İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN MİMARİ BETONLARDA PİGMENT KATKISININ ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Senem SUNGUR

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : ÇEVRE KONTOLÜ VE YAPI TEKNOLOJİLERİ

HAZİRAN 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN MİMARİ BETONLARDA PİGMENT KATKISININ ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş . Müh. Senem SUNGUR
(502031735)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Haziran 2006

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Mustafa E. KARAGÜLER
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Özkan İŞLER
Doç.Dr. Fahriye (MAZLUM)KILINÇKALE (İ.Ü.)

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yüksek Lisans Programı çerçevesinde gerçekleştirilen bu çalışmada kendiliğinden yerleşen mimari betonlarda pigment katkısının etkileri araştırılmıştır.

Bu tez yakın gelecekte, dünyadaki teknolojik gelişmenin artan hızı, globalleşen dünyaya ülkemizin de ayak uydurmak zorunda olması nedeniyle kendiliğinden yerleşen beton kullanımının Türkiye'de yaygınlığının artacağı inancıyla hazırlanmıştır.

Çalışmalarım süresince değerli fikir ve tecrübelerinden yararlandığım, sayın hocam Doç. Dr. Mustafa E. Karagüler'e, sayın İbrahim Öztürk'e, Arş.Gör. İnş. Yük. Müh. sayın Serkan Yatağan'a, hayatım boyunca maddi, manevi her türlü desteği fazlasıyla sağlayan babam İnş. Müh. Sıtkı Sungur ve annem mimar Hatice Sungur ile bu yoğun çalışma süresinde desteğini benden esirgemeyen kardeşim İnş. Müh. Işıl Sungur'a teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2006 Senem SUNGUR

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **vii**
SEMBOL LİSTESİ **viii**
ÖZET **ix**
SUMMARY **x**

1. GİRİŞ **1**
1.1.Çalışmanın Amaç ve Kapsamı 2

2. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON **3**
2.1. Kendiliğinden Yerleşen Beton Sınıfları 5
2.2. Taze Beton Test Yöntemleri 6
2.2.1. Çökme-Yayılma Deneyi 6
2.2.2. V-Huni Akış Testi 6
2.2.3. Çift Kutu Testi 7
2.2.4. L Şeklinde Kutu Testi 7
2.2.5. Viskozimetre 7
2.3. Kendiliğinden Yerleşen Betonun Reolojik Özellikleri 7

3. BETONUN DAYANIKLILIĞI **9**

4. BETON KATKI MADDELERİ **11**

4.1 Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması 11
4.1.1. Kimyasal Katkı Maddeleri ve Hava Sürükleyici Katkılar 13
4.1.2. Mineral Katkılar 15
4.2. Katkı Maddeleri Tarafından Etkilenen Başlıca Beton Özellikleri 16
4.3. Beton Katkı Kullanımıyla İlgili Bilinmesi Gerekenler 19
4.4. Beton Kimyasal Katkılarında CE İşareti 21
4.4.1 Beton Katkılarında CE İşareti 22
4.5. Beton Katkı Maddelerinin Kullanımına İlişkin Anket Çalışması 29
4.5.1. Anket Çalışmasının Değerlendirilmesi 30

5. MİMARİ BETON **35**
5.1. Betonun Renklendirilmesi için Kullanılan Pigment Türleri 35
5.2. Pigment Türlerinin Kalite Açısından Karşılaştırılması 36
5.2.1. Toz Pigmentler 36
5.2.2. Sıvı Pigment Karışımları 36
5.2.3.Granül Pigmentler 37

6. DENEYSEL ÇALIŞMA 39

6.1.Deneysel Çalışmanın Programlanması 39
6.2.Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler 40
6.2.1. Çimento 40
6.2.2. Agrega 40
6.2.3. Kimyasal Katkılar 41
6.2.4. Pigmentler 42
6.3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Cihazlar 42
6.4. Örneklerin Üretilmesi 43
6.4.1. Beton Örneklerin Üretimi 44
6.4.2. Beton Karışım Hesapları 44
6.4.3. Taze Betonun Üretimi 45
6.5. Deneyler 49
6.5.1. Çimento Hamuru Üzerinde Yapılan Deneyler 49
6.5.1.1 Prizin Başlama ve Sona Erme Sürelerinin Tayini 49
6.5.2. Taze Beton Deneyleri 51
6.5.2.1. Taze Betonda Kıvam Deneyi 51
6.5.2.2. Taze Betonda Birim Ağırlık Tayini Deneyi 54
6.5.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri 57
6.5.3.1. Fiziksel Deneyler 57
6.5.3.2. Rötre Deneyi 69
6.5.3.3. Mekanik Deneyler 73
6.5.4.Durabilite Deneyleri 81

7. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İRDELENMESİ 83

7.1. Deneylerin Değerlendirilmesi 83
7.1.1. Taze Beton Deneylerinin Değerlendirilmesi 83
7.1.1.1. Taze Betonda Kıvam Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 83
7.1.1.2. Taze Betonda Birim Hacim Ağırlığı Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 84
7.1.2. Sertleşmiş Beton Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 85
7.1.2.1. Fiziksel Deneylerin Değerlendirilmesi 85
7.1.2.2. Rötre Deneyinin Değerlendirilmesi 86
7.1.2.3.Mekanik Deneylerin Değerlendirilmesi 87
7.1.3.Durbilite Deneylerinin Değerlendirilmesi 90

8. SONUÇLAR 91

KAYNAKLAR **93**

EKLER **95**

ÖZGEÇMİŞ **109**

KISALTMALAR

KYB	: Kendiliğinden Yerleşen Beton
TS	: Türk Standartları Enstitüsü
VDK	: Viskozite Düzenleyici Katkı
ACI	: American Concrete Institute
ASTM	: American Society for Testing and Materials
CE	: Confirmite Europeenne
BKK	: Beton Kimyasal Katkıları
ITT	: Tip Belirleme testleri
FPC	: Fabrika Üretim Kontrolleri
DIN	: Deutches İnstitut für Norme
NPÇ	: Normal Portland Çimentosu
BPÇ	: Beyaz Portland Çimentosu

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1	: Kontrol Deneyleri ……	23
Tablo 4.2	: Beton deneyleri ……..	24
Tablo 4.3	: Beton deneyleri …….....	25
Tablo 4.4.	: Beton deneyleri …….....	26
Tablo 4.5	:Yapılan ankete göre kullanılan kimyasal katkı çeşitleri ……...	31
Tablo 4.6	: Kimyasal katkı anket sonuçlarının değerlendirilmesi …….	32
Tablo 6.1	: Agreganın elek analizi sonuçları ……	41
Tablo 6.2	: Pigmentleri teknik özellikleri ……	42
Tablo 6.3	: Deney serilerinin çimento dozajı, katkı ve pigment içerikleri …..	49
Tablo 6.4	: Taze betonda yayılma deneyi sonuçları …….	53
Tablo 6.5	: Taze betonun birim ağırlıkları ……	56
Tablo 6.6	: X Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları ……..	59
Tablo 6.7	: Y Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları ……..	60
Tablo 6.8	: A Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları ……..	61
Tablo 6.9	: B Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları ……..	62
Tablo 6.10	: C Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları ……..	63
Tablo 6.11	: D Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları ……..	63
Tablo 6.12	: E Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları ……..	64
Tablo 6.13	: 28günlük örneklerin atm.basınç altında su emme deneyi sonuçları.	66
Tablo 6.14	: 28günlük örneklerin atm.basınç altında su emme deneyi sonuçları.	67
Tablo 6.15	: 28günlük örneklerin atm.basınç altında su emme deneyi sonuçları.	68
Tablo 6.16	: Rötre deneyi uygulanan örneklerin ilk ve son ağırlıkları ……	72
Tablo 6.17	: 7 günlük örneklerin eğilmede çekme deneyi sonuçları …….....	76
Tablo 6.18	:28 günlük örneklerin eğilmede çekme deneyi sonuçları ……..	77
Tablo 6.19	: 7 günlük örneklerin basınç dayanımı sonuçları …….	79
Tablo 6.20	:28 günlük örneklerin basınç dayanımı sonuçları…….	80
Tablo 7.1	: Su emme deneyleri sonuçları ……..	85
Tablo 7.2	: Beton örneklerin eğilmede çekme ve basınç deneyi sonuçları ……	88

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 5.1 : Pigment katkısı……... 35
Şekil 6.1 : Agrega granülometri eğrisi …… 41
Şekil 6.2 : Henüz kalıplanmış deney örnekleri…..... …… 43
Şekil 6.3 : Çelik kalıplara yağ sürülmesi …… 45
Şekil 6.4 : Çelik kalıpların streç ile kaplanması……... 45
Şekil 6.5 : Çelik kalıpların streç ile kaplanıp pimlerin takılması…… 46
Şekil 6.6 : Agrega ve pigmentin karıştırılmadan önceki görünümü…… 47
Şekil 6.7 : Beton harcının helezon mikserli matkap yardımıyla karıştırılması ... 47
Şekil 6.8 : Bir günlük kürlemenin ardından henüz kalıplarından çıkarılmamış deney örnekleri …… 48
Şekil 6.9 : Vicat aletinde normal kıvam tayini deneyi ..……. 50
Şekil 6.10 : 50 cm çaplı dairenin merkezine yerleştirilen çökme konisi ……... 52
Şekil 6.11 : Çökme konisinin çekilmesi ……... 52
Şekil 6.12 : Yayılma sona erdikten sonra yayılma miktarının ölçülmesi ……... 53
Şekil 6.13 : A Üretim serisinin yayılma miktarı için çap ölçümü ……. 54
Şekil 6.14 : Boş kalıbın ağırlığının tartılması ……. 56
Şekil 6.15 : Kalıp yüzeyinin mastarlanması 56
Şekil 6.16 : X üretimi için kapiler su emme deneyi …… 59
Şekil 6.17 : Y üretimi için kapiler su emme deneyi …… 60
Şekil 6.18 : A üretimi için kapiler su emme deneyi …… 61
Şekil 6.19 : B üretimi için kapiler su emme deneyi …… 62
Şekil 6.20 : E üretimi için kapiler su emme deneyi …… 64
Şekil 6.21 : Su emme deneyi için su içinde bekleyen örnekler …… 65
Şekil 6.22 : A Serisi örneklerine su emme deneyinin uygulanışı ……... 68
Şekil 6.23 : Çalışmada kullanılan komparatör …… 70
Şekil 6.24 : Rötre deneyi uygulanan örnekler …… 70
Şekil 6.25 : Beyaz çimento serisinden EY2 örneğinin rötre grafiği…… 71
Şekil 6.26 : Kırmızı seriden GA2 örneğinin rötre grafiği …….. 71
Şekil 6.27 : GC3 örneğine rötre deneyinin uygulanışı …….. 72
Şekil 6.28 : Eğilmede çekme ve basınç deneylerinin yapıldığı cihaz……. 73
Şekil 6.29 : Eğilmede çekme deneyinin uygulanması …… 74
Şekil 6.30 : Eğilmede çekme deneyinin uygulanması …… 74
Şekil 6.31 : D serisinin eğilmede çekme deneyi sonunda kırılan bir örneği ….. 75
Şekil 6.32 : Basınç dayanımı uygulanan örneğin kırılması …… 78
Şekil 6.33 : Yüzeyinin yarısı aluminyum folyo ile kaplanan deney örnekleri…. 81
Şekil 6.34 : Utraviyole ışınları etkisinde bekletilen örnekler…….. 82

Şekil 7.1 : Çökme-Yayılma deneyi sonuçları ……... 83
Şekil 7.2 : Çökme-Yayılma deneyi sonuçları …….. 84
Şekil 7.3 : Birim hacim ağırlığı tayini deneyi sonuçları ……. 84
Şekil 7.4 : Kapiler su emme deneyi sonuçları ……. 85
Şekil 7.5 : Su emme deneyi sonuçları ……. 86
Şekil 7.6 : Rötre deneyi sonuçları …… 87
Şekil 7.7 :Mekanik deneyin uygulanması …… 87
Şekil 7.8 : 7 günlük örneklerin eğilmede çekme deneyi sonuçları …….. 89
Şekil 7.9 : 28 günlük örneklerin eğilmede çekme deneyi sonuçları ……. 89
Şekil.7.10 : 7 günlük örneklerin basınç deneyi sonuçları ……... 90
Şekil.7.11 : 28 günlük örneklerin basınç deneyi sonuçları ……. 90

SEMBOL LİSTESİ

$\mathbf{V_A}$	**:** Agrega hacmi
Δ	**:** Taze betonun birim ağırlığı
P	**:** Taze betonun ağırlığı
V	**:** Taze betonun hacmi
δ_c	**:** Çimentonun özgül ağırlığı
N	**:** Kılcallık katsayısı
m	**:** Kılcallık deneyi örneklerinin ortam nemi ağırlığı
$\mathbf{m_0}$	**:** Kılcallık deneyi örneklerinin ilk ağırlığı
$\mathbf{m_1}$	**:** Kılcallık deneyi örneklerinin belli bir zaman dilimi sonundaki ağırlıkları
A	**:** Alan
t	**:** Süre
L	**:** Örneklerin boyu
$\mathbf{P_1}$	**:** Su emme deneyi örneklerinin suya doymuş ağırlığı
$\mathbf{P_0}$	**:** Su emme deneyi örneklerinin ortam nemi ağırlığı
$\mathbf{P_2}$	**:** Su emme deneyi örneklerinin su içindeki ağırlığı
δ	**:** Özgül Ağırlık
$\mathbf{S_a}$	**:** Su emme yüzdesi
$\sigma_{\text{eğilme}}$	**:** Eğilme dayanımı
P	**:** Deney presinden okunan kırılma anındaki yük
l	**:** Yükleme tablası mesnetleri arası açıklık
b	**:** Kırılma kesitinin genişliği
h	**:** Kırılma kesitinin yüksekliği
σ	**:** Basınç dayanımı
P	**:** Kırılma yükü
A	**:** Yüklemenin yapıldığı kesit alanı

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN MİMARİ BETONLARDA PİGMENT KATKISININ ETKİLERİ

ÖZET

Bu çalışmada kendiliğinden yerleşen mimari betonlarda pigment katkısının etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Deneysel çalışmanın öncesinde literatür araştırması yapılmış ve elde edilen bilgiler ışığında hazırlanan program çerçevesinde çalışılmıştır.

Literatür kısmının birinci bölümünü giriş kısmı oluşturmaktadır.

İkinci kısımda kendiliğinden yerleşen betonların vibrasyon gerekmeden istenilen yere yerleşebilen, işlenebilirliği ve homojenliği yüksek olan, ayrıca terleme ve ayrışma problemlerinin yaşanmadığı betonlar olduğundan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde betonun dayanıklılığı konusu işlenmiştir.

Beton katkı maddeleri dördüncü bölümde ele alınmıştır. Eskişehir ilinde beton katkı maddelerinin kullanımına ilişkin önceden yapılmış bir anket çalışmasına da bu kısımda yer verilmiştir.

Mimari beton, dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biri olan betonun estetik ve yapısal özelliklerini bir arada sunan çeşididir. Mimari beton konusu deneysel çalışmadan önceki son bölümdür.

Ön deneylerin ardından seçilen katkı cinsi, oranı ve pigment miktarları belirlenmiş ve bu değerlere uyularak yapılan deneysel çalışmada taze ve sertleşmiş beton deneylerine yer verilmiştir. Üretilen seriler pigment katkılı ve pigment katkısız olmak üzere iki gruptur. Deney sonuçları pigment katkılı ve pigmentsiz olarak ayrılan seriler için karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

THE EFFECTS OF USING PIGMENT ADDITIVE IN ARCHITECTURAL SELF-COMPACTING CONCRETE

The effects of using pigment additive in architectural self-compacting concrete is studied at this thesis.

Before experimental study, the literature search is done and it is worked by the help of the information that is got from the search.

Introduction forms the first part of the literature section.

Self-compacting concrete (SCC) can be considered as a concrete which has little resistance to flow so that it can be placed and compacted under its own weight with little or no vibration effort, yet possesses enough viscosity to be handled without segregation or bleeding. At the second part, self compacting concrete is mentioned.

At the third part, durability of concrete is explained.

The fourth part is about admixtures. A poll concerning using admixtures, that is applied before in Eskişehir is given.

Concrete is one of the most widely used construction materials in the world. One special subset is called architectural and decorative concrete, which refers to a substance that provides an aesthetic finish and structural capabilities in one. Arcitectural concrete is the last part before the experimental study.

After pre-experiments, the admixture type and proportion, amount of pigment are determined. At the experimental study, that is done by the help of the results of the pre-experiments, fresh and hardened concrete experiments are explained. The series are two groups as with pigment and without pigment. The results are given comperatively for these series .

1.GİRİŞ

Kendiliğinden yerleşen betonlar (KYB) ilk olarak 1980'lerin sonlarında Japonya'da geliştirildi [1]. Daha sonra farklı ülkelerde farklı uygulamalarda ve yapı türlerinde kullanılmaya başlandı [2].

Kendiliğinden yerleşen betonlar vibrasyon gerekmeden istenilen yere yerleşebilen, işlenebilirliği ve homojenliği yüksek olan, ayrıca terleme ve ayrışma problemlerinin yaşanmadığı betonlardır. Ayrışma olmaksızın sık donatılar arasından geçebilen KYB'ler aynı zamanda kendi ağırlığının etkisi ile boşlukları minimuma indirerek yerleşme sağladığı ve düşük su/çimento oranlarında üretilebildikleri için geçirimsizlikleri yüksek, dolayısı ile durabilitesi yüksek olan ve kararlı bir yapıya sahip olan betonlardır. KYB kullanımı vibrasyon gerektirmediği için gürültü kirliliğini engeller ve daha az işçilik gereksinimi sağlar [3].

Beton teknolojisindeki gelişmeler özellikle kimyasal katkı teknolojisinde meydana gelen yeni buluşlardan kaynaklanmaktadır. Kimyasal katkı, betonun ana bileşenleri olan çimento ve agregadan çok daha farklı bir işlevi yerine getirmektedir. Günümüzde kimyasal katkı kullanmaksızın beton üretimi neredeyse yapılmamaktadır. Kimyasal katkılar betonda hem teknik hem de ekonomik avantajlar sağlamaları nedeniyle artık vazgeçilmez hale gelmişlerdir. İnşaat yapım hızının arttırılması ve dayanıklılığa ilave olarak üçüncü bir yürütücü kuvvet olan ve endüstriyel malzemelerin çevreyle dost olma şartları gelecek için oldukça önem kazanan bir konu olmaktadır [4].

Renklendirme amacıyla katılan katkılar, suda erimeyen, kolay ıslanan, kimyasal yönden nötr olan pigmentler beyaz çimento ile kullanılarak betona renk verir. Mimari beton üretimi için özel olarak renklendirilmiş betonun uygulama alanları şöyle sıralanabilir:

- bahçe, teras ve havuzlar
- parke ve bordür taşları
- yürüme yolları
- baskı betonları, şehir mobilyaları

Renkli beton kullanımının avantajları ise;

- renklendirme serbestliği ile dekoratif ve çevreye uyumlu elemanlar üretimi
- ek sıva ve boya maliyetindeki azalmadır.

1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Çalışma kapsamında önce literatür araştırması, arkasından deneysel çalışma yapılmıştır. Daha sonra deneysel çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir. Literatür araştırmasının birinci bölümünde, kendiliğinden yerleşen beton, uygulama alanları ve avantajları hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde durabilite konusuna değinilmiş, üçüncü bölümde beton katkı maddeleri tanımlanmış ve sınıflandırmaları ile etkiledikleri beton özelikleri açıklanmıştır. Dördüncü bölüm ise mimari beton, pigment katkısı, renkli betonun üstünlükleri ve kullanıldığı alanları içermektedir.

Çalışmanın deneysel kısmında kimyasal katkı ve pigment kullanımının üretilen betonların fiziksel, mekanik özelliklerine ve durabiliteye etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda yapılan deneyler:

1. Çimento hamuru üzerinde yapılan deneyler
    - Priz süresi tayini deneyi
2. Taze beton deneyleri
    - Kıvam (Çökme-Yayılma) deneyi
    - Birim ağırlık tayini
3. Sertleşmiş beton deneyleri
    - Fiziksel deneyler
        - Kapiler su emme deneyi
        - Atmosferik basınç altında su emme
    - Mekanik deneyler
        - Eğilmede çekme deneyi
        - Basınç deneyi

2. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON

Beton teknolojisindeki gelişmeler özellikle kimyasal katkı teknolojisinde meydana gelen yeni buluşlardan kaynaklanmaktadır. Kimyasal katkı, betonun ana bileşenleri olan çimento ve agregadan çok daha farklı bir işlevi yerine getirmektedir. Günümüzde kimyasal katkı kullanmaksızın beton üretimi neredeyse yapılmamaktadır. Kimyasal katkılar betonda hem teknik ve hem de ekonomik avantajlar sağlamaları nedeniyle artık vazgeçilmez hale gelmişlerdir. Birçok ülkede sadece yüksek oranda su azaltıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkılar kullanılırken diğer normal akışkanlaştırıcı katkıların yerini de orta düzeyde su azaltıcı ve akışkanlaştırıcı katkılar almaya başlamıştır. Daha yeni bir teknoloji ise Japonya'dan başlayıp Avrupa ülkelerinden sonra bugün ülkemizde de yavaş yavaş kullanılmaya başlamıştır. Kimyasal katkı ile ilgili bu yeni teknoloji çok yüksek oranda su azaltıcı ve hiperakışkanlaştırıcı olarak bilinen kimyasal katkı ile kendiliğinden yerleşen beton (Self-Compacting Concrete) yapma teknolojisidir [4].

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), herhangi bir vibrasyon gerektirmeden sadece kendi ağırlığı altında döküldüğü kabı doldurabilir. Boşluksuz doldurma yanında ayrışmama da KYB'lerin önemli özellikleridir. KYB'ler taze halde aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

- Doldurma Yeteneği: KYB kendi ağırlığı ile hareket edebilen ve bir kalıp içerisine tamamıyla hemen hemen hiçbir boşluk bırakmadan yerleşebilen ve dolabilen betondur. Bu özellik betonun işlenebilirliği ile yakından alakalıdır ve yayılma tablası deneyi ile bu özellik tayin edilir. Beton karışımının akma gerilmesinin düşük olması ve aşırı derecede plastik viskoziteye sahip olmaması gerekir.
- Geçebilme yeteneği: KYB akan bir karışım olmalıdır, herhangi bir ayrışmaya uğramadan çok dar donatı açıklıklarından geçebilmeli ve aynı zamanda dışardan herhangi bir etki olmadan donatıyı sarabilmelidir. Yerleştirme esnasında hiçbir şekilde bloke olmamalıdır ve kendi ağırlığı ile akmalıdır. Bunun olabilmesi için yüksek viskoziteli bir karışım ancak optimum düzeyde

tutulmalıdır. Bu özelliğin ölçülmesi de V-Hunisi testi ve L-Kutusu testi ile yapılır.

- Ayrışma direnci: KYB yukarıdaki özellikleri taşımanın yanı sıra uniformluluğunu da korumalı ve ayrışmamalıdır. Bunu sağlamak amacıyla karışım içerisinde yeterli miktarda harç olmalı ve bu kısım iri taneleri kaydırıcı ortam yaratarak hareket ettirmelidir. Bu özelliği ölçmek için ise U-Kutusu deney aleti veya Kajima Doldurma Kutusu kullanılmalıdır [4].

Sınırlı iri agrega miktarı, güçlü bir süperakışkanlaştırıcı ile birlikte yüksek akıcılık özelliğini gerçekleştirirken, azaltılmış (su/ ince malzeme) oranı ve sınırlı iri agrega miktarı yüksek ayrışma direncini sağlayarak kendiliğinden yerleşen betonu ortaya çıkarmaktadır. En yaygın kullanılan süperakışkanlaştırıcı polimer karboksilat esaslı olanıdır, ancak sülfonatmelamin formaldehit ve naftalin formaldehit benzeri polimerler de kullanılmaktadır. Yukarıda açıklandığı şekilde KYB'de akıcılığı gerçekleştirmek amacı ile kuvvetli bir süperakışkanlaştırıcıya gereksinme vardır. Bu özellik, sadece ilk kuşak süper-süperakışkanlaştırıcılarda olduğu gibi, ince tanelerin üzerine adsorbe olarak aynı işaretli elektrikle yüklü tanelerin birbirini iterek dağıtması (dispersiyon) ile sağlanmamakta, bunun yanında dallanmış uzun polimerlerin (süperakışkanlaştırıcı) oluşturduğu hacim doldurma etkisi de gerekmektedir [5].

Ayrıca ayrışmayı önlemeye yönelik olarak ince malzeme ve viskozite düzenleyici bir katkıya da (VDK) gerek duyulur. İnce malzeme olarak uçucu kül, silis dumanı, cüruf ve taş unu kullanılmaktadır. Zhang ve Han, ultra ince maddelerin çimento hamuru reolojisine etkilerini incelemiştir. Bu amaçla çok ince öğütülmüş yüksek fırın cürufu, kireç taşı unu ve silis dumanı denenmştir. Nehdi ve arkadaşları kireç taşı filleri, silis dumanı ve öğütülmüş silisi ince malzeme olarak KYB'lere katarak akış direncine, viskoziteye ,çökmeye ve terlemeye etkilerini incelemişlerdir. Öte yandan ayrışmayı önlemek amacı ile viskozite düzenleyici katkılardan da yararlanılabilir. Kawai bu katkıları şu şekilde gruplandırmıştır:

1. Nişasta ve doğal sakız benzeri doğal polimerler
2. Ayrıştırılmış nişasta ve türevleri, selüloz eter türevleri, sodyum alginat ve benzeri elektrolitler
3. Polietilen oksit ve polivinilalkol gibi sentetik polimerler

Bu gruba polisakaritler ve akrilik bazlı polimerler de eklenebilir. Rolz ve arkadaşları KYB'lerde nişasta, atık nişasta ve çökeltilmiş silis denemişler ve betonun ayrışma direncini beton ile doldurdukları silindirik numunelerde iri agrega konsantrasyonunun yükseklikle değişimini ölçerek belirlemişlerdir. Lachemi ve arkadaşları, 4 farklı polisakarit esaslı viskozite düzenleyici ile harçlar üzerinde reolojik özellikleri incelemişlerdir [5].

KYB' nin ilk kullanım alanı olarak donatıların çok yoğun olduğu ve vibratörlerin ulaşamadığı elemanların üretimi düşünülmekteydi. Daha sonra yüksek perdelerin üretiminde ve betonarme yapıların onarım ve güçlendirme işlerinde KYB kullanılmaya başlandı. Son yıllarda ise KYB'nin yeni bir kullanım alanı olarak prefabrike sektörü öne çıktı. Bu son kullanım alanında vibratör gereksinimini ortadan kaldırdığı için gürültünün zararlı etkilerinden korunma olanağı da doğmuştur. Aynı gerekçe, yerleşim bölgelerinde yapılan binaların vibrasyon gürültüsünü azaltma konusunda da geçerlidir. KYB' nin diğer bir yararı işçiliği azaltırken yapım hızını artırmasıdır. Bir yapıda döşeme ve düşey elemanların üretiminin geleneksel betonla üretimine göre KYB kullanılması durumunda 1/5 oranında daha kısa sürede gerçekleşebileceği belirtilmiştir.

Okamura ve arkadaşları, kuru halde sıkıştırdıkları betona giren tüm malzemelerin %50'sinin iri agregadan oluşmasını önermişlerdir. 5mm'den küçük boyutlu agregalar ile toz malzemelerden oluşturulan harç fazında %50 oranında ince agrega kullanmışlardır. Su/toz oranı ve süperakışkanlaştırıcı miktarı istenilen yayılmayı sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra aynı yöntem Edamatsu ve arkadaşları ile Quchi ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir [5].

Khayat ve arkadaşları, çimento dozajı 360- 600 kg/m^3, su/çimento oranı 0.37-0.50, iri agrega hacmi 240-400m^3, VDK/çimento oranı % 0.5-2 ve (süperakışkanlaştırıcı/çimento) oranı %0.30-1.1 arasında değişen KYB 'lerde optimum bileşimleri araştırmışlardır [5].

2.1. Kendiliğinden Yerleşen Beton Sınıfları

- Toz Tip KYB: Beton karışımına yeterli derecede ayrışma direncini kazandırma ve yüksek deforme kabiliyeti verme amacıyla su/toz oranının azaltılmasıyla hazırlanır ve hava sürükleyici katkılar kullanılabilir.

- Viskozite Tip KYB: Beton karışımına özellikle ayrışmayı önleyici ve yüksek deforme olabilme kabiliyeti verebilecek bir vizkozite modifiye edici madde ile aynı anda hiperakışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici katkının birlikte kullanılması ile elde edilen karışımlardır.
- Kombinasyon Tip KYB: Toz tip KYB için tasarlanır ve bir viskozite modifiye edici madde ile taze beton üretimi esnasında rutubet alma hatalarını ve agrega tane dağılımındaki oynamaları kompanse etmek ve kalite sapmalarını önlemek amacıyla yapılan betondur. Kalite kontrole yardımcıdır[4].

2.2. Taze Beton Test Yöntemleri

2.2.1. Çökme – Yayılma Deneyi

Klasik çökme konisi kullanılabileceği gibi Alman Standardı DIN 1048'de yer alan çökme konisi de kullanılabilir. Bazen koni ters konumda, yani geniş ağzı üstte kalacak şekilde de yerleştirilebilir. 50 cm çapında çizilen bir dairenin merkezine yerleştirilen koni beton ile doldurulduktan sonra yukarıya doğru çekilerek çıkartılır ve aşağıdaki ölçümler yapılabilir.

- 50 cm çaplı daireye ulaşıncaya kadar geçen süre ölçülür. Bu değer betonun başlangıçtaki akış hızını verir ve belirli değerlerden küçük olması istenir.
- Toplam yayılma süresi belirlenebilir.
- Yayılma sona erdikten sonra oluşan dairenin birbirine dik iki çapı ölçülerek çökme-yayılma değeri bulunur.

2.2.2. V-Huni Akış Testi

Bu deney betonun dar bir aralıktan geçiş yeteneğini ve viskozitesini dolaylı olarak ölçmeye yöneliktir. Huni taze beton ile doldurulduktan sonra alt uçtaki kapak açılarak akış başlatılır. Üstten bakıldığında alttan ışık geçmeye başladığı ana kadar geçen süre ölçülür.

