Ön Değerlendirme Yöntemlerinin Betonarme Binaların Deprem Performanslarını Tahmin Etmedeki Başarıları

Barış Erdil[1]*, Harun Ceylan[2]

[1] *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye*
[2] *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Meslek Yüksekokulu, Van, Türkiye*
**Corresponding author, bariserdil@yyu.edu.tr*

Özet

Her deprem sonrası mevcut betonarme binalar önemli hasarlar görmekte ve bu hasarların bir kısmı can kayıpları ile sonuçlanmaktadır. Maddi kayıpların bir kısmı telafi edilebilir fakat can kayıpları hiçbir zaman kabul edilemez. Bu sebeple mevcut betonarme binaların hızlı bir şekilde değerlendirilerek deprem performanslarının ortaya konması, problemli binaların tespit edilerek güçlendirme veya yıkım çalışmalarının erken başlaması olası bir depremde ortaya çıkacak can kayıplarının azaltılmasını sağlayacaktır. Bu kapsamda geliştirilmiş ve literatürde kendine yer bulmuş hızlı değerlendirme yöntemleri ikiye ayrılmaktadır: sokak taraması ve ön değerlendirme yöntemleri. Sokak taraması yöntemleri tekil bir bina yerine belirli bir bina stoku içindeki problemli olanları tespit etmekte fakat binanın taşıyıcı sistem elemanları ile malzeme kalitesini dikkate almadıklarından çeşitli hatalara sebep olmaktadır. Aksine ön değerlendirme yöntemleri taşıyıcı sistem elemanlarının boyutsal özellikleri, malzeme kalitesi vs. daha detaylı bilgiler ile değerlendirme yapmayı esas aldığından nispeten daha sağlıklı sonuçlar vermektedir ve bu yöntemler tekil binanın deprem performanslarının belirlenmesi için de kullanılabilmektedir. Bu çalışmada Türkiye verileri dikkate alınarak ve etki/kapasite oranı tabanlı olarak geliştirilen 8 adet (Sucuoglu ve Yazgan, 2003; Yakut, 2004; Boduroğlu vd. 2004; Temur (DURTES), 2006; Tezcan vd. (P25), 2011; Sucuoğlu vd. 2015; Kaplan vd. 2018; Erdil ve Ceylan (MVP), 2019) ön değerlendirme yönteminin Van depremlerinden etkilenen 146 binanın deprem performansını ne derece doğru tahmin ettiği belirlenmeye çalışılmıştır. İnceleme konusu binaların 69 adedi deprem sonrası onarım ve güçlendirme ile tekrar kullanılabilecek binalar (düşük riskli binalar, DRB) olmasına karşın 77 bina ya ağır hasar görmüş ya da yıkılmış olduğundan (yüksek riskli binalar, YRB) deprem sonrası kullanımı mümkün olmayan binalardır. Karşılaştırmalar hem DRB hem de YRB için ayrı ayrı yapıldıktan sonra nihai doğru tahmin oranları belirlenmiştir. Nihai doğru tahmin oranları sonucunda bu çalışmada göz önüne alınan binalar için MVP yönteminin toplamda %93.8, Yakut (2004) yönteminin %87, Sucuoğlu ve Yazgan (2003) yönteminin %84.9, Boduroğlu vd. (2004)'ün %82.2 ve P25 yönteminin %80.1 oranında iyi tahminler yaptığı belirlenmiştir. Genel olarak yöntemlerin doğru tahmin yüzdelerinin %80 ve üzerinde olduğu, nispeten düşük tahmin yüzdesine sahip yöntemlerde ise yöntemde kullanılan sınır değerlerin revize edilmesi ile doğru tahmin yüzdesinin arttığı görülmüştür. Mevcut yöntemler farklı sayıda bina verisine ihtiyaç duymaktadır. En az veriyi Sucuoğlu vd. (2015) 11 veri ile kullanmakta, en fazla veriye ise (22 ile) P25 yöntemi ihtiyaç duymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ön Değerlendirme Yöntemleri, Deprem Performansı, Betonarme Bina.

