



MEKANİK ODALARDA SES YALITIMI VE TİTREŞİM KONTROLÜ UYGULAMALARI

Sound And Vibration Control Application For Mechanical Rooms

C. Volkan Dikmen

ÖZET

Bildiride, gürültü yönetmeliği çerçevesinde yapılarda konfor açısından ses ve titreşim yalıtımının önemi anlatılmaktadır.

Mekanik hacimlerde uygulanan sismik koruma titreşim kontrolü ve ses yalıtımı örnek akustik raporlar ve detay çözüm önerileri ile incelenmektedir.

Mekanik odalarda uygulanan yüzer döşeme uygulamaları ve titreşim yalıtımı için kullanılacak yayların ekipman tiplerine göre ve Uluslararası Bina Kodu 2006 (IBC 2006) seçimleri ve hesap yöntemleri verimlilik analizleri gösterilmektedir.

Sismik koruma ve titreşim yalıtımını aynı anda yapabilen ürünlerin uygulaması ve sadece titreşim kontrolü yapıldığı durumlarda titreşim yalıtımını bozmadan sismik sınırlamaların yapılması yöntem ve analizleri paylaşılacaktır.

Yüzer döşemelerin ses ve titreşim yalıtımını ne şekilde sağlayabildiği test raporları ve örnek uygulama incelemeleriyle açıklanacaktır.

Düşük dinamik sertliğe sahip titreşim yalıtım yapan ürünlerin yapısal analizi ve sistem içerisindeki çalışma prensibi gösterilecektir.

Anahtar Kelimeler: yüzer döşeme, sismik koruma, titreşim kontrolü ve ses yalıtımı, Uluslararası Bina Kodu, düşük dinamik sertlik.

ABSTRACT

In this bulletin the importance of sound and vibration isolation according to comfort issues in buildings in recent noise regulations is being explained. Seismic protection, vibration control and sound insulation that is used in mechanical rooms is being explained with sample acoustic reports and detailed solution suggestions. Floating floor applications in mechanical rooms and selection of springs that will be used for vibration isolation springs will be shown according to equipment types of springs and International Building Code 2006 (IBC 2006) and with calculation method efficiency analyses. Application of products that have the capacity to work for both seismic protection and vibration isolation and method and analysis where seismic restraint can be done without destructing vibration isolation in situations that only vibration control is done will be shared. How floating floors can provide sound and vibration insulation will be explained with test reports and sample application analyses. Structural analysis of products which have low dynamic stiffness that has capacity to provide vibration isolation and working principle in system will be shown.

Keywords: floating floor, seismic protection, vibration control and sound isolation, International Building Code, low dynamic stiffness.



1. GİRİŞ

Bir akustik ve makine mühendisinin ortak görevlerinden biri, hangi ekipmanın titreşim ve ses yalıtımına ihtiyacı olduğuna, hangi tipte ve ne kadar çökme yapabilen titreşim alıcı kullanılacağına karar vermektir. Bu ekipmana, ayrıca bir de sismik koruma yapmak gerekiyorsa, olay daha da karmaşık hale gelmektedir.

Akustik ve makine mühendislerinin başarmaya çalıştıkları ile, deprem mühendislerinin başarmak zorunda oldukları şey arasında bir çatışma vardır.

Kullanılan ses-titreşim yalıtım sistemi, sismik koruma yapılmadan da akustik olarak iyi olsa bile, mühendis, bu dikkatle planlanmış ses-titreşim yalıtım sistemi ile birlikte çalışacak sismik sistemi seçmelidir.

2. SES ve TİTREŞİM KONTROLÜ DETAY ve ÇÖZÜMLERİ

Genel olarak uygulanan akustik ve titreşim koruma önlemleri (esnek ve güçsüz bağlantılar) tesisat ve ekipmanların deprem esnasındaki riskini yaklaşık 2 kat oranında arttırmaktadır.

Bu sebeple detay çözümleri akustik, titreşim ve sismik açıdan birlikte değerlendirilmelidir.

Mekanik hacimlerde farklı frekanslarda çalışan ve istenmeyen ses oluşturan fan, pompa,kazan gibi birçok ekipman bulunmaktadır. Bu hacimlerde oluşan hava doğuşumlu sesi kesmenin 2 temel yolu vardır.

