

## ALÇAK, ORTA VE YÜKSEK KATLI ORTOGONAL YAPILARIN DİNAMİK YÜKLER ALTINDAKİ ENERJİ TALEBİ

Ali Nail ÇETİNER

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, alinailc@gyte.edu.tr, Kocaeli,  
Türkiye

### Özet

Performans parametrelerinin çoğu, tek serbestlik dereceli (TSD) sistemler üzerinde yapılan çalışmalara dayanır. Çoğu yapı gerçekte çok serbestlik derecelidir ve davranışları TSD sistemlerden daha karmaşıktır. Ayrıca yapıların çoğu ortogonal olmasa da dinamik yükler altındaki performansını belirleyebilmek için bu çalışmada ortogonal yapılar incelenmiştir. Yapıya giren toplam enerji girişi(EI)/kütle(m) oranı sabit değildir ve mukavemet indisine ve yer hareketinin özelliklerine bağlıdır. Ayrıca, histeretik enerji(EH)/toplam enerji(EI) oranı yer hareketinin özelliklerinden bağımsızdır. Bu çalışmada ortogonal yapıların performansının belirlenerek ortogonal olmayan yapıların performansının incelenmesine temel oluşturması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Histeretik Enerji, Enerji Talebi, Enerjiye Dayalı Tasarım

## LOW, MEDIUM AND HIGH-STOREY ORTHOGONAL BUILDINGS ENERGY DEMAND UNDER DYNAMIC LOADS

### Abstract

Most of the performance parameters are based on the study of a single degree of freedom (TSD) system. Most buildings are in fact multi degree of freedom and their behaviors are more complex than behaviors of TSD systems. In addition, although most of the structures are not orthogonal, only the orthogonal structures were examined in this study in order to determine the performance of the structures under dynamic loads. The ratio of the total amount of energy input on a structure (EI)/mass (m) is not constant and depends on the strength indices and ground motion characteristics. In addition,

histeretic energy (EH)/total energy (EI) ratio is independent of the ground motion characteristics. In this study, it is aimed to set up the basis to examine the performance of non-orthogonal structures via determining the performance of orthogonal structures.

**Keywords:** Histeretic Energy, Demand of Energy, Energy-Based Design

## 1. Giriş

Tüm dünyada kabul edilmiş bir genel depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesi mevcuttur. Buna göre, sık sık tekrarlanan küçük şiddetli yer hareketlerinde, yapısal olan ve olmayan elemanlarda hasar oluşumu; arasıra meydana gelen orta şiddetteki yer hareketlerinde, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda onarılabılır düzeyde hasar oluşumu; nadir olarak meydana gelen şiddetli yer hareketlerinde tamamen veya kısmen göçme ve can kaybının önlenmesi amaçlanmaktadır. Bu felsefeyi uygulamaya çalışan Performansa Dayalı Tasarım (PDT) kavramı, belirli yer hareketleri için seçilen performans seviyeleriyle ilgili yapısal mukabele parametrelerinin kabul edilebilirlik kriterlerini sınırlandırır. Bir yapının mukabele parametreleri; gerilme oranları, şekil değiştirme, görelî kat ötelemeleri, yapısal ivmeler, süneklik talep oranları ve hasar indisleri olabilir [2].

Yapılarda hasarı tanımlamanın bir yolu, enerji kavramını ve hasar indislerini kullanmaktır. Hasar, doğrusal olmayan şekil değiştirmeyi içerdiğinden yapının doğrusal olmayan davranışının hasar tahmininde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bir yapının hasar tahmininde en gerçekçi ve güvenilir yollardan bir tanesi yapı bir yer hareketine maruz kaldığındaki yapıya giren enerji miktarını belirlemektir ki bu toplam enerji girişidir (EI). Toplam enerjinin bir kısmı çevrimsel davranış yoluyla dağıtılır ve histeretik enerji, (EH), olarak adlandırılır. Yapılardaki hasar, yapının dağıttığı histeretik enerji ile ilişkilidir ve özellikle hasarın belirli limitleri aşmayacağı beklendiği zaman bir tasarım parametresi olarak kullanılabilir [1]. Enerji kavramları üzerinde, ilk olarak kullanılmaya başladığı yıllardan [4] bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır [3, 5]. Genel olarak, yapıya toplam enerji girişinin, (EI), yer hareketlerinin özelliklerine bağlı olduğu ve yapısal özelliklerden (özellikle orta ve uzun periyotlarda) bağımsız olduğu kabul edilir [6, 7]. Yapılan çalışmalar, toplam enerji (EI) ve yer hareketinin özellikleri arasındaki ilişkiler açısından oldukça önemli bilgiler sağlamasına rağmen, deprem

