Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt:XXII, Sayı:2, 2009
Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University, Vol: XXII, No:2, 2009

Makalenin Geliş Tarihi : 20.05.2009
Makalenin Kabul Tarihi :13.09.2009

SİSMİK İZOLASYON TEKNİĞİ VE KULLANILIŞINA İLİŞKİN ÖRNEK UYGULAMA

Hasan Selim ŞENGEL[1], Hakan EROL[2], Engin YAVUZ[3]

***ÖZET**: Sismik izolasyon yönteminde amaç zemin ile yapının tabanı arasına esnek enerji sönümleyici elemanlar yerleştirerek zeminden yapıya aktarılan deprem kuvvetlerinin azaltılmasıdır. Bu çalışmada, yapıların sismik taban izolasyonu tekniği ile tasarlanarak, depreme karşı dayanıklı hale getirilmesi incelenmektedir. Sismik izolasyonun yapı davranışını göstermek amacıyla 5 katlı örnek bir yapı ve Erzurum Devlet Hastanesi önce ankastre temelli olarak, daha sonra sismik izolasyonlu olarak analiz edilmiş ve zaman tanım alanında deprem kayıtları altında analizleri yapılmıştır. Sismik taban izolasyonunun avantajları ve dezavantajları, yanal ötelenmeler, eğilme momentleri, taban kesme kuvvetleri ve yapı doğal periyodunun aldığı değerler karşılaştırılmıştır.*

***ANAHTAR KELİMELER:** Sismik izolatörler, kauçuk izolatör, deprem analizi.*

SEISMIC ISOLATION TECHNIQUE AND SAMPLE EXPERIMENT RELATED TO ITS USE

***ABSTRACT:** The objective of seismic isolation technique is to reduce the seismic force transmitted from the soil to a structure by inserting flexible and dissipative elements below foundation of structure. This study is focused on the seismic base isolators to be used for earthquake resistant structure and also their applications. A sample five story plane frame is selected for numerical solution. The time history analyses are carried out for a five story and Erzurum Goverment Hospital example buildings firstly, for the fixed based and secondly for the seismic-isolated with lead rubber bearing. The displacements, bending moments, base shears, structural periods have been determined for a variety of conditions in order to illustrate the relative advantages of the seismic base isolation.*

***KEYWORDS:** Seismic Isolation, lead rubber bearing, earthquake resistant structure.*

[1,2] *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,*
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batı Meşelik Kampüsü, 26480 ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Depremin doğası ve yapılar üzerine etki eden kuvvetlerin büyüklüğü hakkında daha çok bilgiler edindikçe, güvenliği artırmak amacıyla daha dayanıklı binalar yapılmaktadır. Deprem esnasında yapının periyodu ile zeminin periyodunun birbirine yakın olduğu durumlarda yapının rezonansa girmesinden dolayı deprem hasarı beklenenin çok üzerinde olmaktadır. Genel olarak "uzun periyotlu yapıların kısa periyotlu zeminler üzerine, kısa periyotlu yapılarında uzun periyotlu zeminler üzerine yapılması" depreme dayanıklı yapı yapmanın önemli bir aşamasını oluşturur [1].

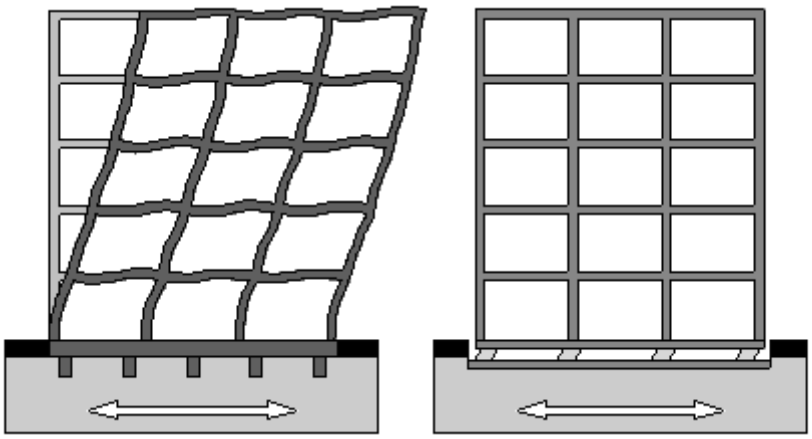
Deprem nedeniyle yapıya etkiyen enerji ya ısıya dönüşüp kaybolur ya da yutulan enerji olarak kinetik ve potansiyel enerji olmak üzere iki çeşit enerjiye dönüşür. Sismik taban izolasyon sistemleri gibi yapıya ilave edilen bazı araçlar ile yapı sistemine giren enerjinin bir kısmı yutularak yapının sismik performansı arttırılmaktadır. Bu yöntem ile yapıya etkiyen enerji miktarının taban izolatörleri tarafından küçültülerek yapıya aktarılması sağlandığından yapının maruz kaldığı deprem enerjisi küçülmekte ve yapının depreme karşı dayanımı artmaktadır [2].

