

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RYTEİE HESAP YÖNTEMLERİNE GÖRE RİSKLİ BİNALARIN RİSK
SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özgür Baran KAYAŞ

EYLÜL - 2024

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RYTEİE HESAP YÖNTEMLERİNE GÖRE RİSKLİ BİNALARIN RİSK
SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özgür Baran KAYAŞ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Merve ERMİŞ

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ümit Necmettin ARIBAŞ

Eylül – 2024

ETİK BEYAN

Kırlareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Özgür Baran KAYAŞ
13/09/2024

ÖZET

RYTEİE HESAP YÖNTEMLERİNE GÖRE RİSKLİ BİNALARIN RİSK SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Özgür Baran KAYAŞ

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Merve ERMİŞ

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ümit Necmettin ARIBAŞ

Eylül, 2024, 83 sayfa

Bu tez çalışmasında, Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslarına (RYTEİE) ait hesap yöntemlerine göre incelenen mevcut binalardaki yapısal parametrelerin risk seviyelerini ne ölçüde etkilediğinin araştırılması amaçlanmıştır. RYTEİE hesap yöntemleri kullanılarak, gerçek yapılar ve örnek modeller üzerinden sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizlerde, beton, çelik donatı ve yapısal düzensizliklerin oluşturdukları riskler ve bu risklerin seviyeleri hakkında incelemelere yer verilerek, riskli yapıların risk seviyelerine göre sınıflandırılmasının gerekliliği irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, RYTEİE 2019, Yapısal Düzensizlikler, TBDY-2018.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF RISK LEVELS OF RISKY BUILDINGS ACCORDING TO RYTEİE CALCULATION METHODS

Özgür Baran KAYAŞ

MSc Thesis

Kirklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Asst. Prof. Merve ERMİŞ

Co-supervisor: Asst. Prof. Umit Necmettin ARIBAŞ

September 2024, 83 pages

In this thesis, the aim is to investigate the extent to which the structural parameters in the existing buildings, examined according to the calculation methods of the Principles for the Detection of Risky Buildings (RYTEİE), affect the risk levels. In the analyses conducted using the finite element method, real structures, and sample models are examined using RYTEİE calculation methods to assess the risks associated with concrete, steel reinforcement, and structural irregularities, as well as to determine the levels of these risks. Additionally, the necessity of classifying risky structures according to their risk levels is examined.

Keywords: Earthquake, RYTEİE 2019, Structural Irregularities, TBDY 2018

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda beni yönlendiren, büyük özveri göstererek bilgilerini ve yardımlarını hiç esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Merve ERMİŞ'e içtenliği ve destekleri için en derin teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmam süresince değerli katkıları ve rehberliği ile bana yol gösteren eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ümit Necmettin ARIBAŞ'a da minnettarlığımı ifade ederim. Ayrıca, tez kapsamında kullandığım mevcut yapılar ile ilgili olarak, 6306 Sayılı Kanun kapsamındaki riskli yapıların kayıtlarının tutulduğu ARAAD.net sistemine erişim izni sağlayan Edirne Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
SİMGELER	vii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 Riskli Yapıların tarihçesi	3
2.2.Kaynak araştırması	3
2.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	5
3. RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLARIN GENEL KAPSAMI	7
3.1.RTEİEE-2019'a Göre Riskli Bina	7
3.2.RYTEİE-2019'un Yasal Dayanağı	7
3.3.Riskli Bina Tespiti işlemleri	9
3.4.RBTEİE'de Riskli Bina tespit işlemleri.....	10
3.5. Az Katlı Betonarme Binalar İçin Riskli Yapı Tespiti.....	10
3.5.1. Hesap yöntemi için sınıflandırma	10
3.5.2. Binadan bilgi toplanması.....	10
3.5.3. Binanın modellenmesi.....	11
3.5.4. Binanın risk tespitinin hesap edilmesi.....	11
3.6.Riskli Bina Tespitlerinde RBTEİE İle TBDY'nin Karşılaştırılması	14
3.7. Riskli Yapı Tespit Sayıları.....	15
3.8. Riskli Bina Olarak Tespiti Yapılmış Yapıların Genel Özellikleri	15
3.9. RYTEİE'nin Riskli Bina Tespitlerine Katkısı	17
4. RBTEİE HESAP YÖNTEMLERİNİN BİLGİSAYAR PROGRAMLARININ YARDIMI İLE UYGULANMASI	19
4.1. RBTEİE Yönteminin Mevcut Bir Binadaki Uygulama Adımları	19

4.1.1 Riskli yapı tespiti analiz öncesi bilgileri	19
4.2. Resmi Yapısal Analiz Uygulaması Yap.Net'in Hesap Metodu.....	21
4.2.2. Yap.Net uygulamasından alınan örnek bir binanın risk tespitinin adımları ve yapının analizi	23
4.3. RBTEİE'ye Dayalı Risk Analizi Yapabilen Ticari Yapı Analiz Programları İle Yap.Net Sonuçlarının Karşılaştırılması	29
5. RBTEİE YÖNTEMİ İLE RİSKLİ BİNA ÖZELLİKLERİNİN RİSK FAKTÖRÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ	33
5.1. Trakya Bölgesinde Bulunan Riskli Yapıların Ortak Özelliklerinin Sayısal Dağılımlarının Belirlenmesi	33
5.1.1. Riskli yapıların yapım yıllarına göre dağılımı	33
5.1.2. Riskli binaların beton basınç dayanımının yapım yıllarına göre dağılımı	34
5.1.3. $0.7 < (V_e/V_r)$ şartını sağlayan binaların yapım yıllarına göre dağılımı	35
5.1.4. Yumuşak/Zayıf kat düzensizliği olan binaların yapım yıllarına göre dağılımı	37
5.1.5. Kapalı çıkma bulunan bina sayılarının yapım yıllarına göre dağılımı	39
5.2. Riskli Yapılarda Beton ve Donatı Çeliği Sınıflarının Risk Seviyesine Etkisinin İrdelenmesi.....	40
5.2.1. Betonarme yapı malzemeleri.....	40
5.2.2. Tasarlanan örnek modele ilişkin yapılan kabuller.....	41
5.2.3. Deprem bölgelerinin belirlenmesi.....	43
5.2.4. Düşük beton basınç dayanım (f_{cm}) ile etkin yer ivmesi (p_g) arasındaki ilişki	45
5.2.5. Donatı çeliği akma dayanımı- düşük beton basınç dayanımı ile etkin yer ivmesi (PGA) değerleri için değerlendirme	49
5.2.6. Yapı malzeme özelliklerinin risk düzeyine etkileri üzerine genel değerlendirme.....	53
5.3. Riskli Yapılardaki Yapısal Kusurlarının Risk Düzeyine Etkisinin İrdelenmesi..	53
5.3.1. Yapısal kusurların tespiti.....	53
5.3.2. Yapısal kusurlara ait analiz sonuçlarının değerlendirilmesi	57
5.4. Riskli Yapı Tespitlerinde Sınır Değerler İle Risk Seviyelerinin İrdelenmesi	59
5.4.1. Risk seviyelendirmesinin gerekliliği üzerine	59
5.4.2. Örnek model binanın kontrol parametreleri	61
5.4.3. Binaların risk düzeylerinin kesme kuvvetleri ile tespit edilmesi	61
5.4.4. Kesme kuvvetlerinin risk seviyesine etkisi üzerine değerlendirme	68
6. RBTEİE UYGULAMALARINA YÖNELİK ÖNERİLER.....	71
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77

KAYNAKLAR	79
EKLER	83
EKA	83
ÖZGEÇMİŞ	84



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 3.1. Kolon sınıflandırma tablosu	12
Çizelge 3.2. Kolonlar için $m_{sınır}$ ve $(\delta/h)_{sınır}$ değerleri	13
Çizelge 3.3. Perde ve kolon aksenal basınç gerilme ortalamasına bağlı kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri	13
Çizelge 4.1. Bina bilgileri	22
Çizelge 4.2 Kat bazında kesme kuvveti sonuçları	29
Çizelge 4.3. Sağlık ocağı, konut ve okul yapılarına ait bilgiler	30
Çizelge 4.4. Farklı yapı analiz programı sonuçları	32
Çizelge 4.5. Farklı ticari yapı analiz programı sonuçlarının, resmi yapı analiz programı Yap.Net'e göre yüzdesel uyumlulukları	32
Çizelge 5. 1 Farklı etkin yer ivmesine sahip konumlardaki yapıların farklı beton basınç dayanımlarına göre her bir kattaki risk sınırını aşan kolon sayıları	45
Çizelge 5. 2 $f_{cm}=10$ MPa-S220 için RYTEİE hesap sonuçları	46
Çizelge 5. 3 $f_{cm}=8$ MPa-S220 için RYTEİE hesap sonuçları	47
Çizelge 5. 4 $f_{cm}=5$ MPa-S220 için RYTEİE hesap sonuçları	47
Çizelge 5. 5 $f_{cm}=5$ MPa-S420 için RYTEİE hesap sonuçları	50
Çizelge 5. 6 $f_{cm}=8$ MPa-S420 için RYTEİE hesap sonuçları	50
Çizelge 5. 7 $f_{cm}=5$ MPa-S420 için RYTEİE hesap sonuçları	51
Çizelge 5.8. Yapısal düzensizliklerin olması/olmaması durumuna göre elde edilen hesap sonuçları	58
Çizelge 5. 9. Kolon kat öteleme ve etki kapasite oranları ve sınır değerleri	62
Çizelge 5. 9. Kolon kat öteleme ve etki kapasite oranları ve sınır değerleri (devam)...	63
Çizelge 5. 10. $f_{cm}=12$ MPa'daki Kesme Kuvvetleri sonuçları	66
Çizelge 5. 11. $f_{cm}=5$ MPa'daki Kesme Kuvvetleri sonuçları	66
Çizelge 5.12. Sonuç karşılaştırma tablosu	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3. 1 TBDY Kesit hasar bölgeleri	14
Şekil 3. 2 Riskli yapı tespiti yapılan yapılara ilişkin veriler.....	15
Şekil 4. 1 Bina ön cephe görüntüsü	24
Şekil 4.2 . Binanın arka cephe görüntüsü	24
Şekil 4.3 Scmidt çekici testi	25
Şekil 4.4 Bina olumsuzluk fotoğrafı -1	25
Şekil 4. 5 Bina olumsuzluk fotoğrafı-2	26
Şekil 4. 6 Bina olumsuzluk fotoğrafı-3	26
Şekil 4.7.YAP.net uygulaması ile oluşturulan yapıya ait kalıp planı.....	27
Şekil 4. 8 YAP.net uygulaması ile oluşturulan yapıya ait 3 boyutlu görünümü	28
Şekil 4.9 Sağlık ocağı kat planı	30
Şekil 4.10 Konut binası kat planı	30
Şekil 4.11 Okul binası kat planı	31
Şekil 5. 1 Yapım yılları yüzdesel dağılım grafiği.....	34
Şekil 5. 2 Binaların Yapım Yılına Göre Beton Basınç Değeri (MPa) Ortalamaları grafiği	35
Şekil 5. 3 Yıllara göre eğilme-kesme (B grubu) veya kesme (C grubu) göçmesi durumundaki riskli bina sayısı grafiği (V_e/V_r)>0.7.....	36
Şekil 5. 4 Yumuşak kat düzensizliği/kusuru bulunan bina sayıları grafiği	38
Şekil 5. 5 Kapalı çıkma etkisinde bulunan yapıların yapım yıllarına göre dağılımı	39
Şekil 5. 6 Riskli yapılarda bulunan yapısal düzensizliklerin oranları	40
Şekil 5. 7 Model binanın kat planı.....	42
Şekil 5. 8 Türkiye deprem tehlikesi haritası	43
Şekil 5. 9 Konum PGA=0,806g.....	44
Şekil 5. 10 Konum PGA=0,508g.....	44
Şekil 5. 11 Konum PGA=0,153g.....	44
Şekil 5. 12 Risk sınırını aşan kolon sayısı	49
Şekil 5. 13 Etki/Kapasite değişim	49
Şekil 5. 14 Risk sınırını aşan kolon sayısı	52
Şekil 5. 15 Etki/Kapasite değişimi	52
Şekil 5. 16 Model binanın kat planı görünüşü (yumuşak kat/zayıf kat olması durumu) .	55
Şekil 5.17 Model binanın cephe görünüşü (yumuşak kat/zayıf kat olması durumu)	55

Şekil 5. 18 Model binanın kat planı görünüşü (kapalı çıkma olması durumu)	56
Şekil 5.19 Model binanın cephe görünüşü (kapalı çıkma olması durumu	56
Şekil 5.20 Etki/Kapasite diyagramı	61
Şekil 5.21. 5 MPa/PGA:0,508g kolonların etki/kapasite oranları ve sınır değerleri	64
Şekil 5.22. 12 MPa/PGA:0,508g kolonların etki/kapasite oranları ve sınır değerleri	64
Şekil 5.23 5 MPa/PGA:0,508 g Kolonların görelî kat ötelemesi ve sınır değerleri	65
Şekil 5. 24 12 MPa/PGA:0,508g Kolonların görelî kat ötelemesi ve sınır değerleri	65
Şekil 5.25 5 MPa'daki risk seviyeleri.....	68
Şekil 5.26 12 MPa'daki risk seviyeleri.....	68



SİMGELER

A_{sh}	Enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde başlık bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin izdüşümlerinin toplamı [mm^2]
b_k	Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde başlık bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
b_w	Eleman genişliği [mm]
CQC	Tam karesel birleştirme
d	Eleman faydalı yüksekliği [mm]
E	Deprem Etkisi
E_{cm}	Mevcut beton elastisite modülü [MPa]
$(E_{cm}I)_o$	Brüt kesite ait eğilme rijitliği [Nmm^2]
f_{cm}	Mevcut beton basınç dayanımı [MPa]
f_{ctm}	Mevcut beton çekme dayanımı [MPa]
f_{ym}	Boyuna donatının mevcut akma dayanımı [MPa]
f_{ywm}	Enine donatının mevcut akma dayanımı [MPa]
G	Sabit yük etkisi
g	Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
h	Kat yüksekliği [m]
I	Atalet momenti [mm^4]
ℓ_n	Kiriş net uzunluğu veya kolon net yüksekliği [m]
ℓ_w	Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu [m]
M_{pk22}	Birleşim bölgesinde hesaplanan toplam kiriş plastik momentinin 2-2 bileşeni [kNm]
M_{pk33}	Birleşim bölgesinde hesaplanan toplam kiriş plastik momentinin 3-3 bileşeni [kNm]
M_{xn}	Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle [t]
M_{yn}	Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle [t]
M_{22}	2-2 aksı etrafındaki moment [kNm]
M_{22e}	Düşey yükler ve deprem etkileri altında 2-2 aksı etrafındaki kolon/perde momenti [kNm]
M_{22p}	2-2 aksı etrafındaki kolon/perde plastik momenti [kNm]
M_{33}	3-3 aksı etrafındaki moment [kNm]
M_{33e}	Düşey yükler ve deprem etkileri altında 3-3 aksı etrafındaki kolon/perde momenti [kNm]

M_{33p}	3-3 aksı etrafındaki kolon/perde plastik momenti [kNm]
m	Etki / kapasite oranı
$m_{sınır}$	Etki / kapasite oranının sınır değeri
N_K	Düşey yükler ve azaltılmış deprem etkileri altında ($G + nQ + E/6$) elde edilen kolon eksenel kuvveti [kN]
n	Hareketli yük azaltma katsayısı
V_{dy}	Düşey yükler altında basit mesnetli kiriş kesme kuvveti [kN]
V_e	Düşey yükler ve deprem etkileri altında hesaplanan kesme kuvveti [kN]
V_r	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı [kN]
V_e/V_r	Deprem kesme kuvvetinin eleman kesme kapasitesine oranı
δ	Eleman kat yer değiştirmesi [mm]
δ/h	Etkin görel kat ötelenmesi oranı, vektörel
$(\delta/h)_{sınır}$	Etkin görel kat ötelenmesi oranının sınır değeri



1. GİRİŞ

Son on yılı aşkın süredir ülkemizde yoğun şekilde uygulanan kentsel dönüşüm projeleri; sanayileşme, şehir planlaması, ekonomik kalkınma ve şehirlerin yenilenmesi gibi çeşitli ihtiyaçları karşılamayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, eski yönetmeliklere göre inşa edilen yapıların depreme karşı dayanıklılığının incelenmesi de bu süreçte önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle 2000 yılı öncesinde inşa edilen yapı stoku oldukça büyüktür ve bu yapılar, büyük depremlerin olası yıkıcı etkileri açısından ciddi bir risk teşkil etmektedir. Ülkemizin, yıkıcı depremlerin sıkça meydana geldiği bir bölgede yer alması, bu riskin önemini daha da artırmaktadır. Geçmişte yapı denetimlerinin yetersiz olması, yönetmeliklerin gerektirdiği minimum standartları sağlayacak nitelikli iş gücünün eksikliği, nervürsüz donatıların kullanımı, uygunsuz agrega malzemelerin tercih edilmesi ve betonun el yordamıyla üretilmesi gibi faktörler, yapıların dayanıklılığını olumsuz etkilemiştir. Ayrıca, zamanla çevresel koşullardaki değişiklikler, yapısal performansın azalmasına bağlı olarak, bu eski yapıların hızla tespit edilmesi ve güçlendirilmesi gereğini daha da hayati hale getirmektedir. Deprem riski söz konusu olduğunda, risk teşkil eden yapıların hızla tespit edilmesi, diğer tüm önceliklerin önüne geçmektedir.

Ülkemizin deprem kuşağında yer alması nedeniyle, kentsel dönüşümde deprem olgusu büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, kentsel dönüşümün temel konusu olan binaların güvenliği, sosyal ve ekonomik etkilerin öncelikli olarak can güvenliği sağlandıktan sonra ele alınmasını gerektirmektedir. Binaların mevcut güvenlik durumlarının tespiti, bu sorunun büyük bir kısmını çözmeye yönelik kritik bir adımdır ve bu aşamadan sonra, tespit edilen riskli yapıların güvenliğinin sağlanması için gerekli önlemler tam anlamıyla belirlenebilir. Bu kapsamda, riskli yapıların tespit çalışmalarının etkin bir şekilde yürütülmesini sağlamak amacıyla, 2013 yılında 6306 Sayılı "Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun" [1] yürürlüğe girmiştir. Kanunun temel amaçları arasında, riskli yapıların güçlendirilmesi, tasfiye edilmesi ve yenilenmesine ilişkin usul ve esasların belirlenmesi yer almaktadır. Ayrıca, riskli yapıların hangi yöntem ve esaslarla belirleneceğine yönelik düzenlemeleri içeren "Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar" (RYTEİE-2013) Yönetmeliği, bu kanuna EK-2 [2] olarak eklenmiştir. 2019 yılında RBTEİE-2019 [3] olarak güncellenmiştir.

2020 yılı verilerine göre, ülkemizde mevcut bina sayısının 11,5 milyonun [4] biraz üzerinde olduğu düşünöldüğünde, bu binalar arasından riskli olanların tespit edilmesinin ne kadar zor olduğu da açıktır. Üstelik, her an olabilecek bir deprem tehlikesi göz önünde bulundurulduğunda, bu tespitlerin hızlı bir şekilde yapılması, gerekli işgücü ve maliyet açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu sorunların çözümündeki ilk adım, riskli yapıların tespit edilmesidir ve RYTEİE Yönetmeliği'nin temel amacı da budur. Riskli binaların, yakın ve görünür bir tehlike olmaktan çıkarılması, bu yönetmeliğe yönelik doğru yaklaşımlar geliştirilmesine bağlıdır. Bu tezin amacı da söz konusu yönetmeliğin geliştirilmesine katkı sağlamak ve bu doğrultuda fayda sağlayacağı düşünölen yöntemleri önermektir.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Riskli Yapıların tarihçesi

Türkiye'de sanayileşme ile birlikte köyden kente göç hızlanmış ve 1950'lerde şehir nüfusu %25 civarındayken, bu oran 2022'de %80'lere ulaşmıştır. [5] Özellikle büyük şehirlerdeki nüfus artışı bu oranın da ötesine geçmiştir. İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Adana ve Antalya gibi şehirlerin nüfusu 1950'den bu yana ortalama on kat artmış, bu süreçte hızla kalabalıklaşan şehirlerin barınma ihtiyacını karşılayacak yeterli altyapı, teknik imkanlar, ileri şehircilik uygulamaları ve planlı şehirleşme gibi düzenleyici faaliyetler kısıtlı imkanlar nedeniyle gerçekleşmemiştir. Bu ihmaller, binaların fen kurallarına, yönetmeliklere ve mevzuata uygun şekilde inşa edilememesine yol açmış ve en önemlisi de olası bir depremde yıkılma riski ile karşı karşıya kalmaları sonucunu doğurmuştur.

2.2.Kaynak araştırması

Riskli yapıların tespitine yönelik literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, düşük beton dayanımı, yapısal düzensizlikler, yapı malzemelerinin özelliklerinin karşılaştırılması ve paket programlar arasındaki uyum yüzdelerinin belirlenmesi gibi konuların ele alındığı araştırmaların bulunduğu görülmektedir. Duran vd. [6] çalışmalarında, riskli yapı tespitlerinde yapı stoğunun büyük bir kısmını oluşturan binalarda en önemli sorunun düşük dayanımlı beton kullanımı olduğu vurgulanmıştır. Çözüm olarak yapılan kentsel dönüşüm yasası kapsamındaki bir binada, farklı yönetmeliklerdeki elastisite modüllerinin kullanılması durumunda yapılan risk tespitinin ne oranda etkilendiği incelenmiş ve düşük beton dayanımına sahip yapılarda elastisite modülü değerlerinin deneysel çalışmalarla elde edilen değerlere göre %35 oranında daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Bu durumun, RYTEİE'de tanımlanan elastisite modülünün kullanılması halinde yapının gerçekte olduğundan daha fazla yer değiştirme hesaplanmasına yol açacağı sonucuna varılmıştır.

Bedirhanoğlu'nun çalışmasında [7], düşük beton basınç dayanımına sahip ve kısa kolon etkisi altındaki kolonların yapısal davranışları, farklı etriye aralıkları üzerinden detaylı olarak incelenmiştir. Bu amaçla gerçekleştirilen birden fazla deney sonucunda,

numunelerin eğilme kapasitelerine ulaşmadan kesme göçmesiyle dayanımlarını kaybettikleri tespit edilmiştir. Bu bulgu, düşük beton basınç dayanımında kesme etkilerinin karşılanmasında etriye aralıklarının etkisinin sınırlı olduğunu ortaya koymuştur.

Türkel ve Tekeli [8] çalışmalarında, İstanbul ilinde birinci ve ikinci deprem bölgesinde bulunan 100 adet konutun RBTEİE'ye göre risk değerlendirmeleri yapılmış ve bu değerlendirmelerde malzeme özelliklerinin etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, mevcut binaların çoğunda düz yüzeyli donatı kullanıldığı, düşük beton dayanımına sahip olduğu ve etriye sıklaştırmasının yapılmadığı belirlenmiştir. Bu olumsuz durumlardan birinin veya daha fazlasının bir arada bulunması halinde, yapının riskli yapı sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Karayer vd. [9], sonlu eleman tabanlı ticari yazılımlar olan ve piyasada yaygın olarak kullanılan Sta4CAD, SAP2000 ve İdeCAD programları ile farklı tip betonarme yapıların analiz sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında, kat ağırlıkları, deprem kuvvetleri, doğal titreşim periyotları, yumuşak kat düzensizlikleri, etkin kütle katılım oranları ve ikinci mertebe etkileri açısından programların sonuçları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, yumuşak kat (B2) düzensizliği açısından Sta4CAD ve İdeCAD programlarının, SAP2000 programına göre en fazla %8 oranında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Kat ağırlıkları bakımından, İdeCAD programından elde edilen ağırlık değerinin gerçekte olan ağırlık ile %100 örtüştüğü tespit edilmiştir. Deprem kuvvetleri açısından ise, Sta4CAD programından elde edilen değer, SAP2000[10] programına göre %17.58, İdeCAD programına göre ise %16.67 daha az olduğu belirlenmiştir.

Yakut ve Binici [11], çalışmalarında riskli yapı stoğuna ilişkin genel bilgiler sunarak, bu yapıların performans düzeylerini incelemiş ve riskin azaltılmasına yönelik önerilerde bulunmuşlardır. Çalışmalarında, 2000 yılı öncesinde inşa edilen yapıların beton dayanımının yetersiz olduğu vurgulanmıştır. Sonuç bölümünde, mevcut yapı stokundaki riski azaltmak için öncelikli olarak ağır hasar alacak veya yıkılma tehlikesi bulunan binaların belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Ancak, bu binaların tek tek tespit edilmesinin mümkün olmadığı, bu nedenle tasnifleme yönteminin uygulanmasının gerektiği belirtilmiştir.

Karğı [12] çalışmasında, inşa edilen üç farklı betonarme yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018)'e göre doğrusal analiz hesap yöntemini kullanarak

hedef (kontrollü hasar) performans düzeyine uygunluğunu ve binaların ikinci kademe değerlendirme yöntemlerine dayalı hızlı tarama sistemiyle ön değerlendirilmesini yapmıştır. Mevcut yapıların durumlarının tayini için ön aşama olarak ikinci kademe değerlendirme yöntemi PERA2019 kullanıldığını belirtmiş ve elde edilen sonuçlara göre, PERA2019 ile mevcut durumları analiz edilen bu üç yapı da “E” sınıfı riskli çıktığını hedef performans (kontrollü hasar) düzeyini sağlamadıkları ve performans düzeylerinin ise “göçme” bölgesinde olduğunu analizleri sonucunda elde edildiğini vurgulamıştır.

Şenol [13] çalışmasında, Hatay ili Antakya ve İskenderun ilçelerinde meydana gelen depremler sonrasında hasarlı bazı betonarme yapılar; yapısal düzensizlikler, uygulama yöntemleri ve kullanılan malzeme özellikleri bakımından yerinde incelenerek, meydana gelen hasarların nedenlerini değerlendirmiştir. Değerlendirme neticesinde; tespit edilen hasarların çoğunlukla yapısal düzensizliklerden, kötü işçilikten ve deprem yönetmeliklerine uygun olmayan uygulamalardan kaynaklandığını göstermiştir. Fay hatlarının bulunduğu şehirlerde zayıf ve yumuşak kat, kısa kolon, taşıyıcı eleman süreksizlikleri nin binalarda ağır hasar almasına ve yıkılmasına neden olacağını vurgulamıştır.

Polat [14] çalışmasında, kolon-kiriş birleşimlerine enine donatı yerleştirilmemiş mevcut betonarme çerçeve türü bir binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiş ve zaman tanım alanında dinamik analizleri gerçekleştirilen yapıda incelenen dış kolon-kiriş birleşimindeki kolon ve kirişlerin TBDY (2018)'de verilen kesit deformasyon limitlerine ulaşmadan birleşimlerin en büyük dayanımına ulaşarak kalıcı deformasyon bölgesi içerisinde bulunduğunu belirlemiştir.

2.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın tahminlerine göre, ülkemizde yaklaşık 6,8 milyon riskli konut bulunmaktadır ve bunların 1,5 milyonu da acilen dönüştürülmesi gereken yapılar arasında yer almaktadır [15]. Bu tez çalışmasının amacı, "Riskli Yapıların Tespit Edilmesine Yönelik Esaslar" (RYTEİE) yönetmeliğinin geliştirilmesine katkı sağlamak ve deprem tehlikesinin yüksek olduğu ülkemizde, yasal çerçeveye desteklenen bu yönetmelik aracılığıyla riskli yapıların tespitinde önceliklendirme gerekliliğini vurgulamaktır. Böylece, felaketlerden önce gereken önlemlerin alınmasının sağlanması hedeflenmektedir

Bu amaca yönelik olarak hazırlanan tez, altı bölümden oluşmaktadır:

Bölüm 3'te, RBTEİE yönetmeliğinin genel esasları ve hesap yöntemleri incelenmiş ve riskli yapılarda tespit edilen yapısal olumsuzluklar hakkında bilgiler verilmiştir.

Bölüm 4'de, riskli yapı tespit yönetmeliğinin genel değerlendirmesi yapılmış ve örnek bir uygulama ile YAP.Net uygulamasındaki çözüm adımları anlatılmıştır. Ayrıca, RYTEİE hesap yöntemleri ile riskli yapı analizi yapabilen programların sonuçlarının birbirleriyle ne kadar uyumlu oldukları araştırılmıştır. Bu analiz için riskli olduğu tespit edilen üç yapı kullanılmış; bu binalara ait tüm bilgiler, bina analiz sonuçları, malzeme bilgileri, karot deney sonuçları, zemin etüt sonuçları ve tespit edilen donatılar kullanılarak İdeCAD ve Sta4CAD programlarında analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bölüm 5'te, RBTEİE yöntemleri ile riskli yapı olduğu tespit edilmiş 218 adet binanın sayısal verileri analiz edilmiştir. Bu binalarda bulunan düşey düzensizlikler, planda düzensizlikler, yapım yıllarının dağılımı ve beton dayanım sınıflarına göre gruplandırma yapılarak, riskli yapılardaki yapısal kusurların sayısı ve dağılımları incelenmiştir. Sonrasında ise bu veriler bağlamında yapı malzemesinin ve özelliklerinin risk seviyesine ne ölçüde etki ettiğinin tespiti yapılmış ve hangi olumsuz koşulun risk tespitinde daha etkili parametre olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, yapıların risk tespitlerinde kullanılan sınır şartlar ve mevcuttaki bu şartlara olan mesafesine göre risk düzeylerinin belirlenmesine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir.

Bölüm 6'da RBTEİE yönetmeliğinin geliştirilmesine katkı sağlayacak öneriler sunulmuştur.

Bölüm 7'de, tüm çalışmanın özeti ve sonuçları değerlendirilmiştir.

3. RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLARIN GENEL KAPSAMI

Tüm tespit usulleri ve işlem aşamaları Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülmekte olup, tespitlere yönelik başvurular, resen değerlendirmeler, raporlamalar ve kayıtların tutulması, bakanlığa ait ARAAD.net bilgi sistemi [16] uygulaması üzerinden gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, RBTEİE hesap yöntemlerine göre riskli bina analizleri yapabilen resmi YAP.Net yapı analiz uygulaması da [17] bu sistem içerisinden sisteme entegre bir şekilde kullanılmaktadır.

