

T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP BİTİŞİK NİZAM BETONARME BİNALARIN
DEPREMDE ÇARPIŞMA ANALİZİ

ÖMER FARUK TEKİN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2016

T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP BİTİŞİK NİZAM BETONARME BİNALARIN
DEPREMDE ÇARPIŞMA ANALİZİ

Ömer Faruk TEKİN

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez 16/12/2016 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Murat PALA
BAŞKAN (DANIŞMAN)

Yrd. Doç. Dr. Nihat ATMACA
ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN
ÜYE

Prof. Dr. Ramazan GÜRBÜZ
Enstitü Müdür V.

Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından desteklenmiştir.

Proje No: -

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DÜŞEY DÜZENSİZLİĞE SAHİP BİTİŞİK NİZAM BETONARME BİNALARIN DEPREMDE ÇARPIŞMA ANALİZİ

Ömer Faruk TEKİN

Adıyaman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Murat PALA
Yıl: 2016, Sayfa sayısı: 106

Jüri : Prof. Dr. Murat PALA
: Yrd. Doç. Dr. Nihat ATMACA
: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN

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 olmaktadır. Ayrıca yapıların taşıyıcı sistemlerinin düşey ve yatay düzlemlerde simetrik olarak tasarlanmaması ve düşey düzlemdeki ani burulma, rijitlik ve dayanım değişimlerinin olması da yapıların ağır hasar görmesine sebep olabilmektedir.

Deprem sonrası yapılan araştırmalarda, meydana gelen hasarların birçoğunun bu tür çarpışmalardan kaynaklandığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında da aralarında yeterli boşluk bırakılmamış düşey düzensizliğe sahip yapıların deprem esnasındaki davranışları incelenecektir. Çalışmada 1940 El Centro deprem kaydı kullanılarak B1, B2 ve B3 düzensizliğine sahip bitişik nizam yapılar SAP 2000 paket programı yardımı ile çözümlenerek herhangi bir düzensizliğin bulunmadığı durumdaki davranışları ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitişik nizam yapılar, Çekiçleme, derz boşluğu, düşey düzensizlik

ABSTRACT

MSc THESIS

EARTHQUAKE INDUCED COLLISION ANALYSIS OF ADJACENT RC STRUCTURES WHICH HAS VERTICAL IRREGULARITY

Ömer Faruk TEKİN

Adiyaman University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Murat PALA
Year: 2016, Number of pages: 106

Jury : Prof. Dr. Murat PALA
: Asst. Prof. Dr. Nihat ATMACA
: Asst. Prof. Dr. Mehmet Fatih ŞAHAN

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 torsional, stiffness and strength on vertical plane, may also cause severe damage to the structures.

Researches carried out it have been demonstrated that, most of the damage caused from these collisions, in after the earthquake. In this study, adjacent structures modelled with SAP2000, its dynamic behaviour were investigated during collisions which have vertical irregularities called in Earthquake Code. It was analysed displacements and pounding forces that may occur considering the El Centro (1940) earthquake. The results were compared with the structures which have not any irregularities and it is studied to determine the destructive effects of seismic pounding on structures which have vertical irregularities.

Key Words: Adjacent structure, seismic pounding effect, gap, vertical irregularities

TEŞEKKÜR

“Düşey Düzensizliğe Sahip Bitişik Nizam Betonarme Binaların Depremde Çarpışma Analizi” isimli bu çalışma; Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayı bana öneren, çalışmam boyunca bilgi ve becerilerini benimle paylaşan, her türlü yardım ve desteğini benden esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Murat PALA’ ya sonsuz teşekkürlerimi sunmaktan büyük gurur ve mutluluk duyarım. Tez çalışmalarım sırasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN’ a, Yrd. Doç. Dr. Fatih ŞAHAN’ a, Yrd. Doç. Dr. Mehmet SÖYLEMEZ’ e ve Arş. Gör. Musa EŞİT’ e teşekkür ederim.

Öğrenim hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen babam Ahmet TEKİN’ e, annem Havva TEKİN’ e, kardeşlerim Zeynep Betül TEKİN ve Büşra TEKİN’ e ve bu tezi yazarken benden yardımlarını hiç eksik etmeyen eşim Özlem TEKİN’ e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın ülkemize faydalı olmasını temenni ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Yapılarda Düzensizlikler	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	9
2.1. Yapılmış Çalışmalar	9
2.2. Deprem Sonrası Tespit Edilen Çarpışma Hasarları	11
2.3. Çarpışma Çeşitleri.....	16
2.3.1. Farklı kütlelere sahip binaların çarpışması	17
2.3.2. Farklı kat yüksekliklerine sahip binaların çarpışması.....	18
2.3.3. Yükseklikleri farklı binaların çarpışması.....	19
2.3.4. Kütle ve rijitlik merkezleri çakışmayan binaların çarpışması	20
2.3.5. Bir binanın diğer bir bina üzerine yıkılmasıyla oluşan çarpışma	20
2.3.6. Aynı sırada ikiden fazla binanın çarpışması	21
2.3.7. Köprülerde çarpışma.....	22
3. SAYISAL UYGULAMALAR	24
3.1. Çarpışma Modeli.....	24
3.2. Bina Modelleri	26
3.2.1. Herhangi bir düzensizliğe sahip olmayan bina modeli.....	26
3.2.2. B1 düzensizliğine sahip bina modeli	26
3.2.3. B2 düzensizliğine sahip bina modeli	27
3.2.4. B3 düzensizliğine sahip bina modeli	28
4. BULGULAR VE KARŞILAŞTIRMALAR	30
4.1. Herhangi Bir Düzensizliğin Olmadığı Durum.....	30
4.1.1. Binalar arasındaki mesafenin 1 cm olduğu durum	30

4.1.2. Binalar arasındaki mesafenin 2 cm olduğu durum	32
4.1.3. Binalar arasındaki mesafenin 3 cm olduğu durum	34
4.1.4. Binalar arasındaki mesafenin 4 cm olduğu durum	36
4.1.5. Binalar arasındaki mesafenin 5 cm olduğu durum	38
4.1.6. Binalar arasındaki mesafenin 6 cm olduğu durum	40
4.2. B1 Düzensizliğinin Olduğu Durum	42
4.2.1. Binalar arasındaki mesafenin 1 cm olduğu durum	42
4.2.2. Binalar arasındaki mesafenin 2 cm olduğu durum	44
4.2.3. Binalar arasındaki mesafenin 3 cm olduğu durum	46
4.2.4. Binalar arasındaki mesafenin 4 cm olduğu durum	48
4.2.5. Binalar arasındaki mesafenin 5 cm olduğu durum	50
4.2.6. Binalar arasındaki mesafenin 6 cm olduğu durum	52
4.3. B2 Düzensizliğinin Olduğu Durum	54
4.3.1. Binalar arasındaki mesafenin 1 cm olduğu durum	54
4.3.2. Binalar arasındaki mesafenin 2 cm olduğu durum	56
4.3.3. Binalar arasındaki mesafenin 3 cm olduğu durum	58
4.3.4. Binalar arasındaki mesafenin 4 cm olduğu durum	60
4.3.5. Binalar arasındaki mesafenin 5 cm olduğu durum	62
4.3.6. Binalar arasındaki mesafenin 6 cm olduğu durum	64
4.4. B3 Düzensizliğinin Olduğu Durum	66
4.4.1. Binalar arasındaki mesafenin 1 cm olduğu durum	66
4.4.2. Binalar arasındaki mesafenin 2 cm olduğu durum	68
4.4.3. Binalar arasındaki mesafenin 3 cm olduğu durum	70
4.4.4. Binalar arasındaki mesafenin 4 cm olduğu durum	72
4.4.5. Binalar arasındaki mesafenin 5 cm olduğu durum	74
4.4.6. Binalar arasındaki mesafenin 6 cm olduğu durum	76
4.4.7. Binalar arasındaki mesafenin 7 cm olduğu durum	78
4.5. Karşılaştırmalar	80
5. SONUÇLAR	85
KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Düzensiz binalar (DBYBHY 2007)	3
---	---

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	A1 - Burulma düzensizliği oluşumu (DBYBHY 2007).....	5
Şekil 1.2.	A2 - Döşeme süreksizliği düzensizliği oluşumu (DBYBHY 2007).....	6
Şekil 1.3.	A3 - Türü düzensizlik oluşumu (DBYBHY 2007).....	6
Şekil 1.4.	B3 - Düşey elemanların süreksizliği düzensizliği (DBYBHY 2007).....	8
Şekil 2.1.	Mexico City depreminde çarpışmadan kaynaklı hasar örneği (Wikispaces, 2015).....	12
Şekil 2.2.	Loma Prieta depremi sonrası görülen hasar örneği.....	13
Şekil 2.3.	Northridge depremi sonrası hasar örneği.....	14
Şekil 2.4.	Northridge depremi sonrası hasar örneği.....	14
Şekil 2.5.	Adapazarı ilinden çarpışma hasarlarına örnek.....	15
Şekil 2.6.	Erciş' te çarpışma sonucu oluşan hasar (Önen vd. 2011).....	15
Şekil 2.7.	Erciş' te çarpışma sonucu oluşan hasar (Önen vd. 2011).....	16
Şekil 2.8.	Van İlinde çok katlı bir binanın, yıkılırken dilatasyonla ayrılmış bitişik binaya çarparak verdiği hasar (Önen vd. 2011).....	16
Şekil 2.9.	(a) Komşu binaların şekil değiştirmeden önceki halleri, (b) Aynı dinamik karakterlere sahip komşu binaların dinamik davranışları, (c) Farklı dinamik karakterlere sahip komşu binaların dinamik davranışları (Doğan ve Günaydın 2009).....	17
Şekil 2.10.	Biri diğerine göre daha ağır olan binalarda çarpışma (Çetinkaya 2011).....	18
Şekil 2.11.	Farklı kat yüksekliklerine sahip binaların çarpışması.....	18
Şekil 2.12.	Döşeme-Kolon çarpışması (Önen vd. 2011).....	19
Şekil 2.13.	Farklı kat yüksekliklerine sahip binaların çarpışması.....	19
Şekil 2.14.	Kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması ve çakışmaması durumlarında çarpışma (Doğan ve Günaydın 2009).....	20
Şekil 2.15.	Bir binanın diğer bina üzerine yıkılmasıyla meydana gelen çarpışma.....	21
Şekil 2.16.	Bir binanın diğer bina üzerine yıkılmasıyla meydana gelen çarpışma.....	21
Şekil 2.17.	Aynı sırada ikiden fazla binanın çarpışması.....	22
Şekil 2.18.	Zayıf kat ve çarpışma sebebiyle içteki binada meydana gelen hasar.....	22
Şekil 2.19.	Genleşme derzlerinde çarpışma.....	23
Şekil 2.20.	Köprü tabliyesinin zeminle birleştiği noktada çarpışma.....	23

Şekil 3.1.	Lineer olmayan elastik yay modelinde çarpışma kuvveti ile yer değiştirme arasındaki ilişki (Muthukumar ve DesRoches 2006)	25
Şekil 3.2.	Hertz (Lineer olmayan elastik) yay modeli (Çetinkaya 2011).....	25
Şekil 3.3.	Oluşturulan bina modelleri	26
Şekil 3.4.	B1 düzensizliğine sahip bina modeli	27
Şekil 3.5.	B2 düzensizliğine sahip bina modeli	28
Şekil 3.6.	B3 düzensizliğine sahip bina modeli	28
Şekil 3.7.	B3 düzensizliğine sahip bina modeli	29
Şekil 4.1.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	31
Şekil 4.2.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	32
Şekil 4.3.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	33
Şekil 4.4.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	34
Şekil 4.5.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	35
Şekil 4.6.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	36
Şekil 4.7.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	37
Şekil 4.8.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	38
Şekil 4.9.	Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	39

Şekil 4.10. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	40
Şekil 4.11. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binaların en üst noktalarının rölatif yer değiştirme	41
Şekil 4.12. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	41
Şekil 4.13. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	43
Şekil 4.14. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	44
Şekil 4.15. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	45
Şekil 4.16. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	46
Şekil 4.17. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	47
Şekil 4.18. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	48
Şekil 4.19. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	49
Şekil 4.20. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	50
Şekil 4.21. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	51
Şekil 4.22. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	52

Şekil 4.23. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binaların en üst noktalarının rölatif yer değiştirme	53
Şekil 4.24. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	53
Şekil 4.25. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	55
Şekil 4.26. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	56
Şekil 4.27. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	57
Şekil 4.28. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	58
Şekil 4.29. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	59
Şekil 4.30. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	60
Şekil 4.31. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	61
Şekil 4.32. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	62
Şekil 4.33. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	63
Şekil 4.34. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	64
Şekil 4.35. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binaların en üst noktaları arası rölatif yer değiştirme	65

Şekil 4.36. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	65
Şekil 4.37. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	67
Şekil 4.38. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	68
Şekil 4.39. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	69
Şekil 4.40. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	70
Şekil 4.41. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	71
Şekil 4.42. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	72
Şekil 4.43. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	73
Şekil 4.44. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	74
Şekil 4.45. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	75
Şekil 4.46. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	76
Şekil 4.47. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	77
Şekil 4.48. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	78

Şekil 4.49. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 7 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme	79
Şekil 4.50. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 7 cm iken taban kesme kuvveti değişimi	80
Şekil 4.51. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı olarak değişimi	81
Şekil 4.52. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı ve B2 düzensizliğinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı olarak değişimi	82
Şekil 4.53. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı ve B3 düzensizliğinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı olarak değişimi	82
Şekil 4.54. Düzensizliğin olmadığı ve B1, B2, B3 düzensizliklerinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı değişimi	83
Şekil 4.55. B1 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin mesafeye bağlı değişimi	83
Şekil 4.56. B2 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin mesafeye bağlı değişimi	84
Şekil 4.57. B3 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin mesafeye bağlı değişimi	84

SİMGELER VE KISALTMALAR

A_1	: Burulma düzensizliği
A_2	: Döşeme Süreksizlikleri
A_3	: Planda Çıkıntılar Bulunması
ΣA_e	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
ΣA_g	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
ΣA_k	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
B_1	: Komşu katlar arası dayanım düzensizliği
B_2	: Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği
B_3	: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği
C_{25}	: Karakteristik dayanımı 25 N/mm ² olan beton
d	: Boşluk miktarı
$DBYBHY$: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
F_c	: Çarpışma kuvveti
h_i	: Binanın i ' inci katının kat yüksekliği
k_h	: Lineer olmayan elastik yay sabiti
$(\Delta i)_{max}$: Binanın i ' inci katındaki en büyük görece kat ötelemesi
$(\Delta i)_{ort}$: Binanın i ' inci katındaki ortalama azaltılmış görece kat ötelemesi
η_{bi}	: i ' inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: i ' inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: i ' inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
ρ	: Kütle yoğunluğu
ν	: Poisson oranı
t	: Zaman
u	: Zamana bağlı yer değiştirme

1. GİRİŞ

Deprem, geçmişte ve günümüzde insanoğlunun hayatını tehdit eden doğal afetlerin başında gelmektedir. Dünya genelinde depremler sonucu maddi manevi zarar gören hatta yaşamını yitiren milyonlarca insan vardır. Depremün 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.

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte artan yapılaşma ve bunun yanında şehirleşme oranının hızla artması, şehirlerde arazi sıkıntısını açığa çıkarmaktadır. Bu sıkıntıyı giderebilmek için mevcut alanlar olabildiğince yoğun kullanılmaya başlanmıştır. Büyük şehirlerde daha fazla yaşanan bu sıkıntı sebebiyle yapılar bitişik nizam olarak inşa edilmeye başlanmıştır. Bitişik nizam inşa edilen bu yapılar arasında bırakılacak boşluk miktarı DBYBHY (2007)' de belirtilmesine rağmen, çeşitli sebeplerle yeterli miktarda derz boşluğu bırakılmadan yapılar inşa edilmektedir. 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. Bitişik nizam yapıların deprem kaynaklı çarpışma analizi birçok araştırmacı tarafından yapılmış, karşılaşılabilecek farklı durumlarda yapılarda ne gibi hasarların oluşabileceği araştırılmıştır.

Depremler sonucu binalarda meydana gelen hasarlar incelendiğinde, komşu binalar arasında yeterli boşluğun bırakılmamasından kaynaklı çarpışmalar sonucu binalarda çeşitli düzeylerde birtakım hasarların oluştuğu gözlenmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, deprem sırasında farklı dinamik davranışlar sergileyen komşu binaların çarpışması sonucu oluşan etkilerin ihmal edilmemesinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Çekiçleme etkisi olarak da isimlendirilen bu etkiyle birlikte, farklı titreşim periyoduna sahip bitişik nizam yapıların depremde çarpışması sonucu yapılarda hasarlar meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalar, deprem sonucu meydana gelen hasarların birçoğunun çekiçleme etkisiyle açığa çıktığı tespit edilmiştir.

% 92' si deprem kuşağında bulunan ülkemizde yıllar boyu depremler yaşanmış ve birçok can ve mal kaybına neden olmuştur. Depremi göz ardı edilemeyecek bir gerçek olduğu ve önceki yıllarda meydana gelen depremlerde çekişleme etkisinden kaynaklı birçok hasarın ve can kaybının meydana geldiği ülkemizde, bu konunun detaylı araştırılması ve önlemler alınmasının gerekliliği ortadadır.

Yapıların sismik davranışını önceden tahmin etmek, olası bir depremde oluşabilecek hasarları en aza indirmek açısından oldukça önemli ve zor bir problemdir. Yapılarda düzensizlikler olması bu zor problemi daha da karmaşık bir hale getirmektedir. Yapı taşıyıcı sisteminin belirli bir düzende ilerlememesi, yapı planında veya taşıyıcı sistem rijitliklerinde ani değişimler olmasıyla düzensizlikler ortaya çıkmaktadır. 'Yapının depreme karşı dayanımını olumsuz etkileyerek yapının sismik davranışını daha da belirsizleştiren ve bu nedenle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken plandaki ve/veya düşey düzlemdeki düzensizlikleri içeren yapılar düzensiz yapılar olarak adlandırılır' (Güder 2012).

Yapı düzensizlikleri geçmişten günümüze kadar meydana gelen depremlerde hasarı arttıran etkenlerden biri olarak karşımıza çıkmıştır. Bu nedenle deprem yönetmeliklerinde bu konu üzerinde durulmuş ve belirli sınırlamalar getirilmiştir. Ülkemizde de son olarak 2007 yılında hazırlanan DBYBHY' de yapısal düzensizlikler planda ve düşeyde düzensizlikler olmak üzere iki grupta toplanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında da, düşey yönde düzensizliğin, deprem sonucu binaların çarpışması üzerine etkileri incelenmiştir.

1.1. Yapılarda Düzensizlikler

Yatayda ve düşeyde taşıyıcı sistemlerinde süreksizlik veya düzensizlik bulunan yapılar düzensiz yapılar olarak adlandırılırlar. Bir yapı ne kadar basit ve simetrik tasarlanmışsa, depreme karşı dayanımının o oranda fazla olduğu saptanmıştır. Ancak insanların içinde yaşadıkları yapılardan beklentilerinin farklı olması sonucu yapılarda bir takım düzensizlikler meydana gelmiştir (Güder 2012).

Yapılarda düzensizlik kavramı DBYBHY - 2007'de şu şekilde tanımlanır; Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey

doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar ve bunlarla ilgili koşullar Çizelge 1.1’ de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Düzensiz binalar (DBYBHY 2007)

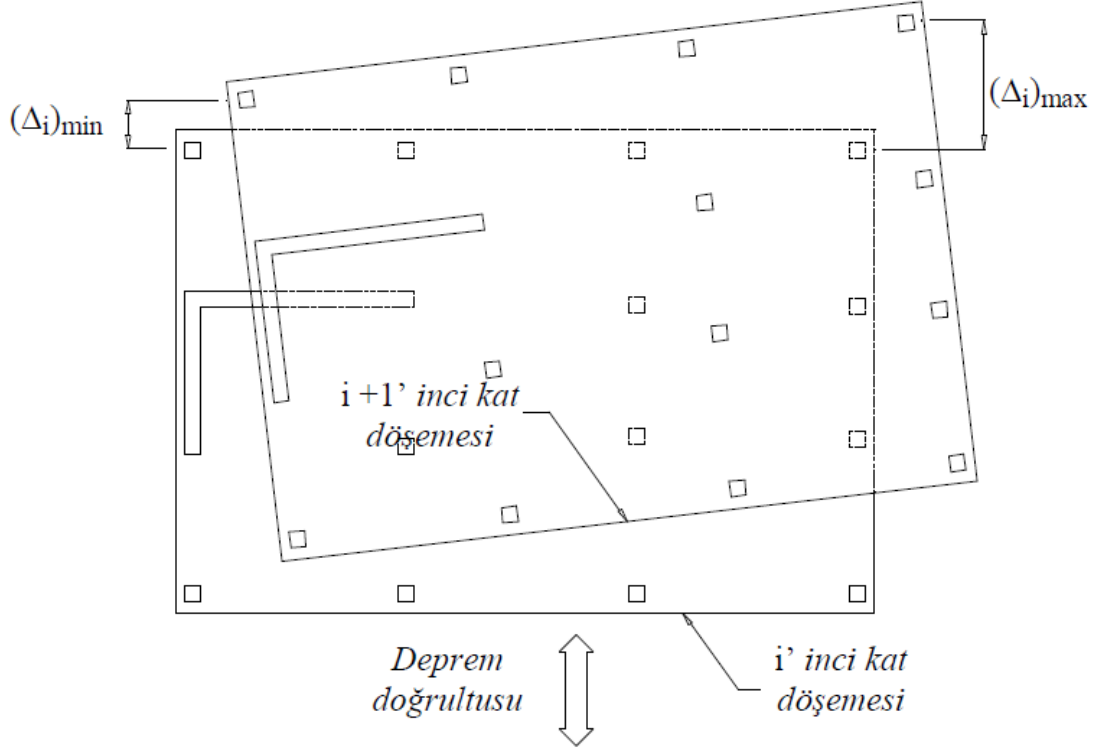
A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
<p>A1 – Burulma Düzensizliği:</p> <p>Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi}’nin 1.2’ den büyük olması durumu (Şekil 1.1). [$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1.2$]</p> <p>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak, 2.7’ ye göre yapılacaktır.</p>	2.3.2.1
<p>A2 – Döşeme Süreksizlikleri:</p> <p>Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 1.2);</p> <p>I – Merdiven ve asansör boşlukları dâhil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması durumu,</p> <p>II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu</p> <p>III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu</p>	2.3.2.2
<p>A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması:</p> <p>Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20’ sinden daha büyük olması durumu (Şekil 1.3).</p>	2.3.2.2

Çizelge 1.1. (devam) Düzensiz binalar (DBYBHY 2007)

B – DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
<p>B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat):</p> <p>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 0.80' den küçük olması durumu. [$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80$]</p> <p>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</p> $\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$	2.3.2.3
<p>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat):</p> <p>Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ' nin 2.0'den fazla olması durumu. [$\eta_{ki} = \left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort} / \left(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}}\right)_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$]</p> <p>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 2.7' ye göre yapılacaktır.</p>	2.3.2.1
<p>B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği:</p> <p>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 (Şekil 1.4).</p>	2.3.2.4

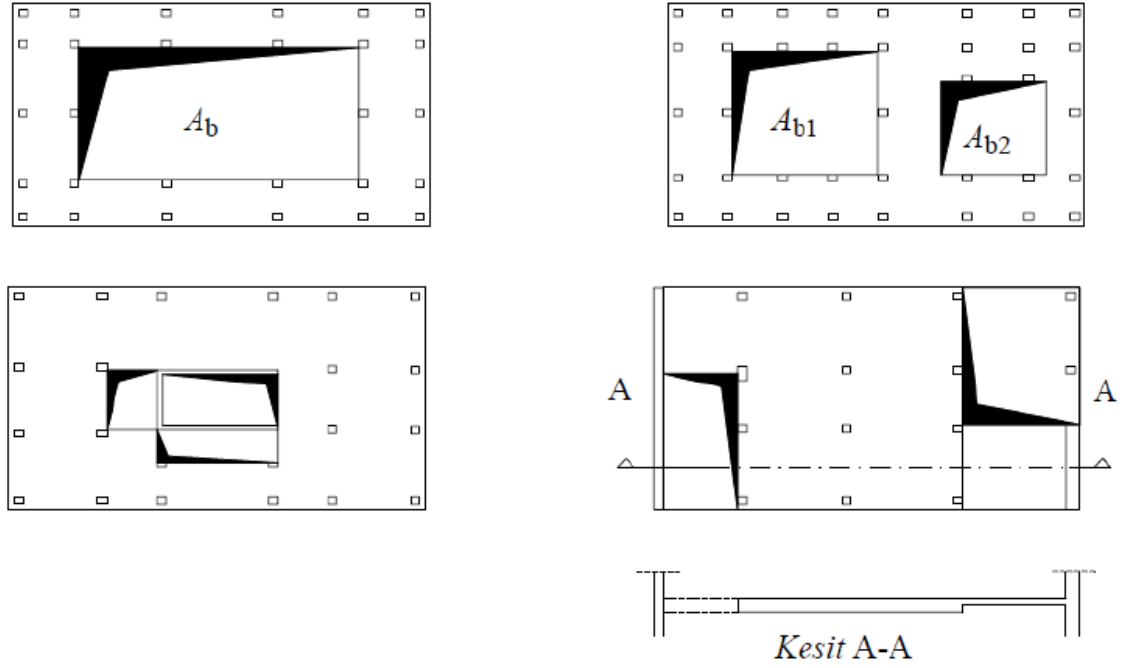
Çizelge 1.1’ de verilen düzensizlik durumlarına ilişkin koşullar şu şekildedir;

A1 (Şekil 1.1) ve B2 türü düzensizlikler, deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir.

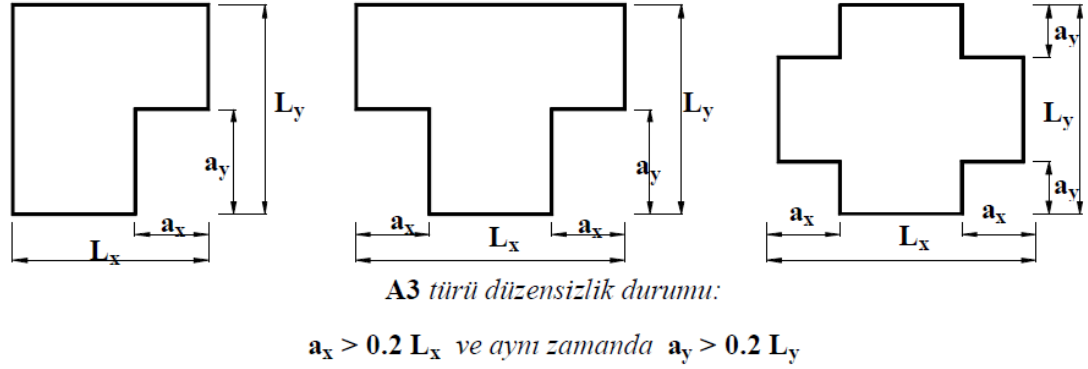


Şekil 1.1. A1 - Burulma düzensizliği oluşumu (DBYBHY 2007).

A2 (Şekil 1.2) ve A3 (Şekil 1.3) türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır.



Şekil 1.2. A2 - Döşeme süreksizliği düzensizliği oluşumu (DBYBHY 2007)



Şekil 1.3. A3 – Türevi düzensizlik oluşumu (DBYBHY 2007)

B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan i ' inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattanına göre fazla ise, Çizelge 1.1'de belirtilen η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları göz önüne alınmayacaktır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ aralığında taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25 (\eta_{ci})_{min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

Ülkemizde genelde binaların zemin katları işyeri amaçlı kullanıldığından, kullanım amacına uygun olarak, yapının diğer katlarına oranla perde, kolon ve bölme duvarlar daha az olmaktadır. Yapının diğer katları da konut olarak tasarlanmakta ve duvar alanları daha fazla olmaktadır. Bu durum da binanın katları arasında dayanım süreksizliğine, yani zemin katta zayıf kat oluşumuna neden olmaktadır (İnan ve Korkmaz 2012).

Yumuşak kat düzensizliği olarak bilinen B2 türü düzensizlik ise genellikle yapıların zemin katlarının diğer katlardan yüksek tutulması sonucu açığa çıkmaktadır. Yapıda yumuşak kat oluşumuna elverişli kat bulunması halinde, olası bir deprem durumunda yumuşak kat dışındaki katlarda görelî kat ötelemesi daha az oluşacak ve yer değiştirmeler yumuşak katta daha fazla meydana gelecektir. Özellikle 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde yumuşak katı tamamen yıkılmış olsa da üst katlarında hiçbir hata oluşmamış birçok yapıya rastlanmıştır (Başarı 2007).

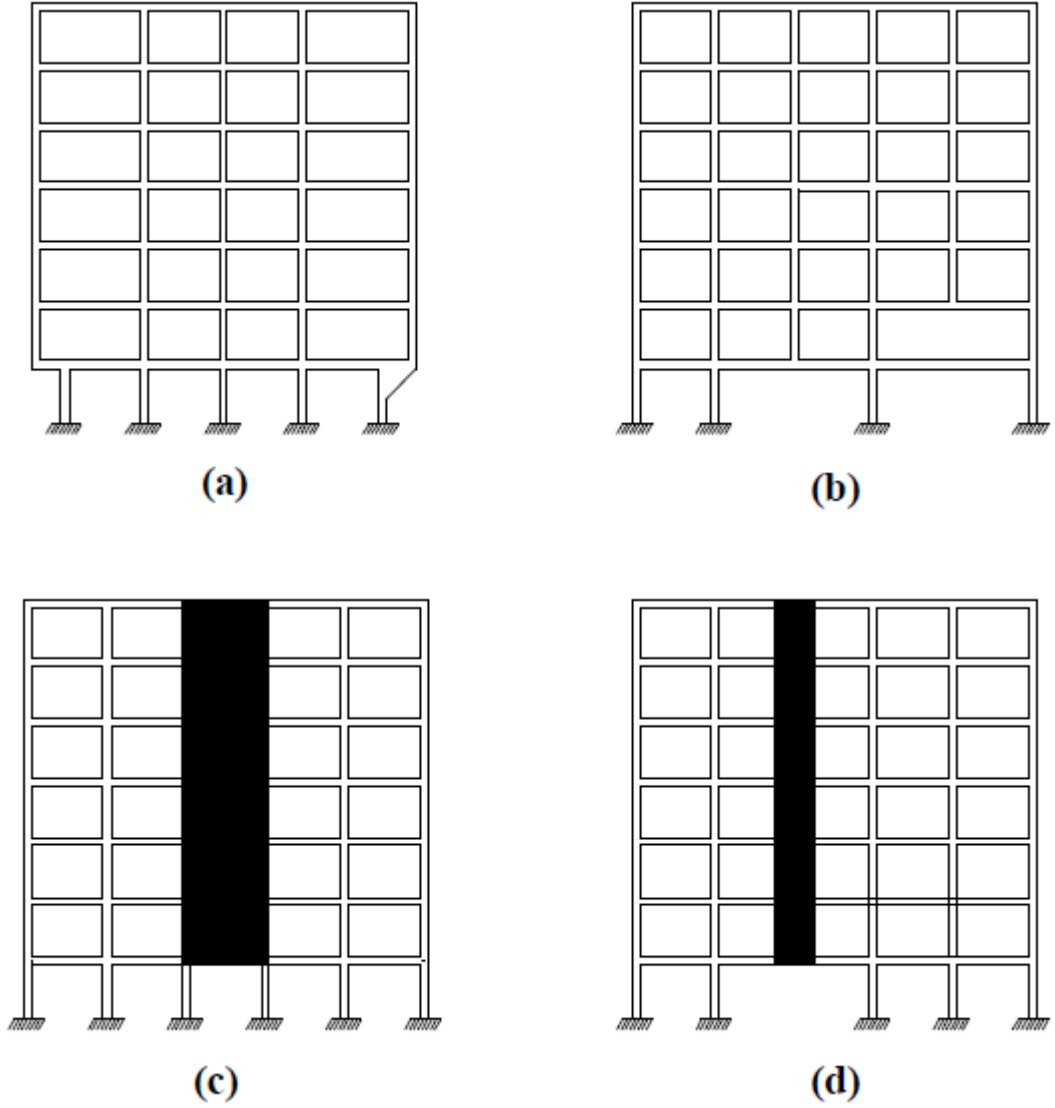
Taşıyıcı sistemde düşey eleman süreksizliği olarak bilinen B3 türü düzensizlik ise taşıyıcı düşey elemanların (kolon veya perde) bazı katlarda kaldırılarak, diğer katlardaki kolon veya perdelerin kirişlere veya guseli kolonlara oturtulması sonucu açığa çıkmaktadır. B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 1.4 (a)).

