

Taşıyıcı Sistemde Düşey Eleman Süreksizliğinin Sismik Çarpışma Anında Yapı Üzerine Etkisi

¹Ömer Faruk Tekin,* ¹Murat Pala

¹Faculty of Engineering Department of Civil Engineering, Adiyaman University, Turkey

Özet

Aralarında yeterli miktarda boşluk bırakılmayan yapılar, tek başlarına depreme dayanıklı olsalar bile, depremde komşu bina ile etkileşimi sonucu hasar görebilmekte ve istenmeyen sonuçlar açığa çıkabilmektedir. Bitişik nizam inşa edilen bu yapılar, arasında yeterli boşluk olmaması durumunda, meydana gelebilecek bir depremde beklenenden daha fazla hasar görecektir. Ayrıca yapıların taşıyıcı sistemlerinin düşey ve yatay düzlemlerde simetrik olarak tasarlanmaması ve düşey düzlemdeki ani değişimler de yapıların ağır hasar görmesine sebep olabilmektedir. Bitişik nizam yapıların deprem kaynaklı çarpışma analizi birçok araştırmacı tarafından yapılmış, karşılaşılabilecek farklı durumlarda yapılarda ne gibi hasarların oluşabileceği araştırılmıştır. Bu çalışmada da DBYBHY (2007)' de Taşıyıcı Sistemin Düşey Eleman Düzensizliği (B3 düzensizliği) olarak belirtilen düzensizliğe sahip yapıların komşu binalarla çarpışması durumunda açığa çıkacak etkiler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitişik nizam, derz boşluğu, düşey düzensizlikler, B3 düzensizliği

Abstract

Structures which do not have enough space between them. even if they are durable to earthquake on their own, get damaged the result of interaction with the neighbour building in earthquake and occur unwanted situations. These adjacent structures, when they do not have enough space between them, they will suffer damage more than estimated on a possible earthquake. Also, when structures' load-bearing systems is not designed symmetrically in the vertical and horizontal planes and sudden changes in vertical planes, this can cause serious damages for structures. Adjacent structures' pounding analysis is formed by earthquake is performed by many searchers, and they researched what kind of damages can happen in the different situations encountered in structures. In this study, it is investigated the released pounding effects of structures which have irregularity determined as Load-Bearing Systems' Vertical Element Irregularity (B3 Irregularity) in the DBYBHY(2007) with their neighbour buildings.

Key Words: Adjacent structures, gap, vertical irregularities, B3 irregularities.

1. Giriş

Deprem, geçmişte ve günümüzde insanlığın hayatını tehdit eden doğal afetlerin başında gelmektedir. Dünya genelinde depremler sonucu maddi manevi zarar gören hatta yaşamını yitiren milyonlarca insan vardır. Depremin ülkemiz açısından da kaçınılmaz bir gerçek olduğu bilinmektedir. Depremleri önceden bilmek ve oluşmasına engel olmak mümkün olmasa da, hafif ve orta şiddetli depremlerde hasar ve can kaybı oluşmasını engellemek, şiddetli depremler sonucu oluşacak hasarları da en aza indirmek ve oluşabilecek can kayıplarını engellemek mümkündür. Yapıları depremde hasar görse bile göçerek can kaybına sebep olmayacak şekilde tasarlamak mümkündür. Ancak bitişik nizam yapıları tek başlarına depreme karşı dayanıklı olarak inşa edilseler bile, olası bir deprem anında bitişiklikteki yapı veya yapılarla çarpışması sonucu, hesap edilenden daha büyük etkilere maruz kalmaktadırlar.

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Adiyaman University, 02040, Adiyaman, TURKEY. E-mail address: pala@adiyaman.edu.tr, Phone: +904162233808, Fax: +904162233809

Yapılan incelemeler sonucunda, çekiçleme etkisi olarak adlandırılan bu çarpışma etkilerinin yapılarda beklenmeyen hasarların meydana gelmesine sebep olduğu gözlenmiştir.