3.1.RYTEİE-2019'a Göre Riskli Bina

RYTEİE'de (*Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar*) riskli yapı tespiti yapılabilecek yapıların tanımı; “*kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan yapılar ile hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapılar için olması durumu bu tespit için tüm kamu binalar, mesken olarak tanımlanmıştır.* Riskli bina ise *bulunduğu coğrafi konum için deprem tehlikesi altında yıkılma veya ağır hasar görme riski yüksek binalar*” olarak tanımlanır. [3] Ancak, bu esaslarda verilen yöntemlere göre riskli bulunmayan binaların tamamen risksiz olduğu ya da deprem tasarım esaslarını sağladığı sonucuna varılamaz. Ayrıca, bu yöntemler esas alınarak bir performans analizi yapmak da mümkün değildir. RYTEİE yöntemleri, çoğunlukla tekil betonarme, yığma veya karma taşıyıcı sistemlerle tasarlanmış yapıların risk tespiti için kullanılmakta olup, belirli bir alandaki potansiyel riskli binaların bölgesel dağılımını belirlemek ve bölgesel risk önceliklendirme amacıyla da kullanılabilen basitleştirilmiş yöntemler sunmaktadır.

3.2.RYTEİE-2019'un Yasal Dayanağı

2012 yılında çıkarılan 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'un amacı, riskli alanlar ve bu alanlar dışında bulunan riskli yapıların iyileştirme, güçlendirme ve yıkım usullerini belirlemektir. Bu çalışmaların yapılabilmesi içinde bir yapının yasal olarak kesin bir şekilde riskli yapı olarak tanımlanmış olması gerekmektedir; RYTEİE'nin (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar) temel

işlevi de budur. Riskli yapıların tespitine yönelik hem ulusal hem de uluslararası alanda birçok yöntem bulunmasına rağmen, ülkemizde riskli yapıların resmi olarak tespit edilmesi ve resmi onaylanması yalnızca RYTEİE yöntemiyle yapılabilmektedir. Bu durum, RYTEİE'yi diğer yöntemlerin önüne geçiren önemli bir faktördür. Bahsedilen diğer ulusal yöntemler arasında, 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Binaları Deprem Yönetmeliği'nin bir bölümü ön plana çıkmaktadır. Bu yönetmelik esasen yeni yapılacak binaların tasarımına yönelik olarak hazırlanmış olup, sadece bir bölümünde mevcut yapıların tespitine yönelik yöntemler ve esaslar yer almaktadır. Birçok tüzel veya kamu kuruluşu, bu bölümde belirtilen doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile mevcut binalarının performansını belirlemek amacıyla uzmanlaşmış kişi veya kuruluşlara teknik raporlar hazırlatabilmektedir. Ancak burada önemli olan, hazırlanan bu teknik raporun sadece raporu hazırlatan kişi veya kuruluşları ilgilendirmesidir. Bu raporda tespit edilen yapı risk düzeylerine dayanarak, ne riskli olduğu tespit edilen binalar için yasal tahliye veya yıkım süreci başlatılabilir, ne de 6306 sayılı Kanun'un sağladığı haklardan yararlanılabilir. Bu durum, diğer tüm tespit yöntemleri için de geçerlidir.

RYTEİE ve 6306 Sayılı Kanun'un Uygulama Yönetmeliğinde belirtilen esaslara göre riskli olduğu tespit edilen yapılar için, 6306 sayılı Kanundan doğan yasal yaptırımlar ve destek yükümlülükleri kısaca aşağıda verilen başlıklar altında özetlenebilir.

Tahliye veya Yıkım: RYTEİE'ye göre riskli olduğu tespit edilen yapıların, malikleri tarafından doksan gün içinde tahliye edilmesi veya yıktırılması zorunludur. Ayrıca, Bakanlık tarafından en az altmış gün içinde elektrik, doğalgaz ve su hizmetlerinin iptali için ilgili kurumlar bilgilendirilir. Bu süre sonunda hala tahliye edilmeyen veya yıktırılmayan yapılar, mülki amirlerce sağlanacak kolluk kuvveti desteğiyle derhal tahliye ettirilir veya yıkılır.

Kira Yardımı: Riskli olduğu kesinleşmiş yapıların malikleri, tahliye veya yıkım tarihinden itibaren 18 ay boyunca kira yardımı alırlar. Bu yardımdan kısmen de olsa kiracılar da faydalanabilir.

Finansal Kredi Desteği: Yapının yıkımı durumunda, talep eden malikler için Bakanlığın dönüşüm hesabından düşük faizli kredi desteği sağlanır.

Yıkımdan Sonra Arsaya Dönüşen Alan: Yıktırılan yapının yerine, imar şartları uygunsa, hak sahipleri adına TOKİ veya idare tarafından yeni bir yapı yapılması veya muadili bir

yerde yeni bir alan gösterilmesi sağlanır. Maliklerin salt çoğunluğunun kararıyla, arsanın satışı veya kat karşılığı müteahhide verilmesi gerçekleştirilir. Ayrıca, idarenin, arsa payını satmak veya müteahhide vermek istemeyen maliklerin paylarını ihale yoluyla satışa sunma yetkisi de bulunmaktadır.

Harç, Vergi ve Döner Sermaye Ücretleri: Riskli yapı olduğu tespit edilen yapıların yıkılması sonucunda, yapı malikleri yeni yapılacak yapı için Harçlar Kanunu'nun 57. Maddesi uyarınca tapu ve kadastro harçları, damga vergisi, veraset ve intikal vergisi, banka ve sigorta muamele vergisi ile yeni yapı için belediyece alınacak döner sermaye ücreti gibi tüm ücretlerden muaf tutulurlar.[18]

3.3.Riskli Bina Tespiti işlemleri

Riskli bina tespiti için, RYTEİE hesap yöntemlerine göre hazırlanan riskli yapı tespit raporu, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından veya bakanlık tarafından lisanslandırılan kuruluşlarca hazırlanır ve Bakanlık tarafından uygun bulunması durumunda onaylanır. Bu işlemler, Bakanlık bünyesinde kurulan ve risk tespitiyle ilgili tüm iş ve işlemlerin yürütüldüğü web tabanlı bir uygulama olan Afet Riski Altındaki Alanların Dönüşümü Bilgi Sistemi (ARAAD.net) üzerinden ve <https://kentseldonusum.csb.gov.tr/> adresi aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

Bu sistem içerisinde, yapıların modellenmesi, risk hesaplama işlemlerinin yapılması ve raporlama işlemlerinin gerçekleştirildiği YAP.Net uygulaması bulunmaktadır. YAP.Net uygulaması, riskli yapı tespitinde ölü ve azaltılmış hareketli yükler altında statik analizi, model analizi için ilk olarak özdeğer probleminin çözümü, doğal titreşim periyodunun belirlenmesi, yüksek mod periyotlarının ortaya çıkarılması, mod şekilleri, kütle katılım oranlarının hesaplanması, modlar ile uyumlu etkin statik yatay yükler altında mod birleştirme analizlerinin gerçekleştirilmesini yapan web tabanlı bir platformdur.

Bu uygulama üzerinden modellenen yapılar için, YAP.Net yazılımı sonlu elemanlar yöntemi kullanarak bir rijitlik matrisi oluşturur ve sistemi dış yükler altında statik olarak çözümler. Uygulamada, kolon, kiriş, perde ve yığma duvarlar çubuk elemanlar olarak modellenirken, perdeler için orta kolon modeli kullanılır. Döşemeler ise plak elemanlar olarak modellenir. Bu modelleme analizi, sonuç olarak yapıyı ya RBTEİE' hesaplamalarına göre yapılan hesaplamalar sonucunda yapıyı ya "*riskli yapı*" olarak ya da "*risk sınırları altında*" şeklinde değerlendirir.

Riskli yapıların tespitinde kullanılan birçok bilgisayar yazılımı bulunmakla birlikte, diğer yazılımlar üzerinden modellenen herhangi bir yapının risk tespit hesaplarının ve sonuçlarının resmi olarak geçerli olabilmesi için, bu sonuçların YAP.Net uygulaması ile de yapılmış olması gerekmektedir. Bunun nedeni, yasal mevzuatlar çerçevesinde, kesin bir riskli yapı tanımının yapılabilmesidir. Bu nedenle YAP.Net uygulamasının yapı analiz çözümlemesi sonucunda yapının riskli yapı olarak tespit edilmiş olması gereklidir.

3.4.RBTEİE’de Riskli Bina tespit işlemleri

RBTEİE'ye göre riskli bina tespitlerinin hesap yöntemleri, az katlı betonarme binalar, orta katlı betonarme binalar, yüksek katlı betonarme binalar, yığma binalar ve karma sistemli binalar olmak üzere beş ana başlık altında incelenmektedir. Tespit işlemlerinde karşılaşılan binaların büyük çoğunluğu az katlı betonarme bina kategorisine girdiği için, bu çalışma kapsamında yalnızca az katlı betonarme binaların hesap yöntemlerine odaklanılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

3.5. Az Katlı Betonarme Binalar İçin Riskli Yapı Tespiti

3.5.1. Hesap yöntemi için sınıflandırma

RBTEİE'ye göre betonarme taşıyıcı sistemine sahip binalar, yüksekliklerine göre sınıflandırılmaktadır: 30 metre altında veya 10 kattan az olan binalar az katlı, 30-50 metre arasında veya 10-17 kat arasında olan binalar orta katlı, 50 metreden yüksek veya 17 kattan fazla olan yapılar ise yüksek katlı betonarme binalar olarak sınıflandırılarak risk tespiti yapılmaktadır [3].

3.5.2. Binadan bilgi toplanması

Öncelikle binanın taşıyıcı sistemi belirlenir, bu da binanın inceleme katı ve varsa bodrum katından alınan rölemlerle yapılır. İnceleme katı, tüm cepheleri açıkta olan bina katıdır. Ayrıca, taşıyıcı sistem süreksizlikleri, düşey taşıyıcılara binen kirişler ve guseli kolonlar da röleve alınarak belirlenir. Binanın kat adedi, kat yükseklikleri, varsa kısa kolonlar ve çıkmalar röleve planına işlenerek röleve işlemine başlanır. Bu işlemlerin ardından, yapının mevcut projesinin bulunup bulunmadığına göre binanın bilgi düzeyi katsayısı belirlenir. Eğer yapının projelerine ulaşılabiliriyorsa, tüm taşıyıcı elemanların kapasiteleri mevcut malzeme dayanımları üzerinden hesaplanır; projelere ulaşılamıyorsa, kapasite hesaplamaları 0,90 katsayısı ile çarpılarak yapılır.

Binanın donatı düzeni, röleve alınan tüm katlardaki kolon ve perdelerin en az %20'sinden sıyırma yöntemiyle belirlenir. Bu işlem sırasında, donatının türü, çapı, aralığı ve diğer detayları tespit edilir. Elde edilen tüm ortalama değerler, diğer katlara da uygulanır. Binanın kirişleri ise TS500'de tanımlanan (1.4G+1.6Q) düşey yükleri altında hesaplanan yöntemle belirlenir. Kirişlerin alt mesnet donatısı, üst mesnet donatısının 1/3'ü olarak kabul edilir. [19] Mevcut donatı akma dayanımı (f_{ym}, f_{ywm}), donatı türüne ve gözlenen korozyon ile oluşan donatı çapındaki azalmaya göre belirlenir.

Alınan beton numuneleri, TS EN 12504-1'de[20] belirlenen koşullara ve numunelerin basınç dayanımının %85'ine karşılık gelen değerler, mevcut beton dayanımını tespit etmek üzere hesaplamalarda kullanılır.

3.5.3. Binanın modellenmesi

Yapının modellenmesi, 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli oluşturularak yapılır. Bu modellemede, kirişler ve kolonlar çubuk elemanlar olarak, perdeler ise çubuk veya kabuk sonlu elemanlar şeklinde temsil edilir. Betonarme döşemeler rijit diyafram olarak modele dahil edilir. Modelleme sırasında ek dış merkezlik uygulanmaz. Düşey taşıyıcı elemanların kat kütleleri, bağlandıkları katlara yarı yarıya dağıtılarak aktarılır. Sistem analizlerinde eğilme rijitlikleri, aşağıda verilen formüllerden elde edilen değerlere göre hesaplanır.

Kirişler ve perdelerde, güçlendirme perdelerinde: $(EI)_e = 0,3(E_{cm}I)_o$

Kolonlarda, güçlendirilmiş kolonlarda: $(EI)_e = 0,5(E_{cm}I)_o$

Beton elastisite modülü $E_{cm} = 5000\sqrt{f_{cm}}$,

Kayma modülü ise $G_{cm} = 0,4E_{cm}$ denklemleri ile hesaplanır. Kesit kayma rijitliği $G_{cm}A_c$ olarak alınır.

3.5.4. Binanın risk tespitinin hesap edilmesi

Deprem etkileri ve yatay elastik ivme spektrumları, RYTEİE'de belirtilen şekilde hesaplanabilir. Ayrıca, yapıya ait deprem yer hareketi düzeyi, yerel zemin sınıfı ve yapının bulunduğu enlem ve boylam bilgilerini kullanarak, AFAD'ın Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif web uygulaması üzerinden de yapıya ait ivme spektrumları ve en büyük yer ivmesi (g) değerine ulaşılabilir. [21]

İncelenen binanın risk durumu, doğrusal elastik hesap ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak belirlenir. İlk olarak, risk sınırını aşan düşey taşıyıcı elemanlar tespit edilir. Ardından, bu elemanların toplam kesme kuvvetlerinin kat kesme kuvvetine oranlarının sınır değerleri aşıp aşmadığına bakılarak binanın risk durumu kararlaştırılır.

Kolonlar (V_e/V_r) oranı ve sarılma bölgesindeki donatı detaylarına göre üç gruba ayrılır. Çizelge 2.1’de gösterildiği üzere, A grubu kolonların eğilme göçmesine, B grubu kolonların eğilme-kesme göçmesine ve C grubu kolonların ise kesme göçmesine maruz kalacağı kabul edilir. V_e/V_r oranı ise RBTEİE EK-D’ye göre hesaplanır.

Çizelge 3.1. Kolon sınıflandırma tablosu

$\frac{V_e}{V_r}$	Aralığı $s \leq 100$ 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

Taşıyıcı elemanların uç deplasmanları, yatay düzlemdeki düğüm noktası deplasmanlarının vektörel olarak toplanmasıyla hesaplanır. Kat ötelenme oranı ise, hesaplanan eleman uç deplasmanları arasındaki farkların kat yüksekliğine bölünmesiyle bulunur.

Kolon ve/veya perdelerin deprem etkisi altındaki kesit moment değerinin kesit kapasitesine oranını ifade eden etki/kapasite (m) değeri, düşey yükler ve deprem etkisi altında ($G + nQ \pm E$) yük kombinasyonu kullanılarak x ve y eksenleri doğrultusundaki kesit momentlerinin (M_{22e}, M_{33e}) hesaplanmasıyla belirlenir. Ardından, düşey doğrultudaki yükler ve azaltılmış deprem yükleri ($G+nQ\pm E(6)$) etkisi altında elde edilen N_K değeri için $M_{22} - M_{33}$ etkileşim diyagramı oluşturulur. Bu diyagram üzerinde, moment kapasitesi M_{22p}, M_{33p} iki eksenli kesit moment değerlerinin oranı ile uyumlu olarak hesaplanır. Elde edilen kesit moment değerinin kesit moment kapasitesine bölünmesi ile m değeri belirlenir.

İncelenen katlardaki kolon ve perde kat ötelenme oranları (δ/h) ve etki/kapasite (m) değerleri, kolon ve perde sınıflarına bağlı çizelge 3.2 de verilen risk sınır değerleri ile karşılaştırılarak hesaplanır; ara değerler için enterpolasyon uygulanır. Kolonlar ve perdeler için ayrı ayrı hesaplanan (δ/h) ve m değerleri, ilgili sınır değerlerini aşarsa, bu düşey taşıyıcı elamanın ‘Risk Sınırını’ aştığı kabul edilir.

Çizelge 3.2. Kolonlar için $m_{sınır}$ ve $(\delta/h)_{sınır}$ değerleri

A grubu kolonlar			
$N_K/(f_{cm}A_c)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$	
$\leq 0,1$	5,0	0,035	
$\geq 0,6$	2,5	0,0125	
B grubu kolonlar			
$N_K/(f_{cm}A_c)$	$A_{sh}/(sb_k)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
$\leq 0,1$	$\leq 0,0005$	2,0	0,01
	$\geq 0,006$	5,0	0,03
$\geq 0,6$	$\leq 0,0005$	1,0	0,005
	$\geq 0,006$	2,5	0,0075
C grubu kolonlar			
	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$	
	1,0	0,005	

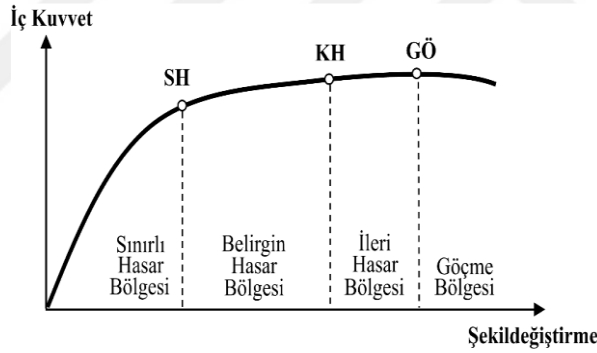
Kat kesme kuvveti oranı, ‘Risk Sınırını’ aşan perde ve kolonların kesme kuvvetlerinin toplamının kat kesme kuvvetine bölünmesiyle hesaplanır. Çizelge 3.3’te verilen kat kesme kuvveti oranı sınırlarını aşan binalar (ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanır.), ‘Riskli Bina’ olarak kabul edilir.

Çizelge 3.3. Perde ve kolon eksenel basınç gerilme ortalamasına bağlı kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri

Perde ve kolon eksenel basınç gerilme ortalaması (=Perde ve kolon gerilmelerinin toplamı / Perde ve kolon sayısı)	Kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri
$\geq 0,65f_{cm}$	0
$0,1f_{cm} \geq$	0,35

3.6.Riskli Bina Tespitlerinde RBTEİE İle TBDY'nin Karşılaştırılması

RYTEİE, depremde ağır hasar görme veya yıkılma olasılığı yüksek olan binaların tespit edilmesini hedeflemektedir. TBDY'de bu duruma doğrudan karşılık gelen bir tanım bulunmamakla birlikte, kesit hasar durumu, binanın göçme noktasına varmadan önceki ileri hasar bölgesine karşılık geldiği söylenebilir. RYTEİE'nin ana amacı, riskli binaların belirlenmesidir. Ancak bu yönetmelikle, binaların performans düzeyleri hakkında doğrudan bilgi edinilemez. Yönetmelik, binaların etki/kapasite oranı ve ötelenme değerleri için kritik eşik değerler tanımlamakta ve bu eşik değerleri aşan elemanlardaki kesme kuvveti ile kat kesme kuvveti arasındaki orana bağlı olarak yapı riskli olarak sınıflandırılmaktadır. TBDY 2019'da ise, yapı elemanları için belirlenen sınırlı hasar (SH), kontrollü hasar (KH) ve göçme öncesi hasar (GÖ) gibi üç hasar durumu, Şekil 3.1'de verilen iç kuvvet-şekil değiştirme grafiği üzerinden belirlenmiş sınır değerlere dayanır. Bu değerlere göre, yapının hangi hasar bölgesinde olduğu tespit edilebilir. Bu sınıflandırma, sünek elemanlar için bir değerlendirme yöntemi olarak kullanılmakta olup, gevrek elemanlar için geçerli olmadığını da belirtmek gerekir. [22].



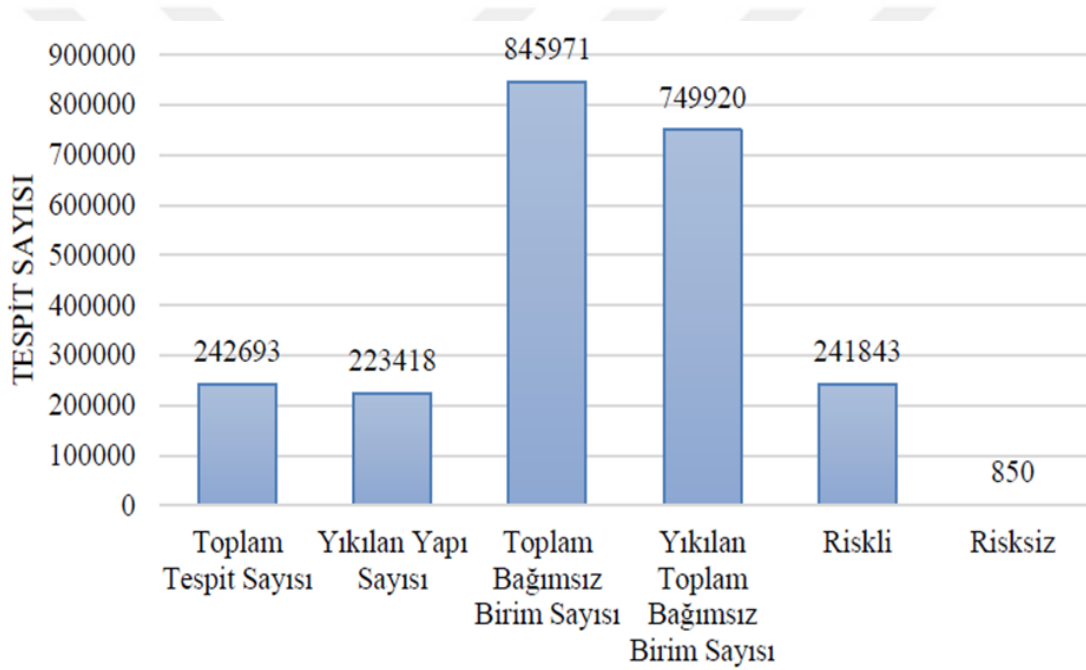
Şekil 3. 1 TBDY Kesit hasar bölgeleri [22]

RBTEİE'nin yasal zeminde esas değerlendirme ölçütü olduğu daha önce vurgulanmıştır. RBTEİE ile riskli olarak tespit edilen yapılar, yasal mevzuat çerçevesinde yaptırımlara tabi tutulmaktadır. RBTEİE'yi TBDY yönetmeliğinden ayrılan bir diğer önemli özelliği ise TBDY'nin binalardan bilgi toplama sürecinde daha ayrıntılı ve kapsamlı bir tespit süreci gerektirmesidir. TBDY'ye göre, binanın temel sisteminin belirlenmesi, komşu binalarla olan ilişkisi, alınacak karot örneği sayısı, beton numunesinin yüzdesi, mevcut donatı oranının gerçekleşme katsayısı ve donatı sayılarının betonarme elemanların niteliğine göre tespit edilerek röleve projesine işlenmesi zorunludur. Buna karşılık, RBTEİE'de bina ile ilgili bilgi toplama süreci, daha hızlı ve pratik yöntemlerle

gerçekleştirilmek üzere yapılandırılmıştır. Bu farklılık, RBTEİE'nin mevcut binaların hızlı bir şekilde değerlendirilmesi ve riskli yapıların tespiti konusunda daha etkili bir araç olmasını sağlamaktadır.

3.7. Riskli Yapı Tespit Sayıları

6306 sayılı Kanun kapsamında riskli yapı tespiti yapılan yapıların toplam sayısı, yıkılan yapı sayısı, toplam bağımsız birim sayısı ve yıkılan bağımsız birim sayısı ile riskli yapıların riskli/risksiz dağılımına ilişkin 2022 yılına kadar elde edilen veriler, ARAAD bilgi sisteminden alınmış olup Şekil 3.2'de verilen grafikte gösterilmektedir. Yalnızca riskli yapı sayısı dikkate alındığında bile, RBTEİE'ye göre 241.843 adet binanın riskli olduğu kesinleşmiştir. [23]



Şekil 3. 2 Riskli yapı tespiti yapılan yapılara ilişkin veriler [23]

3.8. Riskli Bina Olarak Tespiti Yapılmış Yapıların Genel Özellikleri

1998 yılından sonra çıkarılan yönetmeliklerle yapı tasarımı ve yapım koşullarını iyileştirmeye yönelik önemli adımlar atılmıştır. Bu kapsamda, hazır beton kullanımı zorunlu hale getirilmiş ve beton laboratuvarları kurularak her beton dökümünden numune alınması sağlanmıştır, böylece tasarımda öngörülen beton dayanım sınıfına uygunluk denetlenmiştir. TS500 ve 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) [24] ile ilk kez yapı düzensizlikleri tanımlanmış, etkin yer ivme katsayısı, bina önem katsayısı ve mod birleştirme yöntemi ile yapısal analizlerin

gerçekleştirilmesi mümkün hale gelmiş, nervürlü donatı kullanımını zorunlu kılınmıştır. Ayrıca, 2001 yılında yürürlüğe giren Yapı Denetimi Kanunu [25] ile denetim süreçleri sıkılaştırılarak yapı kalitesi artırılmıştır. Bu düzenlemelerle inşa edilen yapılarda önemli iyileştirmeler sağlanmıştır. Ancak, çoğunluğu 2000 yılı öncesinde inşa edilmiş ve halen kullanımda olan milyonlarca yapı bulunmaktadır. Bu yapıların ne kadarının riskli olduğu kesin olarak bilinmemekle birlikte, 2000 yılından sonra inşa edilen yapılarla karşılaştırıldığında daha yüksek risk taşıdığı tahmin edilmektedir.

Riskli yapıların kayıtlarının tutulduğu ARAAD.net bilgi sisteminde yer alan raporlar incelendiğinde, riskli olarak tespit edilen yapıların genelinde şu olumsuz yapı özelliklerinin bulunduğu gözlemlenmiştir.

- Özellikle denize yakın konumda bulunan yapılarda, donatılarda korozyon oranının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, nem oranının yüksek olmasından dolayı anlaşılabilir olmakla birlikte, bölgede ortalama pas payı kalınlıklarının yetersiz olması da bu durumu artırmıştır.
- Radye temel yerine mütemadi temeller veya sürekli temeller kullanılmıştır.
- Tüm yapılarda nervürlü donatı yerine düz yüzeyli donatı kullanılmıştır. Ayrıca, donatı kenetlenme boyları, filiz boyları yeterli uzunlukta bırakılmamış ve son katlarda düşey demirler kanca kullanılmadan sonlandırılmıştır.
- Etriye aralıkları ortalama 25-35 cm arasında olup, kolon-kiriş birleşim yerlerinde etriye sıklaştırması yapılmamıştır. Etriye kanca açıları 135° yerine 90° olarak uygulanmış, çiroz etriye kullanımına ise rastlanmamıştır.
- Kiriş ve kolon ebatları genellikle birbirine yakın olup, güçlü kolon zayıf kiriş prensibine uygun tasarlanmış binalara rastlanmamıştır. Çoğu yapıda, kolay kalıp işçiliği nedeniyle kiriş ebatları kolon ebatlarına yakın tasarlanmıştır.
- Düşeyde ve planda düzensizlik durumları eski yönetmeliklerde yer almadığından, bu kusurlara özel gerekli önlemler alınmamıştır.
- Bodrum katı olan yapılarda genellikle izolasyon bulunmamaktadır.
- Döşeme sistemi asmolen olan yapılarda, kolon başlığı veya guse bulunmamaktadır.
- Bodrum katı olmayan yapılar dışında, tasarım aşamasında düşey taşıyıcı eleman olarak betonarme perde kullanılmamıştır.

- Riskli olarak tespit edilen yapıların büyük çoğunluğunda projelere uyulmamıştır. Riskli olduğu tespit edilen binaların yaklaşık %80'inin projelerine ulaşılamamıştır. Ulaşılan projelerde ise tam uyum sağlanmadığı, esaslı tadilatlar yapıldığı, balkonların tuğla duvarlarla kapatıldığı ve zemin katların konuttan ticari alana dönüştürüldüğü gözlemlenmiştir. Konuyla ilgili yapılan benzer bir çalışmada da incelenen binaların; yapılan tespitler arasında, yapıların %23'ünde asma kat ve/veya yüksek giriş, %21'inde yan kirişsiz balkon döşeme ve saçaklar, %18'inde yumuşak kat, %17'sinde çıkmalı yapıda konsol uç kolon ve/veya kiriş, %14'ünde çıkmalarda çerçeve dışına örülen dış bölme duvarları, %9'unda bitişik nizam, %5'inde süreksiz kiriş-kolon-perde, %4'ünde saplama kiriş ve saplamanın saplaması, %2'sinde kolon-perde rijitliklerinin planda x ve y yönünde düzgün dağıtılmaması, ve %2'sinde zayıf kolon kuvvetli kiriş etkisinin gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu oranlar, yapıların tasarım ve uygulama aşamalarında ciddi eksikliklerin bulunduğunu göstermektedir. [26]

3.9. RYTEİE'nin Riskli Bina Tespitlerine Katkısı

RYTEİE, uygulamada önemli kolaylıklar sağlamanın yanı sıra, gerçekçi ve tutarlı tespitler yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu kolaylıklar ve avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- RYTEİE'nin 2013 yılında yasallaşmasından önce, riskli bina tespiti için farklı hesap yöntemleri ve yapı analiz programları kullanılmaktaydı. Ancak, bu farklı yöntemler arasında standart bir uygulamanın olmaması, aynı yapının riskli veya risksiz olarak değerlendirilmesinde belirsizliklere yol açmaktaydı. RYTEİE'nin yasallaşmasıyla birlikte, riskli yapı tespitlerinde standart bir yöntem benimsenmiş ve bu sayede önceki yöntemlerin yol açtığı belirsizlikler ortadan kaldırılmıştır.
- RYTEİE'de binanın taşıyıcı sistem modeli, rölevesi çıkarılan kritik kata ait özelliklerin diğer tüm katlarda da aynı koşullara sahip olduğu varsayımıyla değerlendirilir. Bu sayede, yalnızca inceleme yapılan (kritik) kattan veri toplanarak hem hesaplama süreci sadeleşmekte hem de bilgi toplama sürecindeki iş yükü azaltılmaktadır.
- RYTEİE'ye göre riskli bina tespitlerinde hem ötelenme oranları hem de etki/kapasite sınır değerlerine göre kesme kuvveti değerlerine bakılmakta ve sınır şartlarını aşması durumunda yapı RBTEİE'ye göre risk sınırını aşan yapı olarak

değerlendirilmektedir. Bu sayede risk tespitlerinde tek bir duruma değil birden fazla sınır şartlarından herhangi birisini sağlamaması durumunda yapı riskli olarak kabul edilmektedir ki böylece birden çok şartın değerlendirilmesi ile tespitlerde çoklu kontrol imkanı sağlanmaktadır.

- Çelik binalar hariç, tüm taşıyıcı sistem türlerine göre riskli yapı tespiti yapılabilmektedir. Bu da Türkiye'deki mevcut yapıların %95'ine karşılık gelmektedir [27].
- RBTEİE, hesaplamaların mod birleştirme yöntemiyle yapılmasını öngörür, bu da yöntemin birçok ticari yapı analiz programı tarafından modellenemesine olanak tanır. Türkiye'deki yazılım firmaları tarafından geliştirilen ve RBTEİE ile uyumlu olan riskli yapı analizi programları arasında Sta4Cad [28] ve İdeCAD [29] gibi yazılımlar bulunmaktadır.
- RYTEİE, binaların bölgesel deprem risk dağılımını belirlemek için basitleştirilmiş yöntemler sunar. Böylece, sadece riskli yapıların değil, aynı zamanda riskli alanların da belirlenmesi mümkündür.
- RYTEİE özel olarak tasarlanmış ve riskli binaların modellenbildiği ve resmileşen YAP.Net programı ile, farklı kullanıcılar arasında karışıklık olmadan aynı hesap sonuçlarına ulaşılması sağlanmıştır.
- 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında çıkarılmış bir yönetmelik olması, RYTEİE'ye yasal güvence ve hukuki yaptırım gücü kazandırmaktadır.

