

## Betonarme Binaların Burulma Düzensizliği Dikkate Alınarak Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi

<sup>1</sup>Hümeýra BALTA, \*<sup>1,2</sup>Naci ÇAĞLAR

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Sakarya, Türkiye

### Özet

Dünya oluşumundan bu yana sismik yönden aktif olan bölgelerde meydana gelen depremler oldukça fazla can ve mal kaybına sebep olmuştur. Ülkemiz etkin bir deprem kuşağı olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerindedir ve kısa zaman aralıkları ile depremi en zorlu halleriyle yaşamıştır. Geçmişten günümüze yaşanan depremler yapıların tasarımının ve inşasının oldukça önem arz ettiğini açıkça ifade etmiştir. Bu çalışmada 1998 yılı öncesini kapsayan mevcut bina stokunu temsilen, perdeli-çerçeve taşıyıcı sistem tipinde 5 katlı iki farklı bina tasarlanmıştır. Burulma düzensizliği dikkate alınarak, betonarme perde duvarların konum farklılıklarının, binalarda oluşturduğu etkiler incelenmiştir. TBDY2018 yönetmeliği dikkate alınarak binaların modellenmesinde SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile betonarme binaların dinamik analizi yapılmıştır. İki farklı bina modeli için taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışları incelenmiş, analiz sonuçları ayrı ayrı değerlendirilerek binaların hasar durumları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Betonarme mevcut bina, zaman tanım alanında hesap yöntemi, doğrusal olmayan analiz, burulma düzensizliği, perdeli-çerçeve yapı, betonarme perde duvar

## Investigation of Nonlinear Behavior of Reinforced Concrete Buildings Considering Torsional Irregularity

### Abstract

Earthquakes occurring in seismically active regions since the formation of the world have caused considerable loss of life and property. Our country is located on the Alpine-Himalayan earthquake zone, which is an effective earthquake zone, it has experienced the earthquake in its most difficult situations with short time intervals. The earthquakes from the past to the present made clear that the design and construction of the buildings are of great importance. Two different 5-storey buildings were designed in this study. These buildings represent the existing buildings covering before 1998. The type of load-bearing system is reinforced concrete shear wall-framed type. Torsional irregularity is considered. The effects of different locations of reinforced concrete shear walls on buildings were investigated. SAP2000 finite element program was used in the modeling of buildings with considering the TBDY2018 regulation. The reinforced concrete buildings are tested by nonlinear dynamic analysis with time history method. For two different models, the nonlinear behavior of the elements of the structural system was examined, the results of the analysis were evaluated separately and the damage status of the buildings were compared.

**Keywords:** Reinforced concrete existing building, time history analysis method, nonlinear analysis, torsional irregularity, shear wall-framed structure, reinforced concrete shear wall

---

\* Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: caglar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955752

## 1. Giriş

Dünya’da depremselliği en yüksek olan ülkelerden birisi de Türkiye’dir. Geçmişten günümüze yaşanan depremlerde betonarme binaların ağır hasar alması veya yıkılması sonucu birçok vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Yaşanan bu olumsuzluklar yapıların tasarımının ve inşasının oldukça önem arz ettiğini ve mevcut yapı stokunun depreme karşı yeterince güvenli olmadığını açıkça göstermiştir. Muhtemel deprem etkisi altındaki mevcut binaların yapı performanslarının belirlenip gerektiği takdirde ya yıkılmaları ya da güçlendirmeleri gerekmektedir [1].

Ülkemizde son deprem yönetmeliği 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bir önceki yönetmeliğe göre daha kapsamlı olup iki farklı değerlendirme ve tasarım yaklaşımı içermektedir. Doğrusal hesap yöntemlerinde ‘Dayanımına Göre Tasarım’ yaklaşımı uygulanırken, doğrusal olmayan hesap yöntemleri için ‘Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım’ yaklaşımı uygulanmaktadır. Ayrıca önceki yönetmeliğe nazaran birçok bina türünün tasarımına ilişkin özel kurallar içermektedir [2].

Bu çalışma kapsamında mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirme önerisi konusunda TBDY2018 kuralları dikkate alınmıştır. Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı kullanılmış olup doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden ‘Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi’ seçilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden differansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonu’na karşı gelir [2]. Hesaba yöntemine esas olarak gerçek deprem ivme kayıtları SeismoMATCH programında ölçeklendirilerek SAP2000 sonlu elemanlar programında deprem kayıtları olarak tanımlanmıştır. Ancak çalışma kapsamında 5 deprem kaydı göz önüne alınmış olup, deprem yatay bileşenleri 90° döndürülerek her bir deprem kaydı takımı için iki analiz yapılmıştır. Toplamda her bir model için 10 analiz yapılmış olup bu analizlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Deprem kayıtları Pacific Eartquake Engineering Research Center (PEER) sitesinden alınmıştır [3]. Çalışma kapsamında, ülkemizde 1998 yılı öncesine ait mevcut bina stokunu temsilen iki farklı betonarme bina dikkate alınmıştır. Taşıyıcı sistemi perdeli-çerçeve olarak seçilen 5 katlı binaların perde duvar konumları haricinde bina ve kat yükseklikleri, malzeme özellikleri sabit tutulmuştur. Betonarme perde duvar elemanların konumları değiştirilerek burulma etkisi oluşturulmuş ve bu durumun betonarme yapıların deprem performansına etkileri incelenmiştir.

