

GÜNÜMÜZ MİMARİSİNDE SİSMİK İZOLASYON TEKNOLOJİSİ

Nur Banu Özdemir¹, Gonca AKÇAER² ve Asena SOYLUK³

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Mimarlık ve Şehir Bölge Planlama Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara

² Araştırma Görevlisi, Mimarlık Bölümü, Niğde Üniversitesi, Niğde

³ Öğretim Görevlisi Dr., Mimarlık Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara
Email: bozdemir_91@hotmail.com

ÖZET:

Deprem, çok sayıda yerle keyi, dolayısıyla büyük miktarda nüfusu etkilemesinden dolayı diğer afetlerden daha fazla yıkıma ve can kaybına neden olur. Ayrıca deprem, mevcut yapının tüm zayıflıklarını ve yetersiz yönlerini ortaya çıkarmasından dolayı, depreme karşı yapının performansı büyük önem kazanmaktadır. İnsanların ihtiyaçlarının karşılandığı tüm yapılar doğanın şartlarına uygun dizayn edilmeli ve yapılmalıdır. Güvenli yapı tüm dünyada bir gerekliliktir. Bu nedenle depreme karşı tasarımda yeni fikirler uygulama bulmuş ve gelişmiş ülkelerde başarıyla uygulanmıştır. Yapı sistemlerinin deprem dayanımını artırması bakımından inşaat teknolojisindeki en yeni gelişmelerden biri sismik izolasyon teknolojisidir. Sismik izolasyonun ana ilkesi; yapı ile zemin arasında, yanıl rijitli düşük elemanlar koyarak binayı depremlerin yıkıcı etkilerinden korumak ve yapının doğal titreşim periyodunu arttırmaktır. Yapı elemanlarının rijitli küçük seçilerek, titreşim periyodu belirli aralığa getirilerek deprem etkilerini azaltmak mümkündür. Oldukça yeni bir teknik olan bu yöntem yabancı ülkelerde başarıyla uygulanmaktadır. Özellikle okul, hastane, askeri binalar, yönetim binaları vb. özel yapıların depremlerden hasar almadan kurtulması oldukça önemlidir. Bu çalışmada yüksek deprem riski taşıyan bölgelerdeki farklı seviye sahip yapı türlerine uygulanan sismik izolasyon sistemleri incelenecektir. Genellikle Yeni Zelanda, Amerika, Japonya gibi ülkelerde havalimanı terminal yapılarında, hastanelerde, okullarda, tarihi yapı binalarda uygulanan bu sistemler ne yazık ki mimarlık disiplini tarafından çok fazla bilinmemektedir. Konunun mimari olarak ele alınması tasarım kriterlerini biçimlendirecektir. Yapılan çalışmanın; mimarlık ve mühendislik açısından önemli bir bilgi kaynağı olacaktır. Sismik izolasyon teknolojisi farklı disiplinlerin birlikte çalışmasını gerektiren yeni bir teknolojidir.

ANAHTAR KELİMELER : Deprem, sismik izolasyon teknolojisi, yapı tasarımı, mimarlık, tasarım kriterleri

1. GİRİŞ

Türkiye Deprem bölgeleri haritasına göre yurdumuzun %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olması nedeniyle, özellikle bina sistemlerinde mimari tasarım nedeniyle bir takım düzensizliklerin bulunması durumunda ve tarihi yapıların deprem etkisinden korunması kapsamında önemli sorunlar yaşanmaktadır. Bu çalışmada düzensiz bina sistemlerinin depreme karşı dinamik davranışlarının iyileştirilmesi ve tarihi yapıların orijinalliğini ve dokusunu bozmadan güçlendirilmesi amacıyla sismik taban izolasyon sisteminin uygulanması hedeflenmiştir. Depremlerden sonra yapı sistemlerinde oluşan hasarların değerlendirilmesi sonucu, taşıyıcı sistem düzensizliklerinden dolayı pek çok binada hasar olduğu tespit edilmiştir.

