



ERGONOMI

5. Hafta Titreşim

1. TİTREŞİMİN ÖZELLİKLERİ
2. TİTREŞİMİN ÖLÇÜMÜ VE SINIR DEĞERLERİ
3. TİTREŞİMİN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ
4. TİTREŞİM YALITIMI

TİTREŞİM

Titreşim kısaca bir kütlenin belirli bir noktaya göre alternatif olarak yer değişimi olarak tanımlanmaktadır. Başka bir anlatımla titreşim, mekanik bir sistemin hareket veya konumuna ait bir boyutunun (yer değiştirme, hız veya ivme) zamana bağlı olarak düzenli veya düzensiz değişimidir.

Titreşim, genellikle boşa enerji harcaması ve istenmeyen ses ve gürültü oluşturması nedeniyle istenmeyen bir harekettir. Özellikle dönen makinalar ya da herhangi bir mekanik aracın çalışması sırasında dönen parçaların balanslarının bozukluğundan, düzensiz sürtünmelerden, dişli çarkların hareketlerinden vb. kaynaklanan titreşimler üretilir. Doğru tasarımlar genellikle bu istenmeyen titreşimleri minimize ederler.

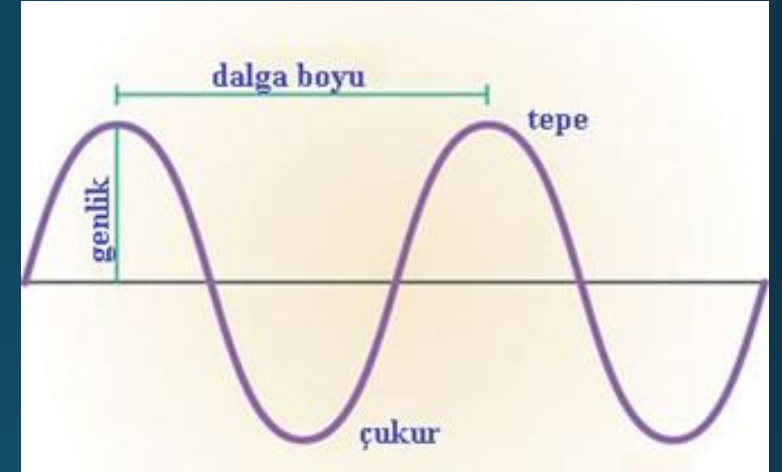
Bir titreşim hareketinin meydana gelebilmesi için hareketli bir sisteme gereksinim vardır. Bu sistem, potansiyel enerjiyi depolayabilen yay gibi elastik bir eleman ile kinetik enerjiyi depo eden kütle belli bir elemandan oluşur. Titreşim elastik elemanla kütle arasında enerji dönüşümü ile oluşan bir harekettir. Bu sisteme, enerji dönüşümü sırasında, sistemden enerji alan sönümleme elemanı dahil edilir (Haris ve Grede, 1976). Titreşim sisteminde sönümleyicinin işlevi, potansiyel ve kinetik enerji değişimi sırasında sistemden enerji alarak titreşim hareketini sönümlemektir.

TİTREŞİMİN ÖZELLİKLERİ

Titreşim hareketleri, hareketin tekrarlanmasına bağlı biçimde periyodik ve random titreşimler olarak ikiye ayrılır. Periyodik titreşim belirli sürede aynen veya kısmen tekrar eden, random titreşim ise zamana bağlı olarak tekrarlama özelliği olmayan titreşimdir (Broch, 1973).

Periyodik Titreşim

Titreşim analizinin temelleri, basit bir harmonik hareket örneği olan kütle-yay-sönüm elemanı modeli incelenerek anlaşılabilir. Periyodik titreşim, titreşim analizlerinin ve olaylarının açıklanmasında temel olarak alınır.



Harmonik hareket

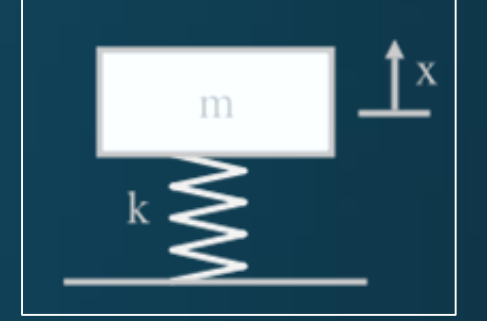
Şekilde yay üzerinde salınım yapan kütlenin harmonik hareketi görülmektedir. Periyodik titreşimi ifade eden dalgaların periyodu (T), dalganın peş peşe birbirinin aynısı iki konuma, örneğin iki çukur noktasına, ulaşması arasında geçen süredir (s). Dalganın bir periyotluk süre içinde aldığı yola ise dalga boyu (λ) denir (mm).

Bir titreşim sistemine bir kuvvet önce etki ettirilip sonra etkisi kaldırılırsa sistem, kendi özelliklerine bağlı olarak belirli bir frekansla titreşim hareketine başlar ve bir süre sonra durur. Sistemin kuvvet etkisi kalktıktan sonraki hareketine serbest titreşim hareketi denir. Kuvvetin sistem üzerindeki etkisi devam ettirilirse, sistemin hareketi de uzun süre devam eder. Bu tip titreşimlere ise zorlanmış titreşim hareketi denir.

Serbest ve zorlanmış titreşim hareketleri sistemde bulunan yalıtım elemanlarının özelliklerine bağlı olarak belirli bir süre sonra sönmülenebilir. Sistemde sönmüleme olan titreşimlere sönmülü titreşim ve sönmüleme olmayanlara sönmümsüz titreşim hareketi denir. Aslında tüm titreşim sistemleri küçük de olsa bir sönmülemeye sahiptir ve sönmümsüzlük kuramsal olarak temel açıklamalar için kullanılan bir kavramdır (Palavan, 1973).