4. RBTEİE HESAP YÖNTEMLERİNİN BİLGİSAYAR PROGRAMLARININ YARDIMI İLE UYGULANMASI

Bu bölümde, 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre projelendirilmiş, betonarme çerçeve sistemi ile inşa edilmiş ve 36 yıl boyunca lojman olarak kullanılmış bir binanın, RYTEİE hesap yöntemine göre riskli yapı tespit süreci incelenmiştir. Ardından, farklı yapı analiz programları ile yapılan çözümler karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.1. RBTEİE Yönteminin Mevcut Bir Binadaki Uygulama Adımları

4.1.1 Riskli yapı tespiti analiz öncesi bilgileri

Yapısal modelleme ve risk tespiti, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü Riskli Yapılar Dairesi Başkanlığı tarafından geliştirilen Yap.Net platformu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tespit için kullanılan yöntem aşağıda özetlenmiştir.

- 1. Oluşturulan yapısal model için modal analiz yapılması:* Risk tespit yönteminin ilk adımı, özdeğer probleminin çözümü ile yapı titreşim periyotlarının ve mod şekillerinin hesaplanmasıdır.
- 2. Etkin yatay yüklerin hesaplanması:* Her bir mod için yatay ivme spektrumu ordinatı belirlenir. Bu spektral ivme değeri, mod şekilleri, kütle matrisi ve kütle katılım oranı kullanılarak, etkin taban kesme kuvveti ve her kata etki eden etkin yatay yükler hesaplanır.
- 3. Düşey yük analizi:* Ölü yükler (G) ve azaltılmış hareketli yükler (nQ) kullanılarak, düşey yükler altında üç boyutlu bina modeli üzerinde yapısal analiz gerçekleştirilir ve eleman iç kuvvetleri ile deplasmanlar hesaplanır.
- 4. Yatay yük analizi:* İkinci adımda her mod için hesaplanan etkin yatay yükler kullanılarak yapısal analiz gerçekleştirilir.
- 5. Mod birleştirme yöntemi ile deprem analizi yapılması:* Binaya etki eden toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, yer değiştirmeler, kat ötelenmesi ve görelî kat ötelenmesi değerleri, RYTEİE C.6 maddesi uyarınca her bir titreşim modu için hesaplanan ve tam

zamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı ile birleştirilmesi ile hesaplanır.

6. *Yük kombinasyonu ile etki değerlerinin hesaplanması:* RYTEİE 4.3.2 maddesi uyarınca, yük birleşimi, binaya etkiyen düşey yükler ve deprem etkileri altında ($G+nQ\pm E$) planda her iki doğrultu ve bu doğrultuların her iki yönü ayrı ayrı dikkate alınarak hesaplanır. Buna göre, binanın X ve Y doğrultuları için $G+nQ+Ex$, $G+nQ-Ex$, $G+nQ+Ey$, $G+nQ-Ey$ olmak üzere dört yük kombinasyonu oluşturulur ve her bir kombinasyon için eleman iç kuvvetleri, yer değiştirmeler, kat ötelenmesi ve görelî kat ötelenmesi değerleri hesaplanır.

7. *Eleman Sınıflandırması:* Tüm kolonlar, RYTEİE 4.3.3 maddesi uyarınca etriye aralığı, miktarı, kanca durumu ve RYTEİE EK-D'ye göre hesaplanan V_e/V_r değerine göre A (eğilme göçmesi), B (eğilme-kesme göçmesi) veya C grubu (kesme göçmesi) olarak sınıflandırılır. Tüm perdeler ise, RYTEİE 4.3.4 maddesi uyarınca H_w/l_w ve RYTEİE EK-E'ye göre hesaplanan V_e/V_r değerine göre A (eğilme göçmesi), veya B (eğilme-kesme göçmesi) olarak sınıflandırılır.

8. *Kapasite değerlerinin hesaplanması:* Eleman kapasite değerleri RYTEİE 4.3.5 maddesi uyarınca, TS-500'de verilen kurallara göre, mevcut malzeme dayanımları ve bilgi düzeyi dikkate alınarak hesaplanır. Hesaplamalarda eksenel yük miktarı, $G+nQ\pm E/6$ yük kombinasyonundan elde edilen değer olarak alınır. İki eksenli kesit moment kapasitesi ise, RYTEİE EK-D'ye göre oluşturulan $M_{22}-M_{33}$ etkileşim diyagramı kullanılarak belirlenir.

9. *Etki-kapasite oranının hesaplanması:* Betonarme kolon veya perdenin deprem etkisi altında oluşan kesit moment değerinin, kesit kapasitesine bölünmesi ile etki-kapasite oranı (m) RYTEİE 4.3.8 maddesine göre hesaplanır. Bu hesaplama, düşey yükler ve deprem etkileri altında ($G+nQ\pm E$) hesaplanan iki eksenli kesit momenti (M_{22e} , M_{33e}) ile, düşey yükler ve azaltılmış deprem etkileri ($G+nQ\pm E/6$) için hesaplanan $M_{22}-M_{33}$ etkileşim diyagramında belirlenen moment kapasitesi (M_{22p} , M_{33p}) değerleri oranlanarak yapılır ve m değeri belirlenir.

10. *Etkin görelî kat ötelenmesinin hesaplanması:* RYTEİE 4.3.8 maddesi uyarınca, eleman uç deplasmanları, yatay düzlemdeki düğüm noktası deplasmanlarının vektörel

olarak toplanması ile hesaplanır. Eleman kat ötelenme oranı ise, hesaplanan eleman uç deplasman farklarının kat yüksekliğine bölünmesi ile belirlenir.

11. *Risk değerlendirmesi:* Tüm katlardaki tüm kolonlar için aksel yük değeri ve A_{sh}/s_{bk} değerleri kullanılarak etki-kapasite oranı sınır ($m_{sınır}$) ve kat ötelenme oranı sınır $(\delta h)_{sınır}$ değerleri hesaplanır. RYTEİE 4.3.9 maddesine göre, herhangi bir elemanda hesaplanan etki-kapasite oranı veya kat ötelenme oranı ilgili sınır değerleri aşıyorsa, bu elemanın risk sınırını aştığı kabul edilir. İncelenen katta, riskli bulunan elemanlardaki kesme kuvvetlerinin toplamının, toplam kat kesme kuvvetine oranı RYTEİE 4.4.2 maddesine göre belirlenen kat kesme kuvveti sınır değerini aşıyorsa, bina riskli bina olarak kabul edilir. Bu inceleme tüm katlar için yapılır.

4.2. Resmi Yapısal Analiz Uygulaması Yap.Net'in Hesap Metodu

Yapısal analiz sürecindeki işlemler aşağıda özetlenmiştir:

1.Yapının 3 boyutlu analizi için sonlu elemanlar modeli hazırlanmıştır. Kiriş ve kolon elemanları, çubuk elemanlar kullanılarak modellenmiş; kolon ve perdeler ise temellerde ankastre olacak şekilde tanımlanmıştır. Döşemeler ise 3 veya 4 düğüm noktalı kabuk elemanlar kullanılarak modellenmiştir.

2. Kolon kiriş birleşimleri, rijit bölge tanımlaması yapılmadan mevcut kolon ve kiriş rijitlikleri ile modellenmiştir.

3. İki eleman ekseninin birbirine çakışmaması durumunda, eksen kayması bölgeleri rijit çubuklarla modellenmiştir. Aksından kaydırılan kolon, perde ve kirişler tanımlandıkları düğüm noktalarına rijit elemanlar ile bağlanmıştır. Tüm düşey elemanların kat kütleleri, bağlandıkları katlara yarı yarıya dağıtılarak dikkate alınmıştır.

4. Perdeler, orta noktalarından geçen çubuk elemanları olarak tanımlanmıştır. Perde genişliği, uç noktalara rijit olarak bağlanan elemanlar ile modellenmiştir.

5. Her düğüm noktasında 6 serbestlik derecesi kullanılmıştır.

6. Binanın risk durumu, binaya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında, planda her iki doğrultu ve bu doğrultuların her iki yönü ($G+nQ\pm E$) dikkate alınarak belirlenmiştir. Dikkate alınan düşey yükler ile uyumlu kütleler kullanılmıştır.

7. Betonarme kesitlerin veya elemanların kapasiteleri, TS500'de verilen kurallar doğrultusunda, mevcut malzeme dayanımları ve bilgi düzeyi katsayısı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

8. Her kattaki döşemeler için rijit diyafram oluşturulmuştur.

9. Mevcut binadan toplanan bilgi düzeyi ve katsayısı, asgari / 0,9 olarak alınmıştır.

10. Etkin eğilme rijitlikleri, RYTEİE 4.2.7 maddesi uyarınca hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1.Bina bilgileri

Bina Bilgisi	Bina Ait Veriler
Bina adresi:	Edirne /Merkez
Yapım Yılı:	1988
Kat Sayısı, (n_s):	5
Bina Toplam Yüksekliği	HT (m): 13,00
Tipik Kat Yüksekliği (m):	2,75
Binanın Kullanım Amacı:	2.B Konutlar, İşyerleri, oteller vb.
Yapı.Net Modelinde İnceleme Katı:	Kat 1
Taşıyıcı Sistem Türü:	Betonarme
Analizde Kullanılan Yönetmelik:	RYTEİE
Mevcut Proje Durumu:	var ancak uyumsuz
Bilgi Düzeyi ve Katsayısı:	Asgari/0.9
Bina Yaklaşık Boyutları (m x m):	12,45/23,00
İnceleme Katı Alanı (m ²):	275,07
Toplam Yapı Alanı (m ²):	1358,37
Döşeme tipi:	Kirişli Plak Döşeme
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD2
Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı (S_s):	0.426
Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı (S_1):	0,133
Kısa Periyot için Tasarım Spektral İvme Katsayısı	(SDS):0,622

4.2.1. Binanın riskli yapı tespitinde kullanılacak yönetmeliğe göre değerlendirilmesi

Binanın riskli yapı tespiti, RYTEİE'ye göre gerçekleştirilmiştir. RYTEİE'nin 1.5. maddesinde yer alan “*Taşıyıcı sistemi betonarme, yığma ve karma (betonarme ve yığma taşıyıcı sistemlerin bir arada bulunduğu) olan binaların risk tespiti bu Esaslara göre yapılacaktır*” hükmü uyarınca ve bina yüksekliği ve kat sayısı dikkate alınarak, RYTEİE göre Çizelge 4.1’de verilen *Az Katlı Betonarme bina* olarak sınıflandırılmıştır.

Binada yapılacak riskli yapı tespit çalışmaları sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

- Rölöve çalışmalarının, Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE) doğrultusunda gerçekleştirilmesi,
- Tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerle binanın mevcut beton dayanımı, donatı sınıfı, donatı çapı ve donatının kesitteki yerleşiminin belirlenmesi,
- Yerinde yapılan teknik çalışmalar sonucunda, analize esas hesap modelinin RYTEİE'ye uygun olarak oluşturulması,
- Oluşturulan modele göre 3 boyutlu analiz yapılması ve yapının risk durumu belirlenmesi.

4.2.2. Yap.Net uygulamasından alınan örnek bir binanın risk tespitinin adımları ve yapının analizi

Yapıdan Bilgi Toplanması Aşamaları: Yapının taşıyıcı sistem özellikleri, RYTEİE 4.1.1’de uyarınca kat yüksekliği boyunca tüm cepheleri açıkta olan en alt kat esas alınarak belirlenmiştir. Diğer katlarda, düşey süreksizlik bulunmadığı için, tüm katların alt katla benzer olduğu kabul edilmiştir. Aynı maddeye göre, guseli kolonların varlığını belirlemek amacıyla binanın tüm katlarındaki kolonlar incelenmiş ve hiçbir katın guseli kolonlar üzerine oturmadığı tespit edilmiştir. RYTEİE 4.1.2 maddesi doğrultusunda, Yap.NET programında Kat 1, Kat 2, Kat 3, Kat 4 ve Kat 5 olarak isimlendirilen katlardan alınan rölövelerle bina geometrisi belirlenmiştir. Bu rölöveler yardımıyla binanın kat sayısı, kat yükseklikleri, kolon, perde, kiriş ve döşeme boyutları, bu elemanların kattaki yerleşimi, eksen açıklıkları, dolgu duvar yerleşimi ve kalınlıkları tespit edilmiştir. Bu bilgiler, rölövelerde ayrıntılı olarak sunulmuştur. Aynı maddeye dayanarak yapılan incelemelerde, yapının tümünde kısa kolon ve çıkmaların bulunmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 1 Bina ön cephe görüntüsü



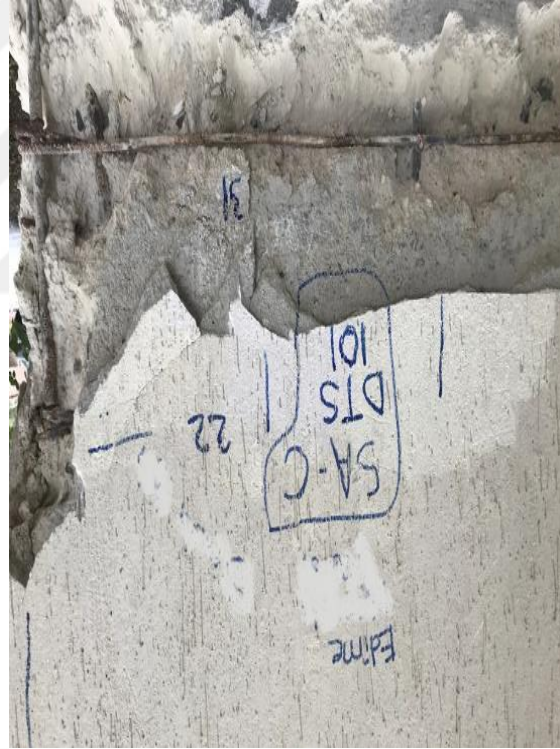
Şekil 4.2 . Binanın arka cephe görüntüsü

Yapının 3 Boyutlu Modeli: Yapının analize esas hesap modeli, RYTEİE 4.2 maddesi uyarınca hazırlanmıştır.

Yapıda Tespit Edilen Düzensizlikler ve Olumsuzluklar: Yapının yerinde yapılan incelenmesinde tespit edilen düzensizlikler, olumsuzluklar (yapısal çatlaklar, kısa kolonlar, kapalı çıkmalar vb.) ve yapının mevcut durumunu gösteren fotoğraflar Şekil 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Binada düşey düzensizlikler bulunmamaktadır. İncelenen binanın zemin katındaki dolgu duvarlarda görülen çatlakların, zemin yer hareketlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, zemin katta döşeme altı izolasyonun eksik yapılması veya hiç uygulanmaması nedeniyle nem hasarı olduğu tespit edilmiştir. Bu nemin, korozyon ve yüzeyde çiçeklenmeye neden olduğu gözlemlenmiş ve bu durumun yapının dayanım ve dayanıklılığını olumsuz yönde etkileyeceği belirlenmiştir.



Şekil 4.3 Scmidt çekici testi



Şekil 4.4 Bina olumsuzluk fotoğrafı -1

Yapıda kat bazında yapılan incelemeler sonucunda, atık su ve temiz su tesisatında birçok noktada kırılma ve su sızıntısı olduğu tespit edilmiştir. Bu sızıntıların, taşıyıcı sistemi oluşturan kolon, kiriş ve döşemelerin sürekli olarak nem ve rutubete maruz kalmasına yol açtığı görülmüştür.



Şekil 4. 5 Bina olumsuzluk fotoğrafı-2

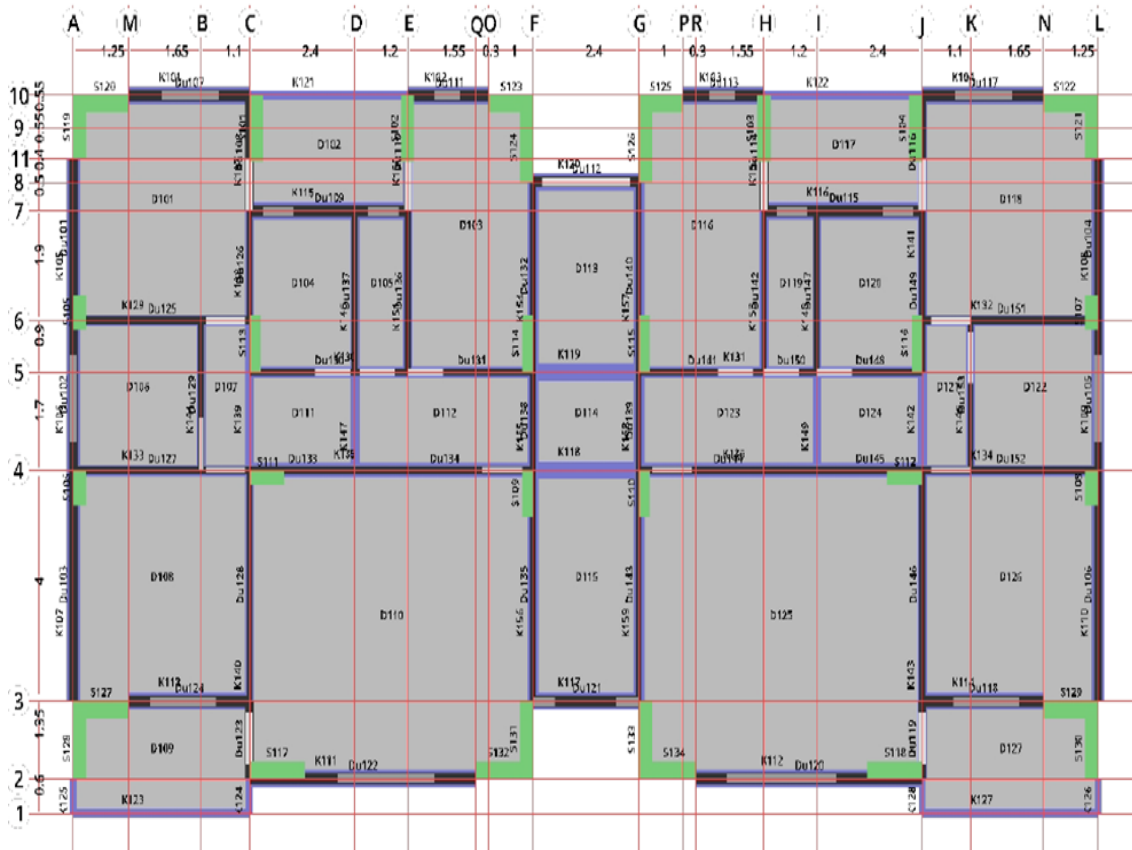


Şekil 4. 6 Bina olumsuzluk fotoğrafı-3

Yapının Donatı Tespitine İlişkin İşlemler:

Yapının donatı tespit işlemleri, RYTEİE Bölüm 4.1'e uygun olarak yapılmıştır. İnceleme yapılan katta bulunan 26 kolondan 3'ünde sıyırma işlemi, diğer 3 kolonda ise tahribatsız yöntemler kullanılarak donatı tespiti yapılmıştır. YAP.net uygulaması ile oluşturulan yapıya ait kalıp planı ve üç boyutlu görünümü sırasıyla Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

Tahribatlı Yöntem (Sıyırma) ile Donatı Tespit İşlemi: Tahribatlı yöntemle donatı tespiti amacıyla, S111, S117 ve S121 kolonlarının kabuk betonları sıyırılarak incelenmiştir. Bu işlem sonucunda, enine donatı türü, çapı, aralığı ve kanca durumu ile boyuna donatı türü, çapı ve korozyon durumu belirlenmiştir. Yapılan incelemelerde, etriyelerin kancalarının 90° olduğu ve tüm donatıların nervürlü, düz donatılardan oluştuğu tespit edilmiştir. Kanca boylarının uygun olduğu, ancak tüm kancaların aynı düşey hizada yerleştirildiği ve şaşırtma yapılmadığı gözlemlenmiştir. Etriye aralıklarının bina genelinde eşit olacak şekilde düzenlendiği, pas payının ise iç ve dış kolonlarda 2 ila 3 cm arasında değiştiği belirlenmiştir.

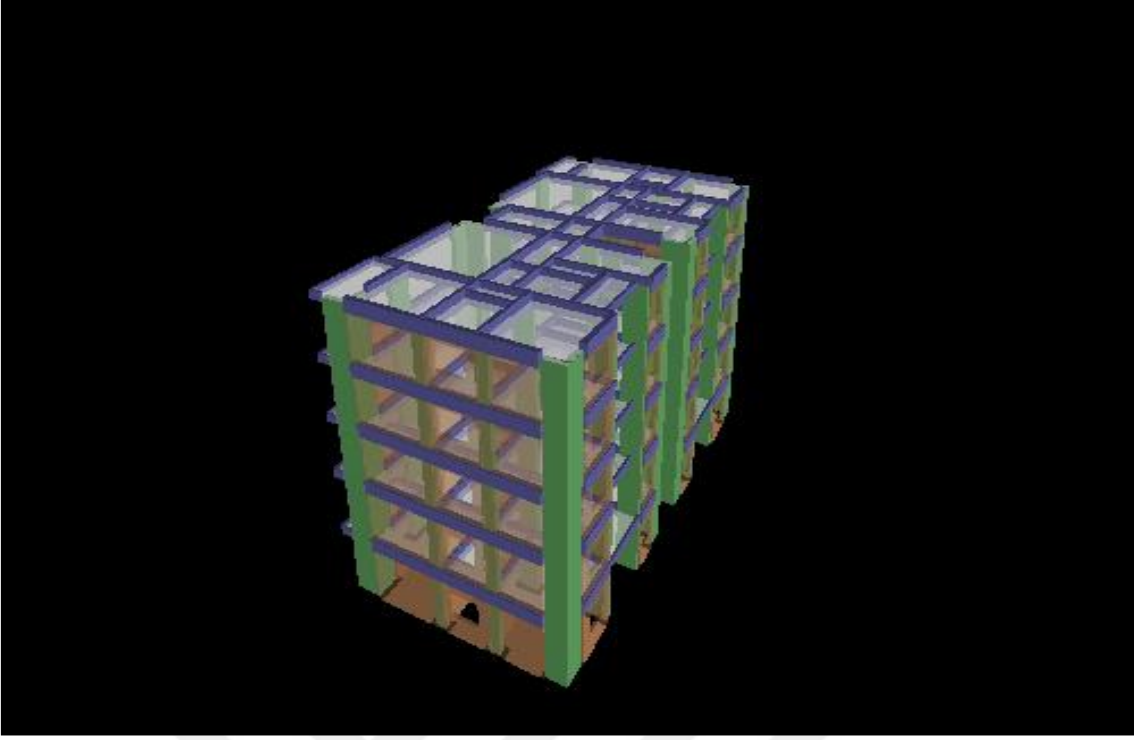


Şekil 4.7. YAP.net uygulaması ile oluşturulan yapıya ait kalıp planı

Tahribatsız Yöntem (Röntgen vb.) ile Donatı Tespit İşlemi: Tahribatsız yöntem ile donatı tespiti amacıyla, S109, S125, S131 kolonlarının ve perdelerinin boyuna ve enine donatı aralığı belirlenmiştir.

Yapı projesi ve binada yapılan ölçümler incelendiğinde, projede sargı etkisi ile plastik dönme kapasitesinin artırılması hedeflenen kolon ve kiriş mesnet bölgelerinde, bu sargı etkisini sağlayacak sık etriye uygulamasının yapılmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, özel deprem kancası uygulanmadan, yalnızca gönye şekliyle kapatılan etriyelerin kullanıldığı ve binanın taşıyıcı malzeme kalitesinin yetersiz olduğu belirlenmiştir.

Yapının Mevcut Beton Dayanımının Belirlenmesine İlişkin İşlemler: Yapının mevcut beton dayanımının belirlenmesine ilişkin işlemler, RYTEİE Bölüm 4.1'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İnceleme yapılan katın alanı 275,07 m² büyüklüğünde olup, bu katta bulunan 26 adet kolon tahribatsız yöntem bu katta bulunan 26 adet kolonda tahribatsız yöntem kullanılmış ve en düşük sonuçların alındığı 6 adet kolondan karot numunesi alınmıştır.



Şekil 4. 8 YAP.net uygulaması ile oluşturulan yapıya ait 3 boyutlu görünümü

Tahribatsız Yöntem ile Mevcut Beton Dayanımının Belirlenmesi: Mevcut beton dayanımının belirlenmesi amacıyla, S101, S102, S103, S104, S105, S117, S119, S123, S125, S127, S131 ve S133 isimli 12 kolonda sıva yüzeyi kaldırılarak brüt beton üzerinden tahribatsız yöntem ile beton dayanım testi yapılmıştır.

Tahribatlı Yöntem ile Beton Dayanımının Belirlenmesi: Mevcut beton dayanımının belirlenmesine yönelik olarak tahribatsız yöntem ile 12 adet kolondan elde edilen değerlerin en düşük sonucun alındığı S101, S102, S117, S119, S125, S127 isimli 6 adet kolondan tahribatlı yöntem ile karot numunesi alınmıştır. Karot numunelerinden elde edilen beton basınç dayanımı sonuçları, RYTEİE EK-B’de yer alan karot düzeltme faktörleri kullanılarak ve RYTEİE’nin 4.1.11 maddesinde yer alan “...Mevcut beton dayanımı, düzeltme sonrası elde edilen beton dayanımlarının ortalama değerinin % 85’i olarak alınır.” hükmü uyarınca 0,85 katsayısıyla çarpılarak analizde kullanılan mevcut beton dayanımı belirlenmiştir.

Yapının RYTEİE 4.1 maddesi uyarınca taşıyıcı sistemi incelenmiş ve yapıdan bilgi toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. RYTEİE 4.2 maddesi uyarınca yapının 3 boyutlu bina modeli oluşturulmuş, 4.3 maddesinde belirtilen hesap yöntemine göre YAP.Net programı ile yapısal analizi yapılmış ve 4.4 maddesinde yer alan hükümlere göre risk

değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. İncelenen katlarda, eksenel basınç gerilmelerinin ortalaması, kolon ve perdelerde hesaplanan eksenel basınç gerilmelerinin toplamının, toplam kolon ve perde sayısına bölünmesiyle bulunmuştur. Bu değer ve mevcut beton dayanımına bağlı olarak her kat için kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri hesaplanmıştır. Her kat için ayrı ayrı hesaplanan risk sınırını aşan kolon ve perdelerin kesme kuvvetleri toplamının kat kesme kuvvetine oranı belirlenmiştir. YAP.Net programında Kat 1, Kat 2 gibi isimlendirilen katlarda hesaplanan kat kesme kuvveti oranı değeri, kat kesme kuvveti oranı sınır değerini aştığından, bina 6306 sayılı Kanun kapsamında “Riskli Bina” olarak tespit edilmiştir. Yap.Net programına göre elde edilen kesme kuvvetleri kat bazında Çizelge 4.2’de verilmiştir. Tüm kat yükseklikleri eşit olup $h=2.75m$ ’dir.

Çizelge 4.2 Kat bazında kesme kuvveti sonuçları (R.S.A.: Risk Sınırı Altında)

Kat No	Toplam kat kesme kuvveti(kN)	Riskli Elemanlar Kesme Kuvveti Toplamı (kN)	Kat Kesme Kuvveti Sınır Değeri	Riskli Elemanların Kesme Kuvveti/ Toplam Kesme Kuvveti	Kat Risk Durumu	Riskli Elemanların Sayısı / Toplam Eleman Sayısı
z.	6981,64	5533,3	0,307	0,793	Riskli	12/34
1	6557,72	1941,55	0,329	0,296	R.S.A.	3/34
2	5535,36	975,23	0,35	0,176	R.S.A.	2/34
3	4483,17	278,55	0,35	0,03	R.S.A.	0/34
4	2461,29	466,17	0,35	0,189	R.S.A.	4/34

* Sadece 9,83 MPa beton basınç dayanımındaki, X ve Y yönlü yükleme tiplerinden en fazla sayıda riskli elaman oluşturanların verileri tabloya yansıtılmıştır.

4.3. RBTEİE’ye Dayalı Risk Analizi Yapabilen Ticari Yapı Analiz Programları İle

Yap.Net Sonuçlarının Karşılaştırılması

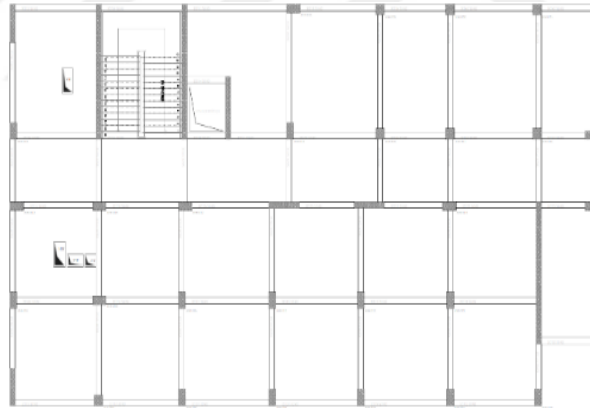
Bu bölümde, Türkiye’de yaygın olarak kullanılan betonarme ve çelik yapı sistemlerinin tasarımını, analizini ve betonarme yapı sistemlerinin RBTEİE’ye göre de risk analizlerini yapabilen Sta4Cad ve İdeCAD yapı analiz programları kullanılarak, RBTEİE- EK C’de tanımlanan Mod Birleştirme Yöntemi ile risk analizleri gerçekleştirilmiştir. Üç farklı tipte

betonarme bina için risk tespitleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar resmi YAP.net programından alınan sonuçlarla kıyaslanmıştır.