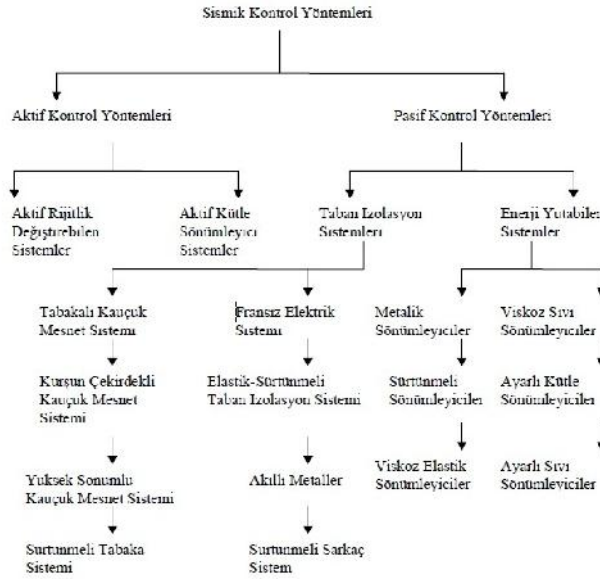
Çalışmada öncelikle Türkiye gibi aktif deprem kuşakları üzerinde bulunan ülkelerde mimari tasarımı kısıtlanarak düzenlenen depreme dayanıklı yapı için önerilen temel ilkelerin, inşaat teknolojisindeki gelişmelerle rahatlıkla karşılanabileceğini ve mimari tasarımda özgürlük sağlayacakları olarak ortaya konulmaktadır. Yapı sistemlerinin deprem dayanımını artırması bakımından inşaat teknolojisindeki en yeni gelişmeler Türkiye'de uygulaması mimarlık disiplini tarafından çokta iyi bilinmeyen sismik izolatörlerdir. Sismik izolasyon teknolojisi ile, yapının depreme dayanma kapasitesini arttırmak yerine binaya gelen sismik kuvvetler

yapının periyodu uzatılarak azaltılmaktadır. Sismik izolasyon esas olarak üst yapı ve temelin, tabana yerle tirilen kayıcı ve esnek sistemlerle ayrılmasıdır. Bu çalı ma da mimari tasarım serbestli i elde etmek için, dünyada son yıllarda yapılarda yaygın olarak kullanılmaya başlan sismik izolatörler dikkate alınacaktır. Günümüze kadar yapılan çalı malarda sismik izolasyonun sismik performans etkileri üzerinde durulmuş ve izolatörlerin mekanik özellikleri ile yapılarla etkileri detaylı olarak araştırılmıştır.

Çalı ma da sismik taban izolatörleri hakkında genel bilgiler verildikten sonra, sismik taban izolatörlerinin gerek Dünya ve gerekse Türkiye’de kullanıldığı geniş açıklıklı (konser salonları, tiyatrolar, kapalı stadyumlar, müzeler, çok amaçlı salonlar, kültür merkezleri, alışveriş merkezleri) yapı örnekleri ile konut ve ofis binaları ile hastane binalarından örnekler verilmektedir.

2. SİSMİK TABAN ZOLASYONU

Yeni nesil teknolojinin depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılacak yeni yapı kontrol sistemleri ekil 2.1’deki gibi ayrılabilir: [1,2]

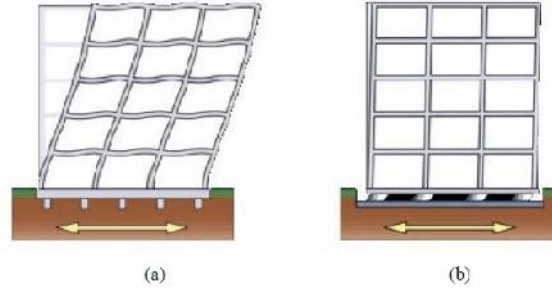


ekil 2.1. Sismik kontrol sistemleri sınıflandırması

Pasif kontrol sistemleri, dışarıdan herhangi bir enerjiye ihtiyaç duymadan çalışmaktadırlar. Değişken dinamik etkilere adaptasyon kabiliyeti olmayan bu sistemler çalı ma prensipleri ve malzeme özellikleri itibarı ile farklılıklar göstermektedir. Bu sistemler taban izolasyon sistemleri ve enerji yutabilen sistemler olarak ikiye ayrılabilir. Bu çalı ma da taban izolasyon sistemlerinden kurşun çekirdekli kauçuk mesnet sistemi ve yüksek sönümlü kauçuk mesnet sistem dikkate alınacağından, bu bölümde elastomerik tabanlı yataklar olarak da adlandırılan bu sistemlerden bahsedilecektir.