Sönümsüz Serbest Titreşimler

Bir zemin üzerinde düşey olarak duran bir yay üzerine konan bir kütle basit bir titreşim sistemini oluşturur. Bu sistemde kütleye bir kuvvet etki ettiğinde sistem düşey doğrultuda titreşim hareketine başlar. Salıncakta sallanan bir çocuğun arkasından itildikten sonra serbest bırakılması veya metronomun salınması bu titreşim türüne örnek gösterilebilir. Mekanik sistem daha sonra kendi frekansı veya frekanslarında titreşerek sifıra gidecek ve sonunda duracaktır. Sönümsüz titreşim hareketi, dışarıdan hiçbir kuvvet etki etmeksizin sonsuza kadar devam ettiği varsayılan kuramsal bir harekettir.



Sönümsüz bir serbest titreşim sistemi



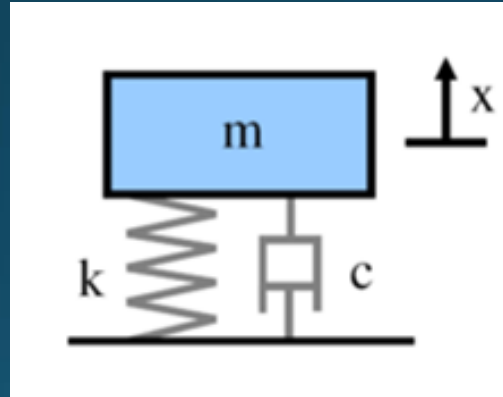
Bilindiđi gibi basit bir yay-kütle sisteminin statik uzanımının etkisi kütleye etki eden yerçekimi ivmesinin yaptığı etkiye denktir ($mg = kx_{st}$). Bu ilişki, yalıtıcı üzerindeki kütle etkisinde yayın alçalma miktarına bağlı olarak sistemin frekansının hesaplanmasında kullanılabilir (Beranek, 1971). Buna göre cismin doğal titreşim frekansı aşığıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{x_{st}}}$$

[f_n = Sönümsüz doğal frekans (Hz); g = Yerçekimi ivmesi ($9,81 \text{ m/s}^2$); x_{st} = Yayın statik uzanım miktarı (cm)]

Sönümlü Serbest Titreşimler

Sönümlü bir serbest titreşim sistemi, sönümsüz serbest titreşim sistemine bir sönümleyici eklenerek oluşturulur.

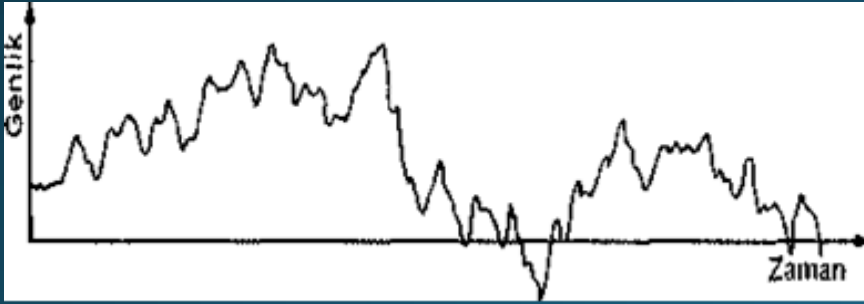


Sönümlü bir serbest titreşim sistemi

Random (Gelişigüzel) Titreşimler

Random titreşimler, mevcut olan tüm frekanslarda genlik ve faz ilişkileri gelişigüzel bir dağılım gösteren zamana bağlı olarak özellikleri tekrarlanan titreşimlerdir (Broch, 1973). Diğer bir deyimle random titreşimler sonsuz sayıda sinüzoidal titreşimlerin bileşenidir.

Random titreşim hareketinde, frekans spektrumu değerleri periyodik titreşimlerde olduğu gibi kesikli değil, sürekli. Bu tip titreşim hareketine tarım traktörlerinde tekerlekler ile yüzey arasındaki uyuşmazlıktan kaynaklanan titreşim hareketi örnek gösterilebilir (Dokumacı, 1981).



Random titreşim hareketi

Bu tip titreşimlerin teorik olarak tam tanımlanabilmesi için sonsuz sürede kayıt gereklidir. Bu gereksinimin yerine getirilmesi şüphesiz olanaksız olduğundan hareketin tanımı sonlu kayıtlardan yararlanarak istatistiksel yöntemle yapılır.

Şok

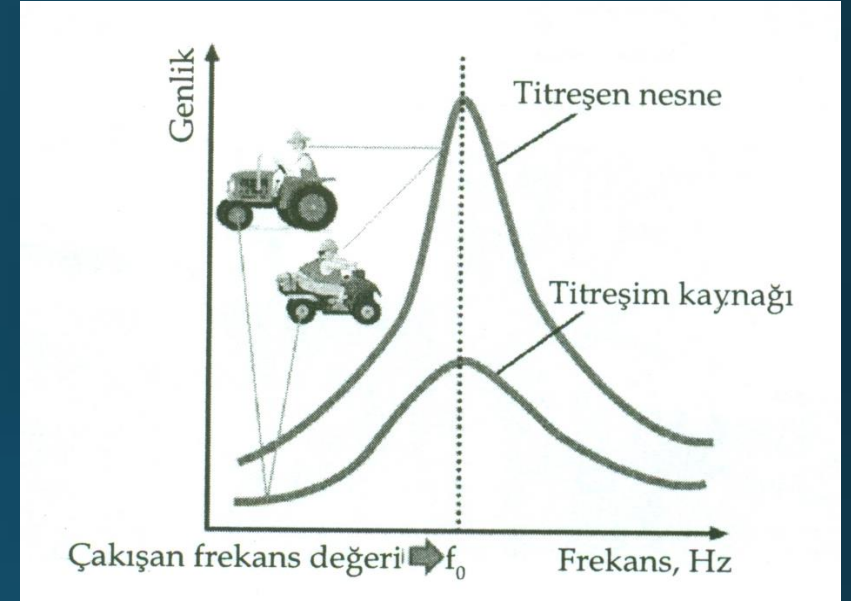
Şok, random titreşim hareketi gibi günlük yaşamda çok rastlanan ani enerji boşalması şeklinde titreşim sistemlerini zorlayan bir olaydır. Genel olarak şok, sistemin doğal salınım periyoduna göre çok kısa sürede oluşan enerji dönüşümü olarak tanımlanır ve random titreşimlerde olduğu gibi sıfırdan sonsuza kadar devam eden tüm frekanslarda enerji içerir. Şok etkisinde kalan bir titreşim sistemi, doğal özelliklerine göre bir periyodik harekete başlar ve tekrarlanmadığı takdirde bu hareket bir süre sonra sönümlenir (Broch, 1973).

