

BİNALARDAKİ BURULMA DÜZENSİZLİĞİNİN FARKLI ZEMİN SINIFLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Burak YÖN^{1*}, M. Emin ÖNCÜ², Erkut SAYIN³

^{1,3}Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, TÜRKİYE

²Dicle Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, TÜRKİYE

Özet: Bu çalışmada burulma düzensizliğine sahip bir yapıda farklı zemin sınıflarının toplam burulma momentinde meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Bu amaçla, Türk Deprem Yönetmeliğinde (DBYBHY–2007) belirtilen burulma düzensizliğine göre perdeli-çerçeve çok katlı betonarme bir bina tasarlanarak analizleri yapılmıştır. Çözümlemeler için Deprem Yönetmeliğinde verilen Zaman Tanım Alanında doğrusal elastik hesap yöntemi kullanılmıştır. Bunun için 1999 Marmara ve 1994 Northridge Depremleri, Deprem Yönetmeliğindeki dört adet zemin sınıfına göre ölçeklendirilerek binaya uygulanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen toplam burulma momentlerinin zemin sınıfına göre değişimi belirlenmiştir. Çözümlemelerde SAP2000 yapı analiz programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Burulma düzensizliği, Zemin sınıfı, Zaman tanım alanında hesap yöntemi*

DETERMINATION OF TORSIONAL IRREGULARITY AT BUILDINGS ACCORDING TO LOCAL SITE CLASSES

Abstract: In this study, creating effects of different local site classes are investigated on total torsional moment in torsional irregularity structure. For this purpose, shear wall-frame multi-storey structure is designed according to torsional irregularity indicated Turkish Earthquake Code and analyzed. For solves linear time history analysis indicated Turkish Earthquake Code is used. Therefore, Marmara Earthquake occurred in 1999 and Northridge Earthquake occurred in 1994 is scaled according to four local site class in earthquake code and applied to the structure. Changing of total torsional moments obtained results of analysis according to local site class are determined. SAP2000 structure analysis program is used in analyses.

Keywords: *Torsional irregularity, Local site class, Time history analysis method*

1.GİRİŞ

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].

Yapıların depreme dayanıklı tasarımı yapılırken sadece depremden oluşacak olan yatay kuvvetlerin etkisi dikkate alındığında eksik bir hesap yapılmış olur. Çünkü yapı planında bir düzensizlik durumu söz konusu ise yapıda ek burulma etkileri oluşacaktır [2]. Birçok ülkede yürürlükte olan deprem yönetmeliklerinde olduğu gibi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY-2007)'de de burulma düzensizliği üzerinde büyük bir titizlikle durularak bu konu hakkında çeşitli şartlar getirilmiştir. Buna göre birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemesine oranının 1.2'den küçük olması istenmektedir. [3]. Yönetmelik bu değeri aşan yapıları burulma düzensizliğine sahip yapı olarak sınıflandırmıştır.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{maks}}{(\Delta_i)_{ort}} > 1.2 \quad (1)$$

Geçmişte meydana gelen depremler burulma düzensizliği olan binaların düzenli binalara oranla daha fazla hasara maruz kaldığını göstermiştir. Rijitlik ve kütledeki düzensizlikler binaların doğrudan kapasite ve taleplerine etki etmektedir. Bu sebeple plandaki düzensizlikler aynı kattaki yapı elemanlarında farklı oranlarda deplasmanlar oluşturarak üniform olmayan hasarlar

meydana getirmektedir [4]. Özellikle manyitüdü büyük olan depremler sonucu oluşan uzun periyotlu sismik dalgalar zeminin frekansıyla rezonansa girerek yaklaşık 4 ile 6 kat oranında büyük enerjiler oluşmasına neden olmaktadır [5,6,7,8].

Heredia-Zavoni and Machicao-Barrionuevo (2004) tarafından, yer hareketlerinin yatay bileşenlerinin sert ve yumuşak zemin şartlarında burulma düzensizliğine sahip rijit ve esnek sistemlerdeki lineer etkisi incelenmiştir. Bunun için bir katlı iki açıklıklı simetrik olmayan bir yapı kullanılarak deprem hareketlerine maruz bırakılmıştır. Buna göre yumuşak zeminler üzerine inşa edilmiş yapıların burulma etkisi bakımından daha hassas olduğu belirtilmiştir [9].

Stathopoulos and Anagnostopoulos (2005), çok katlı çerçeve binaların doğrusal olmayan alanda burulma tepkisini incelemişlerdir. Eurocode-8 (EC8) ve Uniform Building Code-97 (UBC-97) yönetmeliklerine göre ekzantirik üç ve beş katlı betonarme binalar tasarlayarak bu yapıların elastik olmayan deprem tepkilerini iki yönde değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda yapıların simetriklik derecesine göre yapılarda meydana gelen şekil değişimlerinde farklılıklar oluştuğunu belirlemişlerdir [10].

Tezcan ve Alhan (2001) 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. Buna göre 1998 deprem yönetmeliğimizde burulma düzensizliği için önerilen alt ve üst limitleri irdelemişlerdir. 1.2 olan alt sınırın 1.4, 2 olan üst sınırın ise 1.8 olmasını önermişlerdir [11].

Şekil 1 de verilen düzensiz yapı zemin+6 katlı olarak tasarlanmıştır. Tüm katlarda kat yükseklikleri eşit ve 3 m olarak seçilmiştir. Yapının tüm kolonlarının 50x50 cm ve tüm kirişlerinin 30x60 cm boyutlarında, döşeme kalınlığının ise 12 cm kalınlığında olduğu kabul edilmiştir. Perde boyutları Şekil 1’de verildiği gibi P1 perdesi 25x350 cm, P2 perdesi 25x450 cm’dir. Malzeme olarak beton sınıfı C20, donatı sınıfı ise S420 olarak seçilmiştir. İncelenen yapının 1.derece deprem bölgesinde bulunduğu, bina önem katsayısının $I=1.5$ olduğu ve sistemin döşemesinin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Şekil 1’de verilen yapının dört farklı zeminde bulunduğu varsayılarak dinamik analizleri yapılmıştır.

2.1. Metot

Türk Deprem Yönetmeliğinde, binaların planda ve düşeydeki düzensizlik durumlarına göre çeşitli analiz yöntemleri önerilmektedir. Bu yöntemler Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleridir. [3]. Bu çalışmada hesap yöntemlerinden biri olan Zaman Tanım Alanında daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılmıştır.

