

BETONARME YAPILARIN ONARIMI VE
GÜÇLENDİRİLMESİ /GÜÇLENDİRMENİN EKONOMİK
OLMAMASI DURUMUNDA PATLAYICI MADDE
KULLANILARAK KONTROLLÜ YIKIMI

Birol YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği **Anabilim Dalı**

Aralık,2006

REPAIRING AND STRENGTHENING THE REINFORCED CONCRETE
STRUCTURES / THE CONTROLLED DEMOLISHMENT BY MEANS OF
EXPLOSIVE MATERIALS WHERE THE CASE OF STRENGTHENING IS
UNECONOMICAL

Biröl YILMAZ

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

December,2006

BETONARME YAPILARIN ONARIMI VE GÜÇLENDİRİLMESİ /
GÜÇLENDİRMEİN EKONOMİK OLMAMASI DURUMUNDA
PATLAYICI MADDE KULLANILARAK KONTROLLÜ YIKIMI

Birol YILMAZ

Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yapı Bilim Dalı
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof.Dr. Hasan GÖNEN

Aralık,2006

Birol YILMAZ' in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Betonarme yapıların onarımı ve güçlendirilmesi/güçlendirmenin ekonomik olmaması durumunda patlayıcı madde kullanılarak kontrollü yıkımı” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Prof.Dr. Hasan GÖNEN

Üye : Doç.Dr. Eşref Ünlüoğlu

Üye : Yrd.Doç. Dr. İbrahim Günaltılı

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

BETONARME YAPILARIN ONARIMI VE GÜÇLENDİRİLMESİ / GÜÇLENDİRMEİN EKONOMİK OLMAMASI DURUMUNDA PATLAYICI MADDE KULLANILARAK KONTROLLÜ YIKIMI

ÖZET

Bu çalışmada öncelikle onarım ve güçlendirme konusunda genel bilgiler verilmiştir. Daha sonraki bölümlerde ise 1975 Deprem yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmış çok katlı betonarme bir binanın 1997 deprem yönetmeliği'nin şartlarına uygunluğu Etabs bilgisayar programı yardımıyla analiz edilerek güçlendirme durumu incelenmiştir. Daha sonraki bölümlerde mevcut binanın güçlendirilmesinin ekonomik olmadığı kararına varılarak, betonarme binanın patlayıcı kullanarak kontrollü yıkımı incelenmiştir.

Birinci bölümde onarım ve güçlendirmenin gerekliliği ve hasar nedenleri üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde yapılarda depremden dolayı oluşan yapı hasarlarından bahsedilmiş ve bu hasarların sebepleri üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde deprem etkisindeki yapı davranışını belirleyen sınır durumlar, sistem tasarımı ve kapasite kavramı üzerinde durulmuştur.

Altıncı bölümde deprem etkisindeki yapıda güçlendirme/onarım kararı verebilmek için izlenecek yol verilmiştir.

Yedinci bölümde taşıyıcı sistem elemanlarının onarılması/güçlendirilmesi yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Dokuzuncu bölümde yeni taşıyıcı sistem elemanlarının ilavesi ile güçlendirme hakkında bilgi verilmiştir.

On birinci bölümde mevcut yapının deprem güvenliğinin belirlenebilmesi için AIJ indisleri metodu, Zemin kat düşey taşıyıcı elemanların analizi metodu ve 1997 deprem yönetmeliği altında incelenmiştir.

On ikinci bölümde güçlendirmenin ekonomikliği araştırılmış, yıkıma karar verilme sebepleri verilmiştir.

On üçüncü bölümde yıkım projesinin aşamaları incelenmiştir.

On dördüncü bölümde taşıyıcı elemanlarda patlayıcı maddelerin kullanılması, miktarı, titreşim ve ses ölçüm metodları incelenmiştir.

On beşinci bölümde projeleri mevcut 6 katlı betonarme binanın patlamalarla yıkımını gerçekleştirmek üzere kullanılan program, taşıyıcı elemanlara ait plastikleşme momentlerinin hesabı , kullanılan patlayıcı madde miktarı ve örnek bir uygulaması verilmiştir.

***Anahtar Kelimeler:** Betonarme, Onarım ve Güçlendirme, Patlayıcı ile Kontrollü Yıkım, Plastik Mafsalsal*

REPAIRING AND STRENGTHENING THE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES / THE CONTROLLED DEMOLISHMENT BY MEANS OF EXPLOSIVE MATERIALS WHERE THE CASE OF STRENGTHENING IS UNECONOMICAL

SUMMARY

In this study, which is submitted as a M.Sc. thesis, firstly the information related to the general topics of the repairing and strengthening is presented. In the later stage, the program Etabs was used to analyze the appropriateness of the strengthening condition of a multi-storey building projected according to the Turkish seismic code of 1975 with the terms of Turkish seismic code of 1997. Finally, the strengthening of the existing building was found to be uneconomical and the controlled demolition of the reinforced concrete building using explosive materials is investigated.

In the first chapter, the necessity of repairing and strengthening and the reasons for the damages are described.

In the second chapter, the damages of structures occurred due to earthquakes and the reasons for those damages are mentioned.

The third chapter gives information about the limiting conditions of structural performance affected with the earthquakes, system design and capacity concept.

In the sixth chapter, the method which should be followed to decide whether to strengthening or repairing of structures affected with the earthquake is given.

The seventh give information related to the methods of strengthening / repairing of the components of structural systems.

The ninth chapter describes the information concerning the strengthening by means of adding new structural system components.

In the eleventh chapter, the method of AIJ indices, and the method of analyzing the ground floor vertical structural components are investigated in accordance with the Turkish seismic code of 1997 in order to determine the earthquake safety of existing structures.

In the twelfth chapter, the economy of the strengthening is investigated, and the reasons concerning the decision of the demolition are stated.

In the thirteenth chapter, the stages of the demolition project are described.

In the fourteenth chapter, the usage, amount, vibration, and the methods of measuring the loudness of explosive materials in the structural components are investigated.

In the fifteenth chapter, the program which is used to perform the demolition of a reinforced concrete six-storey building using explosives, the calculation of the moment of plasticity concerning the structural components, the amount of explosive materials used, and an example of the application are given.

Key words: *Reinforced Concrete, Repair and Strengthening, The Controlled Demolishment by Means of Explosive*

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hasan GÖNEN'e ve her konuda bana destek olan ailem ve akrabalarımaya sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezin hazırlanmasında bana yardımda bulunan arkadaşlarım İnő.Müh. Emrah Öztürk, İnő.Y. Müh. Ali Özgün OK, İnő.Müh. Alper Temel , İnő.Müh. B.Kağan Öztürk, ve mesai arkadaşlarım İnő. Müh. Tuncay Göktaő, Ali elik'e tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri anlayıő ve yardımlarından dolayı sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Birol YILMAZ

Aralık,2006

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 ONARIM VE GÜÇLENDİRMENİN GEREĞİ	1
1.2 ONARIM VE GÜÇLENDİRME	2
1.3 HASAR NEDENLERİ	3
2. ÜLKEMİZDE DEPREM SONUCU MEYDANA GELEN YAPI HASARLARININ NEDENLERİ	5
3. DEPREM ETKİSİNDEKİ YAPININ DAVRANIŞI	7
3.1 Sınır Durumlar	8
3.2 Rijitlik, Dayanım, Süneklik	10
3.3 Depreme Dayanıklı Betonarme Taşıyıcı Sistem Tasarımı	15
3.4 Boyutlamada Kapasite Kavramı	17
4. BETONARME BİNALARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME İLKELERİ	20
4.1 Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirmeye Karar Verilmesi	20
4.2 Güçlendirme Projesinin İlkelerinin Belirlenmesi	21
5. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN ELEMANLARININ ONARIM ve GÜÇLENDİRİLMESİ	25
5.1 Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesi	25
5.1.1 Yerel onarımlar	25
5.1.2 Betonarme mantolama	25
5.1.3 Çelik profil iskelet geçirme	28
5.1.4 Çelik levha ile kılıf geçirme	30
5.2 Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi	30
5.2.1 Yerel onarımlar	30
5.2.2 Betonarme mantolama	30
5.2.3 Çelik levha ile güçlendirme	33
5.3 Kolon ve Kiriş Birleşimlerinin Onarım ve Güçlendirilmesi	34
5.3.1 Yerel onarımlar	34
5.3.2 Betonarme mantolama	35
5.3.3 Çelik levha donatı ile güçlendirme	35
5.4 Deprem Perdelerinin Onarım ve Güçlendirilmesi	35
5.4.1 Yerel onarımlar	35
5.4.2 Boyutların artırılması	35
5.5 Döşemelerin Onarım ve Güçlendirilmesi	36
5.5.1 Yerel Onarımlar	37
5.5.2 Döşeme Kalınlığının Arttırılması	37
5.6 Temellerin Onarım ve Güçlendirilmesi	38

6. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN YENİ TAŞIYICI ELEMANLAR İLAVE EDİLEREK GÜÇLENDİRİLMESİ	41
6.1 Yeni Perde veya Kolon Eklenmesi	41
6.2 Çerçeve Gözlerinin Donatılı Duvarla Doldurulması	45
7. MEVCUT YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ	46
7.1.Güçlendirme Öncesi (AIJ ye göre) Depreme Dayanıklılık İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçeveli Yapılarda Belirlenmesi.....	46
7.2 Zemin Kat Düşey Taşıyıcı Elemanların Analizi Metodu.....	50
7.3. 6 Katlı Betonarme Yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi	51
8. MEVCUT YAPININ GÜÇLENDİRME / YIKIM MALİYET ANALİZİ	65
9. YIKIM YÖNTEMİNE GİRİŞ	67
9.1. Yöntemin İşleyişi	67
9.2.Yıkım Projesinin Hazırlaması.....	68
10. YAPI ELEMANLARININ PLASTİK PATLAYICI İLE YIKILMASI	71
10.1.Kolonlarda Patlayıcı Kullanılması	71
10.2.Kirişlerde Patlayıcı Kullanılması.....	71
10.3.Döşemelerde Patlayıcı Kullanılması.....	71
10.4.Patlayıcı miktarının hesabı	72
10.4.1.Bazı Patlayıcılar ve Özellikleri:	72
10.5. Titreşim ve Ses Ölçüm Metodları	73
11. 6 KATLI BETONARME BİNANIN KONTROLLÜ PATLAMALARLA YIKIM PLANI	75
11.1.Giriş	75
11.2. Patlayıcı ile Yıkım Projesinin Uygulandığı Bilgisayar Programı	75
11.3. Kiriş ve Kolonların Plastikleşme Momentlerinin Hesabı.....	76
11.4 Yıkım Planı	78
11.4.1. Birinci Aşama Patlama	83
11.4.1.1 Kirişlerin Plastikleşme Momentinin Hesabı.....	83
11.4.1.2 Kolonların Plastikleşme Momentinin Hesabı.....	87
11.4.2. İkinci Aşama Patlama.....	96
11.4.3. Üçüncü Aşama Patlama.....	106
11.5 Patlayıcı Miktarlarının Hesabı ve Erteleme Zamanı.....	117
12. SONUÇ VE ÖNERİLER	119
KAYNAKLAR	120

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa No</u>
11.1 Birinci kat kirişlerine ait plastikleşme değerleri	84
11.2 Birinci aşama patlatma sonucu kirişlerde oluşan plastik mafsallar	87
11.3 İkinci Kat Kolonları Plastikleşme Momentleri	89
11.4 Birinci aşama patlatma sonucu kolonlarda oluşan plastik mafsallar	91
11.5 İkinci aşama patlatma sonucu kirişlerde oluşan plastik mafsallar	96
11.6 İkinci aşama patlatma sonucu kolonlarda oluşan plastik mafsallar	97
11.7 Üçüncü aşama patlatma sonucu kirişlerde oluşan plastik mafsallar	106
11.8 Üçüncü aşama patlatma sonucu kolonlarda oluşan plastik mafsallar	109
11.9 Birinci aşamada yıkım için kullanılan patlayıcı miktarları	118

SEMBOL LİSTESİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A	Yapı elemanının kesit alanı
A_{C1}	Kolonda eğilme modu enkesit alanı
A_{C2}	Kolonda kayma modu enkesit alanı
A_s	Çekme donatısı alanı
A_s'	Basınç donatısı alanı
A_{W1}	Kolonlara bağlı olan perdelerin enkesit alanı
A_{W1}	Kolonlara bağlı olmayan perdelerin enkesit alanı
B	Kolon ve perdelerin plastikleşme momentlerinin hesabında yardımcı katsayı
b	Kolon enkesiti küçük boyutu.
C	Plastikleşme momenti hesabında yardımcı katsayı
C_A	Patlayıcının alansal etki katsayısı
d	Faydalı yükseklik
d'	Beton basınç yüzünden basınç donatısı ağırlık merkezine olan uzaklığı
d''	Basınç ve çekme donatısı arasındaki mesafe
E_c	Betonun elastisite modülü
F_c	Betondaki basınç kuvveti bileşkesi
F_s	Çelikteki çekme kuvveti bileşkesi
f_{cd}	Hesapta kullanılacak beton basınç dayanımı
f_{ck}	Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{yd}	Hesapta kullanılacak çelik akma dayanımı
f_{yk}	Çelik karakteristik akma dayanımı
h_c	Kolon yüksekliği
H_C	Derinlik
H_E	İstenen patlayıcının patlama ısısı
H_{TNT}	TNT patlayıcısının patlama ısısı
h	Kiriş yüksekliği.Kolon enkesitinin eğilme yönündeki boyutu.
k_1	Dikdörtgen dağılım için beton basınç bloğu derinliğinin tarafsız eksen derinliğine oranı.

SEMBOL LİSTESİ (Devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
L	Patlayıcı ağırlığı
M	Moment
M _d	Hesap momenti
M ₁	Kirişlerde F _s 'den oluşan moment
M ₂	Kirişlerde F _c den oluşan moment
M _p	Plastikleşme Momenti
M _r	Kesitin taşıma gücü moment
M _{px}	X yönünde plastikleşme momenti
M _{py}	Y yönünde plastikleşme momenti
N	Eksenel kuvvet
N _d	Eksenel hesap kuvveti
n	Hesap yüküne ait boyutsuz değer
R _H	Kolon yüksekliğinin kolon derinliğine oranı
W	Bina ağırlığı
W _P	Patlayıcı ağırlığı
W _E	İstenen patlayıcının ağırlığı
W _{TNT}	TNT patlayıcının ağırlığı
ε	Birim boy değişimi
ρ	Çekme donatısı oranı
ρ'	Basınç donatısı oranı
σ'	Basınç donatısındaki gerilme
P	Yük parametresi
δ	Deplasman
φ	Dönme

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa No</u>
3.1 Rijitlik Merkezi ve Burulma (Deprem Yönetmeliği 97)	11
3.2 A3 Türü Düzensizlik (Deprem Yönetmeliği 97)	12
3.3 A1- A2- A3 Düzensizlikleri (Deprem Yönetmeliği97)	14
5.1 Mafsallaşmış Kolon Uçlarının Onarımı	26
5.2.a. V- Demiri İle Eski ve Yeni Donatıların Birbirine Ankrajı	27
5.2.b. Levhaların Kaynaklanmasıyla Eski ve Yeni Donatıların Birbirine Ankrajı	27
5.3 Betonarme Kolonun Çelik Kafesle Güçlendirilmesi	29
5.4 Eski ve Yeni Donatının V ve Z Demirleri ile Birbirine Bağlanması	31
5.5 Kiriş Mesnetlerinde Negatif Moment Kapasitesinin Artırılma	32
5.6 Kiriş Mesnetlerinde Negatif Moment Kapasitesinin Artırılması.	32
5.7.a. Kirişlerde Çelik Levha ile Eğilmeye ve Kesmeye Karşı Güçlendirme	33
5.7.b. Kirişlerde Çelik Levha ile Güçlendirme Kesitler	33
5-8.a. Perde Duvarların Kalınlaştırma Yöntemi ile Güçlendirilmesi	36
5.8.b. Perde Duvarların Kalınlaştırma Yöntemi ile Güçlendirilmesi	37
5.9 Tekil Temelin Genişletilerek Güçlendirilmesi	38
5.10 Mantolanmış Bir Kolonda Temel Takviyesi	39
5. 11 Yeni Güçlendirme Perdeleri İçin Yeni Temeller Eklenmesi	40
6.1.a. Yeni Kolon Eklemek Suretiyle Burulma Mukavemetinin Arttırılması	42
6.1.b. Yeni Perde Eklemek Suretiyle Burulma Mukavemetinin Arttırılması	42
6.1.c. Yeni Perde Eklemek Suretiyle Burulma Etkilerinin Azaltılması	42
6.1.d. Yeni Perde Eklemek Suretiyle Burulma Etkilerinin Azaltılması	42
6.1.e. Yeni Perde Eklemek Suretiyle Burulma Etkilerinin Azaltılması	43
6.2. Yeni Perde Eklemek Suretiyle Yapıların Burulma Dayanımlarının Artırılması	43
6.3.a. Yumuşak Katın Güçlendirilmesi	44
6.3.b. Farklı Yükseklikteki Döşemelere Sahip Bitişik Nizam Binaların Güçlendirilmesi44	
6.3.c. Rijit ve Güçlü Temel Sistemi ile Güçlendirme	44
6.4.a. Yerinde Dökme Betonarme Perde Duvarla Doldurma	45
6.4.b. Çerçeveleri Doldurma Yöntemleri	45
11.1. 6 Katlı Betonarme Yapının 3 Boyutlu Görünüşü	79

ŞEKİL LİSTESİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa No</u>
11.2. Bodrum Kat Kolon Planı	80
11.3. Bodrum Kat Kiriş Planı	81
11.4. Zemin Kat Kiriş Planı	82
11.5. 1.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Plastik Mafsallar	92
11.6. 1.Aşama Patlatma Sonucunda F Aksında Oluşan Plastik Mafsallar	93
11.7. 1.Aşama Patlatma Sonucunda I Aksında Oluşan Plastik Mafsallar	93
11.8. 1.Aşama Patlatma Sonucunda J Aksında Oluşan Plastik Mafsallar	94
11.9. 1.Aşama Patlatma Sonucunda K Aksında Oluşan Plastik Mafsallar	94
11.10. 1.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Deformasyonlar	95
11.11. 2.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Plastik Mafsallar	100
11.12. 2.Aşama Patlatma Sonucunda F Aksında Oluşan Plastik Mafsallar	101
11.13. 2.Aşama Patlatma Sonucunda I Aksında Oluşan Plastik Mafsallar	101
11.14. 2.Aşama Patlatma Sonucunda J Aksında Oluşan Plastik Mafsallar	102
11.15. 2.Aşama Patlatma Sonucunda K Aksında Oluşan Plastik Mafsallar	102
11.16. 2.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Deformasyonlar	103
11.17. 2.Aşama Patlatma Sonucunda F Aksında Oluşan Deformasyonlar	104
11.18. 2.Aşama Patlatma Sonucunda I Aksında Oluşan Deformasyonlar	104
11.19. 2.Aşama Patlatma Sonucunda J Aksında Oluşan Deformasyonlar	105
11.20. 2.Aşama Patlatma Sonucunda K Aksında Oluşan Deformasyonlar	105
11.21. 3.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Deformasyonlar	114
11.22. 3.Aşama Patlatma Sonucunda F Aksında Oluşan Deformasyonlar	115
11.23. 3.Aşama Patlatma Sonucunda I Aksında Oluşan Deformasyonlar	115
11.24. 3.Aşama Patlatma Sonucunda J Aksında Oluşan Deformasyonlar	116
11.25. 3.Aşama Patlatma Sonucunda K Aksında Oluşan Deformasyonlar	116

1. GİRİŞ

Günümüzde depremde dolay yapılarde meydana gelen hasarlar sonucu onarım ve güçlendirme yöntemleri üzerine yapılan incelemeler ve araştırmalar hız kazanmıştır. Yapılan bu çalışmalar, yapıların bu gibi etkileri göçmeden, ufak hasarlarla atlatabilmeleri için yalnızca yeterli mukavemete değil, aynı zamanda uygun düzeyde rijitlik ve süneklik özelliklerine de sahip olması gerektiğini gözler önüne sermektedir. Yapıların dayanımının artması gerekliliği çeşitli sebeplerle ortaya çıkmaktadır. Projesinde veya yapımında hata ve eksiklikler olan yapılarde, zaman içinde hasar etkileri ortaya çıkabilir. Yapıların kullanım şekli ve amacının değişmesi de yapının taşıyıcı sisteminde bir takım önemli değişikliklerin yapılması sonucunu doğurur. Ancak yapılarde onarım ve güçlendirmeyi gerektiren en önemli unsur, depremlerin yapılarde meydana getirdiği etkilerdir.

1.1 ONARIM VE GÜÇLENDİRMENİN GEREğİ

Depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine göre yapılan yapılar, normal ekonomik ömürleri içinde en az bir kez olması beklenen büyüklüğü en fazla olabilecek depremde can kaybını önleyecek dayanımda yapırlar. Bu şu demektir: Depreme dayanıklı bir yapıdan, şiddetli bir deprem sonucunda olması beklenen, taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanlarında hasar meydana gelmesidir. Depreme dayanıklı olarak nitelendirilen bir yapıda şiddetli bir deprem sonrasında hasar olabileceği beklendiğine göre, yeterli deprem güvenliği olmadan yapılmış yapılarde bu depremler sonucunda deprem hasarlarının çok daha fazla olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tip eski yapıların kullanılma sürecini devam ettirebilmek için onarım ve güçlendirme tekniklerinden faydalanmak gerekmektedir. Bu tip yapılarde bugünün teknolojisinin sağladığı düzeyde deprem güvenliği mevcut değildir.

Proje ve yapım hatası sonucu onarım ve güçlendirilmesi gereken yapılar her zaman mevcuttur. Ayrıca, yapının taşıyıcı sisteminin bir takım mimari ve kullanma gerekçeleri ile yapı bittikten sonra değiştirilmesi sebebi ile de onarım güçlendirme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Yani bir yapının onarılması veya güçlendirilmesi için yalnızca depremden hasar görmesi gerekmemektedir. Hatalı ve eksik projelendirilmesi, uygulama sırasında yapılan hatalar, yapının kullanım amacının değişmesi, zamanla ortaya çıkan hasar ve zayıflık belirtileri sonucunda da yapılara onarım ve güçlendirme gereksinimi duyulmaktadır.

1.2 ONARIM VE GÜÇLENDİRME

Onarım ve güçlendirme terimlerinin iyi anlaşılabilmesi için bu iki terimin açıklanması gerekmektedir.

Onarım, hasar görmüş herhangi bir yapısal elemanın hasar görmeden önceki özelliklerinin geri kazanılması amacıyla yapılan bir çalışmadır. Bu özellikler yapının dayanımı, rijitliği, sünekliği ve yük taşıma kapasitesi bakımından olabilir. Bu çalışma sonucunda yapı, daha önceki mukavemeti kazanılabilsede rijitlik bakımından önceki durumuna getirebilmesi daha zordur. Bunun sebebi, giderilmesi ve onarılması imkansız olan çok ince çatlaklardır. Ancak onarım, yapının taşıyıcı olmayan sıva ve duvar gibi bölümlerinin düzeltilmesi ve kusurlarının kapatılması olarak anlaşılmalıdır. Onarım, yapının ilk tasarımı sırasında yapılandan çok daha ayrıntılı bir mühendislik çalışmasını da beraberinde getirir. Onarım bedelinin önemli bir bölümü bu mühendislik hizmetlerine ve uygulamadaki kalifiye eleman gereksinimine gidebilir. Bu sırada yapıda daha önce kullanılan malzemeye göre daha yüksek kalitede malzemeye de ihtiyaç duyulacağı unutulmamalıdır.(Bayülke,1995)

Güçlendirme ise, bir yapının yük taşıma kapasitesini, sünekliğini, stabilitesini ve rijitliğini önceki durumun üzerine çıkarmak için gereken bir çalışmadır. Bu çalışma, yapıyı oluşturan elemanların özelliklerini arttırmakla veya yapıya ilave perde gibi yeni yapısal elemanlar eklenmesi ile gerçekleştirilir. Onarım için hasarın yeniden veya farklı şartlar altında tekrar gerçekleştirilmesi koşulu varken, güçlendirme işleminde böyle bir koşul yoktur. Hasar görmemiş bir yapı, yetersiz kapasitede projelendirilmesi, uygulama hatalarının bulunması, yapının kullanım amacının değişmesi veya projelendirildiği tarihteki koşulların değişip yönetmelik ve şartnamelere göre ağır yüklere maruz kalması sebebiyle güçlendirilir. Onarım ve güçlendirmenin ilk aşaması olan yapıdaki hasarın belirlenebilmesi için çeşitli tip yapılarda ve elemanlarında çeşitli etkilerin yarattığı hasar biçimlerinin bilinmesi gerekir. Hasarın belirtisi taşıyıcı elemanlarda meydana gelen

çatlaklar ve sehimlerdir. Bu çatlakların yeri ve boyutları, hasarın cinsi ve yapıya etki eden kuvvetlerin şiddeti hakkında bize bilgi verir. Hasarın düzeyi, yapının fiziksel olarak onarılıp onarılamayacağı konusunda kararın alınmasında yardımcı olur. Yapının onarım ve güçlendirilmesindeki diğer bir aşama da yapının mevcut o andaki taşıyıcı sistemiyle ne miktarda güvenlik sınırlarında olduğunun bilinmesidir. Bu iş için ise beton, çelik, düşey delikli tuğla gibi değişik malzemelerin yük taşıma ve dayanım özelliklerinin bilinmesi gerekir. Yapı malzemelerinin mekanik özelliklerinde zamana bağlı olan değişimlerin araştırılması gerekir. Hasarlı yapıların onarım ve güçlendirilmesi için yapılacak eklentilerin, yapının diğer elemanlarıyla beraber çalışabilmesi, yük taşıma kapasitesinin ne düzeyde artabileceği, yani, onarım ve güçlendirmenin etkinliği, kullanılacak onarım yönteminin belirlenmesinde etkili olmaktadır(Bayülke,1995).

Onarım ve güçlendirme teknik ve ekonomik açıdan zor ve maliyetli bir iştir. Bu sebeplerden dolayı, uygun onarım ve güçlendirme metodunun seçilmesi çok önem taşımaktadır. Bunun için hedeflenen güvenlik düzeyi, şartnameler, yapının mevcut durumu, hasar derecesi ve tipi, çalışmanın yapılacağı saha, ekipman ve personel, maliyet, işin bitiş tarihi ve mevsim göz önüne alınarak en uygun metot seçilmelidir. Bu etkenler işin sürekliliği ve geleceği açısından çok önemlidir.

1.3 HASAR NEDENLERİ

Betonarme yapılarda meydana gelen hasarlar, sürekli etkiler veya birden bire oluşan etkiler sonucunda oluşur. Bu etkenler şöyle sıralanabilir(Alsaç,1990).

a) Yerbilimsel etkenler: Yer sarsıntısı, sel, çökmeler, göçükler, yıldırım, çığ düşmesi, toprak kayması gibi.

b) Fiziksel etkenler: Çarpma, aşırı yükleme, vurma, patlama, duvarların eğilmesi, kirişlerin sehim yapması gibi.

c) Hava koşullarına bağlı etkenler: Sıcaklık artış ve azalışlarının yüksek değerlerde olması, nem oranı, genişleme ve büzülmelerin sürekli tekrarlanması gibi.

d) Biyolojik etkenler: Mantarla, likenler, küfler, kara yosunları, bitkilerin kökleri ile zarar vermeleri

e) İnsana bağlı etkenler: Yanlış bakım ve koruma önlemleri, kötü kullanma, çevrede yapılan çalışmalar, hatalı yapılan hafriyat çalışmaları gibi.

f) Yapının yerine bağlı etkenler: Zemin hareketleri, yapıda farklı temel oturmaları gibi.

g) Kimyasal etkenler: Çürüme, paslanma, oksitlenme, tuzların, asitlerin, bazların yapının elemanlarını bozması gibi.

2. ÜLKEMİZDE DEPREM SONUCU MEYDANA GELEN YAPI HASARLARININ NEDENLERİ

Yakın süreçte yaşadığımız Körfez ve Düzce depremleri sonrası teknik raporlarda da belgelendiği üzere yapı hasarları; yapıların planlama, tasarım, yapım ve kullanım süreçlerindeki yapılmış olan hatalardan kaynaklanmaktadır. Deprem bölgelerinde yerinde yapılan inceleme ve araştırmalar neticesinde yapı hasarlarının sebepleri konusunda şu saptamalar yapılmıştır(Kumbasar,2000).

- Yıkılmış ya da ağır hasar görmüş binaların hemen hemen tümünde kolon-kiriş birleşim yerlerinde ek deprem donatısının konmadığı ve köşe birleşmelerinde önemli işçilik kusurları olduğu saptanmıştır.

- Yıkılmış ya da ağır hasar görmüş yapılarda kolon ve kiriş donatı elemanlarının kenetlenme boylarının yetersiz olduğu ve etriye kesitleri ile aralarının çok seyrek olduğu görülmüştür.

- Çok ağır hasar gören ve tümüyle çöken yapılarda beton kalitesinin düşük olması hasarın en önemli nedeni olarak görülebilir. Bunun yanında düşük kaliteli beton, kesitlerin de mukavemetlerinin düşmesine neden olur. Ayrıca özellikle bodrum ve zemin katlardaki donatılar üzerindeki korozyonlar dikkat çekicidir.

- Isı yalıtımı yapılan yapıların dış kabuğundaki işçilik ve yapım kusurları nedeniyle duvar bileşenindeki katmanlar tümüyle birbirinden ayrılmış ve can kaybına neden olmuştur.

- Yapıların gerek uygun olmayan fiziksel biçimlenmesi ve gerekse de taşıyıcı sistem kurgusundaki yanlışlıklar nedeniyle, ağırlık merkezi ile rijitlik merkezlerinin çakıştırılmaması sonucu oluşan eksantristeden dolayı oluşan momentler kolon ve kirişlerde burulma ve kesici kuvvetlerin oluşmasına neden olur.

- Betonarme perdelerin bulunmaması, yatay yer değiştirmelerin artmasına ve bölme duvarlarında ağır hasara sebep olur.

- Bitişik düzen yapılar ile enine oranla çok uzun tasarlanmış yapılarda tekniğe

uygun bırakılmamış boşluk ya da dilatasyonlar nedeniyle, iki yapının çarpışması sonucu ağır hasar ve yıkımlar oluşmuştur.

- Yapının tasarımı ve taşıyıcı sistemi ile malzeme seçiminin olumlu olmasının sağladığı avantajla yapı stabilitesi bozulmamış olmasına karşın, zemin sıvılaşması nedeniyle yapı birkaç kat düşey olarak hareket etmiş (toprağa gömülmüş) ya da yana yatmıştır.

- Temellerin yüzeye yakın olması, deprem yüklerinin yapıdaki etkilerinin artmasına neden olur.

- Temelin oturduğu zemin özelliklerine uygun temel seçimi ve taşıyıcı sistem oluşturulmaması nedeniyle kolon ve kirişlerde önemli burulmalar olmuş ve yapı bu nedenle hasar görmüştür.

- Çatısı olan yapılarda; kalkan duvarların, yapının taşıyıcı sistemi ile bütünleşmemesi, ahşap çatının sisteme bağlanmaması nedeniyle hemen hemen tümü yıkılmıştır.

- Zemin kat kolonlarının yer kazanmak amacı ile kullanıcılar tarafından kaldırılması ya da kesitlerinin azaltılması nedeniyle yapı tümüyle çökmüştür.(Alsaç,1990)

3. DEPREM ETKİSİNDEKİ YAPININ DAVRANIŞI

Depremlerin büyüklükleri ortaya çıkardıkları enerjiye bağlı olarak belirlenir. Büyük depremler şiddetli hasarlar meydana getirirler ve seyrek meydana gelirler. Yani, dönüşüm periyotları uzundur. Buna karşılık sık meydana gelen küçük depremler az hasar meydana getirir ve dönüşüm periyotları kısadır. Deprem Yönetmeliklerinde yapının amacına bağlı olarak dönüşüm periyodu 100 ila 500 yıl arasında bulunan depremlere karşı binanın dayanımı söz konusu edilir.

Ancak, bu tür depremlerden oluşan kesit etkilerinin taşıyıcı sistemin elastik davranışı ile karşılanması mümkün değildir. Buna karşılık bu değerlerin % 15-25 gibi oldukça küçük bir oranını elastik davranış içinde karşılanması esas alınır ve daha büyük depremlerin taşıyıcı sistemde meydana gelecek elastik ötesi şekil değiştirmeler ve enerji tüketilmesi ile karşılanacağı kabul edilir. Bunun sonucu olarak taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine sık rastlanan şiddeti düşük depremlerde erişilir. Bu durumda deprem etkisi yönünden yapının dayanım kapasitesine erişmesinin yıllık ihtimali %1- 3 gibi yüksek bir oran olarak ortaya çıkar. Bunun yanında düşey yükler altında taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine erişmesi ise % 0.01 gibi oldukça düşük bir oran civarında bulunur. Bu iki değer kıyaslandığında deprem etkisinin karşılanmasındaki eksikliklerin ne derecede sorun meydana getireceği anlaşılır.

Yapıların boyutlandırılmasında depreme karşı dayanımının da önemli olduğu düşüncesi 1930'lara gitmektedir. Sayısal ölçümlerin eksikliğinin de sonucu olarak, deprem etkisi yapının ağırlığının yaklaşık % 10 u bir yatay yük olarak kabul edilmiştir. Ancak, 1960'lar da depremlerden elde edilen sayısal bilgiler, daha gerçekçi yük kabullerini beraberinde getirmiştir. Yakın zamanda bilgisayardaki gelişmeler de, taşıyıcı sistemin çözümlenmesini daha ayrıntılı biçimde yapma imkanını vermiştir. Bu arada depremlerden sonra yapılan incelemelerden bir kesitte yeterli eğilme momenti dayanımı bulunmamasının, taşıyıcı sistemin bütünlüğü bozulmamak koşulu ile, her zaman ağır hasara veya göçmeye götürmediği belirlenmiştir.

