

39548

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM ETKİSİNDEKİ
DAVRANIŞININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. A. İrfan ATMACA

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Haziran 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Temmuz 1994

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Zekai CELEP

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Remzi ÜLKER

: Prof.Dr. Hasan BODUROĞLU

TEMMUZ 1994

Mevcut betonarme binaların deprem etkisindeki davranışının değerlendirilmesi konusunda hazırladığım bu tez çalışmasında değerli fikirlerinden ve bilgilerinden faydalandığım Prof. Dr. Zekai CELEP’e, “Birinci Dereceden Önemli Yapıların Deprem Dayanıklılığının İncelenmesi” isimli D.P.T projesinden faydalanmamıza imkan sağlayan Prof. Dr. Hasan BODUROĞLU’na ve “Erzincan’da Deprem Hasarı Gören Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi” isimli İ.T.Ü Yapı ve Deprem Araştırma Merkezi projesinden faydalanmamızı sağlayan Prof. Dr. Remzi Ülker’e teşekkürlerimi sunarım.

A. İrfan ATMACA



ÖZET	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1. GİRİŞ ve AÇIKLAMALAR	
1.1. Mevcut Yapıların Deprem Dayanıklılığını İnceleme Gerekliği	1
1.2. Binaların Deprem Etkisindeki Davranışı	4
1.3. Deprem Kuvvetlerinin Karşılanması	6
1.4. Mevcut Binalarda Deprem Güvenliği	6
1.5. Deprem Etkisindeki Betonarme Yapı Elemanlarının Davranışı	11
1.5.1. Beton	12
1.5.2. Çelik	14
1.5.3. Kolonlar	15
1.5.4. Kirişler	15
1.5.5. Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesi	19
1.5.6. Perdeler	22
1.5.7. Döşemeler	24
1.5.8. Temeller	25
1.6. Deprem Yönetmelikleri	27
1.6.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Taslak Yönetmelik (1994)	27
1.6.2. NEHRP-85 ve ATC-3.06	32
BÖLÜM 2. HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	
2.1. Yöntemin Esası	37
2.2. Yapı Türleri	38
2.2.1. Betonarme Çerçeve Binalar	38
2.2.2. Betonarme Perdeli Binalar	39
2.2.3. Prefabriğe Binalar	40
2.2.4. Yığma Binalar	42

2.3. Yöntem ve Hızlı Değerlendirme Formu	42
2.3.1. Binanın Yeri ve Kimliği	43
2.3.2. Araştırmacının Niteliği	45
2.3.3. Kat Sayısı ve Toplam Kat Alanı	45
2.3.4. İnşa Yılı	45
2.3.5. Kullanım Amacı ve Binadaki İnsan Sayısı	46
2.3.6. Taşıyıcı Olmayan Eleman Hasarları	46
2.3.7. Kroki, Fotoğraf ve Yorumlar	46
2.3.8. Taşıyıcı Sistem Tipinin Belirlenmesi	47
2.3.9. S Yapı Puanı Tayini	49
2.3.10. S Yapı Puanını Etkileyen Faktörler	49
2.3.11. Elde Edilen Bilgilerin Doğruluğu	53
2.3.12. Özel Notlar Bölümü	53
2.4. S Yapı Puanının Değerlendirilmesi	53
BÖLÜM 3. DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	55
3.1. Genel	55
3.2. Yapının Deprem Davranışının Değerlendirilmesi	57
3.2.1. Yerde Bilgi Toplama	58
3.2.2. Taşıyıcı Sistemin Belirlenmesi ve Ön Değerlendirme	59
3.2.3. Çalışmanın Derinleştirilmesi	59
3.2.4. Taşıyıcı Sistemin Yatay Yükler Altında Analizi	60
3.2.4.1. Hesabın Kapsamı	60
3.2.4.2. Taşınması Gerekli Toplam Etki	61
3.2.4.3. Toplam Yatay Yük Hesabı	61
3.2.4.4. Diyaframların Analizi	66
3.2.4.5. Taşıyıcı Olmayan Elemanların Analizi	66
3.2.4.6. Yaklaşık Hesap	67
3.2.4.7. Eleman Dayanımlarının Hesabı	69
3.2.4.8. Dinamik Analiz	69
3.2.4.9. Eleman Davranış Kriteri	69
3.2.4.10. Kriteri Sağlamayan Eleman Değerlendirmesi	71
3.2.5. Sonuçların Kontrolü ve Birleştirilmesi	71

3.2.6. Sonuç Rapor	72
3.3. Yapı Türleri ve Değerlendirme Formları	74
3.3.1. Yapı Türleri	74
3.3.1.1. Betonarme Çerçeve Binalar	75
3.3.1.2. Betonarme Perdeli Binalar	75
3.3.1.3. Perdeli Prefabrike Çerçeve Binalar	75
3.3.1.4. Yığma Binalar	76
3.4. Yorumlar ve açıklamalar	84
3.4.1. “Yapı” bölümü	84
3.4.1.1. Biçim	85
3.4.1.2. Komşu Yapılar	91
3.4.1.3. Malzeme Durumu	91
3.4.2. “Yatay kuvvet taşıyan çerçeveler” bölümü	92
3.4.2.1. Betonarme Çerçeveler	94
3.4.2.2. Prefabrike Betonarme Çerçeveler	98
3.4.3. “Perde” bölümü	99
3.4.3.1. Betonarme Perdeler	99
3.4.3.2. Betonarme Perdeli Prefabrike Yapılar	102
3.4.3.3. Taşıyıcı Yığma Duvarlar	102
3.4.4. “Diyafram” bölümü	103
3.4.5. “Bağlantılar” bölümü	106
3.4.5.1. Normal Kuvvet Ankrajı	106
3.4.5.2. Kesme Kuvveti Aktarımı	107
3.4.5.3. Düşey Elemanların Temel Bağlantısı	107
3.4.5.4. Kolon-Kiriş Birleşimi	108
3.4.6. “Temel” bölümü	108
BÖLÜM 4. DEPREM DAVRANIŞI İÇİN İNDEKSLEME YÖNTEMİ	
4.1. Genel	109
4.2. Deprem Davranış İndeksi	109
4.3. Yapıya Ait Deprem Davranış İndeksi	110
4.3.1. E_0 Deprem Davranış Ana İndeksi	111
4.3.1.1. C Taşıma Gücü İndeksinin Hesabı	116

4.3.1.2. F Süneklik İndeksinin Hesabı	123
4.3.2. S_D Tasarım ve Boyutlandırma İndeksi	125
4.3.3. T Zamanla Bozulma İndeksi	127
4.4. Taşıyıcı Olmayan Elemanlara Ait Deprem Davranış İndeksi	129
4.4.1. Birinci İnceleme Seviyesi	130
4.4.2. İkinci İnceleme Seviyesi	131
4.4.3. Üçüncü İnceleme Seviyesi	134
4.5. Yapının Deprem Davranışı Karşılaştırma İndeksi	134
4.6. Yapının Deprem Davranışının Değerlendirilmesi	135
BÖLÜM 5. KARŞILAŞTIRMA ve SONUÇ DEĞERLENDİRME	137
KAYNAKLAR	140
EK A.	142
EK B.	145
EK C.	147
EK D.	161
ÖZGEÇMİŞ	183

ÖZET

Deprem dinamik bir etki olup yapılarda hasar oluşmasına yol açmakta ve buna bağlı olarak da can kayıplarına sebep olmaktadır. Deprem mühendisliğinin en önemli görevi bu etkinin belirlenerek sebep olabileceği kayıpların önlenmesine çalışmaktır. Depremlerin sebep olacağı can ve mal kayıplarının önlenmesi amacıyla ülkemizdeki yapıların deprem güvenliklerinin sistemli bir çalışmayla gözden geçirilmesi gereklidir. Yeni yapılacak yapılarda olumlu bir deprem davranışı sağlamak amacıyla Taslak Yönetmelik koşullarının uyulmasına özen gösterilmelidir. Daha önce inşa edilmiş mevcut binalarda ise yeni gelişmeler ve düşüncelerle ortaya çıkan modern bir deprem yönetmeliği esaslarının ne derece sağlandığı kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada bu tür mevcut binaların deprem davranışının belirlenmesinde kullanılacak olan ve birbirinden ayrıntıya girme yönünden farkedilen üç yöntem incelenmiştir.

Bu yöntemlerden ilki ATC-21 [2] de verilen hızlı davranış değerlendirme yöntemidir. Bu yöntemin uygulanması nisbeten az masraflı ve kolay olduğundan ülkemizde yapılacak genel bir deprem güvenliği çalışmasında hemen göze çarpan ve depreme karşı açık bir şekilde yetersiz olan binalar bu yöntemle belirlenebilir. Yani bu yöntem ayrıntılı incelemeler öncesinde uygulanan bir ön çalışma niteliğindedir.

Bu hızlı değerlendirme sonrasında yapılacak daha ayrıntılı bir inceleme de kullanılacak bir diğer yöntem Bölüm 3 de verilmiştir. Bu yöntem yapılacak ayrıntılı bir incelemenin tüm binada dikkate alınması yerine olumsuzluğun görüldüğü elemanlarda olmasını öngörmektedir [3]. Bu yöntem bir anlamda yapının modern deprem yönetmeliğindeki koşulları sağlamayan bölümlerinin tesbiti olarak da görülebilir. Bu şekilde elemanların deprem davranışı açısından değerlendirilmesiyle yapının deprem davranışını olumsuz olarak etkileyen yapı bölümleri tesbit edilebilir. Uygulanacak bir güçlendirme programında dikkatin hangi noktalara yoğunlaşması gerektiği de yöntemdeki sonuçlardan elde edilebilir.

Bu iki gözlem esasına dayalı yöntemin haricinde “Standard For Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building [4] de verilen deprem davranışı için indeksleme yöntemi incelenmiştir. Bu yöntemde elemanların sünekliğinden hareketle dayanımları hesaplanarak deprem davranışını temsil etmek üzere bir indeks tanımlanır. Daha sonra bu indeks, gözönüne alınan inceleme seviyesindeki deprem davranış karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının muhtemel bir depremdeki davranış tahmin edilmeye çalışılır.

Bu yöntemler bir yapının muhtemel bir depremde sergileyeceği davranışın ayrıntılı bir çerçeve analizine gidilmeden tesbitine imkan vermektedir. Şayet yapıda deprem açısından önemli eksiklikler görülüyorsa yapılacak tam bir çerçeve analiziyle güçlendirmeye karar verilebilir.

SUMMARY

EVALUATING THE SEISMIC RESISTANCE OF EXISTING BUILDINGS

Earthquakes result from motion between plates comprising the earth's crust. These plates are driven by the convective motion of the material in the earth's mantle, which in turn is driven by heat generated at the earth's core. Heat from the earth's core causes material to rise to the earth's surface. Forces between the rising material and the earth's crust cause the plates to move. The resulting motions of the plates relative to one another generate earthquakes.

These large pieces of the earth's surface, termed tectonic plates, move very slowly and irregularly. Forces may build up for decades or centuries at the interface between plates, until a large movement occurs all at once. These sudden, violent motions produce the shaking that is felt as an earthquake. The shaking can cause direct damage to buildings, roads, bridges and other man-made structures as well as trigger fires, landslides, tidal waves and other damaging phenomena.

Four major factors can affect the severity of ground shaking and thus potential damage at a site. These are the size of the earthquake, the type of earthquake, the distance from the source of the earthquake to the site and the types of soil at the site.

Larger earthquakes will shake longer and harder, and thus cause more damage. Generally, the farther from the source of an earthquake, the less severe the motion. The rate at which motion decreases with distance is a function of the regional geology and inherent characteristics of the earthquake and its source. The underlying geology of the site can also have a significant effect on the amplitude of the ground motion.

Many different types of damage can occur in buildings. Damage can be divided into two categories: Structural damage and non-structural damage, both of which can be hazardous to building occupants. Structural damage means degradation of the building's structural support systems (i.e., vertical and lateral force resisting systems), such as the buildings frames and walls. Non-structural damage refers to any damage that does not affect the integrity of the structural support system. Examples of non-structural damage are a chimney collapsing, windows breaking or ceilings falling.

The type of damage to be expected is a complex issue that depends on the structural type and age of the building, its configuration, the proximity of the building to neighboring buildings and the type of non-structural elements. Damage can be due to structural members (beams and columns) being overloaded and/or differential movements between different parts of the structure. If the structure is sufficiently strong to resist these forces or differential movements, little damage will result. If the structure cannot resist these forces or differential movements, structural members will be damaged and collapse may occur.

Building damage is related to the duration and the severity of the ground motion. Longer earthquakes tend to shake longer and harder and therefore cause more damage to structures. In addition to damage caused by ground shaking, damage can be caused by building's pounding against one another, ground failure that causes the degradation of the building foundation, landslides, fires and tidal waves. The level of damage that results from a major earthquake depends on how well a building has been designed and constructed.

Buildings can experience horizontal distortion when subjected to earthquake motion. When these distortions get large, the damage can be catastrophic. Horizontal distortion comes into being when the center of rigidity and the center of mass of floors do not coincide. Therefore, Most buildings are designed with lateral force resisting systems (LFRS), to resist the effects of earthquake forces. In many cases LFRS make a building stiffer and thus minimize the amount of lateral movement and consequently the damage. LFRS are usually capable of resisting only forces that result from ground motions parallel to them. Basically, LFRS consist of axial (tension and/or compression), shear and/or bending-resistant elements.

In order to provide a tool to evaluate the danger of building collapse due to earthquakes , in this research three evaluation method different one to another in details are given. These evaluation methods are Rapid Screening Procedure (ATC-21), Seismic Evaluation Procedure (ATC-22) and Evaluation of Seismic Capacity using Seismic Index (Japanese Standard).

1-The Rapid Screening Procedure (ATC-22) : RSP method consists of inspecting a building from the exterior (termed a "sidewalk survey") in order to determine quickly if the building is probably adequate for the earthquake forces it is likely to experience or whether there may be reasonable doubts as to the building's seismic performance. The result of the RSP method is a finding as to whether the building should or should not be subjected to more detailed investigation with respect to its seismic adequacy.

A basic concept of the RSP is to identify, for the building under review, which of several typical building types it correspond to. Based on this building type, a Basic Structural Hazard score can be assigned to a typical building in each category, depending on the earthquake forces it is likely to experience. These scores range

from 1 to 8.5, depending on the structural type and seismic zone. The values have been determined so that a seismically good building has a high value and a potentially weak or hazardous building has a low value.

There are significant factors, such as irregularities in the structural system, deterioration of structural materials, adverse soil conditions or excessive wall openings that can negatively affect a building's seismic performance or adequacy. In order to account for these factors, a series of Performance Modification Factors (PMFs) have been determined, which, when subtracted from the Basic Structural Hazard Score, result in the final Structural Score (S) for the building under review.

The Structural Score S is the basic measure of the degree of adequacy of the building. It can be related to the probability of major damage. A high S score is good, and a low S denotes probable poor seismic performance, and that the building should be reviewed in detail by a professional engineer experienced in seismic design. Generally, if a building's Structural Score S is less than about 2, then the seismic performance of that building may not meet modern seismic criteria and the building should be investigated further.

It should be obvious that no rapid visual examination can provide highly reliable estimates of seismic performance, and the RSP method is simply intended to identify those buildings where reasonable doubts may exist. In some cases the RSP may miss buildings that in reality are seismically weak.

2- Seismic Evaluation Procedure (ATC-22) : This method is a technical manual that offers guidance for engineers in the seismic evaluation of existing buildings. A building does not meet the life-safety objective of this method if in an earthquake one or more of the following event occurs:

- 1- The entire building collapses
- 2- Portions of the building collapse
- 3- Components of the building fail and fall
- 4- Exit and entry routes are blocked, preventing the evacuation and rescue of the occupants

The identification of life-safety hazards in an existing building consists of determining whether any of these events could potentially happen for that building during an earthquake that could be expected to occur during its lifetime. The objective of this method is to identify typical structural flaws that have been observed in past earthquakes to lead to failure and falling of structural components and to partial or total collapse, with an attendant loss of life. Hence, a major portion of this method is dedicated to directing the evaluating engineer on how to determine if there are any weak links in the structure that could precipitate structural or component failure.

For investigation of existing buildings, some building codes specify a force lower than that new code for new buildings. In this condition, we can tolerate less conservatism in an existing building because it can be strengthened only at substantial cost in money and disruption of use. Existing buildings that are upgraded are required to meet the force level of the previous code, which is about two-thirds of the force level of the current code. This is especially a problem in our country, where the seismic code is updated several times. If one investigates buildings very strictly, it may be difficult to find an existing building which has seismic safety defined in the current code. Therefore it is unavoidable to use some tolerance when one investigates seismic safety of an existing building.

This method given in ATC-22 is centered on a set of questions -one set for each of fifteen model building types- that is designed to uncover the flaws and weakness of the building. The questions are in the form of positive Evaluation Statements that describe characteristics of the building type that essential in avoiding the failures that have been observed over and over again in past earthquakes. The engineer addresses each Statement and determines whether it is true or false. True statements identify conditions that are acceptable. If a building passes all applicable statements with true responses, it can be passed without further evaluation, i.e., it is deemed not to be a life-safety hazard. False statements identify issues or concerns that need further investigation. The method specifies a process for dealing with Statements that have been found to be false. If any such potential life-safety hazards are identified, an appropriate detailed analysis is recommended, with acceptance criteria suggested for each element of concern.

At the conclusion of the analysis, the engineer should assemble the results of the analysis and the answers to the other concerns, review them, and establish a list of deficiencies. The evaluation will be enhanced by further investigation of the elements that do not meet the basic acceptance criteria.

This Seismic Evaluation Procedure provides a methodology that can be applied nation wide to all existing buildings that are suspected of posing a potentially serious risk of loss of life and injury in case of a damaging earthquake.

3- Evaluation of Seismic Capacity Using Seismic Index (Japanese Standard) : This method may be applied to evaluate the seismic performance of an existing reinforced concrete building, except for high rise buildings. Three screening procedures with the different phases are available to estimate the seismic performance of a building and to evaluate the results; the first, second and third level screening. The result estimated on a building presents a serial Seismic Index. The preliminary inspection, which includes the building scale, the structural system and the building age should be conducted properly before applying this method.

This method may be applied basically to the building whose number of stories less than six and whose structural system is the moment resisting frame with / without shear walls. The very old building over 30 years and with the severe deterioration, the fire experience, the extremely low material strength or unusual structural system should not be adaptable for this method.

The seismic performance of a building is represented by the two indices; seismic index of structure, I_s , and seismic index of non-structural elements, I_N .

As for the indices estimated, it may be recognized that the higher value, the more excellent seismic performance. These indices are usually estimated independently but the structural performance, in particular the ductility of the frame, should be referred to estimate the seismic index of non-structural elements.

A index of I_s should be estimated by using the following equation:

$$I_s = E_0 S_D T$$

E_0 : the basic structural performance

S_D : the sub-index on the structural design of the building

T : the sub-index on the time dependent deterioration of the building

Either phase screening procedure among the first, second and the third may be available to estimate the index I_s . However, basically the higher level procedure applied, the more reliable estimation obtained.

The index E_0 is calculated using mainly the Ultimate Strength Index, C , and the Ductility Index, F , of a structure. The result computed may be recognized as that the higher strength or the higher ductility the structure has the larger index E_0 the building must have. The equations to compute the index E_0 differ with the level of screening used.

The influence of irregularity of a structure or stiffness and / or mass concentration to the seismic performance should be estimated by the sub-index S_D , taking account of the empirical or technological decision.

The structural performance, such as the member strength, stiffness, ductility, etc., is computed assuming the structure without any cracks or deformations, because any reasonable and simple technique to take account of the influence of such deterioration has not been developed yet. The influence of deterioration may be macroscopically taken account by the sub-index T .

The seismic performance of the possible falling objects, which are attached on the exterior walls on a building, is evaluated by the index I_N . The basic policy to evaluate the seismic performance of non-structural elements should be focussed on the potential how injurious to a human life the falling objects are.

The seismic performance would be judged individually for the structure and the non-structural elements. The concept of seismic judgement for a structure is generally represented following equation.

$$I_s > I_{s0}$$

$$I_s < I_{s0}$$

I_s ; is the seismic performance index for structure

I_{s0} ; is the seismic judgement index for structure

The building which satisfies above first equation, may be assumed to be “safe” , but the building which the seismic performance index is less than the seismic judgement index should be assumed to be uncertain for the seismic performance against an assumed earthquake ground motion.

In the last part of the thesis these evaluation methods are applied to an existing structure in order to show the application process of the methods. The results are given in comparatively.

Seismic Evaluation of existing reinforced concrete structures are very important for İstanbul as well as for other large cities, because:

- 1) There are a lot of buildings which are constructed without getting any civil engineering service neither on the design phase nor on the construction phase.
- 2) Although some buildings are designed by following design concepts given in the code, the structural systems are modified without consulting the design engineers. Sometimes structural systems is changed by removing some columns or beams. Sometimes due to restrictive architectural detailing a structural system having defective seismic performance comes into being. Unusually it is very difficult to strengthen that system often it is build.
- 3) Another important weakness of some buildings are due to low quality of concrete. Although the minimum compressive concrete strength is 140 kgf/cm^2 for lowest quality concrete, and although much higher values are adopted in the proportioning of the structural elements, the average (not minimum) compressive strength is much lower than this. A detailed study carried out by the structural laboratory of the Technical University revealed that the average concrete strength of the buildings is about 100 kgf/cm^2 . This type of weakness also in one reason to evaluate the seismic performance of existing buildings.

The methods given in the present thesis to investigate and to develop some kind of structural performance score or index. In the final part of the process this score or index is compared to a reference index and it is decided whether the performance is adequate or not. The author feels that the reference index needs to be investigated detaily. The adoption of the reference values used in USA and Japan may be not suitable for our conditions. Therefore before a wide application of these method has to be investigated and probably modified by considering our construction quality.



BÖLÜM 1- GİRİŞ ve AÇIKLAMALAR

1.1- Mevcut Yapıların Depreme Dayanıklılığını İnceleme Gerekliği

Deprem, dinamik etkiye sahip bir doğal afet olup yerkabuğunda oluşan titreşimler sonucu yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yerdeğiştirme hareketi doğurur. Genellikle yerkabuğunda soğuma veya çeşitli etkenler sebebiyle oluşan şekil değiştirme enerjisinin ani olarak açığa çıkmasıyla oluşan deprem etkisi, yapıları alışılmış yüklerin üzerinde zorlayarak tasarım ve uygulama sırasında yapılmış hataları ortaya çıkarır.

Deprem mühendisliğinin en önemli amaçlarından biri insanların her türlü ihtiyacını karşılamak için yapılan yapılarda (konut, ticaret merkezleri, endüstri ve sanayi yapıları, konferans salonları, sinema v.s) meydana gelebilecek bir depremde can kaybı olmamasını ve toptan göçme olmadan, sonradan onarılabilecek hasarlara izin vererek bu durumun atlatılmasını sağlamaktır. Arzu edilen bu tür sonuçların meydana geleceği bir binayı olumlu deprem davranışına sahip bir bina olarak isimlendirmek uygun olacaktır.

Dünyamızda 1900'li yılların başlarında San Francisco ve Tokyo depremleri gibi büyük depremlemlerin etkisiyle önemli can kayıpları ve hasar meydana gelmesi sebebiyle deprem etkisinin en az zararla nasıl atlatılacağı konusunda birtakım çalışmalar yapılmış ve yapılarda uyulması gerekli kurallar şeklinde tesbit edilen sonuçlar deprem yönetmeliği adı verilen düzenlemelerde belirtilmiştir. Elde edilen deprem kayıtlarının değerlendirilmesiyle beklenen depremlerin özellikleri hakkındaki mevcut bilgi birikiminin önemli derecede artması, bilgisayar tekniğindeki gelişmelerle yapıların deprem altındaki davranışının çok daha ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi, deprem sonrası yerinde inceleme sonucu elde edilen tecrübeler ve deneysel sonuçlarla yönetmelik bünyesinde verilen kurallar günümüze kadar süren bir gelişme içerisinde dir.

Yurdumuz da önemli bir deprem kuşağında olup depreme dayanıklı yapı tasarımı ve yapım esaslarını içeren bir deprem yönetmeliği mevcuttur. 1939 Erzincan depremi sonrası 1942 yılında “Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi” adıyla yayınlanan ilk yönetmelik daha sonra 1947, 1953, 1968 ve 1975 yıllarında birtakım değişikliklerle yeniden düzenlenmiştir. Halen geçerli olan bu deprem yönetmeliği için 1991 yılında yeni bir taslak hazırlanarak tartışmaya açılmış ve büyük bir kısmı ilgililerce kabul edilmiştir.

Bu yönetmelikler incelendiğinde genellikle depremle ilgili yatay kuvvetlerin büyüdüğü ve taşıyıcı sistem eleman detaylarına daha kısıtlayıcı şartlar konulduğu görülür. Bunun sonucu olarak projesi daha önceki yönetmeliklere uygun olarak hazırlanmış ve inşa edilmiş yapıların bu gün geçerli olan yönetmeliğe göre deprem güvenliğinin yetersiz olduğu görülebilir. Depreme dayanıklı yapı oluşturmaya amaçlayan deprem yönetmeliklerindeki şartların tam ve doğru olarak yerine getirilebilmesi için proje ve inşaat esnasında verilecek bir mühendislik hizmetinin yararı gayet açıktır. Ancak, ülkemizin önemli bir deprem kuşağında olmasının yanısıra inşa esnasında yapım kalitesinde ve mühendislik kontrol mekanizmasındaki olumsuzluklarda gözönüne alınacak olursa meydana gelebilecek şiddetli depremlerde çok sayıda can kaybına ve büyük ekonomik kayıplara sebep olabilecek felaket boyutlarında bir durumla karşılaşılabilir. Nitekim 1992 Erzincan depremi yukarıda söylenenleri doğrular nitelikte olup yapılacak bir incelemeyle deprem etkisine karşı bu tür hassas yapıların belirlenmesi ve tedbir alınması gerekir.

Ülkemizdeki yapıların deprem güvenliğini iki aşamalı bir çalışmayla kontrol etmek mümkündür. İlk olarak yaptırım gücüne sahip etkin bir mühendislik kontrol mekanizması sayesinde yeni yapılacak yapılarda proje ve inşa sırasında depreme dayanıklı yapı oluşturmaya imkan veren yeni yönetmelik esaslarının uygulanması sağlanmalıdır. İkinci aşamada ise projesi daha önceki yönetmeliklere uygun olarak hazırlanmış ve inşa edilmiş yapıların deprem güvenliğinin mertebesi tesbit edilmelidir. Bu aşamada yapılacak incelemelerle bu tür deprem tehlikesine hassas olan yapılar belirlenmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır.

Depremiñ sebep olabileceği can ve mal kaybını önlemek amacıyla ÷lke genelindeki mevcut binalarda daha önceki depremlerden dolayı oluşan hasarlar onarılmalı ve ileride gerçekleşebileceği düşün÷len depremlere yeterince dayanıklı olmadığı anlaşılan (eski yönetmeliklere göre yapılmış ve yeni deprem yönetmeliği esaslarına uygun olmayan) yapı ve yapı elemanlarının güçlendirilmesi gerekir. Mevcut yapıların değeriendirilmesi; bu tür onarım ve güçlendirme işlemlerinin ilk basamağını teşkil eder [1]. Bu aşamada yapının taşıyıcı sistem özellikleri belirlenir, sahip olduğu yapı güvenliği irdelenir, gelecekteki ihtiyaçlara ve şartlara ne derece cevap verebileceği gözönüne alınarak yapının güçlendirilmesine, onarılmasına ya da yıkılmasına karar verilir.

Güçlendirme işlemi esnasında yapılan eklerin, düzenlemelerin yapıyla ne derece bütünleşeceği oldukça belirsiz bir durum olup sonradan güçlendirilmiş bir yapının deprem davranışı hiçbir zaman yönetmelik esaslarına uygun olarak yeni yapılacak yapıdan beklenen davranışa erişemez. Deprem davranışında sağlanacak çok az bir olumluluğa karşın büyük masraflar yapılmasından kaçınmak için fayda - maliyet analizine benzer bir yolla güçlendirme işleminin gerekliliğine karar verilir. Bu durumda ekonomi, değeriendirme aşaması sonrasında uygulanacak çözüme karar vermede önemli bir etkidir.

Mevcut yapılar için genel bir modelleme yapmak imkansız olup olumlu deprem davranışının sağlanmasında herbiri kendine özgü birtakım problemleri içermektedir. Dolayısıyla bulunacak çözümler de her yapıda birbirinden farklı olacaktır. Bu problemlerin doğru bir şekilde tesbiti ve sağlıklı çözümler önerilebilmesi için yapı davranışı bilgisine iyice hakim olmak gerekir. Bu sebeple bu bölümde deprem ve yapı davranışına yönelik bilgilere yer verilmiştir.

Mevcut betonarme binaların deprem davranışının değeriendirilmesi amacına yönelik olarak hazırlanan bu çalışmada birbirinden ayrıntıya girme yönünden farklı olan üç değişik yöntem incelenmiştir.

Applied Technology Council tarafından hazırlanan ve ATC-21 de verilen hızlı davranış değerlendirme yönteminde seçilen belirli bir bölgedeki yapılarda deprem dayanıklılığı açısından hızlı bir ön değerlendirme çalışması yapılarak depreme karşı dayanımında açık bir şekilde eksikliği bulunan binalar belirlenir [2]. Bu yöntem nisbeten az masraflı olup uygulanması oldukça kolaydır. Bu durumda ülkemizde belirli bir merkez tarafından yapılacak bir bölgeleme çalışmasına paralel olarak yapılarda bu hızlı yöntemin uygulanması ile ilk safhada dayanımında ciddi bir eksiklik bulunan binaların tesbiti mümkündür.

Bu hızlı değerlendirme sonrasında daha ayrıntılı bir incelemeye ihtiyaç duyulan binalar için ATC-22 de verilen davranış değerlendirme yönteminin kullanılması uygun olabilir [3]. Zira bu yöntem ATC-21 dekine kıyasla teknik olarak daha ayrıntılıdır ve yapı bölümlerinin dikkate alınmasıyla yapılacak bir değerlendirme sonucunda kusurlu bölümlerin tesbiti mümkün olup tüm binada ayrıntılı inceleme yapmak yerine sadece bu kusurlu bölümlerde hangi etkenlerin ayrıntılı bir şekilde gözönüne alınması gerektiği belirtilmiştir. Dolayısıyla verilebilecek bir onarım veya güçlendirme kararında dikkatin hangi noktalarda toplanacağını kestirmek mümkün olur.

ATC-22 de verilen bu davranış değerlendirme yöntemi sonucunda gerekli durumlarda “Standard For Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building” adlı Japon yönetmeliğinde verilen ve eleman dayanımlarını daha ayrıntılı bir şekilde dikkate alan bir indeks değerlendirme yöntemi kullanılarak yapının deprem davranışı hakkında bir sonuca varılabilir [4]. Bu yöntemde yapı ve yapıdaki taşıyıcı olmayan elemanlar için bir deprem davranış indeksi değeri hesaplanır. Bu deprem davranış indeksi değerleri bir deprem karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının deprem davranışı belirlenmeye çalışılır.

1.2- Binaların Deprem Etkisindeki Davranışı

Deprem etkisinin bir yapıyı bütün olarak nasıl etkilediğini anlayabilmek için bir araçta ayakta duran yolcu modelini düşünmek faydalı olacaktır. Deprem

sarsıntısıyla zemin, şiddetle bir yönden diğer yöne hareket ederken, yapı, tıpkı ani olarak ivmelenen bir araçta ayakta duran bir yolcu gibi, ilk durumunu korumak meylindedir. Yapı, zeminin hareketi yönünde harekete başlayınca, bu kez deprem etkisinin bir özelliği olarak zeminin ters yönde harekete geçmesiyle ani olarak ivmelenen otobüste yine ani olarak frenleme olayını andıracak biçimde, ilk hareket yönünü korumaya çalışacaktır. Böylece bina zeminin hareketiyle ileri-geri sallanmaya başlayacaktır. Yapının bu durumda maruz kaldığı F kuvveti, Newton kanununa göre ($F = m \times a$) binanın kütlesi ve deprem ivmesiyle ilişkilidir. Bu sebeple yapı ne kadar ağırsa deprem etkisiyle oluşacak kuvvet o kadar fazla olacaktır.

Bu kuvvetler etkisiyle taşıyıcı sistem elemanları aşırı zorlanabilir veya farklı bölümler farklı yönlerde yerdeğiştirme yapabilir. Şayet yapı bu kuvvetlere veya farklı yöndeki yerdeğiştirmelere emniyetle karşı koyabilecek durumda ise hasar az olacak, aksi halde yapı elemanları zarar görecektir ve hatta çökme meydana gelebilecektir. Yapıda depremin bu tür etkilerinden dolayı oluşabilecek hasar iki sınıfa ayrılır.

- 1- Yapının düşey ve/veya yatay taşıyıcı sisteminde, iskeletinde meydana gelebilecek yapısal hasar
- 2- Yapının ana taşıyıcı sisteminin bütünlüğünün bozulmadığı, baca çökmesi, pencerelerin kırılması gibi yapısal olmayan hasar

Yapıda deprem etkisiyle oluşması beklenen hasar düzeyi yapının, taşıyıcı sistemine, yaşına, biçimine, kullanılan malzemenin durumuna, zemin şartlarına, komşu binalara olan mesafesine ve taşıyıcı olmayan eleman türleri gibi birçok etkiye bağlı karmaşık bir problemdir. Yapı hasarı depremin şiddeti ve süresiyle de orantılıdır. Büyüklükleri (Richter) 5'den az olan depremler, ivmenin şiddetinin ve sarsıntı süresinin az olması nedeni ile yapılarda genellikle önemli hasarlar meydana getirmezler.

Her yapı, yüksekliğine ve taşıyıcı sistem türüne bağlı olarak birtakım titreşim karakteristiklerine sahiptir. Benzer şekilde her deprem de, bölgenin jeolojisine, kaynaktan uzaklığına, deprem kaynak mekanizmasının yeri ve tipine bağlı olan

titreşim karakteristiklerine sahiptir. Bazen depremin ve yapının karakteristikleri çok benzer olur ki, bu olay “Rezonans” olarak isimlendirilir. Deprem etkisi frekansının, binanın doğal frekansına eşit olduğu durumda meydana gelen rezonans; yapının titreşim genliğinde bir artmaya sebep olur ve sonuç olarak muhtemel hasar artar. Yapının titreşim periyodunu zeminin hakim periyodundan uzak tutarak rezonans olayının ve bu olayın sebep olacağı hasarın önlenmesi mümkündür. Bu sebeple inşaat mühendisleri olarak yapının depremde olumlu bir davranış gösterebilmesi için tasarım esnasında yapının iyi düzenlenmiş olmasına, yeteri yaklaşıklıkla belirlenen kesit zorlarının karşılanmasına ve uygulamada kaliteli malzeme kullanımına özen göstermek durumundayız.

1.3- Deprem Kuvvetlerinin Karşılanması

Yapılarda deprem kuvvetlerinin ve bu kuvvetlerden dolayı meydana gelen aşırı yerdeğiştirmelerin karşılanması amacıyla çeşitli düşey elemanlardan oluşan bir yatay kuvvet taşıyıcı sistem (YKTS) düzenlenir.

YKTS genel olarak depremden dolayı kendilerine paralel olarak oluşan kuvvetleri karşılayarak yapıyı sağlamlaştırır, yatay yerdeğiştirmeleri ve sonuçta hasarı minimuma indirir. YKTS; yapının planına ve kullanılan elemanlara bağlı olarak bir binadan diğerine farklılık gösterse de esas olarak eksenel çekme ve/veya basınç, kayma ve/veya eğilmeye dirençli elemanlardan ibarettir. Betonarme binalarda YKTS olarak kolon ve kirişlerden oluşan çerçeveler kullanılırken bazı durumlarda büyük deprem kuvvetlerini ve yerdeğiştirmeleri karşılamak amacıyla perdeli-çerçevesi sistem kullanımına ve hatta inşa tekniğine bağlı olarak sadece perdelerden oluşan kutu sistem kullanımına rastlamak mümkündür. Yığma yapılarda ise yatay kuvvetler düşey taşıyıcı duvarlarla karşılanır.

1.4- Mevcut Binalarda Deprem Güvenliği

Bir yapının deprem güvenliği basit bir şekilde taşıyabileceği yükün taşınması beklenenden büyük olması esasına dayanır. Tasarımda güvenliğin sağlanabilmesi için

Çözümleme sonuçlarına uygun boyutlama yapılmasına ve yönetmeliklerde öngöröldüğü şekilde yapının zorlanan kısımlarına özen gösterilmesine rağmen deprem etkisinde malzeme davranışlarının ve taşıma güçlerinin belirlenmesinde düşey yüklere nazaran daha fazla belirsizlik mevcut olduğundan, şiddeti ve meydana gelme sıklığı istatistiksel olarak belirlenip kabul edilen bir deprem etkisi altında yine istatistiksel olarak belirlenen dayanım özellikleriyle güvenlik derecesinin kesin olarak belirlenemeyeceğı açıktır.

Mevcut binaların deprem davranışının değeriendirilmesinde olumlu davranış kriteri olarak depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılan temel kriter aynen geçerlidir. Bu kriter yapının sık ve küçük şiddetli depremleri elastik sınırlar içerisinde kalarak, orta şiddetdeki depremleri elastik sınırların ötesinde taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla, çok seyrek şiddetli depremleri ise büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistemde tamamen göçme olmadan ve can kaybı meydana gelmeden karşılayabilmesi olarak verilebilir.

Mevcut bir yapının depremde olumlu bir deprem davranışı gösterebilmesi için taşıyıcı sisteminin düzgün seçilmiş olması gerekir. Simetriden ayrılmaya ve süreksizlik oluşturmaya yol açacak herhangi bir düzenlemenin mevcut olması durumunda taşıyıcı sistem elemanlarında kesit tesirlerinin gereksiz yere artırılmış olması muhtemeldir. Ayrıca taşıyıcı sistemde burulma gibi ek etkilerin oluşumunu engellemek amacıyla yüklerin en kısa yoldan zemine aktarılmış olması gerekir. Kuvvetli kolon - zayıf kiriş prensibi ile ilk plastik mafsalların kırışlerde oluşmasını sağlayacak birtakım benzeri uygulamalarla göçme mekanizmasını kontrol etmek ve orta şiddetli bir depremde deprem sonrası onarımları sınırlı tutmak mümkün olduğundan, yapıdaki kiriş ve kolonların dayanımları gözönüne alınarak bu ilkenin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilebilir.

Deprem esnasında taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların kendilerinden beklenen dayanıma ulaşabilmeleri için birleşim bölgelerinde birtakım düzenlemeler yapılmış olmalıdır. Zira birleşim bölgelerinde oluşabilecek çözüme veya büyük dönmelerle birleşen elemanlar kendilerinden beklenen dayanıma ulaşmadan önce

göçme meydana gelebilir. Mevcut yapıların deprem davranışının değerlendirilmesinde edinilen tecrübelerle dayalı olarak verilen aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi uygun olur.

a- Geometri: Yapı geometrisi ne kadar basit düzenlenmişse depreme dayanıklılığın o derece yüksek olacağı söylenebilir. Yapılan gözlemlerde plandaki şekli H, L, T, Y olan yapılarda önemli hasar oluştuğu belirlenmiştir [6]. Bu sebeple yapının, planda iki doğrultuda simetriye sahip olması ve basit bir şekle sahip olması gerekir. Simetri sadece plan şeklinde değil taşıyıcı sistem elemanlarının yerleşiminde de dikkat edilmesi gerekli olan bir husustur. Yapı, taşıyıcı sistem elemanlarının simetri düşünülmeden yerleştirilmiş olmasından dolayı rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında oluşabilecek büyük dışmerkezlilikler sonucunda önemli bir burulma etkisine maruz kalabilir.

b- Süreklilik: Taşıyıcı sistem elemanlarının plan ve düşeyde düzgün ve sürekli olarak düzenlenmiş olması gerekir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması ile sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanması önlenmiş olur. Kolon ve perde gibi tüm düşey taşıyıcı elemanlar temele kadar sürekli olarak devam etmeli ve dışmerkez mesnetlenmeden kaçınılmalı olmalıdır. Taşıyıcı sistemde sağlanacak düzgün bir süreklilikle zorlanan elemanların birbirine yardım etmesi özelliği temin edilirken taşıma kapasitesinde elastik sınırın ötesinde bir artış olur. Bu sayede oluşacak plastik mafsallarla deprem enerjisinin büyük bir kısmının yutulması da sağlanmış olur.

c- Rijitlik ve dayanım: Elemanlarda temin edilecek sürekliliğin yanında rijitliklerinde ani değişiklikler olmaması istenir. Zemin kat rijitliğini küçük tutarak oluşturulan yumuşak kat durumu mevcut olmamalıdır.

Eleman rijitliklerini uygun seçip titreşim periyodunu belirli aralığa getirerek deprem etkilerini küçültmek mümkündür. Bu amaçla spektrum eğrisinde bölgenin hakim periyodu ile yapınınki birbirinden uzak tutularak rezonans olayı önlenir. Bu sonuca uygun olarak; derin tabakalar halinde yumuşak zemin bulunan yerlerde uzun zemin periyotları hakim olacağından bu bölgedeki kısa periyotlu, rijit, az katlı mevcut

yapılarda uygun bir deprem davranışı görülebilir. Bunun haricindeki yapılarda titreşim genliğinde artışa sebep olacak rezonans olayı sonucunda önemli hasar oluşabilir. Keza sert zeminli bölgelerde zemin periyodu düşük olacağından yüksek periyotlu çok katlı yapıların uygun bir deprem davranışına sahip olacağı söylenebilir.

Yapının rijitliğini artırarak deprem dolayısıyla meydana gelebilecek şekil ve yerdeğiştirmeleri azaltmak mümkündür. Elastik yapılarda oluşan önemli bir olumsuzluk yatay yerdeğiştirmelerin büyümesiyle normal kuvvetin ikinci mertebe etkilerinin artmasıdır. Donatısı iyi düzenlenmiş kiriş ve kolonlardan oluşan çerçevelerden meydana gelen bir betonarme taşıyıcı sistem elastik olarak kabul edilebilir. Orta şiddetli bir depremde bile böyle elastik olan yapılarda katlar arasında büyük yerdeğiştirmeler meydana gelir ve çatlaklar oluşur. Bu tür çerçeve sistemlerin rijitliğini artırmak için betonarme perde kullanımı uygundur. Böylece katlar arası yerdeğiştirmeler küçülürken normal kuvvetin ikinci mertebe etkileri de azalacaktır.

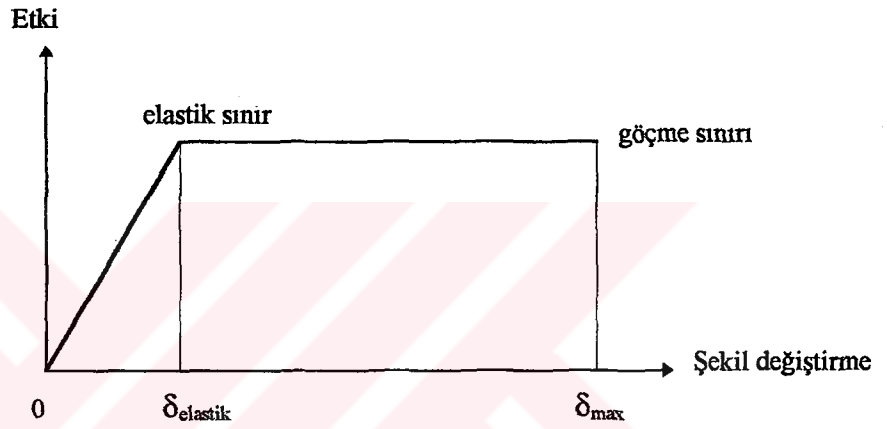
Deprem etkileri genellikle zemin kat seviyesinde en büyüktür. Bu kat yapıya etkiyen toplam deprem kuvvet etkisini karşılamak durumundadır. Bu sebeple zemin kat elemanlarının dayanımlarının daha yüksek olması gerekir. Ancak bazı durumlarda kullanım şekli ve mimari nedenlerle taşıyıcı elemanların boyutlarında bir sınırlama yapılabilir. Yapıdaki elemanlarda bu şekildeki bir sınırlandırmanın yapının stabilitesine etkisi incelenmiş olmalıdır.

d- Göçme modu: Taşıyıcı sistemdeki elemanlarda ani ve gevrek bir şekilde oluşabilecek kayma ve burkulma göçmesi deprem davranışı açısından istenmeyen bir durumdur. Bu amaçla kesme veya basınç kuvveti taşıyan tüm düşey elemanların sünek bir göçme modu için gerekli olan yeterli dayanıma sahip olup olmadığı kontrol edilmelidir. Göçme durumunun kolonlardan önce kirişlerde oluşacak plastik mafsallaşma ile ortaya çıkması sağlanmış olmalıdır.

e- Süneklik: Süneklik elastik sınır ötesinde şekil değiştirme yapabilme yeteneğidir. Yapının sünekliği ölçüsünde elastik sınırlar ötesinde yapacağı şekil değiştirmelerle şiddetli deprem etkisini karşılaması öngörülür. Elastik sınırın ötesinde

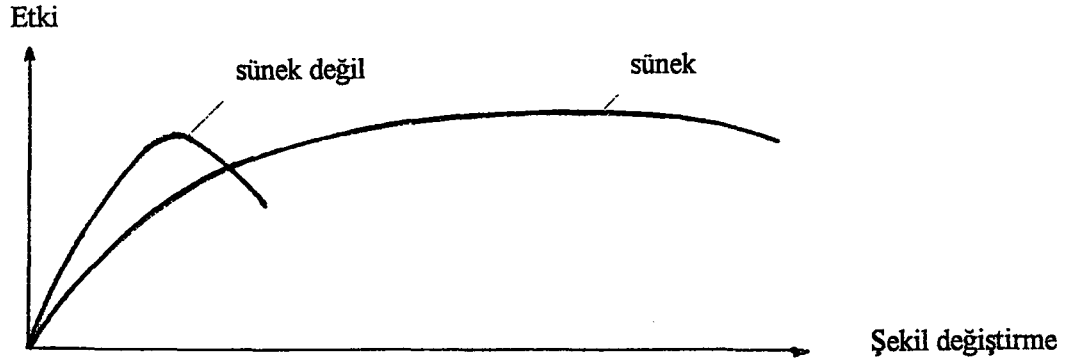
süneklik ölçüsünde kesit zorlarında önemli artışlar olmadan şekil değiştirme oluşabilmesi özelliği ile dinamik etki sönmülenebilir [5]. Sünme bölgesinin uzun olması şekil değiştirmelerle birlikte sönüm miktarını da artırır. Bu özelliğe sahip yapılar sünek kabul edilir. Süneklik ölçüsü için en yaygın tanım Şekil 1.1 kullanılarak (1.1) ifadesiyle verilebilir.

$$\mu = \delta_{\max} / \delta_{\min} \quad (1.1)$$



Şekil 1.1 : Elasto-plastik gerilme-şekil değiştirme bağıntısı

Yapıda göçmenin sünek bir şekilde, büyük ve elastik olmayan şekil değiştirmelerle ortaya çıkması arzu edilir. Gerçek malzeme Şekil 1.1’de verilen ideal elasto-plastik davranıştan daha çok Şekil 1.2 de verilen iki eğri arasındaki davranışa sahiptir. Bu şekilde sünek olan ve olmayan davranışlar arasındaki fark daha çarpıcı bir şekilde görülmektedir. Yüklemin aşırı artması durumunda süneklik sayesinde akmaya ulaşan kesitlerde plastik şekil değiştirmelerle enerji yutulurken , iç kuvvetler daha az zorlanan kesitlere dağıtılır. Sünekliğin gereği olan plastikleşme bölgelerinin meydana gelebilmesi için sistemin yüksek dereceden hiperstatik olması gerekir.



Şekil 1.2 : Sünek ve sünek olmayan etki-şekil değiştirme bağıntısı

Sonuç olarak mevcut bir binada yapılacak bir ön değerlendirme çalışmasıyla aşağıdaki hususların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilebilir.

- a- Yapı, planda ve düşey kesitte mümkün olduğu kadar basit olmalıdır.
- b- Temel sağlam ve düzgün özellikli zemine oturmalıdır.
- c- Deprem etkisini taşıyacak düşey elemanların düzenlenmesinde burulma etkisinin oluşmamasına dikkat edilmiş olmalıdır.
- d- Yapı elemanları gerekli olan dayanımlarının yanında sünek olmalıdırlar.
- e- Meydana gelen şekil değiştirmeler ve yerdeğiştirmeler kullanım ve güvenlik için verilen sınırları aşmamalıdır.

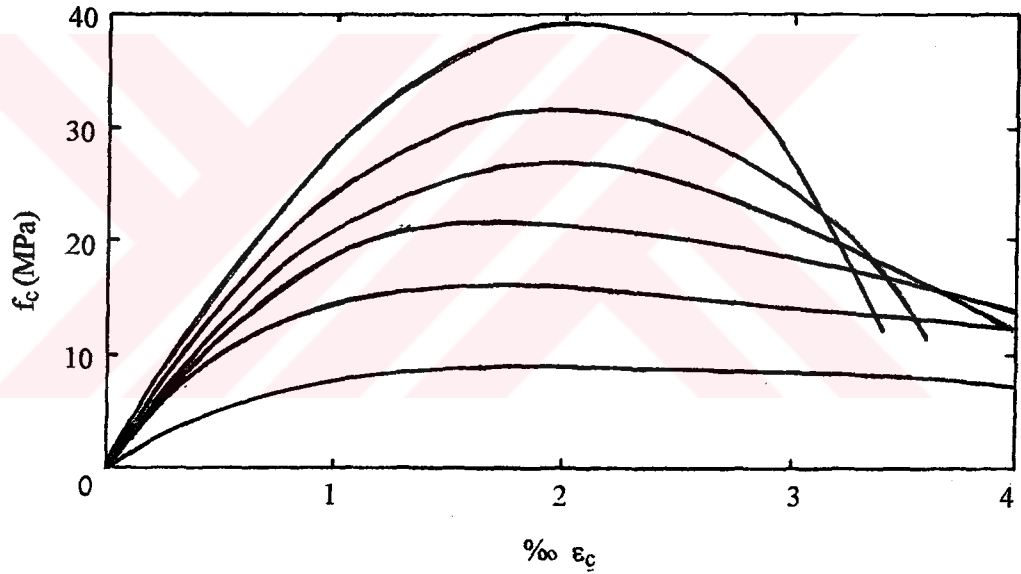
1.5- Deprem Etkisindeki Betonarme Yapı Elemanlarının Davranışı

Mevcut binaların deprem etkisindeki davranışının değerlendirilmesinde yapı elemanlarının deprem davranışı hakkında yeterli düzeyde bilgiye sahip olmanın önemi açıktır. Bu amaçla bu bölümde betonarme yapı elemanlarının ve bunların birleşim bölgelerinin dayanımları, süneklikleri ve tekrarlı yük altındaki davranışları ele alınacaktır [6].

