

## ANKARA METROSU 3. AŞAMA İNŞAATI KAPSAMINDA DÖKÜLEN C25 SINIFI HAZIR BETONLARIN KARIŞIM İLE YERLEŞTİRME SICAKLIKLARINDAKİ DEĞİŞİMİN 28 GÜNLÜK BASINÇ, EĞİLME VE AŞINMA DAYANIMLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

M. Haluk ÇELİK, R. Teyhan MEHMETALİOĞLU  
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

### ÖZET

Bu araştırmada, hazır betonda santral çıkışı (karışım) ile şantiye teslimi (yerleştirme) kalitelerin beton sıcaklığın-  
daki değişim dikkate alınarak karşılaştırmalı incelenmesi yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda hazır beton santralinde 12  
°C sıcaklıktaki betonlardan kontrol numuneleri alınmıştır. Şantiyede, kontrol numunelerine göre farklı sıcaklıklara sahip  
(14, 16, 18, 20, 22 ve 24 °C) betonlardan numuneler alınmış, alınan bu numuneler ile kontrol numuneleri üzerinde yapılan  
deneylerle, değişen beton sıcaklığının betonun mekanik özelliklerine etkisi deneylerle tespit edilmiştir. Sonuç olarak ar-  
tan beton sıcaklığının, kontrol betonuna göre betonun, basınç, eğilme ve aşınma dayanımlarını düşürerek olumsuz  
yönde etkileyerek düşürdüğü görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler :** Hazır Beton, Beton Sıcaklığı, Beton Mukavemeti

### THE EFFECTS OF CHANGING MIXTURE AND CASTING TEMPERATURE OF THE READY MIXED CONCRETE (C25) AND DELIVERY CONCRETE ON PRESSURE, BENDING AND WEAR RESISTANCE IN 3. STAGE COSTRUCTIONS OF ANKARA UNDERGROUND

### ABSTRACT

In this research, central output quality and work site delivery quality are compared regarding the change of  
them in concrete temperature. For this reason, control samples with 12 °C are taken from ready mixed concrete  
central. The concrete samples with ( 14,16,18,20,22 and 24 °C ) are also taken from work site. Certain experiments are  
carried out by using these two sets of samples to determine the effect of changing concrete temperature on the  
mechanic properties of concrete. As a result, it is found out that increasing concrete temperature comparing to control  
concrete reduces the pressure bending and wear resistance affecting negatively.

**Key Words :** Ready Mixed Concrete, Concrete Temperature, Resistance Concrete

### 1. GİRİŞ

Hazır beton çimento, doğal veya yapay  
agrega, su ve gerektiğinde kimyasal katkıdan  
meydana gelen, bileşenleri tesiste beton santra-  
linde ölçülen, su ölçme ve karıştırma işlemi  
beton santralinde veya transmikserde yapılarak  
teslim edilen taze betondur (13). İnşaat sektö-  
rünün gelişmesiyle talebin artması ve kalite  
arayışı hazır betona ilgiyi arttırmıştır. 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 doğ-  
rultusunda yapılmaktadır. Bu nedenle, şantiye  
teslimi beton kalitesi, kontrol dışında kalmakta-  
dır. Ancak hazır betonda hedeflenmesi ve tut-  
ulması gereken, şantiye teslimi kalitedir(7).

Çünkü hazır beton, santral çıkışından sonra bir  
taşıma ve pompalama süreci yaşamaktadır. Ta-  
şıma mesafesinin uzun olması, trafik tıkanıklığı,  
transmikserin arıza yapması veya şantiyeye  
vardığında kalıbın patlaması, beton pompasının  
arıza yapması veya yer değiştirmesi ve bunlar  
gibi daha birçok nedenle, betonun yerine yer-  
leştirilmesi uzun zaman alabilmektedir. Geçen  
zamanla birlikte artan hidrasyon ısısının da  
etkisiyle beton sıcaklığı artmakta, buna bağlı  
olarak da beton kıvam kaybetmektedir(11).

Bilindiği gibi beton sıcaklığı, mukavemet  
gelişimini ve dolayısıyla beton kalitesini etki-  
leyen en önemli faktörlerden biridir. Beton  
sıcaklığının çok yüksek veya çok düşük ol-  
ması çeşitli dayanım ve dayanıklılık problemlerine  
yol açabilir. Bu nedenle en uygun taze  
beton sıcaklığı 10 – 15 °C olarak belirtilir. Hiç-  
bir koşulda taze betonun yerleştirme sıcaklığı  
30 °C 'nin üstüne çıkmamalıdır. Bu nedenle

betonun karışım ve yerleştirme sıcaklığının iyi ayarlanması gerekir(8).

Öztekin ve arkadaşları Ekim – Kasım 1993 döneminde İstanbul’da bir hazır beton tesisinde yürüttükleri çalışmada hazır betonun santral çıkışı ile şantiye teslimi kaliteleri olarak taze beton sıcaklığı, çökme ve basınç dayanımını incelemişlerdir. Taşıma sürecinde hazır beton kıvamından kaybetmekte, bu kayıp şantiyede su ilavesiyle dengelenirse mukavemet kaybı oluşmaktadır (9).

Diğer bir çalışma ise Gülseren (1994) tarafından hazırlanmıştır. “Karışım ve Teslim Süresinin Hazır Beton Özellikleri Üzerindeki Etkisi” konulu bu çalışmada karışım ve teslim süresinin beton sıcaklığı, çökme kaybı miktarı ve dayanım gibi özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır (5).

