Depreme Maruz Zayıf Kat Düzensizliğine Sahip Bitişik Nizam Binaların Çarpışma Analizi

[1]Murat Pala, *[1]Ömer Faruk Tekin
[1]Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 02040, Adıyaman, Türkiye
Geliş Tarihi: 2016-11-30 Kabul Tarihi: 2017-01-10

Öz

Farklı dinamik karakterlere sahip yapılar deprem esnasında farklı salınım periyotlarına sahip olmaktadır. Deprem esnasında bitişik nizam olarak inşa edilen bu yapılar aralarında yeterli derz bırakılmamışsa birbirlerine çarparak ağır hasarlar oluşmasına sebep olmaktadırlar. Ayrıca yapıların taşıyıcı sistemlerinin düşey ve yatay düzlemlerde simetrik olarak tasarlanmaması ve düşey düzlemdeki ani rijitlik değişimleri de yapıların ağır hasar görmesine sebep olabilmektedir. Bu çalışmada aralarında yeterli boşluk bırakılmamış zayıf kat düzensizliğine sahip yapıların deprem esnasındaki davranışları incelenecektir. Çalışmada 1940 El Centro deprem kaydı kullanılarak zayıf kat düzensizliğine sahip bitişik nizam yapılar SAP 2000 paket programı yardımı ile çözülerek çarpışma olmayan durumdaki davranışları ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitişik nizam, salınım Periyodu, rijitlik, derz boşluğu, zayıf kat

Collision Analysis Earthquake Exposed Adjacent Structure Which Has Weak Storey Irregularities

[1]Murat Pala, *[2]Ömer Faruk Tekin
[1]Faculty of Engineering Department of Civil Engineering, Adiyaman University, 02040, Adiyaman, Turkey

Abstract

Structures with different dynamic behaviour is having different oscillation period during earthquakes. These structures built as adjacent to each other, they collide with and causing serious damage, if buildings are not separated properly from each other. Also not designed to be symmetrical the load bearing systems of structures in the vertical and horizontal plane and sudden changes of stiffness on vertical plane, may also cause severe damage to the structures. In this study, behaviour of structures with weak storey irregularity and has not enough gaps between them were examined during earthquakes. In this study, different adjacent structures analysed with weak storey irregularity, using SAP 2000 program and results was compared with the behaviour of the non-collision case.

Keywords: Adjacent structure, oscillation period, stiffness, gap, weak storey

1. Giriş

Artan dünya nüfusu ve bunun yanında hızla artan şehirleşmeyle birlikte, şehirlerde alan sıkıntısını meydana gelmektedir. Bu sıkıntı, araziyi olabildiğince yoğun kullanma ihtiyacını doğurmuştur. Özellikle büyük şehirlerde, yapıların bitişik nizam olarak inşa edilmesi daha sık karşılaşılır bir durum haline gelmiştir.

Yapı tek başına depreme karşı dayanımı yüksek olarak inşa edilmiş olsa bile, bitişik nizam olarak inşa edildiğinde, binalar arasında yeterli boşluk olmaması durumunda, meydana gelebilecek bir depremde, çarpışma etkisiyle beklenenden daha fazla hasar görecektir. Bitişik nizam yapıların, deprem kaynaklı çarpışma analizi birçok araştırmacı tarafından yapılmış, karşılaşılabilecek farklı durumlarda yapılarda ne gibi hasarların oluşabileceği araştırılmıştır. 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,

*Sorumlu Yazar: Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 02040, Adıyaman, Türkiye, E-mail: ftekin@adıyaman.edu.tr Tel: +90 (416) 223 3800 /2749

Doi: 10.21541/apjes.21599

döşeme hizalarında çarpışması durumunu incelemiştir. Binaların farklı kütle oranları için yaptığı çalışmasında, 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]. Chau vd. (2004), tasarladıkları iki farklı yapının depremde burulma çarpışmasını analiz etmek amacıyla hem teorik olarak hem de deneysel olarak çarpışma durumunu modellemiş ve elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmaların nümerik sonuçları göstermiştir ki, yapıların depremde davranışları çarpışma sonucu ani bir biçimde değişmektedir. Yine yaptıkları sarsma tablası deneyleri sonucunda yapıların gerek ötelenme, gerekse burulma davranışlarının yapının burulma özellikleriyle birlikte değiştiği sonucunu elde etmişlerdir [3].

Wang ve Chau (2008), simetrik olmayan iki bina arasındaki burulma çarpışmasını lineer olmayan Hertz modeli tekniğini kullanarak modellemiştir. Yapılan çalışmalar sonucu, genel olarak burulma etkisinin ötelenme etkisine göre karmaşık olduğunu ifade etmiştir [4]. Doğan ve Günaydın (2009), bitişik nizam yapıların çarpışma noktalarının yerinin değişmesiyle yapıların davranışında nasıl bir değişme meydana geleceğini araştırmışlardır. Kolon kiriş birleşim noktası seviyesinde meydana gelen çarpışma sonucunda, kolon kiriş birleşim bölgesinin daha rijit bir yapıya sahip olmasından kaynaklı olarak çarpışma kuvvetinin bütün çerçeve elemanlarına aktarıldığı görülmüştür. Çarpışmanın kolonun orta noktasında meydana gelmesi durumunda ise çarpışma kuvvetinin yapının diğer elemanlarına aktarılmasının mümkün olmadığı sonucunu elde etmişlerdir. Sonuç olarak kat seviyesindeki çarpışmaların daha az hasara neden olacağı sonucunu elde etmişlerdir [5]. Mahmoud vd. (2012), deprem etkisi altında eşit yükseklikteki lineer olmayan iki yapının çarpışmasının yanı sıra, zemin esnekliğinin de bu iki yapıya etkisini incelemiştir. Analizler sonucunda zeminin döngüsel ve yatay hareketlerinin iki binanın çarpışmasına etki ettiğini gözlemlemiştir [6].

Ehab vd. (2014), bitişik nizam inşa edilen yapıların arasında yeterli miktarda derz boşluğu bırakılmamasından kaynaklı çarpışması durumlarını incelemişlerdir. Oluşturdukları modelleri farklı kat yükseklikleri ve farklı kat ağırlıkları altında 6 farklı şekilde gruplandırarak çarpışma durumlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak bırakılan derz boşluğu miktarının azalmasıyla çarpışma kuvvetinin arttığı sonucu elde etmişlerdir. Ayrıca farklı derz mesafelerinde meydan gelen çarpışmalar sonucunda taban kesme kuvvetlerinde ciddi bir değişmenin meydana gelmediğini gözlemlemişlerdir [7].