2.2.3. Çift Kutu Testi

U Borusu şeklinde iki kutu yan yana yerleştirilir ve aralarında alttan 19 cm lik bölüm açık olacak şekilde ayarlanır. Bu açıklığı 10 mm çaplı 5 adet çelik çubuk aralarında 35mm aralık kalacak şekilde düşey konumda yerleştirilir. Beton doldurulmadan önce bu açıklık hareket edebilen bir kapak ile kapatılır. A odası belirli bir yüksekliğe kadar doldurulur. Burada hem engellerden (çubuklar) geçme yeteneği hem de doldurma yeteneği ölçülmektedir. Deney sırasında iki ölçüm yapılır; hem doldurma işlemi bitene kadar geçen süre ölçülür, hem de ikinci kabinde betonun yükselme değeri kaydedilir [5].

2.2.4. L Şeklinde Kutu Testi

Bu alet kare kesitli kutu şeklinde bir bölüm ile bunun önünde yer alan bir yatay platformdan oluşmaktadır. Kutunun alt kısmında bulunan açıklığa 12 mm çaplı ve 34 mm aralıklı 3 adet çelik çubuk (donatı) yerleştirilmiştir. Başlangıçta açıklık kapatılmıştır. Kutu taze beton ile doldurulduktan sonra kapak yukarıya çekilir ve beton donatılar arasından geçerek platform üzerinde akmaya başlar. 200 mm ve 400 mm'lik uzaklıklara ulaşma süreleri ayrı ayrı ölçülür. Ayrıca betonun kutu içinde kalan bölümünün ve en uçtaki (platformda) bölümünün yükseklikleri ölçülür. Bu deney betonun doldurma yeteneği, engel geçiş yeteneği ve ayrışma direnci gibi özelliklerini ölçmeye yarar.

2.2.5. Viskozimetre

Çimento hamuru ve harcında reolojik özellikler eş eksenli silindirden oluşan viskozimetre yardımıyla ölçülebilir. Beton ve bazen harç için ise bir paletin beton içine gömüldüğü ve belirli hızlarla dönen betonun palete uyguladığı dönme momentinin ölçümüne dayanan aletler kullanılmaktadır. Beton için ilk viskozimetre Tattersal tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra bu alet modifiye edilerek BML viskozimetresi ve IBB Beton Reometresi adı altında modellenmiştir. Larrard ve arkadaşlarının geliştirdiği alet ise Btrheom Reometresi adını almıştır [5].

2.3. Kendiliğinden Yerleşen Betonun Reolojik Özellikleri

Viskozimetre aletleri kullanarak ve betonu Bingham sıvısı olarak kabul ederek dönme hızı ile dönme momenti arasında lineer bir ilişki kurulabilir:

$$T = g + h\,N \qquad (2.1)$$

Burada T dönme momentini (Tork) ve N dönme hızını göstermektedir. Momentten kayma gerilmesine, dönme hızından ise kayma hızına geçilebilir. Burada doğrunun eğimi viskozite katsayısını, düşey ekseni kestiği noktanın merkez noktasına uzaklığı ise kayma eşiğini gösterir.

Beton içindeki agrega tanelerinin arasındaki sürtünme etkilerini azaltmak için tanelerin birbirinden uzaklaştırılması gerekir. Bu amaçla çimento hamuru miktarı artırılabilir. Bunun sonucu betonun şekil değiştirme yeteneği artar.

İnce taneler arasındaki sürtünmeleri azaltmak için ise suyu artırmak çözüm değildir. Çünkü bu durumda ayrışma eğilimi artacaktır. Bunun yerine tanelerin dağılımını (dispersiyon) sağlayan, yukarıda sözü edilen bir süperakışkanlaştırıcıya gerek vardır. Böylece beton viskozitesini azaltmadan sürtünme düşürülebilecektir.

Reolojik büyüklükler açısından ele alınırsa, betonun şekil değiştirebilme özelliği kazanması için kayma eşiğinin küçük olması, ancak ayrışma olmaması için viskozitenin düşmemesi gereklidir. Akıcı, yani şekil değiştirebilir bir beton elde etmek için kayma eşiğini düşürmek gerekir, dolayısı ile davranışın Bingham'dan Newton'a (yani kayma eşiği=0) doğru geçişi söz konusudur. Bu özellik su miktarını artırarak sağlanamaz. Kuvvetli süperakışkanlaştırıcı kullanımı ise ilişki doğrusunun paralel ötelenerek merkeze gelmesini, dolayısı ile kayma eşiğinin sıfırlanmasını gerçekleştirebilir; ancak burada ayrışma sorunu ortaya çıkabilir. Çözüm olarak kayma eşiğini düşürürken ayrışmayı önleyecek önlemler almak gerekir; bu ise betondaki ince malzeme miktarını artırarak ve/veya viskozite artırıcı katkılar kullanmakla sağlanabilir [5] .

3. BETONUN DAYANIKLILIĞI

Durabilite; doğa koşullarına, kimyasal etkilere, aşınmaya ve daha başka fena oluşumlara karşı betonun gösterdiği dayanma kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır [6].

Dayanıklı beton kullanıldığı ortamda orijinal formunu, kalitesini ve dayanıklılığını yitirmez.

Amerikan Beton Enstitüsünün ACI 201 Nolu komitesi tarafından Dayanıklı Beton Rehberi hazırlanmıştır. Bu rehber en önemli hasar oluşum nedenlerini ele almakta ve zararları önlemek için tavsiyelerde bulunmaktadır [6].

Rehberin içerdiği konular şöyle sıralanabilir:
Donma ve Çözülme
Kimyasal Etkilere Maruz Kalma
Aşınma
Metallerin Korozyonu
Agregaların Kimyasal Reaksiyonları
Betonun Onarımı
Betonda Durabiliteyi Arttırmak İçin Kullanılan Koruyucu Sistemler

Değişik türdeki yapılarda kullanılmakta olan beton, hizmet süresi boyunca, bünyesinde yıpranmaya yol açabilecek birçok kimyasal ve/veya fiziksel etkenle karşılaşmaktadır [6,7].

Bu etkenler, doğa koşullarındanve/veya betonun kullanıldığı ortamdan, betondaki alkalilerle reaktif agregalar arasındaki reaksiyonlardan kaynaklanmaktadır. Betonun içerisine sızan su, karbon dioksit, oksijen, sülfat, asit ve klor gibi maddeler, betonda değişik türlerdeki kimyasal olayların yer almasına neden olmaktadır. Betonun içerisindeki alkalilerle reaktif agregalar arasında gelişen ve sertleşmiş betonun genleşerek yıpranmasına yol açan reaksiyonlar da kimyasal olaylar sonucunda yer almaktadır [6,7]. Islanma - kuruma, donma - çözülme, ısınma -soğuma ve aşınma gibi olaylar betonun yıpranmasına yol açacak nitelikteki fiziksel olaylardır.

Betonda yer alan kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda, beton daha boşluklu bir malzeme durumuna gelebilmekte, içerisindeki demir donatılar paslanabilmekte,

beton aşınabilmekte ve betonun içerisinde çok büyük gerilmeler oluşabilmektedir. Bütün bu olaylar, betonun hasar görmesine, hizmet edemez duruma gelmesine yol açmaktadır [6,7].

Bilindiği gibi, yapıların tasarımında, betonun hedeflenen dayanımdan daha düşük dayanıma sahip olmaması istenmektedir. Ancak, betonun, hizmet gördüğü süre boyunca karşılaştığı kimyasal ve fiziksel olaylar karşısında yeterli direnci gösterebilmesi, yani, yeterince dayanıklı olması en az betonun dayanımı kadar, hatta çoğu zaman beton dayanımından daha da önemlidir [6,7].

Beton ile ilgili uluslararası bir dergi olan Concrete International'ın Ocak 2004 sayısında otoriteler tarafından kaleme alınmış günümüz beton tamir teknolojileriyle ilgili olarak Beton Tamir Teknolojisi – Yeni bir yaklaşım gerekli başlıklı bir makale yayınlanmıştır. Bu makaleye göre beton tamirinde durabilitenin gelişmesine engel olan birçok faktör vardır [8].

Bu faktörler şöyle sıralanabilir:

. Dizayn ve değerlendirmede yetersiz durumlar
. Yapım aşamasında kalitesiz uygulama
. Yetersiz denetim
. Uygun olmayan malzeme seçimi

Makalede ayrıca son zamanlarda yaşanan durabilite problemleri, kötü performans ve çoğunlukla tamir hatalarının beton malzemenin toplumdaki iyi imajını bozduğu ve malzemenin ömrünü uzatmak için beton tamiri ile ilgili yeni bakış açılarının ele alınması gerektiği vurgulanıyor [8].

4. BETON KATKI MADDELERİ

Genel olarak katkı maddeleri, harç ve betonun taze veya sertleşmiş haldeki özelliklerini değiştiren, çimento dozajının %5 ini aşmayacak şekilde betona, çimentoya veya harca katılan organik veya inorganik kökenli maddeler olarak tanımlanmaktadırlar [6].

Beton katkı maddeleri, betonun bazı özeliklerini değiştirerek performansını arttırabilmek ve/veya betonun daha ekonomik olmasını sağlayabilmek için kullanılmaktadır [7].

4.1. Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması

Değişik amaçlarla kullanılmak üzere, değişik malzemelerden özel patentlerle ve değişik isimlerle üretilmiş olan binlerce katkı maddesi bulunmaktadır. Bu katkı maddelerinin özeliklerinin ayrı ayrı ele alınabilmesi mümkün değildir. Katkı maddelerinin sınıflandırılması işlemi, betonda kullanılacak katkıları daha iyi tanıyabilmek ve her sınıftaki katkı maddelerinin özelliklerini genel olarak açıklayabilmek amacıyla yapılmaktadır[7-9].

Beton katkı maddelerini aşağıdaki dört ana grup altında ele alabilmek mümkündür:

(1) Kimyasal katkı maddeleri

Beton teknolojisinde, kimyasal katkı maddeleri, "su içerisinde erime özeliği gösteren katkı maddeleri" olarak tanımlanmaktadır.

Betonun karışım suyu ihtiyacını azaltan katkılar, taze betonun priz almasını geciktiren katkılar ve priz almasını hızlandıran katkılar, "kimyasal katkı maddeleri" olarak anılan katkı grubu içerisinde yer alan maddelerdir.

(2) Hava sürükleyici katkı maddeleri

Beton karışımının içerisine katıldıklarında, çimento hamurunun içerisinde birbiriyle bağlantısı olmayan çok küçük ve kararlı hava kabarcıkları oluşturan katkı maddeleri, "hava sürükleyici katkı maddeleri" olarak tanımlanmaktadır.

Hava sürükleyici katkı maddelerinin tümü su içerisinde erime gösteren türde değildir. O nedenle bu tür katkı maddeleri ayrı bir grup olarak sınıflandırılmaktadır.

Hava sürükleyici katkı maddeleri, betonun dona karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla kullanılmaktadır.

(3) İnce taneli mineral katkı maddeleri

Beton yapımında genellikle kullanılan mineral katkı maddeleri, uçucu kül, silis dumanı, tras, granüle yüksek fırın cürufu gibi puzolanik özellikli maddelerdir.

Betonda kullanılacak mineral katkı maddelerinin mutlaka çok ince taneli durumda olmaları gerekmektedir.

Uçucu kül ve silis dumanı, çok ince taneli puzolanik malzemeler olarak elde edilmektedir.

Tras ve benzeri doğal puzolanları veya granüle yüksek fırın cürufunu beton katkı maddesi olarak kullanabilmek için, bu maddeler, öğütülerek ince taneli duruma getirilmektedirler.

Puzolanik malzemelerin dışında, taşunu gibi puzolanik özellik taşımayan ince taneli malzemeler de beton katkı maddesi olarak kullanılabilmektedir.

İnce taneli mineral katkılar, betonun işlenebilmesini, dayanımını, dayanıklılığını ve ekonomikliğini artırmak amacıyla kullanılmaktadır.

(4) Değişik tiplerdeki diğer katkı maddeleri

Yukarıdaki ilk üç grup dışındaki bütün katkı maddeleri bu grup altında toplanmaktadır. Korozyon önleyici katkılar, nem önleyici katkılar, su geçirgenliği azaltan katkılar, renklendirici katkılar, bu grup içerisinde yer alan bazı katkı maddeleridir.

İstenilen kıvamda bir taze beton elde etmek üzere beton karışımının ihtiyacı olan su miktarını azaltan, taze betonun priz almasını hızlandıran veya geciktiren katkı maddeleri gibi kimyasal katkı maddeleri ve hava sürükleyici katkılar, genellikle, betonun karma suyu içerisine çok az miktarlarda katılarak kullanılmaktadırlar.

İnce taneli mineral katkı maddeleri, betondaki çimento ağırlığının yaklaşık %10 - %50' sine denk gelen miktarlarda kullanılmaktadırlar [7-9].

4.1.1. Kimyasal Katkı Maddeleri ve Hava Sürükleyici Katkılar

Katkı maddelerinin tümünün işlevlerinde kimyasal özellikler ve kimyasal olaylar ön planda olmakla beraber, beton teknolojisinde "kimyasal katkı maddeleri" denildiğinde, "su içerisinde çözünme gösteren katkı maddeleri" anlaşılmaktadır [7-9].

"Su-azaltıcı katkı maddeleri" olarak adlandırılan ve taze betonda olması istenilen işlenebilme özelliğini elde edebilmek üzere beton karışımının su ihtiyacını azaltan katkılar, "kimyasal katkı maddeleri" olarak anılan katkı grubunda yer almaktadırlar.(Beton karışımında kullanılan çimentonun, agreganın ve suyun miktarları değiştirilmediği, fakat bunlara ek olarak bir de "su-azaltıcı katkı" kullanıldığı takdirde, katkılı betonun kıvamı, katkısız betonunkinden çok daha fazla olabilmektedir. O nedenle, su-azaltıcı katkı maddesi, "plastikleştirici" veya "akışkanlaştırıcı" katkı maddesi isimleriyle de anılmaktadır.)

"Priz-geciktirici katkı maddeleri" olarak adlandırılan ve taze betonun priz süresini uzatan katkılar ile "priz-hızlandırıcı katkı maddeleri" olarak adlandırılan ve taze betonun priz süresini kısaltan katkılar da "kimyasal katkı maddeleri" grubunda yer alan katkılardır.

Kimyasal katkı maddeleri, karışım suyu içerisine çok az miktarda katılarak (çimento ağırlığının yaklaşık %1 - %2'si kadar katılarak) kullanılmaktadır.

Kimyasal katkı maddelerinden ayrı bir grupta yer verilen "hava sürükleyici katkı maddeleri", taze beton karışımındaki çimento hamurunun içerisinde milyonlarca sayıda çok küçük boyutlardaki hava kabarcıklarının düzenli bir şekilde ve aralarında bağlantı olmaksızın yer alabilmesine yol açan maddelerdir. Bu hava kabarcıkları kararlılık göstermekte, yani, beton sertleştikten sonra da kaybolmamaktadırlar.

Betonun içerisinde oluşturulan sürüklenmiş hava kabarcıkları, suya doygun durumdaki sertleşmiş betonda çok soğuk havalarda tekrar tekrar yer alacak donma-çözülme olayı karşısında, betonun daha iyi dayanıklılık gösterebilmesini sağlamaktadırlar.

"Hava sürükleyici katkı maddesi" olarak adlandırılan katkı maddelerinin tümü su içerisinde çözünebilme özelliği göstermemektedirler. O nedenle, "kimyasal katkı maddeleri" grubundan farklı bir grup olarak sınıflandırılmaktadırlar. Hava sürükleyici katkı maddeleri de, karışım suyu içerisine çok az miktarda katılarak kullanılmaktadırlar [7].

Türkiye Hazır Beton Birliği'nin Kimyasal Katkı Standartlarına ilişkin hazırladığı broşürde TS 206 'ya geçiş sürecinde betonu oluşturan malzemeler konusunda üreticiye ve son kullanıcıya bilgi verilmektedir [10].

Broşürde, TS EN 206'da kimyasal katkılar "Taze veya sertleşmiş betonun bazı özelliklerini değiştirmek üzere, karıştırma işlemi esnasında betona, çimento kütlesine oranla az miktarlarda ilâve edilen malzeme" olarak tanımlanmaktadır. Fakat inert veya puzolonik mineral katkıları (silis dumanı gibi) içermemektedir. Ancak bu maddeler kimyasal katkının içinde bulunabilir.

Kimyasal katkıların beton yapıların durabilitesi ve maliyetlerine katkıda bulunduğu artık herkesçe kabul edilmektedir. Kimyasal katkıların geliştirdiği özellikler betonun işlenebilirliğinde sağlanan kolaylıklar, sertleşmiş betonun geçirgenliğini azaltma ve donma çözülme dayanımını artırma olarak sayılabilir.

Kimayasal katkıların özellikleri TS EN 934-Kimyasal Katkılar - Beton, Harç ve Şerbet için Standart serisinde belirlenmiştir. Kimyasal katkıların kullanımı TS EN 206 'da belirlenmiştir. TS EN 934-2 aşağıdaki tiplerde katkıları içerir:

- Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkılar
- Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkılar
- Su tutucu katkı
- Hava sürükleyici katkı
- Priz hızlandırıcı katkı
- Priz geciktirici katkı
- Su geçirimsizlik katkısı
- Priz geciktirici/su azaltıcı/akışkanlaştırıcı katkılar
- Priz geciktirici /yüksek oranda su azaltıcı /süper akışkanlaştırıcı katkılar
- Priz hızlandırıcı / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkılar

Kullanımda olan diğer tip katkıları TS EN 934-2 içermemektedir, fakat TS EN 206-1'e göre uygunluğun sağlanması şartıyla kullanılabilir [10]. Bu katkı tipleri;

- Korozyon önleyiciler
- Rötre engelleyiciler
- Su altı beton katkıları
- Prekast beton katkıları

4.1.2. Mineral Katkı Maddeleri

Beton üretiminde mineral katkı maddesi olarak kullanılan birçok malzeme türü mevcuttur. Elde edildikleri kaynaklara göre, mineral katkı maddelerini üç grupta toplayabilmek mümkündür.

(1) Doğal malzemeler (volkanik küller, traslar, diatomlu topraklar ve taşunu).

(2) Beton üretimi ile doğrudan ilgili olmayan bir endüstri kolunda yan ürün olarak elde edilen malzemeler (uçucu küller, silis dumanı ve granüle yüksek fırın cürufu),

(3) Isıl işlem uygulanmış olan malzemeler (pişirilmiş kil, pişirilmiş şeyl)

Betonda katkı maddesi olarak kullanılan mineral malzemelerin mutlaka ince taneli durumda olmaları gerekmektedir.

Uçucu kül ve silis dumanı gibi malzemeler, yanürün olarak elde edildikleri halleriyle, ince taneli malzemelerdir. Öte yandan, volkanik tüf, granüle yüksek fırın cürufu, pişirilmiş kil gibi bazı malzemelerin beton katkı maddesi olarak kullanılabilmeleri için, öğütülmeleri ve tanelerinin inceliğinin en az portland çimentosu tanelerininkine getirilmeleri gerekmektedir.

İnce taneli mineral katkı maddeleri beton üretiminde kullanılan temel malzemelerin (çimentonun, agreganın ve suyun) yanısıra ayrı bir malzeme olarak beton karışımına doğrudan dahil edilmekte ve temel malzemelerle beraber karılmaktadırlar. Bunların kullanıldıkları oran genellikle, beton karışımında yer alan çimento miktarının %10 - %50'si kadardır. Çoğu zaman, beton karışımında kullanılacak çimento miktarı azaltılmakta ve azaltılan miktar kadar ince taneli katkı maddesi konulmaktadır. Gerek görüldüğünde, ince taneli mineral katkı maddelerinin yanısıra kimyasal katkı maddeleri de kullanılmaktadır.

İnce taneli mineral katkı maddeleri, kullanılan malzemenin tipine ve oranına bağlı olarak, taze ve sertleşmiş betonun birçok özeliğini etkileyebilmektedir [7].

Mineral katkı maddesi kullanarak aşağıda sıralanan amaçlardan birisine veya birden fazlasına ulaşabilmek mümkün olabilmektedir.

(1) Taze betonun işlenebilmesini artırmak

(2) Betonun belirli bir özelliğini (veya belirli birkaç özelliğini) geliştirmek

Örneğin,

- Terlemeyi ve segregasyonu azaltmak,
- Hidratasyon ısısını azaltmak,

- Alkali-silika reaksiyonu nedeniyle oluşacak genleşmeyi azaltmak,
- Su geçirgenliğini azaltmak,
- Nihai dayanımı artırmak,
- Sülfatlara karşı dayanıklılığı artırmak.

(3) Daha ekonomik bir beton elde etmek

Taşunu dışında, betonda ince taneli mineral katkı maddesi olarak kullanılan malzemelerin hemen hemen tümü puzolanik özellikli malzemelerdir [7].

4.2. Katkı Maddeleri Tarafından Etkilenen Başlıca Beton Özelikleri

Beton katkı maddeleri taze betonun işlenebilme, kıvam, su ihtiyacı ve priz süreleri gibi özelliklerini istenildiği yönde değiştirmek, terlemesini azaltmak için kullanılmaktadır. Taze betonun özellikleri, başta dayanım ve dayanıklılık olmak üzere, sertleşmiş betonun tüm özelliklerini ve ekonomikliğini etkilemektedir.

Katkı maddeleri kullanarak gerek ilk günlerde ve gerekse nihai olarak daha yüksek beton dayanımı elde edilebilmektedir. Ayrıca, beton katkı maddelerinin kullanımları ile sertleşmiş betonun çevreden veya ortamdan kaynaklanan yıpratıcı etkenlere karşı (donma-çözülme olaylarına, aşınmaya, alkali-agrega reaksiyonuna ve sülfat hücumlarına, korozyona diğer yıpratıcı etkenlere karşı) daha dayanıklı olabilmesi sağlanmaktadır.

Segregasyon (Ayrışma): Taze betonun içerisinde yer alan iri agrega ile çimento harcının ayrı ayrı bölgeler oluşturacak şekilde kümelenmesi ve böylece, beton içerisindeki malzemelerin homojen dağılımının bozulmasına, "segregasyon" veya "ayrışma" denilmektedir [7].

İşlenebilme: Taze betonun segregasyon göstermeden kolayca karılabilme, yerleştirebilme, sıkıştırılabilme ve yüzeyinin düzeltilebilme özeliklerinin tümü, "işlenebilme" olarak adlandırılmaktadır.

Kıvam: Taze betonun sahip olduğu ıslaklık derecesi "kıvam" olarak anılmaktadır.

Çökme Değeri: Taze betonun kıvamını ölçmek için kullanılan değişik yöntemlerden en basit olanı ve en yaygın olarak kullanılanı, taze betona uygulanan çökme deneyi yöntemidir.

Çökme deneyinde, taze beton önce kesik koni şeklindeki bir huniye doldurulmakta, sonra huni yukarıya doğru çekilerek betonun serbest kalması sağlanmaktadır. Bu durumdaki taze beton, ne ölçüde ıslak olduğuna bağlı olarak, bir miktar çökme göstermektedir. Taze betonun kaç cm veya mm çökme gösterdiği ölçülmekte ve "çökme değeri" olarak ifade edilmektedir.

Taze betonun çökme değeri betonun ıslaklık durumunu gösterdiği için, kıvam sözcüğü ile eşdeğer olarak kullanılmaktadır.

Su İhtiyacı: Beton malzemelerinin karışım oranlarının hesaplanmasında iki husus ön planda tutulmaktadır;

(1) Üretilecek taze beton, hedeflenen işlenebilmeyi (hedeflenen kıvamı) sağlamalıdır.

(2) Sertleşmiş betonun belirli bir gündeki basınç dayanımı (genellikle, 28. gündeki basınç dayanımı), o yaştaki bir beton için elde edilmesi hedeflenmiş olan minimum bir değerden daha az olmamalıdır.

İstenilen kalitedeki bir beton için kullanılacak karışım suyunun miktarı hassas olarak hesaplanıp kullanılmaktadır.

Şayet betonda kullanılan su miktarı gereğinden az ise, beton istenilen işlenebilmeye sahip olamamaktadır. Böyle bir durum taze betonun ve ona bağlı olarak, sertleşmiş betonun özelliklerini olumsuz etkilemektedir [7].

Öte yandan, beton üretiminde gereğinden fazla miktarda su kullanılır ise, beton daha gözenekli olmakta, daha çok büzülme göstermekte, daha az dayanıma ve dayanıklılığa sahip olmaktadır. Betonda kullanılan su miktarı arttıkça (yani, "su/çimento" oranı arttıkça) beton dayanımı ve dayanıklılığı daha az olmaktadır.

Betonda hedeflenen kıvamı ve dayanımı sağlayacak miktardaki su, betonun "su ihtiyacı" olarak anılmaktadır.

Priz Alma ve Priz Süresi: Beton malzemelerinin karılma işlemi biter bitmez şekil verilebilir (plastik) durumda olan taze betonun, bir süre sonra katılaşarak şekil verilemez duruma gelmesine "priz alma" denilmektedir.

Taze betonun hazırlandığı an ile katılaşma gösterdiği an arasındaki süreye "priz süresi" denilmektedir.

Taze betona uygulanacak taşıma, yerleştirme, sıkıştırma ve yüzey düzeltme işlemleri beton katılaşma göstermeden önce yapılmaktadır. O nedenle, priz sürelerinin uzunluğu veya kısalığı önemli bir özellik durumundadır.

Terleme: Yerine yerleştirilen taze betonun içerisindeki katı malzemelerin, yerçekimi etkisiyle, dibe doğru hareket etme eğilimleri vardır. Bu etki nedeniyle, taze betonun içerisinde yer alan suyun da yukarıya doğru hareket etme eğilimi olmaktadır. Taze betonun içerisindeki suyun yukarıya, beton yüzeyine, çıkma eğilimine "terleme" denilmektedir. Taze betonun, mümkün olabildiği kadar az terleme yapması istenmektedir.

Beton Dayanımı: Üzerine gelen yüklerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı, betonun gösterebileceği direnme kabiliyetine, "beton dayanımı" denilmektedir.

Betonun üzerine gelen yükler, betonda basınç etkisi yaratan türde ise, bu yükler altında kırılmaya karşı betonun gösterebileceği direnme kabiliyetine "betonun basınç dayanımı" denilmektedir.

Betonun Dayanım Kazanma Hızı: Beton dayanımı betonda kullanılan çimento hamurunun dayanımının, agrega dayanımının ve çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki aderansın ne kadar iyi olduğuna bağlıdır.

Çimento hamurunda ne kadar hızlı ve çok miktarda hidratasyon olur ise, çimento hamuru (ve ona bağlı olarak beton) daha hızlı dayanım kazanır.

Betonun ilk günlerdeki dayanımının yüksek olması, kalıpların daha erken sökülebilmesini sağlar.

Dayanıklılık: Hava koşullarından, sülfatlı veya asitli sulardan ve/veya betonun kullanıldığı ortam koşullarından kaynaklanan yıpratıcı kimyasal ve fiziksel olaylar karşısında, betonun hizmet süresi boyunca gösterebileceği direnme kabiliyetine "dayanıklılık" veya "durabilite" denilmektedir.

Ekonomiklik: Betonun ekonomik olması, gerek üretim esnasında ve gerekse daha sonraları daha az masraf gerektiriyor olmasıdır.

Betonu oluşturan temel malzemelerden en pahalı olanı çimentodur. Betondan istenilen özelliklerden vazgeçmemek kaydıyla, mümkün olan en az miktardaki çimentoyu kullanmak, betonda ekonomikliğe yol açmaktadır.

Ayrıca, betonun bir an önce yeterli dayanımı kazanması sonunda kalıpların daha erken sökülerek bir başka iş için kullanılmaya uygun duruma getirilmesi, işlenebilmesi iyi olan betonla işçilerin daha az zahmetle daha verimli çalışabilmeleri ve benzeri olaylar betonu daha ekonomik kılmaktadır [7].

4.3. Beton Katkı Maddelerinin Kullanımıyla İlgili Bilinmesi Gerekenler

Beton katkı maddeleri, taze ve sertleşmiş betonun birçok özelliklerinde olumlu değişiklikler sağlayabilmektedir. Ancak, katkı maddelerinin kullanımında bazı hususların bilincinde olmak çok büyük önem taşımaktadır [7]. Bunlar, aşağıda sıralanmaktadır:

1) Katkı maddesi, kötü bir beton karışımının veya kötü bir uygulamanın neden olduğu eksiklikleri gidermeye yeterli değildir. Katkı maddesi, beton karışımında yer alan malzeme türlerinin ve miktarlarının doğru seçilmemiş olmasından veya betona uygulanacak taşıma, yerleştirilme, sıkıştırılma, kür gibi işlemlerin uygun tarzda yapılmamış olmasından kaynaklanan eksiklikleri ortadan kaldıramamaktadır.

2) Katkı maddesi, standardlarda belirtilmiş olan değerlere uygun olmalıdır. Türk standardları, ASTM ve diğer ülke standardları, katkı maddesinin kullanılması durumunda beton performansında yer alması gereken değişikliklere dair bazı sınır değerler vermektedirler.

Katkı maddelerinin kullanılması halinde, standardlarda belirlenmiş olan performansın elde edilip edilmeyeceği (katkı maddesinin kabul veya reddedilir olması) deneylerle araştırılmalıdır.

3) Katkı maddesi hakkında üretici tarafından belirtilmiş olan hükümlere dikkat edilmelidir. Tanınmış bir üretici firma, katkı maddesi hakkında yeterli teknik özellikleri vermek durumundadır. Bunlar:

- Katkı maddesinin beton performansı üzerindeki ana etkisi,
- Katkı maddesinin beton performansına yararlı veya zararlı yan etkileri,
- Katkı maddesinin fiziksel özellikleri ve içerdiği aktif maddelerin konsantrasyonu,
- Katkı maddesinin içerisinde betonda potansiyel hasar yaratabilecek klorür, şeker, sülfid gibi maddelerin bulunup bulunmadığı,
- Katkı maddesinin beton karışımına nasıl katılması gerektiği,

- Katkı maddesinin kullanılması gereken dozajı, bu dozun altında veya üstünde kullanılması durumunda beton özeliklerine etkisi ve
- Katkı maddesinin etkisini kaybetmeden nasıl ve ne kadar süreyle saklanabileceğidir.

4) Katkı maddesinin ne dozda kullanılması gerektiğine dair üretici tarafından belirtilen değer şantiyedeki malzemelerle ve şantiye koşullarında yapılacak betonlar üzerinde denenmeli, üreticinin belirtmiş olduğu değerin yeterli olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Katkı maddesinin ne miktarda kullanılmasına dair üretici tarafından verilen değer çok önemli olmakla birlikte bazen o bilgi yeterli olmamakta, istenilen beton performansı elde edilememektedir. O nedenle, istenilen betonun yapımında kullanılacak türdeki malzemelerle önceden deney yapılmalı ve katkı maddelerinin hangi dozda kullanılması gerektiği saptanmalıdır.

