ÖLÇÜTLENDİRİLMİŞ YAPILAR İÇİN ZEMİN İZOLATÖR UYGULAMASI

G. Turan[1] ve E. Ercan[2]

[1] *Yardımcı Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir*
[2] *Öğretim Görevlisi, İnşaat Müh. Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir*
Email: gursoyturan@iyte.edu.tr

ÖZET:

Laboratuvar ortamında çoğu zaman binalar küçültülerek kurgulanıp deneyleri gerçekleştirilir. Zemin izolatörlü binaların küçülterek ölçütlendirilmesinde istenmeyen sorunlar yaşanabilmektedir. Deneydeki amaca yönelik uygulanacak olan küçültme durumu farklılık gösterir. Sonuç olarak daha küçük bir yapı elde edilir ve rijitliği ile kütlesi azalmış olur. Gerçek yapı ile aynı deplasman, hız ve ivme ölçülmek istendiğinde gerçek yapının öz değerleri korunmalıdır. İzolatörlü binalar için birinci periyodun genellikle 2.5 – 3 saniye olmasını gerektirmektedir. Bunu sağlayacak olan küçültülmüş ve kauçuk bazlı izolatör ile oluşturulması ise bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Normal yapım stratejisi ile istenen sonuç elde edilemez. Bu çalışma ile küçültülmüş kauçuk izolatörlü bina uygulaması için bir çözüm önerisinde bulunulmakta ve deneyler gerçekleştirilmektedir. Bu çözüm katlı izolatörlerden oluşmakta ve ara katların dönmesini engellemektedir. Bu şekilde oluşturulan zemin izolasyonu ile istenen her deplasman miktarı elde edilebilir. Bilgisayar ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilecek davranış benzetimi ile, iki izolatör arasındaki ara katların ters bir etki yaratmadığı, ikinci ve daha büyük modların etkilerinin ihmal edilebildiği gösterilecektir.

ANAHTAR KELİMELER: Sismik izolasyon, izolatör boyutlandırması, seri izolatörler, sarma tablası.

1. GİRİŞ

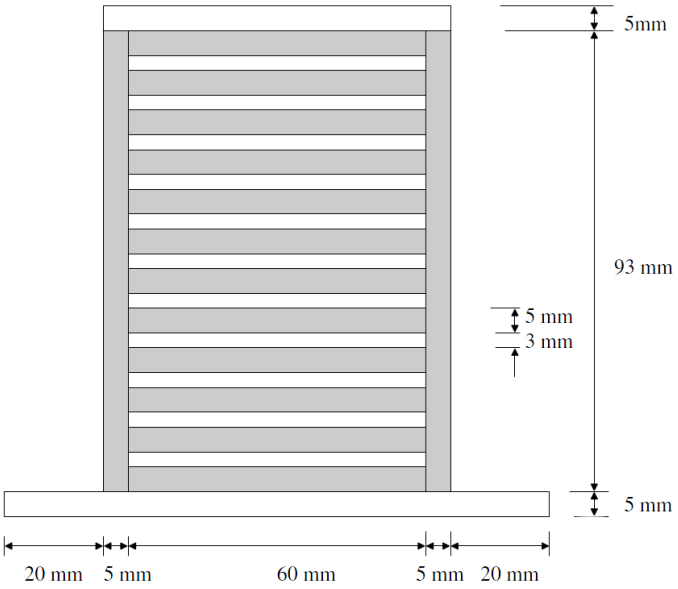
Yapı mekaniği laboratuvar deneylerinin neredeyse tamamında küçültülmüş modeller kullanılmaktadır. Küçültmeyi yaparken, model teorisini baz alarak sonucu olumlu yönde etkilemek mümkündür. Ölçülmek istenen değişkenler için parametrelerin etkisi anlaşılabilir ve deney planlaması buna göre ayarlanabilir. Sismik izolatörlü binalarda üst yapının doğrusal davranış göstermesi beklenir, yapı plastik deformasyona uğramadan deprem etkilerinden korunur. Taban izolasyonu sistemi deprem sonrasında binanın içindeki donanımlarla beraber işlevine devam edebilmesini amaçlar. Özellikle hastane veya okul gibi yapılarda bu olması gereken önemli bir unsurdur. Tersi düşünüldüğünde, yapılar tasarım deprem hareketinden daha büyük depremlerle sarsılınca üst yapı doğrusal bölgede kalmayabilir ve izolatörün deplasman kapasitesi de aşılabilir. Böyle bir sonucun olmaması ve önlem alınması için mekanik durdurucu veya sönümleyiciler eklenmelidir. Bu durumda önemli parametreler arasında deplasman ve hız da girmektedir. Bu gibi durumlar için gerçeğe en yakın veya gerçek yer hareketlerini vererek modelin de prototip gibi davranmasını istemek daha uygun olabilir.

