Konut Türü Betonarme Binaların Deprem Risk Değerlendirmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Yunus Emre TÜRKEL[1], Hamide TEKELİ[2*]

[1]Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye
[2]Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

(Geliş/Received : 12.06.2017 ; Kabul/Accepted : 02.04.2018)

ÖZ

Bu çalışmada, 100 adet mevcut konut türü betonarme binanın Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliği (RBTEİE) hükümlerine göre risk değerlendirmeleri yapılmıştır. Her bir bina modeli için A, B, C, D ve E olmak üzere beş farklı malzeme sınıfı öngörülmüştür. Mevcut betonarme binaların RBTEİE'ye göre risk değerlendirmesinde malzeme özelliklerinin etkinliği belirlenmiştir. Bunun yanında yapısal modellemeye ve bilgisayar çözümlemelerine gerek kalmadan risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla bina ağırlığının kolonların toplam kesme kuvveti kapasitesine oranı (RDP) bir parametre olarak seçilmiştir. Bu parametreye göre binaların risk değerlendirmesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar RBTEİE'den elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır. RDP ile elde edilen sonuçların RBTEİE'den elde edilen sonuçlarla %80 oranında uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Malzeme sınıfı, risk değerlendirmesi, betonarme bina, hızlı değerlendirme.

Earthquake Risk Evaluation of Residential Reinforced Concrete Buildings

ABSTRACT

In this study; the risk evaluation of residential reinforced concrete buildings have been carried out according to the "Risk Evaluation Code of Buildings". For each building model, five different material classes have been selected as A, B, C, D and E. The effects of the material properties in the risk evaluation have been investigated according to the aforementioned code. Besides, the obtained results have been evaluated in order to perform the risk evaluation without any necessity of structural modeling and computer analyses. For this reason, the ratio of building weight to total shear capacities of the columns have been selected as a structural parameter (RDP) in the risk evaluations of buildings. The risk assessments of buildings have been determined according to the parameter. The obtained results are compared with the code results. It is seen that the results of RDP are compatible 80% with results of the code.

Keywords: Material classes, risk assessment, residential reinforced concrete buildings, rapid evaluation.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemiz önemli bir deprem kuşağında olduğundan her an deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır. Yaşanan depremlerden sonra mevcut deprem yönetmeliği 2007 yılında düzenlenerek "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" (DBYBHY) [1] ismi ile yürürlüğe girmiştir. Yeni yönetmelikteki en önemli farklılık mevcut binaların deprem güvenliği ile ilgili yeni bir bölümün yönetmeliğe ilave edilmesidir. Van depreminde 644 kişi yaşamını yitirmiş ve 17005 adet bina zarar görmüştür [2]. Bu durum, depremlerde yaşanan can kayıplarının önlenebilmesi için mevcut binaların daha hızlı bir şekilde değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle daha hızlı veri ve analiz yöntemi içeren 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun 31.05.2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Kanunda bina risk tespitinin Bakanlıkça hazırlanan yönetmelik usul ve esasları çerçevesinde belirlenmesi öngörülmektedir. Bakanlık tarafından hazırlanan "Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliği" (RBTEİE) [3], 2013 yılında yürürlüğe girmiştir. RBTEİE'de önerilen yöntemler yardımı ile risk önceliği olan binalar tespit edilebilmektedir. Bu yöntemlerle bina içine girmeden veya kısmen bina içine girerek değerlendirme yapılabilmektedir.

RBTEİE'deki incelemeler için, iki farklı aşamada değerlendirme yöntemi önerilmiştir. Birinci aşama değerlendirme; binanın dışarıdan ve kısmen içeriden belirlenen ve deprem davranışını etkileyen parametreler kullanılarak yapılır. İncelenen parametreler; taşıyıcı sistemin türü, kat adedi, mevcut durum ve görünen kalite (iyi, orta, kötü), yumuşak/zayıf kat, ağır çıkma, yatayda ve düşeyde düzensizlik gibi yapısal olumsuzlukların gözlemsel olarak tespit edilmesini içerir. Değerlendirmeler puanlandırma esasına dayanır. Bu değerlendirmeye, Ünal ve Yurtcu [4] tarafından, Afyonkarahisar şehir merkezindeki binaların deprem risk durumunun belirlenmesi için yapılan anket çalışması örnek olarak verilebilir. Araştırmada İstanbul Teknik

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : hamidetekeli@gmail.com

Üniversitesi Mezunları Derneği Bursa Şubesi tarafından, mimar, inşaat, jeoloji, jeofizik ve harita mühendislerinden oluşan 8 uzman tarafından hazırlanan 12 soruluk grup anketinden yararlanılmıştır.

Tokgöz ve Bayraktar [5] tarafından yapılan çalışmada Düzce iline bağlı Kaynaşlı ilçe merkezinde bulunan binaların deprem tehlikesine karşı risk durumları hızlı tarama yöntemlerinden sokak taraması yöntemi ile belirlenmiştir. Sokak taraması yöntemi ile bilgileri alınan binaların risk skorları hesaplanarak risk açısından sınır değer belirlenmiştir. Çalışmada yöntemin sahada uygulanma aşamaları ve hesap yöntemi açıklanmıştır.

RBTEİE'de [3] verilen ikinci aşama değerlendirmede ise, binanın dışarıdan yapılan gözlemlere ilave olarak, malzeme özellikleri, kesit boyutları gibi yapısal parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Elde edilen verilerle yapısal hesaplamalar yapılarak binanın risk durumu değerlendirilmektedir.

Uğur vd. [6], 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ve uygulama yönetmeliğinin riskli yapıların belirlenmesi ile ilgili hükümlerinin uygulanması esnasında karşılaşılan problemleri incelemiştir. Çalışmada "Riskli Yapı Tespit Raporu" hazırlama süreci tarif edilerek, Tekirdağ ilinde uygulama süreçleri boyunca yaşanılan sorunlar sunulmuştur. Sürece tesir eden olumsuzlukların çözümü için öneriler geliştirilmiştir.

Canbaz ve Şengel [7] tarafından yapılan çalışma, Eskişehir'de kentsel dönüşümü yapılan 112 betonarme binaya ait verilerin incelenmesi ile elde edilen istatistiksel analiz sonuçlarını içermektedir. Bu binalara ait beton dayanımı, yapım yılı, yaşı, kat adedi, karot numune sayısı, donatı tipi ve donatı korozyonunun varlığı çizilen grafikler ile değerlendirilmiştir.

Fahjan vd. [8] yaptıkları çalışmada, yer hareketi, yapı envanteri ve yöntem bileşenlerinde mevcut olan belirsizliklerin deprem risk değerlendirmesine etkisini araştırmıştır. Çalışmada, Gebze (Kocaeli) ilçesinin deprem senaryosuyla risk yapısı değerlendirilmiştir. Senaryo depremleri uygulanırken depremin kaynağı, depremin büyüklüğü ve zemin parametrelerinin riske etkisi incelenmiştir. Risk değerlendirmeleri sonuçlarına göre bina hasarı, can kaybı ve barınak ihtiyacı oranları hesaplanmıştır. Ayrıca mahalle bazında beklenen şiddet ve hasar seviyeleri, zemin etkisinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için harita üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu değerlendirmeler ülkemiz için hazırlanmış sismik tehlike bilgisi, yerel zemin bilgisi ve bina envanterindeki unsurları içeren veriler ile Coğrafi Bilgi Sistemi verilerini birleştirebilen ön hasar tespit yazılımı, AFAD-RED kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, deprem risk planlamasında yer hareketi tahmin belirsizliklerinin kayıp tahmini sonuçları üzerindeki önemi gösterilmiştir.