(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yük ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır (Şekil 1.4 (b)).

(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 1.4 (c)).

(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 1.4 (d)).



Şekil 1.4. B3 – Düşey elemanların süreksizliği düzensizliği (DBYBHY 2007)

Taşıyıcı sistem düzensizlikleri tek başlarına bile yapılar için deprem dayanımı açısından olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Düzensizliğe sahip yapıların deprem anında çarpışması durumunda yapıların mevcut olan bu olumsuz davranışını daha da karmaşık hale getirmektedir. Geçmişte meydana gelen depremler sonucu oluşan hasarlar incelendiğinde düşey yönde düzensizliğe sahip yapılarda diğer binaların çarpması sonucu ciddi hasarlar meydana gelmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Yapılmış Çalışmalar

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.

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.

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. Teorik modelde kullandıkları her iki yapıda da 4 adet kolon bulunmaktadır. Yapıların kütle, rijitlik merkezlerini, eksantirisitelerini ve yapılar arasındaki mesafeleri kendileri belirlemişlerdir. Kendilerinin oluşturduğu bir formülasyon sonucu yapıların depremde çarpışması sonucu açığa çıkan çarpışma kuvvetlerini bulmuşlardır. Deneysel çalışma için 3m x3 m boyutlarında tek eksenli sismik sarsma tablası kullanmışlardır. Maksimum çarpışma hızı ve maksimum deplasmanlar sırasıyla 0,5 m/s ve ± 10 cm' dir. Modelde oluşturdukları yapıları temsil etmesi için kolonları 50 mm uzunluk, 30 mm genişlik ve 4 mm kalınlık olmak üzere kutu kesit olarak oluşturmuşlardır. Kolon yüksekliğini ise 2 m olarak almışlardır. 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.

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 modellemiş ve sonuçları karşılaştırmıştır. Lineer olmayan elastik çarpışma modelinin, çarpışma sonrası kaybedilen enerjinin önemli olmadığı durumlarda kullanılabileceğini vurgulamıştır.

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.

Doğan ve Günaydın (2009), bitişik nizam yapıların çarpışma noktalarının yerinin değişmesiyle yapıların davranışında nasıl bir değişme meydana geleceğini araştırmışlardır. Bu kapsamda iki katlı bir çerçeve sistem modellemiştir. Oluşturdukları bu modele 2' nci kat kolonunun üst noktasına, yine aynı kolonun orta noktasına, 1/3 ve 2/3 seviyelerindeki noktalarına çarpışma kuvveti etkitmişlerdir. Yapıdaki çarpışmayı temsil etmesi açısından belirtilen noktalara 100 kN çarpma kuvveti etkidiği kabul edilmiştir. 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.

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.

Çetinkaya (2011), farklı rijitliklere sahip iki komşu binanın çarpışmasını 4 farklı yay modeli için analiz etmiş ve sonuçları karşılaştırmıştır. Binalar arasındaki etkileşimin en net görüldüğü modelin Hertz (lineer olmayan elastik yay) modeli olduğu sonucunu elde etmiştir.

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.

Ehab vd. (2014), bitişik nizam inşa edilen yapıların arasında yeterli miktarda derz boşluğu bırakılmamasından kaynaklı çarpışması durumlarını incelemiştir.

Modelledikleri bitişik nizam yapıları deprem anında çarpışmadan kaynaklanabilecek ek kuvvetleri göz önünde bulundurmadan tasarlamışlardır. Nonlineer dinamik analiz yapmışlardır. Tasarladıkları yapıları iki farklı taşıyıcı sistem olarak modellemişlerdir. İlk yaptıkları modelde yapıyı sadece çerçeve sistem olarak modellemişlerdir. İkinci modelde ise yapıyı perde duvarlı sistem olarak modellemişlerdir. Oluşturdukları modelleri farklı kat yükseklikleri ve farklı kat ağırlıkları altında 6 farklı şekilde gruplandırarak çarpışma durumlarını incelemişlerdir. Bu çalışmada her bir çarpışma durumunu ECP 203 (2007) yönetmeliğinde belirtilen minimum derz boşluğu miktarından daha küçük ve minimum derz boşluğu miktarına eşit boşluklar bırakarak analizi tekrarlamış ve meydana gelen çarpışma sayılarını ve açığa çıkan çarpışma kuvvetlerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak bırakılan derz boşluğu miktarının azalmasıyla çarpışma kuvvetinin arttığı sonucu elde etmişlerdir. Ayrıca farklı derz mesafelerinde meydana gelen çarpışmalar sonucunda taban kesme kuvvetlerinde ciddi bir değişimin meydana gelmediğini gözlemlemişlerdir.

2.2. Deprem Sonrası Tespit Edilen Çarpışma Hasarları

Deprem insanoğlunun yaratılmasından bu yana karşı karşıya olduğu bir gerçektir. Geçmişte meydana gelen büyük depremler sonucu yüzlerce yapı hasar görmüş ve binlerce insan hayatını kaybetmiştir. Bu depremler sonrası yapılan gözlemlerde bitişik binaların çarpışması sonucu birçok yapının hasar gördüğü ve birçok insanın yaşamını yitirdiği görülmüştür.

Komşu binaların çarpışma analizleri konusunda çalışmalar yapan ilk araştırmacılardan biri olan Takeyama yaptığı çalışmasında 1957 yılında meydana gelen Mexico depreminde komşu binaların çarpışması sonucu birçok hasarın gözlemlendiğini ve bundan sonra çarpışmayı önlemek amacıyla komşu binalar arasına yeterli miktarda boşluk bırakma şartı getirildiğini belirtmiştir (Takeyama 1973).

1964 Japonya’ da meydana gelen Niigata depreminde genişleme derzlerinde hatalar ve hasarlar gözlenmiştir. Bu hasarların başlıca nedeninin kötü zeminler olmasına karşın, bitişik binalar için hiçbir uyarı dikkate alınmamış ve daha sonra 1968 yılında gerçekleşen Tokachi-Oki depreminde Commerce High School ve Noheji Middle School binaları genişleme derzlerinden ayrılmıştır (Takeyama 1973).

1985 Mexico City depremi sonrasında yapılan gözlemlerde, hasar gören binaların % 40' ının, yıkılan binaların ise % 15' inin çarpışma etkisine maruz kaldığı görülmüştür. Şekil 2.1' de Mexico City depreminde hasar görmüş yapı örneği verilmiştir.



Şekil 2.1. Mexico City depreminde çarpışmadan kaynaklı hasar örneği (Wikispaces, 2015)

1989 yılında San Francisco' da meydana gelen Loma Prieta depremi sonrası yapılan incelemelerde, merkez üssünden 90 km ye kadar olan bölgelerde, 200' ün üzerinde çarpışma hasarı gözlenmiştir (Kasai ve Maison 1996). Şekil 2.2' de Loma Prieta depreminden bir hasar örneği verilmiştir.



Şekil 2.2. Loma Prieta depremi sonrası görülen hasar örneği

1992 yılında Mısır' ın Kahire kentinde meydana gelen deprem büyük bir felaket olarak kayıtlara girmiştir. Deprem sonucunda 350 yapı tamamen yıkılmış, 9000 yapı hasar görmüş, 545 kişi hayatını kaybetmiş, 6512 kişi yaralanmış ve 50000 insan evsiz kalmıştır. Bu büyük depremin ardından yapılan incelemelerde, hasarın bu denli büyük olmasında çarpışma olayının da etkili olduğu görülmüş ve yapı tasarım yönetmeliklerinde değişiklikler yapılmıştır. Yönetmeliğe komşu binalar arası bırakılacak boşluk miktarıyla alakalı zorunlu maddeler eklenmiştir (Ehab vd. 2014).

1994 yılında meydana gelen Northridge depreminde binalarda ve köprülerde özellikle genişleme derzlerinde ve köprü kenar ayaklarında ciddi hasarlar meydana gelmiştir. San Fernando-Simi Valley otoyolunda ve Santa Clara River köprüsünde genişleme derzi hasarları görülmüştür (Muthukumar 2003). Şekil 2.3 ve Şekil 2.4' de Northridge depreminde hasar gören köprülerden örnekler verilmiştir.



Şekil 2.3. Northridge depremi sonrası hasar örneği



Şekil 2.4. Northridge depremi sonrası hasar örneği

Türkiye’ de meydana gelen 1999 Marmara depremi, çok büyük can ve mal kayıplarına sebep olmuştur. On binlerce insan yaşamını yitirmiş ve yine on binlercesi evsiz kalmıştır. Meydana gelen hasarlar incelendiğinde, hasarın bu denli büyük olmasında çarpışma olayının da etkin olduğu görülmüştür. Bu depremden sonra yapılan çalışmalar sonucunda 2007 yılında çıkan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) çerçevesinde binalar arasında bırakılacak derz boşluğu miktarına yer verilmiştir. Şekil 2.5’ de Marmara depreminden hasar örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.5. Adapazarı ilinden çarpışma hasarlarına örnek

Binalar arası bırakılması gereken minimum derz miktarı yönetmelikle sınırlandırılrsa bile gerekli uyarıların dikkate alınmaması ve yetersiz denetimler sonucu, 2011 yılında Van' da meydana gelen depremler sonucunda onlarca çarpışma hasarı meydana gelmiştir. Meydana gelen hasarları tespit etmek amacıyla bir rapor hazırlanmış ve meydana gelen hasarlar raporda resmedilmiştir (Önen vd.2011). Raporda belirtilen hasarlardan örnekler Şekil 2.6, Şekil 2.7 ve Şekil 2.8' de verilmiştir.



Şekil 2.6. Erciş' te çarpışma sonucu oluşan hasar (Önen vd. 2011)



Şekil 2.7. Erciş' te çarpışma sonucu oluşan hasar (Önen vd. 2011)

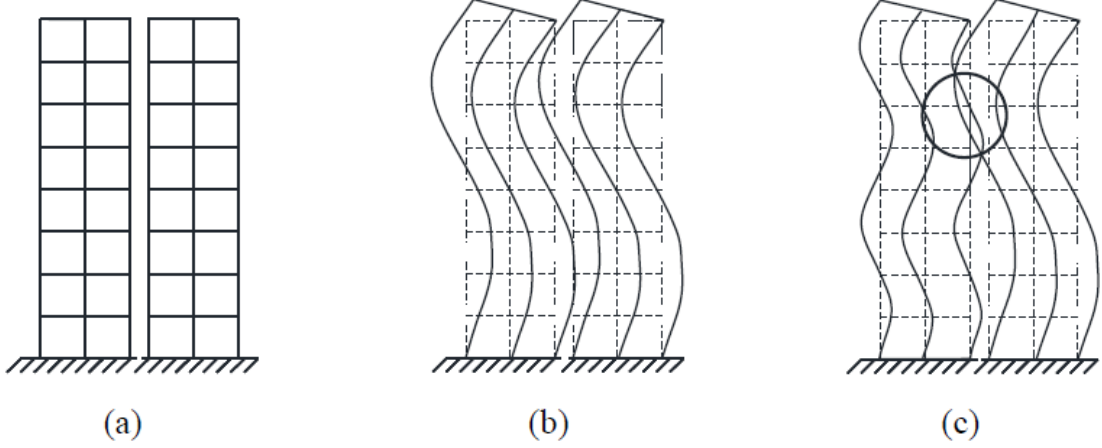


Şekil 2.8. Van İlinde çok katlı bir binanın, yıkılırken dilatasyonla ayrılmış bitişik binaya çarparak verdiği hasar (Önen vd. 2011)

2.3. Çarpışma Çeşitleri

Farklı dinamik karakterlere sahip yapılar deprem esnasında farklı salınım periyotlarına sahip olmaktadır. Bitişik nizam olarak inşa edilen yapılar aralarında yeterli derz boşluğu bırakılmamışsa farklı mod şekillerinden kaynaklı olarak yaptıkları farklı yerdeğiştirmeler sonucu deprem esnasında birbirlerine çarparak yapılarda hasar oluşmasına sebep olmaktadır (Şekil 2.9). Aynı dinamik karakterlere ve mod

şekillerine sahip binaların inşa edilebilmesi mümkün olmadığından, bitişik nizam binalarda çarpışma olayı kaçınılmaz olmaktadır (Doğan ve Günaydın 2009).



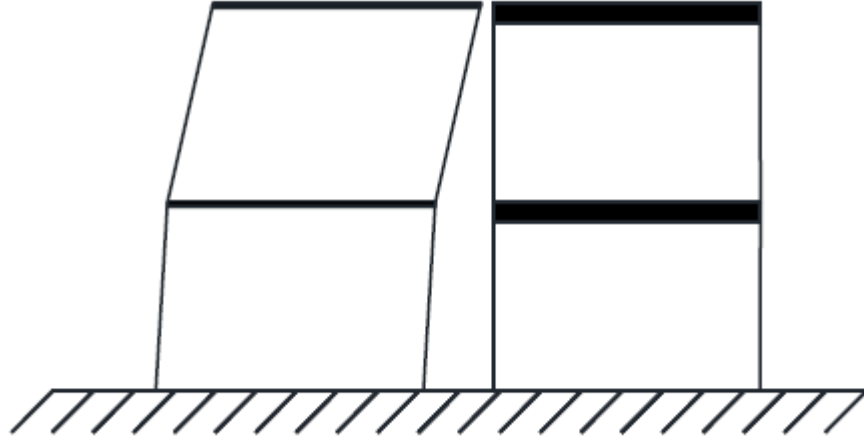
Şekil 2.9. (a) Komşu binaların şekil değiştirmeden önceki halleri, (b) Aynı dinamik karakterlere sahip komşu binaların dinamik davranışları, (c) Farklı dinamik karakterlere sahip komşu binaların dinamik davranışları (Doğan ve Günaydın 2009)

Yapılar rijitlik, kütle gibi özellikler bakımından aynı karakterde inşa edilebilmiş olsalar bile, üzerine oturdukları zeminin durumu, depremin etki mesafesi gibi sebeplerden dolayı çarpışmanın olabileceği hiçbir zaman göz ardı edilmemelidir.

Çarpışma olayının yapılarda farklı durumlar ve şekiller altında yapıların farklı bölgelerinde meydana gelebileceği ve her çarpışma çeşidinin yapılara verdiği hasarın farklı olduğu meydana gelen depremler sonucu gözlenmiştir. Bu kapsamda yapılan araştırmalara dayanılarak çarpışma çeşitlerini 7 ana grupta toplamak mümkündür (Çetinkaya 2011).

2.3.1. Farklı kütlelere sahip binaların çarpışması

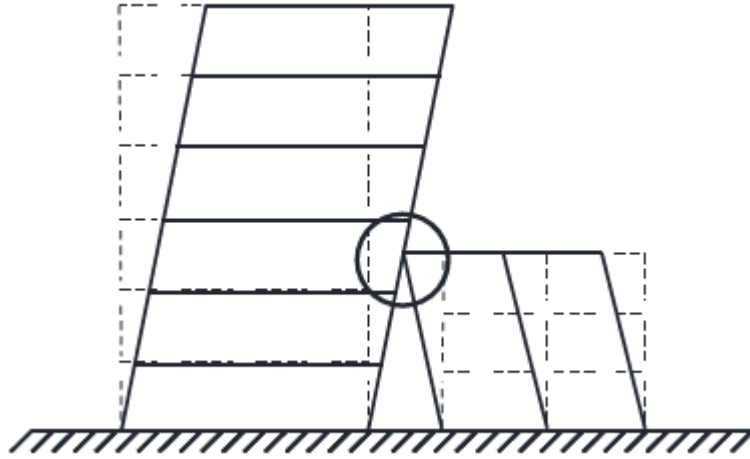
Biri diğerine göre daha hafif olan iki binanın döşeme seviyelerinde çarpışması sonucu hafif olan binanın diğer binaya göre daha fazla hasar gördüğü gözlemlenmiştir. Ağır olan binanın çarpmadan bölgesel hasarlar dışında çok fazla etkilenmediği belirlenmiştir.



Şekil 2.10. Biri diğerine göre daha ağır olan binalarda çarpışma (Çetinkaya 2011)

2.3.2. Farklı kat yüksekliklerine sahip binaların çarpışması

Depremde çarpışma sonucu en ağır hasarların meydana geldiği çarpışma çeşitlerinden birisi farklı kat yüksekliklerine sahip binaların döşeme-kolon seviyelerinde meydana geldiği çarpışmalardır. Depremler sonucu yapılan araştırmalar sonucu bu şekilde meydana gelen çarpışmalarda yapıların taşıyıcı sistemlerinde ciddi hasarların meydana geldiği görülmüştür.



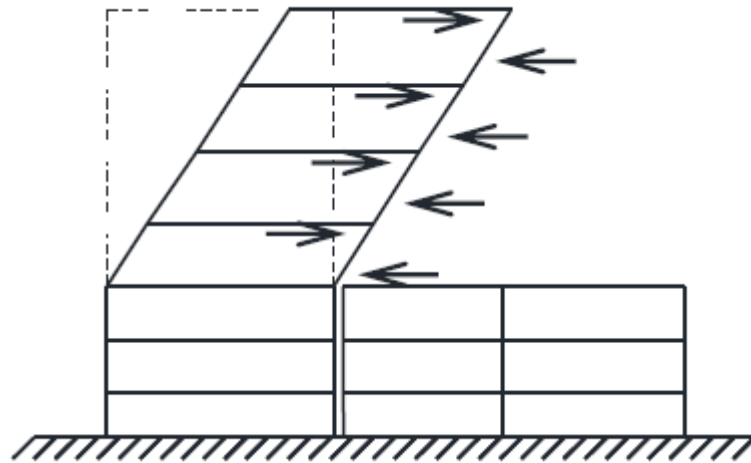
Şekil 2.11. Farklı kat yüksekliklerine sahip binaların çarpışması



Şekil 2.12. Döşeme-Kolon çarpışması (Önen vd. 2011)

2.3.3. Yükseklikleri farklı binaların çarpışması

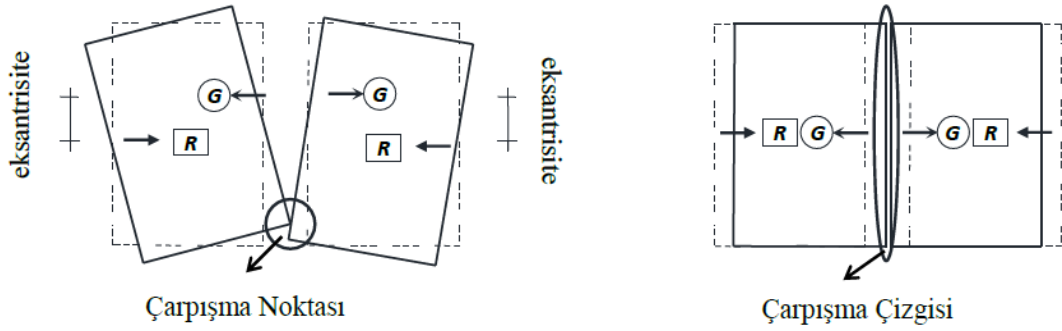
Kat yükseklikleri aynı olmasına rağmen kat sayılarının farklı olmasından dolayı biri diğerine göre daha yüksek olan binaların çarpıştığı durumdur. Bu çarpışma çeşidinde yüksek olan binanın diğer binaya oranla daha fazla hasar gördüğü gözlemlenmiştir. Kısa olan binanın en üst kat seviyesinde çarpışmanın meydana gelmesi sonucu uzun olan binanın çarpışmadan yüksek olan seviyelerinde ciddi hasarlar görülmektedir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Farklı kat yüksekliklerine sahip binaların çarpışması

2.3.4. Kütle ve rijitlik merkezleri çakışmayan binaların çarpışması

Yapıların kütle ve rijitlik merkezleri arasında kalan mesafeye eksantrisite denmektedir. Eksantrisitenin büyüklüğüne ve depremin şiddetine bağlı olarak yapılarda burulma etkisi görülmektedir. Tek başına bile deprem anında yapılar için istenilmeyen bir durum olan burulmanın bitişik nizam binalarda görülmesiyle daha da tehlikeli bir durum açığa çıkmaktadır. Burulma çarpışması olarak da adlandırılan bu etki sonucu yapılarda özellikle köşe kolonlarda ciddi hasarlar görülebilmektedir (Şekil 2.14).

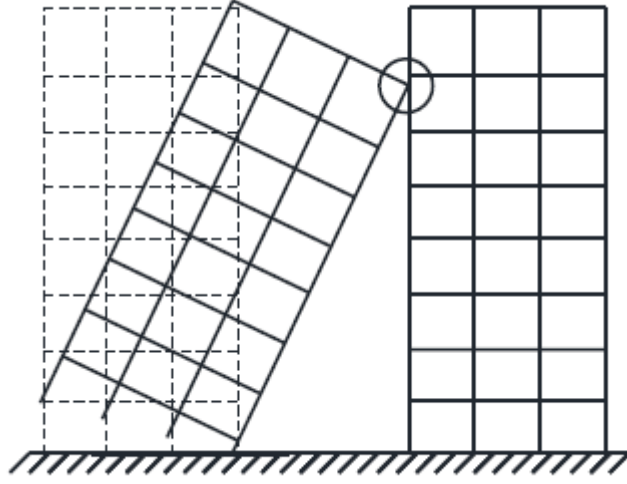


Şekil 2.14. Kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması ve çakışmaması durumlarında çarpışma (Doğan ve Günaydın 2009)

Kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması durumunda çarpışmanın çizgisel bir hat boyunca gerçekleşmesi beklenir. Bu durumda meydana gelen çarpışmanın daha az tehlikeli olacağı söylenebilir.

2.3.5. Bir binanın diğer bir bina üzerine yıkılmasıyla oluşan çarpışma

Bu şekilde bir çarpışma meydana gelmemesi için her bir binanın tek başına depremde sağlam kalacak şekilde inşa edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde komşu binalar arasındaki mesafenin yüksek olan binanın boyu kadar olması gerekmektedir.



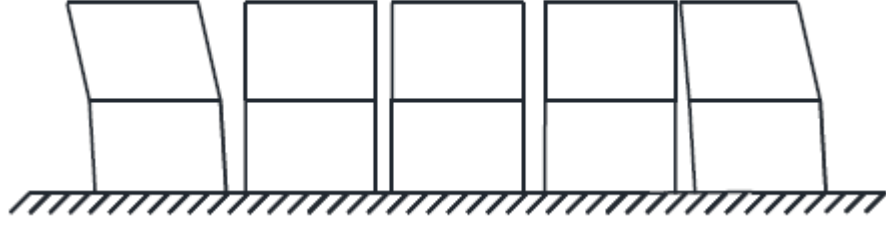
Şekil 2.15. Bir binanın diğer bina üzerine yıkılmasıyla meydana gelen çarpışma



Şekil 2.16. Bir binanın diğer bina üzerine yıkılmasıyla meydana gelen çarpışma

2.3.6. Aynı sırada ikiden fazla binanın çarpışması

Bu tür çarpışmalarda içte kalan binalarda ötelenmeler her iki yönde kısıtlandığı için dışta kalan binalara göre daha az hasar görülmesi beklenmektedir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Aynı sırada ikiden fazla binanın çarpışması

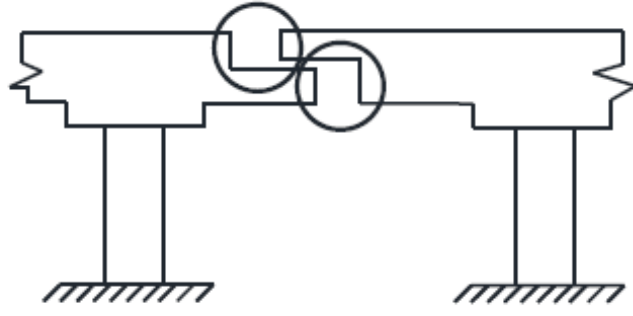
Ancak içte kalan binalarda mevcut olan yapısal bozukluklar ya da düzensizlikler sebebiyle içteki binalarda da ciddi hasarlar görülmektedir. Şekil 2.18’ de görüldüğü üzere 17 ağustos Marmara depremi sonrası gözlenen yapılarda, içteki binada dıştaki binalara oranla daha ciddi hasar meydana gelmiştir. Bu hasarın sebebi yapıda zemin kattaki dükkânlar sebebiyle zayıf kat oluşmasıdır.



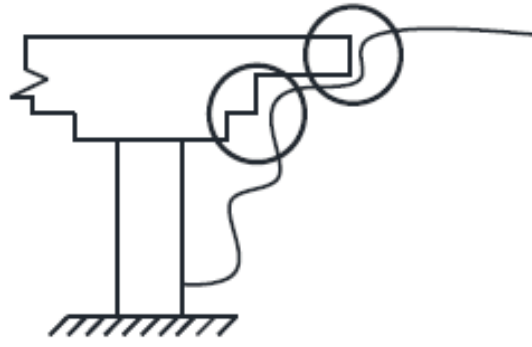
Şekil 2.18. Zayıf kat ve çarpışma sebebiyle içteki binada meydana gelen hasar

2.3.7. Köprülerde çarpışma

Çarpışma olayı sadece iki farklı bina arasında değil köprülerde de sıklıkla gözlenmektedir. Köprülerde genişleme derzlerinde veya köprü tabliyelerinin zeminle birleştiği bölgelerde gözlenmektedir.



Şekil 2.19. Genleşme derzlerinde çarpışma



Şekil 2.20. Köprü tabliyesinin zeminle birleştiği noktada çarpışma

3. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu tez çalışmasında düşey yönde düzensizliğe sahip binaların, herhangi bir düzensizliğe sahip olmayan binalarla depremde çarpışması sonucu açığa çıkacak etkiler araştırılmıştır. B1, B2 ve B3 düzensizliklerine sahip binaların depremde çarpışma olayından nasıl etkilendiği incelenmiştir. Yapıların modelleri oluşturulurken sadece binaların öz ağırlıkları dikkate alınmıştır.

İlk olarak herhangi bir düzensizlik bulunmayan iki bina modellenmiş ve depremde çarpışma durumları incelenmiştir. Bu model kontrol model olarak adlandırılmıştır. Daha sonra her bir düzensizlik için binalardan birinin bütün özellikleri aynı kalacak şekilde, diğer binada düzensizlik durumları oluşturulmuş ve düzensizliğin olduğu durumdaki çarpışma olayı incelenmiştir. Binalar arasındaki gerekli boşluk miktarı, DBYBHY (2007)'nin 2.10.3.2 maddesi (6 m yüksekliğe kadar olan binalar arası en az 3 cm, 6 m'den sonraki her 3 m için 3 cm'ye 1 cm daha eklenmesi koşulu) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bina yüksekliklerimiz 18 m olduğu için hesaplanan değer 7 cm olmaktadır. Bu çalışmada ise binalar arası mesafe 1 cm' den başlayarak, yönetmelikte belirtilen minimum mesafe olan 7 cm' e kadar artırılmış ve açığa çıkan kuvvetler ve kesit etkileri karşılaştırılmıştır. Bitişik nizam olarak oluşturulan binalar arasındaki çarpışma lineer olmayan elastik yay (Hertz) modeli kullanılarak analiz edilmiştir.

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

Dinamik analizleri gerçekleştirmek için SAP2000 (CSI 2009) programı kullanılmıştır. Modellerde çözümler Mod Süperpozisyon (Fast Non-Linear Analysis) yöntemi uygulanarak yapılmıştır. Deprem kaydı olarak 1940 El-Centro depreminin ivme kaydı kullanılmıştır.

3.1. Çarpışma Modeli

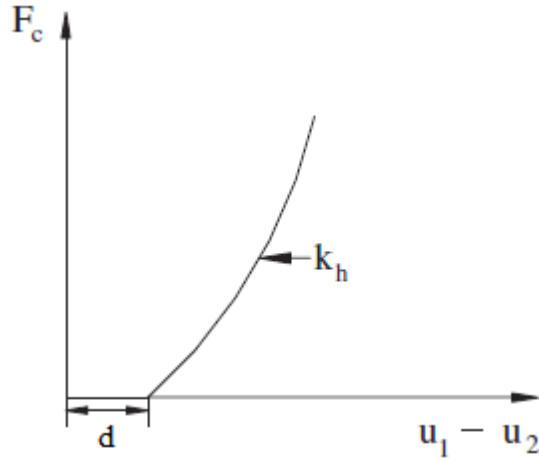
Bu çalışmada çarpışma modelini temsil edebilmek amacıyla Hertz yasasından faydalanılmıştır. Hertz modelinde binalar arası kuvvet aktarımını belirleyebilmek amacıyla lineer olmayan elastik yay kullanılmaktadır. Binalar arası tanımlanan boşluğun

(d) kapanması ile yay devreye girmekte ve kuvvet aktarmaktadır. Çarpışma kuvveti aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Muthukumar ve DesRoches 2006);

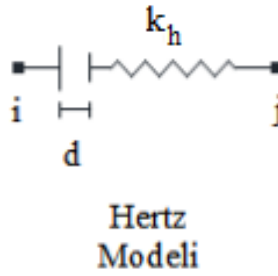
$$F_c = k_h (u_1 - u_2 - d)^{3/2} \quad u_1 - u_2 - d > 0 \quad (\text{çarpışmanın olduğu durum})$$

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

Burada; u_1 ve u_2 komşu binaların aynı doğrultuda rölatif yer değiştirmeleri, d binalar arasında bırakılan boşluk, k_h yay sabiti, F_c ise çarpışma kuvvetini temsil etmektedir. Şekil 3.1' de yay ile çarpışma kuvveti arasındaki ilişki verilmiştir (Muthukumar ve DesRoches 2006).



Şekil 3.1. Lineer olmayan elastik yay modelinde çarpışma kuvveti ile yer değiştirme arasındaki ilişki (Muthukumar ve DesRoches 2006)

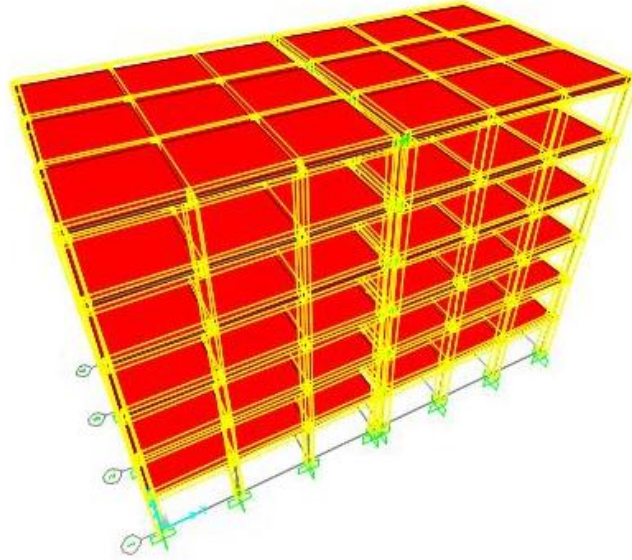


Şekil 3.2. Hertz (Lineer olmayan elastik) yay modeli (Çetinkaya 2011)

3.2. Bina Modelleri

3.2.1. Herhangi bir düzensizliğe sahip olmayan bina modeli

Kontrol modeli olarak adlandırılan bu modelde 2 tane 6 katlı bina modellenmiştir. 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.

