

## HASARLI BİR BETONARME BİNANIN PERFORMANS PUANIN HESAPLANMASI

Ercan IŞIK

Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnş. Müh. Bölümü, Bitlis, Türkiye

E-posta: [ercanbitliseren@gmail.com](mailto:ercanbitliseren@gmail.com)

### ÖZET

Mevcut yapı stokunun çok olması yapıların detaylı olarak incelenmesini mümkün kılmamaktadır. Detaylı incelemeye tabi tutulacak bina sayısını azaltmak için hızlı değerlendirme yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemler yardımı ile risk önceliği olan binalar tespit edilebilmektedir. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin birçoğunda bina içine girmeden veya kısmen bina içine girerek değerlendirme yapılabilmektedir. Bu çalışmada sonuçların doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için 2011 Van depreminde tamamen çökmüş olan Gedikbulak İlköğretim Okulu örnek bina olarak seçilmiştir. Seçilen bu bina için Japon Sismik İndeks, Kanada Sismik Tarama ve P25 Hızlı Değerlendirme yöntemleri kullanılarak, değerlendirme yapılmıştır. Çalışmadaki amaç hızlı değerlendirme sonuçları ile deprem geçirmiş bir yapının gerçek davranışı arasındaki tutarlığı ortaya koymaktır. Çalışma hızlı değerlendirme yöntemlerin kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Göçme, deprem, hızlı değerlendirme, Gedikbulak

## CALCULATION OF PERFORMANCE SCORE FOR A DAMAGED RC BUILDING

### ABSTRACT

Detailed investigation of buildings was not possible because of amount of existing building stocks. Rapid assessment methods were developed to reduce stock numbers of the buildings subjected to detailed evaluation. The buildings which have priority risks can be detected with the help of these methods. Thanks to most rapid evaluation methods, it is possible to determine some of the parameters that would affect the building's behavior in case of an earthquake partially without even entering the building and partially through the data obtained from the interior of the building. This study aims to investigate the earthquake performances of Gedikbulak School building that has totally collapsed after Van earthquake. The school was located close to the epicenter of the earthquake. In this study Japan Seismic Index Method, Canadian Seismic Screening Method and P25 rapid assessment methods were used. Aim of this study is comparing the behavior of building under an earthquake and scores of rapid assessment methods. This study reveals that the rapid evaluation methods can be used conveniently.

**Keywords:** Collapse, earthquake, rapid assessment, Gedikbulak

### 1. Giriş

Depremlerden dolayı oluşan can ve mal kayıplarının büyük bir çoğunluğuna yapısal hasarlar sebebiyet vermektedir. Kırsal bölgelerde bulunan yapıların çoğunun mühendislik hizmeti almamış olması da bu sebeplerden bir tanesidir. Dolayısıyla depremden dolayı oluşacak kayıplarının minimum seviyelere indirgemek için mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Ancak buradaki sorun mevcut yapı stokunun çok olmasıdır. Bu aşamada mevcut yapı stoku için hızlı değerlendirme yöntemleri bu sorunu kısmen azaltmaktadır. Bu yöntemler detaylı incelemeye tabi tutulması gereken bina sayısını azaltacaktır. Hızlı tarama yöntemlerinde amaç yapılar için risk önceliğinin belirlenerek yapılar için doğru kararlar verilmesini sağlamaktır.

Hızlı değerlendirme yöntemleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde çok değişik yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler ile bina içine girilmeden veya kısmen de bina içine girilerek yöntemin verdiği parametrelerin toplanması sonucu yapı performans puanı hesaplanmakta ve karşılaştırma sonucu binanın risk öncelliğine karar verilebilmektedir.

