



**Makale
(Article)**

Taban Yalıtım Tekniğinin Betonarme Binaların Deprem Performansına Etkisinin Araştırılması

Zeynel Abidin MİRKELAM*, **Mehmet K. DİRDİMAN***

**Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü, ISPARTA*
mehmetderdiman@sdu.edu.tr

Özet

Bir yapıda, depremden kaynaklanan hasarı azaltmak için sünekliğin artırılması gerekmektedir. Tabanı ankastre olan geleneksel binalarda yüksek süneklik seviyesi, şiddetli depremler sırasında taşıyıcı elemanlardaki akma yoluyla sağlanabilmektedir. Akma sonrasında ise binanın taşıyıcı sisteminde ve taşıyıcı olmayan elemanlarında önemli hasarlar oluşmaktadır. Şiddetli depremlere karşı bir yapının taşıyıcı sistemini, taşıyıcı olmayan elemanlarını ve içinde bulunan eşyaları hasardan korumanın etkili bir yolu olarak son yıllarda taban yalıtım teknikleri geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Taban yalıtım tekniğinde binanın temeli ile üstyapısı arasına yerleştirilen düşey rijitliği yüksek ve yanal rijitliği düşük olan mekanizmalar sayesinde binanın düşey yükleri güvenle temele aktarılmaktadır. Bunun yanında, depremsel kuvvetin tahrip edici yatay bileşeni büyük ölçüde azaltılarak üstyapıya aktarılmakta ve böylece yapı hasardan korunmaktadır. Bu çalışmada düzenli bir betonarme-karkas binanın tabanı ankastre olan bir modeli ile yalıtım elemanları farklı rijitliğe sahip olan üç tane taban yalıtımlı modeli hazırlanmıştır. Bu modellerin 1999 Gölcük Depremi sırasında Yarımca-Petkim’de ölçülen yer ivmesi verileri kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik çözümlenmeleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları taban yalıtımlı modellerin binanın depremsel performansını büyük ölçüde artırdığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Depreme Dayanıklı Yapı, Doğrusal Olmayan Çözümleme, Kauçuk İzolatör, Taban Yalıtımı.

An Investigation of the Seismic Performance of RC Frames by Using Base Isolation Technique

Abstract

It is known that seismic hazard of a structure may be mitigated by increasing the ductility of the structure. However, for a fixed based traditional building, a high ductility level is achieved through yielding of its structural members during a strong ground motion. Following the yielding, severe damages occur at structure itself and its contents. In recent years, base isolation techniques have been developed and widely used as an effective way of protecting a building and its contents against seismic hazard of strong earthquakes. In base isolation technique, some mechanisms are interposed between the base of the structure and the foundation, which are stiff enough under vertical loads, yet very flexible under lateral forces. While vertical loads of the building are safely transmitted to foundation, harmful lateral components of seismic forces are significantly reduced and transmitted to superstructure, then seismic hazard of structural and non-structural members is mitigated. In this study, reinforced concrete building models which are regular in plan, and have various isolation parameters have been prepared. The seismic response of the building models subjected to 1999 Marmara Earthquake (Yarımca-Petkim) input have been evaluated. The response values of base isolated models have been compared with that of the fixed based one. The results have proved that base isolation substantially improves seismic performance of the building.

Keywords: Earthquake resistant structure, Nonlinear analysis, Rubber isolator, Base isolation,

Bu makaleye atf yapmak için

Mirkelam Z.A., Dirdiman M.K., "Taban Yalıtım Tekniğinin Betonarme Binaların Deprem Performansına Etkisinin Araştırılması" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2012,8(2) 1-11

How to cite this article

Mirkelam Z.A., Dirdiman M.K., "An Investigation of the Seismic Performance of RC Frames by Using Base Isolation" Electronic Journal of Construction Technologies, 2012, 8 (2) 1-11

1. GİRİŐ

17 Ağustos 1999'dan sonra deprem, ülkemizin gündemindeki belli başlı konulardan biri haline gelmiştir. Değişik ülkelerde benzer şiddette oluşan depremlerle karşılaştırıldığında, ülkemizdeki depremlerde oluşan can ve mal kaybının çok daha yüksek olması; kayıplardaki insan hatası payını gözler önüne sermiş; yapıların yer seçimi, tasarım ve yapım aşamalarındaki hatalar yoğun biçimde tartışılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda, muhtemel şiddetli depremlerde can ve mal kaybını en aza indirebilmek için yeni yapıların yer seçimi, tasarım ve yapım aşamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar ile mevcut yapıların depremsel davranışının iyileştirilebilmesi için alınması gereken tedbirler, bilim çevrelerinde tartışılarak çeşitli öneriler dile getirilmektedir.[1]

Yakın geçmişte ülkemizde ve dünyada meydana gelen şiddetli depremlerde; tasarım ve yapımı geleneksel tarzda (depremsel kuvvetlere karşı yeterli dayanım, rijitlik ve sünekliğe sahip olacak biçimde) gerçekleştirilmiş olan çok sayıda mühendislik yapısının uğradığı hasarlar, bu konuda niteliksel bir iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğunu açıkça göstermiştir. Sonunda mühendisler, yapıları büyük deprem etkilerine karşı koyacak şekilde tasarlamak yerine, deprem etkilerini yapıya azaltarak aktaran sistemler kullanmanın daha akıllıca olduğu kanısına varmışlardır. Böylelikle “yapı davranışının kontrolü” düşüncesi ortaya çıkmış ve değişik yapısal kontrol sistemleri teklif edilmiştir. [1]

Yapısal kontrol sistemleri kullanıldığında, yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin etkisi, titreşimleri sismik yalıtım ve enerji sönümlemesi yoluyla kontrol eden özel mekanizmalar yardımıyla azaltılır. Çoęu kez bu elemanlar temel yapısının üstüne yerleştirilip, kendilerinin enerji yutma veya enerjiyi kısarak iletme yeteneği kullanılarak üstyapıdaki deprem enerji girdisini azalttıklarından dolayı, depreme göre tasarlanmış bu tip yapılara “taban yalıtımlı yapılar” ve yalıtımın kendisine “taban yalıtımı” adı verilmektedir [2].

