



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0252

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2011

Accepted: October 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Duygu Öztürk

Ege University

duygu.ozturk@ege.edu.tr

Izmir-Turkey

ÇOK KATLI YAPILARIN STATİK İTME EĞRİSİNİN ELDE EDİLMESİ İÇİN PRATİK BİR YÖNTEM

ÖZET

Deprem mühendisliğindeki gelişmelere paralel olarak son yıllarda yapıların performansa dayalı analizi önem kazanmıştır. Yapıların deprem yükleri altındaki performanslarının değerlendirilmesi için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin arasında karmaşık olmaması nedeniyle doğrusal olmayan statik analiz yöntemi önem kazanmış ve deprem yönetmeliklerinde yer almıştır. Doğrusal olmayan statik analize dayalı yöntemlerde yapının davranışını göstermek üzere statik itme eğrisi kullanılmaktadır. Bu çalışmada çok katlı yapıların statik itme eğrisinin belirlenmesi için pratik bir yöntem önerilmiştir. Çalışmada öncelikle yöntem ve kabulleri sunulmuş ardından yöntemin geçerliliğini araştırmak üzere örnekler çözülmüştür. Örneklerde çalışmada sunulan yöntem ile elde edilen statik itme eğrileri detaylı yöntem kullanılarak elde edilmiş olan statik itme eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların karşılaştırılması sunulan yöntemden elde edilenler ile detaylı yöntem ile elde edilenlerin uyum içinde olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Statik İtme Eğrisi, Yapı, Deprem, Pratik Yöntem, Doğrusal Olmayan Statik Analiz

A PRACTICAL METHOD FOR DETERMINATION OF THE PUSHOVER CURVES OF MULTISTOREY STRUCTURES

ABSTRACT

In recent years, performance analysis of the structures has become more of an issue, in parallel with the developments in earthquake engineering. Different types of methods are developed for the assessment of the performance of the structures under earthquake loads. Among these methods, due to being uncomplicated, nonlinear static analysis methods became prominent and took parts in Earthquake Codes. In nonlinear static analysis methods, pushover curve is used to identify the behavior of a structure. In this study a practical method for the determination of the pushover curves of multistory structures is suggested. In the study initially the method and the assumptions are presented afterwards examples are solved to investigate the reliability of the method. In the examples, static pushover curves are obtained by the proposed method and compared with the pushover curves which are obtained by detailed method. Comparison of the results indicates that the ones obtained by the presented method are in good agreement with the ones which are obtained by detailed method.

Keywords: Pushover Curves, Structure, Earthquake, Practical Method ,Nonlinear Static Analysis

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda yapıların güçlendirilmesine karar verilebilmesi amacıyla kullanılan performans dayalı analiz yöntemleri dünyada yaygınlık kazanmıştır. Yapıların kuvvetli deprem hareketi altındaki performansı gerçeğe en yakın olarak zaman tanım alanında analiz ile belirlenebilmekte ise de yönteminin zaman alıcı ve karmaşık olması nedeniyle bunun yerine yaklaşık yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en basiti tek modlu statik itme analizi yöntemidir. Yöntemde yapıya birinci mod şekli ile orantılı bir yük verilerek adım adım plastikleşmesi gözlenmektedir. Yüksek mod katkılarına dikkate almak üzere değişik modal analiz yöntemleri önerilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanları Chopra tarafından geliştirilen Modal Statik İtme Analizi ve Aydınoğlu tarafından geliştirilen Artımsal Spektrum Analiz yöntemidir [1,2]. Çok katlı yapıların doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesi için pratik yöntemler de geliştirilmiştir.