Literatürde yapılmış olan yarı aktif kontrol çalışmaların laboratuvar deneylerinde, küçültülmüş modellerin gerçek davranışı yansıtamamaları her zaman sorun olmuştur. Üst yapı periyodu prototip ile aynı tutulabiliniyor iken, zemin izolatörlü yapıda bu mümkün olamamıştır. Wongprasert'ün çalışmasında 0.37 s. olan model yapının peryodu sismik izolatörlerle 0.48 s'ye yükseltilmiştir [1]. Ancak, sismik yalıtım 2.5 ve hatta 3 s.'nin üzerindeki peryotlarda etkili olmaya başlıyor ki, bu olay Wongprasert'in çalışmasında bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Chung ve ekibinin yapmış olduğu çalışmada 1/4 ölçekli sismik izole edilmiş bir model binanın peryodu 0.8 saniye olarak tasarlanmış ve zaman birimi de 1/2 oranında küçültülmüştür [2]. Seçilen deprem tipleri ile binanın rezonansa girmesi veya girmemesi sağlanmaya çalışılmıştır. Chung'un çalışmasından belirli sonuçlar elde edilmişse de, küçültme oranından beklenen davranışlar gerçekleşmemiştir.

Bu çalışma ile sismik izolatörlü model yapının periyodu prototip ile aynı olacak şekilde olmasını sağlayan bir yöntem sunulmaktadır. Üst üste monte edilen küçük izolatörle ve ara katların dönmesinin engelleyen kirişler ile hedeflenen periyoda ulaşılması mümkündür. Bu şekilde model yapı, gerçek yapı ile aynı deplasman ve hıza ulaşacaktır. Bunun özellikle izolatörlerin sınır şartlarının ölçülmesi veya enerji sönümleyici aygıtlarının denenmesinde faydalı olduğu düşünülmektedir. Oluşturulan sistemde ara katlar bulunduğundan dolayı, sisteme farklı davranış modları da dahil edilmiş olunmaktadır. İzolatör katmanlarındaki bu modların, yapının genel davranışına bir etki yaratmayacağını göstermek amacıyla deprem simülatörü üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir.

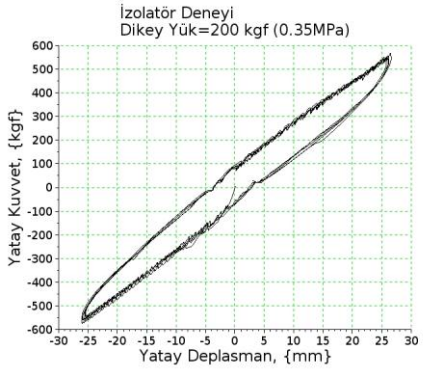
2. TABAN İZOLATÖR SİSTEMİ

Deney için 12 adet kauçuk bazlı izolatörler imal ettirilmiştir. İmalat çizimleri şekil 1'de gösterilmektedir. 5 mm kalınlıkta 12 adet kauçuk plaka ile 11 adet 3mm'lik çelik plakalar alt ve üstte bulunan 5mm'lik çelik montaj plakaları arasında kalıp içerisinde vulkanize edilmiştir. Etkin yüksekliği 60 mm iken, toplam yüksekliği 103 mm'dir. Plandaki boyutları 70mm x 80mm'dir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan izolatörlerin şeması

