

Mimari Beton Uygulamaları*

Mustafa Erkan Karagüler¹,

Özet

Beton en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesidir. Betonun üstünlüklerinden biri de sadece çok yönlü bir malzeme olması değil, aynı zamanda bir mimari malzeme olmasıdır. Beton taşıyıcı yapı malzemesi olarak kullanmanın yanında, uzun yıllardır tematik ve estetik amaçlarla da kullanılmaktadır. Beton plastik bir malzemedir. Karmaşık şekillerde dökülebilir, özel yüzey bitişleri ve doku verilebilir. Beton üretiminde beyaz çimento ve pigment kullanılarak renklendirilebilir. Heykelticilikte, yüzey kabartmalarında, iç mimari ürünlerin ve şehir mobilyalarının tasarımında kullanılabilir. Mimari betonların dokulu ve desenli, renkli ve düzgün yüzeylerinin yapımı özel kalıp tekniklerinin kullanılmasıyla mümkündür. Yüzey işleme teknikleri ve özel kalıp sistemleri mimarlara daha fazla tasarım olanağı sunar. Bu yönleriyle mimari yapıları heykelsi bir karakter verir. Mimari beton yapının anlamını değiştirir ve ona yeni değerler yükler. Bu makalede mimari betonun genel özellikleri açıklanmakta ve buna paralel olarak bu alanda yapılmış olan araştırma ve incelemeler özetlenmektedir.

1.GİRİŞ

Betonun dış ortamda sürekli olarak görünür olması ve buna bağlı olarak arzu edilen özelliklere sahip olabilmesi için malzeme, kalıp, yerleştirme ve son katman özelliklerine önem verilmesini gerektiren haline mimari beton adı verilmektedir [1]. ACI 116 kodlu komitenin hazırlamış olduğu "Cement and Concrete Terminology - ACI 116R-90" adlı raporda yukarıda verilen tanımı daha da genişletmek olasıdır. Söz konusu tanım betonun görünür olması halinde istenilen özelliklere sahip olabilmesi için nelere dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bilindiği gibi beton genellikle, bir yapı malzemesi olarak, betonarme karkas taşıyıcı sistemin bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım şekliyle betonun yüzey özellikleri daha az vurgulanmaktadır. Bununla birlikte taşıyıcı malzeme olarak kullanım halinde bile yüzey özellikleri betonun niteliği hakkında önemli veriler sağlayabilmektedir. Mimari beton tanımını yukarıda verilen tanımın ışığında yeniden ele alacak olursak; bir betonarme karkas yapının veya betonarme bir yapı elemanının yüklenmiş olduğu diğer fiziksel fonksiyonların, örneğin, ses ve gürültü kontrolü, ısı geçişi ve kontrolü, su geçişi ve kontrolü, ışık

Architectural Concrete Applications*

Concrete is the most common used building material. One of advantages of concrete is not only its versatility, but also it is being an architectural material. In addition to the usage of concrete as a structural material, it is also used in the thematic and aesthetic purposes for many years. Concrete is a formable material. It can be cast into a variety of complex shapes, special surface finishes and textures. Concrete can be coloured by using white cement and pigments in the production phase. It can be used in the creation of sculptures, in the interior architecture and urban furniture design. The production of the textured and patterned, coloured with smooth surfaces of the architectural concrete is possible by using special forming techniques. Usage of special surface treatments techniques and forms gives architects more design possibilities. These aspects of the architectural concrete change meaning of the building and give it new values. In this article, general properties of architectural concrete are described and researches and studies which were conducted in this area are summarized.

* Beton 2013 Hazır Beton Kongresi'nde sunulmuştur.
¹ İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, karaguler@itu.edu.tr

geçiş ve görüntü kontrolü gibi fonksiyonların da beton tarafından yüklenmesi hali de göz önüne alınarak mimari beton tanımı genişletilebilir. Bu yeni tanım mimari betonun estetik yönden değerlendirilmesi yanında; bir yapının, yapı fiziği kurallarına uygun olarak tasarlanması halinde yapıda kullanılan betonun yüklendiği fonksiyonlar göz önüne alınarak farklı beton türlerinin de bu kapsamda değerlendirilebileceğini düşündürmektedir. Bu bakış açısıyla hafifliği ve ısı yalıtım özelliği düşünülerek hafif betonlar, su ve nem kontrolünde geçirimsiz normal betonlar (aynı niteliğiyle korozyon önlemi olarak), yine normal betonlar metrekaresine düşen ağırlıklarının ses geçişini önlemede yeterli olması nedeniyle, betonarme karkas yapılar ve çevre bileşeni duvarı olarak gürültü kontrolünde, süresiz cam lifleri veya sürekli optik lifler kullanılarak üretilen ve ışık geçiren betonlar, bu kapsamda değerlendirilmektedir.

Mimarlıkta taşıyıcı sistem seçiminde değişik faktörler gözönüne alınmaktadır. Bu etkenler;

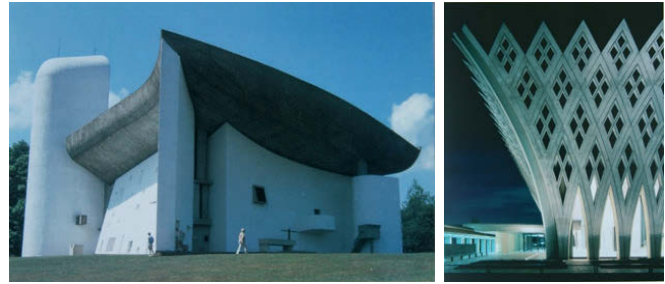
- Maliyet-süre ilişkisi
- Dayanım
- Dış ortam koşullarına dayanıklılık
- Malzeme temini ve ulaşım koşulları
- İşçilik ve yapım tekniği özellikleri
- Yangın güvenliği
- Tasarımın değişebilirliği ve denetlenebilirliği
- Uygulama alanları
- Malzemenin geri dönüşümü ve çevre etkileşimi
- Enerji kullanımı ve ekoloji
- Sürdürülebilirlik
- Ülkemizdeki ve dünyadaki kullanımı
- Ve Mimari Anlam olarak kabul edilebilir.

Bu faktörler gözönüne alınarak yapım sistemi, taşıyıcı sistem ve malzemesi seçimi daha bilimsel olarak yapılabilir. Bu seçim yapılırken kullanılan yöntemin yanında mimarın sezgisi ve deneyiminin de önemi büyüktür. Bu seçimde özellikle taşıyıcı sistem malzemesinin yapıya yüklemiş olduğu mimari anlam çok önemlidir. Burada ahşabın, çeliğin ve betonarmenin (beton) yapıya yüklemiş olduğu anlamlar mimari yönden farklı yorumlanmaktadır.

Betonu ister yerinde döküm olsun, ister önyapımlı olsun mimari yönden farklı anlamda gruplayan değerlendirmeler vardır. [2] Buna göre;

- Taşıyıcı sistemin (Strüktür) öne çıktığı mimari yapılar,
- Yüzeylerin öne çıktığı mimari yapılar,
- Heykelsi formların öne çıktığı mimari yapılar, olarak üç grupta ele alınmaktadır.