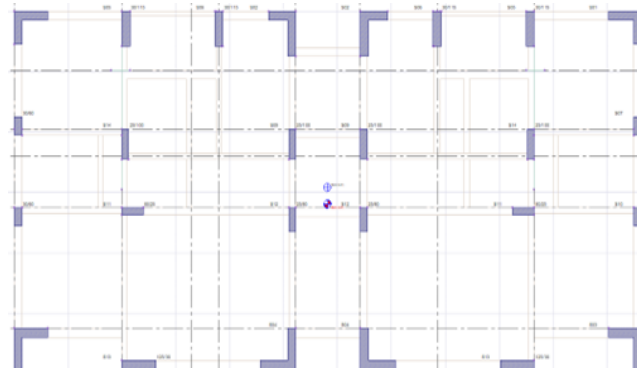
Karşılaştırma için, ARAAD.net bilgi sisteminden YAP.net programı ile çözümleme yapılmış ve riskli olduğu kesinleşmiş üç farklı bina seçilmiştir. Bu binalar, sağlık ocağı, okul ve konut gibi farklı kullanım amaçlarına sahip, farklı kat yüksekliği ve çerçeve sistemi özellikleri olan yapılar arasından seçilmiştir. Bu esaslara göre seçilen binaların taşıyıcı sistemleri yapı özellikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Sağlık ocağı, konut ve okul yapılarına ait bilgiler

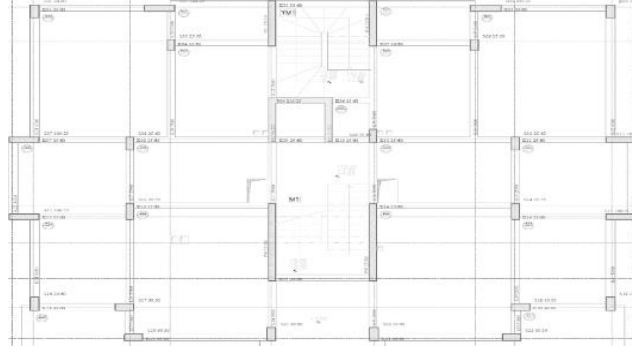
Yapı Bilgileri	Bina Türü		
	Sağlık Ocağı	Konut	Okul Binası
Kat Adedi	2	5	3
Zemin Sınıfı	ZC	ZB	ZD
Alan (m ²)	1100	1358	2400
Yapım Yılı	1981	1988	1985
Beton Dayanımı (MPa)	8,65	9,83	10,22
Donatı Sınıfı (fym)	S220	S220	S220



Şekil 4.9 Sağlık ocağı kat planı



Şekil 4.10 Konut binası kat planı



Şekil 4.11 Okul binası kat planı

Karşılaştırma verileri olarak her bir yapının kritik katlarındaki en büyük etki/kapasite (m) değeri, en büyük öteleme oranı (δ/h), kat kesme kuvveti oranı sınır değeri ve X ve Y yönünde risk sınırını aşan elemanların kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranları kullanılmıştır. RBTEİE'ye göre bir yapının riskli kabul edilmesi, düşey taşıyıcı elemanlara uygulanan etki/kapasite oranı ve görelî kat öteleme miktarlarının belirli sınır değerlerini aşmasına bağlıdır. Bu iki kriterden en az birinin sınır değerini aşması durumunda, ilgili düşey taşıyıcı eleman riskli olarak değerlendirilir. RBTEİE hesap yöntemleri ile yapılan analizler sonucunda, hem resmi program (YAP.Net) hem de ticari yapısal analiz programları, incelenen tüm yapıları riskli bina olarak sınıflandırmış ve sonuçlar arasında uyum olduğu saptanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları Çizelge 4.4'e aktarılmış, bu sonuçların YAP.net ile olan sayısal yakınlıkları ise yüzde olarak hesaplanıp Çizelge 4.5'te sunulmuştur. Çizelge 4.5'te, m_{maks} en büyük etki/kapasite oranını, $(\delta/h)_{maks}$ X ve Y yönünde gerçekleşen en büyük ötelenmeyi, $(V_{kolon}/V_{kat})_X$ ve $(V_{kolon}/V_{kat})_Y$ sırasıyla X ve Y doğrultularındaki risk sınırını aşan elemanların kesme kuvvetlerinin kat kesme kuvvetine oranını ve V_{kat} ise kat kesme kuvveti oranı sınır değerlerini ifade etmektedir. Her iki ticari yazılım programının modal analiz sonuçlarına göre, yeterli titreşim modu sayısı dikkate alınan birbirine dik iki yatay deprem doğrultusunda, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenmiştir. Bu çerçevede, etkin kütle katılım oranının %90'dan az olmaması kuralına göre her iki programın analiz sonuçlarında da 7 modun yeterli olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4. Farklı yapı analiz programı sonuçları (B.T.: Bina Türü)

B.T.	Analiz Programları	$m_{maks.}$	V_{kat}	$(\delta/h)_{maks.}$	X-yönü $(V_{kolon}/V_{kat})_X$	Y-Yönü $(V_{kolon}/V_{kat})_Y$	Sonuç
Konut	Yap.net	6,84	0,29	0,0037	0,82	0,48	Riskli
	İdeCAD	5,85	0,26	0,0031	0,72	0,52	Riskli
	STA4-Cad	5,22	0,22	0,0027	0,62	0,54	Riskli
Okul	Yap.net	7,22	0,31	0,0063	0,88	0,55	Riskli
	İdeCAD	6,88	0,30	0,0058	0,83	0,51	Riskli
	STA4-Cad	6,81	0,29	0,0055	0,79	0,48	Riskli
Sağlık ocağı	Yap.net	7,85	0,32	0,0077	0,91	0,62	Riskli
	İdeCAD	7,33	0,28	0,0062	0,80	0,49	Riskli
	STA4-Cad	7,02	0,27	0,0059	0,77	0,46	Riskli

Çizelge 4.5. Farklı ticari yapı analiz programı sonuçlarının, resmi yapı analiz programı Yap.Net'e göre yüzdesel uyumlulukları

B.T	Analiz Programları	$m_{maks.}$	V_{kat}	$(\delta/h)_{maks.}$	X-yönü $(V_{kolon}/V_{kat})_X$	Y-Yönü $(V_{kolon}/V_{kat})_Y$
Konut	İdeCAD	%86	%90	%84	%88	%92
	STA4-Cad	%76	%76	%73	%76	%89
Okul	İdeCAD	%95	%97	%92	%94	%93
	STA4-Cad	%94	94%	%87	%90	%87
Sağlık ocağı	İdeCAD	%93	%88	%81	%88	%79
	STA4-Cad	%89	%84	%77	%85	%74

Çizelge 4.5.'deki yüzde farklılıkların, Sta4Cad ve İdeCAD yapı analiz programlarının kullandığı kabul kriterlerine bağlı olduğu unutulmamalıdır. Üç farklı bina türü için yapılan incelemede, riskli yapıların tespitinde YAP.Net programı sonuçlarına en yakın olanın İdeCAD programından elde edilen sonuçlar olduğu, Sta4Cad programının sonuçlarının ise İdeCAD'e kıyasla daha düşük oranda bir uyum gösterdiği görülmüştür.

5. RBTEİE YÖNTEMİ İLE RİSKLİ BİNA ÖZELLİKLERİNİN RİSK FAKTÖRÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde, 6306 Sayılı Kanun kapsamında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından RBTEİE hesap yöntemlerine göre riskli yapı olarak belirlenen Trakya bölgesindeki 218 adet betonarme yapının tespit raporları incelenmiştir. İncelenen raporlar doğrultusunda, Trakya bölgesinde bulunan riskli yapıların ortak özellikleri, sayısal veriler üzerinden değerlendirilerek Bölüm 5.1'de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ardından, riskli yapılarda beton ve donatı çeliği sınıflarının yapı risk seviyesine etkisinin irdelendiği Bölüm 5.2'de, yapı malzemeleri ve donatı sınıflarının risk seviyesine etkileri analiz edilmiştir. Yapısal kusurların risk düzeyine etkisinin incelendiği Bölüm 5.3'te, yapı kusurlarının risk düzeyine olan etkileri incelenmiştir. Son olarak, riskli yapı tespitlerinde sınır değerler ile risk seviyelerinin irdelendiği Bölüm 5.4'te, riskli yapıların tespiti için kullanılan sınır değerler ve bu değerlerin yapıların risk seviyeleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

5.1. Trakya Bölgesinde Bulunan Riskli Yapıların Ortak Özelliklerinin Sayısal

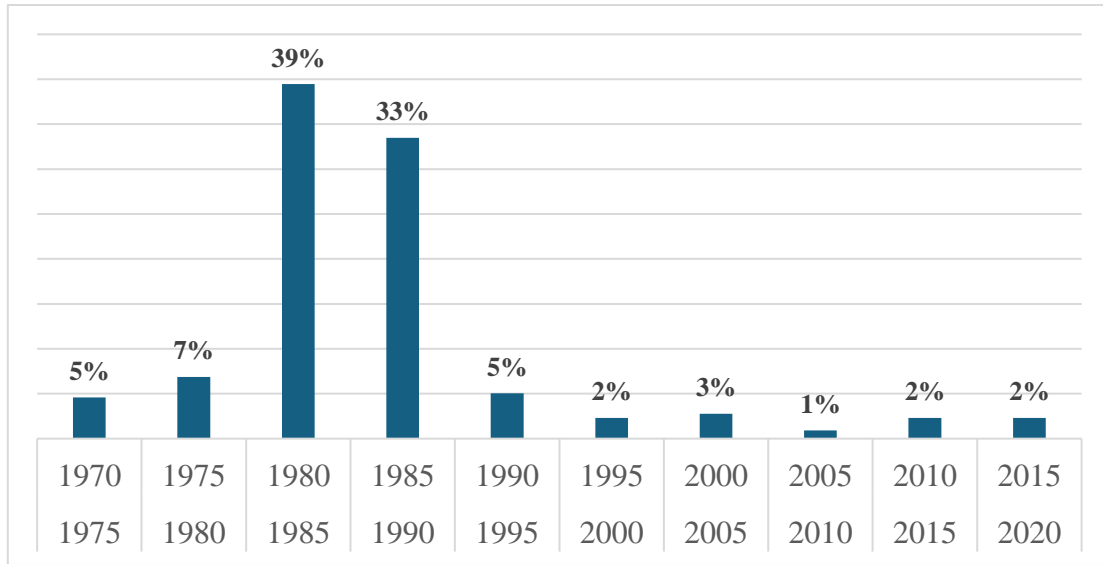
Dağılımlarının Belirlenmesi

Yapısal düzensizliklerin neler olduğunu belirlemek içinde RBTEİE EK-A da verilen basitleştirilmiş yöntemlerle alan dağılımlı risk tespiti araştırılmasında kullanılan düzensizliklerden olan; yumuşak kat/zayıf kat düzensizliği, düşeyde düzensizlik durumu, kapalı çıkma durumu, kolonlarda kesme etkisinden dolayı kırılmanın meydana geldiği durumlara ait düzensizlikleri ile riskli binaların yapım yılları ve beton basınç değerlerinin ortalamasının riskli binalarda tespit edilen olumsuz özelliklerin sayısal oranları belirlenmeye çalışılmıştır.

5.1.1. Riskli yapıların yapım yıllarına göre dağılımı

Riskli yapıların yapım yıllarına göre dağılımı Şekil 5.1'deki grafikten incelendiğinde, riskli yapı başvurularının büyük çoğunluğunun 1980-1990 yılları arasında inşa edilen binalara ait olduğu görülmektedir. Bu durumun temel nedeni, bu dönemde yapılan yapıların çoğunun artık kullanım ömrünü tamamlamış olmasıdır. 1980 yılı öncesindeki

dönemlerde riskli bina sayılarının düşük olmasının, o yıllarda betonarme bina sayısının az olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. 1990 ve özellikle 2000 yılı sonrasında ise riskli bina sayılarındaki hızlı düşüş, bina yapım süreçlerine getirilen denetim ve nitelik açısından gelişmiş standartlar, denetimlerin sıklaştırılması ve henüz kullanım ömrünü tamamlamamış binalar için yapılan risk tespiti başvurularının düşük olmasıyla açıklanabilir. Öte yandan, bir binanın güçlendirilmesi ya da yıkılmasına karar verilmesi, genellikle güçlendirme maliyetinin yeniden yapım maliyetine oranının ortalama %40'ın altında kalması durumuna göre değerlendirilmektedir.[30] Bu durum ise yeni binaların ekonomik değerlerinin yüksek olması dönüşüm taleplerindeki sayının az olmasında etkili olduğunu düşündürmektedir.

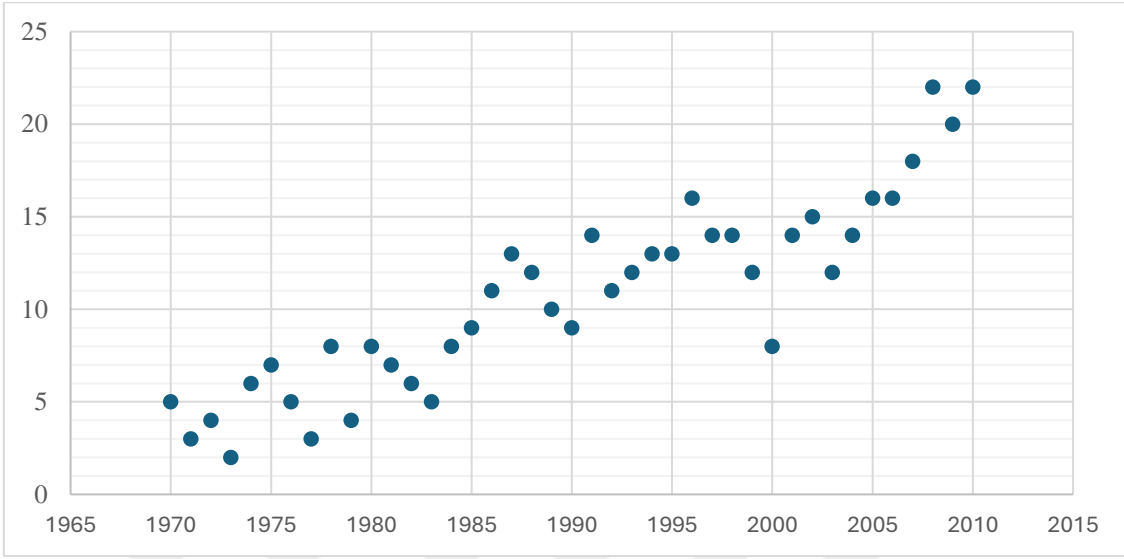


Şekil 5. 1 Yapım yılları yüzdesel dağılım grafiği

5.1.2. Riskli binaların beton basınç dayanımının yapım yıllarına göre dağılımı

Riskli binaların beton basınç dayanımının yapım yıllarına göre dağılımı Şekil 5.2'de verilen grafikte incelendiğinde, özellikle 2004 yılından sonra inşa edilen yapılarda beton basınç dayanımının arttığı görülmektedir. Bu artış, 2004 yılından itibaren hazır beton kullanımının zorunlu hale getirilmesinden kaynaklanmaktadır [31]. Ayrıca, 2000 yılından sonra TS EN 206-1 No'lu " Beton- Bölüm 1: Özellik, performans, imalat ve uygunluk " [32] başlıklı standardı uyarınca döküm şartlarının çok sıkı kurallara bağlanmış olmasının da etkisi ile desteklemektedir. Bu yıldan sonra beton basınç dayanımından kaynaklı risk durumu tespiti yapılmamış olması, kanun ve yönetmeliklerin etkisinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Benzer bir çalışma Eskişehir ilinde de gerçekleştirilmiş ve riskli yapıların beton basınç dayanımı incelenmiştir. Bu çalışmada, yapıların %95'inin

basınç dayanımının 15 MPa'nın altında kaldığı, hatta %15'inin 5 MPa basınç dayanımını dahi sağlayamadığı tespit edilmiştir.[33]



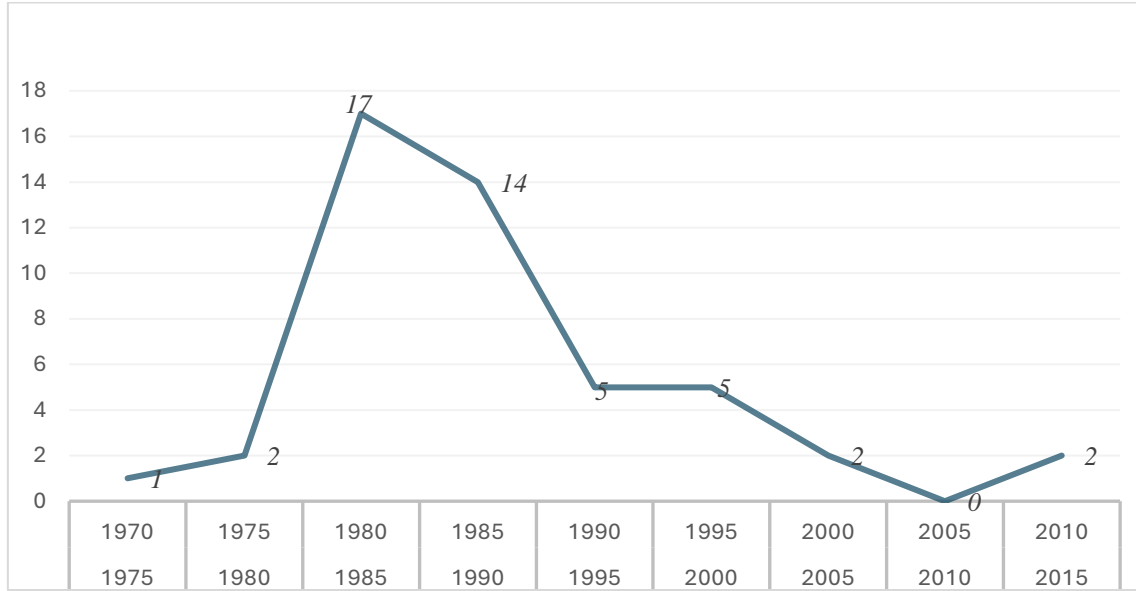
Şekil 5. 2 Binaların Yapım Yılına Göre Beton Basınç Değeri (MPa) Ortalamaları grafiği

5.1.3. $0.7 < (V_e/V_r)$ şartını sağlayan binaların yapım yıllarına göre dağılımı

Kesme göçmesi, yapı elemanlarının kesme kuvvetlerine karşı dayanımının yetersiz kalması sonucu, elemanın gevrek ve ani bir şekilde taşıma kapasitesini kaybetmesiyle ortaya çıkan bir yapısal hasar türüdür. Yarım duvar, bant pencere, boşluklu dolgu duvar gibi durumların neden olduğu, yüksek rijitlik ve düşük süneklik sergileyen kısa kolonlarda, eleman göçme hasar seviyesine kesme etkisiyle ulaşmaktadır. [34] Sonuç olarak, bu durumlar, kolonun kesme kapasitesinin aşılmasıyla gevrek bir göçmeye yol açarak kısa kolon davranışına benzer bir hasar mekanizmasını tetikleyebilir. Ancak, RBTEİE’de kısa kolon etkisinin özel olarak ele alınmaması nedeniyle kesme göçmesi kapsamında değerlendirilmiştir. Riskli binalarda yüksek kesme kuvvetine maruz kalan yapılarında değerlendirilmesi gerektiği düşünüldüğünde, bu tür yapıların tespiti aşağıda belirtilen yöntemle yapılmıştır.

RBTEİE’nin 4.3. maddesine göre, tüm kolonlar kesme kuvveti esas alınarak, deprem kesme kuvvetinin, eleman kesme kapasitesine oranı olan (V_e/V_r) oranına ve sarılma bölgesindeki donatı detayına göre gruplandırılmıştır. (V_e/V_r) oranı 2. bölümdeki Çizelge 2.1’de hesaplanan V_e/V_r oranlarına göre, B grubu kolonların eğilme-kesme, C grubu kolonların ise kesme göçmesine maruz kaldığı belirtilmiştir. Buna göre, (V_e/V_r) oranı, $0.7 < (V_e/V_r)$ koşulunu sağlayan her bir kolon B veya C grubu kolonlarını oluşturmaktadır.

Bu çerçevede grafikteki toplam dağılımı belirlemek amacıyla, YAP.net sisteminde bodrum kat yükseklikleri normal katlardan daha kısa olan ve B veya C grubuna giren kolonlar dikkate alınarak, Şekil 5.3'te riskli bina sayılarının yıllara göre dağılım durumu



Şekil 5. 3 Yıllara göre eğilme-kesme (B grubu) veya kesme (C grubu) göçmesi durumundaki riskli bina sayısı grafiği ($V_e/V_r > 0.7$).

sunulmuştur. Yapılan risk analizlerinde, özellikle 1980-1990 yılları arasında inşa edilmiş yapılarda eğilme-kesme veya kesme kırılmasından kaynaklanan yapısal hasarların yaygın olduğu belirlenmiştir. Oransal olarak değerlendirildiğinde, riskli yapı raporlarının yaklaşık %20'sindeki B ve C grubuna giren kolonların bulunduğu gözlemlenmiştir.[16]

Bu yapılardaki eğilme-kesme veya kesme göçmesinin oluşmasının ana nedeni, 1977-1985 yılları arasında inşa edilen birçok yapının bodrum katlarının konut olarak planlanmasından kaynaklanmaktadır. Dönemin imar yönetmeliklerinin hem bodrum katlarda konut yapılmasına izin vermesi hem de bodrum katların izin verilen inşaat alanına dahil etmemesi, yapı sahiplerinin fazladan daire elde etme isteğiyle birleşince bu tür tasarımlara yönelmesine neden olmuştur. Bodrum dairelerinin kat yüksekliklerinin kısa tutulmuş olmasının nedeni ise dönemin İmar Kanunu'nda [35] izin verilen toplam bina yüksekliğinin aşılmaması için bodrum katların normal katlardan daha kısa inşa edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bodrum katların konut olarak kullanılmasının yasaklanması, ancak 2013 yılında Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde yapılan değişiklikle yürürlüğe girmiştir.[36] Bu düzenlemenin ardından tespit edilen riskli binalarda eğilme-kesme (B grubu) ve kesme (C grubu) göçmelerine daha az rastlanması,

yapısal hasarların azalmasına katkı sağlamıştır.

5.1.4. Yumuşak/Zayıf kat düzensizliği olan binaların yapım yıllarına göre dağılımı

TBDY-2019'da, Bölüm 3.6.1 ve Tablo 3.6'da yumuşak kat, bodrum katlar dışında herhangi bir kat için rijitlik düzensizliği katsayısının (η_{ki}) 2.0'dan fazla olması durumu olarak tanımlanmıştır. Bu katsayı, birbirine dik iki deprem doğrultusundan herhangi biri için, i 'inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesiyle elde edilir. Matematiksel olarak ifade edilirse,

$$\eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i^{(x)}}{h_i}\right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i+1}^{(x)}}{h_{i+1}}\right)_{ort}} > 2 \quad \text{veya} \quad \eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i^{(x)}}{h_i}\right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i-1}^{(x)}}{h_{i-1}}\right)_{ort}} > 2 \quad (1)$$

Bu şartı sağlaması durumunda yapıda yumuşak kat düzensizliği bulunmaktadır. Öte yandan, zayıf kat ise, betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusundan herhangi birinde, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olan Dayanım Düzensizliği Katsayısı (η_{ci})'nin 0.80'den küçük olması durumu olarak tanımlanır.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (2)$$

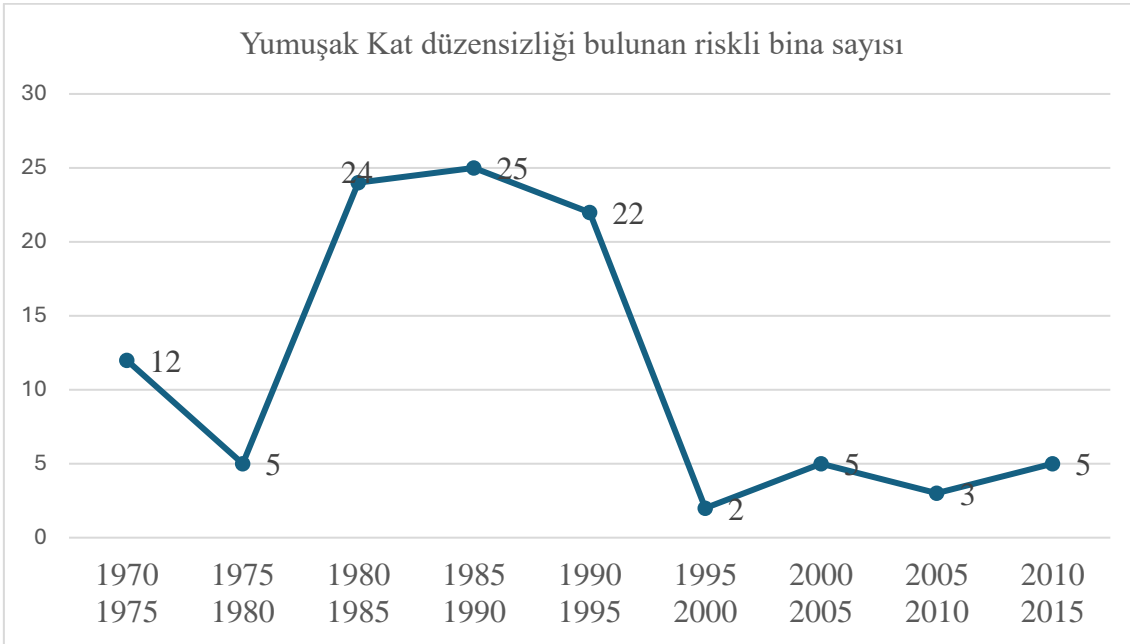
Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı

$$(\Sigma A_e)_i = (\Sigma A_w)_i + (\Sigma A_g)_i + (0.15 \Sigma A_k)_i \quad (3)$$

ile tanımlanmıştır. Ancak, tespit edilen riskli yapılarda bu şartları tam olarak sağlayan yapıların nadiren bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, bu şartları tam olarak karşılayan yapılarla birlikte, giriş kat yükseklikleri diğer katlardan daha fazla olan, giriş katının duvar planı üst katlara göre daha seyrek olan veya herhangi bir katında duvarlar kaldırılarak camekan yapılan yapıların da rijitlik düzensizliği katsayısının daha yüksek olacağı ve yumuşak kat/zayıf kat düzensizliğine daha yakın olacağı varsayılarak, bu yapılar da dağılım hesaplamalarına dahil edilmiştir.

Şekil 5.4'te verilen grafikte yumuşak kat/zayıf kat düzensizliğinin, 1980 ile 1990 yılları arasında inşa edilen yapılarda yoğunlaşmasının iki ana nedeni olduğu düşünülebilir. İlk neden, bu dönemde betonarme bina yapımında kaydedilen artışla birlikte, riskli yapı tespit oranlarının da yükselmiş olmasıdır. İkinci neden ise, bu yıllarda şehirlerin hızla

gelişmesi ve artan nüfusun ticaret hacmini artırmasıyla ilgilidir. Bu ihtiyaçları karşılamak amacıyla birçok konutun giriş katları ticari alan olarak tasarlanmıştır. Riskli yapı tespiti

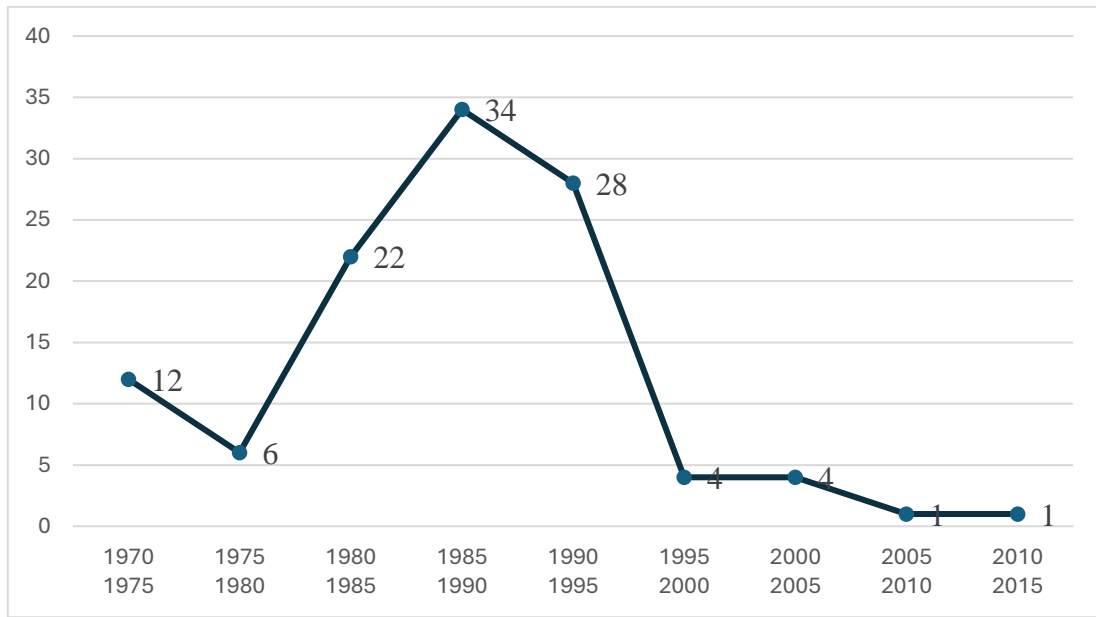


Şekil 5. 4 Yumuşak kat düzensizliği/kusuru bulunan bina sayıları grafiği

bu dönemlere ait yapıların konumları incelendiğinde, yumuşak kat/zayıf kat düzensizliğine maruz kalan neredeyse tüm yapıların, şehrin en işlek bölgelerinde yer alan ve giriş katları ticari alanlara dönüştürülmüş binalar olduğu görülmektedir. Ayrıca, bu dönemde inşa edilen yapıların, ileride ticari alan olabileceği düşüncesiyle yüksek giriş katı olarak planlanmış olması da bu duruma katkıda bulunmuştur. 1975 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Yönetmeliği [37] incelendiğinde, yumuşak kat/zayıf kat düzensizliği oluşumuna dair özel bir önlemin bulunmaması, bu düzensizliğin bu dönemde yüksek oranlarda görülmesinin nedenlerini daha iyi açıklamaktadır. Zaman içinde imar planlarında bu düzensizlik türüne yönelik kısıtlayıcı hükümler konulmuştur. Yapılan bu değişiklikler etkili olmuş ve grafikten de görülebileceği üzere, özellikle 1995 yılından sonra bu tür yapı oluşumlarında belirgin bir düşüş kaydedilmiştir. Son Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde ticaret bölgelerinde zemin kat yükseklikleri 4,50 m, asma katlı zemin katlarda ise 5,50 m olarak sınırlandırılmış, diğer katlarda ise bu yükseklik 4,00 m olarak belirlenmiştir [38]. Bu düzenlemelerle, riskli yapıların yumuşak/zayıf kat oluşumunun önlenmesi ve bu durumun yaratabileceği risklerin azaltılması hedeflenmiştir.

