Silica Fume Concretes", ACI SP-119-22,1989,pp.425-443
- [15] BANFİLL, P. F. G., (1980) "Workability of Flowing Concrete", Mag of Concrete Research , V32, n110, pp.17-27
- [16] AKMAN, M., S.,(1996) "Beton Teknolojinde Mineral ve Kimyasal Katkılar" Süperakışkanlaştırıcı Katkıların Taze Beton İşlenebilmesindeki Sorunları, 4. Ulusal Beton Kongresi(TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası),sf.55-71
- [17] COOK, J. E.,(1982) "Research and Application of the High- Strength Concrete Using Class C Fly Ash", Concrete International, Vol. 4, No.7, pp.72,
- [18] RÖNNEBERG, H. & SANVİK, M., "High- Strength Concrete for North Sea Platforms", (1990) Concrete International, Vol. 12,No.1, pp.29,1990
- [19] NEVİLLE, A., (1992) Concrete In Year 2000, "Advances In Concrete Technology", CANMET, Canada Communication Group, Ottawa, pp.1-21
- [20] YVES, M.. (1991) "Betonun Dünü Bugünü Yarım", 2. Ulusal Beton Kongresi, Yüksek Dayanımlı Beton, Kardeşler Matbaası, (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), sf.15-2
- [21] GÜNER,M.S.,SÜME, V. Yapı Malzemesi ve Beton, Bakanlar Media Limited Şirketi, 2. Baskı , sf.174
- [22] TS 802 Beton Karışım Hesap Esasları Standartı
- [23] KOCATAŞKIN, F., (1991) "Betonun Dünü Bugünü Yarım", 2. Ulusal Beton Kongresi, Yüksek Dayanımlı Betonun Bileşimi, Kardeşler Matbaası, (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), 53-67

- [24] RILEM TC 89-FMT, Size Effect Method for Determining Fracture Energy and Process Zone Size of Concrete, Materials and Structures, Vol. 23, PP.461-465, 1990
- [25] AKYÜZ, S., (1991) "Betonun Dünyü Bugünü Yarını", 2. Ulusal Beton Kongresi, Yüksek Dayanımlı Beton, Kardeşler Matbaası, (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), sf.53-67
- [26] FIB/CEB, (August 1990) Bulletin of Information No. 197, "State of the Art Report on High Strength Concrete" FIB-London., p.61
- [27] AKMAN, M.S.(1990) Yapı Malzemeleri 2. Baskı, Sayı:1408, İ.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Matbaası, İstanbul
- [28] ACI Committee 363, (July-August 1984), "State of the Art Report on High Strength Concrete" Journal of the American Concrete Institute, No.4 Proceedings, V.81, pp.364-411, 1984, Detroit
- [29] pr EN-934(1-6) Admixtures for Concrete, Mortar and Grout CEN (Comite Europeen de Normalisation)
- [30] ACI 212.3R "Chemical Admixtures for Concrete", 1986
- [31] RILEM COMMITTEE 11A "Concrete Admixtures (Final Report), RILEM, No.49, 1975
- [32] TS 3452, (Şubat 1988) "Beton Kimyasal Katkı Malzemeleri",
- [33] UYAN, M., ÖZKUL, (1985) H., "Beton Katkı Malzemelerinin Türkiye'deki Durumu", Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi., III. Mühendislik Haftası Bildirileri,
- [34] ASTM C 494 -82 "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete"
- [35] A., R., SAĞLAM. & ., S., AKMAN., "Yüksek Performanslı Betonlarda İşlenebilirlik Açısından Çimento ve Süperakışkanlaştırıcı Katkı Uyumu". Sika Teknik Bülten., Sayı:2002/3, s.f. 3-5
- [36] UYAN, M. & HASAN, Y. & YILDIRAY, S., (1996) "Beton Teknolojinde Mineral ve Kimyasal Katkılar", Akışkanlaştırıcı Katkıların Etkinliği, 4. Ulusal Beton Kongresi, (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), sf.13-25
- [37] Shonaka, M., Kitagawa, K., Sataoh, H., Izumi, T., and Mizunuma, T., (1997) Chemical Structures and Performance of New High Range Water Reducing and Air Entraining Agents, ACI, SP 173, 559-614

- [38] RAMACHANDRAN, V.S., & MALHOTRA, .& JOLICOEUR, C.
and SPİRATOS, N., (1998) Superplasticizers: Properties and Application
In Concrete, CANMET
- [39] Ünal Anıl DOĞAN, yüksek lisans tezi, Şubat 2000, İ.T.Ü.



ÖZGEÇMİŞ

M.Gözde GÜRSOY, 1978 yılında Muğla'nın Fethiye ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini Fethiye Atatürk İlkokulu, orta öğrenimini Fethiye Ortaokulu ve Lise öğrenimini Fethiye Lisesi'nde tamamladı. 1995 yılında öğrenimine başladığı İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 1999 yılında mezun oldu. 2000 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve aynı sene bu bölüme araştırma görevlisi olarak atandı. Halen bu bölümde görevine devam etmektedir.