



# YAPILARDAKİ MEKANİK SİSTEMLERİN TİTREŞİM İZOLASYONU

*Vibration Isolation Of Mechanical Systems In Buildings*

**Günay DÜRMÜŞ**

## ÖZET

Geçtiğimiz yüzyılda; gelişen teknoloji ve artan insan popülasyonu nedeniyle yapılarda yatay mimariden dikey mimariye geçilmiştir. Bu durum çok katlı binaların ara katlarında mekanik odaların varlığı oluşturmuş, bu mekanik odaların içerisindeki cihazlar ise titreşim oluşturarak gürültü oluşumuna neden olmuştur. Oluşan bu titreşimler konfor şartlarını olumsuz etkilemiş ve mekanik ekipmanların titreşim izolasyonunun yapılmasını zorunlu kılmıştır.

Titreşim izolasyonu pasif, yarı aktif ve aktif olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Bu bildiri yapılarıdaki mekanik ekipmanların titreşiminin pasif izolasyonu hakkında bilgi verilecek, titreşimlerin insanlar üzerindeki etkilerinden ve alınacak önlemlerde kullanılan ürünlerden bahsedilecektir. Kullanılacak olan izolasyon ürünleri ile ilgili görseller paylaşılarak titreşim verim hesabının yapılışı anlatılacaktır.

**Anahtar Kelime:** Titreşim izolasyonu, Mekanik ekipman, Konfor

## SUMMARY

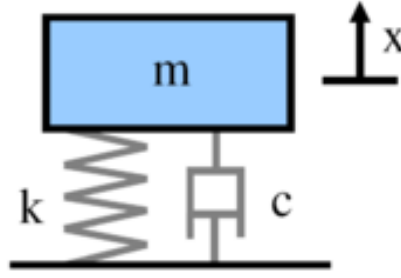
In the past century; Due to developing technology and increasing human population, horizontal architecture has been evolved to vertical architecture. This situation created the presence of mechanical rooms in the intermediate floors of multi-storey buildings, and the devices inside these mechanical rooms caused vibration to occur by creating vibration. These vibrations adversely affected the comfort conditions and necessitated the vibration isolation of mechanical equipment.

Vibration isolation is divided into three as passive, semi-active and active. In this paper, it will be given information about the passive isolation of vibration for mechanical equipment in buildings, the effects of vibrations on people and the products used in measures to be taken will be mentioned. The visuals of the insulation products to be used will be shared and the vibration efficiency calculation will be explained.

**Key Words:** Vibration isolation, Mechanical equipment, Comfort

## 1. TİTREŞİM NEDİR?

Titreşim, belirli zaman aralığında bir kütlenin belirli bir mesafede yaptığı periyodik harekettir. Sistemin denge konumu etrafında yaptığı salınım olarak da tanımlanmaktadır. Titreşen sistemin en basit modellenmesi yayın ucuna bağlanmış bir kütle olarak oluşturulur (Şekil 1.1).



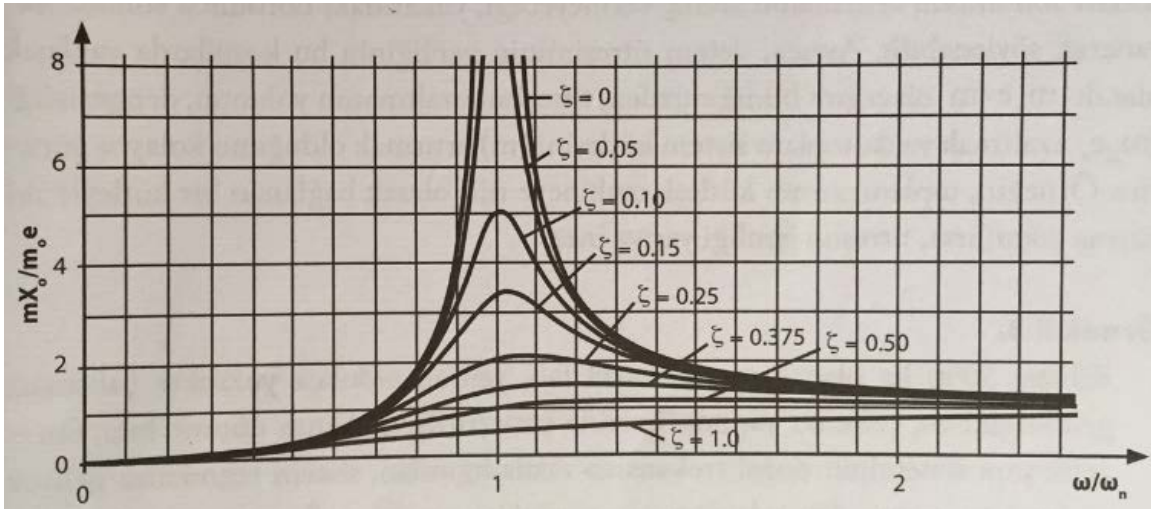
Şekil 1.1 Tek serbestlik dereceli model

- k, yay katsayısı (direngelik)
- m, sistemin toplam kütlesi
- c, viskoz sönüm katsayısı
- x, referans konuma göre yer değiştirme

