

**T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PERDE-ÇERÇEVELİ YAPILARIN DİREKT DEPLASMANA
DAYALI METODLA TASARIMI**

ÖZNUR GENÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. CAN BALKAYA**

İSTANBUL,2017

ÖZNUR GENÇ tarafından hazırlanan “PERDE- ÇERÇEVELİ YAPILARIN DİREKT DEPLASMANA DAYALI METODLA TASARIMI ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile İstanbul Gelişim Üniversitesi İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof.Dr.CAN BALKAYA

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gelişim Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan : Prof.Dr. TEVFİK NACİ YÜCEFER

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gelişim Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Yrd.Doç.Dr. İHSAN KARAGÖZ

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beykent Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 20/06/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Nuri KURUOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

ÖZNUR GENÇ

20/06/2017

PERDE- ÇERÇEVELİ YAPILARIN DİREKT DEPLASMANA DAYALI METODLA TASARIMI

(Yüksek Lisans Tezi)

ÖZNUR GENÇ

GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2017

ÖZET

Türkiye yüzölçümünün büyük bir kısmı deprem kuşağında yer alan ve nüfus yerleşimine bakıldığında büyükşehirlerinin çoğunluğu deprem bölgelerinde bulunan bir ülkedir. Yaşadığı yıkıcı, tahrip edici depremlerden sonra yapıların dışarıdan gelen kuvvetlere karşı davranışlarının belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Deprem sırasında yapıda oluşan yapısal ve yapısal olmayan hasarlar genellikle sistemde oluşan yatay deplasmanlardan meydana gelmektedir. Bu sebeptendir ki son yıllarda kuvvete dayalı tasarımdan ziyade deplasmana dayalı tasarım önem kazanmıştır. Bu tez çalışmasında, deprem kuvvetlerine karşı Direkt Deplasman Esaslı Dizayn metodu anlatılmış bu metodun perde-çerçeve yapılarına uygulanması, aşamaları ve yöntemi açıklanmıştır. Bu iki sistemin bir arada kullanıldığı yapıların dinamik davranışı; sadece çerçeve veya sadece perdelerin kullanıldığı yapılardan oldukça farklıdır. Dinamik davranıştaki farklılıklar perde ve çerçevelerin karşılıklı etkileşiminden oluşmaktadır. Bu tez çalışmasında yapıya etki eden yatay yüklerin taşınmasında önemli rolü olan betonarme perdelerin yapılarda deplasmana etkisi sayısal örneklerle anlatılmıştır. Farklı kat planına sahip perde-çerçeve sistemlerin deplasman değerleri karşılaştırılmıştır. Betonarme perdelerin deprem kuvvetleri altında yapılar üzerindeki olumlu etkisi incelenmiştir.

Depreme dayanıklı bina tasarımı yapmak için gerekli olan süneklik, dayanım ve rijitlik kriterleri anlatılmıştır. Perde-çerçeve sistemlerin görece kat ötelemelerinin araştırılması amacıyla sayısal örnekler verilmiş ve bina analizleri yapılmıştır. Hesap yöntemleri adım adım gösterilerek örnek binalarda hesaplamaların ve analizin nasıl yapıldığı anlatılmıştır. 6 ve 12 katlı farklı kat planlarına sahip 5 farklı yapı üzerinde metod uygulanmış, deplasman profilleri oluşturulmuş, taban kesme kuvvetlerinin sayısal hesaplaması gösterilmiştir. Perde- çerçeve sistemler tamamen perde veya tamamen çerçeve sistemlere göre belirgin bir şekilde üstündür. İDESTATİK programı ile mod birleştirme yöntemine göre analiz yapılmış kat deplasmanları ve görece kat ötelemeleri bulunmuştur. Betonarme perdeler rijit yapısı nedeniyle kat ötelemelerini dengeleme de etkendirler. Bu da binada oluşan toplam yerdeğiştirmeleri azaltır. Analizler sonucunda farklı kat planları ve kat yüksekliklerinde oluşan görece kat ötelemeleri ve deplasmanlar karşılaştırılmış perde duvarların sistemdeki olumlu etkisi gösterilmiş ve hedeflenmiş oranları aşmadıklarının kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Deplasmana Dayalı Tasarım, Deplasman, Perde Duvarlar

Sayfa Adedi : 92

Danışman : Prof. Dr. Can Balkaya

DIRECT DISPLACEMENT- BASED DESIGN OF FRAME-WALL STRUCTURES

(M.Sc.)

ÖZNUR GENÇ

GELİŞİM UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

JUN 2017

ABSTRACT

A large part of Turkey's surface area is located in the earthquake zone and in terms of population size, the majority of the major cities are located in earthquake regions. It is very important to determine the behaviors of structures against external forces after destructive, destructive earthquakes. Structural and non-structural damages that occur during the earthquake usually arise from horizontal displacements occurring in the system. This is why, in recent years, displacement-based design has become more important than force based design. In this thesis study, the Direct Displacement Based Design method is explained against the earthquake forces. The steps and method of applying this method to the frame-wall structures are explained. The dynamic behavior of the structures in which these two systems are used together; It is quite different from the frame or only the structures where the shear-walls are used. The difference in dynamic behavior consists of the interaction of curtains and frames. In the thesis study, the effect of displacement of reinforced concrete walls, which play an important role in transporting horizontal loads acting on the structure, is explained with numerical examples. Frame-wall structures with different plans displacement values of wall-frame are compared. The positive impact of reinforced concrete frame-wall on the structures under earthquake forces has been investigated.

The ductility, stiffness and rigidity criteria required to design a earthquake resistant building are described. In order to investigate the relative floor drifts of wall - frame systems numerical examples were given and building analyzes were made. The calculation methods are shown step by step to explain how to calculate and analyze the sample buildings. 6 and 12 floors have been applied on the structures with different floor plans, displacement profiles are created and the numerical calculation of the base shear forces is shown. Wall-frame systems are totally superimposed over shear-wall or completely frame systems. Floor displacements and relative floor displacements analyzed by using the IDESTATIC program and mode superposition method were found. Reinforced concrete walls also compensate floor displacements due to rigid structure. This reduces the total number of displacements in the building. According to analysis result the relative floor displacements and displacements that showed the positive effect of the compared shear- walls on the system and checked that they did not exceed the targeted rates.

Keywords : Based Design Displacement, Displacement, Curtain Walls

Page Number : 92

Supervisor : Prof.Dr.CAN BALKAYA

TEŞEKKÜR

Bu alıőma Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıőtır. "Perde- ereveli Yapıların Direkt Deplasmana Dayalı Metodla Tasarımı" adındaki bu çalıőmayı bana önererek, Yüksek Lisans öğrenimim boyunca, değerli katkılarını ve emeğini esirgemeyen, çalışma süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tez danıőmanım Prof. Dr. Can Balkaya'ya minnet ve őükranlarımı sunarım.

Çok değerli eőime yardımları, desteği ve sabrı için sonsuz teőekkürler, eğitim sürecinin her adımında yanımdaydı.

Çalıőmalarım sırasında benimle beraber okula gelen ve beni bekleyen küçük bebeğime, her türlü sorumluluğu alarak derslere girerken ve tez aşamasında annelerine yardımcı olan ocuklarıma(Mustafa ve Firdevs) sevgilerimi sunuyorum.

Öğrenim hayatım boyunca her türlü fedakârlığı gösteren ve destek olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLoların LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	xii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL	8
2.1.Deplasmana Dayalı Tasarım	1
2.2.Deplasmana Dayalı Tasarıma Doğru Yönetmelikler ve İçerikleri.....	11
2.3.Performansa Göre Değerlendirme Kavramı.....	14
3. DİREKT DEPLASMAN ESASLI DİZAYN(DDDED).....	16
3.1 Tasarım Metodunun Tariflenmesi.....	18
3.2 Direkt Deplasman Esaslı Dizayn Metodunun Uygulama Aşamaları.....	19
3.3 Perde Duvar Yüksekliğinin Tespiti İçin Mukavemet Oranlarının Belirlenmesi...23	
3.4 Süneklik Değerleri.....	26
3.5 Taban Kesme Kuvveti ve Mukavemet Değerlerini Belirleme.....	29
4. YAPI HASAR DURUMLARI.....	30
4.1.Yapısal Performans Seviyeleri	30
4.2.Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri.....	31
4.3 Yapı Performans Seviyeleri.....	32
4.4 Bina Performans Seviyeleri.....	38

4.5 2007 Deprem Yönetmeliği Yaklaşımı.....	40
5. BİNA MODELLENMESİ İÇİN BAŞLICA KRİTERLER.....	41
5.1 Betonarme Yapılarda Deprem Güvenliği.....	41
5.2. Betonarme Yapıların Sünekliğinin Sağlanması.....	46
5.2.1 Süneklik Türleri.....	47
5.2.2 Yapının Sünek Olması Nelere Bağlıdır.....	50
5.3. Deprem Risk Düzeyi Tanımı.....	55
5.1 Perdelerin Planda Yerleştirilmesi.....	57
6. 3 BOYUTLU PERDE-ÇERÇEVELİ YAPI ANALİZ ÖRNEKLERİ.....	59
6.1. Analizi Yapılan Yapıların Taşıyıcı Sistem Özellikleri.....	60
6.2. Perdelerin Orta Aksta Yerleştiği 6 ve 12 Katlı Yapının Özellikleri ve Analiz Sonuçları.....	60
6.3. Örnek: Direkt Deplasman Esaslı Dizayn Metoduna Göre Hesaplama Yöntemi.....	63
6.4. 6 ve 12 Katlı Binaların Analiz Sonuçları.....	68
6.5. Görelî Kat Ötelenmesi.....	80
6.6. Tasarım Sonuçları.....	81
7. SONUÇ	85
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ	91

TABLOLARIN LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 2.1.Kentsel Deprem Afetlerinin Karşılaştırılması	12
Tablo 2.2.Farklı Deprem Düzeylerindeki Binalar için Öngörülen Minimum Performans hedefleri	14
Tablo 4.1.Yapı Performans Seviyeleri.....	33
Tablo 4.2 Hasar Kontrolü ve Yapı Performans Seviyesi.....	35
Tablo 4.3. Yapı Güçlendirme Aşamaları.....	36
Tablo 4.4. Depremlerin Ortalama Dönüş Periyodu.....	37
Tablo 4.5. Kirişler için İzin Verilen En Büyük Hasar Oranları.....	40
Tablo 4.6 Kolonlar için İzin Verilen En Büyük Hasar Oranları.....	40
Tablo 4.7. Depremlerin Ortalama Dönüş Periyodu.....	41
Tablo 4.8. Performans Seviyelerinin Yönetmeliklerdeki Karşılıkları.....	42
Tablo 6.1. Analizi Yapılan 6 ve 12 katlı Binaların Yapı Özellikleri.....	60
Tablo 6.2. Çeliğin Malzeme Özellikleri.....	64
Tablo 6.3. 6 Katlı Yapının Deplasmana Dayalı Tasarımda TSD Sistemine Ait Özellikleri.	65
Tablo 6.4. Her Kata Gelen Kuvvetler.....	67
Tablo 6.5. 6 Katlı Perdeleri Orta Akslarda Karşılıklı Yerleştirilmiş Binanın Deprem Parametreleri.....	70
Tablo 6.6. 6 Katlı Perdeleri Ortada Karşılıklı Yerleştirilmiş Binanın Görelî Kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları.....	70
Tablo 6.7. 12 Katlı Perdeleri Orta Akslarda Karşılıklı Yerleştirilmiş Binanın Deprem Parametreleri.....	

Tablo 6.8. 12 Katlı Perdeleri Ortada Karşılıklı Yerleştirilmiş Binanın Görelî Kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları.....	72
Tablo 6.9. 6 Katlı Perdeleri Köşe Noktalarda Yerleştirilmiş Binanın Deprem Parametreleri.....	74
Tablo 6.10.6 Katlı Perdeleri Köşe Noktalarda Yerleştirilmiş Binanın Görelî Kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları.....	75
Tablo 6.11. 12 Katlı Perdeleri Sistemin Köşe Noktalarda Yerleştirilmiş Binanın Deprem Parametreleri.....	77
Tablo 6.12. 12 Katlı Perdeleri Köşe Noktalarda Yerleştirilmiş Binanın Görelî Kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları.....	77
Tablo 6.13. 6 Katlı Perdesiz Sistemle Çözülmüş Binanın Deprem Parametreleri.....	80
Tablo 6.14. 6 Katlı Perdesiz Sistemle Çözülmüş Binanın Görelî Kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları.....	80
Tablo 6.15. Farklı Kat Planına ve Farklı Kat Sayısına Göre Kesme Kuvveti, Deplasman ve Görelî Kat Ötelenmesi Değerleri.....	81

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kesit Hasar Bölgeleri.....	14
Şekil 3.1. Ç.S.D. Yapının T.S.D Yapı Olarak Temsil Edilmesi	18
Şekil 3.2.Sönüm Seviyesini	19
Şekil 3.3. Efektif Rijitlik.....	20
Şekil 3.4.Perde- Çerçeveli Yapılar için Önerilen Tasarım Prosedürünün Akış Şeması 21-22	
Şekil 3.5.Efektif Periyodun Elde Edilmesi	28
Şekil 4.1.Beklenen Deprem Sonrası Hasar Seviyeleri.....	34
Şekil 5.1Dayanım Şekil Değiştirme Grafiği.....	43
Şekil 5.2. Kapasite Eğrisi.....	44
Şekil 5.3. Sünek Taşıyıcı Sistem Kapasite Eğrisi.....	44
Şekil 5.4 Sünek Olmayan Taşıyıcı Sistem Kapasite Eğrisi.....	45
Şekil 5.6.Deprem Anı Kapasite Eğrisi	46
Şekil 5.7.Betonun Gerilme -Şekil Değiştirme Eğrisi.....	47
Şekil 5.8. Çeliğin Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrisi.....	48
Şekil 5.9. Sargılı ve Sargısız Beton Farkı	48
Şekil 5.10.Sünek ve Gevrek Güç Tükenmesi	50
Şekil 5.11. Kuvvet- Şekil Değiştirme Grafiği.....	51
Şekil 5.12.Hasar Bölgeleri	52
Şekil 5.13.Yapılar Neden Sünekliğe İhtiyaç Duyarlar.....	53
Şekil 5.14. Farklı Deprem Aşılma Olasılıkları için Spektrum Eğrisi	55
Şekil 5.15. Taban Kesme Kuvveti-Yer Değiştirme Eğrileri	56
Şekil 5.16. Yatay Yükler Altında Çerçeve - Perde Duvar Davranışı.....	58
Şekil 5.2.Perdelerin Göçme Biçimleri	59

Şekil 6.1.6 ve 12 Katlı Perdeleri Orta Aksta Yerleşmiş Yapının Kat Planları	61
Şekil 6.2. Analiz Sonucu 6 Katlı Perdeleri Orta Aksta Yerleşmiş Yapıda Oluşan Deformasyon ve Ötelenmeler	62
Şekil 6.3. 6 Katlı Perdeleri Orta Aksta Yerleşmiş Binanın 3Boyutlu Görünüşü.....	63
Şekil 6.4.Perdeleri Binanın Orta Aksına Yerleşmiş 6 ve 12 Katlı Binaların Kat Planları.	68
Şekil 6.5.Perdeleri Binanın Orta Aksına Yerleşmiş 6 Katlı Binanın 3 Boyutlu Görünüşü.	69
Şekil 6.6.Perdeleri Binanın Orta Aksına Yerleşmiş 12 Katlı Binanın 3 Boyutlu Görünüşü	71
Şekil 6.7. Perdeleri Binanın Köşe NoktalarınaYerleşmiş 6 ve 12 Katlı Binaların Kat Planları	73
Şekil 6.8. 6 Katlı Perdeleri Köşelerde Yerleşmiş Sistemin 3 Boyutlu Görünüşü.....	73
Şekil 6.9. Analiz Sonucu 6 Katlı Perdeleri Köşelerde Yerleşmiş Sistemde Oluşan Deformasyon ve Ötelenmeler.....	74
Şekil 6.10. 12 Katlı Perdeleri Köşelerde Yerleşmiş Sistemin 3 Boyutlu Görünüşü.....	76
Şekil 6.11.Taşıyıcı Sistemi Perdesiz Olarak Tasarlanmış Binanın Kat Planı.....	78
Şekil 6.12. 6 Katlı Perdesiz Sistemde Oluşan Deformasyon ve Ötelenmeler.....	79
Şekil 6.13. 6 Katlı Perdesiz Sistemli Binanın 3 Boyutlu Görünüşü.....	79
Şekil 6.14. 6 Katlı Binanın Perde ve Kolon Detayı.....	83
Şekil 6.15. Taşıyıcı Sistem Durumlarına Göre Kesme Gerilmesi ve Kat Ötelenmesi Oranları.....	84

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

Bu tez çalışması esnasında kullanılan semboller ve kısaltmalar, tanımları ile beraber aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
İYTS	İvme-Yer Değiştirme Tepki Spektrumu
ATC	Applied Technology Council
FEMA	Federal Emergency Management Agency
ZEN	Deprem Katsayısı
Z_4	Zemin Sınıfı
r	Etki/kapasite oranları
MN	Minimum Hasar Bölgesi
GV	İleri hasar bölgesi
GÇ	Göçme bölgesi
CG	Can güvenliği
HK	Hemen Kullanım
δ_{maks}	Hedef yer değiştirme
T_e	Etkin doğal titreşim periyodu
V_T	Taban kesme kuvveti
$\delta_{i maks}$	i. katın yer değiştirmesi

h_i	i. Kat Yüksekliği
A	Yapı Açıklık Sayısı
A_o	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
a_p	Performans Noktası İvme Değeri
C_A	Zemin Etkili Maksimum İvme Katsayısı
C_V	Periyodu 1sn. Olan %5 sönümlü sistemin spektrum değeri
d_p	Performans Noktası Yer Değiştirme
E	Deprem Etki Türü Katsayısı
E_D	Bir Çevrimde sönümle tüketilen enerji
E_{So}	Maksimum Şekil Değiştirme Enerjisi
F	Yanal Dış yük
g	Yerçekimi ivmesi
K_b	Başlangıç rijitliği
L	Kiriş Uzunluğu
N	Yapıdaki kat sayısı
N_V	Deprem kaynağına olan mesafe katsayısı
P_{F1}	Birinci doğal mod için modal katılma katsayısı
Φ_u	Nihai eğrilik
L_w	Perde duvar uzunluğu
L_p	Perdelerde Plastik Mafsallık uzunluğu
θ_d	Tasarım katında ötelenme
$\Phi_{y, perde}$	Perdelerin eğriliği

M_{wall}	Perdelerin süneklik talebi
Δ_d	Yapı Tasarım Deplasmanı
$\Delta_{he,y}$	Etkili Yükseklikteki Perde Yerdeğiştirmesi
T_A, T_B	Zemin Hakim Periyotları
u	Tepe Noktası Yer Değiştirmesi
V_b	Taban Kesme Kuvveti
Z	Deprem Bölge Katsayısı
α_1	Modal Kütle Katsayısı
β_0	Histerik Sönüm
β_{eff}	Etkili Toplam Sönüm Oranı
κ	Çevrimsel Sönüm Düzeltme Katsayısı
ξ_{SDOF} sönümlemesi	Tek Serbestlik Dereceli Sistemin eşdeğer viskoz

1.GİRİŞ

Yaşadığımız ülke dünya üzerindeki coğrafi konumu ve içinde bulunan yapı stoğunun fiziki konumu itibariyle ciddi bir deprem tehlikesi altındadır. Depremın getireceği hasarların minimuma indirilmesi ülkemiz için önem arz etmektedir. Bunun için bu konu ile ilgili yapılan araştırmaların ve bilimsel incelemelerin sürekli izlenmesi edilmesi ve değerlendirilmesi lüzumludur. İnşa edilecek yapıların ve en önemlisi mevcut binaların depreme karşı performanslarının araştırılması azami önem arz etmektedir.

Dünyada Northridge (1994), Kobe (1995) ve ülkemizde Erzincan (1992), Dinar (1995), Adana-Ceyhan (1998) ve Marmara (1999) depremleri gibi ana yerleşim merkezlerini de içine alan çok büyük ve yıkım gücü fazla olan depremler; araştırılması ve güçlendirilmesi lazım olan büyük miktarda bina stoğu ortaya çıkarmıştır. Bu depremlerle pek çok bina ağır hasar gördü. Hasarların değerlendirilmesi ve yeni yapıların dayanımlarının tasarımının buna göre yapılması önem taşımaktadır. Öte taraftan mevcut binaların depreme karşı performanslarının incelenmesi ve güçlendirilmesi konusunda yönetmeliklerin dayandırıldığı dayanıma göre tasarım yöntemine alternatif ve farklı bir değerlendirme biçimine ihtiyacı oluşmuştur.

Deplasman(yer değiştirme) kavramı bu aşamada devreye girmiştir. “Dayanıma Göre (veya Kuvvet Esaslı) Tasarım”dan, betonun kısılması, kesit dönmesi, donatıların birim kısılma ve uzaması, bina ve katların yatay deplasmanları tarzındaki değerleri dikkate alan, yapıların sismik performanslarının matematiksel olarak tanımlanabilmesini sağlayan “Performansa (veya Yer değiştirmeye, Şekil değiştirmeye, Deplasmana) Göre Tasarım” ilkeleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu ilkeler; mevcut binaların güçlendirilmesinde önemli bir yer teşkil edecektir.

Bunun sonucu olarak 2007 tarihinde Türk deprem yönetmeliğine; mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi ve güçlendirilmiş yapıların deprem güvenliğinin yeterli olup olmadığının belirlenebilmesi için yeni kurallar eklendi. Bu konuda deprem yönetmeliğinde doğrusal olan ve doğrusal olmayan iki yöntem tanımlandı.

Hareketli deprem kuşakları üzerinde yer alan yurdumuz deprem tehlikesi altındaki bölgelerde bulunan değerli binalardan başlayarak tüm yapıların depreme karşı

performanslarının test edilerek incelenmesi gereklidir. Yapıların deprem performansı binanın ön görülen sismik hareketlere dayanabilme kapasitesi şeklinde tanımlanabilir. “Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içerisinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırın ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek küçük hasarlarla; çok seyrek olan şiddetli depremleri büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistem tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın taşıyabilmesidir”

İnşaat Mühendisliği’nde, deprem ve yapı mühendisliği konusunda, son yıllarda oluşan gelişmeler, geleneksel mühendis yaklaşımı olarak tanınan bu görüşlere, farklı bir yaklaşım ve enerji getirmiştir. Söz konusu ilerleme, yapı tasarımı alanında olmuştur. 1995 yılı itibariyle, deprem ve yapı mühendisliğinde, yapılarda eğilme momenti, normal kuvvet, kesme kuvveti değerlerini esas alan ve yapının sismik performans değerlerini yalnız tahminle söyleyebilen “Dayanıma Göre (veya Kuvvet Esaslı) Tasarım” ilkesinden, betonun kısılması, kat ve bina yatay deplasmanları, donatının birim uzama ve kısılması, kesit dönmesi, değerlerini esas alan, binaların sismik performanslarının matematiksel olarak belirlenebilmesini anlatan “Performansa (veya Yer değiştirmeye, Şekil değiştirmeye, Deplasmana) Göre Tasarım” ilkeleri üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Yapılar genellikle Kuvvet Tabanlı Tasarım yaklaşımına dair net bir bilgi sunmamaktadırlar. Bu kodlar, yapı elemanlarının hasar durumları hakkında bazı bilgiler vermiş olsalar da, yapısal olmayan elemanların ve sistemlerin hasar durumları için ancak çok sınırlı bilgi vermektedirler. Yapıların sismik tasarımında yeni bir kavram olan Deplasmana Dayalı Sismik Tasarım, hem yapısal ve hem de yapısal olmayan elemanların performans düzeyleri hakkında daha fazla detaylı bilgi sağlayabilecek, güvenilir bir yaklaşımdır.

Yanal rijitliği sağlayan ana elemanlar olmaları sebebiyle betonarme perde duvarlar ve onların davranışı, söz konusu yanal etkiler altında yapı güvenliğinin sağlanması bakımından hayati önem arz eder. Betonarme binaların yatay etkiler altındaki yapı güvenliği betonarme perdeler aracılığı ile sağlanır. Çerçeve ve perde taşıyıcıların bir arada tasarlandığı ve perde-çerçeve şeklinde isimlendirilen sistem, yapıya gelen yanal kuvvetlerin önemli bir bölümünün perdeler aracılığıyla karşılanması düşüncesine istinaden tasarlanmaktadır.

Bu çalışmada perde-çerçeve yapılar için lineer deplasman esaslı tasarım prosedürü anlatılmıştır. En genel ifadesiyle perdeler yatay yükleri taşıyan elemanlardır. Yüksek lisans tezi olarak yazılan bu çalışmada perde-çerçeve tipli yapıların deplasmana dayalı tasarımı ve perde duvarların deplasman üzerindeki etkisi anlatılmıştır. Perde-çerçeve sistemleri esas alan Direkt deplasman esaslı dizayn yönteminde; çok serbestlik dereceli yapı yerine tek serbestlik dereceli yapı ile beraber çözümü gerçekleştiren bir temsili analiz metodu kullanır. Bu metodun amacı perde-çerçeve tipli yapı için yer değiştirme profili sönümlene bileşenlerini yapının tek serbestlik dereceli sistem şeklinde gösterip, sistem dizaynını olabildiğince basite indirgeyerek, en az hata ile uygulanabilir yapmaktır.

Bu tez çalışmasında bünyesinde betonarme binalarda perde duvarların etkisinin ya da yatay kuvvetlerin taşınmasına katkısının nasıl olduğu Direkt Deplasman Esaslı Dizayn yöntemi ile değerlendirmek amaçlanmaktadır. Bu sebeple, beş farklı betonarme taşıyıcı sistem analiz edilmiştir. 6 ve 12 katlı beş farklı taşıyıcı sistem modelli betonarme perde-çerçeve sistemden oluşmuş bina analiz edilmiştir. Yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesinde İdestatik programı kullanılmıştır. Mod Birleştirme Yöntemiyle yapılan analiz sonucunda deplasman değerleri ve perdelerin yapı tasarımında etkisi görülmüştür. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi için yer değiştirme değerleri hesaplanıp, karşılaştırılmıştır. Hesaplanan hedef yer değiştirme değerinde, ilk olarak kolon, kiriş, perdelerin plastik dönmeleri, sonra ise katlar arası görelî kat ötelenmeler hesaplanmıştır. Hesaplanan görelî kat ötelenmeleri sonuçları ile deprem yönetmeliğinde verilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

Deplasmana dayalı tasarımın kavram ve kriterleri ATC40 (ATC 1996), FEMA 273 (FEMA 1997), FEMA 356 (ASCE 2000), FEMA 440 (FEMA 2005) ve ASCE/SEI 41 (2007) ve DBYBHY gibi şartnamelerde detaylı şekilde anlatılmıştır. Benzeri özellikleri çok olan ve kendi aralarında da birbirlerinden yararlanan bu yönetmelikler özetle, binaların deprem kuvvetleri altındaki plastik hareketini dikkate alan statik hesap esaslarını ve kriterlerini anlatmakta ve analizden sonra yapı elemanlarının olası zarar miktarlarını tespit etmek için kullanılacak ilgili performans değerlerini ve bunların hesaplanma şekillerini açıklamaktadır.

Literatür Araştırması

Deplasmana dayalı tasarım konusunda günümüzde pek çok araştırma mevcuttur.

Shibata ve Sözen (1976) tarafından ÇSD sistemler için Yerine Koyma Yöntemi (substitute structure method) adıyla sunulmuştur.[24]. Betonarme yapılar için Yerine Koyma Yöntemi, deprem hareketinin tasarım spektrumu ile tasarım kuvvetlerinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu metoddan, günümüzde, Priestley (2000) ve Priestley (2003) tarafından “Yerdeğiştirmeye Göre Doğrudan Tasarım” yönteminin oluşturulmasında faydalanılmıştır.[1]

Kowalsky v.d. (2007) yıllarında yaptığı çalışmalarda betonarme yapılar ve köprü kolonlarında tasarım yaparken deplasman esaslı dizayn metodunu önermiştir. Tek serbestlik dereceli yapılar ve köprü kolonları incelenmiş, kuvvete dayalı tasarım ve deplasmana dayalı tasarım metodları çalışmasında karşılaştırılmıştır.

Kolon dayanımını ve rijitliğini esas almışlar, yöntemde dayanım ve rijitliği değişken değil metodun bir sonucu olarak ele almışlardır.[7]

Calvi ve Kingsley v.d (1995) de tek serbestlik dereceli (TSD) yapılar için önerilen deplasmana dayalı tasarım metodunu çok serbestlik dereceli (ÇSD) simetrik ve asimetrik köprü yapılarının tasarımı için geliştirmişlerdir.[6] Metod olarak ÇSD bir yapının deplasman profili kullanılarak TSD sisteme indirgenerek tasarlanmasıdır. Deplasman ve sistemin sönüm oranı belirlendikten sonra gerekli rijitlik ve dayanım, deplasman davranış spektrumu kullanılarak hesaplanır.[25]

Metotta simetrik yapılar için sonuçlar iyi olsa da asimetrik yapılar için iyi sonuçlar vermemiştir.

