

# DEPREM YALITIM SİSTEMLERİ

Cenk ÖCAL<sup>1</sup>, Aydan YILDIZ<sup>2</sup>, Oktar SOYKAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Burdur  
cenkocal@mehmetakif.edu.tr

<sup>2</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Burdur  
aydanyildiz@hotmail.com

<sup>3</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, TBMYO, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojileri Programı, Burdur.  
osoykan@mehmetakif.edu.tr

## ÖZET

Deprem Yalıtımı, yapının depreme karşı koyma kapasitesini arttırmak yerine yapıya gelen deprem etkisini azaltan basit bir yaklaşımdır. Ancak yaklaşım ile karşılaştırıldığında uygulanması daha teknik ve nispeten pahalı bir sistemdir. Deprem yalıtım sistemleri, zeminle birlikte hareket etmek zorunda olan yapı temellerini, geri kalan taşıyıcı yapısından ayıran sistemlerdir. Deprem enerjisini önemli ölçüde sönmleyen bu enerji yalıtım sistemleri, zeminden yapıya aktarılan deprem kuvvetlerini ve hasarı azaltır. Bu sistemler sayesinde yapıların gerek deprem sırasında, gerekse hemen sonrasında faaliyetlerine devam edebilmesi sağlanmış olmaktadır. Deprem yalıtım sistemleri, bu tekniğe uygun şekilde tasarlanmış yeni yapı inşaatlarında kullanılabilirliği gibi yalıtımsız olarak inşa edilmiş binalara sonradan da yerleştirilebilmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte deprem enerjisini yalıtmadan enerji sönmleyiciler de yerleştirilebilmekte veya hassas donanımların bulunduğu bazı odalardaki bu donanımlara özel titreşim sönmleyen ve o oda döşemesine uygulanabilen sistemler de kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada deprem yalıtım yöntemleri ve bazı enerji sönmleyici sistemler incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem yalıtımı, sismik izolasyon, enerji sönmleyiciler, izolatörler

## EARTHQUAKE ISOLATION SYSTEMS

### ABSTRACT

Earthquake isolation is a simple approach that decreases earthquake impact on structures rather than increasing capacity of structures against earthquake impact. But this method is rather more technical and more expensive when compared with the approach. Seismic isolation systems isolate foundations lying on earth from the rest of the bearing systems of structures. These damper systems that isolate an important quantity of earthquake energy decrease the forces transferred from the earth to the structure and also decreases the damage occurrence. Thanks to these systems that, usage of structures can sustain their operation during the earthquake and after it without interruption. Structures can not only be designed before the erection of construction according to seismic isolation systems, but also these systems can be installed into existing structures by redesigning and rebuilding.

According to some newly developed technologies, energy dampers can be installed into structures without earthquake isolation. And also, vibration damper slab systems can be installed onto slabs at needed rooms' inclusive sensitive equipment.

In this study, earthquake resistant systems and some energy damper systems are examined.

**Keywords:** Earthquake isolation, seismic isolation, energy dampers, isolators.

International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)  
Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu  
7-9 May 2015, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye

<http://ees2015.mehmetakif.edu.tr> – <http://ees2015.maku.edu.tr>

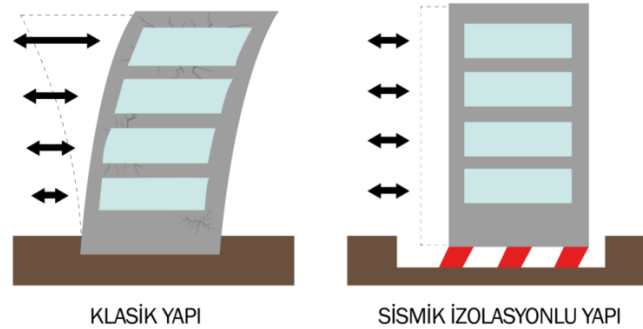
## 1. GİRİŞ

Deprem yalıtım sistemi, klasik, güçlü ve sünek bina yapımı mantığına karşı, yapıya gelen deprem etkisini azaltmayı amaçlayan bir yöntemdir. Büyük bir depremden insanların sağ çıkmasını sağlamanın yanı sıra, sosyal ve ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilmesi gibi amaçlarla, yapıların işlevlerinin kesilmeden devam etmesi gerekliliği ve/veya talebi de söz konusu olduğunda, mevcut deprem yönetmeliklerinden daha ileride bir tasarımın gerekli olduğu aşikârdır. Bu noktada en güvenli, çağdaş ve güncel yöntem deprem yalıtım teknolojisidir. (Sismik İzolasyon ya da Sismik Temel İzolasyonu olarak da bilinir) (Anonim, 2015a).

