

KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

K. Ü.
MERKEZ KÜTÜPHANESİ
Den. No: 10553
Fiatı : 100

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI  
YAPI DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

TEZ NUMARASI

Genel :  
Anabilim dalı :  
Program

TRASLI ÇİMENTO İLE ÜRETİLEN BETONLARA UYGUN  
ISIL İŞLEM ÇEVİRİMİNİN BELİRLENMESİ

Şirin OZMAN

Yönetici : Doç.Dr. Erbil ÖZTEKİN

Trabzon  
Ağustos, 1985

## ÖNSÖZ

Trabzon TÇ325 çimentosu ile üretilen betona uygun ısıtım işlem çevriminin belirlenmesini ve bu betonun ısıtım işlem altındaki davranışını incelemeyi amaçlayan bu çalışma, K.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Bölümü Yapı ve Malzeme Laboratuvarında gerçekleştirildi.

Çalışmam boyunca ilgi ve desteğini esirgemeyerek beni yönlendiren Hocam Sayın Doç.Dr. Erbil ÖZTEKİN'e; deneysel çalışmalarım sırasında, karşılaştığım bazı problemlerin çözümü için her türlü yardımı gösteren Hocam Sayın Doç.Dr. Tayfun CİMİLLİ'ye teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca, deneysel bölümün gerçekleştirilmesi sırasında özveri ile çalışan Temel İZKİ'ye ve bu tezi özenle daktilo eden Temel TOSUN'a teşekkür ederim.

Şirin OZMAN

Ağustos, 1985

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

### ÖZET

1. GİRİŞ	1
1.1. BETON SERTLEŞMESİNİN HIZLANDIRILMASI	1
1.2. ISIL İŞLEMLER	2
1.2.1. Isıl işlemlerin Sınıflandırılması	3
1.2.2. Isıl işlem Çevrimi	4
1.2.3. Isıl işlemin Betona Etkisi	5
1.2.4. Isıl işlemi Etkileyen Faktörler	9
1.3. AMAÇ VE İÇERİK	10
2. YAYIN TARAMASI	12
2.1. ÇİMENTONUN ISIL İŞLEME ETKİSİ	15
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	17
3.1. DENEY PROGRAMI	17
3.2. ISIL İŞLEM ÇEVRİMLERİ	19
3.3. İNCELENEN BETON PARAMETRELERİ	24
3.4. DENEY KOŞULLARI	24
3.4.1. Kullanılan Aletler	24
3.4.2. Kullanılan Malzemeler	25
3.5. BETON ÜRETİMİ VE NUMUNELERİN HAZIRLANMASI	27
3.6. ISIL İŞLEM UYGULAMASI	28
3.7. NUMUNELERİN DENENMESİ	29
3.8. DENEY SONUÇLARI	29
4. İRDELEME VE YORUM	33
5. SONUÇ	49
KAYNAKLAR	51
TABLOLER VE ŞEKİLLER	52-112
EK-I	113
EK-II	115

## ÖZET

Günümüzde yaygın bir kullanım alanına sahip olan betonun sertleşmesi, kendi haline bırakıldığında, artan gereksinmeyi karşılamak için gereken üretim hızı yanında oldukça yavaş kalır. Betonun sertleşmesini hızlandırmak için kullanılan en yaygın yöntem, ısıtma işlemidir.

Bu çalışmada, doğu karadeniz yöresinde, Trabzon TÇ325 çimentosu ve KASTAŞ agrega ocağından sağlanan agregalar kullanılarak elde edilen betonlar için, optimum bir ısıtma işlemi çevrimi belirlemek ve bu beton dayanımına, çevrim parametrelerinin ve bazı beton bileşim parametrelerinin ısıtma işlemi altındaki etkisini araştırmak amaçlandı. Deneysel çalışma, yumuşak ve hızlı çevrimler olmak üzere iki kısımda gerçekleştirildi. Yumuşak çevrimlerde, ön bekleme süresi (0, 2, 4, 6, 8 saat), ısıtma hızı (10, 15, 23 °C/s), işlem sıcaklığı (35, 50, 65, 80, 95 °C) gibi çevrim parametreleri ve dozaj (250, 300, 350, 400), su/çimento oranı (0.46, 0.50, 0.55, 0.59) gibi beton bileşimi parametreleri incelendi. Bu kısımda, toplam 21 adet üretim yapıldı. Hızlı çevrimlerde ise başlangıç sıcaklığı (20, 50, 80 °C), önbekleme süresi (0, 1, 2 saat), soğutma dönemi sonu sıcaklığı (20, 50 °C) gibi çevrim parametreleri incelendi ve toplam 10 üretim yapıldı. Deneyler sırasında 10 luk küpler kullanıldı ve max. agrega boyutu 19 mm olarak belirlendi.

Çalışmanın sonunda, Trabzon TÇ325 çimentosunun ısıtma işlemi oldukça yatkın bir çimento olduğu ve genellikle, 28 gün sonunda ısıtma işlemi dayanımlarda kayıp görülmediği ortaya çıktı. Yumuşak çevrimler için 6 saat önbekleme süresi, 15 °C/s ısıtma hızı ve 80 °C işlem sıcaklığı, optimum çevrim parametreleri olarak belirlendi. Düşük su/çimento oranları ve bu çalışma koşullarında yaklaşık 300 kg/m<sup>3</sup> lük bir dozaj, optimum sonuçları sağladı.

Sert çevrimler için ise, 1 saat önbekleme süresi, 50 °C başlangıç sıcaklığı, 30 °C/s ısıtma hızı ve 50 °C soğutma dönemi sonu sıcaklığı en uygun çevrim parametreleri olarak belirlendi.

## TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo-1 Çevrim tiplerine ait parametreler	5
Tablo-2 Yumuşak çevrimlere ait deney programı	18
Tablo-3 Hızlı çevrimlere ait deney programı	20
Tablo-4 1 Numaralı çevrim parametreleri	21
Tablo-5 2 Numaralı çevrim parametreleri	21
Tablo-6 3 Numaralı çevrim parametreleri	22
Tablo-7 5 Numaralı çevrim parametreleri	23
Tablo-8 6 Numaralı çevrim parametreleri	23
Tablo-9 7 Numaralı çevrim parametreleri	23
Tablo-10 8 Numaralı çevrim parametreleri	24
Tablo-11 Yumuşak çevrimlere ait R hızlı/R standart değerleri	31
Tablo-11a Hızlı çevrimlere ait R hızlı/R standart değerleri	32
Tablo-12 Kullanılan ve karışım agregalarının fiziksel özellikleri	56
Tablo-13 Trabzon TÇ325 çimentosunun fiziksel ve kimyasal özellikleri	57
Tablo-14-44 Beton üretimlerine ait ayrıntılı deney sonuçları	62-92
Tablo-45-48 Çimento üretimlerine ait ayrıntılı deney sonuçları	93-96
Tablo-49 Çimento deneylerine ait R hızlandırılmış/R standart değerleri	97

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil-1 Isıl işlem çevrimi	4
Şekil-2 1 numaralı çevrim şekli	52
Şekil-3 2 numaralı çevrim şekli	52
Şekil-4 3 numaralı çevrim şekli	53
Şekil-5 4 numaralı çevrim şekli	53
Şekil-6 5 numaralı çevrim şekli	54
Şekil-7 6 numaralı çevrim şekli	54
Şekil-8 7 numaralı çevrim şekli	55
Şekil-9 8 numaralı çevrim şekli	55
Şekil-10 Kullanılan agregaların granülometri eğrileri	58
Şekil-10a Karışım agregalarının granülometri eğrileri	59
Şekil-11-17 Yumuşak çevrimlere ait çevrim parametreleri (veya 99-105 beton parametreleri)- Basınç dayanımı ilişkileri	99-105
Şekil-18-24 Hızlı çevrimlere ait çevrim parametreleri-Basınç dayanımı ilişkileri	106-112

## 1. GİRİŞ

Beton, dayanıklılığı, ekonomikliği ve kolay biçimlendirilmesi nedeniyle, kullanışlı bir yapı malzemesidir. Bu özelliklerinden dolayı da günümüzde yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Bugünün ekonomik koşulları ve hızlı kentleşme sonucu yapı talebinin artması, bu alanda sanayileşmenin doğmasına ve prefabrikasyonun gelişmesine neden olmuştur. Bu sayede, hem binalar kısa sürede inşa edilmekte, hemde ekonomi sağlanmaktadır. Bununla birlikte, betonun sertleşmesi, kendi haline bırakıldığında, oldukça geç gelişmektedir. Bu da, artan gereksinmeyi karşılamak için gereken fabrika üretim hızını çok yavaşlatmaktadır. Bu durum karşısında doğal olarak, çeşitli yöntemlerle betonun sertleşmesini hızlandırma yoluna gidilmektedir. Bu amaçla, çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Yeni yöntemler de araştırılmaktadır.

### 1.1. BETON SERTLEŞMESİNİN HIZLANDIRILMASI

Beton sertleşmesini hızlandırmak için geliştirilen yöntemler çok çeşitlidir. Bunların bazıları henüz gelişme aşamasındadır.

Yararlanılan yöntemlerden biri, özel çimentolar kullanmaktır. Bu çimentolar, genellikle yüksek oranda  $C_3S$  ihtiva ederler ve ince öğütülmüşlerdir. Sertleşme hızı daha yüksek olan çimentolar ise, buna ilaveten kalsiyum klorid yada benzeri bir madde ihtiva ederler.

Özel çimentolar kullanmak yerine, beton üretimi sırasında hızlandırıcı bir katkı maddesi de kullanılabilir. Bu katkı maddeleri, kloridler, karbonatlar yada silikatlar gibi çözünebilir kimyasal maddelerden bazılarını içerirler. Bundan başka, mineral katkı maddeleri de kullanılabilir.

Beton sertleşmesinin hızlandırılmasında kullanılan yöntemlerin en önemlilerinden biri de, ısıtma işlemleridir. Bu yöntemlerde beton, üretilmeden önce yada sonra veya yerleştirildikten sonra, çeşitli şekillerde ısıtılarak, çimentonun hidratasyonu hızlandırılır.

Bunlara ek olarak; kristal çekirdekleri katarak, kükürte daldırarak, karbondioksit kürü uygulayarakta betonun sertleşmesi hızlandırılabilir<sup>(11)</sup>.

Portland çimentosu kullanıldığında, çimentonun dozaj ve inceliğini arttırmak, betonun su/çimento oranını küçültmek te sertleşmeyi bir ölçüde hızlandırır.

Bu yöntemlerin hepsi, aynı oranda yaygın değildir. Bazılarının özel kullanım alanları vardır. İçlerinde en geniş uygulama alanına sahip olan, ısıtma işlemlerdir. Zira, prefabrikasyonun yanında soğukta beton dökmede de kullanılabilir olmaları, onları cazip kılar.

## 1.2. ISIL İŞLEMLER

Betonun sertleşmesini hızlandırmada kullanılan ısıtma işlemlerinin geçmişi, 1880 'e kadar uzanır. Isıtma işlemi olarak kullanılan ilk yöntem, basınçlı buhar kürü idi. O zamandan günümüze kadar, çeşitli yöntemler bulunmuş ve geliştirilmiştir.

Geçmişte ısıtma işlemleri yalnızca beton boru, direk, duvar ve çeşitli küçük beton birimlere uygulanmakta idi. II. Dünya Savaşından sonra, özellikle Amerika'da kirişler, kolonlar, köprü kirişleri, duvar ve çatı panelleri, döşeme dilimleri, öngerilmeli elemanlar gibi dolu hacimli yapı birimlerini üreten prefabrikasyon fabrikaları geliştirilmiştir.

Isıtma işlemi uygulamasının ana yararı, betona sağladığı erken dayanımdır. Bu yarar, prefabrik ve/veya öngerilmeli beton üreticileri için oldukça caziptir. Çünkü, bu sayede hem kullanılan teçhizat mümkün olduğunca çabuk serbest bırakılabilir, hemde ısıtma işleminden çıkmış kısım hemen pazarlanabileceğinden depo alanları uzun süre işgal edilmez ve küçük alanlar yeterli olur. Ayrıca, ısıtma işlemlerden soğukta beton dökmede de yararlanır. Bu sayede, inşaat yapımında iklim koşullarına bağımlılık büyük ölçüde ortadan kalkar. Kalite kontrolü hızlandırılarak, üretim koşulları daha çabuk düzeltilir. Betona öngerilme uygulaması çabuklaştırılır. Isıtma işlemleri yalnızca betonun dayanımını hızlandırmakla kalmaz, eğilme/çekme dayanımı, elastisite modülü gibi özelliklerini de artırır.



### 1.2.1. Isıl İşlemlerin Sınıflandırılması

Isıl işlemler, uygulama prensiplerine göre şöyle sınıflandırılabilirler<sup>(11)</sup>:

#### I. Betonun yerleştirilmeden önce ısıtılması (sıcak beton)

##### A- Betonun oluşturan malzemelerin ısıtılması

1. Karma suyunun ısıtılması
2. Agreganın ısıtılması (buhar, sıcak boru,...)

##### B- Taze betonun ısıtılması

1. Karıştırıcı içinde (buharla)
2. Taşıma sonunda özel kapta (elektrotlarla)

#### II. Betonun yerleştirilmesinden sonra elemanın ısıtılması

##### A- İç ısıtma

##### 1. Betona iç ısıtma

- 1a. Joule olayı ile ısıtma (elektrik)
- 1b. Mikrodalgalarla ısıtma
- 1c. Yüksek frekanslı elektrik alanı ile ısıtma
- 1d. Hidratasyon ısısı+yalıtma ile ısıtma

##### 2. Elemene iç ısıtma

- 2a. Yerleştirilmiş telleri elektrikle (JOULE) ısıtma
- 2b. Donatıyı elektrikle (JOULE) ısıtma
- 2c. Donatıyı elektromanyetik endüksiyonla ısıtma
- 2d. Basınç altında betondan buhar geçirerek ısıtma

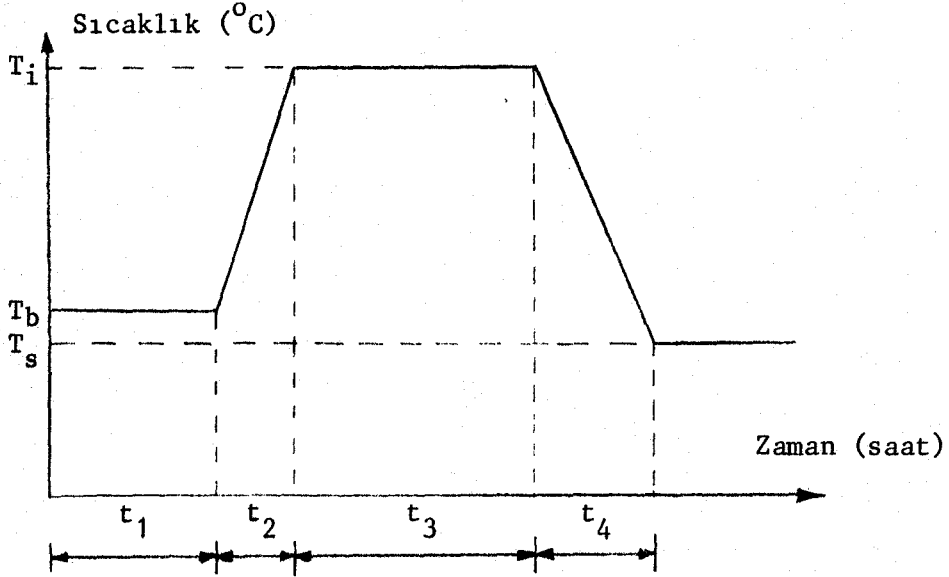
##### B- Dış ısıtma

1. Çevrenin ısıtılması (sıcak hava, gaz yakılması)
2. Buhar kürü
3. Basınçlı buhar kürü
4. Doğrudan kalıbın ısıtılması
  - 4a. Elektrik yolla
  - 4b. Boru içinde sıcak su, yağ veya buhar yoluyla
5. Kızıl ötesi ışınlarla ısıtma
6. Sıcak sıvıya daldırma yoluyla ısıtma (su, yağ,...)

Basınçlı buhar kürü dışında, uygulanan bu ısıl işlemler beton üzerinde aynı etkiyi yaparlar. Yani betonun yapısında herhangi bir

farklılık olmaz. Bunların kullanılmasındaki tercih nedenleri; uygulamaların zorluk derecesi, hassas kontrole olanak sağlamaları ve en önemliside ekonomiklikleridir. Zira bu yöntemlerin çoğu, oldukça büyük yatırımlar gerektirmektedir.

### 1.2.2. Isıl İşlem Çevrimi



Şekil-1. Isıl işlem çevrimi

#### 1. Ön bekleme dönemi ( $t_1$ , $T_b$ )

Bu dönem, üretilen betonun kalıplanması ile ısıl işlem uygulamasının başlaması arasında geçen süredir. Çimentonun hidrasyonu başlar. Bu süre ne kadar uzun olursa, ısı uygulamasından önce beton o oranda stabilite kazanmış olur ve hacim artışıda az olur.

#### 2. Sıcaklık artış dönemi ( $t_2$ , $T_i - T_b$ )

Bu dönemde, betonun sıcaklığı kontrollü bir hızda, planlanan maximum'a kadar artırılır. Sıcaklık artış hızı, uygulanan çevrime göre değişir.

#### 3. İşlem dönemi ( $t_3$ , $T_i$ )

Bu dönem, sıcaklığın max.'a ulaştığı an başlar ve bu süre içinde sıcaklık maximumda tutulur. Süre sonunda, betonun dayanımı gereken düzeye kadar artar. Çimento, hidrasyonunun önemli bir kısmını tamamlar.

#### 4. Soğutma dönemi ( $t_4$ , $T_i-T_s$ )

işlem dönemi sona erdiğinde, ısıtma işlem uygulaması durdurulur ve ortam, belli bir hızda soğutulur.

#### 5. İşlem sonrası dönem ( $T_s$ )

Bu dönemde, eleman belli sıcaklık ve nem koşullarında saklanır.

Bu çevrim, sıcak beton uygulaması için geçerli değildir. Zira sıcak betonda, ön bekleme ve ısıtma dönemleri yoktur.

Uygulanan ısıtma işlem çevrimi parametrelerinin değişimine göre; çevrimler hızlı, ılımlı ve yumuşak olmak üzere 3'e ayrılabilir. Hızlı (sert) çevrimlerin süreleri oldukça kısadır ve günde üç üretim kolaylıkla yapılabilir. Bu tip çevrimlerde, işlem dönemini uzun tutabilmek için soğutma dönemi tamamlanmadan kalıplar çıkarılır. Aynı işlem ılımlı çevrimlerde de yapılabilir. Soğutma sıcaklığı  $30-40^{\circ}\text{C}$  de iken kalıplar alınır. Bu çevrim tipi kullanılarak, günde iki üretim uygulanabilir. Yumuşak çevrimler ise sürelerinin uzunluğu nedeniyle günde yalnızca bir üretime olanak verirler.

Bu 3 çevrim tipi için bazı çevrim parametrelerinin yaklaşık değerleri <sup>(11)</sup> Tablo-1 de verilmiştir.

Tablo-1. Çevrim tiplerine ait parametreler

		Çevrim süresi (s)	Önbekleme (s)	Isıtma ve soğutma hızı ( $^{\circ}\text{C/s}$ )	İşlem sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	Soğutma dönemi sonu sıcaklığı
Çevrim tipi	Hızlı	7-8	$\leq 1$	$\geq 25$	80-90	$50^{\circ}\text{C}$
	İlmlı	11-12	2-3	15-25	70-75	$30-40^{\circ}\text{C}$
	Yumuşak	20-22	4-6	10-15	50-65	$20^{\circ}\text{C}$

#### 1.2.3. Isıtma İşleminin Betona Etkisi

Isıtma işlemler, uygun sıcaklık ve nem koşullarında uygulandıklarında, betonun sertleşmesini hızlandıran yöntemlerdir. Bu yararları da, çimentonun hidrasyonunu hızlandırarak sağlarlar. Bu hız artımı, ARHENIUS denkleminde uygun olarak gelişir <sup>(11)</sup>.

$$K = A \cdot e^{-E/RT}$$

K: Reaksiyon hızı

A: Katsayı (çimento tipine bağlı)

E: Aktivasyon enerjisi

R: Gaz sabiti

T: Mutlak sıcaklık

Betonun dayanımı, yaş ve sıcaklığın her ikisine de bağlı olduğu için, dayanımın zaman x sıcaklığın bir fonksiyonu olduğu söylenebilir. Bu kavram, "olgunluk derecesi" olarak isimlendirilir. Bazı araştırmacılar, kür sıcaklığı ile zamanın çarpımı yani, olgunluk derecesi arttıkça, dayanımın da arttığını gözlediler ve olgunluk derecesini, çeşitli şekillerde tanımlamaya çalıştılar<sup>(11)</sup>.

SAUL, olgunluk derecesini 0°C nin üstündeki ortalama sıcaklığın yaşla çarpımı olarak belirledi.

$$O.D = \int_0^t T x dt$$

O.D = Olgunluk derecesi

T = Sıcaklık

t = Zaman

BERGSTROM, 0°C yerine referans sıcaklığı olarak -10°C yi, PLOWMAN, -11,7°C yi teklif etti.

PAPADAKIS, özellikle ısı işlemler için geliştirdiği "ağırlıklı olgunluk derecesi" kavramında, sıcaklık dilimlerine artan ağırlıklar verdi.

$$A O.D = S x A^n$$

Burada, A, çimento tipine bağlı olarak 1,7-2,1 dolayında değerler alan bir sabittir.

Bazı araştırmacılar da, kür sıcaklığı x zaman, ile dayanım arasındaki ilişkinin zayıf olduğunu ileri sürdüler.

KLIEGER, çeşitli sabit sıcaklıklarda kür uygulanan numunelerde, 28 günlük yaşta, zayıf bir ilişki buldu. MANGOTICH, sis ve buhar kürü uygulanan beton blokların bu yasayı takip etmediğini gösterdi<sup>(1)</sup>.

Yine de, olgunluk kavramı, erken dayanımın tahmini için yararlı olabilir.

Isıtma döneminde, çimentonun hidrasyonu, oldukça azdır. Asıl reaksiyon, sıcaklık maksimumuna ulaştığında yani, işlem döneminde olur.

İşlem dönemi bittiğinde ise, hidratasyon önemli ölçüde tamamlanmış olur ve uygun koşullar bulunduğu takdirde, daha geç yaşlarda da devam eder.

Isıl işlemin, ilk yaşlarda dayanım artışını hızlandırmasına karşılık, genellikle ileri yaşlarda, normal sıcaklığa oranla dayanım kaybına yolaçtığı, birçok araştırmacı tarafından gözlenmiştir. Fakat katkılı çimentolar (uçucu kül, doğal puzzolan, yüksek fırın curufu) kullanıldığında, ileri yaşlarda  $20^{\circ}\text{C}$  deki dayanımın geçildiği de gözlenen bir gerçektir<sup>(10)</sup>.

Isıl işlem sonucu oluşan hidratasyon ürünlerinin  $20^{\circ}\text{C}$  dekilere oranla pek farklı olmadığı, bazı araştırmacılarca gözlenmiştir. Yinede, ısıl işlemle sertleştirilen betonun hidratasyon ürünlerindeki kristal ürünlerin boyutları ve miktarının arttığı söylenebilir. Bu da, hidratasyon ürünlerinin özgül alanlarının düşmesi demektir. BUDNIKOV ve arkadaşları, ileri yaşlarda dayanım kaybını, özgül alanın düşmesi sonucu, kristalleri birbirine bağlayan köprü sayısının azalmasına bağladılar<sup>(11)</sup>.

VERBECK, yüksek sıcaklıklardaki hidratasyon ürünlerinin henüz hidrate olmamış çimento tanelerini örttüğünü ve sonradan oluşacak hidratasyonu yavaşlattığını söyleyerek, dayanım düşüklüğünü buna bağladı. Isıl işlenmiş hidratasyon ürünlerinin, daha düşük sıcaklıklarda hidrate olduklarındaki gibi üniform dağılmadığını, böylece dayanımın azalması eğiliminin ortaya çıktığını söyledi. SAUL'de, çimento partikülleri yüksek sıcaklıkta su ve hava geçirmeyen ve oluşacak hidratasyonu sınırlayan bir tabaka geliştirir şeklinde benzer bir açıklama öne sürdü<sup>(1)</sup>.

Bazı araştırmacılar da, alçıtaşı miktarı az olduğunda, çimento partiküllerinin hidratasyonlarının sınırlanmış olduğu inancındalar. Sıcaklığın artmasıyla alçıtaşının çözünürlüğünün azaldığını, dolayısıyla hidratasyon ürünlerinin normalden uzaklaştığını, bununda son yaşlardaki dayanıma katkıyı engellediğini öne sürüyorlar<sup>(2)</sup>.

İleri yaşta dayanım kaybına yolaçan nedenler arasında fiziksel etkiler de sözkonusudur. Taze betonu oluşturan malzemelerin farklı ısıl genleşme katsayıları vardır. Çimento ve agregaya nazaran, su  $\sim 10$ , hava ise 100 katlık ısıl genleşme katsayısına sahiptir. Bu durumda, farklı oranlarda oluşan bu genleşme kuvvetlerine, taze beton dayanmak zorundadır. Eğer beton genleşme etkisine karşı di-

renmek için yeterli erken dayanıma sahip değilse, betonda çeşitli çatlaklar olabilir. Özellikle agrega-çimento hamuru aderansının oldukça yavaş geliştiği ve bu bölgelerdeki genleşmelere yanyana bulunan katı fazların farklı genleşmelerinin de eklendiği gözönüne alınırsa, çatlakların, önce bu bölgelerde oluşmaları beklenebilir. Isıtma döneminde küçük bir hızda gelişen hidratasyon, işlem döneminde max. hıza ulaşır ve oluşan hidratasyon ürünleri, bu çatlakları doldururlar. Fakat oluşacak kalıcı bir hacim artışı ileri yaşlarda betonun kalitesini önemli ölçüde etkileyecektir. Ön bekleme süresinin kısalığı, ısıtma hızı ve max. sıcaklığın yüksekliği, kalıcı hacim artışını olumsuz yönde etkiler. Bunu önlemek için, etkin bir parametre olan ön bekleme süresinin uzatılması düşünülebilir fakat, kısa süreli çevrimlerde bu pek mümkün olmaz. Karışım sıcaklığını artırarak ön bekleme süresini kısaltmak yada bu dönemde sertleşmeyi hızlandıracak katkı maddeleri kullanmak çözüm olabilir. Betonun düşük su/çimento oranlı olması ve kapalı kalıplara yerleştirilmesi de kalıcı hacim artışını engeller.

Isıl işlem sırasında, elemanın bünyesinde oluşacak sıcaklık farkları, ısıl gerilmeler oluşturur. Bunlar özellikle, sıcaklık farklarının yüksek olduğu ısıtma ve soğutma dönemlerinde meydana gelirler. Elemanın homojen olarak ısıtılmaması da gerilmelere neden olur.

Eleman boyutu ve biçimi konusunda da dikkatli olmak gerekir. Özellikle, eğer elemanı oluşturan parçalar farklı boyut ve biçime sahipse, değişik rötre hareketleri nedeniyle ek gerilmeler oluşabilir.

Bilindiği gibi çimentonun hidratasyonunu sağlamanın esası, nemi uygun biçimde ayarlamaktır. Yeterli nemin olmaması rötre gerilmelerine, dolayısıyla dayanım düşüklüğüne yolaçabilir. Üründe su kaybı olmaması için, betondaki kısmi buhar basıncı ortamın kısmi buhar basıncı üzerine çıkmamalıdır. Isıtma periyodu sırasında ürünlerdeki sıcaklık ortam sıcaklığının altındadır. Daha sonra beton sıcaklığı, ortam sıcaklığını aşabilir ve bu noktadan itibaren, nemini kaybetmeye başlar. Isıl işlem sırasında oluşabilecek buharlaşmayı önlemek için kapalı kalıp, örtü yada kür maddeleri kullanılabilir. Bununla birlikte nem ve ağırlık kaybı kontrolü yapılmalıdır (2).

Soğutma döneminde, hidratasyon büyük ölçüde tamamlanmış olur. Hızlı bir soğutma sonucu elemanda oluşacak sıcaklık farkları ısı gerilmelere, bu da soğuma çatlaklarına yolaçar. Hidratasyon hızı çok yavaş olduğundan, ısıtma döneminde olduğu gibi bu çatlakları dolduracak hidratasyon ürünleride bulunmaz. Bu dönemde, beton suyunun korunmaması sonucu rötire gerilmeleride oluşur. Soğuma dönemindeki çatlakların dayanıma etkisi konusunda değişik görüşlere varılmıştır. Bazı araştırmacılar, soğuma hızının zararlı bir etkisi olmadığı sonucuna varırken, bazılarıda belli bir hız sınırının aşılması gerektiğini, aksi takdirde dayanımın kayıba uğrayacağını söylediler<sup>(11)</sup>.

Isıl işlem sonrasında da saklama koşullarına dikkat edilmeli ve beton nemli ortamda bekletilerek hidratasyon reaksiyonlarının devamına olanak sağlanmalıdır.

#### 1.2.4. Isıl İşlemi Etkileyen Faktörler

Bu faktörler, aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>(11)</sup>.

##### I. Malzeme özellikleri

###### 1. Beton bileşimi

###### a- Çimento

###### a1. Bileşim

###### a2. Hidratasyon ısısı

###### a3. İncelik

###### a4. Dozaj

###### b- Su/Çimento oranı

###### c- Agrega

###### c1. Mineral yapı

###### c2. Isıl özellikler

###### c2.1- Isıl iletkenlik katsayısı

###### c2.2- Isıl genleşme katsayısı

###### c2.3- Özgül ısı

###### c2.4- Isı yayınma katsayısı

###### d- Katkı maddeleri

###### e- Komposite

###### 2. Yerleştirme ve sıkıştırılması

## II. Yapı elemanının geometrik özellikleri

1. Boyut
2. Biçim

## III. Isıl işlem çevrimi

1. Karılmış beton sıcaklığı
2. Ön bekleme dönemi (sıcaklık, süre)
3. Isıtma dönemi (hız)
4. İşlem dönemi (sıcaklık, süre)
5. Soğutma dönemi (hız, son sıcaklık)

## IV. Teknolojik veriler

1. Ortam nemi
2. Isı konveksiyon katsayısı
3. Homojenlik
4. Kalıp türü

## V. Saklama koşulları

Isıl işlemi etkileyen faktörlerin çoğu birbiriyle bağlantılıdır. Özellikle kür çevriminin bir kısmındaki bir değişiklik, çevrimin diğer safhalarını olumsuz şekilde etkileyebilir. Bunun için ön bekleme süresindeki bir eksiklik, daha yavaş bir ısıtma hızıyla dengelenebilir yada uzun bir ön bekleme süresi hızlı bir ısıtma ile düzeltilebilir. Yapı elemanının büyüklüğü de optimum kür çevrimini etkileyebilir. Küçük boyutlular, büyüklerden daha hızlı ısıtılır. Kullanılan su/çimento oranı da etkenlerden biridir. su/çimento oranı düşük betonun, daha kısa bir ön bekleme dönemi istemesi beklenir.

Uygulanan ısıl işlem çevrimi ne kadar hızlı ve sertse, zarar etkileri de o kadar fazla olur.

## VI. AMAÇ VE İÇERİK

Buraya kadar anlatılanlardan görülüyor ki, tüm koşullar için tek bir optimum kür çevrimi belirlemek olanaksızdır. Zira, çevrim parametreleri uygulama koşullarına ve üretilen betonun özelliklerine göre değişmektedir. Bütün fabrikalar için en iyi olan tek



bir ısıl işlem çevrimi yoktur. Bir fabrika için optimum olan çevrim, diğerlerinde verimli olmayabilir. Bundan da, optimum ısıl işlem çevriminin her uygulamanın kendi koşullarına göre, deneme yoluyla saptanması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Prefabrikasyon kuruluşları, ülkemizde de, gittikçe yaygınlaşmaktadır. Trabzon yöresinde de KASTAŞ gibi bir prefabrikasyon kuruluşu bulunmakta ve yenileri de devreye sokulmak üzere çalışılmaktadır. Bu çalışmada amaç, Trabzon yöresinde, TRABZON T.Ç. (325) çimentosu ve KASTAŞ agrega ocağından sağlanan agregalar kullanılarak üretilen betonlar için optimum bir ısıl işlem çevrimi belirlemek ve bu betona, çevrim parametrelerinin ve bazı beton bileşim parametrelerinin ısıl işlem altındaki etkisini araştırmak, bu parametrelerin değişiminin ısıl işlenmiş dayanımı ne yönde etkilediğini görmektedir. Çevrede bir prefabrikasyon kuruluşu bulunması, bu çalışmayı ilginç kılmaktadır. Burada elde edilen sonuçlar ülke düzeyinde, benzer koşullar altında geçerli olabilir.

Bu amaçla seçilen çevrim parametreleri: çevrim tipi, ön bekleme süresi, ısıtma hızı, işlem sıcaklığı, su/çimento oranı ve dozaj faktörleridir. Olanakların ve zamanın kısıtlılığı nedeniyle, önceki kısımda ısıl işlemi etkilediği belirtilen faktörlerden yalnızca pratiğe ve koşullara uygun olanları seçilerek çalışma kapsamına alınmıştır.

İlk kısımda, yavaş (yumuşak) çevrim tipi incelenmiştir. Önce seçilen bir ön bekleme süresine uygun işlem sıcaklığı, daha sonra bu işlem sıcaklığı etkisinde uygun ön bekleme süresi belirlenmiş; belirlenen bu değerler sabit tutularak ısıtma hızı, dozaj ve su/çimento faktörleri araştırılmıştır. İkinci kısım olan hızlı çevrim tipinde ise, yalnızca çevrim parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Yukarıda belirtilen parametrelerin yanında başlangıç sıcaklığı ve soğutma hızının etkisi de araştırılmıştır.

## 2. YAYIN TARAMASI

Bu bölümde ısıtım işlem üzerinde yapılan elde mevcut çalışmalar incelenmiş ve araştırmacıların deney sonuçları, aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

SHIDELER ve CHAMBERLIN tarafından yapılan çalışma 38-93°C sıcaklık diliminde ve değişik periyotlarda buhar küreine tabi tutulan 15x30 luk beton silindirlere üzerinde gerçekleştirildi. İşlem sıcaklığı, ön bekleme süresi ve işlem süresinin basınç dayanımına etkisi araştırıldı ve optimum bir çevrim tanımlanmaya çalışıldı. Şu sonuçlar elde edildi:

- Isıtım işlenmiş betonlar, 28 gün sonunda normal küre uygulananlardan daha düşük sonuçlar verdi (katkılı çimento dışında).
- Optimum ısıtım işlem sıcaklıkları 55-75°C arasında gözlemlendi ve 28 saatlik ısıtım işlem standart betonların 1 günlük dayanımlarına eşit dayanımlar verdi.
- 3 güne kadar 38-55°C arasında ısıtım işlem uygulanan örnekler 28 günde standart betonlardan az daha düşük dayanım verdi.
- 3 güne kadar 75°C de ısıtım işlem uygulanan örnekler, 28 günde standart küre uygulananların %75 'i kadar dayanım verdi.
- 2-6 saat ön bekleme yapmış örnekler, sıcaklığa bağlı olarak 1 günde, standart küre uygulananlardan %15-40 oranında daha yüksek dayanım verdi.
- 75°C nin üzerindeki sıcaklıklar ve yüksek sıcaklık artışı, betonun dayanımını azalttı.

ACI Komite 517 'nin raporunda, çeşitli araştırmacıların çalışmalarından derlenerek prefabrik ve/veya öngerilmeli beton birimlerin buhar küre için öneriler sunulmuş:

- Optimum önbekleme süresinin 3 saati aşması, tavsiye edilir. Bu sürenin 7 saate kadar uzaması erken ve geç yaşların her ikisinde de iyi sonuçlar verir.

• Isıtma hızı, uygun bir ön bekleme döneminden sonra  $11^{\circ}\text{C/S}$  ile  $33^{\circ}\text{C/S}$  arasında değişen değerler alabilir. Pratikte  $22-23^{\circ}\text{C/S}$  lik bir hıza ve 3-5 saatlik bir ön beklemeye sahip bir çevrim yapı elemanlarında kullanılabilir.

• Yüksek ısıtma hızları, daha uzun önbekleme dönemi gerektirir.

• Max. sıcaklığın  $66-82^{\circ}\text{C}$  arasında olması iyi sonuçlar verebilir. Eğer çevrim 24 saatten fazla sürüyorsa, daha düşük sıcaklıklar kullanılabilir. İşlem sıcaklığı yüksek olan nümunenin erken dayanımı yüksek fakat 28 günlük dayanımı düşüktür.

• Elemanların çatlamasını azaltmak için soğutma sırasında hızlı sıcaklık değişimlerinden kaçınılmalıdır.

MERITT ve JOHNSON, ısıtma işleminin çeşitli parametreleriyle betonun dayanım gelişimi arasındaki ilişkiyi saptamak için bir araştırma yaptılar. Seçtikleri faktörler işlem süresi, işlem sıcaklığı, ön bekleme süresi, ısıtma ve soğutma hızları ve su/çimento oranı idi. Şu sonuçlara vardılar:

• Isıtma işlem süresi 18 saatten 42 saate arttıkça, dayanım kazancı azalmaktadır. 1 günde en yüksek dayanımı 18 saatlik ısıtma işlem sonunda,  $50-65^{\circ}\text{C}$  lik sıcaklıklar vermiştir. Bunların 28 günlük dayanımları, kontrol nümunelerinin yaklaşık %75 'i oranındadır.

•  $80-95^{\circ}\text{C}$  de kür uygulanan nümunelerde şişme olmuştur.

• Hızlı bir soğutma, betonun dayanımını azaltır fakat bu oldukça azdır.

• Yüksek kür sıcaklıkları max. dayanım üretmek için uzun ön bekleme dönemi gerektirir. 1 günde en yüksek dayanımı,  $80^{\circ}\text{C}+3$  s. önbekleme, 28 günde ise  $50$  ve  $65^{\circ}\text{C}+6$  s. önbekleme vermiştir.

• Uygulanacak optimum sıcaklık artış hızının kullanılan sıcaklığa bağlı olduğu görülmektedir. Yüksek işlem sıcaklıkları, yüksek ısıtma hızları gerektirmektedir.  $50^{\circ}\text{C}$  de  $10^{\circ}\text{C/S}$ ,  $65^{\circ}\text{C}$  de  $17^{\circ}\text{C/S}$ ,  $93^{\circ}\text{C}$  de  $25^{\circ}\text{C/S}$  en iyi sonuçları vermiştir.

• Betonun materyalleri değiştiğinde, max dayanım üretmek için ısıtma işlem çevriminde yapılması gereken değişiklik çok azdır.

• Su/çimento oranı arttıkça düşük dayanımlar elde edilmektedir.

HIGGINSON tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, betonun önemli özelliklerine işlem sıcaklığı, çevrim süresi ve ön beklemenin etkisini saptamaktır. Çalışmada işlem sıcaklığı 38-71°C, işlem süresi 6-48 saat, ön bekleme süreside 1-3 saat arasında değiştirildi. Şu sonuçlar bulundu:

- Erken yaşta 71°C lik işlem sıcaklığı en yüksek dayanımı oluşturmaktadır, fakat ileri yaşlarda 55°C buna eşit yada daha yüksek dayanımlar oluşturmaktadır.

- 3 saatlik bir ön bekleme periyodu 1 saatten fazla dayanım artışı sağlamaktadır fakat bu fark önemsiz miktardadır.

- Betonun dayanımı, işlem süresindeki artışla artmaktadır.

- Genellikle, ısıtma işlemi uygulanan ve havada bekletilen beton, standart kür uygulanan kadar iyi olmamaktadır. Isıtma işleminden sonra uygulanacak nemli kür, betonun kalitesini artırmaktadır.

- Yüksek erken ve geç dayanımların nasıl sağlanabileceği istenirse, 1-3 saat ön bekleme, 24 saat 55°C de ısıtma işlemi ve onu izleyen 7 gün nemli kür önerilebilir.

HANSON, ısıtma işleminin beton basınç ve çekme dayanımları ile elastik özelliklerine etkisini araştırmak amacıyla yaptığı çalışmada, şu sonuçları buldu:

- Ön bekleme süresi 5 saate kadar arttıkça, dayanım eğrilerinde bir artış olmakta, daha sonra ise azalma başlamaktadır.

- 5 saat ön bekleme süresine ek olarak saatte 22°C lik bir sıcaklık artışı optimum sonuçlar vermektedir. Bu değerler, erken dayanımı artırdıkları gibi, geç yaşlardada en az kaybı sağlamaktadırlar.

- Isıtma hızında 3°C den ve ön beklemede 2 saatten az sapma, betonun karakteristiklerinde önemsiz değişiklikler oluşturmaktadır.

- Kalıpladıktan 1 saat sonra ısıtma işlemi uygulaması, betona tamamen zararlıdır. Eğer erken ısıtma işlemi uygulaması gerekiyorsa, ısıtma hızı 11°C/S den az olarak sınırlandırılmalıdır.

- 80°C lik bir sıcaklık, en iyi dayanım değerini vermektedir, fakat bu değer, 65°C ile sağlanandan fazla yüksek değildir.

