

# GEÇİRGEN KALIP KULLANIMININ BETON YÜZEY KUSURLARINA ETKİLERİ

## THE EFFECTS OF USE OF PERMEABLE FORMWORK ON CONCRETE SURFACE DEFECTS

Serkan SUBAŞI<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Düzce, Türkiye.  
E-posta: serkansubasi@duzce.edu.tr

### Özet

Kalıplar, beton yüzeyinin performansı açısından büyük önem taşımaktadır. Betonarme kalıp yüzeylerinin malzeme türü, tasarımı ve yapım hatalarından dolayı kalıplanan beton yüzeylerinde beton kabuğun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen yüzey kusurlarının meydana geldiği bilinmektedir. Bu çalışmada geçirgen kalıp kullanımının beton yüzey kusuruna olan etkisi araştırılmıştır.

Çalışmada 70x120 cm boyutlarında 20 cm kalınlığında üç adet perde duvar kalıbı hazırlanmıştır. Hazırlanan perde duvar kalıplarının iki tanesinin yüzeyine drenaj kanal ve delikleri açılarak farklı geotekstil astarlarla kaplanmıştır. Diğer plywood yüzeyli kalıp ise hiçbir işlem yapılmaksızın referans olarak kullanılmıştır. Hazırlanan kalıplara C25 betonu yerleştirilerek vibratör ile sıkıştırılmıştır. Kalıplar söküldükten sonra beton yüzeylerinde 6 farklı bölgede hava boşlukları (blow hole) oluşumu ölçülmüştür. Ölçüm değerleri resim analizi (image analiz) yapılarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, geçirgen kalıp kullanımı ile beton yüzey kusurlarının çok büyük bir oranda azaltılabildiği, geçirgen kalıplara dökülen betonlarda astarlı kalıpta meydana gelenin % 3'ü kadar hava boşluğu oluştuğu, diğer bir ifadeyle geçirgen kalıp kullanımı ile hava boşluğu miktarının % 97 oranında azaldığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Geçirgen kalıp, beton, dayanıklılık, yüzey kusuru, hava boşluğu.

### Abstract

Formworks are very important for performance of the concrete surface. It is known that, surface fault which are effected the physical and mechanical properties on the concrete surfaces, because of the mistakes originated from formwork material type, design and application. In this study, the effects of use of permeable formwork on concrete surface faults were investigated.

Three number of the shear wall formworks having 70x120 cm dimensions and 20 cm thickness were prepared in the study. Drain channels and holes were opened on the surface of two of the three prepared formworks, and were covered by using different geotextile undercoat. And the other polywood surfaced formwork which is made any operation was selected as reference. C25 concrete were cast in the prepared formworks using vibrator. Blow hole

formation were measured on the 6 different region after the taking of the formworks. The measurement values were computed using image analysis.

As a result, it is seen that, concrete surface faults were extremely decreased, when using the permeable formworks 3% more blow hole were occurred than the undercoated formwork done, and the other manner with using permeable formwork the blow hole quantity were decreased the rate of 97%.

**Keywords:** Permeable formwork, concrete, Durability, Surface fault, Blow hole.

### 1. Giriş

Betonarme yapı üretim sistemi içerisinde önemli bir yere sahip olan kalıp, kendisini taşıyabilecek hale gelinceye kadar betonu desteklemek, betona şekil vermek, betonda istenilen yüzey düzgünlüğünü sağlamak gibi temel fonksiyonlara sahiptir [1,2]. Kalıp bu temel fonksiyonlarının yanı sıra beton yüzeyinin performansı açısından büyük önem taşımaktadır. Kalıp ve kalıp yağlarının seçimi veya uygulanmasından kaynaklanan hatalardan dolayı beton yüzeylerinde birçok kusurun meydana geldiği bilinmektedir[3-5].

Beton kusurları, betonarme elemanların yüzeyinde ve iç kısımlarında olabilmektedir. Çoğu zaman beton iç kısımlarında oluşan kusurların görünüşleri beton yüzeyine de yansımaktadır. Beton kusurlarının yüzeyde oluşmaları ve iç kısımlarda oluştuğu halde yüzeye yansıyanları daha çok gündeme getirilmektedir[6,7].

Beton yüzeyinde yer yer farklı görünümlere neden olan yüzey kusurları aynı yüzeyde fiziksel özellikler bakımından farklı yapıların oluştuğunu 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 yapının farklı kullanım ömrü problemleri ile karşılaşılacaktır. Bu bakımdan yüzey kusurlarının dereceleri ve beton yüzeyinin fiziksel özellikler bakımından üniform olması önem taşımaktadır [8,9]. Değerlendirme kriteri olarak; beton yüzeyinin görünümü ve yüzey fiziksel özelliklerinin etkin olduğu betonarme strüktürün kullanım ömrü, esas alınarak tasarım faktörlerinin organize edilmesiyle daha fonksiyonel ve ekonomik sonuçlar elde edilebilecektir. Strüktürel amaçlı olmanın yanı sıra estetik özellik de taşınması beklenen brüt

beton yüzeylerinin tasarımında yüzey kusurlarını minimize edecek; yapı, kalıp ve beton tasarımının bir bütünlük içerisinde gerçekleştirilmesi gerekli görülmektedir [10].