5.1.5.Kapalı çıkma bulunan bina sayılarının yapım yıllarına göre dağılımı

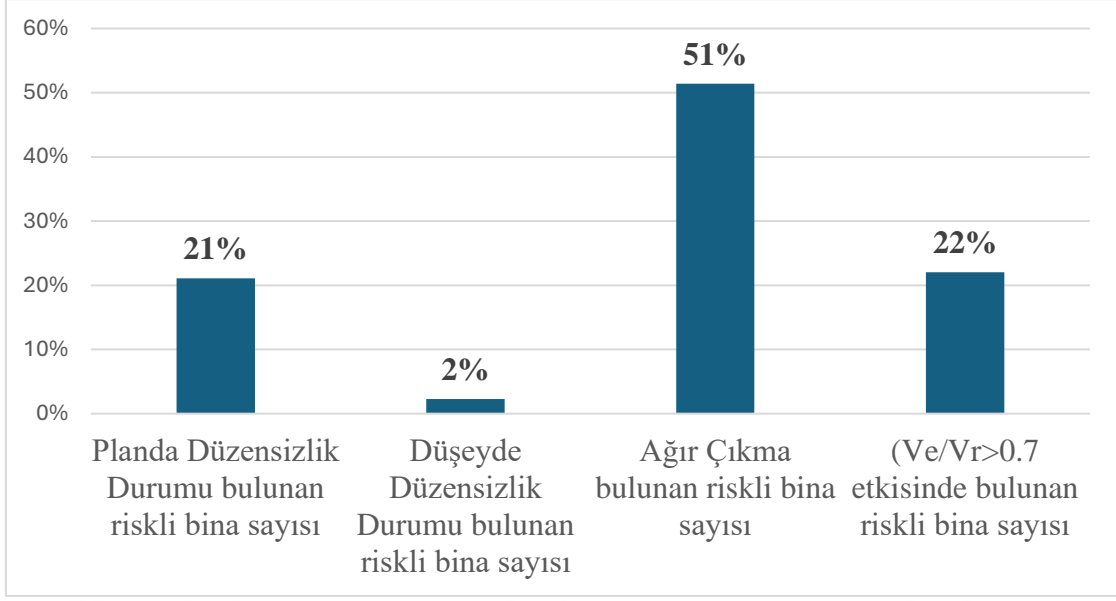
Şekil 4. 5'teki tespit edilen tüm riskli binalarda çok sayıda kapalı çıkma düzensizliğinin bulunmasının temel nedeni, dönemin planlı alanlar imar yönetmeliklerinde kapalı çıkmaların arazide hesaplanan toplam net inşaat alanına dahil edilmemesidir. [39] Bu düzensizliklerin yıllar içinde azalmasının nedeni ise, yönetmeliklerle bu tür çıkmalara sürekli getirilen kısıtlamalardır. Öyle ki, 2023 yılı itibarıyla 4 kat ve üzeri binalarda kapalı çıkma yapılmasına hiçbir durumda izin verilmemektedir [40].



Şekil 5. 5 Kapalı çıkma etkisinde bulunan yapıların yapım yıllarına göre dağılımı

Şekil 5.5'te sunulan grafik kapalı çıkma sayılarının oranını göstermektedir. Bu kapsamda, balkonu duvarla kapatılarak oturma alanına dahil edilenler ile herhangi bir cephesinde 1 metre veya daha fazla kapalı çıkma bulunan yapılar değerlendirilmiştir. Toplam risk tespiti yapılan yapılar içinde bu tür kapalı çıkmaların oranı %51'dir ve bu, tüm yapısal düzensizlikler arasında en yüksek oranı oluşturmaktadır.

Tüm riskli yapıların içinde bulunan düzensizliklerin oranı ise aşağıdaki grafikte görülmektedir.



Şekil 5. 6 Riskli yapılarda bulunan yapısal düzensizliklerin oranları

5.2. Riskli Yapılarda Beton ve Donatı Çeliği Sınıflarının Risk Seviyesine Etkisinin İrdelenmesi

5.2.1. Betonarme yapı malzemeleri

Mevcut yapıların risk durumunun tespitinde karşılaşılan en yaygın sorunlardan biri, beton basınç dayanımının olması gerekenden daha düşük mertebelerde olmasıdır. Şekil 5.2’de görüleceği üzere, risk tespiti yapılan yapıların ortalama beton basınç dayanımları 5 MPa ile 15 MPa arasında değişmektedir. 1980 ve 2000 yılları arasında tespit edilen riskli yapı sayısının yüksek olduğu bu dönemde, dayanımın ağırlıklı ortalamasının ise 5 MPa ile 10 MPa arasında olduğu gözlemlenmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne (TBDY-2018)’e göre izin verilen en düşük beton basınç dayanımı 25 MPa olduğundan, riskli binaların değerlendirilmesinde beton basınç dayanımının özellikle incelenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir. Donatı çeliği sınıfı açısından da benzer bir durum söz konusudur. Riskli yapılardaki donatılar, yerleşim şekilleri, miktarları, kenetlenme boyları ve tipleri açısından TBDY-2018’de belirtilen sınırların oldukça altında kalmaktadır. Ayrıca, bu yapılarda beton ve donatının birbirine bağlanmasında kritik öneme sahip ve günümüzde kullanımı zorunlu olan aderans artırıcı nervürlü donatılar yerine, düz yüzeyli donatılar kullanılmıştır. Ek olarak bu donatılara yeterli pas payı bırakılmadığı içinde korozyona maruz kalmış, bu da donatıların dayanımlarını daha da zayıflatmıştır.

Yukarıda belirtilen gerekçeler üzerine bu bölümde, betonarme riskli yapıların taşıyıcı sistemini oluşturan iki temel malzeme olan beton ve donatı çeliğinin dayanımlarının yapıların risk seviyelerine etkisini belirlemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, örnek bir model oluşturulmuş, yapı analizleri yapılmış ve modelin risk hesaplamalarında kullanılan temel parametreler karşılaştırılarak sonuçlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

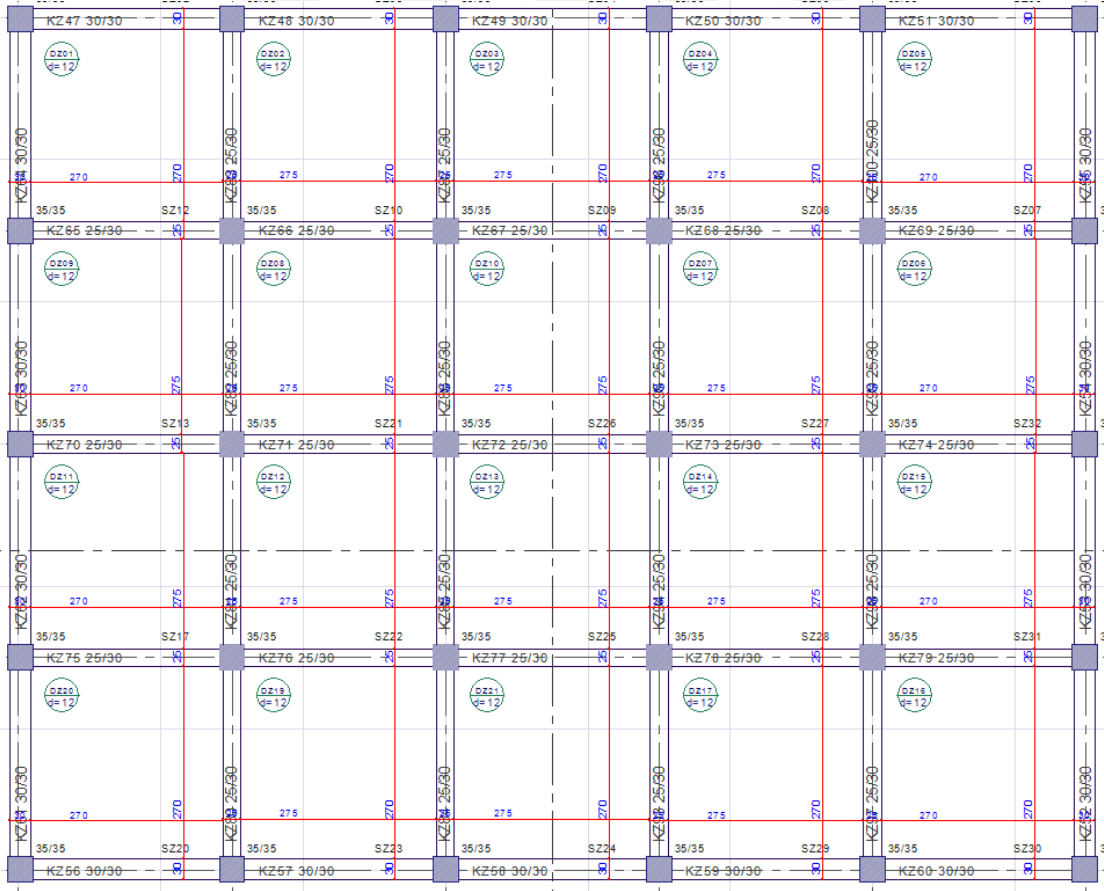
5.2.2. Tasarlanan örnek modele ilişkin yapılan kabuller

Düşük beton basınç dayanımı ve donatı sınıfının binalarda oluşturacağı risklerin tespitine yönelik olarak, RBTEİE hesap esasları dikkate alınarak örnek bir tip model tasarlanmıştır. Tasarlanan modelin, riskli yapıların genel tasarım özelliklerini yansıtması amacıyla aşağıda belirtilen kriterlere özellikle dikkat edilmiştir.

- TBDY-2018’de tanımlanmış yapısal düzensizliklerin ve bu tanımlamanın gerektirdiği şartları tam olarak sağlamasa da döşeme süreksizliği, zayıf kat, yumuşak kat ve kapalı çıkma gibi yapısal kusurların oluşmaması için yapı planının tasarımında özen gösterilmiştir.
- Oluşturulan yapı planı tam kare olmamakla birlikte x ve y doğrultusundaki kuvvet etkilerinin birbirine yakın olmasını sağlamak amacıyla x-y yönlerinde benzer boyutlarda seçilmiştir.
- Zemin sınıfı olarak sert kaya (ZA) ile sınıvlaşabilir zemin (ZE) arasındaki ZB sınıfı zemin seçilmiştir.
- Riskli yapılardaki donatı düzeni dikkate alınarak, etriye kancalarının çoğu durumda 135° olmaması ve etriye aralığının 20 cm’nin üzerinde olması nedeniyle RBTEİE 4.3.3 esaslarına göre donatı özellikleri ve oranları B grubu sınıfına uygun şekilde tasarlanmıştır.
- Mevcut yapı stoğunun yapım yılları dikkate alınarak, 1975 yılı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Yönetmeliği esaslarına uygun olacak şekilde kolon boyutları 35x35 cm olarak belirlenmiş, iç kirişler 25x30 cm, dış kirişler ise 30x30 cm olarak seçilmiştir.
- Döşemelerin yalnızca yük aktardığı varsayımıyla rijit diyafram olarak tasarlanmıştır. Tüm katlarda kalınlıkları 12 cm olarak seçilmiş ve binadaki döşemelerin rijit diyafram oluşturduğu kabulü yapılmıştır.

- Tespit edilen riskli yapılarda perde kullanım oranının düşük olması nedeniyle mevcut riskli yapılara uygun olması amacıyla modelde perde kullanılmamıştır.
- Dış cephelerin tümüne ve orta noktalara, 13,5 cm delikli tuğla ile yüklenecek duvarlar göz önünde bulundurularak, duvar yükleri yapıya etkiledikleri yerlerden yayılı yük olarak yüklenmiştir.
- Bina, beş katlı olacak şekilde ve her kat 2,80 m yüksekliğinde tasarlanmış olup, kat alanı iki daireyi kapsayacak şekilde 15,40x12,45 m boyutlarında ve toplamda 955 m² olacak şekilde tasarlanmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.
- Mevcut donatı düzeni, kolonlar için düşeyde 8 adet 16 mm çapında boyuna donatı ve etriyeler için 10 mm çapında ve 20 cm aralıkla yerleştirilmiş olarak varsayılmıştır.
- Yapısal analiz ve hesaplamalar, YAP.net ile en uyumlu sonuçları veren İdeCAD yapı analiz programı kullanılarak yapılmıştır.

Bu bilgilere göre oluşturulan model binanın kalıp planı aşağıdaki şekildedir.

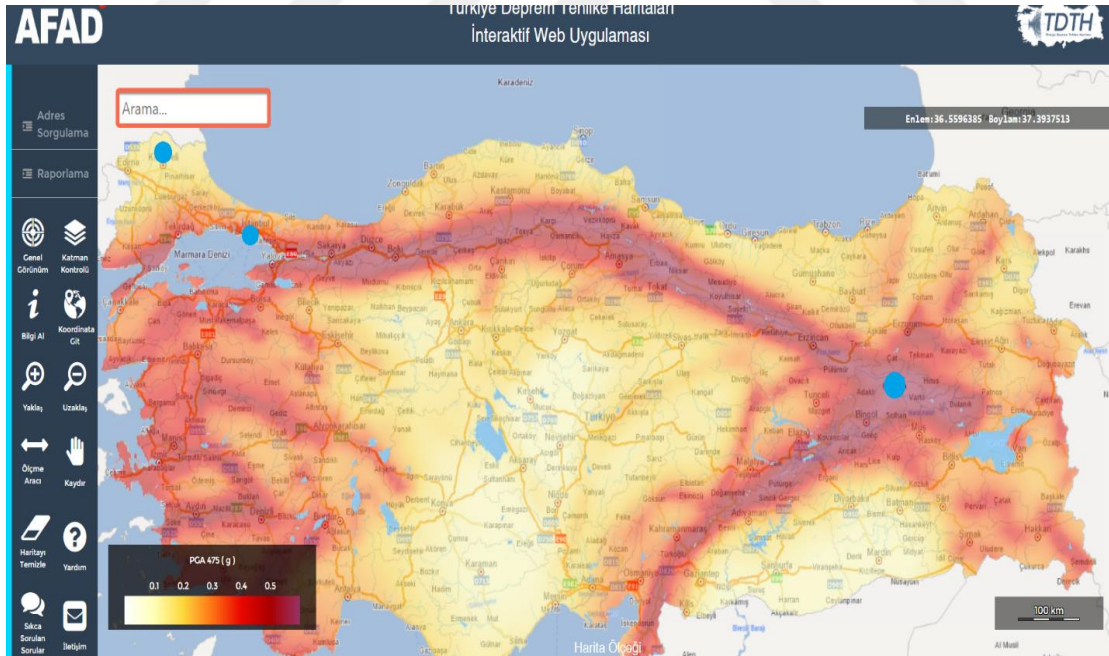


Şekil 5.7 Model binanın kat planı

5.2.3. Deprem bölgelerinin belirlenmesi

1996 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, [21] tüm Türkiye'yi maksimum yer ivmesi (PGA) değerine göre 5 deprem bölgesine ayırmaktaydı. Bu bölgeler, geniş coğrafi alanları kapsadığından, her bir bölgenin farklı noktaları yalnızca tek bir maksimum yer ivmesi (PGA) değeri ile tanımlanmaktaydı. Bu yaklaşımın yetersiz kalması üzerine, 2019 yılında yeni Türkiye Deprem Tehlike Haritası yürürlüğe girmiştir. Yeni harita, maksimum yer ivmesini bölgelere göre değil, coğrafi koordinatlara dayalı olarak her bir noktaya özel olarak tanımlamaktadır. Böylece her bir noktanın deprem tehlikesine ilişkin yer ivmesi daha hassas bir şekilde tespit edilebilmektedir. Ayrıca, 1996 Deprem Bölgeleri Haritasında deprem tehlikesi PGA ile değil, spektral ivmeler üzerinden tanımlanmaktaydı. Yeni haritaya ait her noktanın deprem ivme değerlerine <https://tdth.afad.gov.tr> adresinden ulaşılabilmektedir.

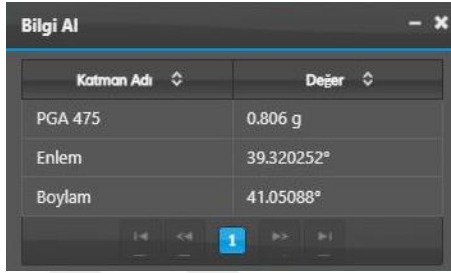
Model binanın malzeme dayanımlarının farklı deprem bölgelerindeki risk seviyesini nasıl etkilediğini incelemek amacıyla, yapı çeşitli deprem bölgelerine yerleştirilerek bu etki analiz edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye Deprem Haritasından maksimum yer



Şekil 5. 8 Türkiye deprem tehlikesi haritası [21]

ivmesi (PGA) değerleri farklı üç bölge seçilmiş ve her bir bölgede beton basınç dayanımı ve/veya donatı akma dayanımları kademeli olarak azaltılarak bu malzemelerin risk

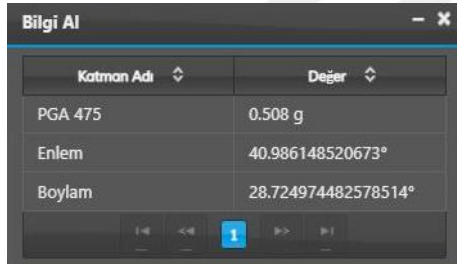
seviyelerinde ne tür değişiklikler meydana geldiği araştırılmıştır. Seçilen üç noktanın coğrafi koordinatları, AFAD'ın internet sitesindeki haritadan alınmıştır. Bu noktaların belirlenmesinde, malzeme kalitesine ilişkin genel değerlendirme yapılabilmesi amacıyla, ivme değerlerinin en yüksek ve en düşük olduğu bölgeler ile nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu bir bölge seçilmiştir. Seçilen noktalar Şekil 5.8'de verilen haritada mavi nokta ile gösterilmiş olup, koordinatları aşağıda verilmiştir.



Katman Adı	Değer
PGA 475	0.806 g
Enlem	39.320252°
Boylam	41.05088°

Şekil 5. 9 Konum $PGA=0,806g$

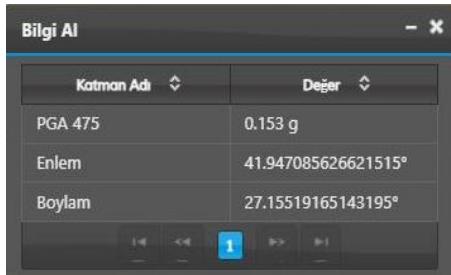
Türkiye Deprem Haritasında tespit edilen en yüksek etkin yer ivmesi değerlerinden birine karşılık gelen bu koordinatlar, Bingöl-Karlıova bölgesinde yer almaktadır. Bölgede yoğun bir yapılaşma olmamasına rağmen, Erzincan'dan Sakarya'ya kadar uzanan fay hattının bir parçası olması ve üst eşik değer olarak değerlendirilmesi açısından bu koordinatların kullanılması uygun görülmüştür.



Katman Adı	Değer
PGA 475	0.508 g
Enlem	40.986148520673°
Boylam	28.724974482578514°

Şekil 5. 10 Konum $PGA=0,508g$

Bu koordinattaki ivme değeri, hem ülkenin en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bölgesi olması hem de etkin yer ivme değerinin nüfus yoğunluğunun bulunduğu bölgelerdeki ortalama yansıtması amacıyla seçilmiştir. Söz konusu konum, harita üzerinde İstanbul Avcılar bölgesine denk gelmektedir.



Katman Adı	Değer
PGA 475	0.153 g
Enlem	41.947085626621515°
Boylam	27.15519165143195°

Şekil 5. 11 Konum $PGA=0,153g$

Türkiye'de tespit edilen en düşük etkin yer ivmesi değerlerinden biri olan bu konum, yapılacak analizlerde alt eşik değeri temsil etmesi amacıyla seçilmiştir. Haritada Kırklareli ile Kofçaz arasındaki bir bölgeye denk gelmektedir.

Şekil 5.9-5.11 arasında ele alınan üç farklı konum göz önüne alındığında, bu bölgelerin Türkiye genelindeki en yüksek ve en düşük deprem risk bölgeleri ile nüfus yoğunluğunun bulunduğu bölgelerdeki ortalama deprem risk bölgesini temsil edeceği ve hesaplamalarda elde edilen sonuçların Türkiye geneli ile ilgili sonuçları yansıtacağı öngörülmektedir.

5.2.4. Düşük beton basınç dayanım (f_{cm}) ile etkin yer ivmesi (p_{ga}) arasındaki ilişki

Modellenen binanın hesaplamalarında, YAP.Net uygulamasıyla uyumlu sonuçlar verdiği için İdeCAD yapı analiz programı tercih edilmiştir. Yapının 3 boyutlu modeli sonlu elemanlar yöntemiyle oluşturulmuş, kirişler ve kolonlar çubuk eleman olarak modellenmiş ve döşeme sistemi rijit diyafram kabul edilmiştir. Hesaplamalara RBTEİE’de tanımlandığı şekilde; ek dış merkezlik dahil edilmemiş, duvar yükleri ise duvarların buldukları yerlerden yapının ağırlığına eklenmiş ve hareketli yük azaltma katsayısı (n) değeri 0,2, asgari bilgi düzeyi katsayısı 0,9, mevcut beton elastisite modülü ise $E_{cm} = 5000\sqrt{f_{cm}}$ formülüne göre hesaplanmış, kolonlar için etkin eğilme rijitliği ise hesap edilen beton elastisite modülü değerinin $(EI)_e = 0.5(E_{cm}I)_o$, de yerine konulması ile elde edilmiştir. Daha önce de Bölüm 5.1.2’de belirtildiği üzere, riskli olduğu tespit edilen yapıların ağırlıklı beton basınç dayanımlarının genellikle 5 MPa ile 10 MPa arasında değişmesi nedeniyle, yapının üç farklı düşük beton basınç dayanımı ile üç farklı etkin yer ivmesinin bulunduğu bölgelerde risk seviyelerinin nasıl değiştiği incelenmiştir. Her bir deprem bölgesinde, risk sınırını aşan eleman sayıları dikkate alınarak yapının risk düzeyi hakkında bilgi elde edilmiştir.

Çizelge 5. 1 Farklı etkin yer ivmesine sahip konumlardaki yapıların farklı beton basınç dayanımlarına göre her bir kattaki risk sınırını aşan kolon sayıları

Kat No	Etkin yer ivmesi değeri	Beton basınç dayanımları (f_{cm})		
		10 MPa	8 MPa	5MPa
4	0,806g	0	0	0
	0,508g	0	0	0
	0,153g	0	0	0
3	0,806g	30	26	30
	0,508g	0	0	12
	0,153g	0	0	0
2	0,806g	30	30	30
	0,508g	0	12	30
	0,153g	0	0	12
1	0,806g	30	30	30
	0,508g	22	30	30
	0,153g	0	0	26
Zemin	0,806g	30	30	30
	0,508g	8	20	30
	0,153g	0	0	26

Beton basınç dayanımları 10 MPa, 8 MPa ve 5 MPa olarak seçilmiş olup, bu değerlerin hem riskli yapılardaki ortalama dayanımları hem de düşük dayanımın yapısal davranış üzerindeki etkilerini yansıtacağı öngörülmüştür. Bu bilgiler doğrultusunda yapılan yapı analiz sonuçları, yapının farklı konumlara yerleştirilmesiyle katlarda oluşan riskli eleman sayıları Çizelge 5.1'de özetlenmiştir. Çizelge 5.1'de, etkin ivme değerinin artışı ve beton basınç dayanımının azalmasıyla birlikte, katlardaki risk sınırını aşan kolon sayılarında da belirgin bir artış görülmüştür. 0,806g maksimum ivme değerinde, 10 MPa dayanımındaki kolonlar hariç, risk sınırını aşan kolonlar 2. kattan itibaren başlayıp alt katlara yaklaşık eşit şekilde yayılmıştır. 0,508g ivme seviyesinde ise 10, 8 ve 5 MPa dayanımındaki kolonlar sırasıyla 1, 2 ve 3. katlardan itibaren risk oluşturmuştur. 0,153g ivme değerinde 10 ve 8 MPa dayanımındaki kolonlar risk oluşturmazken, 5 MPa dayanımındaki kolonlar yalnızca zemin katta riskli hale gelmiştir. Özellikle alt katlara, yani kritik katlara yaklaştıkça, risk sınırını aşan kolon sayısındaki artış, zemin ve birinci katların yapısal açıdan daha riskli olduğunu ortaya koymaktadır. Riskli yapıların kritik katları için her bir deprem ivmesinde beton basınç dayanımına bağlı risk hesap parametrelerinin sonuçları, Çizelge 5.2-5.4'te sırasıyla 10 MPa, 8 MPa ve 5 MPa için sunulmuştur. Etkin yer ivmesi ve beton basınç dayanımları, yapıların deprem performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle kesit moment değerleri ve taşıma kapasiteleri gibi yapısal parametrelerin göstergesi olan etki/kapasite oranlarının artışı, risk sınırını aşan kolon sayısını artırmakta ve bu kolonların kesme kuvvetlerini karşılama kapasitesinin risk altında olduğunu göstermektedir. Bu durum, yapının taşıyıcı elemanlarında tehlikeli bir durumun oluştuğunu işaret eder.

Çizelge 5. 2 $f_{cm}=10$ MPa-S220 için RYTEİE hesap sonuçları

$f_{cm}=10$ MPa -S220							
Konum	PGA (Etkin Yer İvmesi) g	Toplam kolon sayısı	m_{maks} (etki/kapasite oranı)	Görelî kat öteleme, $\max[(d/h - X), (d/h - Y)]$	Risk sınırını aşan toplam kolon sayısı	Risk sınırını aşan kolon yüzdesi	Risk durumu
Bingöl	0,806	150	2,92	0,0172	120	80%	Riskli
İstanbul	0,508	150	1,97	0,0120	30	20%	Riskli
Kırklareli	0,153	150	0,68	0,0042	0	0%	RSA

RSA: Risk Sınırının altında

Çizelge 5. 3 $f_{cm}=8$ MPa-S220 için RYTEİE hesap sonuçları

$f_{cm}=8$ MPa-S220							
Konum	PGA (Etkin Yer İvmesi) g	Toplam kolon sayısı	m_{maks} (etki/kapasite oranı)	Görelî kat öteleme, maks [(d/h - X) ,(d/h - Y)]	Risk sınırını aşan toplam kolon sayısı	Risk sınırını aşan kolon yüzdesi	Risk durumu
Bingöl	0,806	150	2,92	0,0182	116	77%	Riskli
İstanbul	0,508	150	2,04	0,0127	62	41%	Riskli
Kırklareli	0,153	150	0,71	0,0044	0	0%	RSA

Çizelge 5. 4 $f_{cm}=5$ MPa-S220 için RYTEİE hesap sonuçları

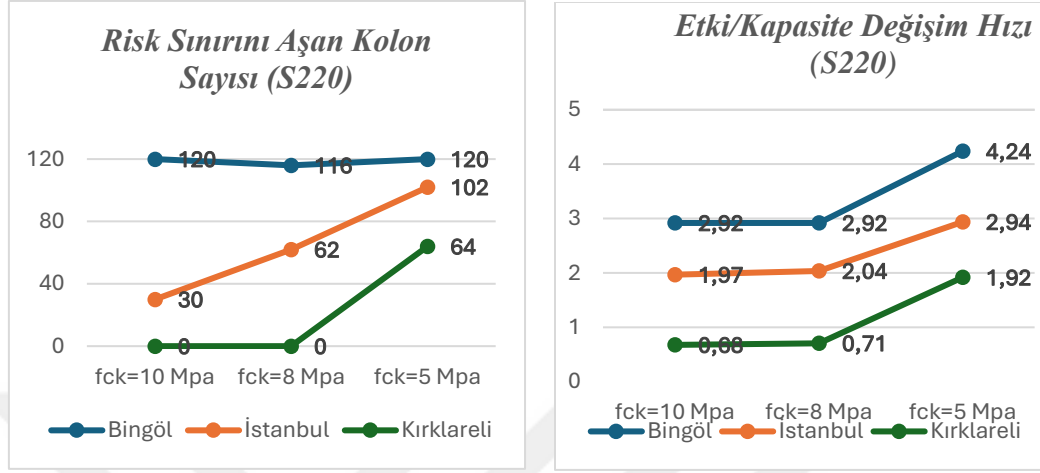
$f_{cm}=5$ MPa-S220							
Konum	PGA (Etkin Yer İvmesi) g	Toplam kolon sayısı	m_{maks} (etki/kapasite oranı)	Görelî kat öteleme, maks [(d/h - X) ,(d/h - Y)]	Risk sınırını aşan toplam kolon sayısı	Risk sınırını aşan kolon yüzdesi	Risk durumu
Bingöl	0,806	150	4,24	0,0205	120	80%	Riskli
İstanbul	0,508	150	2,94	0,0143	102	68%	Riskli
Kırklareli	0,153	150	1,92	0,0094	64	43%	Riskli

Çizelge 5.2, 5.3 ve 5.4'te sunulan veriler, beton basınç dayanımı ile etkin yer ivmesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymakta ve bu parametrelerin risk seviyesini nasıl etkilediğini göstermektedir. Etki/kapasite oranları ve risk sınırını aşan kolon sayılarının, etkin yer ivmesi ve beton basınç dayanımına bağlı olarak nasıl değiştiği, Şekil 5.12 ve 5.13'te grafiksel olarak analiz edilmiştir. Üç farklı etkin yer ivmesi durumu için Şekil 5.12'deki etki/kapasite oranlarının farklı beton basınç dayanımlarına göre değişim hızları karşılaştırıldığında, 8 MPa'dan 5 MPa'ya düşen basınç dayanımına bağlı değişim hızındaki artışın, 10 MPa'dan 8 MPa'ya olan artışa kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Üç farklı etkin yer ivmesi durumu için, Şekil 5.13'te risk sınırını aşan kolon sayılarının farklı beton basınç dayanımlarına göre değişimi belirgin farklılıklar göstermektedir. Örneğin, beton basınç dayanımının 10 MPa'dan 5 MPa'ya düşmesi durumunda, riskli kolon sayısındaki artış 0,151g, 0,509g ve 0,806g etkin yer ivmeleri için sırasıyla %17, %48 ve %20 olarak gözlemlenmiştir. En fazla artış, 0,509g etkin yer ivmesinde gözlenirken, en düşük artışlar en düşük (0,151g) ve en yüksek (0,806g) etkin

yer ivmesi durumlarında yaklaşık olarak aynı seviyelerde elde edilmiştir. Göz önüne alınan en yüksek etkin yer ivmesi olan 0,806g'de riskli kolon sayısındaki artışın daha az olmasının sebebi, 10 MPa beton basınç dayanımında bile risk sınırını aşan kolon sayısının başlangıçta fazla sayıda olmasıyla açıklanabilir. Buna ek olarak, etkin yer ivmesinin artışıyla beraber beton basınç dayanımının azalmasına bağlı olarak riskli kolon sayısındaki artış beklenen bir sonuçtur. Bu artışın büyüklüğü ise, grafikteki doğruların eğimlerinin incelenmesiyle anlaşılabilir. Eğimler arasındaki açılar artması, yüksek deprem tehlikesi bulunan bölgelerde risk seviyesinin, düşük tehlike içeren bölgelere kıyasla daha dramatik bir şekilde yükseldiğini açıkça ortaya koymaktadır. Benzer bir eğilim, katlardaki maksimum etki/kapasite oranları analiz edildiğinde de gözlemlenmiştir. Yüksek deprem tehlikesine sahip bölgelerdeki yapısal elemanların kapasite sınırlarına daha hızlı ulaştığı ve bu durumun risk artışına yol açtığı söylenebilir. İstisnai bir durum olarak, Bingöl civarındaki artışta eğimin azalması, yapının limit durumlarına ulaşmasından kaynaklanan belirsizliklerle ilişkilendirildiği düşünülmektedir. Beton basınç dayanımındaki düşüğe bağlı olarak risk sınırını aşan kolon sayısındaki artışlar detaylı olarak incelendiğinde şu sonuçlara ulaşılabilir:

- (PGA = 0,153g) Durumu: Beton basınç dayanımının 10MPa'dan 8MPa'ya düşmesiyle risk sınırını aşan kolon bulunmamakta ve etki/kapasite oranında dikkate değer bir artış gözlemlenmemektedir. Bu durum, yapının risk seviyesinin önemli ölçüde artmadığını göstermektedir. Ancak, beton dayanımının 8 MPa'dan 5 MPa'ya düşmesiyle birlikte, risk sınırını aşan kolonların oranı %43'e çıkmakta ve etki/kapasite oranı 0.71'dan 1.92'ye yükselmektedir. Bu, kolonların büyük bir kısmının risk sınırını aşmasa dahi taşıma kapasitelerinde önemli kayıplar yaşadığını göstermektedir.
- (PGA = 0,508g) Durumu: Beton basınç dayanımının 10MPa'dan 8MPa'ya düşmesiyle, risk sınırını aşan kolon sayısında artış görülmekte ve etki/kapasite oranında da önemli bir artış yaşanmaktadır. Asıl belirgin durum, Beton basınç dayanımının 8MPa'dan 5MPa'ya düşmesiyle, yapının taşıyıcı elemanlarının kapasitesinde ciddi bir azalma meydana gelmekte ve riskli kolon sayısı %41'den %68'e yükselmektedir. Bu durum, yapı elemanlarının deprem yüklerine karşı dayanıklılığının önemli ölçüde zayıfladığını ve riskin arttığını göstermektedir.
- (PGA = 0,806g) Durumu: 10 MPa beton basınç dayanımında, tüm kattaki kolonların %80'i risk sınırını aşmış durumdadır. PGA değerinin artması, yapının 10 MPa beton

basınç dayanımında iken bile ciddi bir risk altında olduğunu göstermektedir. 5 MPa ve 8 MPa basınç dayanımlarında ise kolonların üçte ikisinden fazlasının risk sınırını aştığı görülmektedir.