Taşıyıcı sistemin öne çıktığı yapılar yerinde döküm veya pre-fabrike olmak üzere iki önemli grupta toplanırlar. Yerinde döküm sistemlerin bir plastik sanat ürünü olarak öne çıktıkları buna karşılık; önyapımlı sistemlerin bir çerçeve ve birleşim oluşturma sanatı olarak ele alınması gerektiği belirtilmektedir [2] . Yerinde döküm sistemlerle üretilen betonarme yapılar sürekli bir form oluşturmaktadırlar. Bu form yapıya farklı bir anlam ve karakter vermektedir. Önyapımlı sistemlerin geçişli karakterinden (derzli yapı) dolayı, bir davranış farklılığı olarak, yerinde döküm sistemlerin monolitik yapısı sonucu ortaya çıkan çatlaklar ve bunun sonucu meydana gelen bozulmalar bu sistemde daha az görülmektedir. Bunun en önemli sonucu, önyapımlı betonarme sistemlerin parçalı ve ekli yapısının rötre ve diğer nedenlerle oluşan deformasyonların meydana getirebileceği çatlakları en aza indirmesi ve yine bunun sonucu olarak yapının durabilitesinde görülen artıştır (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Notre Dame-du-Haut, Ronchamp, France ve National Theatre Okinawa [3,2]

Yüzeyin öne çıktığı mimari yapılar, mimarlar, form ve strüktürü önemsemekle birlikte yapının yüzey özellikleriyle daha fazla ilgilenmek, kalıp özelliklerini bir negatif film gibi yüzeye yansıtmakla, yüzeyde ışık ve gölge oyunlarının oluşmasını sağlamışlardır. Yüzey üzerinde yapılan işlemlerle yapıya daha farklı anlamlar yüklemişlerdir [2] (Şekil 2.).



Şekil 2. Paul Rudolph Endo Laboratories, New York, 1964 [4]

Betonarme mimarinin estetik yönden yorumlanması konusunda öncü bir çalışma olarak 1955 yılında P.A Michelis, betonarme konstrüksiyon üzerinde daha yönetime dayalı incelemeler ve yorumlar

yapmıştır. Bunu izleyen yıllarda Euro Saarinen'in uygulanan TWA terminal binası betonarmenin heykelsi ve estetik yorumlamasına önemli bir örnektir.(Şekil 3.)

Bu türden örnekler 1990'lı yıllardan itibaren artmaya başlamıştır. Santiago Calatrava'nın Kanarya adaları, Tenerife şehrinde yapmış olduğu opera binası bu türün en güncel örneklerindendir. Ana binayı örten kanat veya dalga şeklinde yorumlanabilecek ve işlevi olmayan büyük konsol parça bu anlamda yorumlanabilir [2] (bkz Şekil 4.)



Şekil 3.
Euro Saarinen'in TWA
Binası [3]



Şekil 4. Santiago Calatrava'nın Kanarya adaları, Tenerife'deki opera binası [5]

2. MİMARİ BETON

2.1 Tanım ve Genel Özellikler

Mimari Beton tanımı için ülkemizde farklı dillerden yapılan çeviriler sonucunda "Brüt Beton", "Çıplak Beton" ve "Görünen Beton" adlandırmaları kullanılmaktadır.

Burada anlatılmak istenen, betonun türü ve/veya kullanıldığı yapı elemanı ne olursa olsun, özellikle dış kabukta (dış cephe), yapının iç yüzeyinde (iç cephe ve mekanlarda) ve dış ortama açık veya kapalı yerlerde kullanılan çeşitli obje ve yapı elemanlarında doğrudan dış ortamla temas halinde ve bitiş malzemesi olarak kullanılması anlaşılmalıdır. Betonun plastik bir malzeme olması, döküldüğü kalıbın şeklini kolayca alması, kalıp astarları kullanılarak veya sonradan uygulanan işlemler sonucunda yüzeyine özel dokular verilebilmesi, betonun mimari bir malzeme olması yanında, her türlü tasarım ürününde kullanılması sonucunu doğurmuştur. Bu alanlar endüstriyel ürün tasarımı, heykeltcilik, iç mimari ve şehirselleştirme ürünleri tasarımı gibi uygulama alanlarında yoğunlaşmıştır. Mimari betonlar; her şeyden önce yapının mimari anlamını değiştirmektedir. Bu nedenle, normal betondan beklenen işlenebilirlik, dayanım, dayanıklılık özelliklerine estetik unsurun da eklenmesi gerekmektedir. Burada istenen estetik özellikler uygun kalıp malzemesi ve döküm tekniklerinin kullanılması, beton karışımında özel çimento türleri ve bileşenler kullanılmasını gerektirmektedir. Mimari beton elde etmek için özel bir özen gösterilmesi, bu beton türünün daha pahalı olmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte sıva, boya ve diğer kaplama malzemelerinin kullanılmaması durumu gözönüne alınırsa mimari betonların daha ucuza malolması olasıdır. Mimari yönden istenen etkinin sağlanabilmesi için yapı elemanı ve betonun tasarım ayrıntılarına önem vermek, üretimde titiz bir çalışma yapmak gereklidir. Renk ve doku özelliklerini sağlayabilmek için kullanılacak çimento cinsi, agregalar ve renklendiriciler özenle seçilmeli, taşıma ve yerleştirme işlerine özel önem gösterilmelidir. Tüm bu özenli çalışmalar maliyetin artmasına neden olabilir. Mimarın betondan beklentilerinin sağlanabilmesi için; mimar, kontrol ve yüklenici arasında iyi bir uyum sağlanmalıdır. Mimari beton konusunda yapılan çalışmalar ele alınacak olursa bu konuda yapılmış olan çalışmalarda, Karagüler, M., Hazır Beton dergisinde konuyu [6], Mimarlıkta Beton-Mimari Beton başlığı altında genel olarak ele almış ve öncelikle taşıyıcı sistem seçimi ve mimar ilişkisine değinmiş, sistem ve malzeme seçiminde mimarın bilgi, deneyim ve sezgisinin önemini vurgulamıştır. Normal beton dışında kalan hafif beton gibi malzemelerin de yapı fiziği açısından ele alındığı takdirde mimarların ve mimari betonun ilgi alanına girdiği vurgulanmıştır. Makalede mimari betonun bileşenleri, kalıp özellikleri, dokulu beton yüzeyler, görünür agregalı betonların özellikleri ve üretim yöntemleri anlatılmıştır. Mimari beton kullanımının mimari tasarımda yeni olanaklar sağladığı, betonun yapıya yüklemiş olduğu anlamın yanında, estetik nitelikler kazandırdığı, mimarların yaratıcı çabaları ile her türlü ürün tasarımında bu malzemeyi kullanmakta öncü görevleri olduğunu vurgulamıştır [6].

2.2 Mimari Beton Bileşenleri ve Üretim Yöntemleri

Mimari beton üretiminde kullanılan malzemeler normal betonlar için kullanılan bileşenlere benzemekle birlikte, temel bileşenleri çimento, su, renklendirici unsurlar, agregalar ve diğer kimyasal katkıları olarak sıralanabilir. Nitelikli bir mimari beton üretmenin diğer unsurları ise uygun üretim yöntemi ve özel kalıp teknikleri kullanmak, beton yüzeyine özel işlemler uygulamak şeklinde sıralanabilir [4,5,6].