mühendisliğine uygulandığında bazı kısıtlamaları ortaya çıkmaktadır. Bunlardan en önemlileri, gerçek sistemlerin ÇSD olması ve yapılarda hasara sebep olan enerji bileşeninin toplam enerji değil , (EI), histeretik enerji , (EH), olmasıdır.

## 2. Ortogonal Yapılar

Yapıyı oluşturan uzay çerçeveyi, birbirinden bağımsız düzlem çerçevelerle ifade ettiğimizde, her çerçevenin diğer düzlemdeki çerçeve ile yaptığı kesişmenin 90 derece olması durumudur. Bu koşulu sağlayan sistemlere “Ortogonal Yapılar” denir. Aslında Ortogonal yapılar ortogonal olmayan yapıların özel bir halidir. Ancak Ortogonal olmayan yapıların incelenbilmesi için öncelikle ortogonal yapıların incelenmesi gereklidir.

## 3. Enerji Kavramı

TSD bir sistemin yer hareketi sonucu oluşan enerji mukabelesi hareketin denkleminde çıkarılabilir ve şöyle ifade edilir [7].

$$EK(t) + ED(t) + Ee(t) + EH(t) = EI(t) \quad (1)$$

Denklem (1)'in sol tarafındaki 4 terim yapının enerji mukabelesi olarak düşünülebilir ki bu temel tasarım denkleminin kapasite tarafıdır. EK(t), kütlelerin t anındaki relatif hızıyla orantılıdır ve kinetik enerji olarak adlandırılır. Kinetik enerji sadece t anındaki yapının ani tepkisi ile ilgilidir. ED(t), sönüm enerjisi, kümülatif bir değerdir ve yer hareketi süresince artar. Ee(t) elastik birim şekil değiştirme enerjisi, t anındaki geçerli elastik şekil değiştirme seviyesine bağlıdır. EH(t) histeretik enerji, tüm yer hareketi süresince oluşan plastik deformasyon enerjisinin EH, yapısal elemanın doğrusal olmayan şekil değiştirmesini içerir ve elemanın çevrimsel şekil değiştirme kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir. Doğrusal olmayan davranışta, Ee, EH ile karşılaştırıldığında önemsiz kalmaktadır. Bu yüzden Ek ve Ee doğrusal olmayan bir mukabelede önemsizdirler ve yer hareketinin sonunda neredeyse sıfırdır. Buna göre, Denklem (1) pratik olarak şu şekilde yazılabilir.

