





## HAZIR BETON

Yıl: 9 Sayı: 50 Mart-Nisan'02

TÜRKİYE HAZIR BETON BİRLİĞİ

Adına İmtiyaz Sahibi  
Yönetim Kurulu Başkanı  
**MÜRSEL ÖZTÜRK**

Tanıtım Ve Halkla İlişkiler Komitesi

Mehmet GÜÇMEN  
Hulusi DEMİR  
Ali ÖZİNÖNÜ  
Hakan GÜRDAL

Genel Yayın Yönetmeni  
**Ferruh KARAKULE**

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Ergin ARIÖĞLU  
Prof. Dr. Nuray AYDINOĞLU  
Prof. Dr. Zekai CELEP  
Prof. Dr. Turhan Y. ERDOĞAN  
Prof. Dr. Hulusi ÖZKUL  
Prof. Dr. Erbil ÖZTEKİN  
Prof. Dr. Turan ÖZTURAN  
Prof. Dr. M. Ali TAŞDEMİR  
Prof. Dr. Mustafa TOKYAY  
Prof. Dr. Mehmet UYAN

Yazı İşleri Sorumlusu  
Niha

# İçindekiler

## C O N T E N T S

- 7** **BAŞKAN'IN GÖZÜYLE PRESIDENT'S OPINION**  
Yeniden Yapılanma *Mürsel Öztürk - THBB Yönetim Kurulu Başkanı*
- 8** **GÜNDEM AGENDA**  
Beton Yollar Çalışma Programı Başlıyor  
Afet Yönetmeliğindeki en Düşük Beton Sınıfı C30 olmalı
- 12** **ETKİNLİKLER ACTIVITIES**
- 18** **BİRLİK'TEN FROM THE ASSOCIATION**  
Beton Yollara Doğru..  
*Ferruh Karakule - THBB Genel Sekreteri*
- 21** **DOSYA: KALIP ve İSKELE FORMWORK and SCAFFOLDING**
- 38** **HABERLER NEWS**
- 54** **MAKALE ARTICLE**  
Normal ve Süper Akışkanlaştırıcıların Betona Kazandırdıkları  
*Doç. Dr. Kemalettin Yılmaz*
- 60** **İNCELEME-ARAŞTIRMA TECHNICAL PAPERS**  
Kalıp Yüzeylerinin Beton Kabuğunun Kapileritesi ve Donatı Dayanıklılığı

# KALIP YÜZEYLERİNİN BETON KABUĞUNUN KAPİLERİTESİ ve DONA DAYANIKLILIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Metin ARSLAN

Arş. Grv. Serkan SUBAŞI

Arş. Grv. Gökhan DURMUŞ

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi

Yapı Eğitimi Bölümü

## *The Effects of formwork surfaces on capillarity and frost resistance of concrete cover*

**T**he aim of this study is to search the effects of the formworks, which have different surface properties, on capillarity and the frost resistance of concrete cover.

7 formworks consisting of: 1 populus nigra, 1 pinus silvestris, 1 iron sheet, and 4 plywood surfaces were prepared. On three plywood-surfaced formworks, the drainage canals and holes were made. Surfaces of these formworks were covered with different geotextile liners. The concrete was cast in all formworks. The core samples were cut from concretes. Capillary absorption, sodium sulphate frost resistance, and pulse velocity through concrete tests were conducted on the samples.

It was seen that; the concretes, which were cast in formworks with drainage-liners had %38 less capillarity coefficient and %56 less weight loss in sodium sulphate test than those of the concrete, which was cast in formworks without drainage-liners.

**Key words:** formwork, concrete, geotextile, drainage, liner, capillarity, frost.

Bu araştırmanın amacı, farklı yüzey özelliklerine sahip kalıpların beton kabuğunun kapileritesi (kılcal su emme) ve donda dayanıklılığına etkilerini belirlemektir.

Biri karakavak, biri sarıçam, biri sac levha ve dördü kontrplak yüzeyli olmak üzere 7 adet duvar kalıbı üretilmiş ve kontrplak yüzeyli kalıplardan üçünün yüzeyinde drenaj kanal ve delikleri açılarak farklı özelliklere sahip geotekstil astarlarla kaplanmıştır. Kalıplara beton dökülerek betonlardan karot örnekler alınmıştır. Örnekler üzerinde, kapiler su emme, sodyum sülfat deneyi ile donda dayanıklılık ve ultrases geçiş hızı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak; yüzeyleri drenajlı ve geotekstil astarlı kalıplara dökülen betonların yüzeyleri drenajsız-astarsız kalıplara dökülen betonlardan yaklaşık %38 daha küçük kapilerite (kılcallık) katsayısına sahip oldukları ve %56 daha az sodyum sülfat deneyinde don kaybına uğradıkları belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** kalıp, beton, geotekstil, drenaj, astar, kapilerite, kılcallık, don

### 1. GİRİŞ

Donma/çözülme ve donatı korozyonu, betonarme yapı elemanlarının dayanıklılığını etkileyen önemli iki faktör olarak görülmektedir. Betonarme eleman dayanıklılığına ilişkin bu iki faktörün gelişiminin, betonun özelliklerinin yanı sıra yapı elemanın bulunduğu çevreden kaynaklanan olumsuz faktörlerden büyük ölçüde etkilendiği bilinmektedir. Diğer taraftan, betonarme elemanlarda donatı ve betonu dış tesirlerden koruyan beton kabuk, elemanın dayanıklılığı üzerinde önemli etkilere sahiptir (1). Beton kabuğun beton ve donatıyı korumadaki yeterliliği, çevreden kaynaklanan zararlı aktif maddelerin betona nüfuz etmesini önlemedeki performansı ile değerlendirilmektedir (2, 3).