1.5.1- Beton

Betonun üzerinde durulan en önemli özelliği basınç dayanımı olup Şekil 1.3 de verilen basınç altındaki beton davranışından aşağıdaki sonuçları çıkarmak mümkündür [7].

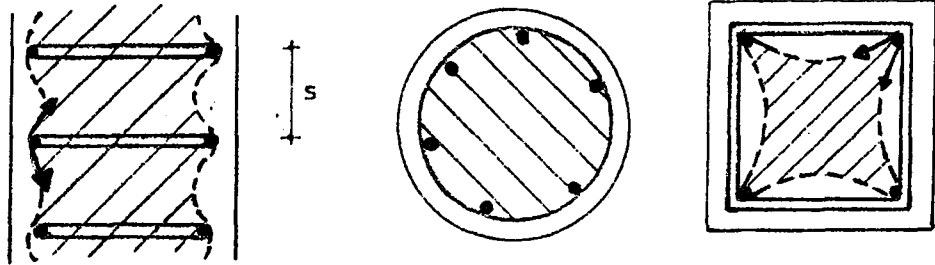
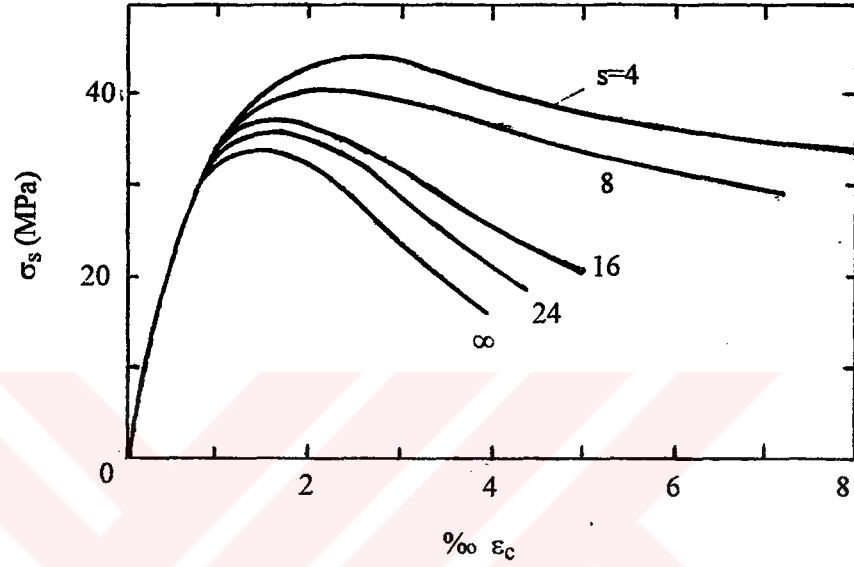
- a- Maksimum gerilmeye karşılık olan birim kısalma, ϵ_{co} , beton dayanımından bağımsız olarak 0.002 mertebesindeir.
- b- Düşük dayanımlı betonlar yüksek dayanımlı betonlara oranla daha fazla sünekler. Diğer bir deyişle; düşük dayanımlı betonlarda kırılma anındaki birim kısaltmalar yüksek dayanımlılara kıyasla daha büyüktür.
- c- Eğrilerin başlangıç eğimi (Elastisite modülü) beton kalitesi yükseldikçe artmaktadır.



Şekil 1.3: Betonun basınç etkisi altında gerilme kısalma oranı değişimi

Şekil 1.4 de ise yanal basıncın betonun davranışına olan etkisi görülmektedir. Betonun üç yönlü gerilme altında davranışı için yapılan deneylerden her üç yöndeki gerilmenin basınç olması durumunda yanal basınç arttıkça dayanım ve sünekliğin de arttığı sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuç pratikte etriye veya fret gibi sargı donatısı kullanılarak sağlanabilir. Sargı donatısı ile sarılmış bir elemanda eksenel basınç arttıkça göbek alanındaki beton Poisson Oranı ile yana doğru genişlemeye çalışacak ama sargı donatısı kullanımı bu olaya mani olacaktır. Bu durumda sargı

donatısı göbek betonuna çepeçevre basınç gerilmeleri uygularken etki-tepki prensibi gereğince sargı donatısına eşit ve zıt yönlü kuvvetler etkiyecektir. Yukarıda sözedilen deney sonucuna dayanarak yanal basınç nedeni ile betonun hem dayanımının hem de sünekliğinin artacağı söylenebilir. Göbek alanına uygulanacak yanal basınç sargı donatısının şekil değiştirme özelliğine bağlı bir fonksiyondur. Sargı donatısının şekil değiştirmesi arttıkça uygulanacak yanal basınç azalacaktır.



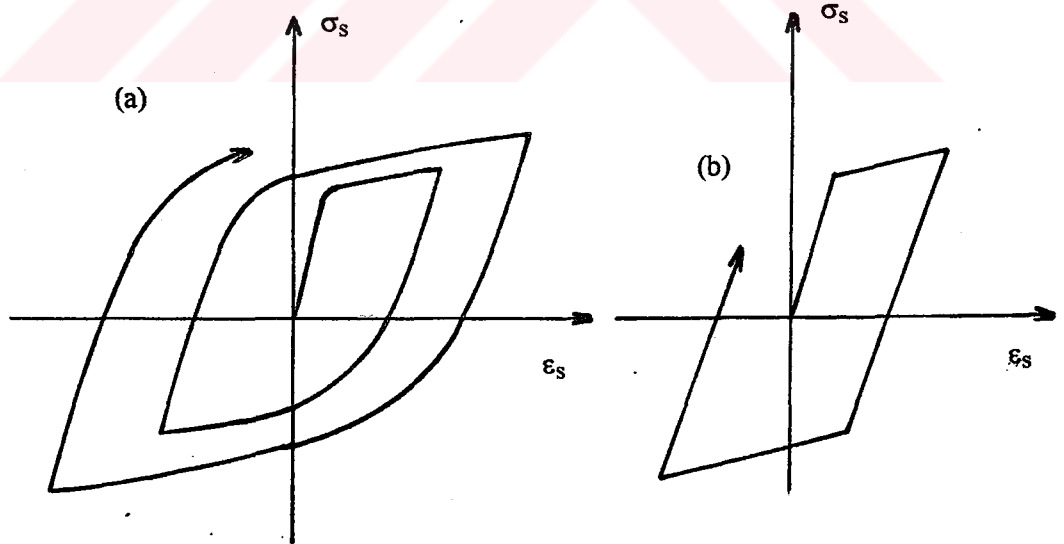
Şekil 1.4: Yanal basıncın betonun davranışına olan etkisi

Şekil değiştirme; fret şeklinde bir sargı donatısı kullanılması durumunda fretin eksenel rijitliğinin, dikdörtgen etriye durumunda ise eğilme rijitliğinin bir fonksiyonu olacaktır. Sargı donatısı olarak adım aralığı az olan fret kullanımı ile eksenel rijitlik oldukça büyük olacak ve dolayısıyla yanal basınç etkili düzeylere çıkacaktır. Eğilme

rijitliği aksenal rijitlikten küçük olacağından dikdörtgen etriyelerin Şekil değiştirme mertebesi frettekinden daha fazla olacak ve buna mukabil olarak yanal basınc etkisi daha az olacaktır. Sonuç olarak fret sargı donatısı dikdörtgen etriyelere kıyasla daha etkili olup sargı donatısının adım aralığı arttıkça dayanım ve süneklik de önemli ölçüde artacaktır.

1.5.2- elik

Şekil 1.5 de çeliğin tekrarlı ve yn değiştiren yükleme altında gerilme-Şekil değiştirme eğrisi verilmiştir. şekilde gerilmelerin elastik sınırı aşmasıyla oluşan bir plastik şekil değiştirme bölgesi göze çarpılmaktadır. Boşaltma ve ters işaretili gerilme yüklemesinin elastik sınırın üzerinde yapılmasıyla ortaya çıkan çevrimsel davranış altında kalan alan snmlendirilen enerjinin bir ölçüsüdür. Çeliğin kopma uzamasının büyük olması ve elastisite modülünün yükleme ve boşaltmada pek değişmemesi malzemenin sünek olmasına yolaçmaktadır. Sünekliğin ortaya çıkması için yüklemenin elastik sınırın üstüne çıkması gerekir.



Şekil 1.5: elik için gerilme-Şekil değiştirme bağıntısı

1.5.3- Kolonlar

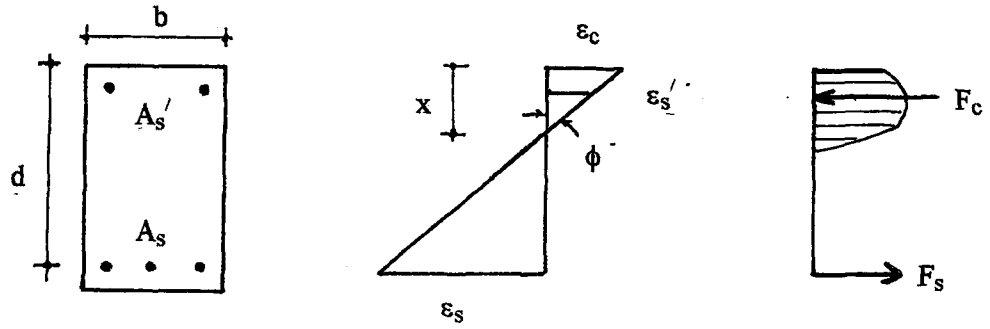
Deprem sırasında kolonlardaki basınç gerilmelerinde genellikle küçük miktarda artma ve azalma görülürken eğilme momentlerinde önemli bir artış söz konusudur. Depremi her iki yönde ve her iki doğrultuda meydana gelebilmesi özelliği gözönünde tutularak kolonlar genellikle eksenlerine göre simetrik olarak donatılır. Kolonlarda göçme durumuna genellikle betonun özelliği hakim olduğu için Şekil 1.4 de beton için verilen değişim kolonlarda da aynen geçerlidir. Çerçevesi yapılar da deprem etkisiyle meydana gelen eğilme momenti kolonda doğrusal bir değişim göstererek en fazla kolon uçlarını zorlar. Bu bölgelerde sünekliği artırmak için etriye sıklaştırması gerekli olur [8].

Deprem yönetmeliğinde kolonlar için bir takım kurallar verilmiş olup bu esaslara uyulmasıyla depremde olumlu davranış sergileyen bir yapı oluşturmak mümkündür. Yönetmelikte kolonlar etriye aralığı bakımından üç bölgeye ayrılmıştır. Kolon sarılma bölgesinde kolon alt ve üst uçlarında sıklaştırılan etriyelerle sünek bir davranışın sağlanması amaçlanır. Kolon orta bölgesinde kayma hesabı yapılarak bulunacak ve minimum kayma donatısı miktarını sağlayacak etriye kullanımı ile kesme kuvvetinin karşılanması sağlanır. Burada amaç eğilme dayanımına ulaşmadan kayma dayanımındaki bir azalmanın sebep olabileceği gevrek kırılma etkisiyle karşılaşılmamasını sağlamaktır. Kiriş-kolon birleşim bölgelerinde ise birleşen elemanların büyük elastik olmayan şekil değiştirmeler altında bile yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olması ve kirişle kolonların bütünleşerek çalışması sağlanır. Birleşim bölgesinin çatlaması ve donatı kenetlerinde çözülme oluşması önlenmelidir. Birleşim bölgesinde kolonda yönetmelikte öngörülen aralıkta devam eden etriye donatısı düzeni gerekir. Ayrıca minimum boyuna donatı miktarı, kolon boyutları gibi birçok husus yönetmelikle belirlenmiştir.

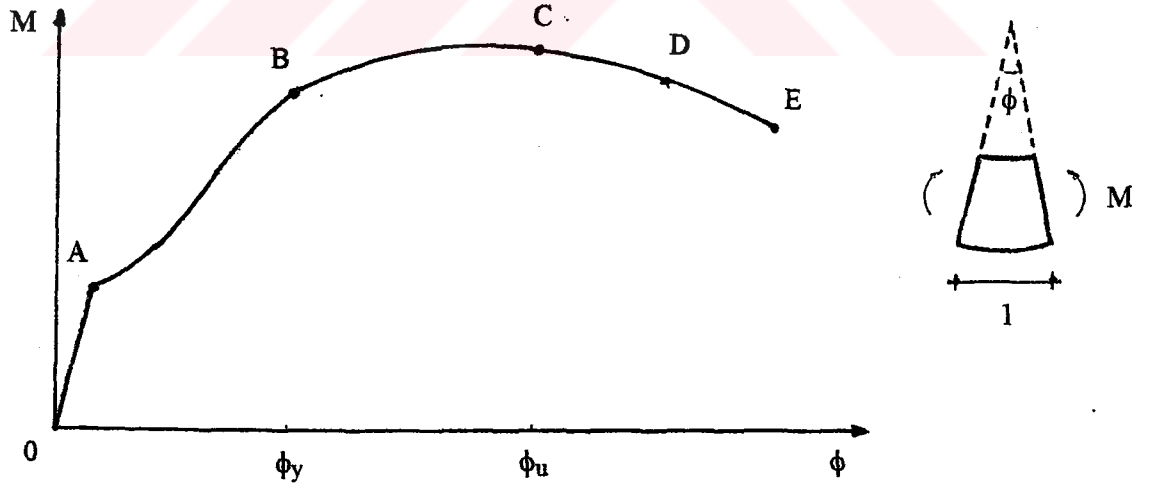
1.5.4- Kirişler

Şekil 1.6 da basit eğilme altındaki bir dikdörtgen kesitteki şekil değiştirme ve gerilme durumu gösterilmiştir. ϕ kesitin eğrilikliğini göstermekte olup eğrilik yarıçapının

tersine eşittir. Şekil 1.7 de ise yükleme sırasındaki moment-eğrilik bağıntısı verilmiştir. A noktasında çekme bölgesinde çatlaklar meydana gelirken B noktasında donatı akma gerilmesine ulaşmaktadır. C noktasında en büyük eğilme momentine erişildikten sonra D noktasında beton ezilmekte ve daha sonra varsa basınç donatısı E noktasında burkulmaktadır.



Şekil 1.6: Basit eğilme etkisindeki bir kesitte şekil değiştirme ve gerilmeler



Şekil 1.7: Moment-eğrilik bağıntısı

Yük taşıma kapasitesinde bir değişme olmadan kesitin büyük deformasyon yapabilme özelliği olarak tanımlanan süneklik eğilme etkisindeki bir betonarme kirişte (1.2) ifadesiyle belirlenebilir.

$$\mu = \phi_u / \phi_y \quad (1.2)$$

Göçme durumunun betonun en büyük birim kısalmasıyla ortaya çıkacağı kabul edilerek bu duruma karşılık gelen eğrilik için (1.3) ifadesi kullanılabilir.

$$\phi_u = \epsilon_{cu} / x_u \quad (1.3)$$

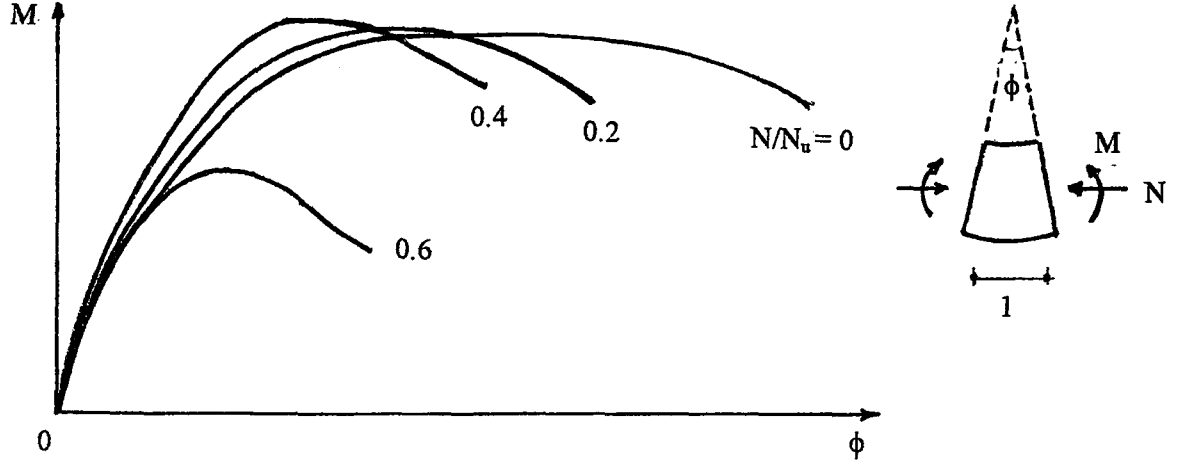
Bir kesitin sünekliğine; betonun en büyük birim kısalması, donatının birim akma uzaması, kesitteki basınç ve çekme donatısı oranları ve eğilme momentine ek olarak taşınan normal kuvvet ve kesme kuvveti etkili olur.

Basınç donatısı varsa veya kesit tablalı kesitse basınç bölgesi derinliği azalacağı için süneklik artacaktır. Çekme donatısının fazla ve akma uzamasının büyük olması durumunda basınç bölgesinin derinliği artacak ve dolayısıyla süneklik azalacaktır. Bu sebeple oluşabilecek bir gevrek kırılmayı önlemek için yönetmelikte çekme donatısı miktarı için bir üst sınır verilmiştir.

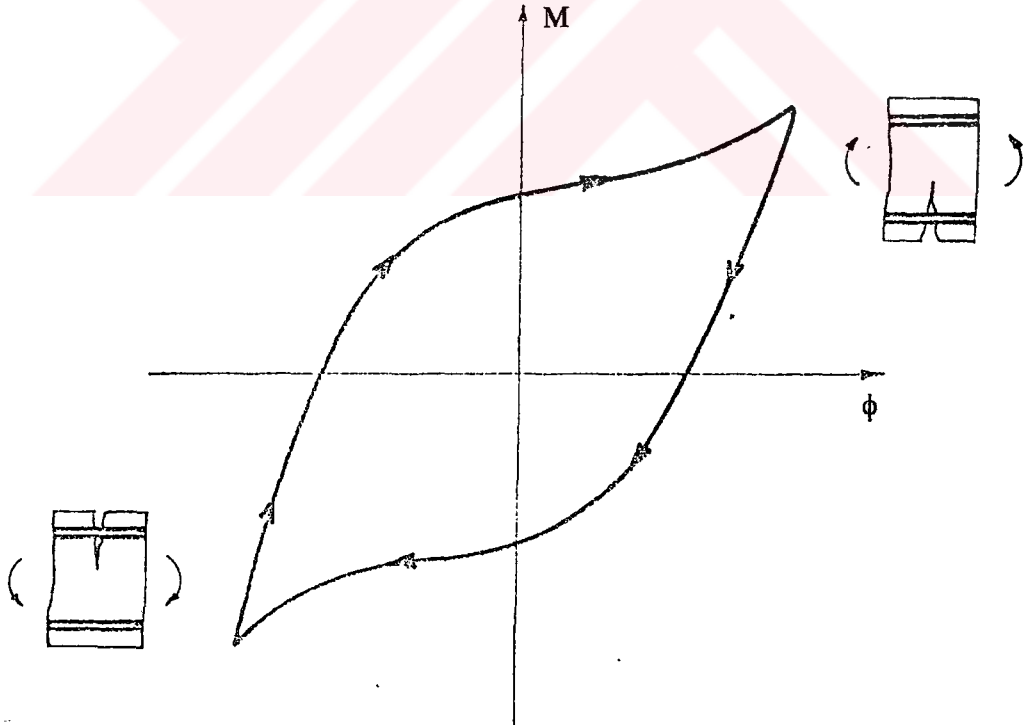
Şekil 1.8 de moment-eğrilik bağıntısının normal kuvvete bağlı olarak değişimi gösterilmiştir. Belirli bir normal kuvvet değerine kadar eğilme dayanımı artarken bu sınırdan sonra normal kuvvetlerdeki artış eğilme dayanımında bir azalmaya sebep olmaktadır. Şekilden de görüldüğü gibi süneklik artan normal kuvvetlere karşı sürekli azalmaktadır. Deprem enerjisi yutma kapasitesi de normal kuvvetler arttıkça sünekliğe paralel olarak azalmaktadır. Bu sebeple deprem gibi enerji yutma kapasitesinin önemli olduğu durumlarda aksenal yükün düşük tutulması yararlıdır.

Şekil 1.9 da çift donatılı bir dikdörtgen kesitte yön değiştiren eğilme momentine bağlı olarak eğrilğin değişimi görülmektedir. Yükleminin tekrarlanması durumundaki davranış ise Şekil 1.10 da verilmiştir. Moment dayanımındaki azalma oldukça küçük olup çevrimsel davranışta içeride bırakılan alan, dolayısıyla süneklik oldukça fazladır. Ancak eğilme momenti yanında normal kuvvetin bulunması

durumunda çevrimler daha dar olarak ortaya çıkarken süneklik azalmakta ve daha az sayıdaki çevrimle göçmeye ulaşılmaktadır.

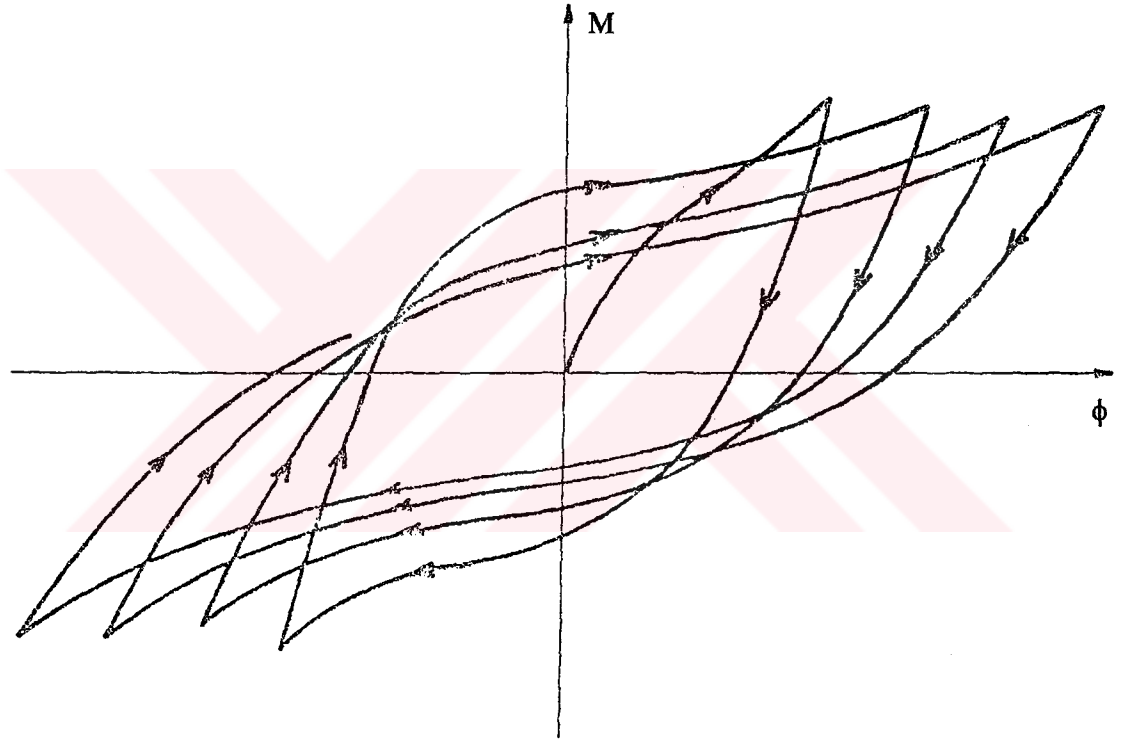


Şekil 1.8: Moment-eğrilik bağıntısının normal kuvvetle değişimi



Şekil 1.9: Yöndeğiştiren yükleme altında moment-eğrilik bağıntısı

Deprem yükleri altında kirişlerin mesnet bölgelerinde işaret değiştiren ek eğilme momentleri meydana gelir ve bu bölgeler diğer kısımlara göre daha çok zorlanır. Yönetmelikte bu kısımlardaki beton dayanımını artırmak ve daha sünek bir duruma getirmek için kiriş yüksekliğinin iki katı kadar bir boyda etriye sıklaştırması öngörülür. Bu bölgelerdeki donatılarda bindirmeli ek yapılmaması istenir. Kirişlerde yapılacak kayma hesabında depremin tekrarlı bir etki olması nedeniyle 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde betonun katkısı ihmal edilirken diğer bölgelerde beton katkısının yarısının hesaba alınmasına müsaade edilir. Ayrıca kesme kuvvetinin sadece etriyelerle karşılanması, pilyelerin kayma donatısı olarak kullanılmaması istenir.

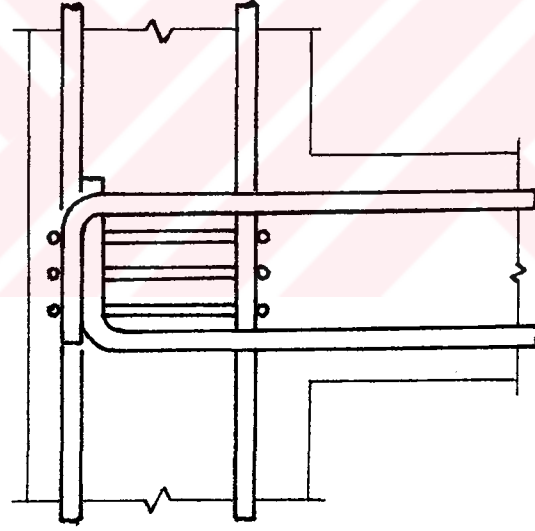


Şekil 1.10: Tekrarlı yükleme altında moment-eğrilik bağıntısı

1.5.5- Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesi

Birleşim bölgelerinin uygun şekilde boyutlandırılıp düzenlenmesiyle kolon ve kiriş gibi birleşen elemanların davranışlarının istenen düzeyde olması sağlanabilir. Deprem hasarlarının olduğu bölgeler incelendiğinde hasarın önemli bir bölümünün

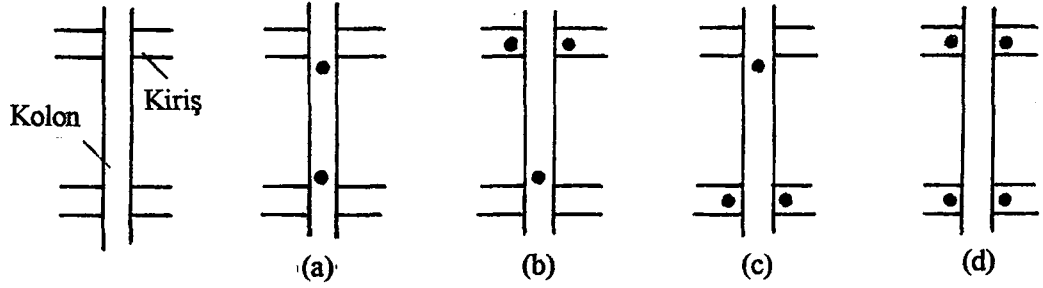
birleşim bölgesinde veya yakınında olduğu tesbit edilmiştir. Birleşim bölgesinde rijitlik ve dayanımda oluşacak bir azalma çerçevenin büyük yanal yerdeğiştirme yapmasına, ikinci mertbe etkilerin doğmasına ve sistemin tamamen göçmesine neden olabilir. Bu sebeple birleşim bölgelerinde birleşen kiriş ve kolonların hem dayanım hem de şekil değıştirme yönünden kendilerinden beklenen sınırlara ulaşmasında hiçbir problem oluşmaması gerekir. Oluşacak çatlaklarla rijitlikte önemli bir kayıp oluşmamalı, kiriş ve kolon donatılarında aderansın ve kenetlenmenin sağlanmasına özen gösterilmeli, sünekliği artırmak amacıyla etriye sıklaştırmalarına ve gerekli kayma dayanımının sağlanmasına dikkat edilmelidir. Şekil 1.11 de kenar bir birleşimdeki donatı düzeni gösterilmiştir. Burada eğilme momentinin işaret değıştirebileceği gözönüne alınarak kiriş alt ve üst donatıları kolon içinde kıvrılarak kenetlenmiş ve kolon etriyesinin içinde bırakılmıştır.



Şekil 1.11: Kenar mesnette donatı düzeni

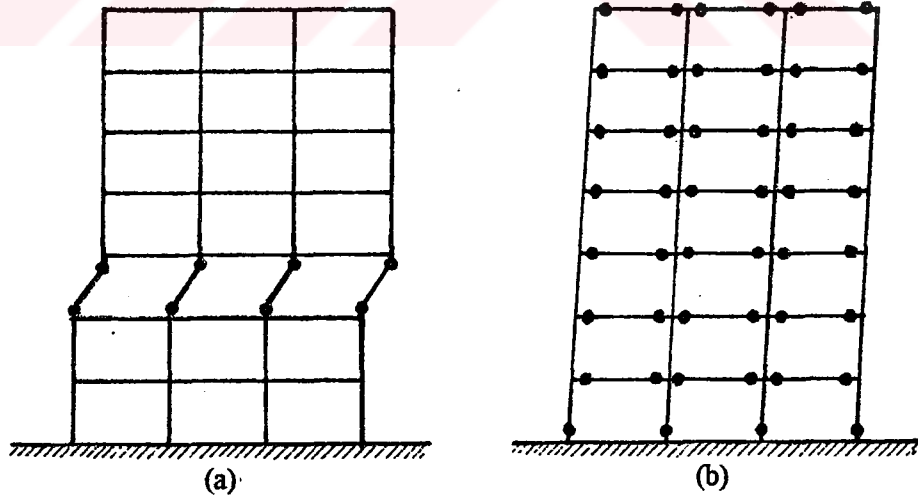
Bir düğüm noktasında birleşen kiriş ve kolonların davranışlarından, yatay yük altındaki çerçevenin göçme biçimi elde edilebilir. Çerçeve sistemde yatay yük altında en çok zorlanan kesitler birleşim bölgesindeki kiriş ve kolon kesitleridir. Yatay yüklerin artmasıyla bu kesitlerde büyük şekil değıştirmeler meydana gelir. Kesit etkilerinde önemli bir artış olmadan şekil değıştirmelerin arttığı bu bölgelerde plastik

mafsalların meydana geldiği kabul edilebilir. Mafsalların çoğalıp yeter sayıya ulaşmasıyla taşıyıcı sistem göçme mekanizmasına geçer. Sistemin göçme biçimi mafsalların sistemde meydana gelme şekline bağlıdır. Şekil 1.12 de bir katta meydana gelebilecek çeşitli mafsallaşma türleri verilmiştir.



Şekil 1.12: Göçme mekanizması türleri

Bunların sistemde meydana getirebileceği göçme türleri ise Şekil 1.13 de gösterilmiştir. Büyük bir deprem sonucu mafsallaşmanın öncelikle kirişlerde ortaya çıkması ve deprem enerjisinin bu suretle yutulması arzu edilir.



Şekil 1.13: Çerçeve göçme türleri

(a) Kat kolonlarının kirişlerden önce göçmesi (b) Kirişlerin kolonlardan önce göçmesi

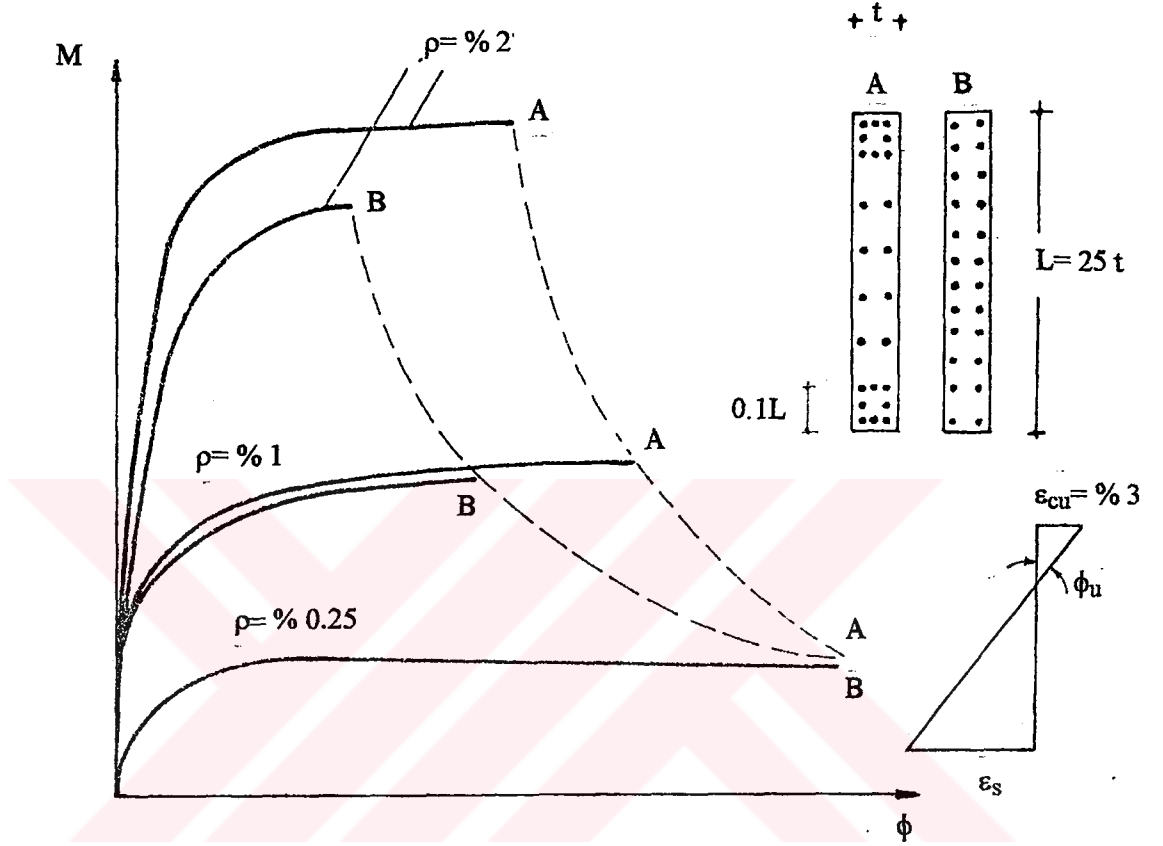
Plastik mafsallaşma öncelikle bir katın kolonlarının alt ve üst uçlarında meydana geliyorsa az sayıda plastik mafsal oluşumu ile birbirini takip eden göçmeler büyük can kaybına neden olur. Bu düşünce ile plastik mafsalların öncelikle kolonlarda değil de kirişlerde oluşumuna imkan verecek kuvvetli kolon-zayıf kiriş oluşumuna özen gösterilmelidir. Bu şartın yerine getirilmesiyle sistemin göçmesi için çok sayıda plastik mafsal oluşumu gerekli olur ve göçme çok daha sünek bir davranışla olacağı için büyük ölçüde enerji yutulmasıyla deprem etkisinin karşılanması mümkündür. Burada kullanılan kuvvetli ve zayıf eleman kavramları relatif olup zayıf elemanın dahi yönetmeliklerde öngörülen yükleme şekillerini istenen güvenlikle karşılaması gerektiği açıktır.

1.5.6- Perdeler

Perdeler yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında etkili bir şekilde kullanılırlar. Çerçevelerle birlikte kullanıldıkları gibi bağ kirişleriyle birlikte perde grupları şeklinde de düzenlenebilirler. Yüksek binalarda aşırı yanal yerdeğiştirmeyi sınırlaması yönünden de tercih edilir. Perdelerin özenli bir şekilde düzenlenmesiyle toptan göçme engellenebildiği gibi yapısal olmayan hasarların da sınırlandırılması mümkündür. Dar kesitli perdeler yanal burkulma tehlikesine maruz kalabilirler ancak çok katlı yapılardaki döşemeler perdelerde yanal bir rijitlik oluşturarak bu tehlikeyi genellikle ortadan kaldırırlar. Perdelerde yatay yüklerden dolayı önemli eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri oluşurken düşey yüklerden dolayı normal kuvvet etkisindedirler. En çok zorlanan kesit tabanda olup eğilme momenti ve normal kuvvet etkileşimi gözönüne alınarak boyutlandırılabilirler. Perdenin yatay yükleri karşılaması bakımından kat döşemelerine olan bağlantısı yeterli olmalıdır ve tüm yükünü zemine güvenlikle iletebilecek temel düzenine sahip olmalıdır.

Yatay yüklerden oluşan mesnet momentlerinin çok büyük olması durumunda perde uçlarında küçük kolon şeklinde birtakım düzenlemelerle göçme momenti ve eğriliği arttırılabilir (Şekil 1.14). Böyle bir düzenlemeyle eğilmeden oluşan basınç kuvvetinin önemli bir kısmının donatı tarafından karşılanması mümkün olur. Uçlarda

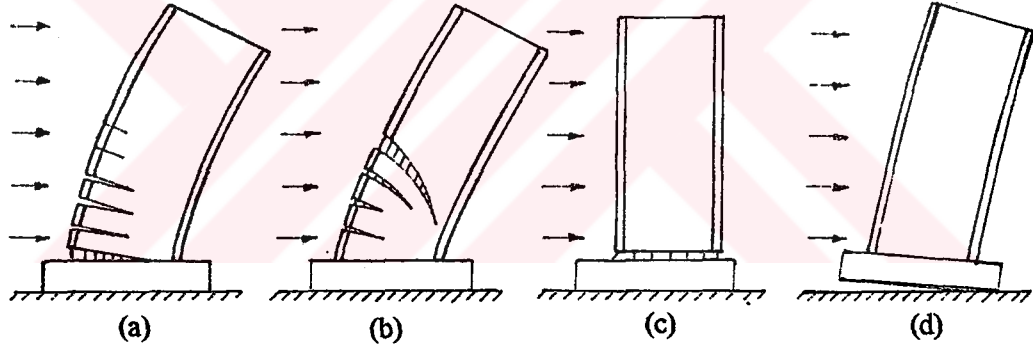
düzenlenen küçük kolon bölgeleri ve perdenin kolonda alışıldan daha sık bir şekilde etriyelenmesi düşey donatıların burkulmasının önlenmesi açısından önemlidir.



Şekil 1.14: Düşey donatının göçme eğriliğine etkisi

Perde mesnedinde, perde derinliği kadar bir düşey boyda meydana gelebilecek plastikleşme bölgesinin kayma donatısıyla örgü içine alınması gerekir. Kayma göçmesi sünek olmayan bir olay olduğu için mümkün mertebe bu durumun önlenmesi gerekir. Bu amaçla donatının pekleşmesini de gözönüne alarak hesaplanan kesit eğilme dayanımının üstünde kalacak bir düşey ve yatay kayma donatısı kullanılmalıdır ve bu donatıların eğilme göçmesinden önce akmaya erişmemesi temin edilmelidir. Şekil 1.15 de perdelerin göçme biçimleri verilmiştir. Tabanda eğilme mafsalının diğer göçme biçimlerinden daha belirgin olarak ortaya çıkması sonucu daha fazla miktarda deprem enerjisi yutulması mümkündür. Eğik çekme gerilmelerinin

sebeplere olacağı kayma göçmesi, iş derzi boyunca toptan kayma göçmesi ve temel dönmeleri durumu önlenmelidir. Yüksek yapılarda perdelerin deprem etkisi altında iş derzi boyunca toptan kaydığı gözlenmiştir. Toptan kaymanın önlenmesi için donatının kesitte düzgün olarak dağıtılması önerilir. Perdelerde bırakılan boşluklarla veya iki perdenin bağ kirişleri ile birleştirilmesiyle, beraber çalışan perde duvarları oluşur. Bu tür sistemlerde deprem enerjisinin bağ kirişlerinde meydana gelen hasarlarla yutulması sağlanır. Böylece perdeler daha akmaya ulaşmadan yükün büyük bir kısmı karşılanmış ve perdelerde önemli hasar meydana gelmemiş olur. Bağ kirişi hasarı perdede meydana gelecek hasara göre çok daha kolay tamir edilebilir olduğundan uygulamada tercih edilmektedir. Bağ kirişlerinde konstrüktif olarak yerleştirilen alt-üst donatı ve etriyeye ilaveten oluşacak kesme kuvvetlerinin karşılanması için köşegen donatı düzeni öngörülmüştür. Bağ kirişlerinde sık etriye kullanımı ile kalın köşegen donatının burkulması, beton kabuğun düşmesi engellenmiş ve süneklik artırılmış olacaktır.



Şekil 1.15: Perde göçme türleri

(a) Eğilme göçmesi, (b) Kayma göçmesi, (c) Toptan kayma göçmesi, (d) Devrilme

1.5.7- Döşemeler

Döşemeler, deprem etkisi altında diyafram davranışı özelliğiyle yatay yükleri karşılayarak bunları kolon, perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara aktarırlar. Döşemeler genel olarak düzlemi içinde rijit kabul edilebilirler. Bunun sonucunda yüklerin düşey elemanlara dağılımı tamamıyla bu elemanların rijitliğine bağlı olur.

Döşemelerde yatay yüklerin etkisiyle oluşan kesme kuvveti ve eğilme momenti tesirleri belli bir güvenlikle karşılanmalıdır. Döşeme ile düşey elemanların birleşim bölgelerinde döşemeden bu elemanlara yük aktarımının sağlıklı bir şekilde oluşması için bu bölgelere ek donatı yerleştirilmesi gereklidir.

Yapılarda özellikle kirişsiz döşeme durumunda kolon ve perde etrafındaki döşeme bölgesinde kesit etkilerinde önemli artmalar oluşacağından bu etkilerin güvenli bir şekilde karşılandığının gösterilmesi gerekir. Özellikle deprem momentlerinin büyük olduğu alt katlarda kirişsiz döşemelerde sınırlı olan kiriş kesit büyüklüğü nedeniyle önemli sorunlar meydana gelebilir.

Döşemelerde yeralan büyük boşlukların diyafram davranışına olan etkisi gözönüne alınarak yapıdaki yük aktarma yolu kontrol edilmelidir. Özellikle perde gibi düşey taşıyıcı elemanlar etrafında büyük boşluklar varsa perdenin devrilme momentlerine karşı güvenliği kontrol edilmelidir. Yönetmelikte olumlu deprem davranışını sağlamak için konstrüktif olarak verilen minimum donatı koşullarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir.

1.5.8- Temeller

Tekil temellerin her iki doğrultuda, sürekli temellerin ise süreklilik doğrultusuna dik doğrultuda bağlantı kirişleri ile birleştirilmesiyle deprem etkisine karşı birlikte çalışmalarını temin edilmelidir. Tekil temellerin rijitlik ve dayanım yönünden düşey taşıyıcı elemanlar vasıtasıyla aktarılan kesme kuvvetlerini ve eğilme momentlerini güvenlikle karşılaması gerekir. Devrilme kuvvetlerine karşı yetersiz kalan tekil temel oluşumundan kaçınmak gerekir.

Depremin zamana bağlı olarak nasıl oluşacağını bilinmemesi ve bu nedenle yapıya olan etkisinin belirlenmesindeki birtakım zorluklar sebebiyle depreme dayanıklı yapı tasarımı için yönetmelikte öngörülen esaslar çok sayıda kabule dayanmaktadır. Bu tür belirsizliklerin mevcut olması sebebiyle basitleştirilmiş bir çözümleme sonuçları yanında geçmiş depremlerden elde edilen deneyimler sonucu varılan konstrüktif

önlemlerin istenen dayanımın sağlanmasında önemli bir yeri vardır. Bu düşünce ile betonarme bir yapıda özen gösterilmesi gerekli durumlar kısaca aşağıda verilmiştir. Bu sonuçlar mevcut bina değerlendirmesinde de belirleyici olarak kullanılabilir.

- a- Yatay yüklerin güvenli bir şekilde karşılanabilmesi için her iki doğrultuda da çerçevelerden oluşan bir taşıyıcı sistem düzenlenmiş olmalıdır.
- b- Taşıyıcı sistemde burulma gibi bazı ek etkilerin meydana gelmemesi için yüklerin en kısa yoldan zemine aktarılmasına özen gösterilmiş olmalıdır.
- c- Düşey taşıyıcı elemanlar temele kadar devam sürekli bir şekilde devam etmeli, bu elemanların temeli zemin durumu gözönüne alınarak belirlenmiş olmalıdır.
- d- Kiriş-kolon birleşim bölgeleri deprem etkisinde en çok zorlanan yerler olduğundan buralarda donatıların yerleştirilmesine, kenetlenmesinin sağlanmasına ve kolon etriyelerinin devamına özen gösterilmiş olmalıdır.
- e- Betondan beklenen sünek davranış için imalat esnasında betonun öngörülen dayanımı sağlamasına dikkat edilmiş olmalıdır.
- f- Deprem etkisinin en fazla alt katlarda olması sebebiyle yapım ve düzenlemede mimari istekler sonucu oluşabilecek ani rijitlik değişikliklerine müsaade edilmemelidir.
- g- Taşıyıcı sistemde rijitlik ve taşıyıcılığın düzgün bir şekilde dağıtılmasıyla deprem hasarlarının bir bölgede yoğunlaşmayıp tüm yapıya dağılması temin edilmiş olmalıdır.
- h- Gereksiz birtakım etkilerin ortaya çıkmasını önlemek için planda simetrik olan basit bir taşıyıcı sistem seçilmiş olmalıdır.
- ı- Perdelerin planda dış kenarlara yakın yerleştirilmesiyle yapının tüm plan kesitinin burulma rijitliği artacağından deprem etkileri daha düşük düzeyde kalacaktır.
- j- Birleşen elemanların birleşim noktasına yakın bölgelerinde yapılacak etriye sıklaştırması ile sağlanacak dayanım ve süneklik artışı sayesinde deprem etkilerinin sebep olacağı hasar düşük düzeyde tutulabilir.
- k- Temellerin birbirine göre yerdeğiştirmesini engellemek amacıyla bağ kirişleri düzenlenmiş olmalıdır.
- l- Yapılarda kütlesi büyük olan katların zemine yakın düzenlenmesiyle toplam taban kesme kuvveti azaltılacağı gibi deprem esnasında meydana gelecek atalet kuvvetlerinin yapıyı daha az zorlaması temin edilmiş olur.

1.6- Deprem Yönetmelikleri

Deprem yönetmeliklerinin ana hedefi yapıların depremde göçme ve can kaybı olmayacak şekilde tasarlanmasını ve inşa edilmesini sağlamaktır. Yönetmelik uyulması gerekli minimum koşulları içerdiğinden konuyla ilgilenen mühendisin bazı durumlarda tecrübesini kullanarak deprem etkisini daha ayrıntılı incelemesi gerekebilir. Deprem yönetmeliklerinde deprem etkisi genellikle eşdeğer yatay yüklere dönüştürülerek incelenir ve depremden dolayı oluşan düşey yükler gözönüne alınmaz.

Yapının taşıyıcı sisteminin düşey yüklerle birlikte deprem etkisini de güvenlikle karşılaması beklenir. Deprem etkisi dinamik karakterde olup değişik yönlerde etkili olmasına rağmen pekçok durumda eşdeğer statik yüklere indirgenerek gözönüne alınır. Deprem etkisinin önemli olduğu yüksek yapılarda ise inceleme Yapı Dinamiği prensipleri dahilinde yapılmalıdır.

1.6.1-Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Taslak Yönetmelik (1994)

Ülkemizde yürürlüğe girmesi beklenen bu taslak yönetmelikte [10] deprem yükleri hesabında mevcut yönetmelikten (1975) oldukça farklı bir anlayış mevcut olup Applied Technology Council (ATC-3) ve National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) tarafından verilen esaslara uygun bir düzenleme tarzı göze çarpmaktadır. [9]

Yönetmelikte deprem yükleri belirlenirken her 200-250 yılda bir meydana gelebilecek depremin etkileri esas alınmış ve yurdumuz deprem bölgesi bakımından dört bölgeye ayrılmıştır. Birinci bölge deprem tehlikesinin en fazla olduğu yerleri temsil ederken dördüncü bölge tehlikenin en az olduğu yerleri içerir.

Yapılarda deprem sebebiyle meydana gelen etkiler esas olarak dinamik hesap yöntemi kullanılarak hesaplanabilir. Ancak aşağıdaki durumlarda hesap basitleştirilerek eşdeğer statik kuvvetler yöntemi uygulanabilir.

- a- Bütün deprem bölgelerinde yüksekliği 75m den az olan tüm düzenli yapılar,
- b- (1.) ve (2.) derece deprem bölgelerindeki 30m veya 10 kattan fazla olmayan düzensiz yapılar,
- c- (3.) ve (4.) derece deprem bölgelerindeki bütün yapılar

Aşağıdaki durumlarda eşdeğer statik hesap yönteminin yaklaşımı yetersiz olacağından dinamik hesap yönteminin kullanımı gerekli olur.

- a- Bütün deprem bölgelerinde yüksekliği 75m den fazla olan yapılar,
- b- (1.) ve (2.) derece deprem bölgelerindeki yüksekliği 30m den veya 10 kattan fazla olan düzensiz yapılar

Deprem kuvvetlerinin hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın yapıya birbirine dik eksenler yönünde ayrı ayrı etkidiği kabul edilecektir. Deprem yüklerinin ve ilgili kesit zorlarının hesabında taşıyıcı sistemin düzenliliği esas alınır. Tablo 1.1 ve Tablo 1.2 de verilen taşıyıcı sistemde varolabilecek çeşitli düzensizlik durumlarının yapıdaki mevcudiyeti incelenir. Verilen düzensizlik türlerinden en az birinin yapıda mevcut olması durumunda yapı düzensiz olarak sınıflandırılır.