Yapının tabanına yerleştirilen esnek elemanlar çoğunlukla, ortasında kurşun çekirdek olan veya olmayan - kurşun çekirdek enerji yutma işlevi görür- laminat veya adi kauçuktan yapılmıştır. Bu elemanlardan başka, pasif yalıtım elemanları arasında histeretik enerji yutucular, viskoz sönümleyiciler, mekanik enerji dağıtıcılar, viskoelastik enerji dağıtıcılar, ayarlı kütle sistemleri, esnek kat tipindeki elemanlar ve benzerleri sayılabilir. Bu elemanlar yapının uygun yerlerine yerleştirilerek titreşimleri kontrol altına almak amacıyla kullanılır [3].

Taşıyıcı sisteme ait olan elemanların büyük deformasyon yapabileceği biçimde tasarlandığından dolayı, taşıyıcı sisteme ait olmayan elemanların ciddi hasarlar görebildiği geleneksel yapıların aksine, taban yalıtımlı yapılarda yanal deformasyonlar ve enerji yutulması, yapının temeli ile üstyapısı arasına yerleştirilmiş olan elemanlarda toplanır. Bu da taşıyıcı sisteme ait olmayan elemanların görece hasarsız kalmasını sağlar.

Taban yalıtımlı yapılar geleneksel yapılara göre daha esnektir ve dolayısıyla, daha yüksek düzeyde sönümlemeyle beraber daha uzun ana titreşim periyodunun sonucu olarak, oldukça düşük spektral faktör söz konusudur. Bir binada yalıtımın en fazla birinci mod şeklini etkilemesinden dolayı, taban yalıtımı yapılacak en uygun sistem rijit yapı sistemidir.

Yapısal kontrol ve taban yalıtımı; yeni olmasına karşılık, her geçen gün gelişen bir konudur. Yalıtım sistemlerinin donanım mekaniği ve malzeme deneyleri, doğrusal olmayan (nonlinear) dinamik analiz, sarsma masası deneyleri, inşaatlarda kurulması ve performansı gibi çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenerek verilmiştir:

ODTÜ Yapı Mekanięi Laboratuvarı'nda taban yalıtımında kullanılan kauçuk yataklar üzerinde deneysel çalışmalar yapılmış ve bu teknikte sıkça kullanılan elastomerik yastıkların önemli özelliklerini tanımlanmıştır. Sismik yalıtım yönteminin ana felsefesi, bir izolasyon sisteminin sahip olması gereken temel koşullar ve başlıca uygulama alanları özetlenmiştir [4].

Taban yalıtımı, viskoz sönümleyici ve çelik sönümleyici kombinasyonları kullanılan değişik yapı modelleri için beş ayrı deprem hareketi altında dinamik çözümleme yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır [5].

Taban yalıtımlı binaların rüzgâr yükleri altındaki dinamik çözümlemesi üzerinde çalışılmıştır. Aynı zamanda taban yalıtımlı binanın tabanına ve/veya tepesine yerleştirilmiş olan pasif sönümleyici bulunması durumları da göz önüne alınmıştır. Sönümleyicilerin bina davranışına etkisi ve sönümleyicilerin konuşlandırılma yerinin belirlenmesi için çeşitli bina-sönümleyici konfigürasyonları göz önüne alınarak; bina ve taban yalıtımı özelliklerini içeren ve bu özelliklerin bina davranışına etkisini araştıran parametrik bir çalışma yapılmıştır [6].

Tarihsel binaların restorasyonunda taban yalıtımının depremsel performansı deneysel olarak araştırılmıştır. Tam ölçekli bir kâgir bina modelinin taban yalıtımlı ve ankastre tabanlı olması durumlarındaki dinamik davranışları karşılaştırılarak, deprem hareketinin cinsine ve izolatörlerde kullanılan kauçuğun cinsine göre değişmek üzere; yalıtımlı binadaki ötelenmelerin ankastre tabanlı binadakine göre 2,8-24 kat, kuvvetlerin ise 1,5-15 kat daha küçük çıktığı gözlemlenmiştir. Bu test sonuçları hem taban yalıtımlı bir binanın iyi bilinen iki serbestlik dereceli sistem tarzındaki davranışını bir kez daha doğrulamış, hem tam ölçekli bir modelde elde edilmiş oldukları için özellikle önem kazanarak sayısal modellerin ayarlanmasında başvuru kaynağı olarak kullanılmayı hak etmiştir [7].

Avrupa'daki depreme dayanıklı binalarda kullanılan pasif kontrol teknolojileri incelenmiştir. Avrupa'daki genel durumu ve bu alanda lider ülke konumunda olan İtalya'da kullanılan pasif kontrol donatıları sunularak, hem yeni binalarda hem de mevcut binaların depreme karşı güçlendirilmesindeki uygulamalar anlatılmıştır. Tasarım yönetmelik ve yapım yönergelerindeki gelişmeler incelenmiş ve yeni araştırma projelerindeki bazı konuların gelecekte pasif kontrol teknolojisindeki gelişmelere ışık tutacak nitelikte olduğu belirtilmiştir [8].

