

MEVCUT ENDÜSTR YAPISININ B R M EK L DE T RME ESASLI PERFORMANS DE ERLEND RMES

A. Seçkin¹, H. Meydanlı Atalay², H. Erdoğan², B. Doran³, B. Akba⁴

¹ Ara tırma Görevlisi, Kocaeli Üniversitesi, n aat Mühendisli i Bölümü, Kocaeli

² Yrd.Doç.Dr., Kocaeli Üniversitesi, n aat Mühendisli i Bölümü, Kocaeli

³ Doç.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, n aat Mühendisli i Bölümü, stanbul

⁴ Prof.Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, Deprem ve Yapı Mühendisli i Anabilim Dalı, Gebze
Email: hakan.erdogan@kocaeli.edu.tr

ÖZET:

Kolonları tabanda ankastre, üstte e ilme momenti aktarmayan birle imlere sahip prefabrike çerçeve sistemler yüksek yapım hızı ve nispeten dü ük maliyeti sebebiyle genellikle tek katlı endüstri yapılarının ta ıyıcı sistemi olarak tercih edilmektedir. Geçmi te ya anan depremlerden edinilen ilk izlenim, bu tip yapılarda olu an hasarın kolon-kiri birle imlerinin tasarım ve sistemin yanal rijitlik yetersizli inden kaynaklandığını göstermi tir. Çalı mada, 1999 Marmara depreminde hasar görmü tek katlı bir prefabrike endüstri yapısı incelenmek üzere seçilmi tir. Söz konusu yapının, artımsal e de er deprem yükü ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri ile do rusal elastik olmayan analizleri gerçekleştirilmi ; birim ekil de i tirme esaslı de erlendirme yapılarak yapıda olu acak etkin hasarların yeri ve mertebesi belirlenmi tir.

ANAHTAR KEL MELER: Prefabrike Beton Yapılar, Do rusal Elastik Olmayan De erlendirme

1. G R

“ ekilde i tirmeye Göre Tasarım” (GT) yaklaşımı, belirli düzeylerdeki deprem yer hareketleri altında ta ıyıcı sistem elemanlarında olu abilecek hasarın sayısal olarak belirlenmesi ve bu hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığını kontrol edilmesine dayanmaktadır. GT Yöntemleri, modern tasarım yaklaşımı “Performansa Göre Tasarım”ın temel yöntemleridir (Seçkin, 2012).

Ülkemizde, mevcut yapıların deprem etkisi altında sergileyece i yapısal performansın do rusal elastik ve do rusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile belirlenmesine ilk defa Türk Deprem Yönetmeli i (TDY 2007) Bölüm 7’de yer verilmi tir. İlgili yönetmelikte do rusal olmayan hesap yöntemi için; “Artımsal E de er Deprem Yükü Yöntemi”, “Artımsal Mod Birle tirme Yöntemi” ve “Zaman Tanım Alanında Do rusal Olmayan Hesap Yöntemi” olmak üzere üç farklı yöntem önerilmektedir.

Yapıların dinamik cevaplarının belirlenmesinde kullanılan en güvenilir yöntem, zaman tanım alanında analiz yöntemi olarak kabul edilmesine ra men bu analiz yönteminden elde edilen sonuçların güvenilirli i analizde kullanılan deprem ivme kaydının özelliklerine ba lıdır. Bu nedenle zaman tanım alanında analiz yönteminde kullanılacak deprem kayıtlarının, yapısal analizi yapılacak yapı ve yapının in a edilece i alana uygun özellikler ta ıması son derece önemlidir (Celep ve Kumbasar, 1996). Do ası gere i, olu an her bir depremin de i ik pek çok karakteristik özelli i bulunmakta ve her bir deprem hareketinden elde edilen maksimum yer ivmesi (PGA), maksimum yer hızı (PGV), maksimum yer de i tirme (PGD) ve frekans içeri i gibi pek çok özelli i farklı olabilmektedir. Bahsedilen bu farklı deprem özelliklerinin de yapının gösterece i tepkiyi ne ekilde etkiledi i

tam olarak bilinmemektedir (Bommer ve Acevedo, 2004). Bu sebeple, yapının tepkisinin tahmini için de i ik deprem kayıtlarının kullanıldığı bir denden çok analiz yapılması gerekmektedir.