Rezonans

Her cismin doğal bir titreşim frekansı vardır. Doğal frekans, “bir cisme serbest salınım hareketi oluşturacak şekilde kuvvet uygulanması ve kuvvetin kesilmesi sonrasında cismin denge durumuna dönünceye kadar esnekliğine ve kütlesine bağlı olarak serbest olarak titreştiği frekans” olarak tanımlanmaktadır. Bir cisim, bir titreşim kaynağı tarafından doğal frekansında uyarıldığında, çok yüksek genliklerde titreşir. Genliğin yüksekliği sistemdeki sönümlenme özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Bir cismin doğal frekansıyla çakışan bir frekansta uyarılması sonucu ortaya çıkan fiziksel olaya rezonans denilmektedir.

Rezonans olayının cisimlerin doğal frekanslarına bağlı olarak oluşması nedeniyle, doğal titreşim frekansı rezonans frekans olarak da adlandırılabilir. Şekilde görüldüğü gibi motorlu bir aracın çatı frekansı ile üzerindeki insanın doğal frekansı çakışabilmektedir. Bu durumlarda, titreşen cismin genliği uyarının genliğinin 10 katı ve daha yüksek değerlerde olabilmektedir.

Örneğin, bir asma köprü, büyüklüğü, yapı yöntemi, yapımında kullanılan malzeme gibi faktörlerle bağlı olarak doğal bir frekansa sahiptir. Dolayısıyla, kalabalık bir askeri birlik böyle bir köprüden geçerken "serbest adım" komutu verilir. Aksi takdirde, düzenli, sert askeri yürüyüş adımlarının, köprünün doğal frekansına eşit olması ve tehlikeli ölçüde bir titreşim doğması ihtimali vardır. Ayrıca bunun gibi, şiddetli rüzgârlar bir asma köprünün doğal frekansına eşit bir düzende çarptıkları zaman, köprünün parçalanması tehlikesi söz konusudur. İnce bardakların yüksek notalarda şarkıların etkisiyle parçalandıkları bilinir. ABD'de Tacoma Narrows köprüsü rüzgâr nedeniyle oluşan rezonans ile çökmüştür. 1940 yılında bu olay kamera ile çekilmiş ve resmedilmiştir (bkz. Youtube.com).



Rezonans

TİTREŞİMİN ÖLÇÜMÜ VE SINIR DEĞERLERİ

Makinalarda zaman zaman nereden kaynaklandığı bilinmeyen yüksek titreşimlere rastlanmaktadır. Bu durum makinaların arızalanmasına ve zamanından önce yıpranmasına neden olabilmektedir. Örneğin dönü hareketi olan bir mil, belirli bir doğal frekansa sahiptir. Bu milin çalıştırılması durumunda gerekli çalışma hızına ulaşıncaya kadarki hız artışı sırasında milin doğal frekansı ile çakışan hız geçilirken rezonans oluşur. Bu hıza, kritik hız denilmektedir. Makinaların kritik hız değerlerinde uzun süre çalıştırılmaması ve bu hızların gecikilmeden geçilmesi gerekir. Aksi durumlarda, makinanın dağılması gibi olumsuz sonuçlara ulaşılabilir.

Titreşim değerlerinin belirlenmesinde standarda göre ana büyüklük olarak frekans ağırlıklı ivmenin karelerinin ortalamasının karekökü (root mean square, RMS) değeri ele alınmaktadır. Toplam titreşim değerinin belirlenmesinden sonra günlük titreşime maruz kalmanın belirlenmesi gerekmektedir.

Titreşimin insanlar üzerinde sayılan birçok olumsuz etkilerin azaltılabilmesi için, titreşim maruziyeti, yönetmeliklerle sınırlandırılmıştır (Anonim, 2003). Titreşimin mevcut olduğu çalışma alanlarında periyodik ölçümler yapılarak maruziyet düzeyleri belirlenebilmektedir. Ölçümler, maruz kalman titreşim türüne göre el-kol ya da tüm vücut titreşimi olarak yapılır. Özellikle el aletlerini kullanan kişilerde el-kol titreşimi, titreşimli makineler ile temas halinde bulunan operatör vb. personelde ise tüm vücut titreşimi ölçümleri yapılmalıdır. Yapılan ölçümler sonucunda yönetmeliklerde de belirtilen maruziyet değerlerinin üzerinde bir titreşim değeri söz konusu ise bu noktalarda önlemler alınmalıdır.