- Duvar-döşeme ya da tavan kütlelerini arttırmak
- Hava boşluğu oluşturmak

Yapı elemanlarında kütleli 2 katına çıkararak STC (Sound Transmission Class) değerini en fazla 5dB arttırabiliriz.

Örnek olarak;

150mm kalınlığında bir betonarme döşemenin değeri STC 54 ise,
Kütle 2 katına çıktığında;

300mm kalınlığında bir betonarme döşemenin değeri STC 59,

İlk kütle 4 katına çıktığında;

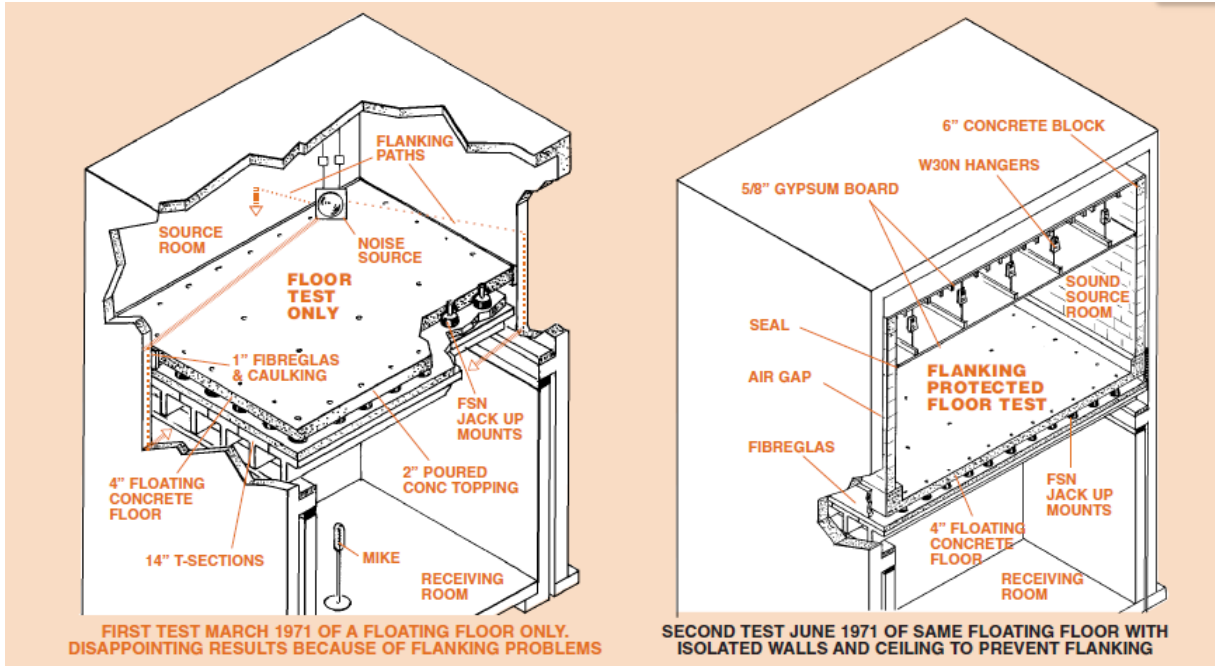
600mm kalınlığında bir betonarme döşemenin değeri STC 64 olacaktır.

Bu durumda 600mm kalınlığında betonarme bir duvar-döşeme ya da tavan detayı oluşturmak gerekir ki bu genelde oldukça zordur, binaya yük getirir ve maliyetlidir.

2.1. Liftli Yüzer Döşeme Önerileri (Jack-up Floating Floor)

Yapılması gereken akustik aşama, ağırlığı belirledikten sonra iki bileşeni birbirinden ayıracak hava boşluğu ve esnek destekleri dizayn etmektir. En çok tercih edilen yüksek performanslı yüzer döşeme sistemleri kaldırmalı-liftli (Jack-up) sistemleridir. (1)

Bu sistemlerle oluşturulan hava boşluğu STC değerini sıra dışı arttıracaktır. Aşağıdaki test sonuçlarında bu etkiler görülmektedir.