Kantar, (1998) tarafından yapılan bir diğer çalışma ise betonun basınç dayanımını etkileyen faktörlerden kür koşulları deneysel çalışma olarak incelenmiş ve üretilen hazır betonların C14, C18 ve C20 sınıflarından 15 × 15 × 15 cm boyutlarında küp numuneler alınarak çeşitli kür koşullarında beton basınç dayanımları 7 ve 28 günlük olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar neticesinde betonların dayanımlarının en iyi sonucu vermesi için saklanması gereken en ideal koşullar tespit edilmeye çalışılmıştır(6).

Cülfik ve Özturan (2000), yaptıkları çalışmada betonun sıcaklık değişimlerine maruz bırakıldığında, bileşenlerinde farklı hacimsel değişimler meydana geldiğini, bu değişimler sonucunda da oluşan çekme gerilmeleri ve çatlakların betonun mekanik özelliklerinde ve dayanıklılığında düşümlere neden olduğunu saptamışlardır. İç yapıda oluşan gerilmelerin özellikle agrega ile onu çevreleyen çimento hamuru ara yüzeyinde bozulmalara ve çatlakların oluşmasına neden olduğu ve betonun basınç ve çekme dayanımlarında önemli oranda azalmalar gözlenmiştir(3).

Atış yaptığı çalışmalarda ( 2000 ve 2003 ), yüksek oranda uçucu kül kullanımı ile elde edilen betonun aşınmaya karşı direncini deneysel olarak incelemiş ve elde ettiği veriler doğrultusunda uçucu kül içeren betonlar için aşınma – boşluk oranı –dayanım modeli oluşturmuştur. Yapılan çalışmada, beton basınç daya-

nımı arttıkça aşınma dayanımının da arttığı görülmüştür ( 1,2 ).

Öztürk 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 (10).

Bu çalışmada hazır betonun karışım (santral çıkışı) ile yerleştirme (şantiye teslimi) sıcaklığındaki değişimin 28 günlük basınç, eğilme ve aşınma dayanımları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen mukavemet sonuçları üzerinde istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan çalışma birebir koşullarda müşteri betonları üzerinde yapıldığı için betonlara herhangi bir müdahale yapılmamıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. MATERYAL

#### 2.1.1. Çimento

Bu çalışmada Yibitaş Lafarge Çimento A.Ş.’nin Yozgat Çimento Fabrikalarında üretilen PÇ 42,5 çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Çimentonun fiziki ve mekanik özellikleri.

FİZİKSEL ÖZELLİKLER	BASINÇ DAYANIMI (N/ mm <sup>2</sup> )		
Blaine	2992	1 Gün	18,6
Priz Başlangıcı (dk)	192	2 Gün	29,6
Priz sonu (dk)	243	7 Gün	43,0
Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	3,11	28 Gün	57,2

#### 2.1.2. Agregalar

Yibitaş Lafarge Ankara Lalahan Taş Ocağından temin edilen ve Yibitaş Tesislerinde gerekli tüm deneyleri yapılan agregaların maksimum tane çapı 25 mm’dir.

#### 2.1.3. Karışım Suyu

Çalışmada karışım suyu olarak Ankara şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

#### 2.1.4. Numune Alınan Betonların Bileşimleri

Numune alınan betonlar yaş karışımı, S3 kıvamı ( çökme : 100-150 mm ), C25 sınıfı betonlardır. Bu betonların karışım dizaynları TS 802'ye göre hesaplanmış ve karışıma giren malzeme miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

varyans çözümlemesi yapılarak tespit edilmiştir. Dik doğrusal bağıntılar kurularak düzeylerin birbirleriyle olan etkileşimleri "Betonun basınç, eğilme ve aşınma dayanımlarına, karışım ile yerleştirme sıcaklıklarındaki değişimin etkisi yoktur." hipotezi ile sorgulanmıştır.

Tablo 2 : Betonların karışım dizaynları.

BETON SINIFI	BİLEŞENLER ( Kg )					GERÇEKLEŞEN		KRİTERLER	
	Çimento	Su	Kırma Kum	NO: 1	NO:2	Su / Çim	Toplam Dozaj	Su / Çim	Toplam Dozaj
C25 (normal)	290	191	893	485	396	0,59	324	<0,6	>325

## 2.2. Metot

Yibitaş Lafarge Hazır Beton Santrali'nde (Ankara – Eryaman Tesisi) TS 11222' ye göre imal edilen C25 sınıfı betonlardan önce santralde TS EN 12350-1'e göre taze beton sıcaklığını ölçmek ve betonun mekanik (basınç, eğilme, aşınma) deneyleri için gerekli numuneler alınmıştır. Taze beton sıcaklığı, dalıcı beton termometresi kullanılarak ölçülmüştür.