Kalıplar, beton yüzeyinin performansı açısından büyük önem taşımaktadır. Kalıp yüzeylerinin yapımında genel olarak; masif kereste (tahta), kontrplak (plywood), metal ve plastik malzemelerin kullanılmakta olduğu bilinmektedir. Su emme özelliği olmayan geçirimsiz kalıp yüzeyleri, beton yüzeyinde boşluklara neden olmaktadır. Boşluklu beton yüzeyleri zararlı aktif maddelerin betona daha kolay nüfuz ederek beton dayanıklılığının azalmasına sebep olmaktadır[9,11,12].

Çalışmada öncelikle kalıptan kaynaklanan beton yüzey kusurları incelenmiş ve betonarme kalıp yüzey özelliklerinden kaynaklanan beton yüzey kusurlarının azaltılmasına yönelik alternatif geçirgen kalıplar tasarlanmıştır. Tasarlanan geçirgen kalıpların beton yüzey kusuruna olan etkisi araştırılmıştır.

## 2. Litaratür Taraması

Beton yüzeylerinde oluşan bir çok kusur bulunmaktadır. Ancak çalışmamızda betonarme kalıbından ve ya kalıp yağından kaynaklanan beton yüzey kusurları ele alınacaktır. Kalıptan kaynaklanan beton yüzey kusurları aşağıda belirtilmiştir.

### 2.1. Beton Yüzeyinde Renk ve Görüntü Kusurları

Betonun yapısal rengi betonu oluşturan çimento ve agrega gibi iki temel unsurun rengine bağlıdır. Çimento renkleri aynı fabrikadan olsa bile geniş bir şekilde değişir. Gri çimentolar; mavi-gri' den yeşil-gri, gümüşü-gri ve sarı-gri' ye doğru bir renk değişimine sahiptir. Beyaz ve esmer-haki (tan) çimentolar da üretilmektedir. Agregalar ise çok değişik renk ve büyüklüklerde bulunabilmektedir. Renk bozuklukları (discoloration) genel terim olarak; betonun yapısal renginde değişimlerden anlaşılan kusurların anlatımı için kullanılır[13].

Betonun homojen olmaması veya yeterince karıştırılmaması, vibratörün kalıba çok yakın tutulmasıyla beton yüzeyinde kaymağın oluşmaması, vibratörü daldırma noktalarının iyi seçilmemesi, üniform olmayan kalıp absorpsiyonu ve/veya kalıp ayırıcıları kullanımı renk bozukluklarına neden olabilmektedir [14-16].

a) Yağ renk bozuklukları (oil discoloration); Beton yüzeyinde sadece krem veya kahverengi renk değişimi şeklinde gerçekleşen renk bozukluklarıdır (Şekil1).Çoğu zaman farklı kalıp yağlarının kullanımı veya aynı tür kalıp yağlarının farklı yoğunlukta kullanımının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır[17].

b) Hidrotasyon renk bozuklukları (hydration discoloration); Yüzey yapısında renk farklılıkları, genelde açık renkten koyu renge doğru bir geçiş, nadiren bir sınır çerçeve çizgisi ile ayrılan bir görüntü olarak ortaya çıkmaktadır. Hidrotasyon renk bozukluklarını oluşturduğu şartlar iki ana gruba ayrılır. Betonun içeriğindeki toplam su değişimi beton kütlelerinin renginde eşit oranda renk değişimi sonucunu doğuracağı bazen kabul edilirken, betonun yerleştirilmesi sürecinde nem hareketlerinin çimento karışımı rengini koyulaştırma eğilimi göstereceği ortaya

çıkır. Ayrıca kalıp yüzeylerinin farklı miktarlarda su emmesi farklı renk bozukluklarının oluşmasına neden olur[13,17].



Şekil 1. Kalıp yağının yanlış kullanımından kaynaklanan yüzey kusuru.

c) Tozlanma (dusting); Sertleşmiş beton yüzeyinde malzemenin tozlanması, beton yüzeyinde tozlanma; dayanıklılığı zayıf ve açık renkli kolayca tozlanabilen beton yüzeyleri için kullanılan bir ifadedir. Genel olarak beton yüzeyinde gecikmelere neden olan faktörler, tozlanmanın nedeni olarak görülebilir (Şekil 2). Örneğin, yüzeyde hidrasyonu geciktiren veya engelleyen aşırı uygulanmış kalıp yağı, yetersiz kür işlemleri gibi uygulama yetersizlikleri tozlanmanın nedenleri arasında görülmektedir[17].



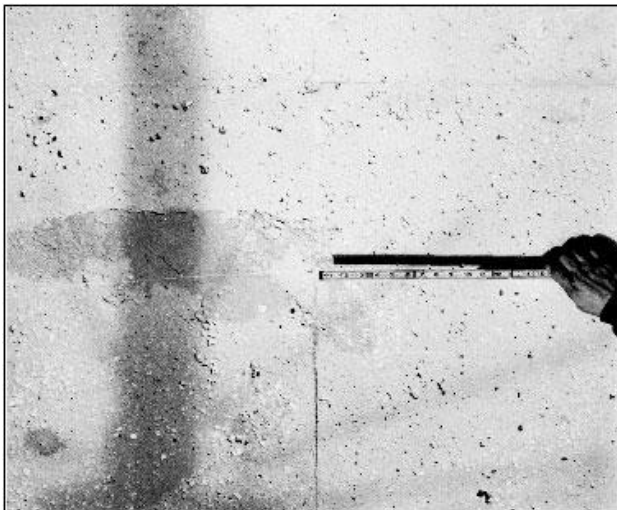
Şekil 2. Beton yüzeyinde meydana gelen tozlanma

c) Kuruma renk bozuklukları (drying discolorations); Kalıp alınmasından sonra yüzey renk tonunda oluşan renk değişiklikleri olarak görülür (Şekil 3). Kalıp alınmasından sonra beton yüzeyinin kuruması ile ortaya çıkan bu renk farklılıklarının pek çok nedeni olmakla beraber en önemli olanı olarak kür işlemi farklılıkları gösterilebilir[13].



