

# YAPI KABUĞUNDA ISI ve SES YÖNÜNDE DENETİM - KONFOR İLİŞKİSİ

Prof. Dr. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN  
YTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Bilim Dalı

## ÖZET

Yapı kabuğu, yapıların mimari biçimlenişlerinde buldukları dış çevre koşulları ve işlevlerine göre uygun fizik ortamın yaratılmasında önemli rol oynar. Bu nedenle, yapı içinde oluşturulması gerekli olan görsel, işitsel, ısısal ve benzeri konfor koşullarının elde edilmesinde yapı kabuğunun biçimlenişi yani bu kabukta kullanılacak gereç ya da gereçler, bunların kesitleri, detaylandırılması, cam / dolu alan oranlarının uygun seçilmesi gibi etkenler önemlidir. Özellikle, çağdaş yapım ve üretim teknolojisinin ve yeni gereçlerin kullanılmalarının yaygınlaştığı günümüz yapılarında konu çok daha fazla önem taşımaktadır.

*Anahtar sözcükler: Yapı Fiziği, Yapı Kabuğu, Isı, Ses, Isısal Konfor, İşitsel Konfor*

## GİRİŞ

Yapılarda uygun olan fizik ortamın, bir başka deyişle, türlü yönlerden gerekli olan konfor koşullarının oluşturulmasında etkili olan, ışık, renk, ses, ısı - nem, güneş ışınları, koku ve benzeri gibi fizik etkenler önemli rol oynar.

İnsanın dışında olan bu fizik etkenler, mimari düzenlemelerde elde edilen mekanlarda, insanların türlü yaşantıları, işlevleri, et-

kinlikleri ile ilgili ve insanın fizyolojik ve psikolojik özelliklerine ve gereksinmelerine uygun olan ortamların yaratılmasını zorunlu kılar.

Yapı içinde ısısal, işitsel ve benzeri yönlerden oluşturulması zorunlu olan konfor koşulları çoğunlukla yapı kabuğuyla ayrılan iç ve dış çevre etkenlerine bağlıdır. Fiziksel açıdan yapı içi ve dışı arasındaki türlü etkileşimler yapı kabuğu aracılığı ile olur. Bu nedenle iklimle dengeli, yapı içinde yapma

### Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN

İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Koca Ragıp Paşa İlkokulu'nda, orta öğrenimini Atatürk Kız Meslek lisesi'nde tamamladı. 1961-62 öğretim yılından itibaren Lisans, Yüksek Lisans eğitimini ve tüm akademik aşamalarını bugün YTÜ olan kurumda gerçekleştirdi. Akademik yaşamında, Aydınlatma-Renk, Akustik, Isısal Konfor, Güneş Denetimi gibi Yapı Fiziği kapsamına giren konuların tümü ile ilgili pek çok bilimsel çalışma, araştırma yayınladı.

Yapı Fiziği Kürsüsü, Laboratuvarı, Lisansüstü Bilim Dalı'nın kuruluşunda, derslerin verilmesinde, tezlerin yönetiminde etkin görev aldı.

Yurt dışında, başta İngiltere, Hollanda, Belçika olmak üzere, birçok ülkede Mimarlık ve özellikle Aydınlatma konularında incelemeler yaptı, laboratuvar, kurs, sempozyum programlarına ve konferanslara katıldı. Mimarlık eğitimi üzerinde çalıştı. Üniversite döner Sermaye İşletmeleri kapsamında Aydınlatma ve Akustik konularında ölçme, rapor, proje ve çalışmalar yönetti, danışmanlık yaptı.

Asistan temsilciliği, bilim dalı, anabilim dalı, bölüm başkanlıkları ile bölüm, fakülte kurulları ve senato üyelikleri gibi yönetim görevlerinde bulundu. Şu anda, Yapı Fiziği Bilim Dalı Başkanı, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı Başkanı, Bölüm Kurulu ve Fakülte Yönetim Kurulu üyesi görevini sürdürmektedir. Ayrıca, kurucu üyesi olduğu Türk Akustik Derneği ve Aydınlatma Türk Milli Komitesi Yönetim Kurullarında Başkanlık ve Başkan Yardımcılığı görevlerini yapmaktadır.