Titreşim ile ilgili bir diğer önemli terim olan frekans ise sistemin bir saniyedeki titreşim sayısı olarak tanımlanmaktadır. Sistemin serbest titreşimlerinin frekansına doğal frekans ( $\omega_n$ ,  $f_n$ ) adı verilir. Doğal frekans sistemin bir özelliğidir ve sistemin kütlesi ile direngeliği tarafından belirlenir. Sönümsüz bir sistem için ( $c=0$ ) doğal frekans formülü:

$$f_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Genliğin sonsuza gitmesi olarak da bilinen rezonans kavramı, en az iki bileşenden oluşan bir sistemin belli frekansta daha yüksek genlikte salınması olarak bilinir. Mekanik ekipmanlar ve uygulanan titreşim önlemini iki farklı bileşen olarak aldığımızda; cihazın çalışma frekansı ile titreşim alıcının doğal frekansının aynı zaman diliminde aynı frekansta olması durumu rezonanstır. Sönüm derecesi küçük olduğunda rezonans frekansı doğal frekansa yaklaşır. Şekil 1.2'de farklı sönüm oranları ( $\zeta$ ) için rezonans değerleri görülmektedir.



Şekil 1.2. Sönüm oranları-frekans eğrileri

## 2. TİTREŞİMİN ETKİLERİ

Titreşimin olumsuz etkileri:

- Cihazlarda verim ve enerji kaybı, yorulma, ilerleyen süreçte fiziksel hasar
- Ölçüm cihazlarından hatalı veriler alınması
- Bina yapısında fiziksel hasar
- Gürültü kaynağı olarak konfor düşüşü
- Çalışma ortamında performans kaybı
- Kişilerde fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklar

## 2. TİTREŞİM İZOLASYONU

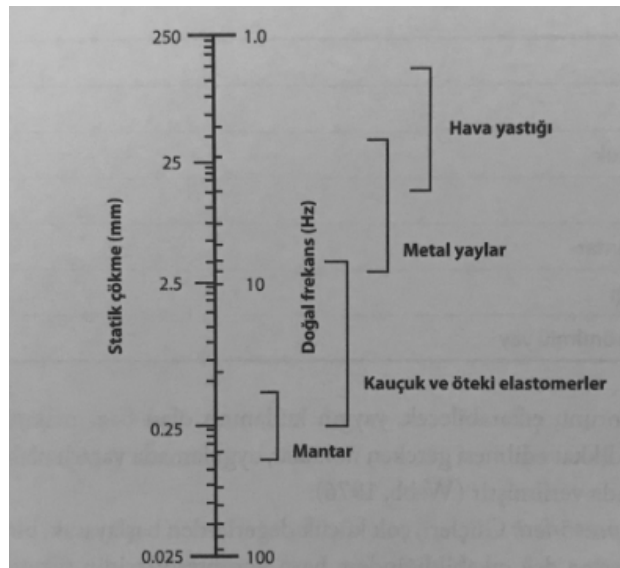
Binalarda bulunan mekanik ve elektrik ekipmanlar dönen elemanları ve motorları dolayısıyla farklı çalışma devirlerine sahiptir. Bu dönme hareketi sonucu oluşan balans probleminden dolayı kapasiteleri ile de orantılı olarak oluşturdukları titreşim binaya yayılmaktadır. Sistemdeki istenmeyen titreşimin yok edilmesi titreşim izolasyonu olarak tanımlanır.

Titreşim izolasyonu pasif, yarı aktif ve aktif olmak üzere üçe ayrılır:

- Pasif izolasyon: Sistemdeki istenmeyen titreşimin yok edilmesi için geri beslemesiz çalışan damperler ile titreşim kontrolü gerçekleştirilir.
- Yarı-aktif izolasyon: Sistemdeki damperin sönüm katsayısının sönümlenecek titreşimin karakteristiğine göre ayarlanabildiği uygulamalardır.
- Aktif izolasyon: Bir geribesleme sistemi tarafından sistemdeki istenmeyen titreşimler ölçülerek bir tahrik düzeneği tarafından bu titreşimleri yok edecek girişin uygulandığı titreşim kontrol uygulamasıdır.

