

9.Ulusal Akustik Kongresi
ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara
26-27 Mayıs 2011

FTI AKUSTİK LABORATUVARLARININ TASARIMI

Türker Talayman

Talayman Akustik Müh.Ltd.Şti., Kozyatağı, İstanbul, Türkiye
Tel: 216 445 88 43, e-posta: turker.talayman@talayman.com

ÖZET

Ürün ve yapı sistem detaylarının geliştirilmesi, sistemlerin üçüncü taraf akredite laboratuvarlarda kabullerinin yapılması her yönüyle ilerlemekte olan yapı sektörü açısından önemli bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmıştır. Binaların cephe tekniği ile ilgili detaylarının ölçüm ve değerlendirilmesi amacıyla geniş imkanlarla İstanbul Çatalca'da kurulan FTI Laboratuvarları bünyesinde iki adet akustik laboratuvarın tasarımı gerçekleştirilmiştir. Havadan yayılan seslere karşı yalıtım düzeyi ölçümleri için ISO 10140-2 uyarınca bir yapı, bunun yanı sıra bitişik odalarda havayla taşınan dolaylı sese karşı yalıtım düzeyi ölçümleri için ISO 10848-2 uyarınca iki katlı bir yapı projelendirilmiş ve imal edilmiştir. Laboratuvarların akreditasyon öncesi akustik çalışmaları tamamlanmış ve FTI Laboratuvarlarının akustik ve diğer disiplinlerdeki ölçüm imkanlarını da kapsayacak şekilde onaylı kuruluş başvurusu yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akustik laboratuvar, ISO 10140, ISO 10848

DESIGN OF FTI ACOUSTIC MEASUREMENT ROOMS

ABSTRACT

Growth in construction sector demands development of building materials and systems as well as testing of those in third party accredited laboratories. In accordance with this requirement, FTI Laboratories has been established in Çatalca Istanbul to provide comprehensive testing services for façade systems. Design of two new acoustic measurement rooms for FTI is completed. Those measurement rooms were designed and built to comply with ISO10140-2 and ISO 10848-2 laboratory measurement standards. Pre-completion testing work for the measurement rooms has been completed and FTI Laboratories applied to become a notified body with the scope of testing services for façade systems and building materials including acoustic performance measurements.

Keywords: Acoustic measurement rooms, ISO 10140, ISO 10848

1. GİRİŞ

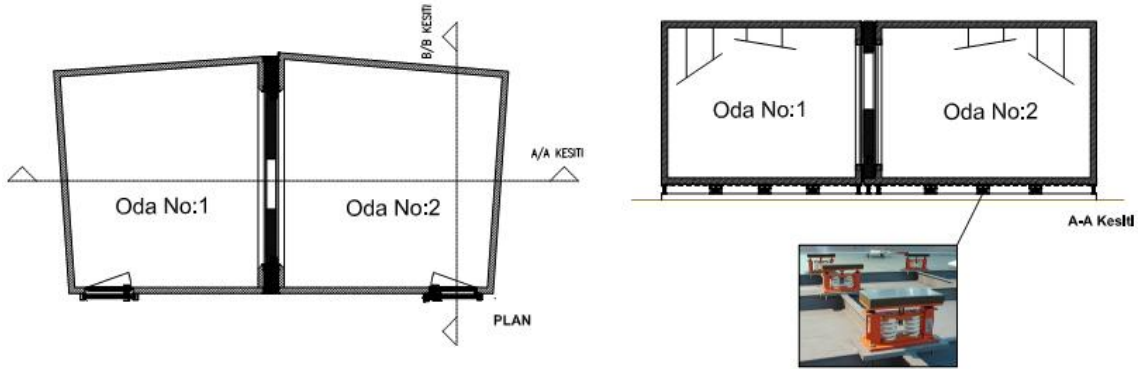
Günümüz yapı tekniğinde hafiflik, çabuk uygulanabilirlik ve düşük maliyet taleplerine bağlı olarak yapı akustiği açısından malzemeler ve bu malzemeleri barındıran detaylarda akustik sorunlar yaşanmaktadır. Ülkemizde son yıllarda akustik yalıtım, gürültü denetimi gibi konularda yönetmelik ve mevzuatlara da bağlı olarak bir farkındalık gelişmektedir. Buna ek olarak gürültü denetimi konusundaki duyarlılıktaki artışın detaylardaki akustik performansın genel olarak zayıflaması, şehirlerin gürültü düzeylerindeki artış ve yapıların gürültü kaynaklarıyla arasındaki mesafelerin azalması nedeniyle artan maruziyetle ilişkilendirilmesi söz konusudur. Uzun süreli araştırmaların sonuçlarının alınmaya başlanması ve kamu bilinci açısından medyanın konuya daha çok eğilmesi öncelikle sorunun tarif edilebilmesi ve etkilerinin anlaşılabilmesi için faydalı olmaktadır.

