

KONTROLLÜ GEÇİRGEN KALIPLARIN BETON YÜZEY SERTLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Metin ARSLAN ve Serkan SUBAŞI*

Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Teknikokullar, Ankara

*Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Konuralp, Düzce

(Geliş/Received: 20.02.2008 ; Kabul/Accepted: 07.05.2008)

ÖZET

Bu araştırmanın amacı; farklı yüzey özelliklerine sahip kalıplardan elde edilen ve uzun süreli atmosfer şartlarında maruz bırakılan betonların yüzey sertliklerindeki değişimi araştırmaktır.

Değişik yüzey özelliklerine sahip 10 adet perde duvar kalıbı hazırlanmıştır. Bazı kalıp yüzeylerine drenaj kanal ve delikleri açılarak farklı geotekstil astarlarla kaplanmıştır. Bütün kalıplara eşit şartlarda beton dökülmüştür. Elde edilen beton duvarlar yatay pozisyonda 6 yıl süre ile atmosfer şartlarına maruz bırakılmıştır. Beton duvarlara her yıl Schmidt Çekici ile yüzey sertliği deneyi uygulanmıştır. Ayrıca betonun maruz kalmış olduğu iklim koşulları incelenmiştir.

Sonuç olarak; yüzeyi geotekstil astarlarla kaplı kalıplardan elde edilen betonların atmosferik etkilerden daha az zarar gördüğü, astarlı kalıplardan üretilen betonların astarsız kalıplara dökülenlerden daha iyi yüzey sertliği değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Beton, kalıp, yüzey sertliği, drenaj, astar.

THE EFFECTS OF CONTROLLED-PERMEABLE FORMWORKS ON THE SURFACE HARDNESS OF THE CONCRETE

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of different formworks on the surface hardness of the concretes under long-term atmospheric conditions. Ten wall formworks (2 Scots pine, 2 Black poplar, 1 steel iron and 5 plywood) with different surface properties were constructed in this study. Three out of five plywoods were prepared with holes and canals and these prepared formworks were covered with different types of geotextile liners. The concrete was casted into all formworks under the same conditions. The prepared concrete walls were kept under atmospheric conditions for six years in horizontal position. Every year, the surface hardness of the concrete walls were determined with a Schmidt hammer. The findings were evaluated regarding the climate conditions.

The findings of this study indicated that the concrete blocks containing geotextile liners were less affected from climate conditions. In addition, formworks with liner gave better surface hardness compared to the others.

Keywords: Concrete, formwork, surface hardness, drainage, liner.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Donatıyı ve betonu dış tesirlerden koruyan beton kabuk, betonarme elemanın dayanıklılığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [1]. Beton kabuğunun yeterliliği; çevreden kaynaklanan etkilerin betona

nüfuz etmesini önlemedeki performansı ile değerlendirilebilir [2,3]. Yapılan araştırmalar beton kabuğun fiziksel ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesiyle betonarme eleman dayanıklılığının artabileceğini göstermiştir [4-6].

Yüzey sertliği deney yöntemlerinin beton niteliğini yaklaşık olarak belirlediği ve betonların niteliklerine yönelik ön bilgiler verdiği bilinmektedir. Genel olarak yüzey sertliği deney sonuçları ile beton dayanımını ve diğer ölçülebilen özellikleri arasında kesin bir ilişki veya orantı kurulamamaktadır. Beton üzerinde, yüzey sertliği deney yöntemleriyle yapılan deneyler, beton yüzeyinin yaklaşık 30 mm lik derinliğine kadar olan kısmının nitelikleri hakkında bilgi vermektedir. Yüzey sertliği değerlerinin, çimento çeşidi, çimento oranı, agrega çeşidi, beton yüzey şekli, yüzey nemlilik durumu, karbonatlaşma, beton yaşı, başlangıçtaki sertleşme hızı, bakım, sıkıştırma gibi çeşitli etmenlerden etkilendiği bilinmektedir [7-9]. Bütün bu etmenler göz önünde bulundurularak yapılacak değerlendirmelerde beton dayanım değerlendirmeleri \pm %15-%40 arasında bir yanılğı payı ile tahmin edilebilmektedir [10].

Ayrıca, su emici ve geçirgen malzemelerin kalıp yüzey astarı olarak kullanılması sonucu oluşan yüzeylerde, farklı yüzey özelliklerinin olduğu bilinmektedir [11-14]. Yapılan araştırmalarda [15,16] geotekstil astarlı kalıplara dökülmüş betonlar ile geleneksel kontrplak kalıplara dökülmüş betonlar arasında performans farklılıkları;

- Yüzeyde hava boşluğu oranının 20 kat azaldığı,
- Beton test çekici değerlerinin % 70 arttığı,
- Karbondioksit penetrasyon derinliğinin 4 kat azaldığı,
- Klorür penetrasyon derinliğinin 5 kat azaldığı,
- Donma-çözülme sonucu pullanma derinliğinin 10 kat azaldığı

şeklinde belirlenmiştir.

Arslan [5] tarafından farklı kalıplarla yapılan çalışmada, beton yüzey sertliği 7., 14. ve 28. günlerde ölçülmüş ve astarsız kalıba ait yüzey sertliği değerleri ortalamasının 36, astarlı kalıplara ait ortalamaların ise 43 olduğu, astarlı kalıpların 14 günde kazandığı yüzey sertlik değerlerine astarsız kalıbın 28. günde ulaşabildiği görülmüştür. Yine Arslan [6] tarafından yapılan çalışmada, beton örnekleri üzerinde 4., 14. ve 120. haftalarda karbondioksit gazı penetrasyonu deneyleri yapılmış ve astarlı kalıbın astarsız kalıba göre 4., 14. ve 120. haftalarda sırasıyla %3,5- %3,8- %38 oranında daha yüksek pH değerine sahip olduğu görülmüştür.

Yüzey sertliği değerlerinin beton kabuğunun bazı fiziksel özellikleri ile ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Bu araştırmanın amacı; farklı yüzey özelliklerine sahip kalıplara dökülmüş ve altı yıl süre ile atmosfer şartlarına maruz bırakılmış beton blokların yüzey sertliği değerlerindeki değişimi belirlemektir.