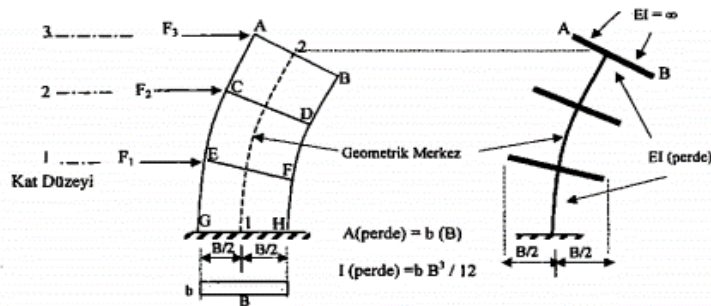
## 2. Yapıların Deprem Performansı

Deprem performansı, belirli veya önceden tanımlanmış deprem etkilerinin binaya etkilmesi halinde hasar durumlarına bağlı olarak binanın yapı güvenlik seviyesidir. Yapıya etki ettirecek deprem enerjisinin, yapı taşıyıcı sisteminde ve taşıyıcı sistemin her bir elemanında temel zeminine kadar sürekli ve güvenli bir şekilde aktarılması sağlanmalıdır. Yapıda istenilen dayanım ve kullanılabilirlik limitlerinin kaybedilmeden plastik şekil değiştirme yapabilen yapısal elemanların ve deprem enerjisinin tüketilmesinde etkili sünek taşıyıcı sistemlerin tasarlanması deprem performansında etkili faktörlerdir [4]. Yapıda büyük hasarların ve göçmenin önlenmesinde en etkili yapı elemanları perde duvarlardır.

Betonarme perde duvar elemanları yatay kuvvetlere karşı en büyük direnci sağlayan taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Yapının deprem performansına kolonlara nazaran daha fazla katkıda bulunurlar. Perdeler yapı dış kenarlarına yakın olacak şekilde ve olabildiğince planda her iki yöne göre yapı rijitliğini eşitleyecek şekilde yerleştirilmelidir. Perde ve kolonların simetrik yerleştirilmemesi kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmasını engeller ve kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasında dış merkezlik oluşur. Bunun sonucunda yapı deprem yönüne bağlı olarak ötelenirken, burulma momenti sebebiyle rijitlik merkezi etrafında döner. Bu durum yapının deprem performansını olumsuz etkilemektedir [5].

### 3. Yapıların Modellenmesi

Yapıların doğrusal olmayan analizi SAP2000 V21.1.0 yapısal analiz programı ile yapılmıştır. Yapıların modellenmesinde bazı idealleştirmeler yapılmış olup döşemeler, serbestlik derecesini arttırdığından dolayı modellenmemiştir. Bunun yerini döşeme yükleri yayılı yüklere dönüştürülerek kirişlere tanımlanmıştır. Ayrıca her katın kendi içerisinde rijit diyafram davranışı göstermesi için rijit diyafram ataması yapılmıştır. Çalışma kapsamında tüm yapı elemanları çubuk eleman olarak modellenmiştir. Doğrusal olmayan davranış modeli olarak TBDY2018'de tanımlanan Yığılı Plastik Davranış Modeli uygulanmıştır. Yığılı plastik davranış modeline göre iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği bölgede, doğrusal olmayan davranış sonucu oluşan plastik şekil değiştirme ve dönmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu kabul edilmektedir. Plastik şekil değiştirme bölgesi plastik mafsalsal boyu olarak adlandırılır.  $L_p$ , plastik mafsalsal boyu çalışan doğrultudaki kesit boyutu  $h$ 'nin yarısına eşit alınmaktadır ( $L_p=0.5h$ ) [2]. Çubuk olarak modellenen yapı elemanlarının uç kısımlarına, yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik mafsallar atanmıştır. Kiriş ve kolon elemanlarında net açıklığın her iki ucuna, perde duvar elemanlarında ise sadece alt ucuna plastik mafsalsal ataması yapılmıştır. Bu tanımlama yapılırken kirişler için eğilme momenti, kolon ve perdeleri için ise eğilme momenti ve eksenel kuvvetler dikkate alınmıştır. Plastik mafsalsal arasında kalan uzunluk boyunca elemanların doğrusal davrandığı kabul edilmektedir. Program kapsamında yapılan bilgi girişlerinde, Shell (kabul) olarak modellenen elemanlara plastik mafsalsal ataması yapılamamaktadır. Bu yüzden perde elemanlar, kolon elemanlar gibi çubuk eleman (Frame) olarak modellenmiştir [6]. Bu çubuk elemanlar perde elemanlarının ağırlık merkezlerine yerleştirilmiştir. Perde duvarların diğer elemanlar ile bağlantısının sağlanması için ağırlığı olmayan yatay çubuk elemanları (rijit kirişler) kullanılmıştır (Şekil 1.). Çok büyük eğilme rijitliğine sahip bu rijit kirişler, perde duvar kesitinin düzlem kaldığı durumu yansıtmaktadır [7].