şinde, gereç, kesit belirlenmesi, cam / dolu alan oranlarının iyi seçilmesi gibi etkenler üzerinde önemle durulması gerekir. Yeni ürün, yapı ve yapım teknolojilerin uygulandığı özellikle çok katlı yapılarda ise, yapı kabuğunun biçimlenişi, yapı fiziği yönünden oldukça farklı durumlar yaratmakta, dolayısıyla yapı içinde uygun fizik ortamın oluşturulmasında yapma sistemlere ağırlıklı olarak gereksinme duyulmaktadır.

Doğaldır ki, yapı kabuğunun konforluşturmada etkinliği tüm fizik ortam öğeleri yönünden aynı ağırlığı taşımaz. Bu yazıda yapı kabuğu ısı ve ses yönünden ele alınarak gereksinim - işitsel konfor ilişkisine değinilecektir.

## 1. YAPI KABUĞUNDA ISI DENETİMİ - İSİSAL KONFOR İLİŞKİSİ

Bilindiği gibi, termodinamik yasasına göre ısının sıcaktan soğuğa akışı kaçınılmaz olup, yapı içi ve dışı arasında da bu akış geçerlidir. Yapı kabuğu çoğu kez ayrı sıcaklıklara sahip iç ve dış çevre arasında bu ısı geçişini belirli oranda engelleyen bir ayırıcı

direnç / ne kadar yüksek olursa bir yandan öte yana geçen ısı o oranda azalır. İsisal direnci yüksek olan kabuklar genellikle çift cidarlı ve / ya da yalıtımlı veya oldukça kalın kullanılmış gereçlerden oluşur.

Yapı kabuğunda değişik oranlarda cam kullanılması yine dış çevre koşulları yönünden değerlendirilmesi gereken önemli bir konudur. Cam yüzeyler ya da pencereler özellikle tek cam kullanıldığında, ısıl direnci çok düşük olan öğelerdir. Soğuk ve sıcak hava koşullarında yapı kabuğunun cam ve dolu alanlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekir. Yapı kabuğunda kullanılan değişik gereçler ve kesitler kabuğun tümünde ısıl direnç yönünden ayırım gösterir.

Yapı içinde kullanıcıların etkinliklerine göre, bağıl nem, hava devinimleri, sıcaklık ve hacmi çevreleyen öğelerin iç yüzey sıcaklıkları kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu zaman ısıl konfor sağlanır. Ancak, yapı kabuğunun ısıl direnci düşük olduğu zaman, soğuk hava koşullarında bu kabuğun iç yüzey sıcaklığı konfor sınırlarının altında, sı -

Çizelge 1

GEREÇ	NİTELİK	İSİSAL KONFOR (İK)
Taş Duvar	Yoğun taş - sıvasız - 50 cm	Yok
Taş Duvar	Gözenekli taş - sıvalı - 55 cm	Yok
Kerpiç Duvar	Saman katkılı - sıvalı - 55 cm	Var
Tuğla Duvar	Delikli tuğla - sıvalı - 34 cm	Var
Tuğla Duvar	Delikli tuğla - sıvalı - 24 cm	Yok
Tuğla Duvar	Dolu tuğla - sıvalı - 24 cm	Yok
Briket Duvar	Boşluklu beton briket-sıvalı-24 cm	Yok
Ytong Duvar	Harçlı blok - sıvalı - 25 cm	Var
Brüt Beton Duvar	Sıvasız - 20 cm	Yok
Betonarme Perde Duvar	Sıvalı - 20 cm	Yok