Bunun yanında kesme kuvveti etkisinin karşılanamamasından ortaya çıkan elastik ötesi şekil değiştirmelerin önemli hasara neden olduğu gözlenmiştir.

Yapılan çalışmalar, normal orta ve yüksek katlı binaların tipik bir depremde zorlanması durumunda çözümlenmenin elastik veya elastik ötesi davranış esas alınarak yapılmasına bağlı olmaksızın aynı mertebede yatay yer değiştirmenin meydana geldiğini gösterilmiştir. Bir depremde yapının tamamen elastik davranış gösterdiği kabul edilmesi durumunda, yönetmeliklerde öngörülen yüklerin kullanılmasına göre 3 ila 6 kat arasında değişen kesit etkileri ve yer değiştirmeler meydana gelir. Bunun sonucu olarak yapılan incelemeler, dikkati dayanımdan elastik ötesi davranışa kaydırmıştır. Taşıyıcı sistemin elastik ötesi yer değiştirmelerinin büyük olması veya sünek olması ile deprem enerjisinin sönmülenebileceği ve elemanlar arasında yardımlaşma sayesinde daha büyük deprem etkilerinin karşılanabileceği öne çıkmıştır. Ancak, elastik ötesi şekil değiştirmeler her zaman kolayca güvenilecek bir özellik değildir. Yerine göre bir kısmı süneklik sağlarken bir kısmı da meydana gelen aşırı ikinci mertebe etkileri nedeniyle sistemin göçmesine sebep olabilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel eğilim sünek taşıyıcı sistemlerin teşvik edilmesi şeklindedir. Bunun yanında yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi ve elemanların birleşim bölgelerinde gösterilecek özen önemle vurgulanır. Ayrıca, taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeleri sınırlandıracak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılması diğer önemli bir husustur.

3.1 Sınır Durumlar

Deprem kayıtlarının ve yeryüzünün tektonik yapısının incelenmesinden deprem tehlikesi olan bölgeleri belirlemek oldukça kolay olmasına karşılık, yapının ömrü boyunca meydana gelebilecek en büyük deprem hakkında tahmin yapmak zordur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının fonksiyonuna devam etmesinin sağlanması, hasarın sınırlandırılması ve yapı içindekilerin hayatının kurtarılması şeklinde olmak üzere aşağıdaki kontrollerin yapılması gereklidir.

a) Kullanılabilirlik sınır durumu: Bölgede sık sık ortaya çıkan küçük depremlerin yapının fonksiyonuna her hangi bir olumsuz etki yapmaması, taşıyıcı sistemde onarıma gerek gösteren hasarın meydana gelmemesi istenir. Bu ise, depremde meydana gelecek şekil ve yer değiştirmelerin sınırlandırılması ve depremde oluşacak etkilerin eleman kesitlerinde meydana getireceği gerilmelerin elastik bölgede kalması şeklinde sağlanır. Elemanlarda küçük çatlaklar oluşursa da, büyük çatlaklar ve betonun ezilmesi gibi olayların meydana gelmemesi istenir. Bu duruma tasarımda esas alınacak deprem, yapının fonksiyonunun önemine bağlı olarak seçilir. Örneğin, konut binasında dönüşüm periyodu daha küçük olan bir deprem seçilirken; hastane, itfaiye binası, haberleşme ve santral binası gibi deprem durumunda fonksiyonuna devam etmesi istenen yerler için dönüşüm periyodu daha büyük olan depremler seçilir. Bu durum yapı önem katsayısının seçimi ile kontrol edilir.

b) Hasar kontrolü sınır durumu: Kullanılabilirlik sınır durumuna esas alınan depremden daha büyük depremlerde yapıda bazı hasarlar meydana gelir. Donatı akma durumuna gelirken, onarımı gerekli olan geniş çatlaklar oluşabilir. Bunun gibi bazı yerlerde temizlenip yenilenmeyi gerektiren beton ezilmelerine rastlanabilir. Bu ikinci sınır durumu, ekonomik olarak onarılıp güçlendirilebilecek durum ile onarım güçlendirilmesi ekonomik olarak mümkün olmayan durumu birbirinden ayırır. Yapının ömrü boyunca, taşıyıcı sistemi bu sınır durumuna getirecek depremin meydana gelme ihtimalinin düşük olması gerekir. Böyle bir sınır durumuna karşı gelen depremden sonra yapının ekonomik olarak onarılabilir olması gerekir.

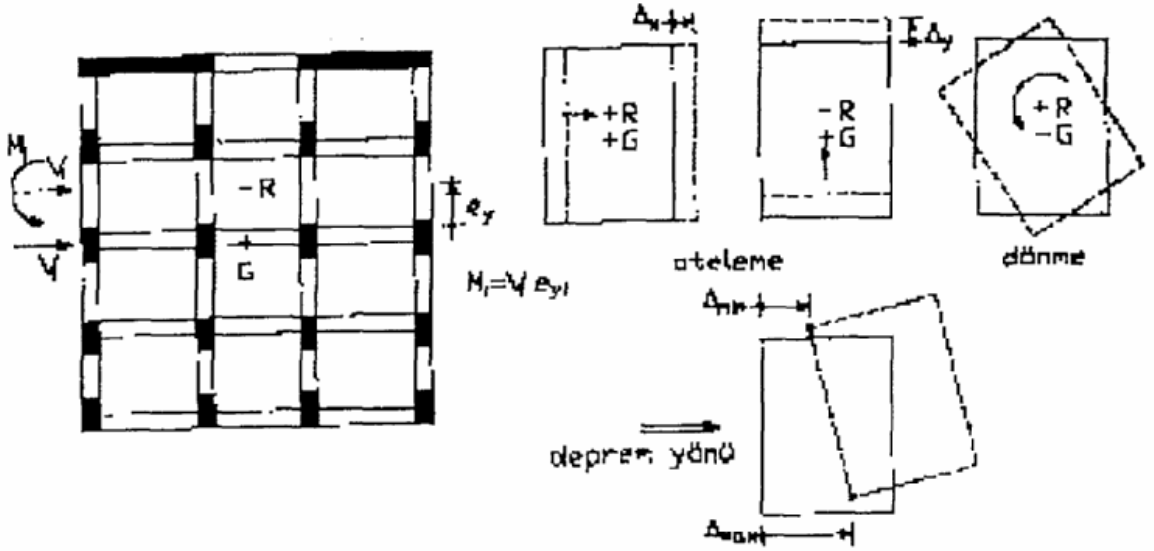
c) Göçme kontrolü sınır durumu: Yönetmelikte öngörülen kuvvetlerden çok daha büyük etki oluşturabilecek bir depremin meydana gelme olasılığı düşüktür. Böyle bir depremin, sıradan bir yapıda, sınırlı bir hasarla karşılaşması ekonomik olmaz. Ancak, böyle bir durumda göçme mekanizmasının kontrol edilerek, yapının içindekilerin hayatının korunması bu sınır durumu tarif eder. Ender olarak meydana gelecek depremlerde yapıda tamir edilemeyecek hasarın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Ancak, bu durumda da can kaybının önlenmesi için yapının tamamen göçmesini önlemek gerekir. Büyük depremlerde yapı dayanım sınırı aşılabacağı için, yatay taşıyıcılıkta önemli kayıplar olmadan ve tamamen göçme meydana gelmeden, büyük plastik şekil ve yer değiştirmeler oluşabilecek şekilde boyutlandırmanın yapılması bu kontrolün esasını teşkil eder.

Yukarıda tarif edilen üç korunma seviyesinin gerçekleştirilebilmesi; yapıda yeterli seviyede yatay rijitlik, dayanım ve sünekliğin sağlanması ve yapının genel davranışının kontrol edilmesi ile mümkün olur. Bu üç seviyenin ayrılmasında oldukça büyük belirsizlikler olduğu muhakkaktır. Boyutlandırmada kapasite kavramına önem vererek, bu belirsizlikler belirli ölçüde yenilebilir.

3.2 Rijitlik, Dayanım, Süneklik

Yatay kuvvetler altında yapıdaki yer değiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastiklik modülünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne alınması uygundur. Yatay kuvvetin büyümesiyle donatıda akma, donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışın hakim duruma geçmesi rijitliği daha da azaltır. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar, taşıyıcı olanlara göre daha az elastiktir ve gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin artırılması ile katların birbirine göre olan rölatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelecek hasarı kontrol altına almak mümkündür. Bunun yanında özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yer değiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla rijitliğin artırılması gerekli olur.

Seçilen bir deprem etkisine karşı taşıyıcı sistemin gerekli dayanıma sahip olması boyutlamanın esasını teşkil eder. Dayanımın sağlanması sadece kesitte gerekli donatının bulunması olarak kabul edilmemelidir. Donatıda aderansın sağlanması, gerekli kenetlenme boyuna sahip olacak şekilde başlangıç ve bitiş yerlerinin seçilmesi ve betonun yerleştirilmesini zorlaştıracak donatı düzenlerinden kaçınılması da, dayanımın oluşması için gereklidir. Ayrıca, konstrüktif kurallara uyulması da öngörülen dayanımın oluşmasında önemlidir. Yapıda büyük hasarların ve tümenden göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yer değiştirmelerde de devam ettirebilmesi ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının veya kullanılan malzemenin elastik ötesi davranışta da, şekil ve yer değiştirmeler artarken, dayanımının önemli bir kısmını sürdürme özelliği süneklik olarak isimlendirilir.



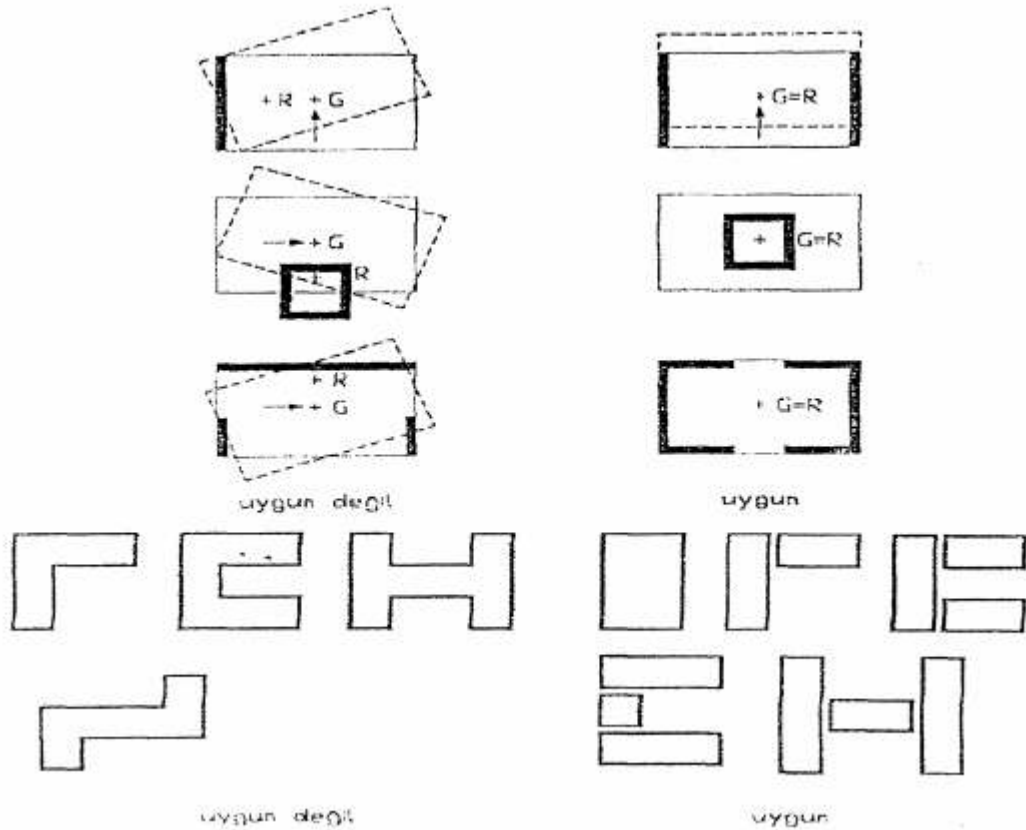
Şekil 3.1 Rijitlik Merkezi ve Burulma

eleman ve elamanların oluşturduğu taşıyıcı sistem için ayrı ayrı süneklik tanımlanabilir. Taşıyıcı sistemin sünek davranış göstermesi için kullanılan malzemeler sünek olmalıdır. Donatının kopma gerilmesinin öngörülen değeri sağlaması yanında kopma uzamasının da yönetmelikte verilen sınırın altına düşmemesi gerekir. Bunun yanında donatının basınç gerilmeleri altında da sünek davranış gösterebilmesi için burkulmaya karşı korunmuş olması önemlidir. Beton, esas olarak basınç gerilmeleri taşır ve en büyük kısılması sınırlı bir değere sahiptir. Betonda sıklaştırılmış etriye düzeni ile yanal basınç oluşturarak, betonun basınç dayanımını ve özellikle en büyük birim kısılma değerini arttırmak mümkündür.

Betonarme elemanların eğilme momenti altında donatının akma gerilmesine erişmesi sonucu meydana gelen güç tükenmesi sünektir. Buna karşılık kesme kuvveti altında eğik çekme gerilmeleri veya eğik basınç gerilmelerinin betonda oluşturduğu güç tükenmesi gevrek olarak meydana gelir. Bunun gibi, donatı ile beton arasında aderansın sağlanmaması sonucu donatının betondan sıyrılması ile ortaya çıkan güç tükenmesi de gevreklerdir.

Yapılar, ilgili yönetmelikte süneklik düzeyi normal sistemler ve süneklik düzeyi yüksek sistemler olarak iki gruba ayrılmıştır, süneklik düzeyi yüksek olan sistemlerde, oluşturulan yüksek süneklikten dolayı elastik deprem yüklerinin daha büyük bir katsayı ile azaltılması öngörülmüştür. Bir sistemin süneklik düzeyinin yüksek olabilmesi için özellikle aşağıdaki hususların sağlanması gerekir:

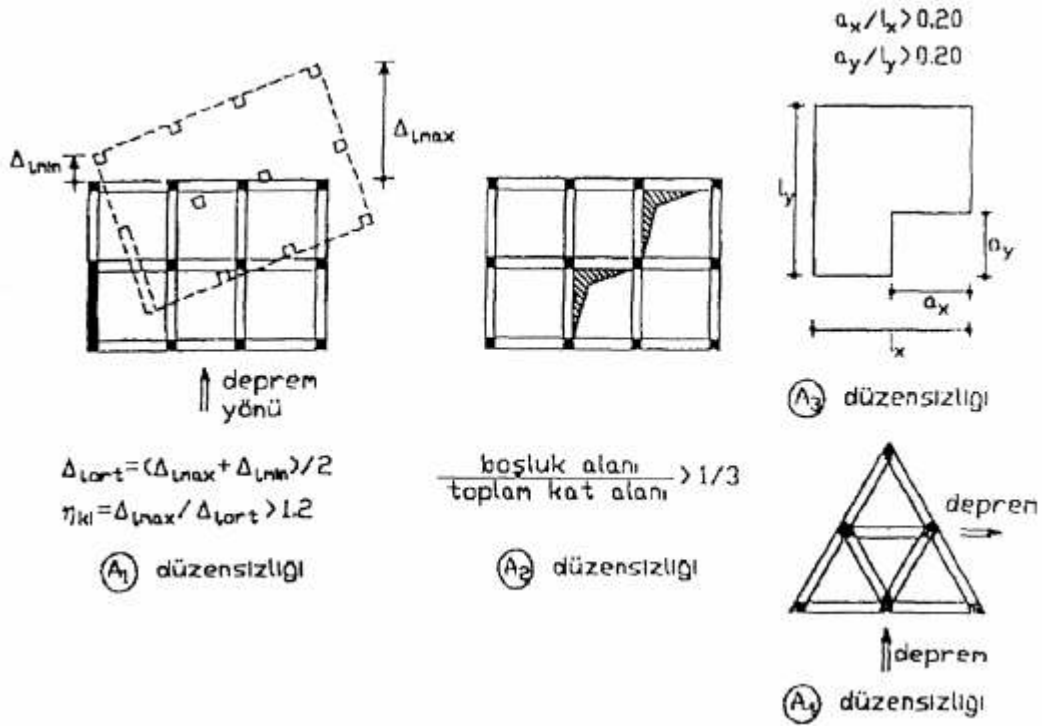
- 1) Kiriş ve kolonlarda sık etriye düzeni kullanılarak, betonun hem dayanımı ve hem de sünekliği artırılmalıdır, örneğin, depremde en çok zorlanması beklenen kolon-kiriş birleşim bölgelerine yakın kiriş ve kolon kesitlerinde etriye sıklaştırılması yapılmalıdır.
- 2) Betonarme elemanlarda sünek güç tükenmesinin, gevrek olandan daha önce ortaya çıkması sağlanmalıdır. Örneğin, kiriş ve kolon gibi elemanlarda ve birleşim bölgelerinde gevrek güç tükenmesi ortaya çıkaran kesme kuvveti kapasitesinin, sünek güç tükenmesi ortaya çıkaran eğilme momenti kapasitesinden daha yüksek tutulmalıdır.



Şekil 3.2 A3 Türü Düzensizlik (Deprem Yönetmeliği 97)

Yukarıda şekillerde görülen düzensiz binalarda binanın bütünlüğü sakıncalı olabilmektedir. Kat kesme kuvveti V_1 ise, üst kattaki deprem yüklerini dengelemek durumunda olduğu için, atalet kuvvetlerinin etki noktalarına bağlı olarak ortaya çıkar. Üst katların kütle merkezinin aynı düzeyde bulunduğu durumda, kat kesme kuvveti de bu noktada etkimelidir. Her ne kadar deprem yükü bu noktada hareketin yönüne bağlı olarak herhangi bir yönde etkili olursa da, deprem yükünün ayrı ayrı binanın iki asal eksenine doğrultusunda etki ettiği kabul edilir. Gerekirse herhangi bir doğrultuda etkimesini göz önüne almak amacıyla iki doğrultuda bulunan değerler uygun şekilde birleştirilir.

Yatay kuvvetlerin etkisiyle bir kat döşemesi, alttaki kat döşemesine göre rölatif olarak hareket eder. Eğer bu öteleme binanın bir asal doğrultusunda tüm kat kolonlarında aynı doğrultuda ortaya çıkarsa, kat kesme kuvvetleri kolon öteleme rijitliği ile orantılı olur. Bu durumda kolon kesme kuvvetlerinin bileşkesi R kat rijitlik merkezi üzerinde olur. İki doğrultuda kat rijit ötelenmesi düşünülerek kat rijitlik merkezi bulunabilir. Planda kolonlar düzgün dağıtılmışsa rijitlik merkezi şeklin geometrik merkezine dolayısıyla G kütle merkezine yakın bulunur. Ancak, bina planda düzenli değilse, kolonlar planda iyi dağılmamışsa veya binada simetrik yerleşmeyen perdeler varsa, rijitlik merkezi rijit elemanlara doğru kayar, dolayısıyla dışmerkezlik durumu ortaya çıkar. Kütle merkezinde bulunan kat kesme kuvveti bu noktaya aktarıldığında ilave bir burulma momenti oluşur. Bu da, binayı planda rijitlik merkezi etrafında döndürmeye çalışırken, kolonlarda ilave kesme kuvvetleri meydana getirir. Ek burulma momentinin etkisini azaltmak ve kat rölatif yer değiştirmelerini sınırlandırmak bakımından kütle merkezi ile rijitlik merkezini birbirine yaklaştırmak uygundur. Planda rijit kısımların bir tarafa toplanması rijitlik merkezini ve kütle merkezinin birbirinden uzaklaşmasına neden olacaktır. Perdelerin planda simetrik düzenlenmesi ile rijitlik merkezinin planda simetri merkezine yaklaşması sağlanır. Ayrıca, simetrinin olmaması durumunda oluşan burulma momentleri altında yapının davranışının sağlıklı olarak belirlenmesi zordur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 A1- A2- A3 Düzensizlikleri (Deprem Yönetmeliği 1997)

Ek zorlamaların çakışmasını önleyerek depremin taşıyıcı sistemindeki etkisini azaltmak için yapının planda basit ve düzgün seçilmesi uygundur. T ve L gibi şekillerden kaçınılmalı veya Şekil 3.2. de gösterildiği gibi bunlar basit dikdörtgenlere bölünerek kullanılmalıdır. Yönetmelikte A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3 şeklinde isimlendirilen; burulma, döşeme süreksizliği, planda çıkıntılar olması, taşıyıcı sistem elemanlarının eksenlerinin paralel olmaması, zayıf kat, yumuşak kat, düşey eleman süreksizliği gibi düzensizlikler olmamalıdır. Şekil 3.3 de A1 ve A2 düzensizlikleri görülen binalar tamamen aynı olsa bile, depremde aynı periyotta titreşmeyebilir. Bu nedenle iki bina arasındaki köprü şeklindeki bağın binaların farklı serbest yatay titreşimini mümkün kılacak ve yatay bir kuvvet iletimini önleyecek şekilde oluşturulmasıyla, ek zorlamaların meydana gelmesi önlenir.

Kat kirişlerinde süreksizlik bulunması, özellikle kısa kolon davranışı ortaya çıkarması ve çerçeve düğüm noktalarında ek zorlamalar oluşturması nedeniyle, uygun değildir. Özellikle kolonlarda diğer önemli bir hasar da, taşıyıcı olmayan rijit elemanlarla kolonun depremdeki doğal şekil değiştirmesinin önlenmesi nedeniyle

ortaya çıkar. Rijit bölme duvarı kolonlardan birinin etkili boyunu kısaltırken, kolonun yanal yer değiştirme rijitliği artar. Depremden oluşan kat kesme kuvveti kolonlara yatay öteleme rijitlikleri ile dağıldığı için, yatay öteleme rijitliği artan kolon öngörülenden fazla yatay kuvvet karşılamak durumunda kalır. Kolonda kesme kuvveti artarken, etkili boyun kısalması eğilme momentini düşük değerde tutar. Kesme kuvveti ile oluşan güç tükenmesi, rölatif olarak daha gevrek bir kırılmaya neden olur. Bu şekilde hiç beklenmeyen kırılma şekli taşıyıcı sistemi toptan göçmeye kadar götürebilir. Burada alınacak önlem, kısa kolon davranışının oluşmaması için kolonun serbest şekil değiştirmesinin sağlanması veya kısa kolon oluşumunun engellenemediği durumda, donatının arttırılması göz önünde tutularak arttırılan uç kesit eğilme momenti kapasiteleri ile hesaplanmış kesme kuvveti esas alınarak boyutlandırılmasıdır. Böylece, sünek olmayan kesme kuvveti güç tükenmesine sünek olan eğilme momenti güç tükenmesinden önce erişilmemesi sağlanmış olur.

Yapılarda kolonun bir konsolun ucuna mesnetlenerek B3 türü bir düzensizlik yapılmasına yatay yükün karşılanmasında çerçeve oluşumunu engellediği için izin verilmez. Ancak; kolon, iki ucundan mesnetli bir kirişe oturmuşsa, bu kirişin bağlandığı elemanda kesit etkileri % 50 arttırılır. Bunun gibi perdenin kolona oturtulması durumunda da kolon kesit etkileri %50 arttırılır.

3.3 Depreme Dayanıklı Betonarme Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak bulunan deprem yükü altında taşıyıcı sistemin çözümlenmesinin yapılması ve kesitlerin bulunan etkilerini karşılayacak şekilde boyutlandırılması depreme dayanıklı tasarımın birinci bölümünü oluşturur. Ancak, yapılan bu işlem yeterli olmayıp, tasarımın ikinci bölümünü oluşturan iki dizi ek önlemin alınmasını gerektirir;

1. Deprem yükünün belirlenmesinde söz konusu edildiği gibi, $W.A.(T_1)$ şeklindeki deprem yükü, taşıyıcı sistemin doğrusal elastik olmayan sünek davranışı düşünülerek $W.A.(T_1) / R_a$ olarak azaltılmıştır. Bu işlemin yapılabilmesi ve elemanların sünekliğinin öngörülen düzeye çıkarılması için, gerekli önlemler alınmalıdır.

2. Sınır durumların açıklanmasında söz konusu edildiği gibi, yönetmelikte öngörülen kuvvetlerden daha büyük etki oluşturabilecek bir depremin meydana gelmesi durumunda, taşıyıcı sistemin göçme mekanizmasını kontrol ederek can kaybının önlenmesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Tasarımın ikinci bölümünü yukarıda açıklanan iki hususa ait önlemler oluşturur. Bu önlemler taşıyıcı sistemin boyutlandırılmasından daha çok, boyutlandırılmış bir taşıyıcı sistemde ilgili kontrollerin yapılarak öngörülen koşulların sağlandığının gösterilmesi şeklindedir. Eğer bu koşulların sağlandığı gösterilemiyorsa, ilgili boyut değişiklikleri yapıldıktan sonra, deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin tekrar çözümlenmesi ve daha sonra ilgili koşullarla tekrar kontrolü söz konusu olur. Yapı türlerinin deprem etkileri altındaki davranışı değişik olduğu için bu bölümdeki tasarım koşulları da yapı türüne bağlı olarak değişim gösterir.

Deprem yükünün belirlenmesinde taşıyıcı sistemin doğrusal elastik olmayan sünek davranışı düşünülerek, deprem yükü, R taşıyıcı sistem davranış katsayısına bağlı olan R_a deprem yükü azaltma katsayısı ile azaltılmıştır. Betonarme taşıyıcı sistemlerde uygun önlemler alınarak süneklik düzeyini arttırmak mümkündür.

1997 deprem yönetmeliğinde tablo halinde süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek olmak üzere iki süneklik düzeyi tanımlanmıştır. Bu durumda taşıyıcı sistemin tasarımı için verilen iki seçenek aşağıda açıklanmıştır:

1. Süneklik Düzeyi Normal Taşıyıcı Sistem Tasarımı: Yönetmelikteki tasarımının birinci bölümünde verilen daha küçük deprem yükü azaltma katsayısı kullanarak, daha büyük deprem etkileri için boyutlandırmanın yapılması, buna karşılık tasarımın ikinci bölümünde bu süneklik düzeyi için öngörülen daha hafif koşulların sağlanması şeklindedir.
2. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistem Tasarımı: Yönetmelikteki tasarımının birinci bölümünde verilen daha büyük deprem yükü azaltma katsayısı kullanarak daha küçük deprem etkileri için boyutlandırmanın yapılması, buna karşılık tasarımın ikinci bölümünde bu süneklik düzeyi için öngörülen daha ağır koşulların sağlanması şeklindedir.

Bu seçeneğin verilmesine rağmen, meydana gelen depremlerde sünek taşıyıcı sistemlerin deprem etkisindeki olumlu davranışı göz önünde tutularak, yönetmelikte süneklik düzeyi yüksek sistemlerin tasarımı teşvik edilmiştir. Aşağıda verilen bölümlerde betonarme taşıyıcı sistem elemanları için depreme dayanıklı tasarımın ikinci bölümüne ait koşullar verilmiştir.

3.4 Boyutlamada Kapasite Kavramı

Taşıyıcı sistemde güvenliğin sağlanması için, düşey yüklerin belirlenmesindeki zorluklar ve malzeme dayanımındaki değişimler göz önüne alınarak, güvenlik katsayıları sabit yüke göre hareketli yükün tespitindeki belirsizlik göz önünde tutularak yük arttırma katsayısı büyük seçilir. Bunun gibi, beton kalitesinin büyük bir aralıkta değişebileceği göz önüne alınarak malzeme güvenlik katsayısı daha büyük kabul edilir. Düşey yüklerle kıyas edildiğinde, deprem ve rüzgar yüklerinin belirlenmesindeki güçlüğün fazla olduğu kolayca görülür. Deprem etkisinin katlara deprem yüküne eşdeğer olacak şekilde yatay yük olarak etkidiği kabul edilip, taşıyıcı sistemin çözümlenmesinde göz önüne alınması pek çok kabulü içerir. Kabul edilen bir deprem etkisinin meydana gelmesi ancak belirli bir ihtimalle mümkündür. Bu nedenle, kabul edilen düzeydeki yatay yükün taşıyıcı sistem tarafından karşılanması yanında, daha büyük etkilerde meydana gelecek hasarın taşıyıcı sistemde dağılmış olarak ortaya çıkması, boyutlamada göz önüne alınan diğer önemli bir ilkedir. Sünek davranış gösteren elemanlarda kapasitenin kesitlere olabildiğince düzgün yayılması, öngörülen yükün üstünde yüklenmesi durumunda hasarın bir kesitte yoğunlaşmasını önleyecek ve yayılı olarak ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Deprem yüklerinin kabul edilenin üstüne çıkması söz konusu olabildiği için, verilen açıklamaya uygun boyutlama yapılması bu durumda da önemlidir. Kiriş kesitlerinin hepsinin, sünek olan eğilme güç tükenmesi ile zorlandığı düşünüldüğünde, hasarın kırılganlığa dağıtılması esas alınmıştır. Buna karşılık aşağıda da açıklanacağı gibi, sünek güç tükenmesi (eğilme momenti güç tükenmesi) ile sünek olmayan göçme (aderans çözülmesi, kesme kuvveti ve zımbalama güç tükenmesi) beraber bulunduğu sünek olmayan etkiye ait kapasite arttırılarak, güç tükenmesinin sünek olarak ortaya çıkması sağlanmalıdır. Kapasite kavramı esas alınarak yapılan boyutlamada, yapının yatay yük taşıyan sisteminin, büyük depremlerde enerji sönümlemesi esas alınır. Elemanların eğilme momenti taşıyan kritik bölgelerinde

elastik ötesi şekil değiştirmelerinin yoğunlaşması (plastik mafsall oluşumu) kabul edilirken, kapasitede alınan önlemlerle (aderans çözülmesi, kesme kuvveti güç tükenmesi ve zımbalama gibi) sünek olmayan güç tükenmesi önlenir. Kapasite kavramı esas alınarak yapılacak boyutlamada, önce şiddetli bir depremde sünek davranışın ortaya çıkması sonucu hasarın yoğunlaşması beklenen plastik mafsall bölgeleri seçilir. Bu bölgeler, öngörülen taşıma gücü oluşacak şekilde boyutlandırılır ve donatısı belirlenir. Sünekliğin oluşması için (etriye sıkılaştırması, donatının kenetlenmesinin sağlanması gibi) gerekli önlemler alınır. Plastik mafsallın ortaya çıkması beklenen bölgeleri içeren elemanlarda gevrek göçme meydana getirebilecek (donatı aderansının çözülmesi, zımbalama ve kesme kuvveti güç tükenmesi gibi) elastik olmayan şekil değiştirmeler, plastik mafsall kapasitesini aşacak şekilde dayanım sağlanarak önlenir. Bunun gibi gevrek güç tükenmesine neden olacak bölgeler veya güç tükenmesi durumunda kararlı bir enerji sönümlemesi mümkün olmayan elemanlar güçlendirilerek sünek plastik mafsall bölgelerinin daha önce oluşması sağlanır. Böylece diğer bölgelerin şiddetli bir depremde de elastik kalması sağlanmış olur. Görüldüğü gibi, boyutlamada kapasite kavramının kullanılmasıyla, şiddetli bir depremde yapı, sünek olan ve toptan göçmeye neden olmayan belirli bir göçme şeklinde zorlanmakta, diğer bir deyişle sünek olmayan ve toptan göçmeye neden olabilecek bir göçme şeklinin oluşmaması için önlem alınmaktadır. Göçme şeklinin seçilmesiyle, büyük bir depremde hasarın yoğunlaşacağı plastik mafsall bölgeleri belirlenir. Boyutlamada, önce seçilen plastik mafsall bölgelerinde elastik ötesi şekil değiştirme meydana gelecek şekilde yapılır. Bu durumun gerçekleşmesi için, mafsall oluşması istenmeyen kesitlerin eğilme momenti kapasitesi, mafsall oluşması planlanan kesitlerden daha büyük tutulur. Örneğin, bir kiriş kolon birleşim bölgesinde yukarıda açıklanan nedenlerle mafsallın kolon kesitlerinden önce kiriş kesitlerinde oluşması uygundur. Bu durumda kolon kesitlerinin normal kuvveti de göz önüne alınarak hesaplanan eğilme momenti kapasitelerinin toplamının, kiriş kesitleri kapasitelerinin toplamından belirli bir oranda daha büyük olması sağlanmalıdır. Burada kontrol yapılırken, statik hesap sonucu bulunan değerler yerine, kesitte mevcut donatı esas alınarak elde edilen kapasiteler kıyaslanmalıdır. Betonarme elemanlarda kesme kuvveti güç tükenmesi sünek olmayan bir şekilde ortaya çıkar. Bu nedenle, elemanın kesme kuvveti karşılama kapasitesinin, eğilme momenti kapasitesinden daha büyük

tutulması esas alınır. Örneğin, bir kolonda iki uç kesitin taşıyabileceği eğilme momenti kapasitelerinden hareket edilerek bir kesme kuvveti hesaplanır. Boyutlamada bu kesme kuvvetinin karşılanması esas alınır. Kesme kuvvetinin bulunan değeri, boyutlamaya esas alınan yükleme durumunda ortaya çıkan kesme kuvvetinden büyüktür. Aradaki fark; kesit moment kapasitelerinin hesaplanırken donatının pekleşmesinden dolayı bir artışın göz önüne alınmasının yanında kesit hesaplarının değişik nedenlerle eğilme donatısının arttırılarak seçilmesinden kaynaklanır. Bu nedenle böyle bir kapasite kontrolü eğilme donatılarının seçilmesinden sonra gerçekleşebilir. Kirişlerde hesaba esas alınacak kesme kuvveti belirlenirken, düşey yüklerden kirişe gelen kesme kuvveti, kolonlarda olduğu gibi kiriş uç kesitlerindeki eğilme momenti kapasiteleri ve deprem etkisinin yön değiştirebileceği göz önüne alınmalıdır. Sönümlenmesi mümkün olmayan elemanlar güçlendirilerek sünek plastik mafsallı bölgelerinin daha önce oluşması sağlanır.