Betonda meydana gelen donma/çözülme olayından dolayı, betonarme elemanlarda önemli ölçülerde dayanıklılık kayıpları görülmektedir. Donma/çözülme etkisinden oluşan beton hasarları, beton içerisindeki

boşlukların miktar ve yapıları ile doğrudan ilgilidir (4). Beton yerleştirme sürecinde, hidrasyona karışmayan suyun bir kısmının yüzeye çıkarken bir kısmının da iri agregataneleri ve yatay donatı çubukları altında tutulduğu dolayısı ile bu bölgelerde boşluklu yapı oluştuğu bilinmektedir (5). Betonu donda dayanıklı hale getirmek için, beton içinde belirli boyut, miktar ve uzaklıkta hava kabarcıklarının oluşturulması (hava sürükleyici katkıları kullanarak) yanında, betonda rasgele oluşan ve birbiri ile ilişkili olan kılcal boşlukların azaltılması ve böylece betonun geçirimsiz hale getirilmesi gerekir.

Betonarme kalıp yüzeylerinin özellikleri, beton kabuğun zararlı aktif maddelerin betona nüfuz etmesini önlemedeki performansı açısından büyük önem taşımaktadır (6). Bu konuda yapılan araştırmalar, beton yerleştirme sürecinde betonun su/çimento oranını azaltacak kalıp yüzeylerinin kullanımı ile beton kabuğunun fiziksel ve mekanik özelliklerinde

önemli iyileşmeler sağlanabileceğini göstermektedir (7).

Bu araştırmanın amacı; farklı yüzey özelliklerine sahip kalıpların beton kabuğun kapileritesi ve dona dayanıklılığı üzerine etkilerini belirlemektir.

## 2. MALZEME ve METOTLAR

### 2.1. Malzemeler

Bu araştırmada;

- Kalıp yüzey malzemesi olarak; II. sınıf sarıçam kerestesi, I. sınıf karakavak kerestesi, 3 mm kalınlığında sac levha ve 20 mm kalınlığında fenol formaldehit ile yapıştırılmış kontrplak levhalar kullanılmıştır.

- Kalıp yüzey astarı olarak;

- GEO-I; ağırlık 500g/m<sup>2</sup>, çekme dayanımı 260N, kopma uzaması %50, delinme dayanımı 225N,

- GEO-II; ağırlık 130g/m<sup>2</sup>, çekme dayanımı 208N, kopma uzaması %15, delinme dayanımı 190N,

- GEO-III; ağırlık 200g/m<sup>2</sup>, çekme dayanımı 286N, kopma uzaması %29, delinme dayanımı 225N,

- GEO-IV; ağırlık 200g/m<sup>2</sup>, çekme dayanımı 260N, kopma uzaması %30, delinme dayanımı 220N,

olan geotekstiller kullanılmıştır (8,9).

- Kalıp yağı olarak, konsantre kalıp yağı kullanılmıştır.

- Karışım özellikleri; 400kg (0-3mm) doğal kum, 560kg (3-7mm) kırma kum, 700 kg (7-15mm) kırma çakıl,

400kg KÇ32,5 çimento, 190lt su ve çökme miktarı 12cm olan BS20 hazır betonu kullanılmıştır (16).

### 2.2. Metotlar

#### 2.2.1. Kalıp örneklerinin hazırlanması

Çalışmada 200cm yükseklik 100cm genişlik ve 15cm kalınlığında beton blok üretmeye olanak sağlayan 7 adet duvar kalıbı örneği üretilmiştir (Şekil 1). Bu kalıplardan biri karakavak, biri sarıçam, biri sac levha ve dördü kontrplak yüzey malzemesine sahiptir.