Depreme dayanıklı geleneksel tasarım yöntemlerinde yapıların şiddetli deprem hareketlerine karşı direnci, ya yüksek süneklik ya da yüksek dayanım ve rijitlik ile sağlanır. Bu yöntemlere alternatif olarak geliştirilen "sismik izolasyon" yönteminde ise, ana felsefe yapının tabanına esnek ve enerji sönümleyici elemanlar yerleştirilerek yapının periyodunu artırıp zeminden yapıya aktarılan deprem kuvvetlerinin azaltılmasıdır [3].

Sismik izolasyon yöntemi, zemin ile yapı arasındaki etkileşimi azaltmakta ve yapının tabanında, düşeyde rijit fakat yatayda esnek, belirli ölçülerde deplasman yapabilen donanımlar yerleştirmek suretiyle üst yapıyı yer hareketinden ayırma işlemidir [4].

Sismik izolasyon yöntemi, göreli kat ötelemelerini ve kat ivmelerini aynı anda azaltmanın pratik yollarından biridir. Şekil 1' de gösterildiği gibi, sismik izolasyonlu bir yapı, hem büyük yer değiştirmelerin odaklandığı izolasyon sistemiyle kat ivmelerinin azaltılması için gereken "esnekliğe" sahiptir; hem de bir deprem hareketinde hemen hemen rijit bir şekilde hareket eden üst yapısıyla göreli kat ötelemelerinin azaltılması için gereken "rijitliğe" sahiptir. Eğer sismik izolasyonlu bir yapının doğal frekansı, eşleniği olan ankastre temelli yapının frekansına ve zemin hareketlerinin baskın frekansına kıyasla çok daha küçük olursa, yapının davranışı üst

yapının hemen hemen rijit kaldığı ve sadece izolasyon sisteminin deformasyona uğradığı birinci dinamik modu tarafından belirlenir. Üst yapıda deformasyona neden olan daha yüksek modlar harekete katılmayacakları için bu yüksek modların içerdiği yüksek enerji de üst yapıya aktarılmayacaktır. Çoğu zaman depremlerin yatay bileşenleri düşey bileşenlerine göre daha şiddetlidir. Bundan dolayıdır ki, yapıların depreme dayanıklı tasarımında kullanılan sismik izolatörler genellikle düşük yatay rijitlikle birlikte yüksek düşey rijitliğe sahip olacak şekilde tasarlanır. Bu şekilde yalıtılmış bir yapı yatay yönde tek serbestlik dereceli sarkaç gibi davranır. Tek serbestlik dereceli sistemlerdeki kütle-rijitlik-frekans ilişkisi göz önünde bulundurularak, dikkatli bir tasarımla, belirli bir kütleye sahip temel izolasyonlu bir yapı, zemin hareketlerinin baskın frekanslarından yeterince uzak bir doğal frekansa sahip olacak şekilde tasarlanabilir [2].



Şekil 1. *Ankastre mesnetli yapı ile taban izolasyonlu yapının deprem sırasında hareketi (http://www.yapıforum.net)*

Günümüzde sismik izolasyon tekniği çoğunlukla şiddetli depremlerde nispeten hasarsız kalması istenen, hayati önem taşıyan yapılarda uygulanmaktadır. Okul, hastane, acil yardım merkezi, itfaiye, polis karakolu, enerji dağıtım ve haberleşme merkezleri gibi şiddetli bir depremden sonra mutlaka kullanımda kalması gereken yapılar ile nükleer enerji santralleri gibi hasarları doğal tehlike yaratabilecek yapılar ya da tarihi değere sahip veya tarihi eserlerin bulunduğu müze ve benzeri yapılar bu tekniğin en yaygın şekilde uygulandığı yapılar arasındadır.

Ülkemizde ilk olarak Tarsus-Adana-Gaziantep otoyolunda Atatürk Viyadüğü'nde, daha sonra Bolu Viyadüğü'nde ve Aliağa'da sıvı doğal gaz depolarında kullanılmıştır. Son dönemde ise, Kocaeli Üniversite Hastanesi'nde, Tarabya Oteli güçlendirilmesinde ve Ankara Büyükşehir Belediyesi Ego Genel Müdürlüğü Söğütözü Kongre ve Ticaret Merkezi, Atatürk Havalimanı, Sabiha Gökçen Havalimanı ve Antalya Havalimanı ile Sağlık Bakanlığı 400 yataklı Erzurum Devlet Hastanesi'nde kullanılmıştır.

Büyüklük açısından Türkiye'de ilk, Dünyada ise ilk 5 proje arasında yer alan Antalya Havalimanı Uluslar Arası Dış Hatlar Terminali sismik izolasyon ve deprem güçlendirme projesi Temmuz 2004-Temmuz 2005 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. 50.000 m² alana sahip Terminal binasında 411 adet kolon kesilerek kurşun çekirdekli izolatörler yerleştirilmiştir. Kesilen perde duvarlara ise kayıcı mesnetler monte edilmiştir. Yine proje gereği uzay çatı ile tüm elektro-mekanik sistemlerde depreme karşı izole edilmiştir.