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)'de, planda ve düşey doğrultuda düzensizliklerden kaçınılması tavsiye edilmektedir [8]. Ancak, özellikle zemin katların işyeri olarak kullanılması sebebiyle bölme duvarların kaldırılması veya kolon boyutlarının değiştirilmesi gibi durumlar, yönetmelikte B1 düzensizliği olarak adlandırılan – Komşu Katlar Dayanım Düzensizliğine (zayıf kat) – sahip yapıların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada zayıf kat düzensizliğine sahip komşu binaların çarpışması durumu incelenmiştir.

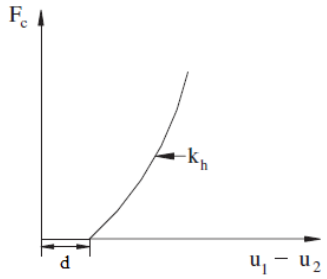
2. Çarpışma Modeli

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];

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

$$F_c = 0 \qquad u_1-u_2-d \le 0$$
(çarpışmanın olmadığı durum) (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 [9].

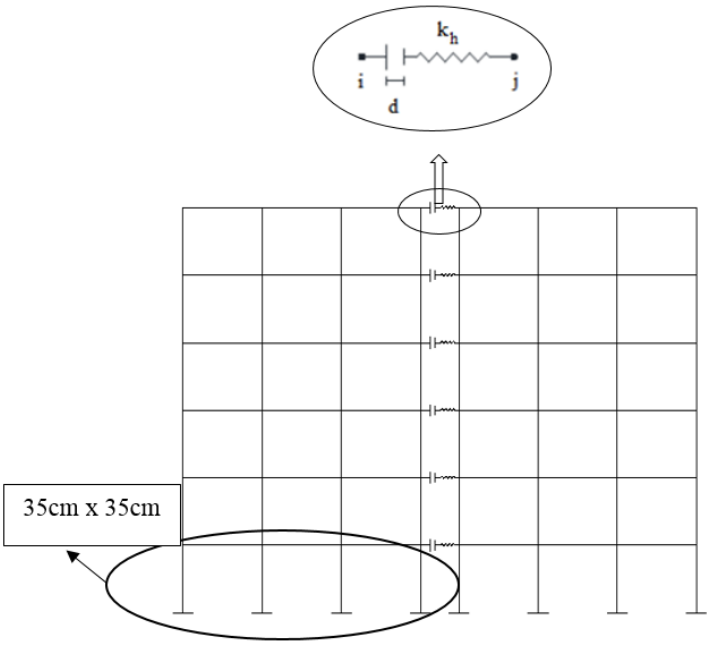


Şekil 1. Lineer olmayan elastik yay modelinde çarpışma kuvveti ile yer değiştirme arasındaki ilişki [9]

3. Sayısal Uygulama

Bu çalışmada, DBYBHY (2007)'de B1 (zayıf kat) düzensizliği olarak ifade edilen, komşu katlar arası dayanım düzensizliğine sahip bir binanın kendisine bitişik inşa edilmiş olan diğer bir binayla çarpışması sonucu yapıda meydana gelecek kesit tesirleri incelenmiştir. Şekil 2' te görüldüğü üzere kat yükseklikleri aynı olan 6 katlı iki bina aralarındaki boşluk miktarı 1 cm' den 7 cm' e kadar artırılarak modellenmiştir. Her bir boşluk miktarı için

düzensizliğin olduğu ve olmadığı durumlarda açığa çıkan çarpışma kuvvetleri incelenmiştir. Binalar arasındaki çarpışma Hertz modeli ile temsil edilmiştir. Kat seviyelerinde döşeme-döşeme çarpışmasını temsil edebilmek amacıyla 24 adet yay elemanı kullanılmıştır.



Şekil 2. B1 düzensizliğine sahip çerçeve modeli

DBYBHY (2007) bölüm 2.3.2.3' de belirtildiği üzere B1 düzensizliği deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdendir [8]. DBYBHY (2007) tablo 2.1' de B1 düzensizliği; 'betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı' nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı (η_{ci})'nin 0.8'den küçük olması durumu' olarak tanımlanmaktadır. Burada η_{ki} 'nin denklemi aşağıdaki gibidir;

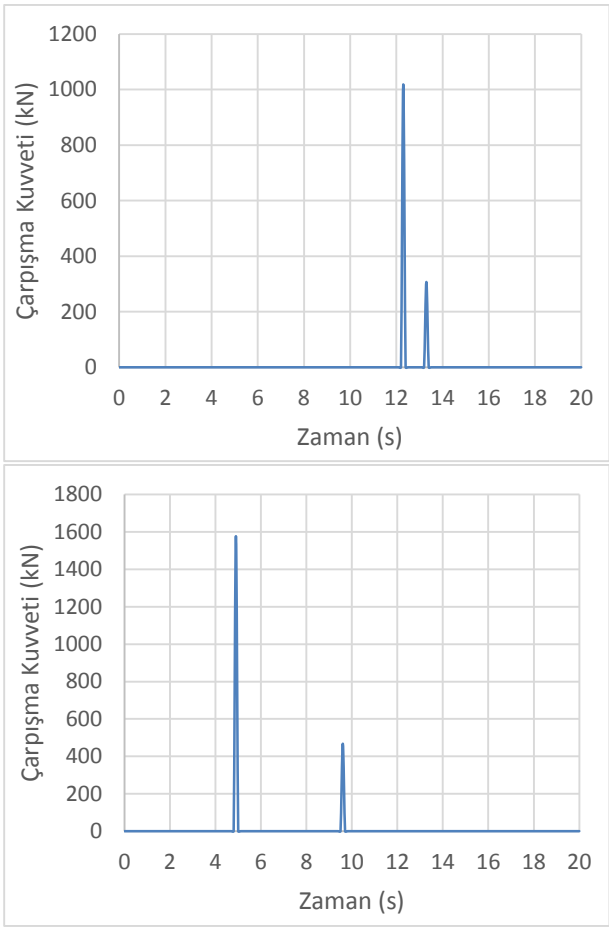
$$[\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.8] \qquad (3)$$

Modellenen binaların birinde, B1 düzensizliğini temsil edebilmek için zemin kat kolon boyutları değiştirilmiştir. Zemin kat kolon boyutları 35x35 cm^2, diğer kat kolonları ise 40x40 cm^2'dir. Diğer binada bütün katlarda kolon boyutları 50x50 cm^2'dir. . Kiriş boyutları her iki bina için 60x25 cm^2, döşeme kalınlığı her iki bina için 14 cm olarak modellenmiştir.

Oluşturulan modellerde B1 düzensizliğinin olduğu binada zemin kat kolon boyutları tekrar değiştirilerek bütün kolon boyutları 40x40 cm^2 haline getirilmiştir. Oluşturulan modelde beton-beton çarpışmalarını temsil edebilmek için Jankowski (2005)'te deneysel çalışmalar sonucu tespit edilmiş olan $k_h = 1{,}19x10^9$ $N/m^{3/2}$ değeri [10], 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.

