

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME YAPILARIN DEPREM GÜVENİLİRLİKLERİNİN
HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASI

MEHMET TURAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2014

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME YAPILARIN DEPREM
GÜVENİLİRLİKLERİNİN HIZLI
DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASI

MEHMET TURAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. BİLGE SİYAHİ

GEBZE

2014



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY FORMU

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13.01.2014 tarih ve 2014/03 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 27/01/2014 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mehmet TURAL'ın tez çalışması Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN)

(TEZ DANIŞMANI) :

Prof. Dr. Bilge SİYAHİ

ÜYE :

Doç. Dr. Bülent AKBAŞ

ÜYE :

Doç. Dr. Bilge DORAN

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Betonarme yapıların deprem öncesi ve/veya sonrası güvenilirliklerinin belirlenmesi ve binaların yeniden kullanılma durumlarının bilinmesi can güvenliği ve deprem sonrası hayatın normale döndürülmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, betonarme yapılarda rölöve çalışması, malzeme dayanımlarının belirlenmesi için karot alınması ve yapısal analiz gibi birçok detaylı incelemelerin yapılması gerekmektedir. Ancak, bu işlemler uzun sürmekte ve maliyeti artırmaktadır. Bu nedenlerle, deprem öncesi ve/veya sonrası yapıların durumlarının belirlenmesine yönelik çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu tez çalışmasında, detaylı teknik analizi sonucunda “riskli bina” sınıfında olduğu belirlenen 6 katlı (bodrum ve zemin dahil) bir betonarme yapıdaki deprem öncesi hasarın belirlenmesi amacıyla farklı hızlı değerlendirme yöntemleri test edilmiştir. Kullanılan yöntemler Kanada Sismik Tarama, Japon Sismik İndeks, P25 Puanlama, Kolon ve Duvar İndeksleri ve Kapasite İndeksi Yöntemleridir. Test edilen tüm yöntemler yapının güvenilirliğinin düşük seviyede olduğunu doğrulamıştır. Elde edilen sonuçlar, hızlı değerlendirme yöntemlerinin, betonarme yapıların hasar tespitinde ve risklerinin belirlenmesinde uzun süreli ve maliyetli teknik analizlere kıyasla daha pratik şekilde ulaştırdığını göstermiştir. Mevcut hızlı değerlendirme yöntemlerinin kalibre edilerek bölgesel analizlerde efektif şekilde kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Yapılar, Deprem Güvenilirliği, Hızlı Değerlendirme Yöntemleri.

SUMMARY

Determination of reliability of concrete buildings before and/or after earthquakes and identifying the condition of these buildings for re-use are of great importance from perspectives of life safety and normalisation of life after earthquakes. For this purpose, many detailed investigations such as relief work, core drilling for determination of strength of materials and structural analysis should be performed for concrete buildings. However, these studies are time consuming and costly. Therefore, various rapid assessment methods have been developed for determination of condition of buildings before and/or after earthquakes. In this study, some rapid assessment methods were tested to detect the damage in a concrete 6-floor building (basement and ground floor included) before an earthquake which is already classified as “risky building”. The methods used in this study are Canadian Seismic Research, Japanese Seismic Index, P25 Scoring, Column and Wall Index and Capacity Index methods. All the methods tested confirmed that the reliability of the building was at low level. The results showed that rapid assessment methods are more practical in determination of damage and risk in concrete buildings when compared with long-term and high-cost methods. It can be inferred that rapid assessment methods can be effectively used for local analysis by being calibrated.

Keywords: Concrete Buildings, Earthquake Reliability, Rapid Assessment Methods.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında yardım ve desteklerini esirgemeyerek yol gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Bilge SİYAHİ'ye,

Araştırma sürecinde beni destekleyip yönlendiren Sayın Doç. Dr. Bülent AKBAŞ'a,

Ve yazım sürecinde desteğini hiç esirgemeyen Eşim Serap TURAL'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. RİSK TESPİTİNDE KULLANILAN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ	2
2.1. Kanada Sismik Tarama Yöntemi	2
2.2. Japon Sismik İndeks Yöntemi	5
2.3. P25 Puanlama Yöntemi	8
2.3.1. Kritik Kat Seçimi	10
2.3.2. C_A Enkesit Alanı Endeksi Bileşenleri	11
2.3.3. C_1 Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi	12
2.3.4. P_0 Taşıyıcı Sistem Puanı	13
2.3.5. P_1 Temel Yapısal Puanı	15
2.3.6. P_2 Kısa Kolon Puanı	15
2.3.7. P_3 Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Puanı	15
2.3.8. P_4 Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı	16
2.3.9. P_5 Çarpışma Puanı	17
2.3.10. P_6 Sıvılaşma Potansiyeli	18
2.3.11. P_7 Toprak Hareketleri Puanı	19
2.3.12. α Düzeltme Çarpanı	20
2.3.13. β Düzeltme Çarpanı	20
2.3.14. P Sonuç Puanı	21
2.4. Kapasite İndeksi Yöntemi	23
2.5. ATC-21 Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi	26
2.6. Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi	28

2.8. Durtes Yöntemi	31
2.9. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Normlarına Göre Hızlı Değerlendirme Yöntemi	32
3. SAYISAL ve DENEYSEL SONUÇLAR	35
3.1. Kanada Sismik Tarama Yöntemi	37
3.2 Japon Sismik İndeks Yöntemi	38
3.3. P25 Puanlama Yöntemi	39
3.4. Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi	41
3.5. Kapasite İndeksi Yöntemi	43
4. SONUÇLAR ve YORUMLAR	45
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	51

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
α	:	Dayanım azaltma faktörü ile çekme dayanımı etkisinde kesme dayanımı ilişkisinin ortak etkisini göz önüne alan bir katsayı
A	:	Depremsellik faktörü
A_0	:	Deprem bölgesine göre efektif ivme katsayısı
a_1	:	Yerdeğiştirme uyum katsayısı
a_2	:	Kısa kolon bulunması durumunda perdeler için yer değiştirme uyum katsayısı
a_3	:	Kısa kolon bulunması durumunda kolonlar için yer değiştirme uyum katsayısı
A_c	:	Kritik kattaki kolon enkesit alanları toplamı
A_{c1}	:	Eleman net yüksekliği / kesit derinliği < 6 olan kolonların toplam enkesit alanı (cm^2)
A_{c2}	:	Eleman net yüksekliği / kesit derinliği > 6 olan kolonların toplam enkesit alanını (cm^2)
A_{ce}	:	Temeldeki kolonların etkili kesit alanı
A_{col}	:	Temel üstündeki kolonların toplam kesit alanı
A_{cw}	:	Temeldeki betonarme perde duvarların bir yöndeki kesit alanı
A_e	:	Efektif kat alanı
A_{ft}	:	Temel üstündeki toplam kat alanı
A_{mw}	:	Temeldeki dolgu duvarların bir yöndeki kesit alanı
A_{sc}	:	Kısa kolonların toplam enkesit alanını (cm^2)
A_{sx}	:	Kritik kat betonarme perde duvar enkesit alanları toplamı
A_{tf}	:	Yapının toplam zemin alanı
A_w	:	Dolgu duvarların alanı
A_{w1}	:	İki tarafından başlıklı perdelerin toplam enkesit alanı (cm^2)
A_{w2}	:	Bir taraftan başlıklı perdelerin toplam enkesit alanı (cm^2)
A_{w3}	:	Başlıksız perdelerin toplam enkesit alanını (cm^2)
A_{wt}	:	Duvarların etkili kesit alanı
A_{wx}	:	Kritik kat dolgu duvar enkesit alanları toplamı

B	: Zemin faktörü
b_w ve h	: Kolon boyutları
C	: Taşıyıcı sistem katsayısı
C	: Elemanların doğrultusuna ait bir katsayı
C_1	: Atalet momenti endeksi bileşkesi
C_1	: Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi
C_A	: Alan Endeksi Bileşkesi
C_a ve C_m	: Binanın karakteristik değerlerine ve düzensizlik durumuna bağlı katsayılar
C_{AF}	: Düşey düzensizlik durumları ile ilgili katsayı
C_{AP}	: Plandaki düzensizlik ile ilgili katsayı
C_{AS}	: Yumuşak kat ile ilgili katsayı
C_{ASC}	: Kısa kolon ile ilgili katsayı
C_{Ax} ve C_{Ay}	: Alan endeksleri
C_c	: Kolonların taşıma gücü
CI	: Kolon İndeksi
C_{sc}	: Kısa kolonların taşıma gücü
C_w	: Perdelerin taşıma gücü
D	: Döşeme sistemi katsayısı
E	: Yapısal düzensizlik katsayısı
E_0	: Ana yapısal performans indeksi
E_m/E_c	: Dolgu duvarı elastisite modülünün beton elastisite modülüne oranı
E_s	: Ana karşılaştırma indeksi
F	: Binada yaşayanların katsayısı
f_1	: Burulma düzensizliği katsayısı
f_{10}	: Zayıf kolon-kuvvetli giriş katsayısı
f_{11}	: Etriye sıklığı katsayısı
f_{12}	: Zemin sınıfı katsayısı
f_{13}	: Temel tipi katsayısı
f_{14}	: Temel derinliği katsayısı
f_2	: Döşeme süreksizliği katsayısı

f_3	: Düşey doğrultuda süreksizlik katsayısı
f_4	: Kütle düzensizliği katsayısı
f_5	: Korozyon katsayısı
f_6	: Ağır cephe elemanları katsayısı
f_7	: Asma kat katsayısı
f_8	: Katlar arası seviye farkı katsayısı
f_9	: Beton kalitesi katsayısı
f_{cd}	: Beton basınç dayanımını (kgf/cm^2)
f_{ctk}	: Betonun karakteristik çekme dayanımı
F_{sc}	: Kısa kolon sünekliğine bağlı katsayı
F_w	: Perde sünekliğine bağlı katsayı
G	: Binanın genel durumu ile ilgili katsayı (Kanada Sismik Tarama Yöntemi için)
G	: Zemin katsayısı (Japon Sismik İndeks Yöntemi için)
H	: Bina Yüksekliği (P25 Puanlama Yöntemi için)
H	: Yapısal olmayan faktörler (Kanada Sismik Tarama Yöntemi için)
h_0	: Bina yüksekliği düzeltme çarpanı
I	: Bina önem katsayısı
I_{cx}	: Kritik kat kolonlarının x yönüne göre atalet momentleri toplamı
I_{cy}	: Kritik kat kolonlarının y yönüne göre atalet momentleri toplamı
I_s	: Performans indeksi
I_{s0}	: Karşılaştırma indeksi
I_{sx}	: Kritik kat perdelerinin x yönüne göre atalet momentleri toplamı
I_{sy}	: Kritik kat perdelerinin y yönüne göre atalet momentleri toplamı
I_{wx}	: Kritik kat dolgu duvarlarının x yönünde atalet momentleri toplamı
I_{wy}	: Kritik kat dolgu duvarlarının y yönünde atalet momentleri toplamı
I_x, I_y	: Taban alanı içine alan dikdörtgenin x ve y yönündeki atalet momentleri
i	: Göz önüne alınan kat
$K1$	: Mukavemet puanı

K2	: Kusur puanı
N	: Toplam kat adedi (bodrum kat hariç) (Japon Sismik İndeks Yöntemi için)
N	: Hareketli yük çarpanı (P25 Puanlama Yöntemi için)
P ₀	: Taşıyıcı sistem puanı
P ₁	: Temel yapısı puanı
P ₂	: Kısa kolon puanı
P ₃	: Yumuşak kat zayıf kat puanı
P ₄	: Çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı
P ₅	: Çarpışma puanı
P ₆	: Sıvılaşma potansiyeli puanı
P ₇	: Toprak hareketleri puanı
PI	: Öncelik İndeksi
P _{min}	: En küçük P _i puanı
P _{sonuç}	: P performans puanı
P _W	: Ağırlıklı ortalama puan
S _D	: Plandaki, kat yükseklikleri vb. düzensizlikler dikkate alınarak hesaplanan katsayı
T	: Zamana bağlı etki katsayısı
T	: Topografik konum katsayısı
U	: Kullanım katsayısı
V _c	: Kata ait toplam beton kesme kapasitesi
V _{ci}	: Dikdörtgen kesitli betonarme elemanın kesme kapasitesi
V _{code}	: Deprem yönetmeliği esasları ile bulunan taban kesme kuvveti
V _{code}	: Yönetmeliğe göre hesaplanan taban kesme kuvveti
V _y	: Akma taban kesme kuvveti
V _{yw}	: Duvarların bulunmayan akma taban kesme kuvveti
W	: Göz önüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığını (kgf)
W	: Ağırlık katsayısı
Z	: Bölge katsayısı
AB	: Avrupa Birliği
AOP	: Aşırı Oturma Puanı

ÇMHP	: Çatı ve Merdiven Hasar Puanı
ÇTB	: Çok Tehlikeli Binalar
DÖB	: Düşük Öncelikli Binalar
HAP	: Hasar Artırıcı Puan
KKYP	: Katlar Arası Kalıcı Yerdeğiştirme Puanı
NSI	: Yapısal olmayan indeks
OÖB	: Orta Öncelikli Binalar
S Puanı	: Sonuç Yapısal Puanı
SI	: Yapısal indeks
SİHP	: Sistem Hasar Puanı
SPI	: Sismik öncelik indeksi
THP	: Toplam Hasar Puanı
TYRP	: Temel yapısal risk puanı
WI	: Duvar indeksi
YASS	: Yer altı su seviyesi
YDG	: Yeterli Deprem Güvenliği
YÖB	: Yüksek Öncelikli Binalar

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Efektif kat alanı.	11
2.2: Ağır çıkmalar ve oluşturulan çerçeve süreksizlikleri	16
2.3: Geçmiş depremlerden hasar örnekleri a) Yumuşak-zayıf kat, b) Kısa kolon hasarı, c) çarpışma hasarı d) Büyük zemin oturması hasarı	18
2.4: β Katsayısının değişimi.	21
2.5: Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi sonuç grafiği.	30
3.1: Betonarme yapının a) Dıştan görünüşü, b) Yapısal modeli ve c) Zemin kat tavan planı.	35

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Yapısal düzensizlik katsayıları (f_i).	14
2.2: P_2 Kısa kolon puanlama matrisi.	15
2.3: P_4 Çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı.	17
2.4: P_5 Çarpışma puanı matrisi.	17
2.5: P_6 Sıvılaşma potansiyeli puanları.	19
2.6: P_7 Toprak hareketleri puanı.	19
2.7: Çeşitli puanlar için ağırlık oranları.	21
2.8: Örnek P25 Puanlama yöntemi çizelgesi.	22
2.9: Beton kalitesine göre tavsiye edilen beton dayanımları.	23
2.10: Mimari özelliklere ilişkin katsayılar.	25
2.11: C_m katsayısı için önerilen değerler.	26
3.1: Kanada Sismik Tarama Yöntemi değerleri.	38
3.2: Japon Sismik İndeks Yöntemi değerleri.	39
3.3: P25 Puanlama Yöntemi değerleri.	42
3.4: Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi değerleri.	43
3.5: Kapasite İndeksi Yöntemi değerleri.	44
4.1: Uygulanan hızlı değerlendirme yöntemlerinin sonuçları.	46
4.2: Hızlı değerlendirme yöntemleri için önerilen sınıflama.	47

1. GİRİŞ

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan taşıyıcı sistem türü, az katlı yapılar için betonarme çerçeveli oluşan yapı modelidir. Deprem yönetmelikleri hiçe sayılarak inşa edilen birçok betonarme yapının 17 Ağustos 1999 depreminde ağır hasar gördüğü ya da tamamen yıkıldığı bir gerçektir. Deprem kuşağı içerisinde yer alan ülkemizin Van ilinde 23 Ekim 2011 tarihinde yaşanan deprem de göstermiştir ki deprem sonrası hayatın normale dönüştürülmesi safhasında, deprem sonrası hasar tespit çalışmalarının yapılmasının oluşabilecek ekonomik ve can kayıplarını en aza indirmek ve ikincil üçüncül psikolojik travmaların yaşanmasını önlemek açısından hayati öneme haiz olduğu görülmüştür. Ülkemizde deprem sonrası bina ve tesislerin hemen kullanılabilirlik durumunu ortaya koyacak bilimsel çalışmaların ve kıyaslamaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır [1], [2].

Deprem sonrası yapılardaki hasarın hızlı ve gerçekçi bir şekilde nitelikli insanlar marifetiyle belirlenmesi ve binaların kullanılabilirliğinin incelenmesi ilgili makamlar tarafından yapılması gerekmektedir. Deprem sonrası “Acil Hasar Tespiti” diye adlandırılan bu işlemler depremden hemen sonra deprem bölgesinde yaşayan insanların can ve mal güvenliğini sağlamak hayatın normale dönüşünü hızlandırmak amacıyla bina/tesis güvenilirliğinin hızlı bir şekilde araştırılması ve tehlikeli olanların boşaltılması kararın verilebilmesini öngörmektedir [1], [2].

Türkiye, Japonya, İtalya, ABD gibi ülkelerde hasar tespit ve yapının kullanılabilirliğini değerlendirmeye yarayan formlar ve bunlara ait kılavuzlar bulunmaktadır. Bu form ve kılavuzların amacı deprem sonrası hasar tespiti yapan mühendis/subay’ın ihtiyaç duyacağı gerçekçi ölçütleri açıklamak bunun teknik temellerini belirlemektir [1], [2].

Bu tez çalışmasında betonarme yapıların deprem sonrası yapı göçme riskinin saptanması amacıyla geliştirilmiş/geliştirilmekte olan yaygın olarak kullanılan 5 ayrı hızlı değerlendirme yöntemi hakkında genel bilgi sunulmakta ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Normlarına Göre Hızlı Değerlendirme Yönteminin form ve kılavuzu açıklanmaktadır.