Ayrıca, 12 Kasım 1999'da meydana gelen 7,2 büyüklüğündeki Düzce depreminde fay hattının çok yakınından geçmesi sebebiyle zarar gören viyadüklere üçer metre çapında altışar ton ağırlığında 500 tane izolatör monte edilmiştir. Yaklaşık değeri 15 milyon doları bulan sismik izolatör takviyesi, viyadüklerin bundan sonra yaşayacağı depremlerden minimum düzeyde etkilenmesini sağlayacaktır [5].

II. SİSMİK İZOLASYONLU SİSTEM İLE ANKASTRE MESNETE SAHİP TEMELİN ANALİZ SONUÇLARI

II.1. Erzurum Devlet Hastanesi ATS ve SİS Modellerinin Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Erzurum Devlet Hastanesi'nin plan boyutları 160m x 140m ve toplam yüksekliği 28 m'dir. Hastane binası iki bodrum bir zemin ve dört normal kattan oluşmaktadır. Sismik izolatörler için anlaşılan firmanın ürettiği izolatör boyutlarının yeteri kadar büyük olamamasından dolayı yapı dilatasyonsuz modellenmiştir [6,7]. Binaya ait kalıp planı, kat yükseklikleri ve diğer proje detayları E. Yavuz [7]'de verilmiştir.

Taban izolasyonlu model tasarımında International Building Code (2006) [8] ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) [9] kullanılmıştır. IBC (2006) şartnamesi deprem yalıtımlı yapılar için iki seviyeli bir deprem yer hareketi öngörmektedir. Birinci seviye deprem yer hareketi (Design Basis Earthquake) ortalama 475 yıl dönüş süreli, ikinci seviye (Maximum Considered Earthquake) ise ortalama 2500 yıl dönüş süresi olan probabilistik (veya deterministik) deprem yer hareketine tekabül etmektedir. Ankastre temele sahip model için ise ABYYHY kullanılmıştır.

Sismik izolatörlü model için tabana 386 adet kurşun çekirdekli kauçuk yalıtıcı birimi (LRB1100, LRB1000, LRB900, LRB800) yerleştirilmiştir. Yalıtıcıların nominal çapları 800 mm, 900 mm, 1000 mm ve 1100 mm olarak belirlenmiştir. 800 mm çaplı yalıtıcı birimlerinin bir kısmında kurşun çekirdek bulunmamaktadır (NRB800).

Kullanılan yalıtıcı birimlerinin prototip ve üretim aşaması deneyleri IBC şartnamesinin gerekli maddeleri kapsamında University of California at San Diego SRMD Laboratuarlarında yapılmış ve gerekli gözetim ve denetim raporları hazırlanarak idareye teslim edilmiştir. MCE seviyesi depremi altında yalıtıcılar en büyük 50cm ortalama deplasmana maruz kalacaklar ve kauçuk malzemede %240 kayma birim yer değiştirmesi meydana gelecektir. MCE seviyesi deprem etkisi altında elde edilmiş deneysel sonuçlar Çizelge 1.'de sunulmuştur [10].

Çizelge 1. *Prototip deney sonuçları (MCE seviyesinde 3 döngü ortalaması) [11]*

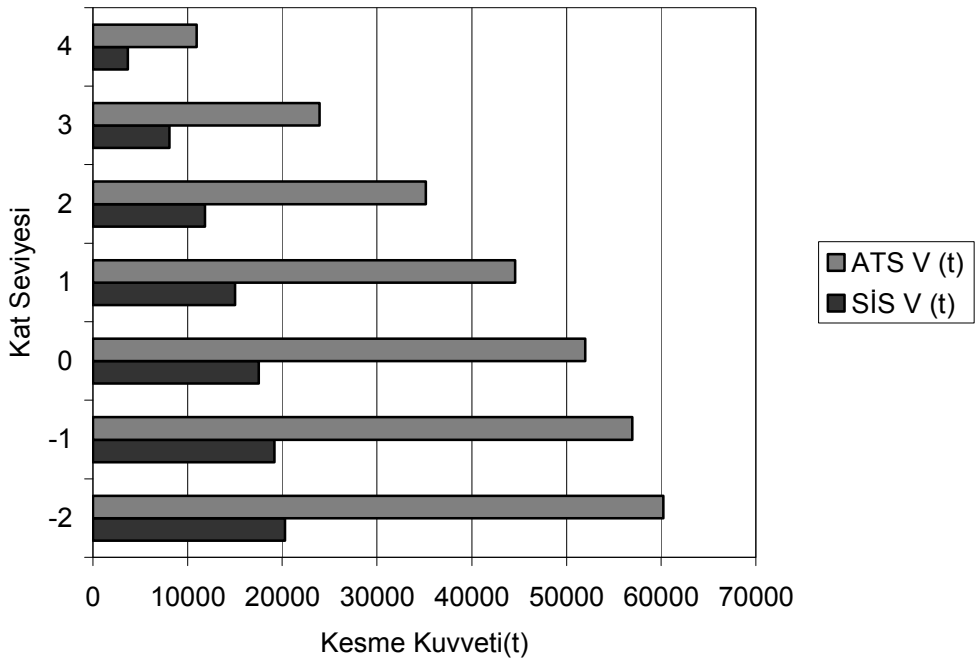
Yalıtıcı Simgesi	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
Yalıtıcı Tipi	**LRB**	**LRB**	**LRB**	**LRB**	**NRB**
Yalıtıcı Çapı (mm)	800	900	1000	1100	800
Yalıtıcı Birimi Adedi (386 Adet)	91	181	29	22	63
En Büyük Düşey Yük (kN)	3679	5879	7834	10268	1331
En Büyük Kayma Birim Yerdeğiştirmesi	238%	238%	238%	238%	238%
En Büyük Kesme Kuvveti (kN)	790,7	1009	1320,7	1552,5	652,8
En Büyük Kayma Deplasmanı (cm)	48,91	48,69	48,57	48,45	49,02
En Büyük Deplasman Etkin Rijitlik (kN/cm)	16,17	20,73	27,19	32,04	13,32
Akma Dayanımı Qd (kN)	321,2	431,4	500,3	614,9	47,2
Elastik Ötesi Rijitlik (kN/cm)	9,13	11,61	15,99	18,42	12,26
Bir Döngüde Yutulan Enerji EDC (kNm)	663	848	1041	1263	100

