

ORTAK YALITIM DÜZLEMİNDE BULUNAN BAĞIMSIZ YAPILARIN DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

M.D. Güler¹, C. Yılmaz², B. Erkuş³

¹ Neosis Mühendislik, İstanbul

² Neosis Mühendislik, İstanbul

³ Yrd. Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Email: mguler@neosisdesign.com¹, cyilmaz@neosisdesign.com², bariserkus@itu.edu.tr³

ÖZET:

Ülkemizde son dönemde hastane yapıları çoğunlukla sismik taban yalıtımlı olarak inşa edilmekte olup sismik izolasyon teknolojisinin kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Özellikle büyük bir deprem sonrasında yapısal hasar oluşmaması ve yapısal olmayan elemanlarda işlev kaybı yaşanmaması hedeflenen yapılarda sismik taban yalıtımı uygulanarak konvansiyonel yöntemlere kıyasla çok daha ekonomik ve efektif çözümler üretmek mümkün olmaktadır. Mimari fonksiyonları nedeni ile birbirleri ile ilişkilendirilen büyük ölçekli yapı bölümleri için, birbirinden bağımsız taban yalıtımlı binalar arasındaki geçişlerde ihtiyaç duyulan nispeten yüksek sismik derz mesafeleri ve bu bölgelerde kullanılacak detayların maliyetli olması nedeni ile, ülkemizde çoğunlukla ortak yalıtım düzlemi üzerinde dilatasyonlar ile ayrılmış yapıların teşkil edilmesi tercih edilmektedir. Ancak yönetmeliklerde taban yalıtımlı yapıların doğrusal yöntemler ile tasarımına yönelik olarak verilen bağıntılar daha çok tek serbestlik dereceli sistemler göz önüne alınarak belirlenmiş olup ortak yalıtım düzleminde bulunan bağımsız üstyapı bölümleri için oluşabilecek talepleri değerlendirmede yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada, ortak yalıtım düzlemine sahip, üst yapıda dilatasyonlar ile ayrılmış binalar ve tamamen bağımsız yalıtım diyaframına sahip binalar için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ile elde edilen tasarım parametreleri (kesme kuvvetleri, kat ivmeleri vb.) karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda önerilerde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Sismik Yalıtım, Deprem Yönetmelikleri, Yapıların Deprem Güvenliği, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz, Sismik Derz, Ortak İzolasyon Döşemesi

BEHAVIOUR OF INDEPENDENT STRUCTURE BLOCKS WITH COMMON SEISMIC ISOLATION PLANE

ABSTRACT:

Newly constructed hospitals in Turkey are mostly designed with seismic base isolation technology and the usage of seismic isolation is becoming increasingly common. Especially for the facilities in which no structural damage and function loss of nonstructural elements is desired, it is possible to achieve more feasible and effective solutions with seismic base isolation compared to conventional construction. Due to relatively high seismic gap distances required between seismically isolated independent buildings and costs for the details to be used for those gaps, independent superstructure configuration separated with seismic gaps above the isolation layer but resting on a shared isolation plane is generally preferred in Turkey for the buildings that are required to be closely related due to architectural requirements. However, as the equations and rules given in the codes for the seismic design of base isolated structures are mostly derived considering single degree of freedom systems, direct usage of the linear

procedures given in the codes yields inappropriate results for the independent superstructures sharing a common isolation plane.

In this study, design parameters (shear forces, story accelerations, etc.) are compared for buildings with a common isolation plane (separated by dilatations in the superstructure) and buildings with completely independent isolation planes by using nonlinear time history analysis and recommendations are presented based on the obtained results.

KEYWORDS: Base Isolation, Design Codes, Earthquake Resistant Design, Nonlinear Time-History Analysis, Seismic Gap, Shared Isolation Plane

1. GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde sismik taban yalıtımlı yapı uygulamaları önemli oranda artmıştır. Özellikle depremselliği yüksek olan bölgelerde yapılmakta olan hastane binalarında taban yalıtımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzer şekilde Türkiye’de inşa edilen pek çok yeni veri merkezi binaları da sismik taban yalıtımlı tasarlanmaktadır. Bu ve benzeri yapılarda sismik taban yalıtımı kullanılmasının ana nedeni, bu yapılarda yüksek sismik performans hedeflenmesi ve bu yüksek performans hedeflerine konvansiyonel yapısal sistemler ile ulaşılmasının uygulama ve maliyet açısından zor olmasıdır.