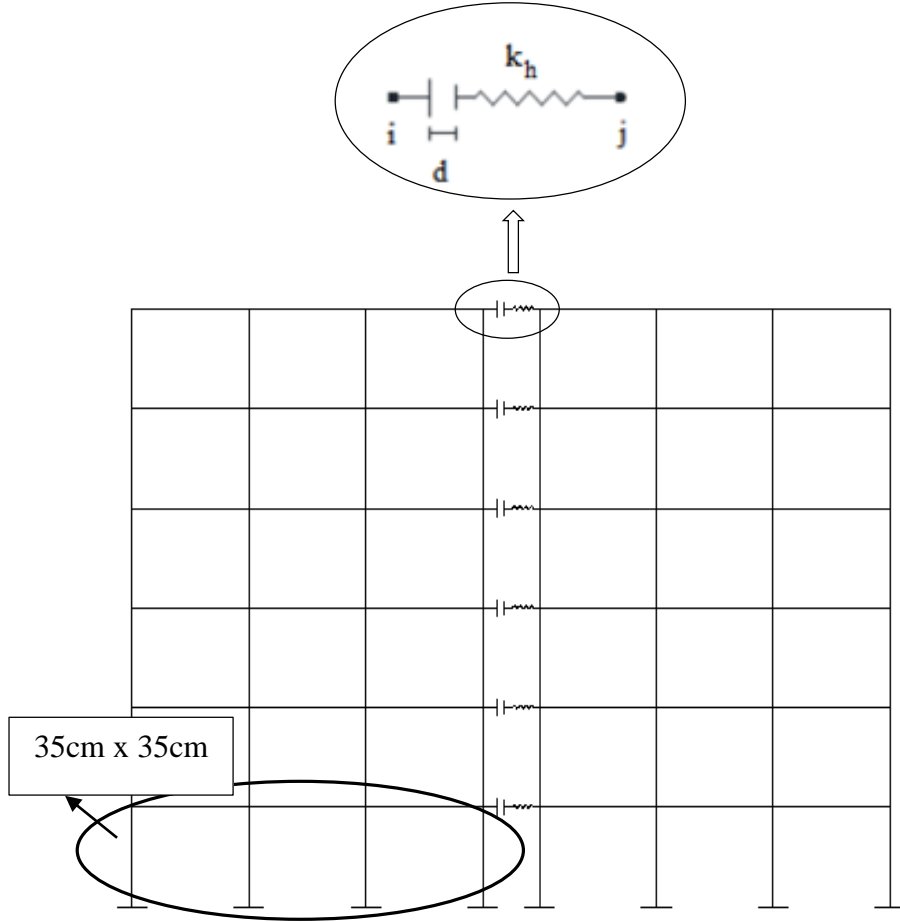


Şekil 3.3. Oluşturulan bina modelleri

3.2.2. B1 düzensizliğine sahip bina modeli

B1 düzensizliğine sahip binaların çarpışma olayından nasıl etkilendiğini görebilmek amacıyla, oluşturulan kontrol modelinden farklı olarak binaların birinde kolon boyutlarında değişim yapılarak B1 düzensizliği oluşturulmuştur. Sol taraftaki binada zemin kat kolonları 35 cm x 35 cm, diğer kat kolonları ise 40 cm x 40 cm olarak modellenmiştir. Böylece binada B1 (zayıf kat) düzensizliği oluşturulmuştur. Komşu binada ise herhangi bir düzensizlik bulunmamaktadır. Bütün katlarda kolon boyutları 50 cm x 50 cm olarak alınmıştır. Her iki binada da kiriş boyutları 60 cm x 25 cm alınmıştır. Döşeme kalınlığı da yine her iki binada da eşit olmak üzere 14 cm alınmıştır.

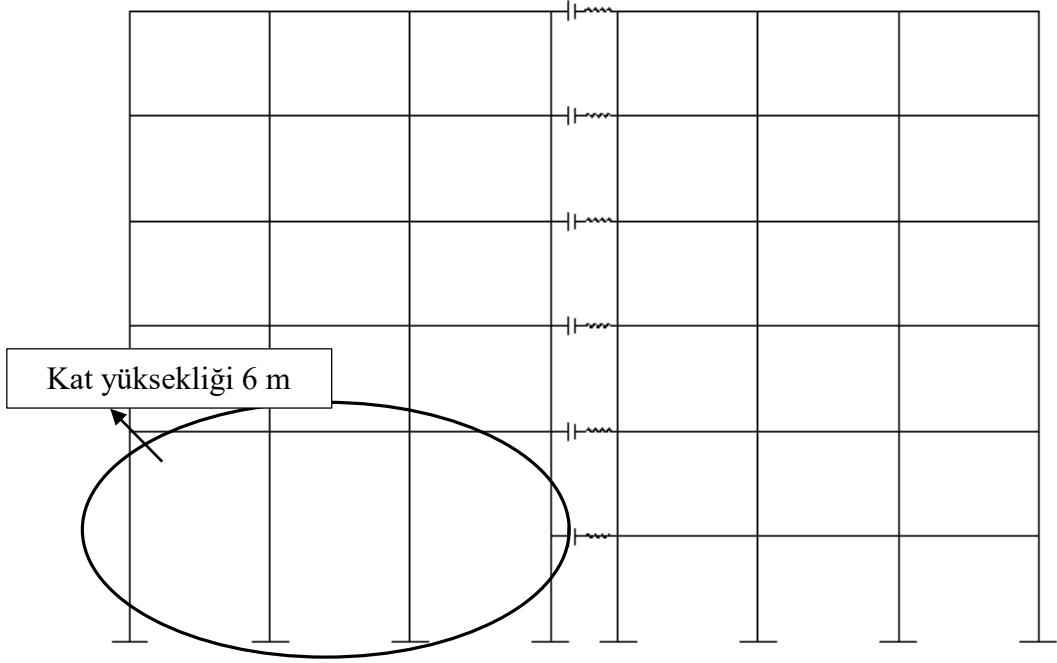
Çarpışmayı temsil etmesi açısından her kat seviyesinde olmak üzere toplamda 24 adet yay elemanı kullanılmıştır.



Şekil 3.4. B1 düzensizliğine sahip bina modeli

3.2.3. B2 düzensizliğine sahip bina modeli

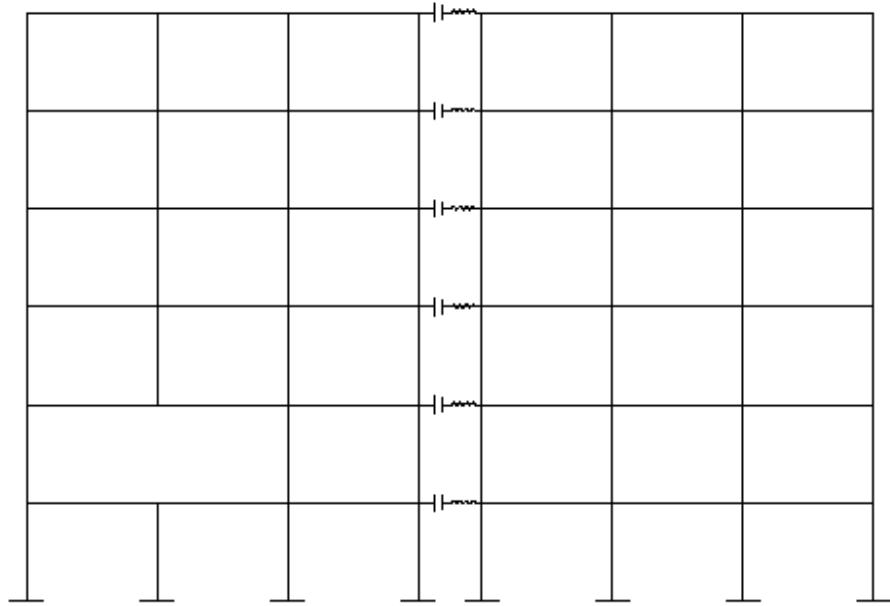
B2 düzensizliğine sahip binaların çarpışma olayından nasıl etkilendiğini görebilmek amacıyla, oluşturulan kontrol modelinden farklı olarak binaların birinde ilk kat yüksekliğinde değişim yapılarak B2 düzensizliği oluşturulmuştur. Sol taraftaki binada zemin kat yüksekliği diğer katlardan farklı olarak 6 m alınmıştır. Diğer katların yükseklikleri ise kontrol modelde olduğu gibi 3 m olarak alınmıştır. Böylece binada B2 (yumuşak kat) düzensizliği oluşturulmuştur. Bunun dışında her iki binada da kontrol modelinden herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.



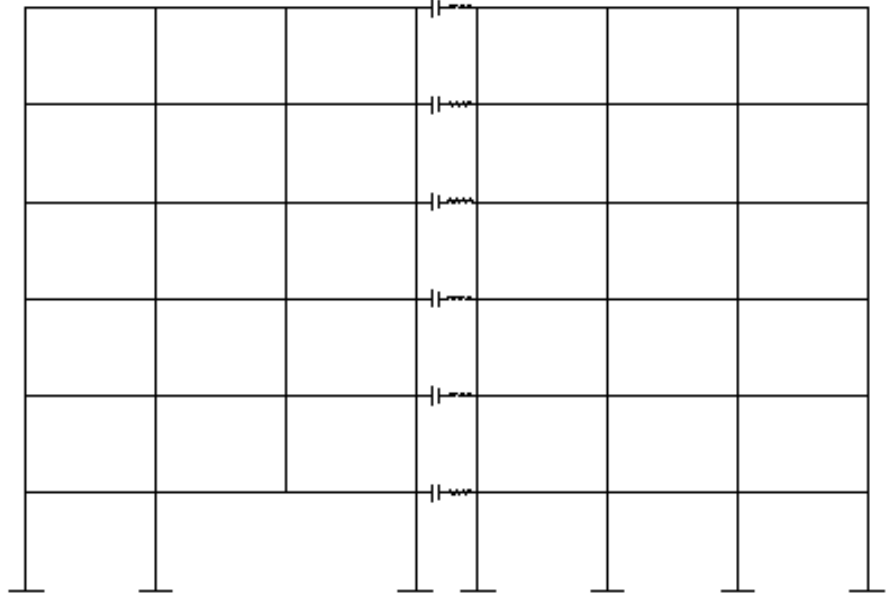
Şekil 3.5. B2 düzensizliğine sahip bina modeli

3.2.4. B3 düzensizliğine sahip bina modeli

Oluşturulan modellerde B3 düzensizliğini temsil edebilmek amacıyla binaların birinde 1' nci ve 2' nci katlarda farklı akslarda iki adet kolon kaldırılmıştır. Böylece düşeyde eleman süreksizliği meydana getirilmiştir. Binaların diğer özellikleri daha önce oluşturulan kontrol modelle aynıdır.



Şekil 3.6. B3 düzensizliğine sahip bina modeli



Şekil 3.7. B3 düzensizliğine sahip bina modeli

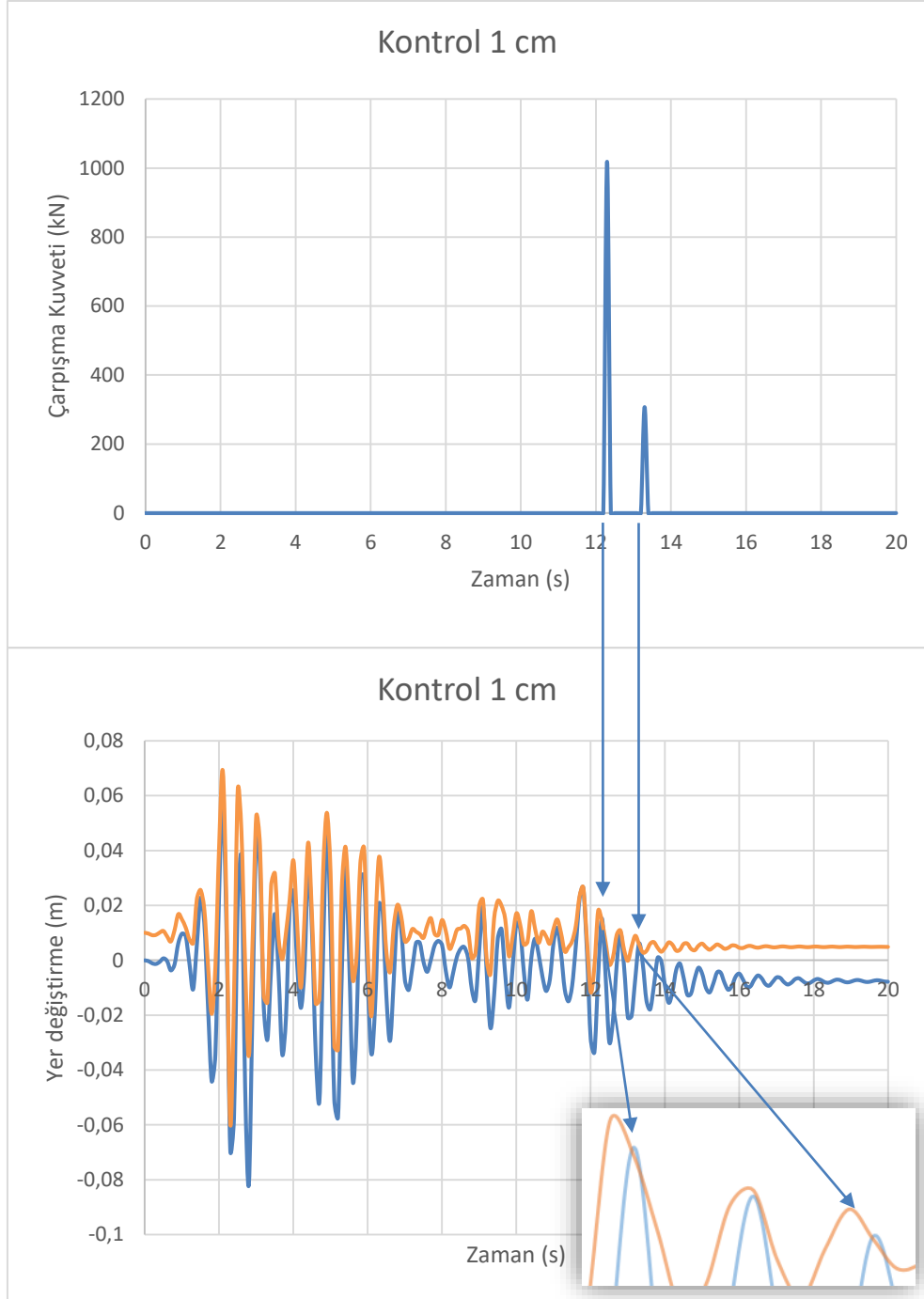
4. BULGULAR VE KARŞILAŞTIRMALAR

Yapılan dinamik analizler sonucu, düzensizliğin olduğu ve olmadığı durumlarda binalar arası meydana gelen çarpışmalar incelenmiştir. Düzensizliğin olduğu ve olmadığı durumlarda, binalar arasındaki mesafelere bağlı olarak her mesafe için ayrı ayrı, çarpışma sonucu açığa çıkan maksimum çarpışma kuvvetleri, maksimum çarpışma kuvvetinin açığa çıktığı noktaların rölatif yer değiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri grafikler halinde verilmiştir. Ayrıca düzensizliğin olduğu ve olmadığı her bir durum için binalar arası mesafenin 1 cm' den 7 cm' kadar değiştirilmesiyle açığa çıkan en büyük çarpışma kuvvetinin olduğu anda soldaki binaya ait kolon kesme kuvveti ve moment grafikleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu grafikler karşılaştırılarak düzensizliğin etkisi incelenmiştir.

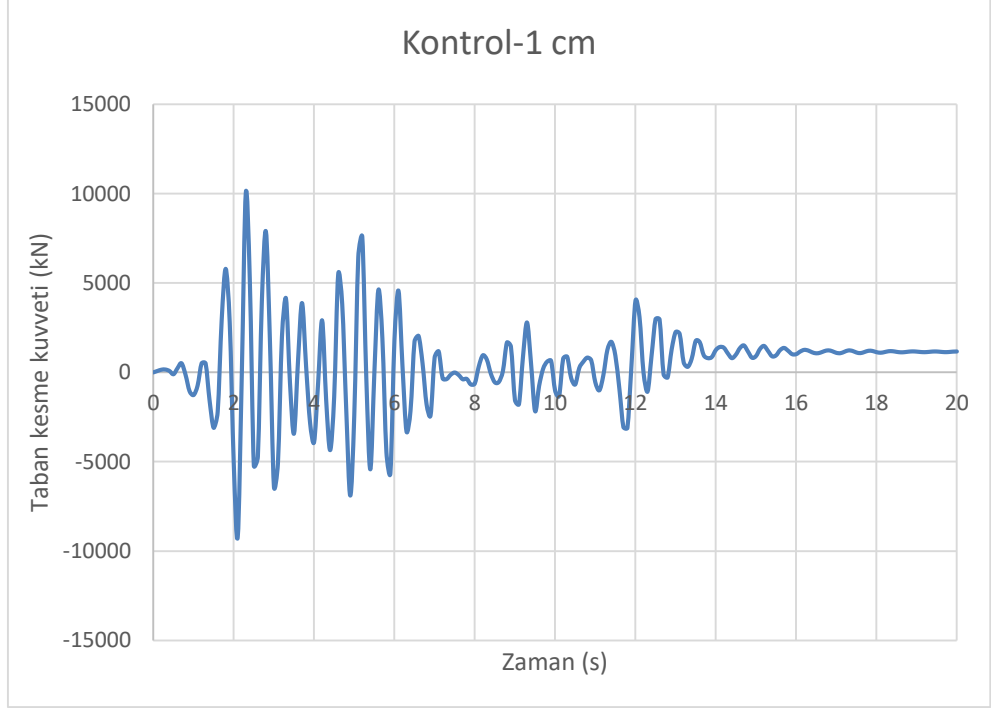
4.1. Herhangi Bir Düzensizliğin Olmadığı Durum

4.1.1. Binalar arasındaki mesafenin 1 cm olduğu durum

Herhangi bir düzensizliğin olmadığı, kontrol model olarak da adlandırılan bu durumda binalar arasındaki mesafe 1 cm' den başlayarak 7 cm' e kadar 1' er cm artırılarak çarpışma durumu incelenmiştir. Binalar arası mesafe 1 cm iken binalar arasında 2 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 12,3. sn' de 1018,65 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.1' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.2' de verilmiştir.



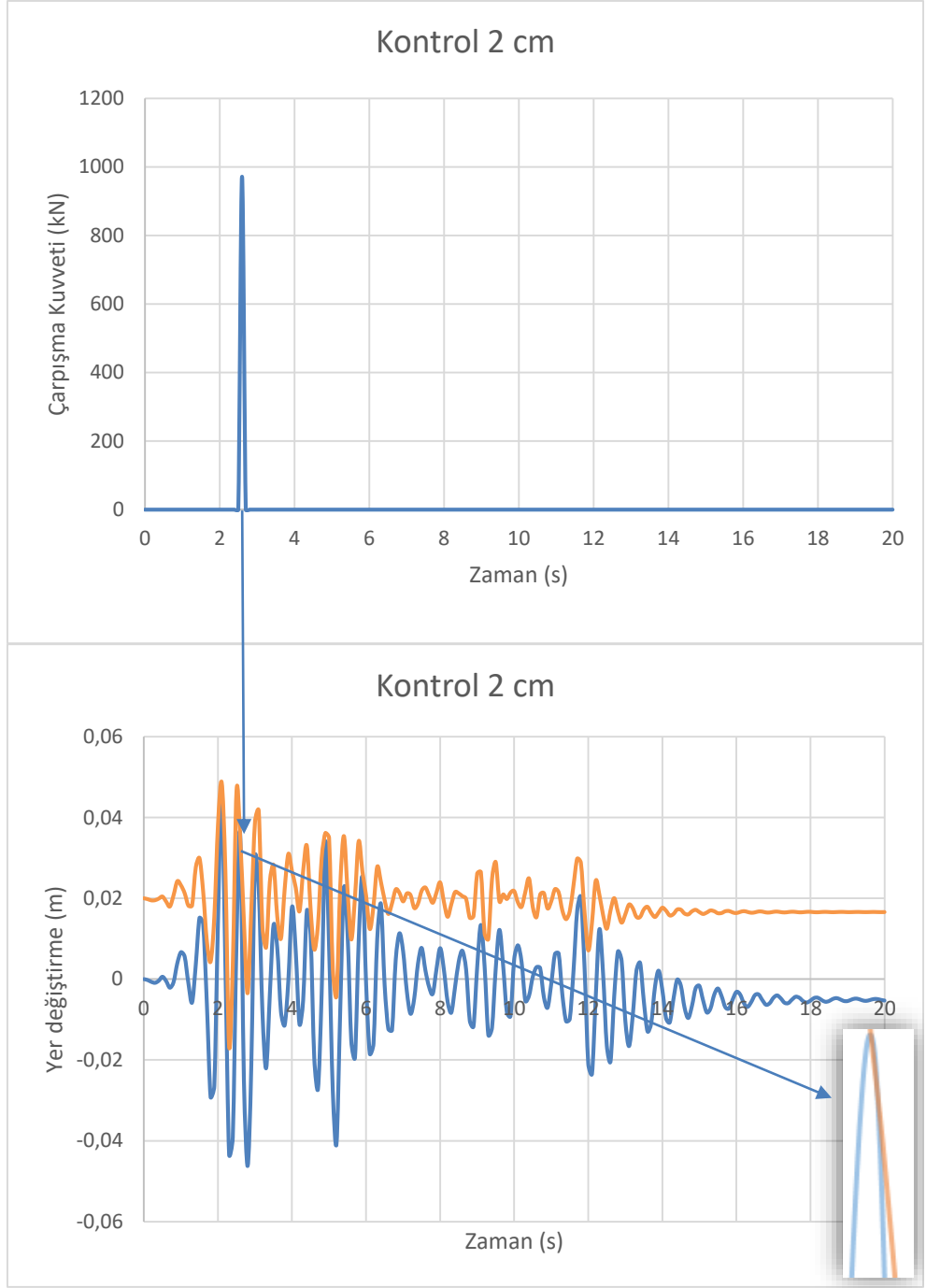
Şekil 4.1. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



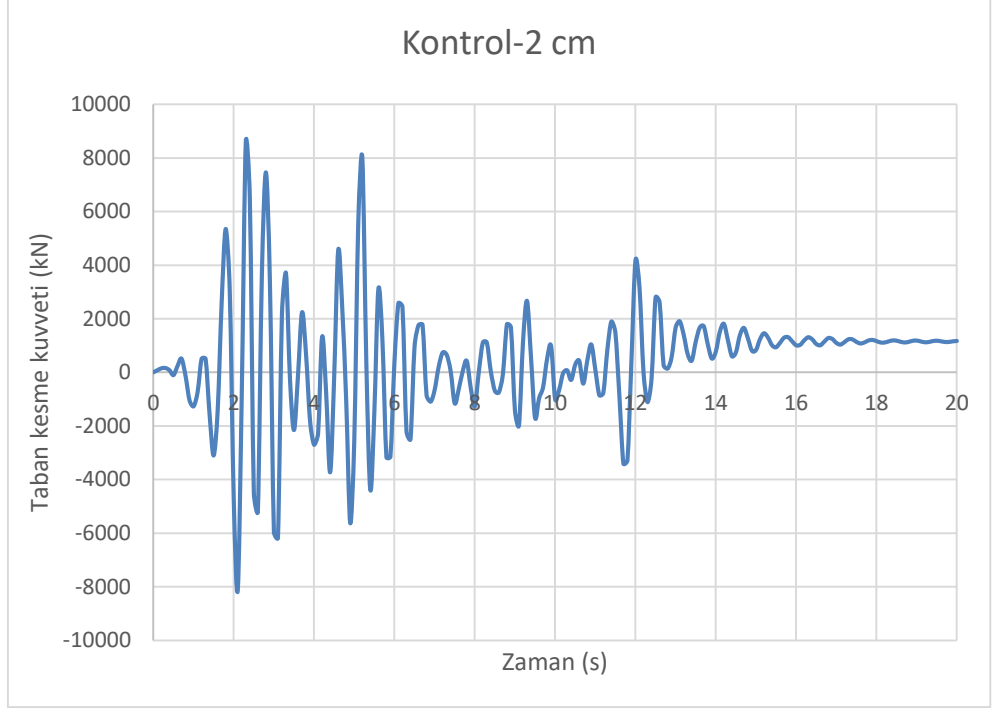
Şekil 4.2. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.1.2. Binalar arasındaki mesafenin 2 cm olduğu durum

Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 2 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,6. sn' de 971,80 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.3' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.4' da verilmiştir.



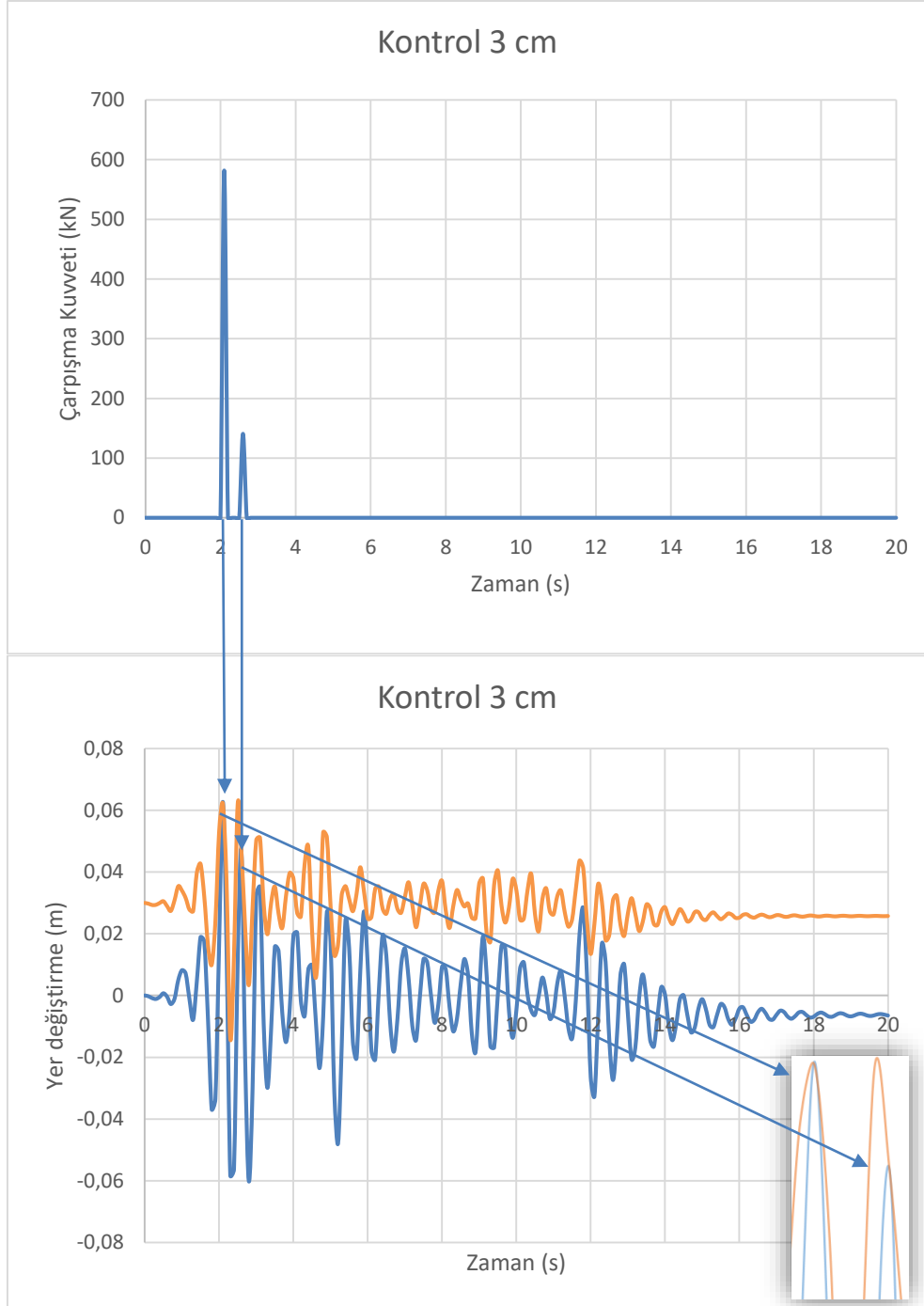
Şekil 4.3. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



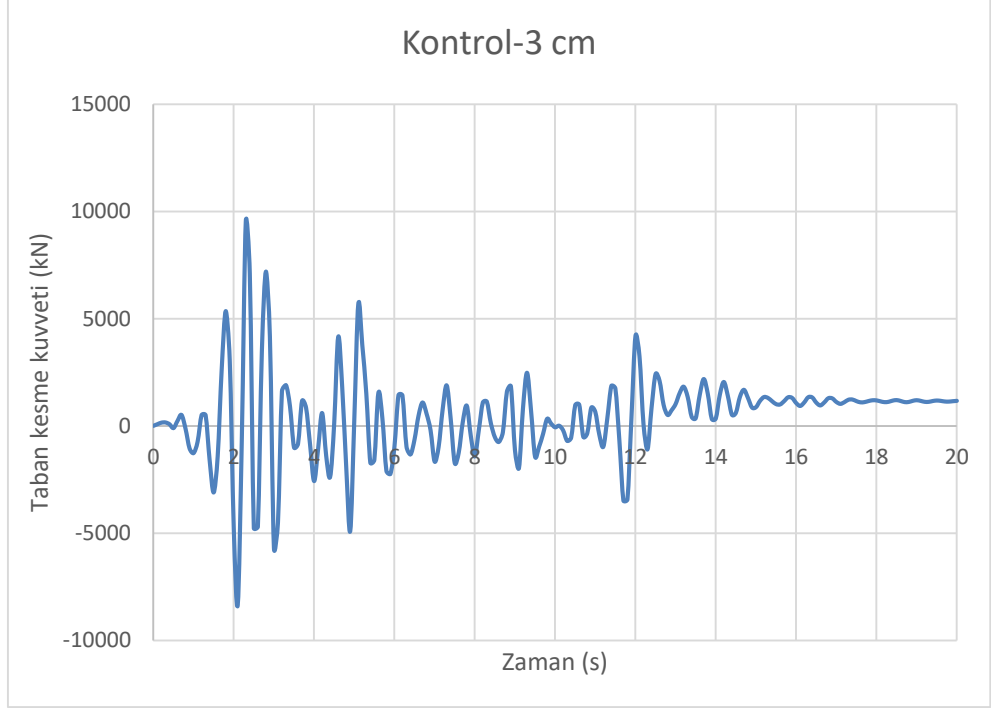
Şekil 4.4. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.1.3. Binalar arasındaki mesafenin 3 cm olduğu durum

Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 3 cm iken binalar arasında 2 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,1. sn' de 581,95 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.5' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.6' da verilmiştir.