2.1.1. Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

Deprem kayıtlarının seçilmesinde ve ölçeklendirilmesinde izlenecek adımlar aşağıda verilmiştir.

1. Deprem kayıtları veri bankalarından seçilir. Kayıtlarda faylanma mekanizması, büyüklük, mesafe ve zemin özelliklerine

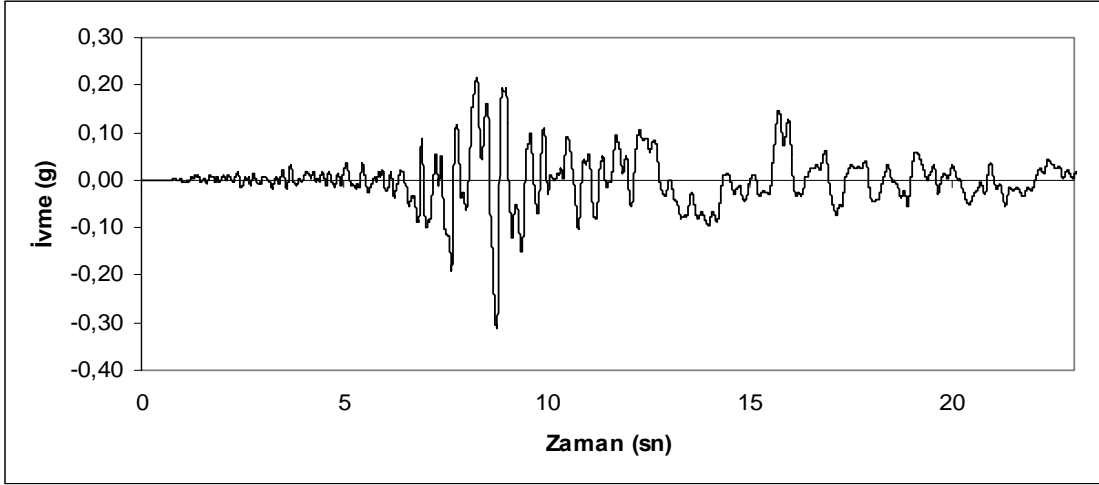
göre PEER veri bankasından Marmara ve Northridge Depremleri için üç adet kayıt alınmıştır [12].

2. %5’lik sönüme göre Excel programı kullanılarak kayıtların yatay bileşenlerinin her biri için tepki spektrumu (deplasman–periyot) diyagramı oluşturulmuştur.
3. Elde edilen tepki spektrumu S_a-S_d (spektral ivme-spektral deplasman) formatına dönüştürülür. Burada tepki spektrumundan elde edilen deplasmanların mutlak değerlerinin maksimumları o periyota ait spektral deplasmanı vermektedir. Yalancı (Pseudo) ivme değerleri ise spektral deplasmanların w_n^2 (açısal frekans) ile çarpılmasıyla elde edilmiştir.
4. Kayıtların tepki spektrumları zemin sınıfına göre gruplandırılır.

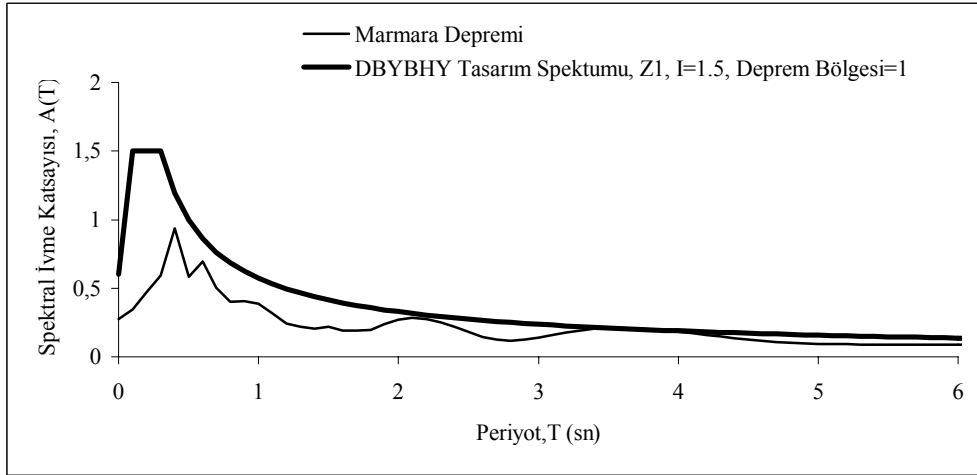
Aydınöğlü ve Fahjan tarafından, Türk Deprem Yönetmeliğindeki tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi konusunda bir çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada zaman tanım alanında ölçekleme yöntemleri kullanılarak, gerçek kayıtlar tasarım ivme spektrumlarına ölçeklenmiştir [13].

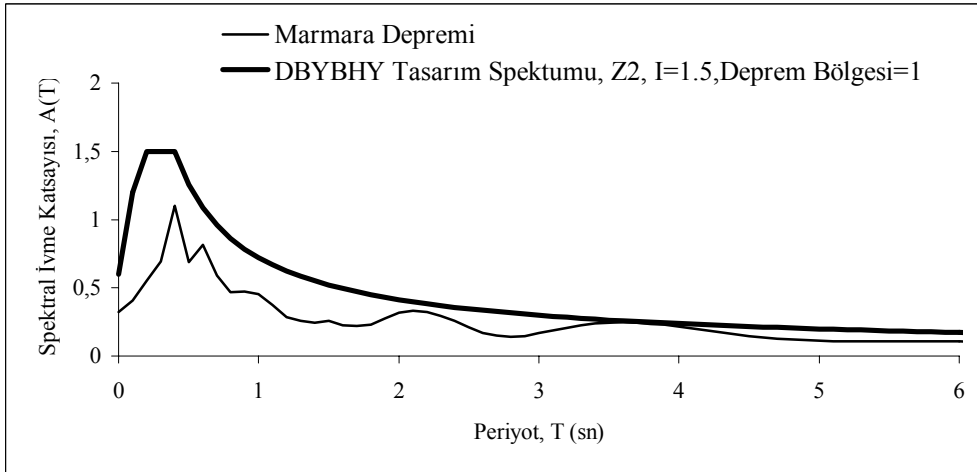
Şekil 2 ve 7’de sırasıyla Marmara ve Northridge Depremlerinin ölçeklendirilmiş ivme kayıtları, Şekil 3–6’da Marmara Depreminin zemin sınıflarına göre ölçeklendirilmiş tepki spektrumları, Şekil 8-11’de ise Northridge Depreminin zemin sınıflarına göre ölçeklendirilmiş tepki spektrumları verilmiştir.



