

ISI VE SES YALITIMINDA ÇİFT CİDAR

Çift cidar konusuna girmeden önce, ısı ve ses yalıtımı ile ilgili genel bilgileri kısaca anımsatmakta yarar vardır.

Isı, üç biçimde yayılır; ışıyım (*Radyasyon*), iletim (*Kondüksiyon*), taşıyım (*Konveksiyon*).

ışıyım, kızgın bir cismin ısı ışıyımını, ışığa benzer doğrusal ışıyım biçiminde yaymasıdır. Bu tür yayılma maddesel ortamın varlığına bağılı değildir. Güneşten gelen ısı ışıyımını gibi.

İletim, ısı enerjinin molekülden moleküle geçişi ile olur ve maddesel ortamın varlığına bağılıdır.

Taşıyım ise, ışıyım ve/ya da iletim yolu ile ısınan maddesel ortamın yer değıştirmesi (*örneğin ısınan havanın genleşerek hafiflemesi ve yukarı çıkması gibi*) ve ısıyı böylece taşıması, yaymasıdır. Taşıyım katı cisimlerde söz konusu değildir.

Ses titreşimleri maddesel ortamın titreşimleri olup yalnızca maddesel ortamda yayılabilir. Ses titreşimlerinin iletim yolu ile yayılmasında ses basınç düzeyi, esneklik modülü çok farklı olan ortamlar arasında (*katı cisim-hava, su-hava gibi*) çok büyük (*50 dB dolayında*) kayba uğrar. Örneğin, sesin havadan duvara, duvardan öbür yandaki havaya iletim yolu ile geçişinde yaklaşık $50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 100 \text{ dB}$, hatta daha fazla bir kayıp söz konusudur. Oysa ses böyle bir engeli, engelin tümünü titreştirerek çok daha az bir kayıpla geçer. Bu geçiş biçimi hiçbir bakımdan ısı geçişinin herhangi bir türüne benzemez.

Duvar, cam ya da herhangi bir cidarın bir yanında oluşan ses titreşimleri hava basıncında ufak değışimlere neden olur ve bu değışimler çok ufak genliklerle cidarın bütününe titreştirir. Böylece titreşen cidar bir hoparlör membranı gibi öbür yandaki havayı titreştirir ve ses böylece geçer. Bu geçiş biçiminde geçen titreşim enerjisinin azalması, çok büyük oranda cidarın ağırlığına (*cidarın kütlesine*), yani, hava basıncında oluşan ufak değışimlere kütlesi ile karşı koymasına bağılıdır. Buna Berger Yasası ya da Kütle Yasası denir. Cidarın yapısı da (*rijitliği, homojen ya da heterojen yapıda olması, ankastrelik durumu vb.*) sesin geçmesini etkilerse de, bu etkinin hesapların yaklaşıklığı düşünöldüğünde fazla önemi yoktur. Çünkü, ses geçiş kaybı hesapları, uygulamalar sonucu yaklaşıklığı yeterli bulunmuş bir takım ampirik formüllerle yapılmaktadır. Bu formüllerden, ilgili literatürde yer almış olanlar şöyledir:

$$R = 15,4 \times \log(m) + 10$$

$$R = 15 \times \log(4 \times m)$$

$$R = 19 \times \log(m)$$

$$R = 13.3 \times \log(m)$$

ve spektrumu bilinen sesler için:

$$R = 18 \times \log(m) + 12 \times \log(f) - 25$$

$$R = 20 \times \log(m) + 12 \times \log(f) - 27$$

$$R = 20 \times \log(m) + 20 \times \log(f) - 46$$

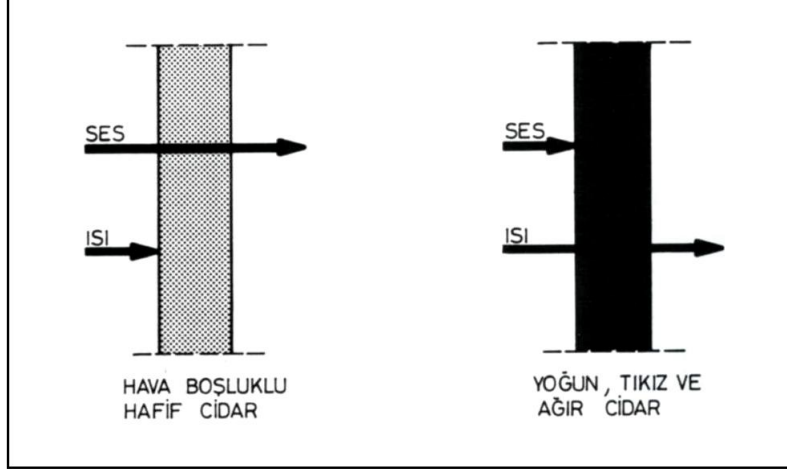
$$R = 20 \times \log(f \times m) - 48$$

Formüllerde: **R** “ses geçiş kaybı” (dB), **m** “kütle ağırlığı” (kg/m^2) ve **f** “frekans” (Hz).

