

Türkiye'deki Depreme Dayanıklı Yapıların Sismik İzolasyon Tiplerinin İncelenmesi

Özgür KAN¹, Kürşat KAYMAZ², Bilgin ZENGİN^{3*}, Mehmet ÖZCAN⁴

Özet

Depreme karşı yapı tasarımında sismik izolasyon yöntemi son yıllarda Dünya' da ve Türkiye' de yaygın olarak kullanılmaktadır. Sismik izolasyonun temel amacı; yapının rezonans frekansını zeminin frekansından olabildiğince uzak tutmaktır. Sismik izolasyon, deprem etkilerine karşı koymak konusunda geleneksel yapı tasarım yöntemlerine kıyasla, depreme dayanıklı yapı tasarlamak için önemli bir yaklaşımdır. Bu çalışmada, %92' si deprem kuşağı içinde yer alan ülkemizde, son yıllarda depreme dayanıklı yapı tasarımında yeni bir yöntem olan sismik izolasyon yönteminin geleneksel yapı tasarım yaklaşımlarıyla çeşitli açılardan karşılaştırılması yapılmış ve üstünlükleri ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar kelimeler: sismik izolasyon, deprem, geleneksel yapı tasarımı, rezonans

Investigation of Seismic Isolation Types of Earthquake Resistant Structures in Turkey

Abstract

Seismic isolation method in structural design against earthquake has been widely used in the world and Turkey in recent years. The main objective of seismic isolation is to keep the resonance frequency as far away from the ground frequency as possible. Seismic isolation is an important approach to designing durable structures compared to traditional structure design methods to counteract earthquake effects. In this study, remembering 92% of our country is located in the earthquake zone, the seismic isolation method, which is a new idea has been used in recent years to design the depression resistant structure in our country, has been compared with traditional structural design approaches and revealed the advantages.

Keywords: seismic isolation, earthquake, traditional structure design, resonance

¹ Özgür Kan, Lisans Öğrencisi, Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli, e-mail: ozgur.kan@hotmail.com

² Kürşat Kaymaz, Öğr. Gör., Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli, e-mail: kkaymaz@munzur.edu.tr

^{3*} Bilgin Zengin, Yrd. Doç. Dr., Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tunceli, e-mail: bilginzengin@munzur.edu.tr

⁴ Mehmet Özcan, Lisans Öğrencisi, Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli, e-mail: ozcan103@hotmail.com

1. Giriş

Deprem, diğer doğal afetlere göre önceden tahmin edilemeyen ve günümüz teknolojisiyle tahmin edilmesi durumunda bile önlem almak için yeterli zamanın olmadığı bir doğal afet türüdür. Bu doğal afete karşı dayanıklı yapılar tasarlayarak önlem alınması zorunlu hale gelmiştir. Deprem, terimsel olarak iki şekilde ifade edilir. Bunlardan biri depremin büyüklüğü öteki ise şiddetidir. Depremin büyüklüğü, deprem sırasında açığa çıkan enerjinin ölçüsüdür. Depremin şiddeti ise depremin meydana geldiği bölgede yarattığı hasarın ölçüsüdür. Bütün depremlerin bir tane büyüklüğü vardır, ancak şiddeti ise bölgenin merkez üssüne olan uzaklığı ile değişir. Dünyanın etkili deprem kuşaklarının biri üzerinde olan ülkemiz açısından bu durum göz önüne alındığında depremden dolayı oluşabilecek maddi ve manevi hasarların önlenmesi daha çok önem kazanmaktadır.

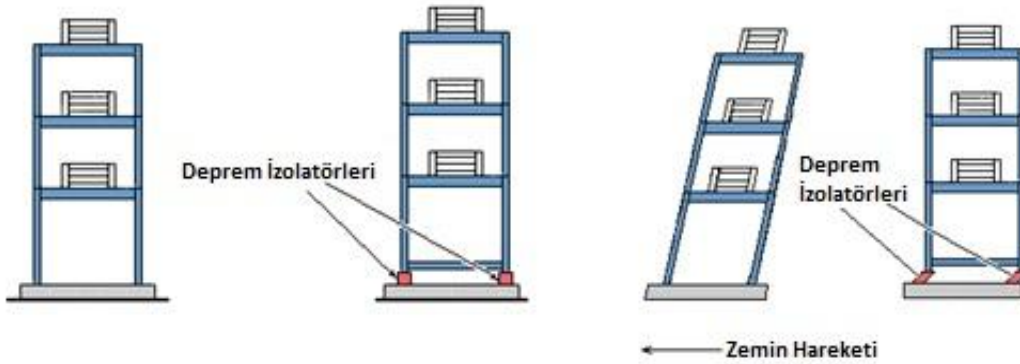
Mühendisler ve mimarlar 100 yılı aşkın bir zamandır binaların yer hareketlerine verdiği tepkileri azaltmanın uygulanabilir metotlarını bulmak için çalışmalar yapmaktadır. Sismik izolasyon ve enerji sönümleyici sistemler, yapıların depreme dayanıklılığını artırmak için uygulanabilen tasarım stratejilerinden bazılarıdır. Aktif kontrol ve karma sistemler gibi diğer sismik koruma sistemleri de sürekli gelişmekte ve yakın gelecekte çok daha uygun pratik sonuçlar sunacakları öngörülmektedir (Özpalanlar, 2004).

