T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İÇİN BETONARME YAPI STOĞU DÜZENSİZLİKLERİNE GÖRE KENTSEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ

ERKAN BAŞKAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İÇİN BETONARME YAPI STOĞU DÜZENSİZLİKLERİNE GÖRE KENTSEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ

ERKAN BAŞKAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ ABDULLAH CAN ZÜLFİKAR

GEBZE
2019

T.R.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

URBAN RISK ASSESSMENT ACCORDING TO THE IRREGULARITIES OF THE REINFORCED CONCRETE STRUCTURE STOCK FOR ISTANBUL

ERKAN BAŞKAN

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR

ASSIST. PROF. DR. ABDULLAH CAN ZÜLFİKAR

GEBZE

2019

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	**YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU**

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 30.../..01.../..2019 tarih ve 2019..../..08.... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından ..01.../..01.../..2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan ERKAN BAŞKAN 'ın tez çalışması .İnşaat....Mühendisliği:.....Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) :Dr. Öğr.Üyesi Abdullah CAN ZÜLFİKAR

ÜYE :Prof. Dr. Yasin FAHJAN

ÜYE :Prof. Dr. Kemal BEYEN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

ÖZET

Depremlerden sonra yapılan gözlemlerde yapılarda oluşan hasarların önemli bir kısmı yapısal düzensizliklerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Büyük çaplı depremler sonrasında deprem tehlike ve riskinin yüksek olduğu ülkelerde can ve mal kayıplarına karşı yönetmelikler hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, İstanbul'da muhtelif ilçelerde farklı zaman aralıklarında yapılan farklı işlevsel özellikteki binaların deprem yönetmeliğinde belirtilen düzensizliklere göre incelemesi yapılmıştır. Düzensizliklerin detaylı incelendiği bu tezde, geçmişten günümüze, ülkemiz ve diğer ülkelerin kaynakları da dahil edilerek genel bir değerlendirme yapılmaktadır.

Beş farklı bölümden oluşan bu çalışmada, ilk bölüm konunun tanıtılmasına yöneliktir. İkinci bölümde taşıyıcı sistem düzensizliklerine yer verilmiştir. Ülkemizin güncel mevzuatındaki düzensizlik kavramları göz önüne alınmıştır. Üçüncü bölüm sayısal örnek ve sonuçlardan oluşur. Dördüncü bölümde taşıyıcı sistem yapısal düzensizliğin kentsel riske etkisi incelenmiştir. Beşinci bölüm ise sonuç ve yorumlar dan oluşur.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Yapısal Düzensizlik, Taşıyıcı sistem, Kentsel risk.

SUMMARY

The investigations after the major earthquakes showed that significant portion of the building damages were caused by the structural irregularities. Especially in the high seismic risk countries, the earthquake resistant design regulations have been renewed in order to reduce life and property loss.

This study investigates RC- buildings' structural irregularities in the different districts of Istanbul with different functions. The structural irregularities will be evaluated according to Turkey's and other countries regulations.

This study consists of five chapters: the first chapter introduces the structural irregularities and its importance. The second chapter includes the carrier system irregularities. The irregularity concepts in the existing Turkish design code have been taken into account. The third chapter consists of numerical examples and results. In the fourth chapter, the effect of structural irregularıty on urban risk has been examined. In the fifth chapter, the results and comments have been summarized.

Key Words: Earthquake, Structural Irregularity, structural system, urban risk.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Can ZÜLFİKAR'a, Prof. Dr. Yasin Fahjan'a, Prof. Dr. Kemal BEYEN'e,

Bütün çalışmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli arkadaşım Turgut ERGÜN'e

ve göstermiş olduğu desteklerinden dolayı sevgili ailem ile eşime içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLOLAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	1
2. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİ	3
2.1. Ülkemizin Güncel Mevzuatında Düzensizlik Kavramları	3
2.1.1. Planda Düzensizlik Durumları (A Tipi Düzensizlik)	4
2.1.2. Düşeyde Düzensizlik Durumları (B Tipi Düzensizlik)	7
2.2. Çeşitli Ülkelerin Mevzuatlarında Geçen Düzensizlik Kavramları	10
2.2.1 Avrupa Mevzuatı Düzensizlik Kavramı (Eurocode 8)	10
2.2.2 Amerikan Deprem Yönetmeliğinde Düzensizlikler (FEMA)	12
2.3. Yıllara Göre Mevzuatta Uygulanan Düzensizlik Tahkikleri	15
2.4. Düzensizliklerden Kaynaklanan Hasar Tipleri	23
3. SAYISAL ÖRNEKLER	29
3.1. İstanbul'da Yıllara Göre Farklı Fonksiyonda İnşa Edilen Yapıların Düzensizlik Durumları	29
4. YAPISAL DÜZENSİZLİĞİN KENTSEL DEPREM RİSKİNE ETKİSİ	36
4.1. İstanbul'da Zeyinburnu İlçesinde Bulunan Bina Stokunun Yapısal Düzensizliğinin Deprem Kentsel Riskine Etkisi	36
4.2. İstanbul'da Zeyinburnu İlçesinde Bulunan Bina Stokunun Yapısal Düzensizliğinin Deprem Kentsel Riskine Etkisi	42

5. SONUÇLAR ve YORUMLAR 52

KAYNAKLAR 57
ÖZGEÇMİŞ 60

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
η_{ki}	:	Rijitlik düzensizliği katsayısı
r	:	Burulma yarıçapı
K	:	Kat rijitliği
e_0	:	Kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki mesafe
l_s	:	Kat dönme yarıçapı
Δ_{max}	:	Maksimum yatay deplasman
Δ_{avg}	:	Ortalama yatay deplasman
x_p	:	Girinti ölçüsü
x	:	Girintinin bulunduğu düzlemin toplam ölçüsü
Str_i	:	i'inci katın deprem kuvveti dayanımı
η_{bi}	:	Burulma katsayısı
Δ_{imax}	:	Herhangi bir kattaki en büyük göreli kat ötelemesi
Ab	:	Döşeme boşlukları oranı
Δ_{iort}	:	Herhangi bir kattaki ortalama göreli kat ötelemesi
M_a	:	Kolonun altına gelen moment
$M_ü$	:	Kolonun üst tarafına gelen moment
V	:	Kolona gelen kesme kuvveti
S_a	:	Spektral ivme
S_d	:	Spektral yer değiştirme
η	:	Sönüm düzeltme faktörü
β	:	Sönüm modifikasyon katsayısı
β_{eff}	:	Efektif viskoz sönümleme
β_0	:	Histeretik sönüm katsayısı
Ag	:	Tasarım yer ivmesi
TB,TC	:	Sabit spektral ivme bölgesinin sınır periyotları
S	:	Zemin faktörü
T	:	Periyot
SR_x	:	Spektral azalım katsayısı

api,dpi	:	Tahmini performans noktası
EC8	:	Avrupa Standartlar Komitesi standartı
FEMA	:	Amerikan Deprem Yönetmeliği
TBDY	:	Türk Bina Deprem yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
2.1:	Burulma düzensizliği tahkiki.	4
2.2:	Döşeme boşluk durumları.	5
2.3:	A2 Türü düzensizlik durumları.	6
2.4:	A3 Türü düzensizlik durumu.	6
2.5:	Komşu katlar arası dayanım düzensizliği.	8
2.6:	B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizlik düzensizliği.	9
2.7:	Teraslanma koşulu.	11
2.8:	Alt katlarda teraslanma koşulu.	11
2.9:	Diğer teraslanma koşulu.	11
2.10:	Ara katlarda teraslanma koşulu.	12
2.11:	Yatayda düzensizlikler.	13
2.12:	Düşeyde düzensizlikler.	13
2.13:	2007 deprem yönetmeliğine göre burulma düzensizlikleri.	17
2.14:	Döşeme süreksizlikleri.	18
2.15:	Planda çıkıntı durumu.	18
2.16:	Katlar arası dayanım farkına örnek hasar.	19
2.17:	Komşu katlar arası dayanım düzensizliklerine örnek.	20
2.18:	B2 Düzensizliği şematik gösterimi.	20
2.19:	Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği.	21
2.20:	Planda düzensizlik.	21
2.21:	A2 tipi düzensizlik durumu.	22
2.22:	TBDY'de düşey yöndeki kriterler.	22
2.23:	Sıva çatlakları.	23
2.24:	Dolgu duvar hasarları.	24
2.25:	Kiriş elemanları hasarları.	24
2.26:	Kolon hasarları.	26
2.27:	Kolon-kiriş birleşim hasarları.	26
2.28:	Yumuşak kat hasarı.	27
2.29:	B2 türü düzensizlik durumu.	27

2.30:	Kısa kolon hasarı.	28
2.31:	Kısa kolona etki eden momentler ve kesme kuvveti.	28
3.1:	Normal kat plan örneği.	29
3.2:	Düşey elemanların süreksizliğine örnek.	30
3.3:	Otel giriş kat planı.	31
3.4:	Bina kesiti.	32
4.1:	İnternet tabanlı deprem hasar tahmin algoritması arayüzü	36
4.2:	Deprem tehlike analizi parametreleri ve girdileri.	37
4.3:	Deprem tehlike analizi şiddet dağılımı.	37
4.4:	Deprem tehlike analizi PGA (Pik yer ivmesi) dağılımı.	38
4.5:	Deprem tehlike analizi 0.2 sn periyotlu spektral ivme (Sa) dağılımı.	38
4.6:	Deprem tehlike analizi 1.0 sn periyotlu spektral ivme (Sa) dağılımı.	39
4.7:	Zeytinburnu ilçesinin bina veritabanını gösteren harita.	39
4.8:	Zeytinburnu ilçesi için senaryo depremine göre bina hasar dağılımı.	40
4.9:	Zeytinburnu ilçesi için senaryo depremine göre orta hasarlı bina dağılımı.	41
4.10:	Bina sınıflarına göre yapısal düzensizliğin etkisi.	42
4.11:	Spektral kapasite bazlı hasar görebilirlik ve hasar değerlendirme yöntemi.	44
4.12:	Yatay doğrultu elastik tepki spektrumunun şekli.	45
4.13:	Yatay elastik tepki spektrumunun biçimi.	46
4.14:	Tipik yapısal kapasite spektrumu ve sadeleştirilmiş şekli.	47
4.15:	Sa-Sd formatında çizilmiş Spektrum eğrisi.	48
4.16:	İdealize edilmiş histeretik sönümlemenin grafiksel sunumu ve %5 sönümlenmiş elastik talep spektrumunun azalımı.	50
4.17:	Kapasite ve talep spektrumu ve A işleyişinin son aşamasındaki performans noktası.	52

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		Sayfa
3.1:	İlçelere göre dağılım durumu.	33
3.2:	Düzensizlik durumu.	34
3.3:	Yıllara göre düzensizlik durumu dağılımı.	34
3.4:	Taşıyıcı sisteme göre düzensizlik durumu dağılımı.	35
4.1:	Yapısal davranış tipleri.	50
4.2:	β değerinin değişimi.	51
4.3:	Minumum kabul edilebilir spektral azalım katsayıları.	51

1. GİRİŞ

Dünyamız milyonlarca yıl içerisinde çeşitli yer hareketlerine maruz kalmaktadır. Bu değişimi kıtaların yer hareketi sonucu açığa çıkan enerjinin boşalımı ile yani depremler vasıtasıyla yapmaktadır.

Türkiye'nin bulunduğu bölgede büyük levhalar arasında küçük birçok levhanın olması, Türkiye'nin büyük bir bölümünün deprem kuşağı içinde yer almasına neden olur. Türkiye, üç büyük levhanın etkisi altındadır. Avrasya, Afrika ve Arap levhaları Anadolu'nun büyük bir kısmının yer aldığı Anadolu levhası, Avrasya levhasının küçük bir bölümüdür [1],[2].

Bu levhalar arasındaki etkileşim şöyledir: Afrika levhası, Akdeniz'de Helenik-Kıbrıs Yayı denilen bölgede, Avrasya (veya onun bir parçası olan Anadolu) levhasının altına dalar. Arap levhası ise Kızıldeniz'deki açılma nedeniyle kuzeye doğru hareket eder ve Anadolu levhasını sıkıştırır. Bu sıkıştırma sonucu Bitlis Bindirme Zonu (Bitlis Kenet Kuşağı) oluşmuştur. Sıkıştırma halen sürdüğü için, Anadolu levhası kuzey ve güneydeki fay hatları boyunca batıya doğru hareket eder. Anadolu levhasının kuzey sınırı, bir bölümünde 17 Ağustos depreminin oluştuğu Kuzey Anadolu Fayı'dır. Güney sınırını ise, Helenik-Kıbrıs Yayı ile Doğu Anadolu Fayı oluşturur. Arap levhasının sıkıştırması sonucu batıya kayan Anadolu levhasının sınırlarında ve Afrika levhasının Avrasya levhasının altına dalması sonucu Akdeniz'de ve Ege Graben Sistemi içerisinde depremler meydana gelir. Ancak Arap levhasının sıkıştırması bu bölgelerdeki hareketlenme ile tamamen telafi edilemediği için İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde de içsel deformasyon nedeniyle depremler olabilmektedir [1],[2].

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Ülkemizde yapı ruhsatı kavramının yerleştiği 1946' dan itibaren devletin izniyle yapılmış milyonlarca yapı bulunmaktadır. Türkiye nüfusunun yaklaşık yüzde 20'si İstanbul'da yaşamaktadır. Dolayısıyla bu kadar kalabalık bir şehirde meydana gelen olası bir depremde yapıların deprem kuvvetlerini bertaraf etmede tasarım faktörü olarak kullanılan düzensizlik prensipleriyle ne ölçüde tasarlandığı incelenecektir.

Türkiye'nin bütün şehirlerinden gelen insanların yaşadığı, Avrupa, Asya, Afrika kıtaları arasında geçiş ve aktarma merkezi olan ve bir yıl içinde yüz milyonlarca insanın uğrak yeri hale gelen İstanbul'da yaklaşık bir buçuk milyon sayıda bina vardır. 39 ilçeye yayılan bu binaların deprem yönetmeliklerine ne ölçüde uyduğu tartışılır.

Deprem anında hasar gören binaların ekseriyeti beton, demir mukavemet vs. diğer özelliklerinin standartlardan düşük olmasının yanı sıra düzensizlik kriterlerine uygun olmamasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır [1],[2].

Betonarme ve çelik binalarda ilgili tasarım kriterleri ve mevzuatın tümüne uyan ancak düzensizlik kriterlerini sağlamayan binalar deprem anında statik anlamda hasar görebilmektedir. İstanbul'da yapı ruhsatı almış olan ruhsat aldığı yılın ilgili deprem yönetmeliklerine ve ilgili kriterlerin çoğuna uyan birçok binanın düzensizlik kriterlerine ne ölçüde uyduğu incelenecektir.

2. TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİ

Depreme dayanıklı yapı tasarımı binaların deprem anında istenilen özellikte çalışması için projelendirme aşamasında gerekli olan etmenlerin bütünüdür. Taşıyıcı sistem seçiminden yer seçimi, yapı geometrisi, doluluk ve boşlukların dağılımı gibi birçok etmeni bünyesinde barındırır.

Depreme dayanıklı yapı tasarlarken mühendisler bina ve onu oluşturan yapı elemanlarının mukavemetine, bir doğrultuda sürekliliğine, sünek olup olmamasına, çok büyük deprem kuvvetiyle ani yıkılma anındaki davranışına dikkat etmektedir. Ancak bina strüktürünün yanında çeşitli kaygılar neticesinde binayı oluşturan yatay ve düşey çizgilerin yapısal formu binanın depremselliği açısından önemli bir sorun teşkil edebilir [3].

Binanın planda ve düşeyde oluşturduğu yapısal formunu mimari tasarım veya bölgenin imar planı veya imar yönetmeliklerine uyulması nedeniyle yapıyı düzensiz bina haline getirebilmektedir.

Düzensizlikler kısaca; deprem yükleri nedeniyle binalarda hasara neden olan ve tasarlanmasından uzak durulması gerekilen taşıyıcı sistemlerdeki düzen bozukluklarıdır. Türk Bina Deprem Yönetmeliğine göre düzensiz binalar, planda ve düşey doğrultuda düzensiz olmak üzere 2 bölüme ayrılmıştır. Bu düzensizliklerden A1 (Burulma Düzensizliği) ve B2 (Yumuşak Kat Düzensizliği) deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizlik türleridir [4].

2.1.Ülkemizin Mevzuatında Geçen Düzensizlik Kavramları

Yapıların depreme karşı davranışlarını olumsuz yönde etkileyen ve bu nedenle tasarımından ve yapımından kaçınılması gerekilen düzensizlikleri içeren yapılar, düzensiz yapılar olarak adlandırılır. Bu düzensizlikler başlıca şunlardır [5],[6],[7],[8];

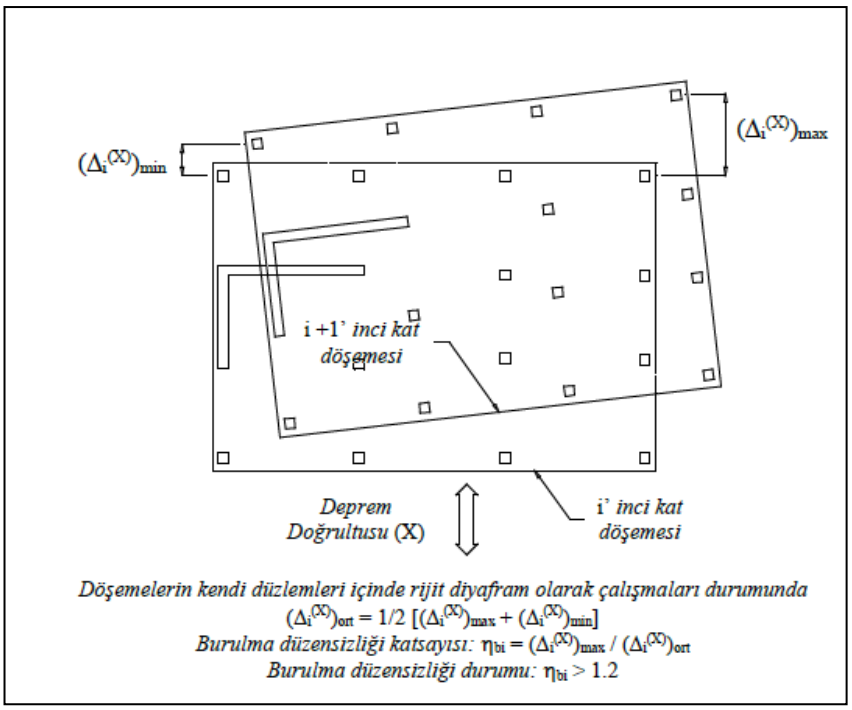
- Planda düzensizlik durumları (A Tipi Düzensizlikler)
  - A1 Burulma Düzensizliği
  - A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği
  - A3 Planda Çıkıntı Düzensizliği

- Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları (B Tipi Düzensizlik)
  - B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)
  - B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)
  - B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizlik Düzensizliği

2.1.1. Planda Düzensizlik Durumları (A Tipi Düzensizlikler)

- A1 Burulma Düzensizlikleri

Burulma düzensizliği planda yani yatayda gerçekleşmektedir. 2006 Deprem yönetmeliğinde A1 düzensizliği olarak geçmektedir. Birbirine dik iki deprem doğrultusunu ele aldığımızda herhangi birinde, yapının herhangi bir katındaki en büyük göreli kat ötelemesinin o katta ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eder. En büyük bulduğumuz öteleme, ortalama bulduğumuz ötelemenin 1.2 katından daha büyükse burulma düzensizliği söz konusudur. (Şekil 2.1) Dairesel, dikdörtgen, kare, piramit gibi şeklindeki yapıların burulma düzensizlik olasılığının daha az olduğunu söyleyebiliriz. Yapıda açıklık farklılıkları, girinti-çıkıntılar, burulma düzensizliği olasılığını arttırır. Günümüz mimari yapıları göz önünde bulundurulduğunda geçmişe oranla burulma düzensizliği daha büyük bir problem teşkil etmektedir [5],[6].



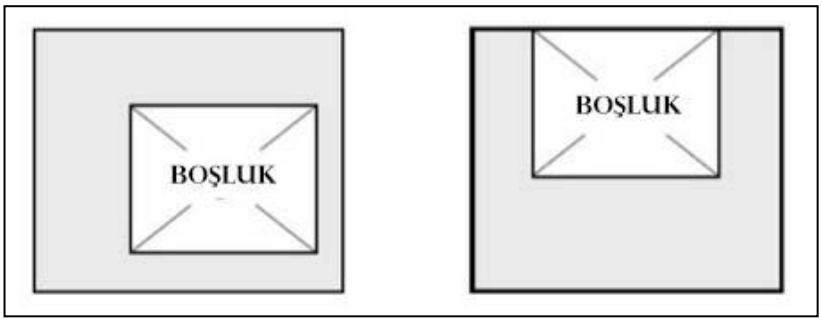
Şekil 2.1:Burulma düzensizliği tahkiki.

