

Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Parametrelerinin Binaların Deprem Performansına Etkilerinin Belirlenmesi

*¹Naci Çağlar and ²Zehra Şule Garip

*¹ Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

²Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Karabuk University, Turkey

Özet

Mevcut yapı stokunun ayrıntılı bir şekilde incelenmesi uzun zaman almaktadır. Birçok binanın projelerin mevcut olmaması ayrıntılı incelemenin yapılabilmesini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada, mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesinde daha hızlı, daha basit ve güvenilir alternatif bir yöntemin geliştirilmesi ve bu geliştirilen yöntem ile bina yapısal parametrelerinin deprem performansına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonunda elde edilen veriler grafikleri halinde sunulmaktadır.

Yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı ile YSA tabanlı bir model oluşturulmuş ve bu modelin güvenilirliği mevcut yöntemlerle kontrol edilmiştir. YSA tabanlı model oluşturulurken çok katmanlı sinir ağları kullanılmış ve bu model ölçeklenmiş konjuge gradyan yöntemi ile eğitilmiştir.

P25 hızlı değerlendirme yöntemi kullanılarak deprem performansları belirlenen örnek bina modellerinden, YSA modelinin eğitim ve test seti oluşturulmuştur. Eğitilen YSA modelinin doğrulanması, 2003 Bingöl depremine maruz kalmış gerçek binalardan oluşturulan referans seti ile yapılmıştır (<http://www.seru.metu.edu.tr/archives.html>).

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Hızlı Değerlendirme Yöntemleri, P25 Yöntemi

Abstract

Detailed analysis of existing RC buildings is time consuming. The fact that the importance of rapid assessment methods has increased in our country depends on the reasons mentioned above and the size of our building stock.

In this study, faster, more simple and alternative method that helps us to determine the earthquake safety of existing buildings was developed. ANN-based model was proposed with neural networks (ANN) approach, widely used in many areas in recent years and the reliability of this model has been checked by existing methods. When creating NN based model, multi level Neural Networks have been used and that model was trained by scaled konjuge gradient method.

ANN model's training and test sets have been established with the sample of buildings models that determined the seismic performance by using P25 rapid assessment method. Verification of the ANN model were made with a reference set of existing buildings have been exposed to 2003 Bingol earthquake (<http://www.seru.metu.edu.tr/archives.html>).

ANN generates results by learning the problem from the examples without hypotheses or assumptions. ANN based model was used for investigating the effect of the parameters listed in the input layer to the seismic performance of the structure. The results obtained are presented in graphics.

Key words: Neural Networks, Rapid Assessment Methods, P25 Method

1. Giriş

Ülkemizde meydana gelen depremlerde oluşan yapı hasarları ve can kayıpları göz önüne alındığında, mevcut yapı stokunun deprem riski analizi çalışmalarının yapılmasının önemi açıktır. Bu yapı stokunun deprem güvenliği açısından değerlendirilmesi için geliştirilen ve ülkemizde de uygulanan birçok yöntem bulunmaktadır [1-4]. Bu yöntemler, uygulama ve değerlendirme aşamasında önemli tecrübe birikimine gereksinim duymaktadır.

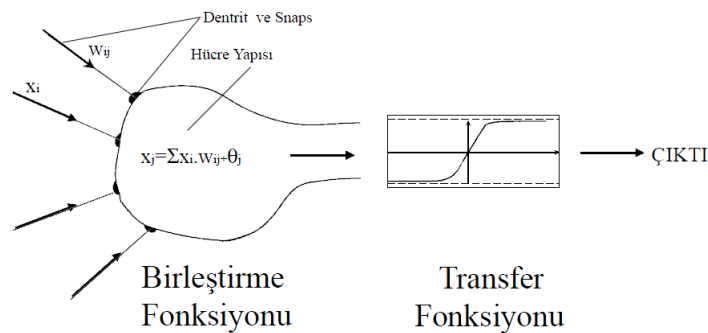
Bugüne kadar yapılan hızlı değerlendirme çalışmaları çeşitli ampirik hesaplara dayanılarak yapılmıştır. Ayrıca bu yöntemlerin çoğunda parametreler arasındaki ilişkilerin doğrusal olduğu kabulü yapılmaktadır [5-6].

Bu çalışmada, mevcut betonarme binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde daha hızlı, daha basit ve güvenilir alternatif bir yöntemin geliştirilmesi ve geliştirilen bu yöntem kullanılarak mevcut betonarme yapıların deprem performanslarına yapı parametrelerinin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılan yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı kullanılarak YSA tabanlı bir model geliştirilmiş ve bu modelin güvenilirliği mevcut yöntemlerle kontrol edilmiştir.