Anagnostopoulos ve Spiliopoulos (1992), aralarında yetersiz boşluk bulunan ve aynı sırada inşa edilen ikiden fazla binanın çarpışması analizini yapmışlardır. Binaların çarpışma sırasındaki ve çarpışma sonrasındaki davranışlarının, binaların kütlelerine, periyotlarına ve kat yüksekliklerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuşlardır [1]. Kumbasar (1993), kat adetleri ve kat yükseklikleri aynı bitişik nizam binaların, döşeme hizalarında çarpışması durumunu incelemiştir. Binaların farklı kütle oranları için yaptığı çalışmada, kütlelerin farklı olmasının çarpışma durumu için önemini ortaya koymuştur. Derz olarak kullanılan malzemelerin şekil değiştirebilme yeteneğinin fazla olması durumunda, çarpışma etkisinin önemli oranda azalabileceğini açıklamıştır [2]. Jankowski (2005), binalar arası çarpışma analizleri gerçekleştirmiştir. Oluşturduğu modelde, binalar arasındaki çarpışma kuvvetini, lineer olmayan viskoelastik, lineer viskoelastik ve lineer olmayan elastik olarak ayrı ayrı modellemiştir ve sonuçları karşılaştırmıştır. Lineer olmayan elastik çarpışma modelinin, çarpışma sonrası kaybedilen enerjinin önemli olmadığı durumlarda kullanılabilirliğini vurgulamıştır [3]. Çetinkaya ve Akköse (2011), farklı yüksekliklere sahip, biri esnek diğeri rijit iki binanın, deprem anında çarpışması durumunu analiz etmişlerdir. Farklı kat ve bina yüksekliklerine sahip binaların döşeme-kolon çarpışması durumlarını, lineer viskoelastik ve lineer olmayan elastik yay modelleri için gerçekleştirmiş ve sonuçları karşılaştırmışlardır [4].

Taşıyıcı Sistemin Düşey Eleman Düzensizliği (B3 düzensizliği), DBYBHY (2007)' ye göre, yapılarda kaçınılması gereken durumlardan biri olmasına rağmen [5], özellikle yapıların zemin katlarının işyeri olarak tasarlandığı durumlarda düşey taşıyıcı elemanlarda bir takım süreksizlikler oluşturulmaktadır. Bu çalışmada B3 düzensizliği olarak adlandırılan düzensizliğe sahip bitişik nizam binaların depremde çarpışması durumu incelenmiştir.

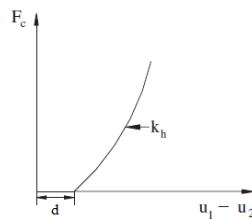
2. Çarpışma Modeli

Bu çalışmada çarpışma modelini temsil edebilmek amacıyla Hertz yasasından faydalanılmıştır. Hertz modelinde binalar arası kuvvet aktarımını belirleyebilmek amacıyla lineer olmayan elastik yay kullanılmaktadır. Binalar arası tanımlanan boşluğun (d) kapanması ile yay devreye girmekte ve kuvvet aktarmaktadır. Çarpışma kuvveti aşağıdaki şekilde gösterilmiştir [6];

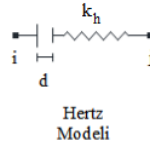
$$F_c = k_h (u_1 - u_2 - d)^{3/2} \quad u_1 - u_2 - d > 0 \quad (\text{çarpışmanın olduğu durum}) \quad (1)$$

$$F_c = 0 \quad u_1 - u_2 - d \leq 0 \quad (\text{çarpışmanın olmadığı durum}) \quad (2)$$

Burada; u_1 ve u_2 komşu binaların aynı doğrultuda rölatif yer değiştirmeleri, d binalar arası bırakılan boşluk, k_h yay sabiti, F_c ise çarpışma kuvvetini temsil etmektedir. Şekil 1'de yay ile çarpışma kuvveti arasındaki ilişki verilmiştir [6].



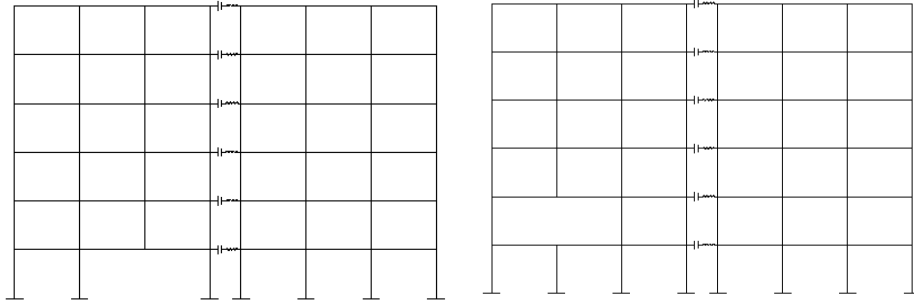
Şekil 1. Lineer olmayan elastik yay modelinde çarpışma kuvveti ile yer değiştirme arasındaki ilişki [6]



Şekil 2. Hertz (Lineer olmayan elastik) yay modeli [4]

3. Sayısal Uygulama

Bu çalışmada, DBYBHY (2007)'de B3 düzensizliği olarak ifade edilen, Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliğine sahip bir binanın kendisine bitişik inşa edilmiş olan diğer bir binayla çarpışması sonucu yapıda meydana gelecek kesit tesirleri incelenmiştir. Şekil 3' te görüldüğü üzere kat yükseklikleri aynı olan 6 katlı iki bina modellenmiştir. Binalar arasındaki mesafe DBYBHY' de belirtilen minimum mesafe göz önünde bulundurularak 2 cm' den başlayarak 7 cm' e kadar 1 er cm artırılarak her durum ayrı olarak incelenmiştir. Böylece yönetmelik gereği bırakılması gereken 7 cm derz boşluğunun dikkate alınmadığı durumlar incelenmiştir. Binalar arasındaki çarpışma Hertz modeli ile temsil edilmiştir. Kat seviyelerinde döşeme-döşeme çarpışmasını temsil edebilmek amacıyla 24 adet yay elemanı kullanılmıştır.



