



XVIII. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ
26 - 30 Ağustos 2013, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa

BETONARME BİNALARDA DOLGU DUVARLARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Kadir Erkan Uysal Tülay Aksu Özkul
İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, 34469, Maslak/İstanbul

ÖZET

Bu çalışmada, betonarme binalarda dolgu duvarların deprem etkisi altındaki yapısal davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. Dolgu duvarların yapının taşıyıcı sistemi üzerindeki etkileri ve dolgu duvar modelleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışmada, altı katlı ve on iki katlı iki betonarme bina kullanılmıştır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 ve TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları' na uygun olarak her iki bina için taşıyıcı sistemler tasarlanmıştır. Binalar dolgu duvarsız, tuğla dolgu duvarlı ve gazbeton dolgu duvarlı olarak oluşturulmuştur. Dolgu duvarsız, tuğla dolgu duvarlı ve gazbeton dolgu duvarlı binaların taşıyıcı sistemlerinin üç boyutlu modelleri SAP2000 yapı analiz programında oluşturulmuş ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak çözüm yapılmıştır. Dolgu duvarlar deneysel ve analitik çalışmaların ışığında eşdeğer diyagonal basınç çubukları olarak modellenmiştir. Çözümleme sonrasında tüm modellerin doğal titreşim periyotları, taban kesme kuvvetleri, yer değiştirme değerleri, kat rijitlik değerleri, burulma düzensizliği katsayıları ve etkin görelî kat ötelemesi değerleri elde edilmiştir. Modellerin analiz sonuçları karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dolgu duvar etkisi, Dolgu duvarlı çerçeveler, Dolgu duvarlı perde çerçeveler, Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu

ABSTRACT

In this study, investigating structural behavior of infill walls in reinforced concrete buildings under earthquake effect is aimed. Effects of infill walls on the bearing system of structure and the modeling of infill walls are investigated in detail. In the study, two reinforced concrete buildings, six-story and twelve-story, are examined. The bearing frame systems for each building are designed in accordance with Turkish Earthquake Code 2007 and Turkish Standards 500. The buildings are constituted without infill walls, with brick infill walls and with aerated concrete infill walls. Three dimensional models of the bearing frame systems of the buildings with and without infill walls are constituted in SAP2000 structural analysis program and analyzed by using Equivalent Seismic Load Method. Infill walls are modeled as equivalent diagonal pressure bars in the light of experimental and analytical works. After the analyses the values of free vibration periods, base shear forces, displacements, rigidities of

ories, torsional irregularity factors and effective relative story drifts of all models are obtained. The analysis results of the models are compared and commented.

Keywords: Effect of infill wall, Frames with infill walls, Shear wall-frames with infill walls, Equivalent diagonal pressure bar

1. GİRİŞ

Yapı sistemlerinin tasarımında, yapıya ağırlık dışında herhangi bir katkısının olmadığı varsayılan dolgu duvar malzemelerinin dayanım ve davranış özellikleri dikkate alınmamaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen kuramsal ve deneysel çalışmalar bize dolgu duvarların yapının deprem ve düşey yükler altında rijitlik, taşıma gücü, periyot ve sönüm gibi dinamik özelliklerine önemli katkıları olduğunu göstermiştir. Söz konusu katkılar dolgu duvar malzemelerinin dayanımlarının değişken olması ve duvar iççiliğindeki denetimin güçlüğünden dolayı tasarımlarda göz önüne alınmamaktadır. Son yıllarda bu konuda yoğun çalışmalar gerçekleştirilse de, teori eksikliği ve hesap karmaşıklığı sebebiyle dolgu duvarlar yapı standartlarında yapısal eleman olarak görülmemektedir. Ancak betonarme yapıda dolgu duvarın yapı davranışına olumlu katkı yapacak özelliklerini tanımak ve olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla dolgu duvarların özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir[1].

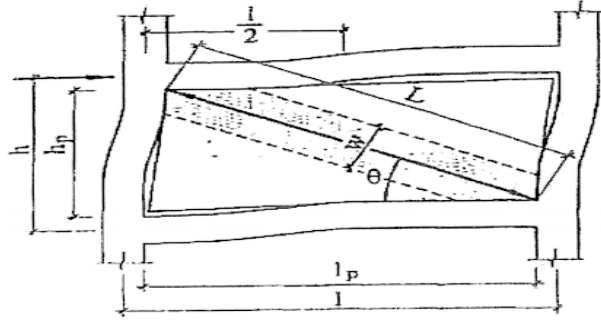
2. EŞDEĞER SANAL ÇUBUK MODELİ

Dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışı ve taşıyıcı sistemlere olan etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Gerçekleştirilen araştırmalar sonucunda çeşitli modelleme türleri ve formülasyonlar öne sürülmüştür.

Gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında dolgu duvarların modellenmesinde, dolgu duvar özelliklerinin eşdeğer sanal çubukla idealleştirildiği bir makro modelleme kullanılmıştır.

