



# Betonarme Bir Bina Örneğinde Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile İnceleme

Şebnem Metin<sup>1\*</sup>, Duygu Öztürk<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7211-9949), sebnemmetin5@gmail.com

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7800-7438), duygu.ozturk@ege.edu.tr

(1st International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2021, November 1-3, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1014256)

**ATIF/REFERENCE:** Metin, Ş., & Öztürk, D. (2021). Betonarme Bir Bina Örneğinde Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 1254-1257.

## Öz

Ülkemizin büyük bir kısmının deprem bölgesinde bulunması nedeniyle, meydana gelen büyük depremler sonucunda çok sayıda can kaybı ve maddi hasarlar oluşmuştur. Can kayıplarının asıl nedeninin binaların göçmesinden kaynaklandığı görülmektedir. Olası depremlerde hangi binaların göçme riskine sahip olduğunu görebilmek için yapının zemin ve malzeme özellikleri belirlenerek detaylı incelemeler yapılması gerekmektedir. Binaların bu özellikleri için elde edilen veriler dikkate alınarak bilgisayar programlarında modelleme ve analizleri yapıldıktan sonra binanın durumu değerlendirilebilmektedir. Ancak bu tür detaylı yapı analizleri oldukça uzun zaman almakta ve maliyetli olmaktadır. Ülkemizdeki yapı stoğunun çoğunluğunun eski yönetmeliklere göre yapılmış olması ve bu yapıların öncelikli inceleme ihtiyacının oluşması durumun yoğunluğunu arttırabilmektedir. Bu yüzden daha hızlı ve ekonomik olan yöntemlerin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu amaçla hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde, incelenmek istenen bina, geliştirilen yöntemde istenen parametrelere bağlı olarak ele alınmakta ve binanın durumu belirlenmektedir. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin kullanımında detaylı analizdeki gibi kesin sonuç alınmamakla birlikte göçme riski yüksek olan binaların daha kolaylıkla belirlenmesi amaçlanmaktadır. Böylece bu tür riske sahip olan yapıların öncelikli olarak daha detaylı incelenmesi sağlanabilmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş birçok hızlı değerlendirme yöntemi vardır. Bu çalışmada hızlı değerlendirme yöntemlerinden; FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi, Kanada Sismik Tarama Yöntemi ve P25 Puanlama Yöntemi ele alınmış ve betonarme bir bina projesine uygulanarak bu yöntemlerden elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bina, Hızlı Değerlendirme Yöntemi, FEMA154, Kanada Sismik Tarama Yöntemi, P25 Puanlama Yöntemi.

## Investigation of a Reinforced Concrete Building by Rapid Assessment Method

### Abstract

Most regions of Turkey are located on earthquake zone. So, many lives were lost and materials damage occurred because of major earthquakes. The main cause of loss of life is due to the collapse of buildings. To determine the risk of collapse for each building, detailed analyse should be done by using soil conditions and materials specifications. Using the data obtained, the building condition assessment is determined by modelling and analyzing in computer program. This kind of detailed investigations of buildings take a long time and cost high. The majority of the existing buildings in Turkey were built by using old Turkish Seismic Codes. Therefore, existing buildings should be investigated primarily. It shows workload and needs to use faster and economical methods. For this reason, some rapid assessment methods have been developed. Collapse risk of building is investigated by using the parameters required by these methods. The results of rapid assessment methods are not accurate as detailed analyse but aim is to determine the collapse risk of building easier. Thus, more detailed analyse should be done to the building with collapse risk. There are a lot of rapid assessment

\* Sorumlu Yazar: [sebnemmetin5@gmail.com](mailto:sebnemmetin5@gmail.com)

methods. In this study, FEMA 154 Rapid Visual Screening method, Canadian seismic survey method, and P25 Scoring method were applied for RC building. Then the results have been examined.