Tablo 1.1 : Yatay düzensizlik türleri

Düzensizlik	Tanımı
Burulma düzensizliği	Deprem yönüne dik doğrultuda rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dışmerkezliğin bu doğrultudaki yapı genişliğinin % 20 sinden fazla olması
Girinti düzensizliği	Plandaki girintilerin boyunun bu yöndeki yapı boyutunun % 20 sinden fazla olması
Kat döşemesi süreksizliği	Katlarda diyafram görevi yapan döşeme sisteminde % 50 den fazla boşluk bulunması
Taşıyıcı eleman düzensizliği	Yatay yük taşıyan düşey taşıyıcı elemanların planda üst üste olmaması
Taşıyıcı sistemin paralel olmama düzensizliği	Yatay yükleri taşıyan düşey taşıyıcı elemanların yapının ana eksenlerine paralel veya simetrik olmaması

Tablo 1.2 : Düşey düzensizlik türleri

Düzensizlik	Tanımı
Rijitlik düzensizliği	Komşu iki katın yanal rijitliğinde önemli farkların olması (Perdeli sistemden çerçeveli taşıyıcı sisteme geçiş gibi)
Kütle düzensizliği	Bir katın (çatı hariç) kütlelerinin alt veya üst kat kütlelerine oranının 3 den fazla olması
Kütle geometri düzensizliği	Yatay yükleri taşıyan sistemin alt veya üst kat genişliğine oranının 1.25 den fazla olması
Süreksizlik	Yatay yük taşıyan düşey elemanların alt katlarda devam etmemesi

Deprem kuvvetlerinin hesabında mevcut yönetmelikten (1975) farklı olarak deprem bölgesi katsayısı yerine en büyük deprem ivmesi esas alınmış olup deprem katsayısı yerine de spektral ivme kavramı tanımlanmıştır [11]. Mevcut yönetmelikteki ayrıntılı bir şekilde belirlenmemiş olan K yapı tipi katsayısına karşılık bir azaltma faktörü olarak yapı davranış katsayısı kullanımı öngörülmüştür.

Tasarı yönetmelik ; zemin titreşim moduna dayalı eşdeğer statik yük metodu ile modların süperpozisyonu esasına dayalı spektral analizin her ikisini de içermektedir. Yapının yatay yükler altındaki analizi; plandaki biçimi, toplam yüksekliği ve düzenliliği gözönüne alınarak yapılacak değerlendirme sonucu karar verilecek uygun metod ile gerçekleştirilir. Lineer elastik analizde n. titreşim modunda spektral ivme A_n (1.4) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$A_n = A_0 I S_n \quad (1.4)$$

A_0 ; 50 yıllık periyot boyunca aşılması ihtimali % 90 olan etkili en büyük deprem ivmesi değeri olup yeni bir deprem bölgeleme çalışmasındaki dört deprem bölgesinde sırasıyla 0.40 g, 0.30 g, 0.20 g ve 0.10 g olarak belirlenmiştir.

Bu ifadedeki I; mevcut yönetmeliktekiyle (1975) esas olarak aynı olan yapı önem katsayısı olup yapının kullanış amacını yansıtır. Depremden hemen sonra

kullanımına ihtiyaç duyulan ve insanların yoğun bir şekilde bulunduğu yapılarda deprem etkisinin sebep olabileceği zararın büyüklüğü gözönünde tutularak bu katsayı büyük tutulmuştur.

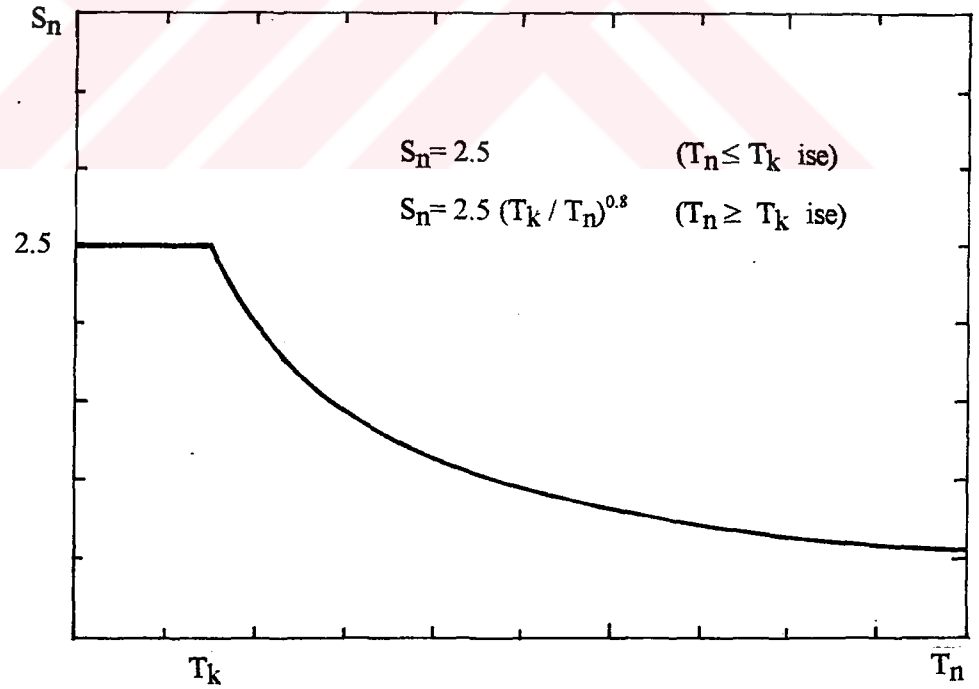
S_n ; Şekil 1.16 dan belirlenen n . titreşim modundaki spektrum katsayısıdır ve (1.5) ifadesiyle hesaplanır.

$$S_n = 2.5 \quad (T_n \leq T_k) \quad (1.5.a)$$

$$S_n = 2.5 (T_k / T_n)^{0.8} \quad (T_n \geq T_k) \quad (1.5.b)$$

Yönetmelikte zemin türleri için bir sınıflandırma yapılmış ve bu zemin sınıflarına karşılık gelen T_k zemin periyodu değerleri verilmiştir.

Eşdeğer yatay yük metoduyla hesap yapılması durumunda (1.5) ifadesinden birinci doğal zemin periyodu T_1 e bağlı olarak elde edilen S_1 spektrum katsayısı (1.4) ifadesinde yerine konarak A_1 spektral ivmesi elde edilir.



Şekil 1.16: Spektrum katsayısı ile periyod arasındaki bağıntı

Modların süperpozisyonu esasına dayalı bir çok modlu spektral analiz yapılması durumunda (1.4) ifadesinden yararlanılır.

Lineer elastik analizde n. titreşim modundaki toplam taban kesme kuvveti (1.6) ifadesiyle hesaplanır.

$$F_n = M_n A_n \quad (1.6)$$

M_n ; n. moddaki etkili kütle olup (1.7) ifadesiyle hesaplanır.

$$M_n = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (m_i \phi_{in}) \right]^2}{\sum_{i=1}^N (m_i \phi_{in})} \quad (1.7)$$

m_i : i. kat kütlesi

ϕ_{in} : n. modda i. katın öteleme genliği

N: Toplam serbestlik derecesi sayısı

Özel bir durum olarak, eşdeğer yatay yük metodunda etkili kütle, birinci modda titreşen yapılarda toplam kütleyle karşılık gelir.

Yapıya herhangi bir x seviyesinde etkiyen deprem kuvvetlerine n. titreşim modunun katkısı (1.8) ifadesiyle gözönüne alınır.

$$F_{xn} = F_n (m_x \phi_{xn}) / \sum_{i=1}^N (m_i \phi_{in}) \quad (1.8)$$

Yapının bu deprem yükleriyle analizinden sonra elde edilen iç kuvvetler yönetmelikte öngörülen yapı davranış katsayısına ($R \geq 1$) bölünür. Böylece taşıyıcı sistemlerin sünek olmaları ölçüsünde, göçmeye erişmeden deprem enerjisini yutabilme özelliği gözönüne alınmış olur. Ayrıca yönetmelikte kat relatif yerdeğiştirmeleri için birtakım sınır değerler de verilmiş olup bunlarla yerdeğiştirmelerin kontrolü yapılır.

1.6.2- NEHRP-85 ve ATC-3.06

Ülkemizde çok az bir değişiklikle kabul edilip yürürlüğe girmesi beklenen taslak yönetmelikte önemli ölçüde ABD’de geliştirilen yönetmeliklerin etkisinde kalındığından ve mevcut binaların deprem davranışını değerlendirmek için incelediğimiz yöntemlerden ATC-22’de NEHRP-85 adlı yönetmelik esasları dikkate alındığından bu bölümde bu yönetmelik için kısa bir açıklama yapılacaktır.

Applied Technology Council tarafından ATC-3.06 olarak hazırlanan rapor daha sonra yapılan bir takım küçük değişikliklerle NEHRP-85 yönetmeliği olarak yeniden yayınlanmıştır. Bu yönetmelikte hem deprem hareketinin büyüklüğü ve hem de meydana gelme sıklığı (frekansı) gözönüne alınmıştır. Tek bir deprem bölge katsayısının yerini etkili en büyük ivme, etkili en büyük hız ve bunlara ek olarak verilen depremsellik indeksi almıştır.

Yönetmelikte yapılarda olması muhtemel plan ve kesit düzensizlikleri fazla ayrıntıya girilmeden açıklanmıştır. Deprem tehlikesinin yüksek olduğu bölgelerdeki düzensiz yapıların dinamik hesap yöntemiyle incelenmesi önerilmektedir. Yapılarda özel durumların haricinde deprem analizinin eşdeğer yatay yük metodu ile yapılması genellikle yeterli olduğundan dolayı yönetmelikte bu hesabın nasıl yapıldığına kısaca bir gözatılacaktır.

a- V, taban kesme kuvveti:

Taban kesme kuvveti toplam bina ağırlığına bağlı olarak (1.9) ifadesiyle hesaplanır. Bina ağırlığına sabit ağırlık yanında yükün depo gibi oldukça uzun süreli kaldığı yerlerde % 25 hareketli yük eklenecektir.

$$V = C_s W \quad (1.9)$$

C_s deprem katsayısı olup (1.10) ifadesiyle hesaplanır.

$$C_s = 1.2 A_v S / (R T)^{2/3} \leq 2.5 A_a / R \quad (1.10)$$

A_v : Etkili en büyük hıza bağlı ivme

A_a : Etkili en büyük ivme

S : Yerel zemin katsayısı

T : Bina temel periyodu

R : Davranış değiştirme katsayısı

Çerçeve binalarda periyod (1.11) ifadesiyle ve diğer bütün binalarda ise (1.12) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$T_a = C_T h_n^{3/4} \quad (1.11)$$

$C_T = 0.085$ (Çelik çerçeveler), $= 0.073$ (Betonarme çerçeveler)

h_n : Bina yüksekliği (m)

$$T_a = 0.09 h_n / \sqrt{L} \quad (1.12)$$

L : Deprem yönündeki bina boyu (m)

Taban kesme kuvvetinin hesabında kullanılacak periyod Tablo 1.3 de A_v ye bağlı olarak verilen en büyük değeri geçemez. Bu suretle gerçekçi olmayan büyük periyot hesabıyla, taban kesme kuvvetinin azaltılması önlenmiş olur. Zemin türü tanımı ve S zemin türü katsayısı değerleri Tablo 1.4 de verilmiştir.

Tablo 1.3 : Taban kesme kuvvetinin hesabında kullanılacak en büyük yapı periyodları

A_v	0.4	0.3	0.2	0.15	0.10	0.05
T_{max} / T_a	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.7

Tablo 1.4 : Zemin sınıflandırması ve S zemin türü katsayıları

Zemin türü	S
S_1 : Kaya ve kaya üzerinde sıg ve sıkı zemin	1.0
S_2 : Kaya üzerinde derin ve sıkı zemin	1.2
S_3 : Yumuşak zemin	1.5

R davranış değiştirme katsayısı ile taşıyıcı sistemde elastik şekil değiştirme enerjisinin ötesinde plastikleşme ile bir enerji yutma kapasitesinin varlığı gözönüne alınmaktadır. Bu katsayı başka bir ifadeyle; belirli bir yer hareketinde doğrusal elastik sistemde meydana gelebilecek kuvvetlerin plastikleşme de gözönünde alındığında karşılaşılabilecek kuvvetlere oranı olarak tesbit edilebilir. Dolayısıyla bu katsayı ile sistemin sünekliği gözönüne alınmış olmaktadır.

Tablo 1.5 : R davranış değiştirme ve C_d yerdeğiştirme büyütme katsayıları

Yapı sistemi		R	C_d
Taşıyıcı duvarlı sistem	Yığma duvarlı	1.25	1.25
Çerçevesel sistem	Sünek davranış sağlanmış	8	5.5
	Sünek davranış sağlanmamış	2	2
Perdeli sistem	Sadece perdelerden oluşuyor	4.5	4
	Perde + çerçeve	5.5	5

En büyük ivme katsayısı A_a ve en büyük hızla bağlı ivme katsayısı A_v bölgenin depremselliği ile ilgili olup bunlara ait değerler Tablo 1.6 da verilmiştir. İlk iki katsayı için değerler aynı gibi gözükse de bu değerlerin belirlenmesinde kullanılan bölge haritalarında bölgeleme birbirinden farklıdır.

Tablo 1.6 : Deprem bölge katsayıları

Deprem bölgesi	1	2	3	4	5	6	7
A_a ve A_v	0.05	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Depremsellik indeksi	1	2	2	3	4	4	4

En büyük ivme katsayısı A_a depremin kısa periyotlu bölümünün özelliğini yansıtmakta olup etkili en büyük ivmenin yerçekimi ivmesine oranına eşittir. Etkili en büyük ivme, mutlak en büyük ivmeden farklı olup spektral ivmenin 0.1 s ile 0.5 s periyodu arasındaki ortalamasının katsayıya bölünmesiyle elde edilir. Depremin uzun

periyotlu bölümünün özellikleri ise A_v katsayısı ile hesaba yansır. Boyutsuz olan bu büyüklük etkili en büyük hızla ilişkili olup belirlenmesinde 1.0 s periyoddaki spektral hız esas alınır.

b- Yatay yük dağılımı ve kat yerdeğiştirmeleri: Yapıda deprem etkisiyle oluşacak toplam taban kesme kuvveti (1.13) ifadesiyle hesaplanır.

$$F_x = C_{vx} V \quad (1.13)$$

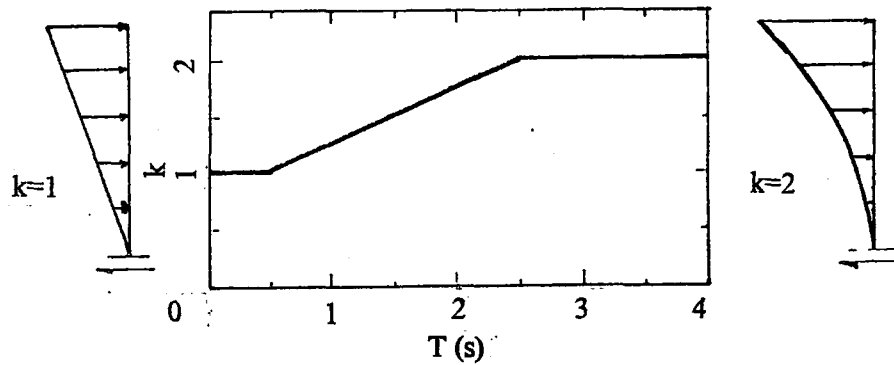
$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (1.14)$$

w_x, w_i : x. ve i. kat ağırlıkları

h_x, h_i : x. ve i. katların temelden yüksekliği

$$\begin{aligned} T \leq 0.5 \text{ s} & \Rightarrow k=1 \\ 0.5 < T < 2.5 \text{ s} & \Rightarrow k=0.75 + T/2 \\ T \geq 2.5 \text{ s} & \Rightarrow k=2 \end{aligned} \quad (1.15)$$

Görüldüğü gibi bodur yapılar için $k=1$ olup dağılım doğrusaldır. İnce uzun yapılar için ise $k=2$ bir parabolik dağılım vermekte ve böylece yüksek modların etkisi hesaba katılmaktadır (Şekil 1.17).



Şekil 1.17: k yatay yük dağıtım katsayısı

Bu yönetmelikte binalar kullanımları esas alınarak deprem tehlikesine olan duyarlılıklarına göre sınıflandırılmışlardır (Tablo 1.7).

Tablo 1.7 : Deprem tehlikesine duyarlılık gruplaması

Grup	Tanım
III	Depremden hemen sonra kullanımına ihtiyaç duyulan yapılar
II	Çok sayıda insan tarafından kullanılan yapılar
I	Yukarıdaki gruplara girmeyen yapılar

Grup III : $\Delta \leq 0.010 h_{sx}$ olan deprem tehlikesi duyarlılık grubu

Grup I ve II : $\Delta \leq 0.015 h_{sx}$ olan deprem tehlikesi duyarlılık grubu

Δ : Kat relatif yerdeğiştirmesi

h_{sx} : x katı altındaki kat yüksekliği

Kat relatif yerdeğiştirmesi Δ , katların δ_x yatay yerdeğiştirme değerlerinin farkı olarak hesap edilir.

$$\delta_x = C_d \delta_{xo} \quad (1.16)$$

δ_{xo} : Elastik çözümleme sonucu elde edilen yatay yerdeğiştirmeler

C_d : Tablo 1.5 de verilen büyütme katsayısı olup bu katsayı ile sistemin sünekliği ve kullanılan malzemenin özelliği gözönüne alınmaktadır.

BÖLÜM 2- HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

2.1- Yöntemin Esası

ATC-21 [2] de verilen bu hızlı davranış değerlendirme yöntemi deprem etkisine karşı hassas olan yapıların belirlenmesini esas alır. Yöntemin uygulanması kolay ve nisbeten az masraflı olup taşıyıcı sistemle ilgili herhangi bir statik hesap yapılmaz. Değerlendirme sadece elde edilen bilgilerin puanlandırılması şeklindedir. Binanın yerinde incelenmesiyle tesbit edilecek taşıyıcı sistem türüne ve bulunduğu bölgeye bağlı olarak her yapı için bir Yapı Hasar Ana Puanı tesbit edilir. Deprem davranışını olumsuz yönde etkileyen düşey düzensizlik, burulma, zemin durumu gibi tesirlerin azaltma puanları bu ana puandan düşülerek yapı için yapının deprem davranışını karakterize eden bir S Yapı Puanı elde edilir. Elde edilen puanın değerlendirilmesiyle binanın deprem davranışının daha ayrıntılı yöntemlerle incelenmesine gerek olup olmadığı sonucuna varılır. Yüksek yapı puanı; binanın deprem etkisine karşı yeterli bir taşıyıcı sisteme sahip olması ihtimalinin yüksekliğine karşı gelir. Puan düşükse binanın hassas ve tehlikeli bir durumda olduğuna ve daha ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiğine karar verilir.

Bu yöntem ülke genelinde yapılacak bir deprem güvenliği çalışmasında deprem etkisine karşı açık bir şekilde eksikliği bulunan mevcut binaların hızlı bir şekilde tesbit edilmesine imkan vereceğinden bir ön değerlendirme aşaması olarak kullanılabilir. Bu hızlı ön aşama sonrasında deprem davranışında şüpheli durumların mevcut olduğu binalarda daha ayrıntılı inceleme yöntemleri kullanılır. Yöntem hızlı olarak uygulandığından sonucun hassaslığı da olumsuz etkilenmektedir ve bazı durumlarda gerçekte deprem etkisine karşı hassas olan binaları gözden kaçırmak mümkündür. Bu sebeple değerlendirme sonucunda elde edilen bilgilerin bir mühendislik önsezisiyle yorumlanması önemlidir.

2.2- Yapı Türleri

Bu çalışmada gözönüne alınan yapılar için yöntemde Tablo 2.1. deki gibi bir gruplama verilmiştir.

Tablo 2.1 : Yapı türleri

Yapı türü	Genel tanım
BÇ	Betonarme çerçeve binalar
BP	Betonarme perdeli binalar
PR	Prefabrike binalar
YB	Yığma binalar

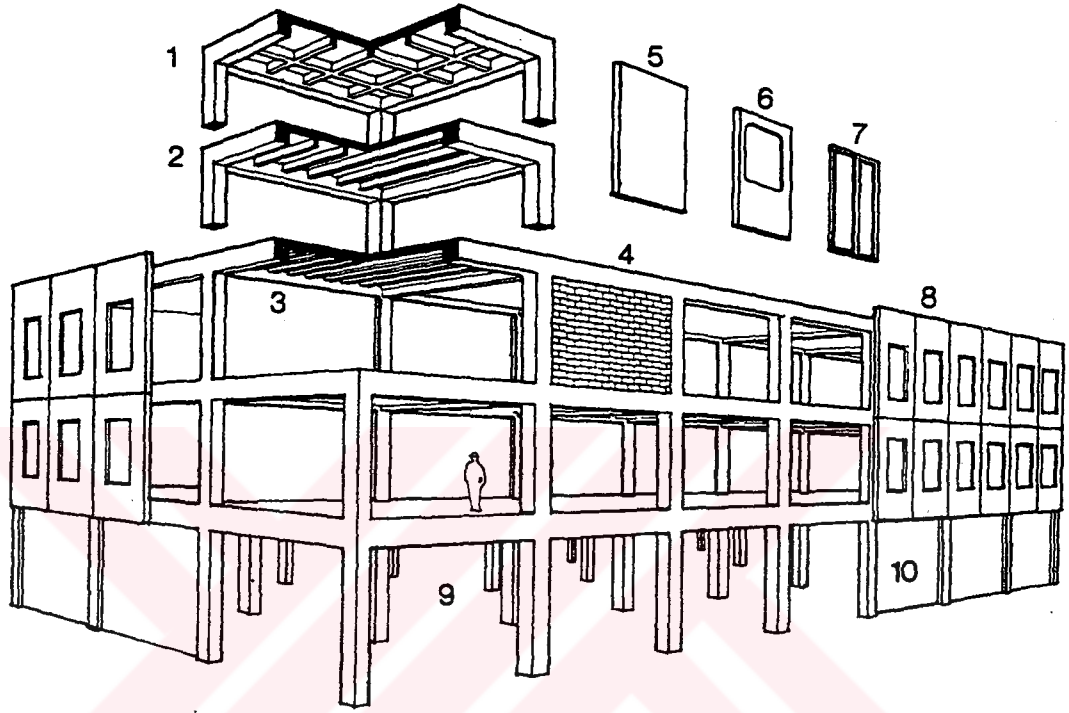
2.2.1- Betonarme Çerçeve Binalar

Yurdumuzdaki konut ve ticari amaçlı binalarda oldukça yaygın olan yapı türüdür (Şekil 2.1). Bu tür yapılarda deprem etkisi altında oluşabilecek problemler şöyle özetlenebilir.

- a- Kolonlarda seyrek sargı donatısı kullanılması durumunda betonun yanal basıç etkisi ile birlikte dayanım ve süneklik de azalacaktır [7].
- b- Donatı eklerinde yeterli aderans boyu sağlanmamışsa eleman dayanımında bu bölgelerdeki gerilme yığılmaları nedeniyle oluşacak azalma sonucu göçme meydana gelebilecektir.
- c- Kayma donatısının yeterli olmaması, elemanın eğilme kapasitesine ulaşmadan kayma göçmesi oluşmasına neden olur ki, bu göçme ani ve gevrek olup istenmeyen bir davranış türüdür [12].
- d- Sürekli kirişlerde yeterli donatı bulunmaması durumunda ters yönde yükleme etkisinde mafsal oluşabilir.
- e- Kiriş-kolon birleşim detaylarının uygun düzenlenmemiş olması sonucu düğüm bölgesinde göçme oluşabilir ve elemanlardan beklenen dayanıma ulaşılamaz.

f- Nisbeten düşük rijitliğe sahip çerçevelerde oluşacak büyük yerdeğiştirmeler sonucu çerçeveye bağlı taşıyıcı olmayan elemanlarda hasar oluşur.

g- Komşu binalar arasındaki yetersiz mesafe sonucu deprem esnasında binaların çarpışmasıyla hasar meydana gelebilir.



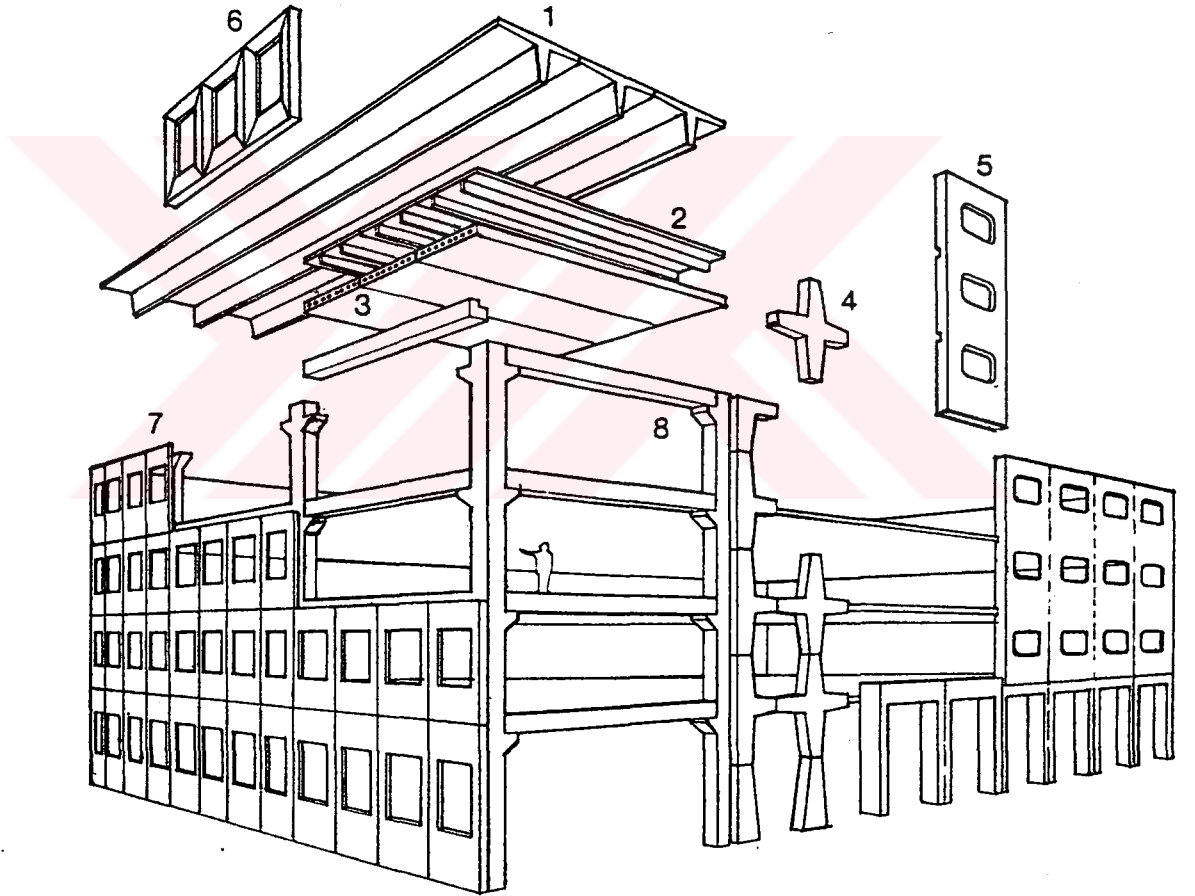
Şekil 2.1: Betonarme çerçevesiz bina

2.2.2- Betonarme Perdeli Binalar

Tamamen perdeli binalar ve perdeli-çerçevesiz binalar bu gruba girer. Yeni yapılan binalarda çerçevelerle birlikte perdeler gözenirken tünel kalıp uygulaması ile tamamı perdeli kutu sistem tarzı gelişmektedir (Şekil 2.2). Çerçevesiz binalara göre daha rijit olup depremde daha iyi bir davranış gösterirler. Bu türden yüksek binalarda düşey süreksizlikler, komşu binaların çarpma etkisi ve plandaki düzensizlikler önemli hasarlara sebep olabilir. Tesbit edilen diğer hasar sebepleri şöyle özetlenebilir:

a- Perdelerdeki büyük boşluklar etrafında kayma çatlakları meydana gelebilir.

- a- Prefabrike elemanlar arasındaki birleşimin zayıf olması sonucu göçme meydana gelebilir.
- b- Büzülme ve imalat yerinden montaj yerine taşınma sırasında elemanda oluşan gerilmeler sonucu istenen kapasiteye ulaşamaz.
- c- Elemanların yerleştirilmesi sırasında yeterli mesnet alanlarının sağlanmaması durumunda ezilme oluşabilir. Yatay yerdeğiştirmeyi karşılayacak mesnet genişliğinin yeterli olmaması durumunda elemanların düşmesi ve sistemin göçmesi söz konusu olabilir.



Şekil 2.3: Prefabrike bina

2.2.4- Yığma Binalar

Bu tür yapılarda duvarlar taşıyıcı elemanlardır. Pencere üstlerinde yer alan betonarme lento yaygın bir uygulama tarzıdır. Taşıyıcı duvar üzerinde kat seviyesindeki hatıl hem duvarları birbirine bağlar ve hem de döşeme için mesnet teşkil eder. Eski binalarda döşeme yapımında ahşap kirişlerden veya çelik profillerden faydalanılırken daha yeni yığma binalarda betonarme döşeme uygulaması görülmektedir. Bu tür yapılarda rastlanabilecek bazı önemli problemler şöyle özetlenebilir:

- a- Döşemelerin ve hatılların duvara kenetlenme şeklinde bir bağı olmaması sistemin en zayıf noktasıdır. Taşıyıcı duvarın göçmesi binanın tamamen göçmesine neden olur.
- b- Döşemeler yeterince rijit değilse taşıyıcı duvar doğrultusuna dik yükleme durumunda taşıyıcı duvarın düzlemi dışındaki yerdeğiştirmeler engellenemez ve duvar kendi ağırlığı etkisinde göçer.
- c- Taşıyıcı duvarların imalinde kullanılan harcın kayma dayanımı düşükse veya zamanla zayıflamışsa büyük yükler altında hasar ve göçme meydana gelebilir.
- d- Yüksek katlı ve ince taşıyıcı duvarlı binalarda deprem sırasında duvar düzlemine dik yerdeğiştirmeler sonucu göçme meydana gelebilir.

2.3- Yöntem ve Hızlı Değerlendirme Formu

İncelenen yapının Tablo 2.1 de verilen yapı türlerinden hangisine girdiğine karar verilir. Yapı Hasar Ana Puanı yapının taşıyıcı sistemine ve bulunduğu deprem bölgesine bağlı olarak Tablo 2.2 yardımıyla tesbit edilir. Bu puan bölgede meydana gelebilecek önemli bir hasarın ihtimalini yansıtır. Önemli hasar; gerekli onarım ve güçlendirme maliyetinin, yapı değerinin yaklaşık % 60 ına vardığı hasar düzeyidir. Böyle bir durum aynı zamanda can kaybının başlayacağı durum olarak da özetlenebilir. Depreme dayanıklılığı iyi olan binalar için yüksek, hasar meydana gelebilecek binalar için düşük değerler öngörülmüştür. Deprem tehlikesinin yüksek olduğu birinci bölgeyi esas alan hızlı değerlendirme formu Tablo 2.3 de verilmiştir. Tablo 2.3 deki yapı hasar ana puanlarında Tablo 2.2 de verilen değişiklik yapılarak

diğer deprem bölgeleri için de kullanılabilir. İncelenecek deprem bölgesine bağlı olarak hazırlanan bu değerlendirme formu ile büyük bir bölge taranarak daha ayrıntılı inceleme gerektiren yapılar tesbit edilir.

Bu değerlendirme formu kullanılarak taşıyıcı sistemde ve zemindeki Bölüm 2.3.10 da anlatılan olumsuz durumlar gözönüne alınarak yapının hasar ana puanında azaltma yapılacaktır. Buradan elde edilecek sonuç puan, S, yapının muhtemel bir depremdeki davranışını karakterize eden Yapı Puanı değeridir. Yapı Puanı S, binanın deprem dayanımının yeterlilik derecesini gösteren temel bir ölçüdür. Yüksek puan iyi, düşük puan ise muhtemelen zayıf bir deprem davranışına karşılık gelir. İkinci durumda değerlendirmenin yeniden, daha ayrıntılı olarak yapılması gerekir. Açık bir şekilde tesbit edilemeyen durumlar formda belirtilmelidir. Değerlendirme formunda yer alacak bilgiler aşağıda açıklanmıştır:

Tablo 2.2 : Yapı türlerine ait yapı hasar ana puanları

Yapı türü		Deprem bölgesi		
		1	2 ve 3	4 ve 5
BÇ	Betonarme çerçeveli binalar	2.0	3.0	4.0
BP	Betonarme perdeli binalar	3.0	3.5	4.0
PR	Prefabrike binalar	1.5	2.0	2.5
YB	Yığma binalar	1.0	2.0	2.5

2.3.1- Binanın Yeri ve Kimliği

Geniş çaplı bir bölgede yapılacak hızlı tarama çalışması sonrasında kayıt düzenliliği önemli olup bunu temin etmek üzere incelenen binanın adresi değerlendirme formunun sağ üst kısmında bu bilgi için ayrılan yere açık bir şekilde yazılmalıdır. Daha sonra yapılacak ayrıntılı bir incelemede bu bilgi ile çalışmalar sistemli bir şekilde yürütülebilir.

Tablo 2.3 : Birinci deprem bölgesi için hızlı değerlendirme formu

BİRİNCİ DERECE DEPREM BÖLGESİ İÇİN HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME FORMU					
Kroki	Adres:				
	Binanın ismi:				
	Kat adedi:		İnşa yılı:		
	Toplam kat alanı:				
	Kullanımı:				
	Düzenleyen:				
Ölçek	Tarih:				
	Fotoğraf				
Konut		BÇ	BP	PR	YB
Ticari	Ana Puan	2.0	3.0	1.5	1.0
Büro	Yüksek yapı	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5
İmalat	Kötü durum	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Toplantı	Düşey düzensizlik	-1.0	-0.5	-1.0	-0.5
Okul	Yumuşak kat	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0
Kamu	Burulma	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Acil servis	Planda düzensizlik	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0
Tarihi	Çarpma etkisi	-0.5	-	-0.5	-
İnsan sayısı	Kısa kolon	-1.0	-1.0	-1.0	-
	Kalın kaplama	-1.0	-	-1.0	-
0-10	Zemin durumu 2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
11-100	Zemin durumu 3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
101+	Zemin durumu 3 ve 8-20 kat	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Sonuç Yapı Puanı (S) :					
Ayrıntılı değerlendirme gerekli mi ?		Evet		Hayır	
Yapısal olmayan hasar tehlikesi:					
Özel notlar:					

2.3.2- Araştırmacının Niteliği

İlk inceleme sonrası gerekli olması durumunda yapılacak daha ayrıntılı bir incelemede bu ilk çalışmayı yapan kişinin izlenimlerini öğrenmek önemlidir. Bu sebeple araştırmacının ismi, nitelikleri ve diğer bazı özellikleri formda belirtilmiş olmalıdır.

2.3.3- Kat Sayısı ve Toplam Kat Alanı

Binada meydana gelecek hasar, genellikle yapı yüksekliğiyle orantılıdır. Formda adı geçen kat sayısı, bina yüksekliği için uygun bir ölçüdür.

Bodur bina:	1-3 kat
Orta yükseklikte bina:	4-7 kat
Yüksek bina:	8 ve daha fazla katlı binalar

Bodur ve orta yükseklikteki binalar için elde edilen S değerleri genellikle birbirine çok yakın olduğu için, yükseklik açısından bu binalar aynı grupta incelenebilir. Yapı hasar ana puanları Tablo 2.2 den elde edilir. Eğer bina eğimli bir arazide yapılmışsa veya farklı seviyede çatı katlarına sahipse en yüksek noktanın esas alınması önerilir. Binanın bir katının alanı, toplam kat sayısı ile çarpılarak toplam kat alanı elde edilir.

2.3.4- İnşa Yılı

Formdaki inşa yılı oldukça önemli bir bilgidir. Binanın inşa yılı bilinirse, o zamana ait inşaat teknikleri, malzeme özellikleri ve yönetmelikler hakkında isabetli tahminler yapılabilir. Bu sebeple bina yaşı, yapı türünü ve sonuç puanı belirlemede önemli bir bilgidir. İnşaatın uzun sürede tamamlanmış olabileceği veya kısım kısım yapılmış olabileceği ihtimali de gözönünde tutulmalıdır.

2.3.5-Kullanım Amacı ve Binadaki İnsan Sayısı

Yapının, değerlendirme formunda yeralan kullanım maksatlarından hangisi için kullanıldığına karar verilir. Kullanım maksadı gözönünde tutularak, binadaki insan sayısının; formda verilen gruplardan hangisine girdiği tesbit edilir. Bir bina birden fazla kullanım amacına yönelikse mesela hem ticari hem de konut maksatlı kullanılıyorsa her ikisinde işaretlenmelidir. Yapıdaki insan sayısının yaklaşık olarak hesaplanabilmesi için konutlarda 1 kişi/30 m², otellerde 1 kişi/20 m², yurtlarda 1 kişi/10 m², büro binalarında 1 kişi/15 m², okullarda 1 kişi/7 m² değerleri kullanılabilir.

Geniş çaplı bir bölgede yapılacak tüm inceleme ve davranış değerlendirme çalışmalarından sonra gerekli olan yapılarda birtakım güçlendirme tedbirlerinin alınması sözkonusudur. Bu güçlendirme programının da belirli bir önem sırası dahilinde yapılması gereklidir. Yapının kullanım maksadı ve buna bağlı olarak yapıdaki insan sayısı bu önem sırasının belirlenmesinde geçerli bir kıstastır. Depremden hemen sonra kullanımına ihtiyaç duyulan ve insanların yoğun bir şekilde bulunduğu binalar böyle bir güçlendirme programında birincil derecede gözönüne alınacaktır.

2.3.6- Taşıyıcı Olmayan Eleman Hasarları

Binaya bağlantısı zayıf olan baca, parapet, çatı oluğu, dış cephe kaplama malzemesi gibi taşıyıcı olmayan elemanlar deprem esnasında taşıyıcı sistemden ayrılıp düşerek hayati tehlike arzedebilirler. Bazı basit tedbirlerle ortadan kaldırılabilecek taşıyıcı olmayan elemanlara ait tehlikeli durumlar formda işaretlenmelidir.

2.3.7- Kroki, Fotoğraf ve Yorumlar

Bina fotoğrafının eklenmesi ve kroki çizilmesi binanın özelliklerini kolayca ortaya koyması bakımından önemlidir. Kroki, binanın yaklaşık olarak boyutlarını, o mahaldeki yerini, komşu binalara olan mesafesini de içermelidir. Ayrıca; mevcut çatlaklar, biçim problemleri gibi özel durumlara ait bilgilerde bu krokiye işlenebilir.

2.3.8- Taşıyıcı Sistem Tipinin Belirlenmesi

Bina kaplama malzemeleri, yapısal iskeleti gizlediğinden, binanın dışından yapılacak bir incelemeyle, binaya ait taşıyıcı sistem türünü belirlemek genellikle zordur. Örnek olarak çelik bir bina ile betonarme bina dışarıdan birbirine çok benzeyebilir veya bina farklı doğrultularda farklı taşıyıcı sistemlere sahip olabilir. Bu sebeple araştırmacı çoğu kere binadaki bazı ipuçlarını kullanarak, mümkün olmayan yapı türlerini eleyerek, mümkün olan yapı türünü elde etmek durumunda kalır. Bu ipuçları şöyle ifade edilebilir:

- a- Bina yaşı
- b- Cephe tarzı
- c- Bina yüksekliği
- d- İlk kullanım maksadı

Şayet mümkün olan yapı türü birden fazlaysa veya yapı türü belirli olduğu halde, farklı doğrultularda farklı yapı türü belirleniyorsa, bütün durumları gözönüne alarak yapılacak bir inceleme sonucu elde edilecek olan en düşük yapı puanı esas alınır.

a- Bina yaşı:

Binanın yaklaşık olarak tesbit edilen yaşı sayesinde o tarihlerde kullanılan yapım teknikleri ve dolayısıyla mümkün olan yapı türü ile birlikte, projelendirmede esas alınan deprem yönetmeliğini belirlemek mümkün olabilir. Binanın mimari tarzı, yaşı tesbit etmede önemli bir ipucudur. Ancak binanın restorasyon geçirmiş olması ihtimali de gözönünde tutulmalıdır.

b- Cephe tarzı:

Taşıyıcı sistem türünün belirlenmesinde, cephe tarzından, cephedeki pencere boşlukların büyüklüğünden faydalanılabilir. Çerçevesi binalarda cephelerde büyük

pencere boşlukları ve kiriş-kolon ızgara sistemi gözlenirken kutu sistemli (tümüyle perdeli) veya yığma binalarda küçük pencere boşlukları, en az iki cephede kalın rijit perde veya taşıyıcı duvar mevcuttur .

Son zamanlarda sıkça uygulanan çok katlı işyeri binaları, iç kısımlarda, yatay yükleri karşılamak amacıyla perdelerden oluşan bir çekirdek ihtiva etmektedir ki, bu sistem çerçeve türü bir yapı olarak düşünülebilir. İç kısımda kolonların, dış çevrede taşıyıcı duvarların yer aldığı bir sistemde yatay kuvvetler bu taşıyıcı duvarlar tarafından karşılanacağından sistem taşıyıcı duvarlı bir yapı olarak düşünülmelidir. Kutu sistemler bazen yük taşımak için sadece iki esas taşıyıcı duvara sahip olacak şekilde inşa edilebilirler. Diğer duvarlar yük taşıma maksatlı olmayıp buralarda büyük boşluklara izin verilebilir. Araştırmacı yan ve arka cepheleri de incelemelidir. Şayet dört dış duvardan en az ikisi, daha rijit görünüyorsa bu sistem muhtemelen bir kutu sistemdir.

c- Bina yüksekliği:

İncelenen binanın yüksekliği sayesinde bu yapıda kullanılabilecek taşıyıcı sistem türleri belirlenerek mümkün olmayan seçenekler elenir.

d- İlk kullanım maksadı:

İlk kullanım maksadı bilinirse bu amaca uygun muhtemel taşıyıcı sistem türleri belirlenerek seçenekler elenir. Şayet bina yenilenmediyse, ilk kullanım maksadı binanın tarzından tesbit edilebilir. Binanın şimdiki kullanımının ilk kullanım maksadından farklı olabileceği düşünülmelidir.

Araştırmacı çoğu kere orjinal yapıya ait bilgileri tesbit etmek durumundadır. Ancak, yapıların restore edilmesiyle bu bilgilerin tesbiti zorlaşır. Bu durumda araştırmacı dikkatini restore edilmemiş kısımlara yöneltmelidir. Dış yenilemelerin çoğu sadece ön cephelerde yani görünen kısımlarda yapılacağından bu gibi durumlarda orjinal yapı karakterinin gözlenebileceği yan-arka veya insanların genellikle bakmadıkları cepheler incelenerek gerekli bilgiler tesbit edilebilir.

2.3.9- S Yapı Puanı Tayini

Yapı malzemesi, taşıyıcı sistem türü ve binanın bulunduğu deprem bölgesine bağlı olarak Tablo 2.2 yardımıyla Yapı Hasar Ana Puanı belirlenir. Bölüm 2.3.10 da anlatılan yapının deprem dayanımını olumsuz yönde etkileyen faktörlerin incelenen binada değerlendirmesi yapılarak her bir faktöre ait azaltma puanı belirlenir. Daha sonra, bu faktörlerin herbirine ait azaltma puanları yapı hasar ana puanından çıkarılarak Yapı Puanı (S) elde edilir.

2.3.10- S Yapı Puanını Etkileyen Faktörler

Bu bölümde Tablo 2.3 deki yapının deprem davranışını olumsuz etkileyen temel faktörler açıklanmıştır. Bu faktörlere ait puanlar yapı hasar ana puanından çıkarılarak yapı puanı elde edilir. Yapının dayanımı, yatay kuvvetleri taşıyan sistemin yeterliliğine bağlı olduğundan dayanımı etkileyen faktörler de (DEF) taşıyıcı sistem türüne bağlıdır. Değerlendirme formunda her bir yapı türü için dayanımı etkileyen faktörlere ait azaltma puanları ayrı olarak verilmiştir.

a- Yüksek yapı:

Kargir yapılarda 4, diğer yapılarda 8 den fazla kat bulunması durumunda yapı, yüksek yapı olarak kabul edilir.

b- Kötü durum:

Yapının inşasında projede esas alınandan daha düşük kalitede malzeme (beton) kullanımı, kötü yerleştirme, temelde düzgün olmayan oturma sonucu köşegen çatlakların oluşması, ince ve kalın agreganın ayrışması, tuz veya sülfat gibi kimyasal maddelerin etkisiyle betonun zamanla zayıflaması, donatının açığa çıkarak paslanması ve bunun dışarıdan görülmesi, kargir binalarda harcın zayıflaması gibi durumlar binanın deprem davranışını olumsuz yönde etkileyen faktörlerdir. Yapıda mevcut

olabilecek bu durumların yapının deprem davranışında sebep olacağı olumsuzluk, formda bu duruma karşılık gelen azaltma puanıyla gözönüne alınabilir.

c- Düşey düzensizlik:

Binanın düşey kesitindeki süreksizlikler ve bunların sebep olduğu yük aktarma süreksizlikleri, perdelerin temele kadar devam etmeyip üst katlarda kesilmesi gibi durumlarda süreksizliğin olduğu yerlerdeki diğer elemanlarda aşırı zorlanmalar oluşacak ve bu elemanlar kendilerinden beklenen dayanıma ulaşmadan önce göçme durumuyla karşılaşabileceklerdir. Bu tür durumların yapının deprem davranışında sebep olacağı olumsuzluk, değerlendirme formundaki bu duruma ait azaltma puanlarıyla gözönüne alınır.

d- Yumuşak kat:

Bir katın yanal rijitliği hemen üzerindeki katının %70 inden veya üstte bulunan üç katın rijitlikleri toplamının %40 ından az ise bu kat yumuşak kat olarak kabul edilir. Çeşitli mimari nedenlerle büyük pencere boşluklarına sahip yüksek zemin katlarda ve perdelerin temele kadar devam etmediği yapılarda yumuşak kat durumu sıkça görülür. Ayrıca bina bir doğrultuda düzgün bir düşey rijitlik dağılımına sahipken diğer doğrultuda yumuşak kata sahip olabilir. Yumuşak katlar genellikle relatif kat yer değiştirmelerindeki ani değişikliklerle tesbit edilebilir. Yapının düşey yöndeki rijitlik dağılımında belirgin bir süreksizliğin mevcut olması, bir katın rijitliğinin diğer katlarındakinden önemli şekilde az olması halinde bu duruma ait azaltma puanı formda işaretlenir.

e- Burulma:

Taşıyıcı sistemin rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dışmerkezliğin büyük olması sonucu yatay deprem yükleri altında, binada deprem davranışını olumsuz yönde önemli ölçüde etkileyecek burulma etkileri oluşacaktır [13]. Burulma etkisiyle düşey taşıyıcı elemanlar gereksiz yere aşırı zorlanacaklar ve kendilerinden

beklenen dayanıma ulaşmadan hasar görebileceklerdir. Bu durum özellikle köşebaşında caddeye bakan taraflarda büyük pencere boşlukları olan ve diğer iki cephenin boşluksuz ve rijit bir şekilde inşa edildiği binalarda meydana gelir. Bu durumun sebep olacağı olumsuzluk bu duruma ait azaltma puanıyla gözönüne alınabilir.

f- Planda düzensizlik:

Bu durum genellikle L,U, E, ve T biçimindeki düzensiz planlı yapılarda görülür. Yapının düzgün bir biçime sahip olması depremdeki davranışını olumlu yönde etkiler. Düzgün bir biçime sahip olmayan bir yapı her ne kadar yönetmelikte istenen diğer şartları sağlasa bile, düzgün biçimli bir binadan beklenen davranışa erişilemez. Düzensiz biçimi binalarda farklı bölümlerin bağlantılarında meydana gelecek hasar sonucu düşey taşıyıcı elemanların kapasitelerinde önemli azalmalar oluşabilir ve kısmi veya toptan göçme durumuyla karşılaşılabilir. Böyle düzensiz biçime sahip binalarda plan düzensizliğine ait olumsuzluk azaltma puanıyla gözönüne alınır.

g- Deprem esnasında komşu binaların çarpma etkisi:

Çarpma etkisi özellikle farklı rijitlikte ve farklı seviyedeki katları olan çerçeve komşu binalarda ortaya çıkar. Kat seviyeleri birbirinden farklı olduğunda bir yapının kat elemanları (döşeme), diğer yapının düşey taşıyıcı elemanlarını (kolon) çarpma etkisiyle zorlayacaktır. Çerçeve yapıların haricindeki yapılarda çarpma etkisi olumsuz bir duruma yol açmayacağından yapı puanını azaltıcı bir etkiye sahip değildir. Farklı kat seviyelerine sahip komşu binalarda bu tür çarpma etkisini önlemek amacıyla her kat için komşu binalar arasında en az 10 cm lik bir mesafeye ihtiyaç vardır. Örnek olarak 4 katlı bir A binası ile 6 katlı bir B binasının komşu olması durumunda çarpma etkisinden kurtulabilmek için A binasının dördüncü katında B binası ile arasındaki mesafe en az $4 \times 10 = 40$ cm olmalıdır.

Ülkemizdeki bitişik nizam imar tarzında binalar arasında genellikle yeterli bir mesafe olmadığından bu etkinin derecesi fazla olabilir.

h- Kalın kaplama:

Prefabrike beton panellerle veya ağır kesme taşlarla kaplanmış yapılarda, bu kaplamaların taşıyıcı sistemle olan bağlantıları zamanla zayıflayarak muhtemel bir depremde tehlike arzedeabilirler. Bu durumun depremde sebep olacağı olumsuzluğa ait azaltma puanı yapı puanının hesabında dikkate alınmalıdır. Değerlendirme formunda basit bir takım önlemlerle ortadan kaldırılabilen bu tür tehlikelere “özel notlar” kısmında dikkat çekilmelidir.