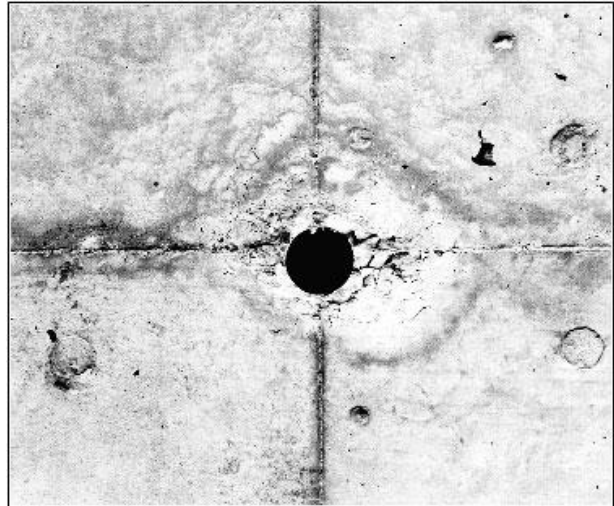
Şekil 3. Beton yüzeyindeki kuruma renk bozuklukları

d) Yüzeyde Hava Boşluğu (blow holes); Beton yüzeyinde, 15 mm' yi geçmeyen düzenli veya düzensiz küçük boşluklardır. Beton yüzeyinde hava boşluklarının oluşumu ile ilgili olarak değişik zamanlarda çok sayıda görüş açıklanmıştır. Bu görüşler, beton içerisinde hava ve su küreciklerinin nasıl oluştuğunu açıklanmasında da yardımcı olmaktadır. İki ayrı tip hava boşluğundan oluştuğu görülmektedir. Birincisi ve en yaygın tip; hemen yüzeyin altında gömülü olarak kalıp yüzeyi ile kontak halinde yumurta şeklinde (ovoid) olan hava kabarcıklarıdır. İkinci tip; agregaların arasında düzensiz bir şekle sahip olan hava kabarcıklarıdır (Şekil 4). Beton yüzeyinde hava boşluklarının oluşmasında, kalıp yüzeyinin geçirimsizliği, uygun olmayan kalıp yağı seçimi, çok fazla kalıp yağı kullanımı, yetersiz vibrasyon, önemli faktörler olarak görülmektedir [18].



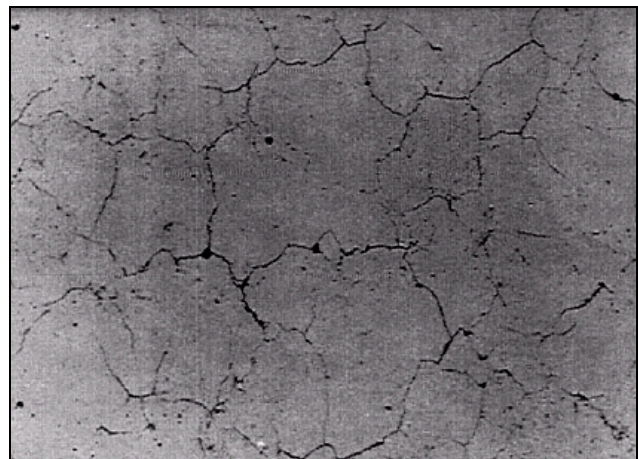
Şekil 4. Beton yüzeyinde oluşan hava boşluğu

e) Kalıp İzleri yansması (Form ofset); Kalıp birleşim yerlerinin beton yüzeyine yansmasıdır (Şekil 5). Kalıbın bağlanmasında yeterli rijitliğin sağlanamaması, beton döküm yüksekliğinin fazla olması, çok güçlü vibratör kullanılması, kalıp izleri yansmasına neden olan faktörler olarak bilinmektedir[18].



Şekil 5. Kalıp izlerinin beton yüzeyine yansması

f) Kılcal çatlak ağı (crazing); Aşırı parlak camsı beton yüzeylerinde, betonun ileri yaşlarında ince yapılı çatlak ağı oluşmasıdır (Şekil 6). Kılcal çatlak ağının, çok parlak, camsı kalıp yüzeyi kullanımı, karışımın fazla miktarda çimento ve ince malzeme içermesi, betonun yüksek su içeriği, gibi faktörlerden kaynaklandığı bilinmektedir [19].



Şekil 6. Beton yüzeyinde oluşan kılcal çatlak ağı.

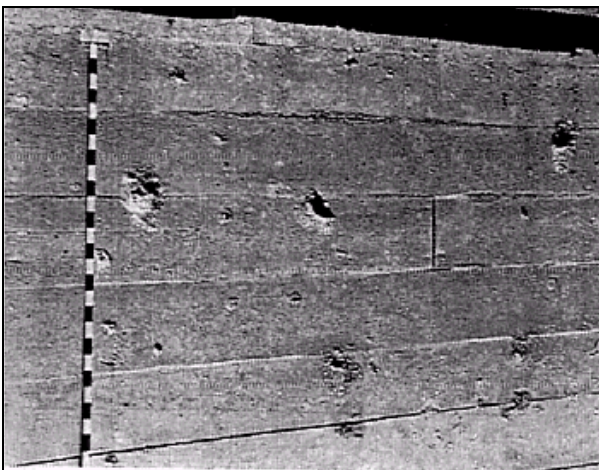
g) Soyulma (peeling); Çok ince bir tabakanın beton yüzeyinden koparak ayrılması ve bu tabakanın aderansını yitirerek beton yüzeyinden düşmesidir (Şekil 7). Beton yüzeyinden olan bu kopma uygun olmayan kalıp yüzeyi, yanlış kalıp yağı seçimi, aşırı kuma gibi faktörlerden kaynaklanabilir[20,21].

