



**ALTERNATİF KALIP YAĞLARININ BETONUN BAZI YÜZEY  
ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**Erengül ÇALIK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2009  
ANKARA**

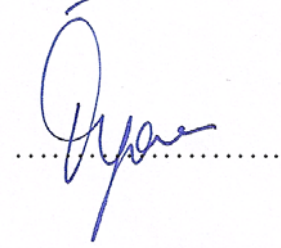
Erengül ÇALIK tarafından hazırlanan ALTERNATİF KALIP YAĞLARININ BETONUN BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Metin ARSLAN  
Tez Danışmanı, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İ. Özgür YAMAN  
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, O.D.T.Ü.



Prof. Dr. Metin ARSLAN  
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniv.



Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK  
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniv.



Tarih: 08 / 10/ 2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Erengül ÇALIK

# ALTERNATİF KALIP YAĞLARININ BETONUN BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Erengül ÇALIK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2009

## ÖZET

**Bu çalışmanın amacı; Alternatif kalıp yağlarının betonun bazı yüzey özellikleri üzerine etkilerini araştırmaktır.**

**Kalıpların betonun fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla, araştırma sürecinde; 60x60x10 cm<sup>3</sup> lük dört adet ahşap kalıp hazırlanmıştır. Hazırlanan kalıplardan 3 adedinin yüzeyine farklı fiziksel özelliklere sahip K1 kalıp ayırıcı, K2 konsantre, K3 ahşap ve plywood, kalıp yağları kullanılmıştır. Diğer kalıp yüzeyine ise hiçbir işlem yapılmaksızın referans olarak kullanılmıştır. Hazırlanan kalıplara C20 betonu yerleştirilerek vibratör ile sıkıştırılmıştır.**

**Yüzey sertliği, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, yoğunluk, ultrases geçiş hızı, karbonatlaşma derinliği, kapiler su emme ve aşınma direnci deneyleri gerçekleştirilmiştir.**

**Sonuç olarak beton bloklar ve bunlardan alınan karot numuneler üzerinde ölçülen bütün özellikler bakımından kalıp yağı kullanılan kalıpların, kalıp yağı kullanılmayan referans kalıba göre daha iyi sonuçlar verdiği, referans kalıbın**

**en düşük performansa sahip olduğu, K2 konsantre kalıp yağı kullanılan kalıbın ise en yüksek performansa sahip olduğu görölmüştür.**

**Bilim Kodu : 714.1.143**  
**Anahtar Kelimeler : Beton, kalıp, dayanıklılık, kalıp yağı**  
**Sayfa Adedi : 66**  
**Tez Yöneticisi : Prof.Dr.Metin ARSLAN**

**THE EFFECTS OF ALTERNATIVE FORMWORKS OIL ON SOME  
SURFACE CHARACTERISTICS OF CONCRETE**

**(M.Sc. Thesis)**

**Erengül ÇALIK**

**GAZI UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**OCTOBER 2009**

**ABSTRACT**

**The aim of this study is to investigate the effects of formwork on some of the surface characteristics of concrete.**

**During the experimental investigation to determine the effects of formworks on the physical properties of concrete, four wooden formworks, having 60x60x10 cm<sup>3</sup>, were prepared. On three of the formworks surface different kinds of oils that have different physical properties was applied, K1 formwork divider, K2 concentrated, K3 wooden and plywood properties Other formwork was used as a reference without oil. C20 concrete was placed to the prepared formworks and compacted with vibration.**

**Surface hardness, compressive strength, tensile splitting strength, density, carbonation depth, capillary water absorption, pulse velocity and abrasion resistance tests were performed.**

**Finally, according to all measured properties on the concrete blocks and concrete samples taken from these blocks, the formworks that applied oil on surfaces have more agreeable results more than the reference formwork and the**

**reference formwork has the least result. The formwork applied K2 concentrated oil has the best result.**

**Science Code : 714.1.143**  
**Key Words : Concrete, formwork, durability, formworks oil**  
**Page Number : 66**  
**Adviser : Prof.Dr.Metin ARSLAN**



## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince ilgisini ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren değerli hocam Prof.Dr.Metin ARSLAN'a, katkılarıyla tezimi yönlendiren ve çalışmalarına yardım eden değerli hocam Arş.Gör. Dr. Gökhan DURMUŞ'a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Yrd.Doç.Dr.Osman ŞİMŞEK'e ve Labaratuardaki tüm arkadaşlarıma, ayrıca beton ve yardımları ile çalışmalarına destek veren Cersoy Hazır Beton tesisleri labaratuvar şefi Erkan YILDIZ'a, Kalıp yağları ve yardımları ile İksa inşaat katkıları beton labaratuvarı teknik sorumlusu Murat GÖKÇE'ye, Kimya mühendisi Alev ÇANKAYALI'ya, ayrıca çalışmalarım boyunca her türlü desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli arkadaşım Sedat ŞEN'e ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER .....	3
2.1. Beton Dayanımı .....	3
2.2. Beton Dayanımını Etkileyen Faktörler .....	3
2.3. Dayanıklı Betonarme Eleman Tasarımı .....	4
2.3.1. Kimyasal tesirler .....	7
2.3.2. Donma- çözünme .....	10
2.3.3. Karbonatlaşma .....	11
2.3.4. Aşınma .....	12
2.4. Beton Yüzey Kusurları.....	13
2.4.1. Kalıp.....	15
2.4.2. Kalıp yüzeyleri.....	16
2.4.3. Kalıp ayırıcılar .....	17
3. MALZEME VE METOTLAR.....	22

	<b>Sayfa</b>
3.1. Malzemeler.....	22
3.1.1. Kalıp.....	22
3.1.2. Kalıp yağı.....	22
3.1.3. Beton.....	24
3.2. Metotlar.....	26
3.2.1. Kalıp örneklerinin hazırlanması.....	26
3.2.2. Beton bloklardan üzerinde gerçekleştirilen deneyler.....	28
3.2.3 Beton bloklardan alınan karot numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler	
4. BULGULAR.....	36
4.1. Schmidt Çekici ile Yüzey Sertliği.....	36
4.2. Ultrases Geçiş Hızı.....	38
4.3. Basınç Dayanımı.....	41
4.4. Yarmada Çekme Dayanımı.....	44
4.5. Karbonatlaşma Derinliği.....	46
4.6. Beton Yoğunluğu Tayini.....	48
4.7. Kapiler Su Emme Miktarı.....	50
4.8. Aşınma Direnci.....	53
5. SONUÇLAR.....	56
KAYNAKLAR.....	58
EKLER.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	66

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan betonun özellikleri.....	24
Çizelge 3.2. 1m <sup>3</sup> karışımda kullanılan malzemeler ve özellikleri.....	25
Çizelge 3.3. CEM I 42.5 R çimentosuna ait özellikler.....	25
Çizelge 3.4. Kalıp yağı kodları ve özellikleri .....	27
Çizelge 4.1. Schmidt çekici ile yüzey sertliği verilerine ait açıklayıcı istatistikler .....	36
Çizelge 4.2. Schmidt çekici ile yüzey sertliği verilerine ait varyans çözümleme.....	36
Çizelge 4.3. Schmidt çekici ile yüzey sertliği verilerinin zaman ve kalıp türüne göre.....	37
Çizelge 4.4. Ultrases Geçiş Hızı verilerine ait açıklayıcı istatistikler.....	39
Çizelge 4.5. Ultrases geçiş hızı verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....	39
Çizelge 4.6. Ultrases geçiş hızı verilerinin zaman ve kalıp türüne göre değişimine ait .....	40
Çizelge 4.7. Basınç dayanımı verilerine ait açıklayıcı istatistikler .....	42
Çizelge 4.8. Beton basınç dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....	42
Çizelge 4.9. Beton basınç dayanımı verilerinin zaman ve kalıp türüne göre.....	43
Çizelge 4.10. Yarmada çekme dayanımı verilerine ait açıklayıcı istatistikler.....	44
Çizelge 4.11. Yarmada çekme dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....	45
Çizelge 4.12. Yarmada çekme dayanımı verilerinin zaman ve kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları .....	45
Çizelge 4.13. Karbonatlaşma Derinliği verilerine ait açıklayıcı istatistikler .....	47
Çizelge 4.14. Karbonatlaşma derinliği verilerine ait varyans çözümleme tablosu ....	47

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.15. Karbonatlaşma derinliği verilerine ait Duncan testi tablosu.....	47
Çizelge 4.16. Beton yoğunluğu verilerine ait açıklayıcı istatistikler .....	49
Çizelge 4.17. Beton yoğunluğu verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....	49
Çizelge 4.18. Beton yoğunluğu verilerinin kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları .....	49
Çizelge 4.19. Kapilarite katsayısı verilerine ait açıklayıcı istatistikler .....	51
Çizelge 4.20. Kapilarite katsayısı verilerine ait varyans çözümleme tablosu.....	51
Çizelge 4.21. Kapilarite katsayısı verilerinin zaman ve kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları .....	52
Çizelge 4.22. 365 günlük örneklere ait açıklayıcı istatistikler .....	53
Çizelge 4.23. Aşınma direnci verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....	53
Çizelge 4.24. Aşınma dayanımı verilerinin kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları .....	54

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Deniz suyunun betona etkisi .....	9
Şekil 3.1. Kalıp yüzey görünüşleri.....	26
Şekil 3.2. Beton blok yüzeyinde schmidt çekici uygulama noktaları .....	29
Şekil 4.1. K0 referans kalıba göre yüzey sertliği değişim değerleri .....	37
Şekil 4.2. K0 referans kalıba göre ultrases geçiş hızı değişim değerleri.....	40
Şekil 4.3. K0 referans kalıba göre beton basınç dayanımı değişim değerleri .....	43
Şekil 4.4. K0 referans kalıba göre yarmada çekme dayanımı değişim değerleri.....	46
Şekil 4.5. Karbonatlaşma derinliği verilerine ait çubuk grafiği .....	48
Şekil 4.6. K0 referans kalıba göre beton yoğunluğu değişim değerleri.....	50
Şekil 4.7. K0 referans kalıba göre kapilarite katsayısı azalma oranları.....	52
Şekil 4.8. Ortalama aşınma dayanımı verilerine ait çubuk grafiği.....	54

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 3.1. Kalıp örneklerinden görüntüler.....	27
Resim 3.2. Kalıp yağı uygulaması ve beton.....	28
Resim 3.3. Beton basınç dayanımı deneyi .....	31

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>A</b>	Alan (cm <sup>2</sup> )
<b>D<sub>max</sub></b>	En büyük dane boyutu
<b>F</b>	F testi için değer
<b>f<sub>c</sub></b>	Beton basınç dayanımı (MPa)
<b>f<sub>ct</sub></b>	Beton yarmada çekme dayanımı (MPa)
<b>C<sub>w,s</sub></b>	Kapilarite katsayısı (g/m <sup>2</sup> xs <sup>0,5</sup> )
<b>N</b>	Örnek sayısı
<b>R</b>	Geri tepme sayısı
<b><i>α</i></b>	Anlamlılık düzeyi
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>ACI</b>	Amerikan Beton Enstitüsü
<b>ASTM</b>	Amerikan Standardı
<b>C</b>	Beton sınıfı
<b>K0</b>	Referans kalıp
<b>K1</b>	Kalıp ayırıcı yağ
<b>K2</b>	Konsantre kalıp yağı
<b>K3</b>	Ahşap ve plywood kalıp yağı
<b>PÇ</b>	Portland çimentosu
<b>S/Ç</b>	Su / çimento oranı
<b>TS</b>	Türk Standardı
<b>UK</b>	Uçucu kül



## 1. GİRİŞ

Betonarme eleman tasarımında iki temel malzeme faktörü, betonarme çeliği ve betondur. Bunlardan betonarme çeliği tanımlanmış standart özelliklerde fabrikasyon olarak üretilmektedir. Buna karşın betonun, fiziksel ve mekanik özellikler bakımından; kendisini oluşturan (agrega, çimento, su ve katkı maddeleri gibi...) malzemelerin özelliklerinin yanı sıra, karışım oranları, hazırlanması, karıştırılması, taşınması, yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve kuru gibi temel işlemlerden, kalıp özellikleri ve ortam şartlarından da büyük ölçüde etkilendiği bilinmektedir [1].

Betonarme yapı üretim sistemi içerisinde önemli bir yere sahip olan kalıp, taze betonu taşımak, istenilen şekil ve boyutlara sokmak ve yeterli bir şekilde betonun kendisini taşıyabilecek duruma gelmesine kadar onu desteklemek için tasarlanan geçici bir strüktür olarak tanımlanabilir [2]. Kalıp bu temel fonksiyonlarının yanı sıra beton yüzeyinin performansı açısından büyük önem taşımaktadır. Betonarme kalıp yüzey malzemesi türü, tasarım hataları ve kalıp yağlarının yanlış kullanımından dolayı, kalıplanan beton yüzeylerinde beton kabuğun (paspayı) fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen yüzey kusurlarının meydana geldiği bilinmektedir [3].

Genel olarak beton kusurları, betonarme elemanların yüzeyinde ve iç kısımlarında meydana gelebilmektedir. Çoğu zaman beton iç kısımlarında oluşan kusurların görünüşleri beton yüzeyine de yansımaktadır. Beton kusurlarının yüzeyde oluşmaları ve iç kısımlarda olduğu halde yüzeye yansıyanları üzerinde daha çok durulmaktadır. Bu durumda yüzeye görüntü vermeyen kusurlar ihmal edilmektedir [4].

Beton yüzeyinin görünümü ve yüzey fiziksel özelliklerinin etkin olduğu betonarme yapının kullanım ömrü esas alınarak tasarım faktörlerinin organize edilmesiyle daha fonksiyonel ve ekonomik sonuçlar elde edilmektedir. Yapısal amaçlı olmanın yanı sıra estetik özellik de taşıması beklenen beton yüzeylerinin tasarımında yüzey kusurlarını minimize edecek; yapı, kalıp ve beton tasarımının bir bütünlük içerisinde gerçekleştirilmesi gerekli görülmektedir [1, 5]. Beton kabuğunun fiziksel ve mekanik

özelliklerinin geliştirilmesiyle betonarme eleman dayanıklılığı da artırılmış olacaktır. Beton kabuğundaki bu gelişmenin; kalıp yüzeylerinde gerçekleştirilecek farklı tasarımlarla, beton kabuğun fiziksel ve mekanik özelliklerinin geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, alternatif kalıp yağlarının betonun bazı yüzey özellikleri üzerine etkilerini araştırmaktır.

Çalışma alternatif kalıp yağları kullanılan Kalıplardan çıkarılan beton bloklar üzerinde, Schmidt çekici ile yüzey sertliği, beton bloklardan alınan karot numuneler üzerinde ise ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, beton yoğunluğu, karbonatlaşma derinliği, kapiler su emme ve aşınma dayanımı özellikleri üzerine etkileri belirlemeye ilişkin değerlendirmeleri kapsamaktadır.

## **2. KURAMSAL TEMELLER**

### **2.1. Beton Dayanımı**

Değişik türlerdeki yapılarda kullanılmakta olan betonun üzerine değişik yönlerde etki yapan statik ve/veya dinamik yükler (kuvvetler) gelebilmektedir. Beton bu yükleri taşıyabilmek için direnç göstermektedir. Doğal olarak üzerine gelen yükün etkisiyle betonda bir miktar şekil değişikliği meydana gelmektedir [6].

Beton dayanımı, üzerine gelen yüklerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı, betonun gösterebileceği maksimum direnme olarak tanımlanabilmektedir [7].

### **2.2. Beton Dayanımını Etkileyen Faktörler**

Çimento hamurunun yeterli dayanımda olması, bir yandan betonun yük taşıma kapasitesinin yeterli düzeyde olabilmesini sağlarken, diğer yandan çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki aderansın daha kuvvetli olabilmesine yardımcı olmaktadır. Çimento hamurunun içerisinde yer alan jel boşlukları dışındaki diğer boşlukların daha az miktarda yer almış olduklarını işaret etmektedir.

Jel boşlukları dışında, çimento hamurunun içerisinde yer alabilecek diğer boşluklar olarak, kapiler boşluklar, hapsolmuş hava boşlukları, ve hava sürükleyici katkı maddeleri kullanıldığı takdirde çimento hamuru içerisinde oluşan sürüklenmiş hava kabarcıkları kastedilmektedir.

Beton içerisinde bulunan boşluklar sadece çimento hamurunun içerisinde yer almış olan boşluklardan ibaret değildir. Taze betonun üretimi, taşınması ve özellikle yerleştirilmesi esnasında betonun içerisine bir miktar hava girmektedir. İçerisinde büyük boşluklar bulunan beton, o haliyle sertleştiği takdirde, düşük dayanımlı bir beton olmaktadır. Beton dayanımını etkileyen faktörlerden bazıları aşağıdaki gibi sıralandığında;

- ✓ Su/çimento oranı
- ✓ Karma suyunun kalitesi,
- ✓ Çimento özellikleri,
- ✓ Agregata özellikleri,
- ✓ Betona uygulanan karma, taşınma, yerleştirme ve sıkıştırma işlemleri,
- ✓ Kür koşulları ve betonun yaşı [6].