2.RİSK TESPİTİNDE KULLANILAN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

2.1. Kanada Sismik Tarama Yöntemi

Kanada Ulusal Araştırma Birliği tarafından yayınlanan ilkeler doğrultusunda önerilen yöntem çok aşamalı bir incelemenin ilk aşaması olarak düşünülmekte ve incelenen bina grubundaki her bir binanın deprem riskinin sayısal olarak ön değerlendirmesini içermektedir. Sayısal değerlendirme yapıldıktan sonra öncelik sırasına göre daha kapsamlı bir çalışma mutlaka yapılmalıdır. Değerlendirmeye tabi tutulacak binaların seçilmesi de önemli bir aşamadır. Mühendislik hizmeti almamış, hasar görebilirliği yüksek, sünek olarak tasarlanmadığı ve imal edilmediği düşünülen çerçeve türü binalara öncelik verilebilir. Mimari çizim ve mühendislik projelerine ulaşılacak binalar bir sonraki değerlendirmeye bırakılabilir [1].

Bu yöntemin kullanıcıları mühendisler, mimarlar, bina sahipleri, acil müdahale yöneticileri olabilmektedir. Yönteminin kullanıcılarının farklı disiplinlerden olması geliştirilen formların daha itina ile hazırlanmasını, teknik terimlere gereğinden fazla yer verilmesine sebep olmuştur. Hızlı değerlendirme yöntemlerini içeren el kitapçıkları değerlendiricilerin kolaylıkla kullanabileceği tarzda hazırlanmıştır. Değerlendirme yapacak ekibin başında devamlı olarak bilgi alabilecekleri yapı ve deprem mühendisliği konularında tecrübeli bir yol göstericinin bulunması esastır. Böylece daha güvenilir değerlendirme yapılması sağlanmış olur [1], [3].

İncelemeye konu olacak binalarda olabildiğince bilgi toplamak doğru karar verebilmek için esastır. Bu amaçla hazırlanmış formda bu bilgilere yer verilmektedir. Her bir bilgi sayısal bir değere karşılık gelmektedir. Binanın adresi, posta numarası, bina kat adedi, yapının imal yılı, projelendirme yılı, toplam bina kullanım alanı, bina adı, değerlendirme yapanın künyesi, değerlendirme tarihi, binanın çevresiyle ilişkisini gösteren şematik bir plan, binanın tipik bir fotoğrafı, var ise tipik kat planı, yapımda kullanılan taşıyıcı sistemin malzemesi (betonarme, çelik, yığma, ahşap vb.) taşıyıcı sisteme zaman içerisinde yapılan müdahale, bozulmalar, beklenen maksimum yer ivmesi ve hızını içeren bölgenin depremselliği (A), zemin koşulları (B), taşıyıcı sistem türü (C), döşeme sistem türü (D), binada var olan düzensizlikler (E), binayı kullanan insan sayısına bağlı bir önem katsayısı (F) gibi parametrelere

değerler verilerek sayısallaştırılmış ve yapısal indeks (SI) olarak aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır [1], [3]:

$$SI=A.B.C.D.E.F \quad (2.1)$$

Binanın genel durumu (G) ve yapısal olmayan bileşenleri (H) de değerlendirmeye alan yapısal olmayan indeks (NSI) ise;

$$NSI=B.F.G.H \quad (2.2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Yapısal ve yapısal olmayan indekslerden sismik öncelik indeksine (SPI) aşağıdaki denkleme ile geçilebilir:

$$SPI=SI+NSI \quad (2.3)$$

Bu sayısal verilerin dışında, incelenen bina ile ilgili değerlendirmeler forma işlenebilmektedir.

A, B, C, D, E, F, G, H katsayılarının alabileceği sayısal değerlerin üst ve alt limitleri değerlendirme sonuçları bakımından önemlidir. Depremsellik faktörü olarak da tanımlanabilecek A değeri 1-5 aralığında değişebilmektedir; yüksek A değerleri daha riskli bölgelere karşılık gelmektedir.

Zemin koşulu faktörü B kaya ya da çok sağlam zeminlerde 1.0, sıvılaşma potansiyeli yüksek, taşıma kapasitesi düşük zeminlerde 1.5 değerini almaktadır.

Taşıyıcı sistemle ilgili olan C katsayısı, depreme dayanıklı tasarım ilkeleri doğrultusunda tasarlanmış sünek sistemlerde düşük, tersi sistemlerde yüksek değerler almaktadır; örneğin 1.0 sünek olarak detaylandırılmış bir taşıyıcı sisteme karşı gelirken 3.5 gevrek sistemlere karşılık gelmektedir. Bu değerlerin taşıyıcı sistem davranış katsayısına benzerlikler gösterdiği söylenebilir; ancak farklı bir yorumu vardır [1], [3].

Döşeme sistemine bağlı olan D katsayısı 1-2 arasında değişmektedir; hafif ve diyafram özelliği gösterebilen döşeme sistemlerinde bu katsayı düşüktür. Yapısal düzensizlikle ilgili bir faktör olan E hasar görebilirliği çok etkilemekte olup binada her bir düzensizliğe karşı gelen puanlar vardır; tanımlanan düzensizlikler ilgili deprem yönetmeliklerinden farksızdır. Bunlar düşeyde düzensizlik, burulma

düzensizliği, kısa kolonla, yumuşak kat, çekiçleme etkisi, bina taşıyıcı sistemindeki proje dışı önemli değişiklikler ve değişik türde yapısal hasar oluşumlarıdır. Yapısal düzensizliklerin çoğunun mimari proje kaynaklı olduğu bilinmekte, uygun mimari projelerde düzensizliklerin en aza indirilmesi olanaklı olmaktadır. Binada gözlenen her bir düzensizliğe 0.3-1.0 arasında değişen puan verilmekte olup en düşük değer düşeyde düzensizlik, komşu binalarda çarpışması, sistemde yapılan değişiklikler ve hasara, en büyük /olumsuz katsayı ise yumuşak kat oluşumuna verilmektedir.

E değerinin üstten sınırlandırılması da önerilmekte, gerçekte böylesi bir bina önemli sorunlar içermektedir.

Binanın önemi ile ilgili olan F katsayısı binada yaşayanların sayısına (N) bağlıdır; içinde 10 kişiden az insan barındıran binalarda (düşük önem düzeyi) 0.7, 10-300 arasında (normal önem düzeyi) 1.5, 300-3000 arasında (okul ve yüksek önem düzeyi) 2.0, 3000'den fazla (deprem sonrası hemen kullanım ve çok yüksek önem düzeyi) olması durumunda 3.0 alınmaktadır. Binanın bugünkü durumunu simgeleyen G katsayısı ise en iyi/sorunsuz durumda 1.0, çok sorunlu durumda 4.0 ile hesaba sorulmaktadır.

Yapısal olmayan faktörler H ile gösterilmekte, çıkış ve kaçış yollarını etkileyecek bina dışında serbestçe bulunan parapetler ve bacalar ile bina içindeki yığma kagir duvarları, mekanik ve elektrik ekipmanları ile raflar gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Var olan her bir iç ve dış bileşen için 1.0 puan verilmektedir [1], [3].

Bina ile ilgili inceleme tamamlandıktan sonra bir sonraki aşama için elde edilen sayısal sonuçların değerlendirmesi yapılır. Bu aşamada öncelikli olarak hesaplanan indekse göre bir sıralama yapılmaktadır. İndeksin yüksek olması önceliğin yüksek olması gerektiği anlamına gelir.

Öncelik sıralamasında üç indeksten (SI, NSI, SPI) biri kullanılabileceği gibi binanın ve bölgenin depremselliği dikkate alınarak yalnızca biri de seçilebilir. Örneğin, deprem riski düşük bölgelerde yapısal olmayan hasarların değerlendirilmesi durumunda o binanın değerlendirilme kapsamına alınıp alınmaması karar vermektir. Öncelik sıralamasında kullanılacak sınır değerlerin belirlenmesi bina için kullanılacak bütçeyi doğrudan etkilediğinden, güç olmakla birlikte, varsayılan bazı değerlere karşı geldiği öncelik düzeyleri ile şöyledir [1], [3]:

- SI ya da NSI 1.0~2.0 Yeterli Deprem Güvenliği (YDG)
- SPI <10 Düşük Öncelikli Binalar (DÖB)
- SPI 10~20 Orta Öncelikli Binalar (OÖB)
- SPI >20 Yüksek Öncelikli Binalar (YÖB)
- SPI >30 Çok Tehlikeli Binalar (ÇTB)

Pek çok faktörü dikkate alan bu yöntemin başarıya ulaşması nitelikli kişilerce doğru/güvenilir veri toplamaya doğrudan bağlıdır. Güvensiz verilerle karşılaşıldığında ya çekince ile kullanılmalı ya da hiç kullanılmamalıdır. Bina ile ilgili bir projeye ulaşamadığında güvensizlik doğurabilecek veriler binanın projelendirme ve yapım yılı, kat alanları, zemin koşulları, yapısal olmayan ve bir deprem sırasında düşmesi/göçmesi olası bileşenler olarak sıralanabilir. Belirsizliklerin çok olması durumunda güvenli tarafta kalacak seçimlerin yapılması önerilmektedir [3].

2.2. Japon Sismik İndeks Yöntemi

Japon Sismik İndeks Yöntemi, betonarme çerçeve, perde-çerçeve veya sadece perdelerden oluşan taşıyıcı sisteme sahip bina türü yapılara uygulanabilmektedir ve söz konusu türlerdeki binaların deprem güvenilirliğinin hızlı bir şekilde tahmin edilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Yöntem giderek daha gerçekçi sonuç veren ve daha çok zaman alan üç aşamadan oluşmakla birlikte, bu çalışmada sadece hızlı değerlendirme yöntemi ve detaylı yapısal çözümleme sonuçlarının karşılaştırılması amaçlandığından yöntemin yalnızca birinci aşaması ile ilgili bilgi verilmiştir [1].

Bu yöntemin 30 yaşın üzerindeki, büyük fiziksel bozuklukları bulunan, malzeme dayanımı düşük olan veya taşıyıcı sistemi alışılmışın dışında olan binalarda kullanılması önerilmemektedir [4]. İncelemenin ilk aşaması yapının taşıyıcı sisteminin, yaşının ve fiziksel durumunun incelenmesini içerir. Bu incelemeler sonucunda elde edilen veriler ışığında yapının deprem performansını gösteren indeks I_s belirlenir. I_s indeksi ile yapı için göz önüne alınması uygun olan karşılaştırma indeksi I_{s0} karşılaştırılarak yapının deprem güvenilirliği tahmin edilir. Bu karşılaştırma tüm kritik katlar ve iki asal deprem doğrultusu için ayrı ayrı uygulanır. $I_s > I_{s0}$ olduğunda yapının depreme karşı güvenli olduğuna, tersi durumda ise

yapının deprem güvenilirliğinin belirsiz olduğu sonucuna ulaşılır. Ayrıca, $\frac{I_s}{I_{s0}} < 0.4$ ise yapının depreme karşı güvenilirliğinin ayrıntılı incelemesinin yapılması gerekmektedir. Burada deprem güvenilirliği yapının hiç hasar görmeyeceği anlamında değil, toptan göçmenin meydana gelmeyeceği anlamını taşımaktadır [5].

Karşılaştırma indeksi I_{s0} Denklem 2.4 ile hesaplanabilir. Bu denklemde E_s ana karşılaştırma indeksinin birinci düzey inceleme için 0.80 alınması önerilmektedir. Z bölge katsayısı deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde genel olarak 1.00 olarak alınmakla birlikte, binanın bulunduğu bölgenin depremselliğine göre azaltılabilir, ancak Z katsayısının hiçbir zaman 0.70'den küçük alınmaması önerilmektedir. G zemin katsayısı, zemin büyütmesi oluşturacak nitelikte zemin durumu ve topografik koşullarla ilgili olan büyüklüktür. G katsayısı zemin durumuna göre 1.00 ile 1.10 arasında değişen değerler alabilmekte olup zemin koşulları kötüleştikçe G katsayısının değeri de büyümektedir. U kullanım katsayısı yapının önem derecesi ve kullanımıyla ilgilidir. Her yapı için yapının önem derecesi ve deprem sonucu oluşabilecek etkilerin boyutu da göz önüne alınarak özel olarak belirlenmektedir. Deprem sırasında insanların barınak olarak kullanacağı yerler, tehlikeli madde depoları gibi yapılarda U katsayısının 1.25, konut ve benzeri yapılarda 1.00 olarak alınması önerilmektedir.

$$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U \quad (2.4)$$

Performans indeksi I_s Denklem 2.5 ile hesaplanabilir. Bu denklemde E_0 ana yapısal performans indeksi, S_D yapının fiziksel özelliklerine ve geometrisine göre belirlenen katsayı, T ise zamana bağlı oluşan etkilere göre belirlenen katsayıdır. E_0 indeksinin hesaplanmasında kullanılmak üzere yapıdaki düşey taşıyıcı elemanlar kolon, kısa kolon ve perde olarak üç grupta incelenmektedir. Taşıyıcı eleman net yüksekliğinin, kesit derinliğine oranı 2'den büyük olan düşey taşıyıcı elemanlar $\left(\frac{h_0}{D} > 2\right)$ kolon, taşıyıcı eleman net yüksekliğinin, kesit derinliğine oranı 2'den küçük veya eşit olan düşey taşıyıcı elemanlar $\left(\frac{h_0}{D} < 2\right)$ kısa kolon olarak adlandırılmaktadır [5].

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T \quad (2.5)$$

Denklem 2.5’de kullanılan E_0 indeksinin hesaplanma yöntemi yapıda kısa kolon bulunması veya bulunmaması durumlarında farklılık göstermektedir. E_0 yapıda kısa kolon bulunmaması durumunda Denklem 2.6 ile, bulunması durumunda ise Denklem 2.7 ile hesaplanmaktadır. Bu denklemlerden, bodrum kat hariç olmak üzere toplam kat adedini, i göz önüne alınan katı, C_w perdelerin taşıma gücünü, C_c kolonların taşıma gücünü, F_w perde sünekliğine bağlı katsayıyı ifade etmekte olup bu denklemde 1.00 olarak göz önüne alınabilir. a_1 , yer değiştirme uyum katsayısını belirlemekte olup genelde 0.70 alınır; ancak $C_w=0$ ise a_1 1.00 alınmalıdır. C_{sc} kısa kolonların taşıma gücünü, F_{sc} kısa kolon sünekliğine bağlı katsayıyı ifade etmekte olup 0.80 olarak alınabilir. a_2 ve a_3 kısa kolon bulunması durumunda sırasıyla perdeler ve kolonlar için yer değiştirme uyum katsayılarını belirtmekte olup $a_2=0.70$ ve $a_3=0.50$ alınabilir [5].

- Yapıda Kısa Kolon Bulunmaması Durumunda;

$$E_0 = \left(\frac{n+1}{n+i} \right) (C_w + a_1 \cdot C_c) \cdot F_w \quad (2.6)$$

- Yapıda Kısa Kolon Bulunması Durumunda;

$$E_0 = \left(\frac{n+1}{n+i} \right) (C_w + a_2 \cdot C_w + a_3 \cdot C_c) \cdot F_{sc} \quad (2.7)$$

Yapıda kısa kolon varsa E_0 indeksi hesaplanırken kısa kolonların taşıma gücünü göz önünde bulunduran denklem (2.7) ile kısa kolonların taşıma gücünü ihmal eden denklemden (2.6) büyük olan alınmalıdır. Ancak, kısa kolonlarda meydana gelebilecek göçme sonucunda, toptan göçme veya can güvenliğini tehdit eden bir durumun oluşması olası ise, E_0 indeksi her zaman Denklem 2.7 ile hesaplanmalıdır.

Perdelerin taşıma gücü C_w Denklem 2.8 ile hesaplanabilir. Bu denklemde A_{w1} iki tarafından başlıklı perdelerin toplam enkesit alanını (cm^2), A_{w2} bir taraftan başlıklı perdelerin toplam enkesit alanını (cm^2), A_{w3} başlıksız perdelerin toplam enkesit alanını (cm^2), f_{cd} beton basınç dayanımını (kgf/cm^2), W göz önüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığını (kgf) ifade etmektedir.

Kolonların taşıma gücü Denklem 2.9 ile hesaplanabilir. Bu denklemde A_{c1} eleman net yüksekliği / kesit derinliği < 6 olan kolonların toplam enkesit alanını (cm^2), A_{c2} ise eleman net yüksekliği / kesit derinliği > 6 olan kolonların toplam enkesit alanını (cm^2) göstermektedir. Kısa kolonları taşıma gücü ise Denklem 2.10 kullanılarak hesaplanabilir. Bu denklemde A_{sc} kısa kolonların toplam enkesit alanını (cm^2) ifade eder.

$$C_w = \frac{(30A_{w1} + 20A_{w2} + 10A_{w3}) \cdot f_c}{200 \cdot W} \quad (2.8)$$

$$C_c = \frac{(10A_{c1} + 7A_{c2}) \cdot f_c}{200 \cdot W} \quad (2.9)$$

$$C_{sc} = \frac{15A_{sc} \cdot f_c}{200 \cdot W} \quad (2.10)$$

S_D katsayısı plandaki düzensizlikler, bodrum katın varlığı, plandaki boyutların oranı, kat yüksekliklerindeki düzensizlik, genleşme derzlerinin aralıkları, yumuşak katın varlığı, plandaki büyük boşluklar ve dış merkezlik gibi özellikler dikkate alınarak kaynak [4]'de verilmiştir. Örneğin, yapı yaklaşık simetrik bir plana sahipse hesaplarda $S_D=1.00$, L, T, U gibi simetrik olmayan bir plana sahipse $S_D=0.90$ olarak göz önüne alınabilir. Planda uzun boyut / kısa boyut < 5 ise $S_D=1.00$, bu oran 5 ile 8 arasında ise $S_D=0.80$ olarak göz önüne alınabilir [5].