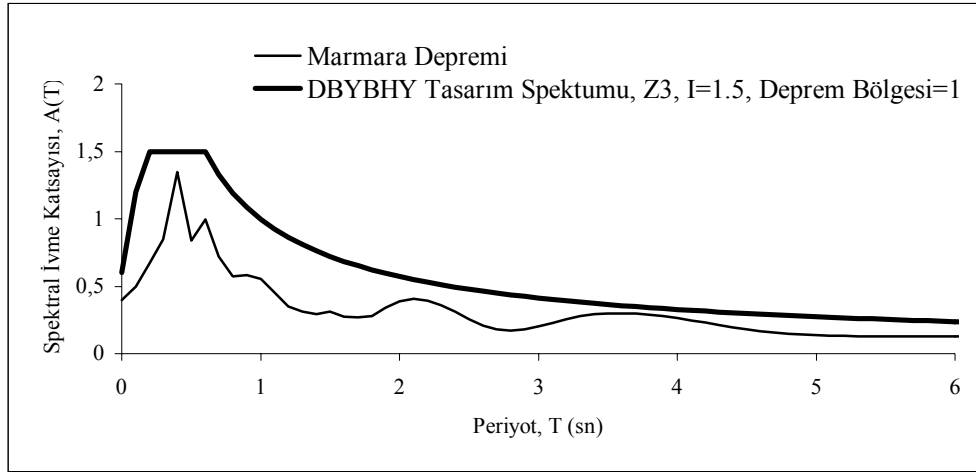
Şekil 2. Marmara Depreminin ölçeklenmiş ivme kaydı



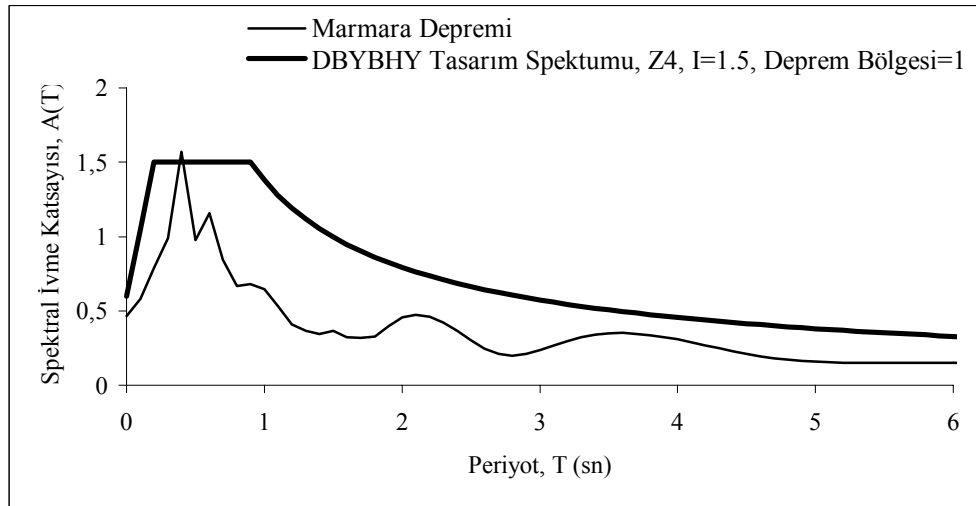
Şekil 3. Marmara Depremi ivme kaydının Z1 zemin sınıfına göre ölçeklenmiş tepki spektrumu



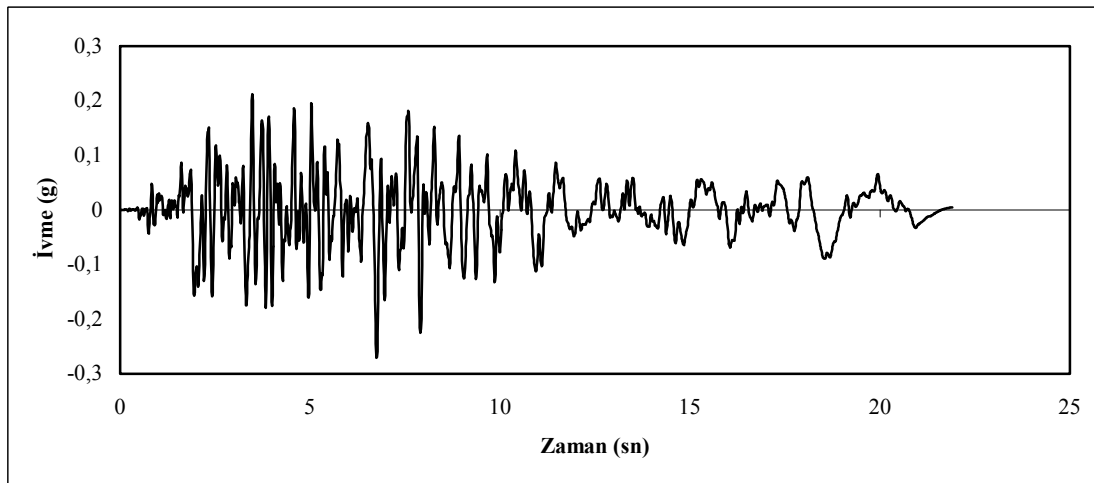
Şekil 4. Marmara Depremi ivme kaydının Z2 zemin sınıfına göre ölçeklenmiş tepki spektrumu