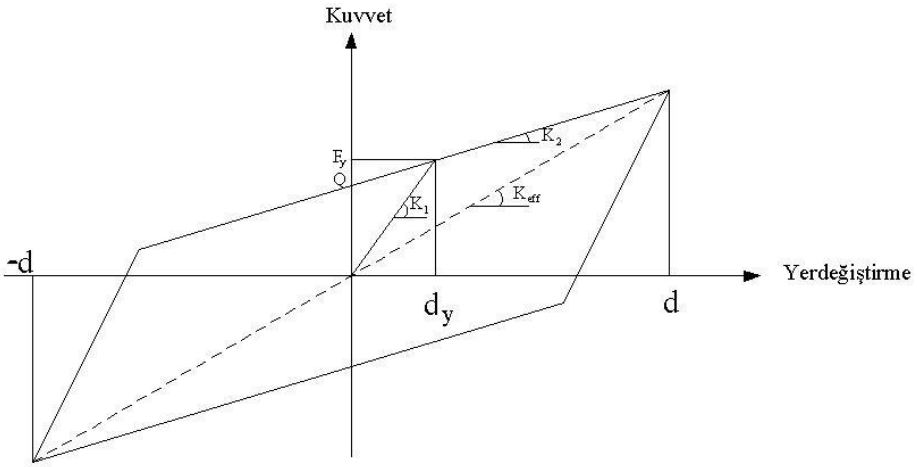
Yatay yük - deplasman karakteristikleri dikey yük altında deneysel olarak tespit edilmiştir. Tasarlandıkları bina model ağırlığının izolatör sayısına oranı olan 2000 N'luk kuvvet, izolatörlere dikey olarak etki ettirilmiştir. Deney sırasında çekilmiş olan bir resim şekil 2a'da gösterilmektedir. Deneyde üst üste ankrajlanan iki izolatör aynı anda deneye tabi tutulmaktadır. Bu sayede hareketli mesnede ihtiyaç olmadan deney gerçekleştirilmiş olur. 2000N dikey yükü sağlayan pistonun (1 MN kapasiteli) yatay rijitliği yeterli düzeyde olduğundan, o yönde de bir sabitlemeye gerek duyulmamıştır. Toplam 12 adet izolatör üzerinde altı adet deney yapılmıştır. İzolatörler benzer davranış sergilemiştir, örnek bir deneye ait zarf eğrisi Şekil 2b'de gösterilmektedir.



a) b)

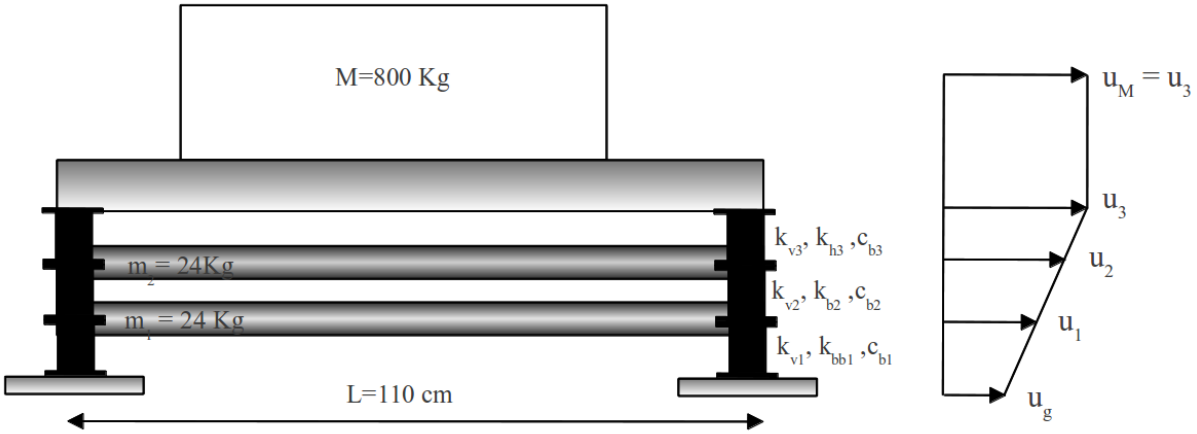
Şekil 2. İzolatörlerin mekanik özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi. a) Deney'den bir görüntü ve b) zarf Eğrisi