**Keywords:** Building, Rapid Assessment Method, FEMA 154, Canadian Seismic Survey Method, P25 Scoring Method.

## 1. Giriş

Ülkemizin %90'ından fazlası deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu yüzden yapıların depreme karşı güvenliği önemlidir. 17 Ağustos 1999 İzmit-Düzce depreminde büyük can ve mal kaybı oluşmuştur. Bunun üzerine can kayıplarını minimize etmek için alınan önlemler konusunda yapılan çalışmalar artmıştır. Bu yönetmeliklere de yansımış, 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir.

Mevcut bina stoğunun eski yönetmeliklere göre inşa edilmiş olması binaların depreme karşı performanslarının ölçülmesini önemli hale getirmiştir. Fakat büyük şehirlerde bu tür detaylı analizleri yapmak hem maliyetli hem de uzun zaman almaktadır. Bu nedenle olası bir depremden önce göçme riski olan binaları tespit etmek amacıyla hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Türkiye'de ve diğer ülkelerde de hızlı değerlendirme yöntemleri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu amaçla geliştirilen hızlı değerlendirme yöntemleri arasında, FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi, Kanada Sismik İndeks Yöntemi ve P25 Puanlama Yöntemi yer almaktadır.

Kızılkaya (2018) çalışmasında FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi, Kanada Sismik Tarama Yöntemi ve Japon Sismik İndeks Yöntemi'nin birinci aşaması detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu yöntemler üç farklı bloktan oluşan bir ilkokul binasının bir bloğu üzerine uygulanmıştır. Çalışma sonucunda üç farklı yöntemden elde edilen sonuçlar birbirleri ile kıyaslanmıştır. FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi ve Kanada Sismik Tarama Yöntemi'nin daha hızlı uygulanabilir yöntemler olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat Japon Sismik İndeks Yöntemi uygulaması daha çok zaman almakla birlikte daha güvenilir sonuçlar veren bir yöntem olduğu görülmüştür.

Efekan (2019) tarafından yapılan çalışmada FEMA 154, Kanada sismik tarama yöntemi, Japon sismik indeks yöntemi kullanılmıştır ve örnek 3 bina üzerine uygulanmıştır. Örnek binalardan birincisi orta hasarlı, ikincisi depremin etkisiyle göçmüş, son bina ise üç sene önce inşa edilmiş bir betonarme binadır. Yapılan bu çalışmada seçilen hızlı tarama yöntemlerinin incelemesi yapılmış yapılarda aynı sonuca doğru ve hızlı bir şekilde ulaşılabilirliği görülmüştür.

Tural (2014) tarafından yapılan çalışmada risk seviyesinin yüksek olduğu saptanan bodrum kat ve zemin kat dahil olmak üzere altı katlı betonarme bir binaya, Kanada Sismik Tarama, Japon Sismik İndeks, P25 Puanlama, Kolon ve Duvar İndeksleri ve Kapasite İndeksi Yöntemleri olmak üzere beş farklı hızlı değerlendirme yöntemleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda yapının depreme karşı güvenilirliğinin düşük olduğu sonucu doğrulanmış olmuştur.

Bal vd.,(2007) çalışmalarında P25 Puanlama yöntemi detaylı bir şekilde açıklanmış ve yöntem daha önce yaşanmış olan depremlerde hafif, orta ve ağır hasara sahip ya da göçmüş 311 adet binaya uygulanarak kalibre edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda önerilen bu yöntemin, geçebilecek kanısına varılan binaları büyük bir ölçüde doğruladığı görülmüştür. Bununla birlikte, yöntemin uygulamasında yer alan ayrıntılı inceleme

bandının genişliği ve bant genişliğinin de maliyete olan etkisi açıklanmıştır.

Gülay vd., (2010) çalışmalarında P25 Yöntemi İstanbul-Kadıköyde 40 adet binaya uygulamıştır. Bu binalar 1960 yılından önce inşa edilmiştir. Yapıların alt katları dükkân olarak kullanıldığından çoğu yapıda yumuşak kat görülmüştür. Bu da sonuç puanının düşük olmasını göstermiştir. Yumuşak kat etkisinin dışında birçok yapıda ise kısa kolon da görülmektedir. Bu durum da sonuç puanında olumsuz bir rol oynadığı belirtilmiştir.