IBC şartnamesinde üst yapının tasarımı (veya deprem performans tahkiki) DBE deprem seviyesi altında ve yatay yük azaltma katsayısı R=2 alınarak yapılmaktadır. Bu şartname kapsamında yapı önem katsayısı kavramı kullanılmamakta veya I=1 olarak alınmaktadır. Yalıtılmış yapının analizi için önce IBC'de öngörülmüş ve yalıtıcıların visko-elastik olarak modellenmesine dayalı spektral analiz metodu kullanılmıştır. Bu analiz kapsamında her bir yalıtıcı üç boyutlu bir fiktif kolon elemanı olarak modellenmektedir. Tasarımda kullanılacak üst sınır parametrelerin tayininde yaşlanma ve soğuk ortam modifikasyonları için değerler ayrıca %12 arttırılmıştır.

Sismik izolatörlü model tasarlanırken üst yapı orijinal olarak konvansiyonel (deprem yalıtımı olmayan) bir yapı olarak tasarlanmış ve istenen performans faktörlerinin yapı davranışına yansıtılabilmesi amacı ile deprem yalıtım sistemi daha sonra yapı tasarımına ayrıca dahil edilmiştir. Ancak üst yapı tasarımı ile ilgili bir değişiklik yapılmamıştır. ABYYHY'ne göre yapılmış üst yapı ve ankastre temele sahip model tasarımında (2. Derece Deprem bölgesi), yerel zemin sınıfı (Z2), yapı önem katsayısı I=1,5 ve deprem yükü azaltma katsayısı R=7 kabul edilmiştir.

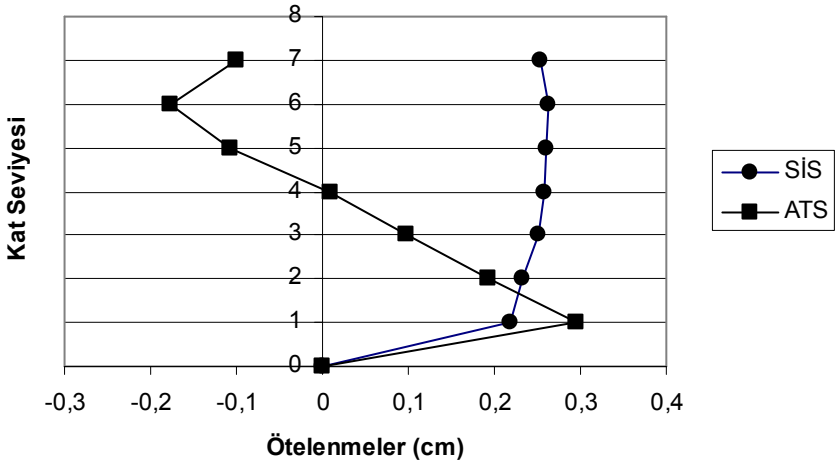
Sismik izolatörlü sisteme (SİS) sahip model x ve y yönünde TSE 500'e göre en uygunsuz yükleme durum göz önünde bulundurulduğunda Şekil 2.'de gösterilen kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır [12]. Katlara gelen kesme kuvvetlerinin dağılımı modal analiz yöntemiyle belirlenmiştir. Yapının davranışı üst yapının hemen hemen rijit kaldığı ve sadece izolasyon sisteminin deformasyona uğradığı birinci dinamik modu tarafından belirlenmiştir. Yapıya x yönünde toplam 20295 t, y yönünde ise 20151 t kuvvet etki etkimektedir. Üst yapıda deformasyona neden olan yüksek modlar harekete katılmayacakları için yüksek modların içerdiği yüksek enerji de üst yapıya aktarılmayacaktır. Yapı periyodu T=2,25s' dir.