Çizelge 2

GEREÇ	NİTELİK	İSİSAL KONFOR (İK)
Delikli Tuğla Duvar	Isı yalıtımlı – 29 cm	Tüm DS için Var
Ytong Duvar	Isı yalıtımlı – 30 cm	Tüm DS için Var
Betonarme Perde Duvar	Isı yalıtımlı – 30 cm	-12 °C DS'ye kadar İK Var
Cift Duvar	Delikli tuğla – sıvalı – 31 cm	-3 °C DS'ye kadar İK Var

Çift Duvar	Isı yalıtımlı – 34 cm	Tüm DS için IK Var
Çift Duvar	Sert tuğla – Ytong – 30 cm	-9 °C DS'ye kadar IK Var
Çift Duvar	Sert tuğla – Isı yalıtımı – Ytong – 33 cm	Tüm DS için IK Var

### Çizelge 3

GEREÇ	NİTELİK	ISISAL KONFOR (IK)
Tek Cam	4 mm	Yok
Çift Cam	4/20/4 mm	Yok

cak hava koşullarında ise üzerinde olabilir. Hacmin iç hava sıcaklığına göre yaklaşık  $\pm 3$  °C' den fazla ayırım gösteren yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklığı ortalama ışımsal sıcaklık yönünden konforsuzluk yaratan önemli bir etkidir. Çünkü, kişilerle yüzeyler arasında ışıma yolu ile ısı alışverişi doğar. Bu nedenle, ısısal direnci düşük olan kesitlerde, özellikle soğuk hava koşullarında, iç yüzey sıcaklığı düşeceğinden, bu yüzeylere yakın bulunan kişilerde ışıma ile olan ısı kaybı ısısal konforu bozacaktır. Yapı kabuğunda değişik iç yüzey sıcaklığına sahip olan değişik öğeler kişilerde simetrik olmayan bölgesel konforsuzluklara da neden olur.

Çizelge 1'de dış hava sıcaklık değerleri +3 °C ile -24 °C arasında, konfor yönünden iç hava sıcaklık değerleri 18 °C, 20 °C, 22 °C alınmış yapı kabuğunun düşey öğelerini oluşturan ve uygulamaları yaygın olan değişik kesitlerin hesaplanan iç yüzey sıcaklık

değerlerine göre, ortalama ışımsal sıcaklık yönünden konfor durumları gösterilmiştir. Çizelge 2'de aynı sıcaklık koşullarında incelenen yalıtımlı ve çift cidarlı kesitlerin, Çizelge 3'te ise tek ve çift cam için sonuçlar verilmiştir.

Yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklığının düşük olması, kabuktan olan ısı kayıplarının da fazla olduğunu gösterir. Bu durum yapıda gerekli sıcaklığın korunması için daha fazla enerji kullanımını zorunlu kılar. Bu durum çevre kirliliği yönünden de olumsuz etkiler getirir.

Ayrıca, yapı kabuğunun tamamen ya da büyük oranda cam olması durumunda, üzerinde durulması gereken bir konu da yoğunlaşma olayıdır. Nem geçişlerine olanak vermeyen bu gereçlerin iç yüzey sıcaklıklarının bu nedenle de belli koşulları sağlaması gerekir. Kuşkusuz, yapı kabuğunda kesit içinde olabilecek yoğunlaşma olasılıklarının denetimi de

önem taşımaktadır.

Giydirme cephe kullanılan çok katlı yapılarda, sandviç sistemler dışında, ağırlıklı olarak cam kullanılması durumunda, ısı kayıpları önemli bir sorun yaratmaktadır. Dolayısıyla, iklim verilerine göre ve etkin enerji kullanımı yönünden ikili, üçlü ya da dörtlü cam sistemlerinin kullanılması gerekebilir. Bu tür yapılarda ısısal konfor yönünden uygun fizik ortamın yaratılmasında yapma sistemler (iklimlendirme, ısıtma - soğutma, havalandırma) önem taşır. Bu yönden de kullanışı ko-

larının olumsuz etkilerinin önlenmesi için bunların denetlenmesi gerekir. Bu denetimde, yapı kabuğunda planlama ile ilgili yatay, düşey ya da ikisini de içeren güneş kırınlar, kapak, kepenk, panjur, özel camlar ve benzeri öğeler kullanılabilir.