Yeşilkaya vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi açıklanmıştır. Sonra bu yöntemle hızlı sokak taraması yapıp puanı düşük olan binaların Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun Uygulama Yönetmeliği altında risk analizi yapılmıştır. Riskli Yapı Tespit Esaslarında yapı yüksekliği maksimum 25 metre veya sekiz katı geçmeyen yapıları ele aldığı için yüksek katlı binalar bu çalışmada kullanılmamıştır. Sonuç olarak, bu iki yöntem kıyaslanmış ve ne kadar uyumlu olup olmadığına bakılmıştır.

İşık, (2015) tarafından yapılmış çalışmada 2011 yılında meydana gelen Van depreminde tamamıyla çöken Gedikbulak İlköğretim Okulu'na Japon Sismik İndeks Yöntemi, Kanada Sismik Tarama Yöntemi ve P25 Puanlama Yöntemi uygulanmıştır. Amaç, hızlı değerlendirme yöntemleri sonucunda elde edilen durum ile depreme maruz kalmış bir yapının gerçek davranışı arasındaki uyumluluğu incelenmiştir.

Altınar (2008) tarafından yapılan çalışmada betonarme binaların göçme riskini belirleyebilmek için dört farklı hızlı değerlendirme yöntemi seçilmiştir. Seçilen bu yöntemler 1999 Kocaeli depreminde orta hasar seviyesine sahip bir binaya uygulanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada üç farklı hızlı değerlendirme yöntemi; FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi, Kanada Sismik İndeks Yöntemi ve P25 Puanlama Yöntemi kullanılmış ve yöntemlerden elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

### 2.1. FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi

Bu yöntemde, yapının bulunduğu bölgeye veya yapının türüne, örneğin moment aktaran çelik çerçeve S1, çapraz çelik çerçeve S2, perde duvarlı çelik çerçeve S4, yığma duvarlı çelik çerçeve S5, moment aktaran betonarme çerçeve C1, perde duvarlı betonarme çerçeve C2, yığma duvarlı betonarme çerçeve C3, prefabrike betonarme çerçeve PC2 ve yığma yapılar URM olmak üzere, çeşitli değişkenlere bağlı olarak formlar düzenlenir. Ayrıca kat adedi, kullanım amacı, zemin sınıfı, inşa yılı, yapısal düzensizlikler gibi parametreler de mevcuttur. Yapı tipi belirlendikten sonra yapıda yer alan parametrelere karşılık gelen değerler toplanarak S nihai sonuç puanı elde edilir.

### 2.2. Kanada Sismik Tarama Yöntemi

National Research Council Canada (NRCC) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Yapının bulunduğu bölgenin depremselliği, yapının bulunduğu zemin tipi, yapının taşıyıcı

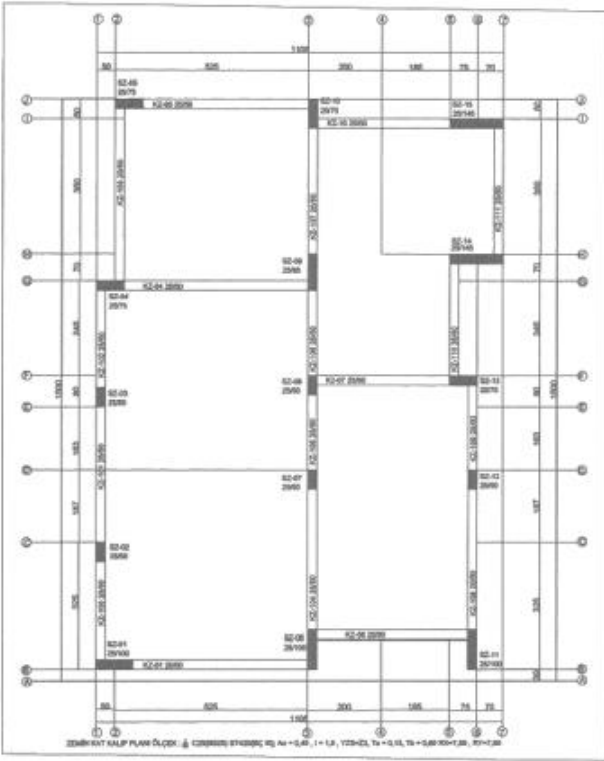
sistem tipi, yapısal düzensizlikler, yapı önem katsayısı gibi parametreler kullanılarak yapısal ve yapısal olmayan indeks değeri hesaplanarak yapısal öncelik indeksi değeri bulunur.