5) Katkı maddesi betonun birden çok özelliğini etkileyebilmektedir. Katkı maddesi betonun belirli bir özelliğini etkilemek üzere kullanıma sunulmaktadır. Ancak, aynı katkı maddesi, bu ana amacın dışındaki bazı beton özelliklerini de yararlı veya zararlı olarak etkileyebilmektedir. O nedenle, özellikle betona zararlı olabilecek yan etkilerinin bilinmesi gerekmektedir.

6) Katkı maddesinin betona katılmasına dair güvenilir yöntemlerin belirlenmesi gerekmektedir. Hava sürükleyici katkı maddeleri gibi bazı katkı maddeleri çok az miktarlarda kullanılmaktadır. O nedenle, katkı maddesinin ne miktarda ve nasıl bir yöntemle betona katılacağı önemli olmaktadır.

7) Katkı maddesinin etkisi, betonun içerisinde yer alacak malzemelerin tipine ve miktarına göre değişiklik gösterebilmektedir.

Katkı maddesinin beton performansına yapacağı etki şu faktörlere bağlıdır:

- Çimentonun kompozisyonu,
- Agrega gradasyonu ve agreganın zararlı madde içerip içermediği,
- Beton karışımındaki malzemelerin oranı,
- Bir başka katkı maddesinin beton içerisinde ayrıca yer alıp almadığı,
- Betonun karılma süresi,
- Katkı maddesinin betonun içerisine katılmasında takip edilen yöntem,

- Betonun sıcaklığı ve
- Kür koşulları.

8) Katkı maddesinin kullanımında, beton özelliklerinde sağlanacak iyileştirme, beton kullanımında elde edilecek kolaylık ve betonun ekonomikliği gibi faktörler gözönünde tutularak bu faktörler birarada ve çok iyi değerlendirilmelidir. Beton katkı maddesi, beton üretiminde kullanılmakta olan çimento, agrega ve su gibi temel malzemelerin dışında olan ek bir maddedir. O nedenle, katkı maddesinin kullanımıyla fazladan bir masraf ortaya çıkmaktadır. Öte yandan, katkı maddesi kullanımıyla, istenilen kalitedeki beton daha az miktarda çimento ile üretilebilmekte, daha ekonomik beton elde edilebilmektedir. Ayrıca, katkı maddesi kullanılması ile betonun işlenebilirliği, pompalanabilirliği, yerleştirilmesi, sıkıştırılması ilk günlerdeki dayanımı daha iyi olabilmekte ve kalıplar daha erken sökülebilmektedir. Bu işlemler, iş sahibine, yükleniciye, görevli teknisyenlere ve işçilere kolaylık sağlayabilmektedir. Beton üretiminde katkı maddesi kullanımına karar verilmesinde, bütün bu faktörler birarada ve gerçekçi olarak değerlendirilmelidir [7].

4.4. Beton Kimyasal Katkılarında CE İşareti

CE işareti, Avrapa Birliğinin, teknik mevzuat uyumu çerçevesinde ürünlerin serbest dolaşımının sağlanması amacı ile yeni yaklaşım direktifleri kapsamına giren ürünlerin, bu direktiflere uygun olduğunu ve gerekli bütün uygunluk değerlendirme faaliyetlerinden geçtiğini gösteren ve "Confirmite Europeenne" kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir birlik işaretidir.

Beton kimyasal katkıları (BKK) için ilgili direktif Yapı Malzemeleri direktifi, ilgili standart TS EN 934-2 nolu standarttır. Uygunluk onayı için sağlanması gerekli şartları içeren standart ise TS EN 934-6 standardıdır. BKK uygunluk onayı için sistem 2+'ya göre değerlendirilmektedir.

Uygunluk onayı için, sadece ürün performanslarının, TS EN 934-2'ye uygunluğu yetmemektedir. Üretici firmanın, işleyen bir kalite sisteminin var olması hazırlık sürecinde harcanacak süreyi kısaltacaktır. Aksi taktirde firma; TS EN 934-6'daki tüm gereklilikleri sağlayacak yönde dökümantasyon hazırlıklarını yaparak, bu sisteme uygun işleyişi sağladığını belgelemelidir. Doğru işleyen bir ISO 9001'e

uygun kurulmuş bir sistem, küçük revizyonlarla TS EN 934-6 gerekliliklerini sağlayabilecek hale çok kısa sürede getirilebilir [11].

4.4.1. Beton Katkılarında CE İşareti

CE İşareti Uygulama Adımları:

1. Ürünlerin TS EN 934-2 standardında tanımlanan kimyasal katkı tiplerine göre sınıflandırılması.

2. Standart test yöntemlerine uygun olarak, standartlarda belirtilen, ilk tip belirleme testlerinin(ITT) tamamlanması ve kayıtlandırılması,

- Kimyasal ve fiziksel testler (pH, yoğunluk, katı madde, klor, alkali, etkin bileşen oranı)
- Katkı tipine göre beton testleri (su azaltma oranı, dayanım artışları oranı, kıvam artış oranı, hava sürükleme oranı)
- Katkı tipine göre harç testleri (priz süresi, kılcal su emme)

3. ITT test sonuçlarının uygunluk onayı verecek kuruluşa gönderilmesi.

4. TS EN 934-2 'de belirtilen sürelere uygun deney programlarının yapılarak, üretim kontrol (FPC) takvimlerinin hazırlanması ve uygulamaya alınması.

5. FPC deney sonuçlarının kayıtlandırılacağı FPC formlarının hazırlanarak uygulamaya alınması.

6. Firmanın uygunluk onayı verecek kuruluş tarafından denetlenmesi,

BKK üreticisi firma, yukarıdaki adımları başarı ile tamamladığında CE işareti almaya hak kazanacaktır. Burada dikkat edilmesi gerekenler;

- Deneylerde kullanılan çimento ve agregaların, standartta tarif edilen özellikleri karşılaması ve bunun belgelenmesi,
- Kullanılan cihaz ve ekipmanların kalibrasyonlarının düzenli olarak yapılıyor olduğunun belgelenmesi,
- Tüm deneylerin herbir deney için ayrı ayrı belirlenmiş olan standartlara uygun olarak yapılması ve bunun belgelenmesidir.

- Belgelendirme denetiminden önce, üretici firmanın yapacağı hazırlıkları iki

aşamada toplamak mümkündür:

A. Deneysel Hazırlık

B. Dokümantasyon Hazırlığı

Deneysel hazırlıkların ilk aşaması, laboratuarın malzeme ve ekipman olarak hazır hale getirilmesidir. İkinci adımda tip belirleme testleri (ITT) tamamlanır. Son olarak da, herbir ürün için üretim kontrol takvimleri oluşturularak, fabrika üretim kontrollerine (FPC) başlanır. İlk Tip Belirleme Testleri (ITT) üç aşamada ve birkez yapılır.

1. Kimyasal/Fiziksel deneyler
2. Harç deneyleri
3. Beton deneyleri

Kimyasal/fiziksel deneyler; kimyasal katkının hangi katkı sınıfına girdiği dikkate alınmadan, her katkı sınıfı için uygulanmalıdır. Tablo 4.l' de verilen kontroller ilgili standartlarda belirtilen test yöntemlerine göre yapılarak, sonuçlar herbir ürün için ayrı ayrı hazırlanacak olan ve kontrol parametreleri için kabul değerlerinin var olduğu ITT formlarına kaydedilir [11].

Tablo 4.1. Kontrol Deneyleri

Özellik	Test Metodu	Gerekli Ekipman
Homojenlik	Gözle kontrol	Gözle kontrol
Renk	Gözle kontrol	Gözle kontrol
Etkin Bileşen	TS EN-480-6 veya üretici metodu	IR Spektrofotometre
Bağıl Yoğunluk	ISO 758	Piknometre
Katı Madde	TS EN-480-8 veya üretici metodu	Etüv veya Nem Tayin Cihazı
Ph	ISO 43 16	PH metre
Toplam Klor	ISO 1158	<0,1 kütlece
Suda Çözünen	TS EN 480-10	Büret ve gerekli kimyasallar
Alkali Miktarı (Na_2O eşdeğeri)	TS EN 480- 12	Atomik Absorbsion Cihazı veya Alev Fotometresi

Beton deneyleri**;** her kimyasal katkı sınıfı için farklıdır. Performans özelliklerine göre sınıflandırılan kimyasal katkılar, standartta tarif edilen kontrol parametrelerine uygun olarak beton deneylerine tabii tutulur.

Dikkat edilmesi gereken faktörler;

- Çimento; 42,5 mukavemet sınıfındaki CEM I çimento olmalıdır.

- Agregalar; TS EN 480-1 'de tarif edilen partikül boyutlarında olmalıdır.
- Beton karışım suyu TS EN 1008'e uygun olmalıdır.
- Şahit beton TS EN 480-1'de her bir katkı sınıfı için ayrı ayrı belirtilmiş olan kıvamda olmalı
- Kimyasal katkı dozajı; standartta istenilen limit değerleri sağlayacak ve üretici firmanın tespit ettiği oranda olmalıdır ki, standartta bu oran "uygunluk miktarı" olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 4.2, 4.3 ve 4.4 beton deneylerini kapsamaktadır.

Tablo 4.2. Beton Deneyleri

Kimyasal Katkı Tipi	**EN 934-2 Çizelge No**	**Özellik**	**Şahit Beton**	**Deney Metodu**
SuAzaltıcı Akışkanlaştırıcı Katkılar	Çizelge 2	Su Azaltma	Şahit Beton l	TSEN 12350-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton I	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TSEN 12350-7
Yüksek Oranda Su Azaltıcı/ Süperakışkanlaştırıcı Katkılar	Çizelge3.1 Eşit Kıvam	Su Azaltma	Şahit Beton 1	TSEN 12350-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton 1	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TSEN 12350-7
	Çizelge3.2 Eşit W/C	Kıvamdaki Artış	Şahit. Beton IV	TSEN 12350-2
		Kıvam Koruma	Şahit Beton [V	TSEN 12350-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton IV	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton IV	TSEN 12350-7
Su Tutucu Katkılar	Çizelge 4	Terleme	Şahit Beton II	TS EN 480-4
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton II	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton II	TSEN 12350-7

Tablo 4.3. Beton Deneyleri

Kimyasal Katkı Tipi	EN 934-2 Çizelge No	Özellik	Şahit Beton	Deney Metodu
Hava Sürükleyici Katkılar	Çizelge 5	Basınç Dayanımı	Şahit Beton III	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton III	TSEN 12350-7
		Sertleşmiş Betonda havaboşluğu	Şahit Beton III	TSEN 480-11
Priz Hızlandırıcı Katkılar	Çizelge 6	Priz Başlangıcı	Harç	TS EN 480-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton I	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TSEN 12350-7
Sertleşme Hızlandırıcı Katkılar	Çizelge 7	Basınç Dayanımı	Şahit Beton I	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TSEN 12350-7
Priz Geciktirici Katkılar	Çizelge 8	Priz Süresi	Harç	TS EN 480-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton I	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TS EN 12350-7
		Kılcal Su Emme	Harç	TS EN 480-5
Su Geçirimsizlik katkısı	Çizelge 9	Basınç Dayanımı	Şahit Beton I	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TS EN 12350-7
Priz Geciktirici/Su Azaltıcı/ Akışkanlaştırıcı	Çizelge 10	Priz Süresi	Harç	TS EN 480-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton I	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TSEN 123 50-7
		Su Azaltma	Şahit Beton I	TSEN 12350-2
Priz Geciktirici/ Su Azaltıcı/ Süper Akışkanlaştıncı Katkı	Çizelge 12	Priz Başlangıcı	Harç	TS EN 480-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton I	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TSEN 12350-7
		Su Azaltma	Şahit Beton I	TSEN 12350-2

Tablo 4.4. Beton Deneyleri

Kimyasal Katkı Tipi	EN 934-2 Çizelge No	Özellik	Şahit Beton	Deney Metodu
Priz Geciktirici/Yüksek Oranda Su Azaltıcı/ Süperakışkanlaştıncı Katkı	Çizelge 11.1	Priz Süresi	Harç	TS EN 480-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton I	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton I	TSEN 12350-7
		Su Azaltma	Şahit Beton I	TSEN 12350-2
	Çizelge 11.2	Kıvamdaki Artış	Şahit Beton IV	TSEN 12350-2
		Kıvam Koruma	Şahit Beton IV	TSEN 12350-2
		Basınç Dayanımı	Şahit Beton IV	TSEN 12390-3
		Taze Betonda Hava% oranı	Şahit Beton IV	TSEN 12350-7

Harç deneyleri; kimyasal katkının hangi katkı sınıfına girdiği dikkate alınmadan, her katkı sınıfı için uygulanmalıdır.

Kimyasal katkının, en yüksek kullanım oranında priz alma süresine etkisini tespit edebilmek için uygulanacak yöntemdir [11].

Priz süresi ölçümü, TS EN 480-1'de tarif edilen standart harç hazırlanarak yapılır. Deney metodu TS EN 480-2 standardında tarif edilmiştir. Dört farklı çimento için ayrı ayrı yapılır ve sonuçlar ITT formuna kaydedilir. Bu deneyde önemli olan paremetre, kullanılacak çimentoların özellikleridir. Çimentolar; 42,5 mukavemet sınıfındaki CEM I çimento ve CEMII, CEMIII ve CEMIV türlerinden isteğe göre seçilen üç ilave çimentodur.

Çimentoların özgül yüzeyi 3200-4000 cm^2 / g ve C_3A miktarı %7-% 11 aralığında olmalıdır.

ITT testleri tamamlandıktan sonra; üreticinin kimyasal katkıları sınıflandırma işlemi de tamamlanmaktadır ve bu deneylerden elde edilen sonuçların sürekliliğinin sağlanması ve üretimin sürekli kontrol edildiğinin ispatı için fabrika üretim kontrol testleri(FPC) yapılmaktadır.

Kimyasal/Fiziksel deneyler her üretim için yapılmalı ve FPC Formlarına kaydedilmelidir.

Harç ve beton deneyleri, katkının yıllık üretim miktarına ve tipine bağlı olarak, önceden hazırlanan yıllık planlar dahilinde belli periyotlarla yapılan testlerdir.

FPC deneyleri de, ITT testlerinde olduğu gibi üç aşamada yapılır. Test parametreleri yukarıda anlatıldığı gibidir. FPC deneyleri için ürün numunesi üretim yapılan karıştırıcıdan alınmalı ve yaklaşık 3 kg olmalıdır. Bu numune deneylere tabii tutulduktan sonra l kg'ı şahit numune olarak 6 ay süreyle saklanır.

Türkiye'de uygunluk onayı verebilecek, Avrupa Birliğinin(AB) onayladığı bir kuruluş henüz yoktur. Fakat bazı kuruluşlar, AB'den bu onayı almak için çalışmalarını sürdürmektedir. Diğer bir taraftan da AB ülkelerine ihracat yapan üretici bir kuruluşun, CE işaretleme uygunluğunu alması zorunludur. Fakat Türkiye'de onaylı bir kuruluş olmadığı için, uygunluk onayını yurtdışından almak zorundadır.

Ürünlerinde CE İşareti kullanmak üzere çalışmalara başlayan firmaların eğer ISO 9001: 2000 Kalite Sistem Belgeleri varsa, dökümantasyona yönelik çalışmalarda bu sistem mutlaka kolaylık sağlayacaktır.

Firma, ISO 9001: 2000 sistemi gereği zaten belirli yazılı prosedürler kapsamında hareket etmektedir. Mevcut prosedürlere, CE işareti ile ilgili bilgilerin eklenmesi ve ek olarak da birkaç yeni dokümanın yayınlanması yeterli olacaktır [11].

CE İşareti kapsamında hazırlanması gereken dökümanlar,

- Analiz Sertifikaları
- Cihaz kullanım talimatları
- Kalibrasyon kayıtları
- Girdi kontrol kayıtları
- İlk tip Test Kayıtları (ITT)
- Üretim Kontrol deneylerinin ve denetimlerinin tarih ve sonuçları, standart özellikleri ile karşılaştırılması,
- Üretim Kontrol Kayıtları (FPC)
- Hammadde Analiz Sertifikaları
- Analiz Yöntemleri
- Dış Kaynaklı Dokümanlar

- Dış Kaynaklı Laboratuvar Raporları
- Kalite Kontrol Planları
- Sevkiyata hazır ürünün işaretleme ve etiketlenmesinin bu standarta uygunluğu,
- Üretim işlemleri ve üretim kontrolü için gerekli talimatların yazılı olarak mevcut olması.
- Üretim kontrol personelinin üretim işlerinin kontrolünde ve üretim talimatlarına uyulmasının denetiminde eğitilmiş olması ve bağlı kayıtlar,
- Üretim kontrol işlemlerinin uygulandığından emin olunması,
- Hammaddelerin kabulüne ilişkin kurallar, numune alma, doğrulama, tanımlama, izlenebilirlik, depolama ve son kullanım tarihine ilişkin talimatlar
- Laboratuar aletlerinin bakım ve kalibrasyon işlemleri ve kayıtları,
- Numune alma dahil üretim işlemleri için gerekli talimatlar
- Katkı numunelerine uygulanacak deneyler ve hedef değerler deney sonuçları için kabul edilebilirlik sınırları,
- Ürünün uygunsuzluğu halinde yapılması gereken işlemler,
- Katkıların depolanması, ambalajlanması ve sevkiyatı için kurallar,
- Üretim kontrol planları,
- Üretime ilişkin veriler, (Katkının tipi ve markası, parti seri numarası, üretim miktarı, üretim tarihi ve varsa üretim kodu)
- Üretim kontrol amirinin veya diğer yetkili üretim kontrol elemanlarının imzaları.

Yukarıda madde bazında verilen tüm başlıklar sistem gerekliliğidir. Bu dokümanların ve bağlı kayıtların düzenli olarak tutuluyor olması gerekmektedir [11].

Beton kimyasal katkıları (BKK) için ilgili direktif Yapı Malzemeleri direktifi, ilgili standart TS EN 934-2 nolu standarttır. Uygunluk onayı için sağlanması gerekli şartları içeren standart ise TS EN 934-6 standardıdır. BKK uygunluk onayı için sistem 2+'ya göre değerlendirilmektedir. Uygunluk değerlendirmesinde

Üretici;

- Fabrika Üretim Kontrolü (FPC),
- Başlangıç Tip Deneyleri (ITT),
- Fabrikada alınan numunelerin deneye tabi tutulması işlemlerini, TS EN 934-2 standartta belirtilen deneylerin uygulanması ve kayıtlandırılması ile görevlidir.

Yetkili Kurum ise fabrika üretim kontrolünün belgelendirilmesi için;

- Fabrikanın ve fabrika üretim kontrolünün ilk muayenesi,
- Fabrika üretim kontrolünün sürekli denetim, değerlendirme ve onayını,
- TS EN 934-2 standartta belirtilen deneylerin yapıldığının ve kayıtlarının tutulduğunun kontrolü ile görevlidir.

Yukarıda detaylandırılan bilgiler ışığında onaylı kuruluş tarafından yapılan incelemeler sonrasında CE işareti kullanım hakkı verilir.

Bidon veya varil içerisinde piyasa sunulan Beton Kimyasal Katkı maddelerinde bu işaret, bidon veya varil üzerine yazılmalıdır. Malzemenin dökme olarak teslim edilmesi halinde ise CE işareti teslimde verilen belgeye konulmalıdır.

CE işareti; yetkili kurumun tanıtım numarası, üreticinin ismi veya tanıtıcı işareti, ürünün tanıtım bilgileri, CE İşaretinin verildiği yılın son iki rakamı, fabrika üretim kontrol belgesinin son iki rakamı ile birlikte yazılarak kullanılmalıdır [11].

4.5. Beton Katkı Maddelerinin Kullanımına İlişkin Anket Çalışması

Günümüzde özellikle hazır beton tesislerinde kimyasal katkı kullanılmaksızın beton üretimi yok denecek kadar azdır. Kimyasal katkılar betonun özeliklerini iyileştirdiği gibi, bilinçsiz kullanıldığı takdirde olumsuz etkilerde de bulunabilmektedir. Beton firmalarının hangi kimyasal katkıları kullandığı, bilinçli bir katkı kullanımının olup olmadığı ve katkı kullanımına yönelik düşüncelerin belirlenmesi amacı ile Eskişehir İli beton firmalarında bir anket çalışması yapılmıştır [12].

İnşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanılan beton, ucuzluğu ve kolay üretilebilir olması nedeniyle günümüzde en çok tercih edilen yapı malzemesidir. Beton katkı maddeleri "Betona; üretim sırasında su, agrega ve çimento dışında, küçük miktarlarda, betonun niteliklerinde istenilen yönde değişiklik sağlamak için katılan kimyasal maddeler" olarak tanımlanabilir [7-11]. Akışkanlaştırıcılar uygulamada s/ç oranını azaltarak daha yüksek dayanıma ulaşmak, kütle betonlarında hidratasyon ısısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması veya aynı işlenebilmeyi elde edebilmek ve kolay yerleşmeyi sağlamak amaçlarıyla kullanılmaktadırlar. Firmaların uzak olması veya trafiğin tıkanık olması gibi durumlarda beton şantiyeye vardığında, geçen zamandan dolayı oluşan kıvam kaybının yalnızca su katılarak iyileştirilmesi durumunda betonun özeliklerinde çok zararlı etkiler oluşabilmektedir. Bu

nedenle beton üretiminde kullanılması gereken çimento miktarı azaltılmaksızın veya beton dayanımından ödün vermeksizin üretilen betonun, akıcı ve kolay yerleşebilir olmasının sağlanması gerekmektedir.

Bu akıcılığın sağlanabilmesi için akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkılar kullanılmaktadır. Katkı kullanımı, beton karışımında kullanılacak s/ç oranını sabit tutarak, su ve çimento miktarını azaltıp ekonomik yararlar da sağlamaktadır. Kimyasal katkıların kullanılmasına yönelik yapılan araştırmalarda süper akışkanlaştırıcı kullanılan betonlarda uygun katkı miktarı seçilmediğinde işlenebilme ve ayrışma problemleri ortaya çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda geçirimsizlik sağlayan katkılara göre süper akışkanlaştırıcı katkıların daha etkin olduğu görülmüştür. Betonun donma çözülme dayanıklılığını arttırmak için kullanılan hava sürükleyici katkıların etkinliği donma çözülme tekrar sayısı arttıkça artmaktadır. Donma çözülme dayanıklılığını eğilme dayanımı deneyleri daha iyi göstermektedir [12].

Donatı korozyonunu önlemek için betona katılan katkıların donatı ömrünü arttırmada oldukça etkili olduğu yapılan çalışmalarda görülmüştür. Özellikle soğuk ve sıcak havalarda priz, hızlandırıcı ve geciktirici katkılar betonun priz sürelerini değiştirerek beton dökümünü kolaylaştırmaktadırlar. Renklendirici katkılar ise prizi geciktirme, işlenebilmeyi arttırmakta, rötreyi azaltmakta ve eğilme dayanımlarını artırırken basınç dayanımlarını azaltmaktadırlar [12].

Eskişehir'de bulunan beton firmalarında kimyasal katkı kullanımı ve kullanılan katkıya göre beton özeliklerinin değişimi araştırılmıştır. Bu kapsamda beş hazır beton firması ve bir prefabrik beton eleman üreten firmada anket çalışması yapılmıştır. Ankette firmaların kullandıkları kimyasal katkı türleri, kullanım oranları, neden katkı kullandıkları araştırılmıştır. Katkı kullanımının beton işlenebilirliğine, dayanım, dayanıklılığına, maliyetine etkileri, katkı veya katkıları kullanmadan önce yapılan çalışmalar, katkı kullanımının betona, insan sağlığına veya maliyete etkileri, tüketicilerin katkı kullanımı konusunda talepleri, katkı kullanımının yaygınlaşması ve önerileri sorulmuş ve alınan cevaplar değerlendirilmiştir [12].

4.5.1. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Anket sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Yapılan ankete göre beton firmalarının daha çok normal akışkanlaştırıcı, süper akışkanlaştırıcı,

antifriz katkılarını kullandığı, bunun yanı sıra priz geciktirici, priz hızlandırıcı, hava sürükleyici gibi katkıları ise az da olsa kullandıkları Tablo 4.5 ' te görülmektedir. Kimyasal katkıları daha çok işlenebilirliği arttırmak, s/ç oranını azaltmak, pompalanabilirliği kolaylaştırmak, yüksek dayanımlı beton üretmek, soğuk ve sıcak hava koşullarında betonun korunması ve iyi bir performans göstermesi amaçlarıyla kullanılmaktadır.

Tablo 4.5. Yapılan ankete göre kullanılan kimyasal katkı çeşitleri (■ evet, □ hayır)

Kimyasal Katkı		**Firmalar**						**Oran**
		A	B	C	D	E	F	
Akışkanlaştırıcı	Hiper	□	□	■	□	■	□	2/6
	Süper	■	■	■	■	■	■	6/6
	Normal	■	■	■	■	■	■	6/6
Priz hızlandırıcı		□	□	■	□	■	□	2/6
Priz geciktirici		□	□	□	□	■	□	1/6
Hava sürükleyici		□	□	□	□	■	□	1/6
Antifriz		■	■	□	■	□	■	3/6

Beton üretiminde çimento tipi değiştirildiğinde kullanılan kimyasal katkıların oranının ve etkilerinin belirlenmesi için yeniden laboratuar çalışması yapılmasının gerektiği düşünülmektedir. Hazır beton firmaları olumsuz hava koşullarında kullanılacak betonlarda katkı maddesi olarak soğuk havalarda beton antifrizi ve priz hızlandırıcı, çok sıcak havalarda priz geciktirici kullanmaktadırlar. Ayrıca akışkanlaştırıcı olarak soğuk havalarda priz hızlandırıcı özelliği olan akışkanlaştırıcılar kullanılmaktadır. Sıcak havalarda ise priz geciktirici özelliği olan akışkanlaştırıcılar kullanılmaktadır.

Tablo 4.6'da kimyasal katkı anket sonuçlarının değerlendirilmesi görülmektedir. Yapılan anket sonuçlarına göre tüketiciler son yıllarda katkı konusunda bilinçlenmiş ve firmalardan siparişlerinde katkı talep etmeye başlamışlardır. Katkı kullanımında firma ayırt etmeden daha çok ön deneylerle istenen özelikleri sağlayan firmalar tercih etmektedirler [12].

Tablo 4.6. Kimyasal katkı anket sonuçlarının değerlendirilmesi (■evet, □hayır, ?boş)

Yapılan Anketin Soruları	Firmalar						Oranlar
	A	B	C	D	E	F	
Katkılarla ilgili herhangi bir bilgilendirme toplantısına katılanlar	■	□	■	■	■	■	5/6
İstediği özellikleri sağlayan katkılara kolaylıkla ulaşanlar	■	■	■	■	■	■	6/6
Katkıları kullanmadan önce kimyasal bileşimini dikkate alanlar	■	■	■	■	■	■	6/6
Katkıları betonda üretici firmanın önerdiği oranda kullananlar	■	■	■	■	■	■	6/6
Katkıyı kullanmadan önce performans deneylerini yapanlar	■	■	■	■	■	■	6/6
Birden fazla katkının kullanılması halinde uygunluk testi yapanlar	■	?	□	■	■	■	4/6
Betonda katkı kullanmanın ekonomik olduğunu düşünenler	■	■	■	■	■	■	6/6
YDB üretiminde akışkanlaştırıcı dışında katkı kullananlar	□		□	□	■	■	3/6
Katkıların çimento cinsinden etkilendiğini düşünenler	■	■	■	■	■	■	6/6
Kullandığı katkıların yan etkilerini gözlemleyenler	□	■	□	■	■	□	3/6
Katkının performansta olumsuz etkileri olduğunu düşünenler	□	■	■	□	□	□	2/6
Katkıların insan sağlığına olumsuz etkisinin olduğunu düşünenler	□	□	■	■	□	■	3/6
Tüketiciden katkı eklenmesi ile ilgili talep alanlar	□	□	■	□	□	□	5/6

Beton üretiminde kullandıkları katkı miktarı çimento miktarının % 0.8 ile % l'i arasındadır. Yıllık kimyasal katkı tüketimi ise firmalara göre 300 tona kadar ulaşılabilmektedir. Yüksek dayanımlı beton üretiminde akışkanlaştırıcı katkı dışında başka bir katkı kullanan firmaların oranı % 50'dir. Kimyasal katkı kullanımının beton üretiminde ek maliyeti % 1-3 arasında değişmektedir. Beton firmaları kimyasal katkı üreticilerinin önerdiği oranlarda katkıları kullanmaktadırlar. Ayrıca firmaların kimyasal katkıları beton üretiminde kullanmadan önce uygunluk deneyleri yaptığı fakat % 60'nın, birden fazla kimyasal katkı kullandığında birbirine olan etkilerini incelemedikleri görülmüştür [12].

Firmaların % 80'inin kimyasal beton katkıları ile ilgili düzenlenen kurs veya seminerlere katıldıkları belirlenmiştir. Beton firmaları istedikleri zaman istenilen beton

özelliklerini sağlayabilecek katkılara ulaşabilmektedirler. Amaca uygun olmayan katkı kullanıldığında beton özelliklerini olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir.

Beton üretiminde kullanılan kimyasal katkının betonun uzun süreli performansına olumsuz etkisinin olmadığı, beton dayanımlarını arttırarak bir üst sınıf beton kalitesi elde edildiği belirlenmiştir. Kullanılan kimyasal katkıların özelliklerine göre betonun ilk yaşlardaki beton dayanımının % 30-40, ileriki yaşlarda ise % 10-20 oranlarında arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca düşük s/ç oranında beton dayanımını düşürmeden, yüksek işlenebilirlikler de katkılarla sağlanabilmektedir. Beton firmaları uygulamada akışkanlaştırıcılarla betonda s/ç oranını 0.28 değerine kadar düşürebilmişlerdir. Yapı onarım ve güçlendirilmesinde zor koşullarda beton dökümü yapıldığı için işlenebilirliği fazla olan beton kullanımı tercih edilmekte, bu amaçla hiper akışkanlaştırıcılar ve kendiliğinden yerleşen beton kullanılmaktadır [12].