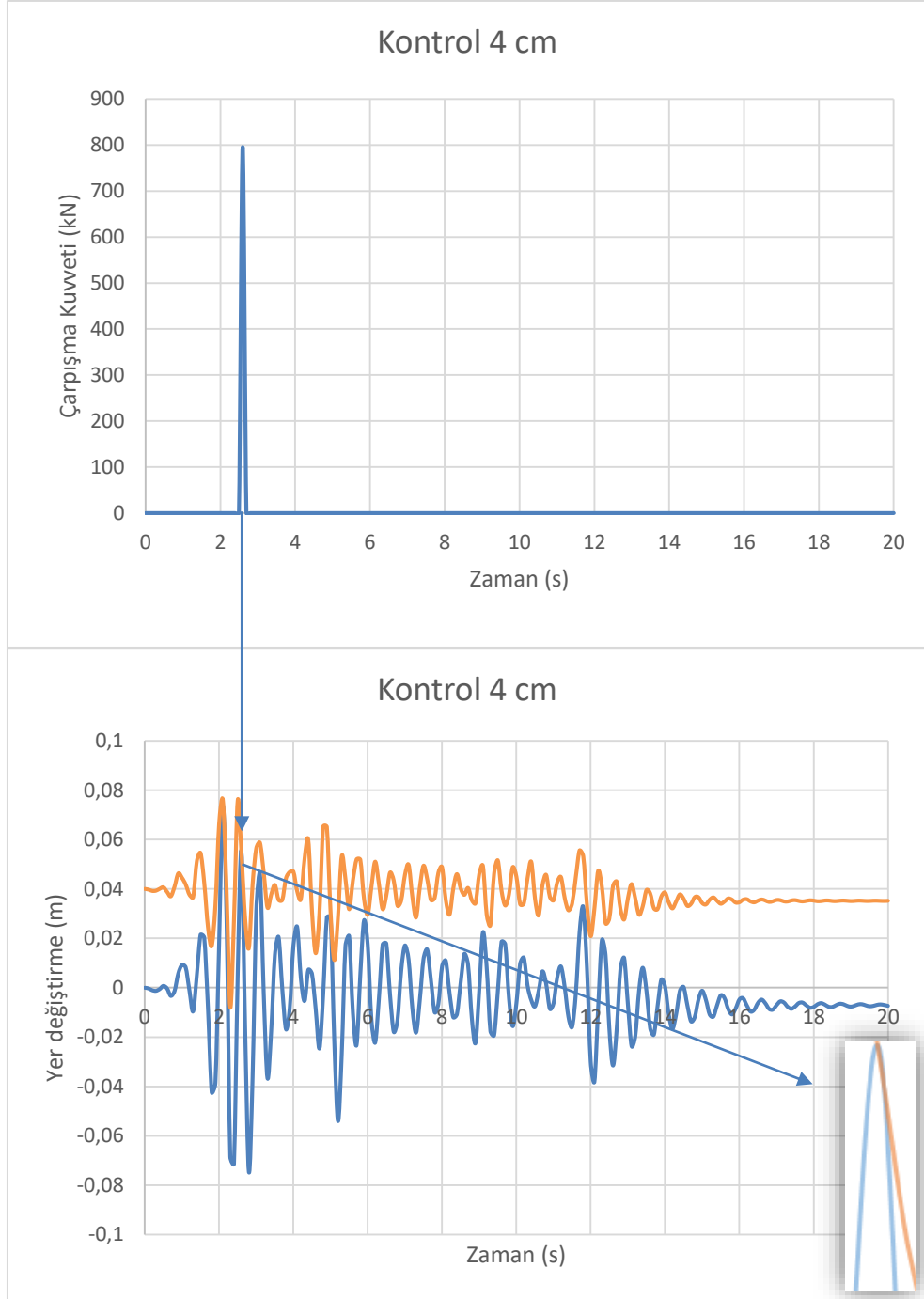
Şekil 4.5. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



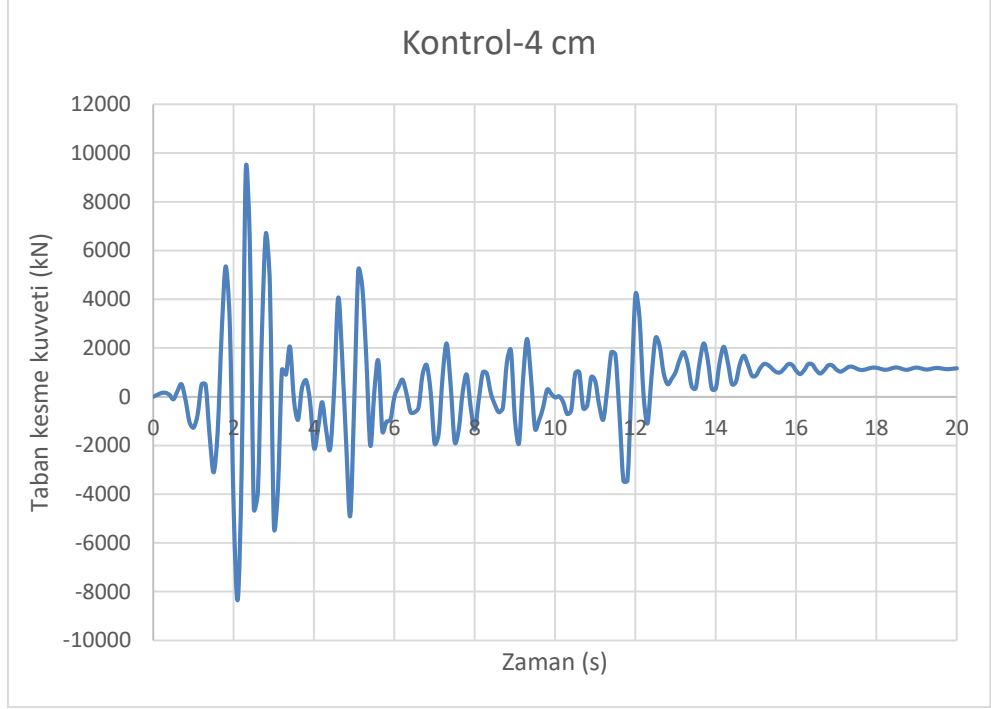
Şekil 4.6. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.1.4. Binalar arasındaki mesafenin 4 cm olduğu durum

Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 4 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,6. sn' de 795,95 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.7' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.8' de verilmiştir.



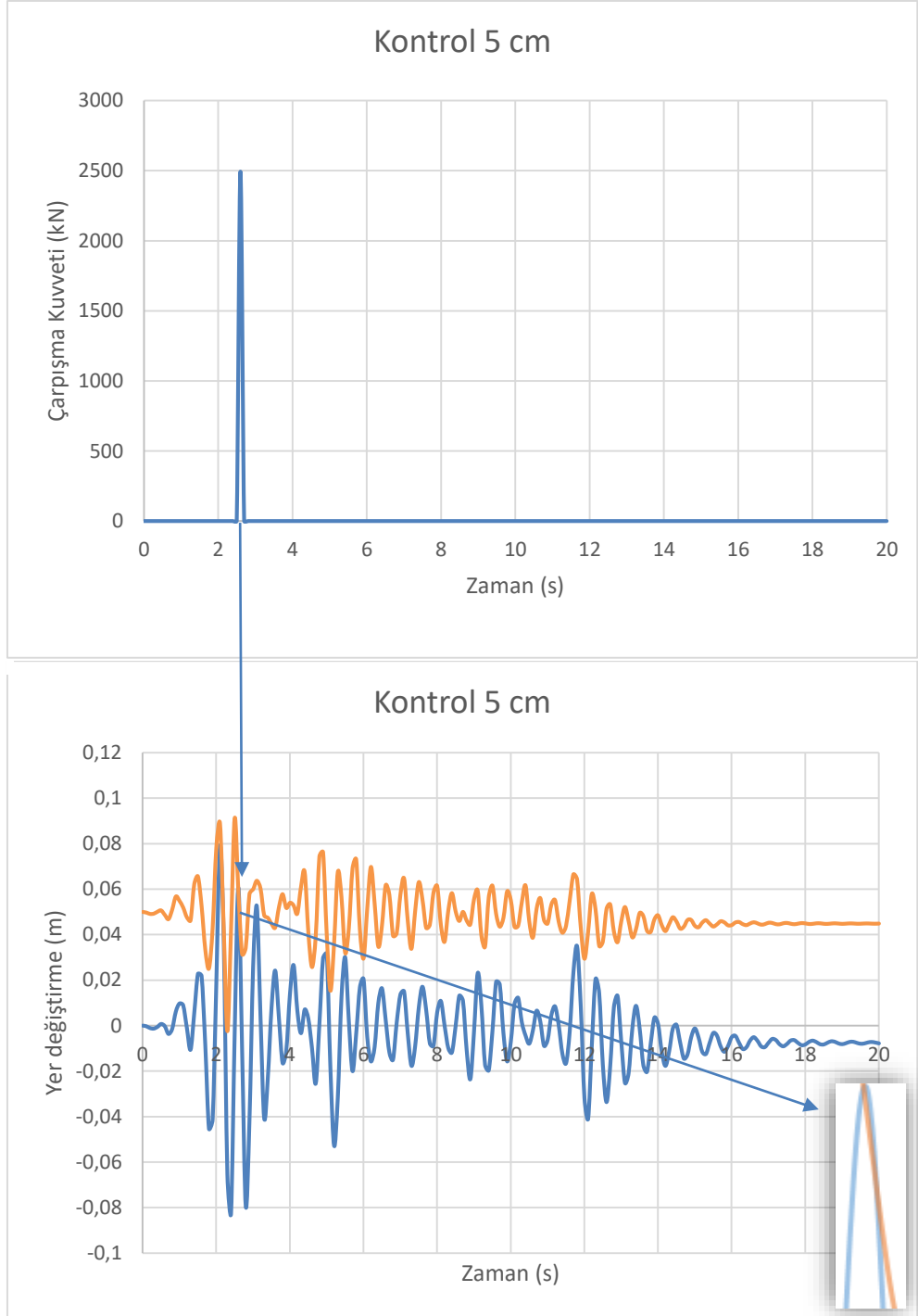
Şekil 4.7. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



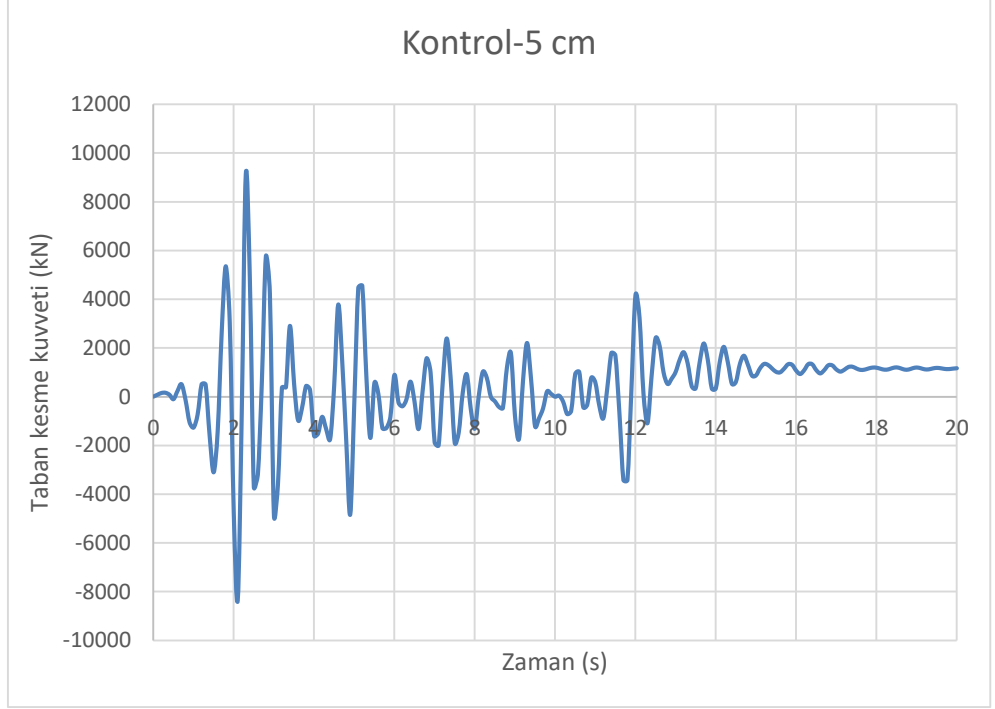
Şekil 4.8. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.1.5. Binalar arasındaki mesafenin 5 cm olduğu durum

Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 5 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,6. sn' de 2493,37 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.9' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.10' de verilmiştir.



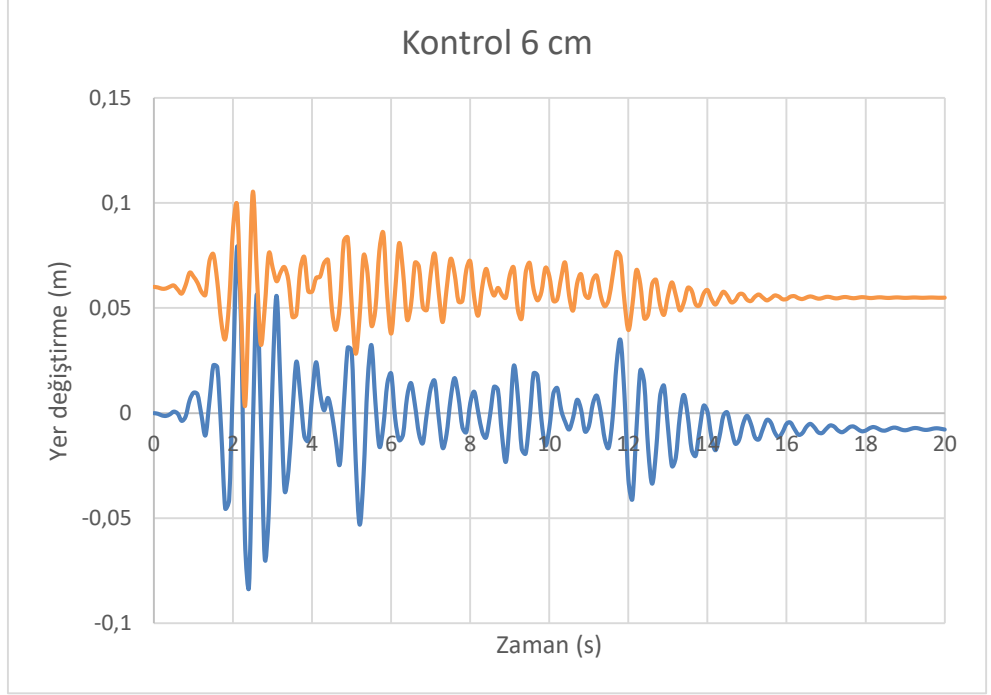
Şekil 4.9. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değıştirme



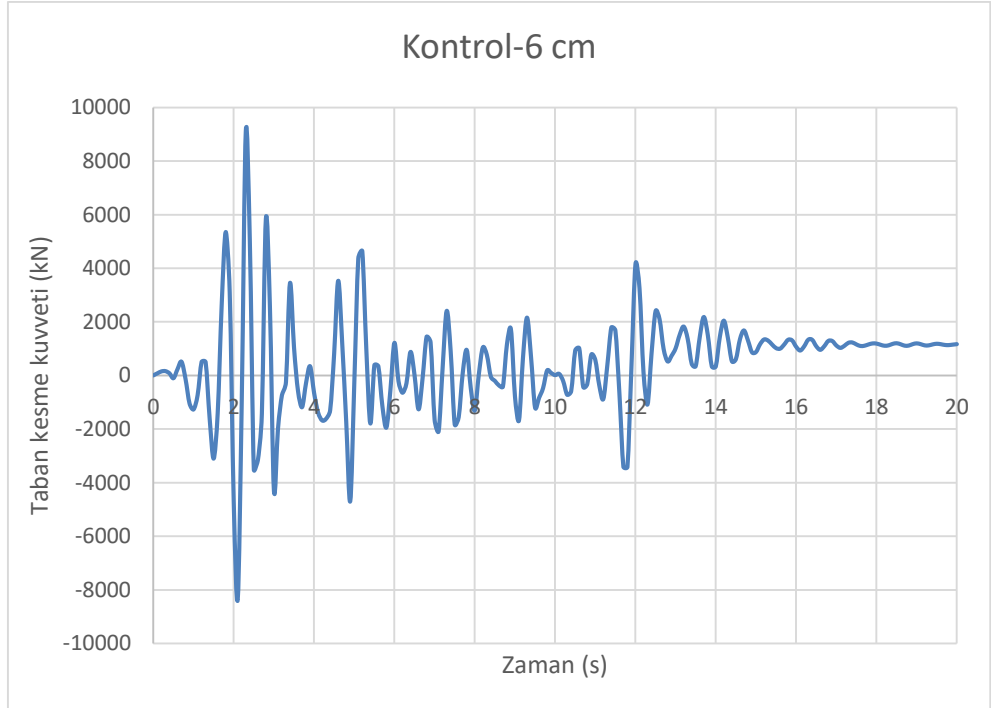
Şekil 4.10. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.1.6. Binalar arasındaki mesafenin 6 cm olduğu durum

Herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binalar arasında çarpışma meydana gelmemiştir. Binaların en üst noktalarının birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.16' da verilmiştir. Binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.17' de verilmiştir.



şekil 4.11. Herhangi bir dzenensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binaların en üst noktalarının rölatif yer değiştirme

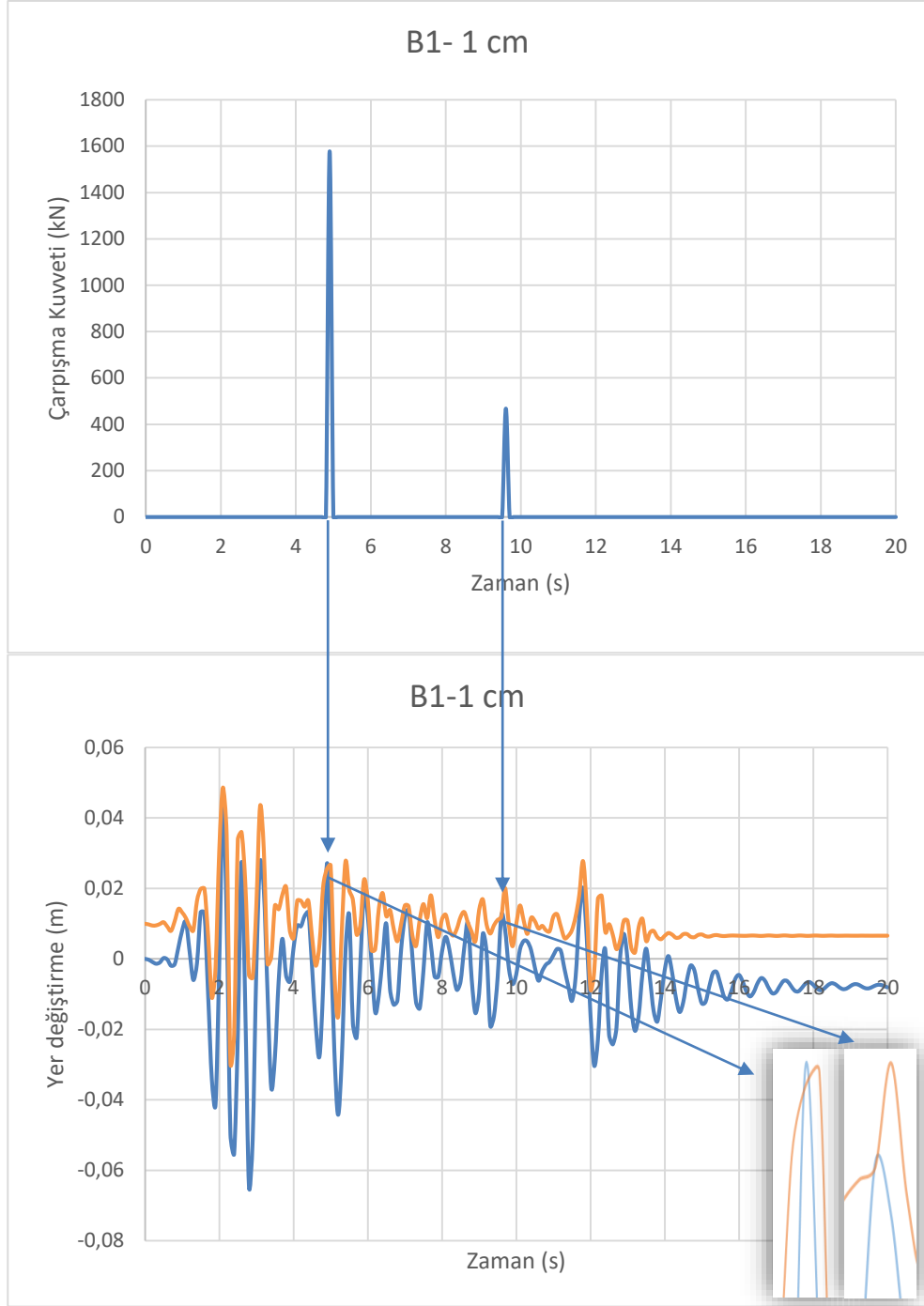


şekil 4.12. Herhangi bir dzenensizliğin olmadığı durumda binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

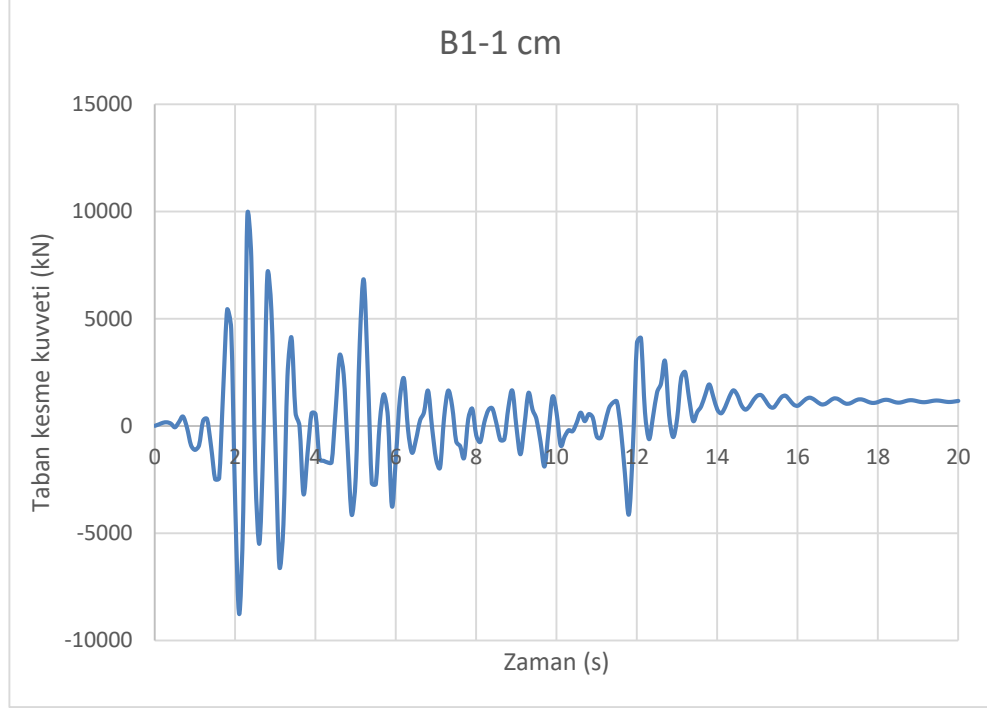
4.2. B1 Düzensizliğinin Olduğu Durum

4.2.1. Binalar arasındaki mesafenin 1 cm olduğu durum

B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 1 cm' den başlayarak 7 cm' e kadar 1' er cm artırılarak çarpışma durumu incelenmiştir. Binalar arası mesafe 1 cm iken binalar arasında 2 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 4,9. sn' de 1577,20 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.13' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.14' de verilmiştir.



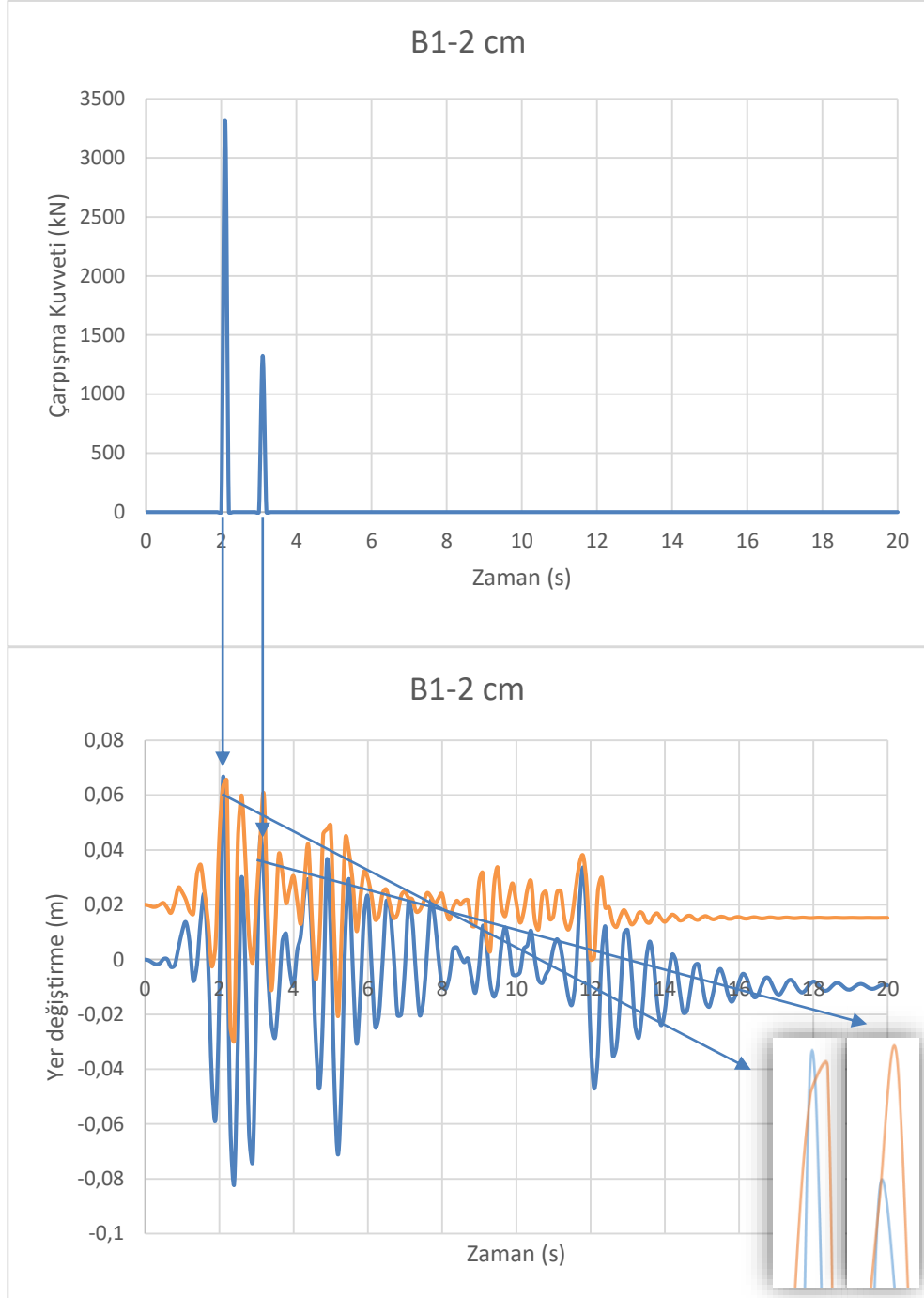
Şekil 4.13. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



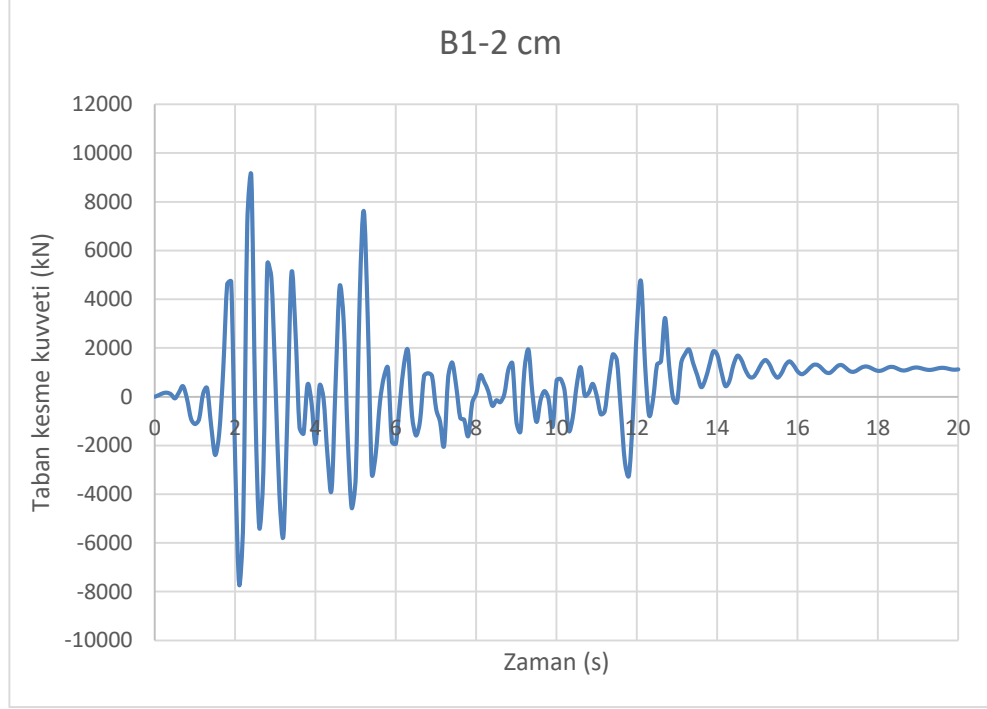
Şekil 4.14. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.2.2. Binalar arasındaki mesafenin 2 cm olduğu durum

B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 2 cm iken binalar arasında 2 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,1. sn' de 3314,40 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.15' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.16' da verilmiştir.



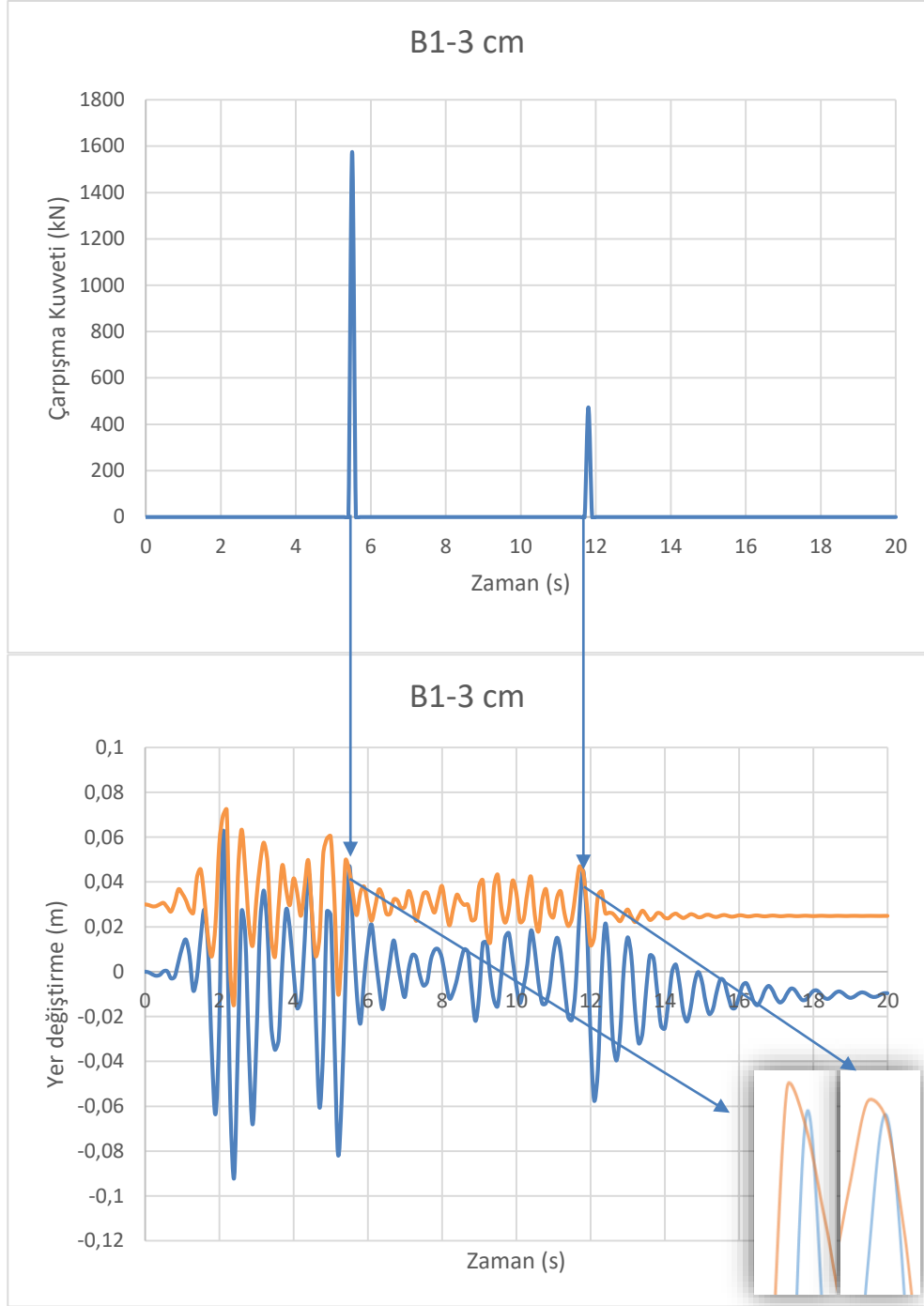
Şekil 4.15. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değişirme



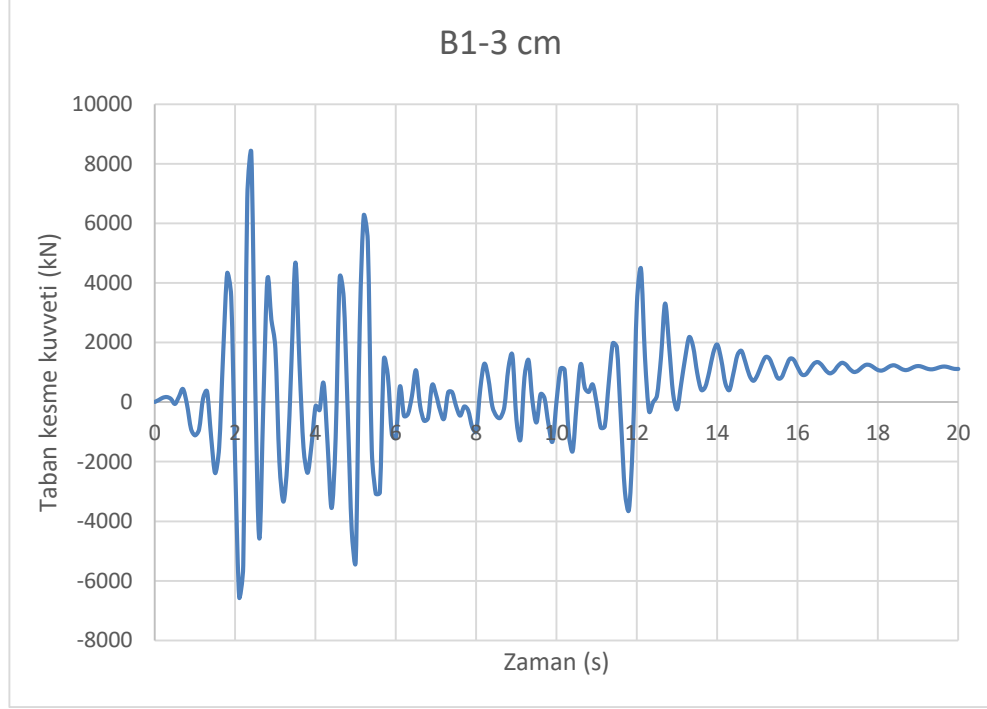
Şekil 4.16. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.2.3. Binalar arasındaki mesafenin 3 cm olduğu durum

B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 3 cm iken binalar arasında 2 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 5,5. sn' de 1575,31 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.17' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.18' de verilmiştir.