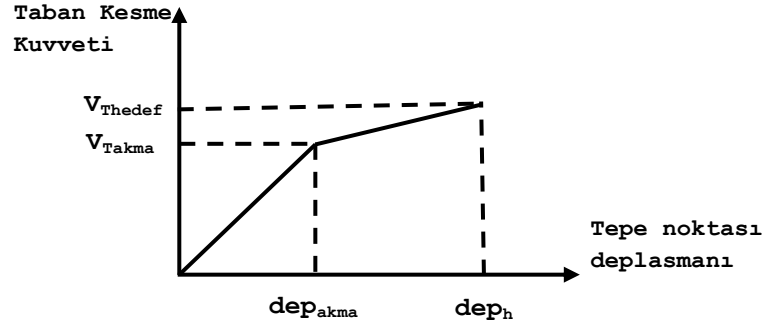
Statik itme analizini esas alan tek veya çok modlu yöntemlerde statik itme eğrisinin çizilmesi gerekmektedir. Statik itme eğrisinin çizilmesi için adım adım yük uygulanarak plastik mafsall oluşumuna bağlı tepe noktası deplasmanı ve taban kesme kuvvetleri belirlenmektedir. Bu çalışmada ise 2007 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan yapıların statik itme eğrilerinin yaklaşık çizilmesi için basit bir yöntem önerilmiştir. Yöntemde statik itme eğrisinin akma ve hedef deplasmanlarına ait noktalar belirlenerek statik itme eğrisi iki parçalı olarak çizilmektedir. Çalışmada önce yöntemin esasları açıklanmış olup daha sonra ise yöntemin uygunluğunu araştırmak üzere literatürden alınmış olan iki örnek çözülerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Yapıların performansının belirlenmesi için kullanılan statik itme analizini esas alan tek veya çok modlu yöntemlerde statik itme eğrisinin çizilmesi gerekmektedir. Statik itme eğrisinin çizilmesi için kullanılan detaylı yöntemde yükler adım adım uygulanarak plastik mafsall oluşumuna bağlı tepe noktası deplasmanı ve taban kesme kuvvetleri belirlenmektedir. Bu çalışmada ise statik itme eğrilerinin yaklaşık çizilmesi için pratik bir yöntem önerilmiştir. Yöntemde statik itme eğrisinin akma ve hedef deplasmanlarına ait noktalar belirlenerek statik itme eğrisi iki parçalı olarak çizilebilmektedir.

3. YÖNTEM (METHOD)

Sunulan yöntemde statik itme eğrisi iki doğru parçalı olarak temsil edilmektedir. Yöntemde önce akma noktası belirlenmekte, akma noktasına ait taban kesme kuvveti (V_{Takma}) yaklaşık olarak tasarıma esas taban kesme kuvveti olarak alınırken, tepe noktası deplasmanı (dep_{akma}) tasarıma esas tepe noktası deplasmanı olarak dikkate alınmaktadır. Çizilen eşdeğer statik itme eğrisinin son noktasının apsisi hedef deplasman (dep_n) olarak belirlenirken, taban kesme kuvveti (V_{TheDef}) yapının göçme anına ait dinamik karakteristikleri kullanılarak belirlenmektedir.



Şekil 1. Statik itme eğrisinin idealize edilmesi
(Figure 1. Idealisation of pushover curve)

3.1. Akma Noktasının Koordinatları (Coordinates of Yield Point)

Yöntemde yapının akma noktasına ait taban kesme kuvveti tasarıma esas taban kesme kuvveti olarak dikkate alınacaktır. Taban kesme kuvvetine karşı gelen tepe noktası yer değiştirmesi için ise literatürde sürekli sistem hesap modelini esas alan yöntemle çıkarılmış olan bağıntılardan yararlanılabilir [3,4].

Buna göre taban kesme kuvveti yalnızca birinci mod dikkate alınarak aşağıdaki bağıntı ile belirlenir:

$$V_{Takma} = eko_1 * M_T * S_a(T_1) \quad (1)$$

Burada eko_1 yapının birinci moduna ait etkin kütle oranını, M_T toplam yapı kütlelerini ve $S_a(T_1)$ birinci periyoda karşılık gelen ivme spektrum değerini göstermektedir. Tepe noktası deplasmanı ise

$$dep_{akma} = B_1 * S_d(T_1) \quad (2)$$

bağıntısı ile bulunur. Burada B_1 birinci mod için dinamik deplasman katsayısını, $S_d(T_1)$ ise birinci moda ait deplasman spektrum değerini göstermektedir.

