

Investigation of the Required Earthquake Gap Distance between Reinforced Concrete Buildings with Nonlinear Time History Analysis

Burak Cakil ¹ , Ozan Ince ¹ , Muhammed Atar ¹ , Elif Gokce Ince ² 

¹ Firat University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 23119 Elazig, Türkiye

² Erzincan Binali Yildirim University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 24002 Erzincan, Türkiye

Keywords

Reinforced concrete buildings, Earthquake gap distance, Pounding effect, TBEC-2018, Structural damage

Highlights

- * Pounding effect
- * Reinforced concrete buildings
- * Earthquake damages

Aim

This study aims to determine minimum earthquake gap distance between reinforced concrete buildings

Location

Türkiye

Methods

Nonlinear time history analysis

Results

The minimum distances required to prevent pounding effect of adjacent buildings were calculated and compared with the values in the TBEC-2018

Supporting Institutions

The authors declared that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure:

The authors declared that this study supported by TÜBİTAK with project number 124M056

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest:

The authors have no conflicts of interest to declare

How to cite:

Cakil B., Ince O., Atar M., Gokce Ince E., 2025. Investigation of the Required Earthquake Gap Distance between Reinforced Concrete Buildings with Nonlinear Time History Analysis, Turk Deprem Arastirma Dergisi 7(3), 397-405, DOI:10.46464/tdad.1612910.

Manuscript

Research Article

Received: 03.01.2025

Revised: 10.06.2025

Accepted: 11.06.2025

Printed: 30.12.2025

DOI

10.46464/tdad.1612910



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Ozan Ince

Email: o.ince@firat.edu.tr

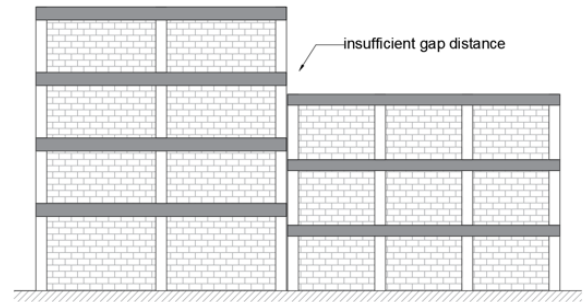


Figure
Insufficient gap distance between adjacent buildings

Betonarme Binalar Arasında Bırakılması Gereken Derz Mesafesinin Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analizler ile İncelenmesi

Burak Çakıl¹ , Ozan İnce¹ , Muhammed Atar¹ , Elif Gökçe İnce²

¹ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ, Türkiye

² Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 24002 Erzincan, Türkiye

ÖZET

Depremler, yer kabuğundaki hareketler sonucunda meydana gelen ve yapılar üzerinde yıkıcı etkiler oluşturan doğa kaynaklı afetlerdir. Depremlerin yıkıcılığını artıran faktörlerden biri de binalar arası çekişme etkisidir. Betonarme binaların deprem sırasında serbest bir şekilde deplasman yapmaları gerekmektedir. Ancak komşu binalar arasında yeterli mesafenin bulunmadığı durumlarda binalar çarpışarak hasar almaktadır. Çekişme etkisi olarak adlandırılan bu durum deprem sırasında yapıların ağır hasar almasına neden olabilmektedir. Bu çalışmada 5 ve 10 katlı iki tip betonarme yapının doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri yapılarak en büyük yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Bu binaların komşu inşa edilmesi durumunda bırakılması gereken minimum derz mesafeleri hesaplanmış ve bu değerler TBDY-2018'in belirttiği değerler ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre TBDY-2018 tarafından önerilen değerlerin yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Betonarme binalar, Derz mesafesi, Çekişme etkisi, TBDY-2018, Yapı hasarı

Öne Çıkanlar

- * Çekişme etkisi
- * Betonarme binalar
- * Deprem hasarları

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 03.01.2025

Düzeltilme: 10.06.2025

Kabul: 11.06.2025

Basım: 30.12.2025

DOI

10.46464/tdad.1612910

Sorumlu yazar

Ozan İnce

E-posta:

o.ince@firat.edu.tr

Investigation of the Required Earthquake Gap Distance between Reinforced Concrete Buildings with Nonlinear Time History Analysis

Burak Cakil¹ , Ozan Ince¹ , Muhammed Atar¹ , Elif Gokce Ince²

¹ Fırat University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 23119 Elazığ, Türkiye

² Erzincan Binali Yıldırım University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 24002 Erzincan, Türkiye

ABSTRACT

Earthquakes are caused by movements of the Earth's crust, resulting in destructive impacts on structures. One of the factors that increase the destructiveness of earthquakes is the pounding effect between buildings. Reinforced concrete buildings need to displace freely during seismic events. However, when the gap between adjacent buildings is insufficient, collisions occur, causing significant structural damage. This phenomenon, known as the pounding effect, can lead to severe damage during earthquakes. In this study, nonlinear time history analyses were conducted for two types of reinforced concrete buildings, 5-storey and 10-storey structures, to obtain their maximum displacement values. The minimum separation distances required to prevent pounding when these buildings are constructed adjacently were calculated and compared with the values specified in the 2018 Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018). The analysis results revealed that the distances calculated according to TBEC-2018 are insufficient.