1.1. Taban Yalıtımlı Binanın Yapısal Bölümleri ve Modellenmesi

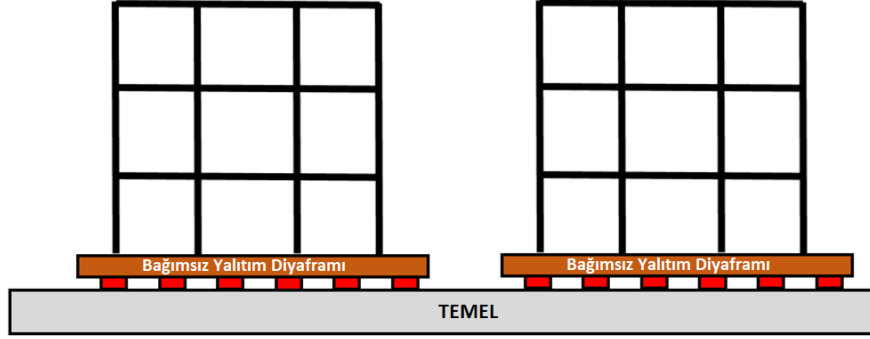
Tipik taban yalıtımlı yapılarda üst yapı, alt yapıdan sönümleme yeteneği olan esnek yalıtım katmanı ile ayrılır. Yalıtım katmanı birçok yalıtıcıdan oluşur. Yalıtımlı yapı davranışının iyi tanımlanabilmesi ve tasarımının daha kolay olabilmesi için genelde tüm yalıtıcıların alt noktalarının yatay bir diyafram ile ve üst noktalarının da ayrı bir yatay diyafram ile bağlı olmaları istenir. Yalıtıcıların üst noktalarındaki diyafram etkisi genelde bir döşeme ile sağlanır ve bu döşemeye yalıtım döşemesi ya da yalıtım diyaframı denir. Yalıtıcı altında yatay diyafram yerine yanal rijitliği yüksek kolonlar da kullanılabilir. Eğer kolonların rijitliği yeterince yüksek değilse, kolonların en üst noktasında çerçeve ve çapraz sistemi ile yatay diyafram oluşturulur.

1.2. Yapısal Modellemede Yalıtım Diyaframının Etkisi

Taban yalıtımlı yapılarda tüm yalıtıcıların üst ve alt noktalarının bağlı davranmasını sağlayacak diyafram sistemlerinin kullanılmasının modelleme, analiz ve tasarım açılarından bazı yararları bulunmaktadır. Diyaframlar sayesinde tüm yalıtıcı görelî ötelemelerinin aynı olduğu kabul edilebilir. Bu durumda, tüm yalıtıcı katmanının davranışı bir adet eşdeğer bir yalıtıcı ile ifade edildiği kabulü yapılabilir. Eşdeğer yalıtıcının özellikleri tüm yalıtıcıların özelliklerinin süperpozisyonu ile elde edilebilir. Buna ek olarak, üst yapı rijitliği yalıtıcı katman rijitliğine göre çok yüksek ise, üst yapı bir adet toplu kütle kabulü yapılabilir. Tüm bu kabuller ile yalıtımlı yapı tek serbestlik dereceli bir sistem olarak modellenenebilir. Bu sistemdeki yay doğrusal olmayan ve çevrimsel davranış ile enerji sönümleyebilen bir yay olacaktır.

Yukarıda açıklanan yaklaşım yapı yönetmelikleri kapsamında da mevcuttur. Hatta yukarıda yapılan kabullere ek olarak yönetmelikler doğrusal olmayan yayı eşdeğer doğrusal rijitlik ve eşdeğer sönümleme ile ifade edilebileceğini de kabul etmektedir. Eşdeğer doğrusal rijitlik, verilen bir depremsellik altında oluşan maksimum yerdeğiştirmelere denk gelen eşdeğer sekant rijitliktir. Eşdeğer sönümleme ise, bir çevrimde, doğrusal olmayan eşdeğer yalıtıcının bir çevriminde sönümlendiği enerjiye eşit enerji sönümleyen eşdeğer bir viskoz sönümleyicidir. Bu yöntem genelde eşdeğer statik yöntem olarak bilinir ve özellikle yalıtıcıların ön tasarımında sıkça kullanılır. Buna ek olarak üst yapı tasarımında modal birleştirme yöntemi seçilebilir ve bu yöntemde eşdeğer statik yöntemde kullanılan eşdeğer rijitlik ve viskoz sönümleme kullanılabilir. Ancak tüm bu analizler ve bu analizlere dayalı tasarım, zaman-tanım alanındaki doğrusal olmayan analizler ile teyit edilmek zorundadır. Yönetmelikler, bazı şartları sağlamaları durumunda basit yapılar için bu ile analizleri zorunlu tutmamakla beraber, genelde bu analizlerin yapılması tavsiye edilir.

Görüldüğü üzere, yapı yönetmeliklerinde yalıtımlı yapıların analizi ve tasarımı belli kabuller üzerine yapılır. Bu kabullerin en başında bir adet taban yalıtımlı yapının, bir adet üst yapı, bir adet izolasyon seviyesi ve bir adet alt yapıdan oluştuğu kabulü gelir. Yukarıda anlatıldığı şekilde, diğer bir kabul ise tüm izolatörlerin bir eşdeğer izolatör olarak modellenebileceği kabulüdür. Bu ve benzeri kabuller aslında yalıtım teorisindeki temel kabullerdir ve yönetmeliklerin baz aldığı tüm bilimsel araştırmalarda da kullanılmıştır. Dünyada inşa edilmiş olan birçok yalıtımlı bina yapısı bu kabullere uygun bir şekilde tasarlanmış ve inşa edilmiştir (Şekil 1).

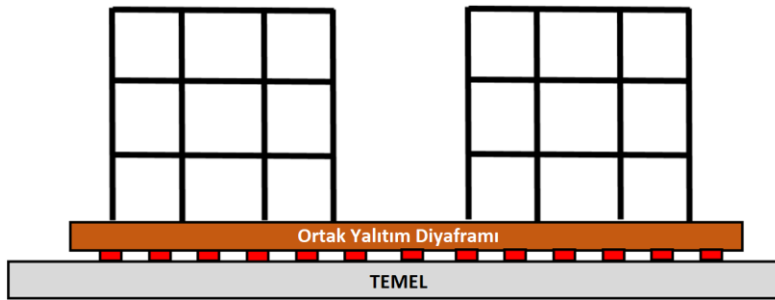


Şekil 1. Bağımsız Yalıtım Diyaframına Sahip Taban Yalıtımlı Binalar

2. ORTAK YALITIM DÜZLEMİ ÜZERİNDEKİ BAĞIMSIZ BLOKLARA SAHİP BİNALAR

Taban yalıtımlı yapıların analiz ve tasarımında kullanılan kabullere uygun bina tasarım ve inşası, bazı durumlarda proje ihtiyaçları açısından zorluk yaratmaktadır. Buna örnek olarak Türkiye’de inşa edilmekte olan hastane kampüsleri gösterilebilir. Bu kampüslerde, yapısal/geometrik özellikleri birbirinden farklı birçok hastane binasının bulunması ve entegre mimari kullanım amacı ile bu binalar arasında geçişlerin olması planlanmaktadır.