Yapı tekniğindeki gelişmeler, akustik ürünler alanında yerli üreticilerin sayısının artışı ve bu firmaların ihracata da yönelmesinin yanı sıra yüklenici firmaların yurtdışında gerçekleştirdikleri nitelikli projeler yapı malzemeleri ve detaylarla ilgili olarak ulusal ve uluslararası standartlarda ölçümlerin gerçekleştirilmesini gerektirmiştir. Ürün ve yapı detaylarının geliştirilmesi, sistemlerin üçüncü taraf laboratuvarlarda kabullerinin yapılması her yönüyle ilerlemekte olan yapı sektörü açısından önemli bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmıştır. Binaların cephe tekniği ile ilgili detaylarının birçok disipline bağlı olarak ölçüm ve değerlendirilmesi amacıyla İstanbul Çatalca'da kurulan FTI Laboratuvarları bünyesinde iki adet akustik laboratuvar tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Havadan yayılan seslere karşı yalıtım düzeyi ölçümleri için ISO 10140-2:2010 (Eski sürümü: ISO 140-3:1995) [1] uyarınca bir yapı, bunun yanı sıra bitişik odalar havayla taşınan yanal sese karşı yalıtım düzeyi ölçümleri için ISO 10848-2:2006 [2] uyarınca iki katlı bir yapı projelendirilmiş ve imal edilmiştir. Düzeneklerin yapı akustiği alanında son yıllarda talep edilen genişletilmiş frekans aralığı olan 50-5000Hz aralığında çalışacak şekilde tasarlanması sağlanmıştır. Özel detaylarıyla birlikte tasarım süreci tamamıyla yurtiçinde gerçekleştirilmiş olup, yapısal elemanlarda olabildiğince yerli üretici ve tedarikçiler tercih edilmiştir. Laboratuvarların akreditasyon öncesi akustik çalışmaları tamamlanarak, FTI Laboratuvarlarının tüm ölçüm imkanlarını kapsayacak şekilde onaylı kuruluş başvurusu yapılmıştır.

2. ISO 10140-2 LABORATUVARI

Yapı elemanlarının havadan yayılan sese karşı yalıtım performansı ölçümleriyle ilgili uzun süredir yürürlükte olan yöntem ISO 140-1 ve ISO 140-3 standartlarında aktarılan yöntemdir. Çerçeve standardın altındaki birçok alt standardı birleştirmek üzere 2010 yılının ikinci yarısında güncellenen sürüm ile akustik yalıtım performansları ölçümleri artık ISO 10140 serisi standartlara göre yapılmaktadır. Teknik şartlar bağlamında büyük değişiklikler getirmeyen bu standart uyarınca bir yapı malzemesi veya elemanının havadan yayılan sese karşı ölçümleri için temel olarak birbirinden yapısal olarak yalıtılmış, aralarında deney nesnesinin uygulanabileceği boşluk bulunan iki adet komşu akustik ölçüm odasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu ölçüm odalarından bir tanesi kaynak diğer ise algılama odası olarak tayin edilmektedir. Tasarıma temel alınan şartlara göre odaların yansımaları kontrol edilmiş dağınık ses alanı sağlayacak odalar şeklinde, farklı hacim büyüklüklerinde, boyutsal oranları hacim içerisinde oluşacak duran dalgaları olabildiğince düzensiz dağılımlı olacak şekilde ayarlanmış, yapısal olarak birbirlerinden yalıtılmış, titreşim ile yapısal ve dolaylı enerji iletimi

