

MALZEMELERİN SES YUTMA KATSAYILARININ EMPEDANS TÜP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Abdullah Seçgin

1. DENEYİN AMACI: Bu deney ile araç, makine veya binalarda kullanılan çeşitli tiplerdeki yutucu malzemelerin frekans bağlı ses enerji sönüm kabiliyetlerini gösteren ses yutma katsayılarının elde edilmesi amaçlanmaktadır.

2. TANIMLAMALAR: Deneyde kullanılan özel terimler aşağıda belirtilmiştir.

Empedans tüpü: “Standing Wave Apparatus (Durağan dalga aparatı)” olarak adlandırılan bu deney düzeneği, bir hoparlör, frekansa bağlı iki farklı deney tüpü ve iki adet mikrofona sahip bir düzenektir.

Mikrofon: Tüp üzerinde farklı iki eksenel uzaklıkta bulunan mikrofonlar bulundukları konumların ses basınçlarını algılayarak elektrik sinyaline dönüştüren sistemdir.

Durağan dalga: Uygun bir ortamda belirli frekanslarda oluşturulan bir ‘gelen’ ses basınç dalgasının ‘yansıma’ dalgaları ile birlikte girişimi ile sabit bir hal alarak oluşan dalga olarak tanımlanır.

Ses basıncı: Bir ortamdaki ses dalgasının atmosfer basıncı üzerinde veya altında yaptığı değişkenlikler olarak adlandırılır. Birimi Pascal (Pa) dır.

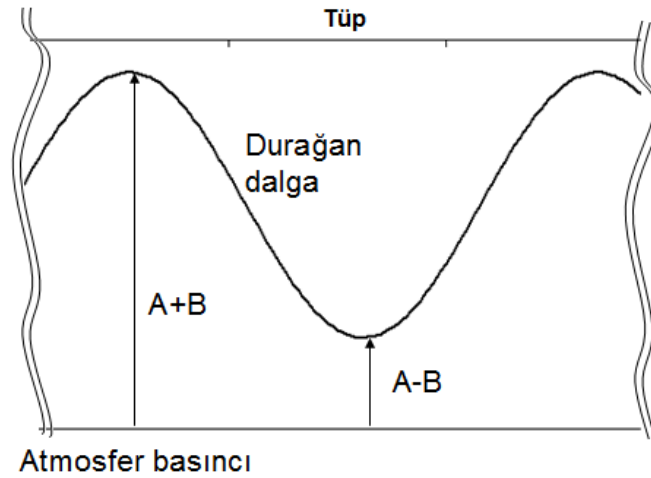
Frekans: Tekrarlanan bir olaya ait saniyedeki tekrar sayısını ifade eder. Birimi Hertz (Hz) dir.

Frekans spektrumu: Bir zaman sinyalini oluşturan harmonik bileşenlere ait frekans değerlerinin grafiksel gösterimidir.

3. DENEYİN ÖNEMİ VE KULLANILDIĞI ALANLAR: Bu deney, özellikle otomotiv, tekstil ve inşaat sektörlerinde sıklıkla kullanılan yalıtım malzemelerinin ses azaltma karakteristiklerinin belirlenmesi işlemlerinde ve özellikle malzeme geliştirme faaliyetlerinde kullanılırlar. Malzemelerin ses yutma özellikleri yalıtılacak olan bir

ortamdaki sesin frekansına göre değişmektedir. Dolayısıyla kullanılacak malzemenin hangi ortamlar için uygun olduğu ses yutma karakteristiklerine göre belirlenir. Örneğin, bir konferans salonunda kullanılacak bir malzeme ile otomobil motor gürültüsünün yalıtımında kaput içerisine monte edilecek malzemeler farklı özelliklere sahip olacaklardır. Bu deney ile kontrollü bir ortamda (empedans tüpü) yalıtım malzemesinin duyulabilir (20Hz-20kHz) frekans aralığında, belirli merkez frekanslarda yutulan enerjinin yüzdesi hesaplanır.

4. **TEORİK BİLGİ:** Bir sinyal jeneratörü tarafından üretilerek bir hoparlör ile, bir tüp içerisine gönderilen A genliğine sahip bir ses basınç dalgası, tüpün diğer bir ucuna bağlanmış olan numune malzemeye çarpar, enerjisinin bir bölümünü kaybeder ve B genliğine sahip olarak tüp içerisine dönerek gelen dalgayla bir girişim oluşturur. Şekil 1.'de görüldüğü gibi, oluşan bu durağan dalganın maksimum değeri A+B, ve minimum değeri A-B olarak ölçülür.