2. MALZEME VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Malzemeler (Materials)

Beton karışımının hazırlanmasında, dere kumu ve kırma agrega, CEM II / A-P 32,5 çimento ve şehir suyu kullanılmıştır. Üretilen kalıplarda ise; II. sınıf sarıçam, I. sınıf karakavak keresteleri, 20 mm kalınlığında fenol formaldehid ile yapıştırılmış kontrplak levhalar ve 3 mm kalınlığında karasac kullanılmıştır. Ayrıca bazı kalıp yüzeylerinde;

- GEO-I; ağırlık 500 g/m², çekme direnci 260 N, kopma uzaması %50, delinme direnci 225 N,
- GEO-II; ağırlık 130 g/m², çekme direnci 208 N, kopma uzaması %15, delinme direnci 190 N,
- GEO-III; ağırlık 200 g/m², çekme direnci 286 N, kopma uzaması %29, delinme direnci 225 N,
- GEO-IV; ağırlık 200 g/m², çekme direnci 260 N, kopma uzaması %30, delinme direnci 220 N,

olan geotekstil astarlar kullanılmıştır [17]. Astarsız kalıp yüzeyleri konsantre kalıp yağı ile yağlanmıştır.

2.2. Metod (Method)

2.2.1. Kalıp Örneklerinin Hazırlanması (Prepared Formwork Samples)

Çalışmada 15x100x200 cm boyutlarında beton bloklar üretmeye olanak sağlayan 10 adet duvar kalıbı üretilmiştir. Üretilen 10 adet duvar kalıbı 2 karakavak, 2 sarıçam, 1 karasac ve 5 kontrplak kalıptan oluşmaktadır.

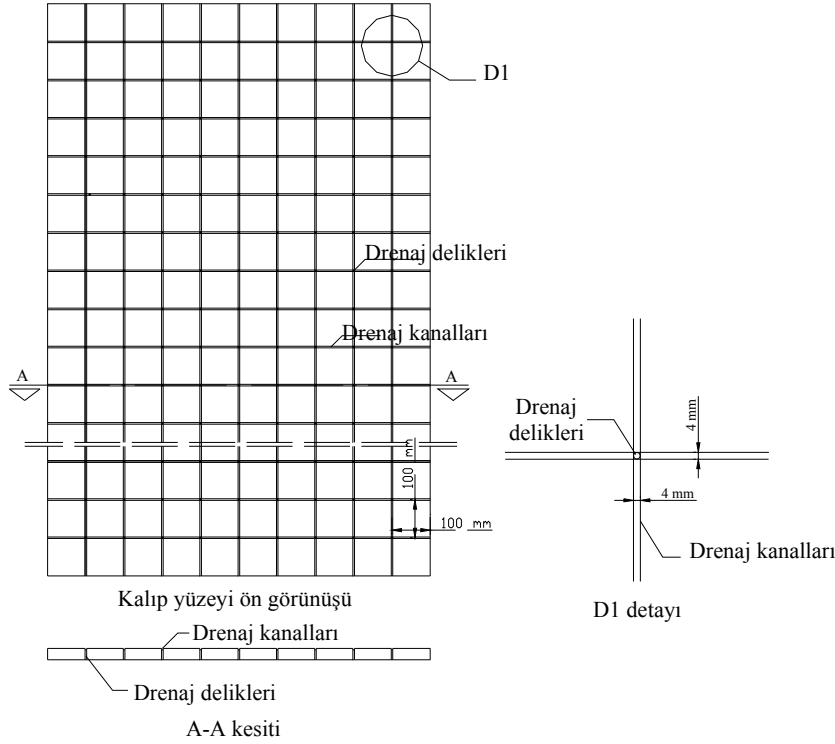
Kontrplak kalıplardan üç adedinin yüzeylerine Şekil-1' de görüldüğü gibi drenaj kanal ve delikleri açılmıştır. Drenaj kanalları kalıp yüzeyinin betona temas eden kısmında 100 mm aralıklarla 4 mm genişlik ve 4 mm derinlikte yatay ve dikey kanallardan oluşmaktadır. Kanalların birleşim noktasında 4 mm çapında drenaj delikleri açılmıştır. Bu üç kalıp yüzeyi sırasıyla GEO-I - GEO-II, GEO-III, GEO-IV geotekstil kalıp yüzey astarı ile kaplanmıştır. Üretilen duvar kalıplarının özellikleri ve kalıp kodları Tablo 1 'de verilmiştir.

2.2.2. Beton Karışımının Hazırlanması, Yerleştirilmesi ve Kürü (Prepared of concrete mixture, consolidating and cure)

Beton karışım oranları "TS 802 Beton Karışım Hesapları" standardında belirtilen esaslara uyularak hazırlanmıştır [18]. Karışımında;

- 400 kg (0-3 mm) dere kumu
- 560 kg (3-7 mm) kırmataş-I
- 700 kg (7-15mm) kırmataş-II
- 400 kg CEM II / A-P 32,5 çimento
- 190 lt su

kullanılmıştır. Karışımın hesaplanmasında C 20 değerleri esas alınmış ve karışımın çökmesi 12 cm olarak ölçülmüştür. Beton dökümü öncesi yüzeyi astarlı olamayan beton blok kalıpları yağlanmıştır. Bu



Şekil 1. Kalıp yüzey işlemleri planı (The plan of formwork surface processes)

Tablo 1. Kalıp kodları ve kalıp yüzey özellikleri (Formwork codes and properties of formwork surface)

Kalıp kodu	Kalıp yüzey malzemesi	Kullanılan yüzey astarı	Yapılan yüzey işlemleri
K1	Karakavak (Yağlı-sulu)	Astarsız	Drenajsız
K2	Karakavak (Yağlı)	Astarsız	Drenajsız
K3	Sarıçam (Yağlı-sulu)	Astarsız	Drenajsız
K4	Sarıçam (Yağlı)	Astarsız	Drenajsız
K5	Kontrplak (Yağlı-sulu)	Astarsız	Drenajsız
K6	Kontrplak (Yağlı)	Astarsız	Drenajsız
K7	Karasac (Yağlı)	Astarsız	Drenajsız
K8	Kontrplak	Astarlı (GEO-I, GEO-II)	Drenajlı
K9	Kontrplak	Astarlı (GEO-III)	Drenajlı
K10	Kontrplak	Astarlı (GEO-IV)	Drenajlı

kalıplardan birer tanesinin yüzeyleri beton dökümünden hemen önce sulanmıştır.

