

Betonarme binaların deprem performanslarının hızlı değerlendirilmesi için P25 metodunun geliştirilmesi ve Balıkesir uygulaması

Bariş ÖZKUL^{1,*}, Atılay KAYA²

¹Balıkesir Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl., Çağış kampüsü, Balıkesir.

²Balıkesir Büyükşehir Belediyesi, Fen İşleri Daire Başkanlığı, Balıkesir.

Geliş Tarihi (Received Date): 15.01.2025

Kabul Tarihi (Accepted Date): 25.03.2025

Öz

Ülkemizdeki yapı stokunun büyük bir bölümünün, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği koşullarını sağlamadığı, dolayısıyla da can güvenliğini sağlayamadığı bilinmektedir. Binaların deprem etkisi altında çökme ihtimalini tahmin etmek için, göz önüne alınan deprem yer hareketi düzeyinde bina davranışını temsil eden performans seviyesinin belirlenmesi gereklidir. Mevcut binaların, sismik performanslarının değerlendirilmesi süreci, uzun ve hesaplama açısından zahmetli bir çalışma gerektirir. Mevcut betonarme binaların hızlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi için dünya çapında çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada hızlı değerlendirme yöntemleri kısaca özetlenmiş, P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi incelenmiştir. P25 Yönteminde, "Görel kat ötelemelerini" de hesaba katan bir revizyon önerilerek deprem yönetmeliğine dayalı performans tahminlerine görece yakın tahminler elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, binaları hasar düzeyine bakılmaksızın tamamen "göçer" veya "göçmez" şeklinde sınıflandırarak P25 sonucuna göre daha net bir sonuç elde edilmeye çalışılmış, böylece orijinal yöntemde belirsiz (gri) alan olarak ifade edilen kavram kaldırılmıştır. Bu şekilde elde edilen sonuçlar ile mevcut betonarme yapıların hızlı değerlendirme metotları ile kategorize edilmesinin daha net şekilde yapılması ve gelecek büyük bir deprem sırasında tamamen göçmesi muhtemel yapıların hızlı şekilde belirlenmesi amaçlanmıştır. Sunulan çalışma ile ülkemizin her bölgesinde sıklıkla karşılaştığımız "depreme dayanıklı olmayan" yapıların deprem olmadan önce tespit edilip yıkılarak oluşabilecek muhtemel can kayıplarının önlenmesi için önceki araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalara katkı verilmesi amaçlanmıştır. Revize edilerek geliştirilen metot uygulanarak Balıkesir İlinde bulunan 63 adet betonarme binanın deprem performansları değerlendirilmiştir. Balıkesir'in iki merkez ilçesinde bulunan mevcut betonarme binalar incelenerek mahalleler bazında da karşılaştırma yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Hızlı değerlendirme, P25 metodu, betonarme yapılar

* Barış ÖZKUL, ozkul@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3039-3381>

Atılay KAYA, atilaykaya35@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4933-0222>

Development of the P25 method for the rapid seismic assessment of reinforced concrete buildings and its application in Balıkesir

Abstract

It is well known that a large part of the building stock in Turkey do not meet the requirements of the Turkish Building Earthquake Code, hence, they do not ensure the life safety. In order to estimate collapse risk of the buildings under earthquake excitation, it is necessary to determine the performance level that represents the predicted behaviour under considered earthquake ground motion level. The seismic performance evaluation processes of existing buildings require a long and computationally intensive work. Several methods have been developed worldwide in order to rapid and reliable assessment for the existing reinforced concrete buildings. Rapid assessment methods were briefly summarized and the P25 Rapid Assessment Method was examined within the scope of this study. It was aimed to propose revision for P25 Method, which also takes into account "Interstory Drifts" and obtain an estimations relatively close to the code based performance predictions. The study attempted to obtain a relatively clear result according to the P25 score by classifying the buildings as completely "will collapse" or "will not collapse" regardless of the damage level, thus the concept expressed as an indistinct (gray) area in the original method were removed. With the results thus obtained, it is aimed to categorize the existing reinforced concrete buildings more clearly through rapid assessment methods and to rapidly determine the buildings likely to collapse completely during the future strong earthquake. This study aims to contribute to the efforts conducted by the previous researchers for determining in advance the buildings that are not "earthquake-resistant" before an earthquake and prevent possible loss of life due to collapsed buildings. Such buildings are frequently encountered in all the regions of Turkey. The modified method was implemented to 63 Reinforced Concrete Buildings in Balıkesir Province and the buildings' seismic performances were evaluated. The reinforced concrete buildings located in the two central districts of Balıkesir were examined and a comparison was made on a neighborhood basis.

Keywords: *Rapid assessment, P25 method, reinforced concrete buildings*

1. Giriş

Ülkemizin hızlı nüfus artışı ve şehir merkezlerine göç sebebiyle, konut tipi yapı üretimi, geçmiş yıllarda kontrolsüz ve hızlı şekilde gerçekleşmiştir. Üretim sürecindeki denetim tam anlamıyla uygulanmadığından; malzeme, tasarım ve işçilik konusunda kötü durum ortaya çıkmış ve meydana gelen her depremden sonra çok büyük zararlar görülmüştür. Bu durum, son 30 yılda gerçekleşen her büyük depremden sonra -ne yazık ki- net şekilde karşımıza çıkmıştır. Özellikle 1999 yılında yaşanan "Marmara" ve "Düzce" depremleri ve ardından 2023 yılında yaşanan Kahramanmaraş depremlerinden sonra bu konudaki farkındalık artmış, deprem sırasında ve deprem meydana geldikten sonra yapılması gerekenler için çeşitli adımlar atılarak "Afet Yönetimi" adı verilen süreç ile ilgili çalışmalara hız verilmiştir. Ancak, olası bir depremde, deprem olmadan önce, yıkılma tehlikesi olan binalar sebebiyle oluşacak muhtemel can kayıplarının önüne geçilmesi

amacıyla yürütülmesi gereken ve “risk yönetimi” şeklinde ifade edilen çalışmaların yeterli düzeyde olmadığı net şekilde görülmektedir [1].

Bir yapının, bilimsel olarak göçme riskinin hesaplanabilmesi için, öncelikle malzeme ve zemin özelliklerinin tespiti ve ilgili datalar kullanılarak söz konusu yapının yazılım yardımı ile modellenerek dolgu duvarlarının katkısını da dikkate alabilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerinin ya da itme analizinin yapılması gereklidir. Hâlihazırdaki yapı stokunun performansının tam olarak belirlenmesi oldukça zaman alıcı ve maliyetli olmaktadır. Örneğin; yalnızca İstanbul’da yer alan ve “güvensiz” olarak nitelendirilebilecek yapıların performanslarının belirlenip güçlendirme uygulamalarının yapılabilmesi için 25 yıl gibi uzun bir zamana ve 25 Milyar dolar gibi büyük bir bütçeye ihtiyaç duyulmaktadır [2]. Bina performans değerlendirmesi, bilgi ve bilimselliğin yanında tecrübe gerektiren de bir konudur. Bu sebeple, amaca yönelik olarak toptan göçecek yapıların hızlıca tespit edilerek deprem olmadan önce kontrollü şekilde yıkılabilmesi için binanın performans değerlendirmesini yapacak kullanıcıların kolaylıkla hâkim olabilecekleri, basit ve anlaşılır hızlı değerlendirme metotlarına ihtiyaç doğmuş, bu konu birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve yeni fikirler ortaya konmuştur.

Işık ve Kutanis [3] P25 metodu kullanarak, Bitlis’teki 94 adet betonarme yapıya hızlı değerlendirme uygulamışlar, inceledikleri yapıların yarısının göçme riski bulunmadığı, %46’sının daha ayrıntılı şekilde incelenmesi gerektiği ve %4’nün ise göçebileceğini belirlemişlerdir. Yapılan araştırmanın, Bitlis’in tamamına uygulanarak deprem riskinin azaltılmasının uygun olacağını ifade etmişlerdir.

Pardalopoulos vd. [4], binaların genel geometrik detaylarını dikkate alarak sismik performanslarının belirlenmesi ve çökmesi muhtemel olanlarının hızlı şekilde tasfiye edilmesi amacıyla kullanılabilecek bir hızlı değerlendirme metodu sunmuşlar ve 1999 Atina depreminde çöken iki adet betonarme yapıya uygulayarak doğruluğunu kontrol etmişlerdir. Bir araştırma zinciri şeklinde yürütülen çalışmaların ikinci aşamasında [5] geçmişte yaşanan büyük depremlerde farklı düzeylerde hasara uğramış yapılar dikkate alınarak yöntem daha da geliştirilmiş ve inşaat mühendisleri için hızlıca uygulanabilecek bir kılavuz şeklinde sunulmuştur.

Uğur vd. [6], Kentsel dönüşüm sürecindeki bazı uygulamalar sırasında ortaya çıkan problemlerle ilgili olarak oluşturulan “riskli bina tespit raporlarını” incelemişler, Tekirdağ’da meydana gelen bu problemler ile ilgili olarak çözüm önerilerinde bulunmuşlardır.

Işık vd. [7] 200 adet betonarme binanın risk değerlendirmesini, Kanada sismik tarama yöntemini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Böylelikle, olası bir depremde ortaya çıkabilecek olası zararların azaltılması amacıyla Muş ilinde bulunan mevcut yapılar ile ilgili olarak bir arşiv oluşturulması amaçlanmıştır. Bu şekilde, inceledikleri yapıların %47’sini yüksek öncelikli ve %5’ini ise çok tehlikeli olarak kategorize etmişlerdir.

Gürbüz ve Tekin [8] olası bir depremde meydana gelebilecek muhtemel can kaybı ve hasar miktarını tahmin etmek amacıyla yeni bir metot üzerinde çalışmışlar, bu amaçla, doğrusal olmayan statik itme analizlerini 11 farklı tipteki betonarme yapıya uygulamışlardır. Araştırmacılar, bina gruplarına ait farklı hasarları ifade eden “kırılgenlik eğrileri” düzenlemişlerdir. Analiz sonuçlarına istinaden oluşturulan eğriler,

muhtemel bir depremde, inceledikleri bina gruplarına benzer özellikteki yapılarda oluşabilecek hasarlara yakın şekilde oluşabileceğini ifade etmektedirler.