Giriş

Türkiye'de 1903'ten bu yana VI şiddetinde 24, VII şiddetinde 19, VIII şiddetinde 47, IX-X şiddetinde 2, X şiddetinde 4 ve X-XI şiddetinde 1 olmak üzere toplam 119 adet deprem kaydedilmiştir. Yaşanan bu depremlerde 83.088 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, yüzbinlerce vatandaşımız yaralanmış ve 587.302 bina hasar almıştır (KRDAE, 2018).

Sadece 1980-2014 yılları arasında meydana gelen depremlerde 24.534.800$ ekonomik kayıp oluşmuştur (Şahin ve Kılınç, 2016). Ancak bu depremlerde meydana gelen ekonomik zararlar bununla sınırlı

kalmamakta deprem sonrası acil kurtarma, rehabilitasyon, insani yardım malzemeleri ve yeniden yapılanma harcamaları vs. gibi durumlardan ötürü 1980-2012 yılları arasında meydana gelen depremlerin ülke ekonomisine yüklediği maliyet 13 milyar dolar civarındadır (Akar, 2013). Ülkemizdeki yapı stoku dikkate alındığında, mevcut binaları TBDY2018'de verilen hesap ilkelerine göre incelemenin zaman, bu işi yapacak nitelikli personel sayısı ve maliyet açısından ilk aşamada uygun olmayacağı görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı binaların deprem güvenliğinin hızlı şekilde tahmin edilmesini sağlayabilecek bazı hızlı ve pratik yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

Mevcut betonarme binaların hızlı bir şekilde değerlendirilerek deprem performanslarının ortaya konması, problemli binaların tespit edilerek güçlendirme veya yıkım çalışmalarının erken başlaması olası bir depremde ortaya çıkacak can kayıplarının azaltılmasını sağlayacaktır. Bu kapsamda geliştirilmiş ve literatürde kendine yer bulmuş hızlı değerlendirme yöntemleri ikiye ayrılmaktadır: sokak taraması ve ön değerlendirme yöntemleri. Sokak taraması yöntemleri tekil bir bina yerine belirli bir bina stoku içindeki problemli olanları tespit eder fakat binanın taşıyıcı sistem elemanları ile malzeme kalitesini dikkate almadıklarından çeşitli hatalara sebep olmaktadır. Aksine ön değerlendirme yöntemleri taşıyıcı sistem elemanlarının boyutsal özellikleri, malzeme kalitesi vs. daha detaylı bilgiler ile değerlendirme yapmayı esas aldığından nispeten daha sağlıklı sonuçlar vermektedir ve bu yöntemler tekil binanın deprem performanslarının belirlenmesi için de kullanılabilmektedir. Bu çalışmada Türkiye verileri dikkate alınarak ve etki/kapasite oranı tabanlı olarak geliştirilen 8 adet (Sucuoglu ve Yazgan, 2003; Yakut, 2004; Boduroğlu vd. 2004; Temur (DURTES), 2006; Tezcan vd. (P25), 2011; Sucuoğlu vd. 2015; Kaplan vd. 2018; Erdil ve Ceylan (MVP), 2019) ön değerlendirme yönteminin Van depremlerinde incelenen 146 binanın deprem performansını ne derece doğru tahmin ettiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Ön değerlendirme yöntemleri