2.2.1 Bağlayıcı Malzemeler - Çimento ve Özel Çimentolar

Mimari betonda kullanılan çimento türü üretilen betonun kullanım yerine göre değişkenlik gösterir. Genellikle normal portland çimentosu kullanmak, çimentonun gri yeşil rengi çoğu kez mimarlar tarafından uygun bulunduğu için yaygındır. Bazı uygulamalarda ise normal portland çimentosu kullanmak agregaların görünürlüğü azalttığı için tercih edilmezler. Bu durumda beyaz portland çimentosu kullanmak daha parlak renklerin elde edilmesini, yerine göre ise agregaların belirginleşmesini sağlar. Özellikle son yıllarda mimari bir akım olarak beyaz beton kullanımı artmıştır. Hazır beyaz beton konusunda yapılan bir çalışmada; Kırca ve Şahin bu tür betonun kullanım yerleri, özellikleri ve üretim tekniği hakkında ayrıntılı bilgiler ve bu konudaki uygulama örneklerini vermişlerdir. Deneysel çalışmalarında 250 ve 550 kg arasında beyaz çimento kullanarak tasarladıkları betonlarda C50 sınıfına kadar beton üretilebileceğini belirtmişlerdir [7]. Bir diğer bildiride ise, beyaz betonun kullanımı ve özellikleri hakkında bilgiler verilmektedir. Bir uygulama için üretilen hazır beyaz betonun bileşim özellikleri verilmekte, C30 beton üretildiği ve bu betonun maliyetinin normal portland çimentosu kullanılarak üretilen eşdeğer bir betona göre 2.5 misli pahalı olduğu belirtilmektedir [8]. Beyaz çimentoya uygun nitelikte pigment katılmasıyla elde edilen renkli betonlar ise geniş uygulama alanı bulmaktadır. Renkli betonlar yapıda kullanımları yanında, saha betonlarında (Baskı betonu), beton plaka üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür betonlar atmosferik kirlenmelerden etkilenebilir. Bu durumda yüzey temizleme teknikleri gerektiğinde uygulanmalıdır. Yeni bir uygulama olan kendi kendini temizleyen betonlar bu gereksinimi önemli ölçüde ortadan kaldırmaktadır [9,10,11].

2.2.2 Renklendirici Unsurlar

Renklendirme işleminde en çok uygulanan yöntem karıştırma işlemi sırasında betona uygun nitelikte pigment katmaktır. Betonda kullanılan çimento, beyaz çimento olması halin-

de istenilen sonuçlar elde edilebilecektir. Bununla birlikte ara renk tonlarını elde edebilmek için normal portland çimentosu ve beyaz çimento beraber kullanılabilir. Bu durumda deneme karışımları ile renk araştırması yapılmalıdır. Karıştırma sırasında pigmentlerin beton içerisinde iyi dispersiyonu sağlanmalıdır. Pigmentler mineral kökenli oksitlerdir. Diğer kimyasal katkıları birlikte kullanımı halinde pigmentlerin dispersiyonunu arttırdığı ve pigmentlerin yüzeyde ayrışmasını azalttığı için su azaltıcı katkıların kullanılması önerilmektedir. Bazı durumlarda uygun katkıları karıştırılmış pigmentlerin harmanı olan renklendirilmiş katkıları da kullanılmaktadır. Pigment ekonomisi sağlamak için bazen renklendirme işlemi, yüzey bitirme işlemi sırasında sadece yüzeye uygulanır. Yüzeyin aşınma direncini arttırmak için son işlem olarak yüzeye sertleştiriciler uygulanır. Bu işlemlerle birlikte yüzeye doku uygulaması yapmak daha estetik bitişler elde etmenin yanında yüzeyin kayma direncini de arttırmaktadır [4,6]. Mimari betonlarda, renkli beton üretmek amacıyla farklı oranlarda ve türde inorganik pigment kullanmanın harç ve beton özelliklerine etkisi, pigment kullanılmadan üretilen harç ve beton özellikleriyle karşılaştırmalı olarak deneysel bir çalışmada incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre; pigment katkısının artması serbest rötre azalmasına neden olmaktadır. Pigment katkısının eğilme dayanımını artırıcı yönde etki ettiği, basınç dayanımının ise % 6-17 arasında değiştiği görülmüştür. Özellikle sarı pigment katılması halinde optimal bir değer olarak kabul edilen %3 pigment katkısı halinde bu azalma %17 değerini bulabilmektedir. [9,10,11]. Bir başka çalışmada ise kendinden yerleşen betonlarda inorganik pigment katkısının harç ve beton özelliklerine etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Taze beton üzerinde işlenebilme, sertleşmiş betonlar üzerinde rötre ölçümleri, fiziksel ve mekanik deneyler, renk sabitliği deneyi yapılmıştır. Pigment katkısının kılcallık katsayısı ve su emmeyi artırdığı, rötre azalttığı, eğilme çekme dayanımlarının pigment katkısından etkileneceği buna karşılık siyah, sarı ve mavi pigmentlerde sırasıyla %8, %11 ve % 18 düşüşlere neden olduğu görülmüştür. Diğer kırmızı ve yeşil pigmentlerin düşüşe neden olmadığı görülmüştür [12,13]. Bir diğer çalışmada; boksit cevherinden alüminyum üretimi sırasında ortaya çıkan kırmızı çamurun kalsinasyon işlemi sonucunda elde edilen renkleri araştırılmış, bu malzeme renklendirici olarak parke taşı üretiminde kullanılmıştır. Renk özellikleri geleneksel pigmentlerle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kırmızı atık çamurun işlenerek renkli beton üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir [14].

2.2.3 Su ve Agrega

Beton karışımında kullanılan su, normal betonlar için kullanılan su ile benzer, yani zararlı bileşenler içermeyen nitelikte olmalıdır. Beton agregası olarak normal nitelikte agregalar kullanılabileceği gibi, beyaz veya renkli beton üretiminde, görünür agregalı beton üretiminde, beyaz veya renkli agregalar kullanmak gerekli olmaktadır. Bu amaçla mermer, granit ve kuvars kumu gibi doğal taşlar ve renkli cam seramikler kullanılarak farklı renk ve renk tonları elde edilebilir. Renkli cam seramik kullanımında alkali agrega reaksiyonu şüphesi olduğu, demir bileşen içeren agregaların ise yüzeyde lekelenmeye yol açabileceği unutulmamalıdır [6].

2.3 Üretim Yöntemleri, Kalıp, Kalıp Astarları ve Kalıp Ayırıcı Yağlar

Mimari beton üretiminin normal beton üretiminden önemli bir farkı olmamakla birlikte betonun bileşenlerinin sağlanması, karıştırma, taşınma, yerleştirme ve yüzey işleme tekniklerine özel önem verilmesi gereklidir. Mimari beton üretimi için kullanılan tüm araçlar temiz tutulmalı, başka üretim türleri için kullanılmamalıdır. Karıştırma işlemi homojenlik sağlanacak sürede ve normalden daha uzun sürede, yerleştirme işleri ise yeterli vibrasyon sürelerinde ve 30-40 cm'lik tabakalar halinde uygulanmalıdır. Bu sürenin hava kabarcıklarının çıkması için yeterli bir sürede olması gereklidir. Mimari betonların üretiminde en önemli bileşenlerden biri de kalıp malzemesidir. Bu tür betonların tümünde yüzey özellikleri çok önemlidir. Bu nedenle kalıp malzemesi ve kalıp ayırıcı kimyasallar önem kazanmaktadır. Kalıp malzemesi olarak ; Masif ahşap, çelik, cam lifi takviyeli plastik, PVC, elastik dokulu poliüretan, kontrplak, plastik kaplı kontrplak olabilir. Burada asıl kalıbın içine yerleştirilen ve yüzeye doku vermek için kullanılan kalıp astarlarının asıl taşıyıcı kalıp içerisinde yer alan ayrı bir katman olduğu unutulmamalıdır. Kalıp yüzeyi su emici bir malzemeden oluşmuşsa, kalıp; betonun suyunu emeceğinden yüzeyde su/çimento oranı gereğinden daha düşük olacak, bu ise renk koyulaşmasına neden olacaktır. Bu olaya hidrasyon renk bozulması adı verilir. Kalıp daha az su emiyorsa veya hiç emmiyorsa, bu tür kalıplar yüzeyde daha fazla hava kabarcığı oluşmasına ve yüzeyin daha açık renkli olmasına neden olurlar [6].

