

Betonarme Prefabrik Yapıların Deprem Dayanımı: Makas Kirişinin Devrilmesi

Salih YILMAZ*

Adnan KUYUCULAR**

Şevket Murat ŞENEL***

Mehmet İNEL****

ÖZ

Ülkemizde yaşanan 1998 Adana ve 1999 Marmara depremleri, prefabrik yapı stoğumuzda çok ağır hasarlara sebep oldu. Tek pimli yetersiz makas bağlantıları son depremlerden sonra çift pimli yapılmaktadır ve çok daha güvenlidir. Ancak bu tür taşıyıcı sistem bağlantıları hakkında, 1998 Afet Yönetmeliğinde (AY98) açık bir hüküm yoktur. Bu çalışmada 15 adet prefabrik yapı AY98 hükümlerine göre tasarlanarak, doğrusal ötesi zaman tanım alanında analizleri yapılmış ve makasa gelen kuvvetler ile makas davranışı incelenmiş ve çift pimli bağlantıların yeterliliği araştırılmıştır. Bağlantı tasarım yöntemine bazı öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Prefabrik Yapılar, Afet Yönetmeliği, Doğrusal Ötesi Zaman Tanım Alanında Analiz, Makas Kirişi Devrilmesi, Makas Kirişi Bağlantısı.

ABSTRACT

Seismic Resistance of Precast Structures: Roof Girder Turnover

1998 Adana and 1999 Marmara and Düzce Earthquakes in the last decade in Turkey, caused serious damages to precast concrete buildings. Single pinned connections are then criticized and this connection type is changed to double-pinned type. In this study, 15 precast concrete structures are designed according to 1998 Turkish Earthquake Code. After that, nonlinear time history analysis of these buildings are carried out to study forces coming to roof girder and behavior of roof girder. Then, adequacy of design procedure of double-pinned connections are investigated and some suggestions are made concerning design procedure of connections..

Keywords: Precast Structures, Earthquake Code, Nonlinear Time History Analysis, Roof Girder Damage.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 03.06.2005 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2007 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli - syilmaz@pamukkale.edu.tr

** Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli - akuyucular@pamukkale.edu.tr

*** Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli - smsenel@pamukkale.edu.tr

**** Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli - m_inel@pamukkale.edu.tr

1. GİRİŞ

1998 Adana ve 1999 Marmara ve Düzce depremleri, ağır can ve mal kayıplarına yol açtı. Bu depremler, prefabrik betonarme yapılarda ağır hasarlara sebep oldu. Bu yapıların hemen hepsi, mafsalsal bağlantılı tek katlı ve büyük açıklıklı sanayi yapıları idi. Bu yapılarda toptan veya kısmen göçmenin yanında rastlanan diğer önemli hasarlar makasın devrilmesi veya kayıp mesnedinden düşmesiyle meydana gelmiştir [1,2]. Bazı yapıların makas kirişleri düşme de makas bağlantıları hasar görmüştür. Bu hasarların sebebi, genelde bağlantının tek pim ile yapılmasına bağlanmıştır. Bunun sonucunda, 1998 Adana depremi sonrasında, tek pimli bağlantılar terk edilmiş ve çift pimli bağlantılar uygulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, aynı tipten 15 adet tek katlı betonarme prefabrik sanayi yapısının tasarımları AY98 [3] sınırına yakın olacak şekilde yapılmış ve bunlara ait SAP2000 modelleri hazırlanmıştır. Hazırlanan 15 SAP2000 modeli, kolon alt ucunda beklenen plastik mafsalsal davranışını yansıtabilmektedir. Böylece AY98'in öngördüğü dinamik yükleri yansıtabilmek için AY98'in tasarım spektrumlarına uygun spektrumları olan sentetik ivme kayıtları altında makas kirişine gelen yükler ve makas kirişinin dinamik davranışı doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizle (ZTAA) araştırılmıştır.

2. MODELLER VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

Öncelikle, farklı makas uzunluklarında, farklı kat yüksekliklerine sahip 72 adet prefabrik binanın tasarımı, farklı zeminler ve farklı kolon boyutları için, bir tez çalışması [4] kapsamında yapılmıştır. Modellerde, makas uzunluğu 12, 16, 20 m, kat yüksekliği ise 6 ve 8 m olarak değişkendir. Binaların Z2 veya Z3 sınıfı zeminler üzerinde bulunduğu kabul edilerek tasarımları yapılmıştır. Bu tasarımlardan AY98 sınırına yakın olan 15 tanesi analiz için seçilmiştir.