NURSE, yaptığı çalışmada ön bekleme, işlem sıcaklığı, agrega ve çimento tipinin ısıtma etkisini araştırdı. Çalışma sonunda, olgunluk derecesi (zaman x sıcaklık)- dayanım yüzdesi arasında bir ilişki buldu ve istenen dayanımı elde etmek için kullanılacak min. kür koşullarının bu grafikten elde edilebileceğini söyledi. Bulduğu diğer sonuçlar şöyle sıralanabilir:

- Özellikle ısıtma hızı yüksek değilse, ön bekleme ihmal edilebilir.
- Agrega kısmen yada tamamen kireç taşından oluştuğunda ısıtma işlemi zararlı etki yapar.
- Cüruf köpüğü, ısıtma işlemi uygun olarak kalıcı dayanım artışları sağladı, fakat klinker 28 gün sonunda dayanımda düşme gösterdiler.
- Yüksek alüminli çimentolar, ısıtma işleminden zarar görmektedirler.

SAUL, optimum sonuçlar için kalıplamadan sonra ısıtma hızının  $15^{\circ}\text{C}/\text{S}$  olması gerektiğini ve eğer 3-4 saatlik bir ön bekleme uygulanırsa  $50^{\circ}\text{C}$  lik bir sıcaklık artış oranının zararsız olduğunu öne sürdü. 1-4 saatlik bir ön bekleme ile orta düzeyde bir kür sıcaklığının en iyi sonuçları verdiğini söyledi. Yüksek ilk sıcaklıkların geç yaşlarda dayanımı azalttığını buldu ve buna çimento partiküllerinin yüksek sıcaklıkta su ve hava geçirmez bir tabaka geliştirerek ileri yaşlardaki hidrasyon potansiyelini sınırlandırdığı şeklinde bir açıklama getirdi.

KUENNING ve CARLSON,  $22$  ve  $33^{\circ}\text{C}/\text{S}$  lik ısıtma hızlarını karşılaştırdılar ve uygun ön bekleme uygulandığında  $33^{\circ}\text{C}/\text{S}$  in zararsız olduğunu fakat emniyette kalmak için  $22^{\circ}\text{C}/\text{S}$  'i kullanmak gerektiğini söylediler.

NCMA, en verimli işlem sıcaklığını  $65-74^{\circ}\text{C}$  olarak önerdi.

## 2.1. ÇİMENTONUN ISITMA İŞLEMİ ETKİSİ

Bu araştırmada, ısıtma işlemi etkileyen faktörlerden biri olan çimento üzerinde çalışılmadı. Fakat yapılan incelemeden<sup>(10)</sup> şu bilgiler elde edildi.

Isıl işlem altındaki davranışları etkileyen çimento parametreleri portland çimentoları için bileşim ve incelik, katkı çimentolar için de bunlara ek olarak katkı maddesi türüdür. Bileşime ilişkin parametrelerden en önemlileri  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  ve  $SO_3$  tür.  $C_3S$  oranının artmasıyla, dayanım süratle artar.  $C_2S$  ise yavaş bir gelişme sağlar.  $C_3S/C_2S$  oranının 3 yada daha büyük olması ısıl işlem açısından olumlu sonuçlar verir.  $C_4AF$  miktarı ısıl işlemi pek etkilemez.  $C_3A$  miktarı arttıkça ileri yaşlardaki dayanım düşer. Genellikle, bu miktarın %10 'u geçmemesi önerilmektedir.

Alçı taşı miktarı, ısıl işlenecek çimentolarda daha yüksek tutulmalıdır.

Optimum çimento inceliği için  $3500-4000 \text{ cm}^3/\text{gr}$  lık özgül yüzey önerilmektedir. Bunun yanında yüksek inceliğin ilk dayanımı artırdığı fakat ileri yaşlarda ve yüksek sıcaklıkta dayanım kaybına yol açtığı ileri sürülmektedir.

Katkılı çimentolar, ısıl işleme yatkındırlar. Yüksek ilk dayanım vermeselerde 28 günde  $20^\circ\text{C}$  lik dayanımı geçebilirler. Alüminli çimentolar, ısıl işleme uygun değildirler. Katkı maddeleri de, yavaş çevrimlerde olumlu sonuçlar verebilir.

Isıl işlem, pratikte çimentoya değil betona uygulandığından, asıl üzerinde durulması gereken, betonun ısıl işlem altındaki davranışdır.

### 3. DENEYSSEL ÇALIŞMA

#### 3.1. DENEY PROGRAMI

Bu çalışmanın deneysel kısmı, yumuşak ve sert çevrimler olmak üzere iki kısımda toplanabilir.

##### I. Yumuşak çevrim:

Bu kısımda ısı işlemleri etkileyen faktörlerden çevrim ve bazı beton bileşim parametrelerinin incelenmesi planlandı. Bu faktörler ve değerleri şöyle sıralanabilir:

##### a) Çevrim parametreleri

- 1- Ön bekleme süresi : 0, 2, 4, 6, 8 saat
- 2- Isıtma hızı : 10, 15, 23 °C/s
- 3- İşlem sıcaklığı : 35, 50, 65, 80, 95 °C

##### b) Bileşim parametreleri

- 1- Dozaj ( $\text{kg/m}^3$ ) : 250, 300, 350, 400
- 2- E/C : 0.46, 0.50, 0.55, 0.59

Çalışmanın bu bölümünde;

- . Önceden yapılan yayın taramasının ışığında, bir ön bekleme süresi seçilerek, belirlenen işlem sıcaklıklarının, bu süre sabit tutularak taranması,

- . Elde edilen 1 günlük dayanım sonuçlarından maksimum'u veren işlem sıcaklığının seçilmesi,

- . Seçilen bu işlem sıcaklığı altında çeşitli ön bekleme süreleri denenerek, içlerinden en yüksek dayanımı veren belirlenmesi,

- . Çevrim parametrelerinin denendiği bu deneylerde dozajı 400, E/C si 0.50 olan beton kullanılması,

- . Belirlenen ön bekleme ve işlem sıcaklığı sabit tutularak, dozaj ve su/çimento faktörlerinin sıra ile değiştirilmesi,

- . Isıtma ve soğutma hızlarının eşit ve 15 °C/s alınması planlandı.

Bu kısmın programı, Tablo-2 de verilmiştir.

Çevrim No	Üretim No	Önbeleme süresi (s)	Isıtma ve Soğutma hızı (°C/s)	İşlem sıcaklığı (°C)	İşlem süresi (s)	Son bekleme süresi (s)	Dozaj (kg/m <sup>3</sup> )	E/C	Agrega
1	1	4	15	35	16	2	400	0.50	K.T-D.K
	2	4	"	50	14	2	"	"	"
	3	4	"	65	12	2	"	"	"
	4	4	"	80	10	2	"	"	"
	5	4	"	95	8	2	"	"	"
2	6	0	"	80	8	8	"	"	"
	7	2	"	"	8	6	"	"	"
	8	4	"	"	8	4	"	"	"
	9	6	"	"	8	2	"	"	"
3	10	8	"	"	8	0	"	"	"
	11	6	23	"	11	2	"	"	"
	12	6	23	"	8	5	"	"	"
	13	9	23	"	8	2	"	"	"
4	14	6	10	"	4	2	"	"	"
	15	6	15	"	8	2	"	0.46	"
	16	6	"	"	8	2	"	0.55	"
	17	6	"	"	8	2	"	0.59	"
	18	6	"	"	8	2	250	0.55	"
	19	6	"	"	8	2	300	0.55	"
	20	6	"	"	8	2	350	0.55	"
	21	6	"	"	8	2	350	0.60	D.Ç-D.K

Tablo-2. Yumuşak çevrim deney programı



## II. Hızlı çevrim:

Bu tip çevrimde, süre 8 saat olarak belirlendi. Yalnızca bazı çevrim parametrelerinin incelenmesi planlandı. Bu parametreler;

- 1- Ön bekleme süresi : 0, 1, 2, 4 saat
- 2- Başlangıç sıcaklığı : 20, 50, 80 °C
- 3- Soğutma dönemi sonu sıcaklığı: 20, 50 °C

olarak belirlendi

### Çalışmada;

- . Yayın taramasından ve çalışmanın birinci bölümünden edinilen bilgi ile işlem sıcaklığının 80°C olması,
- . Isıtma hızının sabit ve 30°C/s olması,
- . Önce, son sıcaklıkların 20 ve 50 °C olarak değiştirilerek, bu değişikliğin dayanıma etkisinin gözlenmesi,
- . 20 °C başlangıç sıcaklığında, ön bekleme sürelerinin değiştirilmesi,
- . 50 °C başlangıç sıcaklığında, ön bekleme sürelerinin değiştirilmesi,
- . 80 °C başlangıç sıcaklığında ön bekleme sürelerinin değiştirilmesi,
- . Bu deneylerde, numunelerin soğuma tamamlanmadan çıkarılması, planlandı. Deney programı, Tablo-3 te görülmektedir.

Ayrıca yapılacak tüm deneylerde numunelerin 10 luk küpler şeklinde, her bir üretim için 6 sı standart 28 günlük, 6 sı ısıl işlenmiş 28 günlük, 6 sı da ısıl işlenmiş 1 günlük olmak üzere 18 adet üretilmesine karar verildi.

Ayrıca, ısıl işlemle beton üzerinde elde edilen sonuçların çimentoya uyup uymadığını gözlemek için, çalışmada kullanılan TÇ325 norm harcı ile de bir kaç ısıl işlem deneyi yapılması planlandı.

## 3.2. ISIL İŞLEM ÇEVİRİMLERİ

### a) Yumuşak çevrimler (24 saat)

Çalışmanın ilk kısmında, Tablo-2 de de görüldüğü gibi, seçilen 4 saatlik ön bekleme süresi sabit tutularak 35, 50, 65, 80 ve 95 °C lik bir sıcaklık aralığı tarandı. Bu 1. tip çevrimde, ısıtma ve soğutma hızları 15 °C/s , son bekleme süreside 2 saat ve sabittir. Bu çevrimin değerleri ve şekli Tablo-4 ve Şekil-2 de görülmektedir.

Çevrim No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Isıtma hızı (°C/s)	İşlem süresi (s)	Soğutma hızı (°C/s)	Soğutma dönemi sonu sıcaklığı (°C)	Soğutma+ son bekleme süresi (s)
5	22	0	20	30	4	40	20	2
6	23	0	20	30	5	60	50	1
	24	1	20	30	4	"	"	"
	25	2	20	30	3	"	"	"
7	26	0	50	30	6	"	"	"
	27	1	50	30	5	"	"	"
	28	2	50	30	4	"	"	"
8	29	0	80	-	7	"	"	"
	30	2	60	-	5	"	"	"
	31	4	80	-	3	"	"	"

Hızlı çevrimlerde : İşlem sıcaklığı = 80 °C

Dozaj = 400 kg/m<sup>3</sup>

E/C = 0.50

Agrega = Kırmataş + dişlikum

Tablo-3. Hızlı çevrim deney programı

20 °C lik çevrim ise, standart kür çevrimidir. Amacı ise ısıtılmış beton dayanım değerleriyle karşılaştırma yapmaktır. Bu çevrimde, basınç dayanım deneyi 28 gün sonunda yapılmıştır.

Tablo-4. I No.lu Çevrim parametreleri

Çevrim No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Isıtma ve soğutma hızı (°C/s)	İşlem sıcaklığı (°C)	İşlem süresi (s)	Son bekleme süresi (s)
1	1	4	15	35	16	2
	2	4	15	50	14	2
	3	4	15	65	12	2
	4	4	15	80	10	2
	5	4	15	95	8	2

Bu ilk çevrim sonunda, max. dayanım değerini 80 °C lik ısıtılmış işlem sıcaklığı vermiştir. Bu nedenle, 80 °C de 0, 2, 4, 6 ve 8 saatlik ön bekleme süreleri denenmiştir. Bu çevrimde, ısıtma ve soğutma hızı 15 °C/s tir. İşlem süresi sabit ve 8 saat alınmıştır. Aşağıdaki Tablo-5 ve Şekil-3 den de bu çevrim görülebilir.

Tablo-5. II No.lu Çevrim parametreleri

Çevrim No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Isıtma ve soğutma hızı (°C/s)	İşlem sıcaklığı (°C)	İşlem süresi (s)	Son bekleme süresi (s)
2	6	0	15	80	8	8
	7	2	15	80	8	6
	8	4	15	80	8	4
	9	6	15	80	8	2
	10	8	15	80	8	0

Bu çevrim sonunda da, 6 saatlik ön beklemenin en yüksek dayanımı verdiği gözlenmiştir Bundan sonraki deneylerde 6 saat ön bekleme + 80 °C işlem sıcaklığı sabit tutulmuştur.

Uygulanan 3. tip çevrim ise, ısıtma hızını incelemek amacıyla yapılmıştır. Burada, 23 ve 10 °C/s lik ısıtma hızına sahip çevrimler denenmiştir. 15 °C/s lik ısıtma hızına sahip bir üretim daha önce yapıldığından (çevrim No.2, üretim No.9) burada bir kez daha tekrarlanmamıştır. 23 °C/s lik ısıtma hızı denenirken, ek olarak

yüksek ısıtma hızında ön bekleme süresinin ve işlem süresinin etkisini görebilmek için birer deney yapılmıştır. Bu çevrimin ayrıntılı bilgileri Tablo-6 ve Şekil-4 de görülebilir.

Tablo-6. 3 No.lu Çevrim parametreleri

Çevrim No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Isıtma ve soğutma hızı ( $^{\circ}\text{C/s}$ )	İşlem sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	İşlem süresi (s)	Son bekleme süresi (s)
3	11	6	23	80	11	2
	12	6	23	80	8	5
	13	9	23	80	8	2
	14	6	10	80	4	2

4. tip çevrimin tümü 6 saat ön bekleme,  $15^{\circ}\text{C/s}$  ısıtma ve soğutma hızı,  $80^{\circ}\text{C}$  işlem sıcaklığı ve 8 saat işlem süresine sahiptir. Çünkü, bu çevrimlerde, beton parametreleri denenmiş, çevrim parametreleri sabit tutulmuştur. Bu çevrimin şekli, Şekil-5 ten görülebilir.

Çimento harcına uygulanan ısıl işlem ise 4 saat ön bekleme,  $15^{\circ}\text{C/S}$  ısıtma ve soğutma hızı,  $80^{\circ}\text{C}$  işlem sıcaklığı ve 2 saat son bekleme sahiptir. Bu çevrim, çeşitli aralıklarla 4 kez tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 45-48 de görülebilir.

#### b) Hızlı çevrimler (8 saat)

Bu çevrimlerde, yalnızca bazı çevrim parametreleri değiştirildi. Beton parametreleri sabit tutuldu (Dozaj=400, E/C=0.50, Agregat=Kırmataş-dişlikum). Tüm deneylerde işlem sıcaklığı sabit ve  $80^{\circ}\text{C}$  idi. Çevrim süresi kısa olduğu için, hem ısıtma hemde soğutma hızları oldukça yüksekti. Başlangıç sıcaklıkları, 20, 50 ve  $80^{\circ}\text{C}$  olarak değiştirildi. Bir üretim hariç, diğerlerinde soğuma tamamlanmadan kalıplar çıkarıldı.

5 Numaralı çevrimde, 0 saat ön bekleme süresi,  $30^{\circ}\text{C/s}$  ısıtma hızı,  $20^{\circ}\text{C}$  başlangıç sıcaklığı kullanıldı. Soğutma, yarım saatte  $20^{\circ}\text{C}$  olarak gerçekleştirildi ve numuneler, soğuma tamamlandıktan sonra tanktan çıkarıldı. Soğuma + son bekleme süresi toplam 2 saat-ti. Şekil-6 ve Tablo-7 den çevrim şekli görülebilir.

Tablo-7. 5 No.lu Çevrim parametreleri

Çevrim No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Isıtma hızı (°C/s)	İşlem süresi (s)	Soğutma hızı (°C/s)	Soğutma dönemi sonu sıcaklığı (°C)
5	22	0	20	30	4	40	20

6 numaralı çevrimde, başlangıç sıcaklığı 20 °C, ısıtma hızı 30 °C/saatti. Bu çevrimde ön bekleme süreleri 0, 1, 2 saat olarak değiştirildi. Kalıplar, soğuma tamamlanmadan, tank sıcaklığı 50°C de iken çıkarıldı. Soğuma hızı, yarım saatte 30 °C olarak gerçekleştirildi. Soğuma + son bekleme süresi 1 saatti ve sonraki tüm deneylerde bu işlem aynı şekilde gerçekleştirildi. Çevrimin şekli Şekil-7 de, parametrelerin değerleri Tablo-8 de görülebilir.

Tablo-8. 6 No.lu Çevrim parametreleri

Çevrim No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Isıtma hızı (°C/s)	İşlem süresi	Soğutma hızı (°C/s)	Soğutma dönemi sonu sıcaklığı (°C)
6	23	0	20	30	5	60	50
	24	1	20	30	4	60	50
	25	2	20	30	3	60	50

7. numaralı çevrimde, Şekil-8 den de görülebileceği gibi başlangıç sıcaklığı 50 °C olarak seçildi. Isıtma hızı, 30 °C/saatti ve 0, 1, 2 saatlik ön bekleme süreleri denendi. Parametrelerin değerleri Tablo-9 da verilmiştir.

Tablo-9. 7 No.lu Çevrim parametreleri

Çevrim No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Isıtma hızı (°C/s)	İşlem süresi (s)	Soğutma hızı (°C/s)	Soğutma dönemi sonu sıcaklığı (°C)
7	26	0	50	30	6	60	50
	27	1	50	30	5	60	50
	28	2	50	30	4	60	50

8. çevrimde ise, başlangıç sıcaklığı sabit ve 80 °C idi. Ön bekleme süreleri, 0, 2, 4 saat olarak değiştirildi. Çevrimin şekli Şekil-9 da, parametrelerin değerleri Tablo-10 da görülebilir.

Tablo-10. 8 No.lu Çevrim parametreleri

Çevrim No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Isıtma hızı (°C/s)	İşlem süresi (s)	Soğutma hızı (°C/s)	Soğutma dönemi sonu sıcaklığı (°C)
8	29	0	80	-	7	60	50
	30	2	80	-	5	60	50
	31	4	80	-	3	60	50

### 3.3. İNCELENEN BETON PARAMETRELERİ

Bu çalışmada, çevrim parametreleri yanında, beton parametrelerinden su/çimento oranı ve dozaj'ında incelenmesi planlandı.

Çimento olarak, Trabzon'da bulunan çimento fabrikasının ürettiği TÇ325 kullanıldı. Agregaya ise KASTAŞ agregaya ocağından sağlanan kırmataş ve dişlikumdu.

Su/çimento oranı faktörü 0.46, 0.50, 0.55, 0.59 değerleri kullanılarak denendi. Bu deneylerde dozaj 400, ön bekleme süresi ve işlem sıcaklığı ilk aşamalarda belirlendiği şekilde 6 saat ve 80 °C, ısıtma hızı 15 °C/s olarak sabit tutuldu.

Çimento dozajı olarakta 250, 300, 350, 400 dozlar kullanıldı. Bu üretimlerin çevrim parametreleri, su/çimento oranı için verilenler gibidir. 22 No.lu deneyde ise, kırmataş-dişlikum yerine deniz çakılı-deniz kumu kullanılarak, bu agregaya değişiminin ısıll işlemi ne yönde etkileyeceği araştırılmıştır.

### 3.4. DENEY KOŞULLARI

#### 3.4.1. Kullanılan Aletler

Bu araştırmada, beton üretimleri, 60 lt. kapasiteli, eğik eksenli, 25 dev/dak. karıştırma hızına sahip NACE marka betoniyeerde gerçekleştirildi.

Taze betonun işlenebilirlik deneylerinin (çökme ve ve-be deneyler) ölçümünde, SOILTEST marka deney aletleri kullanıldı.

Kalıplardaki taze betonun sıkılanması, LOSENHAUSEN-WERK marka 2800 devir/dak. titreşim kapasiteli masa vibratörde gerçekleştirildi.

Numunelerin havada ve suda tartımları, SARTORIUS marka 3000 gr. kapasiteli ve 1 gr. hassasiyetli terazide yapıldı.

Deneylerde, 10 cm lik küp kalıplar kullanıldı.

Basınç dayanım deneylerinde kullanılan aletler ise şöyle sıralanabilir:

1- LOSENHAUSEN-WERK marka UHP60 tipi 60 ton kapasite ve 5 ayrı skalaya sahip üniversal deney aleti. Yük ölçme sistemi, pandüllü dinamometre.

2- LOSENHAUSEN-WERK marka WP-300 tipi, 300 ton kapasiteli, 500 kg. okuma hassasiyetine sahip hidralik pres.

3- SCHENK TREBEL marka, 20 ton kapasiteli iki ayrı skalaya sahip basınç dayanım aleti.

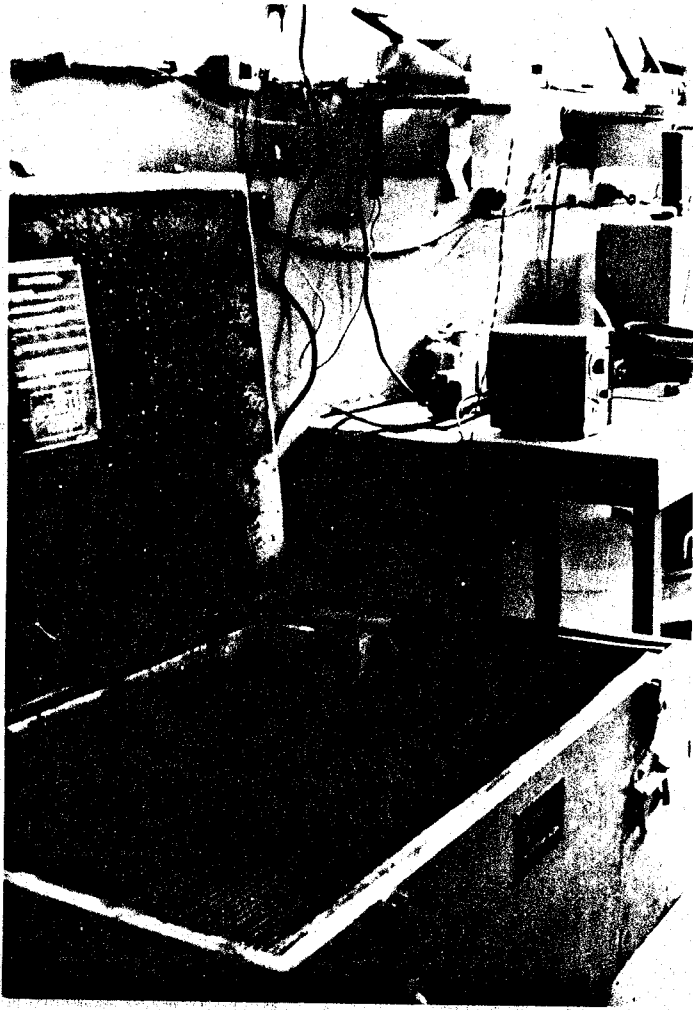
24 saatlik ısı işlem çevrimleri KLIMAKISTE marka kür tankında gerçekleştirildi. Bunun yanında, sıcaklığı istenen dereceye ayarlanan VALLEY FORGE INSTRUMENT-PC600S-10S sıcaklık programlayıcı ve 10 kanallı OMEGA marka sıcaklık kaydedicisinden de yararlandırıldı. (Fotoğraf-1). Yüksek ısıtma hızı sağlamak için, bant hızlandırıcılar kullanıldı. Ön bekleme süresi ise SOILTEST-GRALAB 170 zaman kontrolörü ile ayarlandı.

8 saatlik çevrimler ise daha yüksek ısıtma hızı sağlanabilen SOILTEST marka, CT-399 tipi hızlandırıcı kür tankında gerçekleştirildi (Fotoğraf-2).

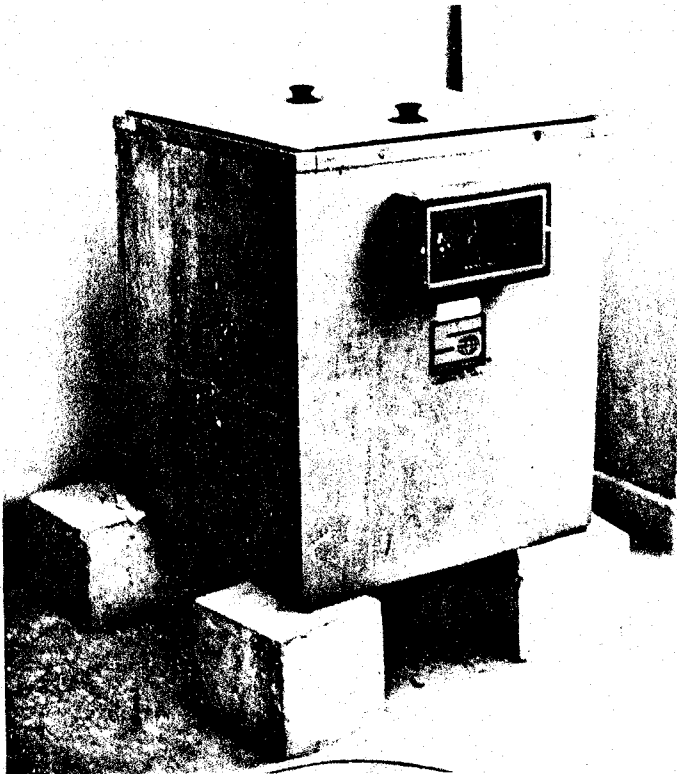
### 3.4.2. Kullanılan Malzemeler

#### Çimento:

Deneylerde, Trabzon çimento fabrikasının ürünü olan traslı çimento (TC325) kullanılmıştır. Bu çimentonun fabrika tarafından belirlenmiş kimyasal özellikleri ve laboratuvarında gerçekleştirilen fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo-13 de verilmiştir.



Fotoğraf-1



Fotoğraf-2



### Agrega:

Üretimlerde, KASTAŞ agrega ocağından sağlanan kırmataş ve dişlikum kullanılmıştır. Kullanılan numune boyutu küçük olduğu için (10 luk küp) agregalar 19 mm lik elekten elenerek, alta geçen kısım kullanılmıştır. Bu agregaların TS 706(47) uyarınca belirlenen granülometri eğrileri ve karışım agregalarının granülometri eğrileri sırasıyla Şekil-10 ve Şekil-10 a da, TS3526(48) uyarınca belirlenen fiziksel özellikleri de Tablo-12 de verilmiştir. 22 No.lu üretimde kullanılan deniz çakılı ve kumuna ait özellikler de aynı tablolarda yer almaktadır.

Çalışmanın başında planlandığı şekilde, üretilen betonların dozajları 400, su/çimento oranları 0.50 alınmıştır. (Bileşim parametrelerinin incelendiği çevrimler dışında). Numune boyutunun küçüklüğünden kaynaklanabilecek fazla dağılım gözönüne alınarakta, 6 şar numune üretilmesi benimsenmiştir.

Üretilen betonların karışım hesabı, TS802/Ocak 76 ya göre doğal su % leri dikkate alınarak doyma suları agrega miktarlarından düşülecek şekilde, Ek 2 de verilen bilgisayar programı ile hesaplanmıştır.

### 3.5. BETON ÜRETİMİ VE NUMUNELERİN HAZIRLANMASI

Üretime başlamadan önce, betoniye ıslatılarak süzdürülmüştür. Belirlenen agrega miktarı, tartıldıktan sonra betoniye doldurulmuş, biraz karıştıktan sonra doyma suyu ilave edilerek, malzeme D.Y.K. hale getirilmiştir. Daha sonra, tartılan çimento bu karışıma ilave edilmiş, iyice karıştıktan sonra karma suyu ilave edilmiştir. Yaklaşık 5 dakika kadar karıştırıldıktan sonra, beton nemli bir kaba alınmıştır. Herbir üretimde, 30 lt. beton üretilmiştir.

Taze betonun işlenebilme özelliğini ölçme yöntemlerinden, çökme konisi ve ve-be deneyleri yapılmıştır. Daha sonra beton, önceden vibrasyon masası üzerine yerleştirilen ve üzerlerine farklı titreşimler yapmalarını önleyici bir ızgara takılan kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıplara yerleştirilen betonun sıkılması yapılmış, bu arada vibrasyon süreside ölçülmüştür. Yerleştirilmiş betonların yüzeyleri mala ile düzeltilmiştir.

### 3.6. ISIL İŞLEM UYGULAMASI

Üretilen numuneler, 20 °C deki klimatize odaya götürülmüş, ısıl işlenecek 4 kalıp yani 4x3=12 numune, içinde 20 °C de su bulunan kür tankı içine yerleştirilmiştir. Standart kür uygulanacak 2 kalıp (6 numune) ise oda içinde bırakılmıştır. 15 °C/s lık ısıtma hızını sağlayabilmek için, ödeneylerle tanka koyulacak su miktarı ayarlanmıştır.

İstenen süre sonunda, ısıtıcıyı devreye sokan laboratuvar saati ile, önbekleme süresi ayarlanmış, işlem sıcaklığı ise bir sıcaklık programlayıcı ile korunmuştur. Belirlenen işlem süresi sonunda ısıtıcı devreden çıkarılmış ve tanka su ekleyip boşaltılarak, ısıtma hızına yakın bir şekilde (saatte 15 °C) sıcaklıklar dijital termometreden gözlenerek soğutma yapılmıştır. Tabii, bu tip bir soğutmada sıcaklık lineer değil, kademeli bir şekilde azalmaktadır. Soğuma süresi sonunda, kalıplar tanktan çıkarılarak standart kür uygulananlarla birlikte sökülmüş, numaralandıktan sonra havada ve suda tartılmıştır. Daha sonra, ısıl işlenmiş 6 ve ısıl işlenmemiş 6 numune, 27 gün daha beklemek üzere (28 günlük dayanım değerlerini almak için) klimatize odada, içinde 20 °C de su bulunan tanka yerleştirilmiştir. Isıl işlenmiş olan diğer 6 numuneye ise son bekleme süresi sonunda, 1 günlük dayanım değerleri alınmak üzere basınç dayanım deneyi uygulanmıştır.

24 saatlik bu çevrimlerin ısıtma hızı faktörünün denendiği bölümlerinde, tankın ısıtma hızının değiştirilmesi gerekmiştir. Hızı 10 °C/s 'e indirmek için tanktaki su seviyesi bu hızı sağlayacak şekilde artırılmış, 23 °C/s 'e yükseltmek içinde, ek ısıtma sağlayan bant ısıtıcılar kullanılmıştır.

8 saatlik çevrimlerde, ısıtma hızının yüksek olması gerektiğinden (30 °C/s civarında) ve KLIMAKISTE markalı tankta mevcut koşullarda bu hızı sağlamak oldukça güç olduğundan 30 °C/s lık ısıtma hızı sağlayabilen SOILTEST marka kür tankı kullanılmıştır.

Önceden belirtildiği gibi, başlangıç sıcaklığı, bu tip çevrimlerde her zaman 20 °C değildir. İstenen bu başlangıç sıcaklığını sağlamak için, tank önceden çalıştırılarak istenen dereceye getirilmiştir. Soğutma ise, işlem süresini uzun tutabilmek amacıyla oldukça hızlıdır. Yalnızca bir deneyde, yarım saatte bir 20 °C soğutulularak 20°C ye indirilmiştir.

Diğer deneylerin tümünde ise işlem süresi sonunda sıcaklık  $80^{\circ}\text{C}$  den  $50^{\circ}\text{C}$  ye hemen indirilmiş, kalıplar yarım saat bu sıcaklıkta durduktan sonra çıkarılarak, yine yarım saat içinde sökülüp tartılarak gerekenler  $20^{\circ}\text{C}$  deki kür tankına yerleştirilmiş, gerekenlerede basınç dayanım deneyi uygulanmıştır. Bu çevrimin son 3 deneyinde, başlangıç sıcaklığı  $80^{\circ}\text{C}$  olduğundan, numuneler doğrudan doğruya önceden  $80^{\circ}\text{C}$  ye getirilen tanka yerleştirilmiştir. Yani bu deneylerde, ısıtma hızı  $0^{\circ}\text{C}$  dir.

### 3.7. NUMUNELERİN DENENMESİ

28 güne kadar  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  deki suda saklanan numuneler, bu sürenin sonunda havada tartıldıktan sonra, deney aletlerinin bulunduğu salona alındılar. Yükleme hızı, standardın önerdiği şekilde,  $2,5 \text{ kgf/cm}^2/\text{sn}$  olacak şekilde kırıldılar. Kullanılan numuneler 10 luk küp olduğu için, 1 tonluk yük 4 sn. de yüklendi. 1 günlük ve 8 saatlik deneylerde ise, dayanım değerleri daha düşük olacağından, hassas okuma yapabilmek için aletin skalası düşürüldü. Bu deneyler sırasında, kullanılan 60 tonluk aletin bozulması nedeniyle bir süre, 28 günlük deneyler 300 tonluk alette, 1 günlükler ise 20 tonluk başka bir alette gerçekleştirildiler.

### 3.8. DENEY SONUÇLARI

Bu çalışmada üretilen betonlara ait ayrıntılı bilgiler, Tablo-14-44 de verilmiştir. Bu tablolarda, o üretime ilişkin beton bileşimi ve çevrim parametreleri ile, betonun işlenebilirlik değerleri (ve-be ve çökme), 1 günlük (hızlı çevrimlerde 8 saatlik) ve 28 günlük hızlandırılmış ve 28 günlük standart basınç dayanımı değerleri; bunun yanında, her numunenin havada ve suda söküm ağırlığı, 28 gün sonundaki deney ağırlığı ve bu değerlerin ortalamaları verilmiştir.

1 günlük (hızlı çevrimlerde 8 saatlik) hızlandırılmış, 28 günlük hızlandırılmış ve 28 günlük standart numunelerin dayanım değerlerinin kendi içlerinde ağırlıklı standart sapmaları hesaplanmış; hesaplanan bu standart sapmalar kullanılarak, dayanım değerlerinden gerekenler ayıklanmıştır. Bu işlemler, hızlı ve yumuşak çevrim tip-

leri için ayrı ayrı yapılmış, yalnızca, 28 günlük standart dayanım değerlerine ait ağırlıklı standart sapma hesaplanırken, tüm değerler gözönüne alınmıştır. (Ağırlıklı standart sapmanın hesaplanması ve uç değerlerin ayıklanması hakkında ayrıntılı bilgi Ek-I de verilmiştir.). Tablolarda, eğer varsa ayıklanan dayanım değerleri belirtilmiş (\* işareti ile) ve düzeltilmiş ortalamalar da gösterilmiştir.

Tablo.14-34 yumuşak çevrimlere, Tablo.35-44 hızlı çevrimlere aittir.

Her üretim için, 1 günlük (yada 8 saatlik) ve 28 günlük deney sonuçlarına ait ortalamalar ve bu değerlerin 28 günlük standart değerlere oranları, Tablo.11 de görülebilir. Bu tablodan, erken ve geç yaşta ısıl işlemin sağladığı dayanım oranları izlenebilir.

Tablo.45-48 arasında ise, çalışmada kullanılan Trabzon TÇ325 çimentosu ile yapılan ısıl işlem deneylerine ait sonuçlar verilmiştir.

Şekil-11-17 de yumuşak çevrimlere, Şekil-18-24 te de hızlı çevrimlere ait ilişkiler görülebilir. Bu şekillerin (a) kısımlarında 1 günlük (hızlı çevrimlerde 8 saatlik) dayanım değerleri, (a1) kısımlarında RH1/R28 (yada RH8 s./R28) oranları, (b) kısımlarında 28 günlük hızlandırılmış dayanım değerleri, (b1) kısımlarında da RH28/R28 oranları ile olan ilişkiler verilmiştir. Her şeklin üst kısmında, o şekle ait çevrimin şekli görülebilir.

Çevrim No - Üretim No	Önbeleme süresi (s)	Isıtma ve soğutma hızı (°C/s)	İşlem sıcaklığı (°C)	İşlem süresi (s)	Dozaj (kg/m <sup>3</sup> )	E/C	Agrega	Basınç dayanımları ve Dayanım oranları			
								RH1	RH1/R28	RH28	RH28/R28
1 - 1	4	15	35	16	400	0.50	K.T-D.K	76	0.32	266	1.11
1 - 2	4	15	50	14	400	0.50	"	93	0.38	259	1.06
1 - 3	4	15	65	12	400	0.50	"	116	0.48	259	1.08
1 - 4	4	15	80	10	400	0.50	"	134	0.53	263	1.05
1 - 5	4	15	95	8	400	0.50	"	124	0.56	222	0.99
2 - 6	0	15	80	8	400	0.50	"	111	0.47	248	1.05
2 - 7	2	15	80	8	400	0.50	"	111	0.48	229	1.00
2 - 8	4	15	80	8	400	0.50	"	120	0.44	261	0.97
2 - 9	6	15	80	8	400	0.50	"	129	0.50	261	1.02
2 -10	8	15	80	8	400	0.50	"	118	0.49	256	1.05
3 -11	6	23	80	11	400	0.50	"	151	0.51	288	0.97
3 -12	6	23	80	8	400	0.50	"	132	0.46	279	0.98
3 -13	9	23	80	8	400	0.50	"	114	0.46	275	1.10
3 -14	6	10	80	4	400	0.50	"	112	0.41	279	1.02
4 -15	6	15	80	8	400	0.46	"	138	0.47	312	1.05
4 -16	6	15	80	8	400	0.55	"	97	0.41	239	1.01
4 -17	6	15	80	8	400	0.59	"	83	0.44	197	1.04
4 -18	6	15	80	8	250	0.55	"	95	0.44	213	0.99
4 -19	6	15	80	8	300	0.55	"	100	0.47	211	1.00
4 -20	6	15	80	8	350	0.55	"	96	0.45	218	1.03
4 -21	6	15	80	8	350	0.60	D.Ç-D.K	106	0.46	213	0.93

Tablo-11. Yumuşak çevrimlere ait basınç dayanımları ve RH /R28 oranları

Çevrim No Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Isıtma hızı (°C/s)	İşlem süresi (s)	Soğutma hızı (°C/s)	Soğutma dönemi sonu sıcaklığı (°C)	Basınç dayanımları ve Dayanım oranları			
							RH 8 s	RH 8 s/R28	RH 28	RH28/R28
5 - 22	0	20	30	4	40	20	73	0.31	248	1.06
6 - 23	0	20	30	5	60	50	71	0.30	204	0.88
6 - 24	1	20	30	4	"	"	66	0.31	222	1.01
6 - 25	2	20	30	3	"	"	61	0.26	244	1.06
7 - 26	0	50	30	6	"	"	87	0.35	218	0.89
7 - 27	1	50	30	5	"	"	80	0.34	237	1.01
7 - 28	2	50	30	4	"	"	75	0.29	255	1.03
8 - 29	0	80	-	7	"	"	77	0.30	197	0.76
8 - 30	2	80	-	5	"	"	67	0.31	215	1.02
8 - 31	4	80	-	3	"	"	53	0.22	235	0.96

Bu deneylerin tümünde : İşlem sıcaklığı = 80 °C  
Dozaj = 400 kg/m<sup>3</sup>  
E/C = 0.50  
Agrega = Kırmataş + dişlikum

Tablo-11 a: Hızlı çevrimlere (8 s) ait basınç dayanımları ve RH/R28 oranları

#### 4. İRDELEME VE YORUM

Deney koşulları nedeniyle standart betonlar arasında olabilecek farklılıklar, yorumlamada yanılgılara neden olabileceği için, yorumlar  $R_{hızlandırılmış}/R_{standart}$  oranları kullanılarak yapılacaktır. Dayanım değerlerinden ise, üretilecek elemanın taşınabilmesi için gereken mukavemetin, o çevrimle sağlanıp sağlanamayacağını belirlemede yararlanılabilir.

##### - Yumuşak çevrimler

Şekil-11 de, işlem sıcaklığı faktörü yer almaktadır. Bu çevrimlerde, önbekleme süresi 4 saat, son bekleme süresi 2 saat, ısıtma hızı  $15^{\circ}\text{C/s}$  dir. İncelenen sıcaklıklar ise, 35, 50, 65, 80 ve  $95^{\circ}\text{C}$  dir.

Şekil-11 a 'da 1 günlük basınç dayanımı değerlerinin işlem sıcaklığı ile birlikte arttığı,  $80^{\circ}\text{C}$  de bir max.'dan geçerek  $95^{\circ}\text{C}$  de bir miktar düştüğü görülmektedir.

Şekil-11 a1 'de,  $R_{H1}/R_{28}$  oranları da işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte, artmıştır. Düşük işlem sıcaklıklarında bu artışın belirgin olduğu, yüksek sıcaklıklarda ise, dayanım oranları arasındaki farkın nispeten daha az olduğu görülmektedir. Elde edilen en düşük dayanım oranı  $0.32$  ( $35^{\circ}\text{C}$  için), en yüksek dayanım oranı ise  $0.56$  ( $95^{\circ}\text{C}$  için) dir. Burada, işlem sıcaklığının artması ile olgunluk dereceside artmış, bu da dayanım oranının artmasına yol açmıştır. Çalışmanın giriş kısmında da belirtildiği gibi, birçok araştırmacı, kür sıcaklığı ile zamanın çarpımı yani olgunluk derecesi arttıkça dayanımın arttığını gözlemişler ve dayanım gelişmesinde sıcaklık etkisini olgunluk derecesi kavramı ile yansıtmışlardır.

Şekil-11 b 'de en yüksek dayanım değerini  $35^{\circ}\text{C}$  lik işlem sıcaklığının verdiği, 50, 65 ve  $80^{\circ}\text{C}$  nin birbirine oldukça yakın dayanımlar oluşturduğu,  $95^{\circ}\text{C}$  nin ise hepsinden daha düşük dayanım sağladığı gözlenmektedir.