Tüm bu formüllerde ses geçiş kaybının, cidarın metrekaare ağırlığına bağılı ve onun ondalık logaritması ile ilgili olduğı görölmektedir.

Yukarıdaki açıklama ses yalıtımı ile ısı yalıtımı arasında, kullanılacak yapı gereçleri ve alınacak önlemler bakımından bir benzerlik olmadığını açıkça göstermektedir.

Özetle denebilir ki, hafif yani içinde büyük oranda boşluklar bulunan yapı gereçleri ısı yalıtımı sağlar fakat hafifliği nedeni ile bütünüyle titreşerek sesi geçirir, bunun aksine, içinde boşluk bulunmayan tıkHz ve ağır yapı gereçleri ağırlığı nedeni ile ses yalıtımı sağlar fakat iletim yoluyla yani molekülden moleküle ısı geçişi için fazla bir engel oluşturmaz. ŞEKİL-1 bu özeti anlatmaktadır.



ŞEKİL-1

ÇİFT CİDAR KONUSU

Ses Yalıtımında Çift Cidar

Ses yalıtımında çift cidar uygulanması ayrı nedenlere dayanır. Bundan ötürü konu, önce ses yalıtımı, sonra ısı yalıtımı açısından ayrı ayrı ele alınacaktır.

Ses yalıtımında, Berger yasasına göre, cidar ağırlığının artırılması, sonucu logaritmasal olarak etkiler. Yani, örneğin cidarın m^2 ağırlığının iki katına çıkarılması, ses yalıtımında ancak 4 dB kadar bir artış sağlayabilir; m^2 ağırlığı 100 kg olan bir cidar, geçen seste ortalama yaklaşık 41 dB azalma sağlarken, metrekare ağırlığı 200 kg olan bir cidar ancak 45,5 dB bir azalma sağlayabilir.

Buna karşılık, birbirinden yeterince uzak ve her biri 100 kg/m^2 ağırlığında iki cidar ikisini birden geçen seste $2 \times 41 \text{ dB}$ yani 82 dB bir azalma sağlayabilir. Ses yalıtımında çift cidar böyle bir amaçla uygulanır.

Yalnız bu sonuç, iki cidar arasındaki hava katmanının cidarları birbirine bağlayıcı hiçbir etkisi olmaması durumunda yani, cidarların birbirinden çok uzak olması ile elde edilebilir. İki cidar arasındaki hava katmanı, cidarları birbirine bağlayan bir yay gibi düşünülebilir. Hava katmanı ne kadar kalınsa, yani cidarlar birbirinden ne kadar uzaksa, bu yayın o derece yumuşak; hava katmanı ne kadar ince yani cidarlar birbirine ne kadar yakınsa yayın o oranda sert olduğunu düşünmek gerekir. Doğaldır ki sert bir yayın bağlayıcılığı çok daha güçlüdür.

Yapılarda genellikle rastlanan boyutlar bakımından pek önemli olmayan rijitlik ve ankastrelik etkileri bir yana bırakılırsa, daha genel bir anlatımla, çift cidar, iki ucunda iki kütle bulunan bir yaya benzetilebilir. Böyle bir sistemin dıştan gelen titreşimler (*kütlelerden birini etkileyen eksi artı periyodik kuvvetler*) karşısındaki davranışı yalnızca yayın sertliğine bağlı olmayıp aynı zamanda kütlelerin de büyüklüğüne yani eylemsizliğine bağlıdır. Bunun dışında, verilmiş bir "kütle-yay-kütle" sisteminin tepkisi, etkileyen titreşimin frekansına göre de değişir. Gürültü denetiminde söz konusu olan frekansların yaklaşık 60 Hz ten 4000 Hz e kadar değişmesi bu etkenin de önemini açıklamak için yeterlidir.

(Alçak frekanslar için daha büyük kütleler ve daha yumuşak yaylar yani daha ağır ve daha geniş hava katmanları gerekir. Yüksek frekanslar için durum bunun aksidir.)