Bir yapının sahibi veya yöneticisi, ne büyüklükte bir deprem olursa olsun, depremden hemen sonra evine, işyerine girip normal hayatına, üretimine kaldığı yerden devam etmek istiyorsa, işte bu noktada klasik deprem yönetmelikleri yetersiz kalmakta ve deprem yalıtım teknolojisi kaçınılmaz hale gelmektedir. Çünkü deprem yönetmeliklerinde öncelikle amaçlanan can güvenliğidir. Oysa büyük bir depremin ana ve artçı şokları sadece fiziksel olmayıp aynı zamanda ekonomik şoklar da yaratmaktadır. Bu sebeple deprem sonrasında oluşacak zararlar, yapılarda gözle görülen somut hasarların çok daha ötesine, önceden görülmeyen boyutlara uzanabilmektedir. Zararın gerçek boyutu haftalar, aylar, hatta yıllar geçmeden tam olarak anlaşılabilir. Maalesef birçok kuruluş ve şirket, bu tür ekonomik artçı şoklara karşı bugün güvencede değildir. Şirketlerin ve kurumların günlük operasyonlarının kesintiye uğraması riskini ortadan kaldıran teknoloji deprem yalıtımıdır (Anonim, 2015b).

Depreme dayanıklı titreşim kontrol sistemleri ise deprem kuvvetlerinin etkisini azaltmak ilkesine dayanır. Yapılarda deprem kuvvetlerinin etkisini azaltmak amacıyla, enerji yutan ve sismik yalıtım yoluyla yapının titreşimlerini kontrol altına alan özel yapısal elemanlar kullanılmaktadır. Temel ile üstyapı arasına yerleştirilen yapısal elemanlarla binayı büyük zemin hareketlerinin yatay etkilerinden korumak yoluna gidilmiştir. Bu yapısal elemanlar yapıya temel bir frekans vermektedir. Bu frekans, zemin hareketinin hakim frekansından ve binanın temel frekansından çok küçüktür (Karabörk, 2007). Bu amaçla geliştirilmiş bir çok temel yalıtım malzemesi vardır (Turkington vd., 1988, Asher vd., 1997, Nagarajah ve Sun, 2000-2001, Jangid, 2007, Providakis, 2008).

Sismik yalıtım yapılmış ve yapılmamış yapının deprem davranışı incelendiğinde sismik yalıtımlı yapıda sadece tabanda ötelenme varken sismik yalıtımsız yapıda katlar arasında büyük ötelenmeler olduğu görülür.



Şekil 1. Deprem yalıtımlı ve yalıtımsız bina karşılaştırması

Deprem yalıtım sistemleri, zeminle birlikte hareket etmek zorunda olan yapı temellerini, geri kalan taşıyıcı yapısından ayıran sistemlerdir. Deprem enerjisini önemli ölçüde sönmleyen bu enerji yalıtım sistemleri, zeminden yapıya aktarılan deprem kuvvetlerini ve hasarı azaltır. Bu sistemler sayesinde yapıların gerek deprem sırasında, gerekse hemen sonrasında faaliyetlerine devam edebilmesi sağlanmış olmaktadır. Deprem yalıtım sistemleri, bu tekniğe uygun şekilde tasarlanmış yeni yapı inşaatlarında kullanılabilirdiği gibi yalıtımsız olarak inşa edilmiş binalara sonradan da yerleştirilebilmektedir.



Şekil 2. Deprem yalıtım sistemi montajı

## 2. DEPREM YALITIM SİSTEMLERİ

Deprem yalıtım sistemlerinin yararları şunlardır (Anonim, 2015c):

- Yüksek can güvenliği,
- Yapının taşıyıcı sistemi ve mimari elemanlarında minimum deprem hasarı,
- Şiddetli depremlerden sonra bile hemen kullanım; hastaneler, hava alanları ve bilgi işlem merkezleri vs.
- Hemen kullanım sayesinde iş kaybının önlenmesi ve pazar payının korunması,
- Yapının değerli eşya ve cihaz içeriğine etkin koruma,
- Ulaşım yapılarında süreklilik, köprü ve viyadüklerin hasar görmeden kullanılmasının devamı,
- Yıkılma ve hasar olmayacağından yeniden inşaat ya da onarım maliyetlerine gerek kalmaması,
- Minimum bakım gereksinimi,
- Tarihi bina ve değerlerin korunması.