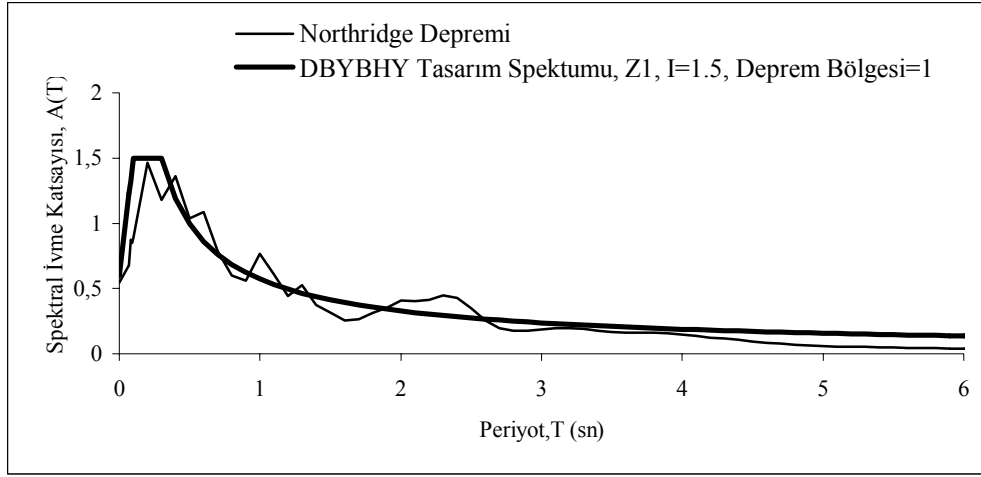
Şekil 5. Marmara Depremi ivme kaydının Z3 zemin sınıfına göre ölçeklenmiş tepki spektrumu



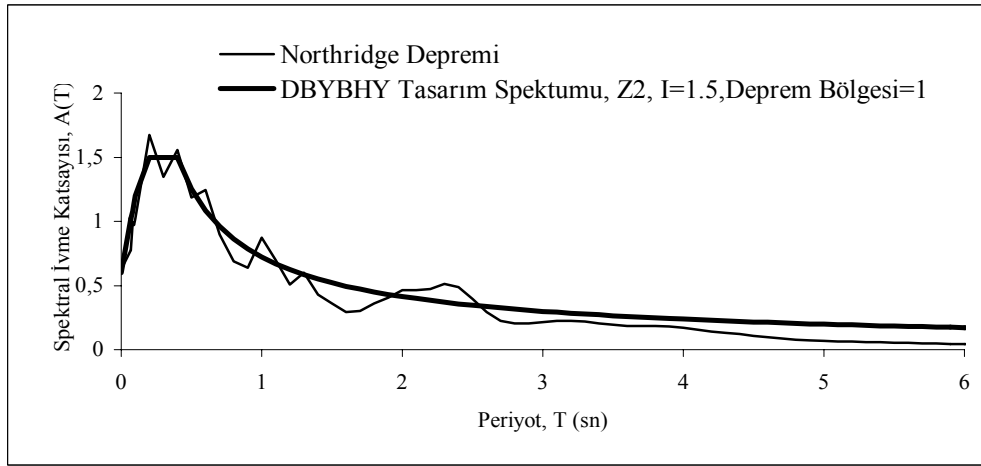
Şekil 6. Marmara Depremi ivme kaydının Z4 zemin sınıfına göre ölçeklenmiş tepki spektrumu



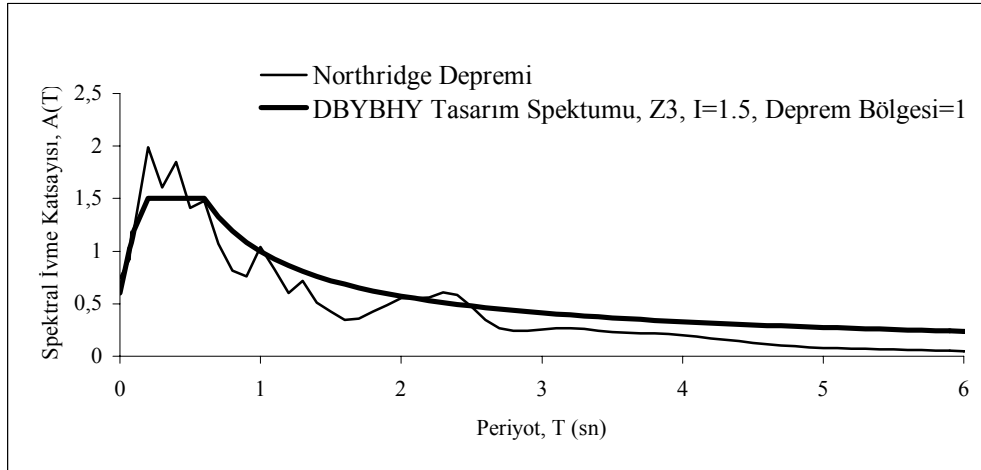
Şekil 7. Northridge Depreminin ölçeklenmiş ivme kaydı



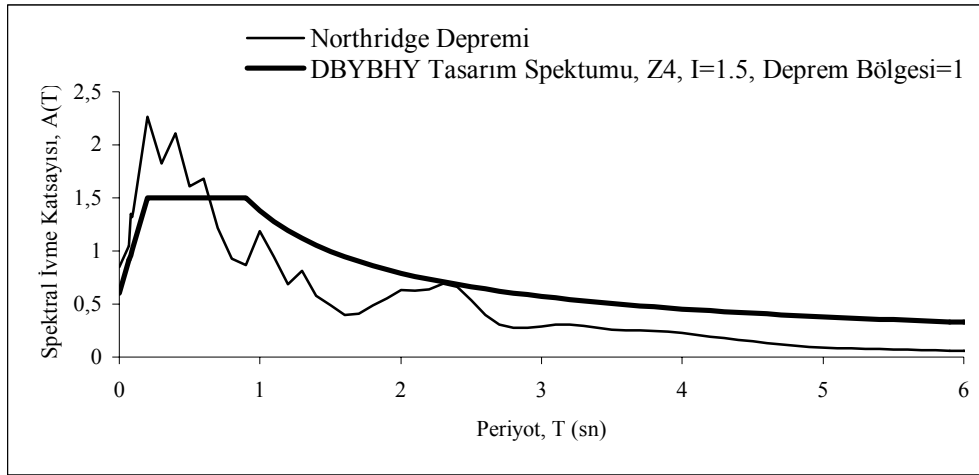
Şekil 8. Northridge Depremi ivme kaydının Z1 zemin sınıfına göre ölçeklenmiş tepki spektrumu



Şekil 9. Northridge Depremi ivme kaydının Z2 zemin sınıfına göre ölçeklenmiş tepki spektrumu



Şekil 10. Northridge Depremi ivme kaydının Z3 zemin sınıfına göre ölçeklenmiş tepki spektrumu



Şekil 11. Northridge Depremi ivme kaydının Z4 zemin sınıfına göre ölçeklenmiş tepki spektrumu