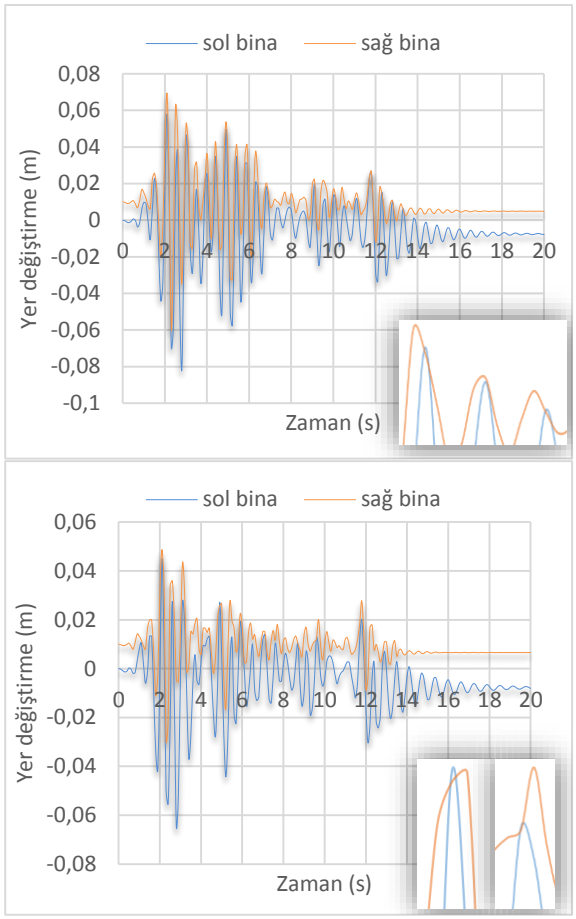
4. Bulgular

Binaların çarpışması sonucu açığa çıkan çarpışma kuvvetinin yeri, sayısı ve çarpışma zamanı binalar arasındaki mesafeye bağlı olarak değişmektedir. Binalar arasındaki mesafe 1 cm iken düzensizliğin olduğu ve olmadığı durumlarda açığa çıkan çarpışma kuvvetleri ve en büyük çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktaların rölatif yer değiştirmeleri şekillerde verilmiştir. Binalar arasındaki mesafe 1 cm iken düzensizliğin olmadığı durumda binaların 15 ve 18 m seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmiştir. Açığa çıkan kuvvetlerden en büyüğü binaların 18 m seviyelerinde 1018,65 kN' dur (şekil 3-a). B1 düzensizliğinin olduğu durumda ise binaların bütün kat seviyelerinde çarpışma meydana gelmiştir. Bu çarpışmalar sonucu açığa çıkan en büyük kuvvet 1577,2 kN' dur (şekil 3-b). Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetlerinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme, sırasıyla Şekil (4-a) ve Şekil (4-b)' de verilmiştir. Binalar arasındaki mesafe 1 cm iken taban kesme kuvvetinin değişimleri, düzenli ve düzensiz durumlar için sırasıyla şekil (5-a) ve şekil (5-b)' de verilmiştir.



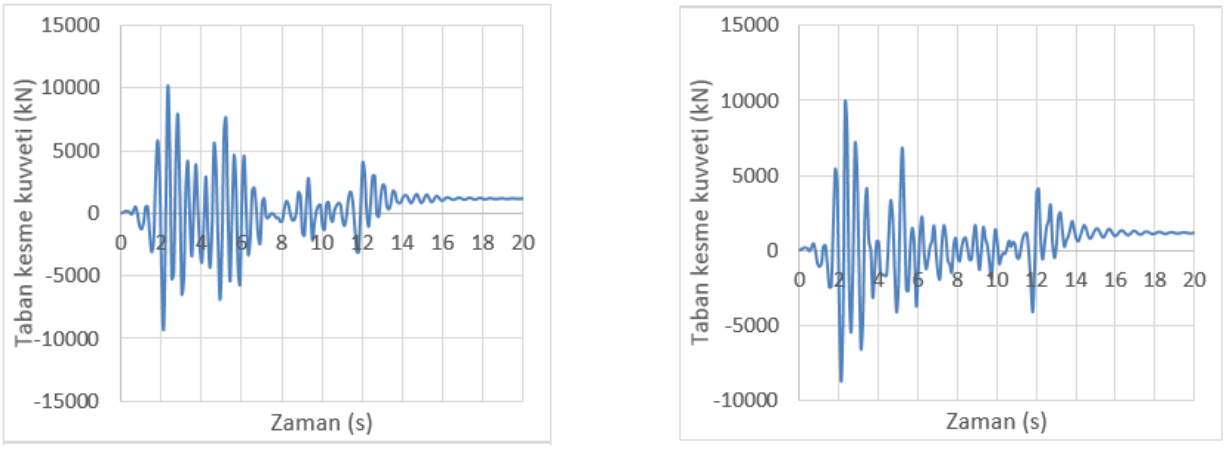
(a)
(b)

Şekil 3. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti



(a)
(b)

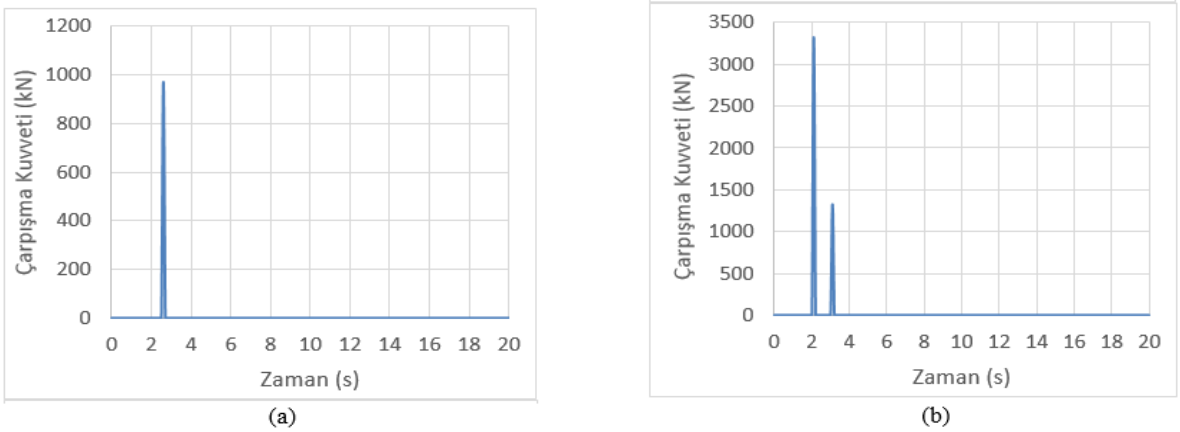
Şekil 4. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