h) Kalıp yüzeyi kopması (form scabbing); Kalıp yüzey kaplamasının beton yüzeyine yapışarak kopmasıdır (Resim 4.21). Kalıp yüzeyinin betona yapışmasından dolayı kopmasıdır (Şekil 8). Kalıp yüzey malzemesi özellikleri, kalıp yağı özellikleri, beton karışım özellikleri, yerleştirme teknikleri, kür şartları gibi faktörlerden kaynaklandığı bilinmektedir[17].





Şekil 7. Beton yüzeyinde meydana gelen soyulma



Şekil 8. Kalıp yüzey astarının beton yüzeyine yapışarak tabakalar halinde kopmasından bir görüntü.

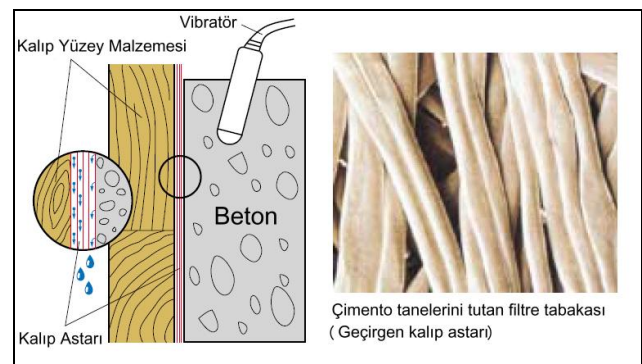
## 2.2. Geçirgen Kalıp Kullanımı

Betonarme yapı elemanlarında beton dayanıklılığı, kür uygulamalarının değişiminden büyük ölçüde etkilenir. Kür işlemi, beton yüzeyini nemli tutmak veya rutubet kaybını önlemek için uygulanan değişik metodlarla gerçekleştirilebilir. Diğer taraftan kür işlemleri zaman kaybettirici ve masraflı olabilmektedir. Bu nedenle beton dayanıklılığını artırmaya yönelik alternatif metodların araştırılması çalışmaları devam etmektedir. Son yıllarda üzerinde araştırmalar yapılan yönlerden birisi kalıp yüzeylerinin geçirgen ve astarlı yapılmasıdır. Drenajlı astarlı kalıp yüzeylerinin kullanımının temel amacı, fazla karışım suyunun ve hava kabarcıklarının beton yüzeyinden drene edilmesini sağlamaktır [22-24]. Bunun yanı sıra bir miktar karışım suyunu bünyesine alan kalıp astarı betonu kür etmek gibi önemli bir görevi de yerine getirmektedir.

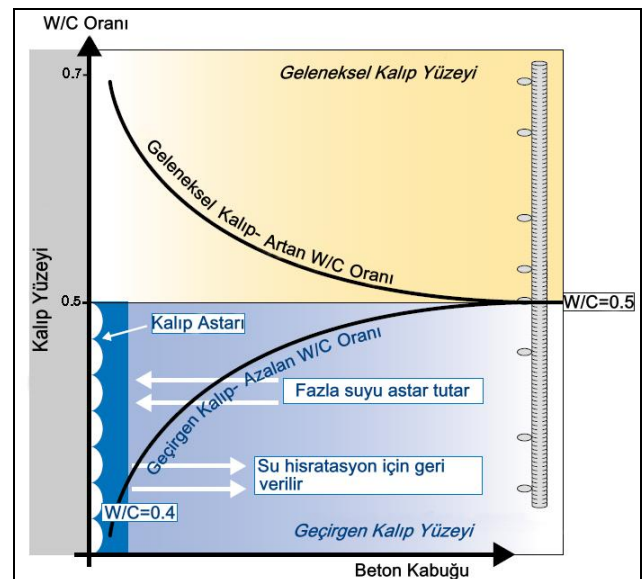
Donatıyı kaplayan beton kabuk özelliklerinde iyileşmelerle betonarme eleman dayanıklılığında etkin gelişme sağlanmasının geçmişte düşünülmediği görülmektedir. Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar beton kabuğu özelliklerinin betonarme kalıpların kontrol edilebilir miktarda su geçirmesi ile gerçekleştirilebileceğini

göstermektedir. Bu amaca yönelik kalıp yüzeylerinin, çimento partiküllerini geçirmeyen, fakat hava ve suyu geçirecek şekilde özel olarak tasarlanmış olması gerekmektedir [25,26]. Şekil 9'da kalıp yüzeylerinde kullanılan astarın lif yapısına ait optik mikroskop görüntüsü görülmektedir.

Kalıp yüzeyleri, beton suyunu emici astarlar ile kaplanması sonucunda geleneksel kalıp yüzeyleri korunarak kullanım adedi artırılabilmektedir. Diğer taraftan yüzeye kaplanan astar suyun kalıp yüzey elemanlarına açılan deliklerinden direne edilerek dışarı atılmasına ve dolayısı ile beton yüzeyinde su/çimento oranı düşük bir beton kabuğun oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 10) [27].