Anket çalışması sonuçları aşağıda verilmektedir:

- Kimyasal katkı kullanımı ile üretilen betonlarda işlenebilirliğin kolaylaştığı, su/çimento oranının düştüğü, pompalanabilirliğin arttığı görülmüştür. Betonlara katılan kimyasal katkılar ile % 20 oranında daha az su kullanımı sağlanabilmiştir.
- Firmaların betonları yerine ulaştırırken karıştırma süresinin uzamasıyla oluşan kıvam kayıplarının yalnızca su ilave edilerek iyileştirilmesi beton dayanımlarını düşürmektedir. Bu nedenle kıvam kayıpları akışkanlaştırıcı katkılar ile iyileştirilmelidir.
- Ülkemizde kimyasal katkı kullanımı için bir genelleme yapılacak olursa en çok kullanılan kimyasal katkı türünün akışkanlaştırıcılar olduğu sonucuna varılmaktadır. Genellikle C20 kalitesindeki betonlarda normal akışkanlaştırıcı katkılar kullanılırken, C25 kalitesindeki betonlarda süper akışkanlaştırıcı katkıların kullanılması daha yaygındır.
- Normal ve süper akışkanlaştırıcıların kullanıldığı betonların 28günlük dayanımları arasında neredeyse fark bulunmamaktadır. Bazı durumlarda normal akışkanlaştırıcıların betona daha yüksek dayanım kazandırdığı görülmektedir.
- Hava koşullarının oldukça fazla değişim gösterdiği Eskişehir'de betonun priz alması, işlenebilirliği, dayanımı ve dayanıklılığı yönünde sorunlar yaşanması kimyasal katkı kullanımını kaçınılmaz hale getirmektedir. Hava koşulları değiştikçe yıl içerisinde kullanılan katkı çeşidi artmaktadır [12].
- Farklı katkı kullanımı daha çok bilgi, deneyim, denetleme ve deney

yapılmasını gerektirmekte, bilinçsizce katkı kullanılması durumunda betonun özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle katkı firmalarının daha çok eğitim seminerleri vermeleri ve bu konuda üniversite özel sektör çalışmalarının artması gerektiği beton firmalarınca önerilmektedir.

- Kimyasal katkı hammaddelerinin büyük bir kısmının yurt dışından alınması sonucunun tüketiciyi maddi olarak etkilediği düşünülmektedir. Özellikle kendiliğinden yerleşen beton için maliyeti daha düşük ve istenilen dayanımlar için uygun katkıların üretilmesi beton firmalarınca önerilmektedir [12].

5. MİMARİ BETON

Mimari beton üretiminde betonun renklendirilmesi için; üretimde renkli agregalar kullanmak, özel olarak renklendirilmiş renkli çimentolardan yararlanmak, beyaz ve/veya gri renkte normal portland çimentosu kullanmak veya bu seçeneklerin bazılarını bir arada kullanma imkanı vardır.

Belirtilen renklendirme sistemleri içerisinde pigment veya pigmentli beton katkı kullanımı en yaygın yöntemlerden biridir [13].

5.1. Betonun Renklendirilmesi İçin Kullanılan Pigment Türleri

Mimari betonun renklendirilmesi için katkı maddesi olarak kullanılan üç farklı pigment türü vardır:

- Toz Pigmentler
- Sıvı Pigmentler
- Granül Pigmentler



Şekil 5.1 Pigment Katkısı

5.2. Pigment Türlerinin Kalite Açısından Karşılaştırılması

Pigment türleri incelendiğinde; işlevlerinin aynı olmasına rağmen bazı avantaj ve dezavantajlarının olduğu görülür.

5.2.1. Toz Pigmentler

Toz pigmentler incelendiğinde çıplak gözle fark edilebilen 3- 4 Delta E' lik renk varyasyonları oluştuğu görülmüştür. Aynı zamanda pigment yayılımının iyi olmaması sonucunda bitmiş beton yüzeyde pigment yuvalaşmaları ve topaklanmaları da oluşabilmektedir. Mikserler yardımıyla karıştırılıp harmanlanan pigmentlerin kullanılması sonucunda yine bitmiş beton yüzeyde topaklanmalar görülebilir. Bu kaçınılmaz olayın sebebi bünyesine nem alan toz pigmentin taşıma esnasında preslenerek yumrular haline gelmesidir. Öğütücü mikserden küçük bir şansla kurtulabilecek bir yumru tanesi yada karıştırıcının uygun olmaması sonucunda çıkan bir yumru tanesi, bitmiş beton yüzeyde üniform olmayan bir görüntünün oluşmasına neden olacaktır.

Toz pigmentin beton hamuru içinde yeterince yayılmaması renk tonunun %10'a kadar kaybına sebep olabilir.

Bu eksikliklerden dolayı toz pigmentlerin kullanımı yaygın hale gelmemiştir. Beton santrallerinde doğrudan kullanımı yaygınlaşmamıştır. Eksikliklerin giderilmeye çalışılmasının yanı sıra toz pigmentlerin özellikle iyi öğütülmeden kullanılmasıyla mermer benzeri damarlı bir bitmiş beton yüzey elde edilmiştir. Ancak bu görüntüdeki bir yüzey fazla talep görmemiştir [13].

5.2.2. Sıvı Pigment Karışımları

Bir süre öncesine kadar sıvı pigment karışımlarının kullanılmasında sorunlar yaşanıyordu. Karışımdaki pigmentin tanklarda, borularda ve pompalarda beklemesi sonucunda çökelmesiyle renk tonunda farklılaşmalar oluşuyordu. Karışımdaki katı oranı %33 (karbon) ile %60 (demir oksit) arasında olduğu için nemli agregalı beton hamurlarıyla kullanılmaması öneriliyordu. Aynı zamanda karışımdaki su miktarı taşıma işlemlerine ek bir maliyet olarak katılıyordu. Soğuk havalarda karışımdaki suyun donmaması için ikincil işlemler yapılması gerekiyordu [13].

Ancak günümüzde pigment karışımları tiksotropik jel halinde piyasaya sürülmektedir. Bundan dolayı karışımdaki pigmentin çökelmesi sorunu ortadan kalkmıştır. Ayrıca karışımdaki katı pigment miktarı %70'e, bazı kırmızı renk karışımlarında ise %80'e kadar çıkarılmıştır.

Toz pigment mikserlerinde olmayan bir özellik olarak sıvı pigment karıştırıcılarının kapasiteleri 25 ile 100 ton arasında değişmektedir. Bu olay kaliteyi sağlamak amacıyla gereken laboratuar maliyetlerini azaltmaktadır. Sıvı pigment karışımları beton hamuruna daha üniform yayılmaktadır. Sıvı pigment karışımının kutusu gerektiğinde sallanarak hatalar minimuma indirilmektedir.

Sıvı pigment karışımlarının; renk, renk tonunun sabitliği, katı içerik miktarı, viskozite ve bazı başka parametreler açısından belli standartları sağlaması gerekir.

Kış mevsiminde antifriz katkılı karışımlar kullanılması donma sorununu ortadan kaldırabilir.

Tüm bu özellikleriyle sıvı pigment karışımları en üst seviyede kaliteli olarak nitelendirilebilir.

Sıvı pigment karışımlarındaki yüksek katı-sıvı oranları sonucu, beton karışımına giren ekstra su miktarı, gerekli toplam su miktarının %5'i dir. Agrega da fazla nem içeriyorsa fazla su oranı %6'ya çıkar. Bu durumda karışıma % 4,5 fazladan çimento katılarak su-çimento oranının 1/3 olarak kalması sağlanır [13-14].

5.2.3. Granül Pigmentler

Granüler pigment sistemleri; toz pigmentlerin ve sıvı pigment karışımlarının avantajlarını bir arada sağlayan, bunun yanı sıra uygulamadaki dezavantajlarının da ortaya çıkmasını engelleyen sistemlerdir. Granül pigmentler, sıvı pigment karışımlarının sprey şeklinde hava üflenerek kurutulması ve küçük inci taneleri haline getirilmesiyle üretilir. Yuvarlak danelerin çapları 45 μ ile 500 μ arasındadır. Beyaz renk de dahil olmak üzere, sarı, turuncu, kırmızı, kahverengi, siyah, yeşil ve mavi tonlarında üretilebilir.

Üretiminde; sentetik demir oksitler, titanyum dioksit, kobalt mavisi, krom yeşili ve yüzey kimyasalına uygun olarak seçilen karbon kullanılabilir. Bütün bu pigmentler alkali ortamlara ve iklim koşullarına karşı dayanıklıdır.

Danelerin şekilleri akışkanlık açısından önemlidir. En küçük daneler, toz zerreciklerden daha büyüktür, böylece birbirlerine tutunamazlar ve sıvı özellikleri gösterirler. Aynı zamanda hiç su içermedikleri için beton hamuruna %100 katı olarak katılırlar. Yine su içermedikleri için soğuk havalarda donma tehlikesi de yoktur.

Pigment tozlarının granül hale getirilmesinde bağlayıcı olarak, betonda akışkanlaştırıcı olarak kullanılan linyosülfonat kullanılır. Bu madde kullanılarak katı-sıvı oranı yüksek bir sıvı karışım elde edilir ve bu karışım, sprey hava ile kurutularak mikro granüller elde edilir. Kuruyan beton akışkanlaştırıcısı iyi bir bağlayıcılık görevi yapar. Bu bağlayıcının su içinde kolaylıkla çözünür olması sayesinde beton hamuru içinde serbest kalan pigment yayılır ve istenen renk tonunu verir.

Spreyleyerek kurutma işlemi sırasında; ısı, sarı demiroksitin bağlarındaki suyu kaybederek kırmızı renge dönüşmesine neden olabilir. Yine dispersiyonu sağlamak için kullanılan katkılar, ısıdan dolayı kimyasal değişime uğrayarak suda çözünmeyen, katı reçine haline dönüşebilir. Bu da gerekli dozda pigment kullanılmasına rağmen istenilen renk tonunun elde edilememesine neden olur.

Bu etkilerden kaçınmak için ikinci bir granül üretim yöntemi geliştirilmiştir. Bu yönteme göre önce sıkıştırılan toz pigment daha sonra öğütülür. Öğütülen harman elekten geçirilerek granüller elde edilir. Ancak bu yöntemle elde edilen granül pigment daneleri, sprey granüller kadar kaliteli değildir. Öğütme işlemiyle elde edildikleri için mikro boyutta tam yuvarlak biçimleri yoktur [13-15].

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

Beton teknolojisindeki gelişmeler özellikle kimyasal katkı teknolojisinde meydana gelen yeni buluşlardan kaynaklanmaktadır. Kimyasal katkı, betonun ana bileşenleri olan çimento ve agregadan çok daha farklı bir işlevi yerine getirmektedir. Günümüzde kimyasal katkı kullanmaksızın beton üretimi neredeyse yapılmamaktadır. Daha yeni bir teknoloji ise Japonya'da başlayıp Avrupa ülkelerinden sonra bugün ülkemizde de kullanılmaya başlanmıştır. Kimyasal katkı ile ilgili bu yeni teknoloji çok yüksek oranda su azaltıcı ve hiperakışkanlaştırıcı olarak bilinen kimyasal katkı ile kendiliğinden yerleşen beton yapma teknolojisidir. Bu tür bir katkı ile 0.30 – 0.35 s/ç oranına sahip kendiliğinden yerleşen betonlar üretilmektedir.

Bu çalışmada da kimyasal katkı ve pigment kullanarak kendiliğinden yerleşen beton üretimi gerçekleştirilmiştir.Çimento ağırlığına oranla katılan kimyasal katkıların ve inorganik toz pigmentlerin beton özelliklerine etkisi incelenmiştir.

$4 \times 4 \times 16$ cm boyutunda prizmatik örnekler üzerinde eğilmede çekme, basınç dayanımı ile kılcallık katsayısı tayini gibi fiziksel deneyler de yapılmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar tablolar ve grafikler halinde karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

6.1. Deneysel Çalışmanın Programlanması

Literatür araştırması ve çalışmanın amacı doğrultusunda öncelikle yapılacak deneyler belirlenmiştir. Deneysel çalışmanın plan ve programlanması yapılmıştır. Üretilecek örneklerin türleri ve miktarı belirlenmiştir. Bütün işlemlerin gerektirdiği süreler göz önüne alınarak tüm çalışma takvim üzerine oturtulmuş, bu doğrultuda deneyler yürütülmüştür. Yapılan programa göre aşağıdaki süreç takip edilmiştir:

1. Deneyler yapılırken uyulması gereken standartların temin edilmesi
2. Laboratuvarda mevcut olan ekipmanın kontrolünün yapılarak, cihazlar için gereken sarf malzemelerinin temin edilmesi
3. Deney örneklerinin üretilmesi için gereken malzemelerden laboratuvarda mevcut olanlann niteliklerinin kontrol edilmesi, mevcut olmayanlann ise üretici ftrmalara başvurarak sağlanması

4. Deneysel çalışmada kullanılacak örneklerin üretilmesi
5. Programdaki deneylerin sırasıyla yapılması
6. Deney sonuçlarının düzenli ve doğru bir şekilde kaydedilmesi, gerekli hesapların yapılarak karşılaştırma için sonuçların elde edilmesi ve bu sonuçların düzenlenerek tablolar haline getirilmesi
7. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesi

6.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler

İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda mevcut olan agrega deneysel çalışmada kullanılmıştır. Normal Portland Çimentosu, Beyaz Portland Çimentosu, katkı maddeleri ve pigmentler üretici firmalara başvurularak temin edilmiştir.

6.2.1. Çimento

Deneysel çalışma kapsamında üretilen örneklerde ‘ Aslan Çimento’ NPÇ 42.5 paket çimento ve ‘Çimsa’ Çimento fabrikası ürünü olan BPÇ 32.5 beyaz çimento kullanılmıştır.

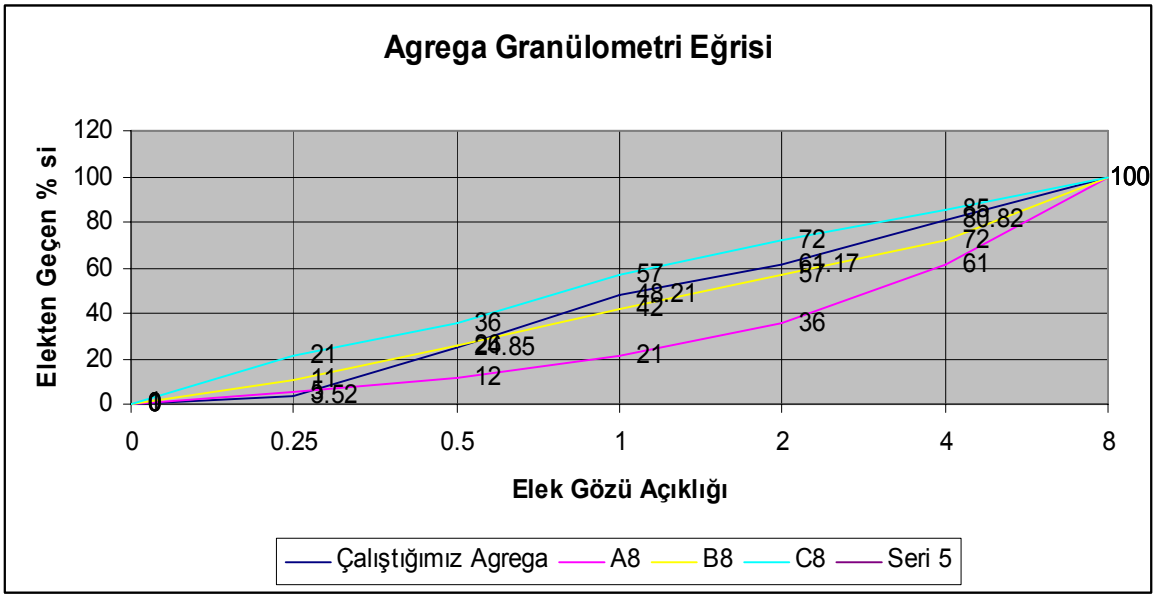
6.2.2. Agrega

Deneysel çalışma kapsamında üretilen beton karışımlarında 40 kg’lık paketlerde satılan Adapazan Dere Kumu kullanılmıştır. Yıkanıp elenen kumun T.S. 706'ya göre referans granülometriye uygun olarak granülometri eğrisi çizilmiştir. Yıkanmış ve kurumuş malzeme elek analizini yapmak üzere elek takımına dökülmüştür. Eleme işlemi sonucunda kullanılan malzemenin elek analizi sonuçları aşağıdaki gibi çıkmıştır. (Tablo 6.1.)

Tablo 6.1. Agreganın elek analizi sonuçları

Elek göz boyutu	Her elek üstünde kalan	Elek üstünde kalan yığışımlı	Elek altına gecen yığışımlı malzeme	Elek altına gecen
(mm)	(gr)	(gr)	(gr)	
8				100
4	191.76	191.76	808.24	80.82
2	191.19	382.95	617.05	61.17
1	134.96	517.91	482.09	48.21
0,5	233.62	751.53	248.47	24.85
0,25	214.95	966.48	33.52	3.52
Toplama kabı	32,29	998.77	1.23	

Bu tablo sonuçlarına göre granülometri eğrisi çizilmiş ve deneysel çalışmada da kullanılacak olan agrega karışımının referans eğrileri arasında kaldığı görülmüştür.



Şekil 6.1. Agrega Granülometri Eğrisi

6.2.3. Kimyasal Katkı Maddeleri

Deneysel çalışma kapsamında üretilen beton örneklerde öndeneylerde %1, %1.5 ve %2 oranlarında katkı kullanılmıştır. Öndeneyler Sika firmasına ait Viscocrete TB12, Viscocrete3046, Sika Viscocrete 3080 ve Glenium 27 ile gerçekleştirilmiştir. NPÇ 42,5 ile yapılan deneylerde % 1,5 oranında Viscocrete 3080, BPÇ 32,5 ile pigment kullanılarak yapılan deneylerde % 2 oranında Viscocrete 3080 tercih edilmiştir.

6.2.4. Pigment

Renk katkısı olarak Bayferrox marka inorganik toz pigmentler kullanılmıştır. Kırmızı, siyah ve sarı renkler Fe_20_3, yeşil renk Cr_20_3 ve Ultramarin mavisi ise $Co(CrAl)_20_4$ esaslıdır. Tablo 6.2.'de pigmentlerin teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 6.2. Pigmentlerin teknik özellikleri (*)

Pigment Türü	Su emme (g/100g)	Yoğunluk (g/cm^3)	45-µm'lik elek üzerinde	Bileşim	Suda çözünen tuz	Baskın partikül Boyutu
Bayferrox Kırmızı 110C	35	0,7-1,1	0,06	94-96 % Fe	0,5	0,09
Bayferrox Siyah	34	0,8-1,2	0,1	92-95 % Fe_2O_3	1,5	0,15
Bayferrox Sarı 920 C	80	0,3-0,5	0,04	85-87 % Fe_20_3	0,5	0,1x0,6
Bayferrox Yeşil GX	19	1,0-1,3	0,1	98,5-99,5	0,3	0,35

(*): Bayer İnorganik Pigmentleri - Toz pigmentler teknik bilgi föyü

6.3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Deneysel çalışmada İ.T.Ü. Mimarlık Faküiltesi Yapı Malzemesi Laboratuvan'nda mevcut olan ve ilgili standardlara uygun araç-gereç ve cihazlar kullanılmıştır. Bunlar:

1.Teraziler: 0,1 ve 0,01 gram hassasiyetli dijital cihazlardır.

2.Deney numune kalıpları : Aşağıdaki ölçülere sahip çelik üçlü kalıplardır.

Uzunluk=160 mm

Genişlik = 40 mm

Yükseklik = 40 mm

Et kalınlığı = en az 10 mm

Açılar = 90±0,5°C

3.Vicat aleti

4.Çökme Konisi

5..Kumpas: 0,01 mm hassasiyetli, dijital göstergeli

6.Deney Presi: Seidner firmasının 20 tonluk (200 kN) yük uygulayabilen Form Test isimli basınç

presi ve 1 tonluk (10kN) eğilme uygulayabilen eğilme presi ile çalışılmıştır.

7.Komparatör: 0,01 mm hassasiyetli

8.Kronometre

9.Termohigrograf cihazı

10.Ultraviyole lamba (400 Watt)

6.4. Örneklerin Üretilmesi

Çalışmanın amacı doğrultusunda yapılan literatür araştırması sonucunda gerçekleştirilecek deneyler belirlenmiştir. Deneysel çalışmanın plan ve programlamasının ardından üretilmesi gereken deney örneklerinin türleri ve miktarları ortaya çıkmıştır.

Deneysel çalışmaya ön deneylerle başlanmıştır.Yapılan öndeneyler sonucu belirlenen çimento dozajı, agrega özgül ağırlığı, katkı oranı değerleri ile deneyler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.2. Henüz kalıplanmış deney örnekleri

6.4.1. Beton Örneklerin Üretimi

Beton örnekler karışım hesaplarına göre üretilmişlerdir. Buna ek olarak kimyasal katkı maddesi ile NPÇ kullanarak yaptığımız deneylerde çimento ağırlığının % 1.5 'i oranında kimyasal katkı, beyaz çimento ve pigment kullanarak renkli beton üretiminde % 2 oranında katkı , %3 oranında pigment kullanılmıştır.

6.4.2. Beton Karışım Hesapları

Beton karışım hesabı, istenen kıvam, işlenebilme, dayanım, dayanıklılık, hacim sabitliği ve diğer aranan özelliklere sahip en ekonomik betonu elde edebilmek amacıyla gerekli agrega, çimento, su, hava ve katkı maddesi miktarlarını tespit edebilmek için yapılan hesaptır. C=550 kg/m ^{3}dozlu , E/C =0,40 olan C20 Sınıfı beton elde etmek için yapılan hesaplarda

$$1\ m^3 = 1000\ dm^3 = (C/\delta_C) + E + V_A + h \qquad (6.1)$$

Denkleminden faydalanılarak agrega miktarları belirlenmiştir.

h=%0.5

δ_c =3.16

V_A =600.95 dm^3

Agrega =600.95 × 2.601 = 1563.07 kg bulunmuştur. Buna göre;

1000 dm^3 % 1.5 katkılı NPÇ ile üretilen betonda

- 220 kg su
- 550 kg çimento
- 1563.07 kg agrega
- 8.25 kg katkı bulunmalıdır.

1000 dm^3 % 2 katkılı BPÇ ile üretilen pigmentli betonda

- 220 kg su
- 550 kg çimento
- 1563.07 kg agrega
- 11 kg katkı
- 16.5kg pigment bulunmalıdır.

6.4.3. Taze Betonun Üretimi

1. Öncelikle taze betonun üretildikten sonra yerleştirileceği çelik kalıpların hazırlıkları yapılmıştır. Rengin önemli bir kriter olması nedeniyle pigment kullanılan örneklerde kalıp yüzeylerine yağ sürülmesi yerine streç naylonla kaplanması yolu izlenmiştir. Bu sayede üretilen örneklerin yüzeylerinin temiz olmasının yanı sıra, betonun kalıp yüzeyinden kolaylıkla ayrılması sağlanmıştır. Rötre deneyinde kullanılacak örneklerin kalıplarındaki yuvalara ölçüm pimleri yerleştirilmiştir.



Şekil 6.3. Çelik kalıplara yağ sürülmesi



Şekil 6.4. Çelik kalıpların streç ile kaplanması



Şekil 6.5. Çelik kalıpların streç ile kaplanıp pimlerin takılması

2. Üretilecek beton miktarı hesaplanıp, beton üretimi için gerekli agrega,çimento, pigment,katkı ve su hazırlanmıştır.

3. Hazırlanan beton bileşenleri beton karışım hesaplarından çıkan sonuçlara uygun olarak dijital terazide tartılmışlardır.

4. Karıştırma işlemi aşağıda belirtilen sıraya göre her üretim için aynı sürelere uyularak gerçekleştirilmiştir [16] :

	Karıştırma süresi	
Agrega + Pigment	20 saniye	(Şekil 6.6)
Agrega + Pigment + Çimento	20 saniye	
Agrega + Pigment + Çimento + Su	2 dakika	



Şekil 6.6. Agrega ve pigmentin karıştırılmadan önceki görünümü

Betonun içinde karıştıldığı kabın temiz ve kuru olmasına dikkat edilmiştir. Karıştırılma aşaması betonun; dayanım değerlerini, işlenebilme özelliğini ve yapısını etkilediği için helezon mikserli matkap yardımı ile yapılmıştır. (Şekil 6.7)



Şekil 6.7. Beton harcının helezon mikserli matkap yardımıyla karıştırılması

Bu sayede beton karışımının homojen olması sağlanmıştır. Taze betonun homojen yapıda olması, daha sonra kalıplardan çıkan yüzeylerdeki renk dağılımının üniform olmasi açısından çok önemlidir.

5. 2 dakikalık karıştırma süresinin ardından plastik kıvama gelen taze beton daha önceden hazırlanmış olan yüzeyi streç naylon kaplı kalıplara yerleştirilmeye başlanmıştır. Yerleştirme işlemi kaşık ve küçük mala yardımıyla yapılmıştır.



Şekil 6.8. Bir günlük kürlemenin ardından henüz kalıplarından çıkarılmamış deney örnekleri

6. 24 saat sonunda her örneğe isim verildikten sonra kalıptan çıkarma işlemi yapılmıştır. Kalıptan çıkarılan her örnek tartıldıktan sonra 1 hafta süreyle su tankında kürlemeye bırakılmıştır.

Örnekler isimlendirilirken şu kodlama sistemi kullanılmıştır:

ABl'de:

A - kalıp ismi

B - üretim serisinin adı

1 - üçlü kalıptaki sırası

Üretim serilerinin isimleri, içerdikleri katkı ve pigment miktarı ile pigment türüne göre değişmektedir. (Tablo 6.3) Karışımlardaki diğer bütün malzemeler eşit miktarlarda kullanılmıştır.

Tablo 6.3. Deney serilerinin çimento dozajı, katkı ve pigment içerikleri

Üretim Adı	E/C	Katkı Adı	Katkı Oranı	Pigment Adı	Pigment Oranı
X-Üretimi NPÇ	0,40	Viscocrete 3080	%1,5	_	%0
Y- Üretimi BPÇ	0,40	Viscocrete 3080	%2	–	%0
A-Üretimi	0,40	Viscocrete 3080	%2	Kırmızı 110 C	%3
B-Üretimi	0,40	Viscocrete 3080	%2	Siyah 330 C	%3
C- Üretimi	0,40	Viscocrete 3080	%2	U.Marin Mavi	%3
D- Üretimi	0,40	Viscocrete 3080	%2	Yeşil GX	%3
E- Üretimi	0,40	Viscocrete 3080	%2	Sarı 920 C	%3

6.5. DENEYLER

Yapılan deneyler dört aşamada gruplandırılmıştır:

1. Çimento hamuru üzerinde yapılan deneyler
2. Taze beton deneyleri
3. Sertleşmiş beton deneyleri
4. Durabilite deneyleri

6.5.1. Çimento Hamuru Üzerinde Yapılan Deneyler

Beton karışımlarında kullanılan normal portland çimentosunun suyla karıştırılması ile yapılan deneydir.

6.5.1.1. Prizin Başlama ve Sona Erme Sürelerinin Tayini

Taze betonun işlenebilirliği en önemli özelliklerinden birisidir. Ancak taze betonun bu özelliği priz başlangıcına kadar geçerlidir.Priz başlangıcından sonra beton işlenebilirlik özelliğini yitirir.

Portland Çimentosunun priz başlangıcı 45 dakikadan az olmamalıdır. Prizin sona erme süresi ise 10 saati geçmemelidir [17]. Prizin çok kısa sürede başlaması; betonun şantiye ortamında ya da hazır beton tesisinde üretildikten sonra henüz kalıplara yerleştirilmeden işlenebilirliğini kaybetmesine neden olarak yapım sürecini olumsuz yönde etkiler.

Normal kıvam tayini: Deney 300 g çimentoya; ağırlığının %25-30'u kadar su katılarak üretilen hamura uygulanr. Vicat halkası içine konulan hamurun yüzeyi bir spatula ile düzeltilir. Vicat aletinin silindir şeklindeki sondası hamurun üst yüzeyine dokunacak kadar indirilir ve serbestçe bırakılır. (Şekil 6.9) Sondanın zemine 5-7 mm kalana kadar inmesiyle hamurun normal kıvamda üretildiği anlaşılır.



Şekil 6.9 Vicat aletinde normal kıvam tayini deneyi

Normal kıvamdaki çimento hamuruna aynı yöntemle her beş dakikada bir daha ince olan iğne uç, üzerine konulan 27,5 g'lık ağırlıkla birlikte bırakılarak batma derinliği tespit edilir. (Şekil 6.9) Çimento hamuruna batan iğne zemine 3-5 mm uzaklıkta kaldığı an priz başlamış sayılır. Çimento ile suyun karıştırıldığı andan bu ana kadar geçen süre priz başlama süresini verir.Vicat iğnesinin hamura 1mm'den fazla giremediği an ise prizin sona erme süresini verir.

Yapılan çalışmada çimentonun priz başlama süresi 118 dak. ,priz sona erme süresi de 146 dak. olarak gözlenmiştir.

6.5.2. Taze Beton Deneyleri

Taze betona kıvam deneyi uygulanarak işlenebilirliği, birim hacim ağırlığı deneyi ile de içindeki boşluk miktarı kontrol edilmiştir.

6. 5.2.1. Taze Betonda Kıvam Deneyi

Taze betonun kalıplara iyi yerleşebilmesi için, işlenebilme özelliğinin yüksek olması beklenir. Betonun işlenebilme özelliğini kontrol etmek için yapılan farklı deneyler vardır[18].

Bunlar:

- Çökme deneyi,
- Vebe deneyi
- Sarsma tablası deneyleridir.