Brüt beton, dokulu beton veya renkli beton olsun, yüzeyin düzgün olması ve hidrasyon renk bozulması oluşması istenmiyorsa kalıpların sızdırmaz bir şekilde inşaa edilmesi gereklidir[6]. Bir başka makalede ise Karagüler [15] brüt beton, renkli beton ve dokulu beton üretimi için kalıp, kalıp gergisi kullanımı, kalıp

astarı ve kalıp ayırıcı yağların niteliklerinin ne olması gerektiğini ve kalıp malzeme türlerini belirtmiş, kalıp malzeme türünün beton yüzeyine olması muhtemel etkilerinin ne olabileceğini anlatmıştır. Uygun kalıp ve kalıp astarı kullanmanın, önemi vurgulanmıştır. Bu tür kalıplar kullanılarak üretilen mimari yapı ve elemanlar, çevre düzenleme elemanları sıralanmıştır.

2.4 Dokulu Beton Yüzeyler

Mimari betonun tanımı yanında, genişletilmiş tanımı yukarıda verilmiştir. Geleneksel anlamda bu tanım "Brüt Beton" tanımı ile sınırlıdır. Bu tür betonlar genel olarak düzgün yüzeyli ve betonun doğal gri yeşil rengi esas alınarak üretilmişlerdir. Günümüzde ise beyaz çimento kullanılarak üretilen beyaz betonlar da bu kapsamda ele alınmaktadır. Geleneksel Brüt betonda yüzey işlemleri minimum olup yüzeyde oluşan dokular çoğu kez kalıp yüzeyinin verdiği doku ile sınırlıdır. Burada zaman zaman gölge ışık oyunları elde etmek için, örneğin, ahşap kalıp tahtasını düzensiz ve itinasız olarak kullanmak mimarın bilinçli bir tercihi olabilir. Bununla birlikte burada elde edilen sonuç özel bir çaba gerektirmemektedir. Burada sözü edilen, mimari beton - brüt beton uygulamaları ve betonun renklendirilmesi dışında, beton yüzeyinin özel olarak işlenmesi ayrı bir estetik çabadır ve arzu edilir. Dokulu yüzey oluşturmak, bu estetik işlevi yanında yüzey doku ve rengindeki değişimleri daha rahat gizlemek ve ortadan kaldırmak gibi, bir işlevi de yüklenirler.

Dokulu yüzey elde etmenin başlıca üç yöntemi vardır: [6,15,16,17,18]

- Dokulu kalıp yüzeyleri veya kalıp astarları kullanmak
- Görünür agregalı yüzeyi elde etmek
- Yüzeyi mekanik yöntemlerle işlemek.

Amerikan Önyapımlı ve Öngerilmeli Beton Enstitüsü, konu ile ilgili hazırlamış olduğu yayınında, dokulu, renkli yüzeyde eleman üretimine daha sistematik ve ayrıntılı olarak yaklaşmakta, bu yöntemle yapımı zor, karmaşık şekilli elemanların tekrarlı üretimlerini sağlayarak ekonomik ve dayanıklı betonarme eleman üretimine önemli bir katkı sağlamaktadır[19].

2.4.1 Dokulu Kalıp Yüzeyleri veya Kalıp Astarları Kullanmak

Düzenli ve esnek karakterde kalıplar kullanılmaktadır. Kalıp malzemesi olarak cam lifi takviyeli plastik, PVC, elastik dokulu

lu poliüretan, kauçuk gibi malzemeler kullanılmaktadır.

Bu tip kalıplar değişik geometrik yapıda ve tekrar eden desenlerin üretilmesine olanak verirler. Yerinde dökme veya önyapımlı sistemlerde defalarca kullanılabilirler. Bu sistemle üretilen paneller hem yapıların cephelerinde, hem de çevre düzenlemelerinde kullanılabilirler [5,6,19].

2.4.2 Görünür Agregalı Yüzeyi Elde Etmek

Görünür agregalı beton yüzeyi elde etmek için betonun kalıpsız üst yüzünde veya kalıpla temas eden yüzünde olmak üzere iki yöntem uygulanır. Bu yöntemler normal veya kırmataş agregaların görünür olarak kullanılmasıyla renk, şekil ve doku farklılığına sahip yüzeyler elde edilir. Kalıpsız üst yüzeyde görünmeleri istenen agregalar üst yüzeye serpiştirilir ve kütle içine itilirler. Betonun sertleşmesinden hemen sonra basınçlı su jeti ve tel fırçalar ile yeterince sertleşmemiş olan harç fazı temizlenir. Bu işlem sonucu iri agregalar yüzeyde açığa çıkar ve görünür hale gelir. Kalıpla temas eden yüzeylerde farklı yöntemler kullanılır. Bunlar kalıp yüzeyine bir geciktirici katkı maddesi sürmek, üzerine betonu dökmek ve kalıp alınca yüzey üzerinde yıkama ve fırçalama işlemlerini yapmak şeklindedir. İkinci yöntemde kalıp dibine yerleştirilen agregaların üzerine bir kafes teli yerleştirilir ve betonlanır. Bir süre sonra teli geçen zayıf nitelikli harç tel fırça ile temizlenerek agregalar görünür hale getirilir. Üçüncü yöntemde ise kalıp yüzeyinin dibine kum serilir ve üzerine iri agregalar yerleştirilir, daha sonra üzerine beton dökülür. Agregaların arasındaki kumlu harç temizlenerek agregalı görünür hale getirilir. Bu yöntemlerle elde edilen cephe panoları, yer karosu ve merdiven basamağı gibi ürünler gerek yapıda, gerekse çevre düzenlemelerinde kullanılmaktadır [4,15,19].

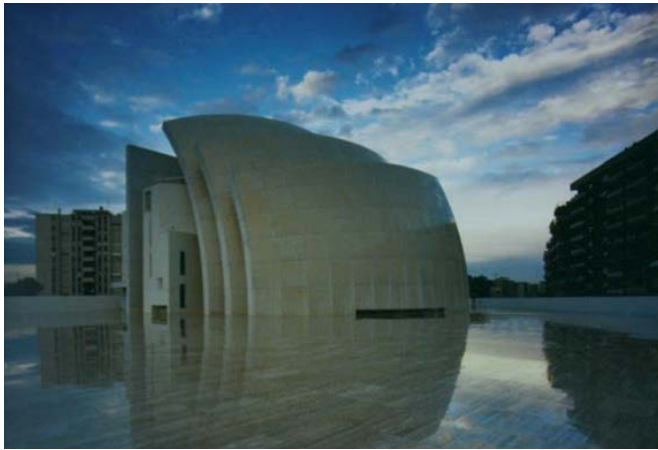
2.4.3 Mekanik Yöntemlerle Yüzeyi İşlemek

Yüzey düzeltmede kullanılan işlemler; yüzeye bir aşındırıcı püskürtmek, yüzeyi el tarağı veya mekanik aletlerle taralamak, kimyasal veya mekanik yolla aşındırmak, spiral kullanmak gibi işlemlerdir. Püskürtme işlemi için yüzeyin sertliğine uygun olan; kum, çelik cürufu, pirinç kapçığı ve ceviz kabuğu gibi farklı sertlikte aşındırıcılar kullanılır. Bu işlemler yapılırken betonun basınç dayanımının 14 N/mm² değerini aşması gereklidir. Taraklama işleminde el ile veya pnömatik araçlar kullanılarak yüzeyden yaklaşık 5 mm'lik bir tabaka sıyrılarak alınır. Taraklama aşamasında ise beton dayanımı 28 N/mm² değerini aşmalıdır. Aşındırma işlemleri ise; beton yeterli dayanıma ulaştıktan sonra elle veya su jeti yardımıyla yapılabilir. [15,19].