• A2 Döşeme Süreksizlikleri

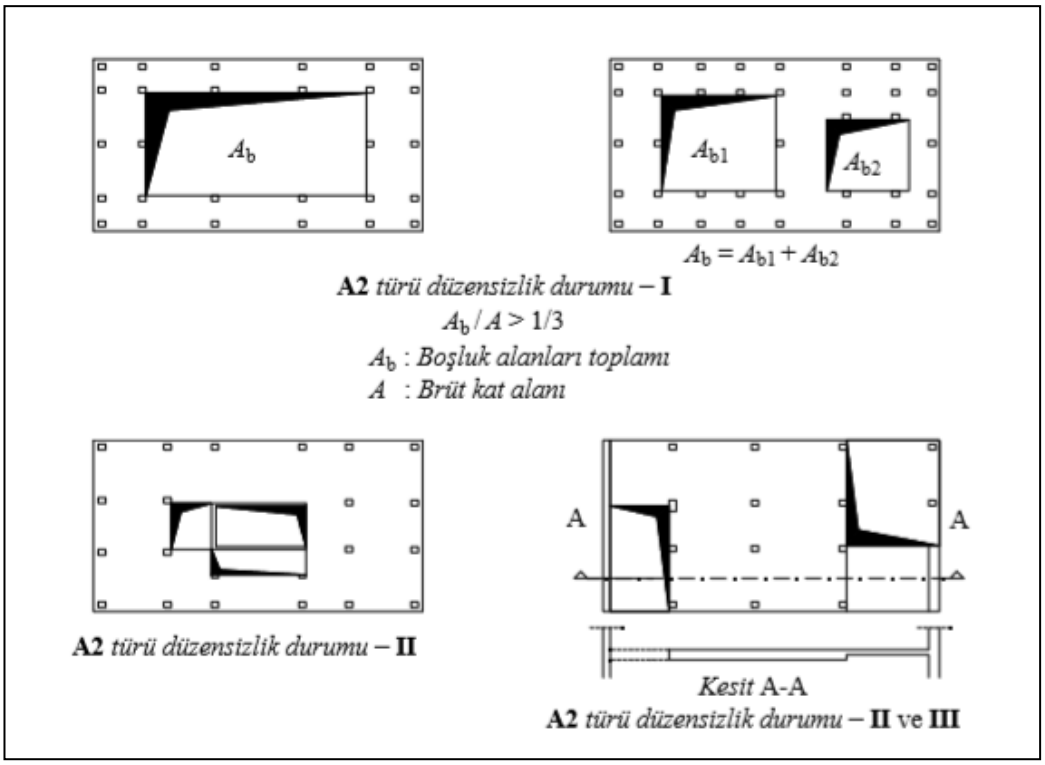
Döşeme süreksizlik düzensizliği planda yani yatayda gerçekleşmektedir. 2006 deprem yönetmeliğinde A2 düzensizliği olarak geçmektedir. Döşemelerin kirişlerle birlikte, deprem kuvvetleri ile katlardaki kütlelerin oluşturduğu kuvvetleri düzlem içindeki rijitlikleri sayesinde düşey elemanlara sağlıklı şekilde aktarılması gerekmektedir. Yük aktarımı sağlıklı olabilmesi için sistem modellemeleri doğru yapılmalıdır. Herhangi bir yapının bir katındaki döşemede;

- Asansör ve merdiven boşlukları da dahil olmak üzere, yapıdaki boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,
- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu, A2 Döşeme Süreksizlik düzensizliği olarak tanımlanmıştır.

Yapıların hemen hemen hepsinde asansör boşluğu gibi boşluklar bulunmaktadır. Döşemede boşluk alanları kat brüt alanının 1/3ünden fazla olduğu durumlarda (Şekil 2.2) rijit diyafram olarak çalışmadığını düşünelim. Bu düzensizliğin söz konusu olduğu yapılarda, düzlemde yer değiştirme söz konusu olacağı için serbestlik derecelerini de içeren iki boyutlu (membran) sonlu elemanlar ile birlikte modellenir [9].



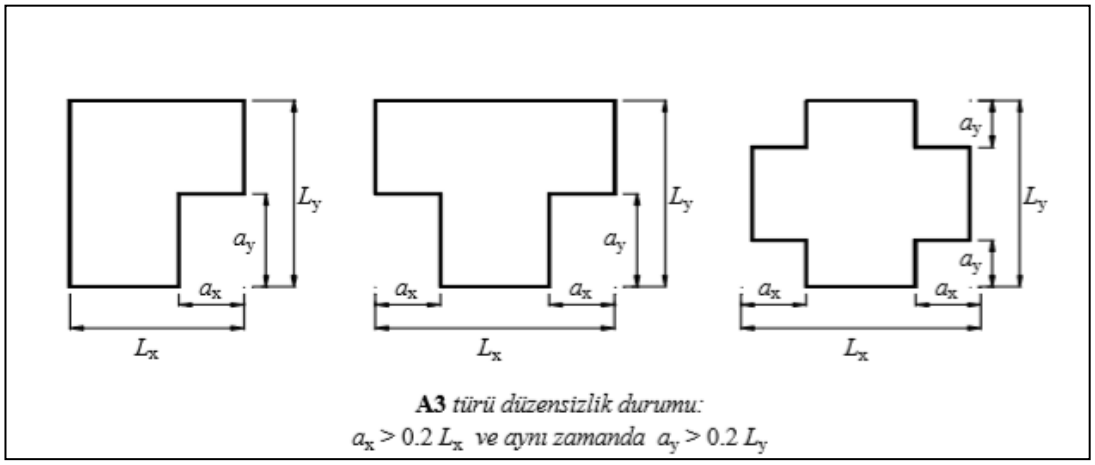
Şekil 2.2: Döşeme boşluk durumları.



Şekil 2.3: A2 Türü düzensizlik durumları.

• A3 Planda Çıkıntı Düzensizlikleri

Yapı kat planlarında (yatayda) birbirine dik bulunan iki doğrultudaki çıkıntı boyutunun bulunduğu doğrultudaki toplam plan ölçüsünün %20'sinden büyük olması durumudur.



Şekil 2.4: A3 Türü düzensizlik durumları.

Yapının düşey yüklerinin yanı sıra yatay yüklerinin de oldukça güvenli bir şekilde taşınması gerekmektedir. Bir yapıda hem sabit yük hem de hareketli yükler

vardır. Sabit yükler (G) yapının öz yükleri; döşeme ağırlığı, duvar ağırlığı, kolon ağırlığı, kiriş ağırlığıdır. Hareketli yükler (Q) sabit kalmayan statik yüklerdir. Eşya, insan, kar yükü gibi. Yatay yükler; rüzgar yükü, toprak etkisi, deprem yükü, yağmur gibi sıvı yükler sayılabilir. Kat planında bulunan girinti çıkıntılar nedeniyle yapının deprem kuvveti gibi yatay yüklere maruz kalması sırasında yapı homojen davranış göstermeyebilir. Planda yapılan çıkıntı veya eksiltmelerin %20 den büyük olduğu durumlarda çıkıntılar veya eksiltmeler dilatasyon derziyle ayrılmalıdır. Dilatasyon yapıdaki çıkmaları veya eksiltmeleri birbirinden ayıracak ve sistemin kendi içinde dönmesini sağlayacaktır [10].

2.1.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları (B-Tipi Düzensizlik)

- B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanır. Dayanım düzensizliği katsayısının 0.8'den küçük olması durumudur.

Bu düzensizlik genellikle yapıların zemin veya birinci katlarında olur. Yapının zemin veya birinci katında bulunan dükkan, mağaza, banka, restoran gibi ticari amaçla kullanılan mekanlarda dolgu duvar genellikle koyulmaz. Bu da zemin veya birinci katın diğer katlara göre daha güçsüz kalmasına neden olur. Yani yapının zemin veya birinci katının yanal ötelenmelere direncinin, yapının diğer katlarına oranla daha az olduğunu söyleyebiliriz. Üst katlarda bulunan yükler deprem yüküyle beraber zemine ulaştığında yükü taşıyamayan yetersiz kat daha çok hasar görür. Zemin kat dolgu duvarlarının üst katlara oranlara daha yetersiz olma durumunun bir getirisidir. Betonarme yapıların asıl taşıyıcıları kolon ve kiriş olsa da duvarların da taşıyıcı olarak büyük rolleri vardır. Üst katlarda bölücü duvarların fazlalığı zemine iletilen yükü arttıracağı gibi, zeminde bölücü duvarların olmaması gelen yükü karşılama konusunda problem yaşatacaktır. Zemin katta duvarların yatay deplasmanlara karşı direnç sağlayamaması durumunda bu kat zayıf kat olarak ortaya çıkar. Düşey yönde rijitlik süreksizliği olan yapılara komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat) denir [10].

Şekil 2.5**:** Komşu katlar arası dayanım düzensizliği.

Her katta etkili olan bir kesme alanı söz konusudur. Yapıya etki eden yatay kuvvetler katlardaki kesme alanları tarafından karşılanır. Bir yapının sadece kolondan oluştuğunu düşünelim. Üst katlara kadar tüm kolonlar aynı oranda çıkıyor. Bir yapıda böyle bir durum söz konusuysa her katın kesme alanı aynıdır.

B1düzensizliği söz konusu ise deprem yönlerinin her ikisi ayrı ayrı değerlendirilmelidir. X yönünde B1 düzensizliği söz konusu iken y yönünde B1 düzensizliği söz konusu olmayabilir. Bu oldukça normal karşılanan bir durumdur. Yatay yüklerde dolgu duvarlarında yatay kuvvete etki ettiğini söyleyebiliriz. Yönetmelikte bu oran maksimum %15 tir. Ancak şu ayrıntıya dikkat edilmelidir. Duvarların kesme kuvvetine etkisinin olabilmesi için çerçeve arasında olması gerekmektedir. Bu durumda çerçeve içerisinde bulunmayan bölme duvarlarının kesme kuvvetine etkisinin olmadığını söyleyebiliriz. Duvarların çerçevelerdeki kolon ve kirişlere bitişik olmaları gerekmektedir. Aralarında derz olmamalıdır. Bağlayıcı olarak gerek çimento esaslı sıva , gerek alçı esaslı sıva kullanılarak tuğla veya gazbeton malzeme ile duvar ve kirişin arası tekniğine uygun bir şekilde kapatılmalıdır. Perdelerin kesme alanına etkisini ele alacak olursak sadece hangi yönde bulunuyorsa o yönü ilgilendirir. Y yönünde ise sadece y yönüne etki eden kuvvetlere çalışır ve sadece bu yönde gelecek kuvvetlere karşı kesme alanına dahil edilebilir [10].

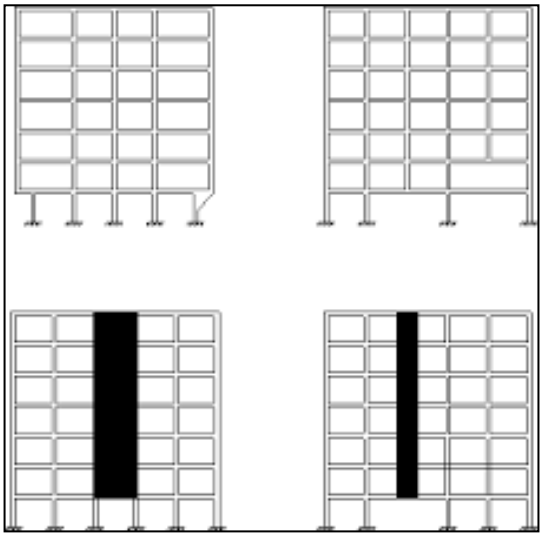
- B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan ''Rijitlik Düzensizliği Katsayısı''nın 2.0'den fazla olması durumudur.

İstanbul'da genel olarak rastlanan durumlar arasında zemin katta mevcut bulunmayan yığma dolgu duvarların yokluğunun değerlendirilebilmesi için birinci ve ikinci katlarda bulunan yığma dolgu duvarların varlığının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu da demek oluyor ki matematik model hesaplanırken yığma dolgu duvarları da dahil edilmelidir [11].

- B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizlik Düzensizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur. Olması gereken durum yapının zemininden başlayarak en üst kata kadar kolon ve perdelerin iletilmesidir. Bu durumda kuvvetler güvenle temele temelden de zemine aktarılır. Ama bazı spesifik durumlarda yönetmelik kolon, perde sürekliliğini şart olarak değerlendirmez. Yani süreksizlik olarak değerlendirir. Bu durumun söz konusu bir yaptırımı vardır. Bu yaptırımı gerçekleştiren kiriş üzerine kolon koyulabilir [12].



Şekil 2.6: B3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizlik düzensizliği.

2.2. Çeşitli Ülkelerin Mevzuatlarında Geçen Düzensizlik Kavramları

2.2.1. Avrupa Mevzuatı Düzensizlik Kavramı (Eurocode 8)

- Planda Düzensizlik Durumları

  - Kat planları x ve y doğrultularının her biri için, kütle ve rijitlik olabildiğince simetrik dağıtılmış olmalıdır.
  - Planda girinti yapan bölümlerin her birinin alanı, toplam plan alanının %5'ini geçmemelidir.
  - Planın şekli L, C, H, I, X gibi şekle sahip binalarda, kat diyaframlarının düzlem içi rijitliği ayrıntılı irdelenmelidir.
  - Binanın plandaki bir boyutunun diğer boyutuna oranı 4'ü geçmemelidir.

$$eo \leq 0{,}30\, r \tag{2.1}$$

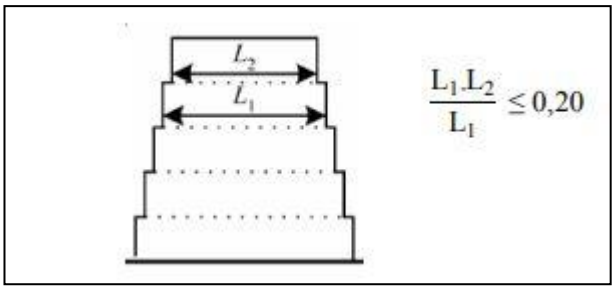
$$r \geq ls \tag{2.2}$$

Söz konusu bu denklemde eo kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki mesafeyi, r kat burulma yarıçapını, ls kat dönme yarıçapını gösterir. Bu şart x ve y doğrultularında ayrı ayrı tahkik edilmelidir. Bu şartın sağlanmaması Burulma yönünden zayıf olduğu anlamına gelmektedir.

- Düşeyde Düzensizlik Durumları

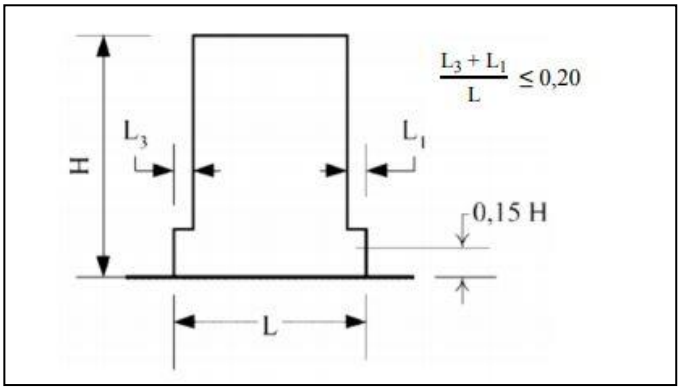
  - Düşey taşıyıcı elemanlar temelden çatıya kadar devam etmelidir.
  - Bina temelinden itibaren yukarıya çıkıldıkça kat kütle ve rijitliklerindeki azalmalar az miktarda olmalı, ani değişimlerden kaçınılmalıdır.
  - Çerçeve sistemlerde, komşu katların dayanımları birbirine yakın olmalıdır.
  - Ara katlarda açık teraslar mevcutsa şu koşullar sağlanmalıdır.

Simetriyi koruyarak kademeli bir biçimde yapılan kat çekilmelerinde, Şekil 2.7 'de gösterildiği gibi toplam daralma bir alt kattaki plan boyutunun %20'sini geçmemelidir.



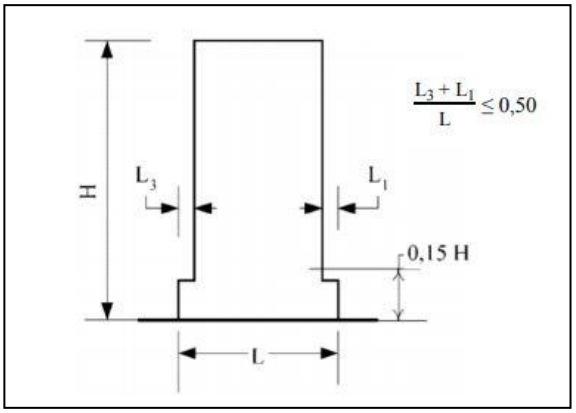
Şekil 2.7**:** Teraslanma koşulu.

Bina yüksekliğinin temelden itibaren %15'inin üzerinde başlayan sabit bir kat çekilmesi uygulanacaksa, daralma miktarı önceki plan boyutunun %20'sini geçmemelidir. (Şekil 2.8)



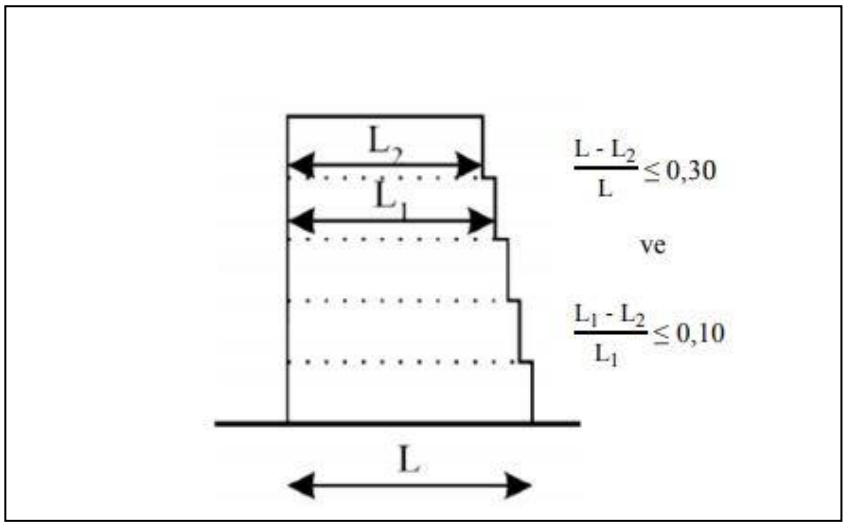
Şekil 2.8**:** Alt katlarda teraslanma koşulu.

Teraslanma, temelden itibaren bina yüksekliğinin %15'inin altında başlayacak ve sabit olarak devam ettirilecekse, daralma miktarı önceki plan boyutunun %50'sini geçmemelidir. (Şekil 2.9).



Şekil 2.9**:** Diğer Teraslanma koşulu.

Simetrik olmayan kat daralması uygulanacaksa; hesaplanan en büyük daralma, zemin kat seviyesindeki plan boyutunun %30'undan büyük olmamalıdır. Herhangi iki kat arasındaki daralma miktarı, alt kattaki boyutun %10'unu geçmemelidir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10**:** Ara katlarda teraslanma koşulu.

2.2.2. Amerikan Deprem Yönetmeliğinde Düzensizlikler

- Genel Düzensizlikler

Bir yapının konfigürasyonu, standartta öngörülen yer hareketini üreten güçlü bir deprem sırasında performansını önemli ölçüde etkileyebilir. Düzensizlikler iki açıdan yatay ve dikey olarak sınıflandırılabilir. Sismik tasarım hükümlerinin çoğu, düzenli konfigürasyonlara sahip binalar için türetilmiştir. .Ancak depremler, düzensiz konfigürasyonlara sahip binaların daha fazla hasar görmesiyle art arda gösterilmiştir. Düzensiz yapıların bu zayıf davranışının birkaç nedeni vardır. Düzenli bir yapıda, enerji yitimi ve hasarı dahil olmak üzere güçlü zemin deformasyonuyla üretilen esnek olmayan tepki, yapı boyunca iyi dağılma eğilimindedir. Bununla birlikte, düzensiz yapılarda, elastik olmayan davranışlar düzensizlikler ile yoğunlaşabilir ve bu alanlarda yapısal elemanların hızlı bir şekilde bozulmasına neden olabilir. Buna ek olarak, bazı düzensizlikler yapıya beklenmedik talepler getirmekte ve bu da yapısal sistemin detaylandırılması sırasında tasarımcıların sıklıkla göz ardı etmektedir. Bu nedenlerle, yönetmelik çok güçlü yer hareketleri ve aşırı esnek olmayan taleplerin beklendiği faal

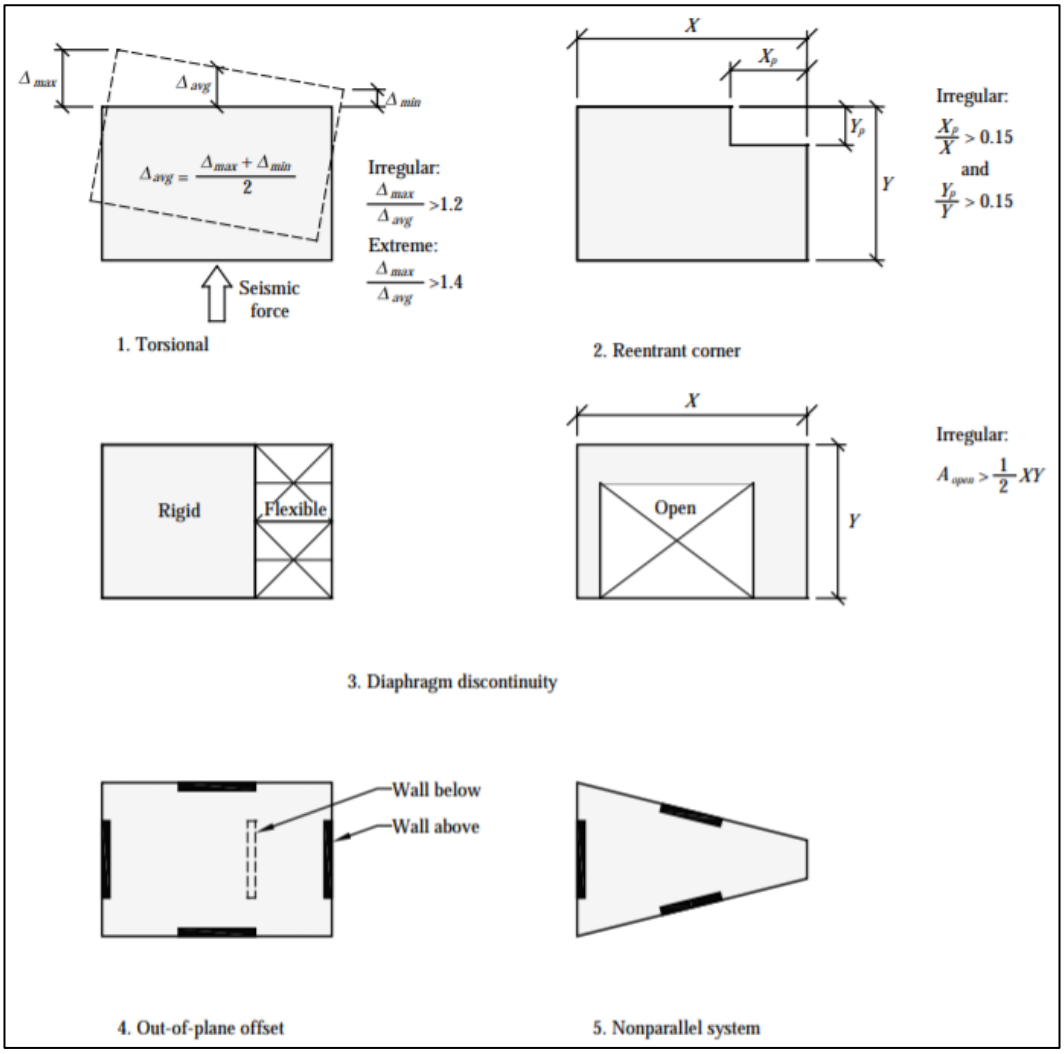
arızalara yakın alanlarda bulunan binalarda düzenli konfigürasyonları teşvik eder ve düzensizliği yasaklar [6],[13].