Bu binaların yönetmeliklere uygun bir şekilde tasarlanması durumunda yapıların birbirinden tamamen bağımsız olması gerekmektedir. Ancak bağımsız tasarlanacak yapılar arasındaki nispeten yüksek göreceli yerdeğiştirmeler nedeni ile geçişlerin etkin ve ekonomik bir şekilde tasarlanması mümkün olamamaktadır. Bu noktada önerilen bir yöntem, tüm yapıların ortak bir yalıtım döşemesi kullanmasını sağlayarak göreceli ötelemelerin mertebelerini düşürmek ve geçişlerin mimari tasarım ve inşasına olanak vermektir. Dünya genelinde ortak yalıtım düzlemine sahip bağımsız üst yapı bölümleri konfigürasyonunun tercih edildiği örnekler bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Ortak Yalıtım Diyaframına Sahip Taban Yalıtımlı Binalar

Taban yalıtımlı yapıların tasarımı belirli bir ölçüde yönetmeliklerde tanımlanan reçete yöntemler ile yapılabilmektedir. Ancak, ortak yalıtım düzlemi tercih edilmesi durumunda reçete yöntemler oldukça yetersiz sonuçlar verebilmektedir. Bu yöntemle oluşturulan sistemler, yapı yönetmeliklerindeki kabullere uymadıklarından dolayı yönetmeliklerin doğrudan kullanılması mümkün değildir.

Ortak yalıtım döşemesi üzerinde bulunan ve özellikleri birbirinden farklı olan yapıların davranış ve tasarımını ilişkin literatürde bazı çalışmalar mevcut olup bu çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalara örnek olarak, P.

Tsopelas ve diğ. (1991), F. L. Zhou ve diğ. (2004), M. Sarkisian ve diğ. (2013), M. Ferraioli ve A. Mandara (2017) yayınları gösterilebilir. Tsopelas ve diğerlerinin çalışmasında ortak yalıtım düzlemi üzerindeki binalar arasında kat ivmelenmeleri ve yerdeğiştirmeleri açısından etkileşim olduğu belirtilmiştir. Ancak diğeri çalışmalarda bu etkileşimlere değinilmemiştir.

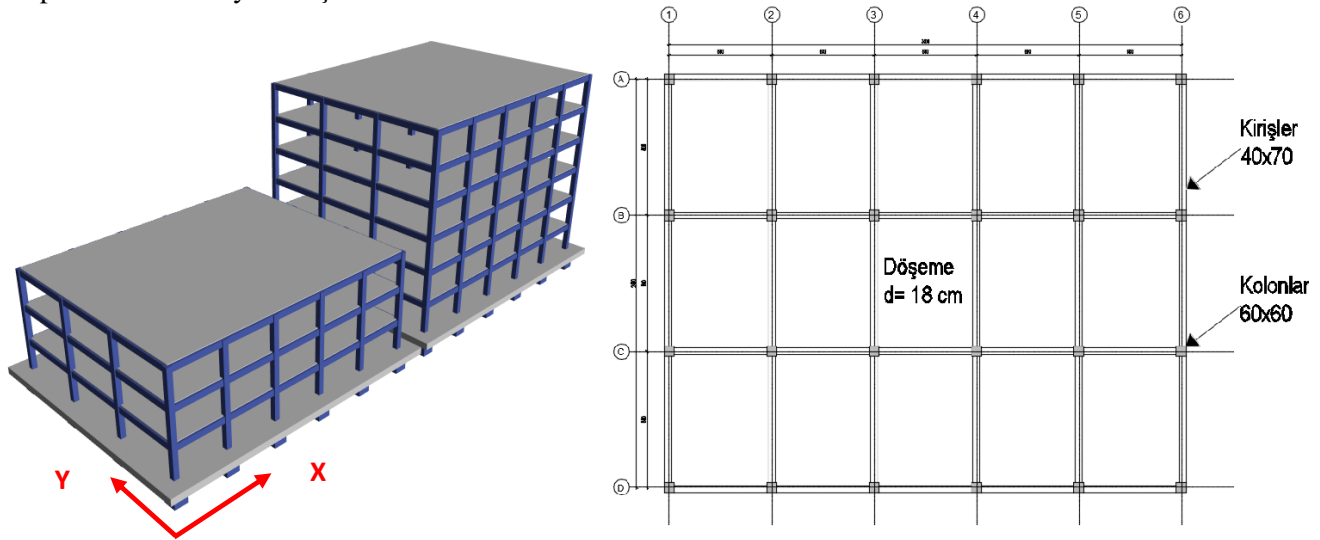
Bu makalede, birbirinden farklı yapısal özelliğe sahip iki binanın birbirinden bağımsız ve ortak yalıtım düzlemine sahip olduğu senaryolar için taban yalıtımlı analiz sonuçları incelenmiştir. İlk olarak, iki bina birbirinden bağımsız, 3.93 saniye yalıtım periyoduna sahip olarak analiz edilmiştir. Sonra, iki blok ortak yalıtım düzlemine entegre edilerek 3.93 saniye yalıtım periyoduna sahip kompleks bir sistem analiz edilmiştir. Sonuç olarak, birbirinden bağımsız olarak analiz edilen iki binanın kat kuvvetleri, kat göreceli yerdeğiştirmeleri ve kat ivmelenmeleri büyüklükleri kompleks sistem analiz sonuçlarından elde edilen büyüklükler ile karşılaştırılmıştır. Tüm sonuçlar grafikler ve tablolar halinde sunulmuştur.