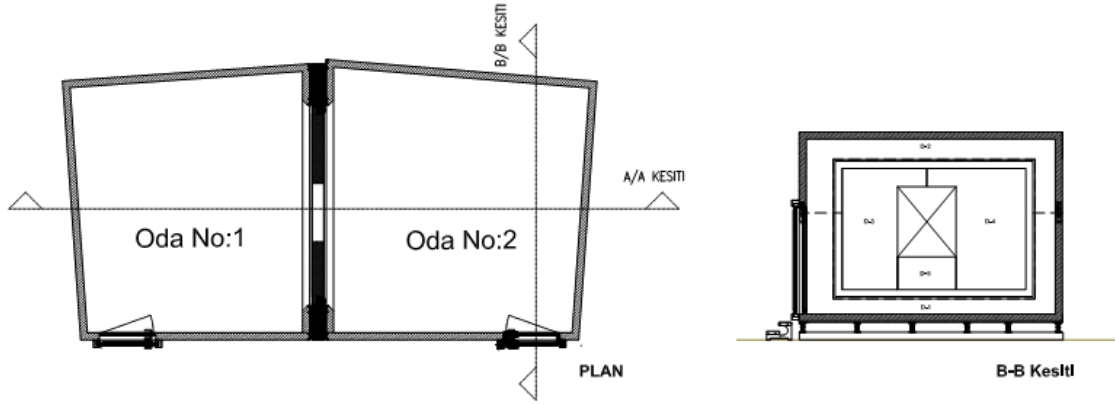
en aza indirilmiş olup akustik enerjinin çoğunlukla deney nesnesi üzerinden geçmesi sağlanmış, geri plan gürültüsünü olabildiğince aza indirecek düzeyde bir dış kabuğa sahip olan hacimler şeklinde imal edilmesi planlanmıştır. Tamamen betonarme yapıda tasarlanan odalar zeminden titreşim alıcı yaylar üzerinde konumlandırılarak komşu durumdaki fabrika imalat alanlarındaki gürültülerden arındırılmıştır. Titreşim alıcı yaylar ile düşük frekanslı gürültüler ($f < 125\text{Hz}$), bu yayların üzerindeki padler ile görece daha yüksek frekanslardaki gürültülerin iletiminin engellenmesi hedeflenmiştir.



Şekil 1. Laboratuvara ait plan ve kesit çizimleriyle, kullanılan yaylara ilişkin fotoğraf

Bu standarda göre inşa edilen laboratuvarlarda iki ölçüm odası arasında bırakılan en az 10m^2 açıklığa sahip deney boşluğu, ölçümü gerçekleştirecek ürüne göre hazırlanmak durumundadır. Deney nesnesinin bulunacağı deney duvarı yüksek yalıtım düzeyine sahip bir detay ile oluşturularak akustik enerjinin yoğun olarak deney nesnesi üzerinden geçmesinin sağlanması istenmektedir. Konvansiyonel olarak bu amaçla inşa edilen laboratuvarlarda deney duvarında bir ön hazırlık yapılarak, genellikle içerisinde deney nesnesinin ebatlarında boşluk bulunan bir duvar örülmektedir. Ağır malzemelerden inşa edilen bu duvarlar genellikle kuru duvar detayı şeklinde imal edilmediğinden söz konusu olan bu ön hazırlık önemli bir işgücü ve süre ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. FTI Laboratuvarlarının tasarımında bu sürecin önüne geçilebilmesi için farklı bir yöntem tercih edilmiştir. Firmanın hizmet vermekte olduğu ana iş kolu olan cephe sistemleri incelenerek ürünlerin genel yalıtım düzeyleri dikkate alınmış ve bir optimizasyon yapılarak deney duvarının en çok beş parçadan oluşan modüler bir yapıda olmasına karar verilmiştir. İlgili standart büyük yapı elemanları için en az 10m^2 , cam ve doğrama testleri için ise $1500 \times 1250\text{mm}$ açıklığa sahip bir boşluk tarif etmektedir. Kapı testleri için net deney boşluğu ölçüsü verilmemektedir. Ancak tasarım, imalat ve işletme kolaylığı düşünülerek pencere boşluğunun eni sabit tutularak kapı testleri için modüler duvarda $1500 \times 2200\text{mm}$ bir açıklık bırakılması planlanmıştır. Modüler deney duvarına ilişkin detaylar Şekil.2 verilmiştir. Söz konusu modüler deney duvarının sadece kaynak oda ile zemin bağlantı noktasında ilişkide bulunması sağlanarak iki ölçüm odası arasındaki yanıl enerji iletiminin engellenmesi hedeflenmiştir.