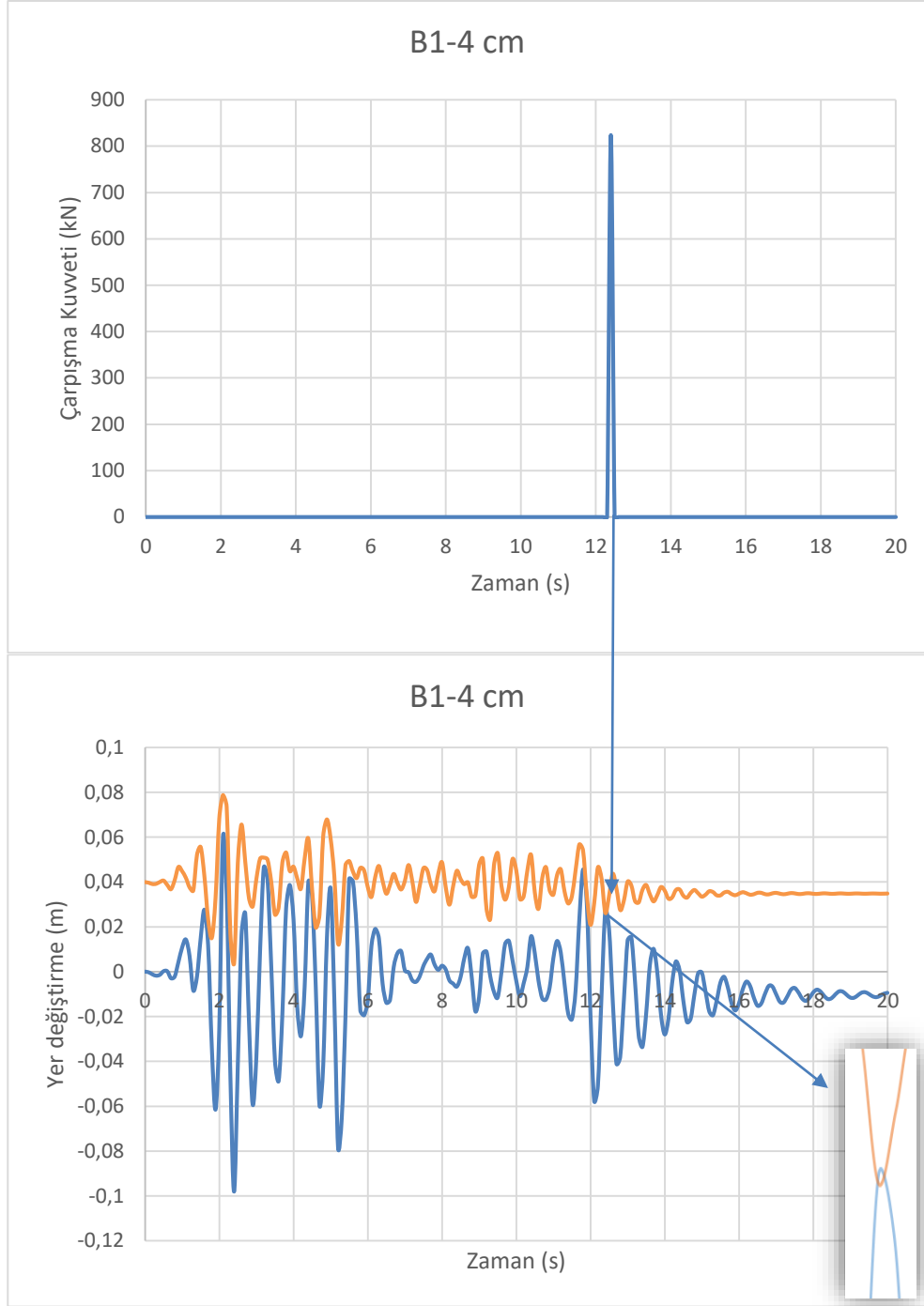
Şekil 4.17. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



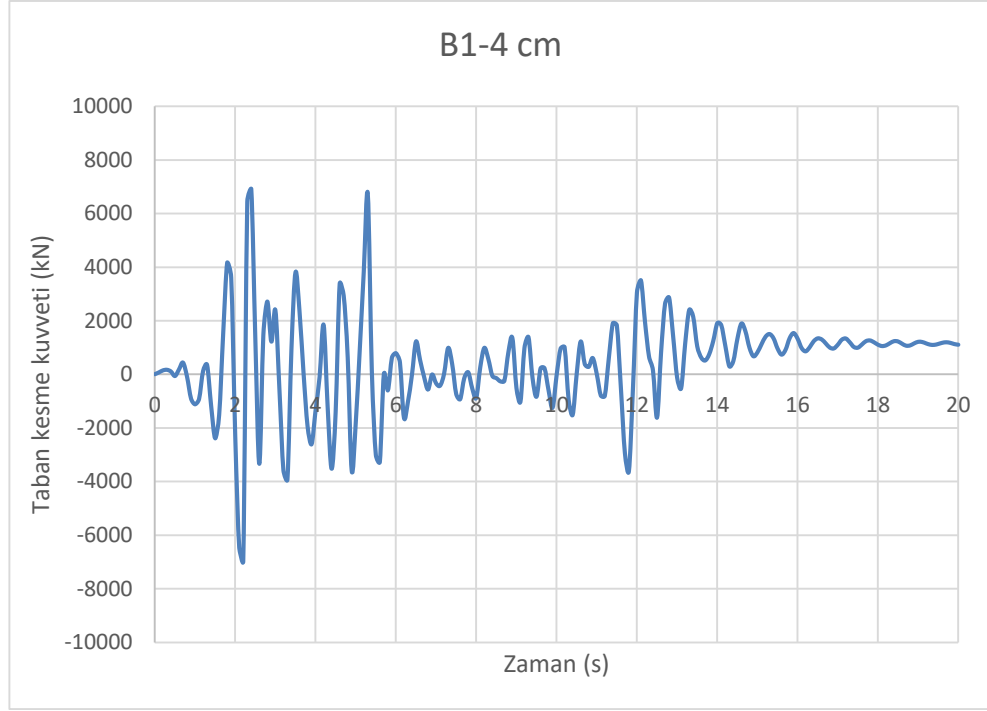
Şekil 4.18. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.2.4. Binalar arasındaki mesafenin 4 cm olduğu durum

B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 4 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 12,4. sn' de 824,06 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.19' da verilmiştir. Binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.20' de verilmiştir.



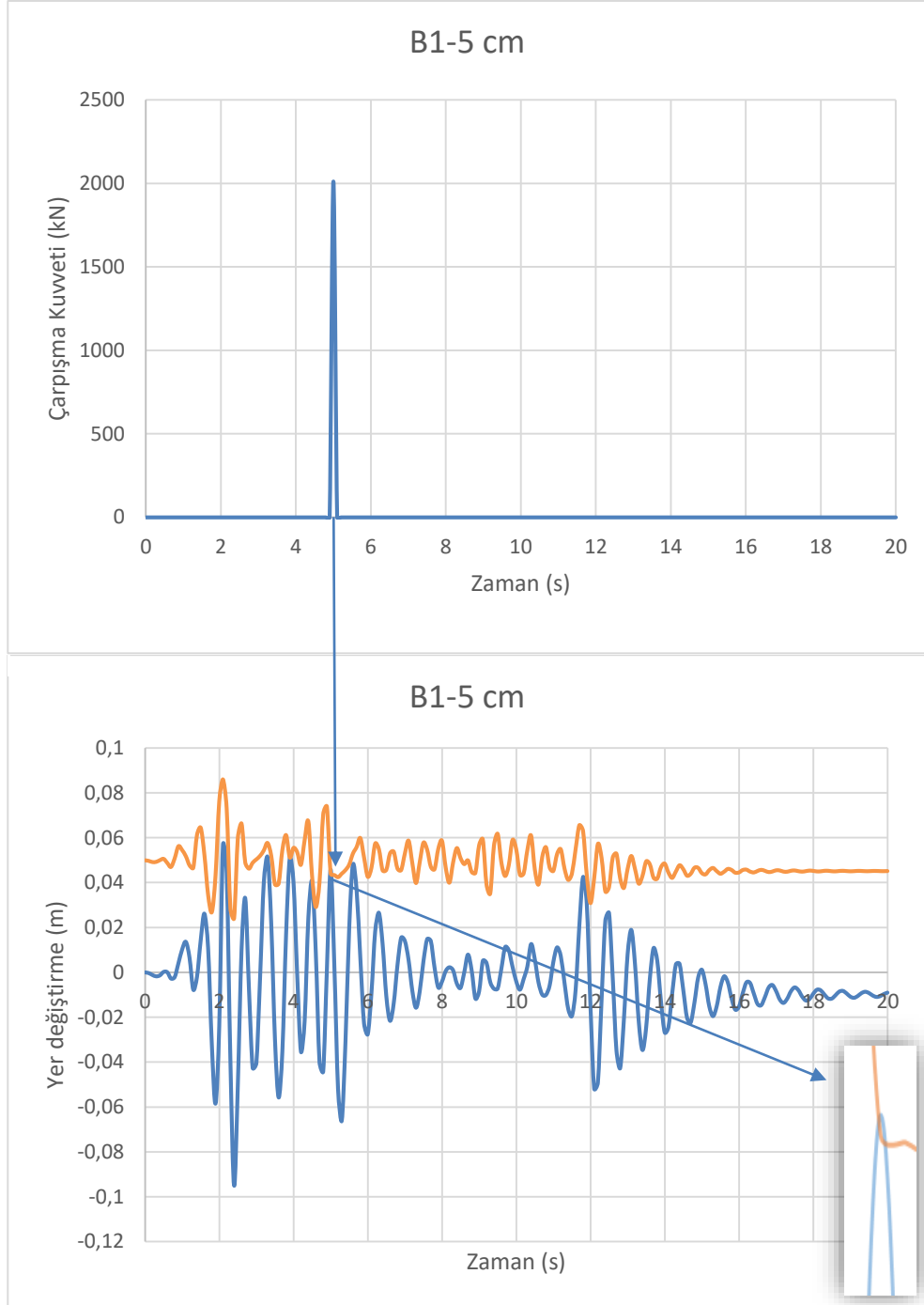
Şekil 4.19. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



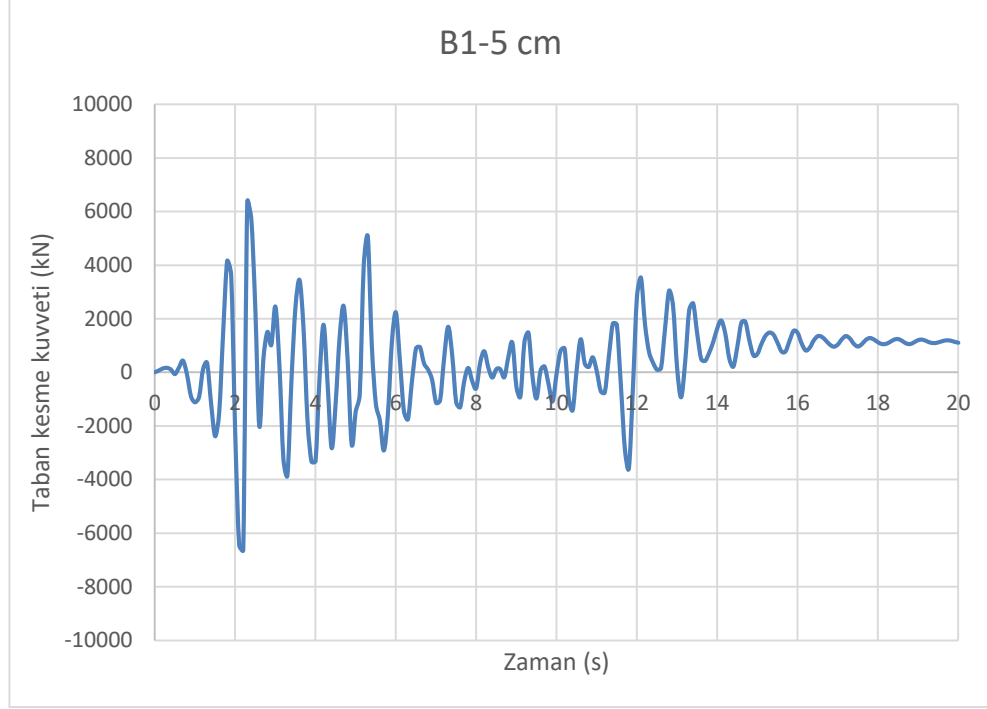
Şekil 4.20. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.2.5. Binalar arasındaki mesafenin 5 cm olduğu durum

B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 5 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 5. sn' de 2010,62 kN' dur En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.21' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.22' de verilmiştir.



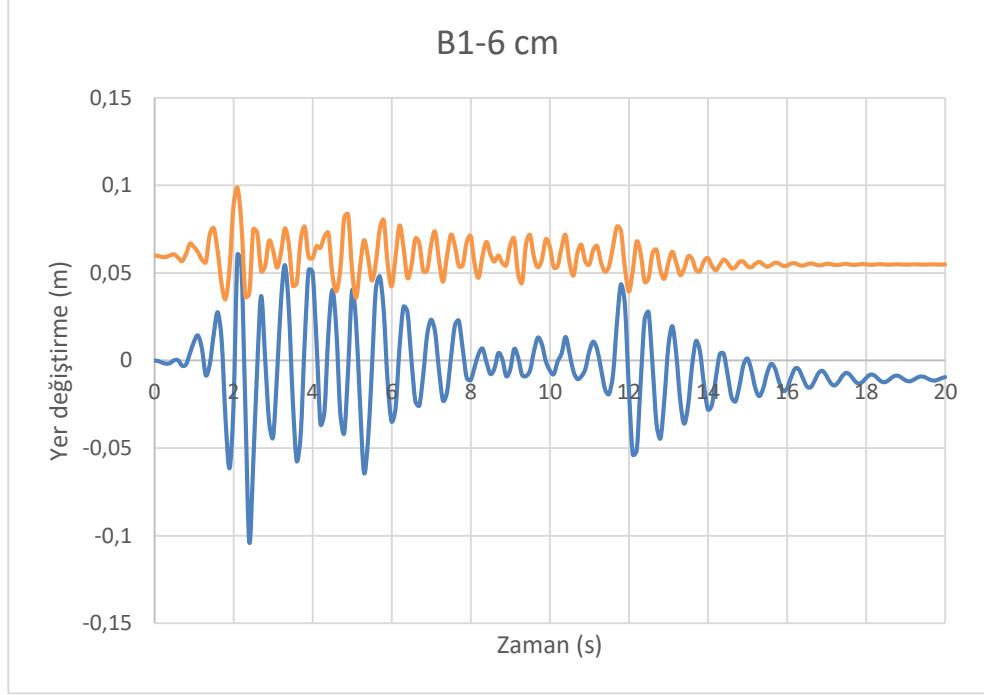
Şekil 4.21. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



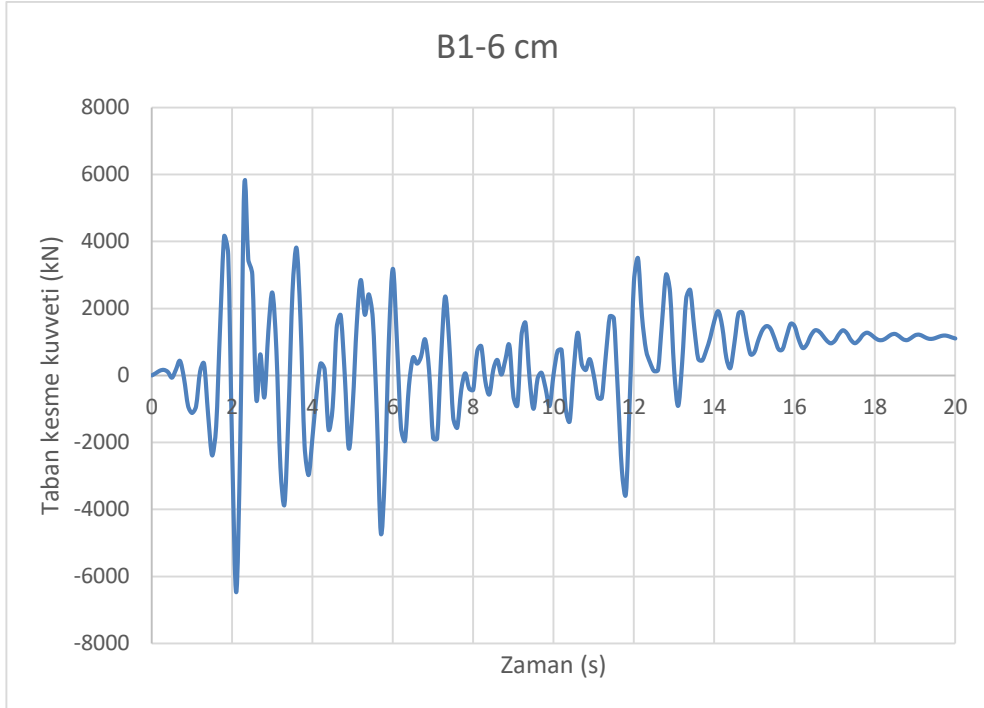
Şekil 4.22. B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.2.6. Binalar arasındaki mesafenin 6 cm olduğu durum

B1 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binalar arasında çarpışma meydana gelmemiştir. Binaların en üst noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.23' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.24' de verilmiştir.



şekil 4.23. B1 dzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binaların en üst noktalarının rölatif yer değişirme

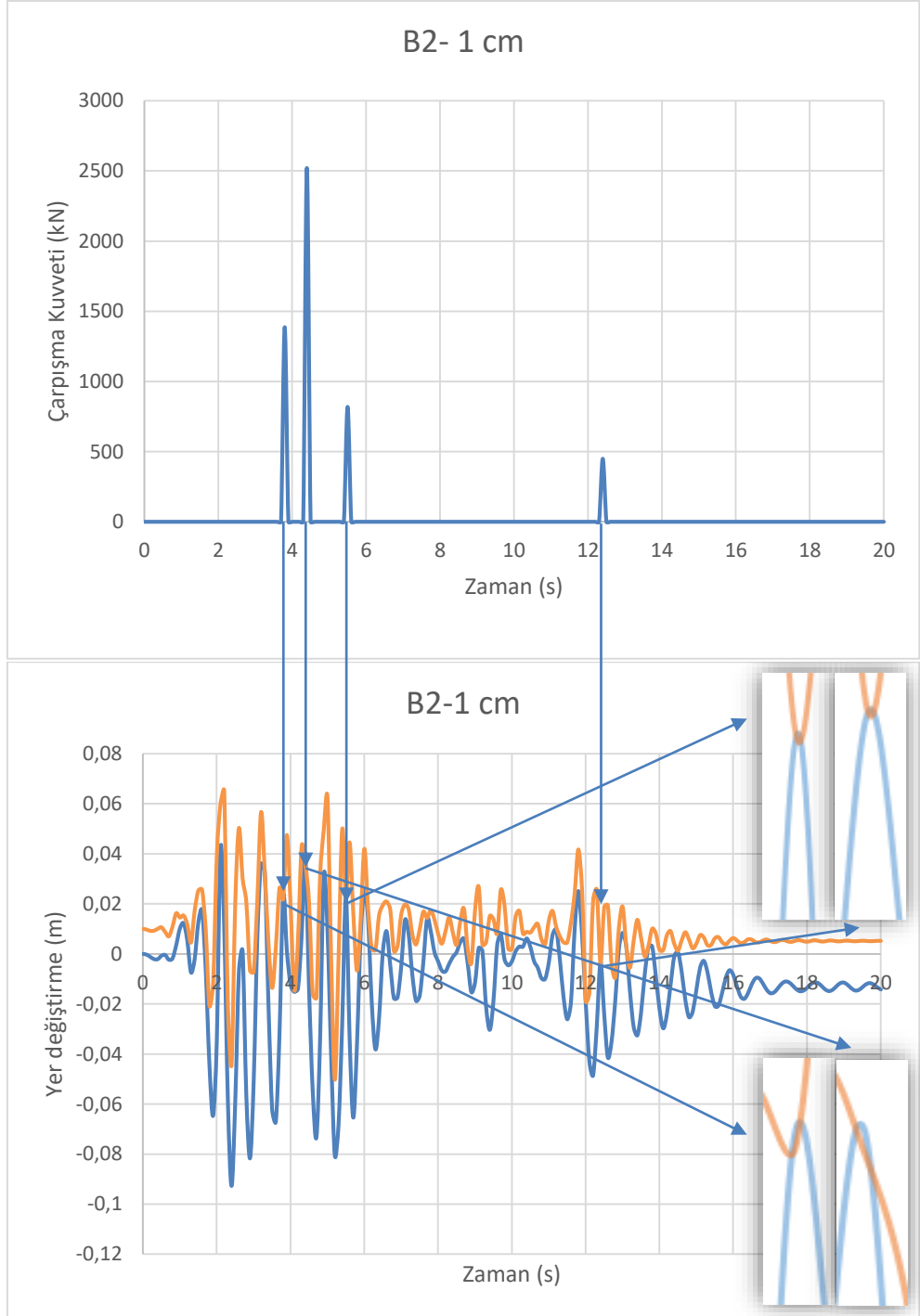


şekil 4.24. B1 dzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

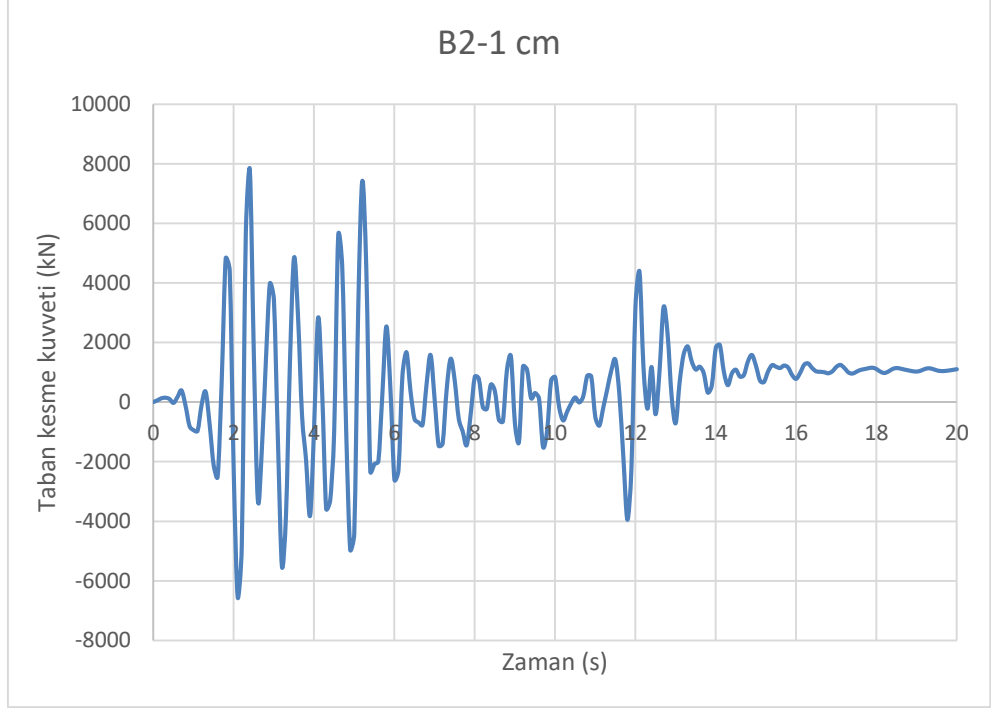
4.3. B2 Düzensizliğinin Olduğu Durum

4.3.1. Binalar arasındaki mesafenin 1 cm olduğu durum

B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 1 cm' den başlayarak 7 cm' e kadar 1' er cm artırılarak çarpışma durumu incelenmiştir. Binalar arası mesafe 1 cm iken binalar arasında 4 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 4,4. sn' de 2520,95 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.25' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.26' da verilmiştir.



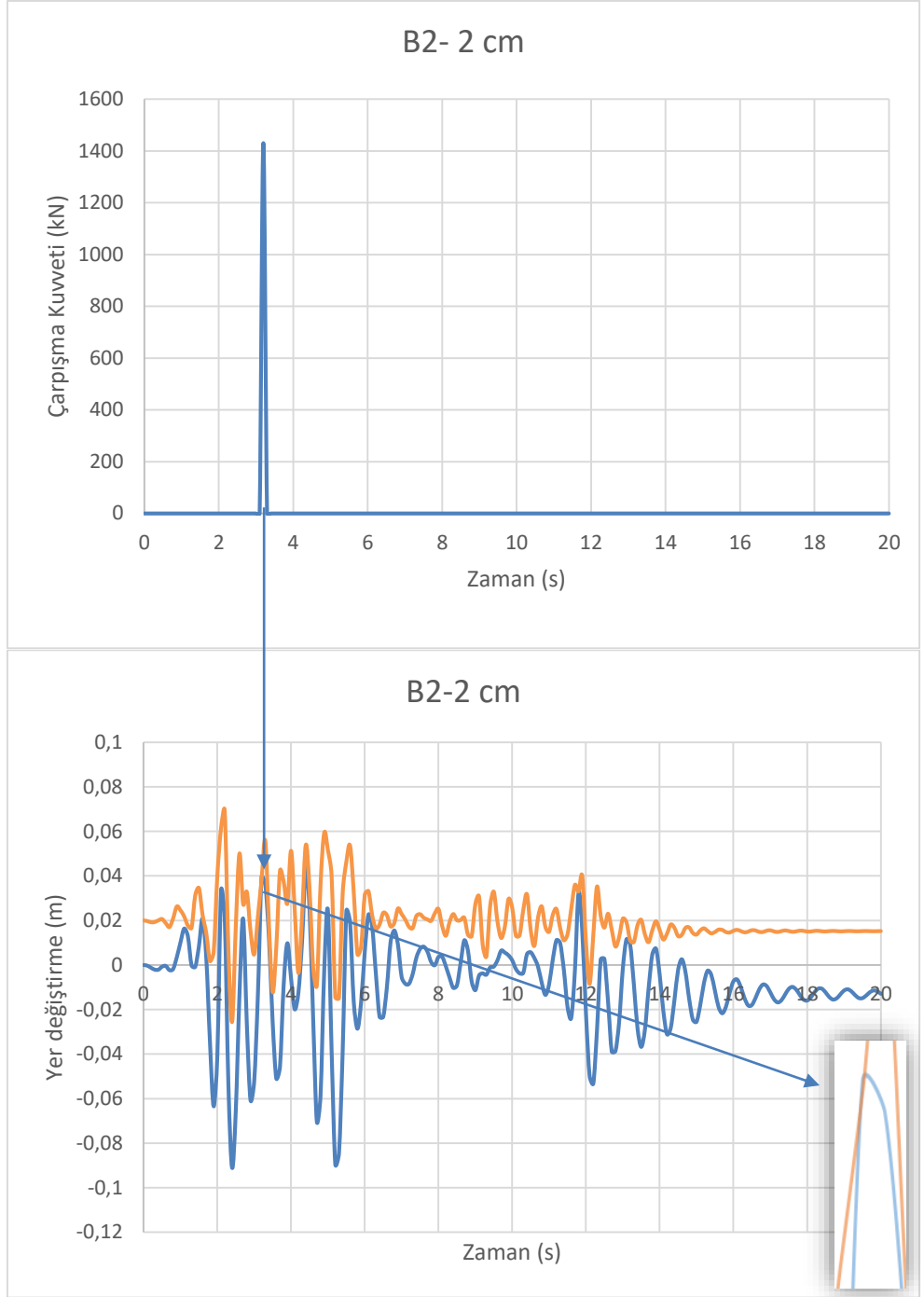
Şekil 4.25. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



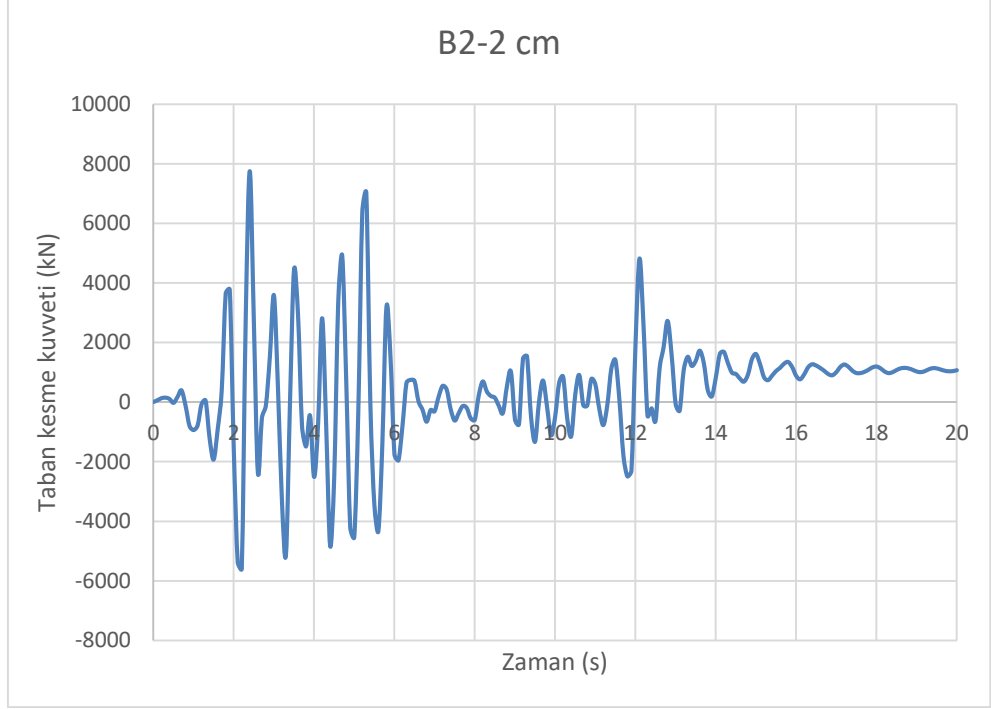
Şekil 4.26. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.3.2. Binalar arasındaki mesafenin 2 cm olduğu durum

B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 2 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 3,2. sn' de 1429,65 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.27' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.28' de verilmiştir.