### 2.3. Dayanıklı Betonarme Eleman Tasarımı

Bir beton tasarlanırken, söz konusu beton yapının hizmet edeceği amaç ve gerçekte maruz kalacağı çevre etkilerine karşı dayanıklılığı ele alınmalıdır. Dayanıklılık için, o çevrede hiç kritik olmayan bir etkiye karşı betonda direnç yerine, betonun göreceği hizmet ve o çevre şartları altında söz konusu olacak en kritik direnç esas olmalıdır. Örneğin, hiç don olayının meydana gelmediği çok sıcak iklimli bir bölgede inşa edilecek bir karayolu tüneli beton kaplaması için tasarlanan betonun donma tesirine karşı dayanıklılığı yerine, aşınma etkileri ve çimento agregata reaksiyonlarına karşı dayanıklılığı ele alınmalıdır [1].

Beton uzun yıllardan beri en önemli yapı malzemesi olma özelliğini korumuştur. Bir beton tasarlanırken söz konusu beton yapının hizmet edeceği amaç ve gerçekte maruz kalacağı çevre etkilerine karşı dayanıklılığı ele alınmalıdır. Gerek maruz kaldığı dış etkiler altında (mekanik, fiziksel ve kimyasal), gerekse kendi iç yapısında zaman içerisinde meydana gelecek değişikliklerden dolayı yapacağı şekil değiştirmelerin belirli değerleri aşmaması istenilen özelliklerdir [1, 8].

Beton üretim aşamasında hemen dayanıklılık özelliği dikkate alınmayabilir. Dayanıklılık, beton sertleşip hizmete girdikten sonra hatta bazen uzun bir süre geçince kendini gösteren bir niteliktir. Oysa dayanıklılık; mukavemet ve ekonomi gibi, iyi beton yapımında beton işçiliği ile ilgili hatırdan tutulması, dikkate alınması gereken bir beton niteliğidir. Gerekli dayanıklılığa sahip olmayan beton iyi bir beton olamaz. Genel kaide, dayanıklı bir beton elde etmek için düşük su/çimento oranı ile beton yapmak, iyi seçilmiş sağlam agregata kullanmak, betonu yerleştirirken iyi işçilik

ve uygun inşaat yöntemleri ile kaliteli, yoğun beton elde etmek, dökülen betonu yeterince kür etmektir [9].

Beton kalitesini belirleyici olarak kullanılabilen parametreler şunlardır;

- ✓ Basınç dayanımı,
- ✓ Çekme dayanımı, eğilmede çekme dayanımı, yarmada çekme dayanımı,
- ✓ Aşınmaya dayanıklılık,
- ✓ Su emme,
- ✓ Su geçirgenlik,
- ✓ Donma-Çözölmeye dayanıklılık,
- ✓ Kimyasal maddelere dayanıklılık,
- ✓ Isı yalıtıcılık,
- ✓ Hafiflik,
- ✓ Dış görünüş [10, 11]

Su tutucu yapı elemanlarda kullanılacak betonlarda geçirgenlik (veya su geçirimsizlik); ısı yalıtıcı elemanlarda kullanılacak betonlarda ısı yalıtıcılık ve hafiflik, sanayi çevrelerinde kullanılacak betonlarda kimyasal maddelere dayanıklılık; aşırı iklim koşullarına açık olan betonlarda su emme, donma çözölmeye dayanıklılık, trafik etkisiyle karşı karşıya olan elemanlarda aşınmaya dayanıklılık, mimari etki sağlama amaçlı betonlarda dış görünüş ve bütün bunlarla birlikte, taşıyıcı olmayanlarda beton kalitesi açısından en önemli belirleyici parametre olan, başta basınç dayanımı olmak üzere mekanik özellikler değerlendirilir [10,11].

Betonun basınç dayanımı, eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti ( eksenel basınç yükü etkisiyle, betonda oluşan maksimum gerilme ) olarak tanımlanmaktadır [6]. Başka bir belirleyici etki ise betonun çekme dayanımıdır. Betonda çekme etkisi yaratacak kuvvetlerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı, betonun gösterebileceği direnme kabiliyetidir.

Ancak yapıdaki betona doğrudan çekme kuvveti uygulanmamaktadır. Ancak, beton elemanların üzerine gelen eğilme kuvvetleri betonun içersinde dolaylı olarak çekme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır.

Betonda oluşan çekme kuvvetleri, betonun çatlamasına ve kırılmasına yol açan en önemli neden olarak kabul edilmektedir.

Betondaki basınç ve çekme dayanımları birbiriyle yakından ilgilidir. Genel olarak, betonun çekme dayanımı, basınç dayanımının % 9 - % 10'u kadardır. Betonun kalitesine ve yaşına bağlı olarak, bu oran % 7 ile % 17 arasında değişebilmektedir [6].

Yapıların tasarım hesaplarında genellikle kullanılmakta olan dayanım türü, betonun basınç dayanımıdır. Ancak, oldukça gevrek bir malzeme olan betonun çekme kuvvetlerine karşı direnme kabiliyeti çok düşük olduğundan, çekme dayanımının değeri betonun içersindeki çatlakların oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Betonarme kirişlerde oluşan eğik çekme kuvvetleri çok büyük sorun yaratmaktadır. Betonda büyük çatlakların oluşması, kırılmaya neden olmaktadır.

Betonun kırılmasına yol açabilecek kadar büyük çatlakların oluşmadığı durumlarda dahi, karşılaşılabilecek sorunlar ortadan kalkmamaktadır. Çatlakların oluşması ile, betonun içersine dışarıdan sularla birlikte sülfat, asit, klor gibi maddelerin girebilmesi daha kolay olmaktadır; betonarme elemanlardaki demir donatı korozyon göstermektedir; betonun içersine giren yabancı maddelerin yarattığı kimyasal olaylar betonun büyük hasar görmesine, dayanıklılığının azalmasına yol açmaktadır.

Betonun çekme dayanımının bilinmesi, çatlakların ve yapıyla ilgili analizlerin yapılabilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır [6].

Ayrıca bununla birlikte betonarme elemanın dayanıklılığını etkileyen faktörler;

- ✓ Betonarme çeliği korozyonu

- ✓ Kimyasal tesirler
- ✓ Donma- çözünme etkisi
- ✓ Alkali-agrega reaksiyonu
- ✓ Aşınma yıpranma
- ✓ Betonun kılcallığı
- ✓ Betonun geçirimsizliği

olarak sıralanabilir[12, 13].

Bu faktörlerin etkinlik dereceleri, yapının bulunduğu çevre ve kullanım şartları, malzeme özellikleri ve karışım oranları, beton kabuğu ve kalıp karakteristiklerinden etkilenmektedir [1].

### **2.3.1. Kimyasal tesirler**

Zararlı kimyasal etki, beton veya donatılı betondan yapı elemanın betonunu kimyasal yönden etkileyecek, bu elemanın başta dayanım olmak üzere diğer özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek kalitesini düşüren ve hizmet süresini azaltan kimyasal etkilerdir [14].

Betonun yapısına kötü etki eden ve parçalanmasına neden olan çeşitli kimyasal etkenler vardır. Genellikle bu etkenler, Betonu çok kısa sürede parçalamamakla beraber belirli zaman içerisinde yavaş yavaş oldukça tehlikeli sonuç verebilecek şekilde etkilemektedir. Genellikle sulu ortamda oluşan bu kimyasal olaylar, betonun temas suyundan veya betonun temas ettiği ortamlarda meydana gelir. Bu temas ettiği ortamlarda tuz veya kimyasal bileşikler, rutubetle çözünerek betonu olumsuz olarak etkiler [8].

Betonun bileşenleri birbirleriyle ve betonun temas halinde olduğu kimyasal maddelerle, özellikle sulu ortamda, çeşitli etkileşimlere girerler. Bunun sonucu olarak beton yapı elemanı işlevini yerine getirebilmesi için gerekli olan özelliklerini zamanla yitirebilmektedir. Betonun bozulmasına neden olan etkileşimler 1. yer

değiştirme, 2. çözünerek yapıdan uzaklaşma ve 3. şişen ürünler verme tepkimelerini zamanla değişen oranlarda içerirler. Bu üç ana tepkime grubu iç yapının bozulması ile mukavemetin azalmasına, boşluk oranının artmasına, büyük yerel şekil değiştirmeler sonucu kabarma, çatlama ve kapak atmalara veya kısaca betonun korozyonuna yol açarlar [15,16].

Korozyon, kimyasal bileşimle birlikte fiziksel özelliklere de bağlıdır. Genelde beton yapı elemanının zararlı ortamda niteliğini koruyabilmesi için ince kesit ve sivri köşelerden kaçınılması, beton bileşenlerinin zararlı etki oluşturmayacak veya zararlı ortama dayanıklı türde seçilmesi, betonun geçirimsiz ve kompakt olacak bileşimde ve uygun yöntemlerle üretilmesi zararlı ortamdan yalıtılması ve/veya ortamın zararlı etkinlik derecesinin düşürülmesi olarak sıralanabilir [17].

### Sülfat tesiri

Sülfat, çimentonun bazı bileşenleri ile reaksiyona girerek betonun zamanla bozulmasına neden olur. Bu saldırı sülfat iyonlarının, sertleşmiş betondaki alüminli ve kalsiyumlu bileşenlerle kimyasal reaksiyona girmesi, etrenjit ve alçı taşı oluşturması ile gerçekleşir. Reaksiyon ürünleri betonda genleşme yaratarak çatlaklara ve dağılmaya yol açar, agrega çimento aderansının etkilenmesiyle betonun mukavemeti düşer.

Sülfat korozyonu betonlarda en sık rastlanan bir hasar tipidir. Bunda en büyük etken sülfat bileşiklerinin betonla çok değişik ortamlarda temas edecek şekilde doğada bulunması gerçeğidir. Doğada sodyum, potasyum ve magnezyum bileşikleri (tuzları) halinde bulunan sülfat; agrega, karışım ve temas suyu yada zeminlerde bulunabilir [15].

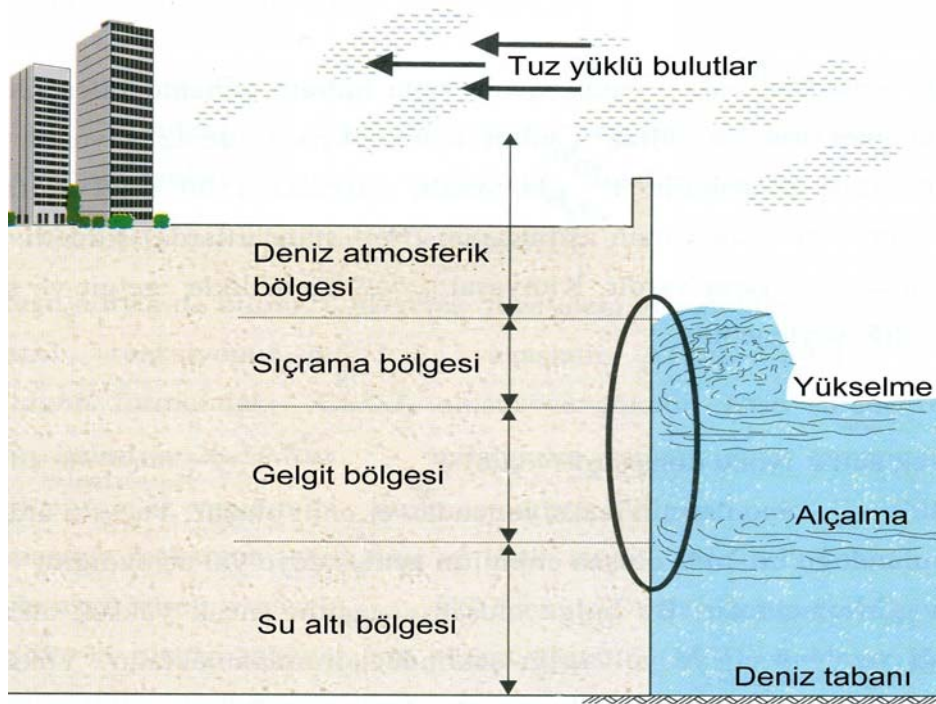
Sülfattan etkilenmiş beton; karakteristik beyaz türü bir görünüşe sahiptir, hasarlar genellikle köse ve kenarlarda başlar ve betonun çatlama ve pullanmasıyla devam eder. Bu görünüşün oluşmasının nedeni, trikalsiyum sülfoalüminatın formasyonu olan sülfat tesirinin varolmasıdır [13].



### Deniz sularının tesiri

Denizlerde köprü, iskele, rıhtım, fener gibi birçok beton veya betonarme yapılar yapılmaktadır. Bu yapılar deniz suyunda mevcut ve beton için genellikle zararlı olan bir takım tuzların etkisi altındadır. Bu yapıları meydana getiren betonlarda kimyasal mukavemeti bakımından gerekli önlemlerin alınmaması halinde yapı çok kısa bir zamanda hasara uğrayarak işlevini yerine getiremez hale gelir [18].

Deniz suyu şartlarına maruz kalan bu yapılarda korozyon ve deniz suyunun diğer tahrip edici etkileri görülmektedir. En şiddetli etkinin deniz suyunun yükselme alçalma ve sıçrama bölgesinde gerçekleştiği bilinmektedir [19].



Şekil 2.1. Deniz suyunun betona etkisi [13]

Betonarme yapı elemanlarının erken yapısal bozulmasına neden olan donatı korozyonu yönünden, deniz şartlarının en etkili ortam olduğu anlaşılmaktadır. Deniz suyunda bulunan yüksek klorür miktarı, deniz suyunun sürekli olarak beton yüzeyini ıslatması ve yüzeyin kuruması dönüşümü ve yüksek permeabiliteye sahip beton

yüzeyinin mevcut olması gibi şartların bir araya gelmesi durumunda korozyon için en uygun ortam hazırlanmış olur [20].

### Asitlerin tesiri

Sertleşmiş betonun içerisine sızan sularda bulunan asitler, betonun genişip hasar görmesine yol açan kimyasal olayların yer almasına neden olmaktadır. Asitlerin betonda yarattığı yıpratıcı etki, asit hücumu olarak adlandırılmaktadır [6].

Beton alkali veya bazik ortama genelde dayanıklı olmasına rağmen, bazik yapılı beton bileşenleri zayıf asitlerin düzensiz etkisi dışında asitli ortamdan zarar görürler. Kalsiyum silikat hidrat esaslı bağlayıcılar kullanılarak kuvvetli asit çözeltilerine dayanıklı beton yapılamaz. Bu asitlerin tuzları ise doygunluk derecelerine bağlı olarak etki gösterirler [21].

Rutubetli ortamda, kükürtdioksit ( $SO_2$ ) ve karbondioksit ( $CO_2$ ), hatta atmosferde bulunan diğer gazlar; çözülmek suretiyle asitleri oluşturarak ve çimento hamuru ile reaksiyona girerek yumuşak, çok zayıf bir beton kitlesi oluşmasına neden olabilir [18].

### **2.3.2. Donma- çözünme**

Boşluklu bir cisimdeki boşluklarda bulunan suyun, sıcaklık derecesinin sıfırın altına düşmesi sonunda, donması cisimlerin mukavemetinin azalmasına ve hatta parçalanmasına yol açabilir. Böyle bir sonuç, suyun donması sonucunda hacmin artmasından ileri gelmektedir [22]. Açıktaki su  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  de donarken beton içerisindeki su değişik tuzların çözeltisi olması nedeniyle daha düşük sıcaklıklarda donmaktadır. Su donduğu zaman yaklaşık % 9'luk bir hacim artışı olmaktadır. Bunun ötesinde su ile tamamen dolan boşlukların boyutları ne kadar küçük olursa, suyun donduğu sıcaklık derecesi de o kadar düşük olmaktadır. Jel boşluklarının çok küçük olması

nedeniyle donmanın büyük bir kısmının kapiler boşluklarda meydana geldiği görülmektedir [18,23].

Bu genişlemenin sonunda ise cisimlerin boşluk yapısında önemli değişimler olmaktadır. Donma-çözülme olayının birkaç sefer tekrarlanması sonucu oluşan boşluklar biraz daha genişlemekte ve bunun sonucunda cismin yüzeyinde önemli derecelerde çatlaklar ve hatta döküntüler meydana gelmektedir [4]. Bilindiği gibi beton da boşluklu bir malzemedir. Bu boşluklarda ya betonun üretilmesi sırasında kullanılan karma suyu ya da betonun geçirimsizliği nedeniyle dışarıdan içeriye girmiş su bulunmaktadır. Bu nedenle beton donma olayının etkisi altında kalmaya ve bunun sonucu olarakta hasar görmeye elverişli bir malzemedir. Betonun donmaya dayanıklı olması üzerinde yörenin iklim şartlarının büyük etkisi vardır. En elverişsiz koşullar geceleri donma olayının meydana gelmesi, gündüzleri de sıcaklığın sıfırın üstüne çıkması durumudur. Böyle bir durumda donma ve çözülme olayları yıl içerisinde birçok defa tekrarlanacak ve birkaç yıl sonra beton parçalanacaktır.

Donma olayı zararlı etkisini, betonun bileşenlerinden olan agrega taneleri ve çimento hamuru fazlarının her ikisinde gösterir. Eğer donmaya dayanıklı bir beton elde etmek istiyorsak çimento hamurunun kompasitesini büyük, agreganın porozitesi küçük olan malzeme seçilmelidir [24].

### **2.3.3. Karbonatlaşma**

Karbonatlaşma havadaki serbest durumda bulunan karbondioksitin nemli ortamlarda, hidrate olmuş çimento ile reaksiyona girmesidir. Atmosferde serbest durumda bulunan  $CO_2$ , beton içerisinde fazla miktarda bulunan ve betona alkalın özellik veren  $Ca(OH)_2$  ile reaksiyona girer. Başlangıçta betonun pH seviyesi 12-13 civarında iken reaksiyon neticesinde 9 mertebesine kadar geriler.

