

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAZIR BETONDA SANTRAL ÇIKIŞI İLE ŞANTIYE TESLİMİ
KALİTELERİNİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELEMESİ VE
HAZIR BETONDA İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İsmail ÇİL
501961070**

10/107

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Eylül 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 25 Ekim 2000**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet UYAN

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Saim AKYÜZ (İ.T.Ü.)

Prof. Dr. Turan ÖZTURAN (B.Ü.)

Ul. Uyan
Saim Akyüz
Turan Özturan

EKİM 2000

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında deneyimleriyle ve değerli fikirleriyle bana yol gösteren, her türlü konuda yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet UYAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sırasında yardımları esirgemeyen Lafarge Ekmel Beton çalışanlarına göstermiş oldukları ilgi ve alakadan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarım sırasında kaynak ve dokümanlarından faydalandığım İTÜ Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı'na, sunmuş olduğu olanaklar için teşekkür ederim.

Öğrenimimin bu aşamasına gelmemde babam Ayhan ÇİL'e ve annem Fatma ÇİL'e göstermiş oldukları ilgi, şefkat ve maddi manevi her türlü yardımlarından dolayı minnettarım.

Ekim 2000

İsmail ÇİL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Beton ve Betonu Oluşturan Malzemeler	3
2.1.1. Çimento	4
2.1.2. Agrega	6
2.1.3. Su	8
2.1.4. Katkılar ve Türleri	9
2.1.4.1 Kimyasal Katkılar	9
2.1.4.2 Mineral Katkılar	12
2.2. Betonda İstenilen Özellikler	
2.2.1. İşlenebilirlik	13
2.2.2. Dayanım	15
2.2.3. Dayanıklılık	17
2.3. Hazır Beton	18
2.3.1. Hazır Betonun Tarihsel Gelişimi	23
2.3.2. Türkiye’de ve Dünyada Hazır Beton Endüstrisi	24
2.3.3. Hazır Betonda Kalite Kontrol	26
2.3.4. Hazır Betonda Yapılan Deneyler	27
2.4. Hazır Betonda İstatistiksel İncelemeler	33
2.4.1. Beton Basınç Dayanımlarının Değişkenliği	36
2.4.2. İstatistiksel Fonksiyonlar	38
2.4.3. Basınç Dayanımlarının Değerlendirilmesi	42

2.5. Bu Konuda Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	44
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	47
3.1. Çalışmanın Amacı	47
3.2. Hazır Beton Firması ve Tesisler	47
3.3. Çalışmanın Kapsamı ve Üretilen Betonun Özellikleri	48
3.4. Kullanılan Malzemelerin Özellikleri	48
3.4.1. Çimento	48
3.4.2. Agregalar	51
3.4.3. Katkı	54
3.4.4. Su	55
3.5. Numune Alınan Betonların Bileşimleri	55
3.6. Numune Boyut, Sayıları ve Taze Beton Deneyleri	55
3.7. Sertleşmiş Beton Deneyleri	57
4. DENEY SONUÇLARI	59
4.1. Taze Beton Deney Sonuçları	59
4.2. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları	62
4.3. Basınç Dayanımlarının istatistiksel fonksiyonlarının hesabı	66
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	69
5.1. Taze Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	69
5.1.1. Çökme	69
5.1.2. Hava Sıcaklığı ve Taze Beton Sıcaklığı	71
5.1.3. Taşıma Süresi	
5.1.4. Mikser Devri	
5.2. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	74
5.3. Basınç Dayanımlarının İstatistiksel Olarak İncelenmesi ve Gauss Dağılımına Uygunluğun Araştırılması	81
5.4. Santral ile Şantiye arasındaki çökme kayıplarının taşıma sürelerine bağlı olarak araştırılması	97
5.5. Santral ile şantiye arasındaki çökme farkına bağlı olarak mukavemet farklılıklarının incelenmesi	100

5.6. Aynı taşıma sürelerine sahip numunelerin taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kayıplarının incelenmesi	102
6. SONUÇLAR	105
KAYNAKLAR	111
EKLER	114
ÖZGEÇMİŞ	117



KISALTMALAR

ASTM	: American Society For Testing and Materials
BS	: Beton Sınıfı
TS	: Türk Standartları
THBB	: Türkiye Hazır Beton Birliği
ACI	: American Concrete Institue
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
CÇ	: Cürüflü Çimento
ST	: Santral
ŞT	: Şantiye



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Çimentoların Basınç Dayanımlarına Göre Sınıflandırılması	5
Tablo 2.2. Çimento Türleri	6
Tablo 2.3. Kıvam Sınıfları	14
Tablo 2.4. Beton Basınç Dayanımlarının Sınıflandırılması	17
Tablo 2.5. Çökme Değerlerine Göre Beton Sınıfları	21
Tablo 2.6. En Büyük Agrega Büyüklüğüne Göre Beton Sınıfları	21
Tablo 2.7. Karakteristik Basınç Dayanımlarına Göre Beton Sınıfları	22
Tablo 2.8. Birim Hacim Ağırlığına Göre Beton Sınıfları	23
Tablo 2.9. ERMCO Üyesi Ülkelerde Hazır Beton Üretimleri (1998)	25
Tablo 2.10. Hazır Beton Birliği 1998 verileri	25
Tablo 2.11. Coğrafi Bölgelere Göre Tesisi ve Üretim Dağılımı (1998)	26
Tablo 2.12. Hazır Beton Sektör Verileri	26
Tablo 2.13. Betonda Mukavemet Değişikliklerinin Belli Başlı Kaynakları	37
Tablo 2.14. d_2 Değerleri	41
Tablo 2.15. Çeşitli Beton Kontrol Standartlarında Standart Sapmalar	42
Tablo 2.16. Çeşitli Beton Kontrol Standartlarında Deney içi Değişiklik (Varyans) Katsayıları	42
Tablo 2.17. Standart Sapma Verileri	43
Tablo 3.1. Yüksek Fırın Cürufllu Çimentonun (CÇ 42.5) Fiziksel Özellikleri	49
Tablo 3.2. Yüksek Fırın Cürufllu Çimentonun (CÇ 42.5) Kimyasal Özellikleri	49
Tablo 3.3. Yüksek Fırın Cürufllu Çimentonun (CÇ 42.5) Basınç Dayanımı Sonuçları	49
Tablo 3.4. Yüksek Fırın Cürufllu Çimentonun (CÇ 32.5) Fiziksel Özellikleri	50
Tablo 3.5. Yüksek Fırın Cürufllu Çimentonun (CÇ 32.5) Kimyasal Özellikleri	50
Tablo 3.6. Yüksek Fırın Cürufllu Çimentonun (CÇ 32.5) Basınç Dayanımı Sonuçları	50
Tablo 3.7. Agregaların elek analizi sonuçları (A Tesisi)	51
Tablo 3.8. Agregaların elek analizi sonuçları (B Tesisi)	52
Tablo 3.9. Agregaların elek analizi sonuçları (C Tesisi)	53
Tablo 3.10. Agregaların birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme değerleri	54
Tablo 3.11. X Katkısına ait Teknik Özellikler	54
Tablo 3.12. Y Katkısına ait Teknik Özellikleri	55
Tablo 3.13. Suyun Kimyasal Analiz Sonuçları	55
Tablo 3.14. Üretilen Betonların Teorik Bileşimleri (1 m ³ Betona Giren Malzemeler)	58
Tablo 4.1. Taze Beton Deney Sonuçları (A Tesisi BS18)	59
Tablo 4.2. Taze Beton Deney Sonuçları (A Tesisi BS18)	60
Tablo 4.3. Taze Beton Deney Sonuçları (B Tesisi BS 20)	60
Tablo 4.4. Taze Beton Deney Sonuçları (B Tesisi BS 25)	61

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.5. Taze Beton Deney Sonuçları (C Tesisi BS 25)	61
Tablo 4.6. Taze Beton Deney Sonuçları (C Tesisi BS 18)	62
Tablo 4.7. Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri (A Tesisi BS 18)	63
Tablo 4.8. Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri (A Tesisi BS 18)	63
Tablo 4.9. Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri (B Tesisi BS 20)	64
Tablo 4.10. Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri (B Tesisi BS 25)	64
Tablo 4.11. Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri (C Tesisi BS 25)	65
Tablo 4.12. Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri (C Tesisi BS 18)	65
Tablo 4.13. İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (A tesisi)	66
Tablo 4.14. İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (B tesisi BS20)	67
Tablo 4.15. İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (B tesisi BS25)	67
Tablo 4.16. İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (C tesisi BS25)	68
Tablo 4.17. İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (C tesisi BS18)	68
Tablo 5.1. Santral ve Şantiye Çökmelerinin Değerlendirilmesi	69
Tablo 5.2. Santral ve Şantiye Basınç Dayanımlarının Değerlendirilmesi	75
Tablo 5.3. 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (A Tesisi)	81
Tablo 5.4. 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (A Tesisi)	82
Tablo 5.5. 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (B Tesisi BS 20)	83
Tablo 5.6. 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (B Tesisi BS 20)	84
Tablo 5.7. 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (B Tesisi BS 25)	85
Tablo 5.8. 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (B Tesisi BS 25)	86
Tablo 5.9. 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (C Tesisi BS 25)	87
Tablo 5.10. 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (C Tesisi BS 25)	88
Tablo 5.11. 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (C Tesisi BS 18)	89
Tablo 5.12. 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (C Tesisi BS 18)	90
Tablo 5.13. A tesisi (BS 18) teorik frekansları	92
Tablo 5.14. A tesisi(BS18) deneysel frekansları	92
Tablo 5.15. B tesisi (BS 20) teorik frekansları	93
Tablo 5.16. B tesisi(BS20) deneysel frekansları	93
Tablo 5.17. B tesisi (BS 25) teorik frekansları	94
Tablo 5.18. B tesisi(BS25) deneysel frekansları	94
Tablo 5.19. C tesisi (BS 25) teorik frekansları	95
Tablo 5.20. C tesisi(BS25) deneysel frekansları	95
Tablo 5.21. C tesisi (BS 25) teorik frekansları	96
Tablo 5.22. C tesisi(BS18) deneysel frekansları	96

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.23. Santral ile şantiye arasındaki taşıma süreleri, çökme ve mukavemet farkları (A tesisi)	97
Tablo 5.24. Santral ile şantiye arasındaki taşıma süreleri, çökme ve mukavemet farkları (B tesisi)	99
Tablo 5.25. Santral ile şantiye arasındaki taşıma süreleri, çökme ve mukavemet farkları (C tesisi)	100
Tablo 5.26. Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklıkları ve çökme kayıpları (A tesisi)	103
Tablo 5.27. Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklıkları ve çökme kayıpları (B tesisi)	103
Tablo 5.28. Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklıkları ve çökme kayıpları (C tesisi)	104

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1	Su/Çimento Oranı - Beton Mukavemeti İlişkisi 9
Şekil 2.2	Çökme Şekilleri 15
Şekil 2.3	Referans granulometri eğrileri ($D_{max}=31.5$ mm) 31
Şekil 2.4	Normal Frekans (Dağılım) Eğrisi 38
Şekil 2.5	Normal Dağılım Eğrisi 44
Şekil 3.1	T.S. 706 ve karışım granulometri eğrileri (A tesisi) 51
Şekil 3.2	T.S. 706 ve karışım granulometri eğrileri (B tesisi) 52
Şekil 3.3	T.S. 706 ve karışım granulometri eğrileri (C tesisi) 53
Şekil 5.1	Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (A Tesisi) 70
Şekil 5.2	Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (B Tesisi) 70
Şekil 5.3	Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (C Tesisi) 71
Şekil 5.4	Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (A ,B, C Tesisleri toplamı) 71
Şekil 5.5	Santralde ve Şantiye Hava ve Beton Sıcaklığının Değişimi (A Tesisi) 72
Şekil 5.6	Santralde ve Şantiye Hava ve Beton Sıcaklığının Değişimi (B Tesisi) 73
Şekil 5.7	Santralde ve Şantiye Hava ve Beton Sıcaklığının Değişimi (C Tesisi) 74
Şekil 5.8	Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (A Tesisi) 76
Şekil 5.9	Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (A Tesisi) 76
Şekil 5.10	Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (B Tesisi BS 20) 77
Şekil 5.11	Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (B Tesisi BS 20) 77
Şekil 5.12	Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (B Tesisi BS 25) 78
Şekil 5.13	Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (B Tesisi BS 25) 78
Şekil 5.14	Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (C Tesisi BS 25) 79
Şekil 5.15	Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (C Tesisi BS 25) 79
Şekil 5.16	Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (C Tesisi BS 18) 80
Şekil 5.17	Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (C Tesisi BS 18) 80
Şekil 5.18	7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (A Tesisi) 81
Şekil 5.19	28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (A Tesisi BS 20) 82
Şekil 5.20	7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (B Tesisi BS 20) 83
Şekil 5.21	28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (B Tesisi BS 20) 84
Şekil 5.22	7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (B Tesisi BS 25) 85
Şekil 5.23	28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (B Tesisi BS 25) 86
Şekil 5.24	7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (C Tesisi BS 25) 87
Şekil 5.25	28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (C Tesisi BS 25) 88
Şekil 5.26	7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (C Tesisi BS 18) 89
Şekil 5.27	28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (C Tesisi BS 18) 90

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 5.27	28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (C Tesisi BS 18) 90
Şekil 5.28	Basınç dayanımı frekans ilişkisi (A Tesisi BS18) 92
Şekil 5.29	Basınç dayanımı frekans ilişkisi (B Tesisi BS20) 93
Şekil 5.30	Basınç dayanımı frekans ilişkisi (B Tesisi BS25) 94
Şekil 5.31	Basınç dayanımı frekans ilişkisi (C Tesisi BS25) 95
Şekil 5.32	Basınç dayanımı frekans ilişkisi (C Tesisi BS18) 96
Şekil 5.33	Santral ile şantiye arasında taşıma süresine bağlı olarak çökme kayıplarındaki değişim (A tesisi) 98
Şekil 5.34	Santral ile şantiye arasında taşıma süresine bağlı olarak çökme kayıplarındaki değişim (B tesisi) 98
Şekil 5.35	Santral ile şantiye arasında taşıma süresine bağlı olarak çökme kayıplarındaki değişim (C tesisi) 99
Şekil 5.36	Santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkındaki değişim (A Tesisi) 101
Şekil 5.37	Santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkındaki değişim (B Tesisi) 101
Şekil 5.38	Santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkındaki değişim (C Tesisi) 102
Şekil 5.39	Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerin taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kaybı değişimi (A Tesisi) 103
Şekil 5.40	Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerin taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kaybı değişimi (B Tesisi) 104
Şekil 5.41	Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerin taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kaybı değişimi (C Tesisi) 104

SEMBOL LİSTESİ

f_{cm}	: Ortalama mukavemet
f_{ck}	: Karakteristik mukavemet
f_{cd}	: Proje mukavemeti
f_{cd}	: Amaç mukavemeti
σ	: Standart Sapma
D_{maks}	: En büyük agrega dane boyutu
n	: Deneye tabi tutulan numune sayısı
v	: Varyasyon(Değişkenlik) katsayısı
R	: Range
σ_1	: Deneyler arası standart sapma
$1/d_2$	: Her gruptaki numune sayısına göre bir sabit
V_2	: Deneyler arasındaki değişkenlik katsayısı
P	: Basınç kuvveti
A	: Basınç kuvvetinin uygulandığı alan
χ^2	: Ghi-Kare

HAZIR BETONDA SANTRAL ÇIKIŞI İLE ŞANTIYE TESLİMİ KALİTELERİNİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELEMESİ VE HAZIR BETONDA İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL

ÖZET

Hazır beton ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılan yapı güvenliği açısından önemli bir taşıyıcı yapı malzemesidir. Hazır beton için iki önemli unsur kıvam ve basınç dayanımıdır

Hazır betonda kalite denetimi için numune alımı genellikle santralde yapılmaktadır. Çoğunlukla şantiye teslimi beton kalitesi denetim dışında kalmaktadır. Hazır betonda hedeflenmesi ve tutulması gereken kalite şantiye teslimi kalitedir. Çünkü taşıma sürecinde hazır beton, kıvamından kaybetmekte ve bazı durumlarda kıvamı düzeltmek için betona su katılmaktadır. Bu nedenle şantiye kalitesi ile santral kalitesi arasında farklılıklar oluşmaktadır.

Bu çalışmada hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslimi kalitelerinin karşılaştırmalı incelemesi yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda aynı transmikserden önce santralde örnek alınarak taze beton sıcaklığı, çökme ölçülmüş ve basınç deneyi için numuneler hazırlanmıştır. Aynı işlemler şantiyede tekrar edilmiş ve iki örnekleme arasındaki geçen süre taşıma süresi olarak kaydedilmiş, ayrıca santral ve şantiye ortam sıcaklıkları ve mikser devri not edilmiştir.

Bu çalışma hazır beton firmasının 3 ana tesisinde yılın farklı aylarında yapılmış olup her tesisde farklı beton sınıfları üzerinde çalışılmıştır. Deneyler A tesisinde 30 adet BS 18 numunesi, B tesisinde 10 adet BS 20, 10 adet BS 25, C tesisinde 10 adet BS 25, 10 adet BS 18 numunesi üzerinde yapılmıştır. Üretilen betonlarda CÇ 32.5 veya CÇ 42.5 çimentosu kullanılmış, işlenebilirlik 17 ± 1 cm hedeflenmiş, her tesisde agrega granulometrisi sabit kalmış, en büyük dane çapı 31.5 mm olmuştur.

Alınan beton örnekleri üzerinde çökme, taze beton sıcaklığı gibi taze beton deneyleri yapıp, santralde üçü 7 günlük, üçü 28 günlük toplam 6 numune, şantiyede ise ikisi 7 günlük, ikisi 28 günlük toplam 4 adet basınç deney numunesi hazırlanmıştır. Deney numunesi olarak 150 mmx150 mm küpler kullanılmıştır. 7 ve 28. günlerde numuneler kırılarak basınç dayanımları elde edilmiştir.

Deneyler sonucunda kısaca;

Santral ve şantiyede yapılan çökme deneyleri sırasında santralle şantiye arasında betonlarda çökme kaybı görülmüştür. Çökme kayıpları genelde zamana bağlı olarak artış göstermiştir. Çökme kaybının ya da işlenebilirliğin azalmasının nedenleri arasında zamana bağlı olarak betonun prize başlaması yani çimentonun hidratasyona başlaması, sıcaktan dolayı suyun buharlaşması, agreganın su emmesine ve agreganın ufalanmasına bağlı olarak karışımındaki serbest suyun azalması sayılabilir. Başlangıç işlenebilirliği yüksek olan betonlarda kıvam kaybı daha az olmuştur. Ayrıca ortam şartları olarak hava sıcaklığının artması hidratasyon reaksiyonunu hızlandırmış dolayısıyla beton sıcaklığının yükselmesi kıvam kaybını artırmıştır. Taşıma sürecinde hazır beton kıvamından kaybetmekte, bu kayıp genellikle şantiyede su ilavesi ile dengelenirse mukavemet kaybı oluşmaktadır.

Elde edilen basınç dayanımları için istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Buna göre en iyi kalite kontrol santral ve şantiyede B tesisinde BS 20 numuneleri için gerçekleşmiştir. Ayrıca basınç dayanımlarının Gauss dağılımına uygunluğu araştırılmıştır.

4



COMPARISON OF QUALITY BETWEEN PLANT AND SITE IN READY MIXED CONCRETE INDUSTRY AND THE ISTATISTICAL QUALITY CONTROL IN READY MIXED CONCRETE

SUMMARY

Ready mixed concrete is major building material that is commonly used in our country and in the world by the construction safety. There are two major factors that they are consistency and compressive strength for the ready mixed concrete. Generally, sampling for quality control is made in the plants in the ready mixed concrete industry. Mostly quality of concrete delivered to site is out of control. The goal is to be needed for the quality of ready mixed concrete is site delivery quality. Because ready mixed concrete has a slump loss during transportation and in some cases retempering is done to increase the slump. So there are some quality differences between plant and site.

In this study the comparative investigation of the quality of ready mixed concrete in the plant and site is carried out. In the point of view, firstly in the plant concrete temperature, slump of concrete samples taken from the same truck mixer is measured and samples for the compressive strength test are prepared. The same operations are repeated in the site, the time passing between two sampling is noted as a transportation time, also ambient temperature of site and plant, and truck mixer cycle is noted.

This study is carried out in three main plants of read mixed concrete company on different months of year with the different classes of concrete in every plant. Experiments are done on 30 units of C18 specimens in A plant, 10 units of C20 specimens and 10 units of C25 specimens in B plant, 10 units of C18 specimens and 10 units of C25 specimens in C plant. CÇ 32.5 and CÇ 42.5 (Blast Furnace Slag) is used as a cement in the concrete produced, slump is aimed to have slump value of 17 ± 1 cm, aggregate granulometry became stable in every plant, maximum aggregate size was 31.5 mm.

Fresh concrete experiments are done such as slump, fresh concrete temperature on the concrete samples taken. Three specimens for 7 day and three specimens for 28 day compressive strength test are taken in the plant, two specimens for 7 day and two specimens for 28 day compressive strength test are taken in the site. The size of specimens is 150 mmx150 mm cubes. After 24 hour, the specimens were demolded, transferred to curing room and kept continuously moist cured until test dates of 7 and 28 days. For compressive strength cubes tested on 7 and 28 days. Briefly, following result are determined.

It was seen that there was as slump loss between the plant and site during the slump experiment. Slump loss generally increased due to the time. Having initial setting of concrete because of cement is begining to hydrate due to the time, evaporation of water due to the ambient temperature, decreasing of free water due to the water absorbtion of aggregates and breaking into small pieces of aggregates, cause the slump loss and decreasing of consistency. The slump loss having initial high slump concrete is much less than the other concrete. Also increasing ambient

temperature increased the hydration reaction as ambient conditions so it increased the slump loss. Ready mixed concrete has a slump loss during transportation, if this loss is compensated with adding water (retempering) to increase the slump, strength loss occurred.

Istatistical evaluation is made for the values of compressive strength test results. According to this evaluation, the best quality control is occurred in the site and plant of B for the C20 specimens. Also conformity to the Gauss-Laplace is investigated for the compressive strengths.



1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Yapı malzemelerinin içinde en yaygın kullanımı olan beton; kum, kırma taş, su, çimento ve gerektiği zamanda katkının belli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen bir suni taştır.

Taşıyıcı yapı malzemesi olarak betonun kalitesinin önemi yapı güvenliği açısından büyüktür. Ülkemizin deprem kuşağında içinde yer alması bu önemi daha da arttırır. Ülkemizde beton yıllarca elle veya yerinde betoniyerler yardımıyla hazırlanmıştır. İnşaat mahallinde kullanılan bu betonlar uygun olmayan malzemelerle kalite sürekliliği sağlanmadan ve gerekli koşullara uymaksızın genellikle düşük kaliteli olarak üretilmiştir. Betonun bu yöntemle hazırlanması iş gücü kayıplarına ve inşaat sürelerinin uzamasına neden olmaktadır. İnşaat sektörünün gelişmesiyle talebin artması ve kalite arayışı hazır betona ilgiyi artırmıştır. Hazır beton endüstrisinin gelişmesi beton kalitesini arttırmış ve santralde üretim kalitesini kontrol altına almıştır. Hazır betonda özellikle ıslak karışımda kalite denetimi için numune alımı genellikle santralde yapılmakta, betonun teslim edildiği şantiyede numune alımı müşterilerin isteği doğrultusunda yapılmaktadır. Ciddi hazır beton üreticisi santral çıkışı kalitesini denetlemekte, müşterilerin çoğunluğu şantiyede numune almadığı veya firmadan böyle bir talepte bulunmadığı için şantiye teslimi beton kalitesi denetim dışında kalmaktadır. Müşteri ise genelde beton kalitesi değerlendirmelerini santral çıkışı kalitesiyle yapmaktadır. Fakat şantiyede yerleştirilen betonu santral çıkışı kalitesiyle denetim altına almanın sadece üretim kalitesini yansıtacağı açıktır. Çünkü hazır beton santral çıkışından sonra bir taşıma ve pompalama süreci yaşamaktadır. Bu süre bazı durumlarda istenen veya tahmin edilen süreden daha fazla zaman almaktadır. Taşıma mesafesinin uzun olması, trafik tıkanıklığı transmikserin arıza yapması veya şantiyeye vardığında kalıbın patlaması, beton pompasının arıza yapması veya yer değiştirmesi, betonun yerine yerleşmesi uzun zaman alabilmektedir. Bu süre içinde beton sıcaklığa, taşıma süresi ve

transmikser devrine bağlı olarak kıvam kaybetmekte, priz başlayabilmekte, betona bilerek veya bilmeyerek su verilmesi şantiye teslim kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada yukarıda açıklandığı üzere çalışmanın amacı santral çıkışı kalite ile şantiye teslim kalitelerinin karşılaştırılmalı incelemesidir. İlk olarak önce santralde transmikslerden örnek alınarak taze beton sıcaklığı, çökme ölçülmüş ve basınç deneyi için numuneler hazırlanmıştır. Sonra ise transmikslerle şantiyeye gidilerek aynı işlemler tekrar yapılmıştır, iki örnekleme arasında geçen süre taşıma süresi olarak kaydedilmiştir ve şantiyede betona su verilip verilmediğı gözlenerek not edilmiştir.

Ayrıca bu çalışmada 3 tesisin santrallerinde üretilen farklı sınıf betonlardan alınan örneklerin basınç dayanımları üzerinde de istatistiksel incelemeler yapılmıştır.



2 . GENEL BİLGİLER

2.1. Beton ve Betonlu Oluşturan Malzemeler

Beton kum, kırma taş, su, çimento ve diğer kimyasal katkı maddelerinden oluşan bir bileşimdir. Bu maddeler birbirleriyle uygun oranlarda homojen olarak karıştırıldığı zaman istenen şekil ve boyutta kalıplar içerisine yerleştirerek ve uygun bakım şartları altında çimento hidrasyonu sonucunda belirli bir zaman süresi içinde katılaşır sertleşerek mukavemet kazanırlar.[1]

Ucuz sağlanması ve kolay şekil verilmesinin yanı sıra her türlü dış etkenlere karşı dayanıklı olması bakımından beton zaman içinde en yaygın kullanılan yapı malzemesi olmuştur. [2] Bu nedenle beton günümüzün en popüler taşıyıcı malzeme olma özelliğini korumaktadır. Günümüzde beton yapının esas taşıyıcı malzeme olarak bir çok irili ufaklı yapılarda yer aldığı gibi bir çok köprü, yol, baraj gibi nitelikli yapılarda karşımıza çıkmaktadır.

Beton çimento hamuru ve agregadan oluşan kompozit bir malzemedir. İyi bir betonda tüm ince agrega tanelerinin çimento hamuru ile tüm agrega tanelerinin de harçla bütünüyle kaplanmış olması gerekir. Bu sistem içindeki bağlayıcı madde olan çimentonun suyla reaksiyonu (hidrasyon) sonucunda çimento prizine başlar. [3] Beton ilk üretim aşamasında viskozitesi yüksek bir sıvıdır, bu aşamadaki betona taze beton adı verilir. Beton priz almaya başladıktan belirli bir süre sonra beton katılaşır bu haldeki betona da yeşil beton adı verilir. Sertleşen ve belirli dayanıma kavuşan betona ise sertleşmiş beton adı verilir. [4]

Betonu oluşturan hammaddeler şunlardır:

- Çimento
- Agregat
- Su
- Katkı maddeleri

2.1.1 Çimento

Çimentonun sözlük anlamı bağlayıcı maddedir. Çimento beton olayını mümkün kılan su ile reaksiyona girerek sertleşen (hidrolik) organik bağlayıcıdır. [5] Günümüzde kullanılan Portland çimentosu ortaya çıkıncaya kadar tarih boyunca pek çok medeniyet tarafından değişik bağlayıcı malzemeler inşaatlarda kullanıldı. Bu değişik malzemeler hakkında bize en iyi fikri binlerce yıl önce inşa edilen ve günümüze dek gelen, bazıları tamamen ayakta duran bir çok yapı vermektedir. Mısırlılar piramit yapımında bağlayıcı madde olarak alçı taşı aynı tarihlerde Romalılar ve Yunanlılar ise yapılarında sönmüş kireci kullandılar. [6]

Günümüzde kullanılan Portland çimentosu su ile tepkimeye girdiğinde katılaşıp sertleşen hidrolik bağlayıcıdır. Portland çimentosunun geçmişi on dokuzuncu yüzyıl başlarına uzanmaktadır. 1824 yılında İngiltere'nin Leeds kentinde Joseph Aspdin isimli bir duvarcı ustası hazırladığı ince taneli kil ve kalker karışımını pişirerek ve daha sonra da öğütürerek bağlayıcı ürün elde etmiştir. Bu ürüne su ve kum katıldığında ve zamanla sertleşme olduğunda ortaya çıkan malzemenin İngiltere'den Joseph Aspdin elde ettiği bu bağlayıcı için portland çimentosu adı altında patent almıştır. 1835'de Isaac Charles Johnson ise pişirme sıcaklığını yükselterek ve öğütmeye daha çok önem vererek günümüz Portland çimentosunun mucidi oldu. [7]

Portland çimentosu killi ve kalkerli hammadde karışımlarının 1400°C'ye kadar ısıtılması, içine ergimeyi kolaylaştırmak için demir filizi içeren yaprak katılması ile meydana gelen klinkerin, az miktarda %3-6 oranında alçı taşı ile birlikte çok ince parçacıklar oluşturabilecek derecede öğütülmesi sonucunda elde edilen ve su ile birleştiğinde bağlayıcılık özelliği kazanan bir üründür. [7]

Kaker sıcaklık etkisiyle ayrışarak kireçe (CaO) kil ayrışarak silis ve alumine (SiO_2 ve Al_2O_3) dönüşür, kilde ve ergitici toprakta bulunan demir'de demir oksit (Fe_2O_3) şeklinde ortaya çıkar. Bu maddelerin birleşmesiyle de çimentonun 4 temel bileşeni oluşur. Bu karma oksitler C_2S olarak kısaltılan Bikalsiyum silikat (2Cao. SiO_2), C_3S Trikalsiyum silikat (3Cao. SiO_2), C_3A Trikalsiyum Alüminat ($3\text{Cao. Al}_2\text{O}_3$) ve Tetra kalsiyum alümina ferrit C_4AF ($4\text{Cao. Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)'dür. Bunların dışında alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve minör bileşenler dediğimiz birleşmemiş CaO, MgO bazı durumlarda Na_2O , K_2O ve erimeyen maddeler çoğunlukla SiO_2 de bulunur. C_2S , C_3S silikatlar daha hızlı sertleşir ve dayanım kazanır, yüksek dayanımlı çimentolarda özellikle ilk dayanımı yüksek çimentolarda miktarı fazladır. C_3A

trikalsiyum alüminat çimentonun kimyasal dayanıklılığı açısından önemli bir bileşendir, sertleştikten sonra bu bileşen en düşük dayanıma sahiptir, hidrasyon sırasında büyük ısı çıkarır ve kalsiyum yani alçı veya alçı taşı ile birleşerek çok büyük hacimli etrenjit oluşturur. Sülfatlı ortamlarda kalacak çimentolarda C_3A miktarı daha düşük çimento seçmek zorunludur. C_4AF 'in etkinlik düzeyi C_3A 'ya benzerdir. Minör bileşenlerden CaO ve MgO su alıp hidroksit haline dönüşüp hacim artmasına sebebiyet verir. Na_2O ve K_2O ise alkali agrega reaktivitesi açısından önem taşır. [4]

Türkiye'de şu an yaygın olarak kullanılan çimentolar Tablo 2.2'de gösterilmektedir. Portland çimentosu dışında çimento üretiminde portland çimentosu klinkeri ve alçı taşı dışında uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu gibi puzolanlar veya tras adını verdiğimiz aktif silis içeren maddeler katılarak elde edilen çimentolar vardır. Puzolanlar çimento üretiminde büyük ekonomi sağlayarak silikatların hidrasyon ürünü olan kireçle birleşerek sertleşir ve dayanım kazanırlar.

Türk standartlarında üretimde klinkere katılan puzolanın türüne ve çimentonun mukavemetine göre ayrılmış sınıflar Tablo 2.1'de özetlenmiştir. [8]

Tablo 2.1 Çimentoların Basınç Dayanımlarına Göre Sınıflandırılması

Çimento Türü	Basınç Dayanımları (En az) (N/mm ²)		
	2 GÜN	7 GÜN	28 GÜN
PÇ 32.5	10	21	32.5
PÇ 42.5	20	31.5	42.5
PÇ 52.5	25	35.5	52.5
BPÇ 32.5	10	21	32.5
KÇ 32.5	10	21	32.5
TÇ 32.5	10	21	32.5
KZÇ 32.5	-	16	32.5
KZÇ 42.5	10	-	42.5
PKÇ 32.5	-	16	32.5
PKÇ 42.5	10	-	42.5
PCÇ 32.5	-	16	32.5
PCÇ 42.5	10	-	42.5
SDÇ 32.5	10	21	32.5

Tablo 2.2 Çimento Türleri

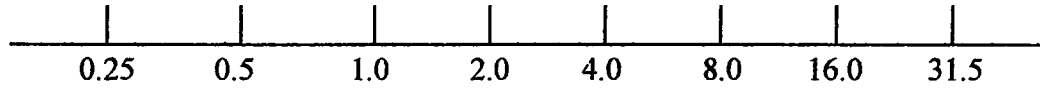
Standart No	İsim	Notasyon
TS 3441	Portland Çimentosu Klinkeri	
TS 19	Portland Çimentosu	PÇ 32.5 PÇ 42.5 PÇ 52.5
TS 3646	Erken Dayanımı Yüksek Çimento	EYÇ 52.5
TS 21	Beyaz Portland Çimentosu	BPÇ 32.5 BPÇ 42.5
TS 10157	Sulfatlara Dayanıklı Çimento	SDÇ 32.5
TS 10156	Katkılı Çimento	KÇ 32.5
TS 26	Traslı Çimento	TÇ 32.5
TS 20	Yüksek Fırın Cürufu Çimento	CÇ 32.5 CÇ 42.5
TS 809	Süper Sulfat Çimentosu	SSÇ 32.5
TS 640	Uçucu Küllü Çimento	UKÇ 32.5
TS 22	Harç Çimentosu	HÇ 16
TS 12139	Portland Cürufu Çimento	PCÇ/A PCÇ/B
TS 12140	Portland Kalkerli Çimento	PLÇ/A PLÇ/B
TS 12141	Portland Silika Fume Çimento	PSFÇ
TS 12142	Kompoze Çimento	KZÇ/A KZÇ/B
TS 12143	Portland Kompoze Çimento	PKÇ/A PKÇ/B
TS 12144	Puzolanik Çimento	PZÇ/A PZÇ/B

2.1.2 Agregalar

Agrega çimento ve su ile birlikte betonu oluşturan temel malzemelerden birisidir. Beton karışımlarında kullanılan çimento ve su karışımlarından oluşan bağlayıcı madde yardımı ile bir araya getirilen kum, çakıl, mıcır gibi malzemeye genel olarak agregalar denir. [9] Mineral kökenli taneli malzemelerden oluşan doğal beton agregaları dere yatakları, deniz, eski dere gibi yerlerden elde edildiklerinde

yuvarlak biçimli olurlar. Taşların konkasörde kırılmasıyla elde edildiklerinde ise köşeli ve pürüzlü yüzeylidirler. Birinci gruptakilere çakıl, doğal kum ikinci gruptakilere ise kırmataş, mıcır veya kırma kum denir. [4]

TS 706'da [10] agrega şöyle tanımlanmaktadır; Agregada doğal yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerinin bir yığındır. Agregalar tane boyutlarına göre sınıflandırılırlar. Boyutlar kare kesitli standart elekler vasıtasıyla tayin edilir. Bir tanenin boyutu geçebildiği en küçük eleğin bir gözünün kenar uzunluğudur. Beton teknolojisinde kullanılan elek sistemleri ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. TS 706'ya göre şu an Türkiye'de kullanılmakta olan elek sistemi aşağıdaki eleklerden oluşur.



Kum tanım olarak 4.0 mm göz açıklıklı kare gözlü veya kare delikli elekten geçen agregadır. 4.0 mm'den daha iri olan agregalara ise yuvarlak taneler halinde çakıl, köşeli taneler halinde ise 3 ve 2 no mıcır (kırmataş) veya kaba iri agregalar adları verilir. [4]

Agreganın beton yapımında ekonomik ve teknik yönlerden çok önemli bir konumu bulunmaktadır. Beton hacmini yaklaşık olarak %75'i agrega tarafından oluşturulmaktadır. Agregada maliyeti normal olarak çimento maliyetinin çok altındadır. Beton içerisinde çimento agregayı sararak bir taşıyıcı iskelet oluşturur.

Agregada, beton hacminin önemli bir bölümünü oluşturması dolayısıyla agrega kalitesi ve petrografik yapısı çok büyük bir öneme sahiptir. Agregada sadece beton mukavemetini etkilemez ayrıca agrega özellikleri beton dayanıklılığını direkt olarak etkiler. Dayanıklı ve ekonomik bir beton elde etmek için karışımda kullanılan agregaların bazı özelliklere sahip olması gerekir. Bu özellikler sert dayanıklı, boşluksuz olmaları, zayıf taneler içermemeli (deniz kabuğu, odun, kömür parçası vb.), basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları, kil boyutunda malzeme içermemeleri, yassı ve uzun taneler içermemeleri istenir.