3. NÜMERİK ÖRNEK

Ortak yalıtım düzlemine sahip taban yalıtımlı binaların davranışlarının değerlendirilmesi kapsamında aynı kesit ve yükleme özelliklerine sahip 4 ve 7 katlı iki ayrı taban yalıtımlı yapı göz önünde bulundurulmuştur. Söz konusu yapıların birbirlerinden bağımsız olarak yalıtılması ve ortak yalıtım düzlemi üzerinde bulunmaları durumu irdelenmiş ve yürütülen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları doğrultusunda taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri, göreceli kat ötelemeleri ve kat ivmeleri göz önünde bulundurularak karşılaştırılmıştır.

3.1. Yapıların Tanımı

İnceleme konusu yapılar planda yatay doğrultuda 6 m açıklıklı 5 aks, planda düşey doğrultuda ise 8 m açıklıklı 3 aksa sahiptir. Tüm katlarda kat yükseklikleri 4 m olarak göz önüne alınmış olup binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri her iki doğrultuda moment aktaran betonarme çerçeveler ile teşkil edilmiştir. Söz konusu yapıların tipik kat planı ve kesit boyutları Şekil 3'te verilmektedir.



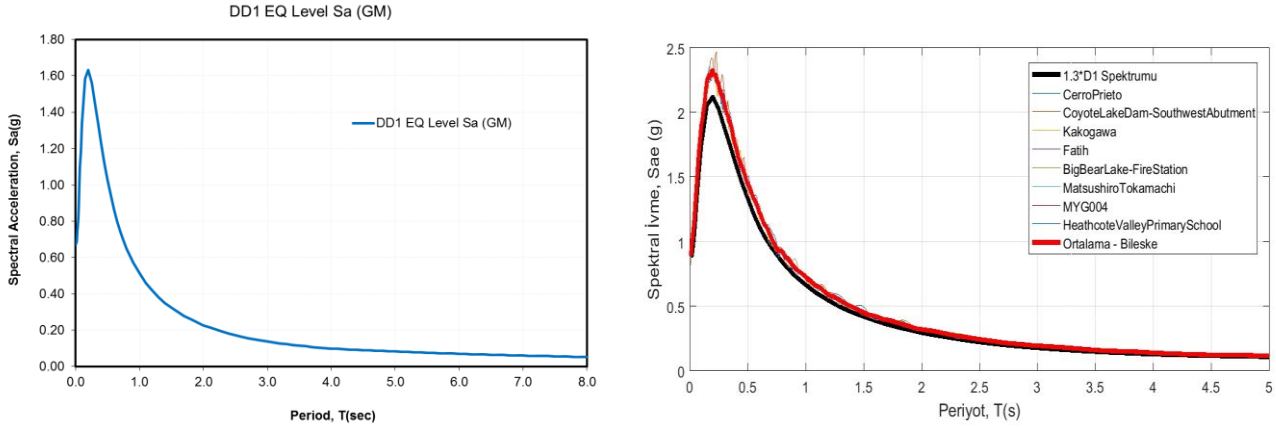
Şekil 3. Ortak Yalıtım Düzlemine Sahip Yapılar için Analiz Modeli ve Tipik Kat Planı

Bağımsız yalıtım düzlemine sahip yapılar ile ortak yalıtım düzlemi üzerinde bulunan yapılar için sonuçların daha kolay olarak karşılaştırılabilmesi amacı ile yürütülen tüm analizlerde sürtünmeli sarkaç tipi izolatörler kullanılmıştır. Sürtünmeli sarkaç tipi yalıtım birimlerinde yalıtım sistemi periyodunun kütlelen bağımsız olması nedeni ile göz önüne alınan her üç modelde de efektif yalıtım periyodu aynı olarak elde edilmiştir. Çift kademeli

sarkaç tipi yalıtım birimlerinin eşdeğer eğrilik yarıçapı $R=6$ m ve sürtünme katsayısı $\mu=0.03$ olarak seçilmiştir. Yapıların tabana ankastre periyotları ise 4 ve 7 katlı yapılar için sırası ile yaklaşık 0.5 sn ve 1 sn'dir.

3.2. Depremsellik ve Ölçeklendirme

Yapıların analizinde daha önce yürütülen bir Sahaya Özgü Sismik Tehlike çalışmasından faydalanılmıştır. Yapıların incelenmesi kapsamında söz konusu sahaya özgü sismik tehlike analizi çalışmasından elde edilen 2475 yıl dönüş periyotlu DD-1 deprem seviyesi geometrik ortalama ivme spektrumu ile uyumlu 7 adet çift yönlü kayıt kullanılmıştır. Seçilen ivme kayıtlarının hedef spektrum ile eşleştirilmesi amacı ile kayıtların frekans içeriği değiştirilmeden uygun ölçek katsayıları kullanılmıştır. Depremsellik çalışmasından elde edilen DD-1 deprem seviyesi geometrik ortalama spektrumu ve ölçeklenen kayıtların spektrum ile uyumu Şekil 4'te verilmektedir.