2. Yapay Sinir Ağları

YSA, insan beynini ve sinir sisteminin mimarisini ve çalışma prensiplerini kendine model edinen yapay sistemlerdir. YSA çalışmaları, başlangıç olarak temel tıp bilimlerinde nöron modelleme çalışmalarında kullanılmasına rağmen; bugün inşaat mühendisliğinin de içinde olduğu birçok alanda araştırma konusu haline gelmiştir. Yapay sinir ağlarının en önemli özelliği öğrenme ve genelleştirme özelliğidir. Bu özellikler ile YSA, herhangi bir olayın nedenleri (girdiler) ve sonuçları (çıkıtlar) arasında bulunan ilişkiyi, mevcut örneklerden öğrenmekte ve daha önce hiç karşılaşmadığı olayların sonuçlarını mevcut örneklerden yola çıkarak belirleyebilmektedir.

YSA, giriş katmanı, gizli katmanlar ve çıkış katmanı olmak üzere birbirlerine bağ ağırlıkları ile bağlı üç veya daha fazla katmandan oluşmaktadır. Yapay sinir hücresi YSA'nın en temel birimidir ve işlem elemanı olarak adlandırılır. Bir işlem elemanı; girdiler, ağırlıklar, bir birleşme fonksiyonu, bir transfer fonksiyonu ve bir çıktıdan oluşmaktadır. Bir işlem elemanındaki girdiler birden fazla, çıktı ise ancak bir tane olabilir (Şekil 1).



Şekil 1. Bir işlem elemanın yapısı (Pala, 2004)

Bir yapay sinir ağı, ağda kullanılan transfer fonksiyonu, birleştirme fonksiyonu, kullanılan öğrenme kuralı, öğrenme stratejisi ve topolojisi ile bir bütün olarak tanımlanır. YSA modeli oluşturulurken öncelikle işlem elemanında kullanılmak üzere bir birleştirme fonksiyonu seçilir. Girdiler birleştirme fonksiyonunda işlenir. Elde edilen yeni bilgi transfer fonksiyonuna iletilir. Transfer fonksiyonu bu bilgiyi işleyerek işlem elemanının çıktısını oluşturur. Ve işlem elemanının çıktısı diğer işlem elemanına veya ağ dışı kaynaklara iletilir.

YSA'nın en iyi performansı, ağ hatasının minimum ve öğrenme hızının maksimum olduğu optimum veya optimuma yakın katman ve işlem elemanı sayılarında göstermektedir. Bu katman ve işlem elemanı sayıları belirlenirken deneme-yanılma yöntemi kullanılmaktadır.

3. P25 Yöntemi Hızlı Değerlendirme Yöntemi

P25 yönteminde yapının, mevcut kolon, perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yönetmelikte tanımlanan yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi yapının karakteristik parametreleri üzerinden hesap yapılmaktadır.

Binanın karakteristik özelliklerinden yararlanılarak hesaplanan kritik kattaki etkili kesme alanı indeksi, kritik kattaki etkili eğilme rijitliği indeksi ve bina yüksekliği parametresi kullanılarak bir K katsayısı hesaplanmaktadır. Ayrıca 25 adet düzeltme faktörü belirlenmektedir. Yapının "P" performans puanı, hesaplanan K değeri ve düzeltme faktörlerinin çarpımından elde edilmektedir.

$$K = \frac{C_A + C_I}{t_0} \quad P = K \prod_{i=1}^{25} f_i.$$

burada, C_A etkili kesme alanı indeksi ve C_I etkili atalet momenti indeksi ve f_i 25 adet düzeltme faktörüdür. P performans değerinin hesaplanması:

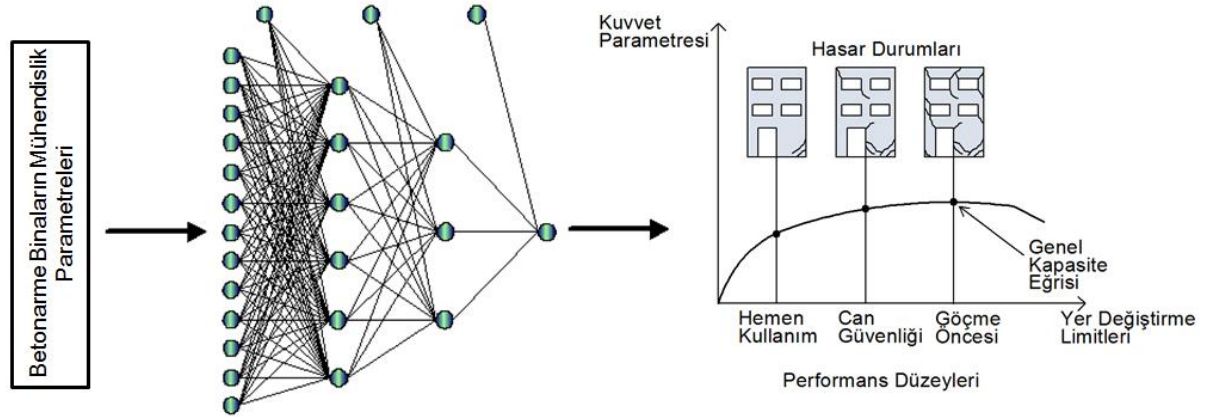
Elde edilen "P" performans puanı, binanın hangi risk bölgesinde olduğunu gösteren bant genişlikleri ile değerlendirilmektedir. "P" performans puanının az, orta veya yüksek riskli bölgeye düşmesi durumuna göre yapının güvenilirliğini hakkında karara varılmaktadır.