Karbonatlaşma reaksiyonunun gerçekleşebilmesi için ortamda bir miktar nemin bulunması gerekir [25,26].

Karbonatlaşma tek başına beton için fazlaca bir sorun teşkil etmez. Onun en büyük sakıncası betonarme sistemlerde donatı korozyonudur. Başlangıçta alkalin yani çeliği koruyan pasif tabaka karbonatlaşma neticesinde bozulur ve çelik korozyona açık hale gelir. Donatının korozyonu beton matrisi ile çelik arasındaki aderansın kaybolmasına ve bunun sonucu mukavemetin azalmasını neden olur. Karbonatlaşma başlangıçta bir dayanıklılık sorunu olmasıyla birlikte dayanım problemi de sayılabilir.

Durabiliteyi etkileyen tüm parametreler betonun karbonatlaşmasında da rol oynamaktadır. Bu parametrelerden biri de betonun boşluk yapısı ve miktarı ile birlikte ortamdaki nemdir. Betonun döküm aşamasında bulunmakta olan sıkıştırma ve yerleştirme işlemi betonun boşluk yapısını ve miktarını önemli derecede etkileyebilmektedir [27,28].

#### **2.3.4. Aşınma**

Aşınma direnci, aşınmaya maruz kalabilecek bütün yüzeyler için önemli görülmektedir. Aşınma direnci; su/çimento oranına, yüzey işlemleri ve betonun kürüne bağlıdır. Ayrıca çimento hamuru direnci, agrega fiziksel ve karışım özellikleri de betonun aşınma direncinin oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Çoğu durumda beton yüzeyleri yıpranmaya maruzdur.

Yıpranma, kayma, kazıma veya vurmada kaynaklanan sürtünmelerle gerçekleşebilir. Hidrolik yapı durumunda bulunan beton elemanlarda su tarafından taşınan aşındırıcı maddelerin hareketi genellikle erozyona neden olur. Akan suyun neden olduğu beton hasarının diğer bir şekli ise oyulma olarak bilinmektedir. Beton kabuğunun homojen bir yapıda olması gerekmektedir. Aksi takdirde, farklı seviyelerde aşınma ve oyulma meydana gelecektir [1].

## 2.4. Beton Yüzey Kusurları

Beton kusurları, betonarme elemanların yüzeyinde ve iç kısımlarında olabilmektedir. Çoğu zaman beton iç kısımlarında oluşan kusurların görünüşleri beton yüzeyine de yansımaktadır.

Beton yüzeyinde yer yer farklı görünümlere neden olan yüzey kusurları aynı yüzeyde fiziksel özellikler bakımından farklı yapıların oluştuğu göstermektedir. Bu oluşum, yapının bulunduğu ortam şartlarından kaynaklanan zararlı tesirlere karşı farklı direnç gösteren beton yüzey alanlarının oluşacağı anlamındadır. Dolayısı ile ileri yıllarda farklı zamanlarda, farklı seviyelerde yıpranma ve tamir-bakım gereksinimi ortaya çıkacak ve farklı kullanım ömrü problemleri ile karşılaşılacaktır. Bu bakımdan yüzey kusurlarının dereceleri ve beton yüzeyinin fiziksel özellikler bakımından üniform olması önem taşımaktadır. Değerlendirme kriteri olarak; beton yüzeyinin görünümü ve yüzey fiziksel özelliklerinin etkin olduğu betonarme yapının kullanım ömrü, esas alınarak tasarım faktörlerinin organize edilmesi ile daha fonksiyonel ve ekonomik sonuçlar elde edilebilecektir. Yapısal amaçlı olmanın yanı sıra estetik özellik de taşınması beklenen beton yüzeylerinin tasarımında yüzey kusurlarını minimize edecek; yapı, kalıp ve beton tasarımının bir bütünlük içerisinde gerçekleştirilmesi gerekli görülmektedir [29].

Kusursuz ve renk farklılıkları olamayan üniform tekstürlü kalıplanmış bir yüzey elde etmek çoğu zaman zor olmaktadır. Bozuk bir yüzeyin tamiri ise çok pahalı ve nadiren tatmin edici sonuçlar vermektedir. Beton yüzeyinin görünümü;

- ✓ Beton kompozisyonu,
- ✓ Yerleştirme metodu, sıkıştırma ve katılma (ısıtma işlemler, özel kür şartları),
- ✓ Kalıbın rijitliği,
- ✓ Kalıp yüzey kaplamasının karakteri,
- ✓ Kalıp yüzey malzemesinin su geçirmezliği,
- ✓ Kalıp ayırıcılarının türü ve kullanım miktarları,
- ✓ Kalıp sökme işlemlerinden sonra yüzey korunması ve hava şartları,

gibi faktörlere bağlıdır [3].

Beton yüzey kusurları renk-görüntü kusurları ve fiziksel kusurlar olmak üzere iki grupta değerlendirilmektedir. Betonun yapısal rengi betonu oluşturan çimento ve agrega gibi iki temel unsurun rengine bağlıdır. Renk bozuklukları terimi genel olarak; betonun yapısal rengine değişimlerden anlaşılan kusurların anlatımı için kullanılır. Beton karışımın homojen olmaması, vibratörün kalıba çok yakın tutulmasıyla beton yüzeyinde kaymağın oluşmaması, vibratörü daldırma noktalarının iyi seçilmemesi, üniform olmayan kalıp absorpsiyonu ve/veya yanlış kalıp ayırıcıların kullanımı, renk bozukluklarına neden olabilmektedir[29].

Betonda meydana gelen fiziksel kusurlar ve sebepleri ise kısaca aşağıdaki şekilde açıklanabilir;

- ✓ Peteklenme (*honeycombing*); Harcın kaba agrega arasındaki boşlukları etkin bir şekilde doldurma yetersizliğinden kaynaklanan beton yüzeyindeki düzensiz boşluklardır [30].
- ✓ Böcek yuvası tipi boşluklar (*bug holes*); Betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması sürecinde beton ve kalıp yüzeyi arasında tutulan hava kabarcıklarından oluşan küçük düzenli veya düzensiz boşluklardır [30].
- ✓ Kumlu görünüm (*sand streaking*); Beton yüzeyinde çimento kaymak tabakasının bulunmadığı kumlu bir beton yüzey görünümüdür. Kumlu görünümlü beton yüzeyi oluşmasında kalıp ek yerleri boyunca aşırı sızıntı, uygunsuz tane dağılımı, bağlayıcı malzemeye oranla kum miktarının artması, önemli faktörler olarak bilinmektedir [31].
- ✓ Kalıp izleri yansması (*form offset*); Kalıp birleşim yerlerinin beton yüzeyine yansmasıdır. Kalıbın yetersiz bir şekilde desteklenmesi, beton döküm yüksekliğinin fazla olması, çok güçlü vibratör kullanılması, kalıp izleri yansmasına neden olan faktörler olarak bilinmektedir [3].
- ✓ Hava boşlukları (*blow holes*); Beton yüzeyinde, normalde 15 mm' yi geçmeyen tek tek düzenli veya düzensiz küçük boşluklardır. Kalıp yüzeyinin geçirimsizliği, uygun olmayan kalıp yağı seçimi, çok fazla kalıp yağı kullanımı, yetersiz

vibrasyon betonda hava boşluklarının oluşmasına neden olabilecek önemli faktörler olarak bilinmektedir [31].

- ✓ Kılcal çatlak ağı (*crazing*); Aşırı parlak camsı beton yüzeylerinde, betonun ileri yaşlarında ince yapılı çatlak ağı oluşmasıdır. Kılcal çatlak ağının, çok parlak camsı kalıp yüzeyi kullanımı, karışımın fazla miktarda çimento ve ince malzeme içermesi, yüksek su içeriği, gibi faktörlerden kaynaklandığı bilinmektedir [31].
- ✓ Harç kaybı (*grout loss*); Genellikle hidrotasyon renk bozuklukları ile birlikte çimentodan yoksun yoğun kum yapılı yüzey alanlarıdır. Yeterince sıkı sıkıştırılmamış kalıp yüzey elemanı aralıkları, harç kaybı oluşumunda önemli faktör olarak görülebilir [31].
- ✓ Yüzeyde pullanma (*scaling*); Beton yüzeyindeki çimentolu derinin yer yer kopması halidir. Uygun olmayan kalıp yüzeyi, yanlış kalıp yağı seçimi, su kusması, beton yüzeyinde pullanma oluşumuna neden olan önemli faktörlerdir [3].

#### 2.4.1. Kalıp

Taze betonu taşımak, istenilen şekil ve boyutlara sokmak ve yeterli bir şekilde betonun kendisini taşıyabilecek duruma gelmesine kadar onu desteklemek için tasarlanan geçici bir strüktür olarak tanımlanabilir. Kalıp terimi, betonla doğrudan temas halinde bulunan esas materyal ve bütün gerekli taşıyıcı-destekleyici strüktürü kapsar [2].

Bilindiği gibi, taze beton düşey kalıp yüzeylerine basınç yapar. Kalıp tasarımı sırasında kullanılan bu basıncın şiddetini bir çok faktör etkilemektedir. Genelde, bunların en etkin olanları betonlama hızı ve betonun kıvamı ile doğrudan ilgili görülmektedir [32].

Kalıp sistemini oluşturan elemanların fonksiyonları açısından bakıldığında, kalıp sistemi iki esas başlık altında incelemek uygun olacaktır. Bunlardan birisi, kalıp yüzeyleri diğeri ise kalıp taşıyıcı sistemidir. Kalıp iskelesi olarak da adlandırılabilen

kalıp taşıyıcı sistemi kalıp yüzeylerini destekler ve kalıp sistemine etki eden kuvvetlere karşı sistemin bütünlüğünü sağlar [33].

#### **2.4.2. Kalıp yüzeyleri**

Kalıp yüzeyleri betonda istenilen yüzey düzgünlüğünü sağlamak ve betona istenilen şekli vermek gibi temel özelliklere sahiptir.

Kalıp yüzeyleri aynı zamanda ;

- ✓ Taze betonu mekanik hasarlardan korumak
- ✓ Beton nemini kaybetmesini önlemek,
- ✓ Betona ısı izolasyonu sağlamak gibi özelliklere sahiptir.

Genelde kalıp yüzey malzemesi olarak ahşap, çelik ve plastik kullanılmaktadır. Mekanik ve fiziksel özellikleri bakımından farklılık gösteren bu malzemeler kalıpladıkları beton yüzey özellikleri bakımından da farklılık göstermektedir.

Geleneksel yapı üretiminde yaygın olarak betonarme yapı elemanı kalıp yüzeylerinin oluşturulmasında genel olarak; masif kerestenin(tahta), kullanılmakta olduğu bilinmektedir [33].

Beton yüzeyi ile doğrudan temas halinde olması ve beton yüzeyinin bu yüzeydeki bozuklukları aynı şekilde yansıtması bakımından kalıp yüzeyi özellikleri çok önemli görülmektedir. Beton yüzeyinde dalgalanma ve yorgan deseni; kalıp yüzeyinin yüksek rutubet içeriği, yüzey kaplamasının yetersiz kalınlığı, yetersiz desteklenmesi ve çok yüksek beton basıncı gibi birçok nedenden dolayı ortaya çıkabilir. Kalıp yüzey kaplamasının kalıpta en önemli malzeme olduğu gözden uzak tutulmamalıdır [34].



Beton ile doğrudan temas halinde bulunduğu için kalıp yüzeyini oluşturan malzeme çok önemlidir. Kullanılan malzemelerin çoğu absorpsiyon özelliğine sahip olup, hava, su ve hatta bir miktar çimento absorbe edebilir. Kalıbın absorpsiyonu nedeniyle beton karışım elemanlarından herhangi birisinin beton karışımından uzaklaşması fiziksel özelliklerde değişime neden olacaktır. Kalıp yüzeyinin hava absorbe etmesi beton içerisindeki hava boşluklarını azaltabilir [35].

Betonun kalıba yapışması beton yüzeyinin kalitesini önemli ölçüde etkiler. Sertleşen betonun kalıp yüzeyine yapışma direnci ;

- ✓ Kalıp yüzey malzemesini türü,
  - ✓ Kalıp ayırıcılar,
  - ✓ Kalıp yüzey pürüzlülüğü,
  - ✓ Beton tip ve kalitesi
  - ✓ Sıkıştırma şekli-zamanı,
  - ✓ Kür şartları,
- gibi faktörlere bağlıdır [36].

### **2.4.3. Kalıp ayırıcılar**

Kalıp ayırıcı maddeler betondan kalıbın kolayca hasarsız bir şekilde alınmasını sağlayan ahşap ve metal yüzeylere uygulanan kimyasallardır. Bu kimyasallar yağların yanı sıra, kütleme bileşikleri, mum ve reçinelerden oluşabilir. Kalıp ayırıcı maddeler sıklıkla ahşap veya metal kalıp yüzeylerinden beton yüzeylerine transfer olarak beton içerisine doğru ilerler. Fakat bu penetrasyon genişliği ve derinliği önceden belirlenemez [37].

Renk bozuklukları, lekeler, beton koyuluğunda değişim, toz kirlenmesi, atık maddelerin brüt beton yüzeyine yapışması gibi istenmeyen sonuçlar, kalıp yüzeyine yapılan işlemlerle kontrol edilebilir.

Kalıp yüzeylerinin beton suyunu emici tekstil astar ile kaplanması ile geleneksel kalıp yüzeyleri korunmuş, dolayısı ile kullanım adedini artırılmış olacaktır. Diğer taraftan yüzeye kaplanan geçirgen astar, suyun tahtalara açılan deliklerinden direne edilerek dışarı atılmasına ve dolayısı ile beton yüzeyinde su/çimento oranı düşük bir beton kabuğu oluşmasına neden olmaktadır. Daha önce yapılan araştırmalarda tekstil astarlı kalıba dökülmüş beton ile geleneksel kontrplak kalıba dökülmüş beton arasında performans farklılıkları;

- ✓ Yüzeyde hava boşluğu oranının 20 kat azaldığı,
  - ✓ Beton test çekici değerlerinin %70 arttığı,
  - ✓ Karbondioksit penetrasyon derinliğinin 5 kat azaldığı,
  - ✓ Klorür iyon penetrasyon derinliğinin 5 kat azaldığı,
  - ✓ Donma çözünme sonucu pullanma derinliğinin 10 kat azaldığı,
- şeklinde belirlenmiştir [38].

Subaşı (2001); Astarsız karasac kalıbına dökülen betonların en düşük performansa sahip olduğu, BL-20 geotekstil ile kaplı kontrplak kalıba dökülen betonların ise en yüksek performansa sahip olduğunu belirtmiştir [15].

Reeves (1993); sertleşmiş betonu beton yüzeyine dik olarak kesip hazırladığı, ince parçaları kullanarak yaptığı değerlendirmelerde yoğunluktaki benzer bir artışı belirtmiştir. Geçirgen kalıplara dökülen beton numuneler, büyük agregalar arasında daha az boşluk göstermiş ve geçirgen kalıp yüzeyindeki betondaki hidrate olmuş çimento taneciklerinin birbirine daha yakın olduğu görülmüştür. Reeves ayrıca, betonun yüzey alanındaki kapiler boşlukların boyutlarında ve sayılarında da azalma olduğuna dikkat çekmiştir. Kontrol numuneleri aynı betondan çelik kalıplara dökülerek hazırlanmıştır. Kontrol numunesindeki gözeneklerin alanları geçirgen kalıplardaki gözenek alanlarının yaklaşık iki katıdır. Işık mikroskobu kullanılarak yapılan gözlemler, civa boşluk ölçer kullanılarak yapılan gözenek ölçüleriyle doğrulanmıştır. Boşluk ölçer verileri geçirimsiz kalıp kullanarak dökülen numunelerin gözenek alanlarının geçirgen kalıplar kullanılarak dökülen numunelerin

gözenek alanlarından 1,6 katı daha büyük olduğunu göstermiştir. Tabakanın arkasında artan çimento içeriği geçirgen kalıplarda daha yoğun ve daha sağlam bir yüzey oluşturmuştur [39].

Subaşı (2005); Beton bloklar ve bunlardan alınan karot numuneler üzerinde ölçülen bütün özellikler bakımından Zemdrain ve SB-20 geotekstil astarla kaplı kalıpların, astarsız kontrplak yüzeyli kalıba göre daha iyi sonuçlar verdiği, astarsız kontrplak yüzeyli kalıbın en düşük performansa sahip olduğu, SB-20 astarlı drenaj özelliği bulunan kalıbın ise en yüksek performansa sahip olduğunu belirtmiştir [40].

Kusursuz bir beton yüzeyi elde etmenin yollarından birisi de kalıp ayırıcının temiz ve birikinti oluşturmayacak şekilde yüzeye uygulanmasıdır [41]. Kalıp ayırıcı maddeler çoğu zaman kalıptan beton yüzeyine transfer olur. Çok fazla kalıp yağı beton yüzeyinin sertleşmesini önler ve renk bozukluklarına neden olur. Atık yağların, kalıp ayırıcı olarak kullanımı, renk bozuklukları ve boşluklu yüzeyler gibi arzu edilmeyen sonuçlar doğurur. Bu nedenlerle kalıp ayırıcıların tür ve özelliklerinin iyi bilinerek seçilmesi gerekmektedir [33].