Tamamı tek harman halinde hazırlanmış olan beton kalıplara iki tabaka halinde yerleştirilmiştir. Vibratör daldırmak suretiyle beton eşit şekilde sıkıştırılmaya özen gösterilmiştir. Betonun kürtü 28 gün süre ile sulanmak suretiyle yapılmıştır. Daha sonra beton bloklar 6 yıl süreyle atmosfer şartlarına maruz bırakılmıştır.

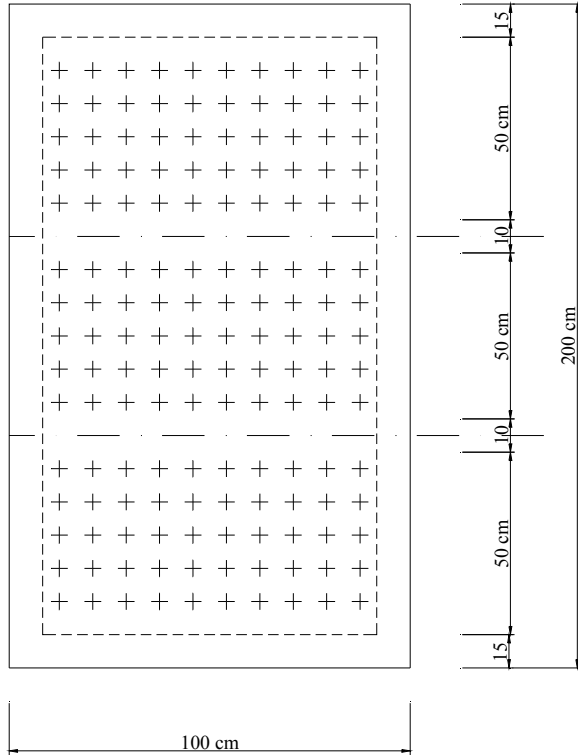
2.2.3. Test çekici ile yüzey sertliği tayini deneyi (The methods of surface hardness testing by rebound hammer)

Yüzey sertliği deneyinde; 0,225 kgm darbe enerjisi olan geri tepmeli çekici (Schmidt Çekici) kullanılmıştır. Geri tepmeli çekici ile yüzey sertliği deneyinde, beton bloklar Şekil 2' de olduğu gibi üç bölgeye ayrılmış ve her bölgede 50 ayrı noktaya olmak üzere bir beton bloğu için toplam 150 adet okuma yapılmıştır.

Yüzey sertliği okuması, beton dökümünden 28 gün sonra "BS 1881; Part 202, Testing Concrete, Recommendation For Surface Hardness Testing by Rebound Hammer" ve TS 3260 standardında belirtilen metodlara uygun olarak yapılmıştır [10,19]. Deney, Ankara/Beşevler bölgesinde doğal hava şartlarına maruz bırakılan beton bloklar üzerinde ilk okumadan sonra takip eden beş yıl boyunca yılda bir kez olmak üzere tekrarlanmış ve beton blokların yüzey sertliği değerleri altı yıl boyunca izlenmiştir.

2.2.4. İklim koşulları (Climate conditions)

Beton bloklar kalıplardan söküldükten sonra 6 yıl boyunca Ankara/Merkez Beşevler bölgesinde atmosfer şartlarına maruz bırakılmıştır. Bu süre boyunca betonun maruz kalmış olduğu iklim koşullarına ait veriler Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınarak deney sürecine ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 2. Beton blok yüzeyinde beton test çekici

Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca ay bazında beton blokların maruz kalmış olduğu ortalama sıcaklıklar Şekil 3'te görülmektedir.

Atmosfer şartlarına maruz kalan betonların ölçüm yapılan bütün yıllarda Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında +10 °C'nin altında sıcaklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Aylık ortalama sıcaklığın, 6. yılda Aralık ve Ocak aylarında, 4.yılda ise Ocak ve Şubat aylarında 0 °C'nin altında olduğu görülmüştür.

3.2. Beton Test Çekici İle Yüzey Sertliği (Surface Hardness by Rebound Hammer)

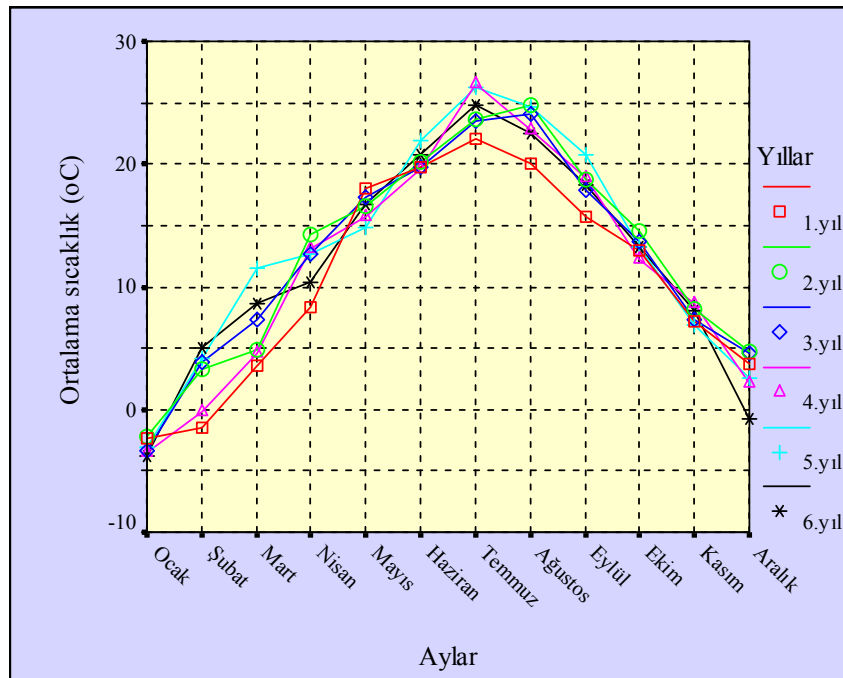
Yılda bir kez olmak üzere altı yıl süre ile okunan geri tepme katsayılarına ait açıklayıcı istatistikler Tablo 3'te verilmiştir. Ayrıca ortalama geri tepme sayılarına ait grafik Şekil 4'te görülmektedir. Elde edilen veriler üzerinde zamana bağlı olarak yüzey sertliği değerlerindeki değişimin önemli olup olmadığını kontrol etmek amacıyla yıllar arasında varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi sonucuna göre gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p \leq 0,01$) (Tablo 4). Diğer bir ifadeyle beton yüzey sertliğinin zamana bağlı olarak değiştiği ve bu değişimin önemli olduğu görülmüştür.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. İklim Koşulları (Climate Conditions)

Altı yıl boyunca betonun maruz kalmış olduğu Ankara/Merkez Beşevler bölgesine ait iklim verileri üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırma sürecinde her yıl için ay bazında oluşan iklim verileri

Şekil 4 incelendiğinde 4. yıla kadar beton yüzey sertliği değerlerinin arttığı, 5. yıldan itibaren azaldığı görülmektedir. Beton yüzey sertliği değerlerinde meydana gelen bu azalmaya atmosfer şartlarından dolayı beton yüzeyinde meydana gelen bozulmaların neden olduğu düşünülmektedir. Yüzey sertliği değerlerindeki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi gerçekleştirilmiştir (Tablo 5).