Kontrplak kalıplardan üç adedinin yüzeylerinde Şekil 1'de görüldüğü gibi drenaj sistemi oluşturulmuştur. Drenaj sistemi, kalıp yüzeyinin betona temas eden kısmında 100mm aralıklarla 4mm genişlik ve 4mm derinlikte yatay/düsey kanallardan ve kanalların birleşim noktalarında açılan 4mm çapında drenaj deliklerinden oluşmaktadır. Her kalıp örneğinin yüzeyleri konsantre kalıp yağı ile yağlanmıştır. Yüzeyinde drenaj sistemi bulunan (drenajlı) üç kalıp yüzeyi (K5, K6, K7) sırasıyla GEO-I+GEO-II, GEO-III, GEO-IV geotekstil kalıp yüzey astarları ile kaplanmıştır. Kalıpların kod ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

#### 2.2.2. Betonun yerleştirilmesi ve kürü

Beton döküm işlemi pompa ile gerçekleştirilmiştir. 200cm yükseklik 100cm genişlik ve

15cm kalınlığındaki kalıplara beton eşit yükseklikte 3 tabaka halinde yerleştirilmiş, her tabaka 2'şer noktadan poker tip vibratör kullanılarak sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma işleminin bütün tabakalarda eşit olmasına özen gösterilmiştir. Beton blokların kürü 28 gün sulanarak gerçekleştirilmiştir.

#### 2.2.3. Deney örneklerinin hazırlanması

Kür işleminden sonra beton bloklar yatay pozisyona getirilmiş ve beton yerleştirme tabakaları dikkate alınarak üç bölgeye ayrılmıştır. Her bölgeden 3'er adet olmak üzere her beton bloktan toplam 9 adet 10cm çapında ve 15cm yüksekliğinde karot örnekler alınmıştır. Her karot örneğin, kalıba temas eden yüzeyinden içeriye doğru 5cm kalınlığında sulu taş kesme makinesi kullanılarak deney örneği kesilmiştir. Bu şekilde her beton blok için 10cm çap ve 5cm kalınlığında 9 adet deney örneği üretilmiştir.

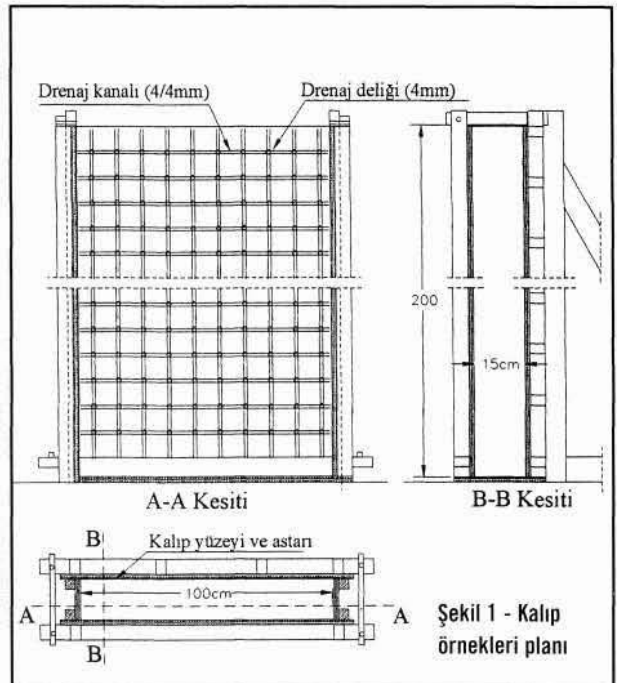
#### 2.2.4. Kapiler su emme deneyi

Kapiler su emme deneyi her beton blok için 9 adet deney örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney örnekleri 105 ± 5°C sıcaklık ve hava sirkülasyonu sağlayan etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur.

## KALIP ÖRNEKLERİNİN KOD ve ÖZELLİKLERİ

Kalıbın		
Kodu	Yüzey Malzemesi	Yüzey İşlemi
K1	Karakavak	Drenajsız - Astarsız
K2	Sarıçam	Drenajsız - Astarsız
K3	Kontrplak	Drenajsız - Astarsız
K4	Sac Levha	Drenajsız - Astarsız
K5	Kontrplak	Drenajlı - Astarlı (GEO-I, GEO-II)
K6	Kontrplak	Drenajlı - Astarlı (GEO-III)
K7	Kontrplak	Drenajlı - Astarlı (GEO-IV)

Tablo 1



Şekil 1 - Kalıp örnekleri planı

tularak tartılmıştır. Deney örneklerinin kalıplanan yüzeyleri 5mm kadar batacak şekilde saf su içerisine yerleştirilmiştir. Deney örnekleri 1800, 3000, 5400, 7200, 9000, 10800, 12600, 14400, 16200, 18000, 19800s sürelerde tartılarak emilen su miktarları belirlenmiştir (11, 12). Kapilerite katsayısının belirlenmesinde, birim alandan emilen su miktarının karesi  $(Q/A)^2$  düşey eksene (Y), su emme süreleri (t) yatay eksene (X), yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.  $P<0,05$  anlamlılık düzeyine göre, regresyon çizgisi, modeli ve regresyon katsayıları ( $R^2$ ) belirlenmiştir. Her kalıp için regresyon modelinde (X) değerleri yerine konularak (Y) değerleri

belirlenmiş ve bu değerler kullanılarak regresyon çizgisinin eğimi (Y/X) hesaplanmıştır. Regresyon çizgilerinin eğimleri kapilerite katsayısı (K) olarak alınmıştır (13).