- Yatayda Düzensizlik

Bir kattaki maksimum yatay deplasman ortalama deplasmanın yüzde yirmisinden büyükse burulma düzensizliği olarak kabul edilir. Bu oran yüzde kırktan fazla ise aşırı düzensiz olarak tanımlanır.

Kat planında yer alan girinti çıkıntı bulunduğu doğrultudaki toplam ölçünün yüzde on beşinden büyükse düzensiz yapı olarak kabul edilir. [14].

Binanın herhangi bir katında yer alan boşluk alanı bulunduğu kattaki toplam brüt inşaat alanının yüzde ellisinden fazlaysa bu bina düzensizdir. Söz konusu bu durumlar Şekil 2.11'de ifade edilmektedir.

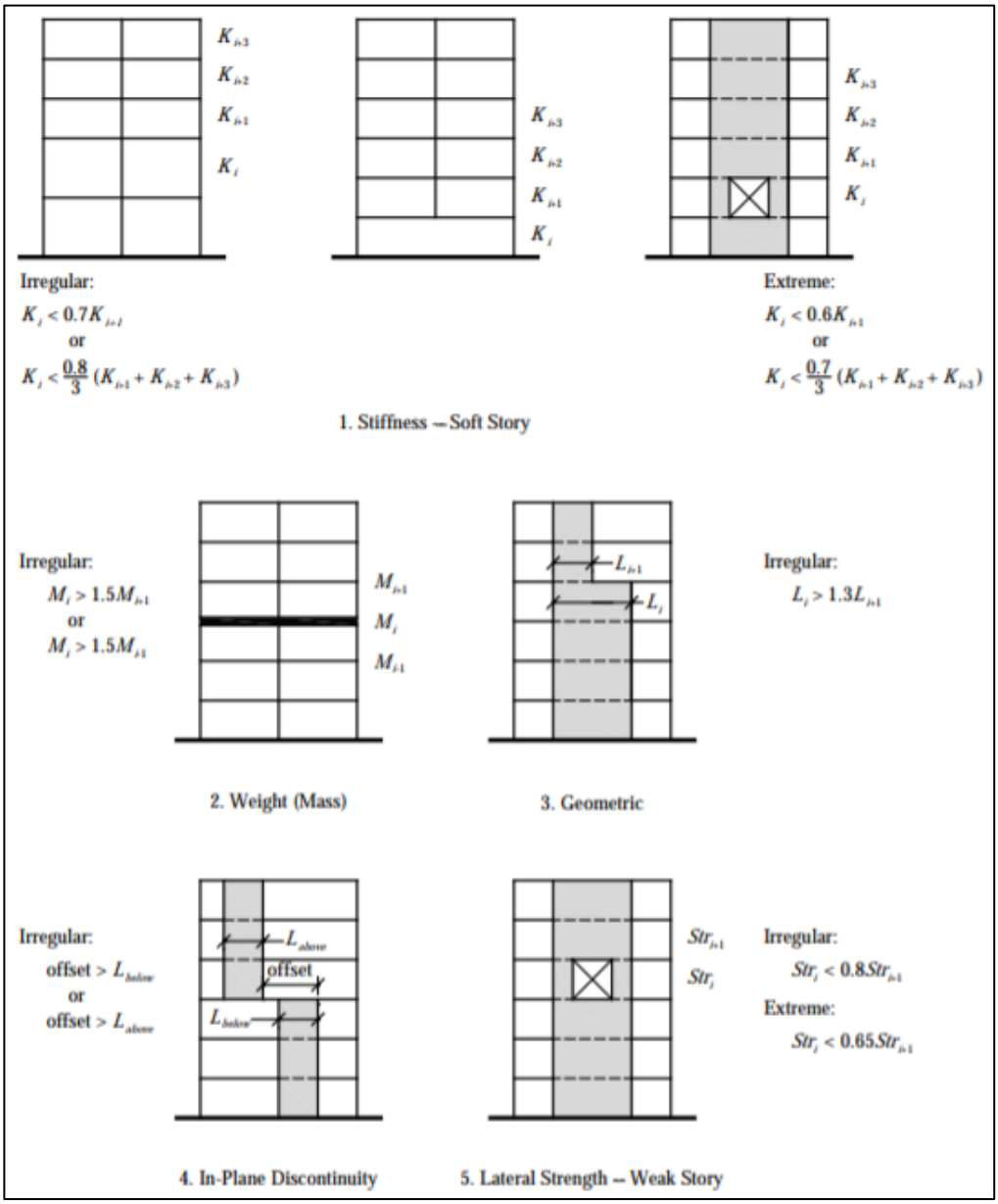


Şekil 2.11: Yatayda düzensizlikler.

• Düşeyde Düzensizlik

- Yapıdaki bir katın rijitliğinin, üstündeki katın rijitliğinin %70'inden veya üstündeki üç katın ortalama rijitliğinin %80'inden az olması durumu, yapıda yumuşak kat düzensizliği olduğu anlamına gelmektedir. Aşırı derecede yumuşak kat düzensizliği; herhangi bir katın rijitliğinin, üstündeki kat rijitliğinin %60'ından ya da üstündeki üç katın ortalama rijitliğinin %70'inden az olması halinde ortaya çıkmaktadır.

- Herhangi bir kat kütlesinin komşu kat kütlesinin 1,5 katından fazla olması durumunda düzensizlik meydan gelir.(Şekil 2.12)



Şekil 2.12: Düşeyde Düzensizlikler.

- Herhangi bir katta deprem kuvvetine karşı koyan elemanların plan boyutunun, komşu katta deprem kuvvetine karşı koyan elemanların plan boyutunun 1,3 katından fazla olması durumudur.

- Sismik kuvvete karşı koyan elemanların alt katlarda kesintiye uğraması sonucunda bu düzensizlik oluşmaktadır.

- Zayıf kat düzensizliği; herhangi bir katın deprem kuvveti dayanımının, üst katın dayanımının %80'inden az olması durumunda meydana gelir. Aşırı zayıf kat düzensizliği, herhangi bir katın deprem kuvveti dayanımının, üst katın dayanımının %65'inden az olması durumunda meydana gelir. (Şekil 2.12)

2.3. Yıllara Göre Deprem Mevzuatında Uygulanan Deprem ve Düzensizlik Tahkikleri

• 1975 Deprem Yönetmeliği

Kolonlar, bodrum katından başlayarak yukarı doğru birbiri üzerine gelecek şekilde yerleştirilecektir. Bu olanaklar yoksa hesaplar yapı taşıyıcı sistemin 'düzensiz' olduğu göz önüne alınarak yapılacaktır. Tüm kolonlar öncelikle planda, aksları boyunca aynı düzlem içine gelecek biçimde düzenlenecektir.

Her kolonun alt ve üst uçlarında, betonun sıkıca çemberleşmesini sağlamak ve böylece normal, kayma ve eğilme gerilmeleri altında gevrek bir şekilde, aniden kırılmasını önlemek amacıyla kolon sarılma bölgeleri bulunacaktır. Bu bölgelerin uzunluğu, döşeme üst kotundan ve kolona bağlanan enderin kirişin alt yüzeyinden başlayarak, kolon en kesitinin büyük boyutu (dairesel kesitlerde kolon çapı), kolon serbest yüksekliğinin 1/6 sı veya 45 cm. den az olamaz. 1975 Yılı deprem yönetmeliğinin bir başka bölümünde ise taşıyıcı sistemi düzensiz yapılar olarak başka bir bölüm bulunmaktadır [15],[16].

Taşıyıcı sistemi düzensiz yapılar rijitlik ya da kütle yayılışı bakımından süreksizlik ya da düzensiz yığmalar gösteren yapılara denir. Güvenilir bir dinamik çözümleme yapılmadıkça, "taşıyıcı sistemi düzenli" olan ve temel üst kotundan ölçülen yüksekliği 75 m yi geçmeyen betonarme yada çelik karkas yapılar ile her türlü yığma binaların, bacaların, kulelerin ve yüksek haznelerin depreme göre hesabı bu bölümde açıklanan yatay yükler kullanılarak yapılabilir [15],[16].

Taşıyıcı sistemi düzensiz olan veya temel üst kotundan ölçülen yüksekliği 75 metreyi geçen tüm yapıların depreme karşı emniyetleri, usulüne uygun ve güvenilir

bir dinamik hesap yolu ile saptanmalıdır. Böyle bir dinamik hesaptan zemin ve yapının dinamik özellikleri ayrıntıları ile göz önünde tutulur. [15],[16].

- 1997 Deprem Yönetmeliği (1998 değişiklikleri ile birlikte)

1997 deprem yönetmeliğinde ilk defa düzensizlik türlere ayrılmıştır. A – planda düzensizlik durumu olarak değerlendirilirken B – düşey doğrultuda düzensizlik durumu olarak değerlendirilmiştir. 1998 yılı değişikliklerinin de içinde bulunduğu bu yönetmelikte düzensizlik kavramları şöyle ele alınmaktadır [17];

- Planda Düzensizlik Durumları

A1 Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısının 1,2'den büyük olması durumudur.

$$[\eta bi = (\Delta i)max \,/\, (\Delta i)ort > 1.2] \tag{2.3}$$

Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır [17].

A2 Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu ile veya deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumudur. Diğer bir durum ise döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur [17].

A3 Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur.

A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu [17].

- Düşeyde Düzensizlik Durumları

B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) : Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı ηci'nin 0.80'den küçük olması durumudur.

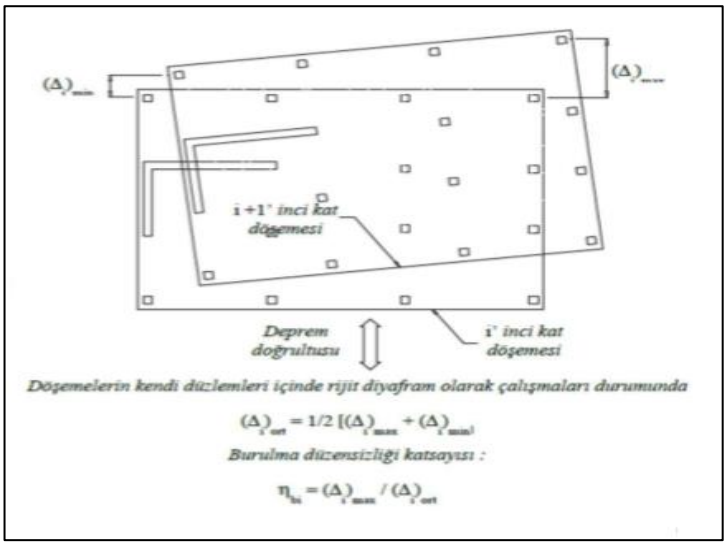
B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısının 1.5'tan fazla olması durumudur.

B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur [17],[18].

- 2007 Deprem Yönetmeliği

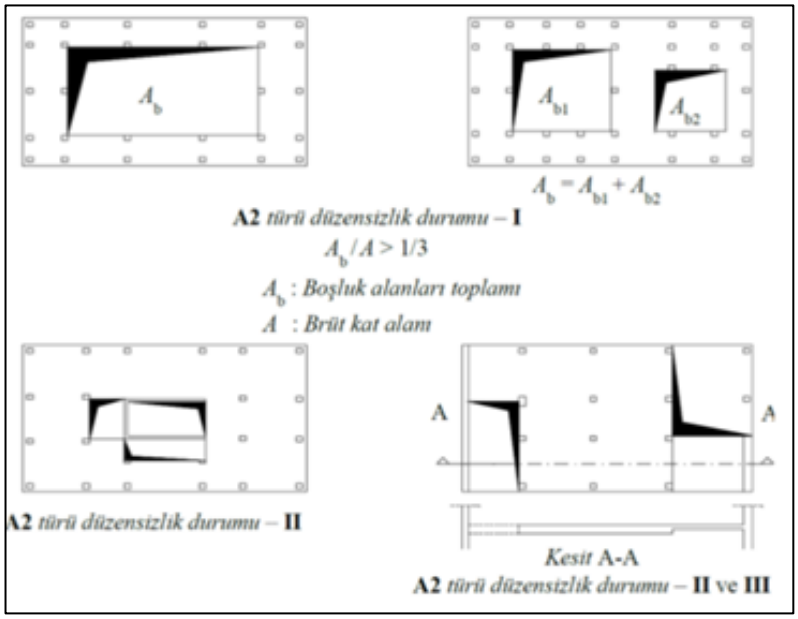
- Planda Düzensizlik Durumları

A1 Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı ηbi 'nin 1,2'den büyük olması durumudur.



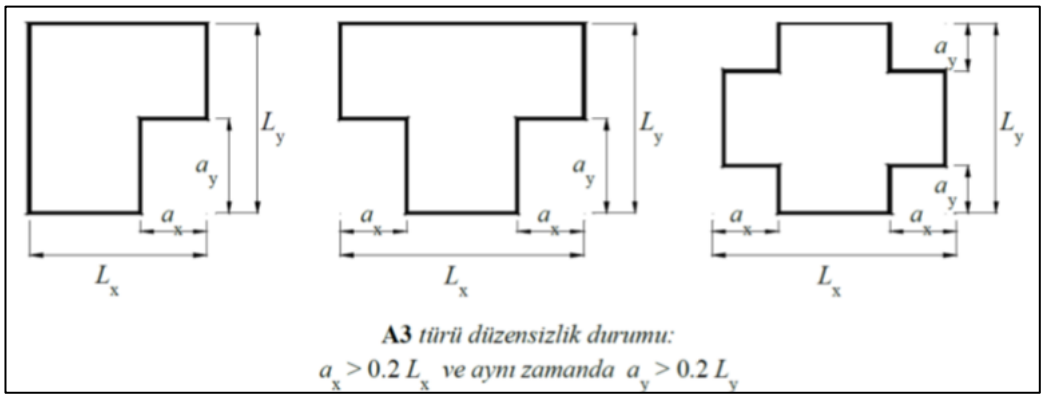
Şekil 2.13: 2007 Deprem yönetmeliğine göre burulma düzensizlikleri.

A2 Döşeme Süreksizlikleri: Kattaki döşemede merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu ile veya deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumudur. Diğer bir durum ise döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur.



Şekil 2.14:Döşeme süreksizlikleri.

A3 Planda Çıkıntılar Bulunması: Bir yapının planlarında çıkıntı söz konusu olan bölümlerinde birbirine dik olan doğrultudaki boyutlarının her ikisini de yapının aynı katında bulunan doğrultulardaki toplam boyutların %20sinden daha büyük olması durumudur [10].



Şekil 2.15:Planda çıkıntı durumu.

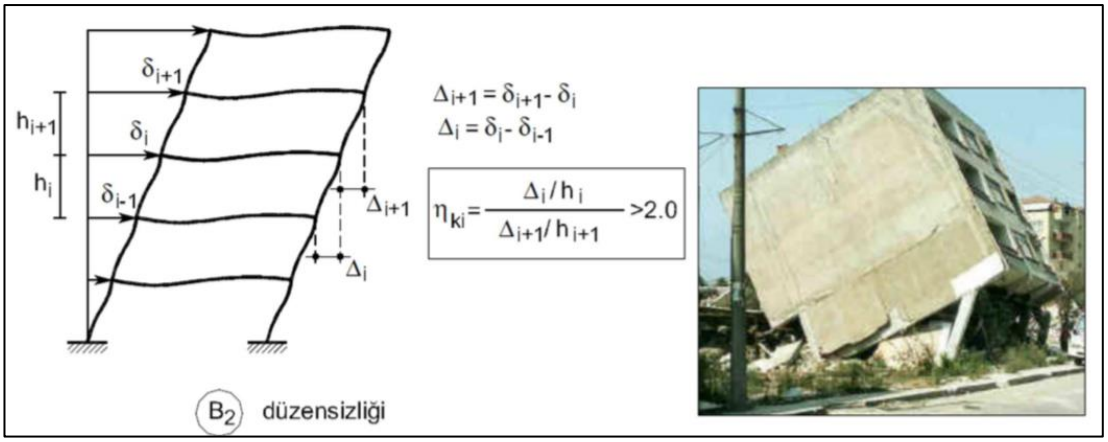
- Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

Komşu Katlar arası dayanım düzensizliği: Betonarme bir yapıda, birbirine dik olmak koşuluyla herhangi birinde, herhangi bir kattaki kesme alanının, bir üst katında ki etkili kesme alanına oranıdır. Bu durum, önceki depremler göz önünde bulundurulduğunda genellikle zemin katlarda ortaya çıkan bir problemdir. Yapıların zemin katlarında yığma dolgu duvarlarının üst katların dolgu duvarlarına oranla çok olması veya hiç olmaması durumunda ortaya çıkan problemdir. Katlar arasında yükseklik , genel rijitlik farklarından dolayı ortaya çıkabilir.[10].

Şekil 2.16:Katlar arası dayanım farkına örnek hasar.

B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısının 2.0'dan fazla olması durumudur. [18],[10].

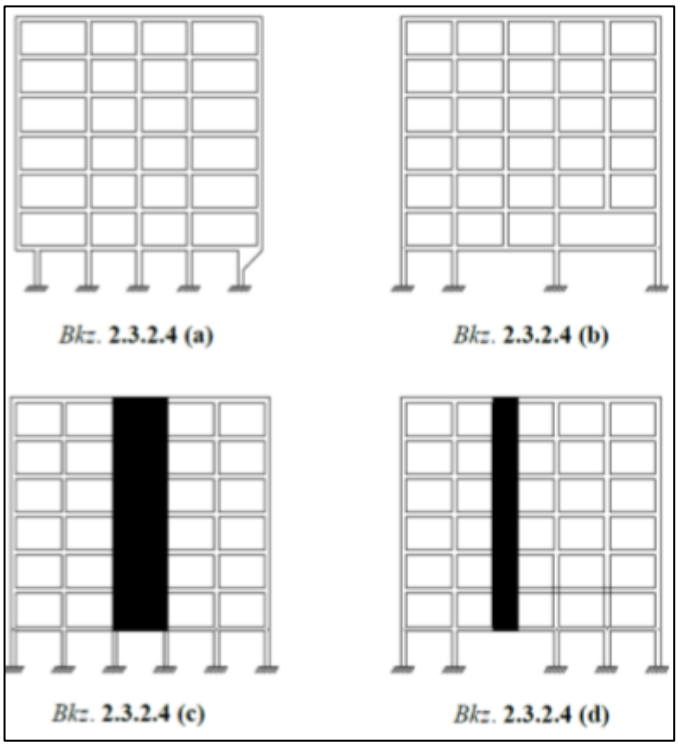
Şekil 2.17: Komşu katlar arası dayanım düzensizliklerine örnek.



Şekil 2.18: B2 Düzensizliği Şematik gösterim.

Düşey taşıyıcı elemanların süreksizliği: Bir yapının taşıyıcı düşey elemanlarının bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların Üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur. Yapının taşıyıcı düşey elemanlarında yapılan eksiltmeler yapının taşıyıcılık kapasitesini etkilediği gibi süreksizlikte oluşturabilir. Söz konusu olan bu düzensizliğin meydana gelmesini önlemek için yapıyı eksiltmeler olmadan bütünüyle inşa etmek, taşıyıcı sistemin çerçevelere oturmasına dikkat etmek gerekmektedir. Yapıya gelen deprem yüklerine karşı yapının denge durumunun sağlanması ve gelen

yüklerin doğru iletilmesi için düşeyde söz konusu olan bu taşıyıcıların eksiksiz inşa edilmesi gerekmektedir [10].



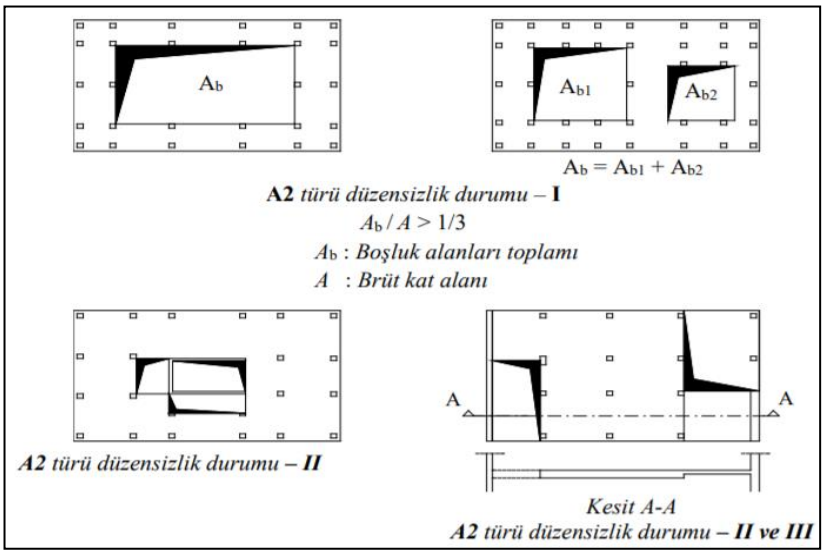
Şekil 2.19: Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği.

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı* η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu $[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort} > 1.2]$. *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır.*
A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu

Şekil 2.20: Planda düzensizlik.

• 2018 Türk Bina Deprem Yönetmeliği

2018 yılında yürürlüğe giren Türk Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY) Şekil 2.20, Şekil 2.21, Şekil 2.22' de ifade edilen düzensizlik tanımlamaları yer almaktadır.



Şekil 2.21: A2 tipi düzensizlik durumu.

B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *toplam etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *toplam etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ *Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı*: $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(X)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(X)} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır.*
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu

Şekil 2.22: TBDY'de düşey yöndeki kriterler.