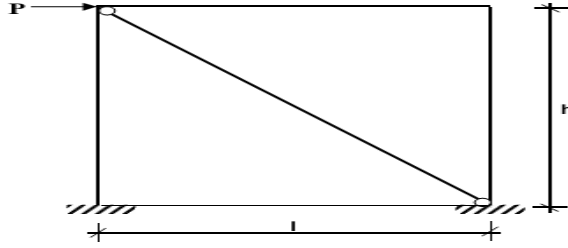
Dolgu duvarlar modellenirken çerçeve sistemine etkisinin doğru bir biçimde yansıtılabilmesi amacıyla iki temel kabul yapılmaktadır [2]. Birincisi, dolgu duvarı oluşturan tuğla elemanlar arasında boşluklar olmamalı ve bu elemanlar birbirine harç vasıtasıyla kenetlenmelidir. İkinci olarak, yük aktarımının tam yapılabilmesi için çerçeve sistem ve dolgu duvar bağlantısı iyi yapılmalıdır. Çerçeve sistem ve dolgu duvar etkileşiminde, düşük yatay yük seviyelerinde betonarme çerçeve ve dolgu duvar beraber hareket etmektedirler. Sistemde yatay yer değiştirmelerin artmasıyla birlikte çerçeve eğilme davranışı göstermeye çalışırken dolgu duvar bu durumu engelleyen bir davranış sergilemektedir. Çerçeve ve dolgu duvar birleşiminde artan yükler altında açılmalar ortaya çıkmaktadır. Söz konusu açılmalar başlangıçta çekme çaprazındaki karşılıklı iki köşe civarında başlamakta, fakat sonrasında yük seviyesinin artmasıyla genişlemektedir. Bu şartlar altında dolgu duvarda basınç kuvvetlerinin etkin olduğu çapraz basınç bölgesinin meydana geldiği görülmektedir [3]. Dolgu duvarlı çerçeveler için oldukça basit bir hesap tarzı getiren eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yaklaşımında, kat hizalarına etkiyen yatay kuvvetler altındaki dolgunun, kuvvetin etkideği bu düğüm noktası ile diyagonaldeki düğüm noktası arasında bir basınç çubuğu şeklinde davranış gösterdiği kabul edilmektedir [4].

Zarnic tarafından gerçekleştirilen çalışmada dolgu duvarlı çerçeveler L uzunluğunda ve w genişliğinde bir çubuk olarak modellenmiştir. Yapılan söz konusu modelleme Şekil 1'de verilmiştir [5].



Şekil 1 : Dolgu duvarın çözümlenme modelinde temsil edilmesi [5].

Şekil 1’de görülen basınç yükü taşıyan bu taralı bölge, dış yükler etkisindeki çerçeve sistemlerin statik çözümlenmesinde bir eşdeğer sanal çubuk ile temsil edilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında dolgu duvarların çerçeve sistemlerin davranışına etkisi iki ucu mafsallı çapraz eşdeğer sanal çubuk kullanılarak incelenmiştir. Söz konusu bu modelleme Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2 : Dolgu duvarlı çerçevenin iki ucu mafsallı çapraz eşdeğer sanal çubukla temsil edilmesi.

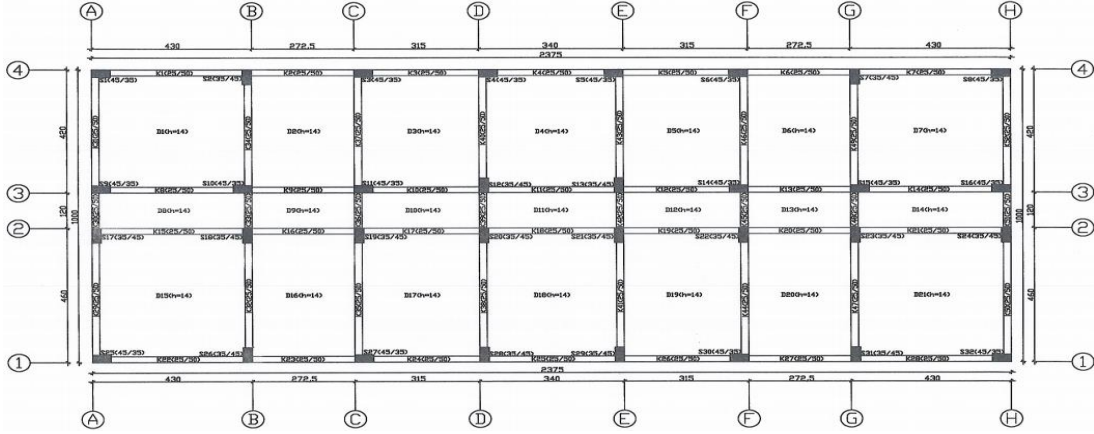
Paulay ve Priestley, eşdeğer sanal çubuk uzunluğu olan d parametresini kullanarak eşdeğer sanal çubuk genişliği olan w için dolgu duvarı temsilen rijit bir değer veren Denklem (1)’i önermişlerdir [6].