### 2.2.5. Sodyum sülfat dona dayanıklılık deneyi

Sodyum sülfat dona dayanıklılık (SSDD) deneyi her beton blok için 9 adet deney örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney örnekleri  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  de değişmez ağırlığa kadar etüvde kurutulmuş ve tartılmıştır. TS EN 1367-1; "Agregaların Termal ve Buzulma Özellikleri için Deneyler" standardında belirtilen esaslara uygun olarak sodyum sülfat çözeltisi hazırlanmıştır (14). TS 4045; Yapı Malzeme

ağırlık kayıpları doğrudan deney sonucu olarak değerlendirilmiştir.

### 2.2.6. Ultrases geçiş hızı deneyi

Ultrases geçiş hızı deneyi, örneklerin kalıplanan yüzeylerine dik doğrultuda uygulanmıştır. Deney "ASTM C597-83, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete" standardında belirtilen esaslara uyularak gerçekleştirilmiştir. Deney, SSDD deneyinin 4. tekrarına kadar uygulanmış, 5. tekrarda örnek yüzeylerindeki aşırı parçalanmalardan dolayı uygulanamamıştır. Ultrases geçiş hızı değerlerinin hesaplanmasında;

$$V = \frac{l}{t}$$

formülü kullanılmıştır.

Formülde;

V: ultrases geçiş hızı (km/s),

l: örnek boyu (km),

t: ultrases geçiş süresi (s),

olarak gösterilmiştir (16).

### 2.2.7. İstatistik metotlar

Deneyel çalışmalar sonucunda 7 gruba ait gözlemler elde edilmiştir. Belirlenen verilere ilişkin açıklayıcı istatistikler tablo halinde verilmiştir. Diğer taraftan, verilerin aritmetik ortalamaları arasında fark olup olmadığı varyans analizi tekniği ile belirlenmiş, farklılığın hangi gruba ait verilerin arasında olduğunu belirlemek için, en düşük anlamlı farklılık (LSD; least-significant difference) testi kullanılmıştır. Varyans analizi ve LSD testlerinde "gruplar arasında fark vardır" kararına varılırken yanlış olma olasılığı (anlamlılık düzeyi) en çok  $P<0,05$  olarak (1.tip hata) kabul edilmiştir (17). Ayrıca, bazı veriler arasında regresyon analizleri yapılmıştır.

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı yüzey özelliğine sahip 7 kalıba ait beton bloklardan alınan deney örnekleri üzerinde gerçekleştirilen kapiler su emme, sodyum sülfat dona dayanıklılık ve ultrases geçiş hızı deneylerine ait verilerin açıklayıcı istatistikleri Tablo 2'de, varyans analizi ve LSD sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

## AÇIKLAYICI İSTATİSTİKLER

Kalıp Kodu	İstatistik	Ölçülen Özellik		
		Kapilerite katsayısı ( $10^{-5}\text{cm}^2/\text{s}$ )	SSDD (5. tur, ağırlık kaybı,g	Ultrases geçiş hızı (4.turda km/s)
K1	Arit. Ort.	2.29	501.69	4.47
	St. sapma	-	156.29	0.13
	min.	-	335.50	4.20
	maks.	-	794.87	4.70
K2	Arit. Ort.	2.61	401.93	4.80
	St. sapma	-	208.77	0.17
	min.	-	185.86	4.60
	maks.	-	838.07	5.10
K3	Arit. Ort.	2.80	552.74	4.61
	St. sapma	-	194.69	0.12
	min.	-	165.11	4.50
	maks.	-	779.58	4.90
K4	Arit. Ort.	3.29	509.85	5.09
	St. sapma	-	201.15	0.14
	min.	-	185.27	4.90
	maks.	-	804.72	5.40
K5	Arit. Ort.	1.65	286.64	4.41
	St. sapma	-	220.30	0.19
	min.	-	48.30	4.10
	maks.	-	676.26	4.60
K6	Arit. Ort.	1.74	167.46	4.38
	St. sapma	-	91.71	0.08
	min.	-	50.00	4.20
	maks.	-	346.78	4.50
K7	Arit. Ort.	1.64	239.85	4.46
	St. sapma	-	98.44	0.31
	min.	-	75.76	4.00
	maks.	-	397.83	4.90

