

## Statik Artımsal İtme Analizinde Kullanılan Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi

Kasım A. KORKMAZ\*

Mustafa DÜZGÜN\*\*

### ÖZ

Yapıların deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesinde doğrusal olmayan statik artımsal itme ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri en çok kullanılan yöntemlerdir. Bu çalışmanın amacı, betonarme yapıların performanslarının belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerinin, doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler ile karşılaştırılarak değerlendirilmesidir. Bu amaçla çalışmada periodları farklı, üç açıklıklı, 3, 5, 8 ve 15 katlı dört betonarme çerçeve yapı ele alınmış ve bu çerçeve yapılar için dikdörtgen, üçgen (IBC,  $k=1$ ) ve parabol (IBC,  $k=2$ ) yük etkileri altında doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri yapılmıştır. Statik artımsal itme analizleri, farklı 50 deprem verisi ile yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, en uygun yükleme tipi belirlenerek, kat adedi artışına göre analiz sonuçları incelenmiştir.

### ABSTRACT

#### Evaluation of Load Distributions in Pushover Analysis

Nonlinear pushover and time history analyses are common used methods to determine the nonlinear behavior of structures under earthquake loading. The aim of the present study is to evaluate the push over analysis, which is commonly used to determine the performance of R/C structures, comparing with time history analysis. For this purpose, 3, 5, 8 and 15-story R/C frame structures with various natural periods are analyzed by performing nonlinear pushover and dynamic time history analyses. The load distributions for pushover analyses are chosen as rectangular, triangular (IBC,  $k=1$ ) and parabolic (IBC,  $k=2$ ). To evaluate the results from the pushover analysis, nonlinear dynamic time history analysis is performed for 50 different stations' data during various earthquakes. Finally, the best load distribution is determined for pushover analysis and the results are evaluated regarding with story height of the selected structures.

---

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 13.12.2004 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2006 gününe kadar tartışmaya açıktır.

\* Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Buca – İzmir – armagan.korkmaz@deu.edu.tr

\*\*Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Buca – İzmir – Mustafa.duzgun@deu.edu.tr

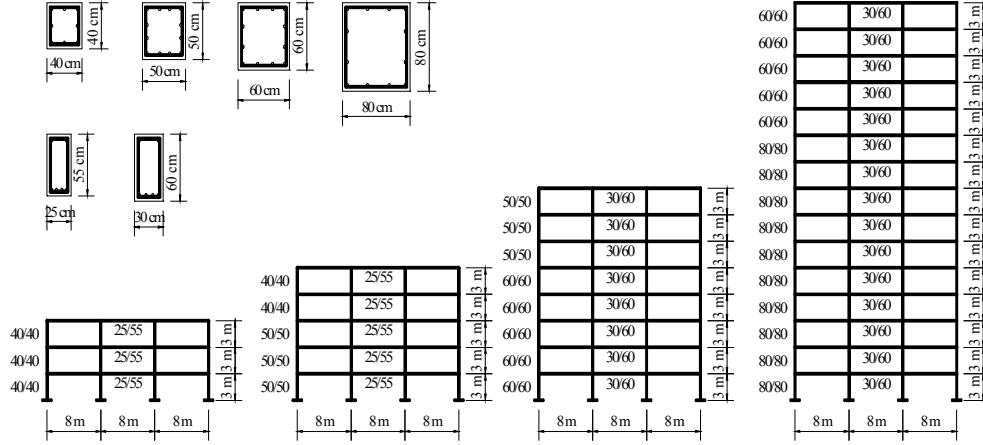
## **GİRİŞ**

Bu çalışmada, betonarme yapıların performansının belirlenmesinde kullanılan, gerçekçi ancak karmaşık olan doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemlerinin yerine uygulamada tercih edilen doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır [1,2,3]. Bunun için statik artımsal itme eğrileri, zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılarak, hangi yük dağılımının, en uygun dağılım olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 3, 5, 8 ve 15 katlı dört adet üç açıklıklı betonarme çerçeve yapı ele alınmış ve bu yapılar doğrusal olmayan statik artımsal itme ve doğrusal olmayan dinamik zaman tanım alanında analiz yöntemlerine göre incelenmiştir. Statik artımsal itme analizlerinde dikdörtgen, üçgen (IBC,  $k=1$ ) ve parabol (IBC,  $k=2$ ) yük dağılımları kullanılmıştır. Seçilen dört betonarme çerçeve yapı için, üç farklı yük dağılımına göre statik artımsal itme analizlerinin ve farklı 50 deprem verisi için zaman tanım alanında dinamik analizlerinin gerçekleştirilmesinde DRAIN 2DX analiz programı kullanılmıştır [4,5,6].