Depremsel yalıtımın ilkeleri açıklanarak mevcut yalıtım sistemlerinden bazıları ele alınıp tartışılmış, Yeni Zelanda'daki binalarda depremsel yalıtım uygulamalarından bazı örnekler verilmiştir. Depremsel yalıtım uygulanan binalar; tarihsel önemi olan gevrek yapılar ve içeriğinin korunması gereken yeni yapılar olmak üzere iki geniş kategoriye ayrılarak, mevcut ve yeni binalar, köprüler ve sanayi tesislerinin depremden korunmasında kullanılan yalıtım tekniklerinden örnekler sunulmuştur [9].

Çeşitli alanlardaki depremsel yalıtım uygulamaları ele alınarak depremsel yalıtımın yararları ile bina ve bina dışı yapılardaki yalıtımlarda tasarım gereklilikleri arasındaki farklar, örnekler üzerinde açıklanmıştır. Depremsel yalıtımın, daha yüksek deprem yüklerini taşıyabilmek için niteliksel iyileştirmeye gereksinim duyan yapılar için çok yararlı olduğu, temelde ve taşıyıcı sistemde pahalı güçlendirme gereksinimini ortadan kaldırdığı belirtilerek güçlendirmeye ilişkin üç tane örnek verilmiştir [10].

Şiddetli deprem veya rüzgâr etkisi altındaki taban yalıtımlı yapıların dinamik davranışı incelenerek, taban yalıtım sisteminin optimum tasarımı araştırılmıştır. Bu amaçla, yüksek sönümlü laminat kauçuk yataklarla yalıtılmış üç ve beş katlı betonarme çerçeve yapılarını esas alan sayısal bir çalışma yürütülmüştür. İzolatörlerin şekil değiştirebilme düzeylerinin, test yapılarının deprem veya rüzgâr etkisi altındaki davranışlarını nasıl etkilediği, geniş bir değişim aralığı için gösterilmiştir [11].

Yoo ve Kim [12], laminat kauçuk yataklardaki sönümün, 1/8 ölçeğindeki yalıtımlı test yapısının depremsel davranışı üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Değişik laminat kauçuk yataklar için hem sarsma masası testleri hem de yapısal çözümleme yoluyla davranışlar belirlenmiştir. İvme davranışının yalıtımlı yapıda –beklendiği gibi- büyük ölçüde azaldığı, ancak izolatörlerdeki kayma yer değiştirmelerinin arttığı gözlemlenmiştir. Kayma yer değiştirmelerini azaltmak için kurşun çekirdeğin çapı büyütüldüğünde ise, yalıtım sistemindeki sönümün ve rijitliğin artmasıyla bu defa kat ivmelerinin büyüdüğü kaydedilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

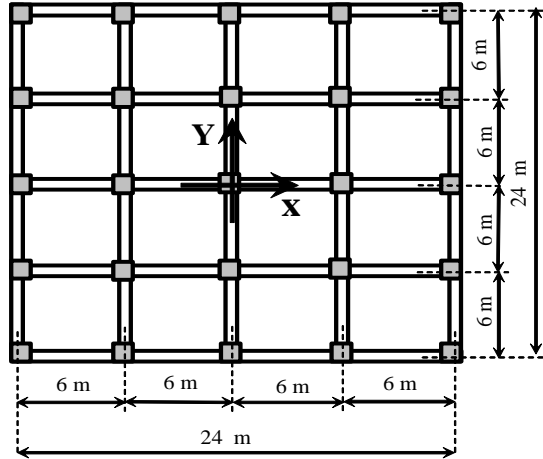
Bu kısımda, tabanı kauçuk izolatörlerle yalıtılmış betonarme binaların depremsel performansını test etmek amacıyla hazırlanan bina modellerinin 1999 Gölçük Depremi güçlü yer hareketi (ivme) etkisi altındaki depremsel davranışı irdelenmiştir. Yalıtım etkinliğini test edebilmek amacıyla bina modelleri ankastre tabanlı ve tabanı kauçuk izolatörle yalıtılmış olarak hazırlanmıştır.

2.1. Sayısal Çözümlemede Kullanılan Bina Modelleri

Planda düzenli ve sekiz katlı olan betonarme bina modellerinin planı Şekil 1’de verilmiştir. Tüm bina modellerinde kiriş boyutları 25 cm / 60 cm, kolon boyutları ilk dört katta 50 cm / 50 cm, son dört katta 40 cm / 40 cm’dir. 12 cm kalınlığındaki döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiş ve kat yükseklikleri 3 m olarak alınmıştır. Modellerde kullanılan betonun fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de, üç tip kauçuk yatağa ait mekanik özellikler Tablo 2’de verilmiştir.

2.2. Deprem Hareketi

Dinamik çözümlemede binalara, 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Gölçük Depremi’nin, Yarımca-Petkim’de ölçülen ve pik değeri 0,33g olan Kuzey-Güney bileşeninin, hazırlanan bina modellerine X eksenini doğrultusunda etkilediği düşünülmüştür (Şekil 2). 135 s süren deprem kaydına ait 0,005 s aralıklı ivme değerleri $\ddot{u}_g(t)$ olarak kullanılıp, binaların hareket denklemleri zaman tanım alanında (time-history) 27000 adımda çözülmüştür.