2.4. Düzensizliklerden Kaynaklanan Hasar Tipleri

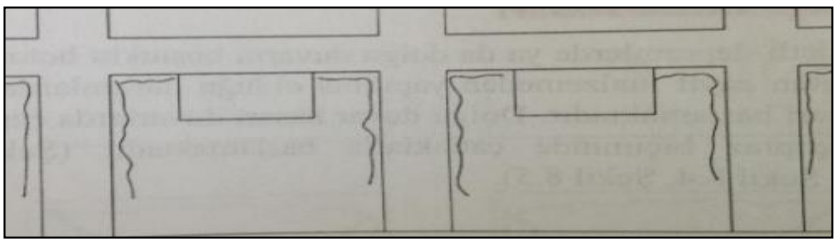
Yapılarda düzensizlikten kaynaklanan hasarları, deprem yükünden kaynaklanan hasarlar içinde alabiliriz. Her taşıyıcı sistemin deprem karşısında davranışı, çeşitlilik gösterdiği gibi betonarme sistemlerin de deprem davranışları malzeme seçimi ve tasarım kriterlerine bağlı olarak farklılıklar gösterir. Rijitlik, yükseklik, genişlik, kalınlık, boşluklar ve birleşim yerleri deprem hasarlarının oluşmasında önemli kriterlerdir [16].

Betonarme yapılarda gözlenen düzensizliklerden kaynaklanan hasar biçimlerini aşağıdaki gibi değerlendirmek mümkündür:

- Sıva Çatlakları
- Dolgu Duvar Hasarları,
- Kiriş Elemanlarında Hasarlar,
- Kolon Elemanlarında Hasarlar,
- Perde Duvarlarda Hasarlar,
- Döşeme Hasarları,
- Çarpışma (Çekiçleme) Hasarları,
- Yumuşak Kat Davranış Hasarı,
- Kısa Kolon Hasar

- Sıva Çatlakları

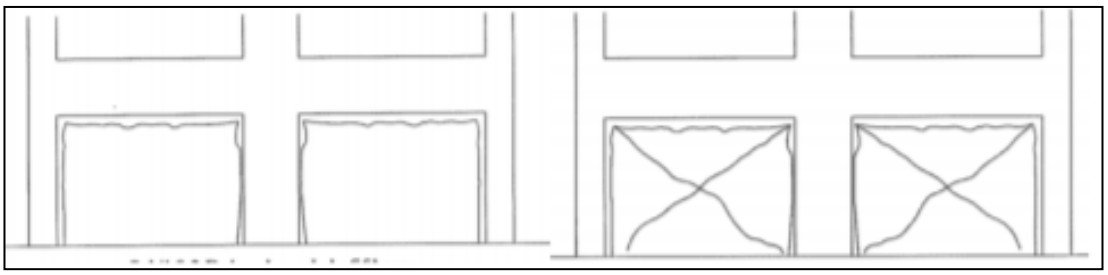
Hemen hemen bütün düzensizlikler sonucunda gerçekleşen bu hasar tipi deprem yüklerinin yanı sıra yapının kendi içinde bulunan ağırlığından dolayı da zamanla oluşabilir. İnşaat esnasında ki hatalardan da oluşma ihtimali olan bu hasar tipi, genelde yüzeysel olup yatay veya düşey doğrultuda uzanırlar. Farklı doğrultularda olan bu hasar tipi düzensizliklerden kaynaklanan nedenlerden de oluşabilir [16].



Şekil 2.23: Sıva çatlakları.

- Dolgu Duvar Hasarları

Aşağıda ki resimde de görüldüğü gibi dolgu duvarlarda düzensizliklerden kaynaklanan hasarlar oluşabilmektedir. Yapıya gelen deprem yükünü zemine iletmekte yetersiz kalan kolon, kiriş arasında ki duvarlara ekstra yük biner. Bu yük karşısında gerekli dayanımı sağlayamayan duvarlarda diyagonal çapraz hasarlar oluşabilmektedir. Bu hasarlar taşıyıcı sistemin bütününü etkileyebilir [16].



Şekil 2.24: Dolgu duvar hasarları.

- Kiriş Elemanlarında Hasarlar

Düzensizlikler etkisiyle oluşan bu hasar tipinde, kiriş hasarları ortadan kırılmalar olabilirken, genellikle birleşim noktalarında olmaktadır. Buradaki unsurlar ele alınırsa birleşim noktalarından, donatı boyutlarından, genişlik ve beton sınıfının yanlış hesaplanmalarından olduğu varsayılabilir. Yapının deprem yüklerine karşı nasıl bir tutum sergileyeceği belirlenemeyebilir [16].

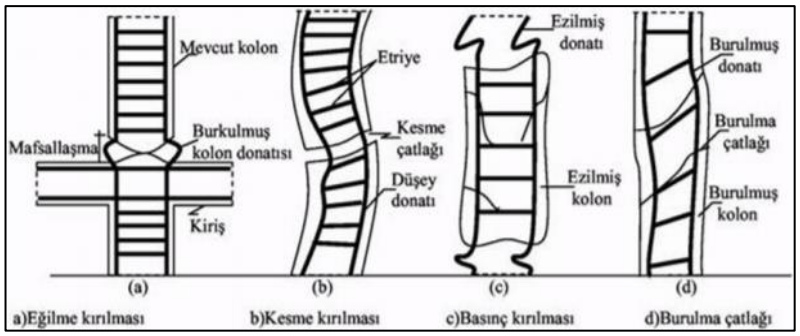
Şekil 2.25: Kiriş eleman hasarları.

- Kolon Hasarları

Deprem esnasında kolonlara gelen kesme kuvvetini karşılayacak yeterli etriye yoksa kolonda ani ve gevrek kırılma meydana gelebilir. Kolonlarda yaygın, genişlemiş kesme çatlakları ağır hasarın varlığına işarettir. Doğru yerleştirilmiş donatı, çatlağın genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlar. Donatı, olabildiğince asal çekme gerilmeleri doğrultusunda yerleştirilmelidir. Kolonun depremde iyi bir davranış göstermesi için uçlarının sarılmasının yanı sıra, kesit boyutlarının da büyük seçilmesi gerekir [16].

Önce kolonun bir yanında, deprem kuvvetinin etkime yönüne göre, betonda çekme çatlakları oluşurken, diğer yanındaki betonda basınçtan dolayı ezilme görülmektedir. Daha sonra deprem hareketinin yönünün değişmesi ile daha önce çekme çatlağı olan taraftaki betonda ezilme, betonda bir önceki aşamada basınç hasarı olan yerde çekme etkisi nedeni ile ezilmiş beton dökülmektedir. Bu tür deprem hareketinin tersinmesi sonucu kolonun etriye ve boyuna donatısı dışında kalan ve kabuk betonu olarak nitelenen dış beton tümü ile dökülmektedir. Eğer kolon uçlarında etriye sıklaştırılması yapılmamış ise betonun ezilme ve parçalanması etriye ve boyuna donatıların içinde kalan ve çekirdek betonu olarak nitelenen bölgeye de yayılmaktadır. Eğer etriye sıklaştırılması yapılmış ise çekirdek betonunda ya fazla bir çatlama olmamakta ya da ancak depremin çok şiddetli olduğu zaman oluşmaktadır.

Kolon betonunun ezilip parçalanması sonucu kolon düşey yüklerini de taşıyamamakta, etriyeler açılmakta ve boyuna donatılar dışarıya doğru burkulmaktadır. Bu arada kolon boyları da kısalmaktadır. Diğer bir deyişle iki kat arasındaki yükseklik kolonun ezilmesi sonucu azalmaktadır. Depreme dayanıklı yapılmış ve uçlarında etriye sıklaştırılması olan betonarme kolonda bu tür hasarın en şiddetli depremde sırada gösterilecek olan şekildeki düzeyde kalması beklenmektedir. Depreme dayanıklı yapıda mafsallaşma hasarı kabuk betonunda çatlak ve hafif dökülme düzeyinde kalmalıdır. Daha ileri düzeyde mafsallaşma hasarı yapının stabilitesinin bozulmasına yol açan yatay ötelemeler oluşturur ve ikinci mertebeden ek momentlerin ortaya çıkmasıyla yapı hızla yıkılabilir. İleri düzeyde bir mafsallaşma hasarı sonucu parçalanıp dökülen betonun kesme kuvveti taşıma gücü de azalacaktır, etriyelerin açılması da kesme kuvveti taşıma gücünü azaltacaktır. Bu durumda kolonda kesme kırılması da başlayacaktır [16].



Şekil 2.26: Kolon hasarları.

Şekil 2.27: Kolon-Kiriş birleşim hasarları.

- Yumuşak Kat Hasarı

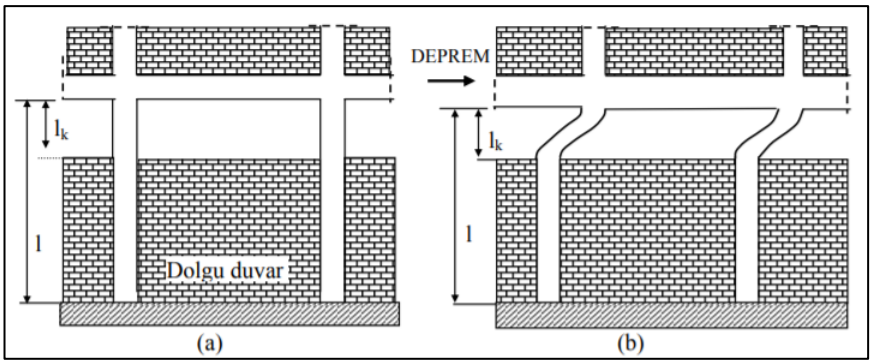
Düzensizlikler içerisinde bulunan bu hasar tipini hatırlayacak olursak, binanın giriş katında dolgu duvarların olmaması veya bir üst kata oranla çok az olması durumudur. Dolgu duvarla kaplı olması gereken alanların cam gibi taşıyıcı özelliği olmayan malzemelerle kaplandığını görebiliyoruz. zayıf kat şartı ile kolon ve perdelerin(ve çerçeve arasındaki duvarlar) kesitlerinin katlar arasında küçültülmesinin önüne geçilmesine çalışılmıştır. Yumuşak kat tanımı ile de binanın öteleme oranları kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Binaların zemin katında olma ihtimali çok yüksek olan bu hasar tipi yapıda kalıcı hasarlar oluşturacağı gibi yapının tamamen çökmesini de sağlayabilir. [20].

Şekil 2.28: Yumuşak kat hasarı.

Şekil 2.29: B2 türü düzensizlik durumu.

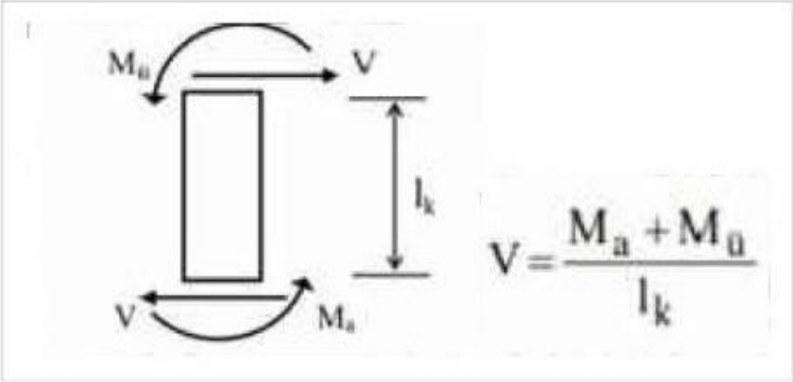
- Kısa Kolon Hasarı

Duvarların kısa olarak yapıldığını ve çerçevelere de bağlandığını kabul edersek. Ana çerçevedeki kolonlar deprem esnasında meydana gelen yatay yükler nedeniyle bağlı bulunduğu iki kat arasında duvarların kendi düzlemlerindeki rijitlikleri sonucu eğilememektedir. Böylece, kolonlar sadece duvarların üst kısmında bırakılan boşluk yüksekliği kadar bir kısımda eğilmeye zorlanmaktadır, bu durumda ise kolonun bu kısmında çok büyük kesme kuvvetleri meydana gelmektedir [21].



Şekil 2.30: Kısa kolon hasarı.

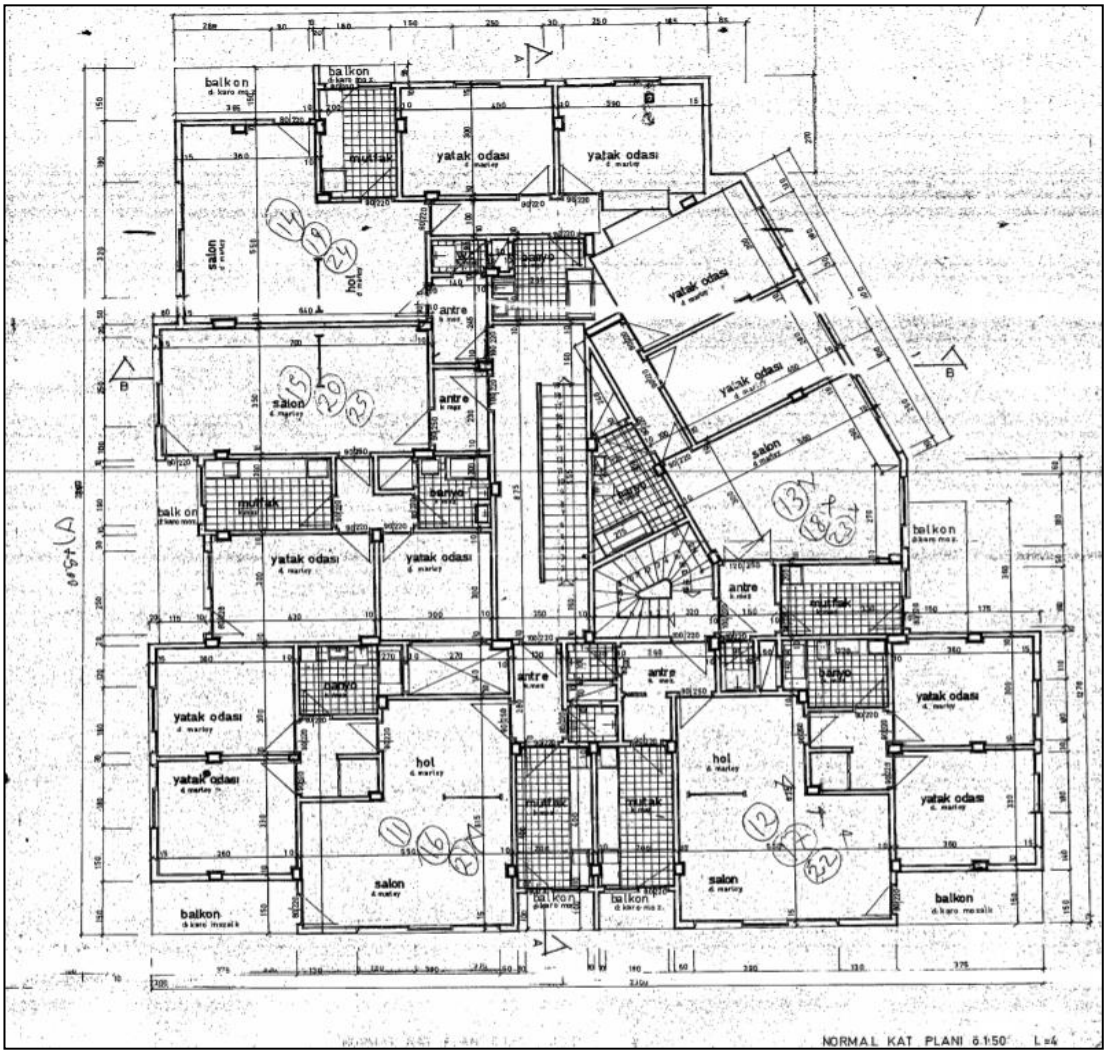
Kısa kolonda oluşan kesme kuvveti Şekil 2.35'de ifade edildiği gibi hesaplanır. Kısa kolonun alt ve üst kısmında meydana gelen momentlerin toplamının kısa kolon yüksekliğine oranı olarak ifade edilmektedir.



Şekil 2.31: Kısa kolona etki eden momentler ve kesme kuvveti.

3.SAYISAL ÖRNEKLER

3.1.İstanbul'da Yıllara Göre Farklı Fonksiyonda İnşa Edilen Yapıların Düzensizlik Durumları



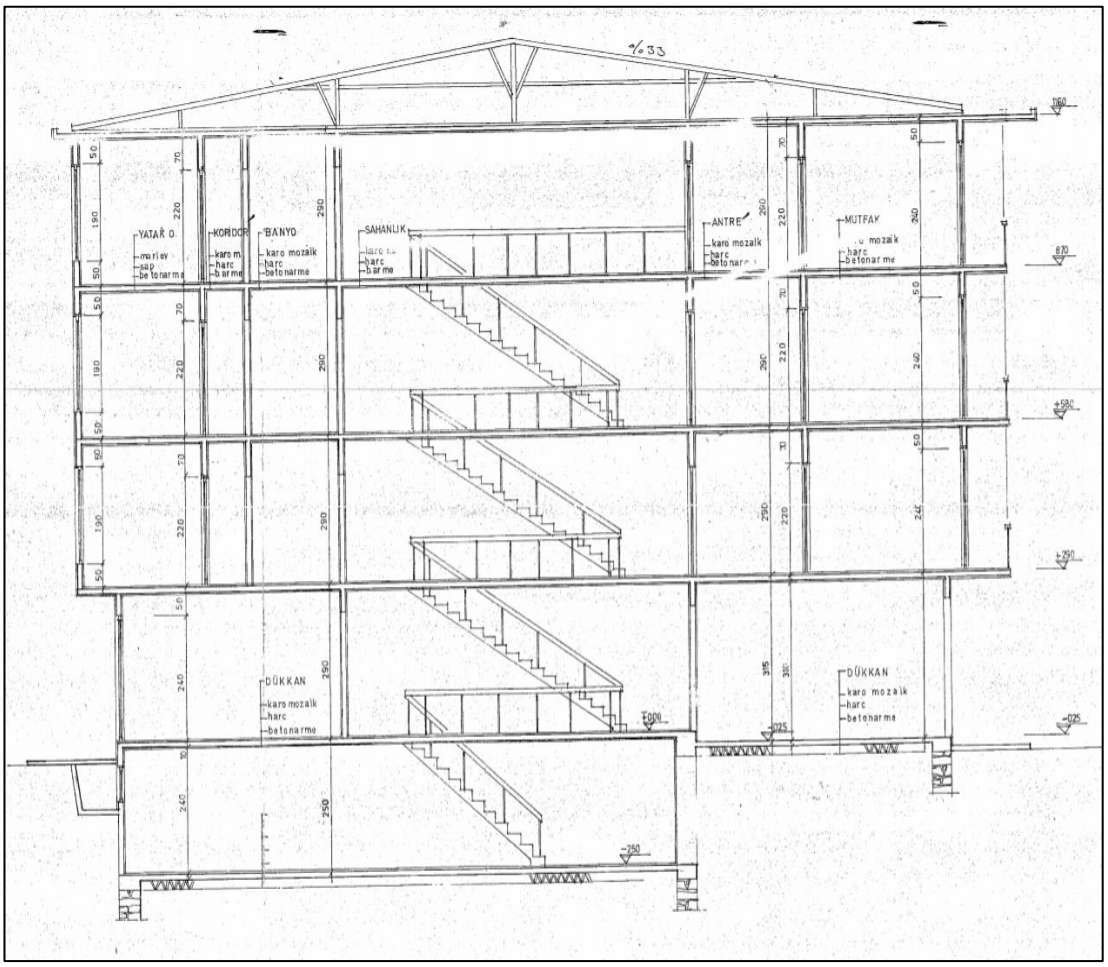
Şekil 3.1: Normal Kat planı örneği.

Birbirine dik iki deprem doğrultusunu ele aldığımızda herhangi birinde, yapının herhangi bir katında en büyük göreli kat ötelemesinin yine yapının aynı katında ki ortalama göreli ötelemeye oranını burulma olarak ifade edebiliriz. Dairesel, dikdörtgen, kare gibi kütle merkezi ile rijitlik merkezi birbirine yakın olan binalarda burulma olasılığının daha az olduğunu söylenebilir. Yapıda açıklık farklılıkları, girinti-çıkıntılar, boşluklar burulma düzensizliği olasılığını arttırır. Şekil 3.1'de gösterilen normal kat plan örneğinde asimetrik konumlandırılmış kolonlar ile bazı kolonların aynı aks üzerinde olmayışı birbiriyle aynı düzlemde çalışmayacakları için yapının

deprem yüklerine karşı hareketlerini sınırlandırıp birbirinden farklı doğrultularda çalışacaktır. Yine söz konusu olan bu yapıda doğrultuların birbirine dik olmadığı görülmüş olup burulma olasılığı yüksektir [10],[22].