Zamana bağlı etki katsayısı T, binadaki deformasyonlar, perde ve kolonlardaki çatlaklar, sıva ve kaplamalardaki çatlaklar, binanın yaşı ve yangın geçirmiş olup olmadığı gibi etkenler göz önüne alınarak tarafından tanımlanmıştır [4].

2.3. P25 Puanlama Yöntemi

Avrupa Birliği (AB) fonları tarafından desteklenen LESSLOSS projesi kapsamında 2004 yılından beri yapılan araştırmalarda, İstanbul'da 500 yılda bir olması beklenen senaryo depremi göz önüne alındığında, mevcut betonarme binaların içinden en riskli % 4.1'inin seçilip bulunması durumunda 29 bin vatandaşın hayatının kurtarılacağı, bir başka deyişle can kaybının % 92 oranında azaltılacağı hesaplanmıştır [6].

Göçme riskinin bilimsel olarak bulunabilmesi için, öncelikle zemin ve malzeme parametrelerinin tayini ve bu veriler kullanılarak söz konusu yapının bilgisayar ortamında modellenerek itme analizinin veya daha doğrusu dolgu duvarlarının katkısını da dikkate alabilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerinin yapılması gerekir. Ancak, milyonlarca bina içeren bir yapı stoğu için böyle ayrıntılı deneysel ve analitik bir çalışma yapmak hem zaman ve hem de finansman açısından adeta imkânsızdır. Örneğin, sadece İstanbul'daki güvensiz binaların incelenerek güçlendirme işleminin yapılabilmesi için en az 25 milyar dolara ve 25 yıla ihtiyaç vardır [7].

Türkiye'de ve özellikle İstanbul ve çevresinde mevcut bina stoğunun büyüklüğü ve karmaşıklığı dikkate alınırsa, hangi yapıların daha fazla risk taşıdığının hızlıca saptanması bile bina bazında tarama yapmayı gerektiren oldukça kapsamlı bir iştir. Daha sonraki aşama ise, öncelikli olarak göçme riski en yüksek bina grubu üzerinde acil önlem alınarak, gerekirse güçlendirme veya yıkma işlemlerinin ivedilikle tamamlanması ve olası bir deprem durumunda can güvenliğinin en aza indirgenmesidir.

Hızlı değerlendirme yöntemleri ile ilgili ilk çalışmalar, 1968'de Tokachi-Oki depreminden sonra elde edilen veriler kullanılarak geliştirilen kolon-duvar indeksine dayalı SST adlı yöntemdir [8]. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem mühendisliği literatürüne ciddi bir biçimde girmesini sağlayan en önemli gelişmeler FEMA [9]-[10]'da açıklanmıştır.

1992 Erzincan Depremi'nden itibaren yurdumuzda da, göçme sınırını yakalamaya çalışan çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri araştırılmaya başlanmıştır [11], [12].

“Sıfır Can Kaybı Projesi” ve “P5 Yöntemi” adıyla [13] tarafından depremde can kaybının önlenmesi için mevcut binaların hızla taranmasını amaç edinen değerlendirme yöntemi, çeşitli konferanslarda bildiri olarak sunulmuş ve dergilerde yayınlanmıştır. Daha sonra, Bal [14] yaptığı çalışmada P5 yöntemini geliştirerek, daha önceki depremlerden etkilenen hasarsız, orta hasarlı ve yıkılmış 23 binaya uygulamış ve P24 Yöntemi adıyla başarılı sonuçlar elde etmiştir. 106M278 no'lu TÜBİTAK Projesi kapsamında P24 Yöntemi daha çok sayıda binaya uygulanarak kalibre edilmiş ve yeniden düzenlenerek P25 adını almıştır [15].

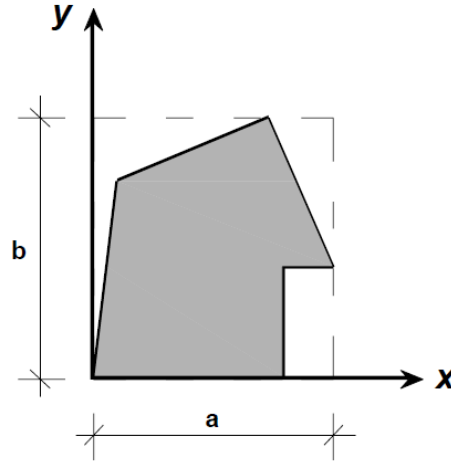
Söz konusu yöntemde yapıda mevcut kolon, perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yönetmelikte tanımlanan çeşitli

yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametreler üzerinden hesap yapılarak bulunan P1 temel yapısal puanı ile birlikte, binanın değişik göçme modlarını da göz önüne alan toplam yedi adet göçme puanı hesaplanmaktadır. Son olarak, bu puanların birbirleri ile etkileşimini, ayrıca yapısal ve çevresel özellikleri, binanın bulunduğu bölge ve deprem verilerini de göz önüne alan bir P- sonuç puanı belirlenmektedir. Elde edilen P- sonuç puanının az, orta veya yüksek riskli bölgeye düşmesi durumuna göre yapının göçme riski hakkında ya kesin bir bilgi edinilmekte veya finansal verilere göre belirlenen bir kararsızlık bandı içine düşmesi halinde, kapsamlı inceleme yapılarak gerekirse yıkılması veya güçlendirilmesi önerilmektedir.

Önerilen hızlı değerlendirme yönteminde binanın P- sonuç puanını hesaplayabilmek için öncelikle söz konusu binanın P1, P2,..., P7 olmak üzere 7 ayrı göçme riskini temsil eden 7 farklı değerlendirme puanı hesaplanır. Bu risklerin birbirleri ile etkileşime girip girmediklerini saptamak için her P_i puanı için belirlenen ağırlık çarpanı da dikkate alınarak P_w ağırlıklı ortalama puan hesaplanır. Daha sonra, P_i puanlarının en küçüğü olan P_{min} puanı için P_w ağırlıklı ortalama puanına bağlı olarak P_i göçme kriterlerinin birbirleri ile etkileşimini temsil eden bir β çarpanı bulunur. Ayrıca, binanın önem derecesini, bölgenin depremsellik derecesini, binanın hareketli yük katsayısını ve binanın oturduğu arazinin topografyasını temsil eden bir α çarpanı ile düzeltme yapılır. Elde edilen P sonuç performans puanının değerine göre söz konusu binanın yıkılma potansiyeli olup olmadığı konusunda bilgi edinilir [15].

2.3.1. Kritik Kat Seçimi

Söz konusu binanın zemin kat taban alanı, kenarları a ve b olan bir dikdörtgen içine oturtularak binanın A_e efektif kat alanı bulunur ($A_e = a.b$) (Şekil 2.1). Daha sonra, en fazla hasar potansiyeli olan bir kritik kat seçilir. Kritik kat genellikle binanın zemin katıdır. Binada bodrum katın hiç istinat perdesi bulundurmaması durumunda, kritik kat bir bodrum kat olabilir. Hangi katın kritik kat olduğundan şüpheye düşüldüğü durumlarda, hesapların şüphe duyulan her kat için yapılması ve en olumsuz puanın binanın performans puanı olarak kabul edilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır [15].



Şekil 2.1: Efektif kat alanı.

2.3.2. C_A Enkesit Alanı Endeksi Bileşenleri

Önce kritik katta bulunan kolon, perde, dolgu duvarların enkesit alanları, atalet momentleri ve daha sonra alan ve atalet momenti endeksleri hesaplanır. Alan endeksi, kolon, perde ve dolgu duvar alanlarının efektif kat alanına oranı olarak tarif edilir. Bu oran, elemanların her iki yöndeki etkili kesme alanlarına dayandığı için, binanın oturtulduğu kartezyen sisteminde kabul edilen x ve y yönleri için farklı sonuçlar verecektir. Alan endeksleri C_{Ax} ve C_{Ay} aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C_{Ax} = 2(10^5) \frac{A_{ef,x}}{A_e} \quad (2.11)$$

$$C_{Ay} = 2(10^5) \frac{A_{ef,y}}{A_e} \quad (2.12)$$

$$A_{ef,x} = A_c + A_{sy} + \left(\frac{E_m}{E_c} \right) A_{wx}, \quad A_{ef,y} = A_c + A_{sx} + \left(\frac{E_m}{E_c} \right) A_{wy} \quad (2.13)$$

Burada;

- A_c : Kritik kattaki kolon enkesit alanları toplamı,
- A_{sx} : Kritik kattaki betonarme perde duvarların enkesit alanları toplamı,
- A_{wx} : Kritik kattaki dolgu duvarlarının enkesit alanları toplamı,

- $\frac{E_m}{E_c}$: Dolgu duvarı elastisite modülünün beton elastisite modülüne oranı 0.15'dir.

Bu alan endekslerinin küçüğüne minimum, büyüğüne maksimum bileşen gözü ile bakılarak C_A Alan Endeksi Bileşkesi için ağırlıklı bir ortalama endeks hesaplanır (Denklem 2.14 ve 2.15.) [15].

$$C_{A, \min} = \min(C_{Ax}, C_{Ay}), C_{A, \max} = \max(C_{Ax}, C_{Ay}) \quad (2.14)$$

$$C_A = \sqrt{(0.87C_{A, \min})^2 + (0.50C_{A, \max})^2} \quad (2.15)$$

2.3.3. C_1 Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi

Her iki yöndeki atalet momenti endeksleri ve bunların bileşkeleri olan C_1 Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C_{1x} = 2(10)^5 \left(\frac{I_{ef,x}}{I_x} \right)^{0.2} \quad (2.16)$$

$$C_{1y} = 2(10)^5 \left(\frac{I_{ef,y}}{I_y} \right)^{0.2} \quad (2.17)$$

$$I_x = \frac{a^3b}{12}, I_y = \frac{b^3a}{12} \quad (2.18)$$

$$I_{ef, x} = I_{cx} + I_{sx} + \frac{E_m}{E_c} I_{wx} \text{ ve } I_{ef, y} = I_{cy} + I_{sy} + \frac{E_m}{E_c} I_{wy} \quad (2.19)$$

$$C_{1\min} = \min(C_{1x}, C_{1y}), C_{1\max} = \max(C_{1x}, C_{1y}) \quad (2.20)$$

$$C_1 = \sqrt{(0.87C_{1, \min})^2 + (0.50C_{1, \max})^2} \quad (2.21)$$

Burada;

- I_x ve I_y : Bina taban alanını içine alan dikdörtgeninin x ve y yönündeki atalet momentleri,
- I_{cx} ve I_{cy} : Kritik kat kolonlarının x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,
- I_{sx} ve I_{sy} : Kritik kat perdelerinin x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,
- I_{wx} ve I_{wy} : Kritik kat dolgu duvarlarının x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,
- C_1 : Atalet momenti endeksinin bileşkesini göstermektedir.

C_A ve C_1 alan ve atalet momenti endekslerinin bileşkeleri, depremin binanın zayıf yönüne 30° açı ile geldiği yaklaşımına dayanılarak hesaplanmaktadır [15].

2.3.4. P_0 Taşıyıcı Sistem Puanı

Binanın taşıyıcı sistem özelliklerini yansıtan P_0 puanı aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$P_0 = (C_A + C_1) / h_0 \quad (2.22)$$

Burada h_0 bina yüksekliği ile ilgili bir düzeltme çarpanıdır, h_0 çarpanı, H =bina toplam yüksekliğine bağlı olarak Denklem 2.23'de verilmiştir:

$$h_0 = -0.6 H^2 + 39.6 H - 13.4 \quad (2.23)$$

Bu formül 3m yükseklikte tek katlı bir binada $h_0=100$ değerini, 15m yükseklikte 5 katlı bir binada $h_0=446$ ve 30m yükseklikte 10 katlı bir binada $h_0=635$ değerini vermektedir. Bu çalışma için yazılan bir program ile farklı yüksekliklerde ve farklı tasarım girdilerine sahip 27 bin civarında bina üretilerek sonuçlar regresyon analizine tabi tutulmuş ve Denklem 2.23 elde edilmiştir. (En küçük kareler regresyon katsayısı $R^2=0.40$ 'tır) [15].

Tablo 2.1: Yapısal düzensizlik katsayıları (f_i).

Katsay 1	Tanım	RİSK SEVİYESİ		
		Yüksek	Az	Yok
f_1	Burulma Düzensizliği	0.90	0.95	1.00
f_2	Döşeme Süreksizliği	0.90	0.95	1.00
f_3	Düşey Doğrultuda Süreksizlikler	0.65-0.75	0.90	1.00
f_4	Kütle Düzensizliği	0.90	0.95	1.00
f_5	Korozyon Varlığı	0.90	0.95	1.00
f_6	Ağır Cephe Elemanları	0.90	0.95	1.00
f_7	Asma Kat Mevcudiyeti (γ =Asma Kat/Kat Alanı)	0.90 $\gamma > 0.25$	0.95 $0 < \gamma < 0.25$	1.00 $\gamma = 0$
f_8	Katlarda Seviye Farkı veya Kısmi Bodrum	0.80	0.90	1.00
f_9	Beton Kalitesi ^a	$f_9 = (f_c/20)^{0.5}$		
f_{10}	Zayıf Kolon- ^b Kuvvetli Kiriş	$f_{10} = [(I_x + I_y)/2I_b]^{0.15} \leq 1.0$		
f_{11}	Etriye Sıklığı ^c	$f_{11} = 0.60 \leq (10/s)^{0.25} \leq 1.0$		
f_{12}	Zemin Sınıfı	0.90 (Z4 için)	0.95 (Z3 için)	1.00 (Z2, Z1 için)
f_{13}	Temel Tipi	0.80-0.90 (Tekil temel)	0.95 (Sürekli temel)	1.00
f_{14}	Temel Derinliği	0.90 (1m'den az)	0.95 (1-4m arası)	1.00 (4m'den fazla)

^a f_c , binanın MPa cinsinden beton kalitesidir.

^b I_x , I_y değerleri, kritik kat kolonlarının ortalama boyutlarından elde edilen tesili kolonun atalet momenti, I_b değeri ise, yine kritik katta en çok tekrar eden kirişin atalet momentidir.

^c s , cm cinsinden sarılma bölgesindeki etriye aralığıdır.

2.3.5. P₁ Temel Yapısal Puanı

Yapısal düzensizlik katsayıları olan f_i katsayılarının tanımları ve aldıkları değerler Tablo 2.1’de verilmiştir. Bu değerlerin P_0 puanı ile arka arkaya çarpılması sureti ile P_1 puanı aşağıdaki şekilde elde edilir [15]:

$$P_1 = P_0 \cdot \prod_{i=1}^{25} f_i \quad (2.24)$$

2.3.6. P₂ Kısa Kolon Puanı

Kısa kolon tabiri ile boyu bulunduğu kattaki diğer kolonların boylarından daha az olan ve gevrek kayma kırılmasına maruz kalması beklenen kolonlar kastedilmektedir (Şekil 2.3b) [10,16,17]. Daha önceki çalışmalarda bina performans puanı hesaplanırken, kısa kolon faktörü göz önüne alınmıştır. Ancak, kısa kolon varlığının tespiti yanında kısa kolon boyunun kat yüksekliğine oranının ve katta ne oranda bulunduklarının saptanması da önemlidir. Bu bilgilere dayanılarak hesaplanan P_2 Kısa Kolon Puanının puanlama sistemi Tablo 2.2’de sunulmuştur.

Tablo 2.2: P_2 Kısa kolon puanlama matrisi.

Kısa Kolonların Bulunma Oranı	Kısa Kolon Boyu / Kat Yüksekliği			
	(0.75-1.00)h	(0.40-0.75)h	(0.55-0.40)h	(0.00-0.15)h
Az (%5’den az)	70	64	57	50
Bazı (%5-15)	60	50	44	37
Fazla (%15-30)	50	40	30	24
Çok Fazla(>%30)	40	30	20	10

2.3.7. P₃ Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Puanı

Giriş katında kat yüksekliğinin çeşitli amaçlarla normalden yüksek tutulması ve/veya bina yatay dayanımına katkısı oldukça fazla olan yığma dolgu duvarlarının giriş katında bulunmaması gibi nedenlerle giriş katları zayıf hale getirilmekte ve hasarın odak noktası olmaktadır (Şekil 2.3a). Bu zayıflığı ifade eden P_3 Yumuşak kat ve Zayıf kat Puanı:

$$P_3=100[R_a R_r (h_{i+1}/h_i)^3]^{0.60} \quad (2.25)$$

denklemini ile ifade edilmektedir. Burada h_i ve h_{i+1} kritik kat ve bir üst katın yüksekliklerini göstermekte olup, kritik katın göreceli yatay yer değiştirmesini temsilen eklenmiştir. Parantezin 0.60'ıncı kuvvetini almak suretiyle P_3 puanı 0 ile 100 arasında değişen mantıksal bir değere oturmaktadır.