Gelişen teknoloji ile birlikte yapıyı zemin etkilerinden izole etmek amacıyla çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu tekniklerden özellikle son yıllarda gelişen sismik izolasyon yöntemi ön plana çıkmaktadır. Sismik izolasyon yönteminin amacı; bütün deplasmanların temel ile üst yapı arasında meydana gelmesini ve soğurucu elemanın mümkün olduğu kadar deprem enerjisini soğurmasını sağlamaktır. Bu şekilde yapının dinamik özellikleri değiştirilerek depremde yapıya gelecek yatay yükün azaltılması sağlanmaya çalışılır. Deprem sırasında yapının frekansı ile zeminin frekansının birbirine yakın olması durumunda yapı rezonansa geleceğinden deprem hasarı beklenenden çok daha büyük olmaktadır. Genel olarak “uzun periyotlu yapıların kısa periyotlu zeminler üzerine, kısa periyotlu yapıların da uzun periyotlu zeminler üzerine yapılması” depreme dayanıklı yapı yapmanın önemli bir aşamasını oluşturur (Doğan, 2009).

Yapı periyodu $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ ile ifade edilmektedir. Görüldüğü üzere periyod (T) yapının kütlesi (m) ile doğru, rijitliği (k) ile ters orantılıdır. Bu şekilde yapı elemanlarının rijitliğini uygun seçerek; titreşim periyodunu belirli aralığa getirmek suretiyle deprem etkilerini küçültmek mümkündür. Böylece uzun zemin periyotlarının hakim olduğu genellikle derin tabakalar halinde yumuşak zeminin bulunduğu bölgelerde kısa periyotlu rijit, az katlı yapılar uygun düşerken bunun karşıtı olan kayalık, sert zemin bölgelerinde yer hareketinin yüksek düşük periyotlu kısmı hakim olur ve bu bölgelerde de yüksek periyotlu, çok katlı yapılar uygun düşer.

Sismik izolasyon yöntemi; zemin ile yapı arasındaki etkileşimi azaltmakta ve yapının tabanında düşeyde rijit fakat yatayda esnek, belirli ölçülerde yer değiştirme yapabilen donanımlar yerleştirmek suretiyle üst yapıyı yer hareketinden ayırma işlemidir (Priestley ve ark. 2007).

Şekil 1'de görüldüğü üzere sismik izolasyonlu yapıda sadece tabanda ötelenme olmakta sismik izolasyonsuz yapıda ise katlar arasında büyük ötelenmeler olmaktadır. Ayrıca sismik izolasyonlu yapı kat ivmelerinin azaltılması için gerekli yatay "esnekliğe" ve büyük rijit üst yapısı sayesinde rölatif kat ötelenmelerinin azaltılması için düşeyde gerekli olan "rijitliğe" sahiptir.



Şekil 1: Ankastr mesnetli yapı ile sismik izolasyonlu yapının deprem esnasındaki hareketi
(<https://www.humbarahane.com/temeller-ve-temel-cesitleri/>)

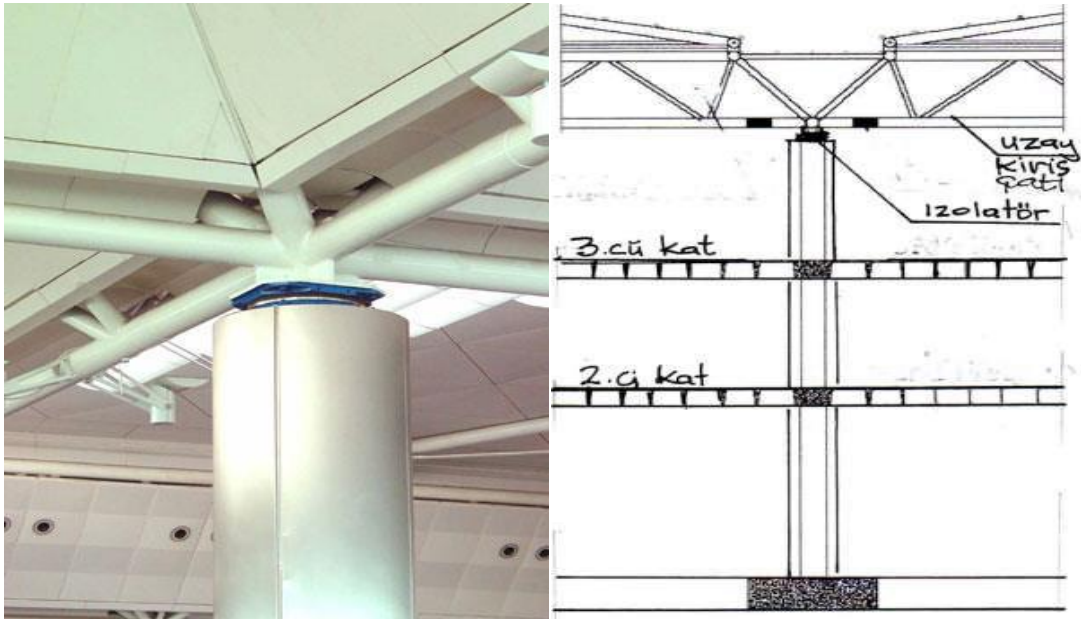
Günümüzde sismik izolasyon yöntemi şiddetli depremler sonucunda yapının nispeten hasarsız kalması beklenen, depremden hemen sonra mutlaka kullanılması gerekli hastane, acil yardım merkezi, itfaiye, polis binası, enerji dağıtım ve haberleşme binaları

ile nükleer enerji santralleri gibi göçmeleri durumunda doğal çevre tehlikeleri yaratabilecek yapılarda kullanılmaktadır.