250mm kalınlıkta betonarme yapıda planlanan deney duvarının modüler olabilmesi için her parçanın birer çelik çerçeveye sahip olması ve bu çelik çerçevelerin bağlantılarında yuvalar uygulanarak parçaların birleşimlerinde sızdırmazlığının sağlanması hedeflenmiştir. Laboratuvarın bulunduğu hacimdeki yüksek kapasiteli bir vinç yardımıyla söz konusu parçalar deney nesnesinin ihtiyacı olan boşluğu oluşturacak şekilde sızdırmazlık yalıtımları uygulanarak yerine yerleştirilmektedir. Bu uygulama ile ölçümler arasındaki ön hazırlık süreleri büyük oranda azaltılabilmektedir.



Şekil 2. Modüler deney duvarı detayı



Şekil 3. ISO 10140-2 laboratuvarı düzeneğinin iç ve dış görünüşleri

Laboratuvarın odalarının hacimleri birbirlerinden farklı ve kaynak oda büyük olacak şekilde tasarlanmıştır. Odaların duvarları paralel olmayacak şekilde imal edilmiştir. Kaynak odanın hacmi $V_K=106\text{m}^3$, buna karşılık algılama odasının hacmi ise $V_A=95\text{m}^3$ olacak şekilde planlanmıştır.

Bu laboratuvarlarda gerçekleştirilecek ölçümlerde dolaylı iletimle geçen enerji miktarının ihmal edilebilir düzeyde kalması için standartta örnek amaçlı (normative) verilen örnek hafif elemanlı duvar yalıtım detayı (Wall Type-A) üzerinden yapılan ölçümlerle düzeneğin sağlayabildiği en yüksek yalıtım düzeyi belirlenmiştir. Buna göre tek katmandan oluşan modüler duvarla birlikte örnek detayın en yüksek yalıtım düzeyi $R'_{max}=67\text{dB}$ olarak

belirlenmiştir. Pencere ve cam boşluğunda da yine aynı nitelikte verilen yalıtım detayı uygulanarak yapılan ölçümlerde örnek detayın en yüksek yalıtım düzeyi ise $R'_T=59\text{dB}$ olarak belirlenmiştir. Standart uyarınca özel düzeneklerle elde edilen bu yalıtım düzeyi ölçümleri dolaylı iletimi de içerdiğinden deneylerde güvenli bir şekilde ölçülebilmesi için deney nesnelere ait ölçüm sonuçlarının 10m^2 duvar açıklığı kullanıldığında $R'_{max}-15\text{dB}$, pencere açıklığı kullanıldığında ise $R'_T-6\text{dB}$ değerlerinin altında kaldığı görülmelidir.

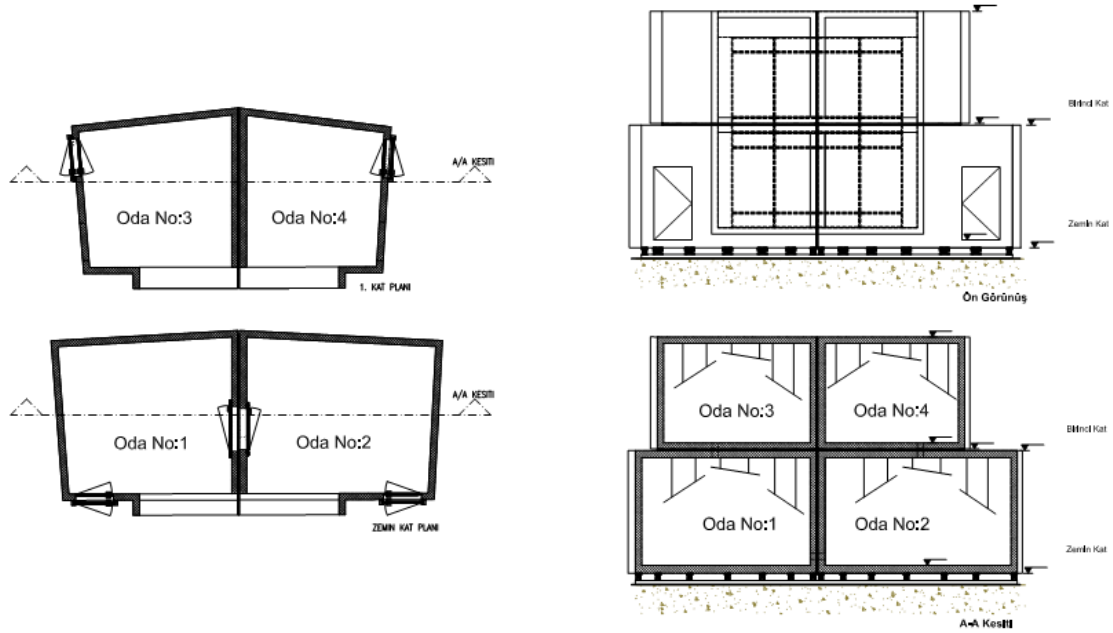
Modüler duvar ile sağlanan işletme kolaylığı ile düşük ve orta düzeyli yalıtım kapasitesine sahip ürünlerin ölçümleri hızlı bir şekilde yapılabilir. Daha yüksek yalıtım düzeyine sahip ürünlerin ölçümleri yapılmak istediğinde kaynak oda ve/veya algılama odasındaki deney duvar boşluklarına ilave olarak konvansiyonel yöntemlerdeki gibi yalıtımlı duvar detayları uygulanarak deney duvarının toplam yalıtımının artırılması mümkündür.