Sünek olmayan güç tükenmesi türlerinden biri olan zımbalama güç tükenmesi ani ve yıkıcıdır. Örneğin, kirişsiz döşemede (plak ve tekil temelde) kolonların mesnetlenme bölgesinde zımbalama, boyutları belirleyen bir etki olarak ortaya çıkar. Bu durumda bu bölgenin zımbalama kapasitesinin komşu kesitlerin eğilme kapasitesinin üstünde bulunacak şekilde boyutlandırılması gerekir. Böylece, yükün yönetmelikte öngörülenin üstünde bir artma göstermesi durumunda, bölgede zımbalama kapasitesine erişilmeden önce komşu kesitlerde sünek eğilme güç tükenmesi meydana gelir. Sistem büyük şekil ve yer değiştirmelerle bu zorlanmaları karşılar. Kesitlerin eğilme momenti kapasitesi hesap edilirken, mevcut donatı esas alınmalıdır. Konstrüktif nedenlerle, eğilme donatısı arttırılmışsa, benzer şekilde zımbalama donatısının da arttırılması gerekir.

Gerekli olmadığı için kesilen donatının uygun kenetlenme boyu ile taşıdığı kuvveti betona iletmesi gerekir. Kenetlenme boyunun küçük olması sünek olmayan güç tükenmesi biçimi olan aderans çözümlmesine sebep olur. Bunun için donatının aderans boyu hesap edilirken, eksenel kuvvet kapasitesinden hareket edilmeli ve buna uygun kenetlenme boyu sağlanmalıdır. Bu suretle, aderans çözümlmesi meydana gelmeden donatının akmaya ulaşması mümkün olmaktadır.

4. BETONARME BİNALARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME İLKELERİ

Depremden sonra yapılan inceleme sonucu binalar; hafif, orta ve ağır hasarlı olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Hafif hasarlı binalar hemen veya bazı taşıyıcı olmayan elemanlarda yapılacak onarımlardan sonra kullanılabilir. Ağır hasarlı binalar ise ekonomik olarak güçlendirilmesi mümkün olmayan binalar olup hemen yıkılır. Orta hasarlı binalar ise onarım ve güçlendirme kapsamına girdiğinden ayrıntılı olarak incelenerek güçlendirme projeleri hazırlanır.

Orta hasarlı betonarme bir binada mevcut durum ve hasar tespiti sonucunda bir hasar raporu hazırlanır. Binanın deprem güvenliğinin belirlenerek güçlendirmeye karar verilmesinden sonra güçlendirme projesinin ilkeleri belirlenerek proje hazırlanır. Mevcut durum ve hasar tespitinden daha önce bahsedilmiştir.

Onarım ve güçlendirme programı hasar verici depremlerde test edilmiş ya da tatmin edici bir şekilde çalıştığı ispatlanmış tekniklere dayanmalıdır. Böyle teknikler; uygulamacı tarafından güvenle kullanılabilir, bina sakinlerine de yapıda anlamlı değişikliklerin yapıldığı güvenini verir. 1999 yılında yaşadığımız depremlerden sonra şu açıkça görülmüştür ki; insanlar güvenmedikleri evlerde yaşama korkusunu aşamadıklarından görünüşte büyük hasara sahip olmayan çok sayıda bina halen boştur. 1985 yılında Mexico City' de yaşanan depremden sonra dışarıdan bakıldığında görünen güçlendirme teknikleri kullanılan binalar, görünmeyen güçlendirme teknikleri kullanılan binalara nazaran insanların daha fazla güvenini kazanmıştır. Özellikle az katlı binalarda çelik kablo bağlantı sistemleri ile yapılan güçlendirme dışarıdan görünmesi nedeniyle bina sakinlerinin çabuk ve isteyerek binaya dönmesiyle sonuçlanmıştır. Bu da olayın psikolojik yönüdür.

4.1 Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirmeye Karar Verilmesi

Binanın taşıyıcı sisteminin durumu, hasarı ve varsa deprem hesabı incelenmelidir. Taşıyıcı sistemin depremde orta hasar görmüş olması veya yüklerin

iletilmesinde açıkça belirlenen önemli bir eksiklik (alt katlarda kolon kaldırılması gibi) güçlendirme kararının verilmesi için yeterlidir. Mevcut binanın 1997 Deprem Yönetmeliği esas alınarak incelenmesinde genel olarak iki problemle karşılaşılır. Bunlardan birincisi yönetmelikte tanımlanan deprem kuvvetlerinin taşınması, bu yükler altında kesitlerin ve donatıların yeterliliğinin kontrol edilmesidir. Yeni yönetmeliğe göre öngörülen deprem yükleri en fazla 0,25 oranında (kamu yapılan hariç) azaltılarak hesaba katılabilir ve yapılacak kontrollerde kirişlerde mesnet ve açıklık kesitlerinin yardımlaşmaları ile aynı katta bulunan kolonların yardımlaşmaları (denge koşulu korunarak momentlerin kesitler veya elemanlar arasında aktarılması) hususları da göz önüne alınabilir.

Binanın taşıyıcı sisteminin sağlaması gereken yönetmelik koşullarının ikincisi ise sünekliğin sağlanması ile ilgili hususlar ve kapasite tasarım ilkeleridir. Taşıyıcı sistemin durumuna göre etriye sıklaştırması, beton kalitesi, donatı düzeni gibi süneklikle ilgili konular, kuvvetli kolon tasarımı, kiriş-kolon birleşim bölgesi, kesme kuvveti hesabının mevcut eğilme donatısına göre yapılması gibi kapasite tasarımı ile ilgili konular taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)'nin çerçeve türü yapılar için $R = 4$ (normal süneklikte yapı) ve $R = 8$ (yüksek süneklikte yapı) arasında bir değer seçilmesiyle göz önüne alınmış olur. Tüm süneklik koşullarının sağlanması nadiren gerçekleşecek bir durumdur. Aynı durum perdeli yapılar için de söz konusudur. Kamu yapılarında deprem güvenliğinin belirlenmesinde yeni yönetmelikte öngörülen yükler azaltılmadan hesaba katılmalıdır.

Bütün güçlendirme müdahaleleri yeni yönetmeliğe göre yapılmalıdır. Deprem yüklerinin taşınmasında mevcut sistem göz önüne alınırken eğer belirsizlikler varsa mevcut sistemin kapasitesi 0,85 katsayısı ile azaltılabilir.

4.2 Güçlendirme Projesinin İlkelerinin Belirlenmesi

Güçlendirme projesinin aşağıdaki adımların izlenmesiyle hazırlanması uygundur:

a) Taşıyıcı sistemin depremden önceki durumunun incelenmesi : Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tespiti için binanın depremden hasar görmemiş durumu TS 500 ve 1998 Deprem Yönetmeliği esas alınarak düşey yük ve deprem etkisi altında $(1.4G+1.6Q)$ ve $(G+Q+E)$ çözümlenmesi yapılacaktır. Kesit kontrolünde, eğer binanın projesi yoksa,

sınırlı sayıda yapılan donatı tespitleri göz önüne alınabileceği gibi, minimum donatı şartları da kullanılabilir. Yapılan bu inceleme ve kesit kontrolü ile tespit edilen hasar sebepleri hakkında yorum yapılması mümkün olacak ve deprem yüklemesi altındaki yapının davranışı anlaşılacaktır.

b) Güçlendirilmiş taşıyıcı sistemin çözümlenmesi: Hasar belirleme raporu esas alınarak mantolanacak kolonlar tespit edilir. Güçlendirme için bina dışına veya içine, eksenel veya dışmerkez perde yerleştirilerek sistem çözülür. Güçlendirme perdeleri her iki doğrultuda en az ikişer tane olmalı ve bina yüksekliğince devam etmelidir. Kapı ve pencere boşluklarının bırakılması için perdeye de karar verilebilir ancak boşluklu perdenin kalıp ve donatı detaylarının uygulaması daha çok özen ister. Binanın kat adedinin ve plandaki alanının küçük olması durumunda perde sayısı üçe de indirilebilir. Gerekliğinde de bunların kalınlıkları veya boyları küçültülebilir.

Yapılacak çözümlenmede mevcut taşıyıcı sistem ile güçlendirme elemanlarının elastisite modüllerinin farklılığı dikkate alınacaktır. Bu durum, mevcut elemanlarla güçlendirme elemanları arasındaki yük paylaşımında etkili olur. Çözümleme 1998 Deprem Yönetmeliği çerçevesinde belirlenen etkiler altında, TS 500'ün öngördüğü $(1.4G+1.6Q)$ ve $(G+Q+E)$ yüklemeleri için yapılacaktır.

Betonarme veya çelik güçlendirme perdelerinin, deprem etkisinden oluşan taban kesme kuvvetinin mevcut yapının durumuna göre en az % 70'lik bir bölümünü karşılaması sağlanacaktır. Bu oranın belirlenmesine esas olan prensip yapının güçlendirilmeyen kısımlarına gelecek olan deprem etkilerinin mevcut kolon ve kirişlerde ek donatı ya da güçlendirmeye ihtiyaç göstermemesidir. Belirlenecek bu koşul perde sayısı ve boyutlarının belirlenmesinde etkili olacaktır. Genel olarak mevcut sistemin normal süneklikte olduğu kabul edilerek ve güçlendirme elemanları yüksek süneklikte projelendirilerek, deprem etkisi $R = 6$ ve deprem bölgesine bağlı olarak ilgili A_0 katsayısı alınarak hesaplanacaktır.

Elde edilen çözüm sonuçları esas alınarak, mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet akışının sağlandığı gösterilmelidir: Perde uç donatılarının katlar arası sürekliliğinin sağlanması, deprem yüklerinin kat kirişlerinden perdelerine geçmesi ve

kolonlarla perdenin bütünleşmesinin sağlanması gibi. Perde gövde donatısının sürekliliği, kolonu ve kirişi geçen veya delen tek sıra, kolonlarda minimum $\phi 16/300$ mm. ve kirişlerde minimum $\phi 16/400$ mm. donatısı ile sağlanacaktır. Kolon donatıları hesaba katılarak perde uç donatıları azaltılabilir. Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum $\phi 10/200$ mm. (veya çelik hasır eşdeğeri) gövde donatısı bulunacaktır. Perde uç bölgesinde minimum bir etriye yerleştirilecektir (İlk katta $\phi 0/100$ mm. ve diğer katlarda $\phi 10/200$ mm.). Gerekli olmadığı durumlarda perde uçlarındaki kolonlar mantolanmayıp mevcut kolon ile güçlendirme perdesinin bütünleşmesi kolona yapılan ankraj donatıları ile sağlanacaktır. Perde uç kolonlarında manto kalınlığının minimum 150 mm. alınması uygundur. Boşluklu perde düzenlemesi durumunda pencere altlarında veya kapı üstlerinde bağ kirişlerinin düzenlenmesi gerekir.

Güçlendirilmiş yapıda, mevcut kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, aşağıda verilen koşulların sağlanmaması durumunda kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi tavsiye edilebilir:

A_s (gerekli) < (1.20 ~ 1.50) x A_s (mevcut)	(kolon-donatı biliniyorsa)
A_s (gerekli) < (0.012 ~ 0.015) x A_c (mevcut)	(kolon - donatı bilinmiyorsa)
A_s (gerekli) < (1.00- 1.25) x A_s (mevcut)	(kiriş - donatı biliniyorsa)
A_s (gerekli) < (0.015 ~ 0.020) x A_c (mevcut)	(kiriş - donatı bilinmiyorsa)

Burada A_c eleman kesit alanı, A_s kolonlarda toplam donatı alanı ve kirişlerde açıklık ve ortalama mesnet çekme donatılarının toplamıdır. Deprem yüklerinin önemli bir kısmı güçlendirme perdeleri ile taşındığı için, kolonlar için yapılan betonarme kesit hesabında $N_d < 0.6 f_{ck}$ minimum bir koşul esas alınarak güçlendirmeye karar verilebilir.

Her durumda güçlendirme perdelerindeki deprem momentlerinin ve mantolanan kolon etkilerinin güvenli bir şekilde zemine iletildiği gösterilmelidir. Binanın düzgün sürekli temelleri mevcutsa, perdeler bu temellere mesnetlenebilir. Eğer perde deprem etkileri bu temeller tarafından karşılanabiliyorsa, ek temel güçlendirmesine ihtiyaç yoktur. Bazı durumlarda mevcut temelin güçlendirilmesi veya mevcut üzerine yeni temel yapılması gerekebilir. Her durumda mevcut ile yeni temelin bütünleşmesi sağlanmalıdır.

Temelin düzenlenmesinde, mevcut temel durumunun ne şekilde göz önüne alınacağı kararı önemlidir. Mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi için ara bir bağ donatısı kullanılabilir (sürekli temel durumunda $\phi 16/400$ mm. ve tekil temel durumunda $12\phi 16$ bağ donatısının kullanılması gibi). Temelde perdenin uçlarında bulunan kolonların dışında, perde temeline oturan ve eksenel kuvveti temel hesaplarında göz önüne alınan kolonların bulunması halinde, bu kolonların çevresinde oluşan kayma gerilmesinin bir üst sınırının olacağı unutulmamalıdır ($300-400$ kN/m²). Temel birleşen kolonlarda yerel manto yapılarak bu gerilme kabul edilen sınıra indirilebilir(Kumbasar,2000).

5. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN ELEMANLARININ ONARIM ve GÜÇLENDİRİLMESİ

5.1 Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesi

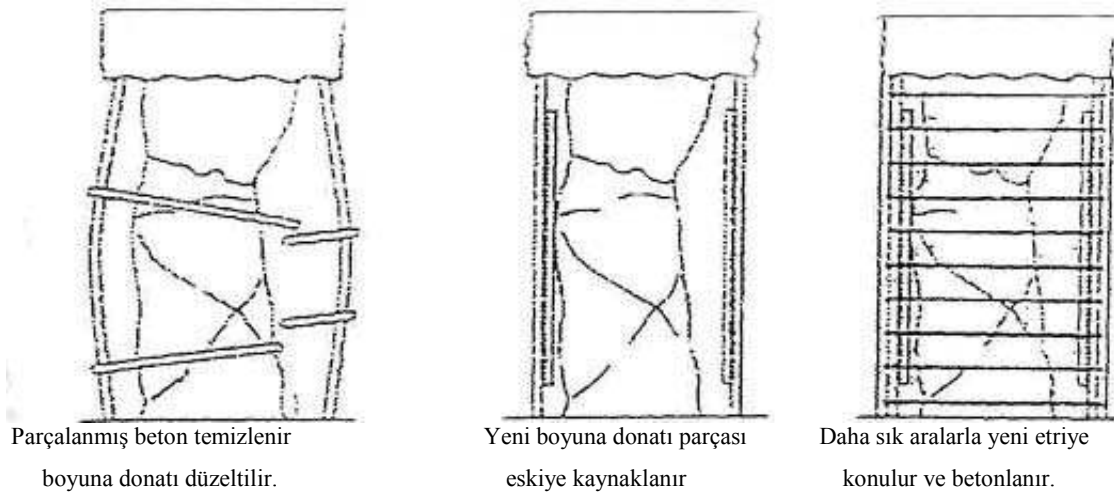
Taşıyıcı elemanlardan kolonların güçlendirilmesi; aksenal yük, eğilme ve kesme mukavemetlerinin artırılması, düktilitelerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılır. Kolonların eğilme mukavemeti, beton kesit alanlarının büyütülmesi ve boyuna donatılarının ilave edilmesi suretiyle artırılabilir. Kesme mukavemeti ve özellikle düktilite; etriyeler, çelik kuşak ve şeritlerle sarmak suretiyle iyileştirilebilir.

5.1.1 Yerel onarımlar

Betonu veya donatısı hasar görmemiş, sadece hafif çatlaklı kolonların onarımında reçine enjeksiyonları uygulanır. Çimento harcı enjeksiyonları ise genişliği fazla olan çatlaklara uygulanır. Yerel onarımlarda kullanılan diğer bir yöntem ; vakumlama yöntemidir. Çatlağın olduğu bölgede kısmi bir vakumlama yapıldıktan sonra epoksi uygulanır. Epoksi malzemesinin yerleşmesinden hemen önce vakumlama bırakılır. Basınç farkı ile epoksi, çatlakların içine girerek boşlukları doldurur. Beton ezilmiş, donatısı burkulmuş veya etriyeleri kopmuş hasarlı kolon durumunda hasarlı kısmın çıkarılıp yeniden yapılması gerekir. Hasarlı beton kaldırılır, yüzeyler pürüzlenir,yeni boyuna donatı mevcut donatıya kaynaklanır ve küçük aralıklarla yeni etriyeler yerleştirilerek betonlama yapılır. (Şekil 5.1)

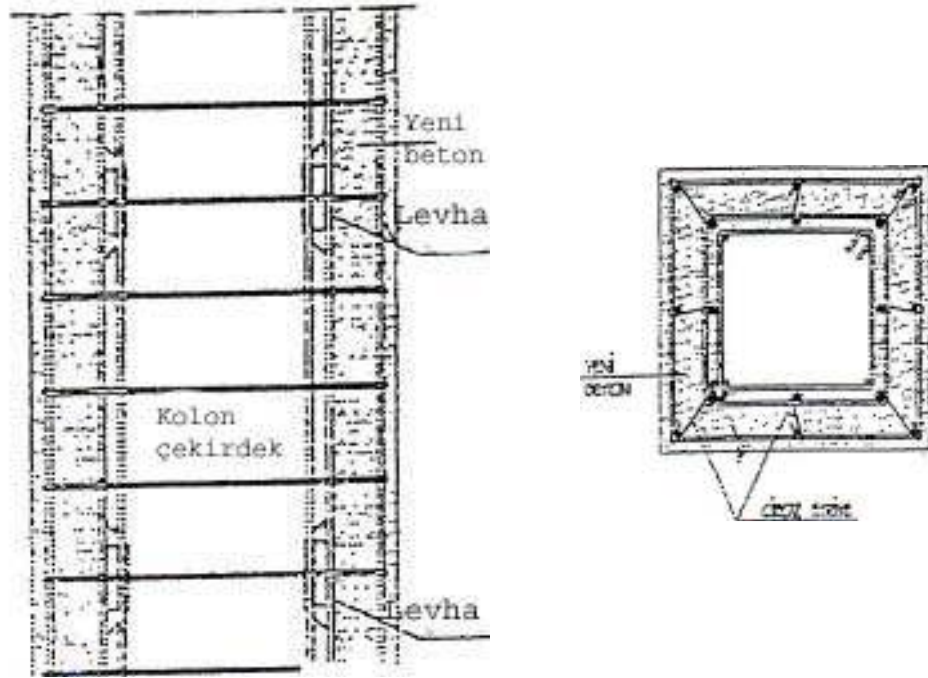
5.1.2 Betonarme mantolama

Mantolama, kolonların aksenal yük taşıma kapasitelerinin artırılması amacıyla, beton kesitlerinin ve boyuna donatılarının artırılması suretiyle yapılan bir onarım ve güçlendirme yöntemidir. Önemli olan kolona eklenen bölüme mevcut bölümden yük aktarılmasıdır. Çalışma şartlarına göre; bir, iki, üç veya dört tarafından yapılır(Celep ve Kumbasar,2005).



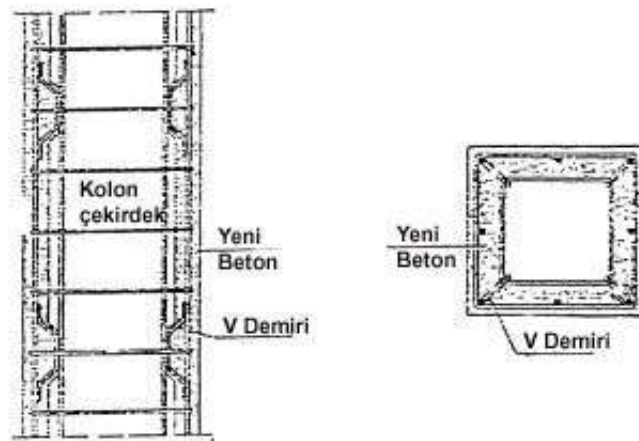
Şekil 5.1 Mafsallaşmış Kolon Uçlarının Onarımı

Betonarme mantolama da üzerinde durulması gereken noktalar, eski ve yeni betonun kaynaştırılması, yeni ile eski boyuna donatıların ankrajıdır. Şekil 5.2.a ve 5.2.b' de kolon eski ve yeni boyuna donatılarının bağlantıları görülmektedir. Kolon üstündeki hasarlı bölge, çekirdek bölümüne kadar kazınarak temizlenmelidir. Kuvvetlerin aktarılması, mevcut betonda açılacak dişler sayesinde daha etkili biçimde olur. Boyuna donatıların, kat döşemelerinin içinden geçirilmeden yapılan mantolama sonucunda o bölgede aksel ve kesme mukavemeti artırılmış olur. Eğer kolonun eğilme mukavemetinde bir artış isteniyorsa boyuna donatıların betonarme döşemelerde açılan deliklerden geçirilmesi ve kolon - kiriş birleşim bölgesine yeni beton dökülmesi suretiyle boyuna donatıların ankrajının yapılması gerekmektedir. Yeni eklenen bölümlerde etriyelerin bağlanması, beton ve boyuna donatıların sıkıca sarılması gerekir. Bu sayede boyuna donatıların burkulması önlenir. Etriyeler, betonu sararak yanal destek sağlayıp, kolonun kesme mukavemetini ve basınç dayanımını artırır. Etriyeler mevcut etriyelere kaynakla veya bulonla sıkıştırma suretiyle bağlantısı yapılır.



b) Levha kaynaklı rijit bağlantı

Şekil 5.2.a V- Demiri İle Eski ve Yeni Donatıların Birbirine Ankrağı



Şekil 5.2 b Levhaların kaynaklanmasıyla eski ve yeni donatıların birbirine ankrağı

Betonarme mantolama yapılırken yeni malzemelerin dayanımlarının kolondaki mevcut malzemenin dayanımına eşit veya daha fazla olmasına dikkat edilir. Ayrıca manto kalınlığı püskürtme beton halinde en az 5 cm, yerinde dökme beton halinde en az 10 cm

olmalıdır. Etriyelerin çapları 8 mm 'den az, etriyeler arasındaki düşey aralıkta 20 cm 'den fazla olmamalıdır.

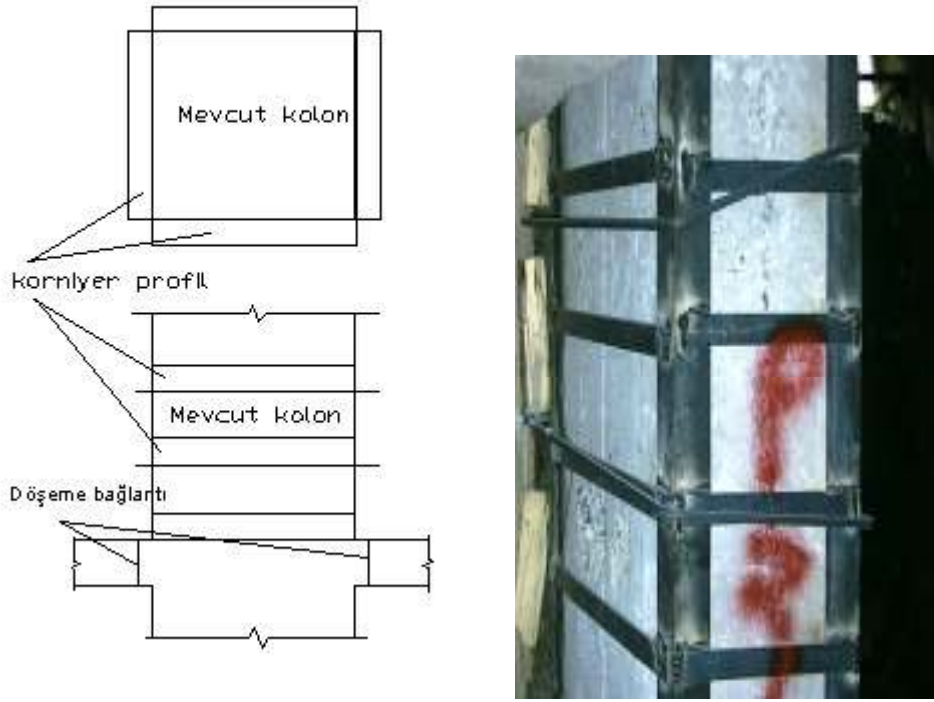
Komşu iki yüzünden mantolanmış betonarme kolonların deprem davranışlarının laboratuvar sonuçları şu şekildedir(Bayülke,1995):

Deprem etkisindeki betonarme kolonların boyuna donatıları mekanik kenetlenme yöntemiyle onarılmış ve güçlendirilmişlerdir. Güçlendirilmiş ve onarılmış kolonlar oldukça iyi dayanım sergilemişlerdir.

- Rijitliklerin azalmasına bakıldığında rijitlik azalması ihmal edilebilecek düzeyde gerçekleşmiştir.
- Enerji tüketimi açısından bakıldığında onarılmış ile güçlendirilmiş kolonlar benzer davranış sergilemişlerdir. Monolitik kolonda ortaya konan enerji tüketimi, onarılmış ve güçlendirilmiş kolonlara kıyasla daha düşük seviyede kalmıştır.
- Kolonlar süneklik bakımından irdelendiğinde,monolitik kolonla onarılmış ve güçlendirilmiş kolonlar arasında belirgin bir farka rastlanmamıştır. Ancak onarılmış kolonun diğerlerine kıyasla biraz daha fazla sünek davranmıştır. Genel olarak mantolanmış elemanların oldukça sünek bir davranış sergiledikleri gözlenmiştir.

5.1.3 Çelik profil iskelet geçirme

Çelik profil iskelet geçirme yönteminde ise kolonların dört tarafına köşebent profili yerleştirmek ve bunları bir iskelet teşkil etmek üzere enine kuşaklarla bağlamakla onarım ve güçlendirilmesi yapılır.(Şekil 5.3) Korniyer ile mevcut beton arası boşlukları rötre yapmayan çimento harcı veya reçine harcı ile doldurulur. Çelik elemanlara, yangına karşı korunmaları amacıyla püskürtme beton ile örtü geçirilir. Bu yöntemle yük taşıma kapasitesindeki artışın yanında, kolonun sünek davranışında da bir iyileşme elde edilir. Fakat rijitlik yönünden bir değişme olmaz.



Şekil 5.3 Betonarme Kolonun Çelik Kafesle Güçlendirilmesi

Çelikle korniyerlerle dört köşesinden yüksüz olarak onarılmış ve güçlendirilmiş betonarme kolonların aksenal yük altında davranışlarının laboratuar sonuçları şu şekildedir(Can,1996).

- > Çelik korniyerlerle dört köşesinden yüksüz olarak onarılmış ve güçlendirilmiş betonarme kolonlar aksenal yük altında dayanım yönü ile başarılı olmuşlardır. Kolonların dayanımları, güçlendirme durumunda monolitik kesitin %92'sine , onarım durumunda %89'una ulaşmıştır.
- > Yalın kolonun onarım ve güçlendirme sayesinde rijitliğinde sırası ile %22 ve %32 oranında artış olduğu gözlenmiştir.
- > Onarılan ve güçlendirilen kolonlarda, süneklik ve enerji tüketimi bakımından belirgin bir iyileşme görülmüştür.

5.1.4 Çelik levha ile kılıf geçirme

Çelik levha ile kılıf geçirme yönteminde mevcut kolonun tamamı çelik levha ile çevrilip örtülür. Kolon ile kılıf arasındaki boşluk rötre yapmayan veya genleşen çimento harcı ile doldurulmalıdır. Bu yöntemle kolonda süneklik ve aksenal yük taşıma mukavemeti yerel olarak arttırılabilir. çelik kılıfın döşeme içerisinden geçirilememesi sebebiyle eğilme mukavemetinde bir iyileştirme yapılamaz. Ayrıca yangına karşıda önlem alınması gerekmektedir.

5.2 Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesi

Kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde amaç yeterli eğilme mukavemetinin, ve kesme kuvveti taşıma gücünün artırılmasıdır. Kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta güçlü kiriş-zayıf kolonla taşıyıcı sistemlerin oluşmasının engellenmesidir.

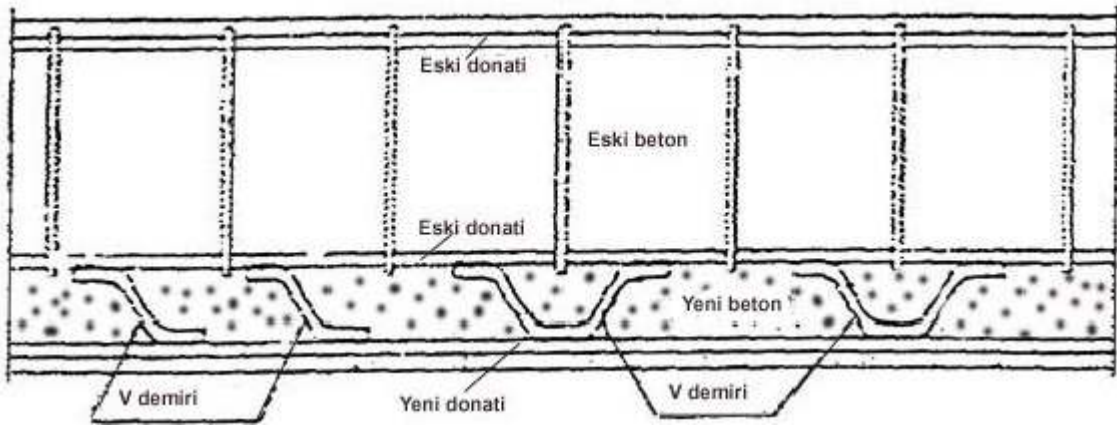
5.2.1 Yerel onarımlar

Hafif çatlaklı kirişlerin onarılmasında epoksi veya beton harcı enjeksiyonu yöntemi uygulanır. Betonun kırılması, aderansın bozulması ve donatının kopması gibi hasar durumlarında hasarlı kısım kaldırılır ve yenisi yapılır. Hasarlı elamanın onarılmasından önce kiriş geçici olarak desteklenmeli, askıya alınmalıdır. Mevcut kirişlerin altına yerleştirilecek betonun iyi sıkıştırılmasının sağlanması gerekir. Ayrıca bir kirişin kesme dayanımı da düşey veya diyagonal kelepçelerle tutturulmuş çelik çubuklarla artırılabilir.

5.2.2 Betonarme mantolama

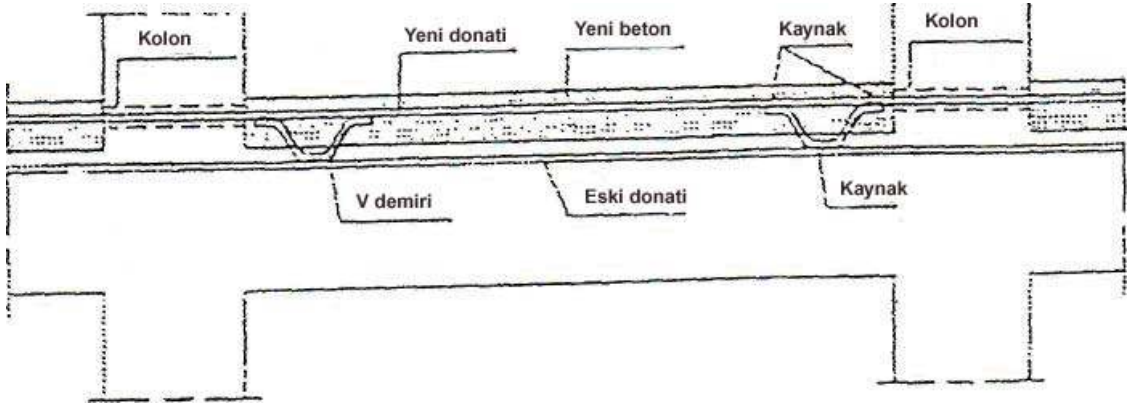
Kirişin eğilme ve kesme taşıma gücünün artırılması amacıyla bir, üç ve dört tarafından mantolama yapılır. Bunun için çekme donatısının ve moment kolunun artırılması gerekir. Böylece eklenecek yeni beton alanı ile en kesit alanı büyür ve eklenen çekme donatılarının sayesinde kesitin eğilme momenti taşıma kapasitesi artar.

Yeni eklenen çekme donatısı ile eski donatının bağlanması V veya Z bağlantısı denilen donatıların eski ve yeni donatılara kaynaklanması ile yapılır. (Şekil 5.4) Eğer en kesit alanının genişletilmesine ihtiyaç duyulmuyorsa, yalnız çekme donatısı eklenecekse eski ile yeni donatı arasında belirli aralıklarla levha konularak kaynaklanabilir. Yine dikkat edilmesi gereken önemli noktalar, eski ile yeni donatı arası ankrajın kaynak yoluyla temin edilmesidir.



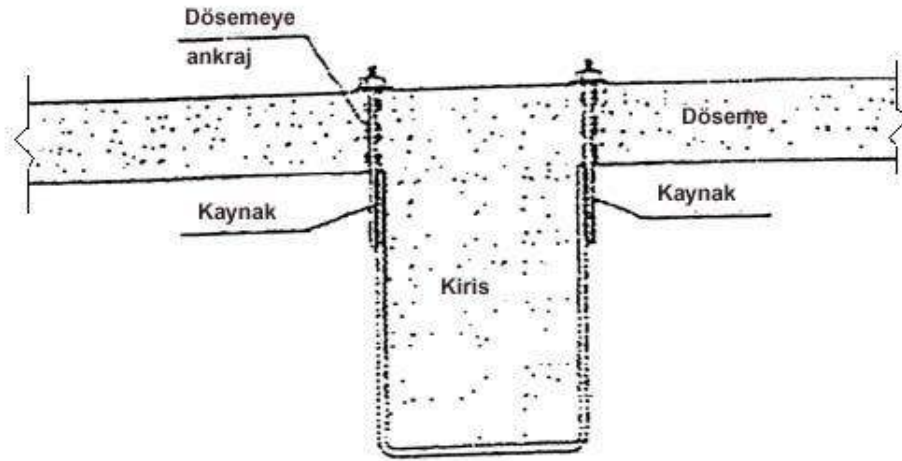
Şekil 5.4 Eski ve Yeni Donatının V ve Z Demirleri ile Birbirine Bağlanması

Kiriş uçlarındaki negatif moment bölgelerinin de güçlendirilmesi gerekebilir. Bu durumda kiriş üst donatılarının kolonda açılacak yuvalardan geçirilmesi ve mevcut donatı ile birlikte çalışabilmesi için V demirleri ile eski donatıya kaynaklanması gerekmektedir.