Şekil 1. Sayısal çözümlemede kullanılan betonarme bina modellerinin planı

Tablo 1. Bina modellerinde kullanılan betonun özellikleri

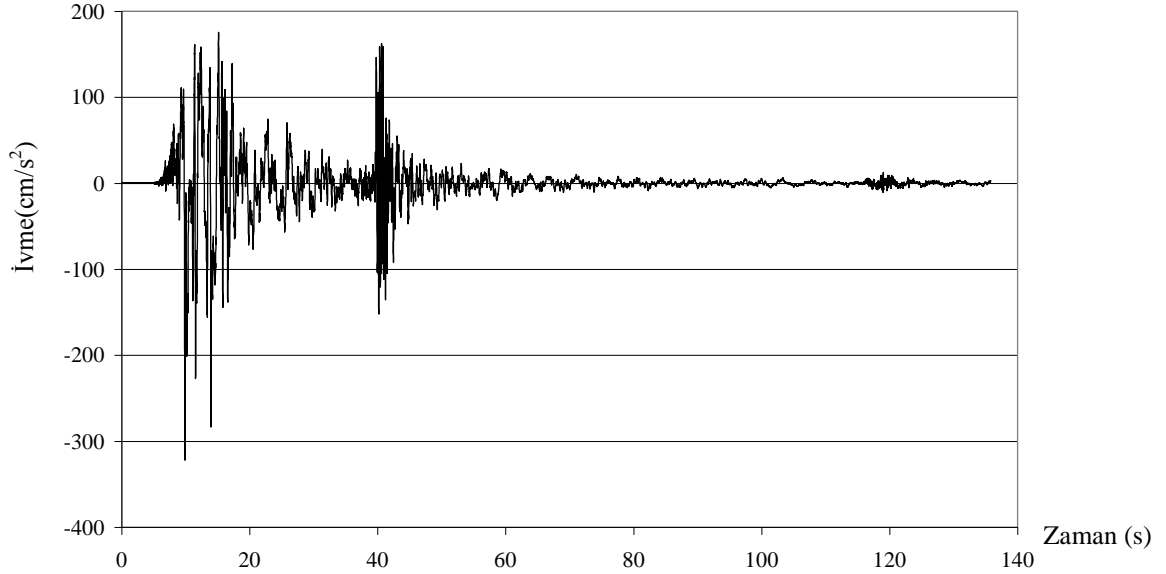
Betonun	Birimi	Değeri
Birim hacim	10^3 kg/m^3	2,400
Birim hacim	kN/m^3	23,54
Elastisite modülü	GPa	25,00
Poisson oranı	-	0,2

Tablo 2. Modellerde kullanılan kauçuk yatakların mekanik karakteristik değerleri (Naeim ve Kelly [13], ve Karabörk [14]'den esinlenerek düzenlenmiştir)

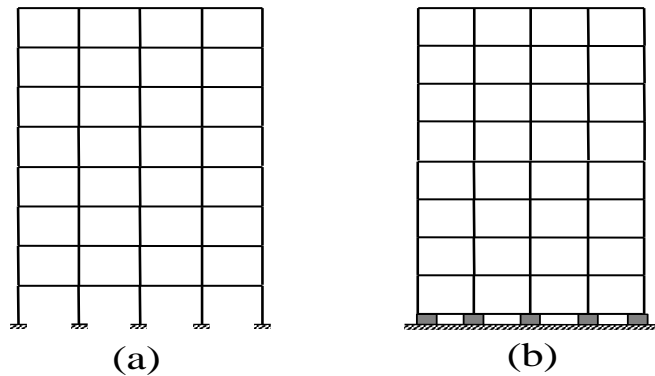
Kauçuk yatak tipi	Eksenel rijitlik (kN/m)	Etkili kayma rijitliği(K_{eff}) (kN/m)	Başlangıç kayma rijitliği(K_1) (kN/m)	Kayma akma kuvveti (kN)	Akma sonrası / öncesi kayma rijitlik oranı(K_2/K_1)	Yatak kütlesi (10^3 kg)
Yumuşak	$0,5 \cdot 10^6$	500	1750	22,5	0,20	0,150
Orta sert	$1,1 \cdot 10^6$	1100	7900	79,0	0,04	0,150
Sert	$2,8 \cdot 10^6$	1900	12500	125,0	0,06	0,150

2.3. Kurulan Modellerin Yalıtım ve Mesnet Koşulları

Yalıtımlı modellerin tabanında yalıtım elemanı olarak kauçuk malzemeden yapılmış yumuşak, orta sert ve sert tip yataklar kullanılmıştır. Betonarme bina modelleri ise ankastre tabanlı ve taban yalıtımlı olmak üzere iki ayrı mesnet koşuluna sahip olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan bina modelleri Şekil 3'te görülmektedir. Mesnet koşullarının ve yalıtım elemanlarının değişik her durumu için farklı bir model elde edildiğinden, başvuru kolaylığı amacıyla her farklı modele kısa adlar verilmiş ve bu adların hangi modeli tanımladığı Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Gölçük Depremi'nde Yarımcı-Petkim'de ölçülen ivme değerleri



Şekil 3. Sekiz katlı bina modelleri: (a) Ankastre tabanlı, (b) Taban yalıtımlı

Tablo 3. Kullanılan model adları ve açıklamaları

Model Adı	Mesnet ve yalıtım elemanı bakımından özelliği
A	Ankastre tabanlı
Y	Taban yalıtımlı(Yumuşak tip kauçuk yatak kullanılmış)
O	Taban yalıtımlı(Orta sert tip kauçuk yatak kullanılmış)
S	Taban yalıtımlı(Sert tip kauçuk yatak kullanılmış)