$$w = 0,25.d \quad (1)$$

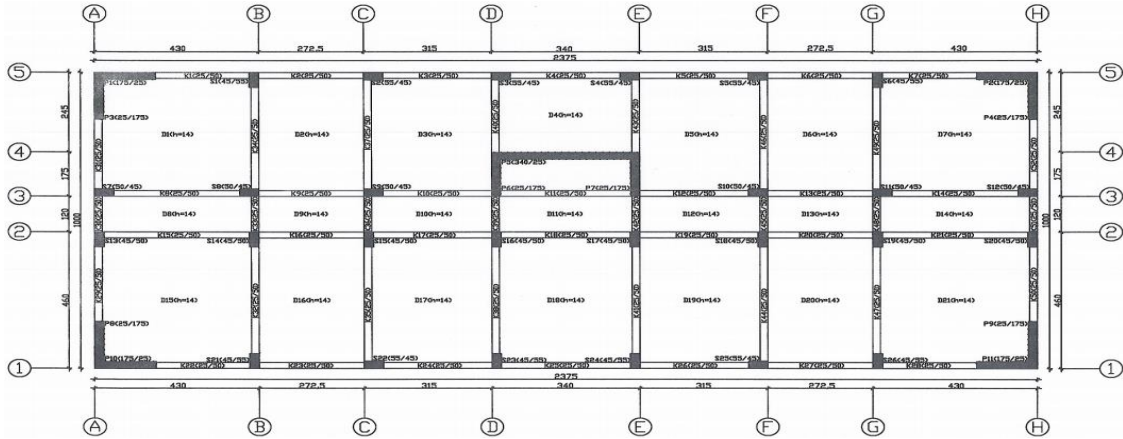
3. ÖRNEK BETONARME BİNALAR

Çalışmada, iki ayrı binanın çözümlenmesi yapılmış ve dolgu duvarların deprem etkisi altında binanın davranışına katkısı incelenmiştir. Taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan 6 katlı betonarme bina A Binası olarak ve taşıyıcı sistemi perde çerçevelerden oluşan 12 katlı betonarme bina B Binası olarak adlandırılmıştır. A Binası, 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 4 normal kattan; B Binası ise 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 10 normal kattan oluşmaktadır. Taşıyıcı elemanların ön boyutlandırması yönetmelik ve standartlar çerçevesinde yapılmıştır. A Binası’nda kolonlar tüm yapı yüksekliği boyunca aynı kesitte devam etmekte olup B Binası’nda 5. normal kattan itibaren kesit değişimi söz konusudur. B Binası’nda asansör mevcuttur ve asansör çevresi perde ile çevrilidir. B Binası’nın ayrıca tüm cephe köşe kısımlarında perdeler bulunmaktadır. A Binası’nda asansör ve herhangi bir perde bulunmamaktadır. Yapıların bodrum katı rijit perdelerle çevrilidir ve zemin kotu altında

bulunmaktadır. Yapıların kat yükseklikleri 3 m'dir. Yapılar birinci derece deprem bölgesinde yer almakta ve üzerindeki buldukları zemin Z1 yerel zemin sınıfıdır. Yapılarda C30 sınıfı beton ve S420 sınıfı betonarme çeliği kullanılmıştır. A Binası'nın ön boyutlandırılması sonrasında zemin ve normal katlarına ait kalıp planı Şekil 3'te verilmiştir. B Binası'nın ön boyutlandırılması sonrasında zemin, 1, 2, 3 ve 4. normal katına ait kalıp planı ise Şekil 4'te görülmektedir. B Binası'nın diğer katlarına ait kalıp planı aynı olup sadece kolon boyutları farklıdır.



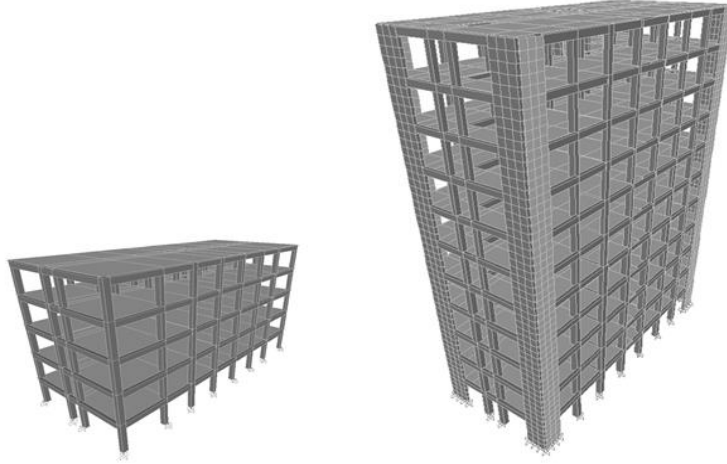
Şekil 3 : A Binası zemin ve normal kat kalıp planı.



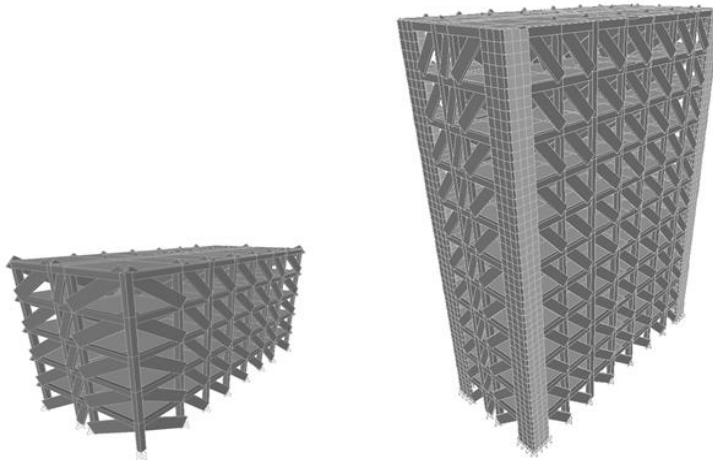
Şekil 4 : B Binası zemin, 1, 2, 3 ve 4. normal kat kalıp planı.