Türkel ve Tekeli [9], konut tipi betonarme yapıların, donatı akma dayanımları, beton basınç dayanımları ve etriye sıklaştırması verileri birer değişken olarak dikkate alınarak, yazılım ve yapısal modellemeye hiç ihtiyaç olmadan risk değerlendirmesi yapılabilmesi için 100 adet betonarme yapı incelemişlerdir. Söz konusu binaların çok büyük bölümünde beton dayanımının oldukça düşük olduğu, nervürsüz donatı kullanıldığı ve taşıyıcı elemanların mesnet bölgelerinde rijit düğüm noktası oluşturulmadığı ifade edilmiş, bu tür yapılarda birden fazla kusurun aynı anda bulunması durumunda yapının “Riskli bina” olarak tespit edilebileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca kat adedine bağlı olarak yapıları sınıflandırarak etriye aralığının etkisi ve beton dayanımının düzeyinin risk tespitindeki önemli faktörler olduğunu, kat sayısı attıkça risk düzeyinin de yükseldiğini ifade etmişlerdir.

Kepenek vd. [10] Antalya körfezinde oluşabilecek muhtemel bir depremde afet riskini düşürmeye yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Nüfus itibarıyla, ülkemizin en yoğun 5. ili olan Antalya, iki bölgeye ayrılmış ve bu iki ana bölge de daha alt bölgelere ayrılmıştır. Bahse konu bölgelerde, 26610 adet 1 ila 7 kat arasında değişen betonarme binayı sokaktan tarama metodu ile incelemişler, belirledikleri alt bölgelerde daha ayrıntılı inceleme yaparak Antalya için bir sınır değer tespit etmişlerdir. Yürütülen “mikro bölgeleme” araştırması ile sınır değer altında kalan bölgeler öncelikle değerlendirilmesi gereken alanlar olarak belirtilmiştir.

Erşahan vd. [11] Kahramanmaraş’ta, deprem performanslarını araştırdıkları 342 adet betonarme binayı, P25 metodu kullanarak incelemişler; bunlardan 100 adet binayı çok riskli, 121 binayı düşük riskli ve 121 binayı da ayrıntılı olarak incelenmesi gereken yapı olarak ifade etmişlerdir.

Yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesindeki ana hedef; muhtemel bir depremden önce gerekli araştırmaların yapılarak yeterli dayanıma sahip olmayan yapıların kontrollü şekilde yıkılması ya da depremde hedeflenen performans seviyesine ulaşabilmeleri için gereken güçlendirme uygulamalarına karar verilmesidir. Hâlihazırdaki yapıların deprem performanslarının belirlenmesi uzun ve oldukça zor bir süreçtir. Kullanımı devam eden her bir yapının, teker teker ve detaylı olarak araştırılarak performans seviyelerinin ortaya konulması neredeyse imkânsızdır. İfade edilen zorlukları da göz önüne alarak, gerçekleşmesi muhtemel büyük bir depremde meydana gelebilecek can kayıplarının önüne geçmek amacıyla yapılar için hızlı değerlendirme metotları geliştirilmiştir. Hızlı değerlendirme yöntemlerinde amaç; yapıları bir öncelik sıralaması olacak şekilde kategorize etmektir. Meydana gelebilecek bir depremde, göçme ihtimali yüksek olan “riskli” binaları hızlı şekilde tespit ederek, oluşabilecek muhtemel can kayıplarının önüne geçmek, bu konuda yüzyıllarca çok büyük acılar yaşamış olan ülkemizin en önemli konularından biridir.

Hızlı değerlendirme metotları ile düşük riskli olarak belirlenen yapıların yönetmelik şartlarını sağlayıp sağlamadığına yönelik net bir kanıya varmak elbette mümkün değildir. Yukarıda belirtildiği üzere, bu sadece ilk aşama değerlendirmedir. Dolayısıyla kesin sonuçlar, yalnızca ileri analiz metotları kullanılarak ortaya çıkmaktadır. Buradaki amaç, değerlendirmesi yapılan binalar arasında bir kategorizasyon oluşturmak ve yüksek risk barındıran yapıların öncelikle değerlendirilmesine imkân tanımaktır. İlgili yapının

gerekli görülmesi haline güçlendirilmesine ya da kontrollü şekilde yıkılarak yeniden tesisine öncelik vermek, can kayıplarının önlenmesinde hayati bir önem taşımaktadır. Bu sebeple, deprem riski bulunan şehirlerimizde hızlı değerlendirme uygulamalarının hızlıca hayata geçmesi son derece önemlidir.

2. Yöntem

Çalışmada P25 Hızlı Değerlendirme Yönteminde hesaba katılmayan “Görelî Kat Ötelemeleri” de dikkate alınarak P25 Metodunun geliştirilmesi ve gerçek performans düzeyine nispeten daha yakın bir sonucun elde edilmesi amaçlanmıştır. P25 hızlı değerlendirme yönteminde yer alan; “ayrıntılı incelenmesi gereken” gri bölge olarak ifade edilen kavramın sunulan çalışma ile ortadan kaldırılarak -elde edilen sonuç puanına göre- bina, tamamen “göçer” ya da hasar düzeyi gözetilmeksizin “göçmez” şeklinde net sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu şekilde elde edilen sonuçlar ile mevcut betonarme yapıların hızlı değerlendirme metodları ile kategorize edilmesinin daha net şekilde yapılması ve olası büyük bir depremde tamamen göçmesi muhtemel yapıların hızlı şekilde belirlenmesi amaçlanmıştır. Sunulan çalışma ile ülkemizde çok sayıda bulunan “dayanımsız” yapıların deprem olmadan önce tespit edilip yıkılarak oluşabilecek muhtemel can kayıplarının önlenmesi için daha önce yapılan çalışmalara katkı verilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen yeni hesap metodu, Balıkesir İlinde bulunan 63 adet betonarme binaya uygulanarak deprem performansları incelenmiştir. Balıkesir’in iki merkez ilçesinde bulunan mevcut betonarme binalar incelenerek mahalleler bazında da karşılaştırma yapılmıştır.

3. Balıkesir’in depremselliği

Balıkesir, 12496 km²’lik yüz ölçümüne sahip, yoğun sismik aktivitenin yaşandığı tarihi öneme sahip bir şehirdir. Metamorfik kayalar, kireç taşı, dasit, kil, aglomera, andezit ve alüvyon tabakalarından oluşur; Kuzey Anadolu Fayı ve Ege Grabenleri etkisi altındadır [12].

Tarihsel olarak, Balıkesir kent merkezini etkileyen depremlerden en önemlisi; 29 Ocak 1898 tarihinde meydana gelen ve yerel olarak “Koca Zelzele” olarak ifade edilen depremdir. Bu depremde, Balıkesir merkezindeki yapıların büyük bölümünün yıkıldığı rapor edilmiştir [13]. Deprem kayıtları 1900 yılından sonra alınmaya başladığından, söz konusu depremin büyüklüğü bilinmemektedir ancak tarihi kayıtlar incelendiğinde son derece yıkıcı bir deprem olduğu görülmektedir. Yıkıcı deprem yaşanmadan bir kaç saat önce küçük bir öncü deprem olduğu için halk korku ile sokaklara çıkmış, bu sebeple asıl depremde can kaybı sayısı depremin büyüklüğüne oranla oldukça az olmuştur. Fakat binlerce insanın gözü önünde evleri yıkılmış, Balıkesir’deki tarihi binalar dâhil, hemen hemen hepsi bu depremden sonra inşa edilmiştir.

MTA tarafından yayınlanan Türkiye Aktif Fay Haritasında (Şekil 1), Balıkesir ve çevresindeki çeşitli aktif fay sistemleri görülmektedir. Balıkesir’de oluşan büyük depremlerden bazıları Tablo 1’de listelenmiştir.

Tablo 1. Balıkesir ve ilçelerinde meydana gelen büyük depremler.

Tarih	Yer	Şiddet	Mag(ms)	Can kaybı	Hasarlı Bina
18.11.1919	Ayvalık	X	7	3000	16000
04.01.1935	Erdek	VIII	6.4	5	600
15.11.1942	Bigadiç	VIII	6.1	16	2187
18.03.1953	Gönen	IX	7.2	265	6750
06.10.1964	Manyas	IX	7	23	5398



Şekil 1. Balıkesir ve çevresi fay haritası

4. Hızlı değerlendirme yöntemleri

Deprem, oldukça karmaşık ve belirsiz bir yer hareketi olduğundan dolayı yapılar üzerindeki etkisi çok fazla değişkene bağlıdır ve sarsıntı anındaki davranışının önceden belirlenmesi için görece kesin metotların uygulanması hem ekonomik olarak hem de sarf edilmesi gereken emek açısından oldukça zordur. Kullanıcıların can güvenliğinin sağlanması amacıyla deprem performanslarının araştırılması gereken yapıların oldukça fazla olması, yüksek maliyet ve uzun bir sürece ihtiyaç duyulması sebebiyle, mevcut yapı stokuna güvenilir bir kategorizasyon yapabilecek hızlı değerlendirme yöntemlerinin uygulanması ihtiyaçtan öte bir zorunluluk haline gelmiştir.

1968 yılında, Japonya'nın Tokachi-oki bölgesinde meydana gelen 8.3 büyüklüğündeki depremin ardından, hızlı değerlendirme yöntemleri ilk kez kullanılmıştır. Depremin hemen ardından, özellikle betonarme binalar çok büyük hasara uğramışlardır. 1968 yılında, Shiga, Shibata ve Takahashi'nin birlikte yaptıkları çalışmada, bahse konu depremden sonra oluşturulan veriler kullanılarak SST adlı bir metot geliştirilmiştir [14].