Ankastre temelli sistem (ATS) x ve y yönünde TSE 500'e göre en uygunsuz yükleme durumu göz önünde bulundurulduğunda Şekil 2.'de gösterilen kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Katlara gelen kesme kuvvetlerinin dağılımı modal analiz yöntemiyle belirlenmiştir. Yapıya x yönünde toplam 60242 t, y yönünde ise 41685 t kuvvet etki etkimektedir. Yapı periyodu T=1,07s' dir. SİS için periyodun 2,25 s olduğu dikkate alınırsa izolatörlerin yapının titreşim modunu artırdığı kısa periyotlu yapılarda kullanımı daha uygun olacağı sonucu çıkarılmaktadır. Bu sayede yapının deprem kuvvetlerinden daha az etkilenmesi sağlanır.



Şekil 2. *Deprem nedeniyle yapının maruz kaldığı kesme kuvvetleri.*

SİS ve ATS SAP2000 programı ile analiz edilerek en büyük kat deplasmanları Şekil 3.'de gösterilmiştir [13].



Şekil 3. *Erzurum Devlet Hastanesi'nde Hesaplanan Rölatif Kat Ötelenmeleri.*

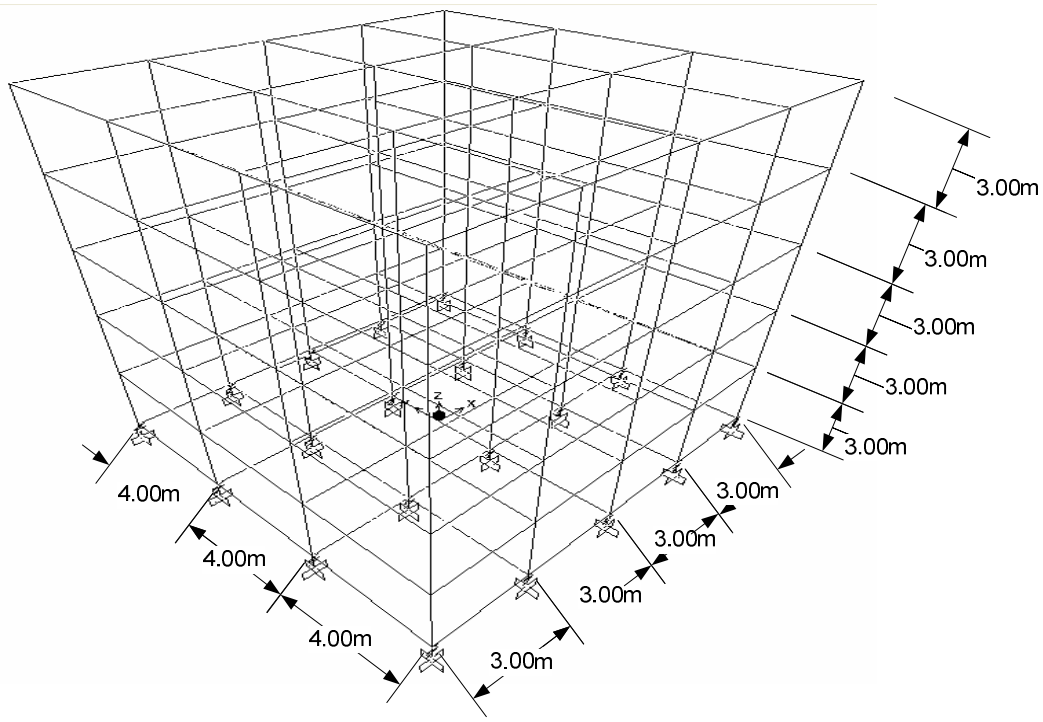
SİS'de belirlenen kat deplasmanları izolatörlerle yapının birlikte yaptıkları deplasmanlardır. Beklendiği gibi kat ötelenmeleri belirli bir artış göstermektedir (Şekil 3.). Oluşan kat deplasmanları izolatörler tarafından sönümlenmektedir. Bu sayede depremde açığa çıkan enerji izolatörler tarafından sönümlenerek yapının enerji yutma kapasitesi arttırılır ve deformasyonlar önlenmiş olur. Başka bir deyişle elastik olmayan davranış önlenmektedir [7].

ATS'de belirlenen deplasmanlar düzensizlik içindedir. Her katta farklı yönde ve farklı büyüklükte deplasmanlar oluşmaktadır. Bu durum yapının ikinci mod etkisinde hareket etmesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 3.). Üst yapıda deformasyona neden olan yüksek modlar yapıya etkiyen deprem kuvvetlerini artırırlar ve deprem esnasında yapıya gelen yatay kuvvetler her seferinde yapının hızının artmasına neden olurlar.

Her iki model için yapılan dinamik analiz sonucunda kolonlar için elde edilen moment değerleri incelendiğinde ankastre mesnetli temele sahip yapının düşey taşıyıcı elemanlarının sismik izolatörlü yapıda bulunan düşey taşıyıcı elemanlara göre daha fazla momente maruz kaldığı görülmektedir. Bu durum izolatörlerin deprem kuvvetlerini sönümleyerek üst yapıya daha az kuvvet aktarmasından kaynaklanmaktadır. Dinamik analizler sonucunda SİS'de elde edilen moment değerleri ATS'de elde edilen moment değerlerine göre yaklaşık %30 oranında azalmıştır.