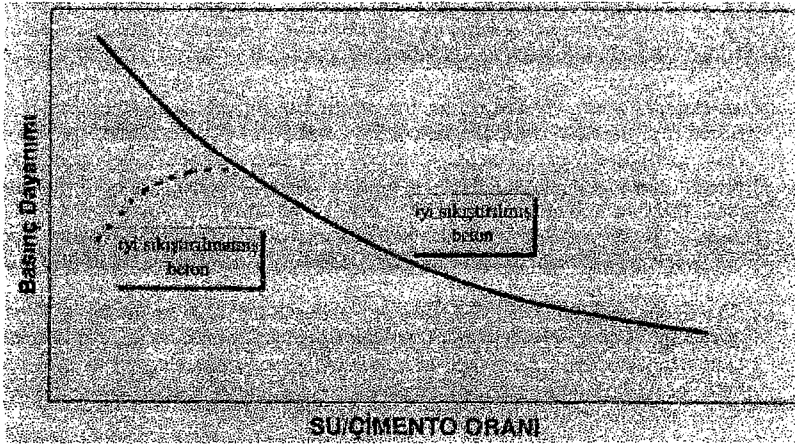
Betonda agrega kullanılmasının sağladığı teknik özelliklerin başında, sertleşen betonun hacim değişikliğini önlemesi veya azaltması, sertleşmiş betonun aşınmaya karşı dayanımını artırması ve çevre etkilerine karşı dayanıklılığı artırması ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle taşımakta olduğu yüklere karşı

gerekli dayanımı sağlayabilmesi gelir. Agregalar genel olarak donma çözülme, ıslanma, kuruma, ısınma soğuma, aşınma gibi fiziksel etkilerle bünyesinde bozulmalar meydana getiren kimyasal reaksiyonlara karşı dayanabilmesi gerekir. [9]

Beton üretiminde farklı tane boyutu sınıflarında agregalar bulunur. Bu agreganın yığınının uygun tane dağılımının sağlayarak istenen taze ve sertleşmiş beton özelliklerini sağlaması gerekir. Bir agreganın yığını içerisindeki tanelerin büyüklüklerine göre gösterdikleri tane dağılımı oranını gösteren eğriye granulometri denir. Bu oranlar elek analizi denilen deney yöntemi ile saptanarak hangi boy büyüklüğünde ne miktarda agreganın yer aldığı belirlenir. Sonuç olarak agregalar arasında minimum boşluklu tane dağılımı oluşturarak agreganın boşluğunu minimuma indirmek mümkündür. Boşluğun minimum olması çimento ve su miktarının minimum düzeyde kalmasını sağlayacak ve daha ekonomik ve daha dayanıklı beton üretmek mümkün olacaktır. [6,9]

2.1.3 Su

Su, çimento ve agreganın birlikte betonu oluşturan temel malzemelerden biridir. Karışım suyu olarak kullanılarak iki önemli görevi yerine getirmektedir. Birincisi çimento ve agreganın yüzeyini ıslatarak yani yağlayıcı etki yaratarak beton malzemelerinin kolayca karıştırılabilmesini sağlamaktır. İkincisi ise çimento taneleri ile birleşerek oluşan çimento hamurunda hidrasyon denilen kimyasal reaksiyonu sağlamaktır. [11] Su, çimento ile hidrasyon reaksiyonu yaparak sertleşmesi sonucunda betonun dayanım artışına neden olur. Karışımın su/çimento oranı azaldıkça mukavemet artar. Su, betonun işlenebilirliğini artırır ancak beton içindeki fazla su beton mukavemetini düşürür, betonda segregasyona ve boşluklu bir yapı almasına neden olur. Su/çimento oranı ile beton mukavemeti arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 2.1'deki grafikte karışımlarda fazla su kullanmanın hem mukavemet hem de durabilite açısından ne derece zararlı olduğu görülmektedir. [12] Suyu optimum miktarda kullanmak için akışkanlaştırıcı kimyasal katkıları kullanarak su miktarı indirgenerek taze ve sertleşmiş beton özelliklerinde iyileşme sağlanabilir.



Şekil 2.1. Su/Çimento Oranı - Beton Mukavemeti İlişkisi

Beton yapımında karışım suyu olarak kullanılacak su mümkün olduğu kadar temiz olmalıdır içerisinde taze ve sertleşmiş betonun özelliklerine zararlı etki yapabilecek kadar kil, silt, organik madde, asit, klorür, sülfat, yağ ve endüstriyel atıklar bulundurmamalıdır. İçilebilir nitelikteki sular, içinde zararlı madde bulunmayan kuyu suları, içine yağ vb. maddeler karışmamış ve çöktürme havuzlarında çamurundan arındırılmış yıkama suları kullanılabilir. Deniz suyu ise, önerilmeli beton ve deniz yapılarında karma suyu olarak kullanılmaz. Deniz suyu içerdiği klor nedeniyle prizi bir miktar hızlandırır, betonun ilk dayanımını yükseltir, son dayanımını düşürür. [11]

Ayrıca suyun asit olmaması gerekir yani PH derecesi 7'nin üstünde olmalıdır. Beton bazik yapıda olması nedeni ile beton içinde uyumsuzluklara neden olur. Suya kanalizasyon karışması durumunda ise suyun nişasta, şeker gibi organik maddeler içermesi durumunda betondaki etkisi priz geciktiricilik şeklinde karşımıza çıkar. [4]

2.1.4. Katkılar ve türleri

2.1.4.1 Kimyasal Katkılar

Kimyasal katkı maddeleri taze ve sertleşmiş betonun bazı özelliklerini iyileştirmek betona ek özellikler kazandırmak amacı ile betonun karışım suyuna belirli oranlarda çimento ağırlığının %5'inden daha az katılan organik ve inorganik kimyasal maddelerdir. [5] Çimentonun sahip oldukları özellikleri iyi yönde ve belirli ölçüde değiştirmek amacı ile beton üretilirken ve üretildikten sonra katılarak taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini geliştirirler. Günümüzde geliştirilen bir çok kimyasal katkı maddeleri ile betonun tüm özelliklerine tesir edilebilmektedir. Katkı

maddesi betonun hangi tür özellik veya özellikleri değiştirilmesi isteniyorsa o doğrultuda seçilir. Bu katkı maddesinin kullanılmasıyla özel bir çimento kullanılması yerine mukavemet artışını hızlandırmak, beton üretiminde daha az su kullanarak mukavemeti artırmak, daha akıcı yerleşebilir betonlar üretmek, soğuk havalarda beton dökmek ve dış etkilere karşı daha dayanıklı betonlar üretmek gibi olumlu sonuçlar elde edilir. Kimyasal beton katkı maddesinin kullanılması ile beton maliyetinde bir artış meydana geliyorsa da bu artışı elde edilen olumlu sonuçların sağladığı yararlar veya mukavemet artışını çimento tasarrufu ile dengelemek fazlasıyla karşılamaktadır. Bu bakımdan beton üretiminde problemlerin çözülmesinde kimyasal katkı maddelerine başvurulması ekonomik bir yol olarak kabul edilmektedir.[13] Kimyasal katkıları beton endüstrisinde bir çok farklı amaç için kullanılmaktadır. Bu nedenle katkı maddesi seçilirken çok dikkatli olunmalı ve bazı prensipler unutulmamalıdır. Kurallara uygun üretilmeyen bir betonun katkı maddeleri ile iyileştirmek imkansızdır. Önce beton katkısız durumda yeterli niteliklere sahip olmalıdır. Katkı ile çimento ve agreganın uyumlu olması gerekir. Ön deneylerle uygunluğu tespit edilerek kullanılmalıdır. Birden fazla katkının birlikte kullanılması beklenen sonuçları azaltabilir. [4]

Beton endüstrisinde kullanılan bir çok kimyasal beton katkısı bulunmaktadır. Bu kimyasal katkıları ASTM C-494 [14] ve TS 3452'e [15] göre tiplerine göre şöyle sınıflandırabiliriz.

a) Su Azaltıcılar (Akışkanlaştırıcılar)

Akışkanlaştırıcılar su ile birleşerek beton içersinde suyun yüzey gerilimlerini ve çekim gücünü azaltırlar. Yüzey gerilimleri düşen suyun ıslatma yeteneğini bu sayede artırır. Akışkanlaştırıcılar çimento tanesinin etrafını çok ince bir zar halinde sararak taneye yağlayıcılık , kayganlık sağlamak suretiyle taneleri statik elektrik ile yükleyerek birbirlerini itme yolu ile aynı işlenebilirlik daha az su ile elde edilmiş olur. Akışkanlaştırıcılar negatif elektriksel yüke sahip olup su yüzeyinde hareket etme eğilimindedirler. Bu etkileri dolayısı ile topaklaşmayı önlemeleri ve betonun iç sürtünmesini azaltmaları işlenebilirliği artırmaktadır. Kimyasal yapıları linyulsulfonat gibi maddelerdir. Priz geciktirici türleri sayesinde de çökme kayıplarını önlerler. [13]

b) Priz Geciktiriciler

Taze betonun katılaşma sürecini uzatırlar. Su ile çimento arasında oluşan hidratasyon reaksiyonuna müdahale ederek reaksiyonu yavaşlatmak şeklinde etkileri vardır. Hava sıcaklığının yüksek, rutubetin az rüzgarın fazla olduğu durumlarda, transmikserle uzun mesafeye taşınan betonlarda kullanılır. Genellikle priz geciktiriciler glukonat, salisilik asitleri, kalsiyum linyosulfonat, sodyum boroheptonat gibi kimyasal yapıları vardır. Priz geciktirici kimyasal katkıları katkısız betonla karşılaştırıldığında erken mukavemetleri düşük fakat ileriki yaşlarda mukavemet yükselmesi daha yüksektir. Genellikle priz geciktiriciler akışkanlaştırıcı katkılarıyla birlikte kullanılarak taze betonun kıvam korumasına yardımcı olurlar.[5,13]

c) Priz Hızlandırıcılar

Çimento ve su arasındaki reaksiyonu hızlandırarak betonun katılaşma süresini kısaltırlar. Bazı uygulamalarda erken kalıp almada, daha çok ise soğuk hava dökümlerinde don olayı başlamadan betonun katılaşmış olmasını sağlamak için kullanılırlar. Bu katkıları çimentonun C_3S grubu ile reaksiyona girerek erken sertleşme ve dayanım artışına etkili olurlar. Ana kimyasal yapıları kalsiyum nitrat ve nitritler, tiosüfatlar, formatlar, trietanolamin vb. gibi maddelerdir. Betonun ilk mekanik dayanımlarını (1. ve 2. gün) yükseltmesine karşı nihai dayanımda azalma işlenebilirlik kaybı, rötrede artış gibi olumsuz etkileri vardır. Genellikle priz hızlandırıcıları akışkanlaştırıcı katkılarıyla birlikte kullanılmaktadır. [4,9]

d) Yüksek Oranda Su Azaltıcılar (Süper Akışkanlaştırıcılar)

Genellikle bu katkıları süper akışkanlaştırıcılar olarak bilinirler. Bütün akışkanlaştırıcılar gibi katkıları su içinde kolay çözünürler. Su içinde çözünmüş olan katkı maddesi çimento taneleri tarafından absorbe edilerek flokülör yapı oluşumuna izin vermezler ve bu şekilde fazla suyu açığa çıkartarak betonda işlenebilirlik için kullanılan su da önemli ölçüde azalımı sağlar. Bu katkıları yüksek oranda su azaltarak betonun daha az su ile üretilmesini veya daha akıcı betonlar üretilmesini böylece daha yüksek mukavemeti betonların aynı işlenebilirlikte daha düşük su/çimento oranı ile üretilmesini sağlarlar. Düşük su/çimento oranı ve kolay yerleşen beton doğal olarak boşluksuz ve yoğun bir yapı kazanır ve bu da betonun yüksek dayanım

kazanmasını ve geçirimsiz olmasını sağlar. Priz geciktirici tipleri sayesinde de sıcak havalarda ve uzun süreli taşıma betonlarında betonun kıvam kaybını önlerler.

Yukarıda anlatılan katkıları dışında hava sürükleyici katkıları, su geçirimsizlik katkıları, püskürtme beton katkıları, pompa katkıları, su altı beton katkıları, korozyon inhibitörleri vardır. Bu katkıları bir çok uygulama alanı bularak betona avantajlar sağlarlar. [9]

2.1.5. Mineral Katkıları

Günümüzde beton üretiminde, maliyetin azaltılması ve daha iyi performans elde edilmesi açısından pek çok araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Diğer taraftan çağımızın hızlı endüstrileşmesinin sonucu olarak gerek malzeme ve enerji tasarrufuna verilen değer artmaktadır. Bu endüstrileşmenin sonucu olarak da atık olarak doğaya terk edilen bir çok yan ürün oluşmaktadır. Bu yan ürünler inşaat sanayiinde değerlendirilerek bir çok kullanım alanı bulmaktadır. Betona katılacak mineral katkıları pozolanik aktiviteleri bakımından iki gruba ayrılır:

- a) İnert yapıda mineral fillerler(taşunu) ve inorganik pigmentler
- b) Pozolanik ve/veya çimentovari aktivite gösterenler. [16]

Çimento gibi toz halde silolarda depolan cüruf, uçucu kül, silis dumanı vb. çeşitli endüstriyel üretimlerin yan ürünü olan maddeler ve tras gibi pozolanlar, kalker unu, taş unu gibi maddelere mineral katkı maddeleri denir. [5] Mineral katkıları tek başına iken çimento gibi bağlayıcılık özelliği taşımamakla birlikte çimento ile birlikte kullandıklarında çimentoya benzer görev yapar ve dolayısıyla çimento ekonomisi sağlarlar. Mineral katkıları çimento ekonomisi yanında hidrasyon ısını düşürmekte ve işlenebilirliği artırmakta, sertleşmiş betonda da uzun vadede mekanik dayanıma ve durabiliteye katkıda bulunmaktadırlar. [16]

2.2 Betonda İstenilen Özellikler

Betonlardan beklenen 3 ana nitelik vardır. Beton hangi amaç için üretilirse üretilsin bu üç ana niteliğe sahip olmalıdır. Bu nitelikler taze betondaki ve sertleşmiş betondaki özellikler olarak ayrılırlar. Taze beton aşamasındayken beton işlenebilir olmalıdır. Taze betonun kolay, şekil verilebilir, akıcı özelliklerine sahip olması beton ömrünün bir kaç saatlik kısmını etkiler ancak daha sonraki özelliklerine de etki eder. Taze beton ise zaman içerisinde hidrasyon sonucunda sertleşerek belirli bir

dayanıma sahip olur. Bu haldeki sertleşmiş beton ise değişik servis koşullarında mekanik ve dayanım özelliklerini göstererek yük taşıma kapasitesini devam ettirmelidir. Sertleşmiş betonun iki önemli özelliği dayanım ve dürabilite olarak gösterilebilir. [4]

2.2.1. İşlenebilme

İşlenebilme taze betonun sahip olduğu bir özelliktir. İşlenebilme anlam olarak taze üretilmiş betonun homojenliğini kaybetmeden karıştırılabilme, taşınma, yerleştirilme sıkıştırılma derecesini gösteren bir kavramdır. İşlenebilmede bir enerji kavramı mevcuttur. İşlenebilirlik, betonla her aşamada zorlukla karşılaşmadan kolayca çalışmak demektir. İşlenebilir bir betonun minimum enerji ile karıştırılır ve yerleştirilir, kalıbı minimum boşlukla doldurur, taşınma ve yerleştirme sırasında segregasyona uğramaması gerekir. Taze betonun işlenebilirliğini etkileyen etkenler olarak karışımdaki su miktarı, karışım oranları, hava miktarı, karışım miktarı, agrega özellikleri, agrega tane dağılımı, çimento özellikleri, katkıları, zaman ve sıcaklık sayılabilir.[4]

Taze betonun bu özelliğini tanımlayan başka bir kavram da kıvamdır. Kıvam taze betonun akışkanlığını gösteren bir ölçüdür. Betonlar kıvamlarına göre, kuru, plastik, akıcı, çok akıcı olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada su içeriği yanında agreganın kökeni ve yüzey özellikleri önem kazanır. Çünkü betona aynı kıvamı vermek için farklı agregalarda farklı su gerekir. Akıcı betonlar kuru betonlardan daha işlenebilirdir fakat aynı kıvamdaki betonların işlenebilirlikleri farklılık gösterebilir. [4] Akıcı bir betonun karıştırma ve yerleştirme işlemleri minimum enerji ile sağlanabilir ancak bu betonun kendini tutma yeteneği (kohezyon) yeterli değildir. Bunlarda segregasyon (ayrışma) ve su kasma (terleme) riski olacağından iyi bir işlenebilme için akıcılık ve kohezyon gibi ters özelliğin birbirlerine ters yönde etkilemeden optimum bir karışım tasarımı yapılabilir. Daha fazla su veya ince malzeme ilave etmektense harç miktarını artırarak yeniden bir karışım hazırlayarak işlenebilirlik iyileştirilebilir. [12]

İşlenebilir bir betonun niteliklerinin başında kohezyon gelir, kohezyonlu taze beton içindeki iri agrega tanelerinin karışma, taşıma, yerleşme, sıralarında kütleden ayrılıp saçılmalarına izin vermez. Karışım farklı büyüklükte tanelerden oluştuğu için beton işlenirken bu malzeme çökme yapabilir, betonda iri tanelerinin ayrılma olayına segregasyon adı verilir. Taze betonda segregasyon önlenmeli ve beton

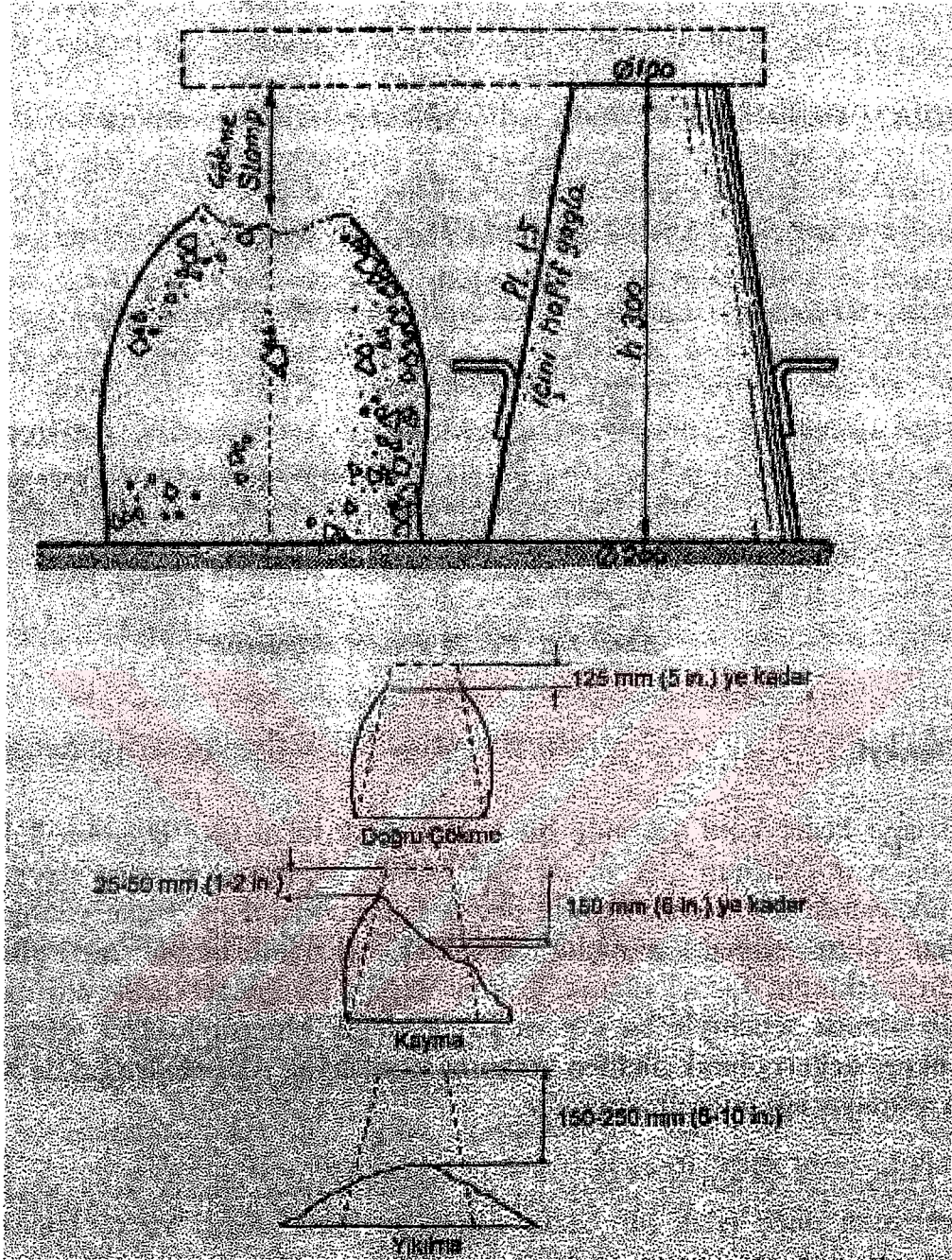
kohezif olmalıdır. Kohezyonla paralellik gösteren başka bir özellik de taze betonun kararlılığıdır. Kararlı bir betonda agrega segregasyonu dışında su da ayrılmaz. Suyun kütleden ayrılmasına terleme(su kusma) denir. Terlemenin bir nedeni segregasyonur. İri taneler dibe çöktünce betona katılan suyun bir miktarı betonun yüzeyinde toplanır ve betonun üst bölgelerinin su/çimento oranı artar ve betonda üst bölgelerin dayanımı düşer.

Taze betonun işlenebilirliğini ölçmek için kullanılan bir çok değişik deney yöntemi vardır. Bunları en basiti ve en yaygın kullanılanı çökme (slump) deneyidir. Çökme deneyi kesik koni şeklinde bir kalıba doldurulan taze betonun kalıp çekildikten sonra çökme miktarının cm ya da mm olarak ölçülmesi esasına dayanır. Farklı kıvam sınıfları için TS 1122'e göre Tablo 2.3 çökme değerleri sıralanmıştır.[4,5,18]

Çökme miktarı kıvamın bir ölçüsü olup su içeriğinin bir fonksiyonudur. Çimentonun ve agreganın sabit olduğu betonlarda çökmenin artması su miktarının arttığını gösterir. Çöken betonun aldığı şekil de betonun kohezyonu hakkında bilgi verir. Şekil 2.2'de gösterildiği gibi ince miktarı az yani kohezyonsuz betonlar eğimli düzlemler boyunca kayar. [12]

Tablo 2.3 Kıvam Sınıfları

Kıvam	Çökme (cm)
Kuru	0-4
Plastik	5-9
Akıcı	10-15
Çok akıcı	>16



Şekil 2.2. Çökme Şekilleri

2.2.2. Dayanım

Betonun dayanımı sertleşmiş betonun en çok aranan özelliğidir. Betonun dayanımı taşıyabileceği en yüksek gerilme olarak tanımlanır. [12] Bazı özel durumlarda dayanıklılık, su geçirimsizlik gibi diğer özellikler de önem kazanır. Betonun mekanik dayanımları arasında en önemlisi basınç dayanımıdır. Gevrek bir malzeme olan betonun çekme dayanımı çok düşük, basınç dayanımı yüksektir. Bu nedenle beton için dayanımdan söz edildiğinde basınç dayanımı anlaşılır ve beton

sektöründe kalite açısından basınç dayanımı kontrol edilir. Bazı özel uygulamalar için çekme ve kayma mukavemetlerini bilmek gerekebilir. Basınç dayanımı genellikle beton kalitesi hakkında bize bilgi verir.

Betonun dayanımı çimento hamurunun mukavemetine, agrega tanelerinin mukavemetine, agrega taneleri ile çimento hamuru arasındaki yapışmanın gücüne (aderans) bağlıdır. Normal betonda agrega taneleri en sağlam unsur olduğundan diğer bir unsur (çimento hamuru ve aderans) mukavemeti belirlemektedir. Çimento hamurunun mukavemeti su/çimento oranına bağlıdır. Çimentonun hidratasyon reaksiyonları için ağırlığının % 25-30'u kadar su yeterlidir, betona kıvam vermek için gerekli fazla su, beton sertleştiğinde buharlaşarak yeri boş kalmaktadır. Suyun ve boşluğun yük taşıma kapasitesi söz konusu olmadığı için dayanım düşmektedir. Ayrıca agreganın kirli olması da aderansı azaltacağı ve su ihtiyacını artıracığı için yine dayanımı olumsuz etkilemektedir. [5]

Basınç dayanımını etkileyen diğer faktörler arasında çimentonun cinsi, miktarı ve inceliği de önemli rol oynar ve agrega granulometrisi, en büyük tane çapı, agrega yüzey pürüzlülüğü ve akışkanlaştırıcılar ıslanma su ihtiyacını değiştireceği için dayanımı etkilerler. Betonun yerleştirilme sırasında sıkıştırma metodu ve betonun bakımı (kürü) da kaliteli üretilmiş betonun yapı üzerinde bu dayanımın sağlanması açısından önem taşır. [4]

Çimentoyla suyun karışımından oluşan çimento hamuru zamanla karışıp sertleşerek agrega tanelerini bağlar, yapıştırır, böylece mukavemet kazandırır. Bu reaksiyon ve sertleşme gittikçe yavaşlayarak yıllarca devam eden bir olaydır. Basınç dayanımı üretimi izleyen 28. günde belirlenir. Beton sınıfını belirten dayanım 28. günde standart bir deneyle saptanır. Standart koşullarda bulunan dayanımlar betonun dayanımı olarak kabul edilir. Beton basınç dayanımı 15 cm çap 30 cm yüksekliğinde silindir veya 20:20 küp numuneler pres altında kırılarak bulunur. En az 3 numune ortalaması alınarak bulunan basınç dayanımı değeri beton sınıflarındaki mukavemet değerleri ile karşılaştırılır. Bu numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı deneyi, numune betonun yaşı, saklama koşulları, numune boyutları, numune yerleştirme şekli, numunenin başlık durumuna göre değişkenlik gösterir. [4,5]

TS 500 [19], betonları basınç dayanımı sınıfına göre aşağıdaki gibi sınıflandırır.

Tablo 2.4 Beton basınç dayanımlarının sınıflandırılması

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Mukavemeti (Silindir) 28 Gün (N/mm²)	Karakteristik Basınç Mukavemeti (Küp) 28 Gün (N/mm²)
BS 14(B160)	14	16
BS 16	16	20
BS 20	20	25
BS 25(B300)	25	30
BS 30	30	35
BS 35	35	40
BS 40	40	45
BS 45	45	50
BS 50	50	55

2.2.3. Dayanıklılık

Beton maruz kalacağı koşullara göre tasarlanmış ve iyi bir kalite kontrol sistemi içinde hazırlanmış, yerleştirilmiş ve bakılmışsa uzun seneler hiç bir onarım yapılmadan hizmet verebilir. Ancak bazı etkiler altında betonun performansında düşüşler olur. Dayanıklı bir beton bu etkilere karşı bozulmadan ve performansında düşüş olmadan direnç gösteren betondur. [12] Dayanıklılık betonun dış etkilere karşı gösterdiği dirence denir. Betonun dayanıklılığı betonun maruz kalacağı şartlara dayanması açısından betonun en önemli özelliklerinden biridir. Dış etkiler betonu bir çok yönden hasara uğratar. Bu etkiler fiziksel ve kimyasal olarak sınıflandırılır. Fiziksel etkiler donma-çözülme, ıslanma-kuruma, agreganın ve çimento hamurunun ısı değişimleri, trafik araçlarının, rüzgarın ve deniz dalgalarının sebep olduğu aşınmalardır. Kimyasal etkilerin arasında sülfatlı, asitli, klorlu suların varlığı gelir. Betonda bozulmalar agregada, çimento hamurunda ya da donatıda oluşan ters etkilere meydan gelir. [5]

Betonun dayanıklılığında en önemli parametre betonun geçirimsizliğidir. Geçirimsizlik su/çimento oranının bir fonksiyonu olup su/çimento oranı arttıkça çimento hamurunun gözenekliliği ve beton geçirgenliği artar ve geçirgenliği yüksek olan betonlara zararlı kimyasalların girmesi kolaylaşır. Su/çimento oranı yüksek olan betonun dayanımı düşük olacağından çeşitli kimyasal ve fiziksel etkilere beton içinde meydana gelebilecek içsel gerilmelere direnç gösteremez ve çatlar. [12]

Su içindeki klor iyonlarının beton içersine difüzyonu betonarme çelik donatısının paslanması açısından önem taşır, deniz suyunun zararlı etkileri nedeniyle donatı yüzeyinde oluşan paslanma nedeniyle genleşme ve betonda çatlamalara neden olur ve ayrıca paslanma nedeni ile donatı kesit alanında oluşan azalma donatıların yük taşıma kapasitesini azaltır. [12]

Çimentonun hidratasyonu ile ortaya çıkan Ca(OH)_2 ile havadaki CO_2 reaksiyona girerek Ca CO_3 meydana gelir, bu olaya karbonatlaşma denir. Bu olay neticesinde alkalın bir madde olan betonun Ph değerini 12-13'den 8-9'a düşürerek daha asidik bir ortam yaratır ve betonun içindeki donatıların paslanmasına olumsuz etki yapar. [12]

Genellikle doğal sularda ve atık sularda bulunan sülfatlar beton içersine nüfuz ettiğinde etkisi ise çimento hidratasyon sonucunda kalsiyum hidroksit CH ve kalsiyum aluminat hidratlarla (C-A-H) reaksiyona girerek alçı ve etrinjit oluşumuna olanak sağlarlar. Bu iki ürün de betonda genleşmelere ve çatlamalara neden olarak betonu geçirimli yapar.

Başka bir bozulma da çimentonun içersindeki alkali oksitler (Na_2O ve K_2O) ile amorf silisli yapı agregalar reaksiyona girerek alkali silika jelini oluştururlar ancak bu ürün çok yüksek su emme özelliğine sahip olduğu için beton içersinden yada atmosferden emdiği rutubetle genişler ve betonda çatlamalara yol açar.

Donma-çözülme etkileri ile beton içersine giren su donduğunda bir hacim genişlemesine neden olur ve bu çevrim neticesinde beton, içinde meydana gelen içsel gerilmeleri karşılayamaz ve çatlar.

Betondaki suyun buharlaşma yoluyla kaybı betonun hacminde azalmaya yol açar. Betondaki bu büzülme çatlakların oluşmasını sağlar çatlakların oluşmasını sağlar. [12]

2.3. Hazır Beton

Yapının bulunduğu şantiyede veya şantiyeden ayrı bir yerdeki bir merkezi beton santralinde kalıba yerleştirilmeye hazır olmak üzere üretilerek taşınan betonlara hazır beton denilmektedir. [20] Hazır beton çimento, doğal veya yapay agrega, su ve istenilen betonun niteliğine göre kullanılan kimyasal katkı maddelerinden oluşan bir karışımdır. Hazır betonun bileşenleri beton santralinde, bilgisayar kontrolüyle, istenilen oranlarda bir araya getirilerek mikserde karıştırılır ve tüketiciye taze beton

olarak teslim edilir. Bu betonun hazırlandığı yerlere hazır beton tesisi adı verilir. [18,22]

Neville ve Brooks hazır betonun geleneksel betona kıyasla avantajlarını şöyle sıralamışlardır. [3]

1. Sertleşmiş betonun istenen özelliklerinin değişkenliğini azaltan sıkı kalite kontrollü üretim.
2. Çok sıkışık şantiyelerde ve karıştırma tesisinin, agrega depolama alanları için çok az boş alan bulunan yol inşaatlarında.
3. Betonun taşınma sırasında işlenebilirliğin korunmasını ve ayrışmanın önlenmesini sağlayan karıştırıcı kamyonların kullanımı.
4. Küçük miktarlarda beton ve aralıklı beton dökümünün gerektiği durumlarda uygunluk.

Genellikle çok küçük inşaatlar dışında hazır beton kullanmak daha ekonomik olmaktadır. Çünkü hazır beton firması tesisin bulunduğu bölgedekileri agregaları daha iyi tanıyarak, çimento fabrikalarından çimentoyu torba yerine dökme, küçük alım yerine büyük alımlar yaparak silolarda depolayarak, kurduğu tesisteki makine ve ekipmanlar sayesinde uzun yıllar hizmet vererek ve tesisinde hazır beton ile uğraşan deneyimli personeli ile ekonomiklik ve kalite sağlar. [12]

Geleneksel beton ise şantiyede kontrolsüz bir şekilde beton bileşenlerinin göz kararıyla bir araya getirerek insan gücüyle karıştırılmasından oluşur. Bu şartlarda üretilen betonun laboratuarda test edilmesi olanak dışıdır. Dolayısıyla hem çevreye zarar verilmekte hem de kontrolsüz şekilde yapılarda kullanılmaktadır. Bu nedenle hazır betonu geleneksel yöntemlerle elde edilen betondan ayıran temel unsur, modern tesislerde bilimsel yöntem ve ölçüler kullanılarak üretilen hazır betonun şantiyede elle dökülen betona göre daha güvenli olmasıdır.

Hazır betonu betondan ayıran başka bir unsur hazır beton üreticisi ile tüketicisi ayrı kişi veya kuruluşlar olmasıdır. Bu farklılık hazır betonu satın alan ile satan arasında bir ticari ilişki doğurmaktadır bunun üzerine alıcının kalite arama, hesap sorma hakkı durumunu yaratmaktadır. [5]

Hazır betonun kalitesini belirleyen 5 temel aşama söz konusudur. Bunlar tasarım, üretim, taşıma, yerleştirme ve küredir. İlk üçü hazır betoncu, son ikisi müşteri tarafından üstlenilmektedir. Dolayısıyla, hazır betonun üretimi ve kullanımı sırasında üretici ile müşteri arasında etkin bir iletişim kurulmaktadır. [5]

Hazır beton tesislerinde betonu oluşturan malzemelerin çimento, agregalar, su ve katkıları) tartıldığı bir bölüm bulunur. Agregalar stok yerinden alınarak bunker denilen bölümlere doldurulur. Çimento, varsa mineral katkıları (uçucu kül, silis dumanı, cüruf gibi) silolarda depolanır. Kimyasal katkıları için katkı tankları ve varilleri bulunur. Beton karışım oranlarına bağlı olarak malzemeler ayrı ayrı tartılır.

Hazır beton üretiminde genellikle iki yöntemden yararlanılmaktadır. Bunlarda birincisinde betona girecek malzemenin tartılması ve karıştırılması merkezi santralde tamamlanmakta, daha sonra beton genellikle yavaşça dönen bir transmikser vasıtasıyla şantiyeye iletilmektedir.(central-mixed concrete) Bu iletim sırasında mikserin dönmesi betonun ayrışmasını önlemekte aynı zamanda katılaşmayı geciktirmesi bakımından yararlı olmaktadır. İkinci yöntemde ise malzeme santralde tartılarak doğrudan transmikserin içine konmaktadır. Daha sonra malzemenin karıştırılması ya yolda tamamlanmakta veya şantiyede beton mikserden boşaltılmasından hemen önce gerçekleştirilmektedir.(transit-mixed concrete). Öte yandan bazen betonun karıştırılması transmikserin kapasitesini arttırmak için önce kısmen merkez santralde yapılmakta ve sonra karıştırılma işlemi yolda bitirilmektedir. (shrink-mixed concrete) [20]

Hazır beton tesislerinde iki tür transmikser kullanılmaktadır. Birinci tür transmikserler santralde karıştırılan betonu veya su dahil bütün malzemeyi yüklendikten sonra yolda dönerek karıştırabilen mikserler olup, bunlara sulu mikserler denmektedir. İkinci tip transmikserler ise yolda giderken tanburları dönmeyen transmikserlerdir. Bunlara santralde agrega ve çimento konmakta, su ise şantiyeye vardıktan sonra ilave edilerek karıştırılmaktadır. Bu yüzden bu transmikserlere kuru mikserler denir. Fakat kuru mikserlerin uygulamada çeşitli nedenlerle sorunlar yarattığı saptanmıştır. Örneğin bu tür uygulamada betona girecek su miktarı tamamen transmikser şoförüne bağlı olmaktadır. Böylece beton mukavemetini belirleyecek en önemli parametre olan su/çimento oranı bu konuda bilinçsiz bir kişi tarafından belirlenmektedir. Diğer taraftan şantiyede süratli döküm istendiğinde bazı durumlarda beton yeteri kadar karışmadan kalıba yerleştirilmeye çalışılmaktadır. Ancak uzun mesafe ve/veya sıcak havalarda beton dökümü için betonun kıvamını kaybetmemesi açısından daha uygundur. [20]

Genellikle ülkemizde 6-10 m³ hacminde transmikserler kullanılmaktadır. Daha yaygın olarak kullanılan hazır beton santralde üretilip transmikserde taşınan taze betondur.

Taşıma sırasında transmikserin betonyeri taşıma devrinde TS 11222'e göre yaklaşık 1-4 devir/dakika çevrilir. Hazır betonun taşıma süreci en çok 2 saat veya toplam 300 devirdir. [18]

Hazır Betonun TS 11222'e göre sınıflandırılması ise aşağıdaki gibi yapılabilir. [21]

Taze beton için sınıflandırma kıvam sınıfları ve en büyük tane boyutuna göre yapılabilir.

a) Kıvam sınıflarına göre;

Üretimden sonra ilk 15 dakika içinde kıvam tayini deneyine göre belirlenen çökme değerleri Tablo 2.5'de gösterilmiştir.

Tablo 2.5 Çökme değerlerine göre beton sınıfları

Beton Sınıfı	Çökme (mm)
K1	$0 \leq \text{çökme} < 50$
K2	$50 \leq \text{çökme} < 100$
K3	$100 \leq \text{çökme} < 150$
K4	$150 \leq \text{çökme} < 200$
K5	$200 \leq \text{çökme}$

b) En büyük tane boyutuna ilişkin sınıflar

Taze beton üzerinde, TS 2940'a uygun olarak ıslak eleme deneyi uygulandığında, elek üstünde kalan malzeme kütlesinin toplam taze beton kütlesine oranı %5'i geçmemek şartıyla bulunacak en büyük agrega dane büyüklüğü Tablo 2.6'da gösterilmiştir

Tablo 2.6 En Büyük Agrega Büyüklüğüne Göre Beton Sınıfları

Beton Sınıfı	Dmax (mm)
D1(1 No. lu)	12
D2(2 No. lu)	22
D3(3 No. lu)	32
D4(4 No. lu)	63

Sertleşmiş beton için ise sınıflandırma TS 11222'e göre basınç dayanımına ve birim hacim ağırlığına göre yapılabilir

a) Basınç dayanımına göre sınıflar

Normal ağırlıklı ve ağır betonların karakteristik basınç dayanımlarına göre sınıfları Tablo 2.7'de gösterilmiştir. Silindir numunelerde çap 150 mm, yükseklik 300 mm, küp numunelerde 150 mm'dir.

b) Birim hacim ağırlığına göre beton sınıfları

Bu sınıflamaya giren normal ağırlıklı ve ağır betonların birim hacim ağırlıkları Tablo 2.8'de gösterilmiştir.

Tablo 2.7 Karakteristik Basınç Dayanımlarına Göre Beton Sınıfları

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Mukavemeti (N/mm ²)	
	Silindir 28 Gün	Küp 28 Gün
BS 14(B160)	14	16
BS 16	16	20
BS 18(B225)	18	22.5
BS 20	20	25
BS 25(B300)	25	30
BS 30	30	37
BS 35	35	45
BS 40	40	50
BS 45	45	55
BS 50	50	60
BS 55	55	67
BS 60	60	75
BS 70	70	85
BS 80	80	95
BS 90	90	105
BS 100	100	115

Tablo 2.8 Birim hacim ağırlığına göre beton sınıfları

Beton Sınıfı	Birim Ağırlık (kg/m ³)
Hafif Beton	Birim Ağırlık ≤ 2100
Normal Ağırlıklı Beton	$2100 < \text{Birim Ağırlık} \leq 2500$
Ağır Beton	$2500 < \text{Birim Ağırlık}$

2.3.1. Hazır Betonun Tarihsel Gelişimi

Günümüzün bir teknoloji harikası olan ve başka bir alternatifi bulunmayan hazır beton, dünyada ilk kez yüzyıl başında (1903) Almanya’da ortaya çıkmış, sonraki bir kaç yıl içerisinde ABD’de kullanılmaya başlamıştır; 1914 yılında, Stephan Stephanian adında, Ermeni asıllı bir Türkiye göçmeni tarafından beton taşıma amaçlı “transmikser” aracının geliştirilmesi, hazır beton endüstrisinin Amerika’da yaygınlığını artırmış, özellikle savaş yıllarından sonra , bazıları bugün hala faaliyette olan pek çok hazır beton firması kurulmuştur. [22]

Bu gelişmenin ardından hazır betonun yapıların temel inşaat malzemesi olarak benimsenip, yaygınlaşmaya başlaması uzun sürmemiş, kısa zamanda pek çok ülkede hazır beton üretilip, kullanılır olmuştur. Özellikle 20. Yüzyılın ikinci yarısıyla birlikte hız kazanan kentleşme ve altyapı çalışmaları, hazır beton ve beton ürünlerinin daha çok üretilip, yaygınlaşmasını sağlamış, dolayısıyla bu alanda pek çok teknolojik gelişme kaydedilmiştir.