Şekil 1. Durağan dalga ve onun maksimum - minimum değerleri

Ses yutma katsayısı α , gelen dalganın enerjisi ile yansıyan dalganın enerjisi arasındaki ilişki ile tanımlandığından, katsayı ses basınç genliklerinin kareleri ile orantılıdır. Bu bağlamda, yutma katsayısı (α) şu şekilde ifade edilir:

$$\alpha = 1 - \left| \frac{B}{A} \right|^2 \quad (1)$$

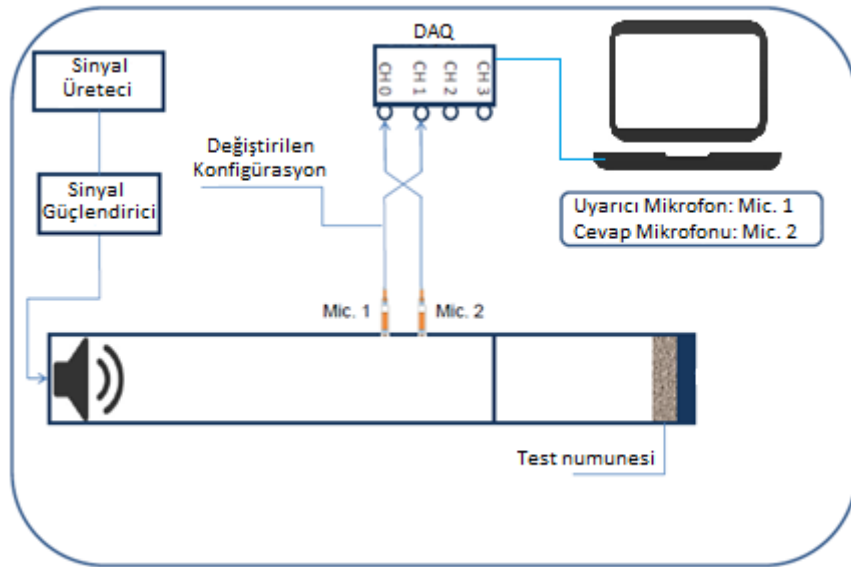
Günümüzde ses yutma katsayısının ölçümünde iki mikrofon yöntemi oldukça sıklıkla

kullanılmaktadır. İki mikrofon ile yapılan ses yutma katsayısı ölçümü ASTM E 1050 – 98 standardı ile düzenlenmiştir. Bu standart şematik olarak Şekil 2’de görülen iki mikrofon yöntemiyle bir tüp içerisinde yayınan sesi giden ve yansıyan parçalarına ayırarak akustik performans parametrelerinin belirlenmesini anlatır. Mikrofonların pozisyonun belirlenmesi, formülasyonlar, frekans aralığının belirlenmesi gibi parametreler de standartta yer almaktadır. Bu standarda göre, Denklem (1) kullanılarak yüzde ses yutma katsayısı şu şekilde ifade edilebilir:

$$\alpha = \left(1 - \left| \frac{H - e^{-jks}}{e^{jks} - H} e^{j2k(l+s)} \right|^2 \right) \times 100. \quad (2)$$

Burada, $H = P_2/P_1$ kompleks frekans cevap fonksiyonu, s mikrofonlar arasındaki uzaklık, l numune ile 2. mikrofon arasındaki uzaklık, $k = \omega/c$ dalga sayısıdır (ω açısal frekans (r/s), c ise ses hızıdır).

5. CİHAZ VE APARATLAR:



Şekil 2. Empedans tüp deney düzeneği

Şekil 2’de görüldüğü gibi deneyde,

- Empedans tüpü,
- İki adet mikrofon,
- Sinyal güçlendirici,

- Sinyal üretici,
- DAQ (veri toplama kartı),
- Laptop kullanılmaktadır.

NUMUNELER: Deneyde 100-1000 Hz arası ölçümler için 10 cm çapında, 1000-20.000 Hz arasındaki ölçümler için ise 3 cm çapında numuneler kullanılmaktadır.

DENEYİN YAPILIŞI:

- Belirtilen boyutta hazırlanmış numuneler tüpün uç kısmına hava boşluğu oluşmayacak şekilde yerleştirilir.
- Sinyal jeneratörü hoparlöre bağlanır ve gürültü sinyali verecek şekilde ayarlanır.
- Mikrofonlardan ses basıncı frekans cevap fonksiyonu ölçülür ve kaydedilir.
- Bir önceki adım, mikrofonların konumu değiştirilerek tekrar edilir.
- Ölçülen bu değerlerle Denklem (2) bir arada kullanılarak malzemenin frekansa bağlı olarak ses yutma katsayısı elde edilir.
- Ses yutma katsayısı-frekans eğrisi çizdirilir.

6. İSTENENLER: Deney sonucunda öğrencilerden bir numunenin yüzde ses yutma katsayısı 100-1000 Hz aralığında ölçülmelidir.

7. REFERANSLAR: ASTM-E 1050-98, “Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials using a tube, two microphones and a digital frequency analysis system”.