Tablo 2

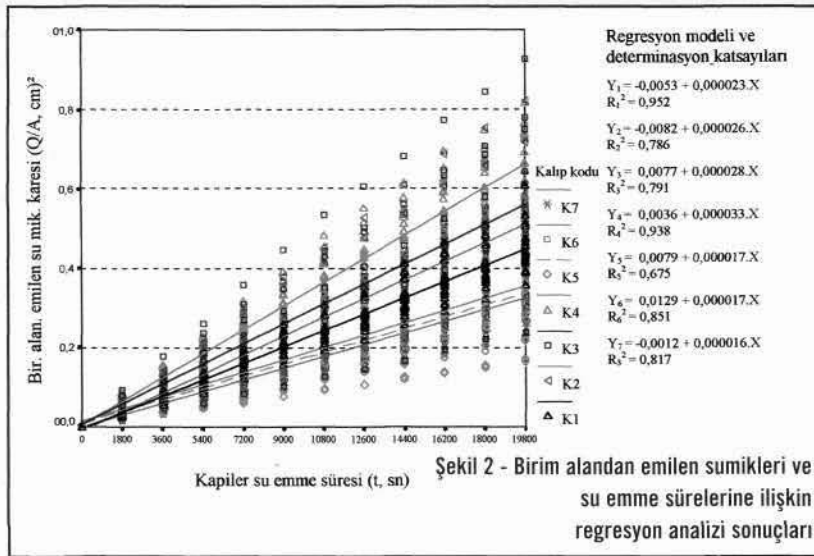


## VARYANS ANALİZİ ve LSD SONUÇLARI

Ölçülen Değerin Türü	Kalıp Kodları ve LSD Karşılaştırması							Veri Büyüklüğü sıralamasında kalıbın		
	Kod	1	2	3	4	5	6	7	Kodu	Art. Ortalama
Kapiler su emme, (Kapiler katsayısı, $10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ )	1			f*	f*	f*	f*	f*	4	3.29
	2				f*	f*	f*	f*	3	2.80
	3	f*				f*	f*	f*	2	2.61
	4	f*	f*	f*		f*	f*	f*	1	2.29
	5	f*	f*	f*	f*				6	1.74
	6	f*	f*	f*	f*	f*			5	1.65
	7	f*	f*	f*	f*	f*			7	1.64
Sodyum sülfat dona dayanıklılık, (5. turda ağırlık kaybı, g)	1					f*	f*	f*	3	552.74
	2						f*	f*	4	509.85
	3					f*	f*	f*	1	501.69
	4					f*	f*	f*	2	401.93
	5	f*		f*	f*				5	286.64
	6	f*	f*	f*	f*				7	239.85
	7	f*	f*	f*	f*				6	167.46
Ultrases geçiş hızı (4. turda, km/s)	1		f*	f*	f*				4	5.09
	2	f*				f*	f*	f*	2	4.80
	3		f*	f*	f*				3	4.61
	4	f*		f*	f*	f*	f*	f*	1	4.47
	5		f*	f*	f*				7	4.46
	6		f*	f*	f*				5	4.41
	7		f*	f*	f*				6	4.38

Tablo 3

f\*: alfa=0.05 düzeyinde anlamlı farklılık vardır.



## 3.1. Kapiler su emme

Birim alandan emilen su miktarlarının ( $Q/A$ ) kareleri ve kapiler su emme süreleri ( $t$ ), arasında gerçekleştirilen regresyon analizi ile belirlenen; regresyon katsayıları, regresyon modelleri ve regresyon grafiği Şekil 2'de görülmektedir.

Kapilerite katsayıları; K1 astarsız kalıp betonu için  $2,29 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ , K2 astarsız kalıp betonu için  $2,61 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ , K3 astarsız kalıp betonu için  $2,80 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ , K4 astarsız kalıp betonu için  $3,29 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ , K5 astarlı-dre-

najlı kalıp betonu için  $1,65 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ , K6 astarlı-drenajlı kalıp betonu için  $1,74 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ , K7 astarlı-drenajlı kalıp betonu için  $1,64 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$  olarak hesaplanmıştır (Tablo 2).

Kalıplara ait beton örneklerinin kapilerite katsayıları arasında yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçlarında;

● Astarsız K1, K2, K3, K4 kalıp betonları ile astarlı K5, K6, K7 kalıp betonlarının kapilerite katsayılarının aritmetik ortalamaları arasında  $P < 0,05$  anlamlılık düzeyinde fark olduğu,

● Astarsız kalıplar içerisinde K4 ile K1, K2, K3 ve K1 ile K3 kalıp betonlarının kapilerite katsayılarının aritmetik ortalamaları arasında  $P < 0,05$  anlamlılık düzeyinde fark olduğu, K1 ile K2 kalıp betonlarının kapilerite katsayıları aritmetik ortalamaları arasındaki farkların istatistik açısından anlamlı olmadığı,

● Astarlı-drenajlı K5, K6, K7 kalıp betonları kapilerite katsayıları aritmetik ortalamaları arasındaki farkların istatistik açısından anlamlı olmadığı,