### 2.1. Sismik İzolasyonların Uygulama Alanları

Mevcut yapılara uygulanabileceği gibi, yeni yapılacak yapılar da daha avantajlı biçimde kullanılabilir. Sismik İzolasyon: ABD, Japonya, Çin Halk Cumhuriyeti, Yeni Zelanda, İtalya gibi gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sismik yalıtım kullanımı amaç bütün ötelemlerin temel ile üst yapı arasında olmasını sağlamak ve sönümleyici elemanın mümkün olduğu kadar deprem enerjisini yutmasını ve sönümlemesini temin etmektir. Bu amaçla yapının dinamik özellikleri değiştirilerek depremde yapıya gelecek yatay yükün azaltılması hedeflenir. Yapının sönümü artırılırsa yapıya gelen hem ivme hem de ötelenme azalacaktır. Yapıların şiddetli depremlerde yatay yer değiştirmeleri belirlenen sınırlardan büyük olmamalıdır (Anonim, 2015d).

Yapı periyodu  $T=2\pi\sqrt{m/k}$  ifadesi ile verilmektedir. Periyod yapının kütlesi ile doğru, rijitliği ile ters orantılıdır. Yapının rijitliği azaltılır, periyodu uzatılırsa yapıya daha küçük bir deprem kuvveti gelecektir. Yapının periyodu 2 - 2,5 sn. kadar uzatılırsa, deprem kuvvetlerin de önemli bir azalma olmaktadır. İzolasyonlu sistemde yapının yer hareketini büyütme oranı 0.9 - 1.0 civarındadır. İzolasyonlu yapı rijit kütle hareketi yapmaktadır. İzolasyonsuz yapı yer hareketini 3.0 - 6.0 kat büyütmektedir (Anonim, 2015e).

### 2.2. Kullanılması Uygun Olmayan Durumlar

Yapıların periyotlarının uzatılması yumuşak zeminler üzerine inşa edilmiş yapılar için zararlıdır. Yumuşak zeminlerde sismik yalıtım konularak yapı periyodunun artırılması halinde yapıya gelecek deprem yükü artacaktır. Bitişik nizam yapılarda yalıtım yapılması uygun değildir.

### 2.3. Deprem Pasif ve Aktif Kontrolü

#### 2.3.1. Pasif Kontrol

- Sismik izolatör pasif enerji yutucular
- Elastomerik mesnetler metal sönümleyiciler

- Kurşun-Kauçuk mesnetler sürtünme sönümleyicileri
- Elastomerik mesnetler ve enerji yutucu cihazlar
- Viskoelastik sönümleyiciler
- Viskoz sönümleyiciler
- Sürtünme sarkacı mesnetleri
- Ayarlanmış kütle sarkacı sönümleyiciler
- Yassı kayıcı mesnetler ve yük veren cihazlar
- Ayarlanmış sıvı sönümleyiciler
- Yağlanmış kayan mesnetler ve enerji yutucu sistemlerdir.

### 2.3.2 Aktif Kontrol

- Bağ sistemler
- Kütle sistemleri
- Değişken rijitlik ve kütle sistemleri
- Şok sistemleri
- Aerodinamik sistemlerdir.

### 2.4 Sismik İzolatörlerin Türleri

Sismik izolasyon tekniği basit bir ilkeye dayanmaktadır. Yapının temellerinin üstünde düşey taşıyıcı mesnetlerinde yatay harekete izin verecek bir düzenleme yapmak. Bu ilkeye dayalı olarak geliştirilen ve uygulamaları son on yılda büyük artış gösteren sismik izolasyon teknolojileri üç ana başlık altında toplayabiliriz.