Standart uyarınca ölçüm odaları içerisindeki yansımaların tüm frekans bantlarında kontrol edilmesi ve belirli bir aralıktaki değerleri sağlaması gerekmektedir. Buna göre ham durumda yapılan ölçümlere ışığında planlanarak değişik frekans bantlarında çalışmak üzere optimize edilen yutucular odalarda uygulanmış ve yansımaların istenilen aralıktaki düzenlenmiştir. Bu akustik düzenleme elemanlarının ölçümleri sonucunda oda içerisindeki ses basınç düzeyi dağılımları incelenmiş olup standardın belirttiği standart sapma değerlerinin 50Hz ve 63Hz bantları haricinde yakalandığı görülmüştür. 50-63Hz bandı için saçıcı planlaması yapılmamış olup, ileriki zamanlarda genişletilmiş frekans aralığı için daha düzgün ses basınç düzeyi dağılımı sağlayacak saçıcıların kullanımı ve ölçüm noktası araştırması yapılması planlanmıştır.

ISO 10140-2 uyarınca hazırlanan düzenekte ölçümler gelişkin bir ölçüm ve analiz sistemiyle gerçekleştirilmekte ve ISO 717-1 standardı uyarınca tek değere indirgenerek raporların otomatik olarak ilgili yazılım üzerinden hazırlanması sağlanmaktadır. Bu düzenek ile yapıda kullanılan duvar elemanları, paneller, cephe sistemleri gibi büyük boyutlu detaylar ve kapı, pencere, cam, levha ve cephe profili gibi küçük boyutlu elemanların havadan yayılan sese karşı yalıtım performans ölçümleri yapılabilmektedir.

3. ISO 10848-2 LABORATUVARI

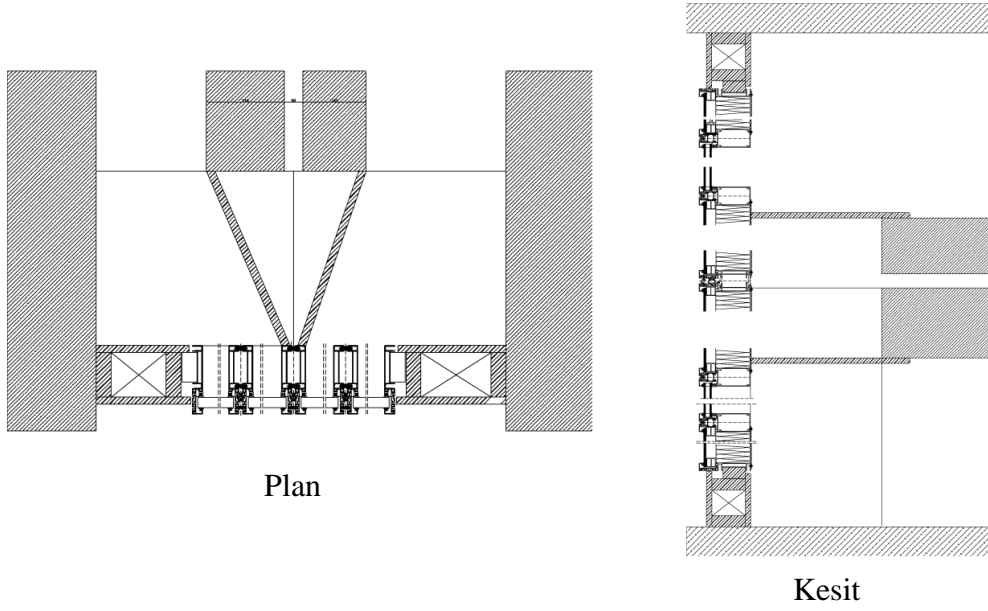
Yapı elemanlarının dolaylı iletim karakteristiklerinin laboratuvar ölçmeleri için çerçeve standart olan ISO 10848 standardının ikinci bölümü cephe sistemlerinin bu yöntemle ölçümleriyle ilişkili detayları vermektedir. Laboratuvar yapısının temel karakteristikleri ISO 10140-2 standardıyla benzerlikler göstermekte ve referans verilmektedir. Ancak en temel ayırım, ISO 10140 standardına göre inşa edilen laboratuvarlarda dolaylı iletimlerin baskılanması ve en aza indirilmesi esasken ISO 10848-2 standardına göre deney nesnesi üzerinden dolaylı enerji iletimi sağlanarak bu anlamda performansın test edilmesidir. İlgili standarda göre farklı yapı elemanları için farklı düzenekler kurulması gerekmektedir. FTI Akustik Laboratuvarları için gerçekleştirilen projelendirme ve imalat temel olarak cephe sistemlerinin dolaylı iletim karakteristiklerinin ölçümü dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. 10848-2 Laboratuvarına ait çizimler