### 2.3. P25 Puanlama Yöntemi

P25 yönteminde, efektif kat alanı, P1 temel yapısal puanı, P2 kısa kolon puanı, P3 yumuşak kat-zayıf kat Puanı, P4 çıkma ve çerçeve süreksizliği puanı, P5 çarpışma puanı, P6 sıvılaşma potansiyeli puanı, P7 toprak hareketleri puanı,  $\alpha$  ve  $\beta$  düzeltme çarpanları yardımıyla P sonuç puanı hesaplanır.

## 3. Bulgular

Bursa ilinde, Mudanya ilçesinde konut olarak projelendirilen 2 katlı binanın FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi, Kanada Sismik Tarama Yöntemi ve P25 Puanlama Yöntemi ile incelenmiştir. Bu binada C25 beton, S420 donatı kullanılmıştır.



Şekil 1 Zemin kat kalıp planı

### 3.1. FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yönteminin Uygulanması

FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi ile yapının bulunduğu lokasyona, kullanım amacına, yaşayan kişi sayısına, zemin taşıyıcı sistem tipine, bina yüksekliğine, düzensizlik durumuna, yapım yılı gibi kriterlere bağlı olarak yöntemle göre nihai skor S = 3 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 2 FEMA 154 Veri Toplama Formu

### 3.2. Kanada Sismik Tarama Yönteminin Uygulanması

Kanada Sismik Tarama Yöntemi ile zemine, yapının taşıyıcı sistem türüne ve yıla, yapısal düzensizliklere, yapı kullanımına bağlı olarak hesaplanan parametreler doğrultusunda yapısal indeks değeri SI 1.5, yapısal olmayan indeks değeri NSI 3 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 3 Kanada Sismik Tarama Formu – 1

SEISMIC SCREENING FORM		p. 2 of 2 (ITEM No.:	
SEISMIC PRIORITY INDEX. Check appropriate value and enter each result on right side. Use asterisk (*) with uncertain values.			
A	Seismicity	Design NBC	2 3 4 5 6
		Pre-65	1.0 1.5 2.0 3.0 4.0
		Post-65	1.0 1.5 1.5 1.5 1.5
B	Soil Conditions	Soil Category	1 2 3 4 5
		Pre-65	1.0 1.5 2.0 3.0 4.0
		Post-65	1.0 1.5 1.5 1.5 1.5
C	Type of Structure	Construction Type and Symbol (see p. 1)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
		Pre-70	1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0
		Post-70	1.0 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5
D	Building Importance	Design NBC	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
		Pre-70	1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0
		Post-70	1.0 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5
E	Building Importance	Design NBC	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
		Pre-70	1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0
		Post-70	1.0 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5
N = Occupied Area x Occupancy Density x Duration Factor = 1.0 x 1.0 x 1.0 = 1.0			
Primary Use: Assembly, Mercantile, Personal service, Offices, Institutions, Manufacturing, Storage			
SI STRUCTURAL INDEX = A - B - C - D - E = 1.5			
NSI NON-STRUCTURAL INDEX = B - E - F = 3			
SPI SEISMIC PRIORITY INDEX = SI + NSI = 4.5			

Şekil 4 Kanada Sismik Tarama Formu – 2

### 3.3. P25 Puanlama Yönteminin Uygulanması

Bu çalışmadaki örnek için P25 Puanlama Yönteminin uygulanması ile efektif kat, efektif kat atalet momentleri ( $I_x$ ,  $I_y$ ), bileşke enkesit alan endeksi, bina yüksekliğine bağlı olarak düzeltme çarpanı kullanılarak P0 puanı hesaplanmıştır.