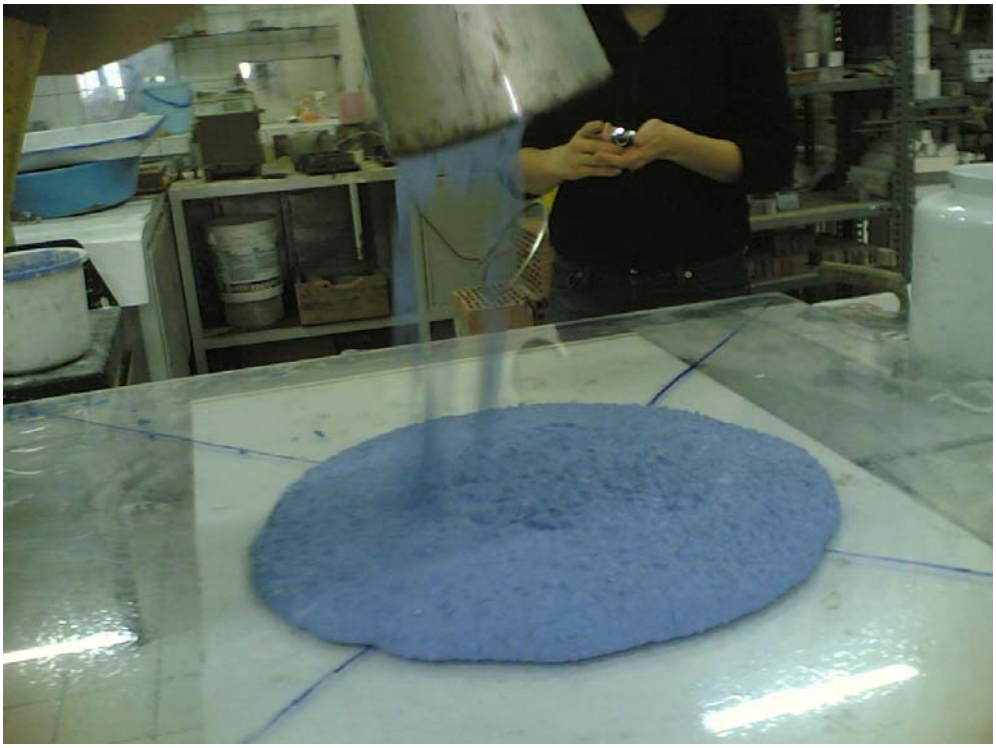
Bu çalışmada kendiliğinden yerleşen beton ile çalışıldığından kıvam için çökme-yayılma deneyi yapılmıştır. 50 cm çapında çizilen bir dairenin merkezine yerleştirilen çökme konisi beton ile doldurulduktan sonra yukarıya doğru çekilerek çıkartılır ve şu ölçümler yapılabilir:

- 50 cm çaplı daireye ulaşıncaya kadar geçen süre ölçülür.
- Toplam yayılma süresi belirlenir.
- Yayılma sona erdikten sonra oluşan dairenin birbirine dik iki çapı ölçülerek çökme-yayılma değeri bulunur.

T_{50} süresi betonun 50 cm çapındaki daireye yayılabilmesi için geçen süredir.
Çökme-Yayılma deneyine ait fotoğraflar Şekil 6.10, Şekil 6.11, Şekil 6.12 ve Şekil 6.13' te verilmektedir.



Şekil 6.10 50 cm çaplı dairenin merkezine yerleştirilen çökme konisi



Şekil 6.11 Çökme konisinin çekilmesi

Şekil 6.10 ' da deneyde kullanılan çökme konisi görülmektedir. Şekil 6.11'de ise T_{50} ve toplam yayılma miktarı sürelerinin kronometre yardımı ile ölçülmesi resmine yer verilmiştir.



Şekil 6.12 Yayılma sona erdikten sonra yayılma miktarının ölçülmesi

Her bir örnek için yayılma sonunda yayılma miktarları ölçülmüştür.

Tablo 6.4 Taze betonda çökme-yayılma deneyi sonuçları

ÖRNEK ADI	**BİRİMHACİM AĞIRLIĞI Kg/dm3**	**T_{50} SÜRESİ (Sn)**	**TOPLAM YAYILMA (cm)**
X ÜRETİMİ	2,42	4	50
Y ÜRETİMİ	2,34	4	70,5
A ÜRETİMİ	2,36	3	59,5
B ÜRETİMİ	2,33	3	67
C ÜRETİMİ	2,41	3	66
D ÜRETİMİ	2,27	1	68
E ÜRETİMİ	2,30	1	64,5



Şekil 6.13 A Üretim serisinin yayılma miktarı için çap ölçümü

6.5.2.2. Taze Betonda Birim Ağırlık Tayini Deneyi

Birim ağırlık, malzemenin boşlukları dahil ağırlığının hacmine oranıdır. Taze betonun birim ağırlığı ise belirli bir hacmin içine sıkıştırılarak yerleştirilmiş betonun birim hacmine isabet eden ağırlığının kg/dm^3 veya gr/cm^3 olarak ifadesidir [19].

$$\Delta = \frac{P}{V} \tag{6.2}$$

Δ = Taze betonun birim ağırlığı [kg/dm^3]

P: Taze betonun ağırlığı [kg]

V: Taze betonun hacmi [dm^3]

Çalışmada bu hesabı yapabilmek için, kullanılan çelik kalıplar boş olarak tartılmışlardır. Taze beton dolu kalıpların açıkta kalan üst yüzeyleri mastarlanmış ve kalıbın dışına taşan beton temizlenmiştir. Bu işlemlerden sonra tartma işlemi tekrarlanmıştır.



Şekil 6.14 Boş kalıbın ağrlığının tartılması



Şekil 6.15 Kalıp yüzeyinin mastarlanması

Tablo 6.5 Taze betonun birim ağırlıkları

	Kalıp İsmi	**Kalıbın Boş Ağ.**	**Beton + Kalıp Ağ.**	**Betonun Birim Ağ.**	**Ort Birim Ağ.**
		(gr)	(gr)	(kg/dm^3)	(kg/dm^3)
A ÜRETİMİ % 3 110C KIRMIZI	A	10110	11700	2.07	2.36
	B	9740	11560	2.37	
	C	11180	13000	2.37	
	G	9900	11820	2.50	
	K	10300	12160	2.42	
	A_1	10480	12340	2.42	
B ÜRETİMİ % 3 330C SİYAH	A	10110	11460	1.76	2.33
	B	9740	11540	2.34	
	C	11180	13200	2.63	
	G	9900	11840	2.53	
	K	10300	12120	2.37	
	A_1	10480	12300	2.37	
C ÜRETİMİ % 3 PİGMENT U.MARİN MAVİ	A	10110	11440	1.74	2.41
	B	9740	11540	2.35	
	C	11180	13220	2.66	
	G	9900	12160	2.94	
	K	10300	12100	2.34	
	A_1	10480	12320	2.40	
D ÜRETİMİ % 3PİGMENT GX YEŞİL	A	10110	11240	1.47	2.27
	B	9740	11560	2.37	
	C	11180	13160	2.58	
	G	9900	11800	2.47	
	K	10300	12100	2.34	
	A_1	10480	12300	2.37	
E ÜRETİMİ %3 PİGMENT 920 C SARI	A	10110	11300	1.55	2.30
	B	9740	11550	2.36	
	C	11180	13180	2.60	
	G	9900	11820	2.50	
	K	10300	12180	2.45	
	A_1	10480	12280	2.34	

Tablo 6.5 Taze betonun birim ağırlıkları

	Kalıp İsmi	**Kalıbın Boş Ağ.**	**Beton + Kalıp Ağ.**	**Betonun Birim Ağ.**	**Ort Birim Ağ.**
		(gr)	(gr)	(kg/dm^3)	(kg/dm^3)
X ÜRETİMİ % 0 Pigment NPÇ	B	9740	11580	2.40	2.42
	C	11160	13000	2.40	
	E	10620	12540	2.50	
	F	10360	12200	2.40	
	G	9900	11720	2.37	
	K	10300	12160	2.42	
Y ÜRETİMİ % 0 Pigment BPÇ	A	10110	11800	2.20	2.34
	C	11180	12980	2.34	
	E	10620	12500	2.45	
	G	9900	11680	2.32	
	K	10300	12100	2.34	
	A_1	10480	12300	2.37	

6.5.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Katı fazda ve belirli seviyede dayanım kazanmış betona sertleşmiş beton denir. Taze beton kalıplara yerleştirildikten 24 saat sonra prizini almış olduğu için kalıptan çıkartılmıştır. Örnekler 7 gün süreyle kürlemeye bırakılıp, 7.günde ise kürleme işlemine son verilerek laboratuvar ortamına çıkarılmıştır.

Sertleşmiş beton deneyleri kapsamında, örneklere fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır.

6.5.3.1. Fiziksel Deneyler

Fiziksel deneyler kapsamında 28 günlük sertleşmiş beton örneklere sırasıyla aşağıdaki deneyler uygulanmıştır:

- Kapiler su emme deneyi
- Su emme deneyi

A.Kapiler Su Emme Deneyi

Yapı elemanının bünyesindeki belirli çaptaki boşluklar içerisinde suyun yerçekimine karşı yükselmesine kılcallık denir. Tabanında suyla temas eden malzeme kılcallık yoluyla bünyesine su alacaktır. Bu nedenle malzemenin ağırlığı da zamana bağlı olarak artacaktır. Malzeme bu olay sırasında belirli aralıklarla tartılarak o malzemenin kılcallık katsayısını bulmak için gereken veriler elde edilir. Birimi

$cm/\sqrt{dak}$ veya $cm/\sqrt{sn}$ 'dir [20].

Bu çalışmada, $4 \times 4 \times 16\,cm$ ebatlarınnda üretilen beton örneklerinin 28 günlük kapiler su emme tayini deneyleri yapılmıştır. Deney ortam koşullarında kurumaya bırakılan örneklere uygulanmıştır. Deney sürecinde; örnekler kuru olarak tartıldıktan sonra sadece alt yüzeyleri suyla temas edecek şekilde su içindeki ızgaranın üzerine yerleştirilmiştir. Distile suyun kullanıldığı deneyde buharlaşma sonucunda su seviyesinin azalması ara ara takviye yapılarak engellenmiştir.

Kronometre yardımıyla zaman tutularak, örnekler belirli aralıklarla 0,01 g hassasiyetindeki dijital terazide tartılmışlardır.

Deney sonucunda elde edilen veriler kullanılarak, aşağıdaki formulle yapılan hesapların sonucunda sertleşmiş beton örneklerin kılcallık katsayıları bulunmuştur.

$$N = \frac{m_1 - m_0}{A\sqrt{t}} \qquad (6.3)$$

N: Kılcallık katsayısı ($cm^3/cm^2\sqrt{dak}$)

m: Örneklerin ortam nemi ağırlığı (gr)

m_0: Örneklerin ilk ağırlıkları (gr)

m_1: Örneklerin belli bir zaman dilimi sonunda ağırlıkları (gr)

A: Örneklerin suya değen taban alanlan

t: Örneklerin suyla temas ettiği süre

28 günlük kılcallık deneyi sonuçları tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 6.6 X Üretimi için28 günlük kılcallık deneyi sonuçları

X Üretimi : NPÇ 42,5 + % 0 Pigment			
Örnek Adı	BX1	BX2	BX3
a (cm)	3,99	4,01	3,99
b (cm)	4,11	4,09	4,13
L (cm)	16,08	16,12	16,15
A (cm^2)	16,40	16,40	16,48
Ortam Nemi Ağ. (gr)	588,78	591,32	597,87
İlk Ağ. (gr)	588,81	591,37	597,90
N_{ort} (cm/$\sqrt{\ }$ *dak*)	0,00295	0,00262	0,00271
Genel Ortalama	0,00276		

Pigment kullanılmadan NPÇ 42,5 ile üretilen X serisine ait örneklerin deney sonuçları Tablo 6.6 da verilmiştir.Tabloda aynı üretime ait üç örneğin ayrı ayrı kılcallık katsayılarının yanı sıra ortalama kılcallık katsayısı da görülmektedir.



Şekil 6.16 X Üretimi için kılcallık deneyi

Tablo 6.7 Y Üretimi için28 günlük kılcallık deneyi sonuçları

Y Üretimi : BPÇ 32,5 + % 0 Pigment			
Örnek Adı	KY1	KY2	KY3
a (cm)	4,032	4,020	4,042
b (cm)	4,101	4,149	4,115
L (cm)	16,04	16,68	16,63
A (cm^2)	16, 54	16,68	16,64
Ortam Nemi Ağ. (gr)	585,54	589,41	589,36
İlk Ağ. (gr)	585,65	589,52	589,43
N_{ort} ($cm/\sqrt{dak}$)	0,00312	0,00192	0,00202
Genel Ortalama	0,00235		

Pigment kullanılmadan BPÇ 32,5 ile üretilen Y serisine ait örneklerin deney sonuçları Tablo 6.7 da verilmiştir. Tabloda aynı üretime ait üç örneğin ayrı ayrı kılcallık katsayılarının yanı sıra ortalama kılcallık katsayısı da görülmektedir.

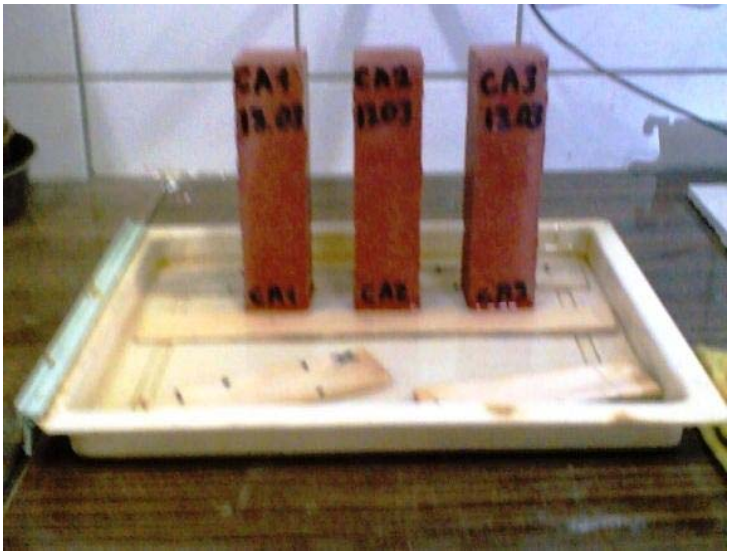


Şekil 6.17 Y Serisine ait kılcallık deneyinin uygulanışı

Tablo 6.8 A Üretimi için28 günlük kılcallık deneyi sonuçları

A Üretimi : BPÇ 32,5 + % 3 Pigment(110 C Kırmızı)			
Örnek Adı	CA1	CA2	CA3
a (cm)	4,028	4,039	4,017
b (cm)	4,120	4,122	4,107
L (cm)	16,08	16,04	16,03
A (cm^2)	16,60	16,65	16,50
Ortam Nemi Ağ. (gr)	593,91	598,62	599,10
İlk Ağ. (gr)	593,98	598,66	599,15
N_{ort} (cm/$\sqrt{}$ *dak*)	0,00416	0.00463	0.00474
Genel Ortalama	0,00451		

%3 Oranında 110 C Kırmızı Pigment kullanarak BPÇ 32,5 ile üretilen A serisine ait örneklerin deney sonuçları Tablo 6.8 de verilmiştir. Tabloda aynı üretime ait üç örneğin ayrı ayrı kılcallık katsayılarının yanı sıra ortalama kılcallık katsayısı da görülmektedir.



Şekil 6.18 A Serisine kılcallık deneyinin uygulanışı

Tablo 6.9 B Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları

B Üretimi : BPÇ 32,5 + % 3 Pigment (330 C Siyah)			
Örnek Adı	KB1	KB2	KB3
a (cm)	3,980	4,001	4,004
b (cm)	4,001	4,213	4,145
L (cm)	16,12	16,11	16,03
A (cm^2)	15,92	16,86	16,60
Ortam Nemi Ağ. (gr)	595,38	597,66	590,91
İlk Ağ. (gr)	595,42	597,70	590,95
N_{ort} ($cm/\sqrt{dak}$)	0,00394	0,00352	0,00358
Genel Ortalama	0,00368		

%3 Oranında 330 C Siyah Pigment kullanarak BPÇ 32,5 ile üretilen B serisine ait örneklerin deney sonuçları Tablo 6.9'da verilmiştir. Tabloda aynı üretime ait üç örneğin ayrı ayrı kılcallık katsayılarının yanı sıra ortalama kılcallık katsayısı da görülmektedir.



Şekil 6.19 B Serisine kılcallık deneyinin uygulanışı

Tablo 6.10 C Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları

C Üretimi : BPÇ 32,5 + % 3 Pigment (Ultramarin mavi)			
Örnek Adı	KC1	KC2	KC3
a (cm)	4,015	4,037	4,003
b (cm)	4,138	4,133	4,125
L (cm)	16,04	16,06	16,03
A (cm^2)	16,61	16,68	16,51
Ortam Nemi Ağ. (gr)	584,68	595,02	590,42
İlk Ağ. (gr)	584,78	595,06	590,49
N_{ort} (cm/$\sqrt{\ }$ *dak*)	0,003356	0,002772	0,0032,58
Genel Ortalama	0,00313		

%3 Oranında Ultramarin mavi pigment kullanarak BPÇ 32,5 ile üretilen C serisine ait örneklerin deney sonuçları Tablo 6.10'da verilmiştir. Tabloda aynı üretime ait üç örneğin ayrı ayrı kılcallık katsayılarının yanı sıra ortalama kılcallık katsayısı da görülmektedir.

Tablo 6.11 D Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları

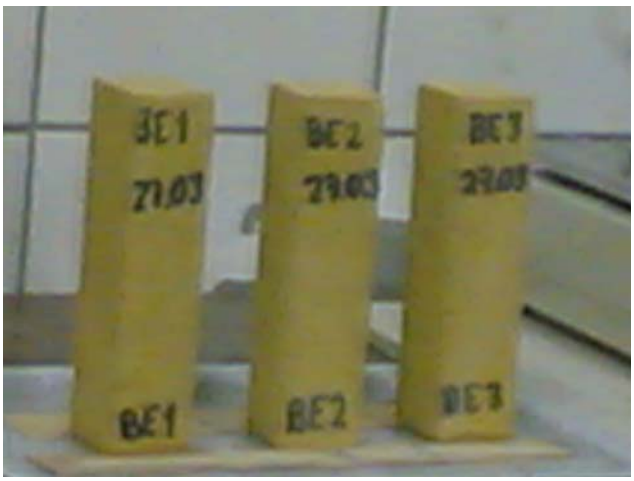
D Üretimi : BPÇ 32,5 + % 3 Pigment (GX Yeşil)			
Örnek Adı	CD1	CD2	CD3
a (cm)	3,868	3,906	3,881
b (cm)	4,087	4,018	4,112
L (cm)	15,86	16,03	15,89
A (cm^2)	15,81	15,69	15,96
Ortam Nemi Ağ. (gr)	604,91	600,85	601,52
İlk Ağ. (gr)	604,96	600,92	601,59
N_{ort} (cm/$\sqrt{\ }$ *dak*)	0,002197	0.002145	0,001985
Genel Ortalama	0,00211		

%3 Oranında GX Yeşil pigment kullanarak BPÇ 32,5 ile üretilen D serisine ait örneklerin deney sonuçları Tablo 6.11'de verilmiştir. Tabloda aynı üretime ait üç örneğin ayrı ayrı kılcallık katsayılarının yanı sıra ortalama kılcallık katsayısı da görülmektedir.

Tablo 6.12 E Üretimi için 28 günlük kılcallık deneyi sonuçları

E Üretimi : BPÇ 32,5 + % 3 Pigment (920 C Sarı)			
Örnek Adı	BE1	BE2	BE3
a (cm)	4,006	4,040	4,006
b (cm)	4,176	4,106	4,139
L (cm)	16,19	16,10	16,02
A (cm^2)	16,73	16,59	16,58
Ortam Nemi Ağ. (gr)	603,93	596,48	602,35
İlk Ağ. (gr)	604,08	596,55	602,48
N_{ort} ($cm/\sqrt{dak}$)	0,001921	0,002102	0,001455
Genel Ortalama	0,00183		

%3 Oranında 920 C Sarı pigment kullanarak BPÇ 32,5 ile üretilen E serisine ait örneklerin deney sonuçları Tablo 6.12'de verilmiştir. Tabloda aynı üretime ait üç örneğin ayrı ayrı kılcallık katsayılarının yanı sıra ortalama kılcallık katsayısı da görülmektedir.



Şekil 6.20 E Serisine Kılcallık Deneyi Uygulanışı

B.Su Emme Deneyi

Kılcallık deneyi yapıldıktan sonra beton örneklere atmosferik basınç altında su emme deneyi uygulanmıştır. Örnekler tüm yüzeyi suyla temas edecek şekilde değişmez kütleye ulaşıncaya kadar bir kapta bekletilmişlerdir.(Şekil 6.18)



Şekil 6.21 Su emme deneyi için su içinde bekleyen örnekler

Değişmez kütleye ulaşan örnekler bir arşimet terazisi ile su içinde tartılmışlardır.Daha sonra yüzeyindeki su hafifçe silinen örnekler 0,01 g hassasiyetindeki terazide tekrar tartılmışlardır.

$$S_a = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100 \qquad (6.4)$$

$$\Delta = \frac{P_0}{a \times b \times L} \qquad (6.5)$$

$$\delta = \frac{P_1}{P_1 - P_2} \qquad (6.6)$$

S_a = Su emme yüzdesi (%)

Δ = Birim hacim ağırlık (gr/cm^3)

δ = Özgül Ağırlık (gr/cm^3)

P_0 = Ortam nemi ağırlığı (gr)

P_1 = Suya doymuş ağırlık (gr)

P_2 = Su içindeki ağırlık (gr)

Deney sonucunda elde edilen değerlere yukarıdaki formüller uygulanarak örneklerin su emme yüzdeleri, birim hacim ağırlıkları ve özgül ağırlıkları bulunmuştur. (Tablo 6.13, 6.14, 6.15)

Tablo 6.13 28 günlük örneklerin atmosferik basınç altında su emme deneyi sonuçları

X Üretimi : NPÇ 42,5 + % 0 Pigment			
Örnek Adı	BX1	BX2	BX3
a (cm)	3,99	4,01	3,99
b (cm)	4,11	4,09	4,13
L (cm)	16,08	16,12	16,15
Ortam Nemi Ağ. (P_0, gr)	588,78	591,32	597,87
Suya doymuş ağırlık (P_1,gr)	595,46	599,16	604,74
Su içindeki ağırlık (P_2,gr)	337,2	340,3	345,3
Su emme yüzdesi (Sa)	1,134	1,308	1,149
Birim hacim ağırlık (Δ,gr/cm^3)	2,23	2,24	2,25
Özgül ağırlık (δ, gr/cm^3)	2,31	2,31	2,33

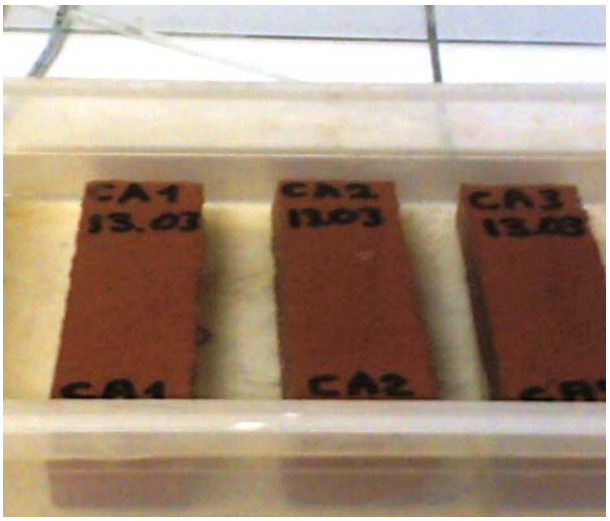
Tablo 6.14 28 günlük örneklerin atmosferik basınç altında su emme deneyi sonuçları

Y Üretimi : BPÇ 32,5 + % 0 Pigment			
Örnek Adı	KY1	BY2	BY3
a (cm)	4,032	4,020	4,042
b (cm)	4,101	4,149	4,115
L (cm)	16,04	16,68	16,63
Ortam Nemi Ağ. (P_0, gr)	585,54	589,41	589,36
Suya doymuş ağırlık (P_1,gr)	592,79	597,15	596,68
Su içindeki ağırlık (P_2,gr)	329,90	334,00	335,10
Su emme yüzdesi (Sa)	1.24	1.31	1.24
Birim hacim ağırlık (Δ,gr/cm^3)	2,21	2.20	2.20
Özgül ağırlık (δ, gr/cm^3)	2,25	2.27	2.28

Y Serisi örnekler BPÇ 32, 5 ile pigment katkısı kullanılmadan üretilmiştir. Ölçüleri alınan örneklere kılcallık deneyinden sonra su emme deneyi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Tablo 6.14'de sunulmuştur.

Tablo 6.15 28 günlük örneklerin atmosferik basınç altında su emme deneyi sonuçları

A Üretimi : BPÇ 32,5 + %3 Pigment(110 C Kırmızı)			
Örnek Adı	CA1	CA2	CA3
a (cm)	4,028	4,039	4,017
b (cm)	4,120	4,122	4,107
L (cm)	16,08	16,04	16,03
Ortam Nemi Ağ. ($P_{0,}$ gr)	593,91	598,62	599,15
Suya doymuş ağırlık (P_1 ,gr)	603,37	608,19	608,44
Su içindeki ağırlık (P_2,gr)	342	345,6	346
Su emme yüzdesi (Sa)	1,59	1,60	1,55
Birim hacim ağırlık (Δ ,gr/cm^3)	2,23	2,24	2,27
Özgül ağırlık (δ , gr/cm^3)	2,31	2,32	2,32



Şekil.6.22 A Serisi örneklerine suemme deneyinin uygulanışı

6.5.3.2. Rötre Deneyi

Sertleşmiş beton örneğin herhangi bir doğrultudaki boyutunda belirli kuruma koşulları altında ağırlıkça doygun halden dengeli ağırlık ve dengeli boyut durumuna geçişinde kuruma nedeniyle oluşan değişime büzülme denir. Deney örneğinin kuruması sonucu oluşan boy kısalmasının başlangıç boyuna oranına; büzülme oranı veya rötre denir. [21]

Deney örneklerinin büzülme miktarlarını ölçebilmek için iki yüzünde, aynı eksen üzerinde ölçüm takozları olması gerekir.Ölçüm işlemi için kullanılan iki tür cihaz vardır:

- Elektrik dirençli boy değişimi ölçer (EDBÖ)
- Komparatör (Boy ölçer)

Yapılan çalışmada 0,01 mm hassasiyetinde komparatör kullanılarak serbest rötre tayini yapılmıştır.

Rötre deneyi için pigment katkısız seriden ve her renk seriden üçer örnek üretilmiştir. Üretim sırasında; örneklerin kalıplarında, aynı eksen üzerinde bulunan yuvalara ölçüm takozları yerleştirilerek aderans sağlanmıştır. Örnekler taze beton olarak kalıplara yerleştirildikten sonra bir gün süreyle bağıl nem oranı %100 olan ortamda kürleme yapılmıştır. Prizini alan örnekler 24 saat sonunda kalıptan çıkarılarak tartıldıktan sonra ilk rötre ölçümleri yapılmış, sonra laboratuvar ortamı koşullarında kürlemeye bırakılmışlardır. Tartım işleminden sonra rötre ölçümü hergün tekrarlanmıştır.

Örneklerin rötre ölçümleri 42 gün süreyle hergün aynı saatte yapılmıştır. Her ölçümden önce sabit 176 mm boyundaki aya çubuğu ile komparatörün kalibrasyonu yapılmıştır.

Sertleşmiş beton örneklerin rötresi, ölçüm boyunun yüzdesi olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır: [21]

$$r = \frac{\Delta l}{l_1} \ (\%) \qquad (6.7)$$

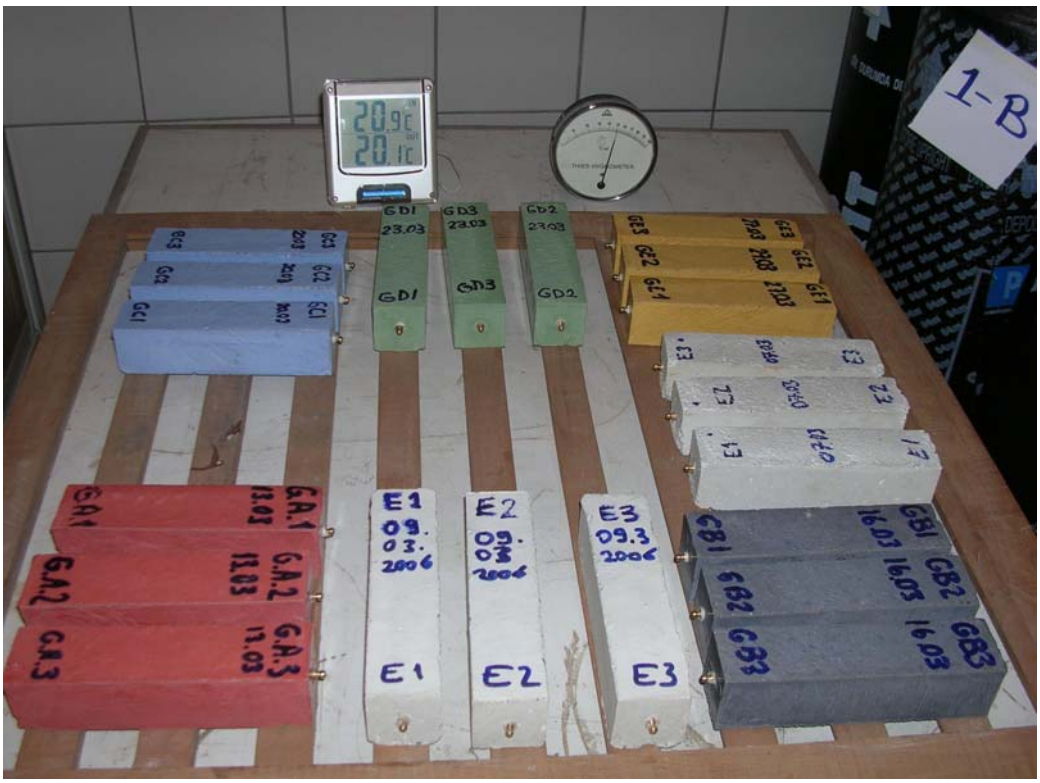
r : Deney örneğinin rötresi (%)

Δl : Deney örneğinin doygun halden, denge ağırlığı ve denge boyuna gelişinde ölçüm boyunda saptanan değişim (mm)

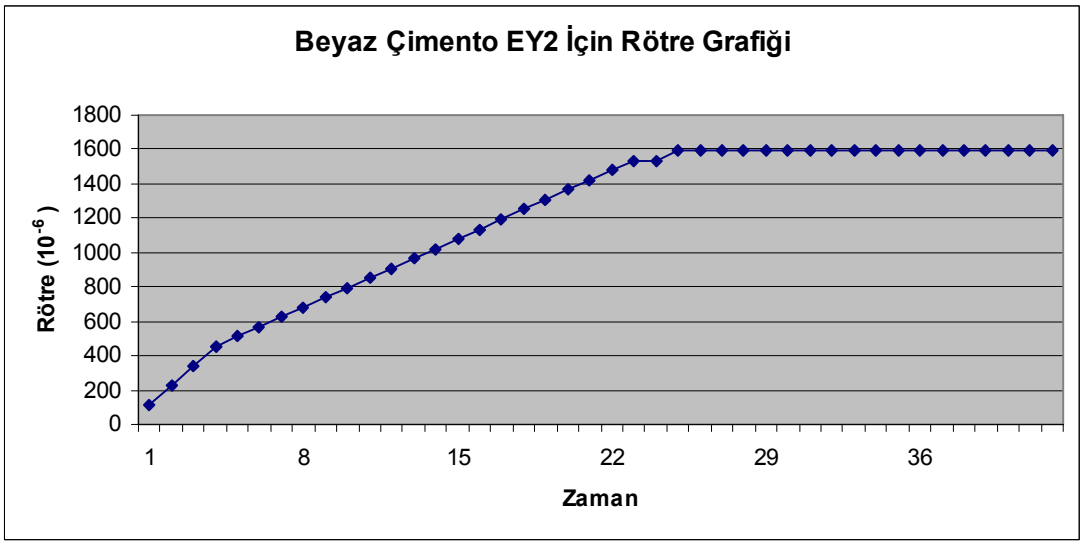
l_1 : Deney örneğinin başlangıçtaki boyu (mm)



Şekil 6.23 Çalışmada kullanılan komparatör

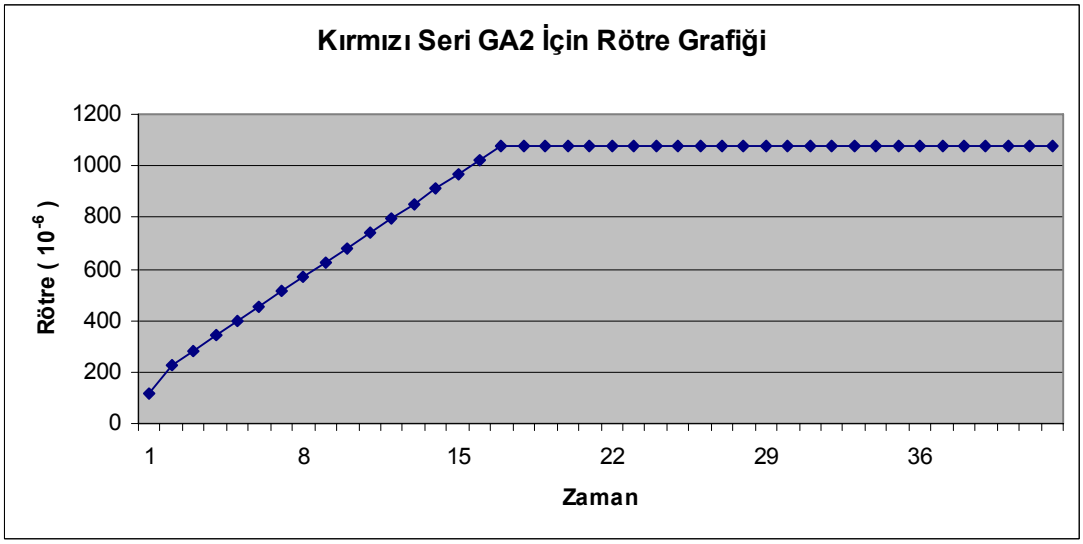


Şekil 6.24 Rötre Deneyi Uygulanan Örnekler



Şekil 6.25 Beyaz çimento serisinden EY2 örneğinin rötre grafiği

Pigment katkısı kullanılmadan üretilen serinin örneklerinden birinin rötre grafiği yukarıda verilmiştir. Tüm serilere ait rötre grafikleri çizilmiş olup, ekte sunulmuştur.