Beton endüstrisinde kaydedilen gelişmeler sayesinde , istenen beton özelliklerinden yalnız dayanım değil, işlenebilme, geçirimsizlik ve zararlı çevre koşullarına dayanıklılık gibi diğer performans özellikler de önem kazanmıştır. Bu nedenle gelişmiş ülkelerde geleneksel betona göre daha üstün performans gösteren hazır beton tercih edilmektedir.

Dünyada hazır beton endüstrisi geliştikçe, bu alanda örgütlenen ulusal ve uluslararası kuruluşların sayısı da artmış bu sayede ülkeler arasındaki işbirliği olanakları giderek gelişmiştir.

1983 yılında kurulan ERMCO(European Ready Mixed Concrete Organization), Türkçe adıyla Avrupa Hazır Beton Birliği, Türkiye’nin de üyesi bulunduğu,ABD dahil 23 ülkeyi kapsayan, hazır beton alanındaki en büyük uluslararası kuruluştur.[22]

2.3.2. Türkiye’de ve Dünyada Hazır Beton Endüstrisi

Günümüzde gelişmiş ülkelerde tüm betonarme inşaatlar hazır beton ile yapılmaktadır.ERMCO verilerine göre bugün Avrupa ülkelerinde yılda 300 milyon m³ ABD’de ise 200 milyon m³ civarında beton üretilmektedir. Dünyanın ekonomik ve teknik olanakları geliştikçe bu tüketim yeni alanlara da yayılmaktadır.

Ülkemizde hazır beton ilk 1970’li yılların sonlarına doğru bazı inşaat şirketleri tarafından kendi inşaatlarında kullanılmak üzere üretilmeye başlanmıştır. Ancak gerçek anlamda hazır beton endüstrisine 1980’li yılların ikinci yarısında geçilmiştir. Özellikle seksenli yılların sonuna doğru ülkemizdeki hazır beton sektöründeki yaşanan hızlı gelişmeye paralel olarak, üretici firmaların örgütlenme çabaları da yoğunlaşmış ve 1988 yılında, “Marmara Hazır Beton İmalatçıları Derneği” kurulmuştur. Hazır beton üretim ve tüketiminin ülke çapında hızla yaygınlaşması üzerine “Hazır Beton Üreticileri Birliği” ne dönüşen kuruluş, 1995 yılında, sektör ve ülke yararını gözeten etkinlikleri nedeni ve Bakanlar Kurulu kararıyla “Türkiye Hazır Beton Birliği” adını almıştır. [22]

Türkiye Hazır Beton Birliği, hazır beton sektörünü bir çatı altında toplamıştır. Birlik ve T.S.E. kurumunun yaklaşımları ile T.S.E. 11222 numaralı “Beton-Hazır Beton” standartı 20 Haziran 1994 tarihinde yayımlanmış ve 20.12.1994 tarihinden itibaren zorunlu standart kapsamına alınması kesinleşmiştir. [22]

Türkiye’de hazır beton sektörünün çok kısa bir tarihçesine olmasına rağmen bu sektör büyük bir hızla gelişen, dinamik bir sektördür. Türk Hazır Beton sektörü Batının en son teknolojik ekipmanlarına sahip olduğu gibi, deneyimli bir iş gücüne de sahiptir. Türkiye’deki hazır beton santralleri istenen sınıfta betonu üretebilecek niteliktedir.

Hazır Beton sistemlerinde ülkelerin iklim koşullarından kaynaklanan farklılıklar görülmektedir.Türkiye’de üretilen hazır betonun yaklaşık 1/3’ü kuru sistemle üretilmektedir. Pompa ile dökülen beton oranlarının karşılaştırılmasında ise %85’ le en çok pompa kullanılan ülkenin Türkiye olduğu görülmektedir.

Yıllık çimento tüketiminde Türkiye’ nin 1997 yılında 29.778 Milyon tonla İtalya ve Almanya’nın arkasından geldiği oysa tüketilen çimentonun hazır betonda kullanılma oranı göz önüne alındığında, en alt sıralardaki ülkenin Portekiz ile beraber Türkiye olduğu (%18.4) görülmektedir.Bu oranın gelişmiş ülkelerde %50’ler civarında olduğu izlenmektedir. [22]

Tablo 2.10 Hazır Beton Birliği 1998 verileri

Yıl	Veri	Birlik Üyeleri	(%)	Birlik Dışı	(%)	Türkiye Geneli
1998	Şirket Sayısı	53		113		166
	Tesis Sayısı	206		135		341
	Üretim(m³)	19.792.905	74.6	6.750.000	25.4	26.542.905

Tablo 2.9 ERMCO Üyesi Ülkelerde Hazır Beton Üretimleri (1998)

Ülke	Üretime başlangıç Yılı	Üretim (milyon m³)	Çimento tüketimi (1000 ton)	Hazır Betonda kullanım oranı	Kişi Başına Hazır Beton Tüketimi
Almanya	1903	60,90	36811	53	
Avusturya		10,50	5244	44	1,3
Çek Cumh.		4,18	650	52	0,41
Danimarka		2,15	1038	34	0,42
Finlandiya		2,2	1040	48	0,44
Macaristan		0,06	2481	39	
İsveç		2,04	1445	58	0,23
İsviçre		8,25	4257	57	1,18
ABD		266,00			1
İrlanda		3,10	1409	42	0,85
İngiltere	1930	22,98	12350	50	0,40
Norveç	1930	2,59	1200	6	0,59
Fransa	1933	29,82	19465	42	0,51
İspanya	1942	51,34	9250	37,5	0,93
Belçika	1956	8,6	5582	52	0,86
İtalya	1962	63,00	37357	46	1,10
İsrail	1963	8,92	4650	52	1,70
Portekiz	1966	7.8	7506	21,4	0,5
Yunanistan	1968				
Türkiye	1985	26,54	34127	23.3	0,42

Tablo 2.11 Coğrafi Bölgelere Göre Tesisi ve Üretim Dağılımı (1998)

Bölge	Tesis Sayısı	Yüzde Dağılımı	Üretim (m ³)	Üretim Dağılımı
Marmara	99	48.1	10.649.140	53.8
Ege	28	13.6	2.626.460	13.3
Akdeniz	36	17.5	3.108.479	15.7
Güneydoğu Anadolu	2	1	126.158	0.6
İç Anadolu	2	13.6	2.599.027	13.1
Karadeniz	28	4.8	642.472	3.3
Doğu Anadolu	3	1.4	41.169	0.2
Toplam	206	100.0	19.792.905	100.0

Tablo 2.12 Hazır Beton Sektör Verileri

Yıl	1998
Üye Şirket Sayısı	53
Tesis Sayısı	206
Pompa Sayısı	541
Transmikser Sayısı	2606
Personel Sayısı	7632
Toplam Üretim	19.792.905
Büyüme Oranı TP(%)	9

2.3.3 Hazır Betonda Kalite Kontrol

Betonun hazır beton olarak satın alınıp kullanılması teşvik edilmekte ve hatta zorlanmaktadır. Bunun nedeni, hazır betonun, rakibi betonlara göre daha çok kaliteli, güvenilir ve ekonomik olduğunun, veya en azından olabildiğinin kabul edilmesidir. Kaliteye olan bu güvenin altında yatan şey ise, hazır betonun bir sanayi ürünü olarak görülmesi ve hazır betonculuğun bir sanayi dalı olarak, profesyonelce,

standartları açıkça ortaya konulmuş ve böylece denetlenir bir biçimde üretilerek kullanıma sunulduğu varsayımdır. [22]

Yapılarda kalite güvenliği isteklerinin gerçekleşebilmesi hazır betonculukta da bir kalite güvence düzenini işletmekle mümkündür.

Hazır beton tesislerinde en önemli unsur kalite kontroldür. Modern bir tesis kurulması beton üretiminde bilgi ve tecrübe sahibi olunması nitelikli beton üretimi için gerekli olmakla beraber yeterli olmamakta , betonu oluşturan malzemelerin de kaliteli olması gerekmektedir.

Sürekli olarak, talep edilen nitelikte kaliteli beton üretilebilmesi için üretimin her aşamasında ve bütün etkenlerin sıkı şekilde kontrol edilmesi gerekir.

Üretim dışında hazır betonun taşıma ve teslim aşamalarıyla inceleyebileceğimiz hazır betonculuğun her aşaması ayrı bir titizlikte kalite kontrolü ve gözetimi gerekmektedir.

Hazır beton tesislerinde yapılan kalite kontrol çalışmaları genel olarak; hammadde kontrolleri, taze beton kontrolleri, sertleşmiş beton kontrolleri ve ayrıca ekipman kontrollerini de içermektedir. Yani sipariş üzerine üretim yapan ve gönderen bir tesiste betonun kalite kontrolü malzemelerin, plant ve ekipmanın kontrolü ve çalışma prosedürlerinin uygulanmasıdır. [12]

Hazır beton üretimine yönelik beton laboratuvarında yapılabilen başlıca deneyler aşağıda özetlenmiştir.

a)Çimentodan standart numune hazırlanması.

b)Agregalar üzerinde; birim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, yüzey rutubeti, ince madde oranı(kirlilik), elek analizi deneyleri.

c)Taze beton üzerinde;birim ağırlık, çökme konisi ile kıvam deneyi, küp numune alınması, kuru ve sertleşmiş betonda basınç deneyi, beton çekici ile yüzey sertliği kontrolleri

Plant ve ekipman için yapılacak işler ise, kapasite ve işlem kalitesi bakımından işe uygunluk ve bu uygunluğun periyodik kalibrasyon kontrolü ve diğer kontrol ve bakımlar yoluyla sürekliliğin sağlanmasıdır.

2.3.4 Hazır Betonda yapılan deneyler

Hazır Beton tesisi laboratuvarlarında, beton bileşenleri için, çimento, agrega deneyleri ve taze beton, sertleşmiş beton deneylerini kapsar. [12]

a)Çimento Deneyleri

Çimento için yapılan deneyler ise tesise her çimento sevkiyatında çimento numunesi alınması ve bu numune üzerinde yapılan deneyleri içerir.

Çimentonun hemen taşınmasında sonra torba çimentoda en az 5 değişik torbadan birer yada ikişer kiloluk miktarlarda 5 kilo alınır, dökme çimentoda her 250 ton miktarındaki çimento için silobasın açık olan kısmından 5 kg örnek alınır. Numune hava geçirmez bir kap içinde muhafaza edilir. Numune üzerine çimentonun sevk tarihi ve zamanı, çimentonun tipi ve diğer detay bilgiler, numunenin alındığı tarih ve zaman, depolanma yeri ve çeşidi, sevk numarası not edilir.

Bu numune üzerinde TS 24'e uygun olarak deneyler yapılır. Bu deneyler çimentonun incelik tayini, hacim genleşmesi, priz tayini ve basınç dayanımı tayinidir. Bu deneyler genellikle çimento laboratuvarlarında yapıp sonuçları hazır beton firmasına gönderilir. Ancak betonda beklenmedik bir durumda karşılaşıldığında hazır beton firması bu deneyleri problem olduğu düşünülen çimento partisine ait numune üzerinde kendi laboratuvarında yada üniversite laboratuvarlarında yaptırmaktadır.

b)Agrega deneyleri

Agregalar beton hacminin yaklaşık %70-80'ini oluştururlar. Dolayısıyla agregaların niteliği taze yada sertleşmiş betonun niteliğini etkiler.

Agrega için yapılan deneyler agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerini gösteren deney yöntemleridir.

Bu deneyler ilk olarak tesise gelen her agreganın teslimatında, teslimatın siparişe uygunluğu ve kaynağın doğruluğunu denetlenmesi ve teslimatın granülometri, şekil ve yabancı madde açısından normal görünümle karşılaştırarak gözle kontrolüdür.

Kabul edilen teslimat sonrası agreganın yığını doğru temsil edecek alınan numune üzerinde yapılan deneyleri kapsar.

Bir şantiyede depolanmış agreganın yığından alınacak örnekler, yığının tepe ve etek kısımlarından değil orta kısımlarından farklı noktalardan alınmalıdır. Toplanan örnekler daha sonra homojen bir şekilde karıştırılmalıdır. Elde edilen toplam örneğin tek bir deney için istenen miktara kadar küçültülmesi gerekir. Deney numuneleri, toplam numuneyi dörde bölerek çeyrekleme yöntemi veya bölgeç kullanarak elde edilir. Bu yöntemlerden biri tek deney için gerekli en az miktar elde

edilinceye kadar sürekli uygulanır. Sonuçta ele edilen numune üzerinde istenen deney gerçekleşir.

Bu deneylerden fiziksel deneyler agreganın rutubeti, birim ağırlığı, su emmesi, özgül ağırlığı, elek analizi (granulometri,tane dağılımı) mekanik deneyler ise tane dayanımı, aşınma dayanımı (Los-Angeles deneyi), agregalarda dona dayanıklılık olmaktadır.Betonun prizine ve sertleşmesine zarar veren, betonun dayanımını azaltan, parçalanmasına neden olan veya beton içindeki donatının korozyonuna karşı korunmasını tehlikeye düşüren maddeler olarak tanımlanan zararlı maddelerin tayin yöntemleri ise agreganın ince madde (yıkabilir maddeler) tayini(kirillik), organik maddeler,hafif maddeler ve alkali-agrega reaksiyonudur.[12]

Bu deneyleri yakından incelersek;

Rutubet deneyi

Agrega taneleri boşluk içermesinden dolayı agregalarda rutubet bulunmaktadır.Bu rutubeti bulmak için numune alınan malzemenin önce yaş ağırlığı ölçülür sonra ise etüvde kurutularak kuru ağırlığı bulunur.Aradaki farkın kuru ağırlığa oranının yüzde biçiminde ifadesidir. [10,12]

Birim ağırlık deneyi

Birim ağırlık, yığın halindeki bir agreganın taneler arasındaki boşluklar da dahil birim hacminin ağırlığıdır.Bu tanıma göre birim ağırlık aşağıdaki gösterilen denklemle hesaplanır. [10,12]

$$\Delta = P_a / V \quad (2.1)$$

Burada;

Δ = Agreganın birim ağırlığı

P_a = Agreganın ağırlığı

V = Ölçü kabının hacmi

Özgül ağırlık deneyi

Özgül ağırlık agrega tanelerinin kapladığı mutlak birim hacminin ağırlığıdır. Deneyin yapılışı ise suya doygun yüzey kuru agregada deney numunesi ile ağız cam

kapakla kapatılmış içi su dolu ölçü kabı birlikte tartılır, sonra ise agrega numunesi ölçü kabı içine konduktan sonra tartı yapılır. İki tartı arasındaki fark ölçü kabından taşan suyun ağırlığını yani agrega deney numunesinin tanelerin toplam hacmini vermektedir. Aşağıdaki denklemle hesaplanır. [10,12]

$$\delta = W_1 / (W_1 + W_2 - W_3) \quad (2.2)$$

Burada;

δ_a = Agreganın özgül ağırlığı

W_1 = Suyu doymuş yüzey kuru numune ağırlığı

W_2 = Su ile dolu ölçü kabı ağırlığı

W_3 =İçine konmuş, su dolu kabın ağırlığıdır.

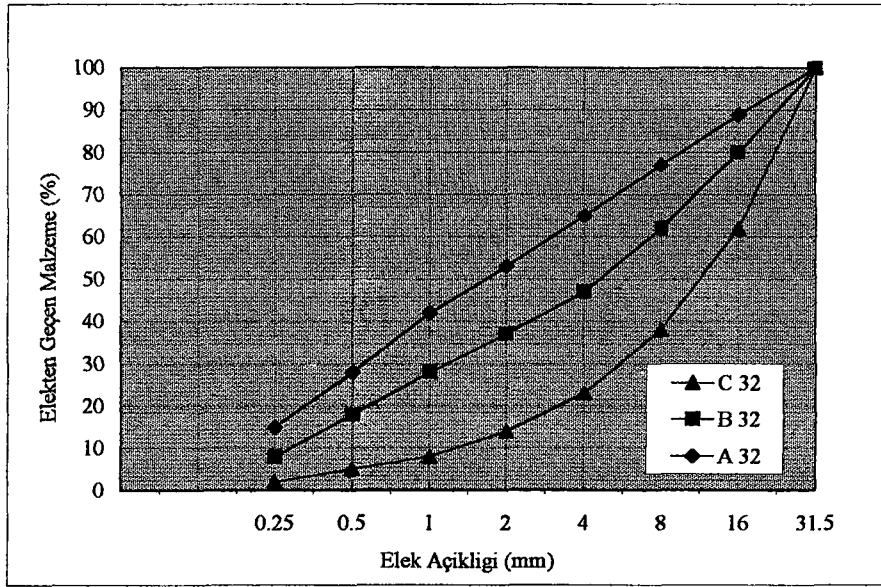
Su emme deneyi

Alınan deney numunesi etüv kurusu durumuna getirilir, tartılır ağırlığı ölçülür, sonra ise numune su içinde 24 saat bekledikten sonra malzeme suya doymuş yüzey kuru durumuna getirilir ve tartılır.İki ağırlık arasındaki farkın suya doymuş yüzey kuru malzemeye oranının yüzde cinsinden ifadesi su emmeyi verir.Su emme aşağıdaki denklemden hesaplanır. [10,12]

$$\text{Su emme (\%)} = (W_2 - W_1) / W_2 \quad (2.3)$$

Elek analizi deneyi

Bir agregada belirli boyutlardaki tanelerin dağılımını gösteren eğriye granulometri eğrisi denir. Agreganın granulometrisi elek analizi ile belirlenir. T.S. 706' a göre elek analizinde kare kesitli 31.5 mm, 16.5 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm lik elekler kullanılır. Bir agrega üzerinde elek analizi deneyinin esasları T.S. 3530' da belirtilmektedir. Betonda kullanılacak karışımın tane dağılımı Şekil 2.3'de gösterilen ideal granulometri eğrileri arasında kalmalıdır.[10]



Şekil 2.3 Referans granulometri eğrileri (Dmax=31.5 mm)

Kirlilik (Yıkabilir maddeler) deneyi

Deney numunesi suyun altında yıkandıktan sonra 200 no' lu elekten (0.063 mm elek) geçen malzemenin kuru malzeme oranının yüzde olarak ifadesidir. Aşağıda denklem yardımıyla kirlilik hesaplanır.

$$\text{Kirlilik (\%)} = (A-B)/A \quad (2.4)$$

A=Kuru ağırlık

B=Yıkandıktan sonraki ağırlık

Genellikle agrega aşınma dayanımı (Los Angeles) deneyi, agrega dona dayanıklılık deneyi, agrega organik madde tayini deneyi, alkali agrega aktivitesi deneyi hazır beton laboratuvarların çok sıklıkla yapılmayan deneyler olup agregadan kaynaklanan problem olduğu düşünülünce veya yeni bir agrega kaynağı tercih edildiğinde yapılır. [10]

c) Taze beton deneyleri

Betonun taze beton durumundayken işlenebilirliğini, kıvamını, sıcaklığını, içindeki havayı ve birim ağırlığını ölçmek için yapılan deneylerdir.

Öncelikle deney numunesinin ana betonu temsil eden gerçekçi bir numune olması gerekmektedir. Bu nedenle numune alınırken standartlara uyulmalıdır. Alınan numune iyi bir şekilde karıştırılıp homojen hale getirildikten sonra deney için hazır hale gelir.

Çökme deneyi

Çökme deneyi T.S. 2871' e göre kesik koni şeklinde bir kalıba doldurulan taze betonun kalıp çekildikten sonraki çökme miktarının cm ya da mm olarak ölçülmesidir.

Bu deneyde kesik koni şeklindeki çökme hunisi deneyden önce ıslak bezle silinir ve huni, nemli ve su geçirmez bir yüzeye yerleştirilir. Huniye taze beton 3 katman halinde ve her katman 25 kere şişlenmesiyle yerleştirilir. Katmanların şişlenmesi her seferinde dışarıdan içeriye doğru dairesel bir yol izleyerek yapılır. Orta ve üst katmanların şişlenmesi sırasında şiş alt katmana 2.5 cm civarında girer. Beton şişlenip, yerleştirilip ve üst yüzeyi tesviye edildikten sonra huni yavaşça dik bir şekilde yukarı kaldırılır ve çöken betonun yanına konur. Çökme hunisinin üzerine yatay olarak konan şişleme çubuğunun alt yüzeyi ile çöken betonun üst yüzeyi arasındaki mesafe taze betonun çökme değeri olarak kabul edilir. Tüm deney 2 dakika içerisinde bitirilerek deney tamamlanır. [23]

Taze beton sıcaklığı deneyi

Taze beton numunesi alındıktan sonra , beton içersine dalıcı termometre daldırılır ve beton içersinde yaklaşık 30 sn kaldıktan sonra termometredeki beton sıcaklığı okunur. [25]

Taze betonda hava miktarı deneyi

Taze betondaki hava iki şekilde olabilir. Karıştırma işlemi sırasında beton içinde hapsolmuş hava veya betonu donma çözülme direncini artırmak için hava sürükleyici katkıları kullanarak istenerek yerleştirilmiş havadır.

Taze betondaki hava miktarını ölçmek için genellikle basınç yöntemi kullanılır. Bu deneyde taze beton numune kabına üç katman halinde , her katman 25 kez şişlenerek, yerleştirilir ve hava ölçerin kapağı kapatılır. Uygulanacak olan basıncın beton yüzeyine düzgün olarak yayılmasını sağlamak için kaba belirli bir miktar su konduktan sonra kabın kapağı kelepçelenerek içerideki betonun dışarıyla ilişkisi kesilir.Sonra numune üzerine bir pompa vasıtasıyla standart bir basınç uygulanır. Uygulanan basınç altında havanın sıkışması nedeniyle oluşan hacim kaybına göre göstergeden taze betondaki hava miktarı doğrudan okunur. [26,27]

Taze beton birim ağırlık deneyi

Taze betonun birim ağırlığı belirli bir hacimdeki betonun ağırlığının ölçülmesiyle saptanır. Genellikle hava miktarını ölçmeden önce numune kabındaki betonun ağırlığı bulunarak birim ağırlık hesap edilir. [28]

d) Sertleşmiş beton deneyleri

Basınç dayanımı deneyi 15 cm veya 20 cm küp boyutlarındaki standart küp numuneler veya çapı 15 cm boyu 30 cm olan standart numuneler kullanılarak saptanır. Numuneler uygun bir test presi altında , uygulanan gerilme hızı saniyede 0.15 ile 0.35 N/mm² olacak şekilde ayarlanarak, kırılır ve kırılma yükü belirlenir. Bu yük uygulandığı alana bölünerek numunenin basınç dayanımı hesaplanır. [24,29]

2.4. Hazır Betonda İstatistiksel İncelemeler

İstatistik, çeşitli karakterlere sahip olan problemlere uygun çözüm bulmak amacıyla geliştirilmiş yöntemler topluluğudur. [29]

İstatistiksel kalite kontrol, istatistik tekniklerinin, veri toplamak, analiz etmek, yorumlamak ve çözümler getirmek üzere kalite problemlerine uygulanmasıdır.

İstatistik bir çok bilim dalında olduğu gibi kalite sistem yönetiminin de temel yardımcı vazifesi görmektedir. Üretim yöntemlerinin ve ürün yapısının karmaşıklığı kaliteli ve tek düze ürün elde etme çabalarını büyük ölçüde engellemektedir. İstatistik bu sorunların çözümünde kullanılan temel bir araçtır. Büyük miktarlarda üretim söz konusu olduğunda üretilen mamullerin kalitesini kontrol etmek ve muayene edilecek birimlerin miktarını belirlemek istatistik metotların kullanımı ile mümkün olmaktadır.[29]

Olasılık ve istatistik kavramları, olasılık dağılımları, test dağılımları ve bunların uygulandığı hipotez testleri, varyans analizi, proses analizi, muayene ve kabul örnekleme gibi tekniklerin yanı sıra kalite kontrolde “Kalite Kontrol için 7 Araç” adı verilen istatistiksel teknikler uygulanmaktadır.

Kalite sisteminin gereği olarak toplanan veriler analiz edilmeli, yorumlanmalı ve çözüm teknikleri geliştirilmelidir. Bu aşamalarda kullanılacak 7 temel istatistik teknik ise şunlardır,[29]

1)Çetele Tablosu

2)Histogram

- 3) Pareto Şeması
- 4) Neden-Sonuç (Kılçık) Diyagramı
- 5) Verilerin Gruplandırılması
- 6) Serpilme Diyagramı
- 7) Kontrol Şemalarıdır

Bu tekniklerden çetele tablosu ve histogramı yakından incelersek;

Çetele Tablosu

Herhangi bir konudaki muayene ve test verilerinin kaydedildiği forma çetele tablosu adı verilir. Diğer istatistik teknikleri için ilk veri tabanını ve aşamayı oluşturur. Ölçülen bu veriler bu konuda oluşturulmuş bir forma işlenir. Formun üzerinde verilerin kim tarafından nerede, ne zaman ve nasıl sağlandığını belirtilmesi gerekir.

Histogram

Mühendislikle ilgili herhangi bir olguda yada süreçte, önce elde edilen bilgilerin yapısı ve belirsizlik derecesi araştırılır. Bu amaçla, deney ya da gözlem sonuçlarını işlenmemiş veri listesine düzenli bir hale getirilmesi gerekir. Anılan liste incelenirse , ölçülen yada gözlenen değerlerin genellikle bir aralıkta yer aldığı, ve kimi değerlerin ötekilerden daha fazla tekrarlandığı görülür. Dolayısıyla, deneysel ya da gözlemsel yolla edinilen bilgiler bir histogram yada frekans diyagramı ile grafik olarak gösterilebilir. Başka bir anlatımla histogram, deney ya da sonucu sağlanan bilgilerin değişkenliğini gösteren olgusal bir grafiktir. Her histogram sadece tek özelliği ölçer. Aynı özelliğe ait zaman içinde birden fazla histogram yapılarak olayın gelişimi takip edilir. Histogram çizebilmek için yatay eksene ölçülen değerleri, yani toplanan verileri sınıflandırarak yazmak gerekmektedir. Her bir sınıfa düşen frekans sayılarını da düşey ekseninde gösterilir. Yorumların gerçeği yansıtabilmesi için en az 50 ve genellikle de 50-100 arasında veri ile çalışmanın daha doğru olacağı ifade edilmektedir. Belirli bir deneysel ya da gözlemsel veriler takımına ilişkin histogram şu şekilde oluşturulur. Absis ekseni üzerinde gözlenen en küçük ve en büyük değerleri içeren bir uzunluk seçilir. Bu uzunluk , veriler göz önünde bulundurularak, mantıksal, eşit aralıklara bölünür. Sonra, yükseklikleri ilgili aralıklara düşen veri sayılarını (frekansları) temsil eden ordinat eksenine paralel çubuklar çizilir. Bu sınıf aralığına düşen veri sayısının toplam veri sayısına

bölünmesiyle elde edilen oran, o aralığa ilişkin bağıl frekans ve bağıl frekansın aralık uzunluğuna bölünmesiyle elde edilen oran da frekans yoğunluğu olarak tanımlanır. Bağıl frekansların toplamı ve frekans yoğunluğunun altında kalan alan “bire” eşit olur. Özetle histogram, ilgili rasgele değişkenin belirli değer aralıklarına ilişkin frekanslarının ya da bağıl frekanslarının dağılımını gösteren bir diyagramdır. Verilen başka bir grafik tanıtımı da birikimli frekans dağılımıyla yapılabilir. Bu dağılım her aralığa ilişkin bağıl frekansların ardışık kısmi toplamalarının hesaplanması ve belirlenen değerlerin aralık sınırlarında ordinat olarak gösterilmesiyle oluşturulur. Deney ya da gözlem sayısı artırılır ve sınıf aralığı küçültülürse histogram sürekli bir eğriye yaklaşır ve veri sayısı sonsuz olduğu zaman, limitte bir eğriye dönüşür. Bu eğriye olasılık yoğunluk eğrisi ya da olasılık dağılım eğrisi denir. [30]

Histogramlar, dağılımın büyüklüğünü, simetri ve asimetri durumunu, şeklini, tek veya çift modlu oluşu gibi durumları yansıtır. Bunları izlemek suretiyle mevcut ve muhtemel sorunların yapısıyla ilgili önemli ipuçları elde edebiliriz. Başlıca üç tip histogram vardır. Normal dağılıma benzeyen, sağa veya sola asimetrik histogramlar. Eğer üzerinde çalıştığımız değerler (çıktılar) normal çan eğrisi şeklini alıyorsa (histogramın tepe noktaları birleştiğinde ortaya çıkan şekil) tesadüfi nedenlerden dolayı değişiklik olduğu ve bunu kabul etmemiz ortay çıkar. Çan eğrisi dışında bir eğri çıkıyorsa mutlaka prosesimizde bir hata olduğu ortaya çıkmış olur. Bu bakımdan normal dağılımın çok iyi bilinmesi gerekir.

Kalite kontrolü, bir işin gereklerinin belli tolerans limitleri içinde kalınarak yapılıp yapılmadığının kontrol edilmesidir.

Öte yanda Neville kalite kontrolünü belli mukavemet seviyesinde olması gereken betonun ölçülen en küçük ve ulaşılması hedeflenen ortalama mukavemet değeri arasındaki farkı kontrol eden işlem olarak tanımlar. Kalite kontrolü buna bağlı olarak da karışım malzemelerinin özelliklerinde ki değişikliğin kontrolü ve betonun mukavemeti ile işlenebilirliği etkileyen operasyonların,(karışım malzemelerinin ölçülmesi, karıştırma, yerleştirme, sıkıştırma ve kür) kontrolü olarak da tanımlanmıştır. [25]

Betonda kalite kontrolü yapılmasının nedeni yapılan karışımlarının minimum değişim göstererek yazılı olan şartnamelere uygun olan betonun yapılmasını sağlamaktır. İstatistiksel metodlar kullanılarak beton kalite kontrolü betonun

ortalama mukavemeti ve bu ortalama mukavemetin varyasyonunun gösterilmesi yolu ile yapılabilir.

Beton mukavemetinin kalite kontrolü aşağıdaki şartların yerine getirilmesi ile tamamlanabilir.

- a) Sürekli olarak küp basınç mukavemeti ölçülmesi.
- b) Sistematik olarak sonuçların kontrol edilebilmesi için analiz yapılması.
- c) Analiz sonuçları ışığında karışım oranlarının gözden geçirilmesi ve gerekli seviyedeki kalitenin elde edilmesine çalışılması

Beton özelliklerinin bir çok etkene bağlı olarak değişkenlik göstermesi beton kalitesinin belirlenmesinde belirli bir güvenlikte olasılığa dayalı istatistiksel yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Beton sınıfını belirlemek için sadece ortalama dayanımını hesaplamak yeterli değildir. [29]

2.4.1 Beton Basınç Dayanımlarının Değişkenliği

Beton deney numunelerinin basınç dayanımlarındaki değişkenliğin büyüklüğü malzemelerin, beton üretiminin ve deneyin nasıl kontrol edildiğine bağlıdır. Dayanımlardaki farklar iki farklı temel kaynakla açıklanabilir. [31]a) Beton karışımının ve bileşenlerindeki veya miktarlarındaki özelliklerindeki değişiklikler b) Deney metodlarından ileri gelen farklardır.

Bilindiği gibi dayanım su/çimento oranı tarafından kontrol edilmektedir. Sabit mukavemetli beton üretimi için ilk kriter sabit su/çimento oranıdır. Çimento ve katılan su miktarı doğru ölçüldüğünden, agregalarda değişik miktardaki serbest su için düzeltmeler su/çimento oranını sabit tutmayı problem haline getirir.

Kullanılan agregaların, çimentoların, katkıların değişikliğinin her biri betonda dayanımların değişikliğine katkıda bulunduğu için betonun homojenliğini etkilerler. Taze betonun sıcaklığı istenen kıvamı gerçekleştirmek için gerekli su miktarını değiştirir dolayısıyla dayanım değişikliğini sağlar. İnşaat uygulamaları yetersiz karıştırma, kötü sıkıştırmalar, gecikmeler ve uygun olmayan küre bağlı olarak dayanımda değişikliklere neden olur. Bunların hepsi standart koşullarda üretilmiş ve saklanmış numunelerde düşünülmemelidir. Her katkı betona farklı bir değişken kattığı için katkıların kullanımı değişiklik yaratır. Hızlandırıcıların, geciktiricilerin, puzzolanların ve hava sürükleyici katkıların katılması dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir.

Tablo 2.13 Betonda Mukavemet Değişikliklerinin Belli Başlı Kaynakları

Beton özelliklerindeki değişiklikler	Deney metodlarındaki uygunsuzluk
a)Su/çimento oranındaki değişiklikler -Su miktarının kötü kontrolü -Agregadaki serbest suyun çok değişmesi -Betona su ilave edilmesi	a)Uygun olmayan numune metodu b)Uygun olmayan bir fabrikasyon tekniği -Sıkıştırma miktarı
b)Gerekli su isteklerindeki değişiklikler -Agrega granulometrisi, su emme, tane şekli -Çimento ve katkı özellikleri -Teslim zamanı ve sıcaklık	-Numunenin fazla miktarda elde oyalanması -Taze beton numunelerine gösterilen hassasiyet -Düşük kalitedeki kalıplar
c)Bileşenlerin oranlarında ve karakteristiklerinde değişiklikler -Agrega -Çimento -Puzzolan -Katkı	c)Kürdeki değişiklikler -Sıcaklık değişikliği -Rutubet değişikliği d)Kötü deney tekniği -Başlıklama -Basınç deneyi
e)Sıcaklık ve kürdeki değişiklikler	

Beton deneyleri yerinde dökülmüş yapı betonlarındaki dayanım değişikliklerini numunelere uygulanan yöntem, tipine göre tam yansıtabilir veya yansıtmayabilir. Ayrıca numunelerin imal şekli, bakımı(kür) ve deney şekli yapı betonunda mevcut olmayan mukavemet değişiklikleri yaratabilir. Bu bakımdan numune alma, bakım, ve deney şekilleri uzun çalışmalar sonucu ortaya çıkarılmış olan bir standarda göre yapılmalı ve standartta belirtilen hususlara uyulmalıdır. Ayrıca deney için kullanılan pres ve diğer makinaların tam bir doğrulukla çalıştığından emin olmak gerekir. Bunların bakımı periyodik olarak yapılmalıdır.

İşte bu sebeple beton kontrolünde yani bir yapıya giren beton mukavemet kalitesini tam anlamak ve sonuçları en uygun şekilde vermek için tek yol olan istatistik metodlara başvurulmaktadır. Ancak bu metoddan da iyi sonuç alınması için imal edilmiş betonlardan uygun sayıda beton numunesi alınmış ve basınç dayanımdeneyleri yapılmış olması gerekir. [31]

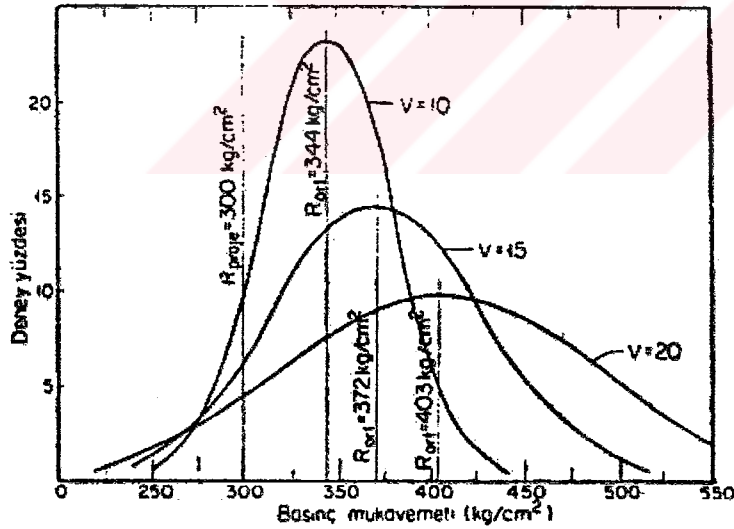
2.4.2. İstatistik Fonksiyonlar

Günümüzde beton kalite denetimi istatistiksel yöntemler kullanılarak yapılır ve elde edilen sonuçlar bir güvenlik derecesi ile değerlendirilir. En yaygın kullanılan istatistiksel parametreler aritmetik ortalama ve standart sapmadır. [30]

Normal Dağılım Eğrisi (Gauss-Laplace Dağılımı)

Belli projenin kontrolü için alınmış numunelerde elde edilmiş sonuçlar, apsiste mukavemetler, ordinat da deney sayısı veya deney yüzdesi olmak üzere işlendiği takdirde meydana gelen eğridir.