Şekil-11 b1 de  $R_{H28}/R_{28}$  oranlarına bakıldığında ise, noktaların dağılımının Şekil-11 b dekilere benzediği görülmektedir.  $95^{\circ}\text{C}$  dışında hiç bir işlem sıcaklığı, 28 gün sonunda dayanım kaybı oluştur-

mamıştır. Aksine, dayanımlarda 0.11 'e varan bir artış olmuştur. 95 °C de de, dayanımdaki kayıp 0.01 gibi düşük bir orandır. Genelde, araştırmacılar ısı işlemin erken dayanımı artırmasına rağmen, ileri yaşlardaki dayanımı, özellikle yüksek işlem sıcaklıkları kullanıldığında, kayıba uğrattığını gözlemişlerdir. Fakat, katkılı çimentoların 28 gün ve daha ileri yaşlarda, ısı işlemin olumlu etkilediği ve 20 °C deki değeri de geçebildiği, bu açıdan, ısı işleme daha yatkın oldukları da araştırmacılarca benimsenen bir görüştür. Bu çalışmada da, kullanılan traslı çimento ile 28 gün sonunda dayanım kaybı olmadığı gözlenmesi, bu görüşü doğrulamaktadır.

Şekil-11 deki grafiklere bakıldığında, bilimsel açıdan, optimum işlem sıcaklığının 80 °C olduğu söylenebilir. RH1/R28 oranı, 95 °C ninkinden düşük (0.03 mertebesinde) olmasına rağmen, son mukavemet oranı, daha yüksektir ve dayanım kaybı yoktur. Optimum sıcaklık olarak, son dayanımda gözlenen 0.01 lik kayıp ihmal edilerek 95 °C olarak alınabilir, fakat bunun 80 °C ye oranla tek yararı, ilk mukavemette sağladığı yaklaşık 7 kgf/cm<sup>2</sup> daha fazla mukavemettir. Bu düzeyde bir farkın da uygulayıcının ürettiği elemanın taşınması açısından önemli bir tercih nedeni olamayacağı söylenebilir. Kaldıkı, pratikte işlem sıcaklığının yükselmesi, uygulayıcı açısından ekonomik olmamaktadır. Zira, yüksek işlem sıcaklıkları daha fazla maliyet gerektirmektedir. Bu açıdan düşünüldüğünde, uygulamada, 80 °C den düşük olan diğer sıcaklıkların da, ilk mukavemet oranları elemanın taşınması için yeterli bulunursa, kullanılacakları söylenebilir. Çünkü, son dayanımlarında kayıp sözkonusu değildir. Örneğin, bu çalışmada standart mukavemeti 244 kgf/cm<sup>2</sup> olan beton, 50 °C ısı işlem altında ilk günde 93 kgf/cm<sup>2</sup> lik bir dayanım sağlamış, yani 0.38 lik bir dayanım oranı vermiştir. Eğer uygulayıcının ürettiği elemanın taşınabilmesi için 93 kgf/cm<sup>2</sup> lik dayanım yeterli ise ve son dayanımda da bir kayıp sözkonusu olmadığı gözönünde bulundurulursa, işlem sıcaklığı olarak 50 °C kullanılabilir. Maliyet açısından da 30 °C daha az sıcaklık sağlamak gerekeceğinden, 80 °C ye oranla daha ekonomik olur.

Buradan gözlenen sonuç, traslı çimento için kullanılacak optimum işlem sıcaklığının 80 °C olduğudur. Sağladıkları ilk mukavemetler yeterli bulunduğu takdirde 50 ve 65 °C lerin de kullanılacakları ve daha düşük maliyet gerektirecekleri gözönünde bulundurulmalıdır.



Şekil-12 de, 80 °C işlem sıcaklığı, 15 °C/s ısıtma hızına sahip olan 0, 2, 4, 6 ve 8 saat önbekleme süresine ait ilişkiler yeralmaktadır. Uygulanan ısı işlem çevrimlerinin olgunluk dereceleri eşit tutulmuştur.

Şekil-12 a 'da, 0 ve 2 saatlik önbekleme sürelerinin 1 günlük dayanımlarının aynı düzeyde olduğu, 4 ve 6 saatte gittikçe arttığı, 8 saatte ise düşme gösterdiği görülmektedir.

Şekil-12 a1 'de, RH1/R28 oranlarının birbirlerinden pek farklı olmadıkları, max. değeri ise 6 saatlik önbeklemenin verdiği görülmektedir. Önbekleme sürelerinin, 1 günlük mukavemet oranlarına belirgin bir etki yapmaması, çevrimin yumuşak bir çevrim olmasından kaynaklanmaktadır. Önbekleme süresinin az olduğu hızlı çevrimlerde, betonun kohezyonu, ısı etkisiyle su ve havanın genleşmesini önlemeye yetersizdir.

Genleşme katsayıları katılara göre çok daha fazla olan su ve hava, ısıtma döneminde betonda büyük bir hacim artışı yaratırlar. Oluşturdukları bu hacim artışı sonunda da, beton ileri yaşlarda düşük kaliteli bir malzeme olur.

Kullanılacak önbekleme süresi, ısıtma hızıyla da oldukça bağlantılıdır. Kısa önbekleme süreleri, düşük ısıtma hızlarıyla dengelenebilir. Burada da, ısıtma hızının 15 °C/s gibi yüksek olmayan bir değerde alınması, kısa önbekleme sürelerinin oluşturabileceği olumsuz etkileri dengelemiş ve betonun kalitesinin düşmesi engellenmiştir.

Şekil-12 b1 'de de bu durum görülmektedir. 4 saat önbekleme dışında, 28 gün sonunda dayanım kaybı gözlenmemiştir. 4 saatlik önbeklemenin de, 0.01 gibi düşük bir kayıp yarattığı görülmektedir. 28 gün sonunda dayanım kaybı olmamasının önemli bir nedeni de, deneylerde ısı işlemine yatkın olan traslı çimento kullanılmasının olumlu etkileridir.

1 günde en yüksek (%50) dayanım oranını sağlaması ve 28 gün sonunda da dayanımda kayıp göstermemesi nedeniyle, 6 saat önbekleme süresi optimum olarak alınabilir. Diğer önbekleme sürelerinin de ilk mukavemet oranlarının yaklaşık %47 gibi bir değerde olması ve son dayanımlarında da düşme görülmemesi nedeniyle, kullanılmalarında sakınca yoktur. Tabii, 1 gün sonunda sağladıkları mukavemetin yeterli olması koşuluyla.

Bu araştırmada kullanılan Trabzon TÇ325 çimentosu ile de, yalnızca çimento harcına ısıtma işlemi uygulanarak 28 gün sonunda beton sonuçlarıyla paralellik sağlanıp sağlanmadığını (dayanım kaybı olup olmadığını) gözlemek için deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde, önbekleme süresi 4 saat, ısıtma hızı 15 °C/s, son bekleme süresi 2 saat alınmıştır. Aynı çevrim tipi kullanılarak, çeşitli zaman aralıklarında, 4 deney yapılmıştır. Yalnızca deneylerin birinde, 28 gün sonunda, ısıtma işlemiyle dayanımın 20 °C'deki dayanıma oranı alındığında, %3 lük bir kayıp görülmüştür. Diğer 3 deneyde ise %17'ye varan dayanım kazancı oluşmuştur. Burada, Trabzon TÇ325 çimentosunun standart dayanımınının 325'ten oldukça düşük olduğu da gözlenmiştir.

Isıtma işlemi uygulanmış numunelerin 1 günlük dayanımları, standart dayanımların yaklaşık %68'ini vermiştir.

Yapılan çimento ve beton deneylerinin aynı doğrultuda sonuç vermesi yani, 28 günde ısıtma işleminin dayanım kaybı oluşturmaması, katkılı çimentoların (burada traslı çimento) ısıtma işlemine yatkın olduğu görüşünü doğrulamaktadır.

Şekil-13'te, ısıtma hızı-basınç dayanımı ilişkileri görülmektedir. Bu çevrimlerde, önceki deneylerle belirlendiği şekilde, önbekleme süresi 6 saat, işlem sıcaklığı 80 °C, son bekleme süresi 2 saat alınmıştır. Denenen ısıtma hızları ise 10, 15 ve 23 °C/s'tir.

Şekil-13 a'da, ısıtma hızı arttıkça, dayanımlarında arttığı görülmektedir. Çünkü, ısıtma hızının artması, olgunluk derecelerinin de artması demektir. Daha önceden de belirtildiği gibi, bu da dayanımın artmasını sağlamıştır.

Şekil-13 a1'de, RH1/R28 oranlarınının ısıtma hızı 10 °C/s'ten 15 °C/s'e çıktığında, 0.41'den 0.50'ye çıktığı, 23 °C/s'te ise yüksek ısıtma hızının olumsuz etkisi nedeniyle, fazla artış göstermeyerek 0.51 olduğu görülmektedir.

Şekil-13 b'de, 28 günlük dayanımlara bakıldığında, 15 °C/s'e ait dayanımın beklenmeyen bir şekilde, deney koşullarından kaynaklanabilecek bir düşme gösterdiği görülmektedir.

Şekil-13 b1'de, RH28/R28 oranlarınının 10 ve 15 °C'de aynı olduğu, yani dayanımda %2'lik bir artış sağlandığı, 23 °C'de ise %3 lük bir dayanım kaybı olduğu gözlenmektedir.

ACI Comitte 517 'nin raporunda<sup>(2)</sup>, karışım sıcaklığının yüksek olması durumundaki gibi, ısıtma hızının yüksek olması durumunda da, birtakım fiziksel ve kimyasal olaylar sonucu, betonun son dayanımında kayıp görülebileceği söylenmektedir. Yani ısıtma hızının artmasıyla, su ile C<sub>3</sub>A arasındaki reaksiyonun hızlandığı ve böylece, çimentodaki alçıtaşının çözünebilirliğinin azalarak çimento partiküllerinin hidratasyonlarının sınırlandığı, dolayısıyla son dayanımda kayıp oluştuğu iddia edilmektedir.

Bir günlük dayanım oranlarında, olgunluk derecesinin etkisiyle, ısıtma hızının artmasıyla birlikte bir artış olmuş, 28 günde ise 23 °C/s 'in dışında dayanımda bir kayıp görülmemiştir. 10 °C/s lik ısıtma hızı, 1 günde %41 gibi, diğerlerinden düşük bir dayanım oranı vermesine rağmen, 28 gün sonunda %2 lik bir kazanç sağlanmıştır. Eğer, 1 günde sağladığı bu dayanım oranı yeterli ise, 10 °C/s lik ısıtma hızı kullanılabilir. 23 °C/s ise 1 günde yüksek dayanım oranı sağlamasına rağmen, ileri yaşlarda dayanım kaybına yol açmıştır. Yüksek ilk dayanım gerektiren yapı elemanlarında bu, olumlu bir faktör olmasına rağmen, ileri yaşlardaki kayıp, bu ısıtma hızının kullanımını sakıncalı kılar. Uygulayıcı için oldukça önemli bir unsur olan maliyet açısından düşünüldüğünde de yüksek ısıtma hızları tercih edilmez. Çünkü, ısıtma hızı yükseldikçe, bu hızı sağlamak için gereken enerji de artacak, bu da maliyetin oldukça yükselmesine neden olacaktır.

15 °C/s lik ısıtma hızı, 1 günde 23 °C/s 'e hemen hemen eşit (0.01 farkla) dayanım oranı vermiş, 28 günde ise %2 lik bir kazanç sağlamıştır. Bu sonuçlar gözönünde bulundurularak, optimum ısıtma hızının 15 °C/s olduğu söylenebilir.

Şekil-14 te, 23 °C/s lik ısıtma hızında, işlem süresi-basınç dayanımı ilişkileri görülebilir. Yalnızca iki nokta, ilişkiyi tamamen ortaya koymasa bile, yönü hakkında bir fikir vermektedir. Bu deneylerde, önbekleme süresi 6 saat'tir. İşlem süreleri ise 8 ve 11 saat olarak değiştirilmiştir.

Şekil-14 a 'da, işlem süresinin artmasıyla, basınç dayanımının da arttığı görülmektedir.

Şekil-14 a1 'de de aynı eğilim vardır. Yani, işlem süresinin artmasıyla olgunluk derecesi de artmış, dolayısıyla basınç dayanımında da bir artış olmuştur. 1 gün sonunda, RH1/R28 oranları, 8 saat işlem süresi için 0.46 iken, 11 saat işlem süresi için 0.51 'e çıkmıştır.

Şekil-14 b 'de, 8 saat ve 11 saat işlem süresinin, birbirlerine yakın dayanımlar sağladıkları görülmektedir.

Şekil-14 b1 de, 8 saat işlem süresinin %2, 11 saat işlem süresinin %3 lük dayanım kayıplarına yol açtıkları görülmektedir.

Yani, işlem süresi uzun yada kısa olsun, yüksek ısıtma hızı, 28 gün sonunda dayanım kaybına yol açmaktadır.

Şekil-15 te, 23 °C/s ısıtma hızına ve 80 °C işlem sıcaklığına sahip, olgunluk dereceleri eşit olan, 6 ve 9 saat önbeklemeli numunelere ait grafikler yer almaktadır.

Şekil-15 a da, önbekleme süresi arttıkça mukavemetin azaldığının görülmesine rağmen, Şekil-15 a1 de RH1/R28 oranlarının eşit olduğu görülmektedir. Her iki önbekleme süresi de %46 dayanım oranı sağlamıştır.

Şekil-15 b de, 28 günlük hızlandırılmış dayanımların birbirine yakın dayanımlar verdiği, Şekil-15 b1 de ise, 9 saat önbeklemenin %10 dayanım kazancı sağladığı, 6 saat önbeklemenin ise %2 dayanım kaybına yol açtığı görülmektedir. 9 saat önbekleme yapan beton, 6 saat önbekleme yapandan daha fazla erken dayanıma sahip olduğundan, yüksek ısıtma hızından zarar görmemiştir. 6 saat önbeklemeli beton ise, 23 °C/s lik ısıtma hızını karşılayacak yeterlikte dayanıma sahip olmadığından, 28 gün sonunda dayanımda %2 lik kayıp göstermiştir.

15 °C/s lik ısıtma hızı kullanılarak yapılan deneylerde, 28 gün sonunda dayanım kaybı görülmemesine rağmen, 23 °C/s lik ısıtma hızı, ısıtma işlemi için oldukça uzun bir süre olan 9 saat önbekleme süresi dışında, %2, %3 gibi az da olsa dayanım kaybına yolaçmıştır.

Buraya kadar yapılan deneylerde, 24 saatlik yumuşak çevrim için optimal ısıtma işlem çevrimi belirlenmiş olmaktadır. Buna göre, 6 saat önbekleme süresi, 15 °C/s ısıtma hızı ve 80 °C işlem sıcaklığı bu çalışmanın üretim koşullarında, optimum çevrim parametreleri olarak belirlenmişlerdir. Gözönünde bulundurulması gereken en önemli unsur da, çalışmada traslı çimento kullanılmış olmasıdır.

Şekil-16 da, su/çimento oranına ait grafikler yer almaktadır. Bu deneylerde, belirlenmiş olan optimal ısıtma işlem çevrimi kullanılmıştır. Yani önbekleme süresi 6 saat, ısıtma hızı 15 °C/s, işlem sıcaklığı 80 °C olarak alınmıştır.

Şekil-16 a da, 1 günde, su/çimento oranı arttıkça dayanım değerlerinin düştüğü görülmektedir.

Şekil-16 a1 de, bu eğilim çok belirgin bir şekilde görülmüşse de, düşük su/çimento oranlarının daha yüksek dayanım oranı sağladığı söylenebilir. Muhtemelen, 0.46 yada 0.50 oranlarına ait noktalardan birinde mevcut bir deneysel hata, eğilimin açıkta görülmesini engellemektedir. (0.50 su/çimento oranına ait üretim, diğerlerinden daha önce yapılmıştır.).

Yapılan yayın taramasında da, bu konuda fazla çalışmaya rastlanmamış, genelde düşük su/çimento oranlarının ısıtma işlem altında daha iyi sonuç verdiği görüşünün benimsendiği görülmüştür. Yani su/çimento oranının değişiminin ısıtma işlem altında, normalde beklenenin dışında bir eğilim göstermediği fikri yaygındır.

Şekil-16 b de de, su/çimento oranının artmasıyla, 28 günlük hızlandırılmış dayanımların azaldığı görülmektedir.

Şekil-16 b1 de, RH28/R28 oranlarında herhangi bir dayanım kaybı olmadığı açıktır. 0.46 su/çimento oranı ise %5 gibi bir değerle, en yüksek dayanım kazancını sağlamıştır.

Bu grafiklerden yararlanarak, su/çimento oranının değişiminin ısıtma işlem etkisi altında normalde beklenenin dışında bir davranış göstermediği, düşük su/çimento oranlarının 1 günde ısıtma işleminden daha fazla yararlandığı söylenebilir.

Şekil-17 de, beton bileşim parametrelerinden, dozaja ait ilişkiler yer almaktadır. Bu deneylerde de, daha önce belirlenen optimum çevrim parametreleri kullanılmıştır. Yani, önbekleme 6 saat, ısıtma hızı  $15^{\circ}\text{C/s}$ , işlem sıcaklığı  $80^{\circ}\text{C}$  alınmıştır. Bu deneylerde kullanılan su/çimento oranı, 0.55 dir. Dozajlar, 250, 300, 350, 400 olarak değiştirilmiştir.

Şekil-17 a da, çok belirgin olmasa da, dozaj arttıkça, dayanımların beklenen şekilde artmadığı, aksine azalan bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Eğer, kullanılan agrega granülometrisi çok iyi ise fazla dozajın, dolayısı ile fazla çimento hamurunun, yeterli boşluk bulamayıp agregaları birbirinden iterek dayanımda azalmaya yol açabileceği düşünülmüş ve yapılan deneyle bunun doğru olabileceği görülmüştür. Çalışmada kullanılan orta kırmataş ve dişlikumun, %50 + %50 karışım oranlarında, sıkı birim ağırlığı hesaplanmış ve 2.02 bulunmuştur. Bulunan bu birim ağırlık, özgül ağırlığa bölünerek karışımda bulunacak agrega yüzdesi 0.78 olarak belirlenmiştir ( $2.02/2.58 = 0.783$ ). Hem kırma taşın, hemde dişlikumun

özgül ağırlıkları eşit ve 2.58 dir. Buradan 1000 lt. lik bir karışımın 783 litresini agreganın oluşturduğu düşünülürse, çimento hamuruna 217 litre yer kalmış olmaktadır. Bu çalışmadaki en düşük dozaj olan 250 doz için, çimento hamuru miktarı hesaplanırsa;  $(250/3.05=81.97$  lt. çimento miktarı,  $250 \times 0.55 = 137.5$  lt. su miktarı)  $81.97+137.5 = 219.5$  lt. olarak bulunur.  $219.5 > 217$  dir. Yani, 250 doz için bile, çimento hamuru için yeterli boşluk yoktur. Dozajın arttığı düşünülürse, haliyle çimento hamuru, yeterli boşluk bulabilmek için agregaları birbirinden uzaklaştıracaktır.

Şekil-17 a1 de de, dozajın artmasıyla RH1/R28 oranlarının azaldığı görülmektedir.

Şekil-17 b de ise, 250, 300 ve 350 dozajlara ait RH28 değerlerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Yapılan varyans analiziye, bu değerler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Yalnızca 400 dozaj'a ait değerlerde bir yükselme vardır.

Şekil-17 b1 de de 250 doz dışında dayanımlarda herhangi bir kayıp olmadığı görülmektedir. 250 doz için ise, %1 gibi düşük bir düzeyde dayanım kaybı olmuştur.

Grafiklerden, dozajın ısıtma işlem uygulanmasında önemli bir faktör olmadığı, ancak bu çalışma koşulları için, ısıtma işlemlerinden en fazla yararlanan dozajın  $300 \text{ kg/m}^3$  olduğu görülmektedir.

Yumuşak çevrimlere ait son deney olan 21 No.lu üretimde, kırma taş-dişlikum yerine deniz çakılı-deniz kumu kullanılarak, bu agrega değişikliğinin ne yönde bir etki yapacağı gözlenmek istenmiştir. Bu deneyde de optimal çevrim koşulları uygulanmıştır. İlk mukavemetlerde %46 gibi genel eğilime uygun bir dayanım oranı sağlanmasına karşın, 28 gün sonunda, dayanımda %7 gibi genelden oldukça fazla bir kayıp oluşmuştur. Çünkü, diğer deneylerde gözlenen en yüksek kayıp %3 ün üstüne çıkmamıştır.

#### -Hızlı Çevrimler

Şekil-18 de, iki farklı soğutma dönemi sonu sıcaklığı karşılaştırılmıştır. Deneylerde başlangıç sıcaklığı  $20^\circ\text{C}$ , ısıtma hızı  $30^\circ\text{C/s}$ , işlem sıcaklığı  $80^\circ\text{C}$  dir. Çevrimin birinde, soğutma hızı  $40^\circ\text{C/s}$  olacak şekilde, tank yarım saatte bir  $20^\circ\text{C}$  soğutulmuş başlangıç sıcaklığı olan  $20^\circ\text{C}$  ye indirilmiş, diğerinde ise soğutma

hızı 60 °C/s olacak şekilde, tank yarım saatte 30 °C soğutularak 50 °C ye indirilmiş ve soğutma tamamlanmadan numuneler çıkarılmıştır.

Şekil-18 a da, 8 saatlik mukavemetlerin yaklaşık olarak eşit ve 72 kgf/cm<sup>2</sup> düzeyinde olduğu görülmektedir.

Şekil-18 a1 de, iki farklı soğuma dönemi sıcaklığına sahip numunelerin 8 saat sonunda, standart dayanımlarınının %31 ini verdikleri görülmektedir.

28 gün sonunda hızlandırılmış mukavemetlerden, daha yavaş bir soğuma hızıyla 20 °C ye inen numunelere ait olan daha yüksek çıkmıştır (Şekil-18 b). Bu dayanımlar, 28 günlük standart dayanımlara oranlandığında ise, soğutma dönemi sonu sıcaklığı 20 °C olan numunelerde dayanım kaybı olmadığı, 50 °C olan numunelerde ise %12 ye ulaşan bir kayıp olduğu gözlenmektedir (Şekil-18 b1). Hızlı soğutma sonucu, bu numunelerde oluşan sıcaklık farklarının ısıl gerilmelere yol açması, buna elemanın tam olarak soğumadan tanktan çıkarılması nedeniyle oluşan ısıl gerilmelerinde eklenmesi, bu dayanım kaybına neden olabilir. Bu numuneler kalıplarından çıkarıldıklarında, üzerlerinde yüzeye paralel ince çatlaklar olduğu gözlenmiştir.

Şekil-19 da, başlangıç sıcaklığı 20 °C olan numunelerin, önbekleme süresine ait ilişkileri verilmiştir. Bu deneylerde soğutma dönemi sonu sıcaklığı 50 °C dir. Başlangıç sıcaklığı 20 °C, ısıtma hızı 30 °C, işlem sıcaklığı 80 °C olarak alınmıştır.

Şekil-19 a da, önbekleme süresinin artmasıyla, dayanımların azaldığı görülmektedir. Aynı eğilim, Şekil-19 a1 de RH8 s /R28 oranlarında da vardır. Bunun nedeni, önbekleme süresinin artmasıyla olgunluk derecesinin azalmasıdır. Önceki kısımlarda da açıklandığı gibi bir çok araştırmacı, kür sıcaklığı x zaman ile basınç dayanımı arasında bir ilişki bulunduğunu öne sürmüş ve bunu "olgunluk derecesi" ile açıklamaya çalışmışlardır. Burada da, önbekleme süresinin artması, olgunluk derecesinin azalmasına yani daha az işlem görmesine neden olduğu için, dayanım oranları düşmüştür.

Şekil-19 b deki 28 günlük hızlandırılmış dayanımların ise, önbekleme süreleri arttıkça, arttıkları görülmektedir.

Şekil-19 b1 de, RH28/R28 oranları bulunmaktadır. 1 ve 2 saat önbekleme yapmış numunelerde, dayanım kaybı görülmemesine rağmen, 0 saat önbekleme yapan numune %12 lik bir kayıp göstermiştir. Olgunluk derecesi arttığı için, az önbekleme yapan numunelerin ilk

mukavemetlerinin yüksek olmasına karşın, ileri yaşlarda bu numuneler zarar görmektedirler. Bu tip hızlı çevrimlerde, betonun kohezyonu su ve havanın aşırı genleşmelerini karşılamaya yetersiz kalacağı için, betonda bir takım hasarlar doğacaktır. Oluşacak kalıcı bir hacim artışı da, betonun ileri yaşlarda düşük kaliteli olmasına neden olacaktır. Kalıcı hacim artışının az olması, önbekleme süresinin uzun, ısıtma hızının ve işlem sıcaklığının düşük olmasına bağlıdır. Fakat uygulanmış olan bu çevrimde, önbekleme süresi 0 saat, ısıtma hızı  $30^{\circ}\text{C}$ , gibi yüksek bir değerde olduğu için, beton kalıcı bir hacim artışı yaparak ileri yaşlarda dayanım kaybına uğramıştır. 1 ve 2 saat önbekleme yapan numunelerde ise, ısıl işlem sonunda beklenen dayanım kazancı bu kısa önbeklemelerin olumsuz etkisiyle dengelenmiş, bunun sonucunda dayanımlarda fazla kazanç gözlenmemiş de, kayıp ta olmamıştır.

Şekil-20 de, başlangıç sıcaklıkları,  $50^{\circ}\text{C}$  olan numunelerin, önbekleme süresi-basınç dayanımı ilişkileri verilmiştir. Bu deneylerde de, ısıtma hızı  $30^{\circ}\text{C/s}$ , işlem sıcaklığı  $80^{\circ}\text{C}$ , soğutma dönemi sonu sıcaklığı  $50^{\circ}\text{C}$  dir.

Şekil-20 a da da, Şekil-19 a da olduğu gibi, önbekleme süresinin artmasıyla, dayanımların azaldığı görülmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi, önbekleme süresinin artması, olgunluk derecesinin azalmasına, bu da dayanımın düşmesine neden olmaktadır. Aynı eğilim, Şekil-20 a1 de de vardır. Artan önbekleme süresi ile, RH8 s/R28 oranları azalmıştır. Bu değerler, Şekil-19 dakilerle karşılaştırıldıklarında, noktaların aynı eğilimde olduğu fakat başlangıç sıcaklıklarının  $50^{\circ}\text{C}$  olması nedeniyle olgunluk dereceleri daha fazla olduğu için, mertebe olarak daha yüksek değerler verdikleri görülmektedir.

28 günlük hızlandırılmış dayanımlar da, önbekleme süresinin artmasıyla, artmıştır Şekil-20 b.

Şekil-20 b1 de ise, aynen bir önceki şekilde olduğu gibi, 0 saatlik önbeklemenin %11 lik bir dayanım kaybına yolaçtığı, 1 ve 2 saatlik önbeklemeli numunelerde ise, herhangi bir kayıp olmadığı görülmektedir. Burada da, önbekleme süresinin 0 saat olmasının yolaçtığı kalıcı hacim artışı rol oynamıştır.

Şekil-21 de, başlangıç sıcaklığı  $80^{\circ}\text{C}$  olan numunelere ait önbekleme süresi ilişkileri yer almaktadır. Soğutma dönemi sonu sıcaklığı yine  $50^{\circ}\text{C}$  dir.



Şekil-21 a da, diğer başlangıç sıcaklıklarına ait deneylerde de görüldüğü gibi, önbekleme süresinin artmasıyla mukavemetlerde, azalma görülmüştür.

Şekil-21 a1 de, 0 ve 2 saat önbeklemelerin yaklaşık eşit dayanım oranı sağladığı, 4 saat önbekleme süresinin ise, daha düşük bir oranda kaldığı görülmektedir. Önbekleme süresi 0 saat olan numunelerin olgunluk dereceleri de en yüksek olduğu için, 8 saat sonunda, diğer başlangıç sıcaklıklarında olduğu gibi max. dayanım oranını vermesi beklensede, aniden 80 °C ye daldırılan numuneler, bu aşırı sıcaklık farkı nedeniyle hasar gördükleri için, yüksek dayanım oranı sağlayamamışlardır. Olgunluk derecesindeki yüksekliğin sağlayacağı dayanım oranı, oluşan ısıl gerilmelerin etkisiyle dengelenmiş ve 0 saat önbekleme süreli numuneler, 2 saat önbekleme yapanlara yaklaşık eşit dayanım oranı sağlamışlardır. Eleman boyutlarının küçük olması, hernekadar olumlu bir faktörse de, 20 °C de üretilen numunelerin üretilir üretilmez 80 °C sıcaklığa maruz bırakılması, yani aniden oluşan 60 °C lik bir sıcaklık farkı, ısıl gerilmelere neden olmuştur. (Bilindiği gibi elemanın küçük boyutlu olması, iç bölgeleri ile dış yüzeyleri arasında fazla sıcaklık farkı olmayacağı için, ısıl gerilmeler açısından olumlu bir etken-dir.).

Şekil-21b de, beklendiği gibi, önbekleme süresinin artmasıyla dayanımında arttığı görülmektedir. Şekil-21 b1 de ise, RH28/R28 oranının, 0 saat önbekleme için %76 gibi deneylerde gözlenen en düşük dayanım oranını aldığı, yani 28 gün sonunda %24 lük bir dayanım kaybına uğradığı görülmektedir. 2 saatlik önbeklemede, dayanımda herhangi bir kayıp görülmemiştir. 4 saat önbekleme ise %4 gibi düşük bir kayıp oluşturmuştur.

Şekil-22 de, 0 saat önbekleme süresinde, başlangıç sıcaklığı-basınç dayanımı ilişkileri verilmiştir. Isıtma hızı 30 °C/s, soğutma dönemi sonu sıcaklığı 50 °C dir.

Şekil-22 a dan, 8 saat sonundaki dayanımların, başlangıç sıcaklığı 20 °C den 50 °C ye çıkınca arttığı, 80 °C de ise düşme gösterdiği görülmektedir.

Şekil-22 a1 de de, RH8 s/R28 oranları aynı şekilde bir eğilim göstermişlerdir. 50 °C ye ait olgunluk derecesi daha fazla olduğu için, 8 saat sonunda 20 °C den daha fazla dayanım oranı sağlamıştır.

80 °C başlangıç sıcaklığına ait dayanım oranı ise, olgunluk derecesi en yüksek olmasına rağmen, en yüksek değeri almamış, yaklaşık olarak 20 °C ye ait sonuca yakın bir değer almıştır. Çünkü hiç önbekleme yapmayan beton aniden 80 °C ye daldırıldığı için beton zarar görerek, beklenen dayanım oranını sağlayamamıştır. Hızlı çevrim uygulanan betonlarda genellikle ince çatlaklar olduğu görülmüş, 80 °C ye daldırılan numunelerde, bu çatlaklar iyice belirgin bir hal almıştır.

Şekil-22 b de 28 günlük hızlandırılmış sonuçların, 8 saatlik sonuçlara benzer biçimde oldukları görülmektedir. Yani, başlangıç sıcaklığı 20 °C den 50 °C ye çıkınca artan dayanım, 80 °C de düşme göstermiştir.

RH28/R28 oranları ise 0 saat önbekleme süresi için bütün başlangıç sıcaklıklarında dayanım kaybı olduğunu göstermektedir. (Şekil-22 b1). 20, 50 ve 80 °C lik başlangıç sıcaklıkları, sırasıyla %12, %13 ve %24 lük dayanım kaybı oluşturmuşlardır. Bu deneylerde önbekleme süresi olmadığı için beton ısı işleminden oldukça zarar görmüştür. Daha önce de bahsedildiği gibi taze beton, içinde bulunan su ve hava fazlarının ısı işlem altında genleşmelerini önleyemez. Önbekleme süresi ne kadar kısa olursa, beton bu genleşme etkilerine karşı o oranda dayanıksız olur. Böylece, betonda oluşan bu kalıcı hacim artışı, ileri yaşlarda beton kalitesinin düşmesine neden olur. Burada da, numuneler önbekleme yapmadan ısı işlemine tabi tutulmuşlar, bu numunelerin bazılarında 50 ve 80 °C gibi yüksek başlangıç sıcaklıkları olan çevrimler uygulanmıştır. Önbekleme süresinin 0 saat oluşu, ısıtma hızının yüksek oluşu gibi faktörlerin neden olacağı kalıcı hacim artışı yanında, bu tip çevrimlerde numuneler ısı gerilmelere de maruz kalmışlar ve sonuçta dayanım kaybına uğramışlardır.

Şekil-23 te 2 saat önbekleme yapmış olan numunelere ait başlangıç sıcaklığı-basınç dayanımı ilişkileri yer almaktadır.

Şekil-23 a 'da, 8 saatlik hızlandırılmış dayanımların başlangıç sıcaklığı 20 °C den 80 °C ye çıktıkça arttığı, 80 °C de ise azaldığı görülmekte.

Şekil-23 a1 deki RH 8s/R28 oranları başlangıç sıcaklığının artmasıyla birlikte, artmıştır. Başlangıç sıcaklığının yükselmesiyle birlikte olgunluk dereceside yükselmiş, böylece ilk dayanımlarda,

başlangıç sıcaklığı ile birlikte bir artma oluşmuştur. Numuneler 2 saat önbekleme yapmış olduğu için, 80 °C ye daldırılan numuneler, fazla zarar görmemiş, ilk dayanım oranında düşme görülmemiştir. Daha önce, 0 saat önbekleme yapan ve 80 °C ye daldırılan numunelerde, beklenen artışın görülmediği belirtilmişti.

Şekil-23 b de, 28 günlük hızlandırılmış dayanım değerlerinin, başlangıç sıcaklığı 20 °C den 50 °C ye çıktığında arttığı, 80 °C de ise oldukça düştüğü görülmektedir. Fakat yine de bu düşüş sonunda aldığı değer, önbeklemenin 0 saat olması durumundakinden fazladır. (0 saat önbekleme için RH28=197 kgf/cm<sup>2</sup>, 2 saat önbekleme için RH28=215 kgf/cm<sup>2</sup>).

28 gün sonunda, ısı işleme tabi tutulan numunelerin dayanımlarında kayıp olmamıştır. Şekil-23 b1 de RH28/R28 oranlarına bakıldığında, hepsinin %100 ün üzerinde olduğu görülmektedir. Bu numuneler 2 saat önbekleme yaptıkları için, beton, içindeki su ve havanın genişlemesine karşı belli bir dayanım kazanmış, kalıcı hacim artışına olanak sağlamamıştır.

Şekil-24 te, 1 saat önbekleme yapmış numunelerin, başlangıç sıcaklığı-basınç dayanımı ilişkileri yer almaktadır.

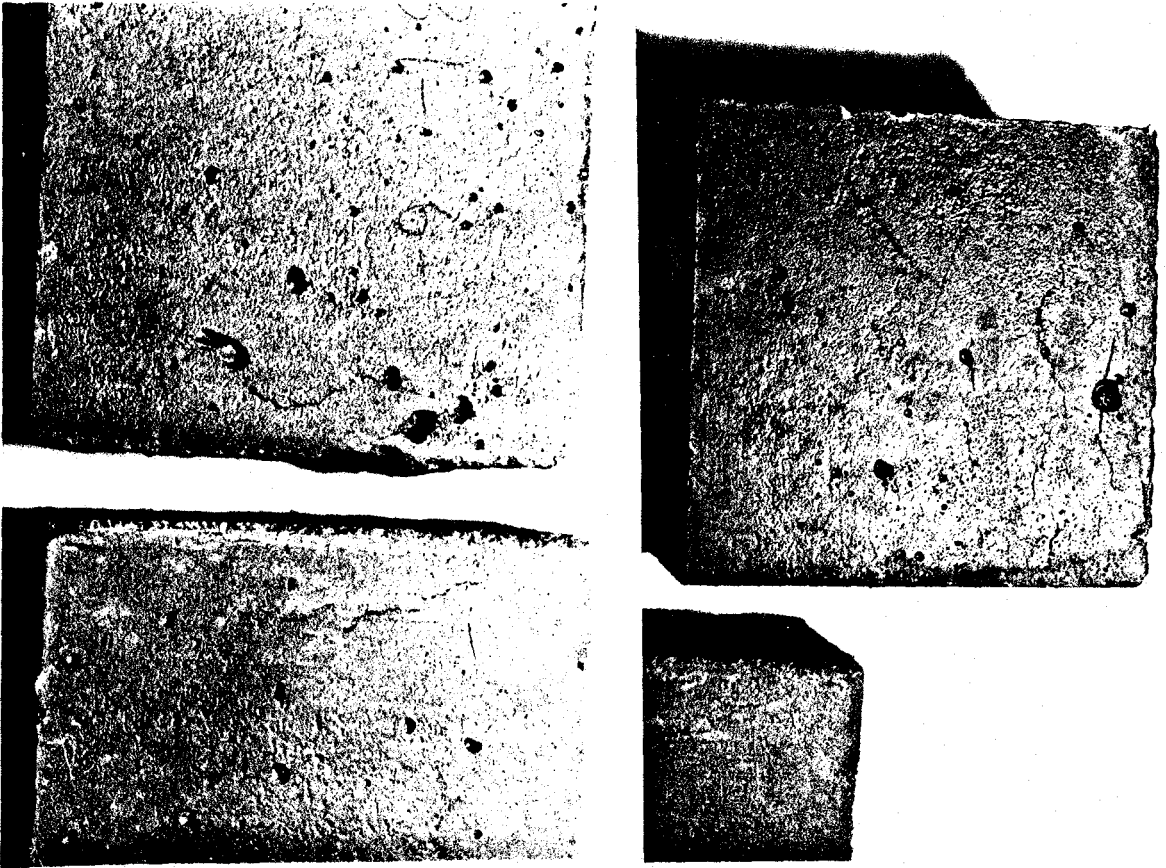
Şekil-24 a da, 8 saat sonundaki dayanımların başlangıç sıcaklığı 20 °C den 50 °C ye çıktığında arttığı görülüyor. Şekil-24 a1 deki RH8 s /R28 oranları da, aynı şekilde artmıştır. Bunun nedeni, başlangıç sıcaklığı ile birlikte, olgunluk derecesinin de artmış olmasıdır.

Şekil-24 b de, 28 gün sonundaki dayanımlara bakıldığında da, başlangıç sıcaklığı 50 °C olan numunelerin daha yüksek dayanım sağladığı görülmektedir.

RH28/R28 oranlarında ise, her iki başlangıç sıcaklığında da dayanım kaybı olmamıştır. Çünkü, betonların ısı işlem uygulamasından önce yaptıkları 1 saat önbekleme, oluşabilecek kalıcı hacim artışını engellemiştir.

Uygulanan bu 8 saatlik sert çevrimlerde, başlangıç ve soğuma dönemi sonu sıcaklığı 20 °C olan deneyin dışındaki numunelerde, genellikle ince çatlaklar olduğu gözlenmiştir. Serbest yüze yakın ve paralel olan bu çatlakların, dayanım kaybına yol açıcı bir etken olmadıkları söylenebilir. RH28/R28 oranları tablosuna bakıldığında, sert çevrimlerde yalnızca önbekleme süresinin 0 saat olduğu

durumlarda (önbekleme süresi 0 saat, soğutma dönemi sonu sıcaklığı 20 °C olan çevrim dışında) dayanım kaybı olduğu görülebilir. Halbuki bu çatlaklar genellikle tüm çevrimler sonunda, numunelerde bulunmaktaydı. Örneğin, aşağıdaki fotoğrafta görülen ve üzerlerinde çatlaklar bulunan numuneler, 31 numaralı çevrim e, yani önbeklemesi 2 saat, başlangıç sıcaklığı 80 °C olan çevrime aittir. RH /R28 oranları tablosuna bakıldığında ise, bu çevrimde 28 gün sonunda herhangi bir dayanım kaybı olmadığı, aksine %2 lik bir dayanım kazancı olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar ışığında, oluşan bu çatlakların yüzeysel nitelikte kaldığı ve betonun basınç dayanımına etkmediği söylenebilir. Bu çatlaklar, betonun çevre koşullarına dayanıklılığı açısından önemlidirler.



Hızlı çevrimlere ait RH /R28 oranlarına bakıldığında, hem ilk hemde son mukavemet açısından, 1 saat önbekleme yapanların en yüksek değerleri verdikleri görülmektedir. 0 saatlik önbeklemeler, ilk mukavemet oranı açısından yüksek olmalarına rağmen, 28 gün sonunda oldukça fazla dayanım kaybına yolaçmaktadırlar. Örneğin, 26 No.lu üretimde başlangıç sıcaklığı 50 °C, önbekleme süresi 0 saattir. 8 saat sonunda %35 gibi, hızlı çevrimlerin en yüksek ilk dayanım

oranını vermesine rağmen, 28 gün sonunda %11 lik bir dayanım kaybına yolaçmıştır. Önbekleme süreleri fazla olanlar ise, olgunluk dereceleri düşük olduğundan, yüksek ilk dayanım sağlayamamaktadırlar. RH /R28 oranlarından, 8 saatlik çevrimlerde, 1 saatlik bir önbekleme uygulamanın yararlı olduğu görülmektedir. Bu oranlara bakarak söylenebilecek optimal çevrim ise, 1 saat önbekleme süresi, 50 °C başlangıç sıcaklığı, 30 °C/s ısıtma hızı ve 50 °C soğutma dönemi sonu sıcaklığına sahip çevrimdir. 27 numaralı bu üretim, %34 lük bir ilk dayanım oranı sağlamış, son dayanımında ise kayıp oluşturmamıştır.