## **2. DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK İTME VE ZAMAN GEÇMİŞİ ANALİZ YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **2.1. Örnek Yapı Sistemlerinin Belirlenmesi**

Üç açıklıklı, 3, 5, 8 ve 15 katlı Şekil 1'de özellikleri verilen dört adet betonarme çerçeve yapı TS 500 ve ABYYHY 1998'e göre boyutlandırılmıştır [7,8]. Yapıların önem katsayısı 1 olarak alınmış ve ölü, hareketli ve deprem yükleri hesaba katılmıştır. 3 katlı betonarme çerçeve yapının doğal periodu 0.54 sn'dir. Sistemin tüm kirişleri dikdörtgen ve 25cm\*55cm ve  $A_{st}= 13.26 \text{ cm}^2$ 'dir. Tüm kolon boyutları ise kare ve 40cmx40cm ve  $A_{st}= 30.40 \text{ cm}^2$ 'dir. 5 katlı çerçeve yapının doğal periodu 0.72 sn'dir. Sistemin tüm kirişlerinin kesitleri 3 katlı sistemde olduğu gibi dikdörtgen ve 25cm\*55cm ve  $A_{st}=13.26 \text{ cm}^2$ 'dir. Tüm kolon boyutları kare ve ilk üç kat için 50cm\*50cm ve  $A_{st}=45.20 \text{ cm}^2$ 'dir. son iki kat için ise 40cmx40cm ve  $A_{st}= 30.40 \text{ cm}^2$ 'dir. 8 katlı ve 15 katlı sistemlerin doğal periodları sırasıyla 0.90 ve 1.20 sn'dir. Kiriş boyutları dikdörtgen olup 8 ve 15 katlı için 30cm\*60cm ve  $A_{st}= 45.00 \text{ cm}^2$ 'dir. 8 katlı sistemde kolon boyutları ilk beş kat için 60cm\*60cm ve  $A_{st}= 75.00 \text{ cm}^2$  iken son üç kat için 50cm\*50cm ve  $A_{st}=45.20 \text{ cm}^2$ 'dir. 15 katlı yapı sistemi için kolon boyutları, ilk 10 katta 80cm\*80cm ve  $A_{st}= 145.00 \text{ cm}^2$  ve son beş katta 60cm\*60cm ve  $A_{st}= 75.00 \text{ cm}^2$  olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de özellikleri verilen betonarme çerçeve yapılar, statik artımsal itme ve zaman tanım alanında dinamik analizlerde kullanılmıştır.



Şekil 1. 3-5-8-15 Katlı Betonarme Çerçeve Yapıların ve Kesit Alanlarının Gösterimi

## 2.2. Doğrusal Olmayan Statik Artımsal İtme Analizi

Statik itme analizleri seçilen betonarme çerçeveler için, taban kesme kuvveti / bina ağırlık ( $V/W$ ) oranı ile kat yer değiştirmesi arasındaki ilişkiyi gösteren eğrileri elde etmek üzere yapılmıştır. Analizlerde dikdörtgen, üçgen (IBC,  $k=1$ ) ve parabol (IBC,  $k=2$ ) yük dağılımları kullanılmıştır. Bu yükleme tipleri FEMA’da en çok kullanılan yük tipleri olduğu için seçilmiştir [1]. Dikdörtgen yük dağılımı diğer yük dağılımları ile karşılaştırıldığında daha büyük etki yüküne sahip olmasından dolayı, yapı davranışında tüm mod katkılarını dikkate alan yükleme tipini temsil etmektedir. Dolayısıyla dikdörtgen yükleme dağılımından elde edilen yapı davranışı, üçgen (IBC,  $k=1$ ) ve parabol (IBC,  $k=2$ ) yükleme dağılımlarına göre daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Statik artımsal itme analizlerinde hesaplamalarda  $P-\Delta$  etkisi de dikkate alınmıştır. Yanal yüklemeler, son kat deplasmanları 3,5,8 katlı yapılar için 50 cm’ye, 15 katlı yapı için 100 cm’ye ulaşınca kadar artırılmıştır. Yapıları analiz etmek için kiriş ve kolon elemanlar kullanılmıştır. Kirişlerin yatay düzlemde rijid olduğu kabulü yapılmıştır. Elastik olmayan etkiler eleman uç noktalarında düşünülen plastik mafsallar şeklinde tanımlanmıştır. Pekleşme tüm elemanlar için ihmal edilmiştir. ACI 318’de açıklanmış olan Eksenel Yük-Moment,  $P-M$ , ilişkisi kullanılmıştır [9,10]. Analizlerde DRAIN 2DX analiz programı kullanılmıştır [4].