Priestley v.d (2006) çalışmasında, deplasman esaslı dizaynın temel ilkeleri ve ana çıkış noktalarını tariflemiştir. Çok Serbestlik Dereceli karmaşık yapıların sistemlerinin Tek Serbestlik Dereceli sisteme nasıl dönüştürüleceği anlatılmıştır. Simetrik ve asimetrik köprülerin modal hareketini anlatan metod sunulmuştur. 6, 12, 20 katlı betonarme yapıların bina türünde de bu metod uygulanmış.Sonuçlar değerlendirilmiştir. Üzerinde çalışılan metodun adı Direkt Deplasman Esaslı Dizayn (DDED) olarak tanımlanmıştır.[8]

Kowalsky (1997) sismik tasarım metodu olan Direkt Deplasman Esaslı Dizayn metodunun mevcut kuvvet esaslı dizayn metodundan üstünlükleri ve artıları gösterilmiştir. Elastik olmayan davranışın deplasman esaslı dizayn metoduna nasıl entegre edileceği ortaya konulmuştur.[28]

Wallace (1998) de Deplasman esaslı dizaynda betonarme narin perdelerin tasarımı için farklı bir yöntem önermiştir. Deplasmana dayalı tasarım metodunun kullanılması halinde perde duvarların eğilme ve kesme dayanımının değerlendirilmesine lüzum olmadığını açıklamıştır. Perde duvarların hesabında, taban kesme kuvvetlerinin bulunması ve katlara dağıtılması, perde duvar boyutlarının belirlenmesi, modellenmesi deplasmanların tahmini olarak özetlenmiştir.[29]

Medhekar ve Kennedy (2000) iki katlı ve sekiz katlı binaların dizaynı için deplasman esaslı dizayn metodunu kullanmışlardır. Tasarım için lazım olan deplasman spektrumu mevcut deprem kayıtlarından alınmıştır. Binalar elastik ve elastik olmayan davranışa göre tasarlanmıştır. Deplasman esaslı dizayn metodunun kullanılmakta olan dizayn metoduna göre daha uygulanabilir bir dizayn metodu olduğunu göstermişlerdir.[27]

Hong ve Cho (2001) çalışmalarında deplasman esaslı dizaynı, performansa dayalı dizayn kavramını da ilave ederek tekrar ele almışlardır. Konsol perdeli yapıları deprem olma ihtimali olan yerlerde gerçekçi olarak boyutlandırmak ve tasarlamak için deplasmana dayalı tasarım yöntemini kullanmışlardır. Kuvvete dayalı tasarım ile deplasmana dayalı tasarım yöntemlerini kıyaslamak için farklı kat adedine ve farklı perde uzunluklarına sahip yapılar değişik deprem bölgeleri için tasarlanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Deplasmana dayalı tasarım metodundaki taban keme kuvvetleri, kuvvete dayalı tasarım metoduna kıyasla daha az olarak bulunmuştur. Bu çalışmada DDED konsol perdeli yapılar için genişletilmiştir.[26]

Bozer, Ali (2003) Betonarme perde duvarların direkt deplasman bazlı tasarımı adlı çalışmasında, direkt deplasman bazlı tasarım metodunu incelemek aynı zamanda hedef deplasman profili ve etkin sönüm oranının hesabı için alternatif bir yaklaşım sunmuştur. Değişik kesitlerdeki perde duvarların dizayn sonuçlarının değerlendirilebilmesi için moment-eğrilik ve yanal itme analizleri uygulanmıştır. Bu analizlerin sonucunda dizayn

plastik dönmelerinin ve hedef deplasmanların analizlerle uygunluk içinde olduğu görülmüştür.[15]

Yavaş, Altuğ (2004) Betonarme yapıların deplasman esaslı sismik dizaynı Çalışmasında moment ileten çerçeve şekilli yapılar için geliştirilmiş Direkt Deplasman Esaslı Dizayn (DDED) yöntemi perde çerçeve tipi yapıların dizaynı için genişletilmiştir. Bu sebeple, perde çerçeve tipi yapıların deplasman şeklinin elde edilmesi için DDED ve lineer olmayan dinamik analiz metodunun bir arada kullanıldığı bir yöntem önerilmiştir.[6] Bir adet perdenin, çerçevenin ortasında olduğu, altı, dokuz ve oniki katlı dört açıklıklı binalar için lineer olmayan deplasman şekilleri bulunmuştur. Farklı noktalarda perde yerleşiminin ve değişik açıklık miktarının deplasman profilini etkilemediği gözlenmiştir. Perde-çerçeve tipi yapılar için önerilen DDED metodunun yapıların lineer olmayan hareketinin de yöneme dahil edildiği etkili bir metot olduğu anlaşılmıştır.[6]

R. Garcia, T. J. Sullivan, and G. D. Corte (2009). Bu çalışmada önerilen tasarım prosedürü ile tasarlanan yapıların cevaplarının doğrulanması için zaman tanım analizi yapılmıştır. Zaman tarihçesi analizinden elde edilen farklı yapıların ortalama yer değiştirme tepkilerinin sonuçları, bu yapılar için önerilen DDBD metodolojisi ile elde edilen tasarım deplasman profilleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar arasında anlaşma tatmin ediciydi. Bu arada, her bir yapı için zaman tanım analizinden elde edilen katlar arası sürüklenme oranları, sınırlandırıcı sürüklenme oranının kontrolü içindeydi (yani, farklı yapılar için zaman geçmişi analizinden elde edilen sürüklenme oranları, sınır sürüklenme oranından düşüktü). Bu sonuçların sonucu, önerilen DDBD metodolojisinin 20 katlı çelik çerçeve-RC duvar inşaatı yapıları için iyi çalıştığını göstermektedir.[34]

Karageyik, Can (2010) Sünek olmayan betonarme çerçevelerin depreme karşı perde duvarlarla deplasman esaslı güçlendirilmesi isimli çalışmasında, betonarme çerçeve sisteminden oluşmuş yapıların güçlendirilmesine yer değiştirme temelli bir araştırma sunmuştur. Az miktarda ilave edilen perde duvarlar deplasman seviyelerini genellikle kritik kat olan zemin katta bulunan kolonların gösterdiği seviyeye düşürmek için mevcut sisteme ilave edilir. Binada perde duvarların donatıları duvar-çerçeve oluşumunun azaltılmış yer değiştirme istemlerini temel alır. Tavsiye edilen deplasmana dayalı metod ile

şekil değiştirme istemlerini dikkate almayarak aşırı yük taşıma ve şekil değiştirme kapasitelerinin sağlandığı geleneksel kuvvete dayalı metodların karşılaştırılması, var olan kolonların mantolama yöntemiyle sarılmasının ve güçlendirme perdelerinde sargılanmış uç bölgesi oluşturulmasının daha ziyade gereksiz olduğunu göstermiştir.[30]

Meral, Emrah (2010) Düşük ve orta yükseklikteki betonarme yapıların sismik deplasman taleplerinin değerlendirilmesi.

Çalışmanın amacı ülkemiz betonarme yapı stoğunu temsil eden düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların geçmiş depremlere ait ivme kayıtlarında oluşan yer değiştirme talepleri ile binaların kapasitelerini kıyaslayarak mevcut binaların performanslarını çalışma kapsamında tasarım farklılıkları 1975 ve 1998 Afet Yönetmelikleri ile yansıtılmıştır. Mevcut yapı stoğunu yansıtan özelliklere sahip referans binalar oluşturulduktan sonra bu binalara çalışma kapsamında düşünülen yumuşak kat ve kapalı çıkma gibi yapısal düzensizlikler eklenmiştir. Deprem performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Düzensizlikler içinde en olumsuz düzensizliğin yumuşak kat düzensizliği olduğu sonucu çıkmaktadır. Beton dayanımı ve enine donatı miktarının iyi olmasının yer değiştirme talebi üzerinde çok etkili olmamasına rağmen yer değiştirme kapasitesini olumlu yönde etkilediği görülmüştür.[31]

Budak, Abdulkadir (2007) Rijit ve Yarı Rijit Çerçevesinin Karşılaştırılması ve Deplasmandaki Etkisi Üzerine Bir Çalışma Rijit ve yarı rijit çerçevelerin karşılaştırılması ve deplasmandaki etkisi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma da çelik yapılarda yarı rijit düğüm noktalarının davranış ve hesap metodları bakımından derinlemesine irdelenmesi ve yarı rijit düğüm noktalı çerçeve sistemlerinin analizinin rijit çerçeve sistemleri ile karşılaştırmak sureti ile deplasmanlar üzerindeki etkisi ele alınmıştır.[35]

S. Malekpour, H. Ghafarzadeh, and F. Dashti (2013). Bu çalışmada, betonarme çerçeve ve çelik desteklerden oluşan yapılar için DDBD prosedürü araştırılmıştır. Farklı yüksekliklerle üç özdeş yapılar yapılmıştır. Bu tip yapıların prosedürünü doğrulamak için, doğrusal olmayan zaman geçmişi analizi uygulanmıştır. Doğrusal olmayan zaman geçmişi analizinden elde edilen sonuçlar, bu tür yapıların sismik tasarımı için DDBD prosedürünün çok etkili olduğunu göstermiştir.[33]

Karimzade, Nisar Ahmad (2015) Betonarme çerçeve tipi yapıların performans esaslı sismik tasarımı: Direkt deplasman esaslı yaklaşım. Bu çalışmada, PEST prosedürlerden biri olan Direkt Deplasman Tabanlı Tasarım (DDTT) yaklaşımının uygulanması gösterilmiştir. Belirli deprem düzeylerinde performans seviyelerini tanımlamak için görelî kat ötelenme oranları kullanılmıştır. Ayrıca sünek bir davranış elde etmek amacıyla, plastik mafsalların kolonlardan ziyade kirişlerde oluşmasını temin etmek için kapasite tasarım prensipleri izlenmiştir. Analizler sayesinde görelî kat ötelenmelerinin, hedeflenmiş oranları aşmadığının kontrolü gerçekleştirilmiştir.[23]

Araştırmanın Amacı

Günümüzde betonarme yapılar, sıklıkla inşa edilmektedir. Coğrafyasının büyük bir bölümü deprem bölgesi olan yurdumuzda mal ve can kayıplarının yaşanmaması için betonarme binaların inşa edilmesi daha bir önem arz etmektedir. Bu tarz yapıların inşasında; donatı yerleştirilmesindeki kusurlar, beton kürünün yeteri sürede yapılmaması gibi durumlarla karşılaşmaktadır. Gerek bu hataların tolere edilebilmesi gerekse yapının deprem kuvvetleri altında dayanıklılığının artırılması için deprem perdelerinin yerleştirilmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmada deplasmana yönelik tasarım esasları anlatılıp, perde-çerçeve yapıların deplasmana dayalı tasarımının aşamaları teker teker açıklanmıştır. Dünyada ve ülkemizde 2007 DBYBHY'de yer alan performans dayalı hesap yöntemlerini içeren temel kavramlar irdelenmiş, Direkt Deplasman Esaslı Dizayn metodu anlatılmış, uygulama adımları teker teker tarif edilmiştir. Sünekliğin deplasman üzerindeki etkisi üzerinde durulduktan sonra, deplasmana yönelik tasarımda perde duvarların betonarme yapılar üzerindeki etkisi, yanal rijitliği artıran elemanlar olarak tanımlanıp, konuyla ilgili olarak 6 ve 12 katlı perde-çerçeve sistemli beş adet bina üzerine sayısal örnekler verilmiştir. Perde-çerçeve tipi yapıların direk deplasman esaslı dizayn metoduyla analizi yapılarak; perde duvarların yanal ötelenmedeki olumlu etkilerinin gösterilmesi amaçlanmıştır. İdestatikV8 analiz programıyla farklı özellikteki binalar üzerinde analiz yaptırılmıştır. Analizler sonucunda; örnekler bazı kabullere dayandırılmış, çözümü ile de halihazırda bulunan perde-çerçeve yapıların deplasman sonuçları ve perde kullanımının görelî kat ötelenmesini ne ölçüde azalttığı gösterilmiştir.

Arastırmanın Önemi

Deprem gerçeği göz önüne alındığında; daha fazla güvenilir ve sağlam yapılar tasarlanmasının gerekliliği göz ardı edilemez. Deplasmana dayalı performansın önemi işte bu noktada devreye girmektedir. Tasarım kriterlerini temel alan yapısal inceleme ve tasarım ifadesi, öncelikle deprem bölgelerinde inşa edilmiş yapıların depreme karşı dayanımlarının daha gerçekçi şekilde belirlenmesi ve yeterli güvenliği sağlamayan yapıların güçlendirilmesi araştırılması sırasında detaylandırılmış ve geliştirilmiştir.

Depreme karşı dayanıklı yapılar tasarlamak, için hangi yöntemin elverişli olduğunun belirlenmesi de önemlidir. Deplasmana dayalı tasarım metodu yapıda oluşabilecek hasarların daha gerçekçi bir yolla belirlenebilmesini sağlamaktadır. Bu araştırma bu noktada kıymet kazanmaktadır. Son yıllarda üzerinde çokça durulan bu yöntem her geçen gün üzerine yeni araştırmalar konularak zenginleştirilmektedir.

2. GENEL

Deprem gerçeğiyle yaşadığımız dünyamızda her yıl depremler meydana gelmekte ve bu depremlerin bazıları yüksek yıkım gücüne sahip olmaktadır. Örneğin 2010 yılının Ocak ayında Haiti'de, gerçekleşen depremde, yaklaşık olarak 200 bin kişi hayatını kaybetti ve 280 bin bina çöktü veya onarılmaz derecede tahribata uğradı. İnsanlar üzerindeki etkisi, yıkım gücü en fazla olan doğa olaylarının başında depremler gelmektedir.

Dünyanın en önemli deprem kuşaklarından birinde yer alan Türkiye' nin toprak olarak %92' si, nüfus olarak %95' i aktif fay hatları ve deprem bölgeleri üzerinde bulunmaktadır. Alan olarak büyük bir bölümü bu deprem kuşaklarında yer alan ülkemizde, depremler sıklıkla meydana gelmekte ve bu depremler can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Depreme dayanıklı yapılar tasarlamak ve mevcut yapıları deprem riski açısından değerlendirmek önemli deprem etkilerine karşı alınabilecek önlemlerdir.

Tektonik yer hareketleri sonucunda oluşmaları nedeniyle depremlerin meydana gelmesinin önceden bilinmesi ve kontrol edilmesi ise oldukça zordur. Günümüzdeki

bilgilerimizle sadece depremlerin oluşma sıklıkları ve büyüklükleri hakkında mevcut verilerle değerlendirme yapabilmekteyiz. Belli bir alanda oluşabilecek depremlerin beklenen büyüklükleri, oluşma sıklıkları ile ters orantılıdır. Küçük depremlerin oluşmaları daha sık, büyük depremler ise daha seyrek meydana gelirler.

Yer kürenin içindeki kırılmalar sebebiyle ani olarak ortaya çıkan üç boyutlu titreşimlerin dalgalar halinde dağılarak yeryüzeyini sarsması şeklinde tariflenen hareketine deprem diyoruz. Bu titreşim hareketlerinin sonuçları önemli düzeylerde olabilir. Yapıların yüksek bir hızla hareket etmesine neden olan depremler, yapı ağırlığı ile yerçekimi ivmesinin çarpımı neticesinde (kuvvet= kütle x ivme) yapıya etkiyen yüksek değerlerde kuvvetler meydana getiriler. Yapılar kendi ağırlıklarını taşıyabilecekleri şekilde tasarlandıklarından dolayı genellikle depremlerin neden olacağı düşey hareketler sonucunda meydana gelen kuvvetlere de dayanabilirler. Ancak depremin neden olduğu yatay hareketler sonucunda oluşan kuvvetler yapının tasarımı sırasında gerektiği şekilde göz önüne alınmazlarsa yapıların yıkılmasına neden olabilecek şekilde etkili olabilirler.

Deprem kuvvetlerine karşı dayanımlı şekilde tasarımı yapılan yapılar parasal ve uygulama nedenlerinden ötürü farklı dayanım düzeylerine sahip olabilirler. Yani, şiddetli bir deprem sırasında yapının belirli bir noktaya kadar hasar olsa bile kesinlikle yıkılmaması demek olurken şiddeti düşük bir depremde ise hemen hemen hiç hasar görmemesi yani telafi edilebilir çatlakların bile gerçekleşmemesi demek olabilir. Bununla beraber, depreme karşı dayanıklı yapı tasarımı için bina tipi katsayısı ve bina önem katsayısı da dikkate alınmalıdır. Mesela bir hastane veya bir itfaiye binası oluşabilecek en şiddetli depremden sonra bile işlevine devam edebilir durumda olmalıdır.

2.1 Deplasmana Dayalı Tasarım

“Performans kavramına dayalı yapı tasarımı”, ilk olarak mevcut yapıların öngörülen sismik etkiler altında göstereceği performansın belirlenmesi ve kapasite tahkiki amacıyla kullanılmıştır. Yapılar çoğunlukla Kuvvete Bağlı Tasarım yaklaşımına göre mevcut sismik tasarım kullanılarak tasarlanmaktadır. Kuvvete göre tasarım metodunda betonarme sistemin kesit boyutları ve donatısı dış yükler altında meydana gelecek kuvvetlere göre hesaplanır. Dış yükler (deprem , rüzgar, trafik vb) etkisiyle kesitlerde meydana gelecek kuvvetlerin güvenlikle taşınabilmesi esastır. Bu yöntem; kesit kuvvet kapasitesinin, kesite

gelecek kuvvetten büyük veya gelen kuvvete eşit olacak şekilde tasarlanması olarak tarif edilebilir. Kuvvete dayalı tasarımda; ön boyutları tahmin edilmiş yapının periyot ve ivme spektrumları kullanılarak, elastik spektral ivme katsayısı belirlenir. Bu ivme katsayısı yapı davranış katsayısı(veya yapı süneklik faktörü) ile azaltılır ve bulunan yatay deprem kuvvetlerine göre yapı tasarlanır. Tasarım ve dizayn tamamlandıktan sonra deplasman kontrolü yapılır.[6] Kullanılmakta olan depreme karşı tasarımın ana amacı kamu güvenliğinin sağlanmasıdır. Ancak ekonomik kayıplara ve oluşan iş kayıplarına ve yapının kullanım dışı kalma süresine dair kesin bir bilgi verememektedir. Bu kodlar yapı elemanlarının zarar durumları hakkında bazı bilgiler vermiş olsa da, yapısal olmayan elemanların ve sistemlerin hasar durumları için çok kısıtlı bilgi vermektedirler. Performans Esaslı Güçlendirme projelerinin hazırlanmasına esas teşkil edecek verilerin elde edilmesi noktasında çok faydalı olan bu yöntem, daha sonraları yeni yapıların sismik tasarımında da kullanılmaya başlanmıştır.

Bu metot sayesinde yeni tasarlanacak yapılar başlangıçta öngörülen performans seviyelerinde boyutlandırılabilir. Yapıların tasarım ve değerlendirilmesinde metod olarak; dış yükler altında kesitlerde donatı ve betonda oluşacak yer değiştirmelerin, kabul edilebilecek şekil değiştirmeden daha az olması dikkate alınır bu tasarım şekline Şekil Değiştirmeye Dayalı Tasarım diyoruz. Bu dizayn metoduna göre yapı; hedef bir deplasman veya deplasman profiline göre tasarlanır ve yapısal olmayan hasarlar gerçekte görece yatay kat ötelenmeleri nedeniyle oluşmaktadır. Rijitlikler ve dayanım tasarımın değişkenleri değil dizaynın bir sonucudur. Tasarım depremi altında yapıda oluşan yapısal Bu yaklaşımın ilk temeli 1993 yılında tanıtıldı; Doğrudan Deplasmana Dayalı Tasarım(DDDD) olarak adlandırıldı. Deplasmana dayalı performans değerlerini temel alan yapısal inceleme ve tasarım ifadesi, özellikle son zamanlarda Amerika Birleşik Devletleri’de deprem bölgelerinde var olan yapıların depreme karşı güvenilirliklerinin daha gerçekçi şekilde belirlenebilmesi ve yeterince güvenli olmayan yapıların sağlamlaştırılması amacıyla yapılan çalışmalar sırasında oluşturulmuş ve geliştirilmiştir. 1989 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nin California eyaletinde meydana gelen Loma Prieta ve 1994’te Northridge, depremleri büyük hasarlara sebep olmuştur. Ülkemizde 1999 yılında olan Marmara depreminin yıkım gücü etkileri altında can güvenliği performans esaslarına alternatif biçimde, yer değiştirmeye dayalı daha rasyonel performans değerlerini esas alan metodların geliştirilmesinin önemini de ortaya koymuştur.

Dayanıma bağılı tasarım metodunda yapıların sahip olması gereken dayanıklılık düzeyi elastik deprem yükünün dayanım azaltma katsayısına (R) bölünmesi ile hesaplanır. R katsayısı yapı sisteminin şekline ve malzemelerin özelliklerine bağılı olarak süneklik kapasitesine uygun şekilde belirlene bilir ve bütün yapı sistemi için tanımlanır. Yükler altında yapılacak doğrusal (elastik) analize yöntemine göre kapasite tasarımı kriterleri kullanılarak yapısal elemanların sahip olması gerekli minimum dayanımları tespit edilir. Bu yaklaşım türünde yapısal elemanların inelastik deformasyon kapasitelerinin depremin talep ettiği inelastik deformasyon istemlerine kıyasla yeterli olduğu varsayılmaktadır. Bu sebeple depremin yapı üzerinde oluşturduğu inelastik deformasyon talepleri nitel olarak tarif edilmektedir ve açık değildir.[3]

2.2 Deplasmana Dayalı Tasarıma Doğru Yönetmelikler ve İçerikleri

Depremlerden sonra binalarda oluşan yapısal hasarın, yönetmeliklerde tanımlanan eşdeğer deprem yükü altında yapısal elemanların dayanım kapasitelerinin aşılması ile direkt ilgisinin olmadığı, hasarın esas nedeninin sünek davranması düşünülen yapı elemanlarının şekil değiştirme limitlerinin aşılması olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Depremler sonucunda oluşan can ve mal kayıplarından sonra, tüm dünyada, deplasmana dayalı tasarım ve değerlendirmenin ehemniyeti anlaşılmıştır [Tablo 1]. Bu çalışmaların ilk önemli ürünü, ABD’de, Kaliforniya Yapı Mühendisleri Birliği’nin 1995 yılında yayınlamış olduğu “Vision 2000 Raporu’dur [SEAOC, 1995]. Ardından 1996 yılında, Applied Technology Council tarafından, “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” [ATC-40, 1996] ve 1997 yılında FEMA-273 ve 2000 yılında FEMA-356 yayınlanmıştır. ATC-40, FEMA-273 ve FEMA-356’da verilen yöntemler, yapı dinamik davranışı birinci mod serbest titreşimi ile sınırlıdır. [1]

Tablo 2.1 Kentsel Deprem Afetlerinin Karşılaştırılması [1]

	Manyetüd	Ölü	Yaralı	Ağır Hasarlı/ yıkık bina	Evsiz	Kayıp Milyar \$
Loma Prieta	7.0	63	4100	28,000	13,000	7
Erzincan	6.8	677	4000	1,000	50,000	0.5
Northridge	6.7	75	7610	12,000	15,000	30
Kobe	6.9	5391	27000	56,200	320,000	200

Türk Deprem Yönetmeliği'nin ilk bölümleri önceki yönetmelikler gibi kuvvete dayalı tasarım metodunu esas alarak yazılmıştır. 6 Mart 2007'de uygulamaya koyulan yönetmelik yeni tasarlanacak olan yapılarda dayanımı kıstas almıştır.

Bu sebeple, ilk plastik mafsalların oluşmasından sonra yapıda değişen dinamik özellikler, yönetmeliğin bu kısmında göz önüne alınmamaktadır. Yönetmeliğin son Bölümü olan Yedinci Bölüm'de Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım kriterleri esas alınmıştır.

Ülkemiz aktif fay hatlarının ve deprem bölgelerinin biri içerisinde bulunmaktadır. Deprem açısından tehlikeli alanlardaki önemli binalardan başlayarak sırasıyla tüm yapıların depreme karşı sağlamlık ve performanslarının değerlendirilip, dayanımlarının belirlenmesi gereklidir. Yapının deprem performansı; yapının gerçekleştirebilecek deprem sarsıntısına ve titreşimlere karşıkoyma gücüdür. Depremde oluşacak kuvvetlere karşı göstereceği direnç performansını belirler. Buna dayanarak Afet Yönetmeliği (ABYYHY-1998) kapsamında yer alan deprem kuvvetleri altında dayanımı yüksek yapılar tasarlayabilmek için gereken kurallar; deprem felaketine daha fazla değinilerek Yeni Deprem Yönetmeliği'ne (DBYBHY-2007), "Mevcut Yapıların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" adı altında mevcut yapılarla ilgili kararlar içeren bir bölüm eklenmiştir.

Mevcut betonarme binaların ATC 40'da deprem performansının incelenmesi ve güçlendirilmesi ile alakalı konulara açıklık getirilmiştir. ATC 40'da yapısal olan ve yapısal

olmayan yapı elemanları ayrı ayrı değerlendirilmiş, yapısal olan ve yapısal olmayan yapı elemanlarına ait performans değerleri ve aralıkları tanımlanmış, bunların birleşimiyle elde edilecek yapı performans seviyeleri gösterilmiştir. FEMA 273’de ise, betonarme hesaplarında kullanılacak deprem etki düzeyleri, doğrusal olan ve doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri ile yapıların onarılması ve güçlendirilmesi ile ilgili açıklamalar yapılmıştır.[12] Taşıyıcı sistemlerin elemanları ile alakalı modelleme parametrelerine değinilmiş, betonarme ve çelik yapıların performans değerlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili esaslara ve sınır değerlere ait esaslar sunulmuştur. " Örnekte; California Yapı Mühendisleri Birliği tarafından hazırlanıp yayınlanan Vision 2000 dökümanında dört farklı performans seviyesi tanımlanmıştır: Tam fonksiyonel, Fonksiyonel, Can Güvenliği ve Göçme. Her bir performans seviyesine sünük taşıyıcı sistem elemanlarında oluşması beklenen hasarın nitel tanımı gözüyle bakılabilir. Benzer biçimde ATC-40 da tanımlanan performans seviyeleri; Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Yapısal Stabilitate performans seviyeleridir.[11] FEMA 356’da , performans sınırları, yapısal olan ve yapısal olmayan elemanlara ilişkin performans sınırları ve aralıkları, depremin etki seviyeleri tariflenmiştir".[5]

Statik analiz yöntemlerine ilişkin bilgiler verilmiş ve doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemi kapsamında, taşıyıcı sistemlerin performans limitinin belirlenmesinde kullanılan Deplasman Katsayıları Yöntemi detaylı bir biçimde açıklanmıştır. Betonarme ve çelik yapı elemanları iki ayrı bölümde değerlendirilmiş ve her bölümde elemanlara ilişkin modelleme kriterleri ile performans düzeylerine ait sınır değerleri gösterilmiştir. Beklenen zararın FEMA 356’da nitel tarifleyicisi olarak üç performans seviyesi tanımlanmıştır: Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Göçmenin Önlenmesi. Söz konusu başlıca dokümanlar haricinde, mevcut yapıların deprem güvenliğinin saptanması ve yeni inşa edilecek yapıların tasarımı için hazırlanmış farklı bazı dokümanlarda da bunlar gibi performans seviyeleri tanımlanmıştır.

.2.3 Performansa Göre Değerlendirme Kavramı

Deprem performansı, “tanımlanan deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu” olarak tanımlanabilir.

"Performansa göre değerlendirme yönteminde ilk adım performans hedefinin tarif edilmesidir. Performans hedefi bir veya birden çok deprem risk düzeyi ve bunlara karşı gelen yapı performans düzeylerinin tanımlanmasıdır." [4]

Tablo 2.2 Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri[9]

<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	<i>50 yılda %50</i>	<i>50 yılda %10</i>	<i>50 yılda %2</i>
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	–	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	–	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	–
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	–	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	–	CG	–

HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçme Öncesi (Bkz. 7.7)

En genel ifadesiyle, Performansa dayalı tasarım; tasarım depremi altında belirli oranlarda hasar görmeside kabul edilerek, yapıların yerdeğiştirmeye dayalı tasarım metodunun özellikleri kullanılarak tasarlanmasıdır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda yapı elemanlarında oluşabilecek hasarlarda dikkate alınarak performans seviyeleri tariflenmiştir.

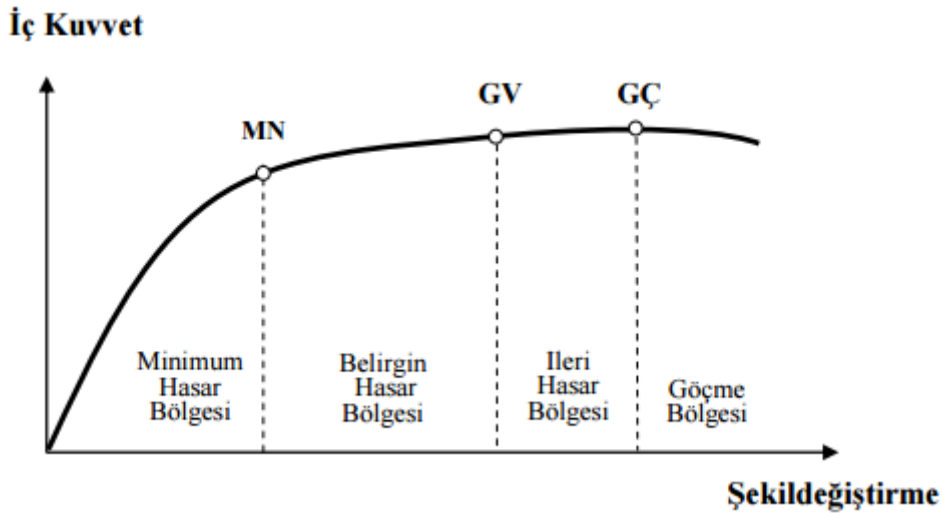
Performansa dayalı yöntemlerde ön görülen deprem tiplerine göre yapı taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elamanlarında oluşacak hasar seviyelerini temel alan performans kriterleri ortaya konulmaktadır.

Örnek bir performans hedefi olarak "Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir

düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi şeklindedir” [4].

Bir tasarım yapıldıktan sonra taşıyıcı sistemde hasar oluşumu ve derecesinin ne olduğunun denetimi, başka bir deyişle performans kontrolü lüzumludur. Yapıda oluşacak hasarın en iyi göstergesi taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen şekil değiştirmelere bakmaktır. İç kuvvetlere nazaran şekil değiştirme oranları yapının durumuyla ilgili daha net bilgi verecektir. Bu sebeple yapılan çalışmalarda performans kontrolünde kullanmak için, bütün performans seviyelerinin sayısal ifadesi olarak, sünek taşıyıcı sistem elemanlarında müsaade edilebilecek maksimum plastik şekil değiştirme miktarları tariflenmiştir.

2007 tarihli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik de de hasar tahmini için de böyle bir yöntem izlenmiş ve taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak hasarı tanımlayan hasar bölgeleri ve hasar sınırı tariflenmiştir: Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ). Şekil 2.1 de verilen yük -şekil değiştirme grafiği ile sünek bir taşıyıcı sistem elemanının hasar bölgeleri ve hasar seviyeleri anlatılmıştır. Bu hasar sınırlarının sayısal ifadesi olarak betonde ve çelikte oluşabilecek izin verilen maksimum birim şekil değiştirme kapasitesi tariflenmiştir.



Şekil 2.1 Kesit Hasar Bölgeleri[9]

3. DİREKT DEPLASMAN ESASLI DİZAYN (DDED)

Deplasman esaslı dizayn, temel düşünce olarak; yapılarda oluşan deplasmanların (şekil değiştirmelerin) hesaplamalarda dikkate alındığı metodun esasını oluşturduğu sismik dizayn şeklidir. Perde-Çerçeve sistemleri esas alan Direkt deplasman esaslı dizayn yönteminde; çok serbestlik dereceli yapı yerine tek serbestlik dereceli yapı ile beraber çözümü gerçekleştiren bir temsili analiz metodu kullanır. Bu metodun amacı perde - çerçeve tipli yapı için yer değiştirme profili sönümleme bileşenlerini yapının tek serbestlik dereceli sistem şeklinde gösterip, sistem dizaynını olabildiğince basite indirgeyerek ,en az hata ile uygulanabilir yapmaktır.

Tek serbestlik dereceli oluşturulan temsili yapının önemi; deprem kuvvetleri etkisi altındaki çok serbestlik dereceli yapının elastik olmayan özelliklerinin basit bir modelle tasarıma dahil edilebilmesidir.

TSD temsili yapı yaklaşımında; yapıya ait efektif deplasman, efektif periyot ve dizayn davranış spektrumundan, eşdeğer viskoz sönüm fonksiyonu olarak elde edilir. Deplasman davranış spektrumu TSD sistemde farklı rijitlik ve kütleler kullanılarak hesaplanabilir. Bundan ötürü temsili yapı yaklaşımı deplasman davranış spektrumu ile birlikte kullanılmalıdır. Bir ileriki adımda efektif rijitlik efektif periyot kullanılarak hesaplanabilir. Hesaplama sonucu efektif rijitlik bilindiğinde söz konusu yapının taban kesme kuvveti hesaplanabilir. Sonuçta çok serbestlik dereceli yapı dağıtılmış taban kesme kuvvetlerine göre dizayn edilebilir.

Perde-çerçeve tipli yapılar deprem hareketlerine direnebilmek için hem çerçeve hem de perde duvarları kullanan yapılardır. Bu tarzdaki bir yapı şekli için kullanılabilir özel bir tasarım metodolojisi gereklidir. Genellikle perde-çerçeve tipli yapılar iki sistemli olarak bilinir. Çünkü böyle dizayn edilmiş bir taşıyıcı sistemin davranışı sadece çerçevelerden veya sadece perdelerden oluşan sistemlere göre oldukça farklıdır. Genellikle tasarımlarda hesaplamalardaki farklılıklar çerçevelerin karşılıklı etkileşimlerine bağlanırken, perdeler uygulamada yeterince yer almamaktaydı. Perde ve çerçevelerin kombine edilerek birlikte kullanıldığı yapı sistemi, deprem kuvvetlerini karşılayabilmek için çok verimli ve kullanışlı bir yöntemdir. Perde ve çerçevelerin beraber kullanıldığı yapı sistemleri tamamen perde veya tamamen çerçevelerden oluşan sistemlere göre önemli avantajlar

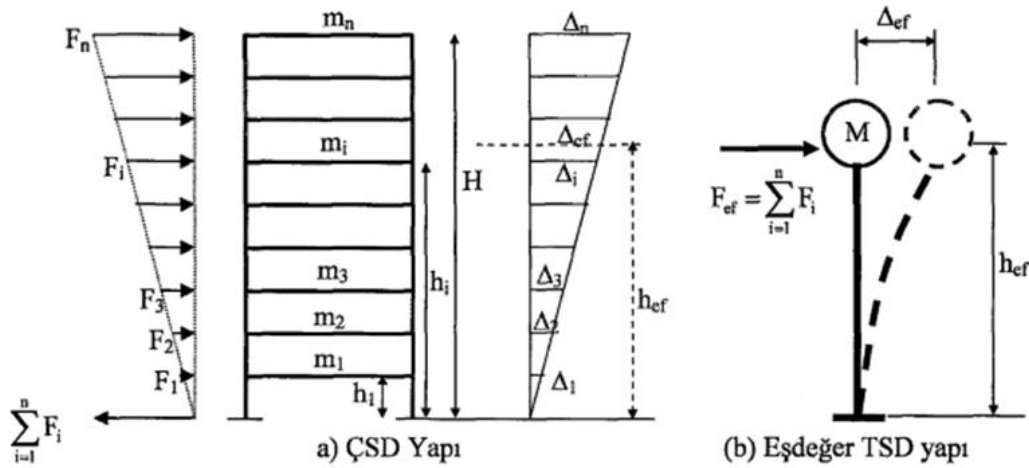
sağlarlar. Özellikle perde duvarlar görelî kat ötelenmelerini kontrol etmek için çok elverişli elemanlardır.