4. Sayısal Çalışma

Mevcut betonarme binaların deprem öncesi, literatürdeki çalışmalara ek olarak, olası bir deprem etkisinde deprem güvenilirliğinin tahmin edilebilmesini sağlayacak daha hızlı, ekonomik ve güvenilir alternatif bir yöntem geliştirmesi amaçlanmıştır. Bunun için Tablo 1 de verilmiş olan girdi bilgileri kullanılarak olası bir deprem etkisinde binanın performansı, seçilen YSA tabanlı performans değerlendirme modeli (Şekil 2) ile belirlenmeye çalışılmıştır. P25 hızlı değerlendirme yöntemi kullanılarak YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin eğitim ve test setleri oluşturulmuştur. Ayrıca Referans seti (Tablo 2) olarak Bingöl binaları dikkate alınmış ve YSA tabanlı performans değerlendirme modeli referans seti ile doğrulanmıştır. Bu amaçla oluşturulan eğitim setindeki 9750 farklı bina örneği, farklı planlara sahip 25 binadan kat sayıları, temel derinliği, arazinin topoğrafik özelliği, beton kalitesi, etriye aralığı ve düzensizlik durumları değiştirilerek hazırlanmıştır. Bu analizler, depremin etkin yönünün binanın zayıf yönü ile 30 derece açı yaptığı kabul edilerek elde edilmiştir.

Tablo 1. YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin girdi ve çıktı katmanındaki veriler

simge	değişkenler	simge	değişkenler
N	Kat Adeti	L_y	Bina Taban Alanını İçine Alan Dikdörtgenin Boyutu
h_z	Zemin Kat Yüksekliği	Z	Zemin Sınıfı
h_n	Normal Kat Yüksekliği	$A1$	$A1$ Burulma Düzensizliği
A_e	Zemin Kat Alanı	$A2$	$A2$ Döşeme Süreksizliği
I_x	Toplam kat atalet momenti	$B3$	$B3$ Düşey Eleman Süreksizliği
I_y	Toplam kat atalet momenti	K_k	Kısa Kolon
P_x	Perde Duvar	A_c	Çıkma (Ağır cephe elemanları)
P_y	Perde Duvar	ZG	Zayıf Kolon-Güçlü Kiriş
E	Etriye Mesafesi	t_d	Bodrum Kat var mı?
BS	Beton Kalitesi	C_o	Çarpışma olasılığı
D_x	Zemin Kat X-Yönündeki Dolgu Duvar Alanları Toplamı	S_k	Katlardaki seviye farkı ve kısmi bodrum
D_y	Zemin Kat Y-Yönündeki Dolgu Duvar Alanları Toplamı	t	Eğimli Arazide mi?
L_x	Bina Taban Alanını İçine Alan Dikdörtgenin Boyutu	P	Performans puanı

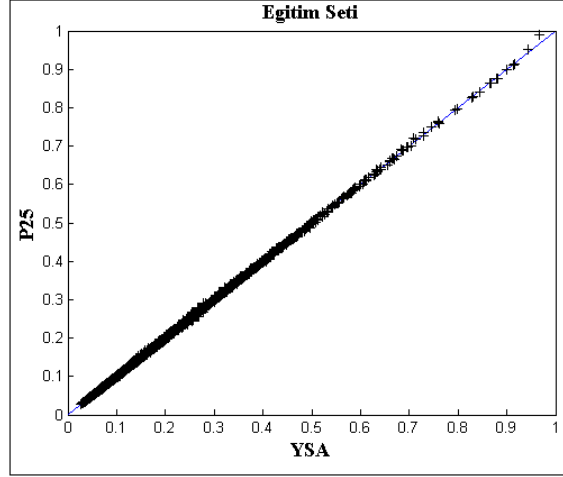
**Şekil 2.** YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin genel yapısı

YSA tabanlı performans değerlendirme modeli, 1 adet girdi katmanı, 2 adet gizli katman ve 1 adet çıktı katmanından oluşmakta ve girdi katmanında 25 işlem elemanı, 1.gizli katmanında 14 işlem elemanı, 2.gizli katmanında 6 işlem elemanı ve çıktı katmanında 1 işlem elemanı bulunmaktadır.