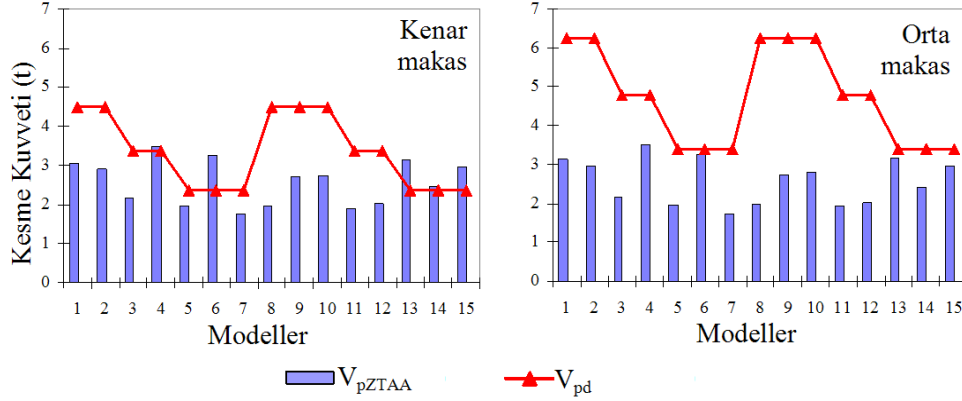
Makas kirişi bağlantılarının tasarımı için, yönetmeliklerde kesin ve ayrıntılı kurallar yoktur. Günümüzde uygulanan çift pimli bağlantıya ait hesap adımları 1998 Ceyhan depreminde hasar gören yapılara ilişkin bir çalışmada verilmiştir [2]. AY98'de yapısal çıkıntılar ve yapısal olmayan elemanlar için verilen eşdeğer statik deprem yükü bu bağlantıların tasarımında da kullanılmaktadır. Makas kirişleri açısından bu yaklaşımın yeterliliği sorgulanmamıştır.

AY98'i tutarlı bir şekilde irdelemek için, yönetmelik spektrumuna yakın bir spektruma sahip sentetik ivme kayıtlarının kullanılması şarttır [5]. Beşi Z2, beşi de Z3 zeminlere ait olmak üzere toplam on adet sentetik ivme kaydı üretilmiştir. Oluşturulan modellerde sadece kolon alt uçlarında plastik mafsalsal elemanları tanımlanmıştır. Mafsalların boyu kolon derinliğinin yarısı kadar kabul edilmiştir [6].

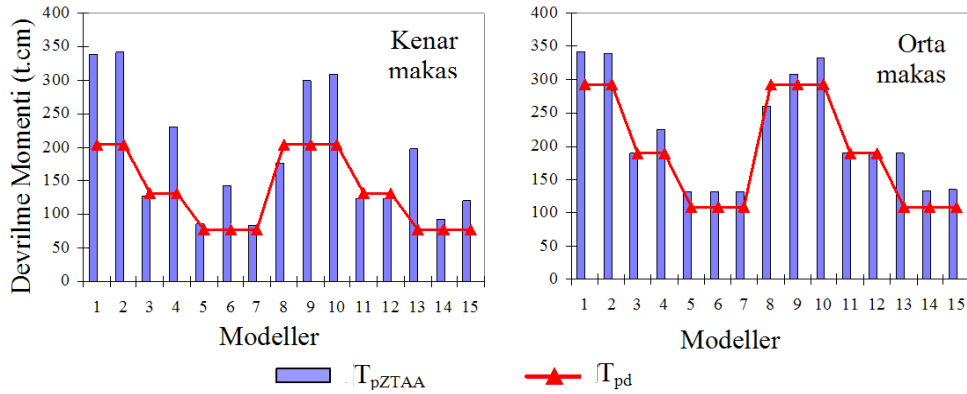
3. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ÖTESİ ANALİZ SONUÇLARI

Yapılan doğrusal ötesi analizler neticesinde pimlere gelen V_{pZTAA} kuvvetleri V_{pd} ile kenar ve orta makaslar için sırasıyla Şekil 1a ve Şekil 1b'de karşılaştırılmıştır. Şekil 2'de ise doğrusal olmayan ZTAA ile bulunan pimlerin taşıması gereken devrilme momentleri yönetmeliklere göre hesaplanan tasarım devrilme momenti ile karşılaştırılmıştır. Yönetmeliğe göre hesaplanan kesme kuvvetleri çok hatalı değilken, tasarım devrilme momentleri doğrusal olmayan ZTAA sonuçlarından küçük kalmaktadır. Bu durum piyasada kullanılan ve yönetmelikte hiçbir dayanağı da olmayan hesap yönteminde makas açıklığının

devirmeye karşı koyan olarak dikkate alınmasıdır. Hâlbuki deprem yükleri altında yanal sehim yapan makas kirişinin ağırlığı devirmeye karşı koyan olarak çalışmamaktadır [4].