Kapasite ve istem ilişkisi kullanan yöntemlerin tamamında kritik katın kolon, perde duvar ve kat alanı gibi verileri kullanılarak kesme kapasitesi hesaplanmakta, daha sonra bu kapasite, mimari özellikleri içerecek şekilde revize edilmekte ve istatistiksel olarak önceden belirlenmiş bir sınır değer ile karşılaştırılarak binanın nihai performansına karar verilmektedir. Bu kapsamda yöntemini oluşturan Yakut (2004) (kısaca Y) Türkiye'nin dört farklı ilinden toplamda 220 bina inceleyerek yaptığı çalışmada binanın kritik katının kesme kapasitesini dolgu duvarı ve mimari özellikleri içerecek şekilde hesaplayıp, kesme kapasitesini binaya etkiyebilecek deprem yükü ile ilişkilendirerek binanın deprem performansını anlamaya çalışmıştır. Sucuoğlu vd. (2015) (kısaca SVD), Yakut (2004) yönteminde kullanılan mimari özellikleri iptal edip kesme kapasitesi hesabına donatıları katarak revize bir yöntem geliştirmiştir. Boduroğlu vd. (2004) (kısaca BVD) Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA, 2001) tarafından geliştirilmiş olan Japon Sismik İndeks Yöntemi'ni Türkiye'deki binalara uyarlamıştır. Temur (2006) DURTES adlı bir yöntem geliştirerek, betonarme bir binanın kesme kapasitesini yapısal ve mimari özellikleri kullanarak hesaplamakta ve daha sonra kapasiteleri taban kesme kuvveti ile kıyaslamaktadır. DURTES yöntemi daha sonra Kaplan vd. (2018) (kısaca KVD) tarafından revize edilmiştir. Erdil ve Ceylan (2019) moment (M), kesme kuvveti (V) ve eksenel yük (P) kapasitelerini istemlerle kıyaslayarak MVP adında bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemde kapasiteler ve istemler basit formlasyonlarla ifade edilmiş, mimari özelliklerin etkilediği her kapasite revize edilmiş, moment-kesme kuvveti-eksenel yük bağıntıları arasında etkileşim oluşturulmuş, son olarak her kapasite/istem oranı bu etkileşimler dikkate alınarak toplanmış ve nihai performans puanı elde edilmeye çalışılmıştır. Nihai performans puanı daha sonra önceden belirlenmiş bir puan ile kıyaslanarak binanın hasar görebilirliği hakkında yorum yapılmaktadır.

Doğrudan kapasite ve istemlerin kullanıldığı yöntemlerden farklı olarak bazı yöntemler istatistiksel tabana oturtulmuşlardır. Bu yöntemlerde de kapasiteler ve istemler hesaplanmakta fakat doğrudan kullanılmamaktadır. Özcebe vd. (2003) depremlerde hasar gören bina bilgilerini diskriminant analiz yöntemi ile değerlendirmiş ve istatistiki bir yöntem önermiştir. Bu yöntemde kapasite ve istemler hesaplanmasına rağmen dolaylı olarak kullanılmaktadır. Sucuoğlu ve Yazgan (2003) (kısaca SY) sokak

taraması yöntemi için geliştirdiği 1. Aşama prosedürüne daha sonra Özcebe vd. (2003) yönteminde yer verilen ve binanın kesme kapasitesini ilgilendiren bazı bilgileri ekleyerek 2. Aşama yaklaşımını önermiştir. Tezcan vd. (2011)'de P25 adı ile anılan yöntemde ise binanın çok fazla sayıda özelliği (beton dayanımı, rijitlik indeksi, yapısal ve mimari 14 özelliğin etkileşimi, kısa kolon, zayıf/yumuşak kat, çerçeve süreksizliği, çekiçleme etkisi, sıvılaşma, zemin tipi, yeraltı su seviyesi vb.) kullanılarak yedi farklı puan hesaplanmakta ve bu puanların etkileşimi neticesinde çıkan sonuç önceden belirlenmiş puanlarla kıyaslanarak nihai performansa karar verilmektedir.

Bina Özellikleri

Van ve Erciş bölgelerinde depremden etkilenmiş toplamda 146 bina bilgisi kullanılmıştır. Bu binaların 62 tanesi hasarsız veya hafif hasarlı, 7'si orta hasarlı, 43 tanesi ağır hasarlı ve 34'ü 2011 depremlerinde yıkılmıştır (Erdil, 2017, 2018). Binaların minimum ve maksimum özelliklerinin gösterildiği Tablo 1 incelendiğinde binaların 1975-2011 aralığında inşa edildiği, 2 ile 8 kat arasında kata sahip olduğu, zemin kat alanının 52 m^2 ile 993 m^2 arasında değiştiği, binaların tek yönü veya çift yönlü taşıyıcıya sahip olduğu ve beton dayanımının 2.3 MPa ile 25 MPa gibi geniş bir aralığa sahip olduğu görülebilir. Bu kadar geniş aralıkta bina özellikleri seçilmesinin amacı yöntemlerin sınırlarını zorlamak ve bu aralıklarda bile başarılı olup olmadıklarını sorgulamaktır.