Duran vd. [9], RBTEİE' de [3] verilen doğrusal elastik hesap yönteminde normal dayanımlı beton için tanımlanan elastisite modülünün düşük dayanımlı beton için de geçerli olup olmadığını araştırmıştır. Bu amaçla, hazırlanan 36 adet düşük dayanımlı beton numunesinin elastisite modülünü belirlemek için eksenel basınç testleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda yapılan testler sonucunda elde edilen elastisite modülü değerleri, ulusal ve uluslararası yönetmeliklerle kıyaslanarak yeni bir formül önerilmiştir. Ayrıca, RBTEİE [3] kapsamında ele alınan mevcut bir binanın çözümlenmesinde, farklı yönetmeliklerdeki elastisite modülü değerlerinin kullanılmasının yapılan risk değerlendirme sonuçları üzerindeki etkinliği araştırılmıştır.

Binaların RBTEİE'ye [3] göre ikinci aşama risk değerlendirmelerinin yapılabilmesi için bilgisayar modelleme ve çözümlemelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulaması kolay olan yöntemlerin ortaya konulmasının çözümlemelerde ortaya çıkacak zaman kaybını önleyeceği ve ekonomi sağlayacağı açıktır. Literatürde, bu amaçla yapılmış çalışmalarda mevcuttur.

Gürbüz ve Tekin [10] tarafından yapılan çalışmanın amacı; olası bir depremde meydana gelecek hasar ve kayıp olasılıklarını tahmin etmeye yarayan bir hasar tahmin metodu geliştirmektir. Bu amaçla; 11 farklı tip betonarme yapı, doğrusal olmayan statik itme analizi ile çözümlenmiştir. Analizlerden elde edilen veriler kullanılarak her bina grubu için 4 farklı hasar olasılığını gösteren kırılganlık eğrileri çizilmiştir. Çalışmada, elde edilen eğriler kullanılarak benzer özelliklere sahip binalardaki hasarları tahmin etmenin mümkün olduğu vurgulanmıştır.

Solak ve Alaybeyoğlu [11] tarafından yapılan çalışmada, riskli alan belirleme işleminde kullanılmak üzere bir bulanık mantık modeli oluşturulmuştur. Bu modelde, yapı ortalama performans puanı, yerleşime uygunluk durumu ve nüfus yoğunluğu bilgileri sisteme girdi verileri olarak ele alınmıştır. Bu girdi verileri değer aralıklarına göre derecelendirilerek bulanık bir küme oluşturulmuş ve kural tabanı çalıştırılarak risk önceliği çıktısı elde edilmiştir. C# programlama dili kullanılarak kullanıcının bulanık mantık tabanlı model tasarlamasında kolaylık sağlayacak bir arayüz geliştirilmiştir.

Işık ve Kutanis [12] çalışmalarında Bitlis ili, Merkez ilçesinde bulunan betonarme bina stoğunun değerlendirmesini P25 hızlı tarama yöntemi ile gerçekleştirmiştir. İncelenen binalar güvenli, güvensiz ve detaylı hesaplarla incelenmesi gereken binalar olarak üç grupta sınıflandırılmıştır. Benzer olarak, Işık vd. [13] tarafından Muş ilinde 200 adet betonarme binanın "Kanada sismik tarama yöntemi" kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmadan amaç yapısal deprem kayıplarının en aza indirgenmesi, mevcut yapı stoğu için bir veri tabanı oluşturulması ve hızlı değerlendirme sonuçları ile deprem geçirmiş yapıların gerçek davranışı arasındaki tutarlılığın ortaya konulmasıdır. İncelenen binaların %48'i orta öncelikli, %47'si yüksek öncelikli ve %5'i de çok tehlikeli bina olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada arazi incelemeleri yapılmış 100 adet mevcut betonarme konut türü binanın RBTEİE'ye göre risk değerlendirmesi yapılmıştır. Binalar x ve y

doğrultularında piyasada kullanılan hazır paket programı Sta4-Cad v.13 ile çözümlenmiştir. Her bir mevcut bina için A, B, C, D ve E olmak üzere beş farklı malzeme sınıfı öngörülmüştür. Dolayısıyla toplamda 1000 adet bina çözümlemesi yapılmıştır. Yapılan çalışmada betonarme binaların risk değerlendirmesinde malzeme özelliklerinin etkinliği belirlenmiştir. Bunun yanında yapısal modellemeye ve bilgisayar çözümlemelerine gerek kalmadan risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için öneriler getirilmiştir. Bu amaçla bina ağırlığının kolonların toplam kesme kapasitesine oranı bir parametre olarak belirlenmiş ve bu parametre üzerinden risk değerlendirmesi yapılmıştır. Yönetmelik ile uyumlu sonuç verebilecek ve uygulaması kolay olan yöntemlerin ortaya konulmasının çözümlemelerde meydana gelecek zaman kaybını önleyeceği ve ekonomi sağlayacağı açıktır. Elde edilen sonuçlar RBTEİE'den [3] elde edilen sonuçlarla kıyaslanmış ve geçerliliği incelenmiştir.

2. BETONARME BİNALARIN RİSK DEĞERLENDİRME ESASLARI (PRINCIPLES OF RISK EVALUATION IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS)

Riskli binaların tespiti "Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliği (RBTEİE)" [3] hükümlerine göre yapılmaktadır. Bunun için RBTEİE'de [3] öncelikle kritik kat belirlenerek bina taşıyıcı sistem özellikleri tespit edilmelidir. Kritik kat, betonarme çevre perdeleri bulunmayan veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt kat olarak seçilir. Mevcut projenin olmaması veya projenin yerindeki imalatla uyumsuz olması durumunda asgari bilgi düzeyi, tam uyum söz konusu ise kapsamlı bilgi düzeyi seçilmelidir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (Information level coefficients for buildings)

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Asgari	0.90
Kapsamlı	1.00

Belirlenen bilgi düzeylerine göre, taşıyıcı elemanların mevcut malzeme dayanımları, "Bilgi Düzeyi Katsayısı" ile çarpılarak kullanılmalıdır.

Deprem etkisinin tanımında, DBYBHY'de [1] verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılır ve Bina Önem Katsayısı (I) "1" (bir) olarak dikkate alınır. Taşıyıcı sistemin analizinde "Etkin Eğilme Rijitlikleri" $(EI)_e$ kirişler ve perdelerde Denklem (1)' de, kolonlarda ise Denklem (2)' de verildiği gibi hesaplanır.

$$(EI)_e = 0.30\ (E_{cm}I)_o \quad (1)$$

$$(EI)_e = 0.50\ (E_{cm}I)_o \quad (2)$$

Burada belirtilen "Beton Elastisite Modülü" (E_{cm}) Denklem (3) ile bulunabilir.

$$E_{cm} = 5000\ (f_{cm})^{0.5} \quad (3)$$

Risk değerlendirmesi kritik kat için yapılır. Ancak, yapılan analiz sonucunda hesaplanan en büyük kat ötelenme oranı başka bir katta oluşuyorsa, bu kat için de sadece kat ötelenme sınır değerleri kontrol edilerek değerlendirme yapılır. Herhangi bir katın riskli çıkması durumunda bina "Riskli Bina" olarak kabul edilir.