P1 temel yapısal puanı,  $f_1$  burulma düzensizliği,  $f_2$  döşeme süreksizliği,  $f_3$  düşey doğrultuda süreksizlik,  $f_4$  kütle düzensizliği,  $f_5$  korozyon,  $f_6$  ağır cephe elemanları,  $f_7$  asma kat,  $f_8$  katlardaki seviye farkı ve kısmi bodrum,  $f_9$  beton kalitesi,  $f_{10}$  zayıf kolon-kuvvetli kiriş,  $f_{11}$  etriye sıklığı,  $f_{12}$  zemin sınıfı,  $f_{13}$  temel tipi,  $f_{14}$  temel derinliği düzeltme katsayıları dikkate alınarak elde edilmiştir.

P2 kısa kolon,  $r_a$  ve  $r_r$  değerlerine bağlı olarak P3 yumuşak ve zayıf kat puanı da hesaplanmıştır. P4 çıkımlar ve çerçeve süreksizliği puanı, P5 çarpışma puanı, P6 sıvılaşma potansiyeli puanı, P7 toprak hareketleri puanı belirlenerek,  $\alpha$  ve  $\beta$  düzeltme çarpanı ile P sonuç puanı 31,5 olarak hesaplanmıştır.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada Bursa'da konut olarak olarak projelendirilen iki katlı bir binaya FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yöntemi, Kanada Sismik Tarama Yöntemi ve P25 Puanlama Yöntemi uygulanarak binanın durumu incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama Yönteminde nihai skor değeri 3 olarak hesaplanmıştır ve yapının güvenli olduğu sonucuna varılmıştır. Kanada Sismik Tarama Yönteminden elde edilen yapısal indeks değeri (SI) 1.5, yapısal olmayan indeks değeri (NSI) 3, sismik öncelik indeks değeri (SPI) de 4.5 olarak hesaplanmıştır ve yapı 'yeterli deprem güvenliği' kategorisine girmiştir. P25 Puanlama Yönteminde P sonuç puanı 31.5 olarak hesaplanmıştır ve yapının 'daha detaylı bir inceleme gerektiren bina' sınıfına girdiği görülmüştür.

## Kaynakça

- Altın, M., (2008), Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Saptanması İçin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri, Yüksek Lisans, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
- Bal İ.E., Tezcan S., Gülay F.G, (2007) ,Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi İçin P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 16-20 Ekim 2007.
- Bal İ.E., (2005), Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans, İTÜ, İstanbul.
- Efekan S., (2019), Yapıların Deprem Performanslarının Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi ve Sonuçların Karşılaştırılması, Yüksek Lisans, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Gülay, F.G., Bal, İ.E., Gökçe, T., Çelik, N., (2010), Field Applications of P25 Preliminary Assessment Method for Identifying the Collapse Vulnerability of Existing RC Structures, 9th International Congress on Advances in Civil Engineering, Trabzon, 27-30 September.
- Işık, E., (2015), Hasarlı Bir Betonarme Binanın Performans Puanının Hesaplanması, International Anatolia Academic Online Journal, 3(2): 47-52
- Kızılkaya, Ş., (2018), FEMA 154 Hızlı Görsel Tarama, Kanada Sismik Tarama ve Japon Sismik İndeks Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi ve Uygulanması, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul .
- NRCC, National Research Council of Canada: Manual for Screening of Buildings for Seismic Investigation. Canadian Standart. Ottawa, 1993.
- Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. FEMA154 ATC-21 Applied Technology Council, 3 Twin Dolphin Drive, Redwood City, California 94065, USA, April, 2002
- Tural, M., (2014), Betonarme Yapıların Deprem Güvenilirliklerinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Karşılaştırılması, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- Uluğ, A., (2004), 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin 5. Yıldönümünde Ülkemizdeki Deprem İzlenimleri. İMO İzmir Şubesi; 118: 40-41.
- Yeşilkaya, K., Bekkaya, E., Tuhta, S., (2015), Hızlı Gözlem Teknikleri İle Belirlenmiş Betonarme Yapıların "Riskli Yapıların Tespit Esasları 2013" İle Analizi, 5th International Earthquake Symposium, Kocaeli, 10-12 June.