Bugüne kadar, ulusal ve uluslararası araştırmacılar bir çok hızlı değerlendirme metodu geliştirmişlerdir. Hepsinin ortak amacı, yapıların deprem performanslarının hızlı şekilde

değerlendirilebilmesi ve mevcut betonarme yapılar için hızlı bir kategorizasyon oluşturulabilmesidir. Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinden en sık kullanılanlar;

- Japon Sismik İndeks Yöntemi
- Kanada Sismik Tarama Metodu
- Sokak Tarama Metodu – ATC 21, FEMA 154
- Kapasite İndeks Metodu
- Hızlı Durum Tespit Metodu - Durtes
- Kolon ve Duvar İndeksleri Metodu
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Hızlı Değerlendirme Metodu
- Bulanık Mantık Yaklaşımı
- PERA Metodu
- P25 Metodu

olarak sıralanabilir.

5. P25 Hızlı değerlendirme yöntemi

Riskli bina stokunu daha ekonomik ve hızlı şekilde kategorize ederek can güvenliğini tehdit eden yapıların belirlenmesi amacıyla Tezcan vd. [15] tarafından “Sıfır can kaybı projesi” adıyla bir proje başlatılmış ve bu proje bir araştırma süreci şeklinde devam etmiştir. Binaların, meydana gelebilecek büyük bir depremde, kat yığını halinde göçme ihtimalini ortaya koymak ve deprem meydana gelmeden önce kontrollü şekilde yıkılmasını ya da güçlendirilmesini sağlamak amacıyla ilk olarak “P5 Yöntemi”, ardından Bal vd. tarafından “P24 Yöntemi” geliştirilmiş, son olarak aynı araştırmacılar tarafından “P25 Hızlı değerlendirme yöntemi” sunulmuştur [16].

Sunulan yöntemde, yapının zemin özellikleri, malzeme nitelikleri, yapısal düzensizlikleri, mevcut düşey taşıyıcı ve dolgu duvar boyutları ile yapı yüksekliği gibi değişkenler analiz edilerek “P1 Temel Yapısal Puanı” hesaplanır. Buna ek olarak, yapının farklı göçme modlarını dikkate alan toplam yedi yapısal puan belirlenir. Bu puanlar arasından, en yüksek riski temsil eden en küçük puan (P_{min}) seçilir ve yapının bulunduğu bölgenin özelliklerine bağlı olarak bir “ α -Düzeltilme Çarpanı” ile çarpılarak topografik etkiler de değerlendirmeye dâhil edilir. Ayrıca, bu yedi puanın birbiriyle olan ilişkilerini ifade eden “ β -Çarpanı” hesaplanır. Sonuçta, en küçük P_{min} puanı, “ β -Çarpanı” ve “ α -Düzeltilme Çarpanı” birleştirilerek “Psonuç” puanı elde edilir.

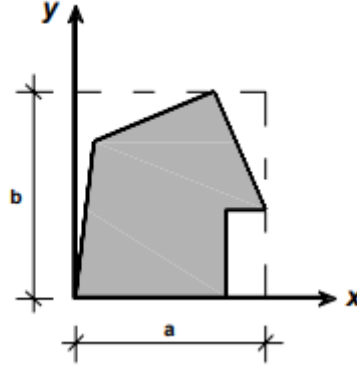
Bu “Psonuç” puanı, daha önce 311 betonarme bina üzerinde yapılan çalışmalarla kalibre edilmiş bir sisteme göre değerlendirilir. Elde edilen puanın üç farklı risk bölgesinden birine düşmesi durumunda yapının göçme riski belirlenir veya gerekirse daha ayrıntılı bir analiz yapılması gerektiği ifade edilir [3].

P25 yönteminin uygulanması için öncelikle yapıya ait kalıp planı olmalıdır. Yapının projenin bulunmaması durumunda mevcut binanın rölövesi çıkarılarak, bölme duvarlar ve taşıyıcı elemanların konum ve boyutlarının saptanması gerekmektedir. Yapılan değerlendirmelerde kritik kat belirlenerek, taşıyıcı elemanların proje ya da rölöveye uygunluğu kontrol edilmelidir [17].

5.1. Efektif kat alanı ve kritik kat seçimi

Binanın en uç kenarlarını baz alarak çizilen en küçük dikdörtgen; efektif kat alanıdır (Şekil 2). Deprem performansı hakkında fikir elde edilmek istenen binanın zemin kat planının oturduğu dikdörtgenin a ve b kenar uzunlukları belirlenir. Ardından, “Ae” efektif kat alanı ve her iki doğrultudaki $I_x - I_y$ efektif kat atalet momentleri hesaplanır.

Kritik kat; binanın en ağır hasara maruz kalabileceği tahmin edilen kattır. Bodrum veya zemin katlar genelde en yüksek hasarın olduğu katlardır. Binanın bodrum katında boydan boy betonarme perdeler bulunmuyorsa kritik kat bodrum katlar olarak seçilebilir [18,19,20,21].



Şekil 2. Örnek bina zemin kat planı [18]

$$A_e = a \cdot b \quad (1)$$

$$I_x = a^3 \cdot b / 12 \quad I_y = a \cdot b^3 / 12 \quad (2)$$

Kritik katta bulunan etkili en kesit alanları yani her iki doğrultudaki dolgu duvarlar, kolonlar ve perdelerin alanları hesaplanır. Bunlardan yararlanarak C_{Ax} ve C_{Ay} alan endeksleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

$$C_{Ax} = 2 \cdot (10^5) \cdot A_{ef,x} / A_e \quad (3)$$

$$C_{Ay} = 2 \cdot (10^5) \cdot A_{ef,y} / A_e \quad (4)$$

$$A_{ef,x} = A_c + A_{sx} + (E_m / E_c) \cdot A_{wx} \quad (5a)$$

$$A_{ef,y} = A_c + A_{sy} + (E_m / E_c) \cdot A_{wy} \quad (5b)$$

$$C_{A, \min} = \min(C_{Ax}, C_{Ay}) \quad (6a)$$

$$C_{A, \max} = \max(C_{Ax}, C_{Ay}) \quad (6b)$$

$$C_A = \sqrt{(0.87 \cdot C_{A, \min})^2 + (0.50 \cdot C_{A, \max})^2} \quad (7)$$

Dolgu duvarı elastisite modülünün, beton elastisite modülüne oranı; $E_m / E_c = 0.15$ 'dir. Bu alan endekslerinin küçüğüne 'minimum', büyüğüne 'maksimum' bileşen gözü ile bakılarak C_A – Alan Endeksi Bileşkesi için ağırlıklı bir ortalama endeks hesaplanır (Denk 6a-6b,7) [18].

5.2. C_I - Bileşke atalet momenti endeksi

Bileşke Atalet Momenti Endeksi (C_I), belirlenen kritik kat için hesaplanır. Bu hesap için x ve y doğrultularındaki perde ve kolon atalet momenti endeksleri (C_{Ix} ve C_{Iy}) hesaplanır:

$$C_{I_x} = 2 \cdot (10^5) \cdot (I_{ef,x}/I_x)^{0.2} \quad (8)$$

$$C_{I_y} = 2 \cdot (10^5) \cdot (I_{ef,y}/I_y)^{0.2} \quad (9)$$

$$I_{ef,x} = I_{cx} + I_{sx} + (E_m/E_c) \cdot I_{wx} \quad (10a)$$

$$I_{ef,y} = I_{cy} + I_{sy} + (E_m/E_c) \cdot I_{wy} \quad (10b)$$

$$C_{I, \min} = \min(C_{I_x}, C_{I_y}) \quad (11a)$$

$$C_{I, \max} = \max(C_{I_x}, C_{I_y}) \quad (11b)$$

$$C_I = \sqrt{(0.87 C_{I, \min})^2 + (0.50 C_{I, \max})^2} \quad (12)$$

Burada;

I_{cx} ve I_{cy} : Kritik kat kolonlarının x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,

I_{sx} ve I_{sy} : Kritik kat perdelerinin x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,

I_{wx} ve I_{wy} : Kritik kat dolgu duvarlarının x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,

C_I : Atalet momenti endeksinin bileşkesini göstermektedir.

C_A ve C_I alan ve atalet momenti endekslerinin bileşkeleri, depremin binanın zayıf yönüne 30° açı ile geldiği yaklaşımına dayanılarak hesaplanmaktadır [18].

5.3. P_0 – Taşıyıcı sistem puanı

Taşıyıcı sistem puanı (P_0), binanın taşıyıcı sistem özelliklerini yansıttığından aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P_0 = (C_A + C_I) / h_0 \quad (13)$$

Burada düzeltme çarpanı h_0 , bina yüksekliği ile ilgilidir. h_0 çarpanı, aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$h_0 = -0.6.H^2 + 39.6.H - 13.4 \quad (14)$$

H, kritik kattan itibaren ölçülen bina toplam yüksekliğini ifade etmektedir.

(14) numaralı ifade, farklı yükseklik ve kat sayısına sahip binalar için yapılan analizlerin sonuçlarına dayanmaktadır. Örneğin, 15 m yükseklikte 5 katlı bir binada $h_0 = 446$, yükseklikte tek katlı bir binada $h_0 = 100$ ve 30 m yükseklikte 10 katlı bir binada $h_0 = 635$ değerini vermektedir. h_0 değerinin elde edilmesi amacıyla 27.000 civarında bina üretilmiş ve farklı tasarımlara sahip yapılar için hazırlanan bir bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar regresyon analizine tabi tutulmuştur. Yapılan analizler yardımı ile Denklem (14) elde edilmiştir ($R^2 = 0.40$) [19].

5.4. P_1 – Temel yapısal puanı

Yapının P_0 ham puanı, belirli düzeltme katsayıları ile çarpılarak Temel Yapısal Puan (P_1) hesaplanır. Bu düzeltme katsayıları (f_i), yapının zemin ve temel tipi, malzeme özellikleri ve çeşitli düzensizliklerine göre belirlenir. (f_i) katsayılarının değerleri ve tanımları Tablo 2’de detaylı olarak verilmiştir.