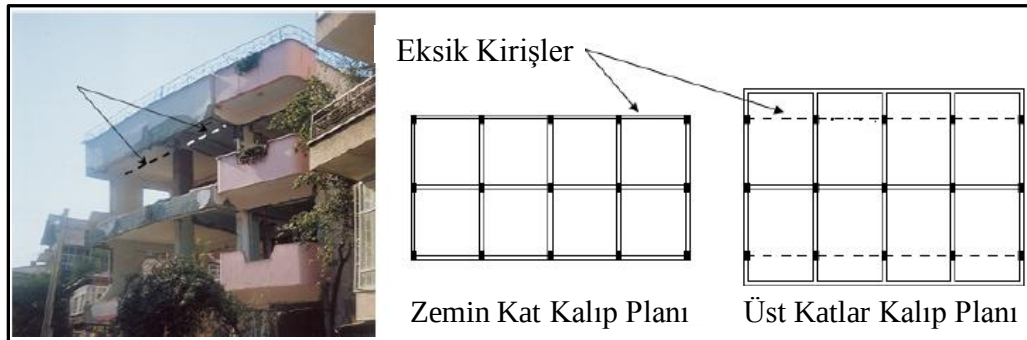
Denklem 2.27 ve 2.28 ifadeleriyle verilen r_a ve r_r kritik kat ve bir üstündeki katın kolon, perde ve dolgu duvarlarının efektif alan ve efektif atalet momenti cinsinden birbirlerine oranlarını göstermektedir: r_a ve r_r değerleri x ve y yönleri için ayrı ayrı bulunur ve ortalamaları alınır. Burada A_{ef} ve I_{ef} değerleri Denklem 2.13 ve 2.19 yardımı ile bulunabilir [15].

$$r_a = (A_{ef, i} / A_{ef, i+1}) \leq 1 \quad (2.26)$$

$$r_r = (I_{ef, i} / I_{ef, i+1}) \leq 1 \quad (2.27)$$

2.3.8. P_4 Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı

Türkiye’de çok yaygın olarak kullanılan, giriş katın üstündeki ağır çıkmlar hem binada kütle düzensizliğine ve deprem moment kolunun yukarılara taşınmasına neden olmakta, hem de dış cephe kolonları arasındaki kiriş akslarının ötelenmesi yolu ile çerçeve süreksizliği oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Bal ve Özdemir [18] yaptıkları çalışmada bu tip düzensizliğin binalarda % 4-54 oranında dayanım kaybına sebebiyet verdiğini belirlemiştir. Binadaki çıkmalar ve bu nedenle oluşturulan çerçeve süreksizliği puanı, P_4 , Tablo 2.3’den alınmaktadır [15].



Şekil 2.2: Ağır çıkmalar ve oluşturulan çerçeve süreksizlikleri.

Tablo 2.3: P₄ Çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı.

Çerçeve Kirişleri	Çıkmanın Bulunma Oranı		
	Tek Cephe	İki Cephe	Üç-Dört Cephe
Var	90	80	70
Yok	70	60	50

2.3.9. P₅ Çarpışma Puanı

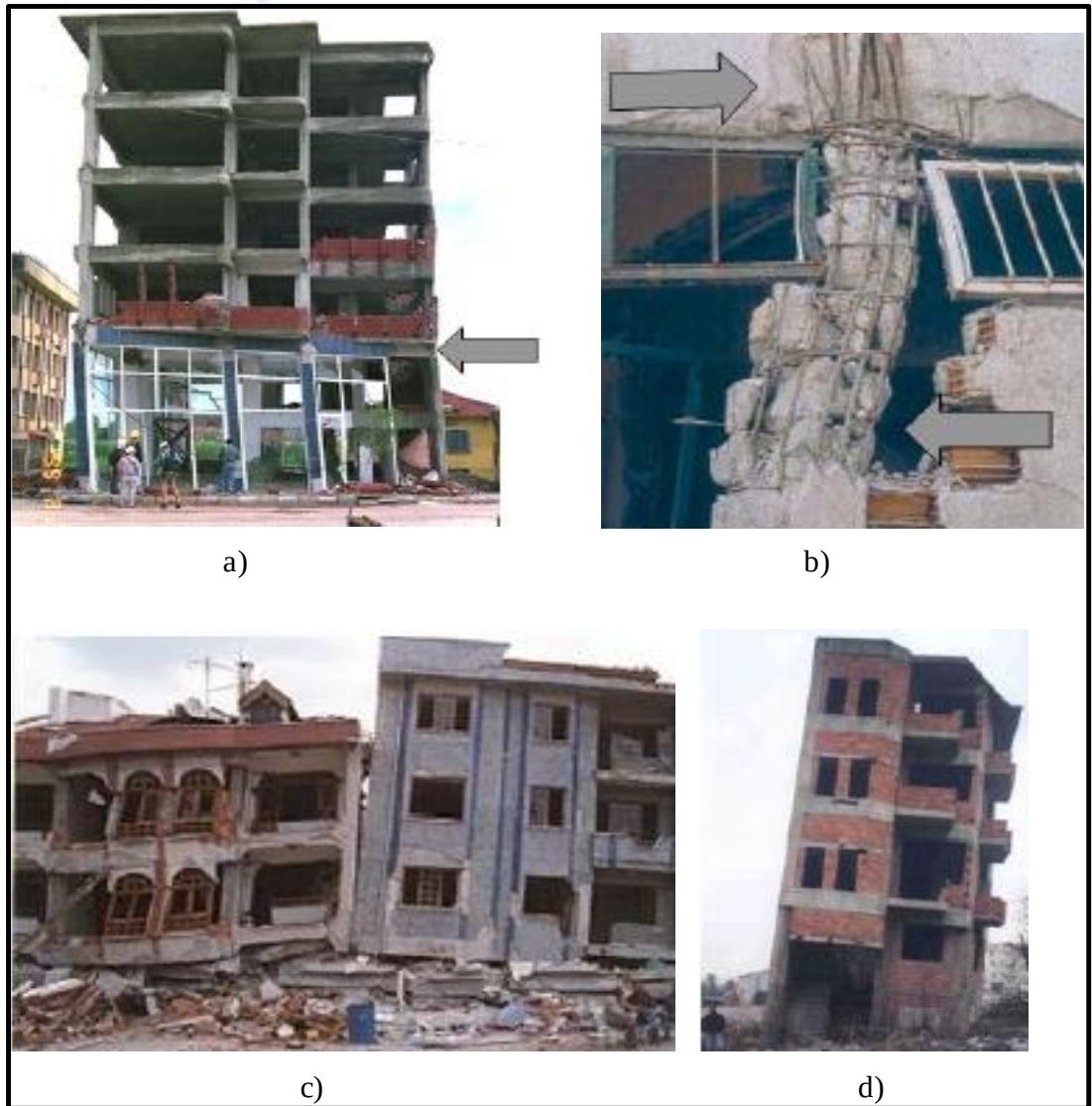
Bitişik nizam iki binanın çarpışma riskini temsil eden P₅ Çarpışma Puanı Tablo 2.4’de sunulmuştur. Yapılan araştırmalarda, özellikle bitişik bina dizisinin en sonundaki binanın çok riskli olduğu saptanmıştır (Şekil 2.3c) [1,15]. Ayrıca, enerjinin korunması prensibi nedeniyle, geçmiş depremlerden de görüleceği üzere birbirine bitişik olan, ama gerek yükseklikleri ve gerekse ağırlıkları sebebi ile farklı periyotlara sahip olan binaların da yüksek risk taşıdıkları belirlenmiştir [18,19]. Bitişik iki binanın plandaki ağırlık merkezlerini birleştiren çizgi, iki binanın çarpışacağı ortak çizginin ortasından geçiyorsa, buna merkezi çarpışma, geçmiyorsa dış merkezli çarpışma denir.

Tablo 2.4: P₅ Çarpışma puanı matrisi.

Çarpışma Türü	Merkezi Çarpışma		Dış Merkezli Çarpışma	
	Aynı Seviyede Döşeme	Farklı Seviyede Döşeme	Aynı Seviyede Döşeme	Farklı Seviyede Döşeme
Birbirine bitişik binalarda uç bina	35	15	20	10
Bir bina diğerinden daha rijit ve/veya ağır	40	25	30	20
Alçak bina ile yüksek bina komşu	50	30	30	20
Binalar aynı yükseklikte	70	60	60	50

2.3.10. P_6 Sıvılaşma Potansiyeli

Sıvılaşma potansiyeli puanları yeraltı su seviyesine (YASS) göre Tablo 2.5'te verilmiştir. Herhangi bir bölgede hızlı veya daha ayrıntılı değerlendirmeye gidilmeden önce zemin özelliklerinin saptanması zorunludur. Sıvılaşma potansiyeli çeşitli zemin parametrelerine bağlı olarak az, orta ve yüksek olarak tayin edilmelidir. Sıvılaşma potansiyelinin nasıl tayin edileceği farklı araştırmacılar tarafından ayrıntılı olarak tarif edilmiştir [20], [21]. Sıvılaşma potansiyeli olmayan zeminlerde $P_6=100$ olarak kabul edilir [22].



Şekil 2.3: Geçmiş depremlerden hasar örnekleri a) Yumuşak-zayıf kat, b) Kısa kolon hasarı, c) Çarpışma hasarı d) Büyük zemin oturması hasarı

Tablo 2.5: P₆ Sıvılaşma potansiyeli puanları.

YASS	Hesaplanan Sıvılaşma Potansiyeli		
	Az	Orta	Yüksek
>10m	60	45	30
2.0-10.0m	45	33	20
<2.0m	30	20	10

2.3.11. P₇ Toprak Hareketleri Puanı

Çeşitli toprak hareketleri için puanlama matrisi Tablo 2.6’da verilmiştir. Bu tabloya girebilmek için, her şeyden önce zemin parametrelerinin tayin edilmesi ve bu parametrelerin ışığında aşağıdaki dört ayrı cins zemin hareketinden herhangi birinin olup olamayacağı saptanmalıdır:

- i) Büyük oturmalar (Şekil 2.3d)
- ii) Yanal dağılma
- iii) Heyelan
- iv) İstinat duvarı göçmesi

Herhangi bir toprak hareketi ihtimali saptanmışsa yeraltı su seviyesine (YASS) göre, Tablo 2.6’dan uygun P₇ puanı seçilir [15].

Tablo 2.6: P₇ Toprak hareketleri puanı.

Zemin Sınıfı	YASS (m)	P ₇ puanı
Z ₁ , Z ₂	-	100
Z ₃	YASS ≤ 5.0	25
	YASS > 5.0	35
Z ₄	YASS ≤ 5.0	10
	YASS > 5.0	20

2.3.12. α Düzeltme Çarpanı

Çeşitli göçme kriterlerini temsil eden P_i puanları arasından seçilecek $P_{\min}$ minimum puanının binanın ve yörenin özelliklerine göre ayrıca bir α çarpanı ile düzeltilmesi gerekmektedir, α çarpanı; bina önem katsayısı I , deprem bölgesine göre tayin edilen efektif ivme katsayısı A_0 , hareketli yük çarpanı n ve topografik konum katsayısı t göz önüne alınarak Denklem 2.28 yardımı ile hesaplanır;

$$\alpha = (1/I) (1.4 - A_0) [1/(0.4n + 0.88)] t \quad (2.28)$$

Topografik t katsayısının nominal değeri 1.0'dır. Bu katsayı, incelenen binanın bir tepenin üstüne kurulu olması durumunda 0.7 ve dik bir yamaçta kurulu olması durumunda ise 0.85 değerini almaktadır. Bu katsayının belirlenmesinde, özellikle 1985 Şili depremi sonrası Canal Beagle bölgesinde yapılan artçı depremlere bağlı ölçümler büyük rol oynamıştır. Birbirinin tamamen aynı inşa edilen bloklardan bir tepe üstünde sıralananların aşağı düzlükte bulunanlara oranla daha fazla hasar aldığı tespit edilmiştir. Ancak, Şili depremi sonrası bir bölgede elde edilen sonuçların her türlü topografik etki için kullanılamayacağı açıktır. Ayrıca, topografik büyütmenin frekansa bağlı olması, yapılan ölçümlerin artçı kayıtlar olması gibi daha birçok belirsizlik topografik etki parametresini oldukça karmaşıktırmaktadır. Fakat yukarıda bahsedilen yayınlardaki topografik etkinin en azından niteliksel tarifi P25 yöntemine de ışık tutmuştur [1], [15].

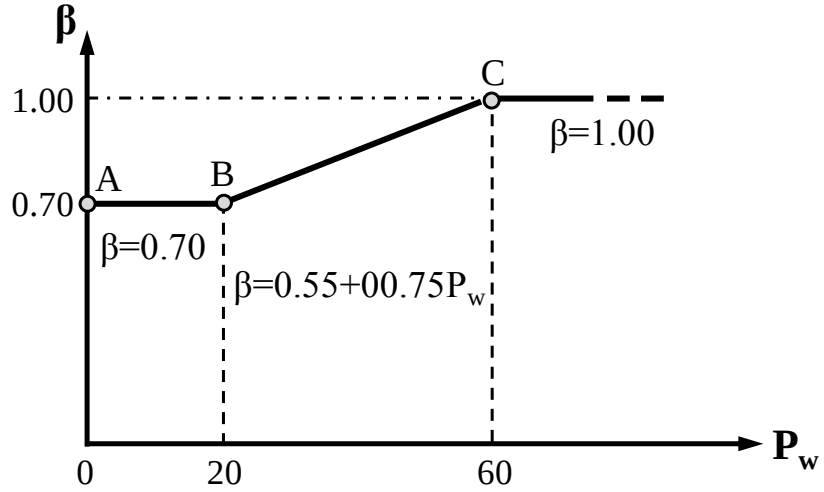
2.3.13. β Düzeltme Çarpanı

Binanın sonuç performans puanı daha önce hesaplanan 7 adet P_i puanın ağırlıklı olarak birbirleri ile etkileşimleri yolu ile belirlenmektedir. Bunun için önce P_i Puanları içinden $P_{\min}$ minimum puanı saptanır ve ağırlık katsayısı olarak $w = 4$ ile çarpılır. Diğer P_i puanları Tablo 2.7'de verilen ağırlık puanları ile çarpılarak Denklem 2.29 yardımı ile ağırlıklı ortalama puanı P_w saptanır. Ağırlıklı ortalama puanı P_w kullanılarak Şekil 2.4 yardımı ile bir β Düzeltme Çarpanı elde edilir [15].

$$P_w = \sum (W_i P_i) / \sum W_i \quad (2.29)$$

Tablo 2.7: Çeşitli puanlar için ağırlık oranları.

Ağırlık Puanı	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P _{min}
W	4	1	3	2	1	3	2	4



Şekil 2.4: β Katsayısının değişimi.

2.3.14. P Sonuç Puanı

Yukarıda hesaplanan α ve β çarpanları yardımı ile binanın performansını belirleyen P sonuç puanı;

$$P = \alpha \cdot \beta \cdot P_{\min} \quad (2.30)$$

şeklinde hesaplanır. Burada $P_{\min}$ birbirinden bağımsız olarak hesaplanan ve yukarıda ayrıntıları ile açıklanan 7 adet P_i değerlendirme puanı arasından en küçüğüdür [15]. Son olarak, elde edilen “P” performans puanına bakılarak incelenen bina hakkında bir hükme varılır. Binanın sahip olduğu performans puanına göre hangi risk bölgesinde kaldığını gösteren bant genişlikleri şu şekilde belirlenmiştir;

- $P \geq 40$ Düşük Risk Bölgesi : Bina, olası bir depremde belirli bir hasar alabilir ancak can kaybına yol açabilecek toptan göçme yaşanmayacaktır.
- $40 > P > 15$ Şüpheli Risk Bölgesi : Binanın durumu şüphelidir. İkincil ve ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmalıdır.

- $P \leq 15$ Yüksek Risk Bölgesi : Bina olası bir depremde büyük olasılıkla toptan göçecektir. En kısa zamanda güçlendirilmesi veya yıkılması gereklidir.

Altınar [1], 17 Ağustos 1999 depreminden sonra orta hasar görmüş betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip dört katlı konut binası üzerinde P25 puanlama yöntemini uygulamış ve elde ettiği sonuçlar Tablo 2.8’de sunulmuştur.

Tablo 2.8: Örnek P25 Puanlama yöntemi çizelgesi.