3.BULGULAR

Şekil 1’de verilen yapının farklı zemin sınıfları dikkate alınarak ölçeklendirilmiş deprem ivmelerine göre dinamik analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen taban burulma momentlerinin birbirlerine göre yüzdelik değişimleri Çizelge 1-4’de

sunulmaktadır. Ayrıca yapıda her bir zemin sınıfı için oluşan taban burulma momentlerinin zamana göre değişimi ve bu değerlerin karşılaştırılması da Şekil 12-21’de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Dört Farklı Zemin Sınıfına Göre Oluşan Toplam Taban Burulma Momentleri

	Toplam Taban Burulma Momenti (kNm)				
		Z1	Z2	Z3	Z4
Marmara Depremi	Max	14980	17600	21500	25090
	Min	-18290	-21480	-26240	-30630
Northridge Depremi	Max	16070	18350	21880	24930
	Min	-15740	-17990	-21440	-24430

Çizelge 3. Z2 Zemin Sınıfının Diğer Zemin Sınıflarındaki Burulma Momentlerine Göre Yüzdelik Değişimi

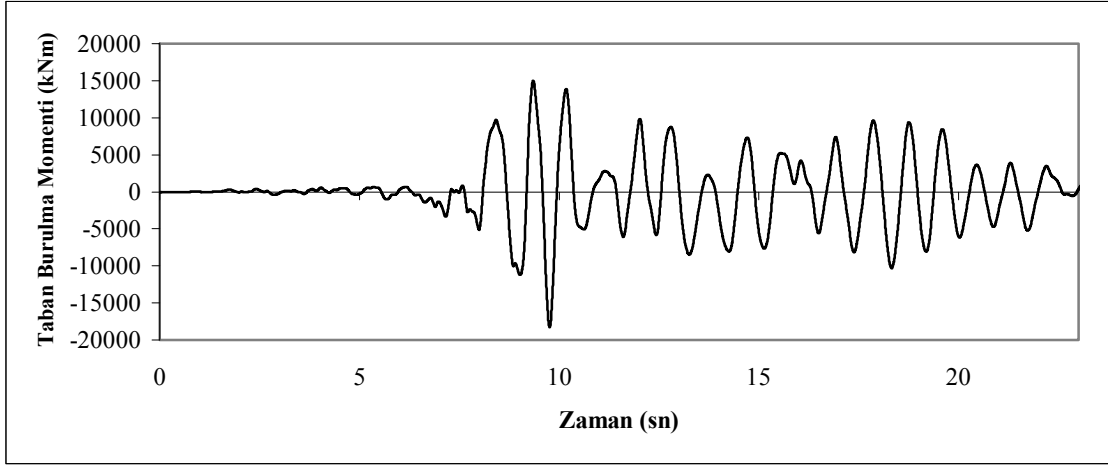
	Değişim (%)				
		Z1	Z2	Z3	Z4
Marmara	Max	-14.89	0	22.16	42.56
	Min	-14.85	0	22.16	42.59
Northridge	Max	-14.2	0	19.2	35.6
	Min	-14.3	0	19.2	35.7

Çizelge 2. Z1 Zemin Sınıfının Diğer Zemin Sınıflarındaki Burulma Momentlerine Göre Yüzdelik Değişimi

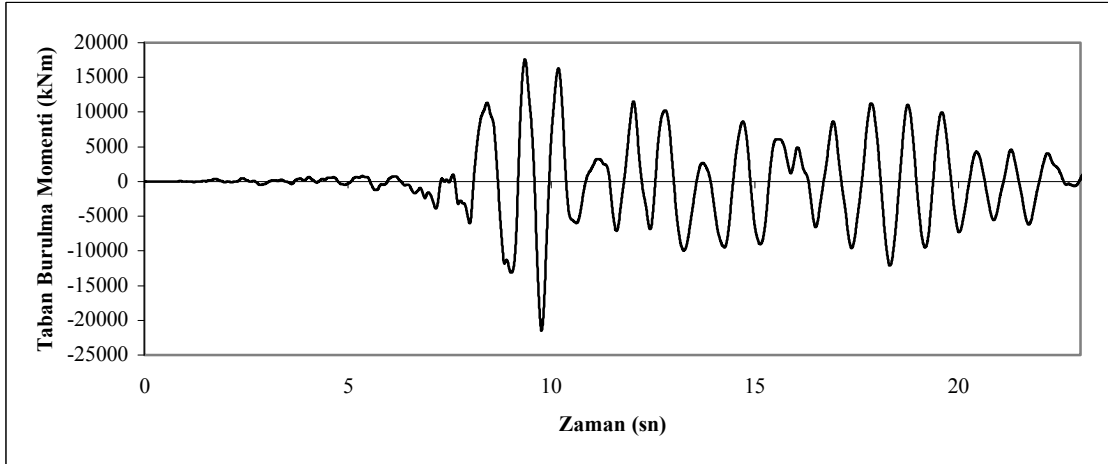
	Değişim (%)				
		Z1	Z2	Z3	Z4
Marmara Depremi	Max	0	17.49	43.52	67.49
	Min	0	17.44	43.47	67.47
Northridge Depremi	Max	0	14.2	36.2	55.1
	Min	0	14.3	36.2	55.2

Çizelge 4. Z3 Zemin Sınıfının Diğer Zemin Sınıflarındaki Burulma Momentlerine Göre Yüzdelik Değişimi

