

AKILLI YAPI KABUKLARI

Ahmet Vefa ORHON

ÖZET

Genel anlamıyla yapı kabuğu, yapı formunu tanımlamak ve kullanıcıların yapı içinde gereksinim duyduğu konfor şartlarını sağlamak üzere yapıyı çevreleyen/örtün, çatı ve cephe elemanları gibi bileşenler içeren yapı elemanıdır. Geleneksel mimaride sabit özellikler taşıyan, nitelik açısından “değişmez” yapı kabukları, günümüzde artık akıllı malzemeler başta olmak üzere çağdaş malzemelerin gelişi, bilgisayarların ve nanoteknolojinin ortaya çıkışı ile birlikte değişimlere adapte olabilen - akıllı - yapı elemanları haline gelmiştir.

Yapı kabuğu, yapının mimari işlevini kütleli olarak temsil etmek gibi estetik görevler dışında yapının konfor gereksinmesini istenilen düzeyde ve devamlılıkta sağlamak görevini de gerçekleştirir. Günümüzde konfor işlevini sağlamak üzere yapı kabuğundan beklenen nitelikler – enerji korunumu/kazanımı, doğal aydınlatma, doğal havalandırma, güneş kontrolü, ışık kontrolü, gürültü kontrolü gibi – giderek artıp karmaşıklaşmakta, sürdürülebilirlik endişeleriyle de çeşitlenmektedir. Günümüzde kadar “şeffaflık”, “değişkenlik”, “uyarılabilirlik”, “etkileşimlilik”, “enerji etkinliği”, “sürdürülebilirlik”, “ara yüz olmak” gibi pek çok niteliği birleştirerek karmaşıklaşmaya ve çeşitlenmeye başlayan akıllı yapı kabukları, bu çalışmada 3 örnek yapı üzerinden irdelenmiş, bu yapı elemanlarının giderek çeşitlenen ve giriftleşen işlevleri, malzemeleri ve teknolojileri ana hatlarıyla ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Kabuğu, Sürdürülebilirlik.

ABSTRACT

In general term, building skin is a building element that defines the building form, confines the building space to satisfy the comfort conditions required in the building and includes roof and wall components. While traditional building skins usually had stable properties and constant qualifications, with the coming of computers, nanotechnology and new building materials such as smart materials, modern building skins became ‘smart’ building elements which adapt to environmental conditions.

Beside its esthetical tasks such as determining the architectural form of the building, building skin also serves to satisfy the comfort conditions required in the building. Nowadays, the comfort qualifications expected from the building skin - such as energy saving/protection, natural day lighting, natural ventilation, solar control etc. – are increasing and varying. This paper deals with modern smart building skins which combine many properties - such as “transparency”, “variability”, “adaptability”, “interactivity”, “energy efficiency”, “sustainability”, “being media” etc. – to outline their increasing and varying functions, materials and technology via three examples of building skins.

Key Words: Building Skin, Sustainability.

1. GİRİŞ

Genel anlamıyla yapı kabuğu, yapının estetik, konfor ve güvenlik gereksinimlerini sağlamak üzere yapıyı çevreleyen/örtün, çatı ve cephe elemanları gibi bileşenler içeren yapı elemanıdır. Bu bağlamda yapı kabuğunun temel görevleri şunlardır:

1. Yapının mimari biçimini, formunu tanımlamak
2. Yapı kullanıcıları için iç ortamda gerekli görsel, işitsel, ısısal, iklimsel vb. konfor şartlarını sağlamak
3. Yapının masuniyetini sağlamak