2.4. Yapısal Çözümleme Yöntemi ve Kullanılan Paket Program

Şiddetli bir dinamik etkiye maruz kalan gerçek yapıların davranışı önemli ölçüde doğrusal olmayan bir karakter sergilemektedir. Genel olarak doğrusal olmayan davranış, doğrusal olmayan malzeme özelliklerini veya büyük yer değiştirme etkilerini içermektedir. Büyük yer değiştirmeler yapının tüm elemanlarında büyük şekil değiştirmelere neden olduğundan, çözümü zorlaştırır. Çelik ve betondan yapılmış olan tipik mühendislik yapılarında büyük şekil değiştirmeler çok seyrek olarak meydana gelmekteyse de kauçuk izolatörlerin kullanıldığı taban yalıtımlı yapılarda şekil ve yer değiştirmeler büyük ölçüde izolatörlerde toplanmaktadır. Bu gibi yapılarda sadece izolatörlerin doğrusal olmayan davranış gösterdiği, diğer elemanların doğrusal davrandığı düşüncesiyle yapılan çözümlemeye “Doğrusal Olmayan Hızlı Çözümleme” adı verilmekte ve doğrusal olmayan eleman sayısı az olan bu gibi yapıların dinamik çözümlemesi, hemen hemen doğrusal bir çözümleme kadar hızlı yapılabilmektedir. Yapısal Çözümleme, “Doğrusal Olmayan Hızlı Çözümleme” yöntemiyle yapılmıştır [15]. Dinamik çözümlemede “SAP 2000 Nonlinear sistemi” (Sürüm 8.12) kullanılmıştır.

Hazırlanan yapı modellerinde kolon ve kirişler çubuk eleman, döşemeler ince plak eleman olarak göz önüne alınmıştır. Binanın diğer statik yüklerini de göz önüne almak amacıyla, döşemelerin öz ağırlıkları 1,5 ve kirişlerin öz ağırlıkları 2 ile çarpılmıştır. Binaların tabanında ve katlar arasında bulunan kauçuk izolatörler iki-doğrusal (bilinear) kuvvet-yer değiştirme bağıntısına sahip elemanlar olarak düşünülmüş ve Tablo 2’de verilen mekanik karakteristikleriyle tanımlanmıştır.

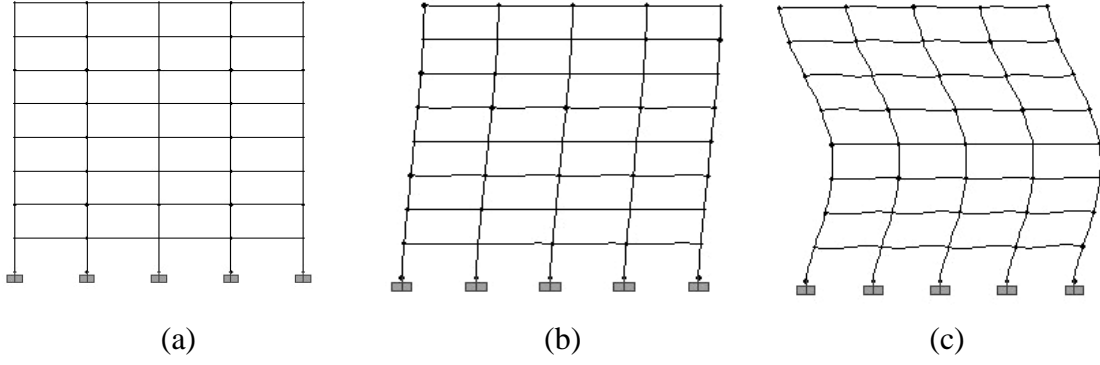
3. Bulgular

3.1. Mod Şekilleri

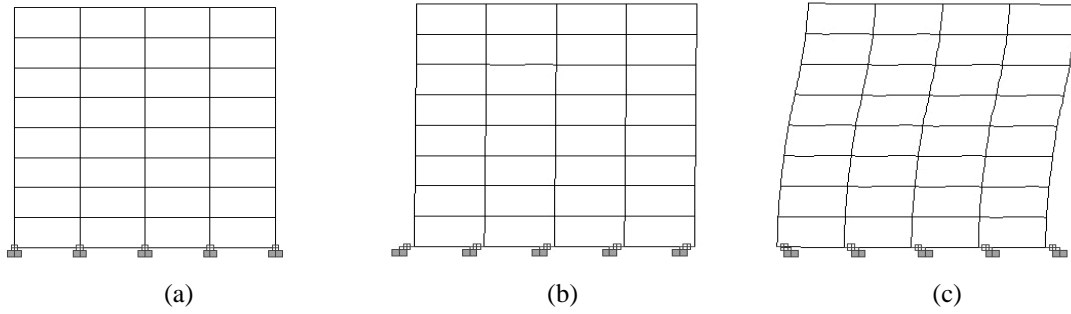
Ankastre tabanlı (Model A) ve taban yalıtımlı (Model Y) bina modellerine ait birinci ve ikinci mod şekilleri Şekil 4 ve Şekil 5’te görülmektedir. Depremsel davranışı büyük ölçüde birinci modun etkilediği dikkate alınarak birinci mod şekilleri karşılaştırılırsa, ankastre modelde üstyapıdaki görece ötelenmelerin oldukça büyük olduğu görülür. Dolayısıyla bu modelde ivme ve iç kuvvet değerleri gibi depremsel davranış değerlerinin görece ötelenmelere paralel olarak yüksek çıktığı ve yapının deprem kuvvetleri etkisiyle hayli zorlandığı kolayca söylenebilir. Taban yalıtımlı modelde ise yapının yer değiştirmeleri tabandaki yalıtım seviyesinde toplanmıştır ve üstyapıda görece ötelenmeler sıfır mertebesinde. Yalıtımlı modelde üstyapının bir rijit cisim gibi davrandığı, üstyapıda görece ötelenmeler çok düşük olduğundan, buna paralel olarak ivme ve iç kuvvet değerlerinin de düşük olacağı rahatlıkla söylenebilir. Dolayısıyla taban yalıtımlı böyle bir yapının orta şiddetteki bir depremi, taşıyıcı elemanlarındaki deformasyonlar elastik sınırların altında kalacak biçimde ve hasarsız olarak atlabileceği öngörülebilir.