Deplasman spektrumu ile ivme spektrumu arasında yapı dinamiğinden bilinen aşağıdaki bağıntı yazılabilir [6].

$$S_d(T_1) \cong \frac{S_a(T_1)}{4\pi^2} T_1^2 \quad (3)$$

(3) nolu bağıntı (2) de yerine yazılırsa

$$dep_{akma} = B_1 * \frac{S_a(T_1)}{4\pi^2} T_1^2 \quad (4)$$

elde edilir.

(1) nolu bağıntıdan $S_a(T_1)$ çekilip (4) nolu bağıntıda yerine yazılırsa

$$dep_{akma} = B_1 * \frac{V_{Takma}}{39.48 * M_T * eko_1} T_1^2 \quad (5)$$

Denklemden yer alan birinci moda ait etkin kütle oranı (eko_1) ve birinci mod için dinamik deplasman katsayısı (B_1) için literatürde sürekli sistem hesap modeline yönelik olarak yapılan çalışmalarda bulunmuş olan katsayılar kullanılabilir.

Buna göre burulma etkileri ihmal edildiği takdirde katsayıların değişim aralığı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Etkin kütle oranı ve dinamik deplasman katsayıları
(Table 1. Mass participation ratio and dynamic displacement
coefficients)

	Kayma davranışı	Eğilme davranışı
Etkin Kütle	0.61	0.81
Dinamik Deplasman Katsayısı	1.57	1.27

Tablodan görüleceği üzere etkin kütle oranı 0.61 ile 0.81 arasında değişmektedir. 0.61 değeri eğilme yapısına yani sadece perdelerden oluşan yapılara karşılık gelirken, 0.81 değeri ise kayma yapısı olarak davranış gösteren taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan yapılara karşılık gelmektedir. Buna karşın dinamik deplasman katsayısı da 1.27 ile 1.57 arasında değişmektedir. Benzer şekilde 1.27 değeri kayma yapısı olarak davranış gösteren çerçeveleri temsil etmekte iken, 1.57 değeri eğilme yapısı olarak davranış gösteren sadece perdelerden oluşan yapıları temsil etmektedir. Perde-çerçevelerden oluşan yapıların davranışı ise perde ve çerçevelerin baskınlığına göre bu değerler arasında değişiklik göstermektedir.

3.2. Hedef Noktanın Koordinatları (Coordinates of Target Point)

Hedef noktanın koordinatlarının belirlenmesinde önce hedef deplasman yönetmelikten yararlanılarak belirlenir. Yöntemde akma sonrasındaki periyot değeri için aşağıdaki bağıntı kullanılacaktır.