Artımsal e de er deprem yükü yöntemi ise, birinci (deprem do rultusunda hâkim) titre im mod ekli ile orantılı olacak ekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan yatay yüklerin etkisi altında do rusal olmayan itme analizinin yapılmasını öngörmektedir. Dü ey yük analizini izleyen itme analizinin her adımında sistemde meydana gelen yer de i tirme, plastik ekil de i tirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) de erler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum de erler hesaplanmaktadır.

Bu çalı mada, bir prefabrike düzlem çerçevenin do rusal olmayan analizi e de er deprem yükü ve zaman tanım alanında do rusal olmayan hesap esasları do rultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu ba lamda, sahada kaydedilmiş depremlerden oluşan bir ivme kaydı grubu oluşturulmuş ve grupta yer alan ivme kayıtları TDY 2007’de tanımlanan 50 yılda a ılma olasılığı %10 olan tasarım spektrumuna göre ölçeklenmiştir. Ayrıca, dü ey ta ıyı elemanlarda birim ekil de i tirmeler esas alınarak kesit hasar düzeyleri belirlenmiştir.

2. NCELENEN YAPI LE LG L B LG LER

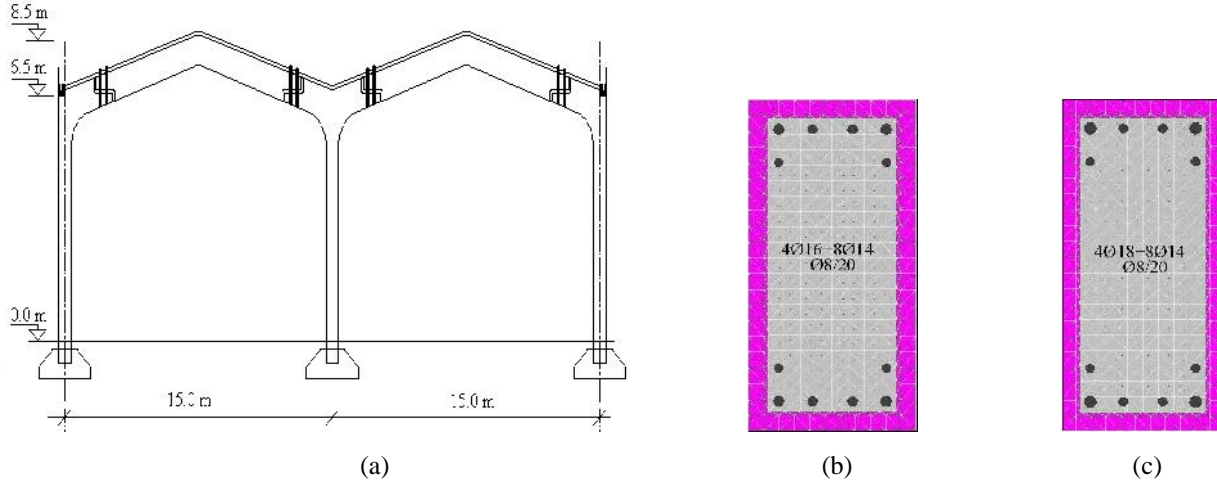
Bu çalı mada incelenmek üzere birinci derece deprem bölgesinde inşa edilmiş olan, 1999 Marmara depremine maruz kalmış ve deprem sırasında hasar görmüş tek katlı bir prefabrike endüstri yapısı seçilmiştir (ekil 1). Yapının geometrik özellikleri Tablo 1’de, kesit görünümü ekil 2’de verilmiştir. Yapıda hesap açıklıkları, çerçeve düzleminde (Y do rultusu) 30 m, çerçeve düzlemine dik do rultuda (X do rultusu) ise 65m’dir. Kolon yüksekliği 6.5 m, çatı tepe noktası 8.5 m’dir. Beton malzeme sınıfı C30, boyuna donatı için çelik sınıfı S420 ve enine donatı için çelik sınıfı S220’dir. Ta ıyı sistem, 25×50 cm boyutunda prefabrik betonarme kolonlar ile 25×50 cm boyutunda çatı makasından oluşmaktadır. Yapıya etkileyen yatay ve dü ey yükler tabana ankastre olarak ba lanan kolonlar tarafından ta ınmaktadır. Kolon kesit detayı ekil 2’de verilmiştir. Çatı makasları ve oluklar kolonlara, a ıklar da çatı makaslarına mafsal olarak ba lanmıştır. Temeller soketli tip olup yerinde dökme olduğu belirlenmiştir. Temeller arasında ba kirleri mevcuttur. Mevcut yapı tasarımının, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1975) kullanılarak e de er deprem yükü yöntemi esasları do rultusunda gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.