Perdeler binaların üst katlarında oluşan deformasyonu sınırlarlar. Yapıların yaşadığı toplam yerdeğıştirmeleri azaltırlar. Estetik ve fonksiyonel açıdan, kullanım alanlarının kısıtlanmaması için çerçeveler geniş açıklıklı alanlar sağlarlar. Bununla birlikte perde duvarlarda yangına karşı korumak ve merdiven oluşturmak için kullanışlı elemanlardır.[19]

3.1 Tasarım Metodunun Tariflenmesi

Perde duvarlı-çerçevesel yapılar için sismik tasarım metodunun adımları aşağıda verilmiştir. İlk aşama çok serbestlik dereceli sistemi, temsili tek serbestlik dereceli sisteme çevirmektir. Tasarımdaki ikinci önemli adım ise etkin periyodu, ardından etkin rijitliği belirlemeyi amaçlar. Tasarımda taban kesme kuvveti; etkin rijitliği, deplasmanla çarparak elde edilir. [10]

Şekil 3.1 de çok serbestlik dereceli bir yapının tek serbestlik dereceli yapı olarak temsili görülmektedir.



Şekil 3.1: Ç.S.D Yapının T.S.D yapı olarak temsili edilmesi[14]

TSD sistemin etkin rijitliği K_e aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$K_e = 4\pi^2 m_e / T_e^2$$

Yapının etkin kütlesiyle birlikte taban kesme kuvveti

$$F = V_{Base} = K_e \Delta_d$$

şeklinde hesaplanır. Bu şekilde formüle edilen temsili yapı yaklaşımı, ÇSD sistemin eşdeğer TSD sisteme indirgenerek tanımlandığı bir metoddur. Temsili yapı yaklaşımı Direk Deplasman Esaslı Dizayn yönteminin temelini meydana getirir.

3.2. Direkt Deplasman Esaslı Metodun Uygulama Aşamaları

a. Deplasman Davranış Spektrumu Belirlenir.

Tek serbestlik dereceli temsili yapının titreşim periyoduna göre deplasman davranış spektrumu çizilir.

b. Maksimum deplasman profilinin belirlenmesi

Maksimum ötelenme oranından veya maksimum tepe deplasman değerinden maksimum tepe deplasman profili hesaplanır. En yüksek ötelenme oranı çerçevede oluşan görelî kat ötelenmesidir. Yapı için ötelenme; herhangi bir yükseklikte oluşan deplasman değerinin o noktadaki yüksekliğe bölünmesiyle bulunur.[32]

Görelî kat öteleme oranı

$$\delta_{ij} = d_{ij} / h_{ij} \quad (3.1)$$

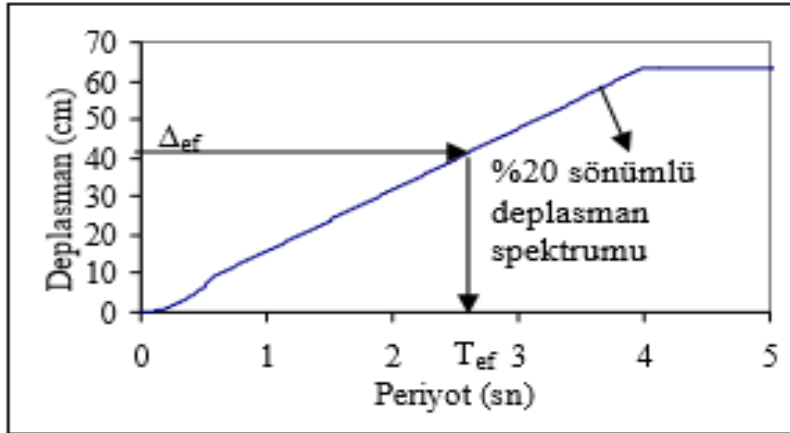
c. Sistem deplasmanının belirlenmesi

$$\Delta_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i^2}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \quad (3.2)$$

formülüyle sisteme ait deplasman hesaplanır.

d. Sönüm seviyesinin belirlenmesi

TSD olarak ifade edilen temsili yapının sönüm seviyesi belirlenir.



Şekil 3.2 Efektif periyodun elde edilmesi[6]

e. Efektif periyodun belirlenmesi

Sistemin deplasmanı ve sönüm seviyesine göre oluşturulan deplasman davranış spektrumuna göre efektif periyot bulunur.

şekil 3. 2 Efektif Periyodun belirlenmesi gösterilmektedir.

f. Efektif kütle hesaplanır.

Toplam bina kütesinin %80- %90 'ı oranındaki bir değere eşittir efektif kütle.

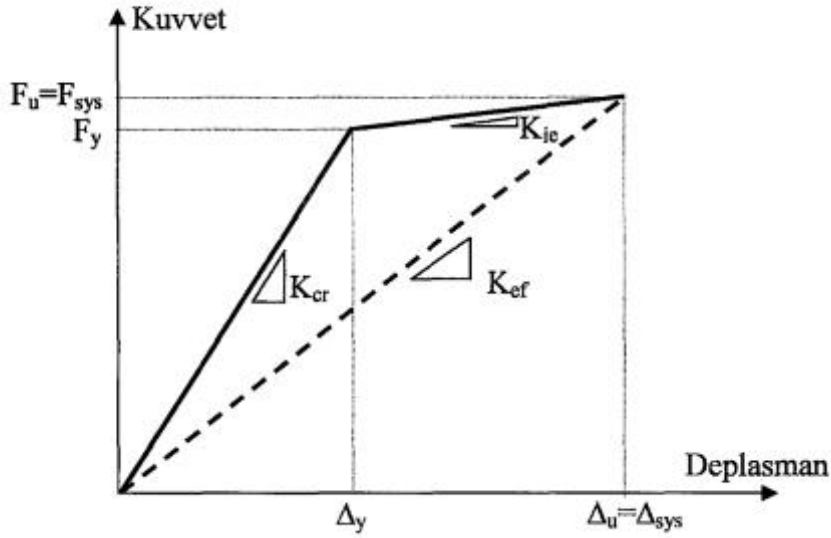
$$M_{ef} = \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{\Delta_i}{\Delta_{ef}} \right) \quad (3.3)$$

g. Efektif rijitlik hesaplanır.

Efektif rijitlik, efektif kuvvetin binaya ait deplasmana bölünmesiyle aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$K_{ef} = \frac{4\pi^2}{T_{ef}^2} M_{ef} \quad (3.4)$$

Efektif rijitliği diğer bir hesaplama şekli ise efektif kuvveti deplasmana bölmektir.



Şekil 3.3: Efektif rijitlik[15]

Efektif rijitlikle tek serbestlik derecesine dönüştürülmüş olan temsili yapı lineer davranış ile tasarlanmaktadır. Efektif kuvvetin deplasmana bölünmesiyle efektif rijitliği hesaplayabiliriz.[7]

h. Taban kesme kuvveti hesaplanır

Çok serbestlik dereceli olan yapıda deprem kuvvetlerine karşı tabanda oluşan tepki kuvveti (V_b) ; taban kesme kuvveti olarak adlandırılır. Bu kuvvet tek serbestlik dereceli sistemin efektif kuvvetine eşittir. Katlara etkiyen kuvvetlerin toplamı taban kesme kuvvetine eşittir.

$$V_b = F_{ef} = K_{ef} \Delta_{sys} \quad (3.5)$$

Yukarıdaki formülle hesaplanan taban kesme kuvvetine göre çok serbestlik dereceli esas yapı dizayn edilir.[7]

ı. Taban kesme kuvveti değerinin katlara dağıtılması.

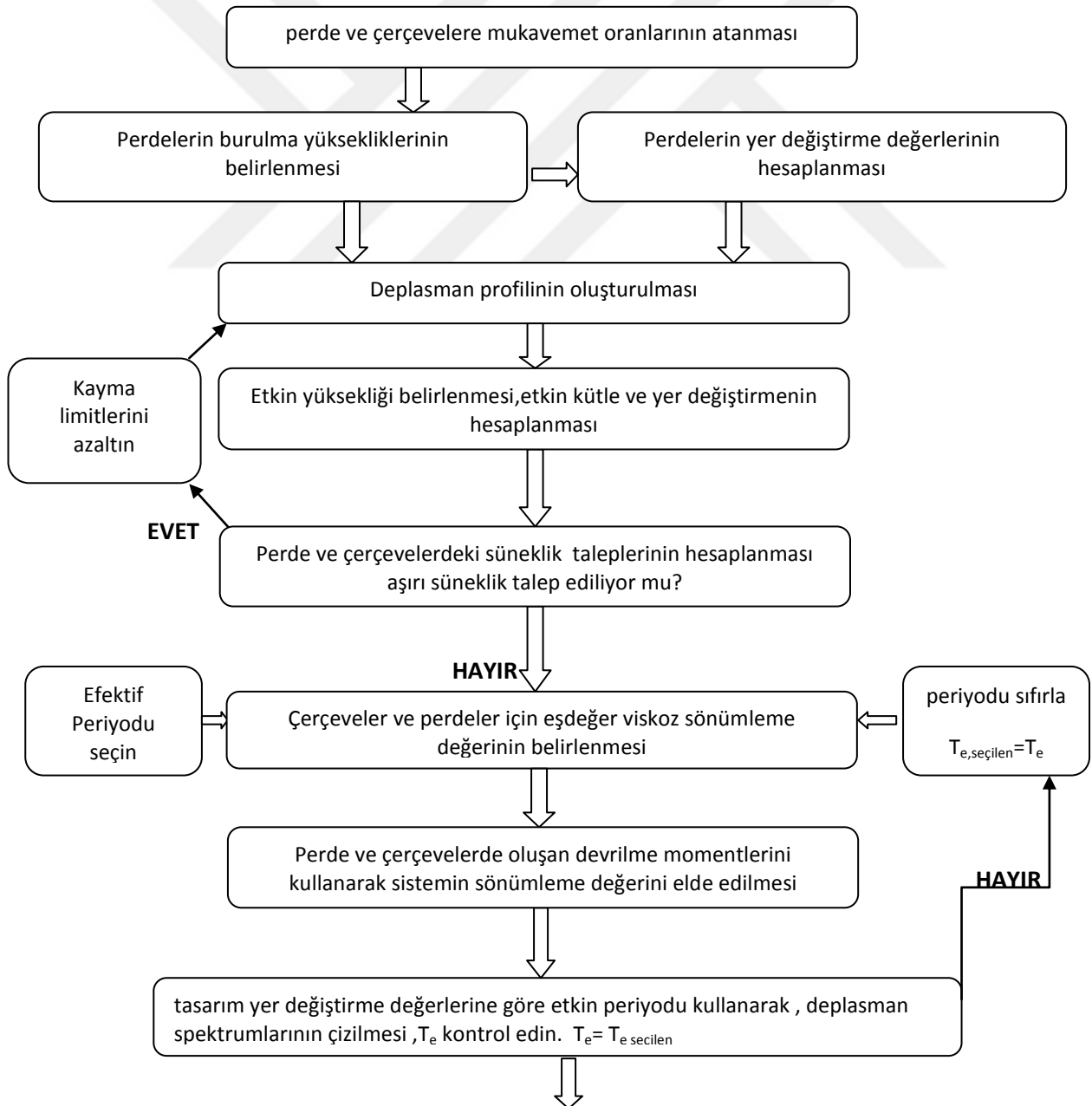
Yapıya ait kat kuvvetlerinin toplamı taban kesme kuvvetine eşittir. Kat kuvvetleri katlarda oluşan deplasmanlarla aynı ölçüde büyür veya küçülür.

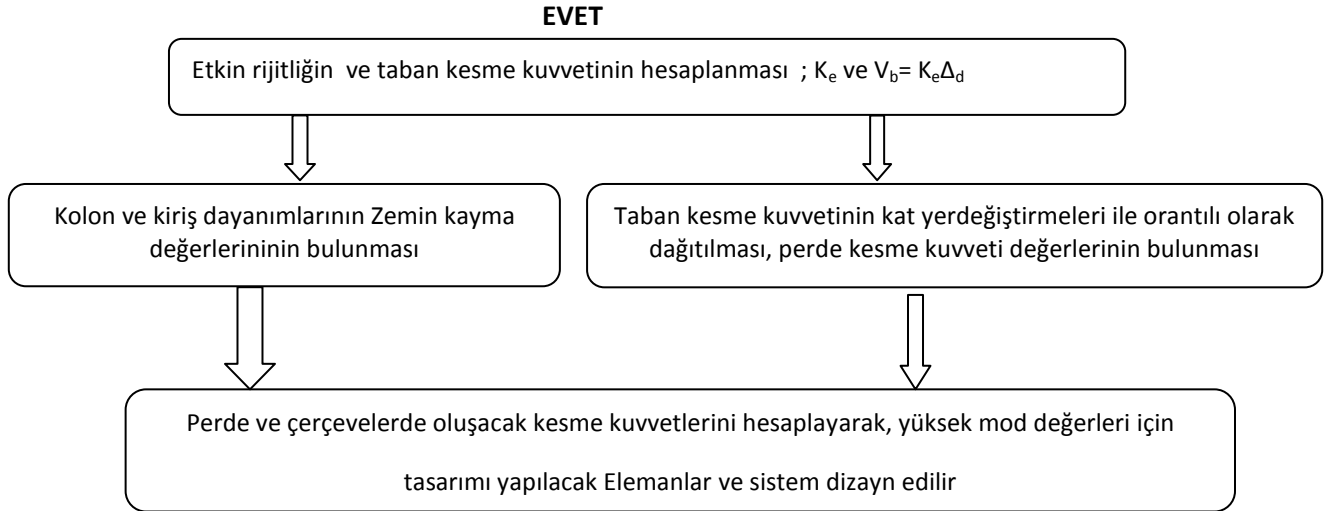
$$F_i = V_b \frac{m_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i}$$

(3.6)

i. Son olarak analiz yapılır.

Yapı elemanları dizayn edilir. Perde- çerçeve sistem için perde rijitliği temsili yapı düşüncesi nedeniyle perdenin alt bölümlerinde azaltılmalıdır. Kolon ve perdelerin taşıyacağı taban kesme kuvveti değerine göre zemin kat kolonlarında oluşan taban momentleri hesaplanır. Perde- kolon rijitlik oranından perde momentleri de hesaplandıktan sonra statik analiz için gerekli olan bütün veriler elde edilmiş olur.

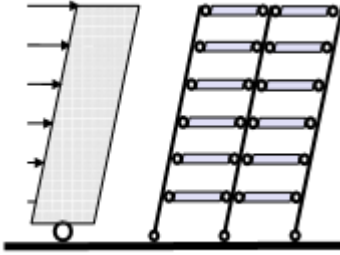




Şekil 3.4 Perde - Çerçevesel yapılar için önerilen tasarım prosedürünün akış şeması.[8]

3.3 Perde Duvarlarda Burulma Yüksekliğinin Tespiti İçin Mukavemet Oranlarının Belirlenmesi

Perde ve çerçevelerin toplam yüksekliği perde-çerçeveler için burulma yüksekliği ve taban kesme kuvveti ile eşit oranlarda ve sabit kesme direnci sağlar.



Perdelerde burulma yüksekliğini bulmak için çerçeve ve perde duvarın mukavemet oranlarını kullanırız. Toplam kesme kuvveti tasarımda perdelerin tabanında oluşan kesmelerden elde edilemez. Zemin katın üzerinde elastikiyetini koruduğu için zemin kayması ve üst kat kesme kuvvetleri çerçeveler tarafından taşınacak kesme kuvveti oranına bağlı olacaktır. Bu sebeple, perde kesme kuvveti formülde gösterildiği gibi toplam kesme kuvvetinden çerçeve kesme kuvvetinin çıkarılması sonucunda bulunacaktır. Çerçeve kat kesme kuvvetleri sadece kirişlerin bina yüksekliği boyunca gücü kadardır.

$$\frac{V_{i,wall}}{V_b} = \frac{V_{i,total}}{V_b} - \frac{V_{i,frame}}{V_b}$$

(3.7)

Burada ;

V_b : Toplam kesme kuvveti

$V_{i,wall}$: i. seviyede perde kesme kuvveti

$V_{i,total}$: i. seviyede toplam kesme kuvveti

$V_{i,\text{çerçeve}}$: ise i. seviyedeki çerçeve kesme kuvvetidir.

Burulma yüksekliğini oluştururken; üçgen şeklinde dağılım gösteren atalet kuvveti yapının yüksekliğini zorlar. Bu yaklaşım zemin katın kesme kuvveti değerinin bir fonksiyonu olarak toplam kat kesme kuvvetini oluşturur.

$$\frac{V_{i,total}}{V_b} = 1 - \frac{i(i-1)}{n(n+1)} \quad (3.8)$$

i: hesapta kullanılan kat sayısı

n: Binadaki toplam kat sayısı

Bu denklem bina yüksekliği boyunca toplam kat kesme kuvveti dağılımını sağlar. Tasarım ve inşaat aşamasında avantajlı olacağından yapı yüksekliği boyunca kuvvetlere eşit kirişler kullanılmalıdır. Kat kesme kuvveti herhangi bir kolon- kiriş mafsalının üstünde ve altındaki kolonlara eşit olarak dağıtılır. Çerçeve kat kesme kuvveti kiriş mukavemetlerinin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki denklemle elde edilir.

$$V_{i,frame} = \frac{(\sum M_{b,i} + \sum M_{b,i-1})}{2(h_i - h_{i-1})} = \frac{\sum M_{b,i}}{h_{col}} \quad (3.9)$$

Denklemde;

$M_{b,i}$ = i. seviyedeki kiriş mukavemeti

h_{col} : katlar arasındaki yüksekliktir.

Bu formülde çerçeve kat kesme kuvveti bina yüksekliğince sabittir.

Taban kesme kuvvetinin bir fonksiyonu olarak hesaplanan perde kesme kuvvetleri, burulmaları ve çerçeve tarafından taşınan kayma oranı yerine koyulabilir. Yapının yerdeğiştirmelerini bulmak için burulma yüksekliği kullanılacaktır. Daha sonra deplasman profili geliştirilecektir. Yapıların devrilme oranları doğrudan belirli bir yükseklikteki kesme profilinden elde edilebilir. Bu devrilme oranları daha sonra tasarım prosedüründe kullanılır. Tasarımın başlangıcında taban kesme kuvvetinin değerleri atanarak hesaplamalar yapılır.

3.4 Deplasman Profili ve Eşdeğer TSD Sistemin Karakteristikleri

Öncelikle perdelerin dönme değerleri hesaplanır.

$$\phi_{y\text{perde}} = \frac{2\varepsilon_y}{L_w} \quad (3.10)$$

ε_y : Donatının birim uzaması

L_w : Perde duvar uzunluğu

$$\Delta_{iy} = \frac{\phi_{y\text{Wall}} h_{\text{inf}} h_i}{2} - \frac{\phi_{y\text{Wall}} h_{\text{inf}}^2}{6} \quad \text{for } h_i \geq h_{\text{inf}} \quad (3.11)$$

$$\Delta_{iy} = \frac{\phi_{y\text{Wall}} h_i^2}{2} - \frac{\phi_{y\text{Wall}} h_i^3}{6h_{\text{inf}}} \quad \text{for } h_i < h_{\text{inf}} \quad (3.12)$$

Δ_{iy} : i. Seviye İçin Yer Değerirme'dir

h_{inf} : Momentin sıfır olduğu yükseklik değerleri

h_i : Bina yüksekliğidir.

Perdelerin dönmesi

$$\theta_{y\text{ frame}} = \frac{0.5l_b \varepsilon_y}{h_b} \quad (3.13)$$

Tasarım deplasmanı;

$$\Delta_i = \Delta_{iy} + \left(\theta_d - \frac{\phi_{y\text{Wall}} h_{\text{inf}}}{2} \right) h_i \quad (3.14)$$

formülüyle bulunur.Burada:

Δ_i : i. seviye için tasarım deplasmanı

Φ_{ywall} : Perdelerin dönmesi

h_{inf} : Momentin Sıfır Olduğu Burulma yüksekliği

θ_d : Tasarım Katında Ötelenme

Δ_{iy} : i. Seviye İçin Yer Değiştirme'dir.

Yukarıdaki denklemlerle tasarım kayması değeri bulunursa, yapı üzerindeki inelastik taleplerin, kritik kat ötelenmesi değeri tasarım deplasman profili belirlenmiş olur. Eşdeğer TSD sistemin tasarımındaki yerdeğiştirmeler, kat kesme kuvveti, efektif kütle ve efektif yükseklik aşağıda verilen denklemler yardımıyla hesaplanabilir.

$$\Delta_d = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)} \quad (3.15)$$

$$m_e = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)}{\Delta_d} \quad (3.16)$$

$$h_e = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i h_i)}{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)} \quad (3.17)$$

m_e : efektif kütle

h_e : efektif yükseklik

3.4 Süneklik Değerleri

Direkt deplasman esaslı dizayn için etliki periyot ve eşdeğer viskoz sönüm oranı gerekli olan değerlerdir. Bu eşdeğer viskoz sönümlenme içinde perdelerde oluşan süneklik talepleri etkin yükseklikteki yerdeğiştirme değerleri kullanılarak hesaplanmalıdır. Perdelerin süneklik talebi; bu sebeple yapının tasarım yerdeğiştirmesinin efektif yükseklikteki perdelerin yer değiştirmesine bölünmesidir.

$$M_{wall} = \frac{\Delta d}{\Delta h_{e,y}} \quad (3.18)$$

M_{wall} : Perdelerin süneklik talebi

Δ_d : Yapı Tasarım Deplasmanı

$\Delta_{he,y}$: Etkili Yükseklikteki Perde Yerdeğiştirmesi

Her seviye ve her kattaki çerçeveler üzerindeki deplasman sünekliği

$$M_{\text{çerçeve},i} = \left(\frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{h_i - h_{i-1}} \right) * \frac{1}{\theta_{\text{çerçeve}}} \quad (3.19)$$

$M_{\text{çerçeve},i}$: i. seviyedeki çerçeve sünekliğidir.

h_i, h_{i-1} : i. seviye ve i-1. seviyedeki yerdeğiştirme yüksekliğidir.

Eş değer viskoz sönümlenmeye ilişkin hesaplamaları yapmaya başlamadan önce , süneklik taleplerinin sürdürülebilir olup olmadığı kontrol edilmelidir. Çerçevelerdeki süneklik taleplerine göre perdelerde yerdeğiştirmeler ve eğrilik daha küçük olacaktır. Çerçevelerin perdelerle paralel olduğu perde-çerçeve sistemler için süneklik talepleri oldukça düşük olur ve kolaylıkla detaylandırılabilir.

Perdelerde oluşan eğrilik süneklik talebi, eşdeğer viskoz sönümlenmenin tahmin edilmesi bunun iyi bir göstergesi değildir.

Eğrilik süneklik talebi, burulma yüksekliğinin değil, toplam yüksekliğin inelastik olmayan bir fonksiyonudur.

Perde-çerçeveli yapıların perdelerde oluşan deformasyon talepleri, düzlemsel perde duvarlı yapılarda perde plastik mafsallık uzunluğu aşağıdaki denklem sonuçlarının minimumu olarak alınır.

$$L_p = 0.022 f_y d_b + 0.054 h_{inf} \quad (3.20)$$

$$L_p = 0.2 L_w + 0.03 h_{inf} \quad (3.21)$$

d_p : Boyuna donatının çapıdır.

L_w : Perde duvar uzunluğu

h_{inf} : Eğilme yüksekliğidir.

Bu formüllerde kullanılan yükseklik toplam yüksekliğin yerine geçer. $\epsilon_c = 0,018$ ve $\epsilon_s = 0,06$ değerleri en ideal değerler olacaktır. Betonarme perde duvarların en nihai eğrilik değeri;[7]

$$\phi_u = \frac{0.072}{L_w} \quad (3.22)$$

Φ_u : Nihai eğrilik

L_w : Perde duvar uzunluğu

Bu denklem, bir dizi aksenal yük ve boyuna yük miktarı üzerinden nihai eğriliği temsil etmektedir.

Süneklik üzerinde yapılan kontrollerde , süneklik ile ilgili inelastik deformasyonlar ve tasarım sürüklenme değeri aşırı olacaktır. Böyle bir durumda tasarımda kayma azaltılmalı ve yer değiştirme profili tekrar hesaplanmalıdır. Etkili periyot tasarım sürecinin başlangıcında bilinmediğinden, yaklaşık bir deneme değeri kullanılabilir. Bu deneme değeri için mantıklı bir etkin periyot;

$$T_{e,trial} = \frac{N}{6} \sqrt{\mu_{sys}} \quad (3.23)$$

Burada

$T_{e,trial}$: Etkin periyot

N : Toplam kat sayısı

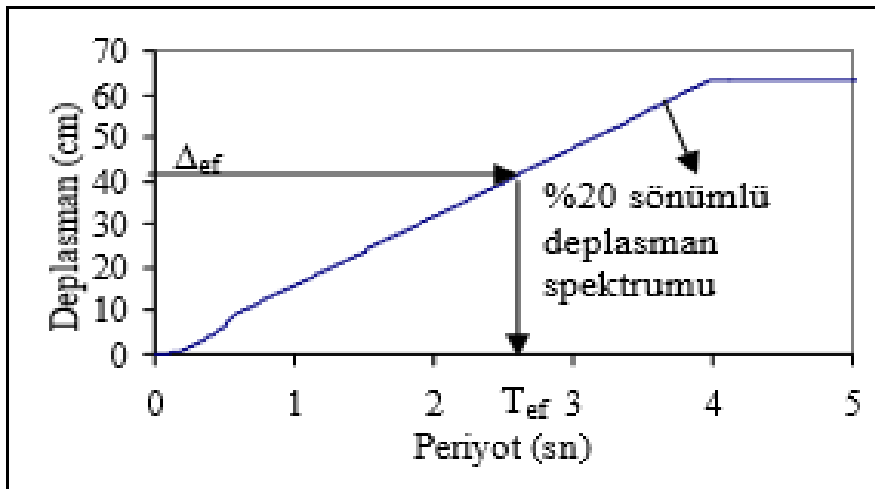
μ_{sys} : Sistem sünekliğidir.

Tasarım sürecinin bu aşamasında temsili tek serbestlik dereceli yapının özellikleri belirlenmiş olur. Bu şekilde deplasman profiline göre sönüm tasarım spektrumu geliştirilir. Yapılacak tasarımın sismolojik özelliklerine göre uygun ölçeklendirme faktörü η değeri kullanılır. Elastik spektrumun sönümlenme seviyesine göre ölçeklendirilmesi için kullanılır.

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi_{SDOF})} \geq 0.55 \quad (3.24)$$

Formülde;

ξ_{SDOF} : Tek Serbestlik Dereceli Sistemin eşdeğer viskoz sönümlenmesidir. Tasarım deplasmanını belirleyerek veya bilinen noktalar arasında enterpolasyon yaparak kullanılır.



Şekil 3.5: Efektif Periyodun Elde Edilmesi[6]

Şekilde direkt deplasman Esaslı Tasarım aşamasında elde edilen efektif periyot sembolik sistemin etkin periyodu ile kıyaslandığında periyot değerleri eşitlenmiyorsa,

böyle bir durumda şekildeki periyot temsili sistemin periyodunu yerini alır ve tasarım aşaması tekrarlanır. Efektif periyotlar eşlendiğinde tasarımcı etkin rijitlik, taban kesme kuvveti ve kayma kuvvetlerini hesaplar.

3.5 Taban Kesme Kuvveti ve Mukavvemet Değerlerini Belirleme

Efektif periyot ve efektif rijitlik

$$K_e = 4\pi^2 \frac{m_e}{T_e^2}$$

formülüyle hesaplanır.

m_e : Etkin kütle

T_e : Etkin periyot

Daha sonra etkin rijitlik, taban kesme kuvvetini elde etmek için tasarım deplasmanı Δ_d değeri ile çarpılır. Kesme V_b aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$V_b = K_e \Delta_d$$

Tasarım sürecinin başlangıç aşamasındaki mukavvemet oranları korunarak atanır. Üçgen bir yanal kuvvet dağılımı, taban kesme kuvveti ve yapının yüksekliğine göre;

$$F_i = \frac{m_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^N m_i \Delta_i} V_b$$

Bu denklemde

F_i = Taban kuvvetinin seviyesi

m_i = i. seviyede kütle

Δ_i = i. seviyedeki yer deyiştirmedir.

Bu şekilde deplasmana dayalı tasarım tamamlanmış olur. Anlatılanlardan da görüleceği üzere deplasmana dayalı tasarım süreci basittir ve mükemmel kontrol sağlar.

4. YAPI HASAR DURUMLARI

“Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırın ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla; çok seyrek olan şiddetli depremleri büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistem tamamen geçmeden, can kaybı olmaksızın taşıyabilmesidir” [16]. FEMA 356’da elemanlarında oluşacak hasarın büyüklüğü, tanımlanan performans seviyeleri ile gruplandırılmaktadır. Bu seviyeler tasarımcının, yapı elemanlarının kesitlerinde oluşan deformasyonları dikkate alarak hasarı derecelendirilmesini mümkün kılmaktadır. Yapı performansı, yapısal ve yapısal olmayan bileşenlerin performanslarının kombinasyonu şeklindedir. Bina performansı, bu standartlar çerçevesinde Yapı Performans Seviyeleri olarak açıklanmaktadır. Bu hedef Yapı Performans Seviyeleri, deprem esnasında karşılaşılabilecek birbirinden farklı olası hasar durumlarının sonsuz spektrumu arasından seçilmiştir. FEMA da belirtilen bu Yapı Performans Seviyeleri, mühendisler tarafından, deprem sonrası anlamlı sonuçlar tanımlayabildiği için seçilmiştir. Bu seviyeler binanın normal fonksiyonlarını yerine getirebilmesi, makul deprem sonrası kullanım ve can güvenliğinin riskte olması durumlarını içermektedir.

4.1 Yapısal Performans Seviyeleri

FEMA-356 bir binanın yapısal performans seviyesinin seçimini, dört yapısal performans seviyesi ve iki orta dereceli yapısal performans aralığı olarak gruplandırmaktadır.

i. Hemen kullanım yapısal performans seviyesi (S-1) : Deprem sonrası kullanımın güvenli olduğu hasar durumudur. Deprem öncesi mukavemeti ve dayanıklılığını aynı seviyede korumaktadır. Sınırlı hasar meydana gelmiştir. Bir yapısal hasardan dolayı hayat tehdit etme riski çok düşüktür. Sadece küçük onarımlar gerekebilir.

ii. Hasar kontrol yapısal performans aralığı (S-2) : Can güvenliği performans seviyesi (S-3) ve hemen kullanım performans seviyeleri (S-1) aralığındaki sürekli hasar aralığıdır. Hemen kullanım seviyesi sonrası yapı içerisinde önemli olarak nitelendirilebilecek içerik

bulunduruyorsa veya değerli eşyaların korunması amacı ile tamir ve işletme süresinin kısaltılmak istenmesi durumunda tasarım bu aralığa göre yapılabilir.

iii. Can güvenliği yapısal performans seviyesi (S-3) : Yapısal elemanlarda hasar meydana gelmiştir fakat kısmi veya tamamen çökme durumunun mevcut olmadığı deprem sonrası hasar durumudur. Çoğu yapı için tasarıma esas hasar durumudur.

iv. Kısıtlı güvenlik yapı performans aralığı (S-4) : Can güvenliği performans seviyesi (S-3) ve göçmenin engellendiği yapı performans seviyeleri (S-5) aralığındaki sürekli hasar aralığıdır.

v. Göçmenin engellendiği yapı performans seviyesi (S-5) : Yapı deprem sonrası sadece düşey yükleri taşıyabildiği, ancak yapı göçmeye karşı koyacağı kuvvetten yoksun kalmadığı deprem sonrası hasar seviyesidir.

vi. Yapısal performansın göz önüne alınmaması (S-6) : Bina içerisinde önemli eşyalar bulunmakta ise, bazı yapı sahipleri tarafından değerlendirilmektedir. Bina yıkılması durumunda bile, içerisindeki eşyalara zarar gelmeyecek şekilde belirlenen performans seviyesidir.