Şekil 5.5 Kiriş Mesnetlerinde Negatif Moment Kapasitesinin Artırılma

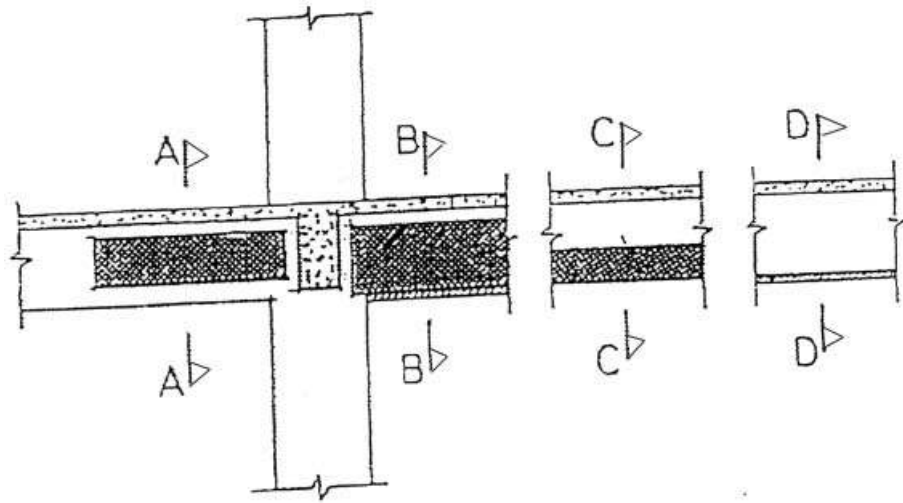
Mevcut kirişlerin her yüzüne dağılmış ilave etriyelerle, uygun kesme ve süneklik iyileştirmesi yapılabilir. Etriyelerin kolları mantonun üst kısmında döşeme içinde açılan deliklerden geçmeli ve kiriş üstlerinden bulonlarla ankre edilmelidir. Bu şekilde kirişlerin kesme kuvveti taşıma güçlerinin artırılması sağlanır.(Şekil 5.6)



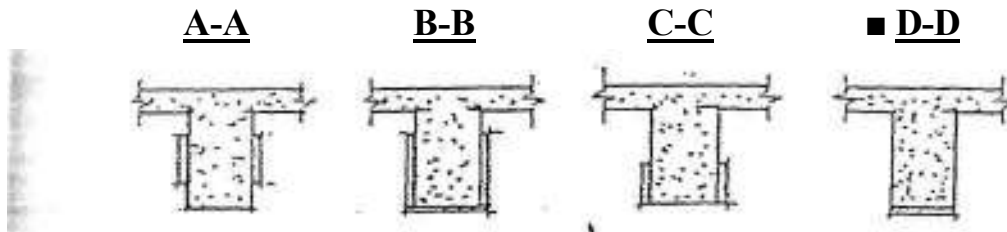
Şekil 5.6 Kiriş Mesnetlerinde Negatif Moment Kapasitesinin Artırılması.

5.2.3 Çelik levha ile güçlendirme

Bu yöntemin uygulanması kirişin alt yüzüne eğilme momenti taşıma kapasitesini artırmak yada yan yüzlerine kesme kuvveti taşıma kapasitesini artırmak için çelik levhaların yapıştırılması şeklinde olur. Sürekli çelik levhalar daha önce epoksi reçine ile beton içine tutturulan civatalar ile tespit edilir. (Şekil 5.7.a ve 5.7.b)



Şekil 5.7.a Kirişlerde çelik levha ile eğilmeye ve kesmeye karşı güçlendirme



Şekil 5.7.b Kirişlerde çelik levha ile güçlendirme kesitler

" Kesmeye karşı güçlendirilen betonarme kirişlerin davranışı " adlı çalışmada yetersiz kesme donatılı kirişleri dışından yerleştirilen kelepçelerle güçlendirilmesinde elde edilen deney sonuçları aşağıda belirtilmiştir(Altın,1997).

Kesme dayanımının artırılması amacı ile yapılan bu güçlendirme işlemi, başarılı bir yöntemdir.

- Kesme dayanımı yetersiz kirişlerin kesme kırılması beklenirken, güçlendirilmiş elemanlarda eğilmenin hakim olduğu görülmektedir.
- Kelepçeler eğik kesme çatlaklarını başarılı bir biçimde kontrol ederek çatlakların genişlemelerini sınırlamışlardır.
- Kelepçelerin, kiriş tablası ile gövdesi arasında bir dikiş görevi üstlenerek birbirinden ayrılmalarını başarılı bir biçimde engelledikleri gözlenmiştir.
- Güçlendirilen kirişlerin dayanımları, kesme donatılı referans kirişinin dayanımı ile yaklaşık aynı düzeyde çıkmıştır.
- Dıştan yerleştirilen kelepçe donatılarındaki artış deney elamanının sünekliğini önemli ölçülerde azaltmıştır.

5.3 Kolon ve Kiriş Birleşimlerinin Onarım ve Güçlendirilmesi

Düğümelerde genellikle kesme, aderans ve ankraj hasarları oluşmaktadır. Kuvvetli deprem yükleri, kirişlerde kolon yüzlerinde plastik mafsallar oluşmasına neden olurlar. Kirişlerin tüm yükseklüğince çatlaklar meydana gelir. İç düğümlerde iki taraftaki kolon yüzlerinde basınç ve çekme olarak farklı gerilmeler oluşabilir. Bu nedenle kiriş donatısının ankrajı iyi bir şekilde yapılmalıdır. Ayrıca kirişte kolon yüzeyinde aderansın bozulması sonucu donatı ayrılmakta ve kiriş moment taşıma kapasitesini yitirmektedir.

5.3.1 Yerel onarımlar

Hafiften orta dereceye kadar değişen çatlaklarda epoksi reçinelerin kullanılması uygundur. Bu şekilde donatı ile beton arasındaki aderansın eski düzeye getirilmesi sağlanır. Hasarlı kısmın kaldırılması ve yerine yenisinin konması ise betonun ezilmesi veya donatının kırılması durumunda uygulanır.

5.3.2 Betonarme mantolama

Kiriş ve kolon birleşimlerinde onarım ve güçlendirme, düğüm noktasında birleşen hem kolon, hem kirişin mantolanması ile yapılır. Yeni donatıların mevcut donatıya kaynaklanabilmesi için paspayı uzaklaştırılır. Düşey, yatay donatı çubukları ve etriyeler bir iskelet oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmalıdırlar. Mantonun rijitliği de yeterli olmalıdır. Düğüm noktasında yeterli bir kesme dayanımı elde etmek için bu bölgede yatay ve düşey etriyeler konmalıdır.

5.3.3 Çelik levha donatı ile güçlendirme

Bu yöntemle çelik levha donatılar kullanılarak düğümün boyutlarında herhangi bir değişiklik olmadan düğümlerin güçlendirilmesi mümkün olmaktadır. Fakat daha çok endüstri tipi taşıyıcı sistemlerde kullanılan bu yöntemde, düğüm boyutlarına göre hazırlanmış levhalar beton yüzeye epoksi reçinelerle tespit edilir. Çelik levhalar düğüm noktalarından ön gerilmeli civatalarla ankre edilmelidir. Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta sistemin yangına ve korozyona karşı korunmasıdır.

5.4 Deprem Perdelerinin Onarım ve Güçlendirilmesi

Deprem perdelerinin onarım ve güçlendirilmesi, yatay yük taşıma kapasitesinin artırılması veya burulma etkilerine karşı düzensizliklerinin giderilmesi amacıyla yapılır.

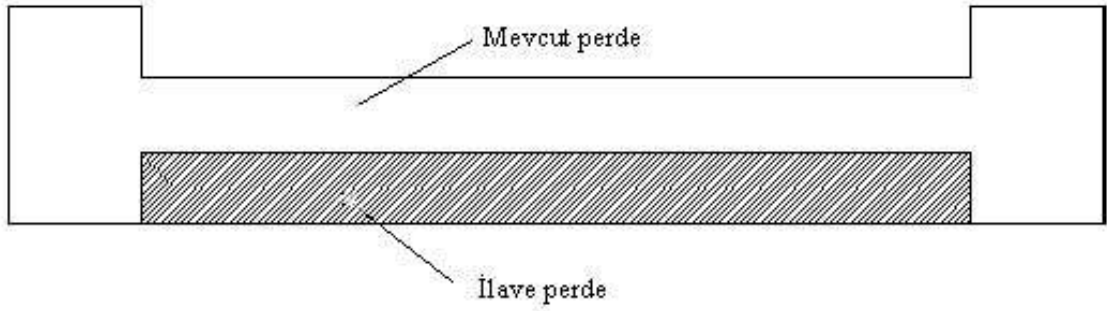
5.4.1 Yerel onarımlar

Deprem perdelerindeki çatlaklar epoksi reçineler ile onarılmaktadırlar. Bir aderans bozulması veya beton kırılması durumunda epoksi reçine enjeksiyonu sonucu deprem perdesinin eğilme ve kesme mukavemeti bir önceki düzeyine getirilebilir. Fakat önceki rijitlik kazanılmaz. Bunun nedeni ince çatlakların hepsinin içine epoksi enjekte edilememesindedir. Diğer taraftan yangına karşı gerekli olan önlemin alınması gerekir.

5.4.2 Boyutların artırılması

Bir deprem perdesinin kalınlığının artırılması önceki mukavemetinin yetersiz olması durumunda uygulanır. Eğilme mukavemeti artırılması isteniyorsa her iki ucuna

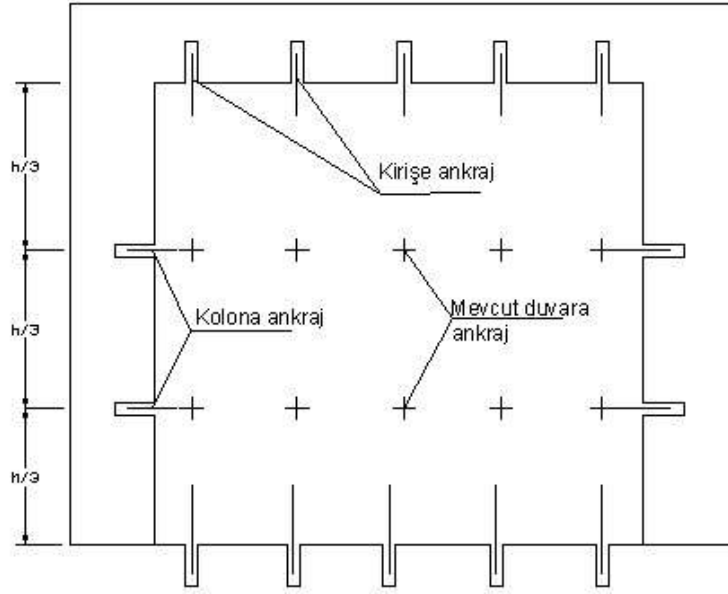
betonarme başlık kolonları eklenmelidir. Kesme mukavemetinin artırılması söz konusu olduğu durumlarda ise duvar kalınlığının artırılması zorunludur. Deprem perdelerinin güçlendirilmesinde püskürtme beton tekniği çok kullanılır. Eski ile yeni beton arasında yeterli bir aderans sağlanmak isteniyorsa mevcut duvar yüzeyi pürüzlendirilir. Mevcut donatı ile yeni donatı birbirine kaynaklanmak suretiyle ankre edilmelidir. İlave perde kalınlığı en az 5 cm, başlık kolonlarının kalınlığı en az 10 cm olmalıdır. Kuvvetlerin temele aktarılması uygun ve yeterli bir şekilde olmalıdır. Rijitlik dağılımına ve yatay kuvvet dağılımına dikkat edilmelidir. (Şekil 5.8.a ve 5.8.b)



Şekil 5-8.a Perde Duvarların Kalınlaştırma Yöntemi ile Güçlendirilmesi

5.5 Döşemelerin Onarım ve Güçlendirilmesi

Döşemelerin onarımı, hasar gerçekleştiği durumda yapılır. Güçlendirme işleri ise döşemenin mukavemetinin yetersiz olduğunda veya yeni eklenen deprem perdelerinin birleşim bölgelerinde mukavemetinin artırılması gerektiğinde yapılır. Hasarlar genellikle düzensizlik yerlerinde, boşluklarda ve merdiven sahanlıklarından oluşur.



Şekil 5.8.b Perde duvarların kalınlaştırma yöntemi ile güçlendirilmesi

5.5.1 Yerel onarımlar

Çatlaklar için enjeksiyon yöntemi uygulanır. Enjeksiyon malzemesi olarak epoksi veya çimento harcı kullanılabilir. Parçalanmış beton veya kırılmış, burkulmuş donatı hasarlarının olduğu yerlerde hasarlı kısım kaldırılarak, yerine yenisi konur. Yeni donatı ile mevcut donatının ankrajı sağlanmalıdır.

5.5.2 Döşeme kalınlığının artırılması

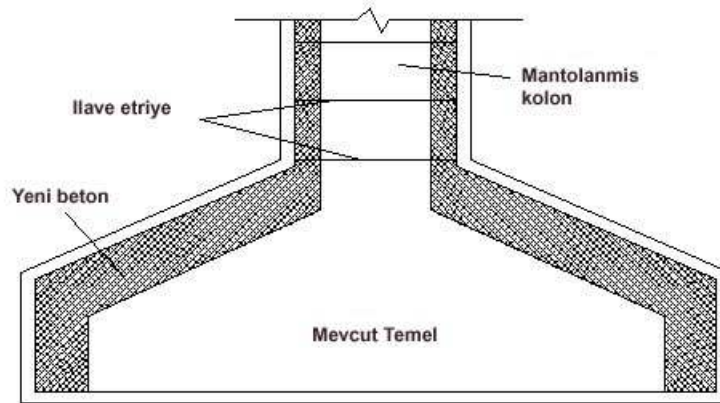
Döşemelerin güçlendirilmesi, döşemelerin kalınlıklarının artırılması ile yapılır. Bu kalınlaştırma ilave döşemenin, mevcut döşeme üstüne veya altına eklenmesi ile olur. Üstüne ekleme durumunda faydalı yüksekliğin artmasının yanı sıra mesnetlerde negatif moment için donatı ilave etme imkanı doğur, kalınlaştırma mevcut döşemenin üstüne doğru yapıldığında döşeme rijitliği artmakta ve diyafram özelliği iyileşmektedir. Kalınlaştırmanın alta doğru yapıldığı durumlarda, yerleştirilen çekme donatıları döşemenin eğilme mukavemetini artırır. Fakat betonun püskürtme yöntemi ile uygulanması gerekmektedir. Kum danelerini epoksi reçineler ile yapıştırmak suretiyle veya kum

püskürterek güçlendirme için pürüzlü bir yüzey oluşturulur. Döşeme-deprem perdesi birleşiminde dübeller kullanılır. Bunun için döşeme içinde deprem perdesini düşey yönde geçen ve bu doğrultuda uzun bir delik açılır. Deprem perdesi içinden döşeme düzlemi içinde olmak üzere donatı çubukları alt ve üst yüze yakın olmak üzere gerekli ölçülerde yerleştirilir. Son olarak delik yüksek mukavemetli ve geniş betonla doldurulur.

5.6 Temellerin Onarım ve Güçlendirilmesi

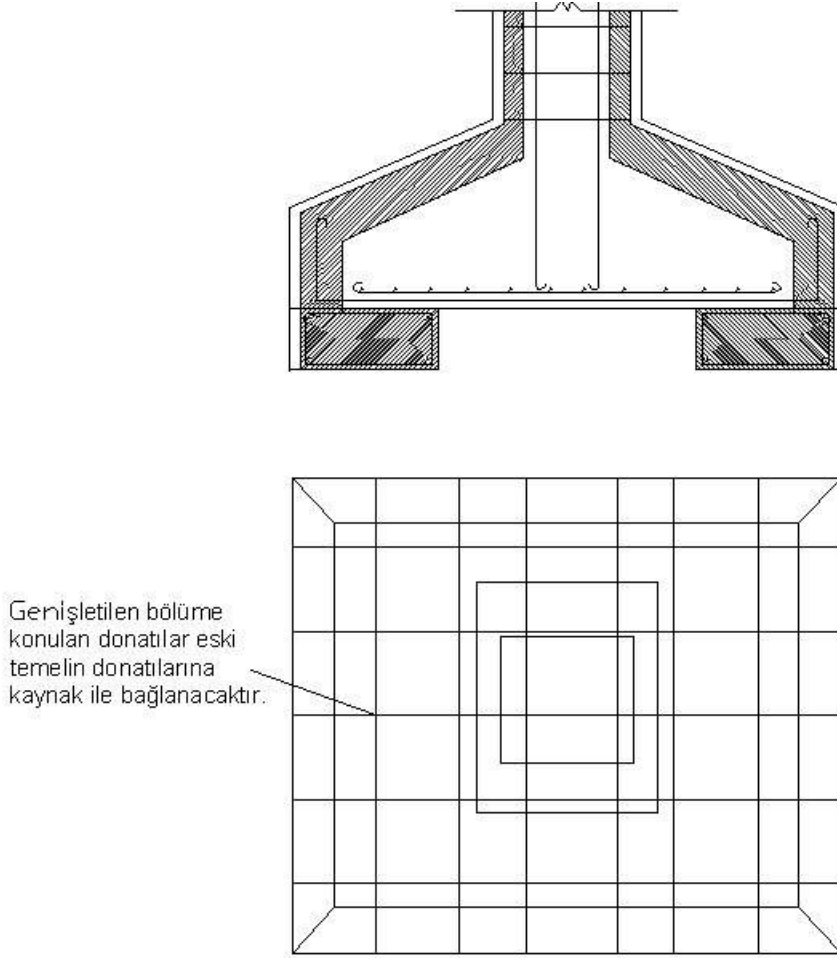
Temelerde, temel boyutlarının gelen yükler altında taşıma gücü bakımından yetersiz olması, aşırı deprem yükleri nedeniyle hasarların oluşması, güçlendirme sonrası sabit yüklerin artması, yönetmeliklerdeki değişiklikler nedeniyle deprem yüklerinin artması sonucu, temelerde onarım ve güçlendirme ihtiyacı ortaya çıkar. Ayrıca güçlendirme amacı ile yeni eklenen deprem perdeleri içinde temel yapılması zorunludur. Temelerde onarım ve güçlendirme, mevcut temel yapısını güçlendirerek veya yeni temel yapısı ekleyerek yapılabilir.

Mantolanarak güçlendirilmiş bir kolonun altındaki temelin takviyesinde, tabanda temel kuşağı düzenlenmelidir. Bu sayede üst kısımdan gelen eğik kuvvetler zemine aktarılır.(Şekil.5.9)



Şekil 5.9 Tekil temelin genişletilerek güçlendirilmesi

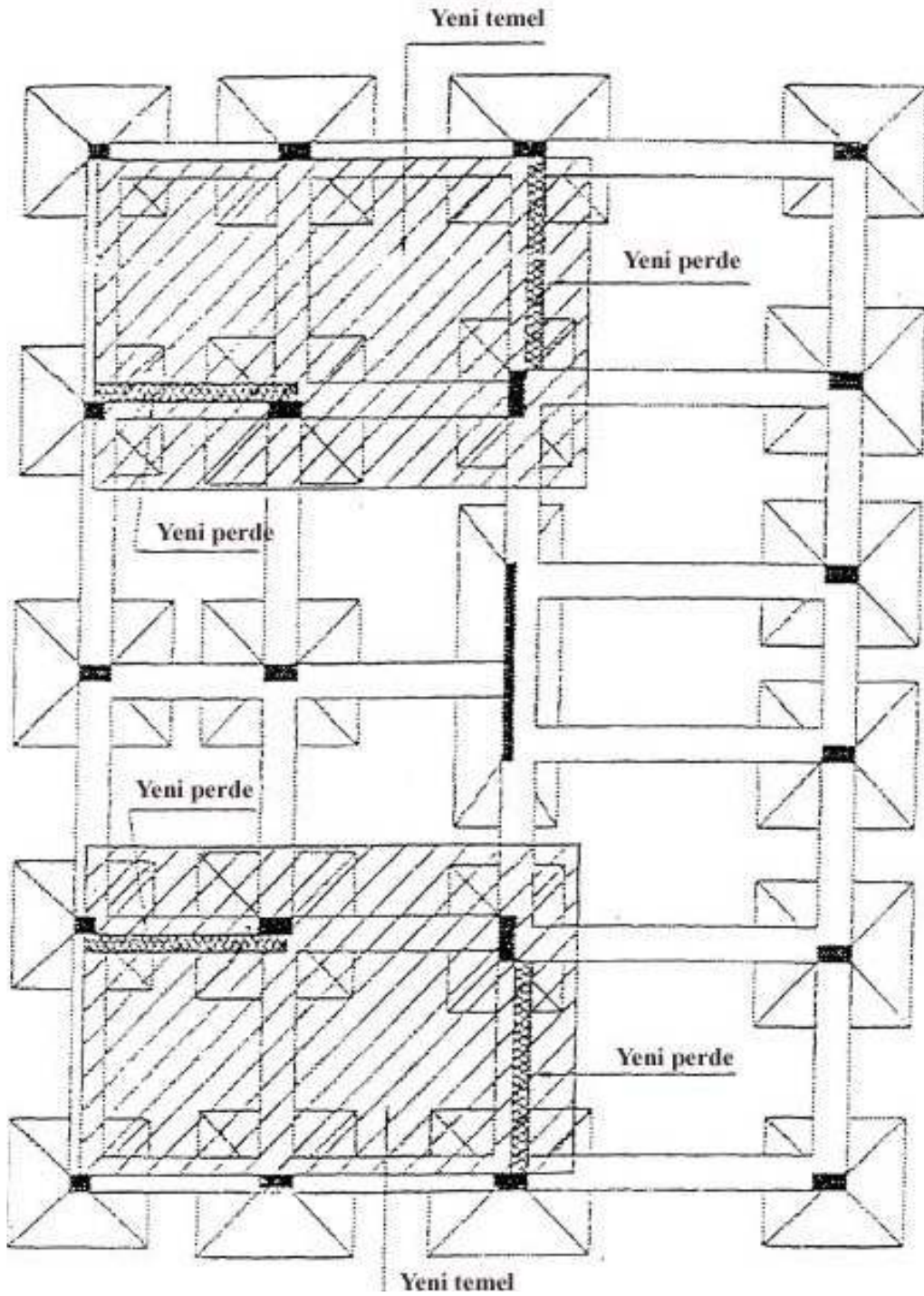
Şekil 5.10'da mantolama suretiyle güçlendirilmiş bir kolonun temelinin güçlendirme ayrıntıları verilmektedir. Genişletilen sömel tabanına konulan boyuna donatılar mevcut sömelin kenarları kırılarak mevcut donatılarla kaynaklanmak suretiyle ankraji yapılmıştır.



Şekil 5.10 Mantolanmış Bir Kolonda Tekil Temel Takviyesi

Yeni temeller eklenmesi ise güçlendirme amacı ile yeni deprem perdelerinin ilave edildiği durumlarda yapılır. (Şekil 5.11) Perde uçlarındaki ana donatıların temellere ankraji çok önemlidir. Temele konulan donatı miktarı, devrilme momentlerinden ileri

gelen aksenal kuvvetlere karşı koyacak yeterlikte ve uygunlukta olmalıdır. Duvar kesme kuvvetleri temele yeterli derecede ankre edilmiş gövde donatıları ile karşılanmalıdır.



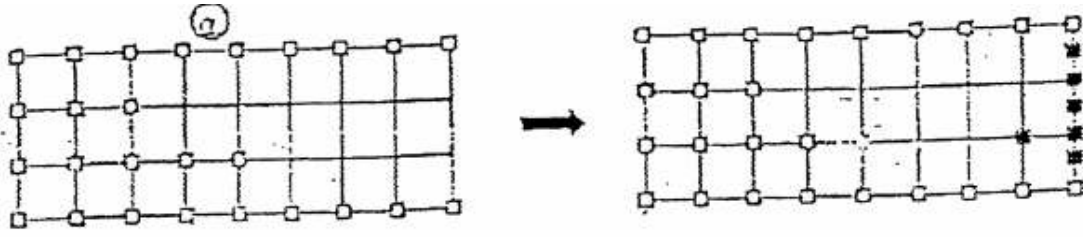
Şekil 5. 11 Yeni Güçlendirme Perdeleri İçin Yeni Temeller Eklenmesi

6. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN YENİ TAŞIYICI ELEMANLAR İLAVE EDİLEREK GÜÇLENDİRİLMESİ

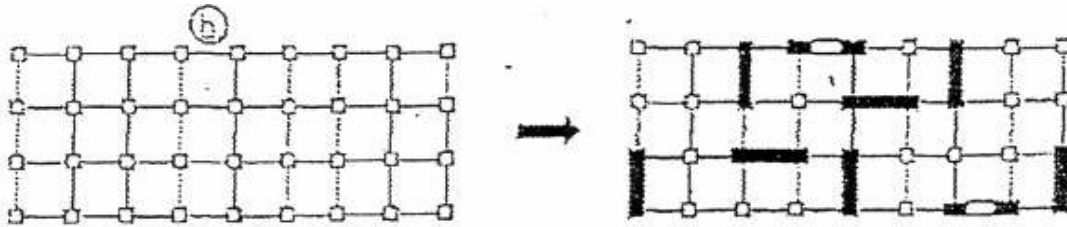
Betonarme yapıların yanal yüklere karşı kapasitelerinin artırılması, etkili bir yöntem olan taşıyıcı sisteme yeni taşıyıcı elamanlar eklenmesi suretiyle de yapılmaktadır. Mevcut bir yapıya eklenen yeni yapı elemanı, yapının deprem davranışını önemli derecede değiştirerek, deprem kuvvetlerinin artmasına da neden olur. Bu sebeplerden dolayı güçlendirilmiş yeni sistem bir bütün olarak yeniden çözülmeli ve projelendirilmelidir. Yeni eklenen perdelerle, yapının burulma rijitliği artırılarak, burulma etkilerine karşı da dayanımının yükseltilmesi mümkündür. Ayrıca yumuşak kat veya rijit kısa kolon gibi düzensizlikler de, perdeler eklemek yoluyla telafi edilebilir. Büyük burulma etkileri de kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi en aza indirilerek düşürülebilir(Demir,1992).

6.1 Yeni Perde veya Kolon Eklenmesi

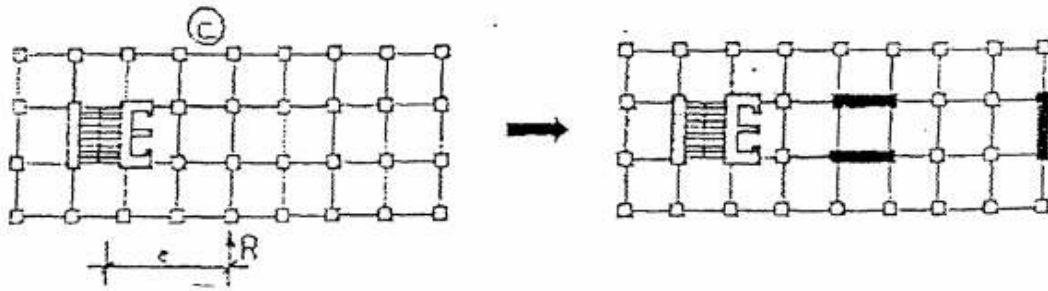
Güçlendirme yeni perdelerin ilavesi ile uygulanır. Yeni deprem perdelerinin eklenmesi sırasında döşeme ve çatı diyaframları ile temellere uygun bir birleşim ve bağlantının temin edilmesine özen gösterilmelidir. Döşeme ile perde arasında kesme kuvvetinin aktarımı, planda korniyer şeklinde yerleştirilmiş bağ çubuklarının döşemeye ankre edilmesiyle sağlanır. Uygulamada yerinde dökme beton veya püskürtme beton kullanılabilir. Şekil 6.1.a 'da kolonların mevcut taşıyıcı sistemde ne kadar düzensiz bir biçimde dağıtıldığı görülmektedir. Bu dağılım ise bir deprem anında binayı büyük burulma etkilerine maruz bırakacaktır. Fakat kütle ile rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi en aza indirecek şekilde yeni kolonlar eklenmesi ile yapının burulma mukavemeti artacaktır. Bu tip etkilere karşı mukavemeti yetersiz olan bir yapı yeni eklenecek perdelerle de güçlendirilebilir. (Şekil 6.1.b, Şekil 6.1.c, Şekil 6.1.d, Şekil 6.1.e) ve Şekil 6.2'de ise burulma etkilerini en aza indirmek amacıyla yapılan diğer uygulama örnekleri görülmektedir(Demir,1992).



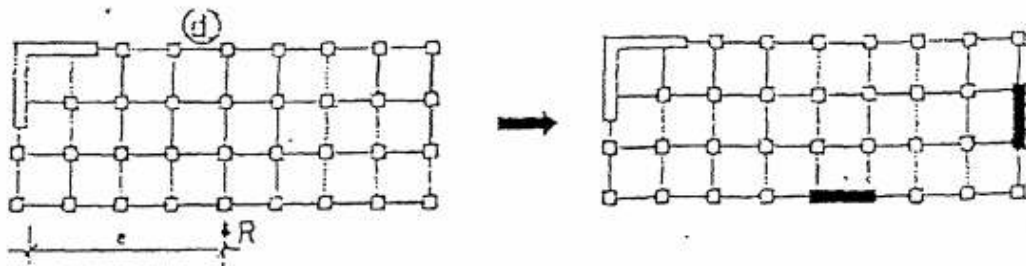
Şekil 6.1 a Yeni Kolon Eklemek Suretiyle Burulma Mukavemetinin Arttırılması



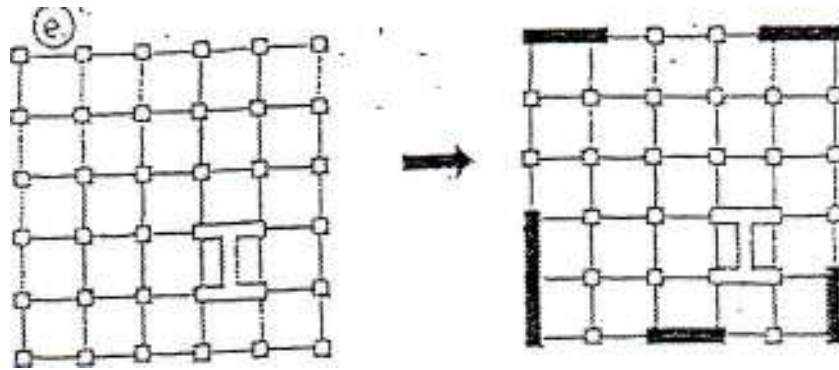
Şekil 6.1.b Yeni Perde Eklemek Suretiyle Burulma Mukavemetinin Arttırılması



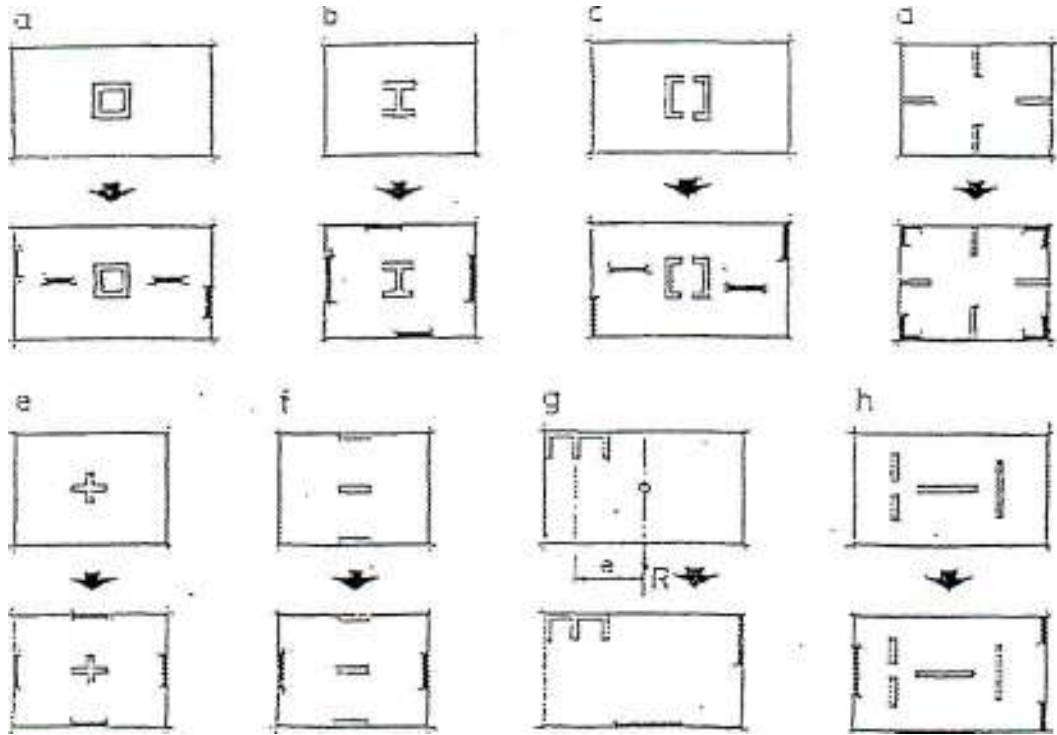
Şekil 6.1.c Yeni Perde Eklemek Suretiyle Burulma Etkilerinin Azaltılması



Şekil 6.1.d Yeni Perde Eklemek Suretiyle Burulma Etkilerinin Azaltılması



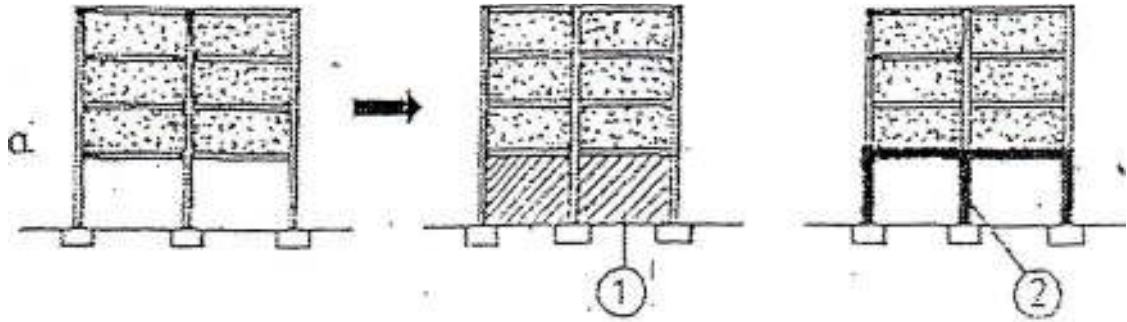
Şekil 6.1.e Yeni Perde Eklemek Suretiyle Burulma Etkilerinin Azaltılması



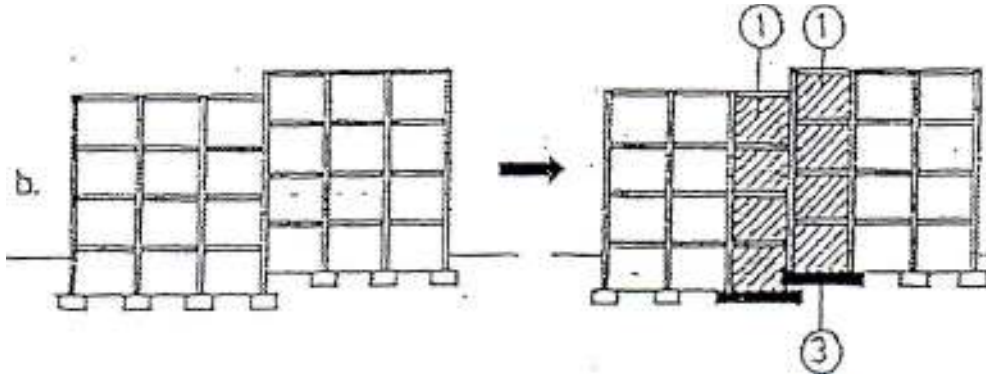
Şekil 6.2. Yeni Perde Eklemek Suretiyle Yapıların Burulma Dayanımlarının Artırılması

Şekil 6.3a'da rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) olan bir yapının betonarme veya yığma dolgu duvar veya yeni betonarme çerçeve ile güçlendirilmesi görülmektedir.