Şekil 3'de gösterilen bilineer malzeme modeline uyarlandığında, ölçülmüş olan zarf eğrisinden, d_y = 3,4mm, k_1 = 144.000 N/m, k_2 = 91.000 N/m, ve 27mm'lik deplasmana karşılık gelen yatay efektif rijitliği, k_{eff} = 103.000 N/m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. İzolatörlerin bilineer davranış modeli

Üç kattan oluşan izolatör sisteminin şematik çizimi şekil 4'de gösterilmektedir. İzolatörün üzerinde bulunan kütle, tasarlanmış olduğu model binanın kütlesine eşittir (m=800 kg). Ara kat kütleleri ise, üst üste konmuş olan izolatörlerin dönme hareketini önleyecek olan kirişlerden gelmektedir.



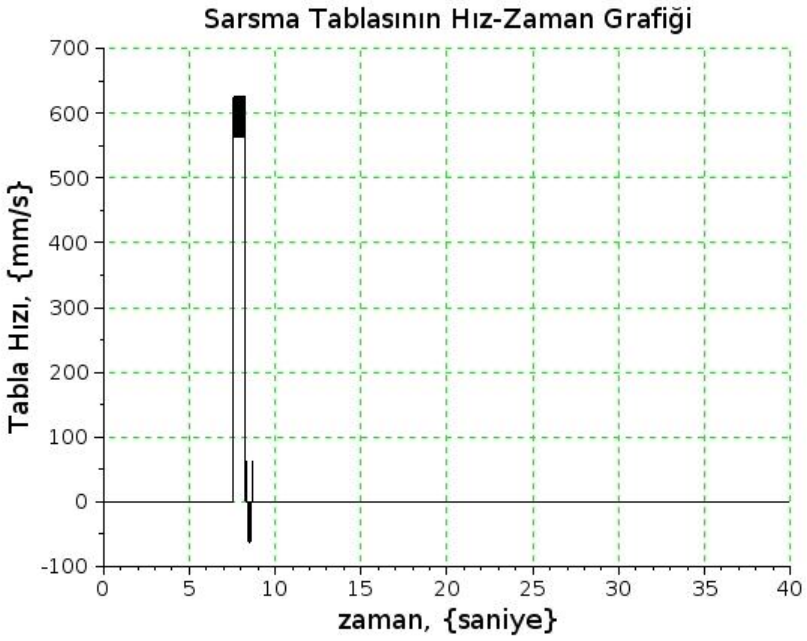
Şekil 4. Deney modelinin şematik gösterimi

3. TABAN İZOLASYON SİSTEMİN DAVRANIŞI

Sistemin davranışını ortaya çıkarmak için iki arklı yöntem izlenmiştir; Bunlar hız testi ve çekiç testleridir. Hız testinde sisteme deprem similatörü üzerinde farklı hızlar verilerek, çekiç testinde ise sisteme ivme çekici ile darbe verilerek ivme ve deplasman verileri toplanmıştır. Bu amaçla izolasyonlu sistem ivmeölçerler ve deplasman ölçerlerle donatılmıştır. Deprem similatörü tablasına ($\ddot{u}_g$), 1. kat izolasyon seviyesine ($\ddot{u}_1$), 2.kat izolasyon seviyesine ($\ddot{u}_2$) ve 3.kat izolasyon seviyesine ($\ddot{u}_3$) 2 eksenli ivme ölçerler yerleştirilmiştir.