2.4.4 Mimari Yüzey Koruyucular

Mimari beton uygulamalarında geniş bir alan bulan bir diğer önemli uygulama ise mimari yüzey koruyucularıdır. Bu tanıma uygun farklı malzemeler olmakla birlikte burada sözü edilen, inşaatın yapımı sırasında veya farklı dönemlerde yapı cephesine uygulanan yüzey temizleme işlemlerinden sonra kullanılan, şeffaf ve malzemenin rengini değiştirmeyen su iticileridir. Bu tip yüzey koruyucular brüt beton, renkli beton, görünür agregalı beton veya dokulu beton gibi mimari beton yüzeyler üzerine uygulanabilir. Bu tip malzemeler, kılcal su emmeyi önlemeleri, yüzeye iyi penetre olmaları, alkaliye ve UV ışınlarına dayanıklı olmaları, su buharı diffüzyonunu engellememeleri, yüzeyin renk ve dokusunu değiştirmemeleri nedeniyle tercih edilirler. Bu tür malzemelerin yüzeyde bir film tabakası oluşturmak yerine kılcal boşlukların içini ince bir tabaka ile kapladıkları ve dolayısıyla yüzeye hidrofobik bir karakter, yani su iticilik kazandırdıkları bilinmektedir. Bunun sonucunda malzemenin yüzeyi su ile ıslatılamamaktadır. Bu tür su iticiler suyun ıslatma açısına etki ederek suyun yüzeyden kolayca uzaklaşmasını sağlamaktadırlar. Bunun yanında malzeme içerisinde buhar diffüzyonunu engellememektedirler. Bu özelliğe doğal olarak sahip canlı ve bitki türleri olduğu bilinmektedir. Buna en iyi örnek Lotus bitkisinin yaprağının yüzeyidir. Bu tür etki ile bitkinin yüzeyine gelen toz parçacıkları ve kirlilikler yağmur suyu damlaları ile uzaklaştırılmaktadır. Bu tür su itici olarak düşük viskoziteli şeffaf sıvılar olan; silan, siloksan veya silan-siloksanlar kullanılmaktadır. Beton yüzeylerde kullanılmak üzere penetrasyon yeteneği fazla olan ve alkaliye dayanıklı su iticiler üretilmişlerdir. Bu malzemelerin mimari beton yüzeylerde kullanılmasıyla; suyun varlığı halinde oluşan şişme ve büzülme, donma ve çözülme hasarları, suda çözünabilir tuzların neden olduğu çiçeklenme, pas ve kir lekeleri, hava kirliliği sonucu oluşan kimyasal korozyon önlenmektedir. Suyun varlığı halinde oluşan korozyon azalmaktadır. Ortamdan suyun uzaklaştırılması ile ısı iletkenlik katsayısı artmamakta ve bunun sonucunda yapı kabuğunda enerji tasarrufu sağlanmaktadır [20,21]. Betonun yüzey özelliklerini iyileştirmenin, daha kalıcı ve yenilikçi bir çözüm yolu olarak kendi kendini temizleyen betonlar geliştirilmiştir. Bu konuda yapılmış olan bir tez çalışmasında ve ilgili bir bildiride [22,23] beyaz çimento, TiO₂ katkılı beyaz beton, kendiğinden yerleşen beton ve TiO₂ katkılı beyaz beton olmak üzere dört farklı beton tipi üretilmiştir. Yüzey özelliklerinin; fiziksel özellikler, durabilite özellikleri ve fotokatalitik özelliklere etkisini araştırmak üzere her bir beton tipi için,

metal (çelik), ahşap (mdf) ve plastik (akrilik) olmak üzere üç farklı kalıp tipinde üretim yapılmıştır. Her beton türünde taze harç deneyleri (çökme ve yayılma, birim hacim ağırlık), sertleşmiş harç deneylerinden 28,60 ve 90. günde kılcal su emme, su emme, karsten tüpü deneyi, ilk 42 gün rötre deneyi uygulanmıştır. Mekanik deney olarak 3,7,14, 28, 60 ve 90. günde eğilme - çekme ve basınç dayanımı tayini deneyleri gerçekleştirilmiştir. Silindir örnekler üzerinde 28. günde yarma-çekme ve şekil değiştirme deneyleri uygulanmıştır. Durabilite deneyi olarak ıslanma - kuruma, donma - çözülme, kimyasal eskitme ve açık hava etkisiyle görünüş (renk) değişikliği tayini deneyi yapılmıştır. Fotokatalitik özelliklerin araştırılması için Rhodamine-B deneyi ve Phenantroquinone ile temizleme özelliklerinin incelendiği deneyler yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar kapsamlı olarak sunulmuştur. Rhodamine-B deneyinde UV altında bekletilen serilerde 28. günün sonunda en yüksek renk açılması % 43 ile TiO_2 katkılı normal beton örneklerde olurken, kendiğinden yerleşen betonlarda % 5 renk açılması gözlenmiştir. Ortam koşullarına bırakılan TiO_2 katkılı ve katkısız normal ve kendiğinden yerleşen betonlarda, yağmura açık bırakılan örnekler en fazla renk açılmasını göstermiştir. Yatay veya düşey olarak yağışa kapalı, gün ışığına açık ortamlarda bırakılmış örneklerde ise 28 gün sonunda renk açılması olmuştur. Burada TiO_2 tarafından fotokatalitik reaksiyon ile parçalanarak ve kirlilik yaratan bileşiklerin yağmur suyu ile beton yüzeyinden uzaklaştırılması gerektiği bir kez daha görülmüştür [22,23]. Kendi kendini temizleyen betonarme yapı uygulaması örneği olarak İtalya'da uygulanmış olan Jubilee Church kilisesi verilebilir. (bkz Şekil 3.)



Şekil 3. Kendi Kendini Temizleyen Beton ile Üretilen Yapı Örneği, Jubilee Church, Mimari, Richard Meier & Partners Architects [2].

2.4.5 Baskı Betonları

Bu tür uygulamalar dokulandırılmış ve renkli beton olarak algılanmakla birlikte daha çok çevre düzenlemelerinde ve şehircilik uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu yönü ile ele alındığında, üzerinden geçen yaya trafiği gözönüne alınarak, dayanıklılık ve aşınma özellikleri daha fazla öne çıkar. Durabilite özellikleri, özellikle aşınma dayanımı bu tür uygulamalarda yeterli düzeyde olmalıdır. Bu konuda hazırlanmış bir makalede bu tür betonların sağlamış olduğu sınırsız renk ve doku seçeneği, doğal malzeme görünümünde bitiş, yaya alanlarının farklı renk ve doku ile algılanabilme olanağı, doğal malzemelere göre ekonomik olması, derzlerde oluşan yabani ot, yosun ve böceklenme probleminin olmaması, yüzeyde tozuma olmaması gibi avantajları sıralanmakta ve yapım teknikleri ayrıntılı olarak anlatılmaktadır [24]. Bir diğer araştırmada ise çimento dozajları farklı iki seri beton üretilmiş (325 ve 400 kg/m³ dozlu), her seride katkılı ve katkısız betonlarla bunların polipropilen lifi katılmış olanları hazırlanmıştır. Sabit su/çimento oranında, aynı portland çimentosu ve aynı agregalar kullanılmıştır. Bu üretilen betonlarla baskı betonu uygulaması yapılmıştır. Yüzeye özel renklendirici ve sertleştirici uygulanmıştır. Dökümü izleyen 28. günde yüzeye aşınma ve aderans deneyi uygulanmıştır. Yüzey sertleştirici ve lifli beton tabakası arasındaki aderans dayanımının 325 kg/m³ dozajlı betonda, dört beton karışımı içinde en yüksek değere ulaştığı sonucuna varmışlardır [18,25].