Çalışanların mekanik titreşime maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden korunmalarını sağlamak için asgari gereklilikleri belirlemek için 22.08.2013 tarih ve 28743 sayılı Resmi Gazete'de "Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik" yayımlanmıştır. Yönetmelikte yer alan maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerleri aşağıda verilmiştir:

a) El-kol titreşimi için;

- Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 5 m/s^2
- Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 2.5 m/s^2

b) Bütün vücut titreşimi için;

- Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 1.15 m/s^2
- Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 0.5 m/s^2

Çalışma ortamında titreşim, kişinin çalışma verimini, sağlık ve güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Endüstride iki tip titreşim söz konusudur: Birincisi el-kol titreşimi, ikincisi tüm vücut titreşimidir.

El-kol titreşimi; mevcut titreşimin el-kol sistemine aktarıldığında, çalışanların sağlık ve güvenliği için risk oluşturan ve özellikle damar, kemik, eklem, sinir ve kas bozukluklarına yol açan titreşim şeklidir. El-kol titreşimine en sık inşaat, ormancılık ve maden sektöründe rastlanmaktadır.

Tüm vücut titreşimi ise; vücudun tümüne aktarıldığında, çalışanların sağlık ve güvenliği için risk oluşturan, özellikle bel bölgesinde rahatsızlık ve omurgada travmaya yol açan titreşim şeklidir. Tüm vücut titreşiminden en çok etkilenenler tarım ve inşaat sektörü çalışanlarıdır. Özellikle iş makinelerinde çalışanların titreşimden etkilenmesi, oturdukları koltuk vasıtasıyla titreşimin tüm vücuda aktarılmasıyla gerçekleşmektedir. Gıda sektörü gibi titreşimle çalışan konveyörlerin bulunduğu çalışma alanlarında da konveyörlerin zeminde oluşturduğu titreşim ayaklar vasıtasıyla çalışanların vücutlarına aktarılmaktadır.

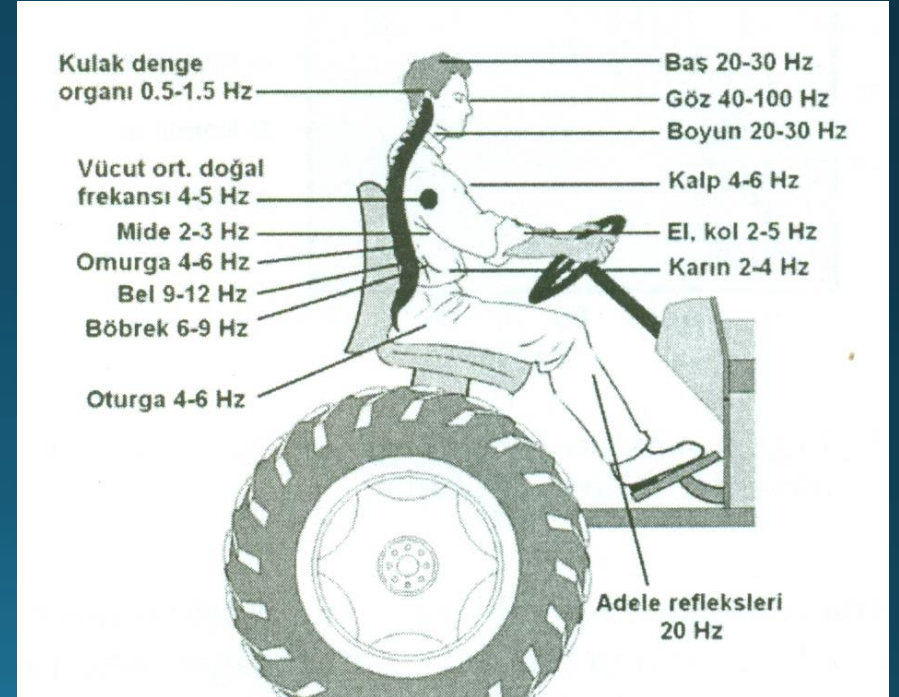
İnsan vücudunun tamamının ya da el-kol gibi bazı bölümlerinin çalışılan koşullara bağlı olarak maruz kaldığı titreşim frekansının ne olduğu, maruz kalınan süre kadar önemlidir. İnsan vücudu ya da bölümlerinin doğal frekans değerlerinin bilinmesi, kullanılan makina ve organlarının oluşturduğu titreşimlerin frekanslarına bağlı olarak etki düzeyleri tahmin edilebilmektedir. Diğer bir ifadeyle, rezonans olayının oluşmaması için gerekli önlemler alınabilir. Aşağıda insan vücudu ve bölümlerinin doğal titreşim frekansı değerleri görülmektedir:

İnsan vücudu ve bölümleri	Doğal titreşim frekansı değerleri (Hz)
Ort. vücut doğal frekansı	4-5
Kulak denge organı	0.5-1.5
Mide	2-3
Omurga	4-6
Bel	9-12
Böbrek	6-9
Oturga	4-6
Baş	20-30
Göz	40-100
Boyun	20-30
Kalp	4-6
El kol	2-5
Karın	2-4
Adale refleksleri	20

TİTREŞİMİN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İnsan vücudu oldukça karmaşık fiziksel ve biyolojik bir yapıdır. Genel bir yaklaşımla bu yapı, birbirine bağlı kütleler, elastik elemanlar ve sönümleyicilerle doğrusal olmayan birçok elemanın bileşkesidir. Bu nedenle insanın titreşimlere karşı davranışları incelenirken, vücudun fiziksel, fizyolojik ve psikolojik özelliklerinin dikkate alınması gereklidir. Titreşimin insan üzerindeki etkileri aşağıda sıralanmıştır:

- Vücutta bazı dokularda deformasyon,
- Solunum hızında artış,
- Oksijen ve enerji tüketiminde artış,
- Performansta azalma,
- Subjektif algılamada bozulmalar,
- Kalp atım sayısı ve kan basıncında artışlar,
- Merkezi sinir sistemi fonksiyonlarında aksama,
- Yanıtlama süresinde artış,
- Uyku bozuklukları,
- Baş ağrısı ve yorgunluk