Çift cidar uygulamasında (çift camlar, çift doğramalar, çift duvarlar vb.), cidarlar arasındaki uzaklık pek fazla olamaz. Bu nedenle de hemen hemen hiçbir durumda Berger yasasının iki kez uygulanması söz konusu değildir. Buna karşılık, birçok durumda çift cidar oluşturularak, cidar kalınlığının, dolayısı ile metrekare ağırlığının iki katına çıkarılması ile elde edilecek yaklaşık 4 dB ses geçiş kaybı artışından daha fazla (7~8 dB) bir artış, aynı toplam ağırlıkla elde edilebilir. Ancak bunun için de belli kurallara uymak gerekir.

Ses yalıtımında çift cidar uygulaması ile ilgili kuralların açıklanması bu yazının konusu dışında kalır. Burada konu ısı yalıtım ile karşılaştırma olduğu için, yalnızca iki cidar arası uzaklık üzerinde durulacaktır.

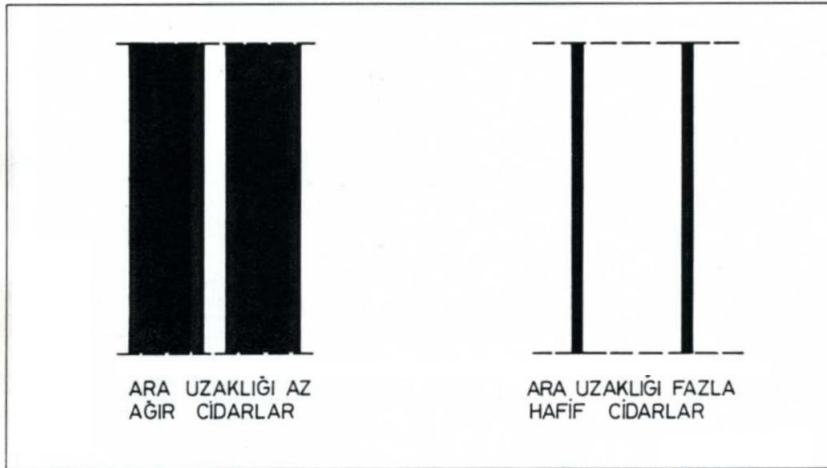
Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı gibi çift cidarın ses yalıtım değeri çok büyük oranda

- 1- Cidar ağırlıklarına
- 2- İki cidar arası uzaklığa
- 3- Gelen ses titreşiminin frekansına bağlıdır.

Bu değişkenlere göre çift cidar ses geçiş kaybını veren formüller oldukça karmaşıktır. Genelde çift cidar sisteminin rezonans frekansına göre belli kabuller ile hesaplar biraz daha basitleştirilebilmektedir.

Bu durumda kütleler ile ara yay, yani cidarların toplam ağırlığı ile cidarlar arası uzaklık arasındaki ilişki şöylece açıklanabilir:

Cidarların kg/m^2 cinsinden toplam ağırlığı arttıkça, aynı sonucu elde etmek için gerekli cidar arası uzaklık azalmakta, toplam ağırlık azaldıkça da ara uzaklık artmaktadır. (Bkz. ŞEKİL-2)



Bu hesapları hızla yapabilmek için bilgisayar programları oluşturulmuştur. Örneğin çift cidar rezonans frekansının 75 Hz altında olması için (genelde uygulanan değer) cidarların toplam ağırlığı 120 kg/m^2 ise iki cidar arası uzaklık 25 mm. Cidarların toplam ağırlığı 20 kg/m^2 ise (4 mm kalınlığında 2 cam) iki cidar arası uzaklık 130 mm olmalıdır.

Eğer ara uzaklık yukarıda verilmiş değerlerden daha az olursa, aradaki hava katmanını daha sert bir yay görevi görecektir ve ara uzaklık azaldıkça iki cidar birbirine daha sıkı bir biçimde bağlanmış olacak, ses geçiş kaybı da azalacaktır. İki cidar arası uzaklığın sifira inmesi ile iki cidar durumu ortadan kalkacak ve yalnızca Berger formülündeki m artmış olacaktır. Hatta kazanç bu kadar da olmayacak, çünkü birbirine değmiş olan iki ayrı cidarın toplam rijitliği, cidarların toplam kalınlığına eşit kalınlığı olan tek cidardan daha az olacaktır.

Yukarıdaki ikinci örnek ile, yani 4 mm kalınlıkta iki camdan oluşmuş bir çift cidarın ara uzaklığının en az 130 mm olması gerektiğini belirten örnekle, ses ve ısı yalıtımı karşılaştırması için ilk sonuca ulaşılmıştır.