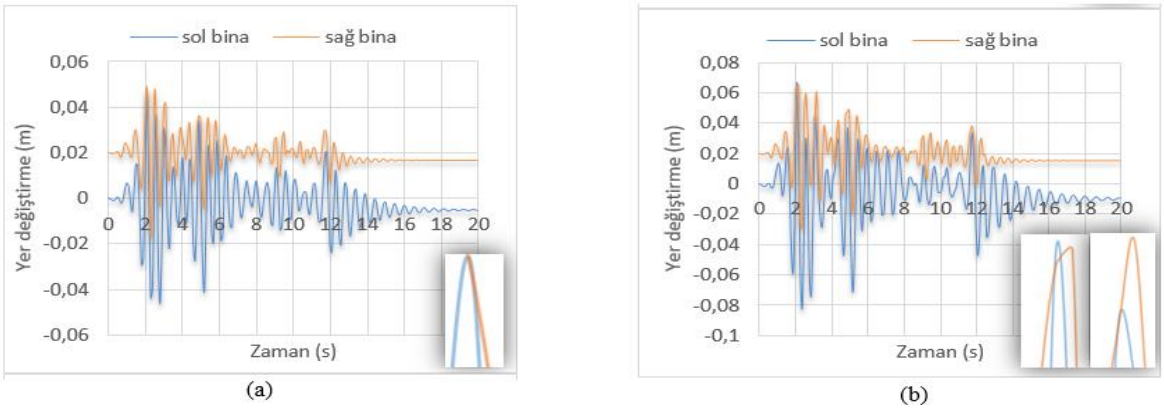
(a)
(b)

Şekil 5. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 1 cm iken binaların taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

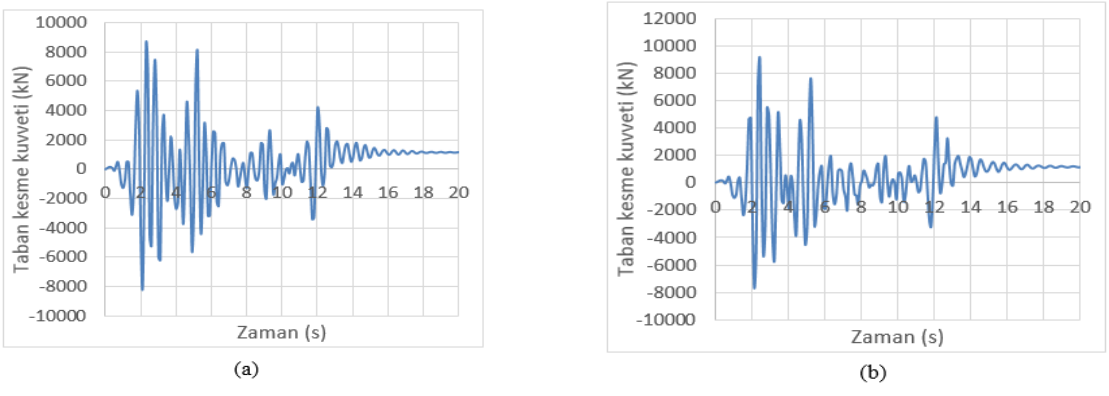
Binalar arasındaki mesafe 2 cm iken düzensizliğin olmadığı durumda binaların 9 ve 15 m seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmiştir. Açığa çıkan kuvvetlerden en büyüğü binaların 9 m seviyelerinde 971,8 kN' dur (şekil 6-a). B1 düzensizliğinin olduğu durumda ise binaların 9, 12, 15 ve 18 m seviyelerinde çarpışma meydana gelmiştir. Bu çarpışmalar sonucu açığa çıkan en büyük kuvvet binaların 15 m seviyelerinde 3314,4 kN olarak açığa çıkmıştır (Şekil 6-b). Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetlerinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme, sırasıyla şekil (7-a) ve şekil (7-b)' de verilmiştir. Binalar arasındaki mesafe 2 cm iken taban kesme kuvvetinin değişimleri, düzenli ve düzensiz durumlar için sırasıyla şekil (8-a) ve şekil (8-b)' de verilmiştir.



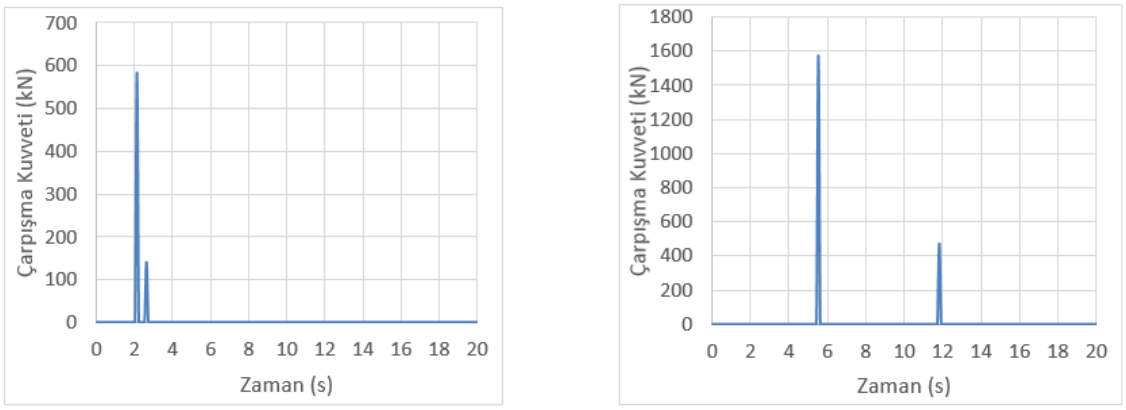
Şekil 6. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti



Şekil 7. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme

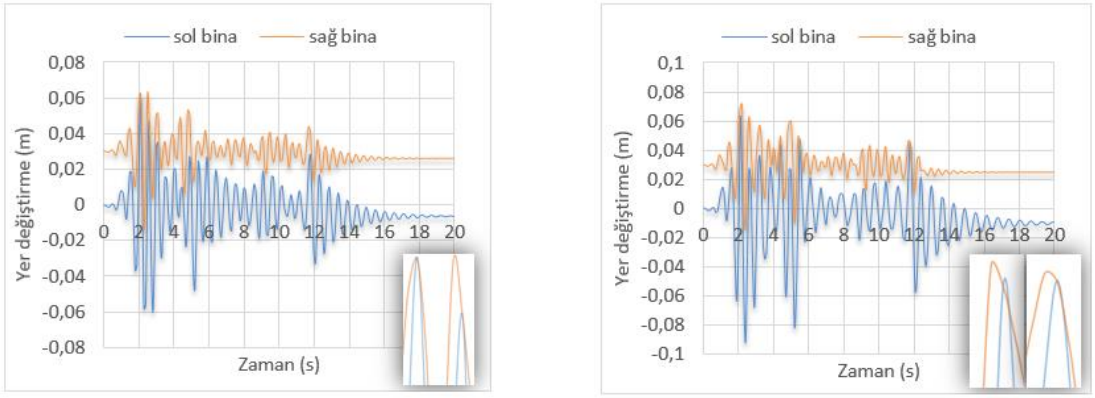


Şekil 8. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 2 cm iken binaların taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