ı- Kısa kolon:

Kolonlar genellikle tüm kat yüksekliğinde öngörülür, fakat daha sonra perde veya diğer taşıyıcı elemanların bulunması nedeniyle yükseklikleri kısılır. Kısılma ile eğilme rijitliği artan kolonlar, projede öngörülenden daha fazla yatay yük taşımak zorunda kalırlar ki, bu da genellikle sünek olmayan bir kayma kırılması ile sonuçlanır. Kısa kolonlar yapının sünekliğini ve buna bağlı olarak deprem etkisinde yapının deprem enerjisi yutabilme yeteneğini azaltırlar.

j. Zemin durumu:

Yapının bulunduğu bölgedeki zemin durumunun deprem davranışına olan etkisi Tablo 2.4 deki azaltma puanlarıyla dikkate alınır.

Tablo 2.4 : Zemin durumları ve bunlara ait azaltma puanları

Zemin durumu	Azaltma puanı	Açıklama
ZD 1	0	Kaya ve kaya üzerinde kalınlığı 70 m den daha az sert kil tabakası
ZD 2	-0.3	Kohezyonsuz zemin veya kaya üzerinde kalınlığı 70 m den fazla sert kil tabakası
ZD 3	-0.6	10 m den fazla yumuşak veya orta sert kil (veya belirlenemeyen zemin)
ZD 3 ve 8-20 kat	-0.8	8-20 katlı binalar için ZD 3 durumu

2.3.11- Elde Edilen Bilgilerin Doğruluğu

Şayet değerlendirme formunda ele alınan konularda araştırmacının şüpheli bir tesbiti varsa bu bilgiye ait notun yanına (*) işareti konarak dikkat çekilmelidir. Ayrıca bu şüphenin sebebi özel notlar bölümünde açıklanmalıdır.

2.3.12- Özel Notlar Bölümü

Bu bölümde araştırmacı binanın kullanım maksadına, durumuna, bilgilerin doğruluğuna ait açıklamalarda bulunup, bina hakkındaki önerilerini sıralayabilir. Hızlı değerlendirme sonucu yapılacak daha ayrıntılı bir değerlendirmede bu özel notlar ve yorumlar gözönüne alınacaktır.

2.4- S Yapı Puanının Değerlendirilmesi

Yapıdaki deprem davranışını olumsuz etkileyen faktörlere ait azaltma puanları, başlangıçta yapı türü ve deprem bölgesine bağılı olarak tesbit edilen yapı hasar ana puanından düşölerek, her yapı için bir S Yapı Puanı elde edilir. Bu S Yapı puanı; yapının muhtemel bir depremdeki davranışını karakterize eder. Elde edilen bu puanın yorumlanmasıyla yapının daha ayrıntılı bir incelemeye gerek duyup duymadığı sonucuna varılır. Yüksek puan; binanın deprem etkisine karşı yeterli bir taşıyıcı sisteme sahip olması ihtimalinin yüksekliğine karşı gelir. Puan düşükse binanın hassas ve tehlikeli bir durumda olduğuna ve daha ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiğine karar verilir.

Elde edilen sonuç yapı puanının düşük veya yüksek olduğuna karar verebilmek için bir kıyas değeri tanımlanması gereklidir. Yöntemde kesin olmamakla beraber 2 değeri bir sınır değeri olarak verilmiştir. Bu durumda S değeri 2 den küçük olan binaların, muhtemel bir depremde olumlu bir davranış göstermesini temin edebilecek modern deprem yönetmeliğindeki koşulları sağlamadığı kabul edilebilir.

Gerçekte bu sınır puanının belirlenmesi için pek çok binanın gözden geçirilerek değerlendirilmesi ve bulunan puanların yorumlanması gereklidir. Daha kesin olarak; binalarda yapılacak ayrıntılı incelemelerle sınır puanı için ülkemize uygun kabul edilebilir bir değer elde edilmelidir.



BÖLÜM 3- DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

3.1- Genel

ATC-22 [3] de verilen bu yöntemde yapı hızlı değerlendirme yöntemine kıyasla teknik olarak daha ayrıntılı incelenir. Yapının tümünün veya bazı bölümlerinin göçmesi, bazı kısımlarının koparak düşmesi, giriş ve çıkış bölümlerinin kapanması durumunda yapıda deprem güvenliğinin sağlanmadığı kabul edilir. Yöntemde bu tür olaylara yol açacak zayıf noktaların belirlenmesine çalışılır. Bu amaçla yapının zayıf noktalarını belirlemeye yönelik birtakım kriterlerden ibaret bir değerlendirme formu doldurulur. Formdaki bu kriterlerin yapıdaki durumu incelenerek sağlanması durumunda “evet”, sağlanmaması durumunda “hayır” şeklinde yapılacak bir değerlendirme sonucunda zayıf noktalar tesbit edilir ve ayrıntılı bir şekilde incelemeye gerek duyan yapı bölümleri belirlenir. Gözönüne alınan kriterin binada değerlendirilmesiyle “evet” şeklinde bir sonuç elde ediliyorsa deprem davranışı açısından bu durumun uygun olduğu söylenebilir. Kriterin binada sağlanmaması durumuna karşılık gelen “hayır” değerlendirmesi, deprem davranışıyla ilgili bir belirsizliği ve ayrıntılı bir incelemenin gerekliliğini gösterir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta olumsuz durumdan dolayı tüm yapının değil sadece bu olumsuzluğun görüldüğü yerde ayrıntılı incelemenin yapılacağıdır. Yöntemde bu tür sorunlu elemanlar için yapılacak ayrıntılı bir incelemede gözönüne alınması gerekli hususlara da yer verilmiştir.

Mevcut binalar için bulunan sonuçların değerlendirilmesinde, geçerli olan son yönetmeliğin esaslarında biraz daha toleranslı olmak uygun olabilir. Zira mevcut yönetmeliklerin pek çoğu yeni yapılacak yapıları esas alır ve bu yapılarda uyulması gerekli kurallar öngörülür. Mevcut yapılar için yeni yapılacak binalara ait olan yönetmelik kurallarının kullanılması halinde birçok durumda onarım ve güçlendirme işlemi gerekli görülecektir. Oysa onarım ve güçlendirme işlemiyle yapının deprem davranışı olumlu yönde düzeltilse bile hiçbir zaman mevcut yönetmelik şartlarıyla inşa

edilecek yapıdan beklenen deprem davranışına erişilemez. Güçlendirme işleminin yapıyla olan bütünleşmesi ve getireceği masrafla deprem davranışında olumlu yönde sağlanacak düzelme arasında fayda-maliyet analizi yapılarak elde edilecek optimum bir çözümle toplam yatay deprem yükünde bir azaltmaya gitmek uygun olabilir. Bu şekilde bir düşünüşle toplam yatay deprem yükünde, deprem ivmesinin periyoda bağlı olduğu orta periyotlu yapılarda % 67 kısa periyotlu yapılarda ise % 85’lik bir azaltma uygulanabilir.

Yeni yapılacak yapılarda boyutlandırma esastır. Boyutlandırmada taşıyıcı sistem elastik kabul edilerek kesit etkileri hesaplanır. Hesaplarda gözönüne alınandan daha büyük deprem yükü oluşması durumunda, yönetmelikteki konstrüktif kurallara uyulmasıyla deprem enerjisinin plastik şekil değiştirmelerle yutulması sağlanır. Bu amaçla toplam yatay yük hesabında bir R davranış değiştirme katsayısı gözönüne alınır. Sistemin sünek düzenlenmesiyle deprem kuvvetlerinin azaltılacağı söylenebilir.

Mevcut yapıların değerlendirilmesinde ise yapının deprem davranışı tahmin edilmeye çalışılır. Yapıdaki zayıf noktaların ve göçme durumlarının tesbitine çalışılır. Göçme durumunun tesbiti için elemanların taşıması gerekli etki (D_e) ile taşıyabileceği etkinin (C_e) oranının (D_e/C_e) belirlenmesi önemlidir. Elemanda ani ve gevrek bir göçme olmaması için kesme kuvveti dayanımı eğilme dayanımında taşınacak kesme kuvvetinden büyük olmalıdır. Göçme durumu sözkonusu olduğu için elemanın eğilme dayanımında bir artışa müsaade edilmez. Zira eğilme dayanımındaki artış elemandaki kesme kuvvetini artıracak ve bu artışla muhtemelen kayma dayanımı aşılacak ve gevrek bir kırılma oluşacaktır. Bu sebeple taşınması gerekli etkinin hesabında etkinin R davranış değiştirme katsayısı ile azaltılmaması gerekir.

İnceleme sonunda sonuçlar, dikkati çeken bütün hususlar ve “hayır” şeklindeki değerlendirmeler biraraya toplanır. Değerlendirme bir adım daha ileri götürülerek elemanlarda deprem etkisi için D_e/C_e oranı hesaplanabilir. Deprem davranışı açısından belirsizlik tesbit edilen durumlarda daha ayrıntılı bir inceleme oluşturulur. Depremden dolayı oluşan Q_E kesit etkisi davranış değiştirme katsayısı gözönüne alınarak $D_E=Q_E \times R$ olarak hesaplanır ve toplam kapasiteden sabit yükler için

gerekli olan kapasite düşölerek elde edilen C_E deprem kuvveti taşıma kapasitesi ile kıyaslanır. Bu oranların büyüklüğü ile elemanın göçme türüne karar verilir.

Yöntem esas olarak aşağıdaki üç ana bölümden oluşmaktadır.

a- Yapının deprem davranışının değeriendirilmesi: Bu bölüm ilk incelemeden başlar ve deprem davranışının tahmin edilmesine kadar devam eder.

b- Binanın taşıyıcı sisteminin belirlenmesi: Taşıyıcı sistem türü belirlenir ve bu türe ait kriterlerin binadaki durumu incelenerek ilgili değeriendirme formu doldurulur. Herbir kriter için Bölüm 3.4 de verilen ve değeriendirmenin nasıl yapılacağını belirten açıklamalara uygun olarak “evet” veya “hayır” şeklinde bir değeriendirme yapılır. Bu kriter değeriendirmesi esnasında bazı basit metodlarla yatay kuvvet taşıyıcı sistemin analizi gerekebilir. Böyle bir analizin nasıl yapılacağı Bölüm 3.2.4 de açıklanmıştır.

c-Yorumlar: Değeriendirme formunda “hayır” şeklinde kodlanan bölümlerdeki kusurlar yorumlanarak sonuca bağlanır. “Hayır” şeklinde belirlenen ve daha detaylı bir inceleme yapılması gerekli bölümlerde incelemenin nasıl yapılacağı ve nelerin gözönüne alınacağı Bölüm 3.4 de açıklanmıştır.

3.2- Yapının Deprem Davranışının Değeriendirilmesi

Yapının deprem davranışının değeriendirilmesine yönelik çalışma sırasıyla sırasıyla şu bölümlerden meydana gelir.

- a- Bina yerine giderek bilgi toplama
- b- Taşıyıcı sistemin belirlenmesi ve ön değeriendirme
- c- Çalışmanın derinleştirilmesi
- d- Taşıyıcı sistemin analizi
- e- Son değeriendirmenin yapılması
- f- Sonuç raporun yazılması

3.2.1- Yerinde Bilgi Toplama

Bina yerinde yapılacak bir ön inceleme, değerlendirme çalışmasının ilk adımını oluşturur. Bu ön araştırma safhasında yapının fotoğrafı çekilir ve genel özelliklerini ihtiva eden bir krokisi çizilir. Taşıyıcı sistemle ilgili hesap ve çizimlerin elde edilmesi, yapılan hesapların kontrolü ve hedeflenen yatay yük taşıma sınırının tesbitinde önemli kolaylık sağlar. Yapılacak değerlendirme işleminin sağlıklı sonuçlar vermesi açısından tüm bunlara ilaveten aşağıdaki hususlarda da bilgi toplanmalıdır.

a- Temel zeminine ait mevcut temel raporu incelenip zemin parametreleri belirlenerek Tablo 3.1 den Zemin Türü ve Tablo 3.2 den Zemin Türü Katsayısı elde edilir.

b- Binanın daha önceki depremlerdeki davranışı hakkında bilgi toplanır.

Bina hakkındaki bu tür bilgilerin elde edilmesinde birtakım zorluklarla karşılaşılabilir. Taşıyıcı sisteme ait hesap ve çizimlerin elde edilemediği, malzeme dayanımının belirlenemediği bu gibi durumlarda daha ayrıntılı bir çalışmanın gerekliliğine elde edilecek fayda ve katlanılacak zahmet karşılaştırılarak karar verilir.

Tablo 3.1: Zemin türleri

Zemin türü	Açıklama
S ₁	Kaya ve kaya üzerinde 60 m den daha az sıkı ve sert zemin
S ₂	Kaya üzerinde 60 m den fazla sıkı, sert ve kohezyonsuz zemin
S ₃	Yumuşak killi kısmın 10 m den az olduğu 60 m kalınlığında yumuşak ve orta sert killi zemin
S ₄	20 m den fazla yumuşak kil zemin

Tablo 3.2 : Zemin türü katsayıları

Zemin türü	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Zemin türü katsayısı, S	1.0	1.2	1.5	2.0

3.2.2- Taşıyıcı Sistemin Belirlenmesi ve Ön Değerlendirme

Yapı yerinde yapılan ön araştırmada sağlanan bilgilerle ve mühendislik görüşüyle binanın taşıyıcı sisteminin Tablo 3.8’de verilen taşıyıcı sistem türlerinden hangisi olduğuna karar verilir. Bölüm 3.3 de verilen yapı türlerine ait değerlendirme formlarından bu taşıyıcı sistem türüne ait olanı doldurulur. Böylece binanın deprem davranışı hakkında geçici bir sonuç çıkarılacak düzeye gelinmiş olunur.

3.2.3- Çalışmanın Derinleştirilmesi

Bu ön çalışmadan sonra yapılacak daha ayrıntılı bir incelemenin gerçekçi sonuçlar verebilmesi açısından ön çalışmada elde edilen sonuçların ve mevcut bilgilerin kontrolü gerekebilir. Bu amaçla;

- a- Mevcut bilgiler kontrol edilir.
- b- Gerekli olan diğer bilgiler (yerinde yapılabilecek ölçüm ve bina krokisi) toplanır.
- c- Yatay ve düşey yükleri karşılayan taşıyıcı sistemler gözden geçirilir.
- d- Varsa binayı diğer binalardan farklı kılan özel durumlar belirlenir.
- e- Değerlendirme sonucunu önemli ölçüde etkileyeceği sanılan durumlarda, elde edilecek fayda ve zahmet karşılaştırılarak gerekli olması durumunda malzeme deneyleri yapılır.

3.2.3- Çalışmanın Derinleştirilmesi

Bu ön çalışmadan sonra yapılacak daha ayrıntılı bir incelemenin gerçekçi sonuçlar verebilmesi açısından ön çalışmada elde edilen sonuçların ve mevcut bilgilerin kontrolü gerekebilir. Bu amaçla;

- a- Mevcut bilgiler kontrol edilir.
- b- Gerekli olan diğer bilgiler (yerinde yapılabilecek ölçüm ve bina krokisi) toplanır.
- c- Yatay ve düşey yükleri karşılayan taşıyıcı sistemler gözden geçirilir.

- d- Varsa binayı diğer binalardan farklı kılan özel durumlar belirlenir.
- e- Değerlendirme sonucunu önemli ölçüde etkileyeceği sanılan durumlarda, elde edilecek fayda ve zahmet karşılaştırılarak gerekli olması durumunda malzeme deneyleri yapılır.

3.2.4- Taşıyıcı Sistemin Yatay Yükler Altında Analizi

Değerlendirme formunda “hayır” şeklinde kusurlu olarak tesbit edilen kısımların ayrıntılı bir şekilde incelenmesi bir yatay yük analizini gerektirebilir. Böyle bir durumda her eleman için tek tek hesap yapılması yerine toplu olarak tüm binanın gözönüne alınması uygun olabilir. Özel bir durum söz konusu olmadığı müddetçe taşıyıcı sistemin yatay yükler altındaki analizinin eşdeğer statik kuvvetler yöntemiyle yapılması yeterlidir.

3.2.4.1- Hesabın Kapsamı

Eşdeğer statik kuvvetler yöntemiyle yapılacak bir yatay yük analizinde hesap adımları şöyle özetlenebilir:

- a- Bina ağırlığının hesabı
- b- Bina periyodunun hesabı
- c- Binaya etkiyen toplam yatay yükün hesabı
- d- Toplam yatay yükün bina yüksekliği boyunca dağıtılması, kat kesme kuvvetlerinin ve devrilme momentlerinin hesabı
- e- Kat kesme kuvvetlerinin rijitlikleri oranında düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması
- f- Hesabı istenen elemanların kontrolü

Binanın proje aşamasında yapılmış hesapları mevcutsa bunların incelenmesi yeterli olabilir. Yeni yönetmeliğin yatay yük hesabında öngördüğü yeni katsayılardan dolayı toplam yatay yükte bir farklılık olursa da orantı kullanılarak sonuçlar kolayca elde edilebilir. Yeni yapılar için uygulanan hesap yönteminin daha önce de açıklanan optimal bir çözümü sağlaması açısından sonuçların değerlendirilmesi sırasında bina

Yeni yapıymış gibi kabul edilerek elde edilen kesit etkilerinin % 67 sinin (rijit yapılarda % 85) gözönüne alınması öngörülür. Yapıya ait taşıyıcı olmayan elemanların deprem esnasında bağlandıkları yerden koparak düşmeleri ve hayati tehlike oluşturma durumları da engellenmiş olmalıdır. Bu amaçla taşıyıcı olmayan elemanların, ağırlıkları oranında maruz kalacakları yatay kuvvetler etkisinde devrilme ve ankraj kontrolleri yapılmış olmalıdır.

3.2.4.2- Taşınması Gerekli Toplam Etki

Taşıyıcı sistemdeki her eleman yerçekimi yüklerinin (sabit yük, hareketli yük ve kar yükü) ve deprem kuvvetlerinin etkilerini birarada karşılayacak durumda olmalıdır. Yapıya ait hesaplarda bu etkilerin kombinezonuyla oluşan toplam etki gözönüne alınır. Yöntemde bu kombinezonlar aşağıdaki şekilde verilir:

$$Q = (1.1 + 0.5A_v) Q_D + 1.0 Q_L + 1.0 Q_S \pm (1.0 Q_E) \quad (3.1)$$

$$Q = (0.9 - 0.5 A_v) Q_D \pm (1.0 Q_E) \quad (3.2)$$

Q: Toplam yük

Q_D: Sabit yük

Q_L: Hareketli yük

Q_S: Kar yükü

Q_E: Deprem etkisi olup, yapının (3.3) ifadesiyle hesaplanan toplam yatay kuvvet etkisi altında analiz edilmesiyle elde edilir.

3.2.4.3- Toplam Yatay Yük Hesabı

Yapıya herhangi bir doğrultuda etkiyen toplam yatay deprem kuvveti V, (3.3) ifadesiyle elde edilebilir.

$$V = C_s W \quad (3.3)$$

C_s: Deprem katsayısı

W: Toplam bina ağırlığı (Sabit ağırlık yanında, depo gibi yükün oldukça uzun süreli kaldığı yerlerde % 25 hareketli yük eklenecektir.)

Mevcut binalar için deprem katsayısı C_s olarak yeni yönetmelikle hesaplanan C_s değerinin % 67 sinin alınması öngörülür.

$$C_s = 0.67 \frac{1.2 A_v S}{R T^{2/3}} = \frac{0.80 A_v S}{R T^{2/3}} \quad (3.4)$$

(3.4) ifadesiyle hesaplanan C_s değeri, (3.5) ifadesiyle verilen limit değerin % 85'inden büyük olmamalıdır.

$$C_s \leq 0.85 \frac{2.5 A_a}{R} = 2.12 A_a / R \quad (3.5)$$

A_v : Tablo 3.3 de verilen etkili en büyük hıza bağlı ivme katsayısı

A_a : Tablo 3.3 de verilen etkili en büyük ivme katsayısı olup etkili en büyük ivmenin yerçekimi ivmesine oranına eşittir.

S: Tablo 3.2 de verilen zemin türü katsayısı (Zemin türünü belirleyecek yeterli bilgi yoksa veya zemin bu dört sınıftan birine girmiyorsa S değeri olarak 1.5 alınır.)

R; Tablo 3.4 den elde edilen davranış değiştirme katsayısı olup taşıyıcı sistemde elastik şekil değiştirme enerjisinin ötesinde plastikleşme ile sağlanacak ilave enerji yutma kapasitesini gözönüne almaya yarar.

T: Yapı temel periyodu

***Periyot:** Yapı temel periyodu T aşağıdaki metodlardan biriyle elde edilebilir:

Metod A:

a- Taşıyıcı sistemin yatay kuvvetlerin tümünü karşılayacak çerçevelerden ibaret olduğu ve bu çerçevelerin kendilerinden daha rijit elemanlara bağlı olmadığı yapılarda;

$$T_a = C_T h_n^{3/4} \quad (3.6a)$$

C_T : Çelik çerçeveler için 0.085, betonarme çerçeveler için 0.073

h_n : Binanın temel üst seviyesinden ölçülen yüksekliği (m)

Tablo 3.3 : Deprem bölge katsayıları

Deprem bölgesi	1	2	3	4	5	6	7
A_a ve A_v	0.05	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Depremsellik indeksi	1	2	2	3	4	4	4

Tablo 3.4 : R davranış değiştirme ve C_d yerdeğiştirme büyütme katsayıları

Taşıyıcı sistem	Açıklama	R	C_d
Betonarme çerçeve yapılar	Sünek davranış sağlanmış	8	5.5
	Sünek davranış sağlanmamış	2	2
Betonarme perdeli sistemler	Sadece perdeli sistem	4.5	4
	Perde + çerçeve yapılar	5.5	5
Prefabrike yapılar	Sadece perdeli sistem	4	3.5
	Perde + çerçeve yapılar	5	4.5
Yığma yapılar	Donatısız taşıyıcı duvarlar	1.25	1.25

b- Kat yüksekliğinin minimum 3m olduğu 12 veya daha az katlı çelik veya betonarme çerçeve yapılar;

$$T_a = 0.10 \times N \quad (3.6b)$$

N: Toplam kat sayısı

c- Diğer tüm binalarda;

$$T_a = 0.09 h_n / \sqrt{L} \quad (3.6c)$$

L: Gözönüne alınan deprem doğrultusundaki bina boyu (m)

Metod B: Yapı periyodu T , taşıyıcı elemanların deformasyon karakteristiklerinin ve yapısal özelliklerinin gözönüne alındığı (3.7) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$T = 2 \Pi \sqrt{\frac{\sum(w_i d_i^2)}{g \sum(f_i d_i)}} \quad (3.7)$$

w_i : Kat ağırlıkları

f_i : w_i ağırlıklarıyla orantılı olarak (3.8), (3.9) ve (3.10) ifadeleriyle dağıtılan yatay yükler

d_i : f_i yatay kuvvetlerinin uygulanmasıyla hesap edilen yatay elastik yerdeğiştirmeler

Büyük olarak hesaplanan periyot değerleriyle deprem kuvvetleri azalacağından bu şekilde hesaplanan periyot değeri $C_a T_a$ değerini aşmamalıdır. C_a değeri Tablo 3.5 den elde edilir.

Tablo 3.5: Hesaplanan periyodun üst sınırı için C_a katsayıları.

A_v	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.05
C_a	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.7

***Farklı taşıyıcı sistemler bulunması:** Bir yapıda farklı taşıyıcı sistemlerin birarada bulunması durumunda aşağıdaki koşullar yerine getirilmelidir.

Yapıda düşey doğrultuda yapı yüksekliği boyunca farklı taşıyıcı sistemler mevcutsa dinamik hesap gereklidir. Ancak 5 veya daha az katlı yapılarla, rijit bir temel üzerine oturan esnek üst yapı durumunda eşdeğer statik kuvvetler yöntemi yeterli olabilir. Bu son durumda iki aşamalı bir analiz gerekir. Ayrı ayrı düşünülen her iki kısım düzgün yapı olarak incelenebilir. Rijit temel her doğrultuda 0.06 s den daha fazla olmayan doğal bir periyoda sahip olmalıdır. Periyod, (3.7) ifadesiyle veya onun eşdeğeri olarak esnek üst yapının toplam kütesinin rijit temel üzerine etkilmesiyle

hesaplanır. Esnek üst yapı rijit yapı tarafından yatay olarak mesnetlenmiş kabul edilerek ayrı hesaplanır. Üst yapıdan gelen reaksiyon kuvvetleri rijit temel üzerine etkililerek rijit temel ayrı hesaplanır.

Yapıda sadece bir doğrultuda taşıyıcı perdeler mevcutsa diğer doğrultuya ait R değeri bu doğrultudaki değerden büyük olamaz.

***Yatay kuvvetin düşeyde dağılımı:** Toplam yatay deprem kuvveti (3.8), (3.9) ve (3.10) ifadeleriyle yapı yüksekliği boyunca dağıtılır:

$$V = F_t + \sum F_i \quad (3.8)$$

F_t : (3.9) ifadesiyle hesaplanan, yapının en üst katına ek olarak uygulanacak yatay yük

$$F_t = 0.07 \times T \times V \quad (3.9)$$

$F_t \leq 0.25V$ olmalıdır.

$T \leq 0.7$ s ise $F_t = 0$ alınır.

Toplam yatay kuvvetten geriye kalan kısım (3.10) ifadesiyle yapı yüksekliği boyunca dağıtılır.

$$F_i = \frac{w_i h_i}{\sum (w_i h_i)} (V - F_t) \quad (3.10)$$

***Kat kesme kuvvetinin yatayda dağılımı:** Kat kesme kuvveti V_x , diyafram rijitliği gözönüne alınarak yatay kuvvet taşıyan sistemdeki düşey elemanlara rijitlikleri oranında dağıtılır.

***Burulma momenti:** Kattaki yatay kuvvetlerin uygulama noktası ile düşey taşıyıcı elemanların rijitlik merkezi arasındaki dışmerkezlikten dolayı oluşan burulma momentinin elemanlarda sebep olacağı kesme kuvveti artışı hesaplanmalıdır. Burulma momentinin önemli boyutlarda olmaması için kütle merkezi ile rijitlik merkezi

arasındaki dışmerkezliğin küçük olması, bunun için de taşıyıcı elemanların dağılımında düzensizlik olmaması gerekir.

***Devrilme:** Yapıdaki her eleman, deprem kuvvetlerinin sebep olduğu devrilme etkilerini karşılayacak durumda olmalıdır. Her katta taşınması gereken devrilme kuvvetleri bu kat üzerinde etkiyen deprem kuvvetleri (F_t ve F_i) kullanılarak hesaplanmalıdır. Her kattaki devrilme momentlerindeki artış çeşitli düzey taşıyıcı elemanlara dağıtılmalıdır.

***P-Delta Etkisi:** Yapılar narinleştikçe yüklerin ikinci mertebe etkisi artar. Birinci mertebe teorisinde denge denklemleri şekil değiştirmemiş eksen üzerinde yazılır. Eleman narin veya şekil değiştirmeler büyükse denge denklemlerini şekil değiştirmiş sistem üzerinde yazmak gerekir. Bu sebeple tüm yapının stabilite hesabında P-delta etkisinin sebep olduğu ek eğilme momentleri, eleman kuvvetleri ve relatif kat yerdeğiştirmelerinin gözönüne alınması gerekir. Şayet relatif kat yerdeğiştirmesi Bölüm 3.2.4.6 da verilen hızlı yöntemle kontrol ediliyorsa P-delta etkisini dikkate almaya gerek yoktur.

***Temeller:** Yapının temeli toplam yatay kuvveti ve devrilme kuvvetlerini yapıdan zemine güvenle aktarabilecek durumda olmalıdır.

3.2.4.4- Diyaframların Analizi:

Mevcut binalar için yatay kuvvet katsayısı olarak yeni binalar için verilen $0.50A_v$ değerinin % 67'si alınmalıdır [8]. Bu durumda diyaframlar ağırlıklarının $0.33A_v$ katına ilaveten düşey taşıyıcı elemanlara iletecekleri yatay deprem kuvvetlerinin etkisi altında analiz edilmelidir.

3.2.4.5- Taşıyıcı Olmayan Elemanların Analizi:

Bu bölümde yatay kuvvet taşıyan sisteme ait olmayan elemanlar incelenecektir. Bu elemanlar taşıyıcı olmayan mimari, mekanik, tesisat elemanları

olabileceği gibi taşıyıcı olup da yatay kuvvet taşıyan sistemin bir parçası olmayan veya bir doğrultuda taşıyıcı olduğu halde diğer doğrultuda taşıyıcı olmayan elemanlar olabilir. Taşıyıcı olmayan bu elemanların deprem esnasında bağlantılarının koparak düşmelerini, bu yüzden sebep olabilecekleri hayati tehlikeleri önlemek amacıyla karşılaşılabilecekleri muhtemel yatay deprem yükü altında tüm bağlantılarının kontrol edilmesi gerekir. Gözönüne alınan her elemanın NEHRP'de öngörülenin % 85'i kadar F_p yatay kuvvet taşıma kapasitesine sahip olması gerekir [8].

$$F_p = 0.85 (A_v \times C_c \times W_c) \quad (3.11)$$

C_c : Tablo 3.6 dan elde edilen bir katsayı

W_c : Elemanın ağırlığı

Tablo 3.6: C_c değerleri

Taşıyıcı olmayan eleman	C_c
Dış çevre duvarları	2.4
Taşıyıcı olan veya olmayan iç bölme duvarlar	0.9
Taşıyıcı sistemin bir uzantısı olmayan sundurma, çıkma	0.9
Dış ve iç kısımlara asılı dekoratif elemanlar	2.4
Baca, kafes kule, ayaklı depolar	2.4
Mekanik , su ve elektrik tesisatı	0.9

3.2.4.6- Yaklaşık Hesap

Birçok durumda mühendis detaylı bir analize geçmeden önce yapının rijitlik ve dayanımının yaklaşık olarak belirlenmesi için hızlı bir kontrol işlemine yönelir. Bu hızlı kontrol işleminde hesabın yaklaşıklığını gözönüne almak için (3.3) ifadesiyle elde edilen toplam yatay deprem yükü % 20 artırılmış durumdadır. Mevcut yapıların analizinde bu yöntemle zemin katın yanında diğer katlardaki relatif kat yerdeğiştirmelerinin ve ortalama kayma gerilmelerinin tesbiti mümkündür. Bu durumda bir kattaki kat kesme kuvveti değeri yaklaşık olarak (3.12) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$V_j = \frac{(n+j)}{(n+1)} \frac{W_j}{W} (1.2 V) \quad (3.12)$$

V_j : j. kattaki maksimum kat kesme kuvveti değeri

n: Toplam kat sayısı

j: Gözönüne alınan kat no.su

W_j : j. katın üstündeki tüm katlardaki deprem hesabına giren toplam sabit yük

W: Deprem hesabına giren toplam sabit yük

V: (3.3) ifadesiyle hesaplanan toplam yatay deprem kuvveti

***Relatif kat yerdeğiştirmesi:** Relatif kat yerdeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranı ,d, eğilme şekil değıştirmesi ve uç dönmeleri hesaba katılarak (3.13) ifadesiyle hesaplanabilir. Bu ifade çok açıklıklı, çok katlı düzgün çerçeve yapıları uygulanabilir.

$$d = \frac{k_b + k_c}{k_b k_c} \frac{h}{12 E} V_c \quad (3.13)$$

d: Relatif kat yedeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranı

$k_b = I / L$ (kiriş)

$k_c = I / L$ (kolon)

h: Kat yüksekliği (m)

I: Eylemsizlik momenti (m^4)

L: Eleman boyu (m)

E: Elastisite modülü (kgf/m^2)

V_c : Kolon kesme kuvveti (kgf)

***Kolonlarda ortalama kayma gerilmesi:** Betonarme çerçevelerdeki kolonlardaki ortalama kayma gerilmesi , v_{ort} , (3.14) ifadesiyle hesaplanabilir. Bu ifadede çerçevedeki tüm kolonların aynı rijitliğe sahip oldukları kabul edilmiştir.

$$v_{ort} = \frac{n_c}{n_c - n_f} \frac{V_j}{A_c} \quad (3.14)$$

n_c : Toplam kolon sayısı

n_f : Yükleme doğrultusundaki toplam çerçeve sayısı

A_c : Gözönüne alınan kattaki kolonların toplam kesit alanı

V_j : (3.12) ifadesiyle elde edilen j.kattaki kesme kuvveti değeri

***Perde kayma gerilmesi:** Perdelerdeki ortalama kayma gerilmesi, v_{ort} , (3.15) ifadesiyle hesaplanır.

$$v_{ort} = V_j / A_w \quad (3.15)$$

V_j : (3.12) ifadesiyle elde edilen gözönüne alınan kattaki kesme kuvveti değeri

A_w : Plandaki yükleme doğrultusundaki yükseklik/boy oranı ≤ 2 olan perdelerin toplam kesit alanı

3.2.4.7- Eleman Dayanımlarının Hesabı

Eleman kapasiteleri NEHRP de [8] verilen taşıma gücü esaslarına göre hesaplanır. Zamanla bozulma etkisinin görüldüğü elemanlarda , bu etkinin malzeme dayanımında sebep olacağı azalma hesaplarda yaklaşık olarak gözönüne alınmalıdır.

3.2.4.8- Dinamik Analiz

Yüksek, önemli geometrik ve kütleli düzensizliklerin sebep olduğu düşey düzensizliklerin mevcut olduğu veya yatay yükün dağılımının eşdeğer statik yöntemdeki dağılımdan farklılık gösterdiği binalarda dinamik hesap yöntemi gereklidir.

3.2.4.9- Elemanın Davranış Kriteri

Elemanın taşınması gerekli olan kesit etkisi, Q , (3.1) veya (3.2) ifadeleriyle hesaplanır. C , taşınabilecek kesit etkisi ise elemanın taşıma gücü esaslarına göre dayanımı hesaplanarak bulunur.

Elemanın mevcut etkilere karşı sağlam kalarak olumlu bir deprem davranışı gösterebilmesi için sağlanması gereken temel kriter olarak (3.23) ifadesi verilmiştir.

$$Q \leq C \quad (3.23)$$

Q değeriinde yapılacak değışiklik elemandan beklenen davranış türüne bağıdır. Üç eleman davranış türü vardır.

a- Sünek davranışa sahip eleman:

Yönetmelikte öngörülen koşulları sağlayan kiriş, kolon ve çerçeveler sünek kabul edilir. Deprem yüklerinin hesabında R davranış değıştirme katsayısı kullanıldığı için Q kesit etkisi hiçbir değışiklik yapılmaksızın (3.1) ve (3.2) ifadeleriyle hesaplanır. Q kesit etkisi beklenenin üstünde olsa bile eleman sünek olduğundan elastik sınırın ötesinde yük taşımaya devam ederek bu etkiyi emniyetle karşılayabilir. Bu sebeple Q etkisinde bir artış gözönüne alınmaz.

b- Sünek olmayan eleman:

Taşıyıcı sistemin sünekliğine sahip olmayan, deprem etkisine ancak elastik davranarak karşı koyabilecek elemanlar bu gruba girer. Elemanın, elastik sınırın ötesinde bir kapasitesinin olmaması, Q etkisinde beklenmeyen bir artış durumunda yetersiz kalmasına ve muhtemelen hasar görmesine neden olabilir. Bu sebeple bu tür elemanlarda taşınması gerekli etkide bir artış gözönüne alınmalıdır. Bu amaçla Q taşınması gerekli etkideki deprem katkısı terimi Q_E 'nin $0.75C_d$ ile artırılarak gözönüne alınması gerekir. C_d , yerdeğıştirme büyütme katsayısı olup Tablo 3.4 de verilmiştir. Sonuç olarak (3.1) ve (3.2) ifadelerindeki $1.0Q_E$ terimi $0.75C_dQ_E$ terimi ile değıştirilir.

c- Yarı sünek eleman:

Davranış olarak yukarıdaki iki eleman davranış türü arasında kalan elemanlar bu gruba girer. Yük kombinasyonunda deprem etkisinin $1.0Q_E$ yerine $0.375C_dQ_E$ olarak alınması öngörülür.

Taşıyıcı sistemin önemli elemanları (3.23) ifadesini sağlıyorsa daha detaylı bir incelemeye gerek yoktur. Bu kriteri sağlamayan elemanların değerlendirilmesi aşağıdaki bölümde yapılacaktır.

3.2.4.10 Kriteri Sağlamayan Elemanlar Hakkında Değerlendirme

$Q < C$ kriterinin sağlanmadığı elemanlarda nisbeten daha riskli olanların tesbiti için şu şekilde bir analiz yürütülür. Q_E yapının yatay deprem yükleri altında analiz edilmesiyle elde edilen kesit tesiri olup taşınması gerekli azaltılmamış etki bir R davranış değiştirme katsayısı kullanılarak (3.24) ifadesiyle hesaplanır.

$$D_E = Q_E R \quad (3.24)$$

D_E deprem durumunda taşınması gerekli azaltılmamış etki olup; kapasitedeki deprem etkisini karşılayacak kısım olan C_E ile karşılaştırılır. Kapasitedeki deprem etkisini karşılayacak olan kısım C_E ; toplam kapasiteden sabit ve hareketli yükler için gerekli olan kısımlar çıkarılarak (3.25) ifadesiyle elde edilir.

$$C_E = C - [(1.1 + A_V)Q_D + Q_L + Q_S] \quad (3.25)$$

D_E / C_E oranı elemanın plastikleşme ile sağlayabileceği taşınması gerekli deprem etkisindeki artışın bir ölçüsüdür.

3.2.5 Sonuçların Kontrolü ve Birleştirilmesi

Analiz işlemi bittiğinde tüm sonuçlar biraraya toplanıp kontrol edilir. Değerlendirme raporunda tesbit edilen olumsuz durumlar için gerekli olan elemanlarda Q ve C değerleri karşılaştırılarak eleman davranışının yeterliliği kontrol edilir.

$Q \leq C$ kriteri elemanın yönetmelikte öngörülen koşulları sağlamasına dair bir ölçüdür. Ancak taşınması gerekli etki değeri Q nun içinde sabit ve hareketli yüklerin etkisinde mevcut olduğundan bu kriter deprem hasarı için genelde iyi bir ölçü olmayabilir. Bunun yerine ölçü olarak D_E / C_E oranının kullanılması daha uygundur.

D_E / C_E oranlarının büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla kritik elemanların ve taşıyıcı sistemin zayıf noktalarının tesbiti mümkündür. En büyük değere sahip eleman binadaki en zayıf elemandır. D_E / C_E oranları düşük fakat birbirine yakın olan elemanlardan oluşan bir sistemin hafif bir depreme dayanabileceği ama kuvvetli bir depremde binada önemli ölçüde hasar meydana gelebileceği söylenebilir. İnceleme sonucunda hazırlanacak raporda önemli ölçüde zayıf olan noktaların güçlendirilmesi için gerekli önerilere de yer verilmelidir.

Çalışma esnasında binada gözlenen kusurlar ve eksiklikler sebep olacakları hasarın büyüklüğüne göre sıralanırlar. Bunlar; düzeltildiğinde değerlendirme formunda “evet” olarak işaretlenecek kusurlardır. Böyle bir sıralama güçlendirme projesi esnasında deprem davranışını düzeltmek için nelere öncelik verileceğini belirlemesi açısından çok önemlidir.

3.2.6- Sonuç Rapor

İncelenen her yapı için sonuç bölümünde bir rapor hazırlanır. Yapılacak daha ayrıntılı bir incelemede bu rapordaki bilgilerden önemli ölçüde faydalanılabilir. Hazırlanacak olan bu raporda bulunması gerekli bilgiler şöyle özetlenebilir:

- a- Yapıya ait bilgiler ve yapının tanıtımı
- b- Yapılan incelemenin kapsamı ve Tablo 3.7 de verilen bilgi özetleme formu
- c- Ayrıntılı inceleme gerektiren yapı bölümleri ve bu değerlendirmede nelerin gözönüne alınacağı
- d- Değerlendirme formunda “hayır” olarak tesbit edilen kusurlu bölümlerin önem sırasına ait değerlendirmeler ve bunlar için alınması gerekli tedbirler

Tablo 3.7: Bilgi özetleme formu

BİNA					
İnşa yılı		Kat sayısı			
Restorasyon yılı		Kat yüksekliği			
Plandaki boyu		Toplam kat alanı			
Plandaki eni		İnceleme tarihi:			
Plandaki alanı		Fotoğraf ek no:			
YAPI					
En üst kat taşıyıcı sistem türü					
Ara katlardaki " " "					
Zemin kat " " "					
Temel					
Boyuna doğrult. dış duvarlar			Boşluk		
Enine " " "			Boşluk		
Kolonlar					
Yapının genel durumu					
YATAY KUVVET TAŞIYAN SİSTEM					
	Boyuna doğrultuda		Enine doğrultuda		
Taşıyıcı sistem türü					
Diyaframlar					
Düşey elemanlar					
Bağlantılar					
Diğer detaylar					
Yapı periyodu					
Azaltılmamış toplam yatay kuv					
Davranış değiştirme katsayısı					
A _v		A _s		Zemin türü	
				Zemin türü kats	
Taşıyıcı sistem türüne ait değerlendirme formu oluşturulması					
Muhtemel deprem hasarı					
Onarım gerektirmeyen az hasar			Önemli hasar		
Kullanılırken onarılabilecek önemsiz hasar			Toptan göçme		

3.3- Yapı Türleri ve Değerlendirme Formları

Bina yerinde yapılacak ön incelemeden sonra eldeki mevcut bilgilerle yapının Tablo 3.8 de verilen yapı türlerinden hangisine girdiği tesbit edilir. Bu yapı türüne ait değerlendirme formundaki kriterlerin binadaki durumları incelenerek bir durum tesbiti yapılır. Değerlendirme formlarındaki her kriter deprem hasarı ve can güvenliğini esas alır. Diğer bir deyişle muhtemel bir depremde binanın olumlu bir davranış gösterebilmesi için tüm alt bileşenleri ile sağlaması gereken koşullardır.

Değerlendirme formunda “evet” veya “hayır” şeklinde yapılacak bir değerlendirme ile yapıdaki eksiklikler, kusurlar belirlenir. “Evet” şeklindeki bir değerlendirme, incelenen konunun binanın deprem davranışını olumsuz yönde etkileyecek bir durumda olmadığını ve bu durumda ayrıntılı bir incelemeye gerek duyulmadığını gösterir. “Hayır” ifadesi ise deprem davranışını olumsuz yönde etkileyecek bir durumun mevcut olduğunu ve yorumlar bölümünde tarif edilen bir yolla ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiğini belirtir.

Değerlendirme formunda bu şekilde tesbit edilen kusurlar, olumsuzluklar sıralanır. Deprem davranışı belirsiz olan elemanlar hakkında biraz daha fazla bilgi toplayarak Bölüm 3.4.2 deki gibi bir analiz yapmak gerekebilir. Bu analizde mevcut dayanımla gerekli dayanım karşılaştırılarak elemanın deprem davranışı için bir sonuca varılır.

3.3.1- Yapı Türleri

Tablo 3.8 de verilen yapı türleri yatay kuvvet taşıyan sistemdeki düşey elemanlara göre oluşturulmuştur. İncelemede de taşıyıcı sistemdeki bu elemanlar gözönüne alınarak yapı türü tesbit edilir. Belirgin bir taşıyıcı sistemi olmayan binalarda taşıyıcı sistem en etkin düşey taşıyıcı elemana göre belirlenir. Birden fazla taşıyıcı sistem türüne sahip yapılarda mevcut olan türlerin hepsi için inceleme yapılmalıdır.

3.3.1.1- Betonarme Çerçevesel Binalar:

Yapı, betonarme kiriş ve kolonlardan oluşan çerçevelerden ibarettir. Cephede büyük pencere boşlukları ve kiriş-kolon ızgara sistemi gözlenir. Deprem etkisinin fazla olduğu bölgelerdeki modern tarz çerçevesel binalarda kiriş ve kolon elemanlar sünek davranışa sahip olacak şekilde detaylandırılır. Yatay yükler diyaframlar vasıtasıyla çerçevelere iletilir. Bu tür binalarda gözlenen tipik deprem hasarları ve sebepleri için Bölüm 2.2.1 e bkz.

3.3.1.2- Betonarme Perdeli Binalar:

Yatay kuvvet taşıyan sistemdeki düşey elemanlar taşıyıcı olan betonarme perdelerdir. Tamamen perdeli olabileceği gibi perde-çerçevesel sistemlere rastlamak da mümkündür. Çerçevesel binalara göre daha rijittirler. Cephe boşlukları küçüktür. Eski binalarda perde kalınlığı fazla donatı az olduğundan herhangi bir restorasyon çalışmasında perdelerde açılan boşluklarla perde kritik bir eleman haline gelmiş olabilir. Yeni binalarda perde genişliği sınırlıdır ancak bu durumda da devrilme kuvvetlerinin etkisi gözönüne alınmalıdır. Tipik deprem hasarları için Bölüm 2.2.2 ye bkz.

3.3.1.3- Perdeli Prefabrike Çerçevesel Binalar

Bu yapı türünde prefabrike veya yerinde dökme diyaframlar görülür. Diyaframlar prefabrike kolon ve kirişlere mesnetlendirilir. Prefabrike diyaframlar kiriş-kolon düğüm noktası arası genellikle yerinde dökme betondur. Yatay yükler yerinde dökme perdelerle taşınır. Prefabrike yapılarda ek yerleri en zayıf bölgelerdir. Taşıyıcı elemanların bağlantı bölgeleri yeterli dayanıma ve yerdeğiştirme kapasitesine sahipse perdeli prefabrike çerçeveler depremde olumlu davranış sergilerler. Bu tür yapılarda gözlenen deprem hasarı ve sebepleri için Bölüm 2.2.3 e bkz.

3.3.1.4- Yığma Binalar

Taşıyıcı duvarlara sahip binalardır. Bu yapı türü yapının yaşına ve bulunduğu coğrafi konuma göre oldukça farklılık gösterir. Çok katlı binalarda donatısız kargir duvarlar tarafından mesnetlenen yerinde dökme betonarme döşeme uygulaması görülmektedir. Pencere üstlerinde düzenlenen betonarme lento yaygın bir uygulama tarzıdır. Duvar üzerinde kat seviyesinden geçen hatıl duvarları birbirine bağlayıp, döşemelere mesnet teşkil ederler. Yakın zamanlarda inşa edilen kargir yapılarda çelik profillerle desteklenen betonarme döşeme tipi görülmektedir.

Döşemelerin veya döşemelere mesnet teşkil eden hatılların taşıyıcı duvarlara kenetlenme şeklinde bir bağı olmaması sistemin en sakıncalı noktasını meydana getirir. Taşıyıcı duvardaki göçme tüm yapının göçmesine neden olur. Tipik deprem hasarları için Bölüm 2.2.4 e bkz.

Tablo 3.8: Yapı türleri

YAPI TÜRÜ
Betonarme çerçeve binalar
Betonarme perdeli binalar
Perdeli prefabrike çerçeve binalar
Yığma binalar

3.3.2- Yapı Türleri İçin Değerlendirme Formları

Bu bölümde incelenecek her betonarme yapı türü için doldurulacak değerlendirme formları verilmiştir. İncelenen binanın yapı türü belirlendiğinde, bu türe ait değerlendirme formu, binada yapılacak bir incelemeyle “evet=E” veya “hayır=H” şeklinde kodlanacaktır. “Evet” kodlaması incelenen konunun deprem davranışı açısından kabul edilebilir olduğunu, “hayır” ise belirsiz bir durumu ve ayrıntılı bir incelemenin gerekliliğini gösterir. Bu ayrıntılı inceleme durumunda konuya ait ifadenin yanında parantez içinde verilen bölümdeki açıklama dikkate alınır.