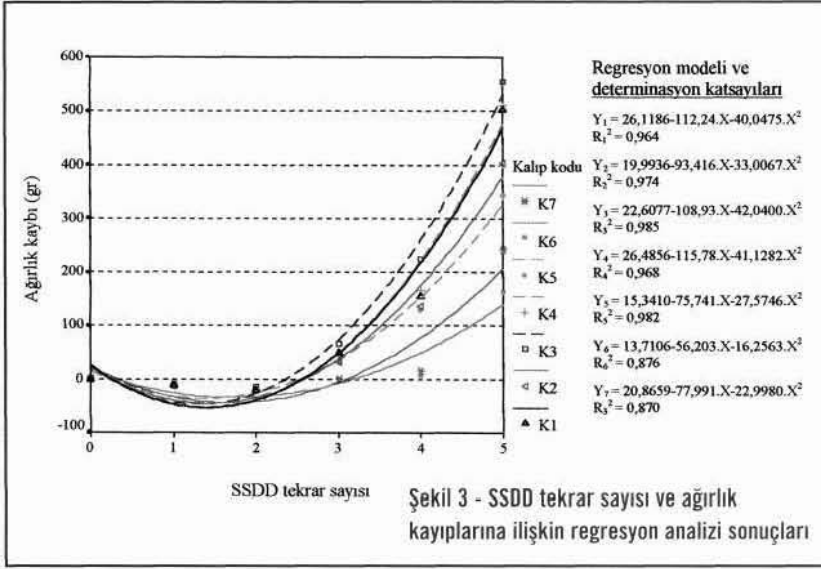
● Bütün kalıplar içerisinde, en büyük kapilerite katsayısının ( $3,29 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ ) K4 sac astarsız kalıp betonuna, en küçük kapilerite katsayısının ise ( $1,64 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ ) K7 kontrplak astarlı-drenajlı kalıp betonuna ait olduğu görülmüştür (Tablo 3).

Astarsız kalıpların betonlarının kapilerite katsayıları aritmetik ortalaması  $2,74 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ , astarlı-drenajlı kalıpların betonlarının ağırlık kayıplarının aritmetik ortalaması ise  $1,68 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$  olarak hesaplanmıştır. Astarlı-drenajlı kalıp betonlarının astarsız kalıp betonlarına göre %38 daha küçük kapilerite katsayısına sahip olduğu görülmüştür.

## 3.2. Sodyum sülfat dona dayanıklılık

SSDD tekrar sayıları ve ağırlık kaybı verileri arasında gerçekleştirilen regresyon analizi ile belirlenen regresyon katsayıları, regresyon modelleri ve regresyon grafiği Şekil 3'de görülmektedir. Birinci ve ikinci SSDD tekrarlarında deney örneklerinin tamamında ağırlık artışı görülmüştür. Ağırlık artışının, örneklerin sodyum sülfat çözeltisini absorbe etmesi ve bu süreçte tahribattan dolayı ağırlık kaybı olamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ağırlık kayıpları astarsız K1, K2, K3, K4 ve astarlı K5 kalıplarına ait beton örneklerinde 3. tekrarda başlarken, astarlı K6 ve K7 kalıplarının beton örneklerinde 4. tekrarda başlamaktadır. Diğer taraftan, birinci ve ikinci tekrarlardaki ağırlık artışlarının astarlı K6 ve K7 kalıp betonlarında diğerlerinden daha az olduğu görülmektedir (Şekil 3).

Beşinci tekrar sonucunda; K1 as-



Şekil 3 - SSDD tekrar sayısı ve ağırlık kayıplarına ilişkin regresyon analizi sonuçları

tarsız kalıp betonu 501,69g, K2 astarsız kalıp betonu 401,93g, K3 astarsız kalıp betonu 552,74g, K4 astarsız kalıp betonu 509,85g, K5 astarlı-drenajlı kalıp betonu 286,64g, K6 astarlı-drenajlı kalıp betonu 167,46g ve K7 astarlı-drenajlı kalıp betonu 239,85g ağırlık kaybına uğramıştır (Tablo 2).

Kalıplara ait beton örneklerinin ağırlık kaybı verileri arasında yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçlarında;

- Astarsız K1, K3, K4 kalıp betonları ile astarlı K5, K6 ve K7 kalıp betonlarının ağırlık kaybı aritmetik ortalamaları arasında  $P < 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılıklar olduğu, astarsız K2, kalıp betonu ile astarlı K6 kalıp betonun ağırlık kaybı aritmetik ortalamaları arasında  $P < 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu,

- Astarsız K1, K2, K3 ve K4 kalıp betonlarının ağırlık kaybı aritmetik ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistik açısından anlamlı olmadığı,

- Astarlı-drenajlı K5, K6 ve K7 kalıp betonlarının ağırlık kaybı aritmetik ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistik açısından anlamlı olmadığı,

- Bütün kalıplar içerisinde, en büyük ağırlık kaybının (552,74g) K3 kontrplak astarsız kalıp betonuna, en az ağırlık kaybının ise (167,46g) K6 astarlı-drenajlı kalıp betonuna ait olduğu görülmüştür (Tablo 3).

Astarsız kalıpların betonlarının

ağırlık kayıplarının aritmetik ortalaması 491,55g, astarlı-drenajlı kalıpların betonlarının ağırlık kayıplarının aritmetik ortalaması 213,31g olarak hesaplanmıştır. Astarlı-drenajlı kalıp betonlarının astarlı kalıp betonlarına göre yaklaşık olarak %56 daha az ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür.