Standardın gereği olarak birbirinden boyutsal olarak farklılık gösteren dört adet betonarme oda şeklinde imal edilen yapıda alt odalar daha büyük üst odalar ise daha küçük ebatlarda boyutlandırılmıştır. Buna göre $V_1= 87,0m^3$, $V_2=95,3m^3$, $V_3= 66,9m^3$ ve $V_4= 60,3m^3$ hacme sahip olacak şekilde projelendirilmiş olup, duvarların paralellikleri engellenmiştir. Alt odalar zeminden diğer laboratuvar yapısında olduğu şekliyle üzerine titreşim alıcı pad uygulanmış çelik yaylı elemanlarla genel zeminden yalıtılmıştır. Üst odaların alt odalardan katı doğuşlu seslerin yayılımına karşı yalıtılması için yatayda sadece pad tipi titreşim alıcılar kullanılmıştır. Düşeyde tüm oda çiftleri arasında bırakılan dilatasyon ve bu dilatasyon boyunca kullanılan mineral yünü yalıtım levhalarıyla gerekli ayrışma sağlanmıştır. Cephe sistemlerinin uygulanabilmesi için odaların ön cephelerinde geniş açıklıklar bırakılmıştır. Bırakılan cephe boşluğunun en büyük ölçüleri yatayda 6300mm, düşeyde ise 6840mm olarak belirlenmiştir. Ölçümleri gerçekleştirilecek cephe sistemleri tam boyutlarında ve gerçek uygulama detaylarıyla bu cephe açıklığına uygulanmak durumundadır. Uygulamada dikkat edilen nokta cephe sistemlerinde yanıl iletim anlamında performans zayıflığının yaşandığı taşıyıcı profil sistemlerinin ana aksları hem düşey hem de yatayda ölçüm odalarının dilatasyon akslarıyla üst üste getirilmesidir. Cephe sistemi ilgili boşlukta merkezlenerek uygulandıktan sonra laboratuvarın cidar duvarlarıyla profiller arasında kalan boşluklar yüksek yalıtıma sahip detaylar ile kapatılmaktadır. Böylece gerçek durumda olduğu şekliyle kaynak odada oluşturulan akustik enerjinin yoğun bir şekilde cephe profilleri ve panelleri üzerinden iletilerek diğer komşu odalara geçişinin sağlanması hedeflenmektedir. Cephe yerleşimine ilişkin prensip detaylar aşağıdaki gibidir.

Kaynak olarak belirlenen oda içerisinde oluşturulan akustik enerjinin diğer üç komşu odaya olan (yatay, düşey ve diyagonal) iletimleri sonucunda algılama odasında oluşturmuş olduğu ortalama ses basınç düzeyi 50-5000Hz genişletilmiş bandında ölçülerek cephe sisteminin bir bütün olarak ISO 10848-2'ye göre dolaylı gürültü iletimi performans ve karakteristiklerinin hesaplanması mümkündür. Havadan yayılan sesin yalıtımının performans ölçümleri yapılması itibarıyla elde edilen sonuçlar ISO 717-1'e göre tek değere düşürülmektedir.