Şekil 3. B3 düzensizliğine sahip binada düzensiz akslar

DBYBHY (2007) tablo 2.1' de B3 düzensizliği; 'taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu' olarak tanımlanmaktadır.

Oluşturulan bina modellerinde ilk önce herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arasındaki çarpışma durumu incelenmiştir. Daha sonra DBYBHY' de belirtilen B3 düzensizliğini oluşturmak amacıyla binaların birinde biri ilk zemin katta, diğeri birinci katta farklı akslarda olmak üzere iki adet kolon çıkarılmış ve diğer kat kolonları kirişlere oturtulmuştur. Böylece yapıların birinde B3 düzensizliği oluşturulmuş ve bu haliyle depremde diğer binayla çarpışması durumunda açığa çıkacak etkiler incelenmiştir.

Kat yükseklikleri her iki binada da 3 m' dir. Sol taraftaki binada bütün katlarda kolon boyutları 40 cm x 40 cm, kiriş boyutları 60 cm x 25 cm Döşeme kalınlığı ise 14 cm olarak

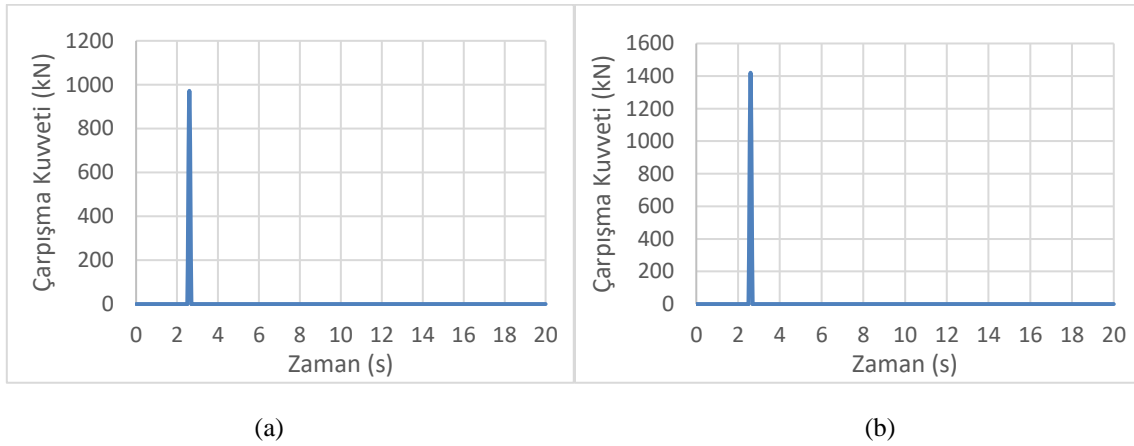
modellenmiştir. Sağdaki binada ise bütün katlarda kolon boyutları 50 cm x 50 cm olarak alınmıştır. Kiriş boyutları 60 cm x 25 cm alınmıştır. Döşeme kalınlığı da 14 cm alınmıştır. Çarpışmayı temsil etmesi açısından her kat seviyesinde olmak üzere toplamda 24 adet yay elemanı kullanılmıştır.

Oluşturulan modelde beton-beton çarpışmalarını temsil edebilmek için Jankowski (2005)'te deneysel çalışmalar sonucu tespit edilmiş olan $k_h = 1,19 \times 10^9 \text{ N/m}^{3/2}$ değeri [3], lineer olmayan elastik yay sabiti olarak kullanılmıştır. Betonun birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3 , poisson oranı $\nu = 0,2$ ve sınıfı C25/30 alınmıştır.