Şekil 1. Yüzer Döşeme Detayı

FIRST TEST DATA IN BROWN, SECOND TEST DATA IN BLACK												
Freq. (Hertz) (cps)	Basic T sections and 2" cover	TRANSMISSION LOSS (dB) COMPARISON					2" air gap with 75% fiber glass infill					
		0"	1"	2"	3"	4"						
100	39	38	38	43	50	42	56	45	59	46	56	57
125	39	47	47	44	57	44	60	47	62	47	63	59
160	40	46	46	45	55	45	58	47	59	47	61	61
200	42	49	49	46	63	45	65	46	67	46	66	68
250	45	51	51	47	67	48	69	50	72	50	72	73
315	49	52	52	54	73	54	75	55	77	54	78	79
400	47	50	50	56	73	56	74	57	74	57	77	78
500	50	55	55	58	78	59	80	60	80	60	82	83
630	52	54	54	61	83	62	85	62	86	62	87	86

Riverbank TL-71-152 March 71 Riverbank TL-71-247 June 71

*While the use of infill raises the STC an additional 3 in a 2" air gap, we feel it is overkill as field flanking will prevent achieving the higher value. The floating floor @79 STC is already the most sound resistant path.

FIRST TEST DATA IN BROWN, SECOND TEST DATA IN BLACK												
Freq. (Hertz) (cps)	Basic T sections and 2" cover	TRANSMISSION LOSS (dB) COMPARISON					2" air gap with 75% fiber glass infill					
		0"	1"	2"	3"	4"						
800	51	52	52	63	85	63	86	64	87	65	86	88
1000	52	55	55	68	88	68	88	69	88	69	87	89
1250	55	58	58	72	93	72	93	72	92	73	91	95
1600	58	61	61	74	97	73	96	74	95	75	93	97
2000	60	63	63	75	97	75	101	76	99	77	97	97
2500	62	65	65	80	101	79	104	79	101	80	101	100
3150	65	67	67	82	104	84	105	85	107	86	103	104
4000	68	71	71	87	105	90	106	92	105	91	104	106
5000	70	72	74	91	102	93	101	100	99	97	99	103
STC	54	57	57	61	76	61	79	63	80	63	82	82*
INF		-27	-27	17	17	17	17	17	17	18	18	18
IIC		-24	-24	68	68	68	68	68	68	69	69	69

Riverbank TL-71-152 March 71 Riverbank TL-71-247 June 71

Şekil 2. Test Sonucu

Örnekteki teste mevcut döşeme 6" (150mm) kalınlığında iken üzerine gelen 4" (100mm) kalınlığındaki beton STC değerini 3dB iyileştirmektedir.

Fakat bu değer 100mm kalınlığındaki döşeme 50mm kaldırıldığında mevcut döşemeye göre 25dB birden inanılmaz şekilde artmaktadır. Boşluğu 100mm'e kadar arttırdığımızda değer 28dB'e ulaşmaktadır.

Mevcut Döşeme 150mm kalınlık	STC 54
0 hava boşluğunda 150+100mm	STC 59
50 hava boşluğunda 150+100mm	STC 79
100 hava boşluğunda 150+100mm	STC 82