4.2 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri

“Yapısal olmayan performans seviyeleri farklı beş seviyeden oluşmaktadır. Bu yapısal olmayan elemanlar dış kaplama, asma tavan gibi mimari elemanları, ışıklandırma, su giderleri, yangın sistemleri gibi mekanik ve elektrik elemanlarını ele almaktadır” [5].

i. İşlevsel bakımdan yapısal olmayan performans seviyesi (N-A) : Deprem sonrası, taşıyıcı olmayan elemanların, deprem öncesi binada bulunan fonksiyonlarını taşıyabilmektedir.

ii. Hemen kullanım bakımından yapısal olmayan yapı seviyesi (N-B) : Yapısal olmayan elemanlarda oluşmuş hasarı kapsayan ancak, bina erişim ve can güvenliği sistemlerinin gerekli gücü aldığı takdirde mevcut ve kullanılabilir durumda olduğu deprem sonrası hasar seviyesidir. Kapılar, merdivenler, yangın alarmları bu duruma örnek verilebilir.

iii. Can güvenliği bakımından yapısal olmayan yapı seviyesi (N-C) : Deprem sonrası yapısal olmayan elemanlarda hasar meydana gelmiştir fakat can tehdidi oluşturmamaktadır.

iv. Düşme, devrilme tehlikesi bakımından yapısal olmayan performans seviyesi (N-D) : Deprem sonrası, düşme ile tehlike oluşturabilecek yapısal olmayan elemanlarda hasar meydana gelmektedir.

v. Yapısal olmayan performansın göz önüne alınmaması (N-E) : Bazı durumlarda bina yenilenmesinde yapıda bulunan yapısal olmayan elemanların hassasiyetleri dikkate alınmamaktadır.

4.3 Yapı Performans Seviyeleri

“Hedef yapı performans seviyesi, yapısal performans seviyelerinden alacağı numaralardan ve yapısal olmayan performans seviyelerinden alacağı harflerden meydana gelir”[5]. FEMA-356’da belirtilen seviyeler Tablo 4.1 ve 4.2’de açıklanmıştır.

i. *B* Kullanıma hazır bina performans seviyesi (1-A) : Yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar minimum veya yok kabul edilir. Yapı deprem öncesi özelliklerini korumaktadır.

ii. *IO* Hemen kullanım bina performans seviyesi (1-B) : Yapısal elemanlarda minimum veya yok olarak hasarlar kabul edilirken, yapısal olmayan elemanlara ufak derecede hasar geldiği kabul edilir. Yapı deprem öncesi özelliklerini korumaktadır.

iii. *LS* Can güvenliği bina performans seviyesi (3-C) : Bina, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda yoğun hasara maruz kalmıştır. Kullanılmaya başlanmadan önce güçlendirmeye ve yenilenmeye gidilmesi gerekebilir. Bina performans seviyesinde, can güvenliği riski düşüktür.

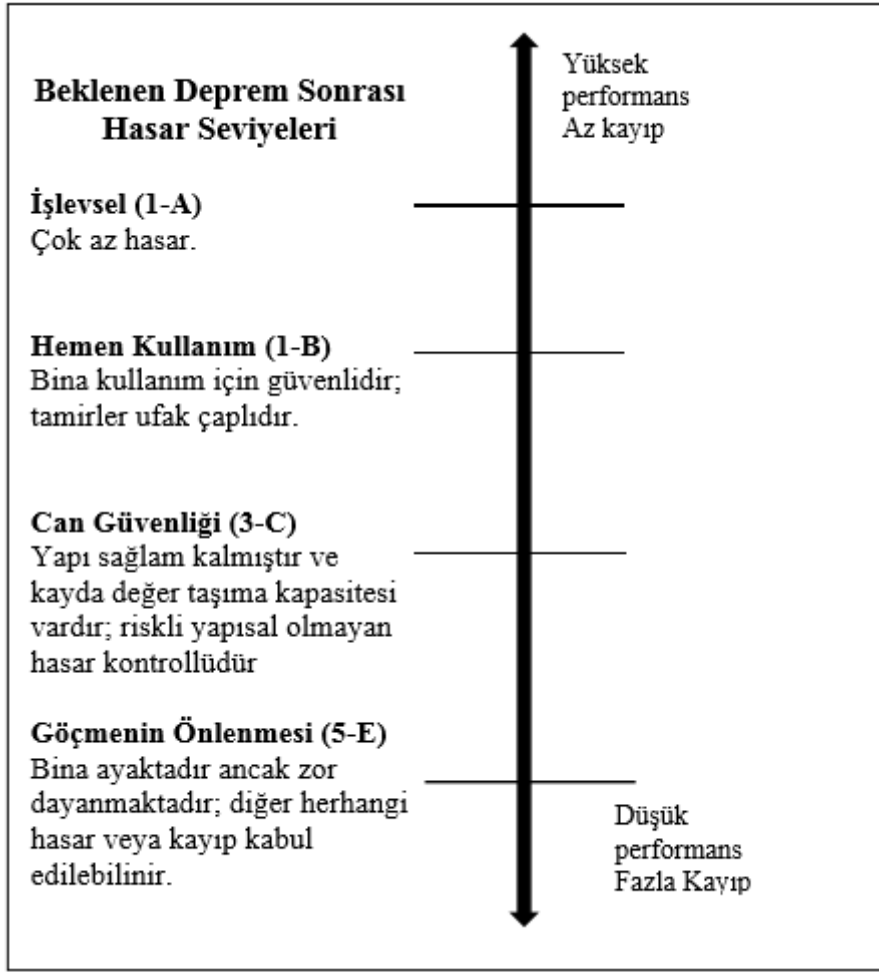
iv. *CP* Çökmenin engellendiği bina performans seviyesi (5-E) : Bu bina performans seviyesine hedef olan binalarda yapısal olmayan elemanlarda can güvenliğini tehlikeye

atacak çökmeler meydana gelebilmektedir. Buna karşı, bina çökmemiştir ve büyük çaplı bir can kaybı önlenmiştir. Bu seviyeye yakalanan binalar ekonomik kayıp olarak görülmektedir.

Tablo 4.1 yapısal ve yapısal olmayan performans seviyelerinin kombinasyonlarını ve sonucunda yapı performans seviyelerini belirtmektedir.

Tablo 4.1: Yapı performans seviyeleri ve aralıkları[5]

YAPI PERFORMANS SEVİYELERİ VE ARALIKLARI						
YAPISAL OLMAYAN PERFORMANS SEVİYELERİ	Yapısal Performans Seviyeleri ve Aralıkları					
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6
N-A	1-A	2-A	*	*	*	*
N-B	1-B	2-B	3-B	*	*	*
N-C	1-C	2-C	3-C	4-C	5-C	6-C
N-D	*	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
N-E	*	*	*	4-E	5-E	*
*: ÖNERİLMEZ						



Şekil 4.1: Beklenen deprem sonrası hasar seviyeleri. [5]

Şekil 4.1’de belirtildiği biçimde, deprem sonrası yapıda beklenen performans seviyesi ne kadar yüksek ise, bunu sağlayacak yapının yüksek bir performansa sahip olması gerektiğinden, deprem sonrası beklenen hasar o derece az olacaktır.

Tablo 4.2: Hasar kontrolü ve yapı performans seviyesi. [5]

<i>Hasar Kontrolü ve Yapı Performans Seviyesi</i>				
	Hedef Bina Performans Seviyesi			
	Yapısal Göçmenin Engellenmesi	Can Güvenliği Seviyesi	Hemen Kullanım Seviyesi	İşlevsel Seviye
<i>Genel Hasar</i>	Şiddetli	Orta	Az	Çok Az
<i>Genel</i>	Az mukavemet ve direnç kalmıştır ama yük taşıyıcı kolon ve perdeler işlevseldir. Büyük kalıcı akınalar meydana gelmiştir. Dolgular ve parapetler çökmek üzere veya çökmüştür. Bina yıkılmaya yakın seviyededir.	Bütün katlarda az mukavemet ve direnç kalmıştır. Düşey yük taşıyıcı elemanlar çalışır durumdadır. Duvar veya parapetlerde düzlem dışı hasar oluşmaz. Bazı kalıcı akınalar meydana gelir. Bazı bölümler hasarlıdır. Tamiri ekonomik seviyeleri geçebilir.	Kalıcı akma yoktur. Yapı elemanları gücünü ve mukavemetini korur. Küçük çatlaklar oluşabilir.	Kalıcı akma yoktur. Yapı elemanları gücünü ve mukavemetini korur. Küçük çatlaklar oluşabilir.
<i>Yapısal Olmayan Elemanlar</i>	Yoğun Hasar	Düşme tehlikesi olan riskler azaltılmıştır ancak mimari, mekanik ve elektrik sistemleri hasarlanmıştır.	Donanım ve içerik genel olarak güvendedir ancak mekanik aksaklık veya kaynak yetersizliğinden kullanılmama ihtimali vardır.	İhmal edilebilir hasar meydana gelir. Elektrik ve diğer hizmetler büyük ihtimalle destek kaynaklardan sağlanmaktadır.

FEMA-356’da belirtilen, deprem sonrası bir yapıda beklenen hasar performans seviyesine bağlı, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar durumu tanımları Tablo 4.2’de belirtildiği biçimdedir.

Tablo 4.3: Yapı güçlendirme amaçları. [11]

Yapı güçlendirme amacı, tasarında büyük ölçüde, herhangi bir Güçlendirme veya onarım projesinde uygulanabilirliğini ve maliyetini, bununla beraber geliştirilmiş güvenlik, yapı hasarında azaltma ve gelecek depremler arında kullanım durdurmasına, karar vermek için bir esas olarak alınır.

		Güçlendirme Amaçları			
		Hedef Bina Performans Seviyeleri			
Deprem Hasar Seviyesi		İşlevsel Performans Seviyesi (1-A)	Hemen Kullanım Performans Seviyesi (1-B)	Can Güvenliği Performans Seviyesi (3-C)	Göçmenin Engellendiği Performans Seviyesi (5-E)
			%50/50 Yıl	a	b
	%20/50 Yıl	e	f	g	h
	BSE-1 (%10/50 Yıl)	i	j	k	l
	BSE-2 (%2/50 Yıl)	m	n	o	p

Notlar:

- Yukarıdaki her bir hücre ayrı bir Güçlendirme Amacı matrisini belirtmektedir.*
- Yukarıdaki güçlendirme matrisleri 3 belirli güçlendirme amacını temsil etmektedir.*

k + p – Temel Güvenlik Hedefi
k + p + (a, e, i, b, f, j, n) – Geliştirilmiş Hedefler
Sadece o, n veya m – Geliştirilmiş Hedefler
Sadece p veya k – Sınırlı Hedefler
a, g, d, k, l – Sınırlı Hedef

Tablo 4.4: Depremlerin ortalama dönüş periyodu.[5]

<i>Deprem'in Aşılma İhtimali</i>	<i>Ortalama Dönüş Periyodu (Yıl)</i>
<i>%50 / 50 Yıl</i>	72
<i>%20 / 50 Yıl</i>	225
<i>%10 / 50 Yıl</i>	474
<i>%2 / 50 Yıl</i>	2475

Tablo 4.3 ve 4.4'te belirtildiği şekilde, yapıda oluşması muhtemel deprem hasar seviyelerinde, yapının deprem sonrası beklenen genel performans seviyesi, mühendise tasarım ve güçlendirme konularında bilgilendirme sağlamaktadır. FEMA 356'da belirtilen güçlendirme hedefleri aşağıda belirtildiği şekildedir.

i. Temel Güvenlik Hedefi: Geleneksel olarak yapılan analizlerdeki kabul edilen seviye olarak deprem riskini can güvenliği seviyesinde kabul etmektedir. Bu amaçtaki yapılarda, orta seviye, kısmen sık görülen depremlerden ufak hasarlar aldığı ancak, daha büyük gelecek depremlerde daha büyük hasar ve muhtemel ekonomik kaybın göz önüne alındığı kabul edilir. Yeni düzgün tasarlanmış ve inşa edilmiş yapılara göre, bu amaçta güçlendirilen yapılarda daha büyük hasar ve ekonomik kayıp beklenmektedir.

ii. Geliştirilmiş Güçlendirme Hedefleri: Güçlendirmesi temel güvenlik seviyesini geçen binalar geliştirilmiş güçlendirme amaçları olarak tanımlanır. Bu amaçtaki tasarımlar yüksek bina performans seviyesi göz önüne alınarak, daha yüksek deprem hasar seviyesi kabul edilerek veya her ikisinin de aynı anda kabul edildiği kombinasyon şeklinde yapılır.

iii. Sınırlı Güçlendirme Hedefleri: Temel güvenlik amacından daha az bir deprem hasarı veya bina performans seviyesi olan binaların güçlendirilmesine cevap vermektedir.

Uygulandığı amaçlar

1. BSE-1'den az hasarlı depremler için can güvenliği seviyesi (3-C). 2. BSE-2'den az hasarlı depremler için göçmenin engellendiği performans seviyesi (5-E). 3. BSE-1'den az hasarlı depremler için bina Performans Seviyeleri 4-C, 4-D, 4-E, 5C, 5-D, 5-E, 6-D veya 6-E.

4.4 Bina Performans Seviyeleri

“Binanın bir bütün olarak deprem sonrası performans seviyesinde kolon ve kirişler için izin verilen en büyük hasar oranları Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da ve bu performans seviyelerine oranla beklenen hasar durumu açıklamaları aşağıda belirtilmiştir” [20].

i. Hemen Kullanım Performans Seviyesi; Hemen kullanım durumunda, her hangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için kirişlerin en fazla %10’unun belirgin hasar bölgesinde olmasına izin verilir. Diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tamamı minimum hasar bölgesinde olmalıdır. Aksi halde bina hemen kullanım durumu’nda kabul edilemez. Bu koşulların sağlanması durumunda binanın güçlendirilmesine gerek yoktur.

ii. Can Güvenliği Performans Seviyesi; Can güvenliği durumu’nda her hangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için kirişlerin en fazla %30’unun (tali kirişler hariç) ve kolonların bir kısmının ileri hasar bölgesinde olmasına izin verilir. Ancak her bir katta ileri hasar bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan toplam kesme kuvvetine katkısı %20’nin altında olmalıdır (en üst katta %40). Diğer tüm taşıyıcı sistem elemanları minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesindedir.

iii. Göçme Öncesi Performans Seviyesi; Göçmenin önlenmesi durumu’nda, her hangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için kirişlerin en fazla %20’sinin ve kolonların bir kısmının göçme bölgesinde olmasına izin verilir. Diğer tüm taşıyıcı sistem elemanları minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesindedir. Her hangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30’u aşmaması gerekir.

Tablo 4.5: Kirişler için izin verilen en büyük hasar oranları.[20]

Kirişler İçin İzin Verilen En Büyük Hasar Oranları				
Bina Performans Seviyesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme
Hemen Kullanım	% 90	% 10		
Can Güvenliği	%70		%30	
Göçmenin Önlenmesi	%80			%20

Tablo 4.6: Kolonlar için izin verilen en büyük hasar oranları[20]

Kolonlar İçin İzin Verilen En Büyük Hasar Oranları				
Bina Performans Seviyesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme
Hemen Kullanım	% 100			
Can Güvenliği	Kolon kesme kuvveti oranı >%80 (en üst katta >%60)		Kolon kesme kuvveti oranı <%20 (en üst katta <%40)	
Göçmenin Önlenmesi	Kolon kesme kuvveti oranı >%80 (en üst katta >%60)			Kolon kesme kuvveti oranı <%20 (en üst katta <%40)

Tablo 4.7: Depremlerin ortalama dönüş periyodu.[5]

<i>Deprem'in Aşılma İhtimali</i>	<i>Ortalama Dönüş Periyodu (Yıl)</i>
<i>%50 / 50 Yıl</i>	72
<i>%20 / 50 Yıl</i>	225
<i>%10 / 50 Yıl</i>	474
<i>%2 / 50 Yıl</i>	2475

4.5 2007 Deprem Yönetmeliğinin Yaklaşımı

Ülkemizde Mart 2007'de yürürlüğe girmiş bulunan yeni Deprem Yönetmeliği' ne göre, mevcut binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler; yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın ve önceden yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür. Binaların mevcut halleri değerlendirilirken taşıyıcı sistemlerindeki elemanlarının depreme karşı dayanımları ve kapasiteleri belirlenirken binanın projesinden, yerinde yapılacak ölçüm ve değerlendirmelerden, binadan alınacak karot ve donatı örneklerinden faydalanılır. Donatı ve malzeme özellikleri laboratuvar deneylerinden elde edilir. Yapılacak incelemeler sonucunda mevcut durumla ilgili bilgilerin içeriğine göre her bina türü için bilgi düzeyi ve bununla ilişkili olarak bilgi düzeyi katsayıları tariflenecek, taşıyıcı sistem elemanlarının kapasite hesaplanması amacıyla kullanılacaktır. Bina bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı bilgi düzeyleri olarak sınıflandırılır.

a- Sınırlı Bilgi Düzeyi: Bu bilgi düzeyinde yapının taşıyıcı sistem projeleri bulunmamaktadır. Taşıyıcı sistem ile ilgili özellikler yapıda yapılacak inceleme ve ölçümlerle belirlenir.

b- Orta Bilgi Düzeyi: Bu bilgi düzeyinde de projeler bulunmayabilir. Eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, daha fazla ve detaylı ölçüm yapılır. Bina projeleri varsa sınırlı bilgi düzeyinde anlatılan ölçümler yapılır proje ile uyuşup uyuşmadığı kontrol edilir.

c- Kapsamlı Bilgi Düzeyi: Bina ile ilgili taşıyıcı sistem projeleri bulunmaktadır. Projedeki bilgilerin doğruluğunun tespiti için orta bilgi düzeyine oranla daha detaylı ölçümler yapılır. Türk Deprem Yönetmeliği'nde bu bilgi düzeyleri için yapılacak olan çalışmalar betonarme, çelik, prefabrike betonarme ve yığma binalar için ayrı ayrı açıklanmıştır. Deprem performansı tanımları olarak; hemen kullanım (HK), can güvenliği (CG) ve göçmenin önlenmesi (GÖ) hasar durumları (performans seviyeleri) kullanılmıştır. Bu performans seviyelerinin ATC-40 ve FEMA-356 yaklaşımlarındaki karşılıkları Tablo 4.8'de verilmektedir.

Tablo 4.8. Performans seviyelerinin yönetmeliklerdeki karşılıkları[11]

Performans Seviyeleri (ATC-40, FEMA-356)	Türk Deprem Yönetmeliği
Kullanıma devam performans aralığı	Minimum hasar bölgesi (Hemen kullanım performans aralığı)
Kullanıma devam performans seviyesi	Belirgin hasar bölgesi (Hemen kullanım performans seviyesi- Can güvenliği performans seviyesi)
Hemen kullanım performans seviyesi Can güvenliği performans seviyesi	
Can güvenliği performans seviyesi Göçmenin önlenmesi performans seviyesi	İleri hasar bölgesi (Can güvenliği performans seviyesi- Göçmenin önlenmesi performans sev.)
Göçme bölgesi	Göçme bölgesi

5. BİNA TASARIMI İÇİN ANA İLKELER

Yapıların tasarımının depreme dayanıklı olarak yapılabilmesi için esas kriterler, yeterli rijitlik, yeterli dayanım ve yeterli süneklik şeklinde ifade edilmektedir. Bina taşıyıcı sisteminde; sistemin tamamı ve bununla birlikte taşıyıcı sistemi meydana getiren parçaların (sistem elemanları) her birinde, deprem kuvvetlerini elemandan temele ve zemine kadar devamlı ve güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlayacak yeterlikte dayanım, süneklik ve rijitlik bulunmalıdır. Betonarme perdelerin tasarımında bu kriterlerin önemi büyüktür. Bunlarla birlikte, betonarme yapıların davranışlarıyla ilgili olarak kullanılan yeterli sönüm,

yeterli kararlılık (stabilite) ve yeterli uyum (adaptasyon) ilkeleri de göz önünde bulundurulmalıdır.[2]

5.1. Betonarme Yapılarda Deprem Güvenliğinin sağlanması için

Yeterli Dayanım

(Boyutlamada kapasite ilkesi)

Yeterli Rijitlik

(Deprem enerjisinin sönmülmesi, elemanlar arası yardımlaşma)

Yeterli Süneklik

(Katlar arası görelî yer değiştirmelerin sınırlandırılması, taşıyıcı olmayan elemanlarda hasarın ve ikinci mertebe etkilerin sınırlandırılması) bulunmalıdır.

Yapı ve yapı elemanlarının deprem sırasında meydana gelen enerjinin büyük bir kısmını, mukavemetinde büyük kayıplarla, kararsız bir denge hali olmadan büyük bir şekil değiştirme ve elastik olmayan davranışla enerjiyi yutma yeteneğine süneklik denir.

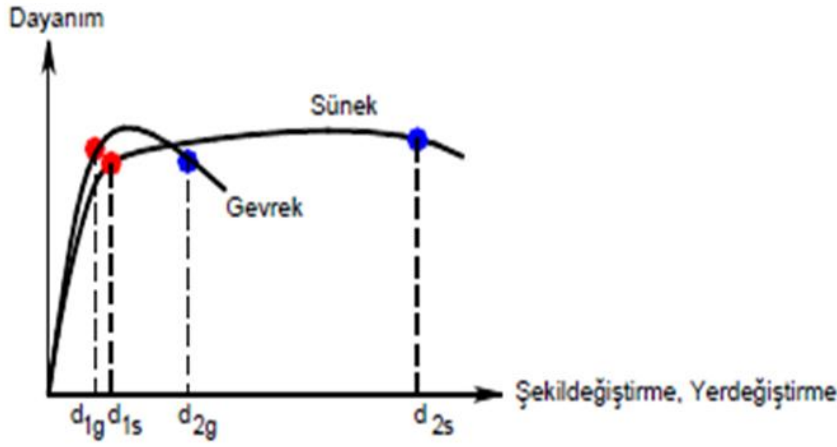
Süneklikle birlikte , yüklemenin fazla artmasıyla akmaya ulaşan noktalarda plastik şekil değiştirmelerde enerji alınırken, oluşan iç kuvvetleri daha az zorlanan kesitlere dağıtılması gerçekleştirilir. Dayanımların hemen hemen sabit olmasına karşın sünek olmayan bir bina elastik şekil değiştirmelerle kısıtlı kalırken, sünek bir binada ise şekil değiştirmeler elastik sınırın ötesine geçip elastik ötesi şekil değiştirmeler gerçekleştire bilmektedir. Bunun sonucunda yapı ve yapı elemanları, gerçekleşen deprem yüklerinin önemli bir kısmını tüketecektir.

Taşıyıcı sistemde yük taşıyabilme kapasitesinde büyük bir azalma olmadan yer değiştirme yapabilme yeteneğidir. Bir başka deyişle, kesit sünekliği olarak açıklanmak istenirse, kesitin taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan şekil değiştirebilme yeteneği olarak açıklanabilir.Elastik davranış ötesi davranışta, yapı sünekliğine bağlı olarak, yapı hasar kapasitesi artmaktadır” [20].

Gevreklik: Dayanımını ani olarak kaybetme özelliği

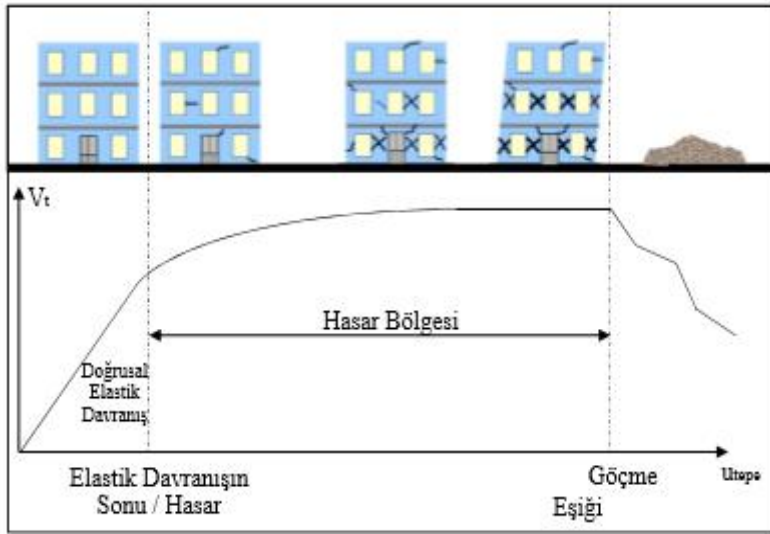
Sünek olmayan = Gevrek

Sünekliğin diğer tanımı: En büyük yer değiştirmenin (şekil değiştirmenin) elastik yer değiştirmeye (şekil değiştirmeye) oranı

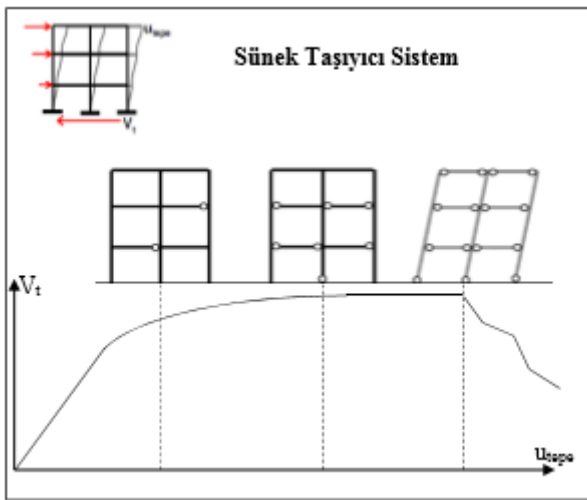


Şekil 5.1 Dayanım - şekil değiştirme grafiği[20]

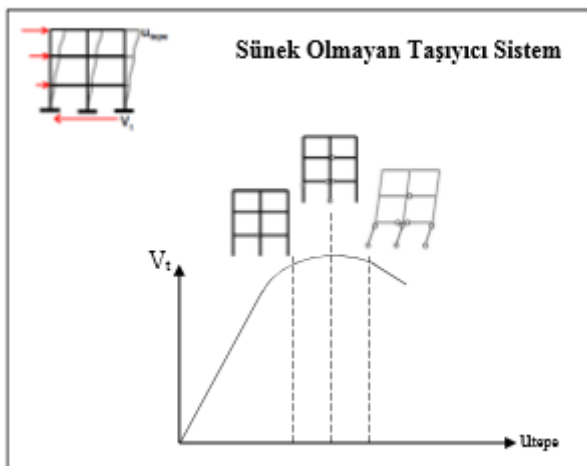
Yapının elastik ötesi davranışı göz önüne alındığında süneklik kavramı önemli rol oynamaktadır. Bu amaçla, süneklik kavramının açıklanması uygun görülmüştür. “Süneklik, taşıyıcı sistemin yük taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan yer değiştirme yapabilme yeteneğidir. Bir başka deyişle, kesit sünekliği olarak açıklanmak istenirse, kesitin taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan şekil değiştirebilme yeteneği olarak açıklanabilir. Şekil 1.1’de gösterildiği gibi, elastik davranış ötesi davranışta, yapı sünekliğine bağlı olarak, yapı hasar kapasitesi artmaktadır” .[20]. Yapılarda bu etkiyi, yapı elemanlarının elastik ötesi davranış göstermesi olarak tanımlayabiliriz. Bu anlamda, plastikleşme kavramı ortaya çıkmaktadır. Şekil 5.2’de gösterildiği şekilde bir yapının kapasite eğrisi göz önüne alındığında, sünekliğe bağlı karşı koyabileceği hasar seviyesi kapasitesi değişmektedir.



Şekil 5.2: Kapasite eğrisi.20



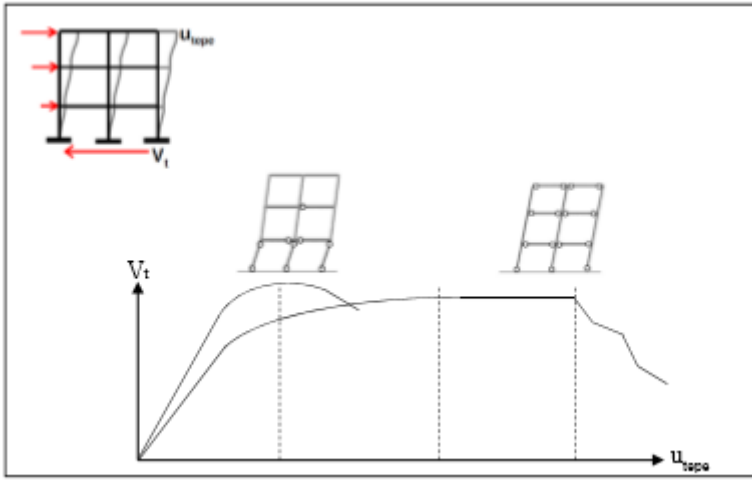
Şekil 5.3: Sünek taşıyıcı sistem kapasite eğrisi.[20]



Şekil 5.4: Sünek olmayan taşıyıcı sistem kapasite eğrisi.[20]

Sünek Taşıyıcı Sistem: Şekil 5.3'te gösterildiği gibi, akmadan sonra yatay yük kapasitesinde ciddi bir azalma olmadan yatay yer değiştirme yapabiliyor.

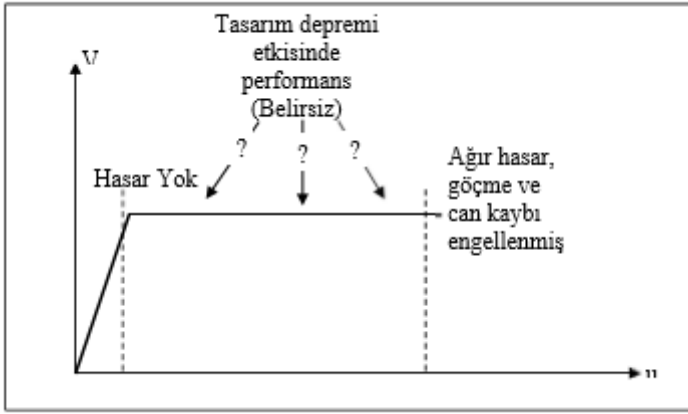
Sünek Olmayan Taşıyıcı Sistem: Şekil 5.4'te belirtilen şekilde, akmadan sonra fazla yer değiştirme yapmadan taşıma gücünü kaybetmektedir. Şekil 5.5, sünek ve sünek olmayan yapılarıdaki hasar kapasite farklarını belirtmektedir.



Şekil 5.5: Sünek-sünek olmayan sistemlerin kapasite eğrilerinin karşılaştırılması[20]

Yapının sadece elastik davranışını göz önüne alarak yapılan tasarımlar, çelik ile beton arasındaki rijitlik farkı nedeni ile büyük ölçülerde kesit alanları çıkartmaktadır. Günümüz yapı tasarım şartnameleri, yapılarda oluşabilecek plastikleşme etkilerini bir R katsayısı ile ele aldığından, tasarımcı da belirtilen yük azaltması doğrultusunda belirli bir güvenlik kat sayısı ile tasarım değerlerini bulmaktadır. Bu yapılan kuvvete dayalı tasarım sonucunda yapıda istenmeden, dayanım fazlalığı ortaya çıkmaktadır. [20].

Binalardan beklenen performans, tasarım depremi altında can güvenliğinin korunmasıdır.[20].