Taban izolasyon sistemlerinin çalı ma prensibi üst yapı ile temel arasında yanallı rijitli i düşürücü elemanlar koyarak deprem nedeniyle oluşan deplasmanların temel ile üst yapı arasında olmasını sağlamak ve ekil 4.2’de görüldü ü gibi binaya ankastre temelli durumundaki periyodundan ve deprem hareketinden daha büyük bir periyod vermektir [1].

Sismik izolasyonun doğrudan ekilde uygulanması yıkıcı depremler sırasında bile yapıların elastik davranmalarını sağlamaktadır. ekil 2.2.a’da görüldü ü gibi sismik izolasyonlu yapılarda rölatif kat yer de i tirmeleri sıfıra yakın olmaktadır. Ankastre mesnetli yapıda ise üst katlara doğrudan deplasman farkları artmaktadır (ekil 2.2.b).



Resim 2.2. Ankastre mesnetli yapı ve sismik izolasyonlu yapıda kat yer deşim tirmeleri

Taban izolasyon sistemi iki ana grupta toplanabilmektedir: Elastomer esaslı sistemler ve kayıcı mesnetli izolasyon sistemleri [3].

Binalarda kullanılan sismik izolasyon birimleri genellikle aşağıdaki özellikleri içermektedir. Bunlar;

- Yüksek dikey rijitlik: Üst yapının ağırlığını bozulmadan taşıyabilmek için
- Düşük yatay rijitlik: Sismik izolasyonlu yapının frekansının eksenli olan ankastre temelli frekansından ve pek çok şiddetli depremin baskın frekansından çok daha düşük olabilmesi için
- Düşük yük taşıyabilme
- Enerji yutumu: Sistemdeki yer deşim tirmelerin kabul edilebilir düzeyde kalabilmesi ve olası bir rezonans durumunu bastırabilmek için
- Deprem sonrası yeniden merkezlenme: Üst yapının hemen hareket öncesindeki orijinal pozisyonuna geri dönebilmesi için
- Deprem harici yatay yükler (rüzgar gibi) karşısında yüksek yatay rijitlik

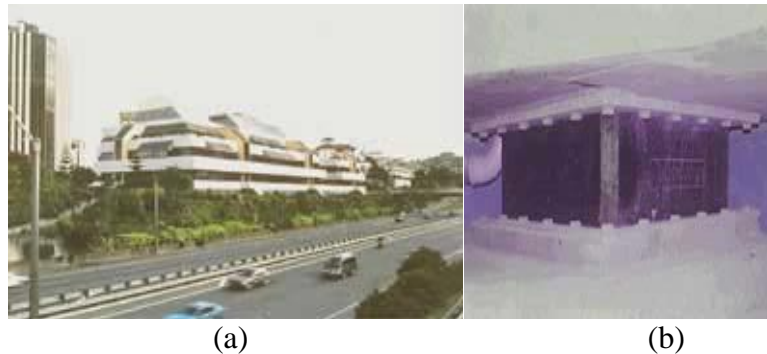
Ayrıca yalıtım birimleri en büyük deplasman ve dikey yük birimleri altında kararlı olmalı, artan yanal deplasmanlarla artan direnç göstermeli ve tekrarlı yükler altında fiziksel özelliklerinde ki deşimler sınırlı kalmalıdır. [18]

2.1. Dünyada Sismik Taban İzolasyonu Uygulamaları

2.1.1. Yeni Zelanda

Yeni Zelanda'da Materials Science ve Engineering Seismology gruplarının birleşimi ile sismik izolasyon çalışmaları 1968 yılında başlamıştır. Araştırma üç ana bölümden meydana gelmektedir. Bunlar; deneysel, teorik ve sismik izolasyon sistemlerinin uygulamasıdır. Bu çalışmalardan sonra geliştirilen birçok çelik pasif titreşim kontrol cihazı Yeni Zelanda'da tasarlanıp, üretilip, ihraç edilmektedir.