P_1 Temel Yapısal Puanı (15) eşitliği ile hesaplanır:

$$P_1 = P_0 \left(\prod_{i=1}^{14} f_i \right) \quad (15)$$

P1 temel yapısal puanın yanı sıra, P2-Kısa Kolon Puanı, P3-Yumuşak ve Zayıf Kat Puanı, P4-Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı, P5-Çarpışma Puanı, P6-Sıvılaşma Potansiyeli Puanı, P7-Toprak Hareketleri puanları da hesaplanarak $P_{\min}$ puanı bulunur.

5.5. α – Düzeltme çarpanı

Göçme kriterlerini temsil eden yedi adet P_i göçme riski puanı arasından en küçüğü (en fazla risk temsil eden) seçilerek $P_{\min}$ puanını oluşturur. $P_{\min}$ minimum puanının binanın ve yapı alanının özelliklerine göre ayrıca bir “ α – Düzeltme Çarpanı” ile düzeltilmesi gerekmektedir. α – Düzeltme çarpanı; topoğrafik konum katsayısı olan “ t ”, bina önem katsayısı olan “ I ”, efektif ivme katsayısı olan “ A_0 ” ve hareketli yük çarpanı olan “ n ” göz önüne alınarak Denklem (16) yardımı ile hesaplanmaktadır;

$$\alpha = (1 / I)(1.4 - A_0)[1 / (0.4n + 0.88)] t \quad (16)$$

Tablo 2. Yapısal düzensizlik katsayıları (f_i) [18]

Katsayı	Tanım	Risk Seviyesi		
		Yok	Az	Yüksek
f_1	Burulma Düzensizlikleri	1.00	0.95	0.90
f_2	Döşeme Süreksizlikleri	1.00	0.95	0.90
f_3	Düşey Doğrultudaki Süreksizlikler	1.00	0.90	0.65-0.70
f_4	Kütle Düzensizliği	1.00	0.85	0.75
f_5	Korozyon Durumu	1.00	0.90	0.80
f_6	Ağır Cephe Yükleri	1.00	0.90	0.90
f_7	Asma Kat Mevcudiyeti (γ =Asma kat / Kat alanı)	0.90 $\gamma = 0$	0.95 $0 < \gamma < 0.25$	0.90 $\gamma \geq 0.25$
f_8	Katlarda Seviye Farkı veya Kısmi Bodrum	1.00	0.90	0.80
f_9	Beton kalitesi ⁽¹⁾	$f_9 = (f_c/20)^{0.5}$		
f_{10}	Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş ⁽²⁾	$f_{10} = [(I_x + I_y)/2 \cdot l_b]^{0.15} \leq 1.00$		
f_{11}	Etriye Sıklığı ⁽³⁾	$f_{11} = 0.60 \leq (10/s)^{0.25} \leq 1.00$		
f_{12}	Zemin Sınıfı	1.00 (Z2, Z1 için)	0.95 (Z3 için)	0.90 (Z4 için)
f_{13}	Temel Tipi	1.00 (Radye Temel)	0.95 (Sürekli Temel)	0.80-0.90 (Tekil Temel)
f_{14}	Temel Derinliği	1.00 (4 m’ den fazla)	0.95 (1 – 4 m arası)	0.90 (1 m’ den az)

⁽¹⁾ f_c , binanın MPa cinsinden beton kalitesidir.

⁽²⁾ l_b değeri, en çok tekrar eden kirişin (kritik kat) atalet momenti; I_x , ve I_y değerleri, kolonların ortalama boyutlarından elde edilen temsili kolonun (kritik kat) atalet momentidir.

⁽³⁾ s , sarılma bölgesindeki -cm cinsinden- etriye aralığı.

Topoğrafik t katsayısının nominal değeri $t=1.0$ 'dir. Bu katsayı, incelenen binanın bir tepenin üstüne kurulu olması durumunda $t=0.7$ ve dik bir yamaçta kurulu olması durumunda ise $t=0.85$ değerini almaktadır.

Belirtilen katsayı belirlenirken, özellikle 1985 yılında Şili'de meydana gelen deprem sonrası USGS tarafından “Canal Beagle” bölgesinde yapılan artçı depremler göz önüne alınarak elde edilen ölçümler büyük etki etmiştir. Tamamen aynı şekilde inşa edilen yapılardan, tepe üzerinde sıralananların, düzlükte bulunanlara nazaran daha fazla hasar gördüğü tespit edilmiştir [22-23]. Fakat Şili depreminden sonra bir bölgede elde edilen sonuçların her yere aynı şekilde kullanılamayacağı da açıktır. Ayrıca, topoğrafik büyütmenin frekansa bağlı olarak değişmesi, yapılan ölçümlerin artçı depremlerden elde edilen kayıtlar olması gibi birçok belirsizlik bu parametrenin oldukça karmaşık hale gelmesine sebep olmaktadır. Ancak, yukarıda bahsedilen çalışmalarda topoğrafik etkinin en azından sözel tarifi P25 yöntemine de ışık tutmuştur.

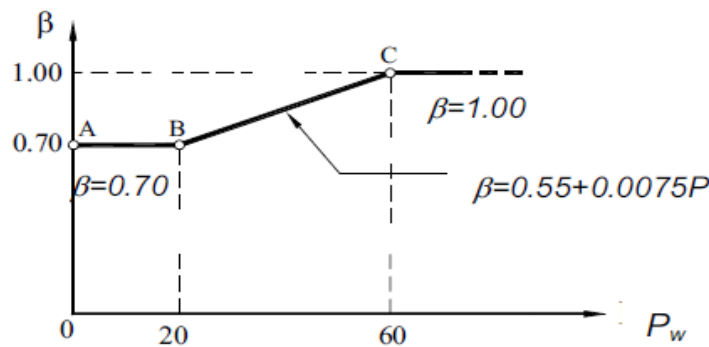
5.6. β - Düzeltme çarpanı

Daha önce hesaplanan yedi adet P_i puanının ağırlıklı olarak birbirleri ile etkileşimleri sonucunda, binanın sonuç performans puanı “P” belirlenmektedir. Bunun için önce P_i puanlarından minimum değer seçilerek $P_{\min}$ en küçük puan belirlenir ve ağırlık katsayısı olarak $w = 4$ ile çarpılır. Diğer P_i puanları Tablo 3’de gösterilen ağırlık puanları ile çarpılarak Denklem (17) yardımı ile ağırlıklı ortalama puanı P_w hesaplanır. Ağırlıklı ortalama puanı P_w kullanılarak Şekil 3’den bir β - Düzeltme Çarpanı elde edilir.

Tablo 3 - P_i puanları için Bal vd. [18] önerilen ağırlık oranları

Ağırlıklı Puan	-P ₁ -	-P ₂ -	-P ₃ -	-P ₄ -	-P ₅ -	-P ₆ -	-P ₇ -	-P _{min} -
w	4	1	3	2	1	3	2	4

$$P_w = \sum(w_i P_i) / \sum w_i \quad (17)$$



Şekil 3. β katsayısının değişimi [18]

5.7. $P_{\text{sonuç}}$ puanı

α ve β düzeltme çarpanları yardımı ile binanın performansını ifade eden $P_{\text{sonuç}}$ puanı:

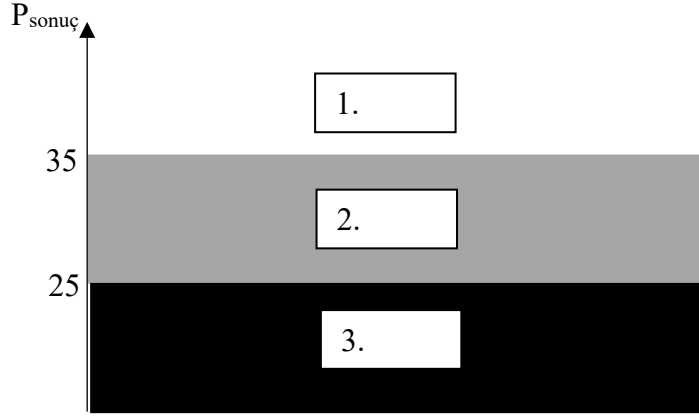
$$P_{\text{sonuç}} = \alpha \beta P_{\min} \quad (18)$$

olarak hesaplanır. Burada $P_{\min}$ birbirinden bağımsız hesaplanan ve yukarda açıklanan 7 adet P_i değerlendirme puanlarının en küçüğüne karşılık gelmektedir.

Sonuç olarak, belirlenen $P_{\text{sonuç}} \text{ puanı}$ ile binanın toptan göçme riskinin ne düzeyde olduğu belirlenebilmekte ve daha ayrıntılı bir araştırmanın gerekliliği hakkında bir elde edilebilmektedir.

5.8. Bant genişliği tanımı

P25 yöntemi ile hızlı performans değerlendirmesi yapılan yapılar, elde edilen $P_{\text{Sonuç}}$ puanına bağlı olarak Şekil 4'te görüldüğü gibi 3 ayrı bölgede tanımlanmaktadır.



Şekil 4 - P25 yöntemi puan bölgeleri

1.Bölge (Düşük risk bandı $P \geq 35$): Toptan göçme ihtimalinin az olduğu, can kaybı ihtimalinin çok düşük olduğu bölge olarak ifade edilebilir. Dolayısıyla, ayrıntılı incelenmenin acil olmadığını ifade eden bölgedir. Şekilde yer alan, 2. ve 3. bölgelere göre daha hafif hasar alacağı tahmin edilen binaların yer alacağı varsayılan bölgedir. Bu bölgedeki yapıların muhtemel bir depremde maruz kalacağı hasar miktarını önceden hesaplamak elbette mümkün değildir. Fakat tamamen göçme ihtimalinin en düşük düzeyde kaldığı binaların bulunduğu alan olarak tanımlanması mümkündür.