Şekil 3. Bütün yıllarda oluşan ortalama sıcaklıklar (Average temperatures in all years)

Tablo 2. Araştırma sürecinde Ankara/Merkez' e ait iklim verileri (Climate data belonging to Ankara/Centre in investigation process)

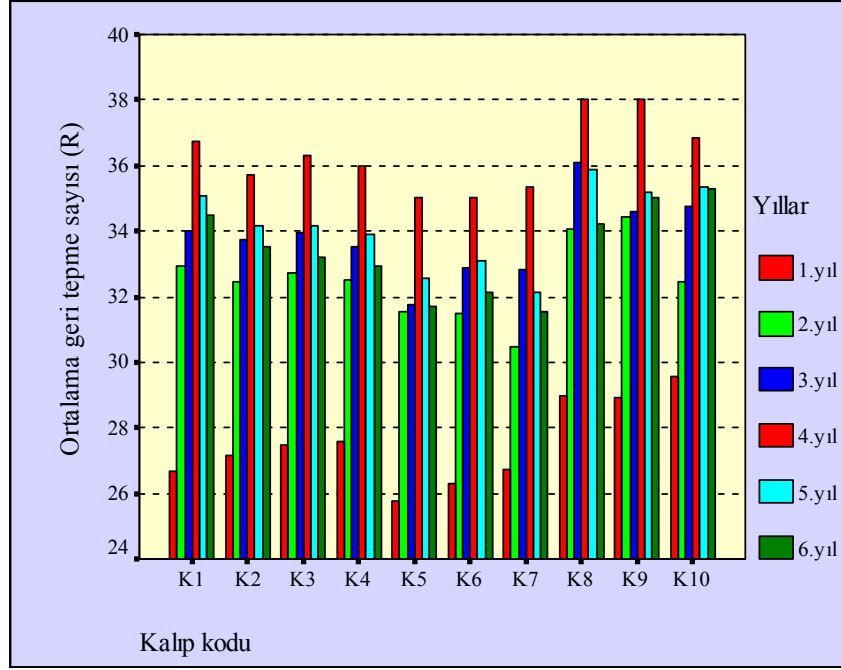
Meteorolojik Veriler		AYLAR											
Yıllar		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık	1.yıl	-2,31	-1,55	3,54	8,32	18,02	19,77	22,05	20,06	15,65	13,02	7,15	3,75
	2.yıl	-2,13	3,31	4,86	14,24	16,58	20,15	23,68	24,86	18,73	14,48	8,14	4,68
	3.yıl	-3,29	3,81	7,30	12,74	17,27	19,72	23,47	24,07	17,89	13,70	7,31	4,56
	4.yıl	-3,44	-0,15	4,65	13,10	15,68	19,55	26,5	22,8	18,9	12,2	8,7	2,2
	5.yıl	-3,0	4,1	11,5	12,6	14,8	21,9	26,3	24,7	20,8	13,2	6,9	2,5
	6.yıl	-3,8	5,0	8,6	10,4	16,7	20,8	24,8	22,5	18,3	13,3	8,0	-0,8
Maksimum Sıcaklık (°C)	1.yıl	6,88	6,67	8,98	13,33	24,15	25,43	28,08	25,91	22,05	18,42	12,68	6,98
	2.yıl	6,51	8,32	9,85	19,85	21,78	25,65	30,09	31,13	25,01	21,88	12,90	7,78
	3.yıl	7,04	8,19	13,01	18,43	23,63	25,54	29,40	30,43	24,61	20,13	13,30	10,23
	4.yıl	14	7,7	21,8	25,2	27,4	33	40,8	36	31,7	28,1	21,2	13
	5.yıl	15	17,4	25,7	26,4	29	35,1	38,1	36,3	32	29	20,2	12,3
	6.yıl	10,1	16,8	22,8	22	28,5	35	36,3	38,2	30,4	27,5	20	14,9
Minimum Sıcaklık (°C)	1.yıl	1,28	-3,51	-1,06	3,66	11,74	13,49	14,88	14,58	9,42	8,71	2,78	0,94
	2.yıl	1,15	-1,27	0,30	8,43	11,36	14,07	16,27	17,40	12,84	8,43	4,56	2,43
	3.yıl	0,14	0,38	1,67	6,74	9,98	13,91	16,87	17,92	11,60	8,64	2,66	-0,14
	4.yıl	-15,2	-11,2	-8,8	-1,9	2,8	5,4	14,1	8,8	5	1,6	-2	-9,2
	5.yıl	-7,2	-5,1	-0,6	2,2	5,8	5,8	12,8	9,6	7,3	-1,8	-6,5	-9,8
	6.yıl	-14	-4,3	-2	-1,6	6,3	7,7	12,4	11,2	7	-1,4	-1,8	-14,6
Ort.Nisbi Nem (%)	1.yıl	73,2	70,6	61,4	62,3	54,7	50,1	43,2	47,3	56,4	64,3	69,5	76,2
	2.yıl	73,3	71,8	62,5	62,4	52,9	46,6	49,5	48,1	58,9	61,5	68,9	75,9
	3.yıl	72,3	72,2	63,1	59,9	52,2	60,3	50,6	52,1	54,6	63,6	68,0	72,6
	4.yıl	79,7	77,7	63,3	66,3	59,5	60,8	37,7	49,1	55,6	65,8	62	81,1
	5.yıl	72,4	69,9	59,6	61,1	63,2	40,2	42,8	46,4	46,2	47,5	72,3	79,4
	6.yıl	77,2	60,8	58,3	66,1	50,2	53,4	56,7	59,1	64,9	66,7	72,6	74,6
Ortalama Rüzgar (m/sec)	1.yıl	1,7	1,7	2,2	2,3	2,3	1,9	2,1	2,3	2,1	1,8	1,5	1,5
	2.yıl	1,3	1,8	2,4	2,0	2,1	2,1	2,6	2,5	1,8	1,9	1,7	2,0
	3.yıl	1,6	2,0	1,6	1,7	2,2	1,9	2,4	2,2	1,7	1,4	1,8	1,7
	4.yıl	2	1,9	2	1,9	2,2	2,3	2,3	2,5	1,8	1,7	1,7	1,5
	5.yıl	1,8	1,9	2,3	2,5	2,1	2,8	2,7	2,8	1,9	2,3	1,7	2,8
	6.yıl	2	1,7	2,3	2	2,5	2,6	2,3	2,3	1,8	1,7	1,6	1,9
Donlu Günler (Sıcaklık<°C) Sayısı	1.yıl	17	21	23	9	8	15	-	-	-	-	-	-
	2.yıl	27	18	20	1	3	5	-	-	-	-	-	-
	3.yıl	15	18	11	11	16	-	-	-	-	-	-	-
	4.yıl	29	27	19	2	-	-	-	-	-	-	11	18
	5.yıl	13	16	2	-	-	-	-	-	-	2	8	16
	6.yıl	29	18	4	2	-	-	-	-	-	2	3	24
Toplam Yağış (mm)	1.yıl	37,1	17,2	15,2	91,3	71,4	122,4	1,4	29,5	0,2	60	36,9	65,5
	2.yıl	10,9	52,8	45,8	71,1	64,3	47,6	18	8,4	30,9	37,8	54,7	-
	3.yıl	27,9	86,2	54,5	14,2	7,3	35,4	44,7	31	20,8	43,3	31,1	38,9
	4.yıl	47,3	42,6	41,4	75,6	17,3	34,6	38,4	24,4	4,5	20,5	7,4	31
	5.yıl	6,8	43	32,8	27,3	110	0	47,8	19,3	13	1	64,8	116,9
	6.yıl	29,8	11,8	23	101,1	38,7	29	35,3	6,6	54,7	22,7	19	16,2
Yağışlı Günler Sayısı	1.yıl	9	12	7	18	10	10	3	6	1	11	6	15
	2.yıl	6	8	16	13	20	13	3	5	6	11	13	-
	3.yıl	6	16	11	5	5	12	6	6	4	8	9	7
	4.yıl	17	10	7	17	6	11	9	4	1	8	4	9
	5.yıl	3	9	9	14	14	-	24	6	4	2	14	14
	6.yıl	11	3	7	16	8	9	7	4	11	5	6	9
Kar Yağışlı Günler Sayısı	1.yıl	3	12	5	7	5	-	-	-	-	-	-	-
	2.yıl	7	1	11	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.yıl	2	12	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.yıl	20	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
	5.yıl	1	7	5	2	-	-	-	-	-	-	5	12
	6.yıl	16	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7