Hızlı değerlendirme yöntemlerinin depremde hasar görmüş betonarme bir binaya uygulanması ile bu yöntemlerin kullanılabilirliğini ortaya koymak bu çalışmanın esas amacıdır. Bunun için, 2011 Van depreminde tamamen çökmüş olan Gedikbulak İlköğretim Okulu örnek bina olarak seçilmiştir. Seçilen bina için üç farklı hızlı tarama yöntemi uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Japon sismik indeks yöntemi, Kanada sismik tarama yöntemi ve P25 hızlı tarama yöntemleri ile yapı değerlendirilmiş ve yöntemler arasında bir karşılaştırma yapılmıştır.

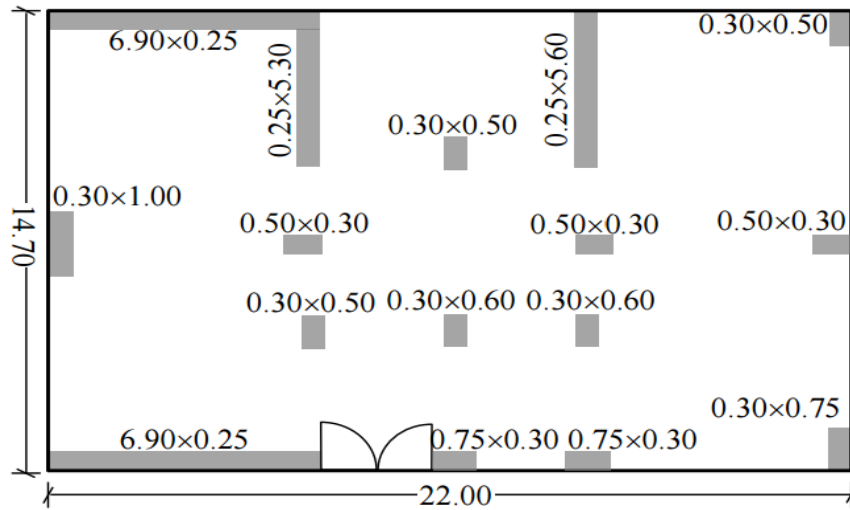
## 2. Bina Özellikleri

Yaklaşık olarak 1.2 milyar öğrenci okul binalarını kullanmakta ve bunların 875 milyonu yüksek sismik tehlike bölgelerinde eğitimlerine devam etmektedir. Bu öğrenciler zamanlarının yaklaşık olarak %50'sini okul binalarında geçirmektedir. Çoğu okul binasının da deprem güvenlikleri yeterli seviyede değildir (INEE, 2009). Buradan hareketle bu çalışmada örnek olarak 2011 Van depreminde tamamen çökmüş bir okul binası olan Gedikbulak İlköğretim Okulu seçilmiştir. Bina 1980 yılında inşa edilmiş olup 2011 Tabanlı-Van depreminde tamamen göçmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Gedikbulak İlköğretim okulunun öncesi ve sonrası

2011 Tabanlı depreminde tamamen göçen binanın kat planı Şekil 2'de gösterilmiştir. Yapının planı bölgede birçok okula aynen veya geliştirilerek tip proje olarak uygulanmıştır.



Şekil 2. Gedikbulak İlköğretim Okulu planı

İncelenen okulun yıkılma sebebi ülkemizde yıkılan veya hasar gören yapılardan çok farklı değildir. Gedikbulak İlköğretim Okulunda taşıyıcı sistem rijitliği ve dayanımının yetersiz olması yıkımın ana nedeni olarak görülmektedir. Yapı, tasarım kurallarından oldukça uzak, birleşim bölgelerinde eksik donatılardırma, boyuna donatı bindirme boylarının yeterli olmaması, enine donatı ara mesafelerinin gelişigüzel yapılmış olması yapının deprem altında savunmasını azaltmıştır. Kullanılan malzemenin dayanımının çok düşük olması yıkım sebeplerinden biridir. Ayrıca yerinde yapılan incelemelerde kullanılan donatıların kenetlenmelerinde özensiz işçilik göze çarpmaktadır. Betonun meydana getiren agrega boyutlarının yönetmeliklerde belirtilenlerden oldukça büyük olması gözlemlenen kusurlardan biridir. Yapı her ne kadar 3 katlı ve betonarme perde sistemine sahip bir yapı olarak görünse de yapım aşamasında gösterilmeyen özen, gelişigüzel imalatlardan dolayı tamamen yıkılmıştır. Yapının yıkılması ülkemizdeki tipik deprem hasarları ile birebir örtüşmektedir.