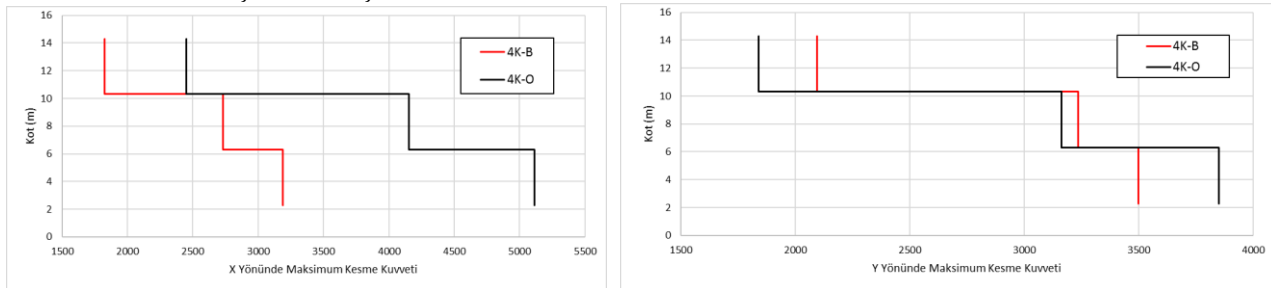
Şekil 4. Hedef İvme Spektrumu ve Seçilen İvme Kayıtlarının Spektrum ile Uyumu

3.3. Sonuçların Karşılaştırılması

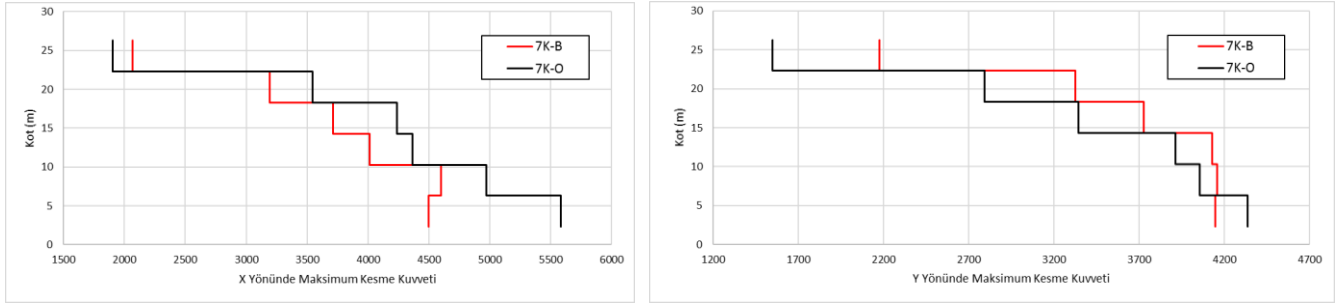
Bu bölümde seçilen 4 ve 7 katlı yapıların bağımsız olarak yalıtılması durumunda elde edilen tasarım parametreleri ile aynı yapıların ortak yalıtım düzlemi üzerinde bulunması durumunda elde edilen büyüklükler yürütülen doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonuçları gözetilerek kat kesme kuvvetleri, taban kesme kuvveti, kat ivmeleri ve göreceli kat ötelemeleri bakımından karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda hedef spektrum ile uyumlu 7 ivme kaydı sonuçlarının ortalaması göz önüne alınmıştır. Verilen grafiklerde bağımsız olarak yalıtılan 4 katlı yapı için "4K-B", bağımsız olarak yalıtılan 7 katlı yapı için "7K-B", ortak yalıtım düzleminde bulunan 4 ve 7 katlı yapılar için ise sırası ile "4K-O" ve "7K-O" indisleri kullanılmıştır.

Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

İncelenen yapıların bağımsız olarak yalıtılması ve ortak yalıtım düzleminde bulunmaları durumunda elde edilen kat kesme kuvvetleri Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmektedir.



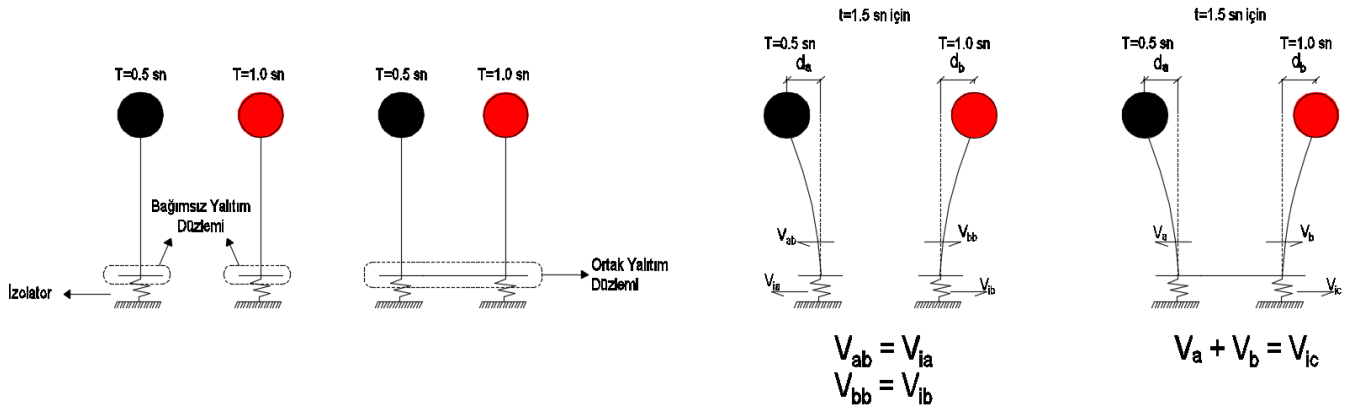
Şekil 5. 4 Katlı Yapılar için X ve Y Doğrultusunda Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması



Şekil 6. 7 Katlı Yapılar için X ve Y Doğrultusunda Kat Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Şekil 5 ve Şekil 6'dan da görülebileceği üzere özellikle 4 katlı yapı için elde edilen kat kesme kuvvetleri X doğrultusunda önemli mertebede artış göstermekte ancak Y doğrultusu için önemli bir artış olmamaktadır. Yapıların ortak yalıtım düzlemi üzerinde bulunması durumunda X doğrultusunda kesme kuvvetlerinin artması ancak Y doğrultusunda önemli bir değişiklik gözlenmemesinin nedenleri irdelendiğinde söz konusu durumun yapıların X doğrultusunda farklı doğrultularda hareket ettiği durumda izolasyon düzlemindeki kesme kuvvetinin dengelenebilmesi amacı ile izolasyon düzlemi üzerindeki yapıların kat kesme kuvvetlerinin de artması gerekliliği olduğu gözlemlenmiştir. Ortak yalıtım düzlemi üzerinde bulunan yapıların X doğrultusundaki hareketi birbirlerine doğru veya tersi istikamette harekete karşılık gelmekte olup izolasyon düzlemindeki kesme kuvvetinin dengelenebilmesi amacı ile farklı periyotlardaki yapıların görece olarak ters doğrultuda hareketlerinde kat kesme kuvvetlerinde artış gözlemlenmektedir. Y doğrultusunda ise toplam kat kesme kuvvetlerinde önemli bir artış olmamakla beraber yapıların farklı yönde salınım yapması durumunda söz konusu tesirlerin yalıtım düzleminde ve üst yapıda burulma ile dengelendiği görülmüştür. Bu durumda kat bazında toplam kesme kuvvetinde önemli bir artış olmamakla beraber burulma tesirleri nedeni ile kesme kuvvetinin yapı içindeki dağılımı önemli mertebede değişiklik gösterebilmektedir.

Konunun daha basit olarak ele alınması amacı ile X doğrultusundaki kat kesme kuvvetlerinin artma nedeni Şekil 7'de verilen tek serbestlik dereceli sistemler üzerinden açıklanacaktır.

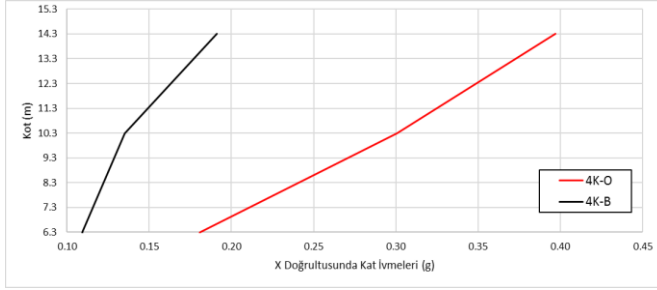


Şekil 7. Bağımsız ve Ortak Yalıtım Sistemi Üzerinde Bulunan Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

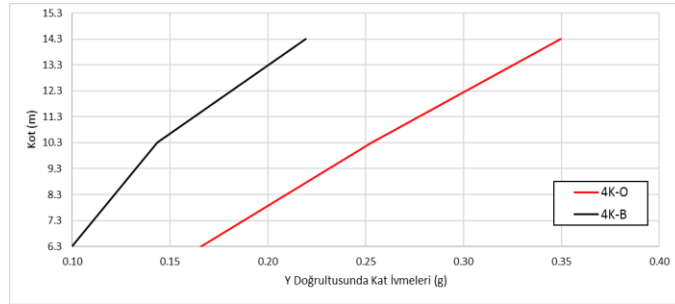
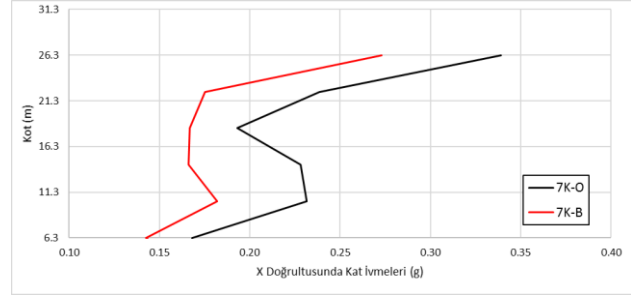
Şekil 7'de görülebileceği üzere söz farklı periyoda sahip tek serbestlik dereceli sistemlerin bağımsız olarak yalıtılması durumunda matematiksel eşitlik gereği tek serbestlik dereceli sistemlerde oluşan kesme kuvveti izolasyon düzleminde oluşan kesme kuvvetine eşit olmaktadır. Ancak farklı periyotlardaki sistemlerin ortak yalıtım düzlemi üzerinde bulunması durumunda herhangi bir zaman diliminde söz konusu sistemler izolasyon düzleminde farklı yönlerde hareket edebilmekte ve bu durumda çubuk sistemlerde oluşan kesme kuvvetleri (V_a ve V_b) ise ters işaretli olarak elde edilmektedir. Ancak izolasyon sisteminin karakteristik özellikleri seçilen izolasyon parametrelerine bağlı olarak sabit kalmakta olup izolasyon seviyesindeki kesme kuvveti değişmemektedir. Bu durumda ters işaretli V_a ve V_b çubuk sistem kesme kuvvetlerinin izolasyon düzlemindeki kesme kuvveti V_{ic} 'ye eşitlenmesi için kat kesme kuvvetleri artmaktadır.