Sismik izolasyon kavramı ilk olarak 1876 yılında Tokyo Üniversitesi maden mühendisliği profesörlerinden John Milne tarafından ortaya atılmıştır. Milne yapının altına izolasyon amaçlı çelik bilyeler yerleştirerek 1876-1895 yılları arasında çeşitli deneyler yapmıştır (Tezcan ve Cimilli, 2002).

1905 yılında ABD’de yapılan silindir sistemle yapılan izolasyon çalışmalarının depreme karşı etkili olduğu ortaya konulmuştur ve bu çalışma sonucunda ilk resmi belgeye dayalı patent alınmıştır (Kausel ve Beskos, 2000).

Türkiye’de sismik izolasyonun ilk uygulaması ise Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali’nin Sismik Modernizasyonu Projesi kapsamında yapılan uygulamadır. 250x 225 m² alana kurulu olan bu yapıda sismik izolasyon, uzay kafesten yapılmış çatısı ile 7 m yüksekliğindeki beton kolonlarının arasına yerleştirilen toplam 130 adet sürtümlü sarkaç izolatör (FPS) ile gerçekleştirilmiştir. Proje aynı zamanda Amerikan Mühendislik Şirketleri Konseyi (American Council of Engineering Companies - ACEC) tarafından verilen ödüle, 700 aday arasından seçilerek layık görülmüştür (Constantinou, M.C., ve ark. 2001).



Şekil 2: Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali

2. Geleneksel Yapı Tasarım Yaklaşımı

2.1. Geleneksel Yapı Tasarım Anlayışının Amacı ve Felsefesi

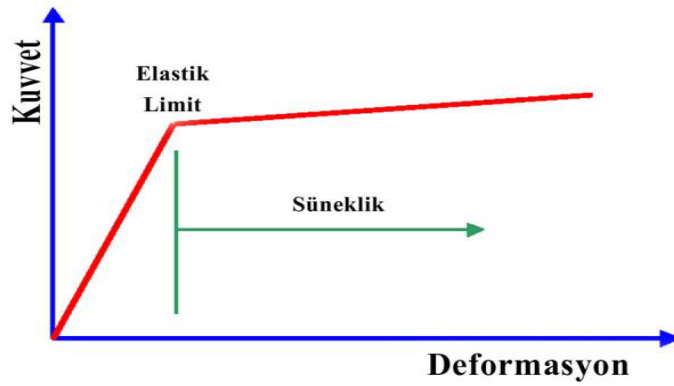
Sismik aktivitesi yüksek bölgelerde, geleneksel tasarım anlayışına göre, kabul edilebilir maliyetler ile, şiddetli depremlere hasarsız olarak karşı koyabilecek orta ve yüksek yapı yapmak neredeyse imkansızdır. Bu yüzden birçok şartnameye göre de istenilen, can kaybının ve topyekûn göçmenin engellenmesidir. Bu anlayışa göre yapıda elastik ötesi davranışların bir sonucu olan hasar, depremin enerjisini sönmüllemenin, göçme ihtimalini azaltmanın önemli bir yoludur ve bir tür sigorta veya emniyet valfi görevi görür. Bu tasarım yaklaşımı birçok ülkede birçok hayat kurtarmış olmakla birlikte, ağır hasarlı ve kullanılamaz durumda yüzlerce, hatta binlerce yapının ülke ekonomik ve sosyal hayatına getirdiği çok ağır sıkıntıları engelleyememiştir (Kelly, 2001).

1998' de ülkemizde yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY98) ' de aşağıdaki gibi ifade edilmiştir. “Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın onarılabilir düzeyde olması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi”

Yukarıda da belirtildiği üzere inşaat şartnameleri geleneksel yapı tasarım yaklaşımıyla yalnızca can güvenliğini göz önüne alır. Günümüzdeki şartname binaları genelde deprem sonrası kullanılamaz hale gelir. Fakat geçmişteki depremlerden edinilen tecrübeler can kaybı dışında maddi hasarlarında oldukça fazla olduğunu ve hatta iş kesilmesi riskinin de önemli bir parametre olduğunu göstermiştir. Maddi kayıplar, işyerindeki ekipmanların hasarı, mevcut ve stoktaki ürünlerin hasarı sonucu üretimin durması şeklinde karşımıza çıkarlar.

2.2. Geleneksel Yapı Tasarım Anlayışının Dezavantajları

Şiddetli depremlere dahi dayanabilecek bir yapı tasarlamak kolay ve ucuz değildir. Mühendisler bunun için kendilerine şartnamelerin verdiği izinle, “sünekliği” kullanırlar. Süneklik, yapının elastik davranışın ötesinde deformasyonları karşılayabilme kapasitesinin bir ifadesidir. Elastik sınır aşıldığında, kuvvetteki ufak bir artış dahi büyük deformasyonlar yaratacaktır (Kelly, 2001).