### 3. Metodoloji

Yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas amaç, mevcut yapılarda gerekli inceleme ve hesapların olası bir depremden önce yapılar ve yetersiz görülen yapıların depremde hedeflenen performans seviyesine yükseltilmesi için uygulanacak iyileştirme işlemlerine karar verilmesidir. Deprem tehlikesi altında olan kentsel yerleşimlerde yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan pek çok yapı olduğu bilinmektedir. Mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi zaman ve eleman açısından oldukça uzun ve zorlu bir süreç gerektirmektedir. Mevcut her bir yapının detaylı olarak incelenmesi mümkün görünmemektedir. Bu sürecin önüne geçmek için yapılar için hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu bağlamda yapıların daha hızlı ve doğru sonuçlar verecek yöntemler kullanılarak doğru sonuçlara ulaşılabilmektedir. Hızlı yöntemlerden amaç risk önceliği olanların tespit edilip detaylı incelemeye tabi tutulacak bina sayısının asgari seviyeye indirilmesidir.

Düşük riskli çıkan binaların deprem yönetmeliğine uygun olup olmadığı kesin bir dille söylenemez. Yukarıda belirtildiği gibi bu sadece birinci aşama değerlendirmedir. Dolayısıyla kesin sonuçlar ancak kesin analiz yöntemleri sonucunda ortaya çıkacaktır. Bu yöntem sadece ikinci aşama değerlendirme yönteminde incelecek binaların önceliğinin belirlenmesi amacı taşımaktadır.

Hızlı değerlendirme yöntemlerinde genel olarak bölgenin depremselliği, yerel zemin koşulları ve yapıda deprem altında hasar oluşturabilecek olumsuzluklar bir parametre olarak tarif edilmekte ve bu parametreler için yapılacak puanlandırma sistemi yapı performans puanı hesaplanabilmektedir. Yapıların savunmasızlığı arttıkça doğal afetlerin (deprem, sel vb.) oluşturacağı hasar miktarı da artacaktır. Doğal afetlerin büyüklüğü ve yapıların yeterli düzeyde güvenliğinin sağlanmamış ve yönetmeliklerde belirtilen şartlara uygun yapılmamış olması yani olumsuz yapı özellikleri de oluşabilecek zararı doğrudan etkileyecektir (Işık, 2013). Yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas amaç, mevcut yapılarda gerekli inceleme ve hesapların olası bir depremden önce yapılar ve yetersiz görülen yapıların depremde hedeflenen performans seviyesine yükseltilmesi için uygulanacak iyileştirme işlemlerine karar verilmesidir.

#### 3.1. Kanada Sismik Tarama Yöntemi

Kanada Ulusal Araştırma Birliği tarafından yayınlanan ilkeler doğrultusunda önerilen yöntem çok aşamalı bir incelemenin ilk aşaması olarak düşünülmekte ve incelenen bina grubundaki her bir binanın deprem riskinin sayısal olarak ön değerlendirilmesini içermektedir. Sayısal değerlendirme yapıldıktan sonra öncelik sırasına göre daha kapsamlı bir çalışma mutlaka yapılmalıdır (Çelik, 2007; Altınar, 2008).