Risk değerlendirmesinde yapılacak hesaplardaki sınır koşullarının belirlenmesi için kolonlar (V_e/V_r) oranına ve sarılma bölgesindeki donatı detayına göre A, B ve C olmak üzere üç gruba ayrılır (Çizelge 2). Burada V_e, kolon, kiriş ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvvetini; V_r ise kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımını ifade etmektedir. A grubu kolonların eğilme göçmesine, B grubu kolonların eğilme-kesme göçmesine ve C grubu kolonların ise kesme göçmesine maruz kalacağı kabul edilir. Kolon sınıflandırmasında kullanılacak V_e ve V_r değerleri sırasıyla Denklem (4) ve Denklem (5) ile hesaplanabilir. Düşey yükler ile birlikte R_a=2 alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e'den küçük olması durumunda V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılır.

$$V_e = (M_a + M_{ü})/l_n \quad (4)$$

$$V_r = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right).d.f_{ywd} + 0{,}8.0{,}65.f_{ctd}.b_w.d.\left(1+\gamma.\frac{N_d}{A_c}\right) \quad (5)$$

Çizelge 2. Kolon sınıflandırma tablosu (Column classification table)

V_e/V_r	Aralığı s≤100 mm olan, her iki ucunda 135° kancalı etriyesi bulunan ve toplam enine donatı alanı $A_{sh}\geq 0.06sb_k(f_{cm}/f_{ywm})$ denklemini sağlayan kolonlar	Diğer durumlar
$V_e/V_r\leq 0.7$	A	B
$0.7<V_e/V_r\leq 1.1$	B	B
$1.1<V_e/V_r$	B	C

Betonarme kolon ve perdelerin hasar düzeylerinin belirlenmesi için Denklem (6)'da verilen etki/kapasite oranı hesaplanır.

$$m = M_{G+nq+E}/M_K \quad (6)$$

Buradaki (M_K) değeri, (G+nQ±E/6) yükleme kombinasyonundan elde edilen N_K değerine karşılık gelen momenti temsil etmektedir. Kolon elemanın risk

durumuna; kritik katta hesaplanan kolon etki kapasite oranı (m) ve kat ötelenme oranı (δ/h) değerlerinin, kolon sınıfına bağlı olarak elde edilen risk sınır değerleri $m_{sınır}$ ve $(\delta/h)_{sınır}$ ile kıyaslanması ile karar verilir. Elde edilen değerlerin sınır değerleri aşması durumunda o eleman riskli aksi halde risksiz olarak kabul edilir. Risk sınır değerleri, A grubu kolonlar için Çizelge 3' te, B grubu kolonlar için Çizelge 4' te, C grubu kolonlar için Çizelge 5' te verilmiştir.

Çizelge 3. A grubu kolonlar için $m_{sınır}$ ve $(\delta/h)_{sınır}$ değerleri (Values of $m_{boundry}$ and $(\delta/h)_{boundry}$ for columns in group A)

$N_K/(f_{cm}A_c)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 0.1	5.0	0.0350
≥ 0.6	2.5	0.0125

Çizelge 4. B grubu kolonlar için $m_{sınır}$ ve $(\delta/h)_{sınır}$ değerleri (Values of $m_{boundry}$ and $(\delta/h)_{boundry}$ for columns in group B)

$N_K/(f_{cm}\,A_c)$	$A_{sh}/(s\,b_k)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 0.1	≤ 0.0005	2.0	0.01
	≥ 0.006	5.0	0.03
≥ 0.6	≤ 0.0005	1.0	0.005
	≥ 0.006	2.5	0.0075

Çizelge 5. C grubu kolonlar için $m_{sınır}$ ve $(\delta/h)_{sınır}$ değerleri (Values of $m_{boundry}$ and $(\delta/h)_{boundry}$ for columns in group C)

$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
1.0	0.005

Kritik katta (G+nQ) yükleme kombinasyonu eksenel basınç gerilmeleri toplamının toplam kolon sayısına bölümünden eksenel gerilme ortalaması (σ_{ort}) elde edilir. Bu değer hesaplandıktan sonra Çizelge 6' dan yararlanarak kat kesme kuvveti oranı sınır değeri belirlenir.

Tablodaki ara değerler enterpolasyon yapılarak bulunabilir. Yönteme göre belirlenen riskli kolonların yüzdesi kat kesme kuvveti sınır değerini aşarsa bina "Riskli Bina" olarak sınıflandırılır. Kritik katta binanın risksiz çıkması durumunda en büyük kat ötelenmesinin bulunduğu katta riskli kolonların yüzdesinin kat kesme kuvveti oranını geçip geçmediği kontrol edilir. Bu sınırın aşılması durumunda binanın "Riskli Bina" sınıfında olduğuna karar verilir.

Çizelge 6. Kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri (The limit values of the storey shear force ratio)

Perde ve kolon eksenel gerilme ortalaması (=Perde ve kolon gerilmelerinin toplamı / Perde ve kolon sayısı)	Kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri
≥0.65 f_{cm}	0
0.1 f_{cm}≥	0.35

3. MEVCUT BİNALARIN TANITILMASI (DEFINITION OF EXISTING BUILDINGS)

Bu çalışma kapsamında İstanbul ilinde bulunan ve saha çalışmaları yapılmış 100 adet mevcut betonarme binanın RBTEİE'e [3] göre risk değerlendirmesi yapılmıştır. Birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde bulunan ve çalışma kapsamında incelenen binaların katlara göre dağılımı Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Mevcut binaların kat adedine göre dağılımı (Distribution of existing buildings according to the number of storey)

Kat Adedi	Bina Adedi
2	25
3	25
4	20
5	16
6	14
Toplam	100

Betonarme binalar üzerinde beş farklı malzeme grubu için risk değerlendirme hesapları yapılmıştır. Her bir bina modeli için öngörülen malzeme grupları A, B, C, D ve E olarak Çizelge 8' de tanımlanmıştır.

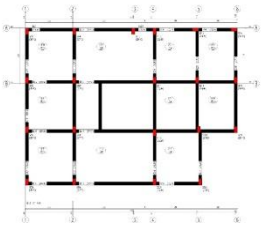
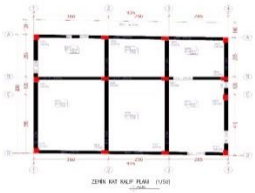
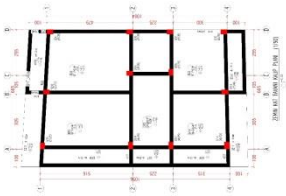
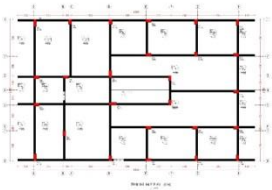
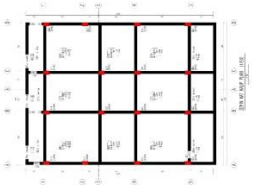
Çizelge 8. Malzeme grupları (Material groups)

Malzeme özellikleri	f_{cm} (MPa)	f_{ym} (MPa)	Etriye (mm)	Aralık (mm)
A	20	420	8	100
B	20	420	8	200
C	20	220	8	100
D	10	420	8	100
E	Yerinde Ölçüm Sonuçları			