24 saatlik çevrimlerde, sağlanan max. RH1/R28 oranı 0.56, max. RH28/R28 oranı ise 1.11 dir. 8 saatlik çevrimlerde, bu oranlar 0.35 ve 1.06 dır. Bu sonuçlara bakarak, 1 günlük mukavemeti fazla yüksek olması gerekmeyen elemanların üretiminde, hızlı çevrimlerin kullanılabilceği söylenebilir. İlk mukavemetin önemi, genellikle elemanın taşınması için yeterli olup olmadığında ortaya çıkmaktadır. Yapılan deneylerde de hızlı çevrimlerde, 0 saat önbeklemeli deneyler dışında son mukavemette kayıp olmadığı görülmüştür.

Isıl işlem uygulamalarında, amaç iki türdür. Bazı uygulamalarda amaç, istenen dayanım düzeyine en kısa sürede ulaşmaktır. Son dayanımdaki kaybın, önemi yoktur. Örneğin bir duvar elemana ısıl işlem uygulanırken, amaç bu elemanın taşınmasına yetecek bir dayanım tutturmaktır. Uzun sürede dayanımda oluşacak bir kayıp, önemli değildir. Bu nedenle, bu tip elemanların üretiminde, uygulanacak ısıl işlem çevrimi, maliyet açısından önem taşır.

Bazı ısıl işlem uygulamalarında da, amaç, son dayanımdan taviz vermeden, istenen ilk dayanıma ulaşmaktır. Bu tip çevrimlerde ısıl işlemin 28 gün sonundaki dayanım oranı önem taşır. Örneğin öngerilmeli beton elemanlarda olduğu gibi.

Bu çalışmada, hem yumuşak hemde hızlı çevrimlerde, bazı istisnalar dışında, ısıl işlemin son dayanıma zarar vermediği, aksine %11 'e kadar varan kazançlar sağladığı görülmüştür. İlk mukavemet oranı açısından ise, yumuşak çevrimler daha yüksek düzeyde değerler sağlamışlardır. İlk mukavemetinin fazla yüksek olması gerekmeyen elemanların üretiminde, hızlı çevrimler kullanılabilir. Örneğin kaldırım taşı üreten bir fabrika, bu tip çevrimleri tercih edebilir. Çünkü bu elemanlar hem yüksek ilk mukavemet gerektirmezler, hemde

günde 3 rotasyon yapılabileceğinden, üretim hızı yüksek olur. Son dayanımda kayıp olmadığı düşünülürse, taşınması için %34 lük bir ilk dayanım oranı yeterli olan bir yapı elemanı da, bu tip sert çevrimlerle üretilebilir. Fakat, kullanılacak çevrim tipinin sert olmasına karar verirken, yüzeysel de olsa, oluşacak çatlakları gözönünde bulundurarak, bunların elemanın çevre koşullarına dayanıklılığına etki edeceğini de hesaba katmak gerekir.

Yumuşak çevrimler ise, hem ilk hemde son mukavemet açısından önemli olan elemanların üretiminde tercih edilebilir. Zaten, yüksek ısıtma hızları dışında, bu tip çevrimlerde son dayanımda kayıp oluşmamaktadır. Fakat bu çalışmada, deneylerin katkılı bir çimento ile gerçekleştirildiği unutulmamalıdır.

Piyasadaki bir uygulayıcı, ısıtma işlemi kullanarak üreteceği eleman için optimum çevrim parametrelerini belirlerken, dayanım özellikleri yanında, maliyetide gözönünde bulunduracaktır. Bu çalışmada yumuşak çevrim için belirlenen optimum işlem sıcaklığı 80 °C dir ve %53 düzeyinde bir ilk mukavemet oranı sağlamaktadır. Fakat piyasada üretilecek eleman için %40 lık bir oran elemanın taşınabilmesine yeterli oluyorsa, %48 lik bir ilk mukavemet oranı sağlayabilen 65 °C lik işlem sıcaklığı tercih edilebilir. Çünkü, hem istenen mukavemet sağlanmakta, hemde maliyetin oldukça düşmesi sağlanmaktadır. Buradan da, üretilecek elemanın cinsine göre kullanılacak çevrim tipi ve çevrim parametrelerinin değişeceği sonucu çıkmaktadır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, Trabzon yöresinde bulunan KASTAŞ agrega ocağın-  
dan sağlanan kırmataş+dişlikum ve Trabzon TÇ325 çimentosu kulla-  
nılarak elde edilen beton için, uygun bir ısıtma işlem çevrimi be-  
lirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın başında yapılan yayın tarama-  
sının ışığında ve olanaklar ölçüsünde yapılan deneylerden şu so-  
nuçlar elde edilmiştir.

1. Çalışmada kullanılan Trabzon TÇ325 çimentosu, ısıtma işleme  
yatkın bir çimentodur. 28 gün sonunda, yumuşak çevrimler için yük-  
sek ısıtma hızı kullanılması, hızlı çevrimler için önbekleme ya-  
pılmaması dışında, dayanımlarda kayıp gözlenmemiştir. Aksine, %11  
e varan dayanım artışları görülmüştür. Bu durum literatürde yer alan  
"katkılı çimentolar ısıtma işleme yatkındır" görüşünü doğrular nite-  
liktedir.

2. 24 saatlik yumuşak çevrimler için belirlenen optimum işlem  
sıcaklığı, 80 °C dir. Fakat ilk mukavemetleri yeterli bulunduğu  
taktirde, 50 ve 65 °C lik sıcaklıklar da maliyetin düşmesine olanak  
sağlamaları açısından kullanılabilir.

3. Belirlenen optimum önbekleme süresi 6 saattir. Yumuşak çev-  
rimler için ileri yaşlarda, önbekleme süresinin fazla rolü olmadığı  
söylenebilir.

4. 15 °C/s lik bir ısıtma hızı optimum sonuçları sağlamaktadır.  
Yine, ilk mukavemet açısından sağladığı %41 lik dayanım oranı yeter-  
li bulunduğu taktirde, 10 °C/s lik bir ısıtma hızında tercih edile-  
bilir. Yüksek ısıtma hızları, ileri yaşlardaki mukavemetin düşmesi-  
ne neden olmaktadır.

5. Yumuşak çevrimler için, belirlenen optimum çevrim olan 6  
saat önbekleme süresi, 15 °C/s ısıtma hızı, 80 °C işlem sıcaklığı  
kullanılarak %50 lik bir ilk mukavemet oranı sağlanmakta, son da-  
yanımda kayıp olmamaktadır.

6. Düşük su/çimento oranları, ilk mukavemet oranı açısından,  
ısıtma işlemi altında daha iyi sonuç vermekte, son mukavemette fazla  
bir farklılık oluşturmamaktadır. Dozajın 300 kg/m<sup>3</sup> alınması bu ça-  
lışma koşullarında optimum sonucu sağlamıştır. Son mukavemete etkisi

açısından, değişik dozajlar arasında fark gözlenmemiştir. Yani 28 gün sonunda dayanım kaybı oluşmamıştır.

7. Sert çevrimler için uygulanabilecek optimal çevrim parametreleri; 1 saat önbekleme süresi, 50 °C başlangıç sıcaklığı, 30 °C/s ısıtma hızı ve 50 °C soğuma dönemi sıcaklığıdır. Soğutma hızı saatte 60 °C/s lik bir soğutma sağlanacak şekilde, yarım saatte 30 °C soğutarak gerçekleştirilebilir.

8. Sert çevrimler için belirlenen optimum çevrimle, %34 lük ilk mukavemet ve %101 lik son mukavemet oranları sağlanmıştır.

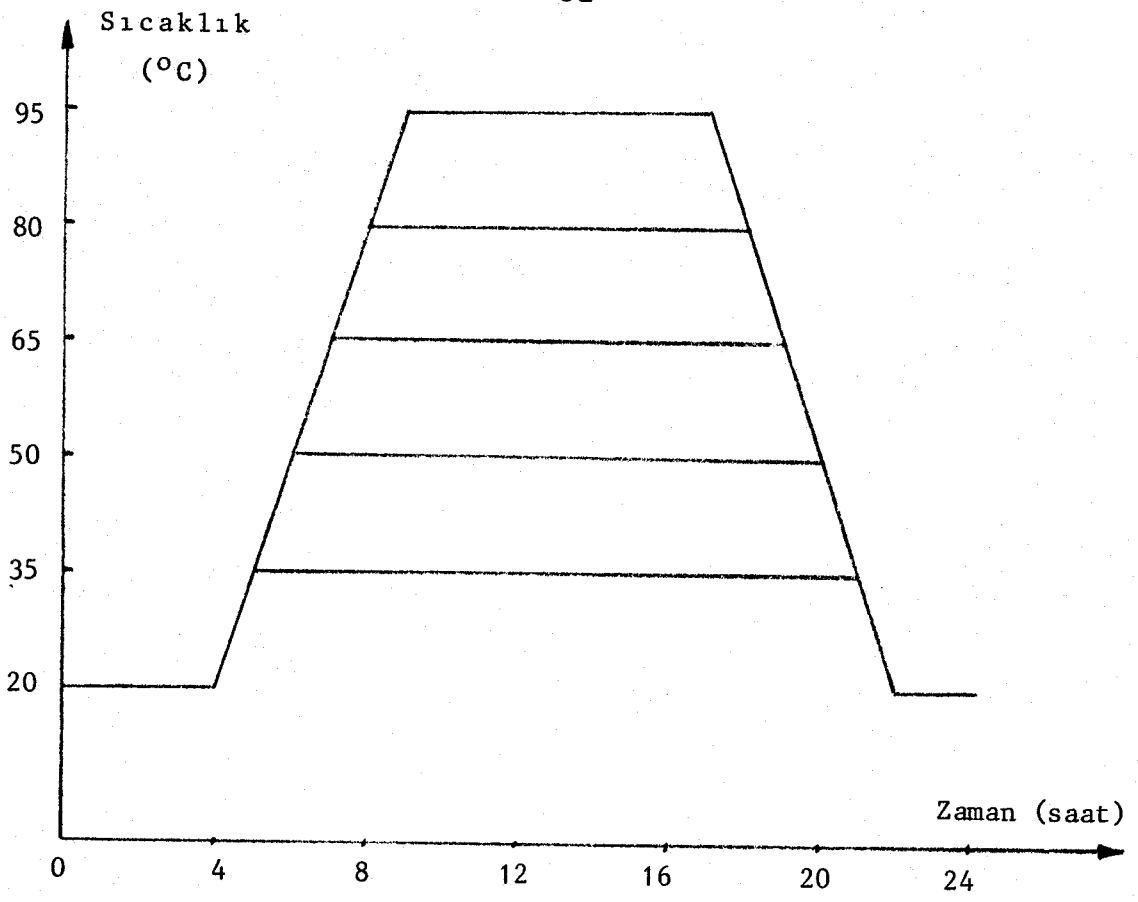
9. Bu çalışmanın sonunda, hızlı ve yumuşak çevrimler için optimum çevrim parametreleri belirlenmiş olsa da, uygulayıcının ısıtma işlem uygulama amacına bağlı olarak ve maliyet de gözönünde bulundurularak, çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında, uygun çevrim parametreleri seçilebilir.



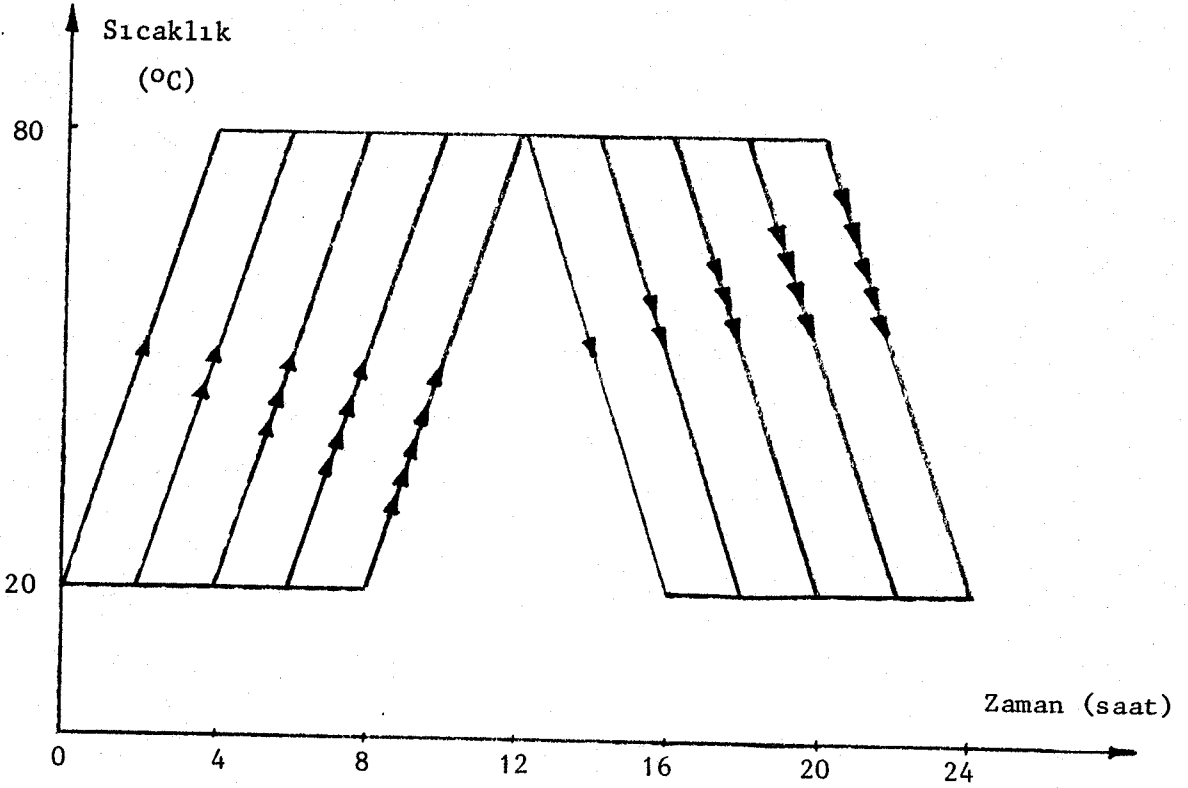
## KAYNAKLAR

1. ACI Committee 517: "Low Pressure Steam Curing". ACI Journal, Proceedings V.60, No.8, August 1963, pp.953-986.
2. ACI Committee 517: "Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressure-State of Art", ACI Journal Proceedings V.77, November-December 1980, pp.429-448.
3. ERDOĞDU, Ş., "Trabzon (TÇ325) Çimentosuna uygun ısıtıl işlem çevrimi", Yüksek Lisans Kişisel Çalışma Raporu, K.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Mart 1983.
4. ERDOĞDU, Ş., "Bazı Türk Çimentolarına Isıtıl İşlem Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, K.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon Mart, 1984.
5. HANSON, J.A., "Optimum Steam Curing Procedure in Precasting Plants", ACI Journal, Proceedings Vol.60, No.1, January 1963.
6. HIGGINSON, E.C., "Effect of Steam Curing on the Important Properties of Concrete", ACI Journal, Proceedings V.58 No.3, September 1961, pp.281-298.
7. MERITT, R.R., JOHNSON, J.W., "Steam Curing of Portland Cement at Atmospheric Pressure", Bulletin No.355, Highway Research Board, Washington 1962, pp. 1-26.
8. NEVILLE, A.M., "Properties of Concrete", Pitman Publishing, Second Edition, 1973.
9. NURSE, R.W., "Steam Curing of Concrete", Magazine of Concrete Research (London), V.1, No.2, June 1949, pp.79-88.
10. ÖZTEKİN, E., "Isıtıl İşlenecek Betonlar için Çimento Seçimi", K.Ü. Yayını, Araştırma Raporu, Trabzon, 1982.
11. ÖZTEKİN, E., "Beton Sertleşmesinin Hızlandırılmasında Kullanılan Isıtıl İşlemler-Eğilme Dayanımına Etkileri", K.Ü. Yayını, Doçentlik Tezi, Trabzon, 1983.
12. ÖZTEKİN, E., "Kişisel Görüşme", Trabzon, 1985.
13. SHIDELER, J.J., CHAMBERLIN, W.H., "Early Strength of Concrete as Affected by Steam Curing Temperatures", ACI Journal, Proceedings V.46, No.4, December 1949, pp.273-284.
14. TAYLOR, W.H., "Concrete Technology and Practice", McGraw-Hill Book Company, Fourth edition, 1977, pp.199-227.

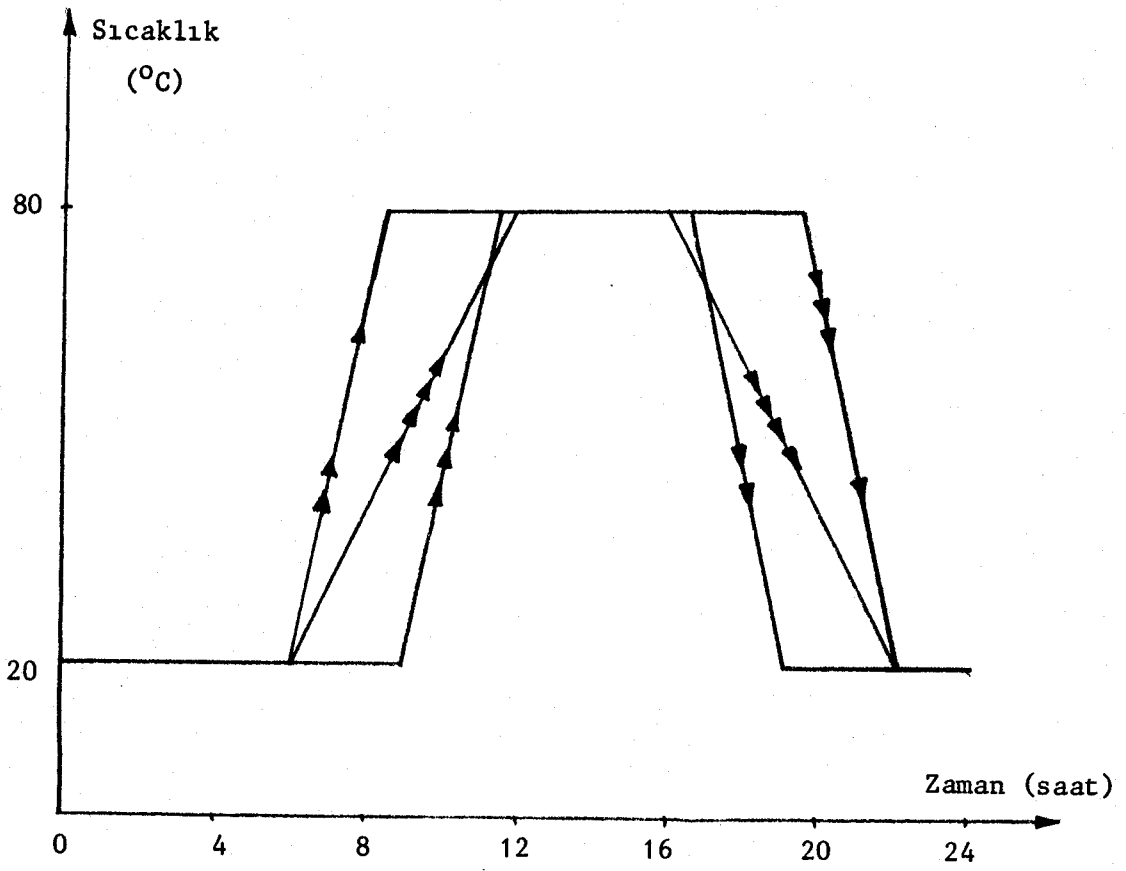
ÇEVİRİM ŞEKİLLERİ



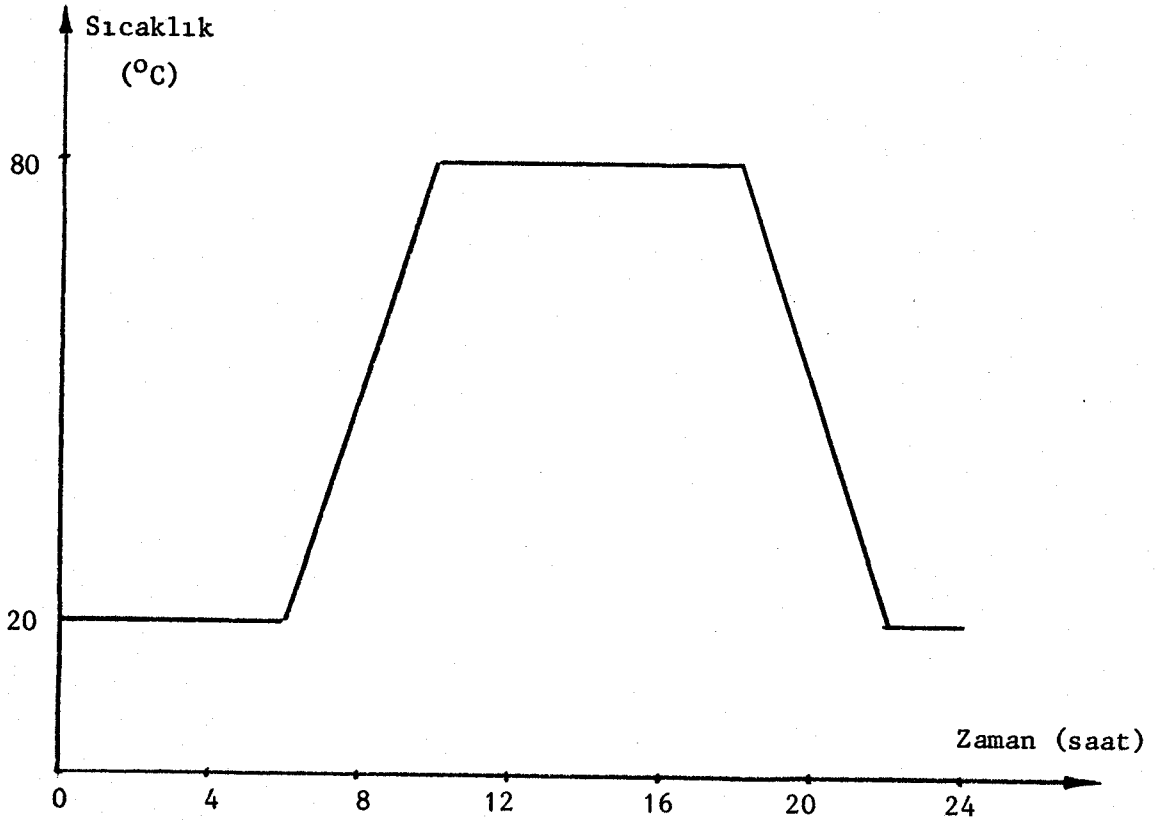
Şekil-2. 1 numaralı çevrim



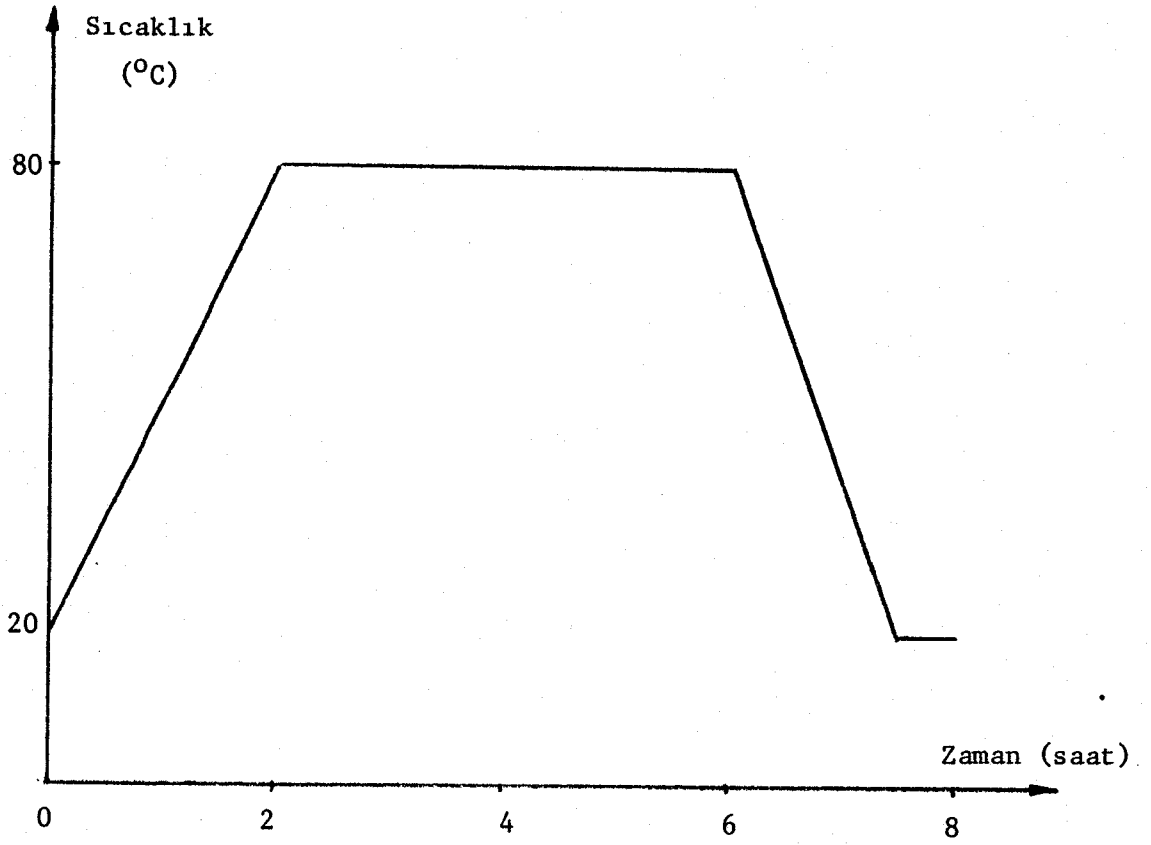
Şekil-3. 2 numaralı çevrim



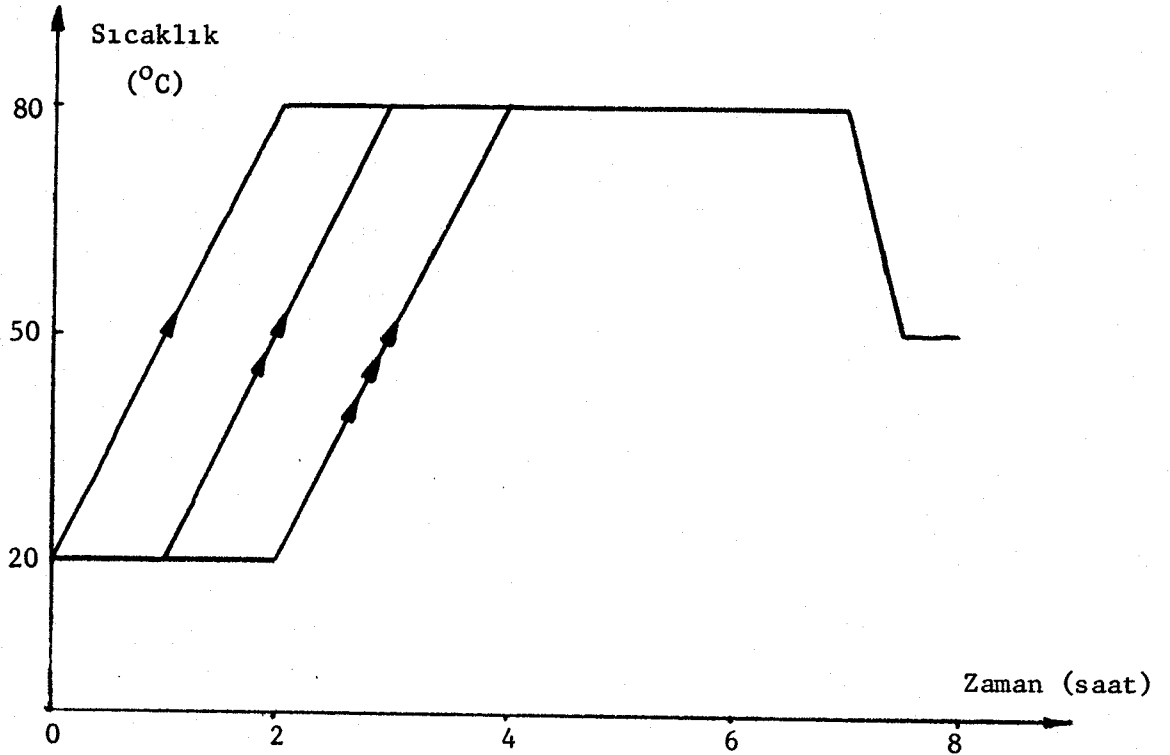
Şekil-4. 3 numaralı çevrim



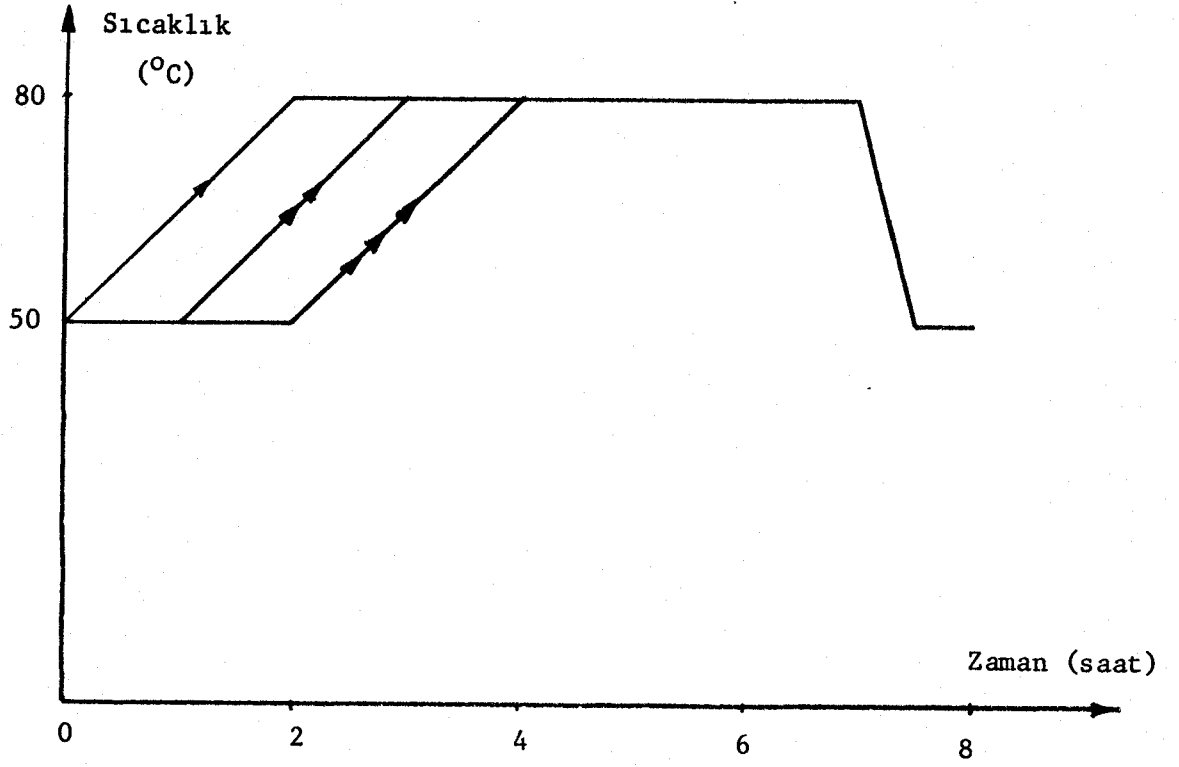
Şekil-5. 4 numaralı çevrim



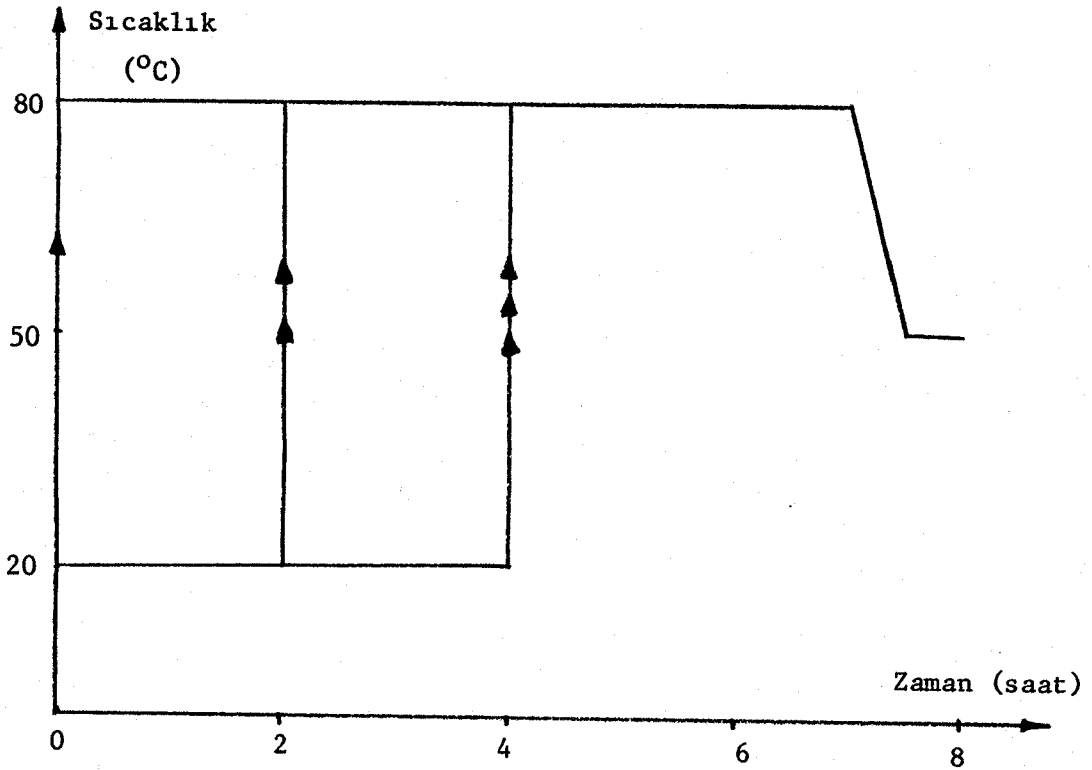
Şekil-6. 5 numaralı çevrim



Şekil-7. 6 numaralı çevrim



Şekil-8. 7 numaralı çevrim



Şekil-9. 8 numaralı çevrim

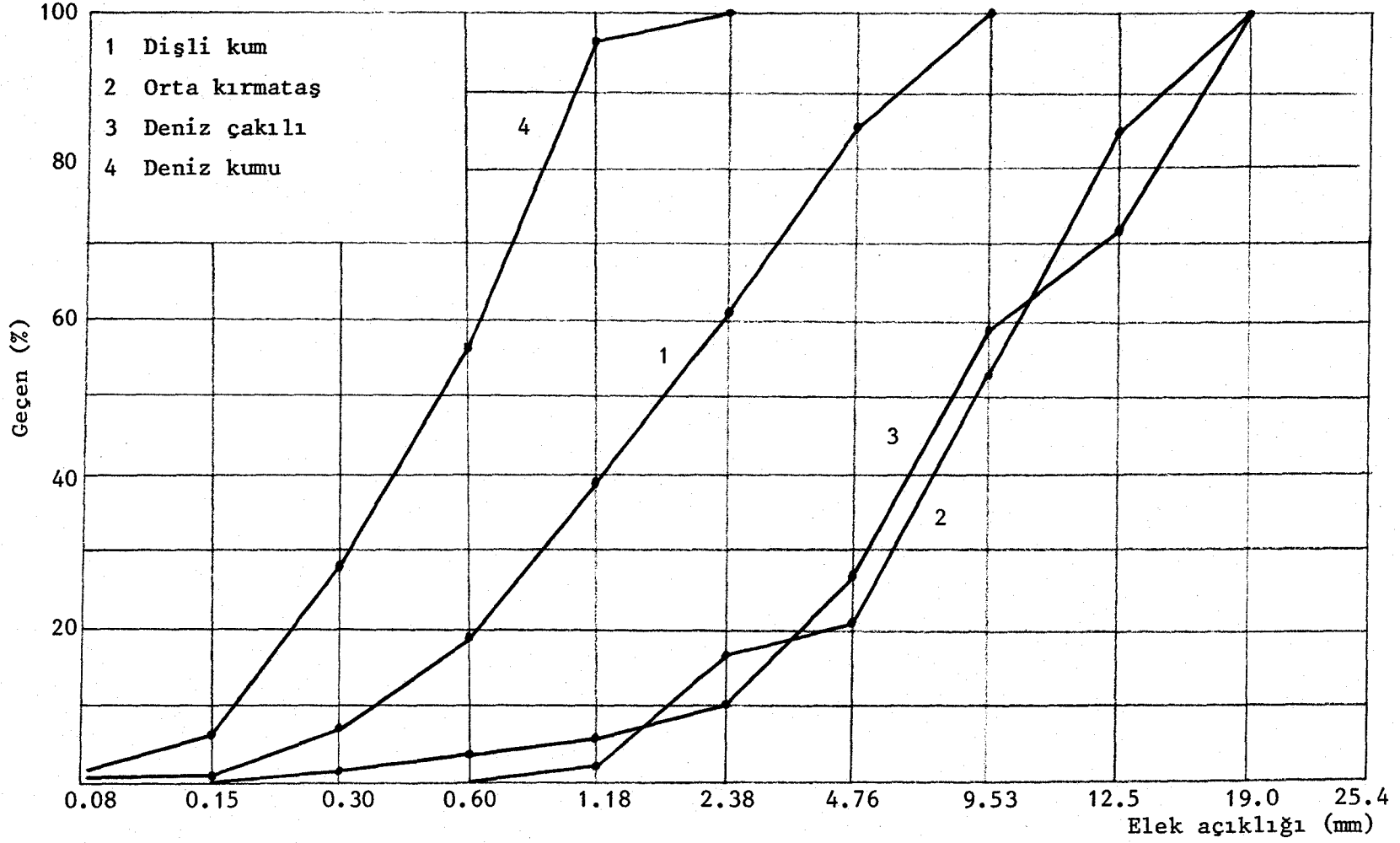
AGREGALAR		KULLANILAN AGREGALAR				KARIŞIM AGREGALARI		
		ORTA KIRMATAŞ $D_{max} = 19.0$ mm	DİŞLİKUM	DENİZ ÇAKILI $D_{max} = 19.0$ mm	DENİZ KUMU	%50 ORTA KIRMATAŞ %50 DİŞLİKUM	%75 DENİZ ÇAKILI %25 DENİZ KUMU	
GRANÜLOMETRİK BİLEŞİM (Geçen %)	Kare Delikli Elek Açıklığı (mm)	25.4	100	100	100	100	100	
		19.0	100	100	100	100	100	
		12.5	85	100	72	100	93	79
		9.53	53	100	59	100	76	69
		4.76	21	86	27	100	54	45
		2.38	17	61	10	100	39	33
		1.18	2	39	6	97	21	29
		0.60	0	19	3	57	10	17
		0.30	0	7	1	28	4	8
		0.15	0	1	0	6	1	2
		0.08	0	1	0	2	1	1
		FİZİKSEL ÖZELLİKLER	ÖZGÜL AĞIRLIK (D.Y.K) (kg/lt)	2.58	2.58	2.82	2.59	2.58
SU EMME (%)	2.3		3.9	2.2	3.0	3.1	2.4	
DOĞAL SU (%)	1.2		1.9	1.1	1.6	1.6	1.23	