Şekil 3: Süneklik Kavramının Şematik İfadesi (Özpalanlar, 2004)

Elastik limit, yükün etkisi yok olduğunda kalıcı deformasyon kalmayacak biçimde başlangıç durumuna geri dönülebilen sınır değeridir. Süneklik bölgesine geçiş, yapısal elemanlarda hasar demektir. Bu da yapının yüklere dayanma kapasitesinde azalma olduğu anlamına gelir (Özpalanlar,2004). Geleneksel yapı tasarım yaklaşımında depremin yapı ömrü boyunca gerçekleşme ihtimali düşük olduğu için daha düşük maliyetli olması açısından tasarlanacak yapının deprem etkisini elastik ötesindeki kapasitesiyle karşılaması yoluna gidilir. Bu amaçla tasarlanan yapıya etki eden deprem enerjisinin tüketilmesi plastik mafsallarla sağlanır bu da bu duruma alternatif olan sismik izolasyon yerine yapıda oluşacak hasarı kabul etmek demektir.

3. Yeni Bir Tasarım Yaklaşımı: Sismik İzolasyon

Sismik izolasyon ile uygulanan prensip, geleneksel tasarım yaklaşımıyla sağlanmaya çalışılan elastik ötesi davranış için gerekli kapasite kavramına kıyasla depremin yapıda

meydana getirdiği deprem kuvvetlerinin azaltılmasına çalışılır. Bu nedenle uygulandığı yapılarda üst yapı ile temel arasına yanal esnekliği fazla, düşey esnekliği ise oldukça az olan düşey yönde rijit elemanlar konularak yapının periyodu ile deprem hakim periyodunun çakışması (rezonans durumu) önlenir.

Geleneksel tasarım anlayışı kullanılarak bazı olumsuzlukları yok etmek veya minimize etmek istenirse, yapım maliyetleri büyük oranda artacak veya mimari estetik ve kullanılabilirlik değerlerinden çok fazla ödün vermek gerekecektir. Yine de bu anlayış çerçevesinde şiddetli depremler etkisinde hiç hasar görmeyecek bir yapı inşa etmek mümkün değildir (Özpalanlar, 2004)

Son yıllarda meydana gelen depremlerin öğrettiği şeylerden biri de düşünülmesi gereken tek konunun can kayıplarının engellenmesi olmayışıdır. Geleneksel tasarım yöntemi, hasarlı binaların onarımı düşünüldüğünde çok maliyetli sonuçlar doğurabilmektedir. Deprem sonrasında fonksiyonelliğini devam ettirmesi gereken hayati önemli yapılar ile, tehlike arz edecek veya maddi, manevi, tarihi değeri büyük yapıların da korunması çok önemlidir. Deprem sonrası yaşanan sosyal ve psikolojik travmalar da düşünüldüğünde yeni ve alternatif bir depreme dayanıklı tasarım anlayışına ihtiyaç duyulduğu sonucuna varabiliriz (Komodromos, 2000).

Sismik İzolasyonun uygulandığı binalarda, bina, büyük depremlerde rijit bir kutu gibi hareket edeceğinden binadaki kullanıcılar ve eşyalar güvende kalır, binadaki faaliyetler deprem esnasında ve deprem sonrasında kesinti olmadan devam eder. Aynı zamanda sismik izolasyonun binaya sağladığı rijitlikten dolayı katlardaki kolon ve kiriş boyutları küçülür, betonarme perdelerin gerekliliği önemli derecede azalır. Bahsedilen bu özelliklerden ötürü sismik izolasyon sistemlerini uygulamak, mühendisin düşük fiyatlı yapı sistemleri kullanarak orta ve büyük şiddetli depremlerde, hem binanın taşıyıcı sisteminde hem de bina içindeki eşyalarda meydana gelebilecek hasarları ve yukarıda da açıklandığı üzere sosyal, psikolojik, ekonomik vb. sorunların sınırlandırılmasını sağlar (Türker, 2005).

Özetlemek gerekirse iyi uygulanmış bir sismik izolasyonun geleneksel yaklaşıma kıyasla birçok avantajı vardır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

