



Farklı Beton ve Çelik Sınıfı Kullanımının Yapıların Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlarına Etkilerinin İncelenmesi (Ocak 2020 Elazığ Depremi Örneği)

Analysis of the Effects of Utilizing Different Concrete and Steel Grades on the Temporal Response of Structures: A Case Study of the January 2020 Elazığ Earthquake

Nazan Yeniçelik¹, Şule Bakırcı Er^{*1}, Eda Avanoğlu Sıcacık²

¹Kirikkale Univ. Muh. ve Mim. Fak. Insaat Muh. Bölümü, 71450, Yahsihan/Kirikkale, TÜRKİYE
²Gazi Univ. Teknoloji Fak. Insaat Muh. Bölümü, 06500 Teknikokullar Yenimahalle Ankara, TÜRKİYE

Başyuru/Received: 15/08/2022

Kabul / Accepted: 22/09/2023

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2023

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2023

Öz

Ülkemiz aktif fayların bulunduğu bir deprem ülkesidir. Deprem bir doğa olayıdır ancak depremden kaynaklanan yapısal hasarları azaltmak veya ortadan kaldırmak mümkündür. Ülkemizde ağır maddi, manevi kayıpların yaşandığı depremler olmuştur. Acı tecrübeler neticesinde yapısal anlamda pek çok iyileşme olmasına rağmen projelendirme, uygulama noktalarında hala eksiklikler mevcuttur. Elazığ Sivrice’de 24 Ocak 2020’de 6.8 aletsel büyüklüklü bir deprem yaşanmıştır. Deprem sonrası yapılar incelendiğinde beton dayanımlarının düşük olduğu, sargılama donatılarının yetersizliği, düz donatı kullanımı ve yetersiz bindirme boyu dikkat çekicidir. Binalar arasında yeterli miktarda derz bırakılmamış ve giriş katlarda yeterince dolgu duvar olmaması nedeniyle yumuşak katlar oluşmuştur.

Bu çalışmada betonarme çerçeve sistemli bir bina modeli incelenmiş, farklı beton dayanımı ve donatı sınıfları ile 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kullanılarak analizler yapılmıştır. SAP 2000 sonlu elemanlar programı yardımıyla Zaman Tanım Alanında analizler gerçekleştirilmiştir. Seçilen ana parametreler; beton sınıfı ve donatı sınıfıdır. Yapının taban kesme kuvvetleri, tepe noktası yer değiştirmeleri elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler

“Elazığ depremi, dinamik analiz, türkiye bina deprem yönetmeliği, zaman tanım alanında analiz”

Abstract

Our country is an earthquake country with active faults. Earthquake is a natural event, but it is possible to reduce or eliminate structural damage caused by an earthquake. There have been earthquakes in our country where heavy pecuniary and moral losses have been experienced. Although there are many structural improvements as a result of bitter experiences, there are still deficiencies in project design and applications. On January 24 in 2020, an instrumental magnitude of 6.8 earthquake was experienced in Elazığ Sivrice. When the post-earthquake structures are examined, it is remarkable that the concrete strengths are low, the inadequacy of the wrapping reinforcement, the use of flat reinforcement and the insufficient overlap length. There were not enough gaps between the buildings and soft floors were formed due to the lack of sufficient infill walls on the ground floors.

In this study, a building model with a reinforced concrete frame system was examined, and analyzes were made using the 2018 Turkish Building Earthquake Code with different concrete strength and reinforcement classes. Analyzes were carried out in the Time History Method by the help of the SAP 2000 finite element program. Selected main parameters are concrete class and reinforcement class. Base shear forces and peak displacements were obtained and compared.

Key Words

“Elazığ earthquake, dynamic analysis, turkish building earthquake code, time history analysis”

1. Giriş

24 Ocak 2020'de Elazığ Sivrice'de 6.8 şiddetinde bir deprem meydana gelmiştir. Depremin odak derinliği 5 km'dir. Elazığ ili ve ilçeleri, Doğu Anadolu, Güney Doğu Anadolu, Orta Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde deprem hissedilmiştir. Doğu Anadolu fay zonu içerisinde oluşmuştur (B.Ü. Kandilli basın bülteni, 2020). Depremin etki süresi 20.3 sn'dir. Depreme neden olan fay uzunluğu 40 km'dir. Ağır hasarlı veya yıkılan yapıların deprem göz önüne alınmadan inşa edildikleri düşünülmektedir (T.C. İçişleri Bakanlığı Sivrice Depremi Ön Değ. Rap,2020).

Bu depremde 41 kişi hayatını kaybetmiş ve 1607 kişi yaralanmıştır. Yapıların hasar durumu ise şöyledir:547 bina tamamen yıkılmış, 6270 bina ağır hasarlı, 962 bina orta hasarlı ve 10273 bina az hasarlıdır. Depremin en çok hissedildiği yerler Elazığ ve Malatya'dır (M.T.A. Sivrice Dep. Saha Göz. ve Değ. Raporu, 2020). Elazığ Sivrice 2020 depremine ait fotoğraflar Şekil 1 Şekil 2 de verilmiştir.



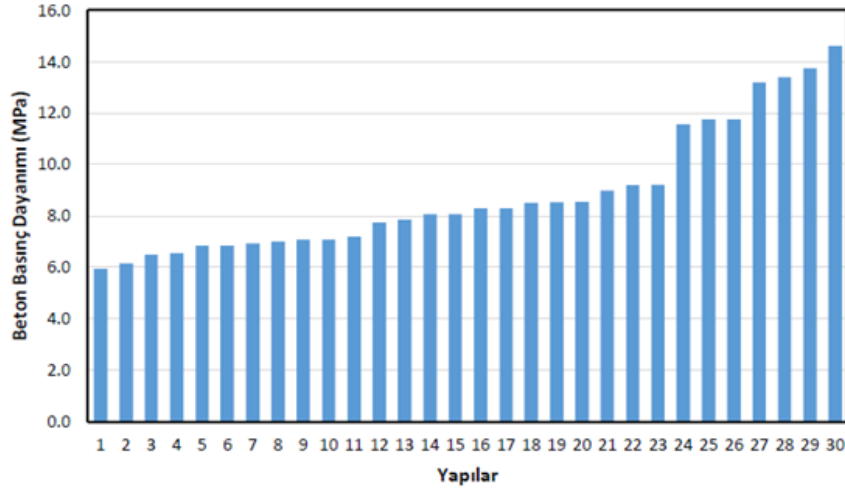
Şekil 1. Elazığ Sivrice Gezin'de yıkılan Mavigöl Apartmanı a) Depremden önce, b) Depremden sonra c) Enkaz kaldırma çalışmaları (M.T.A. Sivrice Dep. Saha Göz. ve Değ. Raporu, 2020).

Sivrice ilçesi diri fay üzerindedir. Bu nedenle de çok hasar aldığı düşünülmektedir (M.T.A. Sivrice Dep. Saha Göz. ve Değ. Raporu, 2020).



Şekil 2. Sivrice Merkez'de Hasarlı Yapılar (Hacettepe Unv Sivrice Dep. Ön İnceleme Rap, 2020)

Yapılan incelemelerde hasarların daha çok yumuşak kat düzensizliği ve yapılar arasında yetersiz boşluk bırakılmasından kaynakladığı belirlenmiştir. Bu durum daha çok giriş katları işyeri olarak kullanılan kat yüksekliği fazla dolgu duvarları olmayan kısımlarda gözlenmiştir. Bu kat kolonlarında ağır hasarlar belirlenmiştir. Yapılardaki kusurlar düşük beton kalitesi, düz donatı, yetersiz etriye sıklığı, kolonlarda yetersiz bindirme boyu olarak sayılabilir. Kolon ve kiriş birleşimlerinde etriye sıklaştırmalarının yapılmadığı, bu nedenle yapılarda yeteri kadar enerji sönümleme sağlanamadığı belirlenmiştir. Bölge eskiden beri depremlerin olduğu bir bölge olduğundan yapılarda fazla kolon ve perde kullanılmıştır. Bu durumun binalar üzerinde olumlu etkisi olmuştur. Deprem bölgesinde 30 binadan numuneler alınarak beton dayanımı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu binalar yıkılan veya ağır hasar alan yapılardır. Ortalama basınç dayanımı 8 MPa olarak belirlenmiştir (Şekil 3.) (Sakarya Uyg. Bil. Ün. DAMER Sivrice Dep. İnce. ve Değ. Rap, 2020).



Şekil 3. Karot Alınan Yapıların Ortalama Beton Dayanım Sonuçları (Sakarya Uyg. Bil. Ün. DAMER Sivrice Dep. İnce. ve Değ. Rap, 2020).

Bu çalışmada betonarme çerçevelerden oluşan bir yapı modeli ele alınmış, AFAD Deprem Tehlike Haritası'ndan deprem bölgesi seçilmiş ve Elazığ Ocak 2020 kayıtları ele alınarak farklı beton ve çelik sınıfları kullanılarak modeller oluşturulmuş ve Zaman Tanım Alanında Lineer Olmayan analizler yapılmıştır (Koçak, 2020)

Literatürde ülkemizdeki son iki deprem yönetmelikleri (DBYBHY 2007 ve TBDY 2018) kullanılarak/karşılaştırarak yapılan çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmaların artırılabilirliği ve geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Aydemir ve Jakayev (2019) çalışmalarında Seismostruct programını kullanarak 7 adet deprem kaydını yapıya yatay ve yatay+düşey uygulamışlardır. Düşey deprem kuvveti kolon eksenel ve kesme kuvvetini artırmış, kat ötelenmeleri ve toplam yapısal deplasmanda önemli farklılıklar belirlenmemiştir. Nemutlu ve Sarı (2019), 2018 Bina Deprem Yönetmeliği ile Amerikan IBC (International Building Code) ve ASCE -16 yönetmelikleri karşılaştırmışlardır. Tünel kalıp ve perde-çerçeve sistemler üzerine modal analizler yapılmıştır. Taban kesme kuvvetlerinin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yapılan analizlerde daha büyük olduğu belirlenmiştir. Yavaş ve diğerleri (2019) çalışmalarında düşey doğrultuda olmayan kolonun bulunması durumu incelenmiştir. Deprem analizleri yapılarak kolonun düşeyden sapmasına bağlı olarak kritik normal kuvvetler ve momentler karşılaştırılmıştır. Kurt ve Tonyalı (2020), düzlem çerçevesel betonarme bir yapının performans dayalı tasarımını artımsal statik itme analizini kullanarak incelemiştir. Artımsal statik itme analizi DD-2 düzeyi için uygulanmıştır. Keskin ve Bozdoğan (2018) Kırklareli il merkezi için 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerini dikkate alarak farklı zemin sınıfları için Yatay Elastik tasarım spektrumları elde etmişlerdir. Farklı zemin sınıfları için 4 katlı yapının deprem analizleri bu iki yönetmelikle yapılarak karşılaştırılmıştır. Tunç ve Tanfener (2016) çalışmalarında 2007 ve 2018 Deprem Yönetmelikleri arasındaki tasarımsal farklılıklar örnek yapı üzerinde analizler yapılarak incelenmiştir. Adar'ın (2019) tez çalışmasında 13 katlı bir yapı 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine göre analiz edilmiştir. 2018 Deprem Yönetmeliği incelenmiş ve yenilikler belirtilmiştir. Bu yönetmeliklere göre farklılıklar çizelgeleştirilerek yorumlanmıştır. Hamsici (2019) yüksek lisans tez çalışmasında 2018 Deprem Yönetmeliğine göre yapı konumu ve zemin durumu farklılıklarının en büyük görelî kat ötelenmesi ve taban kesme kuvveti değişiklikleri açısından incelemiştir. 2007 ve 2018 yönetmelikleriyle analizler yapılmıştır. Taban kesme kuvvetinin kat sayısının artmasıyla yeni yönetmelikte eskiye göre daha düşük olduğu, maksimum etkin kat ötelenmelerinin yeni yönetmelikte eski yönetmeliğe göre çok daha büyük olduğu belirlenmiştir. Erdem ve Biçke (2017) yönetmeliklerde sınırlandırılan maksimum görelî kat ötelenmelerini 2007 ve taslak yönetmelik 2016 açısından incelemiştir. Taslak yönetmelikte izin verilen görelî kat öteleme sınırlarının, dolgu duvar – çerçeve bağlantısının derzli durumda derzsiz durumdan iki kat fazla olduğu belirlenmiştir. Koçer ve arkadaşları (2018) çalışmalarında 2007 2018 deprem yönetmelikleriyle spektral ivme değerleri ile zemin hâkim periyotlarını incelemiştir. Bu değerleri risk durumu dikkate alarak farklı il ve zemin sınıfları için incelemiştir. Bu bölgelerle sınırlı olan çalışma sonucunda genel olarak zayıf zemin gruplarında TBDY 2018'in TDY 2007'ye göre daha güvenli kaldığı tespit edilmiştir. Çolak ve arkadaşları (2019) çalışmalarında çok katlı yapıların periyotlarını hesaplamak amacıyla SAP 2000 programı kullanılarak yapı

modelleri üzerinde analizler yaparak elde edilen hakim periyotlarla teorik ve nümerik sonuçları değerlendirmişler ve sonuçların kabul edilebilir yakınsaklıkta olduğuna ulaşmışlardır.

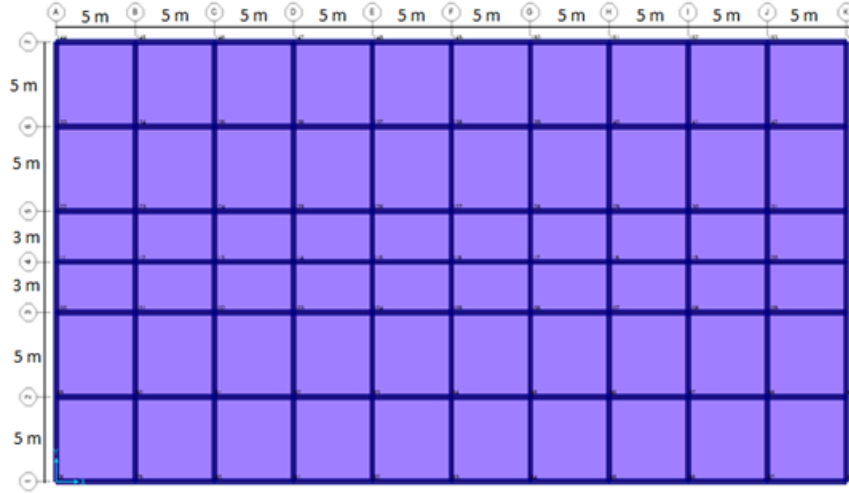
2. Materyal ve Metod

Çalışmada şekil 4’te verilen, betonarme çerçeve 5 katlı bir bina modeli incelenmiştir. Ele alınan beton sınıfları C12, C20, C25 ve C30 dur. Donatılar S220 ve S420 sınıfıdır. Model isimlerinde ilk harf ve rakamlar beton sınıfını, ikinci harf ve rakamlar çelik sınıfını göstermektedir. Analizlerde SAP 2000 programı yardımıyla Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi ile lineer olmayan analiz yapılmıştır.

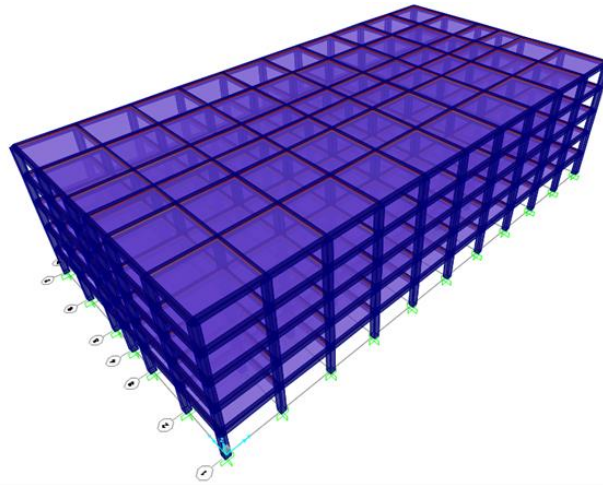
2.1. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Bu yöntemde gerçek veya üretilmiş bir deprem kaydı kullanılmalıdır. Geçmiş depremlerin ivme kayıtları önemli yer tutar. World Data Center for Solid Earth Geophysics ve PEER (Pasific Earthquake Engineering Research Center) dünyada oluşan deprem kayıtlarını saklayan önemli merkezlerdir. Ülkemizde deprem kayıtları AFAD’da mevcuttur. Boyutlama için deprem kaydının esas alınması, hesapta dikkate alınan deprem büyüklüğü, merkez üssü ve odak uzaklığı, kaynak mekanizması ve zemin özelliklerinin gerçek durumla iyi bir uyum için tercih edilmektedir. Deprem kaydı bulunmuyorsa, deprem hareketi rastgele bir titreşim kabul edilerek yapay deprem kayıtları oluşturulur. Genellikle deprem hareketinin orta bölümü kararlı rastgele titreşim olarak alınır (Celep ve Kumbasar, 2000).

Betonarme çerçeve sistemin plan ve 3 boyutlu görünüşleri Şekil 4 ve Sekil 5.’te verilmiştir.



Şekil 4. Betonarme Çerçeve Sistemin Kalıp Planı



Şekil 5. Betonarme Çerçeve Sistemin 3 Boyutlu Görünüşü

Bu çalışmada Ocak 2020 Elazığ Sivrice depremi verileri kullanılarak analizler yapılmıştır. Analizlerde düşük ve normal beton dayanımları S220 ve S420 donatıları kullanılarak bu depremin bu yapılarda meydana getirdiği kat kesme kuvvetleri, tepe noktası yer değiştirmeleri ele alınan model için elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak Tablo ve grafikler halinde sunulmuştur.

2.2. Proje Parametreleri

İncelenen yapı 5 katlı ve bodrumsuzdur. Kat yüksekliği 3m olup toplam yapı yüksekliği 15 m'dir. Hareketli yük azaltması yapılmamıştır. Akslar x yönünde 5 m açıklıklı 10 adettir. y yönünde ise kenarlarda 5'er m lik ikişer aks ve ortada 3'er metrelik iki aks olmak üzere 6 adettir. Kolon boyutları 500x500 mm, kiriş boyuları ise 300x500 mm dir. İç duvarlar 10 cm genişlikli tuğla duvar, dış duvarlar ise 20 cm genişlikli tuğla duvardır. Döşeme kalınlığı 12 cm'dir. Her kata rijit diyafram atanmıştır. Kolon ve kirişlerin her iki ucuna plastik mafsal tanımlanmıştır. Analizlerde kullanılan zemin düşey yatak katsayısı 10000 kN/m³ ve zemin emniyet gerilmesi 200 kN/m²'dir. Deprem parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deprem Parametreleri

Analiz Tipi	Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz
Kat Serbestlik Derecesi	X,Y ve Dönme
Birleşimlerdeki Rijit Bölgeler	%25 Azaltılacak
Deprem Yönetmeliği	TBDY 2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği)
Bina Kullanım Amacı ve Türü	Okul
Mod Sayısı	5
Yerel Zemin Sınıfı	ZB
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	1
Bina Önem Katsayısı (I)	1.5
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1a
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	6
Süneklik Düzeyi	Yüksek
Taşıyıcı Sistem Tipi	A11
Taşıyıcı Sistem	Deprem Yüklerinin Tamamının Çerçevesizle Taşındığı Binalar
T.S.Davranış Katsayısı, (R)	8.0
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	3
Bina Kullanım Amacı ve Türü	Okul
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	0.60
Sönüm Oranı	0.05
Deprem Açısı	1-yönü 0.00 ° 2-yönü 90.00 °

Tablo 2'de modellerde kullanılan beton ve çelik sınıfları verilmiştir.

Tablo 2. Modellerin Malzeme Bilgileri

	Beton Dayanım Sınıfı	Çelik Sınıfı
C12-S220	C12	S220
C20-S420	C20	S420
C25-S420	C25	S420
C30-S420	C30	S420

2.3. Elazığ-Sivrice Deprem Bilgileri

Analizlerde kullanılan aşağıda belirtilen veriler Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'ndan (AFAD) alınmıştır.

Girilen Veriler:

Yerel Zemin Sınıfı= ZB

Deprem Yer Hareketi Düzeyi = DD-2

Enlem = 38.3593

Boylam = 39.0634

Çıktılar:

$S_S = 1.604$
 $S_1 = 0.419$
 $PGA = 0.665$
 $PGV = 52.212$

Yerel Zemin Sınıfı ZB ve $S_S = 1.604$ için $F_S = 0.900$
 Yerel Zemin Sınıfı ZB ve $S_1 = 0.419$ için $F_1 = 0.800$

$S_{DS} = S_S \cdot F_S = 1.604 \times 0.900 = 1.444$
 $S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0.419 \times 0.800 = 0.335$

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

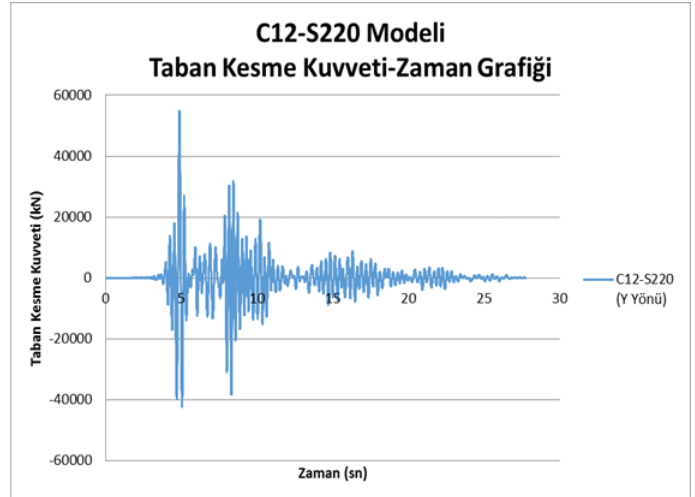
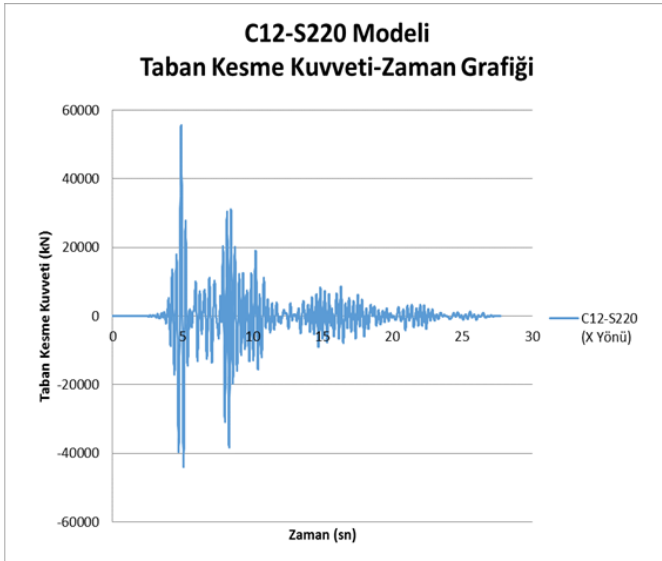
$T_A = 0.046$ (s)
 $T_B = 0.232$ (s)
 $T_L = 6.000$ (s)

Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

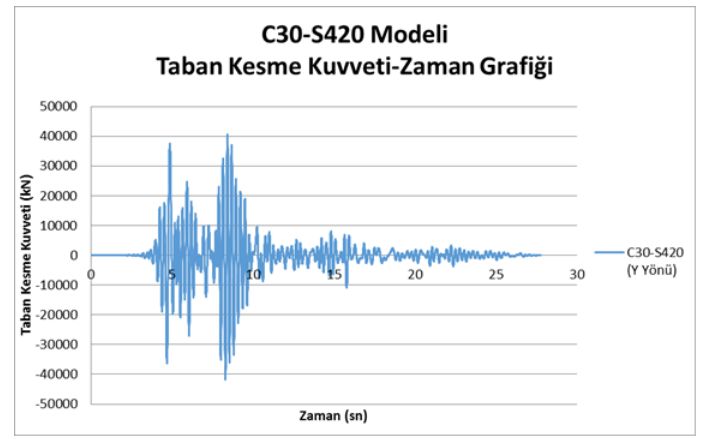
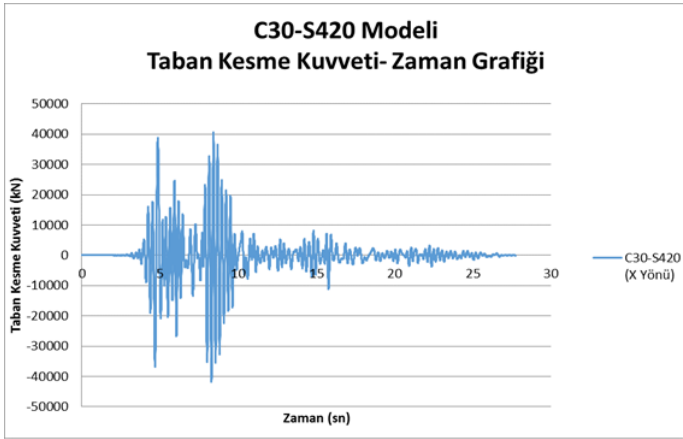
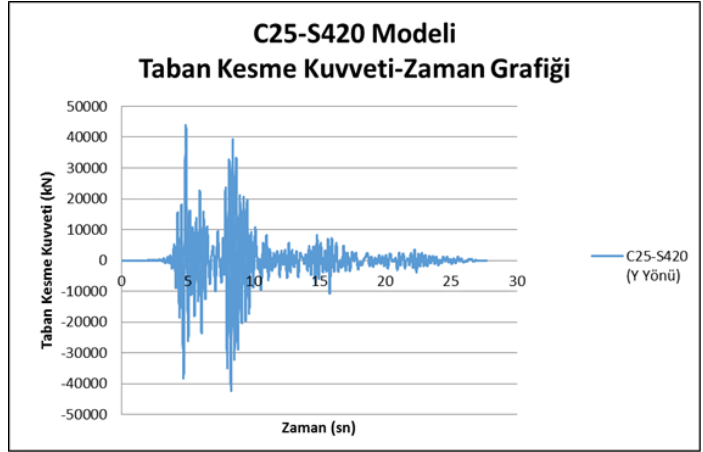
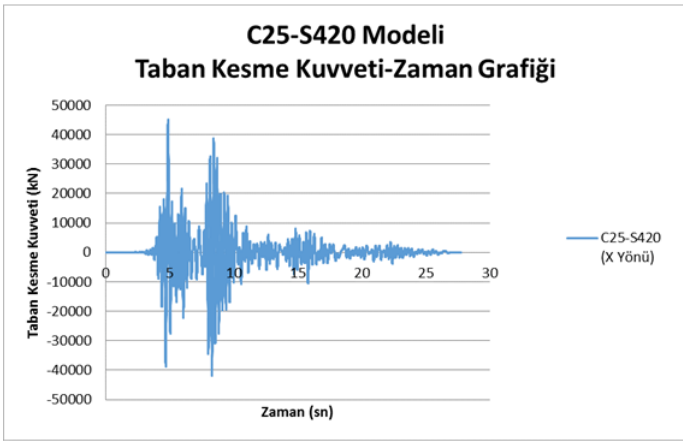
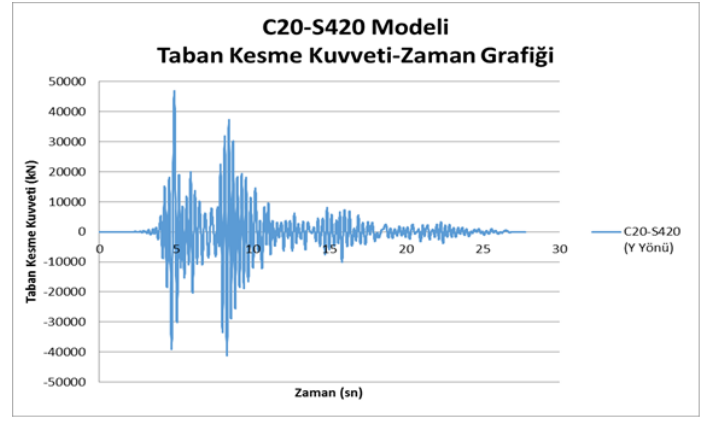
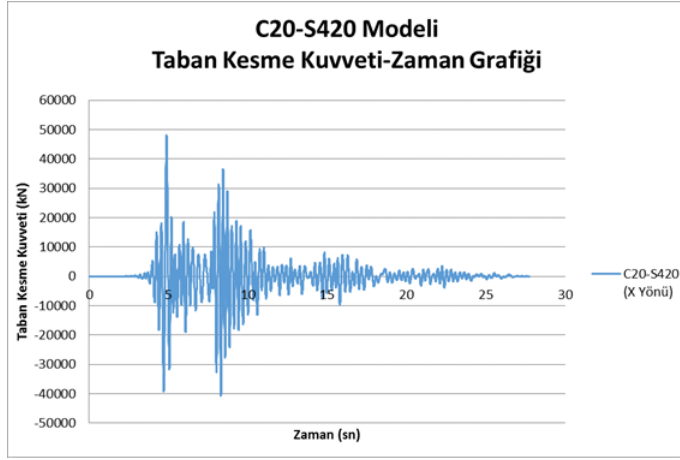
$T_{AD} = 0.015$ (s)
 $T_{BD} = 0.077$ (s)
 $T_{LD} = 3.000$ (s)

3. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Modellerin X ve Y yönünden ayrı ayrı olmak üzere taban kesme kuvveti-zaman grafikleri elde edilmiştir. C12-S220 modeli için X doğrultusunda mutlak en büyük taban kesme kuvveti 55715.62 kN, mutlak en küçük taban kesme kuvveti 43924.2 kN, Y doğrultusu için ise mutlak en büyük taban kesme kuvveti 54762.23 kN, mutlak en küçük taban kesme kuvveti 42360.6 kN olarak elde edilmiştir. C20-S420 modeli için X doğrultusunda mutlak en büyük taban kesme kuvveti 48048.5 kN, mutlak en küçük taban kesme kuvveti 40643.6 kN, Y doğrultusu için ise mutlak en büyük taban kesme kuvveti 46917.99 kN, mutlak en küçük taban kesme kuvveti 41260.1 kN olarak elde edilmiştir. C25-S420 modeli için X doğrultusunda mutlak en büyük taban kesme kuvveti 45069 kN, mutlak en küçük taban kesme kuvveti 41964 kN, Y doğrultusu için ise mutlak en büyük taban kesme kuvveti 43852 kN, mutlak en küçük taban kesme kuvveti 42306 kN olarak elde edilmiştir. C30-S420 modeli için X doğrultusunda mutlak en büyük taban kesme kuvveti 40556.48 kN, mutlak en küçük taban kesme kuvveti 41878.6 kN, Y doğrultusu için ise mutlak en büyük taban kesme kuvveti 40680.76 kN, mutlak en küçük taban kesme kuvveti 41724.6 kN olarak elde edilmiştir. Modellere ait taban kesme kuvveti-zaman grafikleri şekil 6'da verilmiştir.



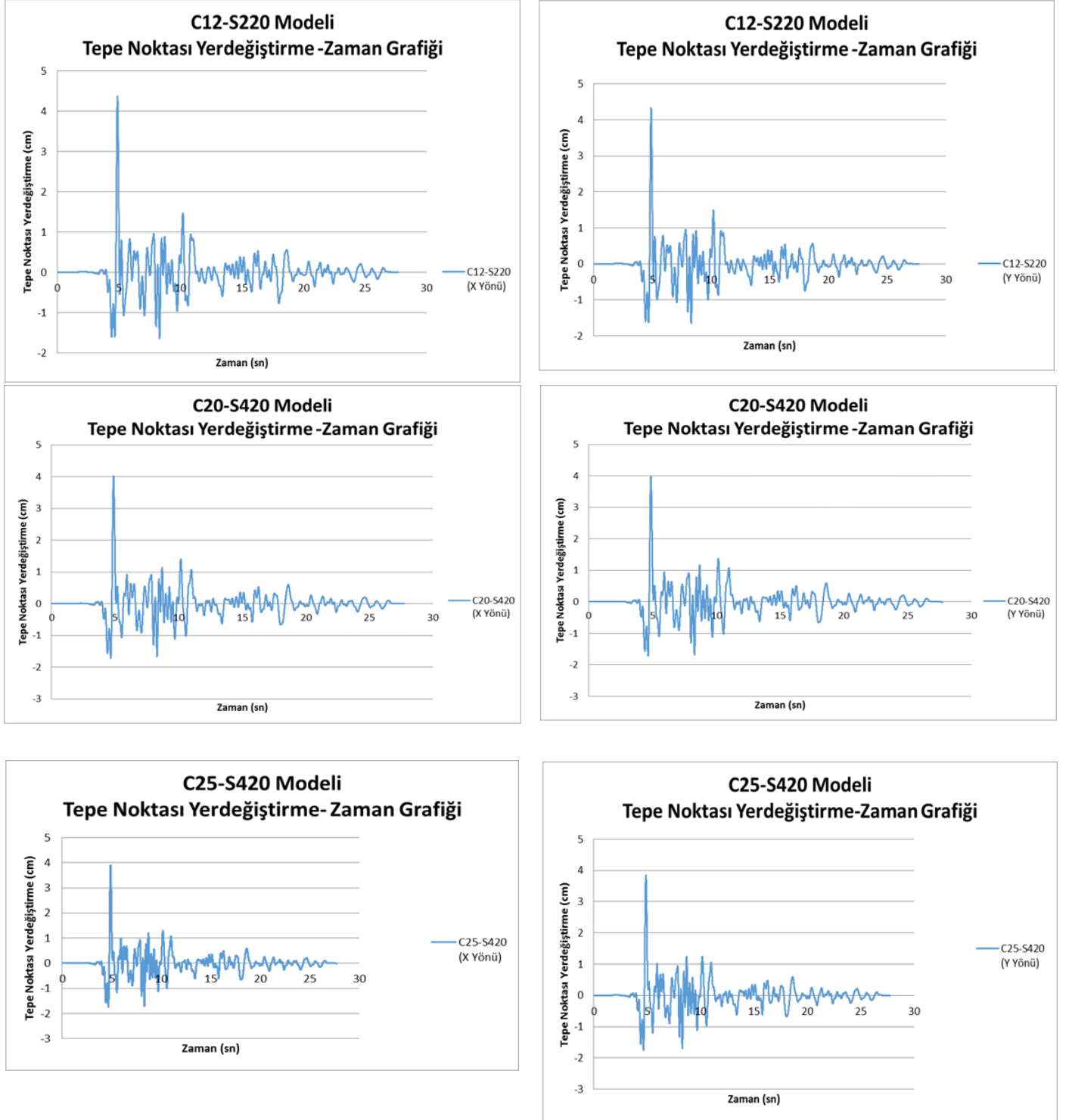
Şekil 6. Modellerin X ve Y Yönleri için Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafikleri



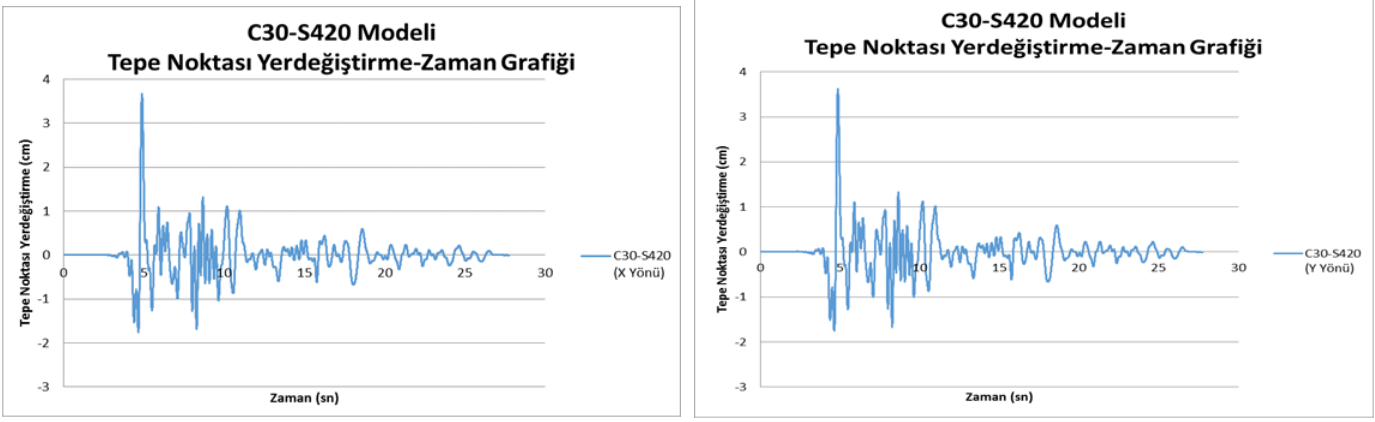
Şekil 6. Modellerin X ve Y Yönleri için Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafikleri (Devamı)

Modellerin tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafikleri elde edilmiştir. C12-S220 elemanında X doğrultusu için mutlak en büyük tepe noktası yerdeğiştirmesi 4.37 cm, mutlak en küçük tepe noktası yerdeğiştirmesi 1.64 cm belirlenmiştir. Y doğrultusu için mutlak en büyük tepe yerdeğiştirmesi 4.33 cm, mutlak en küçük tepe yerdeğiştirmesi 1.64 cm belirlenmiştir. C20-S420 elemanında X doğrultusu için mutlak en büyük tepe noktası 4.02 cm, mutlak en küçük tepe noktası yerdeğiştirmesi 1.72 cm belirlenmiştir. Y doğrultusu için mutlak en büyük tepe yerdeğiştirmesi 3.97 cm, mutlak en küçük tepe yerdeğiştirmesi 1.72 cm belirlenmiştir. C25-S420 elemanında X doğrultusu için mutlak en büyük tepe noktası 3.9 cm, mutlak en küçük tepe noktası yerdeğiştirmesi 1.74 cm belirlenmiştir. Y doğrultusu için mutlak en büyük tepe yerdeğiştirmesi 3.85 cm, mutlak en küçük tepe yerdeğiştirmesi 1.74 cm belirlenmiştir. C30-S420 elemanında X doğrultusu için mutlak en büyük tepe noktası 3.67 cm, mutlak en küçük tepe noktası yerdeğiştirmesi 1.76 cm belirlenmiştir. Y

doğrultusu için mutlak en büyük tepe yerdeğiştirmesi 3.62 cm, mutlak en küçük tepe yerdeğiştirmesi 1.76 cm belirlenmiştir. Modellere ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafikleri şekil 7 de verilmiştir.

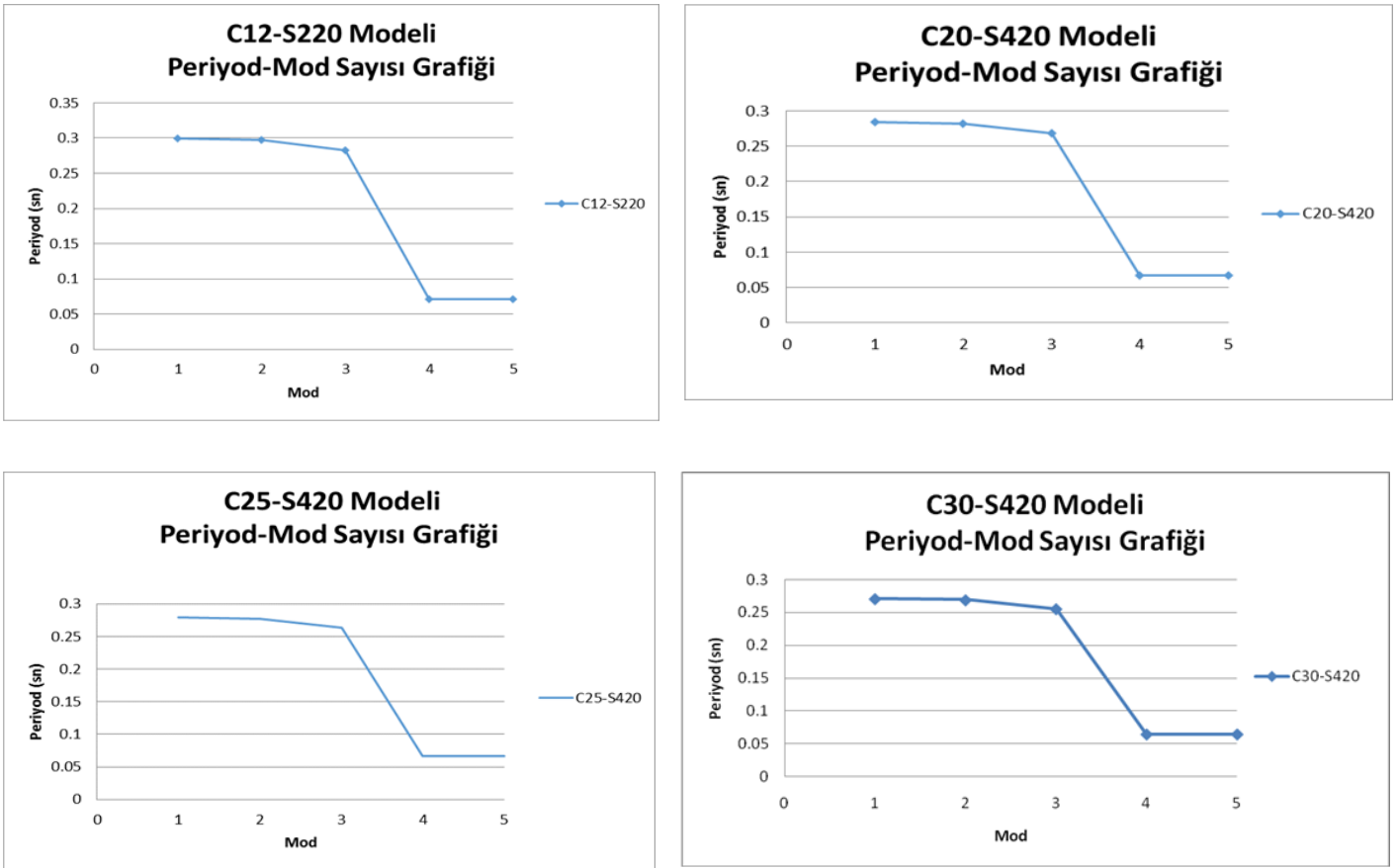


şekil 7. Modellere Ait Tepe Noktası Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri



Şekil 7. Modellerin Tepe Noktası Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri (Devamı)

Modellerin modlara göre periyot grafikleri şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Modellerin Modlara Göre Periyot Grafikleri

4. Analizlerin Değerlendirilmesi

Tüm modellerin mutlak en büyük taban kesme kuvvetleri X ve Y yönleri için Şekil 9 ve Tablo 3’te sunulmuştur . Beton dayanımı arttıkça taban kesme kuvvetinde azalmalar gözlenmiştir. C12-S220 modelinde hem beton hem donatı dayanımı diğer modellere göre daha düşüktür. Diğer üç modelde hem beton hem donatı dayanımı daha yüksektir. Beton ve donatı dayanımı arttıkça yapı daha da rijitleşmektedir. Bu nedenle taban kesme kuvveti azalmaktadır.

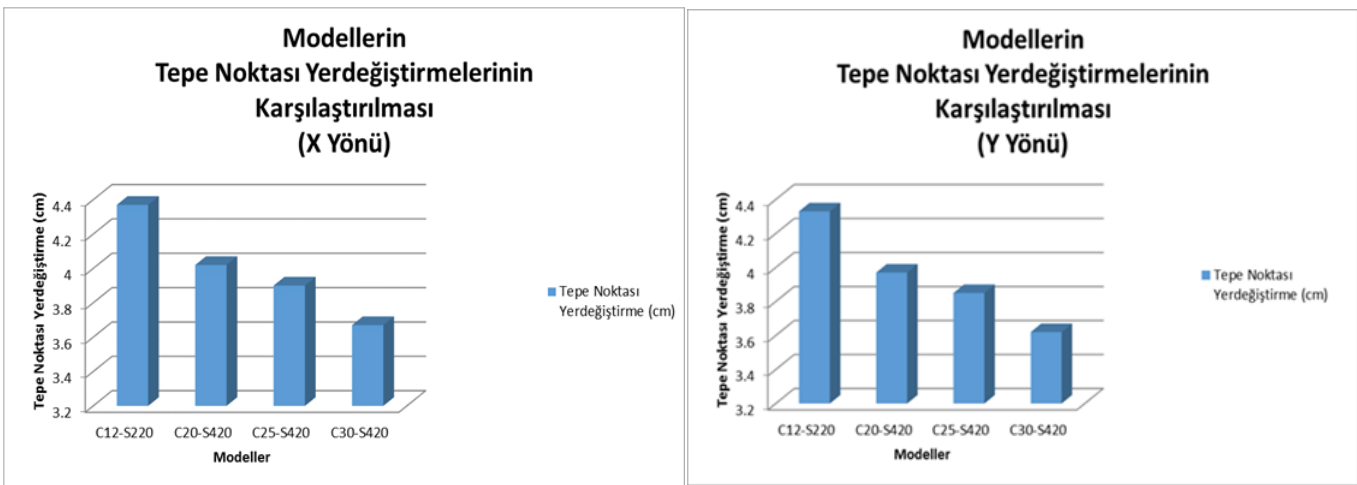


Şekil 9. Modellerin X ve Y Yönünde Mutlak En Büyük Taban Kesme Kuvvetleri

Tablo 3. Mutlak En Büyük Taban Kesme Kuvvetlerinin X ve Y Yönleri için Değişimi

Modeller	Mutlak en büyük taban kesme kuvveti (kN)	Mutlak en büyük taban kesme kuvveti (kN)
	X Yönü	Y Yönü
C12-S220	55715.62	54762.23
C20-S420	48048.50	46917.99
C25-S420	45069.29	43852.42
C30-S420	41878.60	41724.60

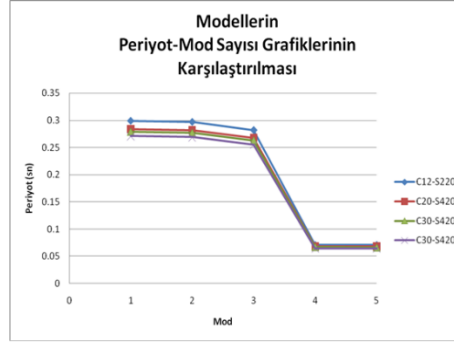
Modellerin X ve Y yönünde mutlak en büyük tepe noktası yerdeğiştirmesi değerleri Şekil 10'da X ve Y yönleri için topluca verilmiştir. Beton ve donatı dayanımı arttıkça rijitlik arttığından tepe noktası yerdeğiştirmeleri azalmaktadır. Tablo 4'te de X ve Y yönü mutlak en büyük tepe noktası yerdeğiştirme değerleri incelenen her bir modele göre verilmiştir.



Şekil 10. Modellerin X ve Y Yönlerinde Mutlak En Büyük Tepe Noktası Yerdeğiştirmesi Grafikleri

Tablo 4. X ve Y Yönü Mutlak En Büyük Tepe Noktası Yerdeğiştirme Değerleri

Modeller	X Yönü Mutlak En Büyük Tepe Noktası Yerdeğiştirmeleri (cm)	Y Yönü Mutlak En Büyük Tepe Noktası Yerdeğiştirmeleri (cm)
C12-S220	4.37	4.33
C20-S420	4.02	3.97
C25-S420	3.90	3.85
C30-S420	3.67	3.62

**Şekil 11.** Mod Sayısına Karşılık Periyot Değerlerinin Karşılaştırılması

Modeller 5'er katlı oluşturulmuştur. Bu nedenle kat sayısı kadar mod sayısı seçilmiştir. Şekil 11'de bütün modellerin mod sayılarına karşı periyotları toplu olarak verilmiştir. Modellerde ilk 3 moddan sonra sonuçların birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir. Beton ve donatı dayanımı arttıkça başka bir ifadeyle rijitlik atıkça periyot değerleri azalmaktadır.

Tablo 5'te modlara karşı periyot değerleri sayısal olarak topluca verilmiştir. Bu tabloda beton ve çelik dayanım değerleri arttıkça periyot değerlerinin azaldığı gözlenmektedir.

Tablo 5. Modlara Karşı Periyot Değerleri

	Periyot Değerleri (sn)				
	1.Mod	2.Mod	3.Mod	4.Mod	5.Mod
C12-S220	0.299	0.297	0.282	0.071	0.071
C20-S420	0.284	0.282	0.268	0.068	0.068
C25-S420	0.279	0.277	0.263	0.067	0.066
C30-S420	0.271	0.269	0.255	0.064	0.064

5.Sonuçlar

Çalışmada Ocak 2020 yılında yaşanan Elazığ Sivrice Depremi ele alınmış ve gözlenen yapı kusurlarına dikkat çekilmiştir. Hasar gören yapılarda düşük beton dayanımı genel olarak karşılaşılan bir durumdur. Kullanılan donatılar düz yüzeylidir. Boyuna donatılarda yeterli bindirme boyu yoktur. Etriye aralıkları çok fazladır. Binaların fay hattı dikkate alınmadan inşaa edilmiş olması da hasarlardaki diğer bir etken olmuştur. Çalışmada ele alınan betonarme çerçevesel modelde SAP2000 programı kullanılarak Zaman Tanım Alanında Lineer Olmayan analiz yapılmıştır. Beton ve donatı sınıfı ele alınan başlıca parametreler olmuştur. Beton ve donatı dayanımının davranışı nasıl etkilediği belirlenmek istenmiştir. Analizlerde ele alınan beton sınıfları C12, C20, C25 ve C30 donatılar ise S220 ve S420 olarak seçilmiştir. Taban kesme kuvveti, tepe noktası yerdeğiştirmesi gibi değerlendirmeler yapılmıştır. Beton ve çelik sınıfının taban kesme kuvveti ve ötelenme üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Beton basınç dayanımı ve donatı dayanımı arttıkça taban kesme kuvvetinin azaldığı gözlenmiştir. Beton basınç dayanımı 12 MPa'dan 30 MPa'a doğru artarken taban kesme kuvvetinde azalmalar olmuştur. X doğrultusundaki mutlak en büyük taban kesme kuvveti C12-S220 modelinden C30-S420 modeline gidildikçe yaklaşık %25 oranında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Y doğrultusundaki mutlak en büyük taban kesme kuvveti ise C12-S220 modelinden C30-S420 modeline gidildikçe yaklaşık %31 oranında bir azalma gözlenmiştir
- Tepe noktası yerdeğiştirmelerinde de beton ve donatı dayanımları arttıkça, azalmalar tespit edilmiştir. X doğrultusundaki mutlak en büyük tepe yerdeğiştirmesinde C12-S220 modelinden C30-S420 modeline gidildikçe yaklaşık %19 oranında bir azalma olmuştur. Y doğrultusundaki mutlak en büyük tepe yerdeğiştirmesi ise C12-S220 modelinden C30-S420 modeline gidildikçe yaklaşık %20 oranında bir azalma belirlenmiştir. Beton ve donatı dayanımı arttıkça kullanılan yapı malzemesinin rijitliği artmakta ve bu durum yapının rijitliğini artırarak ötelenmelerin azalmasını sağlamaktadır.
- Mod sayılarına karşılık periyot değerleri karşılaştırıldığında beton basınç dayanımı arttıkça periyot değerlerinin ilk 3 modda yaklaşık %10 azaldığı belirlenmiştir. İlk 3 modda modeller arası modlara karşı periyot değerleri farkı daha büyük iken, 3. moddan sonraki modlarda periyot değerlerinin birbirine daha yakın olduğu gözlenmiştir. Yapı rijitleştikçe periyot değerleri azalmaktadır.
- Elde edilen sonuçlar, kullanılan model üzerine olduğundan daha detaylı sonuçlar için daha farklı modeller incelenmelidir.
- Bundan sonraki çalışmalarda sadece perde ve perde+çerçeve sistemden oluşan modeller ve farklı deprem kayıtları dikkate alınarak incelemeler yapılabilir.

Referanslar

- Adar K. (2019). 2007 Deprem Yönetmeliği'nin 2018 Deprem Yönetmeliği ile Karşılaştırılması ve Deprem Yükü Hesabındaki Farklar, Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi ve Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis, Türkiye.
- Aydemir M. E., Jakayev S. (2019). Düzenli Bir Betonarme Binada Düşey Deprem Bileşeninin Yapısal Davranışa Etkisi. Afet ve Risk Dergisi, 2(1), 2019, s 1-13.
- B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve DAE (2020). Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi 24 Ocak Sivrice-Elazığ Depremi Basın Bülteni.
- Çolak H., Türker H. T., Coşkun H. (2019). Az Katlı Düzenli Çerçeve Yapıların Periyot Hesabı için Bir Yaklaşım Önerisi. Osmaniye Korkut Ata ün. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 2, Sayı 1, s 117-125.
- DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2007.
- Erdem M. M., Biçke M. (2017). Maksimum Azaltılmış Görelî Kat Ötelemelerinin Güncel (DBYBHY2007) ve Yeni Yönetmelik Taslağına (TBDY2016) Göre Mukayesesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(2), s. 253-262.
- Hacettepe Ün. (2020). Müh. Fak. İnşaat Müh. Bölümü 24 Ocak 2020 -Elazığ Sivrice Depremi (Mw =6.8) Ön İnceleme Raporu.
- Hamsici M. (2019). Çok Katlı Betonarme Binalarda 2018 Deprem Yönetmeliği ile Tanımlanan Spektrum Eğrilerinin Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Keskin E, Bozdoğan K. B. (2018). 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi, Kırklareli University Journal of Engineering and Science 4-1, s: 74-90.
- Koçak N. (2020). Betonarme Bir Yapıda Farklı Malzeme Türlerinin Yapının Zaman Tanım Alanında Analizi Sonuçlarına Etkilerinin Karşılaştırılması (Ocak 2020 Elazığ Depremi Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale ün. Fen Bil. Ens., Kırıkkale, Türkiye.
- Koçer M., Nakipoğlu A., Öztürk B., Al-Hagri M., G., Arslan M. H. (2018). Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY 2018 Ve TDY 2007'ye Göre Karşılaştırılması, Selçuk-Teknik Dergisi, Cilt 17, Sayı:2.
- Kurt, Z., Tonyalı, Z. (2020). Performance Analysis of a Reinforced Concrete Frame System According to TBEC-2018, Sciennovation, A journal of structural Science and İnnovation.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü(2020). 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi (Mw=6,8) Saha Gözlemleri ve Değerlendirme Raporu.
- Nemutlu Ö. F., Sarı, A. (2019). 2018 Yeni Türk Deprem Yönetmeliği ile Amerikan Deprem Yönetmeliklerinin Deprem Hesapları Açısından Karşılaştırılması, 5. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 8-11 Ekim, ODTU Ankara, Türkiye.
- Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (2020). Deprem Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi – DAMER 24 Ocak 2020 Mw 6.8 Elazığ-Sivrice Depremi İnceleme ve Değerlendirme Raporu.

TBDY, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Mayıs 2018.

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2020). 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi Ön Değerlendirme Raporu.

Tunç G, Tanfener T. (2016). 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi. 3. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım Güvenlik ve Erişilebilirlik, 24-26 Kasım, Ankara TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi.

Yavaş M. Ş., Teloğlu A. N., Celep Z.(2019). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde Binaların Taşıyıcı Sisteminde Tanımlanan Düşey Deprem Etkisi Üzerine. 5. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 8-11 Ekim, ODTU Ankara, Türkiye.

<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>, AFAD internet sitesi