Tablo 3. Yıllara göre geri tepme sayılarına ait açıklayıcı istatistikler (Descriptive statistics as for rebound numbers in terms of years)

Beton Yaşı (Yıl)	N	Ortalama geri tepme sayısı (R)	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maksimum
1	1500	27,52	2,22	0,0573	20	34
2	1500	32,50	2,36	0,0608	25	38
3	1500	33,81	2,27	0,0587	29	40
4	1500	36,30	2,12	0,0547	31	46
5	1500	34,14	3,03	0,0781	29	42
6	1500	33,42	2,37	0,0611	28	40

Tablo 4. Yıllar arasında gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları(The results of the variance analysis carried out between years)

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Testi	Anlamlılık Düzeyi ($p \leq 0,01$)
Gruplar Arası	64915,118	5	12983,024	2232,761	0,000
Gruplar İçi	52298,181	8994	5,815		
Toplam	117213,300	8999			

**Şekil 4.** Ortalama geri tepme sayıları (Means of rebound number)**Tablo 5.** Yıllar arasında gerçekleştirilen Duncan testi sonuçları (The results of the Duncan test carried out between years)

Beton Yaşı (yıl)	N	Farklı olan gruplar ($p \leq 0,01$)					
		1	2	3	4	5	6
1	1500	27,52					
2	1500		32,50				
6	1500			33,42			
3	1500				33,81		
5	1500					34,14	
4	1500						36,30

Elde edilen geri tepme sayıları üzerinde gerçekleştirilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre;

- Ölçüm yapılan bütün yıllarda elde edilen geri tepme sayılarının birbirinden farklı olduğu,
- 4. yılda 36,30 R ile en büyük geri tepme sayısının elde edildiği,
- 1. yılda ise 27,52 R ile en küçük geri tepme sayısının elde edildiği,
- 5. yıla kadar geri tepme sayılarının artış gösterdiği,
- 5. yıldan sonra ise geri tepme sayılarında azalmaların meydana geldiği,
- 4. yılda geri tepme sayılarının 1. yıla göre %30 oranında arttığı,
- 4. yıldan sonra ise 6. yılda %7 oranında azaldığı görülmüştür.

Bütün kalıplarda 6 yıl süre ile okunan geri tepme sayılarına ait açıklayıcı istatistikler Tablo 6'da verilmiştir. Ayrıca her bir kalıptaki ortalama geri tepme sayılarına ait grafik Şekil 5'te görülmektedir. Elde edilen veriler üzerinde kalıp türüne bağlı olarak yüzey sertliği değerlerindeki değişimin önemli olup olmadığını kontrol etmek amacıyla kalıplar arasında varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi sonucuna göre gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p \leq 0,01$) (Tablo 7). Diğer bir ifadeyle beton yüzey sertliğinin kalıp türüne bağlı olarak değiştiği ve bu değişimin önemli olduğu görülmüştür.

Şekil 5 incelendiğinde sırasıyla K8, K9 ve K10 kalıplarının en büyük, K5, K7 ve K6 kalıplarının ise en küçük geri tepme sayılarına sahip olduğu görülmektedir. Astarlı kalıpların astarsız kalıplara göre daha büyük geri tepme sayılarına sahip olduğu görülmüştür.