Kritik Kat Seçimi	Zemin	f_8 (Katlar arası seviye farkı)	1
A_c (Kritik kat kolon enkesit alanları toplamı)	2.25 m ²	f_9 (Beton kalitesi)	0.83
A_{sx} (Kritik kat betonarme perde duvar enkesit alanları toplamı)	0	f_{10} (Zayıf kolon-kuvvetli giriş)	0.88
A_{wx} (Kritik kat dolgu duvar enkesit alanları toplamı)	0	f_{11} (Etriye sıklığı)	0.84
E_m/E_c (Dolgu duvar enkesit alanları toplamı)	0	f_{12} (Zemin sınıfı)	1
A_{efy}	2.25	f_{13} (Temel tipi)	0.95
$A_e=a.b$ (Etketif kat alanı)	306.2m ²	f_{14} (Temel derinliği)	0.90
C_{Ay} (Alan endeksi)	1472	P_1 (Temel yapısı puanı)	2382.25
$C_{A\max,min}$ (Dolgu duvar ve perde duvar olmadığı için x ve y yönünde)	1472	P_2 (Kısa kolon puanı)	0
C_A =(Alan endeksi bileşkesi)	1472	P_3 (Yumuşak kat zayıf kat puanı)	100
$I_x=I_y$ (Tanan alanı içine alan dikdörtgenin x ve y yönündeki atalet momentleri toplamı)	7815.75 m ⁴	P_4 (Çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı)	50
I_{cx} (Kritik kat kolonlarının x yönüne göre atalet momentleri toplamı)	22.96 m ⁴	P_5 (Çarpışma puanı)	0
I_{cy} (Kritik kat kolonlarının y yönüne göre atalet momentleri toplamı)	46.95 m ⁴	P_6 (Sıvılaşma potansiyeli puanı)	100
$I_{sx}=I_{sy}$ (Betonarme perde)	0	P_7 (Toprak hareketleri puanı)	100
$I_{wx}=I_{wy}$ (Dolgu duvar)	0	I (Bina önem katsayısı)	1
I_{efx}	22.96	A_0 (Deprem bölgesine göre efektif ivme katsayısı)	0.4
I_{efy}	46.95	n (Hareketli yük çarpanı)	0.3
C_{1x}	62320.40	t (topografik konum katsayısı)	1
C_{1y}	71907.18	α (Düzeltilme çarpanı)	1
C_{1min}	62320.40	$P_{min}=P_4$	50
C_{1max}	71907.40	w (Ağırlık katsayısı)	4
C_1 (Atalet momenti endeksi bileşkesi)	65036.38	Ağırlık puanı P_1	9531
H (Bina Yüksekliği)	12	Ağırlık puanı P_2	0
h_0 (Bina yüksekliği düzeltme çarpanı)	375.40	Ağırlık puanı P_3	300
P_0 (Taşıyıcı sistem puanı)	177.78	Ağırlık puanı P_5	0
f_1 (Burulma düzensizliği)	1	Ağırlık puanı P_6	300
f_2 (Döşeme süreksizliği)	1	Ağırlık puanı P_7	200
f_3 (Düşey doğrultuda süreksizlik)	1	$\sum(w_i P_i)$	10531
f_4 (Kütle düzensizliği)	1	$\sum w_i$	18
f_5 (Korozyon)	1	P_w	585.05
f_6 (Ağır cephe elemanları)	1	$P_{sonuç}=\alpha.\beta.P_{min}$	50
f_7 (Asma kat)	1		

22<50<78 $P_{\text{sonuç}}$ orta hasar bandında yer almaktadır. Bu sonuç 1999 Kocaeli depreminde örnek binanın orta hasar aldığı doğrulamaktadır [1].

2.4. Kapasite İndeksi Yöntemi

Bu yöntem, az katlı ve orta yükseklikte yapılar için önerilmektedir. Her bir elemanın salt beton tarafından karşılanabilecek kesme kapasitesi aşağıdaki denklem ile hesaplanır [23]:

$$V_{ci} = c \cdot \alpha \cdot f_{ctk} \cdot b_w \cdot h \quad (2.31)$$

Burada;

- V_{ci} : Dikdörtgen kesitli betonarme elemanın kesme kapasitesi,
- c : Elemanların doğrultusuna ait bir katsayı (enine çalışan kolonlarda 1/3, boyuna çalışan elemanlarda 2/3),
- α : Dayanım azaltma faktörü ile çekme dayanımı etkisinde kesme dayanımı ilişkisinin ortak etkisini göz önüne alan bir katsayı (TS-500'de 0,65'dir [24]),
- b_w : Söz konusu eleman boyutu,
- h : Söz konusu eleman boyutu
- f_{ctk} : Betonun karakteristik çekme dayanımıdır.

Ayrı ayrı hesaplanan eleman kesme kapasiteleri her iki doğrultuda ayrı ayrı toplandığında V_c , toplam kesme kapasitesi hesaplanabilir. Betonun çekme dayanımı (f_{ctk}), basınç dayanımı ile ilişkilidir. Tablo 2.9'da Ülkemizde bulunan yapılara ait beton dayanım değerleri sunulmuştur [23].

Tablo 2.9: Beton kalitesine göre tavsiye edilen beton dayanımları.

Gözle kontrole dayalı beton kalitesi	Tavsiye edilen basınç dayanımı (MPa)
Zayıf	< 10
Orta	10-16
İyi	> 16

Katın toplam beton kesme kapasitesinin, akma taban kesme kapasitesine oranı Denklem 2.32 yardımı ile hesaplanır.

$$V_y = \frac{V_c}{0.95 \cdot e^{0.125n}} \quad (2.32)$$

Burada;

- V_y : Akma taban kesme kuvveti
- V_c : Kata ait toplam beton kesme kapasitesi
- n : Yapının kat sayısıdır.

Denklemde verilen ifade FEMA 273'e göre elde edilmiş tepe deplasman-taban kesme kuvveti ilişkisinin, yapı kat sayısına bağlı bir fonksiyonudur. Yukarıdaki denklem dolgu duvarı olmayan yapılar için geçerlidir ancak, dolgu duvarların kesit alanlarını ve yapının toplam zemin alanını kullanarak normalize edilmekte ve akma taban kesme kuvveti bu değerle büyütülmektedir (Denklem 2.33):

$$V_{yw} = V_y \left(46 \cdot \frac{A_w}{A_{tf}} + 1 \right) \quad (2.33)$$

Burada;

- V_{yw} : Duvarların bulunmayan akma taban kesme kuvveti,
- A_w : Dolgu duvarların alanı,
- A_{tf} : Yapının toplam zemin alanıdır.

Denklem 2.33, dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız binaların analizleri kullanılarak elde edilmiştir. Analiz yapılırken, duvarlar çubuk eleman olarak modellenmiştir. Açıklık barındıran dolgu duvarların, yapının yatay yük kapasitesine katkısı, şayet açıklık dolgu duvarın %40'ını oluşturuyorsa, ihmal edilebilecek düzeylere inmektedir. Yöntemde, yalnızca açıklık barındırmayan duvarlar göz önüne alınmıştır [23].

Denklemler (2.31-2.33) yardımıyla elde edilen yaklaşık akma taban kesme kuvveti değeri kullanılarak temel kapasite indeksi hesaplanmaktadır (Denklem 2.34). İfadedeki V_{code} , yönetmeliğe göre hesaplanan taban kesme kuvvetidir. Bu ifade literatürde akma-dayanım oranı olarak da kullanılmaktadır [23].

$$BCPI = \frac{V_{yw}}{V_{code}} \quad (2.34)$$

Yukarıdaki denklem, yönetmelikte belirtilen şekilde imal edilmiş mevcut bir yapının kapasite değerlendirmesinde kullanılabilir. Ancak, bu durumda mimari bozukluklar, işçilik kusurları gibi istenmeyen durumlar ihmal edilmiş olur. Bu tür durumları da hesaba katmak için aşağıdaki Denklem 2.35 kullanılır. C_a ve C_m , mimari özellikleri ve yapı kalitesini yansıtan katsayılarıdır. C_a , Denklem 2.36 yardımı ile hesaplanır [23].

$$CPI = C_a C_m BCPI \quad (2.35)$$

$$C_a = 1 - (C_{AS} + C_{ASC} + C_{AP} + C_{AF}) \quad (2.36)$$

Denklem 2.36'da C_{AS} , yumuşak kat, C_{ASC} , kısa kolon, C_{AP} , plandaki düzensizlik ve C_{AF} ise düşey düzensizlik durumlarını göz önüne alan katsayılarıdır. Bu katsayılar farklı çalışmalarda farklı değerler ile sunulmuş olmakla beraber, yöntem, Tablo 2.10'da verilen değerleri önermektedir [23].

Tablo 2.10: Mimari özelliklere ilişkin katsayılar.

Değişken	Ağırlık Katsayısı		
	FEMA 154	Gulkan-Yakut	Sucuoğlu-Yazgan
Yumuşak Kat (C_{AS})	0.36	0.5	0.32
Kısa Kolon (C_{ASC})	0.18	0.25	0.11
Plan Düzensizliği (C_{AP})	0.19	0.125	0.19
Düşey Düzensizlik (C_{AF})	0.27	0.125	0.38

Yapı kalitesi ile ilgili katsayıların elde edilmesinde Denklem 2.37 kullanılmaktadır. Bu denklem ve Tablo 2.11 kullanılarak C_m katsayısı bulunur.

$$Q_r = \frac{1-C_m}{1-C_a} \quad (2.34)$$

Tablo 2.11: C_m katsayısı için önerilen değerler.

İşçilik ve inşaat kalitesi	C_m
Zayıf	$1 - Q_r (1 - C_a)$
Orta	$1 - Q_r (1 - C_a) / 3$
İyi	1

Kapasite İndeksi Yöntemi, ülkemizdeki yapıların değerlendirilmesinde kullanıldığında C_a için 0.85 ve Q_r için de 0.55 değerlerini önermektedir [23]. Yönteme göre CPI değerinin 1.5'den küçük olması durumunda inceleme yapılan yapının göçme riskinin yüksek olduğu kanaatine varılır [2].

2.5. ATC-21 Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi

ATC-21 Yöntemi ABD'de geliştirilmiştir ve hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem mühendisliğindeki ilk öncülerindendir. Bu yöntemde de diğer tüm hızlı değerlendirme yöntemlerinde olduğu gibi amaç kısa sürede birçok yapının deprem güvenilirliği hakkında bilgi sahibi olmak ve deprem etkisine dayanıklı olmayan, deprem sırasında önemli hasar görebilecek yapıların belirlenmesidir. Böylece mevcut bina stoğu hızlı bir şekilde taranmış ve binaların ikincil ve ayrıntılı incelemeye ihtiyaç duyacak kadar güvenli olup olmadığının belirlenmesi sağlanmış olacaktır [2].

Yöntemin temeli incelenen binanın depremdeki performansını temsil eden bir değerlendirme puanının oluşturulmasına dayanmaktadır. Sonuç Yapısal Puanı (S Puanı) adı verilen bu puan binada toplanan veriler doğrultusunda belirlenen Temel Yapısal Risk Puanı ve Eksiltici Yapısal Puanların katılımlarıyla elde edilir. Genellikle çok sayıda bina için uygulanan yöntemin veri toplama ve puanlama aşamalarının sistemli ve koordine bir şekilde yapılması çok önemlidir.

Yapılan uygulama sonucunda bulunan S puanı belirlenen bir Kesim Değeri ile karşılaştırılır. S Puanı Kesim Değerinden büyük ise söz konusu bina “Güvenli” olarak nitelendirilir ve ayrıntılı değerlendirme yapılmasına gereksinim duyulmaz

tersi durumda yapı “Güvensiz” olarak nitelendirilir ve yapıda ayrıntılı inceleme yapılması gerekir. S puanı ne kadar büyükse yapının depremde gösterdiği performansı da o kadar iyidir. Genel olarak S puanı 0-5 arasında, çok nadiren risk haritasına bağlı olarak 5’den büyük bir değere sahip olur.

Değerlendirme toplanan verilerin puanlandırılması esasına dayandığından yöntemin en önemli aşaması veri toplama işlemidir. Veri toplama işlemi hızlı değerlendirme formunun doldurulması şeklinde yapılmaktadır. Bu formun genel olarak içerdiği bilgiler; fotoğraf veya kroki, yapı ile ilgili temel bilgiler, yapısal olmayan elemanların düşme tehlikesi, yapısal puanlar, S puanı, yorumlar ve ayrıntılı değerlendirme kontrolleridir.

Yapının taşıyıcılığına ve bulunduğu bölgeye bağlı olarak meydana gelebilecek bir depremde binada oluşacak ana hasarın ihtimali olan puana Temel Yapısal Risk Puanı (TYRP) adı verilir. Burada söz edilen “ana hasar” binanın %60 veya daha fazlasının fiziksel hasarıdır.

$$TYRP = \log(\text{hasar ihtimali}) \quad (2.34)$$

Hesaplanan TYRP’ından Eksiltici Yapısal Puanlar çıkarılarak S puanı elde edilir. Buradan da anlaşılacağı gibi TYRP depremdeki performansı yüksek olan yapılar için büyük, düşük olan yapılar için ise küçük değerler olacaktır.

İncelenen yapıda; yüksek yapı, kötü görüntü durumu, düşey düzensizlik, yumuşak kat, burulma düzensizliği, planda düzensizlik, ağır kaplama malzemesi, kısa kolon, zemin durumu gibi her bir olumsuz duruma çeşitli puanlar verilerek, bu puanları binaya verilen ana puandan çıkartılır. S puanı bu eksiltmeler sonu elde edilmiş olur.

Tüm yapılan uygulamalardan sonra elde edilen S puanını bir değerle karşılaştırmak ve bunun sonucunda yapının “Güvenli” veya “Güvensiz” olarak nitelendirilmesi gerçekleşmektedir. Bu doğrultuda bulunan S puanı Kesim Değeri adı verilen bir puan ile karşılaştırılır. Kesim Değerinin altındaki S puanına sahip yapılar “Güvensiz” olarak nitelendirilir ve bu yapıların ayrıntılı inceleme ihtiyacı vardır. Kesim Değeri S puanının üstünde olan yapılar “Güvenli” olarak nitelendirilir. Ancak bu Kesim Değerine karar vermek yöntemin en zor ve en çok deneyim isteyen aşamasıdır. Zira yöntemin esas amacına ulaşması ve işlevini yerine getirmesi açısından Kesim Değerinin sağlıklı belirlenmesi esastır [2].

Amacı doğrultusunda genellikle çok sayıda bina üzerinde uygulanan yöntemin Kesim Değerinin yüksek seçilmesi durumunda, incelemede çıkacak sonuç bir çok binanın ayrıntılı incelemesi gerektiği şeklinde olacaktır. Bu durumda maliyet artacak ve uygulanan hızlı değerlendirme yönteminin pek fazla özelliği kalmamış olacaktır. Diğer taraftan, daha düşük Kesim Değeri seçilmesi durumunda pek çok bina için ikincil bir inceleme gerek yoktur sonucu ortaya çıkacak, bu sayede maliyet düşecek ancak daha düşük deprem güvenliği elde edilmiş olacaktır. Bu açıdan bakıldığında maliyet-güvenlik arasındaki optimum dengeyi sağlamak amacıyla bu değerlerin deneyimli kişiler tarafından ekonomik ve toplumsal değerleri göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerekmektedir [2].

2.6. Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi

Bu yöntem, az katlı binaların kolon ve duvar boyutlarını göz önüne alarak binanın deprem performansını ve mevcut hasar durumunun hızlı belirlenmesini hedefleyen bir yöntemdir [2].

1992 yılında Erzincan depreminde hasar görmüş 46 (10 adedi 1 katlı, 5 adedi 2 katlı, 20 adedi 3 katlı, 8 adedi 4 katlı ve 3 adedi 5 katlı) bina üzerinde Ahmet F. Hassan ve Mete A. Sözen yöntemin uygulamasını yapmışlardır. Söz konusu çalışmada ilk olarak 1968’de gerçekleşen Tokachi-Oki depreminden sonra T. Shiga, A. Takashashi tarafından deprem sonrası elde edilen veriler kullanılarak geliştirilen SST yöntemini kullanılmıştır. Ancak daha sonra bu yöntemin söz konusu 46 binaya uygulamasının sağlıklı sonuçlar vermeyeceği sonucuna varılmıştır. Çünkü, SST yönteminde incelenen binalar benzer tipte ve iyi inşa edilmiş betonarme perde duvarlara sahiptirler. Bu yöntemin içlerinde birbirlerinden oldukça farklı tipte binaların bulunduğu bir yapı stoğuna uygulanması doğruya yakın sonuçlar vermektedir. Bu nedenle çalışmada SST yöntemine benzerlik gösteren ancak farklı yeni bir yöntem geliştirilmiştir [2].