2. Bölge (Ayrıntılı inceleme bandı $35 > P > 25$): “Göçerek can kaybına sebep olacağı net şekilde belirlenemediğinden, ifade edilen belirsizliklerle ilgili daha ayrıntılı araştırmaya ihtiyaç duyulan yapıların bulunduğu bölge” olarak tanımlanabilir. Bu alanda konumlanan binalar için ancak ayrıntılı bir analize tabi tutulmak suretiyle deprem performansları hakkında bir fikir yürütülebilir.

3. Bölge (Yüksek risk bandı $P \leq 25$): “Göçerek can kaybına sebep olabileceği, ayrıntılı bir incelemeye gerek olmadan söylenebilecek yapılar” bu bölgede yer almaktadır. Acilen boşaltılması ve güçlendirilmesi ya da kontrollü şekilde yıkılması gereken, en riskli binalar bu alanda yer almaktadır.

6. P25 metodu için önerilen revizyon

Çalışmanın bu bölümünde, P25 hızlı değerlendirme yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. P25 yöntemi, sunulan çalışmada revize edilmiş ve yöntemin adı yazarların soyadlarının ilk iki harfi olan P25 ÖZ-KA şeklinde ifade edilmiştir.

Mevcut binalar P25 Metodu ile değerlendirilirken statik analizler uygulanmaz ve bu nedenle deplasman değerlerine ulaşılamaz. Ancak, gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde yapıların statik analizlerini hızlı ve çok düşük maliyetlerle yapmak mümkündür. Dolayısıyla, binanın deprem performansını belirlemeye çalışırken yapının statik analizini yapmak, hızlı değerlendirme uygulamasına aykırı bir yaklaşım değildir ve yapı bilgisayarda hızlıca tanımlanarak deplasmanları kolayca hesaplanabilir. P25 Metodunda, yapının projeleri mevcut durumdadır veya mevcut olmayan yapılar için taşıyıcı sistemlerin rölövesi hazırlanmıştır. Hızlı değerlendirme yapılacak betonarme bir yapının mevcut projesini bir statik analiz programına aktarmak ve çözümlemek oldukça kolay, hızlı ve düşük maliyetlidir. Bu nedenle, değerlendirilecek yapının deplasmanları ve görelî kat ötelemeleri gibi mühendisler için kritik olan verilerin de kullanılması, P25 Metodunun kapsamını genişletip doğruluğunu artıracaktır. 2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde elde edilen görelî kat ötelemelerine bağli olarak belirlenen hasar düzeylerinin ortaya konması oldukça uzun ve ayrıntılı hesaplamalar gerektirdiğinden yapıların bu kapsamdaki kurallardan faydalanılarak değerlendirilmeleri hızlı değerlendirme mantığı ile örtüşmemektedir. Bu sebeple, incelenen yapıların statik hesabı yapıldıktan sonra elde edilen deplasmanlar ve görelî kat ötelemelerine bağli hasar düzeylerinin belirlenmesi için bir önceki yönetmelik olan DBYBHY 2007'den yararlanılmıştır. Bu yaklaşım daha önce ortaya atılan hızlı değerlendirme metodlarında da kullanılmıştır. Örneğın, Kanada Sismik İndeks Metodunda [24], dikkate alınan parametrelerin çoğı yapının inşa edildiğı ve değerlendirmenin yapıldığı yıllara ve ayrıca Kanada'da yayınlanan 1965-1970 ve 1985 yönetmeliklerine bağli olarak farklı puanlar almaktadır.

Önerdiğimiz revizyonda, yapının statik analizi sonrasında elde edilen rölâtif kat ötelemelerine dayanarak, P25 yöntemine ek bir "Deplasman Puanı (P_{DEP})" tanımlanmaktadır. "Deplasman Puanı (P_{DEP})" tıpkı Japon Sismik İndeks Yönteminde kullanılan kullanım katsayısı (U) gibi, P25 yönteminden elde edilen sonuç puanıyla çarpılarak mühendislerin daha kesin bir değerlendirme yapması hedeflenmiştir (Şekil 5). P25 yöntemindeki gri (belirsiz) bölgeyi ortadan kaldırırken, can güvenliğini sağlamak amacıyla güvenli tarafta kalınmıştır. Statik analizle elde edilen rölâtif kat ötelemelerine göre Tablo 4'te belirlenen "Deplasman Puanı (P_{DEP})" ve P25 yönteminden gelen puanın çarpımıyla elde edilen PÖZ-KA sonuç puanı, her zaman P25 puanına eşit ya da daha düşük olacak şekilde tasarlanmıştır.

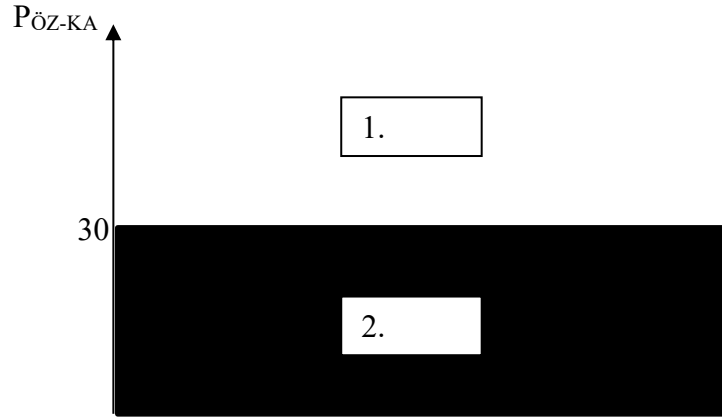
Bu revizyonda hesaplanan Deplasman Puanı (P_{DEP}), x ve y doğrultularında yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen görelî kat öteleme değerlerinin mevcut puanı etkileyen olumsuz durumları dikkate alarak oluşturulmaktadır. Deprem performans değerlendirmesi hızlı bir şekilde yapılması gereken yapılar için P25 ÖZ-KA sonuç puanı ($P_{ÖZ-KA}$), statik analizle belirlenen hasar sınırlarına dayalı olarak değerlendirilir. Eğer yapı Minimum Hasar Bölgesi'nde (MN) bulunuyorsa, daha önce P25 yöntemiyle hesaplanmış olan puan, sonuç puanı olarak kabul edilir. Statik analiz, yapının Belirgin Hasar Bölgesi'nde (BH) olduğunu gösteriyorsa, P25 yöntemiyle hesaplanan puan %20 oranında düşürülerek P25 ÖZ-KA puanı elde edilir. Yapı, İleri Hasar Bölgesi'nde (İH) yer alıyorsa puan %40 ve Göçme Bölgesi'nde (GB) bulunuyorsa %60 oranında azaltılır. Böylece önerilen revizyon sayesinde, PÖZ-KA sonuç puanı her zaman kullanıcıların can güvenliğini önceliklendirecek şekilde güvenli bir yaklaşım sunmaktadır.

P25 yönteminde belirsiz kalan gri bölgedeki bant genişliğı kavramı ortadan kaldırılarak yapılan değerlendirme sonucunda binanın alacağı sonuç puanına bağli olarak net bir

sonuç ortaya konulması hedeflenmiştir. P25 yönteminde belirtilen bant genişliği tanımlarında bulunan belirsiz (gri) bölgenin bant aralığı 25 ila 35 değerleri arasında değişmektedir. Çalışmamızda, bahse konu gri renkle ifade edilen bölgenin ortadan kaldırılması için ve net bir sonuç elde edilmesi amacıyla P25 yönteminde önerilen “gri bölgenin” üst sınırı ve alt sınırının aritmetik ortalaması olan “30” sayısı belirlenmiştir. Bu revizyon ile elde oluşturulan PÖZ-KA sonuç puanı, belirlenen sınır değere eşit ya da ondan büyük olması durumunda yapı “Göçmez”, PÖZ-KA sonuç puanı belirlenen 30 sınır değerinden küçük olması durumunda ise “Göçer” şeklinde net bir sonuç elde edilmektedir.

Tablo 4 - P25 ÖZ-KA sonuç puanlarının hesaplanması

		Hasar Bölgesi			
		$MN < 0.01$	$0.01 < BH < 0.03$	$0.03 < İH < 0.04$	$0.04 < GB$
P _{DEP} Puanı		P _{DEP} =1.00	P _{DEP} =0.80	P _{DEP} =0.60	P _{DEP} =0.40
PÖZ-KA	x yönü	P25 _{sonuç}	P25 _{sonuç} x 0.80	P25 _{sonuç} x 0.60	P25 _{sonuç} x 0.40
	y yönü	P25 _{sonuç}	P25 _{sonuç} x 0.80	P25 _{sonuç} x 0.60	P25 _{sonuç} x 0.40



7. Daha önceki çalışmalar ile karşılaştırma

TÜBİTAK 106-M-278 projesi [19] kapsamında mevcut yapıların puanları incelenmiş, önceki yüksek lisans tez çalışmaları ve projedeki yapılarla kıyaslanarak Tablo 5’te sunulmuştur.

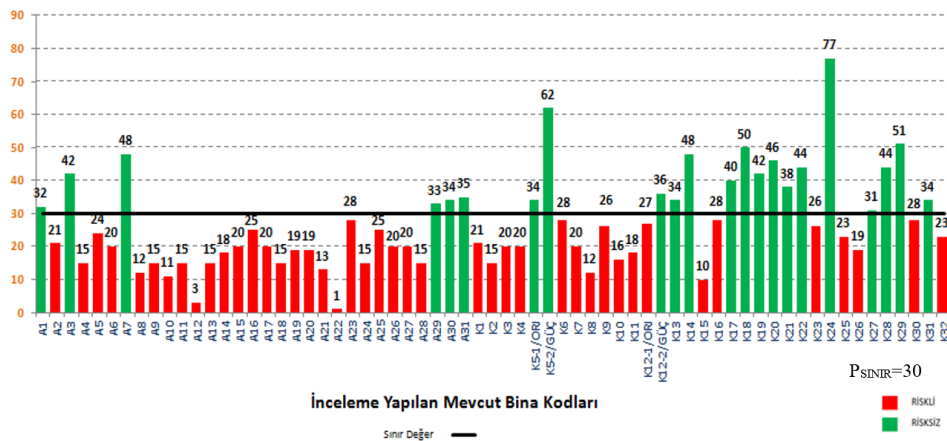
Daha önce yapılmış olan lisansüstü tez çalışmaları ve Tübitak projesinde incelenen yapılardan elde edilen puanlar ile bu çalışma kapsamında elde edilen puanlar Tablo 5’de gösterilmiş olup birbirlerine oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. Önerilen revizyonda, can güvenliği sağlanacak şekilde, önceki çalışmalarda elde edilen puanlara eşit veya daha küçük puanlar ortaya çıkmaktadır [29].