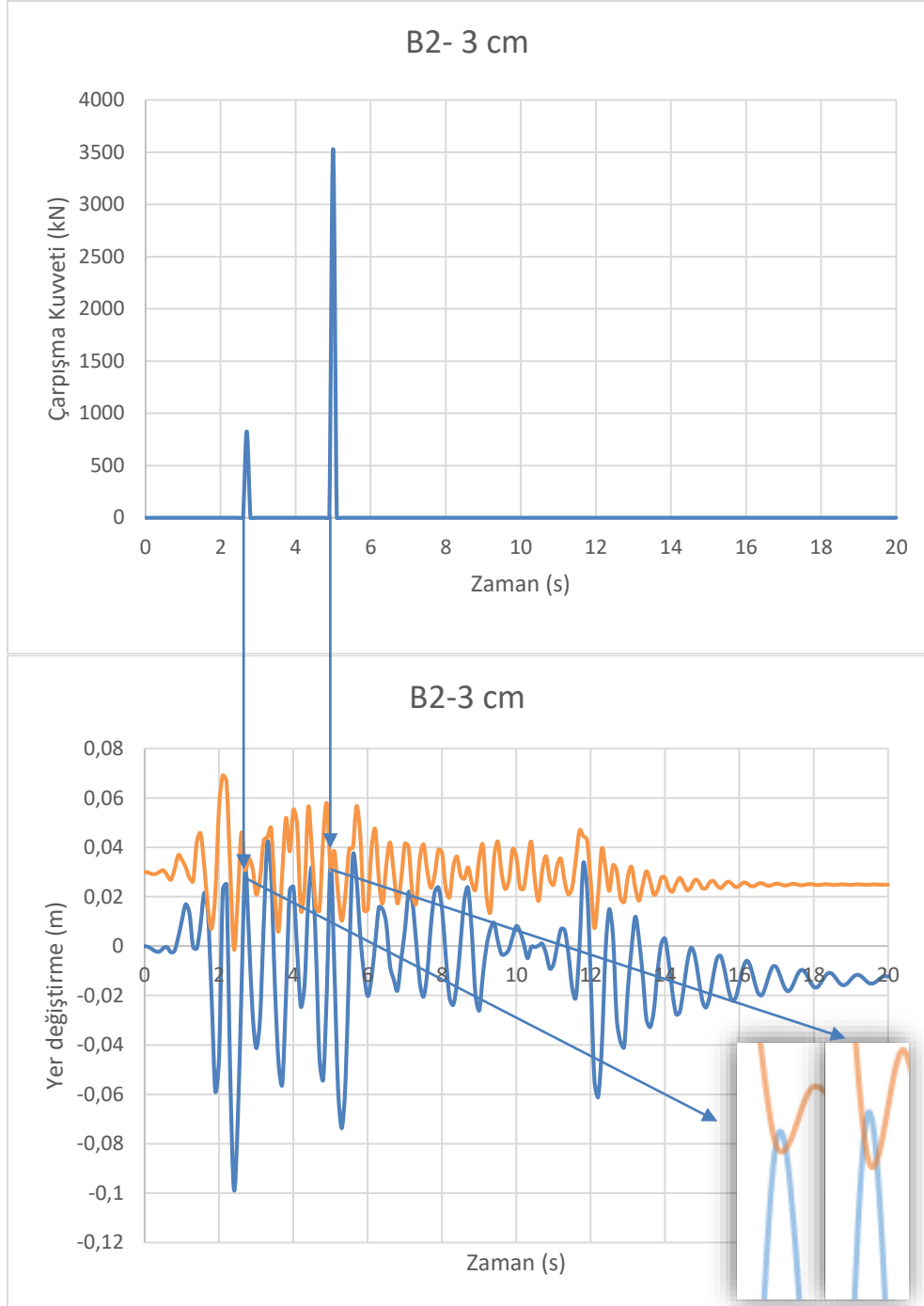
Şekil 4.27. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



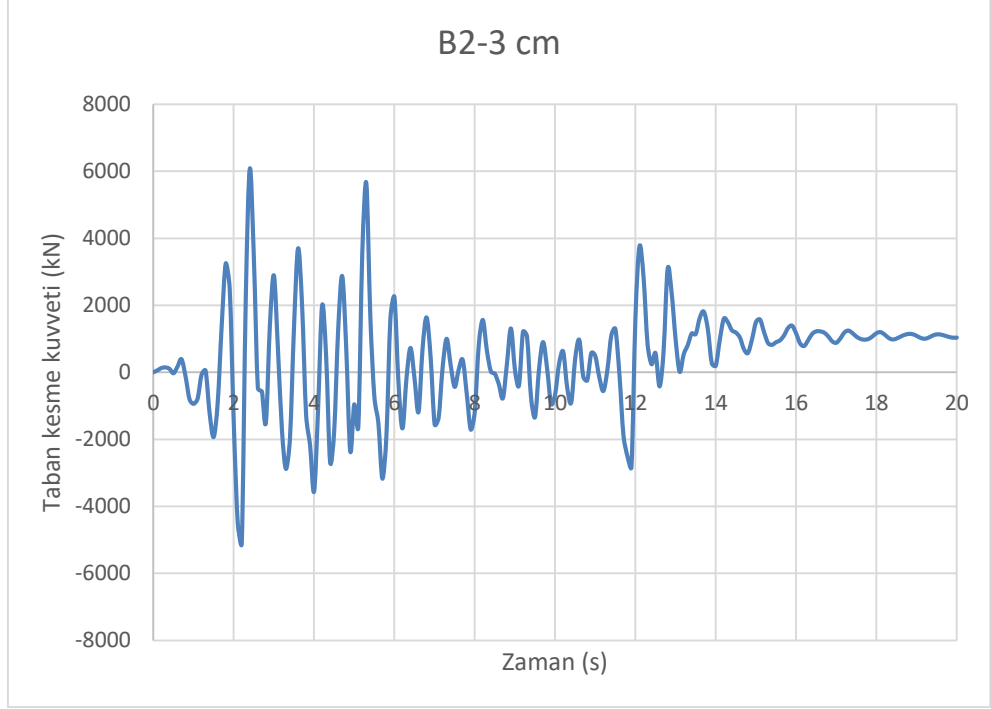
Şekil 4.28. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.3.3. Binalar arasındaki mesafenin 3 cm olduğu durum

B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 3 cm iken binalar arasında 2 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 5. sn' de 3528,61 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.29' da verilmiştir. Binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de şekil 4.30' da verilmiştir.



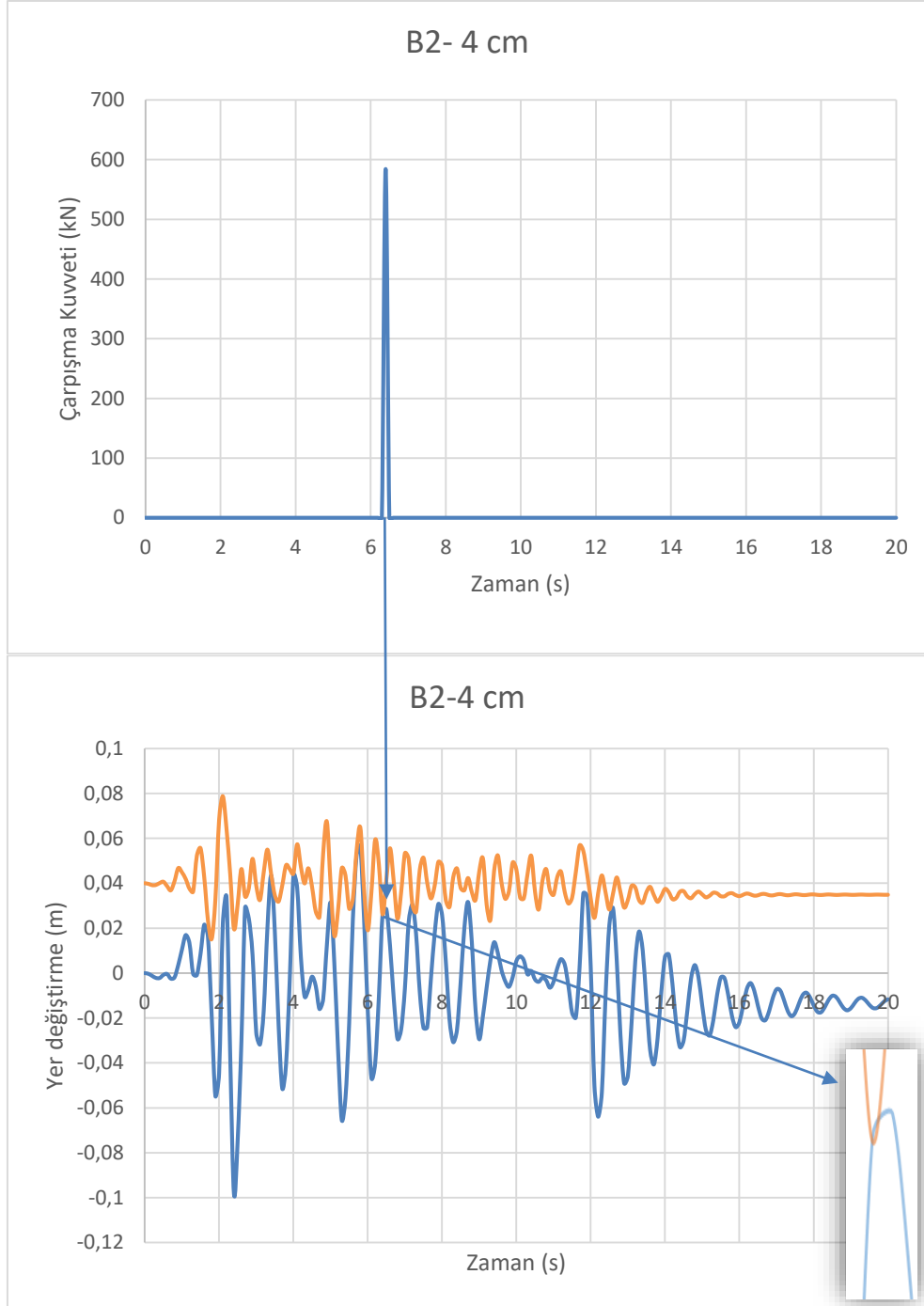
Şekil 4.29. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



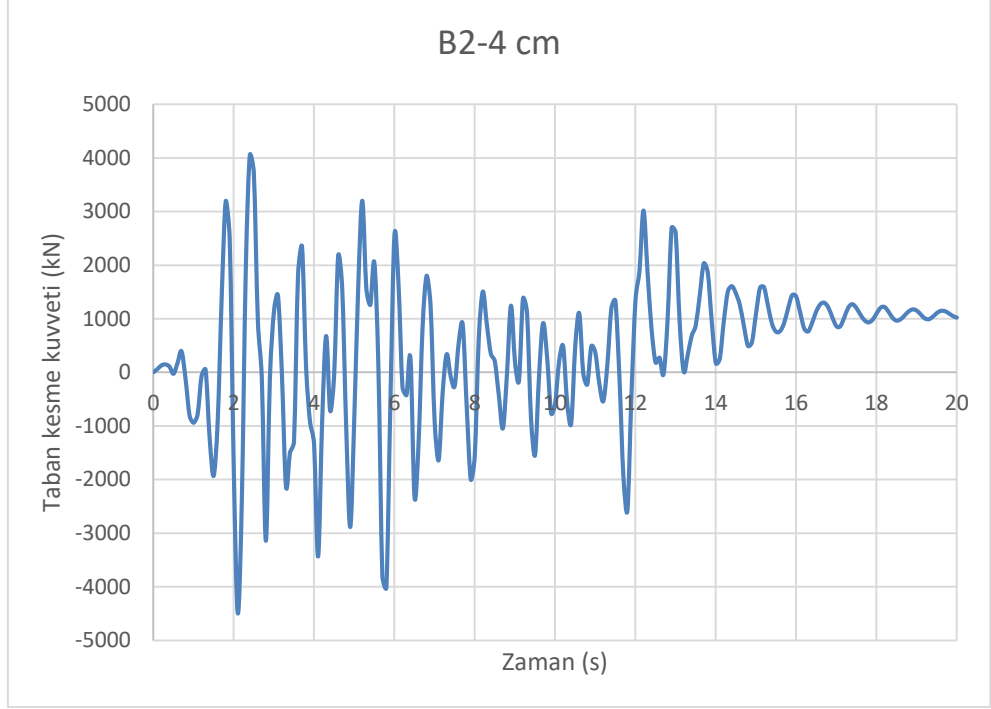
Şekil 4.30. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.3.4. Binalar arasındaki mesafenin 4 cm olduğu durum

B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 4 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 6,4. sn' de 584,27 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.31' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.32' de verilmiştir.



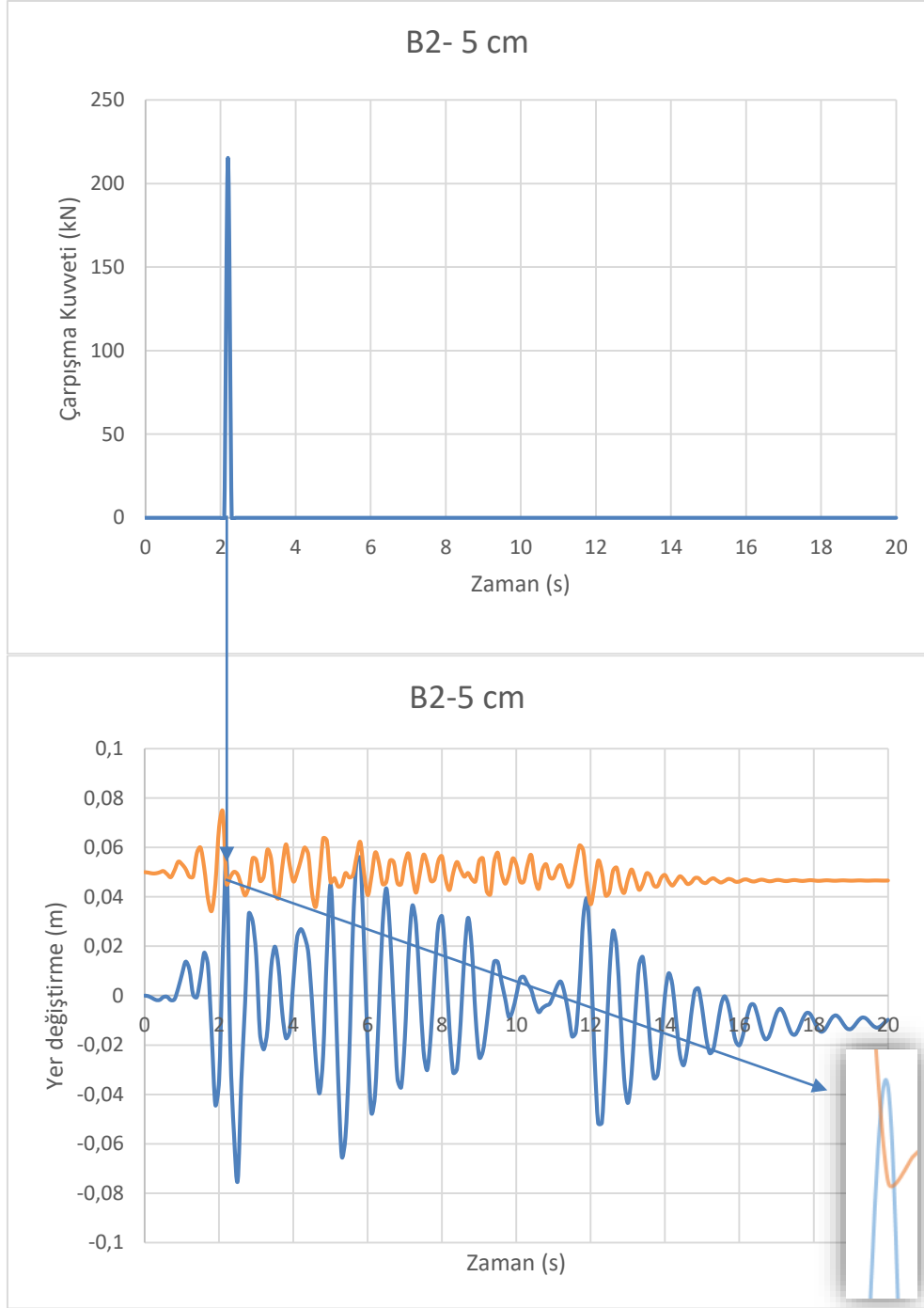
Şekil 4.31. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



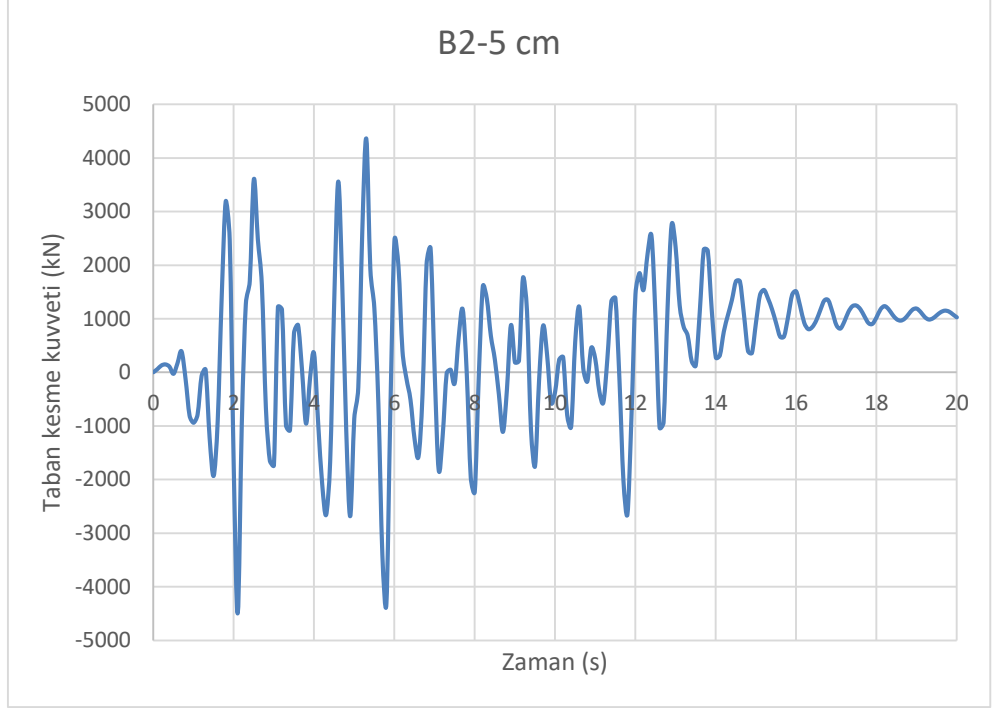
Şekil 4.32. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.3.5. Binalar arasındaki mesafenin 5 cm olduğu durum

B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 5 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,2. sn' de 215,42 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.33' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.34' de verilmiştir.



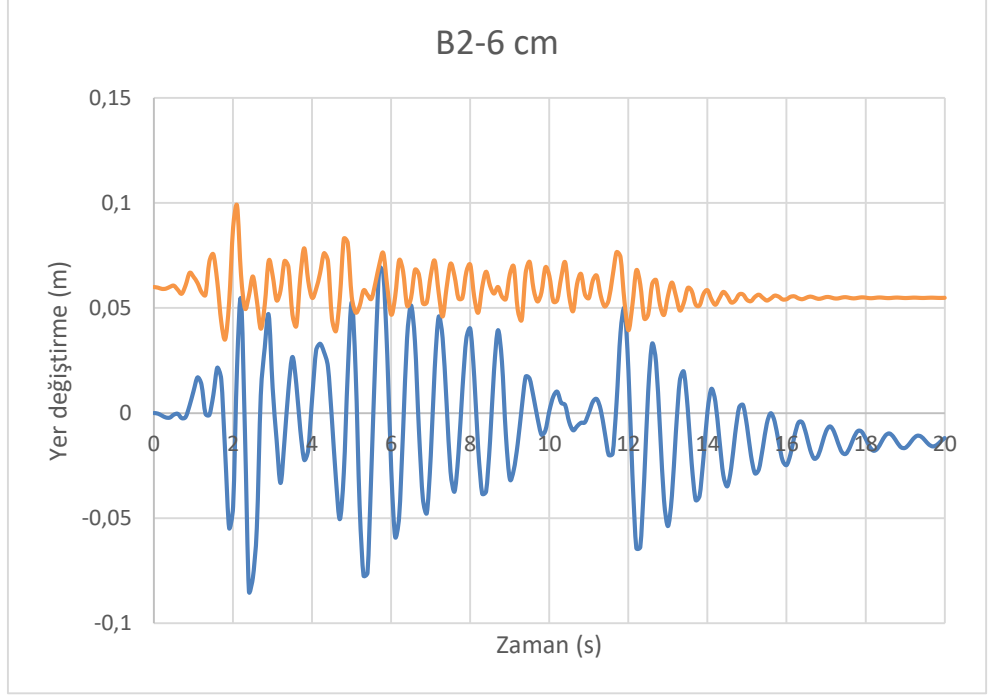
Şekil 4.33. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



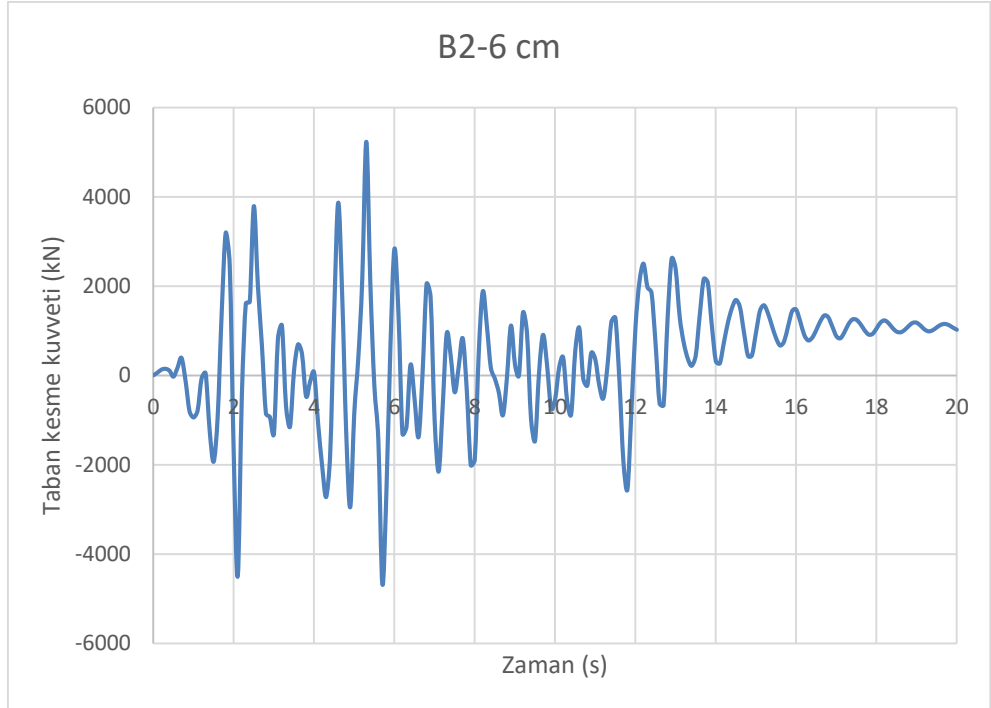
Şekil 4.34. B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.3.6. Binalar arasındaki mesafenin 6 cm olduğu durum

B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binalar arasında çarpışma meydana gelmemiştir. Binaların en üst noktalarının birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.35' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.36' da verilmiştir.



şekil 4.35. B2 dzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken binaların en üst noktaları arası rölatif yer değiştirme

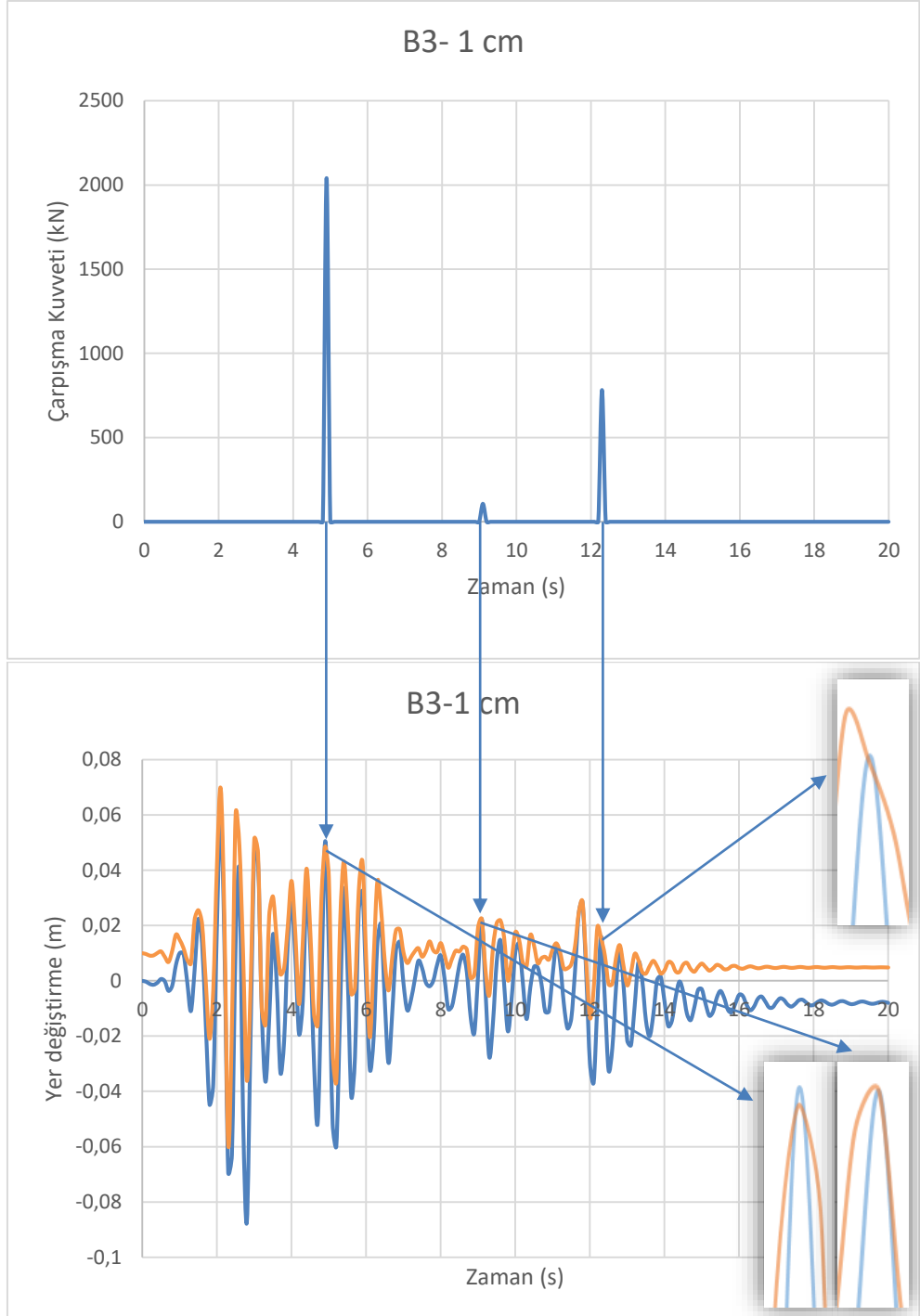


şekil 4.36. B2 dzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

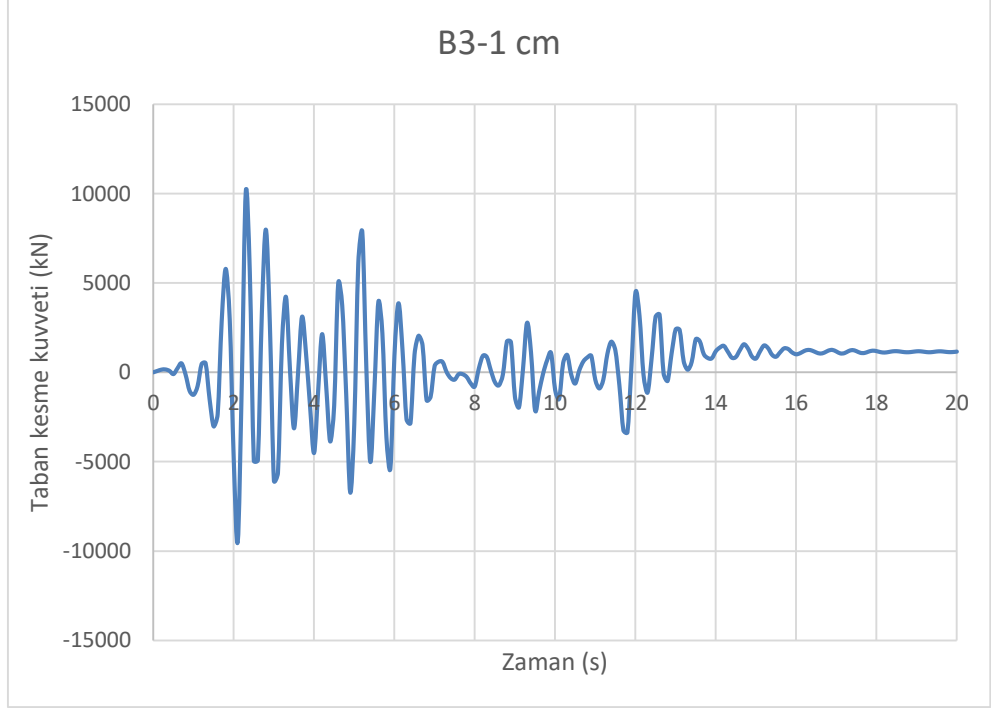
4.4. B3 Düzensizliğinin Olduğu Durum

4.4.1. Binalar arasındaki mesafenin 1 cm olduğu durum

B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 1 cm' den başlayarak 7 cm' e kadar 1' er cm artırılarak çarpışma durumu incelenmiştir. Binalar arası mesafe 1 cm iken binalar arasında 3 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 4,9. sn' de 2040,47 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.37' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.38' de verilmiştir.



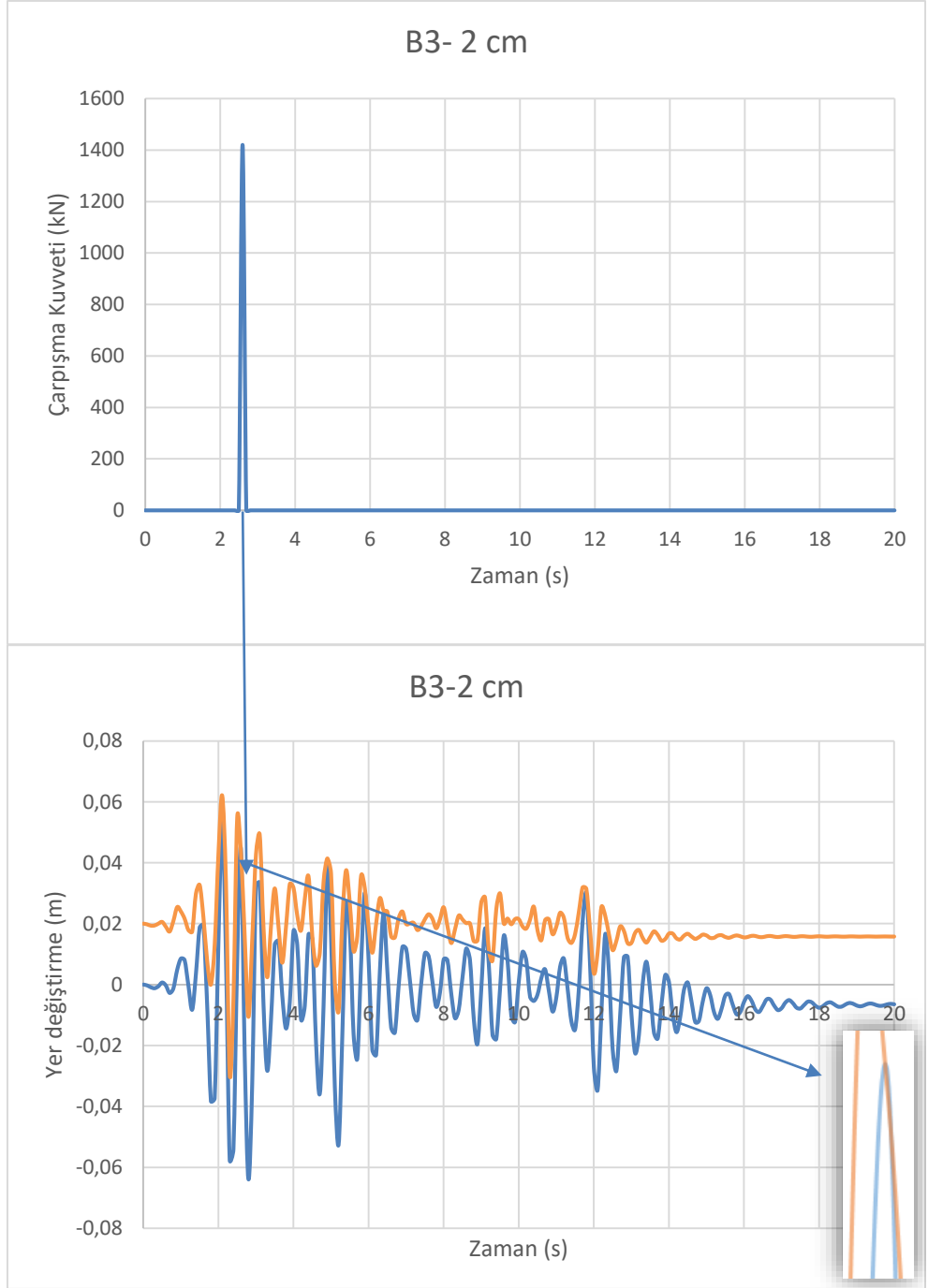
Şekil 4.37. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



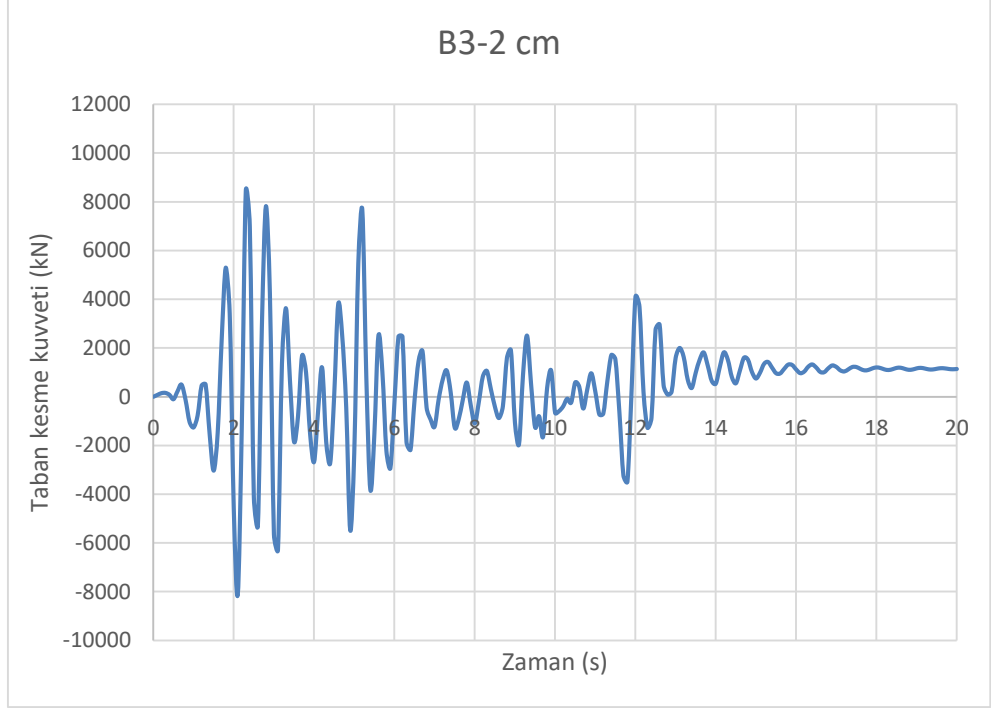
Şekil 4.38. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 1 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.4.2. Binalar arasındaki mesafenin 2 cm olduğu durum

B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 2 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,6. sn' de 1420,19 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.39' da verilmiştir. Binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.40' da verilmiştir.



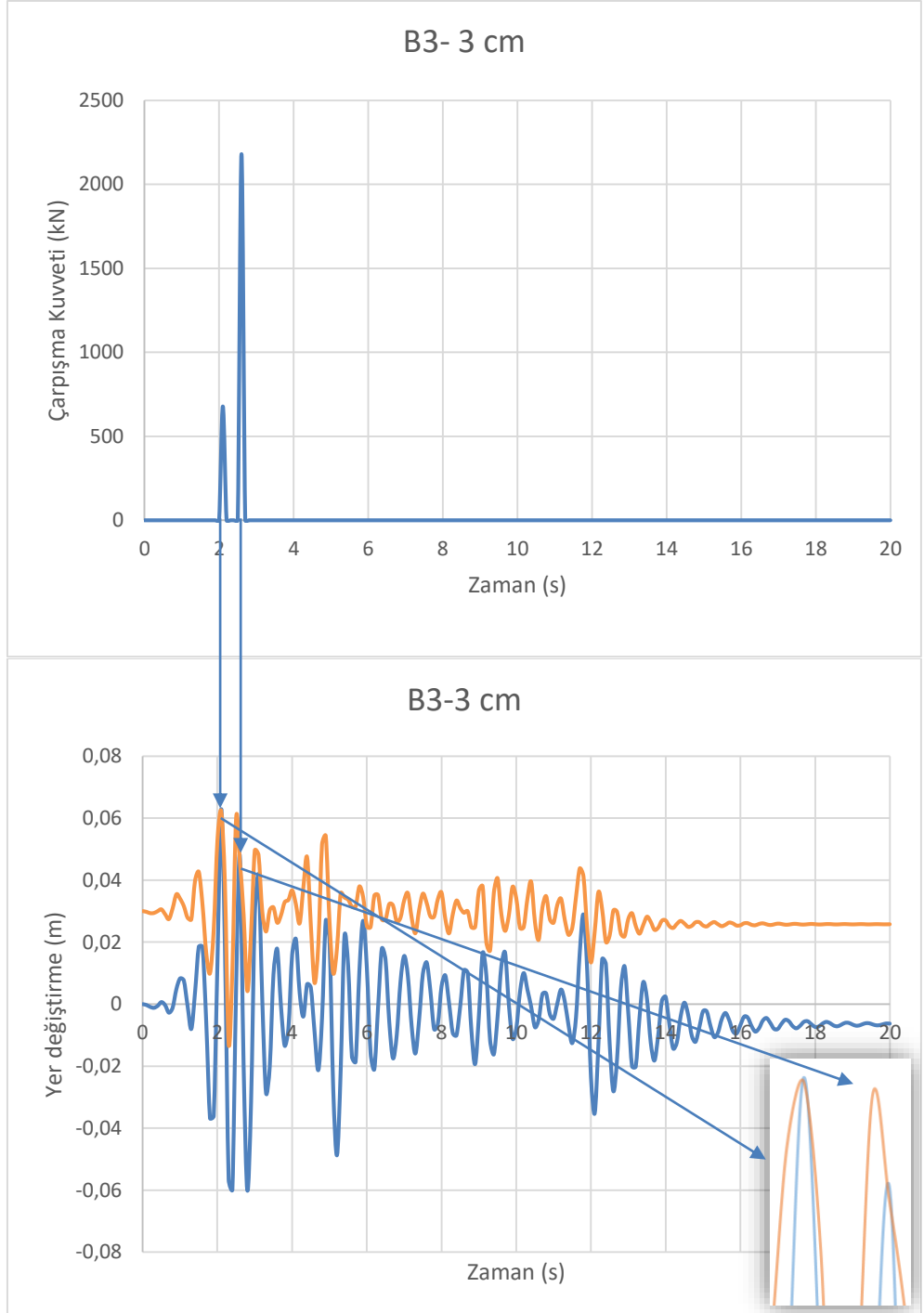
Şekil 4.39. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



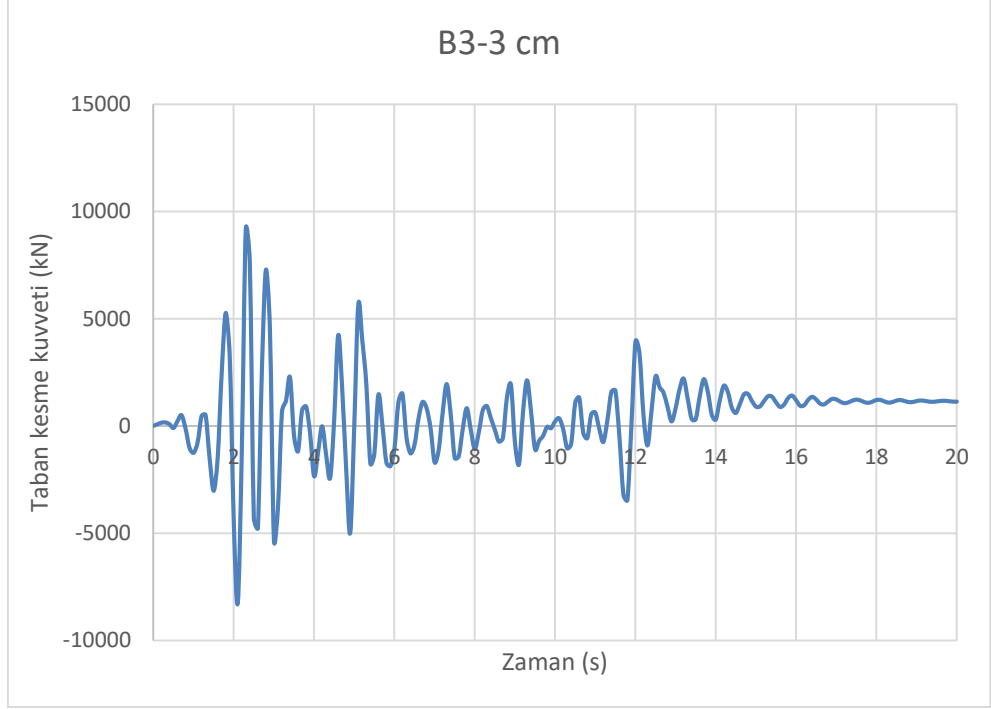
Şekil 4.40. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 2 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.4.3. Binalar arasındaki mesafenin 3 cm olduğu durum

B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 3 cm iken binalar arasında 2 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,6. sn' de 2179,94 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.41' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.42' de verilmiştir.



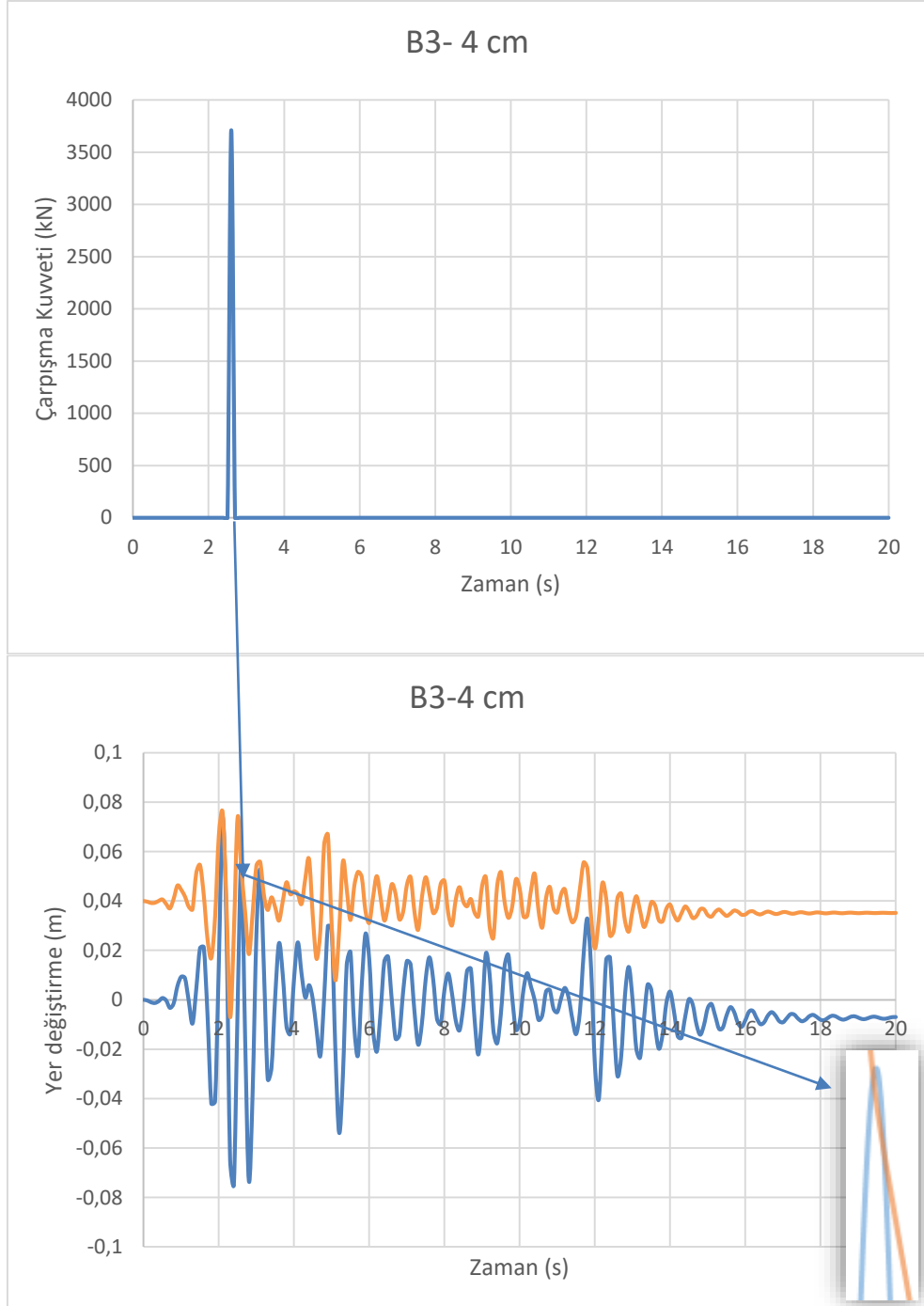
Şekil 4.41. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



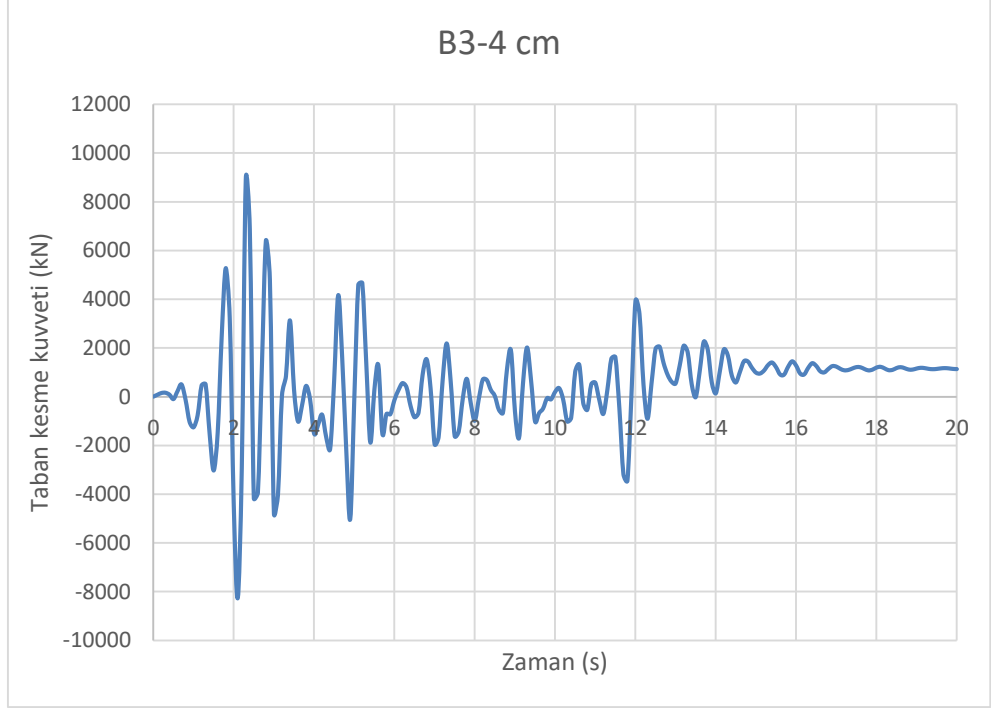
Şekil 4.42. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 3 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.4.4. Binalar arasındaki mesafenin 4 cm olduğu durum

B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 3 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,6. sn' de 3709,78 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.43' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.44' de verilmiştir.



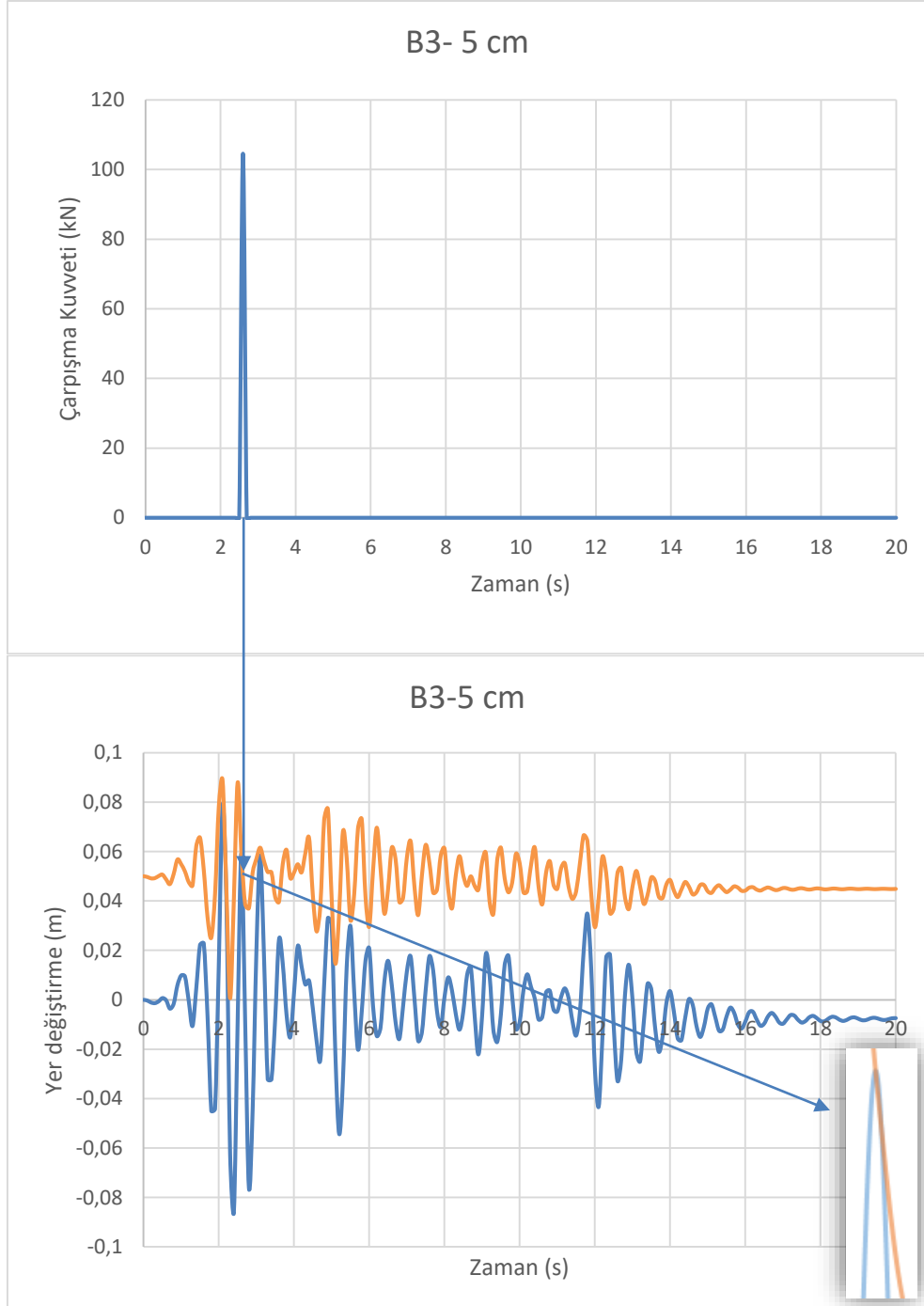
Şekil 4.43. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



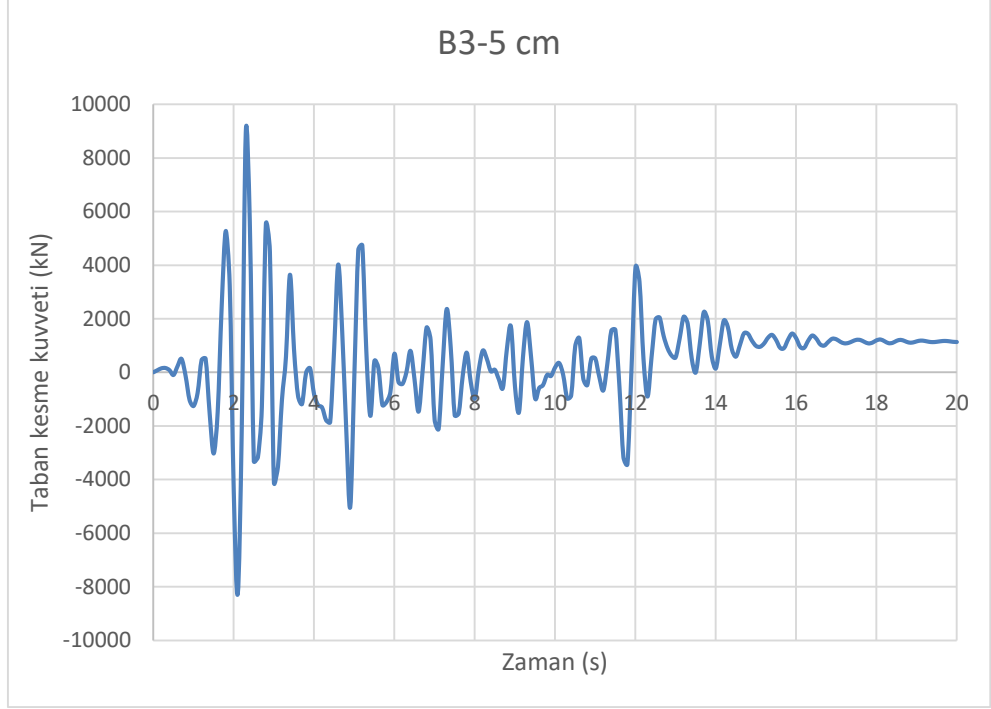
Şekil 4.44. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.4.5. Binalar arasındaki mesafenin 5 cm olduğu durum

B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 5 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 2,6. sn' de 104,60 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.45' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 5 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.46' da verilmiştir.



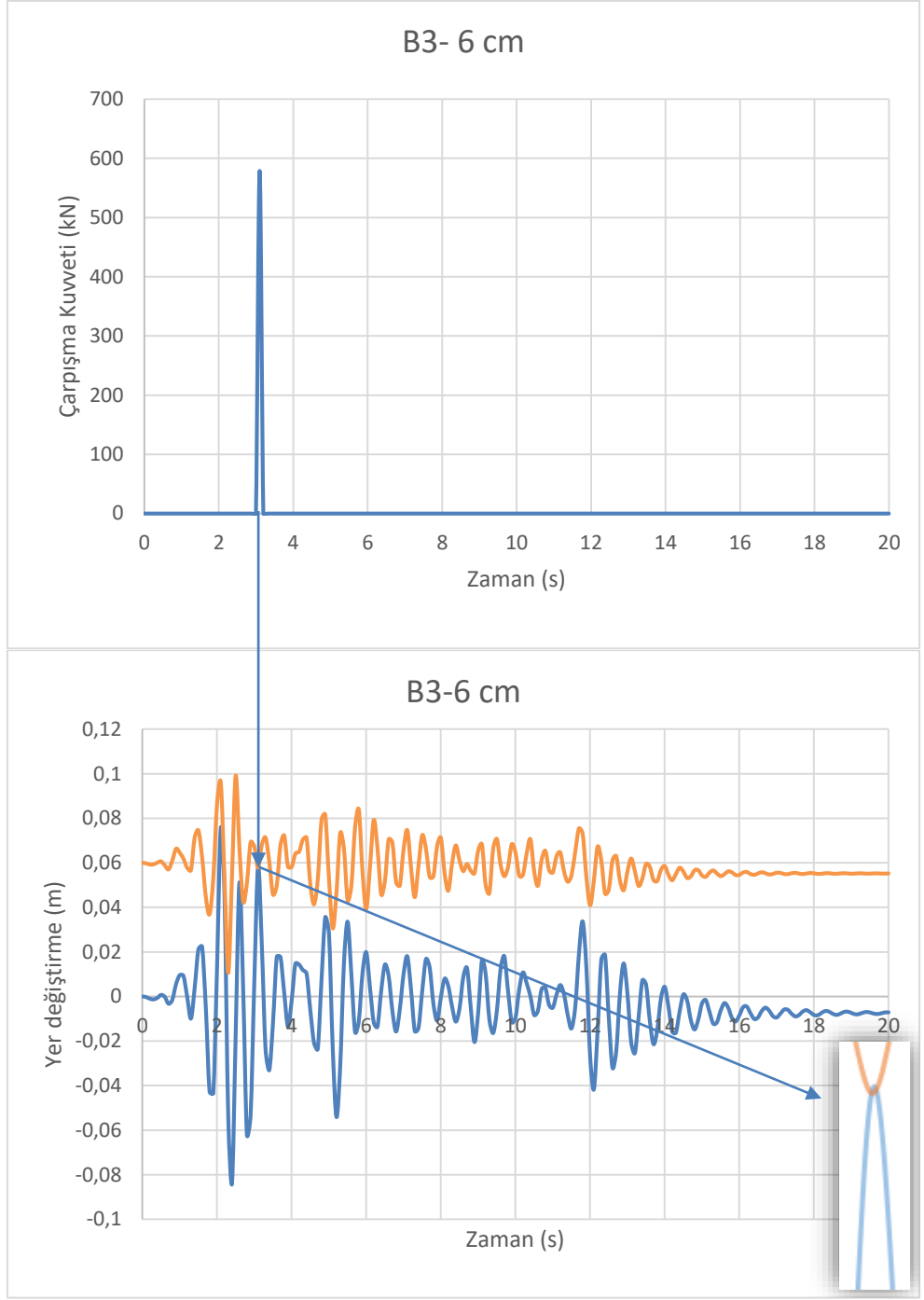
Şekil 4.45. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 5 cm iken açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



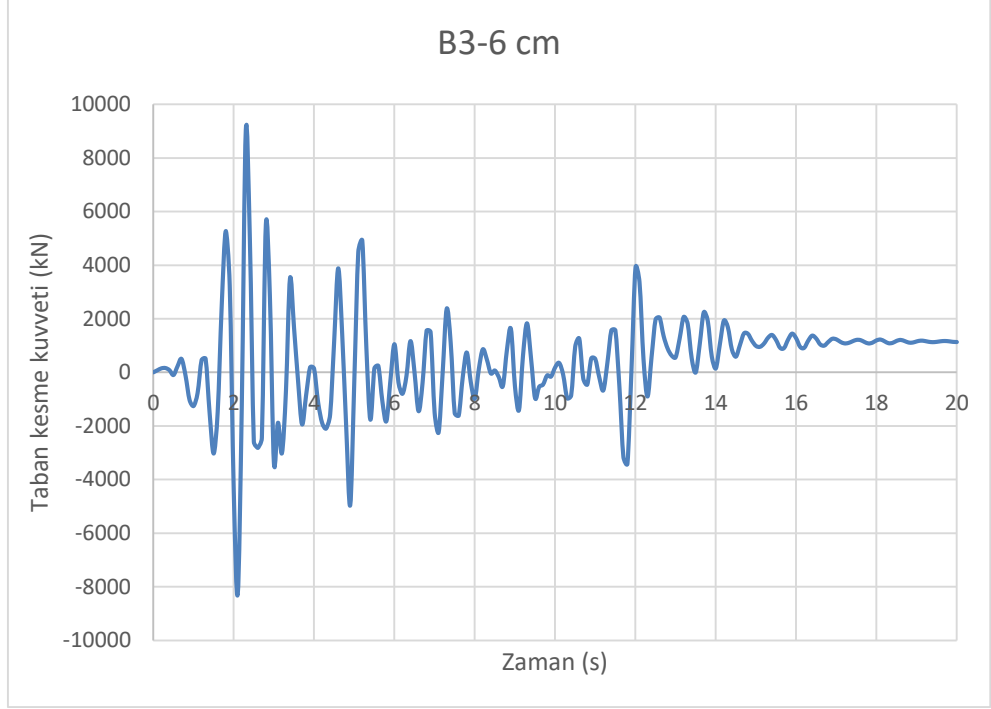
Şekil 4.46. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 4 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.4.6. Binalar arasındaki mesafenin 6 cm olduğu durum

B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 6 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 3,1. sn' de 578,62 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.47' de verilmiştir. Binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.48' de verilmiştir.