İstatistik analizin çok komple bir detayı için eğrinin şeklinin çok hassas tayini gerekir. Şayet iyi bir kontrol var ise mukavemet değerleri ortalamaya yakın olacak ve eğri dar ve yüksek olacaktır. Buna karşı mukavemetteki değişiklikler çok fazla olduğu takdirde noktalar dağılacak dolayısıyla eğri basık ve yayvan olacaktır. Şekil 2.4’de normal dağılım eğrileri gösterilmiştir. [29]



Şekil 2.4 Normal Dağılım Eğrisi

Çoğu zaman normal eğri denilen normal dağılım istatistikte çok yaygın olarak kullanılan sürekli bir olasılık dağılımıdır. Bu dağılım ayrıca Gauss dağılımı olarak da bilinir. Normal dağılıma uygunluk farklı yöntemlerle test edilebilir. Bu yöntemlerden biri düşey eksene bağlı birikimli frekanslar ve yatay ekseninde dilim üst sınırları alınmak suretiyle elde edilecek eğri ile düşey eksende lineer olmayan

uygun bir ölçek kullanılarak eğri doğruya dönüştürülmesidir. Bunun için yatay ekseninde belirli bir lineer ölçeğe göre eşit aralıklar işaretlenir. Düşey ekseninde eğri doğruya dönüşecek şekilde eşit olmayan aralıklarla işaretlendirilir. Bu şekilde ölçeklendirilen kağıda olasılık kağıdı denir. Bu şekilde elde edilen olasılık kağıdı yardımıyla dağılımın normal dağılıma uyup uymadığı büyük bir olasılıkla kontrol edilebilir. Bunun için olasılık kağıdı üzerinde düşey ekseninde bağlı birikimli frekanslar, yatay ekseninde de dilim üst sınırları alınmak suretiyle değerler kağıda noktalanır. Eğer noktalar arasında, uygun bir doğru geçiyorsa dağılım normal dağılıma uygundur denir. Yada birikimli frekans dağılımı grafiğindeki eğrinin korelasyon katsayısının R_k 'nin 1'e yakın olmasıdır. Korelasyon katsayısı hesabını excel isimli tablolama programı yapabilmektedir. [32]

Başka bir yöntem olan χ^2 testi ile normal dağılıma uygunluk kontrol edilebilir. Bu test gözlenen bir frekans dağılımının esas alınan herhengi bir teorik dağılıma uygun olup olmadığını araştırmakta kullanılır. Rastgele nedenler yüzünden k tane aynı durum için örnek üzerinde gözlenen n_i ve kuramsal olark beklenen e_i frekanslarının farkları alınmakta ve bu farklar rastgele değişken sayılmaktadır. Eğer bu farklar rastlantı sonucu sonucu oluşmuş ve normal dağılım gösteriyorlarsa; [32]

$$\chi^2 = \sum (n_i - e_i)^2 / e_i \quad (2.5)$$

olarak hesaplanan χ^2 dağılımına uyacaktır. Buna göre hesaplanan χ^2 değeri $v = k - 1 - r$ serbestlik derecesine χ^2 dağılım tablosu yardımıyla denetlenmektedir.

$$v: \text{Serbestlik derecesi} \quad v = k - 1 - r \quad (2.6)$$

r : Dağılımın, örnekten hesaplanması gereken parametre sayısı

k : Sınıf, dilim veya nokta sayısı

α : Güven derecesi

$\chi^2 = 0$ tam uyum

$\chi^2 > \chi^2_{v, \alpha}$ ise uyum yok demektir.

a) Ortalama Dayanım (f_{cm})

Ortalama dayanım bütün numunelerin aritmetik ortalama değeridir. [29]

n : Ortalama dayanım

$$f_{cm} = \sum_{i=1}^n f_i / n \quad (2.7)$$

f_1, f_2, f_3 = Tek tek numunelerin basınç dayanımları

n = Deneye tabi tutulan numune sayısıdır.

b) Standart Sapma (σ)

Standart Sapma ise bu değer ortalamadan sapmayı belli eden ve çok kullanılan bir ölçüdür. Karesel sapma toplamı ortalamasının karekökü olup n idaki gibi ifade edilir. [29]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f_{cm})^2}{n}} \quad (2.8)$$

Numune sayısı (n) < 25 ise n yerine ($n-1$) alınır. Proje hesaplarında esas alınan dayanım sınıfları, betonun 28 günlük karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}) ile tanımlanır. Karakteristik dayanım tek bir beton numunenin dayanımı olmayıp bir grup numuneden hesaplanan değerdir. [29]

c) Değişkenlik Katsayısı (v) (Varyans Katsayısı)

Bu değer standart sapma değerinin ortalamaya göre yüzde ifadesidir. [29]

$$V = (\sigma / f_{cm}) \times 100 \quad (2.9)$$

d) Range: R

Bir gruptaki en büyük ve en küçük mukavemet değerleri arasındaki farktır. Bu değer deneyler arasındaki standart sapmanın hesaplanmasında kullanılır. [31]

e) Deneyler arası Standart Sapma ve Değişkenlik Katsayısı (σ_1 ve V_1)

Tek bir harmandan alınan çeşitli numuneler üzerinde deney yapılırsa görülmektedir ki birbirinden farklı sonuçlar alınır. Bu değişiklik numune alma kür ve

deney yapma şeklindeki farklılıklardan meydana gelir. Ayrıca bir harmanın çeşitli bölgelerinden alınan numune basınç farkları da betonyerin iyi karıştırmamasından ileri gelir.

Şu halde harmanın muhtelif yerlerinden alınan beton numuneleriyle çıkan sonuçlar betonyer ve deney uygunluğuna göre birbirinden fark edecektir. Bu bakımdan ortalama fark değeri R nin doğru olarak bulunması için en az 10 ayrı yerden eş numuneler alınarak sonuca gitmek gerekir. Deneyler arası standart sapma ve değişiklik katsayıları aşağıdaki formülden hesaplanır. [31]

$$\sigma_1 = \frac{1}{d_2} \cdot R \quad (2.10)$$

$$V_1 = \frac{1}{f_{cm}} \cdot R \quad (2.11)$$

Burada ;

Her gruptaki numune sayısına göre bir sabit
 σ_1 = Deneyler arasındaki standart sapma

d_2

V_1 = Deneyler arasındaki değişkenlik katsayısı

f_{cm} = Ortalama mukavemet

Tablo 2.14 d_2 Değerleri

Numune Sayısı	d_2	$\frac{1}{d_2}$
2	1,128	0,8865
3	1,693	0,5907
4	2,059	0,4877
5	2,326	0,4299
6	2,534	0,3946
7	2,704	0,3698
8	2,847	0,3512
9	2,970	0,3367
10	3,078	0,3249

2.4.3. Basınç Dayanımlarının Değerlendirilmesi

a) Genel Değişkenlik Düzeyi

Beton kontrolünün iyi veya kötü olduğuna karar vermekte bir çok yerde bu değişiklik katsayısı kullanılmaktadır.Çeşitli araştırmacı ve kuruluşlar V değerlerine göre beton kontrolünü tarif eden ve sınıflayan tablolar hazırlamışlardır.Bunlar aşağı yukarı birbirine çok yakındır. Örnek olarak ACI tarafından kabul edilen sınıflandırma verilmektedir. [31]

Tablo 2.15 Çeşitli beton kontrol standartlarında standart sapmalar

Kontrolün Kapsamı	Değişik kontrol standartlarında standart sapmalar σ (N/mm ²)				
	Fevkalade	Çok İyi	İyi	Vasat	Kötü
Genel İnşaat	<2,81	2,81-3,52	3,52-4,22	4,22-4,91	4,92<
Laboratuvar Kontrolü	<1,41	1,41-1,76	1,76-2,11	2,11-2,46	2,46<

Tablo 2.16 Çeşitli beton kontrol standartlarında deney içi değişkenlik (varyasyon) katsayıları

Kontrolün Kapsamı	Çeşitli kontrol standartlarında değişiklik katsayıları (%)				
	Fevkalade	Çok İyi	İyi	Vasat	Kötü
Şantiye Kontrolü	<3	3-4	4-5	5-6	6<
Laboratuvar Kontrolü	<2	2-3	3-4	4-5	5<

b) Türk Standartlarında Basınç Dayanımı

Eşdeğer küp numunenin bir kenarı 200 mm'dir. TS 500 ve TS 11222'deki karakteristik dayanım (f_{ck}), proje dayanımı olan f_{cd} 'den büyük veya en az ona eşit olmalıdır. ($f_{ck} \geq f_{cd}$) [18,19]

Şekil 2.5'de gösterildiği gibi, beton küp basınç deney sonuçlarının dağılımı Normal Dağılım eğrisine uygun olan bir beton biriminin ortalama dayanımı f_{cm} ise beton birimi için karakteristik dayanım (f_{ck}) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f_{ck}=f_{cm}-1,28\sigma \quad (2.12)$$

Karakteristik dayanımı ifade eden denklemdeki 1,28 katsayısı TS 500 ve TS 11222'de % 90 güvenlik derecesine karşı gelen bir parametredir. Başka bir deyişle numunelerin mukavemetinin karakteristik mukavemet f_{ck} nın altına düşme olasılığının %10 olduğunu ifade eder. σ beton üretim tesisinin belirlenen standart sapması olup, üretim araçlarına, kullanılan malzemelere ve firmanın uyguladığı üretim tekniğine , kalite denetimine ve personelin nitelik ve deneyim durumuna bağlıdır.

İstenilen proje dayanımı olan f_{cd} 'yi elde etmek için aranan hedef dayanım (f_{ca}) şöyle hesaplanır: [18,19]

$$f_{ca}= f_{cd} +1,28\sigma \quad (2.13)$$

Bu denklemdeki standart sapmanın (σ) bilinmesi gereklidir. TS 500 standart sapma hakkında karar verilememesi durumunda f_{cd} ' yi sabit bir değer kadar artırarak f_{ca} 'nın belirlenmesini aşağıdaki gibi kabul etmektedir. Bu sabit değer TS 500' de beton sınıf dayanımını fonksiyonu olarak Tablo2.17'deki gibi verilmektedir. [18]

$$f_{ca}= f_{cd} +\Delta \quad (2.14)$$

Tablo 2.17 Standart sapma verileri

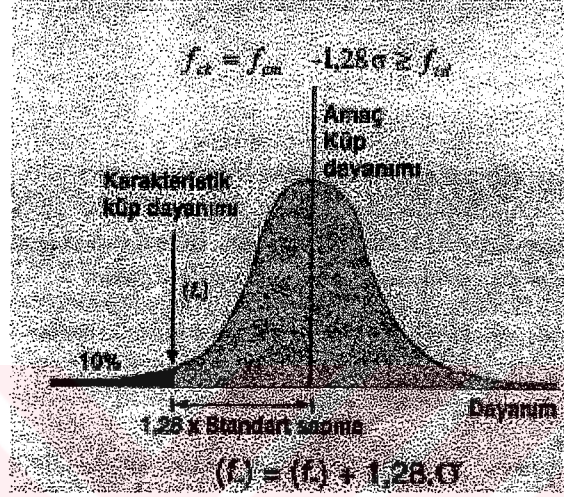
Beton Sınıfı aralığı	$\Delta, N/mm^2$
BS 12 ile BS 16 arası	4
BS 20 ile BS 30 arası	6
BS 30' dan büyük	8

c)TS 500'e göre kabul koşulları

TS 500' e göre her beton biriminden en az 3 numune alınarak, bunların ortalaması sınıf dayanımının altına düşmemeli ve hiç bir tekil küp dayanımı da verilen sınıf dayanımının % 85' inden küçük olmamalıdır ve aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

$$f_{cm} \geq f_{cd}+3 \quad f_{cm} \leq f_{cd}+3 \quad (2.15)$$

Sınıf sayısı artırılmış ve beton biriminde üretilen betonların basınç dayanımları istatistiksel bir yaklaşımla değerlendirilir. Projede öngörülen f_{cd} sınıf dayanımına göre şantiyede beton üretilerek $f_{ck} = f_{cm} - 1,28\sigma \geq f_{cd}$ koşulu yerine gelmelidir. Şekil 2.5’de normal dağılım eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Normal Dağılım Eğrisi

2.5. Bu konuda yapılan çalışmalar

Bu konuda yapılan ilk çalışma Öztekin ve arkadaşlarına [33] aittir. Ekim-Kasım 1993 döneminde İstanbul’da bir hazır beton tesisinde yürütülen çalışmada hazır betonun santral çıkışı ve şantiye teslimi kaliteleri olarak taze beton sıcaklığı, çökme, basınç dayanımı incelenmiştir. taşıma sürecinde hazır beton kıvamından kaybetmekte, bu kayıp şantiyede su ilavesiyle dengelenirse mukavemet kaybı oluşmaktadır.

Öztürk [34] tarafından yapılan çalışmada ise bir hazır beton firmasının tesislerinden sekiz ay süresince toplanan veriler istatistiksel olarak incelenmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre, TSE tarafından hazır beton ile ilgili talimatlar henüz hazırlanmadığı için betonun kalite kontrolü ile ilgili bazı anlaşmazlıkların var olduğu ifade edilmiştir.

NOT: TSE 500’ün Şubat 2000’de revize edilmiş halinin yürürlüğe girmesiyle bazı değişiklikler yapılmıştır. [35] Bu değişiklikler aşağıda anlatılmıştır.

Beton Sınıfları ve Betonun Basınç Dayanımı

Betonun tanımlanması ve sınıflandırılması basınç dayanımına göre yapılır. Basınç dayanımı, çapı 150 mm ve yüksekliği 300 mm olan standard deney silindirlerinin 28 gün sonunda, TS 3068'e uygun biçimde denenmesiyle elde edilir. Beton karakteristik basınç dayanımı f_{ck} , denenecek silindirlerden elde edilecek basınç dayanımlarının bu değerden düşük olma olasılığı belirli bir oran (genellikle %10 olan) değeridir. Gerekğinde basınç dayanımı, küp deneylerinden de elde edilir. Böyle durumlarda, karakteristik basınç dayanımı f_{ck} , geçerliliği deneylerle kanıtlanmış katsayılarla dönüştürülür. Bu amaçla, boyutları 150 mm olan küp için f_{ck} değerleri aşağıda verilmiştir. Boyutları 150 mm'den değişik küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımları gereken düzeltme yapılarak dikkate alınmalıdır.

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Mukavemeti, f_{ck} (N/mm ²)	Eşdeğer Küp (150 mm) Basınç Mukavemeti, f_{ck} (N/mm ²)
C16	16	20
C18	18	22
C20	20	25
C25	25	30
C30	30	37
C35	35	45
C40	40	50
C45	45	55
C50	50	60

Betonda Nitelik ve Denetim Koşulları

Şantiyede betonun basınç dayanımı , TS 3351' de tanımlanan biçimde bakımı yapılmış numuneler üzerinde yapılan nitelik deneyleri ile belirlenir. Gerekğinde kontrol(denetim) mühendisi, şantiyede saklanmış örnekler üzerinde yapılacak sertleşme deneyleri de isteyebilir. Bu deneyler 150 mm x 300 mm standard silindirler üzerinde yapılır. Zorunlu durumlarda, küp numuneler de kullanılabilir. Değerlendirmede her biri 3 silindirden (veya küpten) oluşan gruplar esas alınır.

Nitelik denetimi amacıyla, her üretim biriminden en az bir grup (3 numune) deney alınması zorunludur. Üretim birimi, aynı hesap dayanımı istenen ve aynı gereçler aynı oranda kullanılan betondan oluşur. Ayrıca, bir birim, aynı günde dökülmüş ve 100 m³ veya 450 m² alanı aşamaz. Bir işte, en az 3 grup (9 numune) alınması gereklidir. Grubu oluşturan numuneler, standard koşullarda saklandıktan sonra bunlara basınç deneyi uygulanır. Numunelerin her biri ayrı betoniye dökümünden veya transmikserden alınır. Aynı betoniye dökümünden birden fazla numune alınırsa, bunlar tek numune sayılır ve değerlendirmede ortalamaları dikkate alınır. Deney numunelerinin alınması, bakımı ve hazırlanmasında TS 2940, TS 3068, ve TS 3351'e; deneylerin yapılmasında TS 3114'e uyulacaktır.

Hazır beton kullanıldığında, üretim yerinde alınan numunelere ek olarak, şantiyede de yukarıda tanımlanan biçimde ve sayıda numuneler alınmalıdır. Değerlendirmede şantiyede alınan numuneler temel alınmalıdır. Alınan 3'er silindirik gruplar, alınış sırasına göre, G1, G2, G3,...Gn biçimde adlandırılmalı ve her grubun basınç dayanımı ortalanması belirlenmelidir. Birbiri ardından gelen üçer grupluk partilerin herbiri, P1 (G1, G2, G3), P2(G2, G3, G4), P3(G3, G4, G5),....Pn-2, aşağıda belirtilen iki koşulu birden sağlamalıdır, beton kabul edilmeyecektir.

a) Her parti ortalaması $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,0 \text{ MPa} \quad (2.16)$

b) Her partide en küçük grup ortalaması $f_{cmin} \geq f_{ck} - 3,0 \text{ MPa} \quad (2.17)$

Nitelik deneylerinden elde edilen sonuçlar yukarıda belirtilen koşulları sağlamıyorsa, yapının ve söz konusu yapı elemanlarının taşıma güçleri, yukarıdaki koşullardan elde edilmiş olan düşük beton dayanımına göre yeniden değerlendirilir. Önemli dayanım azalması belirlenirse, önlem alınması gereklidir.

Sertleşme deneyi gereken durumlarda, alınacak numuneler şantiye koşullarında saklanacak ve amac uygun zamanda denenecektir. En az 2 numuneden oluşması gereken gereken sertleşme deneyinin amacı, beton bakımının ve beton saklama yönteminin yeterli olup olmadığının denetlenmesi ve kalıp alma süresinin belirlenmesidir.

Denetim mühendisi, gerekli gördüğü durumlarda yerindeki betonun dayanımının belirlenmesini isteyebilir. Bu denetim yapıya zarar vermeyecek yerlerden alınacak karot örnekleriyle ve tahribatsız deneme yöntemleriyle (yüzey sertliği, ses hızı vb) gerçekleştirilebilir. Tahribatsız yöntemlerle denetlemede, o betona özgü korelasyonun belirlenmesi zorunludur.

3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslimi kalitelerinin karşılaştırmalı incelemesi yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda aynı transmikserden önce santralde örnek alınarak taze beton sıcaklığı, çökme ölçülmüş ve basınç deneyi için numune alınmıştır sonra transmikserle şantiyeye gidilerek aynı işlemler tekrarlanmış ve iki örnekleme arasında geçen süre, transmikser kazan devri kaydedilmiş ve betona su katılıp katılmadığı gözlenerek not edilmiştir. Elde edilen mukavemet sonuçları üzerinde istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışma birebir koşullarda müşteri betonları üzerinde olduğu için betonlara herhangi bir müdahale yapılmamıştır.

3.2 Hazır Beton Firması ve Tesisler

Çalışma Türkiye'nin ve İstanbul'un önde gelen hazır beton firmalarından birinin 3 ana tesisinde yapılmıştır. Firmanın yıllık beton üretim kapasitesi ortalama 1,000,000 m³/yıl'dır. Bu her üç tesis kapasite olarak ayda ortalama 12,000 m³ beton üretmektedir. Tesisler İstanbul'un yapılaşmanın en yoğun olduğu bölgelerde faaliyet göstermektedir.

Tesislerde beton üretimi bilgisayar kontrollü sistemlerle, agregaların loadcellli bunkerlerde tartılarak bant sistemi yardımıyla cebri karıştırıcıya getirilip betonun diğer bileşenleri ile karıştırılması ile sağlanmaktadır. Karıştırıcı mikser hacimleri 1 m³'lüktür ve kapasiteleri de 120 m³/saattir. Betonda agrega rutubet ve kıvam kontrolü santral operatörü odasındaki ampermetre yardımıyla sağlanmaktadır.

Betonun taşınması 7 veya 8 m³ hacimli transmikserler ile , şantiyede pompalanması ise yüksekliği 36 veya 42 metre'lik mobil beton pompaları ile sağlanmaktadır.

Tesiste kalite kontrol çalışmaları, santralde ve müşteri isterse şantiyede çökme deneyi yapılması ve basınç dayanımı deneyleri için numune alınması olmakta , tesiste ise agrega deneyleri, taze ve sertleşmiş beton birim ağırlığı deneyleri, çimento numunesi alınması, 7 ve 28 günlük numunelerin kırılması ve kantar kalibrasyon çalışmalarını kapsamaktadır. Tesiste 15:15 küp plastik kalıp içersinde 3 adet 7 günlük, 3 adet de 28 günlük toplam 6 numune alınmaktadır. Şantiyede ise bu 15:15 küp çelik kalıp içersinde 2 adet 7 günlük, 2 adet de 28 günlük toplam 4 numune olmaktadır Tesislerin beton karışım tasarımları ve formülasyonları ise firmanın merkez laboratuvarında hazırlanmaktadır.

3.3 Çalışmanın Kapsamı ve Üretilen Betonun Özellikleri

Hazır beton firmasının üç ana tesisinde Temmuz ile Aralık ayları arasında yapılan çalışmalarda santralde ve şantiyede, üretilen betonlardan toplam 140 seri numune alınarak taze ve sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirilmiştir. A, B, C tesisleri olmak üzere bu tesislerde ve tesislerin müşteri şantiyelerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda bazı sonuçlar elde edilmiştir.

A tesisin santralında ve müşteri şantiyesinde 30 seri BS 18, B tesisin santralında ve müşteri şantiyesinde 10 seri BS 20 ve 10 seri BS 25, C tesisin santralında ve müşteri şantiyesinde 10 seri BS 18 ve 10 seri BS 25 numuneleri alınmıştır.

Santralde üretilen betonlarda CÇ 32.5 ve CÇ 42.5 çimentoları kullanılmıştır. Çimento tesisten tesise ve beton sınıfına göre farklılık göstermektedir. Numune alınan tüm hazır beton seri üretimlerinde kıvam 17 ± 1 cm hedeflenmiştir. Kimyasal katkı olarak normal akışkanlaştırıcıların kullanıldığı çalışmada tesis bazında agrega granulometrisi,agrega türü ve kaynağı sabit kalmıştır. Agrega olarak kum,kırma kum, kırmataş 1, kırmataş 2 kullanılmış olup, maksimum dane çapı 31.5 mm olmuştur.

3.4 Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

3.4.1 Çimento

Deneylerde Lafarge Aslan Çimento A.Ş. fabrikasında üretilmiş CÇ 32.5 ve Akçansa Çimento A.Ş. fabrikasında üretilmiş CÇ-42.5 dökme çimentoları kullanılmıştır. Çimentoların fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Lafarge Aslan

Çimento A.Ş. çimento fabrikasında yaptırılmış olup sonuçlar Tablo3.1, Tablo3.2, Tablo3.3, Tablo3.4, Tablo3.5, Tablo3.6’da gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Yüksek Fırın Cürüflu Çimentonun (CÇ 42.5) Fiziksel Özellikleri

Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		3.03
Priz Süresi (saat)	Başlangıç	2.25
	Son	3.20
Hacim Sabitliği (Le Chatelier) mm		2
İncelik	Özgül Yüzey (Blaine) cm ² /gr	3540

Tablo 3.2 Yüksek Fırın Cürüflu Çimentonun (CÇ 42.5) Kimyasal Özellikleri

SO ₃ (%)	2.47
Kızdırma Kaybı (%)	1.57
Cüruf Miktarı (%)	20
MgO (%)	1.71

Tablo 3.3 Yüksek Fırın Cürüflu Çimentonun (CÇ 42.5) Basınç Dayanımı Sonuçları

Gün	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
2	21.1
7	36.0
28	50.0

Tablo 3.4 Yüksek Fırın Cürüflu Çimentonun (CÇ 32.5) Fiziksel Özellikleri

Özgöl Ağırlık (gr/cm ³)		2.98
Priz Süresi (saat)	Başlangıç	3.07
	Son	4.05
Hacim Sabitliği (Le Chatelier) mm		3
İncelik	Özgöl Yüzey (Blaine) cm ² /gr	3181
	200 µm elek üstünde kalan yüzde	4.5
	90 µm elek üstünde kalan yüzde	0.4

Tablo 3.5 Yüksek Fırın Cürüflu Çimentonun (CÇ 32.5) Kimyasal Özellikleri

Çözünmez Kalıntı (%)	0.67
MgO (%)	4.16
SO ₃	2.59
K ₂ O (%)	0.59
Kızdırma Kaybı (%)	0.87
Cl (%)	0.05
Serbest CaO (%)	0.43
C ₃ A (%)	0.0
C ₃ S (%)	0.0

Tablo 3.6 Yüksek Fırın Cürüflu Çimentonun (CÇ 32.5) Basınç Dayanımı Sonuçları

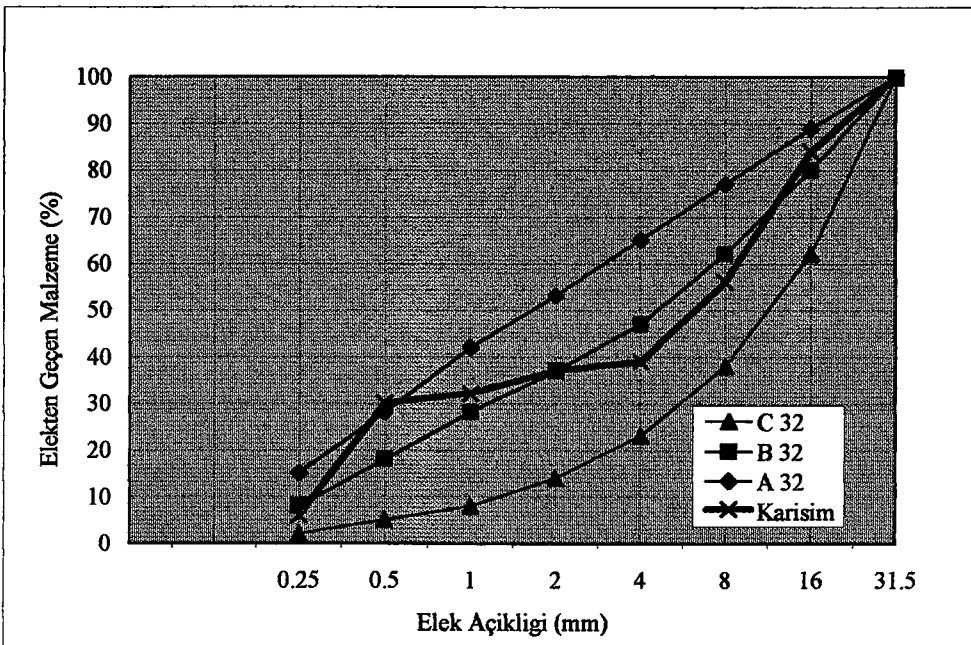
Gün	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	10.9
2	17.3
7	25.3
28	41.5

3.4.2 Agregalar

Çalışmada kullanılan agregalar tesisten tesise farklılık göstermektedir. Maksimum tane boyutu 31.5 mm olan agregaların T.S. 3530'a göre yapılan elek analizleri sonuçları Tablo 3.7 , Tablo 3.8 ve Tablo 3.9 da, agrega granulometri eğrileri de Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3 de verilmiştir.

Tablo 3.7 Agregaların elek analizi sonuçları (A Tesisi)

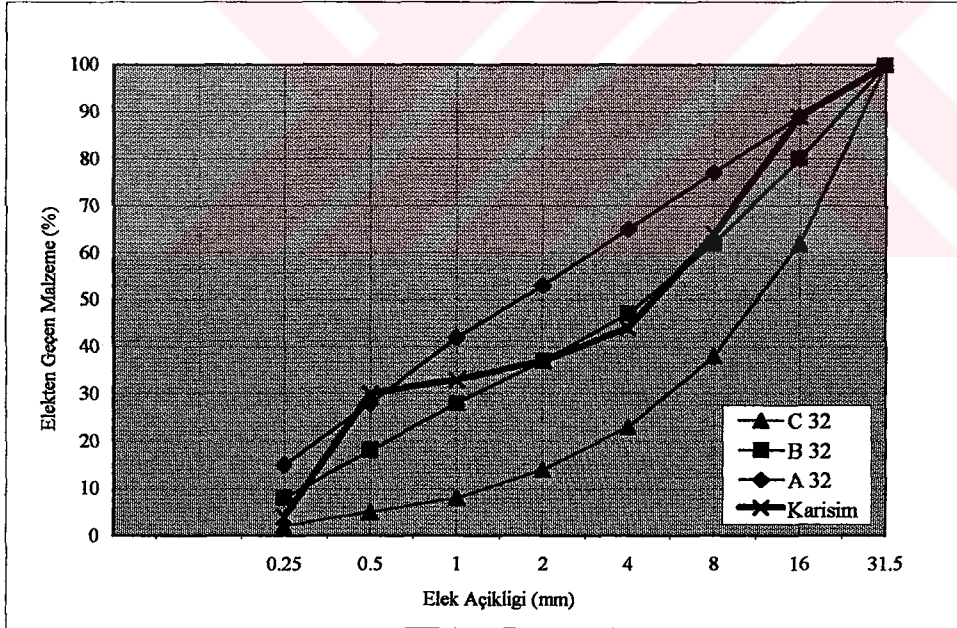
Elek Boyutu (mm)	Elekten Geçen (%)				
	Kırmataş 2 (% 26)	Kırmataş 1 (%34)	Kırma kum (%14)	Kum (% 26)	Karışım
31.5	100	100	100	100	100
16	34	100	100	100	84
8	2	46	100	100	56
4	0	7	77	100	39
2	0	5	63	100	37
1	0	0	46	100	32
0.5	0	0	35	98	30
0.25	0	0	26	10	6



Şekil 3.1 TS 706 ve karışım granulometri eğrileri (A tesisi)

Tablo 3.8 Agregaların elek analizi sonuçları (B Tesisi)

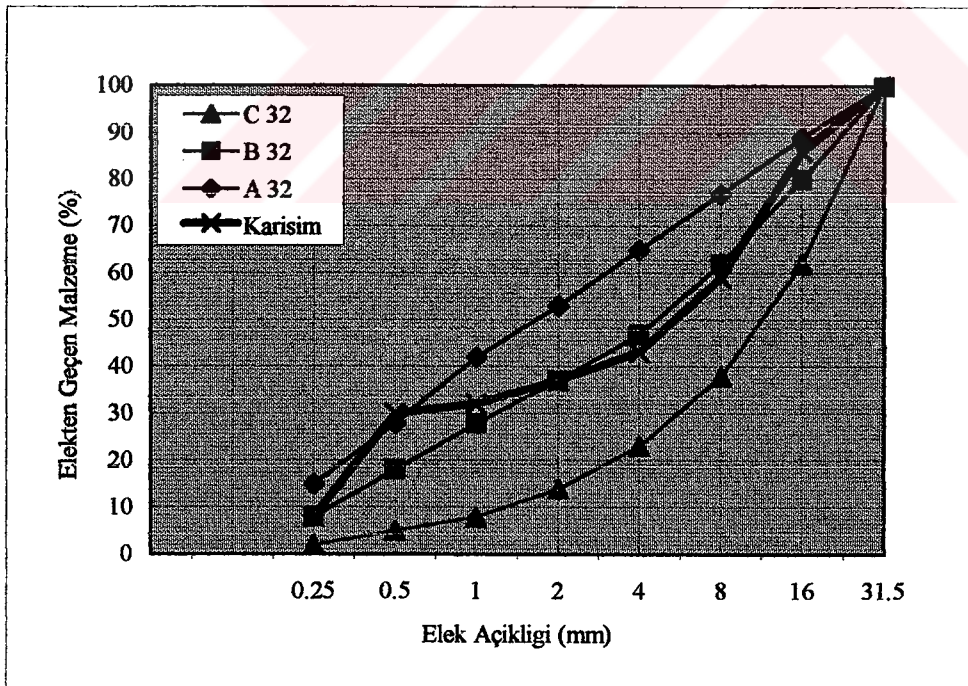
Elek Boyutu (mm)	Elekten Geçen (%)				
	Kırmataş 2 (% 26)	Kırmataş 1 (% 31)	Kırma kum (% 15)	Kum (% 28)	Karışım
31.5	100	100	100	100	100
16	58	100	100	100	89
8	1	66	100	100	64
4	0	3	98	100	44
2	0	0	57	100	37
1	0	0	33	99	33
0.5	0	0	19	97	30
0.25	0	0	10	8	4



Şekil 3.2 T.S. 706 ve karışım granulometri eğrileri (B tesisi)

Tablo 3.9 Agregaların elek analizi sonuçları (C Tesisi)

Elek Boyutu (mm)	Elekten Geçen (%)				
	Kırmataş 2 (%25)	Kırmataş 1 (%34)	Kırma kum (%15)	Kum (% 26)	Karışım
31.5	100	100	100	100	100
16	42	100	89	100	86
8	1	52	60	100	59
4	0	11	41	100	43
2	0	5	30	100	37
1	0	0	22	100	32
0.5	0	0	0	97	30
0.25	0	0	0	18	8



Şekil 3.3 TS 706 ve karışım granulometri eğrileri (C tesisi)

Tablo 3.10 Agregaların birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme deneyleri

Tesis	Malzeme	Özgöl Ağırlık (gr/cm ³)	Su emme (gr/cm ³)
A	Kırmataş 2	2.66	1.0
	Kırmataş 1	2.68	0.7
	Kırma Kum	2.64	1.9
	Kum	2.63	1.1
B	Kırmataş 2	2.73	0.4
	Kırmataş 1	2.70	0.8
	Kırma Kum	2.7	0.9
	Kum	2.64	1.0
C	Kırmataş 2	2.7	0.7
	Kırmataş 1	2.7	0.9
	Kırma Kum	2.69	1.6
	Kum	2.61	1.2

3.4.3 Katkı

Çalışmalarda 2 tip katkı kullanılmıştır. A tesisinde X katkısı, B ve C tesislerinde de Y katkısı kullanılmıştır.

X katkısı geciktirici etkili linyosülfonat esaslı bir normal akışkanlaştırıcı katkı malzemesidir. Katkının teknik özellikleri Tablo 3.11 de gösterilmiştir.

Tablo 3.11 X Katkısına ait Teknik Özellikler

Durumu	Renk	Yoğunluk (20° C) kg/dm ³	Donma Noktası	Cl ⁻ iyonu içeriği	pH	Na ₂ O eşiti	Katı Madde
sıvı	kahverengi	1,17	<-1 ° C	< 1 g/litre	12±1	<% 4.45	% 36.5

Y katkısı ise linyosülfonat esasına dayalı bir su azaltıcı ve normal akışkanlaştırıcı katkı malzemesidir. Y katkısının teknik özellikleri Tablo 3.12 de gösterilmiştir.

Tablo 3.12 Y Katkısına ait Teknik Özellikleri

Durumu	Renk	Yoğunluk (20° C) kg/dm ³	Donma Noktası	Cl ⁻ iyonu içeriği	pH	Na ₂ O eşiti	Katı Madde
Sıvı	Açık Kahverengi	1,13	-3 ° C	< 1 g/litre	9±1	< % 2.68	% 25

3.4.4 Su

Çalışmalarda karışım suyu olarak kuyu suyu kullanılmıştır. Beton içerisine giren suyun kimyasal analizi Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü laboratuvarında yaptırılmış olup sonuçlar Tablo 3.13 de gösterilmiştir.

Tablo 3.13 Suyun Kimyasal Analiz Sonuçları

Klorür (mg/L)	Sülfat (mg/L)	Toplam Çözünmüş Madde	Toplam Alkalinite (mg/L Ca CO ₃)	pH	Amonyak Azotu (mg N/L)
25.7	220	98	47.1	10.45	0.36

3.5 Numune Alınan Betonların Bileşimleri

Beton, hazır beton santralinde ideal granulometriye en yakın karışım granulometrisi ile 17±1 sabit çökme ile üretilmiştir. Betonun 1 m³'ü için karıştırma süresi tesisten tesise farklılık göstermiştir. Numune alınan betonlara ait teorik bileşimler Tablo 3.14'de verilmiştir.

3.6 Numune Boyut, Sayıları ve Taze Beton Deneyleri

Santralde transmiksere dolum yapıldıktan sonra, transmiksere betonun aldığı üst oluk ve kapağı transmiksere şoförü tarafından yıkanmıştır. Bu yıkama sırasında kazanın içersine su kaçırılmamasına itina gösterilmiştir. Yıkama sonrası transmiksere kazanı bir dakika hızlı devirde karıştırılarak betonun homojenliği sağlanmıştır. Transmiksere kazanı ters çevrilerek olduğundan, içi örnek betonun suyunu çekmemesi için ıslatılmış olan el arabasına yaklaşık 40 dm³'lük taze beton örneği alınmıştır. El arabasındaki beton örneği iyice karıştırılarak taşıma esnasında meydana gelen ayrışma giderilmiştir. Bu örneğin deney için gerekenden yaklaşık %20 kadar fazla

olması sağlanmıştır. Örnek alınan transmiksere aracının plakası not edilmiştir. Örnek alınırken T.S. 2940 esaslarına uyulmuştur. Taze beton üzerinde çökme konisiyle çökme deneyi yapılmıştır. Çökme deneyi için T.S. 2871'e göre alt çapı 20 cm, üst çapı 10 cm ve yüksekliği 30 cm olan kesik çökme konisi kullanılmıştır. Koninin içi ıslak bezle silinip su emmez bir yüzey haline geldikten sonra koni 3 kademede doldurularak, her tabaka kesit çapı 16 mm, boyu yaklaşık 60 cm olan çubukla 25 defa kenarlardan ortaya doğru dairesel olarak düşey bir şekilde şişlenmiştir. Şişleme sırasında çubuk birinci tabakada tabana değmiş diğer tabakalarda ise bir önceki tabakaya 2.5 cm girmiştir. Koni şişlenip doldurulduktan sonra kalıbın üstü mala ile tesviye edilmiş ve koninin etrafına dökülen beton temizlenmiştir. Daha sonra koni sarsılmadan kaldırılarak betonun çökme miktarı ölçülmüştür. [23,37]

Taze beton sıcaklığını için ölçmek dalıcı beton termometresi kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı da hava termometresinden okunmuştur.

Çökme deneyinden sonra basınç deneyi için içleri temizlenmiş ve yağlanmış kalıpların içersine, taze beton numunesi alındıktan en geç 15 dakika içersinde T.S. 3323'e göre küp numuneler hazırlanmıştır. Beton ebatları 15x15x15 olan 6 plastik küp kalıba 2 eşit tabaka halinde doldurulmuştur. Her tabakaya çökme deneyinde kullanılan çubukla 25 defa kenarlardan ortaya doğru dairesel olarak düşey şişleme yapılmıştır. Şişleme sırasında çubuk birinci tabakada tabana değmiş ikinci tabakada ise bir önceki tabakaya 2.5 cm girmiştir. Kalıba dökülen her kürek numunesinin betonun tamamını temsil edecek şekilde alınmasına dikkat edilmiştir. Doldurma ve şişleme işlemlerinden sonra betonun kıvamına göre tokmakla sağlı, sollu ve değişik şiddetlerde tokmaktama yapılmıştır. Üst yüzeyleri tesviye edilip, set numarası, tarih, çökme, beton sınıfı özelliklerini yazan etiket yapıştırılmıştır. Bu bilgiler hemen mukavemet ve küp kırım dosyasına kaydedilmiştir. Üçü 7 günde ve üçü de 28 günde kırılmak üzere 6 adet küp numune betonun sertleşme sürecinde zarar görmeyecek şekilde saklanmıştır. [36]

Sonra ise transmiksere şantiyeye gidilerek taşıma süresi ve transmiksere kazanının devri ölçülmüştür. Şantiyedeki firma elemanlarıyla müşterinin davranışına, su ilave edilip edilmemesine hiç karışılmamış, beton kullanılmaya başladıktan sonra transmiksere pompaya beton verirken el arabasıyla örnek alınarak Santralde yapılan işlemler T.S. 3351'e uygun olarak tekrar edilmiştir. Şantiyede ikisi 7 günlük, ikisi 28 günlük olmak üzere 4 adet çelik küp içinde basınç deneyi numuneleri hazırlanmıştır. Bu numuneler bir gün şantiyede kapalı alanda muhafaza edilmiştir. [37]

3.7 Saklama Koşulları ve Sertleşmiş Beton Deneyleri

Ertesi gün tesise getirilen şantiyede hazırlanan ikisi 7 günlük, ikisi 28 günlük çelik kalıplı numuneler ile tesiste hazırlanan üçü 7 günlük, üçü 28 günlük plastik kalıplı numuneler kalıptan çıkacak sertliğe ulaşp ulaşmadığı elle kontrol edildikten sonra kalıplarından çıkarılmıştır. Plastik kalıplı numuneler ters çevrilerek havayla çıkartılmıştır. Çelik kalıplı numuneler ise cıvataları sökölerek beton numuneler çıkartılmıştır. Plastik ve çelik kalıplar beton numunesi çıkartıldıktan sonra temizlenmiştir. Çelik kalıplar temizlendikten sonra monte edilip hemen yağlanmıştır.

Küp numuneleri kalıplarından çıkarılıp üzerlerine yağlı tebeşirle set numarası ve kırılma yaşı (7 ve 28 gün) yazılmıştır. İşaretlenmesi yapılan küpler aynı setin küpleri üst üste dizmek kaydıyla kırılma anına kadar kirece doygun suda $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta kür havuzu içinde saklanmıştır.

Altıncı günün sonunda 7 günlük küp numuneleri kür havuzundan çıkarılmış ve ertesi gün (7.gün) numuneler 200 tonluk manometreli preste basınç deneyi uygulanmış, 27. Gün sonunda 28 günlük küp numuneleri kür havuzundan çıkarılmış ve ertesi gün (28.gün) numuneler preste basınç deneyi uygulanmıştır. Deneylerde ilgili standartlara uyulmuştur.