Modellenen yapı elemanlarına etkin kesit rijitlikleri tanımlanmıştır. Yapı elemanları rijitlikleri orantısında yük almaktadır. Ancak deprem etkisi altında yapı elemanlarının rijitlik değerlerini, tasarım aşamasında öngörülen gibi olmadığı belirlenmiştir. Bu yüzden Tablo 1’de verilen çatlamış kesite ait rijitlikler dikkate alınmıştır [8].

**Tablo 1.** Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eğilme	Kesme
Çubuk Elaman		
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

#### 4. Burulma Düzensizliği

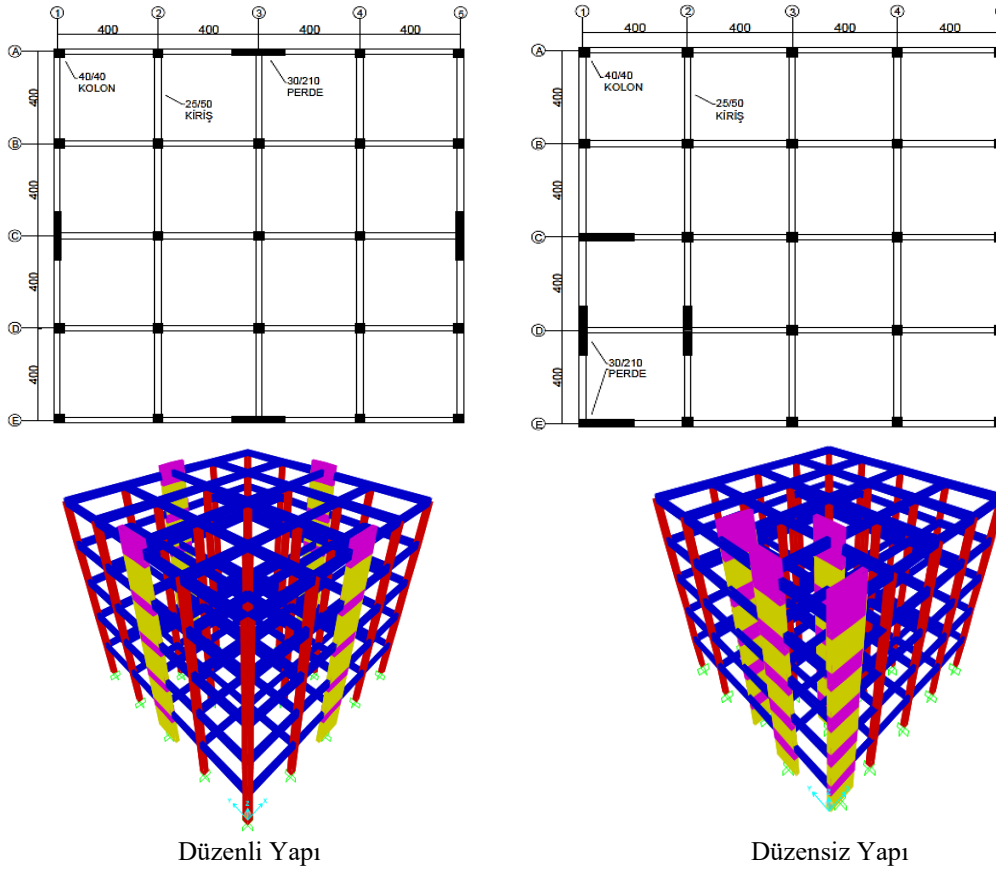
Planda düzensizlik durumlarından biri olan burulma düzensizliği, yapılarda herhangi bir katta en büyük görelî yer değiştirmenin aynı katta ortalama görelî yer değiştirmeye oranı olarak hesaplanan bir burulma düzensizliği katsayısına bağılı olarak tanımlanmaktadır. Bu düzensizliğin varlığından, hesaplanan bu oranın 1.2’den büyük olduğu hallerde söz edilmektedir [2]. Yapıların plan geometrisinde simetriklik durumunun sağlanıp sağlanmadığı, taşıyıcı eleman rijitlik dağılımı, perdelerin plandaki konumu, kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezi arasındaki mesafe gibi başlıca etkenler yapılarda burulma düzensizliği oluşturabilmektedir [9].

#### 5. Sayısal Çalışma

Bu çalışma kapsamında, burulma düzensizliği bulunan betonarme binaların deprem performansı araştırılmıştır. Binalarda burulma düzensizliği, betonarme perde duvarlar farklı yerleştirilerek elde edilmiştir. Düzenli yapı modelinde perde duvarlar dört cepheye simetrik olarak yerleştirilirken, Düzensiz yapı modelinde ise yapının belirli bir bölümüne yerleştirilmiş olup düzensiz bir yerleşim oluşmuştur. Perde duvarların konumlarının dışında binaların tüm özellikler sabit tutulmuştur. Yapı modellerinin tamamında 1998 yılı öncesi binalar dikkate alınmış olup kat yükseklikleri 280 cm, aks aralıkları her iki doğrultuda 400 cm, beton basınç dayanımı 18 MPa, donatı akma dayanımı 220 MPa olarak seçilmiştir. Yapı modellerinde perde duvarlar 30x210 cm, kirişler 25x50 cm, kolonlar ise 40x40 cm boyutlarındadır. Modellerde kullanılan kolon, kiriş ve perde elemanlarında minimum donatı oranları ve seçilen donatılar Tablo 2.’de verilmiştir.