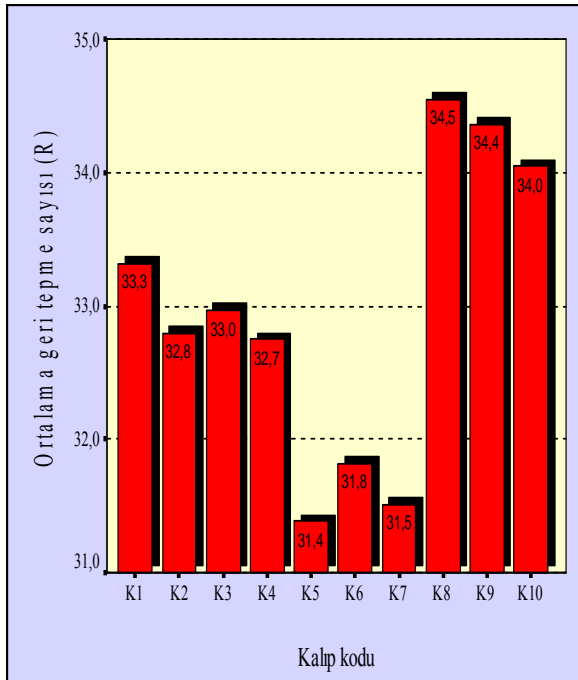
Yüzey sertliği değerlerindeki farklılığın hangi kalıplardan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi gerçekleştirilmiştir (Tablo 8). Elde edilen geri tepme sayıları üzerinde kalıplar arasında gerçekleştirilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre;

Tablo 6. Bütün yıllarda kalıplardaki geri tepme sayılarına ait açıklayıcı istatistikler (Descriptive statistics as for rebound numbers in formworks in all years)

Kalıp kodu	N	Ortalama geri tepme sayısı (R)	Standart Sapma	Standart Hata	Minimum	Maksimum
K1	900	33,32	3,86	0,13	22	41
K2	900	32,79	3,65	0,12	20	40
K3	900	32,97	3,41	0,11	24	40
K4	900	32,75	3,38	0,11	24	41
K5	900	31,39	3,29	0,11	21	40
K6	900	31,82	3,19	0,11	22	40
K7	900	31,51	3,21	0,11	24	42
K8	900	34,55	3,70	0,12	22	46
K9	900	34,36	3,53	0,12	22	42
K10	900	34,04	3,15	0,10	21	42

Tablo 7. Kalıplar arasında gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları (The results of the variance analysis carried out between formworks)

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Testi	Anlamlılık Düzeyi ($p \leq 0,01$)
Gruplar Arası	10549,673	9	1172,186	98,796	0,000
Gruplar İçi	106663,627	8990	11,865		
Toplam	117213,300	8999			

**Şekil 5.** Kalıplardaki ortalama geri tepme sayıları (Means of rebound number on formworks)

- Astarlı K8 kalıbının 34,55 R ile en büyük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- Astarsız K5 kalının ise 31,39 R ile en küçük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- Astarlı K8, K9 ve K10 kalıplarının astarsız kalıplardan daha büyük değerlere sahip olduğu,
- Astarlı kalıpların astarsız kalıplardan $p \leq 0,01$ anlamlılık düzeyinde farklı olduğu,
- Astarlı K8 kalıbı ile K10 kalıbının istatistiksel anlamda birbirinden farklı K9 kalıbından ise

Tablo 8. Kalıplar arasında gerçekleştirilen Duncan testi sonuçları (The results of the Duncan test carried out between formworks)

Kalıp kodu	N	Farklı olan gruplar ($p \leq 0,01$)					
		1	2	3	4	5	6
K5	900	31,39					
K7	900	31,51	31,51				
K6	900		31,82				
K4	900			32,75			
K2	900			32,79			
K3	900			32,97			
K1	900				33,32		
K10	900					34,04	
K9	900					34,36	34,36
K8	900						34,55

farksız olduğu,

- Astarlı kalıplar içerisinde K10 kalıbının 34,04 R ile en küçük geri tepme sayısına sahip olduğu,
 - Astarsız kalıplar içerisinde K1 kalıbının 33,32 R ile en büyük geri tepme sayısına sahip olduğu ve diğer astarsız kalıpların tamamından istatistiksel anlamda farklı olduğu,
 - Astarsız kalıplardan sırasıyla K1, K3 ve K2 kalıplarının en büyük geri tepme sayılarına sahip olduğu,
 - Sırasıyla K5, K7 ve K6 astarsız kalıplarının ise en küçük geri tepme sayılarına sahip olduğu,
 - Astarsız K5 kalıbının astarlı K8 kalıbına göre %10 oranında daha küçük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- görülmüştür.

Ölçüm yapılan her bir yılda kalıplar arasında geri tepme sayılarının değişimini belirlemek amacıyla varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda bütün yıllarda kalıplar arasında geri tepme sayılarının istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu görülmüştür ($p \leq 0,01$).

Farklılığın hangi kalıplardan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla kalıplar arasında Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar toplu halde Tablo 9'da verilmiştir.

Elde edilen geri tepme sayıları üzerinde her bir yılda kalıp türleri arasında gerçekleştirilen Duncan testi sonuçlarına göre;

- Bütün yıllarda astarlı kalıpların astarsız kalıplardan istatistiksel anlamda farklı olduğu ve astarlı kalıpların astarsız kalıplara göre daha büyük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- Birinci yılda; astarsız K5 kalıbına dökülen betonun ortalama 25,76 R ile en küçük, astarlı K10 kalıbının ise ortalama 29,59 R ile en büyük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- İkinci yılda; astarsız K7 kalıbına dökülen betonun ortalama 30,47 R ile en küçük, astarlı K9 kalıbının ise ortalama 34,45 R ile en büyük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- Üçüncü yılda; astarsız K5 kalıbına dökülen betonun ortalama 31,74 R ile en küçük, astarlı K8 kalıbının ise ortalama 36,10 R ile en büyük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- Dördüncü yılda; astarsız K6 kalıbına dökülen betonun ortalama 35,02 R ile en küçük, astarlı K9 kalıbının ise ortalama 38,02 R ile en büyük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- Beşinci yılda; astarsız K7 kalıbına dökülen betonun ortalama 32,14 R ile en küçük, astarlı K8 kalıbının ise ortalama 35,89 R ile en büyük geri tepme sayısına sahip olduğu,
- Altıncı yılda; astarsız K7 kalıbına dökülen betonun ortalama 31,57 R ile en küçük, astarlı K10 kalıbının ise ortalama 35,31 R ile en büyük geri tepme sayısına sahip olduğu görülmüştür.