ekil 1. Tek katlı prefabrike endüstri yapısı

Tablo 1. Geometrik özellikler

Y-Doğru		X-Doğru		Z-Doğru		Kolon (cm)	Kiri (cm)	Açıklık (cm)	Oluk kiri
Aks sayısı	Açıklık (m)	Aks sayısı	Açıklık (m)	Kolon boyu (m)	Çatı tepe noktası (m)				
3	15	11	6.50	6.50	8.50	25 x 50	25 x 50	17 x 23	U30

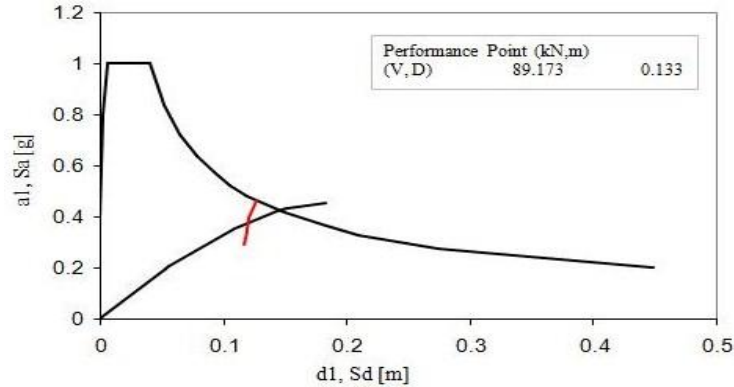


ekil 2. (a) Düşey kesit, (b) kenar kolon kesit detayı (c) orta kolon kesit detayı