- Kauçuk esaslı sismik izolatörler (Elastomeric Isolators)
- Sürtülmeli sarkaç türünde izolatörler (Friction Pendulum)
- Sönümlendirici cihazlar

## 3. DEPREM YALITIMI TÜRKİYE UYGULAMALARI

Sağlık Bakanlığı İnşaat Onarım Dairesi Başkanlığınca yayınlanan 2012/6 sayılı genelge ile 'Sağlıkta Dönüşüm Kapsamında Yapılacak Sağlık Tesisleri İçin Proje Aşamasında Uyulması Gereken Hususlar' a ait kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlerin Deprem Bölgeleri ile ilgili bölümünün 1. Maddesinde '1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde 100 yatak ve üzeri hastanelerin taşıyıcı sistemleri sismik izolatörlü olarak projelendirilecektir. İzolatör modeli seçimi, teknik çalışma ve projelendirme sonrası Bakanlık tarafından onaylanacaktır.' ifadesi yer almaktadır (Anonim, 2013).

Türkiye'de genellikle ikili sarkaç izolatörü kullanılmaktadır. 2012 yılında VARYAP tarafından yapıımı devam eden Erzurum Sağlık Kampüsü'nde 1250 adet izolatör kullanılmıştır. Bunların her birinin fiyatı 6-7 bin Euro civarındadır. İzolatörlerin tek yönde 50cm. yer değiştirme (deplasman) yaptığı söylenebilir. Aynı zaman da bir kolana gelen 200.000 KN yükü yerine 60.000 KN lara düşürebiliyor (Kubin vd). Seçilen izolatörler testlere tabii tutuluyor ve tam performans beklenmektedir. Aksi takdirde Sağlık Bakanlığı'nca onaylanmamaktadır. Testler Almanya ve Amerika'da yarı yükü (1100 ton) gerçekleştirilmiştir. Sürtülmeli izolatörler kullanılmıştır.



Şekil 3. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler

Sürtünlü sistemler tekli, ikili ve üçlü sarkaçlar şeklinde çalışmaktadır. Üçlü sarkaç tipi izolatör üretimi sadece Yeni Zelanda'da yapılmaktadır. Üretimi ulaşımı ve maddi külfeti göz önünde bulundurulduğunda çok tercih edilen bir sarkaç modeli değildir. Bir izolatörün 4 ya da 5 büyük deprem yaşama ömrü vardır. İzolatörler neme ve toza karşı korunmalıdır ortalama 25-50 yıl ömrü vardır. İzolatörlerin yaptığı deplasman belirlenen sınırlarını geçerse dağılıbilir. Sürtünlü sismik izolatörler belirli bir deprem etkisine kadar hareket etmezler.

Bir diğer örnek de yapımı 1991 yılında tamamlanmış Marmara Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'dir. Bu binaya 2012 yılında deprem izolatörleri eklenmesi çalışmaları başlanmıştır. Toplam da 16 blok 113.000 m<sup>2</sup> 750 yataklıdır. İzolatörler merdiven ve asansör harici (temel de kesilip çıkarılıyor) kolon perde duvarlar da zemin altında izole edilmiştir (Kubin vd., 2012).



Şekil 4. Sürtünme esaslı izolatörün açık hâli



Şekil 5. Bir kolon ortasında sürtünme esaslı sismik izolatör

İstanbul Cevahir Piramit Cam Kubbe Mesnetlerinin Sismik İzolasyonu da bir başka örnek binadır. AVM'nin çatı kısmında bulunan 240 ton ağırlığındaki, toplam 16 adet kolon tarafından taşınan ve dilatasyon ile ayrılmış iki farklı blok üzerine sabit mesnetli olarak oturtulmuş olan piramit cam kubbe ışıklığın, AVM'nin bir tarafındaki toplam 8 adet mesnetinin sismik izolatörler ile değiştirilerek hareketli (kayıcı) hale getirilmiş ve böylece depremde göçme ihtimali engellenmiştir (Şekil 6).

Topkapı Sarayı "Padişahın Evi: Topkapı Sarayı Harem-i Hümayunu" sergisi kapsamında, KİK (Koni-içi-Küre) tipi Sismik İzolatörler ile tarihi eserlerin bulunduğu vitrin ünitelerine deprem yalıtımı yapılmıştır. Bu proje Türkiye'de bir ilktir. Marmaray projesinde, Finansbank Operasyon Merkezi bilgi işlem katı, Cevahir Alışveriş Merkezi'ndeki 240 tonluk cam kubbenin altında, Topkapı Sarayı Harem Sergisi'nde ve konutlar dâhil birçok yer de artık sismik izolatörler kullanılmaktadır (Şekil 6 ve 7).