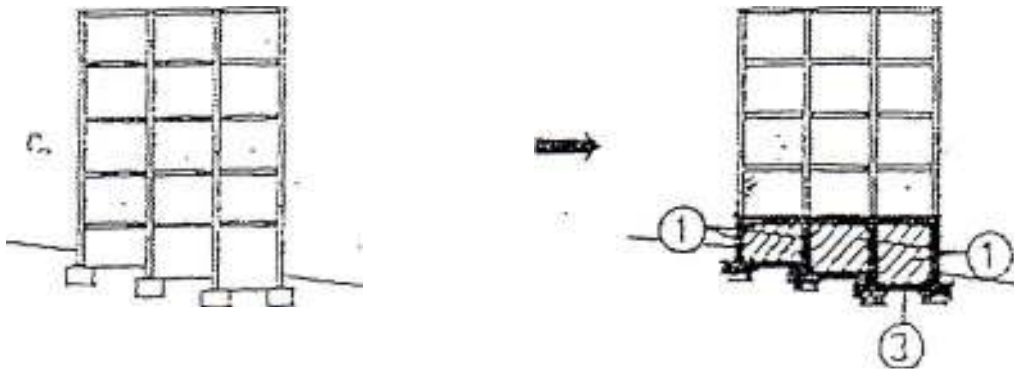
Birbirlerine temas içinde bulunan ve döşeme elamanlarının aynı yükseklikte olmayıp, derzlerle ayrılmadığı binalarda perde duvar ve yeni temel eklenmesiyle güçlendirme yapılabilir. (Şekil 6.3.b) Arazi yapısına bağlı olarak temel sönmelinin farklı yükseklikte olmaları halinde yapı, yeni deprem perdeleri ve ilave temel ile güçlendirilir.(Şekil 6.3.c)



Şekil 6.3.a Yumuşak Katın Güçlendirilmesi



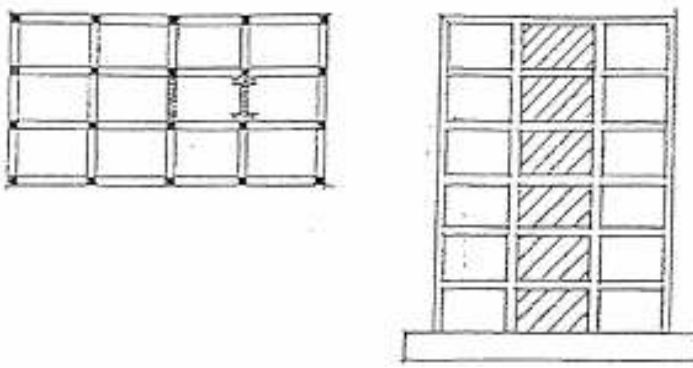
Şekil 6.3.b Farklı Yükseklikteki Döşemelere Sahip Bitişik Nizam Binaların Güçlendirilmesi



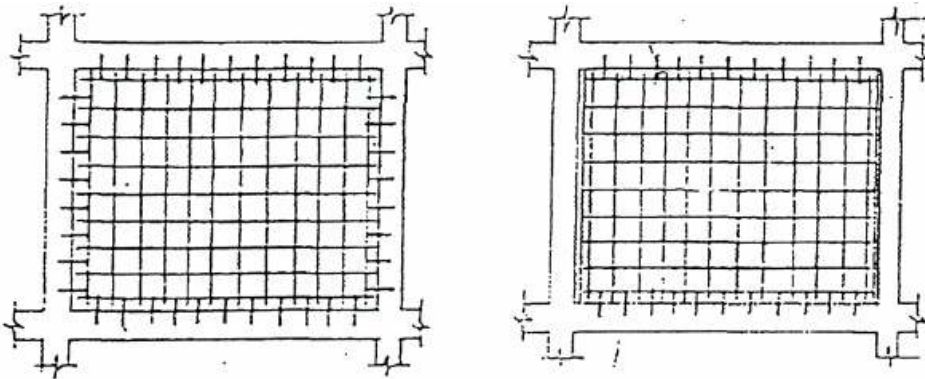
Şekil 6.3.c Rijit ve Güçlü Temel Sistemi ile Güçlendirme

6.2 Çerçeve Gözlerinin Donatılı Duvarla Doldurulması

Betonarme yapının çerçeve gözlerini donatılı beton veya kagir duvarla doldurma yoluyla uygulanan bir yöntemdir. (Şekil 6.4.a) Kolonlar büyük kesme kuvvetlerini taşımak zorunda kalırlar. Bu nedenle çerçeve elamanlarının ilave gelecek kuvvetleri taşıyabilecek kapasitede olmaları gerekir. Mevcut kirişlerde çentikler açılarak, dişler oluşturulur. Ankraj çubukları ve etriyeler, mevcut donatı ve etriyelere kaynaklanmalıdır. Yerinde dökme perde duvarların donatıları hem kirişlerde hem de kolonlarda ankraj edilebileceği gibi yalnızca kirişlere bağlantılı yapıp perde duvar ile kolon arasında derz bırakılabilir. (Şekil 6.4.b)



Şekil 6.4.a Yerinde Dökme Betonarme Perde Duvarla Doldurma



Şekil 6.4.b Çerçeveleri Doldurma Yöntemleri

7. MEVCUT YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ

7.1.Güçlendirme Öncesi (AIJ'ye göre) Depreme Dayanıklılık İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçeveli Yapılarda Belirlenmesi

Mevcut yapıda deprem güvenliğinin belirlenmesi için 1997 deprem yönetmeliğinde uygulanan hesaplar dışında bu bölümde, depreme dayanıklılık indisleri (S_{BG}) metodu ve zemin kat düşey taşıyıcı sistemlerin analizi metodu kullanılarak çıkan sonuçlar çerçevesinde mevcut yapının depreme karşı dayanıklılığının ölçülmesine çalışılmıştır.

Miyagiken-Okı depreminden sonra 1982'de Tokyo'da 90 adedi apartman yapısı olmak üzere toplam 362 adet binada depreme dayanıklılık araştırması yapılmış ve Japonya Mimarlık Enstitüsü AIJ'in ampirik olarak verdiği S_{BG} katsayıları hesaplanmıştır.

S_{BG} indisleri belirlenirken yapıda çerçeve içinde bulunan kolonlar X ve Y doğrultuları için kolon yüksekliklerinin derinliklerine oranına göre kaymaya veya eğilmeye çalışan elemanlar olmak üzere iki gruba ayrılmakta, eğilme ve kayma modları beton dayanımına göre farklı katsayılar kullanılarak hesaplanmaktadır. Perdelerin S_{BG} indisleri belirlenirken kolona bağlı olup olmadıklarına bakılmakta ve yine beton dayanımlarına göre farklı katsayılar kullanılarak hesap yapılmaktadır. X ve Y eksenleri doğrultusunda S_{BG} indisleri belirlendikten sonra betonarme yapılarda depreme dayanıklılığın kabaca bir göstergesi olarak , taşıma gücünün zayıf olduğu eksen doğrultusunda hesaplanan S_{BG} indisi kullanılarak yapının depreme karşı dayanımı aşağıda verilen dört grupta toplanmıştır.

$S_{BG} \geq 1,0$	Depreme Karşı Çok Dayanıklı
$0,6 \leq S_{BG} < 1,0$	Depreme Karşı Oldukça Dayanıklı
$0,4 \leq S_{BG} < 0,6$	Depreme Karşı Yetersiz
$S_{BG} < 0,4$	Depreme Karşı Dayanıksız

$$S_{BG} = [S_{B1}^2 / (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3})] + S_{B2} + S_{B3}$$

$$S_{B1} = [\sum (A_{c1} \cdot \tau_1)] / W \quad \Rightarrow \text{Eğilme modu} \dots R_h \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B2} = [\sum (A_{c2} \cdot \tau_2)] / W \quad \Rightarrow \text{Kayma modu} \dots R_h < 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B3} = [C_1 \sum A_{W1} + C_2 \sum A_{W2}] / W$$

Burada R_H değeri kolon yüksekliğinin kolon derinliğine oranı, A_{W1} ve A_{W2} kolonla birleşik ve kolonla birleşik olmayan perdeleri, A_{c1} ve A_{c2} sırasıyla eğilme davranışı ve kayma davranışını gösteren kolonları ve bunlar için alınacak c_1 ve c_2 katsayıları tanımlanmıştır.

$$\tau_1 = C_{B1} / R_H \quad \Rightarrow \text{Eğilme modu} \dots R_h \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$\tau_2 = [C_{B2} / (0,56 \cdot R_H + 0,12)] + 6,31 \quad \Rightarrow \text{Kayma modu} \dots R_h < 3,3 \text{ olduğunda}$$

olmak kaydıyla C16 beton kalitesi için $C_{B1}=42,33$ ve $C_{B2}=12,83$ olarak hesaplanmıştır.(Hasgür ve Taşkın)

C16 beton sınıfı için C_{B1} ve C_{B2} katsayılarının hesaplanması:

$$f_{ctk} = 1,1 * \sqrt{f_{ck} * 0,85} = 12,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_{B1} = 3,3 * f_{ctk} = 42,33$$

$$C_{B2} = (f_{ctk} - 6,31) * (0,56 * 3,3 + 0,12) = 12,83$$

$$\tau_1 = 13,66$$

$$\tau_2 = 13,22$$

$$C_1 = 27$$

$$C_1 = 18$$

olarak hesaplanmıştır.

Zemin kat		x		Eksenli Doğrultusu					
Kolon No	x (m)	y (m)	A_c (m ²)	h (m)	H _c (m)	$R_{bc} = h_c/H_c$	$v_{bc}(kg/cm^2)$	$A_{cs} \cdot s \cdot \rho_{bc} \cdot v_{bc}$ (ton)	
101	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
102	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
103	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
104	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
105	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
106	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
107	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
108	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
109	0,7	0,3	0,21	2,4	0,7	3,429	12,35	25,93	Eğilme
110	0,7	0,3	0,21	2,4	0,7	3,429	12,35	25,93	Eğilme
111	0,7	0,3	0,21	2,4	0,7	3,429	12,35	25,93	Eğilme
112	0,7	0,3	0,21	2,4	0,7	3,429	12,35	25,93	Eğilme
113	0,7	0,3	0,21	2,4	0,7	3,429	12,35	25,93	Eğilme
114	0,3	0,9	0,27	2,4	0,3	8,000	5,29	14,29	Eğilme
115	0,7	0,3	0,21	2,4	0,7	3,429	12,35	25,93	Eğilme
116	0,7	0,3	0,21	2,4	0,7	3,429	12,35	25,93	Eğilme
117	0,6	0,3	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
118	0,6	0,3	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
119	0,6	0,3	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
120	0,6	0,3	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
P1	0,3	2	0,6	2,4	0,3	8	5,29	31,75	Eğilme
121	0,6	0,3	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
122	0,6	0,3	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
P2	0,3	1,5	0,45	2,4	0,3	8	5,29	23,81	Eğilme
123	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	5,29	7,94	Eğilme
124	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
125	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
126	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
127	0,3	0,6	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
P3	0,3	1,5	0,45	2,4	0,3	8	5,29	23,81	Eğilme
128	0,3	0,9	0,27	2,4	0,3	8	5,29	14,29	Eğilme
129	0,3	0,9	0,27	2,4	0,3	8	5,29	14,29	Eğilme
P4	0,3	1,5	0,45	2,4	0,3	8	5,29	23,81	Eğilme
Toplam $A_{c1} \cdot v_{bc} =$								564,08	

$$\begin{aligned}
 f_{ck} &= 160 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_{tdk} &= 12,8 \text{ kg/cm}^2 \\
 C_{s1} &= 42,33 \\
 C_{s2} &= 12,83 \\
 \text{eğilme modu } v_1 &= 13,66 \\
 \text{kg/cm}^2 \text{ modu } v_2 &= 13,22 \\
 C_1 &= 27 \\
 C_2 &= 18 \\
 R_b &= 3,1 \text{ m.} \\
 W &= 1353,1 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned}
 S_{s12} &= 0,42 \\
 S_{s22} &= 0 \\
 S_{s11} &= 0
 \end{aligned} \right\} S_{s22} = 0,42$$

Zemin kat	y	Eksen Doğrusu							
Kolon No	x (m)	y (m)	A _c (m ²)	h _c (m)	H _c (m)	R _{bc} = h _c /H _c	v _{bc} (kg/cm ²)	A _c v _{bc} (ton)	
101	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
102	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
103	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
104	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
105	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
106	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
107	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
108	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
109	0,7	0,3	0,21	2,4	0,3	8	5,29	11,11	Eğilme
110	0,7	0,3	0,21	2,4	0,3	8	5,29	11,11	Eğilme
111	0,7	0,3	0,21	2,4	0,3	8	5,29	11,11	Eğilme
112	0,7	0,3	0,21	2,4	0,3	8	5,29	11,11	Eğilme
113	0,7	0,3	0,21	2,4	0,3	8	5,29	11,11	Eğilme
114	0,3	0,9	0,27	2,4	0,9	2,667	14,26	38,50	Kayma
115	0,7	0,3	0,21	2,4	0,3	8	5,29	11,11	Eğilme
116	0,7	0,3	0,21	2,4	0,3	8	5,29	11,11	Eğilme
117	0,6	0,3	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
118	0,6	0,3	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
119	0,6	0,3	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
120	0,6	0,3	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
P1	0,3	2	0,6	2,4	2	1,2	22,51	135,04	Kayma
121	0,6	0,3	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
122	0,6	0,3	0,18	2,4	0,3	8	5,29	9,52	Eğilme
P2	0,3	1,5	0,45	2,4	1,5	1,600	18,94	85,21	Kayma
123	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	8,82	13,23	Eğilme
124	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
125	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
126	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
127	0,3	0,6	0,18	2,4	0,6	4	10,58	19,05	Eğilme
P3	0,3	1,5	0,45	2,4	1,5	1,6	18,94	85,21	Kayma
128	0,3	0,9	0,27	2,4	0,9	2,667	14,26	38,50	Kayma
129	0,3	0,9	0,27	2,4	0,9	2,667	14,26	38,50	Kayma
P4	0,3	1,5	0,45	2,4	1,5	1,6	18,94	85,21	Kayma

Top km A_{c1} * v₁ = 882,94

$$f_{ck} = 160 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ctk} = 12,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_{s1} = 42,3$$

$$C_{s2} = 12,8$$

$$\text{eğilme modu } \tau_1 = 13,7$$

$$\text{kayma modu } \tau_2 = 13,2$$

$$C_1 = 27$$

$$C_2 = 18$$

$$R_b = 3,1 \text{ m.}$$

$$W = 1353,1 \text{ ton}$$

376,76 Eğilme toplamı

506,18 Kayma toplamı

$$S_{B1,2} = 0,28$$

$$S_{B2,2} = 0,374$$

$$S_{B1,2} = 0$$

$$S_{BCC} = 0,49$$

Min S_{BC} = 0,42 0,4 ≤ S_B ≤ 0,6 Depreme Karşı Yetersiz

7.2. Zemin kat düşey taşıyıcı elemanların analizi metodu

Kolon No	x (m)	y (m)	A_c (m ²)
101	0,3	0,6	0,18
102	0,3	0,6	0,18
103	0,3	0,6	0,18
104	0,3	0,6	0,18
105	0,3	0,6	0,18
106	0,3	0,6	0,18
107	0,3	0,6	0,18
108	0,3	0,6	0,18
109	0,7	0,3	0,21
110	0,7	0,3	0,21
111	0,7	0,3	0,21
112	0,7	0,3	0,21
113	0,7	0,3	0,21
114	0,3	0,9	0,27
115	0,7	0,3	0,21
116	0,7	0,3	0,21
117	0,6	0,3	0,18
118	0,6	0,3	0,18
119	0,6	0,3	0,18
120	0,6	0,3	0,18
P1	0,3	2	0,6
121	0,6	0,3	0,18
122	0,6	0,3	0,18
P2	0,3	1,5	0,45
123	0,3	0,5	0,15
124	0,3	0,6	0,18
125	0,3	0,6	0,18
126	0,3	0,6	0,18
127	0,3	0,6	0,18
P3	0,3	1,5	0,45
128	0,3	0,9	0,27
129	0,3	0,9	0,27
P4	0,3	1,5	0,45
			$\Sigma A_{cs} = 7,62 \text{ m}^2$
			$\Sigma A_{ws} = 0 \text{ m}^2$

$$s = W / (A_{cs} + A_{ws})$$

$$s = 17,757533 \text{ kg/cm}^2$$

Bu sonuç zemin kat düşey taşıyıcı elemanların analizi metodu ile yapılan hesaplarda yapıların yatay deprem kuvvetlerine karşı Dayanaksız olduğunu göstermiştir.

7.3. 6 Katlı Betonarme Yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi

Mevcut Binanın statik ve dinamik hesaplarında Etabs v8.11 yapısal analiz programı kullanılmıştır. Bu program yapı sistemlerinin statik veya dinamik, lineer veya non-lineer analizini sonlu elemanlar yöntemini kullanarak gerçekleştirir. Etabs programı kesit büyüklüklerinin yeniden düzenlenmesi gibi uygun değişikliklerin yapılabilirdiği ve yapıyı yeniden çözümleneksizin boyutlamayı iyileştirebildiği etkileşimli bir çevre sağlar. Bina taşıyıcı sistemi mevcut projeden yararlanılarak üç boyutlu olarak modellenmiş, kolonlar ve kirişler çubuk elemanlarla, perdeler kabuk elemanlarla teşkil edilmiştir. Böylece yapının geometrik modeli meydana getirilmiştir. Statik analiz için malzemelerin ve elemanların özellikleri belirtilmiştir. Düşey yük olarak döşeme üzerindeki ölü yükler girilmiş, elemanların zati ağırlıkları program tarafından hesaplanmış, döşeme hareketli yükleri döşemeler üzerine yayılı yük olarak girilmiştir. Duvar yükleri mevcut projeden faydalanılarak kirişler üzerine çizgisel yayılı yük olarak atanmıştır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenen deprem yükleri X ve Y doğrultusunda yatay yük olarak EQXA ve EQYA yüklemesi olarak 1997 deprem yönetmeliğine göre 0,05 eksantriste ile verilmiştir. Statik yüklemeler için TS500 de belirtilen 9 adet yük kombinasyonu yapıya uygulanmıştır, bunlardan en elverişsiz olanı hesaplara dahil edilmiştir.

Yük kombinasyonları	Programdaki gösterilişi
1,4G+1,6Q	14G16Q
G+Q+EX	GQEXA
G+Q-EX	GQEXE
G+Q+EY	GQEYA
G+Q-EY	GQEYE

0,9G+EX	09GQEXA
0,9G-EX	09GQEXE
0,9G+EY	09GQEYA
0,9G-EY	09GQEYE

Bu yüklemelerde ;

G =Sabit yük

Q =Hareketli yük

EX=X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü

EY=Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü

Hesap hacmini azaltmak ve döşeme davranışını yansıtmak üzere tüm çözümlenelerde kat seviyesinde rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Kullanılan Etabs programı taşıyıcı sistemi oluşturan çubuk elemanların yüklerini elemanların iki ucundaki düğüm noktalarından aktarmaktadır.Binanın periyotlarının hesaplanması için gerekli olan kat kütleleri ağırlık merkezlerine program tarafından otomatik olarak hesaplanarak yerleştirilmiştir.

Mevcut yapıda kolonlar projede gösterilen boyutta, donatıları gerçek düzenine eşdeğer şekli ile kenarlara dağıtılmıştır. Kirişler ve diğer elemanlarda projede gösterilen boyutlarında ve malzeme özelliklerinde modellenmiştir. Çözümlenelerde temellerin yeterli rijitlikte olduğu varsayılarak sistemin kolon ve perdelerinin tabanda ankastre mesnetli olduğu kabul edilmiştir.

Mevcut yapının kolon, kiriş kapasiteleri, gerekli boyuna donatı oranları ve kolon etkileşim oranları dizayn kontrolü Etabs programı ile yapılmıştır. 1997 deprem yönetmeliği ve TS500 taşıma gücü'ne uygunluğunu sağlamak amacıyla ACI318-99 Şartnamesindeki gerekli katsayılar değiştirilerek yönetmeliklerimize uygun hale getirilmiştir. Kapasitesini aşan kolonlar için ayrıca hesap yapılmaya gerek duyulmamıştır. Mevcut yapı elemanları ve eleman özellikleri Etabs programına girildikten sonra sistemin çözümlenmesi 1997 Deprem yönetmeliğine göre yapılmıştır.

Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)	0,4
Bina önem katsayısı (I)	1
Yerel Zemin sınıfı	Z4
Spektrum karakteristik Periyodları	$T_a= 0,2$ s. $T_b= 0,9$ s.
Zemin kat ağırlığı (W_1)	5683,2 kN
Birinci kat ağırlığı (W_2)	5514,5 kN
İkinci kat ağırlığı (W_3)	5514,0 kN
Üçüncü kat ağırlığı (W_4)	5514,3 kN
Dördüncü kat ağırlığı (W_5)	3700,5 kN
Toplam bina ağırlığı (W_t)	25926,5 kN
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	8

$$V_t = V_{tx} = V_{ty} = 3240,8 \text{ kN} \Rightarrow (\text{Taban kesme kuvveti}) V_t \geq 1037,06 \text{ kN}$$

$$T_1 = T_{1A} = 0,55 \text{ s.} \quad H_r = 15,5 \text{ m.} < 25 \text{ m.} \text{ Olduğundan } T_1 = T_{1A} \text{ dir}$$

$$C_t = 0,07$$

$$H_N = 15,5 \text{ m.}$$

$$S(T_1) = 2,5$$

$$A(T_1) = 1$$

$$R_a(T_1) = R = 8$$

Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması ;

Kat	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i \cdot h_i$	$W_i \cdot h_i / \sum W_i \cdot h_i$	F_i (kN)	V_i (kN)
4	3700,5	15,5	57357,75	0,2507	812,4	812,4
3	5514,3	12,4	68377,32	0,2988	968,4	968,4
2	5514	9,3	51280,2	0,2241	726,3	726,3
1	5514,5	6,2	34189,9	0,1494	484,2	484,2
Zemin	5683,2	3,1	17617,92	0,0770	249,5	249,5
Toplam	25926,5		228823,1	1,0000	3240,8	3240,8

A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü

X yönü GQEXA (G+Q+Ex)

63

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δ max (m)	Min. Gör.öte. Δ min (m)	ort.gör.öte. Δ ort (m)	n		Kontrol	Δ	Ek dış merkezlik
						n	n= Δ max/ Δ ort			
4	0,0198	0,0154	0,0017	0,0013	0,0015	1,133333333	<1,2	Ok	0,891975	0,05 Ok
3	0,0181	0,0141	0,0036	0,0028	0,0032	1,125	<1,2	Ok	0,878906	0,05 Ok
2	0,0145	0,0113	0,005	0,0039	0,00445	1,123595506	<1,2	Ok	0,876713	0,05 Ok
1	0,0095	0,0074	0,0058	0,0046	0,0052	1,115384615	<1,2	Ok	0,863946	0,05 Ok
Z	0,0037	0,0028	0,0037	0,0028	0,00325	1,138461538	<1,2	Ok	0,900066	0,05 Ok

X yönü

GQEXE (G+Q-Ex)

63

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δ max (m)	Min. Gör.öte. Δ min (m)	ort.gör.öte. Δ ort (m)	n		Kontrol	Δ	Ek dış merkezlik
						n	n= Δ max/ Δ ort			
4	-0,0208	-0,0161	-0,0021	-0,0015	-0,0018	1,166666667	<1,2	Ok	0,945216	0,05 Ok
3	-0,0187	-0,0146	-0,0038	-0,003	-0,0034	1,117647059	<1,2	Ok	0,867455	0,05 Ok
2	-0,0149	-0,0116	-0,0052	-0,004	-0,0046	1,130434783	<1,2	Ok	0,887419	0,05 Ok
1	-0,0097	-0,0076	-0,006	-0,0047	-0,00535	1,121495327	<1,2	Ok	0,873439	0,05 Ok
Z	-0,0037	-0,0029	-0,0037	-0,0029	-0,0033	1,121212121	<1,2	Ok	0,872998	0,05 Ok

Y yönü

GQEYA (G+Q+Ey)

13

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δ max (m)	Min. Gör.öte. Δ min (m)	ort.gör.öte. Δ ort (m)	n		Kontrol	Δ	Ek dış merkezlik
						n	n= Δ max/ Δ ort			
4	0,0217	0,0119	0,0023	0,0016	0,00195	1,179487179	<1,2	Ok	0,966104	0,05 Ok
3	0,0194	0,0103	0,004	0,0023	0,00315	1,26984127	>1,2 ve <2,0	Kontrol	1,119789	0,0560
2	0,0154	0,008	0,0052	0,0028	0,004	1,3	>1,2 ve <2,0	Kontrol	1,173611	0,0587
1	0,0102	0,0052	0,0059	0,0029	0,0044	1,340909091	>1,2 ve <2,0	Kontrol	1,248637	0,0624
Z	0,0043	0,0023	0,0043	0,0023	0,0033	1,303030303	>1,2 ve <2,0	Kontrol	1,179089	0,0590

GÖEYE (G+Q+E_y)
13

Y yönü **1**

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δmax (m)	Min. Gör.öte. Δmin (m)	ort.gör.öte. Δort (m)	n	Kontrol	Δ	Ek dış merkezlik
						n=Δmax/Δort			
4	-0,0198	-0,0096	-0,0018	-0,0009	-0,00135	1,333333333	>1,2 ve <2,0 Kontrol	1,234568	0,0617
3	-0,018	-0,0087	-0,0036	-0,0017	-0,00265	1,358490566	>1,2 ve <2,0 Kontrol	1,281595	0,0641
2	-0,0144	-0,007	-0,0049	-0,0024	-0,00365	1,342465753	>1,2 ve <2,0 Kontrol	1,251538	0,0626
1	-0,0095	-0,0046	-0,0056	-0,0025	-0,00405	1,382716049	>1,2 ve <2,0 Kontrol	1,327711	0,0664
Z	-0,0039	-0,0021	-0,0039	-0,0021	-0,003	1,31	>1,2 ve <2,0 Kontrol	1,173611	0,0587

Görüldüğü üzere mevcut yapıda A1 Bulunma düzensizliği mevcuttur.
Düzensizliğin bulunduğu katlarda bu yeni dış merkezliklere göre hesap tekrarlanmalıdır.

B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

X Doğrultusu Yüklemesi

Kat no	A_{kolon} (cm ²)	A_{pende} (cm ²)	A_{toplam} (cm ²)	$A_{b.uzat}$ (cm ²)	η_d	Kontrol
4	66600	-	66600	-	1,00	<1,5 Ok
3	66600	-	66600	-	1,00	<1,5 Ok
2	66600	-	66600	-	1,00	<1,5 Ok
1	66600	-	66600	-	1,00	<1,5 Ok
Z	77700	-	77700	-	1,17	<1,5 Ok

Y Doğrultusu Yüklemesi

Kat no	A_{kolon} (cm ²)	A_{pende} (cm ²)	A_{toplam} (cm ²)	$A_{b.uzat}$ (cm ²)	η_d	Kontrol
4	66600	-	66600	-	1,00	<1,5 Ok
3	66600	-	66600	-	1,00	<1,5 Ok
2	66600	-	66600	-	1,00	<1,5 Ok
1	66600	-	66600	-	1,00	<1,5 Ok
Z	77700	-	77700	-	1,17	<1,5 Ok

B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

X yönü GGEXA (G+Q+Ex)

63

13

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δ max (m)	Min. Gör.öte. Δ min (m)	ort.gör.öte. Δ ort (m)	$(\Delta)_{ort}/(\Delta_{1,ort})$	Kontrol
4	0,0198	0,0154	0,0017	0,0013	0,0015		<1,5 Ok
3	0,0181	0,0141	0,0036	0,0028	0,0032	2,1333	>1,5 Düzensiz
2	0,0145	0,0113	0,005	0,0039	0,00445	1,3906	<1,5 Ok
1	0,0095	0,0074	0,0058	0,0046	0,0052	1,1685	<1,5 Ok
Z	0,0037	0,0028	0,0037	0,0028	0,00325	0,6250	<1,5 Ok

X yönü

GGEXE (G+Q+Ex)

63

13

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δ max (m)	Min. Gör.öte. Δ min (m)	ort.gör.öte. Δ ort (m)	$(\Delta)_{ort}/(\Delta_{1,ort})$	Kontrol
4	-0,0208	-0,0161	-0,0021	-0,0015	-0,0018		<1,5 Ok
3	-0,0187	-0,0146	-0,0038	-0,003	-0,0034	1,8889	>1,5 Düzensiz
2	-0,0149	-0,0116	-0,0052	-0,004	-0,0046	1,3529	<1,5 Ok
1	-0,0097	-0,0076	-0,006	-0,0047	-0,00535	1,1630	<1,5 Ok
Z	-0,0037	-0,0029	-0,0037	-0,0029	-0,0033	0,6168	<1,5 Ok

Y yönü

GGEYA (G+Q+Ey)

1

13

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δ max (m)	Min. Gör.öte. Δ min (m)	ort.gör.öte. Δ ort (m)	$(\Delta)_{ort}/(\Delta_{1,ort})$	Kontrol
4	0,0217	0,0119	0,0023	0,0016	0,00195		<1,5 Ok
3	0,0194	0,0103	0,004	0,0023	0,00315	1,6154	>1,5 Düzensiz
2	0,0154	0,008	0,0052	0,0028	0,004	1,2698	<1,5 Ok
1	0,0102	0,0052	0,0059	0,0029	0,0044	1,1000	<1,5 Ok
Z	0,0043	0,0023	0,0043	0,0023	0,0033	0,7500	<1,5 Ok

Y yönü		GGEXE (G+Q+Ex)							13	
Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δm ax (m)	Min. Gör.öte. Δm in (m)	ort.gör.öte. Δ ort (m)	(Δ)ort(Δ ₁)ort	Kontrol			
4	-0,0198	-0,0096	-0,0018	-0,0009	-0,00135		≤1,5 Ok			
3	-0,018	-0,0087	-0,0036	-0,0017	-0,00265	1,9630	>1,5 Düzensiz			
2	-0,0144	-0,007	-0,0049	-0,0024	-0,00365	1,3774	≤1,5 Ok			
1	-0,0095	-0,0046	-0,0056	-0,0025	-0,00405	1,1096	≤1,5 Ok			
Z	-0,0039	-0,0021	-0,0039	-0,0021	-0,003	0,7407	≤1,5 Ok			

Görüldüğü üzere yapının 3.katında her iki yön içinde sınır değerler aşımı ve 2. katlarda da sınıra yakın değerler elde edilmiştir. Mevcut yapının her iki yön içinde rijitliği yetersizdir ve rijitliğin artırılıp yeniden analiz yapılması gerekmektedir.