Keywords

Reinforced concrete buildings, Earthquake gap distance, Pounding effect, TBEC-2018, Structural damage

Highlights

- * Pounding effect
- * Reinforced concrete buildings
- * Earthquake damages

Manuscript

Research Article

Received: 03.01.2025

Revised: 10.06.2025

Accepted: 11.06.2025

Printed: 30.12.2025

DOI

10.46464/tdad.1612910

Corresponding Author

Ozan Ince

Email:

o.ince@firat.edu.tr

1. GİRİŞ

Depremler, yer kabuğundaki fay hatlarının ani hareketleri sonucunda oluşan, ciddi can ve mal kaybına yol açabilen en yıkıcı doğa kaynaklı afetlerden biridir. Depremler, şehir yapısının ve bina stokunun çok yüksek oranlarda zarar görmesine neden olmaktadır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı önemli bir konu olup, hem tasarım hem de uygulama aşamasında dikkat edilmelidir. 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli Pazarcık ve Elbistan depremleri sonrasında yapılan saha incelemeleri yapı stokundaki eksiklikleri ve problemleri bir kez daha göstermiştir (Mertol ve diğ. 2023, Ozturk ve diğ. 2023, Altunsu ve diğ. 2024, Atar ve diğ. 2024, Avcıl ve diğ. 2024, Doğruyol 2024, Işık ve diğ. 2024, İnce 2024, Özmen ve diğ. 2024, Yetkin ve diğ. 2024, Yön ve diğ. 2024). AFAD tarafından yayınlanan deprem raporunda Kahramanmaraş depremlerinde 35000'den fazla binanın yıkıldığı belirtilmektedir (AFAD 2023).

Kahramanmaraş depremleri gibi büyük ölçekli depremlerin yarattığı yıkım, yapı tasarımlarında özellikle çekiçleme etkisine karşı önlemler alınmasının önemini göstermiştir. Binalar arasında yeterli mesafe bırakılmaması durumunda deprem sırasında yapılar birbirine çarpabilir. Bu durumu önlemek için binalar arasında "derz mesafesi" olarak adlandırılan bir boşluk bırakılması gereklidir. Derz mesafesi, çekiçleme etkisini önlemek üzere tasarım aşamasında dikkate alınması gereken kritik bir parametredir. Minimum derz mesafesi, TBDY-2018 gibi deprem yönetmelikleri tarafından belirli kurallara bağlanırken, bu kuralların uygulamada ne kadar yeterli olduğu tartışma konusudur. Mevcut yönetmelikler, 1975 yılından bu yana derz mesafesi için benzer ölçütler sunmaktadır; ancak Kahramanmaraş gibi büyük depremler, yönetmeliklerin bu konuda güncellenmeye ihtiyacı göstermektedir.

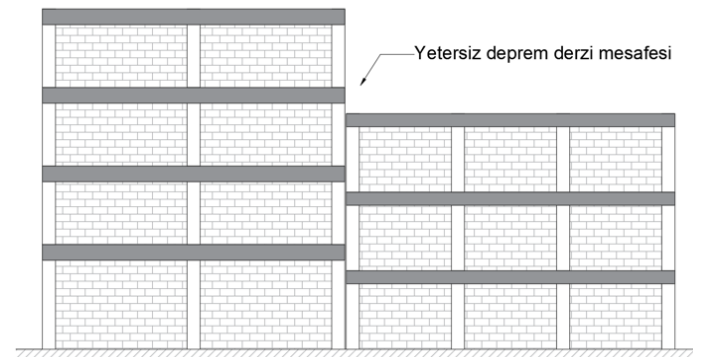
Karabulut ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmada, dört ve altı katlı iki betonarme binanın 1999 Kocaeli depremi ivme kayıtları kullanılarak doğrusal analizleri yapılmıştır. Elde edilen yer değiştirme sonuçları dikkate alınarak betonarme binalar için minimum derz mesafesi önerilmiştir. Işıkhani (2019) tarafından yapılan çalışmada, üç bloklu betonarme bir yapı için öngörülen 5 cm derz mesafesiyle doğrusal olmayan dinamik analizler yapılmış, 11 farklı ivme kaydı kullanılmıştır. Yapı projesinde tanımlanan 5 cm derz boşluğu bırakılması durumunda 1 deprem kaydı dışındaki bütün analizlerde çarpışma gerçekleşmektedir. Çarpışmanın önlenmesi için bırakılması gereken güvenli boşluk mesafesi yaklaşık 21 cm olarak belirlenmiştir. Çekiçleme etkilerinin, sismik talepleri ve katlar arası ötelenmeleri önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. Kamal ve İnel (2020) çalışmasında, düşük ve orta katlı betonarme binalar arasındaki deprem derz mesafeleri zaman tanım alanında dinamik analizlerle incelenmiştir. TBDY (2018)'e göre tasarlanan 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 katlı bina modellerinden 28 farklı ikili model oluşturulmuş, 22 ivme kaydı ile 616 dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, mevcut yönetmelikteki derz mesafelerinin çarpışmayı önlemekte yetersiz olduğunu göstermiştir. Periyot oranlarına bağlı olarak α katsayısı için yeni bir denklem önerilmiştir. Kamal ve İnel (2021) çalışmasında, yetersiz derz mesafesine

sahip orta yükseklikteki betonarme binaların deprem etkileri altındaki çekiçleme davranışları incelenmiştir. 5, 8, 10, 13 ve 15 katlı bina modelleri doğrusal elastik olmayan davranış özellikleriyle modellenmiş, toplamda 30 farklı ikili bina modeli oluşturulmuştur ve TBDY (2018) ile uyumlu 22 ivme kaydıyla 660 dinamik analiz yapılmıştır. Çarpışma, yapı taleplerinde ciddi değişimlere yol açmış ve periyot oranlarına bağlı olarak deplasman büyütme faktörleri (β) önerilmiştir. Koşar Avcı (2024) çalışmasında, TBDY (2018)'e göre tasarlanan 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 katlı bitişik betonarme binalar arasında gerekli minimum deprem derz mesafeleri araştırılmıştır. Farklı zemin tipleri ve konumlarda yapılan 11088 doğrusal elastik olmayan dinamik analiz, TBDY (2018)'in yalnızca bina yüksekliğine dayanan hesap yönteminin yetersiz olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma kapsamında betonarme binalar arasında bırakılması gereken minimum deprem derzi mesafeleri incelenmiştir. Bu amaçla 5 ve 10 katlı iki adet bina tasarımı yapılmıştır. 5 ile 10 katlı iki binanın komşu inşa edilmesi durumunda bırakılması gereken minimum deprem derzi mesafeleri belirlenmiştir. Bu belirleme yapılırken binaların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılarak maksimum yatay yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar TBDY (2018) tarafından önerilen deprem derzi mesafeleri ile karşılaştırılmıştır.

2. BETONARME BİNALARDA DEPREM DERZİ

Deprem derzi, yapıların depremler sırasında birbirlerine zarar vermemesi ve güvenli bir şekilde yatay yer değiştirme yapabilmeleri için bırakılan boşluk olarak tanımlanabilir. Deprem derzinin yetersiz olması durumunda yapılar birbirine çarpmakta ve hasar vermektedir. Çekiçleme etkisi olarak adlandırılan bu durum bitişik nizam binaların döşeme seviyelerinin farklı olması durumunda daha ciddi bir problem olmaktadır (Şekil 1). Bir binanın rijit döşeme seviyesi komşu binanın kolonuna denk gelerek kolonda ciddi hasarlara neden olabilmektedir. Şekil 2'de kat seviyeleri aynı ve farklı olan betonarme binalarda meydana gelen hasarlar verilmiştir.



Şekil 1: Bitişik nizam betonarme yapı örneği
Figure 1: Example of adjacent reinforced concrete buildings



Şekil 2: Betonarme binaların döşeme seviyelerinin aynı veya farklı olması durumları (İnce 2024)
Figure 2: Same and different floor level of adjacent reinforced concrete buildings (İnce 2024)

Türkiye’de kullanılan deprem yönetmeliklerinde betonarme binalar arasında bırakılması gereken minimum derz mesafeleri belirtilmiştir. ABYYHY (1968) ve ABYYHY (1975) (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) yönetmeliklerinde bina yükseklikleri dikkate alınarak mesafe kuralı tanımlanmıştır. Bu yönetmeliklerde bırakılacak minimum derz mesafesi 6 metre kat yüksekliğine (H_k) kadar en az 30 mm olarak belirlemiş ve bu değere 6 metreden sonraki her 3 metrelik yükseklik için en az 10

mm eklenmesi gerektiğini ifade etmiştir. ABYYHY (1998), DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) içerisinde minimum mesafe kuralı hem bina yüksekliklerine hem de doğrusal analizlerde elde edilen yer değiştirme değerlerine göre hesaplanmaktadır. Tablo 1 içerisinde yer alan H_k toplam bina yüksekliğini, d_{min} binalar arasında bırakılması gereken minimum deprem derzi mesafesini, u_1 ve u_2 değerleri binalarında doğrusal analiz sonucunda elde edilen yer değiştirme değerlerini göstermektedir.

Tablo 1: Türkiye deprem yönetmeliklerinde minimum derz mesafesi kuralları
Table 1: Minimum earthquake gap distance in Türkiye earthquake codes

Yönetmelik	Minimum derz mesafesi (a)	Minimum derz mesafesi (b)
ABYYHY (1968)		-
ABYYHY (1975)		-
ABYYHY (1998)*	$H_k \leq 6$ m ise 3 cm	$d_{min} = (u_1 + u_2) * \alpha$
DBYBHY (2007)*	$H_k > 6$ m ise 3 cm + 1 cm (her ilave 3 m için)	$d_{min} = \left(\sqrt{u_1^2 + u_2^2} \right) * \alpha$
TBDY (2018)**		$d_{min} = \left(\sqrt{u_1^2 + u_2^2} \right) * \alpha$

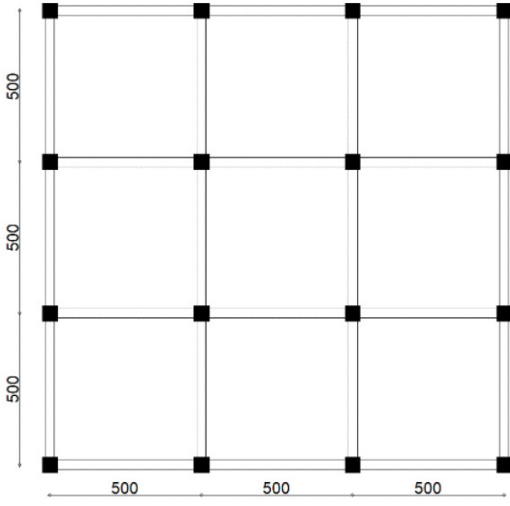
* $\alpha = 0.25$ (R) döşeme seviyesi aynı olan binalar, $\alpha = 0.5$ (R) döşeme seviyesi farklı olan binalar

** $\alpha = 0.25$ (R/I) döşeme seviyesi aynı olan binalar, $\alpha = 0.5$ (R/I) döşeme seviyesi farklı olan binalar

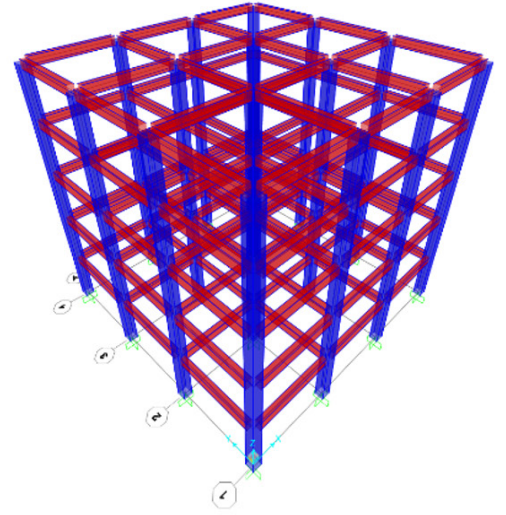
3. NÜMERİK ÇALIŞMA

Bu çalışmada betonarme binalar arasında bırakılması gereken minimum mesafelerin belirlenmesi için 5 ve 10 katlı iki adet betonarme bina tasarlanmıştır. 5 ve 10 katlı binaların yan yana olması durumunda aralarında bırakılması gereken minimum

deprem derzi mesafeleri doğrusal olmayan analizler ile hesaplanmıştır. Her iki modelde C30/37 beton sınıfı ve S420 donatısı kullanılmıştır. Yapılara ait kalıp planları ve 3 boyutlu modelleri Şekil 3 ve Şekil 4’te verilmiştir.

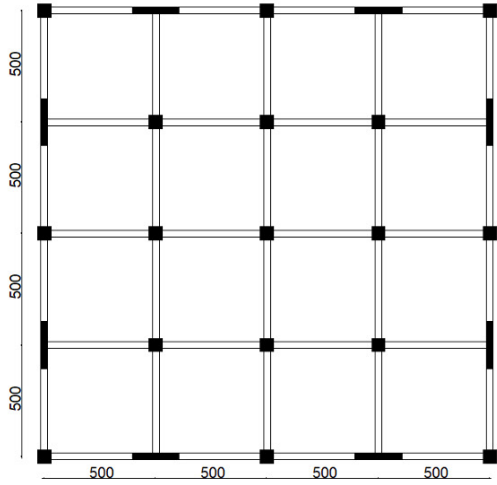


a)

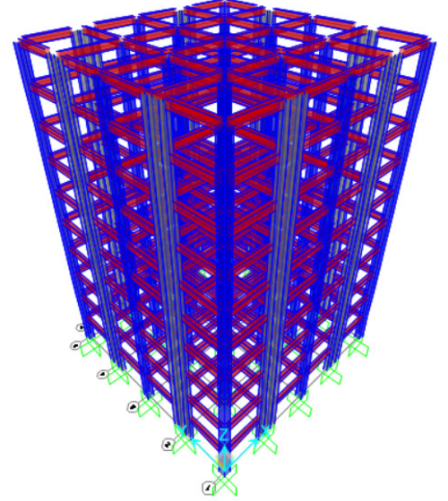


b)

Şekil 3: 5 katlı betonarme bina a) kalıp planı (cm), b) 3 boyutlu model
Figure 3: 5 storey reinforced concrete building a) floor plan (cm), b) 3D model



a)

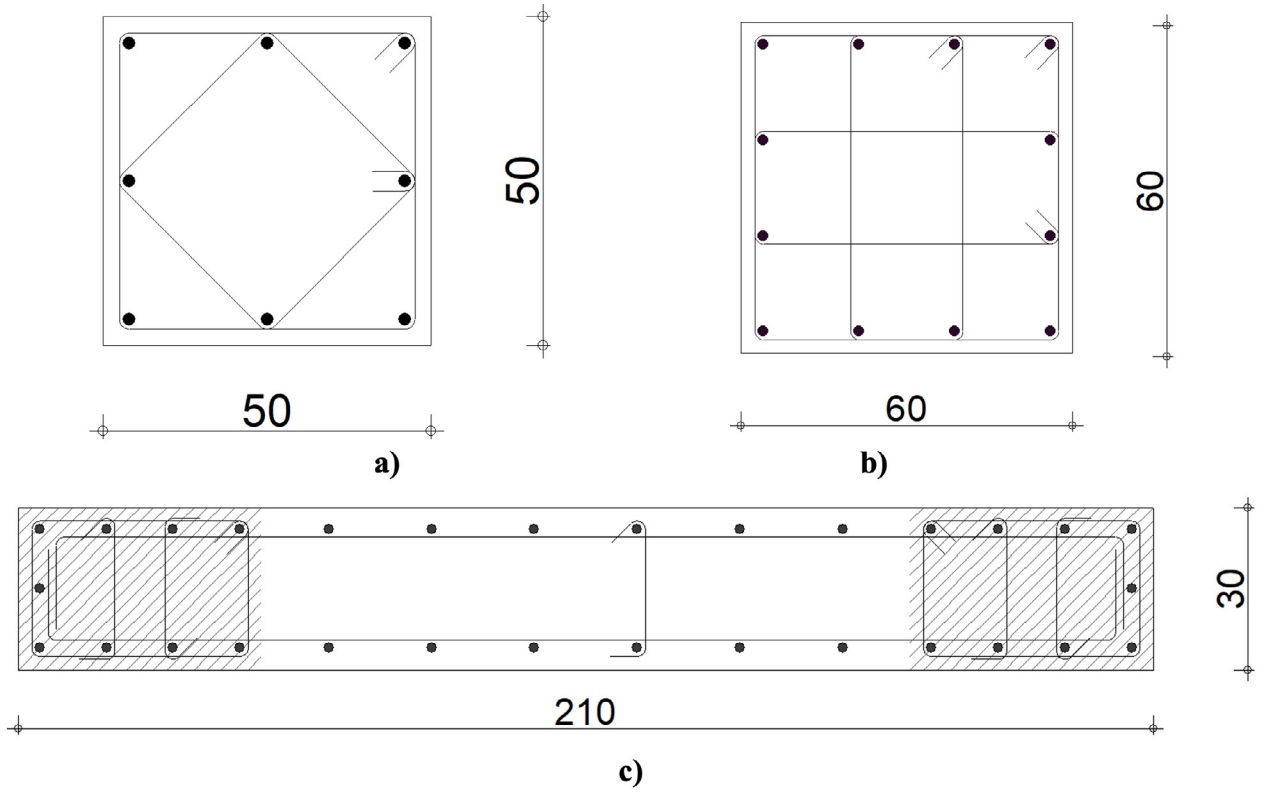


b)

Şekil 4: 10 katlı betonarme bina a) kalıp planı (cm), b) 3 boyutlu model
Figure 4: 10 storey reinforced concrete building a) floor plan (cm), b) 3D model

5 katlı tasarlanan yapının taşıyıcı sistemi süneklilik düzeyi yüksek betonarme çerçeve olarak modellenmiştir. Kolon boyutları 50x50 (cm) ve kiriş boyutları 30x50 (cm) olarak belirlenmiştir. 10 katlı tasarlanan betonarme bina süneklilik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklilik düzeyi

yüksek boşluksuz betonarme perdeli olarak modellenmiş perde kesitleri 30x210 (cm), kolon kesitleri 60x60 (cm) ve kiriş kesitleri 30x60 (cm) olarak belirlenmiştir. Betonarme binaların tasarımda kullanılan kolon en kesitleri Şekil 5 içerisinde verilmiştir. Her iki binanın kat yükseklikleri 3.0 m olarak tasarlanmıştır.



Şekil 5: Binaların tasarımında kullanılan düşey taşıyıcı elemanlar a) 5 katlı bina kolon en kesiti, b) 10 katlı bina kolon en kesiti, c) 10 katlı bina deprem perdesi en kesiti (cm)

Figure 5: Vertical load bearing elements used in the design of reinforced concrete buildings a) 5-storey building column cross-section, b) 10-storey building column cross-section, c) 10-storey building earthquake shear wall cross-section (cm)

Betonarme binalar sonlu elemanlar yöntemi tabanlı SAP2000 v25 (2024) programında modellenmiştir. Betonarme binaların zemin kat kolonları ankastre mesnetli olarak modellenmiştir. Modellemede döşemeler modellere katılmayıp her kat seviyesinde rijit diyaframlar tanımlanmıştır. Ayrıca döşeme yükleri kirişler üzerine yayılı yük olarak etki ettirilmiştir. Kolon kiriş birleşim bölgeleri program içerisinde tam rijit olarak alınmıştır. Kolon, kiriş ve deprem perdeleri için etkin kesit rijitlikleri TBDY (2018)'e göre hesaplanarak programda tanımlanmıştır.

Betonarme elemanların doğrusal olmayan davranışının yansıtılmasında fiber eleman yöntemi dikkate alınmıştır. Bu yöntemde betonarme enkesiti fiber lif parçalarına bölünmekte ve her bir lifin hasar durumu ayrı ayrı dikkate alınmaktadır. Literatür çalışmaları fiber eleman yönteminin deneysel çalışmalar ile uyumlu sonuç verdiğini göstermektedir (Karaton ve diğ. 2021, Karaton ve diğ. 2023). Fiber eleman yönteminde beton ve donatının hasar sınırlarının tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada TBDY (2018) içerisinde yer alan hasar sınırları dikkate alınmıştır.

Tasarlanan betonarme binalar arasında TBDY (2018) yönetmeliğine göre bırakılması gereken deprem derzi mesafeleri doğrusal analizler ile hesaplanmıştır. DD-2 depremine göre doğrusal olarak tasarımı yapılan betonarme binaların maksimum yer değiştirme değerleri elde edilmiş ve

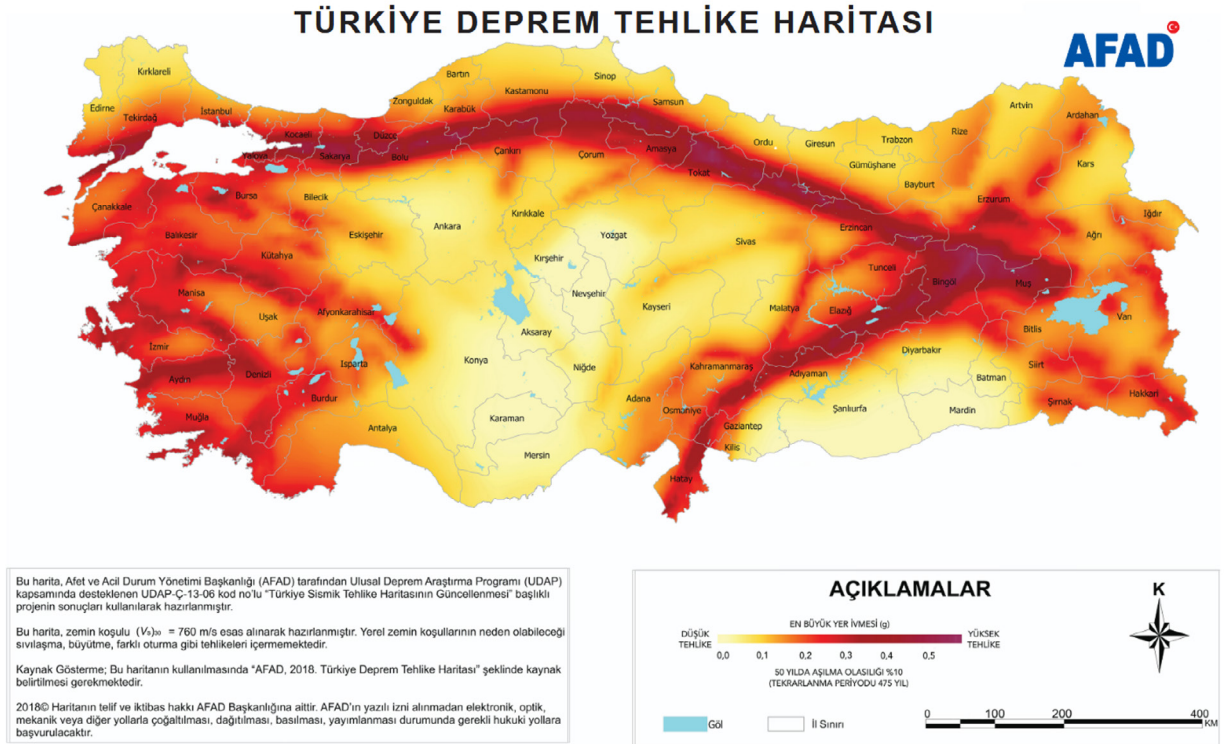
deprem derzi mesafeleri hesaplanmıştır. Doğrusal analizlerin ardından, her iki yapı için doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler gerçekleştirilmiştir.

TBDY (2018) içerisinde dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır (DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4). DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 deprem düzeyleri sırasıyla 50 yılda aşılma olasılığı %2, %10, %50 ve %68 olan ve tekrarlama periyotları 2475, 475, 72 ve 43 yıl olan depremleri tanımlamaktadır. DD-1 depremi, yapılara gelecek en büyük depremi ifade etmektedir. DD-2 depremi, binaların tasarımda kullanılan standart tasarım depremini ifade etmektedir (TBDY 2018). Bu çalışmada kullanılan ivme grafikleri DD-2 tasarım depremi ile ölçeklenerek kullanılmıştır.

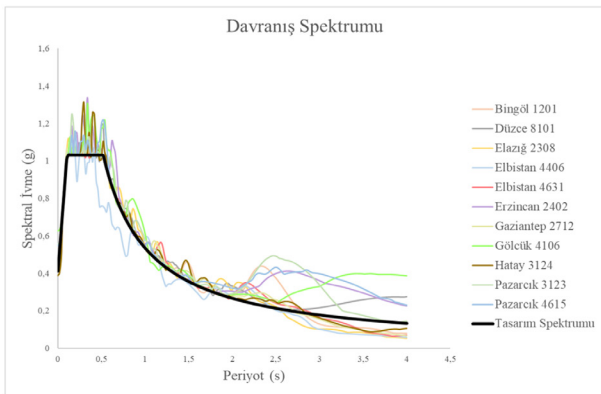
Doğrusal olmayan analizlerin gerçekleştirilmesinde deprem kayıtlarının seçilmesi ve daha sonra tasarım depremine göre ölçeklenmesi gerekmektedir. Türkiye İvme Veri Tabanı ve Analiz Sistemi'nden (TADAS) alınan 11 adet ivme kaydı Tablo 2'de verilmiştir (TADAS 2025). Bu ivme kayıtları TBDY (2018) yönetmeliğinde tanımlanan DD-2 depremi ile ölçeklenerek kullanılmıştır. Ölçekleme yapılırken konum olarak Elazığ ili seçilerek zemin sınıfı ZD olarak kabul edilmiştir. Seçilen noktanın PGA değeri Türkiye Deprem Tehlike Haritasından 0.381 olarak alınmıştır (Şekil 6) (AFAD 2018). DD-2 tasarım spektrumu ve ölçeklenmiş deprem kayıtları Şekil 7'de verilmiştir.

Tablo 2: Doğrusal olmayan analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtları
Table 2: Earthquake acceleration records used in nonlinear analyses

Deprem (Doğrultu)	Tarih	İvme İstasyonu	PGA(g)
Bingöl(N-S)	01/05/2003	1201	0.506
Düzce(E-W)	12/11/1999	8101	0.523
Elazığ(E-W)	24/01/2020	2308	0.299
Elbistan(N-S)	06/02/2023	4406	0.437
Elbistan(N-S)	06/02/2023	4631	0.336
Erzincan(E-W)	13/03/1992	2402	0.483
Gaziantep(N-S)	06/02/2023	2712	0.454
Gölcük(N-S)	17/08/1999	4106	0.259
Hatay(E-W)	20/02/2023	3124	0.453
Pazarcık(E-W)	06/02/2023	3123	0.594
Pazarcık(E-W)	06/02/2023	4615	0.567



Şekil 6: Türkiye deprem tehlike haritası (AFAD 2018)
Figure 6: Earthquake hazard map of Türkiye (AFAD 2018)



Şekil 7: Ölçeklenmiş deprem kayıtları
Figure 7: Scaled earthquake records

Tablo 3'te TBDY (2018) tarafından önerilen ve doğrusal olmayan analiz sonucu hesaplanan deprem derzi mesafeleri verilmiştir. Betonarme binaların döşeme seviyelerinin farklı olduğu kabul edilerek ($\alpha=0.5$) hesaplama yapılmış ve deprem derz mesafesi 8.3 cm olarak hesaplanmıştır. 11 adet ivme kaydının kullanıldığı doğrusal olmayan analizlerde binalar arasında çarpışma olmaması için en az 15.5 cm bırakılması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca binalar arasında çarpışma olmaması için gereken deprem derzi mesafesinin hesabında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen yer değiştirme değerlerinin kullanılması gerektiği görülmüştür. Doğrusal olmayan analizlerden elde edilen yer değiştirme değerlerinin karelerinin içerisinde toplamının (20.3 cm) veya bu mesafelerin doğrudan toplamının (28.7 cm) bu çalışma kapsamında tasarlanan binalar için yeterli olduğu görülmüştür.

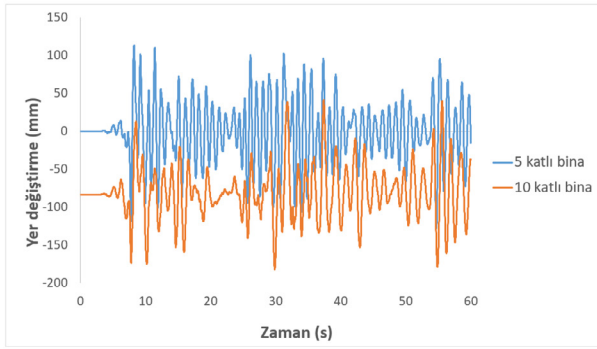
Şekil 8 ve Şekil 9'da komşu olarak inşa edilen binaların zaman tanım alanında elde edilen zamana bağlı yatay yer değiştirme grafikleri verilmiştir. Bu şekillerin a maddesinde binalar arasında TBDY (2018) tarafından önerilen boşluk

mesafelerinin bırakıldığı, b maddesinde ise analizlerden elde edilen maksimum yer değiştirme değerlerinin toplamının deprem derzi olarak bırakıldığı kabul edilmiştir. Şekillerin a maddesinde yapılarda çarpışma meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 3: TBDY (2018) tarafından önerilen ve doğrusal olmayan analiz sonucu hesaplanan deprem derzi mesafeleri
Table 3: Earthquake gap distances recommended by TBDY (2018) and calculated as a result of nonlinear analysis

Bina Katsayısı	TBDY (2018) (cm)		Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları (cm)	$\sqrt{u_1^2 + u_2^2}$	$u_1 + u_2$
	4.9.3.2	4.9.3.1			
5-10	6	8.3	15.5	20.3	28.7

* Tablo içerisinde bulunan u_1 ve u_2 değerleri binaların doğrusal olmayan analiz sonucunda elde edilen maksimum yer değiştirme değerini göstermektedir.

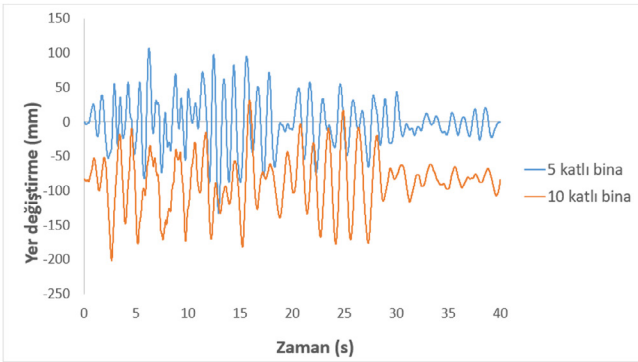


a)

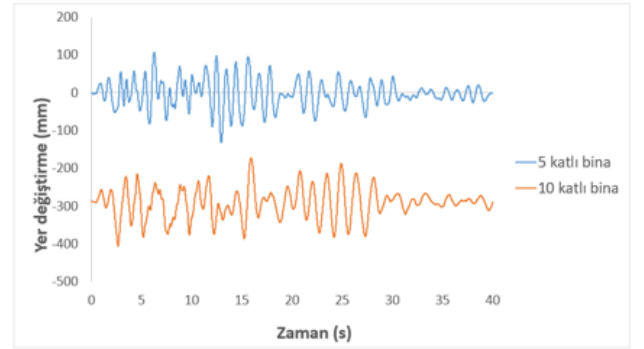


b)

Şekil 8: 5 ve 10 katlı binaların arasında a) 8.3 cm ve b) 28.7 cm bulunması durumunda Pazarcık (4615) depremi yer değiştirme grafikleri
Figure 8: Pazarcık (4615) earthquake displacement graphs in the case of a) 8.3 cm and b) 28.7 cm between 5 and 10-storey buildings



a)



b)

Şekil 9: 5 ve 10 katlı binaların arasında a) 8.3 cm ve b) 28.7 cm bulunması durumunda Pazarcık (3123) depremi yer değiştirme grafikleri
Figure 9: Pazarcık (3123) earthquake displacement graphs in the case of a) 8.3 cm and b) 28.7 cm between 5 and 10-storey buildings

4. SONUÇLAR

Betonarme binaların deprem sırasında serbestçe titreşim yapabileceği kabul edilerek tasarım yapılmaktadır. Ancak binaların bitişik nizam olarak inşa edilmesi yaygın olarak karşılaşılan bir durumdur. Özellikle şehir merkezlerinde arsa alanının tamamının kullanılmak istendiği durumlarda binalar bitişik nizam olarak inşa edilmektedir. Bu durumda binalar deprem sırasında çarpışarak ciddi gevrek hasarlara neden olabilmektedir. Özellikle kat seviyelerinin farklı olduğu yapılarda bir binanın döşeme seviyesi diğer binanın kolonuna denk gelmekte ve daha ağır hasarlara neden olmaktadır. Bu çalışmada 5 ve 10 katlı betonarme binaların doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri yapılmış ve maksimum yatay yer değiştirmeleri elde edilmiştir. Elde edilen analizlerde iki bina arasında çarpışma olmaması için gereken deprem

derzi mesafesi hesaplanmıştır. TBDY (2018) tarafından önerilen komşu betonarme binalar arasında bırakılması gereken minimum deprem derzi mesafelerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Betonarme binalar arasında çarpışma olmaması için binalar arasında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen yer değiştirme değerlerinin kullanılması gerektiği görülmüştür. Doğrusal olmayan analizlerden elde edilen yer değiştirme değerlerinin karelerinin karekök içerisinde toplamının veya bu değerlerin doğrudan toplamının bu çalışma kapsamında tasarlanan binalar için yeterli olduğu görülmüştür. Ancak bu önerinin sadece bu çalışma kapsamında tasarlanan 5 ve 10 katlı binaların bitişik nizam inşa edilme durumu için geçerli olduğu dikkate alınmalıdır. Gelecek çalışmalarda farklı zemin sınıfları, kat sayıları ve PGA değerlerine göre kapsamlı bir deprem derzi hesabının önerilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

ABYBHY, 1968. Afet Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

ABYBHY, 1975. Afet Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

ABYBHY, 1998. Afet Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TDTH), T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Erişim adresi: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/39499/xfiles/deprem_haritasi.pdf.