#### Kalıp ayırıcıdan beklenen özellikler

Kalıp ayırıcıların taşınması gereken özellikler şu ana başlıklarda toplanabilir ;

- 1- Kalıbın sorunsuz olarak betondan ayrılmasını sağlamalıdır.
- 2- Soğuk havalarda kullanılacak ise -7 °C 'ye kadar püskürtülebilir olmalıdır.
- 3- Kalıplarda ısıtma kullanılması durumunda dahi yüzeyde lekelenmeye neden olmamalıdır ve homojen görünümlü bir beton elde edilmesini sağlamalıdır.
- 4- Çevre yönetmeliklerinde belirtilen sınırlamalara uygun olmalıdır.
- 5- Yüzeyde boşlukların oluşumunu mümkün olduğunca engellemelidir.
- 6- Koku yaymamalıdır.
- 7- Parlama sıcaklığı 93,3 °C'nin üzerinde olmalıdır.
- 8- Yüzeyde tozunmaya ve kumsu bir görünüme neden olmamalıdır.
- 9- Üzerine uygulanacak yüzey kaplamalarının aderansını olumsuz etkilememelidir.

- 10- Kimyasal katkılarla uyumlu olmalıdır.
- 11- İçerdiği kimyasal aktif madde dibe çökmemeli/ayrışmamalıdır.
- 12- Eğer emülsiyon tip bir kalıp ayırıcı kullanılıyorsa, yeterince farklı sıcaklıklarda stabil kalabilmeli ve su fazından ayrılmamalıdır. Konsantre haldeki emülsiyonlar tavsiye edilen oranlarda suyla rahatlıkla karışabilmelidir.
- 13- Kalıp üzerinde kalıntı bırakmamalı veya mümkün olduğu kadar kısa sürede yüzeyden temizlenmelidir.
- 14- Kalıp yüzeyi ve beton arasında oluşmuş film tabakası betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması esnasında önemli gerilmelere maruz kalır. Film tabakası bu mekanik hareketlere, aşınma ve kayma gerilmelerine, tabaka kalınlığında değişim yaratacak etkilere ve buhar kuru uygulanacak ise termal etkiye karşı dirençli olmalıdır [42].

#### Kullanılan kalıp tipine göre kalıp ayırıcının seçilmesi

Kalıp ayırıcı seçiminde kullanılan kalıp tipine dikkat etmek gerekir.

#### *Emici kalıp için ayırıcı seçimi*

Kullanılan kalıp ahşap ve ilk kez kullanılıyor ise, önceden ayırıcı kalıba doyurulmalıdır, aksi takdirde kalıp ayırıcının veya çimentonun suyunu absorblayacağından beyaz yüzeyinde, çimentonun yetersiz hidrasyonundan kaynaklanan kumsu ve tozuyan bir yüzey elde edilir.

Ayrıca, ahşap kalıbın üretildiği ağacın özelliğine göre, ortama salıverilen şekerde hidrasyonu etkileyip tozumaya neden olabilir.

Eğer ahşap bir kalıp, uzun bir süre herhangi bir koruyucu olmadan doğrudan güneş altında veya açık bir alanda tutulursa, yine tozlanmaya neden olur ve renk değişimine etki eder. Böyle durumlarda, solventsiz, mineral ve sentetik yağlar tercih edilebilir

*Emici olmayan kalıplarda ayırıcı kullanımı*

Plastik kaplı ahşap, plastik veya çelik gibi absorban olmayan kalıplarda, dikkat edilmesi gereken fazlalıklardan kaçınarak ayırıcının homojen olarak uygulanmasıdır. Bu ayırıcılar düşük viskozitede olmalı, yağ asitleri, ıslatıcılar ve korozyon önleyicilerle performansları artırılmalıdır. Özellikle solvent ile inceltilmiş kalıp ayırıcıların plastik kalıpları deformasyona uğratmaması veya çözmemesi sağlanmalıdır. Çelik kalıplar için korozyon inhibitörü içeren ayırıcı kullanılması tavsiye edilir [43].

### **3. MALZEME VE METOTLAR**

#### **3.1. Malzemeler**

##### **3.1.1. Kalıp**

Kalıp örneklerinin üretiminde kalıp yüzey malzemesi olarak;

II. sınıf çam kerestesi; 20mm kalınlığında ve %16 rutubette, ‘TS 1265 İğne yapraklı yapı keresteleri’ standardına uygun keresteler kullanılmıştır [44].

Kalıp destek ve gergi elemanı olarak;

Karakavak kerestesi; Birim hacim ağırlığı  $0,45 \text{ gr/cm}^3$  olan, TS 1249 karakavak kerestesi’ standardına uygun keresteler kullanılmıştır [45].

##### **3.1.2. Kalıp yağı**

- ✓ K1 Kalıp ayırıcı yağ
- ✓ K2 Konsantre kalıp yağı
- ✓ K3 Ahşap ve plywood kalıp yağı

Olarak 3 çeşit kalıp yağı kullanılmıştır. Yağların bazı fiziksel özellikleri aşağıda verilmiştir.

##### K1 kalıp ayırıcı yağ

K1, kaydırıcı ihtiva eden kullanıma hazır, kalıbın betondan kolayca ayrılmasını sağlayan universal bir yağdır. Her türlü ahşap, çelik, plywood kalıp yüzeylerinde kullanılabilir.

*Fiziksel özellikler ve teknik veriler :*

Görünüm	: Sarı berrak yağ
Yoğunluk	: 0,85g/cm <sup>3</sup>
pH	: 7,00 – 8,00
Parlama Noktası	: 95 °C
Viskozite	: 30–40 cp (20°C)

K2 konsantre kalıp yağı

K2, madeni yağ ile özel bir emülgatör karışımıdır. Su ile her oranda emülsiyeye olur. K2, özellikle geniş yüzeyli ve detaylı beton kalıplarında kolay sökülebilmeyi ve temizlenebilmeyi sağlar. Betonda düzgün yüzey sağlar ve leke bırakmaz. Kullanıldığı kalıpların ömürlerini uzatır, kalıp maliyetini ve işçiliği önemli ölçüde azaltır. Özellikle ahşap kalıplar için tavsiye edilir.

*Fiziksel özellikler ve teknik veriler:*

Görünüm	: Kirli Sarı berrak yağ
Yoğunluk	: 0,85g/cm <sup>3</sup>
pH	: 7,00 – 8,00
Parlama Noktası	: >100°C
Viskozite	: 30–40 cp (20°C)

K3 Ahşap ve plywood kalıp yağı

K3, kalıpların betondan kolayca ayrılmasını ve betonda düzgün bir yüzey özelliği sağlayan, yüksek nitelikli madeni yağlar, emülgatörler karışımından oluşan, plywood ve ahşap türü kalıplar için geliştirilmiş kullanıma hazır bir kalıp ayırıcısıdır.

*Fiziksel özellikler ve teknik veriler :*

Görünüm	: Beyaz süt renginde sıvı
Yoğunluk	: 0,95g/cm <sup>3</sup>
pH	: 7,00 – 8,00
Parlama Noktası	: >100°C
Viskozite	: 30–40 cp (20°C)

### 3.1.3. Beton

Araştırmada bir hazır beton tesisinden temin edilen C 20 hazır beton kullanılmıştır. Kullanılan betona ait özellikler Çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan betonun özellikleri

Beton sınıfı	C20
Dmax	22,4 mm
S/Ç oranı	0.59
Hava içeriği	% 2
Çökme	15 cm
Hedef dayanım	20 MPa

Karışımında mineral katkı olarak uçucu kül ve akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. 1 m<sup>3</sup> beton karışımında kullanılan malzemelere ait özellikler Çizelge 3.2’de, CEM I 42,5 R çimentosuna ait özellikleri ise Çizelge 3.3’te verilmiştir.



Çizelge 3.2. 1m<sup>3</sup> karışımda kullanılan malzemeler ve özellikleri

Malzeme Adı	Tip	Özgül Ağ.	Ağırlık (kg)	Hacim (dm <sup>3</sup> )	Agrega oranı (%)
Kırma Kum	0-4,75	2.69	931	346	% 49.9
Mıdır 1	4,75-11,2	2.69	335	125	% 17.9
Mıdır 2	11,2-22,4	2.71	601	222	% 32.2
Çimento	CEM I 42.5 R	3.13	265	87	
M. Katkı	Uçucu Kül	2.15	43	20	
K. Katkı	Akışkanlaştırıcı	1.18	3 ( % 1.1 )	20	
Su	Kuyu	1.00	180	180	
TOPLAM MALZEME			2358	1000	% 100

Çizelge 3.3. CEM I 42,5 R çimentosuna ait özellikler

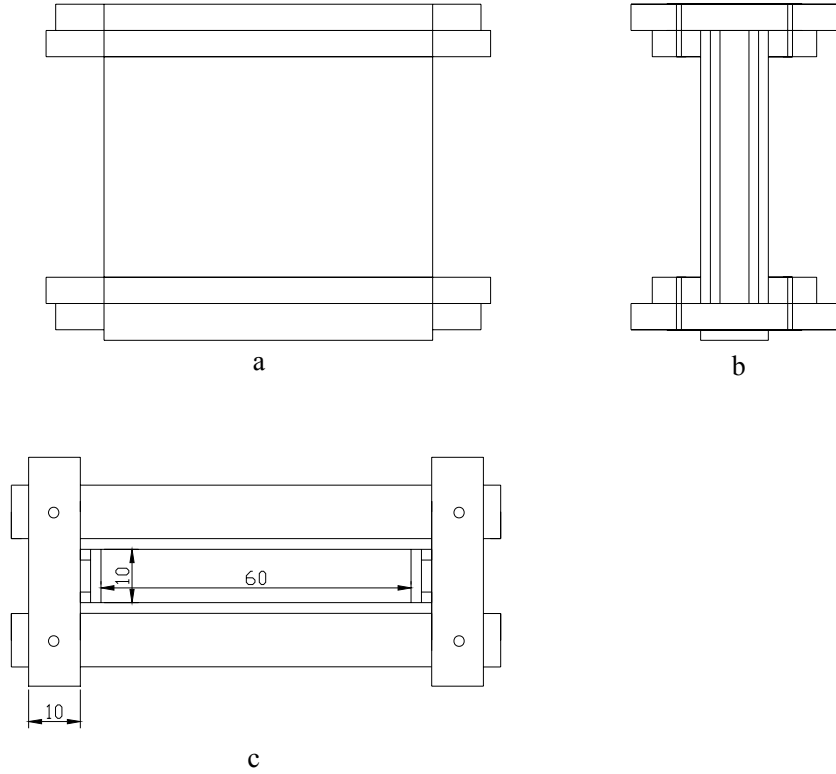
KİMYASAL ÖZELLİKLER (%)	
SiO <sub>2</sub>	20,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,12
CaO	61,75
MgO	1,64
SO <sub>3</sub>	3,48
Cl	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,34
K <sub>2</sub> O	0,76
Kızdırma Kaybı	3,26
Çözünmeyen Kalıntı	0,58
FİZİKSEL ÖZELLİKLER	
Priz Başlangıcı (dakika)	154
Priz Sonu (dakika)	206
Hacim Genleşmesi (mm)	1
Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	3864
MEKANİK ÖZELLİKLERİ	
Basınç Dayanımı	
2. Gün (N/mm <sup>2</sup> )	28
7. Gün (N/mm <sup>2</sup> )	42
28. Gün (N/mm <sup>2</sup> )	54

## 3.2. Metotlar

### 3.2.1. Kalıp örneklerinin hazırlanması

60x60x10 cm<sup>3</sup> lük beton dökümüne olanak sağlayacak şekilde 4 adet ahşap kalıp üretilmiştir (Şekil 3.1). Kalıplardan 3 adedine ahşap kalıplarda kullanılan farklı özelliklere sahip kalıp yağı kullanılmıştır. Kalıpta geniş yüzey 20mm kalınlığında, 65mm genişliğindeki parçaların bir araya getirilmesiyle, 20mm kalınlığında, 50mm genişliğinde parçaların bir araya getirilmesiyle dar yüzey oluşturulmuştur. Bunları desteklemek amacıyla dış yüzeye alt ve üst olmak üzere iki kademe destek tahtası monte edilmiştir (Resim 3.1).

Kalıp örneklerine ait bilgiler Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kalıp yüzey görünüşleri

a) Ön görünüş, b) Yan görünüş, c) Kalıp yüzeyi üst görünüş



Resim 3.1. Kalıp örneklerinden görüntüler

Çizelge 3.4. Kalıp yağı kodları ve özellikleri

Kalıp yağı kodu	Kalıp yüzey malzemesi	Kalıp yağı
K0	Çam kereste	-
K1	Çam kereste	Kalıp ayırıcı
K2	Çam kereste	Konsantre
K3	Çam kereste	Ahşap ve plywood

### 3.2.2. Kalıp örneklerine beton dökümü

Hazırlanan kalıplara kalıp yağının rulo ve fırça ile sürülmesinden 30 dakika sonra, transmikserden getirilen beton pompa ile kalıba 2 tabaka halinde dökülmüştür (Resim 3.2.). Her tabakaya vibratör eşit aralık ve hızda 2 noktadan daldırılmıştır. Daldırma süresi 10 saniyedir. Kalıba dökülen beton 24 saat sonra kalıptan çıkartılmış, sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C' deki su içerisinde kür edilmiştir.



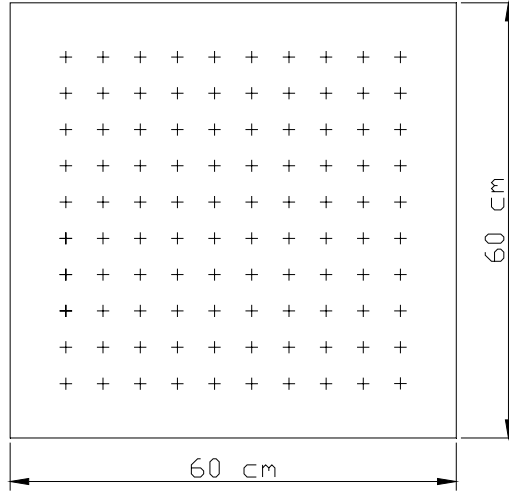
Resim 3.2. Kalıp yağı uygulaması ve beton

### 3.2.2. Beton bloklardan üzerinde gerçekleştirilen deneyler

#### Schmidt çekici ile yüzey sertliği tayini

Beton bloklar üzerinde 28. 90. ve 365. günlerde düşey pozisyonda Schmidt yüzey sertliği okumaları yapılmıştır. Bütün betonlarda her bir kalıp için 100 adet olmak üzere bir zaman aralığında toplam 400 adet yüzey sertliği okuması yapılmıştır.

Schmidt çekici ile yüzey sertliği deneyinde, beton bloklar Şekil 3.2’de görüldüğü gibi noktalara ayrılmış ve her blokta 100 okuma yapılmıştır.



Şekil 3.2. Beton blok yüzeyinde schmidt çekici uygulama noktaları

Schmidt yüzey sertliği deneyi, 28 günlük kür işleminden sonra ASTM C805- 97 “Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete” standardında belirtilen esaslara uygun olarak düşey pozisyonda uygulanmıştır. Her uygulama bölgesinden elde edilen Schmidt yüzey sertliği değerlerinin aritmetik ortalaması düzeltme işlemi yapılmaksızın doğrudan düşey Schmidt yüzey sertliği değerleri olarak işlemlere alınmıştır [46].

Deney sonucunda elde edilen geri tepme sayıları iki faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizinde zaman faktörünün üç seviyesi (28. 90. ve 365. gün), kalıp faktörünün de dört seviyesi (K0, K1, K2, ve K3) bulunmaktadır [47].

### 3.2.3. Beton bloklardan alınan karot numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler

- ✓ Ultrases geçiş hızı tayini
- ✓ Basınç dayanımı
- ✓ Yarmada çekme dayanımı
- ✓ Karbonatlaşma derinliği tayini

- ✓ Beton yoğunluğu,
- ✓ Kapiler su emme tayini
- ✓ Aşınma direnci tayini

#### Ultras ses geçiş hızı tayini

Beton numunelerde ultras ses geçiş hızı ölçümü; numunelerin kalıpla temas eden yüzeylerine dik doğrultuda yapılmıştır. Numune, verici ve alıcı uçların arasında yerleştirilmiş ve örnek boyunca ultras ses geçiş süresi mikro saniye cinsinden ölçülmüştür. Deney her bir kalıp için 6 adet olmak üzere, 28. 90. ve 365. günlerde, numuneler üzerinde ASTM C597-83 “Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete”, standardında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır [48].

Beton örneklerinden ultras ses geçiş hızı (V) hesaplanmasında Eş. 3.1 kullanılmıştır.

$$V = \frac{L}{t} \quad (3.1)$$

Formülde;

V= Ultras ses geçiş hızı, (km/sn)

L= Numune boyu, (km)

t= Numune boyunca ultras ses geçiş süresini, (sn)

olarak ifade edilmektedir.

Deney sonucunda elde edilen ultras ses geçiş hızı değerleri iki faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizinde zaman faktörünün üç seviyesi (28. 90. ve 365. gün), kalıp faktörünün de dört seviyesi (K0, K1, K2, ve K3) bulunmaktadır [47].

#### Basınç dayanımı tayini

Beton bloklar üzerinden 28. 90. ve 365. günlerde her beton bloktan 6 adet ve bir zaman aralığı için toplamda 24 adet karot numune alınmıştır. Basınç dayanımı

deneyi, karot numuneler üzerinde TS EN 12390-3 “Sertleşmiş beton numunelerinde basınç dayanımı tayini” standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir [49]. Deneyde, 3000 kN yükleme kapasiteli, dijital kumanda üniteli ve yükleme hızı ayarlanabilen tek eksenli beton basınç test cihazı kullanılmıştır. Karot numunelerin basınç dayanımlarının hesaplanmasında Eş. 3.2 kullanılmıştır.