3.2. Taban İzolatörlerinde Kuvvet Deformasyon İlişkisi

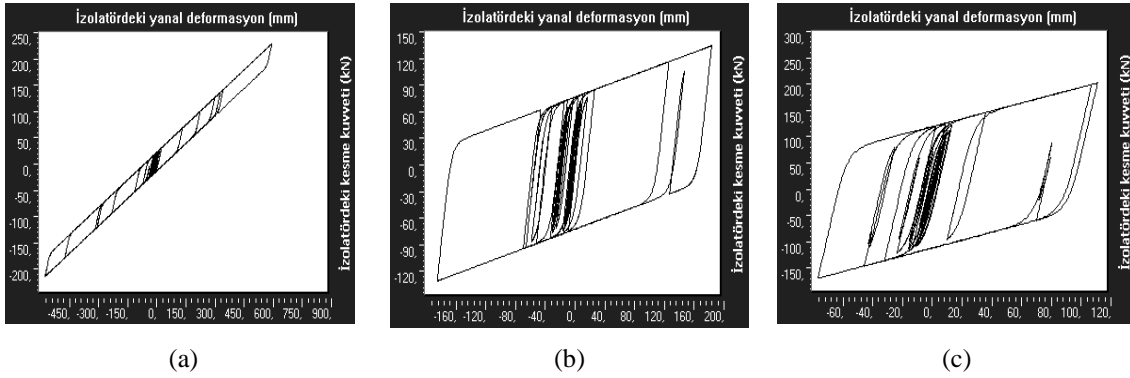
Binanın orta kolonunun altındaki kauçuk izolatörlere etki eden kesme kuvvetleri ile bu kuvvetlerin izolatörlerde meydana getirdiği yanıl deformasyonlar arasındaki ilişki Şekil 6’daki grafiklerde görülmektedir. Çevrim halkası adı verilen bu kapalı eğriler, her bir döngüde belli miktardaki deprem enerji girdisinin mekanik işe dönüştürülerek yalıtım seviyesinde tüketildiğini ve bu sebeple üstyapının depremden büyük ölçüde yalıtıldığını göstermektedir.



Şekil 4. Ankastre tabanlı (Model A) sekiz katlı yapının: (a) şekil değiştirmemiş hali, (b) birinci, (c) ikinci mod şekilleri



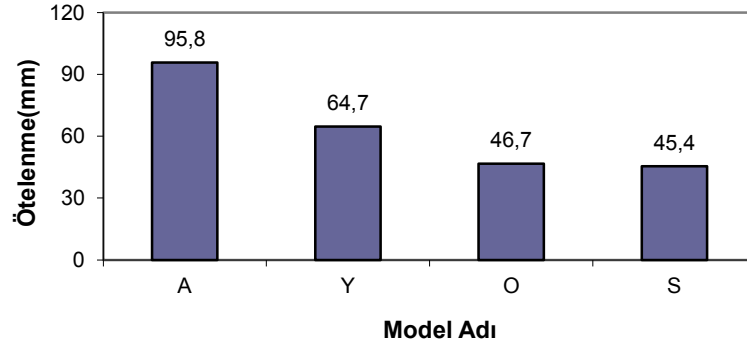
Şekil 5. Taban yalıtımlı (Model Y) sekiz katlı yapının: (a) şekil değiştirmemiş hali, (b) birinci, (c) ikinci mod şekilleri



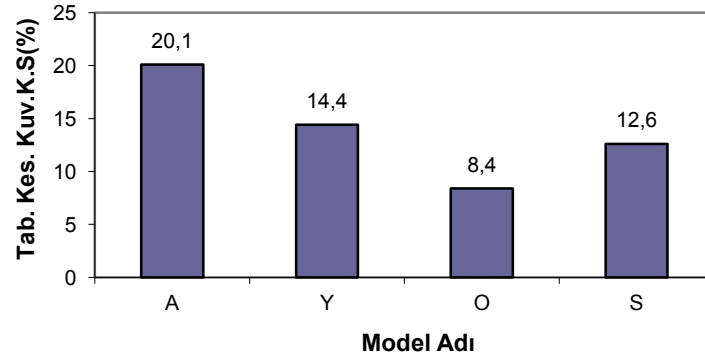
Şekil 6. Orta kolon altındaki taban izolatörlerinde kesme kuvveti-yanal deformasyon diyagramları: (a) Model Y, (b) Model O, (c) Model S

3.3. Ötelenmeler ve Taban Reaksiyonları

Şekil 7'de binanın üst katı ile tabanı arasındaki maksimum yapısal göreceli ötelenmeler görülmektedir. Buna göre; ankastre tabanlı olan Model A'da 95,8 mm olarak hesaplanan bu davranış, Model Y(yumuşak kauçuk kullanılan), O(orta sert kauçuk kullanılan) ve S(sert kauçuk kullanılan) taban yalıtımlı modellerde azalarak sırasıyla 64,7 – 46,7 ve 45,4 mm olmuştur. Sert yalıtım, bu davranışta daha yumuşak olan modellere göre daha iyi sonuç vermiştir. Model (A)'da % 20,1 olan taban kesme kuvveti katsayısı (Cbs); Model Y, O ve S'de büyük ölçüde azalarak sırasıyla % 14,4 - % 8,4 ve % 12,6 değerlerini almıştır. En etkili azalma Model (O)'da %58 oranında gerçekleşmiştir (Şekil 8).