Tablo 1. İncelenen binaların özellikleri (Erdil, 2017, 2018)

Özellik	**Minimum**	**Maksimum**
İnşa edildiği yıl	1975	2011
Kat sayısı (N)	2	8
Zemin kat alanı (A_{fg}), m^2	52	993
x-yönündeki kolonların toplam alanı (ΣA_{cx}), m^2	0	8.6
y-yönündeki kolonların toplam alanı (ΣA_{cy}), m^2	0	9.1
x-yönündeki perde duvarların toplam alanı (ΣA_{swx}), m^2	0	11.5
y-yönündeki perde duvarların toplam alanı (ΣA_{swy}), m^2	0	12.0
Donatı oranı, ρ, %	0.50	1.60
Beton dayanımı, f_c, MPa	2.3	25.0

Karşılaştırmalar

Bu çalışmada referans alınan ikinci kademe değerlendirme yöntemlerinin Van depremlerinden etkilenen toplam 146 binanın deprem performansını belirlemede hangi oranda başarılı olduğunu belirlemek amacı ile yöntemler üç farklı şekilde karşılaştırılmıştır: ilk karşılaştırmada yöntemlerde kullanılan parametreler ele alınmış, ikinci karşılaştırma incelenen binaların deprem performanslarının tahmin edilme başarısı üzerinden yapılmış, son karşılaştırma ise yöntemlerin 146 binayı nasıl tahmin ettikleri grafiksel olarak gösterilerek yapılmıştır.

Yöntemlerde Ele Alınan Parametreler

Bu çalışmada dikkate alınan yöntemlerde kullanılan parametreler genel olarak Tablo 2'de belirtilen toplamda 33 maddede toplanmıştır. Tablodan görüleceği üzere bütün yöntemler aynı sayıda parametre ile çalışmamaktadır. Örneğin SVD yönteminde genel olarak toplam kat alanı, kolon alanı, perde alanı, dolgu duvar, beton dayanımı, deprem bölgesi, kat sayısı, zemin tipi, binanın ağırlığı, bina tipi ve titreşim periyodu olmak üzere toplam 11 parametre direkt ele alınmakta iken P25 Yönteminde yeraltı su seviyesi, zayıf/yumuşak kat, bina ağırlığı, korozyon, süreksizlik, zemin faktörü, temel, ağır çıkma, bina yüksekliği, dolgu duvar alanı, yük dağılımı etkisi, asma kat, kat sayısı, bina plan boyutları, çekiçleme, perde duvar alanı, kısa kolon, zemin faktörü, rijitlik faktörü, kat yüksekliği, güçlü kolon kriteri, burulma, etriye aralığı, kolon alanı ve beton dayanımı olmak üzere toplam 22 parametre direkt kullanılmaktadır. İncelenen diğer yöntemlerden SY'de 15, Y'de 13, BVD ve DURTES'te 17, KVD'de 16 ve MVP'de 14

parametre kullanılmıştır. Genel olarak bütün yöntemlerin kolon alanı, perde duvar alanı, beton dayanımı ve deprem bölgesi ifadelerini içerdiği belirlenmiştir. Zamana bağlı deformasyon, topoğrafya, korozyon, yeraltı su seviyesi, yük dağılım etkisi, asma kat varlığı, güçlü kolon ilkesi, süneklik, zemin kat alanı ve rijitlik faktörünün sadece bir yöntem tarafından (çoğunlukla P25 yöntemi) kullanıldığı tespit edilmiştir.

Ön değerlendirme yöntemleri detaylı yöntemlere nazaran daha hızlı yöntemler olduklarından az parametre ve az hesap yükü ile daha doğru tahmin yapan yöntemlerin başarılı oldukları düşünülecektir.