Tablo 3.14 Üretilen Betonların Teorik Bileşimleri (1 m³ Betona Giren Malzemeler)

TESİS	BETON SINIFI	ÇİMENTO ÇÇ 42,5 (kg/m ³)	SU (kg/m ³)	KUM (kg/m ³)	K. KUM (kg/m ³)	K.TAŞ 1 (kg/m ³)	K.TAŞ 2 (kg/m ³)	KATKI N.Akış.X % Çim	TOPLAM (kg/m ³)	SÜRE (sn)
A	BS 18	295	195	474	259	633	484	% 0.4	2341	26

TESİS	BETON SINIFI	ÇİMENTO ÇÇ 32,5 (kg/m ³)	SU (kg/m ³)	KUM (kg/m ³)	K. KUM (kg/m ³)	K.TAŞ 1 (kg/m ³)	K.TAŞ 2 (kg/m ³)	KATKI N.Akış.Y % Çim	TOPLAM (kg/m ³)	SÜRE (sn)
B	BS 20	285	193	512	279	579	488	% 0.5	2337	45
	BS 25	315	188	508	277	575	484	% 0.6	2348	45

TESİS	BETON SINIFI	ÇİMENTO ÇÇ 32,5 (kg/m ³)	SU (kg/m ³)	KUM (kg/m ³)	K. KUM (kg/m ³)	K.TAŞ 1 (kg/m ³)	K.TAŞ 2 (kg/m ³)	KATKI N.Akış.Y % Çim	TOPLAM (kg/m ³)	SÜRE (sn)
C	BS 25	340	187	463	274	587	495	% 0.6	2348	34
	BS 18	300	192	469	278	632	465	% 0.5	2323	34

4. DENEY SONUÇLARI

4.1 Taze Beton Deney Sonuçları

Taze beton deneylerinde, santralde ve şantiyede çökme deneyi yapılmış, taze beton sıcaklığı, ortam sıcaklığı, transmikser kazan devri, taşıma süresi ölçülmüştür. Üretilen serilere ait deney sonuçları Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6’da gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Taze Beton Deney Sonuçları (A Tesisi BS18)

ÖRNEK NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TAŞIMA SÜRESİ (dak)		30	35	50	29	96	14	55	53	48	40	30	37	43	63	46
KATILAN SU		-	-	SU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SU	SU	-
ARAÇ		A	A	E	B	C	D	A	B	B	C	B	C	B	B	B
ORTAM SICAKLIĞI (° C)	ST	25	27	27	26	28	26	27	28	27	28	27	25	20	24	26
	ŞY	27	27	28	27	28	26	27	28	28	28	27	25	21	24	26
TAZE BETON SICAKLIĞI (° C)	ST	26	29	28	29	29	27	27	29	28	29	28	28	25	25	26
	ŞY	27	29	29	30	31	27	28	30	29	29	28	29	25	26	27
ÇÖKME (cm)	ST	17	18	16	16	18	19	18	18	18	17	12	16	18	18	19
	ŞY	14	14	12	11	14	17	12	12	13	10	9	10	17	16	14

Tablo 4.2 Taze Beton Deney Sonuçları (A Tesisi BS18)

ÖRNEK NO		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TAŞIMA SÜRESİ (dak)		45	41	30	40	44	45	36	47	42	53	28	29	31	76	22
KATILAN SU		SU	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARAÇ		G	B	D	E	C	C	B	C	D	B	F	C	F	D	B
ORTAM SICAKLIĞI (° C)	ST	26	24	26	26	25	25	22	22	22	21	20	23	23	18	19
	ŞY	26	23	27	26	25	26	22	23	22	20	19	24	24	20	20
TAZE BETON SICAKLIĞI (° C)	ST	27	26	28	27	25	28	25	24	24	23	24	26	23	23	22
	ŞY	28	27	28	28	25	29	25	25	24	24	24	26	24	23	22
ÇÖKME (cm)	ST	14	17	18	15	19	19	16	16	17	18	18	15	16	16	14
	ŞY	14	14	16	10	16	14	13	12	15	13	16	13	15	10	10

Tablo 4.3 Taze Beton Deney Sonuçları (B Tesisi BS 20)

ÖRNEK NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TAŞIMA SÜRESİ (dak)	39	88	42	72	72	51	47	35	48	14
DEVİR (dev/dak)	2	2	3	3	5	2	4	2	4	2
ARAÇ	A	B	C	D	E	B	F	A	G	E
ORTAM SICAKLIĞI (° C)	ST	19	23	21	25	23	25	20	19	15
	ŞY	19	24	23	25	24	26	20	19	16
TAZE BETON SICAKLIĞI (° C)	ST	22	24	25	26	26	26	22	23	17
	ŞY	23	26	25	27	27	26	22	23	18
ÇÖKME (cm)	ST	20	17	20	18	21	22	18	18	20
	ŞY	13	8	14	11	13	17	15	15	18

Tablo 4.4 Taze Beton Deney Sonuçları (B Tesisi BS 25)

ÖRNEK NO		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TAŞIMA SÜRESİ (dak)		35	54	52	30	27	31	37	67	24	38
DEVİR (dev/dak)		2	2	2	2	2	4	8	4	2	4
ARAÇ		H	D	D	K	H	I	J	B	B	H
ORTAM SICAKLIĞI (° C)	ST	14	16	14	14	14	13	17	19	22	19
	ŞY	15	16	15	15	14	14	18	18	21	19
TAZE BETON SICAKLIĞI (° C)	ST	16	20	20	21	20	18	18	21	24	24
	ŞY	18	20	20	21	20	18	19	22	24	25
ÇÖKME (cm)	ST	14	16	20	18	20	20	21	18	10	15
	ŞY	10	10	14	15	18	16	18	12	9	9

Tablo 4.5 Taze Beton Deney Sonuçları (C Tesisi BS 25)

ÖRNEK NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TAŞIMA SÜRESİ (dak)		64	60	88	61	66	52	53	56	71	62	64
DEVİR (dev/dak)		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.5
ARAÇ		A	B	C	D	E	C	F	F	G	F	H
ORTAM SICAKLIĞI (° C)	ST	13	12	12	12	13	12	10	6	6	11	10
	ŞY	12	16	15	16	12	12	10	6	6	11	10
TAZE BETON SICAKLIĞI (° C)	ST	21	22	24	24	24	24	23	22	23	26	24
	ŞY	22	23	25	25	24	24	23	23	24	27	24
ÇÖKME (cm)	ST	15	15	17	18	16	16	17	15	17	15	17
	ŞY	12	11	13	15	13	13	14	12	15	12	14

Tablo 4.6 Taze Beton Deney Sonuçları (C Tesisi BS 18)

ÖRNEK NO		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
TAŞIMA SÜRESİ (dak)		47	37	40	45	86	50	45	53	28	41
DEVİR (dev/dak)		3	2	2	2	2	2	3	2	2	2
ARAÇ		I	J	F	D	F	K	L	M	M	N
ORTAM SICAKLIĞI (° C)	ST	10	10	11	12	10	10	10	10	10	9
	ŞY	11	10	11	11	12	11	10	18	10	10
TAZE BETON SICAKLIĞI (° C)	ST	21	21	20	20	20	18	18	18	18	18
	ŞY	26	21	20	21	20	18	18	18	18	17
ÇÖKME (cm)	ST	14	17	18	18	18	19	19	16	18	18
	ŞY	10	15	16	16	13	16	15	13	16	16

4.2 Sertleşmiş Beton Deneyleri

Sertleşmiş beton deneyleri olarak basınç dayanımı deneyi numuneler üzerinde yapılmış olup deneyde tesislerde 200 ton'luk Ele presi kullanılmış ve numuneler, kalıpta temas edilmiş yan yüzeyleri kuvvet yönüne dik olacak şekilde prese yerleştirilmiştir. Su ortamında bekletilen tesis ve şantiyeden alınmış numuneler üzerinde 7. ve 28. günlerde basınç deneyleri yapılmıştır. Basınç dayanım değerleri, uygulanan basınç kuvveti P (KN), basınç kuvvetinin uygulandığı alan A (cm²), elde edilen basınç dayanımı da σ_b (N/mm²) olmak üzere 4.1 bağıntısından hesaplanmış ve Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11, Tablo 4.12'de alınan beton numunelerine ait basınç dayanımı sonuçları gösterilmiştir

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

σ_b : Basınç Dayanımı

P : Uygulanan basınç kuvveti (KN)

A : Basınç Kuvvetinin Uyguladığı Alan (cm²)

Tablo 4.7 Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri

(A Tesisi BS 18)

ÖRNEK NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
7 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	13.6	14.5	16.0	14.1	15.6	14.7	16.4	14.9	15.4	15.7	17.9	17.4	12.9	13.0	14.2
		2	13.3	13.0	15.4	14.2	14.7	14.7	16.4	15.2	15.2	16.6	17.5	18.7	12.8	13.6	14.7
		3	14.0	14.0	15.6	14.0	14.7	14.5	15.3	15.4	15.4	16.0	18.2	18.2	13.4	13.2	14.0
		ORT	13.6	13.8	15.7	14.1	15.0	14.6	16.0	15.2	15.3	16.1	17.9	18.1	13.0	13.3	14.3
	ŞY.	1	13.4	14.1	12.9	18.4	16.5	14.3	14.5	15.0	16.1	14.9	16.8	16.1	13.5	12.5	14.1
		2	13.6	13.2	12.9	18.6	15.7	16.2	15.7	16.0	14.1	15.0	17.1	17.3	12.1	12.6	14.8
		ORT	13.5	13.7	12.9	18.5	16.1	15.3	15.1	15.5	15.1	15.0	17.0	16.7	12.8	12.6	14.5
28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	23.1	22.4	24.5	20.1	22.7	25.1	26.0	25.1	24.0	25.4	25.4	27.3	23.5	22.3	23.1
		2	23.1	23.0	23.9	21.2	22.3	24.1	25.3	25.4	25.5	24.7	26.8	27.3	22.6	22.4	24.7
		3	23.6	22.0	23.8	21.1	23.6	24.7	24.5	25.2	25.0	24.7	27.0	29.5	23.4	23.1	23.8
		ORT	23.3	22.5	24.1	20.8	22.9	24.6	25.3	25.2	24.8	24.9	26.4	28.0	23.2	22.6	23.9
	ŞY.	1	20.4	20.7	20.6	24.1	22.5	22.1	24.1	24.2	21.6	22.8	27.6	26.3	20.6	21.1	22.9
		2	22.1	22.3	20.4	26.7	23.6	22.7	22.7	23.4	23.0	23.4	24.7	26.4	22.1	21.0	23.4
		ORT	21.3	21.5	20.5	25.4	23.1	22.4	23.4	23.8	22.3	23.1	26.2	26.4	21.4	21.1	23.2

Tablo 4.8 Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri

(A Tesisi BS 18)

ÖRNEK NO			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
7 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	14.3	14.2	14.4	18.7	14.0	15.6	16.3	17.5	17.2	16.8	12.8	16.0	16.5	14.5	16.4	
		2	14.9	14.1	14.8	17.4	13.9	15.1	16.6	17.2	17.1	16.6	12.6	16.0	16.5	16.2	16.4	
		3	15.0	14.6	14.5	17.7	14.2	14.5	16.8	17.8	17.1	15.7	14.3	18.2	16.4	16.2	16.7	
		ORT	14.7	14.3	14.6	17.9	14.0	15.1	16.6	17.5	17.1	16.4	13.2	16.7	16.5	15.6	16.5	
	ŞY.	1	11.6	13.4	13.5	15.5	14.7	14.7	17.0	17.0	16.5	15.7	14.1	16.9	17.1	15.3	15.2	
		2	11.4	15.2	14.9	16.3	14.3	15.5	17.2	16.9	17.8	15.3	13.6	16.7	16.1	17.1	16.2	
		ORT	11.5	14.3	14.2	15.9	14.5	15.1	17.1	17.0	17.2	15.5	13.9	16.8	16.6	16.2	15.7	
	28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	24.9	22.7	24.0	29.2	24.2	24.1	25.9	28.5	29.4	26.7	24.8	29.0	25.5	28.0	26.4
			2	24.9	23.9	25.0	29.5	22.7	23.9	26.8	28.6	28.2	26.3	24.4	30.4	28.0	27.8	26.4
			3	23.7	24.4	25.3	29.5	24.5	24.2	28.7	28.5	27.4	26.6	24.2	28.6	29.2	26.2	25.9
ORT			24.5	23.7	24.8	29.4	23.8	24.1	27.1	28.5	28.3	26.5	24.5	29.3	27.6	27.3	26.2	
ŞY.		1	18.9	23.6	23.2	24.7	21.9	21.8	26.9	29.4	29.0	26.4	22.8	26.2	26.6	28.3	26.1	
		2	18.7	25.5	24.4	24.9	21.3	21.6	24.7	27.9	30.4	25.8	24.1	27.5	26.5	28.0	27.8	
		ORT	18.8	24.6	23.8	24.8	21.6	21.7	25.8	28.7	29.7	26.1	23.5	26.9	26.6	28.2	27.0	

Tablo 4.9 Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri

(B Tesisi BS 20)

ÖRNEK NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	17.8	16.0	17.8	20.0	20.0	16.9	15.2	15.2	17.3
		2	18.2	15.6	16.5	20.4	19.1	17.8	15.2	16.0	14.8
		3	18.6	16.5	16.0	21.2	19.5	16.9	16.0	15.6	15.2
		ORT	18.2	16.0	16.8	20.5	19.5	17.2	15.5	15.6	15.1
	ŞY	1	18.2	16.0	16.9	18.2	20.4	17.8	15.6	19.1	17.8
		2	18.6	16.0	17.3	18.6	20.8	17.3	15.6	18.2	17.8
		ORT	18.4	16.0	17.1	18.4	20.6	17.6	15.6	18.7	18.0
28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	29.6	28.3	28.8	30.1	27.9	28.8	26.1	28.8	26
		2	28.8	26.5	27.0	32.3	26.1	27.9	25.6	28.3	27
		3	30.1	26.1	28.5	33.2	27.0	28.3	26.5	27.9	28
		ORT	29.5	27.0	28.1	31.9	27.0	28.3	26.1	28.3	26.9
	ŞY	1	30.1	28.3	29.6	30.1	28.8	28.8	28.3	30.1	29.2
		2	30.5	28.8	28.3	29.6	28.3	29.6	27.5	29.2	30.1
		ORT	30.3	28.6	29.0	29.9	28.6	29.2	27.9	29.7	29.7

Tablo 4.10 Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri

(B Tesisi BS 25)

ÖRNEK NO		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	31.4	28.8	25.6	22.6	23.0	20.0	20.4	23.0	20.8
		2	31.0	27.5	24.4	21.2	19.1	19.6	20.0	23.0	23.5
		3	30.1	28.8	23.5	23.0	22.1	20.0	20.8	23.5	23.0
		ORT	30.8	28.4	24.5	22.3	21.4	19.9	20.4	23.2	21.5
	ŞY	1	33.2	27.0	24.8	26.1	22.6	21.2	22.1	23.0	22.1
		2	34.1	28.3	24.8	27.0	20.8	20.8	22.6	21.2	22.6
		ORT	33.7	27.7	24.8	26.6	21.7	21.0	22.4	22.1	22.0
28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	39.9	36.3	35.0	29.2	34.1	31.4	31.9	35.0	34.5
		2	42.5	35.0	36.3	29.6	35.0	30.1	32.3	35.0	35.4
		3	43.4	35.4	36.8	30.1	33.2	29.6	33.2	36.3	33.2
		ORT	41.9	35.6	36.0	29.6	34.1	30.4	32.5	35.4	34.4
	ŞY	1	45.6	36.3	34.5	36.3	33.2	32.3	34.1	33.2	35.0
		2	42.5	38.1	35.0	35.0	34.1	31.4	34.1	31.9	35.0
		ORT	44.1	37.2	34.8	35.7	33.7	31.9	34.1	32.6	35.0

Tablo 4.11 Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri

(C Tesisi BS 25)

ÖRNEK NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
7 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	24.9	27.1	26.2	24.4	22.2	19.1	22.9	25.3	20.0	24.2	22.2
		2	25.8	28.0	25.3	23.6	26.2	20.0	20.0	24.4	20.4	24.7	24.0
		3	25.3	27.1	25.3	24.0	23.1	19.6	21.8	25.1	20.4	29.1	25.1
		ORT	25.3	27.4	25.6	24.0	23.8	19.6	21.6	24.9	20.3	26.0	23.8
	ŞY	1	25.8	25.3	27.8	22.9	27.5	20.9	23.1	28.4	25.5	29.1	24.9
		2	25.1	26.7	28.2	23.6	28.9	20.4	21.3	27.5	23.1	30.4	25.3
		3		24.2	28.7	22.0	29.6	21.8	23.3	25.8			
		ORT	25.5	25.4	28.2	22.8	28.7	21.0	22.6	27.2	24.3	29.8	25.1
28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	35.8	35.8	33.1	32.9	35.6	27.3	30.7	32.2	25.5	37.3	33.1
		2	34.4	35.5	34.9	35.5	32.9	26.8	34.0	34.9	26.2	40.0	34.7
		3	33.3	39.3	38.2	39.8	34.4	27.5	30.0	34.7	28.7	39.3	31.6
		ORT	34.5	36.9	35.4	36.1	34.3	27.2	31.6	33.9	26.8	38.9	33.1
	ŞY	1	32.9	39.3	37.3	35.8	39.6	33.5	31.8	34.9	33.6	39.6	36.2
		2	31.8	38.2	37.5	37.6	40.4	31.5	37.3	34.4	32.2	37.3	34.7
		3		37.1	40.9	38.7	39.8	33.1	32.7	34.7			
		ORT	32.4	38.2	38.6	37.4	39.9	32.7	33.9	34.7	32.9	38.5	35.5

Tablo 4.12 Deney Sonuçlarından Elde Edilen Basınç Dayanımı Değerleri

(C Tesisi BS 18)

ÖRNEK NO			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
7 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	15.8	14.7	12.4	12.7	14.2	16.8	20.2	23.1	16.7	16.4
		2	13.8	13.8	12.7	12.2	12.7	17.5	18.4	23.8	16.2	17.5
		3	16.0	13.8	14.0	13.6	12.4	18.2	20.2	21.1	18.0	19.1
		ORT	15.2	14.1	13.0	12.8	13.1	17.5	19.6	22.7	17.0	17.7
	ŞY	1	15.3	14.2	15.3	16.4	16.2	16.6	16.6	20.4	17.8	16.7
		2	14.4	14.7	14.7	15.3	17.7	19.1	17.1	21.3	18.2	13.3
		ORT	14.9	14.5	15.0	15.9	17.0	17.9	16.9	20.9	18.0	15.0
28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMI (N/mm ²)	ST.	1	26.4	24.2	24.0	25.6	21.1	24.4	30.2	30.4	26.2	28.9
		2	29.1	22.6	24.9	26.0	24.4	24.8	29.1	29.5	25.1	25.1
		3	26.2	24.0	24.0	24.0	24.2	24.0	28.5	31.5	24.4	26.7
		ORT	27.2	23.6	24.3	25.2	23.2	24.4	29.3	30.5	25.2	26.9
	ŞY	1	27.1	24.2	25.6	26.4	27.5	27.1	27.1	29.5	27.7	24.2
		2	27.3	25.1	26.0	26.0	29.1	24.2	26.4	28.8	26.4	26.9
		ORT	27.2	24.7	25.8	26.2	28.3	25.7	26.8	29.2	27.1	25.6

4.3 Basınç Dayanımlarının İstatistiksel Fonksiyonlarının Hesabı

Elde edilen 28 günlük santral ve şantiye basınç dayanımlarının ortama mukavemet, standart sapma, varyans katsayısı ve karakteristik mukavemetler değerleri hesaplanarak Tablo 4.13, Tablo 4.14, Tablo 4.15, Tablo 4.16, Tablo 4.17’ de gösterilmiştir. A tesisinde 30 seri BS18 numunesi üzerinde, B tesisinde ise 10 seri (30 adet) BS 20 numunesi ve 10 seri (30 adet) BS 25 numunesi C tesisinde de 11 seri (33 adet) BS 25 numunesi ve 11 seri (33 adet) BS 18 numunesi üzerinde istatistiksel çalışma yapılmıştır.

Tablo 4.13 İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (A tesisi) (BS 18)

ÖRNEK NO	SANTRAL MUKAVEMETİ (N/mm ²)	ŞANTIYE MUKAVEMETİ (N/mm ²)
1	23.3	21.3
2	22.5	21.5
3	24.1	20.5
4	20.8	25.4
5	22.9	23.1
6	24.6	22.4
7	25.3	23.4
8	25.2	23.8
9	24.8	22.3
10	24.9	23.1
11	26.4	26.2
12	28.0	26.4
13	23.2	21.4
14	22.6	21.1
15	23.9	23.2
16	24.5	18.8
17	23.7	24.6
18	24.8	23.8
19	29.4	24.8
20	23.8	21.6
21	24.1	21.7
22	27.1	25.8
23	28.5	28.7
24	28.3	29.7
25	26.5	26.1
26	24.5	23.5
27	29.3	26.9
28	27.6	26.6
29	27.3	28.2
30	26.2	27.0

	SANTRAL	ŞANTIYE
ORT. MUKAVEMET (f_{cm}) (N/mm ²)	25.27	24.07
STANDART SAPMA (N/mm ²)	2.19	2.65
VARYANS KATSAYISI (%)	8.66	11.01
KARAKTERİSTİK MUKAVEMET (f_{ck}) (N/mm ²)	22.47	20.68

Tablo 4.14 İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (B tesisi BS20)

ÖRNEK NO	SANTRAL MUKAVEMETİ (N/mm ²)	ŞANTIYE MUKAVEMETİ (N/mm ²)
1	29.5	30.3
2	27.0	28.6
3	28.1	29.0
4	31.9	29.9
5	27.0	28.6
6	28.3	29.2
7	26.1	27.9
8	28.3	29.7
9	26.9	29.7
10	26.1	26.6

	SANTRAL	ŞANTIYE
ORT. MUKAVEMET (f_{cm}) (N/mm ²)	27.91	28.92
STANDART SAPMA (N/mm ²)	1.77	1.10
VARYANS KATSAYISI (%)	6.34	3.90
KARAKTERİSTİK MUKAVEMET (f_{ck}) (N/mm ²)	25.65	27.51

Tablo 4.15 İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (B tesisi BS25)

ÖRNEK NO	SANTRAL MUKAVEMETİ (N/mm ²)	ŞANTIYE MUKAVEMETİ (N/mm ²)
1	41.9	44.1
2	35.6	37.2
3	36.0	34.8
4	29.6	35.7
5	34.1	33.7
6	30.4	31.9
7	32.5	34.1
8	35.4	32.6
9	34.4	35.0
10	33.4	33.9

	SANTRAL	ŞANTIYE
ORT. MUKAVEMET (f_{cm}) (N/mm ²)	34.33	35.27
STANDART SAPMA (N/mm ²)	3.42	3.44
VARYANS KATSAYISI (%)	9.97	9.75
KARAKTERİSTİK MUKAVEMET (f_{ck}) (N/mm ²)	29.95	30.86

Tablo 4.16 İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (C tesisi BS25)

ÖRNEK NO	SANTRAL MUKAVEMETİ (N/mm ²)	ŞANTIYE MUKAVEMETİ (N/mm ²)
1	34.5	32.4
2	36.9	38.2
3	35.4	38.6
4	36.1	37.4
5	34.3	39.9
6	27.2	32.7
7	31.6	33.9
8	33.9	34.7
9	26.8	32.9
10	38.9	38.5
11	33.1	35.5

	SANTRAL	ŞANTIYE
ORT. MUKAVEMET (f_{cm}) (N/mm ²)	33.51	35.87
STANDART SAPMA (N/mm ²)	3.75	2.73
VARYANS KATSAYISI (%)	11.19	7.62
KARAKTERİSTİK MUKAVEMET (f_{ck}) (N/mm ²)	28.71	32.37

Tablo 4.14 İstatistik fonksiyonlarının karşılaştırılması (C tesisi BS18)

ÖRNEK NO	SANTRAL MUKAVEMETİ (N/mm ²)	ŞANTIYE MUKAVEMETİ (N/mm ²)
1	26.4	27.1
2	29.1	27.3
3	26.2	24.2
4	24.2	25.1
5	22.6	25.6
6	24.0	26.0
7	24.0	26.4
8	24.9	26.0
9	24.0	27.5
10	25.6	29.1

	SANTRAL	ŞANTIYE
ORT. MUKAVEMET (f_{cm}) (N/mm ²)	25.98	26.63
STANDART SAPMA (N/mm ²)	2.43	1.36
VARYANS KATSAYISI (%)	9.34	5.10
KARAKTERİSTİK MUKAVEMET (f_{ck}) (N/mm ²)	22.88	24.89

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Taze Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.1.1 Çökme

A Tesisinde çökmeler santralde 19 ile 12 cm arasında, şantiyede 17 ile 6 cm arasında değişmiştir, santralde ortalama çökme 17 cm olurken şantiyede 13 cm olmuştur, çökme kaybı ortalama 4 cm olmuştur.

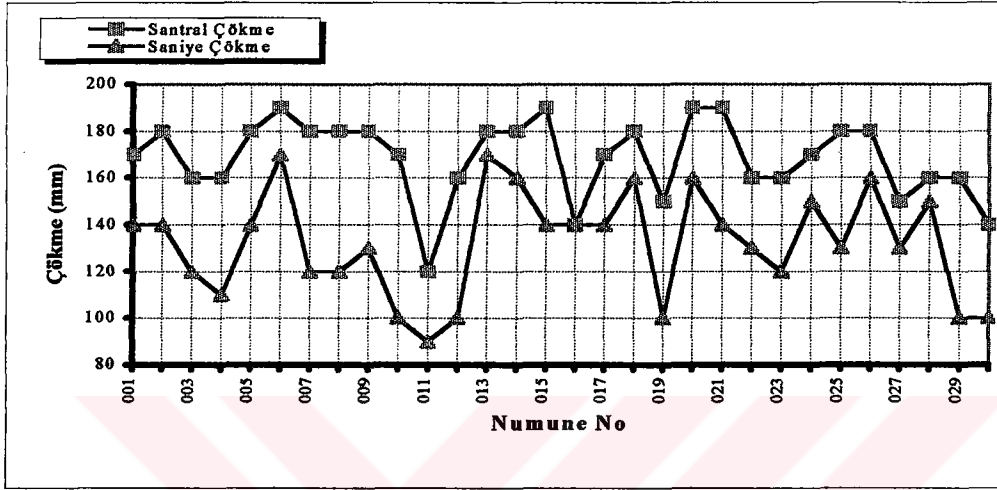
B Tesisinde çökmeler santralde 22 ile 10 cm arasında, şantiyede 19 ile 8 cm arasında değişmiştir, santralde ortalama çökme 18.5 cm olurken şantiyede 13.5 cm olmuştur, çökme kaybı ortalama 5 cm olmuştur.

C Tesisinde çökme kayıpları santralde 19 ile 10 cm arasında, şantiyede 16 ile 6 cm arasında değişmiştir, santralde ortalama çökme 17 cm olurken şantiyede 13.5 cm olmuştur, çökme kaybı ortalama 3.5 cm olmuştur.

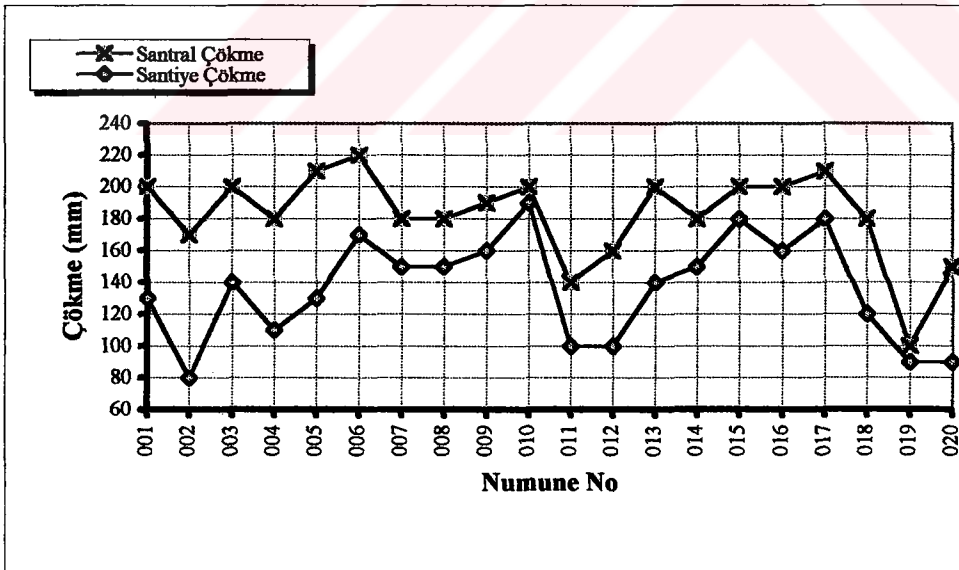
Tablo 5.1’ de görüldüğü gibi tesislerde çökme Santralde ortalama çökme 17 cm olmuş, şantiyede ise 13.5 cm olarak gerçekleşmiştir. Tesislerin santral ve şantiyede değişimleri Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4’ de görülmektedir.

Tablo 5.1 Santral ve Şantiye Çökmelerinin Değerlendirilmesi

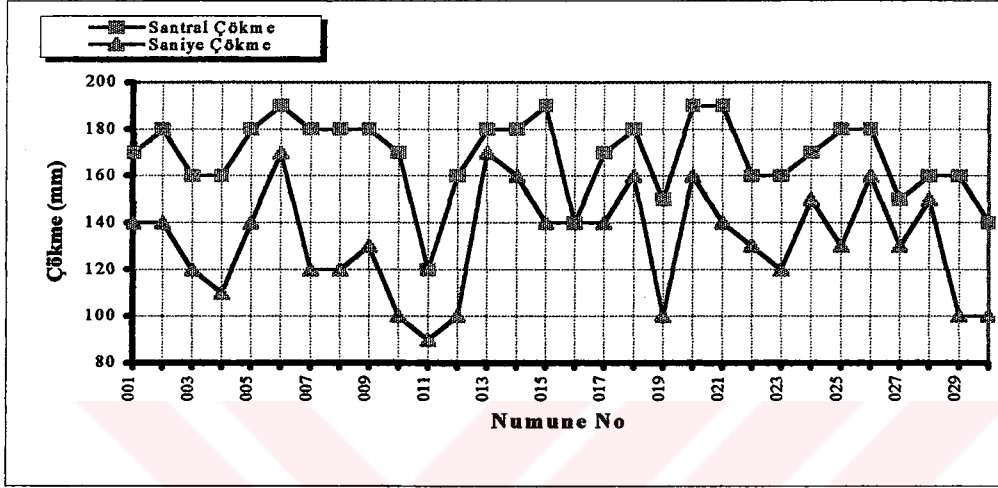
TESİS	MİN. (mm)	MAKS. (mm)	ORT. (mm)	MAKS-MİN FARKI (mm)
A H.B TESİSİ SANTRAL	12	19	17	7
B H.B TESİSİ SANTRAL	10	22	18	12
C H.B TESİSİ SANTRAL	10	19	17	9
HAZIR BETON TESİSİ	10	22	17	9.3
A H.B TESİSİ ŞANTIYE	6	17	13	9
B H.B TESİSİ ŞANTIYE	8	19	13.5	11
C H.B TESİSİ ŞANTIYE	6	16	14	6
ŞANTIYE	6	19	13.5	8.8



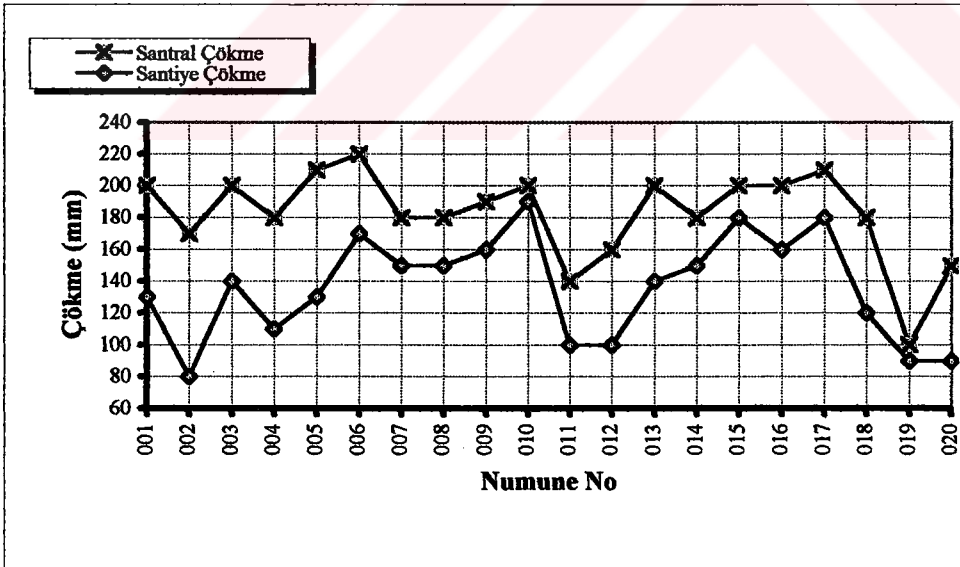
Şekil 5.1 Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (A Tesisi)



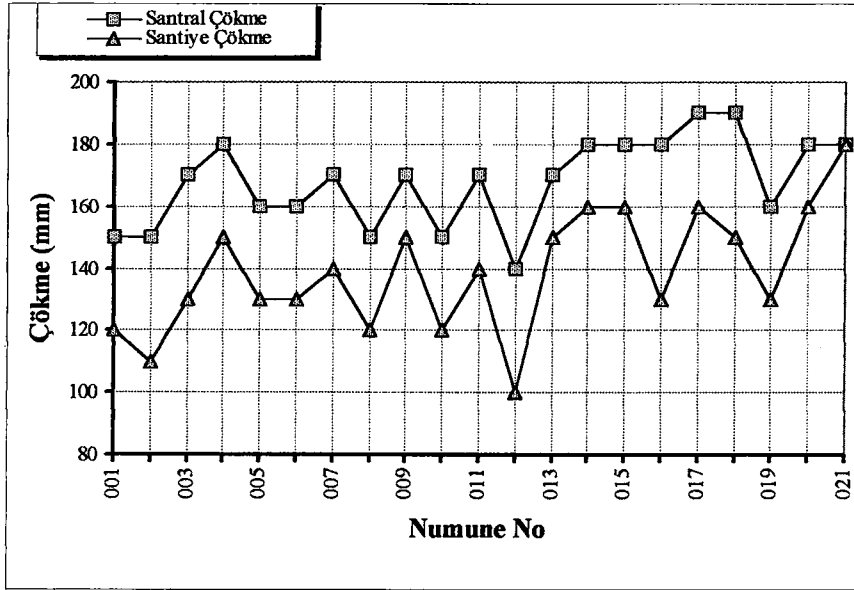
Şekil 5.2 Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (B Tesisi)



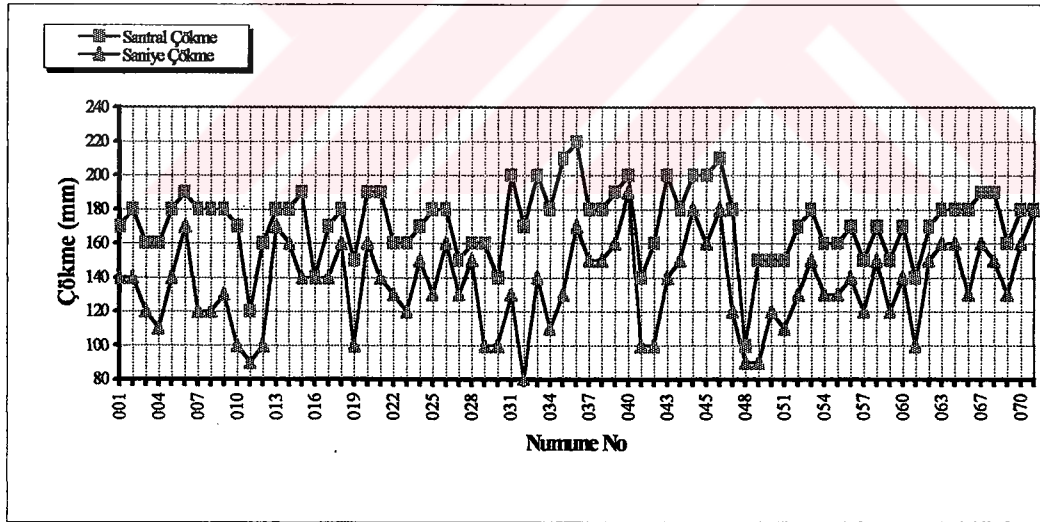
Şekil 5.1 Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (A Tesisi)



Şekil 5.2 Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (B Tesisi)



Şekil 5.3 Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (C Tesis)

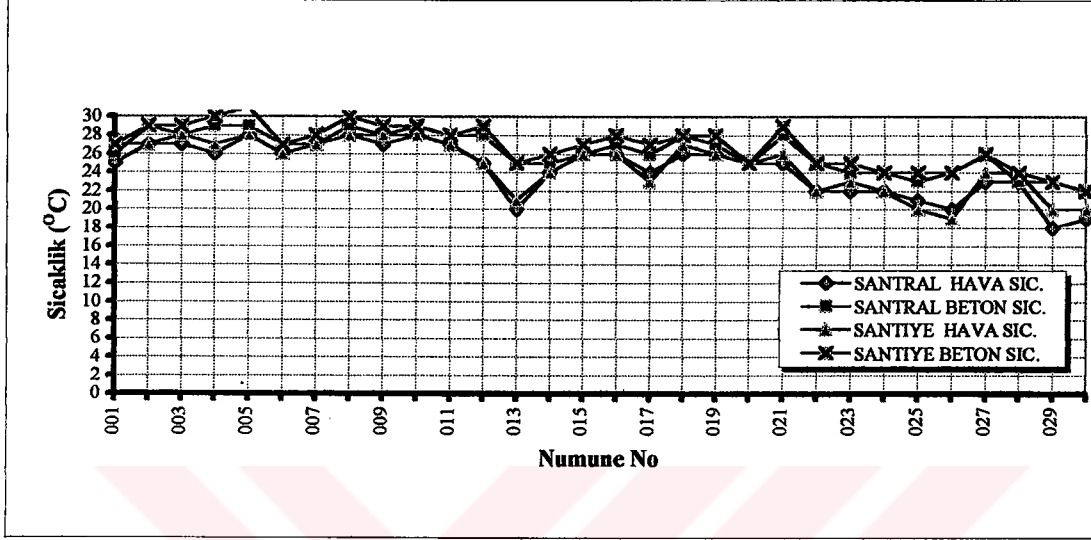


Şekil 5.4 Santral ve Şantiye Çökme Karşılaştırması (A ,B, C Tesisleri toplamı)

5.1.2 Hava Sıcaklığı ve Taze Beton Sıcaklığı

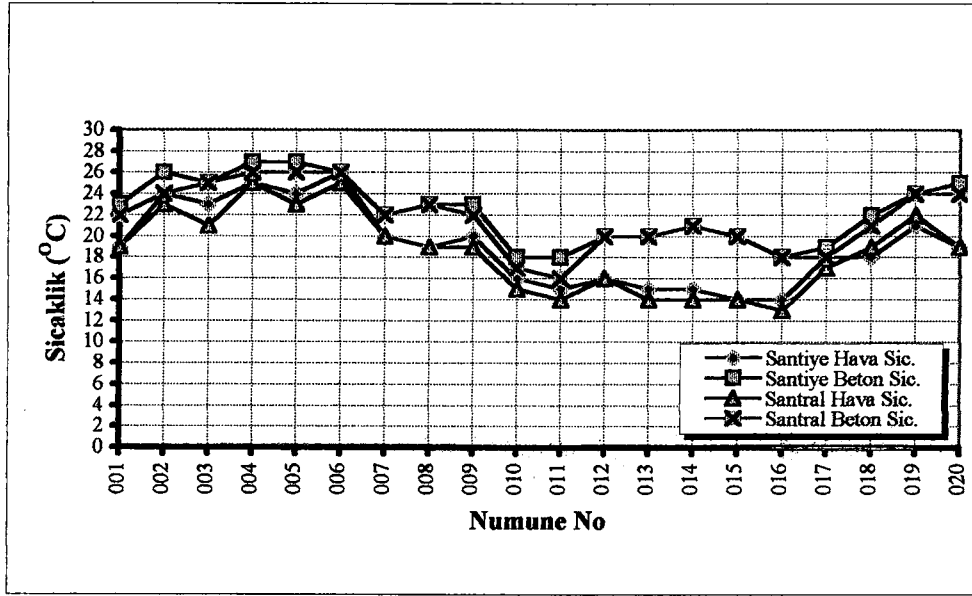
A Tesisinde bu çalışmalar Temmuz ve Ağustos, Eylül aylarını kapsamaktadır. Ortam sıcaklığı Santralde ve şantiyede 19 ile 28°C aralığında kalmıştır.