$$T_{1son} = T_1 \sqrt{\frac{dep_{hedef}}{dep_{akma}}} \quad (6)$$

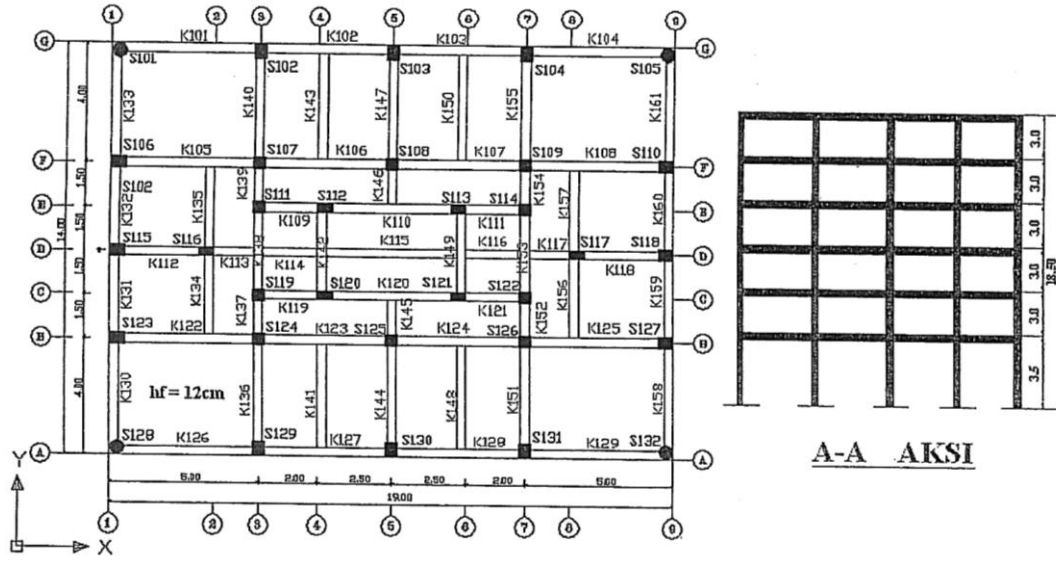
Akma sonrası için de (5) bağıntısı benzer şekilde oluşturularak hedef deplasman değerlerine geçilir, taban kesme kuvveti yapının göçme anına ait dinamik karakteristikleri kullanılarak belirlenir. Bu değerlerde benzer yapıda yer alan perde ve çerçeve elemanların durumuna göre şekilde Tablo 1'de verilmiş aralıklarda olacaktır.

4. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu bölümde çalışmada sunulan yaklaşık yöntemin uygunluğunu araştırmak üzere literatürden alınmış olan iki örnek ayrıntılı olarak çözümlenerek karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmada incelenen ilk örnekte taşıyıcı sistem tamamen çerçevelerden oluşurken, ikinci örnekte yapı perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahiptir.

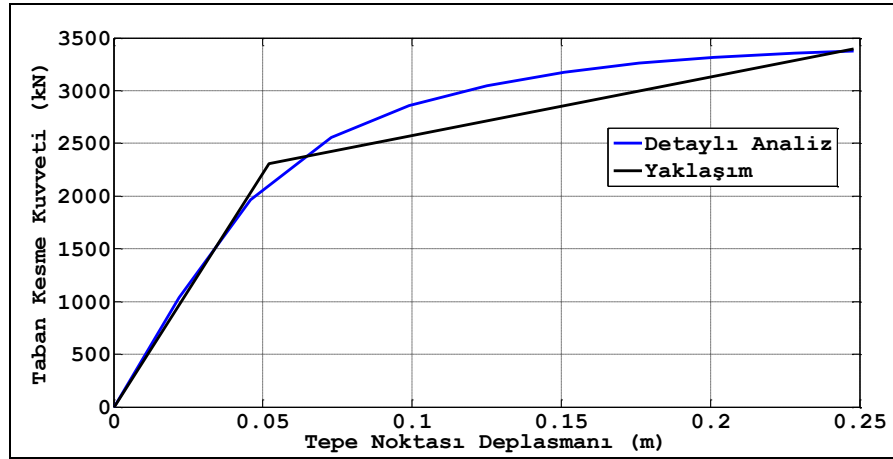
4.1. Uygulama 1 (Application 1)

Örnek olarak şekildeki taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan altı katlı yapı ele alınmıştır. Yapının kat yüksekliği ilk kat için 3.5 m, diğer katlarda 3 m'dir. Kullanım amacı konut olan yapının oturma alanı 266 m², beton sınıfı C25, donatısı S420, E=30250 MPa olarak alınmıştır. Birinci derece deprem bölgesinde yer alan yapının yerel zemin sınıfı Z3'tür.