## 3. PASİF İZOLASYONDA KULLANILAN ÜRÜNLER

Pasif izolasyonda kullanılan malzeme ve ürünler aşağıda listelenmiştir.



Şekil 3.1 Statik çökme değerine göre malzeme seçimi

- **Pad İzolatörler**

Neopren, mantar, cam elyafı, keçe, kurşun gibi malzemelerin tekil veya birlikte kullanılması ile imal edilmiş, sınırlı çökme değerine sahip izolasyon ürünleridir. Genellikle tabaka şeklinde bulunup istenilen boyutlarda kesilerek geniş destek olarak kullanılırlar. Gürültü kontrolü amaçlı yapılan titreşim yalıtımlarında mekanik açıdan yüksek frekansları yalıtımda etkilidirler. Çökme değerleri 25 mm bir kalınlık için %10-20 değerleri arasındadır. Yüksek basınç altında özelliklerini kaybedebildikleri için yük altındaki kalınlık değişimlerinin %25'i aşmaması gerekir. Kritik alanlar ve ara katlarda yeterli izolasyonu sağlayamayacağından daha çok bodrum katlar ve titreşimin görece önemsiz olduğu mahallerde kullanılırlar (Şekil 3.2).

- **Neopren Ayak ve Askılar**

Neopren ayaklar ve askıların çökme miktarları 50-127 mm arasındadır. Yüksek hızlı, orta ve düşük ağırlıklı ekipmanların titreşim yalıtımında; dengesiz kuvvetlerin çok küçük olduğu, sadece ses probleminin ya da küçük bir titreşim probleminin olduğu yerlerde gerekli statik çökmeyi sağlayabilirler. Neopren askılar, nadiren titreşen, aslında normal olarak yüksek frekanslı ısıklı sesi çıkartan buhar hatlarında ve üzerinde ekipman (pompa, fan, vb) taşıyan hatlarda kullanılırlar. Neopren ayaklar ve askıların kullanılacağı yerlerde, şartnameler yay kullanılmamasını önerirler. Neopren malzemeler, yayların tek başlarına yapamayacakları kadar yüksek frekanslı sesleri elimine edebildikleri için genellikle yaylar ile seri bağlı oldukları yaylı kauçuklu kombine titreşim askıları olarak kullanılırlar (Şekil 3.3).

- **Çelik Yaylı İzolatörler**

Çelik yaylar, kritik durumlarda kullanımı en yaygın olan titreşim alıcılarıdır. Çelik yaylar, pratik olarak 127 mm, bazı özel durumlarda da daha fazla statik çökme yapabilirler. Düşük frekanslı titreşimlerin yalıtımında kullanılabilirler. Çelik yaylar, çevre koşullarından çok az etkilenmeleri dolayısıyla makine kadar kalıcı ve uzun ömürlüdür. Modern titreşim alıcılar yani ilave bir şeye gerek kalmadan gerekli stabiliteyi sağlayacak yeterli büyüklükteki çelik yayların bağlantı şekilleri çok önemlidir. Yaylı izolatörler genellikle bir ayar civatası ve neopren pad gibi yüksek frekanslı sesi hafifletici malzemeler ile birlikte üretilirler (Şekil 3.4).

- **Hava Yayları:**

Titreşim alıcıların en verimli hava yaylarıdır. Genel olarak bir hava yayı; 6,9 bar veya daha fazla hava basıncına dayanıklı olarak üretilmiş ve cihaza stabil destek sağlayan geniş lifli takviyeli kauçuk balondan oluşur. Uygun şekilde tasarlanmış bir hava yayı, çelik yayın 152 – 178 mm çökmesine eşdeğer bir çökme sağlayabilir. Hava yayının cidarları kauçuktan olduğu için, çelik yaylarda meydana gelebilen rezonans veya ses köprüsü riski yoktur. Hava yayları, tek bir boyuttaki yay ile hava basıncını çok az miktarda değiştirerek, çeşitli ağırlıklardaki yükleri taşıyabilme avantajına sahiptir. Hava yayları, küçük kaçakları ya da büyük sıcaklık farklarından doğabilecek genişleme veya büzülme hareketlerini karşılayacak bir yükseklik kontrol vanası ile birlikte monte edilirler. Hava yaylarının maliyeti, çelik yaylarınkine oranla yüksek olduğu için son derece kritik yerlerde ve akustik danışman önerisi ile kullanılırlar (Şekil 3.5).