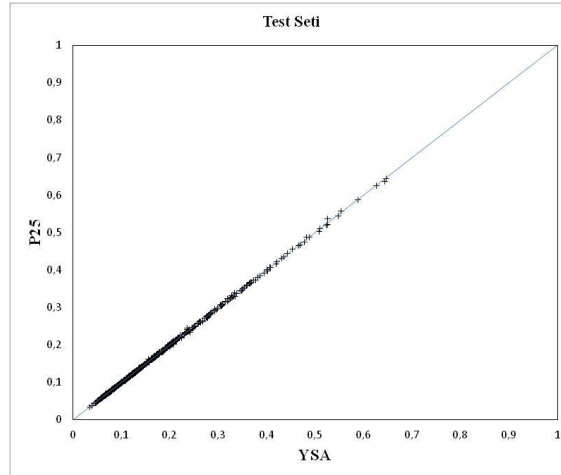
Tablo 2. Referans Seti Binaları

1	BNG - 3 - 4 - 1	10	BNG - 6 - 3 - 12	19	BNG - 10 - 4 - 9
2	BNG - 3 - 4 - 2	11	BNG - 6 - 4 - 2	20	BNG - 10 - 5 - 1
3	BNG - 3 - 4 - 4	12	BNG - 6 - 4 - 3	21	BNG - 10 - 5 - 2
4	BNG - 5 - 5 - 1	13	BNG - 6 - 4 - 5	22	BNG - 10 - 5 - 11
5	BNG - 6 - 2 - 8	14	BNG - 6 - 4 - 7	23	BNG - 11 - 2 - 3
6	BNG - 6 - 3 - 1	15	BNG - 10 - 3 - 3	24	BNG - 11 - 4 - 1
7	BNG - 6 - 3 - 4	16	BNG - 10 - 3 - 10	25	BNG - 11 - 4 - 2
8	BNG - 6 - 3 - 10	17	BNG - 10 - 4 - 4	26	BNG - 11 - 4 - 4
9	BNG - 6 - 3 - 11	18	BNG - 10 - 4 - 6	27	BNG - 11 - 4 - 5

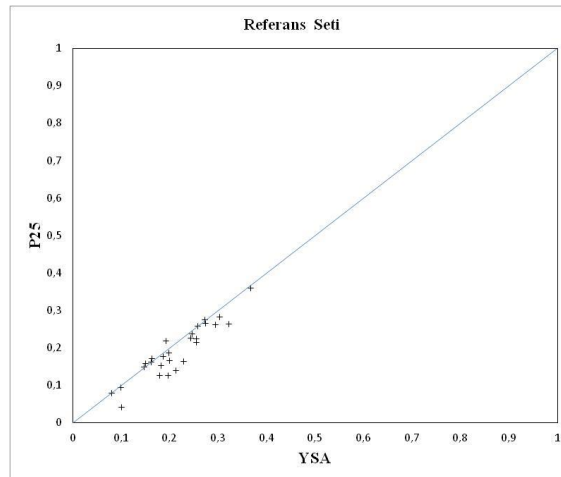
Seçilen YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin tahminlerinin 45° açı yapan doğrunun üzerinde olması, seçilen YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin istenen değerleri yakaladığını, bu doğrudan sapmalar olması durumunda ise istenen değerlerden uzaklaşmaları göstermektedir.



Şekil 3. YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin eğitim setinin performansı