## 2. 3. Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analizi

Statik artımsal itme analizlerinde kullanılan, şekil 1’de görülen betonarme çerçeve yapılar, ölü ve hareketli yük etkileri altında,  $P-\Delta$  etkileri de dikkate alınarak zaman tanım alanında dinamik analizlerde de kullanılmıştır. Zaman tanım alanında dinamik analizleri için de DRAIN 2DX programı kullanılmıştır [4,5]. Zaman tanım alanında dinamik analizinde, 50 deprem verisi kullanılmıştır. Seçilmiş olan deprem verileri farklı frekanslara ve PGA (en büyük zemin ivmesi) değerlerine sahiptir. Kullanılan deprem kayıtları, “Anza (Horse Canyon), Parkfield, Morgan Hill, Kocaeli, Coyota Lake, N. Palm Springs, Northridge, Santa Barbara, Imperial Valley, Cape Mendocino, Kobe, Central California, Lytle Creek, Whittier

### *Statik Artımsal İtme Analizinde Kullanılan Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi*

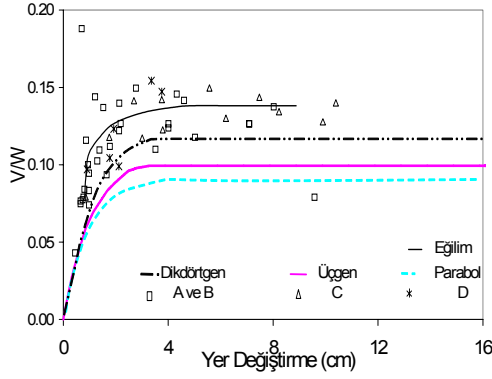
Narrows, Hollister Westmoreland, Landers, Livermor ve Cape Mendocino” depremlerine aittir [11]. Deprem verileri için PGA değerleri 0.046 ile 0.395g arasında değişmektedir. (g yerçekimi ivmesidir). Seçilen tüm deprem kayıtları, yakın odaklı depremlerdir. Çalışmada, farklı zemin sınıflarına göre betonarme çerçeve yapıların 50 deprem verisine göre yapılan zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçları elde edilmiştir.

### **3. SONUÇLAR**

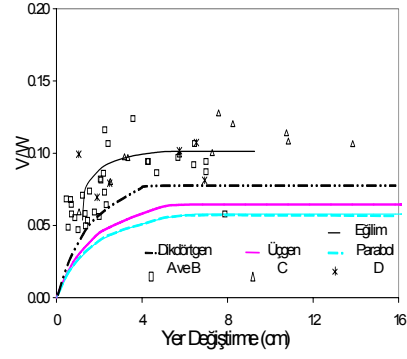
Bu çalışmada, daha gerçekçi ancak oldukça karmaşık olan doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemlerinin yerine uygulamada sıkça kullanılan, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerindeki yükleme tiplerinin, analiz sonuçlarını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu amaçla 3, 5, 8 ve 15 katlı üç açıklıklı betonarme çerçeve yapı ele alınarak, doğrusal olmayan statik artımsal itme ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri uygulanmıştır. Statik artımsal itme analizlerinde dikdörtgen, üçgen (IBC, k=1) ve parabol (IBC, k=2) yük dağılımları seçilmiştir. Ele alınan dört betonarme çerçeve yapının, üç farklı yük dağılımı için statik artımsal itme analizleri ve farklı 50 deprem verisi için zaman tanım alanında dinamik analizleri DRAIN 2D programı ile yapılmıştır.

Her bir yapıda katlara ait aynı yer değiştirme değerlerine karşı gelen V/W oranına bağlı akma değerleri, sırasıyla, parabol, üçgen ve dikdörtgen yükleme etkilerine bağlı olarak artmaktadır. Buradan, analiz sonuçlarında dikdörtgen yük dağılımının, üçgen ve parabol yük dağılımlarıyla karşılaştırıldığında her zaman daha yüksek taban kesme kuvveti / kat ağırlığı (V/W) oranı verdiği görülmektedir. Bunun sonucu olarak en uygun yüklemenin, tüm mod bileşenlerini de kapsadığını kabul edebileceğimiz dikdörtgen yükleme olduğu görülmektedir. Statik artımsal itme analizlerinde, dikdörtgen yük dağılımının kullanılmasının daha gerçekçi sonuçlar vereceği söylenebilir.