Kat İvmelerinin Karşılaştırılması

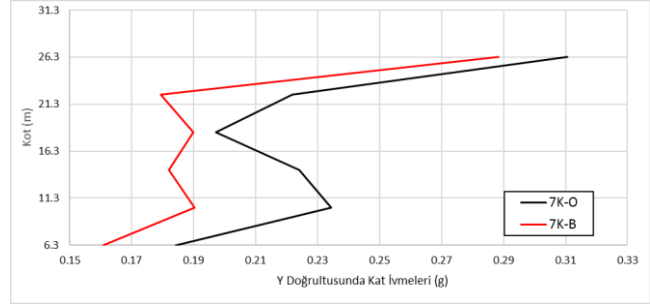
İncelenen yapıların bağımsız olarak yalıtılması ve ortak yalıtım düzleminde bulunmaları durumunda elde edilen kat ivmeleri kuvvetleri Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmektedir.



Şekil 8. 4 ve 7 Katlı Yapılar için X Doğrultusunda Kat İvmelerinin Karşılaştırılması



Şekil 9. 4 ve 7 Katlı Yapılar için Y Doğrultusunda Kat İvmelerinin Karşılaştırılması



Verilen şekillerden görülebileceği üzere yapıların ortak yalıtım düzlemi üzerinde bulunması durumunda bağımsız yalıtılmış yapılara oranla kat ivme değerleri artmaktadır. Özellikleri yapıların Y doğrultusu için kat kesme kuvvetlerinde önemli bir artış olmaz iken kat ivmelerinin artması ise dikkat çekicidir. Bu durumun nedeninin ise farklı periyotlardaki üst yapıları barındıran yalıtım düzleminde oluşan ilave burulma tesirleri nedeni ile toplam ivmelerde artış gözlemlenmekte iken katlar arası göreceli ivme değerinde önemli bir değişiklik oluşmaması olduğu tespit edilmiştir.

Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

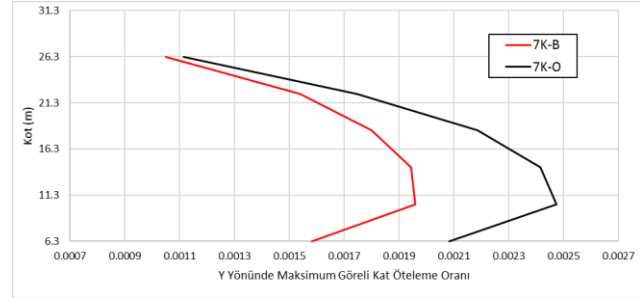
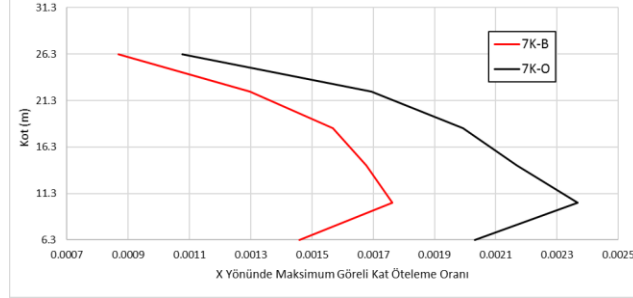
Tablo 1. Bağımsız ve Ortak Yalıtım Düzlemi Üzerinde Bulunan Yapıların Taban Kesme Kuvvetleri Karşılaştırması

	7K-B		4K-B		4K-7K-O	
	V_x/W	V_y/W	V_x/W	V_y/W	V_x/W	V_y/W
Maksimum Değerlerin Ortalaması	0.056	0.051	0.055	0.052	0.055	0.052
Minimum Değerlerin Ortalaması	-0.055	-0.048	-0.055	-0.048	-0.055	-0.048

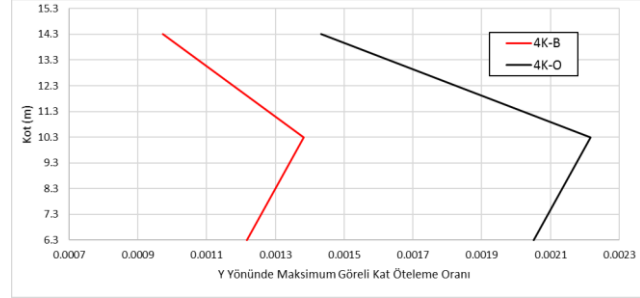
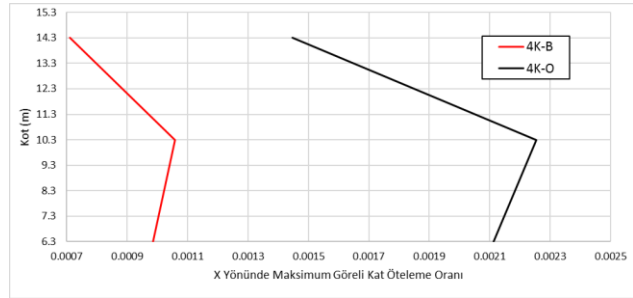
Yapıların analizinde sürtünmeli sarkaç tipi yalıtım birimlerinin seçilmesi nedeni ile izolasyon sisteminin periyodu ve buna bağlı olarak ivme talebinde kütleyle bağlı olarak bir talep değişikliği oluşmamaktadır. İncelenen yapı grupları için binaların bağımsız yalıtılması veya ortak yalıtım düzleminde bulunması durumları için toplam taban kesme kuvvetlerinin yapı ağırlıklarına oranında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Tablo 1'de V_x ve V_y sırası ile X ve Y doğrultusundaki taban kesme kuvvetlerini W ise taban yalıtımlı sistemlerin toplam kütlelerini ifade etmektedir.

Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

İncelenen yapıların bağımsız olarak yalıtılması ve ortak yalıtım düzleminde bulunmaları durumunda elde edilen görelî kat ötelemeleri Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmektedir.



Şekil 10. 7 Katlı Yapılar için X ve Y Doğrultusunda Kat İvmelerinin Karşılaştırılması



Şekil 11. 4 Katlı Yapılar için X ve Y Doğrultusunda Kat İvmelerinin Karşılaştırılması

Verilen grafiklerden görülebileceği üzere yapıların ortak yalıtım düzlemi üzerinde bulunmaları durumunda bağımsız yalıtım düzlemine sahip yapılara oranla görelî kat ötelemelerinde önemli mertebede artış gözlemlenmektedir.

4. SONUÇLAR

Farklı yapısal özelliklere sahip binaların ortak diyafram üzerinde tasarlanması, göz önüne alınan deprem etkisinde binaların herhangi bir zaman aralığında farklı yönlere hareket etmesine neden olabilmektedir. Bölüm 3’ te detaylı olarak açıklandığı üzere, farklı periyotlara sahip binaların deprem salınımlarında farklı yönlere hareket etmesi, binaların kat kuvvetlerinde, kat göreceli yerdeğiştirmelerinde, kat ivmelerinde önemli oranda artışa neden olmaktadır. Tasarım kat kuvvetlerindeki artış ortak diyaframlı konfigürasyonları maliyet açısından da dezavantajlı duruma getirebilecektir.

Elde edilen sonuçlar, tamamen bağımsız taban yalıtımlı binalar için hazırlanan yönetmeliklerin ortak diyaframa sahip binaların analiz ve tasarımında yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu yetersizliğin giderilmesi için ortak yalıtım diyaframına sahip bir kompleksin tasarımında zaman tanım alanı analizlerinden elde edilecek kat kuvvetlerinin kullanılması gerekli olacaktır.

Bölüm 3’ te gerçekleştirilen nümerik örnekte ortak diyaframlı kompleksin kısa doğrultusu (Y Yönü) analiz sonuçlarında önemli artışların görülmemesinin sebebi, binalarda oluşan farklı büyüklükteki yatay kuvvetlerin üst yapılarda ve yalıtım diyaframında oluşan ilave burulma momenti ile dengelenmesi olarak açıklanabilir. Nümerik örnekte üç veya daha fazla bina kullanılması durumunda uzun doğrultu (X Yönü) sonuçlarına benzer artışlar Y Yönü için de beklenilebilecektir.

Makale kapsamında elde edilen sonuçlara ilave olarak, özellikle taban kesme kuvvetinin artışına ve ilave burulma etkilerinin oluşmasına bağılı olarak;

- İlave devrilme momenti nedeniyle artacak eksenel yüklerin yalıtım birimi tasarımına etkisi
- İlave devrilme momenti nedeniyle artacak eksenel yüklerin oluşturacağı ek P-Delta momentlerinin yalıtım diyaframı tasarımına etkisi
- Ortak diyaframdaki binaların depremin herhangi bir anında farklı yönlere hareket etmesi nedeniyle oluşabilecek ilave eksenel gerilmelerin yalıtım diyaframı üzerindeki etkisi
- İlave burulma etkilerinin yapısal elemanların tasarımına etkisi

bu çalışmanın devamı olarak irdelenebilir.

KAYNAKLAR

Federal Emergency Management Agency, (2012). NEHRP Recommended Seismic Provisions: Design Examples, Washington, U.S.A.

Ferraioli, M. ve Mandara, A. (2017). Base isolation for seismic retrofitting of a multiple building structure: design, construction and assessment. *Mathematical Problems in Engineering, Volume 2017, Article ID 4645834.*

Sarkisian, M., Lee, P., Long, E., Shook, D. Ve Diaz, A. (2013). Experiences with friction pendulum™ seismic isolation in California. *Earthquake Resistant Engineering Structures, Vol 132.*

Selek, M. (2013). Ortak Bir İzolasyon Tabanına Sahip Olan Binaların Sismik Davranışı. Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi.

Tsopelas, P. C., Nagarajaiah, S., Constantinou, M.C. ve Reinhorn, A. M. (1991). 3D-Basis-M: Nonlinear Dynamic Analysis of Multiple Building Base Isolated Structures, Technical Report NCEER-91-0014, State University of New York at Buffalo.

Zhou, F. L., Yang, Z., Liu, W. G. ve Tan, P. (2004). New seismic isolation system for irregular structure with the largest isolation building area in the world. *13th World Conference on Earthquake Engineering.* Vancouver, B.C., Canada, Paper No.2349.