Tablo 3.9: Çerçevesel betonarme binalar için değerlendirme formu (E=Evet, H=Hayır)

E	H	YAPI
		Zayıf kat
		YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Yumuşak kat
		YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katınkinin % 70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Geometri
		Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30 dan fazla değildir. (3.4.1.1)
		Kütle
		Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi % 50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
		Düşey süreksizlik
		Bütün çerçeveler temele kadar süreklidir. (3.4.1.1)
		Burulma
		Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun % 20 sinden fazla değildir.(3.4.1.1)
		Komşu yapılar
		Yükseklik veya kat sayısı olarak yarı veya daha az yükseklikte çok yakın komşu yapı yoktur. Eğer komşu yapı kat sayısı kere 5 cm mesafede ise çok yakın olarak kabul edilir. (3.4.1.2)
		Betonarmede bozulma
		Çerçevelerdeki elemanların beton ve donatılarında gözle görülür bir bozulma mevcut değildir. (3.4.1.3)
BETONARME ÇERÇEVELER		
		Kayma gerilmesi
		Yaklaşık hesapla bulunan çerçeve kolonlarındaki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir. (3.4.2.1)
		Kat yerdeğiştirmesi
		Yapılan yaklaşık hesapla kabul edilebilir kat yerdeğiştirmeleri elde edilmiştir. (3.4.2.1)
		Kayma göçmesi yok
		Çerçevelerin kayma dayanımı eğilme dayanımında taşıyabilecekleri kayma kuvvetinden daha büyüktür. (3.4.2.1)
		Kuvvetli kolon zayıf kiriş
		Kolonların moment taşıma kapasitesi kirişlerinkinden daha büyüktür. (3.4.2.1)
		Dışmerkez kolon
		Kiriş - kolon eksenleri arasındaki dışmerkezlik en küçük kolon boyutunun % 20 sinden daha küçüktür. (3.4.2.1)
		Kolon etriye aralığı
		Çerçeve kolonlarındaki etriye aralığı kolon boyunca kolon kesit yüksekliğinin 1/4 ünden, plastik mafsall oluşması muhtemel bölgelerde ise boyuna donatı çapının sekiz katından daha büyük değildir. (3.4.2.1)
		Etriye kenetlenmesi
		Kolon ve kirişlerde etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir. (3.4.2.1)
		Kolon donatı ekleri
		Kolon donatı ek boyları boyuna donatı çapının 35 katından daha büyük olup ek boyunca boyuna donatı çapının 8 katından daha sık etriye ile sarılmışlardır. (3.4.2.1)

Tablo 3.9 devamı

	Kiriş donatısı	Kiriş boyunca alt ve üstte en az ikişer çubuk sürekli olarak devam etmektedir. Birleşim bölgelerinde pozitif veya negatif moment için gereken donatının en az % 25 i eleman boyunca sürekli devam etmektedir. (3.4.2.1)
	Kiriş donatı ekleri	Kiriş boyuna donatı ekleri kiriş boyunun dörtte biri civarındaki bölgede yapılmıştır. (3.4.2.1)
	Kiriş etriyeleri	Kiriş etriyeleri aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından ve plastik mafsallara oluşabilecek bölgelerde ise boyuna donatı çapının 8 katından daha azdır. (3.4.2.1)
	Kiriş pilye donatısı	Çerçevelerdeki kirişlerde kayma donatısı olarak pilye kullanılmamıştır. (3.4.2.1)
	Birleşim yeri etriyesi	Kiriş - kolon birleşim bölgesinde kolon etriyesi devam etmektedir. (3.4.2.1)
DIYAFAAMLAR		
	Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur. (3.4.4)
	Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur. (3.4.4)
BAĞLANTILAR		
	Betonarme kolon filizleri	Betonarme kolonlardaki tüm boyuna donatılar temele kadar devam ederek burada temele kenetlenmiştir. (3.4.5.3)

Tablo 3.10: Betonarme perdeli binalar için değerlendirme formu (E=Evet, H=Hayır)

E	H	YAPI	
		Zayıf kat	YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Yumuşak kat	YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katınkinin % 70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Geometri	Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30 dan fazla değildir. (3.4.1.1)
		Kütle	Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi % 50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
		Düşey süreksizlik	Bütün perdeler temele kadar süreklidir. (3.4.1.1)
		Burulma	Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun % 20 sinden fazla değildir. (3.4.1.1)
		Perde beton çatlakları	Perdelerdeki köşegen çatlakların genişlikleri 1 mm.den daha az olup çatlaklar X şeklinde değildir. (3.4.1.3)
		Betonarmede bozulma	Perdelerdeki beton ve donatı kısımlarında gözle görülür bir bozulma mevcut değildir. (3.4.1.3)
PERDELER			
		Kayma gerilmesi	Yaklaşık hesapla bulunan perdelerdeki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir. (3.4.3.1)
		Perde donatısı	Perde donatısı oranı her iki doğrultuda da 0.0025 den az değildir ve donatı ara mesafesi 30 cm. den azdır. (3.4.3.1)
		Devrilme	Tüm perdelerin yükseklik / boy oranı 4 den küçüktür. (3.4.3.1)
		Başlık donatısı	Bütün perdelerin başlık elemanları, aralığı boyuna donatı çapının 8 katından daha büyük olmayan etriyelerle sarılmıştır. (3.4.3.1)
		Boşluk donatısı	Bütün boşlukların etrafına özel boşluk donatısı yerleştirilmiştir. (3.4.3.1)
		Perde bağ kirişleri	Bağ kirişlerindeki etriye aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından azdır ve etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir. (3.4.3.1)
DİYAFAAMLAR			
		Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur. (3.4.4)
		Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur. (3.4.4)
		Perdeye komşu boşluklar	Perdeye bitişik diyafram boşluğunun boyu perde boyunun % 25 inden daha azdır. (3.4.4)

Tablo 3.10 devamı

BAĞLANTILAR			
		Kesme kuvveti aktarımı	Perdeye yük aktarımını sağlayacak diyafram donatıları mevcuttur. (3.4.5.2)
		Perde filizleri	Bütün perde düşey donatısı temele kadar süreklidir ve burada temele kenetlenmiştir. (3.4.5.3)

Tablo 3.11: Perdeleri yerinde dökme prefabrike çerçeveli binalar için değerlendirme formu (E=Evet, H=Hayır)

E	H	YAPI	
		Zayıf kat	YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Yumuşak kat	YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katının % 70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Geometri	Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30 dan fazla değildir. (3.4.1.1)
		Kütle	Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi % 50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
		Düşey süreksizlik	Bütün perdeler temele kadar süreklidir. (3.4.1.1)
		Burulma	Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun % 20 sinden fazla değildir. (3.4.1.1)
		Perde beton çatlakları	Perdelerdeki köşegen çatlakların genişlikleri 1 mm den daha az olup çatlaklar X şeklinde değildir. (3.4.1.3)
		Betonarmede bozulma	Perdelerdeki beton ve donatı kısımlarında gözle görülür bir bozulma mevcut değildir. (3.4.1.3)
PREFABRİKE ÇERÇEVE			
		Prefabrike çerçeve	Prefabrike elemanlar yatay yük taşımıyor. (3.4.2.2)
		Prefabrike bağlantılar	Betonarme perdeli prefabrike yapılarda prefabrike çerçeve elemanları arasındaki ankraj çubukları bağlanan elemanların kuvvet taşıma kapasitesini artırabilir. (3.4.2.2)
PERDELER			
		Kayma gerilmesi	Yaklaşık hesapla bulunan perdelerdeki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir. (3.4.3.1)
		Perdeler	Perdeler yerinde dökme betonarmedir. (3.4.3.2)
		Perde donatısı	Perde donatısı oranı her iki doğrultuda da 0.0025 den az değildir ve donatı ara mesafesi 30 cm den azdır. (3.4.3.1)
		Devrilme	Tüm perdelerin yükseklik / boy oranı 4 den küçüktür. (3.4.3.1)
		Başlık donatısı	Bütün perdelerin başlık elemanları, aralığı boyuna donatı çapının 8 katından daha büyük olmayan etriyelerle sarılmıştır. (3.4.3.1)
		Boşluk donatısı	Bütün boşlukların etrafına özel boşluk donatısı yerleştirilmiştir. (3.4.3.1)
		Perde bağ kirişleri	Bağ kirişlerindeki etriye aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından azdır ve etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetleniyor. (3.4.3.1)

Tablo 3.11 devamı

DİYAFRAMLAR		
	Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur. (3.4.4)
	Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur. (3.4.4)
	Perdeye komşu boşluklar	Perdeye bitişik diyafram boşluğunun boyu perde boyunun % 25 inden daha azdır. (3.4.4)
	Diyafram kirişleri	Diyafram kalınlığı içerisinde diyafram genişliği boyunca sürekli uzanan kirişler mevcuttur. (3.4.4)
BAĞLANTILAR		
	Kolon-kiriş birleşimi	Çerçeve kirişleri konsollu kolonlara oturuyor ve konsol oturma boyu 8 cm den fazla. Konsollar kolona kaynakla bağlı değildir. (3.4.5.4)
	Perde ankrajı	Düzlemi dışındaki kuvvetlerin etkisini karşılamak amacıyla dış kısımdaki perdeler her kat seviyesinde diyaframlara ankre edilmiştir. (3.4.5.1)
	Kesme kuv. aktarımı	Perdeye yük aktarımını sağlayacak diyafram donatıları mevcuttur. (3.4.5.2)
	Perde filizleri	Bütün perde düşey donatısı temele kadar sürekli ve burada temele kenetlenmiştir. (3.4.5.3)

Tablo 3.12 : Yığma binalar için değerlendirme formu (E=Evet, H=Hayır)

E	H	YAPI	
		Zayıf kat	YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Yumuşak kat	YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katının % 70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Geometri	Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30 dan fazla değildir. (3.4.1.1)
		Kütle	Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi % 50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
		Düşey düzensizlik	Bütün taşıyıcı duvarlar temele kadar süreklidir. (3.4.1.1)
		Burulma	Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun %20 sinden fazla değildir. (3.4.1.1)
		Komşu yapılar	Yükseklik veya kat sayısı olarak yarı veya daha az yükseklikte çok yakın komşu yapı yoktur. Eğer komşu yapı kat sayısı kere 5 cm mesafede ise çok yakın olarak kabul edilir. (3.4.1.2)
		Yığma duvarda bozulma	Kargir bölümlerde gözle görülür bir bozulma yoktur. (3.4.1.3)
TAŞIYICI YIĞMA DUVARLAR.			
		Kayma gerilmesi	Yapılan yaklaşık hesaplar sonucu taşıyıcı yığma duvarlarda kabul edilebilir kayma gerilmeleri elde edilmiştir. (3.4.3.3)
		Yığma duvar yükseklik/kalın oranı	Duvarların yükseklik / kalınlık oranları * Tek katlı binalarda $Y / K < 14$ * Çok katlı binalarda En üst katta $Y / K < 9$ Diğer katlarda $Y / K < 20$ (3.4.3.3)
DIYAFRAMLAR			
		Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur. (3.4.4)
		Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur. (3.4.4)
BAGLANTILAR			
		Yığma duvar ankraji	Yığma duvarlar ahşap veya metal diyaframlara bağlanmıştır. Duvarlara etkiyen düzlem dışı kuvvetler için diyafram ve duvara çelik bağlantı elemanları yerleştirilmiştir. (3.4.5.1)
		Ankraj aralığı	Döşemelerden dış taşıyıcı duvarlara yapılan ankrajların aralığı 1m veya daha azdır. (3.4.5.1)

3.4- Yorumlar ve Açıklamalar

Bu bölümde Yatay Kuvvet Taşıyan Sistemdeki (YKTS) çeşitli bölümler için değerlendirmede gözönüne alınacak açıklamalara yer verilmiştir.

3.4.1- “Yapı” bölümü

Bu bölümde değerlendirme formundaki **YAPI** ile ilgili bölümdeki kriterlere ve bunların deprem davranışına yaptıkları etkiye yer verilmiştir. Kriterlerin binadaki durumlarının incelenmesiyle “E” veya “H” şeklinde değerlendirme sonuçları elde edilecektir. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi “evet” sonucu incelenen konunun deprem davranışı açısından kabul edilebilir olduğunu gösterir. “Hayır” sonucu ise deprem davranışı açısından belirsizliği ve ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiğini işaret eder. Bu bölümde “hayır” şeklinde sonuçlanan kriterler için ayrıntılı inceleme yöntemlerine de yer verilmiştir. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi değerlendirme formunda “evet” olarak işaretlenen konularda ayrıntılı bir işleme daha gerek yoktur.

***Yük aktarma yolu:** Yatay kuvvet taşıyıcı sistem yapıdaki yükleri en kısa yoldan zemine aktarabilecek şekilde düzenlenmiş olmalıdır. Deprem kuvvetleri diyaframlar vasıtasıyla perde ve çerçeve gibi düşey taşıyıcı elemanlara oradan da temele iletilir. Yük aktarma yolunda herhangi bir süreksizlik olmamalıdır.

***Hiperstatik bağlılık derecesi:** Hiperstatiklik derecesi ne kadar fazlaysa yapının deprem davranışı o kadar iyi olacaktır. Hiperstatiklik derecesi fazlaysa yapıdaki bir elemanın veya bağlantının zarar görmesi durumunda yapının yatay stabilitesinde olumsuzluk meydana gelmeyecek ve bu özellik sayesinde devreye girecek diğer elemanlarla yapının yatay stabilitesi korunmuş olacaktır. İzostatiklik ötesindeki fazla bağlılık olarak da isimlendirilebilecek bu özellik yapının R davranış değiştirme katsayısını da etkiler. Sistem ne kadar fazla bağlı ise R o kadar büyük olacaktır. Prefabrike yapılarda bu bağlılık az olduğundan R katsayısı olumsuz etkilenmektedir.

3.4.1.1- Biçim

Yapının düzgün bir biçime sahip olması depremdeki davranışı olumlu yönde önemli ölçüde etkiler. Düzgün bir biçime sahip olmayan bir yapı her ne kadar yönetmeliklerde istenen şartları sağlasa bile düzgün biçimli bir binadan beklenen davranışa erişilemez. Bina şeklinin düzgünlüğünde ve simetrisinde süreksizlik olmamalıdır.

***Zayıf kat:** YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir.

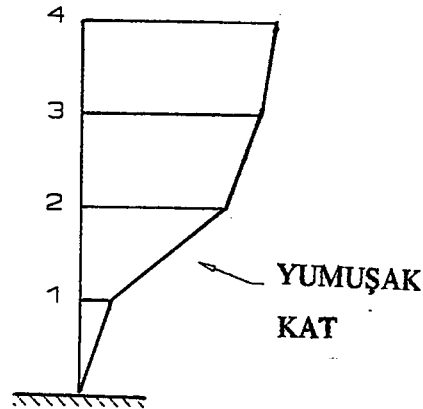
Bu ifadenin doğru olmaması durumunda yapıda zayıf kat durumu mevcuttur. Zayıf katları açık bir şekilde gözle görmek mümkün değildir. Bunun için kat dayanımları hesaplanır ve birbirleriyle kıyaslanır. Bir katın dayanımı gözönüne alınan doğrultudaki kat kesme kuvvetini karşılayan düşey elemanların kayma dayanımlarının toplamı olarak hesaplanır. Zayıf kat oluşumuna çerçeve kolonlarının dayanımlarındaki olumsuzluk yolaçar.

İzlenecek yol: Her katın kat dayanımı kontrol edilir. Zayıf katlardaki taşıyıcı elemanlar P-delta etkisi de gözönüne alınarak incelenir. Bölüm 3.2.4.9 da anlatıldığı şekilde gevrek elemanlar için taşınması gerekli etkide bir artış gözönüne alınmalıdır.

***Yumuşak kat:** YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katınkinin % 70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin % 80 inden az değildir.

Bu ifadenin doğru olmaması durumunda yapıda yumuşak kat durumu mevcuttur. Dış cephesinde sıkça boşluklar olan, zemin katı yüksek büro binaları ve otellerde bu duruma genellikle rastlanır. Yumuşak katlar genellikle relatif kat yerdeğiştirmelerindeki ani değişikliklerle tesbit edilir. Bu nedenle rijitlik hesaplarıyla

birlikte Şekil 3.1 deki gibi relatif kat yerdeğiştirmelerini gösteren bir diyagram çizilir ve yerdeğiştirmeler kıyaslanır.



Şekil 3.1: Kat yerdeğiştirme diyagramı

Yumuşak katla zayıf kat arasındaki fark rijitlik ve dayanım kavramları arasındaki farkdan ileri gelmektedir. Mesela, bir kolonun rijitliği azken kayma dayanımı fazla veya bunun tersi olarak rijitken dayanımı zayıf olabilir. Yumuşak kat oluşumuna genellikle kolonların rijitliklerindeki olumsuzluklar sebep olur.

İzlenecek yol: Her katın kat rijitliği hesaplanır. Yumuşak katlardaki taşıyıcı elemanlar P-delta etkisi de gözönüne alınarak kontrol edilir. Bölüm 3.2.4.9 da anlatıldığı şekilde gevrek elemanlar için, taşınması gerekli etkide bir artış gözönüne alınmalıdır.

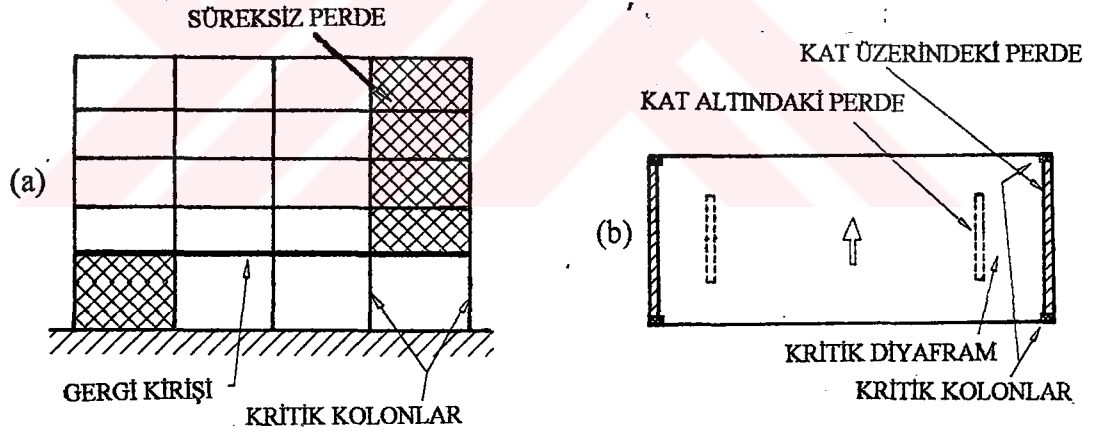
***Geometri:** Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara geçişte plandaki boyutlarındaki değişiklik % 30 dan fazla değildir.

Bu ifade doğru değilse yapıda geometrik bir süreksizlik etkisi mevcuttur. Zemin katından sonra mimari sebeplerle içeriye doğru çekilerek yükselen yapılar bu etkinin sıkça rastlandığı örneklerdir (Şekil 3.2). Yatay boyutlardaki değişiklikten kasıt YKTS'in boyutlarındaki değişiklik olup mimari alandaki değişiklikler dikkate alınmaz.

İzlenecek yol: Kütle düzensizliği olan yapılarda YKTS'deki elemanlar yatay kuvvetin dağılımının daha gerçekçi bir yaklaşımla gözönüne alındığı dinamik hesap yöntemiyle kontrol edilir.

***Düşey süreksizlik:** Bütün perdeler, taşıyıcı duvarlar ve çerçeveler temele kadar süreklidir.

Bu ifade doğru değilse yatay kuvvet taşıyan sistemde bir düşey süreksizlik etkisi mevcuttur. Temele kadar devam etmeyen perde duvarları yaygın olarak rastlanan bir düşey süreksizlik örneğidir. Süreksizliğin başladığı seviyede perdedeki yatay kuvvet alt katta yeralan başka elemanlara iletilecektir. Elemanların aynı düzlemde olması durumunda bu iletim bir gergi kirişi ile (Şekil 3.4a), farklı düzlemde olmaları durumunda bir diyafram bağlantısı ile (Şekil 3.4b) sağlanacaktır. Perde devrilme kuvvetleri perdeye mesnet teşkil eden kolonları da etkiler. Perde, yönetmelikte öngörülenden daha fazla kapasiteye sahipken perdeye mesnet teşkil eden kolonlar şayet minimum kapasiteye göre boyutlandırılmışlarsa tehlike mevcuttur.

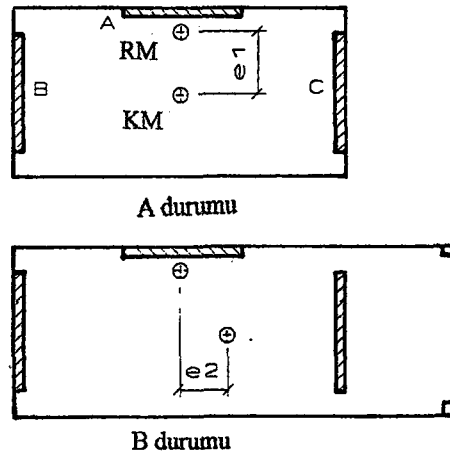


Şekil 3.4: Düşey süreksizlik türleri

Birinci olumsuzluk; perdeyi mesnetleyen kolonların dayanımından dolayı oluşur. Bu durumda kolonların kapasitelerinin sabit ve hareketli yüklere ilaveten devrilme kuvvetlerini de karşılayıp karşılayamayacağı kontrol edilir. İkinci olumsuzluk ise, gergi kirişi veya bağlantı diyaframlarının dayanımından dolayı oluşur. Bu durumda da elemanın kesildiği seviyedeki gergi kirişi veya diyaframın alt kattaki düşey taşıyıcı elemanlara yük aktarabilme özelliği kontrol edilmelidir.

***Burulma:** Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun % 20'nden fazla değildir.

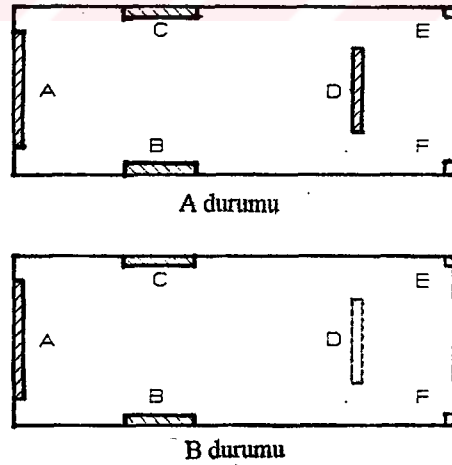
Dışmerkezlik % 20'den fazla olursa yapıda önemli burulma etkileri oluşur. Şekil 3.5a'daki binada rijitlik merkezi A perdesine yakinken kütle merkezi diyaframın ortasında yer almaktadır. Yatay yükün binanın uzun doğrultusunda etkimesi durumunda kütle merkezi (deprem yüklerinin uygulama noktası) ile rijitlik merkezi arasındaki e_1 dışmerkezliği yapıda bir burulma momenti oluşturacaktır. Deprem kuvvetinin tamamına yakını A perdesi tarafından karşılanırken burulma momenti B ve C perdelerinde birbirine eşit ve zıt yönlü kuvvetler oluşturacaktır. Dolayısıyla bu iki perde birbirine zıt yönde yer değiştirme yapacak ve diyaframda dönme etkisi oluşacaktır. Kısa doğrultudaki yükleme durumunda B ve C perdeleri aynı rijitlikteyseler yapı simetriye sahiptir ve rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında herhangi bir dışmerkezlik söz konusu değildir. Bu durumda yapıda herhangi bir burulma momenti oluşmaz. Deprem kuvvetleri B ve C perdeleri tarafından eşit olarak karşılanacak ve diyaframda dönme etkisi oluşmayacaktır. Şayet B ve C perdeleri aynı rijitliğe sahip değilseler B ve C perdeleri deprem kuvvetini eşit olarak karşılarlarken farklı miktarda yer değiştirme yapacaklardır. Bu da diyaframda bir dönme etkisi oluşturacaktır.



Şekil 3.5: Burulma etkisi

Şekil 3.5b deki binada Şekil 3.5a daki durumdan farklı olarak diyafram sağ tarafa doğru devam etmektedir. Bu durumda kütle merkezi de sağ tarafa kayacaktır ve kısa doğrultudaki yüklemeye e_2 dışmerkezliği oluşacaktır. Burulma momenti etkisinden dolayı perdeler yatay kuvveti eşit olarak karşılayamaz ve diyaframda dönme etkisi oluşur.

Şekil 3.6a daki binada Şekil 3.5a ve Şekil 3.5b den farklı olarak daha büyük burulma momenti etkisi oluşacaktır. A perdesi D perdesinden daha rijittir. Kısa doğrultudaki yüklemeye durumunda rijitlik merkezi A perdesine daha yakındır ve önemli bir burulma etkisi söz konusudur. Perdelerin hepsi burulma momenti etkisini karşılamaya çalışacaktır. B, C ve D perdeleri az rijitliğe sahip olduğundan diyaframda dönme etkisi oluşacaktır. Bu durumda iki önemli meseleyle karşılaşılır. Birincisi, E ve F'deki kolonlar şayet yatay kuvvet taşıyan sistemin elemanları olarak boyutlandırmada gözönüne alınmamışlarsa bu noktalardaki yerdeğiştirme etkisinden dolayı oluşacak kolon momentleridir. İkincisi, kısa doğrultudaki yüklemeye yapı stabilitesi D perdesine bağlıdır. Şekil 3.6b de D perdesinin olmadığı durumda yapıda çok büyük bir dışmerkezlik oluşacak ve B ve C perdelerinde çökme meydana gelebilecektir.



Şekil 3.6: Burulma etkisi

Diyaframda önemli bir dönme etkisi mevcutsa tehlikeli elemanlar özellikle yatay kuvvet taşıyan sistemin bir parçası olarak düşünülmeyen diyaframları

mesnetleyen kolonlardır. Birinci olumsuzluk; yatay kuvvet taşıyan sistemdeki perde ve çerçeve elemanların rijitliği, dayanımı ve yerleştirilmesi hususlarında gözlenir. İkinci olumsuzluk ise; diyaframdaki dönmelerden dolayı oluşan yerdeğiştirmelerin zorladığı, yatay kuvvet taşıyan elemanlar olarak düşünülmeyen kolonlarda gözlenir.

İzlenecek yol: Burulma etkisinde düşey elemanların ve diyaframların yeterliliği kontrol edilir. Ortalama relatif kat yerdeğiştirmesine burulmadan dolayı oluşan yerdeğiştirme eklenerek maksimum kat yerdeğiştirmesi hesaplanır. Beklenen kat yerdeğiştirmesi altında tüm düşey elemanların yük taşıma özelliğini sürdürebilmesi gerekir. Kolonlarda P-delta etkisi de gözönüne alınmalıdır.

3.4.1.2- Komşu Yapılar

***Komşu yapılar:** Yükseklik veya kat sayısı olarak yarı veya daha az yükseklikte çok yakın komşu yapı yoktur. Eğer komşu yapı kat sayısı kere 5 cm. mesafede ise çok yakın olarak kabul edilir.

Kat seviyeleri birbirinden farklı olan binalarda bir yapının döşemesi diğer yapının kolonlarına çarpma etkisi uygular. Ayrıca binalardan biri diğerine göre daha yüksekse alçaktaki bina yüksek olan binanın üst bölümlerinin oturduğu bir kısım gibi davranabilir. Bu durumda yüksek olan bina alçak binanın üst seviyesinde bir rijitlik süreksizliği ile karşılaşırken alçak olan binada beklenmeyen yükler oluşabilir. Olumsuzluk; binalar arasındaki mesafenin azlığından kaynaklanır. Yapıda bu tür bir durumun mevcut olması durumunda sözkonusu tehlike, yapılacak ayrıntılı bir incelemede gözönüne alınmak üzere raporda belirtilir.

3.4.1.3- Malzeme Durumu

Yapı malzemelerinde zamanla oluşan bozulma yatay ve düşey taşıyıcı sistemin kapasitesini önemli ölçüde etkiler. Yapıda oluşan lekelenmeler bu durumu tesbit için ipucu olabilir. Mimari kaplama malzemeleri bu lekelerin dolayısıyla bozulma etkisi oluşan yerlerin tesbitini zorlaştırır. Bu durumda bozulma derecesinin tesbiti için

araştırmacı çatı arası gibi bu tür kaplama malzemelerinin kullanılmasına gerek olmayan yerleri incelemek zorunda kalabilir.

***Betonarmede bozulma:** Çerçeve elemanlarındaki donatı çeliği veya betonda gözle görülebilir bir bozulma yoktur.

Suyun etkisiyle donatının paslanması ve betonun bozulması yapı elemanlarının dayanımında bir azalmaya sebep olabilir. Yapıda bu tür bir bozulma etkisi gözleniyorsa yapılacak ayrıntılı bir incelemede, eleman dayanımlarında dikkate alınacak bir azalmayla yapı elemanları kontrol edilir.

***Perde beton çatlakları:** Perdelerdeki köşegen çatlakların genişlikleri 1 mm den daha az olup çatlaklar X şeklinde değildir.

Perdelerdeki geniş çatlaklar geçmişteki bir deprem, temeldeki oturma veya diğer etkilerle oluşan tehlikeyi gösterir. Bu tür çatlakların gözlenmesi durumunda çatlakların sebebi ve boyutları tesbit edilerek perdeler, dayanımdaki bir azalmayla kontrol edilir.

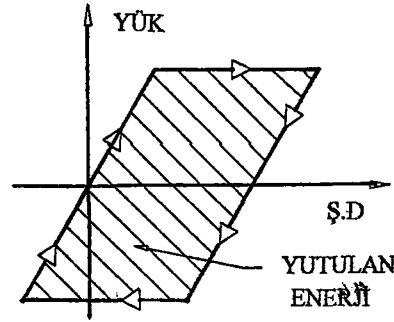
***Yığma duvarda bozulma:** Kargir bölümlerde gözle görülür bir bozulma yoktur.

Kargir elemanların dayanımı birleşim malzemesine bağlı olduğundan birleşim harcındaki bozulmanın sebebi ve boyutları incelenerek dayanımdaki azalma miktarı tesbit edilir.

3.4.2- “Yatay Kuvvet Taşıyan Çerçeveler” Bölümü

Çerçevelerde deprem esnasında plastik mafsall oluşumu ile büyük miktarda enerji yutulabilir. Bir çerçeve elemanın idealize edilmiş yük-yerdeğiştirme diyagramı Şekil 3.7 de verilmiştir. Eleman yükleme başlangıcından itibaren akma sınırına kadar elastik olarak şekil değiştirir. Bundan sonra yük azaltılıncaya kadar elastik olmayan

şekil değiştirme yapar. Yük sıfıra indiğinde elemanda halen plastik şekil değiştirme etkisi mevcuttur. Ters yönde yükleme yapıldığında eğrinin diğer yarısı tamamlanır ve başlangıç noktasına gelinir. Elemanların akma şekil değiştirmesi sayesinde yutulan enerji bu diyagramın alanı ile hesaplanır.



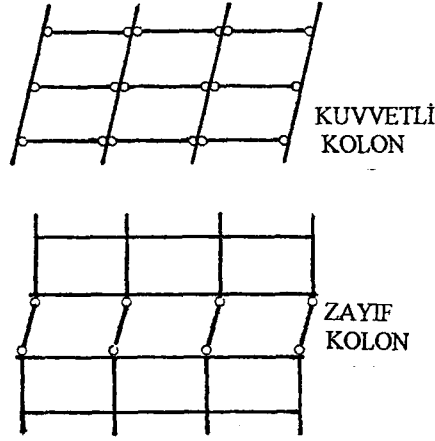
Şekil 3.7: Çerçevelerin yük -şekil değiştirme bağıntısı

Deprem esnasındaki ileri-geri yerdeğiştirmeler esnasında bu elastik olmayan davranışı sağlayarak sünek çerçeveler oluşturmak mümkündür. Çerçevelerin sünek davranabilmesi için ;

- a- plastik mafsall oluşumu
- b- kiriş -kolon düğüm noktalarının etkiyen kuvvetleri karşılayabilmesi
- c- kolonlardan önce kirişlerde plastik mafsall oluşumu sağlanmalıdır.

Bir çerçevenin yük taşıma sınırı plastik mafsalların oluşum şekline bağlıdır. Yükler arttıkça plastik mafsall önce herhangi bir kolonun bir ucunda daha sonra diğer ucunda oluşuyorsa yeteri kadar kolonda oluşan plastik mafsallarla sistem çökme mekanizmasına ulaşacaktır (Şekil 3.8).

Plastik mafsall ilk önce kirişlerde meydana geldiğinde yine bir mekanizma durumu oluşabilir ama, çökmeye sebep olacak kadar plastik mafsall oluşumuna pek sık rastlanmaz.



Şekil 3.8: Plastik mafsallaşma ile oluşabilecek mekanizma türleri

3.4.2.1- Betonarme Çerçeveler

Betonarme çerçeveli yapılar perdeli yapılara göre daha az rijittir. Bunun sonucunda P-delta etkilerine ve yapısal olmayan hasarlara sebep olacak büyük relatif kat yerdeğiştirmeleri gözlenir. Bir kolonun kayma dayanımı eğilme dayanımında taşıyabileceği kesme kuvvetinden daha azsa kolonda gevrek kırılma oluşacaktır. Yönetmeliğin öngördüğü kayma donatısı sağlanarak bu durum engellenmelidir. Betonarme bir çerçevenin sünek bir davranışa sahip olması için ;

a- Kirişlerde, kolonlarda ve düğüm noktalarında öngörülen miktarda etriye kullanımı ile gevrek kırılma önlenmelidir. Bu elemanlarda uygun miktarda etriye kullanımı ile elemanın kayma dayanımının eğilme dayanımında taşıyabileceği kesme kuvvetinden fazla olması sağlanacaktır. Betonarme çerçevelerde karşılaşılan en yaygın eksiklik elemanın eğilme dayanımına ulaşmadan kayma dayanımına ulaşması sonucu oluşan gevrek kırılmadır.

b- Plastik mafsall oluşacağı tahmin edilen yerlerde beton sargı donatısı kullanımı ile dayanım ve süneklik artırılarak plastik mafsall oluşumuna imkan verilmelidir. Betonun etkili bir şekilde sarılabilmesi ve enine basınç gerilmelerinin oluşabilmesi için elemanda uygun miktarda ucu 135° kanca yapılmış etriye kullanımı gereklidir.

c- Plastik mafsall oluşacak kiriş uçlarında uygun miktarda boyuna donatı kullanarak kirişin pozitif moment taşıma kapasitesine erişmesi sağlanmalıdır.

d- Eleman boyutlarının orantılı seçilmesiyle ve uygun miktarda donatı kullanımı ile kuvvetli kolon-zayıf kiriş durumunun oluşması sağlanmalıdır.

***Kayma gerilmesi:** Yaklaşık hesapla bulunan kolonlardaki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla kolonlardaki ortalama kayma gerilmesi hesaplanır. Ortalama kayma gerilmesi 4kgf/cm^2 den fazla ise yapı, yatay kuvvet dağılımını daha gerçekçi olarak gözönüne alan yöntemlerden biriyle incelenmelidir.

***Kat yerdeğiştirmesi:** Yapılan yaklaşık hesapla kabul edilebilir kat yerdeğiştirmeleri elde edilmiştir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla relatif kat yerdeğiştirmeleri hesaplanır. Hesaplanan relatif kat yerdeğiştirmesi periyodu 0.7 s den az olan binalarda kat yüksekliğinin 0.004 katından veya periyodu 0.7 s den fazla olan binalarda 0.003 katından fazla ise çerçvelere geleceği tahmin edilen yatay yük dağılımı altında tam bir çerçeve analizi yapılmalıdır.

***Dışmerkez kolon:** Kiriş - kolon eksenleri arasındaki dışmerkezlik en küçük kolon boyutunun % 20 sinden daha küçüktür.

Dışmerkezliğin % 20 den fazla olması durumunda düğüm noktasında yüksek burulma momentleri oluşacaktır. Bu durumda yapılacak bir çerçeve analizinde düğüm noktalarındaki burulma momentlerinin meydana getireceği ilave kayma gerilmeleri gözönüne alınır.

***Kayma göçmesi yok:** Çerçvelerin kayma dayanımı eğilme dayanımında taşıyabilecekleri kayma kuvvetinden daha büyüktür.

Eğer eleman eğilme dayanımından önce kayma dayanımına ulaşırsa gevrek göçme oluşur. Gerekli olan kayma kapasitesi, M_p plastik momenti ile ilgilidir. Bu M_p momenti kiriş veya kolonun taşıyabileceği en büyük momenttir ve elemandaki çekme çubuklarının akmaya eriştiği kabul edilerek yaklaşık olarak hesaplanır. Şekil 3.9 dan görüldüğü gibi elemanın eğilme dayanımında taşıyabileceği maksimum kesme kuvveti, L eleman boyu olmak üzere (3.26) ifadesiyle hesaplanır. V_e , elemanın V kayma dayanımı ile kıyaslanır. V_e/V oranı ≤ 1 olmalıdır.

$$V_e = 2 M_p / L \quad (3.26)$$



Şekil 3.9: Eğilme dayanımında taşınacak maksimum kesme kuvveti

***Kuvvetli kolon-zayıf kiriş:** Kolonların moment taşıma kapasitesi kirişlerinkinden daha büyüktür.

Toplam kiriş momenti kapasitesi ile toplam kolon momenti kapasitesi kıyaslanır. Kıyaslanan moment kapasiteleri M_p plastik momentleridir. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş durumunun sağlanabilmesi için (3.27) ifadesi sağlanmalıdır.

$$\frac{\sum M_{p, \text{kiriş}}}{\sum M_{p, \text{kolon}}} \leq 1.2 \quad (3.27)$$

***Etriye kenetlenmesi:** Kolon ve kirişlerde etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir. Deprem esnasında enerji yutma özelliğinden mümkün olduğunca fazla faydalanmak için etriye kenetlenmesine dikkat edilmelidir. Tam verim almak için plastik mafsall oluşması muhtemel yerlerde etriyeler kesit iç kısmına ankre edilmelidir.

***Kolon etriye aralığı:** Çerçeve kolonlarındaki etriye aralığı kolon boyunca kolon kesit yüksekliğinin dörtte birinden, plastik mafsall oluşması muhtemel bölgelerde ise boyuna donatı çapının sekiz katından daha büyük değildir. Etriye aralıkları fazla olursa sünek olmayan kırılma meydana gelebilir. Ayrıca kayma kapasitesinde de azalma oluşur.

***Kolon donatı ekleri:** Kolon donatı ek boyları boyuna donatı çapının 35 katından daha büyük olup ek boyunca boyuna donatı çapının 8 katından daha sık etriye ile sarılmışlardır. Kısa ekler kolonda tehlikeye yol açabilir. Bu durum büyük yerdeğiştirme yapan binalarda beton kısmın dökülmesiyle daha da ağırlaşabilir.

***Kiriş donatısı:** Kiriş boyunca alt ve üstte en az ikişer çubuk sürekli olarak devam etmektedir. Birleşim bölgelerinde pozitif veya negatif moment için gereken donatının en az % 25 i eleman boyunca sürekli devam etmektedir.

Deprem momentlerinin sabit ve hareketli yüklerden oluşacak momentlerden daha büyük olabileceği düşünülerek açıklıkla mesnet arasında devam eden donatı düzeni öngörülür.

***Kiriş donatı ekleri:** Kiriş boyuna donatı ekleri kiriş boyunun dörtte birlik bölgesi civarında yapılmıştır. Kiriş-kolon düğüm noktalarında yerleştirilen alt donatı için kısa basınç donatısı ekleri kirişlerin akma gerilmesi altındaki seviyelerde plastik mafsallaşmasına yol açarak en büyük akma momentine ulaşmayı engeller.

***Kiriş etriyeleri:** Kiriş etriyeleri aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından ve plastik mafsall oluşabilecek bölgelerde ise boyuna donatı çapının 8 katından daha azdır.

Kiriş etriye aralığı sık olmazsa tekrarlanan yüklemeler altında kirişlerin akma momenti altında çalışması özelliği devam edemeyebilir.

***Kiriş pilye donatısı:** Çerçevelerdeki kirişlerde kayma donatısı olarak pilye kullanılmamıştır. Deprem yükleri ters yönde etkidiğinde kayma donatısı olarak kullanılan pilyeler bir işe yaramayacaktır. Bu sebeple kirişlerde kayma donatısı olarak pilye kullanılmaz.

***Birleşim yeri etriyesi:** Kiriş-kolon birleşim bölgesinde kolon etriyesi devam etmektedir. Düğüm noktası donatısız olursa bu düğüm noktasına bağlanan elemanların beklenen dayanıma erişmeleri mümkün olmayabilir. Bu durum düğüm noktasında gevrek kırılmaya yolaçar. Planda çevre kısmında yeralan düğüm noktalarının üç, köşede yeralan düğüm noktalarının ise sadece iki elemanla tutulması mümkün olduğundan bu tür düğüm noktalarında bu duruma özellikle dikkat edilmelidir. Düğüm noktasının taşıyabileceği V_e kesme kuvveti ile düğüm noktasındaki V_j kesme kuvveti kıyaslanır. $V_j/V_e \leq 1$ olmalıdır.

3.4.2.2- Prefabrike Betonarme Çerçeveler

***Prefabrike çerçeve :** Prefabrike elemanlar yatay yük taşımıyor.

Prefabrike çerçeveler deprem kuvvetlerini karşılayabilir ancak bu kuvvetleri taşımak için gerekli tüm detaylar sağlamayabilir. Bağlantı noktaları yeterli süneklilikte olmayabilir. Bu sebeple çerçevelerin yeterliliği kontrol edilir.

***Prefabrike bağlantılar:** Betonarme perdeli yapılarda prefabrike elemanlar arasındaki ankraj çubukları bağlanan elemanların kuvvet taşıma kapasitesini artırabilir.

Prefabrike elemanlar arasındaki düğüm noktaları sünek davranışa sahip olmayabilir. Bu durumda bu noktaya bağlanan elemanlar kendilerinden beklenen dayanıma ulaşamazlar. Muhtemelen beklenen yük seviyesinin altında gevrek kırılma meydana gelebilir. Kayma kapasitesi düğüm noktası donatısı dikkate alınmaksızın

Bölüm 3.4.2.1 deki gibi hesaplanır. Eğilme kontrolü için düğüm noktası vasıtası ile kirişden kirişe yük aktarma yolu tesbit edilir. Oluşan gerilmeler kontrol edilir.

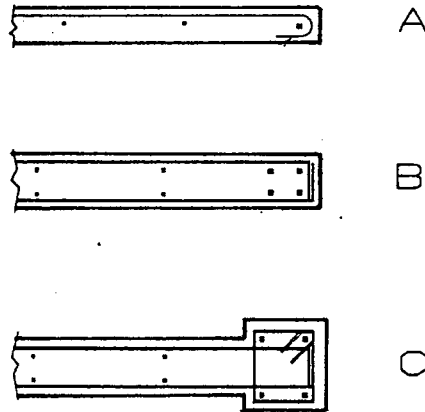
3.4.3- “Perde” Bölümü

Boyuna yüksekliğine kıyasla daha fazla olan perdelerde kayma etkisi hakim olup uçlarda önemsiz eğilme gerilmeleri oluşur. Yüksekliği daha fazla olan perdelerde ise eğilme etkisi hakimdir. Perdelerde iki türlü etki oluşur:

Depremin perdeye paralel doğrultuda etkimesi durumunda perde düzleminde taşınacak kayma kuvveti ve depremin bu doğrultuya dik etkimesi durumunda perde düzlemi dışında taşınacak kuvvet. Bu bölümde düzlem içindeki etkiler incelenecektir.

3.4.3.1- Betonarme Perdeler

Uzun perdeli binalarda gerilmeler genellikle düşüktür. Fakat dış çevresinde boşlukların fazla olduğu binalarda perdeler narinleşir ve gerilme etkileri büyür. Devrilme kuvvetleri tasarımda kabul edilenden fazla olursa ve kesit çok ince ise; perde basınç yüzünde burkulma kırılması veya çekme yüzündeki donatı ekleri basınç donatısı eki olarak yapılmışsa çekme tarafında çekme kırılması oluşabilir. Şekil 3.10 da perdelerin en çok zorlanan yerleri olan perde kesit uçlarında düzenlenen başlık donatısı biçimleri görülmektedir. Önemli olan diğer bir husus da perdenin kayma dayanımının eğilme dayanımında oluşacak kayma kuvvetinden büyük olması gerektiğidir. Aksi halde gevrek kırılma etkisi ile karşılaşılır ki, bu durum arzu edilmez.



Şekil 3.10: Perde başlık elemanları

***Kayma gerilmesi:** Yaklaşık hesapla bulunan perdelerdeki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla perdelerdeki ortalama kayma gerilmesi hesaplanır. Şayet V_{ort} 3.5 kg/cm^2 den fazla ise daha detaylı bir incelemeye gerek vardır.

***Devrilme:** Tüm perdelerin yükseklik / boy oranı 4 den küçüktür. Yüksek, narin perdelerin devrilmeye karşı dayanımları sınırlıdır.

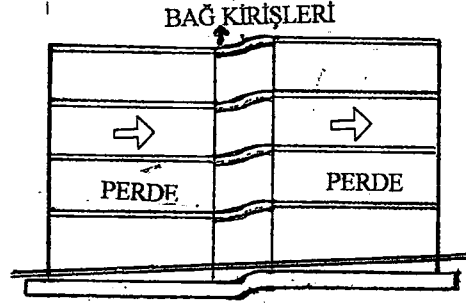
Mevcut devrilme kuvvetlerine karşı perde dayanımı hesaplanır. Üst kattan gelen devrilme kuvvetini ilave etmeksizin kat yüksekliği ile kat kesme kuvvetinin çarpımıyla oluşan eğilme momentini kullanarak devrilme kuvvetlerini hesaplamak sıkça yapılan bir hatadır. Kayma dayanımının eğilme dayanımında oluşacak kesme kuvvetinden büyük olması gerekir.

***Perde bağ kirişleri:** Bağ kirişlerindeki etriye aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından azdır ve etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir.

Birden fazla perde kat seviyelerinde birbirine bağlanarak birlikte tek bir perde gibi çalışması sağlanabilir (Şekil 3.11). Deprem esnasında bağ kirişlerinde oluşacak hasarla önemli miktarda enerji karşılanması amaçlanır. Perdelerde oluşacak şekildeğiştirmeler bağ kirişlerinde büyük kayma kuvvetleri ve eğilme momentleri meydana gelir. Kiriş yüksekliği sınırlı ve genişliği perdeden daha azsa yeterli miktarda donatı yerleştirmek zorlaşır. Depremde bağ kirişleri çok ciddi hasar görürse bağ kirişleriyle birbirine bağlı tek bir perde durumu muhtemelen stabilitesi zayıf birbirinden bağımsız bir çift perde durumuna dönüşecektir.

Kirişin eğilme dayanımındaki kesme kuvveti ile kayma dayanımı karşılaştırılarak küçük olana göre kiriş uçlarının moment taşıma kapasitesi hesaplanır.

Perdenin yük taşıma kapasitesine olumlu katkıda bulunan bu momentler veya kesme kuvvetleri altında perdeler birbirinden bağımsız olarak düşünülerek analiz edilir.



Şekil 3.11: Bağ kirişleriyle bağlı perdeler

***Başlık donatısı:** Bütün perdelerin başlık elemanları, aralığı boyuna donatı çapının 8 katından daha büyük olmayan etriyelerle sarılmıştır.

Başlık elemanlarının yeterli bir şekilde düzenlenmemesi durumunda perdenin yatay kuvvet dayanımında ciddi bir azalma olabilir. Projede basınca çalışan eleman olarak düzenlenen başlık kısmı depremde çekme etkisinde kalabilir. Bu sebeple başlık kısmındaki donatı bindirme boyları daha uzun tutulmalıdır.

***Perde donatısı:** Perde donatısı oranı her iki doğrultuda da 0.0025 den az değildir ve donatı ara mesafesi 30 cm den azdır. Elastik olmayan davranışın sağlanabilmesi için minimum donatı şartı sağlanmalıdır.

***Boşluk donatısı:** Bütün boşlukların etrafına özel boşluk donatısı yerleştirilmiştir.

Klasik örgü donatısı küçük boşluklar için yeterlidir. Boşluk etrafındaki bölgede kayma ve eğilme gerilmesi küçükse “küçük boşluk” kabulü uygundur. Gerilmeler büyükse boşluk, büyük olarak kabul edilmelidir.

3.4.3.2- Betonarme Perdeli Prefabrike Yapılar

***Perdeler:** Perdeler yerinde dökme betonarmedir.

Prefabrike perdeli yapılarda bağlantılar genellikle gevrek davranış gösterirler. Bağlantılar perdelerin akma sınırı üstündeki taşıma kapasitesine ulaşmasını engelleyebilir. Bu durumda bağlantı noktasına birleşen elemanlar kontrol edilir.

3.4.3.3- Taşıyıcı Yığma Duvarlar:

***Kayma gerilmesi:** Yapılan yaklaşık hesaplar sonucu taşıyıcı yığma duvarlarda kabul edilebilir kayma gerilmeleri elde edilmiştir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla yığma duvardaki ortalama gerilmeler hesaplanır. İzin verilen gerilmeler dolu tuğla duvar için 0.7kgf/cm^2 , boşluklu duvar için 0.5kgf/cm^2 , çimentolu duvar için 0.9kgf/cm^2 dir. Şayet ortalama gerilmeler izin verilen gerilmelerden daha büyükse ayrıntılı bir incelemeye gerek vardır.

***Yığma duvar yükseklik / kalınlık oranı:** Duvarların yükseklik / kalınlık oranları;

- | | |
|------------------------|---------------------|
| a- Tek katlı binalarda | $Y / K < 14$ |
| b- Çok katlı binalarda | |
| - En üst katta | $Y / K < 9$ |
| - Diğer katlarda | $Y / K < 20$ ' dir. |

Taşıyıcı duvarların stabilitesi yükseklik/kalınlık oranına bağlıdır. Düzlemi dışındaki yüklerin etkisinde taşıyıcı duvarın dayanımında eksiklik olmamalıdır. Taşınması gerekli düzlem dışındaki etkiler altında taşıyıcı duvar kontrol edilir.

3.4.3.2- Betonarme Perdeli Prefabrike Yapılar

***Perdeler:** Perdeler yerinde dökme betonarmedir.

Prefabrike perdeli yapılarda bağlantılar genellikle gevrek davranış gösterirler. Bağlantılar perdelerin akma sınırı üstündeki taşıma kapasitesine ulaşmasını engelleyebilir. Bu durumda bağlantı noktasına birleşen elemanlar kontrol edilir.

3.4.3.3- Taşıyıcı Yığma Duvarlar:

***Kayma gerilmesi:** Yapılan yaklaşık hesaplar sonucu taşıyıcı yığma duvarlarda kabul edilebilir kayma gerilmeleri elde edilmiştir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla yığma duvardaki ortalama gerilmeler hesaplanır. İzin verilen gerilmeler dolu tuğla duvar için 0.7kgf/cm^2 , boşluklu duvar için 0.5kgf/cm^2 , çimentolu duvar için 0.9kgf/cm^2 dir. Şayet ortalama gerilmeler izin verilen gerilmelerden daha büyükse ayrıntılı bir incelemeye gerek vardır.

***Yığma duvar yükseklik / kalınlık oranı:** Duvarların yükseklik / kalınlık oranları;

- | | |
|------------------------|---------------------|
| a- Tek katlı binalarda | $Y / K < 14$ |
| b- Çok katlı binalarda | |
| - En üst katta | $Y / K < 9$ |
| - Diğer katlarda | $Y / K < 20$ ' dir. |

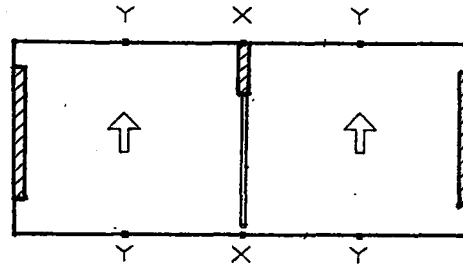
Taşıyıcı duvarların stabilitesi yükseklik/kalınlık oranına bağlıdır. Düzlemi dışındaki yüklerin etkisinde taşıyıcı duvarın dayanımında eksiklik olmamalıdır. Taşınması gerekli düzlem dışındaki etkiler altında taşıyıcı duvar kontrol edilir.