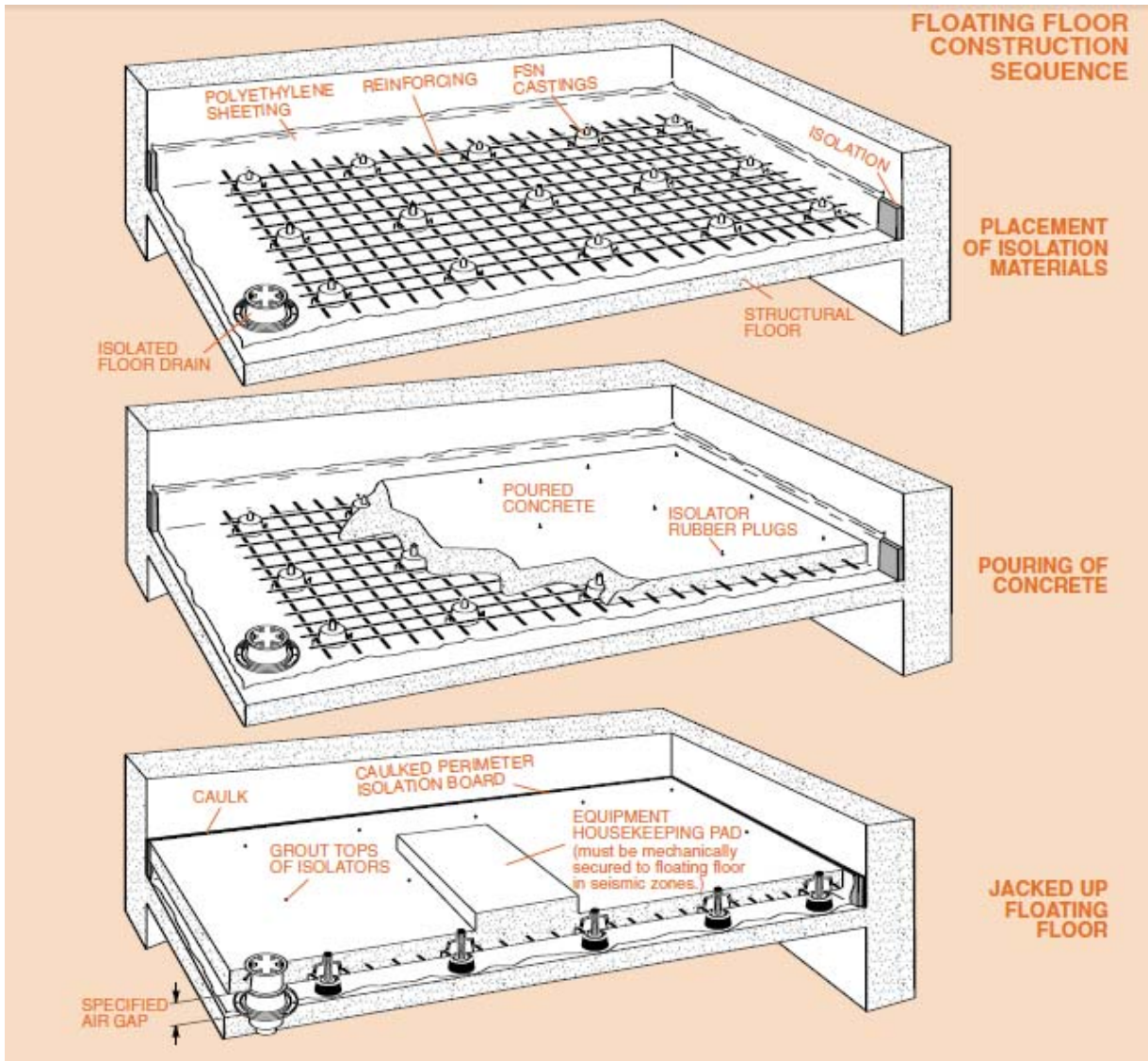
Normal olarak teoride hava boşluğunu 2 kat arttırmak 5dB iyileştirme sağlaması gerekirken, rezonanslar sonucu 3dB olarak ölçülmüştür.

Hava boşluğu ses yutucu düşük yoğunluklu mineral yün malzemelerle (Camyünü ya da taşıyünü) doldurulduğunda, test sonucunun 50mm hava boşluğunda STC79'dan STC82'ye geldiği görülmektedir.

Bu denli yüksek ses kesme seviyelerinde, yutucularla sağlanan 3dB çok da büyük bir fark değildir.

Bu tip lift şeklindeki (Jack-up) yüzer döşeme uygulamalarında kullanılan destek ayaklarının görevi sistemi desteklerken, hava boşluğunun da görevini yapmasına destek olmaktır. Bu amaçla kullanılan yaylar özel olarak bu iş için imal edilmeli ve yük altında –ömrü boyunca aynı performansı sağlamalıdır. Eğer kauçuk destekler kullanılacaksa dinamik sertliği düşük LDS (Low Dynamic Stiffness) kauçuklar tercih edilmelidir.

Her ayak bir geçiş yolu olduğundan daha az sayıda ve daha esnek destekler dizayn edilmelidir. Şartnameler hazırlanırken, imalat tekniklerinin yanı sıra, malzemelerin performans karakteristikleri, uygulama şekilleri ve fiziksel özellikleri de belirtilmelidir.