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (3.2)$$

Formülde;

$f_c$ = Basınç dayanımı, (MPa)

$F$ = Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, (N)

$A_c$ = Numunenin en kesit alanı, (mm<sup>2</sup>)

Olarak ifade edilmektedir.



Resim 3.3. Beton basınç dayanımı deneyi

Deney sonucunda elde edilen beton basınç değerleri iki faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizinde zaman faktörünün üç seviyesi (28. 90. ve 365. gün), kalıp faktörünün de dört seviyesi (K0, K1, K2, ve K3) bulunmaktadır [47].

#### Yarmada çekme dayanımı tayini

Yarmada çekme dayanımı deneyi, beton bloklardan 28. 90. ve 365. gün sonunda alınan karot numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her beton bloktan 6 adet karot

numune alınmıştır. Deney TS EN 12390-6 “Beton-Sertleşmiş Beton Deneyle-ri- Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini” standardında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır [50]. Yarmada çekme dayanımının hesaplanmasında Eş. 3.3 kullanılmıştır.

$$f_{ct} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot L \cdot d} \quad (3.3)$$

Formülde;

$f_{ct}$  = Yarmada çekme dayanımı, (MPa)

$F$  = En büyük yük, (N)

$L$  = Numunenin yükleme parçasına temas çizgisi uzunluğu, (mm)

$d$  = Numunenin seçilen en kesit boyutlarını, (mm)

olarak ifade edilmektedir.

Deney sonucunda elde edilen yarmada çekme dayanımı değerleri iki faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizinde zaman faktörünün üç seviyesi (28. 90. ve 365. gün), kalıp faktörünün de dört seviyesi (K0, K1, K2, ve K3) bulunmaktadır [47].

#### Karbonatlaşma derinliği tayini

Beton bloklardan 365. günde her bir kalıp için 6 adet alınan karot numuneler üzerinde karbonatlaşma derinliğini ölçümleri yapılmıştır. Karbonatlaşma derinliği ölçümünde bir litre etil alkol içerisinde 1 gr Pheneolphtaleyn’in çözünmesiyle elde edilen çözelti kullanılmıştır. Hazırlanan çözelti beton karotlar üzerine püskürtülerek beton yüzeyinden itibaren her bir karot örnek çevresinden 12 adet derinlik ölçümü yapılmıştır. Bu değerlerin ortalaması alınarak her bir karot numune için karbonatlaşma derinliği değerleri belirlenmiştir [51].



Karbonatlaşma derinliği değerleri tek faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen tek faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizinde kalıp faktörünün dört seviyesi (K0, K1, K2, ve K3) bulunmaktadır [47].

#### Beton yoğunluğunun tayini

Beton yoğunluğu deneyi, beton bloklardan 28. gün sonunda alınan karot numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Alınan karot numunelerden üretilen 10 cm çaplı ve 10 cm kalınlığında numuneler üzerinde TS 12390-7 “Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini” standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [52]. Betonların yoğunluk değerlerinin hesaplanmasında Eş. 3.4 kullanılmıştır.

$$D = \frac{m}{V} \quad (3.4)$$

Formülde;

$D$ = Numunenin yoğunluğu, (gr/cm<sup>3</sup>)

$m$ = Numunenin, deney esnasındaki durumuna bağlı kütlesi,( gr)

$V$ = Numunenin özel metotla tayin edilen hacmi, (cm<sup>3</sup>)

Olarak ifade edilmektedir.

Deney sonucunda elde edilen beton yoğunluğu değerleri tek faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizinde kalıp faktörünün dört seviyesi (K0, K1, K2, ve K3) bulunmaktadır [47].

#### Kapiler su emme tayini

Kapiler su emme deneyi 28. 90. ve 365. günlerde 10 cm çapında 10 cm boyunda karot numunelerden kesilerek elde edilmiş olan 10 cm çap ve 5 cm boyundaki numunelere uygulanacaktır. Numuneler sabit ağırlığa gelinceye kadar 105 °C ±5’de hava sirkülasyonlu etüvde bekletilmiştir. Daha sonra numuneler, kalıpla temas eden

yüzeyleri 5 mm batacak şekilde saf su üzerine yerleştirilmiş ve 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360, dk lık sürelerde, numunelerin yüzeylerindeki serbest su nemli bir bez ile alınarak, 0,01 gr hassasiyetle tartılarak kütle artışları belirlenmiştir. Numunelerin başlangıçtaki ağırlıklarına göre, ağırlık farkları hesaplanarak kapiler su emme değerleri belirlenmiştir. Kapilarite katsayılarının hesaplanmasında Eş. 3.5 kullanılmıştır. Deneyin gerçekleştirilmesinde TS EN 772-11, “Betondan, yapay ve doğal taştan yapılmış kagir birimlerde kapiler su emme ve kil kagir birimlerde ilk su emme hızının tayini” standardında belirtilen esaslara uyulmuştur [53].

$$C_{w,s} = \frac{M_{so,s} - M_{dry,s}}{A_s \sqrt{T_{so}}} \times 10^6 \quad (3.5)$$

Formülde;

$M_{dry,s}$  = Deney numunesinin kurutma sonrasındaki kütlesi (g),

$M_{so,s}$  = Deney numunesinin (t) süreyle suya temas ettirildikten sonraki kütlesi (g),

$A_s$  = Deney numunesinin suya temas ettirilen yüzeyinin brüt alanı (mm<sup>2</sup>),

$T_{so}$  = Deney numunesinin suya temas ettirilme süresi (s),

olarak ifade edilmektedir.

Deney sonucunda elde edilen kapiler su emme değerleri iki faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizinde zaman faktörünün üç seviyesi (28. 90. ve 365. gün), kalıp faktörünün de dört seviyesi (K0, K1, K2, ve K3) bulunmaktadır [47].

#### Aşınma direnci deneyi

Aşınma direnci deneyi 365. günde beton bloklardan alınan karot numunelerden elde edilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her bir kalıp için 6 adet numune kullanılmıştır. Deney ASTM C 944-99 “Standard test method for abrasion resistance of concrete or mortar surfaces by the rotating-cutter method” standardında belirtilen

esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [54]. Deney sonunda numunelerdeki kütlece ağırlık kayıpları ölçülerek sonuçlar “% ağırlık kaybı” olarak hesaplanmıştır.

Aşınma direnci değerleri tek faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen tek faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizinde kalıp faktörünün dört seviyesi (K0, K1, K2, ve K3) bulunmaktadır [47].

## 4. BULGULAR

### 4.1. Schmidt Çekici ile Yüzey Sertliği

Schmidt çekici ile yüzey sertliği deneyi sonuçlarına ait istatistikler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Zaman faktörünün üç seviyesi ( 28. 90. ve 365. gün), kalıp yağı faktörünün de dört seviyesi ( K0, K1, K2, K3) gerçekleştirilen ölçümlü varyans analizi sonucunda zaman ve kalıp faktörlerinin yüzey sertliği değerleri üzerinde ayrı ayrı etkisinin olduğu ve bu etkilerin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ( $\alpha < 0,05$ )(Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1. Schmidt çekici ile yüzey sertliği verilerine ait açıklayıcı istatistikler

Kalıp yağı kodu	Beton		Ortalama (R)	Std. Sapma	En Büyük (R)	En Küçük (R)
	yaşı (gün)	N				
K0 (Referans)	28	100	28,08	0,97	25	33
	90	100	29,24	0,96	25	34
	365	100	32,46	0,96	28	40
K1	28	100	28,90	0,94	26	33
	90	100	31,46	0,93	28	34
	365	100	33,11	0,92	30	38
K2	28	100	30,04	0,89	27	35
	90	100	33,50	0,97	29	38
	365	100	34,94	0,77	31	37
K3	28	100	28,38	0,94	24	32
	90	100	30,65	0,93	26	35
	365	100	32,78	0,91	28	37

Çizelge 4.2. Schmidt çekici ile yüzey sertliği verilerine ait varyans çözümleme Tablosu

Varyans kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	$\alpha$
Kalıp yağı türü	2190	3	730	717	<b>0,00</b>
Zaman faktörü	4344	2	2172	2134	<b>0,00</b>
Hata	1215	1194	1		

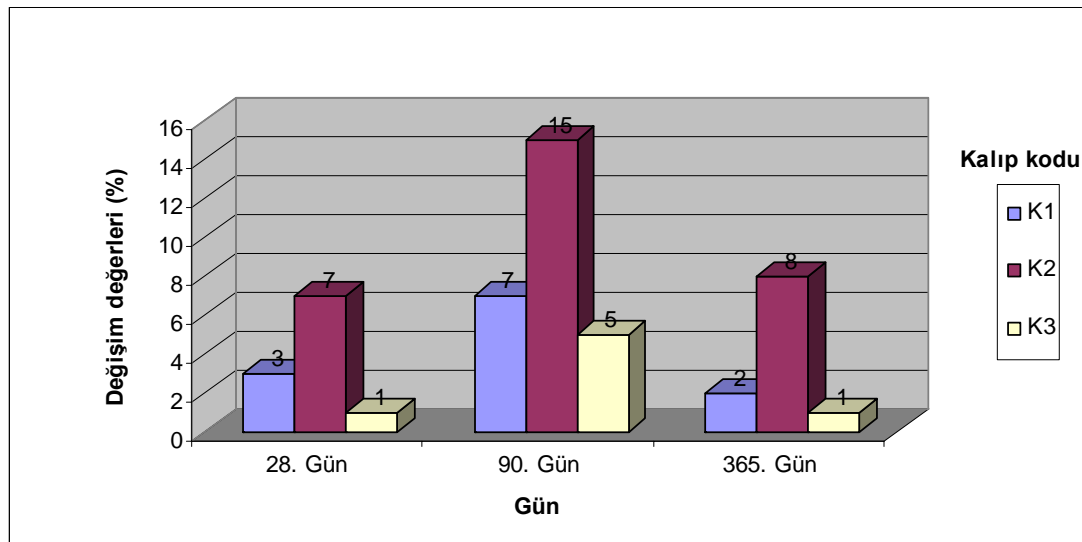
Zaman ve kalıp faktörleri karşılaştırılırken ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden **Duncan** testi sonuçları Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Schmidt çekici ile yüzey sertliği verilerinin zaman ve kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Faktörler	Faktörler	Ort.	Farklı olan gruplar			
			1	2	3	4
Zaman	28	28,90	S*			
	90	31,28		S*		
	365	33,56			S*	
Kalıp yağı türü	K0	29,93	S*			
	K3	30,32		S*		
	K1	31,32			S*	
	K2	33,41				S*

S\* : $\alpha < 0,05$  göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.3'e göre zaman faktörü arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testlerine göre bütün zaman faktörlerinin bütün seviyeleri arasında fark olduğu, kalıp türlerinin istatistiki anlamda kendi içerisinde farklı olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1. K0 referans kalıba göre yüzey sertliği değişim değerleri

Şekil 4.1' de K0 referans kalıba göre yüzey sertliği değişim değerlerini bakımından;

- ✓ 28. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %3, K2 kalıbı % 7 ve K3 kalıbı %1 daha büyük yüzey sertliği değerine sahip olduğu,
  - ✓ 90. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %7, K2 kalıbı %15, K3 kalıbı %5 daha büyük yüzey sertliği değerine sahip olduğu,
  - ✓ 365. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı % 2, K2 kalıbı %8, K3 kalıbı % 1 daha büyük yüzey sertliği değerine sahip olduğu,
  - ✓ Bütün kalıplarda yüzey sertliği değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı,
  - ✓ Bütün zaman aralıklarında K2 kalıbının en büyük yüzey sertliği değerine sahip olduğu,
- görülmüştür.

#### **4.2. Ultrases Geçiş Hızı**

Ultrases Geçiş Hızı deneyi sonuçlarına ait istatistikler Çizelge 4.4'te verilmiştir. Zaman faktörünün üç seviyesi ( 28. 90. ve 365. gün), kalıp yağı faktörünün de dört seviyesinde ( K0, K1, K2, K3) gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda zaman faktörünün ultrases geçiş hızı değerleri üzerinde istatistik olarak önemli bir etkiye sahip olduğu, kalıp faktörü ve Zaman\*Kalıp interaksiyonunun ise önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür ( $\alpha < 0,05$ ) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. Ultrases Geçiş Hızı verilerine ait açıklayıcı istatistikler

Kalıp yağı kodu	Beton		Ortalama (km/sn)	Std. Sapma	En Küçük (km/sn)	En Büyük (km/sn)
	yaşı (gün)	N				
K0 (Referans)	28	6	4,41	0,128	4,25	4,56
	90	6	4,43	0,045	4,40	4,51
	365	6	4,46	0,064	4,38	4,55
K1	28	6	4,42	0,089	4,30	4,53
	90	6	4,45	0,096	4,36	4,56
	365	6	4,52	0,065	4,45	4,60
K2	28	6	4,46	0,080	4,38	4,57
	90	6	4,48	0,061	4,41	4,56
	365	6	4,53	0,066	4,46	4,62
K3	28	6	4,41	0,089	4,32	4,54
	90	6	4,44	0,064	4,37	4,55
	365	6	4,52	0,071	4,44	4,65

Çizelge 4.5. Ultrases geçiş hızı verilerine ait varyans çözümleme tablosu

Varyans kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	$\alpha$
Kalıp yağı türü	0,048	3	0,016	2,5	0,067
Zaman faktörü	0,110	2	0,055	8,7	<b>0,000</b>
Kalıp türü* Zaman faktörü	0,011	6	0,002	0,3	0,943
Hata	0,381	60	0,006		

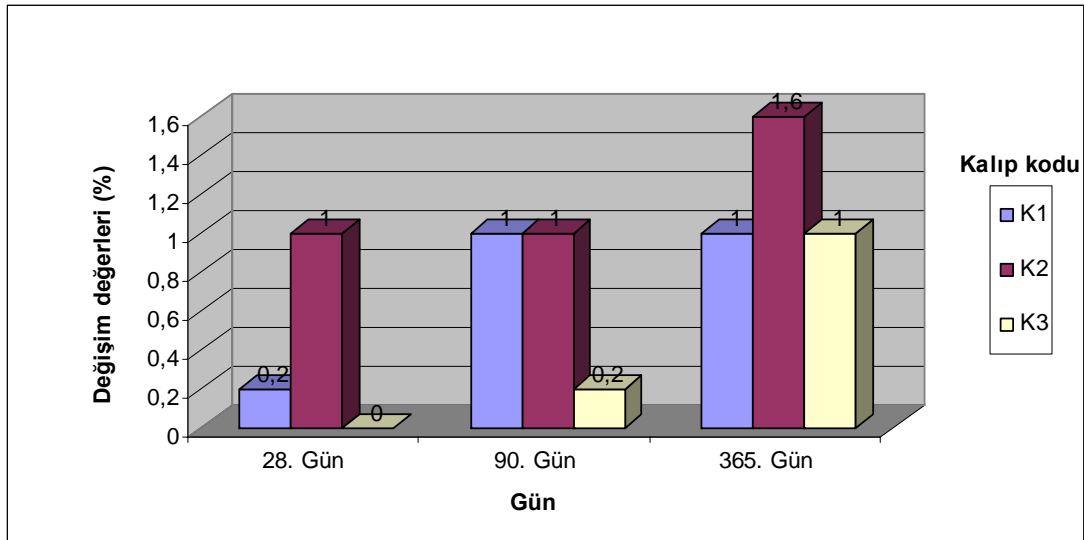
Zaman ve kalıp yağı faktörünün seviyeleri karşılaştırılırken ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi sonuçları çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Deneyden elde edilen ortalama ultrases geçiş hızı değerlerine ait grafik Şekil 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.6. Ultrases geçiş hızı verilerinin zaman ve kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Faktörler	Faktörler	Ort.	Farklı olan gruplar	
			1	2
Zaman	28	4,425	S*	
	90	4,450	S*	
	365	4,518		S*
Kalıp yağı türü	K0	4,432	S*	
	K3	4,457	S*	S*
	K1	4,466	S*	S*
	K2	4,504		S*

S\* : $\alpha < 0,05$  göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.6'ya göre zaman faktörü arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testlerine göre 28. ve 90. günlerdeki ultrases geçiş hızı değerlerinin birbirinden farklı olmadığı buna karşın 365. gündeki ultrases geçiş hızı değerinin diğer günlerden farklı olduğu, kalıp türleri arasında K1 ve K3 kalıbının arasında istatistiki anlamda fark olmadığı ancak K0 ve K2 kalıplarının birbirlerinden ve diğerlerinden farklı olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2. K0 referans kalıba göre ultrases geçiş hızı değişim değerleri



Şekil 4.2’de K0 referans kalıba göre ultrases geçiş hızı değişim değerleri bakımından;

- ✓ 28. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %0,2, K2 kalıbı %1 daha büyük ve K3 kalıbı ile aynı ultrases geçiş hızı değerine sahip olduğu,
  - ✓ 90. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %1, K2 kalıbı %1, K3 kalıbı %0,2 daha büyük ultrases geçiş hızı değerine sahip olduğu,
  - ✓ 365. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %1, K2 kalıbı % 1,6, K3 kalıbı %1 daha büyük ultrases geçiş hızı değerine sahip olduğu,
  - ✓ Bütün kalıplarda ultrases geçiş hızı değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı,
  - ✓ Bütün zaman aralıklarında K2 kalıbının en büyük ultrases geçiş hızı değerine sahip olduğu,
- görülmektedir.