Dünyada kurun-kauçuk mesnetle izole edilip depreme karşı güçlendirilmiş ilk bina 1981'de Wellington'da tamamlanan William Clayton binasıdır (Resim 2.1.a). Bu bina 80 adet kurun kauçuk mesnet üzerine oturmaktadır (Resim 2.1.b). İzole edilmiş binanın doğal periyodunun 2,5 s olduğu hesaplanmıştır [1]. İzolasyon seviyesinde yatay yönde 150 mm yer deşim yapacak şekilde bina tasarlanmıştır [4].



Resim 2.1. a)William Clayton binası b)Kullanılan kur un kauçuk mesnet [4,5]

Bunun yanında sismik taban izolasyonu yapılan di er bir örnek ise Te Papa Müzesidir (Resim 2.4). Kat alanı 35000 m², yüksekli i 23 m ve 5 katlı olan betonarme müzede 142 adet kur un kauçuk mesnet ile perde duvarların altına teflon kayıcı mesnet yerle tirilmi tir [6].



Resim 2.2. Te Papa müzesi, Wellington, Yeni Zellanda

2.1.2. A.B.D

Amerika Birle ik Devletlerinde taban izolasyonu uygulanmı binalar genel olarak Kaliforniya Eyaletinde bulunmaktadır. Ancak Utah, Oregon, Washington, Nevada ve Tennessee eyaletlerinde de uygulama örnekleri bulunmaktadır [7].

- *Trafik yönetim merkezi, Kearny Mesa, Kaliforniya*

ki katlı olan merkezin üst yapısı çelik çerçeveden olu maktadır (Resim 2.3). zolasyon sistemi 40 adet 600 mm çaplı yüksek sönmümlü do al kauçuk mesnetten olu maktadır. zolasyon periyodu 2,5 sn civarındadır. Maksimum izolatör yerde i tirmesi 254 mm'dir. Bu bina Uniform Building Code yönetmeli ine göre de il performans esaslı tasarlanmı tir [8].



Resim 2.3. Trafik yönetim merkezi, Kearny Mesa, Kaliforniya

- *Hayward belediye binası*

Aktif bir fay hattına yakın in a edilen ve Ocak 1998 yılında in ası tamamlanan 9290 m² kat planına sahip dört katlı Hayward Belediye Binası önemli bir devlet binasıdır (Resim 2.4.a). Bina Hayward fayında olabilecek büyük bir depremde bile i levini yitirmemek üzere tasarlanmı tir. Bina 53 sürtünme sarkaçlı mesnet ve 15 viskoz sönmüyleyici ile güçlü yer hareketlerinden korunmu tur [9]. Mesnetlerin yatay hareketi için her yönden 61 cm bo luk (moat) bırakılmı tir. Mesnetler bodrum katkolonlarının üzerine yerle tirilmi tir (Resim 2.4.b)



(a) (b)
Resim 2.4. a) Hayward belediye binası b) Sürtünme sarkaçlı mesnet

- *San Fransisko uluslararası havaalanı terminali*

Bu bina geniş açıklıklar içermektedir (Resim 2.5.a). Bina 24 m yüksekliğinde kolonlar ve 21 m uzunluğunda çatı kirişleri ile cam duvarları gibi mimari özelliklere sahiptir. Bina San Andreas kırında oluşabilecek 8 büyüklüğündeki depremlere karşı koyabilecektir. 267 adet sürtünme sarkacı binayı yarı sabit zemin hareketlerinden korumak için konulmuştur (Resim 2.5.b) [10]. 62 300 m² iç alanı ile dünyadaki en büyük izole edilmiş bina. Sürtünme sarkaçlı mesnetler binanın periyodunu 3 s'ye çıkarmıştır. Binaya gelen taban kesme kuvvetlerini %70 oranında azaltmıştır.



(a) (b)
Resim 2.5.a. San Fransisko uluslararası havaalanı terminali b)Sürtünmeli sarkaç mesnet

- *Seahawks futbol stadyumu*

Seattle Washington'da inşa edilen 7 000 koltuk kapasiteli Seahawks futbol stadyumu 2002 yılında tamamlanmıştır. Açık hava stadyum deprem anında çatı kafes kirişlerinde hasar oluşması için sürtünme sarkaçlı mesnetler ile izole edilmiştir. Bu mesnetler 4 çatı destek kulesinin üstüne yerleştirilmiştir. Böylece çatı kafesinin uzun yönünde sismik ve termal hareketler için serbestlik sağlanmıştır. Her mesnet 29 400 N'lük yatay yüke karşı gelmektedir (Resim 2.6) [10].