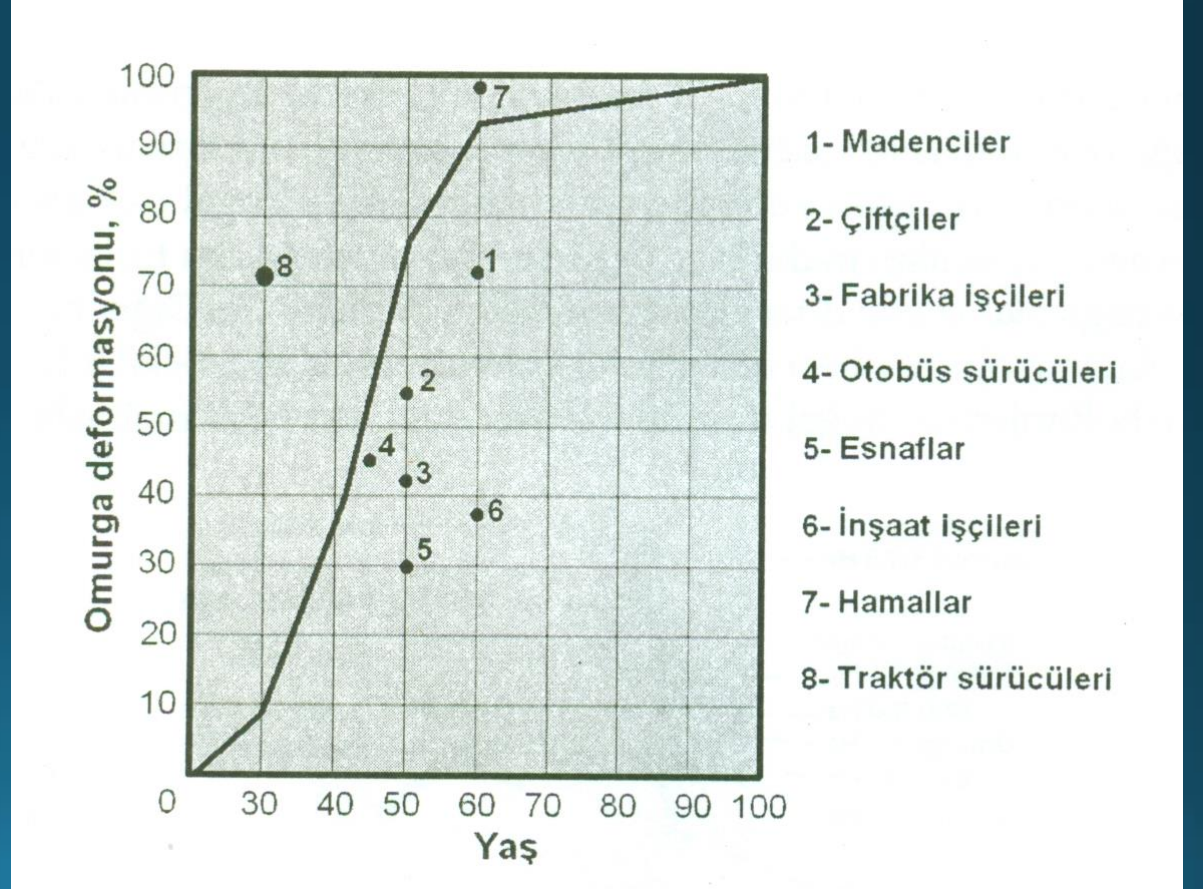
Titreşimin insan üzerindeki etki düzeyleri, aşağıda verilen faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir:

- Titreşimin frekansı, şiddeti ve yönü,
- Maruz kalınan süre,
- Uygulandığı bölge,
- Titreşime maruz kalan kişinin yaşı, cinsiyeti ve kişisel duyarlılığı ile genel sağlık durumu.