Şekil 9. Kalıp yüzeylerinde kullanılan astarın lif yapısı



Şekil 10. Geçirgen kalıp kullanımı ile beton yüzeyinde W/C oranında düşüşün sağlanması

Kalıp yüzeylerinde kullanılan astarlar yardımı ile geçirgen bir kalıp yüzeyi elde edilmekte, böylece beton içerisindeki fazla karışım suyu ve hava kabarcıkları beton bünyesinden uzaklaştırılmaktadır [27]. Şekil 11'de astar ile kaplanmış geçirgen kalıp içerisine beton dökümünden sonra drene ettiği su görülmektedir. Drene edilen suyun berraklığına bakıldığında su ile beraber çimentonun betondan uzaklaşmadığı tam tersine beton kabuğunda filtrelenerek tutulduğu görülmektedir.



Şekil 11. Geçirgen kalıplardan drene edilen karışım suyu.

Geçirgen kalıp yüzeyleri beton karışımındaki fazla suyun bir kısmını drene ederken bir kısmını da bünyesinde tutmaktadır. Astar bünyesinde tutulan su, özellikle beton sertleştikten sonra nemli bir ortamın oluşması ve beton kabuğunun kürene destek olmaktadır. Bu durum beton yüzeyinde kür koşullarından dolayı oluşabilecek kusurlarında önüne geçmektedir.

### 3. Materyal ve Metod

#### 3.1. Materyal

Kalıp örneklerinin üretiminde, kalıp yüzey malzemesi olarak plywood kullanılmıştır. Kalıp yüzey astarı olarak, Zemdrain MD Tip-III (GEO-I) kalıp astarı; %100 polypropylene liflerden oluşan, ısı yapıştırmalı, dokuma olmayan (nonwoven), 3 L/m<sup>2</sup> suyu drene edebilen, 0,35 L/m<sup>2</sup> suyu bünyesinde tutabilen, 35 µm'den az ortalama göz açıklığı olan, 20 kPa yük altında %10 boy uzaması olan, 4 mm açıklığında ızgara destekli, 0,5-1.10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s geçirimsizliğe sahip ve SB 20 (GEO-II) geotekstil astar; ağırlık 200 gr/m<sup>2</sup>, çekme dayanımı 286 N, kopma uzaması % 29, delinme dayanımı 225 N olan iki farklı tip astar kullanılmıştır.

Kalıplar içerisine Çizelge 1'de özellikleri verilen C 25 akıcı kıvamlı hazır beton dökülmüştür.

Çizelge 1. Beton karışım özellikleri

Beton sınıfı	C25
Dmax	25 mm
W/C oranı	0,49
Su	181 litre
Çimento (CEM I 42,5 R)	370 kg
Kırma Kum (0-5 mm)	526 kg
Agrega (5-15 mm)	468 kg
Agrega (15-22 mm)	454 kg
Taşunu	335 kg
Süper Akışkanlaştırıcı	3,7 kg
Hava içeriği	1,5
Çökme	16 cm

#### 3.2. Metodlar

##### 3.2.1. Kalıp örneklerinin hazırlanması

70x120x20 cm boyutlarında, 3 adet perde duvar kalıbı üretilmiştir (Şekil 12). Kalıplardan 2 adetinin yüzeyinde drenaj kanal ve delikleri açılarak kalıp yüzey astarı ile kaplanmıştır. Drenaj kanalları kalıp yüzeyinin iç kısmında

100 mm aralıklarla 4 mm genişlik ve 4 mm derinlikte yatay ve düşey kanallardan oluşmaktadır. Diğer taraftan, drenaj kanallarının birleşim noktasında 4 mm çapında drenaj delikleri açılmıştır. Bu şekilde drenaj kanal ve delikleri hazırlanan kalıp yüzeylerine Zemrain-MD (GEO-I) ve SB 20 (GEO-II) geotekstilleri kalıp yüzey astarı olarak uygulanmıştır. Geriye kalan bir adet plywood kalıp yüzeyinde işlem yapmaksızın referans olarak kullanılmıştır. Kalıp örneklerine ait bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 12. Tasarımı yapılan perde duvar kalıbına ait perspektif görünüşü

Çizelge 2. Kalıp kodları ve yüzey özellikleri

Kalıp kodu	Kalıp yüzey malzemesi	Yüzey işlemi	Yüzey astarı	Kalıp yüzey dokusu
K0	Plywood	-	-	
K1	Plywood	Drenajlı	Zemdrain	
K2	Plywood	Drenajlı	SB20	

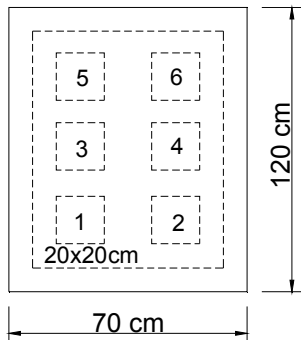
##### 3.2.2. Beton dökümü

Beton dökümü öncesinde yüzeylerine astar kaplanmayan K1 kalıbı konsantre kalıp yağı ile yağlanmıştır. Trans mikser ile getirilen C25 hazır beton, kalıplara iki tabaka halinde dökülmüştür. Her tabaka üç noktadan iç poker vibratör kullanarak sıkıştırılmıştır. Betonun kuru sulanmak suretiyle yapılmıştır.

##### 3.2.3. Yüzeyde hava boşluğu miktarı tayini deneyi

28 günlük kür işleminden sonra beton blok yüzeyinde 6 bölgede 200x200 mm'lik alanda uygulanmıştır (Şekil 13).