Resim 2.6. Seahawk futbol stadyumu

2.1.3. talya

- *Yeni itfaiye merkezi, Naples*

talya'da sismik izolasyon uygulanan ilk bina Naples'da bulunan yeni itfaiye merkezidir (Resim 2.7) [11]. Çelik-betonarme karma taşıyıcı sistemlidir [12]. Düşey yük taşıyıcı sistemi merdiven ve asansörlerin bulunduğu betonarme kuleler ve üst grid'den asılı çelik iskelete sahiptir. Bu çözüm mimari nedenler yüzünden yapılmıştır.

Zemin katın otopark olması nedeni ile tamamen kolonsuz olması istenmektedir [13]. İlk tasarımda deprem yükleri göz önüne alınmamıştır. Fakat 1980 Campano-Lucana depremi meydana gelmiş ve Naples deprem bölgesi kabul edilmiştir. Bu da orijinal tasarımda deprem yükleri için gerekli değildir. Yeni deprem yönetmeliğine uymak için askılı yapının tipolojisini deprem yükleri taşıyabilen güçlendirici deprem yükleri yapılmaya karar verilmiştir. Enerji sönmüleyiciler betonarme kulelerle üst çelik grid arasına yerleştirilmiştir. Bunun nedeni yatay kuvvet sebebi ile oluşabilecek çekişme etkisinden yapıyı korumaktır.



Resim 2.7. Yeni itfaiye merkezi

- *Telekom merkezi, Ankara*

Taban izolasyonu, betonarme binadan oluşmuş ve Ankara'da bulunan Telekom binalarında kullanılmıştır. Her bina 4 ile 7 kat arasında depreme dayanıklıdır. Maksimum bina yüksekliği 25 m'dir. Binalar temel üzerine yerleştirilen yüksek sönmüleyicili kurulum kauçuk mesnet ile izole edilmiştir (Resim 2.8). İzolasyondan önce 0,25 s periyoda sahip izolasyondan sonra 1,68 s periyoda sahip olmuştur. Tasarım yerden titreşimi ise 140 mm'dir [11, 12].



Resim 2.8. 297 yüksek sönmüleyici kauçuk mesnet, inşaat başlangıcı, 1988

2.1.4. Japonya

Kauçuk mesnetler ve modern sismik izolasyon teknolojileri hakkında araştırmalar ve geliştirme çalışmaları 1980-1981 yıllarında üniversiteli araştırmacılar tarafından başlatılmıştır. 1986 yılında birkaç taban izolasyonlu bina araştırma ve sergileme amaçlı olarak inşaat şirketleri tarafından inşa edilmiştir. Bu süreçte birçok inşaat şirketi araştırma ve geliştirme çalışmalarına başlamıştır. Japonya'da 1986 yılından itibaren taban izolasyonlu binalar yapılsa da sayıca hızlı bir şekilde yayılmamıştır. 1994 yılının sonuna doğru çok sayıda Tokyo'da olmak üzere 80 adet taban izolasyonlu bina inşa edilmiştir. 17 Ocak 1995 yılında Hanshin Awaji depremi meydana gelmiştir. Deprem hareketlerinin en güçlü hissedildiği Kobe şehrinde iki adet taban izolasyonlu bina bulunmaktadır. Bunlardan biri 'Computer Center of the Ministry of Post and Telecommunications' dairesine ait bir inşaat şirketine ait olan laboratuvar binasıdır. Her iki binada hasar görmemiş ve yüksek sismik performans göstermişlerdir. Böylece Eylül 1995 yılından 1996 yılına kadar taban izolasyonlu bina sayısı 207'ye ulaşmıştır. Deprem öncesinde izolasyon uygulanan binalar dünyasına ait laboratuvarlar, ofisler ve bilgisayar merkezleri depremden sonra izolasyon uygulanan binaların yarısı apartman şeklinde kamu binalarıdır. [18]

- *Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı bilgisayar merkezi*

6 katlı Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı bilgisayar merkezi, betonarme taşıyıcı sistem olarak inşa edilmiştir (Resim 2.9).