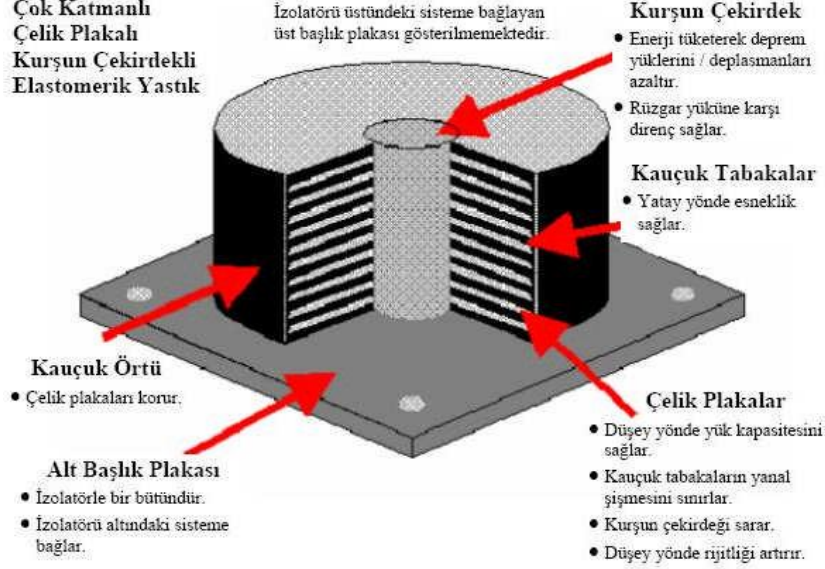
- a) Geleneksel yaklaşıma nazaran yapı elemanları içerisindeki iç kuvvetler azaltılmış olur böylece hafif şiddetteki depremlerde bile kullanılabilirlik sınır durumu aşılmaz ve yapı elemanları daha az zorlanır.
- b) Çok büyük deprem esnasında bile sismik izolasyonun uygulandığı acil yardım merkezi, hastane gibi yapılarda o esnada devam eden acil müdahalelerin devam etmesine olanak sağlayabilir.
- c) İtfaiye binası, hastane, polis binası, acil ulaşım ağı üzerindeki köprü viyadükleri, tarihsel dokusu önemli tarihi yapılar vb. yapıların depremden hemen sonra kullanılmasını sağlar.
- d) Üst yapı daha rijit olduğu için yapı içindeki eşyaların korunmasını sağlayarak ekonomik kazanç sağlar.
- e) Yapıya gelen deprem etkilerini üst yapıdan bağımsız olan temelin almasını sağlayarak üst yapının deprem etkilerinden korunmasını sağlar.
- f) Araştırma ve geliştirme projeleri deprem sonrası korunmuş olur.
- g) İş kesilme riskini önleyerek deprem sonrası üretimin devamlılığını sağlar. Böylece deprem sonrasında bile ülkemizin üretimdeki pazar payı korunur.

Aşağıda ele alacağımız bazı sismik izolatör tipleri şu şekilde sıralanabilir; kurşun çekirdekli kauçuk izolatör, çapraz doğrusal hareket sistemi, kayıcı tabakalı kauçuk izolatör, çelik bilyeli izolatör ve sürtünmeli sarkaç sistemidir.

3.1. Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör (Lead Rubber Isolator)

Yaygın olarak Amerika, Japonya, Yeni Zelanda gibi ülkelerde kullanılan kurşun çekirdekli izolatör, çelik plakalar ve kauçuğun preslenmesi şeklinde imal edilen izolatörlerdir. Düşük sönümlü kauçuk izolatörlerden farklı olarak ortasında kurşun çekirdek bulunur. Bu çekirdek, izolatörün enerji sönümleme kapasitesini sağlamasında önemli rol oynar. Kauçuk izolatörler, depremin yarattığı dinamik yükleri emerek yapının salınım periyodunu arttırmırlar. Bir yapının etkin salınım periyodununun 0.1 ile 1

saniye aralığında olduğu düşünülürse kauçuk izolatorlerin uygulandığı yapıda bu salınım periyodu 2 - 3 saniyeye uzar.



Şekil 4: Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör Kesiti

Tablo 1. Kurşun çekirdekli ve çekirdeksiz kauçukların teknik verilerinin karşılaştırılması

Tip	GZP - 600	GZY - 600	GZP - 700	GZY - 700
Çap (mm)	620	620	720	720
Yükseklik (mm)	197	197	237	237
Düşey Basınç Kapasitesi (kN)	4000	4000	5500	5500
Düşey Katılık (kN/mm)	1690	2200	2480	3050
Yatay Katılık ($\nu=50\%$) (kN/mm)	0.90 - 1.57	1.92 - 3.36	1.13 - 1.97	1.90 - 3.32
Yatay Katılık ($\nu=250\%$) (kN/mm)	0.74 - 1.29	1.02 - 1.79	0.85 - 1.48	1.09 - 1.90
Sönüm Oranı (%)	5	29	5	25
Tasarım Deplasmanı (mm)	112	112	133	133
Maksimum Deplasman (mm)	350	350	305	305

Tablo açıklamaları: (GZP: Kurşun Sönümsüz, GZY: Kurşun Sönümlü, Deplasman: Yatay ötelenme miktarı)

Tablo 1' den de görüldüğü üzere kurşun sönümlü izolatörlerin kendi içlerindeki tip, çap, düşey basınç kapasitelerinin ve yüksekliklerinin aynı olmasına rağmen sönüm yüzdeleri arasında ciddi farklar oluşmaktadır.

3.2. Çapraz Doğrusal Hareket Sistemi (Cross Linear Bearing):

Çapraz doğrusal hareket sistemi (CLB), birbirine dik olarak konumlandırılmış iki adet doğrusal raya monte edilen yine iki adet düşük sürtünmeli doğrusal hareket eden bloktan oluşmaktadır (Şekil 5). CLB ünitesi üzerinde yer alan tampon bloklar çok düşük bir sürtünme katsayısına sahip olup, çok az bir kesme kuvveti karşılamaktadır. Diğer bir deyişle çok düşük büyüklüğe sahip yanal etkilerde bile sistem aktif hale gelmektedir. CLB'lerin bir başka avantajlı özelliği de; basınç kuvvetlerinin yanı sıra çekme kuvvetlerine karşı da çalışabilmesidir. CLB tipi izolatörler, kurşun çekirdekli izolatörler ve diğer soğurucu elemanlarla birlikte kullanılabilir. (Hata ve ark., 2004).