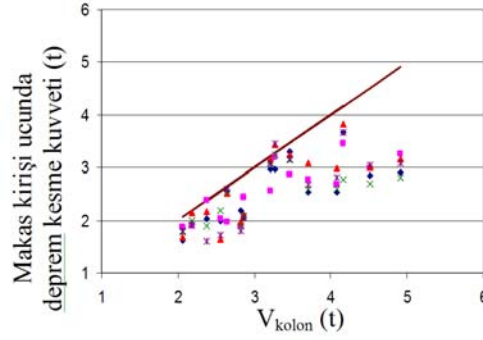
Şekil 1. V_{pd} ile V_{pZTAA} Makas Ucu Çift Pim Kesme Kuvvetleri



Şekil 2. Pimlere kalan T_{pd} ile T_{pZTAA} Devrilme Momentleri

Gerçekte doğrusal ötesi davranan bir sistemde elemanların akma dayanımının değişmesi bütün sistemin taşıma kapasitesini ve komşu elemanlara gelebilecek yükleri de değiştirir. AY98'e göre sünek tasarlanması gereken bu kolonlarda eğilme kırılması istendiğine göre, bu kolonların nihai eğilme dayanımlarına ulaştıkları anda taşıdıkları kesme kuvvetleri (1) bağıntısı ile hesaplanabilir. Bağıntıda, $M_{r,kolon}$ kolonun pekleşmeli moment dayanımı, H_{kat} ise kolon (kat) yüksekliğidir. Kolona kuvvet aktaran elemanlardan gelen kuvvetin bu kapasiteyi geçmesi mümkün değildir. Prefabrik yapı sisteminde kolona kesme kuvveti aktaran eleman makas kirişleridir. Makasların bir ucundaki V_{pZTAA} yatay kesme kuvvetleri, oturdukları orta kolonların V_{kolon} kesme kuvvetiyle, Şekil 3'de karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi kiriş kesme kuvveti kolon kapasitesini 2 istisna dışında hiç geçmemektedir. Bu istisnalar da aşık ve olukların taşıdığı az miktardaki aksenal kuvvetten kaynaklanmaktadır.

$$V_{kolon} = \frac{M_{r,kolon}}{H_{kat}} \quad (1)$$



Şekil 3. Orta Kolonun Kesme Kuvveti Kapasitesi – Orta Kiriş Ucunda Kesme Kuvveti

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda Afet Yönetmeliğinde verilen makas kirişi deprem yükü formülünün çok büyük hatalar içermediği ancak daha doğru bir yaklaşım olarak kapasite tasarımına gidilerek makas kirişi ve bağlantılarına gelecek kesme kuvvetinin kolon eğilme kapasitelerinden bulunması gerektiği ortaya koyulmuştur. Yönetmeliğe gerekli ilave yapılmalıdır. Ayrıca, makas bağlantı hesabında makas kirişi ağırlığının devirmeye karşı koyan olarak kullanılması da yanlış sonuçlar çıkarmaktadır. Uygulama düzeltilmeli, gerekirse yönetmelikte de yasaklanmalıdır.

Kaynaklar

- [1] Ersoy, U., Özcebe, G. ve Tankut, T., (2000), 1999 Marmara ve Düzce Depremlerinde Gözlenen Önüretimli Yapı Hasarları, 10.Prefabrikasyon Sempozyum Bildirileri Kitabı, Deprem ve Prefabrikasyon, Sayfa 1, İstanbul.
- [2] Zorbozan, M., Barka, G. ve Sarıfakıoğlu, F., (1998), Ceyhan Depreminde Prefabrik Yapılarda Görülen Hasarlar, Nedenleri ve Çözüm Önerileri, Beton Prefabrikasyon Dergisi, Ekim 1998, Sayı 48, Sayfa: 20.
- [3] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, (1998), Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara.
- [4] Yılmaz S. (2004) Tek Katlı Betonarme Prefabrik Yapıların Deprem Davranışı Ve Türk Deprem Yönetmeliğinin Prefabrik Yapılar Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Denizli
- [5] Mwafy, A.M. and Elnashai A.S., (2001), Static Pushover versus dynamic collapse analysis of RC buildings, Engineering Structures, vol:23 p:407-424
- [6] Moehle, J. P., (1992) Displacement-Based Design of RC Structures Subjected to Earthquakes, Earthquake Spectra, EERI, Vol. 8, No. 3, August 1992, pp 403-428