Şekil 5. Laboratuvara bağlanan cephe sisteminin prensip yerleşimi, plan ve kesit [3]

ISO 10848-2 gereği inşa edilen odalar bir anlamda da ISO 10140-2 için uygun hale getirilebilir yapıdadırlar. Yüksek yalıtım düzeyine sahip pencere ve doğrama detaylarının ölçümleri için Oda No:1 ve Oda No:2 arasındaki duvarda ISO 10140-2'ye uygun olacak şekilde 1500x1250mm ebatlarında bir pencere boşluğu bırakılmıştır. Bu boşluk ISO 10848-2 ölçümleri yapılırken yüksek yalıtımlı mafsallı kapaklar ile kapatılarak kullanılmaktadır. Oda No:1 ve No:2 arasındaki pencere boşluğuna uygulanacak deney nesnesinin ölçülmesi istendiğinde bu defa ön cephede bulunan cephe boşluğunun da hava sızdırmaz bir şekilde kapatılarak akustik enerjinin ara duvarda bulunan numune üzerinden geçişine imkan sağlanmaktadır. Bu sistemin laboratuvar içerisinde sürekli duran yüksek yalıtım düzeyine sahip, sızdırmazlığı sağlanmış, mafsallı bir kapak detayı ile çözümlenmesi için ilave detaylar geliştirilmektedir.

Aynı laboratuvar yapısının cephe sisteminin gerçek boyutlarında ve detaylarına sadık kalınarak imal edilmesinden yola çıkarak aslen cephe sistemlerinin havadan yayılan sese karşılık yalıtımının alan ölçme metodunun tarif edildiği ISO 140-5 standardı uyarınca da kullanılabilmesi değerlendirilmiştir. Bu yöntem uygun şekilde oluşturulacak düzenekle cepheden belirli bir mesafeden ve belirli bir açıyla yayın yapan ses kaynağına bağlı olarak cephenin dışında ve içerisinde alınacak ölçümlerle değerlendirmeler yapılabilecektir. Ancak bu yöntem büyük bir hacme sahip olsa da yine de kapalı bir hacim içerisinde uygulanması itibariyle sahada yapılacak ölçümlere tam olarak alternatif olamamaktadır. Ancak ISO 10848-2 test standında görece büyük bir cephe sistem parçasının gerçeğe uygun bir detaya ile yapılan alan ölçme sonuçlarının da faydalı bir veri seti sağlayacağı değerlendirilmiştir.



Şekil 6. ISO 10848-2 laboratuvarı düzeneğinin iç ve dış görüntüleri

4. SONUÇ

Bugün itibariyle Türkiye’de yapı malzemelerinin akustik özelliklerinin belirlenmesine yönelik akredite laboratuvarların bulunmaması, ancak diğer taraftan yürürlükte olan mevzuat nedeniyle bu ölçümlerin yapılması gerekliliği ve buna bağlı olarak ihtiyaç ve taleplerin artmasıyla ülkemizde böyle bir laboratuvarın kurulmuş olması büyük önem taşımaktadır. Akredite olabilecek nitelikte ve buna ilişkin başvuruların yapıldığı laboratuvarın önemli bir eksikliği karşılayacağı açıktır. Yapı elemanları ve cephe sistemleriyle ilgili standartlara uygun şekilde gerçekleştirilecek akustik performans ölçümlerinin üreticilerin ithal ürünlerle rekabetinde eksik olan bir dalın tamamlanmasına, ürünlere yönelik araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine, akustik alanında projelendirme ve danışmanlık hizmetleri sunan firmaların önerilen detay ve/veya ürünlerin testlerinin sonuçlarına göre daha isabetli sonuçlar alabilmelerine ve konuyla ilgili akademik çalışmaların yapılabilmesine olanak sağlayacağı değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] ISO 10140-2:2010, Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements-Part 2: Measurement of airborne sound insulation, 2010
- [2] ISO 10848-2:2006, Acoustics-Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact sound between adjoining rooms -Part 2: Application to light elements when the junction has a small influence, 2006
- [3] Schüco International KG, Skyline S 65F Test Report (No:16928386/3e), 2004