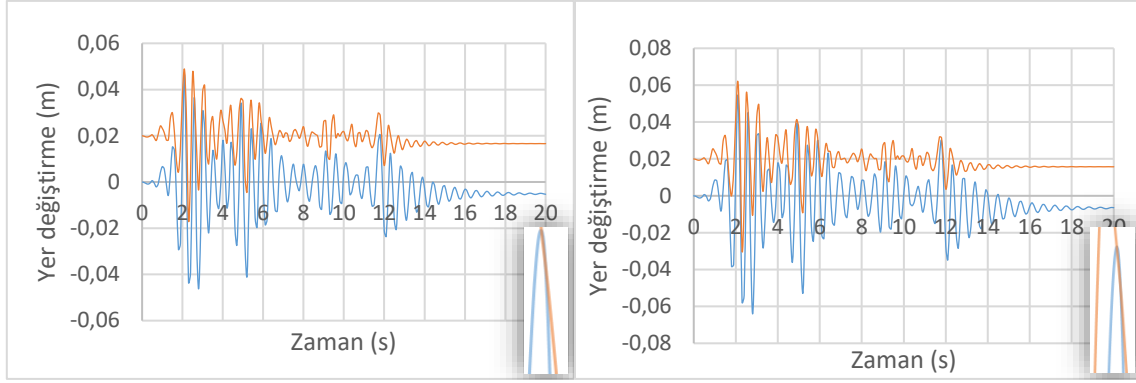
Dinamik analizler, 1940 El Centro depremi verileri kullanılarak SAP2000 programı yardımıyla Zaman Tanım Alanında Mod Süperpozisyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. Bulgular

Hertz modelinde çarpışma zamanı ve çarpışma kuvveti belirlenebilmektedir. Binalar arasındaki mesafe değiştikçe çarpışmanın zamanı, sayısı ve kuvveti de değişmektedir. Binalar arasındaki mesafe 2 cm iken, B3 düzensizliğinin olduğu durumda binaların 9,12,15 ve 18 m seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmekte ve çarpışma kuvvetleri açığa çıkmaktadır. Bu kuvvetlerden en büyüğü 12 m seviyesinde 2,6. saniyede 1420,18 kN olarak açığa çıkmıştır (şekil 4-b). Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda ise binaların 9 ve 15 m seviyelerinde çarpışma meydana gelmiştir. Bu çarpışma sonucu açığa çıkan kuvvetlerden en büyüğü 2,6. saniyede 971,80 kN olarak açığa çıkmıştır (şekil 4-a). Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durum ve B3 düzensizliğinin olduğu durumlarda, binalar arası mesafe 2 cm iken, en büyük çarpışma kuvvetinin meydana geldiği noktaların rölatif yer değiştirme grafikleri de sırayla şekil (5-a) ve şekil (5-b)' de verilmiştir.



Şekil 4. B3 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti

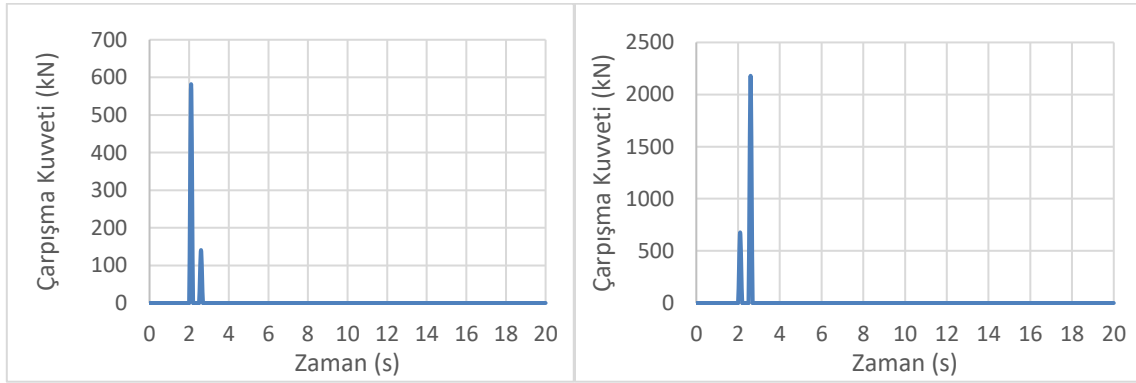


(a)

(b)

Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.5. B3 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme

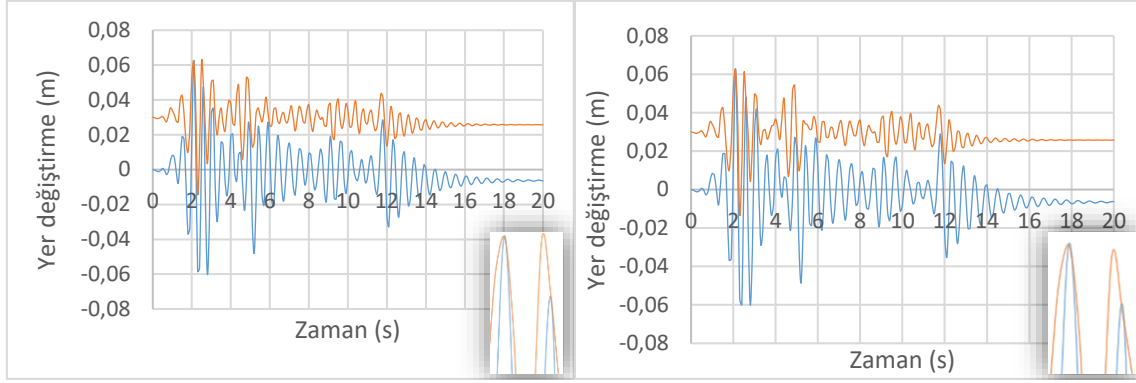
Binalar arasındaki mesafe 3 cm iken, B3 düzensizliğinin olduğu durumda binaların 12,15 ve 18 m seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmekte ve çarpışma kuvvetleri açığa çıkmaktadır. Bu kuvvetlerden en büyüğü 12 m seviyesinde 2,6. saniyede 2179,90 kN olarak açığa çıkmıştır (şekil 6-b). Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda ise binaların 12 m seviyelerinde çarpışma meydana gelmiştir. Bu çarpışma sonucu açığa çıkan kuvvetlerden en büyüğü 2,1. saniyede 581,93 kN olarak açığa çıkmıştır (şekil 6-a). Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durum ve B3 düzensizliğinin olduğu durumlarda, binalar arası mesafe 3 cm iken, en büyük çarpışma kuvvetinin meydana geldiği noktaların rölatif yer değiştirme grafikleri de sırayla şekil (7-a) ve şekil (7-b)' de verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 6. B3 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti

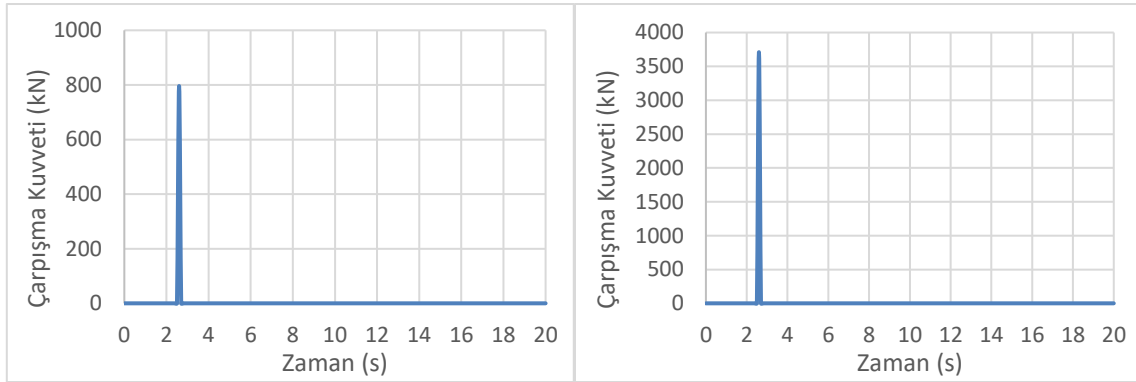


(a)

(b)

Şekil 7. B3 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme

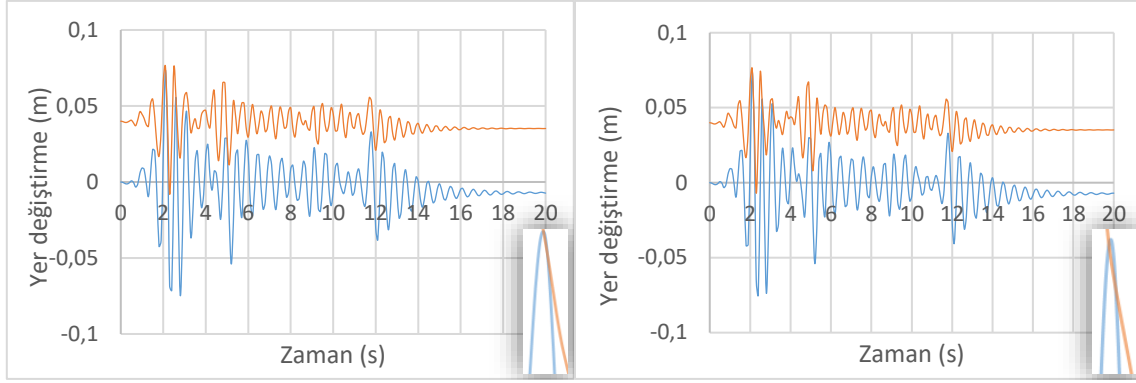
Binalar arasındaki mesafe 4 cm iken, B3 düzensizliğinin olduğu durumda binaların 15 ve 18 m seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmekte ve çarpışma kuvvetleri açığa çıkmaktadır. Bu kuvvetlerden en büyüğü 15 m seviyesinde 2,6. saniyede 3709,80 kN olarak açığa çıkmıştır (şekil 8-b). Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda ise binaların 12, 15 ve 18 m seviyelerinde çarpışma meydana gelmiştir. Bu çarpışma sonucu açığa çıkan kuvvetlerden en büyüğü 2,6. saniyede 795,95 kN olarak açığa çıkmıştır (şekil 8-a). Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durum ve B3 düzensizliğinin olduğu durumlarda, binalar arası mesafe 4 cm iken, en büyük çarpışma kuvvetinin meydana geldiği noktaların rölatif yer değiştirme grafikleri de sırayla şekil (9-a) ve şekil (9-b)' de verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 8. B3 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti

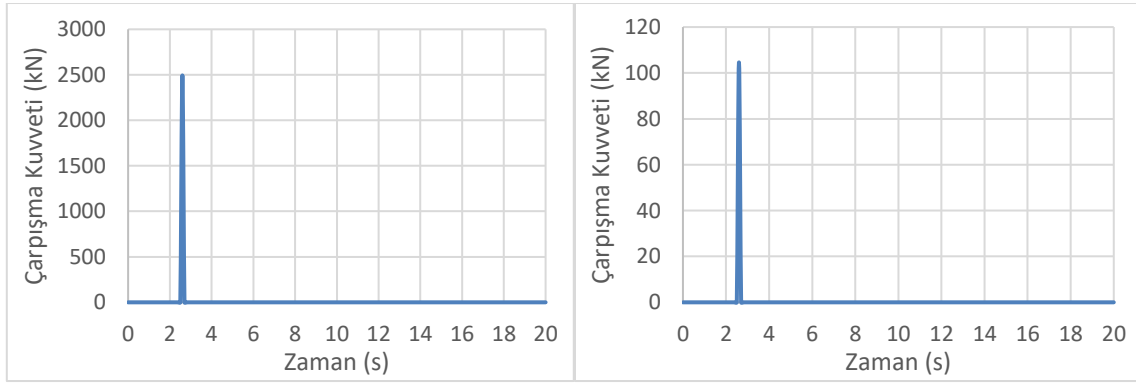


(a)

(b)

Őekil 9. B3 dűzensizlięinin olduęu ve olmadıęı durumlarda binalar arası mesafe 4 cm iken açıęa çıkan en bűyűk çarpıřma kuvvetinin açıęa çıktıęı noktalar arası rűlatif yer deęiřtirme

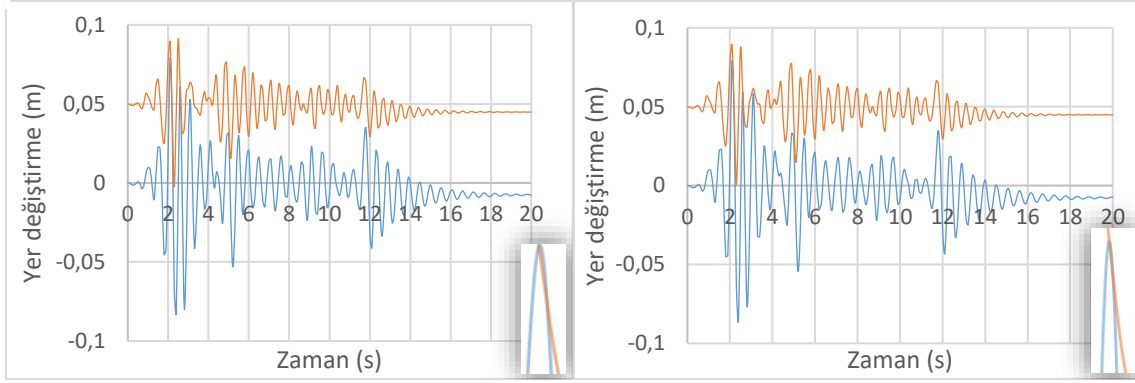
Binalar arasındaki mesafe 5 cm iken, B3 dűzensizlięinin olduęu durumda binaların 18 m seviyelerinde çarpıřma meydana gelmekte ve çarpıřma kuvveti açıęa çıkmaktadır. Bu kuvvet 2,6. saniyede 104,60 kN olarak açıęa çıkmıřtır (Őekil 10-b). Herhangi bir dűzensizlięin olmadıęı durumda ise binaların 18 m seviyelerinde çarpıřma meydana gelmiřtir. Bu arpıřma sonucu açıęa çıkan kuvvet 2,6. saniyede 2493,37 kN olarak açıęa çıkmıřtır (Őekil 10-a). Herhangi bir dűzensizlięin olmadıęı durum ve B3 dűzensizlięinin olduęu durumlarda, binalar arası mesafe 5 cm iken, en bűyűk çarpıřma kuvvetinin meydana geldięi noktaların rűlatif yer deęiřtirme grafikleri de sırayla Őekil (11-a) ve Őekil (11-b)' de verilmiřtir.