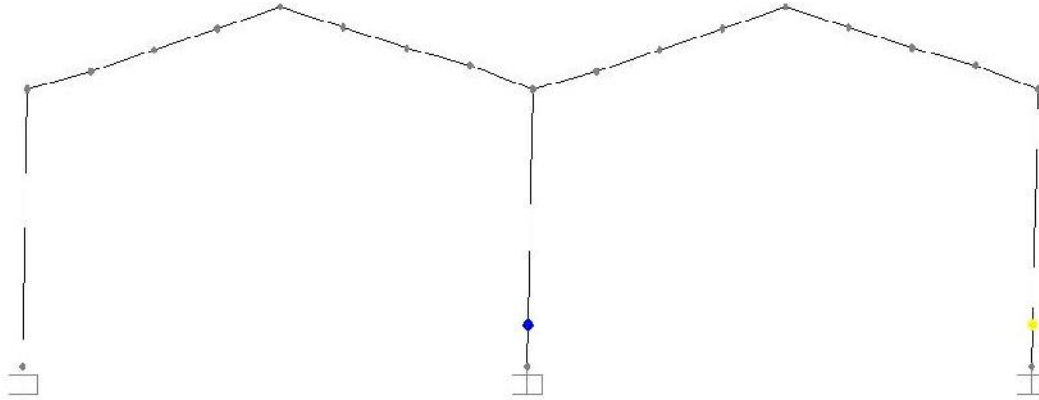
3. YAPISAL ANALİZLER

3.1. Artımsal Etkin Deprem Yüğü Yöntemi ile Analiz

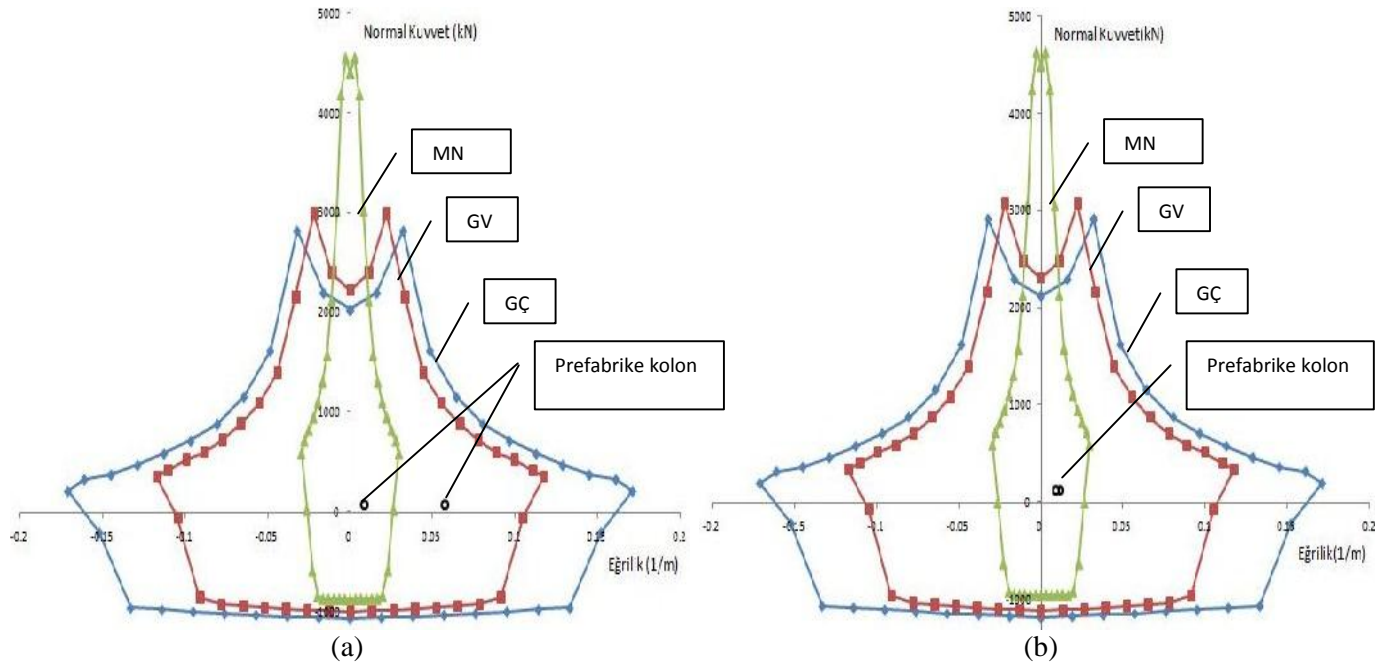
Çalışma konusu prefabrik endüstri yapısının, TDY 2007 esasları doğrultusunda dinamik olmayan statik analizi gerçekleştirilmiştir. SAP2000-ver14.2.2 programı ile modellenen yapıda, mevcut boyutlar, malzeme özellikleri ve donatı detayları kullanılmıştır. Dinamik parametreler; bina önem katsayısı (I) "1", yerel zemin sınıfı "Z2" ve etkin yer ivme katsayısı (A_0) "0.4" olarak alınmıştır. Analiz sonucunda yerden titreşim istemi kolon üst noktasında 13.3 cm olarak belirlenmiştir (ekil 3). Bu yerden titreşim istemi için son adıma ait plastik mafsallarda ilmi ekil 4'te verilmiştir. Moment-eşilim özelliklerinin hesaplanmasında Mander beton modelini esas alan XTRACT-ver3.0.8 programı kullanılmıştır. Kolonlar için normal kuvvet-eşilim diyagramları ekil 5'te verilmiştir.