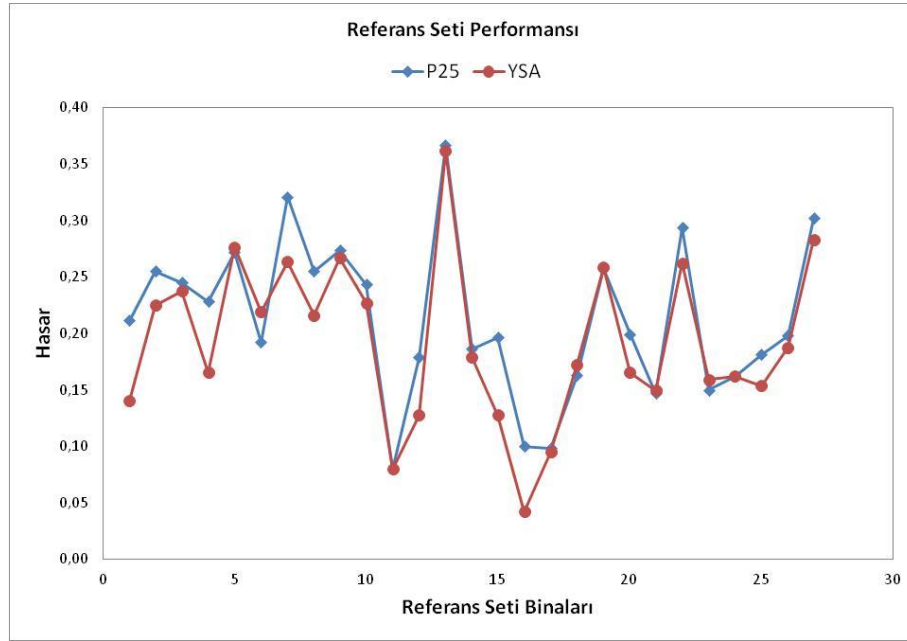


Şekil 4. YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin test setinin performansı



Şekil 5. YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin referans setinin performansı

YSA modelinin eğitim ve test setlerindeki binaların performansları P25 yöntemi ile belirlendiğinden, YSA modelinin başarısı P25 yöntemi ile sınırlıdır. Dolayısıyla, YSA modelinin P25 modeli sonuçlarını yakalama oranı önemlidir. YSA modeli 27 binadan sadece 3 binanın performansını yakalayamamış ve % 11 oranında bir sapma göstermiştir. YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin eğitiminde kullanılan yöntem sonuca ne kadar yaklaşabiliyorsa, YSA tabanlı performans değerlendirme modeli de ancak o kadar yaklaşabilmektedir. P25 hızlı değerlendirme yönteminde girdi olarak kullanılan verilerinin bir kısmına ulaşılamadığı için bu yöntem belli oranda hata vermektedir.