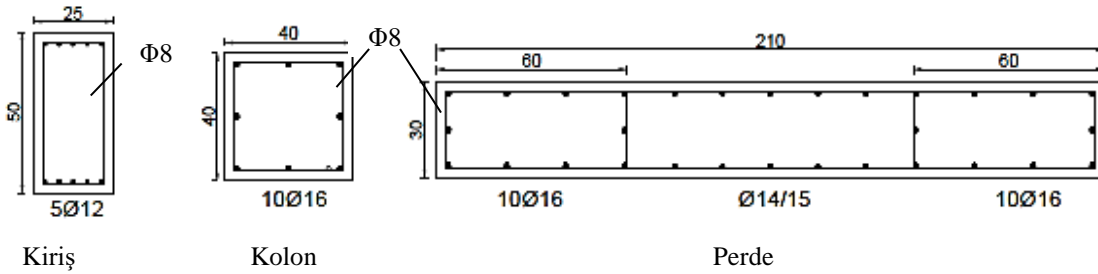
**Tablo 2.** Perdeli-Çerçeveli Taşıyıcı Sistemlerde Kesit Boyutları, Donatı Oranı ve Seçilen Donatılar

Kesit (cm)		Minimum donatı oranı	Seçilen donatı	Seçilen başlık donatısı	Seçilen gövde donatısı	Enine donatı
Kolon	40x40	0.01	8φ16			Φ8
Kiriş	25x50	0.00419	10φ12			Φ8
Perde	210x30	Gövde: 90x30	0.0025	-	-	10φ14/15
		Başlık: 60x30	0.0020	-	10φ16	-



Şekil 2. Yapı kalıp planları ve modelleri

Çalışma kapsamında seçilen deprem kayıtları TBDY2018'e uygun olarak ölçeklendirilmiştir. Yapılar ZC zemini üzerinde bulunduğu kabul edilmiştir. ZC zeminine ve yapıların konumuna ait harita spektral ivme katsayıları kullanılarak, deprem kayıtları SEISMOMATCH programında [11] ölçeklendirilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi esaslarına uyularak deprem yatay bileşenleri eş zamanlı etki ettirilmiştir. Tablo 4.'te deprem kayıtlarının özellikleri verilmiştir. Seismomatch programında deprem kayıtlarının programa aktarılmış halleri ile ölçeklendirilmiş olarak elde edilen maksimum ivme değerleri yerçekimi ivmesi ( $g$ )'nin katı ile "Ground Motion Parameters" adı altında vermektedir. Tablo 4.'te verilmiştir.

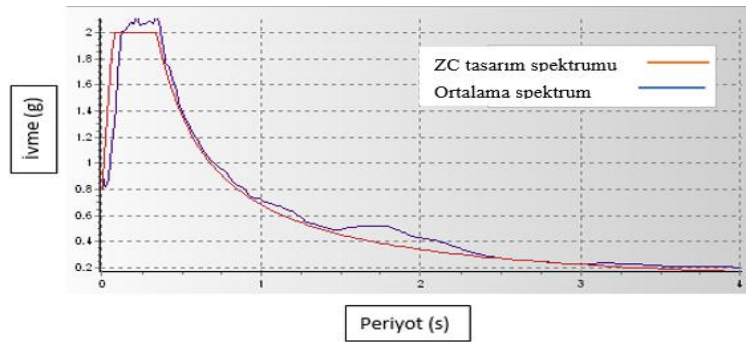


Şekil 3. Kolon, kiriş ve perde elemanlarının kesitleri ve donatıları

**Tablo 4.** Kullanılan Deprem Kayıtları

Deprem	Yıl	İstasyon	Büyükölçük	Maksimum ivme (g)		Vs30 (m/s)	Süre (s)	Adım aralığı	Kayıt açısı	
				Orijinal	Ölçeklendirilmiş				H1	H2
Kocaeli, Turkey	1999	Gebze	7.51	0.260	0.838	792	27.99	0.005	0°	270°
Duzce, Turkey	1999	Sakarya	7.14	0.024	0.963	411.91	59.98	0.01	90°	180°
Northridge-01	1994	Anacapa Island	6.69	0.067	0.816	501.75	39.96	0.02	0°	270°
Imperial Valley-06	1976	Superstition Mtn Camera	6.53	0.201	0.783	362.38	28.31	0.005	45°	135°
Coalinga-01	1983	Slack Canyon	6.36	0.136	0.766	648.09	59.97	0.01	45°	315°

Basit ölçeklendirme yöntemi ile  $0,2T_p$  ve  $1,5T_p$  (0,12s -1,5s) aralığında ve ZC zemin sınıfına göre oluşturulmuş tasarım spektrumuna göre ölçeklendirme yapılmıştır. Tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının aynı aralıktaki genliklerden daha küçük olmamasına dikkat edilmiştir. TBDY2018’de tanımlanan ve analizlerde kullanılan ZC zemin sınıfına ait tasarım ivme spektrumu ile ortalamaların uyumluluğu Şekil 7.’te gösterilmiştir.