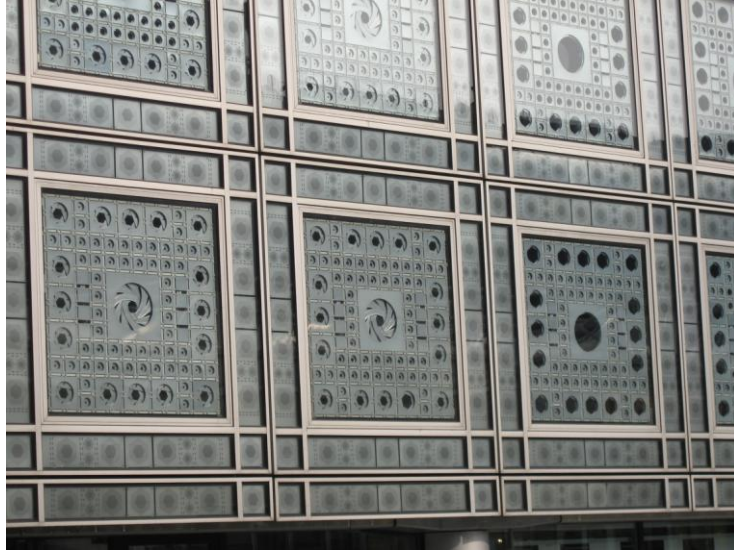
Klasik yapı kabuklarının değişimi sanayi devrimiyle başlar. 19 yüzyıldan itibaren yeni yapı malzemelerinin (demir, beton, betonarme) gelişimiyle çağdaş karkas (iskelet) strüktürlerin gelişimi yapı kabuklarının 'taşıyıcı' olma özelliklerini yitirerek sadece 'örtücü' özellik kazanmasına neden olmuştur. Dökme demir ve cam ile inşa edilen Crystal Palace (Londra, İngiltere, 1851, Joseph Paxton) ile birlikte yapı kabuğu ilk kez "şeffaflık" kavramıyla tanışır. Daha sonra çelik, paslanmaz çelik, alüminyum, temperli cam, titanyum, yeni kuşak plastikler (ETFE vb.), akıllı malzemeler gibi daha pek çok malzeme birbiri ardına kullanıma girip yapı kabuklarında kullanılmaya başlanırken "değişkenlik", "çevreyle uyum", "sürdürülebilirlik" kavramları öne çıkar. Günümüzde doğal aydınlatma ve havalandırmayı en iyi biçimde kullanmak, enerji korunumu/kazanımı açısından etkin olmak, değişen çevresel koşullara ve kullanıcı gereksinimlerine uyum sağlamak, şehir ölçeğinde etkileşimli bir ara yüz (medya ekranı vb.) oluşturmak gibi pek çok nitelikleri uygun biçimde tasarlanmış malzeme ve detay çözümleriyle sağlayan yapı kabukları "akıllı" olarak anılmaktadır.

2. AKILLI YAPI KABUKLARI

Yapıyı çevreleyen/örtün/sınırlayan bir yapı elemanı olarak yapı kabuğu, doğal olarak 'iç ortam' ve 'dış ortam' arasında bir cidardır. Yapı kullanıcılarının gerek duyduğu konfor şartlarının sağlanarak devamlılığının korunmasına ihtiyaç duyan iç ortam nispeten durağanken, yapıyı çevreleyen dış ortam oldukça devingendir; mevsimsel döngüler dışında kısa dönem döngüler (gece, gündüz) içinde bile oldukça değişken çevresel koşullar (sıcaklık, ışık, hava durumu vb.) gösterir.

Klasik yapı kabukları genellikle değişmez, sabit özellikler/nitelikler gösterecek şekilde tasarlanmıştır. Ancak dış ortam bu kadar değişken iken yapı kabuğunun değişmez, sabit özellik taşıması, değişken çevresel koşullara uyum gösterme niteliğinin bulunmaması, iç ortamda konfor şartlarının sağlanmasında etkinliğinin azalmasına yol açmaktadır. Elbette çevresel koşulların değişkenliğine karşı klasik yapı kabukları da açılır kanat, jaluzi, perde vb. gibi konvansiyonel çözümlerle yanıt verebilir; ancak her yapı ve işlev için uygulanamayan bu çözümler sınırlı ve talidir.

'Çevresel koşullara yanıt veren mimarlık' (responsive architecture) kavramı ilk kez Negroponte tarafından 1970 yılında ortaya atılmıştır [1]. Biyolojideki 'adaptasyon' (canlıların kendisini değişen çevre koşullarına uyarlaması; uyum) kavramının mimarlığa uygulanmış analogisi (benzeşimi) olan kavram 'yapıya bütünleşik algılayıcılarla alınan ve bilgisayar ile değerlendirilen dış uyarılara yapı elemanlarına (kabuk, strüktür vb.) bütünleşik hareket mekanizmalarıyla yanıt vermek' anlayışını esas almıştır [2]. Böylece ilk kez alışlagelmiş yapı kavramının ötesine geçilerek 'çevresel koşullara değişerek uyum gösteren mimarlık' (adaptive architecture) fikri de ortaya atılmıştır Kendisini çevresel koşullara uyarlayan bir yapı kabuğu ilk kez Jean Nouvel tarafından tasarlanan ve 1981-1987 arasında Paris'te inşa edilen Arap Dünyası Enstitüsü (Institut du Monde Arabe) yapısında uygulanmıştır. Yapının cephesinde gelen ışığa bağlı olarak elektroprömatik sistemle kontrol edilen 30,000 adet alüminyum malzemeli mekanik diyafram kullanılarak gün ışığı kontrolü sağlanmıştır [3]. Çevresel koşullara değişerek uyum gösterme niteliğiyle yapı aynı zamanda ilk "akıllı" yapı kabuklarından birisine de sahiptir. Yapının güney cephesinde çift tabakalı cam arasına yerleştirilmiş olarak duran diyaframlar günümüzde de hala çalışır durumdadır (**Şekil 1**).