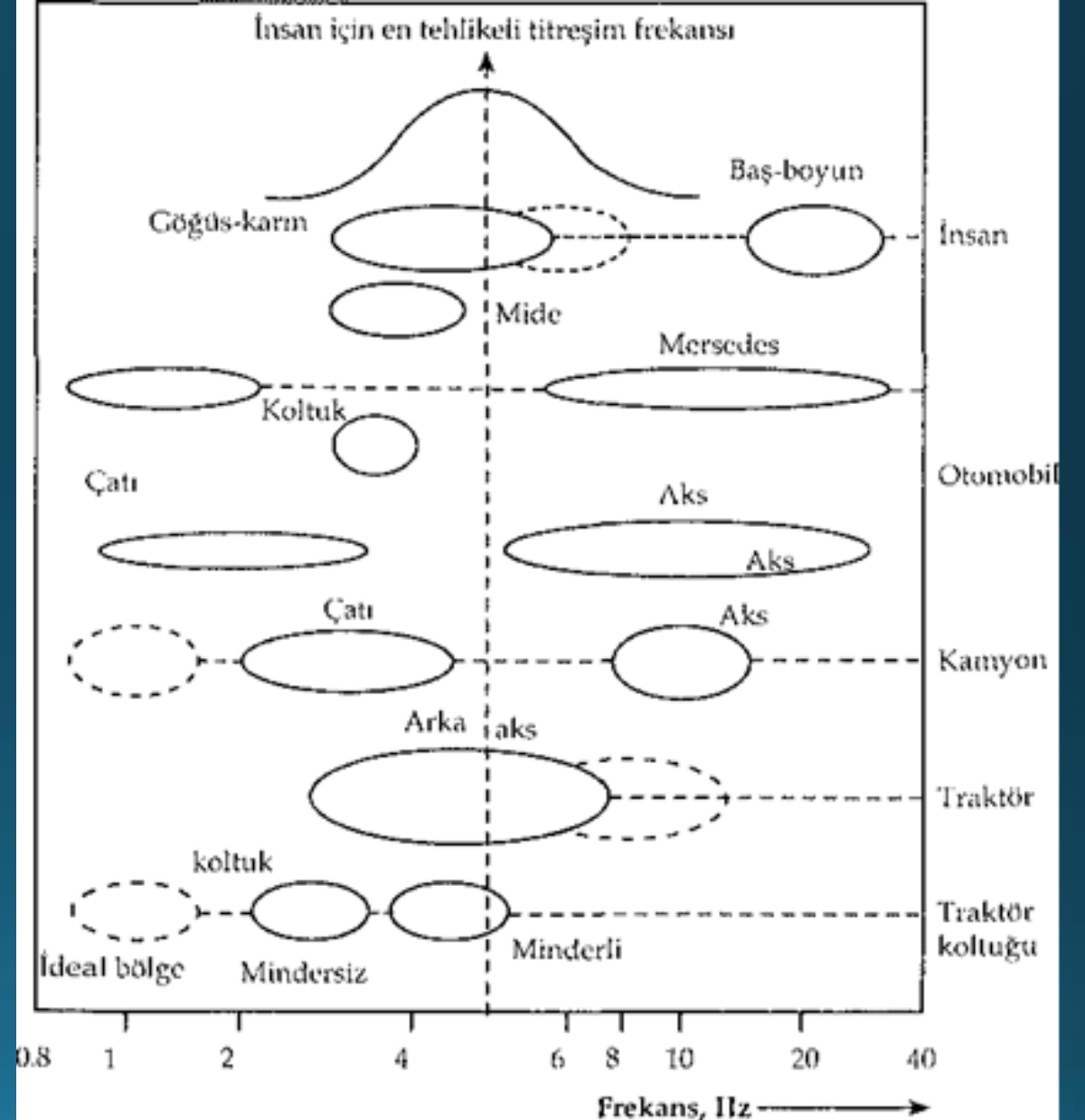
Titreşimlerin iş başarısına olumsuz etkileri, görme duyarlılığını bozarak veya insan motor yeteneklerini olumsuz etkileyerek ortaya çıkmaktadır. Ayrıca düşünme ve karar verme yetenekleri, titreşim etkisinde azalmaktadır. Bu olumsuzluk, 4-6 Hz arasındaki titreşimlerde daha da çoğalır. Aynı şekilde titreşimlerin etkisi altında kalan insanın, bozulan vücut konumunu düzeltmek ve uygun hareket edebilmek için algılama yükü artmaktadır. Bu durum bir yandan yanıtlama süresini artırırken diğer yandan kontrol edilemeyen hareketlerden dolayı iş başarısını azaltmaktadır.

Titreşimin insana etkileri değişik frekanslarda farklılıklar göstermektedir. Örneğin, birçok teknolojik uygulamada ve mesleklerde olduğu gibi yol dışı makine operatörleri, titreşimin bazı olumsuz özelliklerinden dolayı ciddi boyutlarda omurga ve mide rahatsızlıkları ile karşı karşıyadır. Aşağıda traktör sürücülerindeki bu etkilerin boyutları bir araştırmaya dayalı olarak görülmektedir.

Şekilde görüldüğü gibi 20-29 gibi çok genç yaştaki traktör sürücülerinin % 71'inde ortaya çıkan omurga rahatsızlıklarını, diğer mesleklerde hem yaş hem de oransal olarak bu denli olumsuz değildir. Örneğin, maden işçilerinde yaklaşık 51 yaşında % 70 oranındaki bu rahatsızlık, otobüs şoförü, fabrika işçisi ve inşaat işçilerinde sırasıyla 40, 45, 51 yaşlarında ve oransal olarak daha küçük değerler göstermektedir.



Aşağıdaki şekilde insan ve bazı motorlu araçların titreşim frekans bölgeleri görülmektedir. Şekilde insan için en tehlikeli titreşim frekans değeri referans alınarak bazı motorlu taşıtların aks, çatı ve koltuk titreşimleri görsel olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, insanın araç titreşimlerinden en fazla etkilenen mide, göğüs, karın, baş ve boyun bölümlerinin de referans titreşim değerine göre yerleşimi gösterilmiştir.



Motorlu taşıtlarda meydana gelen titreşimler; makinenin hareket ettiği yüzeyden ve motor ve hareket iletim organlarından kaynaklanan titreşimler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bunlardan 1. gruptakiler düşük frekanslı titreşimlerdir. Traktörlerin sahip olduğu titreşimlerden, özellikle 1. gruptakiler insan duyarlılığı için daha önemlidir. Çünkü insan organlarının titreşim frekansları da (ortalama 4 Hz) düşük değerlerdedir. Traktör koltuğuna iletilen titreşimler sönümleme elemanlarına bağlı olarak 4-6 Hz arasında değişmektedir.

Ortam ve makineden kaynaklanan titreşimler ayrıca, sürücünün yönlendirme yeteneği, ortamdaki nesnelere izleme yeteneğini olumsuz etkiler, ayak ve el ile uygulanabilecek kuvvetleri azaltır, insanın solunum sistemini de etkiler. Omurga ve mide rahatsızlığı yanında, titreşimin neden olduğu önemli meslek hastalıklarından bir diğeri beyaz parmak hastalığı olarak adlandırılmaktadır. Uzun süre el-kol titreşimine maruz kalınması sonucunda oluşan bu rahatsızlık, ağırlıklı olarak madencilik, ormancılık, inşaat vb. iş kollarında, özellikle titreşimli/elektrikli el aletleri ile çalışırken oluşan titreşim sonucu meydana gelir. Elde hissizlik ve fonksiyon kaybı yaratan hastalık, kangrene kadar ilerleyebilmektedir.