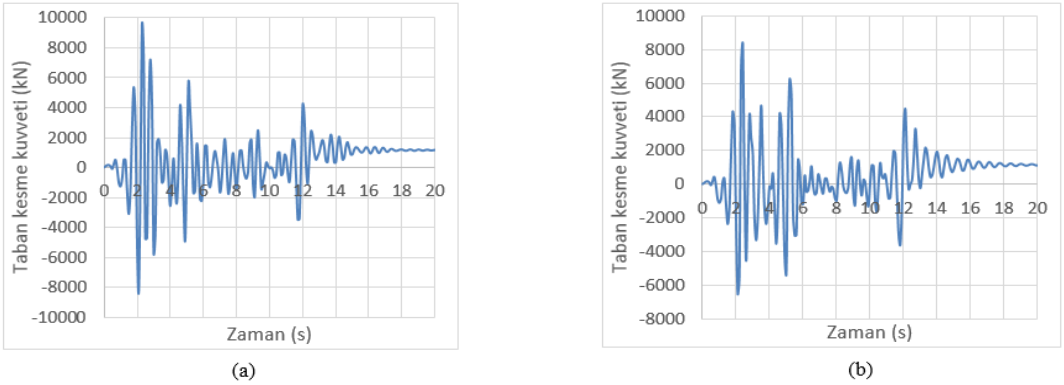


Şekil 9. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti

Binalar arasındaki mesafe 3 cm iken düzensizliğin olmadığı durumda binaların 12 m seviyelerinde çarpışma meydana gelmiştir. Açığa çıkan kuvvetlerden en büyüğü 581,95 kN' dur (Şekil 9-a). B1 düzensizliğinin olduğu durumda ise binaların 15 ve 18 m seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmiştir. Bu çarpışmalar sonucu açığa çıkan en büyük kuvvet binaların 18 m seviyelerinde 1575,31 kN' dur (Şekil 9-b). Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetlerinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme, sırasıyla Şekil (10-a) ve Şekil (10-b)' de verilmiştir. Binalar arasındaki mesafe 3 cm iken taban kesme kuvvetinin değişimleri, düzenli ve düzensiz durumlar için sırasıyla Şekil (11-a) ve Şekil (11-b)' de verilmiştir.

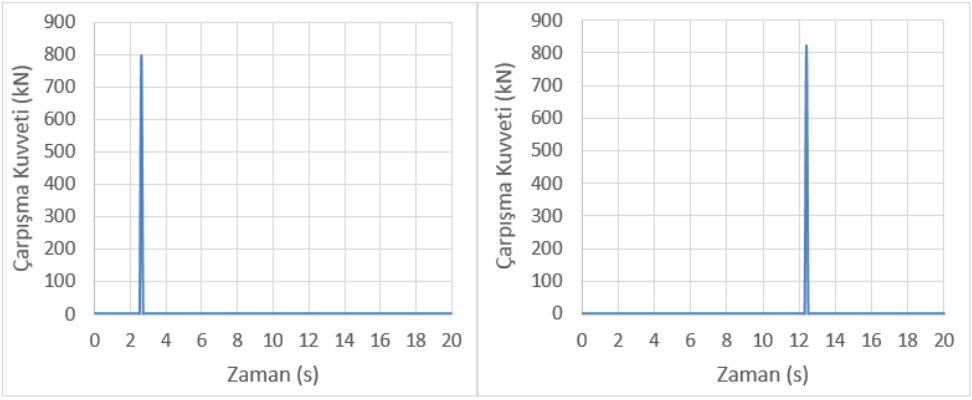


Şekil 10. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



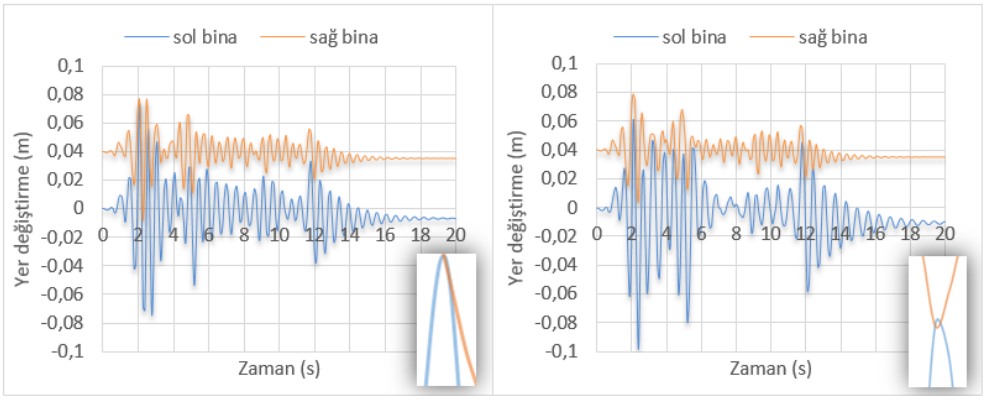
Şekil 11. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 3 cm iken binaların taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Binalar arasındaki mesafe 4 cm iken düzensizliğin olmadığı durumda binaların 12, 15 ve 18 m seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmiştir. Açığa çıkan kuvvetlerden en büyüğü binaların 15 m seviyelerinde 795,95 kN' dur (şekil 12-a). B1 düzensizliğinin olduğu durumda ise binaların 18 m seviyelerinde çarpışma meydana gelmiştir. Bu çarpışmalar sonucu açığa çıkan en büyük kuvvet 824,1 kN' dur (şekil 12-b). Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetlerinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme, sırasıyla şekil (13-a) ve şekil (13-b)' de verilmiştir. Binalar arasındaki mesafe 4 cm iken taban kesme kuvvetinin değişimleri, düzenli ve düzensiz durumlar için sırasıyla şekil (14-a) ve şekil (14-b)' de verilmiştir.