Daha sonra şantiyede değişik zaman ve şartlarda dökülen, karışım dizaynları kontrol betonuyla aynı ancak sıcaklıkları farklı olan betonlardan deneyler için gerekli numuneler alınmıştır. Alınan tüm numuneler üzerindeki sertleşmiş beton deneyleri TS EN 12390-1-2-3-4-5 ve ASTM C 944 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Aşınma deneyinde, standarda ( ASTM C 944 ) uygun olarak her yüzey için aşınma zamanı 2 dakika, numune üzerine etki eden yük ise 98 N olarak alınmıştır. Her bir numunenin 3 farklı yüzeyine 2'şer dakika süreyle aşınma işlemi uygulanmış, her 2 dakika sonunda numunenin aşındırma uygulanan yüzeyi üzerindeki kırıklar ve tozlar fırça ile temizlenip numune tartıldıktan sonra diğer yüzeye aşındırma işlemi uygulanmıştır. Numunelerin üç farklı yüzeyinde uygulanan aşınma deneyinde elde edilen ağırlıklarla oluşan % değişimlerin ortalaması, deneye tabi tutulan betona ait esas aşınma değeri olarak kaydedilmiştir.

Sonuçlar kısıtlayıcı tek etkenli özel düzeyli deneyler kategorisinde, tek yönlü

### 2.2.1. Kür Şartları

Basınç dayanımı deneyleri 150\*150\*150 mm küp numuneler, eğilme dayanımı deneyleri 150\*150\*500 mm kiriş numuneler, aşınma dayanımı deneyleri ise 100\*100\*100 mm küp numuneler üzerinde yapılmıştır. Numuneler ilk 24 saatte plastik kalıplarda ve sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C olan laboratuarda saklanmıştır. 24 saatin sonunda kalıplardan çıkartılan numuneler deney anına kadar  $20 \pm 2$  °C 'lik sıcaklık ile bağlı nemin % 90-95 olduğu kür havuzunda küre tabi tutulmuşlardır. Aşınma deneyi numuneleri küreden çıkartıldıktan sonra etüvde kurutularak, 0,01 gr hassasiyetli dijital terazide ağırlıkları kaydedilmiş ve deneye tabi tutulmuşlardır.

## 3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

### 3.1. Basınç Dayanımları

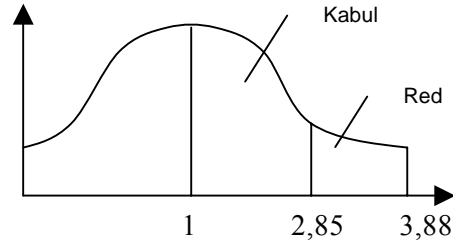
Numuneler üzerinde gerçekleştirilen beton basınç dayanımlarına ilişkin test sonuçları Tablo 3 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 3'de görüldüğü gibi beton sıcaklığı arttıkça beton basınç dayanımında değişimler görülmüştür. Beton basınç dayanımına, değişen beton sıcaklığının etkisini görebilmek için, tek etkenli, özel düzeyli deneyler kategorisinde tek yönlü varyans analizi yapılarak denemelerin etkisi ölçülmüştür. Deneyler her bir karışım için 3 tekrarlı tam rastgele düzenindedir.

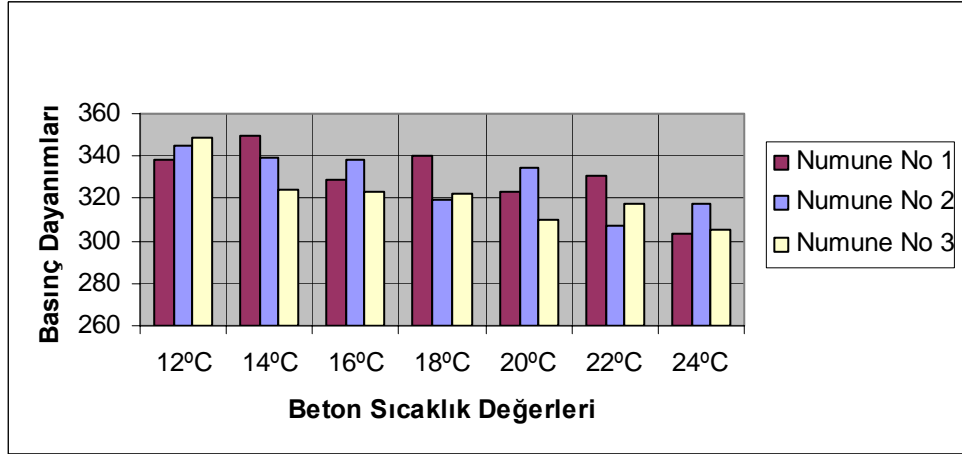
Tablo 3: 28 Günlük Basınç Dayanımları Sonuçları

NUMUNE NO	KONTROL BETONU (12 °C)	BETON SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)						
		14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	
BASINÇ DAYANIMI DEĞERLERİ (Kg/cm <sup>2</sup> )	1	338	350	329	340	323	331	303
	2	345	339	338	319	335	307	318
	3	349	324	323	322	310	318	305
ORTALAMA	344	338	330	327	322	318	308	

Buna göre; tek etkenli deney için model denklemi;  $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \Sigma_{ij}$  olarak kurulmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda;  $KT_{GENEL} = 4016,9524$ ,  $KT_{DENEME} = 2508,2854$ ,  $KT_{HATA} = 1508,667$ ,  $K_{o_{GENEL}} = 418,0475$ ,  $K_{o_{HATA}} = 107,7619$  ve  $F_{HESAP} = 3,88$  olarak bulunmuştur. Yapılan deneylerin doğruluğunu test etmek için “F testi” uygulanmış ve “F” değeri;  $F = 3,88$  olarak bulunmuştur.