### **4.3. Basınç Dayanımı**

Beton basınç dayanımı deneyi sonuçlarına ait istatistikler Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Zaman faktörünün üç seviyesi ( 28. 90. ve 365. gün), kalıp faktörünün de dört seviyesi ( K0, K1, K2, K3) gerçekleştirilen ölçümlü varyans analizi sonucunda zaman ve kalıp faktörlerinin beton basınç dayanımı değerleri üzerinde ayrı ayrı etkisinin olduğu ve bu etkilerin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ( $\alpha < 0,05$ )(Çizelge 4.8).

Çizelge 4.7. Basınç dayanımı verilerine ait açıklayıcı istatistikler

Kalıp yağı kodu	Beton		Ortalama (MPa)	Std. Sapma	En Küçük (MPa)	En Büyük (MPa)
	yaşı (gün)	N				
K0 (Referans)	28	6	23,48	0,8874	22,10	24,35
	90	6	24,65	1,429	22,30	26,20
	365	6	27,23	0,7723	26,35	28,12
K1	28	6	24,48	1,3794	22,85	26,48
	90	6	27,24	1,3281	25,15	28,90
	365	6	28,52	1,2282	26,65	30,14
K2	28	6	25,19	1,4483	23,09	27,00
	90	6	28,47	1,0606	27,05	29,94
	365	6	29,70	1,2008	28,25	31,43
K3	28	6	23,94	0,8738	22,25	24,64
	90	6	25,95	0,8981	24,80	27,11
	365	6	27,67	1,2185	26,07	29,35

Çizelge 4.8. Beton basınç dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu

Varyans kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	$\alpha$
Kalıp yağı türü	74,28	3	24,76	18,29	<b>0,000</b>
Zaman faktörü	204,48	2	102,24	75,51	<b>0,000</b>
Kalıp türü*Zaman faktörü	7,79	6	1,30	0,96	0,460
Hata	81,24	60	1,35		

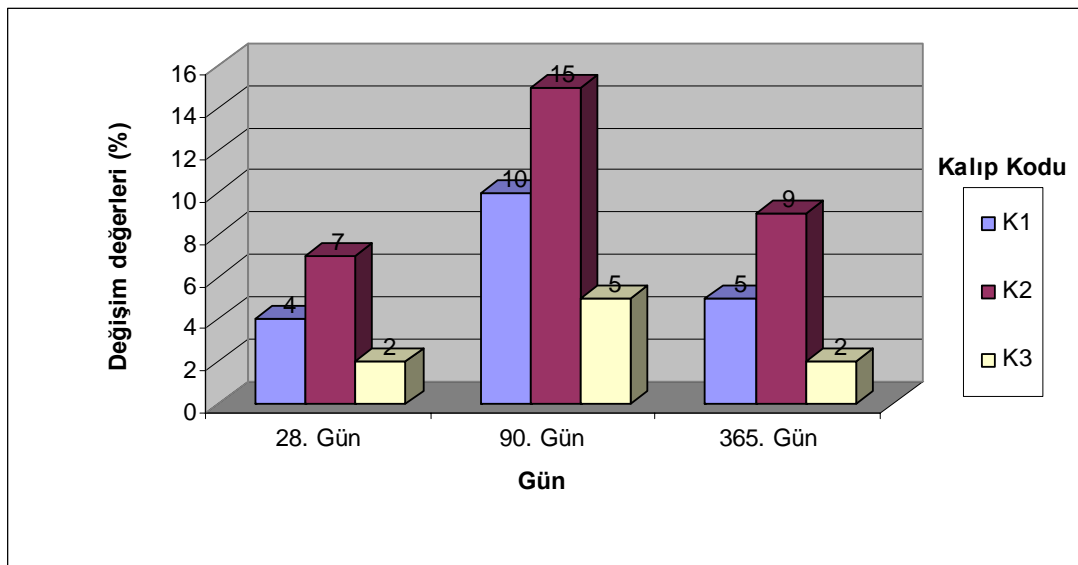
Diğer taraftan Zaman\*Kalıp interaksiyonunun istatistik olarak önemli olmadığı Çizelge 4.8'de görülmüştür. Zaman ve kalıp faktörleri karşılaştırılırken ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden **Duncan** testi sonuçları Çizelge 4.9'da gösterilmektedir. Deneyden elde edilen ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 4.3'de görülmektedir.

Çizelge 4.9. Beton basınç dayanımı verilerinin zaman ve kalıp türüne göre Değişimine ait Duncan testi Sonuçları

Faktörler	Faktörler	Ort.	Farklı olan gruplar		
			1	2	3
Zaman	28	24,18	S*		
	90	26,58		S*	
	365	28,28			S*
Kalıp türü	K0	25,13	S*		
	K3	25,72	S*		
	K1	26,75		S*	
	K2	27,79			S*

S\* : $\alpha < 0,05$  göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.9'a göre zaman faktörü arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testlerine göre bütün zaman faktörlerinin bütün seviyeleri arasında fark olduğu, kalıp türleri arasında K0 ile K3 kalıpları arasında istatistiki anlamda fark olmadığı buna karşın K1 ve K2'nin kendi içerisinde farklı olduğu görülmüştür.



Şekil 4.3. K0 referans kalıba göre beton basınç dayanımı değişim değerleri

Şekil 4.3'te K0 referans kalıba göre beton basınç dayanımı değişim değerleri bakımından;

- ✓ 28. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %4, K2 kalıbı %7, K3 kalıbı % 2 daha büyük beton basınç dayanımına sahip olduğu,

- ✓ 90. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %10, K2 kalıbı %15, K3 kalıbı %5 daha büyük beton basınç dayanımına sahip olduğu,
  - ✓ 365. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %5, K2 kalıbı %9, K3 kalıbı %2 daha büyük beton basınç dayanımına sahip olduğu,
  - ✓ Bütün kalıplarda beton basınç dayanımı değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı,
  - ✓ Bütün zaman aralıklarında K2 kalıbının en büyük beton basınç dayanımına sahip olduğu,
- görülmüştür.

#### 4.4. Yarmada Çekme Dayanımı

Yarmada çekme dayanımı deneyi sonuçlarına ait istatistikler Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Zaman faktörünün üç seviyesi ( 28. 90. ve 365. gün), kalıp faktörünün de dört seviyesi ( K0, K1, K2, K3) gerçekleştirilen ölçümlü varyans analizi sonucunda zaman ve kalıp faktörlerinin yarmada çekme dayanımı değerleri üzerinde ayrı ayrı etkisinin olduğu ve bu etkilerin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ( $\alpha < 0,05$ )(Çizelge 4.11).

Çizelge 4.10. Yarmada çekme dayanımı verilerine ait açıklayıcı istatistikler

Kalıp yağı kodu	Beton		Ortalama (MPa)	Std. Sapma	En Küçük (MPa)	En Büyük (MPa)
	yaşı (gün)	N				
K0 (Referans)	28	6	2,70	0,2028	2,42	2,94
	90	6	2,82	0,1388	2,57	2,96
	365	6	2,85	0,1359	2,60	2,95
K1	28	6	2,89	0,1289	2,70	3,02
	90	6	2,99	0,1889	2,72	3,24
	365	6	3,00	0,1480	2,80	3,17
K2	28	6	2,94	0,1491	2,72	3,10
	90	6	3,02	0,1413	2,84	3,19
	365	6	3,03	0,1214	2,85	3,17
K3	28	6	2,91	0,1131	2,76	3,05
	90	6	2,94	0,1812	2,74	3,17
	365	6	3,01	0,1211	2,79	3,15

Çizelge 4.11. Yarmada çekme dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu

Varyans kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	$\alpha$
Kalıp yağı türü	0,4671	3	0,1557	6,91	<b>0,000</b>
Zaman faktörü	0,1774	2	0,0887	3,94	<b>0,025</b>
Kalıp türü*Zaman faktörü	0,0163	6	0,0027	0,12	0,993
Hata	1,3514	60	0,0225		

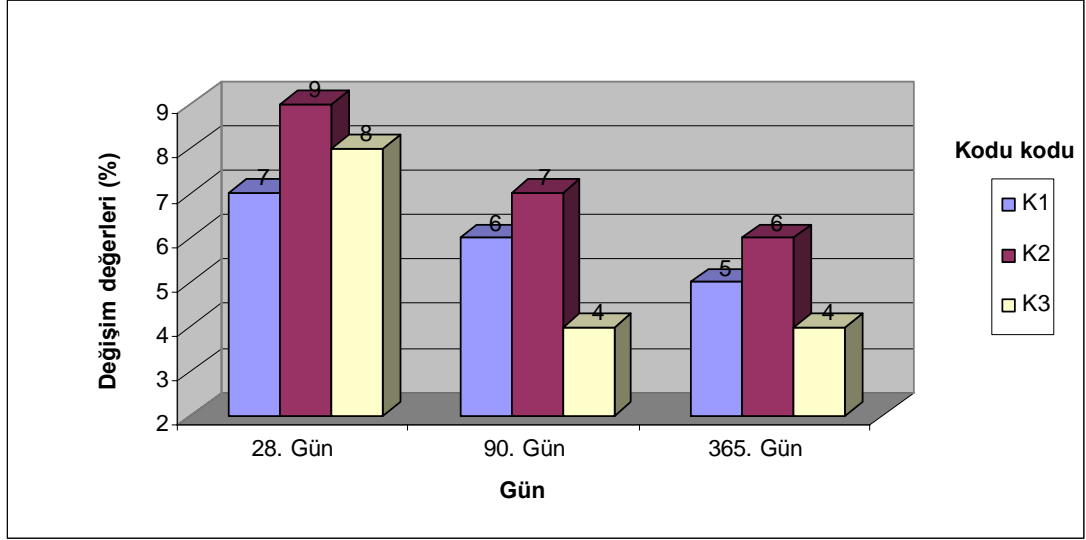
Diğer taraftan Zaman\*Kalıp interaksiyonunun istatistik olarak önemli olmadığı Çizelge 4.11’de görülmüştür. Zaman ve kalıp faktörünün seviyeleri karşılaştırılırken ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi sonuçları Çizelge 4.12’de gösterilmektedir. Ayrıca ortalama yarmada çekme dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 4.4’te görülmektedir.

Çizelge 4.12. Yarmada çekme dayanımı verilerinin zaman ve kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Faktörler	Faktörler	Ort.	Farklı olan gruplar	
			1	2
Zaman	28	2,86	S*	
	90	2,94	S*	S*
	365	2,98		S*
Kalıp türü	K0	2,79		S*
	K3	2,95	S*	
	K1	2,97	S*	
	K2	3,00	S*	

S\* : $\alpha < 0,05$  göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.12’ye göre zaman faktörü arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testlerine göre 28. ve 90. günlerdeki değerlerin birbirinden farklı olmadığı buna karşın 365. gündeki değer 28. gündeki değerden farklı olduğu, kalıp türleri arasında K1, K2 ve K3 kalıplarının istatistiksel anlamda birbirinden farklı olmadığı, K0 kalıbının diğerlerinden farklı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. K0 referans kalıba göre yarmada çekme dayanımı değişim değerleri

Şekil 4.4'te K0 referans kalıba göre yarmada çekme dayanımı değişim değerleri bakımından;

- ✓ 28. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %7, K2 kalıbı %9, K3 kalıbı %8 daha büyük yarmada çekme dayanımına sahip olduğu,
  - ✓ 90. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %6, K2 kalıbı %7, K3 kalıbı %4 daha büyük yarmada çekme dayanımına sahip olduğu,
  - ✓ 365. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %5, K2 kalıbı %6, K3 kalıbı %4 daha büyük yarmada çekme dayanımına sahip olduğu,
  - ✓ Bütün kalıplarda yarmada çekme dayanımı değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı,
  - ✓ Bütün zaman aralıklarında K2 kalıbının en büyük beton basınç dayanımına sahip olduğu,
- görülmektedir.

#### 4.5. Karbonatlaşma Derinliği

Karbonatlaşma derinliği deneyi sonuçlarına ait istatistikler Çizelge 4.13'te verilmiştir. Kalıp faktörünün dört seviyesi ( K0, K1, K2, K3) gerçekleştirilen

tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda, kalıp faktörünün 365.günde karbonatlaşma derinliği değerleri üzerinde istatistik olarak önemli bir etkiye sahip olduğu Çizelge 4.14'te görülmüştür. Diğer bir ifadeyle karbonatlaşma derinliği değerlerinin kalıp farklılığına bağlı olarak değişmekte olduğu görülmüştür ( $\alpha < 0,05$ ).

Çizelge 4.13. Karbonatlaşma Derinliği verilerine ait açıklayıcı istatistikler

Kalıp yağı kodu	Zaman (gün)	N	Ortalama (mm)	Std. Sapma	En Küçük (mm)	En Büyük (mm)
K0	365	6	4,36	0,4517	3,66	5,02
K1	365	6	2,46	0,1839	2,21	2,75
K2	365	6	2,13	0,1634	1,95	2,40
K3	365	6	2,24	0,1728	1,98	2,52

Çizelge 4.14. Karbonatlaşma derinliği verilerine ait varyans çözümleme tablosu

Varyans kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	$\alpha$
Kalıp yağı türü	19,8388	3	6,6129	92,990	<b>0,000000</b>
Hata	1,4223	20	0,0711		

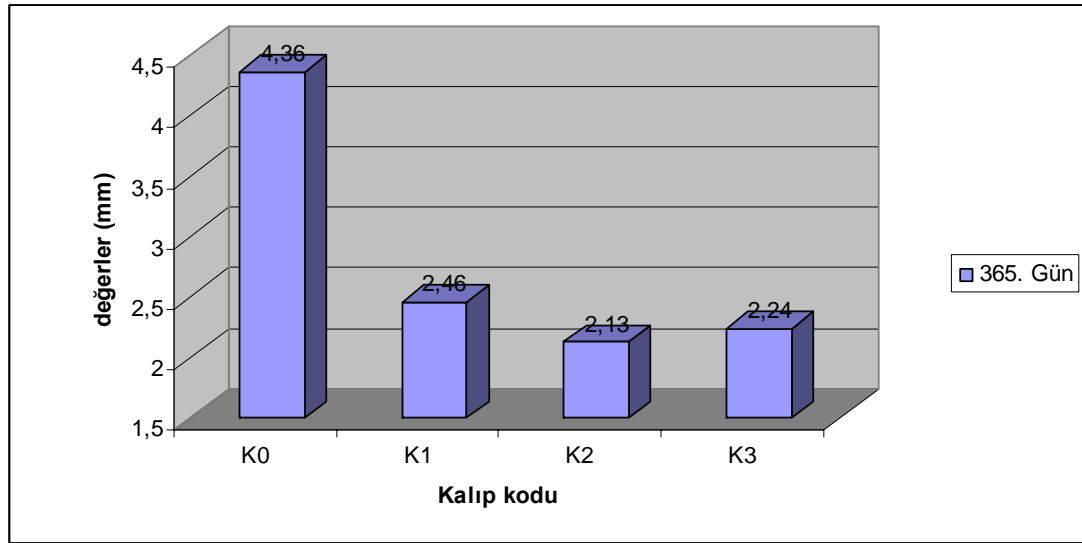
Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi sonuçları Çizelge 4.15'te gösterilmektedir. Ayrıca ortalama karbonatlaşma derinliği değerlerine ait grafik Şekil 4.5'de görülmektedir.

Çizelge 4.15. Karbonatlaşma derinliği verilerine ait Duncan testi tablosu

Faktörler	Faktörler	Ort.	Farklı olan gruplar	
			1	2
Kalıp yağı türü	K2	2,13	S*	
	K3	2,24	S*	
	K1	2,46	S*	
	K0	4,36		S*

S\* : $\alpha < 0,05$  göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.15'e göre kalıp türü faktörü arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testlerine göre K1, K2 ve K3 kalıplarının istatistiki anlamda birbirinden farklı olmadığı buna karşın K0 referans kalıbın diğerlerinden farklı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Karbonatlaşma derinliği verilerine ait çubuk grafiği

Şekil 4.5 'te verilen karbonatlaşma derinliği verilerine ait çubuk grafiğine göre;

- ✓ K1, K2 ve K3 kalıplarının karbonatlaşma derinliği bakımından birbirinden istatistiki anlamda farklı olmadığı,
- ✓ K2 kalıbına dökülen betonların en küçük karbonatlaşma derinliği değerine sahip olduğu,
- ✓ K2 kalıbının, K3, K1 ve K0 kalıbına göre sırasıyla % 5, %13 ve % 51 daha küçük karbonatlaşma derinliğine sahip olduğu,
- ✓ Karbonatlaşma derinliği bakımından 2,1 mm ile K2 kalıbının en küçük, 4,4 mm ile ise astarsız K0 kalıbının ise en büyük değere sahip olduğu görülmüştür.

#### 4.6. Beton Yoğunluğu Tayini

Beton yoğunluğu deneyi sonuçlarına ait istatistikler Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Kalıp faktörünün dört seviyesi ( K0, K1, K2, K3) gerçekleştirilen tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda, kalıp faktörünün 28.günde beton yoğunluğu değerleri üzerinde istatistik olarak önemli bir etkiye sahip olduğu Çizelge 4.16'da



görülmüştür. Diğer bir ifadeyle beton yoğunluğu değerlerinin kalıp farklılığına bağlı olarak değişmekte olduğu görülmüştür ( $\alpha < 0,05$ )(Çizelge 4.17).