Şekil 2. Bina planı ve kesiti [5].
(Figure 2. Plan and the section of the building)

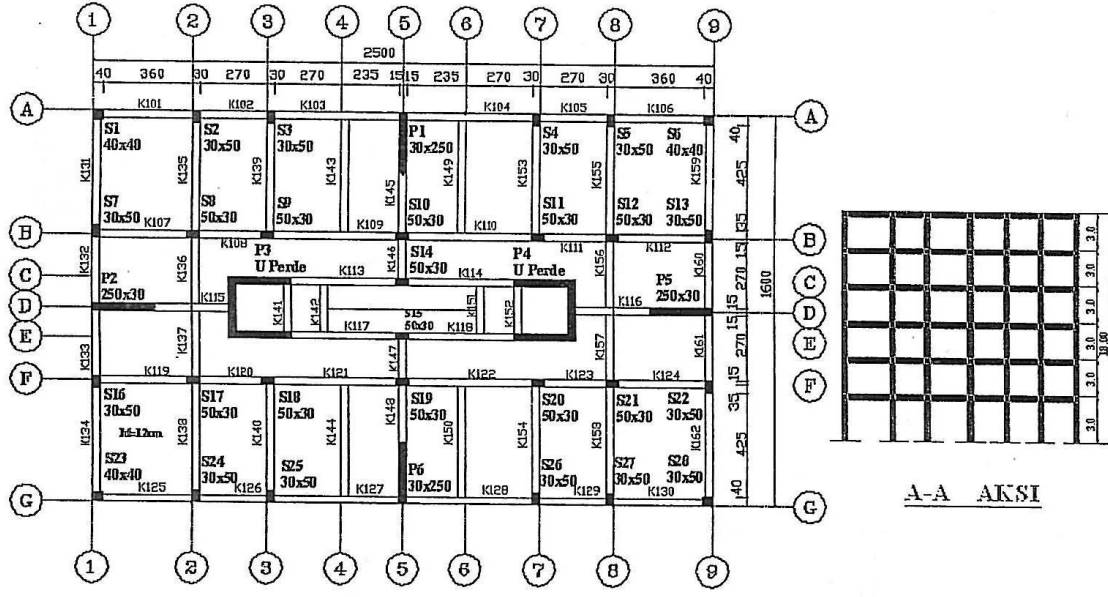
Veriler doğrultusunda yapı için Etkin Yer İvme Katsayısı $A_0=0.40$, Bina Önem Katsayısı $I=1$, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=8$ olarak alınmış, tepe noktası deplasmanları ve taban kesme kuvvet değerleri yöntemle göre hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerle idealize edilmiş Statik İtme Eğrisi oluşturularak literatürde yer alan çözüm ile karşılaştırılarak Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Statik itme eğrisi
(Figure 3. Pushover curve)

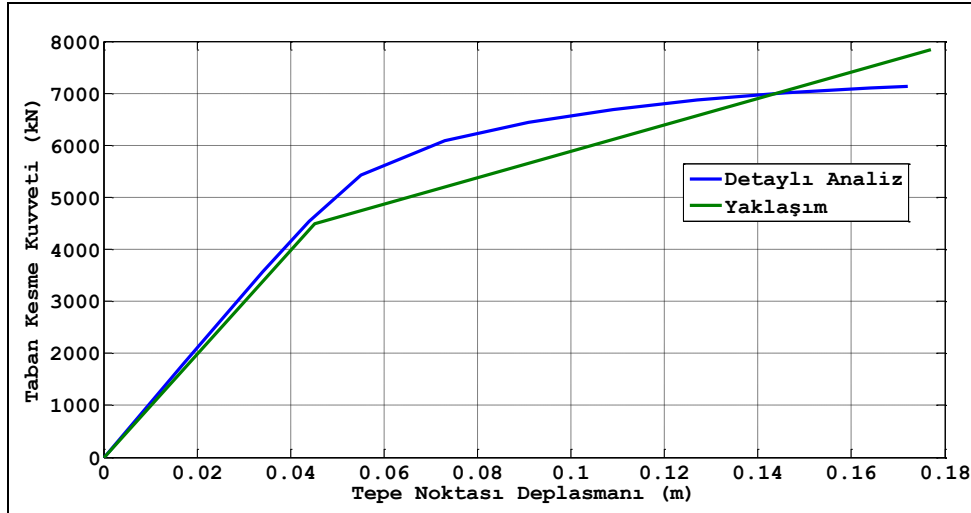
4.2. Uygulama 2 (Application 2)