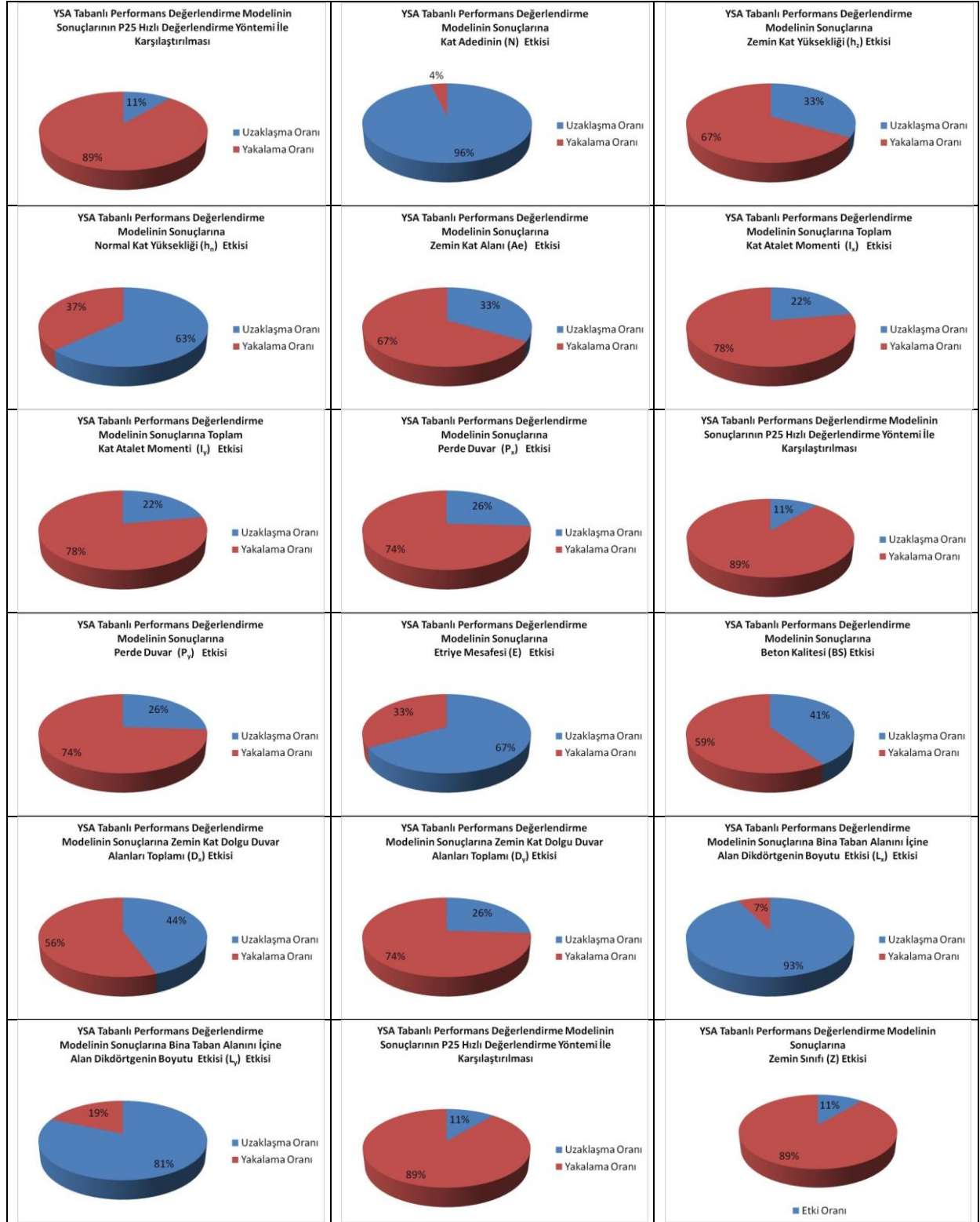


Şekil 6. YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin referans setinin performansı