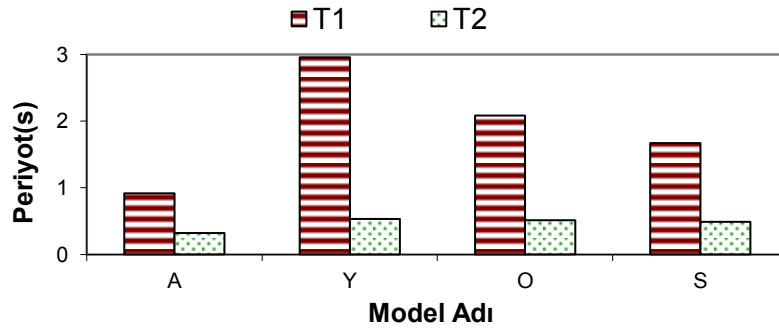
Şekil 7. Bina modellerinin maksimum yapısal görelî ötelenmeleri



Şekil 8. Bina modellerine ait maksimum taban kesme kuvveti katsayıları

3.4. Doğal Titreşim Periyotları

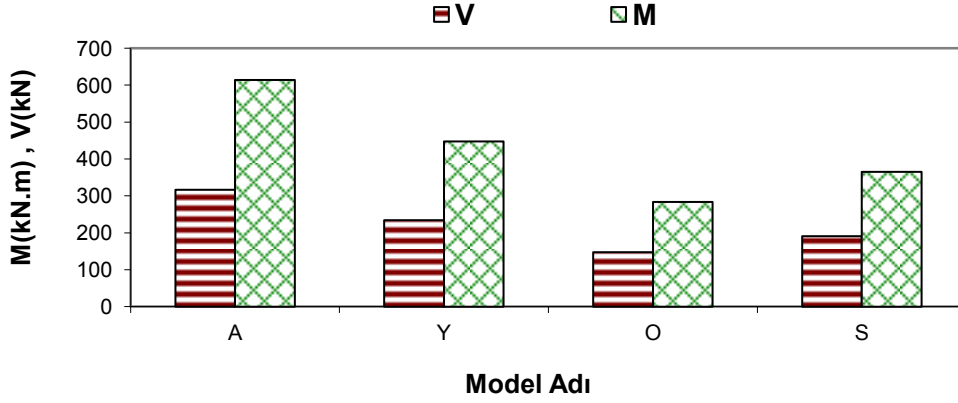
Taban yalıtımlı modellerdeki periyot değerleri ankastre temelli modelinkine göre büyük oranda artmıştır. En büyük ana periyot yumuşak yalıtımda oluşmakta ve yalıtımın rijitliği arttıkça ana periyot değeri küçülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Birinci ve ikinci modlara ait doğal titreşim periyotları

3.5. Kolon İç Kuvvetleri

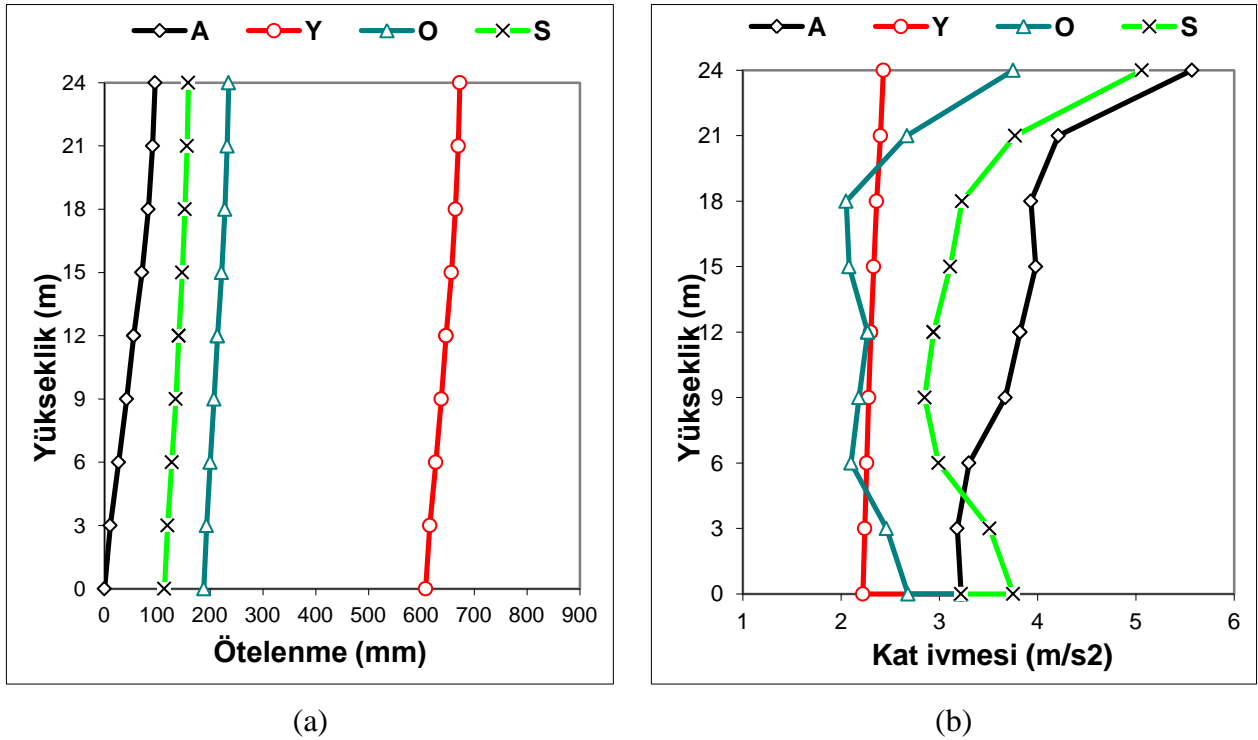
Kolon iç kuvvetleri yalıtımlı tüm modellerde Model (A)'ya göre büyük ölçüde azalmış, en etkili azalma Model (O)'da ortaya çıkmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Alt kattaki orta kolonlarda oluşan maksimum iç kuvvetler (Kolondaki kesme kuvveti “V”, eğilme momenti “M” dir)