Beton basınç dayanımı (f_{cm}), donatı akma dayanımı (f_{ym}), etriye çapı ve aralığı için farklı parametreler seçilmiştir. A malzeme sınıfı projeye uygun tasarıma karşılık gelmektedir. Bu malzeme sınıfında, beton basınç dayanımı 20 MPa, donatı akma dayanımı 420 MPa ve taşıyıcı sistem elemanları mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırması bulunmaktadır. Etriye sıklaştırmasının bulunması durumu Ø8/100 etriyeyi temsil etmektedir. B, C ve D malzeme sınıfları ise malzeme özelliklerinin risk değerlendirmesindeki etkinliğinin ortaya konulabilmesi için tek bir parametre üzerinden değişiklik yapılarak belirlenmiştir. Örneğin, B malzeme grubu sadece etriye sıklaştırmasının bulunmadığı, C malzeme grubu sadece donatı dayanımının düşük olduğu, D malzeme grubu ise sadece beton dayanımının düşük olduğu durumları temsil etmektedir. Bunların dışında kalan E grubu arazi ölçümleri ve incelemeleri ile elde edilen gerçek verileri göstermektedir.

Çözümlenen mevcut binalardan farklı kat adedine sahip rastgele beş adedi seçilmiş ve bu binaların kalıp planı ile üç boyutlu görünüşleri Çizelge 9'da verilmiştir [14].

Çizelge 9. Seçilen mevcut binalara ait kalıp planları ve görünümleri (Floor plans and views of some existing buildings)

Bina No	Kat adedi	Kat planı	Görünümü
5	2		
16	4		
29	3		
32	5		
84	6		

Kalıp planları verilen bu binaların arazi incelemelerinden elde edilen yapısal özellikleri Çizelge 10' da verilmiştir. İncelenen mevcut binaların büyük çoğunluğunda düz yüzeyli (St I) donatı kullanıldığı, beton dayanımının düşük olduğu ve taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının uygulanmadığı görülmüştür.

Çizelge 10. Seçilen mevcut binaların yerinde yapılan incelemelerden elde edilen yapısal özellikleri (The structural properties obtained from investigation of some existing buildings)

Bina no	A_0	Kat adedi	f_{cm} (MPa)	f_{ym} (MPa)	Etriye çapı (mm)	Etriye aralığı (mm)
5	0.40	2	13	220	8	300
16	0.40	4	10.3	220	8	300
29	0.40	3	9.2	220	8	250
32	0.30	5	9.6	220	8	250
84	0.40	6	5.3	220	8	300

4. BİNALARIN RİSK DEĞERLENDİRMESİ (RISK ASSESSMENT OF BUILDINGS)

Mevcut betonarme binaların x ve y doğrultuları için risk değerlendirmesi; "Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliği (RBTEİE)" [3] hükümlerine göre yapılmıştır. Çözümlemelerde beton dayanımı, donatı dayanımı ve sargılama durumu değiştirilerek malzeme sınıfının risk değerlendirmedeki etkinliği incelenmiştir. Bu amaçla A, B, C, D ve E olmak üzere 5 farklı malzeme sınıfı öngörülmüştür. Çözümlemeler bu malzeme sınıfları için tekrarlanmıştır.

Binaların risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için öncelikle binaya ait kritik kat belirlenmiştir. Seçilen mevcut binalara ait bazı yapısal parametreler Çizelge 11'de verilmiştir. Bu tabloda etkin yer ivme katsayısı (A_0), kritik kat yüksekliği (h_i), bina yüksekliği (H_n), kritik kattaki x ve y yönlerindeki toplam kolon alanı (ΣA_c), kritik kat ağırlığı (W_k), bina ağırlığı (W_{bina}), kritik kat alanı (A_k), toplam bina oturma alanı (ΣA) parametreleri tanımlanmıştır.

Çözümlemelerde her bir bina için taşıyıcı sistem elemanlarına ait etki kapasite oranı (m) ve kat etkin göreli kat ötelenmesi oranı (δ/h) hesaplanmıştır. Bu değerler RBTEİE'e [3] göre belirlenen etki kapasite oranı sınır değeri ($m_{sınır}$) ve etkin göreli kat ötelenmesi oranı sınır değeri $(\delta/h)_{sınır}$ ile kıyaslanmıştır. Sınır değerin aşılması durumunda eleman "Riskli" olarak kabul edilmiştir. Benzer şekilde kritik kattaki riskli kolonların yüzdesinin RBTEİE'de [3] tanımlanan kat kesme kuvveti oranı sınır değerini aşması durumunda bina "Riskli Bina", aksi halde "Risksiz Bina" olarak tanımlanmıştır. İncelenen 100 adet mevcut binadan seçilen binalara ait risk değerlendirme sonuçları A malzeme grubu için Çizelge 12'de örnek olarak verilmiştir

Yapılan tüm çözümlemelerden elde edilen sonuçlara ait riskli ve risksiz bina yüzdeleri kat adedine ve malzeme grubuna bağlı olarak Çizelge 13'te binanın x yönü için, Çizelge 14'te ise y yönü için verilmiştir. Tabloda verilen yüzde oranları, riskli/risksiz bina adedinin toplam bina adedine oranlanması ile elde edilmiştir.

Çizelge 11. Seçilen mevcut binaların yapısal özellikleri (Structural properties of some existing buildings)

Bina no	A_0	Kat adedi	h_i (m)	H_n (m)	ΣA_c (m²)	W_k (t)	W_{bina} (t)	A_k (m²)	ΣA (m²)
5	0.4	2	2.65	5.30	1.60	156	258	125	251
16	0.4	4	2.95	11.35	1.14	96	340	80	322
29	0.4	3	2.70	8.10	1.15	94	246	88	266
32	0.3	5	3.00	15.00	3.80	295	1409	298	1450
84	0.4	6	2.80	16.80	1.60	140	817	119	742

Çizelge 12. Seçilen mevcut binaların A malzeme grubu için risk değerlendirmesi (Risk assessment of some existing buildings for A material clasification)

Bina no	Yön	m	$m_{sınır}$	(δ/h)	$(\delta/h)_{sınır}$	En büyük (δ/h)	Kritik kat riskli kolon yüzdesi	Kritik kat sınır değeri	Sonuç
5	X	79.35	5.00	0.0331	0.0350	0.0331	100%	35%	Riskli
	Y	71.18	5.00	0.0203	0.0350	0.0203	13%	35%	Risksiz
16	X	6.82	5.00	0.0210	0.0350	0.0269	75%	32%	Riskli
	Y	8.13	5.00	0.0227	0.0350	0.0269	63%	32%	Riskli
29	X	4.14	5.00	0.0194	0.0350	0.0220	0%	34%	Risksiz
	Y	2.49	5.00	0.0142	0.0336	0.0220	0%	34%	Risksiz
32	X	3.14	4.99	0.0138	0.0338	0.0168	0%	32%	Risksiz
	Y	4.80	5.00	0.0122	0.0344	0.0165	0%	32%	Risksiz
84	X	7.97	5.00	0.0313	0.0295	0.0313	100%	27%	Riskli
	Y	5.54	4.87	0.0223	0.0349	0.0223	65%	27%	Riskli