Şekil 5: Çapraz Doğrusal Hareket Sistemi (CLB) (Türker, 2005)

3.3. Kayıcı Tabakalı Kauçuk İzolatör (Sliding Laminated Rubber Isolator)

Kayıcı tabakalı kauçuk izolatör, diğer izolatörlerle (LRI, CLB tipi) birlikte kullanılır. Küçük genlikli yatay sarsıntılarda SLR, kauçuk tabakaların şekil değiştirmesi ile uygulandığı sisteme sönüm kapasitesi sağlar. Daha büyük sarsıntılarda ise, plakanın kayması ile üzerindeki yapıda meydana gelen salınım hareketi kontrol altına alınır (Hata ve ark., 2004).



Şekil 6: Kayıcı Tabakalı Kauçuk İzolatör (SLR) (Türker,2005)

3.4. Çelik Bilyalı İzolatör (Steel Ball Bearings)

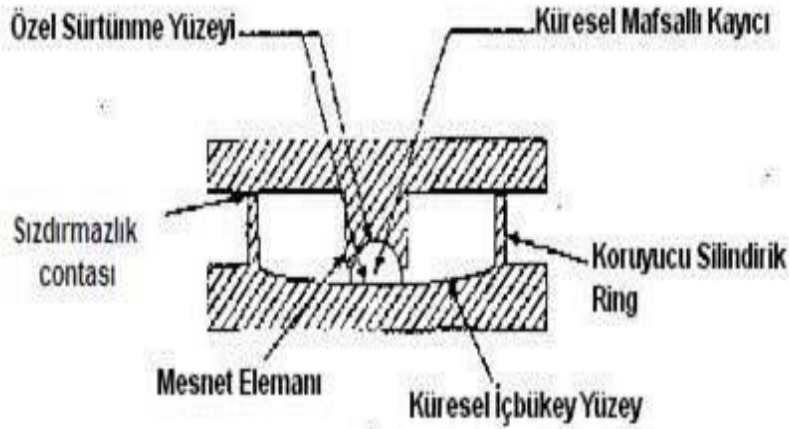
Çelik bilyalı izolatör, düşük bir sürtünme katsayısı vermek üzere iki adet çelik levha arasında sıkıştırılmış çok sayıdaki bilyalardan oluşur. Bilyaların sayısı, binanın düşey yüklerini yeterli düzeyde karşılayacak şekilde, sismik izolasyon sisteminin tasarımı esnasında kolayca ayarlanabilmektedir. Bu izolatörler genellikle kurşun çekirdekli izolatörler (LRI) ve diğer sönümleyicilerle kombine edilecek şekilde bir arada kullanılmaktadır (Hata ve ark., 2004).



Şekil 7: Çelik Bilyalı İzolatör (SBB) (Türker, 2005)

3.5. Sürtülmeli Sarkaç Sistemi (Friction Pendulum Systems -FPS)

Kayıcılı tabakalı kauçuk izolatör sistemlerinin en son geliştirilen sistemi olmakla birlikte bu izolatörlerin olası bir deprem sonrasında tekrar eski konumuna dönmeme durumunda devreye giren mekanizmaya sahiptir.



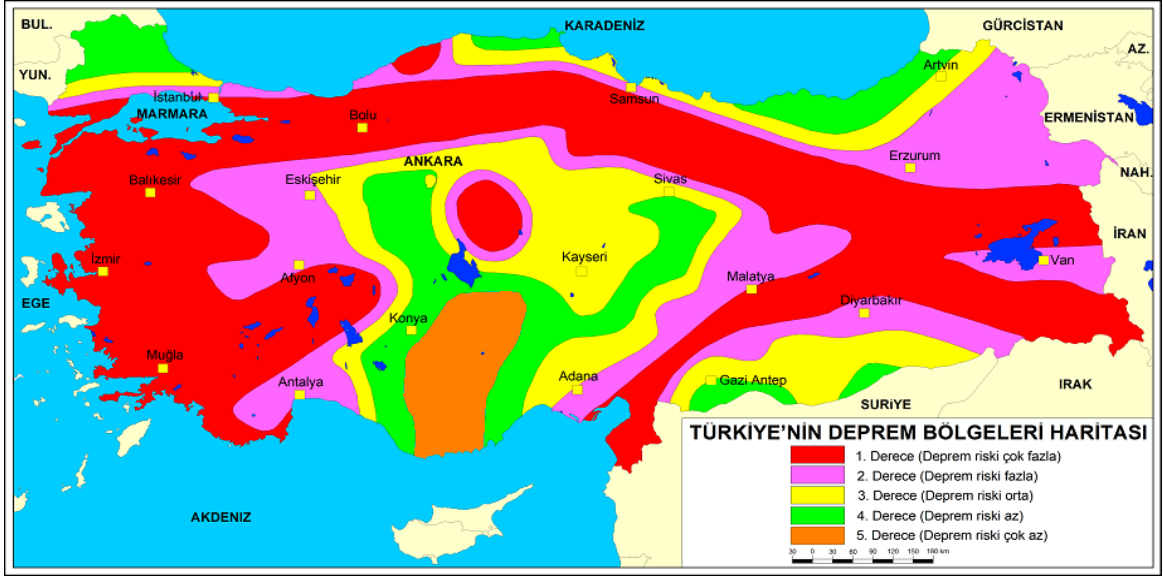
Şekil 8: Sürtülmeli Sarkaç Sistemi Kesiti