Tablo 2. Yöntemlerde kullanılan parametreler

	Parametreler	**SY**	**Y**	**BVD**	**DURTES**	**P25**	**SVD**	**KVD**	**MVP**
1	Kolon alanı (A_c)	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Perde duvar alanı (A_{sw})	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Yumuşak/Zayıf kat	X	X	X	X	X		X	X
4	Toplam kat alanı	X	X	X	X		X	X	X
5	Beton dayanımı (f_c)	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Kat sayısı	X		X	X	X	X	X	X
7	Deprem bölgesi	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Dolgu duvar alanı (A_{iw})	X	X		X	X	X		X
9	Çerçeve süreksizliği	X	X	X		X			
10	Kısa kolon	X	X	X	X	X		X	X
11	Zemin tipi			X	X	X	X	X	
12	Binanın ağırlığı		X	X	X		X	X	X
13	Bina tipi			X	X		X	X	
14	Burulma		X		X	X		X	X
15	Yapım yılı			X	X			X	X
16	Ağır çıkma	X	X			X			X
17	Binanın titreşim periyodu				X		X	X	
18	Rijitlik faktörü					X			
19	Bodrum kat varlığı				X			X	
20	Temel tipi				X	X		X	
21	İnşaat kalitesi	X	X						
22	Kat yüksekliği			X		X			
23	Plan boyutları			X		X			X
24	Süneklik			X					
25	Zemin kat alanı (A_{gf})	X							
26	Çekiçleme etkisi	X				X			
27	Zamana bağlı deformasyon			X					
28	Topoğrafya	X							
29	Korozyon					X			
30	Yeraltı su seviyesi					X			
31	Yük dağılım etkisi					X			
32	Asma kat varlığı					X			
33	Güçlü kolon ilkesi					X			
Toplam		15	13	17	17	22	11	16	14

Yöntemlerin Başarı Yüzdeleri

Tablo 3 bu çalışmada dikkate alınan yöntemlerin 146 binanın hasarını tahmin etme başarısını göstermektedir. İncelenen 146 binanın 69'u en fazla orta hasar gördüğü için ve bu binalar onarılıp veya güçlendirilip tekrar kullanılabilecek binalar olduklarından "Düşük Riskli Binalar (DRB)", diğer 77 bina ise ağır hasar görmüş veya yıkılmış olduğundan tekrar kullanılamayacakları için "Yüksek Riskli Binalar (YRB)" olarak değerlendirilmiştir.

Tablodan görüleceği üzere MVP yöntemi DRB'nin %97.1'i, YRB'nin ise %90.9'u olmak üzere toplam binaların %93.8'inin hasarını doğru tahmin edebilmiştir. Bu yöntemi takiben Y yöntemi (bu yöntemde

iki yönlü hesaplanan puanlar toplanarak değerlendirme yapılmıştır) toplamda %87.0 (DRB başarısı %95.7, YRB başarsı ise %79.2) ile gelmektedir. Daha sonra sırası ile SY ve BVD yöntemleri en başarılı yöntemler olarak görülmektedir. İncelenen binalar referans alındığında en kötü performansı KVD yönteminin toplamda %62.3 ile sergilediği görülebilir. Tablodan ayrıca revizyona uğramış yöntemlerde başarı yüzdelerinin azaldığı görülmektedir. Örneğin SVD Y yöntemini revize etmesine rağmen başarı yüzdesini 74.7'ye, KVD ise DURTES'i revize ederek başarı yüzdesini 78.8'den 62.3'e düşürmüştür.

Yöntemlerin başarı yüzdelerini sadece toplam üzerinden sorgulamak doğru olmayacaktır. Önemli olan yöntemlerin DRB ile YRB arasındaki ayrımı hangi oranda yaptığıdır. Bu açıdan yöntemler değerlendirildiğinde düşük riskli binaların %97.1'ini doğru tahmin eden MVP yöntemi en iyi tahmini yapan yöntem (daha sonra %95.7 ile yine Y gelmekte), bu binaların sadece %24.6'sını doğru tatmin eden KVD yöntemi ise en kötü tahmini yapan yöntem olarak görülmektedir. Yüksek riskli binalara gelince en iyi tahmini %96.1 ile KVD yöntemi yapmakta (daha sonra %92.2 ile P25 yöntemi gelmekte), en kötü tahmin ise %72.7 ile BVD'ye ait olmaktadır. Buradan görüleceği gibi nihai yüzdenin büyük olmasından ziyade binaları risk grubuna göre ayırabilme başarısına önem verilmelidir. BVD, P25, SVD, Y ve KVD yöntemlerinde DRB ile YRB tahminleri arasında çok büyük farklar bulunmaktadır. KVD, P25 ve SVD'nin YRB tahminleri çok iyi olmasına rağmen DRB tahminleri nispeten düşük kalmıştır. BVD ve Y'de ise DRB tahmini çok iyi iken YRB tahmini nispeten düşük seviyelerdedir. DURTES ve SY her iki bina grubunda birbirine yakın tahminler yapmıştır. Bu yöntemden sonra birbirine yakın tahminleri sırası ile MVP yapmıştır.