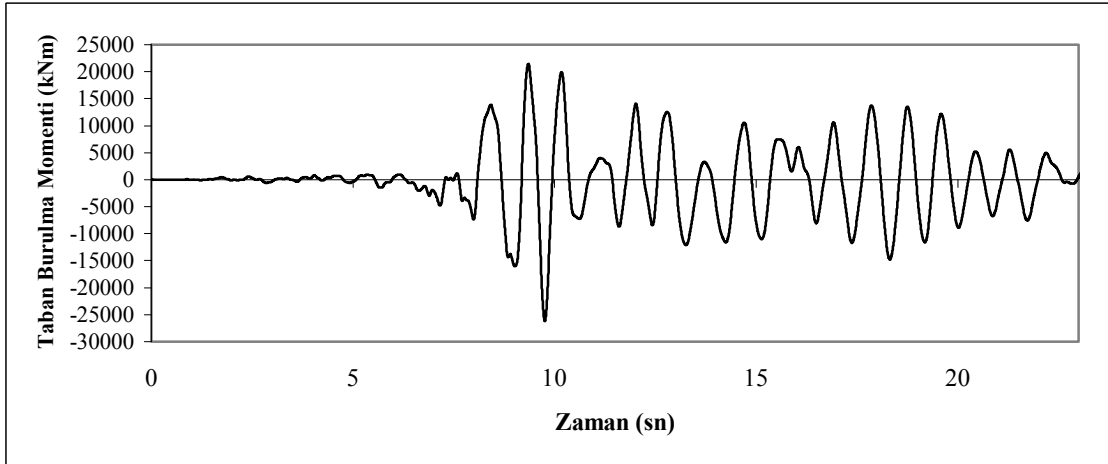
	Değişim (%)				
		Z1	Z2	Z3	Z4
Marmara Depremi	Max	-30.30	-18.14	0	16.79
	Min	-30.30	-18.14	0	16.73
Northridge Depremi	Max	-36.2	-19.2	0	13.9
	Min	-36.2	-19.2	0	13.9



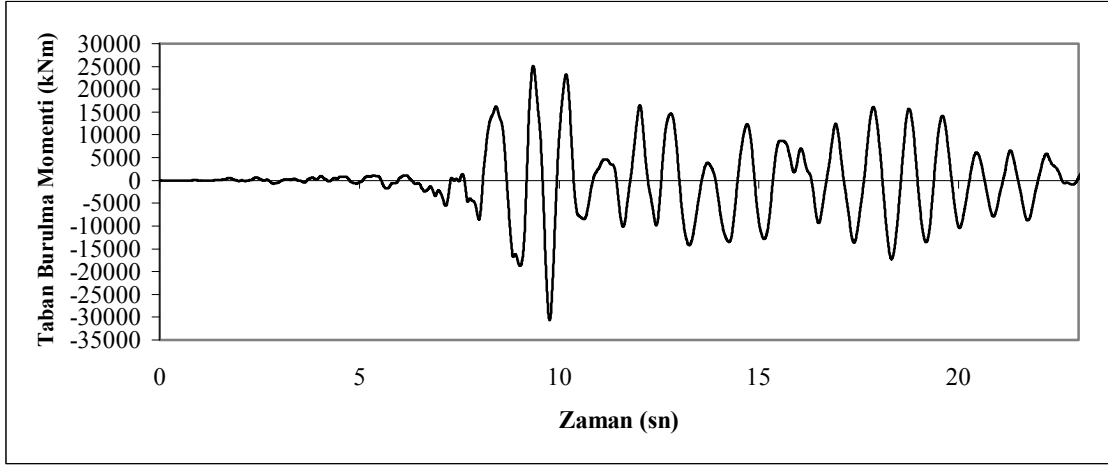
Şekil 12. Marmara Depremi için Z1 zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin zamana göre değişimi



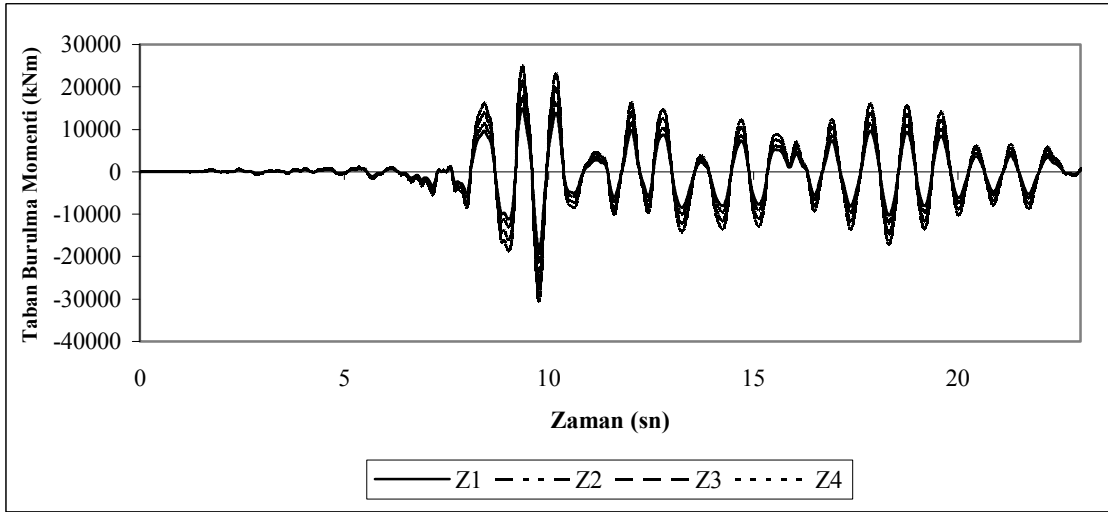
Şekil 13. Marmara Depremi için Z2 zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin zamana göre değişimi



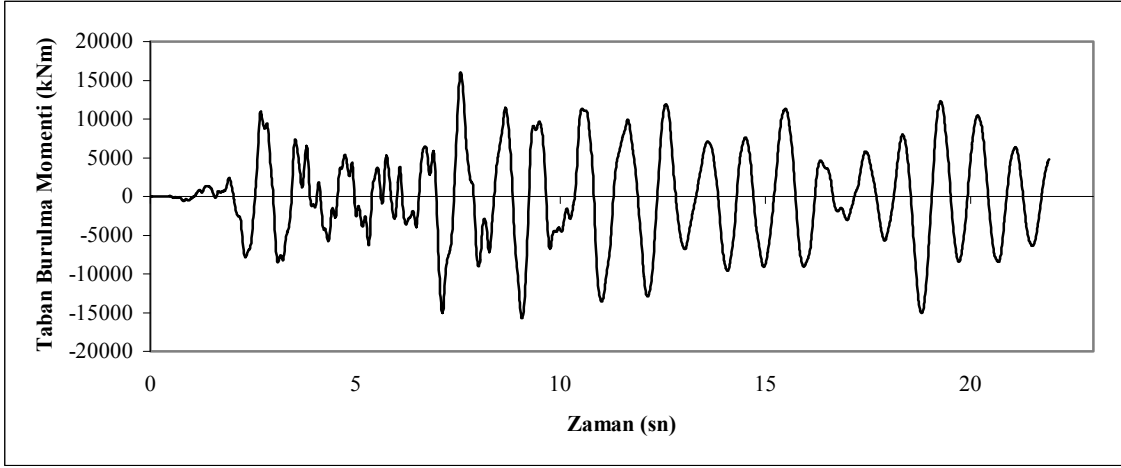
Şekil 14. Marmara Depremi için Z3 zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin zamana göre değişimi