### 3.3. Ultrases geçiş hızı

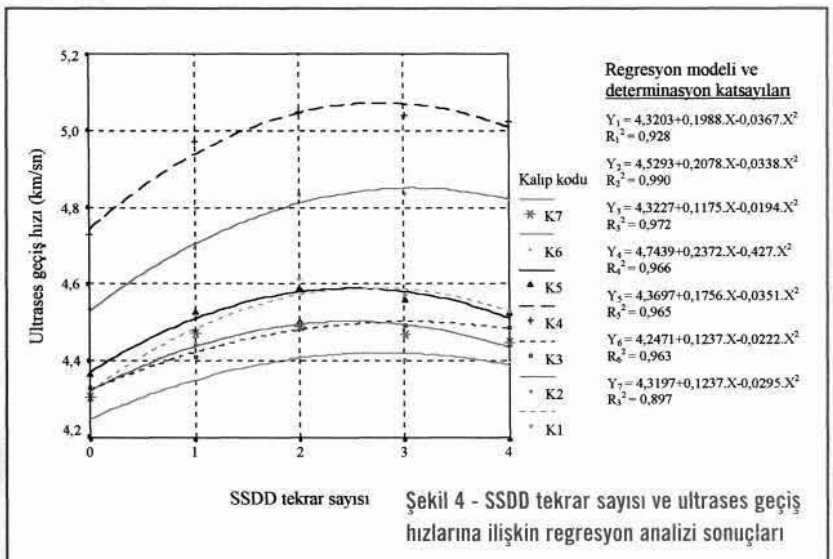
SSDD tekrar sayıları ve ultrases geçiş hızı verileri arasında gerçekleştirilen regresyon analizi ile belirlenen regresyon katsayıları, regresyon modelleri ve regresyon grafiği Şekil 4'te verilmiştir. Ultrases geçiş hızlarının, 3. SSDD tekrarına kadar deney örneklerinin tamamında artma eğiliminde olduğu görülmektedir. 3. SSDD tekrar-

larından sonra azalma eğilimine giren ultrases geçiş hızı verilerinin 4. SSDD tekrarında da bu eğilimini sürdürmektedir (Şekil 4).

SSDD'nin 5. tekrarında deney örneklerinin yüzeylerinde meydana gelen tahribatlar nedeni ile ultrases geçiş hızının ölçülememiş olması SSDD ile ultrases geçiş hızı verilerinin birlikte değerlendirilmesinde güçlükler yaratmıştır. Ayrıca, deney örnekleri üzerinde ultrases hızını etkileyen iki faktör oluşmuştur. Bunlardan birincisi sodyum sülfat çözeltisinin kapiler olarak beton boşluklarına dolması, ikincisi ise kristalleşen çözeltinin doldurduğu boşlukları tahrip ederek yapısını bozması olarak değerlendirilmektedir. Bu durumda, örnekler için belirlenen ultrases geçiş hızı değerleri ile örneklerin boşluk yapıları ve/veya tahribatları arasında ilişki kurmak güçleşmektedir.

SSDD'nin dördüncü tekrarı sonunda belirlenen verilere göre; ultrases aritmetik ortalamaları; K1 astarsız kalıp betonu için 4,41km/s, K2 astarsız kalıp betonu için 4,80km/s, K3 astarsız kalıp betonu için 4,61km/s, K4 astarsız kalıp betonu için 5,09km/s, K5 astarlı-drenajlı kalıp betonu için 4,47km/s, K6 astarlı-drenajlı kalıp betonu için 4,38km/s ve K7 astarlı-drenajlı kalıp betonu için 4,46 km/s olarak hesaplanmıştır (Tablo 2).

Kalıplara ait beton örneklerinin



Şekil 4 - SSDD tekrar sayısı ve ultrases geçiş hızlarına ilişkin regresyon analizi sonuçları

ultrases geçiş hızı verileri arasında yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçlarında;

● Astarsız K2, K3, K4 kalıp betonları ile, astarlı K5, K6, kalıp betonları ultrases geçiş hızı aritmetik ortalamaları arasında  $P < 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılıklar olduğu,

● Astarsız K1 kalıp betonu ile, astarlı K5, K6, K7 kalıp betonun ultrases geçiş hızı aritmetik ortalamaları arasındaki farkların istatistik açıdan anlamlı olmadığı,

● Astarsız kalıplar içerisinde; K1 ile K3 kalıp betonlarının ultrases geçiş hızı aritmetik ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistik açısından anlamlı olmadığı, diğer K2, K3 ve K4 kalıp betonlarının ultrases geçiş hızı aritmetik ortalamaları arasında  $P < 0,05$  düzeyinde anlamlı fark olduğu,

● Astarlı-drenajlı K5, K6 ve K7 kalıp betonları ultrases geçiş hızı aritmetik ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistik açısından anlamlı olmadığı,

● Bütün kalıplar içerisinde, en büyük ultrases geçiş hızı değerinin (5,09km/s) K4 kontrplak astarsız kalıp betonuna, en küçük ultrases geçiş hızı değerinin ise (4,38 km/s) K6 astarlı-drenajlı kalıp betonuna ait olduğu görülmüştür (Tablo 2).