Bu yöntemin aynı bölge içerisinde bulunup birbirinden oldukça değişken tipe sahip az katlı binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Yöntemin işleme prensibi, temeldeki etkili duvar alanının binanın temel üstündeki toplam kat alanına oranı olan Duvar İndeksi ve temeldeki etkili kolon alanının temel üstündeki toplam kat alanına oranı olan Kolon İndeksi hesaplandıktan sonra bu indekslerin grafik (Şekil 2.5) üzerine işlenmesi ile elde edilen sonucun

değerlendirilmesi şeklindedir [2]. Grafikte her bina iki koordinat sistemindeki değerlerin çakıştığı bir nokta olarak gösterilmekte ve bu noktalara göre Hasarsız, Hafif Hasarlı, Orta Hasarlı ve Ağır Hasarlı olarak değerlendirme yapılmaktadır. Söz konusu grafikte Y doğrultusunda Duvar İndeksi, X doğrultusunda Kolon İndeksi gösterilir.

$$\text{Duvar İndeksi (WI) : } WI = \frac{A_{wt}}{A_{ft}} \cdot 100 \quad (2.35)$$

- A_{ft} : Temel üstündeki toplam kat alanı
- A_{wt} : Duvarların etkili kesit alanı

$$A_{wt} = A_{cw} + \frac{A_{mw}}{10} \quad (2.36)$$

- A_{cw} : Temeldeki betonarme perde duvarların bir yöndeki kesit alanı
- A_{mw} : Temeldeki dolgu duvarların bir yöndeki kesit alanı

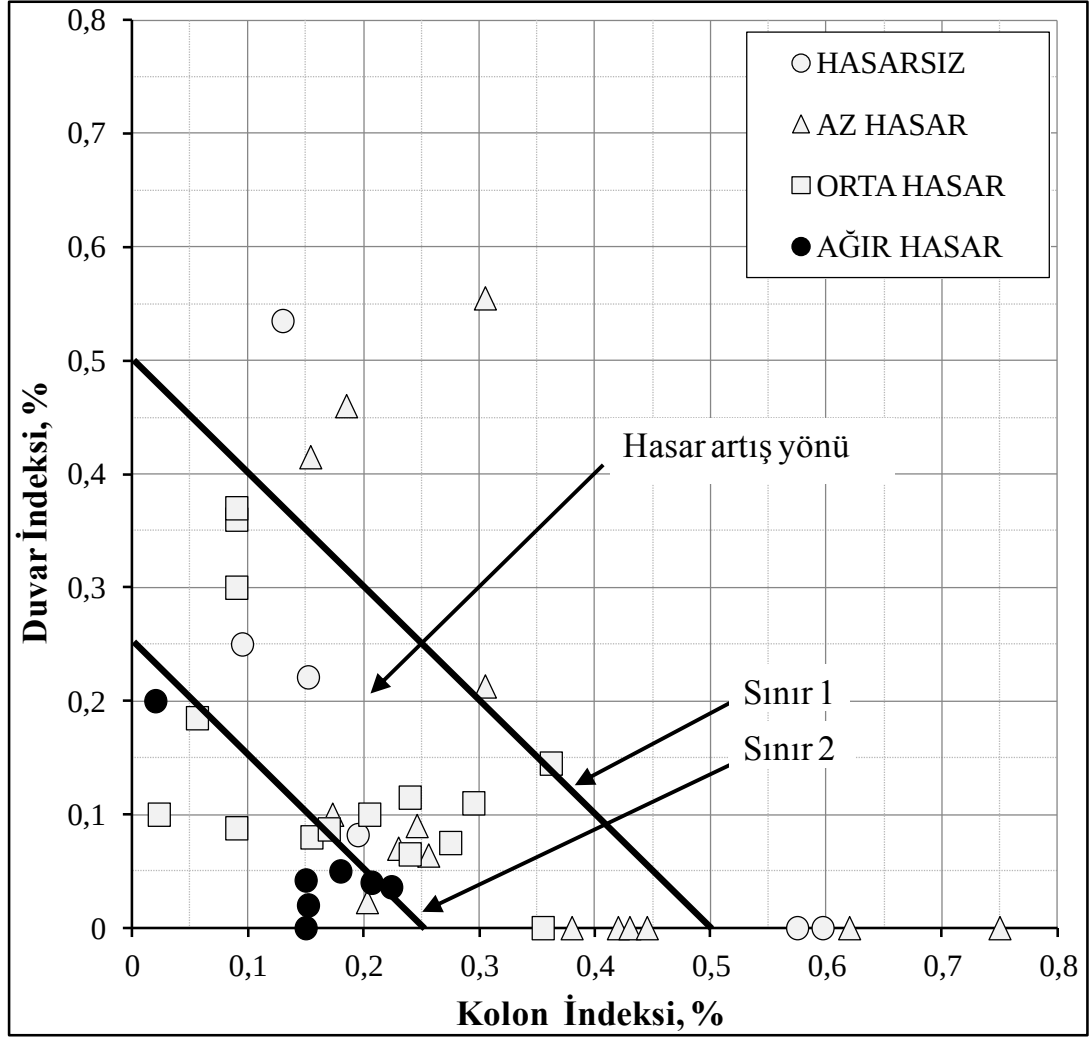
$$\text{Kolon İndeksi (CI) : } CI = \frac{A_{ce}}{A_{ft}} \cdot 100 \quad (2.37)$$

- A_{ce} : Temeldeki kolonların etkili kesit alanı

$$A_{ce} = \frac{A_{col}}{2} \quad (2.38)$$

- A_{col} : Temel üstündeki kolonların toplam kesit alanı

Denklemlerden de görüldüğü gibi betonarme perde duvarların etkisi yüzde yüz, dolgu duvarların etkisi yüzde on, kolonların etkisi yüzde elli olarak alınmaktadır. Grafikte Sınır 1 ve Sınır 2 isimli iki adet sınır çizgisi bulunmaktadır. Bu sınır çizgileri hesaplanan indeksler sonucu nokta olarak grafikteki yerini alan binaların hasar tespit kararı için oldukça önemlidir. Şöyle ki Sınır 1 X, Y aksları arasında kalan üçgen alan içinde bulunan binalar, Sınır 2'nin dışında kalan binalara göre çok daha risk altındadır, bu iki sınır çizgisi arasında kalan binalar ise şüpheli binalardır. Bir başka deyişle orijine yaklaştıkça hasar oranının artacağı söylenebilir.



Şekil 2.5: Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi sonuç grafiği.

İncelenen bir bina hakkında “yıkılmalı” veya “güçlendirilmeli” kararının verilmesinde etkin rol oynayan üçüncü bir indeks Öncelik İndeksi’dir ve Duvar ve Kolon İndekslerinin toplamı şeklinde tanımlanır. Bu indeksin değeri düştükçe binanın risk seviyesinin de artacağı kabul edilir.

$$\text{Öncelik İndeksi (PI)} : PI=WI+CI \quad (2.39)$$

Yapılan çalışma sonucunda incelenen 46 binanın 8 adedi “Hasarsız”, 19 adedi “Hafif Hasarlı”, 17 adedi “Orta Hasarlı” ve 2 adedi “Ağır Hasarlı” olarak belirlenmiştir. Şüphesiz ki yöntem malzeme kalitesi, kat yüksekliği, kiriş özellikleri, düzensizlikler vb. gibi birçok değişkeni hasar tespitinde bir parametre olarak hesapların içine almamaktadır. Bu durum yapı hakkında verilen kararın şüpheli olduğu sonucunu doğurabilir. Ancak yöntemin amacı yapı hakkında kesin karar

vermek değil, incelenen binaların kolay ve hızlı bir şekilde taramasının yapılmasını sağlamaktır [2].

Söz konusu çalışmadan yaklaşık iki yıl sonra aynı binalar üzerinde yöntem Polat Gürkan ve Mete A. Sözen tarafından uygulanmış ancak yeni parametrelerin eklenmesi ve daha ayrıntılı hesaplamalar ile daha güvenilir bir yöntem haline getirilmiştir. Bu yöntemde kullanılan parametreler binanın kat adedi, bina birim kütlesi, beton ve taşıyıcı olmayan duvarlara ait malzeme özellikleri, dolgu duvarlarının tipi ve mesnetlenme koşulları, kolon ve kirişlerin görelî boyutları ve birbirine mesnetlenme durumları, kolon burkulma katsayısı ve duvar geometrisi, ortalama kat yüksekliği, temel tipi ve zemin özellikleri, kolon alanının kat alanına oranı, dolgu duvar alanının kat alanına oranıdır [2].

2.8. Durtes Yöntemi

Bu yöntem, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından İstanbul ili Bakırköy ilçesinde bulunan yapı stoğunun deprem güvenilirliğinin analizine yönelik yapılan çalışmanın sonuçları kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışmada yaklaşık on bin bina üzerinde yapı durum tespitiyle ilgili detaylı inceleme yapılmış ve elde edilen veriler yardımı ile hızlı değerlendirme yapan bir bilgisayar yazılımı üretilmiştir [25].

Bu çalışmada öncelikle incelenen binanın matematiksel esasa göre değerlendirilmesi için gerekli olan uygun değer bilgiler belirlenmiş ve bu doğrultuda bilgilerin yer aldığı bir anket formu hazırlanmıştır. Bu anket formundaki bilgilerin yerinde doldurulması ve bu bilgilerin söz konusu algoritmayı kullanan DURTES (DURum TESpit) adlı bilgisayar yazılımına aktarılması sayesinde binaların maruz kalacağı deprem yükü, taşıyabileceği deprem yükü ve mukavemeti gibi özellikler çok hızlı bir şekilde belirlenmektedir.

Geliştirilen bu programın amacı binaların inceleme sonuçlarının hızlı bir biçimde ve doğruya en yakın değerler vermesi sağlanmıştır. Farklı disiplinlerden uzmanların görüşlerinde yapılabilecek hataları en aza indirmek maksadıyla bina ile ilgili değerlendirmeler tamamen matematiksel prensiplerle yapılmakta ve raporlar program aracılığı ile otomatik olarak hazırlanmaktadır. Program yapıda oluşabilecek taban kesme kuvvetini deprem yönetmeliğinde öngörülen kesin hesap yöntemlerine

göre belirlemektedir. Ancak eğilme momenti, eksenel kuvvet gibi kesit tesiri dağılımlarını belli parametreler üzerine kurulmuş formüllerle hesaplamaktadır.

DURTES programının çalışma yöntemini kısaca tarif etmek gerekirse, binanın malzeme özelliğini de göz önünde bulundurarak farklı özelliklerde olsalar bile maruz kaldıkları yüklere karşılık, birim alan için sahip olması gerekli olan yapısal eleman büyüklüklerini belirleyerek bir katsayı elde etmekte (K1 mukavemet puanı) ve bu katsayıya göre binaları gruplandırmaktadır. Her binanın mevcut durumuna göre ayrıca bir puan verilmektedir (K2 kusur puanı), K1 katsayısı yönetmeliklerdeki kriterlere göre, K2 katsayısı ile yapının mevcut durumunu göz önüne alan yaklaşık olarak 100 adet parametreye göre belirlenmektedir.

Söz konusu parametrelere karşılık gelen puan ilse, program kullanıldıkça ve verdiği sonuçlar kesin çözüm yöntemlerinin sonuçları ile kıyaslandıkça kalibre edilmektedir. Bu kesin çözüm yöntemleri ile kıyaslama örnekleri çoğaldıkça ve parametrelere karşılık gelen puanlar kalibre edildikçe programın verdiği sonuçlar gerçeğe daha da yaklaşmaktadır. Yapılan çalışmalarda detaylı analizler yapılarak incelenen bazı yapıların sonuçları ile DURTES programı verileri karşılaştırıldığında oldukça uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür [2].

2.9. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Normlarına Göre Hızlı Değerlendirme Yöntemi

Hasar Düzeyi Belirleme Yöntemi diğer ülkelerdeki hızlı değerlendirme yöntemleri de incelenerek yapılan yaklaşımlar ve kalibrasyonlar sonucu elde edilmiş bir yöntemdir. Hızlı bir şekilde mevcut yapıların depreme karşı dayanıklılığını ve hasar düzeyini belirlemek amacıyla uygulanan bu yöntemin temeli yapıdaki hasarların ve deprem hasarına etki edebilecek unsurların puanlandırılması sistemine dayanmaktadır [2], [26].

Yöntemin uygulanması sonucunda elde edilen ve sınır değerlerle karşılaştırılıp yapının Toplam Hasar Düzeyinin belirlenmesine yarayan sayısal değer Toplam Hasar Puanı (THP) olarak adlandırılır. Binanın Toplam Hasar Düzeyinin belirlenmesine bağlı olarak binanın deprem öncesi güçlendirme veya kentsel dönüşüm, deprem sonrası ise hayatın normale döndürülmesi safhasında kullanılabilirlik kararı verilebilmektedir. THP'nin yüksek değerleri için incelenen bina/tesis "Güvensiz", düşük değerleri için "Güvenli" olarak nitelendirilebilmektedir.

Bu yöntemde de veri toplama işlemi benzerleri gibi önceden hazırlanmış formların doldurulması şeklindedir [26]. Formda yer alan ve doldurulması gerekli bilgiler şunlardır:

- İdari bilgiler; bina sahibi, adresi, parsel no vb.
- Genel bilgiler; mimari özellikler, yapısal düzensizlikler, açıklıklar vb.
- Taşıyıcı sistem özellikleri; taşıyıcı sistem türü, döşeme sistemi, temel sistemi, dolgu duvar özellikleri, binanın yerinde dökme veya prefabrike oluşu, malzeme ve işçilik kalitesi,
- Hasar bilgileri; kalıcı yer değiştirmeler, kolon, kiriş, duvar veya döşemedeki hasarların şiddeti ve yaygınlığı.

Bu formdaki bilgilerin işlenmesi sonucu, sonradan yapılacak puanlama çalışmasıyla birlikte THP elde edilecek ve bununla paralel olarak Toplam Hasar Düzeyi elde edilmiş olacaktır [26].

Yöntemin en önemli özelliği hızlı uygulama olduğundan, incelenen binanın hasar tespitinde sadece en çok hasar görmüş kat seviyesinde oluşan hasar esas alınır. Esas alınan katın çok büyük olması durumunda katın sadece belli bir bölümünün incelenmesi yeterlidir. Böylece Toplam Hasar Düzeyi eleman sayısına göre normalize edilerek bulunabilir.

THP'nı hesaplamak için beş farklı Hasar Puanından yararlanılmaktadır. Bu hasar puanlarını açıklamak gerekirse;

- Sistem Hasar Puanı (SİHP): Taşıyıcı sistem türü ve taşıyıcı sistem elemanlarının hasar durumuna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Değeri maksimum 100 olabilmektedir.
- Çatı ve Merdiven Hasar Puanı (ÇMHP): Çatı ve merdivenin hasar durumuna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Çatı için bu puan; 0.00, 0.75 ve 1.50 değerlerini alabilmektedir. Toplamda 0-2.5 arasında değerler alabilmektedir.
- Katlar Arası Kalıcı Yerdeğiştirme Puanı (KKYP): Bu puan, yapıda katlar arası kalıcı yerdeğiştirme oluşmuş ise bunun büyüklüğüne bağlı olarak belirlenir. 0-10 arası değerler alabilmektedir.

- Hasar Artırıcı Puan (HAP): Yapının hasar görme ihtimalini etkileyecek olan durumlara (yataydaki ve düşeydeki düzensizlikler, binanın konumu, komşu yapılarla kat seviyelerinin durumu, kısa kolon olması, malzeme ve işçilik kalitesi) bağlı olarak belirlenir. 0-6 arasında değerler alabilmektedir.
- Aşırı Oturma Puanı (AOP): Bu puan, yapı çevresinde oturma olmuş ise bunun büyüklüğüne bağlı olarak belirlenir. 0-1.5 arasında değerler alabilmektedir.

Yukarıda açıklanan Hasar Puanları, veri toplama işlemi esnasında çoğunlukla çıplak gözle yapılan gözlemler sonucu doldurulan formların incelenmesi şeklinde belirlenir. Dolayısıyla; gerek veri toplama, gerekse puanlama aşamasında incelemeyi yapan kişilerin deneyimli, konuya hakim olması yöntemin doğruya yakın sonuçlar vermesi açısından çok önemlidir.

Hasar Puanlarının belirlenmesinden sonra THP hesaplanır:

$$THP=0.80 \text{ SIHP}+\text{ÇMHP}+\text{KKYP}+\text{HAP}+\text{AOP} \quad (2.40)$$

Son olarak, Toplam Hasar Düzeyini belirlemek amacıyla hesaplanan THP'nin sayısal olarak hangi sınır aralığına düştüğüne bakılmaktadır. Bu sınır aralıklarına göre incelenen yapı "Hasarsız", "Az Hasarlı", "Orta Hasarlı" ve "Ağır Hasarlı" ifadelerinden biri ile nitelendirilir. Sınırlar ve bu sınırlara karşılık gelen hasar tipleri aşağıda sunulmuştur:

- $0 \leq THP \leq 5$ HASARSIZ
- $6 \leq THP \leq 14$ AZ HASARLI
- $15 \leq THP \leq 43$ ORTA HASARLI
- $THP > 43$ AĞIR HASARLI

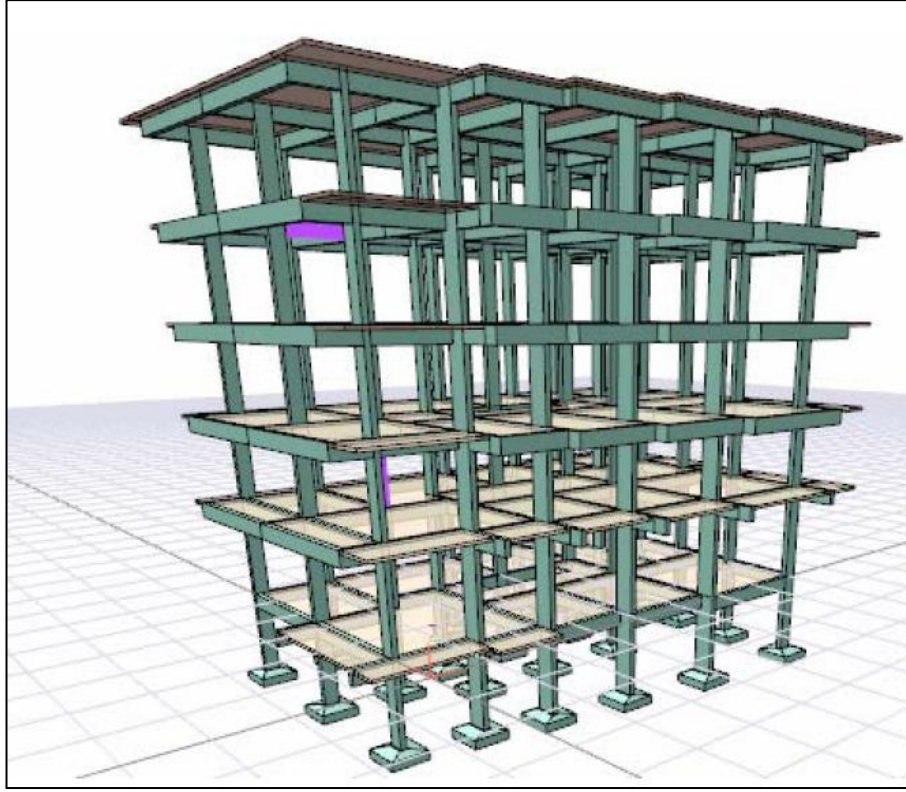
3. SAYISAL ve DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında ele alınan betonarme yapı Akbaş vd. [27] tarafından incelenerek bina hakkında bir rapor hazırlanmıştır. Söz konusu bina Kocaeli İli Darıca İlçesi Naci Kunt Caddesi Osmangazi Mahallesi No:3 adresinde bulunmaktadır. Binanın rölövesi Darıca Belediye Başkanlığı - Yapı Kontrol Müdürlüğü tarafından hazırlanmıştır. Yapı, bodrum ve zemin kat dahil 6 kattan oluşmaktadır. Yapılan incelemeler kapsamında yapının esas taşıyıcısının, betonarme kolon-kiriş taşıyıcılardan oluşan çerçeve sistem olduğu ve bodrum katın perde ile çevrelenmediği görülmüştür. Dış cepheden yapılan incelemelerde, zemin kat hariç tüm duvarların sıvasız halde olduğu, birçok duvarın hasar gördüğü, dış kolonların bazılarında örtü betonlarının dökülerek donatıların açıkta kalması sonucu korozyona uğradığı görülmüştür. Malzeme incelemeleri sonucunda elde edilen ortalama eşdeğer küp basınç dayanımı tüm bina için ortalama 18.83 MPa olarak bulunmuştur. Yapısal analizler ideCAD yazılımı ile yapılmıştır. Tüm inceleme ve analizler sonucunda yapı “Riskli Bina” olarak değerlendirilmiştir [27].