X yönü		GGEXA (G+Q+Ex)							13	
Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δm ax (m)	Kat Yüks.(m.)	Δ max/h	Kontrol				
4	0,0198	0,0154	0,0017	3,1	0,0005	≤0,0035 veya <0,02/R=0,0025				
3	0,0181	0,0141	0,0036	3,1	0,0012	Ok				
2	0,0145	0,0113	0,005	3,1	0,0016	Ok				
1	0,0095	0,0074	0,0058	3,1	0,0019	Ok				
Z	0,0037	0,0028	0,0037	3,1	0,0012	Ok				

X yönü		GGEXE (G+Q+Ex)							13	
Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δm ax (m)	Kat Yüks.(m.)	Δ max/h	Kontrol				
4	-0,0208	-0,0161	-0,0021	3,1	-0,0007	≤0,0035 veya <0,02/R=0,0025				
3	-0,0187	-0,0146	-0,0038	3,1	-0,0012	Ok				
2	-0,0149	-0,0116	-0,0052	3,1	-0,0017	Ok				
1	-0,0097	-0,0076	-0,006	3,1	-0,0019	Ok				
Z	-0,0037	-0,0029	-0,0037	3,1	-0,0012	Ok				

Y yönü **1** GGEYA (G+Q+Ey) **13**

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δ max (m)	Kat Yüks.(m.)	Δ max/h	<0,0035 veya <0,02.R=0,0025
4	0,0217	0,0119	0,0023	3,1	0,0007	Ok
3	0,0194	0,0103	0,004	3,1	0,0013	Ok
2	0,0154	0,008	0,0052	3,1	0,0017	Ok
1	0,0102	0,0052	0,0059	3,1	0,0019	Ok
Z	0,0043	0,0023	0,0043	3,1	0,0014	Ok

Y yönü **1** GGEYE (G+Q-Ey) **13**

Kat no	Max. Deplasman d max (m)	Min. Deplasman d min (m)	Max.gör.öte. Δ max (m)	Kat Yüks.(m.)	Δ max/h	<0,0035 veya <0,02.R=0,0025
4	-0,0196	-0,0096	-0,0018	3,1	-0,0006	Ok
3	-0,018	-0,0087	-0,0036	3,1	-0,0012	Ok
2	-0,0144	-0,007	-0,0049	3,1	-0,0016	Ok
1	-0,0095	-0,0046	-0,0056	3,1	-0,0018	Ok
Z	-0,0039	-0,0021	-0,0039	3,1	-0,0013	Ok

Bedrum Kat Kolon Donatıları

Aks	Kolon No	Boyut			Ac	Donat		As1 (cm ²)	As2 (cm ²)	As (cm ²)	Min.As %	Kontrol	Min.donabaya oranı				
		b	h	Kenar donat		Orta donat											
K2	S1	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
K3	S2	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
K4	S3	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
K5	S4	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
K6	S5	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
K7	S6	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
K8	S7	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
K9	S8	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
J2	S9	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
J3	S10	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
J4	S11	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
J5	S12	70	x	30	2100	12 φ 22	+	2 φ 14	=	45,62	+	3,08	=	48,69	21	Ok	2,32
J6	S13	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
J7	S14	30	x	90	2700	12 φ 18	+	0 φ 0	=	30,54	+	0,00	=	30,54	27	Ok	1,13
J8	S15	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
J9	S16	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
II	S17	60	x	30	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
I2	S18	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
I3	S19	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
I4	S20	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
I6	S21	70	x	30	2100	8 φ 22	+	4 φ 14	=	30,41	+	6,16	=	36,57	21	Ok	1,74
I7	S22	70	x	30	2100	12 φ 22	+	2 φ 14	=	45,62	+	3,08	=	48,69	21	Ok	2,32
I9	S23	30	x	30	1500	8 φ 18	+	2 φ 14	=	20,36	+	3,08	=	23,44	15	Ok	1,56
F1	S24	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
F2	S25	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
F3	S26	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
F4	S27	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	18	Ok	1,06
F6	S28	30	x	90	2700	12 φ 18	+	0 φ 0	=	30,54	+	0,00	=	30,54	27	Ok	1,13
F7	S29	30	x	90	2700	12 φ 18	+	0 φ 0	=	30,54	+	0,00	=	30,54	27	Ok	1,13
I5	P1	30	x	200	6000	8 φ 18	+	12 φ 12	=	20,36	+	13,57	=	33,93	60	Min. Donat Yetersiz	0,57
I8	P2	30	x	150	4500	8 φ 18	+	8 φ 12	=	20,36	+	9,05	=	29,41	45	Min. Donat Yetersiz	0,65
F5	P3	30	x	150	4500	8 φ 18	+	8 φ 12	=	20,36	+	9,05	=	29,41	45	Min. Donat Yetersiz	0,65
F8	P4	30	x	150	4500	8 φ 18	+	8 φ 12	=	20,36	+	9,05	=	29,41	45	Min. Donat Yetersiz	0,65

Zemin Kat Kolon Donatıları

Aks	Kolon No	Boyut			Ac	Kerem donatı	Donatı	Orta donatı	As1 (cm ²)	As2 (cm ²)	As (cm ²)	Min.As %	Kontrol	Min donatıya oranı
		b	h	h										
K2	S1	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
K3	S2	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
K4	S3	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
K5	S4	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
K6	S5	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
K7	S6	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
K8	S7	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
K9	S8	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
I2	S9	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I3	S10	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I4	S11	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I5	S12	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I6	S13	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I7	S14	30	x	90	2700	8 φ 18	+	4 φ 14	= 20,36	+ 6,16	= 26,52	27	Ok	0,98
I8	S15	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I9	S16	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I1	S17	60	x	30	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
I2	S18	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I3	S19	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I4	S20	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I6	S21	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I7	S22	70	x	30	2100	8 φ 22	+	2 φ 14	= 30,41	+ 3,08	= 33,49	21	Ok	1,59
I9	S23	50	x	30	1500	8 φ 18	+	2 φ 14	= 20,36	+ 3,08	= 23,44	15	Ok	1,56
F1	S24	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
F2	S25	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
F3	S26	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
F4	S27	30	x	60	1800	8 φ 16	+	2 φ 14	= 16,08	+ 3,08	= 19,16	18	Ok	1,06
F6	S28	30	x	90	2700	8 φ 18	+	4 φ 14	= 20,36	+ 6,16	= 26,52	27	Min. Donatı Yetersiz	0,98
F7	S29	30	x	90	2700	8 φ 18	+	4 φ 14	= 20,36	+ 6,16	= 26,52	27	Min. Donatı Yetersiz	0,98
I5	F1	30	x	200	6000	8 φ 18	+	12 φ 12	= 20,36	+ 13,57	= 33,93	60	Min. Donatı Yetersiz	0,57
I8	F2	30	x	150	4500	8 φ 18	+	8 φ 12	= 20,36	+ 9,05	= 29,41	45	Min. Donatı Yetersiz	0,65
F5	F3	30	x	150	4500	8 φ 18	+	8 φ 12	= 20,36	+ 9,05	= 29,41	45	Min. Donatı Yetersiz	0,65
F8	F4	30	x	150	4500	8 φ 18	+	8 φ 12	= 20,36	+ 9,05	= 29,41	45	Min. Donatı Yetersiz	0,65

1. Kat Kolon Donatıları

Aks	Kolon No	Boyut			Ac	Kenar donatı	Orta donatı	As1 (cm ²)	As2 (cm ²)	As (cm ²)	Min.As %	Kontrol	Min.donatıya oran				
		b	h	h													
K2	S1	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
K3	S2	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
K4	S3	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
K5	S4	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
K6	S5	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
K7	S6	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
K8	S7	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
K9	S8	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
L	S9	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
J	S10	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
M	S11	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
N	S12	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
K	S13	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
J	S14	30	x	90	2700	8 φ 16	+	4 φ 14	=	16,08	+	6,16	=	22,24	27	Min. Donatı Yetersiz	0,82
B	S15	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
P	S16	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
11	S17	50	x	30	1500	8 φ 16	+	2 φ 14	=	16,08	+	3,08	=	19,16	15	Ok	1,28
12	S18	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
13	S19	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
14	S20	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
16	S21	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
17	S22	50	x	30	1500	8 φ 22	+	2 φ 14	=	30,41	+	3,08	=	33,49	15	Ok	2,23
19	S23	50	x	30	1500	8 φ 18	+	2 φ 14	=	20,36	+	3,08	=	23,44	15	Ok	1,56
F1	S24	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
F2	S25	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
F3	S26	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
F4	S27	30	x	50	1500	6 φ 16	+	2 φ 14	=	12,06	+	3,08	=	15,14	15	Ok	1,01
F6	S28	30	x	90	2700	8 φ 16	+	4 φ 14	=	16,08	+	6,16	=	22,24	27	Min. Donatı Yetersiz	0,82
F7	S29	30	x	90	2700	8 φ 16	+	4 φ 14	=	16,08	+	6,16	=	22,24	27	Min. Donatı Yetersiz	0,82
15	P1	30	x	200	6000	8 φ 18	+	12 φ 12	=	20,36	+	13,57	=	33,93	60	Min. Donatı Yetersiz	0,57
18	P2	30	x	150	4500	8 φ 16	+	8 φ 12	=	16,08	+	9,05	=	25,13	45	Min. Donatı Yetersiz	0,56
15	P3	30	x	150	4500	8 φ 16	+	8 φ 12	=	16,08	+	9,05	=	25,13	45	Min. Donatı Yetersiz	0,56
18	P4	30	x	150	4500	8 φ 16	+	8 φ 12	=	16,08	+	9,05	=	25,13	45	Min. Donatı Yetersiz	0,56

2. Kat Kolon Donatları

Aks	Kolon No	Boyut		Ac	Kenar donat	Orta donat	As1 (cm ²)	As2 (cm ²)	As (cm ²)	Min.As %	Kontrol	Min. donatıya oran				
		b	h													
K2	S1	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
K3	S2	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
K4	S3	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
K5	S4	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
K6	S5	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
K7	S6	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
K8	S7	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
K9	S8	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
L	S9	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
B	S10	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
J4	S11	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
K	S12	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
K	S13	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
J7	S14	30	x	90	8 φ 16	+	4 φ 14	=	16,08	+	6,16	=	22,24	27	Min. Donat Yetersiz	0,82
B	S15	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
B	S16	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
I1	S17	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
I2	S18	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
B	S19	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
I4	S20	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
I6	S21	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
I7	S22	50	x	30	6 φ 18	+	2 φ 14	=	15,27	+	3,08	=	18,35	15	Ok	1,22
I9	S23	50	x	30	8 φ 18	+	2 φ 14	=	20,36	+	3,08	=	23,44	15	Ok	1,56
F1	S24	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
F2	S25	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
F3	S26	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
F4	S27	30	x	50	8 φ 14	+	0 φ 0	=	12,32	+	0,00	=	12,32	15	Min. Donat Yetersiz	0,82
F6	S28	30	x	90	8 φ 16	+	4 φ 14	=	16,08	+	6,16	=	22,24	27	Min. Donat Yetersiz	0,82
F7	S29	30	x	90	8 φ 16	+	4 φ 14	=	16,08	+	6,16	=	22,24	27	Min. Donat Yetersiz	0,82
I5	P1	30	x	200	8 φ 16	+	12 φ 12	=	16,08	+	13,57	=	29,66	60	Min. Donat Yetersiz	0,49
B	P2	30	x	150	8 φ 16	+	8 φ 12	=	16,08	+	9,05	=	25,13	45	Min. Donat Yetersiz	0,56
F5	P3	30	x	150	8 φ 16	+	8 φ 12	=	16,08	+	9,05	=	25,13	45	Min. Donat Yetersiz	0,56
F8	P4	30	x	150	8 φ 16	+	8 φ 12	=	16,08	+	9,05	=	25,13	45	Min. Donat Yetersiz	0,56

3-4. Kat Kolon Donatan

Kls	Kolon No	Boyut		Ac	Donat			As1 (cm ²)	As2 (cm ²)	Min.As %	Kontrol	Min donat/ra cram		
		Kemar donat	Orta donat		As (cm ²)									
K2	S1	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
K3	S2	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
K4	S3	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
K5	S4	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
K6	S5	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
K7	S6	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
K8	S7	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
K9	S8	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I2	S9	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I3	S10	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I4	S11	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I5	S12	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I6	S13	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
J7	S14	30 x 90	4 φ 18	2700	4 φ 18	+	4 φ 14	= 10,18	+	6,16	= 16,34	27	Min. Donat Yetersiz	0,61
B8	S15	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
B9	S16	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I1	S17	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I2	S18	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I3	S19	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I4	S20	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I6	S21	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I7	S22	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
I9	S23	30 x 30	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
F1	S24	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
F2	S25	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
F3	S26	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
F4	S27	30 x 50	2 φ 14	1500	4 φ 16	+	2 φ 14	= 8,04	+	3,08	= 11,12	15	Min. Donat Yetersiz	0,74
F6	S28	30 x 90	4 φ 18	2700	4 φ 18	+	4 φ 14	= 10,18	+	6,16	= 16,34	27	Min. Donat Yetersiz	0,61
F7	S29	30 x 90	4 φ 18	2700	4 φ 18	+	4 φ 14	= 10,18	+	6,16	= 16,34	27	Min. Donat Yetersiz	0,61
I5	F1	30 x 200	6 φ 16	6000	6 φ 16	+	12 φ 12	= 12,06	+	13,57	= 25,64	60	Min. Donat Yetersiz	0,43
I8	F2	30 x 150	6 φ 14	4500	6 φ 14	+	8 φ 12	= 9,24	+	9,05	= 18,28	45	Min. Donat Yetersiz	0,41
F5	F3	30 x 150	6 φ 14	4500	6 φ 14	+	8 φ 12	= 9,24	+	9,05	= 18,28	45	Min. Donat Yetersiz	0,41
F8	F4	30 x 150	6 φ 14	4500	6 φ 14	+	8 φ 12	= 9,24	+	9,05	= 18,28	45	Min. Donat Yetersiz	0,41

**Tablo 7.1 Kolon Etkileşim Oranları
(Etabs Betonarme Dizayn Sonucunda Elde Edilen Değerler)**

	Bodrum	Zemin	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat
F1		1,252				
F2				1,082		
F3				1,006		
F4			1,012	1,200		
F5		4,152	2,710			
F6						
F7				1,010	1,105	
F8		4,689	2,872	1,330		
I1		1,383	1,831	1,166	1,096	
I2	1,003	1,332	1,458	1,457	1,619	
I3		1,259	1,450	1,461	1,816	1,011
I4		1,254	1,419	1,435	1,765	1,015
I5		1,223	1,745	1,447		
I6	1,017	1,268	1,357	1,330	1,723	
I7		1,422	1,627	1,858	2,186	1,217
I8			1,561	1,637	1,623	
I9			1,841	1,166	1,161	
J2		1,316	1,191	1,012	1,012	
J3		1,467	1,426	1,282	1,340	
J4		1,148	1,094	1,086	1,325	
J5	1,155	1,348	1,246	1,118	1,399	
J6	1,283	1,413	1,457	1,519	1,916	1,124
J7	1,379		1,358	1,579	1,764	1,011
J8		1,515	1,572	1,575	1,872	
J9		1,293	1,272	1,139	1,190	
K2		1,100	1,134	1,206		
K3			1,355	1,522	1,180	
K4			1,238	1,464	1,228	
K5			1,215	1,419	1,162	
K6			1,201	1,431	1,150	
K7			1,203	1,428	1,152	
K8			1,290	1,446	1,131	
K9			1,165	1,248		

8. MEVCUT YAPININ GÜÇLENDİRME / YIKIM MALİYET ANALİZİ

Eski Deprem yönetmeliğine (1975) göre çözümlenmiş mevcut betonarme binanın yeni deprem yönetmeliğine uygunluğu araştırılmış, bu araştırma neticesinde sistemimizde A1 ve B2 düzensizlikleri olduğu görülmüştür. Ayrıca mevcut projelerden katlardaki kolonların minimum donatı oranını sağlamadığı saptanmıştır. Bodrum katta 4 kolon, zemin katta 7 kolon , birinci katta 7 kolon, ikinci katta 19 kolon, üçüncü ve dördüncü katlardaki tüm kolonlar ($33 \times 2 = 66$) olmak üzere tüm binada toplam 103 adet kolon minimum donatı oranı 0,01'i sağlamamaktadır. Bazı kirişlerin 30×170 ve 20×100 gibi boyutlara sahip olması ile birlikte ve projelerden görüldüğü üzere güçlü kiriş-zayıf kolon problemi oluşmaktadır. Bu haliyle sistemi Etabs programına modellediğimizde de karşılıklı etki diyagramlarından kolon kapasitelerinin aşıldığı görülmektedir.

Kolon kiriş birleşimlerinin güçlendirilmesi, üst katlardaki minimum donatıyı sağlamayan kolonların mantolanması vb. güçlendirme yöntemlerinin yeni yapının %40 maliyetini aşacağı düşünüldüğünden sistemin patlayıcı madde kullanarak yıkımına karar verilmiştir.

9. YIKIM YÖNTEMİNE GİRİŞ

Bütün binaların güvenlik, ekonomik v.b. nedenlerle bir gün yıkılmaları gerekmektedir. Her geçen gün yüksekliği artan binaların yıkımı büyük bir problem oluşturmaktadır. Patlayıcı ile yıkım, üzerinde son 20-30 yıldır çalışılan alternatif bir metottur. Patlayıcının içerdiği potansiyel tehlikelere rağmen , yıkımın çok kısa zamanda ve ekonomik olarak gerçekleşmesi bu yöntemi çekici kılar.

Çeşitli konvansiyonel makinalarla yapılacak yıkım yoğun bir işgücü ve bol miktarda zamana mal olacaktır; bu da maliyetleri artıracaktır. Buna konvansiyonel yıkım süresince yüksek olan kaza riskini de eklersek bu metod özellikle yüksek binalarda iyi bir seçenek olmaktan çıkmaktadır.

9.1. Yöntemin İşleyişi

Kontrollü patlama ile yıkımda binanın parçalanması patlamalardan daha çok katların birbirleri ve zeminle olan çarpışmasına dayanır. Patlayıcılar yalnızca binaya düşme ivmesini vermek ve tasarlanan mekanizmayı gerçekleştirebilmek için kullanılır. Yalnızca düşey yük etkisi kullanılarak gerçekleştirilmek istenen bu yıkımda üst yapı yıkım sırasında tamamen parçalanmayabilir, bu maksatla ara katlarda da patlatma yapılabilir.

Genel olarak bir betonarme yapının patlamalarla anti-simetrik yıkımı şu sıra ile yapılmıştır: İlk olarak sabit yükler ve yük dağılımları belirlenerek kirişlere gelen yükler bulunur. Kiriş ve kolonların plastikleşme momentlerinin de hesaplanmasıyla yıkım için gerekli ön çalışma tamamlanmış olur. Yıkım, her aşamada planlanan yapı elemanlarının patlatılması ve yapıda oluşan plastik mafsalların tanımlanmasıyla üç aşamada gerçekleştirilir. Her aşamadan sonra yapı sisteminin çözümü Sap2000,Etabs v.b. yapı analiz programı ile yapılır ve hesaplamalar yapı mekanizma durumuna gelinceye kadar sürdürülür. Planlı yıkımı sağlayacak olan patlayıcı tipi, miktarı ve yıkımın istenilen şekilde gerçekleşmesi için patlamaların zaman adımı seçilir.

9.2.Yıkım Projesinin Hazırlaması

Betonarme bir binanın yıkım projesinin hazırlanması birçok ön hazırlık gerektiren; büyük bir titizlik tecrübe ve bilgi birikimi gerektiren bir iştir. Yapının bulunduğu yerde dikkate alınarak, patlayıcı, ateşleyici, çeşitli elektronik aksamlar ve gerekli olan diğer aletlerin özenle seçilmesi ve kullanılması gerekmektedir.

Kontrollü patlamalarla yıkılacak bir bina ele alındığında, ilk yapılacak olan binanın oturma alanının bulunduğu mekanın incelenmesidir. Binanın çevresinde bulunan yapıların yıkılacak binaya olan mesafesi önemli bir etkidir. Bu duruma göre yıkım mekanizması seçilecektir. Bina, direkt oturduğu alana yıkılabileceği gibi, herhangi bir yöne doğrudan yıkılışı sağlanabilir. Bir başka önemli tercih de yıkım sonrası meydana gelebilecek parçacıkların büyüklüğünün yıkım sonrası çalışması açısından önemidir. Çevre veya başka şartlarla patlayıcı miktarını, gürültü ve titreşim gibi etkileri kontrol altında tutabilmek için sınırlı tutmak zorunda kalabiliriz. Eğer, herhangi bir kaygı yada sınırlama yoksa , patlayıcı miktarını arttırmak , yıkım sonrası işleri kolaylaştıracaktır.

Günümüz uygulamasında yapılar kendi ağırlıkları ile yıkılacak dereceye kadar taşıyıcı elemanları zayıflatılır. Bu da genel olarak, iç taşıyıcı elemanların yıkılması ile gerçekleştirilir (Bunlara taşıyıcı özelliği fazla olan duvarlarda dahildir). Dış taşıyıcılara ise hem fırlayan parçacıkların hem de sesin yayılmasının engellenebilmesi için fazla dokunulmaz.

Taşıyıcı elemanların zayıflatılması yada yıkılması genel olarak en alt katta yapılır. Fakat, bu tür bir çöküm sonucu birçok defalar gözlenmiştir ki üst yapının bir bölümü yıkım sonucu yere çarpma anında tam olarak parçalanmamakta ve bir bütün halinde kalabilmektedir; bu da yıkımda hiç istenmeyen bir sonuçtur. Yıkımın daha başarılı olarak gerçekleştirilebilmesi için, özellikle yüksek binalarda, mutlaka ara katlardaki taşıyıcı elemanlarda yıkılmalı yada güçleri zayıflatılmalıdır.

Başarılı bir yıkım için döşemelerinde küçük parçacıklara bölünmesi gereklidir. Bunun sağlanabilmesi için, patlamalar merkezden dışarı doğru oluşacak şekilde zamanlandırılır; bu da kesme kuvvetinin etkisi ile döşemelerin parçalanmasını sağlayacaktır.

Patlamalar yıkım mekanizmasını oluşturabilmek için bir zaman akışını takip eder. Bu zaman aralığı, yıkım mekanizmasını oluşturacak hareketlere müsaade edip diğer patlayıcıların işleyişine zarar vermeyecek bir şekilde seçilmelidir.

Binanın yıkım mekanizması tasarlandıktan sonra sıra bu mekanizmayı gerçekleştiren hareketlerin oluşmasını sağlamak için gerekli hesapların yapılmasına gelir.

İlk adım, binanın projesinin elde edilmesidir. Binanın projeye uygunluğu mutlaka tetkik edilmelidir.

İkinci adım, bina üzerindeki çeşitli taşıyıcı elemanların beton kalitelerinin kontrol edilmesidir. Bu şekilde bina taşıyıcı sisteminin gerçek beton sınıfı bulunur; hesaplarda bu değerler dikkate alınacaktır.

Üçüncü aşamada tasarlanan yıkılış mekanizması yapısal hesaplarla elde edilir. Ön ölçümlerin etkilerini tahmin edebilmek için yapı analizi yapılmalıdır. Her patlama aşamasında yapıda oluşacak değişimler (kırılmalar, plastik mafsallar vb.) planlanır ve hesaplar yapı yıkılıncaya dek devam ettirilir. Yıkımın tasarlanan mekanizmaya uygunluğu tartışılır.

Dördüncü aşama gerçekleştirilmesi zor olan bir aşamadır. Binada yok edilecek elemanların tercihen 1/1 (yada daha küçük) boyutta modelleri üzerinde kullanılacak patlayıcı ile deneyler yapılmalı ve esas uygulamada kullanılacak olan patlayıcı miktarının tayinine çalışılmalıdır. Bu aşama, projenin sıhhati bakımından çok önemlidir. Uygulamada esas olan binanın toplam tahribi olduğundan, kesit yok edecek patlayıcı miktarı, hesap yada deneylerle bulunan değerlerden bir miktar daha fazla olmalıdır.

Beşinci aşamada belirlenen patlatılması gereken elemanlar için gerekli olan patlayıcı miktarı ve patlayıcının elemana yerleştirilme şekline karar verilir.

Altıncı olarak yıkım mekanizmasına yön verecek olan patlama aşamaları arasındaki zaman tayin edilir. Bu süreler mesleki öngörü ve tecrübeye dayanarak bulunacaktır.

Yedinci aşamaya gelindiğinde , binanın yıkım mekanizması, bina içinde yıkılacak taşıyıcı elemanlar ve bu amaçla koyulacak patlayıcı miktarı ve bu patlamaların zaman ayarlaması bilinmektedir. Bu aşamada artık bina üzerindeki çalışmalar başlayabilir. Bu çalışmalar, bina içerisinde ekonomik değeri olan, küvet,

lavabo gibi parçaların sökülmesiyle başlar. Duvarların kaldırılması ve izole edilmesi binayı bölümlere ayırmak için gerekebilir. İkinci olarak patlayıcılar tespit edilen yerlere konulup ateşleme mekanizmaları kurulur. Patlatıcıların yerleştirilmesinden sonra, patlamadan oluşacak parçacıkların etrafa saçılmasını önleyecek tedbirler alınır ki bunlara kapı, pencere boşluklarının çeşitli esnek ve mukavim, tel veya sentetik bazı kumaşlar gibi malzemelerle kapatılması; patlatılacak kesitlerin etrafının da benzer malzemelerle sarılması (Ör: Dış duvarların koruyucu örtülerle korunması, korunmayan yerlerin kablolarla sarılması) dahildir. Bu aşamada gerekli görülürse bazı döşemelerin kırılması, kolonların birbirlerine çelik halatlarla bağlanması gibi ek işlemlerde yapılabilir.

Sekizinci aşama bina dışarısında yapılacak çalışmalardan oluşur. İşlemlerin yönlendirileceği ve takip edileceği emniyetli yerler hazırlanması gerekmektedir. Olayın gerçekleşmesini izlemesi muhtemel bir kalabalığın da olacağı düşünüldüğünde bina çevresinde ek tedbirlerin alınması gerektiği aşıkardır. Şantiye çevresinin görülebilir bir uzaklıktan yüksek teller veya diğer engellerle çevrilmesi gibi önlemler alınabilir.

Tüm bu aşamalar gerçekleştikten sonra patlayıcılar ateşlenir ve 3-4 sn. gibi kısa bir zamanda bina yıkılır.

10. YAPI ELEMANLARININ PLASTİK PATLAYICI İLE YIKILMASI

Binaların patlayıcılarla yıkımı binanın taşıyıcı sistemindeki kritik elemanların patlayıcı ile parçalanması ile gerçekleştirilir. Bu tür elemanların parçalanması için gerilme enerjisi yüksek patlayıcılar kullanılmaktadır. Aynı zamanda şok dalgalarına karşı hassas ve patlama öncelikle güvenli olmalıdır. Yukarıdaki özellikleri içinde barındıran patlayıcı tipi plastik patlayıcılardır.

10.1.Kolonlarda Patlayıcı Kullanılması

Genelde betonarme olan kolonlar kare, dikdörtgen veya dairesel kesitli olabilirler. Delikler genel olarak uzun kenara paralel açılırlar. Kenar kalınlığı 40 cm den az olan kolonlarda delik aralıkları kenar kalınlığı kadar alınır. Kısa kenar kalınlığı 40 cm den küçük kesitlerde tek sıra patlayıcı yerleştirilir. Daha büyük kenarlar için çift sıra şaşırtmalı delik açılarak patlayıcı yerleştirilir. Kesilecek bölgenin yüksekliği 40 cm den küçük kesitler için 1,5 m, büyük kenarlar için 2,5m arasında değişir. Patlayıcı oranı duruma göre $0,7-1,5 \text{ kg/m}^3$ arasında değişir.(Guftaffson,1973), (Jimeno ve Carcedo,1994)

10.2.Kirişlerde Patlayıcı Kullanılması

Kirişlerin patlatılması ile yıkımı sağlamak için iki ayrı neden göz önüne alınabilir. Bunlar; kesilen noktanın bir mafsala dönüşmesi ve kirişin tamamen parçalanarak belirli bir yöne doğru hareketin sağlanması için patlatılır. Delikler düşey doğrultuda açılır ve her kesik noktası için 30 cm. ara ile iki delik açılır. Deliklerin boyu kiriş yüksekliğinin %70'i kadardır. Patlayıcının alansal etki katsayısı (C_A) $0,6\sim 0,8 \text{ kg/m}^3$ arasında seçilir .(Guftaffson,1973), (Jimeno ve Carcedo,1994)

10.3.Döşemelerde Patlayıcı Kullanılması

Döşemeler için iki ayrı işlem uygulanabilir. Bunlardan ilki döşemenin tamamen ortadan kaldırılması, ikincisi ise döşemede yırtık oluşturulmasıdır. Döşemenin kesilmesi için en az iki sıra gereklidir ve patlayıcı oranı $0,7-0,8 \text{ kg/m}^3$ kadardır. Döşemelerin

kesilmesi işlemi de denemelerle idealize edilebilir. (Guftaffson,1973), (Jimeno ve Carcedo,1994)

10.4.Patlayıcı miktarının hesabı

Bir binanın yıkılmasında her bölüm için gerekli olan patlayıcı miktarı şu formülle bulunur:

$$L=C_A * A$$

L : Patlayıcı miktarı

C_A : Patlayıcının alansal etki katsayısı (0,6~0,8 kg/m²)

A : Kesit alanı (m²)

Patlama katsayısının gerçek patlamadaki değerini hesaplamak için patlama katsayısı $C_A=0,8$ kg/m² seçilir. Bu değer tam bir yıkım için gerekli olan değerdir.

TNT patlayıcısı cinsinden patlayıcı miktarı (W_{TNT}) aşağıdaki gibi hesaplanır;

H_E : No 3.kiri dinamiti patlama sıcaklığı

H_{TNT} : TNT patlayıcısının patlama sıcaklığı

$$W_{TNT} = \left(\frac{H_E}{H_{TNT}} \right) W_E$$

Kolonların ve duvarların yıkılmasında ayrı tipte patlayıcılar kullanılır.

10.4.1.Bazı Patlayıcılar ve Özellikleri:

No.3 Kiri Dinamiti

Kimyasal Bileşimi	Nitrogliserin	18-24 %
	Amonyum nitrat	65-75 %
	Nitro bileşimleri	0-7 %
	Yanııcılar v.b.	3-11 %
Yoğunluk	1,30-1,35 g/cc	
Patlama hızı	5500-6300 m/s.	

Emisyon Patlayıcılar

Kimyasal Bileşimi	Amonyum nitrat v.b. 70-90 %
	Su 5-15 %
	Yağ v.b. 3-11 %
Yoğunluk	1,10-1,20 g/cc
Patlama hızı	4800-5800 m/s.

Tip 2 Patlayıcı Tübü

Çekirdek Kimyası	PETN 10 g/m.
Patlama Hızı	6000-6500 m/s.

Coblac

Bileşimi	PETN 100 g/m.
Patlama Hızı	6000 m/s.

Bir bina yıkımında çoğunlukla delme patlayıcılar ve No.3 Kiri Dinamiti patlayıcıları kullanılır. Fakat duvar kolonları için ince olmalarından dolayı (250mm.) Coblac kullanılabilir. Kolonlara patlayıcılar üst yapının sorunsuz şekilde yıkılması düşünülerek yerleştirilir.

10.5. Titreşim ve Ses Ölçüm Metodları

Ölçümler 3 bileşeni (2 yatay, 1 dikey), titreşim hızını, olağan sesleri ve düşük frekanslı sesleri kapsar. Örneğin dört katlı bir bina yıkımında toplam 5 ölçü noktası alınabilir. Bunların 2'si patlayacak binanın yanında 3m. ve 20m. uzaklıkta; diğer 3 nokta patlayacak binadan 50m., 100m. ve 200m. uzaklıkta alınabilir.

Deneylerin verilerinden yıkılma metodu tahmin edilebilir., ayrıca titreşim, ses ölçümü, parçalanmış madde miktarı ölçümüyle gerçek yıkım deneyi yapılabilir, ayrıca koruma metodları için veriler elde edilebilir. Ayrıca dağılan parçalar için ölçüm yapılması önemlidir.

Vibrasyon Ölçümleri için Kullanılan Aletler :

Alet	Üretici	Tip	Hassaslık
Vibrasyon Hızı Ölçücüsü	Geo-Space	Bir yapıda üç bileşen	0.265 mV/in/sec

11. 6 KATLI BETONARME BİNANIN KONTROLLÜ PATLAMALARLA YIKIM PLANI

11.1.Giriş

18,6 m yüksekliğinde ,16 m eninde, 25,6 m boyundaki B+5 katlı betonarme binanın yıkımı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Mevcut binanın içe doğru yıkılması planlanmaktadır.

Yıkım planı, bina kendi ağırlığı altında yapılmış ve hesaplamalarda sadece sabit yükler göz önüne alınmıştır. Sistemde düşey yük olarak girilen duvar yükleri kirişler üzerine çizgisel yayılı yük olarak KAP isminde dış yük olarak , döşeme yükleri döşemeler üzerine ölü yük olarak girilmiştir, kolon kiriş gibi elemanların zati ağırlıkları ise program tarafından hesaplanmaktadır. Kullanılan malzeme ve sabit yükler güçlendirme örneği ile aynı olduğundan tekrar hesaplanmayıp mevcut değerler kullanılacaktır. İkinci adım olarak binanın kolon ve kirişlerine ait plastikleşme momentleri hesaplanmıştır. Planlanan yönde yıkımı sağlaması düşünülen kolon ve kirişler aşamalı olarak patlamayla yıkılmış ve her aşamadan sonra yapı sistemi tekrar çözümlenerek iç kuvvet diyagramları incelenmiştir. Hesaplamalar yapı mekanizma durumuna gelene kadar tekrarlanmıştır.

11.2. Patlayıcı ile Yıkım Projesinin Uygulandığı Bilgisayar Programı

Patlayıcı ile yıkım projesinde kullanılan bilgisayar programı Etabs v8.11 dir. Bu program dahilinde yapı sisteminin statik,dinamik analizi,boyutlandırması ve dış yükler bundan önceki güçlendirme örneğinde programa tanıtılmıştı. Bu yıkım güçlendirme örneğindeki sisteme uygulanacağı için aynı veriler kullanılacaktır. Fakat binanın yalnızca düşey yük etkisinde yıkılması planlandığından dış yük olarak elemanların zati ağırlıkları ve döşeme,duvar vb. dış yükler altında sistem çözülecektir.