Şekil 2: F testi grafiği (α=0,05 anlamlılık grafiği)



Şekil 1: 28 Günlük Basınç Dayanımları Sonuçları.

$\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyi dikkate alınırsa “F” dağılım tablosundan  $F_{6,14} = 2,85$  olarak bulunmuştur.  $F_{hesap} > F_{tablo}$  olduğu için “Betonun karışım ile yerleştirme sıcaklıklarındaki değişimin betonun basınç mukavemetine herhangi bir etkisi yoktur” hipotezi reddedilir ve ilgili anlamlılık grafiği Şekil 2’deki gibi olur.

### Dik Doğrusal Bağıntılar

Varyans analizinin kontrolü için, (deneyde serbestlik derecesi 6 ( $S_d=6$ ) olduğu için) numuneler arasında altı adet dik doğrusal bağlantı kurulabilir. Buna göre;

$$C_m = \sum_{j=1}^k C_{jm} \text{ ve } T_{jm} \sum_{j=1}^k C_{jm} = 0 \text{ olup; } C_m = C_{1m} T_{1,1} + C_{2m} T_{2,2} + \dots + C_{6m} T_{6,6} \quad (I)$$

ifadesi yardımıyla dik doğrusal bağıntılar kurulmuştur. Kurulan dik doğrusal bağıntılarının katsayıları tablosu (Tablo 4) oluşturulmuştur.

Tablo 4 : Dik Katsayılar Tablosu

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
C1	1	-1	0	0	0	0	0
C2	1	1	-2	0	0	0	0
C3	1	1	1	-3	0	0	0
C4	1	1	1	1	-4	0	0
C5	1	1	1	1	1	-5	0
C6	1	1	1	1	1	1	-6

hipotezleri  $F_{hesap} > F_{tablo}$  olduğundan dolayı hipotezler reddedilmiştir. Farklı sıcaklıklara sahip beton numunelerinin basınç dayanım değerlerinin ortalamaları  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ ,  $H_5$  ve  $H_6$  birbirinden farklıdır. Böylece artarak değişime uğrayan beton sıcaklıklarının betonun basınç dayanımını etkileyerek düşürdüğü tespit edilmiştir.

### 3.2. Eğilme Dayanımları

Tablo 5: 28 Günlük Basınç Dayanımı Sonuçları Testi

HİPOTEZ		K.O.	K.T	$F_{6,14}$ (HESAP)	$F_{6,14}$ (TABLO)	SONUÇ
BETON SICAKLIK DEĞERLERİ	$H_1 : 14 \text{ }^\circ\text{C}$	3,88	60,17	15,5	4,6	RED (*)
	$H_2 : 16 \text{ }^\circ\text{C}$	3,88	140,87	36,3	4,6	RED (*)
	$H_3 : 18 \text{ }^\circ\text{C}$	3,88	156,34	40,29	4,6	RED (*)
	$H_4 : 20 \text{ }^\circ\text{C}$	3,88	192	49,48	4,6	RED (*)
	$H_5 : 22 \text{ }^\circ\text{C}$	3,88	6596	1700	4,6	RED (*)
	$H_6 : 24 \text{ }^\circ\text{C}$	3,88	4333,5	1116,88	4,6	RED (*)

Tabloda verilen dik doğrusal bağıntı katsayılarından yararlanarak, (1) denkleminde değerler yerine konulup her bir bağıntının sonuçları  $C_1=19$ ,  $C_2=65$ ,  $C_3=92$ ,  $C_4=144$ ,  $C_5=1160$ ,  $C_6=1310$  olarak hesaplanmıştır. Bunlara ilişkin ka-

Numuneler üzerinde gerçekleştirilen beton eğilme dayanımlarına ilişkin test sonuçları Tablo 6 ve Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 6'de görüldüğü gibi beton sıcaklığı

Tablo 6: 28 Günlük Eğilme Dayanımları Sonuçları

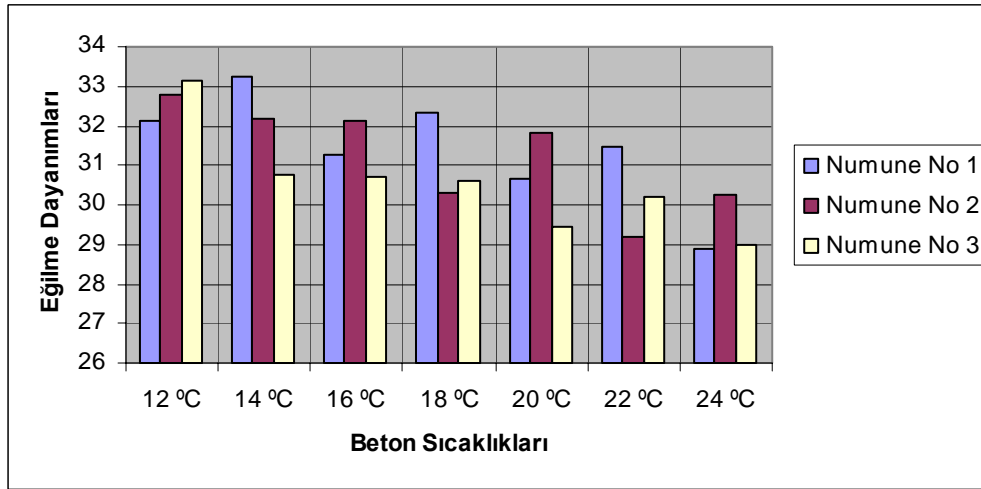
NUMUNE NO	KONTROL BETONU 12 °C	BETON SICAKLIK DEĞERLERİ ( °C )						
		14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	
EĞİLME DAYANIMI DEĞERLERİ ( Kg/cm <sup>2</sup> )	1	32,11	33,25	31,26	32,31	30,67	31,45	28,90
	2	32,78	32,20	32,15	30,30	31,82	29,17	30,23
	3	33,16	30,78	30,69	30,59	29,45	30,21	28,98
ORTALAMA		32,68	32,08	31,34	31,07	30,65	30,27	29,37