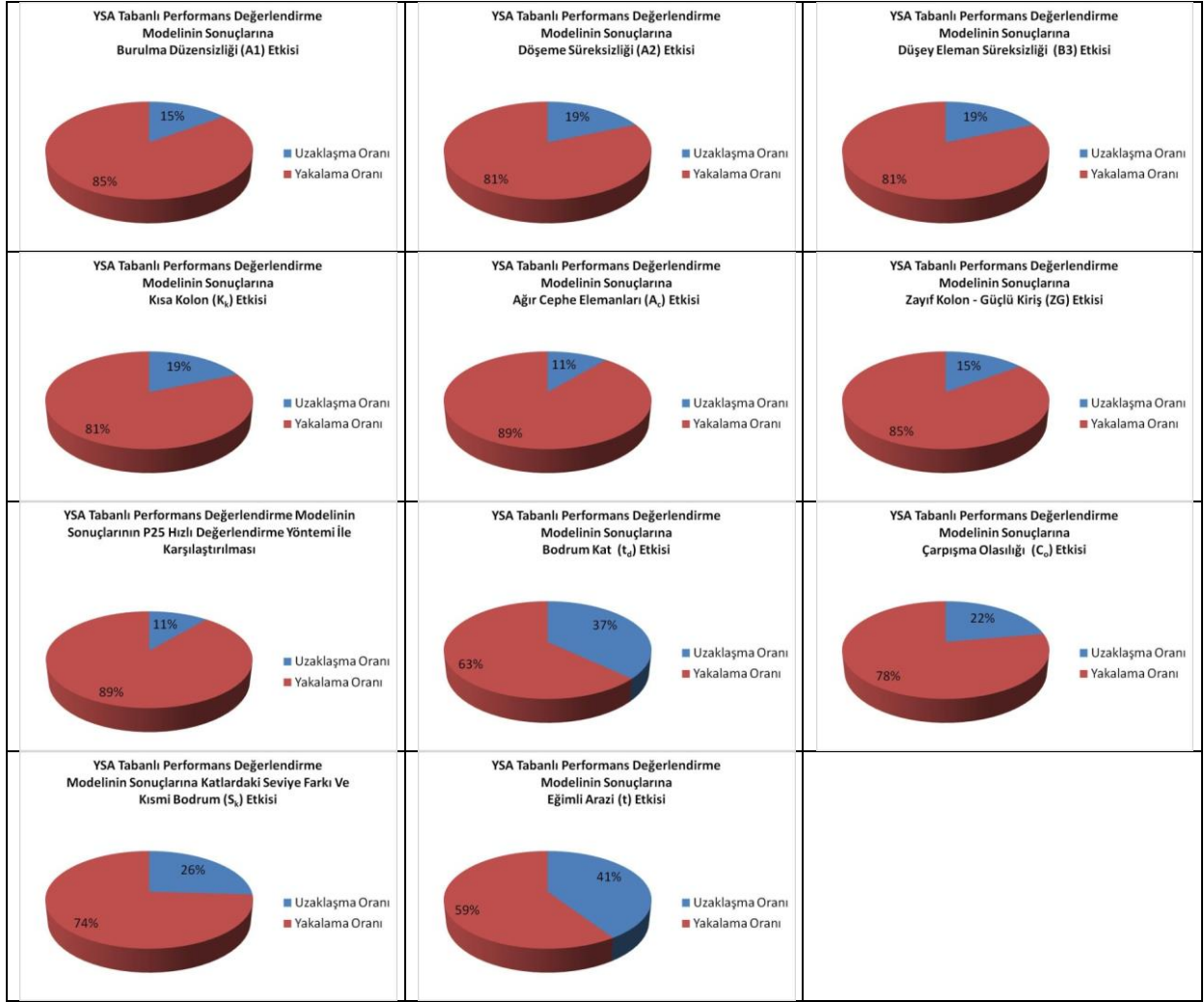
Bina Parametrelerinin Etkisi

Mevcut betonarme binaların yapısal parametrelerinin bina deprem performansına etkilerini belirlemek amacıyla, her bir parametrenin belirlenmemesi durumunda sonuçları etkileme oranları ayrı ayrı incelenmiştir. Bu amaçla, YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin girdi katmanında bulunan bina bilgilerinin (25 adet işlem elemanı) her birinin sırasıyla bulunmaması durumunda modelin performansı araştırılmıştır.

Eğitilmiş olan YSA tabanlı modelin bilgileri, ağırlıklarda yayılı olarak bulunduğundan bilinmeyen girdi değeri sıfır (0) olarak girilerek bu bilginin eksik olması hali incelenmiştir. Eksiksiz girdili YSA tabanlı model ile eksik girdili YSA tabanlı modelin performansları karşılaştırılarak eksik bilginin modelin performansına katkısı araştırılmıştır. Bu amaçla, referans setindeki binaların mevcut durumlarını yakalama oranı belirlenmiş, grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 7. YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin sonuçlarının mevcut durum ile karşılaştırılması
a)eksiksiz girdili b)eksik girdili



Şekil 8. YSA tabanlı performans değerlendirme modelinin sonuçlarının mevcut durum ile karşılaştırılması a)eksiksiz girdili b)eksik girdili

5. Sonuçlar

Sonuç olarak, kat adeti (N) ve bina taban alanını içine alan dikdörtgenin boyutu (L_x) ve bina taban alanını içine alan dikdörtgenin boyutu (L_y) bilgilerinin eksik olduğu ve işlem elemanı değeri olarak sıfır girilen analizlerde, YSA tabanlı performans değerlendirme modeli binaların performans puanlarını %90 civarında etkilemektedir. Dolayısıyla, binaların performanslarının doğruya en yakın olarak belirlenebilmesi için YSA modelinin girdi katmanında işlem elemanı olarak kullanılmak üzere mutlaka kat adeti (N), bina taban alanını içine alan dikdörtgenin boyutu (L_x) ve bina taban alanını içine alan dikdörtgenin boyutu (L_y) bilgilerinin belirlenmesi gerektiği görülmektedir. Bu bilgilerin tespit edilememesi durumunda ya da analizlere dahil edilmemesi durumunda sonuçların istenilen doğruluğu yakalaması mümkün değildir.

Kat adeti (N), bina taban alanını içine alan dikdörtgenin boyutu (L_x) ve bina taban alanını içine alan dikdörtgenin boyutu (L_y) bilgilerinin tespit edilememesi durumunda ya da

analizlere dahil edilmemesi durumunda sonuçların istenilen doğruluğu yakalaması mümkün değildir.

Tablo 3. YSA Tabanlı Performans Değerlendirme modelinin sonuçlarını girdi bilgilerinin etkileme oranı

simge	Eksiksiz Girdili		Eksik Girdili		Sapma	Sapma Toplam	Etki Oran □
	Yakalama Sayısı	Yakalama Oranı (%)	Yakalama Sayısı	Yakalama Oranı (%)			
1	N		1/27	4	85	85/633	13
2	h_z		19/27	67	22	22/633	3
3	h_n		10/27	37	52	52/633	8
4	A_e		18/27	67	22	22/633	3
5	I_x		21/27	78	11	11/633	2
6	I_y		21/27	78	11	11/633	2
7	P_x		20/27	74	15	15/633	2
8	P_y		22/27	74	15	15/633	2
9	E		9/27	33	56	56/633	9
10	BS		16/27	59	30	30/633	5
11	D_x		15/27	56	33	33/633	5
12	D_y		20/27	74	15	15/633	2
13	L_x	24/27	2/27	7	82	82/633	13
14	L_y		5/27	19	70	70/633	11
15	Z		24/27	89	0	0/633	0
16	$A1$		23/27	85	4	4/633	1
17	$A2$		22/27	81	8	8/633	1
18	$B3$		22/27	81	8	8/633	1
19	K_k		22/27	81	8	8/633	1
20	A_c		24/27	89	0	0/633	0
21	ZG		23/27	85	4	4/633	1
22	t_d		17/27	63	26	26/633	4
23	C_o		21/27	78	11	11/633	2
24	S_k		20/27	74	15	15/633	2
25	t		16/27	59	30	30/633	5
				TOPLAM	633		100

Normal kat yüksekliği (h_n) ve etriye mesafesi (E) bilgilerinin eksik olduğu ve işlem elemanı değeri olarak sıfır girilen analizlerde, YSA tabanlı performans değerlendirme modeli binaların performans puanlarını %65 civarında etkilemektedir.