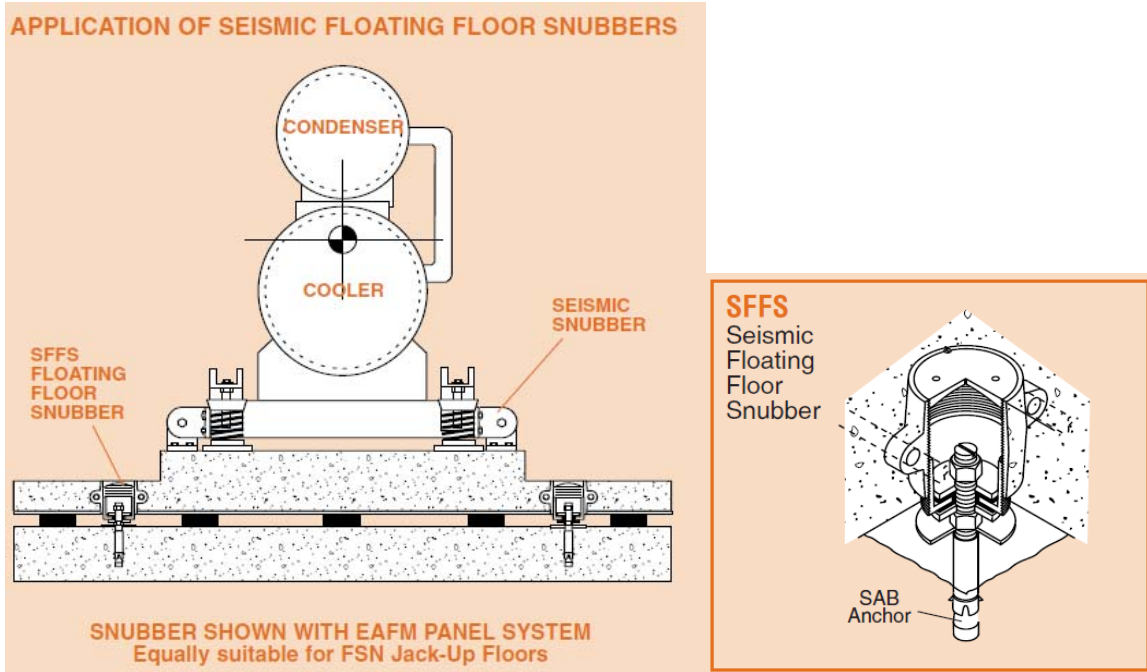
Şekil 3. Yüzer Döşeme Detay Örnekleri

Yukarıdaki test raporunun ilk kısmındaki değerlerin verimi çok da yüksek değildir. İkinci testte bu değerler bahsi konu olan sıra dışı değerlere yükselmiştir.

Bunun sebebi ilk testte duvarlar ve tavan yalıtılmamıştır. Böylece duvarlar ve tavan yansıtıcı levhalar (Flanking pads) şeklinde çalışarak sesi binanın iskeleti vesilesi ile alt kata geçirmiştir.

İkinci testte esnek desteklerle bağlanan ses kesici duvar ve tavan detayları oluşturulmuş ve istenen sonuca ulaşılmıştır. (1)

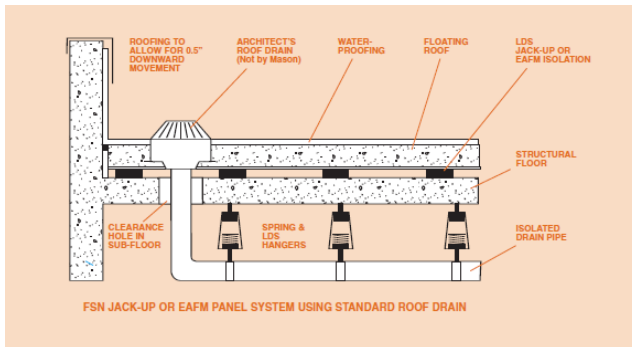
Ayrıca mevcut döşemeni üzerine oluşturulan bu yüzer döşemeler deprem bölgelerinde özel akustik sismik sınırlayıcılarla zemine monte edilmelidir. Kullanılan bu sismik sınırlayıcılar ses ve titreşimin geçişine izin vermeyecek şekilde dizayn edilmiş olmalıdır.



Şekil 4. Sismik Sınırlayıcılı Form Work Yüzer Döşeme Detayı

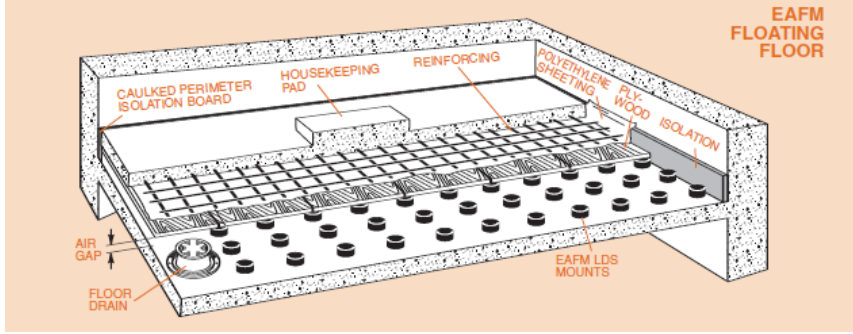
Döşemenin zemine sismik montajı için Uluslararası bina kodlarına (IBC) göre sismik hesaplar yapılmalıdır.