Şekil 1. Arap Dünyası Enstitüsü yapısında güneş ışığına ‘uyarlı’ cephe

Arap Dünyası Enstitüsü yapısıyla birlikte ilk kez çevresel koşullara yanıt vermek üzere adaptasyon (uyum) yapan ‘uyarlı’ (adaptif) yapı kabuğu kavramı uygulama bulmuştur. Uyarlı yapı kabukları için asıl dönüm noktası akıllı malzemelerin gelişile olmuştur. Akıllı malzemeler, kullanımları sırasında dış uyarılara karşı işlevlerine yardımcı olacak faydalı nitelik değişimleri yapmak üzere doğal etki mekanizmaları kullanılarak uygun biçimde tasarlanmış malzemelerdir [2]. Akıllı malzemelerin gelişile bilgisayar vb. sistemler kullanmadan malzemelerin kendi doğal mekanizmalarını kullanarak - işlem gücü gerekmeden – adaptasyon yapan “akıllı” cepheler mümkün olmuştur.

Bu çalışmada Arap Dünyası Enstitüsü yapısı ile mimariye giren akıllı yapı kabukları daha sonraki üç önemli örnek üzerinden kronolojik sırada irdelenecektir.

2.1. Duales System Expo 2000 Pavyonu (Hannover, Almanya, 2000, Atelier Brueckner)

Expo 2000 dünya fuarı organizasyonda Alman geri dönüşüm projesi Duales System için tasarlanan geçici yapı ilk değişken ETFE panel cephe yapıdır. ETFE (Etilen Tetrafloroetilen) geniş bir sıcaklık aralığında yüksek kimyasal ve mekanik dirence sahip yeni kuşak bir plastik malzemedir. Dayanıklılığı, sağlamlığı, yüzeyinin yapışmazlık özelliği nedeniyle temiz kalması gibi avantajları malzemenin çatı ve cephelerde kullanılmasını sağlamaktadır. İnce katlar halinde kullanılan malzeme, bu tip plastikler gibi biçimleriyle çalıştırılmak üzere pnömatik (şişirme) zarlar ya da membranlar şeklinde kullanılmaktadır [4].

Yapının kabuğunu oluşturan şeffaf ETFE cephe, yapı içindeki gösterim ihtiyacına göre iç mekânı karartmak üzere değişmek ve sunum için perde olarak kullanılmak amacına uyarlı tasarlanmıştır. Cephe sistemi, cephe yüksekliğinde devam eden 3 m. x 18 m. boyutlarında pnömatik (şişirme) ETFE yastıkların yan yana getirilmesiyle oluşturulmuştur. ETFE cephesi 3 katmanlıdır; dıştan 2 katmanı üzerinde pozitif/negatif yaprak dokusu baskılıdır. Sistemin 3 katmanı arasında 2 pnömatik bölge vardır. Bu pnömatik bölgelerin basınçları kontrol edilerek gün ışığını içeri alacak ya da üst üste geldiklerinde birbirlerini örterek ışığı kesecek şekilde tasarlanmış yaprak dokulu katmanları üst üste getirerek karanlık bir iç mekân yaratacak düzenleme yapılmaktadır (**Şekil 2**) [5].

Yapının 25. m. çapında, dairesel, şeffaf çatısı da üç katmanlı ETFE malzemedir ve dünyanın en büyük ETFE yastıklarından biri olmuştur. Çatı örtüsü sistemin iç hava basıncına ek olarak 2 adet radyal kablo ağıyla gerilmektedir. Sistemde gün ışığını kontrol etmek üzere pnömatik kontrollü panjurlarda bulunmaktadır.