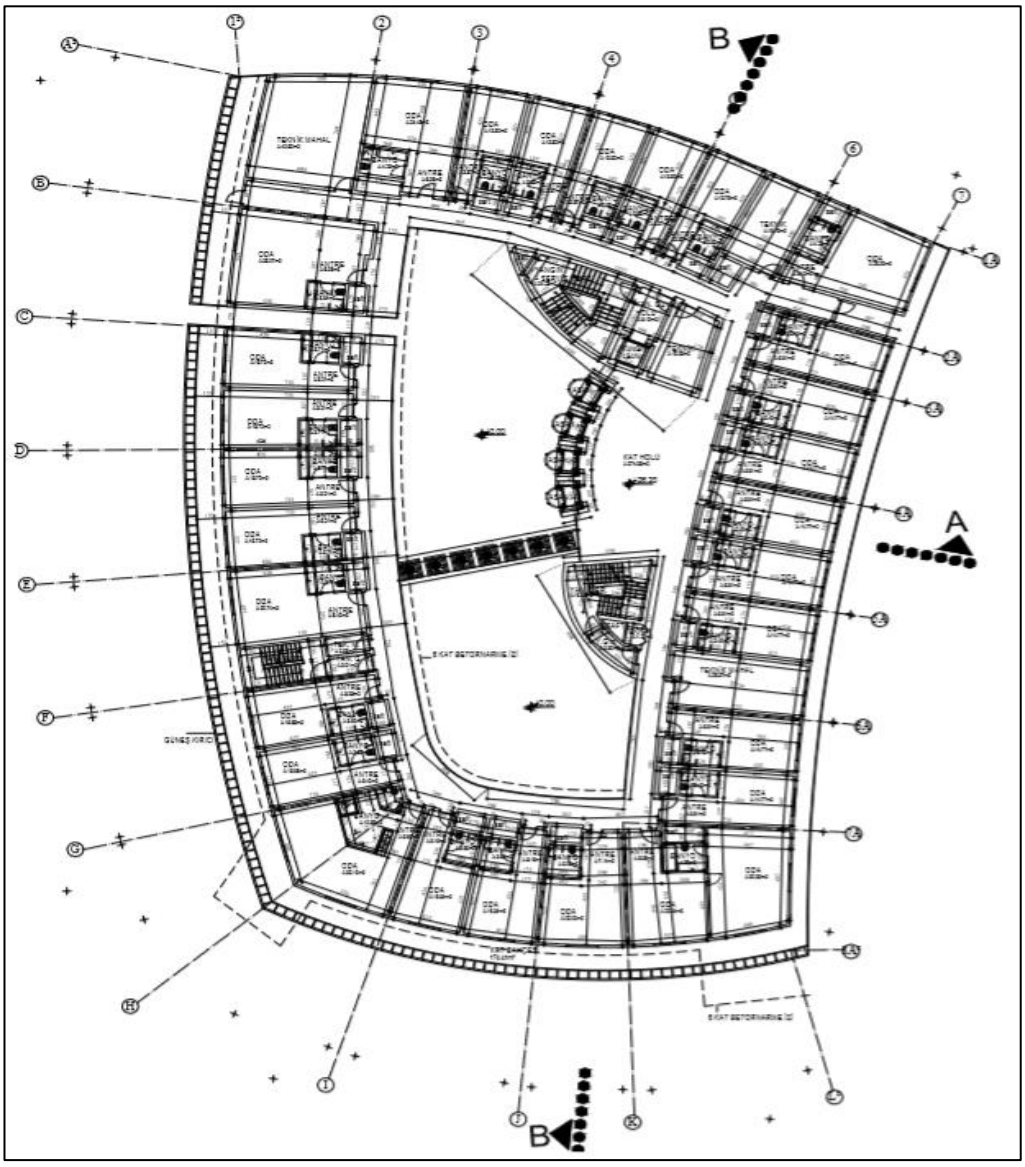
Günümüz mimari yapıları göz önünde bulundurulduğunda geçmişe oranla burulma düzensizliği daha büyük bir problem teşkil etmektedir. Planlarda gerçekleşen farklı doğrultulu yapılar, karmaşık kompleksler yapının deprem yüklerine karşı dayanıklılığını zorlaştırmaktadır.

Şekil 3.1'de gösterilen kat planında asimetrik olan girinti ve çıkıntılar deprem yüklerine karşı farklı çalışarak yapının dayanımını zorlaştıracaktır. Planda yapılan çıkıntı veya eksiltmelerin %20 den büyük olduğu durumlarda çıkıntılar veya eksiltmeler dilatasyon derziyle ayrılmalıdır [10],[22].



Şekil 3.2: Düşey elemanlarının süreksizliğine örnek.

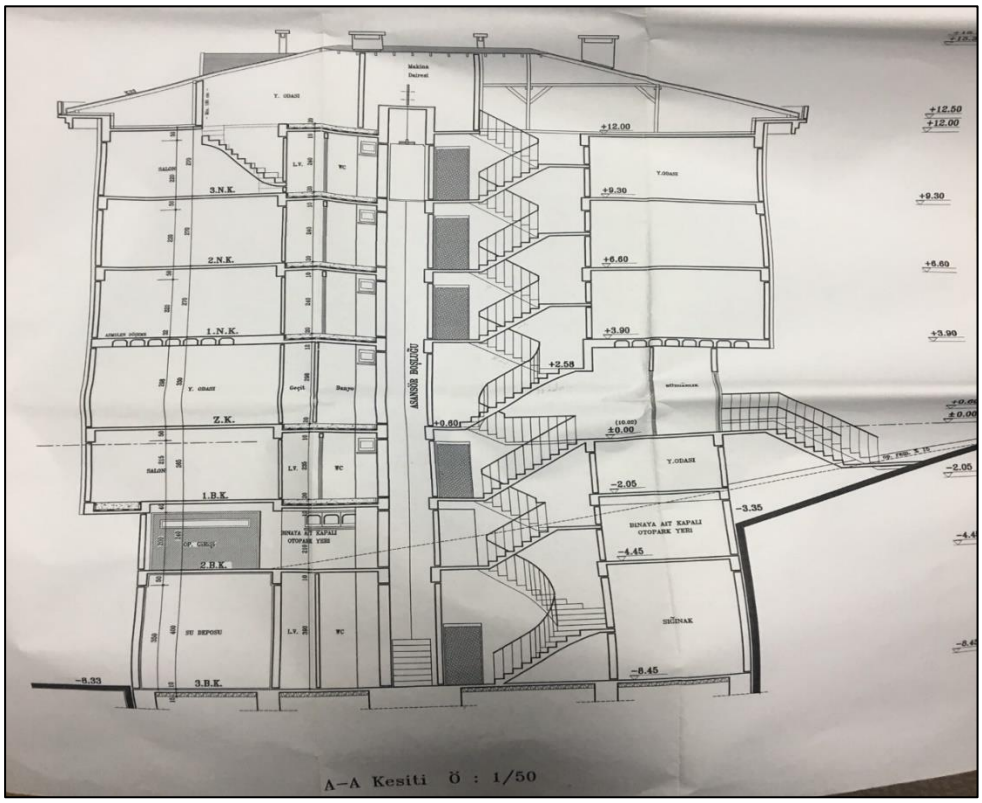
Taşıyıcı sistem süreksizliğinin olması genel olarak taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur. Olması gereken durum yapının zemininden başlayarak en üst kata kadar kolon ve perdelerin iletilmesidir. Bu durumda kuvvetler güvenle temele temelden de zemine aktarılır. Şekil 3.2'de ifade edilen kesitte ise bodrum kat kısmi olarak projelendirilip inşa edilmiştir. Bu durum, çatıdan temele kadar inen düşey elemanların deprem kuvveti gibi yatay olarak etkiyen kuvvetlerde yapının homojen davranış göstermesine engel teşkil etmektedir. [10].



Şekil 3.3: Otel Giriş Kat Planı.

İstanbul'da özellikle 2000 yılından sonra sık rastlanan bina tipleri arasında Şekil 3.3'de gösterilen plan tipine sık rastlanır. Planda yapıda ki asimetrik şekiller ve katın brüt alanının yaklaşık yüzde ellisine tekabül eden boşluklar yapının yatayda döşeme süreksizliği düzensizliği göstermesi anlamına geliyor. Binanın deprem kuvvetine maruz kalması esnasında düzlem içi rijitliğe sahip olması mühimdir.

Döşemelerin kirişlerle birlikte, deprem kuvvetleri ile katlardaki kütlelerin oluşturduğu kuvvetleri düzlem içindeki rijitlikleri sayesinde düşey elemanlara sağlıklı şekilde aktarılması gerekmektedir. Yapıda ki boşluk durumu daha dengeli fakat yine de deprem yükleri açısından tehlike arz edebilecek durumdadır [10],[23].

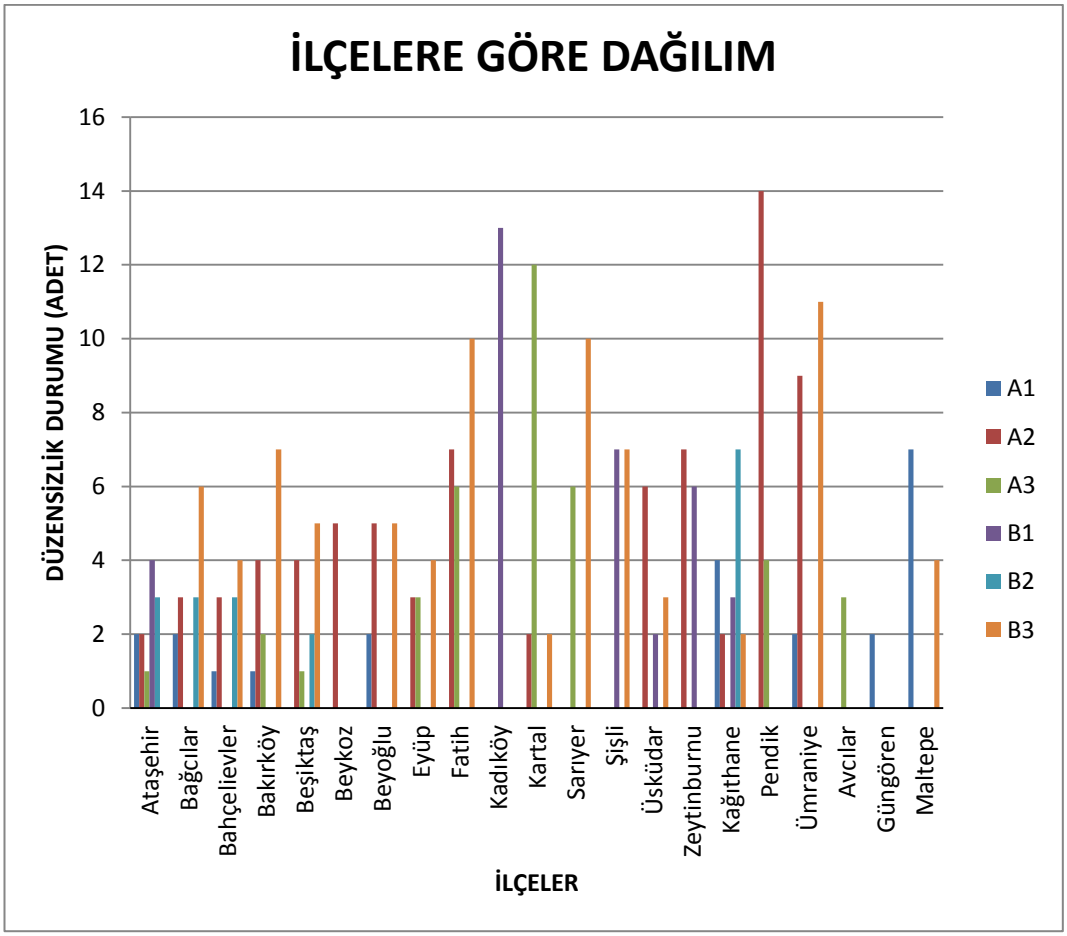


Şekil 3.4: Bina Kesiti.

Şekil 3.4'de ifade edilen projenin plan ve kesitlerinde düşey taşıyıcı elamanlar aynı doğrultuda devam ederken, inşa edilmiş binada projeye aykırılıklar bulunmaktadır. Özellikle 2.bodrum katta yer alan dükkanda daha fazla alan kazanmak maksadıyla bir kolon kesilmiştir.Bu katta bodrum ve giriş katların taşıyıcıları üst üste otururken diğer iki katta farklı noktalarda konumlanmaktadır. Bodrum kattan üst katlara kadar takip edilmeyen bu taşıyıcı sistem taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizlik düzensizliği anlamına gelmektedir [10],[23],[24].

Bu çalışmada yaklaşık İstanbul genelinde yaklaşık 275 adet bina örneği veya projesi incelendi. Merkezi konumda olan 1. ve 2. Deprem bölgelerinde yer alan ilçelerden muhtelif özellikteki binalarda çeşitli nedenler yüzünden düzensizlik kriterlerine uymayan durumlar aşağıda nicelik olarak ifade edilmiştir.

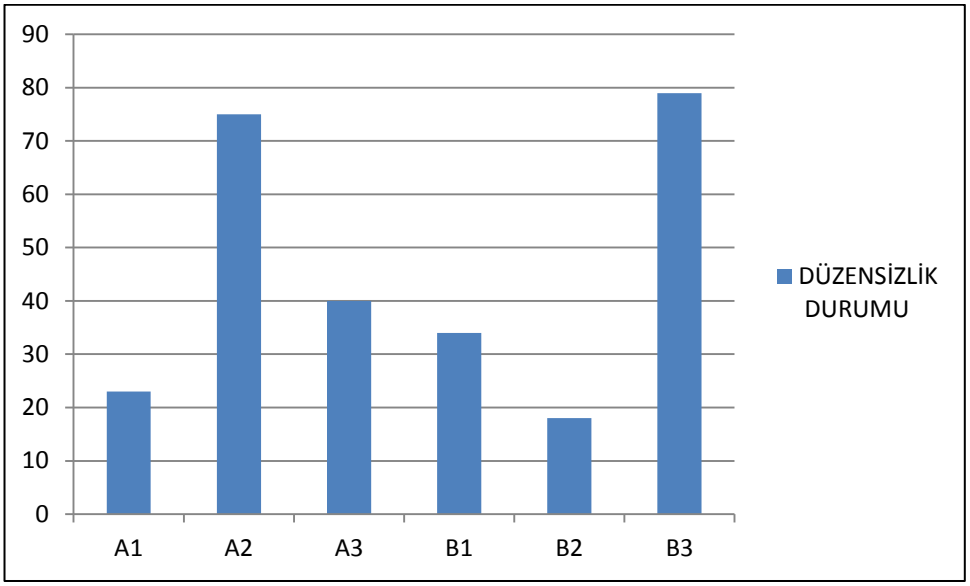
Tablo 3.1: İlçelere göre dağılım durumu.



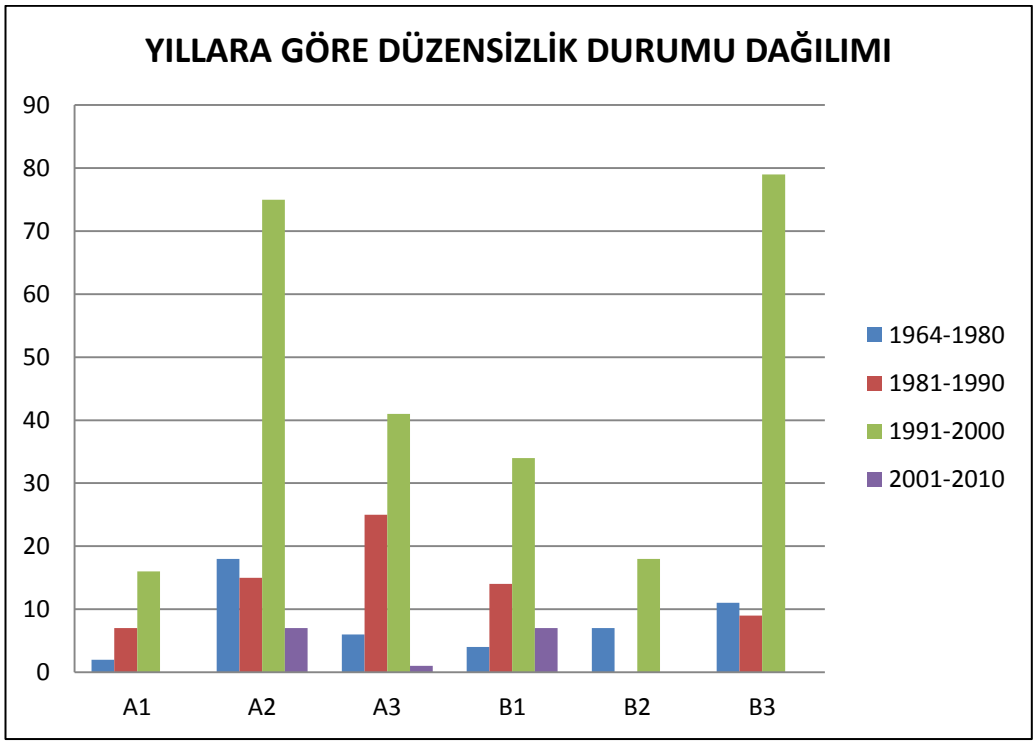
Genel olarak İstanbul'un merkezi konumda olan nüfusun yüzde sekseninden fazlasının yaşadığı 21 ilçesinde 1960'lı yıllardan günümüze kadar olarak inşa edilen yapıların düzensiz olarak tespit edilen binaların projeleri incelendi. Her ilçe ve bölgenin kendine has çeşitli sebepler ile düzensizlik tiplerinden bazılarının yoğun olarak yapıldığı anlaşılmaktadır. Bu sebepler kentsel planlama ve diğer sebepler olarak 5. Bölümde anlatılmaktadır.

21 ilçede bütün olarak bakıldığında nicelik itibariyle B3 ve A2 düzensizlik tipine rastlanılmaktadır.(Tablo 3.2)

Tablo 3.2: Düzensizlik durumu.



Tablo 3.3: Yıllara göre düzensizlik durumu dağılımı.

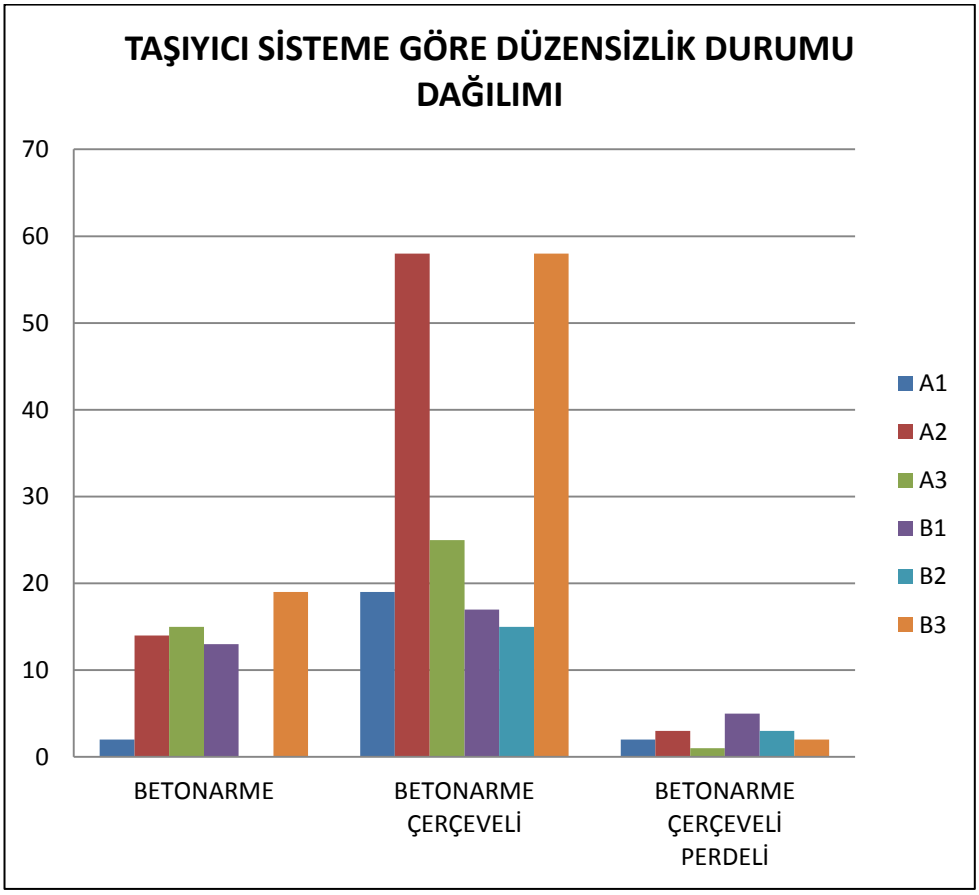


Tablo 3.3'de belirtilen grafiğe göre 1990 ile 2000 yılları arasında inşa edilen yapılarda düzensizlik kriterleri 5.Bölümde ifade edilen sebepler neticesinde en uyumsuz bir şekilde uygulandığı görülmektedir. 1990 ve öncesinde inşa edilen yapılarda ise nispeten daha az düzensizlik kriterlerine uyumsuzluk gözükmektedir.

Söz konusu incelenen yapılar ruhsatlı binalar baz alınarak incelenmiştir. Ruhsatsız yapılan binaların yoğun olduğu 2000 ve öncesinde inşa edilen yapılarda diğer dayanım mukavemet özellikleri inşa edilme teknikleri yönünden günümüz teknolojisi ve standart ile yönetmeliklerine aykırılığın en fazla olduğu aşikardır.

Taşıyıcı sistem özelliklerine göre betonarme-çerçeveli-perdeli sistem ile inşa edilen yapılarda düzensizlik durumunun en az olarak görüldüğü Tablo 3.4'e göre söylenebilir. Yalnızca Betonarme olarak inşa edilen yapıların Betonarme-çerçeveli olarak inşa edilen yapılara göre nispeten daha az düzensizlik özelliklerine sahip olması bu yapıların diğer teknik özellikleri bakımından dayanımlı olduğu anlamına gelmemektedir. Yalnızca betonarme olarak inşa edilen yapılar genellikle 1980 öncesi inşa edilen yapılardır. Bu yapılar düzensizlik kriterlerine yönünden sonraki yıllarda inşa edilen yapılara göre nispi olarak daha fazla uyumlu olduğu söylenebilir.

Tablo 3.4: Taşıyıcı sisteme göre düzensizlik durumu dağılımı.