Tablo 5 - P25 ÖZ-KA Revizyonu ile daha önce yapılmış çalışmaların karşılaştırılması

No	Referans	Yeri	Kat	İnşa Yılı	Önceki çalışmalarda Bulunan P25 Puanı	Hesaplanan P25 Puanı	Görelî Kat Öteleme Sınırı	P 25 ÖZ-KA Puanı (PÖZKA)
1	052ADA - M - 06 - MD [19]	Adana	B+5	-	53	52	İH	31
2	125IST - R - 03 - ND [19]	İstanbul	B+2	1988	10	15	İH	9
3	Örnek Yapı 1 [19]	-	6	-	20	18	BH	14
4	128 – IST – R – 6 - ND [19]	İstanbul	B+6	1975	38	35	İH	21
5	052ADA - M - 06 - MD [19]	Adana	B+5	-	47	50	İH	30
6	Doğan [25]	Düzce	B+2	1984	9,735	9	İH	5
7	Tural [26]	Düzce	B+5	-	20	20	İH	12
8	Altınel [27]	Kocaeli	Z+3	1995	50	50	BH	40
9	Gümüşbaş [28]	Örnek Yapı Çıkmasız	6	-	40	36	MH	36
10	Gümüşbaş [28]	Örnek Yapı Çıkmalı	6	-	26	25	GB	13

8. Önerilen revize yöntemin balıkesir ilindeki binalara uygulanması

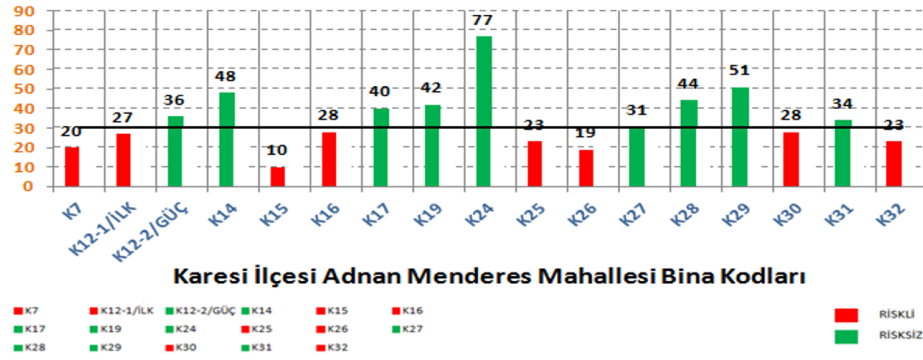
Çalışma kapsamında Balıkesir’in merkez iki ilçesi olan Karesi ve Altıeylül ilçelerinde, 1980 yılı ile 2011 yılları arasında inşa edilmiş betonarme binalarda inceleme yapılmış ve elde edilen sonuç puanları Şekil 6’da gösterilmiştir. Deprem performansları araştırılan binaların kat adetleri 3 ila 11 arasında değişim göstermektedir. 32 bina Karesi ilçesinde, 31 bina ise Altıeylül ilçesinde olmak üzere toplam 63 betonarme yapının deprem performansları hızlı değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Karesi ilçesinde incelenen yapılara verilen kod numaraları “K” harfi ile Altıeylül ilçesinde bulunan yapılara verilen kod numaraları ise “A” harfi ile başlamakta ve sıra numarasına göre listelenmektedir. Bu binaların bazılarında güçlendirme yapıldığı da tespit edilmiştir. Güçlendirilen yapıların rölöveleri oluşturulmuş ve güçlendirmeden önceki hallerinin projeleri ilgili kurumlardan temin edilmiştir. Bu şekilde, bahse konu yapıların güçlendirme uygulanmış hali ile orijinallerinin sonuçları da elde edilerek karşılaştırılmıştır.



Şekil 6 - Balıkesir’de incelenen betonarme binaların PÖZ-KA puanları

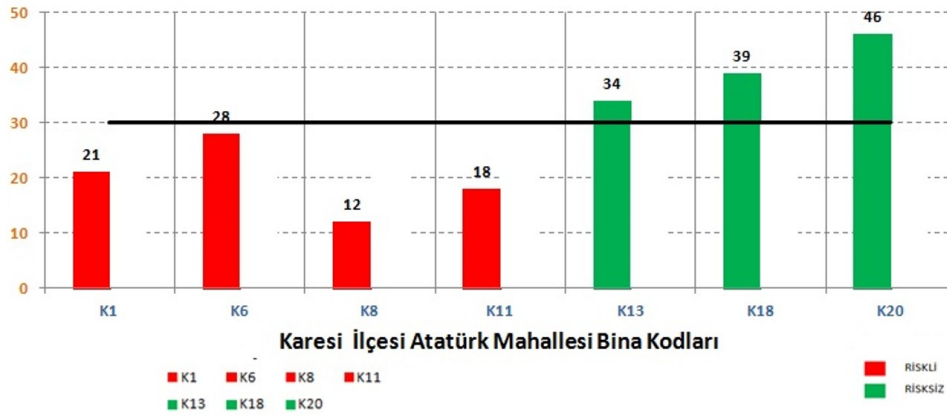
İncelenen yapılar, mahalle bazında gruplandırılarak zemin özelliklerini de göz önünde bulunduran genel bir değerlendirme yapılmıştır. Yapılar, Balıkesir’in Karesi ilçesinde; Atatürk Mahallesi, Adnan Menderes Mahallesi ve Paşaalanı Mahalleleri, Altıeylül ilçesinde ise, Plevne Mahallesi, Altıeylül Mahallesi, ve Bahçelievler Mahalleleri olmak üzere toplam 6 gruba ayrılmaktadır.

Karesi ilçesinde incelenen 32 adet binadan; zemin özellikleri bakımından diğer mahallelere oranla çok daha iyi durumda olan Adnan Menderes Mahallesi’ndeki 16 adet yapı incelenmiş olup, Şekil 7’de görüldüğü gibi, bu mahallede incelenen binaların %50’si “Göçme Riski” olan yapı olarak belirlenmiştir.



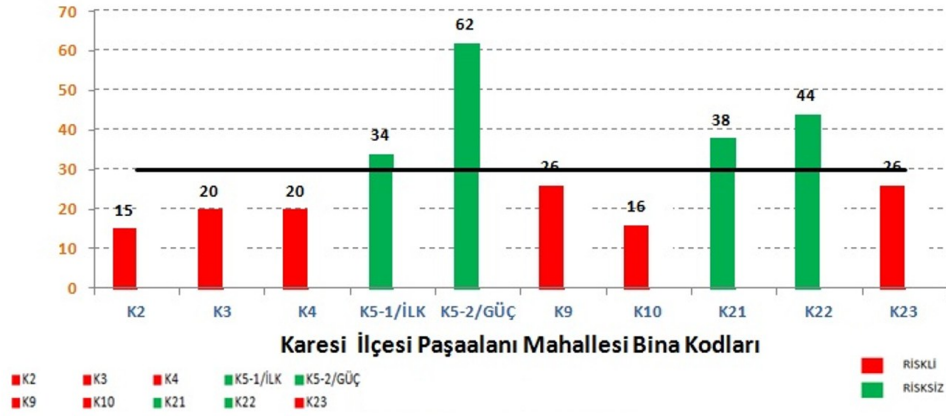
Şekil 7. Karesi İlçesi, Adnan Menderes Mahallesi’nde incelenen binaların PÖZ-KA sonuç puanları

Karesi ilçesinde, araştırmanın yürütüldüğü mahalleler içerisindeki, zemin özellikleri bakımından orta düzey olarak değerlendirilebilecek Atatürk Mahallesi’nde, Şekil 8’de görüldüğü gibi 7 adet bina incelenmiş olup bu binaların %57’si “Göçme Riski” olan yapı olarak belirlenmiştir.



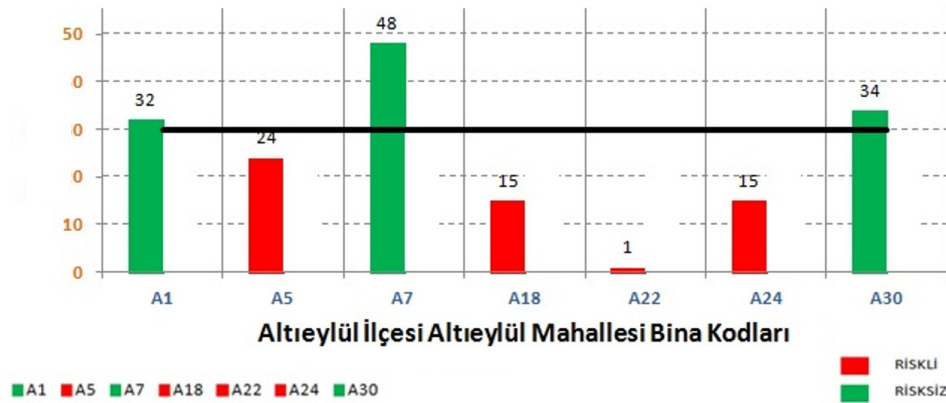
Şekil 8. Karesi İlçesi, Atatürk Mahallesi’nde incelenen binaların PÖZ-KA sonuç puanları

Karesi ilçesinde, zemin özellikleri bakımından en kötü olarak değerlendirilebilecek Paşaalanı Mahallesi’nde Şekil 9’da görüldüğü gibi, incelenen 9 adet binanın %67’si “Göçme Riski” olan yapı olarak belirlenmiştir.