Çizelge 4.16. Beton yoğunluğu verilerine ait açıklayıcı istatistikler

Kalıp yağı kodu	Zaman (gün)	N	Ortalama (g/cm <sup>3</sup> )	Std. Sapma	En Küçük (g/cm <sup>3</sup> )	En Büyük (g/cm <sup>3</sup> )
K0	28	6	2,260	0,008	2,248	2,273
K1	28	6	2,290	0,009	2,277	2,302
K2	28	6	2,296	0,008	2,283	2,307
K3	28	6	2,286	0,008	2,272	2,291

Çizelge 4.17. Beton yoğunluğu verilerine ait varyans çözümleme tablosu

Varyans kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	$\alpha$
Kalıp yağı türü	0,0129	3	0,0043	61	<b>0,00</b>
Hata	0,0042	60	0,0001		

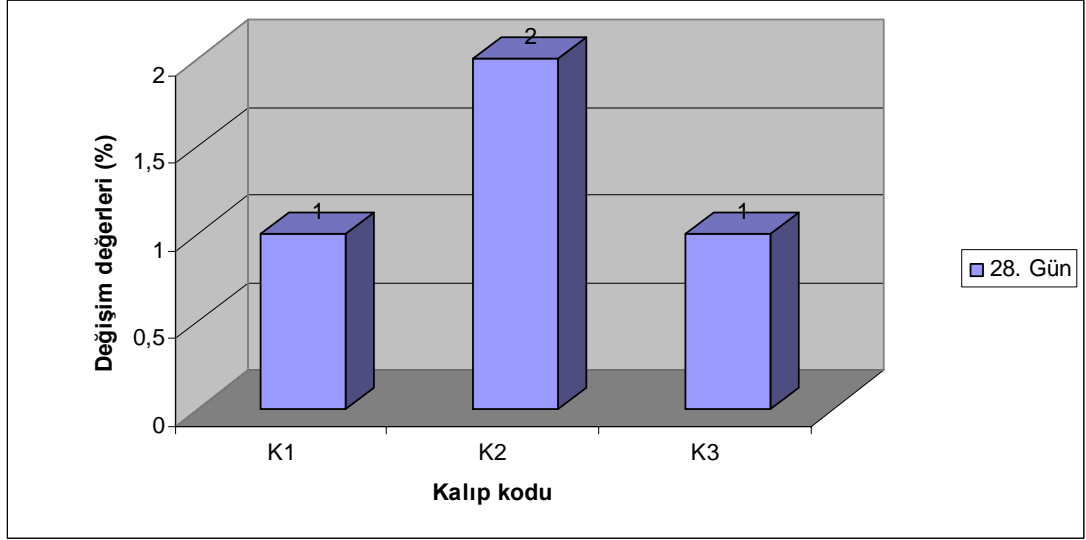
Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi sonuçları Çizelge 4.18’de gösterilmektedir. Ayrıca ortalama karbonatlaşma derinliği değerlerine ait grafik Şekil 4.6’da görülmektedir.

Çizelge 4.18. Beton yoğunluğu verilerinin kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Faktörler	Faktörler	Ort.	Farklı olan gruplar		
			1	2	3
Kalıp yağı türü	K0	2,265		S*	
	K3	2,290	S*		
	K1	2,294	S*		
	K2	2,300			S*

S\* : $\alpha < 0,05$  göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.18’e göre kalıp türü faktörleri arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testlerine göre K1 ve K3 kalıbının istatistiki anlamda birbirinden farklı olmadığı, buna karşın K0 ve K2 kalıbının birbirlerinden ve diğerlerinden farklı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. K0 referans kalıba göre beton yoğunluğu değişim değerleri

Şekil 4.6'da K0 referans kalıba göre beton yoğunluğu değişim değerleri bakımından;

- ✓ 28. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %1, K2 kalıbı %2, K3 kalıbı %1 daha büyük yoğunluk değerine sahip olduğu, görülmektedir.

#### 4.7. Kapiler Su Emme Miktarı

Kapiler su emme miktarı deneyi sonuçlarına ait istatistikler Çizelge 4.19'da verilmiştir. Zaman faktörünün üç seviyesi ( 28. 90. ve 365. gün), kalıp faktörünün de dört seviyesi ( K0, K1, K2, K3) gerçekleştirilen ölçümlü varyans analizi sonucunda zaman ve kalıp faktörlerinin kapilarite katsayısı değerleri üzerinde ayrı ayrı etkisinin olduğu ve bu etkilerin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ( $\alpha < 0,05$ )(Çizelge 4.20).

Çizelge 4.19. Kapilarite katsayısı verilerine ait açıklayıcı istatistikler

Kalıp yağı kodu	Beton yaşı (gün)		Ortalama $g/(m^2 \times s^{0,5})$	Std. Hata
		N		
K0 (Referans)	28	6	5,267941	0,292979
	90	6	5,815203	0,189738
	365	6	6,877073	0,195953
K1	28	6	4,386597	0,443434
	90	6	5,380243	0,438740
	365	6	5,959455	0,337370
K2	28	6	4,109558	0,315935
	90	6	4,721358	0,365420
	365	6	5,457325	0,316014
K3	28	6	5,134068	0,648839
	90	6	5,667208	0,676103
	365	6	5,995586	0,263121

Çizelge 4.20. Kapilarite katsayısı verilerine ait varyans çözümleme tablosu

Varyans kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	$\alpha$
Kalıp yağı türü	14,667	3	4,889	6,022	0,00
Gün faktörü	21,799	2	10,900	13,426	0,00
Kalıp türü*Zaman faktörü	1,560	6	0,260	0,320	0,923
Hata	48,710	60	0,812		

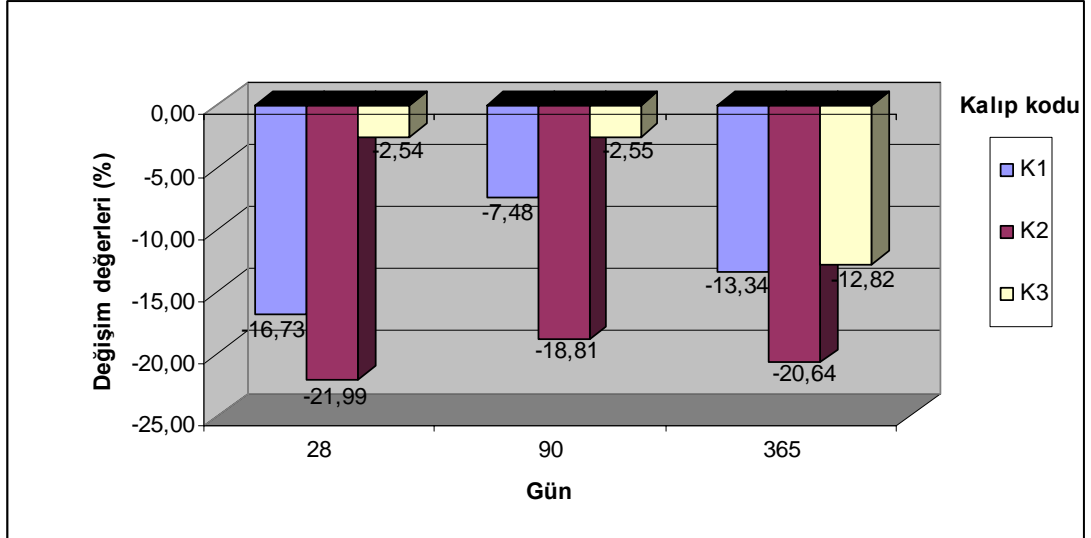
Diğer taraftan Zaman\*Kalıp interaksyonunun istatistik olarak önemli olmadığı Çizelge 4.20'de görülmüştür. Zaman ve kalıp faktörünün seviyeleri karşılaştırılırken ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi sonuçları Çizelge 4.21'de gösterilmektedir. Ayrıca ortalama beton yoğunluğu değerlerine ait grafik Şekil 4.7'de görülmektedir.

Çizelge 4.21. Kapilarite katsayısı verilerinin zaman ve kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Faktörler	Faktörler	Farklı olan gruplar		
		1	2	3
Zaman	28	S*		
	90		S*	
	365			S*
Kalıp türü	K2	S*		
	K1	S*		
	K3		S*	S*
	K0			S*

S\* : $\alpha < 0,05$  göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.21'e göre zaman faktörü arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testlerine göre bütün zaman faktörlerinin bütün seviyeleri arasında fark olduğu, kalıp türleri arasında K1 ile K2 kalıpları arasında istatistiki anlamda fark olmadığı buna karşın K0 ve K3'ün, K1 ve K2'den ve farklı olduğu görülmüştür.



Şekil 4.7. K0 referans kalıba göre kapilarite katsayısı azalma oranları

Şekil 4.7'de K0 referans kalıba göre kapilarite katsayısı azalma oranları bakımından;

- ✓ 28. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %16,73, K2 kalıbı %21,99, K3 kalıbı %2,54 daha küçük kapilarite katsayısına sahip olduğu,
- ✓ 90. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %7,48, K2 kalıbı %18,81, K3 kalıbı %2,55 daha küçük kapilarite katsayısına sahip olduğu,

- ✓ 365. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %13,34, K2 kalıbı %20,64, K3 kalıbı %12,82 daha küçük kapilarite katsayısına sahip olduğu,
  - ✓ Bütün kalıplarda kapilarite katsayısına değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı,
  - ✓ Bütün zaman aralıklarında K2 kalıbının en küçük kapilarite katsayısına sahip olduğu,
- görülmektedir.

#### 4.8. Aşınma Direnci

Aşınma direnci deneyi sonuçlarına ait istatistikler Çizelge 4.22’de verilmiştir. Kalıp faktörünün dört seviyesi ( K0, K1, K2, K3) gerçekleştirilen tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda, kalıp faktörünün 365.günde aşınma dayanımı değerleri üzerinde istatistik olarak önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ( $\alpha < 0,05$ ) (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.22. 365 günlük örneklere ait açıklayıcı istatistikler

Kalıp kodu	Gün	N	Ortalama (%)	Std. Sapma	En Küçük (%)	En Büyük (%)
K0	365	6	0,65	0,1170	0.47	0.81
K1	365	6	0,23	0,0433	0.18	0.29
K2	365	6	0,19	0,0457	0.13	0.25
K3	365	6	0,28	0,0589	0.22	0.38

Çizelge 4.23. Aşınma direnci verilerine ait varyans çözümleme tablosu

Varyans kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	$\alpha$
Kalıp türü	0,833667	3	0,277889	38,7998	0,000000
Hata	0,315133	44	0,007162		

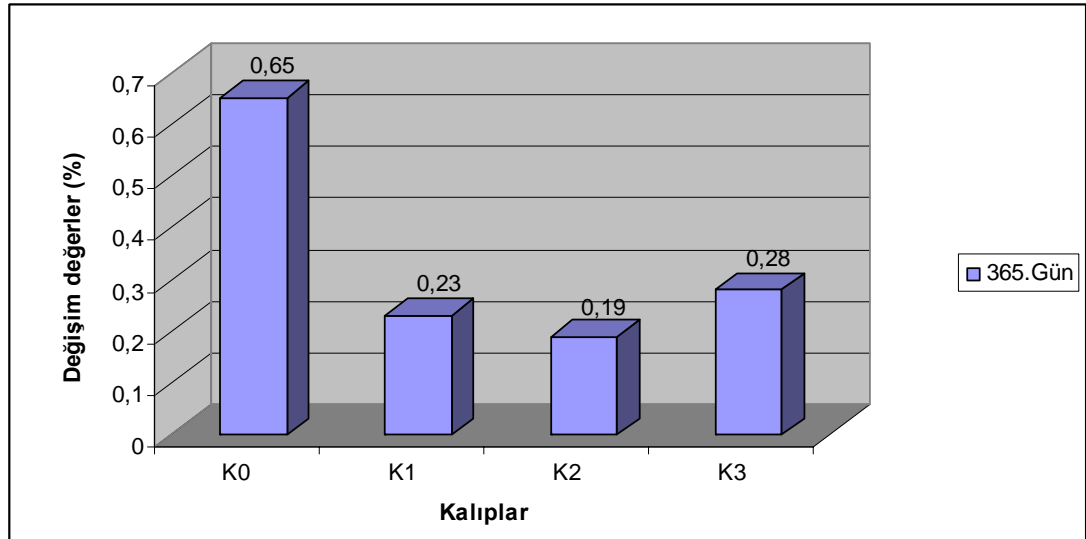
Diğer bir ifadeyle karbonatlaşma derinliği değerlerinin kalıp farklılığına bağlı olarak değişmekte olduğu görülmüştür. Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi sonuçları Çizelge 4.24’te gösterilmektedir. Ayrıca ortalama aşınma dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 4.8’de görülmektedir.

Çizelge 4.24. Aşınma dayanımı verilerinin kalıp türüne göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Faktörler	Faktörler	Ort.	Farklı olan gruplar		
			1	2	3
Kalıp türü	K2	0,19	S*		
	K1	0,23	S*	S*	
	K3	0,28		S*	
	K0	0,65			S*

S\* : $\alpha < 0,05$  göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.24'e göre kalıp türü faktörü arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testlerine göre K1 ve K2 kalıbının birbirinden farklı olmadığı, K3 kalıbının K2 'den farklı olduğu ve K0 referans kalıbın diğerlerinden farklı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Ortalama aşınma dayanımı verilerine ait çubuk grafiği

Şekil 4.8'de verilen ortalama aşınma dayanımı verilerine ait çubuk grafiğine göre;

- ✓ 365. günde K0 referans kalıbına göre K1 kalıbı %64, K2 kalıbı %71, K3 kalıbı %57 daha küçük ağırlık kaybına uğradığı,
- ✓ Aşınma dayanımı bakımından, % 0,65 ile K0 kalıbının en büyük değere sahip olduğu,
- ✓ K2 kalıbının aşınma direnci bakımından % 0,19 ile en küçük değere sahip olduğu,

görülmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Farklı kalıp yağları kullanılarak elde edilen beton bloklar üzerinde; Schmidt çekici ile yüzey sertliği deneyi ve bu beton bloklardan alınan karot numuneler üzerinde ise; basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, ultrases geçiş hızı, karbonatlaşma derinliği, beton yoğunluğu, kapiler su emme ve aşınma direnci deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Deneylelerden elde edilen veriler üzerinde yapılan istatistik değerlendirmeler sonucunda aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Schmidt çekici ile yüzey sertliği değerlerinin;

- ✓ Kalıp türüne ve zamana bağlı olarak değiştiği,
- ✓ Bütün zaman aralıklarında (28, 90, 365. gün) sırasıyla, K2 kalıbının, K0 referans kalıba göre 28. günde %7, 90. günde %15, 365. günde %8 daha büyük olduğu,
- ✓ Bütün kalıp türlerinin bütün zaman aralıklarında birbirinden farklı olduğu, görülmüştür.

Ultrases geçiş hızı değerlerinin;

- ✓ Kalıp türüne ve zamana bağlı olarak değiştiği,
- ✓ Bütün zaman aralıklarında (28, 90, 365.gün) sırasıyla, K2 kalıbının, K0 referans kalıba göre 28. günde %1, 90.günde %1, 365. günde %1,6 daha büyük olduğu,
- ✓ K1 ve K3 kalıbının arasında istatistiki anlamda fark olmadığı ancak K0 ve K2 kalıbının birbirlerinden ve diğerlerinden farklı olduğu, görülmüştür.

Basınç dayanımı değerlerinin;

- ✓ Kalıp türüne ve zamana bağlı olarak değiştiği,



- ✓ Bütün zaman aralıklarında (28,90, 365.gün) sırasıyla, K2 kalıbının, K0 referans kalıba göre 28.günde %7, 90.günde %15, 365.günde %9 daha büyük olduğu,
- ✓ Kalıp türleri arasında K1 ve K3 kalıbının arasında istatistiki anlamda fark olmadığı ancak K0 ve K2 kalıbının birbirlerinden ve diğerlerinden farklı olduğu, görülmüştür.

Yarmada çekme dayanımı değerlerinin;

- ✓ Kalıp türüne ve zamana bağlı olarak değiştiği,
- ✓ Bütün zaman aralıklarında (28, 90, 365.gün) sırasıyla, K2 kalıbının, K0 referans kalıba göre 28.günde %9, 90.günde %7, 365.günde %6 daha büyük olduğu,
- ✓ Kalıp türleri arasında K1, K2 ve K3 kalıplarının arasında istatistiki anlamda birbirinden farklı olmadığı, K0 referans kalıbın diğerlerinden farklı olduğu, görülmüştür.

Karbonatlaşma derinliği değerlerinin;

- ✓ Kalıp türüne bağlı olarak değiştiği,
- ✓ K2 kalıbının, K0 referans kalıbına göre %51 daha küçük karbonatlaşma derinliğine sahip olduğu,
- ✓ K1, K2 ve K3 kalıplarının arasında istatistiki anlamda birbirinden farklı olmadığı buna karşın K0 referans kalıbın diğerlerinden farklı olduğu görülmüştür.

Yoğunluk değerlerinin;

- ✓ Kalıp türüne bağlı olarak değiştiği,
- ✓ 28. günde K0 referans kalıbına göre, K1 kalıbı %1, K2 kalıbı %2, K3 kalıbı %1 daha büyük yoğunluk değerine sahip olduğu,
- ✓ K1 ve K3 kalıbının birbirinden farklı olmadığı, buna karşın K0 ve K2 kalıbının birbirlerinden ve diğerlerinden farklı olduğu, görülmüştür.