3.1. Hız Testleri

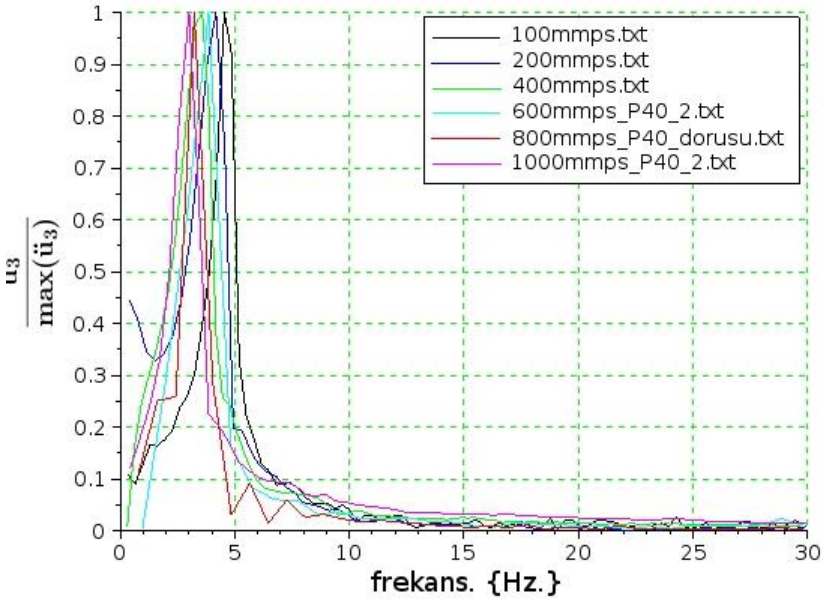
Bu testlerde, izolasyonlu sistem sarsma tablası üzerinde 100 mm/sn, 200 mm/sn, 400 mm/sn, 600 mm/sn, 800 mm/sn, 1000 mm/sn, hızları ile hareket ettirilip aniden durdurulmuştur. Şekil 5'te 600mm/s hız ile yapılan deneye ait sarsma tablasının hız zaman grafiği gösterilmiştir. Hız değerleri enkoder ölçümünden elde edilen deplasman verisinin farkından elde edilmiştir. Diğer hızlara ait grafikler benzer şekildedir.



Şekil 5. Sarsma tablasının Hız-zaman grafiği

Sarma tablasında sistem, hızlanırken ve yavaşlarken meydana gelen titreşimler ve deplasmanlar ivme ölçerler ve deplasman ölçerler tarafından kayıt edilmiştir. Elde edilen yapı seviyesindeki ivme değerlerine ait FFT dönüşümü şekil 6'da gösterilmiştir. Frekans değerlerine karşılık üst kütlenin ivme davranışının en büyük davranışına oranı gösterilmektedir. Taban hızındaki artış ile izolatör sistemin birinci frekansının azaldığı görülmektedir. Taban hızının artışı ile daha fazla bir deplasman oluşmasından dolayı şekil 3'de ifade edilen k_{eff} küçülmektedir. Bundan dolayı da şekil 6'de görülen sistem davranış frekans değerinin azalması beklenen bir durumdur.

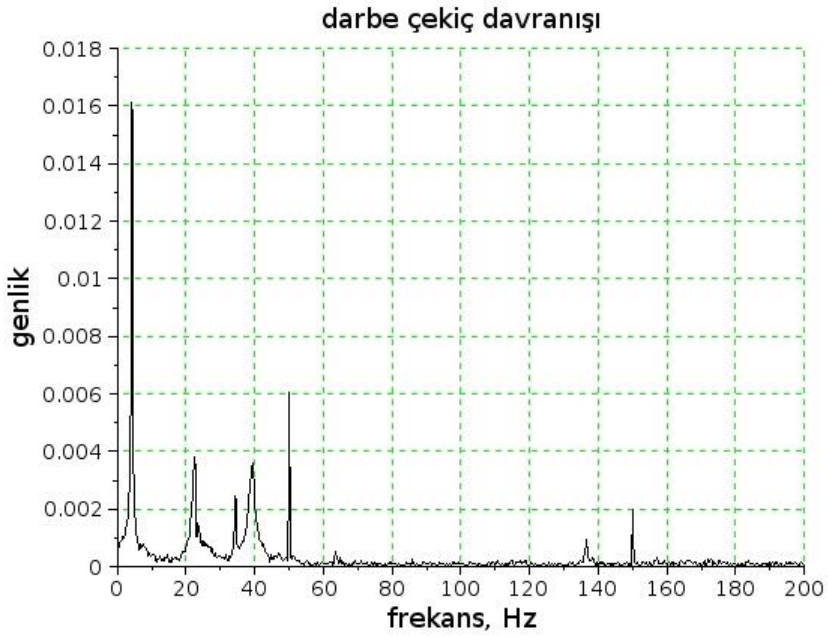
Ölçüm frekansı 1605 Hz olmasına karşın şekil 6'de ölçülen davranışın sadece 30 Hz'lik bant aralığı gösterilmektedir. Bu hız testlerinde yatay yöndeki birinci modların dışındaki modlar tespit edilememiştir. Dolayısıyla hız testlerinde tetiklenen modun görüleceği (bu testlerde yatay hareketin birinci modu) olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 6. Üst kütlenin frekans etki alanındaki ivme davranışı