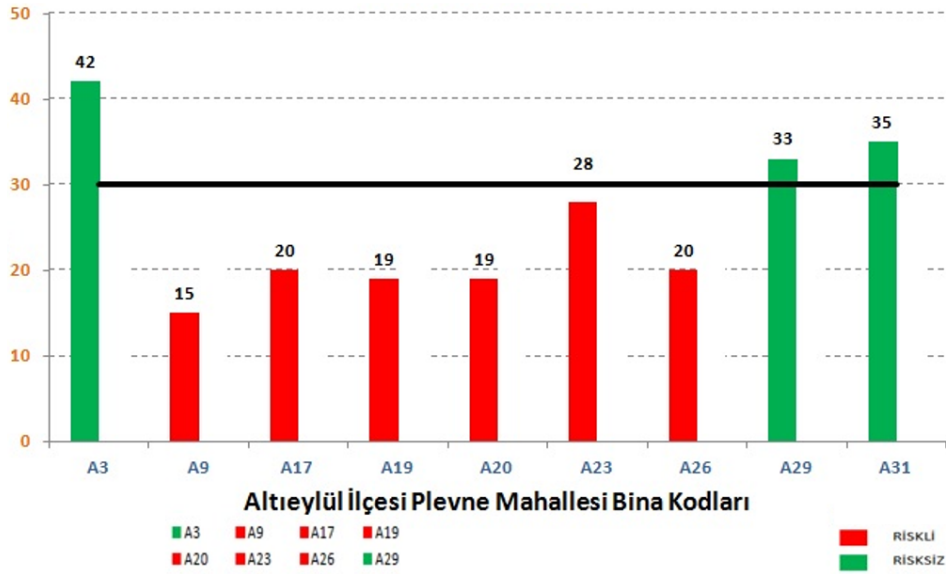
Şekil 9. Karesi İlçesi, Paşaalı Mahallesi’nde incelenen binaların PÖZ-KA sonuç puanları

Balıkesir’in Altıeylül ilçesinde yapılan değerlendirmedeki 31 adet betonarme yapıdan; zemin özellikleri diğer mahallelere oranla daha iyi olan, Altıeylül Mahallesi’nde incelenen 7 adet binanın %57’si Şekil 10’da görüldüğü gibi “Göçme Riski” olan yapı olarak belirlenmiştir.



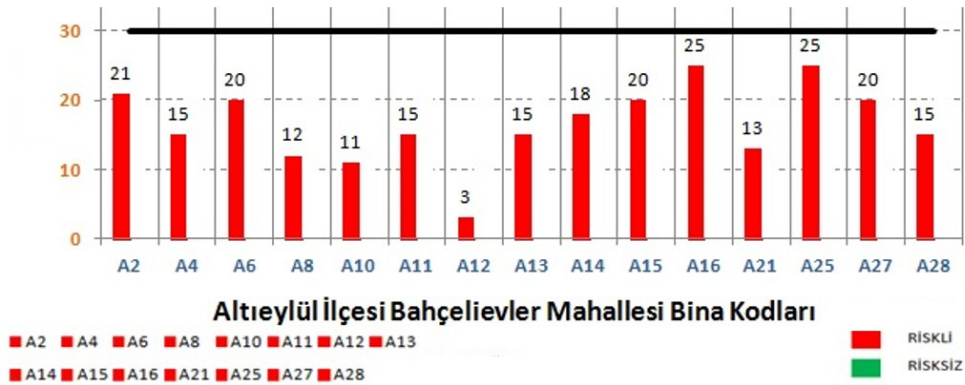
Şekil 10. Altıeylül İlçesi, Altıeylül Mahallesi’nde incelenen binaların PÖZ-KA sonuç puanları

Altıeylül ilçesinde, zemin özellikleri bakımından orta düzey olarak değerlendirilebilecek Plevne Mahallesi’nde, Şekil 11’de görüldüğü gibi 9 adet bina incelenmiş olup bu binaların %67’si “Göçme Riski” olan yapı olarak belirlenmiştir.



Şekil 11. Altıeylül İlçesi, Plevne Mahallesi’nde incelenen binaların P25ÖZ-KA sonuç puanları

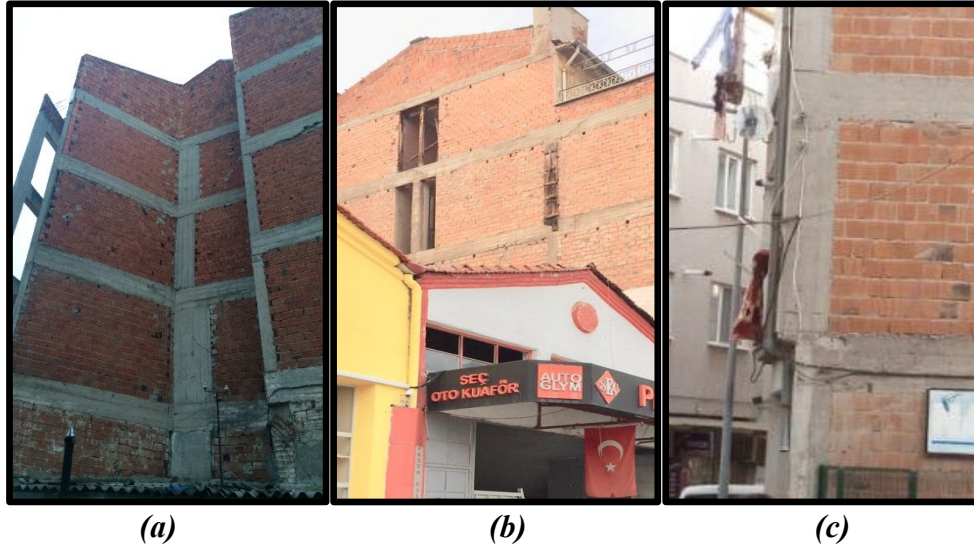
Altıeylül ilçesinde inceleme yapılan 31 adet binadan; zemin özellikleri bakımından diğerlerine oranla en kötü olarak nitelendirilebilecek olan Bahçelievler Mahallesi’nde Şekil 12’de görüldüğü gibi, 15 adet yapı incelenmiş ve bu binaların tamamı “Göçme Riski” olan yapı olarak belirlenmiştir.



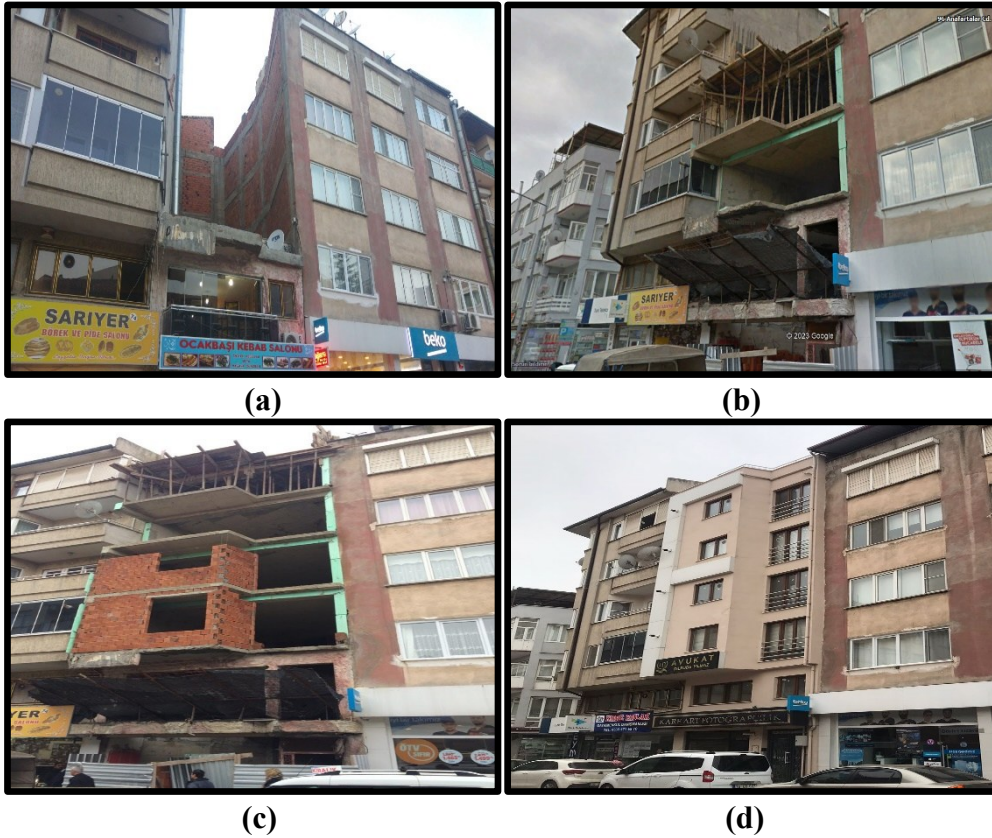
Şekil 12. Altıeylül İlçesi, Bahçelievler Mahallesi’nde incelenen binaların PÖZ-KA sonuç puanları

9. Balıkesir’in yapı stoku

Yaklaşık 130 yıldır deprem yaşanmamış olan Balıkesir’in yapı stoku açısından, ülkemizin diğer şehirlerinden önemli bir farkı olduğunu söylemek pek de mümkün değildir. Yaklaşık 20 yıllık bir çalışmanın ürünü olan bir çalışma ile Balıkesir’deki yapı stoku için bir arşiv oluşturulmuş ve bazı ilginç örnekler de bu bölümde sunulmuştur;



Şekil 13. Balıkesir’deki düşey taşıyıcı düzensizlik örnekleri: a. Genişlemiş ara kolo, süreksizlik ve A3 düzensizliği. b. Sonradan eklenen yığma kata düşey taşıyıcı olarak konulan kalas. c. Yarısı boşa kalan ara kolon



Şekil 14. Uygun olmayan kolon filizleri ile sonradan kat eklenerek bitişik nizam olarak teşkil edilen bir yapı. a. Yapının ilk durumu (önceden 5 kat olarak ruhsat alınmış). b. İki kat çıkılmış inşaat süreci, c. Dört kat eklenmiş inşaat süreci. d. Yapının son durumu.