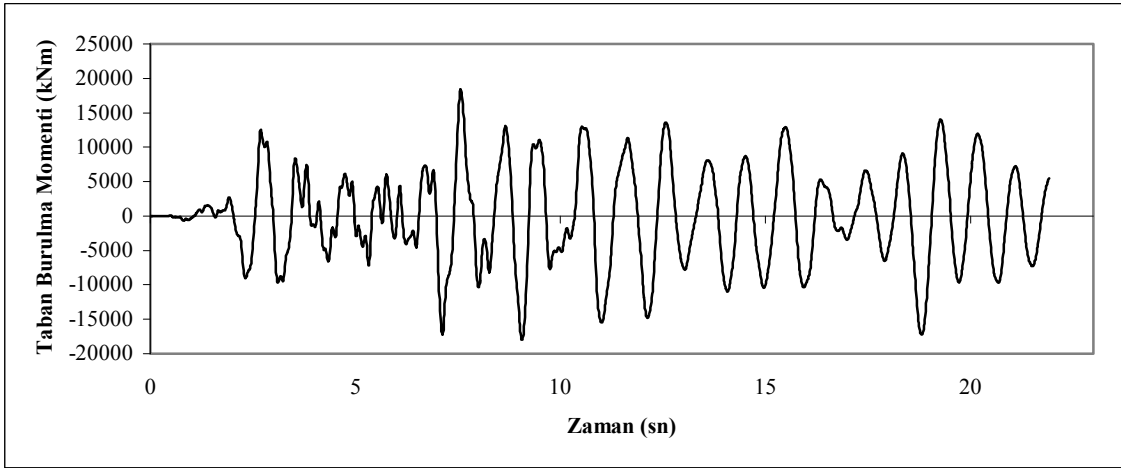
Şekil 15. Marmara Depremi için Z4 zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin zamana göre değişimi



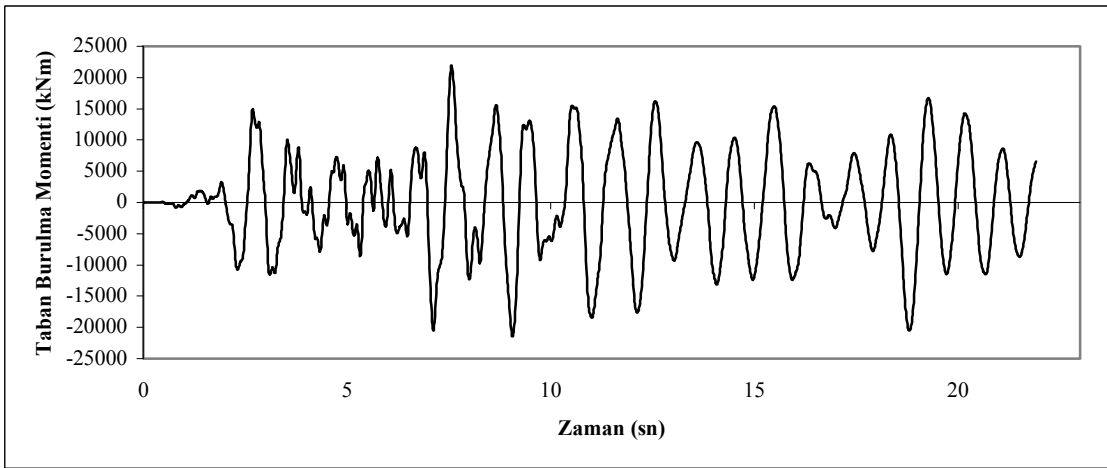
Şekil 16. Marmara Depremi için dört farklı zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin karşılaştırılması



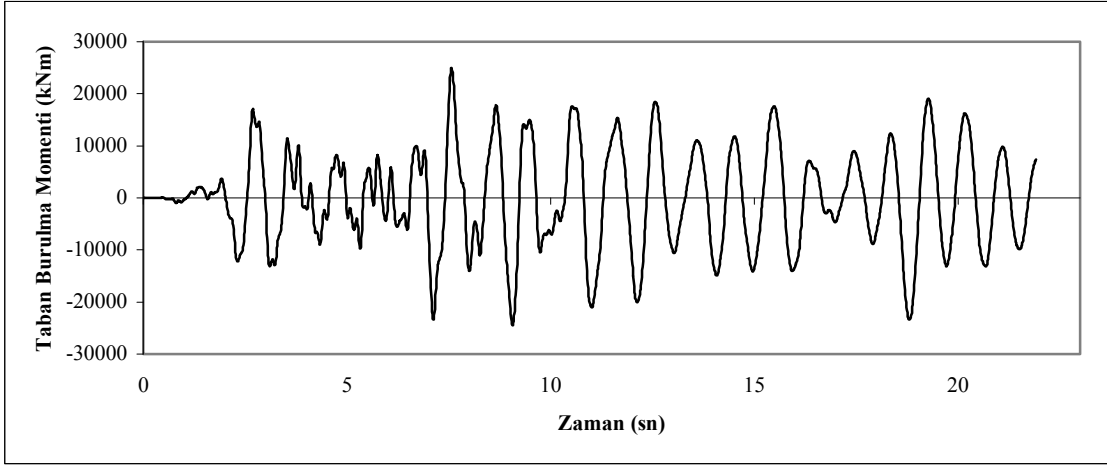
Şekil 17. Northridge Depremi için Z1 zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin zamana göre değişimi