Güneş ışımlarının denetimi, yapıda ya da hacimde özellikle fazla ısı yükü oluşturulmaması dolayısıyla soğutma yükünün azaltılması ve ayrıca da görsel konfor yönünden hacimde büyük ışıklılık ve aydınlık ayırımının olmaması, kimi zaman da bazı özdekle

laylaştıran, değişen dış hava koşullarına otomatik uyarlanan bir sistemle uygun enerji kullanımını denetleyen, sıcaklık, nem, hava devinimlerinin ortamlara ve insan fizyolojisine uygun koşulları yaratan bir sistem olarak akıllı yapı tasarımı kaçınılmaz olmaktadır.

## 1.1 GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA

Yapı kabuğu oluşturulurken denetimde bir başka önemli konu, edilgen (pasif) sistemle, yapılarda ısı elde edilmesidir. Bu konu düşünülmüş olsun ya da olmasın her yapı da yapı kabuğunun cam + dolu alanları güneş ışınimlarıyla karşı karşıyadır. Cam yüzeylerden içeri giren güneş ışınimlarının yarattığı "ser etkisi" yapının içinde ısının artmasına neden olur. Ayrıca, yapı kabuğunun dolu alanlarının dış yüzeylerinin ısınması ve bu ısının içeriye aktarılmasıyla yine hacimde ısı artışı olur. Bu durum, soğuk hava koşullarında ısı girdisi sağladığı için olumludur.

Enerji kullanımı yönünden olabildiğince güneş enerjisinden yararlanılması düşünüldüğünde yapı kabuğunun hem ısı elde edilmesi ve aktarılması, hem de ısının depolanması yönünden özel olarak biçimlendirilmesi gerekir.

## 1.2. GÜNEŞ IŞINIMLARINDAN KORUNMA

Yapı içine doğrudan giren güneş ışınım -

rin güneş ışınimlarının bir bölümünün yarı - rattığı olumsuz etkilerden korunması için önem taşır. Bu nedenle sonradan takma elemanların dışında, planlama ve yapı üretimi - ni etkileyen denetim öğelerinin yapı kabuğu ile birlikte düşünülmesi doğru olur.

Dolu alanlara gelen güneş ışınimlarının istenmeyen ısıtıcı etkisinden korunmada ise, yapı yüzünün yansıtma çarpanı ve yapı kabuğunun kesit olarak ısısal direnci önem taşır. Çabuk ısınan, bu ısıyı uzun süre tutan ve iç hacme ileten yapı kabuğunun, sıcak hava koşullarında istenmeyen ve konforu bozan bu etkilerinin denetlenmesi gerekir.

## 2. YAPI KABUĞUNDA SES DENETİMİ - İŞİTSEL KONFOR İLİŞKİSİ

Yapılarda akustik yönden işitsel konforun sağlanmasında, Hacim Akustiği ve Gürültü Denetimi gibi birbirinden ayrı iki konu üzerinde durulması gerekir. İşitsel konfor ile yapı kabuğu ilişkisinde de bu iki ayrı durumun incelenmesinde yarar vardır.

### 2.1. HACİM AKUSTİĞİ

Hacim içindeki sessel olayları kapsayan bu konu, işitsel konfor yönünden yapı kabuğunun biçimlenişi ile her zaman çok önemli değildir. Ancak, yapı kabuğunun iç yüzeyleri tümüyle hacmi sarıyorsa, özellikle sesin yan

sıması ve yutulması yönünden konu önem taşır. Dolayısıyla iç yüzeylerde kullanılan gereçlerin uygun seçilmesi gerekir. Hacmin işlevine bağlı olarak yansıma süresinin belirlenmesinde bu iç yüzeyler etkilidir. Ayrıca, yansıyan seslerin yenginliği arttırması olayı, hem hacim akustiği hem de gürültü denetiminde önemli yeri olan bir konudur. Örneğin, yapı kabuğu tamamen ya da büyük oranda cam olan yapıların tek mekan olarak kullanılması, açık planlı bürolar ve benzerlerinde olduğu gibi, akustik yönden özellikle yansıma nedeniyle ses düzeyinin artması gibi uygun olmayan durumlarla karşılaşılır. Yine, tek mekan olarak düzenlenen, sinema, tiyatro, konferans salonu gibi hacimlerde ise, işitsel konfor yönünden, çatı ve duvarları