Beton yüzeyinde bulunan hava boşlukları şeffaf kağıtlar üzerine kopya edilmiştir [5]. Kopya edilen şeffaf kağıtlar tarayıcı yardımı ile taranarak dijitalleştirilmiştir. Corel Photo Paint programı kullanılarak "Raster Image Analizi" yapılmıştır. Analiz sonucunda beton yüzeyindeki boşluk miktarı % olarak hesaplanmış ve istatistiki değerlendirmeler bu veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir.



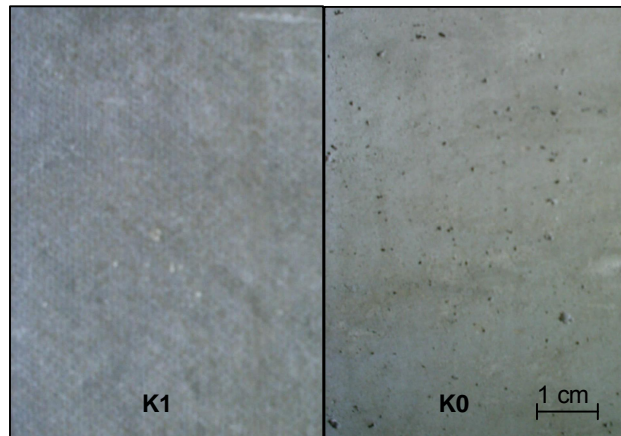
Şekil 13 . Beton blok yüzeyinde hava boşluğu ölçüm bölgeleri

Analiz sonucunda elde edilen yüzeyde hava boşluk miktarı değerleri tek faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen tek faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analizinde kalıp faktörünün üç seviyesi (K0, K1, K2) bulunmaktadır [28].

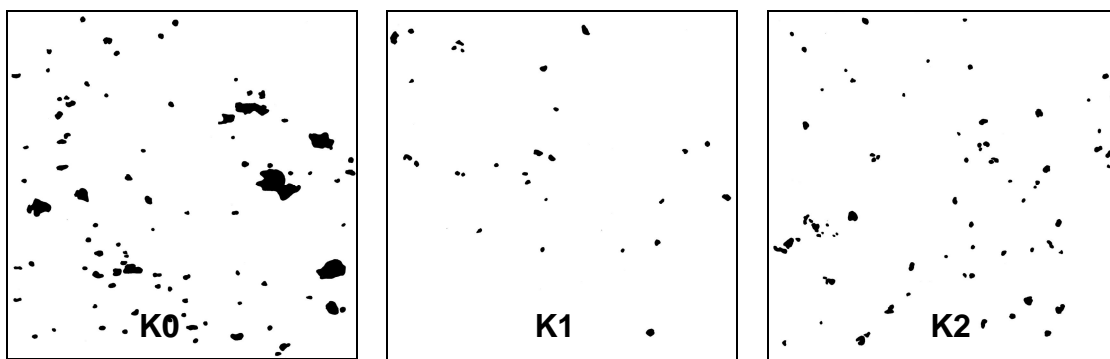
#### 4. Bulgular ve Tartışma

Geçirgen ve geçirgen olmayan betonarme kalıplarına dökülen beton blokların yüzey görünümlerine ait örnekler Şekil 14'te görülmektedir. Şekilde K0 ve K1 kalıplarına dökülen beton yüzeylerinin fotoğrafı verilmiştir. Yüzeyde hava boşluğu miktarını ölçmek için beton yüzeyinden şeffaf kağıtlara kopya edilen hava boşluk miktarlarına ait birer örnek Şekil 15'te görülmektedir. Deney sonuçlarına ait açıklayıcı istatistikler Çizelge 3'te verilmiştir.

Kalıp faktörünün üç seviyesinde (K0, K1, K2) gerçekleştirilen tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda kalıp faktörünün yüzeyde hava boşluğu miktarı değerleri üzerinde istatistik olarak önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ( $P < 0,01$ ) (Çizelge 4). Diğer bir ifadeyle yüzeyde hava boşluğu miktarının kalıp farklılığına bağlı olarak değişmekte olduğu görülmüştür. Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testlerinden Bonferroni testi kullanılmıştır (Çizelge 5). Ayrıca ortalama yüzeyde hava boşluğu miktarı değerlerine ait grafik Şekil 16'da görülmektedir.



Şekil 14. K0 ve K1 kalıplarına dökülen beton yüzey görüntüsü



Şekil 15. Şeffaf kağıtlara kopya edilmiş olan yüzeydeki hava boşlukları

Şekil 14 ve 15'te geçirgen kalıp astarı ile kaplanmamış olan K0 referans kalıbına dökülen beton yüzeyinde oluşan hava boşluğu (blow hole) miktarının geçirgen kalıplara

dökülen betonlara göre çok daha fazla olduğu görülmektedir.