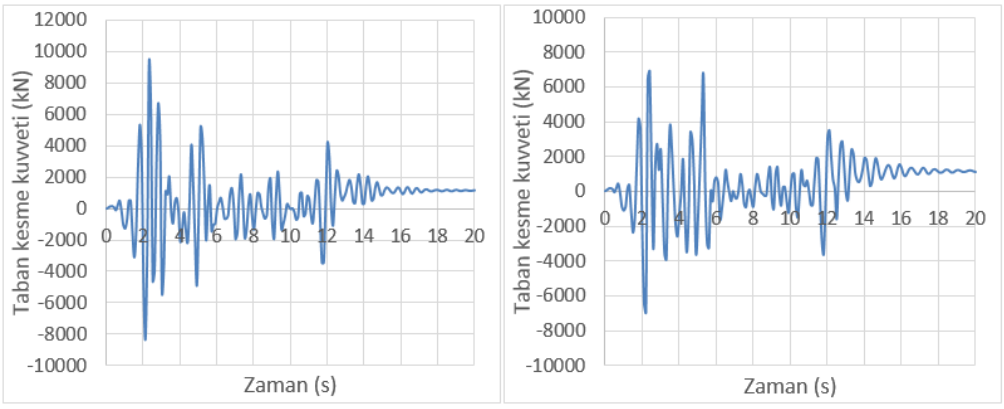
(a) (b)

Şekil 12. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti



(a) (b)

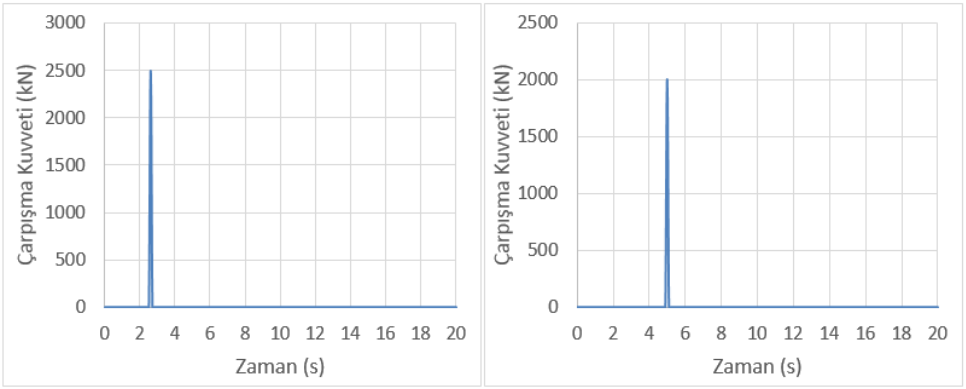
Şekil 13. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



(a) (b)

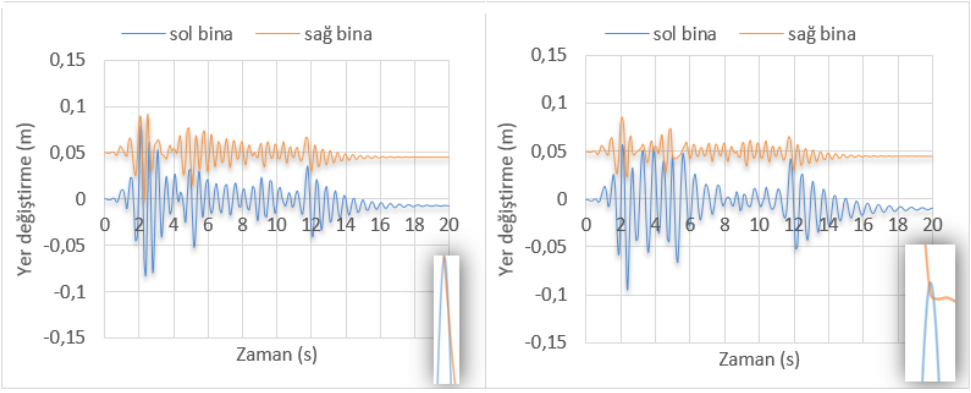
Şekil 14. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 4 cm iken binaların taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Binalar arasındaki mesafe 5 cm iken düzensizliğin olmadığı durumda binaların 18 m seviyelerinde çarpışma meydana gelmiştir. Açığa çıkan kuvvetlerden en büyüğü 2493,41 kN' dur (şekil 15-a). B1 düzensizliğinin olduğu durumda ise binaların 15 ve 18 m seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmiştir. Bu çarpışmalar sonucu açığa çıkan en büyük kuvvet binaların 15 m seviyelerinde 2010,6 kN' dur (şekil 15-b). Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetlerinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme, sırasıyla şekil (16-a) ve şekil (16-b)' de verilmiştir. Binalar arasındaki mesafe 5 cm iken taban kesme kuvvetinin değişimleri, düzenli ve düzensiz durumlar için sırasıyla şekil (17-a) ve şekil (17-b)' de verilmiştir.



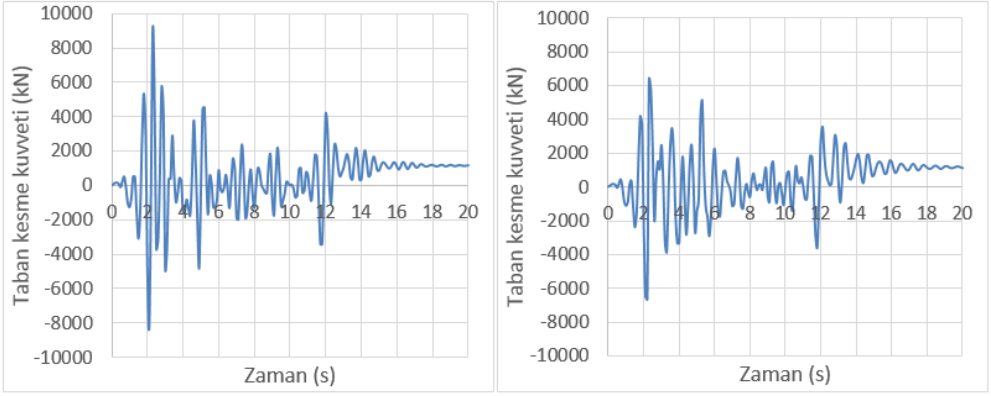
(a) (b)

Şekil 15. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti



(a) (b)