Yapıların taşıyıcı sistemi üç boyutlu olarak SAP2000 yapı analiz programında modellenmiş ve depremlili durum çözümlenmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan modellemelerde kolonlar ve kirişler çubuk eleman, perdeler ise kabuk eleman olarak tanımlanmıştır. Kat döşemesinin rijit diyafram hareketi yaptığı kabulüyle, kat kütlelerinin kat döşemesi hizasında, binanın kütle merkezinde toplandığı kabul edilmiştir. Her iki yapı dolgu duvarsız, tuğla dolgu duvarlı ve gazbeton dolgu duvarlı olarak modellenmiş, her modelin düşey ve yatay yükler altında çözümü yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Dolgu duvarlı modellerde "iki ucu mafsallı eşdeğer diyagonal basınç çubuğu" tekniği ele alınmıştır. Analizlerde Eşdeğer

Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’de açıklanan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi gereğince çalışma kapsamında ele alınan binaların SAP2000 modelleri zemin kotu üzerindeki kısım esas alınarak oluşturulmuştur. Şekil 5’te dolgu duvarsız yapıların, Şekil 6’da ise dolgu duvarlı yapıların SAP2000 programındaki üç boyutlu modellemeleri görölmektedir.



Şekil 5 : Dolgu duvarsız yapıların SAP2000 programındaki üç boyutlu modellemeleri.

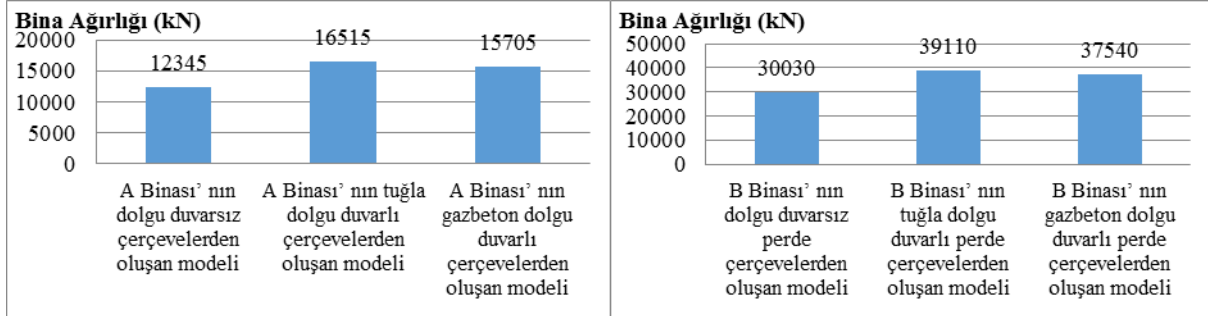


Şekil 6 : Dolgu duvarlı yapıların SAP2000 programındaki üç boyutlu modellemeleri.

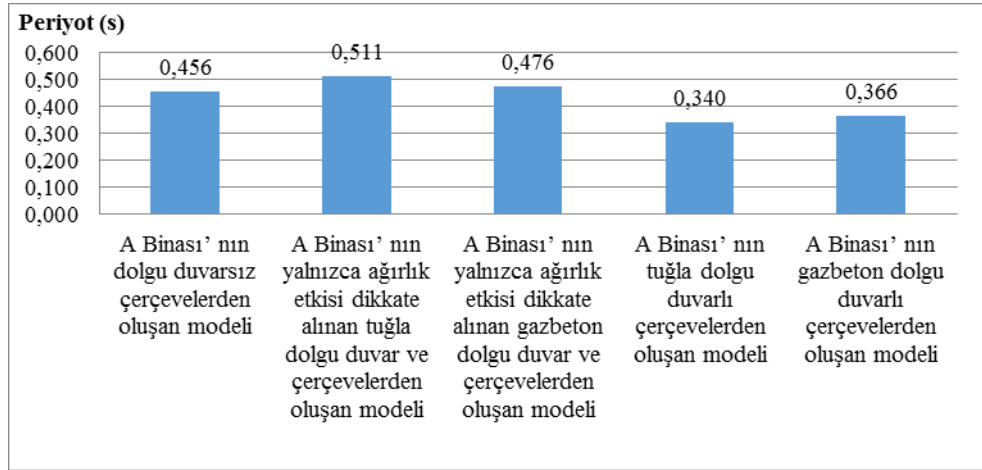
Çalışmada tuğla malzemenin birim hacim ağırlığı 8 kN/m^3 ve elastisite modülü 3000 MPa , gazbeton malzemenin birim hacim ağırlığı 4 kN/m^3 ve elastisite modülü 1500 MPa olarak alınmıştır. Çözümleme sonrasında her iki bina için dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modellere ait doğal titreşim periyotları, taban kesme kuvvetleri, yer değıştirme değeri, kat rijitlik değeri, burulma düzensizliği katsayıları ve etkin görelî kat ötelemesi değeri elde edilmiştir.

4. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

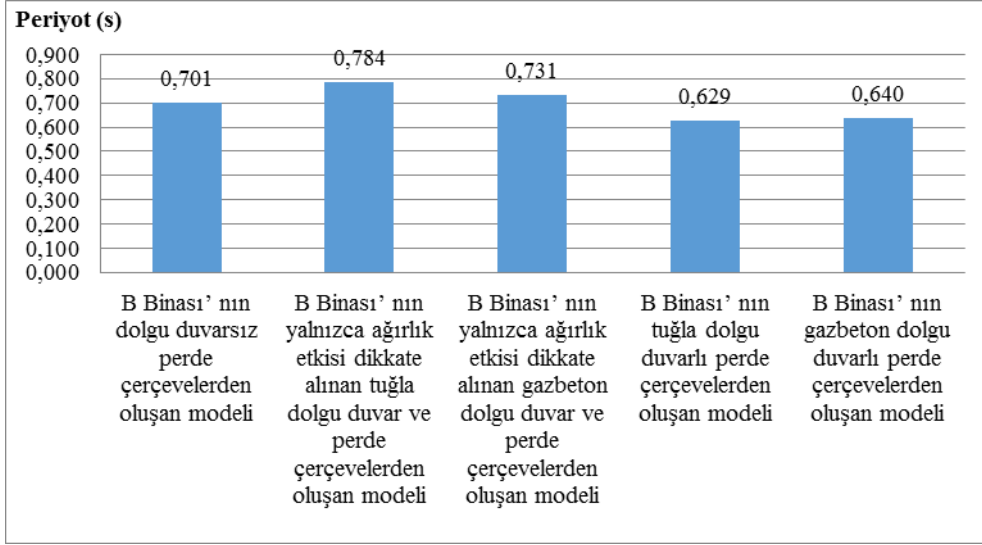
Binaların gerçekleştirilen analizleri sonucunda elde edilen değerlerinden bazılarının karşılaştırma grafikleri aşağıda verilmiştir.



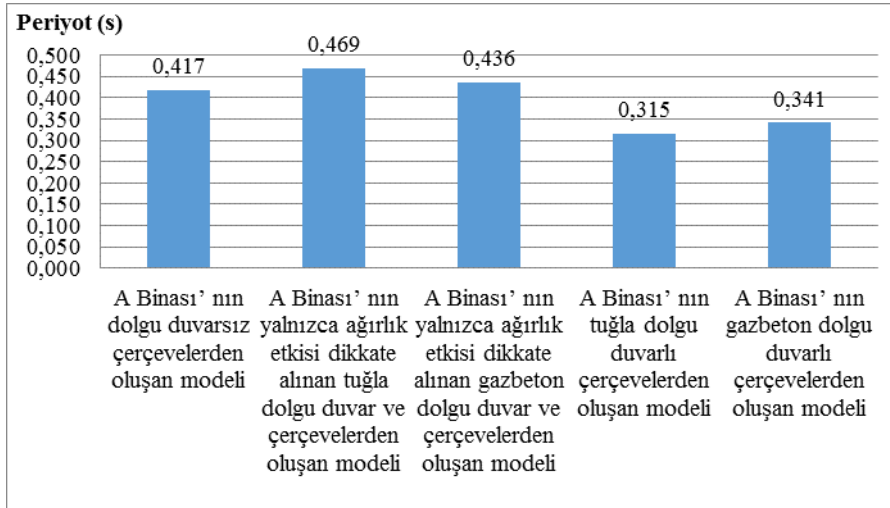
Şekil 7 : A Binası ve B Binası modellerinin bina ağırlıkları.



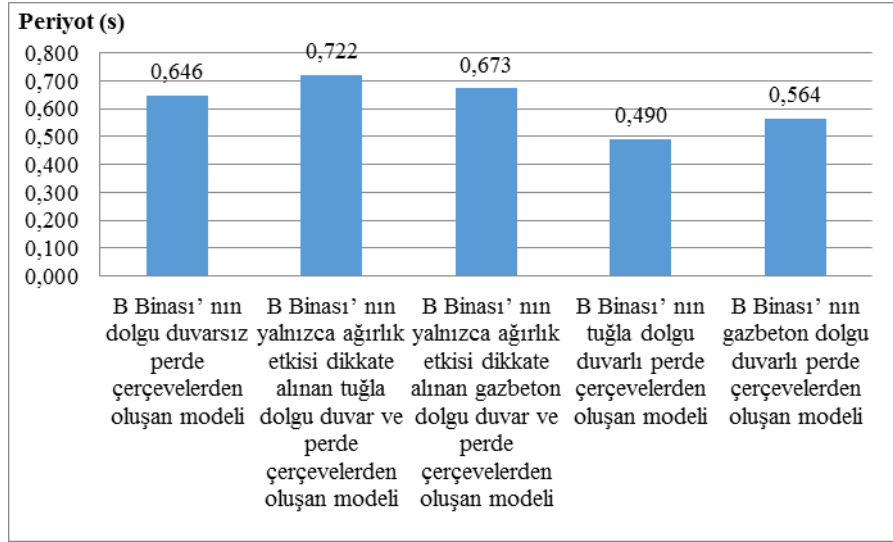
Şekil 8 : A Binası modellerinin kısa doğrultudaki periyotları.