11.3. Kiriş ve Kolonların Plastikleşme Momentlerinin Hesabı

Beton ve çelik hızla yüklendiklerinde ilave dayanım gösterirler. Bu artış hesaplarda karakteristik değerler hesap değeri olarak alınarak gösterilmiştir. Kolon ve kirişler için plastikleşme momentleri bulunurken hesaplarda beton için karakteristik basınç dayanımı f_{ck} , çelik için f_{yk} kullanılmıştır. Yıkımı planlanan binada beton sınıfı C16 ve çelik BÇIII dür.(Soysal,1998)

$$\text{C16 için } f_{ck} = 160 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{BÇIII için } f_{yk} = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

- Kirişler için Plastik Moment Hesabı:

$$F_s = A_s * f_{yk}$$

$$F_s' = A_s' * f_{yk}$$

$$\sum F = 0 \text{ denge denkleminde;}$$

$$F_s' = F_c + F_s$$

$$F_c = f_{ck} \cdot b_w \cdot a \text{ buradan } a \text{ çekilerek } d' \text{ ve } d'' \text{ hesaplanır.}$$

$$d'' = h - 2p \quad d' = h - \left(p + \left(\frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_1 = F_s \cdot d''$$

$$M_2 = F_c \cdot d'$$

$$M_p = M_1 + M_2$$

- Kolonlar için Plastik Moment Hesabı:

Kolonların ve perdelerin plastikleşme momenti “Eğik Eğilme ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Dikdörtgen Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü” denklemlerine göre hesaplanmıştır. N_d değerleri her aşamadan sonra yapının statik hesaplaması sonunda elde edilmiş ve her eleman için yeniden verilmiştir.(Bahadır,2002)

$$n = \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{ck}}$$

Bu denklem den n hesaplanır ve aşağıdaki durumların hangisi uygunsa hesaba devam edilir. μ katsayısının hesabı B,C ve h katsayıları kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\mu = \frac{A_s \cdot f_{yk}}{b \cdot h \cdot f_{ck}}$$

$n < 0,20$ durumu;

$$B = 0,74 \frac{N_d}{\mu \cdot b \cdot f_{ck}}$$

$$C = \frac{1}{\mu} \left[2,86 \cdot \frac{M_d}{b \cdot f_{ck}} + 2,92 \cdot \left(\frac{N_d}{b \cdot f_{ck}} \right)^2 \right]$$

$$h = -B + \sqrt{(B^2 + C)}$$

$0,20 \leq n \leq 0,3$ durumu;

$$h = \sqrt{\left[\frac{2,92 \cdot M_d}{b \cdot (\mu + 0,192) \cdot f_{ck}} \right]}$$

$n > 0,3$ durumu;

$$B = \frac{0,127 \cdot N_d}{b \cdot f_{ck} \cdot (\mu + 0,32)}$$

$$C = \frac{2,92 \cdot \frac{M_d}{b \cdot f_{ck}} + 0,62 \cdot \left(\frac{N_d}{b \cdot f_{ck}} \right)^2}{\mu + 0,32}$$

$$h = B + \sqrt{(B^2 + C)}$$

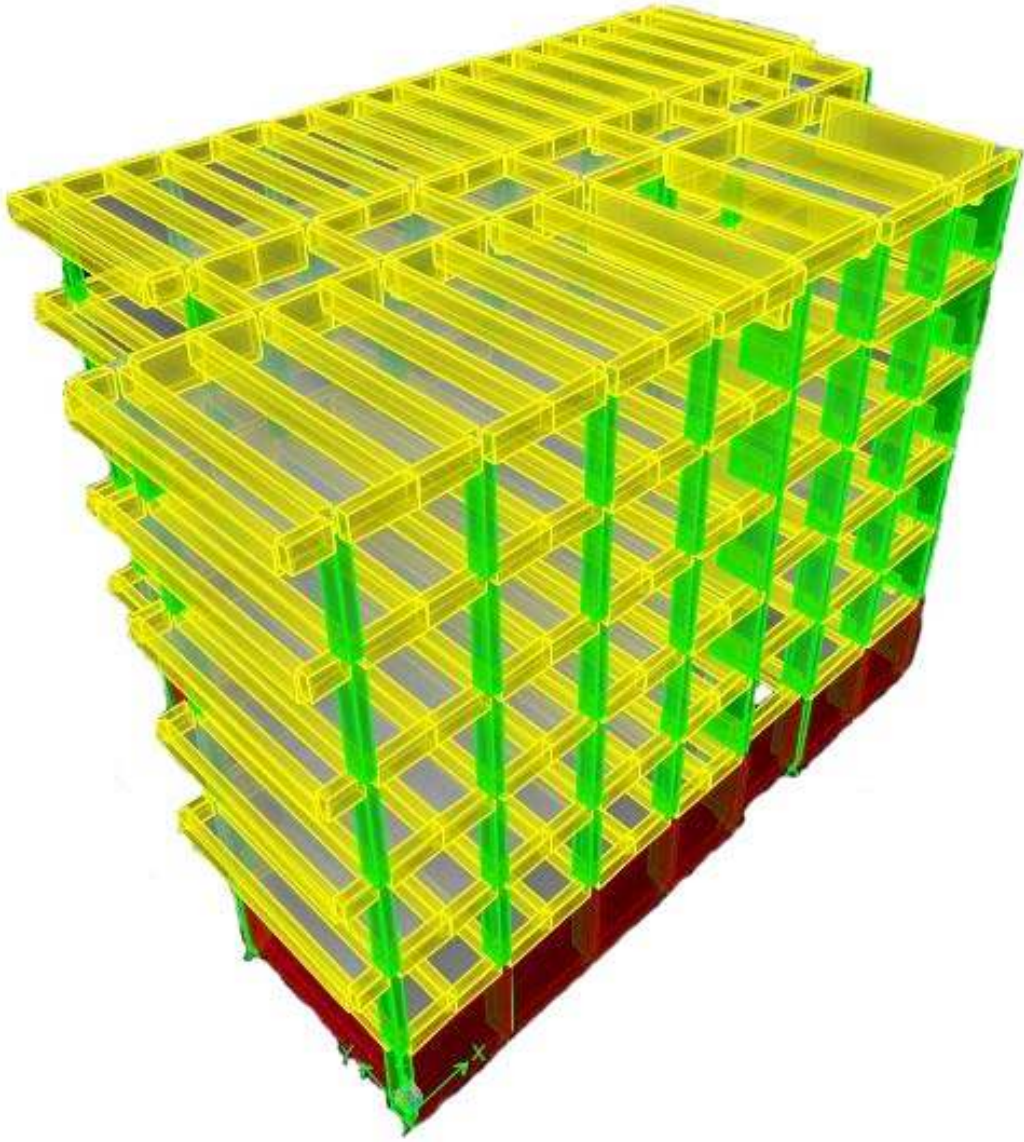
$$M = \left[\frac{c \cdot \mu - 2,92 \cdot \left(\frac{N_d}{b \cdot f_{ck}} \right)^2}{2,86} \right]$$

Yukarıdaki formüller yardımı ile istenilen yönde (X ve Y) plastikleşme momentleri bulunmuştur.

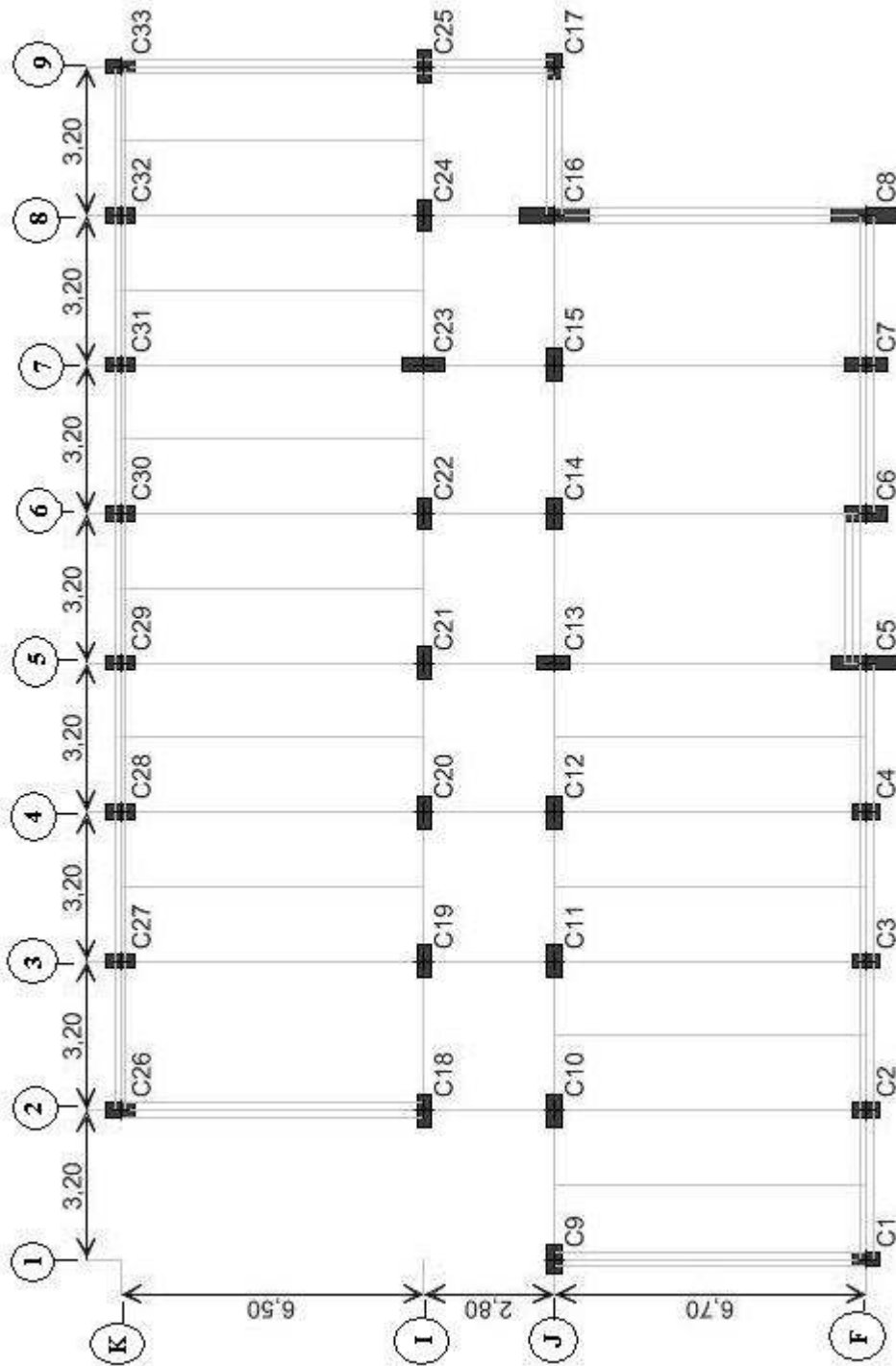
11.4 Yıkım Planı

Altı katlı betonarme binanın içe doğru yıkılması planlanmıştır. Yıkım planı bu yönde yıkımı sağlayacak şekilde seçilen kolon ve kirişlerin aşamalı olarak patlatılmasıyla oluşturulmuştur. Patlatılan kolon ve kirişler elastisite modülü değerlerinin sıfır girilerek modellenmiştir. Yukarıda verilen formüller dahilinde; kolon ve kirişlere ait plastikleşme momentleri yıkımın her aşamasında hesaplanıp, çıkan sonuçlar excel tablosuna aktarılarak plastikleşen kesitler belirlenmiştir. Plastikleşen kesitlere bu noktalarda mafsallar tanımlanıp, o kesitlere ait hesaplanan plastikleşme momentleri (M_p) dış yük olarak işareti ile birlikte verilerek modellenmiştir. (Soysal,1998)

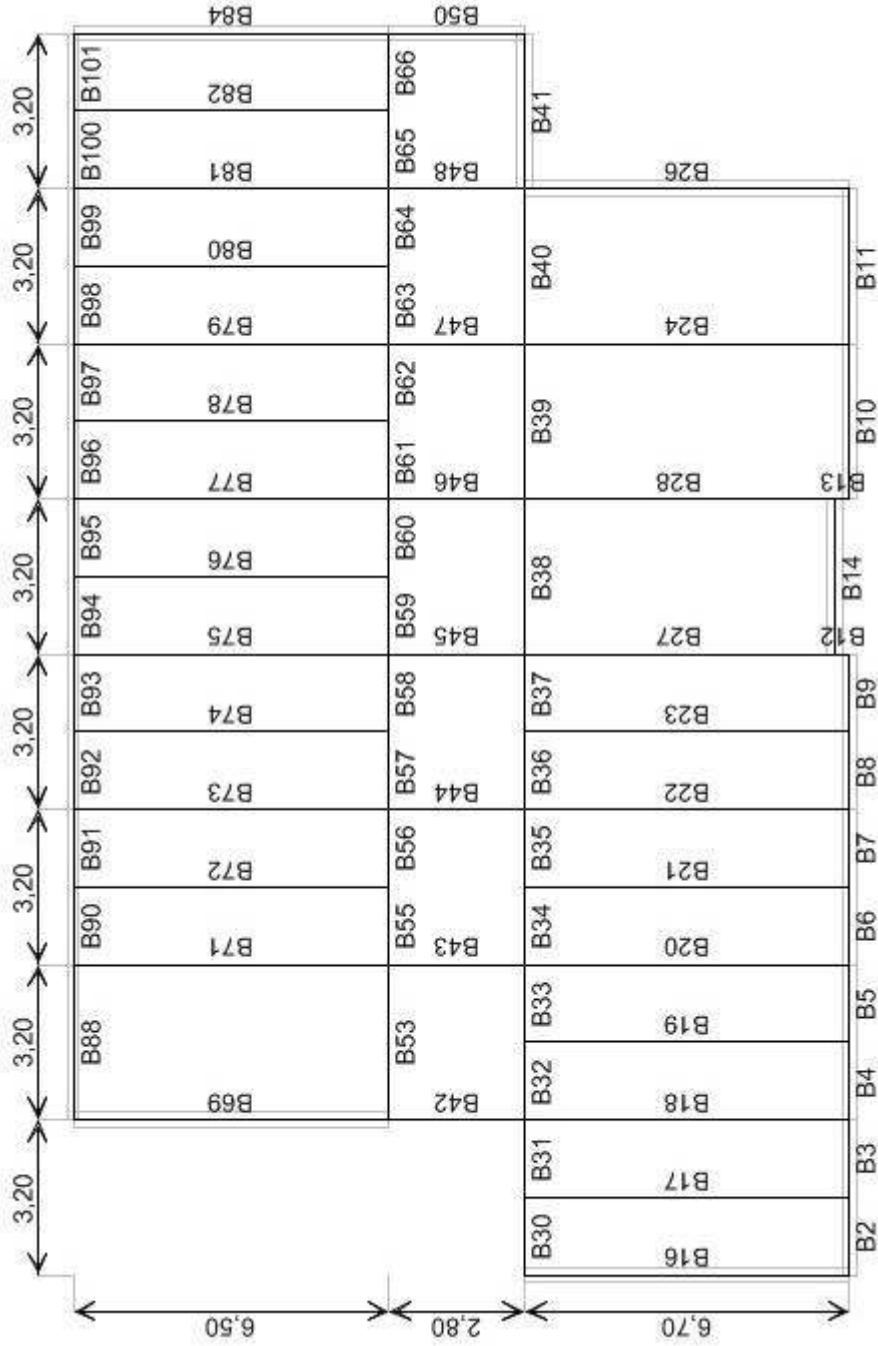
Altı katlı binanın ölü yük etkisi altında çözülmüş ve oluşan iç kuvvetler incelenmiştir. Yıkım planı üç aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada bodrum ve 2.katlarda içe doğru ilk hareketi vererek yıkımı sağlayacağı düşünülen C12, C13, C14, C20, C21, C22 kolonlarının patlamayla yıkılması planlanmıştır. İkinci aşamada içe doğru yıkımı ivmelendirecek şekilde bodrum ve 2. katlarda B55-62,B34-39, B22, B27, B28, B73, B75, B77 kirişleri ile C11, C15, C19, C23 kolonları patlamayla yıkılmıştır. Üçüncü aşama olarak, yapının tamamıyla yıkılmasını sağlamak üzere her katta B55-64, B34-40, B43, B48 kirişleri ile C16,C24 kolonları patlamayla yıkılmış ve bina mekanizma durumuna gelmiştir.



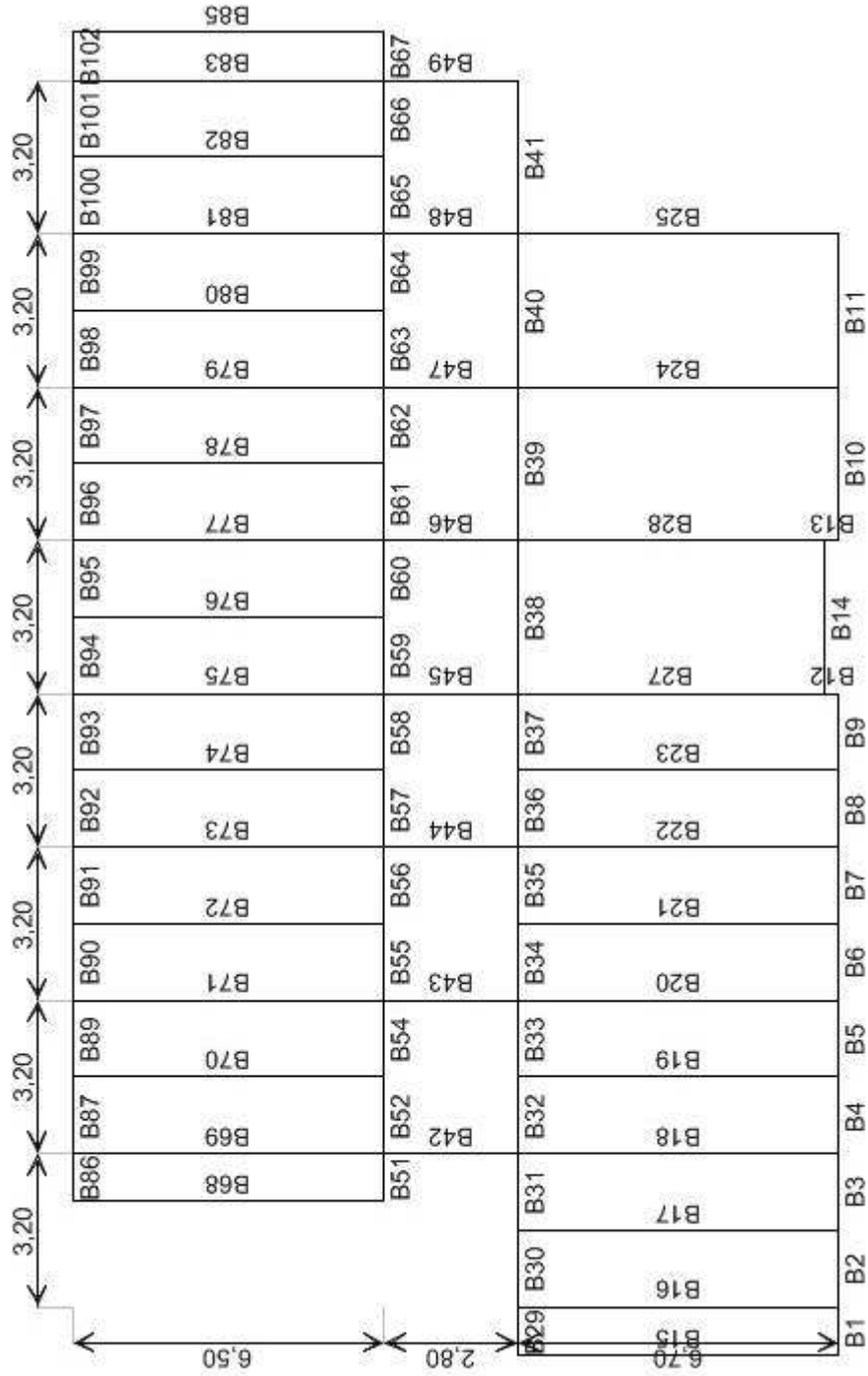
Şekil 11.1. 6 Katlı Betonarme Yapının 3 Boyutlu Görünüşü



Şekil 11.2. Bodrum Kat Kolon Planı



Şekil 11.3. Bodrum Kat Kiriş Planı



Şekil 11.4. Zemin Kat Kiriş Planı

11.4.1. Birinci Aşama Patlama

Birinci aşamada bodrum ve 2.katlarda içe doğru ilk hareketi vermek amacıyla C12, C13, C14, C20, C21, C22 kolonlarının patlamayla yıkılması planlanmıştır. Patlama kesitlere ait elastisite modülünün sıfır girilmesiyle yapılmıştır. Daha sonra sistem çözülmüş, yapıdaki kesit tesirleri Excel sayfasına aktararak plastikleşme moment değerlerinin aşır aşımadığı kontrol edilmiştir. O kesite ait plastikleşme moment değerinin aşıldığı noktalarda mafsallar tanımlanıp, o noktaya ait Mp değeri işareti ile birlikte kesite verilmiştir.

11.4.1.1.Kirişlerin plastikleşme momentinin hesabı :

Tüm kirişler için "i" başlangıç, "j" açıklık, "k" uç kesiti olmak üzere 3 noktada hesap yapılmış, bu kesitlere ait donatı miktarları bina kiriş açıklımlarından alınan değerler ile verilmiştir. Bütün kirişlerin plastikleşme momentinin hesabı örnek olarak vereceğimiz 1.kat B71 kirişinin hesabı şeklinde yapılmıştır. Örnek olarak ;

$$f_{ck} = 160 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{yk} = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{paspayı} = 3 \text{ cm.}$$

j noktasında (açıklıkta);

$$A_s = 2,26 \text{ cm}^2, \quad A_s' = 9,11 \text{ cm}^2$$

$$F_s = A_s * f_{yk} = 9492 \text{ kgf}$$

$$F_s' = A_s' * f_{yk} = 38262 \text{ kgf}$$

$$\sum F = 0 \text{ denge denkleminde};$$

$$F_s' = F_c + F_s \quad \Rightarrow \quad F_c = 28770 \text{ kgf ve}$$

$$F_c = f_{ck} \cdot b_w \cdot a \quad \Rightarrow \quad a = 5,99 \text{ cm}$$

$$d'' = h - 2p = 54 \text{ cm} \quad d' = h - \left(p + \left(\frac{a}{2} \right) \right) = 54,01 \text{ cm}$$

$$M_1 = F_s \cdot d'' = 512568,00 \text{ kgfcm}$$

$$M_2 = F_c \cdot d' = 1553867,7 \text{ kgfcm}$$

$$M_p = M_1 + M_2 = 2066435,7 \text{ kgfcm} = 20,66 \text{ tm.}$$

Tablo 11.1 1.kat kirişlerine ait plastikleşme değerleri

Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol	Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
B 1 i	17,94	-0,045	ok	B 17 i	16,86	-0,181	ok
B 1 j	17,92	-0,879	ok	B 17 j	22,93	1,758	ok
B 1 k	17,92	-1,92	ok	B 17 k	16,86	-1,158	ok
B 2 i	17,92	-2,165	ok	B 18 i	23,43	-0,118	ok
B 2 j	0	-0,102	ok	B 18 j	18,35	1,504	ok
B 2 k	15,24	1,434	ok	B 18 k	14,43	-1,165	ok
B 3 i	15,24	1,511	ok	B 19 i	16,86	-0,389	ok
B 3 j	0	0,295	ok	B 19 j	22,93	1,97	ok
B 3 k	12,3	-1,448	ok	B 19 k	16,86	-0,526	ok
B 4 i	12,3	-2,371	ok	B 20 i	23,43	-3,969	ok
B 4 j	0	-0,146	ok	B 20 j	18,35	3,717	ok
B 4 k	15,24	1,552	ok	B 20 k	14,43	-2,314	ok
B 5 i	15,24	1,797	ok	B 21 i	16,86	-0,913	ok
B 5 j	0	0,653	ok	B 21 j	22,93	1,995	ok
B 5 k	12,3	-1,017	ok	B 21 k	16,86	0,048	ok
B 6 i	12,3	-1,772	ok	B 22 i	23,43	-5,77	ok
B 6 j	0	0,24	ok	B 22 j	18,35	3,177	ok
B 6 k	15,24	1,724	ok	B 22 k	14,43	-1,594	ok
B 7 i	15,24	2,133	ok	B 23 i	16,86	-1,674	ok
B 7 j	0	0,659	ok	B 23 j	22,93	1,429	ok
B 7 k	12,3	-1,343	ok	B 23 k	16,86	-0,321	ok
B 8 i	12,3	-1,775	ok	B 24 i	44,96	-6,476	ok
B 8 j	0	0,386	ok	B 24 j	40,04	4,202	ok
B 8 k	15,24	2,02	ok	B 24 k	29,21	-0,663	ok
B 9 i	15,24	2,229	ok	B 25 i	256,95	5,908	ok
B 9 j	0	0,857	ok	B 25 j	41,75	4,416	ok
B 9 k	34,58	-1,042	ok	B 25 k	256,95	-14,149	ok
B 10 i	25,94	-1,739	ok	B 27 i	194,33	-67,154	ok
B 10 j	10,67	0,949	ok	B 27 j	41,75	-14,75	ok
B 10 k	12,3	0,414	ok	B 27 k	215,95	17,747	ok
B 11 i	12,3	-0,072	ok	B 28 i	32,84	-11,791	ok
B 11 j	10,67	0,917	ok	B 28 j	31,55	1,727	ok
B 11 k	20,24	-1,315	ok	B 28 k	44,33	1,274	ok
B 14 i	32,87	-1,112	ok	B 29 i	22,51	-0,124	ok
B 14 j	11,64	1,083	ok	B 29 j	22,51	-0,961	ok
B 14 k	13,42	-0,738	ok	B 29 k	30,4	-2,042	ok
B 15 i	24,5	-0,848	ok	B 30 i	54,47	-5,429	ok
B 15 j	33,44	1,919	ok	B 30 j	0	-2,724	ok
B 15 k	24,5	-0,168	ok	B 30 k	26,37	-0,94	ok
B 16 i	21,42	0,507	ok	B 31 i	26,37	-1,008	ok
B 16 j	14,05	1,389	ok	B 31 j	0	-2,469	ok
B 16 k	12,3	-2,02	ok	B 31 k	37,14	-4,85	ok

Tablo 11.1 devamı

Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol	Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
B 32 i	37,14	-12,576	ok	B 46 i	25,41	-0,392	ok
B 32 j	0	-7,289	ok	B 46 j	11,75	1,948	ok
B 32 k	26,37	-2,763	ok	B 46 k	20,66	3,613	ok
B 33 i	26,37	-2,912	ok	B 47 i	16,86	0,248	ok
B 33 j	0	-1,395	ok	B 47 j	10,67	0,162	ok
B 33 k	41,38	-0,639	ok	B 47 k	8,7	-0,448	ok
B 34 i	41,38	-13,539	ok	B 48 i	84,67	0,05	ok
B 34 j	0	-5,573	ok	B 48 j	10,67	-0,406	ok
B 34 k	26,37	1,631	ok	B 48 k	17,92	-1,252	ok
B 35 i	26,37	1,382	ok	B 49 i	11,26	-0,773	ok
B 35 j	0	5,695	ok	B 49 j	10,67	0,16	ok
B 35 k	41,11	9,247	ok	B 49 k	16,87	-0,412	ok
B 36 i	41,38	4,311	ok	B 51 i	25,89	-0,387	ok
B 36 j	0	7,683	ok	B 51 j	25,47	-2,563	ok
B 36 k	26,37	10,294	ok	B 51 k	25,47	-4,982	ok
B 37 i	26,37	10,119	ok	B 52 i	48,41	-12,051	ok
B 37 j	0	9,844	ok	B 52 j	0	-6,627	Ok
B 37 k	43,95	8,69	ok	B 52 k	30,54	-2,124	Ok
B 38 i	24,18	6,283	ok	B 54 i	30,54	-2,275	Ok
B 38 j	10,67	3,321	ok	B 54 j	0	-0,701	Ok
B 38 k	25,98	-0,489	ok	B 54 k	38,82	-0,048	Ok
B 39 i	45,2	4,754	ok	B 55 i	31,02	-9,925	Ok
B 39 j	18,43	-1,53	ok	B 55 j	0	-4,363	Ok
B 39 k	28,03	-10,859	ok	B 55 k	20,66	0,568	Ok
B 40 i	28,03	1,313	ok	B 56 i	20,66	0,109	Ok
B 40 j	18,43	-4,215	ok	B 56 j	0	2,634	Ok
B 40 k	22,39	-13,018	ok	B 56 k	31,02	4,529	Ok
B 41 i	22,39	-6,194	ok	B 57 i	31,02	-2,271	Ok
B 41 j	18,43	-2,358	ok	B 57 j	0	1,499	Ok
B 41 k	38,89	-2,482	ok	B 57 k	20,66	4,64	Ok
B 42 i	20,66	1,146	ok	B 58 i	20,66	4,348	Ok
B 42 j	11,75	-0,372	ok	B 58 j	0	5,326	Ok
B 42 k	22,93	-3,395	ok	B 58 k	31,02	5,674	Ok
B 43 i	20,66	1,431	ok	B 59 i	31,02	5,419	Ok
B 43 j	11,75	-0,535	ok	B 59 j	0	5,476	Ok
B 43 k	22,93	-3,177	ok	B 59 k	20,66	4,904	Ok
B 44 i	20,66	-1,259	ok	B 60 i	20,66	5,191	Ok
B 44 j	11,75	1,152	ok	B 60 j	0	2,465	Ok
B 44 k	22,93	2,887	ok	B 60 k	31,02	-0,892	Ok
B 45 i	30,09	1,201	ok	B 61 i	31,06	6,887	Ok
B 45 j	10,67	3,825	ok	B 61 j	0	2,564	Ok
B 45 k	17,92	5,878	ok	B 61 k	30,54	-2,52	Ok

Tablo 11.1 devamı

Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol	Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
B 62 i	30,54	-2,137	ok	B 76 i	24,5	2,042	Ok
B 62 j	0	-10,398	ok	B 76 j	33,44	1,828	Ok
B 62 k	31,06	-19,538	ok	B 76 k	24,5	-2,956	Ok
B 63 i	31,06	-7,986	ok	B 77 i	14,43	3,448	Ok
B 63 j	0	-6,584	ok	B 77 j	18,35	3,248	Ok
B 63 k	30,54	-6,061	ok	B 77 k	20,21	-9,813	Ok
B 64 i	30,54	-5,836	ok	B 78 i	24,5	1,301	Ok
B 64 j	0	-8,172	ok	B 78 j	33,44	1,946	Ok
B 64 k	31,06	-11,269	ok	B 78 k	24,5	-1,978	Ok
B 65 i	48,41	-6,193	ok	B 79 i	29,87	0,491	Ok
B 65 j	0	-4,051	ok	B 79 j	21,3	2,878	Ok
B 65 k	30,54	-2,67	ok	B 79 k	21,94	-6,361	Ok
B 66 i	30,54	-2,625	ok	B 80 i	24,5	0,159	Ok
B 66 j	0	-4,078	ok	B 80 j	33,44	1,796	Ok
B 66 k	38,82	-6,292	ok	B 80 k	24,5	-1,136	Ok
B 67 i	25,89	-4,905	ok	B 81 i	21,38	-1,82	Ok
B 67 j	25,47	-2,482	ok	B 81 j	18,35	3,098	Ok
B 67 k	25,47	-0,303	ok	B 81 k	21,38	-4,845	Ok
B 68 i	24,5	-3,259	ok	B 82 i	24,5	-0,074	Ok
B 68 j	33,44	6,221	ok	B 82 j	33,44	1,784	Ok
B 68 k	24,5	-2,599	ok	B 82 k	24,5	-0,926	Ok
B 69 i	16,89	0,714	ok	B 83 i	16,87	0,716	Ok
B 69 j	20,66	0,904	ok	B 83 j	10,67	1,395	Ok
B 69 k	27,97	-2,929	ok	B 83 k	14,62	-1,949	Ok
B 70 i	24,5	-0,051	ok	B 85 i	24,5	-2,962	Ok
B 70 j	33,44	1,542	ok	B 85 j	33,44	6,463	Ok
B 70 k	24,5	-1,434	ok	B 85 k	24,5	-2,412	Ok
B 71 i	16,89	-0,955	ok	B 86 i	16,22	-0,011	Ok
B 71 j	20,66	2,699	ok	B 86 j	13,89	-2,512	Ok
B 71 k	27,97	-6,508	ok	B 86 k	22,78	-5,22	Ok
B 72 i	24,5	0,72	ok	B 87 i	23,31	-3,636	Ok
B 72 j	33,44	1,637	ok	B 87 j	0	-1,221	Ok
B 72 k	24,5	-2,014	ok	B 87 k	13,89	0,667	Ok
B 73 i	16,89	3,207	ok	B 89 i	13,89	0,918	Ok
B 73 j	20,66	3,022	ok	B 89 j	0	-0,133	Ok
B 73 k	27,97	-10,023	ok	B 89 k	22,78	-1,711	Ok
B 74 i	24,5	1,952	ok	B 90 i	23,31	-1,599	Ok
B 74 j	33,44	1,768	ok	B 90 j	0	0,244	Ok
B 74 k	24,5	-2,985	ok	B 90 k	18,63	1,56	Ok
B 75 i	17,95	5,878	ok	B 91 i	18,63	2,189	Ok
B 75 j	18,35	3,309	ok	B 91 j	0	0,472	Ok
B 75 k	19	-12,12	ok	B 91 k	23,31	-1,772	Ok

Tablo 11.1 devamı

Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol	Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
B 92 i	23,31	-1,466	ok	B 98 i	23,31	-1,714	Ok
B 92 j	0	0,532	ok	B 98 j	0	0,332	Ok
B 92 k	18,63	2,003	ok	B 98 k	18,63	1,851	Ok
B 93 i	18,63	2,385	ok	B 99 i	18,63	1,61	Ok
B 93 j	0	0,559	ok	B 99 j	0	0,204	Ok
B 93 k	23,31	-1,794	ok	B 99 k	23,31	-1,729	Ok
B 94 i	23,31	-1,459	ok	B 100 i	23,31	-1,275	Ok
B 94 j	0	0,708	ok	B 100 j	0	0,013	Ok
B 94 k	18,63	2,347	ok	B 100 k	13,89	0,774	Ok
B 95 i	18,63	1,981	ok	B 101 i	13,89	0,699	Ok
B 95 j	0	0,312	ok	B 101 j	0	-1,427	Ok
B 95 k	23,31	-1,883	ok	B 101 k	23,31	-4,079	Ok
B 96 i	23,31	-1,607	ok	B 102 i	16,22	-5,305	Ok
B 96 j	0	0,516	ok	B 102 j	13,89	-2,599	Ok
B 96 k	18,63	2,112	ok	B 102 k	22,78	-0,1	Ok
B 97 i	18,63	1,563	ok				
B 97 j	0	0,015	ok				
B 97 k	23,31	-2,06	ok				

Tablo 11.2 1. aşama patlatma sonucu kirişlerde oluşan plastik mafsallar;

Kat – Kiriş No	Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
Bodrum B 27 i	49,12	-89,324	Plastik
Bodrum B 34 i	21,27	-40,757	Plastik
Bodrum B 35 k	21,27	29,379	Plastik
Bodrum B 39 i	21,27	23,063	Plastik
Bodrum B 39 k	21,27	-35,032	Plastik
Bodrum B 55 i	27,24	-45,757	Plastik
Bodrum B 56 k	21,27	30,029	Plastik
Bodrum B 58 k	21,27	26,164	Plastik
Bodrum B 59 i	21,27	24,492	Plastik
Bodrum B 61 i	21,27	28,551	Plastik
Bodrum B 62 k	21,27	-38,439	Plastik
Bodrum B 63 i	21,27	-28,428	Plastik
2.kat B 62 k	31,06	-34,04	Plastik
3.kat B 62 k	31,06	-31,984	Plastik

11.4.1.2.Kolonların plastikleşme momentinin hesabı :

Bütün kolonların plastikleşme momentinin hesabı örnek olarak vereceğimiz B71 kolonunun hesabı şeklinde yapılmıştır. Her kolonun alt, orta ve üst kesitinde olmak üzere 3 noktasında ayrı hesap yapılmıştır. Her kolonun incelenen kesitine ait N_d değeri

Etabs programından alınarak formülde yerine konulmuştur. Örnek olarak 2. kat C17 kolonu ele alınmıştır;

Z=0 m için;

Boyutlar :50 cm x 30 cm, $N_d=16,23$ t , $A_{sx}=13,26$ cm² , $A_{sy}=20,36$ cm²

$$n = \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{ck}} = 0,067625 < 0,20$$

$$\mu_x = \frac{A_s \cdot f_{yk}}{b \cdot h \cdot f_{ck}} = 0,23205$$

$$\mu_y = \frac{A_s \cdot f_{yk}}{b \cdot h \cdot f_{ck}} = 0,35630$$

$n < 0,20$ durumu;

$$B_x = 0,74 \frac{N_d}{\mu \cdot b \cdot f_{ck}} = 0,00647$$

$$h = -B + \sqrt{(B^2 + C)} \Rightarrow c_x = (h + B_x)^2 - B_x^2 = 900,3882$$

$$M_x = \left[\frac{c \cdot \mu - 2,92 \cdot \left(\frac{N_d}{b \cdot f_{ck}} \right)^2}{2,86} \right] = 5,844 \text{ tm}$$

ve benzer şekilde ;

$$B_y = 0,74 \frac{N_d}{\mu \cdot b \cdot f_{ck}} = 0,03277$$

$$c_y = (h + B_y)^2 - B_y^2 = 2503,277$$

$$M_y = \left[\frac{c \cdot \mu - 2,92 \cdot \left(\frac{N_d}{b \cdot f_{ck}} \right)^2}{2,86} \right] = 8,176 \text{ tm}$$

1.aşama patlatması bodrum ve 2. katlarda yapıldığından dolayı örnek olması açısından 2.kat kolonları plastikleşme momentleri ve 1.patlatma sonrası Etabs'tan alınan moment değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Konum i : kolon alt ucu , j : açıklık , k: üst ucu temsil etmektedir. Etabs'tan alınan M_x değerleri M2-2 yönündeki moment değerlerini, M_y değerleri 3-3 yönündeki moment değerlerini temsil etmektedir.