Şekil 15. Birçok yapısal problemleri olan ve yaklaşık 30 yıl boyunca metruk kalmış bir yapı'nın 06.06.2018 tarih ve 30443 sayılı resmî gazete ile yürürlüğe riren “İmar Barışı” yasası öncesi ve sonrası durumu. a. “İmar Barışı Yasası” öncesi. b. “İmar Barışı Yasası” sonrası.

10. Sonuçlar

Yapılan çalışma ile P25 metodunda bulunan “belirsiz” (gri) bölge ortadan kaldırılmış, hızlı değerlendirmesi yapılan binalar için “göçer” ya da “göçmez” şeklinde net bir sonuç ortaya konulması sağlanmıştır. 63 adet betonarme binanın, P25 hızlı değerlendirme metodunun bu çalışmada önerilen P25 ÖZ-KA revizyonu ile hızlı değerlendirmesi yapılmış ve bunlardan 42 tanesinin (%63) göçme tehdidi altında olduğu tespit edilmiştir.

İncelenen yapılarda, güçlendirme uygulanan iki binadan; K5 binasının güçlendirme öncesi ve sonrası, her iki yapı sistemi de Göçme Riski olmayan (Beyaz) bölgede konumlanmıştır. K12 binasının güçlendirme öncesi kalıp planı Göçme Riski olan (Siyah) bölgede bulunurken, yapıya uygulanan güçlendirme sonrası Göçme Riski olmayan (Beyaz) bölgeye geçtiği görülmüştür.

Balıkesir ilinde yaşanan en büyük depremin 29 Ocak 1898 tarihinde gerçekleştiği göz önüne alındığında, günümüzde meydana gelebilecek büyük bir depremde çok büyük bir felaket ile karşı karşıya kalınacağı aşikârdır. Yaklaşık 130 yıl gibi uzun bir süredir şehir merkezinde deprem olmayan Balıkesir’in yapı stoku oldukça güvensiz durumdadır. Balıkesir’in tüm ilçeleri ile birlikte çok hızlı şekilde hareket edilerek betonarme yapıların deprem performanslarının hızlı şekilde kademelendirilmesi gerekmektedir. Göçme riski taşıyan yapıların ivedilikle boşaltılması, tarihi değere sahip yapıların bir güçlendirme programına bağlı olarak güçlendirilmesi ve restore edilmesi, tarihi değeri bulunmayan yapıların, ortaya çıkacak olan güçlendirme maliyete bağlı olarak güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden teşkil edilmesi gerekliliği açıktır. Bu sürecin işletilmemesi durumda Balıkesir ve çevresinde büyük felaketler yaşanması kaçınılmaz olacaktır.

Sonuç olarak, Balıkesir ve ülkemizin büyük bir bölümünde bulunan yapıların hızlı değerlendirme yapılarak göçme riski tespit edilen yapılar hızlıca ayıklanmalıdır. Eğer bu çalışma yapılmaz ise meydana gelecek olan ilk depremde, depreme dayanıklı olmayan yapılar çökecek ve yine ağır can kayıplarına neden olacaklardır. Bu amaçla kullanılacak, birçok hızlı değerlendirme metodu bulunmaktadır. Bu metotların içerisinde P25 metodu birçok parametrenin göz önüne alındığı, uygulaması her inşaat

mühendisi tarafından yapılabilecek bir hızlı değerlendirme metodudur. Bu çalışma ile önerilen P25 ÖZ-KA revizyonu ile değerlendirmesi yapılan binanın değerlendirmeyi yapacak mühendis için hayati önem taşıyan, görelî kat ötelemeleri ve deplasmanlar gibi veriler de kullanılarak P25 metodunun kapsamı ve doğruluğu artırılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Özkul, B., Karaman A.E., Doğal afetler için risk yönetimi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, **Afet Sempozyumu**, Ankara, 251-261, (2007).
- [2] Tezcan, S. S., Bal, İ. E., İstanbul kurtuluş reçetesi, **İstanbul Dergisi**, 11, 86-90, (2003).
- [3] Işık, E., Kutaniş M., Bitlis ilindeki betonarme binaların P25 hızlı tarama yöntemi ile değerlendirilmesi, **BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi**, 15 (1), 21-29, (2013).
- [4] Pardalopoulos, S.J., Thermou, G.E., Pantazopoulou, S.J., Preliminary seismic assessment method for identifying R.C. structural failures, Editör: Papadrakakis M., Fragiadakis M., Plevris V., Computational Methods in **Earthquake Engineering**, Springer, Dordrecht, 111-128, (2013).
- [5] Pardalopoulos S.I., Pantazopoulou S.J., Lekidis V.A., Simplified method for rapid seismic assessment of older R.C. buildings, **Eng Struct**, 154, 10–22, (2018).
- [6] Uğur, O.U., Aliefendioğlu, Y., Saka, M., “Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkında kanuna göre riskli yapı tespitinde karşılaşılan uygulama problemlerinin vaka tabanlı incelenmesi: Tekirdağ ili örneği”, **Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 4, 354-375, (2016).
- [7] Işık E., Bozkurt N., Taşkın V., Muş ili yapı stoğunun kanada sismik tarama yöntemi ile incelenmesi ve bölgenin depremselliği, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 21(2), 421-429, (2016).
- [8] Gürbüz, A., Tekin, M., Farklı tip betonarme binalar için geliştirilmiş hasar tahmin yöntemleri, **İMO Teknik Dergi**, 28(4), 8051-8076, (2017).
- [9] Türkel Y.E. ve Tekeli H., Konut türü betonarme binaların deprem risk değerlendirmesi, **Politeknik Dergisi**, 21(3), 669-680, (2018).
- [10] Kepenek E., Korkmaz K. A., Gencel Z., Seismic risk investigation for reinforced concrete buildings in Antalya, Turkey, **Computers and Concrete**, 26(3), 203-211, (2020).
- [11] Erşahan, Ö.A., Köse, M.M., Avgın, S., P25 Metodu ile Kahramanmaraş yapı stoğunun incelenmesi, **KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 23(1), 9-21, (2020).
- [12] Gülen, A., R., Deprem risk analizi ve şehirleşmede Balıkesir kent merkezi örneği, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, **Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir**, (2008).
- [13] Yazıcı, N., Ocak 1898 Balıkesir depremi ve sonrası, Ankara, (2003).
- [14] Çelik C. O., İlki A., Yalçın C., Yüksel E., Doğu ve batı Avrupa kentlerinde değişik tip binaların deprem riskinin hızlı değerlendirmesi üzerine bir deneyim, **6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, 297-304, İstanbul, (2007).
- [15] Tezcan S. S., Gürsoy M. ve Kaya, E., Depremde can kaybını önleme projesinin tek sorumlusu devlettir, **Dünya İnşaat Dergisi**, 107-111, (2002).
- [16] Bal İ. E., “Deprem etkisindeki betonarme binaların göçme riskinin hızlı değerlendirme yöntemleri ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2005).
- [17] Tezcan, S. S., Gürsoy, M., Kaya, E. ve Bal, İ. E., Depremde can kaybını önleme projesi, **Kocaeli’99 Acil Durum Konferansı**, 146-153, İstanbul, (2003).

- [18] Bal, İ.E., Tezcan, S. S. ve Gülay, F. G., Betonarme binaların göçme riskinin belirlenmesi için P25 hızlı değerlendirme yöntemi, **Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, 661-673, İstanbul, (2007).
- [19] Gülay, G., Tezcan, S. S., Bal, İ. E. ve Sevinç, S., Binaların deprem güvenliği konusunda geliştirilen P25 puanlama yönteminin kalibrasyonu ve pilot bölge uygulaması, **106M278 TÜBİTAK Projesi**, (2008).
- [20] Gülay, F. G., Kaptan, K., Bal, İ. E. ve Tezcan, S. S., P25 – Scoring method for the collapse vulnerability assessment of R/C buildings, **The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Procedia Engineering 14**, 1219–1228, (2011).
- [21] Kaptan, K., P25 Scoring method for the assessment of R/C buildings, **Journal of Civil Engineering and Architecture**, 6(7), 834–843, (2012).
- [22] Sholtis, S. E. and Stewart, J. P., Topographic effects on seismic ground motions above and below a cut slope in sand, Research Report, **University of California, Civil and Environmental Engineering**, (1999).
- [23] Çelebi, M., Topographical and geological amplifications determined from strong-motion and aftershock records of the 3 March 1985 Chile Earthquake’, **Bulletin of Seismological Society of America**, 77(4), 147-1167, (1987).
- [24] NRRC-National Research Council of Canada, Manual for screening of buildings for seismic investigation. Canadian Standard, Ottawa, (1993).
- [25] Doğan, M., P25 ve DURTES ön değerlendirme yöntemleri ve 1999 Düzce depreminde hasar görmüş binalara uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2012).
- [26] Tural, M., Betonarme yapıların deprem güvenliklerinin hızlı değerlendirme yöntemleri ile karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gebze, (2014).
- [27] Altınır, M., Deprem etkisindeki betonarme binaların göçme riskinin saptanması için hızlı değerlendirme yöntemleri, **İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2008).
- [28] Gümüşbaş, Ö., Çıkmalı bir binada çerçeve süreksizliğinin incelenmesi ve performans düzeyi ile göçme güvenliğinin belirlenmesi, **İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2010).
- [29] Kaya, A., Mevcut betonarme konut tipi binaların deprem performanslarının hızlı değerlendirme metotları ile incelenmesi ve P25 metodunun geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, **Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir, (2017).