**Şekil 7.** Tasarım spektrumu ve ortalama spektrum

Doğrusal olmayan analiz kapsamında doğrusal olmayan davranışı tanımlamak için kolon ve perde duvar elemanlara P-M2-M3 mafsalı, kirişlerde ise eksenel kuvvet dikkate alınmadığından M3 mafsalı veri girişi yapılmıştır. Kütle katılım oranı tüm doğrultular için %95’i geçecek şekilde doğrusal olmayan analizler ilk 18 mod dikkate alınarak yapılmış olup ilk 3 mod Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 3.** Yapı modellerine ait dinamik karakteristikler

Düzenli Yapı				Mod Sayısı	Düzensiz Yapı			
Periyot(s)	$\Sigma U_x$	$\Sigma U_y$	$\Sigma R_z$		Periyot(s)	$\Sigma U_x$	$\Sigma U_y$	$\Sigma R_z$
0,67	0,00	0,77	0,00	1	0,80	0,16	0,39	0,26
0,67	0,77	0,77	0,00	2	0,67	0,69	0,63	0,26
0,50	0,77	0,77	0,76	3	0,52	0,77	0,78	0,78

## 6. Sonuçlar

Seçilen yapı modellerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri, deprem bileşenleri (H1 ve H2) eş zamanlı etki ettirilerek yapılmıştır. Her deprem ivme kaydı takımı için bileşenler 90° döndürülerek analiz tekrarlanmıştır. İlk eş zamanlı yükleme ile yapılan analiz 1 No'lu olarak, deprem yatay bileşenlerinin 90° döndürülmesiyle yapılan ikinci eş zamanlı yükleme analizi 2 No'lu olarak adlandırılmıştır. Her bina için toplamda 10 analiz yapılmıştır. Yapılarda analiz sonuçlarının mutlak değerce büyük olanı dikkat alınıp 10 analizin ortalama değerine bakılarak eleman hasar seviyesi belirlenmiştir. Yapı modellerine ait elemanlar Yığılı Plastik davranış modeline göre modellendiğinden plastik dönmeler için yönetmelikte belirlenen sınırlar doğrultusunda hasar seviyesi belirlenmiştir. Kesit hasar durumunun belirlenmesi için izin verilen plastik dönmelerin maksimum değerleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için;

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[ (\varphi_u - \varphi_y) L_p \left( 1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \varphi_u d_b \right] \quad (1)$$

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi için;

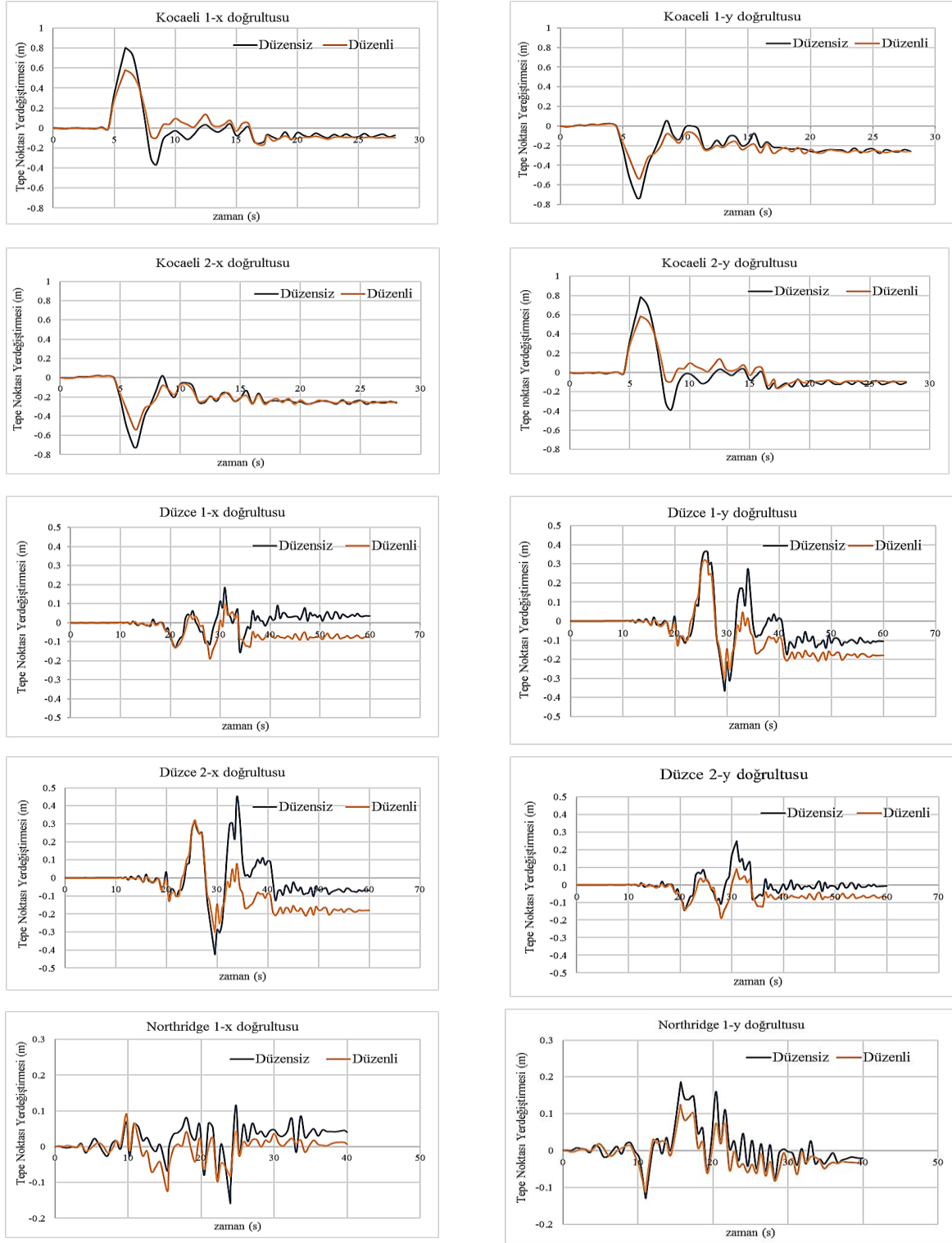
$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (2)$$