Ortalama sıcaklık Santralde 24.3 °C olurken şantiyede ise 24.8°C olmuştur. Taze beton sıcaklığı ise santral ve şantiyede 22 ile 30°C arasında kalmıştır. Santralde ortalama taze beton sıcaklığı 26.2°C iken şantiyede 26.9°C olmuştur. Hava Sıcaklığı ve taze beton sıcaklığı değişimleri Şekil 5.5’ de gösterilmiştir.



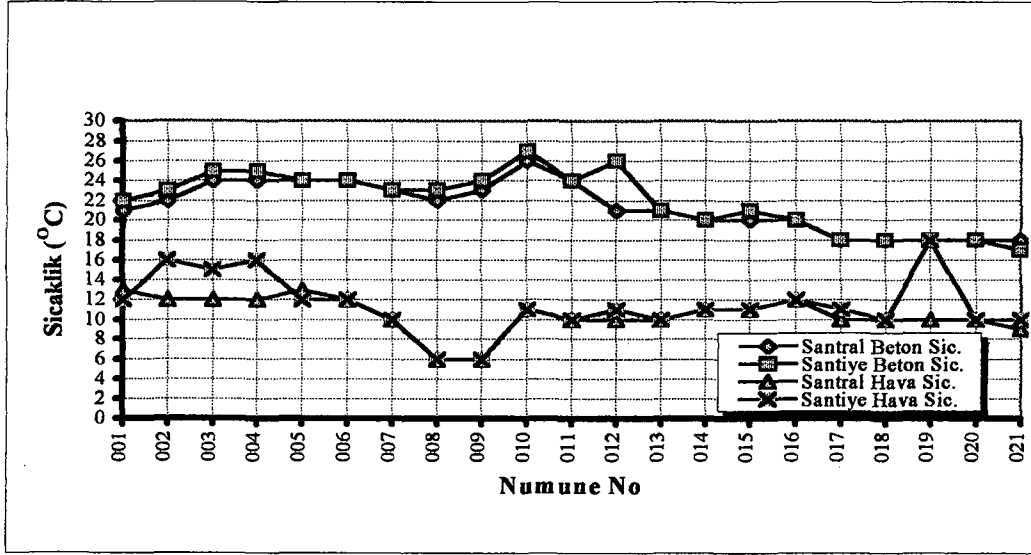
Şekil 5.5 Santralde ve Şantiye Hava ve Beton Sıcaklığının Değişimi (A Tesisi)

B Tesisinde bu çalışmalar Ekim ve Kasım aylarını kapsamaktadır. Ortam sıcaklığı Santralde ve şantiyede 14 ile 26°C arasında kalmıştır. Ortalama sıcaklık Santralde 19°C olurken şantiyede ise 19°C olmuştur. Taze beton sıcaklığı ise santral ve şantiyede 17 ile 27°C arasında kalmıştır. Santralde ortalama taze beton sıcaklığı 21.8°C iken şantiyede 22.5°C olmuştur. Hava Sıcaklığı ve taze beton sıcaklığı değişimleri Şekil 5.6’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.6 santralde ve Şantiye Hava ve Beton Sıcaklığının Değişimi (B Tesisi)

C Tesisinde bu çalışmalar Aralık ve Ocak aylarını kapsamaktadır. Ortam sıcaklığı Santralde ve şantiyede 6 ile 18°C arasında kalmıştır. Ortalama sıcaklık Santralde 11°C olurken şantiyede ise 11.7°C olmuştur. Taze beton sıcaklığı ise santral ve şantiyede 17 ile 27°C arasında kalmıştır. Santralde ortalama taze beton sıcaklığı 21.3°C iken şantiyede 21.9°C olmuştur. Hava Sıcaklığı ve taze beton sıcaklığı değişimleri Şekil 5.7' de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Santralde ve Şantiye Hava ve Beton Sıcaklığının Değişimi (C Tesis)

5.1.3 Taşıma Süresi

İki örnekleme arasında geçen süre kabaca taşıma süresini göstermektedir. A tesisinde taşıma süresi 14 dakika ile 96 dakika arasında değişmiş, ortalama taşıma süresi 43 dakika olmuştur

B tesisinde taşıma süresi 14 ila 88 dakika arasında değişmiş, ortalama taşıma süresi 45 dakika olmuştur,

C tesisinde taşıma süresi 28 ila 88 dakika arasında değişmiş, ortalama taşıma süresi 57 dakika olmuştur. Bulunan bu değerler standartlara uygun değerlerdir.

5.1.4 Mikser devri

A tesisinde genellikle mikser devri 2 devir/dk olarak gerçekleşmiştir. B tesisinde 2 ile 8 devir/dk arasında değişmiş ve ortalama 2.95 devir/dk olarak gerçekleşmiştir. C tesisinde ise 1.5 ile 3 devir/dk arasında değişmiş ve ortalama 2 devir/dk olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler sektör geneline uygun değerler olup TS 1122'de geçen yaklaşık 1 ile 4 devir arasında kalmaktadır.

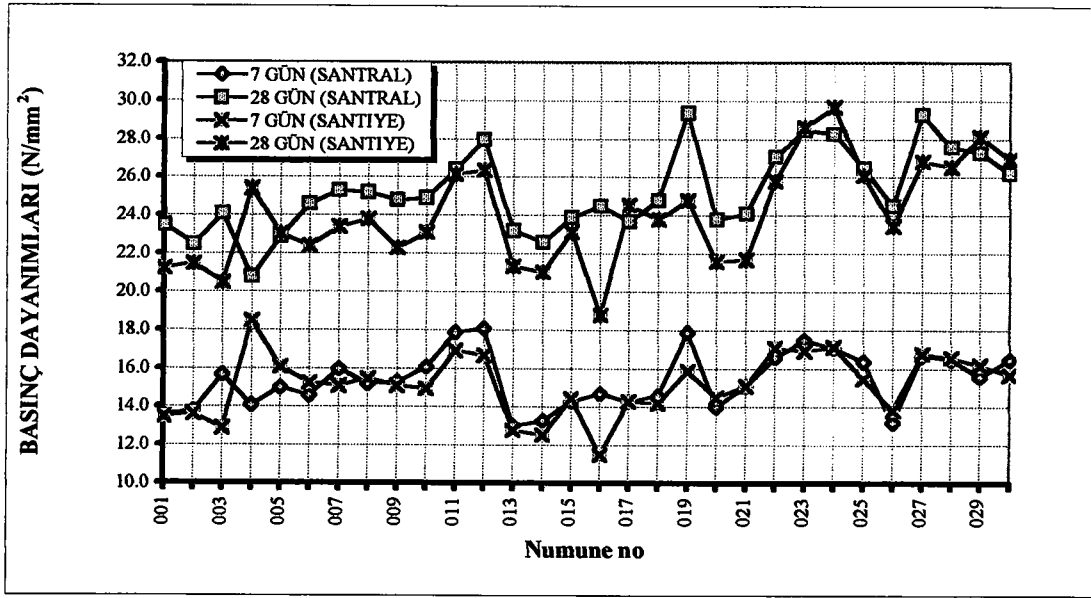
5.2 Sertleşmiş Beton Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 5.2' de görüldüğü gibi A, B, C, tesislerine ait santral ve şantiye basınç dayanımlarının maksimum, minimum ve ortalama değerleri yanında bu dayanımlara ait standart sapmalar, varyans katsayıları ile karşılaştırmalar gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Santralde en düşük standart sapma B tesisinde (BS20), en yüksek standart sapma ise C tesisinde (BS 25) gerçekleşmiştir. Şantiyede ise en düşük

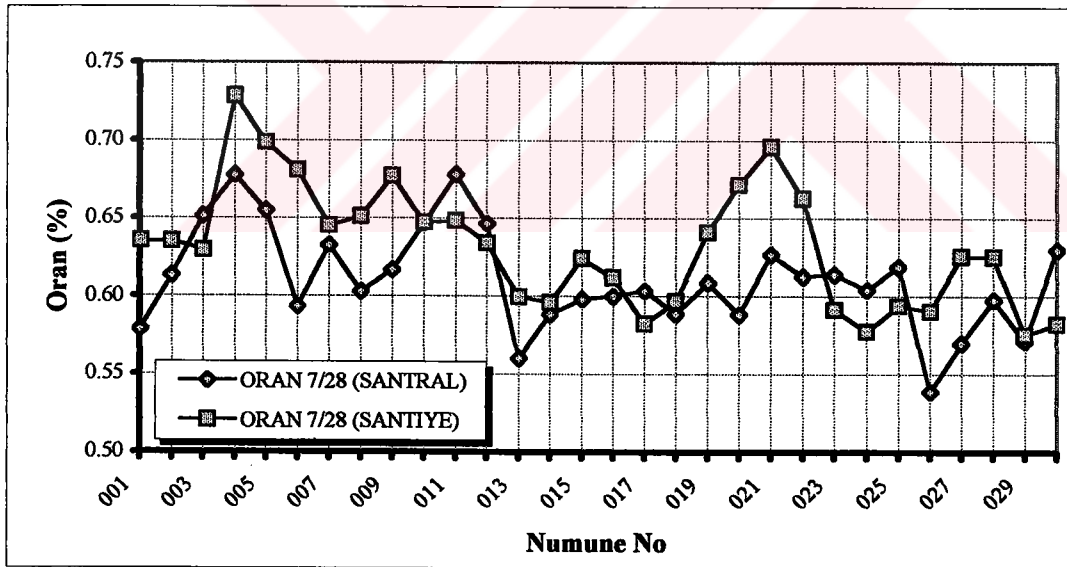
standart sapma B tesisinde (BS20), en yüksek standart sapma ise B tesisinde (BS 25) gerçekleşmiştir. Santralde karakteristik mukavemetlerin C tesisi dışında sınıf dayanımına eşit veya büyük olduğu bulunmuştur. Şantiyede ise A tesisi dışında karakteristik mukavemetler sınıf dayanımın üstünde kalmıştır. A tesisinde şantiyede 2 ayrı numunenin betonuna su verilmesi mukavemetleri ters yönde etkilediği için ortalama dayanımı düşürmüştür.

Tablo 5.2 Santral ve Şantiye Basınç Dayanımlarının Değerlendirilmesi

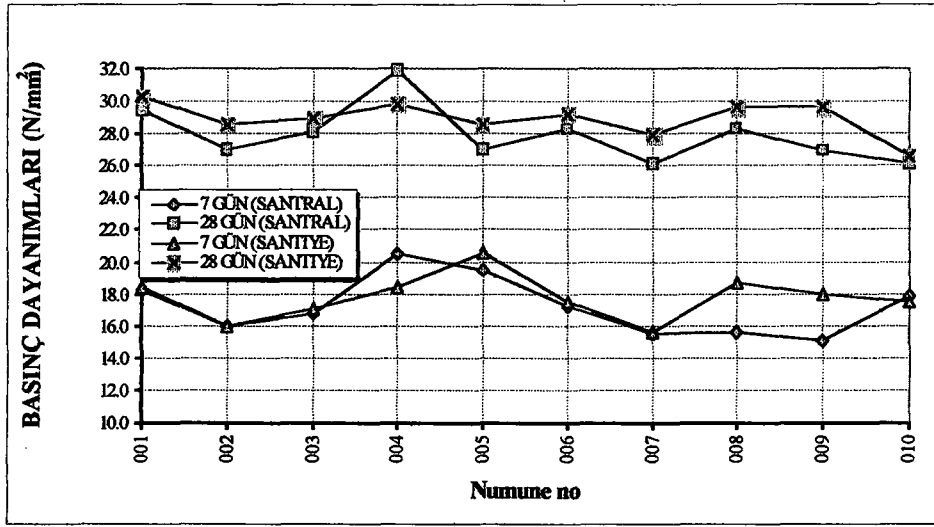
	SINIF DAYANIMI (N/mm ²)	MİN.	MAKS.	ORT	STANDART SAPMA (N/mm ²)	VAR KATS. %	KARAKT. DAYANIM (N/mm ²)
A H.B TESİSİ SANTRAL	22.5	20.8	29.4	25.27	2.19	8.66	22.47
B H.B TESİSİ SANTRAL	25	26.1	31.9	27.91	1.77	6.34	25.65
B H.B TESİSİ SANTRAL	30	29.6	41.9	34.33	3.42	9.97	29.95
C H.B TESİSİ SANTRAL	30	26.8	38.9	33.51	3.75	11.19	28.71
C H.B TESİSİ SANTRAL	22.5	22.6	29.1	25.98	2.43	9.34	22.88
HAZIR BETON TESİSİ	22.5	22.7	29.3	25.63	2.31	9.00	22.68
HAZIR BETON TESİSİ	25	26.1	31.9	27.91	1.77	6.34	25.65
HAZIR BETON TESİSİ	30	28.2	40.4	33.92	3.59	10.58	29.33
A H.B TESİSİ ŞANTIYE	22.5	18.8	29.7	24.07	2.65	11.01	20.68
B H.B TESİSİ ŞANTIYE	25	26.6	30.3	28.92	1.10	3.90	27.51
B H.B TESİSİ ŞANTIYE	30	31.9	44.1	35.27	3.44	9.75	30.86
C H.B TESİSİ ŞANTIYE	30	32.4	39.9	35.87	2.73	7.62	32.37
C H.B TESİSİ ŞANTIYE	22.5	24.2	29.1	26.63	1.36	5.10	24.89
ŞANTIYE	22.5	21.50	29.40	25.35	2.01	8.06	22.79
ŞANTIYE	25	26.6	30.3	28.92	1.10	3.90	27.51
ŞANTIYE	30	32.15	42.00	35.57	3.09	8.69	31.62



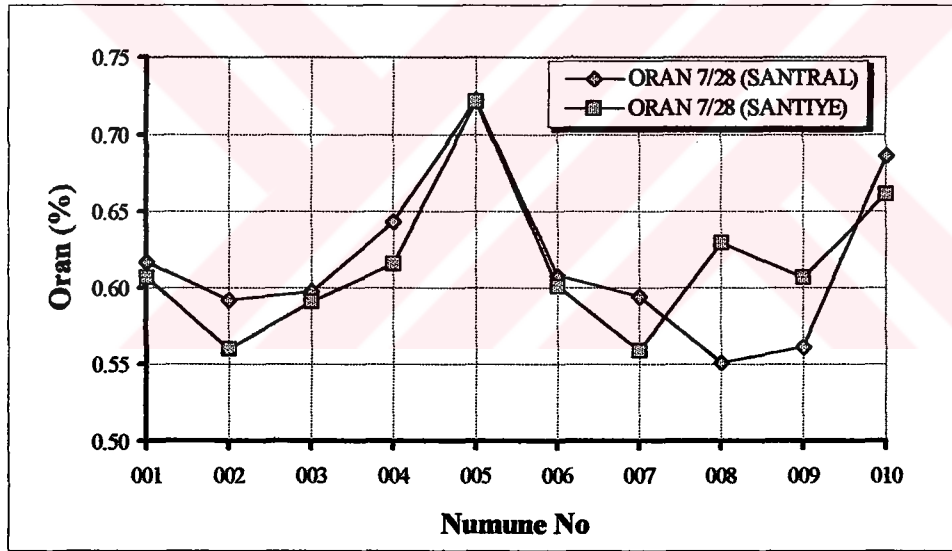
Şekil 5.8 Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (A Tesisi)



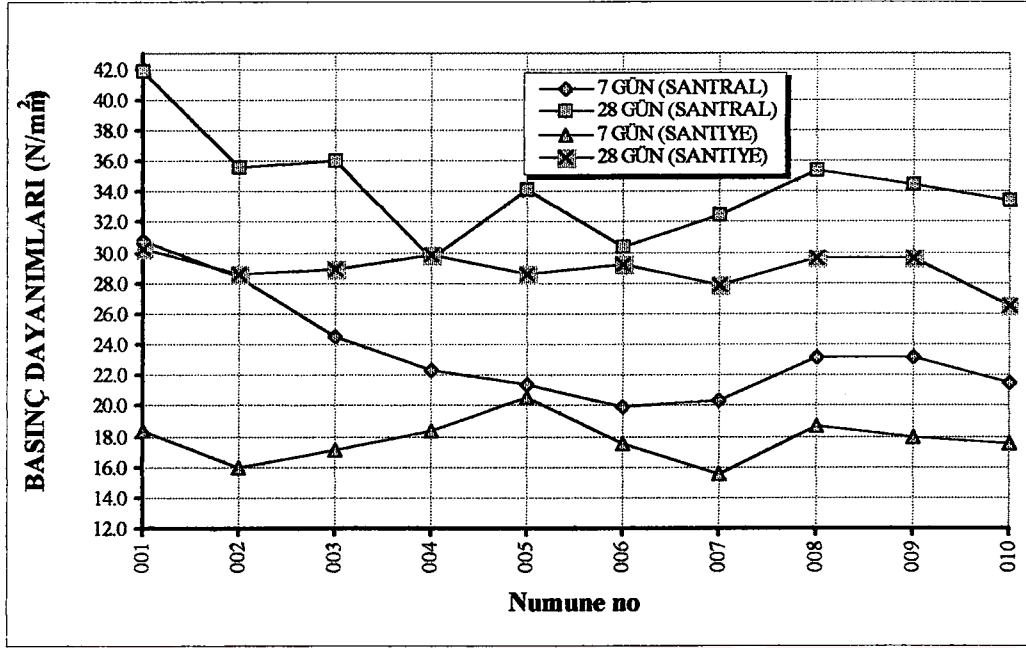
Şekil 5.9 Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (A Tesisi)



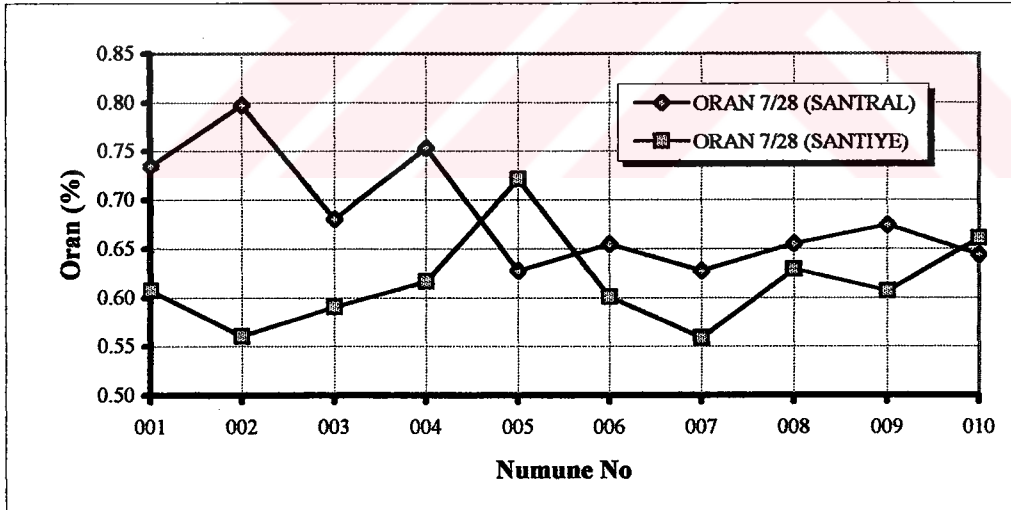
Şekil 5.10 Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (B Tesisi BS 20)



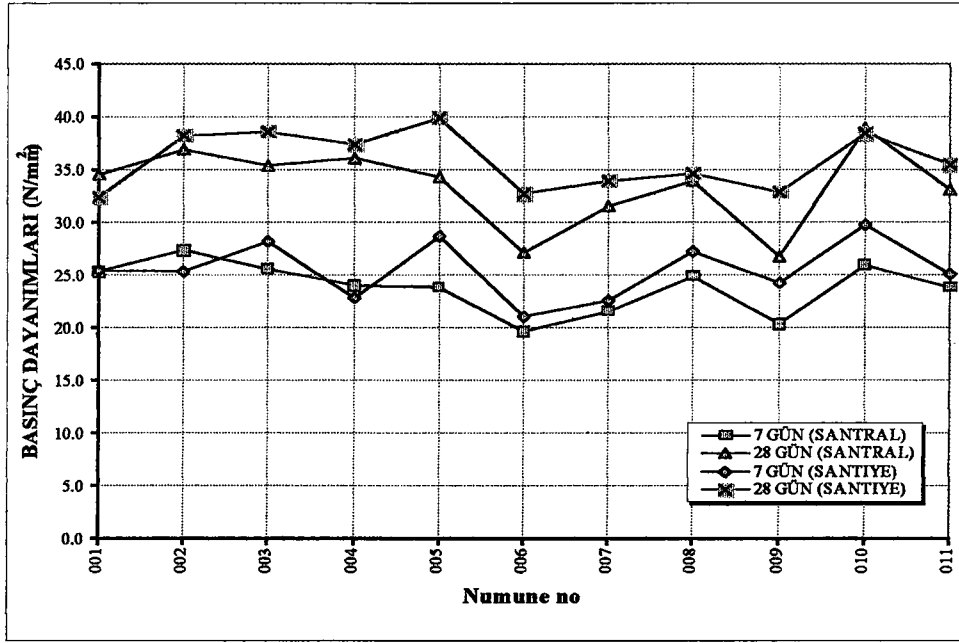
Şekil 5.11 Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (B Tesisi BS 20)



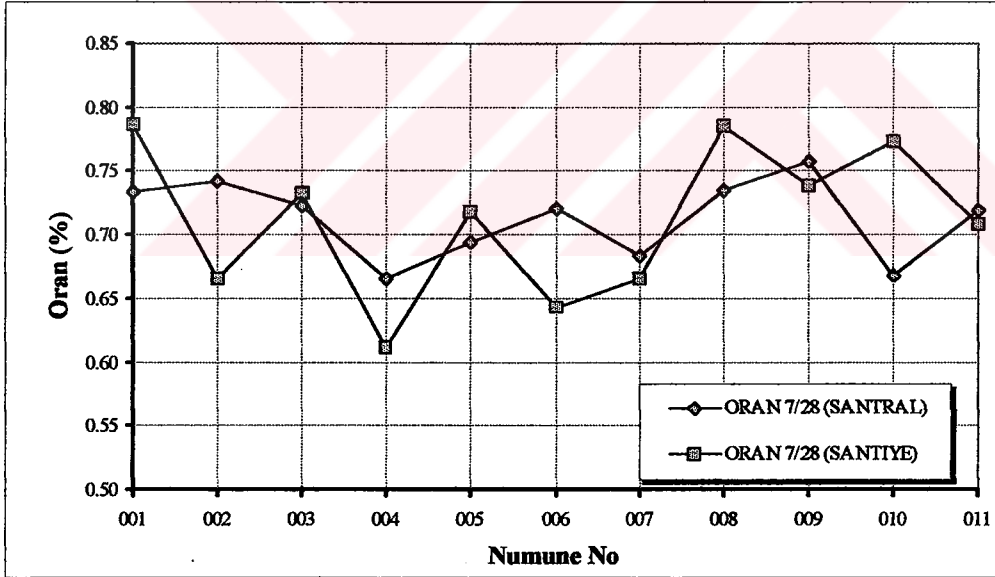
Şekil 5.12 Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (B Tesisi BS 25)



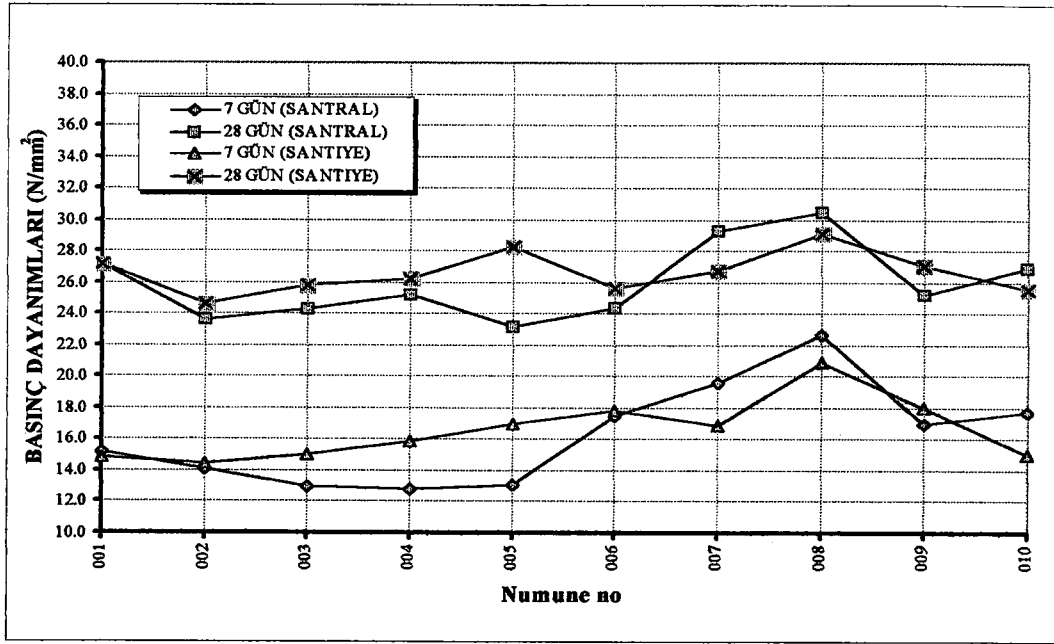
Şekil 5.13 Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (B Tesisi BS 25)



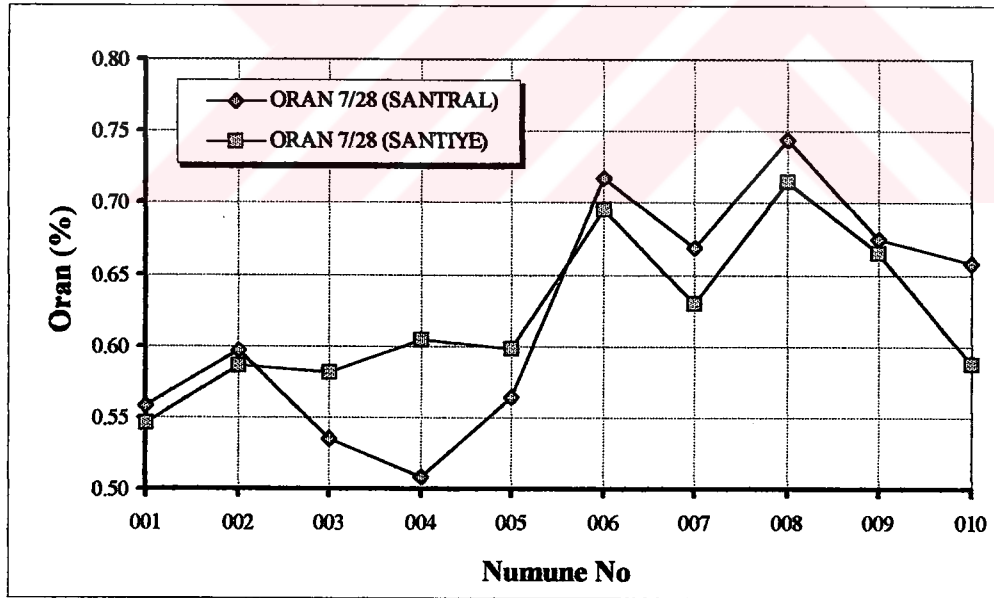
Şekil 5.14 Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (C Tesisi BS 25)



Şekil 5.15 Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (C Tesisi BS 25)



Şekil 5.16 Basınç Dayanımı Değerlerinin Karşılaştırılması (C Tesisi BS 18)



Şekil 5.17 Basınç Dayanımı Değerlerinin 7/28 Oranları (C Tesisi BS 18)

5.3 Basınç Dayanımlarının İstatistiksel Olarak İncelenmesi ve Gauss dağılımına uygunluğunun Araştırılması

Yapılan çalışmada üretilen betonların dağılımı istatistik açıdan incelenmiştir. A, B, C, olmak üzere 3 hazır beton tesisinin santralinde elde edilen verilere göre çeşitli istatistik sonuçlara varılmak istenmiştir. Tesis laboratuvarında kırılıp deneye tabi tutulan numunelerin basınç dayanımı değerlerinin kolay yorumlanabilmesi açısından tablolar halinde ifade edilmişlerdir. 7 ve 28 günlük mukavemetlerine göre sınıflandırılan grupların bağıl frekansları ve birikimli frekansları Tablo 5.3, Tablo 5.4, Tablo 5.5, Tablo 5.6, Tablo 5.7, Tablo 5.8, Tablo 5.9, Tablo 5.10, Tablo 5.11, Tablo 5.12’de gösterilmiştir. Daha sonra bu tablolardan yararlanarak 7 ve 28 günlük küp birikimli frekansların diyagramları Şekil 5.18, Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22, Şekil 5.23, Şekil 5.24, Şekil 5.25, Şekil 5.26, Şekil 5.27’de gösterilmiştir. Ayrıca verilere göre gauss eğrisine en yakın polinom diyagramları çizilmiştir.

Ayrıca tesislerin santrallerinde elde edilen 28 günlük basınç dayanımlarına göre oluşturulan dayanım aralıkları içinde gözlenen frekanslar kullanarak Ek A’da yer alan tablo ve aşağıdaki denklem vasıtasıyla normal eğri altında kalan alan bulunmuş ve teorik frekanslar hesaplanmıştır.

X_i :Aralığın 1. dayanımı

X_j :Aralığın 2. dayanımı

U_i : $(X_i - f_{cm})/\sigma$

U_j : $(X_j - f_{cm})/\sigma$

A_i : U_i değeri için normal dağılım eğrisi altında kalan alan

A_j : U_j değeri için normal dağılım eğrisi altında kalan alan

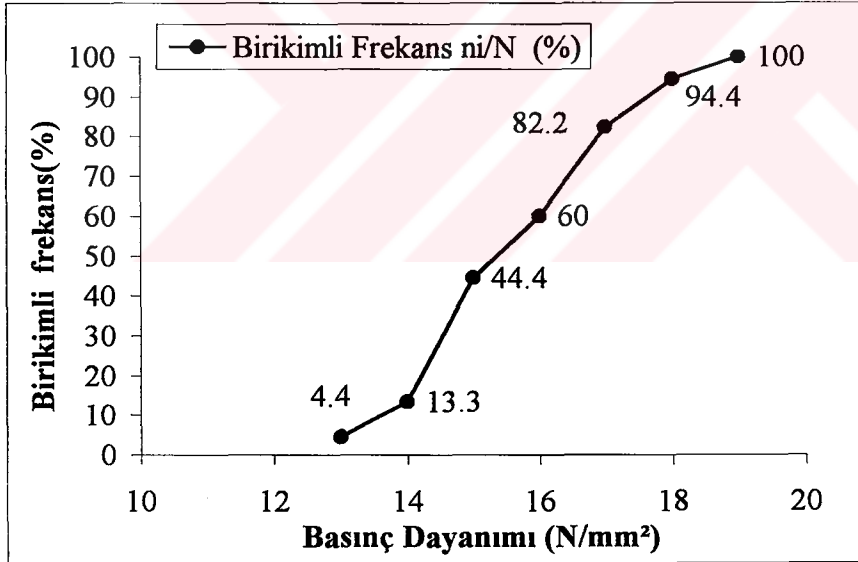
$(A_j - A_i) \times n$: Teorik Frekans

Teorik frekans bulunduktan sonra aşağıdaki denklem ve Ek A’daki Tablo yardımıyla Ghi-Kare testi uygulanarak normal dağılıma uyup uymadığı incelenmiştir.

$$\chi^2 = \sum (n_i - e_i)^2 / e_i$$

Tablo 5.3 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (A Tesisi)

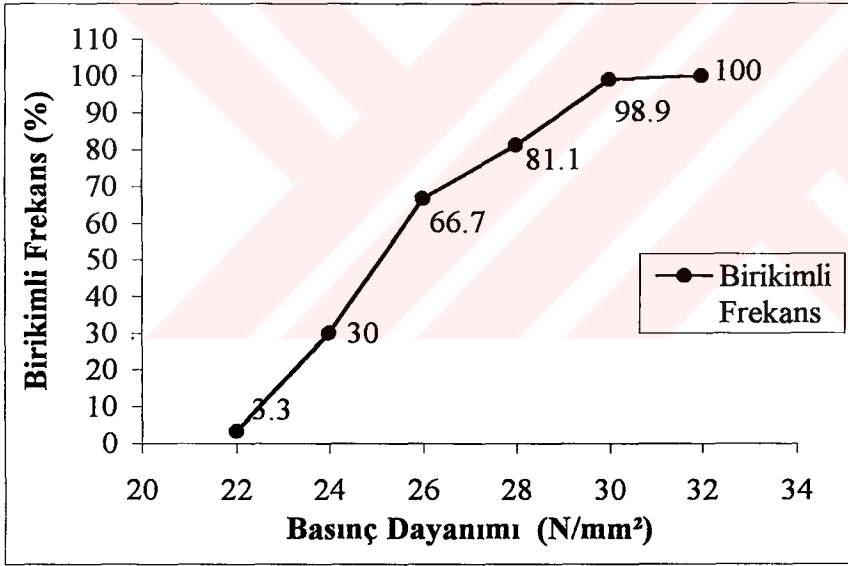
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	$\Sigma ni/N$ (%)
12-13	12.5	4	4.4	4.4
13-14	13.5	8	8.9	13.3
14-15	14.5	28	31.1	44.4
15-16	15.5	14	15.6	60
16-17	16.5	20	22.2	82.2
17-18	17.5	11	12.2	94.4
18-19	18.5	5	5.6	100



Şekil 5.18 7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birlikimli Frekans Eğrisi (A Tesisi)

Tablo 5.4 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (A Tesisi)

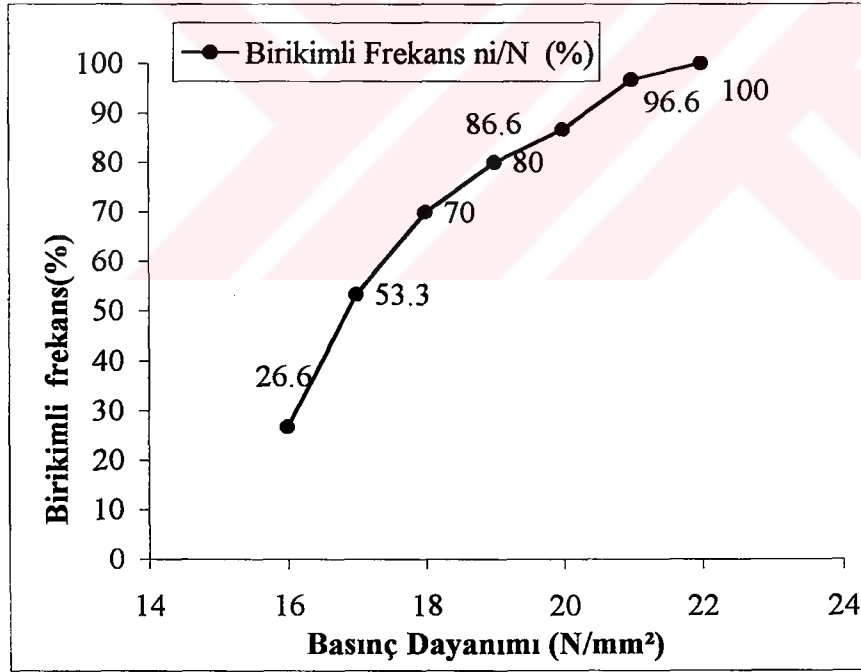
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
20-22	21	3	3.3	3.3
22-24	23	24	26.7	30
24-26	25	33	36.7	66.7
26-28	27	13	14.4	81.1
28-30	29	16	17.8	98.9
30-32	31	1	1.1	100



Şekil 5.19 28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (A Tesisi)

Tablo 5.5 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (B Tesisi BS 20)

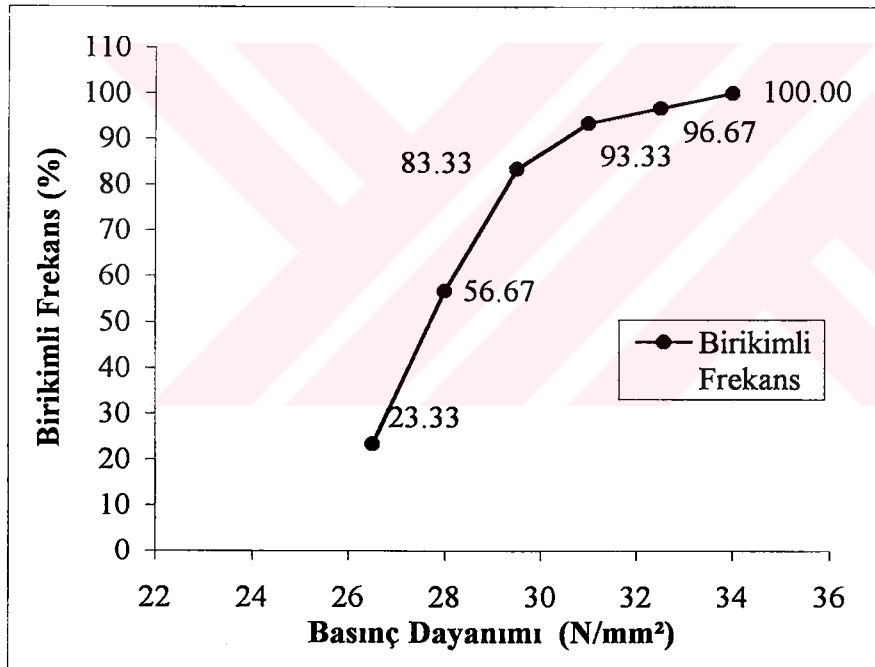
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
14-15	14.5	1	3.3	3.3
15-16	15.5	7	23.3	26.6
16-17	16.5	8	26.7	53.3
17-18	17.5	5	16.7	70
18-19	18.5	3	10.0	80
19-20	19.5	2	6.7	86.6
20-21	20.5	3	10.0	96.6
21-22	21.5	1	3.3	100