Şekil 6.26 Kırmızı seriden GA2 örneğinin rötre grafiği

Pigment katkılı örneklerden GA2 için rötrenin zamana bağlı değişimi yukarıdaki grafikte görüldüğü şekildedir.

Tablo 6.16 Rötre deneyi uygulanan örneklerin ilk ve son ağırlıkları

	BPÇ %0 Pigment	**Kırmızı %3**	**Siyah %3**	**Mavi %3**	**Yeşil %3**	**Sarı %3**
Ort.Rötre Değeri	1420.45×10^{-6}	1231.06×10^{-6}	1174.24×10^{-6}	1344.70×10^{-6}	1325.67×10^{-6}	1079.55×10^{-6}
İlk Ağ. (gr)	604.86	597.21	596.34	592.54	595.82	602.77
Son Ağ. (gr)	601.77	591.67	591.66	587.15	585.23	591.40

Tablo 6.16'da rötre deneyi uygulanan beton örneklerin ilk ve son ağırlıkları ile ortalama rötre değerleri görülmektedir.



Şekil 6.27 GC3 örneğine rötre deneyinin uygulanışı

6.5.3.3. Mekanik Deneyler

Bir malzemenin uygulanan kuvvetlere karşı gösterdiği tepki mekanik davranış olarak tanımlanır. Malzemede, farklı zorlamalar altında oluşan gerilme ve şekil değiştirmeler ölçülerek mekanik davranışı belirlenir. Malzemeler, artarak uygulanan zorlamalar altında önce şekil değiştirir, sonra dayanımını kaybederek kırılır [22].

Yapılan çalışmada sertleşmiş beton örneklerin mekanik özelliklerini ölçmek üzere 7 ve 28. günlerde, eğilmede çekme ve basınç deneyleri yapılmıştır. Örnekler 1 haftalık kürlemenin ardından normal ortam koşullarında bekletilmiştir.

A.Eğilmede Çekme Tayini Deneyi

Sertleşmiş beton örneklerin eğilmede çekme dayanımını belirlemek için orta noktasından yüklenmiş basit kiriş metodu ile eğilmede çekme tayini deneyi yapılmıştır. Deneyde, hem eğilmede çekme hem de basınç dayanımı deneylerinin uygulanabildiği "Seidner" marka cihaz kullanılmıştır. (Şekil 6.28)



Şekil 6.28 Eğilmede çekme ve basınç deneylerinin yapıldığı cihaz

4x4x16 cm boyutlarındaki sertleşmiş beton örnekler, aralarında 100 mm mesafe bulunan ve eksenleri birbirine paralel olan 10 mm çaplı iki destek silindirinden oluşan mesnetler üzerine yerleştirilmiştir. Örneklerin kalıptan çıkmış yan yüzlerinden

birinin üzerine ve uzunluğuna eksenlerinin destek silindirler eksenine dik gelecek şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. (Şekil 6.29)



Şekil 6.29 Eğilmede çekme deneyinin uygulanması



Şekil 6.30 Eğilmede çekme deneyinin uygulanması

İki mesnet silindirinin tam orta noktasında bulunan ve ekseni bu silindirlere paralel olan üçüncü bir yükleme silindiri ile deney örneğine kuvvet uygulanmıştır. İşleme prizmatik deney örneği kırılana kadar devam edilmiştir. Kırılmanın olduğu andaki P yükü presin göstergesinden okunmuştur.Deney, her üretim serisi icin üç ayrı örnek üzerinde tekrarlanmıştır.

Okunan P değerlerine aşağıdaki formül uygulanarak her örneğin eğilme dayanımı hesaplanmıştır [23].

$$\sigma_{\text{eğilme}} = \frac{3}{2} \times \left(\frac{P \times l}{b \times h^2}\right) \tag{6.8}$$

$\sigma_{\text{eğilme}}$: Eğilme dayanımı (N/mm^2)

P : Deney presinden okunan kırılma anındaki yük (N)

l :Yükleme tablası mesnetleri arası açıklık (mm)

b : Kırılma kesitinin genişliği (mm)

h : Kırılma kesitinin yüksekliği (mm)



Şekil 6.31 D Serisinin eğilmede çekme deneyi sonunda kırılan bir örneği

Tablo 6.17 7 günlük örneklerin eğilmede çekme deneyi sonuçları

Kür süresi	Örnek Adı	a	b	L	Kuvvet	Eğilme D.	Ortalama E.D.
		(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(N/mm^2)	(N/mm^2)
7 gün	NPÇ (%0)						
	BX1	40,39	41,21	100	2950	6,58	
	BX2	40,30	41,05	100	3100	6,97	6,82
	BX3	40,21	40,94	100	3050	6,91	
7 gün	BPÇ (%0)						
	AY1	40,37	41,45	100	3100	6,88	
	AY2	40,61	41,62	100	3100	6,77	7,15
	AY3	40,35	41,27	100	3500	7,81	
7 gün	BPÇ(%3)						
	AA1	40,24	42,93	100	3700	7,98	
	AA2	40,25	43,36	100	3450	7,37	7,62
	AA3	39,84	43,46	100	3450	7,50	
7gün	BPÇ(%3)						
	AB1	40,34	41,56	100	3800	8,54	
	AB2	40,13	41,52	100	3750	6,73	7,19
	AB3	39,64	42,41	100	4100	6,30	
7 gün	BPÇ(%3)						
	AC1	39,41	40,86	100	3900	9,22	
	AC2	39,71	41,21	100	3600	8,31	8,44
	AC3	39,91	41,65	100	3450	7,80	
7 gün	BPÇ(%3)						
	AD1	40,02	41,52	100	4300	9,70	
	AD2	40,20	41,63	100	4150	9,25	9,39
	AD3	39,89	41,86	100	4100	9,23	
7 gün	BPÇ(%3)						
	GE1	40,37	43,27	100	3850	8,19	
	GE2	40,14	42,88	100	3700	8,03	7,96
	GE3	40,55	42,87	100	3600	7,66	

Tablo 6.18 28 günlük örneklerin eğilmede çekme deneyi sonuçları

Kür süresi	Örnek Adı	a	b	L Kuwet	Kuvvet	Eğjlme D.	Ortalama E.D.
		(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(N/mm^2)	(N/mm^2)
28 gün	NPÇ (%0)						
	EX1	39,84	41,34	100	4000	9,14	
	EX2	39,53	41,26	100	4200	9,77	9,68
	EX3	39,44	41,45	100	4350	10,12	
28 gün	BPÇ (%0)						
	CY1	40,42	40,71	100	3950	8,99	
	CY2	40,46	41,51	100	4100	9,05	9,18
	CY3	40,57	41,26	100	4300	9,50	
28 gün	BPÇ(%3)						
	BA1	40,02	42,24	100	3950	8,76	
	BA2	39,97	42,05	100	4250	9,98	9,70
	BA3	40,12	42,05	100	4450	10,37	
28 gün	BPÇ(%3)						
	A_1B1	40,43	41,46	100	4150	9,25	
	A_1B2	41,52	41,92	100	4400	9,13	9,05
	A_1B3	40,36	41,52	100	3950	8,76	
28 gün	BPÇ(%3)						
	A_1C1	40,16	41,35	100	4800	10,80	
	A_1C2	40,06	41,64	100	3800	8,53	9,43
	A_1C3	40,02	41,80	100	4000	8,96	
28 gün	BPÇ(%3)						
	BD1	40,07	42,49	100	4800	10,55	
	BD2	40,07	42,47	100	4600	10,12	10,43
	BD3	40,08	42,25	100	4800	10,61	
28 gün	BPÇ(%3)						
	A_1E1	40,23	40,86	100	4250	9,64	
	A_1E2	40,50	41,75	100	4300	9,42	9,71
	A_1E3	40,52	41,22	100	4550	10,08	

B. Basınç Deneyi

Malzemelerin yüzeyinden içeriye doğru etkiyen dış kuvvetler basınç gerilmeleri oluşturur. Bir deney örneğinin taşıyabildiği en büyük yükün, ölçü uzunluğu içindeki başlangıç kesit alanına bölünmesi ile elde edilen değere basınç dayanımı (mukavemeti) denir [23].

Yapılan çalışmada eğilmede çekme deneyi sonucunda 4 x 4 x 16 cm boyutundaki sertleşmiş beton örneklerin ikiye bölünmesiyle elde edilen küçük prizmaların yeniden kullanılmasıyla basınç dayanımları tayin edilmiştir.Her yarım prizma, 40mmx40mm boyutlarındaki kırma başlıklarının arasına yanal yüzeyleri temas edecek şekilde yerleştirildikten sonra kırılana kadar yüklenmişlerdir. Deney sırasmda yükleme hızının sabit kalması sağlanmıştır.



Şekil 6.32 Basınç dayanımı uygulanan örneğin kırılması

Aşağıdaki formüle gore hesaplama yapılarak, deneyi yapılan örneğin dayanabildiği maksimum basınç mukavemeti bulunmuştur. Her örneğe ait iki parçada elde edilen kuvvetlerin ortalaması alınarak hesaplarda kullanılmıştır.Her seriye ait olan üç örneğin basınç dayanımlarının aritmetik ortlamaları alınmıştır [23].

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{6.9}$$

σ : Basınç dayanımı (N/mm^2)

P : Kırılma yükü (N)

A : Yüklemenin yapıldığı kesit alanı (mm^2)

Tablo 6.19 7günlük örneklerin basınç dayanımı sonuçları

Kür süresi	Örnek Adı	a	b	L	Kuvvet1	Kuvvet2	Basınç D.	Ortalama B.D.
		(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(N)	(N/mm^2)	(N/mm^2)
7 gün	NPÇ (%0)							
	BX1	40,39	41,21	100	101000	98000	61,59	
	BX2	40,30	41,05	100	102000	98000	62,03	61,83
	BX3	40,21	40,94	100	98000	101000	61,86	
7 gün	BPÇ (%0)							
	AY1	40,42	40,71	100	106000	112000	67,42	
	AY2	40,46	41,51	100	110000	110000	67,97	67,01
	AY3	40,57	41,26	100	107000	106000	65,63	
7 gün	BPÇ(%3)							
	AA1	40,24	42,93	100	116000	100000	67,1	
	AA2	40,35	43,36	100	101000	105000	63,82	64,35
	AA3	39,84	43,46	100	102000	96000	62,12	
7gün	BPÇ(%3)							
	AB1	40,43	41,46	100	103000	106000	64,76	
	AB2	41,52	41,92	100	99000	102000	62,61	62,64
	AB3	40,36	41,52	100	86000	106000	60,55	
7 gün	BPÇ(%3)							
	AC1	40,16	41,35	100	76500	66000	45,20	
	AC2	40,06	41,64	100	78000	62000	44,07	46,67
	AC3	40,02	41,80	100	78000	84000	50,74	
7 gün	BPÇ(%3)							
	AD1	40,02	41,52	100	109000	110000	68,40	
	AD2	40,20	41,63	100	107000	108000	66,85	67,02
	AD3	39,89	41,86	100	104000	106000	65,81	
7 gün	BPÇ(%3)							
	GE1	40,37	43,27	100	112000	110000	68,74	
	GE2	40,14	42,88	100	112000	112000	69,76	70,42
	GE3	40,55	42,87	100	12000	116000	72,75	

Tablo 6.20 28 günlük örneklerin basınç dayanımı sonuçları

Kür süresi	Örnek Adı	a	b	L	Kuvvet 1	Kuvvet 2	Basınç D.	Ortalama B.D.
		(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(N)	(N/mm^2)	(N/mm^2)
28 gün	NPÇ (%0)							
	EX1	39,84	41,34	100	78000	71000	46,75	
	EX2	39,53	41,26	100	72000	86000	49,96	51,99
	EX3	39,44	41,45	100	96000	91000	59,27	
28 gün	BPÇ (%0)							
	CY1	40,24	40,71	100	128000	124000	78,28	
	CY2	40,46	41,51	100	138000	128000	82,18	80,81
	CY3	40,57	41,26	100	128000	138000	81,96	
28 gün	BPÇ(%3)							
	BA1	40,02	42,24	100	127000	116000	75,90	
	BA2	39,97	42,05	100	132000	134000	83,19	81,80
	BA3	40,12	42,05	100	136000	141000	86,31	
28 gün	BPÇ(%3)							
	A_1 B1	40,43	41,46	100	130000	128000	79,77	
	A_1 B2	41,52	41,92	100	116000	104000	66,24	73,96
	A_1 B3	40,36	41,52	100	121000	1124000	75,88	
28 gün	BPÇ(%3)							
	A_1 C1	40,16	41,35	100	117000	90000	64,43	
	A_1 C2	40,06	41,64	100	98000	94000	59,91	66,02
	A_1 C3	40,02	41,80	100	109000	127000	73,72	
28 gün	BPÇ(%3)							
	BD1	40,07	42,49	100	116000	137000	78,92	
	BD2	40,07	42,47	100	130000	129000	80,80	81,10
	BD3	40,08	42,25	100	131000	137000	83,58	
28 gün	BPÇ(%3)							
	A_1E1	40,23	40,86	100	116000	116500	72,24	
	A_1 E2	40,50	41,75	100	117000	121000	73,46	71,70
	A_1E3	40,52	41,22	100	109000	116000	69,41	

6.5.4. Durabilite Deneyleri

Bu çalışmada utraviyole etkisi altında, pigment, kimyasal katkı ve beyaz çimentonun birlikte renk tonunun sabitliğini devam ettirebilme özellikleri kontrol edilmiştir.

6.5.4.1. Ultraviyole Etkisi Deneyi – Renk Sabitliği

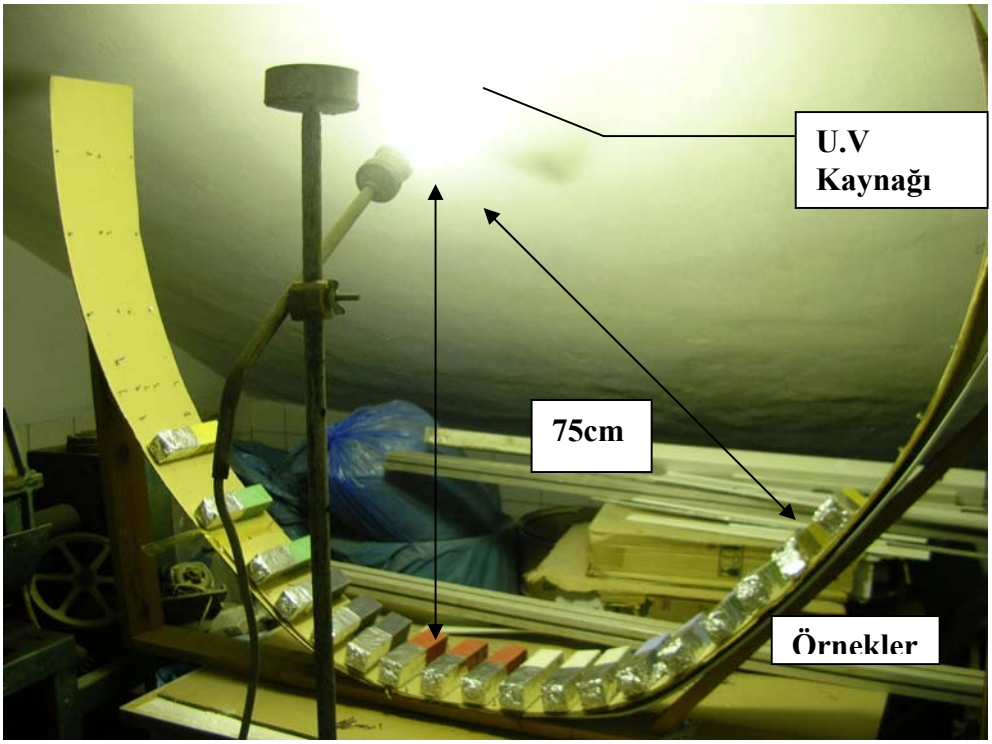
Çıplak gözle görülebilen en uzun dalgaboyuna sahip ışınlar kırmızı, en kısa dalga boyuna sahip ışınlar ise mor renktedir. Görebildiğimiz ışınlardan daha kısa dalgaboyuna sahip olanlara morötesi veya ultraviyole (UV) ışınları denir. Güneşten gelen bu ışınlar görünür ışınlardan daha farklı özelliklere sahip oldukları için yapı malzemeleri üzerinde de daha farklı etkileri vardır. Utraviyole ışınları kısa dalgaboylu oldukları için kinetik enerjileri ve girişimleri fazladır. Özellikle organik yapılı malzemeler üzerinde önemli ayrışma ve çözülmelere neden olmalarının yanı sıra pigmentlerin renk değiştirmesini ve rengin solmasını sağlayabilmektedir [24].



Şekil 6.33 Yüzeyinin yarısı aluminyum folyo ile kaplanan deney örnekleri

Deney sırasında bir haftalık kürlemenin ardından her bir seri için üçer adet 4×4×16 cm boyutundaki örneğin üzeri, yarısı açıkta kalacak şekilde aluminyum folyo ile kaplanmıştır. (Şekil 6.33)

Daha sonra bu örnekler, 400 Watt gücünde bir utraviyole lambadan her biri 75 cm uzaklıkta kalacak şekilde eğrisel bir yüzey üzerine yerleştirilmiştir. (Şekil 6.34)



Şekil 6.34 Utraviyole ışınları etkisinde bekletilen örnekler

28 günlük sürenin ardından folyolar açılarak renk karşılaştırması yapılmıştır.

7. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İRDELENMESİ

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve irdelenmesini oluşturan ilk bölümde; değerlendirmeler grafik ve tablolarla birlikte verilmiştir.

7.1. Deneylerin Değerlendirilmesi

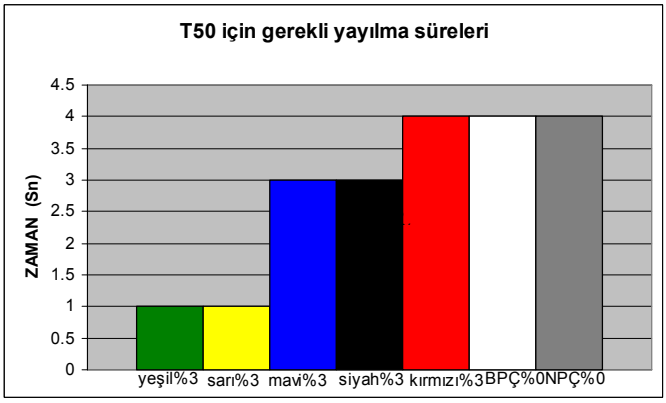
Yapılan deneysel çalışmanın sonucunda elde edilen veriler grafikler yardımıyla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Grafiklerde kullanılan renkler beton örneklerde kullanılan pigmentin rengini temsil etmektedir.

7.1.1. Taze Beton Deneylerinin Değerlendirilmesi

Karıştırılmış taze betona kıvam deneyi uygulanarak işlenebilirliği, birim hacim ağırlığı deneyi ile de içindeki boşluk miktarı kontrol edilmiştir.

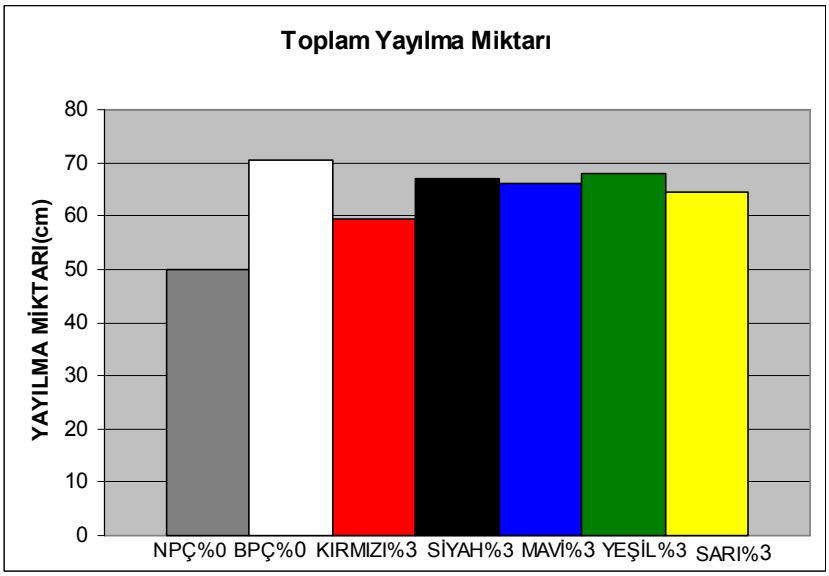
7.1.1.1. Taze Betonda Kıvam Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kıvam deneyi sonuçları göz önüne alındığı takdirde 50 cm lik yayılma oluşması için gerekli sürelerin pigment türlerine bağlı değişimi aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 7.1 Çökme-Yayılma Deneyi Sonuçları

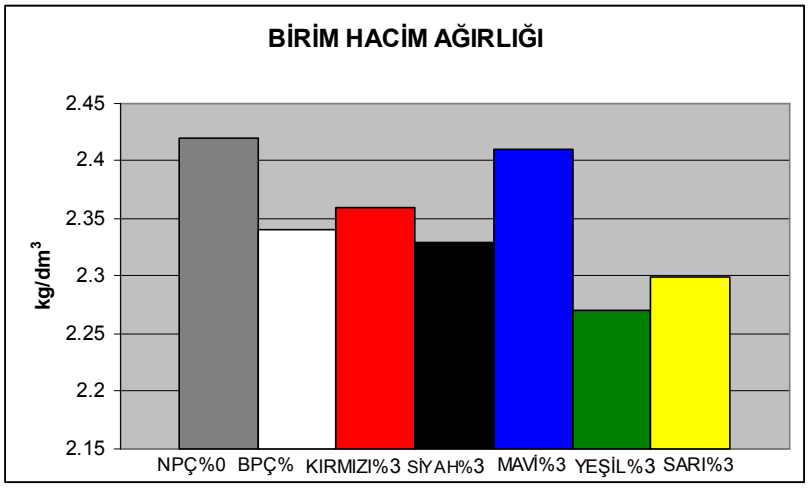
Toplam yayılma miktarları ise ayrı bir grafikte verilmiştir.



Şekil 7.2 Çökme-Yayılma Deneyi Sonuçları

7.1.1.2. Taze Betonda Birim Hacim Ağırlığı Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Taze betonda birim hacim ağırlığı tayini deneyi sonuçları aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 7.3 Birim Hacim Ağırlığı Tayini Deneyi Sonuçları

Pigment katkılı ve katkısız örneklerde birim hacim ağırlığı sonuçları birbirine yakın değerlerdedir.

7.1.2. Sertleşmiş Beton Deneylerinin Değerlendirilmesi

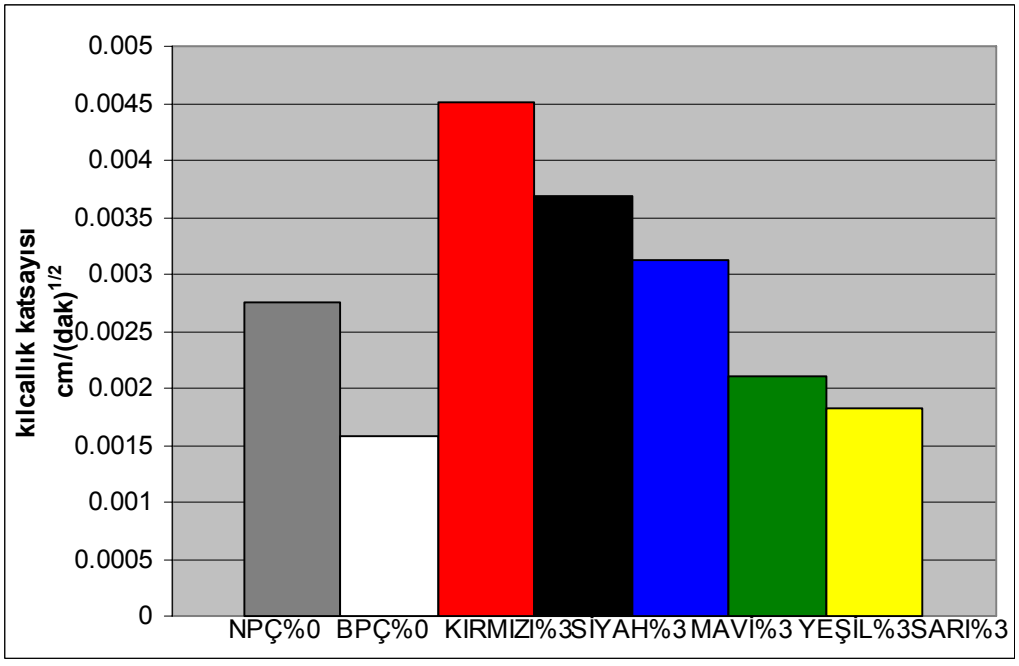
Sertleşmiş beton deneyleri kapsamında, örneklere fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır.

7.1.2.1. Fiziksel Deneylerin Değerlendirilmesi

Fiziksel deneyler kapsamında yapılan kapiler su emme tayini ve su emme deneylerinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir: (Tablo7.1)

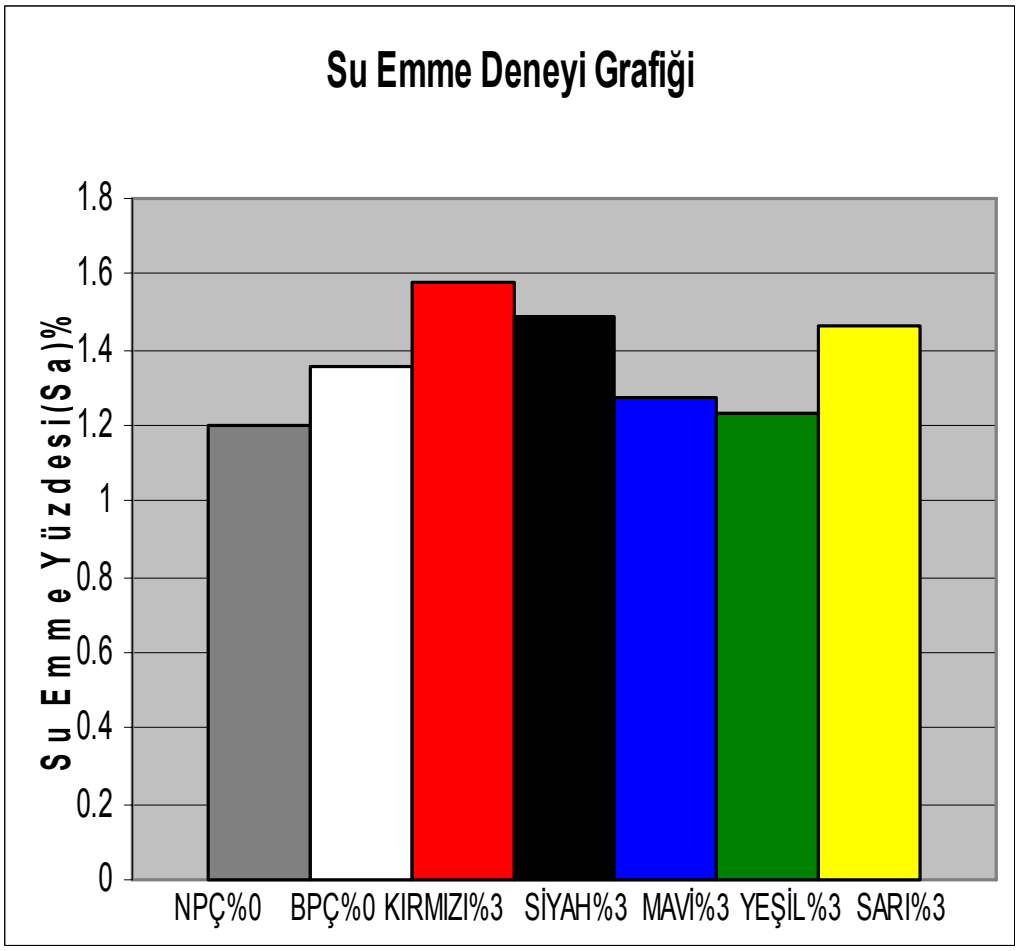
Tablo 7.1 Su emme deneyleri sonuçları

Deney Serisi	NPÇ 42,5	BPÇ 32,5	Kırmızı	Siyah	Mavi	Yeşil	Sarı
Su emme%si Atm.bas.	1,20	1,26	1,58	1,49	1,27	1,23	1,46
Ort.Kıl.kts (N)(cm/$\sqrt{dak}$)	0,00276	0,00235	0,00451	0,00368	0,00313	0,00211	0,00183



Şekil 7.4 Kapiler Su Emme Deneyi Sonuçları

Kapiler Su Emme Deneyi Sonuçları incelendiğinde, BPÇ 32,5 %0 Pigment ile üretilen serinin kılcallık katsayısının pigmentli serilere göre oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Pigment türlerine göre de kılcallık katsayıları değişiklik göstermiştir.