II.2. Örnek Bir Çelik Yapı Modelinin Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Kauçuk esaslı sismik izolatörlere sahip 5 katlı, 3-boyutlu yapı modeli (Şekil 4.) ile yine aynı yapının ankastre mesnetli temele sahip yapı modeli SAP2000 programı ile 12 Ağustos Düzce depremine ait yer hareketleri kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır (Kullanılan değerler 40.850N - 31.170E. koordinatlarındaki cihazda kaydedilmiş D-B bileşenidir.) Üst yapı için %2 sönüm oranı tercih edilmiştir [7].



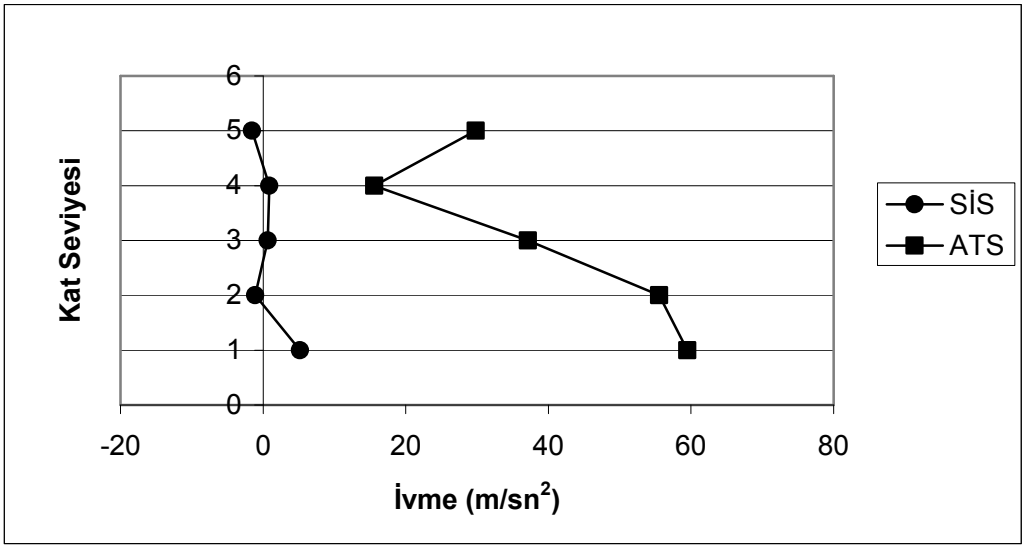
Şekil 4. *Çelik yapının modeli ve ölçüleri.*

Yapının ATS olarak modellenmesi durumunda, yer hareketinden dolayı yapıya aktarılan ivmeler yapı temelinden üst kata doğru artmaktadır. Aynı zamanda bu ivmeler yer hareketinin ivmesini de oldukça aşmaktadır. Buna karşılık SİS'li binanın kat ivmeleri, yapı temelinden üst kata doğru fazla bir artış göstermemekle birlikte, her zaman yer hareketinin ivmesinden daha düşük olmaktadır. Analizlerde kullanılacak yapı modeline ait bazı teknik bilgiler Çizelge 2.'de gösterildiği gibidir. ABYYHY göre yapılmış üst yapı tasarımında (1. Derece Deprem bölgesi), yerel zemin sınıfı (Z2), yapı önem katsayısı I=1 ve deprem yükü azaltma katsayısı R=8 kabul edilmiştir. SİS'li yapıda meydana gelen kat yer değiştirmeleri ATS'li yapıya göre yaklaşık olarak %50 azalmaktadır ve dolayısıyla yapıda meydana gelecek olan kesit tesirleri de azalmaktadır. Böylece yapı boyutları daha ekonomik olarak boyutlandırılabilir.

Çizelge 2. *Çelik Yapı modeline ait teknik bilgiler*

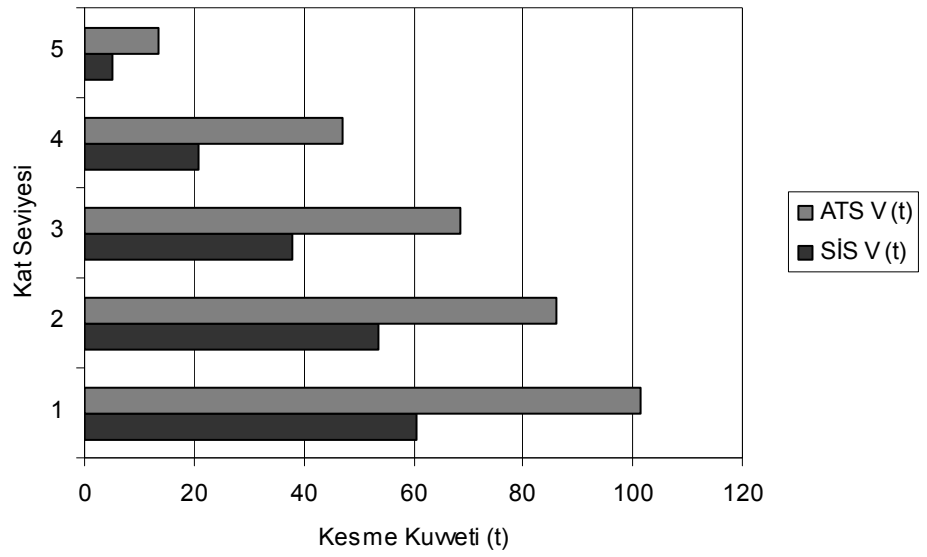
Kat Numaraları	Kolon Kesitleri	Kiriş Kesitleri	Döşeme Kesitleri
5	2xUPN 900	2xUPN 440	13 cm betonarme plak
4	2xUPN 900	2xUPN 440	13 cm betonarme plak
3	2xUPN 900	2xUPN 440	13 cm betonarme plak
2	2xUPN 900	2xUPN 440	13 cm betonarme plak
1	2xUPN 900	2xUPN 440	13 cm betonarme plak