şık yollarla yapı kabuğunu geçerek yapı içini etkiler. Bu etkilemede, yapı kabuğunun niteliği ve yapının ya da hacmin işlevi önemli rol oynar. Çünkü, her hacmin işlevine göre kabul edilebilen bir fon gürültü düzeyi vardır. Eğer, dış gürültü yapı kabuğundan içeri geçerken fon gürültüsünün üzerinde bir düzey oluşturuyorsa bunun denetlenmesi gerekir. Bu denetimde en etkili yol yapı kabuğunun ses geçiş kaybı (sesgeçirmezlik) arttırmaktır. Yapı kabuğunun ses geçiş kaybı, cam / dolu alan oranları ve kabukta kullanılan gereçler etkilidir. Cam / dolu alan oranları, etkinlik yönünden ısı geçişinden ayrı bir durum sergiler. Ses geçiş kaybı fazla olan bir cidarda, ses geçiş kaybı az olan bir cidar kullanılmadığı zaman, örneğin, tas duvarda açılan

kapsayan yapı kabuğunun içinde ikinci bir cidar olarak oluşturulan asma tavanlar ve kaplamalar da kimi zaman ve koşullarda yapı kabuğunun bir parçası gibi düşünülebilir.

## 2.2. GÜRÜLTÜ DENETİMİ

Günümüzde dış çevre kirlilik etkenlerinden biri de "gürültü" dür. Yapı dışı ya da kent gürültüsü olarak tanımlanan ve türlü gürültü kaynaklarının oluşturduğu bu gürültü değ

ufak bir pencere gibi, bileşik cidar olarak tüm yapı kabuğunun ses geçiş kaybı azalır. Çizelge 4'de yapı kabuğunda değişik oranlarda cam kullanılmasının bileşik cidarın ses geçiş kaybına etkisi gösterilmiştir. Kabukta kullanılan gereçlerin kütlesi ne kadar fazla yani, yoğun olursa, geçen sesteki azalmalar da o oranda artar. Ancak, olayın etkinliğinin logaritmasal olduğu unutulmamalıdır. Bu ne

Çizelge 4

Yapı Kabuğu Cam/Duvar	Sesgeçirmezlik (dB)						R ort.
	Frekans (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	
1/15	30.2	33.8	37.4	41.0	44.6	48.2	37.6
1/7.5	26.8	30.4	34.0	37.6	41.2	44.8	34.2
1/5	25.2	28.8	32.4	36.0	39.6	43.2	32.6
1./3	23.0	26.6	30.2	33.8	37.4	41.0	30.4
1/2	21.2	24.8	28.4	32.0	35.6	39.2	28.6
2/3	19.4	23.0	26.6	30.2	33.8	37.4	26.8
Cam	18.2	21.8	25.4	29.0	32.6	36.2	25.6
Duvar	47.6	51.2	54.8	58.4	62.1	65.7	50.6

denle, dış gürültünün etkili olduğu yapılarda, yüksek ses geçiş kaybı sağlayan yapı kabuğu oluşturulması gerekir.

Yapı kabuğu belli oranda cam ve dolu alanlardan oluşan yapılarda, dolu alanların ağır, masif gereçlerden olması ya da çift kabuk kullanılması, pencerelerin ufak ve en az çift cidarlı yapılmasıyla ses geçiş kayıpları yüksek düzeyde sağlanabilir. Çok katlı ve giydirme cephe kullanılan yapılarda ise, genellikle levha biçiminde gereçlerin (cam, plastik, metal vb. ) kullanılması nedeniyle özel önlem alınmazsa yeterli ses geçiş kaybı sağlanması pek olanaklı değildir.