Şekil 5.6: Deprem anı kapasite eğrisi.[21]

Geleneksel yapı tasarım tekniklerinde, elastik hesapta gelen yükler küçültülerek plastikleşme kabulü yapılmaktadır. Gerçekte ise, büyük depremler gelen enerjiyi dağıtan elastik olmayan bir davranış sergileyerek yapılarda ciddi ölçülerde hasar meydana getirebilmektedir.

5.2 Betonarme Yapıların Sünekliğinin Sağlanması

Süneklik, binanın güvenliği ile direkt ilgili olduğu için, tasarlanan ve inşa edilen binaların sünek olabilmesi istenir. Hiperstatik bir binada süneklik sebebiyle, yapının çok zorlanan bölümleri yükleri taşımaya devam ederken oluşan şekil değiştirmelerle, daha az zorlanan bölümlerinin de yüklerin taşınmasında etkili olması sağlanır. Döşemelerde ve kirişlerde süneklikle beraber, aşırı yüklenme neticesinde çatlama ve büyük şekil değiştirmeler oluşur. Sonuçta yıkılma tehlikesi önceden haber verilmiş ve gerekli tedbirlerin alınması sağlanmış olur. Depremler ve patlamalar gibi aşırı yükleme durumlarında oluşan enerjinin tüketilmesi gerektiği için süneklik önem kazanır.

Deprem yüklerinin yapı elemanlarında meydana getirdiği kesit tesirlerine karşılık lüzumlu mukavemette kesit oluşturabilmek şart olmakla birlikte, sünekliliğin ve yer değiştirmenin sınırlandırılmasının sağlanması da o derece de önemlidir. Betonarme yapıların yada yapı elemanlarının sünekliğinin sağlanması için aşağıdaki birtakım noktalara önem verilmesi gerekmektedir;

5.2.1 Süneklik türleri:

Malzeme sünekliği (Gerilme-Şekil değiştirme)

Kesit sünekliği (Moment-Eğrilik)

Eleman sünekliği (Yük-yer değiştirme)

Sistem (Yapı) sünekliği (Yük-yer değiştirme)

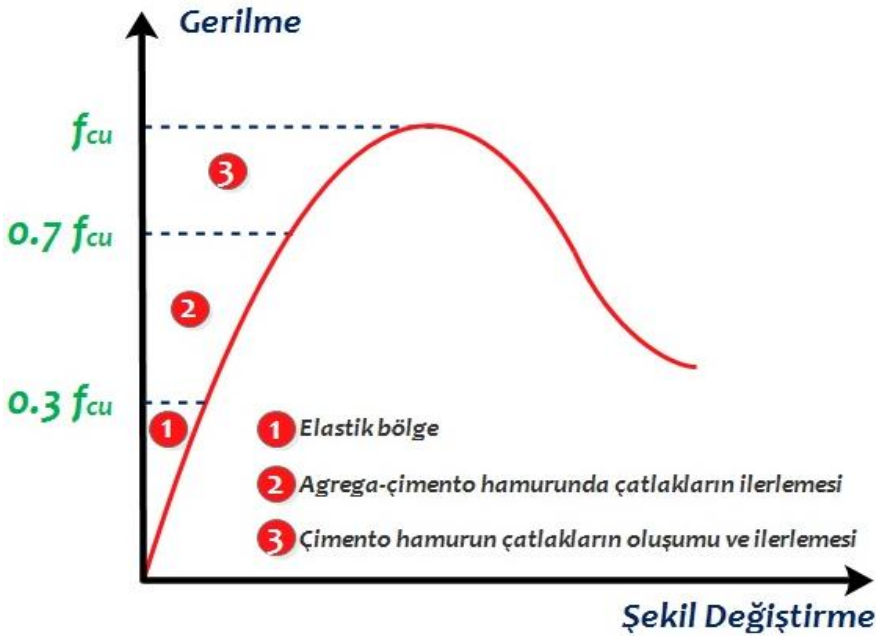
Kesit sünekliği, Eleman sünekliği, Sistem sünekliği

Malzeme Sünekliği: Dayanımını kaybetmeden büyük şekil değiştirme yapabilme özelliği.

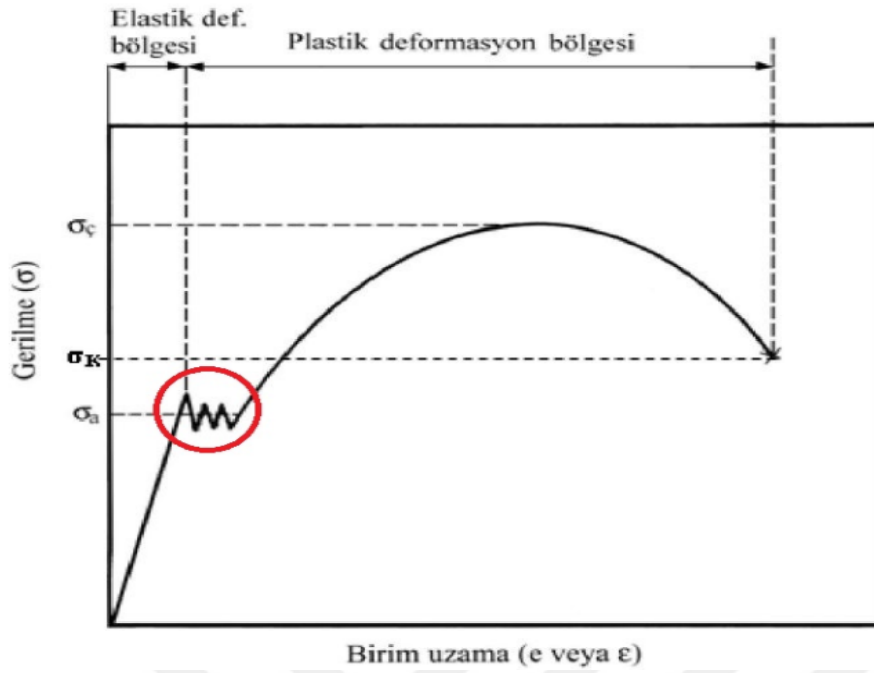
(Gerilme-Şekildeğiştirme)

Çelik, betona göre daha sünek bir malzemedir. Beton gevrek bir davranış gösterir. Sarılmış beton sünek davranış gösterir.

Malzeme davranışından yola çıkarak “Çelik yapılar sünektir” veya “Betonarme yapılar gevrek” önermesi doğru değildir.

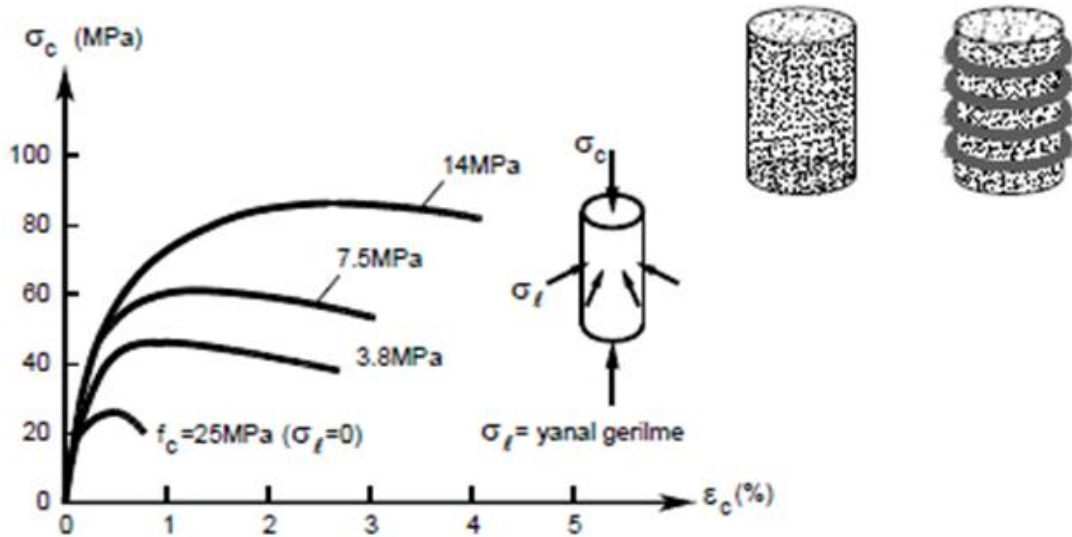


Şekil 5.7: Betonun Gerilme- Şekil Değiştirme Eğrisi[36]



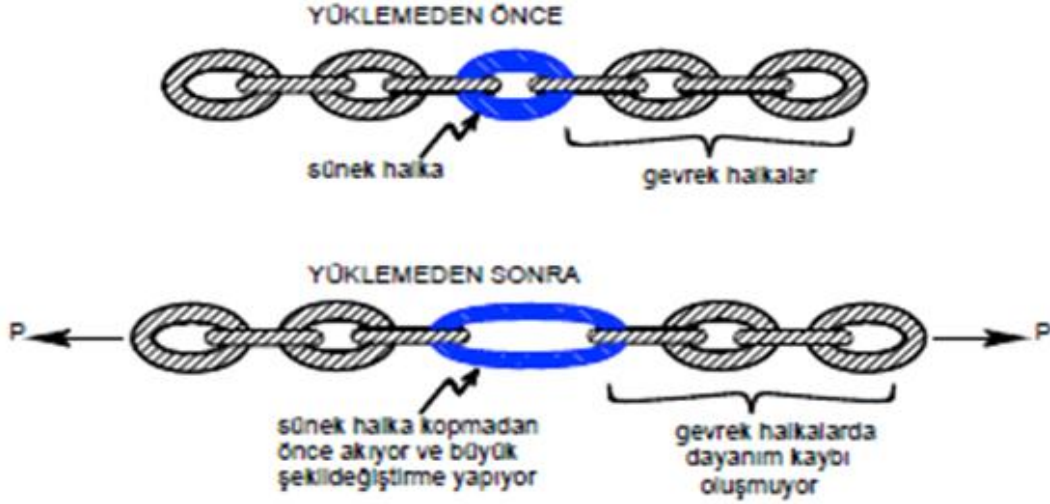
Şekil 5.8: Çeliğin Gerilme- Şekil Değiştirme Eğrisi[36]

Çelik malzeme olarak sünektir ama tasarımı uygun yapılmazsa çelik eleman veya sistem gevrek davranış gösterir. Sarılmış beton sünek davranış gösterir.



Şekil 5.9 Sargılı ve sargısız beton farkı[16]

Sistem Sünekliği: Etkiyen yükler altında dayanımını kaybetmeden büyük yerdeğiştirme yapabilme özelliği.



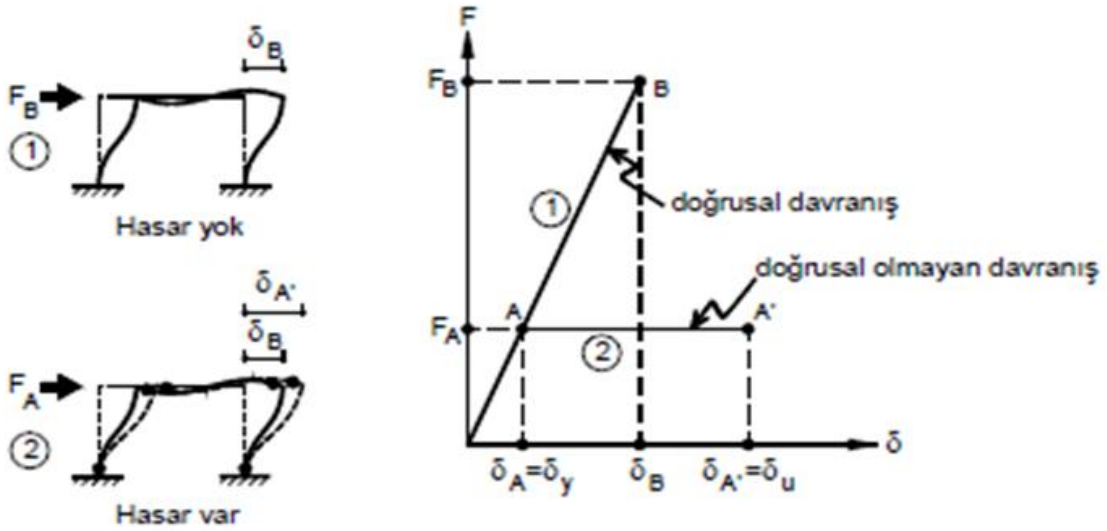
Şekil 5.10 : Sünek ve Gevrek Güç Tükenmesi[36]

Sistem en zayıf halkanın taşıyabileceği kadar yük taşıyor ve güç tükenmesi bu halkanın davranışına benzer oluyor (gevrek veya sünek).

Bir yapıda güç tükenmesi oluşacaksa (büyük depremlerde kaçınılmaz olarak oluşacaktır) sünek olması tercih edilir. Sünek güç tükenmesinin her zaman gevrek güç tükenmesinden önce oluşması sağlanmalıdır. Bunu sağlamak için gevrek davranış gösteren özelliklerin daha büyük kapasiteye sahip olması gerekir.

Büyük depremler nadir olarak oluşmaktadır. Bu tarz depremlerin oluşturacağı etkilere elastik sınırlar içinde karşı koyacak bir betonarme yapı sistemi oluşturmak mümkün olmakla birlikte ekonomik ve kullanılabilir olarak sağlamak mümkün değildir. Bu nedenle, depreme karşı dayanıklı yapı tasarımında olma ihtimali az olan şiddetli depremlerde yapının elastik sınırı aşacağı ve hasarın oluşacağı kabul edilmektedir.

Gaye bu tür depremlerde yapının yeterli enerji tüketerek ayakta kalmayı başarabilmesi ve can kaybını önlemektir. Betonarme sistemlerde enerjinin tüketilmesi büyük oranda donatının akması ile oluşan plastik mafsallarda olmaktadır.



Şekil 5.11: Kuvvet- Şekil Değişirme Grafiği [16]

Yönetmeliklerde anlatılan ve tasarımda kullanılan deprem yükleri gerçek yüklerin %20,%25'i dolaylarındadır. Bu azaltma sistemin sünek davranacağı varsayımına dayanarak yapılmaktadır.

$$F_A = F_B / R$$

Sünek yapı tasarlandığında F_B yerine F_A yüküne göre tasarım yapabiliriz.

$$(F_B > F_A)$$

5.2.2 Yapının sünek olabilmesi nelere bağlıdır.

Bir yapının sünek davranabilmesi için yapıyı oluşturan tüm unsurlar sünek olarak tasarlanmalıdır.

- Yapıyı oluşturan elemanlar sünek olarak tasarlanmalıdır
- Elemanların birleştiği noktalar olan birleşim bölgeleride sünek olarak tasarlanmalıdır
- Yeterli yatay rijitlik sağlanarak ikinci mertebeye etkiler sınırlandırılmalıdır
- Taşıyıcı sistem olası ölçüde düzenli sistem olmalıdır.
- Kirişler kolonlardan daha sünektir. Hasarın kirişlerde oluşması sağlanarak yapı sisteminin süneklik düzeyini yükseltmek uygun olacaktır.

•Hasar oluşacaksa önce kirişlerde oluşması sağlanmalıdır. Bunun için kolonların kirişlerden daha güçlü olması (kapasitelerinin daha büyük olması) gerekmektedir.

•Bu aynı zamanda kolonların hasar görmesi durumunda ortaya çıkacak olan kat mekanizması oluşmasını önleyerek toptan göçme olasılığını azaltır.

Sünek elemanlarda kesit düzeyinde aşağıdaki sınır durumlar tanımlanmıştır.

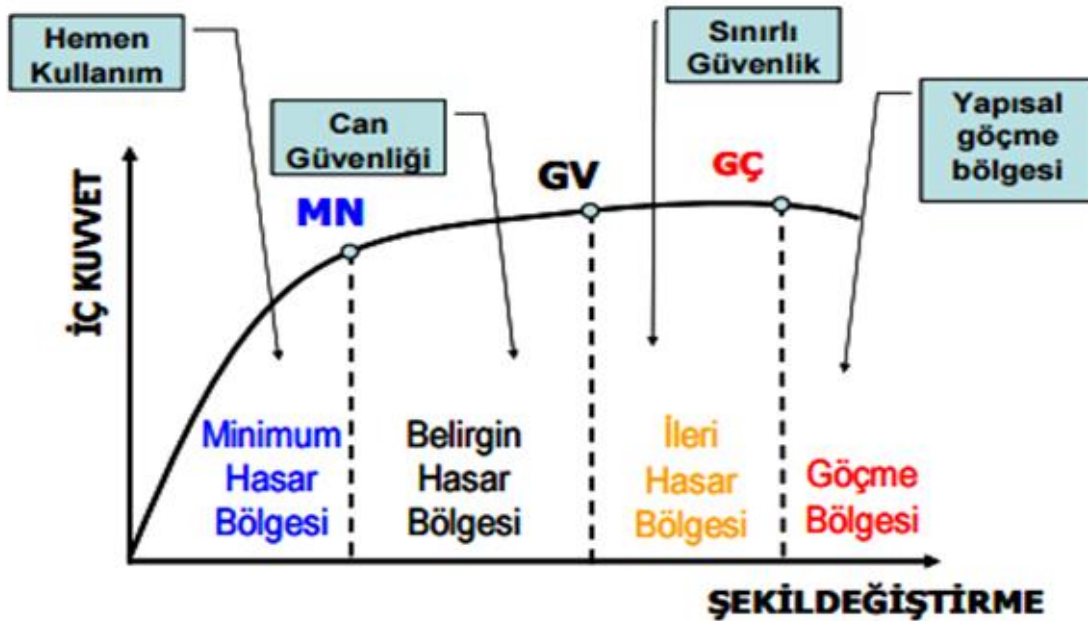
1. Minimum Hasar Sınırı (MN)
2. Güvenlik Sınırı (GV)
3. Göçme Sınırı (GÇ)

Gevrek olarak hasar gören elemanlarda böyle bir sınır yoktur.

Minimum hasar sınırı: Söz konusu kesitte elastik ötesi davranışının başlangıç noktasını,

Güvenlik sınırı: Kesitin dayanıklılığını güvenilir bir şekilde sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınır noktasını,

Göçme sınırı: Kesitin yıkılma öncesindeki davranışının sınır değerini tariflemektedir.

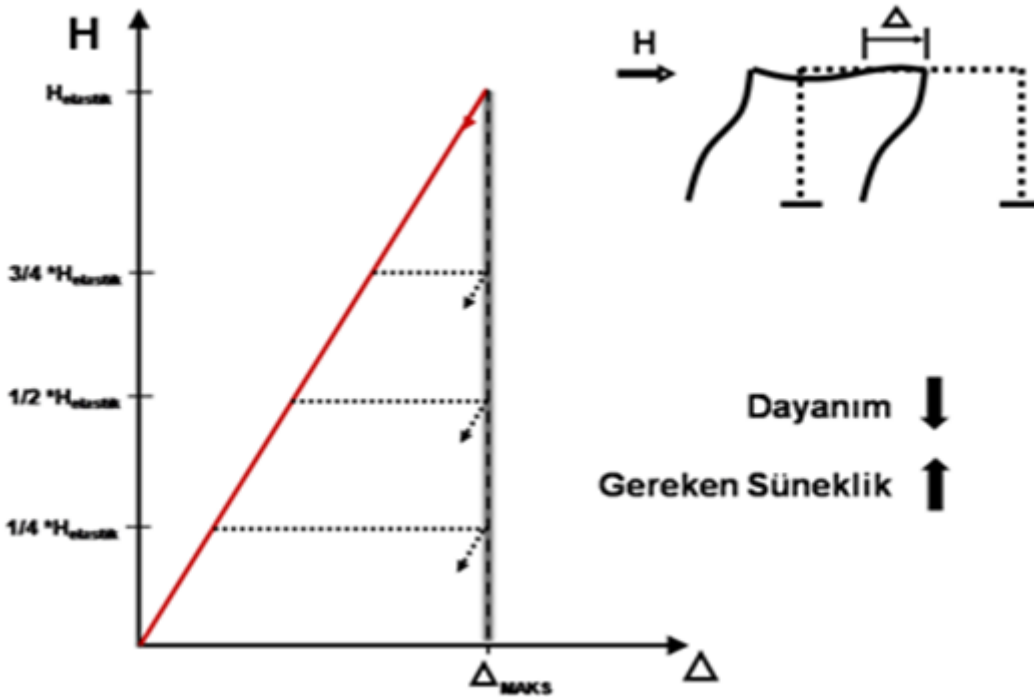


Şekil 5.12: Hasar Bölgeleri[1]

Deplasmana dayalı tasarım ve değerlendirme yönteminde, tasarım yer hareketleri altında taşıyıcı sistem elemanlarında gerçekleşecek hasar değerlerinin matematiksel olarak

belirlenebilmesi mümkündür. İlgili elemanlarda oluşacak hasarlar için kabul edilebilir hasar sınırlarının altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır.[1].

"İnşa edilecek olan her çeşit yapının (tünel, baraj, sanayi tesisi, konut, okul, kıyı ötesi, vb.) farklı deprem kuvvetleri altında hedeflenen performans düzeyleri için projelendirmeyi yapacak mühendisin deprem mühendisliği eğitimini de görmüş olmaları lüzumludur. Yapılacak tasarım için en genel detay depremlerle oluşacak yer hareketleri sonucunda yapıda meydana gelecek hasarın boyutunun yapının dayanımıyla direkt ilgili olduğu gerçeğidir. Yapıda hasarın oluşmaması için; yapı dayanımı elastik deprem kuvvetlerine eşit (Şekil 5.13'deki $H_{elastik}$) olmalıdır. Yapı dayanımı ne kadar azalırse meydana gelecek hasarın derecesi o kadar artar, diğer bir ifadeyle süneklik istemi de fazlalaşacaktır (Şekil 5.13). Yapı deprem kuvvetlerini yıkılmadan karşılayabilmek için yeter derecede sünek davranış göstermesi gerekir. Süneklik, yapının elastik ötesi doğrusal olmayan şekil değiştirme kapasitesi olarak tanımlanabilir.



Şekil 5.13: Yapılar Neden Süneklik İhtiyacı Duyarlar [16]

5.3. Deprem Risk Düzeyi Tanımı

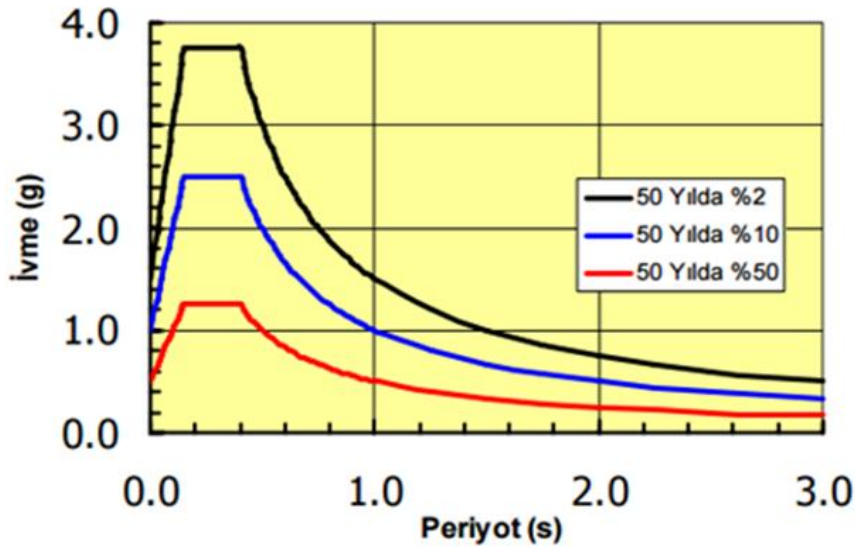
Deprem Mühendisliği'nde deplasmana dayalı tasarımda gaye, olabilecek bir depremde davranışları bilinebilen güvenli yapılar inşa edilebilmesini sağlamaktır. Bu nedenle, ilk olarak yapıların etkisi altınada kalacağı olası deprem felaketinin yerel olarak gerçekçi bir biçimde belirlenmesi, büyük önem arz etmektedir. [Şekil 5.14].

2007 Yönetmeliğinde deprem düzeyleri için mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi için maksimum yer ivmesine bağlı olarak ve zemin sınıflarını dikkate alarak tanımlanan davranış spektrumları şeklinde tanımlanmaktadır.[3]

Performansa dayalı yöntemler beklenen deprem şekillerine göre yapı taşıyıcı olan ve taşıyıcı olmayan elamanlarında oluşabilecek hasar seviyelerini alan performans kriterleri ortaya konulmaktadır.

Deprem risk düzeyleri üç farklı şekilde(davranış spektrumu) tanımlanmıştır. Deprem risk düzeylerini olasılıksal şekilde ifade etmekteyiz. 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremler : Bu depremlere bina ömrü içerisinde sık rastlayabildiğimiz ufak ölçekli depremleri ifade etmektedir. Tekrarlanma periyotları 75 yıldır. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler : Bu depremler şiddetli deprem yer sarsıntılarını ifade etmektedirler. Büyük ölçekli yapısal hasarlara neden olabilirler. Tekrarlanma periyotları 475 yıldır. 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler : Bu depremler yapının içinde bulunduğu coğrafyada oluşabilecek en şiddetli yer sarsıntısını temsil etmektedir. Tekrarlanma periyotları 2475 yıldır.[3]

İkinci kısımda, tanımlanan bu deprem tehlikesinin oluşması durumunda, binadan beklenen performans düzeyinin ne olacağına karar vermektir. En son aşama ise, doğrusal elastik olmayan (nonlinear) statik analizleri ile tasarımı gerçekleştirmektir.[1]

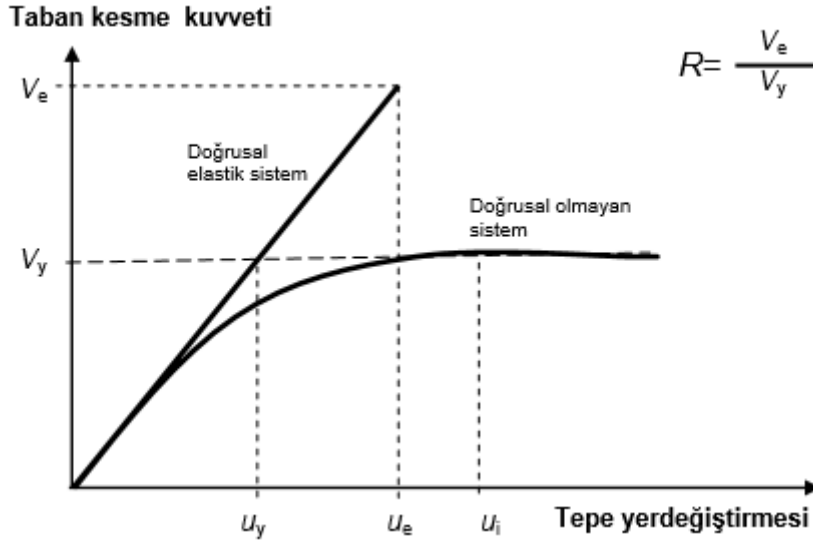


Şekil 5.14: Farklı deprem aşılma olasılıkları için spektrum eğrileri[1]

Şekil değiştirme esaslı değerlendirmede ihmal edilmemesi gerekli hususlar: Doğrusal elastik ötesi bir davranış şeklinde daha çok malzeme bilgisine ihtiyaç duyarız. Hesap sonuçlarımız ancak yaptığımız kabuller ışığında geçerlidir. Grafik ortamda bulunan verilere aldanıp, sonucun mümkün olmayacak bir hassasiyetle bulunabildiğinin düşünülmemesi gerekir. Özellikle de mevcut yapıların değerlendirilmesinde malzemenin kalitesi, donatının yeterliliği konusunda çok önemli belirsizlikler varsa, ayrıntılı model yapılsa bile hesap sonuçları anlamsız kalabilir. Bu durumlarda mevcut belirsizliklere uygun daha sade bir hesap yönteminin seçilmesi daha uygundur

Tasarımı kapasite kurallarına göre yapılmış bir yapının deprem etkisi altında tek dereceli bir sistem gibi hareket edeceğini ve dayanım fazlası olmayacağını, yani yapının oluşan dayanımının tasarım dayanımına tam anlamıyla eşit olduğunu kabul edelim. Bu şekilde binanın doğrusal elastik ve doğrusal olmayan deprem davranışı Şekil 5.15'de gösterildiği biçimde ifade edilebilir. Şekilde taban kesme kuvveti (V) ile tepe yerdeğiştirmesi (u) arasındaki ilişki eşdeğer bir tek dereceli sistemi anlatmaktadır. V ve u deprem kuvvetleri altında doğrusal elastik sisteme ait taban kesme kuvvetini ve yerdeğiştirme değerini göstermektedir. V_y ve u_y hesaplanan sistemin akma dayanımı ve akma yerdeğiştirmesi, u_i ise deprem etkisi altında doğrusal olmayan sisteme ait yerdeğiştirme talebidir. Bu şekilde doğrusal elastik yapı için deprem yükü azaltma

katsayısı R , elastik sisteme ait taban kesme kuvveti talebinin (V_e) taban kesme kuvveti kapasitesine (V_y) oranıdır. [4]



Şekil 5.15: Taban Kesme Kuvveti - Yer Değiştirme Eğrileri[4]

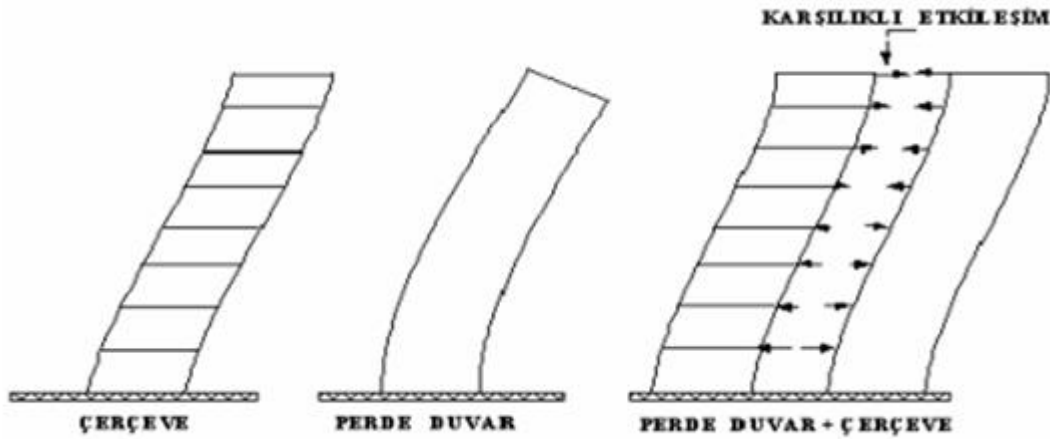
Tasarımı yapılmış sistemin yerdeğiştirme limitleri deprem kuvvetleri altında oluşan doğrusal olmayan harekete ait yerdeğiştirme talebini (u_i) aldığı sürece, deprem kuvvetlerinin bir deprem yükü azaltma katsayısı sayesinde azaltılması mantıklıdır. Sünek olarak tasarlanmış yapı elemanlardan oluşmuş ve özellikle kuvvetli kolon–zayıf kiriş özelliğinin sağlandığı yapılar yüksek şiddetli deprem yükleri altında dahi yeterli şekilde yerdeğiştirme ve yerdeğiştirme durumlarını sağlayabilmektedir. Betonarme yapı elemanlarının sünekliliği, tüm kritik noktaların sargı donatısı kullanılarak artırılması ile büyük ölçüde artırılabilir.[4]

5.4. PERDELER ve ÖZELLİKLERİ

Uzun kenarının (l_w) kısa kenarına (b_w) oranı 7 veya daha fazla olan düşey taşıyıcı elemanlar deprem yönetmeliğinde 'perde' olarak ifade edilmektedir. Yatayda oluşan kuvvetlerin karşılanması amacıyla perdeler; yüksek katlı binalarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle yurdumuz gibi topraklarının büyük bir kısmı deprem tehlikesiyle iç içe olan ülkelerde yüksek katlı yapılar tasarlanırken perde duvar kullanılması bir mecburiyettir. Perdeler; özellikle yüksek binaların hasara sebep olan

görelî kat ötelenmelerini azami miktarda düşürürler. Perdenin uzun kenar yönündeki atalet momentleri, depremlerde oluşan yatay yükleri etkili bir biçimde taşırlar. Perde - çerçeve sistem olarak çerçevelerle birlikte tasarlanan perdeler; rüzgar ve depremden oluşan yatay kuvvetleri kendi rijitlikleri oranında karşırlarlar. Perdeler kolonlara göre daha rijit elemanlar olduğundan daha fazla kuvveti dengeleyeceklerdir. Binalarda kat sayısı arttıkça perdeler daha vazgeçilmez bir taşıyıcı olarak değerlendirilmelidir. Yüksek yapılarda dayanıklılık ile birlikte yatay deplasmanları da kısıtlaması açısından perdeler daha fazla tercih edilir. Dikkatli bir biçimde tasarlandıkları takdirde sistemin bir bütün olarak yıkılmasını engellemekle birlikte yapısal olmayan zararlarında azaltılmasında perdeler etkin rol oynar. Çerçevelerle beraber tasarlandığında perde-çerçeve sistem olarak daha sünek sistemler elde edilir. Perdelerin şekil değiştirmesinde Şekil 5.16'da gösterildiği gibi eğilme momentleri etkendir ve katlar arasında en yüksek yer değiştirme üst katlarda meydana gelir. Çerçeve sistemlerde ise yatay ötelemeler katların rijitliğiyle ilgili olarak kesme kuvveti değerlerinin daha fazla olduğu alt katlarda oluşur.[2] Görelî kat ötelenmesi değerleri üst katlara çıkıldıkça düşmektedir. Perde ve çerçeve taşıyıcı sistemlerin aynı yapıda kullanılmasıyla, birbirinden farklı davranış sergileyen iki sistemin de özellikleri gözlemlenecektir. Yapıya gelen yükler perde ve çerçevelerle karşılandığında, taşıyıcı sistemde oluşan ötelenme; sistemin birlikte hareket etmesi neticesinde eğilme ve kayma davranışını birlikte gösterecektir. Karma sistemlerde yapıların yukarı bölümlerindeki perdelerde oluşacak eğilmeler çerçeveler vasıtasıyla, yapının alt katlarında çerçevelerde oluşan kayma değerleri ise perdeler aracılığıyla karşılanır .