Ayrıca, SİS'li yapıda Şekil 5.'de görüldüğü gibi kat ivmeleri ilk kattan üst kata doğru fazla bir artış göstermeden artmaktadır. Dolayısıyla, taban izolasyonlu yapılarda yer hareketinden dolayı yapıya aktarılan ivmeler azalarak etkimektedir.

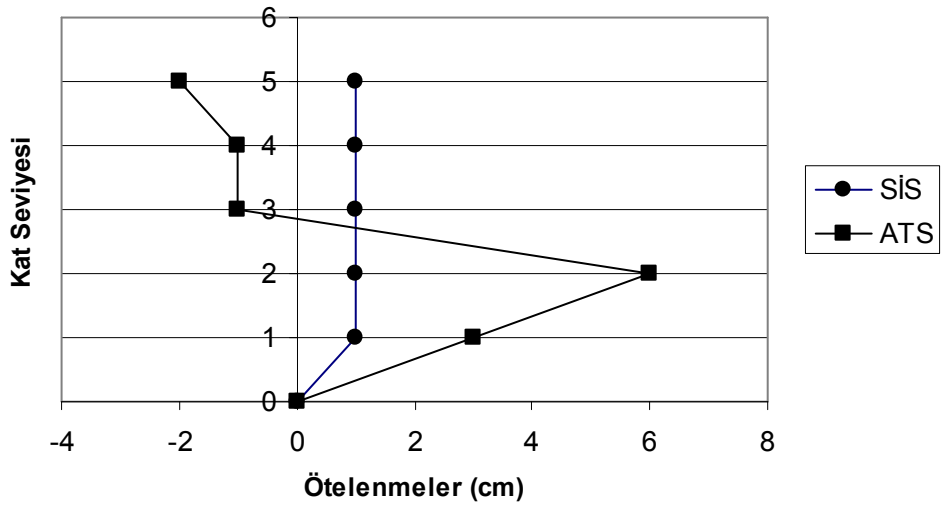


Şekil 5. *Çelik yapının kat ivmeleri.*

ATS ve SİS, TSE 500'e göre en uygunsuz yükleme durumu göz önünde tutulduğunda Şekil 6.'de gösterilen kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır.



Şekil 6. *Deprem nedeniyle yapının maruz kaldığı kesme kuvvetleri*



Şekil 7. *Çelik Yapının Hesaplanan Rölatif Kat Ötelenmeleri.*

SİS ve ATS SAP2000 programı ile analiz edilerek rölatif kat ötelenmeleri Şekil 7.'de gösterilmiştir. Şekil 7'den de anlaşılacağı gibi SİS'li yapıda katlar arası rölatif kat ötelenmeleri sınırlı kalmakta, büyük değerlere ulaşmamaktadır.

III. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada örnek iki projede ankastre mesnetli ve sismik izolatörlü yapı tasarımları analiz edilmiştir. Yapı analizlerinden elde edilen sonuç ve öneriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Sismik izolasyon sisteminin üst yapıda depremden dolayı oluşabilecek etkileri azalttığı analiz sonuçlarından görülebileceği gibi açıktır. Taban izolasyonlu yapılarda kat ötelenmeleri, ankastre temelli yapıya göre %50 azalmıştır.

2. Erzurum Devlet Hastanesi ve çelik yapı için yapılan analiz karşılaştırılması sonucunda, SİS'in üst yapısında oluşan iç kuvvet değerlerinin ATS'in üst yapısında oluşan iç kuvvet değerlerine göre azaldığı belirlenmiştir. Bu durumda kesitlerin küçülmesi beklenir. Fakat Erzurum Devlet Hastanesi modelinde üst yapı deprem yalıtımı olmayan bir yapı olarak tasarlanmış ve deprem yalıtım sistemi daha sonra yapı tasarımına dahil edilmiştir. Bundan dolayı taban izolasyonu yapılmış yapılarda gözlenen kesit küçülmeleri görülememektedir. Fakat çelik yapı için bu durum söz konusu değildir ve kesit tesirleri azaldığından yapı boyutlandırılmasında kesitler daha küçük çıkmaktadır. Erzurum Devlet Hastanesi için yapılan analizde temel kirişlerinde %40 ila %50 oranında moment değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. Düşey taşıyıcı elemanlarda ise kesme kuvvetlerinde ve moment değerlerinde yaklaşık %30 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Yapının güvenli tasarımı sağlanmış fakat modellemedeki tercihten ötürü kesitlerdeki küçülme sağlanamamıştır.