3.2. Darbe Çekiç Testi

Bu testte izolasyonlu sisteme, 14 kg ağırlığında ivme çekici çarptırılarak, sisteme momentum verilmiştir. Çarpışmadan sonra sistemde meydana gelen titreşimler hassas ivmeölçerlerle kayıt edilmiş ve elde edilen verilere Hızlı fourier Dönüşümü (FFT) uygulanmıştır. Sonuçlar şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Darbe çekici test sonucu fft davranışı

Darbe çekici ile yapılan deneylerden birinci modun frekansı 4.2 Hz olarak hesaplanmıştır. Şekil 7'de gösterilen frekans dağılımının elde edilmesinde pencereleme ve hanning uygulanmıştır [3]. Buna göre, daha yüksek frekanslı modlar da tespit edilebilmiştir.

Darbe çekici ile sisteme ani bir ivme verilmektedir. Çekicinin etkisiyle düşük deplasmanlar oluştuğundan dolayı sonuçlar yavaş başlangıç hızlı deney sonuçları ile örtüşmesi beklenmektedir.

Yapılan her iki tip deney sonuçlarına göre sistem birinci frekansının 4.2 Hz, periyodunun ise 0.24 saniye olduğu çıkartılmıştır. Deney modeli üç katlı yerine tek katlı olsaydı, rijitliği üç kat artacağından dolayı sistemin birinci periyodu 0.139 saniye olacaktı.

4. SONUÇLAR

Sunulan bu yeni çözüm yöntemi ile taban izolasyonlu sistemin birinci periyodu laboratuvar modeli üzerinde arttırılabilmiş ve daha büyük modların etkisinin önemsiz olduğu gösterilmiştir.

Darbe testlerinde taban izolasyonuna ait ana mod ile diğer modal frekanslar elde edilebilirken, hız testlerinde sadece ana mod frekans değerleri elde edilebilmiştir. Bunun sebebi hız testlerinde sisteme verilen dış etkinin yaratmış olduğu ilk hız değerlerinin, ana mod olan yatay deplasmanın moduna benzer olmasıdır.

Bu çalışmada kullanılmış olan izolatörlerin sertliğinden dolayı, taban izolasyonun birinci periyodu 3 saniyelik seviyeye ulaşamamıştır. Katlı izolatör olmasa. Ancak, katlı bir izolasyon sistemi olarak periyodu artıracağı gösterilebilmiştir. Bu çalışma daha yumuşak kauçuklarla üretilmiş izolatörlerle tekrarlanarak kauçuk sertliğinin laboratuvar modellerine olan etkisi araştırılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2011-IYTE-20 referans numaralı IYTE bilimsel araştırma projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

[1]: Wongprasert, N. and Symans, M.. Experimental evaluation of adaptive elastomeric base-isolated structures using variable-orifice fluid dampers. *ASCE Journal of Structural Engineerin* (2005) **131(6)**: pp. 867-877.

[2]: Chung, W.J., Yun, C.B., Kim, N.S. and Seo, J.W.. Shaking table and pseudodynamic tests for the evaluation of the seismic performance of base-isolated structures. *Engineering Structures* (1999) **21**: pp. 365-379.

[3]: Allmang, R.J.. Vibrations: experimental modal analysis. . University of Cincinnati, 1999.