Dizaynı yapan akustik danışmanın aynı zamanda su ve yangın yalıtımı çözümlerini sunması zaman zaman gerekmektedir.



2.2. Kalıplı Yüzer Döşeme Örnekleri (Formwork Floating Floor)

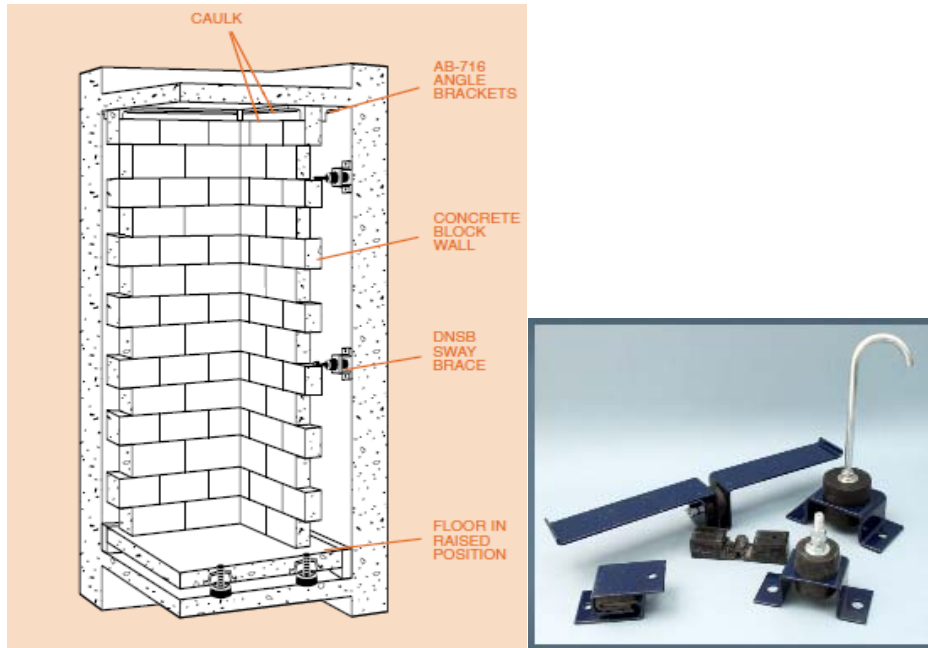
Bir diğer tavsiye edilen yüksek performanslı yüzer döşeme sistemi kontrplak kalıplı (Form work) sistemidir. Bu sistemde de LDS kauçuklarla oluşturulan destekler kalıp görevi yapan bir kontrplağı taşımaktadır. Yüzer döşeme betonu da bunun üzerine donatılı olarak dökülmektedir.