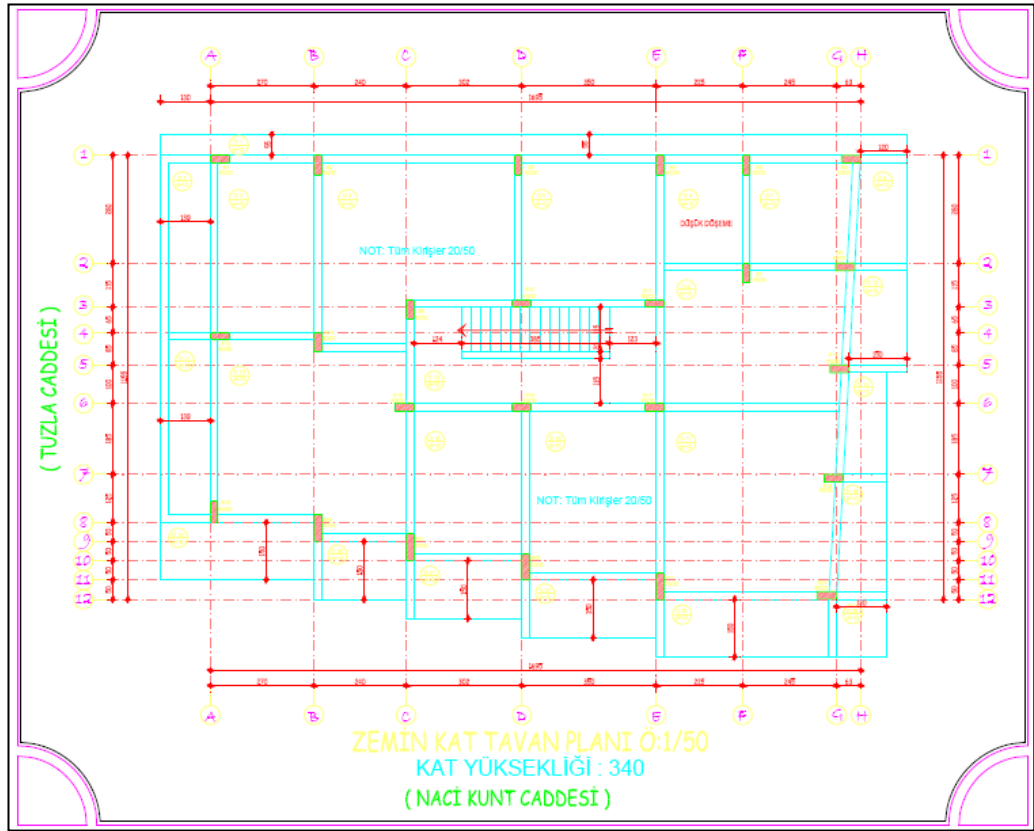


a)

Şekil 3.1: Betonarme yapının a) Dıştan görünüşü, b) Yapısal modeli ve c) Zemin kat tavan planı.



b)



c)

Şekil 3.1: devamı.

Yapının deprem güvenilirliğinin belirlenmesinde hızlı değerlendirme yöntemleri kullanmıştır. Kullanılan yöntemler Kanada Sismik Tarama, Japon Sismik Tarama, P25 Puanlama, Kolon ve Duvar İndeksleri ve Kapasite İndeks Yöntemleridir.

3.1. Kanada Sismik Tarama Yöntemi

A depremsellik faktörü 1-5 arası değerler almaktadır. İncelenen bina 1'inci derece deprem bölgesinde bulunduğundan 5 alınmıştır.

B zemin faktörü 1-1.5 arası değerler almaktadır. İncelenen binanın bulunduğu zemin Z4 sınıfında yer aldığından doğrusal enterpolasyonla bu yöntem için 1.5 alınmıştır.

C taşıyıcı sistem türü 1-3.5 arası değerler almaktadır. Taşıyıcı sistem türü depreme dayanıklı sünek sistemlerde düşük, tersi durumda yüksek değer almaktadır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R ile benzerlik göstermektedir. İncelenen bina yerinde dökme betonarme bina olması nedeniyle 1 alınmıştır.

D döşeme sistemi türü 1-2 arası değerler almaktadır. Hafif ve diyafram özelliği gösteren döşeme sistemlerinde bu katsayı düşüktür. İncelenen bina kirişli diyafram özelliği gösteren bir döşeme yapısında olduğundan 1 alınmıştır.

E binada var olan düzensizliklerdir. Binada gözlenen her bir düzensizliğe 0.3 ile 1.0 arası değişen puan verilmekte olup en düşük değer düşeyde düzensizlik, komşu binaların çarpışması, sistemde yapılan değişiklikler ve hasara en büyük (olumsuz) katsayı ise yumuşak kat oluşumuna verilmektedir. İncelenen binada yumuşak kat oluşumu gözlemlendiğinden 1.0 değeri verilmiştir. Düşeyde düzensizlik bulunduğundan 0.3 değeri verilmiştir. E bina düzensizliği 1.3 olarak belirlenmiştir.

F binayı kullanan insan sayısına bağlı bina önem katsayısı ortalama yaşayan insan sayısı 48 olarak belirlenmiş ve F değeri 1.5 olarak belirlenmiştir.

G binanın bugünkü durumunu simgelemektedir. G katsayısı 1-4 arası değerler alabilmektedir. İncelenen bina orta sorunlu bir bina olması nedeniyle 3 alınmıştır.

SPI>20 sonucuna ulaşılması nedeniyle incelenen bina Yüksek Öncelikli Binalar (YÖB) kategorisindedir.

Tablo 3.1: Kanada Sismik Tarama Yöntemi değerleri.

A (Depremsellik faktörü)	5
B (Zemin faktörü)	1.5
C (Taşıyıcı sistem katsayısı)	1
D (Döşeme sistemi katsayısı)	1
E (Yapısal düzensizlik katsayısı)	1.3
F (Binada yaşayanların katsayısı)	1.5
G (Binanın bugünkü durumu) (sorunlu)	3
H (Yapısal olmayan faktörler)	1
SI=A.B.C.D.E.F	14.625
NSI=B.F.G.H	6.75
SPI=SI+NSI	21.375

3.2 Japon Sismik İndeks Yöntemi

İncelemeye konu olan binada $E_0=0.80$, Z bölge katsayısı bina 1'inci derece deprem bölgesinde olduğundan 1 alınmıştır.

G zemin koşulları değeri 1.00-1.10 arasında değişmektedir. Zemin koşulları kötüleştikçe G değeri büyüdüğünden Z4 sınıfında yer aldığından doğrusal enterpolasyon yöntemiyle $G=1.10$ alınmıştır.

U yapının kullanım katsayısı olup yöntemde konutlar için 1 alınmaktadır. Buradan karşılaştırma indeksi $I_{s0}=0.88$ olarak bulunur.

E_0 hesaplanırken yapıda kısa kolon bulunmadığından 2.6 no'lu denklem ile hesap yapılmıştır. Burada n incelenen bina 5 katlı olduğundan ve zemin kat hesaba katılmadığından 4.0 olarak alınmıştır. Denklemden geçen i ise incelenen kat zemin kat olduğundan 1.0 kabul edilmiştir. C_w 'nin sıfır olduğu durumda A_1 1.0 olarak alınır [5]. F_w perde sünekliğine bağlı katsayı da 1.0 olarak kabul edilmiştir. f_{cd} 192 kgf/cm² olarak alınmıştır [27].

Tablo 3.2: Japon sismik indeks yöntemi değerleri.

E_s	0.80
Z (1'inci derece deprem bölgesi)	1
G (Z4)	1.10
U (Konut tipi)	1
$I_{s0}=E_0.Z.G.U$	0.88
n (Kat adedi)	4
C_w (Perde taşıma gücü)	0
C_c (Kolon taşıma gücü)	0.132
A_{c1} (Eleman temiz yüksekliği/Kesit derinliği<6)	24000
A_{c2} (Eleman temiz yüksekliği/Kesit derinliği≥6)	-
f_{cd} (kg-f/cm ²)	192
W (kg)	178×10^4
F_w (Perde sünekliğine bağlı katsayı)	1
A_1 (Yer değiştirme uyum katsayısı $C_w=0$ ise $A_1=1$)	1
E_0 (Kısa kolon yok)	0.132
S_D (Yapının fiziksel özellik katsayısı, yaklaşık simetrik plan)	1
T (Zamana bağlı etki katsayısı)	1
$I_s=E_0.S_D.T$	0.132
I_s/I_{s0}	0.15

$I_s < I_{s0}$ olarak hesaplandığından yapının deprem güvenliği belirsizdir. $I_s/I_{s0}=0.15 < 0.4$ olduğundan dolayı ayrıntılı inceleme gereksinimi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Japon Sismik İndeks Yöntemi ile ayrıntılı incelemesi yapılan çalışmanın [27] hızlı değerlendirme metodu ile güvenliğinin belirsiz olduğu teyit edilmiştir.

3.3. P25 Puanlama Yöntemi

Bu tez çalışması kapsamında ayrıntılı incelemeye tabi tutulan binanın [27] P25 yönteminde kritik kat olarak zemin kat seçilmiştir. Buna göre, efektif kat alanı (A_e) $19.55 \times 13.60 = 265.88 \text{ m}^2$ dir.

İncelenen binada dolgu duvar ve perde bulunmadığından enkesit alanı endeksi bileşkesi hesaplanırken bu değerler hesaba katılmamıştır. Kritik kattaki kolon enkesit alanı toplamı (A_c) 2.4 m^2 'dir. $A_{ef,x}$ ve $A_{ef,y}$ perde ve dolgu duvar bulunmadığından birbirine A_c 'ye eşit olacaktır. Bu durumda C_{Ax} ve C_{Ay} birbirine eşittir (Denklem 2.11 ve 2.12). C_{Ay} 1805'dir. $C_{A \max}=C_{A \min}=C_A=1805$ 'dir (Denklem 2.15).

Bina taban alanını içine alan atalet momenti Denklem 2.18'den $I_x=2176.4 \text{ m}^4$, $I_y=4687.2 \text{ m}^4$ olarak hesaplanır. Zemin kat kolonlarının x yönüne göre atalet momentleri toplamı $I_{cx}=I_{cy}=29 \text{ m}^4$ 'dür. Atalet momenti endeksi bileşkesi hesaplanırken perde ve dolgu duvar hesaba katılmamıştır. Bu durumda $I_{efx}=I_{efy}=29 \text{ m}^4$ olarak hesaplanmaktadır (Denklem 2.19). $C_{1x}=84326$ (Denklem 2.16) ve $C_{1y}=72331$ (Denklem 2.17) olarak bulunur. Buna göre $CI=75747.27$ (Denklem 2.21) hesaplanmaktadır. Denklem 2.23'den hesaplanan h_0 bina yüksekliği düzeltme çarpanı, zemin katı 3.40 m ve diğer katları 2.8 m olan binada $H=14.6 \text{ m}$ olduğundan $h_0=436.86$ olarak hesaplanmaktadır. Buna göre P_0 taşıyıcı sistem puanı Denklem 2.22'den 177.54 olarak hesaplanmıştır.

İncelenen binada burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, düşey doğrultuda süreksizlik, kütle düzensizliği, ağır cephe elemanlarının varlığı ve asma kat bulunmamaktadır. Buna göre $f_1, f_2, f_3, f_4, f_6, f_7, f_{10}$ katsayılarının her biri 1 olarak alınmıştır (Tablo 2.1).

Beton kalitesi C_{14} olduğundan f_9 Tablo 2.1'den 0.83 olarak alınmıştır.

Kritik kattaki kolonların boyutu $20 \times 50 \text{ cm}$ olduğundan ve güçlü kolon zayıf kiriş prensibi ile imal edildiğinden f_{10} 1 alınmıştır.

İncelenen binada etriye sıklığı 20 cm olarak kabul edilmiştir. Buna göre Tablo 2.1'den f_{11} 0.84 olarak alınmıştır.

İncelenen bina Akbaş vd. [27]'de belirtildiği gibi Z4 sınıfı zemine oturduğu için Tablo 2.1'den f_{12} 0.90 olarak belirlenmiştir.

Temel tipi tekil temel olduğundan f_{13} Tablo 2.1'den 0.90 alınmıştır.

Temel derinliğinin 1 m 'den az olduğu kabul edilerek f_{14} 0.90 olarak alınmıştır. P_1 temel yapısal puanı Denklem 2.24'den 77.15 olarak hesaplanmıştır.

P_2 kısa kolon puanı, yapıda kısa kolon bulunmadığından sıfır olarak hesaba katılmıştır.

Yumuşak kat ve zayıf kat puanı P_3 Denklem 2.13, 2.26 ve 2.27'ye göre 89 olarak hesaplanmıştır. İncelenen binanın iki cephesinde çıkma bulunduğundan P_4

çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı 80 olarak hesaba katılmıştır. İncelenen bina bitişik nizam olmadığından P_5 çarpışma puanı sıfır olarak alınmıştır.

İncelenen binanın oturma zemininde sıvılaşma olmadığı kabul edilmiştir. Buna göre P_6 sıvılaşma potansiyeli puanı 100 olarak alınmıştır.

Toprak hareketleri puanı P_7 Tablo 2.6'dan Z4 sınıfı zemin için 20 olarak hesaba katılmıştır.

Topografik katsayı $t=1$, bina önem katsayısı $I=1$, efektif ivme katsayısı $A_0=0.4$, hareketli yük çarpanı $n=0.3$ alınmış ve buna göre $\alpha=1$ hesaplanmıştır.

$P_{\min}=P_7=20$, $w=2$, minimum P puanı ağırlık katsayısı 2 ile çarpılır, diğer P_i puanları Tablo 2.7'de verilen ağırlık puanları ile çarpıldığında ağırlıklı ortalama puan $P_w=76.89$ olarak Denklem 2.29 ile bulunur. Şekil 2.4 β katsayısının değişim grafiğinden $\beta=1$ olarak hesaplanır.

Denklem 2.30 yardımıyla $P_{\text{sonuç}}$ puanı 20 olarak hesaplanmıştır. Buna göre binanın durumu şüphelidir ($40 > P > 15$). İkincil ve ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmalıdır sonucuna ulaşılmaktadır. Hesaplanan P25 Puanlama Yöntemi değerleri Tablo 3.3'de sunulmuştur.

3.4. Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi

Yapıda betonarme perde ve dolgu duvar bulunmadığından dolayı A_{wt} sıfır olarak bulunmuş ve dolayısıyla Denklem 2.35'deki duvar indeksi (WI) sıfırdır.

Temel üstündeki kolonların toplam kesit alanı (A_{c01}) 14.4 m^2 olarak hesaplanmış ve buna göre Denklem 2.36'dan temeldeki kolonların etkili kesit alanı (A_{ce}) 7.2 m^2 olarak bulunmuştur. Kolon indeksi (CI) Denklem 2.37'ye göre 0.5'dir.

Şekil 2.5'de sunulan kolon ve duvar indeksleri yöntemi sonuç grafiği yardımı ile duvar indeksi (WI) ve kolon indeksi (CI) değerleri kullanılarak yapının Sınır 2 çizgisini kestiği belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre yapının risk durumunun şüpheli olduğu ortaya çıkmıştır.

İncelenen bina hakkında “yıkılmalı” veya “güçlendirilmeli” kararının verilmesinde etkin rol oynayan öncelik indeksi (PI), duvar indeksi (WI) ve kolon indeksinin (CI) toplamı şeklinde tanımlanmaktadır. Elde edilen öncelik indeksi değeri (PI) düştükçe binanın risk seviyesinin yükseldiği kabul edilir.

Tablo 3.3: P25 Puanlama Yöntemi değerleri.