reler toplamı;  $KT_{C1} = 60,17$ ,  $KT_{C2} = 140,87$ ,  $KT_{C3} = 156,34$ ,  $KT_{C4} = 192$ ,  $KT_{C5} = 6596$ ,  $KT_{C6} = 4333,5$  olarak bulunur. Her bir dik doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5'de görüldüğü gibi düzenlenmiştir.

( \* ) : Betonun karışım ile yerleştirme sıcaklıklarındaki değişim, betonun basınç mukavemetini olumsuz yönde etkileyerek düşürmüştür.

Yapılan "F" testi neticesinde  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ ,  $H_5$  ve  $H_6$

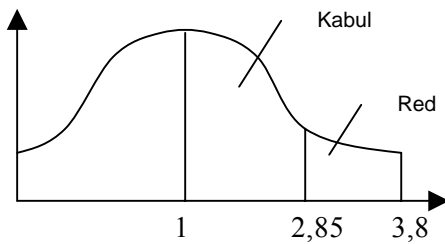
artıkça beton eğilme dayanımında değişimler görülmüştür. Betonun eğilme dayanımına, değişen beton sıcaklığının etkisini görebilmek için, tek etkenli, özel düzeyli deneyler kategorisinde tek yönlü varyans analizi yapılarak denemelerin etkisi ölçülmüştür. Deneyler her bir karışım için 3 tekrarlı tam rasgele düzenindedir.



Şekil 3: 28 Günlük Eğilme Dayanımları Sonuçları.

Tek etkenli deney için model denklemi;  $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \Sigma_{ij}$  olarak kurulmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda,  $KT_{GENEL} = 35,82$ ,  $KT_{DENEME} = 22,21$ ,  $KT_{HATA} = 13,61$ ,  $K_o_{GENEL} = 3,7$ ,  $K_o_{HATA} = 0,97$  ve  $FHESAP = 3,81$  olarak bulunmuştur. Yapılan deneylerin doğruluğunu test etmek için “F testi” uygulanmış ve “F”değeri;  $F = 3,81$  olarak bulunmuştur.

$\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyi dikkate alınırsa “F” dağılım tablosundan  $F_{6,14} = 2,85$  olarak bulunur.  $F_{hesap} > F_{tablo}$  olduğu için “Betonun karışım ile yerleştirme sıcaklıklarındaki değişimin betonun eğilme mukavemetine herhangi bir etkisi yoktur” hipotezi reddedilir ve ilgili anlamlılık grafiği Şekil 4’deki gibi olur.

Şekil 4: F testi grafiği ( $\alpha=0,05$  anlamlılık grafiği)

#### Dik Doğrusal Bağlantılar

Varyans analizinin kontrolü için, ( deneyde serbestlik derecesi 6 ( $S_d=6$ ) olduğu için ) numuneler arasında altı adet dik doğrusal bağlantı kurulabilir. Buna göre;

$C_m = \sum_{j=1}^m C_{jm}$  ve  $T_{jm} = 0$  olup;  $C_m = C_1$  ifadesi yardımıyla kurulan dik doğrusal bağlantıların katsayıları tablosu (Tablo 7) oluşturulmuştur.

Tablo 7 : Dik Katsayılar Tablosu

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
C1	1	-1	0	0	0	0	0
C2	1	1	-2	0	0	0	0
C3	1	1	1	-3	0	0	0
C4	1	1	1	1	-4	0	0
C5	1	1	1	1	1	-5	0
C6	1	1	1	1	1	1	-6

Tablo 7’de verilen dik doğrusal bağlantı katsayılarından yararlanarak, (1) denkleminde değerler yerine konulup her bir bağlantının sonuçları  $C_1 = 1,82$ ,  $C_2 = 6,08$ ,  $C_3 = 10,78$ ,  $C_4 = 13,82$ ,  $C_5 = 19,37$ ,  $C_6 = 35,69$  olarak hesaplanmıştır. Bunlara ilişkin kareler toplamı;  $KT_{C1} = 0,55$ ,  $KT_{C2} = 6,16$ ,  $KT_{C3} = 19,37$ ,  $KT_{C4} = 31,83$ ,  $KT_{C5} = 62,53$ ,  $KT_{C6} = 212,3$  olarak bulunur. Her bir dik doğrusal bağlantı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 8’de görüldüğü gibi düzenlenmiştir.