Şekil 9: Sürtülmeli Sarkaç Sisteminin Ana İlkesi

4. Materyal ve Metot

Sismik izolasyonun binalara ve inşaat mühendisliğinin kapsamındaki alanlara uygulanması ve bu konudaki bilinçlenme dünyadaki süreçle karşılaştırıldığında ülkemizde oldukça geç başlamıştır. Bu başlangıç ülkemizde 1999 Gölcük ve Adapazarı depremlerinin yarattığı büyük yıkım ile söz konusu olmuştur. Sismik izolasyonlu yapıların depremleri önemli bir hasar görmeden atlatabileceği, sağlık tesisleri gibi önem arz eden binaların depremden hemen sonra da kullanılması ihtiyacından dolayı Sağlık Bakanlığı konunun önemini kavrayarak 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde 100 yatak üzerindeki hastane binalarında sismik izolatörlerle deprem yalıtımı yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bu karar ülkemizde yeni bir süreci başlatmış olup böylece sismik izolasyonlu yapı kullanımını mühendislik sektöründe hız kazanmıştır.



Şekil 10: Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

Şekil 10' da da görüldüğü üzere ülkemizde 1. ve 2. derece deprem bölgelerinin geniş bir alana hakim olması ve Sağlık Bakanlığı' nın aldığı bu karar doğrultusunda özellikle nüfusun da yoğun olduğu bu alanlarda yapılacak 100 yatak ve üzerindeki sismik izolasyonlu hastane sayısının ciddi rakamlara ulaşacağı öngörülebilir.

Bu kararla birlikte ülkemizde 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde inşa edilen sismik izolasyonlu hastaneler ve önem arz eden diğer yapılarda kullanılan sismik izolasyonlu yapılara ve bu yapılarda kullanılan sismik izolasyon tiplerine şu örnekler verilebilir;

1) 2004 yılında inşaatı başlamış olan Kocaeli Üniversitesi Hastanesi' nde 265 adet sürtünmeli sarkaç tipi deprem izolatörü (FPS) bodrum kat kolonlarının üst kotuna döşeme altına yerleştirilmiştir.



Şekil 11: Kocaeli Üniversitesi Hastanesi

2) Antalya Havaalanı Terminal Binası inşaatı, bölge daha sonradan 4. derece deprem bölgesinden 2. derece deprem bölgesi içerisine alındığından dolayı binada güçlendirme kapsamında 500 adet kurşun çekirdekli kauçuk izolatör tipi (LRI) kullanılmıştır.



Şekil 12: Antalya Havaalanı Terminal Binası ve LRB Tipi İzolasyon Uygulaması

3) Sağlık Bakanlığı'na ait hastane binalarındaki ilk deprem yalıtımı uygulaması 2006 yılında olan 400 yataklı Erzurum Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ndeki uygulama olmuştur. 400 yataklı Erzurum Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 128 bin 802 m²'si kapalı alan olmak üzere toplam 149 bin 986 m² alan üzerine kurulmuştur. Büyük depremde operasyonel kalması istenen binada, boyutları 800 mm, 900 mm, 1000 mm ve 1100 mm olan 386 adet kurşun çekirdekli kauçuk izolatör (LRI) kullanılarak deprem yalıtımı uygulanmıştır.

- 4) 2012 yılında inşa edilmeye başlanan 750 yataklı Erzurum Sağlık Kompleksi 250 bin 574 m² inşaat alanına sahip olup bu komplekste 1248 adet sürtünmeli sarkaç tipi deprem izolatörü (FPS) kullanılmıştır.
- 5) 2012 yılında inşaatı başlamış olan 500 yataklı Van Merkez Sağlık Kampüsü'nde 542 adet deprem izolatörü kullanılması kararlaştırılmıştır.
- 6) 2008 yılında bir diğer önemli deprem yalıtımlı yapı uygulaması ise, 160 bin m² kat alanına sahip Sabiha Gökçen Havaalanı terminal binasıdır. Bu yapının deprem yalıtımı için 252 adet sürtünmeli sarkaç tipi deprem izolatörü (FPS) kullanılmıştır.
- 7) Marmara Üniversitesi Başbüyük Hastanesi güçlendirme kapsamında 832 adet kauçuk izolatör kullanılmıştır.
- 8) Toplam İnşaat alanı 215 bin m² olan yapımına 2013 yılında başlanan Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde 506 adet sürtünmeli sarkaç tipi deprem izolatörü (FPS) kullanılması kararlaştırılmıştır.
- 9) 920 yatak kapasiteli yaklaşık 55 bin m² oturma alanı ve 300 bin m² kapalı alana sahip Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde 855 adet sürtünmeli sarkaç tipi deprem izolatörü (FPS) kullanılması kararlaştırılmıştır.
- 10) Temel güçlendirilmesi yapılmış Grand Tarabya Otelinde 101 adet sürtünmeli sarkaç tipi deprem izolatörü (FPS) zemin kat kolonlarının üst kotuna döşeme altına yerleştirilmiştir.
- 11) 1997 yılında inşa edilen Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) Atatürk Köprüsünde kurşun çekirdekli kauçuk izolatör tipi (LRI) kullanılmıştır.