Kritik Kat Seçimi	Zemin Kat	f_8 (Katlar arası seviye farkı)	0.90
A_c (Kritik kat kolon enkesit alanları toplamı)	2.4 m ²	f_9 (Beton kalitesi)	0.83
A_{sx} (Kritik kat betonarme perde duvar enkesit alanları toplamı)	0	f_{10} (Zayıf kolon-kuvvetli giriş)	1
A_{wx} (Kritik kat dolgu duvar enkesit alanları toplamı)	0	f_{11} (Etriye sıklığı)	0.84
E_m/E_c (Dolgu duvar enkesit alanları toplamı)	0	f_{12} (Zemin sınıfı)	0.90
$A_{ef,x} = A_{ef,y}$	2.4	f_{13} (Temel tipi)	0.90
$A_e=a.b$ (Etketif kat alanı)	265.88 m ²	f_{14} (Temel derinliği)	0.90
C_{Ay} (Alan endeksi)	1805	P_1 (Temel yapısı puanı)	77.15
$C_{A\max,min}$ (Dolgu duvar ve perde duvar olmadığı için x ve y yönünde)	1805	P_2 (Kısa kolon puanı)	0
C_A =(Alan endeksi bileşkesi)	1811	P_3 (Yumuşak kat zayıf kat puanı)	89
I_x (Taban alanı içine alan dikdörtgenin x yönündeki atalet momenti)	2176.4 m ⁴	P_4 (Çıkımlar ve çerçeve süreksizliği puanı)	80
I_y (Taban alanı içine alan dikdörtgenin y yönündeki atalet momenti)	4687.2 m ⁴	P_5 (Çarpışma puanı)	0
I_{cx} (Kritik kat kolonlarının x yönüne göre atalet momentleri toplamı)	29 m ⁴	P_6 (Sıvılaşma potansiyeli puanı)	100
I_{cy} (Kritik kat kolonlarının y yönüne göre atalet momentleri toplamı)	29 m ⁴	P_7 (Toprak hareketleri puanı)	20
$I_{sx}=I_{sy}$ (Betonarme perde)	0	I (Bina önem katsayısı)	1
$I_{wx}=I_{wy}$ (Dolgu duvar)	0	A_0 (Deprem bölgesine göre efektif ivme katsayısı)	0.4
I_{efx}	29	n (Hareketli yük çarpanı)	0.3
I_{efy}	29	t (Topografik konum katsayısı)	1
C_{1x}	84326	α (Düzeltilme çarpanı)	1
C_{1y}	72331	$P_{min}=P_7$	20
C_{1min}	72331	w (Ağırlık katsayısı)	2
C_{1max}	84326	Ağırlık puanı $P_1 = 77.15 \times 4$	308.6
C_1 (Atalet momenti endeksi bileşkesi)	75747	Ağırlık puanı $P_2 = 0 \times 1$	0
H (Bina Yüksekliği)	14.6	Ağırlık puanı $P_3 = 89 \times 3$	267
h_0 (Bina yüksekliği düzeltme çarpanı)	436.86	Ağırlık puanı $P_4 = 80 \times 2$	160
P_0 (Taşıyıcı sistem puanı)	177.54	Ağırlık puanı $P_5 = 0 \times 1$	0
f_1 (Burulma düzensizliği)	1	Ağırlık puanı $P_6 = 100 \times 3$	300
f_2 (Döşeme süreksizliği)	1	Ağırlık puanı $P_7 = 20 \times 2$	40
f_3 (Düşey doğrultuda süreksizlik)	1	$\sum(w_i P_i)$	1075.6
f_4 (Kütle düzensizliği)	1	$\sum w_i$	14
f_5 (Korozyon)	0.95	P_w	76.89
f_6 (Ağır cephe elemanları)	1	$P_{sonuç}=\alpha.\beta.P_{min}$	20
f_7 (Asma kat)	1		

Tablo 3.4: Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi değerleri.

A_{mw} (Temeldeki dolgu duvarların bir yöndeki kesit alanı)	0
A_{cw} (Temeldeki Temeldeki dolgu duvarların bir yöndeki kesit alanı)	0
A_{wt} (Duvarların etkili kesit alanı)	0
A_{ft} (Temel üstündeki toplam kat alanı)	1411.31 m ²
WI (Duvar indeksi)	0
A_{c01} (Temel üstündeki kolonların toplam kesit alanı)	14.4 m ²
A_{ce} (Temeldeki kolonların etkili kesit alanı)	7.2 m ²
CI (Kolon indeksi)	0.5

3.5. Kapasite İndeksi Yöntemi

Toplam kesme kapasitesinin (V_c) bulunması için eleman kesme kapasiteleri (V_{ci}) her iki doğrultuda ayrı ayrı toplanarak hesaplanmıştır (Denklem 2.31). Denklem 2.31'deki c elemanlarına doğrultusuna ait bir katsayıdır ve boyuna çalışan elemanlarda 2/3 alınır. α katsayısı TS-500'de 0.65 olarak kullanılmaktadır.

Betonun karakteristik dayanımı (f_{ck}) 14 MPa olduğu için f_{ctk} aşağıdaki denklem yardımıyla 1.31 N/mm² olarak bulunmuştur:

$$f_{ctk}=0.35\sqrt{f_{ck}} \quad (2.35)$$

Eleman boyutları b_w (200 mm) ve h (500 mm) , Denklem 2.31'de yerine konularak V_{ci} dikdörtgen kesitli betonarme elemanın kesme kapasitesi 55347.5 N hesaplanmıştır.

Diğer elemanların da kesme kapasiteleri hesaplanarak V_c 1328340 N olarak bulunmuştur.

V_c yapının ilgili katına ait toplam beton kesme kapasitesi ve n kat sayısı (6) Denklem 2.32'de yerine konularak V_y akma taban kesme kuvveti 664170 N hesaplanmıştır.

Yapıda dolgu duvar olmadığı için A_w dolgu duvar alanı sıfırdır ve dolayısıyla V_{yw} V_y 'ye eşittir.

V_{code} taban kesme kuvveti yönetmeliğe göre hesaplanmış ve 362934.4 N bulunmuştur. BPCI temel kapasite indeksi Denklem 2.34'den 1.83 olarak

hesaplanmıştır. C_a katsayısı ve Q_r ülkemizdeki yapılar için sırasıyla 0,85 ve 0.55 alınmaktadır. Bu değerler kullanılarak Tablo 2.11’den İşçilik ve inşaat kalitesi zayıf kabul edildiğinde C_m katsayısı 0.9175 bulunmuştur. Katsayılar ve BPCI temel kapasite indeksi Denklem 2.35’de yerine konularak CPI kapasite indeksi 1.427 olarak hesaplanmıştır. CPI değeri 1.5’den küçük olduğu için yapının göçme riskinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.5: Kapasite İndeksi Yöntemi değerleri.

c (Elemanların doğrultusuna ait bir katsayı)	2/3
α (Katsayı)	0.65
f_{ctk} (Betonun karakteristik çekme dayanımı) $f_{ctk}=0.35\sqrt{f_{ck}}$	1.31 N/mm ²
b_w (Elemana ait boyut)	200 mm
h (Elemana ait boyut)	500 mm
V_{ci} (Dikdörtgen kesitli betonarme elemanın kesme kapasitesi)	55347.5 N
V_c (Kata ait toplam beton kesme kapasitesi)	1328340 N
n (Yapının kat sayısı)	6
V_y (Akma taban kesme kuvveti)	664170 N
A_w (Dolgu duvarların alanı)	0
A_{tf} (Yapının toplam zemin alanı)	1411.31 m ²
V_{yw} (Duvarların bulunmayan akma taban kesme kuvveti)	664170 N
V_{code} (Yönetmeliğe göre hesaplanan taban kesme kuvveti)	362934.4 N
BCPI (Temel kapasite indeksi)	1.83
C_a (Yapının mimari özelliklerini ve kalitesini yansıtan katsayı)	0.85
C_m (Yapının mimari özelliklerini ve kalitesini yansıtan katsayı)	0.9175
CPI	1.427

4. SONUÇLAR ve YORUMLAR

Bu tez çalışmasında, analizi yapılmış mevcut bir betonarme yapı ele alınmıştır. Ayrıntılı incelemesi yapılan söz konusu binada ölçüm ve deney sonuçları ile performans analizlerinin (öteleme analizi, ferroskan taramaları, beton basınç dayanımı ölçümleri) birlikte değerlendirilmesinden elde edilen verilere göre “Riskli bina” sınıfında yer alan yapıya hızlı değerlendirme yöntemleri uygulanmış ve karşılaştırması yapılmıştır. Hızlı değerlendirme yöntemlerinden Kanada Sismik Tarama, Japon Sismik Tarama, P25 Puanlama, Kolon ve Duvar İndeksleri ve Kapasite İndeksi Yöntemleri denenmiştir. Hızlı değerlendirme yöntemlerine göre elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir:

- Kanada Sismik Tarama Yöntemi kullanılarak elde edilen yapısal indeks (SPI) değerinin 20’den büyük bulunması nedeniyle Yüksek Öncelikli Binalar (YÖB) sınıfına girdiği belirlenmiştir. Bu yöntem yapısal olmayan faktörleri de değerlendirmeye katmaktadır. Bir çok faktörü bu yöntemin başarıya ulaşması doğru ve güvenilir veri toplamaya bağlıdır. Güvensiz verilerle karşılaşıldığında ya kullanılmamalı ya da çekince ile kullanılmalıdır. Uygulama hızı yönünden diğer hızlı değerlendirme yöntemlerine göre daha kısa sürede uygulanabilmektedir.
- Japon Sismik Tarama Yönteminin 30 yaşın üzerindeki büyük fiziksel bozuklukları bulunan ve malzeme dayanımı düşük olan binalarda kullanılması önerilmektedir. İnceleme üç aşamalı uygulanan bir yöntemdir. Hızlı değerlendirme yöntemi olarak ilk aşaması kullanılabilmektedir. Karşılaştırma indeksi I_{s0} ile deprem performansını gösteren indeks I_s karşılaştırılarak yapının güvenlik durumunun güvenli veya belirsiz olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Yapılan değerlendirmede yapının depreme karşı güvenilirliğinin belirsiz olduğunu sonucuna varılmıştır.
- Sıfır Can Kaybı Projesini esas alan P25 Puanlama Yöntemi yedi adet P_i puanından en düşük olanı α ve β düzeltme çarpanları ile kalibre edilerek $P_{\text{sonuç}}$ puanının bulunmaktadır. İncelenen binada $P_{\text{sonuç}}$ puanı 20 olarak bulunmuş ve binanın şüpheli risk bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Bu yöntem diğer hızlı

değerlendirme yöntemlerine göre daha fazla faktörü dikkate aldığından uygulama süresi nispeten daha uzundur.

- Kolon ve Duvar İndeksleri Yöntemi ile elde edilen değer sonuç grafiğinde iki sınır değeri arasında çıkmış ve yapının şüpheli risk bölgesinde yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Öncelik indeksi (PI), duvar indeksinin (WI) sıfır olması nedeniyle yapı güçlendirilmelidir kararına varılabilir.
- Kapasite İndeksi Yönteminde, esasen literatürde akma dayanımı olarak kullanılan değerlerin bir takım ikincil etkileri de gözetmek üzere mimari özellikleri ve yapı kalitesini yansıtan C_a ve C_m katsayıları ile çarpılarak CPI değerine ulaşılmaktadır. Hesaplamalarda CPI değerinin 1.5 değerinden küçük çıkmasından dolayı yapı ile ilgili “göçme riski var” sonucuna ulaşılmıştır.

Tez çalışma kapsamında test edilen tüm hızlı değerlendirme yöntemleri ve uyguladıkları kriterler ve varılan sonuçlar Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1: Uygulanan hızlı değerlendirme yöntemlerinin sonuçları.

Yöntem adı	Kriter	Sonuç
Kanada Sismik Tarama	$SPI > 20$	Yüksek Öncelikli Binalar
Japon Sismik Tarama	$I_s/I_{s0} < 0.4$	Deprem güvenliği belirsiz
P25 Puanlama	$40 > P > 15$	Şüpheli risk bölgesi
Kolon ve Duvar İndeksleri	CI Sınır 1 ve Sınır 2 arasında	Şüpheli risk bölgesi
Kapasite İndeksi	$CPI < 1.5$	Göçme riski var

Bu tez çalışması sonucunda, dünyada kullanılan hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem öncesi ve deprem sonrası olarak tasnif edilmesine ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir. Tablo 4.2’de hızlı değerlendirme yöntemleri için önerilen sınıflama gösterilmiştir.

Hızlı değerlendirme yöntemlerinden sadece birinin kullanılması yerine birden fazla yöntemin denenerek daha güvenilir bir kıyaslamanın sağlanması önerilebilir.

Tablo 4.2: Hızlı değerlendirme yöntemleri için önerilen sınıflama.

Deprem öncesi için	Deprem sonrası için
Kanada Sismik Tarama	Kolon ve Duvar İndeksleri
Japon Sismik Tarama	Kapasite İndeksi
P25 Puanlama	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ATC-21	Normlarına Göre Değerlendirme

2013 yılı içerisinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde mevcut hızlı değerlendirme yöntemlerinin kalibre edilerek bölgesel analizlerde efektif şekilde kullanılabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Altınar M., (2008), “Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Saptanması için Hızlı Değerlendirme Yöntemleri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi.
- [2] Tüysüz S., (2007), “Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi: P25 Puanlama Yöntemi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [3] Çelik C. O., İlki A., Yalçın C., Yüksel E., (2007), “Doğu ve Batı Avrupa Kentlerinde Değişik Tip Binaların Deprem Riskinin Hızlı Değerlendirmesi Üzerine Bir Deneyim”, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 297-304, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim.
- [4] Japan Building Disaster Prevention Association, (1990), “Standart For Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings”, Tokyo.
- [5] İlki A. Boduroğlu H., Özdemir P., Baysan F., Demir C. Şirin S., (2003), “Mevcut ve Güçlendirilmiş Yapılar İçin Sismik İndeks Yöntemi ve Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Karşılaştırılması”, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 61-62, İstanbul, Türkiye, 26-30 Mayıs.
- [6] Spence, R., (2007), “Earthquake Disaster Scenario Predictions and Loss Modelling for Urban Areas”, LESSLOSS Risk Mitigation for Earthquakes and Landslides, Report: 2007/7, IUSS Press, Pavia, Italy.
- [7] Tezcan S. S. ve Bal İ. E., (2003), “İstanbul'un Kurtuluş Reçetesi”, İstanbul Dergisi, 11, 86-90.
- [8] Shiga T, Shibata, A. and Takahashi, T. (1968), “Earthquake Damage and Wall Index of Reinforced Concrete Buildings”, Proceedings of Tohoku District Symposium, Architectural Institute of Japan, 29-32, December (in Japanese).
- [9] FEMA 154 ATC-21 (1988), “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, Federal Emergency Management Agency; FEMA 500 C Street, Washington D.C., USA.
- [10] FEMA 155 ATC-21-1 (1988), “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, Federal Emergency Management Agency; FEMA 500 C Street, Washington D.C., USA.
- [11] Tezcan S. S. and Akbas R., (1996), “Deflection Criteria for Aseismic Design of Tall Buildings”, Engineering Structures, 18 (12), 957-966.

- [12] Yakut A., Özcebe G., Yüçemen M. S., (2006), "Seismic Vulnerability Assessment Using Regional Empirical Data" Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 35 (10), 1187-1202.
- [13] Tezcan S. S., Gürsoy M., Kaya E. ve Bal İ. E., (2003), "Depremde Can Kaybını Önleme Projesi", Kocaeli-99 Acil Durum Konferansı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 16-17 Ocak.
- [14] Bal İ. E., (2005), "Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [15] Bal İ. E., Tezcan S. S., Gülay F. G., (2007), "Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi İçin P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi", 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 661-673, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim.
- [16] Gülkan P. and Yakut A., (1994), "An Expert System for Reinforced Concrete Structural Damage Quantification", Mete A. Sözen Symp., 53-71, Florida, USA, 10 October.
- [17] Sucuoglu H. and Yazgan U., (2003), "Simple Survey Procedures for Seismic Risk Assessment in Urban Building Stocks" in: Wasti ST, Ozcebe G (ed.) of Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings, Earth and Environmental Sciences, 29, 97-118.
- [18] Bal İ. E. and Özdemir Z., (2006), "The Adverse Effects of Perimeter Frame Discontinuity on Earthquake Response of RC Buildings", Proceedings of the 7th International Congress on Advances in Civil Engineering, Paper no:682, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey, 11-13 October.
- [19] Tezcan S. S. and İpek M., (1996), "A Reconnaissance Report- October 1, 1995 Dinar, Turkey Earthquake" Engineering Structures, 18 (12), 906-916.
- [20] Youd T. L., Idriss I. M., Andrus R. D., Arango I., Castro G., Christian J. T., Dobry R., Liam Finn W. D., Harder L. F., Hynes M. E., Ishihara K., Koester J. P., Liao S. S. C., Marcuson II. W. F., Martin G. R., Mitchell J. K., Moriwaki Y., Power M. S., Robertson P. K., Seed R. B., and Sotokoe K. H., (2001) "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127 (10), 817-833.
- [21] Tezcan S. S. ve Özdemir Z., (2004), "Liquefaction Risk Analysis and Mapping Techniques", Higher Education Research Foundation Publications.
- [22] Pay A. C., (2001), "New Methodology for the Seismic Vulnerability Assessment of Existing Buildings in Turkey", Master Thesis, Middle East Technical University.
- [23] Özberk Ö. F., (2009), "Bina Performans Değerlendirmesinde Kapasiteye Bağlı ve İstatistiksel Yöntemlerin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.

- [24] TSE, (2000), “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, TS-500, Türk Standartları Enstitüsü.
- [25] Çelik T., Öztörün N. K., Damcı E., Yıldızlar B., Gürsoy G., (2003), “Bakırköy Özelinde Türkiye Geneline Yapı Durum Tespiti için Bir Algoritma”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 63-64, İstanbul, Türkiye, 26-30 Mayıs.
- [26] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), İyileştirme Dairesi Bşk., (2011), “Afet Sonrası Hasar Tespit Çalışmaları”, No: AFAD-01, Ankara.
- [27] Akbaş B., Umut Ö., Akşar B., (2013), “Kocaeli İli Darıca İlçesi Osmangazi Mahallesi Naci Kunt Caddesi No:3 Adresinde Kayıtlı 1673 Ada 18 Parsel’deki Bina ile İlgili Teknik Rapor”,Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Türkiye.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet TURAL, 1982 yılında Niğde’de doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Niğde’de tamamladı. 1999-2005 tarihleri arasında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Yüksek lisans eğitiminde 2009 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır. Halen Türk Silahlı Kuvvetleri’nde İstihkam Subayı olarak görev yapmaktadır.