Şekil 5.20 7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi
(B Tesisi BS 20)

Tablo 5.6 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (B Tesisi BS 20)

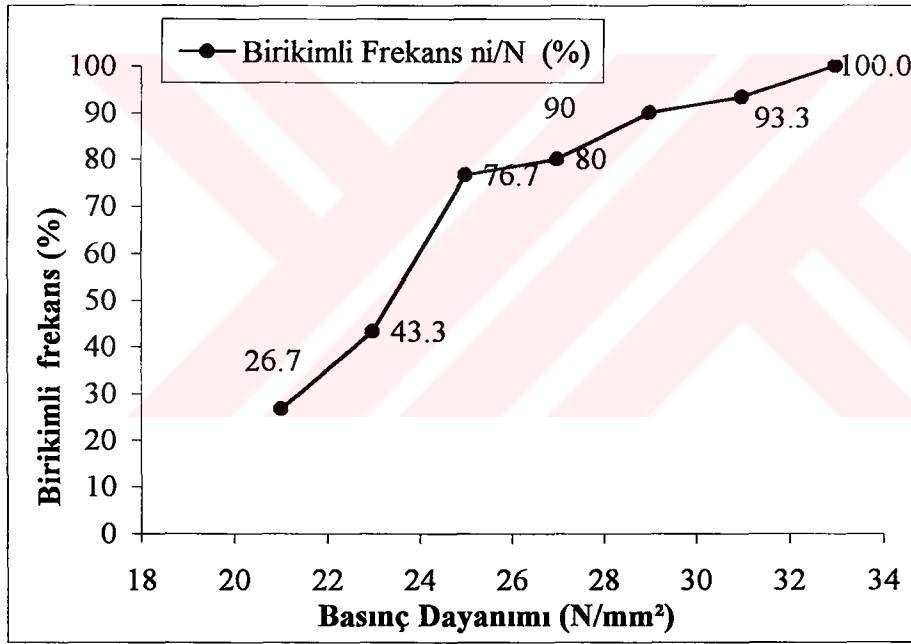
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
25-26.5	25.75	7	23.3	23.3
26.5-28	27.25	10	33.3	57
28-29.5	28.75	8	26.7	83.3
29.5-31	30.25	3	10.0	93.3
31-32.5	31.75	1	3.3	96.7
32.5-34	33.25	1	3.3	100



Şekil 5.21 28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (B Tesisi BS 20)

Tablo 5.7 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (B Tesisi BS 25)

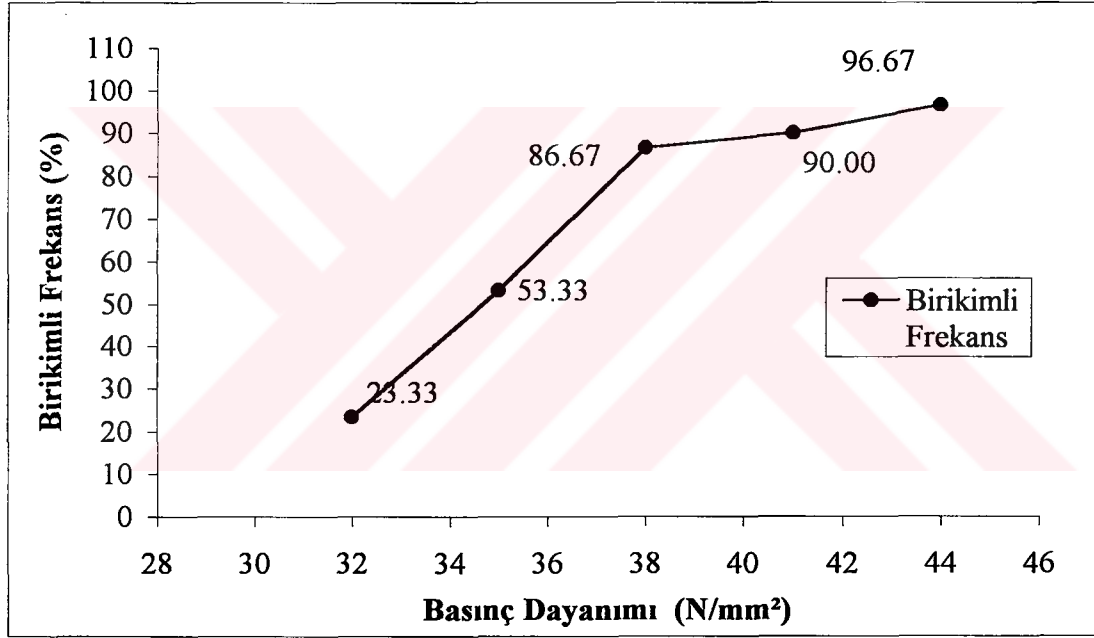
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
19-21	20	8	26.7	26.7
21-23	22	5	16.7	43.3
23-25	24	10	33.3	76.7
25-27	26	1	3.3	80
27-29	28	3	10.0	90
29-31	30	1	3.3	93.3
31-33	32	2	6.7	100.0



Şekil 5.22 7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi (B Tesisi BS 25)

Tablo 5.8 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (B Tesisi BS 25)

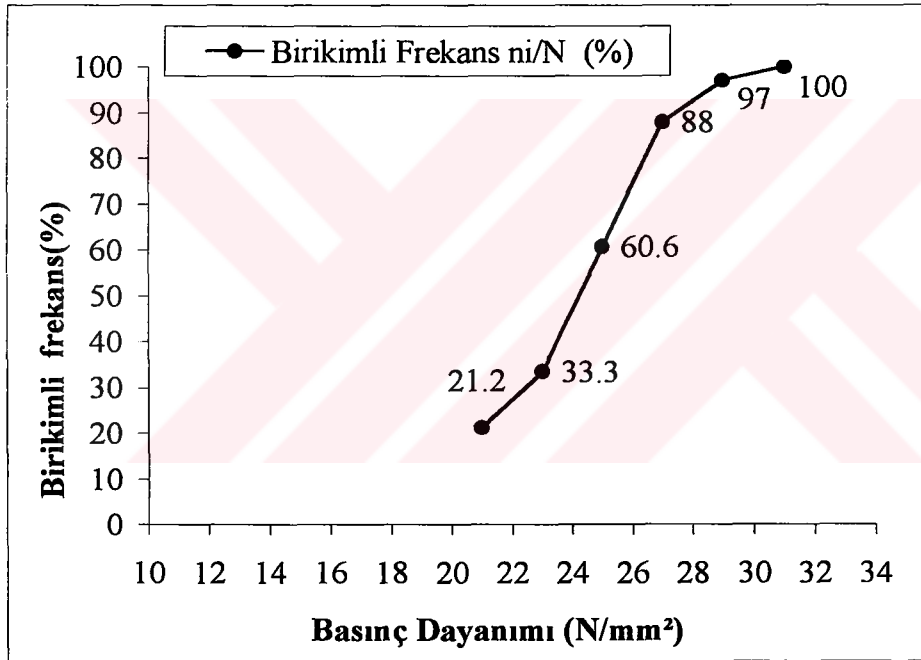
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
29-32	30.5	7	23.3	23.3
32-35	33.5	9	30.0	53
35-38	36.5	10	33.3	86.7
38-41	39.5	1	3.3	90.0
41-44	42.5	2	6.7	96.7



Şekil 5.23 28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi
(B Tesisi BS 25)

Tablo 5.9 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (C Tesisi BS 25)

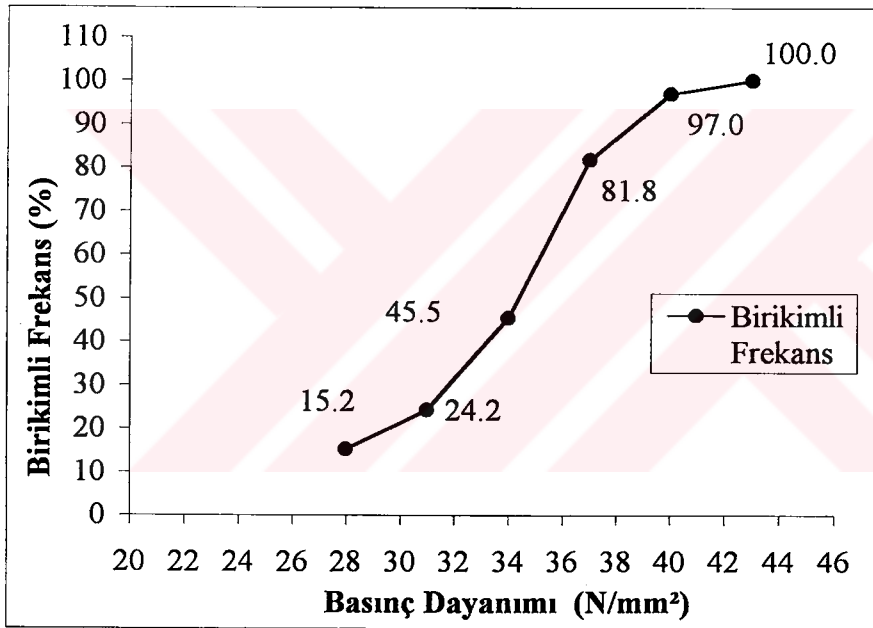
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
19-21	20	7	21.2	21.2
21-23	22	4	12.1	33.3
23-25	24	9	27.3	60.6
25-27	26	9	27.3	88
27-29	28	3	9.1	97
29-31	30	1	3.0	100



Şekil 5.24 7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi
(C Tesisi BS 25)

Tablo 5.10 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (C Tesisi BS 25)

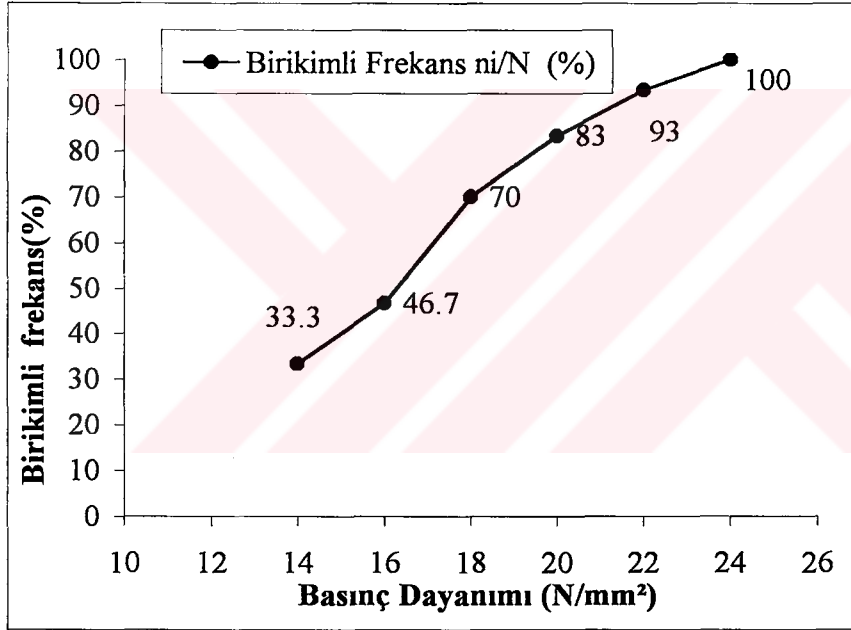
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
25-28	26.5	5	15.2	15.2
28-31	29.5	3	9.1	24
31-34	32.5	7	21.2	45.5
34-37	35.5	12	36.4	81.8
37-40	38.5	5	15.2	97.0
40-43	41.5	1	3.0	100.0



Şekil 5.25 28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birlikimli Frekans Eğrisi
(C Tesisi BS 25)

Tablo 5.11 7 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (C Tesisi BS 18)

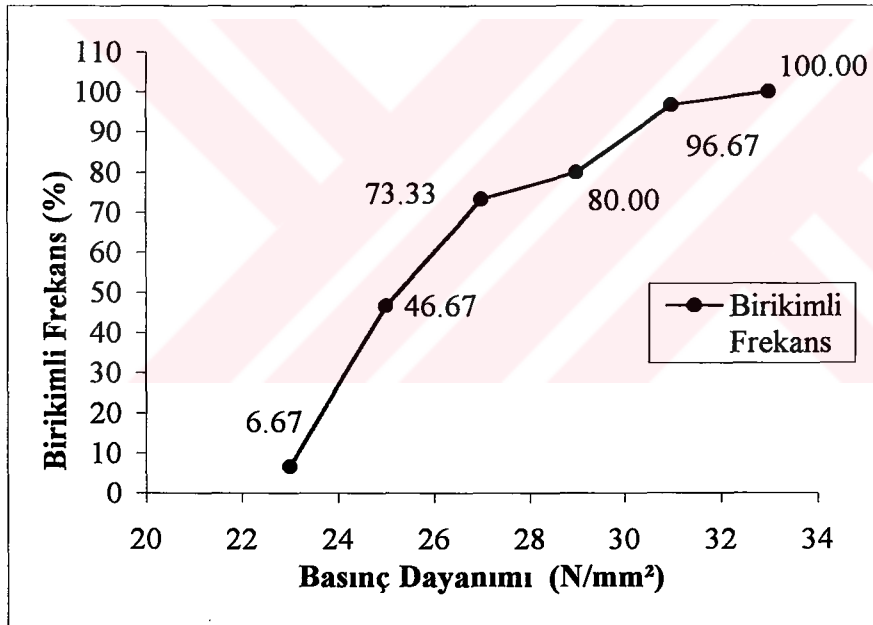
Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
12-14	13	10	33.3	33.3
14-16	15	4	13.3	46.7
16-18	17	7	23.3	70
18-20	19	4	13.3	83
20-22	21	3	10.0	93
22-24	23	2	6.7	100



Şekil 5.26 7 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birlikimli Frekans Eğrisi
(C Tesisi BS 18)

Tablo 5.12 28 Günlük Basınç Dayanımları Frekansları (C Tesisi BS 18)

Dayanım Sınıfı	Sınıf Dayanımı	Frekans	Bağıl Frekans	Birikimli Frekans
(N/mm ²)	(N/mm ²)	ni	ni/N (%)	ni/N (%)
21-23	22	2	6.7	6.7
23-25	24	12	40.0	47
25-27	26	8	26.7	73.3
27-29	28	2	6.7	80
29-31	30	5	16.7	96.7
31-33	32	1	3.3	100



Şekil 5.27 28 Günlük Küp Basınç Dayanımları Birikimli Frekans Eğrisi
(C Tesisi BS 18)

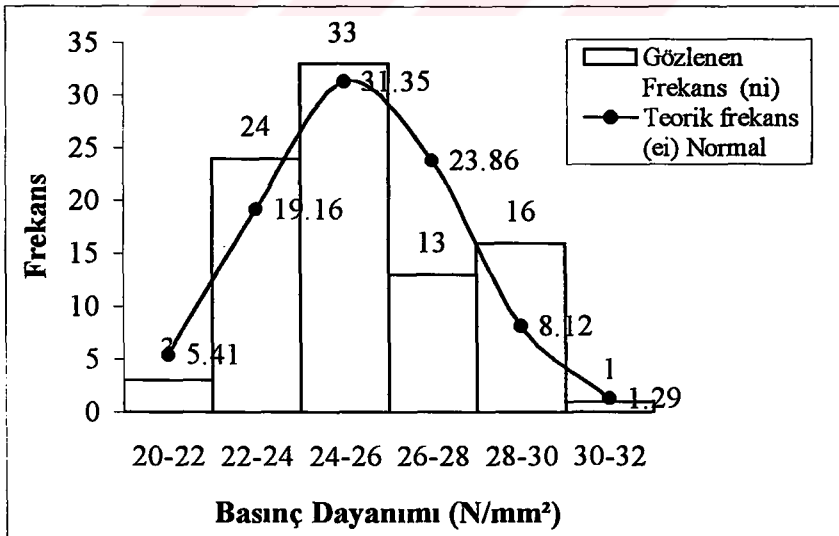
Tablo 5.13 A tesisi (BS 18) deneysel frekansları

Aralık	Gözlenen Frekans
(N/mm ²)	(n _i)
20-22	3
22-24	24
24-26	33
26-28	13
28-30	16
30-32	1
n:30x3= 90 numune	

Tablo 5.14 A tesisi(BS18) teorik frekansları

X _i	X _j	U _i	U _j	A _i	A _j	A _j -A _i	Teorik frekans (e _i)	$\chi^2 = \sum (n_i - e_i)^2 / e_i$
							(A _j -A _i)x _n	
20	22	-2.41	-1.49	-0.492	-0.4319	0.06	5.41	1.07
22	24	-1.49	-0.58	-0.4319	-0.219	0.21	19.16	1.22
24	26	-0.58	0.33	-0.219	0.1293	0.35	31.35	0.09
26	28	0.33	1.25	0.1293	0.3944	0.27	23.86	4.94
28	30	1.25	2.16	0.3944	0.4846	0.09	8.12	7.65
30	32	2.16	3.07	0.4846	0.4989	0.01	1.29	0.06
							$\chi^2 =$	15.04

$V = k - 3 = 6 - 3 = 3$ $\chi^2_{0.1} = 6.25 < 15.04$ Dağılım normal dağılımdır.

**Şekil 5.28** Basınç dayanımı frekans ilişkisi (A Tesis BS18)

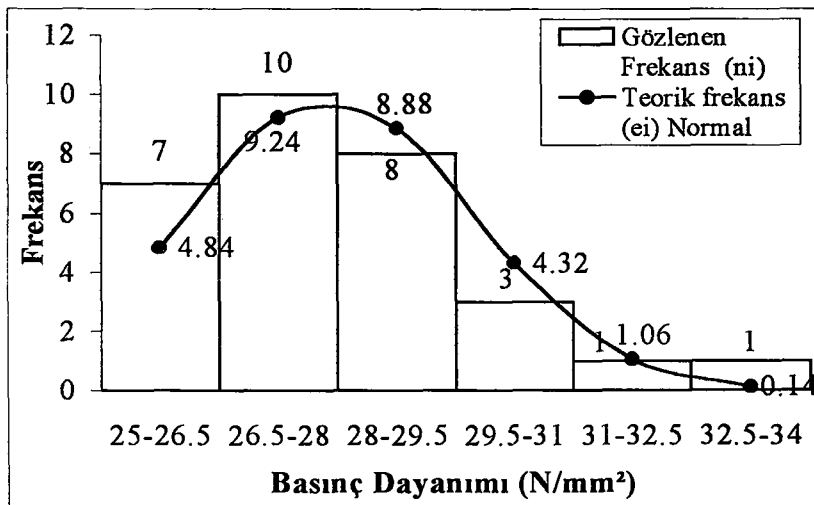
Tablo 5.15 B tesisi (BS 20) deneysel frekansları

Aralık (N/mm ²)	Gözlenen Frekans (n _i)
25-26.5	7
26.5-28	10
28-29.5	8
29.5-31	3
31-32.5	1
32.5-34	1
n: 10x3=30 numune	

Tablo 5.16 B tesisi (BS20) teorik frekansları

X _i	X _j	U _i	U _j	A _i	A _j	A _j -A _i	Teorik frekans (e _i)	$\chi^2 = \sum (n_i - e_i)^2 / e_i$
							(A _j -A _i)x n	
25	26.5	-1.64	-0.80	-0.4495	-0.2881	0.16	4.84	0.96
26.5	28	-0.80	0.05	-0.2881	0.0199	0.31	9.24	0.06
28	29.5	0.05	0.90	0.0199	0.3159	0.30	8.88	0.09
29.5	31	0.90	1.75	0.3159	0.4599	0.14	4.32	0.40
31	32.5	1.75	2.59	0.4599	0.4952	0.04	1.06	0.00
32.5	34	2.59	3.44	0.4952	0.4997	0.00	0.14	5.54
							$\chi^2 =$	7.06

$V = k - 3 = 6 - 3 = 3$ $\chi^2_{0.1} = 6.25 < 7.06$ Dağılım normal dağılımdır.

**Şekil 5.29 Basınç dayanımı frekans ilişkisi (B Tesis BS20)**

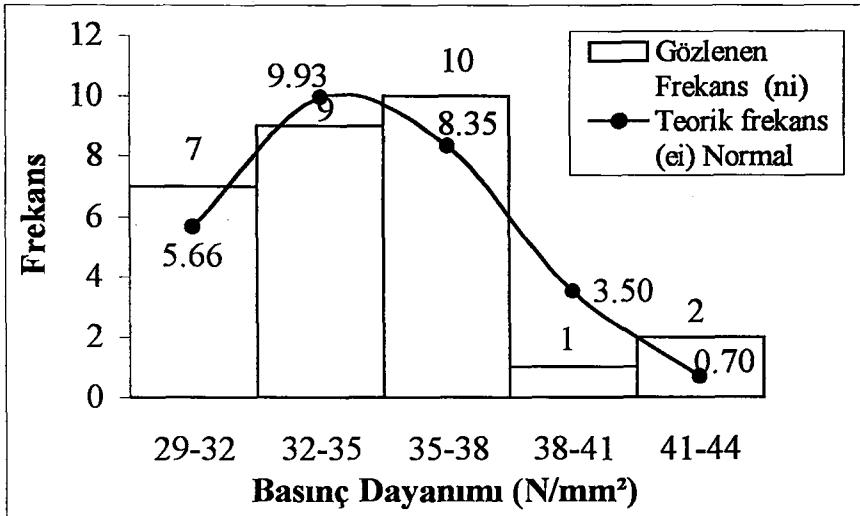
Tablo 5.17 B tesisi (BS 25) deneysel frekansları

Aralık (N/mm ²)	Gözlenen Frekans (n _i)
29-32	7
32-35	9
35-38	10
38-41	1
41-44	2
n:10x3= 30 numune	

Tablo 5.18 B tesisi (BS25) teorik frekansları

X _i	X _j	U _i	U _j	A _i	A _j	A _j -A _i	Teorik frekans (e _i)	$\chi^2 = \sum (n_i - e_i)^2 / e_i$
							(A _j -A _i)xn	
29	32	-1.56	-0.68	-0.4406	-0.2518	0.19	5.66	0.32
32	35	-0.68	0.20	-0.2518	0.0793	0.33	9.93	0.09
35	38	0.20	1.07	0.0793	0.3577	0.28	8.35	0.33
38	41	1.07	1.95	0.3577	0.4744	0.12	3.50	1.79
41	44	1.95	2.83	0.4744	0.4977	0.02	0.70	2.42
							$\chi^2 =$	4.94

$V=5-3=5-3=2$ $\chi^2_{0.1}=4.61 < 4.94$ Dağılım normal dağılımdır.

**Şekil 5.30 Basınç dayanımı frekans ilişkisi (B Tesisi BS25)**

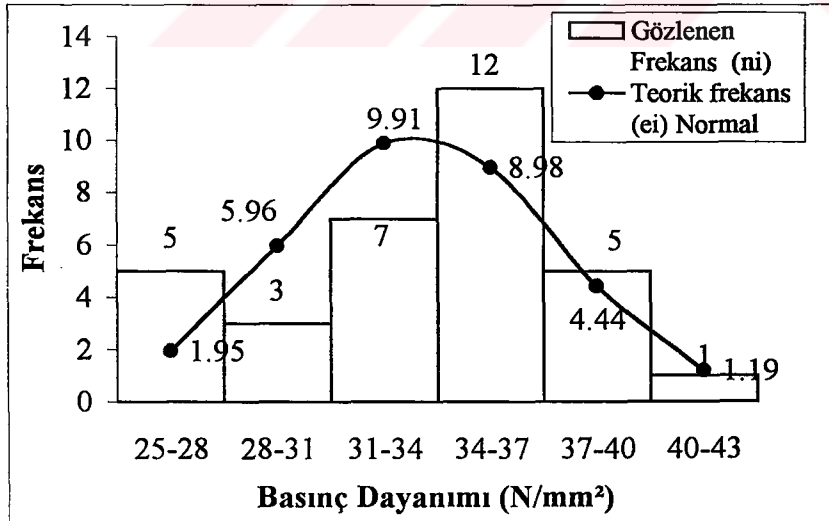
Tablo 5.19 C tesisi (BS 25) deneysel frekansları

Aralık	Gözlenen
(N/mm ²)	Frekans (n _i)
25-28	5
28-31	3
31-34	7
34-37	12
37-40	5
40-43	1
n: 11x3= 33 numune	

Tablo 5.20 C tesisi (BS25) teorik frekansları

X _i	X _j	U _i	U _j	A _i	A _j	A _j -A _i	Teorik frekans(e _i) (A _j -A _i)xn	$\chi^2 = \sum (n_i - e_i)^2 / e_i$
25	28	-2.27	-1.47	-0.4884	-0.4292	0.06	1.95	4.75
28	31	-1.47	-0.67	-0.4292	-0.2486	0.18	5.96	1.47
31	34	-0.67	0.13	-0.2486	0.0517	0.30	9.91	0.85
34	37	0.13	0.93	0.0517	0.3238	0.27	8.98	1.02
37	40	0.93	1.73	0.3238	0.4582	0.13	4.44	0.07
40	43	1.73	2.53	0.4582	0.4943	0.04	1.19	0.03
							$\chi^2 =$	8.19

$V = k - 3 = 6 - 3 = 3$ $\chi^2_{0.1} = 6.25 < 8.19$ Dağılım normal dağılımdır.

**Şekil 5.31** Basınç dayanımı frekans ilişkisi (C Tesisi BS25)

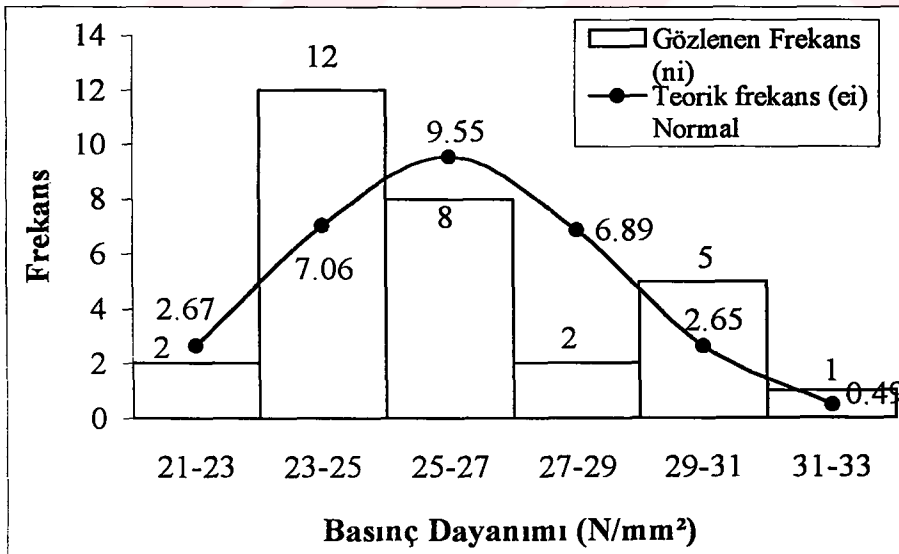
Tablo 5.21 C tesisi (BS 18) deneysel frekansları

Aralık	Gözlenen
(N/mm ²)	Frekans (n _i)
21-23	2
23-25	12
25-27	8
27-29	2
29-31	5
31-33	1
N:10x3= 30 numune	

Tablo 5.22 C tesisi (BS18) teorik frekansları

X _i	X _j	U _i	U _j	A _i	A _j	A _j -A _i	Teorikfrekans(e _i)	$\chi^2 = \sum (n_i - e_i)^2 / e_i$
							(A _j -A _i)xn	
21	23	-2.05	-1.23	-0.4798	-0.3907	0.09	2.67	0.17
23	25	-1.23	-0.40	-0.3907	-0.1554	0.24	7.06	3.46
25	27	-0.40	0.42	-0.1554	0.1628	0.32	9.55	0.25
27	29	0.42	1.24	0.1628	0.3925	0.23	6.89	3.47
29	31	1.24	2.07	0.3925	0.4808	0.09	2.65	2.09
31	33	2.07	2.89	0.4981	0.497	0.00	0.49	0.54
							$\chi^2 =$	9.98

$V=k-3=6-3=3$ $\chi^2_{0.1}=6.25 < 9.98$ Dağılım normal dağılımdır.

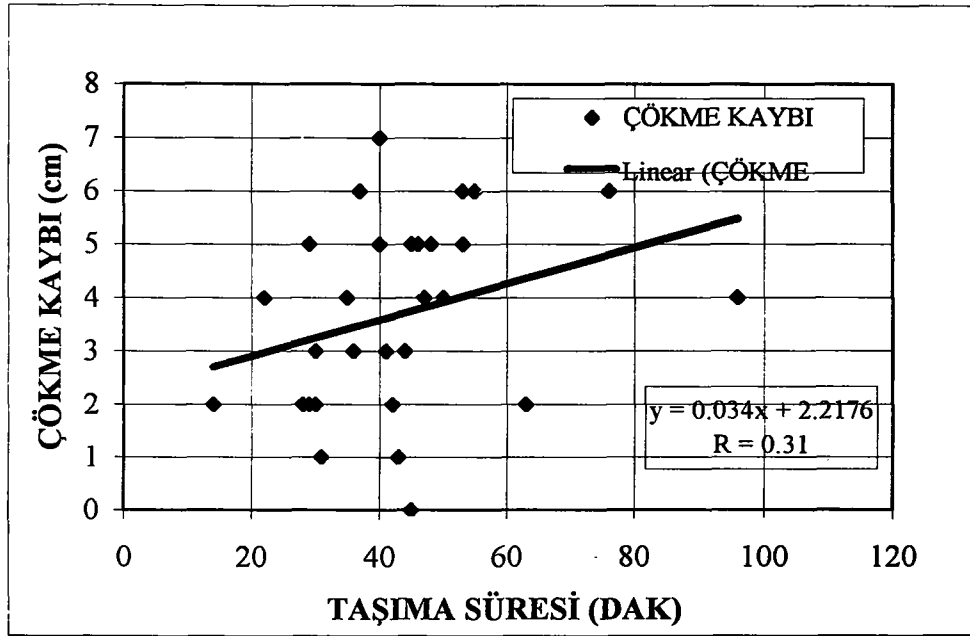
**Şekil 5.32** Basınç dayanımı frekans ilişkisi (C Tesisi BS18)

5.4 Santral ile şantiye arasındaki taşıma sürelerine bağlı olarak çökme kayıplarının karşılaştırılması

Tesislerde taze betonun kıvamı sıcaklığa, santral çıkışı çökme, mikser devri, zaman vs. gibi faktörlere bağlı olarak çökme kaybına uğramıştır Tablo 5.23’de görüldüğü gibi A tesisinde çökme kayıpları en fazla 7 cm olmuş , en aza baktığımızda da hiç çökme kaybına uğramamıştır. Bu durum şantiyede betona su verilerek kaybedilen çökme tekrar geri kazanılmıştır. Şekil 5.32’de görüldüğü gibi santral ile şantiye arasında taşıma süresine bağlı olarak çökme kaybının doğrusal davranış gösterdiği bulunmuştur.

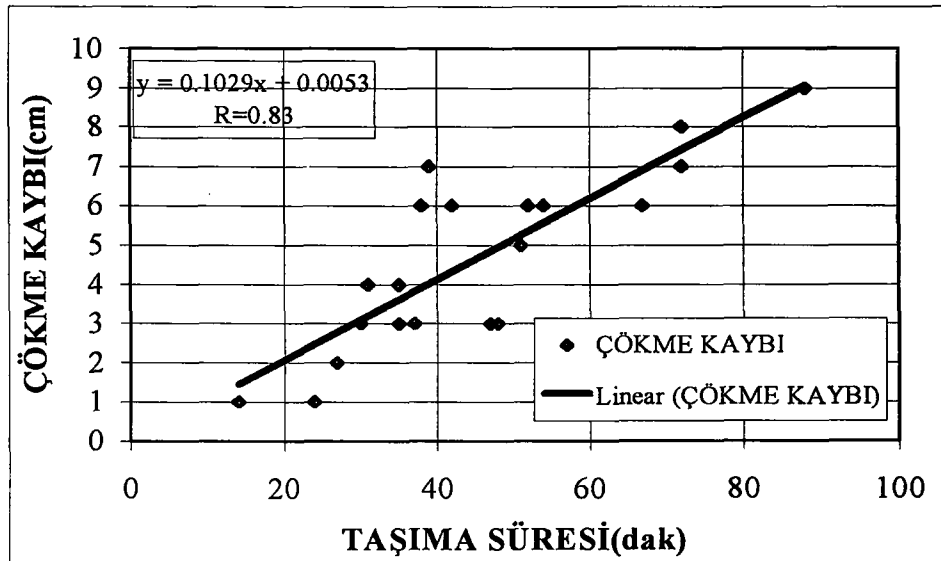
Tablo 5.23 Santral ile şantiye arasındaki taşıma süreleri, çökme ve mukavemet farkları (A tesisi)

NUMUNE NO	TAŞIMA SÜRESİ (dakika)	ÇÖKME FARKI (cm)	MUKAVEMET FARKI (N/mm ²)
1	30	-3	-2.0
2	35	-4	-1.0
3	50	-4	-3.6
4	29	-5	4.6
5	96	-4	0.2
6	14	-2	-2.2
7	55	-6	-1.9
8	53	-6	-1.4
9	48	-5	-2.5
10	40	-7	-1.8
11	30	-3	-0.3
12	37	-6	-1.7
13	43	-1	-1.8
14	63	-2	-1.6
15	46	-5	-0.7
16	45	0	-5.7
17	41	-3	0.9
18	30	-2	-1.0
19	40	-5	-4.6
20	44	-3	-2.2
21	45	-5	-2.4
22	36	-3	-1.3
23	47	-4	0.1
24	42	-2	1.4
25	53	-5	-0.4
26	28	-2	-1.0
27	29	-2	-2.5
28	31	-1	-1.0
29	76	-6	0.8
30	22	-4	0.7



Şekil 5.33 Santral ile şantiye arasında taşıma süresine bağlı olarak çökme kayıplarındaki değişim (A tesisi)

Tablo 5.24' de görüldüğü gibi B tesisinde ise çökme kayıpları 9 cm ile 1 cm arasında değişmiş, ortalama çökme kaybı 4.5 cm olarak gerçekleşmiştir. Şekil 5.33'de görüldüğü gibi taşıma süresine bağlı olarak santral ile şantiye arasında çökme kaybının doğrusal davranış gösterdiği bulunmuştur.

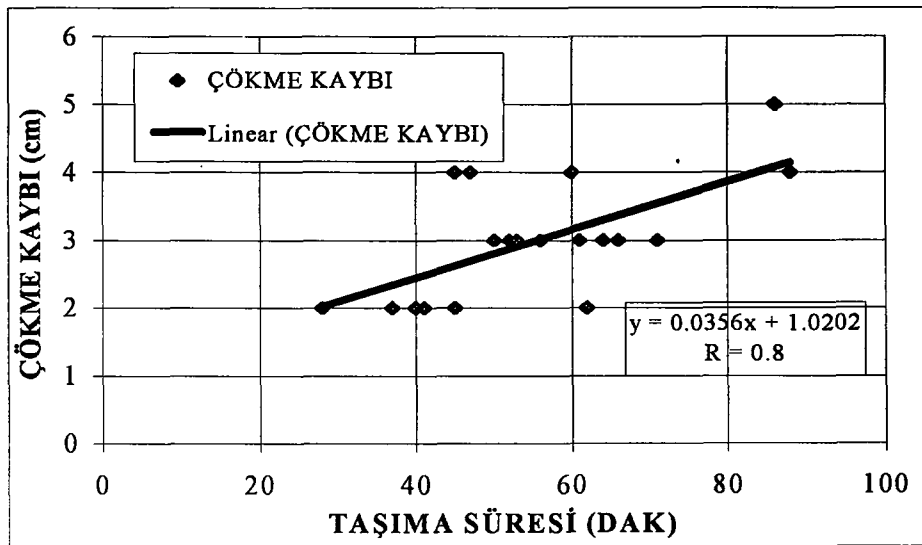


Şekil 5.34 Santral ile şantiye arasında taşıma süresine bağlı olarak çökme kayıplarındaki değişim (B tesisi)

Tablo 5.24 Santral ile şantiye arasındaki taşıma süreleri, çökme ve mukavemet farkları (B tesisi)

NUMUNE NO	TAŞIMA SÜRESİ (dakika)	ÇÖKME FARKI (cm)	MUKAVEMET FARKI (N/mm ²)
1	39	-7	0.8
2	88	-9	1.6
3	42	-6	0.9
4	72	-7	-2.0
5	72	-8	1.6
6	51	-5	0.9
7	47	-3	1.8
8	35	-3	1.3
9	48	-3	2.8
10	14	-1	0.5
11	35	-4	2.1
12	54	-6	1.6
13	52	-6	-1.3
14	30	-3	6.0
15	27	-2	-0.4
16	31	-4	1.5
17	37	-3	1.6
18	67	-6	-2.9
19	24	-1	0.6
20	38	-6	0.4

C tesisinde ise Tablo 5.25’de görüldüğü gibi çökme kayıpları 5 cm ile 2 cm arasında değişmiş, ortalama çökme kaybı 3 cm olmuştur. Şekil 5.34’de görüldüğü gibi taşıma süresine bağlı olarak santral ile şantiye arasında çökme kaybının doğrusal davranış gösterdiği bulunmuştur.