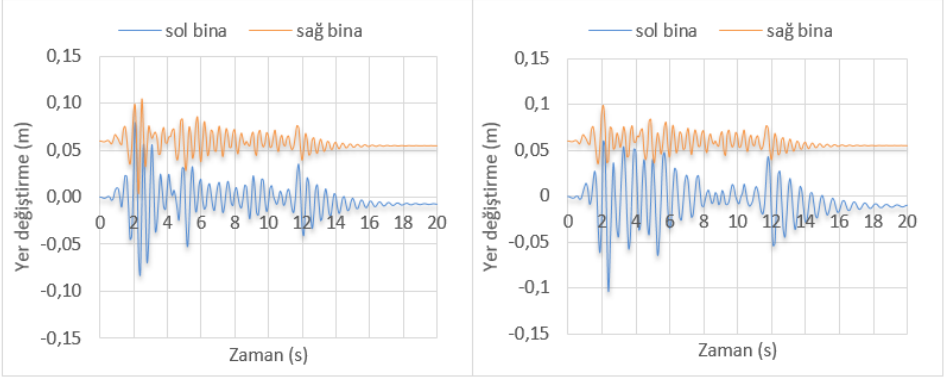
Şekil 16. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



(a) (b)

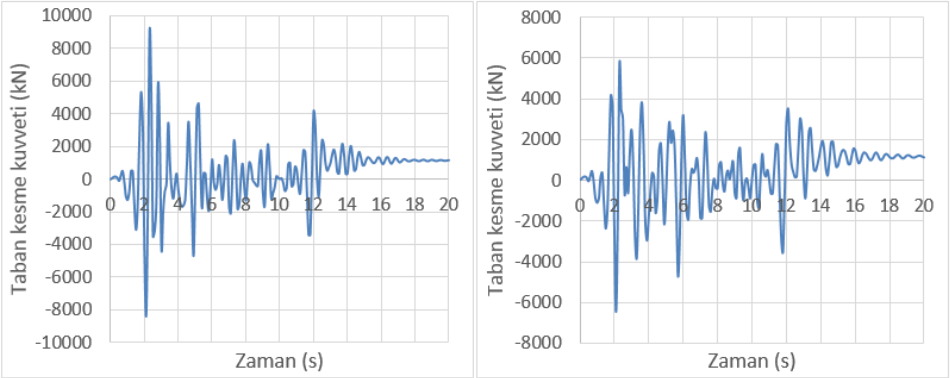
Şekil 17. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 5 cm iken binaların taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Binalar arasındaki mesafe 6 cm iken düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasında çarpışma meydana gelmemiştir. Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda binaların en üst noktası olan 18 m seviyelerindeki noktalar arası rölatif yer değiştirme, sırasıyla şekil (18-a) ve şekil (18-b)' de verilmiştir. Binalar arasındaki mesafe 6 cm iken taban kesme kuvvetinin değişimleri, düzenli ve düzensiz durumlar için sırasıyla şekil (19-a) ve şekil (19-b)' de verilmiştir. Binalar arasındaki mesafe 7 cm iken düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasında çarpışma meydana gelmemiştir. Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda binaların en üst noktası olan 18 m seviyelerindeki noktalar arası rölatif yer değiştirme, sırasıyla şekil (20-a) ve şekil (20-b)' de verilmiştir.



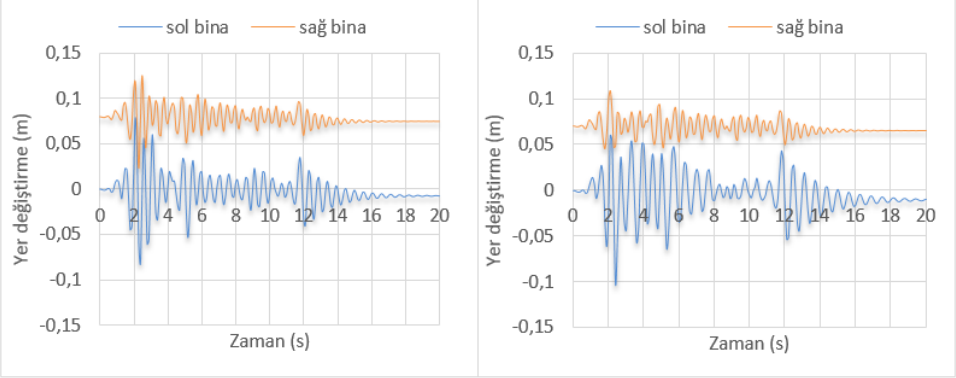
(a) (b)

Şekil 18. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 6 cm iken binaların en üst noktaları arası rölatif yer değiştirme



(a) (b)

Şekil 19. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 6 cm iken binaların taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi



(a) (b)

Şekil 20. B1 düzensizliğinin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası mesafe 7 cm iken binaların en üst noktaları arası rölatif yer değiştirme

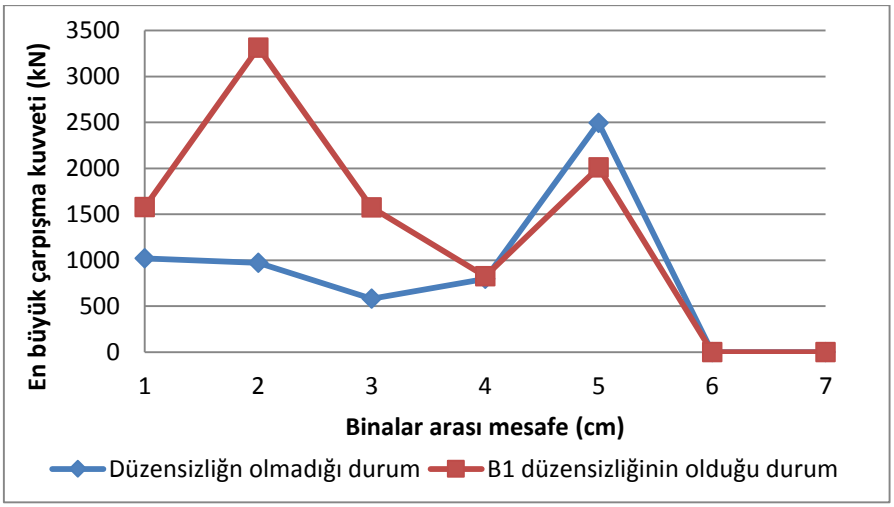
5. Sonuçlar

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 olduğu görülmüştür.