Şekil 2. Duales System Expo 2000 Pavyonu. Solda: ETFE cephe. Sağda: ETFE yastık katmanları üzerindeki baskılı yaprak dokusu

Geçici, şeffaf strüktürde yapı kabuğunda ısı depolayıcı kütlelerin bulunmaması nedeniyle oluşan iklimsel konfor sorunları pasif iklimlendirme çözümleriyle giderilmiştir [5]. Tamamıyla geri dönüştürülebilir özellik gösteren yapı kabuğu, yapının performansını ve mekan karakteristiğini değiştiren akıllı gün ışığı kontrolü ve dinamik ısıl nitelikleriyle aynı zamanda sürdürülebilir bir yapı bileşenidir.

2.2. Graz Sanat Müzesi (Graz, Avusturya, 2003, Peter Cook&Colin Fournier)

Graz şehrinin 2003 yılı Avrupa Kültür Başkenti olması nedeniyle inşa edilen Graz Sanat Müzesi (Kunsthhaus Graz) biomorfik yapı kabuğuyla dikkat çeken bir binadır. Bugün şehrin simgesi haline gelen yapının akrilik cam yüzeyli biomorfik yapı kabuğunun bir bölümü içerde devam eden kültür ve sanat aktiviteleri ile ilgili görüntüler gösteren bir ekran olarak işlev göstermek üzere tasarlanmıştır. "BIX" - "big" (büyük) and "pixels" (pikseller) - olarak isimlendirilen ekran sistemi yapı kabuğuna entegredir. Ekranın pikselleri yapı kabuğunun doğu kısmında, yaklaşık 20 m. yükseklik ve 45 m. genişlikte bir bölümde akrilik cam yüzeyin altına yerleştiren 930 adet dairesel 40W floresan ışıktır. Her birinin parlaklığı %0-%100 arasında ayarlanabilen piksel ışıklar bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir (**Şekil 3**). Saniyede 20 kare hızla animasyon gösterebilen BIX ekran şematik canlandırmalar, grafik geçişler, yazılar görüntüleyebilen düşük çözünürlüklü, şehir ölçeğinde bir medya ekranı olarak çalışmaktadır [6].



Şekil 3. Graz Sanat Müzesi. Yukarıda: Biomorfik yapı kabuğu. Aşağıda: BIX medya ekranı

2.3. Chanel Ginza Binası (Tokyo, Japonya, 2004, Peter Marino Associates)

Tokyo'da Ginza bölgesinde bulunan 10 katlı yapı, zemin katlarında sahibi olan moda firmasının 1300 m² butik mağazasını, sonraki katlarında sırasıyla sergi ve konser mekanı, kiralık ofisler ve bir gurme restoranı içeren bir prestij yapısıdır [7]. Yapının cephesi yapıyı bir moda ikonu haline getirmek amacıyla gündüz gün ışığını kullanma işlevi bozulmadan geceleri tamamıyla bir medya ekranına dönüşmek üzere akıllı malzeme kökenli teknolojiler olan elektro-optik cam ve LED sistemleri kullanılarak tasarlanmıştır.

Cepheyi oluşturan yapı kabuğu üç katmanlı bir yapıdadır. Yapı kabuğunun güneş kontrolü işlevini gerçekleştiren dış katmanı Chanel'in imzası olan tüvit kumaşın dokusunu hatırlatan baklava biçimi petekli çelik strüktüre tutturulmuş çift tabakalı, Low-E, gri, lamine camdır. Arada boşluğu takiben elektro-optik cam özellikli bir ara katman bulunmaktadır. Elektro-optik (EO) akıllı malzemeler, üzerlerine uygulanan elektrik alanla optik özelliklerini (saydımlık, kırılma indisi vb.) değiştiren

malzemelerdir. Elektrik alanla renk değiştiren elektrokromik camlardan farklı olarak elektro-optik camlar elektrik alanla saydamlık-opaklık durumlarını değiştirirler. Yapı kabuğunun iç katmanı ise içersine çift sıra beyaz LEDler entegre edilmiş düşey alüminyum raylarla kesilen çift çerçeveli lamine güvenlik camıdır. Katmanlı yapıdaki bu akıllı cephe gece ve gündüz olmak üzere 2 durum için tasarlanmıştır. Gündüz elektro-optik cam katmanı saydam durumda olduğundan bütün cephe de şeffaf durumdadır. Bu durumda cephe güneş kontrolü özelliği sağlayan ancak görüşü kısıtlamayan bir kabuktur. Gece ise elektro-optik cam opak hale dönüştürülüp bilgisayar kontrollü LED katmanı da aktif hale geçerek cepheyi 910 m² lik bir medya ekranına dönüştürür. (Şekil 4) Sistemdeki 700,000 LED 3 ana bilgisayar ve 65,000 mikro bilgisayardan oluşan – saniyede 32 trilyon komut işleyebilecek güçte – bir işlemci sistemi tarafından kontrol edilmektedir [8].