Tablo 2. Türkiye' de Kullanılan Bazı Sismik İzolasyonlu Yapılar ve İzolasyon Tipi

SİSMİK İZOLASYONUN KULLANILDIĞI YAPI	DEPREM BÖLGESİ	ZORUNLULUK	İZOLATÖR TİPİ
Kocaeli Üniversitesi Hastanesi	1	Var	FPS
Antalya Havaalanı Terminal Binası	2	Yok	LRI
Erzurum Eğitim ve Araştırma Hastanesi	2	Var	LRI
Erzurum Sağlık Kompleksi	2	Var	FPS
Van Merkez Sağlık Kampüsü	2	Var	FPS
Sabiha Gökçen Havaalanı Terminal Binası	1	Yok	FPS
Marmara Üniversitesi Başbüyük Hastanesi	1	Var	FPS
Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi	1	Var	FPS
Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi	1	Var	FPS
Grand Tarabya Otel	1	Yok	FPS
TAG Atatürk Köprüsü	1	Yok	LRI

Yukarıdaki örneklerde de görüldüğü üzere ülkemizde kullanılan deprem izolatörlerinin yaygın kullanım alanı bulunduğu bölgeler, deprem riskinin fazla olduğu 1. ve 2. derece deprem bölgeleridir. Kullanılan bu izolatör tipleri seçiminde de kurşun çekirdekli izolatör (LRI) ve olası bir deprem sonrasında yapıyı tekrar eski konumuna getirmesi bakımından en son geliştirilen izolatör tipi olan sürtümlü sarkaç tipi izolatörler (FPS) kullanılmıştır.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu makale uzun yıllar kullanılmış ve hala kullanılmaya devam eden geleneksel yaklaşım yöntemlerine nazaran deprem kuşağındaki ülkemizde daha yeni yeni kullanım alanı bulan sismik izolasyon sistemlerinin geleneksel anlayışla kıyaslanarak aralarındaki farkların ve sismik izolasyonların sağlayacağı faydaları daha net bir şekilde görmemiz açısından ele alınmıştır. Sismik izolasyon yaklaşımının doğru kullanılması yapılarda deprem etkilerinin azaltılmasını sağlarken aynı zamanda geleneksel yapı tasarımı yaklaşımıyla dizayn edilen yapılara kıyasla yapının taşıyıcı sistemini oluşturan eleman kesitlerinin küçük boyutlarda tasarlanmasını olanaklı hale getirir. Bu da mimari anlamda yapılara daha fazla estetiklik kazandıracak alanın oluşmasına ve küçük eleman

kesit tasarımı imkanıyla ekonomik kazançlar sağlayacaktır. Özellikle deprem kuşağında yer alan ülkemizdeki deprem zararlarını azaltmasının yanı sıra devletin de desteğiyle mühendis ve mimarların sismik izolasyon uygulamasını kullanması sadece 1. derece önemli yapılar açısından değil, konut türü yapılarda bile can kaybını önleyecektir. Bu uygulamanın yaygınlaşması daha yüksek katlı yapılar yapma imkanı sağlarken tarımsal faaliyetler gibi çeşitli alanlarda kullanılmak üzere daha fazla alan yaratarak hızla gelişen inşaat teknolojisinde de dünyadaki konumumuzu dolaylı yoldan güçlendirecektir.

6. Kaynaklar

- ABYYHY. (1998) “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tezcan, S.S., Cimilli, S., (2002). Seismic Base Isolation, Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı Yayınları Yayın No: KT 004 / 02, İstanbul.
- Constantinou, M.C., Whittaker, A.S. and Velivasakis, E.,(2001). “Seismic Evaluation and Retrofit of the Atatürk International Airport Terminal Building” Proc.2001 Structures Congress, ASCE, Washington, DC.
- Doğan M.,(2009). “Depreme Dayanıklı Tasarım Ders Notları”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.
- Hata, T and Ogura, Y., (2004). Aseismic Devices Co.: Development of seismic devices for earthquake protection, Small Structures Technologies and Earthquake Engineering (SE'04) Technical Report, Japan, 5.
- Kausel, E., Beskos, D. E. (2000). Seismic isolation for earthquake-resistant structures. Boston: WIT PRESS Southampton.
- Kelly, T.E., (2001), In-Structure Damping And Energy Dissipation, Design Guidelines, Holmes Consulting Group Ltd., New Zeland.
- Komodromos, P., (2000). Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures,WIT Press, ISBN 1-85312-803-1, Southampton, UK.
- Priestley M.J.N., Calvi, M.C., and Kowalsky, M.J. (2007). Displacement-Based Seismic Design of Structures IUSS Press, Pavia, , 670 pp.
- Özpalanlar C. G., (2004). “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sismik İzolasyon ve Enerji Sönümleyici Sistemler” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik

Üniversitesi, İstanbul.

Türker H., (2005). Sismik İzolasyon Sistemlerinin Kullanılış Tipleri Örnek Bir Maliyet Analizi / Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005.

URL1: (<https://www.humbarahane.com/temeller-ve-temel-cesitleri/>), Erişim Tarihi: 02.05.2017