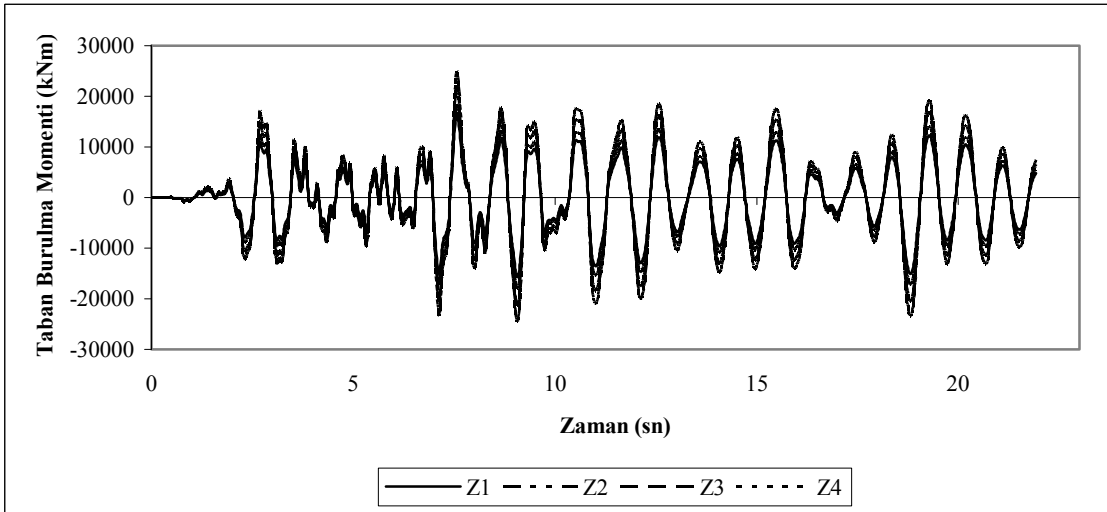
Şekil 18. Northridge Depremi için Z2 zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin zamana göre değişimi



Şekil 19. Northridge Depremi için Z3 zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin zamana göre değişimi



Şekil 20. Northridge Depremi için Z4 zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin zamana göre değişimi



Şekil 21. Northridge Depremi için dört farklı zemin sınıfında oluşan taban burulma momentinin karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, DBYBHY-2007’de plandaki düzensizlikler kısmında belirtilen burulma düzensizliğinin farklı zemin sınıfları ile ilişkisi incelenmiştir. Bunun için burulma düzensizliğine sahip çok katlı betonarme bir bina tasarlanarak dinamik analizi yapılmıştır. Bu analiz için 1999 Marmara Depremi ve 1994 Northridge Depremi esas alınmış ve

deprem yönetmeliğindeki zemin sınıflarına göre ölçeklendirilerek binaya uygulanmıştır. Analizler sonucunda her iki ölçeklendirilmiş deprem kaydı için her bir zemin sınıfında binada oluşan taban burulma momentleri ve birbirlerine göre değişimleri elde edilerek Çizelge 1-4 ve Şekil 12-21’de sunulmuştur. Marmara Deprem kaydının kullanıldığı

analizlerde elde edilen sonuçlara göre, ilgili binanın Z1 zemin sınıfında bulunması durumunda oluşan taban burulma momentinin Z2 zemin sınıfında yer almasına göre yaklaşık %17, Z3 zemin sınıfına göre %43 ve Z4 zemin sınıfına göre %67 oranında daha az olduğu görülmüştür. Binanın Z2 sınıfı zeminde inşa edildiği varsayımına göre yapılan analizlerde ise oluşan burulma momentinin Z3 zemin sınıfına göre yaklaşık %22, Z4 zemin sınıfına göre ise %42 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Northridge Depremi esas alınarak yapılan çözümlerinde Z1 zemininde oluşan taban burulma momentinin Z2 zeminine göre %14, Z3 zeminine göre %36

ve Z4 zeminine göre %55 oranında daha az olduğu görülmüştür. Z2 zemin sınıfında oluşan burulma momentinin ise Z3 zemine göre %19, Z4 zeminine göre ise %35 oranında daha az belirlenmiştir. Buna göre zemin sınıfının, sayısal çalışmada kullanılan bina için zaten var olan burulma momentlerini büyük oranlarda değiştirdiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, özellikle burulma düzensizliğine sahip binaların tasarımında ve değerlendirilmesinde zemin sınıfının etkisinin dikkate alınması ve oluşacak ek burulma momentlerinin hesaba katılması gerektiği anlaşılmaktadır.

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] Güney, D. ve Boduroğlu, M.H. “Deprem Etkisi Altındaki Simetrik ve Asimetrik Yapıların Lineer Olmayan Tepkilerine Dolgu Duvarlarının Katkısı” İtuderğisi / d Mühendislik, 5 (3): 165–174 (2006).
- [3] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (2007).
- [4] Seong-Hoon J. and Elnashai, A.S., “New Three-Dimensional Damage Index for RC Buildings with Plan Irregularities”, ASCE Journal of Structural Engineering, 132 (9): 1482–1490 (2006).
- [5] Balendra, T., Lam, N.T.K., Perry, M.J., Lumantarna, E. and Wilson, J.L., “Simplified Displacement Demand Prediction of Tall Asymmetric Buildings Subjected to Long-Distance”, Engineering Structures, 27: 335-348 (2005).
- [6] Chandler A.M, Lam, N.T.K and Sheikh, N., “Response Spectrum Predictions for Potential Near-Field and Far-Field Earthquakes Affecting Hong Kong: Soil Sites”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22: 419–40 (2002).
- [7] Lam N.T.K, Wilson J.L. and Chandler A.M., “Seismic Displacement Response Spectrum Estimated from the Frame Analogy Soil Amplification Model”, Journal of Engineering Structures, 23: 1437–1452 (2001).
- [8] Mertol, A. and Mertol, H.C., “Deprem Mühendisliği, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Kozan Ofset, 102-126, 295-314, (2002).
- [9] Zavoni, E.H. and Barrionuevo, R.M., “Response to -Orthogonal Components of Ground Motion and Assessment of Percentage Combination Rules”, Earthquake Engineering Structural Dynamics, 33: 271–284 (2004).
- [10] Stathopoulos, K.G. and Anagnostopoulos, S.A., “Inelastic Torsion of Multi-Storey Buildings under Earthquake Excitations”, Earthquake Engineering Structural Dynamics, 34: 1449–1465 (2005).
- [11] 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).
- [12] Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center. PEER Strong Motion Database.,<http://peer.berkeley.edu/smcat/data/ath/NORTRIDGE>
- [13] Aydınöğlü, M.N. and Fahjan, Y.M., “An Unified Formulation of the Piecewise Exact Method for Inelastic Seismic Demand Analysis Including the P-delta Effect”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 32: 871–890 (2003).
- [14] SAP2000 V9.0.1., “Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures”, Computer and Structures Inc, (2004).

Geliş Tarihi: 09/03/2009

Kabul Tarihi: 16/03/2010