Bir yapının plastik enerjiyi tüketebilme özelliğinde olması projesi yapılırken ve inşaat esnasında donatılarına, eleman detaylarına ve eksenel kuvvetlere dikkat edilmesi gerekir. Çerçeve tipi yapılar; deprem riski açısından daha güvenilir olan alanlarda daha yüksek, nispeten deprem açısından daha riskli olan bölgelerde alçak katlı olarak inşa edilmelidir. Yapı sistemi perde-çerçeve tipine döndüğünde ise, yatay ötelemeler perdeler aracılığı ile sınırlandığı için perde duvarın tahrip olması neticesinde taşıma gücü düşünce çerçeve sistem devreye girer ve yapıya ekstra bir dayanma gücü kazandırır. Bu sebeple deprem açısından riskli olan bölgelerde binaların perde- çerçeve sistem tarzında inşa edilmesi mantıklıdır. Enerjiyi sönmleme özellikleri en fazla olan binalar perdeli binalardır. Özellikle önemli binaların perdeli şekilde inşa edilmesi gereklidir.



Şekil 5.16. Yatay kuvvetler etkisinde çerçeve ve perde duvar davranışı[1]

5.5 Perdelerin Planda Yerleştirilmesi

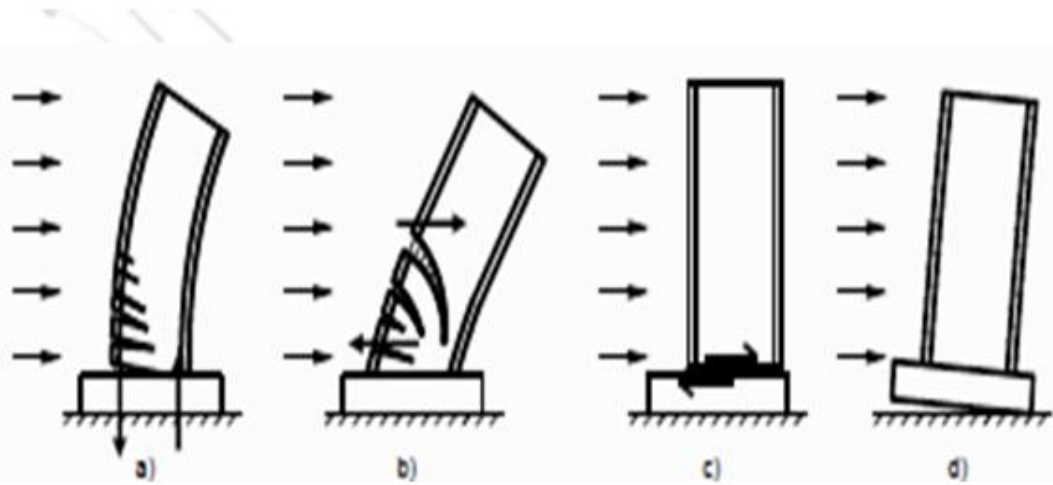
Binalarda, taşıyıcı sistem elemanlarında sistem geometrisinden veya yüklemelerin simetrik yapılmamasından ötürü burulma momentleri oluşabilir. Perdelerin kesit boyutlarına ve projede buldukları noktalara göre sistemin burulma rijitliği farklılıklar gösterir. Projeler oluşturulurken perdeleri yapı planında düzenli biçimde dağıtmak gereklidir. Bu sağlanamazsa perdelerden bazıları aşırı, bazıları ise taşıma kapasitesinden daha az zorlanacaktır. Perdeli olarak tasarlanmış yüksek bir yapıda yeterli rijitlik oluşabilmesi için sistem çizgileri bir noktadan buluşmayan en az üç perde oluşturulmalıdır.[2] Depreme kuvvetlerine maruz kalmış bir yapıda burulma görülmemesi, rijitlik ve kütle merkezlerinin aynı noktada olması ile sağlanır. Rijitlik merkezi ile kütle merkezi farklı noktalarda ise bina rijitlik merkezinin çevresinde döner. Kütle merkezine gelen deprem kuvvetleri rijitlik merkezi üzerine geldiğinde, rijitlik merkezine F_y kuvvetinin yanında $M_z = F_y e$ ifadesiyle burulma momenti de etki edecektir.[2] Halbuki, deprem kuvvetlerinin direkt rijitlik merkezine etki etmesi halinde, bina kütle merkezi etrafında eşit miktarda ötelenme yapacağı için burulma momenti gözlenmeyecektir. Herhangi bir noktadaki burulma miktarı, taşıyıcı elemanlara kesme kuvveti değerinin moment koluyla çarpılmasına eşittir. Bu durumda moment kolu mesafesi en yüksek olan çerçeve veya perdede burulmanın etkisi de o ölçüde yüksek olacaktır. Perdeli sistem uygun tarzda düzenlenirse; perdelerle etkiyen burulma kuvvetleri de o ölçüde azalacaktır. Bu ifadeye göre;

1. Perdeler bina çevresine yerleştirildiği takdirde, yapıda oluşacak burulma rijitliği en yüksek değerini alacaktır.

2.Perde duvarları plan içinde, döşemeden gelen yükleri mümkün olduğunca önemli bir kısmını, aksenal kuvvet şeklinde yapı temeline iletecek şekilde düzenlenmelidir. Böylelikle perdede eğilme momentinin karşılanması için lazım olan donatı miktarı azalır.

3.Yüksek katlı binalarda deprem direncinin bazı perdelerde yoğunlaştırılması, temellerin bu noktalarda yüksek miktarda deprem etkisiyle karşılaşması sonucunu doğurur. Böylelikle, temel sistemi çok kalın olacağından ekonomik olmayan bir çözüme gidilmiş olunacaktır.

4.Perde duvarlar tasarlanırken, düşey ve yatay doğrultuda da düzenlenmelidir.



Şekil 5.17 Perdelerin Göçme Biçimleri[19]

Perdelerde en fazla zorlanan kesitler perdelerin alt bölgeleridir. Perdelerde enerji sönmüleme işleminin büyük kısmı bu bölgelerde oluşur. Bu kısımların detaylandırılmasına daha fazla dikkat edilmelidir. Perdelerde, kolonlarda ve kirişlerde etriyelerin çapına, aralığına ve kanca biçimine son derece önem verilmelidir.

6. 3 BOYUTLU PERDE-ÇERÇEVELİ YAPI ANALİZ ÖRNEKLERİ

Çalışmamızın bu kısmında 6 ve 12 katlı aynı kat planına sahip perde-çerçeve sistemle oluşturulmuş betonarme binalar ile 6 katlı farklı kat planına sahip perdeli ve perdesiz binaların, statik analizleri yapılmış, görelî kat ötelenmeleri hesaplanmış ve deplasmanları profilleri oluşturulmuştur. İDESTATİK8 yapı analiz programı kullanılarak analiz yapılmıştır. Yapıların tam orta aksında karşılıklı olarak yerleştirilen perdeler kirişlerle birbirine bağlanmıştır. Ayrıca farklı kat planında köşe noktalara yerleştirilen perdelerin

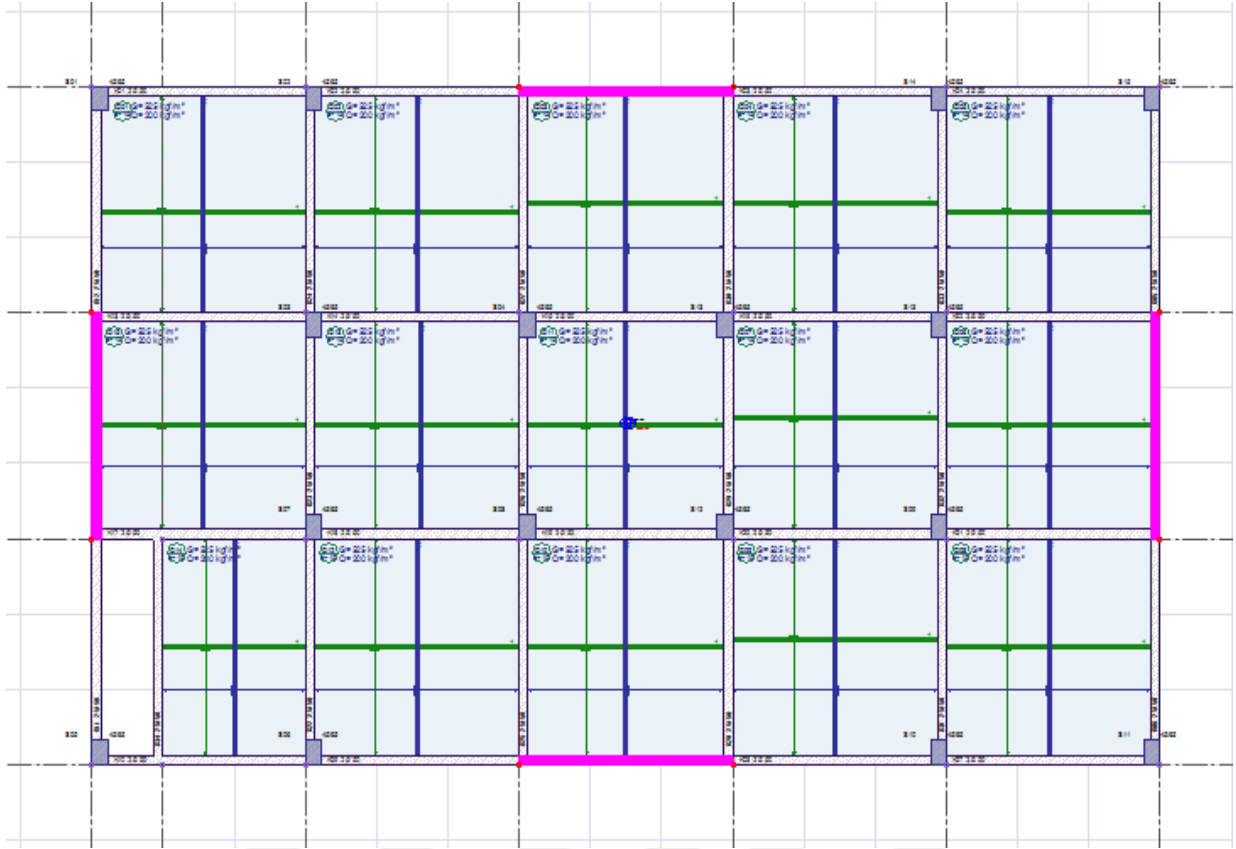
etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Kirişlerle birbirine bağlanmış yapıların çerçeve ve perde duvar arasındaki etkileşimi önemlidir. Kat ötelenmesi sınırı olarak Can Güvenliği performans seviyesi dikkate alınmıştır.

6.1 Analizi Yapılan Yapıların Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Analizleri yapılarak değerlendirilecek olan binalarımız; taban alanı 30 x 18 m olan yapılardır, kat yükseklikleri değişmemekte olup tüm katlarda 3m dir. 6 ve 12 katlı 5 adet bina üzerinde hesaplamalar ve analizler yapılacak kat adedinin ve farklı kat palanlarının deplasmana etkisi araştırılacaktır. Yapıların, konut olarak inşa edilmesi düşünüldüğünden bina önem katsayısı $I = 1$ olarak kullanılmıştır. 1. deprem bölgesinde İstanbul'da inşa edilecektir. Yerel zemin sınıfı Z4 tür ve C grubu zemine göre işlem yapılmıştır. Z4'e göre spektrum karakteristik periyotları $T_A = 0,20$ ve $T_B = 0,90$ 'tır. Beton sınıfı olarak C25, çelik sınıfı düşey donatı için S420, olarak düşünülmüştür. Binadaki kolonların boyutları 45*65cm olarak oluşturulmuştur. Binadaki bütün kirişlerin boyutları aynı olup 25cm x 50 cm, açıklıklar büyük olduğu için döşeme yüksekliği ise 15 cm seçilmiştir.

6.2 Perdelerin Orta Aksta Yerleştiği 6 ve 12 Katlı Yapı Özellikleri ve Analiz Sonuçları

Yapılarımız yatay doğrultuda 6 akstan, düşey doğrultuda 3 akstan oluşmaktadır. Aks aralıkları 6m olup , yatay ve düşey doğrultuda binaların tam orta noktalarında perde yerleştirilmiştir. Şekil 6.1 de 6 ve 12 katlı perdeleri orta aksta yerleştirilmiş olan yapılara ait kat planı verilmiştir.



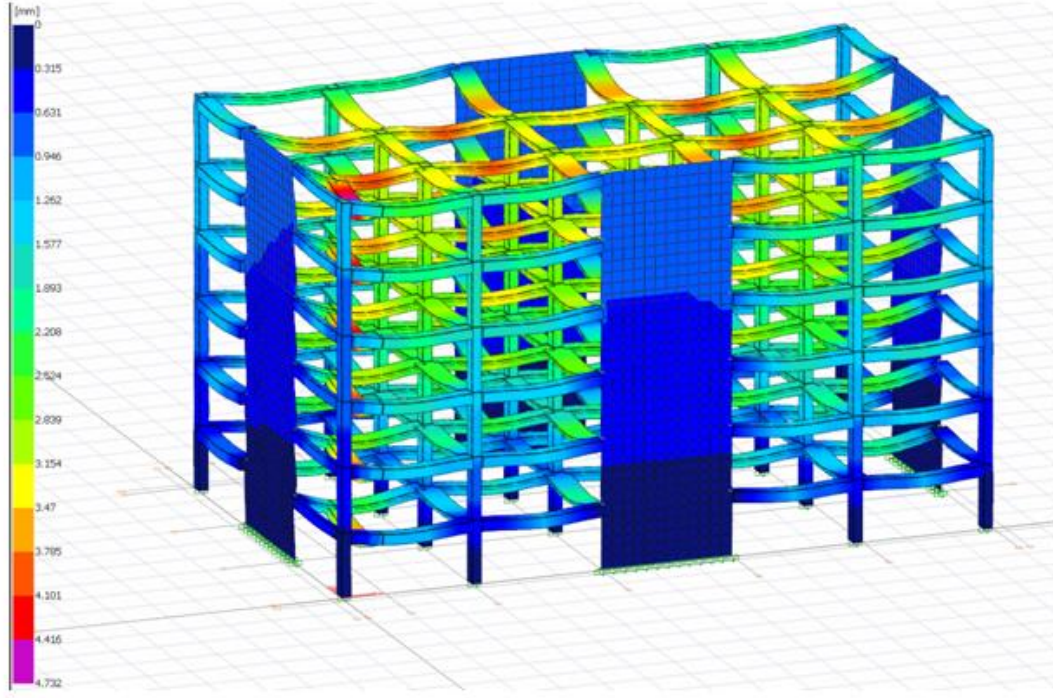
Şekil 6.1: 6 ve 12 katlı perdeleri orta aksta yerleşmiş yapıların kat planları

	6 katlı yapı	12 katlı yapı
Perde uzunluğu (cm)	600	600
Perde kalınlığı (cm)	25	25
Kiriş Boyutları (cm)	25*50	25*50
Kolon Boyutları (cm)	45*65	45*65
Kat Yüksekliği (m)	300	300
Yapı toplam ağırlığı (KN)	2702	5552,39
Yapı toplam kütlesi (t)	275,4	561,20
Yapı yüksekliği (m)	18	36
Döşeme kalınlığı (cm)	15	15

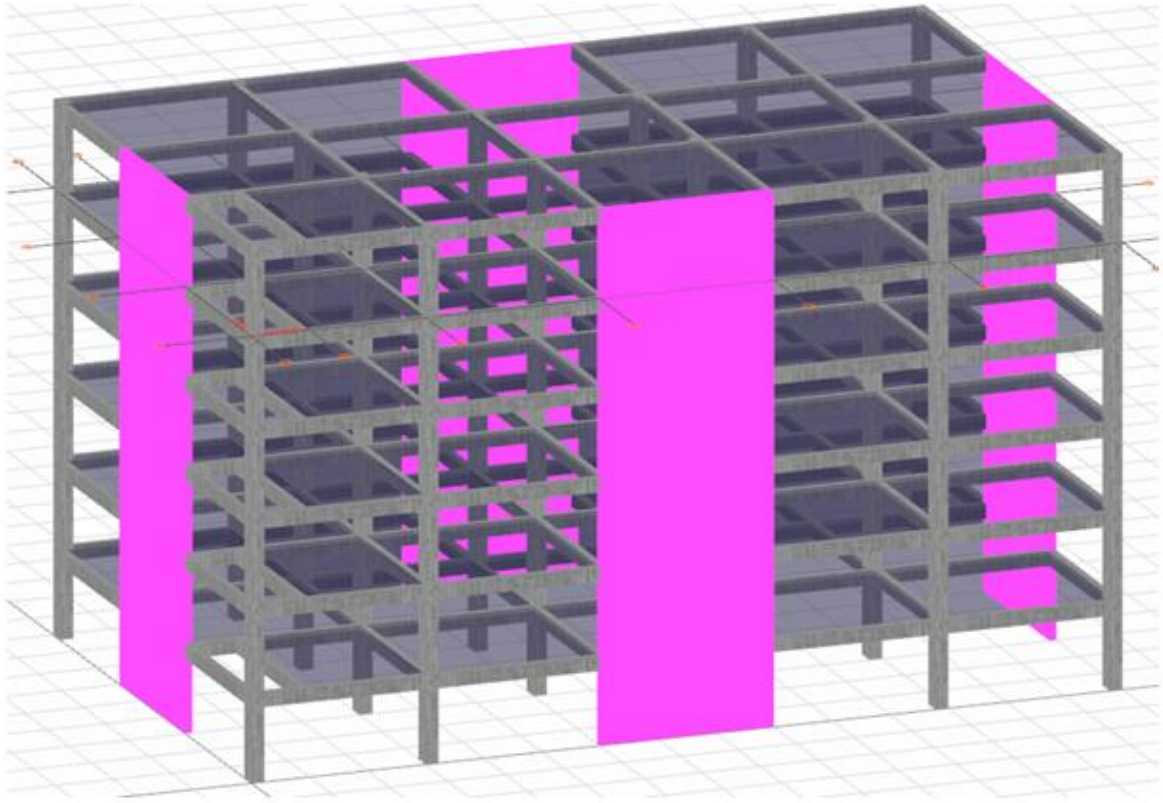
Tablo 6.1 Analizi yapılan 6 ve 12 Katlı Binanın Yapı Özellikleri

Şekil 6.1 de 6 ve 12 katlı perde-çerçeve tipli yapıların kat planı görülmektedir. Tüm katların sistemleri aynı şekilde tasarlanmış olup, kapalı çıkma olmadığı düşünülmüştür.

Binanın üzerine etki eden yanal yüklere karşı direnç sağlamak için perde duvarlar kullanılmıştır. Düşey yönde ve yatay yönde orta akslarda perdeler yerleştirilmiştir. Düzenli yapılardır.



Şekil 6.2: Analiz Sonucu 6 Katlı Perdeleri Ortada Yerleşmiş Yapıda Oluşan Deformasyonlar ve Ötelenmeler[17]



Şekil 6.3 : 6 Katlı Perdeleri Ortada Olan Binanın 3 Boyutlu Görünüşü

6.3 .Örnek: Direkt Deplasman Esaslı Dizayn Metoduna Göre Hesaplama Yöntemi

6 Katlı, perde yerleşimi x ve y yönünde orta akslarda olan yukarıda taşıyıcı sistem yerleşimive yapı özellikleri verilen yapının Direkt Deplasman Esaslı Dizayn metoduna göre hesaplamalarının yapılması.

Yapıya etkiyen toplam kesme kuvveti,

$$V_t = 425,17 \text{ t}$$

Perdeler aracılığı ile karşılanan kesme kuvvetinin değeri;

$$V_p = 326,35$$

$$V_p/V_t = 326,35/425,17 = 0,76$$

Sistemimizde kesme kuvvetinin %76'sı perdeler tarafından karşılanmaktadır.

f_y (MPa)	E_s (MPa)	f_{ye} (MPa)	ε_y
420	2×10^5	462	0.0023

Tablo 6.2: Çeliğin Malzeme Özellikleri[23]

$$\Phi_{y\text{perde}} = \frac{2\varepsilon_y}{Lw} \quad (3.10)$$

$$= \frac{2 \cdot 0,0023}{6} = 0,00076$$

$$h_{\text{inf}} = 16,8\text{m}$$

$$18 \geq 16,8 \quad h_i \geq h_{\text{inf}} \text{ olduğundan}$$

$$\Delta_{iy} = \frac{\Phi_{y\text{perde}} h_{\text{inf}} h_i}{2} - \frac{\Phi_{y\text{perde}} h_{\text{inf}}^2}{6} \quad h_i \geq h_{\text{inf}} \text{ için} \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \Delta_{iy} &= \frac{0,00076 \cdot 16,8 \cdot 18}{2} - \frac{0,00076 \cdot 16,8^2}{6} \\ &= 0,1158 - 0,0360 \\ &= 0,0798\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_{y\text{çerçeve}} &= \frac{0,5 l_b \varepsilon_y}{h_b} \\ &= \frac{0,5 \cdot 6 \cdot 0,0023}{0,5} \\ &= 0,0138 \end{aligned} \quad (3.13)$$

θ_d (%) = 0,02 Deprem yönetmeliğine göre limit değer

$$\Delta_i = \Delta_{iy} + \left(\theta_d - \frac{\Phi_{y\text{perde}}}{2} h_{\text{inf}} \right) h_i \quad (3.14)$$

$$\Delta_1 = 0,0798 + \left(0,02 - \frac{0,00076 \cdot 16,8}{2} \right) \cdot 3$$

$$= 0,1206 \text{ m}$$

Kat	Yükseklik h (m)	Kütle m(ton)	Δ_i (m)	$m_i h_i$	$m_i \Delta_i$	$m_i \Delta_i^2$	$m_i \Delta_i h_i$
1	3	45,9	0,1206	137,7	5,535	0,667	16,606
2	6	45,9	0,1614	275,4	7,408	1,196	44,450
3	9	45,9	0,2022	413,1	9,280	1,877	83,529
4	12	45,9	0,243	550,8	11,154	2,710	133,84
5	15	45,9	0,2838	688,5	13,026	3,697	195,396
6	18	45,9	0,3246	826,2	14,899	4,836	268,185
Toplam		275,4		2891,7	61,304	14,983	742,01

Tablo 6.3: 6 Katlı Yapının Deplasmana Dayalı Tasarımda TSD Sisteme Ait Özellikleri

Bu değerler bulunduktan sonra sistemin tasarım deplasmanı;

$$\Delta_d = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)}$$

formülünden

(3.15)

$$\Delta_d = \frac{14,983}{61,304} = 0,244 \text{ m} = 244 \text{ mm} \text{ olarak bulunur.}$$

Efektif kütle ve efektif yükseklikte aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$m_e = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)}{\Delta_d}$$
(3.16)

efektif kütle

$$m_e = \frac{61,304}{0,244} = 251,24 \text{ ton olarak hesaplanır.}$$

Efektif kütle bulunduktan sonra efektif yükseklik hesaplanır.

$$h_e = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i h_i)}{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)} \quad (3.17)$$

$$h_e = \frac{742,01}{61,304} = 12,103 \text{ m}$$

$$\mu_{\text{perde}} = \frac{\Delta d}{\Delta h_{e,y}} \quad (3.18)$$

$$\Delta_{12,103} = 0,243 \text{ m}$$

$$\mu_{\text{perde}} = \frac{0,244}{0,243} = 1,004$$

Sistemin nihai eğrilik değeri;

$$\begin{aligned} \phi_u &= \frac{0,072}{Lw} \\ &= \frac{0,072}{6} = 0,012 \text{ şeklinde hesaplanır. Etkin periyot da} \end{aligned} \quad (3.22)$$

$$T_{e,\text{etkin}} = \frac{N}{6} \sqrt{\mu_{\text{SYS}}} \quad (3.23)$$

$$= \frac{6}{6} \sqrt{4,84} = 2,2 \text{ sn olarak bulunur.}$$

Efektif periyot hesaplandıktan sonra efektif rijitlik buna bağlı olarak;

$$K_e = 4\pi^2 \frac{m_e}{T_e^2} \quad \text{formülünden} \quad (3.4)$$

$$K_e = 4 * 3,14^2 * \frac{251,24}{2,2^2} = 2047,21 \text{ kN/m olarak bulunur.}$$

Efektif rijitlik ve tasarım deplasmanı bilindiği için taban kesme kuvvetini hesaplayabiliriz.

$$V_b = K_e \Delta_d \quad (3.5)$$

$$V_b = 2047,21 * 0,244$$

$$= 499,52 \text{ ton olarak hesaplanır.}$$

Her kata gelen kuvvet ayrı ayrı katların zeminden yüksekliğine bağlı olarak;

$$F_i = \frac{m_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^N m_i \Delta_i} V_b$$

denkleminde değerler her kat için yerine konulduğunda (3.6)

$$F_1 = \frac{5,535}{61,304} * 499,52 = 45,10 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{7,408}{61,304} * 499,52 = 60,36 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{9,280}{61,304} * 499,52 = 75,61 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{11,154}{61,304} * 499,52 = 90,88 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{13,026}{61,304} * 499,52 = 106,139 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{14,899}{61,304} * 499,52 = 121,40 \text{ kN olarak hesaplanır.}$$

Kat	Yükseklik (m)	Kütle m (ton)	$m_i h_i$	F_i (kN)	V_{si} (kN)
1	3	45,9	137,7	45,10	499,49
2	6	45,9	275,4	60,36	454,389
3	9	45,9	413,1	75,61	394,029
4	12	45,9	550,8	90,88	318,419
5	15	45,9	688,5	106,139	227,539
6	18	45,9	826,2	121,40	121,40
Toplam		275,4	2891,7	499,49	

Tablo 6.4: Her Kata Gelen Kuvvetler

Katlara gelen kuvvetler de hesaplandıktan sonra deplasmana dayalı tasarım metodunun hesap adımları tamamlanmış oluyor.

Hesaplaması yapılmış efektif rijitlik ve taban kesme kuvveti değerleri diğer analiz sonuçlarıyla birlikte tabloda verilmiştir.

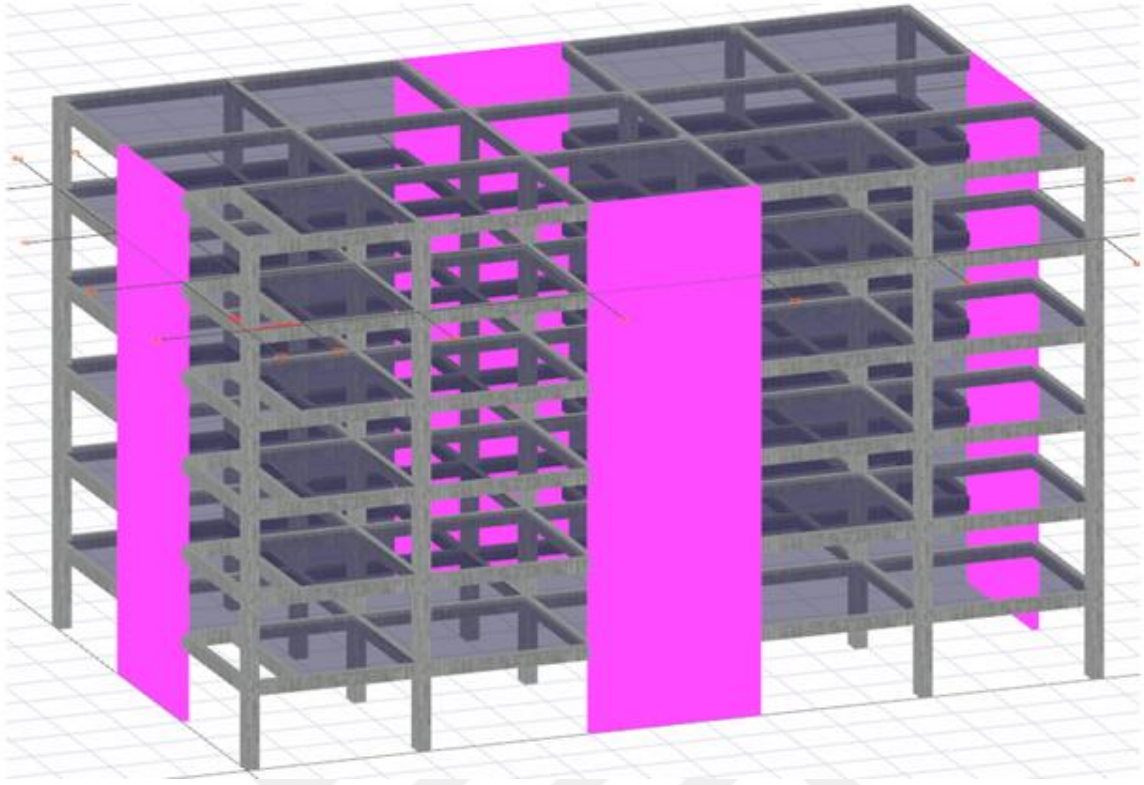
Yapıların düşey profilleri , yapı görünüşleri benzer olduğu için 6 katlı binanın detayları verilmiştir 12 katlı yapı benzer özelliklere sahiptir. Ölçüler ve boyutlar aynı tutulmuş kat sayısı değiştirilmiştir. 12 katlı binanın sadece kat sayısı farklıdır.

6.4 6 ve 12 Katlı Binaların Analiz Sonuçları

6 ve 12 katlı 5 adet binanın planları, görünüşleri gösterilecek; analizler sonucunda oluşan deplasmanlar, binalara gelen kesme kuvvetleri ve deplasmanlar sonucu oluşan kat ötelenmeleri karşılaştırılarak, perdelerin deplasman üzerindeki etkisi gösterilecektir.



Şekil 6.4: Perdeleri Binanın Orta Aksına Yerleştirilmiş 6 ve 12 Katlı Binaların Kat Planı



Şekil 6.5 : Perdeleri Orta Aksta Yerleştirilmiş 6 Katlı Binanın Üç Boyutlu Görünüşü

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (2007)' te yeni inşa edilecek binalar tasarlanırken dikkate alınacak tasarım depremi, şiddetli depreme karşılık gelmelidir. Yapı önem katsayısı $I = 1$ olan binalar da, tasarım depreminin 50 yıllık zaman süresinde aşılma olasılığı % 10'dur.[2] Tasarım depremine göre analizler yapılmıştır. Kat ötelenmesi sınırı olarak Can Güvenliği performans sınırı dikkate alınmıştır.