4.YAPISAL DÜZENSİZLİĞİN KENTSEL DEPREM RİSKİNE ETKİSİ

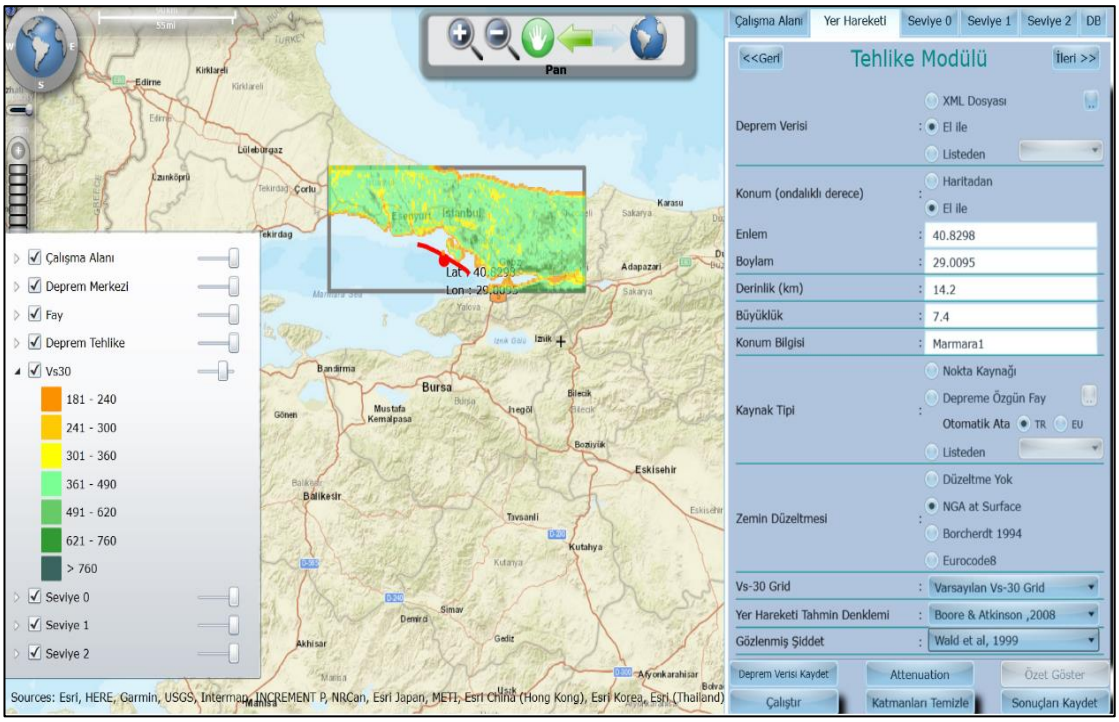
4.1.İstanbul'da Zeytinburnu İlçesinde Bulunan Bina Stokunun Yapısal Düzensizliğinin Kentsel Deprem Riskine Etkisi

Çalışma kapsamında İstanbul ili Zeytinburnu ilçesi bina stoku üzerinde [Zülfikar, 2014] tarafından yapılan deprem hasar tahmin analizi sonuçları kullanılmış ve yapısal düzensizliğin bu sonuçları ne oranda değiştireceği değerlendirilmiştir. Analizlerde internet tabanlı deprem hasar tahmin algoritması kullanılmıştır [25].

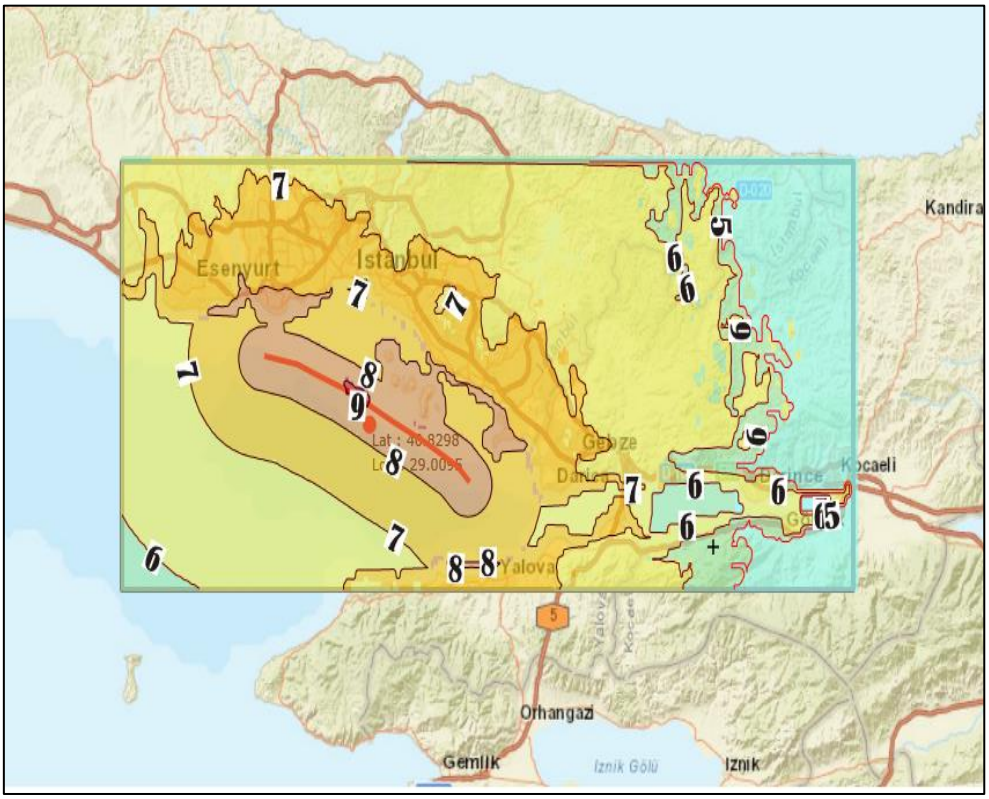
Analizde kullanılan internet tabanlı deprem hasar tahmin algoritması ara yüzü Şekil 4.1'de verilmiştir.

Şekil 4.1: İnternet tabanlı deprem hasar tahmin algoritması arayüzü.

Deprem hasar tahmin analizi kapsamında yapılan deprem tehlike analizi İstanbul kapsamında gerçekleştirilmiş, analiz parametreleri ve girdileri Şekil 4.2'de verilmiştir. Buna göre Marmara denizinde ana Marmara Fayı üzerinde 7.4 büyüklüğünde bir senaryo deprem tehlike analizi yapılmıştır.



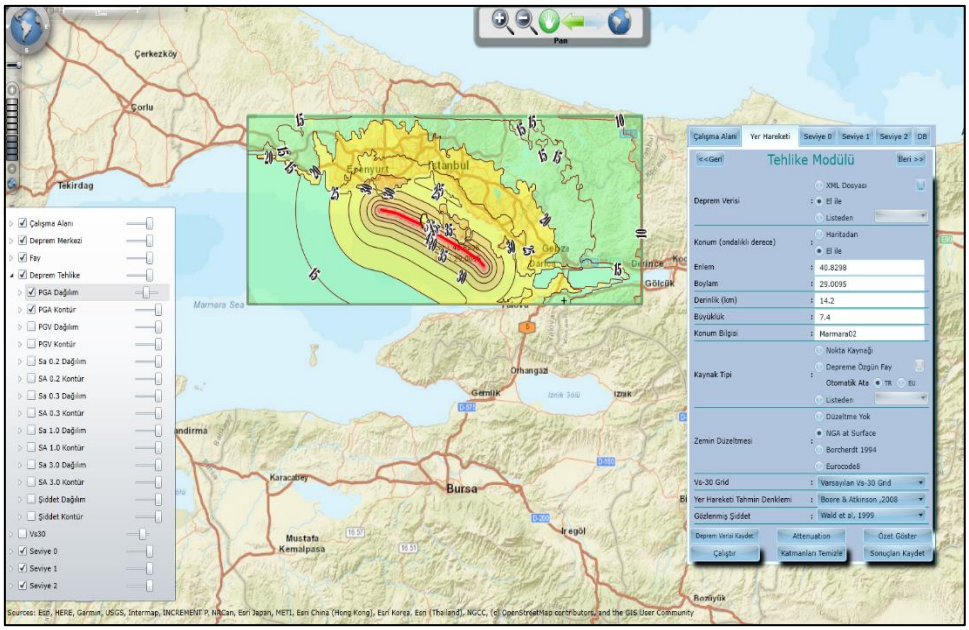
Şekil 4.2: Deprem tehlike analizi parametreleri ve girdileri.



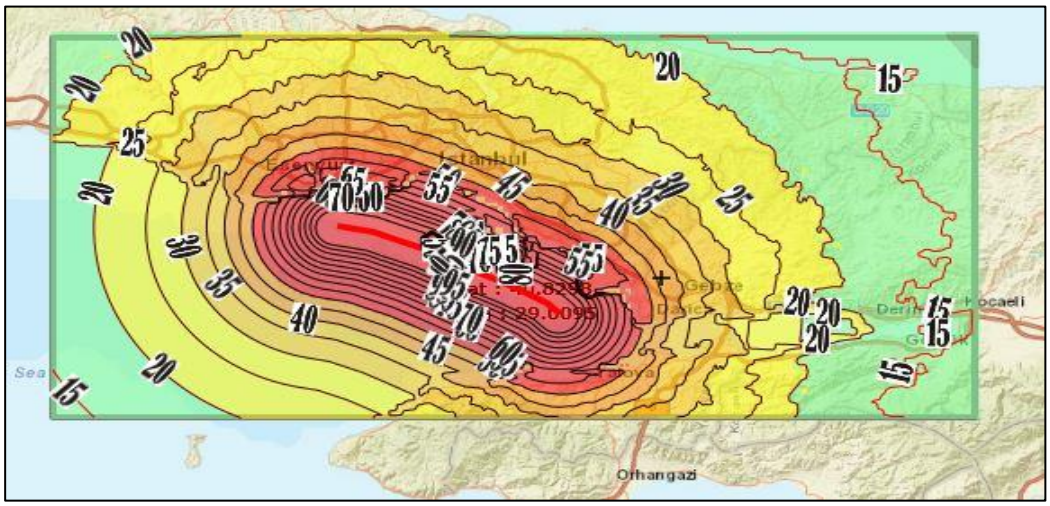
Şekil 4.3 Deprem tehlike analizi Şiddet dağılımı.

Deprem tehlike analizi sonucunda elde edilen Şiddet, PGA (Pik Yer İvmesi), 0.2sn ve 1.0sn periyotlu Spektral İvme (Sa) dağılımları sırası ile Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 , Şekil 4.6. ve Şekil 4.7'de verilmiştir.

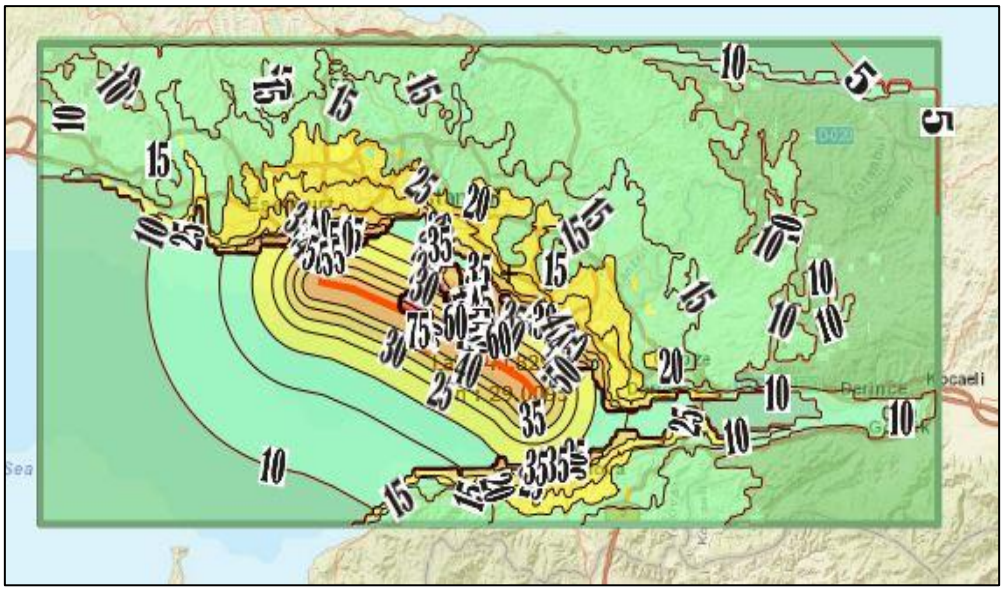
Çalışmanın hasar tahmin analizi kısmı Zeytinburnu ilçesi ile sınırlandırılmıştır. Bina stoku 1980 yılı öncesi ve 1980-2010 yılları arası olmak üzere iki farklı zaman periyodu için değerlendirilmiştir. Zeytinburnu ilçesi bina stok durumu analiz hücresine düşen bina sayısına göre Şekil 4.7'de verilmiştir.



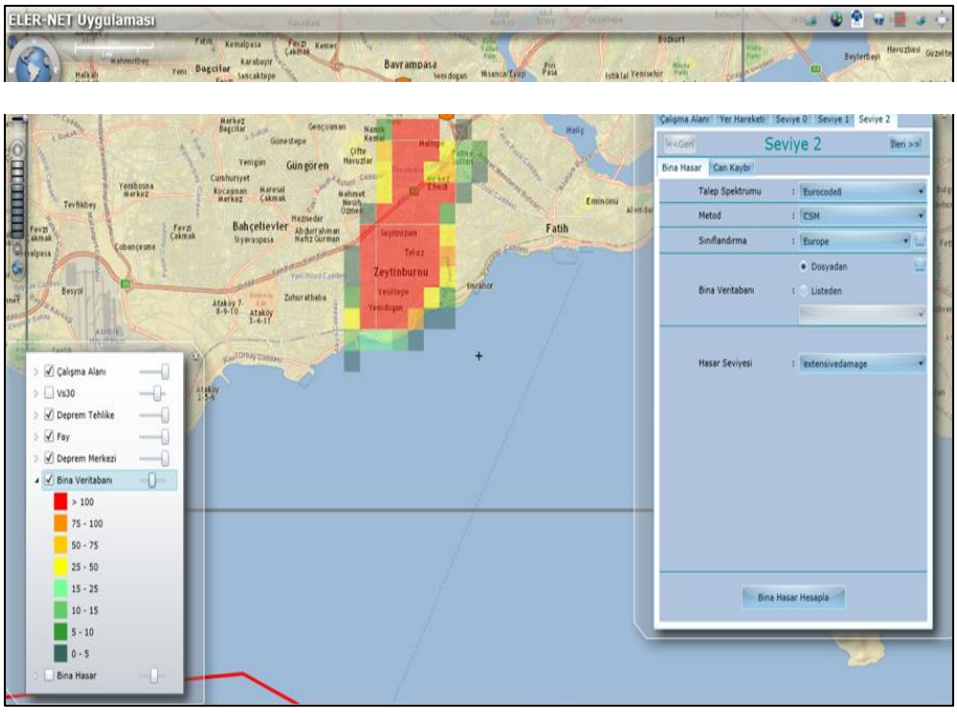
Şekil 4.4: Deprem tehlike analizi PGA (Pik Yer İvmesi) dağılımı.



Şekil 4.5. Deprem tehlike analizi 0.2sn periyotlu Spektral İvme (Sa) dağılımı.



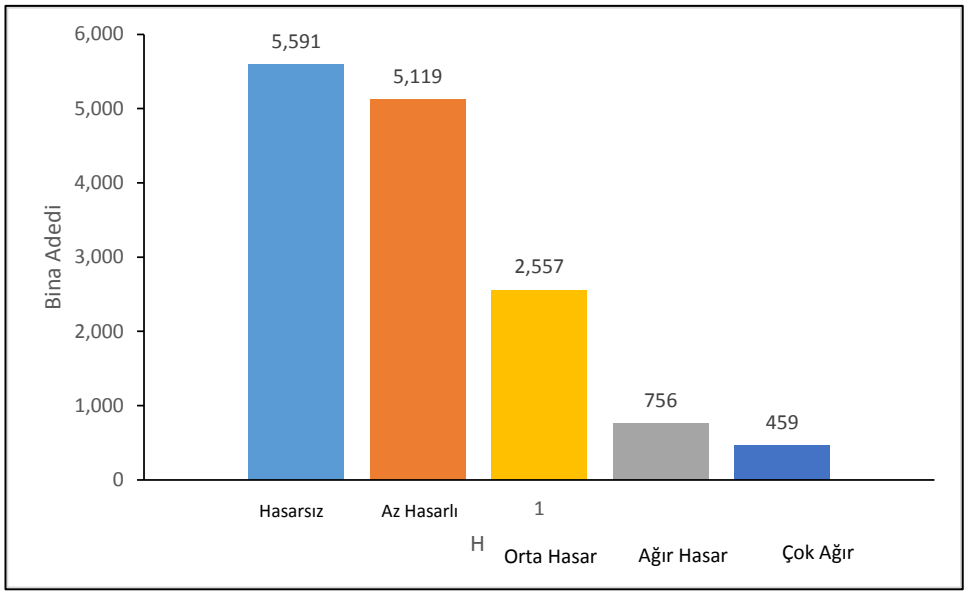
Şekil 4.6:. Deprem tehlike analizi 1.0sn periyotlu Spektral İvme (Sa) dağılımı.



Şekil 4.7: Zeytinburnu ilçesinin bina veritabanını gösteren harita.

Çalışma kapsamında incelenen Zeytinburnu ilçesinde 2010 yılı itibari ile mevcut bina sayısı 14,482'dir. Bu bina sayısının 4,451 adedi 1980 yılı öncesi, 10,031 adedi sonrası inşa edilmiştir. Mevcut veriye göre toplam bina sayısının %87'si Betonarme Çerçeve, %12'si Yığma ve geriye kalan %1 ise diğer bina tiplerini içermektedir.

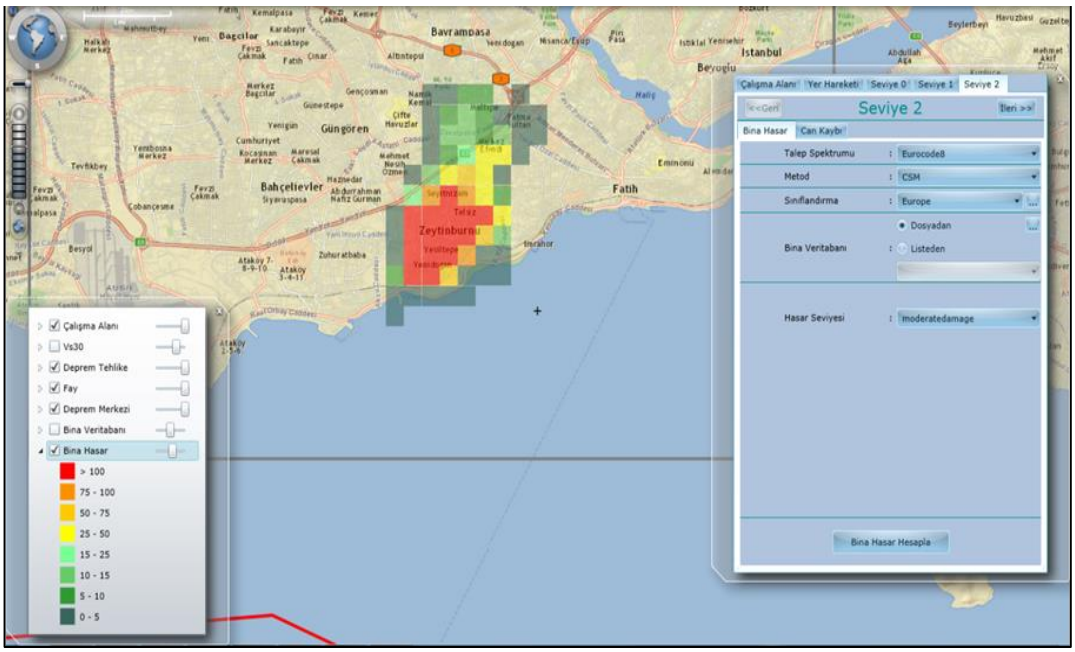
Bina hasar analizinde kullanılan yöntemler [Zülfikar, 2014] çalışmasında ayrıntılı olarak verilmiş Bölüm 4.2'de özetlenmiştir. Bu çalışma kapsamında bina hasar analizlerinde kapasite spektrum yöntemi kullanılmıştır. Yapısal düzensizliğin yansıtılmadığı bina hasar analizlerinde mevcut bina stokunun %3.2'sinin çok ağır hasar, %5,2'sinin ağır hasar, %17,6'sının orta hasar ve %35,3'ünün de az hasar riski ile karşı karşıya olduğu görülmüş, Şekil 4-8'de grafik olarak gösterilmiştir. Şekil 4.9'da ise orta hasarlı binaların dağılımı harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Zeytinburnu ilçesi için senaryo depremine göre bina hasar dağılımı.

Bu çalışma kapsamında yapısal düzensizliğin bina deprem hasarına etkisini incelenmesi aşamasında düzensiz bina sayısının toplam bina sayısına oranında Bölüm 3'de açıklanan yıllara göre düzensiz bina sayısı verisi kullanılarak aşağıdaki şekilde bir kabul yapılmıştır:

- 1980 öncesi dönemde düzensiz bina sayısının toplam bina sayısına oranı %3
- 1980-2000 yılları arasında düzensiz bina sayısının toplam bina sayısına oranı %10
- 2000 sonrası dönemde düzensiz bina sayısının toplam bina sayısına oranı %2

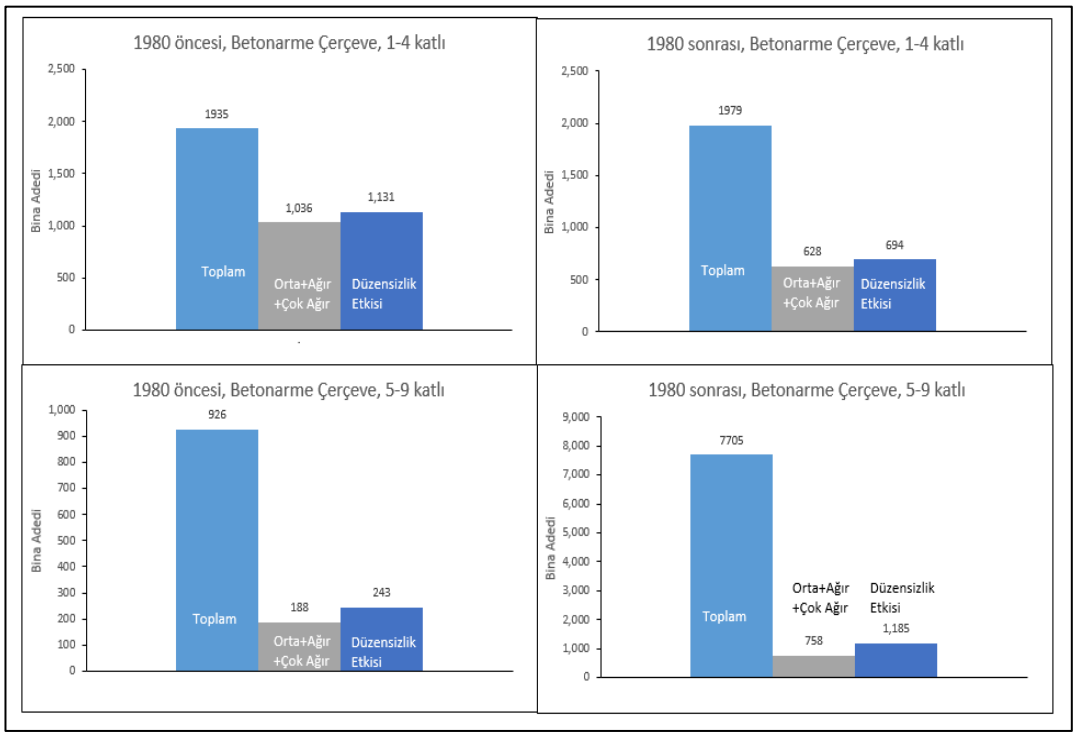


Şekil 4.9: Zeytinburnu ilçesi için senaryo depremine göre orta hasarlı bina dağılımı.