Yöntemin kullanılabilmesi için gerekli olan parametreler aşağıda verilmektedir:

- Yapının bulunduğu bölgenin depremselliği (A)
- Yerel zemin koşulları (B)
- Taşıyıcı sistem türü (C)
- Döşeme sistemi (D)
- Binada bulunan düzensizlikler (E)
- Binayı kullanan insan sayısına göre bina önem katsayısı (F)
- Binanın genel durumu (G)
- Yapısal olmayan bileşenler (H)

Bu yöntemde her bir parametre bir harfle isimlendirilmiştir. Bu parametrelerin her biri için yöntemde verilen katsayılar kullanılarak hesaplanmaktadır. Yöntemde ilk olarak yukarıdaki parametreler sayısallaştırılarak yapısal indeks (SI) hesaplanmaktadır. Yapısal indeks;

$$SI = A*B*C*D*E*F \quad (2)$$

ifadesi ile hesaplanır.

Yöntemde ayrıca yapısal olmayan indeks (NSI) hesaplanmaktadır. Yapısal olmayan indeks;

$$NSI = B*F*G*H \quad (3)$$

ile hesaplanır.

Yöntemin son aşamasında yapısal indeks ve yapısal olmayan indeks değerleri toplanarak yapının toplam puanı (SPI) aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$SPI = SI + NSI \quad (4)$$

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki Tablo1'de verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak binanın önceliğine karar verilir.

**Tablo 1. Öncelik düzeyleri (Çelik, 2007)**

Puan Türü	Sınır değer	Değerlendirme
SI / NSI	1.0 - 2.0	Yeterli deprem güvenliği
SPI	<10	Düşük öncelikli binalar
SPI	10- 20	Orta öncelikli binalar
SPI	>20	Yüksek öncelikli bina
SPI	>30	Çok tehlikeli binalar

### 3.2. Japon Sismik İndeks Metodu

Japon Sismik İndeks metodu bu çalışmada kullanılan hızlı değerlendirme yöntemlerinden biridir. Bu hızlı değerlendirme yöntemi de diğer hızlı değerlendirme yöntemlerinde olduğu gibi yapıların deprem güvenliklerinin hızlı bir şekilde belirlenmesi için kullanılabilir. Bu yöntemin üç aşamalı bir değerlendirme süreci bulunmaktadır. Bu çalışmada sadece birinci aşama değerlendirme kullanılmıştır.

Betonarme çerçeve, perde-çerçeve veya sadece perdelerden oluşan taşıyıcı sisteme sahip ve kat sayısı altıdan daha az olan bina türü yapılara uygulanabilen Sismik İndeks Yöntemi, söz konusu türlerdeki binaların deprem güvenliğinin hızlı şekilde tahmin edilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Bu metotta, her kat için  $I_s$  sismik performans indeksi ile  $I_{s0}$  karşılaştırma indeksi karşılaştırılarak yapının deprem önceliği hesaplanmaktadır. Eğer  $I_s > I_{s0}$  olursa yapı deprem güvenliği yeterlidir ancak  $I_s < I_{s0}$  ise yapının deprem güvenliğinin belirsiz olduğu yani detaylı incelemeye tabi tutulması gerekir sonucu ortaya çıkmaktadır (Kudak, 2005)

Yapıda bulunan herhangi bir kat için sismik performans değeri ( $I_s$ )

$$I_s = E_0 \times S_D \times T \quad (5)$$

Bu bağıntıda  $E_0$  ana yapısal performans indeksi,  $S_D$  yapının fiziksel özelliklerine ve geometrisine göre belirlenen katsayı,  $T$  ise zamana bağlı oluşan etkilere göre belirlenen katsayıdır ( Benavent-Climent,2011; Kömür,2005).

Sismik Karşılaştırma İndeksi ( $I_{s0}$ ) aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$I_{s0} = E_s \times Z \times G \times U \quad (6)$$

Burada,  $E_s$  sismik taban indeksi;  $Z$  deprem bölgesi katsayısı;  $G$  yerel zemin koşulları ve  $U$  ise yapının önem katsayısı olarak tarif edilmektedir (Özdemir, 2006).