3.6. Bina Yüksekliği Boyunca Yer Değiştirme ve İvme Profilleri

Şekil 11-(a)’da ankastre tabanlı ve taban yalıtımlı bina modellerinin deprem etkisi altında bina yüksekliği boyunca yaptığı en büyük yer değiştirmeler, Şekil 11-(b)’de ise maksimum ivmeler görülmektedir.



Şekil 11. Sekiz katlı binaya ait: (a) ötelenme profilleri, (b) ivme profilleri

Ankastre tabanlı modelde en az yer değiştirme olmuştur. Ancak bunun tamamı yapısal yer değiştirme olduğundan yapıda büyük zorlanmalara yol açmaktadır. Taban yalıtımlı modellerin tümünde de toplam yer değiştirmenin büyük bir kısmı yalıtım elemanlarının deformasyonu olup taban seviyesinde meydana gelmekte, ancak küçük bir miktar yapısal deformasyon oluşmaktadır. Bundan dolayı yapıdaki iç kuvvetler ankastre tabanlı modele göre çok daha küçük çıkmaktadır. Yer değiştirme profili açısından en iyi davranışı Model (O) ve (S)’de göstermiştir. Tabanda çok fazla deformasyon oluşturan Model (Y)’nin stabilite sorununa yol açma riski olabilir. İvme profilinde aranan hususun, mümkün olduğunca küçük değerler olarak bina yüksekliği boyunca üniform olan bir ivme dağılımı olduğunu ve Model (Y)’nin yer

değıştirme profilinin olumsuzluğunu göz önüne alarak, en başarılı modelin orta sert kauçuk kullanılan Model (O) olduğu söylenebilir.

4. SONUÇ

Taban yalıtımı tekniğı kullanılan yapılarda en önemli dinamik karakteristikler olan periyot ve mod şekilleri (kullanılan yalıtım elemanlarının özelliklerine bağılı olarak) değışmektedir. Bu tekniğinin en büyük avantajı, yapıyı, ana periyodunu büyük ölçüde artırmak suretiyle ivme spektrumlarındaki riskli periyot aralığından uzaklaştırmış olmasıdır. Dolayısıyla yapıdaki ivmeler ve iç kuvvetler azalmaktadır.

Deprem talebi ettiğı yüksek deformasyon da yalıtım sistemi seviyesinde karşılanmaktadır.

Yapı türü ve büyüklüğüne uygun yalıtım elemanları kullanılarak, yapılar olası depremlere karşı korunabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Mirkelam, Z.A., 2006, Katları arasında yalıtım elemanları kullanılan çok katlı binalarda taban yalıtımı etkinliğinin araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Isparta.
2. Ristic, D. 1993, Control of Structural Behaviour-Part 2:Passive Structural Control, Lectures for the International Post Graduate Studies, Skopje.
3. Chopra, A.K. 2000, Dynamics of Structures-Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, New Jersey.
4. Pınarbaşı, S., Akyüz, U., 2005, Sismik İzolasyon ve Elastomerik Yastık Deneyleri, İMO Teknik Dergi, 3581-3598.
5. Hurata, A. 1996, Fundamental Study on Dynamic Behaviour of Base-Isolated Buildings, Earthquake Engineering Course Notes, Japan.
6. Kareem, A. 1997, Modelling of Base-Isolated Buildings with Passive Dampers Under Winds, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 72, 323-333.
7. Luca, A.D., Mele, E., Molina, J., Verzeletti, G., Pinto, A.V. 2001, Base Isolation for Retrofitting Historic Buildings: Evaluation of Seismic Performance Through Experimental Investigation, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 30, 1125-1145.
8. Mazzolani, F.M. 2001, Passive Control Technologies for Seismic-Resistant Buildings in Europe, Prog. Struct. Engng. Mater., 3, 277-287.
9. Robinson, W.H. 2000, Seismic Isolation of Civil Buildings in New Zealand, Prog. Struct. Engng. Mater., 2, 328-334.
10. Tajirian, F.F. 1998, Base Isolation Design for Civil Components and Civil Structures, Proceedings, Structural Engineers World Congress, San Francisco.
11. Vulcano, A. 1998, Comparative Study of the Earthquake and Wind Dynamic Responses of Base-Isolated Buildings, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 74 (76), 751-764.

12. Yoo, B., Kim, Y.H. 2002, Study on Effects of Damping in Laminated Rubber Bearings on Seismic Responses for a 1/8 Scale Isolated Test Structure, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 31, 1772-1792.
13. Naeim, F., Kelly, J.M. 1999, *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*, John Wiley & Sons Inc., New York.
14. Karabörk, T. 2001, *Titreşim Kontrol Sistemleri ve Yüksek Sönümlü Kauçuk Yatak Uygulamaları*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya.
15. Wilson, L.E. 2002, *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA.