



*Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*

*Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 28, Sayı (Issue): 2, Mart/March-2012

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



## Burulma düzensizliğinin çok katlı sürekli tablalı kirişsiz ve kirişli döşemeli yapılara etkisinin incelenmesi

Sibel SAĞLIYAN<sup>1</sup>, Burak YÖN<sup>2</sup>, Erkut SAYIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Elazığ

<sup>2</sup>Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ

### ÖZET

Bu çalışmada burulma düzensizliğinin, çok katlı sürekli tablalı kirişsiz döşemeli ve kirişli döşemeli yapılara etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 3 adet sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapı ve 3 adet kirişli döşemeli yapı tasarlanmıştır. 5 katlı olarak tasarlanan bu yapılarda malzeme olarak C25 beton sınıfı ve S420 yapı çeliği kullanıldığı varsayılmıştır. Bütün yapılar aynı aks açıklığına ve kat yüksekliğine sahiptir. Bu yapılarda, kolon boyutları 50x50 cm seçilmiştir. İki grup model yapıda burulma düzensizliği benzer biçimde düzenlenmiştir. Yapıların doğrusal dinamik hesabı yapılarak yapılara ait taban kesme kuvvetleri, devrilme momentleri ve burulma momentleri elde edilmiştir. Çözümler SAP 2000 yapı analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapıların, kirişli döşemeli yapılara göre burulma düzensizliğinden daha çok etkilendiği gözlenmiştir.

### Anahtar Kelimeler:

Burulma  
düzensizliği,  
Sürekli tablalı  
kirişsiz döşeme,  
Zaman Tanım  
Alanında Hesap  
Yöntemi

## Investigation of torsional irregularity at multi story buildings with flat slab with continuous drop panel and beam slab

### ABSTRACT

In this study, effect of torsional irregularity at multi story buildings with flat slab with continuous drop panel and beam slab are investigated. For this purpose, three flat slab with continuous drop panel and three beam slab structures are designed. Buildings are designed as 5 floors and C 25 concrete class and S 420 reinforcing steel is used. All buildings have same axle span and story height. In these buildings, column dimensions is chosen as 50x50 cm. Torsional irregularities of these buildings are prepared similarly. Linear dynamic analyses of these buildings are made and base shear forces, overturning moments and torsional moments are obtained. SAP 2000 structural analysis program is used at solutions. According to the analysis results, buildings which is used flat slab with continuous drop panel is affected more than buildings which beam slab.

### Keywords:

Torsional  
irregularity,  
Flat slab with  
continuous drop  
panel,  
Time history  
analysis method

## 1. Giriş

Büyükliğünün ve meydana geleceği zamanın tahmin edilmesi güç olan deprem afeti meydana gelen bina hasarlarının en önemli sebebidir. Oluşan hasarlar yapıların projelendirilmesi ve inşası sırasında deprem etkilerinin göz önüne alınması depreme dayanıklı veya en azından can güvenliğini sağlayacak bir şekilde yapıların inşa edilmesi gereğini ortaya koymuştur.

Meydana gelen depremler kütle, rijitlik ve dayanımdaki düzensizliklerin yapısal sitemlerde ağır hasarlara neden olduğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte düzensiz yapıların deprem davranışlarını parametrelerin çeşitliliği ve burulma düzensizliğine sahip modellerin seçiminin zorluğu sebebiyle doğru bir şekilde belirlemek oldukça zor ve karmaşık işlemler gerektirmektedir [1].

Birçok ülkede yürürlükte olan deprem yönetmeliklerinde, en çok göz önüne alınan düzensizlik türü planda burulma düzensizliğidir. Bu yönetmeliklerin 39 tanesinde burulma düzensizliği için önlem ve yaptırımlar vardır [2]. Ülkemizde geçerli olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY-2007) [3]'de de burulma düzensizliği üzerinde büyük bir titizlikle durularak bu konu hakkında çeşitli şartlar getirilmiştir.

Tezcan ve Alhan [4] yaptıkları çalışmada, 1998 Deprem Yönetmeliğine göre deprem yükü altında düzensiz binaları incelemişlerdir. Bu çalışmada burulma düzensizliğini incelemek için farklı rijitlik merkezlerine sahip 1 – 5 ve 10 katlı tipik modeller seçerek düşey taşıyıcı elemanlardaki burulma momentini ve kesme kuvvetlerini belirlemişlerdir. Çalışmalarında 1998 deprem yönetmeliğimizde burulma düzensizliği için önerilen alt ve üst limitleri irdelemişlerdir.

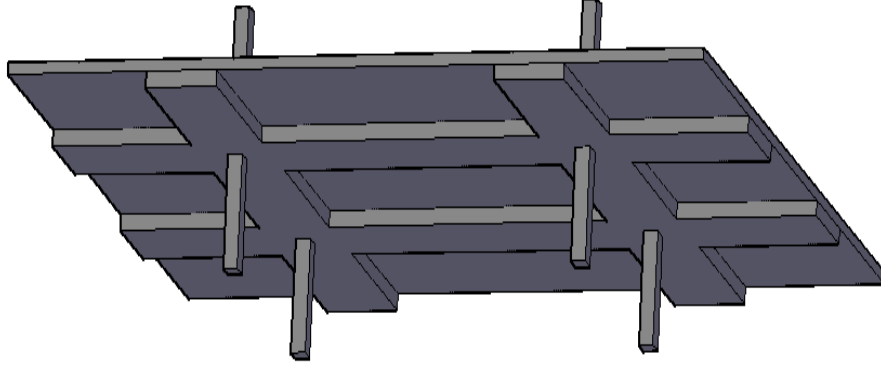
Özmen [5] yaptığı çalışmada, burulma düzensizliği katsayısının 2.00 üst sınırını aşması için gerekli olan koşulları, parametrik bir araştırma yöntemi ile incelemiştir. Çalışmada, perdeleri değişik konumlarda olan 8 tipik yapı grubu seçmiş ve bunların deprem yükleri altındaki davranışları inceleyerek sonuçlarını irdelemiştir. Araştırmada ele alınan tipik yapıların aks sayıları ile kat sayıları da parametrik olarak değiştirilmiştir. Sonuç olarak, burulma düzensizliği katsayılarının maksimum olabilmesi için, hem aks

sayısının hem de kat sayısının düşük olması gerektiği saptanmıştır.

Kirişli döşemelerde kiriş nedeniyle kat yüksekliği önemli derecede azalmaktadır. Kullanılacak mekânda havalandırma ya da klima kanallarının bulunması halinde bu kat yüksekliği daha da azalmaktadır. Bu durum büro ve işyeri gibi mekânların etkin kullanımını engellemektedir. Mekânları rahat ve etkin kullanma isteği, döşeme sistemini kirişsiz olarak seçmede etkili olan parametrelerin başında gelmektedir [6]. Kirişsiz döşeme sistemlerinin uygulamalarında en büyük sorun zımbalamadır. Bu sorun kolon başlarına tabla ve/veya başlık yapılarak giderilmeye çalışılır.

Paultre ve Moisan [7] kirişsiz döşemeli bir yapı planında döşemelerin uzun doğrultularına paralel doğrultuda kolon başlarında yapılan tablaları sürekli hale getirerek bu döşemelerdeki moment dağıtım faktörünü hesaplamışlardır. Yapılan bu çalışmada sürekli hale getirilen bu sürekli tablalar, döşeme bandı veya bant kiriş olarak isimlendirilmiştir. Bu yöntem ile kalıp alımının daha kolay, apartman ve ofis binalarının yanı sıra çok katlı otopark ve alışveriş merkezlerinde uzun açıklıkların yapımının mümkün olabileceğini ifade etmişlerdir. Yine aynı çalışmada bant kiriş olarak isimlendirilen sürekli tablaların yüksekliğinin döşeme kalınlığının iki katı veya daha az, genişliğinin ise döşeme kalınlığının üç katı veya daha fazla olması gerektiği vurgulanmıştır. TS 500 [8]'de kolon başlarına yapılacak tablaların kalınlığı için döşeme kalınlığının bir buçuk katı veya daha fazla, genişlikleri için ise o doğrultudaki hesap açıklığının %40'ı veya daha az olması önerilmektedir.

Bu çalışmada, burulma düzensizliğinin çok katlı sürekli tablalı kirişsiz döşemeli ve kirişli döşemeli betonarme yapılara olan etkisi incelenmiştir. Sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapı modellerinde kolon başlarına yapılan tablalar her iki doğrultuda sürekli hale getirilerek bant kirişler oluşturulmuştur. Bant kirişlerin kalınlığı yaklaşık döşeme kalınlığının iki katı, genişliği ise her iki doğrultuda eşit ve hesap açıklıklarının %40'ından az ve döşeme kalınlığının üç katından fazla olacak şekilde düzenlenmiştir. Sürekli tablalarla düzenlenmiş kirişsiz döşeme sistemi Şekil 1'de verilmiştir.

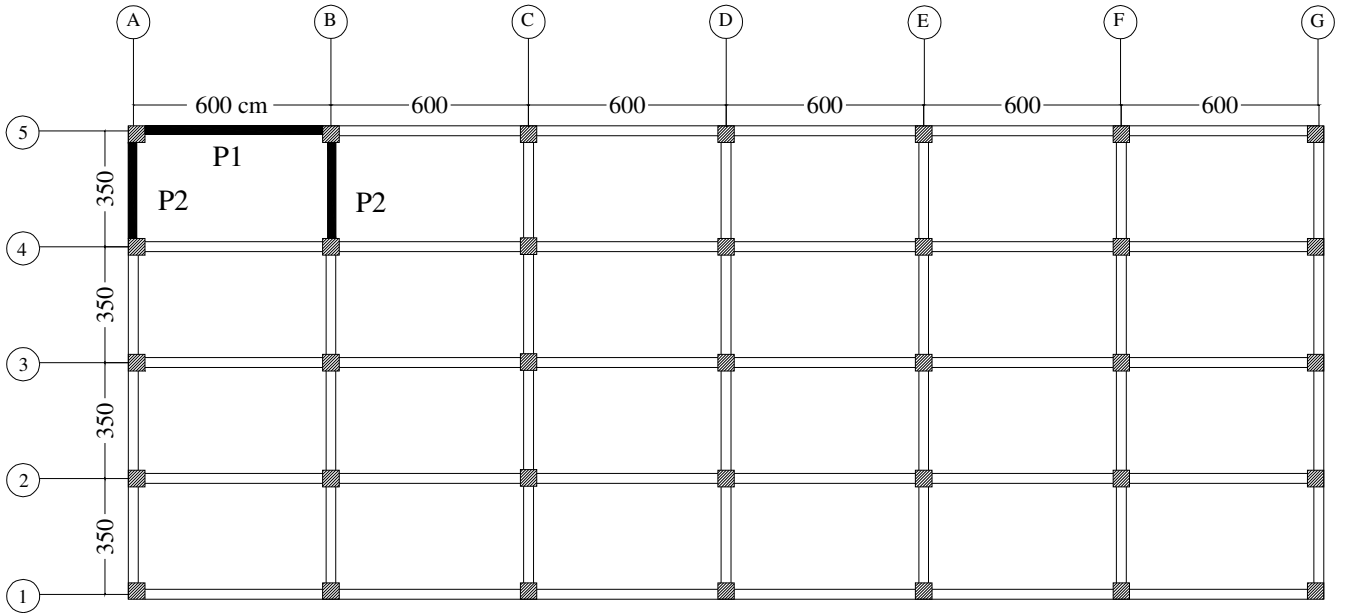


Şekil 1. Sürekli tablalı kirişsiz döşeme sistemi

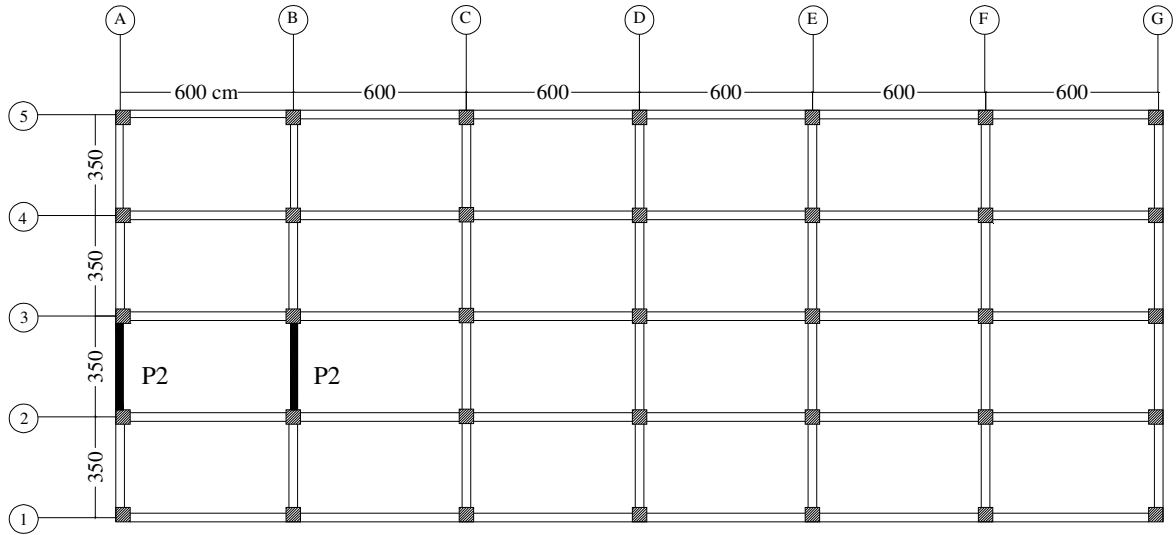
## 2. Sayısal uygulama

Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliğinde belirtilen burulma düzensizliğine sahip kirişli döşemeli yapı (KDY A-C) ve sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapılar (STKDY A-C) tasarlanmıştır. Yapılarda burulma düzensizliği oluşturacak perde duvarlar üç ayrı biçimde düzenlenmiştir. STKDY'da tabla genişlikleri her iki doğrultuda 120 cm, tabla yüksekliği ise 30 cm seçilmiştir. Burulma düzensizliğine sahip Şekil 2-4'de verilen (KDY A-C) ve Şekil 5-7'de sunulan (STKDY A-C) modeller zemin+4 katlı, perde+çerçevesiz olarak

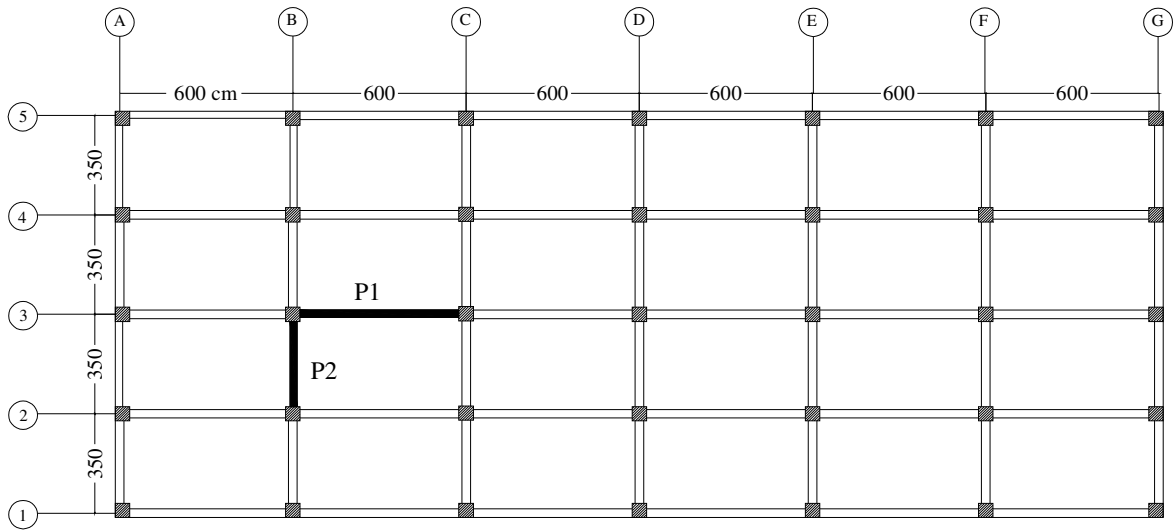
tasarlanmıştır. Yapıların 1. derece deprem bölgesinde olduğu, tüm kat yüksekliklerinin eşit ve 3 m olarak seçilmiştir. Yapının tüm kolonları 50x50 cm ve çevre kirişler 30x80 cm boyutlarında seçilmiştir. Döşeme kalınlıkları KDY'larda 11, STKDY'larda ise 14 cm'dir. Yapılarda kullanılan P1 perdesi 25x300 cm ve P2 perdesi ise 25x550 cm boyutlarında tasarlanmıştır. Model yapılarda malzeme olarak C25 beton sınıfı, S420 donatı sınıfı kullanıldığı, sistem döşemelerinin kendi düzleminde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiştir.



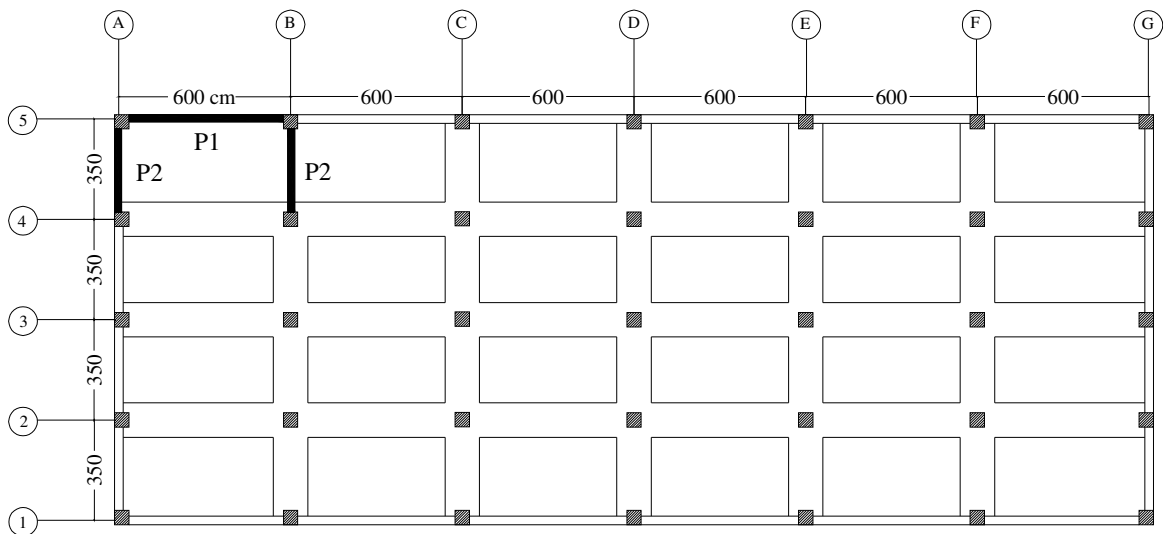
Şekil 2. Burulma düzensizliğine sahip KDY- A modelinin kat planı



Şekil 3. Burulma düzensizliğine sahip KDY- B modelinin kat planı

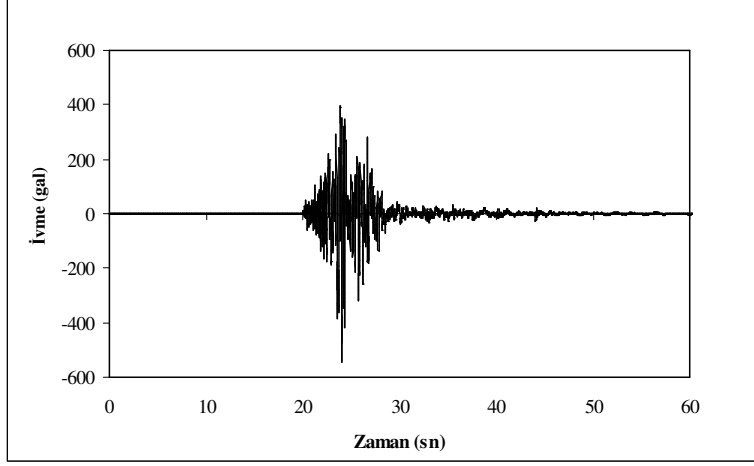


Şekil 4. Burulma düzensizliğine sahip KDY- C modelinin kat planı

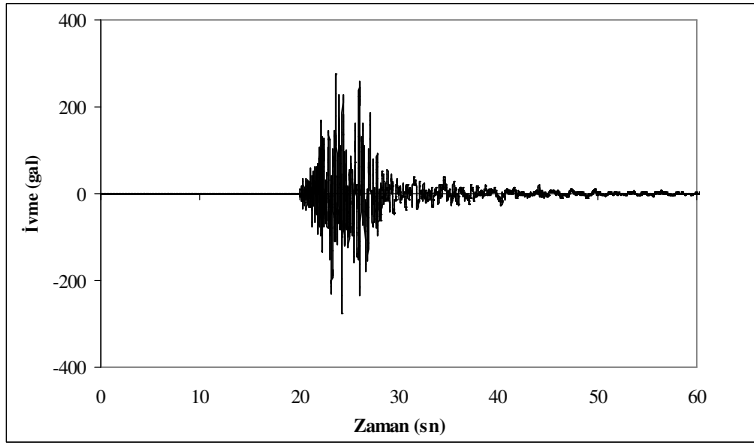


Şekil 5. Burulma düzensizliğine sahip STKDY-A modelinin kat planı

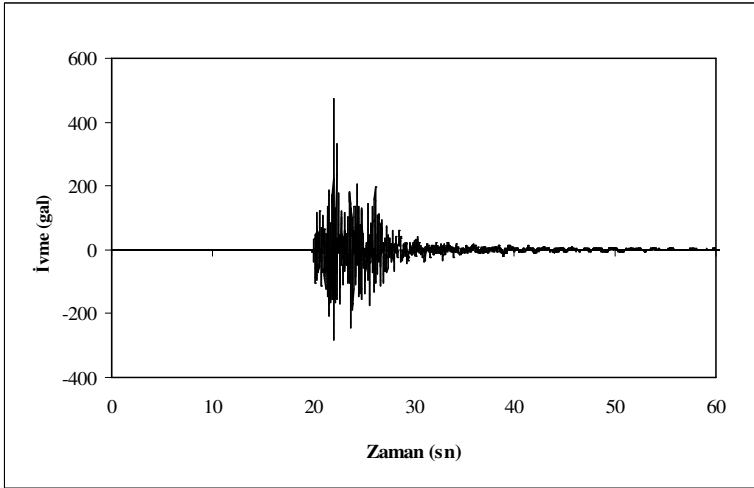




a) x yönü ivme kayıtları



b) y yönü ivme kayıtları



c) z yönü ivme kayıtları

Şekil 8. 1 Mayıs 2003 Bingöl Depreminin üç doğrultudaki ivme kayıtları

Şekil 2-7'de verilen yapıların doğrusal dinamik analizlerinden her bir yapı modeli için elde edilen maksimum ve minimum taban kesme kuvvetleri, taban devrilme momentleri, taban burulma momentleri ile

STKDY modellerindeki değerlerin KDY modellerine göre yüzdelik değişimleri Tablo 1-6'da verilmiştir. STKDY-A ve KDY-A yapı modellerinin doğrusal dinamik analizlerinden elde edilen maksimum ve

minimum taban kesme kuvvetleri, taban devrilme momentleri ve taban burulma momentlerinin değerleri Tablo 1-2’de sunulmuştur. Ayrıca bu etkilerin zamana göre değişimleri de Şekil 9-14’de verilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre STKDY-A modelinin KDY-A modelinin x yönündeki taban kesme kuvvetine göre mutlak değerce %13’lük bir azalma olduğu fakat y

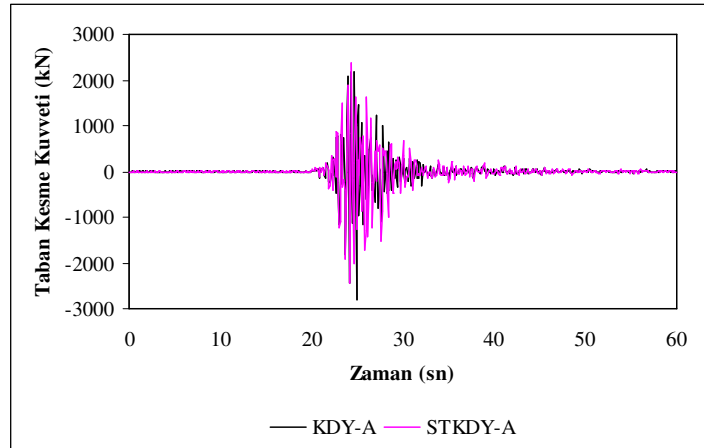
yönünde ve z yönündeki taban kesme kuvvetlerinde mutlak değerce sırasıyla %12 ve %65’lik artışlar olduğu görülmüştür. Taban devrilme momentlerinde ise STKDY-A modelinde KDY-A modeline göre x yönünde %30, y yönünde ise %54’lük artış meydana gelirken taban burulma momentinde bu artış oranı %19 civarında olmuştur.

Tablo 1. STKDY-A ve KDY-A Modellerinin Taban Kesme Kuvvetleri, Devrilme ve Burulma Momentleri

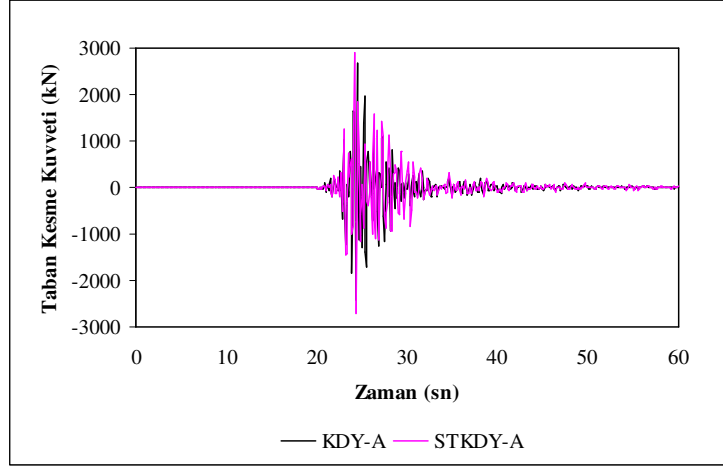
Model		Taban Kesme Kuvveti (kN)			Taban Devrilme Momentleri (kNm)		Taban Burulma Momenti (kNm)
		X	Y	Z	X	Y	Z
(STKDY-A)	Min	-2445	-2716	-2558	-32040	-38880	-50560
	Max	2369	2898	2129	34780	42100	60520
(KDY-A)	Min	-2804	-2425	-1546	-26190	-25120	-58540
	Max	2183	2689	1542	26600	47670	50810

Tablo 2. STKDY-A Modelinin Taban Kesme Kuvvetleri ile Devrilme ve Burulma Momentlerinin KDY-A Modelinin Değerlerine Göre Yüzdelerik Değişimi

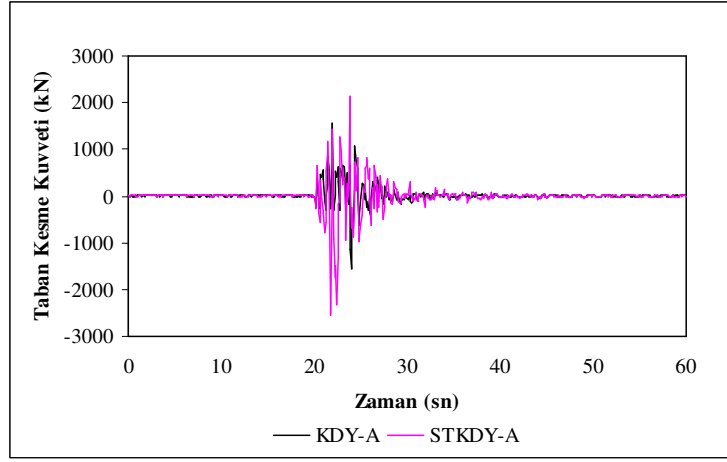
Model		Taban Kesme Kuvveti (% Değişim)			Taban Devrilme Momenti (% Değişim)		Taban Burulma Momenti (% Değişim)
		X	Y	Z	X	Y	Z
(STKDY-A)	Min	-12.8	12	65.5	22.3	54.8	-13.6
	Max	8.5	7.8	38.1	30.8	-11.7	19.1
(KDY-A)	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0



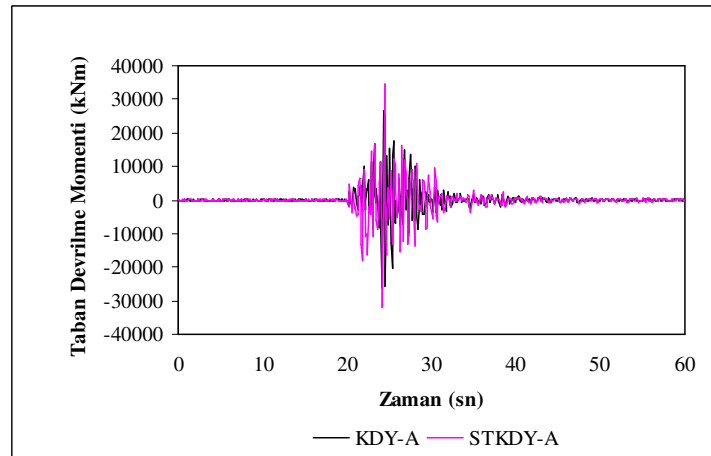
Şekil 9. KDY-A ve STKDY-A modellerinin x doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi



Şekil 10. KDY-A ve STKDY-A modellerinin y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi

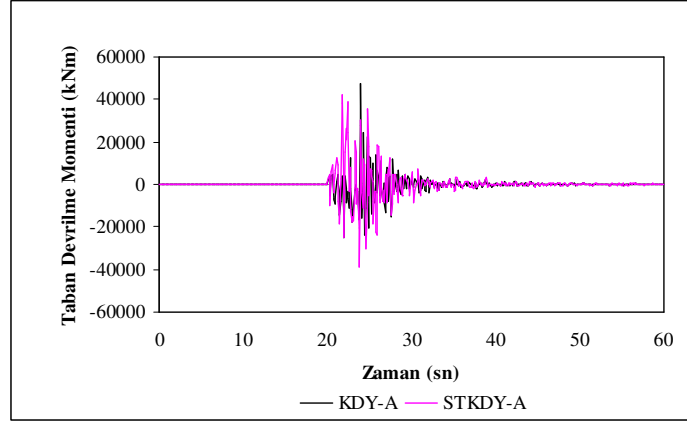


Şekil 11. KDY-A ve STKDY-A modellerinin z doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi

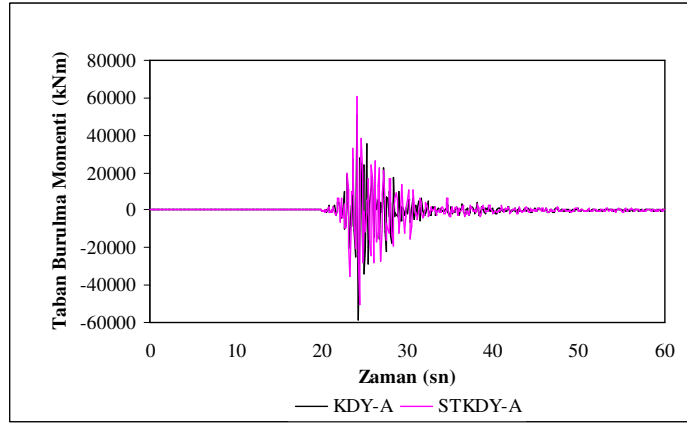


Şekil 12. KDY-A ve STKDY-A modellerinin x doğrultusunda taban devrilme momentlerinin zamana göre değişimi





Şekil 13. KDY-A ve STKDY-A modellerinin y doğrultusunda taban devrilme momentlerinin zamana göre değişimi



Şekil 14. KDY-A ve STKDY-A modellerinin taban burulma momentlerinin zamana göre değişimi

STKDY-B ve KDY-B yapı modellerinin doğrusal dinamik analizlerinden elde edilen maksimum ve minimum taban kesme kuvvetleri, taban devrilme momentleri ve taban burulma momentlerinin değerleri Tablo 3-4'de verilmiştir. Ayrıca bu etkilerin zamana göre değişimleri de Şekil 15-20'de gösterilmiştir. STKDY-B modelinin, KDY-B modelinin x yönündeki

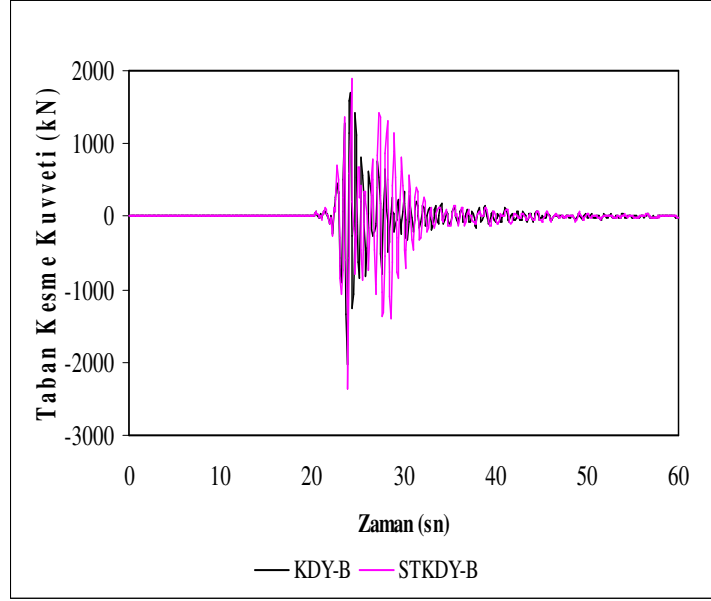
taban kesme kuvvetine göre mutlak değerce %15'lik, y yönünde %77'lik ve z yönünde ise %84'lük bir artış görülmüştür. Taban devrilme momentlerinde STKDY-B modelinde KDY-B modeline göre x yönünde %26, y yönünde ise %55'lik artış meydana gelirken taban burulma momentinde bu artış oranı yaklaşık %59 olmuştur.

Tablo 3. STKDY-B ve KDY-B Modellerinin Taban Kesme Kuvvetleri, Devrilme ve Burulma Momentleri

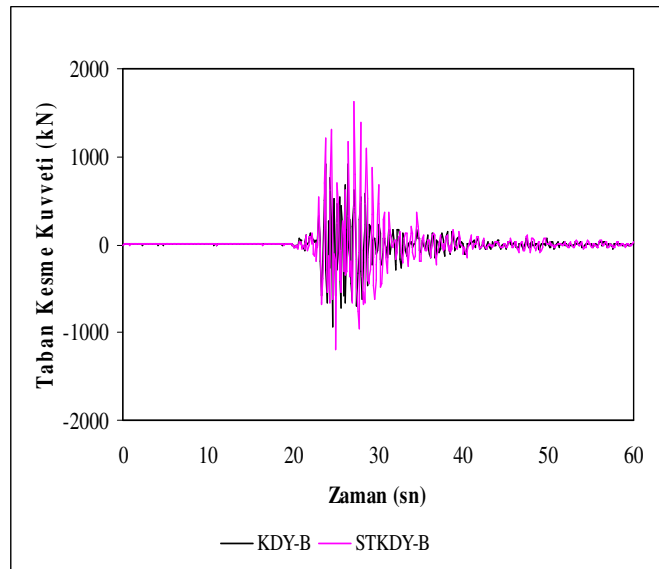
Model		Taban Kesme Kuvveti (kN)			Taban Devrilme Momentleri (kNm)		Taban Burulma Momenti (kNm)
		X	Y	Z	X	Y	Z
(STKDY-B)	Min	-2355	-1185	-2220	-16700	-52670	-28340
	Max	1890	1631	1857	11050	39130	28110
(KDY-B)	Min	-2046	-930,7	-1207	-13250	-34030	-17830
	Max	1683	922,1	1300	12940	35030	25420

Tablo 4. STKDY-B Modelinin Taban Kesme Kuvvetleri ile Devrilme ve Burulma Momentlerinin KDY-B Modelinin Değerlerine Göre Yüzdelerik Değişimi

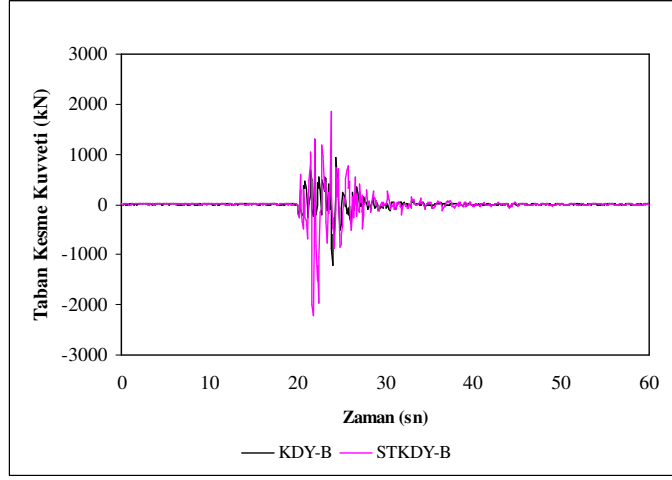
Model		Taban Kesme Kuvveti (% Değişim)			Taban Devrilme Momentleri (% Değişim)		Taban Burulma Momenti (% Değişim)
		X	Y	Z	X	Y	Z
(STKDY-B)	Min	15.1	27.3	83.9	26	54.8	58.9
	Max	12.3	76.9	42.8	-14.6	11.7	10.6
(KDY-B)	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0



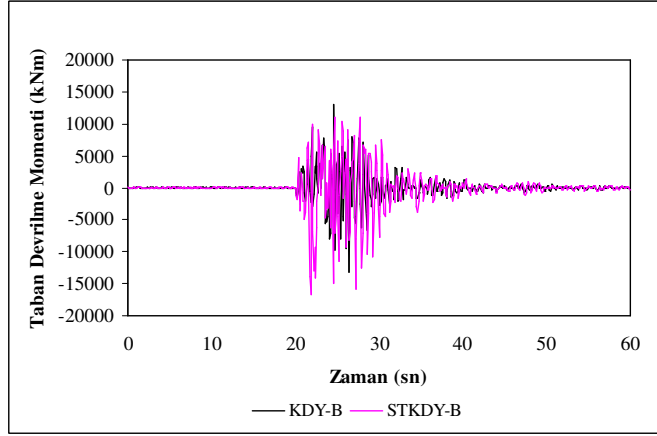
Şekil 15. KDY-B ve STKDY-B modellerinin x doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi



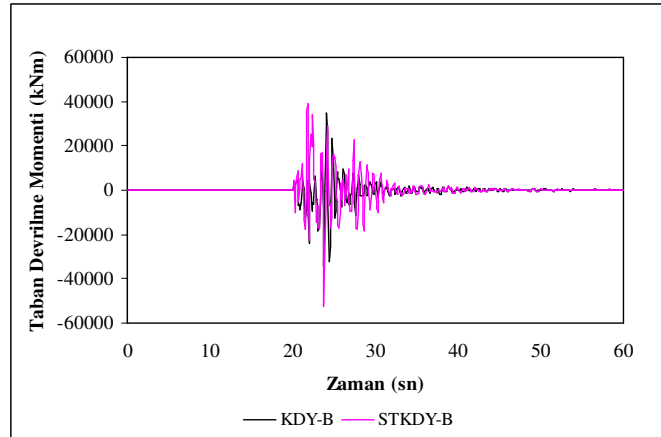
Şekil 16. KDY-B ve STKDY-B modellerinin y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi



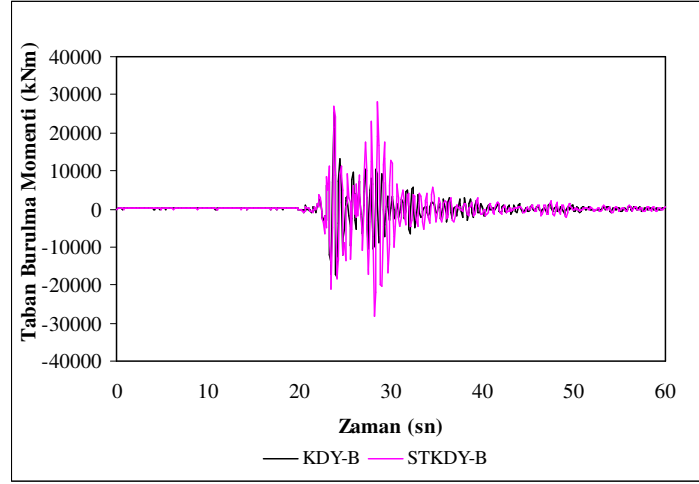
Şekil 17. KDY-B ve STKDY-B modellerinin z doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi



Şekil 18. KDY-B ve STKDY-B modellerinin x doğrultusunda taban devrilme momentlerinin zamana göre değişimi



Şekil 19. KDY-B ve STKDY-B modellerinin y doğrultusunda taban devrilme momentlerinin zamana göre değişimi



Şekil 20. KDY-B ve STKDY-B modellerinin taban burulma momentlerinin zamana göre değişimi

STKDY-C ve KDY-C yapı modellerinin analizlerinden elde edilen maksimum ve minimum taban kesme kuvvetleri, taban devrilme momentleri ve taban burulma momentlerinin değerleri Tablo 5-6'de verilmiştir. Meydana gelen bu kuvvet ve momentlerin zamana göre değişimleri de Şekil 21-26'da sunulmuştur. Bu modellere ait sonuçlar incelendiğinde STKDY-C modelindeki taban kesme kuvvetinin, KDY-C

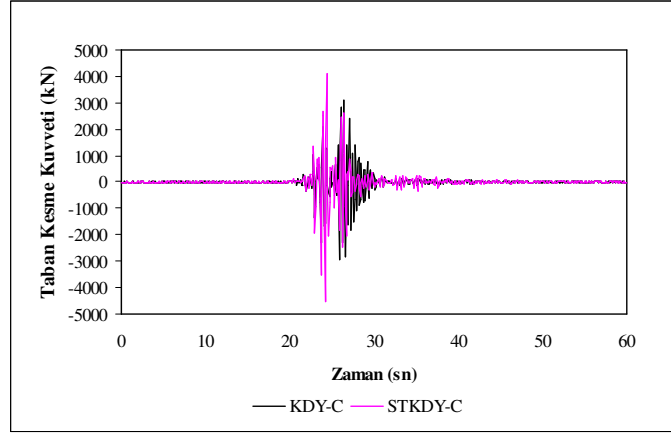
modelindeki taban kesme kuvvetine göre x, y ve z yönlerinde sırasıyla mutlak değerce %55'lik, %11'lik ve %44'lük artışlar görülmüştür. Taban devrilme momentlerinde STKDY-C modelinde KDY-C modeline göre x yönünde %30'luk bir azalma olurken, y yönünde ise %39'luk bir artış meydana gelmiştir. Taban burulma momentinde bu artış oranı %52 seviyesinde oluşmuştur.

Tablo 5. STKDY-C ve KDY-C Modellerinin Taban Kesme Kuvvetleri, Devrilme ve Burulma Momentleri

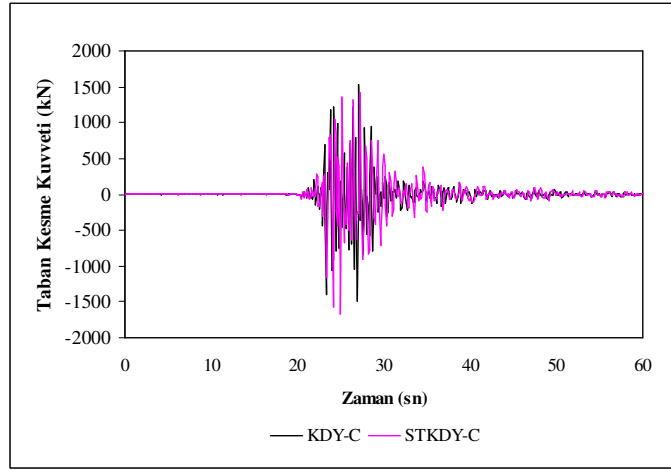
Model		Taban Kesme Kuvveti (kN)			Taban Devrilme Momentleri (kNm)		Taban Burulma Momenti (kNm)
		X	Y	Z	X	Y	Z
(STKDY-C)	Min	-4518	-1667	-1976	-16880	-45750	-22340
	Max	4075	1423	1840	14260	42790	40690
(KDY-C)	Min	-2914	-1500	-1371	-18000	-32820	-19120
	Max	3114	1538	1393	20420	40030	26720

Tablo 6. STKDY-C Modelinin Taban Kesme Kuvvetleri ile Devrilme ve Burulma Momentlerinin KDY-C Modelinin Değerlerine Göre Yüzdelerle Değişimi

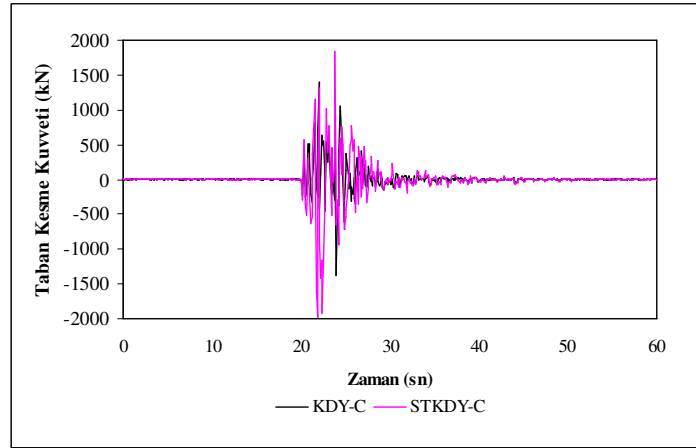
Model		Taban Kesme Kuvveti (kN)			Taban Devrilme Momentleri (% Değişim)		Taban Burulma Momenti (% Değişim)
		X	Y	Z	X	Y	Z
(STKDY-C)	Min	55.0	11.1	44.1	-6.2	39.4	16.8
	Max	30.9	-7.5	32.1	-30.2	6.9	52.3
(KDY-C)	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0



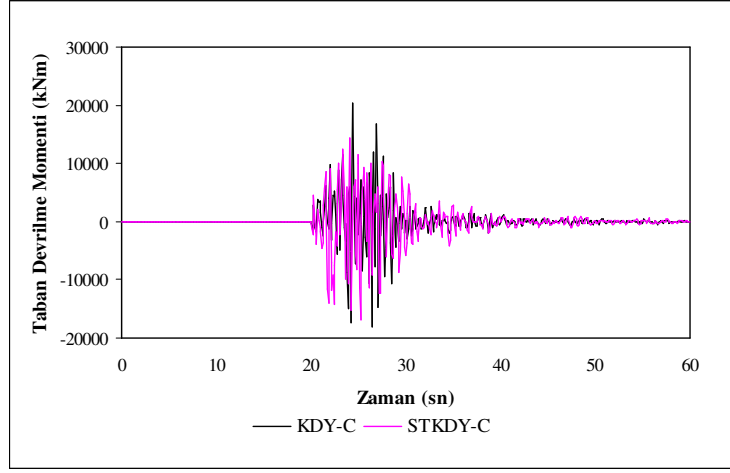
Şekil 21. KDY-C ve STKDY-C modellerinin x doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi



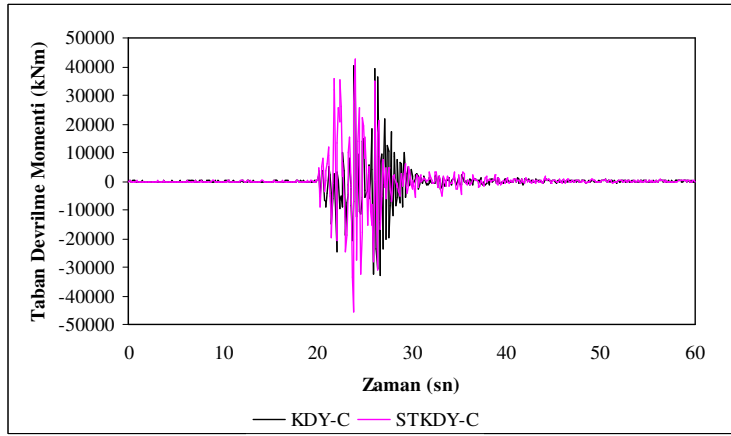
Şekil 22. KDY-C ve STKDY-C modellerinin y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi



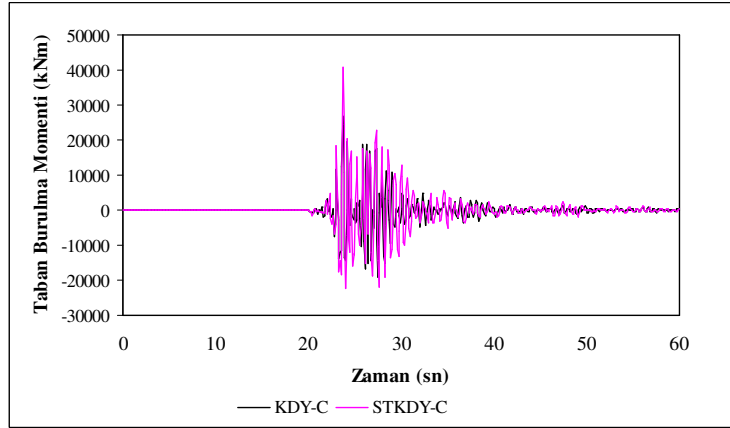
Şekil 23. KDY-C ve STKDY-C modellerinin z doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana göre değişimi



Şekil 24. KDY-C ve STKDY-C modellerinin x doğrultusunda taban devrilme momentlerinin zamana göre değişimi



Şekil 25. KDY-C ve STKDY-C modellerinin y doğrultusunda taban devrilme momentlerinin zamana göre değişimi



Şekil 26. KDY-C ve STKDY-C modellerinin taban burulma momentlerinin zamana göre değişimi

## Sonuçlar

Bu çalışmada burulma düzensizliğinin çok katlı sürekli tablalı kirişsiz döşemeli ve kirişli döşemeli yapılara etkisi incelenmiştir. Bunun için 1. derece deprem bölgesinde bulunan, zemin+4 katlı, perde+çerçeve 6 adet yapı tasarlanmıştır. Bu yapılardan 3'ü sürekli tablalı kirişsiz döşemeli diğer 3'ü ise kirişli döşemeli yapı olarak seçilmiştir. Kullanılan model yapıların kat yükseklikleri eşit ve 3 m olarak, tüm kolonları 50x50 cm ve çevre kirişler 30x80 cm olarak seçilmiştir. Yapıların doğrusal dinamik analizleri için 1 Mayıs 2003 tarihli Bingöl Depremi ivme kayıtları kullanılmıştır. Yapıların analizleri yapılarak yapı modellerinin x,y ve z yönlerine ait taban kesme kuvvetleri ve taban burulma momentleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre seçilen yapı modelleri için sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapı modellerinde oluşan kuvvetlerin genel olarak kirişli döşemeli yapılara göre daha büyük olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple analizleri yapılan yapılarda tablalı kirişsiz döşemeli yapı modellerinin burulma düzensizliğinden daha çok etkilendiği ve modellerden elde edilen sonuçlara göre sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapıların uygulanmasında burulma düzensizliğine daha çok dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

## Kaynaklar

1. Gülay, F.G. and Çalim, G. "A Comparative Study of Torsionally Unbalanced Multi-Storey Structures under Seismic Loading" Turkish J. Eng. Env. Sci. 27: 11 – 19, 2003.
2. Özmen, G. Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi, Türkiye Mühendislik Haberleri, 46/2001-Sayı 410 Ankara, Nisan 2001.
3. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
4. Tezcan, S.S. and Alhan, C., "Parametric analysis of irregular structures under seismic loading according to the new Turkish Earthquake Code" Engineering Structures, 23: 600–609, 2001.
5. Özmen, G. Çok Katlı Yapılarda Aşırı Burulma Düzensizliği İMO Teknik Dergi Cilt 15 Sayı 1 sayfa 3131-3144, 2004.
6. Doğançün, A., Betonarme yapıların Hesap Tasarımı, Birsan Yayınevi, İstanbul, 2008.

7. Paultre, P. ve Moisan, C., Distribution of moments in reinforced concrete slabs with continuous drop panels, Canadian Journal Civil Engineer, 29, 119-124, 2002.
8. TS-500, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Madde 11-Betonarme Döşeme Sistemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
9. SAP2000 V14.1.0., "Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures", Computer and Structures Inc. 2009.