Şekil 5.35 Santral ile şantiye arasında taşıma süresine bağlı olarak çökme kayıplarındaki değişim (C tesisi)

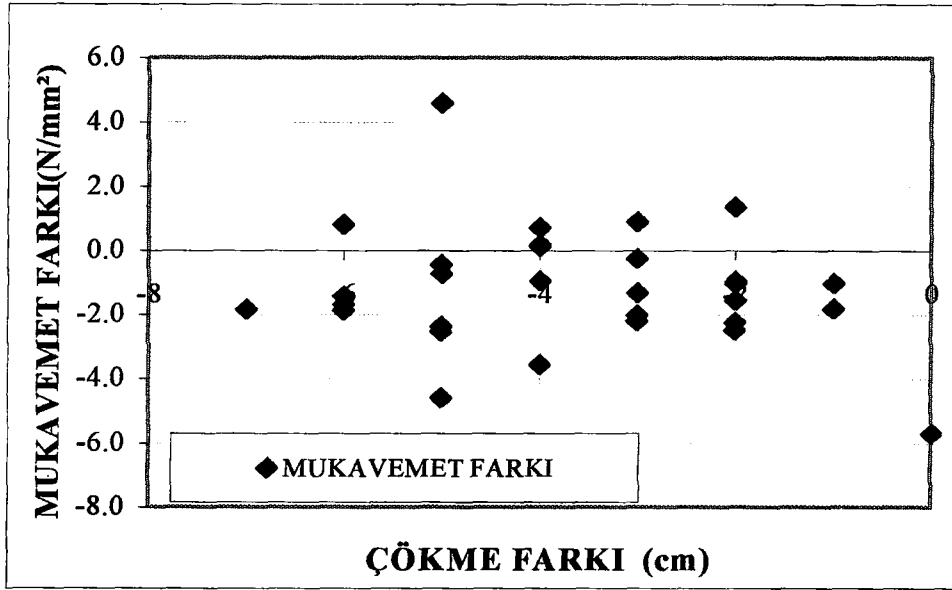
Tablo 5.25 Santral ile şantiye arasındaki taşıma süreleri, çökme ve mukavemet farkları (C tesisi)

NUMUNE NO	TAŞIMA SÜRESİ	ÇÖKME FARKI	MUKAVEMET FARKI
	(dakika)	(cm)	(N/mm ²)
1	64	-3	-2.1
2	60	-4	1.3
3	88	-4	3.2
4	61	-3	1.3
5	66	-3	5.6
6	52	-3	5.5
7	53	-3	2.4
8	56	-3	0.7
9	62	-2	6.1
10	71	-3	-0.4
11	64	-3	2.3
12	47	-4	0.0
13	37	-2	1.1
14	40	-2	1.5
15	45	-2	1.0
16	86	-5	5.1
17	50	-3	1.3
18	45	-4	-2.5
19	53	-3	-1.3
20	28	-2	1.8
21	41	-2	-1.4

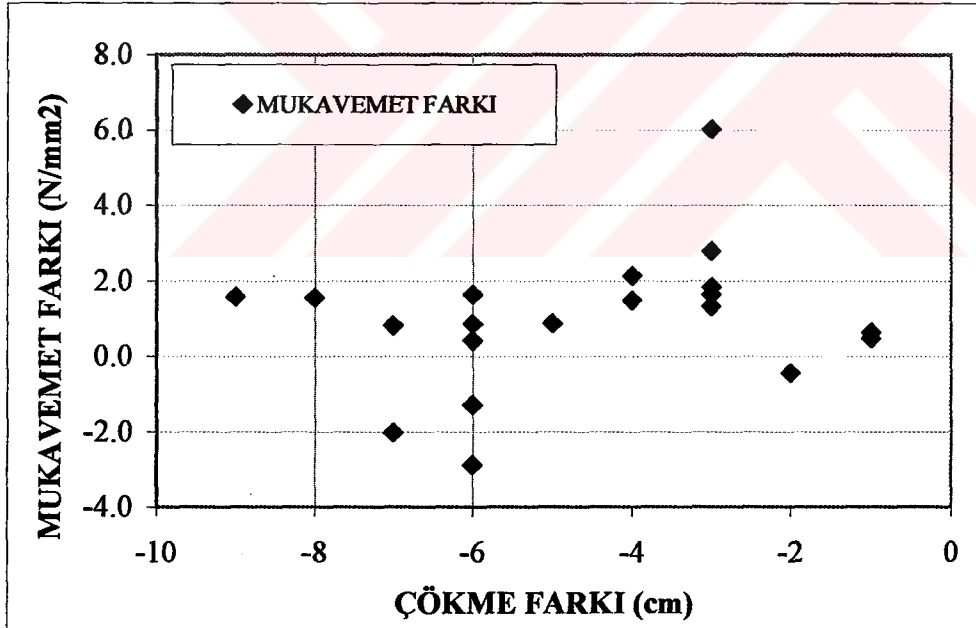
5.5 Santral ile şantiye arasındaki çökme farklarına bağlı olarak mukavemet farklarının incelenmesi

Tablo 5.23’de görüldüğü gibi A tesisinde santral ile şantiye arasında çökme kaybına bağlı olarak mukavemet farkı ortaya çıkmıştır. Santralde elde edilen basınç dayanım değerleri şantiye basınç dayanımlarından daha yüksek kalmıştır. Mukavemet farkları -5.7 ile 4.6 N/mm² arasında değişmiş ve ortalama mukavemet farkı – 1.2 N/mm² olmuştur. Şekil 5.35’de santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkı değişimi gösterilmiştir.

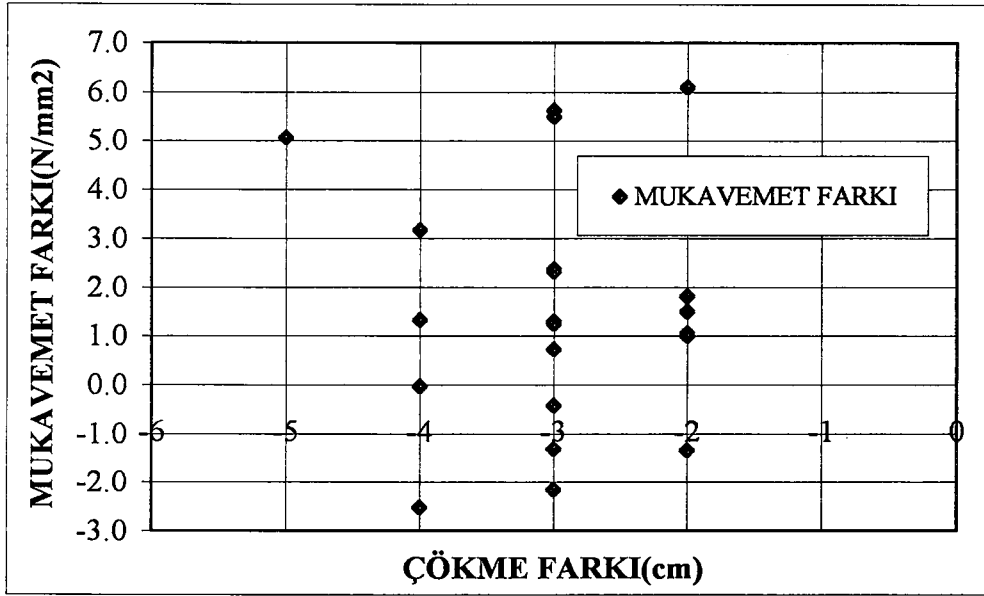
Tablo 5.24’de görüldüğü gibi santral ile şantiye arasında çökme kaybına bağlı olarak mukavemet farkı ortaya çıkmıştır. Santralde elde edilen basınç dayanım değerleri şantiye basınç dayanımlarından daha düşük kalmıştır. Mukavemet farkları 6 ile –2.9 N/mm² arasında değişmiş ve ortalama mukavemet farkı 1 N/mm² olmuştur. Şekil 5.36’de santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 5.36 Santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkındaki değişim (A tesisi)



Şekil 5.37 Santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkındaki değişim (B tesisi)



Şekil 5.38 Santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkındaki değişim (C tesisi)

C tesisinde ise şantiyede elde edilen basınç dayanım değerleri genellikle Tablo 5.25’de görüldüğü gibi santral basınç dayanımlarından daha yüksek kalmıştır. Mukavemet farkları 6.1 ile -2.5 N/mm^2 arasında değişmiş ve ortalama mukavemet farkı 1.5 N/mm^2 olmuştur. Şekil 5.37’de santral ile şantiye arasında çökme farkına bağlı olarak mukavemet farkı değişimi gösterilmiştir.

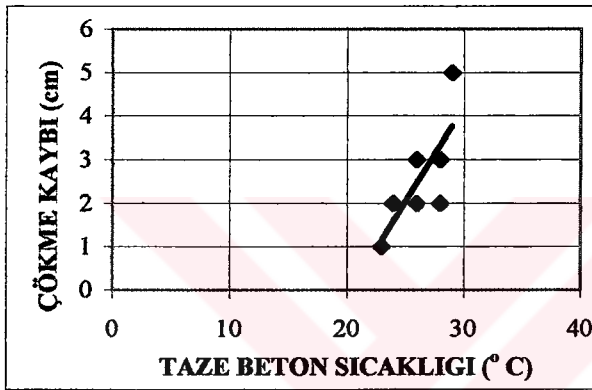
5.5 Aynı taşıma sürelerine sahip numunelerin taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kayıplarının incelenmesi

Santral ile şantiye arasında taşıma sürelerinin birbirine yakın olduğu numuneler üzerinde taze beton sıcaklıklarının farklılığı çökme kayıpları üzerinde etkili olmuştur.

A tesisinde taşıma süreleri birbirine yakın numuneler Tablo 5.26’daki gibi gruplandırılarak taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kayıpları değişimi Şekil 5.38’de gösterilmiştir.

Tablo 5.26 Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklıkları ve çökme kayıpları (A tesisi)

ÖRNEK NO	TAŞIMA SÜRESİ	TAZE BETON SICAKLIĞI	ÇÖKME KAYBI
	(dakika)	(°C)	(cm)
1	30	26	3
4	29	29	5
11	30	28	3
18	30	28	2
26	28	24	2
27	29	26	2
28	31	23	1

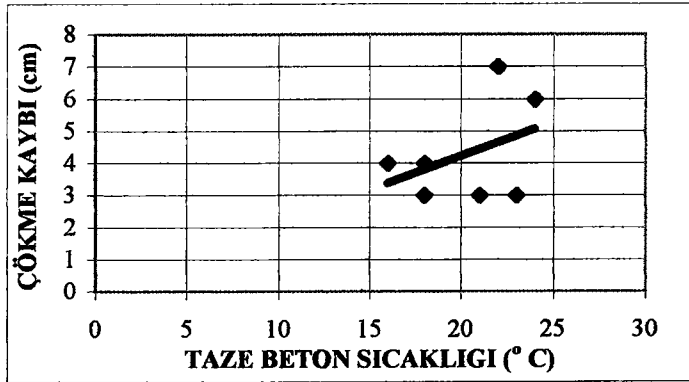


Şekil 5.38 Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kaybı değişimi (A tesisi)

B tesisinde taşıma süreleri birbirine yakın numuneler Tablo 5.27'deki gibi gruplandırılarak taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kayıpları değişimi Şekil 5.39'da gösterilmiştir.

Tablo 5.27 Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklıkları ve çökme kayıpları (B tesisi)

ÖRNEK NO	TAŞIMA SÜRESİ	TAZE BETON SICAKLIĞI	ÇÖKME KAYBI
	(dakika)	(°C)	(cm)
1	39	22	7
8	35	23	3
11	35	16	4
14	30	21	3
16	31	18	4
17	37	18	3
20	38	24	6

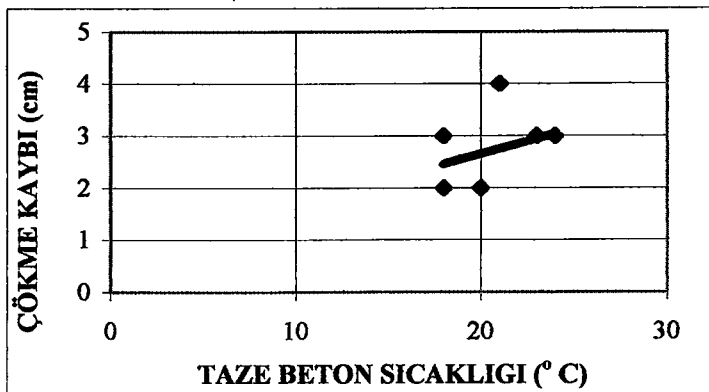


Şekil 5.39 Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kaybı değişimi (B tesisi)

C tesisinde taşıma süreleri birbirine yakın numuneler Tablo 5.28'deki gibi gruplandırılarak taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kayıpları değişimi Şekil 5.40'da gösterilmiştir

Tablo 5.28 Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklıkları ve çökme kayıpları (C tesisi)

ÖRNEK NO	TAŞIMA SÜRESİ (dakika)	TAZE BETON SICAKLIĞI (°C)	ÇÖKME KAYBI (cm)
6	52	24	3
7	53	23	3
12	47	21	4
14	40	20	2
15	45	20	2
16	50	20	2
17	45	18	3
19	53	18	3
21	41	18	2



Şekil 5.40 Taşıma süreleri birbirine yakın numunelerinin taze beton sıcaklığına bağlı olarak çökme kaybı değişimi (C tesisi)

6. SONUÇLAR

Hazır beton firmasının değişik 3 ana tesisinin santralında ve şantiyelerinde farklı sınıflarda beton numuneleri alınmış, numunelere çökme ve taze beton sıcaklığı gibi taze beton deneyleri yapılmış, ve basınç dayanımı deneyi için küp numuneler alınarak 7 ve 28 günlerde basınç dayanımları ölçülmüştür. Santral ve şantiyede alınan numunelerde iki örnekleme arasında geçen süre taşıma süresi olarak değerlendirilip çökme, ortam sıcaklığı, taze beton sıcaklığı, basınç dayanımı gibi parametreler karşılaştırılmıştır. Elde edilen santral ve şantiye 28 günlük basınç dayanımları üzerinde istatistiksel değerlendirmeler yapılmış ve kalite kontrol dereceleri irdelenmiştir. Bu çalışma su katılmayan numuneler üzerinde yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde ulaşılan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1) Taze Beton Sıcaklığı

A tesisinde yapılan çalışmalar Temmuz, Ağustos, Eylül aylarını kapsadığı için taze beton sıcaklığı 22-30° C arasında kalmıştır. Ortalama taze beton sıcaklığı A tesisinde santralde 26.2, şantiyede 26.9 olmuştur. Santralle şantiye arasında anlamlı bir sıcaklık farkı gözlenmemektedir. Deneyler sırasında elde edilen 2 yer arasındaki 2-3° C'lik fark santralle şantiye arasında hava sıcaklıklarına bağlı tesadüfi bir farktır.

B tesisinde yapılan çalışmalar Ekim, Kasım aylarını kapsadığı için taze beton sıcaklığı 17-27° C arasında kalmıştır. Ortalama taze beton sıcaklığı B tesisinde santralde 21.8, şantiyede 22.5 olmuştur. Santralle şantiye arasında anlamlı bir sıcaklık farkı gözlenmemektedir. Deneyler sırasında elde edilen 2 yer arasındaki 2-3° C'lik fark santralle şantiye arasında hava sıcaklıklarına bağlı tesadüfi bir farktır.

C tesisinde yapılan çalışmalar Aralık, Ocak aylarını kapsadığı için taze beton sıcaklığı 17-27° C arasında kalmıştır. Ortalama taze beton sıcaklığı C tesisinde santralde 21.3, şantiyede 21.9 olmuştur. Santralle şantiye arasında anlamlı bir sıcaklık farkı gözlenmemektedir.

Santralle şantiye taze beton sıcaklıklarına daha yakından bakıldığında C tesisi dışında beton sıcaklıklarının hava sıcaklıkları değerleriyle paralellik gösterdiği ve ortam sıcaklıklarına yakın değerler aldığı görülmüştür. Genelde beton sıcaklıkları şantiyede santrale göre daha yüksek çıkmıştır. Elde edilen değerlere göre santralle şantiye hava sıcaklıkları aynı kaldıysa, 24°C'nin üstündeki veya 45 dakikadan uzun taşıma süresine sahip betonlarda şantiyedeki beton sıcaklıklarının birkaç derece yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla taşıma sonunda taze betonun 1°C kadar ısındığı görülmektedir. Çalışmada mikser devirleri çok değişken olmadığı için beton sıcaklıklarında çok etkili olmamışlardır. Sonuç olarak taşıma sürecinde oluşan ısınmanın mekanik harekete bağlı sürtünmeden olduğu, çimentonun ise düşük hidratasyon hızına sahip bir çimento olması dolayısıyla ısınmada etkili olmadığı söylenebilir. Buna göre taze beton sıcaklığı ortam sıcaklığına uyum sağlamaktadır. Bu çalışma koşullarının dışında taze beton sıcaklığının santralle şantiye arasında farklılık göstermesi konusunda çimento tipi ve miktarı, priz geciktirici özellikli kimyasal beton katkısı, mikser devri gibi etkenler sayılabilir.

2) Çökme

A tesisinde santralde çökmeler 12-19 cm aralığında, şantiyede ise 6-17 cm aralığında kalmıştır. Santraldeki çökme değerleri şantiyedeki çökme değerlerinden yüksek çıkmıştır. Santral çıkışında ortalama 17 cm olan çökme şantiyede 13 cm'ye düşmüştür, fark 4 cm olmuştur. Şantiyede su verilen veya aşırı yıkama suyu kullanılmış betonlarda şantiyedeki beklenen çökme daha yüksek veya santraldekiyle aynı değeri almıştır. Taşıma süresi ise 14-96 dakika aralığında değişiklik göstermiştir. Ortalama taşıma süresi 43 dakika gerçekleşmiştir.

B tesisinde santralde çökmeler 10-22 cm aralığında, şantiyede ise 8-19 cm aralığında kalmıştır. Santraldeki çökme değerleri şantiyedeki çökme değerlerinden yüksek çıkmıştır. Santral çıkışında ortalama 18.5 cm olan çökme şantiyede 13.5 cm'ye düşmüştür, fark 5 cm olmuştur. A tesisinde taşıma süresi 14-88 dakika aralığında değişiklik göstermiştir. Ortalama taşıma süresi 45 dakika gerçekleşmiştir.

C tesisinde santralde çökmeler 10-19 cm aralığında, şantiyede ise 6-16 cm aralığında kalmıştır. Santraldeki çökme değerleri şantiyedeki çökme değerlerinden yüksek çıkmıştır. Santral çıkışında 17 cm olan çökme şantiyede 13.5 cm'ye

düşmüştür, fark 3.5 cm olmuştur. A tesisinde taşıma süresi 28-88 dakika aralığında değişiklik göstermiştir. Ortalama taşıma süresi 57 dakika gerçekleşmiştir.

Genel olarak çökme kaybının yada işlenebilmenin azalmasının nedenleri arasında zamana bağlı olarak betonun prizine başlaması yani çimentonun hidratasyona başlaması, sıcaktan suyun buharlaşması, agreganın su emmesine ve agreganın ufalanmasına bağlı olarak karışımdaki serbest suyun azalması sayılabilir. Dolayısıyla işlenebilme kaybında betonda kullanılan çimentonun tipi ve miktarı, başlangıçtaki karışımdaki su miktarı, agreganın rutubeti gibi etkenler sayılabilir

Yukarıda anlatılanlar ışığında bu çalışmada, betonlarda santralle şantiye arasında çökme kaybı gözlenmiştir. Taşıma sırasında çökme kaybı taşıma süresine bağlı olarak artmaktadır. Zamana bağlı olarak suyun çimento ile reaksiyonu sonucunda betonun prize başlaması ile çökme kaybı oluşmuştur. Çökme kaybı tabii ki santral çıkışı çökme ve sıcaklığa da bağlıdır. Bu nedenle başlangıç işlenebilirliği yüksek olan betonlarda çökme kaybı daha az olmuştur. Ayrıca aynı beton sıcaklığına ve yakın taşıma sürelerine sahip betonlarda kıvam kayıpları eşit gerçekleşmiştir yani betonların aynı zamanlarda prize başlayarak kıvam kaybına uğramalarına neden olmuştur. Hava sıcaklığının A ve B tesislerinden daha düşük, ortalama taşıma süresinin de daha yüksek gerçekleştiği C tesisinde kıvam kayıpları daha az olmuştur. Yani hava sıcaklıkları çimento ile reaksiyona girmeyen serbest suyun buharlaşarak azalması veya hidratasyonu hızlandırarak beton sıcaklığını yükseltmesi bakımından çökme kayıplarında etkili olmuştur. Bu çalışmada kullanılan çürüflü çimento ise hidratasyon için kullanılan su miktarını ve hidratasyon sırasında ısının buharlaşmayı etkilemesi bakımından önem kazanmıştır.

A ve B tesislerinde 50 dakikayı aşmayan taşıma süreleri için 2-4 cm civarında kalmış, 50 dakikayı aşan süreler için 5-7 cm olarak gerçekleşmiştir. C tesisi ise 50 dakikayı aşmayan taşıma süreleri için 2 cm civarında kalmış, 50 dakikayı aşan süreler için 3-4 cm olarak gerçekleşmiştir.

A tesisi şantiye betonlarında kıvam kaybını dengelemek, kalfanın yerleştirmeyi ve mastarlamayı kolaylaştırmak, pompa operatörünün pompayı rahatlatmak ve basma hızını yükseltmek amacıyla müşteri isteğiyle betona su ilave edilmiştir. Su ilave edilen betonlarda ayrışma ve kıvamda artış gözlemlenmiştir. A tesisi şantiyeleri diğerlerine göre daha bilinçsiz ve bilgisiz, B ve C tesisi şantiyelerinin de daha biliçli, bilgili ve organize oldukları için, betona su katma eğiliminde olmadıkları söylenebilir.

3) Basınç Dayanımı

A tesisinde BS 18 için numuneleri için ortalama basınç dayanımı 28 günde santralde 25.27, şantiyede 24.07 N/mm²'dir. Santral ile şantiye arasında bir mukavemet kaybı söz konusudur. Standart sapma santralde 2.19, şantiyede ise 2.65 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanım santralde 22.47, şantiyede 20.68 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. A tesisinde şantiyede kıvamı düşmüş betonlara su ilave edildiği için mukavemet kaybı oluşmuş ve karakteristik dayanımlar santral ve şantiyede sınıf dayanımının altında kalmıştır.

B tesisinde BS 20 numuneleri için ortalama basınç dayanımı 28 günde santralde 27.91, şantiyede 28.92 N/mm²'dir. Santral ile şantiye arasında bir mukavemet artışı söz konusudur. Standart sapma santralde 1.77, şantiyede ise 1.1 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanım santralde 25.65, şantiyede 27.51 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanımlar santral ve şantiyede sınıf dayanımının üstünde yer almıştır.

B tesisinde BS 25 numuneleri için ortalama basınç dayanımı 28 günde santralde 34.33, şantiyede 35.27 N/mm²'dir. Santral ile şantiye arasında bir mukavemet artışı söz konusudur. Standart sapma santralde 3.42, şantiyede ise 3.44 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanım santralde 29.95, şantiyede 30.86 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanımlar santral ve şantiyede sınıf dayanımını yakalamışlardır.

C tesisinde BS 25 numuneleri için ortalama basınç dayanımı 28 günde santralde 33.51, şantiyede 35.87 N/mm²'dir. Santral ile şantiye arasında bir mukavemet artışı söz konusudur. Standart sapma santralde 3.75, şantiyede ise 2.73 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanım santralde 28.71, şantiyede 32.37 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanımlar santralde sınıf dayanımının altında, şantiyede sınıf dayanımının üstünde yer almıştır.

C tesisinde BS 18 numuneleri için ortalama basınç dayanımı 28 günde santralde 25.98, şantiyede 26.63 N/mm²'dir. Santral ile şantiye arasında bir mukavemet artışı söz konusudur. Standart sapma santralde 2.43, şantiyede ise 1.36 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanım santralde 22.88, şantiyede

24.89 N/mm² olarak gerçekleşmiştir. Karakteristik dayanımlar santral ve şantiyede sınıf dayanımının üstünde yer almıştır.

Hazır betonda hedeflenmesi gereken kalite şantiye teslimi kalitedir. Çünkü hazır beton taşıma sürecinde kıvamından kaybetmekte, bu kayıp şantiyede su ilavesi ile dengelenirse mukavemet kaybı oluşmaktadır. Bu çerçevede yapılan çalışmada kıvam kaybetmiş betona su ilave edilerek alınmış bazı numunelerde mukavemet düşüklüğü gözlenmiştir.

Yukarıdan görüldüğü gibi A tesisi dışında, santralde sınıf dayanımı tutan betonların tümü şantiyede de sınıf dayanımını tutmuştur. C tesisi BS 25 için santralde karakteristik mukavemeti sınıf dayanımının altında kalmasına rağmen şantiyede sınıf dayanımını sağlamıştır.

Santralde çökme kaybı buharlaşma yoluyla su kaybından dolayı su çimento oranı azaldığı için bazı numunelerde mukavemet yüksek çıkmış veya çökme kaybı hidrasyon reaksiyonlarının ve prizın başlamasından dolayı oluştuğu için şantiyede mukavemet daha düşük çıkmıştır. Basınç dayanımlarının yüksek olması santralde yüksek kıvamlı betonların şantiyede daha düşük kıvamlı betonlara göre daha kolay yerleştirilmesi ve sıkıştırması sırasında daha az boşluk oluşmasından kaynaklanabilir. Santralde numuneler daha disiplinli bir çalışma ortamında hazırlandığı veya korunduğu için şantiyedeki numunelerden daha yüksek çıktığı söylenebilir. Ayrıca santralde üretilen beton şantiyeye gidinceye kadar daha fazla karışarak daha homojen beton elde edilmesi basınç dayanımlarının şantiyede daha yüksek çıkmasını sağlayabilir.

Yapılan çalışmada tesislere göre elde edilen sonuçlarda en iyi standart sapma B tesisinde gerçekleşmiştir. C tesisi santral ve A tesisi şantiye için bulunan karakteristik dayanımlar sınıf dayanımının altında kalmıştır.

Yapılan istatistiksel incelemelerde santrallerin ve şantiyelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarının birikimli frekansları incelendiğinde elde edilen doğruların normal dağılım eğrisine yakın olduğu gözlenmiştir. Hazır Beton tesislerinde elde edilen 28 günlük basınç dayanımlarını, her numune grubu için santralde 3 şantiyede 2 adet numune göstererek numune sayısı fazlalaştırılarak Ghi-Kare testi uygulandığında elde edilen değerler kritik değerden yüksek kalmış ve Gauss dağılımına uygun olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak santral ile şantiye arasındaki kıvam kayıplarını önlemek amacıyla santralden yüksek kıvamlı beton çıkararak bu kayıpları en aza indirmek

mümkün olmaktadır, yada hidrasyon gelişim hızı daha yavaş olan çimentolar kullanmak yararlı olacaktır. Çok sıcak bölgelerde ise suyun buharlaşmasını engellemek için soğuk su yahut buz kullanmak doğru olacaktır veya priz geciktirici özellikli süper akışkanlaştırıcı beton katkıları kullanarak optimum miktarda çimento kullanarak ve çökme kayıplarını azaltıcı özellikleri ile hazır betoncunun işini kolaylaştıracaktır. Şantiyede kıvamı düşmüş betonun kıvamını düzeltmek için ise su yerine katkı ilavesi ile dayanımlarda düşüş sağlanmadan kıvam istenilen düzeye getirilebilir.

Genel Sonuç: Bu çalışmadan çıkan en önemli sonuç; santralden çıkan betonun kıvamı şantiyede su koymaya gerek kalmayacak mertebede olmalı. Böylece şantiyede mikserden (hiç su ilave etmeden) beton basılmalıdır. Bu durumun sonucu olarak beton sınıfı ve kalitesi de tamamen santralde belirlenmiş olacaktır. Ayrıca şantiyede kıvam artırılması gereken durumda, su ilavesi yerine muhakkak uygun bir katkı kullanılmalıdır.

4) Bu konuda ileride yapılması düşünülen konular

Bu çalışmada hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslimi kalite parametrelerinin yani taze beton sıcaklığı, çökme ve basınç dayanımlarının karşılaştırması incelenmiştir.

Çimento cinsi değiştirilerek ve daha yüksek sınıflı ve daha uzun taşıma sürelerine sahip betonlarda aynı çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **ÖZSÖYLEV, T.**, 1990. Hazır Beton ve Ekipmanları, İstanbul.
- [2] **ÖZTEKİN, E.**, 1989. Türkiye’de Mevcut Beton Kalitesinin Durumu, 1. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul.
- [3] **NEVILLE, A.M., BROOKS, J.J.**, 1987. Concrete Technology, John Wiley, New York.
- [4] **AKMAN, S.**, 1987. Beton Teknolojisine Giriş, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [5] **THBB**, 1997. Beton Hakkında Genel Bilgiler, İstanbul.
- [6] **POSTACIOĞLU, B.**, 1980. Yapı Malzemesi, İstanbul.
- [7] **ERDOĞAN, T.Y.**, 1995. Çimentolar, Türkiye Hazır Beton Birliği, Ankara.
- [8] **TOKYAY, M.**, 1997. Türk Çimento Standartları, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara.
- [9] **THHB**, 1995. Betonun oluşturan Malzemeler Agregalar, Ankara.
- [10] **T.S. 706/Aralık 1980**, 1981. Beton Agregaları, TSE, Ankara.
- [11] **THHB**, 1995. Betonun oluşturan Malzemeler Karışım ve bakım suları, İstanbul.
- [12] **ÖZKUL, H., TAŞDEMİR, M.A., TOKYAY, M., UYAN, M.**, 1999. Meslek Liseleri İçin Her Yönüyle Beton, THBB, İstanbul.
- [13] **KÜB**, 1999. Katkı Bülteni Yıl:1 Sayı:2, İstanbul.
- [14] **ASTM C-494**, 1994. Chemical Admixtures For Concrete.
- [15] **T.S. 3452**, 1985. Kimyasal Beton Katkıları, T.S.E., Ankara
- [16] **ÖZCAN, M.**, 1997. Tunçbilek ve Seyitömer Uçucu Küllerinin Beton Özelliklerine Etkisi ve Etkinlik Katsayılarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 1997
- [17] **AKMAN, S.**, 1987. Yapı Malzemeleri, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [18] **T.S. 11222/Şubat 1994**, 1994. Hazır Beton, T.S.E., Ankara.
- [19] **T.S. 500/Nisan 1984**, 1985. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, T.S.E., Ankara.

- [20] UYAN, M., GÜLSEREN, H., DİKER, B., 1994. Hazır Betonda Üretim-Yerleştirme Süresinin Beton Mukavemetine Etkisi, 3. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul
- [21] T.S. 11222 1. Mütalası
- [22] THBB, 1997. Dünyada ve Türkiye’de Hazır Beton, Sektöre İlişkin Veriler, İstanbul
- [23] T.S. 2871/Aralık 1977, 1977. Taze Beton Kıvam Deneyi”, T.S.E., Ankara
- [24] T.S. 3114/Aralık, 1990, 1990. Beton Basınç Mukavemeti Tayini, T.S.E., Ankara
- [25] NEVILLE, A.M., 1981. Properties of concrete, Longman Scientific and Technical Third Edition.
- [26] MURDOCK, L.J, BROOK, K.M, DEWAR, J.D., 1991. Concrete Materials and Practice.
- [27] MINDESS, S., YOUNG F.J, 1987. Concrete, Longman Scientific and Technical Third Edition.
- [28] KOSMATKA, S.H, PANARESE, W.C, 1992. Design and Control of Concrete Mixtures,
- [29] ÇAVUŞOĞLU, M., 2000.İstatistik Eğitim Notları, Ankara.
- [30] GÜNDÜZ,A., 1993. Mühendislikte İstatistik, İstanbul.
- [31] ACI Committee 214-77,1989. Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete.
- [32] ÖZTEKİN, E., 1985. İstatistik Ders Notları, KTÜ, Trabzon
- [33] ÖZTEKİN,E., SÜMER, M., 1994. Hazır Betonda Santral Çıkışı ve Şantiye Teslim Kalitelerin Karşılaştırılmalı İncelemesi, 3. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul.
- [34] ÖZTÜRK, T., 1994. Statistical Quality Control in Ready Mixed Concrete B.Ü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [35] T.S. 500/Şubat 2000, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, T.S.E., Ankara.
- [36] T.S. 3068/Mart 1978, 1978. Laboratuvarında Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı, T.S.E., Ankara
- [37] T.S. 2940/Şubat 1978, 1978. Taze Betondan Numune alma metotları, T.S.E., Ankara

- [38] **AKYÜZ, S., UYAN, M.**, 1989. İstanbul ve Çevresindeki Betonların Üzerine Bir İnceleme, 1. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul
- [39] **ÖZTEKİN, E., SUVAKÇI, A.**, 1994. İstanbul’da Hazır Beton Kullanan Yapılarda Sınıf Dayanımı İncelemesi, 3. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul.

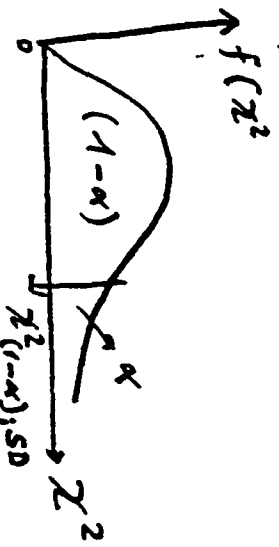


EKLER



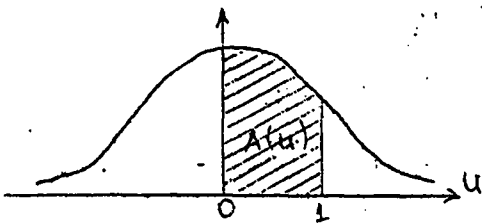
ÇİZELGE : χ^2 Dağılımı Sınır (Kritik) Değerleri

$$0/a511/k = (1-\alpha)$$



(SD) Serbestlik Derece.		0.1 %	0.5 %	1 %	2.5 %	5 %	10 %	30 %	50 %	70 %	80 %	90 %	95 %	97.5 %	99 %	99.5 %	99.9 %	(SD) Serbestlik Derece.
1	0.0157	0.0393	0.0597	0.0831	1.16	1.61	2.20	3.00	4.36	6.06	9.24	11.1	12.8	14.4	16.1	16.8	20.5	1
2	0.0200	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	0.211	0.211	0.713	1.30	2.41	4.01	5.09	6.02	7.38	8.21	10.6	13.8	2
3	0.0243	0.0117	0.0115	0.0216	0.352	0.584	0.584	1.42	2.37	3.67	6.25	7.82	9.35	11.3	12.8	16.3	18.5	3
4	0.0088	0.207	0.207	0.484	0.711	1.06	2.20	2.20	3.36	4.88	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9	18.5	20.5	4
5	0.210	0.412	0.554	0.831	1.15	1.61	2.20	3.00	4.36	6.06	9.24	11.1	12.8	14.4	16.1	16.8	20.5	5
6	0.381	0.076	0.872	1.24	1.64	2.20	2.20	3.83	5.35	7.23	10.6	12.0	14.4	16.8	18.5	20.3	22.5	6
7	0.588	0.080	1.24	1.69	2.17	2.83	4.07	5.63	6.36	8.38	12.0	14.1	16.0	18.5	20.1	22.0	24.3	7
8	0.857	1.34	1.05	2.18	2.73	3.49	5.34	6.30	7.34	9.52	13.4	15.5	17.5	20.1	21.7	23.6	27.9	8
9	1.15	1.74	2.09	2.70	3.33	4.17	6.30	7.27	8.34	10.7	14.7	16.0	18.3	20.5	22.2	23.6	29.6	9
10	1.48	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	7.27	8.15	9.34	11.8	16.0	17.3	18.3	20.5	22.4	24.2	31.3	10
11	1.83	2.60	3.05	3.82	4.68	5.68	8.15	9.03	10.3	12.0	17.3	18.6	20.7	22.9	24.7	26.8	33.9	11
12	2.21	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	9.03	9.93	11.3	14.0	18.6	20.0	22.4	24.7	26.7	28.3	35.5	12
13	2.62	3.57	4.11	5.01	5.80	7.04	10.9	11.7	12.3	15.1	20.0	21.6	23.7	26.1	27.7	29.8	37.2	13
14	3.04	4.08	4.60	5.63	6.57	7.79	11.7	12.6	13.3	16.2	21.1	22.3	24.4	26.9	29.1	31.3	39.3	14
15	3.48	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	12.6	13.6	14.3	17.3	22.3	23.5	25.6	28.0	30.6	32.8	40.8	15
16	3.94	5.14	5.81	6.91	7.90	9.31	13.6	14.4	15.3	18.4	23.5	24.8	26.6	29.2	31.9	34.3	42.3	16
17	4.42	5.70	6.41	7.56	8.67	10.1	14.4	15.4	16.3	19.5	24.8	26.0	27.6	30.2	33.4	35.7	43.8	17
18	4.91	6.27	7.02	8.23	9.39	10.9	15.4	16.4	17.3	20.6	26.0	27.2	28.9	31.5	34.8	37.2	45.3	18
19	5.41	6.84	7.63	8.91	10.1	11.7	16.4	17.3	18.3	21.7	27.2	28.1	30.1	32.0	36.2	38.6	46.8	19
20	5.92	7.43	8.26	9.59	10.9	12.4	17.3	18.3	19.3	22.8	28.4	29.6	31.4	33.2	37.6	40.0	48.3	20
21	6.45	8.03	8.90	10.3	11.6	13.2	18.3	19.3	20.3	23.9	29.6	30.8	32.7	34.5	38.9	41.4	49.7	21
22	6.98	8.64	9.54	11.0	12.3	14.0	19.3	20.3	21.3	25.0	30.8	32.0	33.9	35.8	40.3	42.8	51.2	22
23	7.53	9.26	10.2	11.7	13.1	14.8	20.3	21.3	22.3	26.1	32.0	33.2	35.4	37.4	41.6	44.2	52.6	23
24	8.09	9.89	10.9	12.4	13.8	15.7	21.3	22.3	23.3	27.1	33.2	34.4	36.4	38.4	43.0	45.6	54.1	24
25	8.65	10.5	11.5	13.1	14.6	16.5	22.3	23.3	24.3	28.2	34.4	35.6	37.7	40.6	44.3	46.9	55.6	25
26	9.22	11.2	12.2	13.8	15.4	17.3	23.3	24.3	25.3	29.2	35.6	36.7	38.9	41.9	45.0	48.3	57.1	26
27	9.80	11.8	12.9	14.6	16.2	18.1	24.3	25.3	26.3	30.3	36.7	37.9	40.1	43.2	45.8	49.0	58.6	27
28	10.4	12.5	13.6	15.3	16.9	18.9	25.3	26.3	27.3	31.4	37.9	39.1	41.3	44.5	46.8	50.6	60.1	28
29	11.0	13.1	14.3	16.0	17.7	19.8	26.3	27.3	28.3	32.5	39.1	40.6	42.6	45.7	48.3	52.3	61.6	29
30	11.6	13.8	15.0	16.8	18.5	20.6	27.3	28.3	29.3	33.5	40.3	41.8	43.8	46.7	49.0	53.7	63.1	30
40	17.9	20.7	22.2	24.4	26.5	29.1	34.9	36.5	38.3	44.2	51.8	55.8	60.8	65.3	70.2	75.0	89.7	40
50	24.7	28.0	29.7	32.4	34.8	37.1	40.5	43.2	46.3	52.2	60.6	65.2	70.1	75.0	80.4	86.1	104.2	50
60	31.7	35.5	37.5	40.5	43.2	46.1	51.7	53.8	58.3	65.2	74.4	79.5	84.3	89.5	95.0	100.4	112.3	60
70	39.0	43.3	45.4	48.8	51.7	54.4	60.4	62.4	68.3	76.7	86.5	91.9	96.6	101.9	107.6	112.3	124.8	70
80	46.5	51.2	53.5	57.2	60.4	63.4	70.3	72.5	78.3	88.1	98.0	103.1	108.1	113.1	118.1	124.1	137.2	80
90	54.2	59.2	61.8	65.6	68.1	71.0	77.0	79.1	85.3	95.5	105.6	110.6	115.6	120.6	125.6	131.6	144.2	90
100	61.9	67.3	70.1	74.2	77.0	82.4	89.3	92.1	98.3	108.0	118.5	123.5	128.5	133.5	138.5	144.2	159.4	100

NORMAN DAGLITH EGRISI ALTINDA KALAN ALAN



$$P(u) = \int_{-\infty}^u \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du$$

$$\begin{aligned} u > 0 & \quad P(u) = 0.5 + A(u) \\ u < 0 & \quad P(u) = 0.5 - A(u) \end{aligned}$$

[illegible]

ÖZGEÇMİŞ

14 Temmuz 1974 yılında Zonguldak Ereğli'de doğan İsmail ÇİL, ilk öğrenimini Alaplı Atatürk İlkokulunda, orta öğrenimini Ereğli Anadolu Lisesinde yaptı. 1992 yılında öğrenimine başladığı Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 1996 yılında mezun oldu. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, Yapı Mühendisliği Programında yüksek lisans öğrenimine başladı. Kendisi halen Yapı Malzemesi Anabilim Dalında öğrenim görmektedir.