Kapiler su emme değerlerinin;

- ✓ Kalıp türü ve zaman bağlı olarak değiştiği,
- ✓ Bütün zaman aralıklarında (28,90, 365.gün) sırasıyla, K2 kalıbının, K0 referans kalıba göre 28.günde %21,99, 90.günde %18,81, 365.günde %20,64 daha küçük olduğu,
- ✓ K1 ile K2 kalıpları arasında istatistiki anlamda fark olmadığı buna karşın K0 ve K3'ün, K1 ve K2'den ve farklı olduğu, görölmüştür.

Aşınma direnci değerlerinin;

- ✓ Kalıp türüne bağlı olarak değiştiği,
- ✓ K2 kalıbına dökülen betonların en küçük aşınma direnci değerine sahip olduğu,
- ✓ 365. günde K0 referans kalıbına göre K1 kalıbı %64, K2 kalıbı %71, K3 kalıbı %57 daha az ağırlık kaybına uğradığı, görölmüştür.

Bu çalışmada kalıp yağı kullanılarak kalıplara dökülen betonlar üzerinde gerçekleştirilen bütün deneyler sonucunda kalıp yağı bulunmayan referans kalıba dökülen betona göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. K2 konsantre kalıp yağının kullanıldığı betonlarda; schmidt çekici ile yüzey sertliği, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, ultra ses geçiş hızı, karbonatlaşma derinliği, beton yoğunluğu, kapilarite katsayısı ve aşınma direnci diğer K1 kalıp ayırıcı yağ ve K3 ahşap ve plywood kalıp yağı türlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

## KAYNAKLAR

1. Arslan, M., “Betonarme elemanların dayanıklılığı üzerine araştırmalar”, *T.C. Başbakanlık DPT, Proje Kodu: 96K120750*, Ankara, 1-29 (1997).
2. Brett, P., “Requirements and materials for formwork”, *Heinemann Professional Publishing Ltd., 22 Bedford Square*, London WC 1B hh, 35-38(1988).
3. ACI Committee 397 2R-02., “Identification and control of consolidation related surface defects in formed concrete”, *American Concrete Institute*, Detroit, 5-8 (2002)
4. ACI Committee 303 R-04, “Guide to cast-in-place architectural concrete practice”, *American Concrete Institute*, Detroit, 1-21 (2004).
5. Nolan, E., Basheer, P. A. M., and Long, A. E., “Effects of three durability enhancing products on some physical properties of near-surface concrete”, *Construction and Building Materials*, England, 9(5):267-272 (1995).
6. Erdogan, T. Y., “Beton”, *METU Press*, II. Baskı, Ankara, 446, 451-452, 456, 519, 521, (2007).
7. ACI Comitte 116 116R-90., “ Cement and concrete terminology”, *ACI Manual of Concrete Praticce*, Part I, 3-8 (1994).
8. Şimşek, O., “Beton ve Beton Teknolojisi”, *Seğkin Yayıncılık*, I. Baskı, Ankara, 15, 158 (2004).
9. Kropp, J., Hilsdorf, H.K., “Performans criterra for concrete durability”, *E&FN span and Chapman & Hall*, New York, USA, 5-13 (1995).
10. Popovics, S. “Streng th and related properties of concrete” , *John Wiley & Sons , Inc.*, New york, USA , 38-82 (1998).
11. Neville, A. M., “Properties of concrete”, Fourth and Final Edition, *Pearson Prentice Hall*, England, 303-306, 391-394, 504-505, 581-585, 605-609, 610-624 (2003).
12. Newman, Choo, B.S., “Advanced concrete technology–processes”, *Elsevier Butterworth Heinemann* , London, England, 1-16 (2003).
13. Baradan, B., Yazıcı, H. ve Ün, H., “Betonarme yapılarda kalıcılık (Durabilite)”, *D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, I.Basım, Yayın No:298*, İzmir, 67-73, 152-153, 158-170, 176-198 (2002).

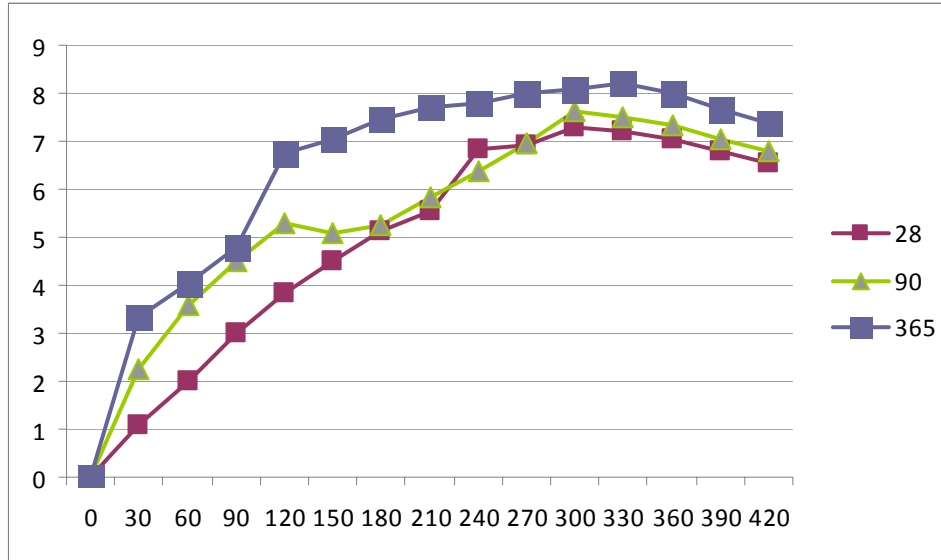
14. TS 3440, “Zararlı kimyasal etkileri olan su, zemin ve gazların etkisinde kalacak betonlar için yapım kuralları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-20 (1982).
15. Subaşı, S., “Kalıp yüzey farklılıklarının betonun bazı fiziksel özelliklerine etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-24 (2001).
16. Skalny, J. and Marchand, J., Odler, I., “Sulfate attack on concrete”, *Spon Press*, London, 31-43 (2002).
17. Güner, A., “Kimyasal zararlı ortamda beton üretim, bakım ve önlemler”, *Beton Semineri, DSİ Araştırma Sitesi*, 6-10 Şubat, Ankara, 195-200 (1984).
18. Arslan, M., “Betonarme yapı elemanı tasarımında dayanıklılık faktörlerini belirlemeye yönelik bir araştırma”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 9(4): 615-630 (1995).
19. Martin, B., L and Firlotte, C., A. “Protecting substructures in marine environments” *Material Performance*, 26-29 (1995).
20. Mustafa, M., A. And Yusuf, K., M. “Atmospheric chloride penetration into concrete in semi tropical marine environment”, *Cement and Concrete Research*, 4: 661-670 (1994).
21. Akkaya, Y., “Zararlı bir ortamda betonun uğradığı hasarın hasar mekaniği ile incelenmesi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul 10-15 (1994).
22. Postacıoğlu, B., “Beton, 2.cilt”, *Teknik Kitaplar Yayınevi*, İstanbul, 241-245 (1987).
23. Johnston, D.W., “Design and construction of concrete formwork”, Concrete Construction Engineering Handbook, Nawy , E.G., *CRC Press*, NewYork, 5-40 (1997).
24. CIB Report, “Tolerances on blemishes of concrete”, *CIB, Rp No: 24*, Rotterdam, 1-5 (1985).
25. TS 4834, Beton İle İlgili Terimler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-15, (1986).
26. L. De Ceukelaire, , and D. Van Nieuwenburg, “Accelerated Carbonation of A Blast Furnace Cement Concrete”, *Cement and Concrete Research*, 23: 443-452 (1992).

27. Y. H. Loo, M. S. Chin, C. T. Tam and K. C. G. Ong., "A Carbonation Prediction Model For Accelerated Carbonation Testing of Concrete", *Magazine of Concrete Research*, 68, 191-200 (1994).
28. H. Yazıcı., "Accelerated Carbonation Test of Concrete", Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 6-10, 23-30 (1997).
29. Arslan, M., "Su Emici astarlı-geçirgen kalıpların beton yüzeyi fiziksel özelliklerine etkileri", *Nigde Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Nigde, 2(1):124-132 (1998).
30. Reading, T.J., "Deleterious effect of wood forms on concrete surface" *Concrete International*, 1:57-62 (1985).
31. ACI Committee ACI 303 R-04, "Guide to cast-in-place architectural concrete practice", *American Concrete Institute*, Detroit, 5-15 (2004).
32. Altan, M., "Betonarme elemanlarda kalıp" *İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası*, İstanbul, 114,115 (1992).
33. Arslan, M., "Beton", *Atlas Yayınevi*, İstanbul, 63-75 (2001).
34. Hurst, P. M., "Formwork, *Construction Press*, 136, London, (1983).
35. Whilshere, C.J., "Formwork", *Thomas Telford House&Heron Quay*, London, 45-47 (1989).
36. Mazkewitch, A. and Jawaski, A. "Adhesion between concrete and formwork", *Institute of Civil Engineering*, Conference Paper, No:11125, Gorki USSR, 67-72 (1986).
37. Thomas, C.G., "Improving bonding to concrete surface", *Concrete International*, 4: 55-59 (1989).
38. Schmidt, M., J., Schtbetonound Tapezierbeton-Schalungen, Weisbaden, Bauverlag GMBH,17-45 (1972).
39. Reeves, S.J., "The effect of formwork permeability on algae growth on concrete surfaces", Undergraduate thesis, *University of Bath*, Bath, UK. 45-53 (1993).
40. Subaşı, S., "Farklı yüzey astarları ile kaplanmış drenaj özelliği bulunan kalıpların betonun bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2005).
41. Boor, U., "Experience with mould oils in precast concrete production" *Beton Werk und Fertiqtteil-Technic*, 54-11.th, (1988).

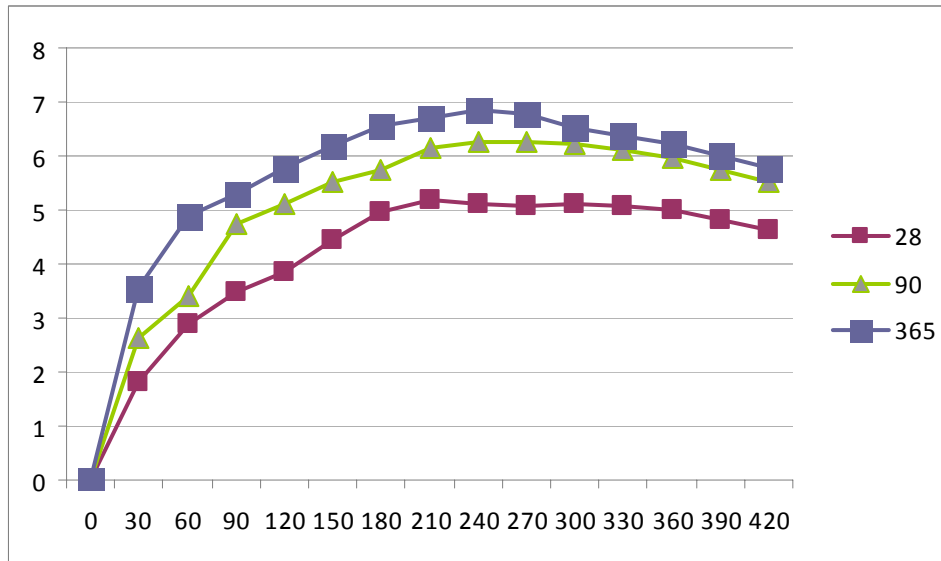
42. Baty, G., Reynolds, R., "Release Agents-How They Work", *Concrete International*, 19(10): 52-54 (1997).
43. Özkul, M., H., "Kalıp ayırıcıların performans özellikleri", *İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası*, İstanbul, 5 (2001).
44. TS 1265, "İğne Yapraklı Yapı Keresteleri", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-15 (1994).
45. TS 1249 EN 975-2, "Biçilmiş Ağaçların Görünüş Sınıflandırılması-Bölüm2: Kavaklar" *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-9(2006).
46. ASTM C805-97, "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete", *American Society For Testing And Materials*, USA, (1997).
47. Gürbüz, F., Baspınar, E. ve ark., "Tekrarlanan ölçümlü deneme düzenlerinin analizi", *Van Yüzüncü Yıl Üniv. Yayınları*, Van, 7-91 (2003).
48. ASTM C597-97, "Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete", *American Society For Testing And Materials*, USA, (1997).
49. TS EN 12390-3, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleleri-Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-15 (2002).
50. TS EN 12390-6, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleleri-Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-9 (2002).
51. Malhotra, V.M., "Significance of test and properties of concrete and concrete making materials", Editors: Klieger P. and Lamond, J.F., *ASTM Publication*, USA ASTM-STP 169C, 326-327, (1994).
52. TS 12390-7, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleleri-Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-8 (2002).
53. TS EN 772-11, "Betondan, yapay ve doğal taştan yapılmış kagir birimlerde kapiler su emme ve kil kagir birimlerde ilk su emme hızının tayini", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 1-7 (2002).
54. ASTM C944-99, "Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method", *American Society For Testing And Materials*, USA (1999).

**EKLER**

## EK-1 Ortalama Kapilarite değerlerine ait grafikler



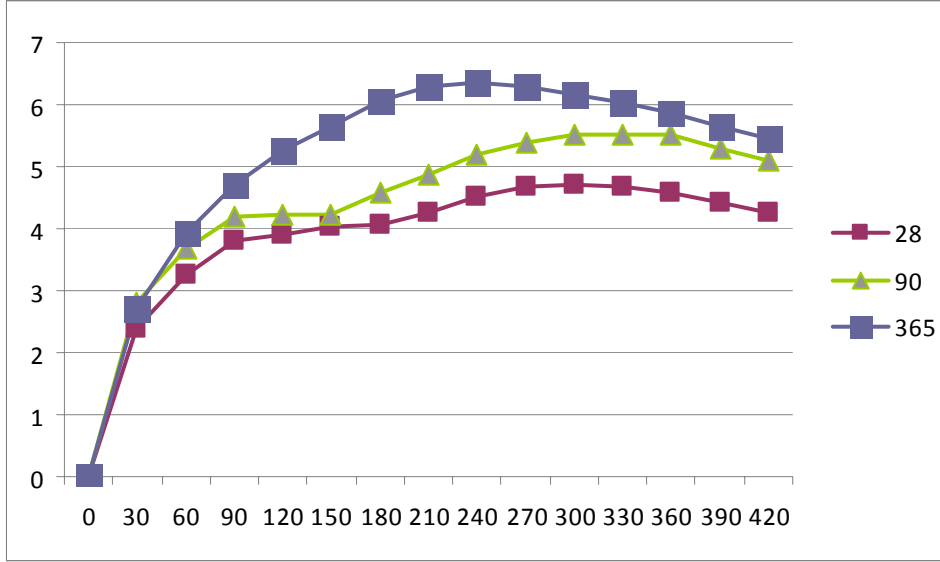
Şekil 1.1 K0 referans kalıbının kapilarite grafiği



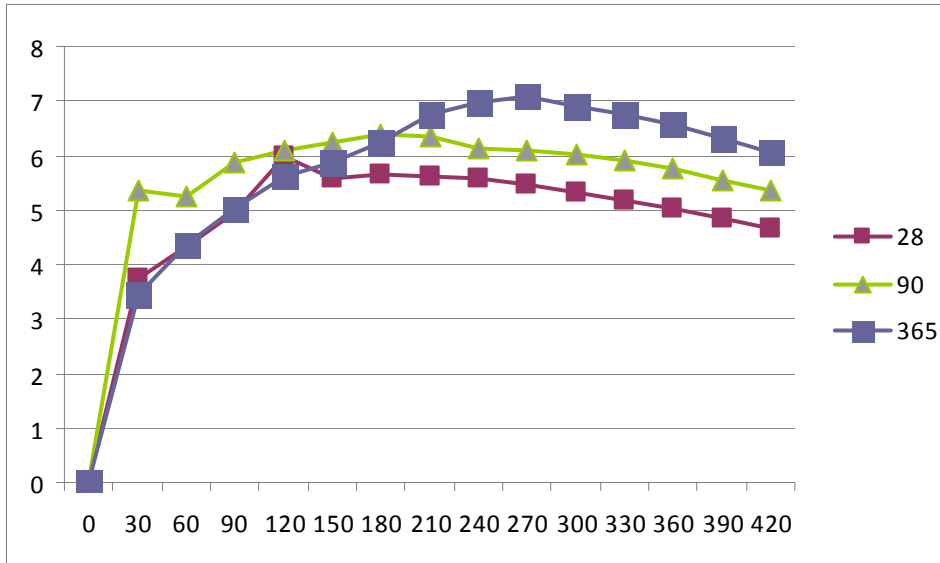
Şekil 1.2 K1 kalıbının kapilarite grafiği



EK-1.(Devam) Ortalama Kapilarite değerlerine ait grafikler



Şekil 1.3 K2 kalıbının kapilarite grafiği



Şekil 1.4 K3 kalıbının kapilarite grafiği

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇALIK, Erençül  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 05.12.1983 İzmir  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 505 881 66 90  
Faks : -  
e-mail : [egulmavi@hotmail.com](mailto:egulmavi@hotmail.com).

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi /Yapı Öğretmenliği	2006
Lise	Çınarlı Teknik Lisesi/ İnşaat	2001

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobi

Kitap okumak, Yüzme, Bilgisayar