Beton bloklardan elde edilen geri tepme sayılarının zamana bağlı olarak değişimini belirleyebilmek amacıyla geri tepme sayısı ile yıllar arasında regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda yılın bir fonksiyonu olarak geri tepme sayılarının ikinci dereceden $Y=a+bX+cX^2$ model denklemi ile açıklanabileceği görülmüştür. Her bir kalıptan elde edilen betonlara ait model denklemler ve regresyon katsayıları Tablo 10'da verilmiştir. Ayrıca regresyon analizine ait serpmme grafiği Şekil 6'da görülmektedir.

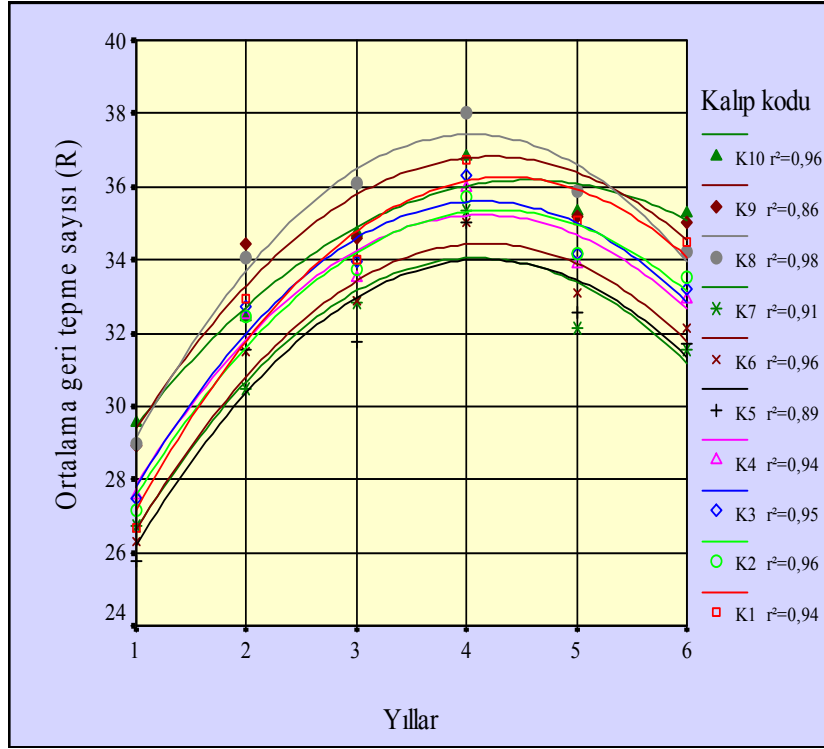
Elde edilen model denklemlerde Y geri tepme sayısını, X değişkeni ise yılı ifade etmektedir.

Tablo 9. Her bir yılda kalıplar arasında gerçekleştirilen Duncan testi sonuçları (The results of the Duncan test carried out between formworks each year)

Beton Yaşı (Yıl)	Kalıp kodu	N	Farklı olan gruplar ($p \leq 0,01$)					
			1	2	3	4	5	6
1.yıl	K5	150	25,76	-	-	-	-	-
	K6	150	-	26,31	-	-	-	-
	K1	150	-	26,65	-	-	-	-
	K7	150	-	26,74	-	-	-	-
	K2	150	-	-	27,17	-	-	-
	K3	150	-	-	27,49	-	-	-
	K4	150	-	-	27,61	-	-	-
	K9	150	-	-	-	28,93	-	-
	K8	150	-	-	-	28,99	-	-
	K10	150	-	-	-	-	29,59	-
2.yıl	K7	150	30,47	-	-	-	-	-
	K6	150	-	31,49	-	-	-	-
	K5	150	-	31,54	-	-	-	-
	K2	150	-	-	32,43	-	-	-
	K10	150	-	-	32,46	-	-	-
	K4	150	-	-	32,50	-	-	-
	K3	150	-	-	32,70	-	-	-
	K1	150	-	-	32,93	-	-	-
	K8	150	-	-	-	34,05	-	-
K9	150	-	-	-	34,45	-	-	
3.yıl	K5	150	31,74	-	-	-	-	-
	K7	150	-	32,81	-	-	-	-
	K6	150	-	32,89	-	-	-	-
	K4	150	-	-	33,51	-	-	-
	K2	150	-	-	33,74	33,74	-	-
	K3	150	-	-	33,97	33,97	-	-
	K1	150	-	-	-	34,01	-	-
	K9	150	-	-	-	-	34,58	-
	K10	150	-	-	-	-	34,75	-
	K8	150	-	-	-	-	-	36,10
4.yıl	K6	150	35,02	-	-	-	-	-
	K5	150	35,03	-	-	-	-	-
	K7	150	35,34	35,34	-	-	-	-
	K2	150	-	35,74	35,74	-	-	-
	K4	150	-	-	36,01	36,01	-	-
	K3	150	-	-	-	36,29	-	-
	K1	150	-	-	-	-	36,73	-
	K10	150	-	-	-	-	36,84	-
	K8	150	-	-	-	-	-	38,02
K9	150	-	-	-	-	-	38,02	
5.yıl	K7	150	32,14	-	-	-	-	-
	K5	150	32,54	32,54	-	-	-	-
	K6	150	-	33,09	-	-	-	-
	K4	150	-	-	33,91	-	-	-
	K3	150	-	-	34,15	-	-	-
	K2	150	-	-	34,17	-	-	-
	K1	150	-	-	-	35,06	-	-
	K9	150	-	-	-	35,16	-	-
	K10	150	-	-	-	35,32	35,32	-
	K8	150	-	-	-	-	35,89	-
6.yıl	K7	150	31,57	-	-	-	-	-
	K5	150	31,71	31,71	-	-	-	-
	K6	150	-	32,13	-	-	-	-
	K4	150	-	-	32,94	-	-	-
	K3	150	-	-	33,20	33,20	-	-
	K2	150	-	-	-	33,51	-	-
	K8	150	-	-	-	-	34,24	-
	K1	150	-	-	-	-	34,51	-
	K9	150	-	-	-	-	-	35,03
	K10	150	-	-	-	-	-	35,31

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Farklı yüzey özelliklerine sahip 10 adet perde duvar kalıbından üretilen beton bloklar üzerinde gerçekleştirilen beton test çekici ile yüzey sertliği