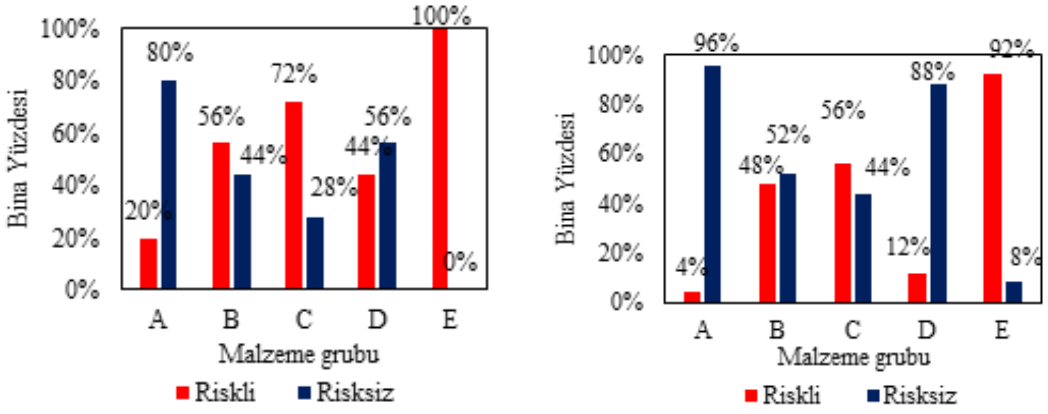
Çizelge 13. Mevcut binaların x yönündeki risk dağılım yüzdeleri (Risk percentages of the existing buildings in x direction)

Yön	Kat adedi	Malzeme grubu	Bina adedi			Yüzde oranı	
			Riskli	Risksiz	Toplam	Riskli bina	Risksiz bina
x	2	A	5	20	25	20%	80%
		B	14	11	25	56%	44%
		C	18	7	25	72%	28%
		D	11	14	25	44%	56%
		E	25	0	25	100%	0%
	3	A	11	14	25	44%	56%
		B	20	5	25	80%	20%
		C	20	5	25	80%	20%
		D	16	9	25	64%	36%
		E	25	0	25	100%	0%
	4	A	8	12	20	40%	60%
		B	18	2	20	90%	10%
		C	18	2	20	90%	10%
		D	17	3	20	85%	15%
		E	20	0	20	100%	0%
	5	A	11	5	16	69%	31%
		B	13	3	16	81%	19%
		C	14	2	16	88%	13%
		D	12	4	16	75%	25%
		E	16	0	16	100%	0%
	6	A	8	6	14	57%	43%
		B	13	1	14	93%	7%
		C	12	2	14	86%	14%
		D	13	1	14	93%	7%
		E	13	1	14	93%	7%

Çizelge 14. Mevcut binaların y yönündeki risk dağılım yüzdeleri (Risk percentages of the existing buildings in y direction)

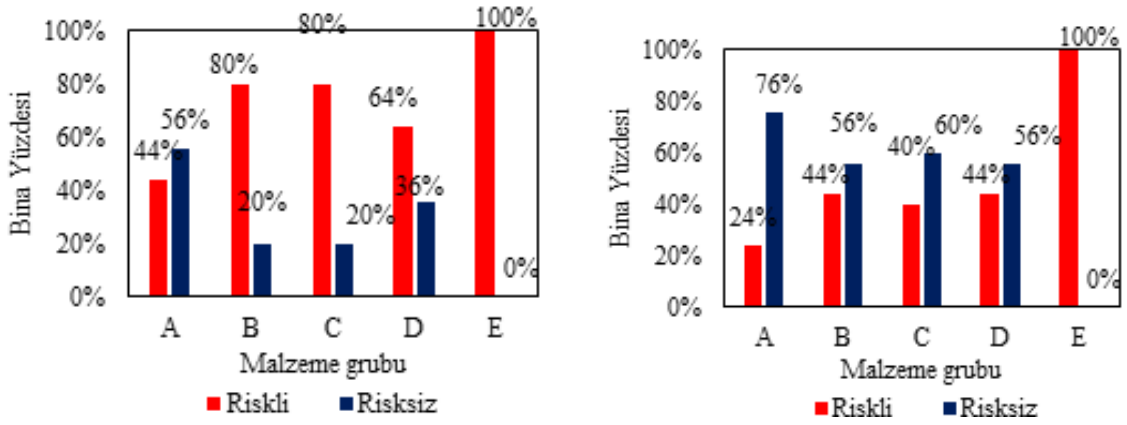
Yön	Kat adedi	Malzeme grubu	Bina adedi			Yüzde değeri	
			Riskli	Risksiz	Toplam	Riskli bina	Risksiz bina
y	2	A	1	24	25	4%	96%
		B	12	13	25	48%	52%
		C	14	11	25	56%	44%
		D	3	22	25	12%	88%
		E	23	2	25	92%	8%
	3	A	6	19	25	24%	76%
		B	11	14	25	44%	56%
		C	10	15	25	40%	60%
		D	11	14	25	44%	56%
		E	25	0	25	100%	0%
	4	A	6	14	20	30%	70%
		B	16	4	20	80%	20%
		C	15	5	20	75%	25%
		D	15	5	20	75%	25%
		E	20	0	20	100%	0%
	5	A	5	11	16	31%	69%
		B	12	4	16	75%	25%
		C	10	6	16	63%	38%
		D	11	5	16	69%	31%
		E	16	0	16	100%	0%
	6	A	12	2	14	86%	14%
		B	13	1	14	93%	7%
		C	14	0	14	100%	0%
		D	13	1	14	93%	7%
		E	14	0	14	100%	0%

Tablodaki risk dağılım yüzdeleri malzeme gruplarına bağlı olarak, iki katlı binalar için Şekil 1' de, üç katlı binalar için Şekil 2'de, dört katlı binalar için Şekil 3' te, beş katlı binalar için Şekil 4' te, altı katlı binalar için Şekil 5'te grafik olarak verilmiştir.



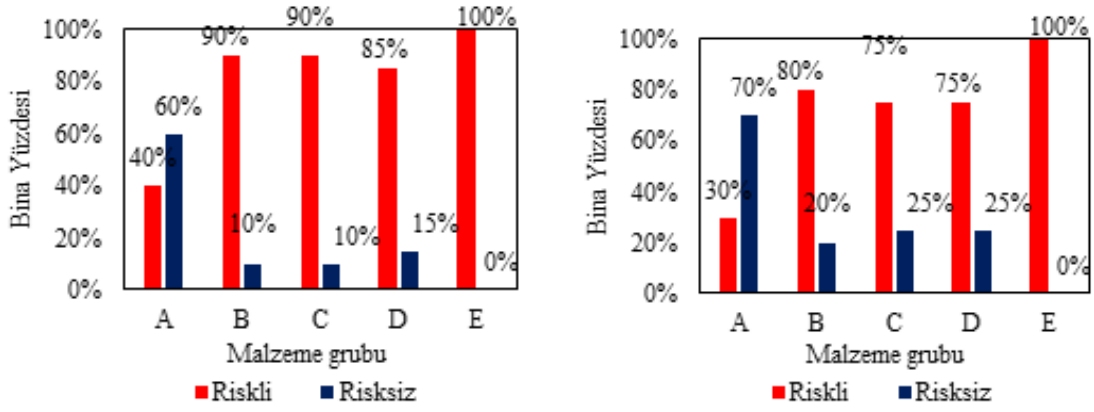
(a) x yönü (b) y yönü

Şekil 1. İki katlı binaların malzeme gruplarına göre risk dağılım yüzdeleri (Risk percentage of the two storied buildings according to material classification)