Tablo-12 Kullanılan ve karışım agregalarının fiziksel özellikleri

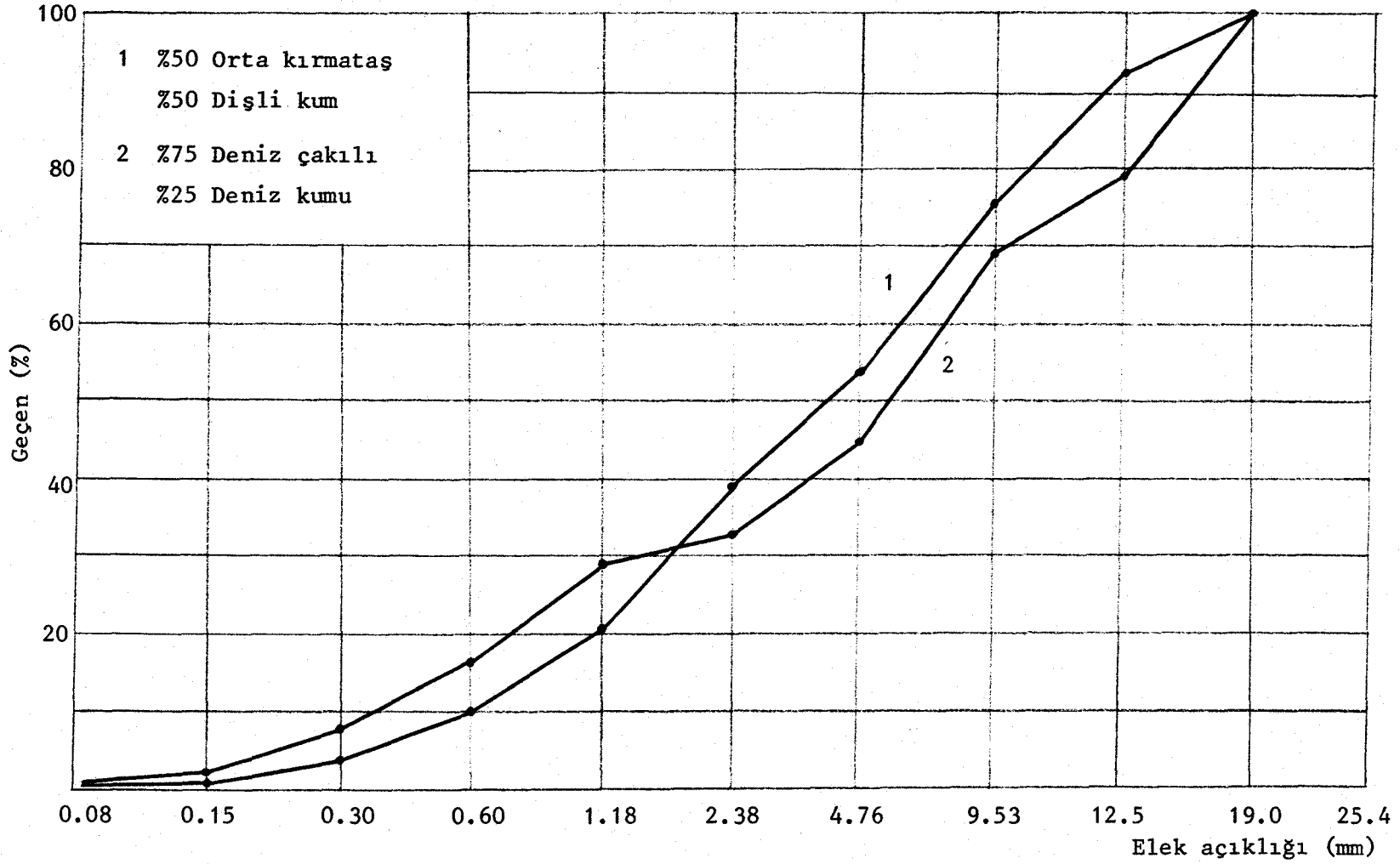
Üretim yeri		Trabzon	
Tipi		TÇ325	
FİZİKSEL ÖZELLİKLER	Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	3.05	
	Blaine özgül yüzeyi (cm <sup>2</sup> /gr)	3945	
	200 µ luk elek üzerinde kalan %	0.26	
	75 µ luk elek üzerinde kalan (%)	12.18	
	Normal kıvam için su miktarı (%)	26.50	
	Priz başlangıcı (saat)	3.15	
	Priz sonu (saat)	5.05	
MEKANİK ÖZELLİKLER	Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	1 gün	55
		3 gün	156
		7 gün	236
		28 gün	317
		90 gün	379
	Eğilme Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	1 gün	15
		3 gün	35
		7 gün	47
		28 gün	58
		90 gün	66
KİMYASAL BİLEŞİM (%) (Toz çimento)	SiO <sub>2</sub>	10.08	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.64	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.36	
	CaO	49.27	
	MgO	1.40	
	SO <sub>3</sub>	1.81	
	Kızdırma kaybı	3.83	
	Çözünmeyen kalıntı	19.04	
	Serbest CaO	0.35	
	Ölçülemeyen	2.22	

Tablo-13 Çimentonun Özellikleri





Şekil-10. Kullanılan agregaların granülometri eğrileri



Şekil-10 a . Karışım agregalarının granülometri eğrileri

Çevrim No	Tablo No	Üretim No	Önbekleme süresi (s)	Isıtma ve Soğutma hızı (°C/s)	İşlem sıcaklığı (°C)	İşlem süresi (s)	Son bekleme süresi (s)	Dozaj (kg/m <sup>3</sup> )	E/C	Sayfa
1	14	1	4	15	35	16	2	400	0.50	62
	15	2	4	"	50	14	2	"	"	63
	16	3	4	"	65	12	2	"	"	64
	17	4	4	"	80	10	2	"	"	65
	18	5	4	"	95	8	2	"	"	66
2	19	6	0	"	80	8	8	"	"	67
	20	7	2	"	"	8	6	"	"	68
	21	8	4	"	"	8	4	"	"	69
	22	9	6	"	"	8	2	"	"	70
	23	10	8	"	"	8	0	"	"	71
3	24	11	6	23	"	11	2	"	"	72
	25	12	6	23	"	8	5	"	"	73
	26	13	9	23	"	8	2	"	"	74
	27	14	6	10	"	4	2	"	"	75
4	28	15	6	15	"	8	2	"	0.46	76
	29	16	6	"	"	8	2	"	0.55	77
	30	17	6	"	"	8	2	"	0.59	78
	31	18	6	"	"	8	2	250	0.55	79
	32	19	6	"	"	8	2	300	0.55	80
	33	20	6	"	"	8	2	350	0.55	81
	34	21	6	"	"	8	2	350	0.60	82

Yumuşak çevrim deney sonuçlarına ait tablolar listesi

Çevrim No	Tablo No	Önbekleme süresi (s)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Isıtma hızı (°C/s)	İşlem süresi (s)	Soğutma hızı (°C/s)	Soğutma dönemi sonu sıcaklığı (°C)	Sayfa
5	35	0	20	30	4	40	20	83
6	36	0	20	30	5	60	50	84
	37	1	20	30	4	"	"	85
	38	2	20	30	3	"	"	86
7	39	0	50	30	6	"	"	87
	40	1	50	30	5	"	"	88
	41	2	50	30	4	"	"	89
8	42	0	80	-	7	"	"	90
	43	2	60	-	5	"	"	91
	44	4	80	-	3	"	"	92

Hızlı çevrimlerde : İşlem sıcaklığı = 80 °C

Dozaj = 400 kg/m<sup>3</sup>

E/C = 0.50

Agrega = Kırmataş + dişlikum

Hızlı çevrim deney sonuçlarına ait tablolar listesi

Üretim no. : 1	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 4
Tarih : 20.11.1984	İşlem sıcaklığı (°C): 35	Ve-be de çökme (cm) : 4
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 4	Ortalama (cm) : 4
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 5	Vibrasyon süresi (sn): 5

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2355	1340	X	2.32	75
4-2	2370	1345		2.31	75
4-3	2340	1330		2.32	77
5-1	2365	1350		2.33	77
5-2	2360	1345		2.33	73
5-3	2360	1345		2.33	77
Ortalama	2358	1343			2.32
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2350	1335	2355	2.32	262
6-2	2340	1330	2355	2.32	267
6-3	2340	1325	2350	2.31	262
7-1	2360	1345	2370	2.33	265
7-2	2365	1350	2375	2.33	268
7-3	2380	1360	2390	2.33	273
Ortalama	2356	1341	2366	2.32	266
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2330	1315	2345	2.29	238
2-2	2340	1320	2360	2.29	237
2-3	2350	1330	2370	2.30	242
3-1	2340	1330	2355	2.32	242
3-2	2320	1320	2335	2.32	239
3-3	2310	1310	2330	2.31	237
Ortalama	2332	1321	2349	2.31	239

Üretim no. : 2	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 4
Tarih : 22.11.1984	İşlem sıcaklığı (°C) : 50	Ve-be de çökme (cm) : 4
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 4	Ortalama (cm) : 4
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 5	Vibrasyon süresi (sn) : 5

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2335	1325	X	2.31	93
4-2	2343	1330		2.31	92
4-3	2355	1330		2.30	92
5-1	2363	1345		2.32	95
5-2	2343	1330		2.31	95
5-3	2333	1325		2.32	92
Ortalama	2347	1331		2.31	93
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2310	1305	2315	2.30	260
6-2	2325	1315	2330	2.30	250
6-3	2350	1330	2355	2.30	260
7-1	2340	1320	2345	2.29	255
7-2	2345	1330	2350	2.31	265
7-3	2370	1350	2380	2.32	265
Ortalama	2340	1325	2346	2.30	259
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2335	1320	2340	2.30	250
2-2	2335	1320	2340	2.30	250
2-3	2355	1340	2360	2.32	250
3-1	2340	1325	2340	2.30	235
3-2	2325	1310	2330	2.29	240
3-3	2315	1310	2320	2.30	238
Ortalama	2334	1321	2338	2.30	244

Üretim no. : 3	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 3.5
Tarih : 21.11.1984	İşlem sıcaklığı (°C) : 65	Ve-be de çökme (cm) : 4
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 4	Ortalama (cm) : 4
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 5	Vibrasyon süresi (sn) : 5

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2360	1330	X	2.29	119
4-2	2365	1340		2.31	116
4-3	2385	1350		2.30	116
5-1	2380	1340		2.29	115
5-2	2380	1350		2.31	115
5-3	2360	1350		2.34	124 *
Ortalama	2372	1343			2.31
Düz Ort.	2374	1342		2.30	116

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2360	1335	2360	2.30	265
6-2	2350	1325	2350	2.29	256
6-3	2360	1335	2360	2.30	262
7-1	2330	1320	2330	2.31	256
7-2	2350	1330	2345	2.30	251
7-3	2350	1335	2360	2.32	261
Ortalama	2350	1330	2351	2.30	259
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2305	1300	2310	2.29	243
2-2	2305	1300	2310	2.29	237
2-3	2310	1305	2320	2.30	248
3-1	2290	1295	2320	2.30	237
3-2	2290	1295	2320	2.30	237
3-3	2310	1305	2330	2.30	237
Ortalama	2302	1300	2318	2.30	240

Üretim no. : 4	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 3.5
Tarih : 28.11.1984	İşlem sıcaklığı (°C) : 80	Ve-be de çökme (cm) : 3.5
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 4	Ortalama (cm) : 3.5
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 5	Vibrasyon süresi (sn) : 5

#### Hızlandırılmış deneyler 1 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2360	1340	X	2.31	133
4-2	2345	1330		2.33	135
4-3	2360	1340		2.31	132
5-1	2360	1345		2.33	131
5-2	2345	1340		2.33	133
5-3	2340	1330		2.32	138
Ortalama	2352	1338			2.32
Düz Ort.					

#### Hızlandırılmış deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2340	1330	2330	2.32	260
6-2	2320	1320	2310	2.32	260
6-3	2320	1320	2310	2.32	260
7-1	2370	1365	2360	2.36	270
7-2	2360	1350	2360	2.34	260
7-3	2360	1345	2345	2.33	265
Ortalama	2345	1338	2336	2.33	263
Düz. Ort.					

#### Standart deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2330	1330	2330	2.33	245
2-2	2340	1330	2345	2.32	235 *
2-3	2320	1320	2325	2.32	260
3-1	2290	1295	2300	2.30	260
3-2	2305	1310	2310	2.32	245
3-3	2300	1300	2300	2.30	245
Ortalama	2314	1314	2318	2.32	248



Üretim no. : 5	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 4.5
Tarih : 27.11.1984	İşlem sıcaklığı (°C) : 95	Ve-be de çökme (cm) : 4.5
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 4	Ortalama (cm) : 4.5
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 4	Vibrasyon süresi (sn) : 4

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2305	1300	X	2.29	123
4-2	2315	1310		2.30	126
4-3	2340	1320		2.29	122
5-1	2370	1355		2.33	121
5-2	2340	1330		2.32	125
5-3	2350	1330		2.30	129
Ortalama	2337	1324			2.31
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2380	1365	2380	2.34	225
6-2	2365	1340	2370	2.31	220
6-3	2350	1340	2350	2.33	225
7-1	2330	1325	2330	2.32	220
7-2	2345	1330	2350	2.33	220
7-3	2335	1330	2345	2.32	220
Ortalama	2351	1338	2354	2.33	222
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2310	1305	2330	2.30	220
2-2	2305	1305	2325	2.31	225
2-3	2295	1295	2315	2.30	240 *
3-1	2290	1290	2300	2.29	220
3-2	2295	1290	2310	2.28	225
3-3	2300	1300	2315	2.30	245 *
Ortalama	2299	1298	2316	2.30	229

Üretim no. : 6	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 4.5
Tarih : 17.12.1984	İşlem sıcaklığı (°C) : 80	Ve-be de çökme (cm) : 4
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 0	Ortalama (cm) : 4.5
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 4	Vibrasyon süresi (sn) : 4

### Hızlandırılmış deneyler 1 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2350	1330	X	2.30	111
4-2	2355	1330		2.30	111
4-3	2360	1335		2.30	112
5-1	2350	1335		2.31	112
5-2	2340	1325		2.30	111
5-3	2330	1325		2.32	107
Ortalama	2348	1330			2.31
Düz Ort.					

### Hızlandırılmış deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2310	1300	2340	2.31	255
6-2	2280	1280	2320	2.28	245
6-3	2280	1280	2315	2.28	250
7-1	2310	1300	2350	2.31	250
7-2	2290	1290	2330	2.29	250
7-3	2290	1290	2330	2.29	240
Ortalama	2293	1290	2331	2.29	248
Düz. Ort.					

### Standart deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2300	1300	2350	2.30	225
2-2	2300	1300	2345	2.30	235
2-3	2290	1290	2340	2.29	240
3-1	2290	1290	2340	2.29	245
3-2	2240	1250	2300	2.29	240
3-3	2260	1270	2285	2.28	235
Ortalama	2268	1287	2327	2.29	237

Üretim no. :7	Isıtma hızı (°C/s) :15	Çökme (cm) :3.5
Tarih :12.12.1984	İşlem sıcaklığı (°C):80	Ve-be de çökme (cm) :3.5
Dozaj (kg /m <sup>3</sup> ) :400	Önbekleme (s) :2	Ortalama (cm) :3.5
E/C :0.50	Ve-be süresi (sn) :5	Vibrasyon süresi (sn):6

### Hızlandırılmış deneyler 1 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2270	1275	X	2.28	107
4-2	2315	1300		2.28	109
4-3	2295	1285		2.29	111
5-1	2315	1295		2.27	111
5-2	2335	1310		2.28	115
5-3	2320	1310		2.30	116
Ortalama	2308	1296		2.28	111
Düz Ort.					

### Hızlandırılmış deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2300	1285	2340	2.27	230
6-2	2290	1280	2330	2.27	220
6-3	2280	1275	2330	2.27	235
7-1	2310	1290	2350	2.26	235
7-2	2305	1290	2350	2.27	225
7-3	2320	1300	2360	2.27	230
Ortalama	2301	1287	2343	2.27	229
Düz. Ort.					

### Standart deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2280	1270	2335	2.26	225
2-2	2285	1275	2340	2.26	230
2-3	2295	1285	2350	2.27	230
3-1	2290	1280	2340	2.27	225
3-2	2285	1285	2340	2.29	235
3-3	2290	1290	2340	2.29	235
Ortalama	2288	1281	2341	2.27	230

Üretim no. : 8	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 3.5
Tarih : 19.12.1984	İşlem sıcaklığı (°C) : 80	Ve-be de çökme (cm) : 3.5
Dozaj (kg./m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 4	Ortalama (cm) : 3.5
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 4	Vibrasyon süresi (sn) : 4

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2330	1325	X	2.32	118
4-2	2350	1335		2.32	118
4-3	2375	1350		2.32	124
5-1	2375	1355		2.33	117
5-2	2365	1345		2.32	117
5-3	2365	1350		2.33	126
Ortalama	2360	1343			2.32
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2340	1325	2355	2.31	260
6-2	2335	1330	2350	2.32	260
6-3	2340	1325	2350	2.31	245 *
7-1	2350	1330	2360	2.30	260
7-2	2340	1325	2350	2.31	260
7-3	2350	1335	2360	2.32	265
Ortalama	2343	1328	2355	2.31	258
Düz. Ort.	2343	1329	2355	2.31	261

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2335	1330	2360	2.32	260
2-2	2330	1325	2350	2.32	270
2-3	2325	1320	2350	2.31	270
3-1	2320	1315	2345	2.31	250 *
3-2	2330	1320	2355	2.31	245 *
3-3	2320	1320	2350	2.32	270
Ortalama	2327	1322	2352	2.32	261

Üretim no. : 9	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 3
Tarih : 11.12.1984	İşlem sıcaklığı (°C) : 80	Ve-be de çökme (cm) : 3.5
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 6	Ortalama (cm) : 3.5
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 5	Vibrasyon süresi (sn) : 5

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2300	1290	X	2.28	119 *
4-2	2330	1310		2.28	124
4-3	2315	1300		2.27	124
5-1	2335	1320		2.30	134
5-2	2340	1320		2.29	132
5-3	2335	1320		2.27	141 *
Ortalama	2328	1310			2.28
Düz Ort.	2333	1313		2.29	129

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2310	1300	2360	2.29	265
6-2	2305	1300	2350	2.29	220 *
6-3	2320	1320	2395	2.32	265
7-1	2315	1305	2360	2.29	260
7-2	2310	1300	2360	2.29	260
7-3	2300	1290	2350	2.28	255
Ortalama	2310	1303	2363	2.29	254
Düz. Ort.	2311	1303	2365	2.29	261

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2315	1290	2375	2.26	250
2-2	2290	1290	2350	2.29	245
2-3	2320	1320	2400	2.32	260
3-1	2320	1320	2380	2.32	260
3-2	2310	1300	2370	2.29	265
3-3	2320	1310	2385	2.30	255
Ortalama	2313	1305	2377	2.300	256

Üretim no. :10	Isıtma hızı (°C/s) :15	Çökme (cm) :3
Tarih :13.12.1984	İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be de çökme (cm) :3.5
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) :400	Önbekleme (s) :8	Ortalama (cm) :3.5
E/C :050	Ve-be süresi (sn) :6.5	Vibrasyon süresi (sn):6

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2325	1310	X	2.29	118
4-2	2320	1310		2.30	118
4-3	2310	1300		2.29	115
5-1	2340	1320		2.29	121
5-2	2320	1320		2.32	118
5-3	2310	1310		2.31	120
Ortalama	2321	1312			2.30
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2300	1290	2345	2.28	260
6-2	2315	1300	2365	2.28	260
6-3	2310	1300	2360	2.29	255
7-1	2275	1280	2330	2.29	255
7-2	2305	1290	2360	2.27	245
7-3	2320	1310	2370	2.30	260
Ortalama	2304	1295	2355	2.29	256
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2275	1270	2330	2.26	230
2-2	2300	1290	2360	2.28	235
2-3	2300	1290	2360	2.28	245
3-1	2310	1300	2370	2.29	245
3-2	2300	1300	2360	2.30	250
3-3	2300	1290	2360	2.28	250
Ortalama	2298	1290	2357	2.28	243

Üretim no. :11	Isıtma hızı (°C/s) :23	Çökme (cm) :3.5
Tarih :14.1.1985	İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be de çökme (cm) :3.5
Dozaj (kg./m <sup>3</sup> ) :400	Önbeleme (s) :6	Ortalama (cm) :3.5
E/C :0.50	Ve-be süresi (sn) :5	Vibrasyon süresi (sn) :5

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2325	1320	X	2.31	142 *
4-2	2350	1335		2.32	152
4-3	2360	1340		2.31	148
5-1	2355	1350		2.34	153
5-2	2340	1340		2.34	154
5-3	2335	1330		2.32	146
Ortalama	2344	1336			2.32
Düz Ort.	2348	1339		2.33	151

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2330	1325	2345	2.32	290
6-2	2340	1330	2355	2.32	290
6-3	2315	1315	2330	2.32	285
7-1	2340	1330	2350	2.32	285
7-2	2350	1340	2360	2.33	290
7-3	2320	1320	2335	2.32	285
Ortalama	2333	1327	2346	2.32	288
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2341	1340	2365	2.34	295
2-2	2350	1345	2375	2.34	300
2-3	2340	1340	2365	2.34	290
3-1	2300	1395	2330	2.31	290
3-2	2320	1320	2350	2.32	300
3-3	2325	1320	2345	2.31	305
Ortalama	2329	1328	2355	2.33	297

Üretim no. :12	Isıtma hızı (°C/s) :23	Çökme (cm) :3
Tarih :15.1.1985	İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be de çökme (cm) :3
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) :400	Önbekleme (s) :6	Ortalama (cm) :3
E/C :0.50	Ve-be süresi (sn) :5	Vibrasyon süresi (sn) :6

### Hızlandırılmış deneyler 1 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2355	1340	X	2.32	135
4-2	2385	1360		2.33	132
4-3	2380	1355		2.32	131
5-1	2360	1345		2.33	131
5-2	2360	1350		2.34	133
5-3	2385	1370		2.35	142 *
Ortalama	2371	1353			2.33
Düz Ort.	2368	1350		2.33	132

### Hızlandırılmış deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2355	1335	2370	2.31	280
6-2	2350	1335	2365	2.32	285
6-3	2340	1330	2355	2.32	285
7-1	2340	1335	2355	2.33	280
7-2	2340	1330	2350	2.32	270
7-3	2340	1330	2355	2.32	275
Ortalama	2344	1333	2358	2.32	279
Düz. Ort.					

### Standart deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2320	1320	2355	2.32	290
2-2	2330	1325	2360	2.32	280
2-3	2305	1310	2340	2.32	290
3-1	2310	1310	2345	2.31	285
3-2	2315	1315	2350	2.32	280
3-3	2280	1295	2315	2.31	280
Ortalama	2310	1313	2344	2.32	284



Üretim no. : 13	Isıtma hızı (°C/s) : 23	Çökme (cm) : 3.5
Tarih : 16.1.1985	İşlem sıcaklığı (°C) : 80	Ve-be de çökme (cm) : 3.5
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 9	Ortalama (cm) : 3.5
E/C : 0.50	Ve-be süresi (sn) : 5	Vibrasyon süresi (sn) : 6

## Hızlandırılmış deneyler 1 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2385	1360	X	2.33	119
4-2	2365	1350		2.33	113
4-3	2320	1320		2.32	112
5-1	2370	1350		2.32	115
5-2	2330	1325		2.32	113
5-3	2350	1345		2.34	125 *
Ortalama	2353	1342		2.33	116
Düz Ort.	2354	1341	2.32	114	

## Hızlandırılmış deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2330	1340	2345	2.35	265
6-2	2320	1330	2335	2.34	275
6-3	2355	1345	2370	2.33	280
7-1	2360	1340	2370	2.31	280
7-2	2350	1340	2365	2.33	260 *
7-3	2330	1330	2345	2.33	275
Ortalama	2341	1338	2355	2.33	273
Düz. Ort.	2339	1337	2353	2.33	275

## Standart deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2295	1210	2320	2.12	260
2-2	2350	1350	2380	2.35	240
2-3	2310	1320	2340	2.33	260
3-1	2320	1320	2350	2.32	240
3-2	2295	1305	2335	2.32	250
3-3	2320	1325	2358	2.33	240
Ortalama	2315	1305	2347	2.29	248

Üretim no. :14	Isıtma hızı (°C/s) :10	Çökme (cm) :3.5
Tarih :21.1.1985	İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be de çökme (cm) :3
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) :400	Önbekleme (s) :6	Ortalama (cm) :3.5
E/C :0.50	Ve-be süresi (sn) :5	Vibrasyon süresi (sn):6

### Hızlandırılmış deneyler 1 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2330	1330	X	2.33	111
4-2	2355	1340		2.32	208
4-3	2355	1340		2.32	113
5-1	2350	1340		2.33	113
5-2	2370	1355		2.33	116
5-3	2340	1340		2.34	122 *
Ortalama	2350	1341		2.33	114
Düz Ort.	2352	1341		2.33	112

### Hızlandırılmış deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2350	1335	2370	2.32	280
6-2	2315	1315	2330	2.32	280
6-3	2325	1320	2340	2.31	280
7-1	2330	1320	2345	2.31	285
7-2	2340	1330	2355	2.32	270
7-3	2355	1335	2370	2.31	280
Ortalama	2314	1326	2352	2.31	279
Düz. Ort.					

### Standart deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2300	1315	2330	2.34	280
2-2	2310	1315	2340	2.32	270
2-3	2300	1310	2335	2.32	280
3-1	2335	1330	2365	2.32	265
3-2	2325	1320	2360	2.31	275
3-3	2315	1315	2345	2.32	275
Ortalama	2314	1318	2346	2.32	274

Üretim no. : 15	Isıtma hızı (°C/s) : 15	Çökme (cm) : 1
Tarih : 29.1.1985	İşlem sıcaklığı (°C) : 80	Ve-be de çökme (cm) : 1.5
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) : 400	Önbekleme (s) : 6	Ortalama (cm) : 1.5
E/C : 0.46	Ve-be süresi (sn) : 9	Vibrasyon süresi (sn) : 11

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2390	1370	X	2.34	138
4-2	2350	1345		2.34	140
4-3	2345	1340		2.33	135
5-1	2370	1360		2.35	137
5-2	2380	1365		2.34	137
5-3	2360	1360		2.36	142
Ortalama	2366	1357		2.34	138
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2380	1370	2395	2.36	305
6-2	2395	1375	2410	2.35	310
6-3	2395	1385	2410	2.37	320
7-1	2405	1390	2420	2.37	320
7-2	2390	1375	2405	2.35	310
7-3	2395	1380	2410	2.36	305
Ortalama	2393	1379	2408	2.36	312
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2350	1340	2375	2.33	300
2-2	2350	1350	2380	2.35	305
2-3	2365	1360	2390	2.35	300
3-1	2300	1305	2325	2.31	290
3-2	2310	1320	2345	2.33	285
3-3	2330	1330	2355	2.33	295
Ortalama	2334	1334	2362	2.33	296

Üretim no. :16	Isıtma hızı (°C/s) :15	Çökme (cm) :6.5
Tarih :30.1.1985	İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be de çökme (cm) :7.5
Dozaj (kg/M <sup>3</sup> ) :400	Önbekleme (s) :6	Ortalama (cm) :7
E/C :0.55	Ve-be süresi (sn) :2	Vibrasyon süresi (sn) :2

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2320	1315	X	2.31	96
4-2	2330	1315		2.30	95
4-3	2320	1310		2.30	98
5-1	2315	1310		2.30	98
5-2	2340	1325		2.31	94
5-3	2330	1315		2.30	100
Ortalama	2326	1315			2.30
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2310	1300	2320	2.29	240
6-2	2310	1310	2320	2.31	245
6-3	2315	1305	2325	2.29	240
7-1	2330	1315	2335	2.30	240
7-2	2315	1310	2325	2.30	230
7-3	2320	1310	2330	2.30	240
Ortalama	2317	1308	2326	2.30	239
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2325	1320	2345	2.31	245
2-2	2315	1310	2335	2.30	225
2-3	2330	1320	2350	2.31	245
3-1	2280	1290	2305	2.30	240
3-2	2315	1310	2335	2.30	230
3-3	2320	1315	2340	2.31	235
Ortalama	2314	1311	2335	2.31	237

Üretim no. :17	Isıtma hızı (°C/s) :15	Çökme (cm) :15
Tarih :31.1.1985	İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be de çökme (cm) :14.5
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) :400	Önbekleme (s) :6	Ortalama (cm) :15
E/C :0.59	Ve-be süresi (sn) :1	Vibrasyon süresi (sn) :1

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2320	1310	X	2.30	82
4-2	2310	1300		2.29	83
4-3	2315	1305		2.29	81
5-1	2300	1300		2.30	82
5-2	2310	1300		2.29	85
5-3	2310	1300		2.29	85
Ortalama	2311	1303			2.29
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2310	1300	2325	2.29	190
6-2	2310	1300	2325	2.29	195
6-3	2310	1300	2320	2.29	200
7-1	2310	1295	2325	2.28	205
7-2	2300	1290	2305	2.28	195
7-3	2290	1290	2305	2.29	195
Ortalama	2305	1296	2318	2.28	197
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2320	1315	2340	2.31	195
2-2	2295	1290	2320	2.28	190
2-3	2300	1295	2320	2.29	185
3-1	2300	1290	2320	2.28	180
3-2	2270	1270	2295	2.27	195
3-3	2270	1275	2290	2.28	190
Ortalama	2293	1289	2314	2.28	189

Üretim no. :18	Isıtma hızı (°C/s) :15	Çökme (cm) :0.3
Tarih :11.2.1985	İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be de çökme (cm) :0.3
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) :250	Önbekleme (s) :6	Ortalama (cm) :0.3
E/C :0.55	Ve-be süresi (sn) :30	Vibrasyon süresi (sn):35

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2370	1360	X	2.35	93
4-2	2395	1380		2.36	105 *
4-3	2395	1375		2.35	98
5-1	2400	1390		2.38	99
5-2	2330	1330		2.33	90
5-3	2390	1380		2.37	108 *
Ortalama	2380	1369		2.36	99
Düz Ort.	2374	1369		2.35	95

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2390	1380	2400	2.37	215
6-2	2370	1365	2380	2.36	205
6-3	2320	1330	2330	2.34	175 *
7-1	2365	1365	2375	2.37	205
7-2	2385	1380	2400	2.37	215
7-3	2400	1390	2415	2.38	225
Ortalama	2372	1368	2383	2.37	207
Düz. Ort.	2382	1376	2394	2.37	213

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2410	1405	2440	2.40	225
2-2	2380	1375	2410	2.37	210
2-3	2420	1395	2440	2.36	215
3-1	2390	1375	2415	2.35	215
3-2	2380	1365	2410	2.34	200 *
3-3	2345	1340	2380	2.33	180 *
Ortalama	2388	1376	2416	2.36	208

Üretim no. :19	Isıtma hızı (°C/s) :15	Çökme (cm) :0.5
Tarih :5.2.1985	İşlem sıcaklığı (°C):80	Ve-be de çökme (cm) :0.5
Dozaj (kg /m <sup>3</sup> ) :300	Önbekleme (s) :6	Ortalama (cm) :0.5
E/C :0.55	Ve-be süresi (sn) :11	Vibrasyon süresi (sn):12

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2520	1490	X	2.45	103
4-2	2500	1480		2.45	102
4-3	2490	1480		2.47	103
5-1	2470	1460		2.45	95
5-2	2490	1475		2.45	96
5-3	2480	1475		2.47	101
Ortalama	2492	1477			2.45
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2470	1460	2480	2.45	215
6-2	2470	1460	2475	2.45	215
6-3	2450	1440	2460	2.43	205
7-1	2470	1470	2475	2.47	215
7-2	2490	1480	2500	2.47	210
7-3	2480	1470	2485	2.46	205
Ortalama	2472	1463	2479	2.45	211
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2505	1490	2510	2.47	210
2-2	2460	1465	2470	2.47	205
2-3	2490	1480	2495	2.47	210
3-1	2475	1475	2485	2.48	215
3-2	2485	1470	2490	2.47	215
3-3	2485	1480	2490	2.47	210
Ortalama	2483	1478	2490	2.47	211

Üretim no. :20	Isıtma hızı (°C/s) :15	Çökme (cm) :1.5
Tarih :6.2.1985	İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be de çökme (cm) :1.5
Dozaj (kg /m <sup>3</sup> ): 350	Önbekleme (s) :6	Ortalama (cm) :1.5
E/C :0.55	Ve-be süresi (sn) :6	Vibrasyon süresi (sn) :5

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2375	1365	X	2.35	95
4-2	2380	1365		2.34	86 *
4-3	2370	1360		2.35	93
5-1	2330	1330		2.33	94
5-2	2375	1360		2.34	95
5-3	2360	1350		2.34	102
Ortalama	2365	1355			2.34
Düz Ort.	2363	1354		2.34	96

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2350	1345	2360	2.34	225
6-2	2355	1350	2360	2.34	215
6-3	2355	1340	2365	2.32	225
7-1	2365	1350	2380	2.33	210
7-2	2350	1340	2360	2.33	210
7-3	2365	1350	2380	2.33	220
Ortalama	2357	1346	2368	2.33	218
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2370	1360	2390	2.35	215
2-2	2330	1325	2350	2.32	220
2-3	2340	1335	2355	2.33	215
3-1	2335	1330	2355	2.32	195 *
3-2	2365	1350	2380	2.33	200
3-3	2345	1330	2365	2.31	205
Ortalama	2348	1338	2366	2.33	208



Üretim no. :21	Isıtma hızı (°C/s) :15	Çökme (cm) :3.5
Tarih :14.2.1985	İşlem sıcaklığı (°C):80	Ve-be de çökme (cm) :4.5
Dozaj (kg/m <sup>3</sup> ) :350	Önbekleme (s) :6	Ortalama (cm) :4
E/C :0.60	Ve-be süresi (sn) :3	Vibrasyon süresi (sn):4

Hızlandırılmış deneyler 1 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2425	1420	X	2.42	106
4-2	2460	1440		2.42	108
4-3	2430	1420		2.41	103
5-1	2445	1435		2.42	106
5-2	2430	1425		2.42	104
5-3	2420	1415		2.41	106
Ortalama	2435	1426		2.41	106
Düz Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2420	1420	2430	2.42	220
6-2	2405	1400	2410	2.39	220
6-3	2425	1415	2430	2.40	210
7-1	2425	1420	2435	2.41	210
7-2	2415	1410	2425	2.40	210
7-3	2430	1420	2440	2.41	210
Ortalama	2420	1414	2427	2.41	213
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2410	1415	2420		230
2-2	2400	1405	2410		230
2-3	2370	1380	2375		230
3-1	2395	1395	2400		230
3-2	2415	1415	2425		230
3-3	2380	1385	2390		220
Ortalama					

Üretim No :22	Önbekleme (s) :0	Çökme (cm) :4
Tarih :6.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C) :20	ve-be de çökme(cm) ;4
Isıtma hızı (°C/s) :30	Son sıcaklık (°C) :20	Ortalama (cm) :4
İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be süresi (sn) :3	Vibrasyon süresi (sn) :4

Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2360	1340	X	2.31	73
4-2	2380	1350		2.31	74
4-3	2375	1345		2.31	73
5-1	2375	1350		2.32	74
5-2	2370	1350		2.32	70
5-3	2370	1355		2.33	75
Ortalama	2372	1348		2.32	73
Düz. Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2365	1350	2380	2.33	240
6-2	2370	1350	2385	2.32	240
6-3	2355	1335	2370	2.31	250
7-1	2365	1350	2385	2.33	250
7-2	2375	1355	2390	2.33	255
7-3	2370	1350	2385	2.32	250
Ortalama	2367	1348	2382	2.32	240
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2340	1335	2360	2.33	235
2-2	2325	1320	2340	2.31	240
2-3	2290	1295	2310	2.30	260 *
3-1	2350	1335	2380	2.32	230
3-2	2340	1330	2370	2.32	230
3-3	2310	1310	2335	2.31	230
Ortalama	2326	1321	2349	2.31	230

Üretim No	:23	Önbekleme (s)	:0	Çökme (cm)	:3
Tarih	:8.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C)	:20	ve-be de çökme(çm)	:3.5
Isıtma hızı (°C/s)	:30	Son sıcaklık (°C)	:50	Ortalama (cm)	:3.5
İşlem sıcaklığı (°C)	:80	Ve-be süresi (sn)	:5	Vibrasyon süresi (sn)	:5

#### Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2345	1320	X	2.29	69
4-2	2330	1320		2.31	69
4-3	2350	1330		2.30	72
5-1	2350	1330		2.30	76 *
5-2	2350	1335		2.32	74
5-3	2370	1350		2.32	78 *
Ortalama	2349	1331			2.31
Düz. Ort.	2344	1326		2.31	71

#### Hızlandırılmış deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2350	1330	2370	2.30	210
6-2	2340	1320	2365	2.29	205
6-3	2295	1290	2320	2.28	205
7-1	2310	1305	2330	2.30	210
7-2	2325	1315	2350	2.30	195
7-3	2315	1305	2340	2.29	200
Ortalama	2323	1311	2346	2.30	204
Düz. Ort.					

#### Standart deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2360	1345	2390	2.33	235
2-2	2345	1335	2370	2.32	230
2-3	2325	1320	2355	2.31	240
3-1	2340	1325	2365	2.31	225
3-2	2325	1315	2355	2.31	235
3-3	2305	1300	2330	2.29	230
Ortalama	2333	1323	2361	2.31	233

Üretim No : 24	Önbeleme (s) : 1	Çökme (cm) : 3.5
Tarih : 12.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C): 20	ve-be de çökme(cm) : 3.5
Isıtma hızı (°C/s) : 30	Son sıcaklık (°C) : 50	Ortalama (cm) : 3.5
İşlem sıcaklığı (°C) : 80	Ve-be süresi (sn) : 4	Vibrasyon süresi (sn): 6

#### Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2325	1315	X	2.30	65
4-2	2360	1330		2.29	66
4-3	2350	1330		2.30	66
5-1	2370	1345		2.31	68
5-2	2345	1330		2.31	65
5-3	2350	1330		2.30	63
Ortalama	2350	1330		2.30	66
Düz. Ort.					

#### Hızlandırılmış deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2325	1310	2350	2.29	220
6-2	2310	1305	2335	2.30	225
6-3	2315	1305	2340	2.29	225
7-1	2330	1320	2350	2.31	220
7-2	2320	1310	2345	2.30	220
7-3	2340	1325	2360	2.31	220
Ortalama	2323	1313	2347	2.30	222
Düz. Ort.					

#### Standart deneyler 28 günlük

Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2340	1330	2360	2.32	220
2-2	2310	1310	2335	2.31	215
2-3	2330	1325	2350	2.32	240 *
3-1	2315	1315	2335	2.32	220
3-2	2345	1335	2370	2.32	220
3-3	2315	1310	2340	2.30	205
Ortalama	2326	1321	2348	2.31	220

Üretim No :25	Önbekleme (s) :2	Çökme (cm) :3.5
Tarih :20.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C):20	ve-be de çökme (cm) :3.5
Isıtma hızı (°C/s) :30	Son sıcaklık (°C) :50	Ortalama (cm) :3.5
İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be süresi (sn) :4	Vibrasyon süresi (sn) :4

Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2330	1320	X	2.31	58
4-2	2345	1325		2.30	55 *
4-3	2355	1335		2.31	58
5-1	2350	1345		2.34	63
5-2	2340	1330		2.32	62
5-3	2325	1320		2.31	62
Ortalama	2341	1329			2.31
Düz. Ort.	2340	1330		2.32	61

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2335	1320	2360	2.30	249
6-2	2310	1305	2330	2.30	239
6-3	2320	1320	2345	2.32	232
7-1	2325	1325	2345	2.33	246
7-2	2330	1330	2355	2.33	252
7-3	2355	1340	2380	2.32	244
Ortalama	2329	1323	2353	2.32	244
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2330	1330	2355	2.33	229
2-2	2320	1320	2350	2.32	226
2-3	2315	1320	2345	2.33	240
3-1	2300	1305	2330	2.31	229
3-2	2300	1305	2330	2.31	232
3-3	2330	1320	2360	2.31	249 *
Ortalama	2316	1317	2345	2.32	234

Üretim No :26	Önbeleme (s) :0	Çökme (cm) :3.5
Tarih :13.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C):50	ve-be de çökme(cm) :3.5
Isıtma hızı (°C/s) :30	Son sıcaklık (°C) :50	Ortalama (cm) :3.5
işlem sıcaklığı (°C):80	Ve-be süresi (sn) :5	Vibrasyon süresi (sn):6

Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2365	1335	X	2.30	83
4-2	2345	1325		2.30	87
4-3	2350	1340		2.33	87
5-1	2355	1330		2.30	89
5-2	2385	1355		2.32	85
5-3	2380	1355		2.32	90
Ortalama	2363	1340			2.31
Düz. Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2365	1335	2390	2.30	220
6-2	2375	1345	2400	2.31	220
6-3	2345	1325	2370	2.30	230
7-1	2375	1345	2400	2.31	215
7-2	2370	1340	2390	2.30	215
7-3	2365	1335	2385	2.30	210
Ortalama	2366	1338	2389	2.30	218
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2335	1335	2360	2.34	250
2-2	2370	1345	2390	2.31	245
2-3	2365	1350	2395	2.33	245
3-1	2370	1360	2390	2.35	245
3-2	2340	1335	2365	2.33	240
3-3	2355	1350	2380	2.34	250
Ortalama	2356	1346	2379	2.33	246

Üretim No :27	Önbekleme (s) :1	Çökme (cm) :3.5
Tarih :14.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C):50	ve-be de çökme (m) :4
Isıtma hızı (°C/s) :30	Son sıcaklık (°C) :50	Ortalama (cm) :4
İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be süresi (sn) :4	Vibrasyon süresi (sn) :4

Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2350	1330	X	2.30	80
4-2	2340	1325		2.31	80
4-3	2335	1315		2.29	80
5-1	2350	1330		2.30	80
5-2	2320	1310		2.30	80
5-3	2325	1315		2.30	80
Ortalama	2337	1321			2.30
Düz. Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2360	1340	2380	2.31	235
6-2	2320	1315	2340	2.31	240
6-3	2335	1315	2340	2.29	255 *
7-1	2355	1335	2380	2.31	245
7-2	2325	1315	2345	2.30	235
7-3	2355	1335	2380	2.31	230
Ortalama	2342	1326	2361	2.31	240
Düz. Ort.	2343	1328	2365	2.31	237

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2330	1325	2365	2.32	240
2-2	2280	1295	2315	2.31	235
2-3	2320	1320	2355	2.32	235
3-1	2300	1310	2340	2.32	235
3-2	2310	1310	2345	2.31	235
3-3	2315	1315	2350	2.32	225
Ortalama	2309	1313	2345	2.32	234

Üretim No :28	Önbeleme (s) :2	Çökme (cm) :3.5
Tarih :18.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C):50	ve-be de çökme(cm) :3.5
Isıtma hızı (°C/s) :30	Son sıcaklık (°C) :50	Ortalama (cm) :3.5
İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be süresi (sn) :4	Vibrasyon süresi (sn):5

Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2330	1315	X	2.30	73
4-2	2355	1340		2.32	71
4-3	2340	1325		2.31	76
5-1	2365	1350		2.33	76
5-2	2355	1340		2.32	73
5-3	2340	1335		2.33	78
Ortalama	2348	1334		2.32	75
Düz. Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2340	1320	2360	2.29	245
6-2	2370	1345	2395	2.31	251
6-3	2355	1330	2375	2.30	253
7-1	2350	1335	2370	2.32	255
7-2	2370	1350	2395	2.32	259
7-3	2370	1355	2395	2.33	265
Ortalama	2359	1339	2382	2.31	255
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2315	1310	2330	2.30	250
2-2	2350	1345	2375	2.34	240
2-3	2330	1320	2360	2.31	252
3-1	2310	1320	2340	2.33	249
3-2	2330	1325	2360	2.32	245
3-3	2345	1335	2375	2.32	252
Ortalama	2330	1326	2357	2.32	248



Üretim No :29	Önbeleme (s) :0	Çökme (cm) :3.5
Tarih :3.4.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C):80	ve-be de çökme(cm) :4
Isıtma hızı (°C/s) :-	Son sıcaklık (°C) :50	Ortalama (cm) :4
İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be süresi (sn) :4	Vibrasyon süresi (sn):5

Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2355	1320	X	2.28	77
4-2	2360	1325		2.28	78
4-3	2360	1330		2.29	83 *
5-1	2380	1345		2.30	82 *
5-2	2350	1320		2.28	77
5-3	2360	1325		2.28	76
Ortalama	2361	1328		2.28	79
Düz. Ort.	2356	1323	2.28	77	

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2350	1325	2380	2.29	200
6-2	2380	1340	2405	2.29	199
6-3	2360	1330	2385	2.29	200
7-1	2345	1320	2370	2.29	193
7-2	2350	1315	2375	2.27	194
7-3	2360	1325	2380	2.28	198
Ortalama	2358	1326	2383	2.29	197
Düz. Ort.					