- **Yüzer Beton Kaideler (Atalet Kaideleri):**

Yüzer beton kaideler özellikle pompalar için tavsiye edilmektedir. Pompa için gerekli olan ekstra sağlamlık ve şaplanmış yüzey gibi özellikler, yüzer beton kaidelerde mevcuttur. Eğer en önemli faktör sağlamlık ise, beton derinliği kaidenin en uzun kenarının 1/12'si kadar olmalıdır. Beton kaideler, cihazın balanssızlığına, dışardan gelebilecek bir takım kuvvetlere karşı dayanım için bir kütle artışı gerekli olması halinde de kullanılmaktadır (Şekil 3.6).

- **Genleşme Parçaları (Kompansatörler):**

Kauçuk genleşme parçaları, ses köprüsünü ve borudaki gerilimi azaltması için, kesme vanalarının cihaz tarafına yerleştirilmelidir. Sıcaklık ve basıncın çok yüksek olduğu tesisatlarda kauçuk yerine paslanmaz çelik veya bronz metalik hortumlar önerilir. Esnek metalik hortumlar, boru hattındaki seslere karşı çok az koruma sağlarlar. Cihaz bağlantı noktalarında esneklik sağlarlar. Bu da, flanşlardaki gerilimi azaltır ve titreşim yalıtımı yapılmış olan cihazın, yaylar üzerinde serbest olarak hareket etmesine olanak verir. Kauçuk bağlantı parçaları, ses köprülerini ve borudaki gerilimi azaltır (Şekil 3.7).



Şekil 3.2



Şekil 3.3



Şekil 3.4



Şekil 3.5



Şekil 3.6



Şekil 3.7

#### 4. TİTREŞİM İZOLASYONU VERİMİ

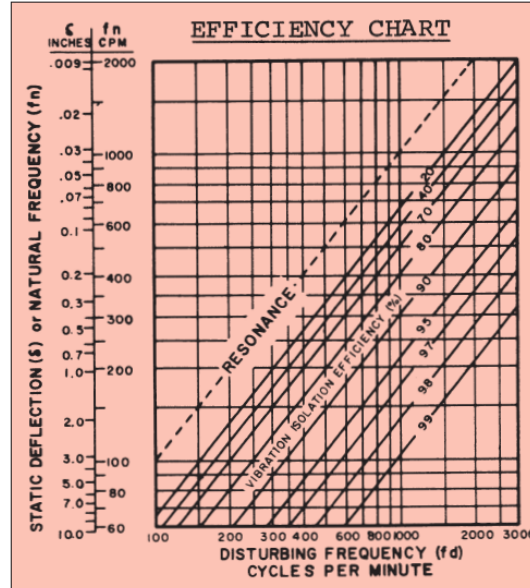
$f_n = 188 \times \sqrt{\frac{1}{d}}$  (d, izolatördeki statik çökme) olmak üzere yapılan izolasyona ait verim aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$E = 100 \left[ 1 - \frac{1}{\left( \frac{f_d}{f_n} \right)^2 - 1} \right]$$

- E, titreşim yalıtım yüzdesi (verim)
- $f_d$ , izole edilen ekipmanın rahatsız edici frekans değeri (en düşük çalışma frekansı)
- $f_n$ , izole edilen ekipmanın doğal frekansı

Titreşim izolatörü üreticisi firmalar Şekil 4.1’de bir örneği verilen verim tabloları yayınlarlar. Bu tablolar okunarak statik çökme değeri ile doğal ve rahatsız edici frekansa göre titreşim izolasyonu verimine ulaşılır.

Örneğin; 400 rpm (11,7 Hz) frekansta çalışan bir kompresörde %90’lık bir titreşim izolasyonuna ulaşmak için yaklaşık 2” (50mm) statik çökmeli izolatörler kullanılmalıdır.



Şekil 4.1 İzolatör verim tablosu

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] ÖZGÜVEN, Nevzat H. ; Gürültü Kontrolü; Türk Akustik Derneği
- [2] UFGS 22 05 48.00 20; Mechanical Sound, Vibration, and Seismic Control; ASHRAE
- [3] ASHRAE Lecture; Mason Industries
- [4] Seismic Restraint Guidelines, 2016 Ed.; Mason Industries

#### ÖZGEÇMİŞ

##### Günay DÜRMÜŞ

1986 Çanakkale doğumlu olup, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümü mezunudur. Halen DKM Proje ve İnşaat A.Ş.’nde teknik departman yöneticisi olarak çalışmaktadır.