Tablo 8: 28 Günlük Eğilme Dayanımı Sonuçları Testi

HİPOTEZ		K.O.	K.T	F <sub>6,14</sub> (HESAP)	F <sub>6,14</sub> (TABLO)	SONUÇ
BETON SICAKLIK DEĞERLERİ	H <sub>1</sub> : 14 °C	3,81	0,55	0,15	4,6	KABUL
	H <sub>2</sub> : 16 °C	3,81	6,16	1,62	4,6	KABUL
	H <sub>3</sub> : 18 °C	3,81	19,37	5,08	4,6	RED ( * )
	H <sub>4</sub> : 20 °C	3,81	31,83	8,36	4,6	RED ( * )
	H <sub>5</sub> : 22 °C	3,81	62,53	16,41	4,6	RED ( * )
	H <sub>6</sub> : 24°C	3,81	212,3	55,72	4,6	RED ( * )

(\*):Betonun karışım ile yerleştirme sıcaklıklarındaki değişim, betonun eğilme mukavemetini olumsuz yönde etkileyerek düşürmüştür.

reddedilmiştir. Farklı sıcaklıklara sahip beton numunelerinin eğilme dayanımı değerlerinin ortalamaları  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub> ve H<sub>6</sub> birbirinden farklıdır.

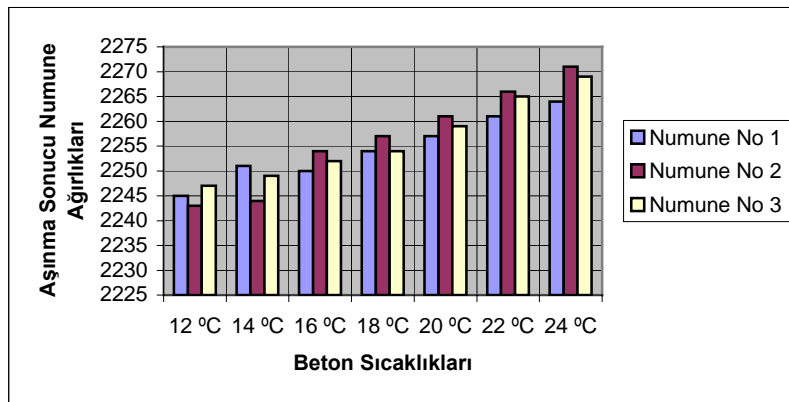
Tablo 9: 28 Günlük Aşınma Dayanımları Sonuçları

NUMUNE NO	KONTROL BETONU (12 °C)	BETON SICAKLIK DEĞERLERİ ( °C )						
		14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	
AŞINMA SONUCU NUMUNE AĞIRLIKLARI ( gr )	1	2245	2251	2250	2254	2257	2261	2264
	2	2243	2244	2252	2254	2261	2266	2269
	3	2247	2249	2254	2257	2259	2265	2271
ORTALAMA	2245	2248	2252	2255	2259	2264	2268	

Yapılan “F” testi neticesinde  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde, H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> hipotezleri  $F_{\text{hesap}} < F_{\text{tablo}}$  olduğundan aralarında anlamlı bir ilişki vardır. H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub> ve H<sub>6</sub> hipotezleri ise  $F_{\text{hesap}} > F_{\text{tablo}}$  olduğundan dolayı hipotezler

### 3.3. Aşınma Dayanımları

Numuneler üzerinde gerçekleştirilen beton aşınma dayanımlarına ilişkin deney sonuçları Tablo 9 ve Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5: 28 Günlük Aşınma Dayanımları Sonuçları.

Tablo 9 ve Şekil 5’te görüldüğü gibi be-

ton sıcaklığı arttıkça su kaybı başlamış, dolayısıyla betonun aşınma miktarlarında artışlar olmuştur. Şekil 6’da ise artan beton sıcaklığına bağlı olarak aşınma miktarlarının yüzde (%) cinsinden değişimi verilmiştir.

Beton aşınma dayanımına, değişen beton sıcaklığının etkisini görebilmek için istatistiksel metot olarak varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Deney özel düzeyli, tek etkenli, her bir karışım için 3 tekrarlı tam rasgele düzenindedir.

Tek etkenli deney için model denklemi;  $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \Sigma_{ij}$  olarak kurulmuştur.  $KT_{GENEL} = 1352,6$ ,  $KT_{DENEME} = 1256,6$ ,  $KT_{HATA} = 96$ ,  $K_{o_{GENEL}} = 209,4$ ,  $K_{o_{HATA}} = 89,76$  ve  $F_{HESAP} = 2,33$  olarak hesaplanmıştır. Yapılan deneylerin doğruluğunu test etmek için “F testi” uygulanmış ve “F” değeri;  $F_{6,14} = 2,33$  olarak bulunmuştur.

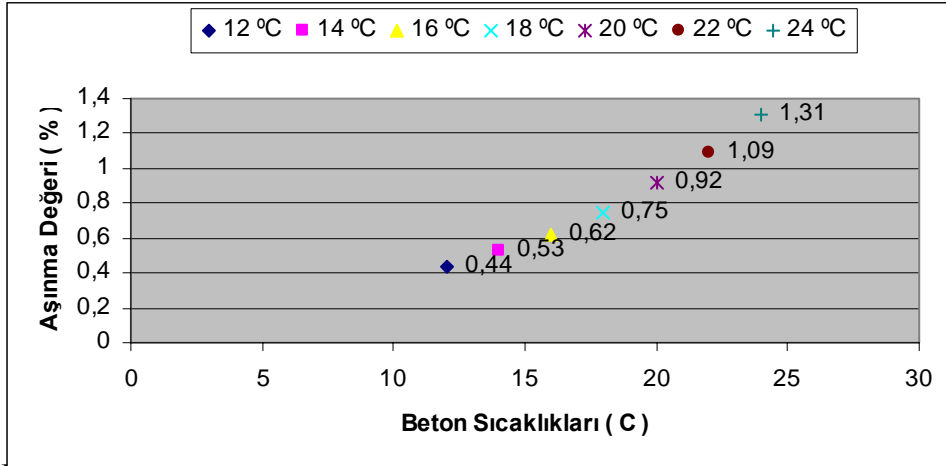
### Dik Doğrusal Bağıntılar

Varyans analizinin kontrolü için, (deneyde serbestlik derecesi 6 ( $S_d=6$ ) olduğu için) numuneler arasında altı adet dik doğrusal bağlantı kurulabilir. Buna göre;