Resim 2.9. Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı'nın bilgisayar merkezi

Binada, 2 m çapında 54 adet kurun kauçuk mesnet, 46 adet 1,0 m çapında ve 20 adet 0,8 m çapında düşük sönümlü doğal kauçuk mesnet ile 44 çelik sönümleyici kullanılmıştır. Yapı 1995 yılında Hykogen Nanbu depremine maruz kalmıştır. Sismik izolatörler maksimum yatay ivmeyi x yönünde yaklaşık 1/3 ve y yönünde ise 1/4 oranında azaltmıştır [4].

2.1.5. Çin

Mayıs 2005 yılına kadar çoğu konut binası olmak üzere 490 adet bina pasif sismik titreşim kontrollü yapılmıştır (270 adeti yapılaşma bina) (Resim 2.10). Ayrıca sismik izolasyon teknolojisi köprülerde ve viyadüklerde de kullanılmıştır [12].



Resim 2.10. Sismik taban izolasyonu uygulanan bina sistemleri

- *Shan Tou şehir müzesi*

Betonarme ve 13 katlı olan Shan Tou şehir müzesine ait kat planı 28 000 m²'dir (Resim 2.11). Kauçuk mesnetler, bodrum kat olmaması nedeniyle ilk katta kolonların üzerine yerleştirilmiştir. Geleneksel anti-sismik yöntemlerine göre taban kesme kuvvetleri 1/4 oranında azalmıştır. Üst yapı bu sayede tekrar tasarlanmıştır ve kesitler küçültülmüştür. Geleneksel anti sismik yöntemlere göre maliyet %2 artmıştır, ancak güvenlik düzeyi 4 kat artmıştır [12].



Resim 2.11. Shan Tou şehir müzesi

2.1.6. Türkiye'deki sismik taban izolasyonu uygulamaları

2007 yılı itibarı ile pasif titreşim kontrol uygulanan yapı sayısı dünyada yaklaşık 5000 civarındadır. Sadece bina tipi yapılar göz önüne alınırsa 2005 yılında Japonya'da 2700, Rusya'da 550, Çin'de 490, ABD'de 100, İtalya'da 31, Tayvan'da 24, Ermenistan'da 19 ve Yeni Zelanda'da 11 uygulama bulunmaktadır. Dünyada bu

kadar yaygın olarak kullanılan bu sistemin; hemen her noktası deprem riski altında olan yurdumuzda kullanıldığı yapı sayısı ise iki elin parmaklarının sayısından bile azdır. İlk olarak Türkiye’de Adana-Gaziantep otoyolunda yatay yer ivmesi katsayısı 0,4 alınarak birçok viyadük projelendirilmiş ve proje gereği çitli deprem izolatörleri kullanılmıştır [94]. Ülkemizde ki örnekleri(Tarabya Oteli, Kocaeli Devlet Hastanesi, Erzurum Devlet Hastanesi, Atatürk Havalimanı Terminal Binası, Antalya Havalimanı Terminal Binası, Sabiha Gökçen Havalimanı, Ankara Söğütözü Kongre ve Ticaret Merkezi) ve 2 köprüde (Bolu Viyadükleri, Gülburnu Köprüsü) ve Egegaz Çandarlı LNG depolama tankları gösterilebilir. [14].

7,6 büyüklüğündeki Kocaeli depreminden önce pasif sismik titreşim kontrolü ile ilgili Türkiye’de bulunan tek uygulama İstanbul- Ankara karayolu üzerinde bulunan Bolu viyadüğünde kullanılan Antalya’da üretilen elasto-plastik enerji sönmüleyicilerdir (Resim 2.12) [15].



Resim 2.12. Bolu Viyadükleri

İstanbul’da bulunan Atatürk uluslararası havalimanı terminali 300 milyon dolara mal olmuş büyük bir yapıdır. 235 000 m² arazi üzerinde kurulan havalimanının ana bölümü, 225 x 250 m² boyutunda olup, piramit şeklinde uzay kafes çatıya sahip ve çatısında üçgen şeklinde cam pencereler bulunan bir yapıdır (Resim 2.13). Bu yapı Kocaeli depremi sırasında hasar görmüştür. Bu nedenle havalimanının 4 tonluk çelik çatısına sürtünmeli sarkaç mesnetler ile hareket serbestliği kazandırılmıştır. Güçlendirme tekniği olarak taban izolatörlerinin kullanılmamasının nedeni yapılan ekonomik analizler sonucunda inşaatın ileri bir seviyede olmasından dolayı çok yüksek maliyete sebep olacaktır. Bu narin çatı yapısı 130 sürtünmeli sarkaç mesnetle desteklenmiştir [16]. Bu izolatörler 7 m uzunluğunda kolonlar ile çatı arasında bulunmaktadır. Mesnetler olabilecek 8 büyüklüğünde bir depreme karşı güvenle tasarlanmıştır. Sürtünmeli sarkaç kullanılarak geliştirilen bu sistem Türkiye’deki sismik izolasyon uygulamalarının başlangıcını oluşturmaktadır. [18]