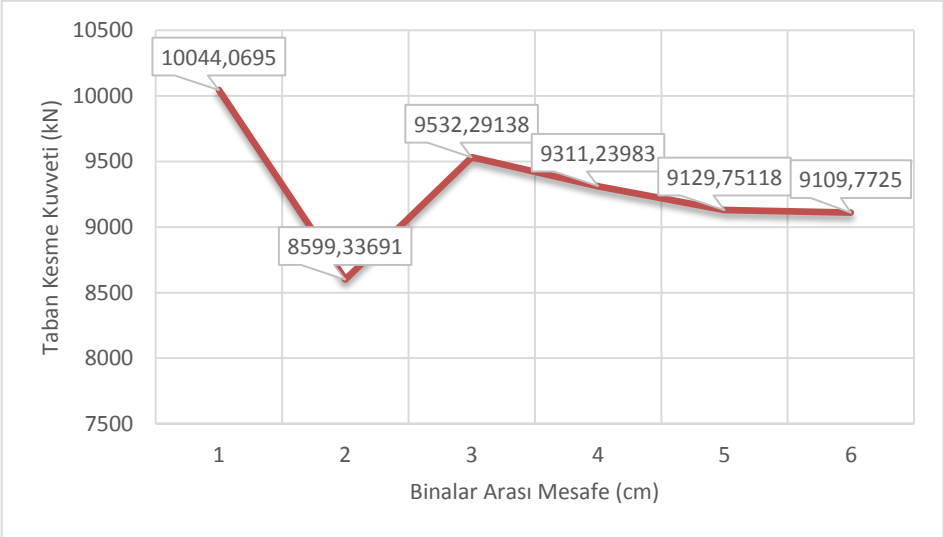
B1 düzensizliğinin olduğu durumda açığa çıkan çarpışma kuvveti, düzensizliğin olmadığı durumdan genellikle daha yüksek çıkmıştır. Sadece binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan kuvvet, düzensizliğin olmadığı durumda daha yüksek çıkmıştır. Bu da binaların mod şeklinin değişmesi ile açıklanabilir. Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda binalar arasındaki mesafeye bağlı olarak açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin değişimi sırayla şekil 21' de verilmiştir.

Açığa çıkan çarpışmaların zamanı, sayısı ve kuvveti, yapılar arasına bırakılan mesafeye bağlı olarak değişmektedir. Mesafe değiştikçe, açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin oluştuğu kat seviyeleri de değişmektedir.

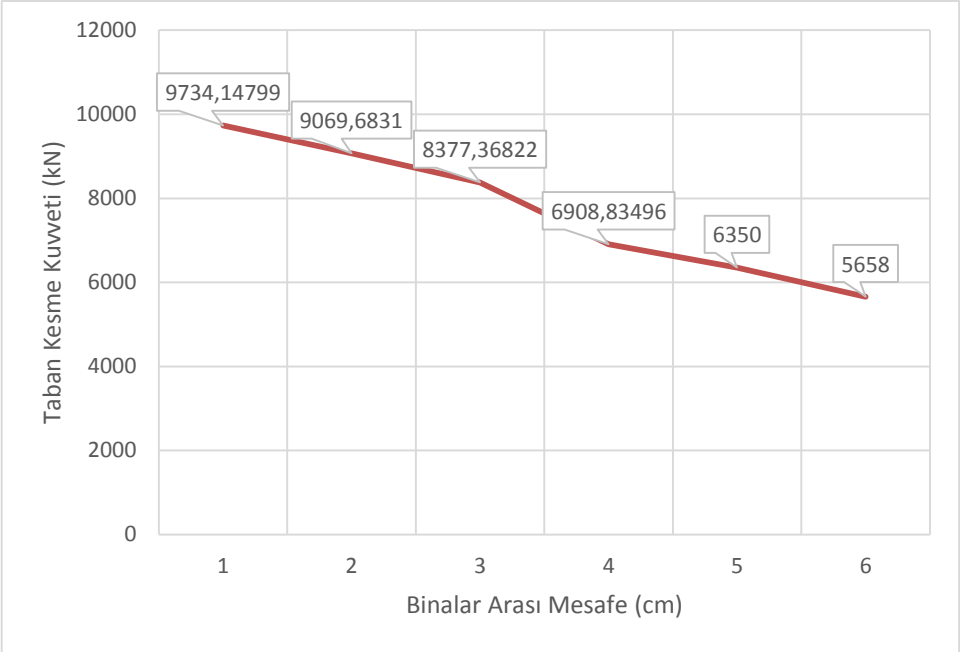
Binalar arası mesafe arttıkça binalarda oluşan en büyük taban kesme kuvveti değeri de genellikle azalmaktadır. Düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlarda oluşan en büyük taban kesme kuvvetlerinin binalar arasındaki mesafeye bağlı değişimi sırasıyla Şekil 22 ve Şekil 23 de verilmiştir.



Şekil 21. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı olarak değişimi



Şekil 22. Düzensizliğin olmadığı durumda maksimum taban kesme kuvvetinin mesafeye bağlı değişimi



Şekil 23. B1 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin mesafeye bağlı değişimi

Yönetmelikte belirtilen minimum derz boşluğu bırakılmadığı zaman meydana gelen çarpışma kuvvetleri, mesafe azaldıkça binalarda sadece tek bir katta değil, yapıların diğer katlarında da meydana gelmektedir. Düzensizliğin olmadığı durumda binalar arasındaki mesafe 1 cm iken binaların son iki kat seviyelerinde çarpışmalar açığa çıkmaktadır. Ancak düzensizliğin olmadığı durumda binalar arasındaki mesafe 1 cm iken binaların bütün kat seviyelerinde çarpışmalar meydana gelmektedir.

6. Kaynaklar

[1] S. A. Anagnostopoulos ve K. V. Spiliopoulos, "An investigation of earthquake induced pounding between adjacent buildings", Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Earthquake Engng Struct, vol. 21, s. 289-302, 1992.

[2] N. Kumbasar, "Deprem Kayma Çerçevelerin Kayma Problemi", İMO Teknik Dergi, vol. 47, s. 609-617, 1993.

[3] K. T. Chau, X. X. Wei, C. Y. Shen ve L. X. Wang, "Experimental and theoretical simulations of seismic torsional poundings between two adjacent structures", 13th World Conference on Earthquake Engineering, Kanada, 1-11, (2004).

[4] L. X. Wang ve K. T. Chau, "Chaotic seismic torsional pounding between two single-story asymmetric towers", The 14th World Conference on Earthquake Engineering, China, 1-8, (2008).

[5] M. Doğan ve A. Günaydın, "Pounding of adjacent RC buildings during seismic loads", Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University, vol. 22 (1), s. 129-145, 2009.

[6] S. Mahmoud, A. Abd-Elhamed ve R. Jankowski, "Earthquake-induced pounding between equal height multi-storey buildings considering soil-structure interaction", Bull Earthquake Eng. vol. 6, 2012.

[7] M. Ehab, H. Salem, H. Mostafa ve N. Yehia, "Earthquake pounding effect on adjacent reinforced concrete buildings", International Journal of Computer Applications, vol. 106 (9): s. 27-34, 2014.

[8] DBYBHY Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2007.

[9] S. Muthukumar ve R. DesRoches, "A Hertz Contact Model with Non-linear damping for Pounding Simulation", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol. 35, s. 811-828, 2006.

[10] R. Jankowski, "Non-linear viscoelastic modeling of earthquake-induced structural pounding", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol. 34, s. 595-611, 2005.