$$C_m = \sum_{j=1}^k C_{jm} \text{ ve } T_{jm} \sum C_{jm} = 0 \text{ olup; } C_m = C_{1m} T_{.1} + C_{2m} T_{.2} + \dots + C_{6m} T_{.6} \quad (1)$$

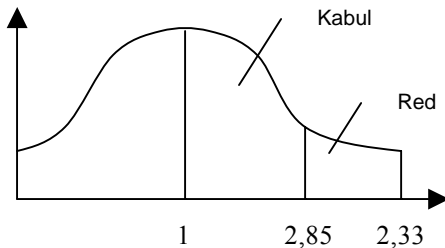
ifadesi yardımıyla kurulan dik doğrusal bağlantıların katsayıları tablosu (Tablo 10) oluşturulmuştur.

Tablo10’da verilen dik doğrusal bağlantı katsayılarından yararlanarak, (1) denkleminde değerler yerine konulup her bir bağlantının



Şekil 6 : Beton Sıcaklığı (°C) – Aşınma Miktarı (%) Değerlerinin Grafik Üzerinde Gösterilmesi

$\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyi dikkate alınırsa “F” dağılım tablosundan  $F_{6,14} = 2,85$  olarak bulunur.  $F_{hesap} > F_{tablo}$  olduğu için “Betonun karışım ile yerleştirme sıcaklıklarındaki değişimin betonun aşınma mukavemetine herhangi bir etkisi yoktur” hipotezi reddedilir ve ilgili anlamlılık grafiği Şekil 7’teki gibi olur.



Şekil 7:F testi grafiği ( $\alpha=0,05$  anlamlılık grafiği)

sonuçları  $C_1 = -9$ ,  $C_2 = -33$ ,  $C_3 = -60$ ,  $C_4 = -108$ ,

Tablo 10 : Dik Katsayılar Tablosu

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
C1	1	-1	0	0	0	0	0
C2	1	1	-2	0	0	0	0
C3	1	1	1	-3	0	0	0
C4	1	1	1	1	-4	0	0
C5	1	1	1	1	1	-5	0
C6	1	1	1	1	1	1	-6

$C_5 = -183$ ,  $C_6 = -255$  olarak hesaplanmıştır. Bunlara ilişkin kareler toplamı;  $KT_{C1} = 13,5$ ,  $KT_{C2} = 90,75$ ,  $KT_{C3} = 150$ ,  $KT_{C4} = 243$ ,  $KT_{C5} = 348,8$ ,  $KT_{C6} = 338,6$  olarak bulunur. Her bir



dik doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 11’de görüldüğü gibi düzenlenmiştir.

Yapılan “F” testi neticesinde  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde,  $H_1$  hipotezi F hesap  $<F_{tablo}$  olarak çıkmıştır.  $H_2, H_3, H_4, H_5$  ve  $H_6$  hipotezleri ise F hesap  $>F_{tablo}$  olduğundan dolayı hipotezler reddedilmiştir. Farklı sıcaklıklara sahip beton numunelerinin aşınma dayanımı değerlerinin ortalamaları  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde,  $H_2, H_3, H_4, H_5$  ve  $H_6$  birbirinden farklıdır.

gelmiş, bu gerilmeler nedeniyle numunelerde kılcal çatlaklar görülmüştür.

- Isı gerilmeleri nedeniyle oluşan kılcal çatlaklar, betonun çekme dayanımını etkileyerek düşürmüştür.
- Taze betonun sıcaklığı, rüzgarın hızı, bağıl nem ve ortam sıcaklığı denetlenmelidir.
- Düşük çimento dozu ve hidrasyon ısı düşük çimentolar tercih edilmelidir.
- Döküm yerine ulaşan beton bekletilme-

Tablo 11: 28 Günlük Aşınma Dayanımı Sonuçları Testi

HİPOTEZ		K.O.	K.T	$F_{6,14}$ (HESAP)	$F_{6,14}$ (TABLO)	SONUÇ
BETON SICAKLIK DEĞERLERİ	$H_1 : 14 \text{ }^\circ\text{C}$	2,33	13,5	5,8	4,6	RED( * )
	$H_2 : 16 \text{ }^\circ\text{C}$	2,33	90,75	38,95	4,6	RED( * )
	$H_3 : 18 \text{ }^\circ\text{C}$	2,33	150	64,38	4,6	RED( * )
	$H_4 : 20 \text{ }^\circ\text{C}$	2,33	243	104,3	4,6	RED( * )
	$H_5 : 22 \text{ }^\circ\text{C}$	2,33	348,8	149,7	4,6	RED( * )
	$H_6 : 24 \text{ }^\circ\text{C}$	2,33	338,6	145,32	4,6	RED( * )

(\*) : Betonun karışım ile yerleştirme sıcaklıklarındaki değişim, betonun aşınma mukavemetini olumsuz yönde etkileyerek düşürmüştür.