Yapısal düzensizliğin bina hasarlarında olan etkisini değerlendirebilmek için yapılan analizlerde [26], [27] ve [28] tarafından yapısal düzensizliğin kırılganlık eğrileri üzerine etkileri çalışmaları dikkate alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

i) 1980 öncesi inşa edilen Betonarme Çerçeve 1-4 katlı yapı stokunda yapısal düzensizlikten dolayı Orta, Ağır ve Çok Ağır hasarlı bina sayısında %4.9 oranında bir artış görülmüştür.
ii) 1980 sonrası inşa edilen Betonarme Çerçeve 1-4 katlı yapı stokunda yapısal düzensizlikten dolayı Orta, Ağır ve Çok Ağır hasarlı bina sayısında %3.4 oranında bir artış görülmüştür.
iii) 1980 öncesi inşa edilen Betonarme Çerçeve 5-9 katlı yapı stokunda yapısal düzensizlikten dolayı Orta, Ağır ve Çok Ağır hasarlı bina sayısında %5.9 oranında bir artış görülmüştür.
iv) 1980 sonrası inşa edilen Betonarme Çerçeve 5-9 katlı yapı stokunda yapısal düzensizlikten dolayı Orta, Ağır ve Çok Ağır hasarlı bina sayısında %5.5 oranında bir artış görülmüştür.

Analiz sonuçları toplam bina sayısı, düzensizliğin dikkate alınması ve alınmaması durumuna göre Şekil 4.10'da Orta, Ağır ve Çok Ağır Bina sayısına göre verilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde her ne kadar 1980 sonrası yapısal düzensizlik sayısında bir artış olsa da hasara etkisinde kat sayısının önemli olduğu görülmüş, yapısal düzensizliğin 5-9 katlı binalarda, 1-4 katlı binalara göre daha fazla hasar etkisi meydana getirdiği görülmüştür.



Şekil 4.10.: Bina sınıflarına göre yapısal düzensizliğin etkisi.

4.2. Hasar Analizinde Kullanılabilen Tahmin Yöntemleri

Spektral ivme-yer değiştirmeye dayanan hasar görebilirlik değerlendirme yöntemi, bina hasar tahmini için değerlendirilir. Aşağıdaki yöntemler analizler için seçilebilir:

- Kapasite Spektrum Yöntemi (Capacity Spectrum Method-CSM)
- Değiştirilmiş İvme-Yerdeğiştirme Spektrum Yöntemi(Modified Acceleration- Displacement Response Spectrum Method-MADRS)
- Azalım Faktörü Yöntemi (Reduction Factor Method-RFM)
- Katsayı Yöntemi(Coefficient Method-CM)

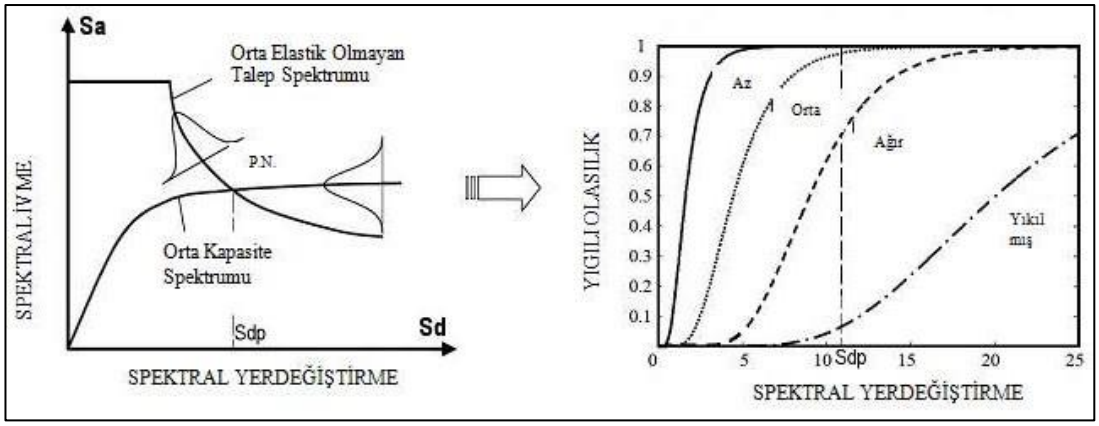
Bu çalışmada genel olarak Kapasite Spektrum yönteminden bahsedeceğiz. Yapısal hasar görebilirliğin analitik değerlendirmesi için geliştirilen Kapasite Spektrum Yöntemi yapıların (eşdeğer tek serbestlik dereceli-TSDS modelleri tarafından temsil edilen) deprem performansını, spektral ivmeye (Sa) karşı spektral yer değiştirme (Sd) koordinatlarının (bu nedenle terminoloji: kapasite spektrumu ve talep spektrumu) çizildiği eğrilerde, yapısal kapasitelerini ve deprem talebini karşılaştırarak değerlendirir. Dikkate alınan binanın doğrusal olmayan davranışını hesaba katmak için, yer hareketinin %5 azaltılmış-sönümlü elastik yer tepki spektrumunun (Sa-Sd veya ADRS (sözde ivme-yer değiştirme tepki spektrumu) formatında) kullanımı bu yöntemin temel anahtarıdır. Deprem yer sarsıntısına karşı bina yapısının performansı, eşdeğer doğrusal olmayan tek serbestlik dereceli sistemlerin kapasite spektrumu ve deprem talep spektrumunun kesişiminde yer alan performans noktası tarafından tanımlanırlar. Performans noktasının elde edilmesinden sonra, hasar, kırılganlık eğrilerinin aracılığıyla elde edilir. Kırılganlık eğrileri hasar seviyesine eşitliği veya aşımının olasılığını hasarın log-normal dağılımı varsayımıyla hesaplar. Kapasite Spektrum Yönteminin ana bileşenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Deprem Talebinin Gösterimi : Talep Spektrumu
- Yapısal Kapasitenin Gösterimi: Bina Kapasite Spektrumu
- Yapısal Tepkinin Değerlendirilmesi : Performans Noktası
- Hasar Olasılığının Gösterimi : Kırılganlık Eğrileri

Bu yöntemin şematik bir tanımı Şekil 4.11'de tanımlanmıştır. Yer hareketi için elastik olmayan ivme-yer değiştirme spektrumu (deprem talep spektrumu), binanın kapasitesi (kapasite spektrumu) ve kırılganlık ilişkileriyle birleştirilmiştir. Kapasite ve talep eğrileri üzerine çizilmiş olasılık dağılımları, performansın ilişkili belirsizliğini ve olasılığını belirtir. Bu spektrumların kesişimleri beklenen performans seviyesini (performans noktası) verir. Performans noktasının konumunda önemli derecede belirsizlik vardır ve kırılganlık eğrileri problemin bu olasılıksal niteliğini tanımlayabilmelidir.

Kapasite spektrum yöntemi, yaklaşık bir yöntemdir. Bu yöntem esas olarak, deprem etkisi altında ciddi plastik deformasyonlar yapan çok katlı bir bina gibi

karmaşık doğrusal olmayan birçok serbestlik dereceli sistemin, elastik olmayan uygun bir seviye ile eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem olarak modellenebileceğini varsayar. Yöntemin avantajı basitliğidir, zaman tanım alanında analizlerinin uygulanmasına gerek yoktur.



Şekil 4.11: Spektral kapasite bazlı hasar görebilirlik ve hasar değerlendirme yöntemi.

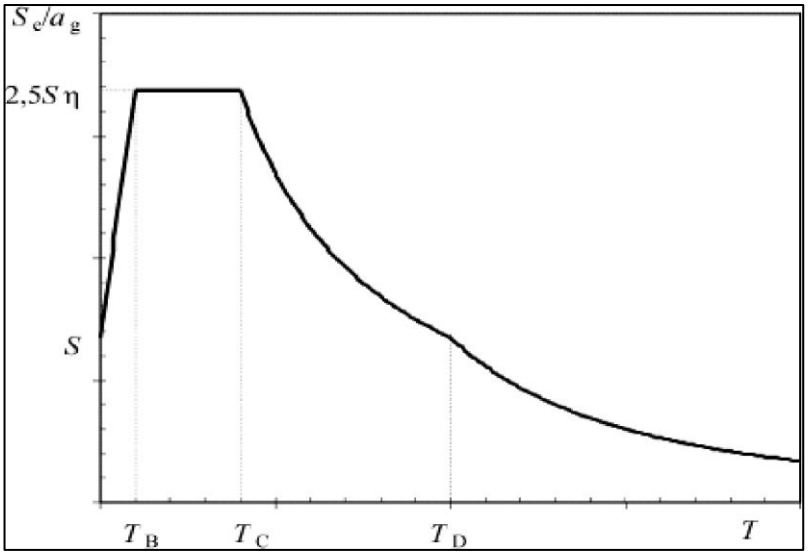
Deprem talebi % 5-sönümlü elastik tepki spektrumuyla gösterilir. Tepki spektrumunun izahında iki yönetmelik de kullanılabilir.

- Euro Code 8 Spektrumu
- IBC 2006 Spektrumu

- Euro Code 8-EC8 (Avrupa Standartlar Komitesi CEN, 2003)

Eurocode 8 standartı, yer hareketlerinin yatay bileşenleri için iki tipte elastik ivme tepki spektrumu önermiştir: Tip 1 ve Tip 2. Elastik Tepki Spektrumunun şekli, deprem hareketinin iki seviyesi için de aynı alınmıştır (Şekil 4.12).

Olasılıksal tehlike değerlendirmesinde, zemin için tanımlanan deprem tehlikesine daha çok katkıda bulunan depremlerin, yüzey dalgası büyüklüğü Ms, 5.5'den küçük olması durumunda, Tip 2 spektrumunun uygulanması tavsiye edilmektedir. Tip 1 spektrumu, büyüklüğü 5.5'den büyük olan depremler için kullanılır.



Şekil 4.12: Yatay Doğrultu Elastik Tepki Spektrumunun şekli.

Yatay elastik tepki spektrumu şu şekilde tanımlanır:

- ag : A tipi zemindeki tasarım yer ivmesi
- TB, TC : Sabit spektral ivme bölgesinin sınır periyotları
- TD : Spektrumun sabit yerdeğiştirme bölgesinin başlangıcını tanımlayan periyot
- S : Zemin faktörü
- η : Sönüm düzeltme faktörü

Kullanılacak her bir zemin tipi ve spektrum tipi (şekli) için TB, TC, TD ve S değerleri, aynı zamanda farklı sönüm seviyeleri için sönüm düzeltmeleri, Eurocode 8' de verilmiştir.

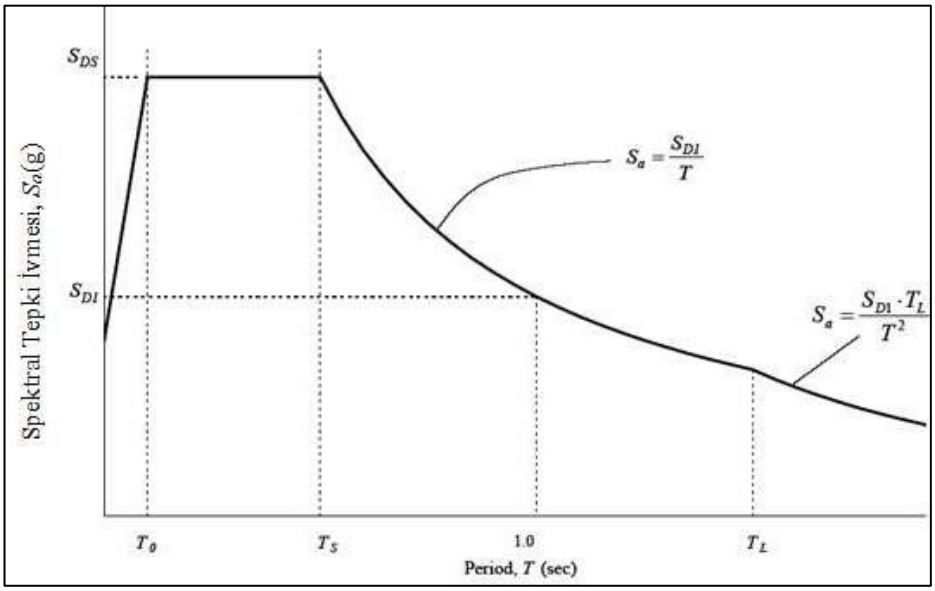
- International Building Code-IBC 2006 (Uluslararası Bina Yönetmeliği)

Uluslar arası bina yönetmeliğinde genel bir yatay elastik ivme tepki spektrumu şu şekilde tanımlanır. (Şekil 4.13).

S_S, S :, kısa periyotlar ve 1-sn periyodundaki spektral ivmeler olarak S_{DS}, S_{D1} belirtilen zemin sınıfı ve sönüm değeri için tanımlanmış kısa periyot ve 1-sn periyodu tasarım

tepki spektrum ivmeleri T_0, T_S , Sabit spektral ivme bölgeleri köşe periyotları, T_0=0.2T_S ve T_S= S_{D1}/S_{DS} olarak verilmiştir.
T_L, Uzun periyot-geçiş periyotu ise bölgesel bağımlı bir parametredir ve burada TL=5s olduğu varsayılmıştır.

Zemin ve sönüm düzeltme için önerilen değerler, Uluslar arası bina yönetmeliğinin ilgili bölümünde verilmiştir.



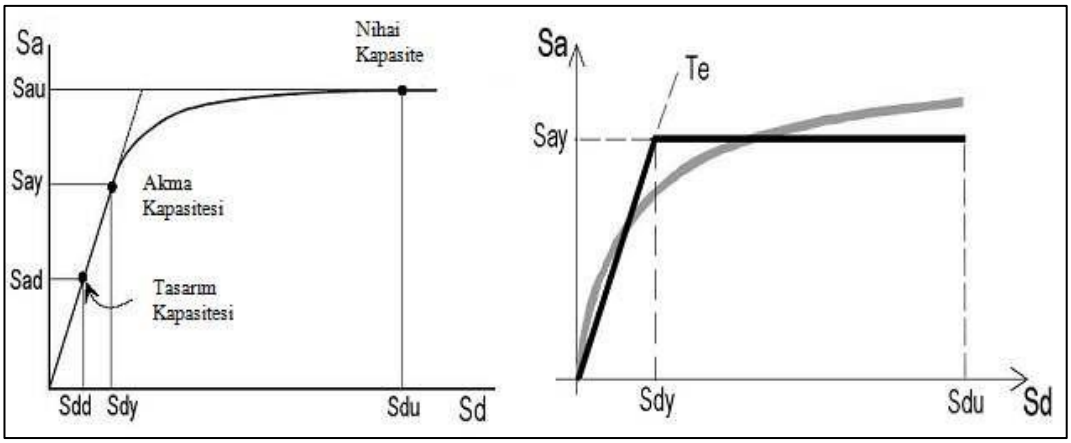
Şekil 4.13: Yatay elastik tepki spektrumunun biçimi.

- Bina Kapasitesinin Gösterimi

Bina kapasite eğrisi, binanın yanal yükler altındaki dayanımının karakteristik yanal yer değiştirmenin bir fonksiyonu olarak ifadesidir ve yapının elastik olmayan yapısal kapasitesini belirtmektedir. Kapasite spektrumu, monoton bir şekilde artan yatay yüklerin yapıya etkitilmesi ve karakteristik şekil değiştirmelerin (genellikle çatı seviyesindeki yer değiştirme) yatay yüke karşı çizildiği "statik itme analizi" analizlerinden tahmin edilebilir. Kapasite spektrumuna dayanan hasar görebilirlik analizleri, sistemin taban kesme (V) ve tepe katı yer değiştirmesi (D) ile nitelendirilen statik itme analizi eğrilerinin, bağlantılı talep spektrumuyla doğrudan karşılaştırılması için, spektral ivme (Sa) ve spektral yer değiştirme (Sd) ile nitelendirilen eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin (TSDS) kapasite spektrumuna dönüştürülmesini gerektirir.

Her bir bina tipi için kapasite spektrumu, eğimin bina sınıfının tipik doğal titreşim frekansına sahip olduğu başlangıç doğrusal bölümüne sahiptirler ve statik yanal kuvvetlere karşı dayanımın erişilebileceği maksimumda spektral ivmenin plato seviyesine yükselirler.

Örnek olarak, bir kapasite spektrumu Şekil 4.14'de gösterilebilir. Görüldüğü gibi, kapasite spektrumu tasarım, akma ve nihai kapasite noktaları tarafından kontrol edilir. Bu noktalar, hasar sınır düzeyleriyle ilişkilendirilebilir.



Şekil 4.14: Tipik yapısal kapasite spektrumu ve sadeleştirilmiş şekli.

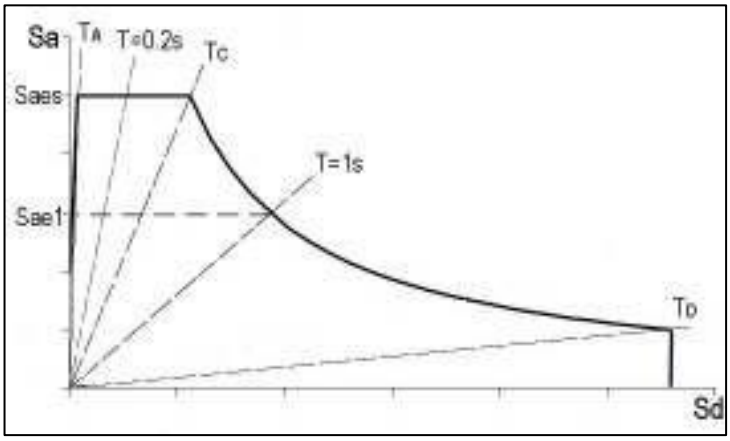
- Talep Spektrumu ve Performans Noktası

Kapasite spektruma dayanan hasar görebilirlik analizlerinin kullanımı için, elastik %5 sönümlü tepki spektrumları (spektral ivmenin periyot formatına karşı çizildiği, Sae, T), spektral ivmenin, spektral yer değiştirmeye karşı çizildiği Sa-Sd formatına aşağıda verilen dönüşüm aracılığıyla çevrilir:

$$Sde = \left(\frac{T^2}{4\pi^2}\right) Sae \tag{4.1}$$

Sa-Sd formatında çizilmiş standartlaştırılmış spektrumunu Şekil 4.15'de göstermektedir. Doğrusal olmayan statik yöntemler, performans noktasını (hedef yerdeğiştirme) tahmin etmede yaygın olarak kullanılmaktadır. En çok kullanılan üç yöntem (yönetmelik temelli) şöyledir:

Kapasite Spektrum Yöntemi, bunun yakın zamanda değiştirilmiş ve geliştirilmiş versiyonu Modifiyeli İvme-Yer değiştirme Spektrum Yöntemi ve başlangıçta birleştirilmiş Katsayı Yöntemi.



Şekil 4.15: Sa-Sd formatında çizilmiş Spektrum eğrisi (TA, TC ve TD karakteristik periyotları göstermektedir. Saes ve Sae1 sırasıyla, kısa ve 1s periyotlu spektral (elastik) ivmeleri belirtmektedir).

Kapasite Spektrum Yöntemi, eşdeğer doğrusal tek serbestlik dereceli sistem modelinin tepkisini tahmin etmede, etkin periyot ve sönüm için ampirik olarak çıkarılmış ilişkileri kullanan eşdeğer doğrusallaştırmanın bir şeklidir. Değiştirilmiş İvme-Yerdeğiştirme Spektrum Yöntemi, temel olarak Kapasite spektrum Yönteminden elastik talep eğrisinin azalımında farklılık göstermektedir.

Eşdeğer doğrusallaştırmadaki temel varsayım, doğrusal olmayan tek serbestlik dereceli sistemdeki maksimum yer değiştirmenin, doğrusal olmayan sistemin başlangıç değerlerinden daha büyük periyot ve sönüm oranına sahip olan doğrusal elastik tek serbestlik dereceli sistemin maksimum yer değiştirmesinden tahmin edilebilir. Doğrusal olmayan sistemin maksimum elastik olmayan yer değiştirmelerini tahmin etmek için kullanılan elastik tek serbestlik dereceli sistem genellikle eşdeğer veya yedek sistem gibi dikkate alınmaktadır. Benzer olarak, elastik sistemin titreşim periyotu ve sönüm oranı çoğunlukla, sırasıyla eşdeğer periyot ve eşdeğer sönüm oranı olarak dikkate alınmaktadır. Eşdeğer periyot, doğrusal olmayan sistemin başlangıç titreşim periyotundan ve maksimum yer değiştirme süneklik oranından, μ hesaplanır. Diğer taraftan, eşdeğer sönüm oranı, doğrusal olmayan sistemdeki sönüm oranının ve yer değiştirme süneklik oranın bir fonksiyonu olarak hesaplanır.

Katsayı Yöntemi, temelde, bina yapısının doğrusal-elastik eşdeğer tek serbestlik dereceli modelin tepkisini modifiye etmek için kullanılan birkaç ampirik olarak çıkarılmış faktörün bulunduğu spektral yer değiştirme modifikasyon yöntemidir.

Diğer doğrusal olmayan statik yöntem, elastik olmayan talep spektrumlarının standart (yönetmelik-temelli) hale getirilmiş elastik tasarım spektrumlarından indirgeme faktörüne dayanan süneklik faktörünü kullanarak elde edildiği "N2" yöntemidir.