$$ED(t) + EH(t) = EI(t) \quad (2)$$

### 3.1. Histeretik enerji

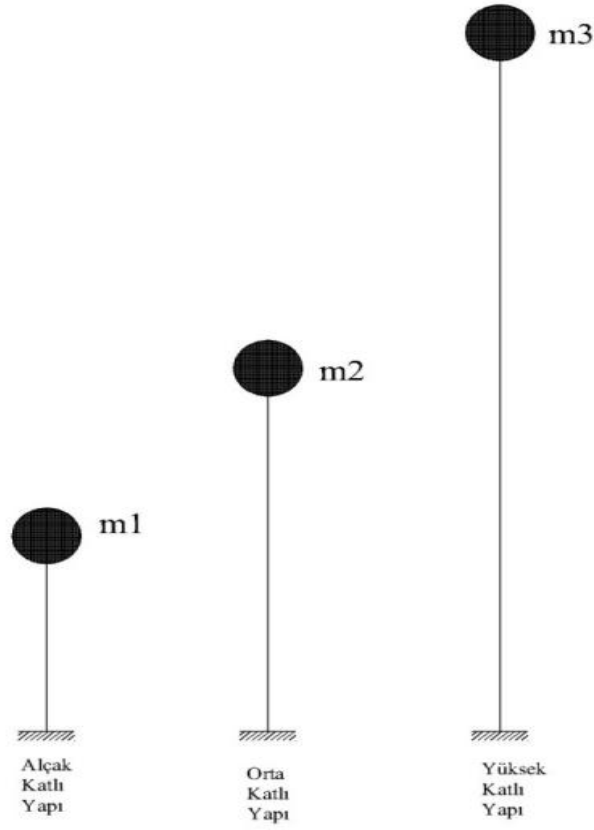
Bir yapı deprem gibi dinamik yük etkisi altında iken yapıya enerji girişi (Toplam Enerji ( $E_I$ )) olur. Bu enerji yapının kütlesi ve depremin ivmesine göre değişmektedir. Klasik yapılarda deprem enerjisinin yapının taşıyıcı sistem elemanları tarafından sönmülenmesi sonucu bu elemanlarda elastik olmayan deformasyonlar meydana gelir. Bu deformasyonlar genellikle kiriş-kolon birleşim bölgelerinde yoğunlaştığı için önemli yapısal hasarlara neden olur. Bu hasarları oluşturan enerjiye “Histeretik Enerji” ( $E_H$ ) denir.

## 4. Analitik Çalışma

Bu çalışmada yer ivmesi 0,3g ve 0,6g'ye ölçeklendirilmiş olan deprem kayıtları kullanılmıştır (Tablo 1). Bu kayıtlar alçak, orta ve yüksek katlı yapıları ifade etmesi amacıyla TSD'de 5m (AKY), 10m (OKY) ve 20m (YKY) (Şekil 1'de) katlı yapılar OPENSEES programı kullanılarak incelenmiştir.

Tablo 1. Kullanılan Deprem Kayıtları

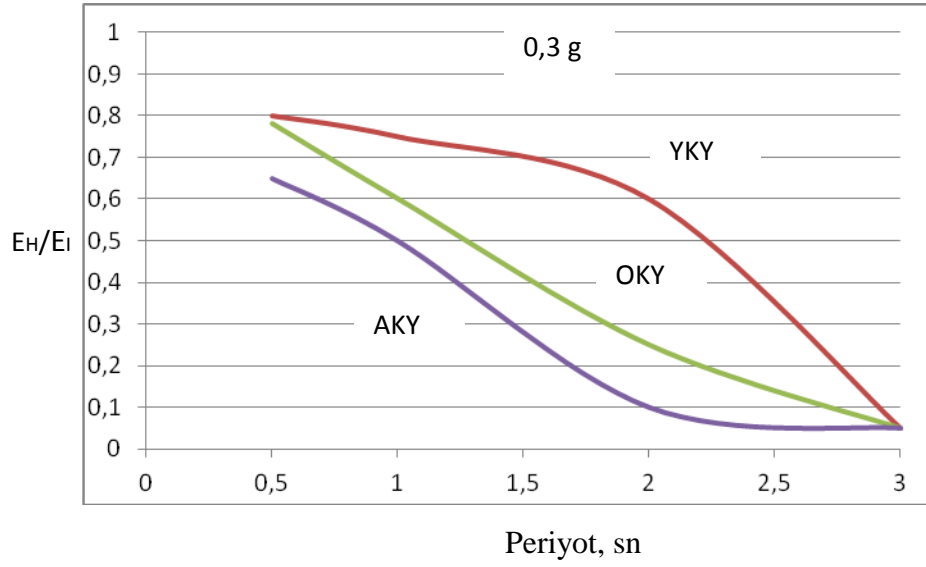
Depr emler	B ileşen	L	Ü go
El-	S		0
Centro	00E	,3	,3489g
Miya	E		0
gi	W	,4	,2g
Miya	N		0
gi	S	,4	,2636g
Nort	N		0
hridge	EW	,4	,5963g
Parkf	N		0
ield	65E	,1	,4911g
Düzce	M		0
e	et-+V	,2	,56g