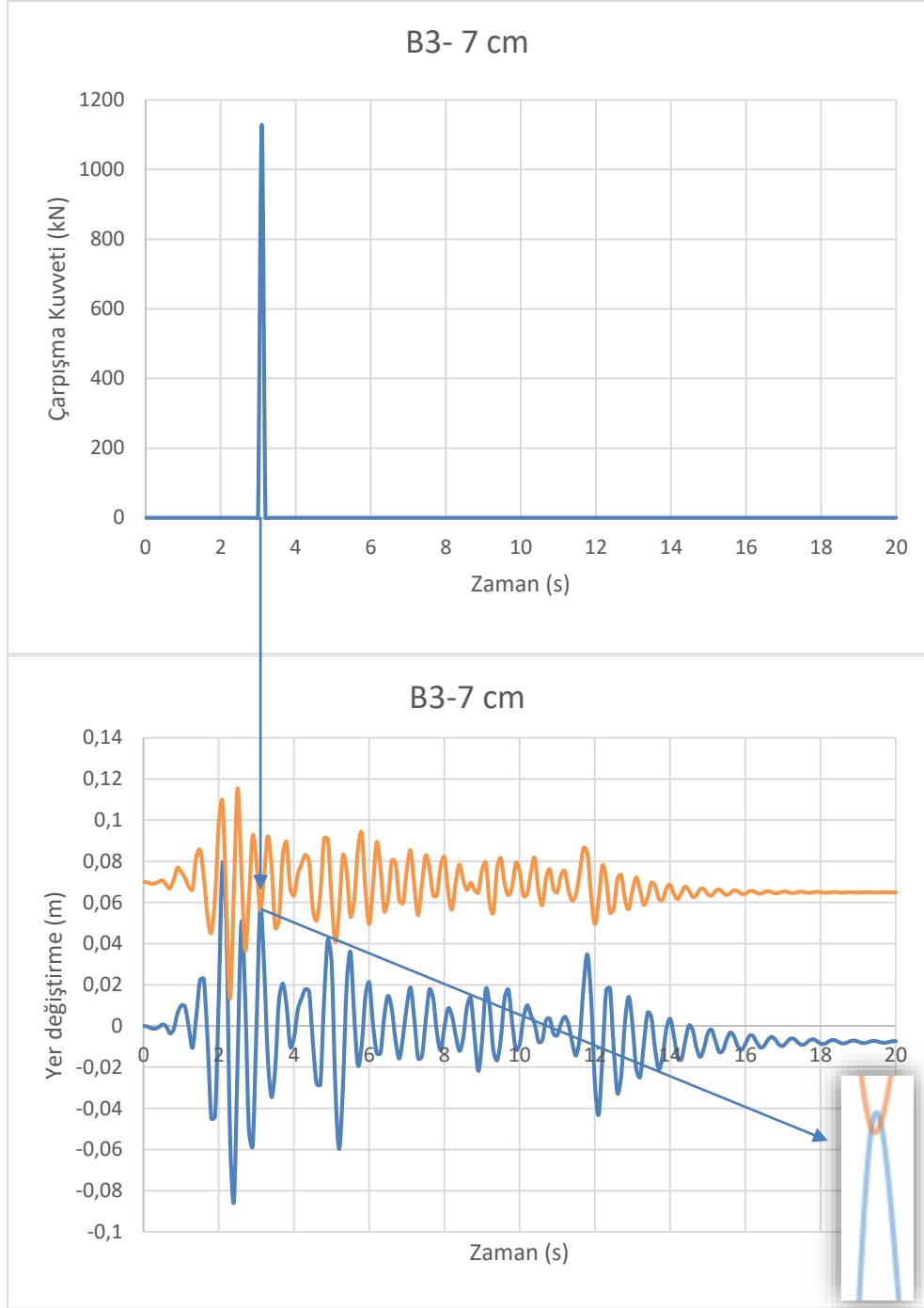
şekil 4.47. B3 dzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken ağığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin açığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme



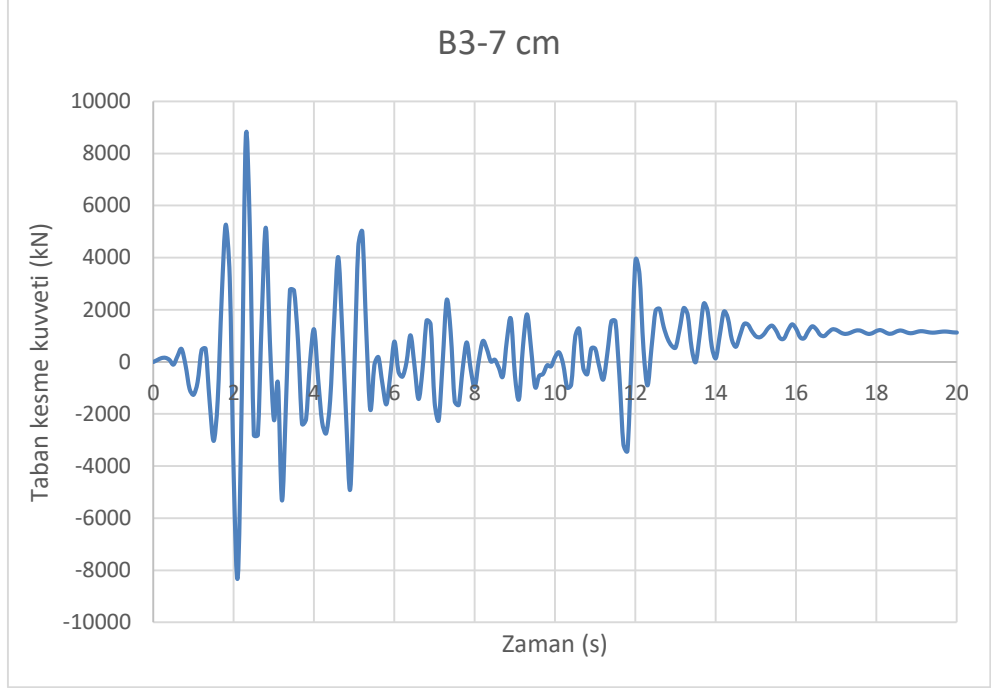
Şekil 4.48. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 6 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

4.4.7. Binalar arasındaki mesafenin 7 cm olduğu durum

B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 7 cm iken binalar arasında 1 adet çarpışma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu çarpışma sonucu açığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti 3,1. sn' de 1128,82 kN' dur. En büyük çarpışma kuvveti ve bu kuvvetin açığa çıktığı noktaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri de Şekil 4.49' da verilmiştir. Binalar arası mesafe 7 cm iken taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi de Şekil 4.50' de verilmiştir.



şekil 4.49. B3 dzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 7 cm iken ağığa çıkan en büyük çarpışma kuvveti ve kuvvetin ağığa çıktığı noktalar arası rölatif yer değiştirme

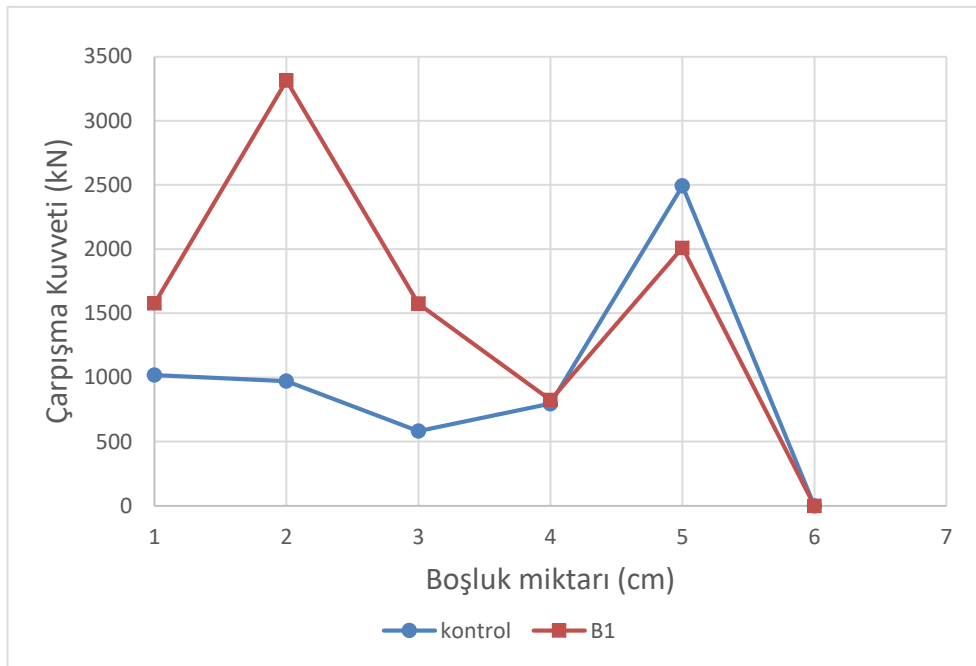


Şekil 4.50. B3 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arası mesafe 7 cm iken taban kesme kuvveti değişimi

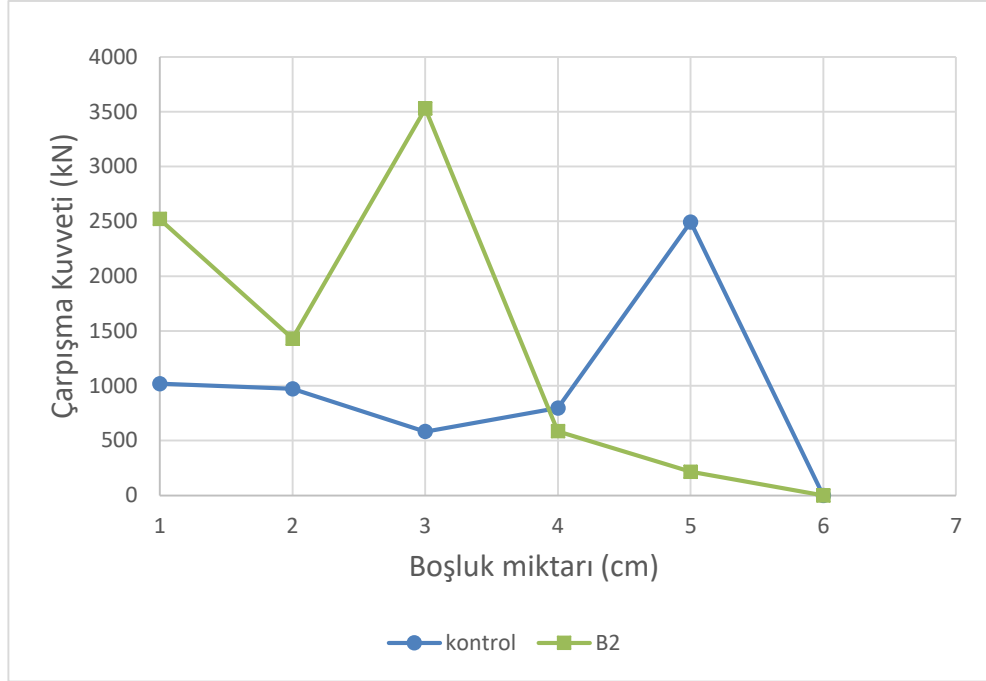
4.5. Karşılaştırmalar

Düzensizliğin olduğu ve olmadığı durumların hepsinde mesafelere bağlı olarak açığa çıkan çarpışma kuvvetlerinin değişim grafikleri ayrı ayrı verilmiştir. Şekil 4.51’de herhangi bir düzensizliğin olmadığı kontrol modelde ve B1 düzensizliğine sahip modelde binalar arasındaki mesafenin 1 cm’den başlayarak 7 cm’ e kadar değişmesiyle açığa çıkan çarpışma kuvvetlerinin değişimi verilmiştir. Şekil 4.52’de herhangi bir düzensizliğin olmadığı kontrol modelde ve B2 düzensizliğine sahip modelde binalar arasındaki mesafenin 1 cm’den başlayarak 7 cm’ e kadar değişmesiyle açığa çıkan çarpışma kuvvetlerinin değişimi verilmiştir. Şekil 4.53’de herhangi bir düzensizliğin olmadığı kontrol modelde ve B3 düzensizliğine sahip modelde binalar arasındaki mesafenin 1 cm’den başlayarak 7 cm’ e kadar değişmesiyle açığa çıkan çarpışma kuvvetlerinin değişimi verilmiştir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere, düşey yönde düzensizliğin olduğu durumlarda, binaların çarpışması sonucu açığa çıkan çarpışma kuvvetleri, düzensizliğin olmadığı durumdan genellikle daha büyük çıkmaktadır. Sadece B2 düzensizliğinin olduğu durumda binalar arasındaki mesafe 4 cm iken ve her 3 karşılaştırma durumunda da binalar arasındaki mesafe 5 cm iken kontrol modelde kuvvet daha yüksek çıkmaktadır. Onun dışındaki bütün durumlarda çarpışma kuvveti

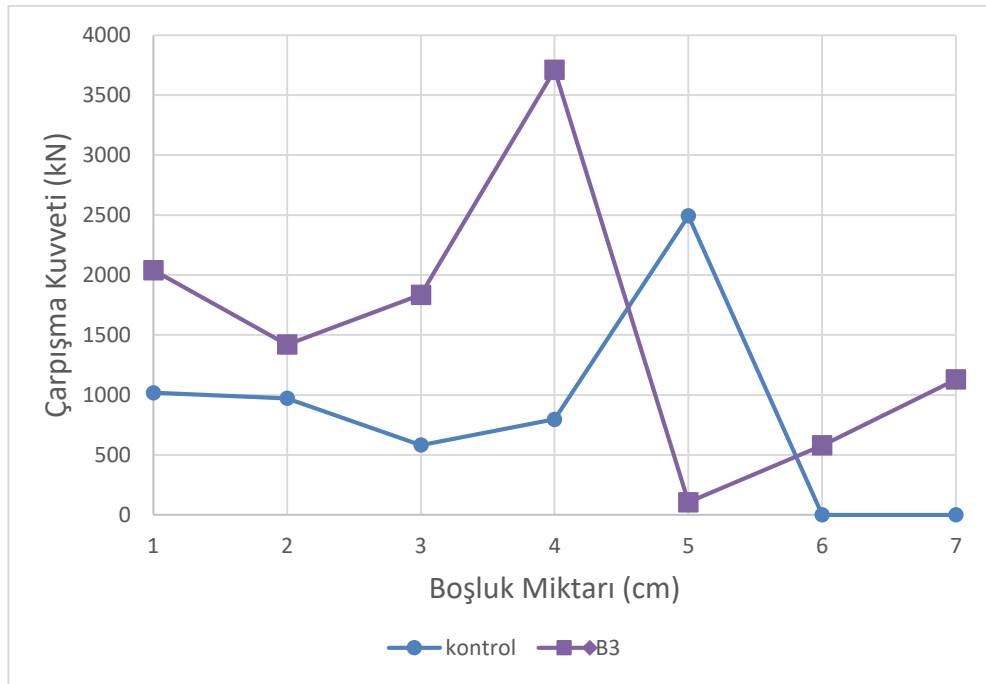
düzensizliğe bağlı olarak daha büyük olmaktadır. Şekil 4.54’ te her üç düzensizlik durumu ve düzensizliğin olmadığı durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı değişimleri aynı şekil üzerinde verilmiştir. Şekil 4.55’ te B1 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin binalar arasındaki mesafeye bağlı olarak değişimi verilmiştir. Şekil 4.56’ da B2 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin binalar arasındaki mesafeye bağlı olarak değişimi verilmiştir. Şekil 4.57’ de B3 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin binalar arasındaki mesafeye bağlı olarak değişimi verilmiştir.



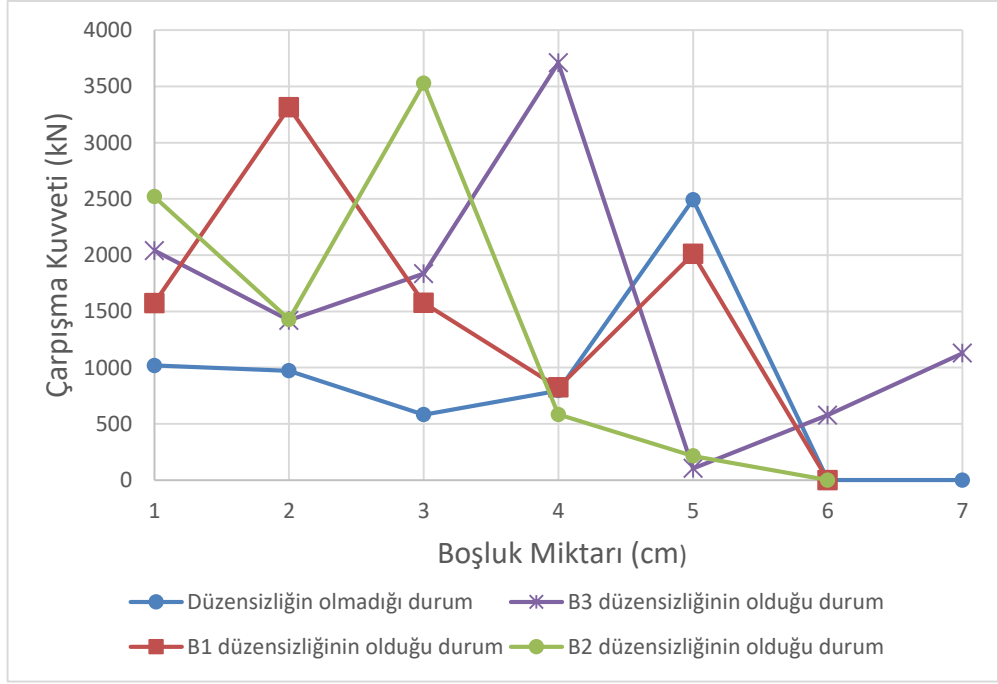
Şekil 4.51. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı ve B1 düzensizliğinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı olarak değişimi



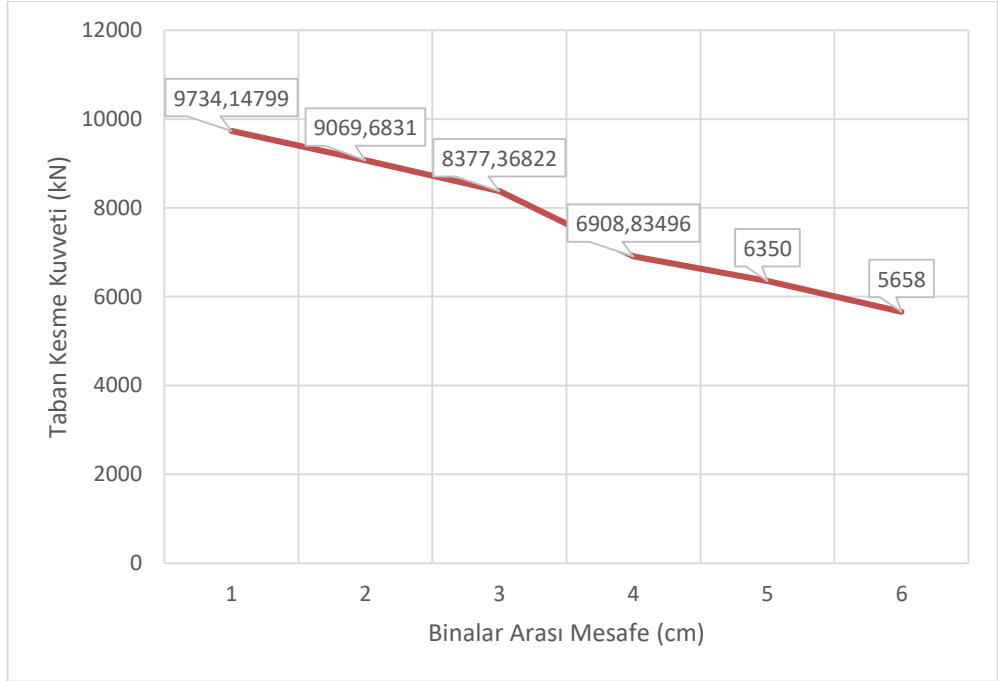
Şekil 4.52. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı ve B2 düzensizliğinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı olarak değişimi



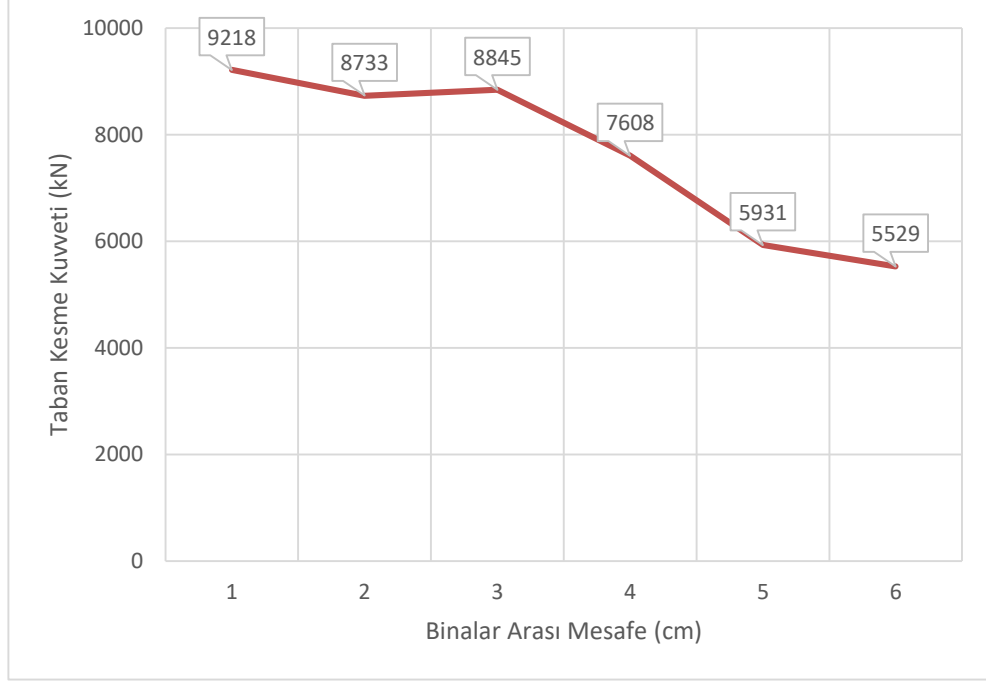
Şekil 4.53. Herhangi bir düzensizliğin olmadığı ve B3 düzensizliğinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı olarak değişimi



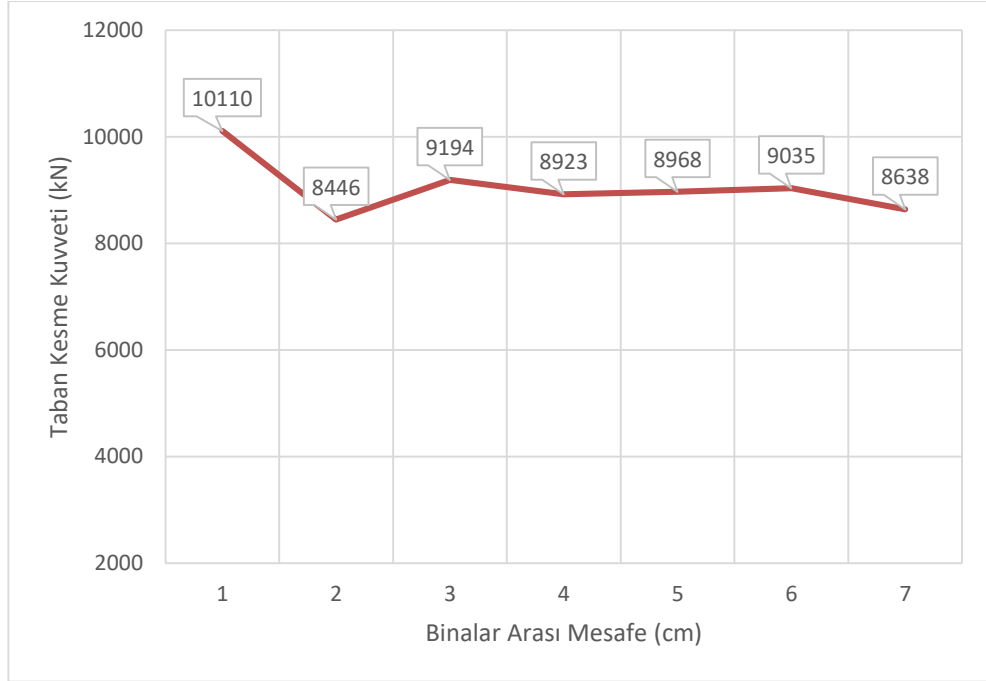
Şekil 4.54. Düzensizliğin olmadığı ve B1, B2, B3 düzensizliklerinin olduğu durumlar için çarpışma kuvvetlerinin mesafeye bağlı değişimi



Şekil 4.55. B1 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin mesafeye bağlı değişimi



Şekil 4.56. B2 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin mesafeye bağlı değişimi



Şekil 4.57. B3 düzensizliğinin olduğu durumda maksimum taban kesme kuvvetinin mesafeye bağlı değişimi

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, bitişik nizam binaların düşey yönde sahip oldukları düzensizlik durumlarının depremde çarpışma olayı üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla herhangi bir düzensizliğin bulunmadığı iki adet bitişik nizam bina çerçeve model olarak modellenmiş ve kontrol model olarak isimlendirilmiştir. Daha sonra DBYBHY 2007' de bahsedilen 3 adet düşey düzensizlik için bina modelleri oluşturulmuştur.

B1 (zayıf kat) düzensizliğine sahip bina modeli için oluşturulan kontrol model üzerinde, binaların birinde zemin kat kolonlarının boyutu küçültülmüştür. B2 (yumuşak kat) düzensizliğine sahip binayı temsil etmesi için ise oluşturulan kontrol modelde, binaların birinde zemin kat yüksekliği diğer katlardan fazla modellenerek binada B2 düzensizliği oluşması sağlanmıştır. B3 düzensizliğine sahip bina modeli oluşturmak için de kontrol model olarak oluşturulan binaların birinde zemin kat ve 1. kat kolonlarından 1' er tanesi kaldırılmış ve kolonların kirişlere oturması sonucu düşey yönde eleman süreksizliği oluşturulmuştur. Günlük hayatta bu tarz düzensizliklere sahip binalar sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu tarz düzensizliklerin, depremde yapıların çarpışması durumunda binada ne gibi etkiler oluşturacağı açıklanmaya çalışılmıştır.

Oluşturulan modellerin hepsinde binaların çarpışma analizi, El-Centro depremi etkisi altında SAP2000 programı yardımıyla lineer olmayan elastik yay modeli kullanılarak yapılmıştır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- 1) DYBHY (2007) Madde 2.10.3.2.'ye göre binalar arasında bırakılması gereken minimum boşluğun, herhangi bir düzensizliğin olmadığı, B1 ve B2 düzensizliklerinin olduğu durumlarda yeterli olduğu ancak, B3 düzensizliğinin olduğu durumda yeterli olmadığı görülmüştür.
- 2) 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 değişmesi ile açıklanabilir.

- 3) Binalar arasında bırakılması gerekenden daha az boşluk bırakıldığında binalar arasında meydana gelen çarpışmanın sadece binaların en üst noktalarında değil, daha alt seviyelerde de meydana geldiği görülmüştür.
- 4) 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.
- 5) Taban kesme kuvvetlerinin maksimum değeri binalar arası mesafe arttıkça genellikle azalmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abacıoğlu, M.A., (2006). Bitişik nizamda yapılmış binaların depremde etkileşimi, Yüksek lisans tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Akköse, M. ve Çetinkaya, G., (2013). Planda düzensizliğe sahip binaların deprem kaynaklı çarpışma davranışının incelenmesi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, s.1-9. Hatay.
- Anagnostopoulos, S.A. ve Spiliopoulos, K.V., (1992). An investigation of earthquake induced pounding between adjacent buildings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 21: 289-302.
- Başarı, A., (2007). Döşeme düzensizliklerinin taşıyıcı sistem davranışına etkisi, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Chau, K.T., Wei, X.X., Shen, C.Y. ve Wang L.X., (2004). Experimental and theoretical simulations of seismic torsional poundings between two adjacent structures, 13th World Conference on Earthquake Engineering, s. 1-11, Kanada.
- Çetinkaya, G. (2011). Deprem yer hareketine maruz komşu binaların çarpışma analizi, Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Çetinkaya, G. ve Akköse, M., (2011). Depreme maruz farklı yükseklikteki iki komşu betonarme binanın çarpışma analizi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, s.1-8, Ankara.
- DBYBHY (2007). Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Doğan, M. ve Günaydın, A., (2009). Pounding of adjacent RC buildings during seismic loads, *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University*, 22 (1): 129-145.
- Efraimiadou, S., Hatzigeorgiou, G.D. ve Beskos, D.E., (2012). Structural pounding between adjacent buildings: the effects of different structures configurations and multiple earthquakes, 15 th WCEE, s.1-10, Lizboa.
- Ehab, M., Salem, H., Mostafa, H. ve Yehia, N., (2014). Earthquake pounding effect on adjacent reinforced concrete buildings, *International Journal of Computer Applications*, 106 (9): 27-34.

- Gong, L. ve Hao, H., (2005). Analysis of coupled lateral-torsional-pounding responses of one-storey asymmetric adjacent structures subjected to bi-directional ground motions part I: Uniform Ground Motion Input, *Advances in Structural Engineering* 8, (5): 463-479.
- Güder, S.O., (2012). Dolgu duvarların yapısal analizlerde göz önüne alınmasının düşey düzensizlik ve deprem performansına etkileri, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- İnan, T. ve Korkmaz, K., (2012). Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(3):240-248
- Jankowski, R., (2005). Non-linear viscoelastic modelling of earthquake-induced structural pounding, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 34: 595–611.
- Kasai, K. ve Maison, B. F., (1996). Building the 1989 pounding damage during Loma Prieta earthquake, *Engineering Structures*, 19(3): 195-207.
- Kumbasar, N. (1993). Deprem kayma çerçevelerinin çarpışma problemi, *İmo Teknik Dergi* 47.
- Mahmoud, S., Abd-Elhamed, A. ve Jankowski, R., (2012). Earthquake-induced pounding between equal height multi-storey buildings considering soil-structure interaction, *Bull Earthquake Eng.*6.
- Maison, B.F. ve Kasai, K., (1990). Analysis for type of structural pounding, *Journal of Structural Engineering*, 116(4): 957-977.
- Muthukumar, S. (2003). A contact element approach with hysteresis damping for the analysis and design of pounding in bridges, Doktora tezi, Georgia Institute of Technology, ABD.
- Muthukumar, S. ve DesRoches, R. A., (2006). Hertz contact model with non-linear damping for pounding simulation, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 35: 811–828.
- Önen, Y.H., Dindar, A.A., Coşgun, C. ve Seçki, E.,(2011). 23 Ekim ve 9 Kasım 2011 Tarihli Van Depremleri Yerinde Yapılan İnceleme ve Değerlendirme Raporu, s.1-76. İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.

- Rahman, A.M., Carr, A.J. ve Moss, P.J., (2001). Seismic pounding of a case of adjacent multiple-storey buildings of differing total heights considering soil flexibility effects, *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering* 34, (1): 40-59.
- SAP2000 (2009). *Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures*, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA.
- Spiliopoulos, K.V. ve Anagnostopoulos, S.A., (1992). Earthquake induced pounding in adjacent buildings, *Earthquake Engineering Tenth World Conference*, s.1-6, Rotterdam.
- Takeyama, K., (1973). Earthquake response of a building collided with a neighboring building, *Proc. of The 5th World Conference on Earthquake Engineering*, 2211-2214, Loma.
- Turhan, Ö., (2015). Bitişik nizam yapıların çarpışmasını önlemek için optimum sönümleyici dağılımı, Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Wang, L.X. ve Chau, K.T., (2008). Chaotic seismic torsional pounding between two single-story asymmetric towers, *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, s. 1-8, China.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ömer Faruk TEKİN

Doğum Yeri : Doğanşehir/Malatya

Doğum Tarihi : 05.10.1989

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Adıyaman Anadolu Öğretmen Lisesi

Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
(2008-2013)

Yüksek Lisans: Adıyaman Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
(2014-2016)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Adıyaman Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü-(2014-Devam Ediyor)

Yayımları (SCI ve diğer)

1) Tekin, Ö. F., Pala, M. (2016). Taşıyıcı Sistemde Düşey Eleman Süreksizliğinin Sismik Çarpışma Anında Yapı Üzerine Etkisi. 4. International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (Tam metin bildiri).

2) Günaydın, O., Güçlüer, K., Tekin, Ö. F., Ezici, M. (2016). Farklı Koşullarda Dökülen Kolonların Düşey Yönde Ultrases Değişiminin İncelenmesi. International Science and Technology Conference (Tam metin bildiri).

3) Şahan, M. F., Tekin, Ö. F. (2015). Damped Response of Cross-Ply Laminated Doubly Curved Shell. 3. International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (Tam metin bildiri).

4) Pala, M., Tekin, Ö. F., Eşit, M. (2015). Yumuşak Kat Düzensizliğine Sahip Bitişik Nizam Binaların Deprem Kaynaklı Çarpışma Analizi. 3. International

Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (Tam metin bildiri).

5) Eşit, M., Tekin, Ö. F., Varınca, K. B. (2014). Atık Strafor Malzemelerinin Organik Toprağın Basınç Dayanımına Etkisinin İncelenmesi. 2 nd International Symposium on Environment and Morality (Tam metin bildiri)

6) Tekin, Ö. F., Eşit, M., Varınca, K. B. (2014). İnşaat Sektöründe Çevresel Kaygılara Çözüm Önerileri: Sürdürülebilirlik ve Yeşil Binalar. 2 nd International Symposium on Environment and Morality (Tam metin bildiri)