3. Erzurum Devlet Hastanesi için yapılan analiz karşılaştırılması sonucunda, taban izolasyonlu sistemde katlara gelen kesme kuvvetlerinin ankastre mesnetli sisteme oranla azaldığı belirlenmiştir. Fakat bu azalma beklenen oranda değildir. Yapı dilatasyonsuz modellendiğinden katlara gelen kesme kuvvetleri ve buna bağlı olarak taşıyıcı sistemin maruz kaldığı momentler ve iç kuvvetler taban izolasyonlu yapı modellerinde elde edilen azalma oranında değildir. Yapının dilatasyonlu modellenmesi beklenen etkiyi sağlayacaktır.

4. Erzurum Devlet Hastanesi için oluşturulan yapı modellerinden taban izolasyonlu yapı oldukça fazla düşey yük etkisindedir. Yapıda kullanılan kauçuk esaslı izolatörlerde sıkıştırma basıncına neden olabilecek düşey yük arttıkça burkulma olasılığı bu binada olduğu gibi artacaktır. Kauçuk esaslı izolatörlerin yerine çapraz yaylı izolatör kullanımı bu sıkıntıyı

ortadan kaldıracaktır. Ayrıca devrilme momentinden kaynaklanan eksenel çekme gerilmesi yapının çekme rijitliğini azaltabilir. Bundan dolayı katlara gelen kesme kuvvetlerinin istenilen oranda azalmaması bu anlamda sıkıntı yaratabilir. Bu sıkıntı yapıya etkiyen yatay kuvvetlerin istenilen oranda (%50) azalması nedeniyle çelik yapı için söz konusu değildir.

5. Yukarıda yapılan analizlerin sonuçlarından da görülebileceği gibi, taban izolasyonlu sistemin ankastre temelli sisteme göre kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri azalmıştır. Bu nedenle sismik izolasyonlu sistemlerin daha yaygın kullanılmasını önermekteyiz. Ancak bu ileri teknoloji ürünlerin maliyeti düşünüldüğünde, yapı maliyetini arttırmaktadır. Bu konuda yapılacak deneysel çalışmalarla her yapıda kullanılabilecek ekonomik modellerin geliştirilmesiyle kullanımı yaygınlaşacaktır.

6. Yapılarda kullanılan izolasyon sistemlerinin tasarım ve uygulamasının ve buna bağlı olarak yapının uygun şekilde boyutlandırılması yönetmeliklerce belirlenmelidir. Bu konuda araştırmacılar ve idarecilerin bir araya gelerek gerekli çalışmaları yapıp, kısa sürede yönetmeliği oluşturmasını önermekteyiz.

7. Bu konuda yönetmeliğin ortaya çıkmasının ardından tasarımcıların bu sistemleri daha yaygın ve daha bilinçli bir şekilde kullanmaları sağlanacaktır.

IV. KAYNAKLAR

[1] M. Doğan "Depreme Dayanıklı Tasarım Ders Notları", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.

[2] A. Yücesoy, "Sismik İzolatörler ile Depreme Dayanıklı Tasarım", *Yüksek Öğretim ve Araştırma Vakfı Yayınları*, 2005.

[3] R.I. Skinner, W.H. Robinson and G.H. Mc Verry , "An Introduction to Seismic Isolation", John Wiley & Sons Inc., West Sussex, England, 1993.

[4] M.J.N. Priestley, G.M. Calvi, and M.J.Kowalsky, " Displacement-Based Seismic Design of Concrete Structures", *Proc. 3rd Congreso Nacional de Engeneria Sismica, Girona, Spain*, 2007.

[5] M. Erdik, " Binalarda Deprem Yalıtımı ve Ülkemizdeki Uygulamalar", *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 2007.

[6] M. Erdik, "Erzurum Devlet Hastanesi Deprem Yalıtım Sistemi Yalıtıcı Prototip Deneyleri Hakkında Rapor", 2006.

[7] E. Yavuz, "Sismik İzolasyon Tekniği ve Kullanılışına İlişkin Örnek Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2008.

[8] IBC 2006, International Building Code, International Code Council (formerly BOCA, ICBO, and SBCCI).

[9] ABYYHY-2007 "Afet Bolgelerinde Yapilacak Yapilar Hakkinda Yonetmelik" Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2007.

[10] M. Erdik, ve İ. Mungan, Seismic Isolation Applications in Turkey, *Deprem İzolasyonu Derneği*, İstanbul, 28-31, 2007.

[11] Ş. Pınarbaşı, ve U. Akyüz, "Sismik İzolasyon ve Elastomerik Yastık Deneyleri", *İMO Teknik Dergi*, 3581-3598, Yazı 237, 2005.

[12] TS 500 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Şubat (2000)

[13] Structural Analysis Programme, SAP 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Analysis Reference, Vol. 1, Berkeley, California, 1998.