Resim 2.13. Atatürk Havalimanı’nın dışarıdan görüntüsü

Temmuz 2004- Temmuz 2005 tarihleri arasında Antalya havalimanı uluslararası hatlar terminalinin sismik izolasyon projesi gerçekleştirilmiştir (Resim 2.14). Sismik izolasyon uygulaması süresince terminal binası tüm hizmet ve fonksiyonlarına kesintisiz olarak devam etmiştir. 50 000 m² alana sahip terminal binasında 411 adet kolon kesilerek kurulum çekerdeki kauçuk mesnetlerle gerçekleştirilmiştir [17].



Resim 2.14. Antalya Havalimanı

17 Ağustos depreminde zarar gören büyük Tarabya oteli, bir depremde yıkıldı. Bu takdirde Bozaziçi öngörünüm bölgesindeki kesin imar yasağı nedeniyle yenisi yapılamayacaktır. Otel kompleksi Resim 2.15’de gösterildiği gibi 10-11 katlı otel bloklarından ve daha az katlı servis binalarından oluşmaktadır. 35 000 m² toplam oturma alanı olan binalarda yapısal sistem düşük düktiliteli betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Yapılan incelemeler doğrultusunda perde duvar ilavesi ve yapısal elemanların mantolanması gibi konvaksiyonel yöntemlerle yapılacak yapısal güçlendirmenin binanın mimari özelliğini bozacak ve otel fonksiyonunu kaybetmesine yol açacak ölçüde yoğun bir yapısal müdahale gerektireceğini ortaya koymuştur. Bina ile ilgili tüm yapısal bulgular, mimari fonksiyon sınırlamaları ve istenen performans kriterleri kapsamında en rasyonel güçlendirme çözümü sismik izolasyon uygulamaktır. Deprem yalıtımı için 139 adet sürtünmeli sarkaç tipinde mesnet kullanılmıştır. Kullanılan izolatörlerin sürtünme katsayısı %4 olarak seçilmiş ve üst yapının toplam deplasmanı $d_{max}=28$ cm olarak tasarlanmıştır. Güçlendirme öncesi hesap edilen en büyük doğal titreşim periyodu $T_1=1,5$ s iken güçlendirme sonrası bu değer $T_1= 2,67$ s mertebelerine ötelenmiştir [15].



Resim 2.15. Tarabya oteli

Erzurum Devlet Hastanesi Türkiye’de deprem yalıtımı tekniği kullanılarak tasarlanmıştır ve inşa edilmiş hastanelerden ikincisidir (Resim 2.16). Hastanenin plan boyutları 160m x 140 m ve toplam yüksekliği 29 m’dir. Hastanenin en büyük deprem tehlikesi altında bile kullanılabilir olması istenmiştir. Hastanenin deprem yalıtımı için 386 adet kurun çekirdekli kauçuk mesnet kullanılmıştır. Mesnetlerin çapları 80cm, 90cm, 100cm ve 110 cm’dir. Deprem yalıtımı uygulanmış binanın MCE depremi deplasmanları seviyesi altında ilk üç modal titreşim periyotları sırasıyla 2,78 s, 2,75 s ve 2,72 s olarak bulunmuştur. Yapının DBE depremi seviyesinde mesnet sistemi rijitlik merkezindeki yatay deplasman 18 cm hesaplanmıştır [15].



Resim 2.16. Erzurum Devlet Hastanesi Nisan 2006 görünümü

3.SONUÇLAR

Yapı sistemlerinin deprem dayanımını arttırması bakımından inaat teknolojisindeki en yeni gelişmelerden biri sismik izolasyon teknolojisidir.