### 3.3. P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi

Söz konusu yöntemde yapıda mevcut kolon, perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yönetmelikte tanımlanan çeşitli yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametreler üzerinden hesap yapılarak bulunan  $PI$  temel yapısal puanı ile birlikte, binanın değişik göçme modlarını da göz önüne alan toplam yedi adet göçme puanı hesaplanmaktadır. Son olarak, bu puanların birbirleri ile etkileşimini, ayrıca yapısal ve çevresel özellikleri, binanın bulunduğu bölge ve deprem verilerini de göz önüne alan bir  $P$ - sonuç puanı belirlenmektedir. Elde edilen  $P$ -sonuç puanının az, orta veya yüksek riskli bölgeye düşmesi durumuna göre yapının göçme riski hakkında ya kesin bir bilgi edinilmekte veya finansal verilere göre belirlenen bir kararsızlık bandı içine düşmesi halinde, kapsamlı inceleme yapılarak gerekirse yıkılması veya güçlendirilmesi önerilmektedir. Önerilen hızlı değerlendirme yönteminde binanın  $P$ -sonuç puanını hesaplayabilmek için öncelikle söz konusu binanın  $P1$ ,  $P2$ , ...,  $P7$  olmak üzere yedi ayrı göçme riskini temsil eden 7 farklı değerlendirme puanı hesaplanır. Bu risklerin birbirleri ile etkileşime girip girmediklerini saptamak için her  $P_i$  puanı için belirlenen ağırlık çarpanı da dikkate alınarak  $P_w$ - ağırlıklı ortalama puan hesaplanır. Daha sonra,  $P_i$  puanlarının en küçüğü olan  $P_{min}$  puanı için  $P_w$ -ağırlıklı ortalama puanına bağlı olarak  $P_i$  göçme kriterlerinin birbirleri ile etkileşimini temsil eden bir  $\beta$ -çarpanı bulunur. Ayrıca, binanın önem derecesini, bölgenin depremsellik derecesini, binanın hareketli yük katsayısını ve binanın oturduğu arazinin topoğrafyasını temsil eden bir  $\alpha$ - çarpanı ile düzeltme yapılır. Elde edilen  $P$ - sonuç performans puanının değerine göre söz konusu binanın yıkılma potansiyeli olup olmadığı konusunda bilgi edinilir (Bal, 2005; Bal, 2007; Gülay, 2010). Değerlendirme puanları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Değerlendirme puanları

Puan	Değerlendirme
$0 < P \leq 24$	Göçme Riski Yüksek
$25 < P \leq 34$	Detaylı Analiz
$35 < P \leq 100$	Göçme Riski Az

**4. Değerlendirme Sonuçları**

Çalışmada dikkate alınan her üç yöntem için değerlendirme sonuçları aşağıda verilmiştir. Çalışmada kullanılan ilk yöntem olan Kanada Sismik Tarama Yöntemi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Kanada Sismik Tarama Yöntemi Sonuçları

A	B	C	D	E	F	G	H	SI	NSI	SPI
5	1.25	3.5	1	2	1.5	4	1	49.22	7.5	56.72

Japon Sismik İndeks Yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Japon Sismik İndeks Yöntemi sonuçları

$E_s$	0.8
Z	1
G (Z1)	1.025
U (Okul binası)	1
$I_{SO} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U$	0.82
n (Kat sayısı)	3
I (Kritik kat)	1
$C_w$ (Perde taşıma gücü)	0.212
$C_c$ (Kolon taşıma gücü)	0.077
$f_{cd}$ (Beton dayanımı) (kg/cm <sup>2</sup> )	80
W (Kat ağırlığı) (kg)	116.10 <sup>4</sup>
$F_w$ (Perde sünekliliğine bağlı kat sayısı)	1
$a_1$	1
$E_0$	0.266
$S_D$	1
T	1
$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T$	0.266
$I_s / I_{SO}$	0.312

P25 hızlı değerlendirme sonuçları ile ilgili yapılan işlemler Şekil 3'te gösterilmiştir.