3. BETONDAN ÜRETİLEN DİĞER TASARIM ÜRÜNLERİ

Betonu yapı bileşenlerinde kullanmanın yanında, şehirselleşen çevre düzenlemelerinde, endüstriyel ürün tasarımında, iç mimarlık ürünlerinde de kullanmak mümkündür. Bu konuda; şehir mobilyası olarak, park ve bahçelerde geleneksel oturma grupları, yol ve kaldırım betonları, kilit taşı, açık mekanlarda masa, sandalye ve koltuk gibi elemanlarla, yeme-içme ve dinlenme mekanlarının düzenlenmesinde kullanılmaktadır, benzer tarzda tasarlanmış elemanlar iç mekanlarda da kullanılmaktadır [26]. Otoyollarla yerleşmeler arasında gürültü kontrol bariyeri olarak, bina parsel düzeyinde bölme elemanı olarak çok başarılı ve estetik uygulamalar vardır [6,26]. İç mimari tasarım ürünü olarak; değişik formlarda masa, sandalye ve sehpa türü elemanlar, mutfak tezgahı tablası, mutfakta eviye, oturma odalarında masa, peyzaj düzenlemelerinde tabure tarzı oturma elemanları, saksılar, iç mekan düzenlemelerinde aydınlatma elemanları, kase ve kül tablaları, şömineler, küvet, kitaplık ve benzeri elemanların tasarımı ve başarılı uygulamaları vardır [3](bkz. Şekil 4.). Francesco Passaniti tarafından tasarlan-

miş ve uygulanmış olan yüksek performanslı beton ürünü olan oturma grubu, masa, küvet tarzında çok başarılı ve estetik örnekler görülmektedir [27]. Bu konuda yapılmış olan küvet ve lavabo gibi farklı uygulama örnekleri Şekil 4. de görülmektedir.



Şekil 4. İç mimari uygulamaları - beton küvet ve lavabo [3].

4. MİMARİ BETON VE ESTETİK

Betonun estetiği konusunda yapılmış farklı çalışmalar ve yaklaşımlar vardır. Bu konuda yazılmış bir bildiride, Yıldırım, S.Ö., [28]; estetik, mimarlıkta estetik kavramları üzerinde durmuş, mimarlıkta belli bir düşüncenin aktarılmasının; yapı malzemesine teknik olanaklarla verilen biçim aracılığıyla mümkün olduğunu belirtmiştir. Malzemeyi malzeme olmaktan çıkarıp, onu bir anlatım aracı haline getirmenin tüm mimarların tasarım amacı olduğunu belirtmiştir. Biçim ve içerik ilişkisine değinmiş, mimarlığın elemanları ve estetik kriterler olarak; malzeme ve estetik kriterler, taşıyıcı sistem ve estetik kriterler, yüzey ve estetik kriterler olmak üzere üç farklı yaklaşımda konunun ele alındığını belirtmiş bu konudaki yaklaşımları açıklamıştır. Sonuç olarak betonda estetik kriter olarak kendi kişisel önerisini beş grupta toplamış ve açıklamıştır. Bir diğer tez çalışmasında [29], brüt betonun tarihsel gelişimi, teknik ve estetik özellikleri, brütalizm akımı incelenmiş, bu konuda örnek olabilecek ve Türkiye’de brütalist olarak nitelendirilebilecek sekiz ayrı yapıda kullanılan betonun teknik ve uygulama özellikleri, bu yapılarda kullanılan brüt betonun estetik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolarda verilmiştir. Bu tablolarda verilen bulgularla ilişkilendirilerek; “Akışkan ve kolay şekil alabilen bir malzeme olarak sağladığı plastik anlatımla kolaylıkla estetiğe edilebildiği”, “Bu nedenle anıtsal ve anıtsal olmayan birçok yapıda çok farklı ölçeklerdeki ihtiyaçlara hem fiziksel ve hem görsel açıdan estetik değerler kattığı”, “Brüt betonun birçok yapı malzemesine göre daha geç ve güzel yaşlanan, zamana direnebilen bir yapı malzemesi olduğu”, “Malzemenin kaba/ham halinin prezisyon kazanımıyla (incelmislik) yapının plastik

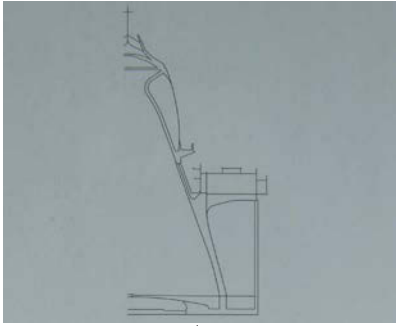
değerlerini arttırdığı”, “Yalın ve nötr bir malzeme olmasından dolayı yapıyı gereksiz süslemelerden koruyarak minimalist bir estetiğe yol açtığı”, “teknik açıdan herhangi bir kaplama malzemesi kullanılmadığından dolayı üretim hızının diğer malzemelere kıyasla daha yüksek, daha ekonomik olduğu” “Yapının tekil ve eşsiz bir kimlik ortaya koymasına imkan verdiği görülmektedir,” denilmektedir [29]. Burada verilen sonuçlarla uyumlu nitelendirmeleri; Baecher, M., ve Heinle, M., “Bauen in Sichtbeton” adlı kitaplarında benzer şekilde vurgulamaktadırlar [30]. Yazarlar; sözü edilen kitaplarında, yerinde döküm, önyapımlı beton yapı türlerinde yapılmış brüt beton yapı örneklerini yorumlamakta, bu beton türü ile yapıda yaratılan plastik etki anlatılmakta ve beton eleman ve yüzey örnekleri verilmektedir [30]. Özer, B., “Kültür Sanat Mimarlık” adlı kitabında çeşitli mimari sanat akımlarını anlatmakta, brütalizm akımını ayrıntılarıyla açıklamakta ve bu akımı Louis Kahn, Paul Rudolph ve Walter Förderer gibi mimarların mimari eserleri üzerinden yorumlamaktadır [31].