ekil 3. Y-Y doğrultusunda davranış spektrumu ve modal kapasite düşüşü



ekil 4. Y-Y do rultusu plastik mafsal da ılımı



ekil 5. Y-Y do rultusu kesit hasar bölgeleri (a) kenar kolon (b) orta kolon

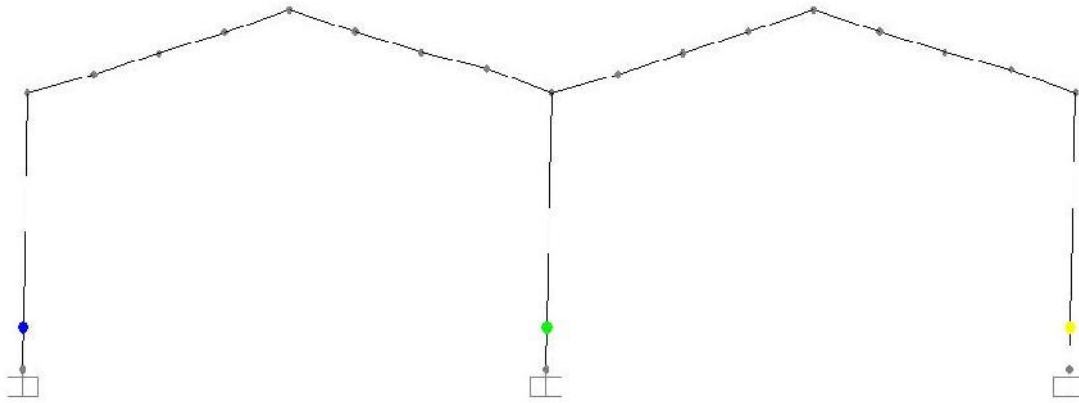
3.2. Zaman Tanım Alanında Do rusal Olmayan Hesap Yöntemi

Zaman tanım alanında hesap yönteminde uygulanan deprem ivme kayıtları (Tablo 2), Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) tarafından oluşturulan veri tabanından seçilmiştir. Tablo 2'den de görüleceği üzere kayıtları üreten depremlerin moment büyüklüğü (M_w) 6.7 ile 7.6 arasında, deprem kaynak noktası ile kayıt noktası arasındaki mesafe (R) 0.30 km ile 9.30 km arasında değişmektedir. Seçilen kayıtlar zaman tanım alanında belirli bir periyot ($0.2T$ ile $2T$) aralığında TDY 2007'de tanımlanan 50 yıllık deprem olasılığı %10 olan tasarım spektrumuna göre ölçeklenmiştir (Tablo 2).

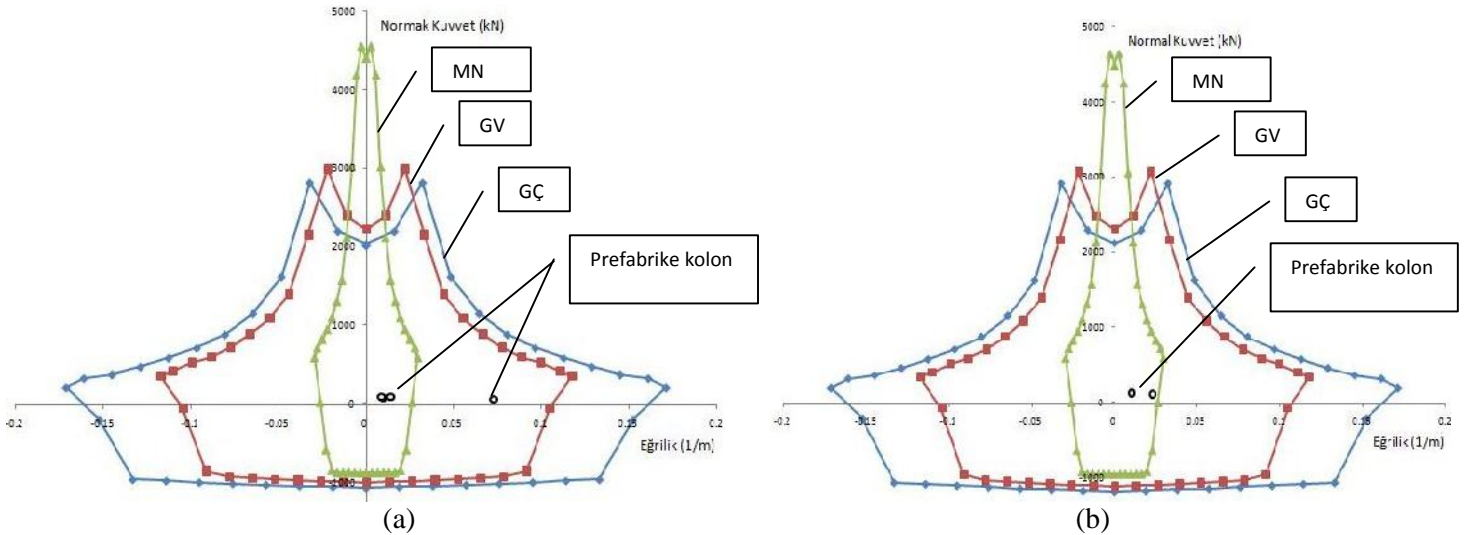
Tablo 2. Çalışmada kullanılan deprem kayıtları ve ölçek katsayıları