Şekil 5. Kalıplı Yüzer Döşeme Detayı

2.3. Ses Yalıtımlı ve Yüzer Duvarlar

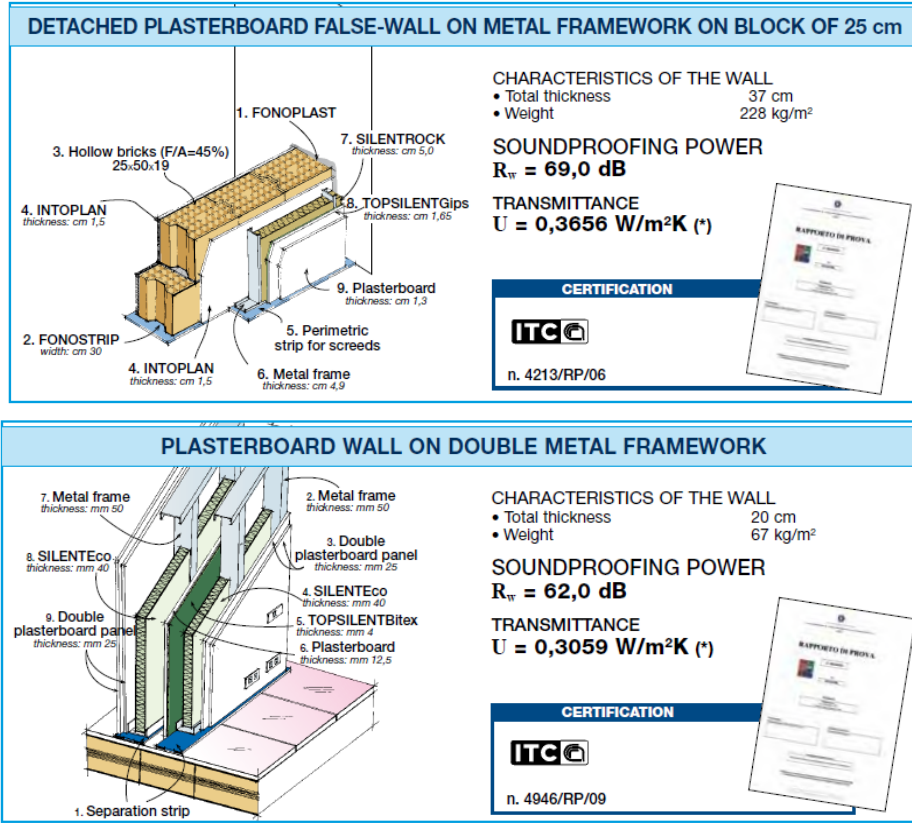
Duvarlar dizayn edilirken tuğla, betonarme gibi malzemelerden oluşturulacak 2. duvar ses yalıtımı açısından oldukça başarılı olacaktır. Bunlar da monte edilirken katı iletimini kesmek amacı ile esnek desteklerle monte edilmelidir. Aşağıdaki örnekte görüleceği gibi 2.duvarla beraber $R_w=69\text{dB}$ gibi oldukça iyi bir yalıtım değeri sağlanmıştır. Bu detayda olduğu gibi duvar arasında ses yutucu lifli bir malzeme ve 2. duvarın üzerinde ağır ses bariyeri (Heavy sound barrier $5\text{kg}/\text{m}^2$) kullanmak bu verimi sağlamıştır.



Şekil 6. Yüzer Duvar Detayı

Bir diğer uygulamada alçı plakalarla imal edilen bölme duvarlardır. Sıklıkla kullanılan çift taşıyıcılı , 2 kat taşıyıcı ve 4 kat alçı plakadan oluşan klasik sistemin R_w değeri 53dB 'dir.

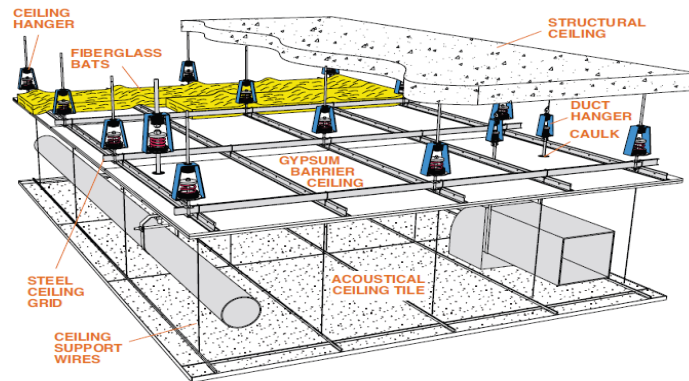
Buna karşın duvarın içinde kullanılan ağır ses bariyeri ($5\text{kg}/\text{m}^2$) ile R_w değeri 62dB 'e çıkmaktadır. 9dB 'lik bir iyileşme sağlanmaktadır. Eğer bu bariyer çift kat kullanılmış olsaydı iyileşme 12dB gibi bir rakam olacak ve R_w değeri de 65dB 'ye ulaşacaktır. (2)



Şekil 7. Ses Yalıtımlı Bölme Duvar Detayı

2.4. Ses Yalıtımlı Asma Tavanlar

İstenmeyen sesin mahalın üst katına çıkmasını ve bina iskeleti vesilesi ile tamamen yayılmasını engellemek için akustik asma tavan imal edilmelidir. Asma tavanlar alçı plaka gibi hafif ve rijid malzemelerden imal edildiği için 2plaka arasında esnek ve ağır ses bariyerleri kullanılmalıdır. Asma tavan üzerinde kullanılacak lifli malzemelerde tavan içinde bir yutucu mahal oluşturacaktır. Asma tavanın ve mekanik odanın özelliklerine bağlı olarak yaylı ya da LDS kauçuktan oluşturulan esnek bir sistemle asılmalı ve titreşimin geçişi engellenmelidir. (2)