(a)

(b)

Őekil 10. B3 dűzensizlięinin olduęu ve olmadıęı durumlarda binalar arası mesafe 5 cm iken açıęa çıkan en bűyűk çarpıřma kuvveti

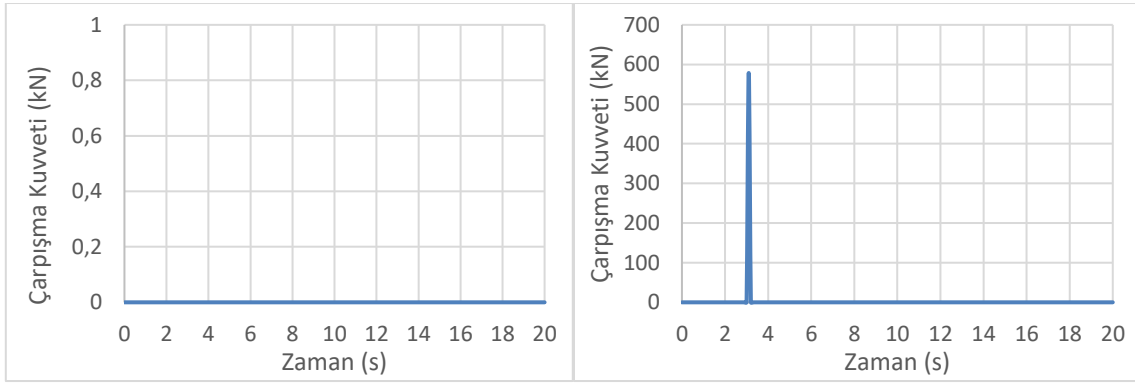


(a)

(b)

Őekil 11. B3 dűzensizlięinin olduęu ve olmadıęı durumlarda binalar arası mesafe 5 cm iken açıęa ıkkan en bűyűk çarpıřma kuvvetinin açıęa çıktıęı noktalar arası rűlatif yer deęiřtirme

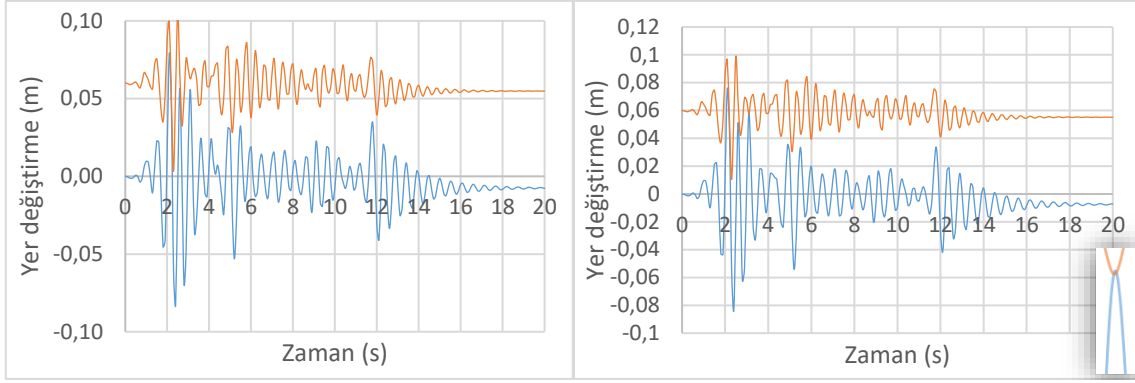
Binalar arasındaki mesafe 6 cm iken, B3 dűzensizlięinin olduęu durumda binaların 15 m seviyelerinde çarpıřma meydana gelmekte ve çarpıřma kuvveti açıęa çıkmaktadır. Bu kuvvet 3,1. saniyede 578,62 kN olarak açıęa çıkmıřtır (Őekil 12-b). Herhangi bir dűzensizlięin olmadıęı durumda ise binalarda çarpıřma meydana gelmemiřtir (Őekil 12-a). Binalar arası mesafe 6 cm iken herhangi bir dűzensizlięin olmadıęı durumda çarpıřmanın olmadıęını gűsteren ve B3 dűzensizlięinin olduęu durumda en bűyűk çarpıřma kuvvetinin meydana geldięi noktaların rűlatif yer deęiřtirme grafikleri de sırayla Őekil (13-a) ve Őekil (13-b)' de verilmiřtir.