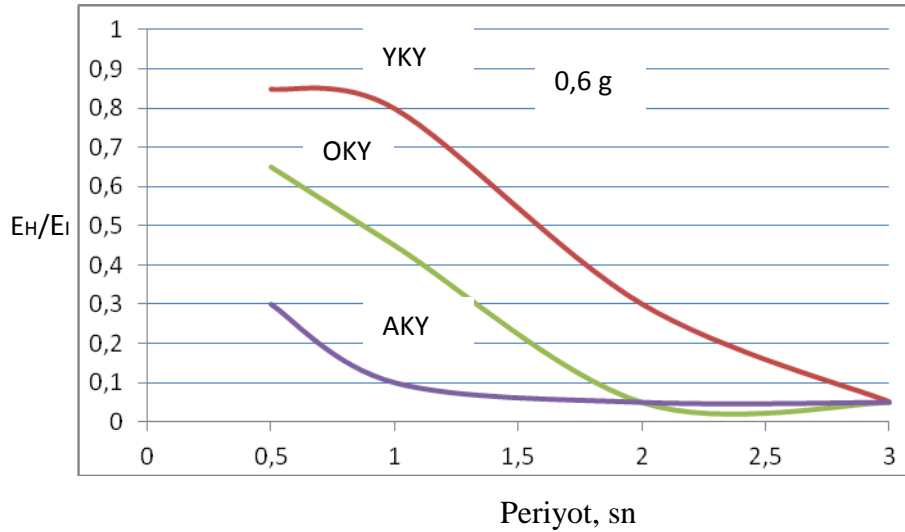
Şekil 1.Yapı Türleri

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, TSD sistemler üzerinde yapılan doğrusal olmayan zaman geçmişi analizleri sonucunda enerji ve yapısal etkileşme parametrelerinin değişimi incelenmiştir.  $EI/m$  sabit bir değer değildir ve mukavemet indisine ve zemin hareketi özelliklerine bağlıdır.  $EH/EI$  oranı ise yer hareketi özelliklerinden bağımsızdır. Çok düşük periyotlu yapılar rijit davranmaktadır (Şekil 2). Toplam enerji ve histeretik enerji yapı yüksekliği artarken azalmaktadır. Yüksek periyotlu yapılar elastik davranış gösterdiğinden histeretik enerji talebi çok azdır (Şekil3).



Şekil 2. Düşük Periyotlu Yapılar



Şekil 3. Yüksek Periyotlu Yapılar

### Kaynaklar

1. Bertero R.D., Bertero V.V., Teran-Gilmore A., Performance-Based Earthquake-Resistant Design Based on Comprehensive Design Philosophy and Energy Concepts, Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico. 2006; 2125, Oxford: Pergamon.
2. Hamburger R.O., A Framework for Performance-Based Earthquake Resistant Design, 1997 EERC-CUREs Symposium in Honor of V. V. Bertero, Berkeley,

California.

3. Bertero V.V, Teran-Gilmore A., Use of Energy Concepts in Earthquake-Resistant Analysis and Design: Issues and Future Directions. Advances in Earthquake Engineering Practice, Short Course in Structural Engineering, Architectural and Economic Issues, University of California, 1994, Berkeley.
4. Alice H., Earthquake-Resistant Limit-State Design for Buildings, 1994, University of Tokyo.
5. Fajfar P. and Vidic T., Seismic Demand in Medium- and Long-period Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1989; 18:513-537.
6. Akbas B., Shen J., and Cetiner A.N., Energy approach in performance-based earthquake resistant design and determining the reliability of SDOF systems using energy concepts, Research Fund Report, Department of Earthquake and Structural Science, Gebze Institute of Technology 2002; OI-B-02-01-15.
7. Shen J., Hao H., and Akbas B., Hysteresis Energy in Moment Frames. Shen J., Editor The Engineering Science of Structures, A Special Volume Honoring Sidney A. Guralnick. Illinois Institute of Technology: 2002;April, 112-138.