Tablo 3. Yöntemlerin hasarı doğru tahmin yüzdeleri

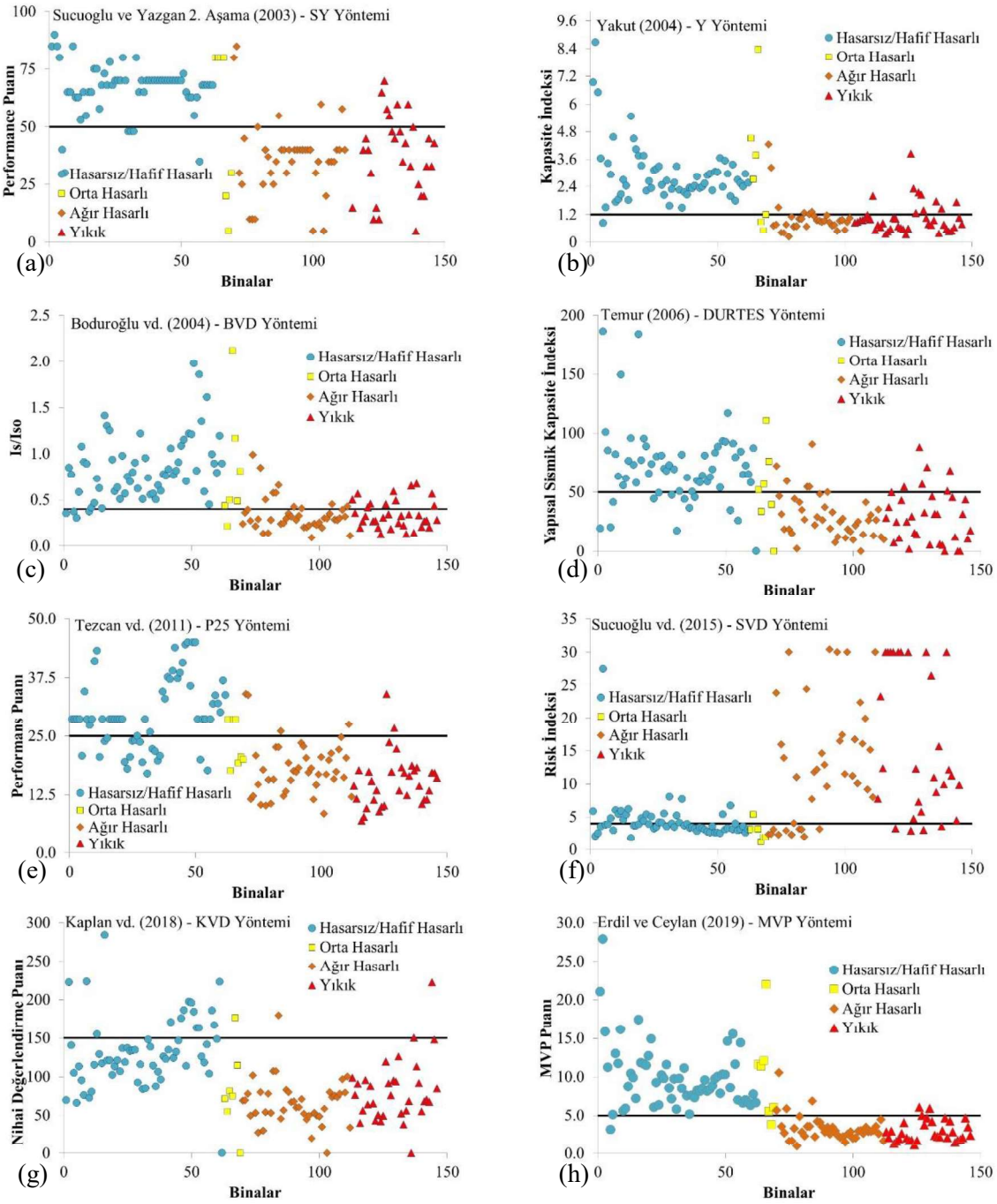
Hasar durumu	Bina sayısı	MVP	Y	SY	BVD	P25	DURTES	SVD	KVD
Düşük Riskli Binalar (DRB)	69	97.1	95.7	87.0	92.8	66.7	76.8	66.7	24.6
Yüksek Riskli Binalar (YRB)	77	90.9	79.2	83.1	72.7	92.2	80.5	81.8	96.1
Toplam	146	93.8	87.0	84.9	82.2	80.1	78.8	74.7	62.3