Croft, C., betonun tarihçesi ve kullanım alanlarını açıklamakta, yeni brütalizm akımını örneklerle anlatmaktadır [32]. Meyhöfer, D., betonun; insanoğlunun hayal ettiği herhangi bir şeyin, herhangi bir kalıba dökülerek şeklini aldığını ve bilgisayarların bunu hesap edebildiğini, hazır betonun yapıları sanki heykelişçesine modellemeye olanak verdiğini, betonun eskidiği zaman oluşturduğu patina tabakasıyla basit ve güzel olduğunu söylemektedir. Betona bir deri (kabuk), heykel ve yapısal ayrıntılarıyla yaklaşıp incelemekte ve örneklemektedir [32]. Mimari betonun estetiğinden, betonun dayanıklı olduğu varsayımıyla söz edilmektedir. Görsel etkinin öne çıktığı bir beton türü için kalıcılık yani durabilite önemli bir koşuldur. Bu tür betonlarda zaman içinde görülebilecek problemler, hasarlar ve çözüm önerileri konusunda, Loughran, P., yapay bir taş olan beton için konuya benzer şekilde yaklaşmıştır. Bu yayında; betonarme veya yığma yapılarda rastlanan önemli hasar problemleri örnekler üzerinde ele alınmıştır [33]. Mimari betonun istenilen estetik özelliklere sahip olabilmesi için, bu tür betonların üretiminde uyulması gereken kurallar, denetimi ve kalite kontrolü [5, 34], bu kurallara uyulmadığı taktirde betonun yerleştirilmesi sonunda yüzeyde oluşan kusurların nasıl tanımlanacağı ve kontrolü [35,36], mimari beton kullanılarak tasarlanan ve üretilen bir yapıda yapı fiziği kurallarına uygun, malzeme özellikleriyle uyumlu detaylandırmanın nasıl yapılacağı [37] ilgili yayınlarda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Tasarım alanında son yıllardaki önemli bir gelişme de sayısal (digital) tasarım, parametrik (parametric) tasarım veya üretken (generative) sanat ve/veya tasarım olarak adlandırılan alandaki uygulamalardır. Bu uygulamalar mimarlık ve mühendislik alanında da önemli

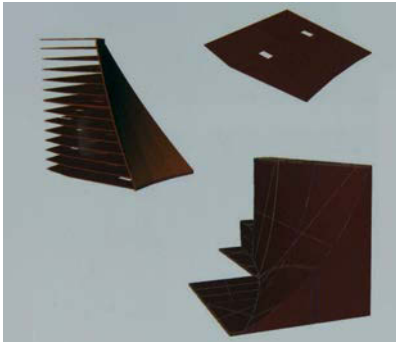
yer bulmuştur. Bu alanda yapılan uygulamalara örnek olarak, Polonya-Varşova’da tasarlanan ve inşaa edilen “National temple of divine providence” adlı dini yapıdır. Bu yapıda mimari tasarım aşamasında sayısal yöntemler kullanılmış, modüler betonarme elemanların üretiminde CNC kontrollü makinelerden yararlanılmış ve karmaşık formdaki brüt beton elemanların kalıpları bu yöntemle üretilmiştir.(bakınız şekil 5, 6 ve 7.) [38].

Dijital Süreç

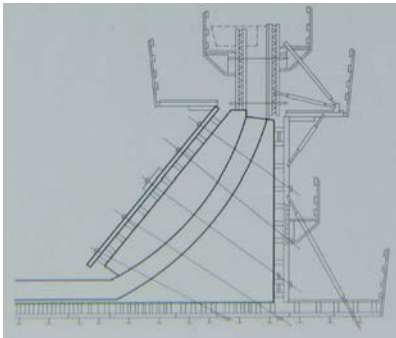
CAD Konstruksiyon kısmi modelleme



Negatif formun (kalıp) CAD’de modellenmesi



Kalıp yerleştirme planlaması



Sayısal Süreç

Sistem / Konstruksiyon Malzemesi seçimi

CNC Makinesinde üretim



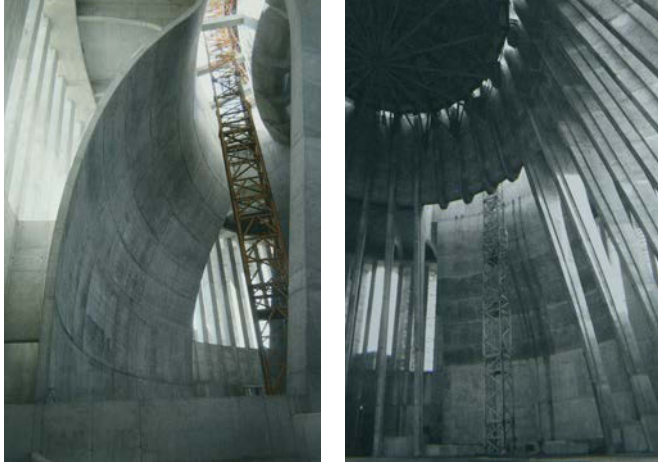
Kalıbın montajı



Kalıbın kurulması



Şekil 5. Kalıp inşaa sürecinde bilgisayar tabanlı iş akışı [38].



Şekil 6. İç mekanda üretilen eğri formdaki brüt beton elemanın kalıp alındıktan sonraki görünümü[38].

Grafik veri üretimi, beton ve donatı teknolojisindeki gelişmelerin yanında kalıp teknolojisinin ilerlemesiyle betonarme eleman tasarımı ve üretiminde sınırlar kalkmıştır. Tüm bu gelişmelerin yanında üretim sırasında ve sonrasında kullanılan modern ölçüm yöntemleri, karmaşık elemanların hassas üretimini çok daha kolaylaştırmıştır [38].



Şekil 7. “ National temple of divine providence” adlı dini yapının inşaat sırasında ve sonrasında genel görünümü [38].

Benzer uygulamalar mühendislik yapılarında, örneğin, İtalya’da Sardinya adasında San Teodoro Cuponedi viyadüğünde uygulanmıştır. Viyadük parametrik tasarımıyla biçimlenmiştir. Köprü ayakları brüt beton, döşeme tabliyesi çelik kiriş, tabliye üzerine gelen sinüzoidal koruyucu kalkanlar ise önyapımlı betonarme elemanlar olarak tasarlanmış ve üretilmiştir.[39]. (bkz. Şekil 8.)



Şekil 8. Sinüzoidal beton kalkan parçası ve bu kalkan kabuğun yer aldığı viyadüğün göl tarafından görünümü [39].

Parametrik tasarım ürünü olan mimari yapıların cephelerinin (kabuklarının) strüktür, estetik ve bitiş özelliklerini bir araya getiren brüt beton en önemli malzeme seçeneklerinden biridir. Bu özellikleriyle yapı cephesinde ek bir bitiş elemanı (kaplama) gereksinmesini ortadan kaldırır ve en dış katman olarak sağlam bir bitiş oluşturur. Betonarme/beton elemanların yüzey özellikleri betonun tümünün özelliklerini temsil eder. Betonun özelliklerini de çoğu zaman yüzey özelliklerinden giderek belirlemek o betonun dayanıklılığı hakkında fikir verir [40].

5. SONUÇ

Betonun bir yapı malzemesi olarak betonarmede kullanılması 19. yüzyılın sonuna doğru başlamıştır. Betonun ilk kullanım örneklerinde, her ne kadar başlangıçta donatılı sakı ve benzeri elemanlar üretilse de, bu kullanım, betonarme yapı elemanı ve bina üretimiyle başlamıştır. Bu kullanım amacına paralel ola-

rak, en yalın şekliyle mimari beton olarak kullanımı da gecikmemiştir. Dönemin mimarları daha kısıtlı olanaklarla bu üretimleri gerçekleştirmişlerdir. Bu eserlerin bir kısmında; kullanılan betonun dayanıklılığı yetersiz olduğundan, zaman içerisinde bu yapılarda bozulmalar ve hasarlar gözlenmiştir [30,33]. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren kullanılan kimyasallar ve mineral katkıları sayesinde yüksek mukavemetli ve giderek yüksek performanslı betonların üretimiyle bu konuda çok estetik ve başarılı yapılar tasarlanmıştır. Günümüz koşullarında üretilen kendiliğinden yerleşen betonlar, bu betonların dayanıklılığında görülen artışlar, bu malzemelerle çok daha nitelikli yapılar üretilmesine olanak tanımıştır. Beyaz çimentonun kullanılması ile üretilen beyaz betonlar, pigment katkısı ile üretilen renkli betonlar, özel kalıp astarları ve yüzey işleme teknikleri ile üretilen dokulu betonlar, bu türlerin bir arada kullanımından oluşan kombinasyonları, mimarlara adeta yepyeni malzeme türleri sunmaktadır. Betonun yeni kullanım alanları olan, kendi kendine yerleşen beton, kendi kendini temizleyen beton, yüksek performanslı betonun yanında daha sınırlı kullanım alanları olan ışığı geçiren beton, donatı yerine dokuma kullanılan dokuma takviyeli beton gibi yeni türler mimar ve mühendislerin, tasarımcıların ufkunu daha da genişletecektir.