Çizelge 3. Yüzeyde hava boşluğu miktarı verilerine ait açıklayıcı istatistikler

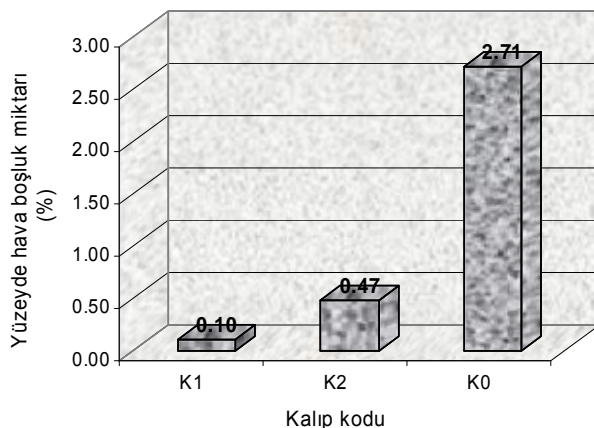
Kalip kodu	N	Ortalama Hava Boşluğu (%)	Std. Hata	Minumum	Maksimum
K0	6	2,71	0,5056	1,49	4,59
K1	6	0,10	0,0198	0,03	0,16
K2	6	0,47	0,1408	0,16	0,97

Çizelge 4. Yüzeyde hava boşluğu miktarı verilerine ait varyans çözümleme tablosu

Varyansın Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-testi	Anlamlılık düzeyi (p)
Genel	17	32,218	~	~	~
Gruplar Arası	5	2,394	0,479	~	~
Gruplar İçi	12	29,824	~	~	~
<b>Kalip'lar Arası</b>	<b>2</b>	<b>23,941</b>	<b>11,970</b>	<b>20,349</b>	<b>0,000</b>
Hata (Kalip)	10	5,883	0,588	~	~

Çizelge 5. Yüzeyde hava boşluğu miktarı verilerine ait Bonferroni testi sonuçları

Kalip kodu	N	Farklı Gruplar	
		1	2
K1 (Zemdrain)	6	0,10	~
K2 (SB-20)	6	0,47	~
K0 (Referans)	6	~	2,71



Şekil 16. Ortalama yüzeyde hava boşluğu miktarı değerlerine ait çubuk grafiği

Gerçekleştirilen Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre yüzeyde hava boşluğu miktarı değerleri bakımından;

- Kalıplar arasında istatistik olarak önemli bir fark olduğu,
- Astarlı K1 ve K2 kalıplarının birbirinden farksız, astarsız K0 kalıbından farklı olduğu,
- Astarlı K1 kalıbın %0,10 ile en küçük yüzeyde hava boşluğu değerine sahip olduğu,
- Astarsız K0 referans kalıbın ise %2,71 ile en büyük yüzeyde hava boşluğu değerine sahip olduğu,

- Astarsız K0 kalıbının astarlı K1 kalıbına göre 27 kat daha büyük yüzeyde hava boşluğuna sahip olduğu,
- Diğer bir ifadeyle, astarlı K1 kalıbında gözlenen yüzeyde hava boşluğu miktarının astarsız K0 kalıbındakinin %3'ü kadar olduğu görülmüştür.

## 5. Sonuçlar

Çalışmada geçirgen kalıp kullanımının beton yüzey kusurlarına olan etkisini araştırabilmek için 70x120 cm boyutlarında 20 cm kalınlığında üç adet perde duvar kalıbı hazırlanmıştır. Hazırlanan perde duvar kalıplarının iki tanesinin yüzeyine drenaj kanal ve delikleri açılarak farklı geotekstil astarlarla kaplanmıştır. Diğer plywood yüzeyli kalıp ise hiçbir işlem yapılmaksızın referans olarak kullanılmıştır. Hazırlanan kalıplara C25 betonu yerleştirilerek vibratör ile sıkıştırılmıştır. Kalıplar söküldükten sonra beton yüzeylerinde 6 farklı bölgede hava boşluğu (blow hole) miktarı ölçülmüştür. Ölçüm değerleri resim analizi yapılarak hesaplanmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca beton yüzeylerinde oluşabilecek diğer yüzey kusurları gözlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda;

Geçirgen olmayan plywood yüzeyli kalıba dökülen betonda yaklaşık olarak toplam yüzey alanının %2,71 oranında yüzeyde hava boşluğu (blow hole) olduğu, çok az miktarda kalıp yüzeyine sürülen kalıp yağından dolayı yağ renk bozuklukları (oil discoloration), beton dökümünü takiben üç ay sonra yapılan gözlemlerde ise az miktarda kılcal çatlak ağının (crazing) oluştuğu belirlenmiştir.

Geçirgen K1 ve K2 kalıplarına dökülen betonlarda yaklaşık olarak toplam yüzey alanının sırasıyla %0,10 ve %0,47 oranında yüzeyde hava boşluğu (blow hole) olduğu, geçirgen kalıplar arasında en az yüzeyde hava boşluğu değerine Zemdrain kalıp astarı ile kaplanan kalıpta meydana geldiği, geçirgen olmayan K0 kalıbının geçirgen K1 kalıbına göre 27 kat daha büyük yüzeyde hava boşluğuna sahip olduğu, diğer bir ifadeyle, geçirgen K1 kalıbında gözlenen yüzeyde hava boşluğu miktarının

geçirgen olmayan K0 kalıbındaki %3'ü kadar olduğu görülmüştür.

Bununla beraber geçirgen kalıplara dökülen betonlarda SB-20 astarlı kalıba dökülen beton ile astar arasında bir miktar yapışma meydana gelmiştir. Bunun haricinde geçirgen astarlı kalıplara dökülen betonlarda hidrotasyon renk bozuklukları (hydration discoloration), tozlanma (dusting), kuruma renk bozuklukları (drying discolorations), kalıp izleri yansması (Form ofset);kılcal çatlak ağı (crazing); soyulma (peeling);kalıp yüzeyi kopması (form scabbing); gibi beton yüzey kusurları görülmemiştir.

Sonuç olarak, geçirgen astarlı kalıp kullanımı ile beton yüzeylerinde oluşabilecek birçok yüzey kusurunun ciddi oranda azaltılabileceği ve böylece betonun çevresel faktörlerden daha az etkilenecek servis ömrünün artırılabilceği görülmüştür.