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyinde ise  $\theta_p^{(SH)} = 0$  olarak plastik dönmeye izin verilmemektedir.

**Tablo 5.** Yapı elemanlarının performans düzeylerine göre dönme sınır değerleri

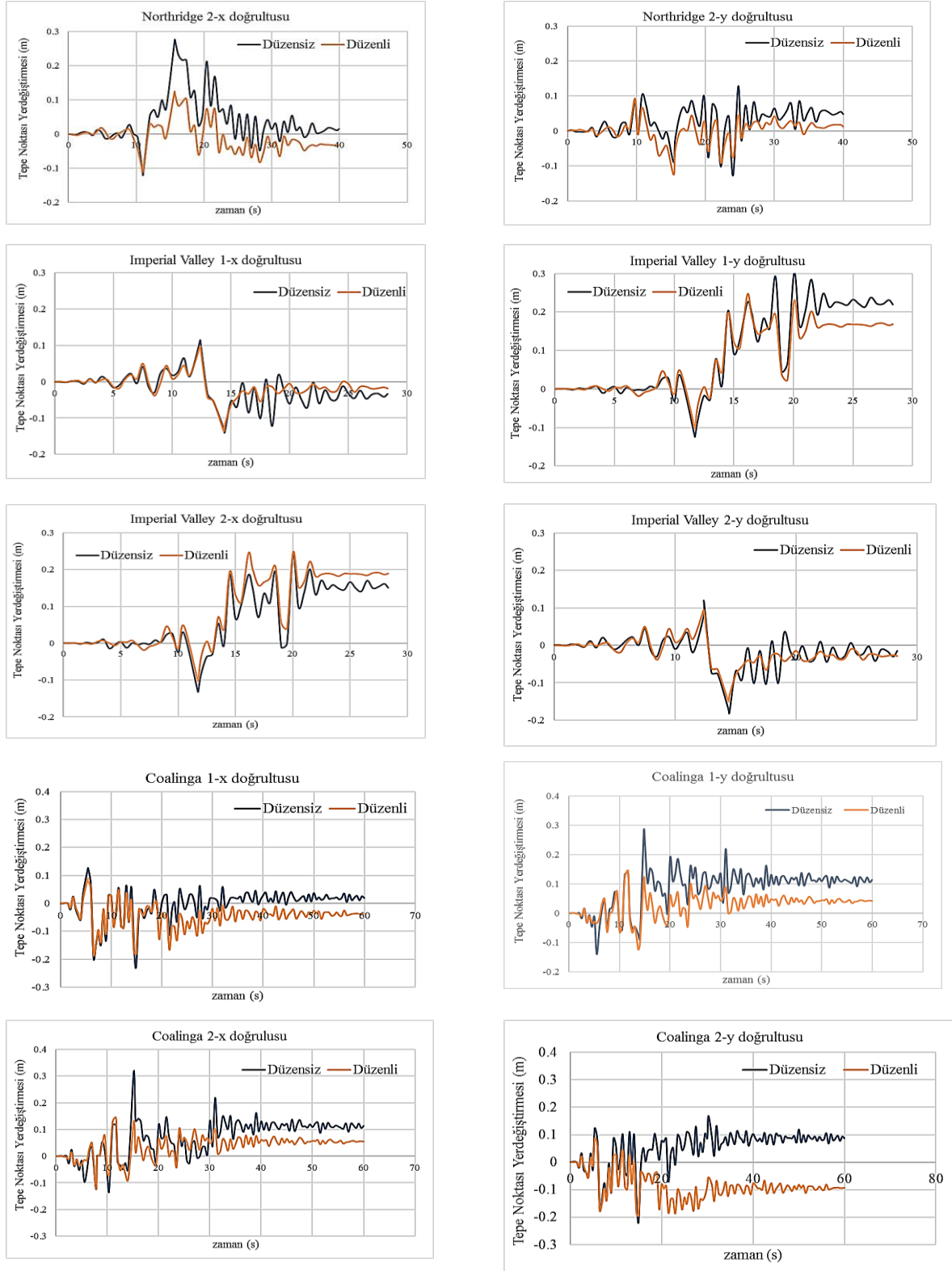
Katlar	Kiriş		Kolon		Perde			
					Güçlü Eksen		Zayıf Eksen	
	GÖ	KH	GÖ	KH	GÖ	KH	GÖ	KH
Zemin Kat					0.3654	0.2741	0.0748	0.0561
1. Kat					0.3585	0.2688	0.0747	0.0560
2.Kat	0.0536	0.0402	0.0639	0.0479	0.3469	0.2601	0.0745	0.0558
3.Kat					0.3237	0.2428	0.0740	0.0555
4. Kat					0.2540	0.1906	0.0726	0.0544