Beton kalitesi (BS), zemin kat X-yönündeki dolgu duvar alanları toplamı (D_x), eğimli arazi (t) bilgilerinin eksik olduğu ve işlem elemanı değeri olarak sıfır girilen analizlerde, YSA tabanlı performans değerlendirme modeli binaların performans puanlarını %40 civarında etkilemektedir. Ancak zemin kat X-yönündeki dolgu duvar alanları toplamı (D_y) bilgilerinin eksik olduğu ve işlem elemanı değeri olarak sıfır girilen analizlerde, YSA tabanlı performans değerlendirme modeli binaların performans puanlarını %26 civarında etkilediği görülmektedir. Binanın arazideki yerleşim planı yön açısından değişiklik arz edebileceği için X ve Y yönündeki dolgu duvar alanları toplamının (D_x ve D_y) her ikisinin de aynı öneme sahip olacağı açıktır. Dolayısıyla bu parametrenin her iki doğrultu içinde sonuçları %40 civarında etkileyeceği dikkate alınacaktır.

Zemin kat yüksekliği h_z , zemin kat alanı A_e ve bodrum kat t_d bilgilerinin eksik olduğu ve işlem elemanı değeri olarak sıfır girilen analizlerde, YSA tabanlı performans değerlendirme modeli binaların performans puanlarını %30 civarında etkilemektedir.

Yapıda belirlenebilecek olan düzensizlik bilgilerinin herhangi birinin eksik olduğu ve işlem elemanı değeri olarak sıfır girilen analizlerde, YSA tabanlı performans değerlendirme modeli binaların performans puanlarını %10 civarında etkilemektedir. YSA tabanlı modelin eğitimi ve testi P25 yöntemi kullanılarak yapıldığından, P25 yönteminin binaların performansını belirlemedeki başarısı bu parametrik çalışmada bulunan sonuçlara etkili olmuştur.

Önerilen YSA tabanlı model ile problemin çözümüne harcanan zaman oldukça kısaltılmıştır. YSA tabanlı bu metotla, bir binanın deprem performansı 3-4 dakika gibi çok kısa sürede tamamlanabilmektedir.

YSA tabanlı performans değerlendirme modeli, deprem sonrasında oluşacak olan gerçek binalardaki hasarlar kullanılarak eğitilebilir.

6. Kaynaklar

- [1] PAY, A. C., “New Methodology for the Seismic Vulnerability Assessment of Existing Buildings in Turkey”, Master Thesis, METU, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey, August 2001
- [2] BAYSAN, F. F., “Mevcut Bir Binanın Yapısal Analiz ve Japon Sismik İndex Yöntemleri ile Değerlendirilmesi”, Bitirme Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnş. Müh. Bölümü, 2002
- [3] YAKUT, A., “A Preliminary Seismic Assessment Procedure for Reinforced Concrete Buildings in Turkey”, Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE, Vancouver, BC, Canada, 1-6 August 2004
- [4] İSTANBUL DEPREM MASTER PLANI, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2003
- [5] BAL, İ. E., “Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (www.enginbal.net/dosyalar/tez.zip), 2005
- [6] TÜYSÜZ, S., “Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri İle Belirlenmesi: P25 Puanlama Yöntemi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007
- [7] PALA, M., “Zemin Yapı Dinamik Etkileşiminin Yapay Sinir Ağları ile Analizi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004
- [8] ÇAĞLAR, N., “Yapay Sinir Ağları ile Binaların Dinamik Analizi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002
- [9] GARİP, Z.Ş., “Yapay Sinir Ağları ile Mevcut Yapıların Deprem Riski Açısından Durum Tespiti”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012
- [10] KOYUNCU, T., “Mevcut Betonarme Binaların Deprem Yükleri Altında Performanslarının Hızlı Olarak Belirlenebilmesi İçin Yeni Bir Değerlendirme Yöntemi”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2009
- [11] SERU [Structural Engineering Research Unit], Middle East Technical University, Ankara, Turkey; Archival Material from Bingöl Database located at website <http://www.seru.metu.edu.tr>, Mayıs, 2011