Şekil 6 ve 7. Özel tip sismik izolatör kullanım örnekleri

#### 4. SONUÇLAR

Görülmektedir ki sismik yalıtım yapılan yapılarda, deprem etkisi en aza indirgenmekte ve gerek yapının gerekse yapıda bulunan donanımların ve cihazların depremden zarar görmesi engellenmektedir. Depremlerden sonra hizmet vermesi hayati önem taşıyan köprü, viyadük, itfaiye binası, hastane, iletişim binası gibi yapılarda sismik izolasyon yapılması gelişmiş ülkelerde şart koşulmaktadır. 2013'te yayınlanan Sağlık Bakanlığı Genelgesi ile artık 100 yatak ve üzeri hastanelerde de uyulması zorunlu hale gelmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde 1986 yılından bu yana teknik yönetmeliklere girmiş bulunan sismik yalıtım teknolojisi diğer ülkelerin yönetmeliklerine de dahil edilmiş bulunmaktadır. Ülkemizde Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 1998 yılında yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliğinde sismik yalıtıma yeşil ışık yakılmakta ve Amerikan Deprem Yönetmeliği kurallarına uyulmasının yeterli olduğu belirtilmektedir.

Gerçekten deprem mühendisliğinde bir çığır açan sismik yalıtım tekniğinde son yıllarda büyük gelişmeler sağlanmıştır. Doğal bir olgu olan depreme karşı yapıların korunmasında etkili bir çözüm olan sismik yalıtım teknolojisi uygulamasının yaygınlaşması yakın gelecek mühendislik çalışmalarında önemli bir yer bulacaktır.

#### KAYNAKLAR

- Anonim 2013. <http://ygm.gen.tr/TR/index.php/kutu-linkleri/162-sismik-izalatoerler>. Erişim tarihi: 3.2.2015.
- Anonim 2015a. <http://www.did.org.tr/deprem-izolasyonu/>. Erişim tarihi: 3.2.2015
- Anonim 2015b. Erişim tarihi: 3.2.2015. <http://www.ulusyapi.com/Images/Kaynak/8b459e6f-6e76-43e3-9925-27403a0485e7.pdf> . Erişim tarihi: 3.2.2015
- Anonim 2015c. <http://web.iku.edu.tr/~ecoskun/sismik%20izolasyon.pdf>. Erişim tarihi: 3.2.2015
- Anonim 2015d. Genelge, Sağlık Bakanlığı Sağlık Yatırımları Genel Müdürlüğü, 2013/3 numaralı Genelgesi.
- Anonim 2015e. <http://www.erseteknoloji.com/hizmet.asp?id=5> Erişim tarihi: 3.2.2015
- Asher, J.W., Hoskere, S.N., Ewing, R.D., Mayes, R.L., Button, M.R., Van Volkinburg, D.R., 1997. Performance of Seismically Isolated Structures in The 1994 Northridge and 1995 Kobe Earthquakes. Proceedings of Structures Congress ASCE, vol. XV.
- Jangid, R.S., 2007. Optimum Lead-Rubber Isolation Bearings for Near-Fault Motions. Engineering Structures, 29: 2503–2513.
- Karabörk T., 2007. Yüksek Sönümlü Kauçuk Yatak Kullanılarak Temeli Yalıtılmış Çelik Yapıların Deprem Davranışı. 2. Çelik Yapılar Ulusal Sempozyumu.
- Kubin, J., Kubin, D., Özmen, A., Şadan, O.B., Eroğlu, E., Sucuoglu, H., Akkar, S. 2012. Seismic Isolated Hospital Design Practice in Turkey: Erzurum Medical Campus. The 15th World Conference on Earthquake Engineering. Lisbon, Portugal 24-28, 09.
- Nagarajaiah, S., Sun, X., 2000. Response of Base Isolated USC Hospital Building in Northridge Earthquake. Journal of Structural Engineering ASCE, 126: 1177–86.

- Nagarajaiah, S., Sun, X., 2001. Base Isolated fcc Building Impact Response in Northridge Earthquake, *Journal of Structural Engineering ASCE*, 127: 1063–74.
- Providakis, C.P., 2008. Effect of LRB Isolators and Supplemental Viscous Dampers on Seismic Isolated Buildings under Near-Fault Excitations. *Engineering Structures*, 30: 1187–1198.
- Turkington, D.H., Carr A.J., Cooke, N., Moss, P.J., 1988. Seismic Design of Bridges on Lead-Rubber Bearings. *Journal of Structural Engineering ASCE*, 115: 3000–3016, 1988.