SY sokak taraması yöntemine yapısal parametreleri ekleyerek revize ettiği modelinde performans sınır değeri olarak 50 değerini belirlemiştir (Şekil 1a). Şekilden görüleceği üzere 50 olarak belirlenen sınır değeri DRB ile YRB'yi birbirinden başarılı bir şekilde ayırabilmektedir. Şekil 1b'de Y yönteminin tahminleri verilmektedir. Şekilden görüleceği üzere Y yönteminin belirlediği sınır değer (1.2) de risk grubunu başarılı bir şekilde ayırabilmektedir. BVD ve MVP yöntemlerinin de yukarıdaki iki yöntem gibi başarılı bir şekilde düşük risk grubu ile yüksek risk grubunu ayırabildiği görülmektedir (Şekil 1c ve 1h). Y, BVD ve MVP yöntemlerinde şekillerden görüleceği üzere aynı risk grubundaki binalara verilen performans puanları arasında çok büyük farklar bulunmamakta, binalar belirli puan aralıklarında kümelenmektedir. Her ne kadar SY yönteminde böyle bir kümelenme görülmese de başarı yüzdesinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Başarı yüzdesi nispeten düşük olan diğer yöntemlerin tahminleri incelendiğinde aynı risk grubundaki binaların puanları arasında çok büyük farklar olduğu, seçilen sınır değerlerin yeterli olmadığı, riski grubunu kümelemede başarılı olunamadığı görülmektedir (Şekil 1d,e,f,g). KVD yönteminde Yüksek riskli binaları belirleyen sınır değerin nispeten büyük olduğu kanaati oluşmuştur. Çünkü bu değer 100 seçildiğinde başarı yüzdesi toplamda %80.8'e yükselmektedir (DRB %79.7'ye çıkmakta fakat YRB %81.8'e düşmektedir).

Bütün yöntemler düşük puan alan binaları yüksek risk grubuna dahil ederken SVD yöntemi ters bir değerlendirme yapmakta, yüksek puan yüksek risk ile ilişkilendirilmektedir. Bu yöntemde seçilen sınır değerin bir miktar yukarıya çekilmesi (6 verilmesi) durumunda toplam başarı yüzdesi %83.6'ya yükselmektedir (DRB başarı yüzdesi %91.3'e çıkmakta, YRB başarı yüzdesi ise %76.6'ya düşmektedir).

Bütün yöntemler beraber değerlendirildiğinde tamamının başarılı tahminler yaptığı, başarı yüzdesinin seçilen sınır değerden çok fazla etkilendiği söylenebilir.



Şekil 1. Ön değerlendirme yöntemlerin hasar tahmin grafikleri

Sonuçlar

8 farklı ön değerlendirme yönteminin betonarme binaların olası bir depremde hasar görebilirliğini tahmin etme başarısı Van ve Erciş bölgesinde yer alan ve Van depremlerinden etkilenmiş 146 adet bina verisi kullanılarak test edilmiştir. Kullanılan yöntemlerin tamamı Türkiye bina verisi kullanılarak geliştirilmiştir: Sucuoglu ve Yazgan (2003), Yakut (2004), Boduroğlu vd. (2004), Temur (DURTES)

(2006), Tezcan vd. (P25) (2011), Sucuoğlu vd. (2015), Kaplan vd. (2018), Erdil ve Ceylan (MVP) (2019).