Şekil 8. Ses Yalıtımlı Asma Tavan Detayı

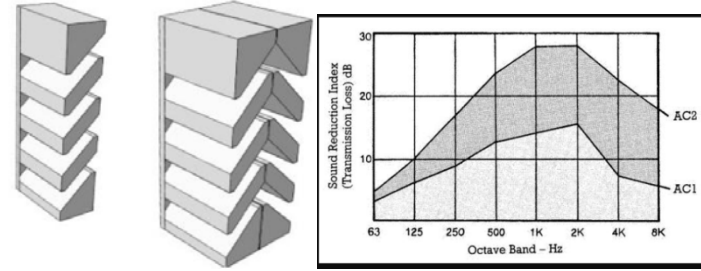
2.5. Ses Yalıtımlı Kapılar ve Hava Menholleri

Mekanik hacimlerde taze havanın girişini, kirli havanın atılmasını sağlayacak menholler bırakılmaktadır. Zaman zaman kapılarda kullanılmaktadır.

Bu amaçla menholler ve kapılar akustik panjur (acoustic louvre) haline getirilmelidir.

Genel olarak 2 tip akustik panjur kullanılır. Birincisi tek kanatlı ikincisi ters V şeklinde dizayn edilen çift kanatlı panjurlardır. Panjur dizaynı yapılırken mahal içindeki ekipmanların hava ihtiyaçları hesaplanır. Menhol alanları da bu hava ihtiyacı ve panjurun oluşturacağı dirence (Basınç kaybına) göre dizayn edilir.

Aşağıda örnek tek ve çift kanatlı akustik panjur için ses indirgeme değerleri görülmektedir.



Şekil 9. Ses Yalıtımlı Kapılar ve Hava Menhollerine Örnek

SONUÇ

Sonuç olarak mekanik hacimlerin ses yalıtım dizaynı yapılırken oda içinde oda esnek olarak inşa edilmeli, titreşim geçirmemeli ve sismik sınırlayıcılarla monte edilmelidir.

İdeal mekanik oda mekanik proje müellifi, mimar, akustik danışmanın ve sismik danışmanın ortak çalışması sonucunda ortaya çıkabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Mason Industries, Seismic Restraint Guidelines, September 2011
- [2] Index, Acoustic and Thermal Insulation For Buildings, Ed.2010-1



ÖZGEÇMİŞ

C. Volkan DİKMEN

1970 yılı doğumludur. 1987 yılında Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümüne girmiştir. Okuldan mezun olduktan sonra imalat ve proje konularında 3 yıl çalışmıştır, daha sonraki yıllarda tesisat sektöründe teknik, satış ve pazarlama konularında görev yapmıştır.Yapısal olmayan deprem koruması ve titreşim-ses yalıtımı konularında ABD’de eğitim almıştır.2003 yılında kurduğu DKM İnşaat ve Danışmanlık firmasında kurucu ortak olarak görev yapmaktadır.Akustik, Titreşim ve Deprem koruma konularında ile ilgili yayınlamış teknik makaleleri ve uluslar arası sempozyumlarda sunumları mevcuttur. %100 geri dönüşüm kauçuktan ürettiği ve ticarileştirdiği, kendine ait ISI VE SES yalıtımı yapan malzeme **patenti** mevcuttur.Ürün yurtiçi ve yurtdışında birçok ödüle (4. Int. Sustainability Syposium (TEXAS) da “BEST SUSTAINABLE PRACTICE” ölü) layık görülmüştür.Yurtiçinde de aldığı çok sayıda farklı sektörel ödülleri mevcuttur.Toplam yayınlanmış 2 patent, 2 faydalı model, 1 tasarım tescili mevcuttur. İZODER, TAKDER, TTMD, İSKİD, SKD üyesidir.Sürdürülebilir, geri dönüşüm ve enerji tasarruflu inovatif malzemeler konusunda çalışmaktadır.Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği ve Mimar Sinan Mimarlık Bölümünde konuk eğitmen olarak tecrübelerini öğrencilerle paylaşmaktadır.