Şekil 5. 12 Risk sınırını aşan kolon sayısı Şekil 5. 13 Etki/Kapasite değişim

Sonuç olarak; beton basınç dayanımının, düşük deprem tehlikesi olan bölgelerde risk seviyesine etkisi ile yüksek deprem tehlikesi olan bölgelerdeki risk seviyesine etkisinin aynı oranda olmadığını söylemek mümkündür. Risk sınırını aşan kolon sayıları da bu durumu net bir şekilde ortaya koymaktadır. Ayrıca, model olarak oluşturulan bina ideal bir yapı olarak tasarlanmıştır. Ancak, mevcut yapılar göz önüne alındığında, tasarım hataları, zemin sınıfı ve yapısal düzensizlikler gibi etkenlerin gerçekte daha olumsuz sonuçlar doğurabileceği de dikkate alınmalıdır. Bu analiz, yapısal güvenliğin sağlanması ve potansiyel risklerin minimize edilmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Tez kapsamında yapılan analizlerde doğrusal elastik yöntemler kullanılmıştır; ancak, riskli kolon sayılarının daha doğru belirlenmesi için doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin tercih edilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Bununla birlikte, mevcut doğrusal elastik analiz sonuçları, daha yüksek etkin ivmelere sahip bölgelerde düşük beton basınç dayanımlarına sahip yapıların yapısal bütünlüğünü korumasının son derece zor olduğunu ortaya koymaktadır.

5.2.5. Donatı çeliği akma dayanımı- düşük beton basınç dayanımı ile etkin yer ivmesi (PGA) değerleri için değerlendirme

Donatı çeliği sınıfının yapı davranışı üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, Bölüm 4.2.5'teki örnekler donatı sınıfı S220 yerine S420 olarak değiştirilmiş ve analizler

tekrarlanmıştır. S420 donatı çeliği sınıfı için elde edilen sonuçlar, sırasıyla 5 MPa, 8 MPa ve 10 MPa beton basınç dayanımları için Çizelge 5.5-5.7'de sunulmuş olup, bu sonuçlar S220 donatı çeliği sınıfı ile elde edilen sonuçlarla da çizelgelerde karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5. 5 $f_{cm}=5$ MPa-S420 için RYTEİE hesap sonuçları

$f_{cm}=10$ MPa-S420							
Konum	PGA (Etkin yer ivmesi) g	Toplam kolon sayısı	m_{maks} (etki/kapasite oranı)	Görelî kat öteleme, maks $[(\delta/h - X), (\delta/h - Y)]$	Risk sınırını aşan toplam kolon sayısı	Risk sınırını aşan kolon yüzdesi	Risk durumu
Bingöl	0,806	150	2,75	0,0205	120	80%	Riskli
İstanbul	0,508	150	1,44	0,0120	22	15%	Riskli
Kırklareli	0,153	150	0,50	0,0042	0	0%	RSA

Çizelge 5. 6 $f_{cm}=8$ MPa-S420 için RYTEİE hesap sonuçları

$f_{cm}=8$ MPa-S420							
Konum	PGA (Etkin yer ivmesi) g	Toplam kolon sayısı	m_{maks} (etki/kapasite oranı)	Görelî kat öteleme, maks $[(\delta/h - X), (\delta/h - Y)]$	Risk sınırını aşan toplam kolon sayısı	Risk sınırını aşan kolon yüzdesi	PGA (Etkin yer ivmesi) g
Bingöl	0,806	150	2,80	0,0182	116	77%	Riskli
İstanbul	0,508	150	1,51	0,0127	54	36%	Riskli
Kırklareli	0,153	150	0,53	0,0044	0	0%	RSA

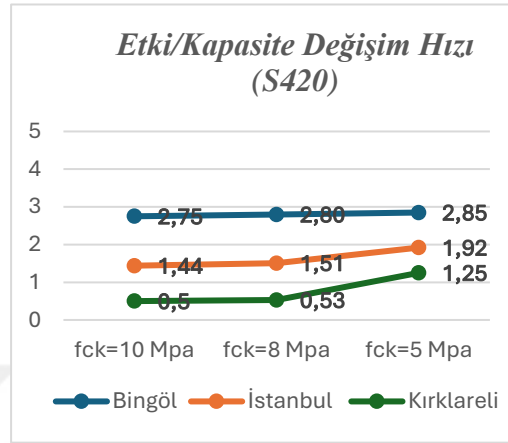
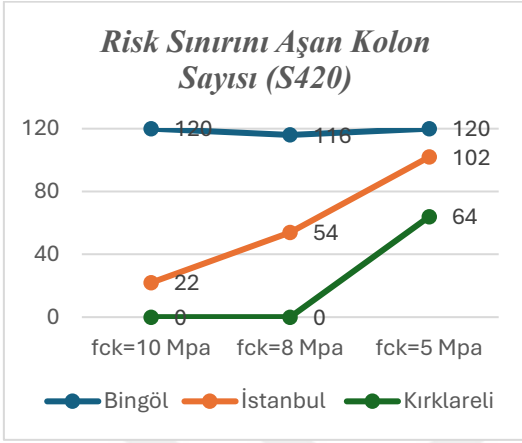
Çizelge 5. 7 $f_{cm}=5$ MPa-S420 için RYTEİE hesap sonuçları

$f_{cm}=5$ MPa-S420

Konum	PGA (Etkin yer ivmesi) g	Toplam kolon sayısı	m_{maks} (etki/kapasite oranı)	Görelî kat öteleme, maks [(δ /h - X) ,(δ /h - Y)]	Risk sınırını aşan toplam kolon sayısı	Risk sınırını aşan kolon yüzdesi	PGA (Etkin yer ivmesi) g
Bingöl	0,806	150	2,85	0,0205	120	80%	Riskli
İstanbul	0,508	150	1,92	0,0143	102	68%	Riskli
Kırklareli	0,153	150	1,55	0,0094	64	43%	Riskli

Donatının akma dayanımının 220 MPa'dan 420 MPa'a çıkarılmasının, risk sınırını aşan kolon sayısında belirgin bir azalma sağlamadığı gözlemlenmiştir. S420 donatı sınıfı ile elde edilen sonuçlar, S220 donatı sınıfı ile elde edilen riskli kolon sayılarıyla neredeyse aynı seviyede kalmıştır. Akma dayanımındaki bu artış, RBTEİE'ye göre de yapının riskli yapı olması durumunu da değiştirmemiştir. Bu sonuçlar aslında beklentilere uygundur, çünkü süneklik, yapının dayanımında azalma olmaksızın büyük deformasyon yapabilme yeteneğini ifade eder. Betonarme yapılarda beton gevrek, çelik ise sünek davranış sergiler. Basit ve bileşik eğilme etkisi altındaki betonarme elemanlarda, eğer beton kırılma konumuna ulaşmadan önce donatı akma seviyesine gelirse ($\epsilon_s \geq \epsilon_{cu}$), kırılma çekme donatısı tarafından kontrol edilir ve yapı sünek davranış gösterir. Ancak çekme donatısı henüz akma birim uzamasına ulaşmadan kırılma gerçekleşirse, betonun gevrek davranışı baskın olur. Çekme ve basınç kırılmaları arasında bir uyum söz konusu olduğunda ise dengeli kırılma meydana gelir. Buradan yola çıkarak, düşük beton basınç dayanımına sahip betonarme yapılarda, beton malzemesi kapasitesini çelik henüz akma dayanımına ulaşmadan tüketir. Bu durum, yapının gevrek kırılma nedeniyle betonun kapasite kaybına uğrayarak göçmesine yol açar ve çelik malzeme gerçek performansını gösteremez. Ancak, beton basınç dayanımının TBDY'de belirtilen minimum değer olan 25 MPa veya üzerinde olması durumunda, donatı ile beton arasındaki uyum sağlanır. Özellikle, "dengeli durum" olarak adlandırılan ve betonun en dış liflerindeki ezilmeyle beton basınç

dayanımının tükenmesi ile çekme donatısının akmasının eşzamanlı olarak gerçekleştiği durumlarda, her iki malzeme arasında tam bir uyum oluşur. Böyle bir durumda, donatının akma dayanımı kritik hale gelir ve donatı, gerçek performansını tam anlamıyla sergileyebilir.[41].



Şekil 5. 14 Risk sınırını aşan kolon sayısı Şekil 5. 15 Etki/Kapasite değişimi

Ayrıca, betonarme elemanların süneklik kapasitesinde donatı ve donatı detayları da büyük önem taşır. Özellikle etriyeler, yapının sünek davranışa ulaşmasında kritik rol oynar. Sadece etriye sayısı değil, sıklaştırma bölgelerinin varlığı, kenetlenme bölgelerindeki aralıklar, kanca açılarının 135° olması, çiroz etriye ve çift etriye kullanımı da sünekliği doğrudan etkiler. Boyuna donatı ise yalnızca oranı ile değil, bindirme boyu, aderansı, yerleşimi ve kenetlenme boyu gibi birçok detayla süneklik üzerinde etkilidir. Sonuç olarak donatı sınıfının değiştirilmesi risk seviyesini etkilemede tek başına yeterli bir parametre değildir. Kaldı ki riskli yapılarda, yapıldığı yılların şartları ve 1998 öncesi yönetmeliklerinde etkisiyle, bu detaylandırma kurallarına yeterince uyulmadığı, yapılan incelemelerde tespit edilmiştir.

Betonarme yapılarda kullanılan donatı çeliği ile ilgili önemli bir diğer husus, modern teknolojilerle donatılmış uluslararası standartlara uygun tesislerde üretilmesidir. Bu sayede çelik sınıfının kalitesine; şantiyelerdeki muhafaza koşulları, beton örtüsü kalınlığı ve nem oranı dışında, kaliteyi etkileyebilecek parametrelerin sınırlı kalması sağlanmıştır. Hazır beton üretimine ise 1976 yılında başlanmış olmasına rağmen, [42] kullanımı 2004 yılına kadar büyük yapılar dışında yaygın olmamış ve zorunlu hale de getirilmemiştir. Bu dönemde şantiyelerde uzman olmayan kişilerce üretilen beton, genellikle merdiven altı yöntemlerle üretildiğinden, kalite standardına uygun olması beklenmemelidir.

5.2.6. Yapı malzeme özelliklerinin risk düzeyine etkileri üzerine genel

değerlendirme

Bölüm 5.2.1-5.2.5'te yer alan analiz sonuçlarına göre, yapı malzeme özellikleri açısından riskli yapılar değerlendirildiğinde elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Maksimum ivme değerinin 0.806g civarında olduğu bölgelerde, binanın beton basınç dayanımı 8 MPa ve altında ise, bina çok yüksek risk altındadır. Bu durumda, yapının ani göçme ihtimali oldukça yüksektir.
- Maksimum ivme değerinin 0.508g civarında olduğu bölgelerde, binanın beton basınç dayanımı 5 MPa seviyesinde ise, bina çok yüksek risk altındadır. Bu durumda, yapının ani dayanım kaybına uğrama olasılığı oldukça yüksektir.
- Riskli yapılarda, beton basınç dayanımının risk seviyesine etkisi, çelik akma dayanımına kıyasla daha belirgin ve kritiktir.

Son olarak belirtmek gerekir ki, çok düşük beton dayanımına sahip yapılarda dahi deprem anında göçmenin kesin olarak gerçekleşeceğini söylemek, birçok öngörülemeyen faktörden dolayı mümkün değildir. Ülkemizde yaşanan son büyük felaket olan Kahramanmaraş depreminde, aynı bölgedeki benzer yapılar, hatta birbirinden sadece 10 metre uzaklıktaki binalar, aynı malzeme ve zemin özelliklerine, aynı kat sayısına ve benzer tasarımlara sahip olmalarına rağmen farklı sonuçlarla karşılaşmıştır. Bazı yapılar yıkılırken, diğerleri görece az hasar almıştır. Bu durumun nedeni, yapı ve zemin frekanslarının birbirine denk geldiği durumlarda ortaya çıkan deprem rezonansı olabilir. Bu frekansların çakışması, yapıdaki genlik ve ivmenin artmasına ve bu iki kuvvetin birbirini üst üste bindirerek binanın yapısal hasarını artırmasına neden olabilir. Tersine, bu kuvvetlerin birbirlerini sönmüleme olasılığı da mevcuttur. [43] Bu sebeple, bir bina risk taşısa bile kesinlikle yıkılacağı veya ağır hasar alacağı önceden kesin olarak söylenemez, ancak bu risk öngörülebilir bir durumdur.

5.3. Riskli Yapılardaki Yapısal Kusurlarının Risk Düzeyine Etkisinin İrdelenmesi

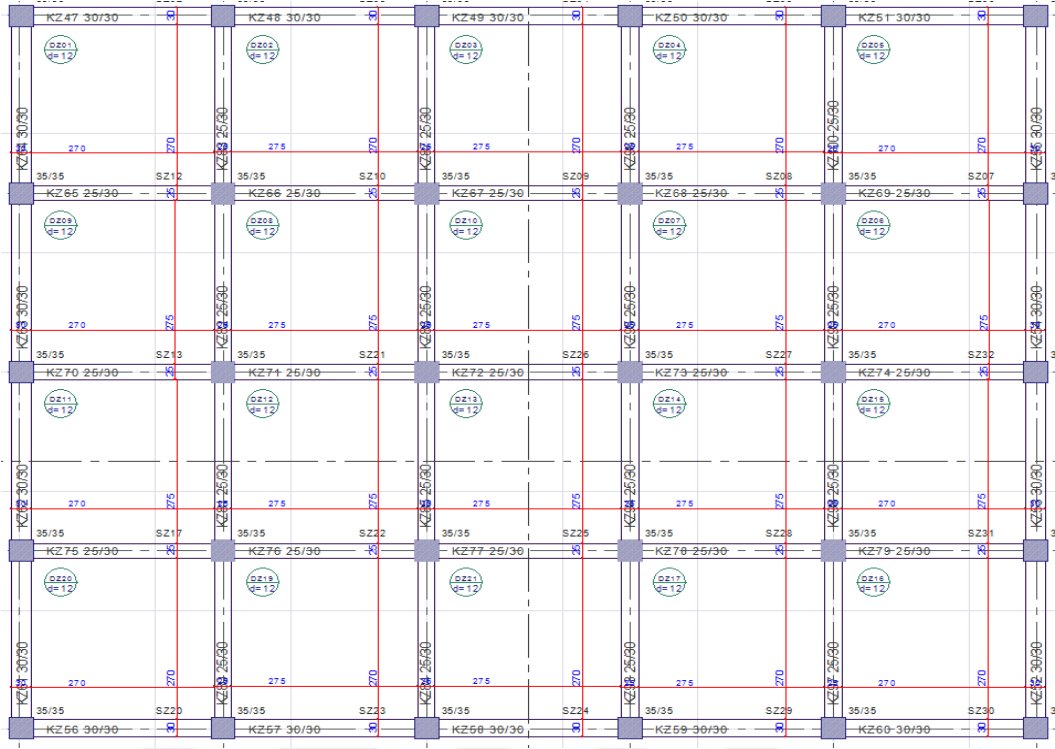
5.3.1.Yapısal kusurların tespiti

Bölüm 5.1'de yapılan analizlerde, yapısal kusurların dağılımı incelenmiştir. Mevcut binalarda yapılan incelemelere göre, riskli yapılarda en yaygın yapısal kusurların yumuşak kat/zayıf kat oluşumu ve kapalı çıkma durumu olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu bölümde riskli yapılarda bulunan bu iki yapısal düzensizliğin yapının

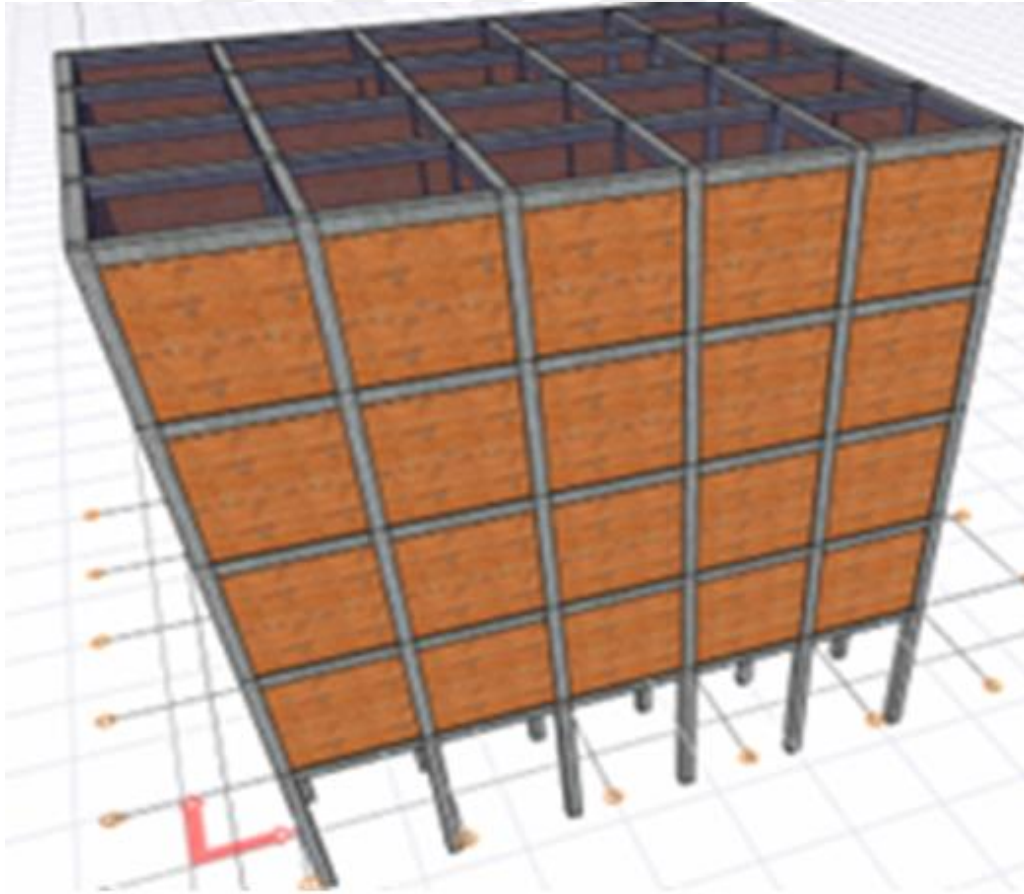
davranışına olan etkisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yapılan çözümlenmeler sonucunda, riskli yapılarda en sık karşılaşılan bu iki yapısal kusurdan hangisinin risk seviyesini daha fazla etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Bölüm 5.2'de oluşturulan örnek modelde yalnızca kapalı çıkma ve yalnızca yumuşak kat etkileri ayrı ayrı incelenmiş ve bu kusurların etkisiyle risk sınırını aşan taşıyıcı eleman sayıları ile etki/kapasite oranları analiz edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda oluşturulan yapı modelinde, kat adedinin belirlenmesinde Türkiye'de 2022 yılına kadar riskli olarak tespit edilen 95.899 adet betonarme bina ve bu binalardaki toplam 627.581 bağımsız birim verileri kullanılmıştır. [23] Bina sayısının bağımsız birim sayısına bölünmesiyle elde edilen 6.54 ortalama değeri, riskli betonarme binaların ağırlıklı olarak 3 veya 4 katlı olduğunu varsaymamıza olanak sağlamaktadır. Ayrıca, 5 ila 7 katlı betonarme binalar arasında kat sayısı arttıkça taban kesme kuvvetinin %10 oranında yükseldiğini gösteren çalışmalar [44], bu çalışmada riskli betonarme binalar için kat sayısının 5 olarak kabul edilmesinin, genel durumu en doğru biçimde yansıtacağı sonucuna varılmasını sağlamıştır.

Bu amaç doğrultusunda hazırlanan yapı modelinde, yapısal düzensizliklerin oluşturulmasında herhangi bir riskli yapı modeli yerine riskli yapıların genel özellikleri de dikkate alınarak şu yöntem izlenmiştir:

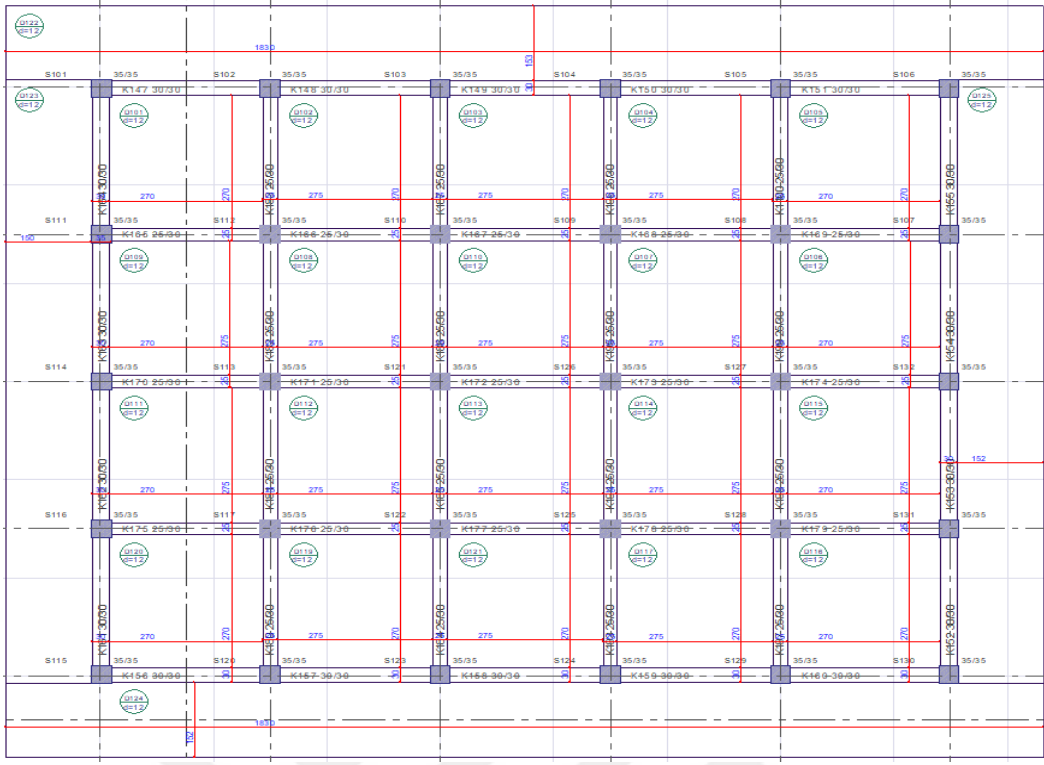
Yumuşak kat/zayıf kat etkisi için, daha önce açıklanan ve formülü bölüm 5.1.4'te verilen rijitlik düzensizliği katsayısı (η_{ki}) değerinin 2'den büyük olması, bu düzensizliğin oluşumu için bir kriter olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, yumuşak kat etkisini değerlendirebilmek için model binada normal kat yükseklikleri eşit tutularak 2,80 metre alınmış, ancak giriş (zemin) kat yüksekliği 5,00 metre olarak belirlenmiştir. Zemin kat yüksekliği 5,00 metre olarak belirlenirken, 1985 yılında yürürlüğe giren İmar Yönetmeliği esasları dikkate alınmıştır. Zemin kat yüksekliğinin $\eta_{ki} > 2$ olacak şekilde ayarlanması hedeflenmiş olsa da, bu yükseklik değerinin, riskli yapılarda sıklıkla görülen kat yüksekliklerinin çok üzerinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle, bu durum yumuşak kat düzensizliği yerine bir yapı kusuru olarak adlandırılmıştır. Her ne kadar rijitlik düzensizliği katsayısı 2'den büyük olacak şekilde sağlanamamış olsa da modelde rijitlik düzensizliği katsayısının arttığı ve yumuşak kat etkisine yaklaştığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden, durumu yapı kusuru olarak tanımlamak daha doğru bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.



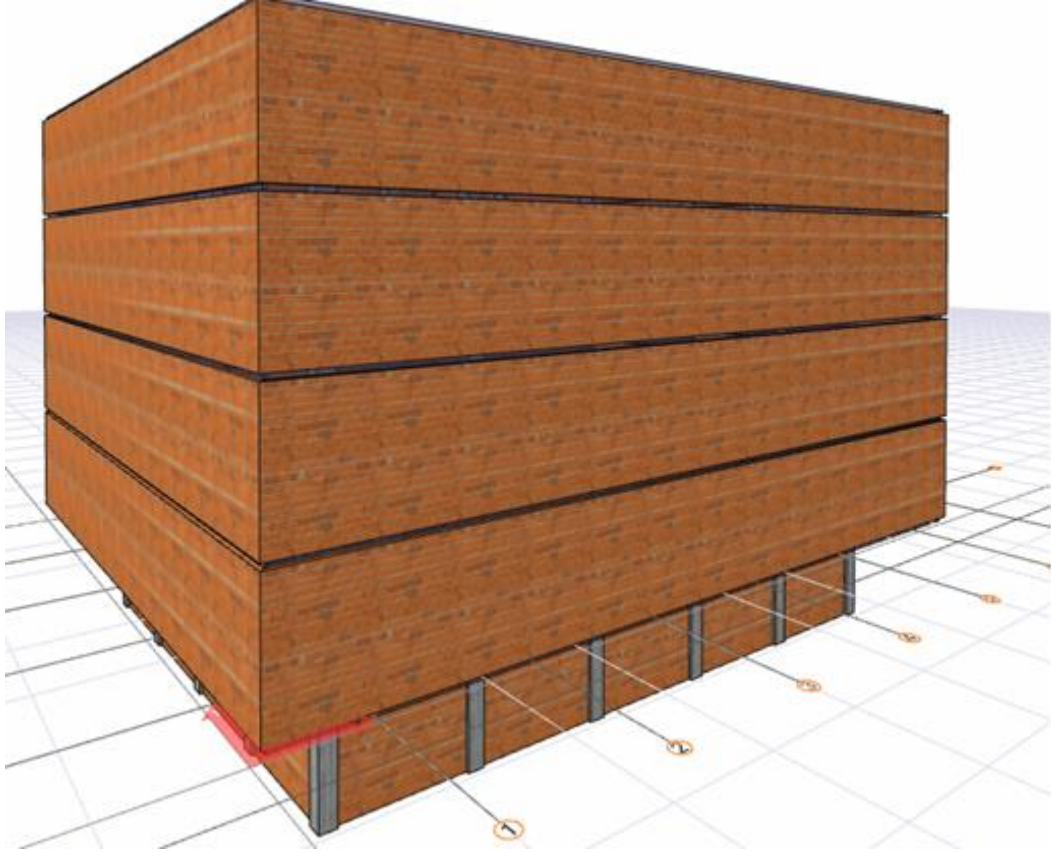
Şekil 5.16 Model binanın kat planı görünüşü (yumuşak kat/zayıf kat olması durumu)



Şekil 5.17 Model binanın cephe görünüşü (yumuşak kat/zayıf kat olması durumu)



Şekil 5.18 Model binanın kat planı görünüşü (kapalı çıkma olması durumu)



Şekil 5.19 Model binanın cephe görünüşü (kapalı çıkma olması durumu)

Kapalı çıkma etkisi için, hem mevcut riskli yapılardaki çıkma mesafeleri göz önünde bulundurulmuş hem de dönemin imar yönetmelikleri incelenmiştir. Özellikle, 1985 yılında yürürlüğe giren 3194 sayılı İmar Kanunu'ndaki kapalı çıkma esasları dikkate alınmıştır. Yapı modeline eklenen çıkmalar için, o dönemin imar yönetmeliği kapsamında arka bahçeye en fazla 1,50 metre taşacak şekilde çıkmalara izin verilmesi esas alınmıştır. Bu doğrultuda, modelde binanın dört tarafında, birbirine paralel ve eşit mesafede, kirişsiz ve yönetmelikte izin verilen maksimum çıkma mesafesi olan 1,50 metre ölçüsünde kapalı çıkmalar tasarlanarak, risk tespiti yapılmıştır.

Malzeme sınıfı olarak, riskli yapılarda sıklıkla karşılaşılan malzeme sınıflarının üst değeri olan C10-S220 seçilmiştir. Yapının bulunduğu konum, deprem tehlike düzeyi ve nüfus yoğunluğu göz önünde bulundurularak, $PGA = 0.508g$ olan bir bölgenin seçilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir. Zemin sınıfı olarak ise RBTEİE Tablo 5.2'de belirtilen orta değerli zemin sınıfı olan ZB sınıfı modele yansıtılmıştır. Yapısal çözümler için İde-CAD yapı analiz programı kullanılmıştır.