Şekil 6. Regresyon analizi grafiği (Figure of regression analysis)

Tablo 10. Regresyon analizi sonucunda elde edilen model denklemler (Model equations obtained through regression analysis)

Kalıp kodu	Regresyon Katsayısı (r^2)	Elde edilen model denklemler ($Y=a+bX+cX^2$)
K1	0,94	$Y=20,949 + 7,0269X - 0,8063X^2$
K2	0,96	$Y=22,048 + 6,252X - 0,7343X^2$
K3	0,95	$Y=22,038 + 6,5613X - 0,7936X^2$
K4	0,94	$Y=22,452 + 6,1712X - 0,7454X^2$
K5	0,89	$Y=20,481 + 6,506X - 0,7823X^2$
K6	0,96	$Y=20,882 + 6,5319X - 0,7861X^2$
K7	0,91	$Y=21,066 + 6,3629X - 0,7796X^2$
K8	0,98	$Y=22,801 + 7,2463X - 0,8977X^2$
K9	0,86	$Y=24,053 + 6,0568X - 0,718X^2$
K10	0,96	$Y=25,178 + 4,827X - 0,5293X^2$

deneyi sonuçları ve betonların maruz kalmış olduğu iklim koşullarına ait veriler istatistik yöntemlerle değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda beton yüzey sertliğinin zamana bağlı olarak değiştiği, ölçüm yapılan bütün yıllarda elde edilen geri tepme sayılarının birbirinden farklı olduğu, 4. yılda geri tepme sayılarının 1. yıla göre %30 oranında arttığı, 4. yıldan sonra ise 6. yıla kadar %7 oranında azaldığı görülmüştür. Beton yüzey sertliği değerlerinde meydana gelen bu azalmaya atmosfer şartlarından dolayı beton yüzeyinde meydana gelen bozulmaların neden olduğu düşünülmektedir.

Aynı zamanda beton yüzey sertliğinin kalıp türüne bağlı olarak da değiştiği, sırasıyla astarlı K8, K9 ve K10 kalıplarının en büyük, astarsız K5, K7 ve K6 kalıplarının ise en küçük yüzey sertliği değerlerine

sahip olduğu, astarlı kalıpların astarsız kalıplara göre daha büyük geri tepme sayılarına sahip olduğu, astarsız K5 kalıbının astarlı K8 kalıbına göre %10 oranında daha küçük geri tepme sayısına sahip olduğu görülmüştür.

Yüzeyleri geotekstil astarlarla kaplanarak üretilen kalıplarda beton döküm sürecinde, beton içerisinde bulunan yoğurma suyu ve hava kabarcıklarının astarlı yüzeye doğru hareket ettiği, su ile birlikte yüzeye doğru ince tanelerin sürüklenmesiyle beton bloklarda daha yoğun, porozitesi düşük bir yüzey yapısı oluştuğu, bu oluşan yüzeyin beton yüzey sertliğini etkilediği ve atmosferik etkilerden betonun daha az zarar gördüğü gözlenmiştir.

Sonuç olarak; yüzeyi geotekstil astarlarla kaplı kalıplardan elde edilen betonların atmosferik etkilerden daha az zarar gördüğü, astarlı kalıplardan üretilen betonların astarsız kalıplara dökülenlerden daha iyi yüzey sertliği değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Arslan, M., "Betonarme Yapı Elemanı Tasarımında Dayanıklılık faktörlerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma", **Gazi Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt 9, No 4, 625-630,1995.
2. Matta, Z.G., "More Deterioration of Reinforced Concrete in the Arabian Gulf", **Concrete International**, 50-51, November, 1993.
3. Berke, N.S., "Corrosion Inhibitors in Concrete", **Concrete International**, 24-47, July, 1991.

4. Arslan, M., "The effects of permeable formworks with sucker liners on the physical properties of concrete surfaces", **Construction and Building Materials**, Cilt 15, 149-156, 2001.
5. Arslan, M., "Su Emici Astarlı ve Drenaj Özelliği Bulunan Kalıpların Beton Yüzey Özellikleri Üzerine Etkileri", **Tr.J.of Engineering and Environmental Science**, Cilt 23, 121-131, 1999.
6. Arslan, M., "Su Emici Astarlı ve Drenajlı Düşey Kalıp Yüzeylerinin Beton Kabuğu Fiziksel Özellikleri ve Donatı Korozyonu Üzerine Etkileri", **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi**, Cilt 10, No 2,1909-1925,1999.
7. 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.
8. Malhotra, V.M. ve Carino, N.J., **Hondbook on Nondestructive Testing of Concrete**, CRC Pres, London, England, 2004.
9. Mindess, S., Joung, J.F., Danvin, D., "**Concrete**", Second Edition Prentice Hall, London, 499-504, 2002.
10. TS 3260., "Beton Yüzey Sertliği Yolu İle Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı", Ankara, Eylül, 1978.
11. Long, A.E., and Basheer, P., "The influence of controlled permeability formwork liners on the durability related characteristics of concrete", **ACI Fail Convention, American Concrete Institute, Farmington Hills**, 32-37, 1997.
12. Marosszeky, M., and Chew, M.Y.L., "Textile form method to improve concrete durability", **Report 1/90, Building Research Centre**, Sydney, Australia, 14-26, 1990
13. Arslan, M., Şimşek, O., Subaşı, S., "Effects of formwork surface materials on concrete lateral pressure", **Construction and Building Materials**, No 19, 319- 325, 2005.
14. Subaşı, S., Arslan, M., Durmuş, G., "Kalıp teknolojilerindeki gelişmelerin betonarme elemanların dayanıklılığına etkileri", **3. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, Ankara, 4: 355-370, 2003.
15. Yokota, T., ve ark., "Development of Textile Form Method in Aheishi-Gawa Dam", Civil Engineering Division, Kumagai Gumi Co, 1986.
16. Machida, N., ve ark., "Studies on Improvement of Concrete Quality by Textile Form Method, Atomic Energy Development Division", Kumagai Gumi Co, 1986.
17. ASTM D 4632-91, "Standart Test Method For Grab Breaking Load and Elongationof Geotextiles", 1991.
18. BS 1881: Part 202, "Testing Concrete, Recommendations For Surface Hardness Testing by Rebound Hammer", 1986.
19. TS 802, "Beton Karışım Hesap Esasları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1978.