K1 astarsız kalıbı dışında, astarsız ve astarlı-drenajlı kalıp betonlarının kendi grupları içerisindeki ultrases geçiş hızı farklarının istatistik açıdan anlamlı olmadığı görülmektedir. SSDD ağırlık kaybı verilerindeki kıyaslamaya paralel olarak yapılan hesaplamada; astarsız kalıpların betonlarının ultrases geçiş hızı ortalaması 4,74km/s, astarlı-drenajlı kalıpların betonlarının ultrases geçiş hızı ortalaması 4,41km/s, olarak belirlenmiştir, Astarsız kalıp betonlarının astarlı kalıp betonlarına göre % 7,5 daha büyük ultrases geçiş hızı değerine sahip olduğu görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR

Farklı yüzey malzemesi ve yüzey işlemlerine sahip 7 tür duvar kalıbına dökülen betonlardan üretilen deney

örnekleri üzerinde gerçekleştirilen kapiler su emme, sodyum sülfat dona dayanıklılık ve ultrases geçiş hızı verilerinin değerlendirilmesi sonucunda;

1. Yüzeyleri drenajlı ve geotekstil astarlı kalıplara dökülen betonların drenajsız-astarsız kalıplara dökülen betonlardan yaklaşık % 38 daha küçük kapilerite katsayısına sahip oldukları ve % 56 daha az sodyum sülfat don kaybına uğradıkları,

2. Yüzeyleri drenajlı ve geotekstil astarlı kalıplara dökülen betonların kapiler su emme ve don kayıpları bakımından anlamlı düzeyde farklı olmadıkları,

3. Astarsız-drenajsız karakavak, sarıçam, kontrplak ve sac levha yüzeyli kalıplar içerisinde sac yüzeyli kalıbın kapiler su emme bakımından, kontrplak yüzeyli kalıbın ise dona dayanıklılık bakımından diğerlerine göre daha olumsuz sonuçlar verdikleri görülmüştür. Kapiler su emme ve sodyum sülfat don deneyine ilişkin bulgular ultrases geçiş hızı testi ile bir ölçüde desteklenmiştir. Ancak, ultrases geçiş hızı konusunda daha detaylı araştırmalar yapılması gerektiği düşünülmüştür.

#### TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan betonu sağlayan BASTAŞ Hazır Beton Sanayii ve Ticaret A.Ş. Genel Müdürü Sayın Hulusi Demir'e teşekkür ederler.

#### KAYNAKLAR

1. Arslan, M., *Betonarme Yapı Elemanlarının Tasımında Dayanıklılık Faktörlerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 9, No 4, Ankara, 1996.

2. Matta, Z. G., *More Deterioration of Reinforced Concrete in The Arabian Gulf*, *Concrete International*, p: 50-51, November 1993.

3. Berke, N. S., *Corrosion Inhibitors in Concrete*, *Concrete International*, p: 24-27, July 1991.

4. Mather, B., *How to Make Concrete That Will Be Immune to The effects of Fre-*

*ezing and Thawing*, Paul Klieger Symposium on Performance of Concrete, ACI SP 122-1-D, p: 1-18 San Diego.

5. Stok, Y., *Effects of Mix Proportions and Curing Conditions on Properties of Concrete Surface Layers*, Proc, Cement Association of Japan, No: 43, p: 358-363, 1989.

6. Arslan, M., *Su emici astarlı ve drenaj özelliği bulunan kalıpların beton yüzey özellikleri üzerine etkileri*, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, TÜBİTAK, 23, 121-131, Ankara, 1999.

7. Arslan, M., *Su emici astarlı Drenajlı Düşey Kalıp Yüzeylerinin Beton Kabuğu Fiziksel Özellikleri ve Donatı Korozyonu Üzerine Etkileri*, Teknik Dergi, TMMOB İnşaat Müh. Odası, cilt 10, sayı 2, Ankara, 1999.

8. ASTM D 4632, *Standard Test Methods for Grub Breaking Load and Elongating of Geotextiles*, 1991.

9. ASTM D 751, *Standard Test Methods for Coating Fabrics*, 1995.

10. 7 TS 802, *Beton Karışım Hesapları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985.

11. Gummerson, R. J., *Water Movement in Porous Building Materials-II, Hydraulic Suction and Sorbtivity of Brick and Other Masonry Materials*, *Building and Environment*, vol: 15, p: 101-108, 1980.

12. Hall, C., *The Initial Surface Absorption and The Absorptivity*, *Building and Environment*, vol: 16, No: 3, p: 201-207, 1981.

13. Arslan, M., *The Effects of Permeable Formworks with Sucker Liners on The Physical Properties of Concrete Surfaces*, *Construction and Building Materials*, vol: 15, p: 149-156, 2001.

14. TS EN 1367-1, *Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2001.

15. TS 4045, *Yapı Malzemelerinde Kapiler Su Emme Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1984.

16. 10 ASTM C597-83, *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*, 1991.

17. Neter, J, Wasserman, W., Whitmore, G. A., *Applied Statistics*, 3rd edition, Allyn and Bacon inc, London, 1988.