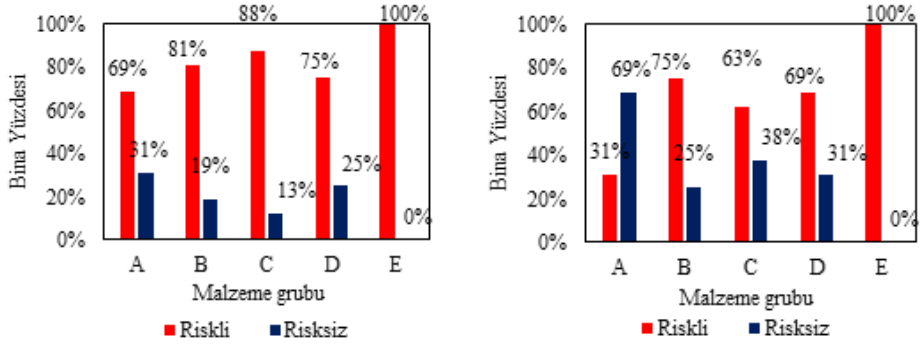
(a) x yönü (b) y yönü

Şekil 2. Üç katlı binaların malzeme gruplarına göre risk dağılım yüzdeleri (Risk percentage of the three storied buildings according to material classification)



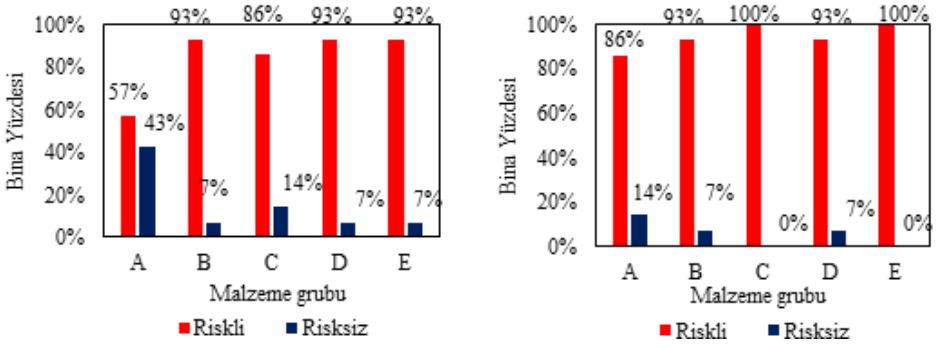
(a) x yönü (b) y yönü

Şekil 3. Dört katlı binaların malzeme gruplarına göre risk dağılım yüzdeleri (Risk percentage of the four storied buildings according to material classification)



(a) x yönü (b) y yönü

Şekil 4. Beş katlı binaların malzeme gruplarına göre risk dağılım yüzdeleri (Risk percentage of the five storied buildings according to material classification)



(a) x yönü (b) y yönü

Şekil 5. Altı katlı binaların malzeme gruplarına göre risk dağılım yüzdeleri (Risk percentage of the six storied buildings according to material classification)

5. RİSK DEĞERLENDİRME PARAMETRESİ (PARAMETER OF RISK ASSESSMENT)

Betonarme binaların risk değerlendirmeleri genellikle piyasada kullanılan hazır paket programlar yardımıyla yapılmaktadır. Bu değerlendirmelerin bilgisayar modelleme ve çözümlemesine gerek kalmadan kolay ve RBTEİE [3] ile uyumlu şekilde belirlenebilmesi uygulamacı mühendise büyük bir kolaylık sağlayacaktır. Bu amaçla çalışmada, bina ağırlığının (W_{bina}) zemin kat kolonları toplam kesme kuvveti kapasitesine (ΣV_r) oranlanması ile elde edilen "Risk Değerlendirme Parametresi" (RDP) kullanılmıştır (Denklem 7). Bu parametrenin seçilmesinin nedeni, çalışma kapsamında incelenen beton dayanımı, donatı dayanımı ve sargılama durumu yanında kat adedi, kat ağırlığı ve kolon boyutu gibi çok sayıda parametreyi içermesidir. Binanın risk değerlendirmesinde, x ve y yönü için hesaplanan RDP değerlerinden küçük olanı kritik değer (RDP_{krt}) olarak dikkate alınmıştır. Seçilen mevcut binaların x ve y yönü çözümlemelerine ait hesaplanan RDP ve RDP_{krt} değerleri Çizelge 15'te verilmiştir.

$$\mathbf{RDP = W_{bina} / \sum V_r} \quad (7)$$

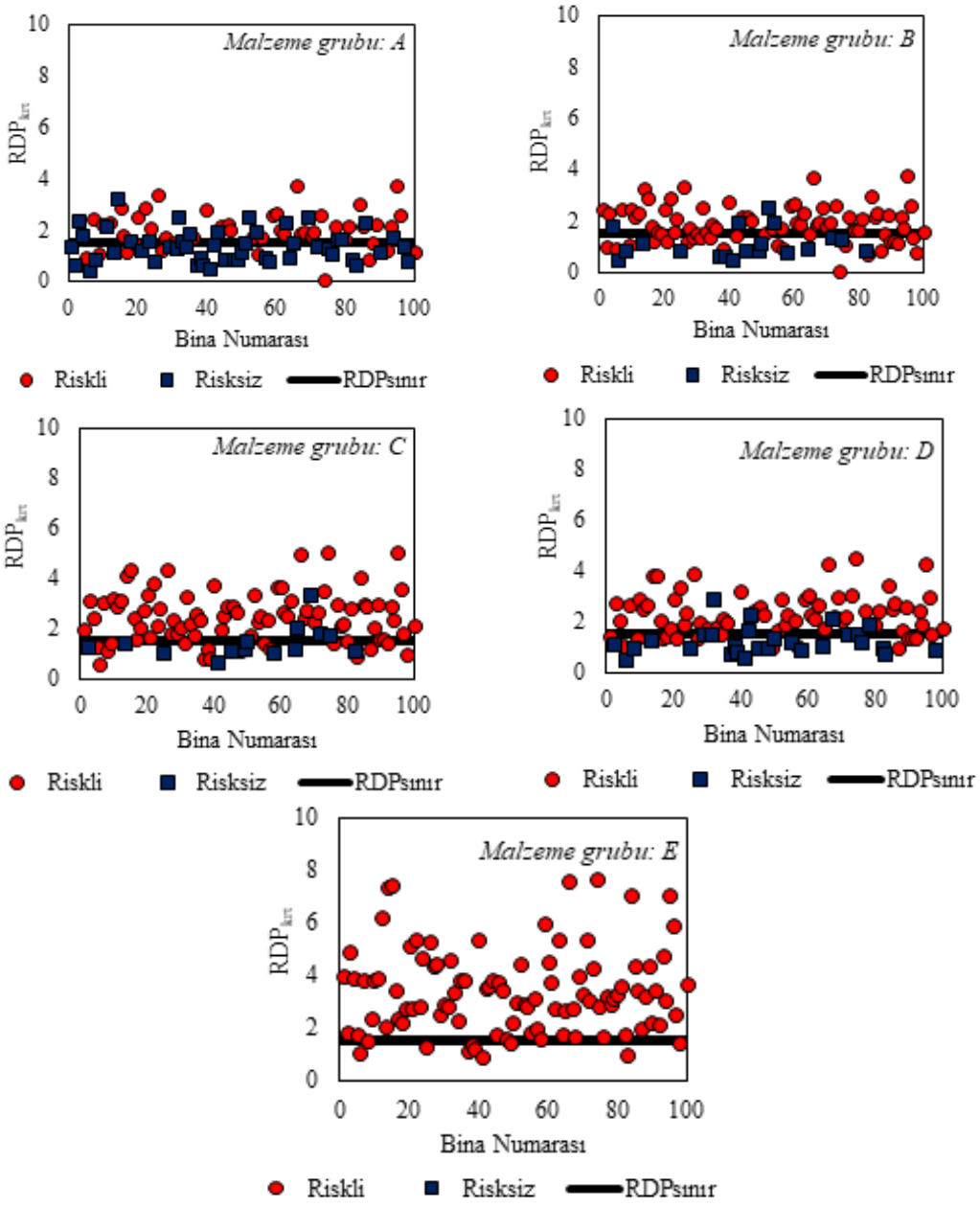
Çizelge 15. Seçilen mevcut binalar için hesaplanan RDP ve RDPkrt değerleri (The calculated RDP and RDPcrt values of some existing building)