Sismik izolasyon teknolojisinin doğru kullanılması yapılarda deprem etkilerini azaltması açısından olumlu katkı sağlayacaktır. Dünyada ki uygulamalardan görüleceği üzere, sismik taban izolasyon sisteminin uygulandığı yapılar oldukça önemli yapılardır. İncelenen örneklerden görüldüğü üzere dünya da uygulaması oldukça yaygın olan sismik izolasyon teknoloji ülkemizde yeni bir uygulamadır.Bu uygulamanın yaygınlaşması Türkiye’de ki deprem zararlarını azaltacaktır.Devletin desteğiyle mühendis ve mimarların sismik izolasyon teknolojisinin kullanılması sırf 1. derece önemli yapılar açısından değil,konut türü yapılarda bile can kaybını önleyecektir.

KAYNAKLAR

- [1]. Robinson, W. H., “Seismic isolation of civil buildings in New Zealand”, *Progress In Structural Engineering And Materials*, 2: 328-324 (2000).
- [2]. Yozgat, E. Ve Hüsem, M., “ Depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılabilen yapı kontrol sistemleri”, **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni**, 20 (121): 22-28 (2005).
- [3]. Çalılar, C. M., “Yapılarda taban izolasyon sistemleri”, Yüksek Lisans Tezi, **TÜRK Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 76-79 (2002).
- [4]. Komodromos, P., ‘Seismic Isolation For Earthquake- Resistant Structures’, *Witpress*, Boston, 10-30, 62-85, 98-109 (2000).
- [5]. Naeim, F. And Kelly, J.M., “Design of Seismic Isolated Structures”, *John Wiley and Sons*, New York, 12-23,63-80, 93-100 (1999).
- [6]. Robinson, W.H., “Passive control of structures, the New Zealand Experience”, *ISSET Journal of Earthquake Technology*, 35(4); 63-75 (1998).
- [7]. Martelli, A., “Modern seismic protection systems for civil and industrial structures”, *Samco Final Report, Risk-UE-EVK4-CT-2000-00014, Bologna*,1- 28 (2006).
- [8]. Kelly, J.M., “Seismic isolation of civil buildings in the USA”, *Progress In Structural Engineering And Materials*, 1(3): 279-285 (1998).
- [9]. Amerika Deprem Güçlendirme Kurumu, “Hayward City Hall”, İnternet: <http://www.earthquakeretrofit.org/details.php?id=678>, (2010).
- [10]. Kravchuk, N., Colquhoun, R. And Porbaha, A., “Development of a friction pendulum bearing base isolation system for earthquake engineering education”, *American Society For Engineering Education Annual Conference*, Pasific Southwest, 1-16 (2008).
- [11]. Martelli, A. And Forni, M., “Seismic isolation of civil buildings in Europe”, *Progress In Structural Engineering And Materials*, 1(3), 286-294 (1998).
- [12]. Hıgashino, M. And Okamoto, S., “Response Control And Seismic Isolation Of Buildings”, *Taylor And Francis*, Oxon, 154-175 (2006).
- [13]. Antonucci, R. And Medeot, R., “Seismic protection of buildings through energy dissipation and the base isolation system: the Italian experience”, **Beinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İstanbul, 55-60 (2003).
- [14]. Erdik, M., “Binalarda deprem yalıtımı ve ülkemizdeki uygulamalar”, **6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İstanbul, 181-205 (2007).
- [15]. Roussis, C. P., Constantinou, M. C., Erdik, M., Durukal, E., And Dicleli, M., “Assesment of performance of seismic isolation system of Bolu viaduct”, *Journal of Bridge Engineering*, 8 (4), 182-190 (2003).
- [16]. İnternet: Mceer Buffalo Üniversitesi, “ Seismic Evaluation and Retrofit of the Ataturk International Airport terminal building”, http://mceer.buffalo.edu/publications/resaccom/01-sp01/rpa_pdfs/15constantinou-f.pdf
- [17]. Yılmaz, Ç., Booth, E. And Sketchley, C., “ Retrofit of Antalya airport international terminal building, Turkey using seismic isolation”, *Fifth European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Geneva, 1-10 (2006).
- [18]Asena S.(2010)Sismik taban izolatörü kullanımının mimari tasarıma etkisi,Doktora tezi,Gazi Üniversitesi