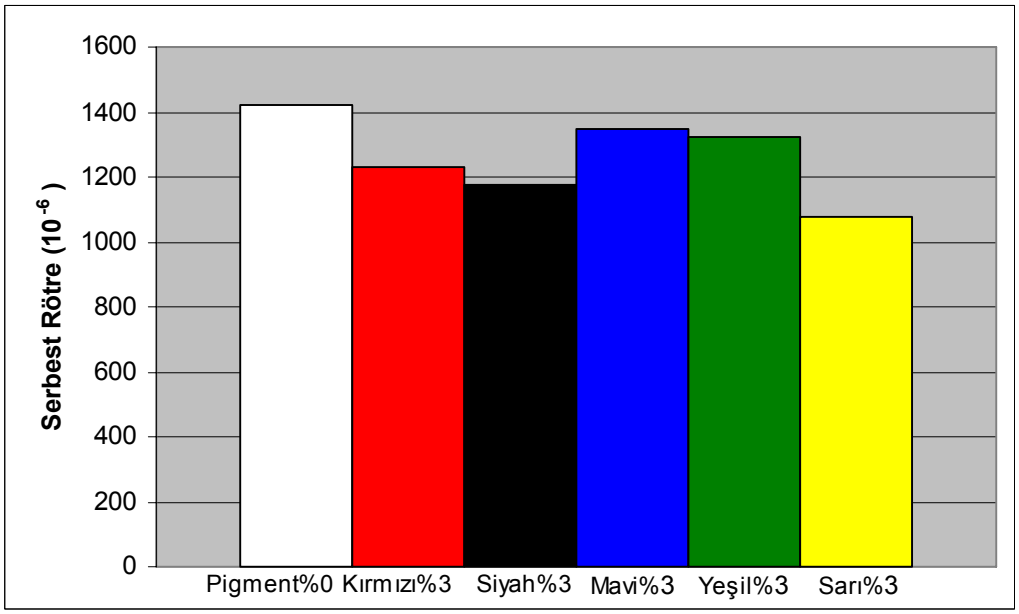


Şekil 7.5 Su Emme Deneyi Sonuçları

Genel olarak su emme yüzdeleri birbirine yakın değerler almıştır. Pigment katkısı su emme yüzdelerini önemli ölçüde etkilememiştir.

7.1.2.2. Rötre Deneyinin Değerlendirilmesi

Rötre deneyi için her seriden üretilen üçer adet ölçüm takozlu örneğin ağırlıkları ile birlikte rötre değerleri 42 gün süre ile her gün ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki grafikte görülmektedir.



Şekil 7.6 Rötre deneyi sonuçları

Rötre ölçümleri karşılaştırıldığında tüm deney serilerinin 42 günlük rötre değerlerinde azalma görülmektedir. Genel olarak, pigment katkısının kullanılması rötrenin azalmasına neden olmaktadır. Daha önce gerçekleştirilen bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, pigment oranındaki artışın rötreyi azalttığı vurgulanmıştır [24].

7.1.2.3. Mekanik Deneylerin Değerlendirilmesi

Sertleşmiş beton örneklere yapılan mekanik deneylerin 7.ve 28.gün sonuçları aşağıdaki gibidir.(Tablo 7.2 ve7.3) Mekanik deneyler kapsamında eğilmede çekme ve basınç deneyleri uygulanmıştır.



Şekil 7.7 Mekanik deneyin uygulanması

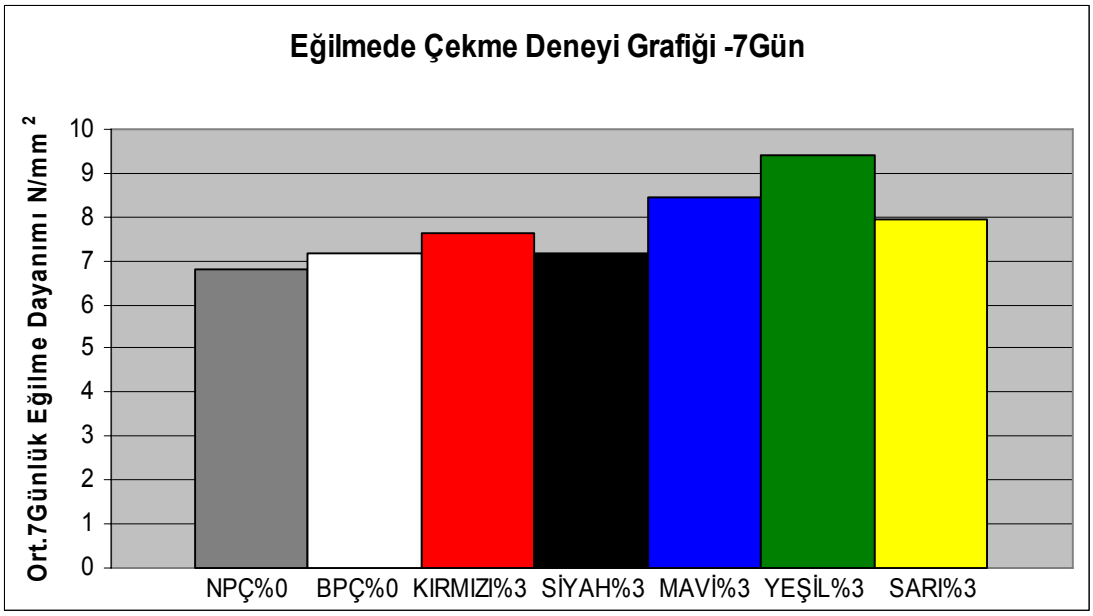
Tablo 7.2 Beton örneklerin eğilmede çekme ve basınç deneyi sonuçları – 7 Günlük

Deney Serisi	**NPÇ 42,5**	**BPÇ 32,5**	**Kırmızı**	**Siyah**	**Mavi**	**Yeşil**	**Sarı**
Eğilme Dayanımı (N/mm^2)	6,82	7,15	7,62	7,19	8,44	9,39	7,96
Basınç Dayanımı (N/mm^2)	61,83	67,01	64,35	62,64	46,67	67,02	70,42

7 ve 28 günlük örnekler için eğilmede çekme ve basınç deneylerinden elde edilen sonuçlardan oluşan tablolar bu bölümde verilmiştir.

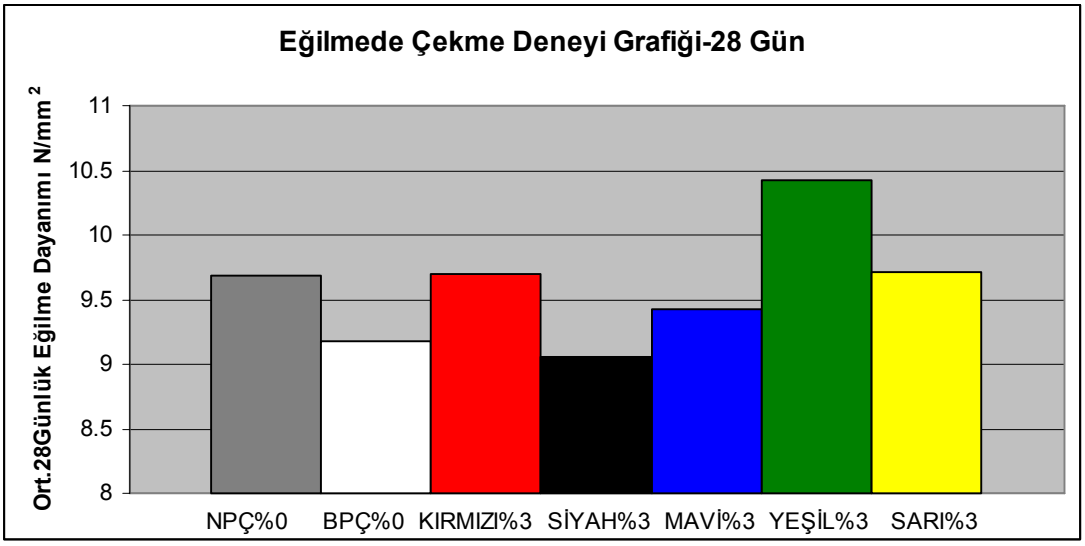
Tablo 7.3 Beton örneklerin eğilmede çekme ve basınç deneyi sonuçları – 28 Günlük

Deney Serisi	**NPÇ 42,5**	**BPÇ 32,5**	**Kırmızı**	**Siyah**	**Mavi**	**Yeşil**	**Sarı**
Eğilme Dayanımı (N/mm^2)	9,68	9,18	9,70	9,05	9,43	10,43	9,71
Basınç Dayanımı (N/mm^2)	51,99	80,81	81,80	73,96	66,02	81,10	71,70



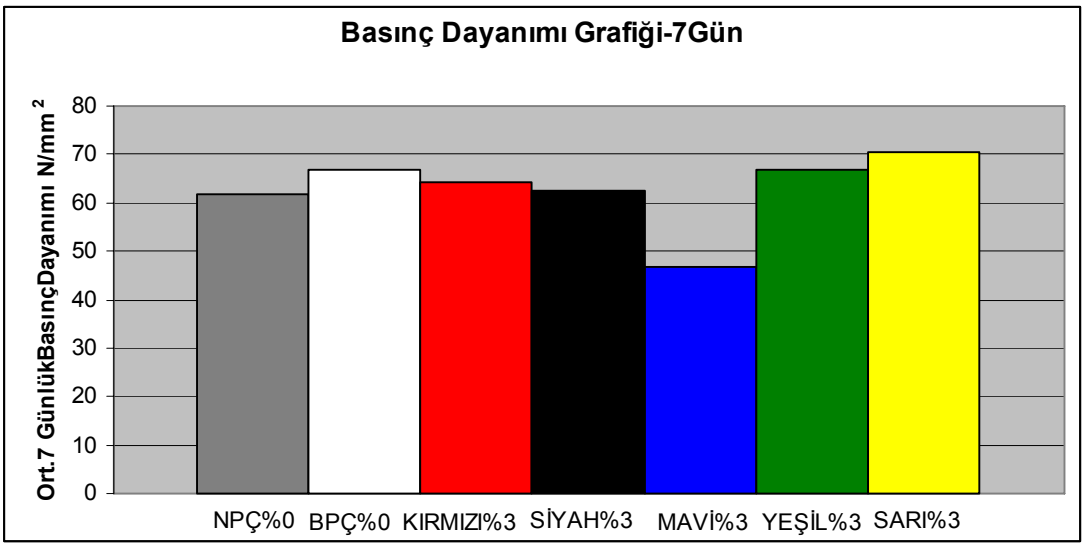
Şekil 7.8 7günlük örneklerin eğilmede çekme deneyi sonuçları

7 günlük örneklere uygulanan eğilmede çekme deneyi sonuçları incelendiğinde pigment katkısının eğilme çekme dayanımını arttırıcı yönde etkilediği söylenebilir.



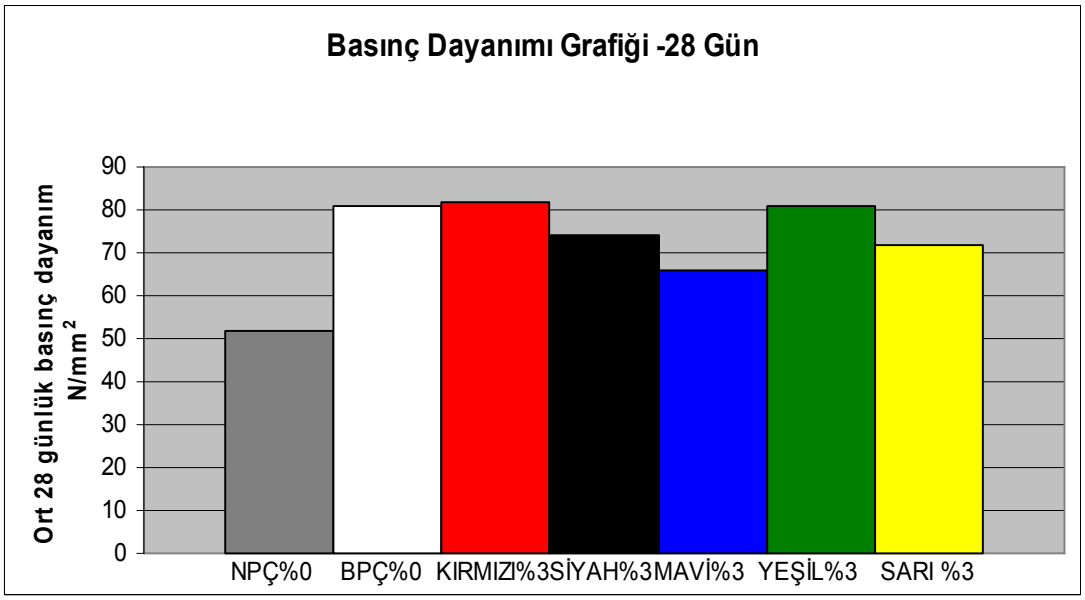
Şekil 7.9 28 günlük örneklerin eğilmede çekme deneyi sonuçları

Tüm örneklerin 28 günlük eğilmede çekme değerlerinde 7 günlük değerlere oranla artış gözlenmiştir. 28 günlük sonuçlarda da eğilme çekme dayanımının pigment katkılı beton örneklerde artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 7.10 7 günlük örneklerin basınç deneyi sonuçları

7 günlük örneklerde basınç deneyi gerçekleştirildiğinde mavi hariç tüm serilerin yakın basınç dayanımlarına ulaştığı sonucuna varılabilir.



Şekil 7.11 28 günlük örneklerin basınç deneyi sonuçları

28 günlük örneklerin basınç dayanımı deney sonuçları incelendiğinde; pigment katkısız örnekle karşılaştırıldıklarında kırmızı örnekte çok yakın değer alırken, diğer renk serilerinde azalma meydana geldiği görülmektedir.

7.1.3. Durabilite Deneylerinin Değerlendirilmesi

Utraviyole ışınları etkisi altında 28. günde renk değişimleri gözlenmemiştir

8.SONUÇLAR

- Çökme-yayılma deneyi sonuçları göz önüne alındığında pigment katkılı örneklerin pigment katkısız örneklere göre 50 cm.lik yayılma oluşturma (T_{50}) sürelerinin daha kısa olduğu görülmektedir.
- Toplam yayılma miktarlarına bakıldığında NPÇ 42.5 ile üretilen pigment katkısız örnekler için miktarın BPÇ 32.5 ile üretilen örneklere göre daha az olduğu gözlenmektedir. Enaz yayılma NPÇ 42.5 ile üretilen pigment katkısız beton örneklere aittir.
- Taze betonda kıvam tayini kapsamında yapılan birim hacim ağırlık deneyinde pigment katkılı ve katkısız örneklerin sonuçları yakın değerlerdedir.
- Kapiler su emme deneyi sonuçları incelendiğinde, pigment katkılı ve katkısız örneklerin birbirine yakın kılcallık katsayılarına sahip oldukları söylenebilmektedir. Kırmızı seri en büyük kılcallık katsayısına sahipken, sarı serinin en düşük değeri aldığı görülmektedir. Genel olarak pigment kullanımı kılcallık katsayısını arttırıcı yönde etkilemektedir.
- Atmosferik basınç altında su emme yüzdeleri ele alındığında ise yine kırmızı seri en yüksek değere ulaşmıştır. Pigment katkısının atmosferik basınç altında su emme yüzdelerini arttırıcı etkisi olduğunu söylemek mümkündür.
- Rötre ölçümleri karşılaştırıldığında tüm deney serilerinde 42 günlük rötre değerlerinin azaldığı görülmektedir. Pigment katkısının kullanılması rötrenin azalmasına neden olmaktadır.
- Mekanik deney sonuçları incelendiğinde pigment katkısının örneklerin 7.günde eğilmede çekme dayanımını arttırıcı yönde etkilediği gözlenmektedir.
- 7.gün basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde mavi serinin diğer örneklere göre oldukça düşük bir değer aldığı dikkatten kaçmamıştır. Diğer örneklerin sonuçları ise paralellik taşımaktadır.

- 28 günlük örneklerin eğilmede çekme değerlerine göz atıldığında pigment katkısız BPÇ 32.5 ile üretilen seride ve siyah pigment ile üretilen örneklerde düşük dayanımlar elde edildiği, yeşil serinin de ortalamanın üzerinde bir değere ulaştığı görülmektedir.
- 28 günlük örneklerin basınç dayanımı değerlerinden NPÇ 42.5 ile üretilen örneklerin diğer tüm örneklerden daha düşük değere ulaştığı sonucu çıkarılabilmektedir.
- Utraviyole ışınları etkisinde tüm deney serilerinde 28. günde renk değişimleri gözlenmemiştir.

KAYNAKLAR

[1] **Ozawa,K., Maekawa,Kunishima, H.,Okamura,H.,** 1989. ‘‘Performance of concrete based on the durability design of concrete structures’’,Proceedings of the Second East-Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, vol.1,pp.3-14.

[2] **Khayat, K.H.,Mania,K.,Trudel,A.**(1997) ‘‘In situ mechanical properties of wall elements using self-consolidating concrete ,ACI Mater.,J,94(6),pp.491-500

[3] **Grünewald, S.,Walvaren, J.C.** (2001) ‘‘Parameter-study on the influence of steel fibers and coarse aggregate content on the fresh properties of self-compacting concrete’’,Cem.Conc.Res.31(12),pp1793-1798

[4] **Sağlık A.** ,2005. Beton ve Kimyasal Katkı Teknolojisinde Yeni Gelişmeler ve Standardlar, *Yapılarda Kimyasal Katkılar / Bildiriler*

[5] **Özkul H.,** 2005 Kendiliğinden Yerleşen Betonların Genel Özellikleri, *Yapılarda Kimyasal Katkılar / Bildiriler*

[6] **Gül,R.,Aydın A.C**,1998 Çimento ve Beton Dünyası Araştırma-Geliştirme,

Akışkanlaştırıcı KatkıMaddelerinin Kullanılmasında göz önünde bulundurulması

[7] **Erdoğan,T.Y,** 2003 Beton ,ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş, Ankara

[8] **ACI Committee 116,** 1994, Cement and Concrete Terminology

[9] **Erdoğan,T.Y,** 1977 Admixtures for Concrete ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş, Ankara

[10] **Akakın,T.,Uçar,S.,**Türkiye Hazır Beton Birliği Yayınları,Standardlar, *Kimyasal Katkılar*

[11] **Akyan G.,Albayrak M.,** 2005 Beton Kimyasallarında CE İşareti, *Yapılarda Kimyasal Katkılar / Bildiriler*

[12] **Topçu İ.B., Canbaz M.**, 2005 Eskişehir’de yapılan bir anket ışığında beton katkı maddelerinin kullanımı ,*Yapılarda Kimyasal Katkılar / Bildiriler*

[13] **Jungk A.,** 2001.Range Criterions for Coloring Systems, Betonwerk+Fertigteil Technik, Harold Scholz&Co.GmbH, 7/2001,14-26

[14] **TS EN 12878,2001** Pigmentler-Çimento ve /veya Kireç Esaslı İnşaat Malzemelerinin Renklendirilmesi için Özellikleri ve Deney Yöntemleri, *Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.*

[15] **ASTM C979-82,** 1982. Standart Specification for Pigments Used to Integrally Color Concrete, *American Society for Testing and Materials*, USA.

[16] **Kohnert**,**L.,** 2002.The Colouring of Concrete Processing Instructions,*Bayer Laboratory Technical Report,* Duesseldorf ,Germany.

[17] **TS 21,** 1994. Çimento-Beyaz Portland, *Türk Standardları Enstitüsü*, *Ankara.*

[18] **TS EN 197-1,**Mart 2002.Çimento-Bölüm 1:GenelÇimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, *Türk Standardları Enstitüsü*, *Ankara.*

[19] **Kuloğlu,Ş.,**2003.Çimento Esaslı Tamir Harçlarının Durabilite Özellikleri,*Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[20] **Toydemir, N.-Gürdal,E.- Tanaçan,L.,**2000. Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, literatür Yayıncılık, İstanbul.

[21] **TS 3453,** 1981.Beton Elemanlarda Büzülme Oranı (Rötre)Tayin Metodu, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.

[22] **Onaran,K.,** 2000.Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul

[23] **TS EN 196-1,** 2002. Çimento Deney Metotları-Bölüm 1: Dayanım Tayini, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.

[24] **Terzi,F.,**2004.Mimari Betonda Renk ve Doku, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

EK A Su Emme Deneyi Sonuçları

EK B Rötre Deneyi Grafikleri

EK A

Tablo A.1 B Serisi için su emme deneyi sonuçları

B Üretimi : BPÇ 32,5 + %3 Pigment(330 C Siyah)			
Örnek Adı	KB1	KB2	KB3
a (cm)	3,980	4,001	4,004
b (cm)	4,001	4,213	4,145
L (cm)	16,12	16,11	16,03
Ortam Nemi Ağ. (P_0, gr)	595,38	597,66	590,91
Suya doymuş ağırlık (P_1 ,gr)	603,88	606,98	599,62
Su içindeki ağırlık (P_2,gr)	341,6	344,2	338,9
Su emme yüzdesi (Sa)	1,43	1,56	1,47
Birim hacim ağırlık (Δ ,gr/cm^3)	2,32	2,20	2,22
Özgül ağırlık (δ , gr/cm^3)	2,30	2,31	2,30

Tablo A.2 C Serisi için su emme deneyi sonuçları

C Üretimi : BPÇ 32,5 + %3 Pigment (Ultramarin mavi)			
Örnek Adı	KC1	KC2	KC3
a (cm)	4,015	4,037	4,003
b (cm)	4,138	4,133	4,125
L (cm)	16,04	16,06	16,03
Ortam Nemi Ağ. ($P_{0,}$ gr)	584,68	595,02	590,42
Suya doymuş ağırlık (P_{1} ,gr)	592,38	602,61	597,51
Su içindeki ağırlık (P_{2},gr)	333,5	340,1	337,6
Su emme yüzdesi (Sa)	1,32	1,28	1,20
Birim hacim ağırlık (Δ ,gr/cm^3)	2,19	2,22	2,23
Özgül ağırlık (δ , gr/cm^3)	2,29	2,30	2,30

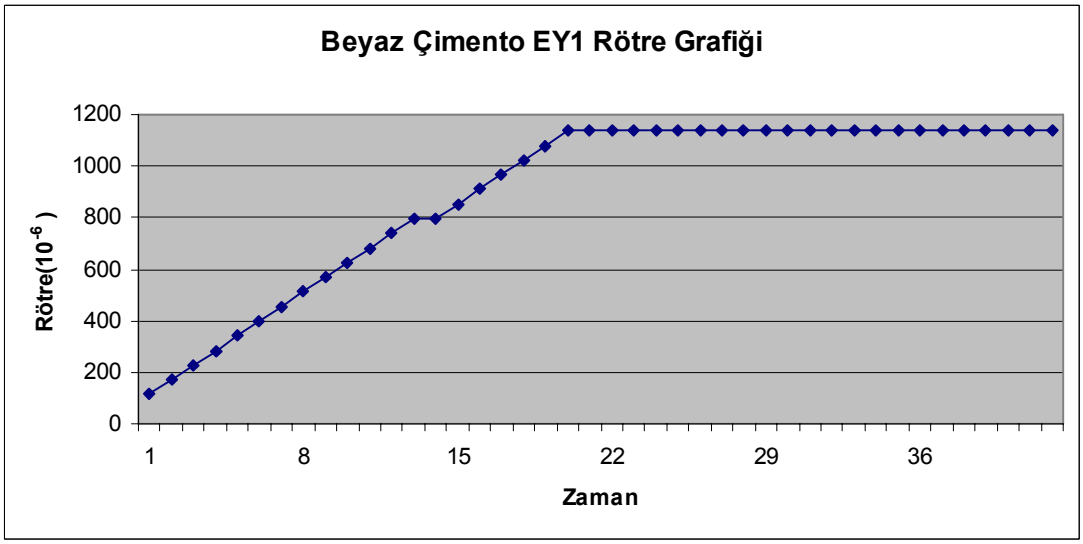
Tablo A.3 D Serisi için su emme deneyi sonuçları

D Üretimi : BPÇ 32,5+% 3 Pigment (GX Yeşil)			
Örnek Adı	CD1	CD2	CD3
a (cm)	3,868	3,906	3,881
b (cm)	4,087	4,018	4,112
L (cm)	15,86	16,03	15,89
Ortam Nemi Ağ. ($P_{0,}$ gr)	604,91	600,85	601,52
Suya doymuş ağırlık (P_{1} ,gr)	612,62	608,45	608,48
Su içindeki ağırlık (P_{2},gr)	346,5	342,7	342,2
Su emme yüzdesi (Sa)	1,27	1,26	1,16
Birim hacim ağırlık (Δ ,gr/cm^3)	2,41	2,39	2,37
Özgül ağırlık (δ , gr/cm^3)	2,30	2,29	2,29

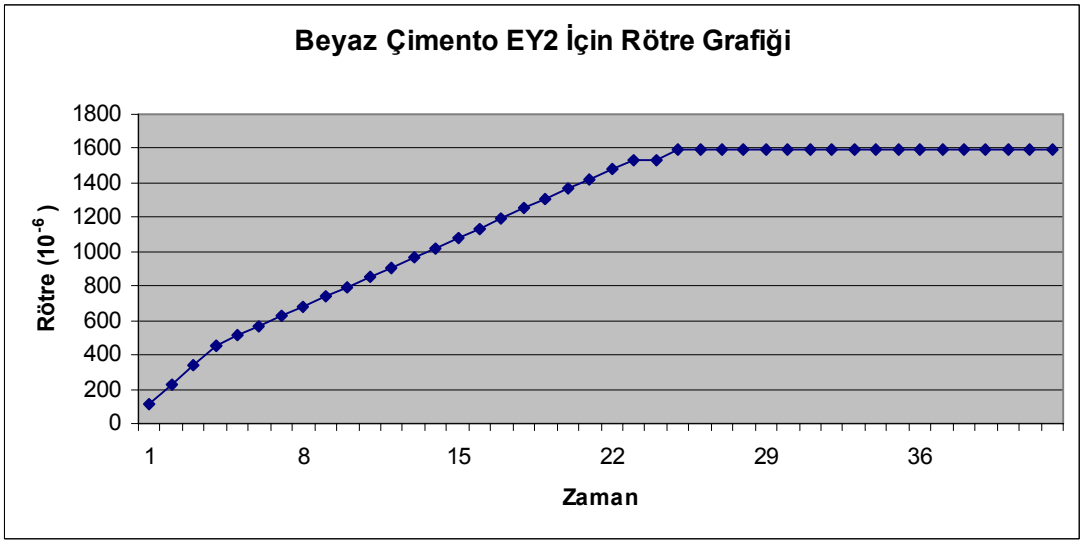
Tablo A.4 E Serisi için su emme deneyi sonuçları

E Üretimi : BPÇ 32,5+% 3 Pigment (Sarı)			
Örnek Adı	BE1	BE2	BE3
a (cm)	4,006	4,040	4,006
b (cm)	4,176	4,106	4,139
L (cm)	16,19	16,10	16,02
Ortam Nemi Ağ. ($P_{0,}$ gr)	603,93	596,48	602,35
Suya doymuş ağırlık (P_{1} ,gr)	612,90	605,27	610,89
Su içindeki ağırlık (P_{2},gr)	346,6	343,5	346,5
Su emme yüzdesi (Sa)	1,49	1,47	1,42
Birim hacim ağırlık (Δ ,gr/cm^3)	2,23	2,23	2,27
Özgül ağırlık (δ , gr/cm^3)	2,30	2,31	2,31