### Kaynaklar

- [1]. 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.
- [2]. Arslan, M., "Betonarme (Brüt Betonlu) Yapı Tasarımında Dikkate Alınması Gereken Beton Yüzey Kusurları" G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:9, No:3, Ankara, 1996.
- [3]. Arslan M., Su Emici Astarlı ve Drenaj Özelliği Bulunan Kalıpların Beton Yüzey özellikleri Üzerine Etkileri, TÜBİTAK Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, Cilt: 23, Sayı: 2, ANKARA, 1999.
- [4]. Arslan M., M, Su Emici Astarlı - Drenajlı Düşey Kalıp Yüzeylerinin Beton Kabuğu Fiziksel Özellikleri ve Donatı Korozyonu Üzerine Etkileri, TMMOB İnş Müh. Odası, Teknik Dergi, Cilt: 10, Sayı: 2, ANKARA, 1999.
- [5]. Marosszaky, M., Chew, M., Arioka, M., and Peck, P., "Textile form method to improve concrete durability," Concrete International, 15(11): 37-41, 1993.
- [6]. Stok, Y. et al. "Effects of Mix Proportions and Curing Conditions on Properties of Concrete Surface Layers" Proc. Cement Association of Japan, No: 43, Pp:358-363, 1989.
- [7]. Long, A., Sháat, A., and Basheer, P. , "The influence of controlled permeability formwork on the durability and transport properties of near surface concrete." *Advances in concrete technology*, Special Publication 154. V. Malhotra, ed., American Concrete Institute, 41-54, 1995.
- [8]. ACI Committee 347, Recommended Practice For Concrete Formwork, (ACI 347-78), Manual of Concrete Practice Part. 2, American Concrete Institute, Detroit, 2000.
- [9]. Hurd, P. M., Formwork. Construction Press, P: 136, London, 1983.
- [10]. Subaşı, S., "Farklı Yüzey Astarları İle Kaplanmış Drenaj Özelliği Bulunan Kalıpların Betonun Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Gazi Ünv.,Fen Bilimleri Enst., Ankara, 2005.
- [11]. Awad S. Hana, "Concrete formwork systems", Marcel Dekker Inc., 1999.
- [12]. Subaşı,S., Kalıp Yüzey Faklılıklarının Betonun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkileri, Y.Lisans Tezi, Gazi Ünv.,Fen Bilimleri Enst., Ankara, 2001.
- [13].Arslan, M., "Beton (Dökümü, Kalıpları, Kusurları, Dayanıklılığı)",Atlas Yayınları, ISBN: 97-6574-02-X, İstanbul, Ağustos, 2001.
- [14].Subaşı, S., Arslan, M., "Kalıp Yüzey Özelliklerinin Betonun Karbonatlaşması Üzerine Etkileri", Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt 23, No 4, 913-921, 2008.
- [15].M. J. McCarthy, A. Giannakou and M. R. Jones, "Comparative performance of chloride attenuating and corrosion inhibiting systems for reinforced concrete", Materials and Structures' / Matériaux et Constructions, Vol. 37, pp 671-679, 2004.
- [16].Reading, T., J. "Deleterious Effect of Wood Forms on Concrete Surface" Concrete International, Vol: 7, App.-62, Nov, 1985.
- [17].ACI Committee 397 2R -82, Identification and Control of Consolidation Related Surface Defects in Formed Concrete.
- [18].ACI Committee 309, Recommended Practice for Consolidation of Concrete, American Concrete Institute, Detroit, 1974.
- [19].ACI Committee 303, Guide To Cast-in-Place Architectural Concrete Practice, (ACI 303 R-74), American Concrete Institute, Detroit, 1974.
- [20].ACI Committee 309, Recommended Practice for Consolidation of Concrete, Manual of Concrete Practice Part. 2, American Concrete Institute, Detroit, 2000.
- [21].ACI Committee 201 1R -97, Guide For Making a Condition Survey of Concrete in Service, American Concrete Institute, 1992.
- [22].L. Basheer, S. V. Nanukuttan, P. A. M. Basheer, "The influence of reusing 'Formtex' controlled permeability formwork on strength and durability of concrete", Materials and Structures, 41:1363-1375, 2008.
- [23].Arslan, M., Subaşı,S., Durmuş, G., "Kalıp Yüzeylerinin Beton Kabuğunun Kapileritesi ve Dona Dayanıklılığı Üzerine Etkileri", Hazır Beton Dergisi, Yıl:9, Sayı:50, ISSN:1300-8390 Nisan, 2002.
- [24].Malone, P.G., Use of Permeable Formwork in Placing and Curing Concrete, technical report SL-99-12, US Army Corps of Engineers, Washington, 1999.
- [25].J. Sousa Coutinho, "The combined benefits of CPF and RHA in improving the durability of concrete structures", Cement & Concrete Composites 25, 51-59, 2003.
- [26].Evaluation of the effects of Formtex CPF on the surface properties of concrete, Taywood engineering Ltd. Technology Division, 104/98/10115, 1998.
- [27].Zemdrain®- Controlled Permeability Formwork (CPF) liners for high quality durable concrete surfaces, Max Frank GmbH & Co. KG, Accessories for the reinforced concrete construction Mitterweg 1 · D-94339 Leiblfing, <http://www.maxfrank.de>.
- [28].Gürbüz, F., Başpınar, E. ve ark., "Tekrarlanan ölçümlü deneme düzenlerinin analizi", Van Yüzüncü Yıl Ünv. Yayınları, Van, 7-91, 2003.