AFAD, 2023. 06 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan Kahramanmaraş (Mw: 7.7 - Mw: 7.6) Depremleri Raporu, AFAD Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü, Deprem Dairesi Başkanlığı, 02 Haziran 2023.

Altunsu E., Güneş O., Öztürk S., Sorosh S., Sarı A., Beeson S.T., 2024. Investigating the structural damage in Hatay province after Kahramanmaraş-Türkiye earthquake sequences, Engineering Failure Analysis, 157, 107857.

Atar M., İnce O., Taş Ö.F., Özmen A., Sayın E., 2024. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Sonrasında Betonarme Kolonlarda Enine Donatı Kusurlarının İncelenmesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 36(1), 221-230.

Avcil F., Işık E., İzol R., Büyüksaraç A., Arkan E., Arslan M.H., Harirchian E., 2024. Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake on structures in Kahramanmaraş city, Natural Hazards, 120(3), 2953-2991.

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

Doğruyol M., 2024. Characterisation of acrylic copolymer treated concretes and concretes of reinforced concrete buildings collapsed in the 6 February 2023 Mw= 7.8 Kahramanmaraş (Türkiye) earthquake, Engineering Failure Analysis, 161, 108249.

Işık E., Avcil F., İzol R., Büyüksaraç A., Bilgin H., Harirchian E., Arkan E., 2024. Field Reconnaissance and Earthquake Vulnerability of the RC Buildings in Adıyaman during 2023 Türkiye Earthquakes, Applied Sciences, 14(7), 2860.

Işıkhani G., 2019. Mevcut bir betonarme binanın sismik performansının çekiçleme etkileri dikkate alınarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

İnce O., 2024. Structural damage assessment of reinforced concrete buildings in Adıyaman after Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquakes on 6 February 2023, Engineering Failure Analysis, 156, 107799, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107799>.

Kamal M., İnel M., 2020. Sismik çarpışma olasılığı bulunan betonarme binalar için gerekli derz mesafesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(3), 281-289.

Kamal M., İnel M., 2021. Orta yükseklikteki betonarme binalarda çekiçlemenin deplasman talepleri üzerindeki etkileri, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(6), 703-710.

Karabulut M., Kartal M.E., Özil E., Ünlü R., 2018. Betonarme Binalarda Deprem Derz Mesafesinin İncelenmesi, *Natural and Applied Sciences Journal*, 1(1), 39-45.

Karaton M., Osmanlı Ö.F., Gülşan M.E., 2021. Numerical simulation of reinforced concrete shear walls using force-based fiber element method: effect of damping type and damping ratio, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19(14), 6129-6156.

Karaton M., Osmanlı Ö.F., Awla H.A., 2023. Comparison of ACI-318 and TS-500 codes for nonlinear seismic analysis of RC structures using force-based fiber element approach, *Structures*, 57, 105291, Elsevier.

Koşar Avcı V., 2024. Düşük ve orta yükseklikteki binalarda zemin sınıfı ve lokasyonun yeterli derz mesafesi üzerindeki etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Mertol H.C., Tunç G., Akış T., Kantekin Y., Aydın İ.C., 2023. Investigation of RC buildings after 6 February 2023, Kahramanmaraş, Türkiye earthquakes, *Buildings*, 13(7), 1789.

Ozturk M., Arslan M.H., Korkmaz H.H., 2023. Effect on RC buildings of 6 February 2023 Turkey earthquake doublets and new doctrines for seismic design, *Engineering Failure Analysis*, 153, 107521.

Özmen A., İnce O., Taş Ö.F., Atar M., Ozbulut O.E., Sayın E., 2024. Seismic performance assessment of structures in Malatya Province after 6 February 2023 Turkey earthquake sequences, *Natural Hazards*, 1-34.

SAP2000 v25, 2024. Structural Analysis and Design Software. Computers and Structures Inc., USA.

TADAS, 2025. Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi, T.C. İçişleri Bakanlığı - Afet ve Durum Yönetimi Başkanlığı - Deprem Dairesi Başkanlığı 2020, Erişim adresi: <https://tadas.afad.gov.tr/login>.

TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018.

Yetkin M., Dedeoğlu İ.Ö., Gülen T., 2024. February 6, 2023, Kahramanmaraş twin earthquakes: Evaluation of ground motions and seismic performance of buildings for Elazığ, southeast of Türkiye, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 181, 108678.

Yön B., Dedeoğlu İ.Ö., Yetkin M., Erkek H., Calayır Y., 2024. Evaluation of the seismic response of reinforced concrete buildings in the light of lessons learned from the February 6, 2023, Kahramanmaraş, Türkiye earthquake sequences, *Natural Hazards*, 1-37.

ARAŞTIRMA VERİSİ (Research Data)

6 Şubat 2023 Elbistan depreme ait ivme kaydı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) sitesinden alınmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (Conflict of Interest / Relationship)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (Author Contributions)

- Çalışmanın tasarlanması (Designing of the study): B.Ç., O.İ., M.A., E.G.İ.
- Literatür araştırması (Literature research): B.Ç., O.İ., M.A., E.G.İ.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (Fieldwork, collection/ compilation of data): B.Ç., O.İ., M.A., E.G.İ.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (Processing/analysis of data): B.Ç., O.İ., M.A., E.G.İ.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (Preparation of figures/ tables/software): B.Ç., O.İ., M.A., E.G.İ.
- Bulguların yorumlanması (Interpretation of findings): B.Ç., O.İ., M.A., E.G.İ.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (Writing, editing and checking of manuscript): B.Ç., O.İ., M.A., E.G.İ.