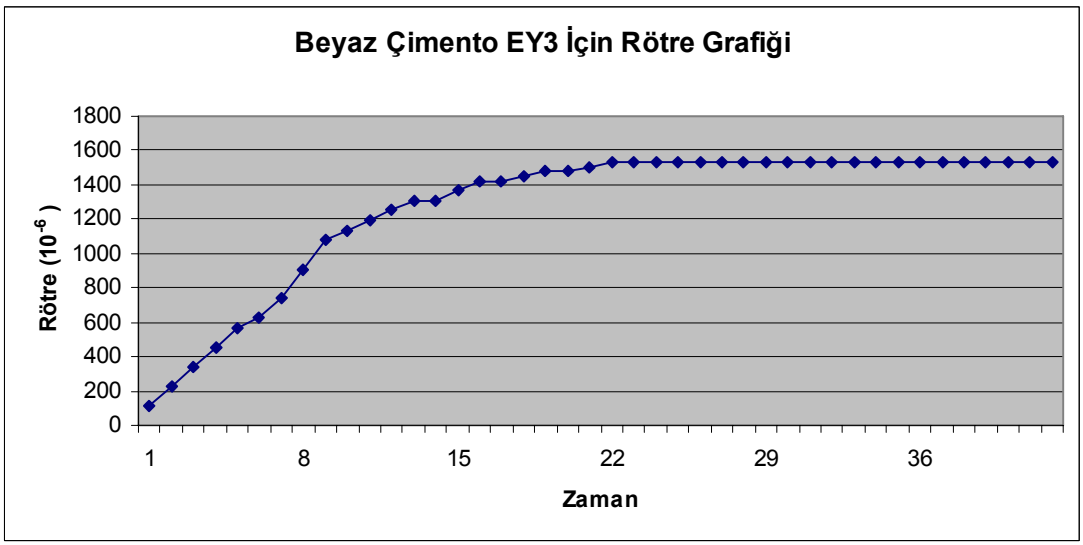
EK B



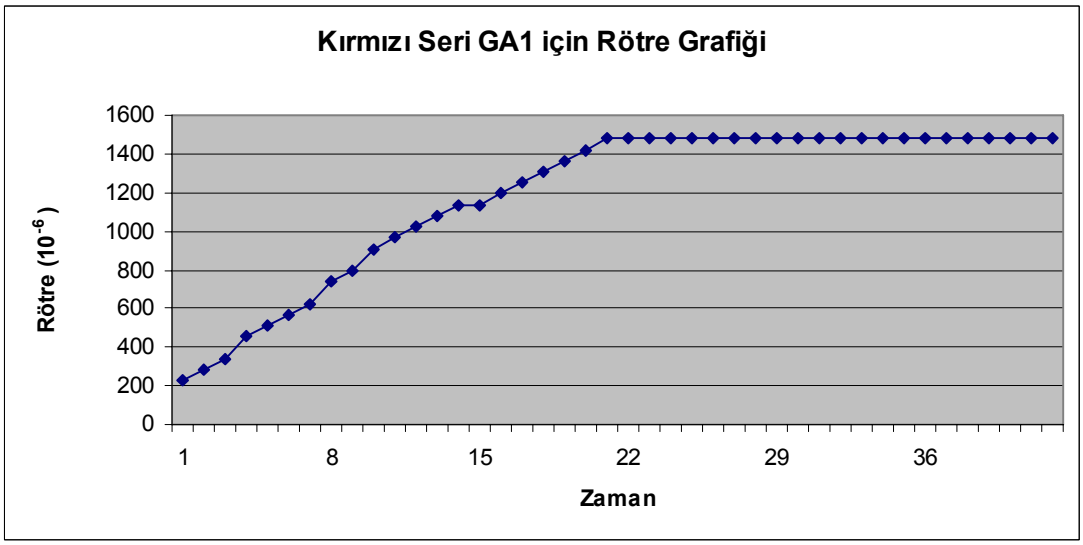
Şekil B.1 EY1 için rötre grafiği



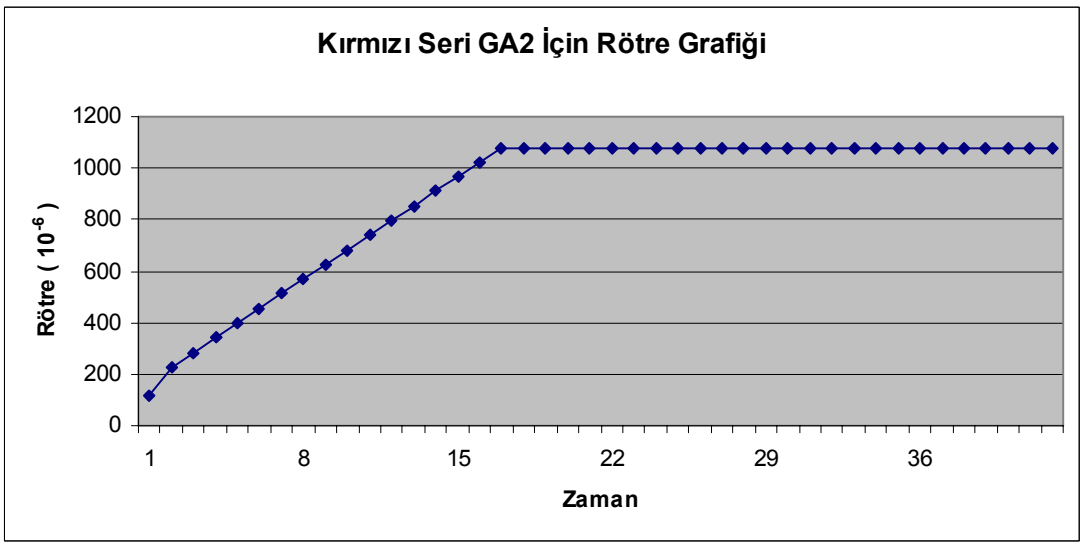
Şekil B.2 EY2 için rötre grafiği



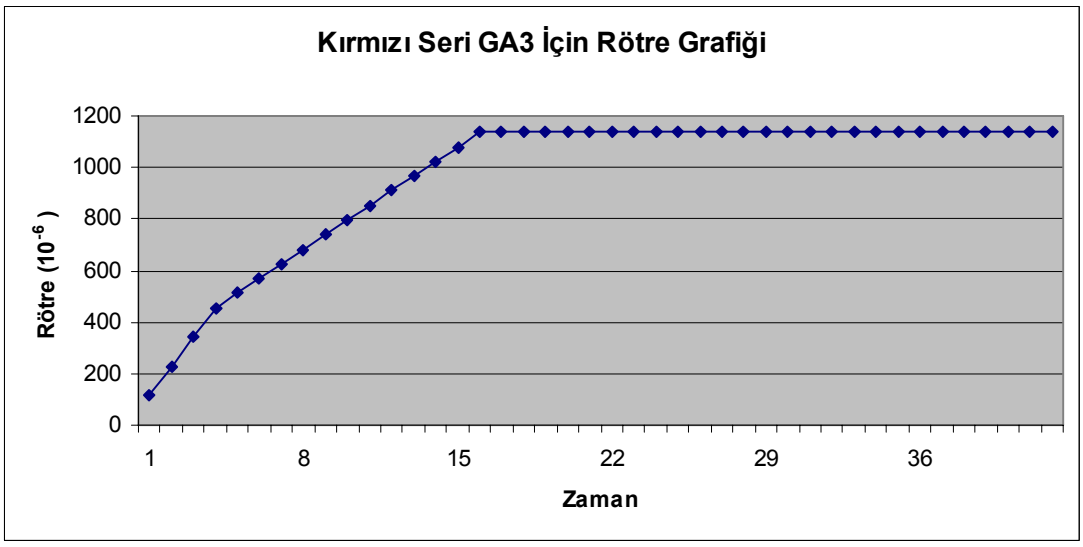
Şekil B.3 EY3 için rötre grafiği



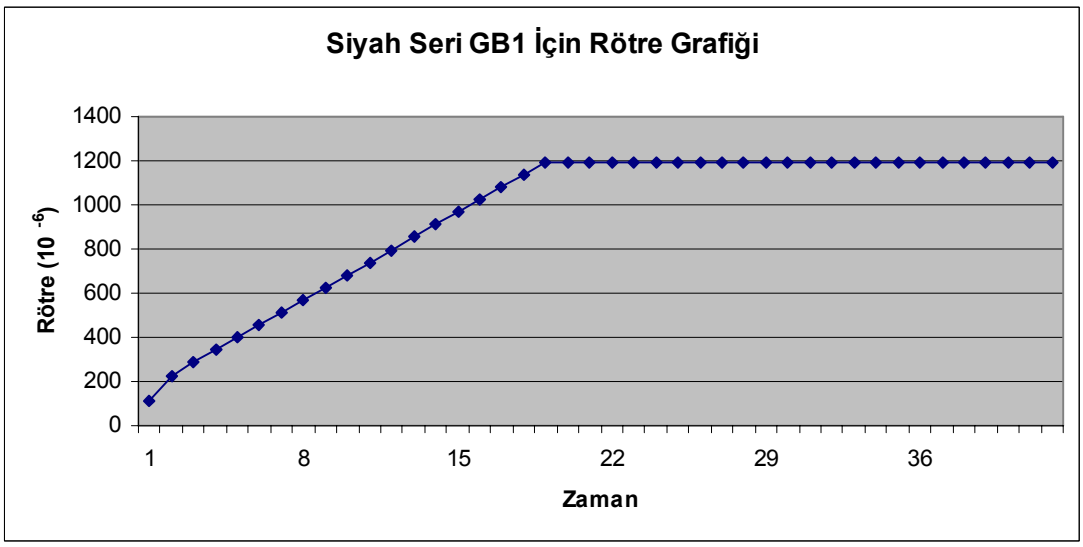
Şekil B.4 GA1 için rötre grafiği



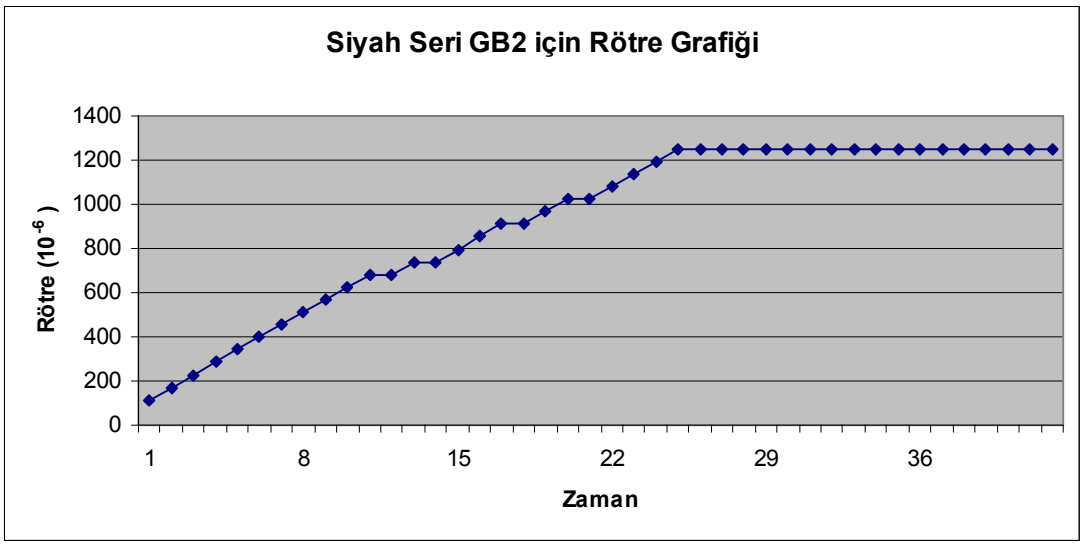
Şekil B.5 GA2 için rötre grafiği



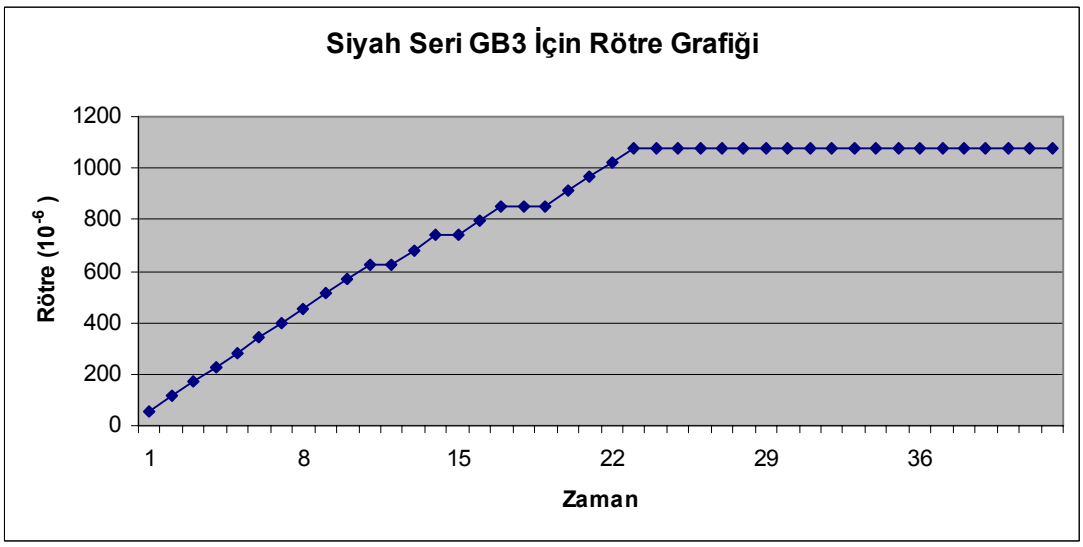
Şekil B.6 GA3 için rötre grafiği



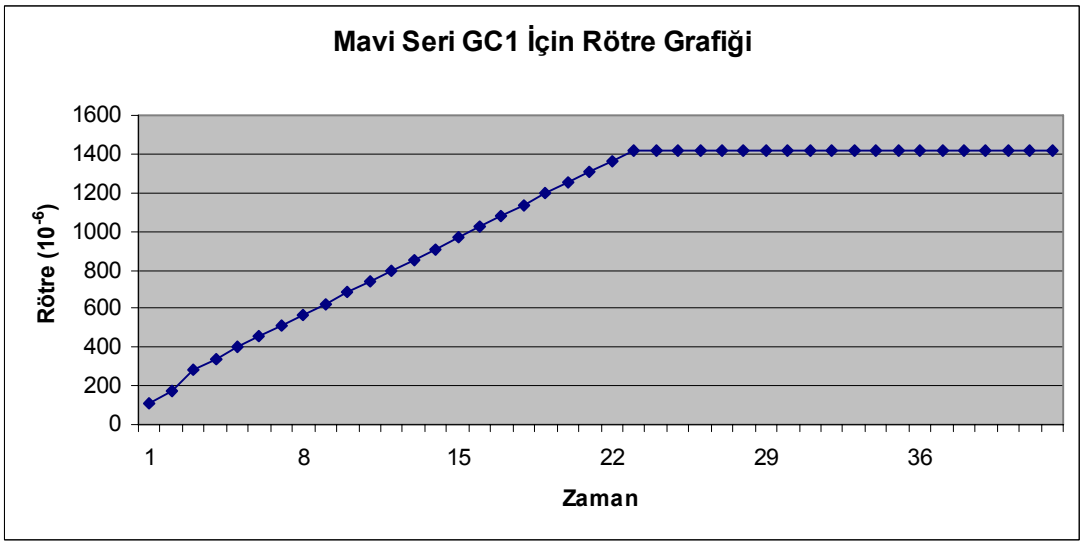
Şekil B.7 GB1 için rötre grafiği



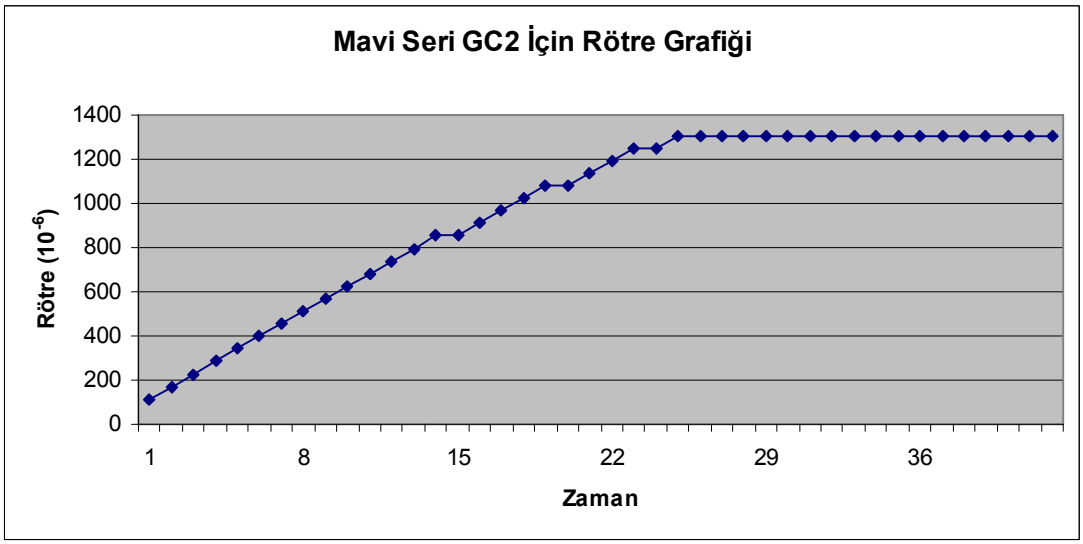
Şekil B.8 GB2 için rötre grafiği



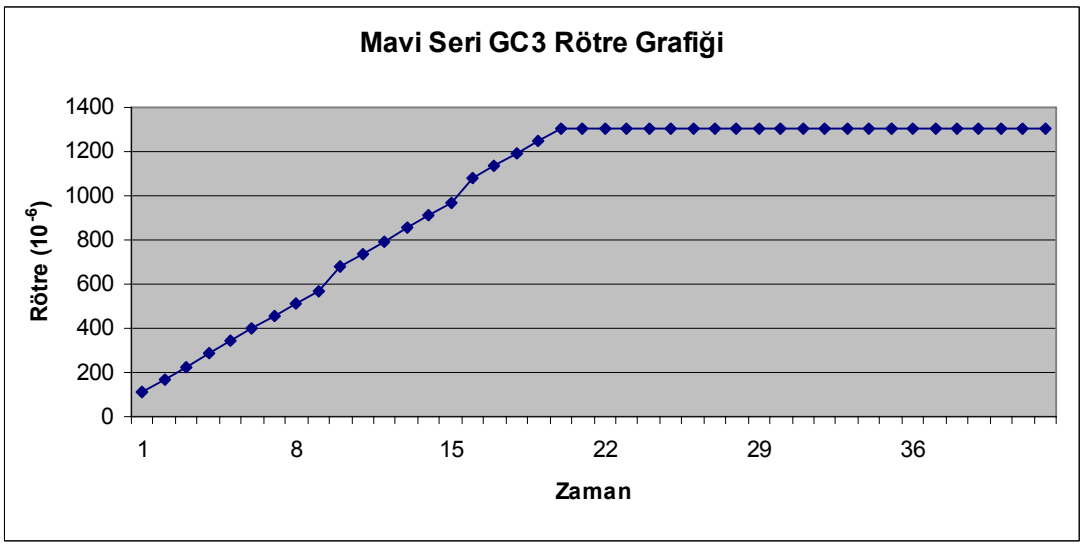
Şekil B.9 GB3 için rötre grafiği



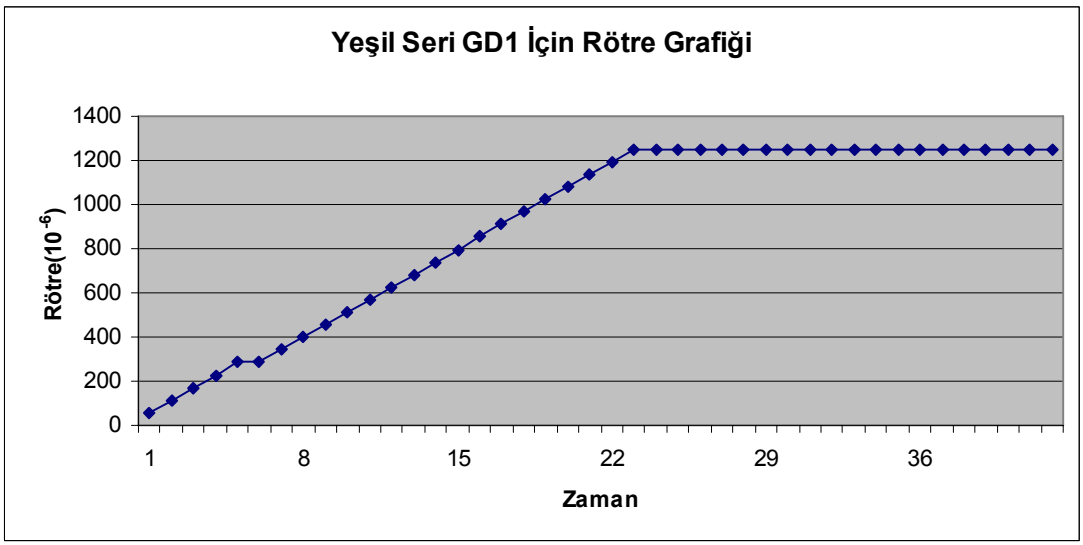
Şekil B.10 GC1 için rötre grafiği



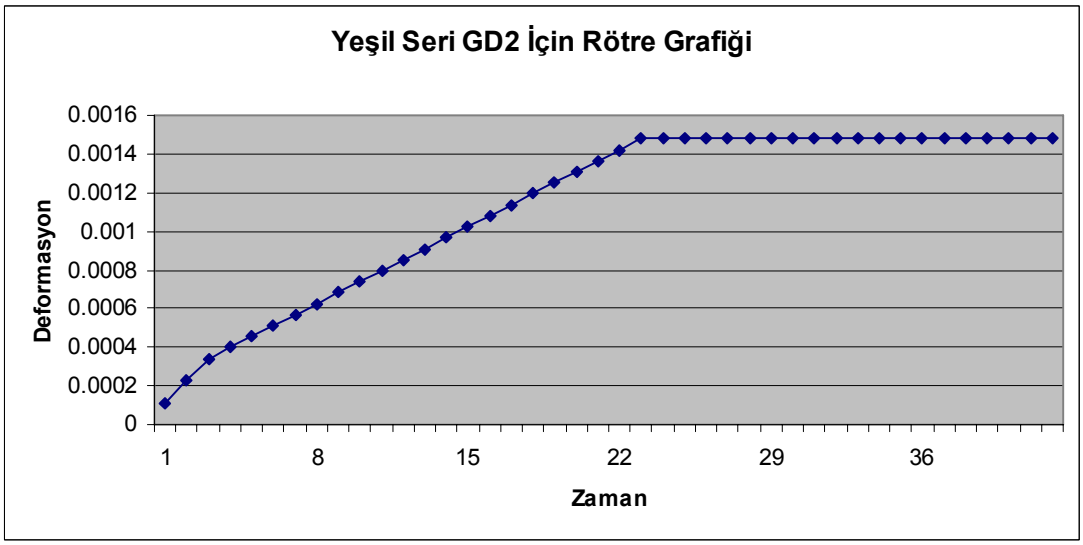
Şekil B.11 GC2 için rötre grafiği



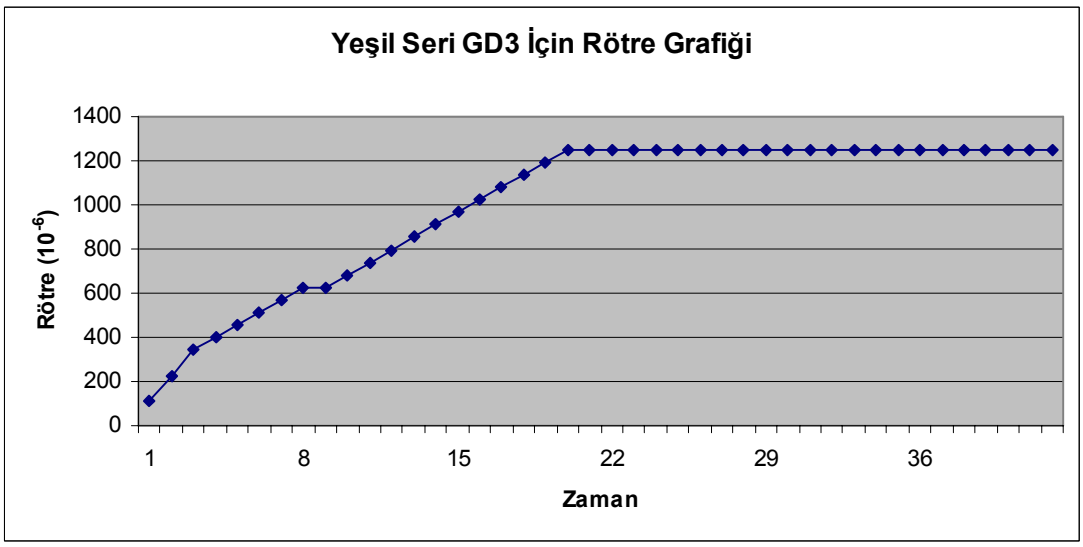
Şekil B.12 GC3 için rötre grafiği



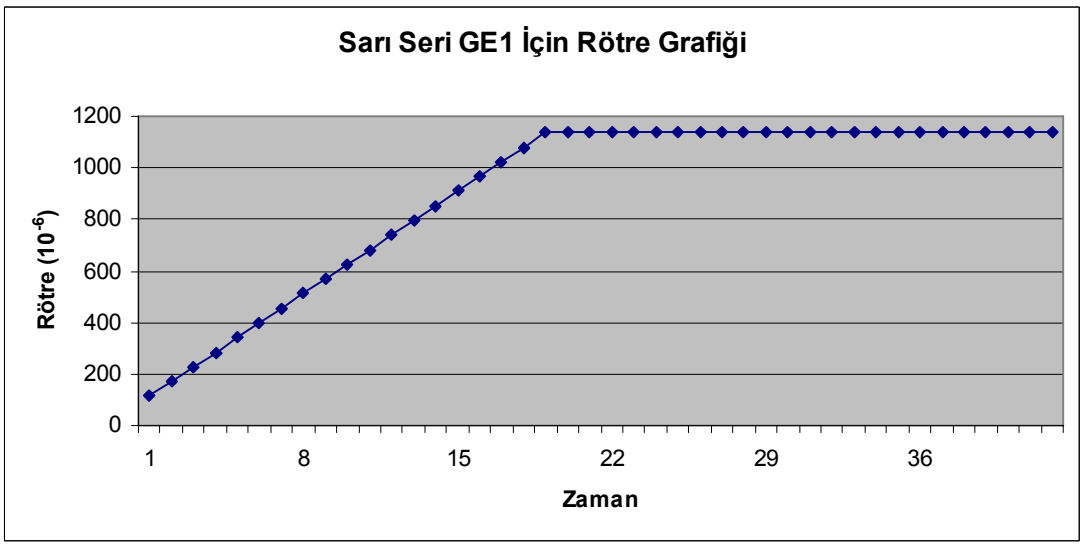
Şekil B.13 GD1 için rötre grafiği



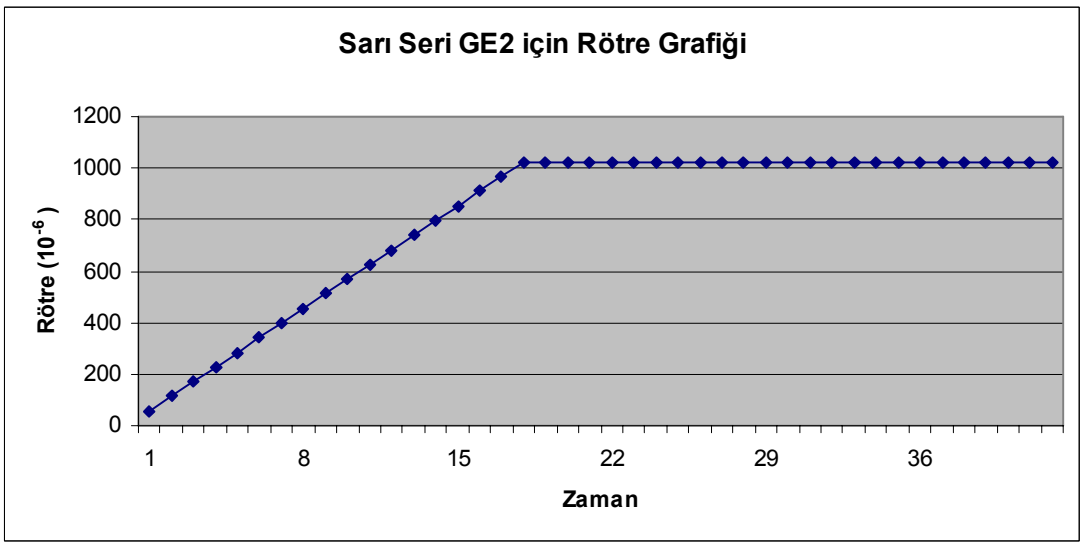
Şekil B.14 GD2 için rötre grafiği



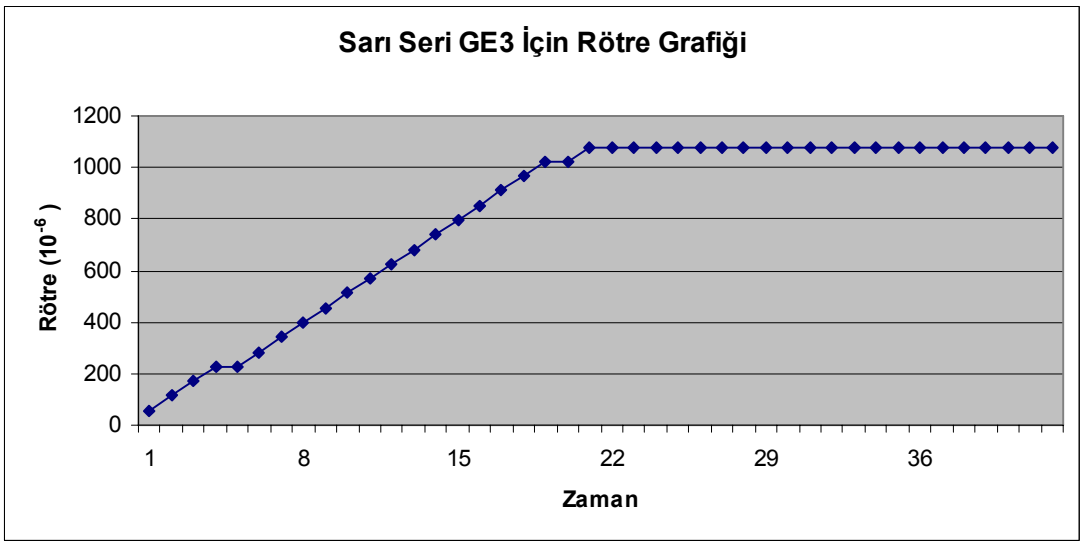
Şekil B.15 GD3 için rötre grafiği



Şekil B.16 GE3 için rötre grafiği



Şekil B.17 GE2 için rötre grafiği



Şekil B.18 GE3 için rötre grafiği

ÖZGEÇMİŞ

Senem SUNGUR, 1980 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Terakki Vakfı Özel Şişli Terakki Lisesi'nde tamamladı. 1998 yılında Y.T.Ü İnşaat Fakültesinde başladığı lisans eğitimini 'İnşaat Mühendisi' ünvanı alarak tamamladı. 2004 bahar yarıyılında İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programına girmeye hak kazandı.2006 bahar yarıyılında yüksek lisans eğitimini tamamladı.