#### 4- SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- Beton sıcaklığının yükselmesi, hidrasyonun fazla hızlanmasına, betonun karışım suyu ihtiyacının artmasına sebep olmuştur.
- Betonun yapısındaki bu değişimlerden dolayı buharlaşma artmış bu da betonda daha büyük hacim değişikliklerine ve dayanımının azalmasına sebep olmuştur.
- Beton sıcaklığının artmasıyla orantılı olarak numunelerde büzülmelerin arttığı görülmüştür.
- Yine betonun artan sıcaklığının etkisiyle numunelerde ısı gerilmeleri meydana

den yerleştirilmeli ve vibrasyon kısa sürede tamamlanmalıdır. Dökümün gecikmesi halinde priz geciktirici kimyasal katkıları kullanılmalıdır. Gece beton dökümü tercih edilmelidir.

- Normal betonarme yapılarda kür süresi yaz aylarında uzun tutulmalı, yüzeyin sürekli nemli kalmasına dikkat edilmelidir.
- Güneş ve rüzgarın doğrudan etkisine karşı korumak için açıkta kalan beton yüzeyler, ıslak çuval ve plastik örtü gibi malzemelerle örtülmelidir.
- Beton ısı imalat sırasında da yüksek oluyorsa çimento silolarının etrafının ısı tecrit malzemesi ile kaplanması uygundur.

#### KAYNAKLAR

1. TS 500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TSE, Nisan 1984.
2. MURDOCK, L.J., Concrete Materials and Practice, BROOK, K.M., DEWAR, J.D., 1991.
3. SÜMER, M., ÖZTEKİN, E., Hazır Betonda Santral Çıkışı ve Şantiye Teslim Kalitelerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi, 3. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, 1994.
4. ÖZDOĞANLAR, O.,Şantiyeler İçin Beton Teknolojisi, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Yayın No: 79/1, 1979.
5. ÖZTEKİN, E., Türkiye’de Mevcut Beton Kalitesinin Durumu, 1. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, 1989.
6. GÜLSEREN, H., DİKER, B., UYAN, M., Hazır Betonda Karışım ve Yerleştirme Süresinin Beton Mukavemetine Etkisi, 3. Ulusal Beton Kongresi. İstanbul,1994.
7. KANTAR, E., İzmir ve Yöresinde Üretilen Hazır Betonların Sınıf Dayanımlarına Göre İstatistiksel İncelenmesi İle Kür Şartlarının Beton Dayanımlarına Olan Etkileri,Y. L. Tezi, Sakarya Ü. F.B.E., 1998.
8. CÜLFİK, M., S., ÖZTURAN, T., Yüksek Sıcaklıklarda Agregada Çimento Hamuru Ara Yüzeyinde Oluşan Hasarlar ve Betonun Mekanik Özelliklerine Etkileri, B.Ü. İnş. Müh. Böl, 2000.
9. ATIŞ, C. D., Yüksek Oranda Uçucu Kül Kullanımı İle Üretilen Betonun Aşınma Direnci, İMO Teknik Dergi, Cilt 11, Sayı 4, S:2217-2230, Ankara, Ekim 2000.
10. ATIŞ, C. D., Uçucu Kül İçeren Beton İçin Aşınma-Boşluk Oranı-Dayanım Modeli, İMO Teknik Dergi, Cilt 14, Sayı 4, S:3035-3040, Ankara, Ekim 2003.
11. TS 130, Agregada Karışımlarının Elek Analizi Deneyi İçin Metot, TSE, Aralık 1980.
12. ÖZTÜRK, T., Statistical Quality Control in Ready Mixed Concrete, B.Ü.Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1994.
13. Çelik, M. H., Deney Düzenleme ve Çözümleme Metotları, Yüksek Lisans Ders Notları, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi A.B.D., Ankara, 2003.
14. TS 706, Beton Agregaları, TSE, Aralık 1980, 1981.
15. TS 3351, Şantiyede Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı, TSE, Nisan 1979.
16. TS 3530, Beton Agregalarında Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini, TSE,
17. TS EN 12350-1, Taze Beton Deneyleri (Bölüm 1: Numune Alma), TSE, Nisan 2002.
18. TS EN 12350-2, Taze Beton Deneyleri (Bölüm 2: Çökme Deneyi), TSE, Nisan 2002.
19. TS EN 12390-1, Sertleşmiş Beton Deneyleri (Bölüm 1:Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri), TSE, Nisan 2002.
20. TS EN 12390-2, Sertleşmiş Beton Deneyleri (Bölüm 2 : Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Yapımı ve Küre Tabi Tutulması), TSE, Nisan 2002.
21. TS EN 12390-3, Sertleşmiş Beton Deneyleri (Bölüm 3 : Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini), TSE, Nisan 2002.
22. TS EN 12390-4, Sertleşmiş Beton Deneyleri (Bölüm 4 : Basınç Dayanımı- Deney Makinelerinin Özellikleri ), TSE, Nisan 2002.
23. TS EN 12390-5, Sertleşmiş Beton Deneyleri (Bölüm 5 : Deney Numunelerinde Eğilme Dayanımının Tayini), TSE, Nisan 2002.