Şekil 4. Chanel Ginza binası cephesi. Solda: Gündüz durumu - saydam cephe. Sağda: Gece durumu – opak medya ekranı

SONUÇ

Yapı kabuğu, yapının mimari işlevini kütleli olarak temsil etmek, yapı formunu tanımlamak gibi estetik görevler dışında yapının konfor gereksinmesini istenilen düzeyde ve devamlılıkta sağlamak gibi işlevsel görevleri de gerçekleştirir. Günümüzde konfor işlevini sağlamak üzere yapı kabuğundan beklenen nitelikler – enerji korunumu/kazanımı, doğal aydınlatma, doğal havalandırma, güneş kontrolü, ışık kontrolü, gürültü kontrolü vb. – giderek artmakta, sürdürülebilirlik endişeleriyle çeşitlenmektedir.

Akıllı yapı kabukları pek çok gereksinime (çevre koşulları, yapı işlevi v.b.) uyarlı olarak tasarlanabilirler. Örneğin: güneş ışığına uyarlı cephesiyle Arap Dünyası Enstitüsü çevreye uyarlı bir kabuğa sahipken, Duales System Expo 2000 Pavyonu yapının işlevine uyarlı bir akıllı kabuğa sahiptir. Çalışmada değinilen Graz Sanat Müzesi ve Chanel Ginza Binası gibi yapılarda ise akıllı yapı kabuklarına “medya ekranı olmak”, “ara yüz oluşturmak” gibi yeni işlevler yüklendiği görülmektedir.

Günümüzde kadar “şeffaflık”, “değişkenlik”, “uyarlılık”, “etkileşimlilik”, “enerji etkinlik”, “sürdürülebilirlik”, “ara yüz olmak” gibi pek çok niteliği birleştirerek karmaşıklaşmaya ve çeşitlenmeye başlayan akıllı yapı kabuklarının gelecekte daha da akıllanarak yeni işlevler edineceği açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] Negroponte, N., "The Architecture Machine", M.I.T. Press, Cambridge, 1970.
- [2] Orhon, A. V., "Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı", Ege Mimarlık, sayı: 82, 2012.
- [3] Compagno, A., "Intelligent Glass Facades: Material, Practice, Design", Birkhauser Verlag., Basel, 1999.
- [4] Orhon, A. V., "Modern Yapı Malzemeleri ", Yapı, sayı: 300, YEM Yayınları, İstanbul, 2006.
- [5] Jeska, S., "Transparent Plastics: Design and Technology", Birkhauser Verlag., Basel, 2008.
- [6] Peter, C., Fournier, C., "A Friendly Alien: Ein Kunsthaus fur Graz", Hatje Cantz Publishers, 2004.
- [7] Weathersby, W., "Chanel Ginza", Architectural Record, 11, 2005.
- [8] Ritter, A., "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design", Birkhauser, Basel, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Vefa ORHON

1971 yılı Balıkesir doğumludur. 1992 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık bölümünden mezun olmuştur. Lisansüstü eğitimine aynı üniversitede Yapı Bilgisi anabilim dalında devam ederek 1995 yılında yüksek lisansını, 2003 yılında doktorasını tamamlamıştır. 1996 yılında DEÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık bölümü Yapı Bilgisi anabilim dalında araştırma görevlisi olarak akademik hayatına başlamış, 2004 yılında Yardımcı Doçent olmuştur. Mimarlık bölümünde lisans ve lisansüstü dersleri dışında, zaman zaman inşaat mühendisliği bölümünde de lisans seviyesinde ders vermektedir. Visual Basic programlama dilini profesyonel seviyede bilmekte ve mimarlıkta parametrik tasarıma dönük Geodel (GEOmetry Deriving/Defining Language) isimli bir program geliştirmektedir. Malzeme, sürdürülebilirlik ve parametrik tasarım konularında çalışmaktadır.