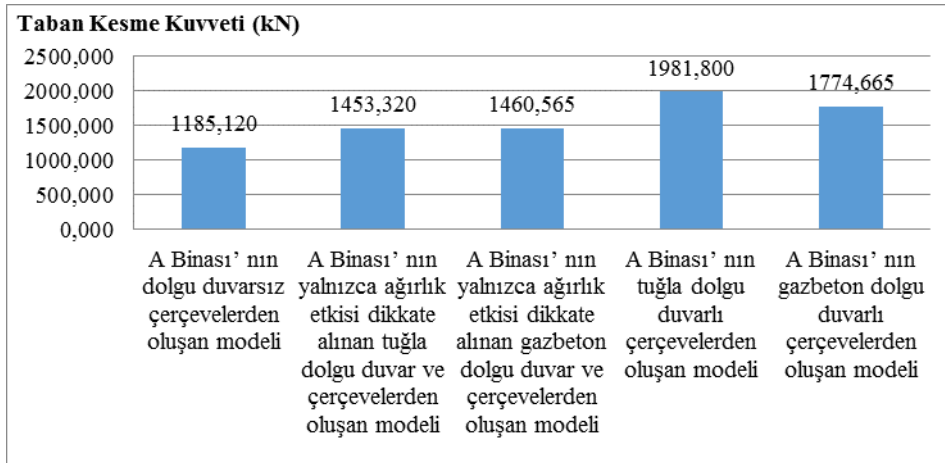
Şekil 9 : B Binası modellerinin kısa doğrultudaki periyotları.



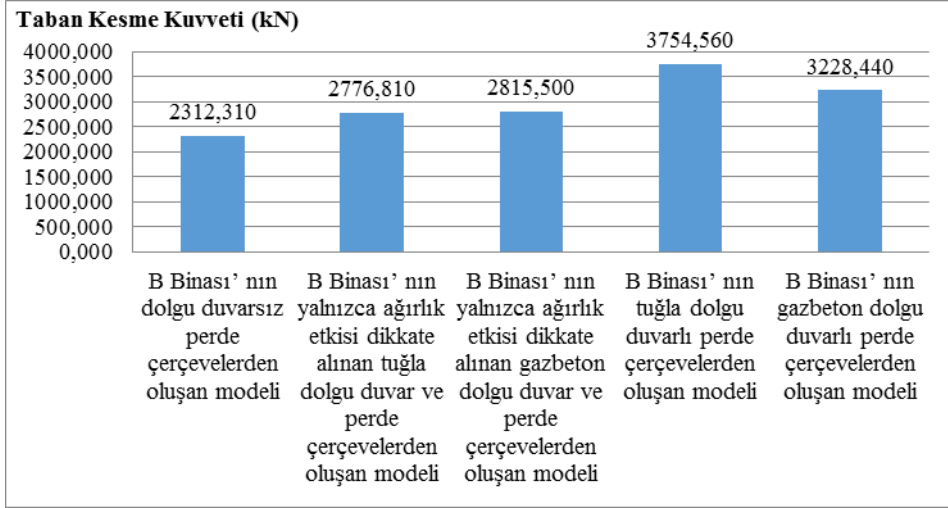
Şekil 10 : A Binası modellerinin uzun doğrultudaki periyotları.



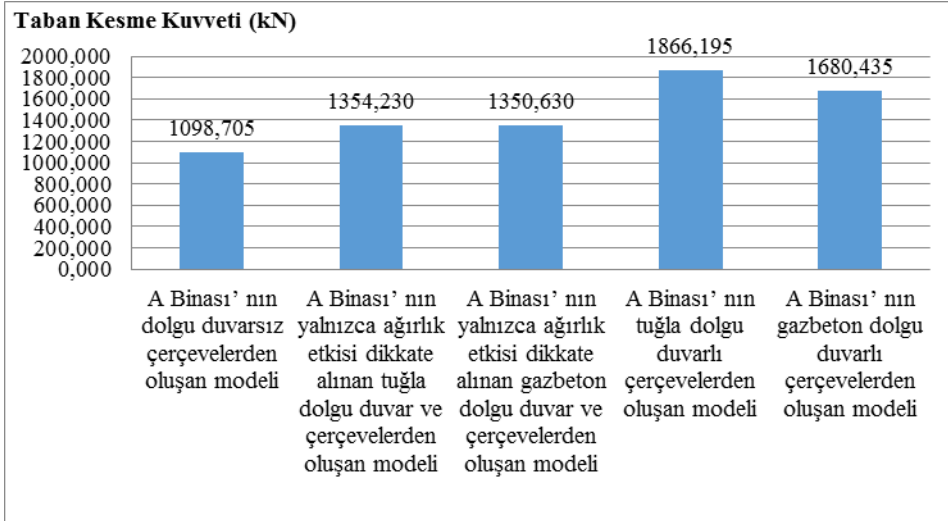
Şekil 11 : B Binası modellerinin uzun doğrultudaki periyotları.