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2310	1310	2335	2.31	258
2-2	2325	1315	2350	2.30	260
2-3	2340	1325	2365	2.31	257
3-1	2310	1310	2340	2.31	263
3-2	2290	1290	2315	2.29	259
3-3	2330	1320	2360	2.31	256
Ortalama	2318	1312	2344	2.31	259

Üretim No :30	Önbeleme (s) :2	Çökme (cm) :3.5
Tarih :27.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C):80	ve-be de çökme(çm) :4
Isıtma hızı (°C/s) : -	Son sıcaklık (°C) :50	Ortalama (cm) :4
İşlem sıcaklığı (°C) :80	Ve-be süresi (sn) :4	Vibrasyon süresi (sn) :5

Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2360	1335	X	2.30	68
4-2	2360	1335		2.30	68
4-3	2360	1330		2.29	65
5-1	2335	1315		2.29	69
5-2	2330	1315		2.30	67
5-3	2355	1335		2.31	67
Ortalama	2350	1328		2.30	67
Düz. Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2360	1340	2380	2.31	239 *
6-2	2355	1325	2380	2.29	220
6-3	2365	1335	2390	2.30	213
7-1	2310	1305	2335	2.30	220
7-2	2330	1310	2350	2.28	211
7-3	2350	1330	2375	2.30	211
Ortalama	2345	1324	2368	2.30	219
Düz. Ort.	2342	1321	2366	2.29	215

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınc dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2325	1315	2350	2.30	210
2-2	2310	1310	2330	2.31	200
2-3	2310	1310	2340	2.31	212
3-1	2315	1310	2340	2.30	214
3-2	2305	1305	2335	2.33	213
3-3	2310	1310	2345	2.31	216
Ortalama	2313	1312	2340	2.31	211

Üretim No :31	Önbeleme (s) :4	Çökme (cm) :3
Tarih :25.3.1985	Başlangıç sıcaklığı (°C):80	ve-be de çökme(cm) :3.5
Isıtma hızı (°C/s) :-	Son sıcaklık (°C) :50	Ortalama (cm) :3.5
İşlem sıcaklığı (°C):80	Ve-be süresi (sn) :5	Vibrasyon süresi (sn) :5

Hızlandırılmış deneyler 8 saatlik					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
4-1	2325	1320	X	2.31	52
4-2	2345	1325		2.30	53
4-3	2355	1330		2.30	52
5-1	2370	1335		2.29	51
5-2	2345	1330		2.31	52
5-3	2370	1350		2.32	56
Ortalama	2352	1332			2.31
Düz. Ort.					

Hızlandırılmış deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
6-1	2360	1335	2380	2.30	245
6-2	2350	1325	2370	2.29	241
6-3	2340	1325	2345	2.31	215 *
7-1	2340	1320	2365	2.29	226
7-2	2355	1330	2375	2.30	227
7-3	2340	1330	2365	2.32	237
Ortalama	2348	1328	2367	2.30	232
Düz. Ort.	2349	1328	2371	2.30	235

Standart deneyler 28 günlük					
Kalıp No	Söküm ağırlığı (gr)		Deney ağırlığı (gr)	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Havada	Suda			
2-1	2335	1335	2365	2.34	246
2-2	2345	1330	2370	2.31	249
2-3	2325	1325	2355	2.33	250
3-1	2325	1325	2355	2.33	242
3-2	2330	1330	2360	2.33	229 *
3-3	2330	1330	2360	2.33	236
Ortalama	2332	1329	2361	2.33	242
Düz. Ort.					

Tablo-45

Çimento	Trabzon TÇ325	Ön bekleme süresi (s)	4
Deney No	1	Isıtma hızı (°C/s)	15
Üretim tarihi	17.1.1985	İşlem sıcaklığı (°C)	80
Çevrim süresi (s)	24	Son bekleme süresi (s)	2

NUMUNE NO	SÖKÜM AĞ: (gr)	EĞİLME (kgf/cm <sup>2</sup> )	YÜK (kgf)
-----------	-------------------	----------------------------------	-----------

Hızlandırılmış deney yaş: 1 gün				
1-1	564.2	36	2700	2550
1-2	564.3	40.5	2500	2350
1-3	561.6	40.5	3050	2800
2-1	569.3	41	2900	2700
2-2	568.6	39.5	3150	2900
2-3	565.3	39	2500	3050
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		39.4	173	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		15.94		
VARYASYON KATSAYISI (%)		9.23		

Hızlandırılmış deney yaş: 28 gün				
1-1	568.8	55.5	4250	4550
3-2	569.3	52	4550	4750
3-3	568.8	47	4600	4600
4-1	564.6	55.5	3400	3950
4-2	563.8	47.5	4250	4550
4-3	564.4	49	4300	4200
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		51.8	271	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		23.14		
VARYASYON KATSAYISI (%)		8.55		

Standart deney yaş: 28 gün				
5-1	558.2	66	4625	4250
5-2	560.3	64	4500	4350
5-3	558.3	59	4250	3900
6-1	561.8	63	4300	4450
6-2	564.6	66	4550	4100
6-3	563.4	65	4600	4300
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		63.5	272	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		13.33		
VARYASYON KATSAYISI (%)		4.91		

Tablo-46

Çimento	Trabzon TÇ325	Ön bekleme süresi (s)	4
Deney No	2	Isıtma hızı (°C/s)	15
Üretim tarihi	13.2.1985	İşlem sıcaklığı (°C)	80
Çevrim süresi (s)	24	Son bekleme süresi (s)	2

NUMUNE NO	SÖKÜM AĞ: (gr)	EĞİLME (kgf/cm <sup>2</sup> )	YÜK (kgf)	
-----------	-------------------	----------------------------------	-----------	--

Hızlandırılmış deney yaş :1 gün				
1-1	572.2	43	3100	3180
1-2	566.7	36	2900	3080
1-3	568.8	43.5	3340	3200
2-1	563.2	40.5	2940	2900
2-2	567.0	39	2980	2900
2-3	567.4	38	3100	3000
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		40	191	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		8.77		
VARYASYON KATSAYISI (%)		4.6		

Hızlandırılmış deney yaş : 28 gün				
3-1	570.2	57	5400	5100
3-2	571	54	5000	4750
3-3	575.7	56	5300	5300
4-1	563.6	57.5	5150	5000
4-2	570.2	53.5	4500	4700
4-3	568.5	67	5000	5200
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		57.5	315	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		16.87		
VARYASYON KATSAYISI (%)		5.36		

Standart deney yaş : 28 gün				
5-1	560.4	63	3800	4100
5-2	561.4	68.5	4400	4250
5-3	560.5	61	4650	4650
6-1	558.8	55.5	4000	4100
6-2	558.2	62.5	4300	4100
6-3	553.4	66	4150	4950
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		62.7	268	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		20.3		
VARYASYON KATSAYISI (%)		7.58		

Tablo-47

Çimento	Trabzon TÇ325	Ön bekleme süresi (s)	4
Deney No	3	Isıtma hızı (°C/s)	15
Üretim tarihi	20.2.1985	İşlem sıcaklığı (°C)	80
Çevrim süresi (s)	24	Son bekleme süresi (s)	2

NUMUNE NO	SÖKÜM AĞ: (gr)	EĞİLME (kgf/cm <sup>2</sup> )	YÜK (kgf)	
-----------	-------------------	----------------------------------	-----------	--

Hızlandırılmış deney yaş : 1 gün				
1-1	568.6	37.5	3000	3200
1-2	561.5	36.5	3250	3175
1-3	561	39.0	3100	3220
2-1	569	33.0	2850	2800
2-2	569	41.0	2980	3000
2-3	565	42.5	2900	2900
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		38.2	189	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		9.66		
VARYASYON KATSAYISI (%)		5.1		

Hızlandırılmış deney yaş : 28 gün				
3-1	567.9	54.5	4500	4600
3-2	569.6	54	4850	4600
3-3	568.7	56	4950	5000
4-1	563.6	57	4900	4950
4-2	564.2	56	5150	5100
4-3	565.6	53.5	4700	4550
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		55.1	301	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		13.94		
VARYASYON KATSAYISI (%)		4.63		

Standart deney yaş : 28 gün				
5-1	566	55.5	4500	4400
5-2	568.5	57	4350	4550
5-3	561.7	60	4450	4350
6-1	566.8	57	4300	4300
6-2	565.7	57	4700	4500
6-3	563.4	58	4400	4430
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		57.4	277	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		7.19		
VARYASYON KATSAYISI (%)		2.59		

Tablo-48

Çimento	Trabzon TÇ325	Ön bekleme süresi (s)	4
Deney No	4	Isıtma hızı (°C/s)	15
Üretim tarihi	13.3.1985	İşlem sıcaklığı (°C)	80
Çevrim süresi (s)	24	Son bekleme süresi (s)	2

NUMUNE NO	SÖKÜM AĞ: (gr)	EĞİLME (kgf/cm <sup>2</sup> )	YÜK (kgf)	
-----------	-------------------	----------------------------------	-----------	--

Hızlandırılmış deney yaş : 1 gün				
1-1	570.5	35	2780	2810
1-2	567.0	33	2770	2780
1-3	567.6	30.5	2790	2960
2-1	565.7	29.0	2420	2340
2-2	569.0	30.5	2560	2570
2-3	569.0	34.0	2780	2660
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		32	268	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )			11.16	
VARYASYON KATSAYISI (%)			6.65	

Hızlandırılmış deney yaş : 28 gün				
3-1	564.0	41	3900	3200
3-2	567.4	44	3850	3900
3-3	569.0	45	3950	3600
4-1	569.0	43	3450	3500
4-2	570.4	44	3850	3900
4-3	573.5	44.5	4150	3850
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		43.6	235	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )			16.51	
VARYASYON KATSAYISI (%)			7.04	

Standart deney yaş: 28 gün				
5-1	556.5	43	4050	3900
5-2	557.9	42	3800	3800
5-3	554.6	43.5	4050	4000
6-1	561.0	44	4150	4200
6-2	562.0	41	3750	3600
6-3	561.3	47	3550	3800
ORTALAMA (kgf/cm <sup>2</sup> )		43.4	243	
STANDART SAPMA (kgf/cm <sup>2</sup> )			12.93	
VARYASYON KATSAYISI (%)			5.32	

Üretim No	Basınç dayanımları			
	RH1	RH1/R28	RH28	RH28/R28
1	173	0.64	271	1.00
2	191	0.71	315	1.17
3	189	0.68	301	1.09
4	165	0.68	235	0.97

Tablo-49. Çimento deneylerine ait  $R_{hızlandırılmış}/R_{standart}$  değerleri



## Yumuşak Çevrimlere Ait Şekiller

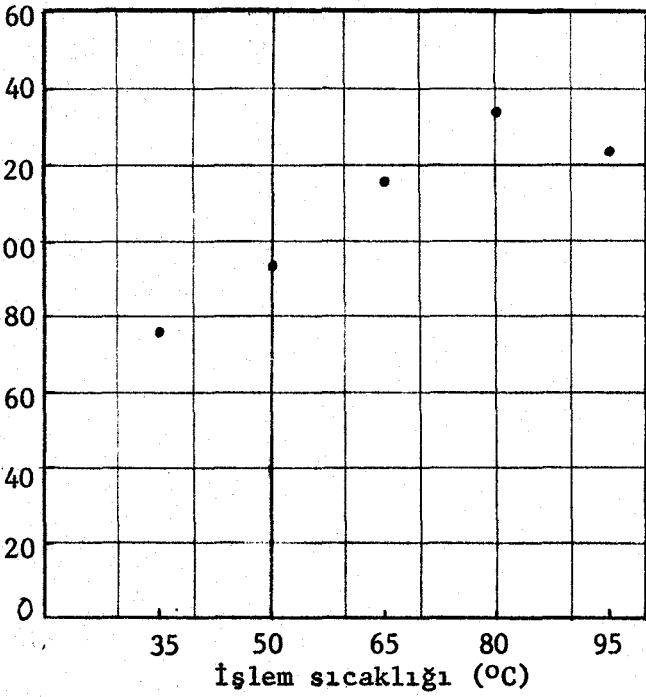
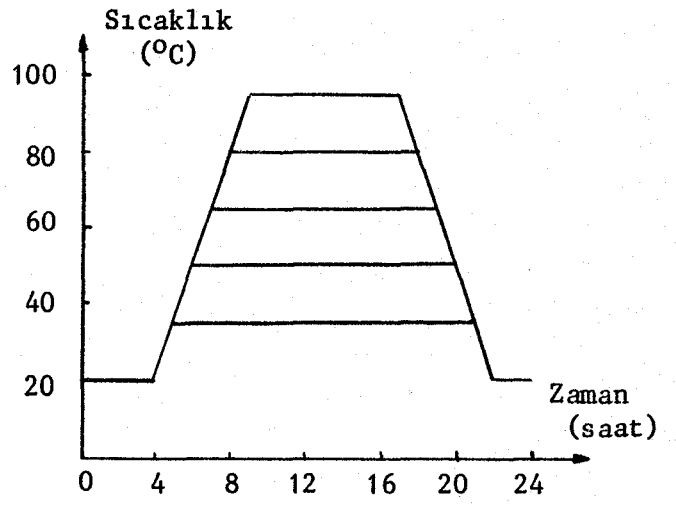
Şekil-11	İşlem sıcaklığı-Basınç dayanımı ilişkileri	99
Şekil-12	Önbekleme süresi-Basınç dayanımı ilişkileri	100
Şekil-13	Isıtma hızı-Basınç dayanımı ilişkileri	101
Şekil-14	Yüksek ısıtma hızında işlem süresi-Basınç dayanımı ilişkileri	102
Şekil-15	Yüksek ısıtma hızında önbekleme süresi-Basınç dayanımı ilişkileri	103
Şekil-16	E/C oranı-Basınç dayanımı ilişkileri	104
Şekil-17	Dozaj-Basınç dayanımı ilişkileri	105

## Hızlı Çevrimlere Ait Şekiller:

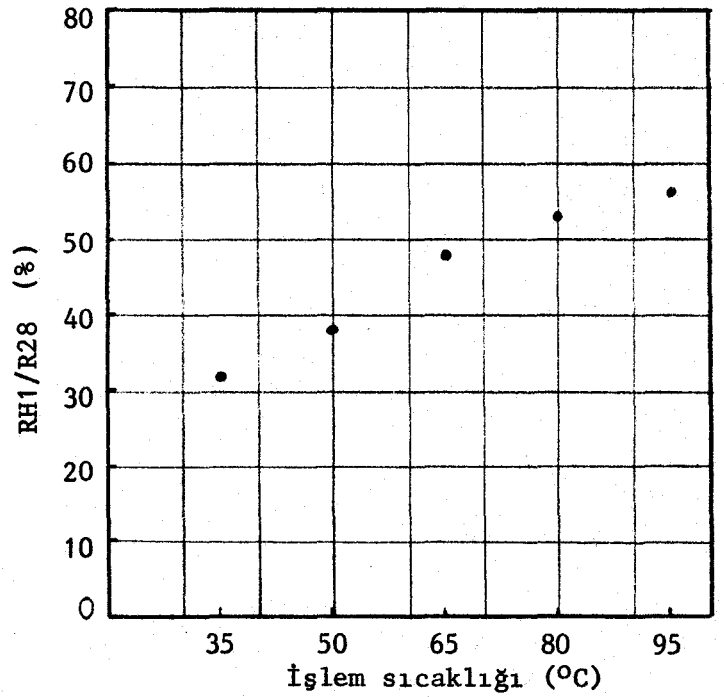
Şekil-18	Soğutma dönemi sıcaklığı-Basınç dayanımı ilişkileri	106
Şekil-19	20 °C başlangıç sıcaklığında önbekleme süresi-Basınç dayanımı ilişkileri	107
Şekil-20	50 °C başlangıç sıcaklığında önbekleme süresi-Basınç dayanımı ilişkileri	108
Şekil-21	80 °C başlangıç sıcaklığında önbekleme süresi-Basınç dayanımı ilişkileri	109
Şekil-22	0 saat önbekleme süresinde başlangıç sıcaklığı-Basınç dayanımı ilişkileri	110
Şekil-23	2 saat önbekleme süresinde başlangıç sıcaklığı-Basınç dayanımı ilişkileri	111
Şekil-24	1 saat önbekleme süresinde başlangıç sıcaklığı-Basınç dayanımı ilişkileri	112

NOT: Bu şekillerin (a) kısımlarında 1 günlük (hızlı çevrimlerde 8 saatlik) dayanım değerleri, (a1) kısımlarında RH1/R28 (yada RH8 s/R28) oranları, (b) kısımlarında 28 günlük hızlandırılmış dayanım değerleri, (b1) kısımlarında da RH28/R28 oranları ile olan ilişkiler verilmiştir. Her şeklin sol üst kısmında o şekle ait parametrelerin değerleri, sağ üst kısmında da kullanılan çevrimlerin şekli görülebilir.

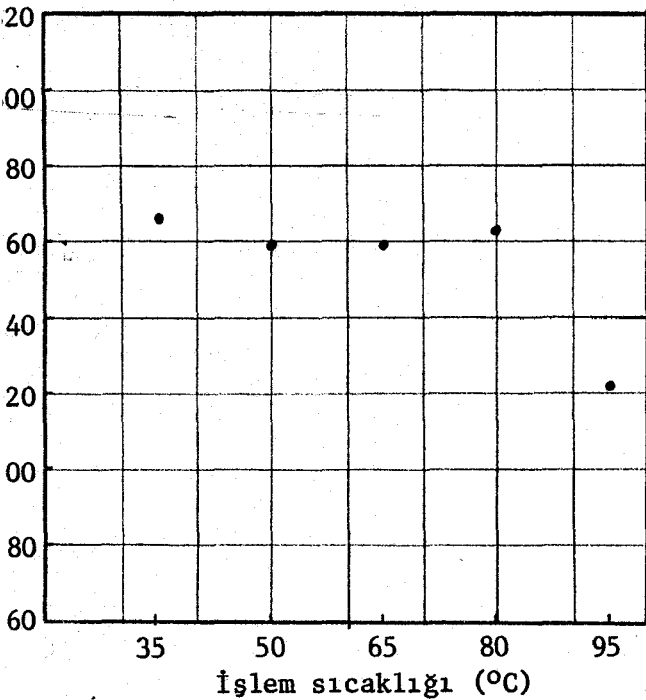
Önbekleme süresi : 4 saat  
 Isıtma hızı : 15 °C/s  
 Son bekleme süresi : 2 saat  
 Dozaj : 400  
 E/C : 0.50



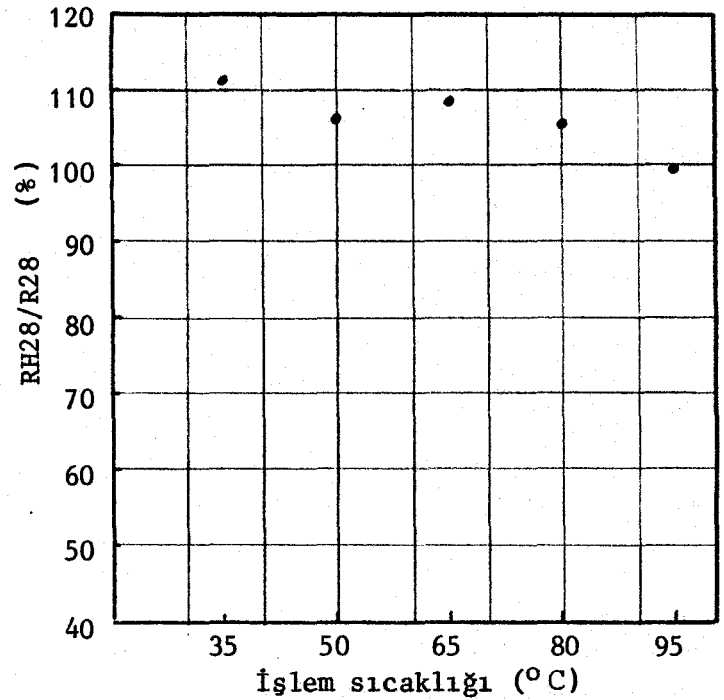
(a)



(a1)

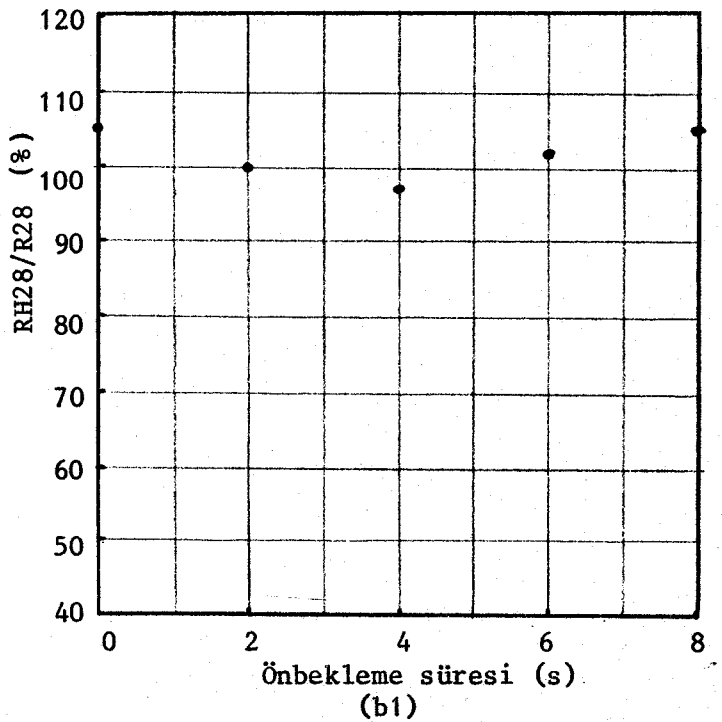
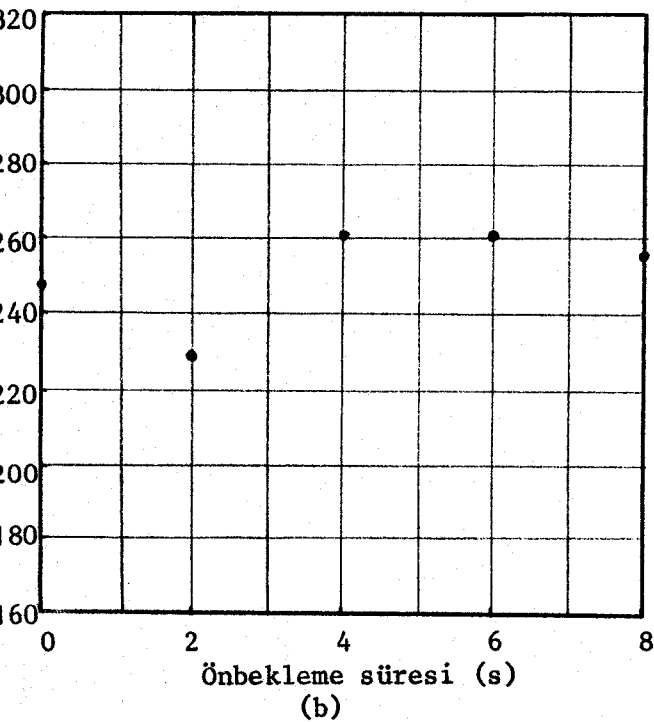
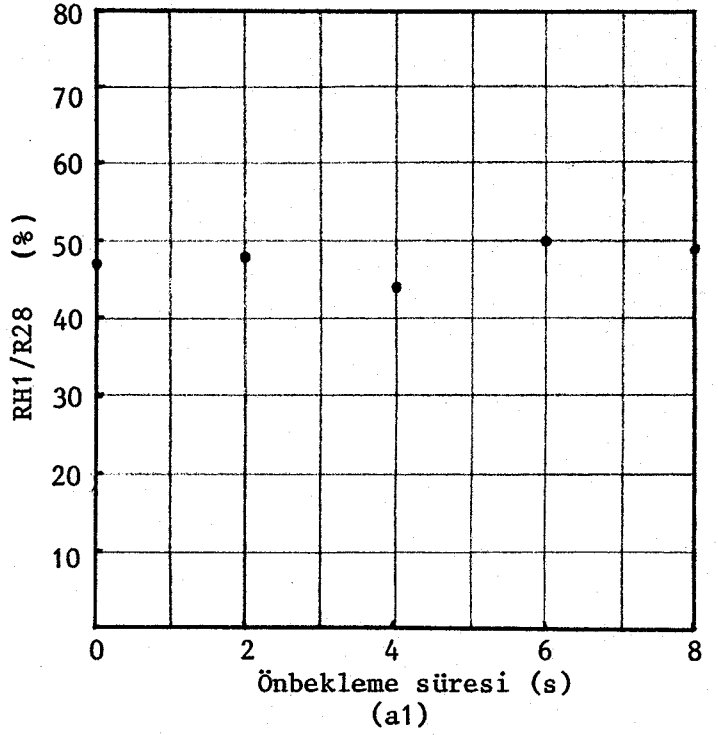
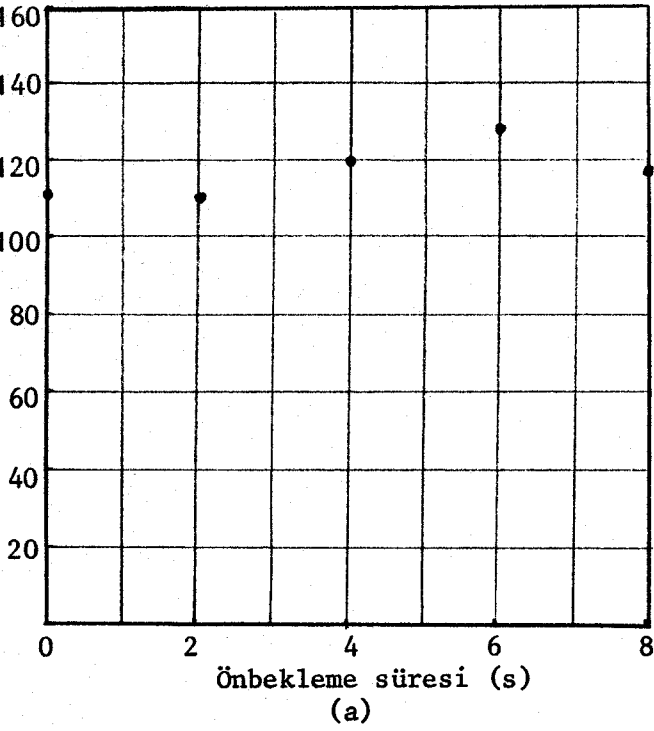
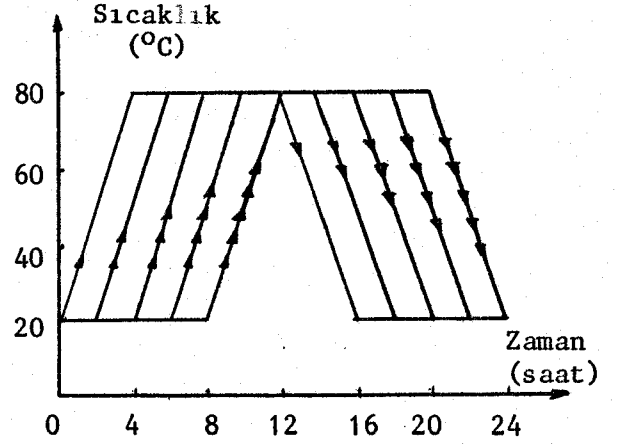


(b)



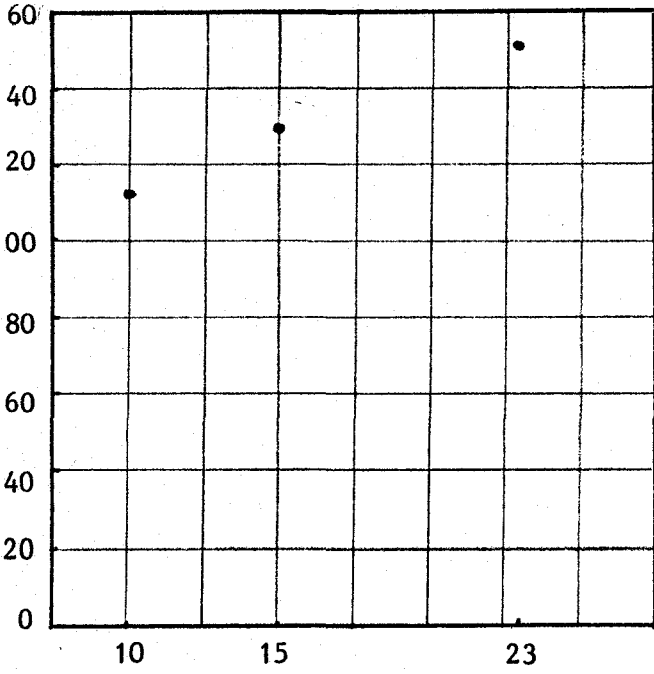
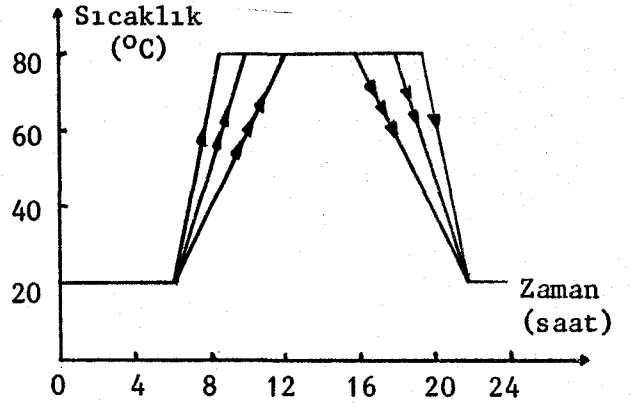
(b1)

Isıtma hızı : 15 °C/saat  
 İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 İşlem süresi : 8 saat  
 Dozaj : 400  
 E/C : 0.50

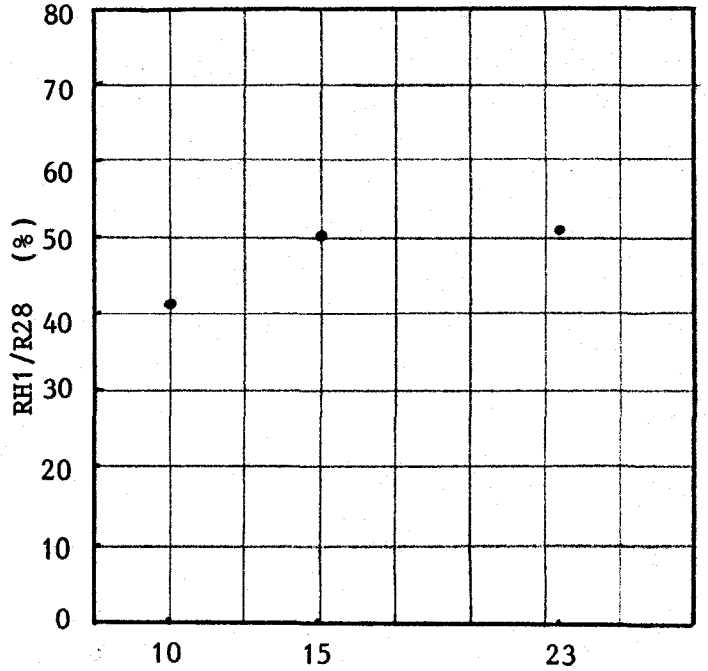


Şekil-12

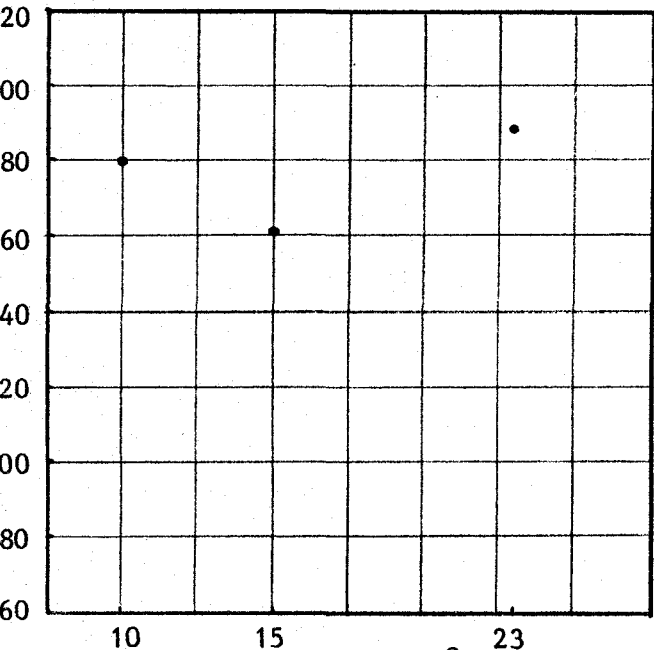
Önbekleme süresi : 6 saat  
 İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 Son bekleme süresi : 2 saat  
 Dozaj : 400 kg/m<sup>3</sup>  
 E/C : 0.50



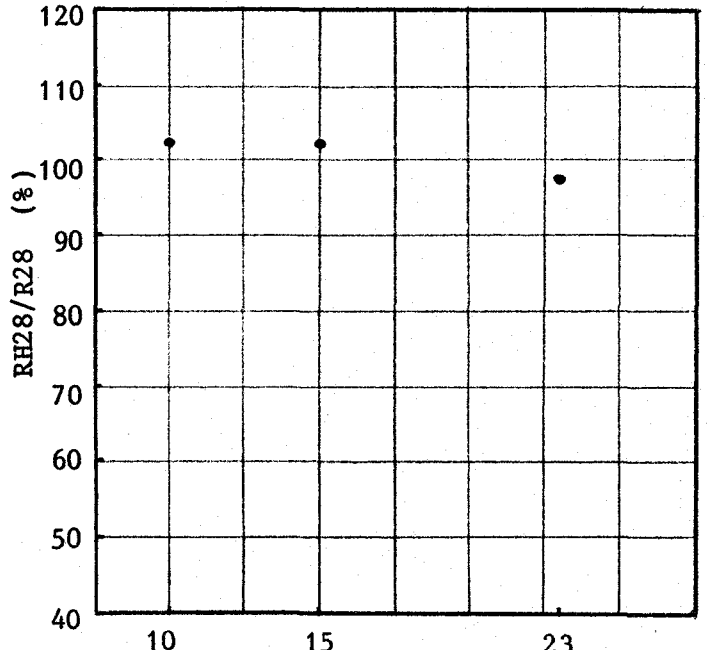
Isıtma hızı (°C/s)  
(a)



Isıtma hızı (°C/s)  
(a1)

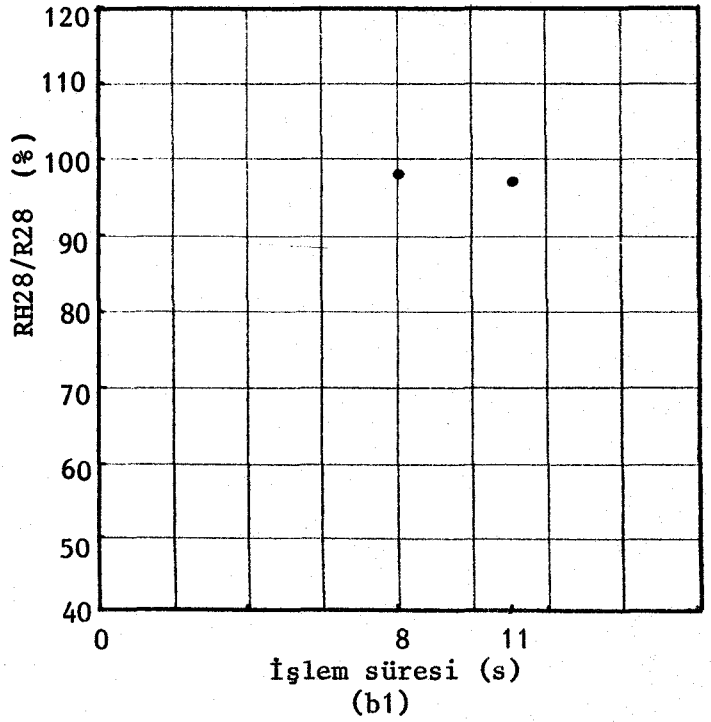
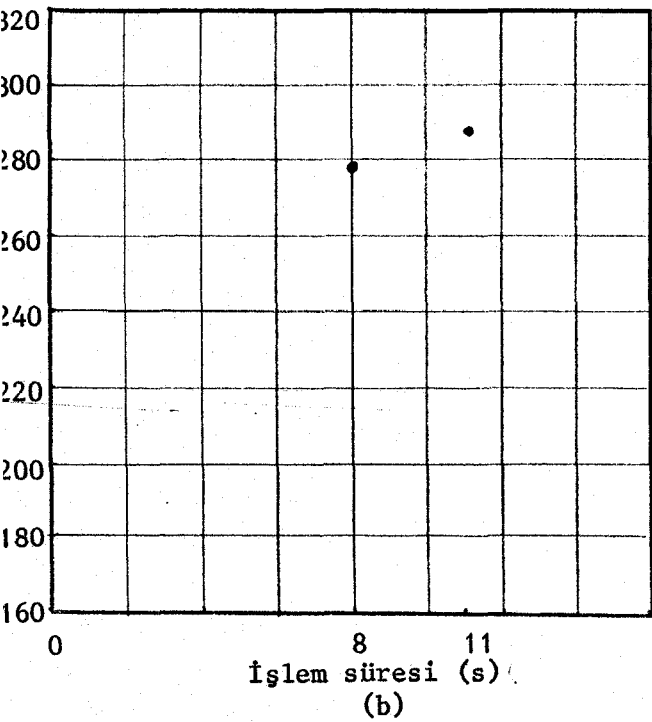
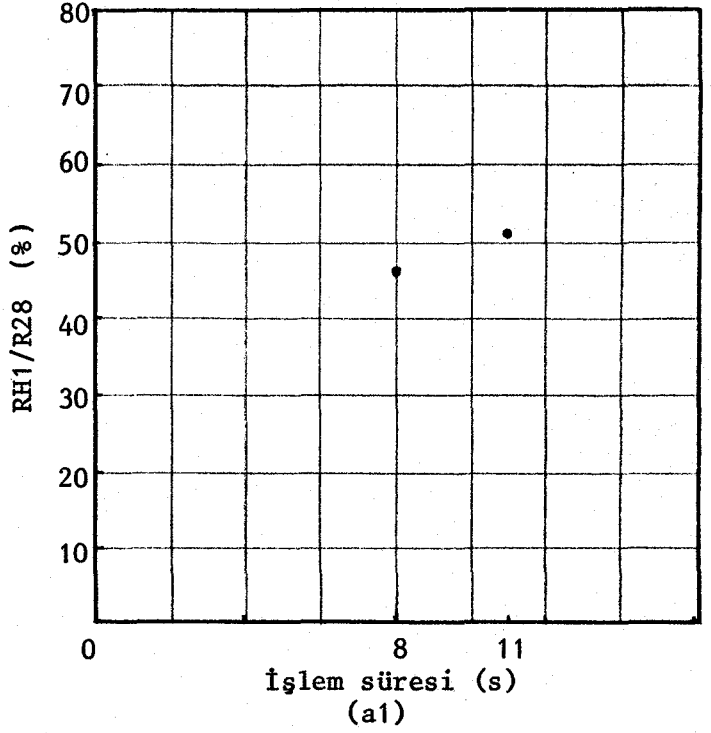
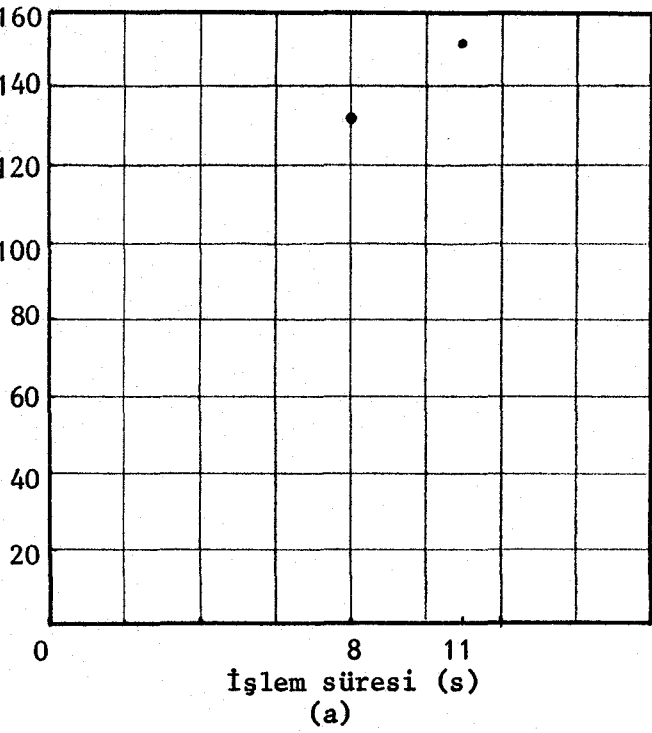
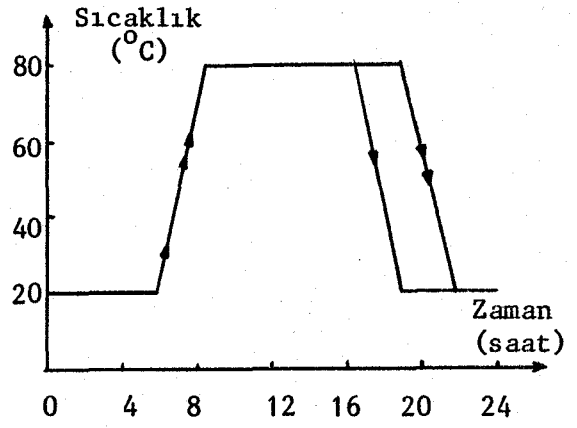