Deprem Parametreleri	Simge	Değer
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	(W)	2759.35 tf
Yapı toplam serbest kütlesi	(m)	279.20 t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	(Hn)	18.00 m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n-X)	19.10 tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n-Y)	19.10 tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-X)	424.51 tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-Y)	424.51 tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-X)	324.27 tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-Y)	324.97 tf
Yapı önem katsayısı	I	1.00
X yönü VtB/Vt oranı	VtB(x) / Vt(x)	0.76
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB(y) / Vt(y)	0.77
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri	β	0.80
X yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(x) / VtB(x)$	1.05
Y yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(y) / VtB(y)$	1.05

Tablo 6.5: 6 katlı perdeleri orta akslarda karşılıklı yerleştirilmiş binanın deprem parametreleri

Görelî kat ötelenmelerinin hesaplanması

$$\Delta_i = d_i - d_{(i-1)}$$

$$\delta_i = R\Delta_i$$

$$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02$$

Δ_i : Binanın i. katında azaltılmış görelî kat ötelenmesi

δ_i : Binanın i. katındaki etkin görelî kat ötelenmesi

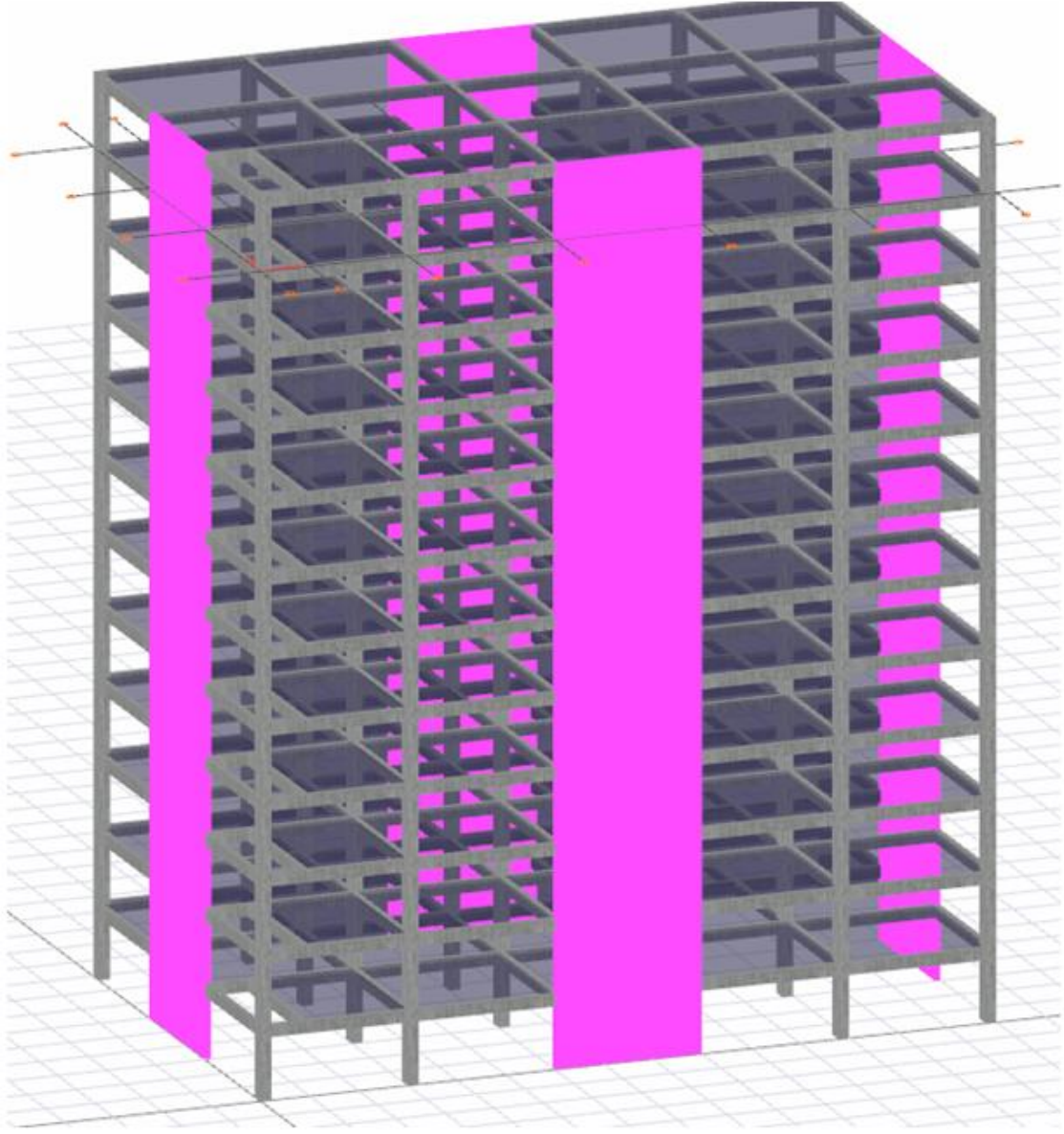
$(\delta_i)_{\max}$: Binanın i. katındaki maksimum etkin görelî kat ötelenmesi

d_i : Binanın i. katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanmış yerdeğiştirme

X Yönü

Kat Genel Ayarları		±5%						Kontrol
Kat	h [m]	Eleman	d_i [mm]	$d(i-1)$ [mm]	Δ_i [mm]	$\delta_i(\max)$ [mm]	$\frac{\delta_i(\max)}{h}$	$\delta_i(\max)/h$ ≤ 0.02
5. KAT	3.00	P501	9.17	7.38	1.79	11.62	0.004	√
4. KAT	3.00	P401	7.38	5.51	1.88	12.20	0.004	√
3. KAT	3.00	P301	5.51	3.66	1.85	12.04	0.004	√
2. KAT	3.00	P201	3.66	1.98	1.68	10.90	0.004	√
1. KAT	3.00	P101	1.98	0.68	1.30	8.48	0.003	√
ZEMİN KAT	3.00	PZ01	0.68	0	0.68	4.39	0.001	√

Tablo 6.6: 6 katlı perdeleri orta akslarda karşılıklı yerleştirilmiş binanın Görelî Kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları



Şekil 6.6: Perdeleri Orta Akslara Karşılıklı Yerleştirilmiş Perde- Çerçeve Tipli 12 Katlı Binanın 3 Boyutlu Görünüşü

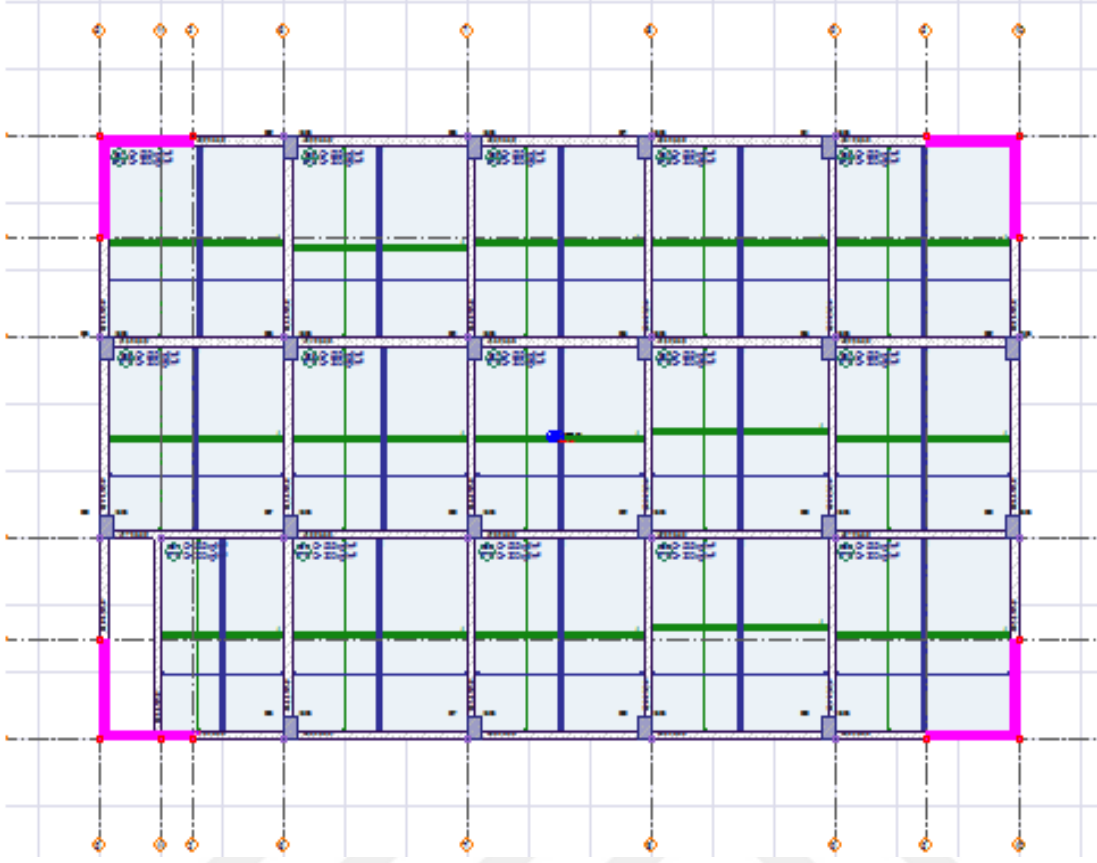
Deprem Parametreleri	Simge	Değer
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	(W)	5489.68 tf
Yapı toplam serbest kütlesi	(m)	557.61 t
Yapı yüksekliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	(Hn)	36.00 m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n-X)	68.95 tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n-Y)	70.61 tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-X)	766.12 tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-Y)	784.50 tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-X)	564.93 tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-Y)	578.33 tf
Yapı önem katsayısı	I	1.00
X yönü VtB/Vt oranı	VtB(x) / Vt(x)	0.74
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB(y) / Vt(y)	0.74
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri	β	0.90
X yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(x) / VtB(x)$	1.22
Y yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(y) / VtB(y)$	1.22

Tablo 6.7: 12 katlı Perdeleri Orta Aksta Karşılıklı Yerleştirilmiş Binanın Deprem Parametreleri

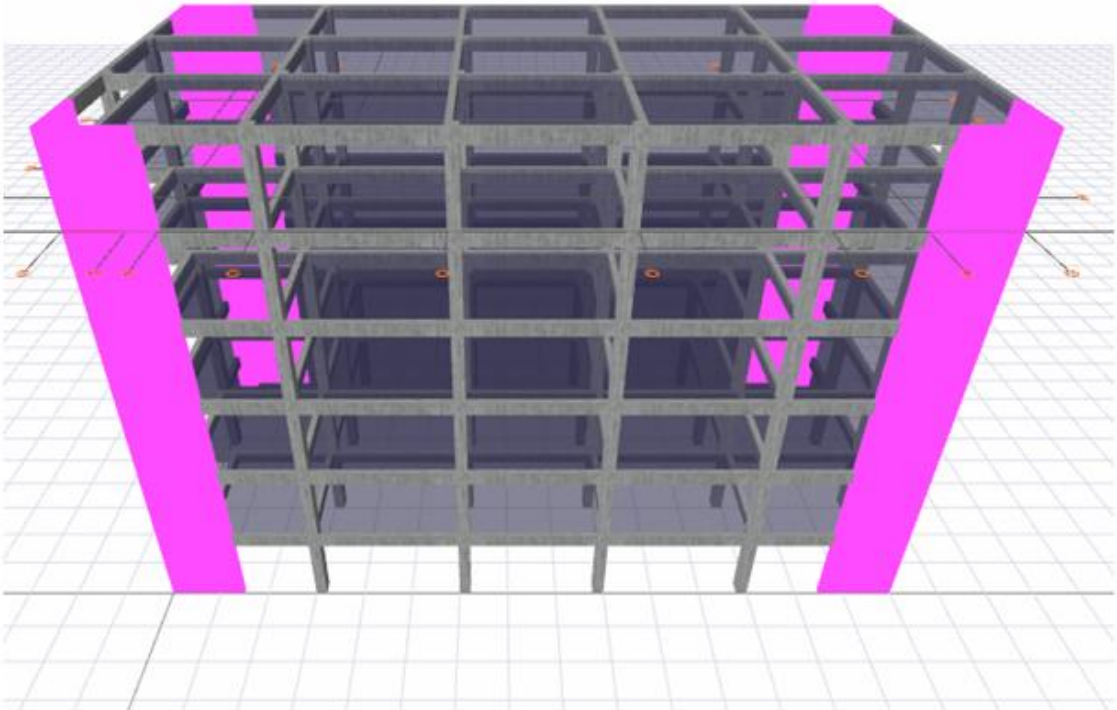
X Yönü

Kat Genel Ayarları	±5%							Kontrol
	Kat	h [m]	Eleman	d _i [mm]	d(i-1) [mm]	Δi [mm]	$\delta i(\max)$ [mm]	
11. KAT	3.00	P1101	57.64	52.90	4.73	30.75	0.010	✓
10. KAT	3.00	P1001	52.90	47.88	5.02	32.64	0.011	✓
9. KAT	3.00	P901	47.88	42.57	5.31	34.53	0.012	✓
8. KAT	3.00	P801	42.57	36.98	5.59	36.35	0.012	✓
7. KAT	3.00	P701	36.98	31.17	5.81	37.73	0.013	✓
6. KAT	3.00	P601	31.17	25.27	5.90	38.37	0.013	✓
5. KAT	3.00	P501	25.27	19.43	5.84	37.97	0.013	✓
4. KAT	3.00	P401	19.43	13.85	5.58	36.25	0.012	✓
3. KAT	3.00	P301	13.85	8.79	5.06	32.90	0.011	✓
2. KAT	3.00	P201	8.79	4.54	4.25	27.61	0.009	✓
1. KAT	3.00	P101	4.54	1.46	3.08	20.03	0.007	✓
ZEMİN KAT	3.00	PZ01	1.64	0	1.64	10.69	0.004	✓

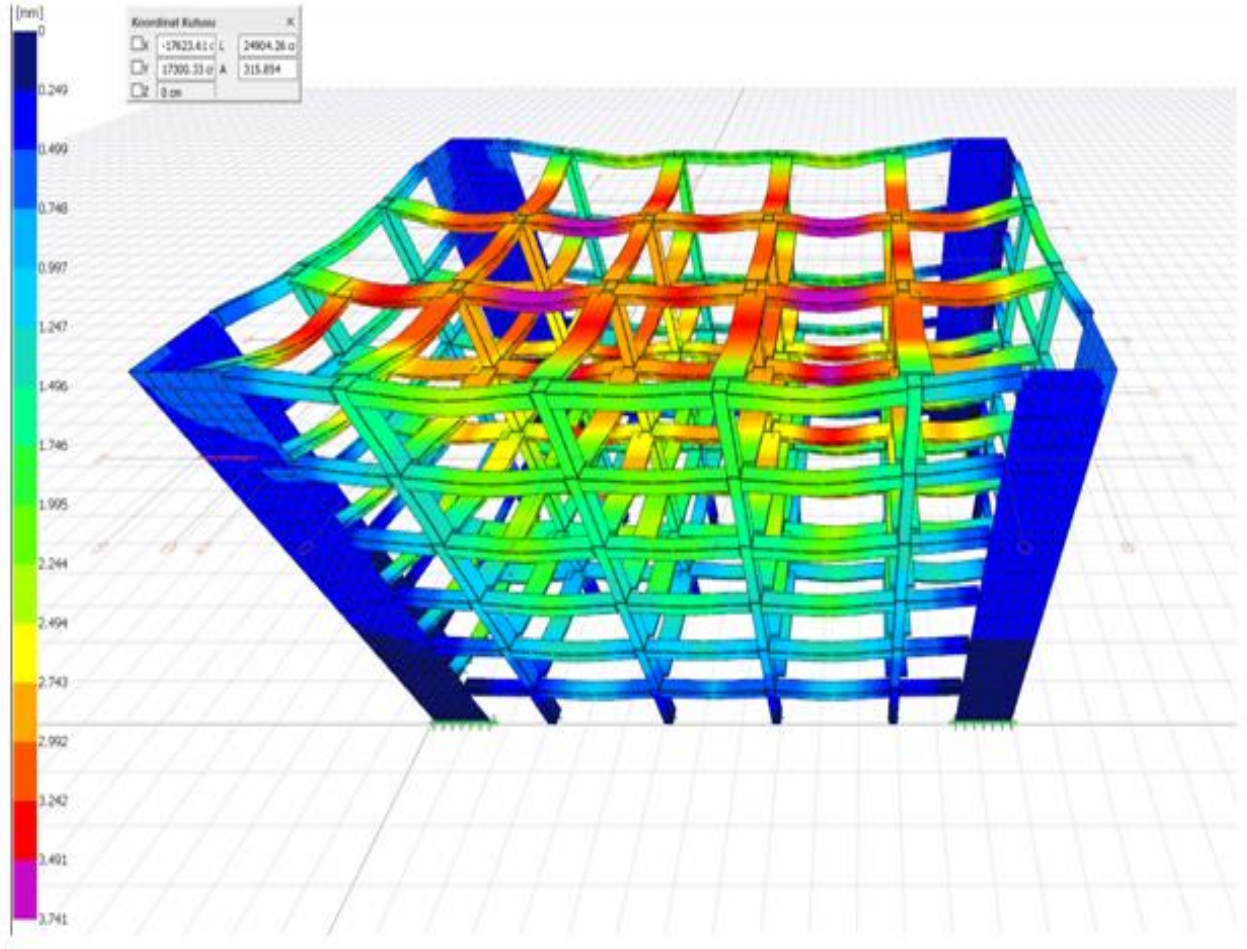
Tablo 6.8 : 12 katlı Perdeleri Orta Aksta Karşılıklı Yerleştirilmiş Binanın Görelî kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları



Şekil 6.7 : Perdeleri Binanın Köşe Noktalarına Yerleştirilmiş 6 ve 12 Binaların Kat Planları



Şekil 6.8: 6 Katlı Perdeleri Köşelerde Yerleşmiş Sistemin 3 boyutlu Görünüşü



Şekil 6.9: Analiz Sonucu 6 Katlı Perdeleri Köşe Noktalara Yerleştirilmiş Olan Yapıda Oluşan Deformasyonlar ve Ötelenmeler[17]

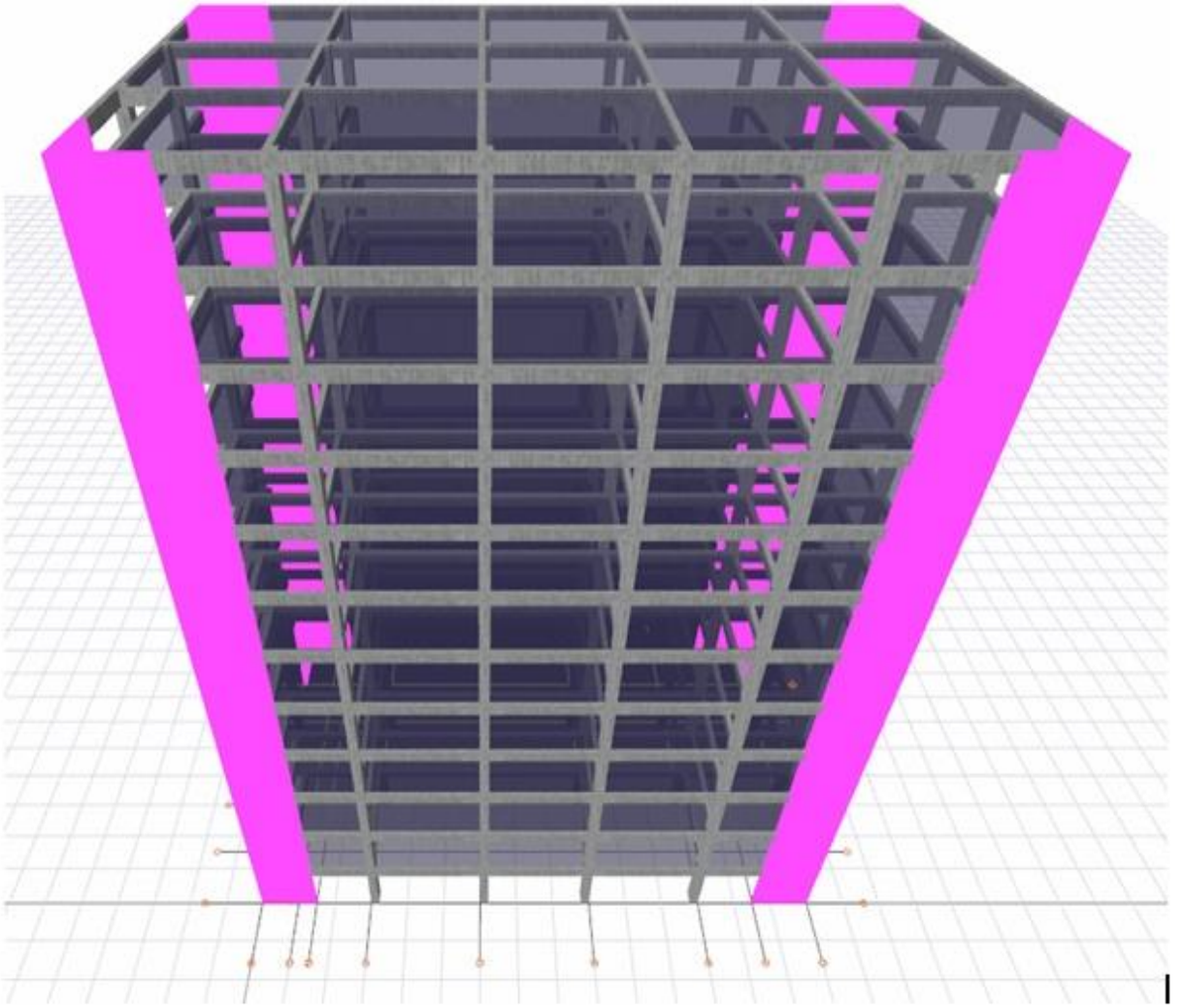
Deprem Parametreleri	Simge	Değer
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	(W)	2795.74 tf
Yapı toplam serbest kütlesi	(m)	281.02 t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	(Hn)	18.00 m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n-X)	19.36 tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n-Y)	19.36 tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-X)	430.11 tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-Y)	430.11 tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-X)	327.18 tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-Y)	329.14 tf
Yapı önem katsayısı	I	1.00
X yönü VtB/Vt oranı	VtB(x) / Vt(x)	0.76
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB(y) / Vt(y)	0.77
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri	β	0.80
X yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(x) / VtB(x)$	1.05
Y yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(y) / VtB(y)$	1.05

Tablo 6.9: 6 Katlı Perdeleri Köşe Noktalarda Yerleştirilmiş Binanın Deprem Parametreleri

X Yönü

Kat Genel Ayarları		±5%						Kontrol
Kat	h [m]	Eleman	d _i [mm]	d(i-1) [mm]	Δi [mm]	$\delta i(\max)$ [mm]	$\frac{\delta i(\max)}{h}$	$\delta i(\max)/h$ ≤0.02
5. KAT	3.00	P510	11.10	9.09	2.01	13.04	0.004	✓
4. KAT	3.00	P410	9.09	6.88	2.21	14.37	0.005	✓
3. KAT	3.00	P309	6.88	4.60	2.29	14.87	0.005	✓
2. KAT	3.00	P207	4.59	2.45	2.15	13.95	0.005	✓
1. KAT	3.00	P109	2.18	0.73	1.45	9.39	0.003	✓
ZEMİN KAT	3.00	PZ11	0.73	0	0.73	4.77	0.002	✓

Tablo 6.10: 6 katlı Perdeleri Köşe Noktalarda Yerleştirilmiş Binanın Görelî kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları



Şekil 6.10 : 12 Katlı Perdeleri Köşelerde Yerleşmiş Sistemin 3 boyutlu Görünüşü

Deprem Parametreleri	Simge	Değer
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	(W)	5552.39 tf
Yapı toplam serbest kütlesi	(m)	561.20 t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	(Hn)	36.00 m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n-X)	69.53 tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n-Y)	72.61 tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-X)	772.60 tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-Y)	806.73 tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-X)	583.33 tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-Y)	610.30 tf
Yapı önem katsayısı	I	1.00
X yönü VtB/Vt oranı	VtB(x) / Vt(x)	0.76
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB(y) / Vt(y)	0.76
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri	β	0.90
X yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(x) / VtB(x)$	1.19
Y yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(y) / VtB(y)$	1.19

Tablo 6.11 : 12 Katlı Perdeleri Sistemin Köşe Noktalarına Yerleşmiş Binanın Deprem Parametreleri

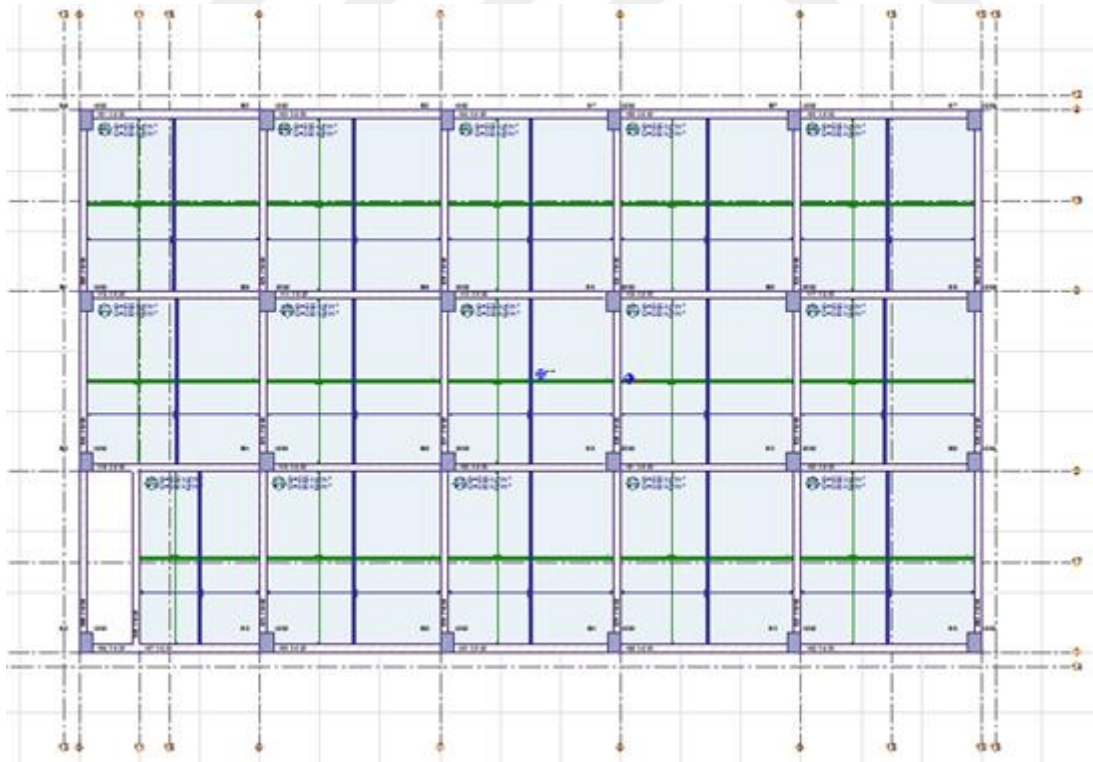
X Yönü

Kat Genel Ayarları		±5%						Kontrol
Kat	h [m]	Eleman	d _i [mm]	d(i-1) [mm]	Δi [mm]	$\delta i(\max)$ [mm]	$\frac{\delta i(\max)}{h}$	$\delta i(\max)/h$ ≤0.02
11. KAT	3.00	P1110	61.70	57.61	4.09	26.58	0.009	✓
10. KAT	3.00	P1010	57.61	53.08	4.53	29.46	0.010	✓
9. KAT	3.00	P910	53.08	48.05	5.03	32.69	0.011	✓
8. KAT	3.00	P809	48.05	42.51	5.54	36.02	0.012	✓
7. KAT	3.00	P709	42.51	36.52	5.99	38.96	0.013	✓
6. KAT	3.00	P610	36.52	30.19	6.33	41.15	0.014	✓
5. KAT	3.00	P509	30.19	23.69	6.49	42.21	0.014	✓
4. KAT	3.00	P410	23.69	17.27	6.42	41.76	0.014	✓
3. KAT	3.00	P309	17.27	11.22	6.05	39.33	0.013	✓
2. KAT	3.00	P207	11.21	5.92	5.29	34.35	0.011	✓
1. KAT	3.00	P106	5.26	1.71	3.56	23.11	0.008	✓
ZEMİN KAT	3.00	PZ11	1.93	0	1.93	12.57	0.004	✓

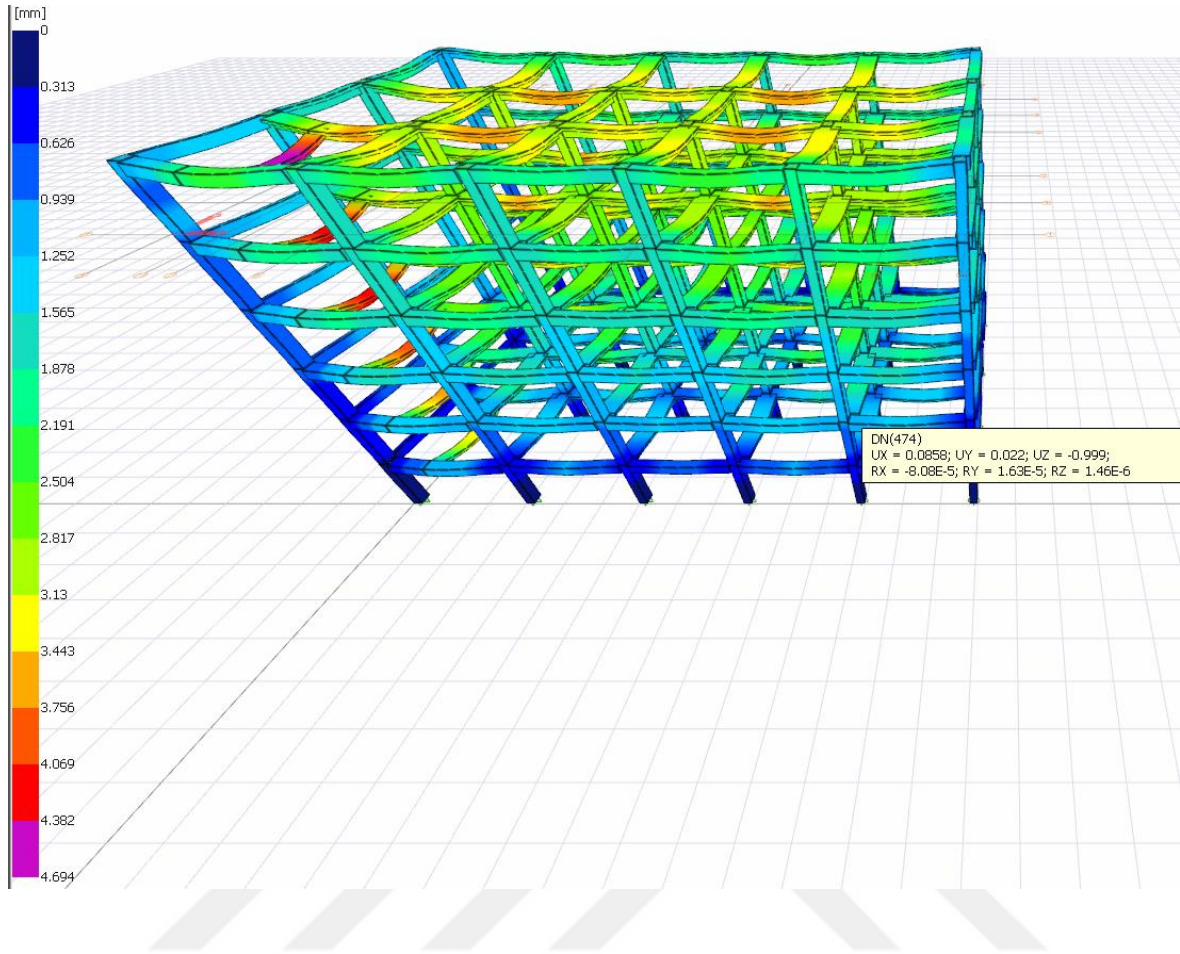
Tablo 6.12 : 12 Katlı Perdeleri Sistemin Köşe Noktalarına Yerleşmiş Binanın Görelî Kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları

Tasarımda düşey donatının içeriği ve eksenel yük oranları da değerlendirilmiştir. Kolonların boyutları, eksenel yükü karşılamadığı takdirde artırılır. Yapının analizinde bina düzeni, eksenel yük oranı bağ kirişli yapılarda iç kolonların boyutlarına etki etmiştir. Perdelerde eksenel yük oranları makul düzeyde kalmıştır. Boyuna donatı oranları perdeler için daha önemlidir ve maksimum ve minimum ilave donatı oranları % 1,6 ile % 0,3 olarak belirlenmiştir. Kolonlar için ise maksimum ve minimum ilave donatı oranları % 3 ile % 0,5 tir. Bağlantı kirişlerinden perdeler aktarılan momentler yük momenti dağıtmak içindir. Çerçevenin deplasman sünekliğinin belirlenmesinde de bağ kirişler etkilidir. Bağ kirişleri aynı katta bulunan diğer kirişlere göre daha büyük plastik dönmelere maruz kalırlar.