Konvansiyonel yapılarda yapı kabuğunda kullanılan cam (pencereler) gürültü denetiminde en zayıf ögeleri oluştururken, giydirmeye cephelerde cam alanlar, plastik ya da metal öğelerden (kim zaman sandviç sistemler) daha iyi durumu yansıtırlar. Ancak, dış gürültünün fazla olduğu ortamlarda giydirmeye cephe olan yapı kabuğunun ikili ünlü batta

sında yapma sistemlerin önemi yadsınamaz. Örneğin, lamba ışığı ile aydınlatma, ısıtma, havalandırma ya da iklimlendirme vb. gibi. Yapma sistemlerin başarılı olması, fiziksel çevre etkenleri ile ilgili verilerin doğru saptanması ve yapı kabuğunun uygun biçimlenişi ile olanaklı olup, ayrıca yapma sistemlerin teknolojisi ve planlaması ile yakından ilgilidir.

Yapı fiziği ile ilgili yapma sistemlerin uygun seçimi ve planlaması öncelikle bu konudaki sorunları çözmek ve insanlar için buldukları ortamlara en uygun koşulları yani, konforu yaratmakla olanaklıdır. Belirlenen düzenlerin bilgisayar aracılığı ile işlerliğinin ve denetiminin sağlanması ise, akıllı yapı tasarımı ile gerçekleştirilebilir.

## KAYNAKLAR

1. Şerefhanoglu, M., "Yapılarda Dış Gürültü Açısından Tek ve Çift Cam Yüzeyler, (Pencereler)", İDMMA Basımevi, Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları-5, 1981.

cepte olan yapı kabuğunun ını, uçu, ulla koşullara göre dörtlü cam ve / ya da öteki gereçlerle oluşturulması, yapı içinde uygun fizik ortamın yaratılması yönünden kaçınıl - maz olabilir.

## SONUÇ

Yapıların mimari biçimlenişlerinde bulun - dukları dış çevre koşulları ve işlevlerine göre uygun fizik ortamın yaratılmasında, ya - pı kabuğu önemli rol oynar. Bu nedenle yapı içinde oluşturulması gerekli olan ısısal, işit - sel ve benzeri konfor koşullarının elde edil - mesinde yapı kabuğunda kullanılacak gereç - ler, kesitler, cam - dolu alanları uygun seçil - mesi ve detaylandırılması, bir başka deyiş - le, iç - dış koşullara göre yapı kabuğunun denetimi (ve / ya da yalıtımı) gerekir. Aksi durumda, görüntü olarak çağdaş, ya - şantı olarak insanlara gerekli konfor koşul - larını sağlamayan yapılar ortaya çıkar.

Yapı içinde uygun fizik ortamın yaratılma

2. Şerefhanoğlu, M., "Yapılarda Isısal Konfor ve Cam Yüzeyler", İDMMA Basımevi, Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları - 13, 1981.

3. Şerefhanoğlu, M., "Yapıların Dış Du - varlarının İç Yüzey Sıcaklığı ve Isısal Kon - for", Dış Duvar Malzemeleri, Isı İzolasyon Malzemeleri, Isı Yönetmeliği Semineri, Yapı Endüstri Merkezi, 25 Ocak 1984, İstanbul

4. Şerefhanoğlu, M., "Yapı Kabuğunun Sesgeçirmezliğine Cam / Dolu Alanların Et - kisi", Yapılarda Akustik ve Aydınlatma Semi - neri, 27 Mart 1986, İstanbul.

5. Fanger, P.O., "Thermal Confort" Mc Graw - Hill Book Company USA, 1972.

6. Close, P.D., "Sound Control and Ther - mal Insulation of Buildings" Reinhold Pubb Corp. USA, 1966.