Isıtma hızı (°C/s)  
(b)



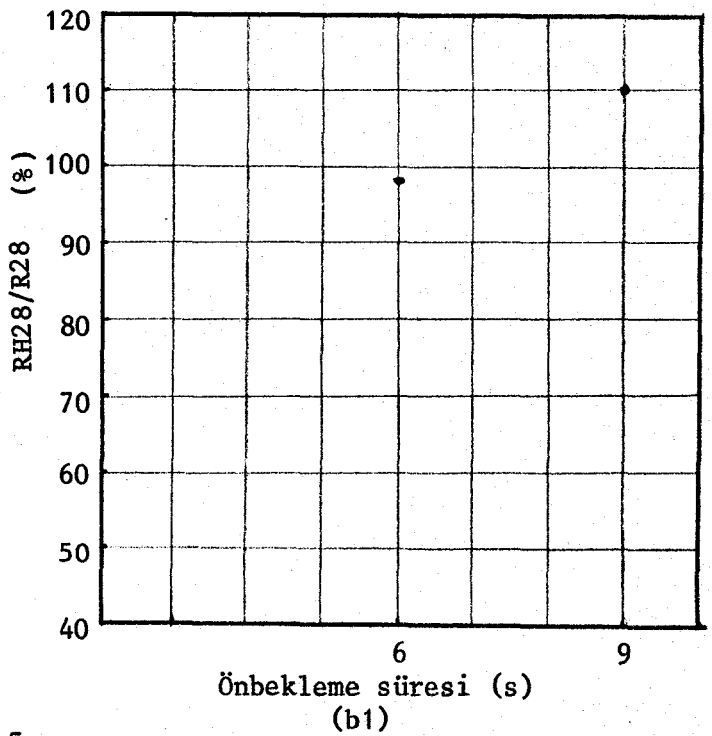
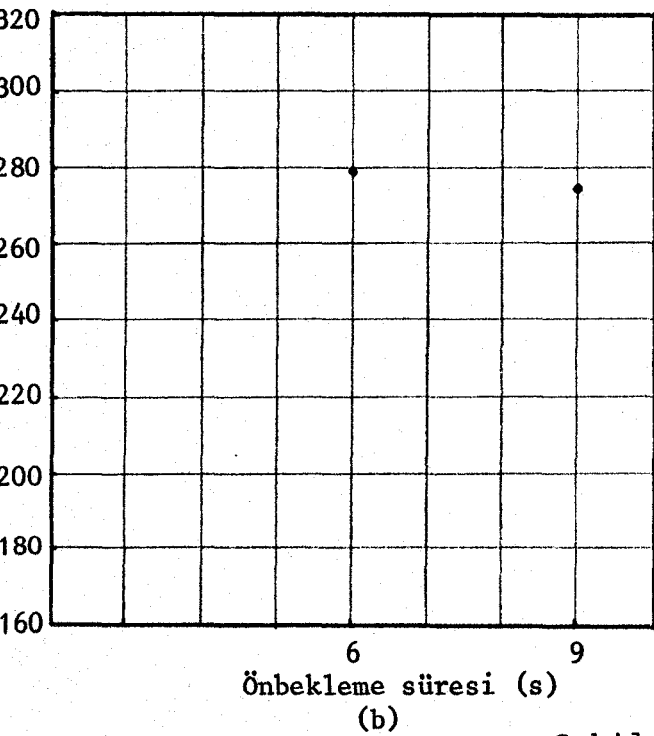
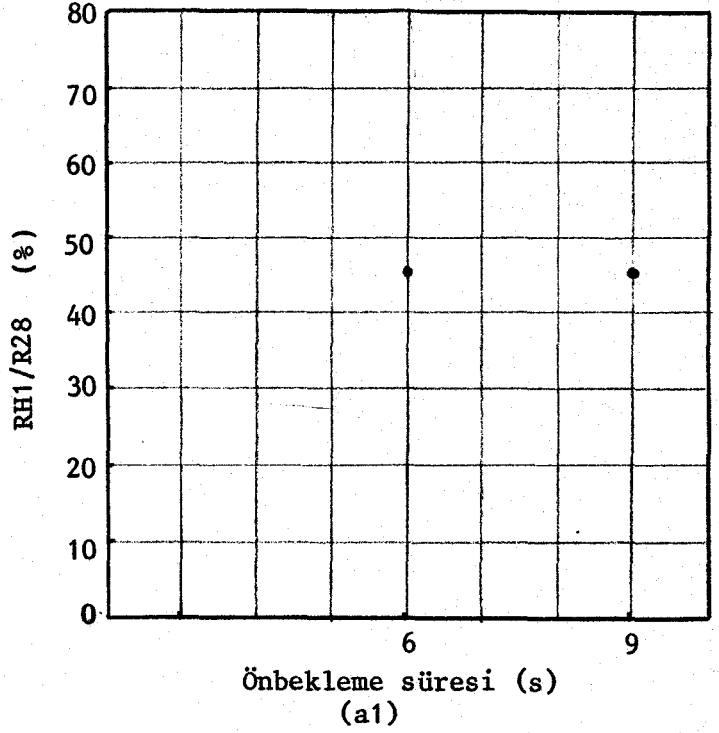
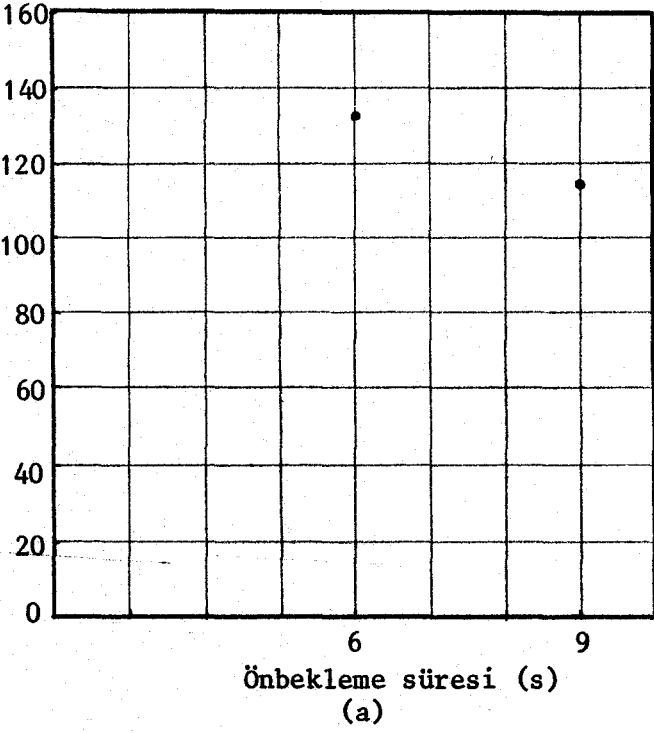
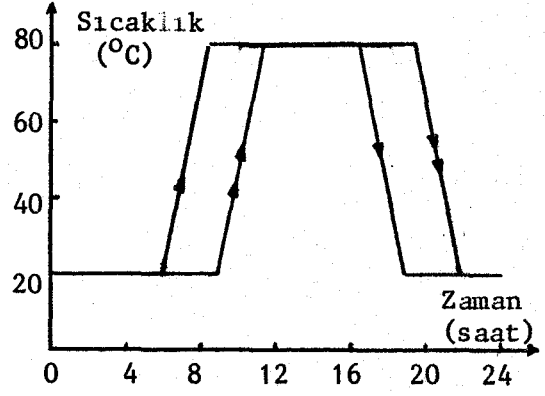
Isıtma hızı (°C/s)  
(b1)

Önbekleme süresi : 6 saat  
 Isıtma hızı : 23 °C/s  
 İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 Dozaj : 400 kg/m<sup>3</sup>  
 E/C : 0.50



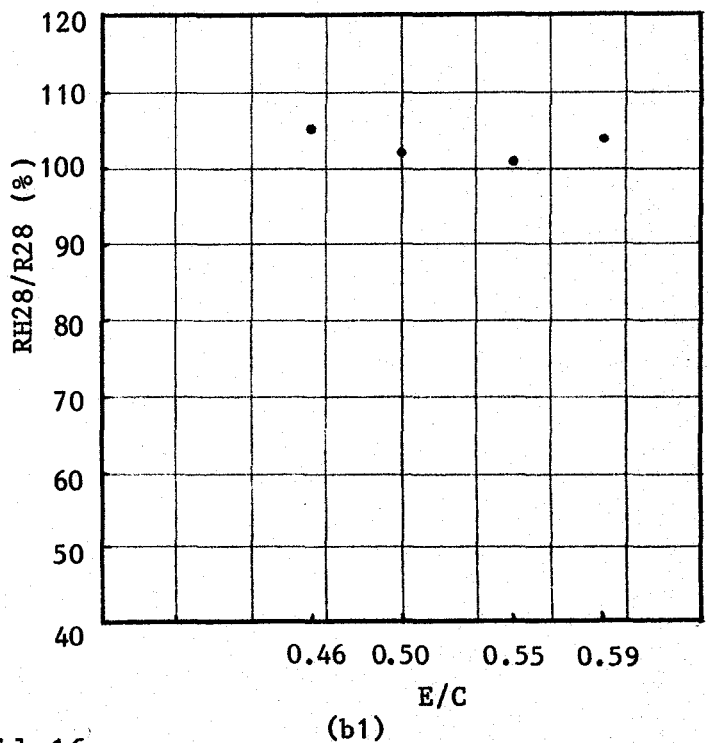
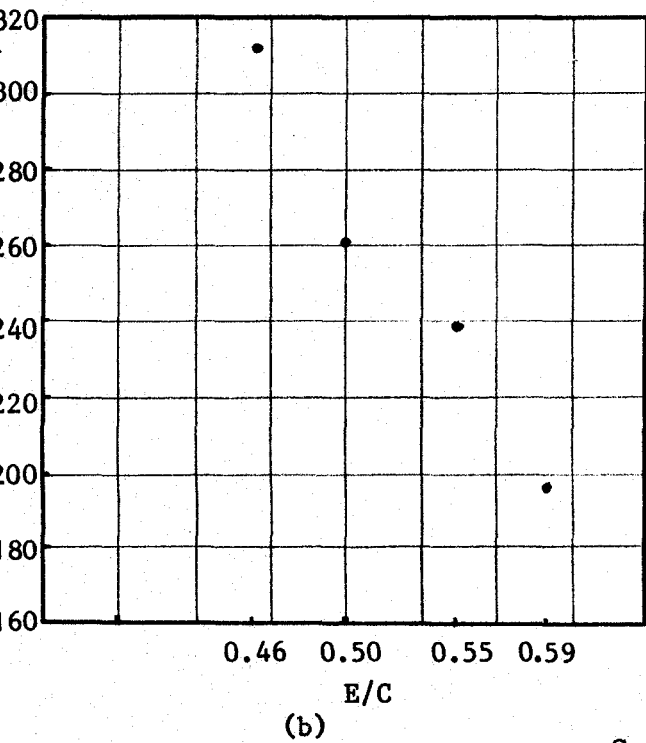
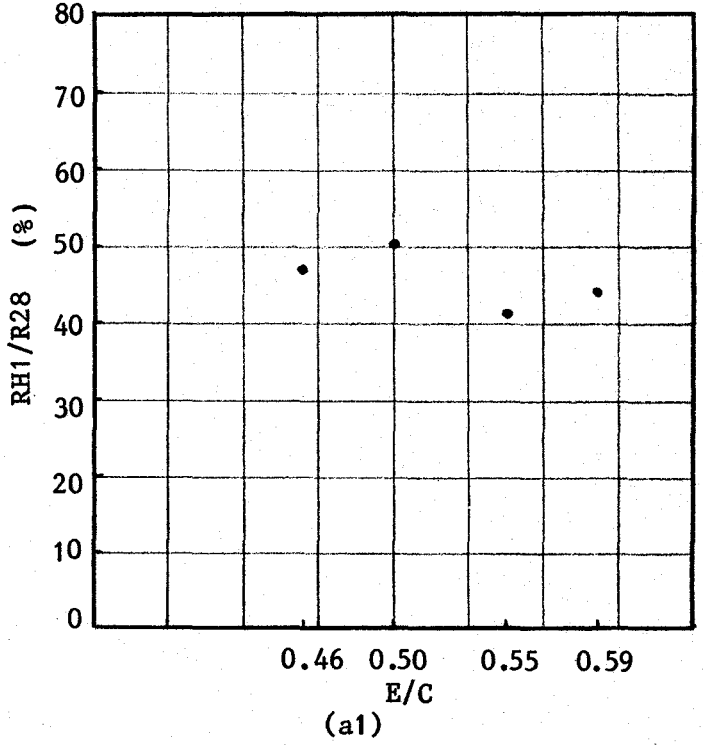
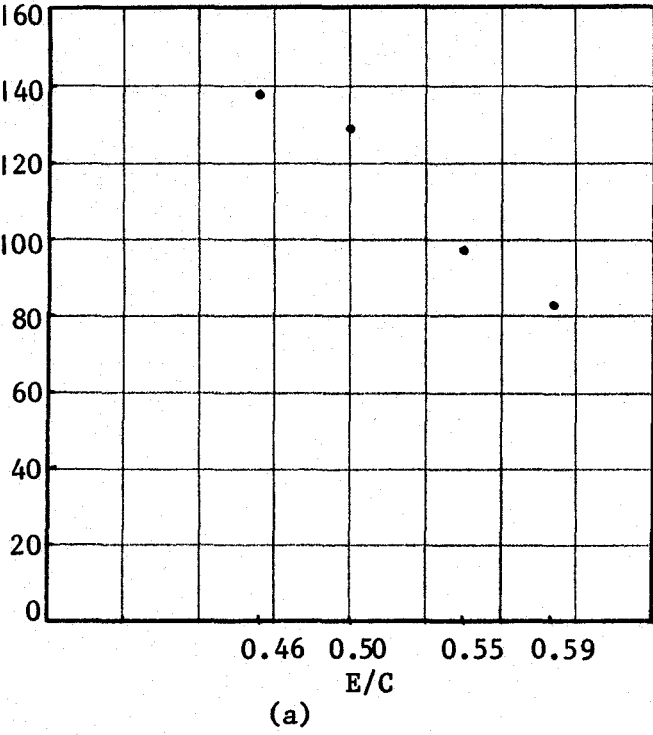
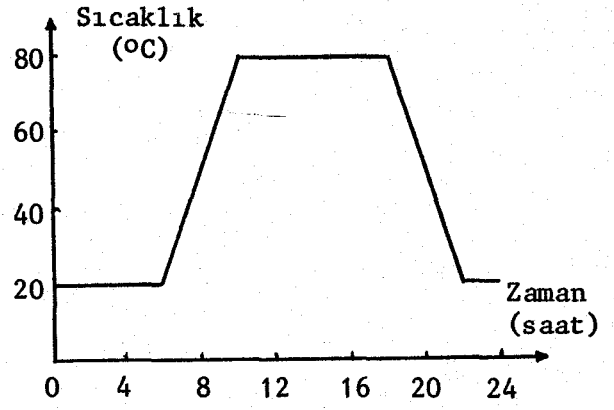
Şekil-14

İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 Isıtma hızı : 23 °C/s  
 İşlem süresi : 8 saat  
 Dozaj : 400 kg/m<sup>3</sup>  
 E/C : 0.50



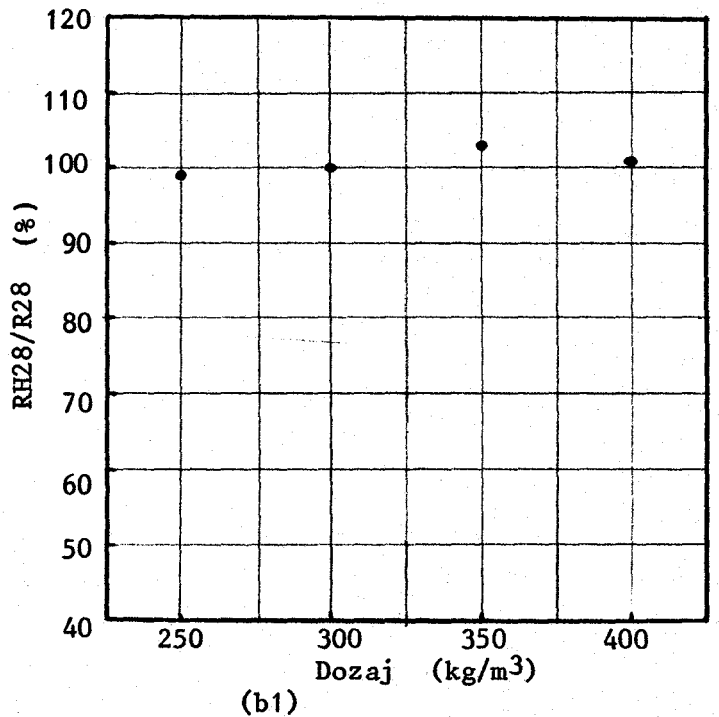
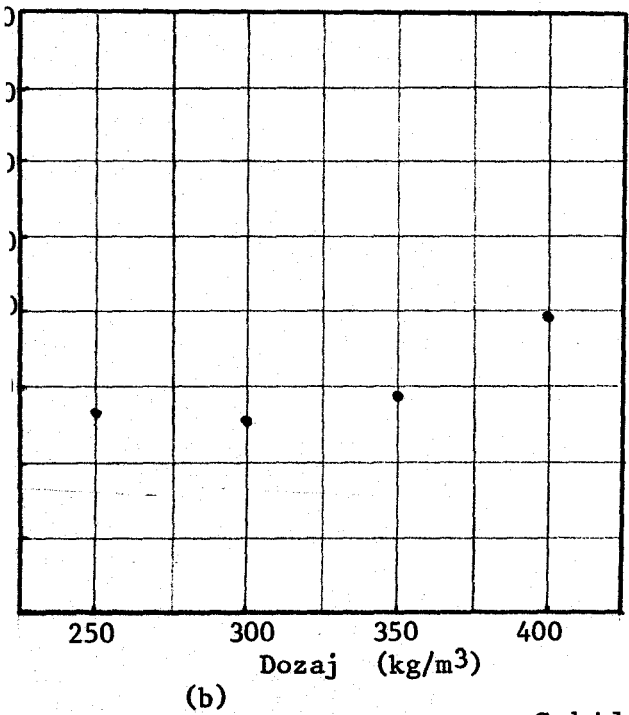
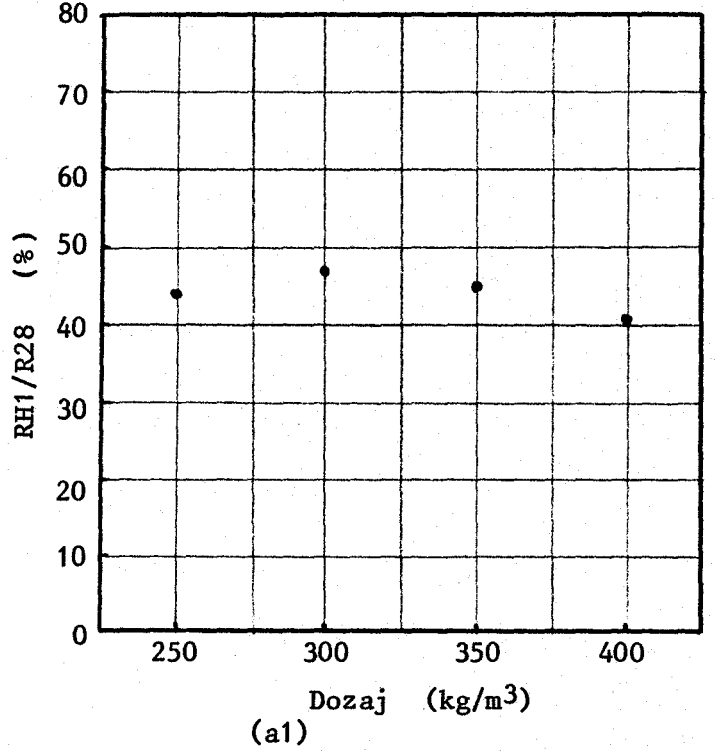
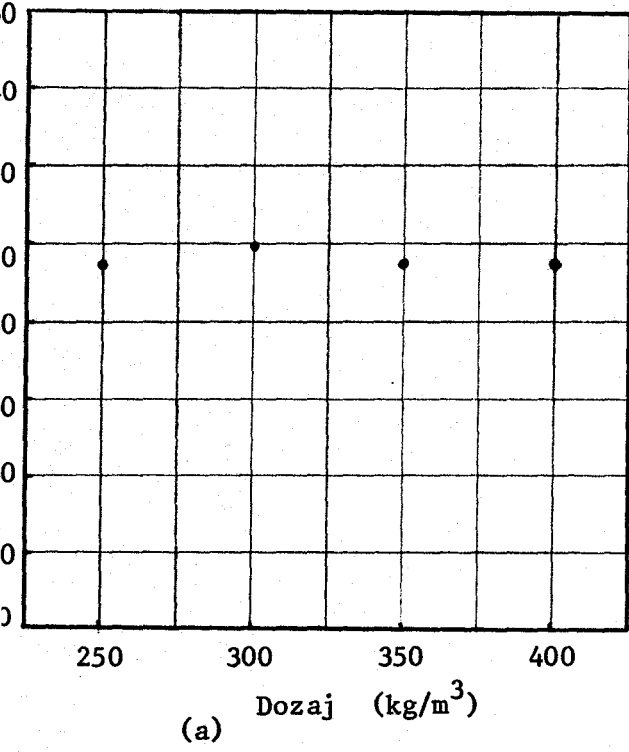
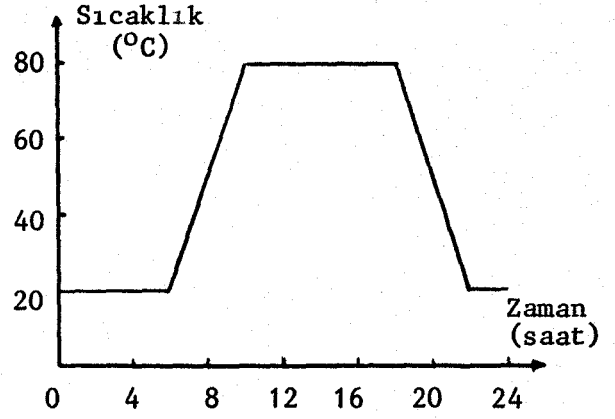
Şekil-15

Önbekleme süresi : 6 saat  
 Isıtma hızı : 15 °C/s  
 İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 Son bekleme süresi : 2 saat  
 Dozaj : 400 kg/m<sup>3</sup>



Şekil-16

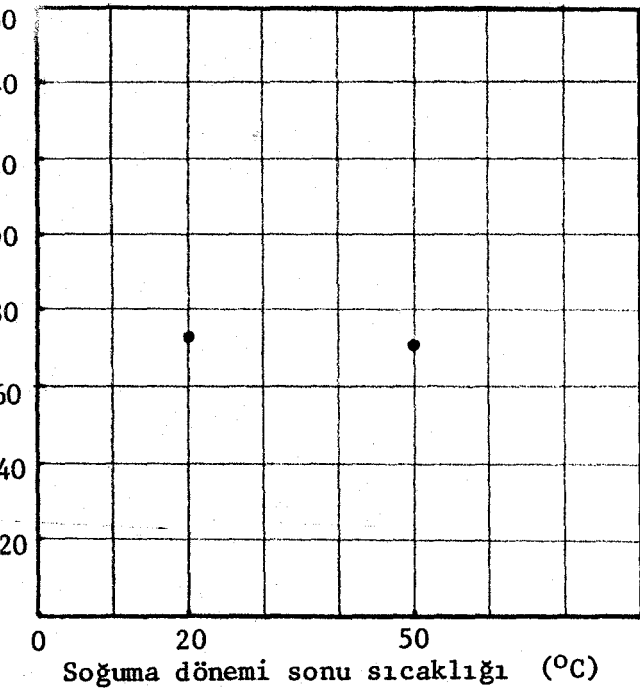
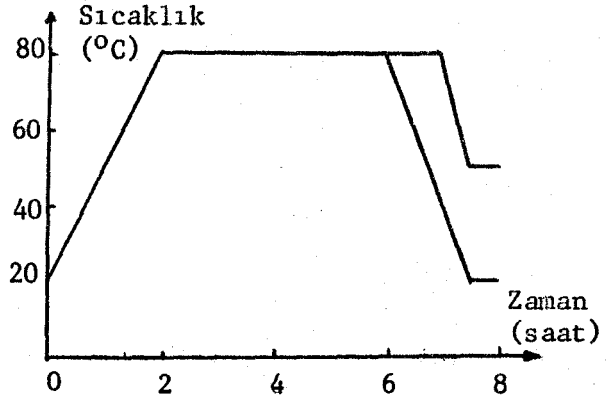
Önbekleme süresi : 6 saat  
 Isıtma hızı : 15 °C/s  
 İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 Son bekleme süresi : 2 saat  
 E/C : 0.55



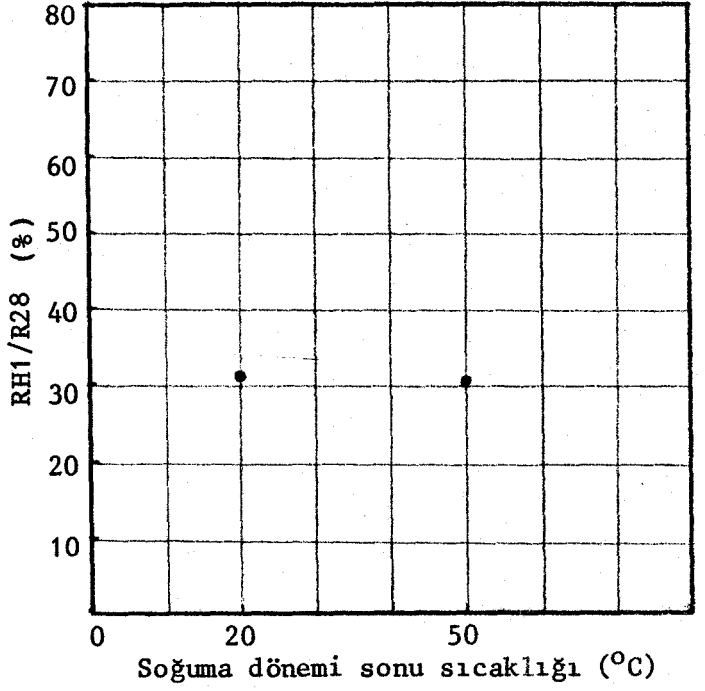
Şekil-17



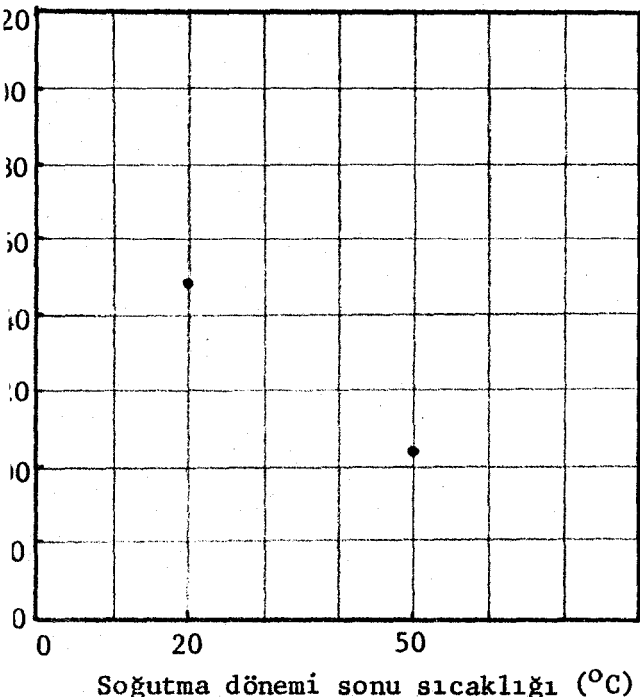
Başlangıç sıcaklığı : 20 °C  
 Önbekleme süresi : 0 saat  
 Isıtma hızı : 30 °C/s  
 İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 Dozaj : 400 kg/m<sup>3</sup>  
 E/C : 0.50



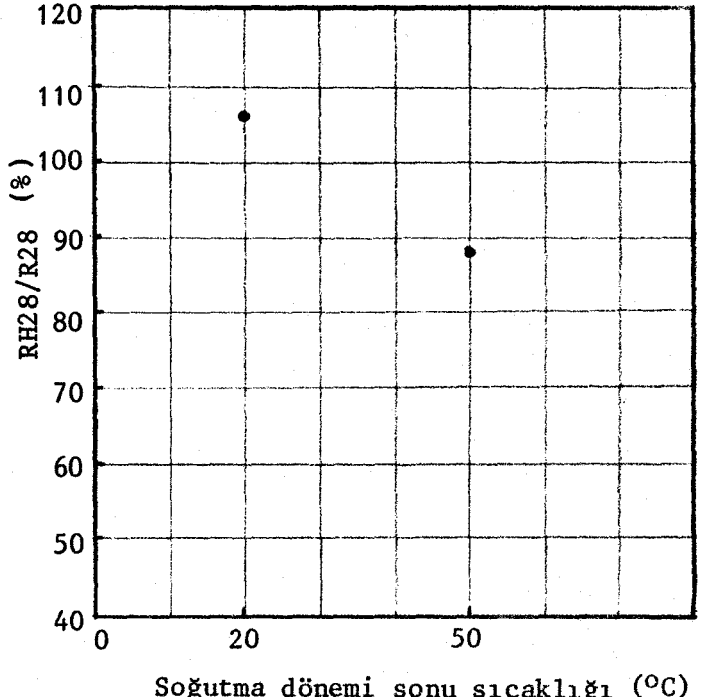
(a)



(a1)

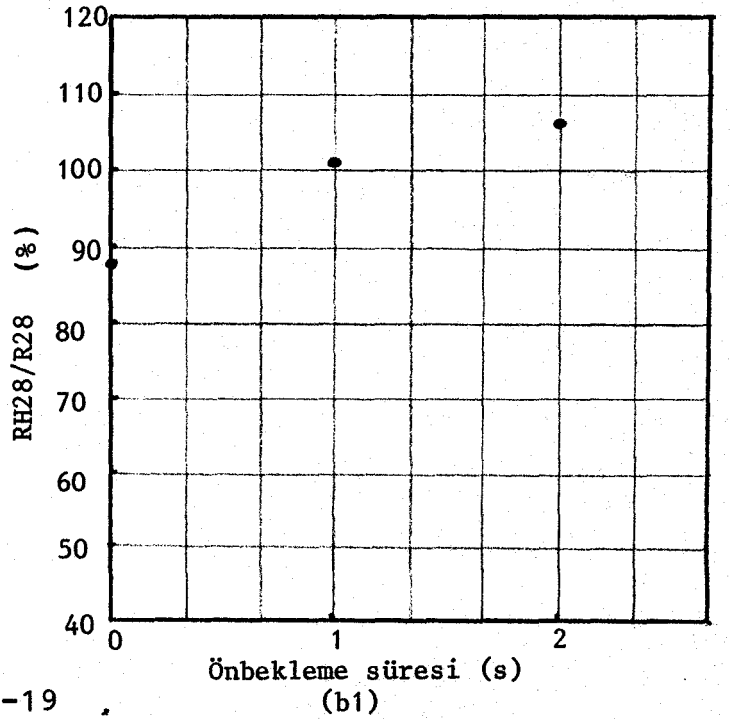
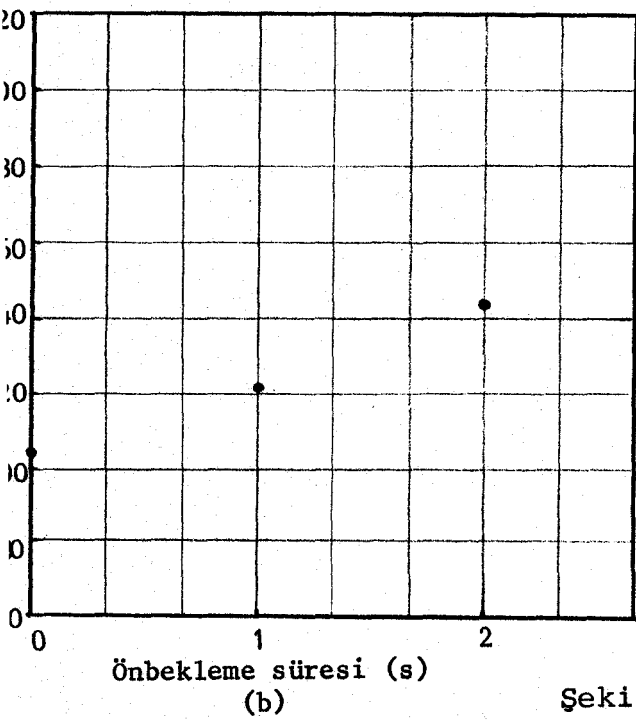
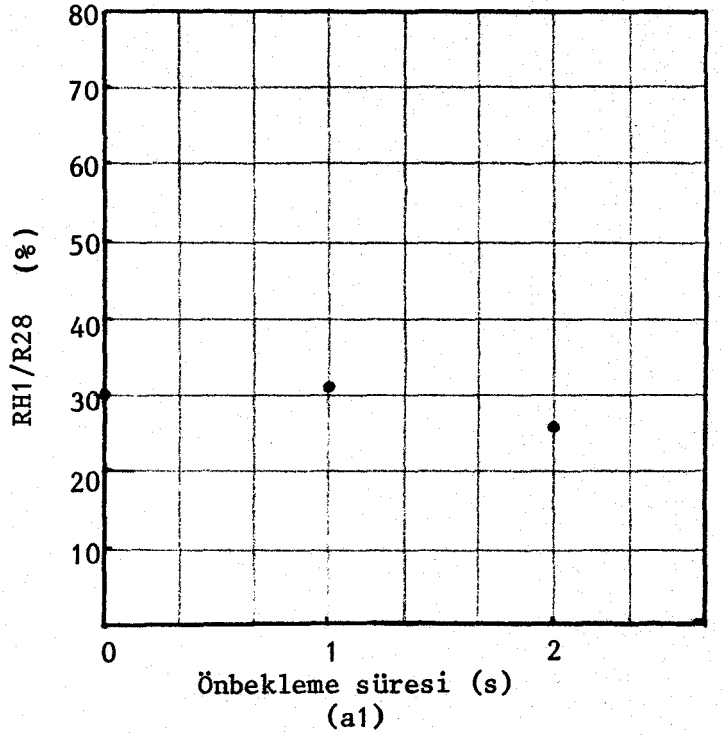
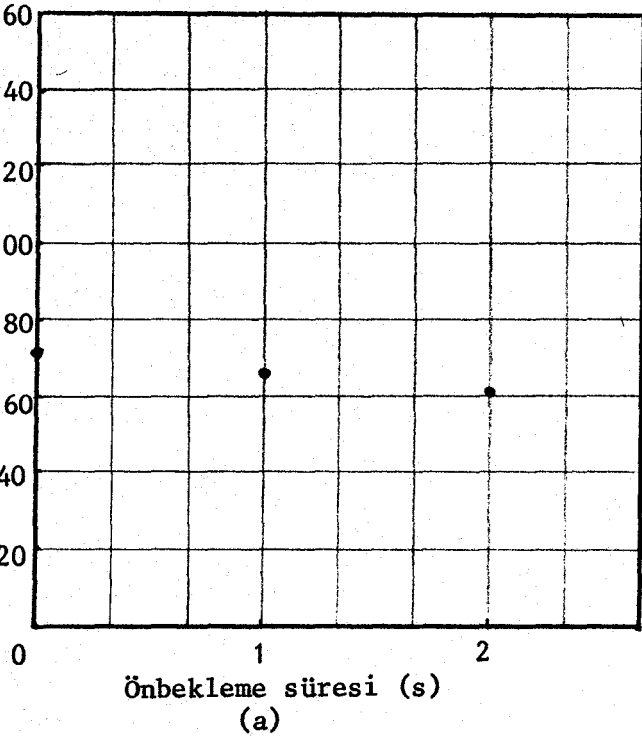
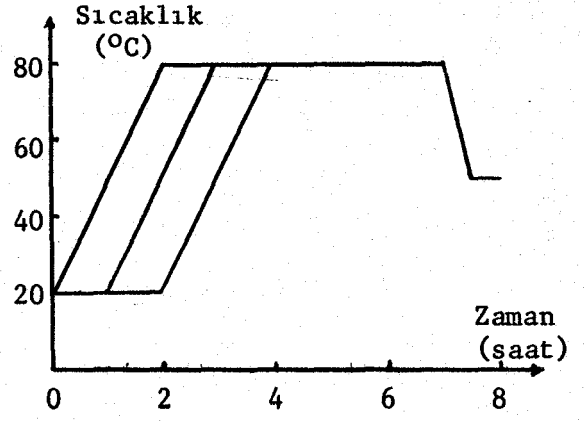


(b)

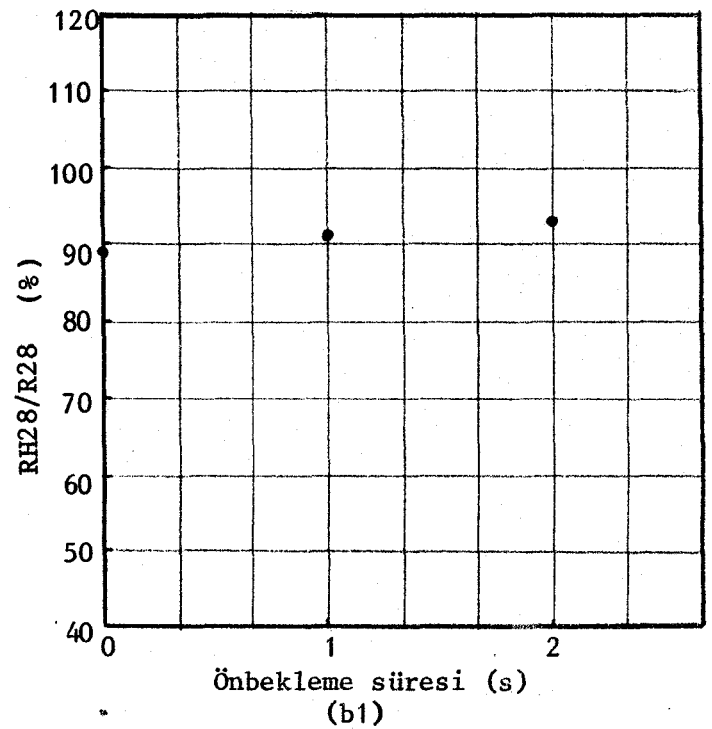
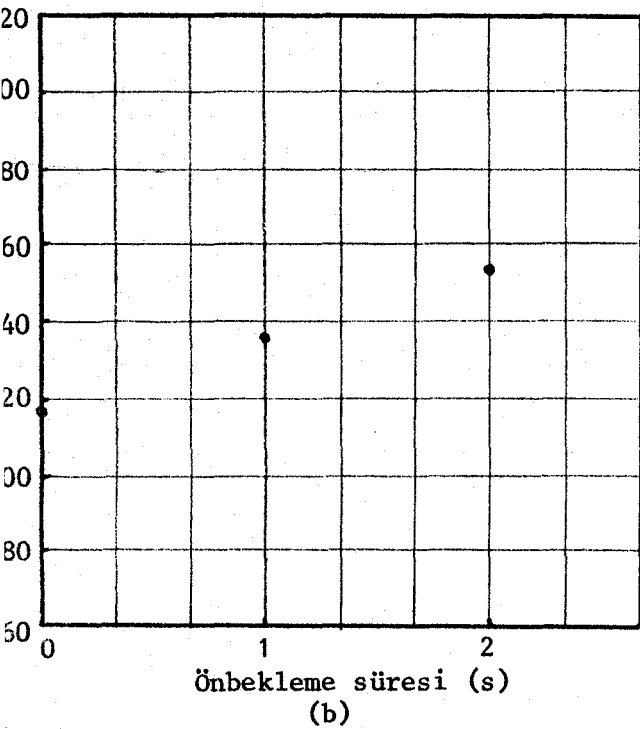
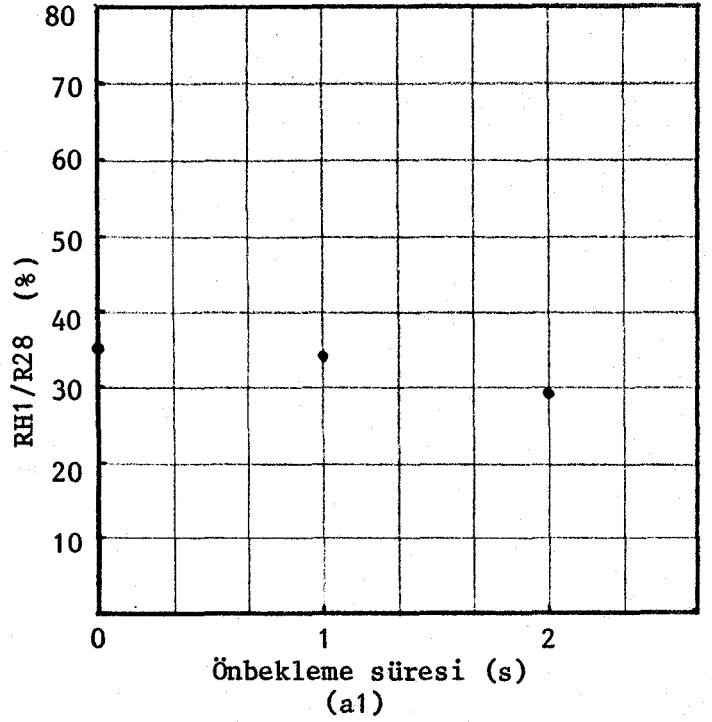
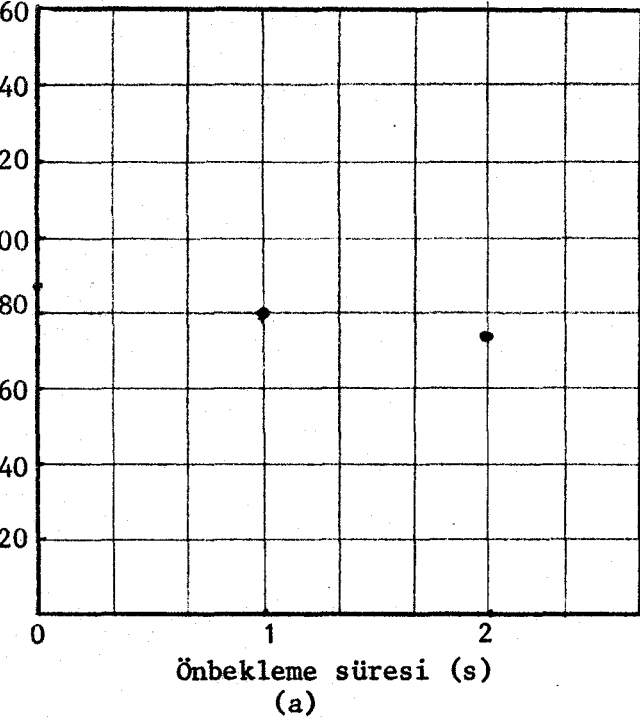
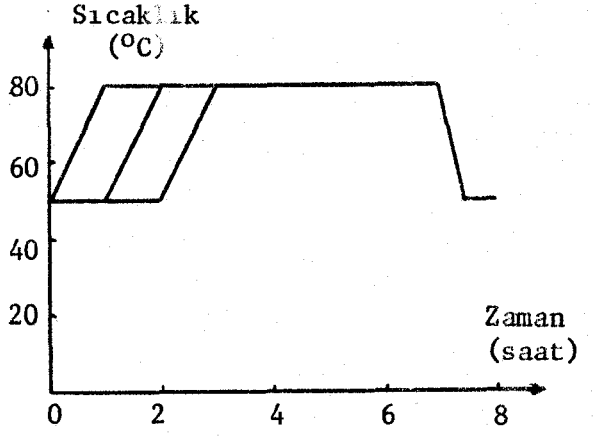