İncelenen 8 yöntemin de farklı sayıda parametreye ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Örneğin SVD 11 veri talep ederken, P25 yöntemi 22 veri ile çalışmaktadır. Genel olarak bütün yöntemlerin kolon alanı, perde duvar alanı, beton dayanımı ve deprem bölgesi ifadelerini içerdiği belirlenmiştir. Zamana bağlı deformasyon, topoğrafya, korozyon, yeraltı su seviyesi, yük dağılım etkisi, asma kat varlığı, güçlü kolon ilkesi, süneklik, zemin kat alanı ve rijitlik faktörünün sadece bir yöntem tarafından (çoğunlukla P25 yöntemi) kullanıldığı tespit edilmiştir.

Yöntemlerin betonarme binaların olası bir depremdeki performansları başarılı bir şekilde tahmin edebildikleri görülmüştür. En başarılı yöntemin MVP (%93.8) ve Y (%87.0) olduğu belirlenmiştir. Genel olarak yöntemlerin %80 ve üzerinde bir doğrulukla tahmin yaptıkları, nispeten düşük tahmin oranına sahip yöntemlerdeki sınır değerlerin değiştirilmesi ile tahmin yüzdelerin arttığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak Türkiye veri tabanını kullanarak geliştirilen yöntemlerin betonarme binaların riskli olup olmadıkların belirlemede yeterli bir başarı oranı sahip oldukları, başarı oranının veri sayısı arttıkça ve değerlendirmeye esas sınır değerler revize edildikçe artacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

Akar S (2013) "Doğal afetlerin kamu maliyesine ve makro ekonomiye etkileri: Türkiye değerlendirmesi", *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 11 (21):185-206.

Boduroglu H, Ozdemir P, Ilki A, Sirin S, Demir C, Baysan F (2004) "Towards a modified rapid screening method for existing medium rise RC buildings in Turkey", *Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vol. 13.

Erdil B (2017) "Why RC buildings failed in the 2011 Van, Turkey, Earthquakes: Construction versus design practices", *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31(3):04016110.

Erdil B (2018) "2011 Van Earthquakes: Design vs Construction", *Disaster Science and Engineering*, 4 (1):1-11.

Erdil B, Ceylan H (2019) "MVP interaction based seismic vulnerability assessment of RC buildings", *Građevinar*, 71 (06): 489-503

JBDPA (2001) "Standard for seismic evaluation of existing reinforced concrete buildings (Version 2001)", *The Japan Building Disaster Prevention Association*, Tokyo, Japan.

Kaplan O, Guney Y, Topcu A, Ozcelikors Y (2018) "A rapid seismic safety assessment method for mid-rise reinforced concrete buildings", *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(2): 889-915.

KRDAE (2018) Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/. Erişim tarihi: 08.02.2018.

Ozcebe G, Yucemen MS, Aydogan V, Yakut A (2003) "Preliminary seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in Turkey", *In: Wasti S.T., Ozcebe G. (eds) Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings. NATO Science Series (Series IV: Earth and Environmental Sciences)*, vol 29. Springer, Dordrecht.

Sucuoglu H, Yazgan U (2003) "Simple survey procedures for seismic risk assessment in urban building stocks", *In: Wasti ST, Özcebe G, editors. Seismic assessment and rehabilitation of existing buildings, earth and environmental sciences*, Vol. 29. London: Kluwer Academic Publishers; 97–118.

Sucuoğlu H, Yakut A, Özmen A, Kubin J (2015) "Seismic Risk Prioritization and Retrofit Cost Evaluation of Code-Deficient RC Public Buildings in Turkey", *Earthquake Spectra*, 31(1):601-614.

Şahin İ, Kılınç T (2016) "Türkiye'de 1980-2014 yılları arasında görülen depremlerin ekonomik etkileri", *Siirt Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisadi Yenilik Dergisi*, 4 (1):33-42.

Temur R (2006) "Hızlı Durum Tespit (DURTES) yöntemi ve bilgisayar programının geliştirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul

Tezcan SS, Bal IE, Gulay FG (2011) "P25 scoring method for the collapse vulnerability assessment of RC buildings", *Journal of The Chinese Institute of Engineers*, 34(6):769-781.

Yakut A (2004) "Preliminary seismic assessment procedure for existing RC buildings", *Engineering Structures*, 26(10):1447-1461.