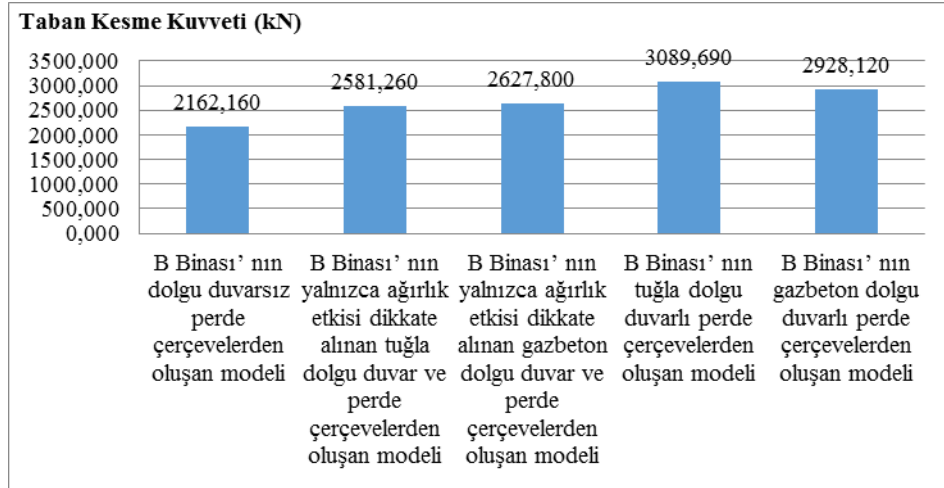
Şekil 12 : A Binası modellerinin uzun doğrultudaki taban kesme kuvvetleri.



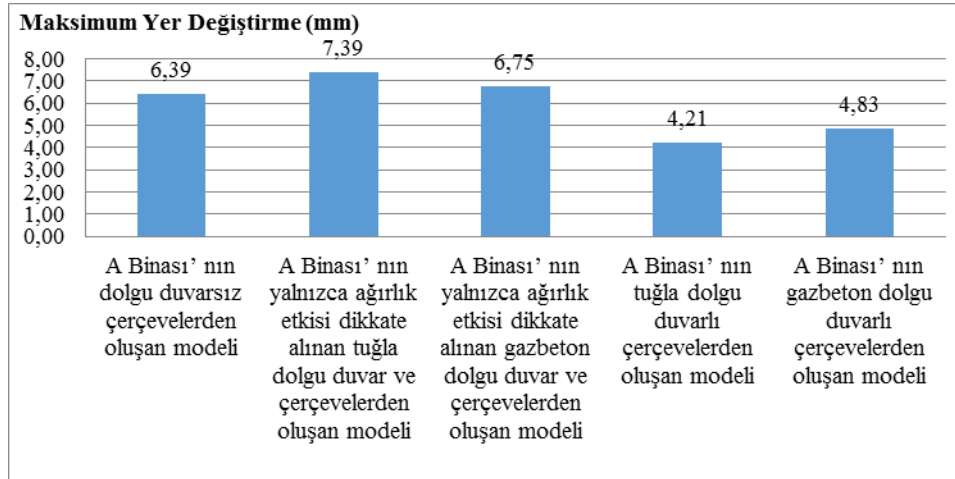
Şekil 13 : B Binası modellerinin uzun doğrultudaki taban kesme kuvvetleri.



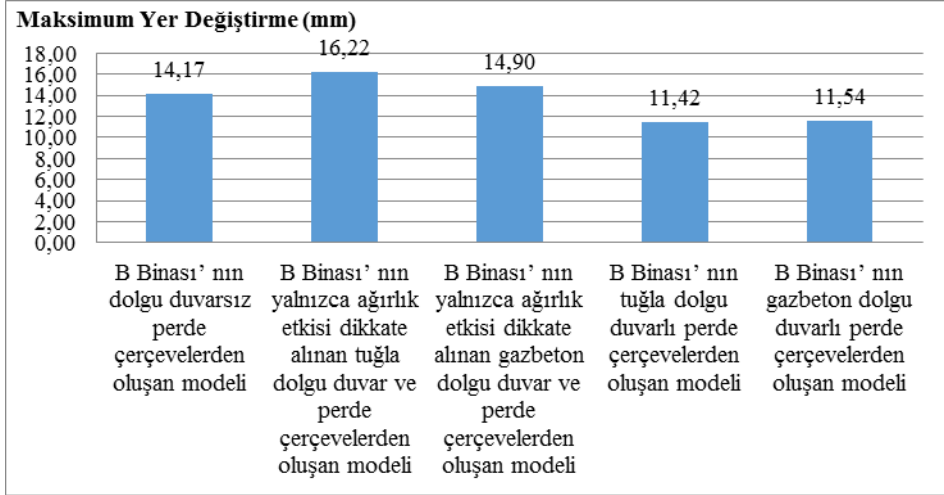
Şekil 14 : A Binası modellerinin kısa doğrultudaki taban kesme kuvvetleri.