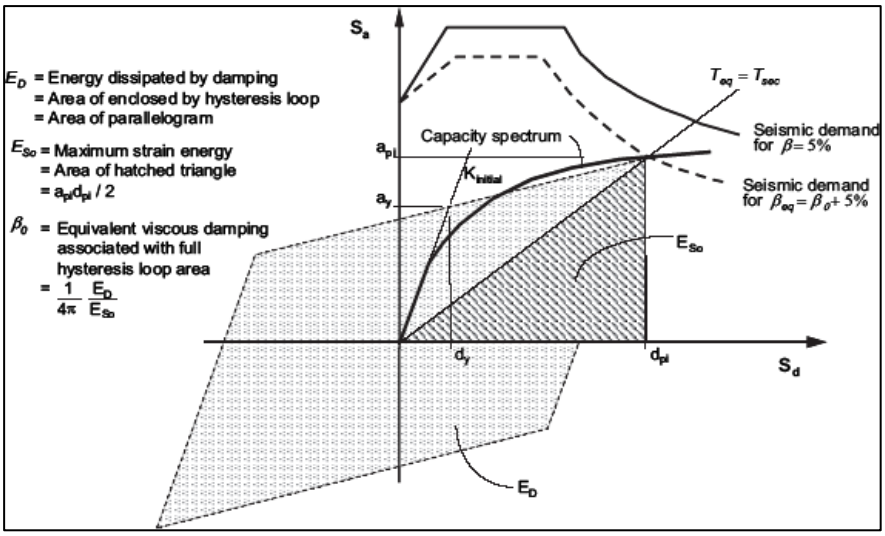
Bu dört yöntemin hepsi, taban kesme kuvveti ve bir kontrol noktasının (genellikle çatı seviyesinde konumlu) yatay yerdeğiştirme arasındaki ilişkileri sağlama amacıyla statik itme analizi eğrilerinin (eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem için kapasite spektrumu) geliştirilmesini gerektirmektedir. Farklılık temel olarak, talep spektrumu ve performans noktasının hesaplanmasındadır. Performans noktası hesaplamalarını izleyerek, hasar olasılıklarını kırılganlık eğrilerini kullanarak hesaplanması ve can kaybı tahmini tanımlanmıştır.

Kapasite spektrum yöntemi (CSM) , bina kapasite spektrumu ile doğrusal olmayan etkiler için azaltılmış talep tepki spektrumunun kesişimi olan performans noktasının tahmininde eşdeğer doğrusallaştırmayı kullanır. Performans noktası, yapının deprem kapasitesinin verilen yer sarsıntısı Uygulamalı Teknoloji Konseyi (ATC-40) tarafından maruz kaldığı deprem talebine eşit olduğu durumu temsil eder.

Bina elastikten elastik olmayan davranışa geçerken histeretik sönümleme artışını dikkate almak adına efektif sönüm için spektral azalım faktörleri tanımlanmıştır. Efektif sönüm (eşdeğer sönümleme, β eq) kapasite eğrisinin, beklenen yer değiştirme miktarının ve sonuç histeresis eğrisinin bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir. Şekil 6.9'da bina kapasite spektrumu ile eşdeğer viskoz sönümlemesi %30'dan az olan ve görece kısa süreli deprem etkisindeki sünek bir bina için idealize edilmiş histeresis eğrisi görülmektedir. Bina tarafından sönümlenen histeretik enerjinin daha gerçekçi tahmin edilebilmesi için efektif viskoz sönümleme (β eff) konsepti, sönüm modifikasyon katsayısı (β) eklenerek düzenlenmiştir. Şekil 4.16'dan yola çıkarak efektif sönüm aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\beta eff = \kappa\beta 0 + 5 = 63{,}7\kappa(ay.dpi - dy.api)/(api.dpi))+5 \qquad (4.2)$$

β_0 histeretik sönüm olarak adlandırılır ve "5 sayısı" binanın yapısal %5 viskoz sönümlemesini ifade eder (bu değer sabit kabul edilir).



Şekil 4.16: İdealize edilmiş histeretik sönümlemenin grafiksel sunumu ve %5 sönümlenmiş elastik talep spektrumunun azalımı (ATC-40'dan sonra modifiye edilmiştir).

κ katsayısı yapısal davranışa ve depremin süresine bağlıdır. ATC-40 üç farklı kategoride yapısal davranış sunar: Tip A- stabil, tam histeresis eğrileri, Tip B- kısmen azalmış histeretik davranış ve Tip C- zayıf histeretik davranış kategorisine karşılık gelir.

Tablo 4.1: Yapısal davranış tipleri.

Deprem Süresi	Yeni Yapılmış Bina	Ortalama Bina	Zayıf Bina
Kısa	Tip A	Tip B	Tip C
Uzun	Tip B	Tip C	Tip C

Tablo 4.1 Deprem anında çeşitli bina türlerinin yapısal olarak davranış tiplerine göre sınıflandırmaktadır. Tablo 4.2 'de ise β değerinin çeşitli yapısal davranış tiplerine göre değerini ifade etmektedir. Tablo 4.2'de β ve κ değerleri çeşitli formüller neticesinde elde edilir.

Tablo 4.2: β değerinin değişimi.

Yapısal Davranış Tipi	β_0	κ
Tip A	≤ 0.1625 > 0.1625	1.0 1.13 – 0.51(π/2) β_0
Tip B	≤ 0.25 > 0.25	0.67 0.845 – 0.446(π/2) β_0
Tip C	Herhangi bir değer	0.33

Azalmış talep spektrumunu elde etmek için ATC-40 aşağıdaki spektral azalım katsayılarını kullanır:

$$SR_A = \frac{3.21 - 0.68 \ln(\beta_{eff})}{2.12} \tag{4.3}$$

$$SR_V = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}{1.65} \tag{4.4}$$

SRA ve SRV sırasıyla, %5 sönümlenmiş elastik talep spektrumunun sabit ivme ve sabit yer değiştirme bölgelerine uygulanır. SRA ve SRV Tablo 4.3'te verilen değerler ile sınırlandırılmıştır.

Tablo 4.3: Minimum kabul edilebilir spektral azalım katsayıları.

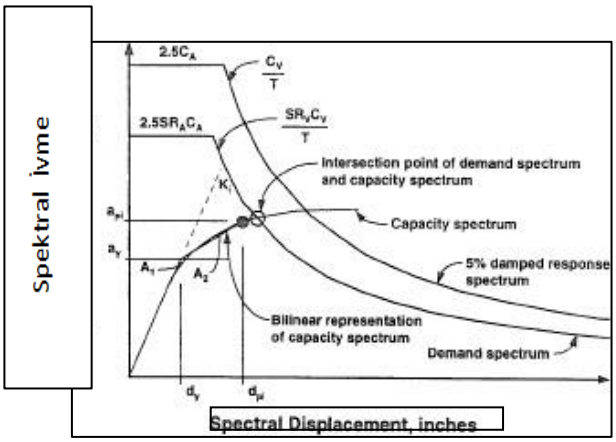
Yapısal Davranış Tipi	SR_A	SR_v
Tip A	0.33	0.50
Tip B	0.44	0.56
Tip C	0.56	0.67

Performans noktasının belirlenebilmesi için iki kriterin sağlanması gerekir:

i) nokta kapasite spektrumunun üzerinde yer almalıdır. Böylece verilen deplasman değerinde binayı temsil edebilir.

ii) nokta aynı yapısal deplasman değerinde doğrusal olmayan talebi gösteren talep azalım spektrumunda yer almalıdır. Bunun için deneme yanılma yöntemine

dayanan üçlü iterasyon yöntemi ATC-40 tarafından tavsiye edilmiştir. A işleyişi, Kapasite spektrum yöntemi uygulamasıyla kullanılmaktadır. A işleyişinde öncelikle bir tahmini performans noktası (api, dpi) seçilir, daha sonra çift doğrusal kapasite spektrumu ve azalmış talep spektrumu aynı grafiğe çizdirilir. Talep spektrumunun kapasite spektrumu ile çakıştığı noktanın (api, dpi) noktası olup olmadığı veya bu kesişim noktasına karşılık gelen deplasman değeri di'nin kabul edilebilir ve tolerans aralığında olup olmadığı (dpi) belirlenir. Şekil 4.17'de A işleyişi yardımıyla performans noktasının belirlenmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.17: Kapasite ve talep spektrumu, ve A işleyişinin son aşamasındaki performans noktası.

5.SONUÇLAR ve YORUMLAR

İstanbul genelinde incelenen binalar referans alındığında yapı düzensizlik kriterlerinin uygulanmayışında 4 ana sebep ortaya çıkmaktadır. Bu sebepler arasında aşağıdaki hususlar gösterilebilir.

- Alan kazanmaya yönelik uygulamalar
- Mimari tasarım
- Uygulama imar planları ile imar uygulamaları
- İmar yönetmelikleri

- Alan kazanmaya yönelik uygulamalar:

Yapı içinde düşey taşıyıcı elemanların sürekliliğini bozmak suretiyle mahalde genişletme yapılmaktadır. Özellikle kolonlar zemin katta bulunduğu konumdan üst katlarda en dış aksa kaydırılarak alan genişletilmesi yapılmıştır. Zemin kat ile bir üst kat arasında 'guse' adı verilen şekil ile çapraz bir şekilde devam etmiştir.

Alan kazanmak için yapılan uygulamalardan bir diğeri ise zemin katlarda ticari amaçlı yapılan faaliyet varsa efektif bir şekilde kullanabilmek adına kolonların kesildiği görülmektedir.

Duvarların malzeme olarak tuğla vs gibi malzemeler yerine alçıpan gibi malzemeler kullanılması.

Kolon süreksizliği de alan kazanmaya yönelik çalışmalardan biridir. Bodrum kattan üst katlara çıkıldıkça kolon sayısının azalması durumudur.

- Mimari tasarım:

Farklı, dikkat çekici tasarımlar ortaya koymak özgün mimari anlayışın temel unsurudur. Bu hususta gerekirse düşey ve yatay taşıyıcı elemanların sürekliliği ile oynanmakta ve planda çıkıntılar yapıldığı ve planda boşluk oranlarının fazla olduğu da görülmektedir. Farklı mimari akımların da dahil edildiği bir süzgeci göz önünde bulundurursak, mimari tasarıma uygun kolon çeşitlilikleri üretilebilmektedir. Farklı geometrik şekillerde olan bu kolonlar statik açıdan yapının ihtiyaçlarını karşılamada sorunlar yaşayabilir veya deprem yüklerine karşı dayanım konusunda problemler yaşayabilmektedir.

Yüksek yapı teknolojileriyle beraber günümüzde bu gibi tasarım taşıyıcı unsurları çözümlenebilse de başarısız oldukça fazla örnek vardır.

İstanbul'un yeni kurulan veya nüfusu son 20 yılda 10 katına kadar çıkan Ataşehir, Ümraniye, Beylikdüzü, Kartal, Şişli gibi ilçelerinde bu sorunlara sık rastlanmaktadır.

- Uygulama imar planları ile imar uygulamaları:

Bir şehrin yapılaşmasının ana unsuru uygulama imar planları, plan notları ve plan raporudur. Plan paftaları ve plan notlarında yapılaşmanın nasıl olacağı tarif edilmektedir. Bahçe mesafeleri, bahçe mesafeleri yoksa blok şekli, kat sayısı, oturum alanı, plan ve plan notlarında anlatılır.

Parsel büyüklükleri, parsel şekli veya çapı gibi kadastral (ham) parsellerin imar (net) parsellere dönüştürülmesi işlemine genel olarak imar uygulaması adı verilir. İmar uygulaması işleminden doğan parsellerin köşe açısı genellikle gönyeli (90°) olamadığında ve yapılaşmanın ise plan notlarına göre neredeyse parsel tamamında olması nedeniyle burulma düzensizliğine sahip olması kaçınılmaz olmaktadır. Özellikle İstanbul'un merkezi ilçelerinde (Üsküdar, Beyoğlu, Kağıthane, Bağcılar) bu soruna sık rastlanmaktadır.

A2 döşeme süreksizlikleri ise genel olarak mimari tasarımdan kaynaklanan boşluklu yapılarda veya ticaret aksında yer alan yapıların yoğun olduğu bölgelerde (Ataşehir, Ümraniye, Fatih, Pendik) görülmektedir. Aynı zamanda alan kazanmaya yönelik olarak yapılan hatalı uygulamalar da bu bölgelerde yer almaktadır.

Mimari tasarımda geniş oturumlu binalar için doğal ışık ve hava sirkülasyonunu sağlamak maksadıyla kat içinde zemin kattan itibaren başlayan deprem yönetmeliğinde belirlenen kriterleri aşan büyük yırtıkların yapıldığı görülmüştür. Bu sorunu tasarım aşamasında basit çözümler ile atlatabilmek en başta mimar ve mühendisin koordinasyonunda mümkün görünebilir.

A3 tipi düzensizliklere ise Kartal ve Pendik ilçelerinde nispeten daha yoğun yapılmıştır. Bunun başlıca sebebi bahse konu ilçelerde 1980'li yıllarda yapılan Gecekondu Önleme bölgesi imar planlarının yapılaşmayı girinti ve çıkıntının çok olduğu Blok Nizam yapılaşma tipi nedeninden kaynaklandığı görülmektedir.

B1 ve B2 tipi düzensizlikler, İstanbul'un 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planında belirlenen alt ölçekli imar planlarında merkezi iş alanı olarak gösterilen Şişli ve Beşiktaş ilçelerinde sık görülmektedir. Bölgenin İmar planlarında Merkezi İş alanı

olarak gösterilen bu alanlarında rezidans (yüksek nitelikli konut) zemin katlarda ise bu fonksiyona hizmet eden balo salonu, ticaret, lobi gibi fazla kat yüksekliği ihtiva eden alanların yapılması hususu ortaya çıkmaktadır. Normal katlarda ise yüksek binaya gerekli tesisat ve hava akımını besleyecek teknik katların yapılması gereği hasıl olmaktadır. Söz konusu teknik katlarda teknik aksam veya makineler için diğer katlara nazaran daha yüksek yapılması gerekebilmektedir.

Ancak müteahhit veya kullanıcıların daha yüksek ve kullanım avantajı meydana getirmek için bahis konusu edilen katların proje ve mevzuattaki yükseklik sınırını aştığı ve bu durumun ise genel olarak düşey yönde düzensizliklere neden olduğu anlaşılmaktadır.

Nispeten B1 ve B2 tipi düzensizliklerin rastlandığı bir diğer ilçe ise Kadıköy'dür. 1980' li yılların sonundan itibaren ilçenin bazı mahallelerinde 2000'li yıllardan itibaren ilçenin genelinde uygulanan plan notlarından kaynaklanmaktadır.

Plan notlarında, zemin katta otoparkın yapılabileceği ve emsal olarak ifade edilen kat alanı sınırına dahil edilmeyeceği ifade edilmektedir. Kullanıcı ve müteahhidin daha fazla kat yapabilmek için bu katı otopark olarak tasarlamaktadır. Otopark olarak kullanılan zemin katta dış duvarlarda dolgu duvar yapılmadığı görülmektedir. Bu durum dolgu duvar yapılan diğer katlara göre bu katın depreme karşı daha zayıf kaldığı anlaşılmaktadır. Deprem kuvvetini yalnızca strüktür elemanları olan kolon ve kirişlerin değil dolgu duvarları da önemli ölçüde absorbe etmektedir. Kadıköy ilçesinde yapılan bu uygulama zemin katın deprem kuvveti karşısında zayıf kalmasına gelecek tüm kuvvetin kolonlara isabet etmesine neden olacaktır.

B3 tipi düzensizlikler ise 2000 yılından önce yapılan çıkmalı binalarda tüm ilçelerde görülebilmektedir. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması sonucu ortaya çıkan bu problemin çözümü oldukça zordur. Ülkemizde hemen hemen her bölgesinde karşılaşılan bu durum çözümü zor bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. İstanbul' Avrupa ve Anadolu Yakası da dahil olmak üzere bir değerlendirme yapılırsa, şehrin iki yakasında da hem 2000 yılı öncesi hem 2000 yılı sonrası bu düzensizlikle oldukça fazla karşılaşıyoruz da denebilir. B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizlik Düzensizliği bodrum ve giriş katlarının üst katlarına denk gelecek şekilde çıkıntı yapılarak oluşturulmaya çalışılmaktadır.

İstanbul'un deprem sonrası yerleşim yerlerinde de aynı düzensizlikle karşılaşılma olasılığı oldukça yüksektir.

Bölüm 4 Yapısal Düzensizliğin Kentsel Deprem Riski'ne etkisi çalışmasında İstanbul ili Zeytinburnu ilçesi betonarme bina stoku ve İstanbul genelinde görülen yapısal düzensizlikler göz önüne alınarak kentsel deprem hasar tahmin analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ise Zeytinburnu ilçesinde bulunan toplam bina sayısı, düzensizliğin dikkate alınması ve alınmaması durumuna göre Orta, Ağır ve Çok Ağır hasar alabilecek bina sayıları verilmiştir. Analiz sonuçları yapısal düzensizliğin Orta, Ağır ve Çok Ağır hasar seviyelerinde bina hasarını %3.4 ile %5.9 arasında arttırabileceğini göstermiştir. Ayrıca analizlerde göz önüne alınan orta katlı (5-9 katlı) ve az katlı (1-4 katlı) betonarme binalar arasında yapısal düzensizliğin orta katlı (5-9 katlı) betonarme binalarda daha fazla hasar etkisi meydana getirdiği görülmüştür. Bu çalışma, yapısal düzensizliklerin olası bir depremde kentsel bazda yapısal hasara etkisini görmek açısından faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Web1,(2019),http://www.ibb.gov.tr/trTR/SubSites/DepremSite/Pages/DepremlerinOlusumYerleriveTurkiyenin Durumu.aspx, (Erişim Tarihi: 20/04/2019).

[2] Erkan M., (2003), "Mücavir Alan Sınırları İçerisinde Zemin Özelliklerinin 12 Kasım Düzce Depremi Hasar Dağılımına ve Yapılaşma Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi", Düzce Belediyesi.

[3] Demir H., (1999), "Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi", Emlak Pazarlama Proje Yönetimi ve Servis A. Ş., İstanbul, 14.

[4] Celep Z., Kumbasar N., (2000), "Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Beta Dağıtım, İstanbul, 480.

[5] Çağatay İ H., Güzeldağ S., (2002), "Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY–98) SAP2000N Uygulamaları", Birsen Yayınevi, İstanbul.

[6] Özmen G., Pala S., Gülay G., Orakdöğen E., (2000),"Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi", TDV/TR 017-28 .

[7] Özmen G., (2001), "Aşırı Burulma Yapan Çok Katlı Yapılar", TDV/TR 03968.

[8] Özmen G., (2001), "Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliği", TDV/T 036-61.

[9] Sandıkçı, T., (2014), "Bina Türü Betonarme Bir Yapıda Yumuşak Kat ve Burulma Düzensizliği İlişkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.

[10] Deprem Yönetmeliği, (2007), "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

[11] Korkmaz A., Taner U., (2006), "Yumuşak Kat Düzensizliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışında Etkisi", Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 11(2).

[12] Döndüren M. S., Nakipoğlu A., (2016), "Farklı Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerine Göre Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Karşılaştırılması", Selçuk-Teknik Dergisi, 15(3), 284-298.

[13] Bisch P., Carvalho E., Degee H., Fajfar P., Fardis M., Franchin P.,(2012), "Tsionis Eurocode 8: Seismic Design of Buildings Worked examples", Luxembourg: Publications Office of the European Union.

[14] Özmen G., (2012), "Çok Katlı Yapılarda Yatay ve Düşey Süreksizlikler",İnşaat Mühendisleri Odası ,İstanbul Bülten , Sayı : 119.

[15] Yönetmelik, A.BYYH., (1975), İmar ve İskan Bakanlığı. Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.

[16] Şen B., (2001), "Deprem Yükü Etkisi Altındaki Büyük Boşluklu Döşemelerde Gerilme Yayılışının İncelenmesi", Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[17] Yönetmelik ABYYH., (1997), Deprem Yönetmeliği. TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

[18] TSE (2000), "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", TS500, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[19] Öztürk M., (2018), "2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası İle İlgili İç Anadolu Bölgesi Bazında Bir Değerlendirme", Selçuk-Teknik Dergisi, 17(2), 31-42.

[20] Garip Z., Eren E., Erdem F., Bozdoğan M.N., (2017), "Deprem Etkisindeki Betonarme Binalarda Yumuşak Kat Düzensizliğine Perde Duvar Etkisi", In 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku-Azerbaijan).

[21] Yön B., Sayın E., (2008), "Kısa Kolon Teşkilinin Yapı Hasarlarına Etkisi", Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 24(1), 241-259.

[22] Erol O., (1999), "Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

[23] Boğa H., (2000), "Çok Katlı Betonarme Yapılarda Burulma Düzensizliğinin İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi.

[24] İrtem E., (2002), "Deprem Yükleri Altındaki Çok Katlı Betonarme Yapıların Burulma Düzensizliğinin Giderilmesi İçin Öneriler", Balıkesir Üniversitesi IV. Mühendislik- Mimarlık Sempozyumu, 437-446.

[25] Zülfikar C., (2014), "İnternet Tabanlı Deprem Hasar ve Kayıp Tahmin Sistemi", İstanbul Kalkınma Ajansı Proje Raporu.

[26] Do-Soo Moon, Young-Joo Lee and Sangmok Lee (2018), "Fragility Analysis of Space Reinforced Concrete Frame Structures with Structural Irregularity in Plan", Journal of Structural Engineering, 144(8): 04018096.

[27] Puppioa M.L., Giresinia L., Doveria F. and Sassub M., (2019), "Structural irregularity: The analysis of two reinforced concrete (r.c.) buildings", Engineering Solid Mechanics 7 (2019), doi: 10.5267/j.esm.2018.12.002.

[28] Nazri F.M., Tan C.G., Saruddin S.N.A., (2018), "Fragility Curves of Regular and Irregular Moment-Resisting Concrete and Steel Frames", Int J Civ Eng (2018) 16:917–927.

[29] Demircioglu M.B., Erdik M., Hancilar U., Harmandar E., Kamer Y., Sesetyan K., Tuzun C., Yenidogan C. and Zulfikar A.C., (2010), "ELER (Earthquake Loss Estimation Routine) v3.0 Technical Manual and Users Guide", Department of Earthquake Engineering, Boğaziçi University, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Erkan BAŞKAN 1985 yılında İstanbul'da doğdu. 2004 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2008 yılında başarıyla tamamladı. Yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. Özel ve kamuda İnşaat sektörünün proje, planlama ve uygulama alanlarında 11 yıldır faaliyet göstermektedir.