(b1)

Başlangıç sıcaklığı : 20 °C  
 Isıtma hızı : 30 °C/s  
 İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 Soğutma hızı : 60 °C/s  
 Soğutma dönemi sonu sıcaklığı: 50 °C  
 Dozaj : 400 kg/m<sup>3</sup>  
 E/C : 0.50

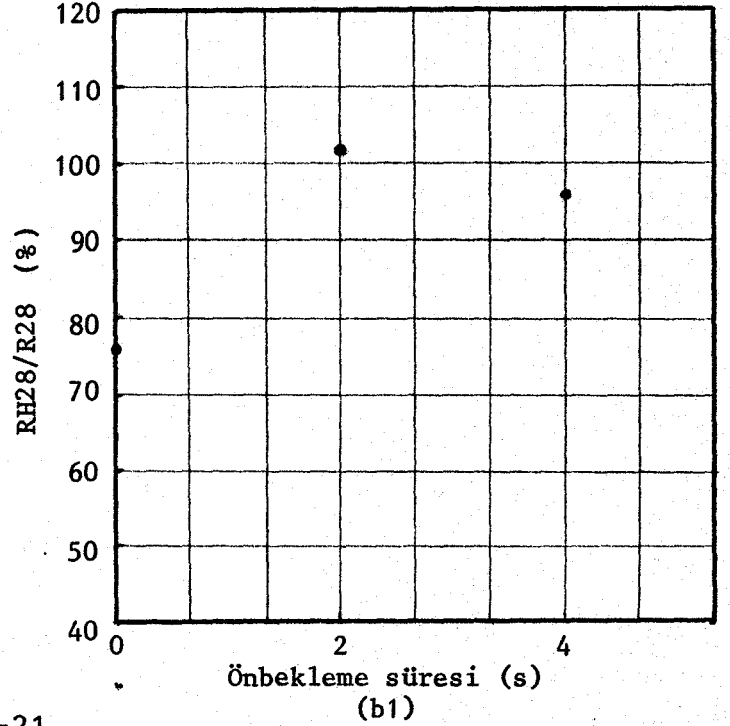
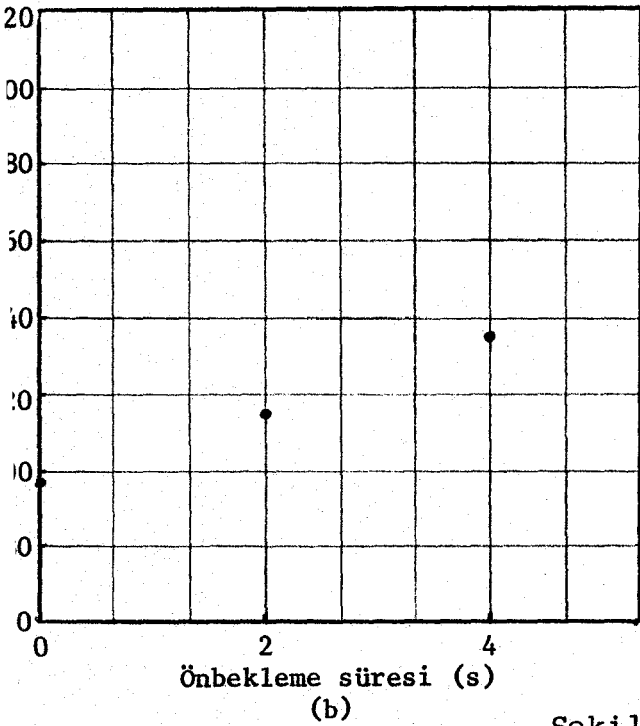
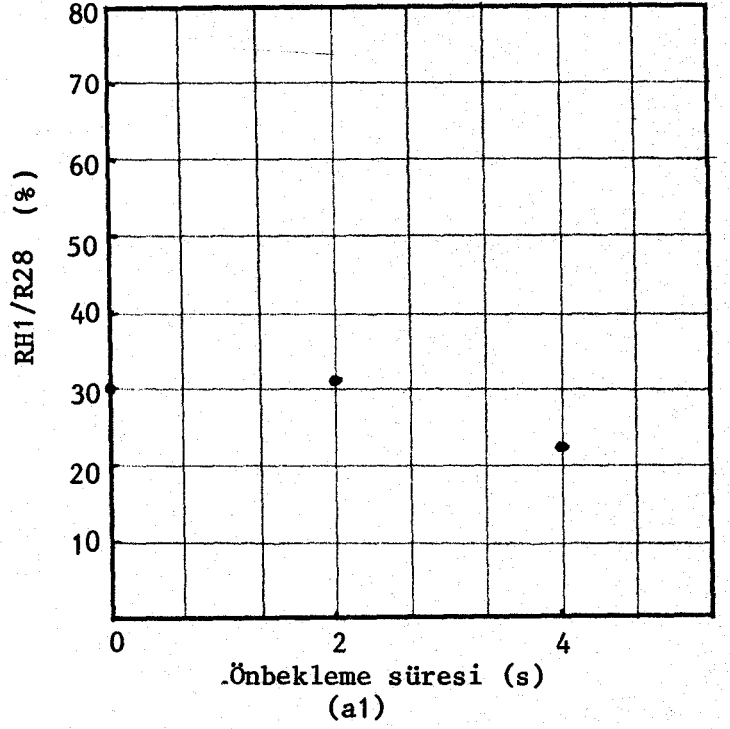
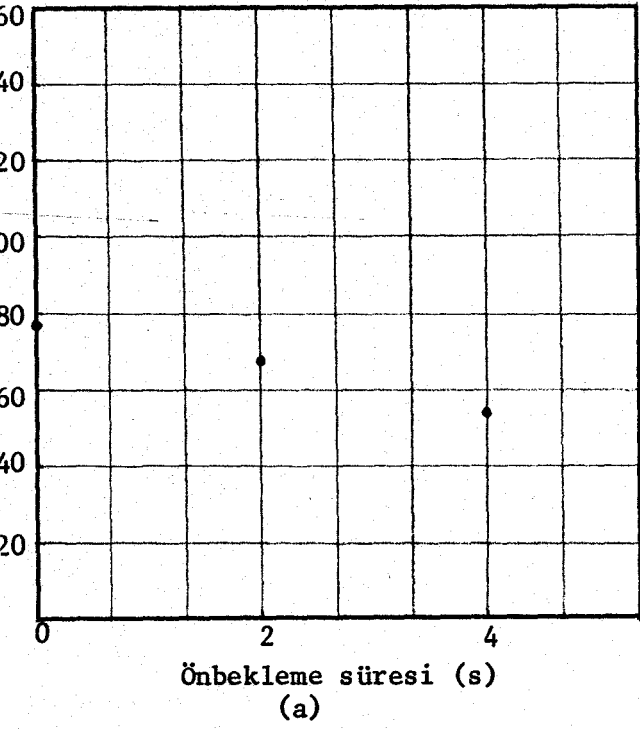
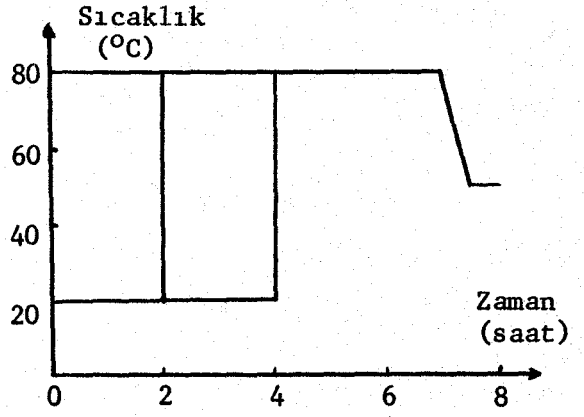


Başlangıç sıcaklığı : 50 °C  
 Isıtma hızı : 30 °C/s  
 İşlem sıcaklığı : 80 °C  
 Soğutma hızı : 60 °C/s  
 Soğutma dönemi sonu sıcaklığı : 50 °C  
 Dozaj : 400 kg/m<sup>3</sup>  
 E/C : 0.50



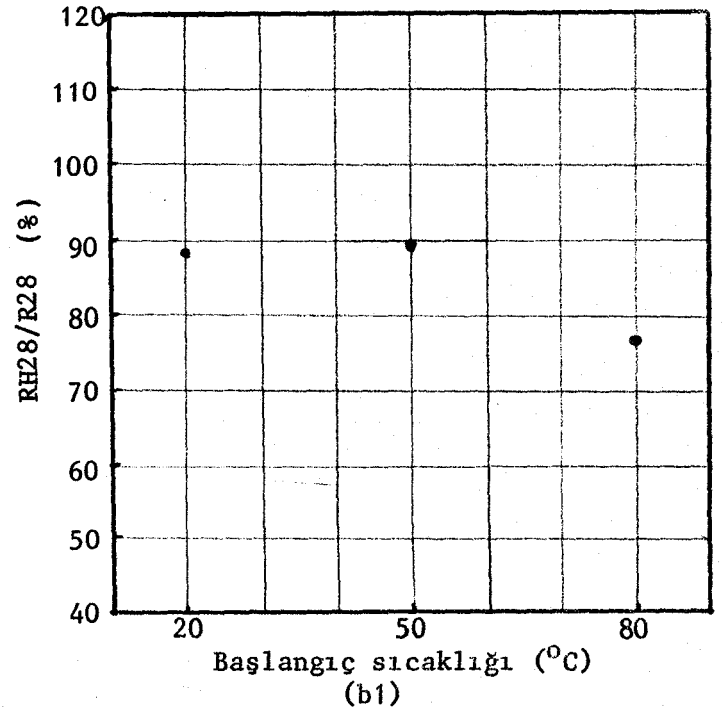
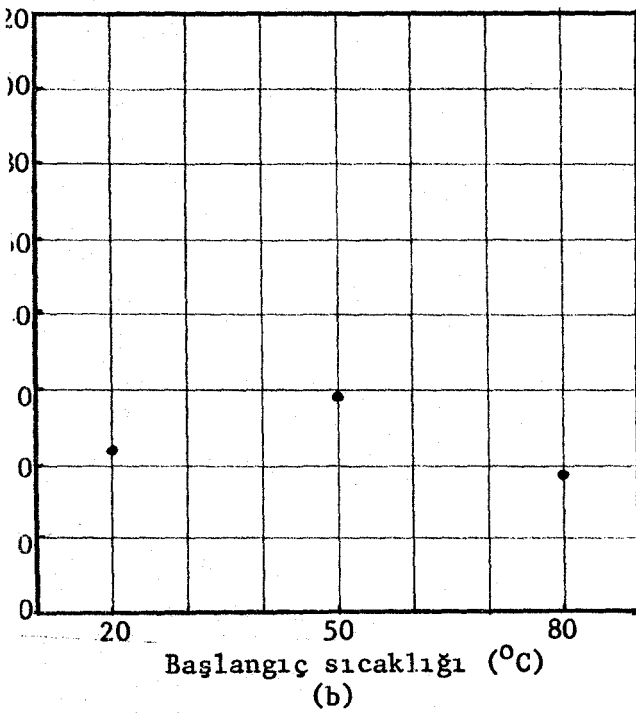
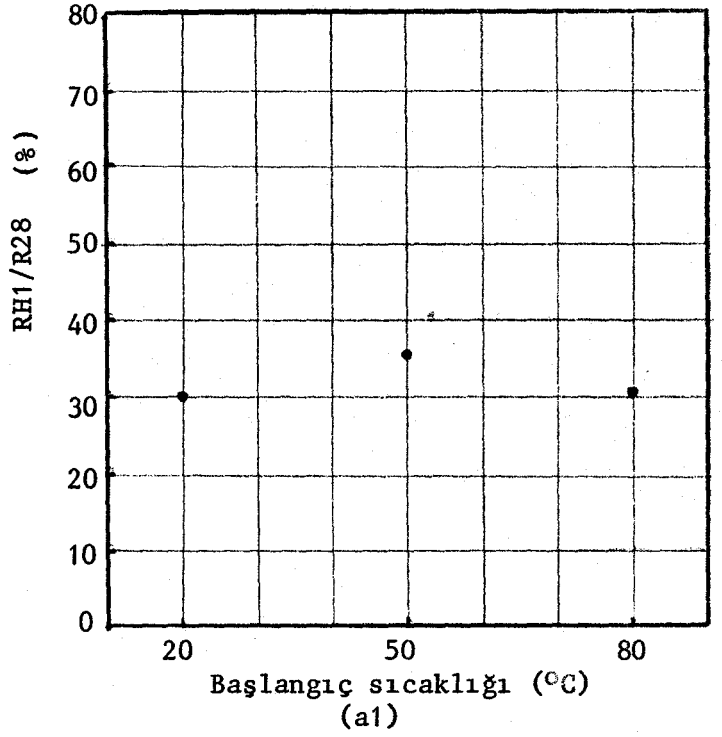
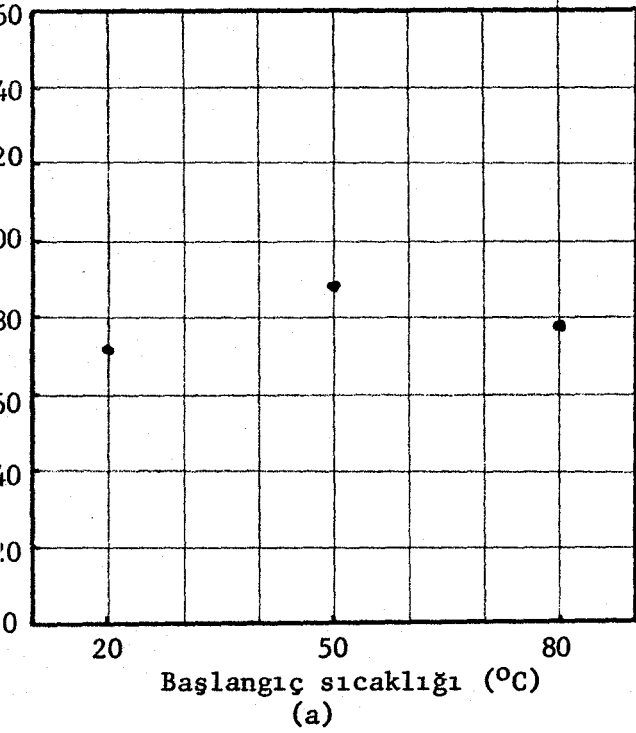
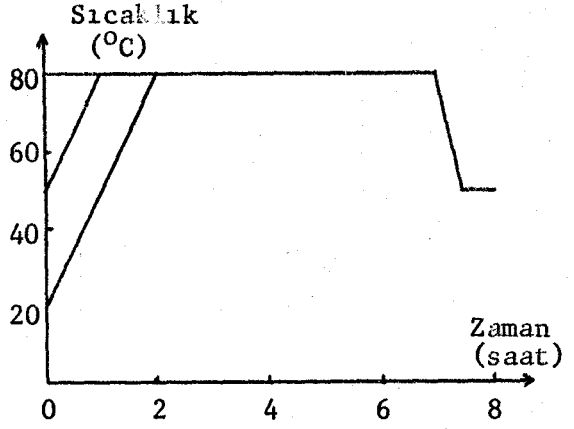
Şekil-20

Başlangıç sıcaklığı	:80 °C
Isıtma hızı	:-
İşlem sıcaklığı	:80 °C
Soğutma hızı	:60 °C/s
Soğutma dönemi sonu sıcaklığı	:50 °C
Dozaj	:400 kg/m <sup>3</sup>
E/C	:0.50



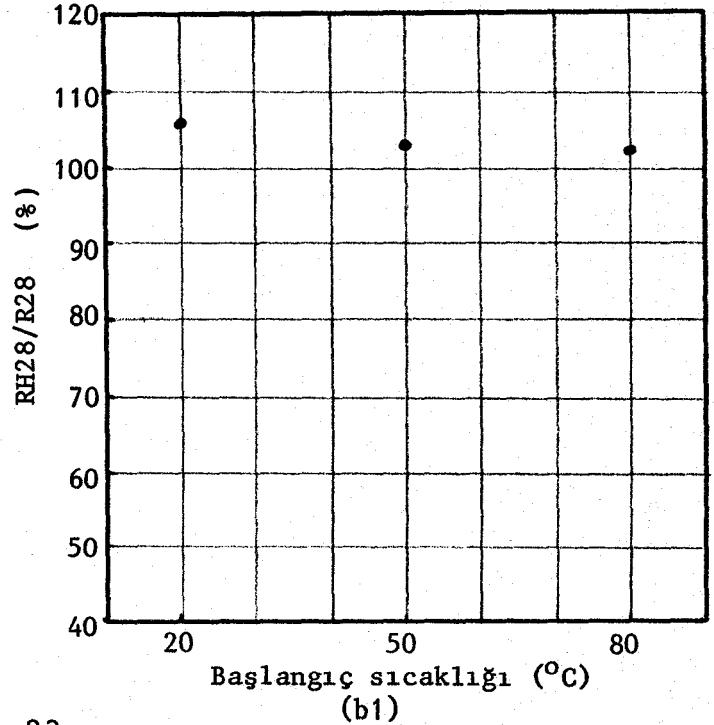
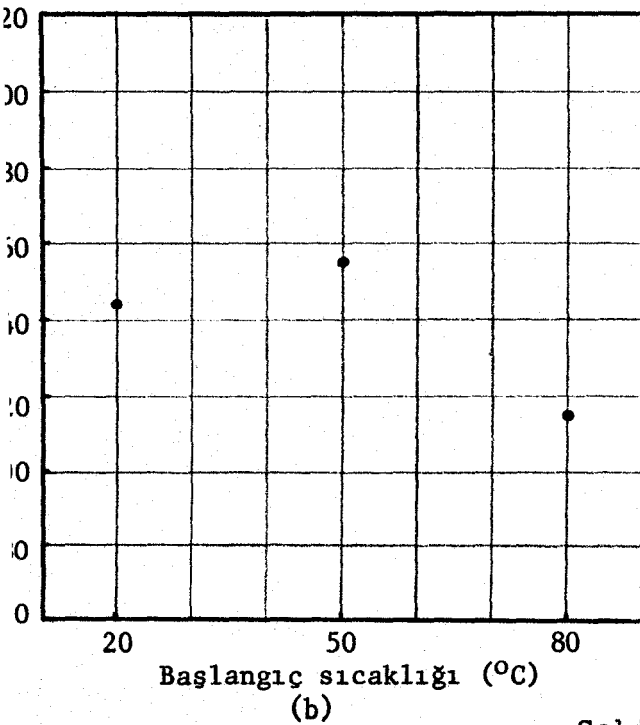
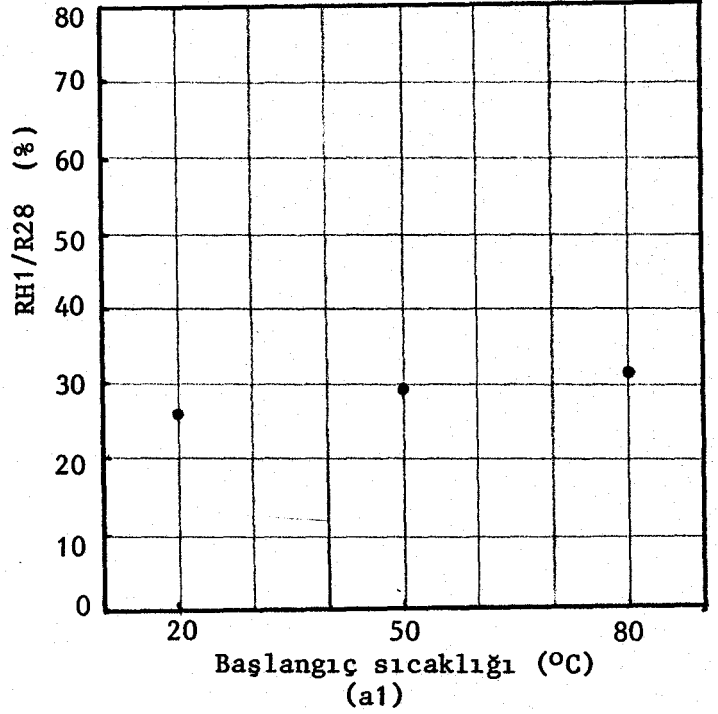
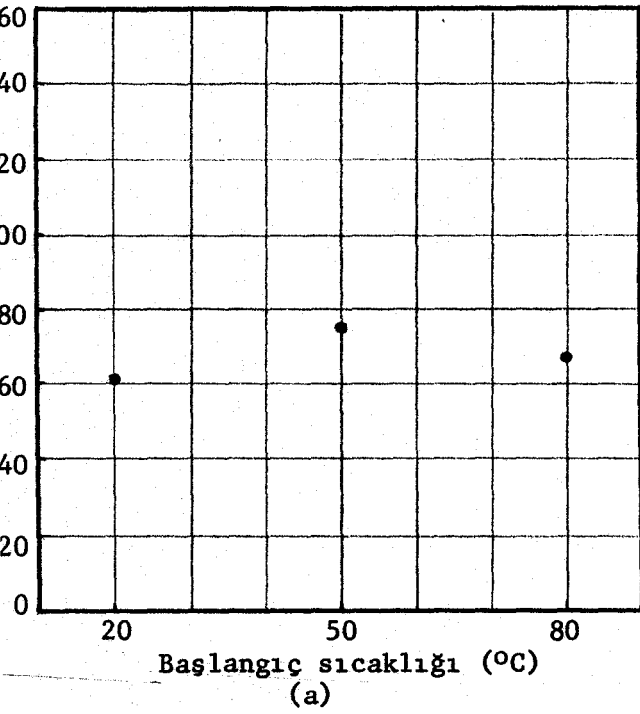
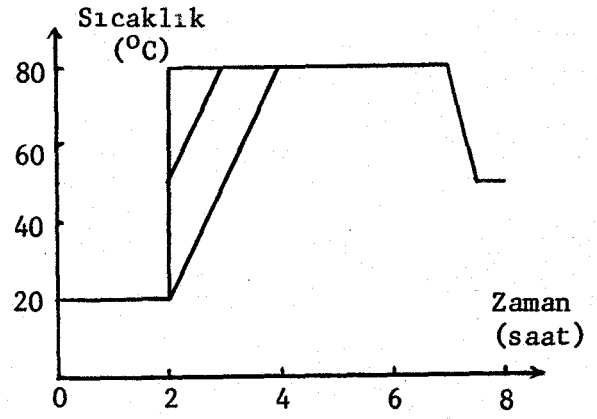
Şekil-21

Önbekleme süresi	:0 saat
Isıtma hızı	:30 °C/s
İşlem sıcaklığı	:80 °C
Soğutma hızı	:60 °C/s
Soğutma dönemi sonu sıcaklığı	:50 °C
Dozaj	:400 kg/m <sup>3</sup>
E/C	:0.50



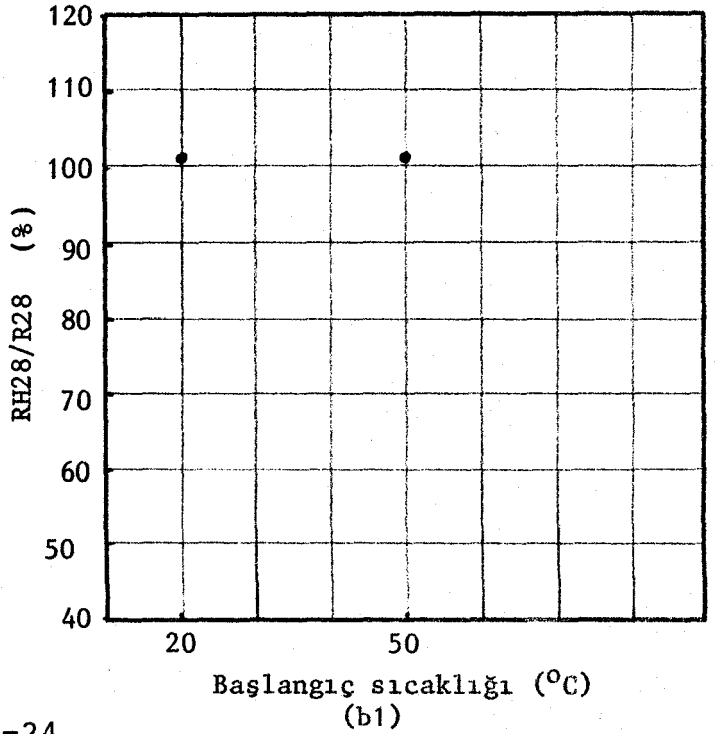
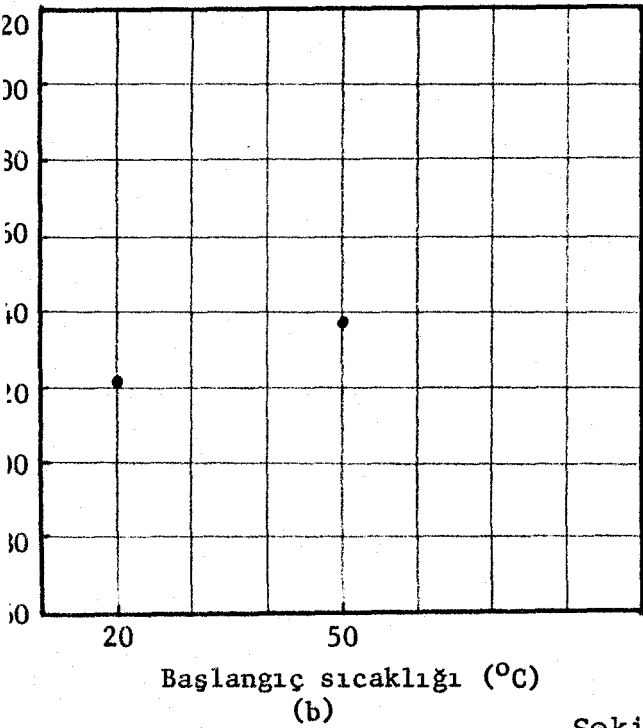
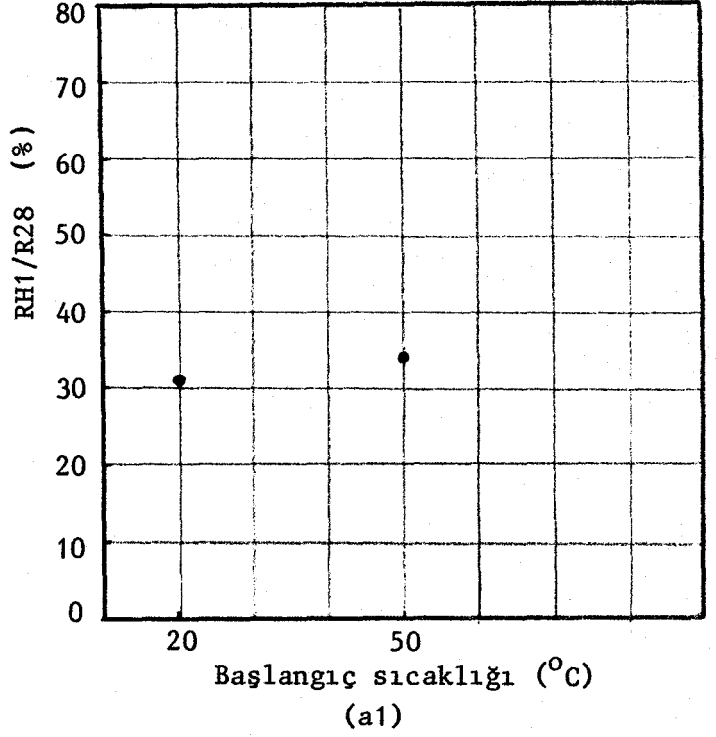
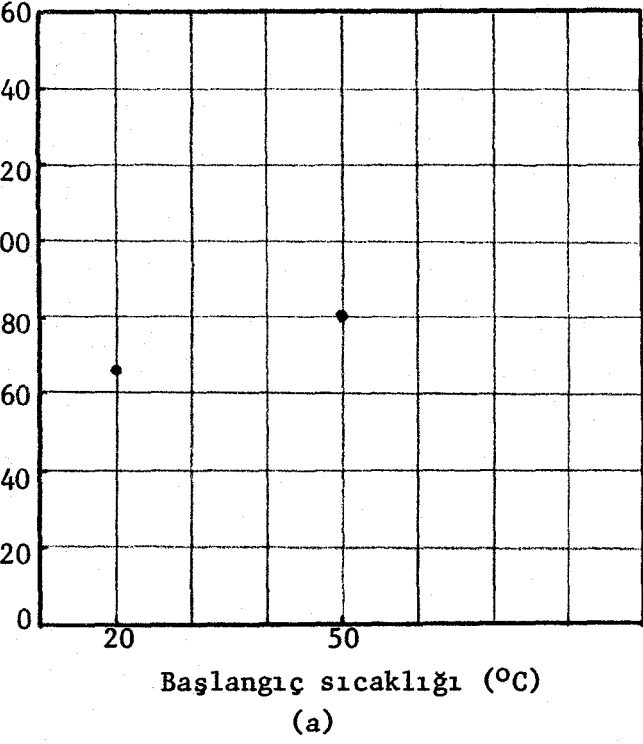
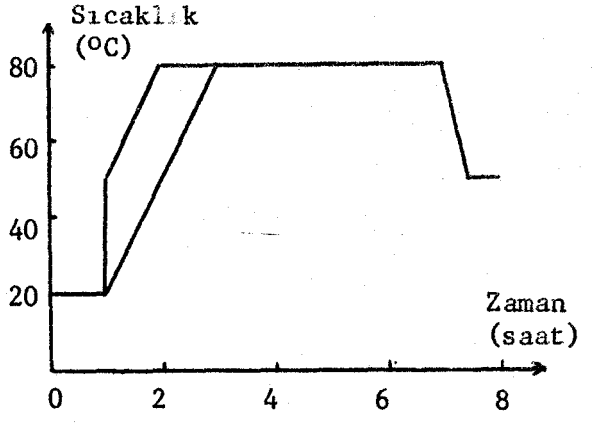
Şekil-22

Önbekleme süresi :2 saat  
 Isıtma hızı :30 °C/s  
 İşlem sıcaklığı :80 °C  
 Soğutma hızı :60 °C/s  
 Soğutma dönemi sonu sıcaklığı:50 °C  
 Dozaj :400 kg/m<sup>3</sup>  
 E/C :0.50



Şekil-23

Önbekleme süresi	: 1 saat
Isıtma hızı	: 30 °C/s
İşlem sıcaklığı	: 80 °C
Soğutma hızı	: 60 °C/s
Soğutma dönemi sonu sıcaklığı	: 50 °C
Dozaj	: 400 kg/m <sup>3</sup>
E/C	: 0.50



## EK-I

## AĞIRLIKLI STANDART SAPMANIN HESAPLANMASI VE UÇ DEĞERLERİN AYIKLANMASI

Uç değerlerin ayıklanması hesabında gereken ağırlıklı standart sapma, artık varyans yolu ile bulunur. Dayanımların, normal dağılıma uygun olarak dağıldığı varsayılmaktadır. Artık varyans hesabı için, basit varyans analizi denkleminde yer alan

$$\sum_{ij} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2$$

teriminden yararlanır. Bu terim, her değer, bulunduğu grup ortalamasından sapmasını yansıtır ve "artık kareler toplamı" adını alır.

$$\frac{\sum_{ij} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{N-k} = S_R^2$$

"artık ortalama kare" veya "artık varyans"dır.

- $X_{ij}$  : i. gruptaki j. gözlem  
 $\bar{X}_i$  : i. gruptaki gözlemlerin ortalaması  
 N : toplam gözlem sayısı  
 k : grup sayısı

Artık varyansın karekökü ise, bize ağırlıklı standart sapmayı verir.

Uç değerlerin ayıklanması ise şöyle yapılır:

Önce herbir gruptaki veriler küçükten büyüğe sıralanır ve aritmetik ortalamaları bulunur. Hesaplar, %5 anlamlılık düzeyinde yapılacaktır.

- $X_{\min}$  : grubun en küçük değeri  
 $X_{\max}$  : grubun en büyük değeri  
 $X_0$  : grubun aritmetik ortalaması  
 $S_R$  : genel ağırlıklı standart sapma  
 $\alpha = \%5$

$$M_1 = \frac{|X_{\min} - X_0|}{S_R} \quad M_2 = \frac{|X_{\max} - X_0|}{S_R}$$

değerleri hesaplanır.



Bu değerlerden büyük olanı, normal dağılım tablosunda yer-  
lan, %5 anlamlılık düzeyi için normal dağılım değeri olan  $q_{\alpha}=1.645$   
değeri ile karşılaştırılır. Örneğin  $M_2 > M_1$  ise, karşılaştırma  $M_2$   
değeri ile yapılır.  $M_2 < 1.645$  ise, ayıklama yapılmaz.  $M_2 > 1.645$   
ise, grubun max. değeri olan  $X_{\max}$  ayıklanır ve geri kalan değer-  
lerle, aynı işlemler tekrarlanır. Bu işlemler, elemeler bitene  
kadar sürdürülür.

```

10 REM KARISIM HESABI
20 READ C,I,H,00,01,02,03,04,S1,S2,S3,D1,D2,D3,E1,Y1,Y2,Y3
30 PRINT
40 DISP "KATKI MADDESİ VARSA 1'E BAS";
50 INPUT L2
60 IF L2=1 THEN 90
70 L6=0
80 GOTO 150
90 DISP "KATKI MADDESİ TOZ İSE 1'E BAS";
100 INPUT Q1
110 IF Q1=1 THEN 70
120 DISP "BİNDE KAC ORANINDA KATKI VAR";
130 INPUT L5
140 L6=C*L5/1000
150 PRINT
160 Y=Y1+Y2+Y3
170 IF Y=100 THEN 190
180 GOTO 920
190 T1=S1-D1
200 T2=S2-D2
210 T3=S3-D3
220 PRINT "URETİM NO :30 "TAB30"URETİM TARİHİ : 5 / 9 / 1983 PAZARTESİ"
230 PRINT "*****"TAB30"DENEY TARİHİ : 3 / 10 / 1983 PAZARTESİ"
240 WRITE (15,250)C
250 FORMAT /,/,14X,"DOZAJ      ",F5.0,7X,"COKME      :      CM      D=12.5 MM"
260 WRITE (15,270)E1
270 FORMAT 14X,"SU/CIMENTO  ",F5.2,7X,"VIB. SURESI :      SN",/,/
280 WRITE (15,290)
290 FORMAT 4X,"MALZEME      KARISIM ORANI      OZGUL AGIRLIK      SU EMME      DOGAL SU"
300 WRITE (15,310)
310 FORMAT 3X,10"-",2X,15"-",2X,15"-",1X,9"-",1X,10"-
320 IF 01=0 THEN 350
330 WRITE (15,340)Y1,01,S1,D1
340 FORMAT 3X,"İNCE K.TAS",3X,"      %",F4.0,11X,F7.3,4X,F9.3,4X,F7.3
350 IF 02=0 THEN 380
360 WRITE (15,370)Y2,02,S2,D2
370 FORMAT 3X,"DISLIKUM      ",5X,"%",F4.0,9X,F9.3,4X,F9.3,4X,F7.3
380 WRITE (15,390)Y3,03,S3,D3
390 FORMAT 3X,"DISLI KUM      ",6X,"%",F4.0,9X,F9.3,4X,F9.3,4X,F7.3,/,/
400 E=E1+C
410 C1=C/00
420 A1=1000-C1-E-I
430 I1=A1+01*Y1/100
440 I2=A1+02*Y2/100
450 I3=A1+03*Y3/100
460 PRINT
470 PRINT TAB5"1000 LT İCİN KARISIM AGIRLIKLARI(DUZELTİLMİŞ):"
480 J1=I1-I1*T1
490 J2=I2-I2*T2
500 J3=I3-I3*T3
510 J4=E-L6
520 J5=I1+T1+I3+T3
530 J6=J1+J2+J3
540 PRINT
550 IF 01=0 THEN 590
560 WRITE (15,570)J1
570 FORMAT 8X,"İNCE K.TAS MIKTARI =",F9.3," KG"
580 IF 02=0 THEN 610
590 WRITE (15,600)J2
600 FORMAT 8X,"DISLIKUM      MIKTARI =",F9.3," KG"
610 WRITE (15,620)J3
620 FORMAT 8X,"DISLI KUM MIKTARI =",F9.3," KG"
630 WRITE (15,640)J4
640 FORMAT 8X,"KARMA SUYU MIKTARI =",F9.3," KG"
650 WRITE (15,660)J5
660 FORMAT 8X,"DOYMA SUYU MIKTARI =",F9.3," KG"
670 WRITE (15,680)J6
680 FORMAT 8X,"TOP.AGREGA MIKTARI =",F9.3," KG",/,/
690 WRITE (15,700)H*1000
700 FORMAT 4X,F4.0," LT İCİN KARISIM AGIRLIKLARI(DUZELTİLMİŞ):",/
710 IF 01=0 THEN 740
720 WRITE (15,730)H*J1
730 FORMAT 8X,"İNCE K.TAS MIKTARI =",F8.3," KG"
740 IF 02=0 THEN 770
750 WRITE (15,760)H*J2
760 FORMAT 8X,"DISLIKUM      MIKTARI =",F8.3," KG"
770 WRITE (15,780)H*J3
780 FORMAT 8X,"DISLI KUM MIKTARI =",F8.3," KG"
790 WRITE (15,800)H*J4
800 FORMAT 8X,"KARMA SUYU MIKTARI =",F8.3," KG"
810 WRITE (15,820)H*J5
820 FORMAT 8X,"DOYMA SUYU MIKTARI =",F8.3," KG"
830 WRITE (15,840)H*C
840 FORMAT 8X,"CIMENTO MIKTARI      =",F8.3," KG"
850 IF Y1#0 AND Y2#0 THEN 870
860 GOTO 890
870 WRITE (15,880)H*(J2+J3)
880 FORMAT 8X,"DISLIKUM + DOG.KUM =",F8.3," KG"
890 WRITE (15,900)H*(J1+J2+J3)
900 FORMAT 8X,"TOP.AGREGA MIKTARI =",F8.3," KG",/,/
910 GOTO 940
920 WRITE (15,930)
930 FORMAT 5X,"KARISIMA GİREN MALZEMELERİN TOPLAMI %100 OLMALI ",/,/
940 END

```