5.3.2. Yapısal kusurlara ait analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Yapısal düzensizlik bulunmayan ve sadece kapalı çıkma durumuna sahip binanın toplam yüksekliği 14 metre olup, tüm kat yükseklikleri birbirine eşit olarak 2,80 metre alınmıştır. Yumuşak kat düzensizliği olan modelde ise zemin kat yüksekliği 5,00 metre olarak belirlenmiş, diğer dört katın yüksekliği yine 2,80 metre olarak sabit tutulmuş ve toplam bina yüksekliği 16,20 metreye ulaşmıştır. Kat yükseklikleri, riskli yapılarda tespit edilen ortalama kat yüksekliği verileri dikkate alınarak 2,80m olarak belirlenmiştir. Ayrıca her iki yapısal kusur durumu, yani kapalı çıkma ve yumuşak kat düzensizliği durumu da bir arada gözetilerek toplamda dört farklı durum için analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.8). Yapılan analiz ve değerlendirmelerde, toplam bina yüksekliği farkının dikkate alınması gerekmektedir; zira bu fark, yapısal performans, yanal deplasmanlar ve yapı periyodu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu aşıkardır. Bununla birlikte, tez kapsamında ele alınan yapısal düzensizlikler, mevcut riskli binalara ait tespit edilen veriler ile yapıların inşa edildikleri döneme ait imar planları birlikte dikkate alınarak seçilmiştir. Hem yumuşak kat/zayıf kat hem de kapalı çıkma durumları için mevcut durumdaki riskli yapılara en uygun olan senaryolar değerlendirilmiş ve analizler buna göre gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Yapısal düzensizliklerin olması/olmaması durumuna göre elde edilen hesap sonuçları. (Risk Sınırını Aşan: R.S.A.)

$f_{cm}=10$ Mpa						
Konum: İstanbul /Avcılar						
Enlem:40.986148						
Boylam:28.724974						
	Toplam Kolon Sayısı	m_{maks}	maks [(d/h - X) , (d/h - Y)]	Risk sınırını aşan Toplam kolon sayısı	Risk sınırını aşan kolon yüzdesi	risk durumu
Başlangıç durumu (Yapısal düzensizlik olmama durumu*	150	1,97	0,0120	30	20%	Riskli
Zemin Kat Yüksekliğinin 5,00m olması durumu**	150	2,32	0,0153	42	28%	Riskli
Kapalı Çıkma Olması durumu*	150	2,65	0,0182	90	60%	Riskli
Kapalı Çıkma + Yumuşak kat etkisinin** birlikte bulunması durumu	150	4,96	0,0342	90	60%	Riskli

Not: *Tüm kat yükseklikleri eşit ve 2,80m ve **zemin kat yüksekliği 5,00m diğer katların yüksekliği 2,80m

Kolonların risk sınırını aşma yüzdeleri üzerinden yapılan değerlendirmelere göre, sadece kapalı çıkma düzensizliğinin, riskli yapılarda yumuşak kat/zayıf kat etkisine kıyasla daha yüksek bir risk oluşturduğu söylenebilir. Etki/kapasite oranlarına bakıldığında, başlangıçta zaten riskli yapı kategorisinde olan bir binaya eklenen yapı kusurunun, özellikle sadece kapalı çıkma etkisiyle, risk seviyesini önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Kapalı çıkma düzensizliği, 60 adet kolonu daha riskli hale getirirken, yumuşak kat etkisi 12 kolonu daha riskli hale getirmiştir. Diğer taraftan her iki yapısal düzensizliğin birlikte bulunması durumu sadece kapalı çıkma olması durumuna göre değerlendirildiğinde bile etki/kapasite oranını ve en büyük görelî kat ötelenmesini yaklaşık 1,8 kat artırdığı görülmektedir. Her iki yapısal düzensizliğin bir arada bulunduğu durum ile sadece kapalı çıkma durumunda ise risk sınırını aşan kolon sayıları eşit olmaktadır. Her ne kadar bu sayılar eşit olsa da zemin kat yüksekliğinin artmasıyla ortaya çıkan rijitlik düzensizliği katsayısındaki artış, Çizelge 5.8'de de görüleceği üzere, görelî kat ötelenme oranını diğer tüm durumlara göre iki kat veya daha fazla artırmaktadır. Ayrıca, bu kolonlara etkiyen kesit moment değerinin artması, etki/kapasite oranını da önemli ölçüde artırmaktadır. Bu durum, Bölüm 5.4'te gerekçeleriyle açıklandığı üzere, risk sınırını aşan kolon sayılarının eşit olmasına rağmen risk seviyelerinin aynı olmadığını

göstermektedir. Bulgular, riskli yapılarda kapalı çıkmanın risk seviyesine etkisinin çok daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çıkmaların daha büyük veya binanın tüm taraflarına eşit şekilde dağılmaması halinde riskin daha da artacağı öngörülmektedir.

Çizelge 5.8'deki tüm durumların görelî kat ötelenmeleri durumu incelendiğinde de, yumuşak kat etkisinin binada ağır çıkma olması durumuna göre daha fazla görelî kat ötelemesine neden olduğu görülmektedir. Bu durumun, zemin kattaki rijitlik düzensizliği katsayısının azalmasıyla ötelenme oranının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, toplam bina yükseklik farkları göz ardı edildiğinde, riskli bir binada kapalı çıkma bulunması ile yüksek giriş katı olması durumu karşılaştırıldığında, kapalı çıkmaların yapının risk seviyesini, yüksek giriş katına göre daha fazla artırdığı sonucuna varılmaktadır. Ayrıca, beton basınç dayanımının düşük olduğu durumlarda bu farkın daha da belirginleşeceği, önceki bölümde elde edilen sonuçlar doğrultusunda öngörülebilir. Diğer yandan, kullanılan kapalı çıkma mesafesi, giriş kat yüksekliği ve beton basınç dayanımları, riskli yapılardaki ortalama değerler üzerinden değerlendirilmiş olup, bu parametrelerin değişmesi halinde farklı sonuçlar elde edilebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

5.4 .Riskli Yapı Tespitlerinde Sınır Değerler İle Risk Seviyelerinin İrdelenmesi

5.4.1. Risk seviyelendirmesinin gerekliliği üzerine

Ülkemizde riskli yapı tespiti bekleyen konut sayısının tam olarak bilinmemekle birlikte yaklaşık 6 milyon civarında olduğu tahmin edilmektedir. [15]. Bu rakam toplam konut sayısını ifade etmekle birlikte, riskli bina sayısının da oldukça yüksek olduğu açıktır. Riskli yapı tespitlerinin daha etkili ve uygulanabilir bir şekilde yapılabilmesi, öncelikle en riskli yapıların derhal tahliye edilmesi veya dönüştürülmesi ile mümkündür. Şekil 3.2'de de görüldüğü üzere, 2022 yılına kadar toplam 242.693 yapı, risk tespitine tabi tutulmuş ve neredeyse tamamı (%99 oranında) riskli olarak sınıflandırılmıştır. Ancak RBTEİE'de 'riskli bina' tanımının yıkılma veya ağır hasar görme riski taşıyan yapıları kapsadığı göz önüne alındığında,[3] risk tespitine ilişkin mevcut tanımla tespit edilen bina sayısı arasında bir tutarsızlık olduğu dikkat çekmektedir. Şöyle ki her risk tespiti bekleyen binanın yıkılma veya ağır hasar alma olasılığına sahip olduğunu varsaymak, milyonlarca bina için gerçekçi bir değerlendirme yapılmasını ve göçme tehlikesi olanların hızlıca tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, RBTEİE'de 'ağır hasar' ifadesinin net

bir tanımını bulunmamaktadır, bu da ağır hasar alma olasılığı bulunan yapıların risk seviyesinin ne olduğunun belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

Tahmin edilen riskli bina sayısının bu denli yüksek olmasının temel nedenlerinden birinin de riskli yapıların risk seviyelerine göre sınıflandırılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Eğer bu yapıların hangi düzeyde risk taşıdığı tespit edilebilirse, en yüksek riski taşıyan yapılara dönüşüm önceliği verilerek sorun büyük oranda çözülebilir. Bu ise ancak riskli yapıların risk seviyelerine göre sınıflandırılması ile mümkündür. Her riskli bina için önlem alınması elbette gereklidir, ancak tüm riskli binaların aynı anda tahliyesi veya dönüştürülmesi gibi bir imkânımız olmadığı gerçeğini de kabul etmemiz gerekmektedir.

Bu bölümde, riskli yapılarda risk değerlendirmesi yapılırken, riskli düşey taşıyıcı elemanların kesme kuvvetlerinin toplamının katın toplam kat kesme kuvvetine oranlanması sonucu elde edilen değerlerin, Çizelge 3.3'teki sınır değerleri aşıp aşmadığı ile karşılaştırılmış ve bu sınır değerlere olan mesafelere göre de risk seviyeleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, önceki bölümlerde oluşturulmuş örnek tip model binanın RBTEİE hesap yöntemlerine göre yapılan analizlerde, doğrusal elastik hesap ve mod birleştirme yöntemine dayalı sonuçlar bilgisayar programı yardımıyla elde edilmiştir.

Yapının konum seçimi hem nüfus yoğunluğu hem de maksimum yer ivmesi değeri dikkate alınarak yapılmış olup, önceki bölümde kullanılan etkin yer ivmesi değeri olan 0.508g'ye karşılık gelen coğrafi koordinatların, daha fazla riskli yapıyı kapsadığı göz önünde bulundurularak tercih edilmesi uygun görülmüştür. Ayrıca, beton basınç dayanımının önemine vurgu yapılarak, 5 MPa ve 12 MPa değerlerine sahip iki farklı beton basınç dayanımındaki sonuçların karşılaştırılmasıyla risk seviyeleri hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Model binanın 13 MPa basınç dayanımı altında yapılan risk analizleri neticesinde yapının risk sınırlarının altında kaldığını göstermiştir. Bu nedenle, 12 MPa ve 5 MPa beton basınç dayanımları altındaki risk düzeylerinin kullanılması en uygun basınç dayanımları olarak değerlendirilmiştir.

Karşılaştırma için öncelikle, düşey taşıyıcı elemanların deprem tehlikesi altında kesit moment değerinin kesit moment kapasitesine bölünmesiyle elde edilen etki/kapasite oranı ve görelî kat öteleme oranı, sınır değerleriyle karşılaştırılmış ve risk sınırlarını aşan kolonlar tespit edilmiştir. Ardından, bu kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin toplamının

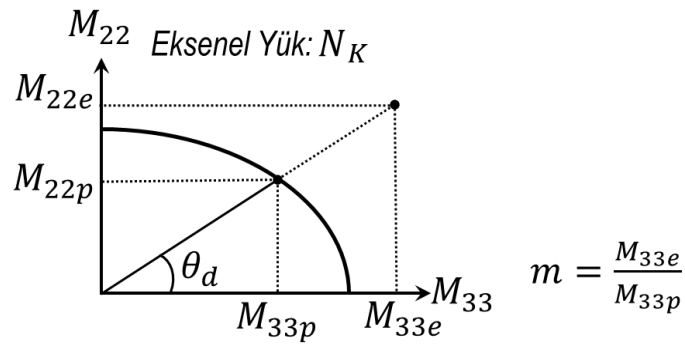
katın toplam kesme kuvvetine oranı incelenmiş; bu oranların belirlenen sınır değerlerini aşıp aşmadığı ve aşılırsa ne kadar aşıldığı değerlendirilmiştir. Risk seviyesi tespiti, tüm katlardaki riskli kolonlar yerine yalnızca kritik katlardaki sonuçların incelenmesiyle yapılmış olup, bu yaklaşım hesap kolaylığı ve sadelik sağlamıştır.

5.4.2. Örnek model binanın kontrol parametreleri

Yapısal çözümlemede kullanılacak parametreler ve değerler aşağıdaki tabloda özetlenmiş olup, beton basınç dayanımı dışındaki tüm özelliklerin aynı olmasına özen gösterilmiştir.

5.4.3. Binaların risk düzeylerinin kesme kuvvetleri ile tespit edilmesi

RBTEİE'ye göre riskli taşıyıcı eleman kararı şu şekilde alınmaktadır: Yapıdaki tüm düşey elemanların (δ/h) ve m değerlerinin, belirlenen $(\delta/h)_{\text{sınır}}$ ve $m_{\text{sınır}}$ değerlerini aşması durumunda, bu elemanların risk sınırını aştığı kabul edilir. Etki/kapasite oranı için, düşey ve deprem yükleri altında ($G+nQ+E$) iki eksenli kesit moment değeri hesaplanır. Ardından, düşey yükler ve azaltılmış deprem etkileri altında ($G+nQ+E/6$) elde edilen kolon eksenel kuvveti N_k değeri için M_{22} - M_{33} etkileşim diyagramı kullanılarak, moment kapasitesi (M_{22p} , M_{33p}) değerleri ile uyumlu olacak şekilde etki/kapasite oranı, $m=M_{33e}/M_{33p}$ oranı üzerinden belirlenir. (Şekil 5.20.) Düşey taşıyıcı elemanların uç ötelenmeleri ise, yatay düzlemdeki düğüm noktalarının vektörel toplamı ile hesaplanır.



Şekil 5.20 Etki/Kapasite diyagramı [3]

Risk sınırını aşan düşey taşıyıcı elemanlar, yani bu modelde kolonlar belirlendikten sonra, riskli bina kararı bu kolonlara gelen toplam kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı sonuçlarına bakılarak alınır. Eğer bu oran, o katta düşey yüklerin ($G+nQ$) kolonlarda oluşturduğu eksenel basınç gerilmelerinin ortalaması $0.65 f_{cm}$ 'den büyük elde edilirse, bina riskli kabul edilir. Eğer ortalama basınç gerilmesi $0.1 f_{cm}$ 'den küçükse, kat kesme

kuvveti sınır oranı olarak 0.35 değeri kabul edilir. Ara değerler içinse enterpolasyon yöntemi uygulanır.[3] Bu bilgiler doğrultusunda, 3. bölümde tasarlanan model bina, 5 MPa ve 12 MPa beton basınç dayanımları altında bilgisayar programı yardımıyla yapılan analiz sonucunda her iki durumda da riskli bulunmuştur. Bu iki basınç dayanımı altında yapılan analizle, risk sınır koşulları ve kesme kuvvetlerinin incelenmesi yoluyla genel bir risk değerlendirmesi yapılabilecektir.

Birinci aşamada, riskli kolonların durumunu belirleyebilmek için yapılan tespitlerde, 12 MPa beton basınç dayanımı altında 1. katın, 5 MPa basınç dayanımı altında ise zemin kat, 1. kat, 2. kat ve 3. katların riskli olduğu tespit edilmiştir. Kritik kat her iki durumda da 1. kat olduğundan, bu kata ait etki/kapasite ve görelî kat öteleme (δ/h) değerleri ile sınır değerleri analiz edilip çözümlenmiş ve sonuçlar Çizelge 5.9'da sunulmuştur.

Çizelge 5. 9. Kolon kat öteleme ve etki kapasite oranları ve sınır değerleri

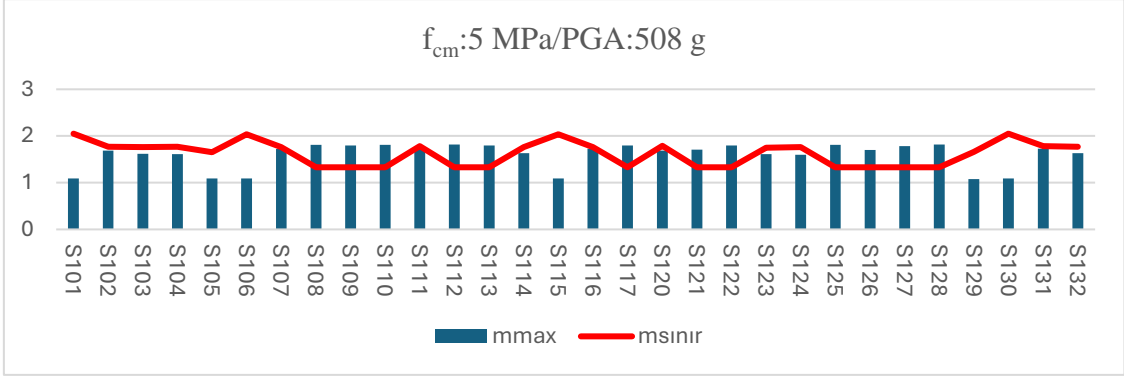
f_{cm}:12 MPa/PGA:509 g					f_{cm}:5 MPa/PGA:509 g			
Kolon No	m _{maks}	m _{sınır}	δ/h	δ/h sınır	m _{maks}	m _{sınır}	δ/h	δ/h sınır
S101	1,04	2,67	0,0113	0,0115	1,09	2,05	0,0141	0,0104
S102	0,85	2,51	0,0113	0,0115	1,69	1,77	0,0141	0,0085
S103	0,85	2,51	0,0113	0,0115	1,62	1,76	0,0141	0,0085
S104	1,45	2,51	0,0113	0,0113	1,61	1,77	0,0141	0,0085
S105	1,53	2,46	0,0113	0,0113	1,09	1,65	0,0141	0,0077
S106	1,04	2,55	0,0113	0,0115	1,09	2,04	0,0141	0,0103
S107	1,55	2,46	0,0113	0,0115	1,72	1,76	0,0141	0,0085
S108	1,38	2,21	0,0115	0,0114	1,81	1,33	0,0141	0,0056
S109	1,38	2,21	0,0115	0,0115	1,8	1,33	0,0141	0,0056
S110	1,39	2,21	0,0115	0,0114	1,81	1,33	0,0141	0,0056
S111	1,55	2,45	0,0115	0,0114	1,73	1,78	0,0141	0,0085
S112	1,39	2,22	0,0113	0,0115	1,82	1,33	0,0141	0,0056
S113	1,3	2,22	0,0113	0,0115	1,8	1,33	0,0141	0,0056
S114	1,47	2,44	0,0113	0,0115	1,63	1,76	0,0141	0,0085
S115	1,03	2,55	0,0113	0,0115	1,09	2,04	0,0141	0,0103

Çizelge 5. 9. Kolon kat öteleme ve etki kapasite oranları ve sınır değerleri (devam)

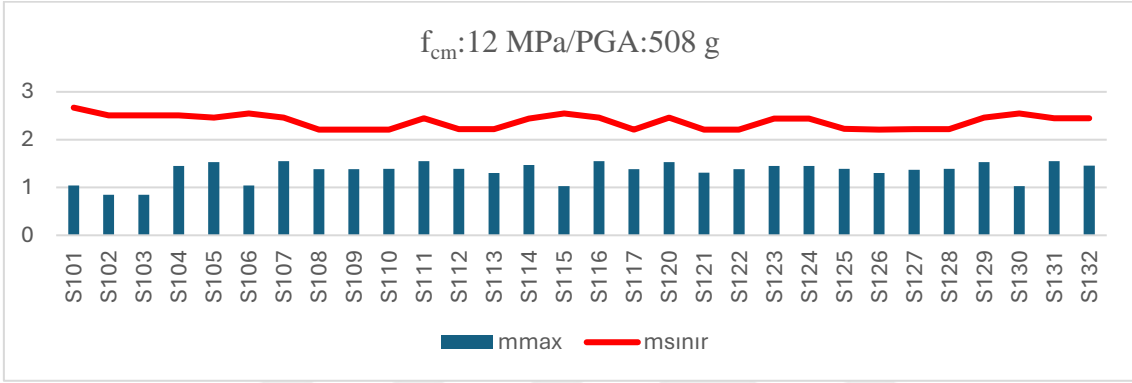
f_{cm}:12 MPa/PGA:509 g					f_{cm}:5 MPa/PGA:509 g			
Kolon No	m _{maks}	m _{sınır}	δ /h	δ /h _{sınır}	m _{maks}	m _{sınır}	δ /h	δ /h _{sınır}
S116	1,55	2,46	0,0113	0,0115	1,73	1,76	0,0141	0,0085
S117	1,38	2,21	0,0115	0,0114	1,8	1,33	0,0141	0,0056
S120	1,53	2,46	0,0113	0,013	1,69	1,79	0,0141	0,0077
S121	1,31	2,21	0,0113	0,0114	1,71	1,33	0,0141	0,0056
S122	1,38	2,21	0,0115	0,0114	1,8	1,33	0,0141	0,0056
S123	1,45	2,44	0,0113	0,0129	1,61	1,75	0,0141	0,0085
S124	1,45	2,44	0,0113	0,013	1,6	1,76	0,0141	0,0085
S125	1,39	2,23	0,0115	0,0115	1,81	1,33	0,0141	0,0056
S126	1,3	2,21	0,0115	0,0114	1,7	1,33	0,0141	0,0056
S127	1,37	2,22	0,0113	0,0114	1,78	1,33	0,0141	0,0056
S128	1,39	2,22	0,0115	0,0114	1,82	1,33	0,0141	0,0056
S129	1,53	2,46	0,0113	0,013	1,08	1,66	0,0141	0,0077
S130	1,03	2,55	0,0113	0,0137	1,09	2,05	0,0141	0,0103
S131	1,55	2,45	0,0113	0,013	1,73	1,78	0,0141	0,0085
S132	1,46	2,45	0,0113	0,013	1,63	1,77	0,0141	0,0085

Tablodaki bu sonuçlar doğrultusunda, her iki beton basınç dayanımı için etki/kapasite oranlarını (m), sınır değerleri ile karşılaştırmasını yaparsak şu sonuca ulaşırız:

Tablodaki m ve m_{sınır} değerleri grafiğe aktarıldığında, kırmızı çizgiler m_{sınır} değerlerini, mavi sütunlar ise her bir kolondan hesaplanan etki/kapasite (m) oranını temsil etmektedir. Grafikte görüldüğü üzere, 5 MPa beton basınç dayanımı altında 18 kolon etki/kapasite sınır değerini aşmıştır. Diğer 12 kolon ise etki/kapasite sınır değerini aşmadığı için bu kolonların risk oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.21. 5 MPa/PGA:0,508g kolonların etki/kapasite oranları ve sınır değerleri

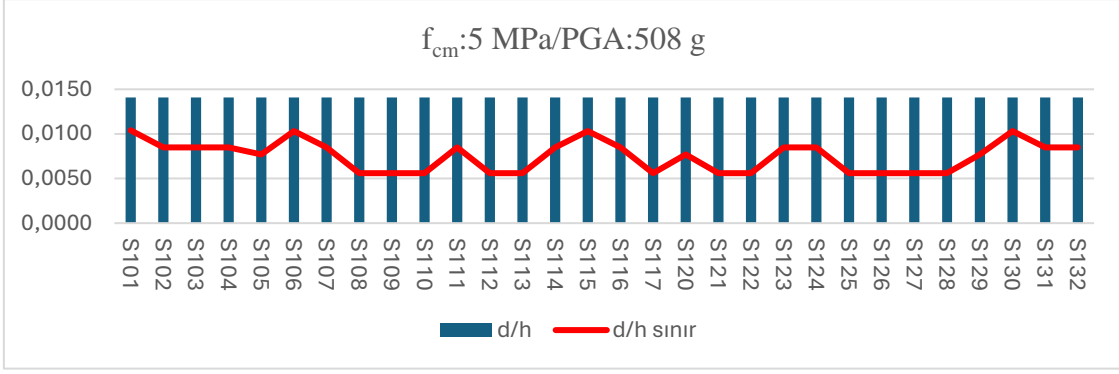


Şekil 5.22. 12 MPa/PGA:0,508g kolonların etki/kapasite oranları ve sınır değerleri

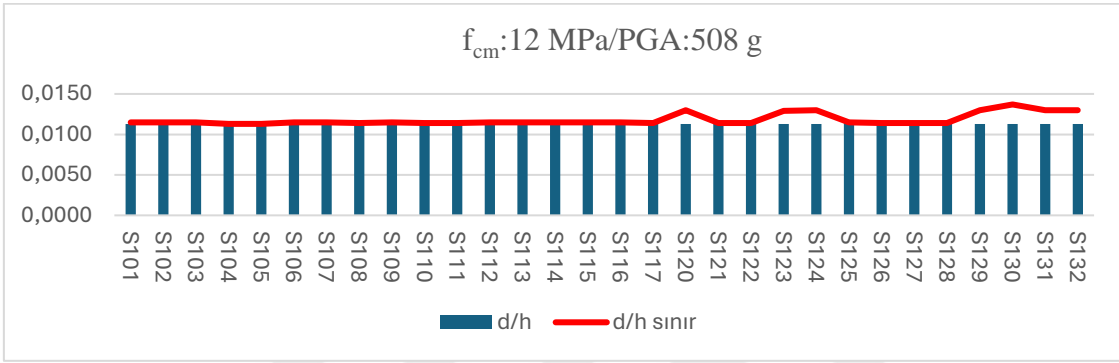
Ancak, 12 MPa beton basınç dayanımı altında, hiçbir mavi sütun (kolon) kırmızı çizgiyi aşmamış olup, kırmızı çizgiye de oldukça uzak konumdadırlar. Bu da kolonların etki/kapasite oranı açısından bir risk taşımadığını göstermektedir. İncelemeler sonucunda, 5 MPa beton basınç dayanımı altında etki/kapasite oranı sınır değerlerini 18 kolonunun aşması bu kolonların riskli olarak değerlendirilmesine yol açmıştır. Buna karşın, 12 MPa beton basınç dayanımı altında etki/kapasite sınırını aşan hiçbir kolon bulunmadığı için, bu durumda kolonlar etki/kapasite oranından kaynaklanan bir risk taşımamaktadır.

Şekil 5.22'deki grafiği incelediğimizde, dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, beton basınç dayanımının 12 MPa olduğu durumda etki/kapasite değerlerinin sınır değerlerine oldukça uzak olmasıdır. Başka bir ifadeyle, kırmızı sınır çizgilerinin mavi sütunlara olan mesafesi, yapıdaki etki/kapasite oranının kritik bir seviyeden uzak olduğunu göstermektedir.

Bir diğer durum olarak, kolonların görece kat ötelenmelerini de karşılaştırıp sonuçları grafiğe aktardığımızda, elde edilen verileri inceleyerek aşağıda verilen şu sonuçlara ulaşabiliriz:



Şekil 5.23 5 MPa/PGA:0,508 g Kolonların görelî kat ötelemesi ve sınır değerleri



Şekil 5.24 12 MPa/PGA:0,508g Kolonların görelî kat ötelemesi ve sınır değerleri

5 MPa basınç dayanımında, tüm kolonlar (30 adet mavi sütun) görelî kat öteleme sınır şartlarını aşmasına karşın 12 MPa beton basınç dayanımında ise 12 kolon kırmızı çizginin altında kalıp risk sınırını aşmaktadır.

Bu tespitlerden elde edilen bilgilere dayanarak, her iki sınır şartının incelenmesinden şu sonuçlara ulaşmak mümkündür: 5 MPa basınç dayanımında kolonlar, her iki sınır şartını önemli ölçüde aşarak riskli kolonlar haline gelmektedir. Ancak 12 MPa basınç dayanımında durum farklıdır; hiçbir kolon etki/kapasite oranına bağlı olarak büyük kesit momentlerine maruz kalmazken, sadece 12 kolon görelî kat ötelemesi sınır şartını aşarak riskli kabul edilmektedir. Kaldı ki bu aşma miktarları ise diğer duruma göre çok daha azdır. Bu aşama ile ilgili olarak son olarak denilebilir ki, her iki durumda da kolonlara eşit kesme kuvveti uygulanması durumunda bile risk sınırını aşan kolonların maruz kaldığı risk seviyelerinin aynı olduğunu söylemek mümkün değildir.

İkinci aşamada ise, riskli bina kararı alınmasına yol açan risk sınırını aşan kolonlara gelen kesme kuvvetinin, o kattaki toplam kesme kuvvetine oranının, bu oranın sınır değerlerini aşma durumunun incelenmesi için yapılan analizler sonucunda elde edilen 5 MPa ve 12

MPa beton basınç dayanımı altındaki veriler, Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11'de sunulmuştur.

Çizelge 5. 10. $f_{cm}=12$ MPa'daki Kesme Kuvvetleri sonuçları

f_{cm} =12 MPa	Toplam eleman sayısı	Risk sınırını aşan eleman sayısı	(EX/EY) yönü V_{risk} (tf)	EX/EY yönü V_{kat} (tf)	Eksenel basınç gerilmeleri ortalaması N_k (tf/m ²)	Kat kesme kuvveti oranı	Kat kesme kuvvetleri oranı sınır değeri	Risk durumu
4.kat	30	0	0	81,03	59,34	0,00	0,35	-
3.kat	30	0	0	129,0	116,03	0,00	0,35	-
2.kat	30	0	0	149,2	172,73	0,00	0,31	-
1.kat	30	12	61,67	172,36	229,43	0,36	0,28	kat riskli
z. kat	30	0	0	205,28	286,13	0,00	0,25	-

Çizelge 5. 11. $f_{cm}=5$ MPa'daki Kesme Kuvvetleri sonuçları

$f_{cm}=5$ MPa	Toplam eleman sayısı	Risk sınırını aşan eleman sayısı	maks. (EX/E Y) yönü V_{risk} (tf)	maks. (EX/EY) yönü V_{kat} (tf)	Eksenel basınç gerilmeler i ortalaması N_k (tf/m ²)	Kat kesme kuvve ti oranı	Kat kesme kuvveti oranı sınır değeri	risk durumu
4.kat	30	0	0	64,53	59,34	0,00	0,33	-
3.kat	30	12	48,84	102,47	116,03	0,48	0,25	kat riskli
2.kat	30	30	118,3	118,3	172,73	0,96	0,17	kat riskli
1.kat	30	30	140,1	140,1	229,43	1,00	0,10	kat riskli
z. kat	30	30	155,6	164,92	286,13	1,00	0,02	kat riskli

V_{risk} : Risk sınırını aşan kolonlara gelen kesme kuvvetleri toplamı (tf)

V_{kat} : Toplam kat kesme kuvveti (tf)

V_{risk}/V_{kat} : Risk sınırını aşan kolonlara gelen kesme kuvveti/kat kesme kuvvetine oranı

Maks(E_x/E_y) : (+/- X ve Y yönlerinde maksimum değerde)

Çizelgelerden herhangi bir katta;

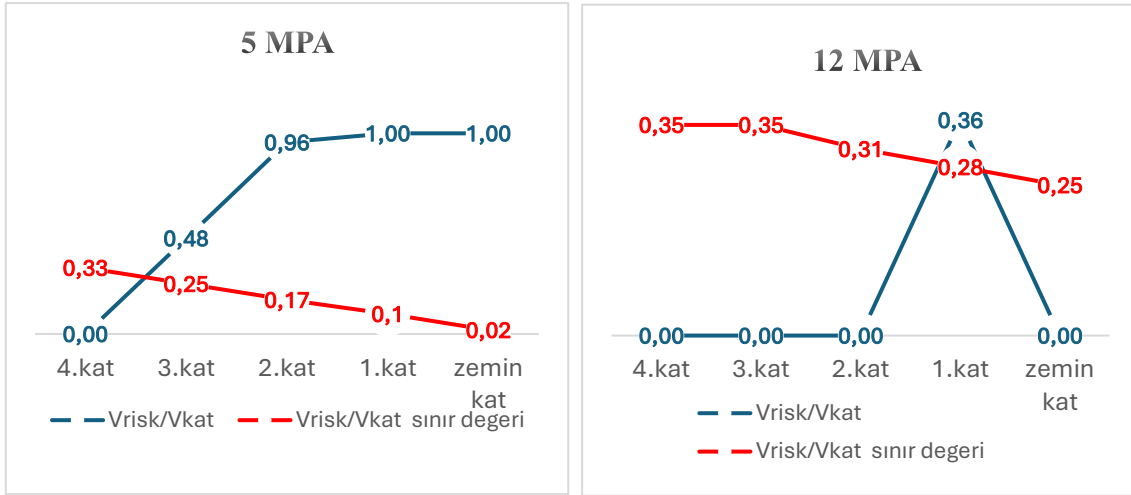
$(V_{risk}/V_{kat}) >$ kat kesme kuvveti sınır değeri

ise bina risklidir. Kat bazında risk durumlarına bakıldığında 12 MPa beton basınç dayanımını altında 1 kat riskli iken 5MPa beton basınç dayanımını altında ise 4 kat riskli durumdadır. Bu kısımdaki tüm değerlerinin değerlendirilmesi ile hazırlanan karşılaştırma tablosu risk seviyeleri arasındaki farkı özetlemektedir.