**Şekil 3.** İncelenen binaya ait P25 puanının hesaplanması

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada 2011 Van-Tabanlı depremde yıkılan Gedikbulak İlköğretim Okulu için üç farklı hızlı tarama yöntemi ile değerlendirme yapılmıştır. Her üç yöntem için genel bilgiler verilmiştir. Çalışmanın amacı hızlı değerlendirme yöntemlerinin uygulanabilirliğini ortaya koymaktır.

Kullanılan yöntemlerden biri olan Kanada Sismik Tarama yöntemine göre incelenen bina için  $SI/NSI = 49.22/56.72 = 0.87$  değeri elde edilmiştir. Bu değer sismik güvenlik değerinin altındadır. Yapı için hesaplanan SPI değeri 56.72 çıkmış ve bu değerde binanın oldukça tehlikeli olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır (Tablo1).

Japon Sismik İndeks Yöntemi için  $I_s / I_{s0} = 0.312 < 0.4$  sonucu elde edilmiş ve bu sonuca göre yapının detaylı incelemeye tabi tutulması gerekir sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda  $I_s < I_{s0}$  değeri ile yapının deprem güvenliğinin belirsiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmada kullanılan son yöntem ise P25 hızlı tarama yöntemidir. Bu yöntem sonucunda yapı için sonuç puanı 17 olarak elde edilmiştir. Bu puan da göçme riski yüksek bina sınıfında olduğunu göstermektedir (Tablo 2).

Çalışmada kullanılan her üç yöntemde yapının deprem güvenliğinin yeterli düzeyde olmadığını ortaya çıkarmıştır. Yapının deprem altındaki davranışı ile performans puanları karşılaştırıldığında her üç yönteminde sağlıklı sonuçlar verdiği ve yöntemlerin hazırlanma amaçlarına hizmet ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

## Kaynaklar

- Altınar, M., (2008). "Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Saptanması İçin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 68s.
- Bal İ E (2005) "Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 136s.
- Bal, İ.E., Tezcan, S.S., Gülay, G.F., "Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi İçin P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi", Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s.661-674, 16-20 Ekim 2007.
- Benavent-Climent, A. (2011). A seismic index method for vulnerability assessment of existing frames: application to RC structures with wide beams in Spain. Bulletin of Earthquake Engineering, 9(2), 491-517.
- Çelik, C.O., A.İlki, C. Yalçın, and E. Yüksel. 2007. "Doğu ve Batı Avrupa Kentlerinde Değişik Tip Binaların Deprem Riskinin Hızlı Değerlendirmesi Üzerine Bir Deneyim." Sixth National Conference on Earthquake Engineering, İstanbul, 16-20 October 2007.
- Gülay, F.,G., Bal, İ.E., Gökçe, T., Çelik, N., "Field Applications of P25 Preliminary Assessment Method for Identifying the Collapse Vulnerability of Existing RC Structures ", 9th International Congress on Advances in Civil Engineering, 27-30 September 2010, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, 10p.
- Kömür, M. and M.Altan, (2005). "Determination Of Seismic Performance Index Of Rc Buildings By Using Fuzzy Logic", Journal of Technical Vocational School of Selçuk University, 4(2), p.96-110.
- INEE (International Network for Education in Emergencies); 2009, <http://www.ineesite.org/en>
- Işık, E. 2013. "The Evaluation of Existing Buildings in Bitlis Province Using a Visual Screening Method." Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science 17(1): 173-178.
- Kudak, E., "Comparison of Structural Analysis Results with Japanese Seismic Index Method", Master Thesis, Yıldız Technical University, 172p., 2005.
- Özdemir, R., and Taşkın, B. (2006). Seismic safety screening method for İstanbul Metropolitan City. In Proceedings of 10th East Asia Pacific conference on structural engineering and construction (EASEC 10). Bangkok, Thailand (pp. 3-5).