3.4.4- “Diyafram” Bölümü

Deprem yükleri düşey taşıyıcı elemanlara diyaframlar vasıtasıyla iletilir. Diyaframlar genel olarak kendi düzlemi içinde rijit kabul edilir. Bu sebeple yatay yükün düşey elemanlara paylaştırılması sadece bu elemanların rijitliğine bağlıdır.

Diyafram göbek kısmı kayma kuvvetlerini karşılarken bunun alt ve üst kısımlarında eğilme gerilmeleri etkilidir. Yatay yüklerin karşılanmasında diyafram davranışının sağlanması için bu elemanların sürekliliğinde bir kesinti olmaması ve bağlantı noktalarının iyi düzenlenmesi gerekir. Teorik olarak elastik kabul edilen döşemelerde yatay yük düşey elemanların rijitliklerinden bağımsız olarak dağıtılır. Bu durumda döşemeler düşey elemanlara mesnetli basit kiriş şeritleri olarak davranır. Şayet diyafram rijitse hesap elastik mesnetli sürekli kiriş gibi yapılabilir. Diyaframı yatay olarak mesnetleyen perde veya çerçevelerin rijitliğine kıyasla diyaframın elastik veya rijit olduğu tesbit edilebilir.

Şekil 3.12 de iki açıklıklı bir diyafram verilmiştir. Diyafram X-X ile işaretlenen ara mesnet üzerinde devam ediyorsa maksimum diyafram kuvvetleri bu noktalarda meydana gelecektir. Şayet bu ara mesnet üzerinde diyafram sürekli olarak devam etmiyorsa diyaframlar ayrı ayrı birer basit kiriş gibi davranacaktır ve en büyük diyafram kuvvetleri her bir basit kirişin açıklık ortası olan Y noktalarında meydana gelecektir. Uç dönmelerinden dolayı X noktalarında hasar meydana gelecektir.



Şekil 3.12: Diyafram mesnetlenme biçimleri

***Plandaki düzensizlikler:** Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur.

Plan düzensizliklerine ait örnekler Şekil 3.13 de verilmiştir. Şayet köşelerde yeterli çekme dayanımı mevcut değilse buralarda oluşacak gerilme yığılmalarından dolayı hasar meydana gelebilir. Sıkça görülen bir diğer düzensizlik döşeme kalınlığındaki değişikliklerdir. E, T, X ve L şekilli binalarda bina bölümlerinin herbiri farklı serbest bir titreşme moduna sahiptir. Bu durum boyutlandırmada gözönüne alınmamış olabilir. Bu sebeple diyafram köşelerinde büyük çekme kuvvetleri oluşabilir.

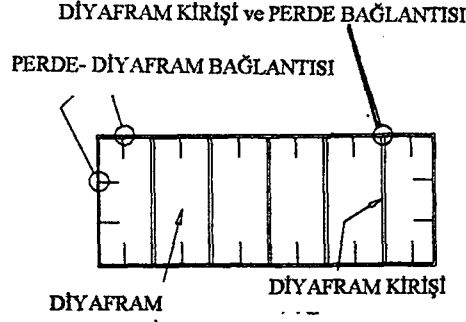


Şekil 3.13: Plan düzensizlikleri

***Diyafram kirişleri:** Diyafram kalınlığı içerisinde diyafram genişliği boyunca sürekli uzanan kirişler mevcuttur.

Perdelere gelen düzlem dışı kuvvetler diyaframlar tarafından kesme kuvveti olarak diyaframı mesnetleyen perde ve çerçevelere aktarılırlar. Yetersiz şekilde düzenlenen prefabrike diyaframlar bu işlevi yerine getirebilecek çekme dayanımına sahip olmayabilirler. Diyafram kirişi, diyafram kalınlığı içerisinde diyafram genişliği boyunca uzanan ve perde yüklerini toplayan gizli bir kiriştir (Şekil 3.14). Diyafram-perde ve gizli kiriş-perde bağlantısı uygun şekilde düzenlenmelidir. Bu ankraj düzgün olmazsa perde diyaframdan ayrılacak ve muhtemelen göçme meydana gelecektir.

Perde ankraj kuvvetleri hesaplanıp her elemanda bu kuvvetin karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilir.

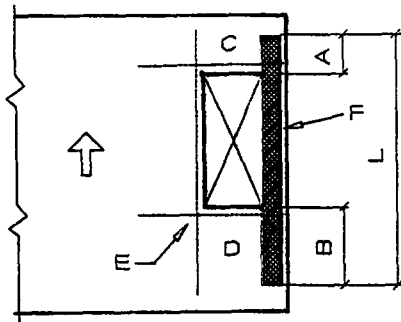


Şekil 3.14: Diafram kirişleri ve bağlantıları

***Boşluk donatısı:** Binarın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur.

Projede düzgün bir şekilde detaylandırılmayan büyük diyafram boşlukları tehlike arzederler. Diyaframın boşluk çevresinden gerilme aktarabilme özelliği kontrol edilir.

***Perdeye komşu boşluklar:** Perdeye bitişik diyafram boşluğunun boyu perde boyunun % 25 inden daha azdır. Bu ifadenin doğru olmaması durumunda iki problemle karşılaşılır. Birincisi, boşluk boyu uzunsa bu noktada diyaframdan perdeye kesme kuvveti aktarmak imkansızlaşır. İkincisi ise deprem kuvvetlerinin perdeye dik gelmesi durumunda perdenin yatay mesnet koşulundaki eksikliklerdir. Şekil 3.15 de diyaframdaki boşluk sebebi ile kesme kuvvetinin aktarılacağı L boyu A+B'ye inmiştir. C ve D bölgelerindeki gerilme artışı sebebi ile boşluk köşelerinde donatı gereklidir.



Şekil 3.15: Perdeye komşu boşluklar

Diyaframdan perdeye yük aktarma yolu tesbit edilir. Aktarılabacak kuvvetlerden dolayı oluşacak gerilmelere karşı dayanım kontrol edilir.

3.4.5- “Bağlantılar” Bölümü

Bu bölümde perde-çerçeve-diyafram ve perde-çerçeve-temel bağlantıları incelenecektir. Bağlantılar için gözönüne alınması gereken dört durum vardır:

- a- Deprem doğrultusuna dik perdelerin yatay olarak mesnetlenmesi
- b- Diyaframlardan deprem doğrultusuna paralel perde ve çerçevelere kesme kuvveti aktarılması
- c- Perde ve kolonların temele bağlantısı
- d- Göçmesiyle sistemi tehlikeye sokacak bağlantı elemanlarının birbirleriyle irtibatı

3.4.5.1- Normal kuvvet ankraji

Diyaframa iyi ankre edilmemiş perdeler deprem esnasında yapıdan ayrılabilir ve çökme meydana gelebilir.

***Perde ankraji:** Düzlemi dışındaki kuvvetlerin etkisini karşılamak amacıyla dış çevredeki perdeler her kat seviyesinde diyaframlara ankre edilmiştir.

Perdeye dik doğrultuda gelen kuvvetler altında perdede devrilme etkisi oluşmaması için diyafram bağlantısı yeterli olmalıdır.

***Yığma duvar ankraji:** Yığma duvarlar ahşap veya metal diyaframlara bağlanmıştır. Duvarlara etkiyen düzlem dışı kuvvetler için diyafram ve duvara çelik bağlantı elemanları yerleştirilmiştir.

Diyaframlarda elik ankraj çubukları ve bağlantı elemanlarının olmaması durumunda yeterli dayanım ve süneklik sağlanmayabilir. Yığma duvar ankrajı duvarın taşıması gerekli etki altında kontrol edilir.

***Ankraj aralığı:** Döşemelerden dış taşıyıcı duvarlara yapılan ankrajların aralığı 1m veya daha azdır.

Yetersiz ankraj aralığı taşıyıcı duvara etkiyen düzlem dış yükler sonucu duvarın ve bitişik döşemenin kısmen çökmesine neden olur.

3.4.5.2- Kesme Kuvveti Aktarımı

Yatay dayanımın sağlanabilmesi açısından diyaframdan perdeler kesme kuvveti aktarımı çok önemlidir. şayet yük aktarımı yetersizse perde ve çerçeveler kendilerinden beklenen davranışı gösteremezler. Perde ve çerçevelere gelen yatay kuvvet dağılımı projede esas alınandan farklılık gösterir ve binanın tümünde dayanımda bir azalma oluşur.

***Kesme kuvveti aktarımı:** Perdeye yük aktarımını sağlayacak diyafram donatıları mevcuttur.

Perdelerden beklenen davranışın sağlanabilmesi için diyafram bağlantılarının yeterli olması gerekir. Bağlantı perdeler içine yerleştirilmiş elik çubuklarla yapılabilir. Diyaframdaki mevcut donatının yeterliliği kontrol edilir.

3.4.5.3- Düşey Elemanların Temel Bağlantısı

Düşey elemanların temele olan bağlantısı yetersiz olduğunda elemanın yatay yükleri zemine aktarma kapasitesinde bir azalma olacaktır.

***Betonarme kolon filizleri:** Betonarme kolonlardaki tüm boyuna donatılar temele kadar devam edip burada temele kenetlenmiştir.

***Perde donatısı:** Perdelerde düzenlenen kolon donatılarında dahil olmak üzere bütün perde düşey donatısı temele kadar sürekli ve burada temele kenetlenmiştir.

3.4.5.4- Kolon-Kiriş Birleşimi

Çerçeve kirişleri konsollu kolonlara oturuyor ve konsol oturma boyu 8 cm'den fazladır.

Perdelerin dayanımına ve temel şartlarına bağlı olarak depremde büyük kat yerdeğıştirmeleri meydana gelebilir. Kirişlerin kolonlardaki konsollara oturması durumunda konsol oturma boyu bu büyük kat yerdeğıştirmeleri sonucu elemanlarda oluşacak yerel yerdeğıştirmeleri karşılayacak büyüklükte olmalıdır.

Hesaplanan relatif kat yerdeğitirmesi altında kirişlerin kolona oturma boyları kontrol edilir.

3.4.6- “Temel” Bölümü

Temellerde herhangi bir oturma etkisi gözlenmiyorsa yapı temelının sabit ve hareketli yükler altında yeterli olduğu kabul edilir ve nisbeten küçük deprem yükleri altında yeterli kapasiteye sahip olabilir. Bu sebeple yüklerin perde veya çerçeveler vasıtasıyla zemine iletilmesinden sonrası için herhangi bir değerlendirme ifadesine yer verilmemiştir. Ancak bununla birlikte incelemede aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir:

- a- Çerçeve kolonları vasıtasıyla aktarılan kesme kuvvetleri ve momentler için küçük tekil temeller rijitlik ve dayanım olarak yetersiz olabilir.
- b- Küçük tekil temeller devrilme kuvvetlerine karşı yetersiz kalabilir.
- c- Tekil temeller arasındaki bağlantılarda deprem kuvvetlerini karşılama kapasitesi yönünden eksiklikler olabilir.

BÖLÜM 4- DEPREM DAVRANIŞI İÇİN İNDEKSLEME YÖNTEMİ

4.1- Genel

Burada açıklanan yöntem; Japonya’ da geliştirilmiş olan “Standard for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building (1990)” da verilen ilkeler doğrultusunda elde edilecek olan “Deprem Davranış İndeksi” ile yapının deprem davranışının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Yöntemin uygulanmasından önce binanın yaşı, boyutları ve taşıyıcı sistemi doğru bir şekilde tesbit edilmelidir. Bu yöntem; taşıyıcı sistemi perdeli veya perdesiz çerçevelerden oluşan altı ve daha az katlı yapılara uygulanabilir. Taşıyıcı sistemi yıpranmış, 30 yıldan daha yaşlı, çeşitli bozulmalara maruz kalmış, yangın geçirmiş, malzeme kalitesi çok düşük, taşıyıcı sistemi belirsiz yapılara uygulanması uygun değildir.

Binanın muhtemel bir depremdeki davranışının tesbitinde kullanılacak olan deprem davranış indeksinin, taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar için üç ayrı inceleme seviyesinde elde edilmesi mümkündür. Birinci inceleme seviyesi hızlı bir ön inceleme hassaslığında olup ikinci ve üçüncü seviyelerde daha ayrıntılı inceleme ve hesaplar yapılmaktadır. Buna mukabil olarak da yüksek seviyelerde elde edilen sonuçlara olan güven artmaktadır.

4.2- Deprem Davranış İndeksi

Yöntem de bir yapının deprem etkisindeki davranışının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere aşağıdaki iki indeks tanımlanmıştır:

a- Yapıya ait deprem davranış indeksi, I_s

b- Taşıyıcı olmayan elemanlara ait deprem davranış indeksi, I_N

4.3- Yapıya Ait Deprem Davranış İndeksi

Yapının deprem davranış indeksi I_s , her kat ve her doğrultu için ayrı ayrı olmak üzere (4.1) ifadesi ile hesaplanır. Yüksek indeks değerleri binanın muhtemel bir depremde olumlu bir davranış gösterebilmesi ihtimalinin yüksekliğine karşılık gelir.

$$I_s = E_0 S_D T \quad (4.1)$$

E_0 : Yapının deprem davranış ana indeksi

S_D : Yapının taşıyıcı sisteminin tasarım ve boyutlamasına ait indeks

T : Yapının taşıyıcı sisteminin zamanla bozulmasına ait indeks

İndeksin birinci, ikinci ve üçüncü seviyede olmak üzere farklı üç seviyede incelenmesi mümkün olup her üç seviyede de (4.1) ifadesi kullanılır. Yüksek seviyelerde inceleme daha ayrıntılı olduğu için elde edilen sonuçlara olan güven daha fazladır. Her bir inceleme seviyesindeki kabuller ve dikkate alınan ayrıntılar aşağıda açıklanmıştır:

a- Birinci inceleme seviyesi:

Çerçevelerin taşıma gücü; kolon, perde gibi düşey taşıyıcı elemanların kesit alanlarından faydalanarak basitçe hesaplanır. S_D ve T indeksleri de benzer şekilde basitçe hesap edilir. Bu seviyedeki inceleme perdelerin nisbeten çok olduğu binalarda uygundur. Perde sünekliğinin çerçeve sünekliğini önemli ölçüde etkilediği kabul edilir.

Perdesiz çerçevelerden oluşan bir yapının deprem davranışının gerçek davranışın oldukça altında tahmin edilebileceğine dikkat edilmelidir. Bu durumda gerçekte güvenli olan bir yapının güvensiz olarak tesbiti söz konusudur. Böyle perdesiz sistemlerde bu durumla karşılaşılabileceği gözönüne alınarak bu seviyedeki bir incelemeyle yetinmeyip yapının daha ayrıntılı olan diğer seviyelerde de incelenmesi gerekebilir.

b- İkinci inceleme seviyesi:

Bu seviyede kolon ve perdelerin taşıma gücü ve süneklik kapasiteleri taşıma gücü esasları kullanılarak hesap edilir. E_0 ana indeksi, düşey taşıyıcı elemanların göçme türü gözönüne alınarak elde edilir. Bu safhada çerçeveyi oluşturan kirişlerin rijit olduğu kabul edilebilir. Diğer iki indeks, S_D ve T , birinci seviyeye göre daha ayrıntılı hesaplarla bulunur. Bu inceleme seviyesi özellikle zayıf kolon-kuvvetli kirişli sistemlere uygun olup elde edilen sonuç birinci seviyeden elde edilene kıyasla daha güvenlidir.

c- Üçüncü inceleme seviyesi:

E_0 ana indeksinin hesabında düşey taşıyıcı elemanların göçme türlerinin yanı sıra kirişlerin davranışı ve perde temelindeki dönme de dahil olmak üzere yapının mümkün olan tüm göçme mekanizmaları gözönüne alınır. S_D ve T hesabı ikinci seviyede olduğu gibidir.

4.3.1- E_0 Deprem Davranış Ana İndeksi

Yapının deprem davranış ana indeksi E_0 , taşıma gücü indeksi C ve süneklik indeksi F yardımıyla hesap edilir. Elde edilen sonuçlar dayanım ve süneklikle birlikte E_0 davranış ana indeksi değerinin de arttığı şeklindedir.

Birinci inceleme seviyesi: Taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar Tablo 4.1 deki düşey taşıyıcı eleman sınıflandırmasına uyacak şekilde gruplandırılır.

Tablo 4.1 : Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (Birinci inceleme seviyesi)

ELEMAN	TANIM
Kolon	Temiz yükseklik / kesit yüksekliği > 2
Kısa kolon	Temiz yükseklik / kesit yüksekliği ≤ 2
Perde	Başlıklı veya başlıksız perde

a- Taşıyıcı sistemde kısa kolon olmaması durumu:

Taşıyıcı sistemde Tablo 4.1 deki kısa kolon tanımına uyan herhangi bir eleman yoksa yapıya ait E_0 deprem davranış ana indeksi (4.2) ifadesiyle hesaplanır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + a_1 C_c) F_w \quad (4.2)$$

n : Bodrum kat dışındaki toplam kat sayısı

i : Gözönüne alınan kat

C_w ; perdelerin taşıma gücü indeksi olup (4.7) ifadesi ile hesaplanır.

C_c ; kolonların taşıma gücü indeksi olup (4.8) ifadesi ile hesaplanır.

a_1 : Yerdeğiştirme uyum katsayısı (= 0.7 ; = 1.0 eğer $C_w = 0$ ise)

F_w : Perde süneklik indeksi (= 1.0)

b- Taşıyıcı sistemde kısa kolon olması durumu:

Kısa kolonlarda genellikle eğilme kapasitesine ulaşılmadan kesme kuvveti dayanımlarının sona ermesiyle oluşan ani ve gevrek kırılma durumu gözlenir. Bu ise deprem davranışı açısından tehlikeli olan ve arzu edilmeyen bir durumdur. Bu sebeple yapıda Tablo 4.1 deki kısa kolon tanımına uyan elemanların mevcut olması durumunda E_0 indeksi aşağıdaki gibi hesaplanır.

Kısa kolonların dikkate alınmasıyla 4.3 ifadesi hesaplanır. Daha sonra kısa kolonlar ihmal edilerek 4.2 ifadesi hesaplanır. E_0 indeksi olarak elde edilen değerlerin büyüğü alınır.

Şayet bir kısa kolon aynı zamanda “riskli bir kolon” olarak tesbit edilmişse, E_0 indeksi yalnızca 4.3 ifadesi ile hesaplanmalıdır. Bir kolonun taşıma gücünü kaybetmesiyle kolon civarındaki yapı kısımlarında örneğin döşemede herhangi bir göçme durumunun oluşması söz konusu ise bu kolon “riskli kolon” olarak dikkate alınmalıdır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+1} (C_{sc} + a_2 C_w + a_3 C_c) F_{sc} \quad (4.3)$$

C_{sc} ; kısa kolon taşıma gücü indeksi olup 4.9 ifadesiyle hesaplanır.

a_2 ve a_3 ; yerdeğiştirme uyum katsayıları olup sırasıyla 0.7 ve 0.8 olarak alınabilir.

F_{sc} ; kısa kolon süneklik indeksi olup 0.8 olarak alınabilir.

İkinci inceleme seviyesi: Bu inceleme seviyesi birinci seviyeden daha ayrıntılı olup taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar Tablo 4.2 deki düşey taşıyıcı eleman sınıflandırmasına uyacak şekilde gruplandırılır.

E_0 indeksinin hesabında kullanılacak olan C taşıma gücü indeksi ve F süneklik indeksi sırasıyla Bölüm 4.3.1.1 ve 4.3.1.2 de anlatıldığı gibi hesaplanır. Düşey elemanlar için önceden tahmin edilen göçme tipleri her bir grupta belirtilmiş olarak elde edilen sonuçlar F süneklik indeksine göre maksimum üç grupta toplanır.

Tablo 4.2 : Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (İkinci inceleme seviyesi)

ELEMAN	TANIM
Kolon m	Göçme tipi: Eğilme göçmesi.
Kolon s	Göçme tipi: Kayma göçmesi.
Kolon ss	Göçme tipi: Kayma göçmesi ve temiz yüks. / kesit yüks. ≤ 2 olan aşırı gevrek kolon.
Perde m	Göçme tipi: Eğilme göçmesi.
Perde s	Göçme tipi: Kayma göçmesi.

a- Taşıyıcı sistemde aşırı gevrek kolon (kolon ss) olmaması durumu:

Taşıyıcı sistemde, Tablo 4.2 de “kolon ss” olarak isimlendirilen, göçme tipi kayma göçmesi olan kısa kolonların mevcut olmaması durumunda yapının E_0 indeksi olarak (4.4) ve (4.5) ifadeleriyle hesaplanan değerlerin büyük olanı alınır. Bazı durumlarda yapıda aşırı gevrek kolon olmadığı halde daha önce açıklanan özel riskli kolonlar mevcut olabilir. Bu durumda E_0 indeksi (4.5) ifadesiyle hesaplanmalıdır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+1} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad (4.4)$$

$$E_i = C_i F_i$$

C_1 : Eleman F süneklik indeksi oldukça küçük olan birinci grup taşıma gücü indeksi
 C_2 : Eleman F süneklik indeksi orta büyüklükte olan ikinci grup taşıma gücü indeksi
 C_3 : Eleman F süneklik indeksi oldukça büyük olan üçüncü grup taşıma gücü indeksi
 F_1, F_2, F_3 ; sırasıyla herbir grubun süneklik indeksine karşılık gelir.

Şayet yapıda özel riskli kolonlar mevcutsa;

$$E_0 = \frac{n+1}{n+1} (C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3) F_1 \quad (4.5)$$

a_2 ve a_3 : Tablo 4.3 ve 4.4 yardımıyla belirlenecek yerdeğiştirme uyum katsayıları

Tablo 4.3 : (4.5) ifadesindeki a_2 değerleri

İkinci grup elemanları	Birinci grup elemanları	
	Kolon ss	Kolon s veya Perde s
Kolon m	0.5	0.7
Perde m	0.7	1.0
Kolon s veya Perde s	0.7	-

Tablo 4.4 : (4.5) ifadesindeki a_3 değerleri

Üçüncü grup elemanları	Birinci grup elemanları	
	Kolon ss	Kolon s veya Perde s
Kolon m	0.5	0.7
Perde m	0.7	1.0
Kolon s veya Perde s	0.7	-

b- Taşıyıcı sistemde aşırı gevrek kolon olması durumu:

E_0 indeksinin tesbitinde, aşırı gevrek kolonların davranışının taşıyıcı sistemin davranışına olan etkisini gözönüne alabilmek için üç ayrı hesaplama yapılır. Önce aşırı gevrek kolonları ihmal edilen yapıda (4.4) ve (4.5) ifadeleri daha sonra bu kolonlar dikkate alınarak (4.5) ifadesi hesaplanır. E_0 indeksi olarak, hesaplanan bu indeks değerleri arasından büyük olanı alınır.

Aşırı gevrek kolonlar aynı zamanda özel riskli kolonlar durumundaysa E_0 indeksi bu kolonlar dikkate alınarak (4.5) ifadesiyle hesaplanmalıdır. Ancak aşırı gevrek kolonların haricindeki bir kolon özel riskli kolon durumundaysa ve göçme tipi kayma göçmesi ise E_0 indeksi olarak (4.5) ifadesinde gevrek kolonların dikkate alınmasıyla ve ihmal edilmesiyle hesaplanacak değerler arasından büyüğü alınır.

Üçüncü inceleme seviyesi: Taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar Tablo 4.5 deki sınıflandırmaya benzer şekilde gruplandırılır. C taşıma gücü indeksi ve F süneklik indeksi sırasıyla Bölüm 4.3.1.1 ve 4.3.1.2 de tarif edildiği gibi hesaplanır. Düşey elemanlar için önceden tahmin edilen göçme tipleri herbir grupta belirtilmiş olarak elde edilen sonuçlar F süneklik indeksine göre maksimum üç grupta toplanır.

E_0 deprem davranış ana indeksinin hesabında ikinci inceleme seviyesine ait aynı ifade kullanılabilir. Bununla birlikte eğer yapının göçme türü ; kiriş ucu, perde alt noktası ve perde temeli üst noktasındaki eğilme göçmelerinden birine giriyorsa (4.4) veya (4.5) ifadelerinden biriyle hesaplanacak E_0 indeksi (4.6) ifadesiyle düzeltilmelidir.

$$E_0 = E_0 \left(\frac{2}{3} \right) \left[\frac{(2n+1)}{n+1} \right] \quad (4.6)$$

Sağ taraftaki E_0 değeri (4.4) veya (4.5) ifadesiyle hesaplanan değerdir.

Tablo 4.5: Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (Üçüncü inceleme seviyesi)

ELEMAN	TANIM
Kolon m	Göçme tipi:Eğilme göçmesi.
Kolon s	Göçme tipi:Kayma göçmesi.
Kolon ss	Göçme tipi:Kayma göçmesi ve temiz yüks. / kesit yüks. ≤ 2 olan aşırı gevrek kolon.
Perde m	Göçme tipi:Eğilme göçmesi.
Perde s	Göçme tipi:Kayma göçmesi.
Kolon mb	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini kirişlerin eğilme dayanımı belirler.
Kolon sb	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini kirişlerin kayma dayanımı belirler.
Perde upl	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini temelin zeminden ayrılma etkisi belirler.

4.3.1.1- C Taşıma Gücü İndeksinin Hesabı

Birinci inceleme seviyesi: C taşıma gücü indeksinin hesabı (4.7 - 4.9) ifadeleri kullanılarak her kat ve doğrultuda ayrı ayrı yapılır.

$$C_w = (30 A_{w1} + 20 A_{w2} + 10 A_{w3}) f_{cd} / (200 W) \quad (4.7)$$

$$C_c = (10 A_{c1} + 7 A_{c2}) f_{cd} / (200 W) \quad (4.8)$$

$$C_{sc} = 15 A_{sc} f_{cd} / (200 W) \quad (4.9)$$

C_w : Perdelerin taşıma gücü indeksi

C_c : Kolonların taşıma gücü indeksi

C_{sc} ; kısa kolon taşıma gücü indeksi olup bunlara ait tanımlar Tablo 4.1 de verilmiştir.

A_{w1} : İki tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (cm^2)

A_{w2} : Bir tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (cm^2)

A_{w3} : Başlıksız perdelerin toplam kesit alanı (cm^2)

Burada başlıklı perde tabiriyle perde uçlarında kolon şeklinde bir eleman düzenlenmiş olması kastedilmektedir. Perde uçlarında oluşacak büyük eğilme momentlerini karşılamak amacıyla düzenlenen bu kolon elemanların deprem davranışına olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir [15]. (4.7) ifadesinden de görüldüğü gibi iki tarafı başlıklı perdelerin etkisi aynı alandaki başlıksız perdelere göre üç kat artırılmıştır.

A_{c1} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm^2)

A_{c2} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm^2)

A_{sc} : Kısa kolonların (Temiz yüks. / Kesit yüks. ≤ 2) toplam kesit alanı (cm^2)

f_{cd} : Betonun proje basınç hesap gerilmesi (kgf / cm^2) olup şayet dayanım birtakım malzeme deneylerinin sonucunda elde edilmişse hesaplarda proje dayanımı yerine bu deney dayanımı kullanılır.

W : Gözönüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığı (kgf) olup genellikle birim kat alanı için $1200 \text{ kgf} / \text{m}^2$ alınarak hesaplanır.

İkinci inceleme seviyesi: Taşıyıcı sistemdeki düşey elemanların eğilme ve kayma dayanımı hesaplanarak her eleman için beklenen göçme tipine karar verilir ve bu elemanlar Tablo 4.2 de verilen şekilde sınıflandırılır. Daha sonra düşey taşıyıcı elemanların Bölüm 4.3.1.2 de tarif edildiği şekilde F süneklik indeksleri hesaplanır ve elemanlar indeksi değerine göre maksimum üç grupta toplanır. Her bir grubun C taşıma gücü indeksi grup elemanlarının toplam taşıma gücünün gözönüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığına bölünmesiyle elde edilir.

Herhangi bir düşey taşıyıcı elemanın taşıma gücü (4.10 - 4.19) ifadeleri kullanılarak hesaplanabilir. Bu ifadelerdeki beton dayanımı olarak şayet özel deneyler yapılmamışsa proje dayanımı esas alınabilir. Donatı için aynı durum sözkonusu ise; yuvarlak donatı çubukları için dayanım sınırı olarak 3000 kgf/cm^2 değeri uygundur. Burulmuş tor çelik donatılar için ise bu dayanım sınırına 500 kgf/cm^2 değeri eklenir. Elemanların dayanım hesaplarında mevcut çatlaklar ve betonun zamanla bozulma etkisi ihmal edilir. Bu tür etkilerin dayanımda sebep olacağı azalma T zamana bağlı bozulma indeksi adı altında I_s deprem davranış indeksine yansıtılmaktadır.

a- Düşey taşıyıcı elemanların eğilme etkisindeki taşıma güçlerinin hesabı:

a1- Kolon:

Eğer $N_{\max} > N > 0.4 b h f_{cd}$ ise;

$$cM_u = \left(0.8 A_s f_{yd} h + 0.12 b h^2 f_{cd} \right) (N_{\max} - N_{\min}) / (N_{\max} - 0.4 b h f_{cd}) \quad (4.10)$$

Eğer $0.4 b h f_{cd} > N > 0$ ise;

$$cM_u = 0.8 A_s f_{yd} h + 0.5 N h \left(1 - N / (b h f_{cd}) \right) \quad (4.11)$$

Eğer $0 > N > N_{\min}$ ise;

$$cM_u = 0.8 A_s f_{yd} h + 0.4 N h \quad (4.12)$$

$N_{\max}$: Kolonun aksenal basınç dayanımı $[= b h f_{cd} + A_{st} f_{yd}, (\text{kgf})]$

$N_{\min}$: Kolonun aksenal çekme dayanımı $[= - A_{st} f_{yd}, (\text{kgf})]$

N: Kolonun aksenal yükü (kgf)

A_s : Çekme donatısı alanı (cm^2)

A_{st} : Boyuna doğrultudaki toplam donatı alanı (cm^2)

b: Kolon basınç yüzü genişliği (cm)

h: Kolon kesit yüksekliği (cm)

f_{yd} : Boyuna doğrultudaki donatıya ait dayanım sınırı (kgf/cm^2)

f_{cd} : Beton basınç dayanımı (kgf/cm^2)

a2- Bitişik perdeli kolon:

Bu ifadeyle kolona bitişik perdeler kastedilmekte olup (Şekil 4.1) bu tür elemanların eğilme dayanımı (4.13) ifadesiyle hesaplanacaktır.



Şekil 4.1: Bitişik perdeli kolon

$$cM_u = (0.9 + \beta) A_s f_{yd} h + 0.5 N \left\{ 1 + 2 \beta - \left(N / b_e h f_{cd} \right) \left(1 + A_s f_{yd} / N \right)^2 \right\} \quad (4.13)$$

$$p_t = A_s / (b h)$$

$$b_e = A / L_w (\text{cm})$$

A: Kenar perdeler de dahil toplam kesit alanı (cm^2)

β : Kolonun basınç tarafındaki perde boyunun kolon kesit yüksekliğine oranı

L_w : Kenar perdeler de dahil toplam kesit derinliği (cm)

a3- Başlıklı perde:

$$wM_u = A_{st} f_{yd} l_w + 0.5 A_w f_{ywd} l_w + 0.5 N l_w \quad (4.14)$$

A_{st} : Perdenin çekme tarafındaki uç kolonun boyuna doğrultudaki donatı alanı (cm^2)

l_w : Uç kolonların merkezleri arasındaki uzaklık (cm)

A_w : Perde toplam düşey donatı alanı (cm^2)

f_{ywd} : Perde düşey donatı dayanım sınırı (kgf/cm^2)

N : Uç kolonlardaki de dahil toplam sabit yük (kgf)

b- Düşey taşıyıcı elemanların kayma dayanımlarının hesabı:

b1- Kolon:

$$cV_{su} = \left(\frac{0.053 p_t^{0.23} (180 + f_{cd})}{M/(Vd) + 0.12} + 2.7 \sqrt{p_w f_{ywd} + 0.1 \sigma_0} \right) b_j \quad (4.15)$$

d ; çekme donatısı merkezinin en dış beton basınç lifine uzaklığı (cm) olup sınırlayıcı olarak $M / (V d) \geq 1$ olmalıdır.

p_t ; sadece bu ifadede olmak üzere % lik bir değerdir.

p_w : Kolon kayma donatısı oranı

f_{ywd} : Kolon kayma donatısı dayanım sınırı (kgf/cm^2)

$\sigma_0 = N / (b h)$ (kgf/cm^2)

b2- Bitişik perdeli kolon:

$$cV_{su} = \left(\frac{0.053 p_{te}^{0.23} (180 + f_{cd})}{M / (V d_e) + 0.12} + 2.7 \sqrt{p_{we} f_{ywd} + 0.1 \sigma_{oe}} \right) b_e j_e \quad (4.16)$$

$p_{te} = A_s / (b_e d_e)$

A_s : Kolon çekme donatısı alanı (cm^2)

b_e : (4.13) de tanımlandı.

d_e : Kolon çekme donatısı merkezinin en dış beton basınç lifine uzaklığı (cm)

$p_{we} f_{ywd} = p_w f_{ywd} (b/b_e) + p_{sh} \cdot f_{yd} \cdot (b/b_e)$

p_{sh} : Perde yatay donatı oranı

f_{yd} : Perde yatay donatı dayanım sınırı (kgf/cm^2)

$$\sigma_{oe} = N / (b_e j_e) \quad (\text{kgf}/\text{cm}^2)$$

j_e ; betonarme kesitte kuvvet kolu olup $(7/8) d_e$ olarak alınabilir.

b3- Başlıklı perde:

Uç kolonlara sahip perdelerin kayma taşıma gücü, wV_{su} , (4.15) ifadesi kullanılarak hesaplanabilir.

$$p_t = 100.A_s.b_e/L$$

A_s : Perdenin çekmeye çalışan ucundaki kolonda boyuna doğrultudaki donatı alanı

$$b_e = A/L$$

A: Uç kolonlar da dahil toplam perde kesit alanı (cm^2)

L: En dış basınç lifinin en dış çekme lifine uzaklığı (cm)

$$p_w = A_w/(b_e s)$$

A_w : Perde yatay donatı alanı (cm^2)

s: Perde yatay donatı aralığı (cm)

$$\sigma_0 = N/(b_e L) \quad (\text{kgf}/\text{cm}^2)$$

N: Sınır kolonların toplam sabit yükü

M/V : (4.19) ifadesiyle hesaplanan moment / kesme kuvveti oranı

$$b = b_e.d = L.j$$

Boşluklu bir perdenin kayma taşıma gücü; boşluksuz perde taşıma gücü değerinin (4.17) de verilen bir r azaltma katsayısı ile çarpılmasıyla hesaplanır.

$$r = 1 - \max \left[\sqrt{(h_i l_i)/(h L_w)}, l_i/L_w \right] \quad (4.17)$$

Eşdeğer boşluk oranı; $\sqrt{h_i l_i/(h L_w)}$ ve $l_i/L_w < 0.4$ olmalıdır.

h_i : Boşluğun düşey boyutu

l_i boşluğun yatay boyutu, L_w ise uç kolonların merkezleri arasındaki uzaklıktır.

c- Bir elemanda eğilme dayanımında oluşacak kesme kuvveti ve göçme türü:

Bir kolon veya perdede eğilme dayanımında oluşacak yatay kesme kuvveti (4.18) ve (4.19) ifadeleriyle hesaplanır.

c1- Kolon:

$$cV_{mu} = (wM_{ut} + wM_{ub}) / h_0 \quad (4.18)$$

h_0 : Kolon temiz yüksekliği

wM_{ut} ve wM_{ub} ; sırasıyla kolonun üst ve alt noktasındaki eğilme momenti taşıma gücü olup (4.10 - 4.13) ifadeleriyle hesaplanır.

c2- Perde:

$$wV_{mu} = 2 wM_u / h_w \quad (4.19)$$

wM_u : (4.14) ifadesiyle hesaplanan eğilme momenti taşıma gücü

h_w : İncelenen perdenin en alt noktasından en üst noktasına kadar olan yükseklik

Perde çok katlı ve gözönüne alınan kat en üst katsa (4.19) ifadesinin sağ tarafındaki 2 katsayısı kaldırılmalıdır.

(4.18) veya (4.19) ifadeleriyle elde edilen eğilme göçmesindeki yatay kesme kuvveti (4.15), (4.16) veya (4.17) ifadeleriyle elde edilen kayma taşıma gücünden az ise, düşey elemanın göçme tipi eğilme göçmesi olarak belirlenir. Aksi halde eğer eğilme göçmesindeki kesme kuvveti kayma taşıma gücünden daha büyükse eleman eğilme dayanımına ulaşmadan kayma dayanımının aşılmasıyla oluşacak ani ve gevrek bir kayma göçmesi tehlikesiyle karşı karşıyadır.

Üçüncü inceleme seviyesi: Esasen ikinci seviyede yapılan inceleme yeterlidir. Bununla birlikte kirişlerde ve perde temelinin zeminden ayrılma etkisiyle perdelerdeki mümkün olan tüm göçme mekanizmaları da hesaba katılmalıdır. Bir

kirişin eğilmedeki taşıma gücü (4.20) ifadesi kullanılarak hesaplanır. Kirişin kayma taşıma gücü ise (4.15) ifadesindeki eksenel yük terimi ihmal edilerek hesaplanır.

$$M_u = 0.9 A_{st} f_{yd} d \quad (4.20)$$

A_{st} : Kiriş toplam çekme donatısı alanı (kirişe paralel döşeme donatıları dahil)

a- Yatay kuvvet taşıma kapasitesi ve göçme türü:

a1- Çerçeve: Bir çerçevenin göçme türü aşağıdaki şekilde tesbit edilir:

- i) Bir düğüm noktasında birleşen her elemanın, eğilme göçmesindeki yatay kesme kuvveti ile kayma taşıma güçleri kıyaslanarak göçme türü belirlenir ve düğüm noktasındaki her elemanın eğilme momenti hesaplanır.
- ii). Bir düğüm noktasındaki toplam kiriş moment kapasitesi ile toplam kolon moment kapasitesi kıyaslanır ve buna göre göçme türü belirlenir. Eğer kiriş kapasitesi büyükse zayıf kolon-kuvvetli kiriş düzeni, aksi takdirde zayıf kiriş-kuvvetli kolon düzeni ortaya çıkar.
- iii). Şayet zayıf kolon-kuvvetli kiriş durumu söz konusu ise kolon uçlarının eğilme kapasiteleri esas alınarak taşınabilecek maksimum kesme kuvveti hesap edilir.
- iv). Kirişlerin toplam eğilme momenti düğüm noktasının alt ve üst uçlarındaki kolonlara rijitlikleri oranında dağıtılır. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş durumuyla kirişlerde oluşacak plastik mafsallaşma ile meydana gelebilecek bir göçme durumu söz konusu ise cV_u yatay kuvvet taşıma kapasitesi (4.21) ifadesiyle hesaplanır.

$$cV_u = \frac{\text{Kolonun alt ve üst noktalarındaki eğilme momentleri toplamı}}{\text{Kolonun alt ve üst uçları arasındaki mesafe}} \quad (4.21)$$

c2- Perde: Bir perdenin göçme mekanizmasına ait yatay kuvvet taşıma kapasitesi olarak, perde kayma taşıma gücü, perde eğilme taşıma gücü ve temeldeki ayrılma etkisinde mümkün olan yatay kuvvet taşıma kapasiteleri karşılaştırılıp en küçüğü alınır.

4.3.1.2- F Süneklik İndeksinin Hesabı

Birinci inceleme seviyesi: Tablo 4.6 da verilen değerler Tablo 4.1 de tanımlanan her bir düşey elemana ait süneklik indeksleridir. Görüldüğü gibi kısa kolonlarda kayma göçmesi hakim olduğundan düşük bir süneklik indeksi verilmiştir [14].

Tablo 4.6 : F süneklik indeksi değerleri (Birinci inceleme seviyesi)

ELEMAN	F indeksi değeri
Kolon	1.0
Kısa kolon	0.8
Perde	1.0

İkinci inceleme seviyesi: Tablo 4.7 de verilen değerler Tablo 4.2 deki düşey elemanlara karşılık gelen süneklik indeksleridir.

Tablo 4.7 : F süneklik indeksi değerleri (İkinci inceleme seviyesi)

ELEMAN	F indeksi değeri.
Kolon m	-22-no.lu ifadeyle hesaplanır.
Kolon s	1.0
Kolon ss	0.8
Perde m	-24-no.lu ifadeyle hesaplanır.
Perde s	1.0

Tablo 4.7 de “kolon m” olarak tanımlanan ve eğilme göçmesinin hakim olduğu kolonlarda süneklik indeksi (4.22) ifadesiyle hesaplanır.

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} \quad (4.22)$$

$$\phi = 1/0.75(1 + 0.05\mu)$$

μ ; (4.23) ifadesiyle hesaplanan eleman sünekliğidir ve $1 \leq \mu \leq 5$ olmalıdır.

$$\mu = \mu_0 - k_1 - k_2 \quad (4.23)$$

$$\mu_o = 10 \left(c V_{su} / c V_{mu} - 1 \right)$$

$k_1 = 2.0$ (Sargı donatısı aralığı basınç donatısı çapının 8 katından azsa $k_1 \cong 0$ alınabilir.)

$$k_2 = 30 \left(c V_{mu} / b h f_{cd} - 0.2 \right) \geq 0$$

Aşağıdaki durumlardan birine giren bir kolonun süneklik indeksi en fazla 1.0 olmalıdır.

$$i) N_s / (b h f_{cd}) > 0.4$$

Burada N_s ; yatay kuvvetten gelen etki de dahil olmak üzere kolona gelen eksenel yüküdür. Normal kuvvet arttıkça sünekliğin azalacağı gözönüne alınarak eksenel yükün verilen sınırdan daha fazla olması durumunda süneklik indeksine de bir sınır getirilmiştir.

$$ii) c V_{mu} / b h f_{cd} > 0.2$$

$c V_{mu}$; eğilme dayanımında taşınacak kesme kuvvetidir. Bu değerin artmasıyla birlikte elemanın kayma dayanımının aşılması mümkün olabilir ve bu sebeple ani ve gevrek bir kayma göçmesi ile karşı karşıya kalınabilir. Bu sebeple eğilme dayanımında taşınacak kesme kuvvetinin fazla olması durumunda süneklik indeksine bu şekilde bir sınırlama getirilmiştir.

$$iii) \text{Kolon çekme donatısı oranı} > 0.01$$

Fazla miktarda donatı kullanımı sebebiyle donatının akmaya ulaşmaması ve bu sebeple göçmenin ani ve gevrek bir göçme olması söz konusu olduğundan donatı miktarı için verilen bir sınıra karşılık süneklik indeksi de sınırlandırılmıştır.

Tablo 4.7 de “perde m” olarak tanımlanan ve eğilme göçmesinin hakim olduğu perdelerin süneklik indeksi (4.24) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} F &= 1.0 \quad \left[\text{Eğer } w V_{su} / w V_{mu} < 1.2 \text{ ise} \right] \\ F &= 10 \left(w V_{su} / w V_{mu} \right) - 11 \\ F &= 2.0 \quad \left[\text{Eğer } w V_{su} / w V_{mu} > 1.3 \text{ ise} \right] \end{aligned} \quad (4.24)$$

Üçüncü inceleme seviyesinde: Tablo 4.8 de verilen değerler Tablo 4.5 de tanımlanan düşey elemanlara karşılık gelen süneklik indeksleridir.

Tablo 4.8 : F süneklik indeksi değerleri (Üçüncü inceleme seviyesi)

ELEMAN	F indeksi değeri.
Kolon m	-22-no.lu ifadeyle hesaplanır.
Kolon s	1.0
Kolon ss	0.8
Perde m	-24-no.lu ifadeyle hesaplanır.
Perde s	1.0
Kolon mb	3.0
Kolon sb	1.5
Perde upl	3.0

4.3.2- S_D Tasarım ve Boyutlandırma İndeksi:

Taşıyıcı sistem düzensizliği, kütle ve rijitlik dağılımı gibi etkenlerin binanın deprem davranışına olan etkisi S_D indeksi ile gözönüne alınır.

Birinci inceleme seviyesi: S_D tasarım ve boyutlandırma indeksinin bu inceleme seviyesindeki hesabında binada incelenecek durumlar genel olarak aşağıda verilmiştir.

- i) Plandaki düzensizlik
- ii) Plandaki boy/genişlik oranı
- iii) Genleşme derzlerindeki derz aralığı
- iv) Boşluk ve dışmerkezlilik etkileri
- v) Bodrum kat mevcudiyeti
- vi) Kat yüksekliklerindeki düzensizlik

S_D indeksi bu inceleme seviyesinde (4.25) ifadesi kullanılarak hesaplanır. Bu ifadede yeralan, incelenen her bir duruma ait G_i değerleri ve bunların deprem davranışını etkileme dereceleri olan R_i değerleri Tablo 4.9 da verilmiştir.

$$S_{D1} = q_{1a} \cdot q_{1b} \dots \dots \dots q_{1h}$$

$$q_{1i} = 1.0 - (1.0 - G_i) R_{1i} \quad i = a, b, c, d, e, f, h \quad (4.25)$$

$$q_{1i} = 1.2 - (1.0 - G_i) R_{1i} \quad i = g$$

İkinci inceleme seviyesi: Bu inceleme seviyesinde S_D indeksinin hesabında birinci seviyedekine ilaveten aşağıdaki durumlar da incelenmelidir.

- i) Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki dışmerkezlikten dolayı burulma etkisi
- ii) Bir katın kütle / rijitlik oranının üstündeki katın kütle / rijitlik oranından çok farklı olması halinde meydana gelebilecek yumuşak kat durumu

S_D indeksi bu inceleme seviyesinde (4.26) ifadesi kullanılarak hesaplanır. Yapıda incelenen durumlara ait G_i ve R_i değerleri Tablo 4.9 dan alınabilir.

$$S_{D2} = q_{2a} \cdot q_{2b} \dots \dots \dots q_{2j}$$

$$q_{2i} = 1.0 - (1.0 - G_i) R_{2i} \quad i = a, b, c, d, e, f, h, i, j \quad (4.26)$$

$$q_{2i} = 1.2 - (1.0 - G_i) R_{2i} \quad i = g$$

Üçüncü inceleme seviyesi: Bu inceleme seviyesinde S_D indeksi olarak ikinci inceleme seviyesinde hesaplanan indeks alınabilir.

Tablo 4.9 : S_D tasarım ve boyutlandırma indeksi hesabı için G_i ve R_i değerleri

Seviye	İncelenen maddeler	G_i			R_i	
		1.0 ↑	0.9 ↑	0.8 ↑	R_{1i} ↓	R_{2i} ↓
1. ve 2.	a	a_1	a_2	a_3	1.0	0.5
	b	$b < 5$	$5 < b < 8$	$8 < b$	0.5	0.25
	c	$c > 0.8$	$0.8 > c > 0.5$	$0.5 > c$	0.5	0.25
	d	$d > 1/100$	$1/100 > d > 1/200$	$1/200 > d$	0.5	0.25
	e	$e < 0.1$	$0.1 < e < 0.3$	$0.3 < e$	0.5	0.25
	f	$f_1 < 0.4$ $f_2 < 0.1$	$f_1 < 0.4$ $0.1 > f_2 > 0.3$	$0.4 < f_1$ $0.3 < f_2$	0.25	0.00
	g	$g > 1.0$	$1.0 > g > 0.5$	$0.5 > g$	1.0	1.0
	h	$h > 0.8$	$0.8 > h > 0.7$	$0.7 > h$	0.5	0.25
2.	i	$i < 0.1$	$0.1 < i < 0.15$	$0.15 < i$	—	1.0
	j	$j < 1.2$	$1.2 < j < 1.7$	$1.7 < j$	—	1.0

a: Binanın plandaki düzenliliği

a₁: Yaklaşık olarak simetrik düzen ve simetriden ayrılma toplam kat alanının % 10 undan daha küçük

a₂: L,T veya U şeklinde plan ve simetriden ayrılma toplam kat alanının % 30 undan daha küçük

a₃: Yukarıdaki tanımlara girmeyen karmaşık plan

b: Binanın plandaki uzun boyutunun kısa boyutuna oranı

c: Binanın plandaki genişliklerinden en küçük olanının, ana genişliğine oranı

$$c = C_1 / C_0$$

d: Genleşme derzi aralığının, katın zeminden yüksekliğine oranı

e: Orta boş avlu alanının toplam kat alanına oranı

f₁(f₂): Orta boş avlu alanının ağırlık merkezi ile kat alanının ağırlık merkezinin arası mesafesinin plandaki kısa (uzun) bina boyutuna oranı

g: Bodrum kat alanının birinci kat alanına oranı

h: Üst kat yüksekliğinin gözönüne alınan kat yüksekliğine oranı

i: Dışmerkezlilik oranı

$$i = e / \sqrt{B^2 + L^2}$$

e: Ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe

B: Binanın plandaki kısa boyutu

L: Binanın plandaki uzun boyutu

j: Üst kat rijitlik / kütle oranının, gözönüne alınan katın rijitlik / kütle oranına oranıdır.

4.3.3- T Zamanla Bozulma İndeksi:

Eleman dayanımı, rijitliği, sünekliği gibi yapının deprem davranışını etkileyen özelliklerin hesabında herhangi bir çatlağın veya şekil değiştirmenin etkisi gözönüne alınmamaktadır. Zira, henüz bu tür etkileri gözönüne alabilen basit bir hesap tarzı geliştirilmemiştir. Bu yöntemde bu tür çatlak, şekil değiştirme ve yerdeğiştirmelerin deprem davranışına olan etkisi T zamanla bozulma indeksi ile gözönüne alınmaktadır.

Birinci inceleme seviyesi: Bu inceleme seviyesinde binada yapılacak araştırmada Tablo 4.10 yardımıyla bulunacak en küçük değer T zamanla bozulma indeksi olarak belirlenir.