Çizelge 5.12. Sonuç karşılaştırma tablosu

$f_{cm}=12\text{MPa}$ beton basınç dayanımında	$f_{cm}=5\text{Mpa}$ beton basınç dayanımında
Tüm binadaki 150 adet kolondan sadece 12 tanesi risk sınırını aşmıştır ki bu da tüm kolonların % 8'ine denk gelmektedir.	Tüm binadaki 150 adet kolondan 102 tanesi risk sınırını aşmıştır ki bu da tüm kolonların % 68'ine denk gelmektedir.
Binada sadece 1. kat risk sınırlarını aşmıştır.	Binada zemin kat,1 kat ve 2.kat ve 3.kat olmak üzere 5 katın 4'ü risk sınırlarını aşmıştır.
Hiçbir kolon risk tespit şartlarından olan etki/kapasite $(m)_{sınır}$ değerini aşmamıştır.	Tüm katlarda 86 adet kolon risk sınır değerlerini aşmakta ve hatta sınır değerinin çok üzerlerine çıkmaktadırlar.
12 adet kolon sadece görel kat ötelemesi sınır şartını aşmaktadır.	102 adet kolon hem m sınır şartın hem de δ/h sınır şartını aşmaktadırlar.
Risk sınırını aşan kolonlar, toplamda 61,67 (tf) kesme kuvvetine maruz kalmaktadırlar.	Risk sınırını aşan kolonlar toplamda, 462,84 (tf) kesme kuvvetine maruz kalmaktadırlar.

5.4.4. Kesme kuvvetlerinin risk seviyesine etkisi üzerine değerlendirme



Şekil 5.25 5 MPa'daki risk seviyeleri

Şekil 5.26 12 MPa'daki risk seviyeleri

RBTEİE hesaplarına göre karşılaştırma yapılan bina, ister 5 MPa ister 12 MPa beton basınç dayanımı altında olsun, her iki durumda da riskli bina sınıfında yer almaktadır. Ancak, risk seviyelerinin aynı olduğunu söylemek mümkün değildir.

Çizelge 5.12'de elde edilen durumu daha da belirginleştirmek için oluşturulan grafiklerde (şekil 5.25, 5.26), riskli kolonlara gelen kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı mavi çizgiyle, bu oranın sınır değeri ise kırmızı çizgiyle gösterilmektedir. Kırmızı ve mavi çizgi arasındaki mesafeler ise riskin büyüklüğü hakkında bilgi vermektedir. Grafiğe baktığımızda, 5 MPa beton basınç dayanım durumunda; 4. kattan itibaren zemin kata kadar riskli kolonlara gelen kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı bu oranın sınır değerinin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. 12 MPa basınç dayanımında ise bu oran yalnızca 1. katta sınır değeri geçmektedir. Özetle, kesme kuvvetlerine göre kıyaslama yapıldığında, 5 MPa beton basınç dayanımı altındaki risk seviyesinin, 12 MPa beton basınç dayanımı altındaki risk seviyesinden çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Kesme kuvvetleri arasındaki bu büyük fark dikkate alındığında, risk seviyesi sınıflandırmasının, risk sınırını aşan bu kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin toplam büyüklüğüne göre yapılabileceği değerlendirilmektedir.

Bu sonuçlardan hareketle, RBTEİE'de riskli yapıların sadece "riskli" olarak sınıflandırılması yerine, risk seviyelerine göre de sınıflandırılmasının yapılması

önerilmektedir. Böyle bir sistem, yüksek derecedeki riskli yapıların öncelikli olarak tahliye edilmesini sağlayarak, olası büyük bir depremin daha az can kaybıyla atlatılmasına katkı sunacaktır. Ayrıca, en yüksek risk grubundaki yapıların elenmesiyle geride kalan toplam risk de minimuma inmiş olacaktır.





6. RBTEİE UYGULAMALARINA YÖNELİK ÖNERİLER

Riskli yapıların depreme karşı göstereceği performansın en üst düzeyde tespit edilmesi ve bu yapıların hızla dönüştürülmesi, afet öncesi yapılacak hazırlıkların başında gelmektedir. Bu dönüşümün eksiksiz gerçekleştirilmesi, depremin yol açabileceği can kayıplarını en aza indirilmesine yardımcı olacaktır. Ancak, bu dönüşüm için yüzbinlerce veya milyonlarca yapının değerlendirilmesi gerektiği düşünüldüğünde, hızlı, ekonomik ve doğru tespitlerin yapılmasının ne kadar zor olduğu da açıktır. Bu nedenlerle, RBTEİE hesap yöntemleri kullanılarak yapı güvenliğinin en kısa sürede tespit edilmesi hayati öneme sahiptir. Bu yöntemlerin sürekli geliştirilmesi ve yeni öneriler getirilmesi, risk tespitlerinde daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine olanak tanıyacaktır. Yöntemin geliştirilmesi ve daha etkili bir şekilde kullanılmasının önünü açmak amacıyla, RBTEİE’de uygulama ve hesap yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacak bazı öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Riskli yapı sayısının fazlalığı, tespitlerde öncelikli olarak binaların deprem sırasında can güvenliğini tehdit edip etmediğinin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Yapının deprem sonrasında alacağı hasar, ikincil derecede önemlidir. Esas önemli olan, deprem anında can güvenliğinin tehlikede olup olmadığıdır. Bu nedenle, yapıların hasar durumundan ziyade can güvenliği tehlikesi bulunan binaların tespit edilebilmesini de içine alan bir risk seviye sınıflandırmasına göre risk analizlerinin yapılması gereklidir. Bu yaklaşım, riskli yapı sayısının fazlalığı nedeniyle göçme tehlikesi olan bu gibi yapıların birinci derecede riskli yapı grubuna dahil edilerek derhal boşaltılmasını sağlayacak ve olası bir depremde can kaybının en aza indirilmesine katkıda bulunacaktır.
- TBDY 2018’de “Bina Kullanım Sınıflarına” bağlı olarak bina önem katsayısı çarpını bulunmaktadır. Benzer bir sınıflandırma RYTEİE-2019’a da eklenmesi faydalı olacaktır. Özellikle okul, hastane gibi kritik yapıların, metruk binalarla aynı risk kategorisinde değerlendirilmemesi gerektiği açıktır, çünkü bu yapıların işlevselliği ve insan yoğunluğu can güvenliği açısından daha hassas bir yaklaşıma ihtiyaç duymaktadır. Hatta bu tip yapıların kullanılmaya devam edilip edilmeyeceğinin tespiti için gerek binadan toplanan bilgilerin gerekse de hesap

yöntemlerinin daha hassas ve daha detaylıca yapılması sağlanmalıdır. Ayrıca, yönetmelikte bu tip binaların risk tespitine yönelik özel bir bölümün eklenmesi de önerilmektedir.

- Risk tespiti yapılan yapılar için büyüklük veya önem derecesine göre tecrübe ya da uzmanlık kriteri aranmamaktadır. Ancak, çok katlı bir bina veya kurumsal/resmi bir bina ile tek bir kişinin ikamet ettiği müstakil bir bina arasında yapılacak tespitlerin önemi aynı değildir. Özellikle, söz konusu bina bir okul veya hastane gibi bölge için büyük öneme sahip bir yapı olduğunda bu fark daha da belirginleşir. Yapının büyüklüğüne ve önemine göre tespit yapacak kişilerin uzmanlık seviyelerine göre sınıflandırılması ve özellikle okul ve hastane gibi kritik öneme sahip yapıların tespitlerinin uzman bir heyet tarafından değerlendirilmesi, hata oranını ve oluşabilecek mağduriyetlerin boyutunu önemli ölçüde azaltacaktır.
- RBTEİE hesap yöntemleri ile yapılan risk tespitlerinde, yapının bulunduğu zemin sınıfı RBTEİE 2.7'de verilen tabloya göre ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olarak, sağlam kayadan sıvılaşma riski olan zemine doğru sıralanmaktadır. Uygun zemin sınıfının belirlenmesi ise RBTEİE Bölüm 2.3'e göre zemin etüdü ile yapılmalıdır. Bu zemin etüdü; jeofizik çalışmalar, sondajlar, laboratuvar analizleri, yeraltı suyu tespiti ve sıvılaşma analizi gibi detaylı bir süreç gerektirir. Bu çalışmaların getirdiği ek süre ve maliyet, riskli yapı tespitlerindeki en uzun ve zorlu aşamalardan birini oluşturmaktadır. Ülkemizdeki yapıların bir kısmı, tüm zemin sınıfları göz önüne alınarak yapılan risk tespitlerinde dahi yine de riskli yapı olarak sınıflandırılabilir. Bu tip yapılar için zemin sınıfının belirlenmesi gereksiz olabilir ve bu yapılar, tüm zemin sınıflarında riskli olarak kabul ediliyorsa, zemin etüdü yapılmadan doğrudan riskli yapı olarak değerlendirilmelidir. Bu yaklaşım, riskli yapı tespitlerindeki yükü azaltacak, maliyetleri düşürecek ve süre kazandıracaktır.
- Bölüm 4'te yapılan çalışmada, etkin yer ivmesinin düşük olduğu durumlarda bile, beton basınç dayanım değeri 5 MPa olan bir binanın yine de riskli olduğu tespit edilmiştir. Riskli yapı tespitlerinin hızla yapılabilmesi adına, eğer alınan karot beton numunesinin basınç dayanımı 5 MPa'nın altında ise, binanın doğrudan riskli kabul edilmesi önerilmektedir. Bu durumda, yapıdan röntgen donatı taramaları, zemin etüdü raporları ve risk raporlarının hazırlanması gibi süreçlere gerek kalmadan, tespit maliyetlerinin ve süresinin önemli ölçüde azaltılması sağlanabilir.

- Yasal olarak bir yapının riskli yapı olarak tanımlanabilmesinin tek şartı, RBTEİE hesap yöntemleri sonucunda yapının riskli olarak değerlendirilmesidir. Bunun dışında, hızlı tarama teknikleri veya bazı belediyelerin kendi çıkardıkları yönetmelikler ile de riskli yapı tanımlamaları yapılabilmektedir. Ancak bu tanımlamalar, farklı anlam ve içeriklere sahip olabilmektedir. Bu nedenle, riskli yapı tanımının, diğer tarama teknikleri ve yönetmeliklerce de belirli bir standart anlam içermesi, tüm uzmanlar tarafından aynı anlamda ve aynı değerle kullanılabilmesi gereklidir. Riskli yapı tanımı, tüm uzmanlarca anlaşılabilir ve sınırlı bir anlama sahip olacak şekilde standardize edilmelidir.
- RBTEİE'ye göre, kerpiç yapılar için lisanslı kuruluşlar tarafından riskli yapı olduğuna dair teknik rapor düzenlenmesi halinde, bu yapıların da 6306 sayılı Kanun kapsamında riskli yapı olarak kabul edileceği belirtilmektedir. Bu yapıların doğrudan riskli yapı olarak kabul edilmesi, çoğunlukla kırsal alanlarda bulunan kerpiç yapıların dönüşümünü hızlandıracak ve bu yapılarda ikamet edenlerin 6306 sayılı Kanun'dan faydalanmalarını kolaylaştıracaktır. Benzer bir yöntem, yağma binalar için de kat yüksekliği ve yapıım yılına bağlı olarak uygulanabilir.
- RBTEİE kapsamında riskli yapı tespit süreçlerinin planlı bir şekilde ve ekipler tarafından yürütülmesi büyük önem taşımaktadır. Bir binada risk tespiti yapmak için izlenen süreçler, yapı rölevesinin çıkarılması, beton numunesi alınması, beton basınç dayanımı deneyinin yapılması ve raporlanması, Bakanlığa başvuru evraklarının hazırlanması, RBTEİE yöntemlerine göre statik analiz yapılması, binadaki donatı röntgeninin çıkarılması ve değerlendirilmesi, donatı korozyon tespitlerinin yapılması, sıyırma işlemi ile donatı tespiti yapılması ve bina planının modellenmesi gibi aşamaları içermektedir. Özellikle büyük yapılarda, bu sürecin uzman kadrolar tarafından yürütülmesi, tespitlerde olası hata kontrollerinin daha etkin bir şekilde yapılmasını sağlayarak sürecin hızlandırılmasına ve daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunacaktır. Bölgesel bazlı ve birden fazla yapıyı içeren çalışmalarda, süreçlerin ekipler arasında planlı bir şekilde dağıtılması, tespitlerin güvenilirliğini artıracaktır.
- Risk tespiti yapılan binaların çoğunda, yapı projelerine ulaşılamamakta veya mevcut projeler, yapının yerinde yapılan incelemeleriyle uyumlu olmamaktadır. Bu durumda, tüm hesaplamalar, bilgi düzeyi katsayısı olan 0,9 ile çarpılarak değerlendirilmektedir. Ancak, yapıdaki uyumsuzlukların derecesine göre bilgi düzeyi katsayısının da değişkenlik göstermesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Örneğin, üzerinde üç ilave kat ve kapalı çıkmalar bulunan, projesiyle tamamen uyumsuz bir yapı ile sadece döşeme kalınlığı olması gerekenden 1 cm daha ince veya kalın olan bir yapının projelerine uyumsuzlukları arasındaki kusur oranlarını eşit kabul etmek yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, bilgi düzeyi katsayısının, yapının projeye olan uyumsuzluk oranına göre ayarlanması faydalı olacaktır.

- Risk tespitlerinde, arşiv araştırmalarıyla kolayca belirlenebilecek ve riskli çıkma ihtimali yüksek olan bazı bina türleri bulunmaktadır. Bu binaların başında, 1980 yılı ve öncesinde inşa edilmiş karma binalar, betonarme perdesiz ve bodrum katı bulunmayan kooperatif binaları, ruhsatsız veya proje dışı esaslı tadilat görmüş binalar, dere yataklarına inşa edilmiş yapılar ve ek kat ilavesi yapılmış binalar gelmektedir. Özellikle deprem ivmesinin yüksek olduğu bölgelerde, bu tür binaların özel bir değerlendirmeye tabi tutulması, yüksek risk taşıyan yapıların tespitini hızlandırabilir.
- Riskli yapı tespitleri sonrasındaki yıkım, tahliye ve yeni bina inşa süreçleri genellikle tek tek bina bazında ilerlemektedir. Bu durum, riskli yapı tespit taleplerinin ve konunun önemine olan ilginin azalmasına yol açmakta ve riskli yapılara karşı toplumsal duyarlılığın yeterince oluşmamasına neden olmaktadır. Bu sorunun önüne geçmek için, belirli bir sayıya ulaşmış riskli yapı tespitlerinin ardından, toplu yapı inşasını teşvik edecek yasal düzenlemeler yapılabilir. Bu tür düzenlemeler, süreci hızlandırarak riskli yapıların daha etkin bir şekilde dönüştürülmesine katkı sağlayabilir.
- Risk tespitinde sınıflandırmanın bir diğer faydası, risk düzeylerine göre konut yardımı, kira yardımı ve kişilerin ekonomik ve mali yeterliliklerinin birlikte değerlendirilerek daha etkili çözümler sunulabilmesidir. Bu şekilde yapılan tespitler, sonrasında ortaya çıkabilecek ekonomik yeterlilik ve geçici barınma sorunlarının çözümüne büyük katkı sağlayacaktır.
- Riskli yapı tespit çalışmalarında, riskli bina sahiplerinin ortalama gelir durumlarını belirlemek amacıyla diğer kamu kurumları ile ortak çalışmalar yürütmek faydalı sonuçlar doğurabilir. Riskli yapıların tespiti ve dönüşüm süreçlerindeki yüksek maliyetler göz önüne alındığında, tüm maliyetlerin kamu kaynaklarıyla karşılanması mümkün değildir. Bu tür bir ortak çalışma, riskli yapıların dönüştürülmesinde etkili bir teşvik mekanizması oluşturulmasına yardımcı olabilir, böylece dönüşüm süreçleri hızlandırılabilir ve daha fazla sayıda yapının güvenli hale getirilmesi sağlanabilir.

- 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'un kapsamının, Türkiye Binaları Deprem Yönetmeliği ile entegre edilerek genişletilmesi ve bu doğrultuda RBTEİE ile uyumlu ortak bir yönetmelik oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu sayede, mevcut binaların değerlendirilmesi sonrasında güçlendirme veya dönüşüm kararlarının uygulanmasında tüm süreçler tek bir çatı altında toplanarak daha verimli ve hızlı bir şekilde tamamlanabilir.





7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, 2000 yılı ve öncesine ait riskli olarak tespit edilen üç betonarme bina, ticari (ideCAD ve STA4CAD) ve resmi (YAP.Net) yapı analiz programları kullanılarak Bölüm 3'te detaylı olarak incelenmiştir. RBTEİE hesap yöntemlerine göre yapılan bu analizlerde, yapıların kritik katlarındaki en büyük etki/kapasite (m) değeri, en büyük öteleme oranı (δ/h), kat kesme kuvveti oranı sınır değeri ve X ve Y yönlerinde risk sınırını aşan elemanların kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranları karşılaştırma kriterleri olarak kullanılmıştır. Hem resmi yapı analiz programı (YAP.Net) hem de ticari programlar, incelenen tüm yapıları riskli olarak sınıflandırmış ve sonuçlar arasında uyum gözlemlenmiştir. Özellikle İdeCAD programının risk tespit parametrelerinin YAP.Net programına daha yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Trakya Bölgesinde incelenen 218 riskli yapının yapısal kusurları üzerine yapılan çalışmada, en yaygın kusurun kapalı/ağır çıkma düzensizliği olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, riskli yapıların ortalama beton basınç dayanımlarının da 5-15 MPa arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tez kapsamında ele alınan örnekler ve analizlere göre sonuçlar özetlenecek olursa:

Riskli yapılarda yapı malzemesi özellikleri dikkate alınarak yapılan analizlerde, risk seviyesine beton sınıfının donatı sınıfından daha fazla etki ettiği belirlenmiştir. Özellikle deprem ivmesinin yüksek olduğu bölgelerde bu fark daha belirgin hale gelmiş ve beton basınç dayanımının bu bölgede risk seviyesindeki en etkili parametre olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun, düşük beton basınç dayanımına sahip betonarme yapılarda, çelik donatı henüz akma dayanımına ulaşmadan betonun taşıma kapasitesini tüketmesinden kaynaklandığı çıkarımına varılabilir.

Riskli yapılarda sık görülen yapısal kusurların risk seviyesine etkisini inceleyen analizler sonucunda, kapalı çıkma varlığının, yumuşak kat/zayıf kat düzensizliğine göre risk seviyesini daha fazla artırdığı değerlendirilmiştir.

RBTEİE hesaplamalarında, yapıların yalnızca "riskli yapı" olarak tanımlanmasının yetersiz kalacağı ve milyonlarca yapı arasından can güvenliği açısından tehlike arz

edenlerin tespitinde kolaylık sağlamak amacıyla risk tespitlerinin risk seviyesine göre yapılmasının gerekli olduğu değerlendirilmiştir.



KAYNAKLAR

- [1]. **Çevre ve Şehircilik Bakanlığı** (2012). Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun. Ankara,Türkiye. [Url<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120531-1.htm>](https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120531-1.htm)
- [2]. **Çevre ve Şehircilik Bakanlığı** (2013). Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Ankara,Türkiye. [Url<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130702-3.htm>](https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130702-3.htm)
- [3]. **Çevre ve Şehircilik Bakanlığı** (2019). 6306 Sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik EK-2.- Ankara,Türkiye. [Url<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/02/20190216-1.htm>](https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/02/20190216-1.htm)
- [4]. **Gökhan Tunç** (2021). Türkiye'deki Bina Sayıları. [Url<https://www.researchgate.net/publication/349829931>](https://www.researchgate.net/publication/349829931)
- [5]. **Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK** (2020). [Url<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>](https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109)
- [6]. **Burak DURAN, Onur TUNABOYU, Özgür AVŞAR** (2017). Düşük Dayanımlı Betonun Elastisite Modülünün Belirlenmesi Ve RYTEİE İle Yapılan Risk Değerlendirmesine Etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 32, Sayı 1,
- [7]. **İdris BEDİR HANOĞLU** (2019) Düşük Dayanımlı Betona Sahip Betonarme Kısa Kolonların Kesme Etkileri Altında Davranışlarının İncelenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, Cilt 10, Sayı 1,
- [8]. **Yunus Emre TÜRKEL, Hamide TEKELİ** (2018) .Konut Türü Betonarme Binaların Deprem Risk Değerlendirmesi. Politeknik Dergisi, Cilt 21, Sayı 3,
- [9]. **Asiye KARAYER, Metin HAKAN,SEVERCAN** (2018). Farklı Tip Betonarme Yapıların Paket Programlar İle Analizi Ve Karşılaştırılması. Black Sea Journal of Engineering and Science, Cilt 1, Sayı 2
- [10]. **SAP2000** (2018) Computers&Structures,INC. Structural and Earthquake Engineering Software
- [11]. **Ahmet YAKUT Barış BİNİCİ** (2023). Ülkemizdeki Riskli Yapıların Genel Özellikleri Ve Deprem Performansı Ülkemizde Riskli Yapıların Genel Özellikleri Ve Deprem Performansı. Çevre Şehir ve İklim Dergisi, Cilt 2, Sayı 4
- [12]. **Deniz KARĞI.** (2022) 2000 Yılı Öncesi Yapılan Mevcut Betonarme Yapıların Tbdy-2018'e Göre Yapı Performanslarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.

- [13]. **Ahmet Ferdi ŞENOL** (2023) Kahramanmaraş Depremleri (6 Şubat 2023) Sonrası Hatay İlindeki Yapıların Hasar Durumlarının Değerlendirilmesi. 2nd International Conference on Engineering Natural and Social Sciences, April 4-6, 2023, Konya, Türkiye
- [14]. **Faruk POLAT** (2021) Kolon-Kiriş Birleşimleri Yetersiz Detaylandırılmış Betonarme Binalarda Şekil Değiştirme Esaslı Performans Limitlerinin Araştırılması.Yüksek Lisans Tezi,Dokuz Eylül Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [15]. **Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı**,(2024). Haberler,Url<<https://www.csb.gov.tr/bakan-murat-kurum-turkiyede-6-milyon-bagimsiz-birim-risk-altinda-2-milyonu-acil-donusmeli-bakanlik-faaliyetleri-40206>>
- [16]. **Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı**, (2015). Afet Riski altındaki alanların Dönüşümü (ARAAD.net). Url<<https://kentseldonusum.csb.gov.tr/>>
- [17]. **Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı** (2019). Kentsel Dönüşüm Başkanlığı. Url <https://altyapi.csb.gov.tr/yap.net-yazilim-programi-egitim-videolari-i-96521>>
- [18]. **Coşkun ÇAKMAK, Mürsel ERDAL, Ertuğrul EKİNCİ** (2023). Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun Kapsamında Riskli Yapı Tespit Süreci, Teşvikler Ve Maliyet Analizi: Bir Vaka Çalışması. Politeknik Dergisi, Cilt 26, Sayı 4,
- [19]. **Türk Standartları Enstitüsü**, (2000). TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.
- [20]. **Türk Standartları Enstitüsü**, (2002). TS EN 12504-1, Beton- Yapıda Beton Deneylemleri- Bölüm 1: Karot Numuneler- Karot Alma, Muayene Ve Basınç Dayanımının Tayini.
- [21]. **Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD)**, (2019). Türkiye Deprem Tehlike Haritası.
- [22]. **Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar**, (2018). Resmî Gazete Tarihi: 18.03.2018 Resmî Gazete Sayısı: 30364
- [23]. **Emrah BAŞŞİ, Ahmet DADA, Erhan GÜMÜŞ, Serdar CENİKLİ** (2023). 6306 Sayılı Kanun Kapsamında Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Uyarınca Riskli Yapı Tespiti Yapılan Binaların Sayısal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi. (2023), Resilience, Cilt 7, Sayı 1, 2023,
- [24]. **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı** (1997). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Ankara,Türkiye Url<www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/03/20060306-3-1.pdf>
- [25]. **Bayındırlık ve İskân Bakanlığı** (2001). Yapı Denetimi Hakkında Kanun. Ankara,Türkiye
- [26]. **Ahmet Yakut, Barış Binici** ,(2023). Ülkemizdeki Riskli Yapıların Genel Özellikleri ve Deprem Performansı. Çevre Şehir ve İklim Dergisi, Cilt 2, Sayı 4, 2023, 220 - 237,

- [27]. **Nesin YARDIMCI** (2005). Türkiye’de Çelik Yapılar Türkiye Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH) 435.
- [28]. **Sta4CAD** (2022). Structural Analysis for Computer Aided Design, STA Bilgisayar Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti. İstanbul, Türkiye.
- [29]. **İdeCAD** (2020). İdeYAPI Bilgisayar Destekli Tasarım A.Ş. İstanbul, Türkiye.
- [30]. **Hakan MUTLU** (2020). Binaların Güçlendirme/Yıkım Kararı Sürecindeki Ekonomik Değerlendirme İçin Yeni Bir Yöntem Önerisi: Eğitim Yapıları Örneği. Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi 46-56.
- [31]. **Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı** (2022). Taze Beton Dökümüne ve Numune Alımına İlişkin 2022/07 Nolu Genelge. [Url<https://isparta.csb.gov.tr/bakanligimizca-taze-beton-okumune-ve-numune-alimina-iliskin-2022-02-nolu-genelge>](https://isparta.csb.gov.tr/bakanligimizca-taze-beton-okumune-ve-numune-alimina-iliskin-2022-02-nolu-genelge)
- [32]. **Türk Standartları Enstitüsü**, (2002). Beton- Bölüm 1: Özellik, performans, imalat ve uygunluk.
- [33]. **Mehmet CANBAZ, Selim ŞENGEL** (2015). Betonarme Binalarda Kentsel Dönüşüm Uygulamaları: Eskişehir. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt:2, Sayı: 2,
- [34]. **Emrah Meral**, (2019). Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkilerinin Araştırılması. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, Cilt 11, Sayı 2, 2019, 515 - 527, 10.29137/umagd.495192
- [35]. **Bayındırlık ve İskân Bakanlığı** (1985). İmar Kanunu. [Url<https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18749.pdf>](https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18749.pdf)
- [36]. **Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik**. 1 Haziran 2013 Tarih ve 28664 nolu Resmi Gazete, Ankara, Türkiye
- [37]. **İmar ve İskan Bakanlığı**, (1975). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Ankara Türkiye
- [38]. **Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı** (2023). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Ankara, Türkiye
- [39]. **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**. (1985). Planlı Alanlar Tip Yönetmeliği. Ankara, Türkiye
- [40]. **Anadolu Ajansı** (2023). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde değişiklik yapıldı. <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/planli-alanlar-imar-yonetmeliginde-degisiklik-yapildi/>
- [41]. **Uğur ERSOY-Günay ÖZCEBE** (2018). Betonarme Ders Kitabı. Evrim Yayınevi
- [42]. **Emre Sancak , Ahmet Gökdemir** (2008). Ankara’daki Hazır Beton Tesisleri Teknik Personelinin Eğitim Düzeyleri Yapı Teknolojileri. Elektronik Dergisi Cilt 4, Sayı 1, 2008, 47 - 57,
- [43]. **Ali KEÇELİ1, Mustafa CEVHER**, (2018). Zemin Hakim Periyodu ve Bina Yüksekliği Rezonans İlişkisi. Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi Cilt: 17, No: 2, 2018 (203-224)
- [44]. **Ercan Işık Gökhan Öztürk** (2017). Betonarme Binalarda Kat Yüksekliğinin Yapı Performansına Etkisi. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi 299-305



EKLER

Çalışmada kullanılan yapıların bilgilerinin kullanılması için Edirne Çevre,Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğünce alınan izine dair izin yazısı aşağıda verildiği şekildedir.

EKA



TASNİF DIŞI

T.C.
EDİRNE VALİLİĞİ
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü



Sayı : E-59509803-500-8067452

Konu : Araştırma İzni Hakkında

KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE

İlgi : 23.11.2023 tarihli ve E-52576960-304.03-104971 sayılı yazınız.

İlgi yazınızda, Fen Bilimleri Enstitünüzde İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi olan Özgür Baran KAYAŞ'ın, tez çalışmasında kullanılmak üzere 6306 Sayılı Kanun kapsamındaki riskli yapıların kayıtlarının tutulduğu ARAAD.net sisteminde bulunan yapılardan, en az 10 adedine ait yapıdan kişisel bilgilerin haricindeki bilgilerin paylaşılması ve yapı bilgi modellemesi yazılımı İdeCAD programını kullanması için izin verilmesi talep edilmektedir.

İl Müdürlüğümüz bünyesinde inşaat mühendisi olarak çalışan Özgür Baran Kayaş'ın, İdeCAD yazılımını kullanmak ve ARAAD.net sisteminde kayıtlı bulunan yapılardan en az 10 adedine ait; ada, parsel ve koordinat gibi konum bilgileri ile yapıya ait kişisel bilgiler hariç olmak üzere; yapıdan toplanan bilgiler, taşıyıcı sistem bilgileri ve analiz sonuçları gibi yapıya ait teknik bilgileri tezinde veri olarak kullanması için izin ve bilgi verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

Taner NURLU
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürü V.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. Doğrulama Kodu: DA1C7A57-AC6C-4CB4-9A66-7FB273B53E39 Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr>
İstasyon Mahallesi Şehit Emniyet Müdürü Ertan Nezih Turan Cad. No:63 22030-Edirne Mail : edirne@csb.gov.tr KEP Adresi : edimsevrtevesehircilik@hs01.kep.tr Bilgi için: Özgür Baran KAYAŞ İnşaat Mühendisi Telefon No:(284) 225 18 49

TASNİF DIŞI



Şekil-A Çalışma kapsamındaki yapıların bilgilerini kullanılmak üzere verilen izin yazısı