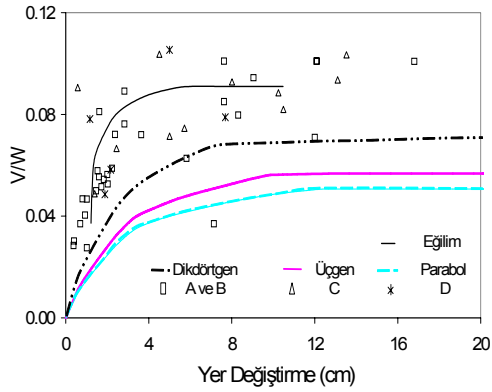
50 farklı karakteristikteki deprem verisine bağlı olarak gerçekleştirilen zaman tanım alanında dinamik analizlerinden elde edilen eğilim eğrileri, dikdörtgen, üçgen (IBC, k=1) ve parabol (IBC, k=2) yük dağılımları kullanılarak elde edilen statik artımsal itme eğrileriyle şekil 2’de görüldüğü gibi karşılaştırılmıştır. Statik artımsal itme eğrilerinin, dinamik analiz sonuçlarından elde edilen V/W-yer değiştirme değerlerinin eğilim eğrileriyle tam olarak örtüşmediği görülmektedir. 3 ve 5 katlı yapılarda statik artımsal itme eğrilerinin dinamik analiz sonuçlarına yeterli yakınlıkta olduğu söylenebilir. Az kat adedi olan yapılarda statik artımsal itme analizi sonuçlarının daha gerçekçi sonuçlar verdiği ancak yapıların kat adedi arttıkça, zaman tanım alanında dinamik analizi sonuçlarından uzaklaştığı görülmektedir. Bu durum, 8 ve 15 katlı yapılarda oldukça belirgin olarak görülmektedir. Statik artımsal itme analizlerindeki dikdörtgen yük dağılımına bağlı statik artımsal itme eğrileri, diğer yük dağılımlarından elde edilen statik artımsal itme eğrilerine göre, dinamik analiz sonuçlarına daha çok yaklaşmaktadır. Ancak kat adedi fazla olan yapılarda statik artımsal itme eğrilerinin zaman tanım alanında analiz sonuçlarından oldukça farklı olduğu da görülmektedir. Dikdörtgen yükleme tipinin en uygun yükleme tipi olduğunu belirtirken yapının kat adedinin önemini belirtmesi de gereklidir. Statik artımsal itme analizinin çok katlı yapılarda dinamik analiz sonuçlarından farklı sonuçlar verdiği görülmektedir.



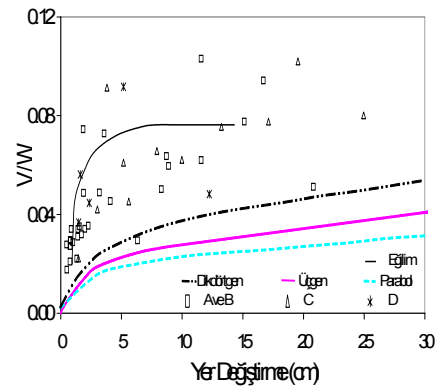
a) 3 katlı yapı



b) 5 katlı yapı



c) 8 katlı yapı



d) 15 katlı yapı

Şekil 2. Örnek Yapıların Statik Artımsal İtme Analizlerinin Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

### Kaynaklar

- [1] FEMA 273 (1997). "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, federal Emergency Management Agency", Washington D.C., ABD
- [2] ATC-40 (1996), "Seismic evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", Vol.1, Applied Technology Council, Redwood City, CA., ABD
- [3] Vision2000 Committee (1995), Structural Engineering Association California CA ABD
- [4] Prakash, V., Powell, G., Campbell, S. (1993), DRAIN 2D Kullanım Klavuzu V 1.10, University of California at Berkeley, CA, ABD
- [5] Li, Y.R. (1996), "Non-Linear Time History And Pushover Analyses for Seismic Design and Evaluation" Doktora Tezi, University of Texas, Austin, TX, ABD

*Statik Artımsal İtme Analizinde Kullanılan Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi*

- [6] International Building Code, (2000). "International Building Code", International Conference of Building Officials, Whittier, CA., ABD
- [7] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) (1998). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Ankara., Türkiye
- [8] TS 500, (2000) Betonarme Yapıların Tasarım, Yapım Kuralları, T.S.E. Kurumu, Ankara
- [9] ACI 318, (2000), Building Code Requirements, American Concrete Institute, MI, ABD
- [10] SEAOC (1999), Recommended Lateral Force requirements Structural Engineering Association of California, Sacramento, CA, ABD
- [11] PEER (Pasific Earthquake Engineering) internet sitesi <http://peer.berkeley.edu>