Titreşimin bu olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması veya azaltılması için titreşim yalıtımına ihtiyaç vardır. Makine sürücüleri, makineler tarafından oluşturulan sürücünün sağlık ve iş başarısını etkileyen titreşim ortamında çalışmak zorundadırlar. İnsanın algılama organlarının özellikleri değiştirilemeyeceğine göre, makine tasarımında bu özelliklerin mutlaka dikkate alınması gereklidir.

TİTREŞİM YALITIMI

Genel olarak tüm makinalarda çatlama, kırılma, aşınma vb. etkiler yanında bu makinaları kullananların sağlık koşulları üzerindeki sorunlar gibi birçok olumsuz fiziksel olaya neden olan ve titreşim yaratan kuvvetler ortaya çıkar. Sorunların ortadan kaldırılması ve titreşimin diğer makina parçalarına ve ana çatıya iletiminin engellenmesi için uygulanan işleme titreşim yalıtımı denir. Diğer tanımla yalıtım, titreşim etkilerini azaltmak amacıyla titreşen parçanın elastik bir ortama yerleştirilmesi şeklinde tanımlanır (Harris ve Grede, 1976). Titreşim etkisindeki yapının titreşim değerleri büyük oranda kütesine bağlıdır. Titreşim kütesinin yalıtımı için kullanılan eleman yeterince elastik ise ikinci bir yapıya iletilen titreşim kuvveti (rezonans koşulları dışında) çok azalır.

Genel olarak yalıtım, titreşen bir makinadan çatının yalıtımı veya titreşen bir çatıdan makinanın yalıtımı gibi iki farklı durumda incelenir. Makinadan çatıya iletilen kuvveti azaltma, kuvvet yalıtımı; çatıdan makineye iletilen hareketin yalıtımı ise hareket yalıtımı olarak bilinir. Hareket yalıtımına örnek, oturağın yalıtımı; kuvvet yalıtımına örnek ise elektrik motoru gösterilebilir (Beranek, 1983). Titreşim kuvvet veya genliğinin iletimini azaltan elastik elemanlara (yay vb.) titreşim yalıtım elemanı, titreşen cismin sadece rezonans frekanslarda tepkisini azaltmak için kullanılan elemanlara ise sönümlenme elemanı denir.

Titreşim yalıtım ve sönümlenme elemanlarının kullanımının tek amacı yayılan titreşim enerjisinin azaltılması ve denetlenmesidir (Dokumacı,1981). Elastik eleman aldığı enerjiyi hareket enerjisine çevirerek bir kısmını iletir. Sönümleyici aldığı enerjiyi ısı ve hareket enerjisine çevirerek iletimi azaltmaktadır. Titreşen kütle, yalıtım elemansız bağlandığı takdirde kaynaktan iletilen titreşim enerjisinin büyük bir kısmını bu kütleye ulaştırır (Palavan, 1973).

Sönümlenme elemanı sistemin rezonans frekanslardan korunmasını sağlar. Aksi halde değişik çalışma koşulları altında meydana gelen rezonanslar çok kısa süreli de olsa tehlikeli olaylara neden olabilecektir.

Örneğin, dönerek çalışan bazı makine parçalarının ilk çalışmaya başlarken veya dururken bir rezonans bölgesinden geçmesi gibi makinelerde rezonans olayı çoğunlukla kısa sürelidir. Bu koşul sistemdeki elastik elemanın tepkisi ile ortaya çıkar. Eğer makinenin çalışma rejimine geliş hızla yapılırsa, sistem rezonans bölgesinden hızla geçer, böylece sistem iletilen kuvveti maksimum genliğe ulaştırması için yeterli zaman bulamaz. Bu durumda büyük sönümlenme değerlerine sahip sönümleyicilere ihtiyaç vardır. Eğer makine çok küçük bir ivme ile çalışma hızına ulaşırsa, iletilen kuvvet çok büyük değerler kazanır. Bu durum insan sağlığı bakımından yol dışı makinelerde özellikle traktör titreşimlerinde çok daha olumsuz özellikler taşımaktadır. Rezonans koşulu tekerlek ile hareket yüzeyi arasındaki her uyarı titreşiminde ortaya çıkar. Çatı, oturak ve sürücü tüm çalışma süresince rezonansın olumsuz özellikleri altında kalacaktır. Bu nedenle tüm titreşim sistemlerinde yalıtım malzeme ve elemanlarının önemi büyüktür.

Titreşim Yalıtımında Kullanılan Malzemeler

Bir yalıtım elemanının iki önemli işlevi vardır:

1. Elastik olarak kütleyi taşımak,
2. Kütle ile çatı arasında iletilen titreşim enerjisini azaltmak.

Doğal veya yapay lastik vb. bazı yalıtım elemanları bu iki işi de yerine getirebilirler. Ancak, metal yay vb. elastik elemanlar kütleyi, enerji miktarında azaltmayı sağlama yetenekleri yok denecek kadar azdır (Dokumacı, 1981).

İyi bir yalıtım sisteminde, yeterli elastikiyet sağlayacak yay vb. elemanla enerji absorpsiyonunu sağlayacak sönümlenme malzemesine gereksinim vardır. Bu nedenle ideal bir yalıtım ünitesi yay vb. elastik bir eleman ile bir sönümlenme elemanından oluşur.

Titreşim yalıtımında kullanılan malzemeler; metal yaylar, elastomerler ve esnek yastık ve takozlar olmak üzere üç grupta incelenebilir.