Tablo 4.10 : T zamanla bozulma indeksi değerleri (Birinci inceleme seviyesi)

İnceleme Konusu	Gözlenen durum	T
Şekil ve yerdeğiştirme	Binada düşeyden sapma veya farklı oturma etkileri var	0.7
	Bina dolgu zemine oturuyor	0.9
	Kiriş veya kolonlarda gözle görülebilir şekil değiştirmeler var	0.9
	Şekil ve yerdeğiştirme yok	1.0
Perde veya kolonlarda çatlak	Yağmur sızıntısı var, donatılarda paslanma gözleniyor	0.8
	Kolonlarda gözle görülebilir eğik çatlaklar var	0.9
	Perdelerde çok miktarda gözle görülebilir çatlaklar var	0.9
	Yağmur sızıntısı var ama donatıda paslanma yok	0.9
	Perde veya kolonlarda çatlak yok	1.0
Yangın	Bina yangın geçirmiş fakat onarım görmemiş	0.7
	Bina yangın geçirmiş ve onarılmış	0.8
	Yangın durumu yok	1.0
Kullanım durumu	Kimyasal maddeler sözkonusu	0.8
	Kimyasal maddeler sözkonusu değil	1.0
Binanın yaşı	30 yıldan fazla	0.8
	20 yıldan fazla	0.9
	20 yıldan az	1.0
Sıva ve kaplama	Dış duvarlarda fazla bozulma var	0.9
	İç duvarlarda fazla bozulma var	0.9
	Bozulma sözkonusu değil	1.0

İkinci inceleme seviyesi: T zamanla bozulma indeksi bu inceleme seviyesinde (4.27) ifadesi kullanılarak hesaplanır.

$$T = (T_1 + T_2 + \dots + T_N) / N \quad (4.27)$$

T_i : İncelenen her bir katın T değerine tekabül eder ve (4.28) ifadesiyle hesaplanır.

$$T_i = (1 - p_1) (1 - p_2) \quad i=1,2,\dots,N \quad (4.28)$$

p_1 , çatlak ve şekil değiştirme p_2 ise bozulma etkilerini içeren faktörlerdir.

N: İncelenen toplam kat sayısı

p_1 ve p_2 ; Tablo 4.11 de verilen binadaki mevcut olan durumlara ait puanların toplamı olarak hesaplanır. Şayet önemli etkiler mevcut değilse bunlar sıfır olarak alınabilir.

Tablo 4.11 : T zamanla bozulma indeksi hesabında gözlenen durumlara ait puanlar

ELEMEN	Elemandaki A veya B durumunun derecesi	A durumu			B durumu		
		Şekil, yerdeğiştirme ve çatlaklar (p_1 değeri)			Bozulma (p_2 değeri)		
		a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	c_2
Döşeme	Toplam döşemenin 1/3'ünden fazla	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam döşemenin 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	Toplam döşemenin 1/9'undan az	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
Kiriş	Toplam kirişin 1/3'ünden fazla.	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.001
	Toplam kirişin 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam kirişin 1/9'undan az	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
Kolon ve Perde	Toplam elemanların 1/3'ünden fazla	0.150	0.046	0.011	0.150	0.046	0.011
	Toplam elemanların 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.004
	Toplam elemanların 1/9'undan az	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
p_1 ve p_2 değerleri		Alt toplam					
		Toplam			$p_1 =$		

Üçüncü inceleme seviyesinde: Bu seviyede T indeksi ikinci inceleme seviyesindeki gibi hesaplanır. Ancak; eğer elemanın dayanım ve süneklik hesabında çatlak ve şekildeğiştirme etkileri detaylı bir incelemeyle gözönüne alınıyorsa, T indeksini hesaplamaya gerek yoktur.

4.4- Taşıyıcı Olmayan Elemanlara Ait Deprem Davranış İndeksi:

Bir binanın muhtemel bir depremdeki davranışı yapısal sistemin yanında taşıyıcı olmayan elemanların deprem etkisindeki davranışına da bağlıdır. Yapının

deprem etkisinde olumlu bir davranış göstermesine karşılık taşıyıcı olmayan elemanların (baca, parapet, dış cepheye asılı elemanlar v.s.) hasar görmesiyle meydana gelebilecek can kayıplarının önlenmesi amacıyla taşıyıcı olmayan elemanların da deprem etkisindeki davranışının incelenmesi gereklidir. Bu amaçla yöntemde, yapıya ait deprem indeksinin yanında taşıyıcı olmayan elemanlar için de bir I_N deprem davranış indeksi tanımlanmıştır. İndeksin belirlenmesinde taşıyıcı olmayan bir elemanın deprem esnasında koparak düşmesiyle sebep olacağı can kaybı tehlikesi esas alınır.

4.4.1- Birinci İnceleme Seviyesi:

Taşıyıcı olmayan elemanlara ait I_N deprem davranış indeksi bu inceleme seviyesinde dış duvardaki ençok tehlike teşkil eden eleman esas alınarak (4.29) ifadesiyle hesaplanır.

$$I_N = 1 - B H \quad (4.29)$$

B: (4.30) ifadesiyle hesaplanan yapının inşa kalitesine bağlı indeks

H: Tablo 4.14 ile belirlenen, elemanın vereceği zararın etki derecesine bağlı indeks

$$B = f + (1 - f) t \quad (4.30)$$

f: Taşıyıcı olmayan elemanla taşıyıcı sistem arasındaki esnekliği gösteren katsayı

t: Taşıyıcı olmayan elemanın durum katsayısı

t ve f değerleri sırasıyla Tablo 4.12 ve 4.13 den alınabilir.

Tablo 4.12 : Birleşim esnekliğini gösteren f katsayısının değerleri (Birinci seviyede)

Taşıyıcı Olmayan Eleman	Taşıyıcı sistem	
	g_{s1}	g_{s2}
g_{n1}	0.5	1.0
g_{n2}	0	0.5

g_{s1}: Esasen kısa kolonlardan meydana gelen, sünekliği oldukça küçük olan taşıyıcı sistem durumu

g_{s2}: Perdesiz, sünekliği oldukça büyük olan taşıyıcı sistem durumu

g_{n1}: Taşıyıcı olmayan elemanın ve taşıyıcı sistemle bağlantısının sünekliğinin küçük olması durumu (Beton ve cam blok duvarlar v.b).

g_{n2}: Taşıyıcı olmayan elemanın ve bağlantısının sünekliğinin büyük olması durumu (Metal panel duvarlar ve bağlantısının beton duvarlar içine ankre edilmiş metal çubuklarla yapılması durumu v.b)

Tablo 4.13 : t durum katsayısı değerleri (Birinci seviyede)

Geçmişte yaşanan bir tehlike ve hasar mevcutsa	t=1.0
Geçmişte yaşanan bir tehlike ve hasar yoksa	t=0.5

Tablo 4.14 : H etki derecesi indeksi değerleri (Birinci seviyede)

Dış duvar çevresinin durumu	Koruma önlemi	
	Var	Yok
Dış duvar sokağa, bina giriş veya çıkışına bakıyor.	1.0	0.3
Diğer durumlar	0.5	0.1

4.4.2- İkinci İnceleme Seviyesi:

I_N indeksi bu seviyede (4.31) ifadesiyle her katta ve her çerçeve doğrultusunda ayrı ayrı hesaplanır.

$$I_N = 1 - \frac{B_j W_j H_j L_j}{L_j} \quad (4.31)$$

B_j: Yapının inşa kalitesine bağlı indeks

W_j: Taşıyıcı olmayan perde duvar alanına bağlı indeks

H_j: Zararın etki derecesine bağlı indeks

L_j: Birim duvar uzunluğu

B indeksi (4.30) ifadesiyle hesaplanabilir. Ancak bu ifadede bulunan f ve t katsayıları sırasıyla Tablo 4.15 ve Tablo 4.16 ile elde edilir.

Tablo 4.15 : Birleşim esnekliğini gösteren f katsayısı değerleri (İkinci seviyede)

Taşıyıcı olmayan eleman	Taşıyıcı sistem			
	g_{s1}	g_{s2}	g_{s3}	g_{s4}
g_{n1}	0.3	0.8	0.9	1.0
g_{n2}	0	0.3	0.8	0.9
g_{n3}	0	0	0.3	0.8
g_{n4}	0	0	0	0.3

g_{s1} : Taşıyıcı sistem sünekliği oldukça küçük (Taşıyıcı sistemin aşırı gevrek kısa kolonlardan meydana gelmesi durumu)

g_{s2} : Taşıyıcı sistem sünekliği küçük (Taşıyıcı sistemin göçme türü kayma göçmesi olan perde ve kolonlardan ibaret olması durumu)

g_{s3} : Taşıyıcı sistem sünekliği büyük (Taşıyıcı sistemin göçme türü eğilme göçmesi olan kolon ve perdelerden ibaret olması durumu)

g_{s4} : Taşıyıcı sistem sünekliği oldukça büyük (Taşıyıcı sistemin esasen eğilmeye çalışan kolon ve perdelerden ibaret olması durumu)

g_{n1} : Taşıyıcı olmayan eleman sünekliği oldukça küçük (Beton ve cam panel duvarlar gibi taşıyıcı olmayan eleman kullanılması durumu)

g_{n2} : Taşıyıcı olmayan eleman sünekliği küçük (Seramik ve mermer gibi kaplama malzemesi kullanılması durumu)

g_{n3} : Taşıyıcı olmayan eleman sünekliği oldukça büyük (Metal panel duvarlar durumu)

g_{n4} : Taşıyıcı olmayan eleman sünekliği yeterince büyük (Taşıyıcı olmayan betonarme yerinde döküm duvarlar durumu)

Tablo 4.16 : t durum katsayısı değerleri (İkinci seviyede)

Geçmişte yaşanan tehlike ve onarım durumu	Bina yaşı		
	3'den az	3-10	10'dan fazla
Tehlike yaşanmış ama onarılmış	1.0	1.0	1.0
Kayıt edilmiş tehlike belirsiz	0.2	0.3	0.5
Tehlike yaşanmamış veya tamamen onarılmış	0	0.2	0.5

Taşıyıcı olmayan perde duvar gibi elemanların alanıyla alakalı olan W indeksi 4.32 ifadesiyle hesaplanır.

$$W = a + b (h_1 / h_s) \quad (4.32)$$

$$a = 0.5$$

$$b = 0.5$$

h_1 : Taşıyıcı olmayan elemanın kullanıldığı alanın düşey boyu

h_s : Tipik kat yüksekliği (3.5 m olarak alınabilir)

Taşıyıcı olmayan elemanların hasar derecesiyle ilişkili olan H indeksi (4.33) ifadesiyle hesaplanır.

$$H = \sum e_k c_k \quad (4.33)$$

İfadenin sağ tarafındaki toplam; taşıyıcı olmayan elemandan bir birim yatay iki birim düşey çıkmakla elde edilen kat seviyelerindeki ve zemin kattaki alanda gözönüne alınır. e_k ve c_k değerleri sırasıyla Tablo 4.17 ve Tablo 4.18 den elde edilir.

Tablo 4.17 : (4.33) ifadesindeki e_k değerleri

Çevre	e_k değeri
Yaya yolu	1.0
Özel yol, avlu, veranda	0.7
İnsanların yaklaşabilecekleri açık boşluk	0.2
İnsanların yaklaşamayacakları açık boşluk	0

Tablo 4.18 : (4.33) ifadesindeki c_k değerleri

Koruma durumu	c_k değeri
Çekme kat veya saçak etkisiyle korunmuş alan	0
Saçak veya balkon altındaki alan	0
Taşıyıcı olmayan elemanın bulunduğu kattaki gibi aynı yatay alan	0.5
Diğer durumlar	1.0

(Bu tablodaki alan ifadesiyle taşıyıcı sistemden 1 birim yatay 2 birim düşey çıkmakla elde edilen kat seviyelerindeki ve zemin kattaki alan kastedilmektedir.)

4.4.3- Üçüncü İnceleme Seviyesi:

Binanın yerinde incelenmesiyle ikinci inceleme seviyesindeki benzer işlemler yapılır.

4.5- I_{s0} Deprem Davranışı Karşılaştırma İndeksi:

Yöntemde yapının deprem davranışının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere bir I_{s0} deprem davranışı karşılaştırma indeksi verilmiştir. Bu I_{s0} indeksi (4.34) ifadesiyle hesaplanır.

$$I_{s0} = E_s Z G U \quad (4.34)$$

E_s ; ana karşılaştırma indeksi olup gözönüne alınan inceleme seviyesine uygun olarak Tablo 4.19 dan alınabilir.

Tablo 4.19 : Her bir inceleme seviyesindeki E_s ana karşılaştırma indeksi değerleri

İnceleme seviyesi	E_s
Birinci	0.8
İkinci	0.6
Üçüncü	0.6

Z ; deprem bölgesi indeksi olup 0.7 den az olmamalıdır.

G ; zemin indeksi olup, zemin-yapı etkileşimi ve zeminin büyütme etkisini içeren bir değerdir.

U ; kullanım indeksi olup yapının önem katsayısına bağlı olarak belirlenir. Depremden hemen sonra kullanımına gerek olan yapılar için 1.25 tavsiye edilir.

(4.34) ifadesinin ikinci ve üçüncü inceleme seviyelerinde kullanılabilmesi için (4.35) de verilen şartın sağlanmış olması gerekir.

$$1.25 > C_T S_D > 0.3 \quad (4.35)$$

Eğer $C_T S_D$ çarpımı 1.25'den fazla olursa (4.34) ifadesinin kullanımına gerek kalmadan yapının güvenli olduğu kabul edilebilir.

C_T ; kümülatif dayanım indeksi olup (4.36) ifadesiyle hesaplanır.

S_D ; tasarım ve boyulandırma indeksi olup (4.26) ifadesiyle hesaplanır.

$$C_T = \frac{n+1}{n+i} (C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3) \quad (4.36)$$

4.6- Yapının Deprem Davranışının Değerlendirilmesi:

Binada yapılan inceleme sonucu elde edilen I_s deprem davranış indeksi Bölüm 4.5 deki I_{so} deprem davranış karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının deprem davranışı hakkında bir sonuca varılır. Mümkün olan durumlar (4.37) ifadesinde verilmiştir.

$$I_s \geq I_{so} \quad (4.37-a)$$

$$I_s < I_{so} \quad (4.37-b)$$

I_s : (4.1) ifadesiyle hesaplanan yapının deprem davranış indeksi

I_{so} : (4.34) ifadesiyle hesaplanan yapının deprem davranışını karşılaştırma indeksi

(4.37-a) durumu; binanın muhtemel bir depremde olumlu bir deprem davranışı göstereceğine, toptan göçmeye karşı güvenli olduğuna (4.37-b) durumu ise deprem davranışının yetersiz olduğuna ve daha ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiğine karşılık gelir. Bu kriterden elde edilecek sonuçlara ne derece güvenileceği yapılan incelemenin hangi seviyede yapıldığına bağlıdır. Birinci seviyede yapılan bir inceleme sonucunda elde edilecek sonucun pek hassas olmadığını gözönüne almak gerekir. Bu sebeple verilecek kararın ekonomi ve can güvenliği hususlarında sebep olabileceği olumsuzlukları gidermek amacıyla incelemenin birinci seviyeden daha

yüksek seviyelerde yapılması gerektiği açıktır. Yüksek seviyelerde yapılan inceleme sonucunda yapının deprem davranışının yetersiz olduğu belirleniyorsa ayrıntılı bir şekilde yapılacak tam bir çerçeve analiziyle güçlendirme çalışmasının gerekliliğine karar verilebilir. Elde edilen sonuçlar bir takım sayılardan ibaret olup yöntemin gerçeğe yakın sonuçlar verebilmesi, inceleme sonuçlarının mühendisçe yorumlanmasına bağlıdır. Ekonomi ve can güvenliği hususlarını sağlayacak optimum bir çözüm çerçevesinde, sonuç belirtmede, elde edilen sayıların kıyaslanmasına ilaveten inceleme esnasında yapıda gözlenen genel izlenimlere de yerverilmelidir [16].



BÖLÜM 5- KARŞILAŞTIRMA ve SONUÇ DEĞERLENDİRME

Deprem mühendisliğinin amacı, deprem etkisiyle oluşan yapı hasarlarını ve can kayıplarını önlemektir. Yurdumuzun içinde bulunduğu önemli deprem kuşağı ve özellikle 1992 Erzincan depremiyle yaşanan ağır sonuçlar gözönüne alındığında ülkemizdeki yapıların, deprem mühendisliğinin bu amacı doğrultusunda sağlayabilecekleri deprem güvenliklerini tesbit etmek önemlidir. Özellikle, tasarım ve inşa esnasında yürütülmesi gereken mühendislik kontrollerinin yetersiz olması ülkemiz genelindeki binalarda yapılacak bu tür bir deprem güvenliğini tesbit çalışmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu düşünce ile, ülkemizdeki yapılacak yeni yapıların depremde olumlu bir davranış göstermesini temin edebilecek olan taslak yönetmeliğe uygunluğunun yanısıra, mevcut binalarda bu deprem yönetmeliğinde verilen ve deprem güvenliği amacına yönelik esasların ne derece sağlandığını kontrol etmek durumundayız.

Bu tez çalışmasında, mevcut betonarme binaların deprem etkisindeki güvenliklerinin belirlenmesine yönelik olarak birbirleriyle ayrıntıya girme yönünden farklı olan üç yöntem incelenmiş ve ülkemizde yapılabilecek bir deprem güvenlik araştırması gözönüne alınarak elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

ATC-21 [2] de verilen Hızlı Değerlendirme Yöntemi deprem açısından önemli olabilecek etkilerin yapıdaki durumunun kontrol edilmesiyle uygulanan ve hızlı bir şekilde sonuç alınabilen bir yöntemdir.

Yöntemin uygulanmasıyla depreme karşı dayanımında açık bir şekilde eksikliği bulunan binalar belirlenir. Nisbeten az masraflı olup uygulanması oldukça kolaydır. Bu yöntem, ülkemizde oluşturulacak belirli bir merkez tarafından yapılacak bir bölgeleme çalışmasından sonra, her bölgedeki ilk bakışta deprem dayanımında eksikliği bulunan binaların tesbitine imkan verir. Mevcut yapılar bu şekilde bir ön

inceleme işlemine tabi tutularak deprem güvenliği oldukça zayıf olan binalar belirlenebilir.

Yöntemde bu şekilde yapılacak bir ön inceleme çalışmasında güvenlik kriterinde kullanılacak ve yapının muhtemel bir depremdeki davranışını temsil edecek bir S yapı hesabı açıklanmaktadır. Deprem güvenliği S yapı puanının bir sınır değeriyle kıyaslanmasıyla belirlenmektedir. Bu yöntemin ülkemizde sağlıklı sonuçlar verebilmesi amacıyla karşılaştırmada kullanılacak yapı puanı değerinin ülkemiz şartlarına uygun olması gerektiği açıktır. Bu amaçla yöntemin belirli bir pilot bölgede uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar, yapılacak ayrıntılı inceleme sonuçlarıyla kıyaslanarak bu değerin ülkemiz şartlarına uygun olarak tesbiti gereklidir. Yapılacak bu tür bir çalışma sonrasında elde edilen karşılaştırma değeri kullanılarak ülkemizde ayrıntılı inceleme gerektiren binaların tesbiti mümkündür.

Hızlı değerlendirme yöntemi sonrasında daha ayrıntılı bir inceleme gerektiren yapılarda ATC-22 [3] de verilen Davranış Değerlendirme Yöntemi kullanılabilir. Bu yöntem hızlı değerlendirme yöntemine göre teknik olarak daha ayrıntılıdır. Yöntem, temel olarak tüm binanın değil, sadece olumlu deprem davranışını sağlamaya yönelik olarak verilen bir takım kriterlerin sağlanmadığı yapı bölümlerinin ayrıntılı incelenmesini öngörmektedir. Olumlu davranış temin edecek kriterler, modern deprem yönetmeliğindeki esaslara paralel olarak verilmiştir. Gözönüne alınan yapı bölümünün süneklik ölçüsü kriterlerin özünü oluşturmaktadır.

Yöntemde çeşitli taşıyıcı sistem türleri için değerlendirme formları oluşturulmuştur. Yapılacak yaklaşık hesaplarla ve gözlemlerle, ilgili değerlendirme formu doldurularak yapılacak daha ayrıntılı bir incelemede hangi hususların gözönüne alınacağı tesbit edilir. Yapıdaki olumsuz deprem davranışına sahip yapı bölümlerinin tesbit edilmesiyle muhtemel bir güçlendirme veya onarım çalışmasında dikkatlerin hangi noktalara toplanacağını kestirmek mümkün olur.

Bu davranış değerlendirme yönteminin uygulanması sonucunda daha ayrıntılı bir inceleme gerekliliği tesbit ediliyorsa yapılabilecek tam bir çerçeve analizinden önce, yapının deprem davranışı indeksleme yöntemiyle tesbit edilebilir. Standard For Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building [4] adlı Japon yönetmeliğinde verilen ve eleman dayanımlarını ayrıntılı bir şekilde dikkate alan Deprem Davranışı İçin İndeksleme Yöntemi kullanılarak yapının deprem davranışı hakkında bir sonuca varılabilir.

Birinci, ikinci ve üçüncü inceleme seviyelerinde olmak üzere farklı üç hassaslık seviyesinde öngörülen ve eleman dayanımlarını ve sünekliklerini dikkate alarak taşıyıcı sistem ve taşıyıcı olmayan elemanlar için tesbit edilecek deprem davranış indeksi bir deprem karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının deprem davranış belirlenmeye çalışılır. Yöntemde özellikle deprem davranışına karar vermede kullanılacak olan karşılaştırma indeksinin hesabında yer alan alt indeks değerlerinin ülkemize uygunluğu kontrol edilmelidir. Daha önce de belirtildiği gibi bu yöntemle elde edilen sonuçlar ve tam bir çerçeve analizi sonuçları kıyaslanarak bu alt indeks değerleri ülkemize uygun olarak belirlenebilir. Ülkemiz şartlarına uygun alt indeks değerlerinin kullanımıyla yapılacak deprem davranış belirleme çalışmasında elde edilen sonuçlara olan güven inceleme seviyesinin yüksekliğiyle artmaktadır.

Tüm bu yöntemlerin uygulanması sonucunda yapı için olumsuz bir deprem davranış tesbit edilmişse yapının deprem etkisine karşı hassas olduğu düşünülerek, verilebilecek kesin bir güçlendirme kararından önce ayrıntılı bir çerçeve analizi yapmak gereklidir.

Burada verilen yöntemler ayrıntılı bir tam çerçeve analizi öncesinde kullanılacak ön inceleme niteliğindedir.

KAYNAKLAR

- [1] TANKUT, T. , ERSOY, U. , “Sorunlu Yapı İnceleme İlkeleri”, O.D.T.Ü., 1993
- [2] “Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards”, A Handbook, ATC-21, Federal Emergency Management Agency, FEMA-15, Washington 1989
- [3] “A handbook for seismic evaluation of existing buildings (Preliminary)”, ATC-22, Federal Emergency Management Agency, FEMA-178, Washington 1989
- [4] OHKUBO, M. , “Current Japanese System on Seismic Capacity and Retrofit Techniques for Existing Reinforced Concrete Buildings and Post-Earthquake Damage Inspection and Restoration Techniques”, Report No: SSRP-91/02, California 1991
- [5] ÖZDEN, K. , KUMBASAR, N. , “Betonarme Yüksek Binalar”, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul 1993
- [6] CELEP, Z. , KUMBASAR, N. , “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” , Sema Matbaacılık, İstanbul 1993
- [7] ERSOY, U. , “Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı”, Evrim Yayım, İstanbul 1987
- [8] “TS 500: Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” , Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1985
- [9] “NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings” , Part 1 Provisions, Building Seismic Safety Council 1985
- [10] “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” , Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara 1975
- [11] AYDINOĞLU, N. , “Development of Turkish Earthquake Resistant Design Codes, Present Code and New Draft Code Requirements with Reference to Industrial Chimneys” , Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Department of Earthquake Engineering, İstanbul 1994
- [12] CELEP, Z. , KUMBASAR, N. , “Örneklerle Betonarme”, Sema Matbaacılık, İstanbul 1991
- [13] AKA, İ. , ALTAN, M. , “Betonarme Taşıyıcı Sistemler”, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul 1992

- [14] OKADA, T. , BRESLER, B. , “Strength and Ductility Evaluation of Existing Low-Rise Reinforced Concrete Buildings”, Screening Method, EERC Report, No.76-1, the U.C. , Berkeley 1976
- [15] OKADA, T. , OWADA, Y. , KIMURA, H. , “Standard for Evaluation of Seismic Performance of Reinforced Concrete Blok Masonry School Building in Japan - Draft-”, Tsukuba 1985
- [16] BODUROĞLU, H. , GERÇEK, M. , “On the Evaluation of Seismic Safety and Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings”, Proceedings of the Ninth European Conference on Earthquake Engineering, Vol. 1, pp.227–236, September 11-16, 1990, Moscow, U.S.S.R.



EK A

A1- Yapı ile ilgili açıklamalar:

Kullanımı: Konut

Yeri: Erzincan

Yaşı: 20 den fazla

Taşıyıcı sistemi: Her iki doğrultuda betonarme çerçeveler

Temeli: Tekil temeller

A2- Malzeme ile ilgili açıklamalar:

Donatı çeliği: Boyuna donatılar ve etriyeler BÇ I, $f_{yd}= 1910 \text{ kgf/cm}^2$

Beton: BS 16 , $f_{cd}= 110 \text{ kgf/cm}^2$

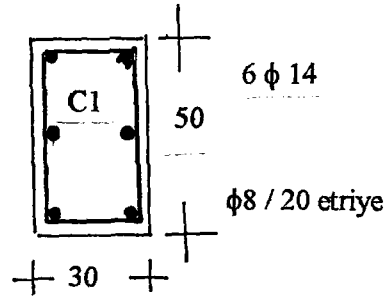
Tez çalışmasında incelenen yöntemlerin uygulanmasına dair örnek teşkil etmesi açısından yukarıda tanımlanan yapının deprem davranışı incelenecektir.

Yapı ilk önce hızlı değerlendirme yöntemi ile incelenmiştir. Yapı yerinde yapılan hızlı bir gözlem ve durum tespiti şeklinde gerçekleştirilen bu çalışmayla deprem davranışı hakkında bir ön fikir edinilmiştir (EK B).

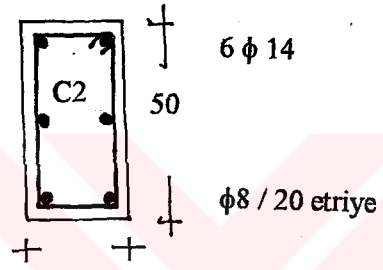
Bu şekilde hızlı yapılan genel bir incelemeden sonra yapı elemanlarının deprem davranışı çeşitli kriterlere göre kontrol edilmiştir. Bu şekilde yapılan tespitlerle yapının daha ayrıntılı incelenmesi esnasında hangi hususların gözönüne alınacağı belirlenmiş olur (EK C).

En son olarak deprem davranış indeksleme yöntemiyle yapının deprem davranışının daha teknik hesaplarla belirlenmesine çalışılmıştır (EK D). Bu yöntemde elemanların süneklikleri ölçüsünde dayanımları hesaplanarak yapı için bir deprem indeksi hesaplanır ve bu indeks bir karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak deprem davranışı hakkında bir sonuca varılır.



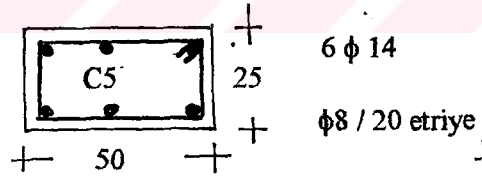


C1 - C4 - C10 - C12 kolonları



C2 - C3 - C6 - C7 - C8 - C9 - C11

C13 - C14 - C15 kolonları



C5 kolonu

EK B

Bu bölümde Ek A'da tanıtılan bina hızlı değerlendirme yöntemi ile incelenmiştir. İlk aşamada binanın, yerinde incelenmesiyle ve eldeki mevcut planlarla betonarme çerçeveli yapı olduğuna karar verilmiştir. Daha sonra bu taşıyıcı sistem türüne ve yapının bulunduğu deprem bölgesine bağlı olarak Tablo 2.2 den yapı hasar ana puanı tesbit edilmiştir. Yapı konut maksatlı kullanılmakta olup kullanım yükü olarak 1 kişi / 30 m² alınması uygun görülmüştür. Binada betonarmede bozulma etkisi ve temel oturmalarından dolayı duvarlarda köşegen çatlakların mevcut olduğu gözlenmiş olup temel zemininin yumuşak kil (ZD 3) olduğu tesbit edilmiştir. Bölüm 2.3.10 da anlatılan yapının deprem davranışını olumsuz yönde etkileyen diğer faktörler tek tek incelenerek bunlara ait durumlar ve elde edilen bilgiler değerlendirme formuna işlenmiştir. Yapı hasar ana puanından azaltma puanları düşülerek elde edilen yapı puanı $S=0.9$, sınır değer olan $S=2$ ile kıyaslanarak yapının muhtemel bir depremde hasar görebileceği ve olumsuz bir davranış gösterebileceği bu sebeple de daha ayrıntılı bir incelemeye gerek olduğu sonucuna varılmıştır.

Burada dikkat edilmesi gerekli nokta, S değerinin kıyaslanacağı sınır değer gerçeğe uygun bir şekilde olup olmadığıdır. Yapılacak bir deprem güvenliği tarama çalışmasında ilk aşamada zayıf ve şüpheli binaların tesbiti için kullanılabilecek bu yöntemin ülkemizde uygun sonuçlar verebilmesi için pilot bir bölgede yapılacak çalışma sonrasında elde edilen sonuçlardaki genel izlenimler ve yorumlarla yöntemdeki puanların ülkemize uygun değerler olarak tesbiti gereklidir.

Tablo B.1- Hızlı değerlendirme formunun doldurulması

BİRİNCİ DERECE DEPREM BÖLGESİ İÇİN HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME FORMU						
Kroki	Adres:					
	Binanın ismi: Gülistan Yapı Koop.					
	Kat adedi: 4		İnşa yılı: 1972			
	Toplam kat alanı: 912					
	Kullanımı: Konut					
	Düzenleyen: A. İrfan Atmaca					
Ölçek	Tarih: 05 / 03 / 1994					
	Fotoğraf					
KULLANIM		OLUMSUZLUKLAR		YAPI TÜRÜ		
Konut		BÇ	BP	PR	YB	
Ticari	Ana Puan	2.0	3.0	1.5	1.0	
Büro	Yüksek yapı	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	
İmalat	Kötü durum	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Toplantı	Düşey düzensizlik	-1.0	-0.5	-1.0	-0.5	
Okul	Yumuşak kat	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	
Kamu	Burulma	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
Acil servis	Planda düzensizlik	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	
Tarihi	Çarpma etkisi	-0.5	-	-0.5	-	
İnsan sayısı	Kısa kolon	-1.0	-1.0	-1.0	-	
	Kalın kaplama	-1.0	-	-1.0	-	
	0-10	Zemin durumu 2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
	11-100	Zemin durumu 3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
101+	Zemin durumu 3 ve 8-20 kat	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
Sonuç Yapı Puanı (S) :		0.9				
Ayrıntılı değerlendirme gerekli mi ?		Evet		Hayır		
Yapısal olmayan hasar tehlikesi:						
Özel notlar:						

EK C

Bu bölümde yapı, ATC-22 de verilen davranış değerlendirme yöntemiyle, hızlı değerlendirme yöntemine kıyasla teknik yönden biraz daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yerinde bilgi toplama aşamasında elde edilen bilgiler Ek-A da verilmiştir. Yapı her iki doğrultuda da betonarme çerçevelerden ibaret bir yatay kuvvet taşıyıcı sisteme (YKTS) sahiptir. Bölüm 3.3 deki bu taşıyıcı sistem türüne ait değerlendirme formu doldurularak yapının daha ayrıntılı inceleme gerektiren zayıf noktalarının tesbitine imkan veren ön değerlendirme aşaması tamamlanmıştır. Değerlendirme formunun doldurulması için gerekli olan bir yaklaşık hesap yapılmıştır.

Tablo C.1 : Değerlendirme formu (E=evet, H=hayır)

E	H	YAPI	
E		Zayıf kat	YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
E		Yumuşak kat	YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katınkinin % 70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin % 80 inden az değildir. (3.4.1.1)
E		Geometri	Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30 dan fazla değildir. (3.4.1.1)
E		Kütle	Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi % 50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
E		Düşey süreksizlik	Bütün çerçeveler temele kadar süreklidir. (3.4.1.1)
E		Burulma	Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun % 20 sinden fazla değildir. (3.4.1.1)
E		Komşu yapılar	Yükseklik veya kat sayısı olarak yarı veya daha az yükseklikte çok yakın komşu yapı yoktur. Eğer komşu yapı kat sayısı kere 5 cm mesafede ise çok yakın olarak kabul edilir. (3.4.1.2)
	H	Betonarmede bozulma	Çerçevelerdeki elemanların beton ve donatılarında gözle görülür bir bozulma mevcut değildir. (3.4.1.3)

Tablo C.1 devamı

BETONARME ÇERÇEVELER			
	H	Kayma gerilmesi	Yaklaşık hesapla bulunan çerçeve kolonlarındaki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir. (3.4.2.1)
E		Kat yerdeğiştirmesi	Yapılan yaklaşık hesapla kabul edilebilir kat yerdeğiştirmeleri elde edilmiştir. (3.4.2.1)
E		Kayma göçmesi yok	Çerçevelerin kayma dayanımı eğilme dayanımında taşıyabilecekleri kayma kuvvetinden daha büyüktür. (3.4.2.1)
	H	Kuvvetli kolon zayıf kiriş	Kolonların moment taşıma kapasitesi kirişlerinkinden daha büyüktür. (3.4.2.1)
E		Dışmerkez kolon	Kiriş - kolon eksenleri arasındaki dışmerkezlik en küçük kolon boyutunun % 20 sinden daha küçüktür. (3.4.2.1)
	H	Kolon etriye aralığı	Çerçeve kolonlarındaki etriye aralığı kolon boyunca kolon kesit yüksekliğinin 1/4 ünden, plastik mafsalları oluşması muhtemel bölgelerde ise boyuna donatı çapının sekiz katından daha büyük değildir. (3.4.2.1)
E		Etriye kenetlenmesi	Kolon ve kirişlerde etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir. (3.4.2.1)
	H	Kolon donatı ekleri	Kolon donatı ek boyları boyuna donatı çapının 35 katından daha büyük olup ek boyunca boyuna donatı çapının 8 katından daha sık etriye ile sarılmışlardır. (3.4.2.1)
E		Kiriş donatısı	Kiriş boyunca alt ve üstte en az ikişer çubuk sürekli olarak devam etmektedir. Birleşim bölgelerinde pozitif veya negatif moment için gereken donatının en az % 25 i eleman boyunca sürekli devam etmektedir. (3.4.2.1)
E		Kiriş donatı ekleri	Kiriş boyunca donatı ekleri kiriş boyunun dörtte biri civarındaki bölgede yapılmıştır. (3.4.2.1)
	H	Kiriş etriyeleri	Kiriş etriyeleri aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından ve plastik mafsalları oluşabilecek bölgelerde ise boyuna donatı çapının 8 katından daha azdır. (3.4.2.1)
	H	Kiriş pilye donatısı	Çerçevelerdeki kirişlerde kayma donatısı olarak pilye kullanılmamıştır. (3.4.2.1)
	H	Birleşim yeri etriyesi	Kiriş - kolon birleşim bölgesinde kolon etriyesi devam etmektedir. (3.4.2.1)
DİYAFRAMLAR			
		Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur. (3.4.4)
		Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur. (3.4.4)
BAğLANTILAR			
E		Betonarme kolon filizleri	Betonarme kolonlardaki tüm boyuna donatılar temele kadar devam ederek burada temele kenetlenmiştir. (3.4.5.3)

C1- Taşıyıcı Sistemin Yatay Yükler Altında Analizi

C1.1- Toplam yatay yük hesabı:

Yapıya bir doğrultuda etkiyen toplam yatay deprem kuvveti ;

$V=C_s W$ ifadesiyle elde edilir.

W =Toplam bina ağırlığı:

$$W=\sum W_i$$

$$W_i=G_i+nQ_i$$

n ; hareketli yük azaltma katsayısı olup konut türü yapılarda 0.30 olarak alınır.

Binada yaklaşık olarak $g_i=0.900 \text{ t/m}^2$, $q_i=0.200 \text{ t/m}^2$ alınmıştır.

$$W= 4 \times 12.00 \times 19.00 \times (0.900 + 0.30 \times 0.200) = 876 \text{ t}$$

C_s =Deprem katsayısı: Bölüm 3 deki (3.4) ifadesiyle hesaplanır.

$$C_s = \frac{0.80 A_v S}{R T^{2/3}}$$

A_v = Tablo 3.3 den 0.30

S = Tablo 3.2 den zemin türü S_3 'e karşılık 1.5

R = Yapı sünekliğine bağlı olarak Tablo 3.4 de verilen değerler incelenerek yapının davranış değiştirme katsayısı olarak 3 değeri uygun görülmüştür.

Periyot hesabı: Yatay kuvvetlerin tamamı çerçeve elemanlarla karşılanırken bu elemanların kendilerinden daha rijit elemanlara bağlantısı söz konusu değildir. Bu durumda periyot yönteminde verilen Metod A ile hesaplanacaktır.

$$T_a = C_T h_n^{3/4}$$

C_T = Betonarme çerçeveler için 0.073

h_n = Binanın temel üst seviyesinden ölçülen yüksekliği

$$T_a = 0.073 \times (11.60)^{3/4} = 0.46$$

$$C_s = 0.201$$

$$V = 176.08 \text{ ton}$$

C1.2- Toplam deprem kuvvetinin katlara dağıtılması

Toplam yatay yükün katlara dağılımı

$$F_i = \frac{w_i h_i}{\sum (w_i h_i)} (V - F_t) \quad \text{ifadesiyle hesaplanır.}$$

F_t = Yapının en üst katına ek olarak uygulanacak yatay yük

$T < 0.7$ olduğu için $F_t = 0$ alınır.

Tablo C.2 : Yatay deprem kuvvetinin katlara dağılımı

Kat no	w_i	h_i	$w_i h_i$	$\sum w_i h_i$	F_i (ton)
4	219	11.6	2540.4	6351	70.43
3	219	8.7	1905.3		52.82
2	219	5.8	1270.2		35.22
1	219	2.9	635.1		17.61

C1.3- Ortalama kayma gerilmesi:

Betonarme çerçevelerdeki kolonların ortalama kayma gerilmesi yaklaşık bir hesapla Bölüm 3.2.4.6 daki gibi hesaplanabilir. Bu yaklaşık hesapla relatif kat yerdeğiştirmelerinin ve ortalama kayma gerilmelerinin tesbiti mümkündür. Hesabın yaklaşıklığını gözönüne almak için yatay yük analizinde elde edilen toplam yatay deprem yükü % 20 arttırılmıştır.

Bu durumda bir kattaki kat kesme kuvveti değeri yaklaşık olarak aşağıdaki ifadeyle hesaplanır.

$$V_j = \frac{(n+j)}{(n+1)} \frac{W_j}{W} (1.2 * V)$$

V_j : j. kattaki maksimum kat kesme kuvveti değeri

n: Toplam kat sayısı

j: Gözönüne alınan kat no.su

W_j : j. katın üstündeki tüm katlardaki deprem hesabına giren toplam sabit yük

W: Deprem hesabına giren toplam sabit yük

V: Yatay yük analiziyle elde edilen toplam yatay deprem kuvveti

Tablo C.3 : Kat kesme kuvvetleri

j	W_j	V_j
4	219	84.52
3	438	147.91
2	657	190.17
1	876	211.30

Betonarme çerçevelerdeki kolonlardaki ortalama kayma gerilmesi, V_{ort} , aşağıdaki ifadeyle hesaplanabilir.

$$V_{ort} = \frac{n_c}{n_c - n_f} \frac{V_j}{A_c}$$

n_c : Toplam kolon sayısı= 27

n_f : Yükleme doğrultusundaki toplam çerçeve sayısıdır. Kısa doğrultuda 7, uzun doğrultuda 8 çerçeve olduğundan ortalama kayma gerilmesinin elverişsiz olanının tesbiti için uzun doğrultu gözönüne alınmıştır.

A_c : Gözönüne alınan kattaki kolonların toplam kesit alanı= 35750 cm²

V_j : j.kattaki kat kesme kuvveti değeri

Tablo C.4 : Kolonlardaki ortalama kayma gerilmesi

j	V_j	$v_{ort} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$
4	84.52	3.36
3	147.91	5.88
2	190.17	7.56
1	211.30	8.40

Yaklaşık hesapla bulunan kolonlardaki ortalama kayma gerilmeleri Bölüm 3.4.2.1 de verilen kıyas değeri olan 4 kgf/cm^2 değerinin üstündedir. Bu durumda yatay kuvvet dağılımını daha gerçekçi olarak gözönüne alacak ayrıntılı bir inceleme yöntemine başvurulmalıdır.

C1.4- Relatif Kat Yerdeğiştirmesi Hesabı

Relatif kat yerdeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranı, d, eğilme şekil değıştirmesi ve uç dönmeleri hesaba katılarak aşağıdaki ifadeyle hesaplanabilir.

$$d = \frac{k_b + k_c}{k_b k_c} \frac{h}{12 E} V_c$$

d: Relatif kat yedeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranı

$k_b = I / L$ (kiriş)

$k_c = I / L$ (kolon)

h: Kat yüksekliği (m)

I: Eylemsizlik momenti (m^4)

L: Eleman boyu (m)

E: Elastisite modülü (kgf/m^2)

V_c : Kolon kesme kuvveti olup yaklaşık olarak kat kesme kuvveti değeri toplam kolon sayısına bölünmesiyle elde edilir.

Verilen ifade de gözönüne alınan kolon-kiriş birleşim modeline dikkat edilirse genel halde bir kolonun alt ve üst uçlarına bağlı tüm kirişlerin rijitliğine ait bir terim yoktur bunun yerine bir kolonun sadece tek bir kirişle birleştiği durumun gözönüne alındığı anlaşılmaktadır. Oysa bir kolonun ucundaki yerdeğiştirme miktarı katın bütününden bağımsız olarak düşünülemez. Kolonlar rijitlikleri oranında kat kesme kuvvetini paylaşırlarken katın relatif yerdeğiştirmesine uygun olarak uç yerdeğiştirmeleri yaparlar. Ama bu yöntemde kat kesme kuvvetlerinin hesabındaki yaklaşıklıktan dolayı yerdeğiştirme miktarlarının hesabındaki bu modellemenin uygun olduğu söylenebilir.

Elverişsiz yerdeğiştirme oranının birleşen elemanların rijitliklerinin küçük olduğu birleşim noktasında meydana geleceği açıktır. Bu sebeple relatif kat yerdeğiştirme kontrolü F2 kolonunun olduğu noktada yapılacaktır.

F2 kolonu:

Kesit: 25/50

Temiz yükseklik: 230 cm

$$k_c = I_c / h = 283 \text{ cm}^3$$

K105 kirişi:

Kesit: 20/60

Kiriş boyu: 357 cm

$$k_b = I_b / L = 1008 \text{ cm}^3$$

$$E = 270000 \text{ kgf/cm}^2$$

Birinci katta:

$$V_c = \text{Kat kesme kuvveti} / \text{toplam kolon sayısı} = 211.3 / 27 = 7.83 \text{ ton}$$

$$d = [(1008 + 283) / (1008 \times 283)] \times [230 / (12 \times 270000)] \times 7830 = 0.00252 < 0.004$$

Yöntemde verilen relatif kat yerdeğiştirmesi kontrolü sağlanıyor. Bu durum değerlendirme formunda “E” şeklinde kodlanarak belirtilmiştir. Ayrıntılı bir incelemeye gerek yoktur.

***Betonarmede bozulma:** Dış çerçeve elemanlarında suyun etkisiyle oluşan beton bozulması gözleniyor. Bu durum değerlendirme formunda belirtilmiş olup daha ayrıntılı bir incelemede eleman dayanımlarındaki azalma hesaba katılacaktır.

***Kolon etriye aralığı:** Yöntemde kolonlardaki etriye aralığının kolon boyunca kesit yüksekliğinin 1/4 ünden ve plastik mafsall oluşabilecek yerlerde boyuna donatı çapının 8 katından az olması tavsiye edilir. Plastik mafsall oluşabilecek yerlerde öngörülen bu şekildeki sargı donatısı, bizim deprem yönetmeliğinde sağlanması istenen kolon sargı bölgesi ve birleşim bölgesindeki etriye sıklaştırmasına karşılık gelmektedir.

İncelenen binada kolon kesit yükseklikleri uzun doğrultuda yükleme durumunda 25cm , kısa doğrultudaki yükleme durumunda 50 cm dir. 25cm’lik kesit yüksekliği düşünülürse yöntemde verilen etriye aralığı kriterinin bu durumda pratik açıdan geçerliliği yoktur. Ancak yöntemde önerilen kriterin kesit boyutları büyük olan kolonlarda makul sonuçlar verebileceği söylenebilir. Kolon boyuna donatısı ϕ 14 olduğundan plastik mafsall oluşabilecek kolon alt ve üst uçlarında yöntemde öngörülen kriter düşünülürse $8 \times 1.4 \approx 11$ cm’lik etriye aralığı gereklidir. Ancak projede kolon boyunca 20 cm aralıklı ϕ 8 etriye düzenlenmiştir ve plastik mafsall oluşması muhtemel yerler olan kolon alt ve üst uçlarında sıklaştırma bölgesi etriyesi şeklinde bir düzenlemeye rastlanmamıştır.

Değerlendirme formunda kolon etriye aralığı için tesbit olunan bu durum “H” kodlamasıyla belirtilmiştir. Yöntemde öngörülen etriye aralığı ile kayma kapasitesinde azalma olmaması ve sünek davranışın sağlanması amaçlanır. İncelenen binada kolonlarda sıklaştırma bölgesi olmaması nedeniyle kayma kapasitesinde azalma oluşacak ve bu nedenle gevrek kırılma etkisi gözlenebilecektir.

***Kolon donatı ekleri:** Yöntemde donatı eklerinde boyuna donatı çapının en az 35 katı kadar bir bindirme boyu istenmektedir. Ayrıca ek bölgesinin boyuna donatı çapının 8 katından daha sık aralıklı etriyelerle sarılması da öngörülmektedir. İncelenen binada kolon donatılarında yapılan eklerde ek boyları yöntemde verilen kriteri sağlamaktadır. Ancak ek bölgelerinde kriterde istenen şekilde bir etriye sıklaştırması görülmemektedir. Yapılan relatif kat yerdeğiştirmesi kontrolü sağlanmasına rağmen beklenmedik ölçüde büyük şekil değiştirmeler meydana gelmesi durumunda donatı eklerinin olduğu bölgelerde beton kısmın dökülmesiyle eklerde bir çözülme meydana gelebilir. Ek yerlerinde bu şekilde bir çözülme ancak betonun yanal şekil değiştirmesini engelleyerek süneklik ve dayanımı artıracak sık etriye kullanımı engelleyebilecektir. Binada kriterde öngörülen ek boyları sağlanmasına rağmen ek yerleri etriyelerinde istenen sıklaştırma yapılmadığından değerlendirme formunda bu kriterle ilgili bölümde "H" kodlaması yapılmıştır.

***Kiriş donatısı:** Kriterde pozitif ve negatif moment için gereken donatının en az % 25 inin eleman boyunca sürekli devam etmesi istenmektedir. Ayrıca kiriş alt ve üst yüzünde en az ikişer çubuğun sürekli olarak devam etmesi gerektiği belirtilmektedir. Deprem yüklerinin tersinir olmasından dolayı pozitif bir momente göre donatılan kesit negatif moment etkisinde kalabileceğinden bu şekilde eleman boyunca sürekli olan bir donatı düzeninin gerekliliği vurgulanmaktadır. Kirişlerde yapılan incelemede bu kriterin olumlu bir şekilde sağlandığı tesbit edilmiş olup değerlendirme formunda bu durum "E" kodlaması ile belirtilmiştir.

***Kiriş donatı ekleri:** Kiriş donatı eklerinin kiriş boyunun 1/4 ü civarında yapılmış olması gerekir. Sadece deprem etkisinde bir mesnette pozitif momentler meydana gelirken diğer mesnette negatif momentler oluşur ve deprem yüklerinin tersinmesinden dolayı bu momentler işaret değiştirebilir. Deprem etkisinden oluşan momentlerin sabit ve hareketli yüklerden meydana gelen momentlerden büyük olması durumunda yük kombinasyonu gözönüne alınırsa mesnet momentlerinin işareti tamamen deprem etkisine bağlıdır. Dolayısıyla mesnet bölgesi donatısında yapılacak bir ekin deprem etkisinin büyük olduğu bölgelerde yukarıda anlatılan sebep sonucu basınç donatısı eki olması durumuyla karşılaşılır. Mesnet civarında yapılacak bir basınç

donatısı eki kirişte akma gerilmesi altındaki seviyelerde plastik mafsall oluşumuna yol açarak istenen dayanıma ulaşmayı engeller.

Projede yapıdaki kirişlerin donatı detaylandırmasında bu şekilde bir basınç donatısı eki görülmüyor. Ancak yapımda bu duruma dikkat edilmemiş ve basınç donatısı ekleri oluşturulmuş olabilir. Her ne kadar değerlendirme formunda bu duruma ait kriter “E” şeklinde kodlanmışsa da yapımdaki muhtemel dikkatsizliklerin birtakım olumsuzluklara sebep olabileceği gözönüne alınmalıdır.

***Kiriş etriyeleri:** Kriterde kiriş etriye aralığının kiriş yüksekliğinin yarısından ve plastik mafsall oluşması muhtemel yerlerde boyuna donatı çapının 8 katından daha az olması öngörülmektedir. Etriyelerin çalışma prensibi kirişlerde oluşacak eğik çatlaklarla kesişerek oluşan gerilmeleri karşılamak şeklindedir. Etriye aralığı seyrek olursa etriyenin bu eğik çatlakla kesişmesi ve oluşan gerilmeyi karşılaması ihtimali azalacak, etriyelerin hiçbir yararı olmayacak ve kayma kapasitesi yetersiz kalacaktır. Etriye aralığının sık olmasıyla eğik çatlak birden fazla etriyeyle kesişecek, etriyeler etkili olacak ve elemanda kesme kırılması oluşmadan eğilme dayanımına ulaşmak mümkün olacaktır.