Bina No	Yön	RDP değerleri					RDP_{krt} değerleri				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
5	X	0.9	1.0	1.3	1.1	1.7	0.9	1.0	1.3	1.1	1.7
	Y	0.9	1.0	1.3	1.1	1.7					
16	X	1.8	1.8	2.4	2.1	3.5	1.8	1.8	2.4	2.0	3.5
	Y	1.8	1.8	2.4	2.0	3.5					
29	X	1.3	1.3	1.8	1.5	2.5	1.3	1.3	1.8	1.5	2.5
	Y	1.4	1.4	1.8	1.6	2.6					
32	X	2.6	2.6	3.4	3.1	4.6	2.5	2.5	3.3	2.9	4.6
	Y	2.5	2.5	3.3	2.9	4.6					
84	X	3.0	3.0	4.1	3.4	7.1	3.0	3.0	4.1	3.4	7.1

Mevcut binalar için elde edilen RDP_{krt} değerlerine ait grafikler farklı malzeme grupları için Şekil 6' da verilmiştir. Bu grafiklerdeki bina risk durumları RBTEİE'ye [3] göre elde edilen değerlendirmeleri ifade etmektedir.

Yönetmelik ve şartname esaslarına göre tasarlanan bir taşıyıcı sistemin güç tükenme yükü, kesit tasarımında beton ve donatı için kullanılan güvenlik katsayılarından dolayı daha büyüktür. Bu dayanım fazlalığı değerinin kabul edilmiştir. Bu değerler Şekil 6' daki grafiklerde verilmiştir.

Değerlendirmelerde bina için hesaplanan RDP_{krt} değerinin tanımlanan sınır değerin altında olması durumunda bina "Risksiz", üstünde olması durumunda ise "Riskli" olarak sınıflandırılmıştır. Mevcut binalar için RDP_{krt} ile yapılan risk değerlendirme sonuçları, RBTEİE [3] sonuçları ile kıyaslanmıştır. Seçilen mevcut binalar için yapılan kıyaslamalar Çizelge 16' da, mevcut



Şekil 6. Binalara ait RDP_{krt} ve $RDP_{sınır}$ değerleri ve risk değerlendirmesi (The RDP and RDP_{crt} values and risk assessment of buildings)

yaklaşık olarak 1.5 civarında olduğu söylenebilir [15]. Dayanım fazlalığı düşünülerek, yapılan değerlendirmelerde RDP sınır değeri ($RDP_{sınır}$) 1.5 olarak binaların tamamı için elde edilen uyum yüzdeleri ise Çizelge 17'de sunulmuştur

Çizelge 16. Seçilen mevcut binaların RDP ve RBTEİE'ye [3] göre elde edilen risk değerlendirmeleri (The obtained risk assessments according to RDP and "Risk Assessment Code" for some existing buildings)

Bina No	Malzeme grubu	RDP_{krt} değerleri	$RDP_{sınır}$ değeri	Risk Durumu (RDP)	Risk Durumu (RBTEİE)	Uyum
5	A	0.9	1.5	Risksiz	Riskli	Yok
	B	1.0	1.5	Risksiz	Riskli	Yok
	C	1.3	1.5	Risksiz	Riskli	Yok
	D	1.1	1.5	Risksiz	Riskli	Yok
	E	1.7	1.5	Riskli	Riskli	Var
16	A	1.8	1.5	Riskli	Riskli	Var
	B	1.8	1.5	Riskli	Riskli	Var
	C	2.4	1.5	Riskli	Riskli	Var
	D	2.0	1.5	Riskli	Riskli	Var
	E	3.5	1.5	Riskli	Riskli	Var
29	A	1.3	1.5	Risksiz	Risksiz	Var
	B	1.3	1.5	Risksiz	Riskli	Yok
	C	1.8	1.5	Riskli	Riskli	Var
	D	1.5	1.5	Riskli	Risksiz	Yok
	E	2.5	1.5	Riskli	Riskli	Var
32	A	2.5	1.5	Riskli	Risksiz	Yok
	B	2.5	1.5	Riskli	Riskli	Var
	C	3.3	1.5	Riskli	Riskli	Var
	D	2.9	1.5	Riskli	Risksiz	Yok
	E	4.6	1.5	Riskli	Riskli	Var
84	A	3.0	1.5	Riskli	Riskli	Var
	B	3.0	1.5	Riskli	Riskli	Var
	C	4.1	1.5	Riskli	Riskli	Var
	D	3.4	1.5	Riskli	Riskli	Var
	E	7.1	1.5	Riskli	Riskli	Var

Çizelge 17. Çözümlemelerde elde edilen uyum yüzdeleri (The obtained compliance percentages in analyses)

Malzeme grubu	Bina adedi	Uyumlu çözüm adedi	Uyum yüzdesi
A	100	67	%67
B	100	76	%76
C	100	83	%83
D	100	82	%82
E	100	94	%94
Toplam	500	402	%80

Çizelge 17' de görüldüğü gibi RDP ile yapılan risk değerlendirmesinde, A malzeme grubu için %67, B malzeme grubu için %76, C malzeme grubu için %83, D malzeme grubu için %82, E malzeme grubu için %94 oranında RBTEİE [3] ile uyumlu sonuç elde edilmiştir. Tüm malzeme grupları birlikte değerlendirildiğinde ise %80 oranında uyum söz konusudur.

6. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmada, saha çalışmaları yapılmış mevcut 100 adet konut türü betonarme binanın, Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliği'ne (RBTEİE) [3] göre risk durumu değerlendirilmiştir. Risk değerlendirmesinde etkin parametrenin belirlenebilmesi için her bir mevcut bina beş farklı malzeme sınıfı için çözümlenmiştir. Parametre olarak beton basınç dayanımı, donatı akma dayanımı ve etriye sıklaştırmasının varlığı/yokluğu durumları dikkate alınmıştır. İncelenen mevcut binaların büyük çoğunluğunda düz yüzeyli (St I) donatı kullanıldığı, beton dayanımının düşük olduğu ve taşıyıcı elemanların mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının uygulanmadığı görülmüştür. Beton dayanımı, donatı dayanımı, etriye sıklaştırmasının varlığı/yokluğu durumlarından tek bir sınıfın olumsuz olması durumunda dahi binaların risk yüzdesi artmış, birden fazla olumsuzluğun bulunması durumunda ise neredeyse binaların tamamı riskli bina sınıfında tanımlanmıştır. Dolayısıyla, beton dayanımı, donatı dayanımı ve etriye sıklaştırmasının uygulanmadığı binalarda birden fazla kusurun aynı anda bulunması durumunda çok büyük olasılıkla binanın "Riskli bina" sınıfında tespit edileceği söylenebilir.

Mevcut binaların x yönünün RBTEİE'ye [3] göre risk değerlendirmesinde, beton dayanımının 20 MPa, donatı dayanımının 420 MPa ve etriye sıklaştırmasının Ø8/100 olarak bulunduğu çözümlemelerde iki katlı binaların %20'si, üç katlı binaların %56'sı, dört katlı binaların %60'ı, beş katlı binaların %69'u ve altı katlı binaların

%57'si riskli grubunda yer almaktadır. Bu durum RBTEİE [3] yönetmeliğinin biraz katı kurallar içerdiğini düşündürse de bunun yanında malzeme sınıfları ve taşıyıcı sistem düzenlenmesi gibi farklı parametrelerinde etkin olduğunu ortaya koymaktadır.

Kat adedine göre binaların risk durumu incelendiğinde, iki katlı binalarda risk yüzdesinin düşük olduğu, kat adedi attıkça bu yüzdenin arttığı görülmüştür. Kat adedi arttıkça beton dayanımı ve etriye aralığının risk tespitindeki etkinliği de artış göstermektedir. Az katlı binaların risk değerlendirmesinde en etkili parametre donatı sınıfı, en etkisiz parametre ise beton dayanımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla eksenel yükün düşük olduğu az katlı binalarda risk değerlendirmesinde beton dayanımının belirlenmesi için alınacak karot sayısının azaltılabileceği söylenebilir.

Mevcut binaların RBTEİE [3] esaslarına göre risk değerlendirmesi genellikle piyasa mühendisleri tarafından hazır paket programlar kullanılarak yapılmaktadır. Yöntemin uygulanması bilgisayar kullanımını zorunluluk haline getirmiştir. Risk değerlendirmelerinin RBTEİE [3] ile uyumlu olarak elde edilebildiği uygulaması kolay bir parametrenin belirlenmesi uygulamacı mühendise büyük kolaylık sağlayacaktır. Çalışmada modellemeye ve bilgisayar çözümlemelerine gerek kalmadan bina risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için bir ön parametre seçilerek incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla, bina ağırlığının (ΣW_{bina}) kolon kesme kapasiteleri toplamına (ΣV_{rx} ve ΣV_{ry}) oranı ile elde edilen "Risk Değerlendirme Parametresi" (RDP)'nin bina risk değerlendirmesindeki etkinliği incelenmiştir. Mevcut binalar için elde edilen RDP değerinin $RDP_{sınır}$ değerinin üstünde olması durumunda bina "Riskli", altında olması durumunda ise "Risksiz" olarak sınıflandırılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında kullanılan malzeme güvenlik katsayılarının taşıyıcı sistemin güç tükenme yükünü yaklaşık olarak 1.5 kat artıracağı ve dayanım fazlalığı meydana getireceği söylenebilir. Bu artış, risk değerlendirmesinde RDP'nin sınır değeri ($RDP_{sınır}$) olarak dikkate alınmıştır.

Önerilen yaklaşım ile elde edilen sonuçların, RBTEİE [3] sonuçları ile; A malzeme sınıfı için %67; B malzeme sınıfı için %76; C malzeme sınıfı için %83; D ve E malzeme sınıfları için %94 uyumlu olduğu görülmüştür. Tüm çözümlemeler genel olarak değerlendirildiğinde ise %80 oranında uyum söz konusudur. En kötü uyum oranı en iyi malzeme sınıfı olan A grubunda gözlenmiştir. Önerilen yaklaşımın riskli binaların seçiminde daha uyumlu sonuç verdiği söylenebilir. Dolayısıyla bilgisayar modellemesine gerek kalmadan riskli olan mevcut betonarme binaların seçiminin yapılabilmesi için önerilen yaklaşımdan yararlanılabilecektir. Böylece incelenmesi gereken bina sayısı azaltılarak riskli bölgelerin tespit edilmesinde hız sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] DBYBHY, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", ***Bayındırlık ve İskan Bakanlığı***, (2007).

[2] AFAD, "Van Depremi Afet Raporu", ***T. C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı,*** Ankara, https://www.afad.gov.tr/tr/2385/Van-Depremi-Hakkinda, (2017).

[3] RBTEİE, Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Hakkında Yönetmelik, (2013).

[4] Ünal, O., Yurtcu, Ş., "Binaların deprem risk değerlendirmesi için anket çalışması", ***Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi***, 2: 17-22, (2006).

[5] Tokgöz, H. ve Bayraktar, H., "Düzce ili Kaynaşlı ilçesinde riskli binaların tespitinde sokak taraması yönteminin uygulanması", ***Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi***, 3: 107-116, (2015).

[6] Uğur, O.U., Aliefendioğlu, Y., Saka, M., "Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'a göre riskli yapı tespitinde karşılaşılan uygulama problemlerinin vaka tabanlı incelenmesi: Tekirdağ ili örneği", ***Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi***, 4: 354-375, (2016).

[7] Canbaz, M., Şengel, S., "Betonarme binalarda kentsel dönüşüm uygulamaları: Eskişehir", ***Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi***, 2(2): 9-16, (2015).

[8] Fahjan ,Y., Pakdamar , F., Eryılmaz , Y., Kara, F. İ., "Afet planlamasında deprem riski belirsizliklerinin değerlendirilmesi", ***Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi***, 1(1-2): 21-39, (2015).

[9] Duran, B., Tunaboyu, O., Avşar, Ö., "Düşük dayanımlı betonun elastisite modülünün belirlenmesi ve RYTEİE ile yapılan risk değerlendirmesine etkisi", ***Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University***, 32(1): 253-264, (2017).

[10] Gürbüz, A., Tekin, M., "Farklı tip betonarme binalar için geliştirilmiş hasar tahmin yöntemleri, ***İMO Teknik Dergi***, 487: 8051-8076, (2017).

[11] Solak, H.İ., Alaybeyoğlu, A., "Kentsel dönüşümde riskli alan önceliklerinin belirlenmesi için bulanık mantık tabanlı sistem tasarımı", Selçuk Üniversitesi Müh. Bilim ve Tekn. Derg., 5(4): 402-413, (2017).

[12] Işık, E., Kutanis, M., "Bitlis ilindeki betonarme binaların P25 hızlı tarama yöntemi ile değerlendirilmesi", ***BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi***, 15(1): 21-29, (2013).

[13] 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, (2017).

[14] Türkel, Y.E., "Betonarme Binaların Deprem Risk Değerlendirmesi", ***Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü***, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, (2017).

[15] Celep, Z., "Betonarme Yapılar", ***Beta Basım Yayım Dağıtım***, 864 s., İstanbul, (2015).