Isı Yalıtımında Çift Cidar

Isı yalıtımında gerçek anlamda çift cidara, normal ısı yalıtım gereçlerinin kullanılmayacağı durumlarda başvurulur. Bu da hemen hemen yalnızca çift camlar, yani ülkemizde alışılmış deyimini ile ısı-cam'lardır.

Isı yalıtımı için kullanılan çift camın ara uzaklığı, aradaki havanın kolayca yer değiştirememesini sağlayacak derecede az olmalıdır. Böylece, iki cam arasında hava dolaşımı sonucu ısının taşınım yoluyla geçmesi önlenir. Yani, ses yalıtımında çift cidar, yukarıda açıklanan nedenlerle oluşturulurken ve cidarların birbirine uzaklığı ne kadar fazla olursa o derece iyi bir sonuç elde edilecekken, ısı yalıtımında amaç taşınımın, yani cidar arası hava dolaşımının önlenmesi olduğundan cidarların birbirinden uzak olmaması gerekir.

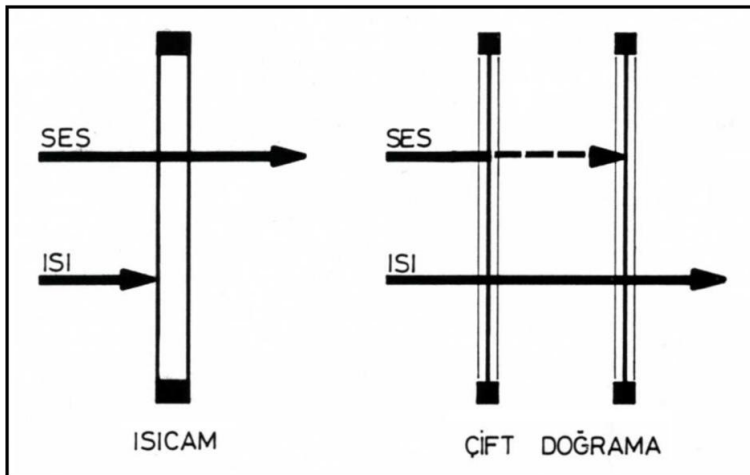
Isının iletim yoluyla geçişini azaltmak için de camların birbirine çok yakın olmaması gerekir. Böylece ısı camlarda aradaki hava katmanının kalınlığı 8~12 mm olarak hesaplanır.

SONUÇ

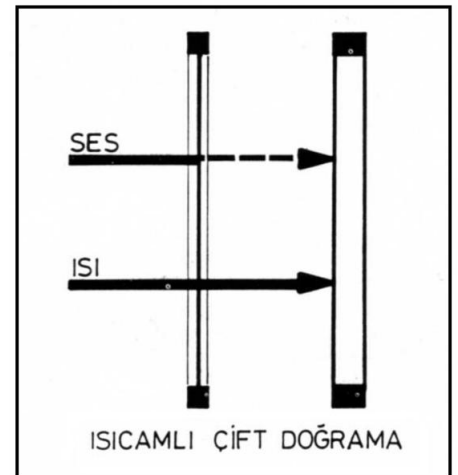
Bütün bu açıklamalardan çıkarılacak önemli sonuç, pencere, camlı kapı, bölme vb. yapı bölümlerinde uygulanacak çift cam detaylarının amaca göre belirlenmesi gereğidir. İki cam arasında 12 mm hava boşluğu olan bir ısı cam yeterli ses yalıtımı sağlayamaz. Bunun için örneğin cam kalınlıkları 4 + 6 mm ise camlar arası uzaklığın en az 112 mm olması gerekir.

Arada 112 mm hava boşluğu olan çift cam da, aradaki hava serbestçe devinim yapabileceği ve böylece ısının, taşınım yoluyla geçmesini önleyemeyeceği için istenen ısı yalıtımını sağlayamaz.

O halde, ya hangi gereksinim daha ağırlıklı ise uygulama ona göre yapılmalı, ya da hem ısı hem ses yalıtımı aynı derecede önemli ve bu yalıtımların her ikisi de mutlaka gerekli ise, ses yalıtımını sağlayacak çift cidar oluşturulurken bu cidarlardan biri ısı cam olarak düşünülmelidir. (Bkz. ŞEKİL-3 ve ŞEKİL-4)



ŞEKİL-3



ŞEKİL-4

Prof. Şazi SİREL

Haziran 1993