Kirişlerde etriye aralığı tüm kiriş boyunca 20 cm dir. Kiriş yüksekliğinin yarısından az aralıklı etriye şartı sağlanmaktadır. Ancak plastik mafsall oluşabilecek kiriş-kolon birleşim yerleri civarında $8 \times 1.4 \approx 11$ cm lik etriye sıklaştırmasına rastlanmamıştır. Oysa buralarda betonun eğilme dayanımına ulaşmadan oluşabilecek bir gevrek kırılma durumunun engellenmesi ve sünek bir davranış için etriye sıklaştırması gereklidir. Etriye sıklaştırması yapılmadığından bu durumun sebep olacağı olumsuzluklara dikkat çekebilmek amacıyla değerlendirme formunda bu kriter “H” şeklinde kodlanmıştır.

***Kiriş pilye donatısı:** Kriterde kayma donatısı olarak pilye kullanılmamış olması öngörülür. Şiddetli depremler altında düşey yüke rağmen kiriş momentlerinde ve kesme kuvvetlerinde tersinmeler oluşur. Bu tersinmeler sonucu kiriş gövdesinde oluşan asal çekme gerilmelerinin yönü değişir. Pilyelerden kayma donatısı olarak

yararlanılan durumlarda bu tersinmeler sonucu pilyeye dik yönde oluşan asal çekme gerilmeleri sebebiyle pilyeler etkisini tümüyle yitirecek ve kayma dayanımında azalma sonucu gevrek kırılma oluşacaktır. Bu sebeple eğilme dayanımına ulaşmadan oluşabilecek gevrek kırılma etkisini önlemek için deprem etkisinin önemli olduğu bölgelerdeki yapılarda pilyelerden kayma donatısı olarak yararlanılmamalıdır.

Kesme güvenliğinin pilyelerle sağlanması durumunda pilye yapılması tasarlanan çubuklar tek noktada değil kesme kuvveti diyagramına uygun olarak birkaç noktada bükülürler. Yakın zamana kadar yapılan binalarda kayma hesabında pilyelerin etkisi hesaba katılmaktaydı, ancak yeni yapılan binalarda pilyelere fazla güvenilmemesi sonucu kayma dayanımının etriyelerle sağlanmasına ağırlık verilmektedir. Yayılı bir etki olan kesme kuvveti tesirinin yayılı donatı düzeni ile (etkiye) karşılanması öngörülür.

İncelenen binanın yapım yılı, kirişlerde sık olmayan etriye kullanımı ve pilye kırma tarzı gözönüne alınarak kirişlerde kayma güvenliğinin pilyelerle sağlandığı anlaşılmaktadır. Bu durum değerlendirme formunda “H” kodlaması ile belirtilmiştir.

***Birleşim yeri etriyesi:** Kriterde kiriş-kolon birleşim bölgesinde kolon etriyelerinin devam etmiş olması öngörülür. Birleşim bölgesi donatısız olursa birleşen elemanların beklenen dayanıma erişimleri mümkün olmaz ve bu durumda gevrek kırılma etkisiyle karşılaşılır. Birleşim bölgesinde devam eden sık kolon etriyesi ile birleşen elemanların beklenen davranışı göstermeleri, kiriş ve kolonun bütünleşerek çalışması, birleşim bölgesinin çatlamasının önlenmesi ve bu bölgedeki donatının kenet bağının çözülmesinin önlenmesi sağlanır.

İncelenen binada birleşim bölgesinde kolon etriyesinin devam ettiği ancak etriye aralığının seyrek olduğu görülmektedir. Yukarıda anlatılan olumsuzlukların muhtemelen yapıda oluşabileceği gözönüne alınarak değerlendirme formunda “H” kodlaması yapılmıştır.

***Kayma göçmesi yok:** Çerçevelerin kesme kuvveti dayanımı eğilme dayanımında taşınabilecek kesme kuvvetinden daha büyük olmalıdır. Bu şart sağlanırsa çerçeve elemanlarında gevrek göçme tehlikesi önlenmiş olur. Elemanın eğilme dayanımında taşıyacak maksimum kesme kuvveti;

$$V_e = 2 M_p / L \text{ ile hesaplanır ve elemanın kayma dayanımı } V \text{ ile kıyaslanır.}$$

$$V_e / V \leq 1 \text{ olmalıdır.}$$

M_p = Kiriş veya kolonun taşıyabileceği en büyük moment (plastik moment) olup elemandaki çekme çubuklarının akmaya eriştiği kabulüyle yaklaşık olarak hesaplanır.

Kolon:

30/50 kolonların eğilmedeki taşıma gücü;

$$M = 1.25 A_s f_{yk} z \text{ ifadesiyle hesaplanabilir.}$$

$$z \approx 0.9 h \quad \text{ve} \quad A_s = 3 \times 1.54 = 4.62 \text{ cm}^2 \quad \text{ile}$$

$$M = 1.25 \times 4.62 \times 2200 \times 0.9 \times 30 = 3.43 \text{ tm}$$

Burada amaç, eğilme taşıma gücünde oluşacak maksimum kesme kuvvetinin tesbiti olduğu için hesaplar eğilme dayanımının daha büyük olduğu 30/50 kolonlarda yapılmıştır.

Bu eğilme taşıma gücünde oluşacak maksimum kesme kuvveti;

$$V_e = 2 M_p / L$$

$$V_e = 2 \times 343000 / 230 = 2982 \text{ kgf}$$

Elemanın kayma dayanımı için elemanda oluşmasına izin verilen ortalama kayma gerilmesi değeri 4 kgf/cm^2 kullanılarak;

$$V = 4 \times 30 \times 50 = 6000 \text{ kgf}$$

$$V_e / V \leq 1 \text{ olduğundan kolonlarda kayma göçmesi oluşmayacağı söylenebilir.}$$

Elde edilen bu sonuçdan dolayı değerlendirme formunda bu kriter “E” şeklinde kodlanmıştır.

***Kuvvetli kolon-zayıf kiriş:** Plastik mafsalların önce kirişlerde oluşması için kolonların moment taşıma kapasitesinin kirişlerinkinden büyük olması istenir. Bunun için birleşim noktasına birleşen elemanlarda;

$$\Sigma M_{p, \text{ kiriş}} / \Sigma M_{p, \text{ kolon}} \leq 1.2 \text{ olması istenir.}$$

K011-K012 kirişleri ile A2 kolonunun birleştiği noktada her elemanın moment taşıma kapasitesi aşağıda hesaplanmıştır.

K011-K012 kirişleri moment taşıma kapasiteleri;

$M_{ui} = 1.25 A_{si} f_{yk} z$ ifadesiyle hesaplanacaktır.

$$M_{u, \text{ üst}} = 1.25 \times 9.24 \times 2200 \times 0.9 \times 60 = 1372140 \text{ kgf.cm} \quad (6\phi 14)$$

$$M_{u, \text{ alt}} = 1.25 \times 3.08 \times 2200 \times 0.9 \times 60 = 457380 \text{ kgf.cm} \quad (2\phi 14)$$

A2 kolonu moment taşıma kapasitesi;

$$M_u = 1.25 \times 4.62 \times 2200 \times 0.9 \times 20 = 228960 \text{ kgf.cm}$$

$\Sigma M_{p, \text{ kiriş}} / \Sigma M_{p, \text{ kolon}} = (1372140 + 457380) / 2 \times 228960 = 3.9 > 1.2$ olduğu için zayıf kolon-kuvvetli kiriş durumu söz konusudur. Bu durumda deprem etkisinde kolonlarda oluşacak yeter sayıda plastik mafsalla göçme mekanizmasına geçilebilir. Bu duruma ait ifade değerlendirme formunda “H” kodlaması ile belirtilmiştir.

Sonuç:

Yapılan incelemelere ve yaklaşık hesaplara paralel olarak doldurulan değerlendirme formuyla, yapılacak daha ayrıntılı bir incelemede nelerin göz önüne alınacağı belirtilmiştir. Verilecek bir takviye kararında dikkate alınması gerekli kritik

noktalar tesbit edilmiştir. Yapılan incelemeden elde edilen özet sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1- Yapı düzgün bir plana ve taşıyıcı sisteme sahiptir.
- 2- Taşıyıcı sistemdeki elemanların dağılımında rijitlik açısından bir sorun yoktur.
- 3- Betonarmede suyun ve iklimin etkisiyle meydana gelen zamanla bozulma durumu gözlenmektedir.
- 4- Relatif kat yerdeğiştirmeleri kabul edilebilir düzeydedir.
- 5- Elemanlardaki ve birleşim bölgelerinde yönetmelikte öngörülen etriye aralığı koşulları sağlanmamaktadır. Bu olumsuzluk yapının deprem davranışını önemli ölçüde etkilemektedir.
- 6- Kolonlarda yaklaşık olarak hesap edilen kayma gerilmeleri izin verilen değerlerin üstündedir. Bu durumda elemanda hesaplarda eğilme göçmesi beklenirken gerçekte kayma göçmesi ile karşılaşılabilir.
- 7- Kuvvetli kiriş-zayıf kolon durumuna sebep olabilecek bir boyutlandırma tesbit edilmiştir. Deprem esnasında kolonlarda yeter sayıda plastik mafsall oluşumuyla sistem aşırı zorlanarak göçebilir.

Yapılacak daha ayrıntılı bir incelemeyle, tesbit edilen bu konularda daha gerçekçi sonuçlar bulunarak yapının güçlendirmeye ihtiyaç duyup duymadığı tesbit edilmelidir.

EK D

Bu bölümde Ek A'da tanıtılan binanın deprem davranışının Bölüm 4'de verilen indeksleme yöntemiyle belirlenmesine çalışılmıştır. Yapı her iki doğrultuda ve her katta birinci ve ikinci seviyelerde incelenmiştir.

D1- Birinci İnceleme Seviyesi

D1.1- X-X doğrultusunda

D1.1.1- Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması: Taşıyıcı sistemdeki düşey taşıyıcı elemanlar temiz yükseklik / kesit yüksekliği oranlarına göre Tablo D.1'de sınıflandırılmıştır. Temiz yükseklik 230 cm ve kolon kesitleri bina yüksekliği boyunca sabit olduğundan aşağıdaki sınıflandırma bütün katlar için aynıdır.

Tablo D.1 : Yapının taşıyıcı sistemindeki düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması

Eleman	Adet	Kesit yüks.	Temiz yüks./kesit yüks.	Kriter	Sınıflandırma
C1	8	30	7.7	>2	Kolon
C2	17	25	9.2	>	Kolon
C5	2	50	4.6	>	Kolon

D1.1.2- C taşıma gücü indeksi hesabı: Taşıyıcı sistemde sadece “Kolon” elemanlar mevcut olduğundan taşıma gücü indeksi yöntemdeki (4.8) ifadesiyle hesaplanacaktır.

$$C_c = (10 A_{c1} + 7 A_{c2}) f_{cd} / (200 W)$$

A_{c1} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm²)

A_{c2} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm²)

W= Gözönüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığıdır. Ek A'da ölü yük ve hareketli yük için verilen birim alan yüklerinin toplamı olan 1100 kgf / m² değeri ile hesaplanabilir.

$$f_{cd} = 110 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (BS 16)}$$

$$A_{c1} = 2 \times 50 \times 25 = 2500 \text{ cm}^2$$

$$A_{c2} = 8 \times 50 \times 30 + 17 \times 25 \times 50 = 33250 \text{ cm}^2$$

$$W_1 = 4 \times 19.00 \times 12.00 \times 1100 = 1003200 \text{ kgf}$$

$$W_2 = 3 \times 19.00 \times 12.00 \times 1100 = 752400 \text{ kgf}$$

$$W_3 = 2 \times 19.00 \times 12.00 \times 1100 = 501600 \text{ kgf}$$

$$W_4 = 1 \times 19.00 \times 12.00 \times 1100 = 250800 \text{ kgf}$$

Tablo D.2 : Kolon taşıma gücü indeksi değerleri

Kat no	Cc
1	0.141
2	0.188
3	0.283
4	0.565

D1.1.3- E₀ deprem davranış ana indeksinin hesabı: Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılmasında kısa kolon durumunda bir elemana rastlanmamıştır. Kısa kolonu olmayan yapıya ait E₀ indeksi yöntemdeki (4.2) ifadesiyle hesaplanır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + a_1 C_c) F_w$$

n: Bodrum kat dışındaki toplam kat sayısı = 4

i: Gözönüne alınan kat

C_w: Perdelerin taşıma gücü indeksi

C_c: Kolonların taşıma gücü indeksi

a₁: Yerdeğiştirme uyum katsayısı = 1.0 (C_w = 0)

F_w: Perde süneklik indeksi = 1.0

Tablo D.3 : E_0 davranış ana indeksi değerleri

i : Kat no	C_c	E_0
1	0.141	0.141
2	0.188	0.157
3	0.283	0.202
4	0.565	0.353

D1.1.4- S_D tasarım ve boyutlama indeksinin hesabı: Bölüm 4.3.2 de Tablo 4.9 da yapının planı ve düşey kesiti ile ilgili durumların yapıda incelenmesiyle G_i ve R_i değerleri elde edilir. İnceleme sonucunda elde edilen bu değerlerle yöntemdeki (4.25) ifadesi kullanılarak S_D indeksi hesaplanır.

$$S_{D1} = q_{1a} \cdot q_{1b} \dots q_{1h}$$

$$q_{1i} = 1.0 - (1.0 - G_i) R_{1i} \quad i = a, b, c, d, e, f, h$$

$$q_{1i} = 1.2 - (1.0 - G_i) R_{1i} \quad i = g$$

Tablo D.4 : S_D indeksinin hesabı için G_i ve R_i değerleri

İncelenecek maddeler	Tesbit	G_i	R_{1i}	q_{1i}
a: Plan düzenliliği	Simetriden ayrılma yok $\Rightarrow a_1$	1.0	1.0	1.0
b: Boy / Genişlik	$19/12 = 1.58 \Rightarrow b < 5$	1.0	0.5	1.0
c: Genişlik düzgünlüğü	Genişlik değişimi yok $\Rightarrow c > 0.8$	1.0	0.5	1.0
d: Derz aralığı / Yükseklik	$d > 1/100$	1.0	0.5	1.0
e: Avlu alanı / Kat alanı	Açık alan yok $\Rightarrow e < 0.1$	1.0	0.5	1.0
f: Avlu dışmerkezliği	yok $\Rightarrow f_1 < 0.4$ ve $f_2 < 0.1$	1.0	0.5	1.0
g: Bodrum kat alanı / Birinci kat alanı	$1.0 > g > 0.5$	0.9	1.0	1.0
h: Kat yüksekliğinde düzensizlik	yok $\Rightarrow h > 0.8$	1.0	0.5	1.0
$S_{D1} = 1.0 \times \dots \times 1.0 \times 1.0 = 1.0$				

D1.1.5- T zamanla bozulma indeksinin hesabı: Bu yöntemde eleman dayanım ve süneklik hesaplarında çatlak, şekil değiştirme ve zamanla bozulma etkisi direkt olarak

gözönüne alınmayıp bunların etkisi bir T indeksi ile deprem davranış indeksine yansıtılır. Binada yapılan araştırma ile Tablo D.5 yardımıyla bulunan en küçük değer T indeksi olarak alınmıştır.

Tablo D.5 : T zamanla bozulma indeksi tablosu

İnceleme Konusu	Gözlenen durum	T
Kolonlarda çatlak	Kolonlarda gözle görülebilir eğik çatlaklar var.	0.9
Binanın yaşı	20 yıldan fazla	0.9
Sıva ve kaplama	Dış duvarlarda fazla bozulma var.	0.9
	İç duvarlarda fazla bozulma var.	0.9
T=0.9		

D1.1.6- Yapının I_s deprem davranış indeksi: Yöntemdeki 4.1 ifadesi kullanılarak hesaplanır.

$$I_s = E_o \times S_D \times T$$

Tablo D.6 : I_s deprem davranış indeksinin hesabı

Kat no	E_o	S_D	T	I_s
1	0.141	1.0	0.9	0.127
2	0.157			0.141
3	0.202			0.182
4	0.353			0.318

D1.1.7- Yapının I_{s0} deprem karşılaştırma indeksi: Yapının deprem davranışının belirlenebilmesi için I_s deprem davranış indeksi bir karşılaştırma indeksi ile kıyaslanır. I_{s0} deprem davranış karşılaştırma indeksi yöntemdeki (4.34) ifadesiyle hesaplanır.

$$I_{s0} = E_s \times Z \times G \times U$$

$E_s = 0.8$ (Birinci inceleme seviyesinde)

Z: Bölge indeksi = 1.0

G: Zemin indeksi = 1.0

U: Kullanım indeksi = 1.0

$$I_{SO} = 0.8$$

D1.1.8- Karşılaştırma ve sonuç değerlendirme: Yapının I_s deprem davranış indeksi yukarıda hesaplanan I_{SO} karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının deprem davranışı hakkında bir sonuca varılır.

Tablo D.7 : Yapının deprem davranışının belirlenmesi

Kat no	I_s	Karşılaştırma	Sonuç
1	0.127	$I_s < I_{SO}$	Yapının deprem davranışı yetersiz
2	0.141	$I_s < I_{SO}$	" " " "
3	0.182	$I_s < I_{SO}$	" " " "
4	0.318	$I_s < I_{SO}$	" " " "

D1.2- Y-Y doğrultusunda:

D1.2.1- Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması: Temiz yükseklik 230 cm ve kolon kesitleri bina yüksekliği boyunca sabit olduğundan aşağıdaki sınıflandırma bütün katlar için aynıdır.

Tablo D.8 : Yapıdaki düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması

Eleman	Adet	Kesit yüks.	Temiz yüks. / kesit yüks.	Kriter	Sınıflandırma
C1	8	50	4.6	>2	Kolon
C2	17	50	4.6	$>$	Kolon
C5	2	25	9.2	$>$	Kolon

D1.2.2- C taşıma gücü indeksi hesabı: Taşıyıcı sistemde sadece “kolon” elemanlar mevcut olduğundan taşıma gücü indeksi aşağıdaki ifadeyle hesaplanır.

$$C_c = (10 A_{c1} + 7 A_{c2}) f_{cd} / (200 W)$$

$$A_{c1} = 8 \times 30 \times 50 + 17 \times 50 \times 25 = 33250 \text{ cm}^2$$

$$A_{c2} = 2 \times 25 \times 50 = 2500 \text{ cm}^2$$

Tablo D.9 : C Taşıma gücü indeksi değerleri

Kat no	C _c
1	0.192
2	0.256
3	0.384
4	0.768

D1.2.3- E₀ davranış ana indeksinin hesabı: Kısa kolonu olmayan yapıya ait E₀ indeksi yöntemdeki (4.2) ifadesiyle hesaplanır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + a_1 C_c) F_w$$

Tablo D.10 : E₀ deprem davranış ana indeksinin hesabı

i: Kat no	C _c	E ₀
1	0.192	0.192
2	0.256	0.213
3	0.384	0.274
4	0.768	0.480

D1.2.4- S_D tasarım ve boyutlama indeksinin hesabı: X-X doğrultusunda hesaplanan S_D indeksi bu doğrultuda da aynıdır. ($S_D=1.0$)

D1.2.5- T zamanla bozulma indeksinin hesabı: X-X doğrultusunda hesaplanan T indeksi bu doğrultuda da aynıdır. ($T=0.9$)

D1.2.6- Yapının I_s deprem davranış indeksi: Yöntemdeki (4.1) ifadesi kullanılarak hesaplanır.

$$I_s = E_o \times S_D \times T$$

Tablo D.11 : I_s deprem davranış indeksi hesabı

Kat no	E_o	S_D	T	I_s
1	0.192	1.0	0.9	0.173
2	0.213			0.192
3	0.274			0.247
4	0.480			0.432

D1.2.7- Yapının I_{s0} deprem karşılaştırma indeksi: X-X doğrultusunda hesaplanan I_{s0} indeksi bu doğrultuda da aynı değere sahiptir. ($I_{s0}=0.8$)

D1.2.8- Karşılaştırma ve sonuç değerlendirme :

Tablo D.12 : Yapının deprem davranışının belirlenmesi

Kat no	I_s	Karşılaştırma	Sonuç
1	0.173	$I_s < I_{s0}$	Yapının deprem davranışı yetersiz
2	0.192	$I_s < I_{s0}$	" " " "
3	0.247	$I_s < I_{s0}$	" " " "
4	0.432	$I_s < I_{s0}$	" " " "

D2- İkinci İnceleme Seviyesi:

Yapının deprem davranışı, kolonların dayanımı ve sünekliği gözönüne alınarak yaklaşık bir hesaplama ile belirlenecektir. Döşeme ve kirişlerin yeterince rijit olduğu ve yapının yatay kuvvet taşıma kapasitesini etkilemedikleri kabul edilmiştir. Elemanların kayma, eğilme taşıma gücü ve süneklikleri yöntemde verilen ifadelerle hesaplanmıştır. E_0 davranış ana indeksi, bu eleman dayanımları ve süneklikleri kullanılarak hesaplanmıştır.

D2.1- X-X doğrultusunda:

D2.1.1- Eleman taşıma gücü ve süneklik indekslerinin hesabı:

C1 kolonunun dayanım ve süneklik indeksi hesabı

$$b \times h = 50 \times 30$$

$$d = 25 \text{ cm}$$

$$j = 7/8 \times d = 7/8 \times 25 = 21.88 \text{ cm}$$

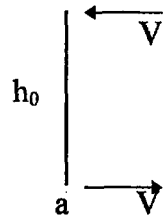
$$h_0 = 230 \text{ cm}$$

$$A_s = 3 \times 1.54 = 4.62 \quad (3\phi 14)$$

$$p_t = A_s / (b \cdot D) = 4.62 / (50 \times 30) = \% 0.308$$

$$p_w = A_w / (b \cdot s) = 2 \times 0.50 / 50 \times 20 = 0.001 \quad (\phi 8/20 \text{ etriye})$$

$$M / (V d) = h_0 / 2d = 230 / (2 \times 25) = 4.60$$



$$\Sigma M_a = 0 \rightarrow 2M = V \cdot h_0$$

$$M = V \cdot h_0 / 2$$

$$M / (V d) = V \cdot h_0 / (2 \cdot V \cdot d) = h_0 / 2d$$

$$N = 2.520 \times 2.09 \times 1.1 \times 4 = 23.17 \text{ ton}$$

$$\sigma_0 = N / (b \cdot h) = 23170 / (50 \times 30) = 15.45 \text{ kg/cm}^2$$

Eğilme dayanımı:

$$0.4 \times b \times h \times f_{cd} = 0.4 \times 50 \times 30 \times 110 = 66000 \text{ kgf}$$

$$N = 23170 \text{ kgf}$$

$0.4 \times b \times h \times f_{cd} > N > 0$ olduğu için kolonun cM_u eğilme dayanımı yöntemdeki (4.11) ifadesiyle hesaplanır.

$$cM_u = 0.8 A_s f_{yd} h + 0.5 N h \left(1 - N / (b h f_{cd}) \right)$$

$$cM_u = 0.8 \times 4.62 \times 1910 \times 30 + 0.5 \times 23170 \times 30 \left(1 - 23170 / (50 \times 30 \times 110) \right) = 510526 \text{ kgf.cm}$$

Eğilme dayanımında taşınabilecek cV_{mu} kayma kuvveti:

$$cV_{mu} = (wM_{ut} + wM_{ub}) / h_o$$

$$cV_{mu} = (5.11 + 5.11) / 2.30 = 4.44 \text{ ton}$$

 cV_{su} kayma dayanımı:

$$cV_{su} = \left(\frac{0.053 p_t^{0.23} (180 + f_{cd})}{M / (V_d) + 0.12} + 2.7 \sqrt{p_w f_{ywd} + 0.1 \sigma_o} \right) b_j$$

$$cV_{su} = \left(\frac{0.053 \times 0.308^{0.23} \times (180 + 110)}{4.60 + 0.12} + 2.7 \sqrt{0.001 \times 1910 + 0.1 \times 15.45} \right) \times 50 \times 21.88 = 8487 \text{ kgf}$$

Eğilme dayanımında taşınacak kayma kuvveti kayma dayanımından küçük olduğu için elemanın göçme tipi eğilme göçmesidir.

F süneklik indeksi:

$$\mu_o = 10 (cV_{su} / cV_{mu} - 1)$$

$$\mu_o = 10 \times (8487 / 4440 - 1) = 9.12$$

$$k_1 = 2.0$$

$$k_2 = 30 (cV_{mu} / (b h f_{cd}) - 0.2) \geq 0 \text{ olmalıdır}$$

$$k_2 = 30 (4440 / (50 \times 30 \times 110) - 0.2) = -5.19$$

$k_2 = -5.19 < 0$ olduğu için yukarıda verilen şart gereğince $k_2 = 0.00$ alınır.

μ ; eleman sünekliği olup yöntemdeki (4.23) ifadesiyle hesaplanır.

$$1 \leq \mu \leq 5 \quad \text{olmalıdır.}$$

$$\mu = \mu_o - k_1 - k_2$$

$$\mu = 9.12 - 2.00 - 0.00 = 7.12 \Rightarrow \mu = 5.00 \text{ alınır.}$$

$$\phi = 1/0.75(1 + 0.05\mu)$$

$$\phi = 1/0.75(1 + 0.05 \times 5.00) = 1.07$$

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1}$$

$$F = 1.07 \times \sqrt{2 \times 5.00 - 1} = 3.20$$

C1 kolonu için açık bir şekilde yapılan dayanım ve süneklik hesabı diğer bütün elemanlar için sistemli bir şekilde bir tablo ile yapılabilir (Tablo D.13). Bu tabloda (*) ile işaretlenen bazı aşamalarda bulunan değer için bir kontrol yapılmalı ve hesaplanan değer yöntemde öngörülen sınırlar içinde kalacak şekilde düzeltilmelidir.

Tabloda verilen ilk kontrol göçme tipinin belirlenmesi aşamasındadır. Bu aşamada elemanın eğilme dayanımına ulaştığında taşıyacağı V_{mu} kesme kuvveti, kayma dayanımı ile kıyaslanır ve göçme türüne karar verilir. İkinci kontrol k_2 değerinin belirlenmesi aşamasındadır, Yöntemde verilen ifade ile hesaplanacak k_2 değeri sıfırdan büyük olmalıdır, Bu sebeple hesaplanan k_2 değeri eğer sıfırdan küçük olursa yapılacak kontrol ve düzeltme ile k_2 sıfır alınmalıdır. Üçüncü kontrol ise μ değerinin hesabı aşamasındadır. Bu aşamada hesaplanacak μ değeri 0-5 arasında olmalıdır. Elde edilen değerler bu bölgenin dışında ise μ değeri olarak hesaplanan değere en yakın sınır değeri alınır.

Tablo D.13: Düşey taşıyıcı elemanların dayanım ve süneklilik hesabı (X-X doğrultusunda)

Kat no	El. no	b cm	h cm	d cm	j cm	ho cm	As cm ²	pt %	M/(Vd)	N kgf	σ _o kgf/cm ²	cMu kgf/cm	cVmu kgf	cVsu kgf	Göçme tipi*	μ _o	k1	k2	μ	φ	F
	C1	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	23170	15.45	510526	4439	8487	Eğilme	9.12	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C2	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	46640	37.31	561730	4885	8352	"	7.10	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C3	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	35310	28.25	504514	4387	7559	"	7.23	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C4	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	39800	26.53	664777	5781	9699	"	6.78	2.00	0.00	4.78	1.08	3.15
	C5	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	70250	56.20	1094278	9515	13302	"	3.98	2.00	0.00	1.98	1.21	2.09
	C6	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	33190	26.55	491216	4271	7410	"	7.35	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
1	C7	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	37830	30.26	519258	4515	7735	"	7.13	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C8	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	49150	39.32	571248	4967	8527	"	7.17	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C9	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	53150	42.52	584048	5079	8807	"	7.34	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C10	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	28720	19.15	567595	4936	8891	"	8.01	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C11	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	42360	33.89	542859	4721	8052	"	7.06	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C12	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	16320	10.88	432368	3760	7987	"	11.24	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C13	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	25260	20.21	434228	3776	6855	"	8.15	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C14	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	37900	30.32	519651	4519	7740	"	7.13	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C15	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	47170	37.74	563835	4903	8389	"	7.11	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C1	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	16725	11.15	437226	3802	8017	"	11.09	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C2	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	34980	27.98	502498	4370	7536	"	7.25	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C3	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	26482	21.19	443755	3859	6941	"	7.99	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C4	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	29850	19.90	578529	5031	8974	"	7.84	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C5	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	52688	42.15	1047780	9111	11919	"	3.08	2.00	0.00	1.08	1.26	1.36
	C6	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	24893	19.91	431314	3751	6829	"	8.21	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
2	C7	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	28372	22.70	457955	3982	7073	"	7.76	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C8	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	36863	29.49	513737	4467	7667	"	7.16	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C9	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	39863	31.89	530312	4611	7877	"	7.08	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C10	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	21540	14.36	492702	4284	8368	"	9.53	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C11	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	31770	25.42	481851	4190	7311	"	7.45	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C12	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	12240	8.16	381761	3320	7690	"	13.16	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C13	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	18945	15.16	380668	3310	6413	"	9.37	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C14	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	28425	22.74	458344	3986	7077	"	7.76	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C15	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	35378	28.30	504927	4391	7563	"	7.23	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20

Tablo D.13 devamı

Kat no	El. no	b	h	d	j	ho	As	pt	M/(Vd)	N	so	cMu	cVmu	cVsu	Güçme	μo	k1	k2	μ	ϕ	F
		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	%		kgf	kgf/cm ²	kgf.cm	kgf	kgf	tipi*				*		
	C1	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	11585	7.72	373355	3247	7642	Eğilme	13.54	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C2	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	23320	18.66	418546	3640	6719	"	8.46	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C3	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	17655	14.12	368835	3207	6323	"	9.71	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C4	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	19900	13.27	474280	4124	8248	"	10.00	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C5	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	35125	28.10	889116	7731	10536	"	3.63	2.00	0.00	1.63	1.23	1.85
	C6	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	16595	13.28	358886	3121	6249	"	10.02	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
3	C7	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	18915	15.13	380396	3308	6411	"	9.38	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C8	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	24575	19.66	428769	3728	6807	"	8.26	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C9	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	26575	21.26	444469	3865	6947	"	7.97	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C10	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	14360	9.57	408434	3552	7844	"	12.09	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C11	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	21180	16.94	400453	3482	6570	"	8.87	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C12	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	8160	5.44	328128	2853	7392	"	15.91	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C13	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	12630	10.10	319857	2781	5971	"	11.47	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C14	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	18950	15.16	380713	3311	6413	"	9.37	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C15	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	23585	18.87	420728	3659	6738	"	8.42	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C1	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	5792.5	3.86	295618	2571	7220	"	18.09	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C2	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	11660	9.33	309874	2695	5903	"	11.91	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C3	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	8828	7.06	279744	2433	5705	"	13.45	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C4	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	9950	6.63	352031	3061	7523	"	14.58	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C5	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	17563	14.05	618294	5376	9153	"	7.02	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C6	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	8298	6.64	273944	2382	5668	"	13.79	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
4	C7	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	9458	7.57	286571	2492	5749	"	13.07	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C8	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	12288	9.83	316352	2751	5947	"	11.62	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C9	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	13288	10.63	326527	2839	6017	"	11.19	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C10	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	7180	4.79	314794	2737	7321	"	16.74	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C11	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	10590	8.47	298664	2597	5828	"	12.44	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C12	50	30	25	21.88	230	4.62	0.308	4.60	4080	2.72	271467	2361	7095	"	20.06	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C13	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	6315	5.05	251796	2190	5529	"	15.25	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C14	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	9475	7.58	286760	2494	5750	"	13.06	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C15	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	11793	9.43	311248	2707	5912	"	11.85	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20

D2.1.2- Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması ve E_0 indeksinin hesabı:

Eleman sınıflandırmasının nasıl yapıldığına örnek teşkil etmesi açısından aşağıda birinci kattaki elemanların sınıflandırılması açık bir şekilde belirtilmiştir.

C indekslerinin hesabı için elemanlar süneklik indeklerine göre maksimum üç grupta toplanır.

Birinci katta:

1.grup: 2 adet C5 kolonu

2.grup: 2adet C4 kolonu

3.grup: 2'şer adet C1, C2, C3, C6, C8, C10, C11, C12, C13, C14 ve 1'er adet C7, C9, C15 kolonu

İkinci ve üçüncü katta eleman süneklik indekslerine göre oluşturulabilecek iki grup varken dördüncü katta eleman süneklik indeksleri aynı olduğu için sadece bir grup oluşturulur.

Gruplara ait taşıma gücü indeksi; her bir gruptaki elemanların taşıma güçleri toplamının gözönüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığına bölünmesiyle elde edilir. Eleman taşıma gücü ile tahmin edilen göçme türüne göre elemanın taşıyabileceği kesme kuvveti kastedilmektedir.

Birinci kattaki 1.gruba ait C indeksinin hesabı:

$$C_k = \frac{V_{mu}}{W_i}$$

Yapıdaki tüm elemanların tahmin edilen göçme türleri eğilme göçmesi olduğundan taşıma gücü indeksi hesabında eğilme göçmesinde taşınacak yatay kesme kuvveti esas alınmıştır.

k: Grup numarası

C_k : k. grubun taşıma gücü indeksi

W_i : Gözönüne alınan i. kat üzerindeki bina ağırlığı

$$C_1 = \frac{2 \times 9515}{1003200} = 0.019$$

Her bir grubun taşıma gücü indeksinin hesaplanmasıyla E_0 indeksinin hesabına geçilir.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \sqrt{E_{01}^2 + E_{02}^2 + E_{03}^2}$$

n: Toplam kat sayısı

i: Gözönüne alınan kat

E_{0k} : Her bir grubun ana davranış indeksi

$E_{0k} = C_k F_k$ ifadesiyle belirlenir.

Tablo D.14 : E_0 deprem davranış ana indeksinin hesabı

Kat no i	F ind. göre k.grup	Grup F _k değeri		Göçme tipi	$C_k = \frac{V_{mu}}{W_i}$		$E_{0k}=C_k.F_k$		E ₀
1	1.gr.	F ₁	2.09	Eğilme	C ₁	0.019	E ₀₁	0.040	0.335
	2.gr.	F ₂	3.15	"	C ₂	0.012	E ₀₂	0.039	
	3.gr.	F ₃	3.20	"	C ₃	0.103	E ₀₃	0.330	
2	1.gr.	F ₁	1.36	Eğilme	C ₁	0.024	E ₀₁	0.033	0.361
	2.gr.	F ₂	3.20	"	C ₂	0.135	E ₀₂	0.432	
3	1.gr.	F ₁	1.85	Eğilme	C ₁	0.031	E ₀₁	0.057	0.389
	2.gr.	F ₂	3.20	"	C ₂	0.169	E ₀₂	0.541	
4	1.gr.	F ₁	3.20	Eğilme	C ₁	0.300	E ₀₁	0.960	0.600

D2.1.3- S_D indeksinin hesabı: Bu inceleme seviyesinde birinci seviyedeki incelemeye ek olarak aşağıdaki hususlarda da bir inceleme yapılır.

Tablo D.15 : S_D indeksinin hesabı

İncelenecek maddeler	Tesbit	G_1	R_{2i}	q_{2i}
i: Dışmerkezlilik oranı	$i < 0.1$	1.0	1.0	1.0
j: Katların kütle / rijitlik oranları	$j < 1.2$	1.0	1.0	1.0
$S_{D2} = q_{2a} \times \dots \times q_{2i} \times q_{2j} = 1.0 \times \dots \times 1.0 \times 1.0 = 1.0$				

D2.1.4- T zamanla bozulma indeksinin hesabı: T indeksinin ikinci seviyedeki hesabında Tablo D.16 yardımıyla daha ayrıntılı bir inceleme yapılır. Bu tablo dahilinde binada yapılacak incelemeyle yapıdaki çatlak, şekil değiştirme, yerdeğiştirme ve bozulma durumlarının derecesi tesbit edilerek yöntemdeki (4.27) ifadesi ile T indeksi hesaplanır.

$$T = (T_1 + T_2 + \dots + T_N) / N$$

T_i ; incelenen her bir katın T değerine tekabül eder ve (4.28) ifadesiyle hesaplanır.

$$T_i = (1 - p_1) (1 - p_2) \quad i=1,2,\dots,N$$

p_1 , çatlak ve şekil değiştirme p_2 ise bozulma etkilerini içeren faktörlerdir. Tablo D.16 daki binada altı çizili olan mevcut durumlara ait puanların toplamı olarak hesaplanırlar.

N: İncelenen toplam kat sayısı

T_i ; bütün katlarda hemen hemen aynıdır.

$$T_i = (1 - 0.028) \times (1 - 0.026) = 0.95$$

$$T = 4 \times T_i / 4 = 0.95$$

Tablo D.16 : T zamanla bozulma indeksinin hesabı

ELEMEN	Elemandaki A veya B durumunun derecesi	A durumu			B durumu		
		Şekil, yerdeğiştirme ve çatlaklar (p ₁ değeri)			Bozulma (p ₂ değeri)		
		a ₁	b ₁	c ₁	a ₂	b ₂	c ₂
Döşeme	Toplam döşemenin 1/3'ünden fazla	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam döşemenin 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	Toplam döşemenin 1/9'undan az	<u>0.002</u>	0.001	0	0.002	<u>0.001</u>	0
Kiriş	Toplam kirişin 1/3'ünden fazla.	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.001
	Toplam kirişin 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.017	<u>0.005</u>	0.001	0.017	<u>0.005</u>	0.001
	Toplam kirişin 1/9'undan az	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
Kolon ve Perde	Toplam elemanların 1/3'ünden fazla	0.150	0.046	0.011	0.150	0.046	0.011
	Toplam elemanların 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.050	0.015	<u>0.004</u>	0.050	<u>0.015</u>	0.004
	Toplam elemanların 1/9'undan az	<u>0.017</u>	0.005	0.001	0.017	<u>0.005</u>	0.001
p ₁ ve p ₂ değerleri		Alt toplam	0.019	0.005	0.004	0.000	0.026
		Toplam	p ₁ =0.028		p ₂ =0.026		

D2.1.5- Yapının I_s deprem davranış indeksi: Yapının I_s deprem davranış indeksi yöntemdeki (4.1) ifadesiyle hesaplanır.

$$I_s = E_o \times S_D \times T$$

Tablo D.17 : I_s deprem davranış indeksi değerleri

Kat no	E _o	S _D	T	I _s
1	0.335			0.318
2	0.361	1.0	0.95	0.343
3	0.389			0.370
4	0.600			0.412

D2.1.6- I_{SO} deprem davranışı karşılaştırma indeksi:

$I_{SO} = E_s \times Z \times G \times U$ ifadesiyle yapının deprem davranışının belirlenmesinde kullanılacak olan deprem davranışı karşılaştırma indeksi elde edilir.

$E_s = 0.6$ (İkinci inceleme seviyesinde)

Z: Bölge indeksi = 1.0

G: Zemin indeksi = 1.0

U: Kullanım indeksi = 1.0

$$I_{SO} = 0.6$$

D2.1.7- Karşılaştırma ve sonuç değerlendirme:

Tablo D.18 : Yapının deprem davranışının belirlenmesi

Kat no	I_s	Karşılaştırma	Sonuç
1	0.318	$I_s < I_{SO}$	Yapının deprem davranışı yetersiz olabilir
2	0.343	$I_s < I_{SO}$	" " " " "
3	0.370	$I_s < I_{SO}$	" " " " "
4	0.412	$I_s < I_{SO}$	" " " " "

D2.2- (Y-Y) doğrultusunda:

D2.2.1- Eleman dayanımlarının ve süneklik indekslerinin hesabı: Tablo D.19 da Y-Y doğrultusunda incelenecek deprem davranışı için eleman dayanımlarının ve süneklik indekslerinin hesabı yapılmıştır.

Tablo D.19: Düşey taşıyıcı elemanların dayanım ve süneklik hesabı (Y-Y doğrultusunda)

Kat no	EL no	b cm	h cm	d cm	j cm	ho cm	As cm ²	pt %	M/(Vd)	N kgf	so kgf/cm ²	cMu kgf.cm	cVmu kgf	cVsu kgf	Gâçme tipi"	μo	k1	k2	μ	φ	F	
		C1	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	23170	15.45	733221	6376	10946	Egime	7.17	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
		C2	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	46640	37.31	1005805	8746	11442	"	3.08	2.00	0.00	1.08	1.26	1.36
		C3	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	35310	28.25	891372	7751	10550	"	3.61	2.00	0.00	1.61	1.23	1.84
		C4	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	39800	26.53	990306	8611	12255	"	4.23	2.00	0.00	2.23	1.20	2.23
		C5	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	70250	56.20	605967	5269	10004	"	8.98	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
		C6	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	33190	26.55	864775	7520	10383	"	3.81	2.00	0.00	1.81	1.22	1.98
1		C7	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	37830	30.26	920860	8007	10748	"	3.42	2.00	0.00	1.42	1.24	1.69
		C8	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	49150	39.32	1024840	8912	11640	"	3.06	2.00	0.00	1.06	1.27	1.34
		C9	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	53150	42.52	1050440	9134	11955	"	3.09	2.00	0.00	1.09	1.26	1.37
		C10	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	28720	19.15	828336	7203	11383	"	5.80	2.00	0.00	3.80	1.12	2.88
		C11	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	42360	33.89	968063	8418	11105	"	3.19	2.00	0.00	1.19	1.26	1.48
		C12	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	16320	10.88	602957	5243	10406	"	9.85	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
		C13	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	25260	20.21	750800	6529	9758	"	4.95	2.00	0.00	2.95	1.16	2.57
		C14	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	37900	30.32	921647	8014	10754	"	3.42	2.00	0.00	1.42	1.25	1.69
		C15	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	47170	37.74	1010015	8783	11484	"	3.08	2.00	0.00	1.08	1.27	1.36
		C1	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	16725	11.15	611054	5314	10438	"	9.64	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
		C2	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	34980	27.98	887339	7716	10524	"	3.64	2.00	0.00	1.64	1.23	1.86
		C3	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	26482	21.19	769854	6694	9854	"	4.72	2.00	0.00	2.72	1.17	2.47
		C4	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	29850	19.90	846559	7361	11472	"	5.58	2.00	0.00	3.58	1.13	2.81
		C5	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	52688	42.15	582718	5067	8774	"	7.32	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
		C6	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	24893	19.91	744971	6478	9729	"	5.02	2.00	0.00	3.02	1.16	2.60
2		C7	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	28372	22.70	798254	6941	10003	"	4.41	2.00	0.00	2.41	1.19	2.33
		C8	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	36863	29.49	909818	7911	10672	"	3.49	2.00	0.00	1.49	1.24	1.75
		C9	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	39863	31.89	942967	8200	10908	"	3.30	2.00	0.00	1.30	1.25	1.59
		C10	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	21540	14.36	703513	6118	10817	"	7.68	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
		C11	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	31770	25.42	846047	7357	10271	"	3.96	2.00	0.00	1.96	1.21	2.08
		C12	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	12240	8.16	518612	4510	10085	"	12.36	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
		C13	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	18945	15.16	643680	5597	9261	"	6.55	2.00	0.00	4.55	1.09	3.09
		C14	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	28425	22.74	799031	6948	10007	"	4.40	2.00	0.00	2.40	1.19	2.32
		C15	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	35378	28.30	892198	7758	10555	"	3.60	2.00	0.00	1.60	1.23	1.83

Tablo D.19 devamı

Kat no	EL no	b cm	h cm	d cm	j cm	ho cm	As cm ²	pt %	M/(Vd)	N kgf	σ_0 kgf/cm ²	cMu kgf.cm	cVmu kgf	cVsu kgf	G5çme tip1*	μ_0	k1	k2 *	μ *	ϕ	F
	C1	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	11150	7.43	495225	4306	9999	Eğilme	13.22	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C2	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	23320	18.66	719435	6256	9605	"	5.35	2.00	0.00	3.35	1.14	2.73
	C3	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	17655	14.12	620014	5391	9159	"	6.99	2.00	0.00	4.99	1.07	3.20
	C4	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	19900	13.27	672810	5851	10688	"	8.27	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C5	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	35125	28.10	503386	4377	7545	"	7.24	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C6	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	16595	13.28	600115	5218	9076	"	7.39	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
3	C7	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	18915	15.13	643137	5592	9259	"	6.56	2.00	0.00	4.56	1.09	3.09
	C8	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	24575	19.66	739881	6434	9704	"	5.08	2.00	0.00	3.08	1.16	2.63
	C9	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	26575	21.26	771281	6707	9862	"	4.70	2.00	0.00	2.70	1.17	2.47
	C10	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	14360	9.57	563068	4896	10252	"	10.94	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C11	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	21180	16.94	683250	5941	9437	"	5.88	2.00	0.00	3.88	1.12	2.90
	C12	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	8160	5.44	429223	3732	9764	"	16.16	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C13	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	12630	10.10	522059	4540	8764	"	9.30	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C14	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	18950	15.16	643771	5598	9261	"	6.54	2.00	0.00	4.54	1.09	3.09
	C15	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	23585	18.87	723800	6294	9626	"	5.29	2.00	0.00	3.29	1.14	2.71
	C1	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	5575	3.72	369978	3217	9560	"	19.72	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C2	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	11660	9.33	502093	4366	8687	"	9.90	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C3	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	8828	7.06	441842	3842	8464	"	12.03	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C4	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	9950	6.63	469062	4079	9904	"	14.28	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C5	50	25	20	17.50	230	4.62	0.370	5.75	17563	14.05	367980	3200	6315	"	9.74	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C6	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	8298	6.64	430243	3741	8422	"	12.51	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
4	C7	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	9458	7.57	455498	3961	8514	"	11.49	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C8	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	12288	9.83	515058	4479	8737	"	9.51	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C9	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	13288	10.63	535408	4656	8815	"	8.93	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C10	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	7180	4.79	407001	3539	9686	"	17.37	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C11	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	10590	8.47	479671	4171	8603	"	10.63	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C12	30	50	45	39.38	230	3.08	0.205	2.56	4080	2.72	334790	2911	9442	"	22.43	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C13	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	6315	5.05	385936	3356	8266	"	14.63	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C14	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	9475	7.58	455864	3964	8515	"	11.48	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20
	C15	25	50	45	39.38	230	3.08	0.246	2.56	11793	9.43	504851	4390	8698	"	9.81	2.00	0.00	5.00	1.07	3.20

D2.2.2- Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması ve E_0 indeksi hesabı:Tablo D.20 : E_0 deprem davranış ana indeksi hesabı

Kat no i	F ind. göre k.grup	Grup F_k değeri		Göçme tipi	$C_k = \frac{V_{mu}}{W}$		$E_{0k} = C_k \cdot F_k$		E_0
1	1.gr.	F_1	1.34	Eğilme	C_1	0.094	E_{01}	0.126	0.220
	2.gr.	F_2	1.84	"	C_2	0.048	E_{02}	0.088	
	3.gr.	F_3	2.57	"	C_3	0.061	E_{03}	0.157	
2	1.gr.	F_1	1.59	Eğilme	C_1	0.082	E_{01}	0.130	0.266
	2.gr.	F_2	2.32	"	C_2	0.063	E_{02}	0.146	
	3.gr.	F_3	2.81	"	C_3	0.090	E_{03}	0.253	
3	1.gr.	F_1	2.47	Eğilme	C_1	0.039	E_{01}	0.096	0.432
	2.gr.	F_2	2.71	"	C_2	0.061	E_{02}	0.165	
	3.gr.	F_3	3.09	"	C_3	0.186	E_{03}	0.574	
4	1.gr.	F_1	3.20	Eğilme	C_1	0.410	E_{01}	1.312	0.820

D2.2.3- S_D indeksinin hesabı: İkinci inceleme seviyesi için X-X doğrultusunda hesaplanan S_D indeksi Y-Y doğrultusunda da aynı değere sahiptir.

$$S_D = 1.0$$

D2.2.4- T indeksinin hesabı: X-X doğrultusunda hesaplanan T indeksi bu doğrultuda da aynıdır.

$$T = 0.95$$

D2.2.5- Yapının I_s deprem davranış indeksi:

$$I_s = E_0 \times S_D \times T$$

Tablo D.21 : I_s deprem davranış indeksi değerleri

Kat no	E_o	S_D	T	I_s
1	0.220	1.0	0.95	0.209
2	0.266			0.253
3	0.432			0.410
4	0.820			0.779

D2.2.6- I_{so} , deprem davranışı karşılaştırma indeksi:

$$I_{so} = E_s \times Z \times G \times U$$

$E_s = 0.6$ (İkinci inceleme seviyesinde)

Z : Bölge indeksi = 1.0

G : Zemin indeksi = 1.0

U : Kullanım indeksi = 1.0

$$I_{so} = 0.6$$

D2.2.7- Karşılaştırma ve sonuç değerlendirme:

Tablo D.22 : Yapının deprem davranışının belirlenmesi

Kat no	I_s	Karşılaştırma	Sonuç
1	0.209	$I_s < I_{so}$	Yapının deprem davranışı yetersiz
2	0.253	$I_s < I_{so}$	" " " " "
3	0.410	$I_s < I_{so}$	" " " " "
4	0.779	$I_s > I_{so}$	Yapının deprem davranışı yeterli olabilir

Yöntemin yapıya uygulanmasıyla elde edilen sonuç; yapının deprem davranışının yeterli olmadığı şeklindedir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta karşılaştırma indeksi değerinin ülkemizdeki koşullara ne derece uygun olduğudur. Karşılaştırma indeksi hesabında kullanılan E_s , Z, G ve U alt indeksleri yöntemin Japon

yönetmeliğinde verilmiş olmasından dolayı bu ülkenin şartlarına uygun olarak tesbit edilmiştir. Bu sebeple yöntemin uygulanmasıyla elde edilecek sonuçların gerçeğe yakın değerler verebilmesi için karşılaştırma indeksi hesabında kullanılan bu alt indekslerin ülkemiz koşullarında belirlenmesi gereklidir. Yöntemin bu haliyle çok sayıda binaya uygulanmasıyla elde edilecek sonuçlar ve tam bir çerçeve analizinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak bu alt indeksler için ülkemiz şartlarına uygun değerler elde edilebilir.



ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Samsun’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Samsun’da tamamladıktan sonra 1987 yılında İ.T.Ü İnşaat Fakültesine girdi. 1991 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl İnşaat Fakültesi Yapı Anabilim dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