Bir önceki örnekte yer alan yalnızca çerçevelerden oluşan yapı yerine, Şekil 4'te görülen taşıyıcı sistemin perde çerçevelerden oluşması durumu ele alınmıştır. Her kat yüksekliği 3 m olan 6 katlı yapının oturma alanı 400 m^2 'dir. Kullanım amacı konut olarak belirlenmiş, beton sınıfı C25, donatı çeliği S420, $E=30250 \text{ MPa}$ olarak alınan yapı, birinci derece deprem bölgesinde, Z3 yerel zemin sınıfında yer almaktadır.



Şekil 4. Bina planı ve kesiti [5].
(Figure 4. Plan and the section of the building)

Veriler doğrultusunda yapı için Etkin Yer İvme Katsayısı $A_0=0,40$, Bina Önem Katsayısı $I=1$, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=7$ olarak alınmış, tepe noktası deplasmanları ve taban kesme kuvvet değerleri yöntemine göre hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerle idealize edilmiş Statik İtme Eğrisi oluşturularak literatürde yer alan çözüm ile karşılaştırılarak Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Statik itme eğrisi
(Figure 5. Pushover curve)

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu makalede yapıların değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen analizlerde kullanılan statik itme eğrisinin çizilmesi için bir yaklaşım önerilmiştir. Yaklaşımda statik itme eğrisi iki doğrulu olarak idealize edilmiştir. Akma noktası ve hedeflenen nokta için tepe noktası deplasmanı ile taban kesme kuvveti değerleri literatürde yer alan çalışmalardan yararlanılarak elde

edilmiştir. Çalışmanın sonunda literatürden alınan iki adet örnek incelenmiştir. Taşıyıcı sistemi çerçevelerden ve perde çerçevelerden oluşan iki farklı örnek bu makalede sunulan yaklaşıma göre çözülerek statik itme eğrileri elde edilmiş, literatürde yer alan detaylı analizleri ile karşılaştırılmıştır ve grafik olarak sunulmuştur. Yapılan karşılaştırmada sunulan yaklaşımın uygun olduğu ve ön boyutlandırma aşamasında güvenle kullanılabilceği gözlenmiştir.

NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Chopra A.K. and Goel R.K., (2001), A modal pushover analysis procedure to estimate seismic demands for buildings. PEER Report 2001/03, Pacific Earthquake Engineering Center, University of California Berkeley.
2. Aydınoğlu, N., (2003), An Incremental Response Spectrum Analysis Procedure Based on Inelastic spectral displacement for Multi-Mode Seismic Performance Evaluation, Bulletin of Earthquake Engineering, Netherland, 3-36.
3. Tarjan, G. and Kollar, P.L., (2004), Approximate analysis of building structures with identical stories subjected to earthquakes. Int. J. Solids Struct.,41(5-6): 1411-1433.
4. Bozdoğan, K.B., Öztürk, D. ve Nuhoğlu, A.P., (2005), Çok Katlı Yapıların Sürekli Sistem Hesap Modeline göre Dinamik Analizi için Pratik Bir Yöntem, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 4, 65-77.
5. Aydınoğlu, N., Celep, Z., Özer, E. ve Sucuoğlu, H., (2006), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı.
6. Chopra, A.K., (2007), Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering, United States of America, Pearson Prentice Hall.
7. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.