(a)

(b)

Őekil 12. B3 dűzensizlięinin olduęu ve olmadıęı durumlarda binalar arası mesafe 6 cm iken açıęa ıkkan en bűyűk çarpıřma kuvveti

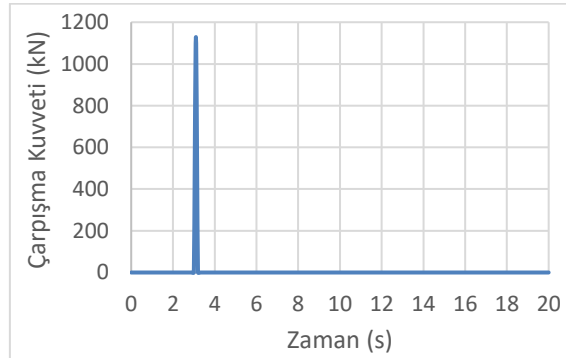


(a)

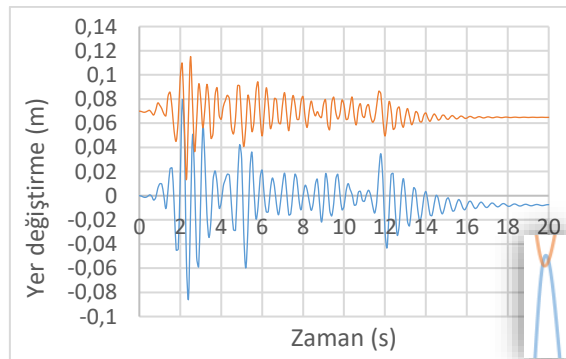
(b)

Őekil 13. B3 dűzensizlięinin olduęu ve olmadıęı durumlarda binalar arası mesafe 6 cm iken açıęa çıkan en bűyűk çarpıřma kuvvetinin açıęa çıktıęı noktalar arası rűlatif yer deęiřtirme

Binalar arasındaki mesafe 7 cm iken, B3 dűzensizlięinin olduęu durumda binaların 18 m seviyelerinde çarpıřma meydana gelmekte ve çarpıřma kuvveti açıęa çıkmaktadır. Bu kuvvet 3,1. saniyede 1128,82 kN olarak açıęa çıkmıřtır (Őekil 14-a). Herhangi bir dűzensizlięin olmadıęı durumda ise binalarda çarpıřma meydana gelmemiřtir. Binalar arası mesafe 7 cm iken B3 dűzensizlięinin olduęu durumda en bűyűk çarpıřma kuvvetinin meydana geldięi noktaların rűlatif yer deęiřtirme grafięi Őekil (14-b)' de verilmiřtir.



(a)



(b)

Őekil 14. B3 dűzensizlięinin olduęu durumda binalar arası mesafe 7 cm iken açıęa çıkan en bűyűk çarpıřma kuvveti ve kuvvetin açıęa çıktıęı noktalar arası rűlatif yer deęiřtirme

5. Sonuçlar

DBYBHY (2007)' de komşu binalar arası bırakılacak mesafe ile ilgili bölümün 2.10.3.2. maddesi gereğince bırakılması gereken minimum boşluk miktarı olan 7 cm'nin incelenen durum için yeterli olmadığı görülmüştür. İlgili yönetmelik hükmü bitişik nizam yapılar arasına bırakılacak olan derz mesafeleri açısından düzensizlik bulunan yapılarda arttırılabilir.

Açığa çıkan çarpışmaların zamanı, sayısı ve kuvveti, yapılar arasına bırakılan mesafeye bağılı olarak değışmektedir. Mesafe değıştikçe, açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin oluştugu kat seviyeleri de değışmektedir.

Yönetmelikte belirtilen minimum derz boşluğu bırakılmadığı zaman meydana gelen çarpışma kuvvetleri, mesafe azaldıkça binalarda sadece tek bir katta değıl, yapıların diğerkatlarında da meydana gelmektedir.

B3 düzensizliğinin olduğu durumda açığa çıkan çarpışma kuvveti, düzensizliğin olmadığı durumdan genellikle daha yüksek çıkmıştır. Sadece binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan kuvvet, düzensizliğin olmadığı durumda daha yüksek çıkmıştır. Bu da binaların mod şeklinin değışmesi ile açıklanabilir.

Referanslar

- [1] Anagnostopoulos, SA., Spiliopoulos, KV. An investigation of earthquake induced pounding between adjacent buildings, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Earthquake Engng Struct, 1992. 21, 289-302.
- [2] Kumbasar, N., 1993. Deprem Kayma Çerçevelerin Kayma Problemi, İMO Teknik Dergi, 47, 609-617.
- [3] Jankowski, R. Non-linear viscoelastic modeling of earthquake-induced structural pounding, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Earthquake Engineering Structures 2005; 34:595-611.
- [4] Çetinkaya, G., Akköse, M. Depreme maruz farklı yükseklikteki iki komşu betonarme binanın çarpışma analizi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ekim 2011, ODTÜ, ANKARA.
- [5] DBYBHY Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Türk Standartlar Enstitüsü, 2007, Ankara, Türkiye.
- [6] Muthukumar, S. ve DesRoches, R. A Hertz Contact Model with Non-linear damping for Pounding Simulation. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Earthquake Engineering Structures 2006; 35:811-828.