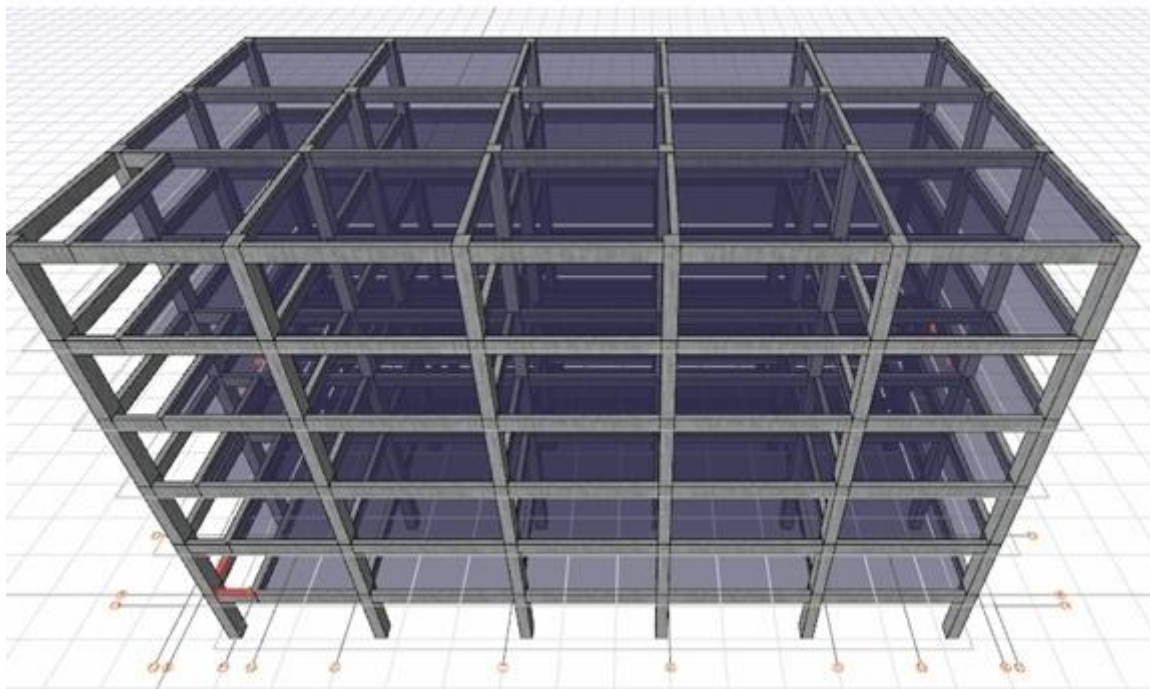
Standart bir kolon kiriş bağlantısı için görelî kat ötelenmesi kolon ve kirişlere %40 'lık bir ilave yaparız ve burulmaya neden olan kirişlerde oluşan kat deformasyonları %25 artırılır. Aynı zamanda elemanlarda oluşan kesme deformasyonlarının %10 ilave yaptığı varsayılmaktadır.



Şekil 6.11: Taşıyıcı Sistemi Perdesiz olarak Tasarlanmış Binanın Kat Planı



Şekil 6.12: 6 Katlı Perdesiz Sistemde Oluşan Deformasyon ve Ötelenmeler[17]



Şekil 6.13: 6 Katlı Perdesiz Sistemli Binanın 3 Boyutlu Görünüşü

Deprem Parametreleri	Simge	Değer
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	(W)	2617.23 tf
Yapı toplam serbest kütlesi	(m)	264.11 t
Yapı yükseliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	(Hn)	18.00 m
X yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n -X)	18.12 tf
Y yönünde, yapı tepesinde uygulanan ekstra eşdeğer deprem yükü	(ΔF_n -Y)	18.12 tf
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-X)	402.65 tf
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-Y)	402.65 tf
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-X)	336.99 tf
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modal kombinasyon)	(VtB-Y)	331.42 tf
Yapı önem katsayısı	I	1.00
X yönü VtB/Vt oranı	VtB(x) / Vt(x)	0.84
Y yönü VtB/Vt oranı	VtB(y) / Vt(y)	0.82
Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri	β	0.90
X yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(x) / VtB(x)$	1.08
Y yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta Vt(y) / VtB(y)$	1.09

Tablo 6.13 : 6 Katlı Perdesiz Sistemle Analiz Edilmiş Binanın Deprem Parametreleri

X Yönü

Kat Genel Ayarları		±5%						Kontrol
Kat	h [m]	Eleman	d _i [mm]	d(i-1) [mm]	Δ_i [mm]	$\delta_i(\max)$ [mm]	$\frac{\delta_i(\max)}{h}$	$\delta_i(\max)/h$ ≤0.02
5. KAT	3.00	S515	26.20	24.28	1.93	12.53	0.004	✓
4. KAT	3.00	S415	24.28	20.85	3.43	22.27	0.007	✓
3. KAT	3.00	S315	20.85	16.06	4.79	31.12	0.010	✓
2. KAT	3.00	S215	17.27	11.02	6.25	40.62	0.014	✓
1. KAT	3.00	S116	11.02	4.40	6.63	43.07	0.014	✓
ZEMİN KAT	3.00	SZ15	4.40	0	4.40	28.58	0.010	✓

Tablo 6.14 : 6 Katlı Perdesiz Sistemle Tasarlanmış Binanın Görelî Kat Ötelenmesi ve Deplasman Oranları

6.5. Görelî Kat Ötelenmesi

Bağlantı kirişi bir ucunda rijit bir şekilde perde ile desteklendiğinden ve diğer ucu kolona dayandığından bağlantı kirişleri; çerçevenin diğer bölümleri üzerinde yer

değiştirme sünekliği oluşturur. Kat ötelenmesi tasarım deplasman profili ile bağlantılıdır. Ortalama süneklik değeri her kat için bağ kirişlerinin sayısı ile orantılı olarak elde edilir.

Yaptığımız bina analizinde kirişler her katta eşit yükseklik ve uzunluğa sahiptir. Bu sebeple çerçeve sünekliğinde, katın ortalama değeri olarak alınır.

6.6 Tasarım Sonuçları

Aşağıdaki tabloda 6 ve 12 katlı perde - çerçeve sistemli ve 6 katlı perdesiz sistemli binalar için analiz sonuçları gösterilmiştir. Perdeleri sistemler için; perdelerin binanın orta aksına yerleştiği ve binanın köşe noktalarına yerleştiği durumlar için analiz sonuçları ayrı ayrı verilmiştir.

	6 katlı perdeler ortada	6 katlı perdeler köşelerde	6 katlı perdesiz	12 katlı perdeler köşelerde	12 katlı perdeler ortada
Yapı toplam ağırlığı (t)	2759,35	2795,74	2617,23	5552,39	5498,68
X yönünde toplam kesme kuvveti(kN)	424,51	430	402,65	772,60	766,12
Hesaplanan Yerdeğiştirme(mm)	9,17	11,10	26,20	61,70	57,64
Maksimum görel kat ötelenmesi(mm)	12,20	14,87	43,07	42,21	38,37

Tablo 6.15 : Farklı kat planına ve farklı kat sayısına göre kesme kuvveti, deplasmanların ve görel kat ötelenmeleri değerleri

Tabloda yer alan verilerden hareketle binanın tam orta noktasında karşılıklı simetrik olarak yerleştirilmiş perdelerin, köşe noktalara yerleştirilenlere oranla deplasmanları ve ötelenmeleri daha fazla sınırladıkları söylenebilir. Aynı kat sayısına sahip binalarda ötelenmeler ve deplasmanlar bu şekilde değişirken, kat sayısı 6 dan 12 ye çıktığında deplasmanlar çok belirgin bir şekilde 1'e 6 kat denebilecek seviyede artmaktadır. Görel kat ötelenmelerinde artmakta ama oran 1'e 3 kat olabilecek şekilde kalmaktadır. Perdeler ortadan kalktığında 6 katlı binalara bakıldığında deplasman ve ötelenmelerin çok yüksek

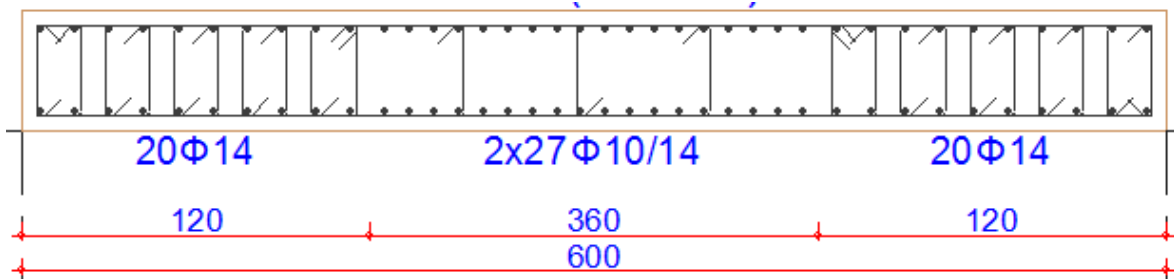
olduğu görülmektedir. Bu da bize perdelerin sistemlerde görelî kat ötelenmelerini ne ölçüde dengelediğini göstermektedir.

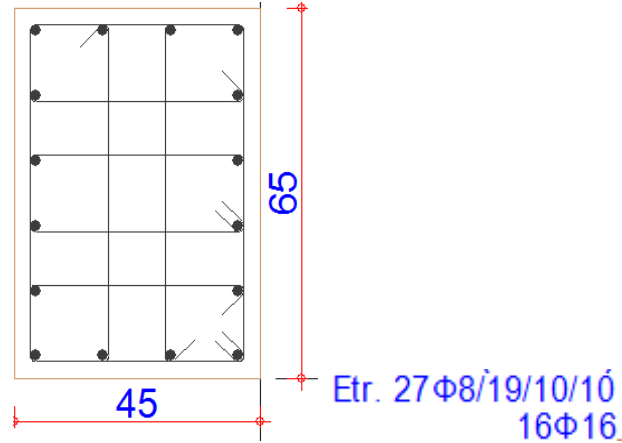
Perde eğrisi talepleri oldukça yüksektir ve 12 katlı yapılar için tasarım malzeme gerilme sınırlarının aşılmadığından emin olmak için kat ötelenmeleri azaltılmalıdır.

Perde - Çerçeve yapılar için nihai tasarım güçleri taban kesme kuvvetinin sadece kütle ve kesit boyutlarına bağılı olabilmesi; tasarım mantığının değiştirilmeden önemli miktarda basitleştirilebileceğini göstermektedir. Analizi yapılan yapı için boyuna donatı oranları elemanların mukavemet değerleri ve eksenel yüklere duyarlı oldukları değerleri daha verimli hale getirmede kullanıldı.

Yatay kuvvetler etkisinde bina rijitliğinin en önemli göstergesi her hangi bir elemanın kendi rijitliği ve binada bir katın alt kata göre yapmış olduğu görelî ötelenme miktarıdır. Deprem Yönetmeliğinde deprem esnasında binada meydana gelebilecek yer değiştirmelerle alakalı olarak anlatılan özelliklerden görelî kat ötelenmesi, iki kat arasında oluşan yer değiştirme farkını gösterir ve $i = d_i - (d_{i-1})$ şeklinde ifadelendirilir. Birbirine dik olan iki deprem doğrultusundan biri için, herhangi bir kattaki en yüksek görelî kat ötelenmesinin o katta aynı doğrultuda bulunan ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı'nın 1.2'den daha büyük olması durumuna Burulma Düzensizliği denilir. Burulma Düzensizliği'nin engellenmesi için, perde vb rijit taşıyıcı sistem elemanlarının taşıyıcı sistemin burulma rijitliğini arttıracak şekilde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir.[2]

Örnek binalara yapılan analiz sonucunda yapıya ait veriler elde edilmiş; 6 ve 12 katlı binalara ait perde ve kolon detayları aşağıdaki gibi bulunmuştur. Donatı miktarları (etriye ve düşey taşıyıcılar) ve yerleşim şekilleri aşağıdaki gibidir.



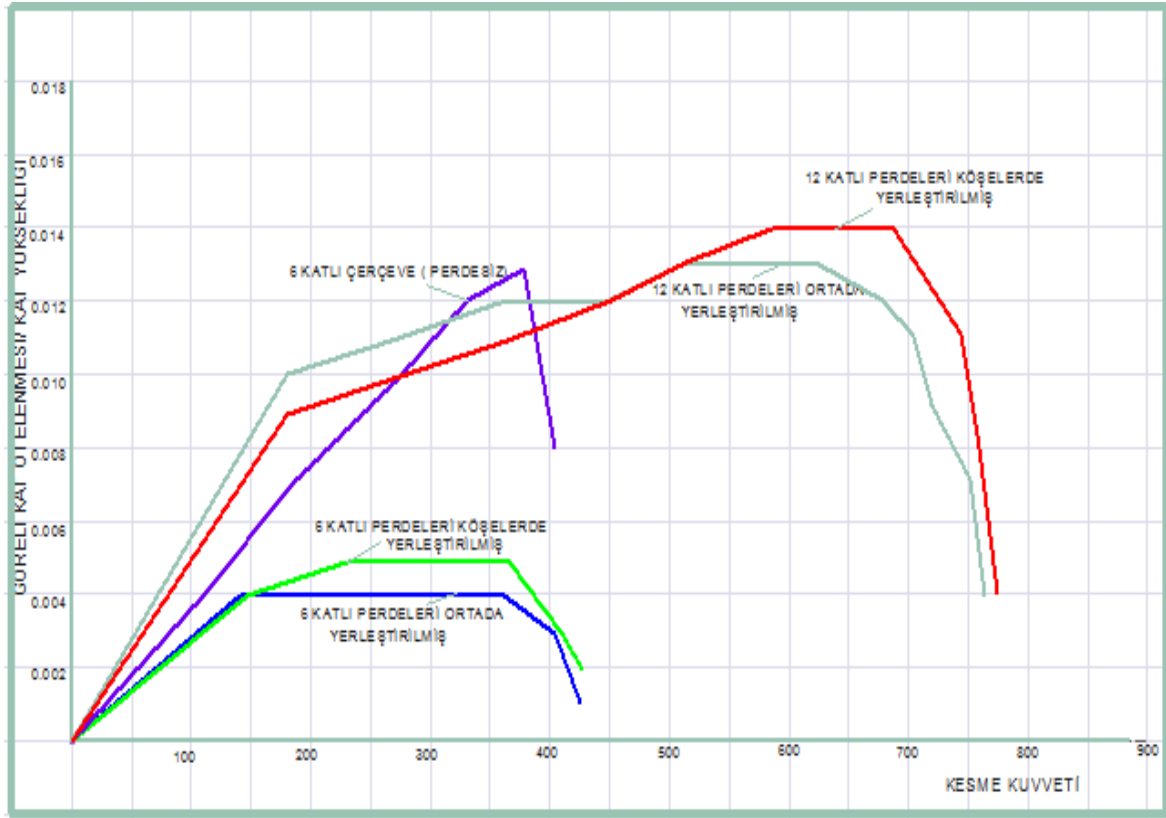


Şekil 6.14: 6 Katlı binanın perde ve kolon detayı

Aynı taban alanı, aynı kat yüksekliği ve aynı kat planına sahip fakat oniki katlı yapıda analize tabi tutarak, görelî kat ötelenmeleri ve deplasmanları hesaplanmıştır. Mod Birleştirme Yöntemiyle yapılan analizler sonucunda deplasmana dayalı tasarım yaklaşımının kat ötelenmelerini sınırlama noktasında çok başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Kat ötelenmeleri yerdeğiştirmelerle doğrudan ilişkilidir, bu yüzden de benzer eğilim gösterirler.

Perdeler yapılarda yatay deplasmanları kısıtlayıcı elemanlar olduğu için farklı sistemli binalardaki davranış şekillerini araştırırken binalarda oluşan yer değiştirme değerleri kıyaslanmıştır. Sisteme perde ilavesi ötelenmeyi büyük ölçüde düşürmektedir.

Söz konusu yapı her iki sistem için görelî kat ötelenmeleri açısından değerlendirildiğinde; perdeli sistemde kat ötelenmelerinin önemli ölçüde dengelendiği görülmektedir. Özellikle zemin katlarda oluşan kat ötelenmeleri azalmıştır. Perdeler görelî kat ötelenmesini rijitlikleriyle sönümleyen elemanlardır diyebiliriz.



Şekil 6.15: Taşıyıcı Sistem Durumlarına Göre Kesme Gerilmesi ve kat Ötelenmesi Oranları

Kat planları ve yükseklikleri farklı beş ayrı bina üzerinde yaptığımız analizler sonucunda; perde kullanılmasının, perdelerin yerleşiminin, kat adedinin görel kat ötelenmesi oranlarını nasıl etkilediğini değerlendirilmiştir. Yukarıdaki grafikte anlaşılacağı üzere, belirgin kesme kuvveti değerlerine göre perdelerin orta akslarda karşılıklı olarak yerleştirildiği simetrik sistemler görel kat ötelenmelerini dengeleme açısından en güvenilir sistemlerdir. 6 ve 12 katlı binalar için benzer sonuçlar çıkmış ötelenme değerleri diğer sisteme göre daha sınırlı kalmıştır. Perdesiz sistemde ise en yüksek kesme kuvvetini karşılmasına rağmen görel kat ötelenmesi 6 katlı bir bina için 12 katlı binalara yakın değer almıştır. Bu da açık olarak şunu göstermektedir ki görel kat ötelenmesinin sınırlandırılmasında perdeler çok etkin elemanlardır.

7. SONUÇ

Yapılan analizler gösterdi ki; deplasmana dayalı sismik tasarım metodu perde duvarlı-çerçevesel yapılarda kat ötelenmelerini ve deplasmanların mükemmel kontrolünü sağlar ve güvenilir bir yaklaşımdır. Bu tasarım metodu 6 ve 12 katlı perde - çerçeve sistemli binalara uygulanmıştır. Örneklerde perdeli ve perdersiz durumlar için ve perdelerin farklı noktalara yerleştirildikleri durumlar için deplasmanlar ve görelî kat ötelenmeleri ayrı ayrı ele alınmıştır. Kat ötelenmesi oranları zemin hareketlerinin yani deprem kayıtlarına göre performans düzeylerini tanımlamak için kullanılmıştır. Analizlerde İDESTATİK yapı analiz programı kullanılmıştır. Aynı zamanda tepe yer değiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri incelenmiştir. Yapı kat sayısı dolayısıyla yüksekliği arttıkça etkin periyotlarda artmaktadır.

Hazırlanmış olan bu tez çalışmasında, betonarme yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde kullanılan, mod birleştirme yöntemleri altı ve oniki katlı betonarme binalara uygulanmıştır. Farklı binalar X ve Y doğrultusunda perdeler yerleştirilerek perde-çerçeve sistem olarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda performans düzeylerinin ne olduğu tespit edilmiştir. Yapıların görelî kat ötelenmeleri, burulmaları hakkında tablolar verilmiştir. Perde-çerçeve sistemde kullanılan perdeler X ve Y yönünde kullanılmıştır. Bu perdeler sistemin yanal yük taşıyabilme kapasitesine ilave katkı yapmaktadır. Ayrıca görelî kat ötelenmelerinin dengelenmesine katkısı büyük olmaktadır. Analizler sonucunda oluşturulan tabloda yer alan verilerden hareketle binanın tam dış orta noktasında karşılıklı simetrik olarak yerleştirilmiş perdelerin, köşe noktalara yerleştirilenlere oranla deplasmanları ve ötelenmeleri daha fazla sınırladıkları söylenebilir Bu durumda perde boylarına göre rijitlik durumu da dikkate alınmalıdır. Aynı kat sayısına sahip binalarda ötelenmeler ve deplasmanlar bu şekilde değişirken, kat sayısı 6 dan 12 ye çıktığında deplasmanlar çok belirgin bir şekilde 1'e 6 kat denebilecek seviyede artmaktadır. Görelî kat ötelenmeleride artmakta ama oran 1'e 3 kat olabilecek şekilde kalmaktadır. Perdeler ortadan kalktığında 6 katlı binalara bakıldığında deplasman ve ötelenmelerin çok yüksek olduğu görölmektedir. Bu da bize perdelerin sistemlerde görelî kat ötelenmelerini ne ölçüde azalttığını göstermektedir

Doğrusal olmayan statik analiz yöntemleriyle bina performans değerlerinin hesaplanmasında kullanılacak eleman bünyesinde oluşacak kesit dönmesi ,burulmalar ve sistem içerisindeki görelî kat ötelenmesi değerleri göz önünde bulundurularak yapıya ait performans seviyeleri yorumlanmıştır. Perde- çerçeve tipli sistem için plastik mafsallarda

oluşan dönmeler dikkate alınarak yapılan değerlendirmede; yapıya ait performans limiti can güvenliğinde iken, yapıda oluşan görelî kat ötelenmeleri dikkate alınınca performans seviyesi Can güvenliği düzeyinde fakat hemen kullanım düzeyine daha yakın performans seviyesindedir. Sonuç olarak analizi yapılan yapılar için oluşan kesit dönmelerinin yapının görelî kat ötelenmesine oranla performansın belirlenmesinde daha etkin olduğu gözlenmektedir. Kolonlarda plastikleşme genellikle en büyük deprem momentlerinin meydana geldiği zemin kattaki kolonların alt noktalarında oluşur, fakat kirişler için böyle değildir. Plastik mafsallar yapı içinde yayılır, farklı noktalarda görülebilirler. Perde-Çerçeve sistemli bir binada perdeler moment ileten kirişlerde çoğunlukla plastikleşmeye yatkınlık ve eğilim gözlenmiştir.

Görelî kat ötelenmesi değerleri de perde- çerçeve tipli binalarda yalnız çerçeve tipli yapılara göre alt katlara inildikçe daha küçük değerlerde olduğu görülmüştür. Depreme karşı dayanıklı binalar tasarlayabilmek için betonarme perde kullanılması kaçınılmaz bir gerekliliktir. Perdeler yanal deplasmanları sınırlamakta, görelî kat ötelenmelerini belirgin şekilde küçültmektedir.

Daha ileride yapılacak çalışmalarda perde-çerçeve sistemler için perde yeri yapının iç-orta kısmında olacak şekilde dizayn yapılabilir. Ayrıca kat sayısı artırılarak farklı çözümler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- 1.Kutunis,M (2011). *Performansa Göre Tasarım ve Değerlendirme*, İMO Bülten, Sakarya
2. Arslan,M.H, Köken,A. *BinalarınYapısal Performansının Statik İtme Analizi İle Belirlenmesi* Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi
- 3.Önem,G. *Yapıların Deprem Etkisi Altında Performansa Dayalı Tasarımı ve değerlendirilmesi* İmo Meslek İçi Eğitim Seminerleri 2011
4. Sucuoğlu,H (2012) . *Deprem Etkisindeki Mevcut Binaların Değerlendirme ve Güçlendirilmesi*, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Mevcut Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler 2007
5. FEMA 356, (1997) *Prestandard and commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.1997
- 6.Yavaş, A. ve Saylan, Ş.(2006). *Perde Çerçeve Sistemlerin Deplasman Esaslı Dizaynı İçin Deplasman Profili*, Pamukkale Üniversitesi, 2006
7. M.J.N. Priestley, G.M.Calvi , M.j.Kowalsky (2007), *Displacement-Based Seismic Design Of Structures*, Pavia,İtaly
- 8.T.J.Sullivan, M.J.N.Priestley ve G.M Calvi (2006), *Direct Displacement-Based Design of Frame - Wall Structures*, Journal of Earthquake Engineering.
9. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik DBYBHY(2007), 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
10. A. A.S.E.Elrodesly(2007), *Displacement-Based Seismic Design Of Reinforced Concrete Shear Wall Buildings*, Ottawa ,Canada 2007

11. ATC 40 (1996) *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, Applied Technology Council, California. November 1996.
12. FEMA 273, (1997). *NEHRP Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC., 1997.
13. Chopra, A.K. and Goel, R.K.(2001), *A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.3
14. Yavaş, A. ve Saylan, Ş.(2006). *Perde Çerçeve Sistemlerin Deplasman Esaslı Dizaynı İçin Deplasman Profili*, Pamukkale Üniversitesi, 2006
15. Bozer, A(2003) *Direct Displacement Based Design of R/C Structural Walls*, Boğaziçi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi
16. Celep, Zekai (05-06-07 Kasım 2013). *Yönetmeliklerimizde Betonarme Yapılar İçin Performansa Dayalı Dayanım ve Değerlendirme* İMO İstanbul Şubesi Mesleki Eğitim Kursları,
17. İdeSTATİK 7.2 *Yapısal Statik Analiz Programı*, İdeYAPI Bilgisayar Destekli Tasarım Mühendislik Danışmanlık ve Taahüt Limited Şirketi, Bursa
18. SAP 2000 V.18 *Yapısal Analiz ve Dizayn Programı*, CSI Analysis Reference Manual For SAP2000®, CSI Computers & Structures, Inc. Berkeley, California, U.S.A
19. T. Öztürk, (2005). *Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı*, İMO İstanbul Şubesi Mesleki Eğitim Kursları,
20. Kırçıl, M. S. (2010). *Performansa Dayalı Tasarım*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programı

21. Buğday, D., (2014). *Performansa Dayalı Tasarım İlkeleri İle Betonarme Çerçeve Yapılar İçin Pratik Hasar Tahmin Yöntemi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programı
22. Fahjan, Y.M., Vatansever S., ve Özdemir, Z., (2011). *Ölçeklenmiş Gerçek Deprem Kayıtları İle Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analizleri*, 1. Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı, O.T.D.Ü, ANKARA
23. Karınzade, N.A., (2015). *Performance- Based Seismic Design of Reinforced Concrete Frame Buildings : A Direct Displacement-Based Approach*, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir
24. Shibata, A. and Sozen, M.A., (1976). *Substitute-Structure Method for Seismic Design in R/C*. Journal of the Structural Division. 102(1): p. 1-18.
25. Calvi, G.M. and Kingsley, G.R., (1995). *Displacement-Based Seismic Design of Multi-Degree-of-Freedom Bridge Structures*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. 24(9): p. 1247-1266.
26. Hong, S.G. and Cho, B.H., (2001). *Displacement- Based Design and Assessment of Structural walls*. KEERC-MAE Joint Seminar on Risk Mitigation for Regions of Moderate Seismicity, Urbana, (2001)
27. Mehdekar, M.S. and Kennedy, D.J.L., March (2000). *Displacement-Based Seismic Design of Buildings: application*, Engineering Structures, (2000)
28. Kowalsky, M.J., (1997). *Direct Displacement Based Design: A Seismic Design Methodology and its application to Concrete Bridges*, Ph.D. Thesis, University of California (1997)
29. Wallace, J.W., (1998). *A designers guide to displacement based design of RC structural walls*, Behavior and design of RC structural element, UCLA (1998)
30. Karageyik, C., (2010). *Displacement- Based Seismic Rehabilitation of Non- Ductile RC Frames With Added Shear Walls*, The Middle East Technical University Ankara (2010)

31. Meral, E., (2010). *Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Sismik Deplasman Taleplerinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli (2010)
32. Yavaş, A., (2004). *Betonarme Yapıların Deplasman Esaslı Sismik Dizaynı*, Doktora Tezi Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2004)
33. Malekpour, S., Ghaffarzadeh, H., and Dashti, F., (2013). *Direct displacement-based design of steel-braced reinforced concrete frames*. Structural Design of Tall and Special Buildings. 22(18): p. 1422-1438
34. Garcia, R., Sullivan, T.J., and Corte, G.D., (2010). *Development of a Displacement Based Design Method for Steel Frame-RC Wall Buildings*. Journal of Earthquake Engineering. 14(2): p. 252-277.
35. Budak, A. (2007). *Rijit ve Yarı Rijit Çerçevelerin Karşılaştırılması ve Deplasmandaki Etkisi Üzerine Bir Çalışma*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, haziran 2007.
36. Darılmaz, K. (2011) *Betonarme Sistemlerin Performansını Tasarım Aşamasında Etkileyen Faktörler*, Meslek içi Eğitim Seminerleri TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Genç, Öznur
 Uyruğu : T.C
 Doğum tarihi ve eri : 01.01.1978/ TRABZON
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 05393932220
 Faks : 02125712051
 e-mail : gencoznur@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gelişim Üniversitesi	
Lisans	Atatürk Üniversitesi	2002
Lise	Çaykara İnönü Lisesi	

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2012	Nur Mühendislik	Statik Proje Tasarımcı -Müellifi
2012-2015	NMG Yapı Denetim	Proje ve Uygulama Denetçisi İnşaat Müh.

Yabancı Dil

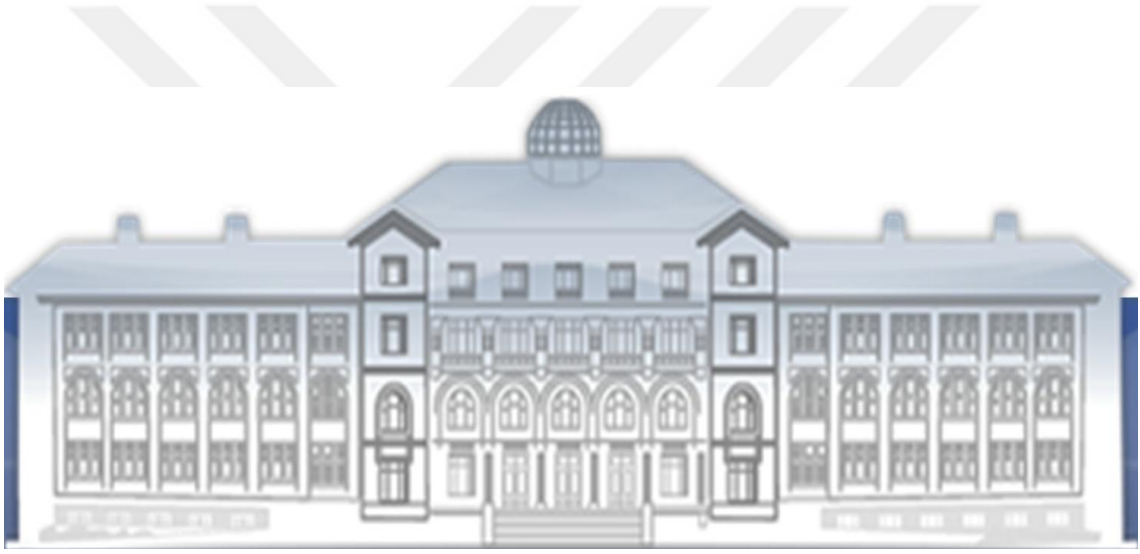
İngilizce

Yayımlar

Hobiler

Yeni yerler görmek , gezmek

Sürekli yeni bir şeyler öğrenmek



ĞELİŐİM ĞELİŐMEKTİR..