Şekil 15 : B Binasi modellerinin kısa doğrultudaki taban kesme kuvvetleri.



Şekil 16 : A Binasi modellerinin uzun doğrultudaki maksimum yer değiştirmeleri.



Şekil 17 : B Binası modellerinin uzun doğrultudaki maksimum yer değiştirmeleri.

5. SONUÇLAR

Betonarme binalarda dolgu duvarların deprem etkisi altındaki davranışının incelenmesini esas alan bu çalışmada göz önüne alınan bina tipleri için ulaşılan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

-Bina ağırlıkları: Dolgu duvarların modellere yansıtılması ile beklenildiği üzere bina ağırlıklarında artış görülmüştür. Her iki dolgu duvar tipi için bina ağırlığındaki artış A Binası'nda B Binası'na göre daha fazla olmuştur. Bina ağırlığındaki artışın her iki bina için tuğla dolgu duvar kullanılması durumunda gazbeton kullanılması durumuna göre daha fazla olduğu da gözlenmiştir.

-Periyotlar: Dolgu duvarların modellere yansıtılması ile periyotlarda azalmalar görülmüştür. Her iki dolgu duvar tipi ve her iki doğrultu için periyottaki azalış A Binası'nda B Binası'na göre daha fazla olmuştur. Tuğla dolgu duvar ve gazbeton dolgu duvar tipi için periyottaki azalış A Binası'nın kısa ve uzun doğrultusunda yaklaşık olarak aynı iken, B Binası'nın uzun doğrultusunda kısa doğrultusuna göre daha fazla olmuştur. Ayrıca periyottaki azalışın tuğla dolgu duvar kullanılması durumunda daha fazla olduğu görülmüştür. Genel olarak, dolgu duvarların modellere yansıtılması ile rijitliklerdeki artışların bina ağırlıklarındaki artışlara oranla daha fazla olmasından dolayı periyotlarda azalmalar görüldüğü ifade edilebilmektedir.

-Taban kesme kuvvetleri: Dolgu duvarların modellere yansıtılması ile taban kesme kuvvetlerinde artışlar görülmüştür. Her iki dolgu duvar tipi ve her iki doğrultu için taban kesme kuvvetindeki artış genel olarak A Binası'nda B Binası'na göre daha fazla olmuştur. Ayrıca taban kesme kuvvetindeki artışın tuğla dolgu duvar kullanılması durumunda daha fazla olduğu gözlenmiştir. Taban kesme kuvvetindeki artış A Binası'nın kısa doğrultusunda uzun doğrultusuna göre daha fazla iken, B Binası'nın uzun doğrultusunda kısa doğrultusuna göre daha fazla olmuştur.

-Maksimum yer değiştirmeler: Dolgu duvarların modellere yansıtılması ile maksimum yer değiştirmelerde azalışlar görülmüştür. Her iki dolgu duvar tipi ve her iki doğrultu için maksimum yer değiştirmedeki azalış A Binası'nda B Binası'na göre daha fazla olmuştur. Ayrıca maksimum yer değiştirmedeki azalma miktarının tuğla dolgu duvar kullanılması durumunda daha fazla olduğu görülmüştür. Tüm modeller için maksimum yer değiştirmedeki

azalma miktarı A Binası'nın kısa ve uzun doğrultusunda yaklaşık olarak aynı iken, B Binası'nın uzun doğrultusunda kısa doğrultusuna göre daha fazla olmuştur.

-Kat rijitlikleri: Dolgu duvarların modellere yansıtılması ile kat rijitliklerinde artışlar görülmüştür. Her iki dolgu duvar tipi ve her iki doğrultu için kat rijitliğindeki ortalama artış A Binası'nda B Binası'na göre daha fazla olmuştur. Ayrıca kat rijitliğindeki ortalama artışın tuğla dolgu duvar kullanılması durumunda daha fazla olduğu görülmüştür. Kat rijitliğindeki ortalama artış A Binası'nın kısa ve uzun doğrultusunda yaklaşık olarak aynı iken, B Binası'nın uzun doğrultusunda kısa doğrultusuna göre daha fazla olmuştur.

Çalışma kapsamında ele alınan binalara ait farklı modellerin analiz sonuçlarının karşılaştırılması bize dolgu duvarların, taşıyıcı sistemlerin deprem davranışlarını büyük oranda değiştirebildiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Bayülke, N. (2003). "Betonarme Yapının Dolgu Duvarı", Türkiye Mühendislik Haberleri, 4, 426, 85-98.
- [2] Akkuzu, A. V. (2007). "Betonarme Çerçevesiz Dolgu Duvarların Deprem Etkisi Altındaki Dinamik Davranışının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Dönmez, S. (2006). "Deprem Etkisinde Betonarme Binalarda Hasarın Oluşmasında Dolgu Duvarların Modellenmesi ve Taşıyıcı Sisteme Katkısı", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Smith, B. S. (1962). "Lateral Stiffness of Infilled Frames", ASCE Structural Division Journal, pp.183- 199.
- [5] Zarnic, R. (1995). "Modelling of Masonry Infilled Frames", 10th European Conference on Earthquake Engineering, Duma.
- [6] Paulay, T., and Priestley, M. J. N. (1992). "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", USA.