Kaynaklar

1. ACI Committee 116R-90., "Cement And Concrete Terminology", Reported by ACI Committee 116, ACI, 1990.
2. Cohen, J.L., Moeller, G.M. Jr., editors., "Liquid Stone, New Architecture in Concrete" Birkhaeuser, 2006.
3. Gaventa, S., "Concrete Design" , Octopus Publishing Group Ltd., London, England, 2001.
4. Mindess, S., Young, F., "Concrete", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981.
5. Peck, M., Ed., "Concrete, Design Construction Examples", Birkhaeuser, 2006.
6. Karagüler, M., "Mimarlıkta Beton, Mimari Beton", Hazır Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, Yıl:9, Sayı:53, , pp. 56-61, Eylül-Ekim, 2002.
7. Kırca, Ö., Şahin, M., "Hazır Beyaz Beton ve Uygulamaları" Beton 2004 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 554-563., 2004.
8. Arslan, M., Özbebek, H., Açıık, H., "Betonarme Yapılar İçin Beyaz Çimentolu Hazır Betonun Tasarımı ve Üretimi" Beton 2011 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 459-469., 2011.
9. Karagüler, M., Terzi, M., Kuloğlu, Ş., "Renklendirici Katkıların Mimari Beton Özelliklerine Etkisi", Beton 2004 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 532-541., 2004.
10. Karagüler, M., Terzi, M., Kuloğlu, Ş., "Renklendirici Katkıların Mimari Beton Özelliklerine Etkisi", Hazır Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, Yıl:12, Sayı:72, , pp. 68-74, Kasım-Aralık, 2005.
11. Terzi, F., "Mimari Betonda Renk ve Doku", Y.Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs, 2004.
12. Karagüler, M., Sungur, S., "Kendiliğinden Yerleşen Mimari Betonlarda Pigment Katkısının Etkileri", TMMOB İMO, 7. Ulusal Beton Kongresi, Beton Teknolojisinde Gelişmeler Uygulamalar, pp. 55-64., Kasım, 2007.
13. Sungur, S., "Kendiliğinden Yerleşen Mimari Betonlarda Renk ve Doku", Y.Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran, 2006.
14. Kılıç, Y., Günay, E., Kara, M., Arslan, E.G., Yılmaz, N., "Kırmızı Çamurun Renkli Beton Üretiminde Pigment Olarak Kullanımı", Beton 2011 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 449-458., 2011.
15. Karagüler, M., "Mimari Beton ve Kalıp", Hazır Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, Yıl:10, Sayı:57, , pp. 68-72, Mayıs-Haziran, 2003.
16. Arıoğlu, N., Acun, S., Gürdal, E., "Çimento Esaslı Malzemelerin Mekan Oluşturulmasında Kullanım Yerlerinin Analizi", Beton 2004 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 542-553., 2004.
17. Engin, N., Vural, N., "Brüt Betonun Mimaride Kullanımı", Beton 2004 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 564-572., 2004.
18. Taşdemir, C., Şengül, Ö., Kara, G., Aslan, M., Ertuğrul, C., "Baskı Betonların Özellikleri", Beton 2004 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 520-531., 2004.
19. Sidney, F. Editor., "Architectural Precast Concrete", Precast/Prestressed Concrete Institute., USA, 1989.
20. Karagüler, M., "Mimari Yüzey Koruyucular", Yapı Kimyasalları, Sayı:02, pp. 40-42, Mayıs-Haziran, 2007.
21. McAuliffe, T., (Çeviren,Peker, İ.Y.), "Betonun Silanlarla Korunması", Yapı Kimyasalları, Sayı:05, pp. 66-69, Mayıs-Haziran, 2007.
22. Kuloğlu Yüksel, F.Ş., "Kendi Kendini Temizleyen Betonlarda Kalıp Tipinin Durabiliteye Etkisi", Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ekim, 2010.
23. Kuloğlu Yüksel, F.Ş., Karagüler, M., "Kendi Kendini Temizleyen Betonlar", Beton 2011 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 470-480., 2011.
24. Aslan, M., "Baskılı - Renkli Beton Uygulaması", Hazır Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, Yıl:10, Sayı:56, , pp. 98-101, Mart-Nisan, 2003.
25. Taşdemir, C., Şengül, Ö., Kara, G., Aslan, M., Ertuğrul, C., "Baskı Betonlarının Özellikleri", " Hazır Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, Yıl:12, Sayı:70, , pp. 66-72, Temmuz-Ağustos, 2005.
26. Meyhöfer, D., "Contemporary Buildings and Interiors", Concrete, Creations", By Verlaghaus Braun, 2008.
27. Torre, F., "Materials - A Sourcebook for Walls and Floors" Stewart, Tabori & Chang, Newyork,USA, 2008.
28. Yıldırım, S.Ö., "Mimarlık ve Estetik, Betonun Estetiği ", Beton 2004 Kongresi Bildirileri, THBB, pp. 573-583., 2004.
29. Salgın, B., "Brüt Beton, Brütalizm ve Türkiye Örnekleri", Y.Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül, 2007.
30. Baecher, M., Heinle, E., "Bauen in Sichtbeton", by Julius Hoffmann, Stuttgart, Germany, 1966.
31. Özer, B., "Kültür Sanat Mimarlık", Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 1986.
32. Croft, C., "Concrete Architecture" , By Gibbs Smith, Publisher, Utah, USA., 2004.
33. Loughran, P., "Failed Stone", Birkhaeuser - Publishers for Architecture, Basel, Berlin, Boston, 2007.
34. Reported by ACI Committee 303., "Guide to Cast in Place Architectural Concrete Practice", ACI Manual of Concrete Practice, Use of Concrete in Buildings, Part 3, 1993.
35. Reported by ACI Committee 309., "Identification and Control of Consolidation-Related Surface Defects in Formed Concrete", ACI Manual of Concrete Practice, Construction Practices and Inspection Pavements, Part 2, 1993.
36. Reported by ACI Committee 347., "Guide to Formwork for Concrete", ACI Manual of Concrete Practice, Construction Practices and Inspection Pavements, Part 2, 1993.
37. Allen, E., "Architectural Detailing - Function, Constructibility, Aesthetics", John Wiley and Sons, Inc. 1993.
38. Hauschild, M., Karzel, R., "Digital Processes", Planning, Design, Production., Birkhaeuser, 2011.
39. Tramontin, M.L., Tramontin, V., "Generative Features: A Parametric Approach for Exploring Novel Potential in Architectural Design Process", Generative Art Conference, pp. 112-125, GA 2008.
40. Long, A.E., Henderson, G.D., Montgomery, F.D., "Why Assess the Properties of Near Surface Concrete", Construction and Building Materials 15, 2001, pp. 65-79.