Deprem	stasyon	Bileşen	M_w	R (km)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	Ölçek Katsayısı
1.Northridge	PacoimaKa g. C.	360	6.7	7.26	0.43	51.50	7.21	0.840
2.Chi-Chi	TCU068	E	7.6	0.30	0.57	176.70	324.30	0.706
3.LomaPrieta	Saratoga W Val.C	0	7.0	9.30	0.25	42.40	19.50	1.314

TDY 2007, Madde 2.9.3 gereğince ince zaman tanım alanında analizde üç farklı yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu göz önüne alınacaktır. Analizler sonucunda maksimum değerler, Chi-Chi ivme kaydının uygulanması sonucu olmuştur. Bu yer hareketi için kolon üst ucu maksimum yerdeğiştirilmesi 15.16 cm olarak elde edilmiştir. Plastik mafsallarda ilımlı ekil 6'da verilmiştir. Kolonlar için normal kuvvet-eğrilik diyagramları ekil 7'de verilmiştir.



ekil 6. Y-Y doğrultusunda plastik mafsallarda ilımı



ekil 7. Y-Y doğrultusunda kesit hasar bölgeleri (a) kenar kolon (b) orta kolon

3.3. Değerlendirme

Mevcut endüstri yapısı, 1999 Marmara Depreminde orta seviyede hasar almış olup mevcut hasar kolon tabanlarında mafsalla ma ve kolon-kiri birleşim bölgelerinde ezilmeler şeklinde gözlenmiştir (ekil 8).



ekil 8. Yapıda gözlenen hasarlar

Plastik mafsallı bağlantıları (ekil 4, ekil 6) incelendiğinde, plastik mafsalların kolon alt ucunda oluştuğu ve ekil 5 ve ekil 7’den çerçeve kenar kolonunun belirgin hasar bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Analiz sonuçlarının, yapıda meydana gelen hasarla (ekil 8) uyumlu olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ

Birinci derece deprem bölgesinde yer alan prefabrik endüstri yapısının dördüncü rüsal elastik olmayan analizleri TDY 2007 esasları doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Artımsal eğer deprem yükü ve zaman tanım alanında hesap yöntemleri dikkate alınarak yapılan analizler neticesinde, düzey taşıyıcı elemanların kesit hasar düzeyleri belirlenmiştir. Her iki yöntem ile yapılan analizler sonucu, mafsallı bağlantıları incelendiğinde çerçeve kenar kolonunun belirgin hasar bölgesinde yer aldığı belirlenmiştir. 1999 Marmara Depremi sonrası yapıda tespit edilmiş hasar durumunun, TDY 2007 esasları doğrultusunda belirlenen sayısal modelde iki farklı yöntem uygulanarak elde edilen hasar durumuyla uyumlu olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

Seçkin, A., (2012). Yarı Prefabrik Yapıların Değerlendirmeye Göre Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TDY2007, (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., (1996). Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş, Sema Matbaacılık, İstanbul.

Bommer, J.J., ve Acevedo A.B., (2004). “The Use of Real Earthquake Accelerograms as Input to Dynamic Analysis”, Journal of Earthquake Engineering, 8(1): 43-92.

3. Türkiye Deprem Mühendisli i ve Sismoloji Konferansı
14-16 Ekim 2015 – DEÜ – ZM R



ABYYHY, (1975). Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve Şkan Bakanlığı, Ankara.

SAP2000 ver.14.2.2, (2010). Integrated Structural Analysis and Design Software, Computer and Structures Inc., Berkeley, California.

XTRACT ver.3.0.8,(2007). Cross Sectional Analysis of Components, Imbsen Software System, Sacramento.

PEER Strong Motion Database, Pacific Earthquake Engineering Research Center, California, <http://peer.berkeley.edu/smcat>.