SH'ya kadar olan bölge Sınırlı Hasar, SH ile KH arasında kalan bölge Belirgin Hasar, KH ile GÖ arasında kalan bölge İleri Hasar, GÖ'ni aşılması durumunda ise kesitin Göçme Bölgesi'nde olduğunu göstermektedir. Düzenli yapı modelinde, düzensiz yapı modeline göre daha az tepe noktası yerdeğiştirmeleri meydana gelmiştir. Düzensiz yapıda, X ve Y doğrultusu tepe noktası yerdeğiştirme miktarları, burulma düzensizliğinde etkisiyle daha fazladır. En büyük yerdeğiştirmeleri Kocaeli depremi etkisinde meydana gelmiştir. Yapılarda belirli saniyelerden sonra plastik mafsallar meydana gelmiş ve kalıcı yerdeğiştirmeler oluşmuştur. İlk plastik mafsallın düzensiz yapıda daha erken oluştuğu gözlenmiştir. Yapıların deprem etkileri altındaki davranışları x ve y doğrultuları olarak ayrı ayrı Şekil 8.'de sunulmuştur.



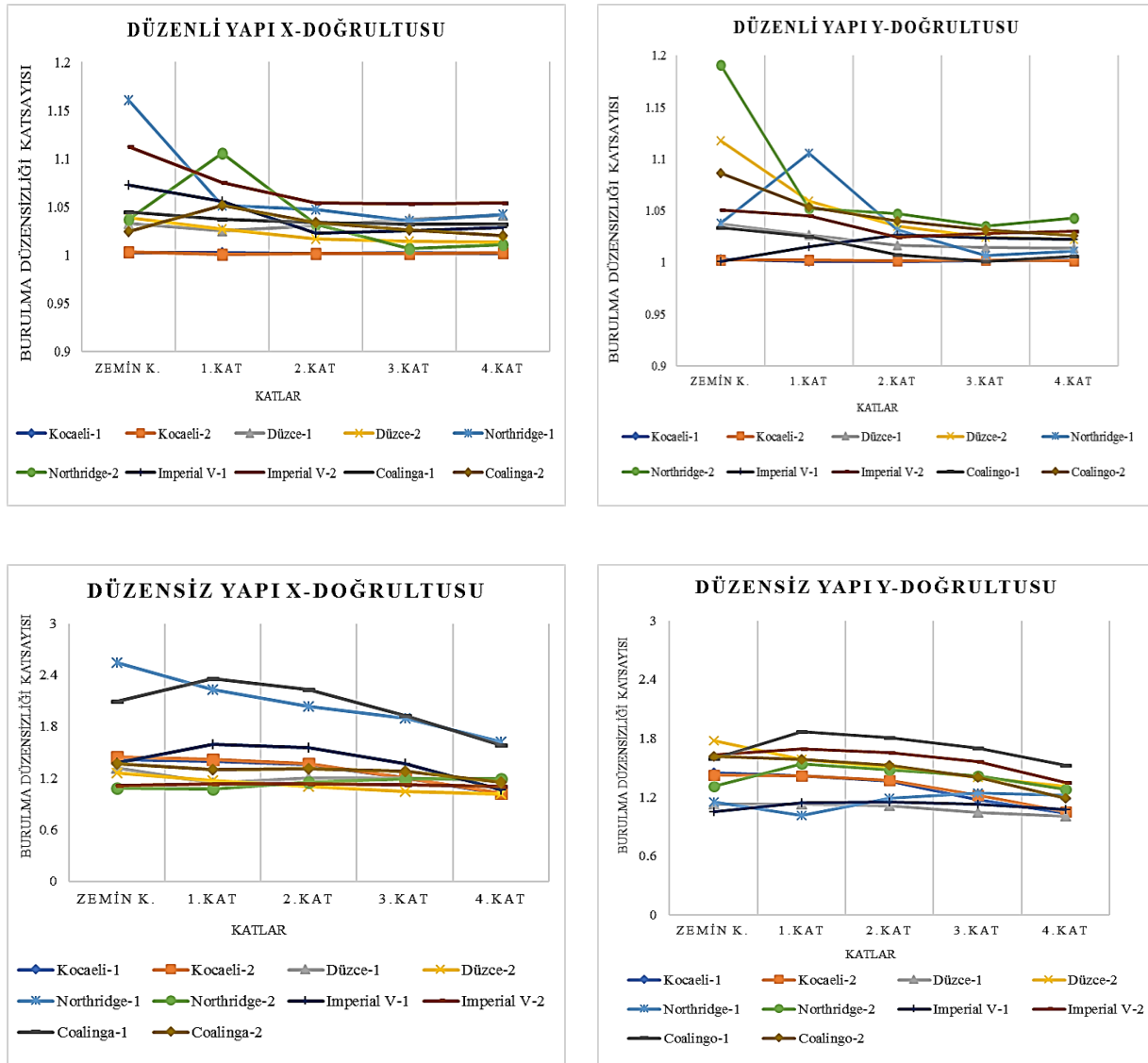
Şekil 8. Deprem etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafikleri





Şekil 8. Deprem etkisi altında yerdeğiştirme-zaman grafikleri (devam)

Perde duvarların plana düzensiz yerleştirilmesi nedeniyle kütle merkezi ve rijitlik merkezi arasında oluşan dışmerkezlik etkisiyle, yapı deprem yönüne bağlı olarak ötelenirken, burulma momenti sebebiyle rijitlik merkezi etrafında dönme hareketinde bulunur. Katlara ait burulma düzensizliği katsayıları farklı depremler için grafiksel olarak Şekil 9.'da gösterilmiş olup Yapılarda oluşan yerdeğıştirmeler sonucunda hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı, yönetmelikte belirlenen sınır değeri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 9. Modellerin burulma düzensizliği katsayıları karşılaştırılması

Grafiklerde görüldüğü üzere düzensiz yapıya ait katlarda x hem y doğrultusunda 1.2 burulma düzensizliği katsayısı sınırı aşılmıştır. Ayrıca bu durum bu yapıda yerdeğıştirme miktarını da arttırmıştır. Çalışma kapsamında yapı planlarının perde duvar elemanlarının farklı yerleştirilmelerinden kaynaklı olarak, yapıların deprem etkisi altında davranışları farklılık göstermiştir. Yerdeğıştirme miktarları ve burulma düzensizliği katsayıları deprem özelliklerine

göre değişmektedir. Perde duvarların düzensiz ve simetrik olmayacak şekilde yerleştirilmesi ile meydana gelen düzensizlik yapıda hasar seviyesini arttırarak yapının deprem performansını olumsuz yönde etkilemiştir. Analizler sonucunda ‘Düzenli Yapı’ modelinin Kontrollü Hasar, ‘Düzensiz Yapı’ modelinin ise Göçme Önlenmesi performans düzeyinde olduğu sonucuna varılmıştır. Perde duvarların düzensiz yerleştirilmesi yapılarda deprem performansını azalttığı, burulma düzensizliği oluşturduğu ve bu durumda deplasmanları arttırdığı sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

- [1] Şahin, Y. 2019. Mevcut Bir Betonarme Binanın 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne Göre Zaman Tanım Alanında Analizinin Yapılarak Belirlenmesi ve Çelik Güçlendirme Önerileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [2] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TBDY2018. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İçişleri Bakanlığı, Ankara.
- [3] PEER, 2010. Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER), Peer Ground Motion, Peer NGA-West2 Database, <https://ngawest2.berkeley.edu/>.
- [4] Düzgün, M., Bozdağ, Ö. 2013 Betonarme Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi Semineri, İMO Manisa Şubesi.
- [5] Özkul, B. Yapı Elamanlarının Davranışı, Kolon Türleri ve Eksenel Yük Etkisi Altında Kolon Davranışı, Ders Notları, Balıkesir Üniversitesi.
- [6] Öztürk, A. 2017. Zaman Tanım Alanı Hesap Yöntemi İle 30 Katlı Betonarme Bir Yapının Deprem Performansının Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [7] Bağcı, M., Atımtay, E. Depreme Maruz Karma Sistemlerin Bilgisayar Modeli.
- [8] Kaya, Y. 2018. Etkin Kesit Rijitliği Nedir, Hangi Durumlarda Kullanacağız, insaport.com.
- [9] Döndüren, M. S. 2003. Planda Değişik Geometriye Sahip Çok Katlı Betonarme Yapıların Zaman Tanım Aralığında Dinamik Analizi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [10] SAP2000 v21.1.0, 2012, Integrated Software for Structural Analysis and Design Program, Computers and Structures, California, USA.
- [11] SEISMOMATCH v2018. 2010, Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Messina, Italy.
- [12] AUTOCAD v2019, 1982. Computer Aided Design, AutoDesk, California, USA.