Metal Yaylar

Metal yayların kullanımı çok yaygındır. Çok hafif ve hassas makinelerin yalıtımından, çok ağır endüstriyel makinelerin yalıtımına kadar birçok yerde kullanılırlar. Bu kadar yaygın kullanımları, aşağıda sıralanan üstünlüklerin den kaynaklanmaktadır.

- Çevre koşullarından (sıcaklık, asit, yağ, vb.) az etkilenirler.
- Sünme oluşmaz.
- Düşük frekanslı titreşimlerin yalıtımında kullanılabilirler.
- Tel çapının uygun seçimiyle yüksek yük altında çalışacak şekilde tasarlanabilirler.
- Ekonomiktirler.
- İstenilen yay katsayısını verecek şekilde tasarımları yapılabilir. İmalat sonunda elde edilen değerler, teorik değerlere genellikle çok yakın olacağından, beklenen titreşim yalıtımı hassas olarak sağlanabilir.

Elastomerler

Doğal ve yapay tüm kauçuklar elastomer adlı genel polimer sınıfının bir parçasıdır. Elastomer, oda sıcaklığında orijinal boyunun en az iki misline kadar uzatılabilen ve bu uzamayı sağlayan kuvvet ortadan kalktığıında hemen hemen orijinal hâline dönebilen (polimerik makromoleküller) malzemelerdir ve sıklıkla kauçuk olarak adlandırılır.

Doğal kauçuk, en uygun ve en ekonomik yalıtım malzemelerinden biridir. Ancak, çevre koşullarından çok etkilenir. Güneş ışığı, ozon ve oksijen, yüzey çatlaklığı oluşturur. Doğal kauçuklar -50°C ile $+100^{\circ}\text{C}$ arasında kullanılabilirler, ancak -20°C 'nin altındaki sıcaklıklarda kristalize olmaya başlar ve -60°C 'de cam gibi sertleşir. Makine yağı, doğal kauçuk tarafından emilir ve kauçuğun direncini düşürür.

Esnek Yastık ve Takozlar

Bu grupta mantar, keçe, cam elyafı türü malzemeler vardır. Genellikle tabaka şeklinde bulunurlar ve istenilen boyutlarda kesilerek geniş destek olarak kullanılırlar. Keçe konusundaki bilgiler oldukça sınırlıdır. Daha çok yapımçı firmaların, ürettikleri keçelerin özelliklerini vermesi beklenir. Hem ucuz hem de kullanımı kolay keçe, yüksek frekansta titreşen makinelerin yalıtımı için uygundur. Gürültü kontrolü amacıyla yapılan titreşim yalıtımlarında, mekanik açıdan yüksek frekansların yalıtımında etkili olması nedeniyle, yaygın olarak kullanılırlar (Genellikle 40 Hz'in üzerindeki frekansların yalıtımında etkilidirler). Genel amaçlı kullanımlarda keçe kalınlığı 1-3 cm. arasında olabilir. Altı düz makinelerin yalıtımında, toplam alanın % 5'i alanında keçe kullanmak yeterlidir. Ancak, yüksek basınç altında özelliklerini kaybedebildikleri için, yük altındaki kalınlık değişiminin % 25'i geçmemesi gerekir. Titreşimlerin çok fazla olmadığı uygulamalarda keçeyi yapıştırmak gerekmez. Keçe beton temel blokların zeminden yalıtımında kullanılan en etkili yalıtıcılardandır. Sönüm oranı yüksek olduğundan rezonanstan geçişlerde sorun yaratmazlar.

Yüksek frekanslı titreşimlerin yalıtımında mantar da kullanılır. Bu özelliğinden dolayı, akustik amaçlı titreşim yalıtımının önemli bir malzemesidir. Yüksek frekanstan kastedilenin, mekanik açıdan yüksek frekanslar olduğu, bu frekansların akustik açıdan düşük frekanslara karşı geldiği vurgulanmalıdır. Mekanik açıdan düşük frekanslı titreşimler, daha çok titreşimin gürültü dışındaki zararlı etkilerinden korunmak amacıyla azaltılırlar.

Yüksek frekanslı titreşimlerin azaltılmasının temel nedenleri arasında gürültü kontrolü çoğunlukla ilk sırayı alır. 50-60 Hz gibi mekanik titreşimler açısından yüksek sayılan frekanslardaki titreşimin kontrolünde mantar son derece etkilidir. Gözenekli yapısından ötürü ezilmeye kauçuktan daha elverişlidir ve bu nedenle ağır yükler altında kullanılabilir. Mantar da keçe gibi temel bloklarının altına döşenerek makine temel blok kütlelerinin yalıtımında etkili olur. Kauçuk türü malzemelerin tersine mantar, üzerindeki yük arttıkça daha esnek bir yapı kazanır, yani yumuşayan yay etkisi gösterir. Mantar, çevre koşullarına oldukça dayanıklıdır. Yağ su, sıcaklık gibi etkenlerden fazla etkilenmez.

Keçe gibi, mantar da yalnız yüksek frekanslı titreşimlerin yalıtımı için uygun olduğundan; makinedeki dengesizlikten kaynaklanan düşük frekanslı titreşimleri yalıtamaz. Bu nedenle, keçe ve mantar dengelenmiş makinelerin (çok silindirli motorlar, fanlar, türbo hava kompresörleri gibi) titreşim yalıtımında kullanılırlar.

Cam elyafı (fiberglas), çevre koşullarından en az etkilenen yüksek frekans yalıtıcılardandır. Yukarıda incelenen malzemelerden başka özel olarak titreşim yalıtımı amacıyla üretilmiş malzemeler de vardır. Bunlar sönümü çok yüksek olan sürtünme sönümlü yaylardan, bezle ya da mantarla kuvvetlendirilmiş elastik türü çok katlı malzemelere kadar uzanmaktadır (Özkale, 2001).