Tablo 11.3 2.Kat Kolonları Plastikleşme Momentleri

Kolon No	Konum	Mpx (tm)	Mx (Etabs)	Plastikleşme Kontrol	Mpy (tm)	My (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
c1	i	8,863	0,347	ok	8,173	-0,278	ok
	j	8,863	0,172	ok	8,173	-0,067	ok
	k	8,863	-0,003	ok	8,173	0,145	ok
c2	i	8,864	-0,23	ok	8,173	-0,559	ok
	j	8,864	0,023	ok	8,173	-0,1	ok
	k	8,863	0,277	ok	8,173	0,36	ok
c3	i	8,866	-2,654	ok	8,175	-0,602	ok
	j	8,865	-0,43	ok	8,175	-0,106	ok
	k	8,865	1,794	ok	8,175	0,39	ok
c4	i	8,866	-3,966	ok	8,176	-0,347	ok
	j	8,866	-0,512	ok	8,176	-0,08	ok
	k	8,866	2,941	ok	8,176	0,187	ok
c5	i	45,482	-31,208	ok	37,729	0,311	ok
	j	45,482	-13,059	ok	37,728	0,137	ok
	k	45,481	5,09	ok	37,727	-0,038	ok
c6	i	21,275	-5,71	ok	18,79	-0,551	ok
	j	21,275	-0,83	ok	18,79	-0,183	ok
	k	21,274	4,051	ok	18,79	0,186	ok
c7	i	21,273	-2,827	ok	18,789	0,184	ok
	j	21,273	-0,488	ok	18,788	0,031	ok
	k	21,273	1,85	ok	18,788	-0,123	ok
c8	i	45,425	5,503	ok	37,672	1,326	ok
	j	45,425	4,005	ok	37,671	0,697	ok
	k	45,424	2,508	ok	37,67	0,069	ok
c9	i	4,905	1,76	ok	7,09	-1,409	ok
	j	4,905	0,579	ok	7,09	-0,438	ok
	k	4,905	-0,601	ok	7,09	0,534	ok
c10	i	14,762	1,749	ok	13,405	-3,757	ok
	j	14,762	0,588	ok	13,405	-1,182	ok
	k	14,762	-0,573	ok	13,405	1,393	ok
c11	i	14,768	1,926	ok	13,411	-8,675	ok
	j	14,768	0,65	ok	13,411	-2,239	ok
	k	14,768	-0,626	ok	13,411	4,197	ok

Tablo 11.3 devamı

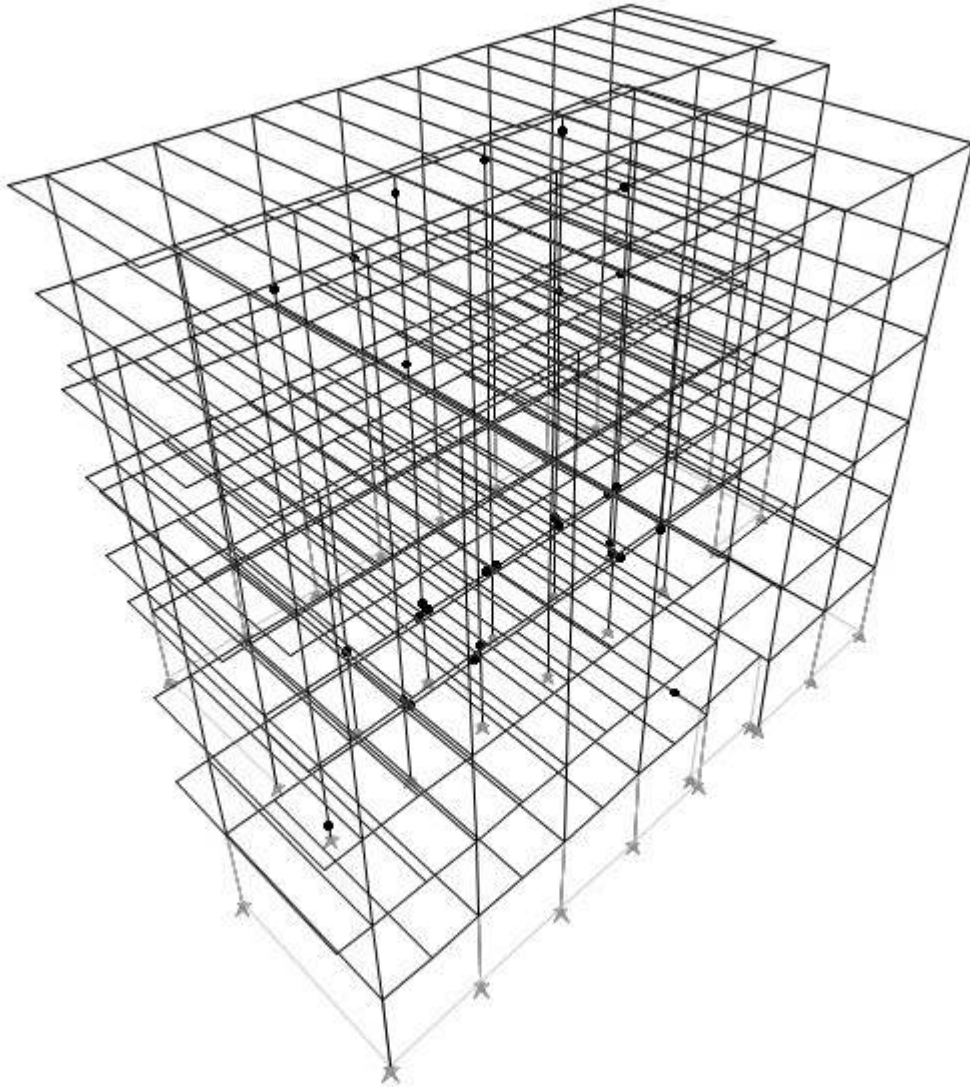
Kolon No	Konum	Mpx (tm)	Mx (Etabs)	Plastikleşme Kontrol	Mpy (tm)	My (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
c12	i	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	j	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	k	14,754	0	ok	13,397	0	ok
c13	i	86,38	0	ok	69,756	0	ok
	j	86,379	0	ok	69,756	0	ok
	k	86,379	0	ok	69,755	0	ok
c14	i	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	j	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	k	14,754	0	ok	13,397	0	ok
c15	i	14,765	0,303	ok	13,408	8,128	ok
	j	14,765	0,123	ok	13,408	2,141	ok
	k	14,765	-0,057	ok	13,408	-3,846	ok
c16	i	45,466	3,993	ok	37,713	4,021	ok
	j	45,466	3,103	ok	37,712	2,17	ok
	k	45,465	2,213	ok	37,711	0,32	ok
c17	i	5,844	-0,484	ok	8,972	1,359	ok
	j	5,844	-0,111	ok	8,972	0,384	ok
	k	5,844	0,261	ok	8,972	-0,59	ok
c18	i	14,763	1,047	ok	13,406	-2,83	ok
	j	14,763	0,343	ok	13,406	-0,92	ok
	k	14,763	-0,361	ok	13,406	0,991	ok
c19	i	14,767	1,337	ok	13,41	-6,811	ok
	j	14,767	0,406	ok	13,41	-1,856	ok
	k	14,767	-0,526	ok	13,41	3,098	ok
c20	i	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	j	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	k	14,754	0	ok	13,397	0	ok
c21	i	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	j	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	k	14,754	0	ok	13,397	0	ok
c22	i	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	j	14,754	0	ok	13,397	0	ok
	k	14,754	0	ok	13,397	0	ok
c23	i	21,304	4,804	ok	18,819	6,71	ok
	j	21,304	1,427	ok	18,819	1,867	ok
	k	21,303	-1,951	ok	18,819	-2,977	ok
c24	i	14,761	-0,306	ok	13,404	2,862	ok
	j	14,761	-0,088	ok	13,404	0,957	ok
	k	14,761	0,13	ok	13,404	-0,949	ok
c25	i	14,761	-0,596	ok	13,404	-0,353	ok
	j	14,761	-0,168	ok	13,404	-0,114	ok
	k	14,761	0,26	ok	13,404	0,124	ok

Tablo 11.3 devamı

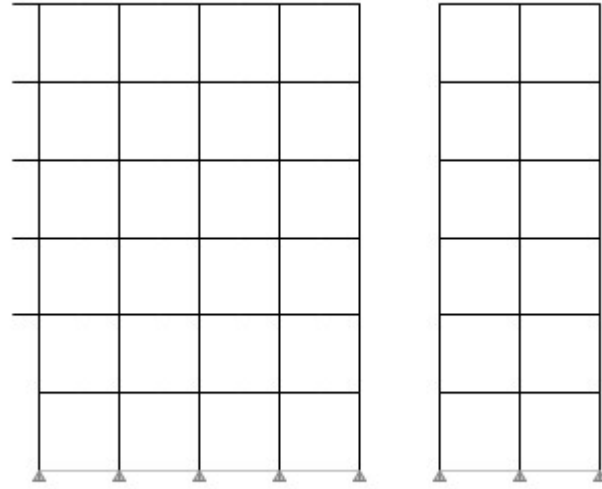
Kolon No	Konum	Mpx (tm)	Mx (Etabs)	Plastikleşme Kontrol	Mpy (tm)	My (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
c26	i	8,866	3,314	ok	8,176	1,029	ok
	j	8,866	0,765	ok	8,176	0,196	ok
	k	8,866	-1,785	ok	8,176	-0,637	ok
c27	i	8,866	4,613	ok	8,176	-0,215	ok
	j	8,866	0,992	ok	8,176	-0,032	ok
	k	8,866	-2,63	ok	8,176	0,15	ok
c28	i	8,868	7,198	ok	8,178	-0,15	ok
	j	8,868	1,158	ok	8,178	-0,013	ok
	k	8,868	-4,883	ok	8,178	0,123	ok
c29	i	8,869	8,583	ok	8,179	0,192	ok
	j	8,869	1,401	ok	8,179	0,035	ok
	k	8,869	-5,782	ok	8,179	-0,122	ok
c30	i	8,868	6,984	ok	8,178	0,468	ok
	j	8,868	1,258	ok	8,178	0,079	ok
	k	8,868	-4,469	ok	8,178	-0,309	ok
c31	i	8,866	4,461	ok	8,176	0,42	ok
	j	8,866	0,956	ok	8,176	0,072	ok
	k	8,866	-2,55	ok	8,176	-0,276	ok
c32	i	8,866	3,356	ok	8,175	0,366	ok
	j	8,865	0,753	ok	8,175	0,073	ok
	k	8,865	-1,851	ok	8,175	-0,22	ok
c33	i	8,867	2,562	ok	8,176	-0,894	ok
	j	8,866	0,572	ok	8,176	-0,165	ok
	k	8,866	-1,417	ok	8,176	0,563	ok

Tablo 11.4 1. aşama patlatma sonucu kolonlarda oluşan plastik mafsallar;

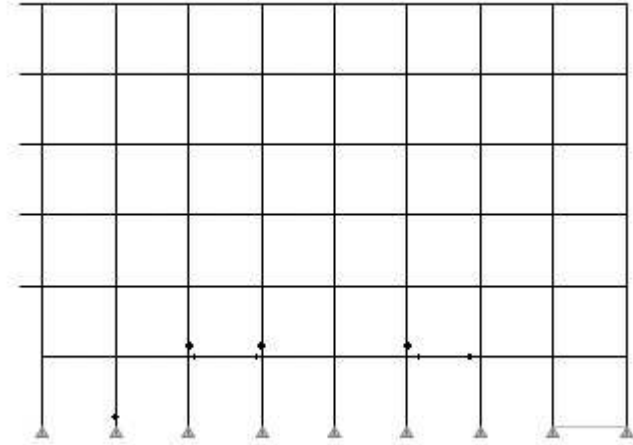
Kat – Kolon No		Mp (tm)	M (tm) (Etabs)	Plastikleşme Kontrol	
Bodrum	C 10 i	Mpy	13,411	-17,004	Plastik
Bodrum	C 23 i	Mpx	33,741	-67,623	Plastik
Bodrum	C 23 j	Mpx	33,741	-39,016	Plastik
Zemin	C 11 i	Mpy	13,421	-19,544	Plastik
Zemin	C 12 i	Mpy	13,400	-25,061	Plastik
Zemin	C 14 i	Mpy	13,399	27,421	Plastik
Zemin	C 19 i	Mpy	13,417	-20,48	Plastik
Zemin	C 20 i	Mpy	13,400	-29,051	Plastik
Zemin	C 22 i	Mpy	13,398	30,026	Plastik
3. kat	C 20 i	Mpy	13,398	-13,984	Plastik
3. kat	C 22 i	Mpy	13,398	-16,696	Plastik
3. kat	C 28 i	Mpx	8,864	9,087	Plastik
3. kat	C 29 i	Mpx	8,864	10,368	Plastik
4. kat	C 22 i	Mpy	13,398	14,691	Plastik
4. kat	C 28 i	Mpx	8,859	9,5411	Plastik
4. kat	C 29 i	Mpx	8,859	11,031	Plastik



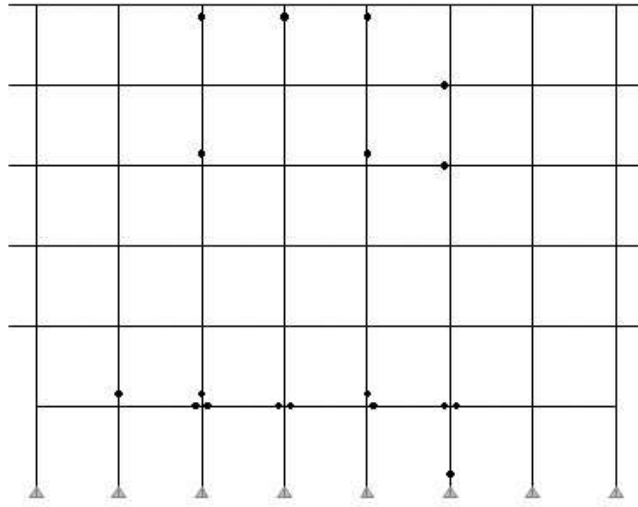
Şekil 11.5. 1.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Plastik Mafsallar



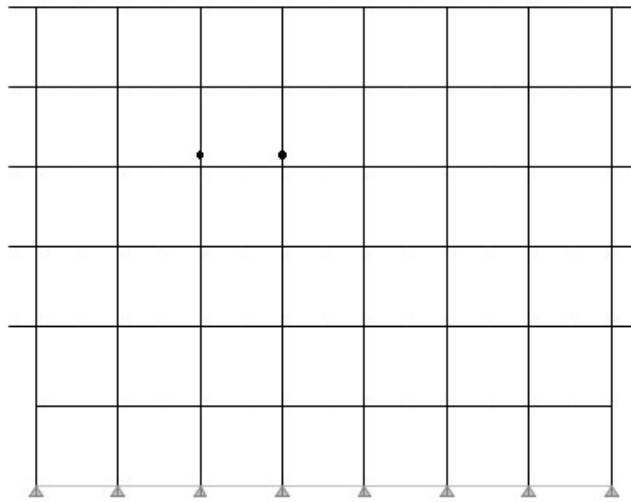
Şekil 11.6. 1.Aşama Patlatma Sonucunda F Aksında Oluşan Plastik Mafsallar



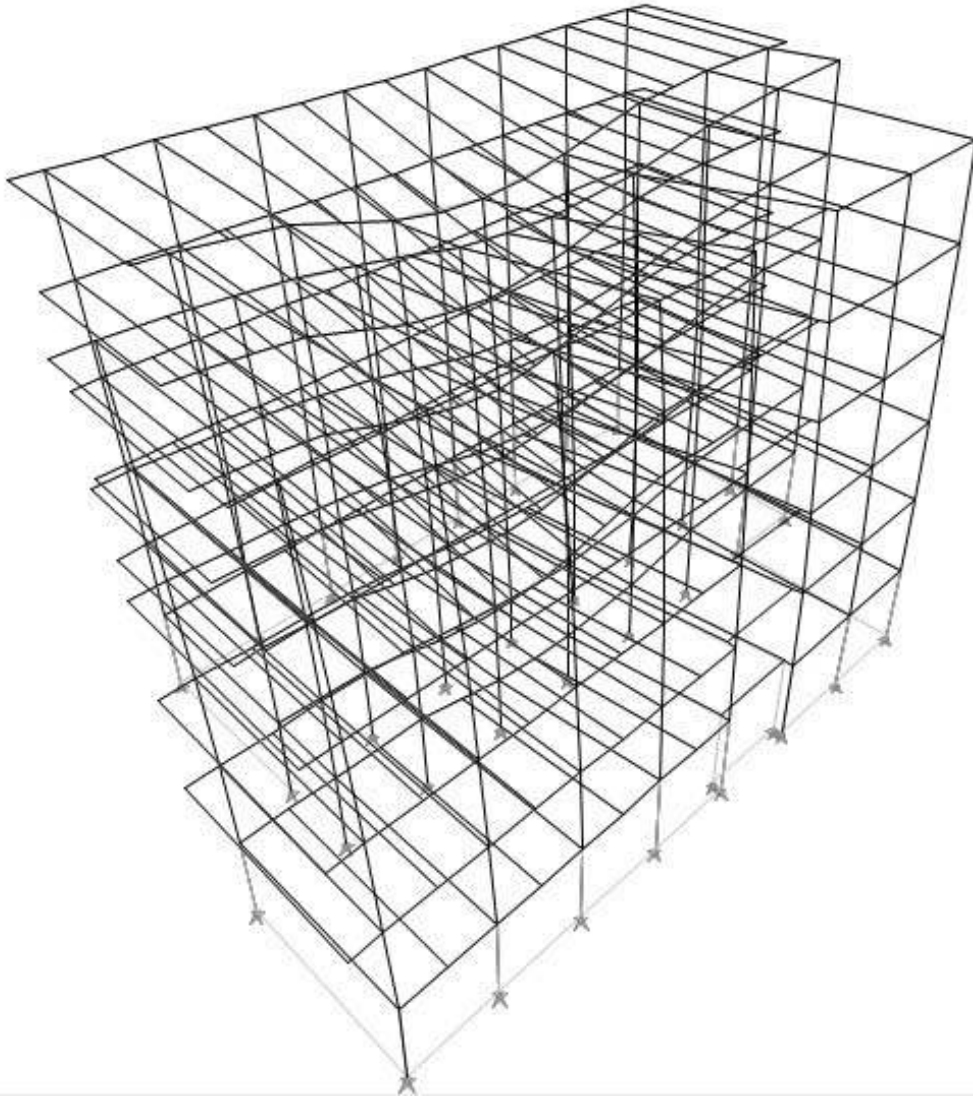
Şekil 11.7. 1.Aşama Patlatma Sonucunda I Aksında Oluşan Plastik Mafsallar



Şekil 11.8. 1.Aşama Patlatma Sonucunda J Aksında Oluşan Plastik Mafsallar



Şekil 11.9. 1.Aşama Patlatma Sonucunda K Aksında Oluşan Plastik Mafsallar



Şekil 11.10. 1.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Deformasyonlar

11.4.2. İkinci Aşama Patlama

İkinci aşamada içe doğru yıkımı ivmelendirecek şekilde bodrum ve 2. katlarda B55-62, B34-39, B22, B27, B28, B73, B75, B77 kirişleri ile C11, C15, C19, C23 kolonları patlamayla yıkılmış ve sistem çözülmüştür. Aynı şekilde elemanlara ait moment dağılımları incelenmiş plastikleşme momentinin aşıldığı kesitlere mafsallar atılarak o noktaya ait plastikleşme momenti işaretiyle birlikte verilmiştir.

2. aşama patlatma sonucu kirişlerde oluşan plastik mafsallar;

Tablo 11.5 İkinci aşama patlatma sonucu kirişlerde oluşan plastik mafsallar

Kat – Kiriş No			Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
Bodrum	B 30	i	15,08	-41,339	Plastik
Bodrum	B 31	k	21,27	31,882	Plastik
Bodrum	B 32	i	21,27	-22,184	Plastik
Bodrum	B 40	İ	21,27	36,761	Plastik
Bodrum	B 40	J	18,43	-28,75	Plastik
Bodrum	B 40	k	21,27	-97,307	Plastik
Bodrum	B 42	k	8,7	-38,857	Plastik
Bodrum	B 53	İ	27,24	-69,912	Plastik
Bodrum	B 53	J	18,43	-36,081	Plastik
Bodrum	B 63	k	28,44	-34,528	Plastik
Bodrum	B 64	İ	28,44	-34,425	Plastik
Bodrum	B 64	k	21,27	-71,399	Plastik
Zemin	B 27	İ	194,33	-208,559	Plastik
Zemin	B 27	J	41,75	-49,979	Plastik
Zemin	B 39	k	28,03	-32,514	Plastik
Zemin	B 40	k	22,39	-48,417	Plastik
Zemin	B 41	i	22,39	-26,326	Plastik
Zemin	B 42	i	20,66	23,431	Plastik
Zemin	B 45	j	10,67	13,233	Plastik
Zemin	B 45	k	17,92	18,263	Plastik
Zemin	B 52	i	48,41	-81,676	Plastik
Zemin	B 61	i	31,06	35,991	Plastik
Zemin	B 64	k	31,06	-53,186	Plastik
Zemin	B 73	i	24,5	-7,048	Plastik
Zemin	B 75	i	17,95	21,631	Plastik
Zemin	B 75	k	19,00	-28,415	Plastik
Zemin	B 77	i	14,43	17,099	Plastik
Zemin	B 77	k	20,21	-24,105	Plastik
1. kat	B 27	j	41,75	-53,099	Plastik
1. kat	B 40	k	22,39	-36,7	Plastik
1. kat	B 45	j	10,67	13,464	Plastik
1. kat	B 64	k	31,06	-35,579	Plastik
1. kat	B 75	İ	17,95	19,007	Plastik

Tablo 11.5 devamı

Kat – Kiriş No			Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
1. kat	B 75	k	19	-24,918	Plastik
1. kat	B 77	i	14,43	14,51	Plastik
1. kat	B 77	k	20,21	-20,226	Plastik
2. kat	B 40	k	22,39	-53,294	Plastik
2. kat	B 64	k	31,06	-48,441	Plastik
3.kat	B 27	i	194,33	-207,929	Plastik
3.kat	B 27	k	41,75	-49,999	Plastik
3.kat	B 35	k	41,11	42,389	Plastik
3.kat	B 40	k	22,39	-48,611	Plastik
3.kat	B 45	j	10,67	14,672	Plastik
3.kat	B 45	k	17,92	20,605	Plastik
3.kat	B 61	i	31,06	35,215	Plastik
3.kat	B 64	k	31,06	-43,608	Plastik
3.kat	B 73	i	16,89	18,448	Plastik
3.kat	B 75	i	17,95	22,18	Plastik
3.kat	B 75	k	19	-28,414	Plastik
3.kat	B 77	i	14,43	18,498	Plastik
3.kat	B 77	k	20,21	-24,611	Plastik
4.kat	B 27	j	41,75	-42,677	Plastik
4.kat	B 40	k	22,39	-36,695	Plastik
4.kat	B 44	j	11,75	12,923	Plastik
4.kat	B 45	j	10,67	16,393	Plastik
4.kat	B 45	k	17,92	23,241	Plastik
4.kat	B 46	j	11,75	12,064	Plastik
4.kat	B 64	k	31,06	-31,939	Plastik
4.kat	B 73	i	16,89	17,061	Plastik
4.kat	B 75	i	17,95	21,257	Plastik
4.kat	B 75	k	19	-21,039	Plastik
4.kat	B 77	i	14,43	17,397	Plastik

Tablo 11.6 İkinci aşama patlatma sonucu kolonlarda oluşan plastik mafsallar

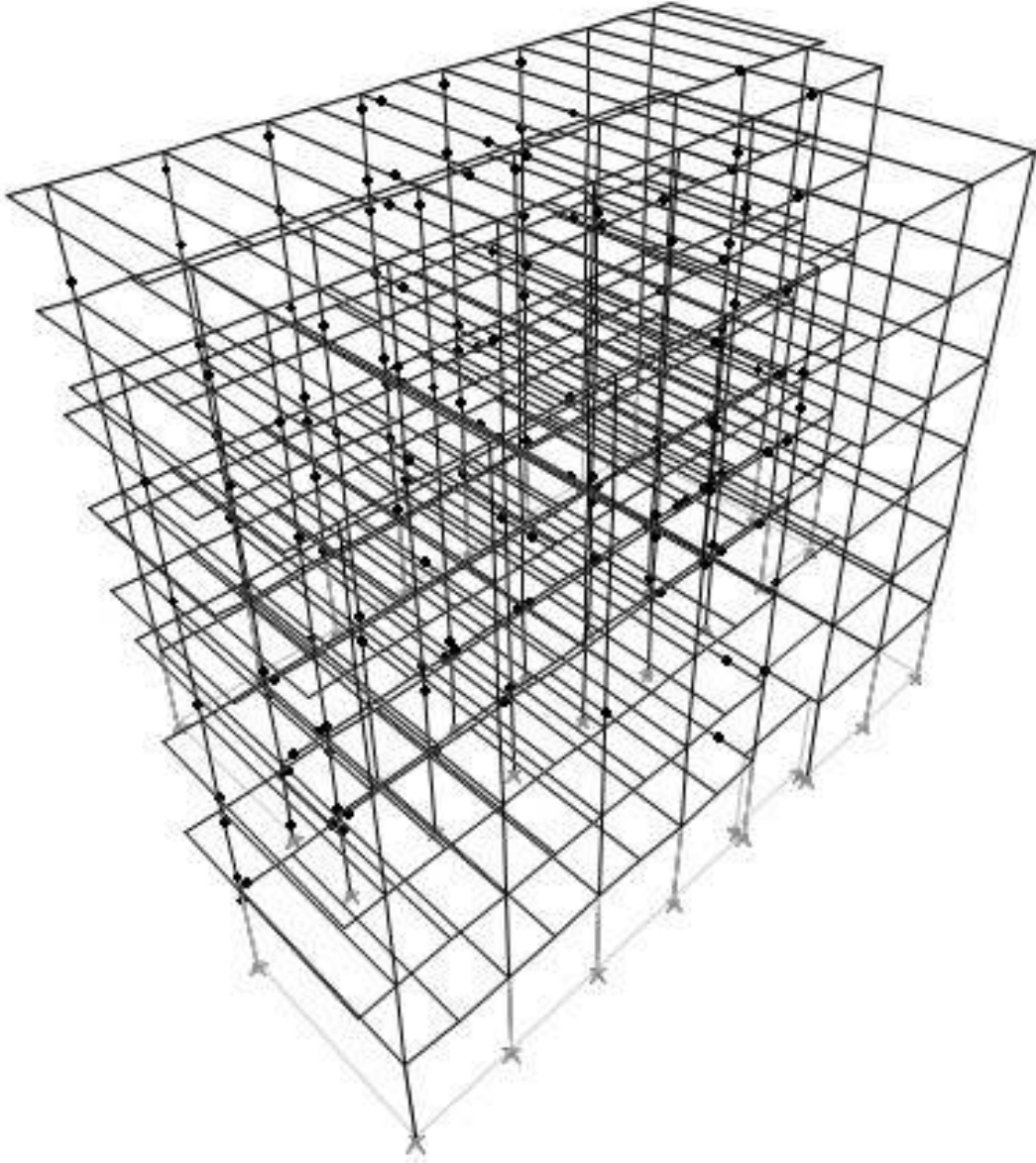
Kat – Kolon No				Mp (tm)	M (tm) (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
Bodrum	C 9	k	Mpy	4,909	10,955	Plastik
Bodrum	C 10	k	Mpy	13,397	19,27	Plastik
Bodrum	C 18	i	Mpy	13,417	-14,351	Plastik
Bodrum	C 18	k	Mpy	13,416	20,756	Plastik
Zemin	C 9	i	Mpy	4,921	-27,065	Plastik
Zemin	C 9	j	Mpy	4,921	-9,95	Plastik
Zemin	C 9	k	Mpy	4,921	7,164	Plastik
Zemin	C 10	i	Mpx	8,060	8,379	Plastik

Tablo 11.6 devamı

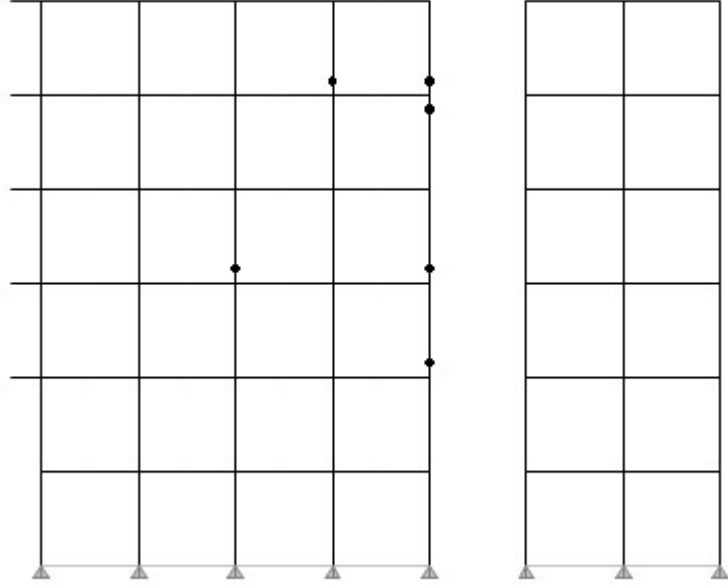
Kat – Kolon No				Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
Zemin	C 10	i	Mpy	13,404	-50,476	Plastik
Zemin	C 10	j	Mpy	13,403	-16,527	Plastik
Zemin	C 10	k	Mpy	13,403	17,422	Plastik
Zemin	C 11	k	Mpy	13,398	19,067	Plastik
Zemin	C 14	k	Mpy	13,395	-16,716	Plastik
Zemin	C 15	i	Mpy	20,104	56,023	Plastik
Zemin	C 18	i	Mpy	13,441	-49,234	Plastik
Zemin	C 18	j	Mpy	13,44	-18,286	Plastik
Zemin	C 19	j	Mpy	13,398	16,762	Plastik
Zemin	C 19	k	Mpy	13,398	28,324	Plastik
Zemin	C 22	k	Mpy	13,395	-18,747	Plastik
Zemin	C 24	i	Mpy	13,423	33,146	Plastik
Zemin	C 27	i	Mpx	14,196	16,725	Plastik
Zemin	C 28	i	Mpx	14,202	17,86	Plastik
Zemin	C 29	i	Mpx	14,203	18,844	Plastik
Zemin	C 30	i	Mpx	14,201	16,124	Plastik
Zemin	C 31	i	Mpx	14,198	15,853	Plastik
1. kat	C 5	i	Mpx	45,545	-80,399	Plastik
1. kat	C 9	i	Mpy	7,099	-13,272	Plastik
1. kat	C 10	i	Mpy	13,405	-19,72	Plastik
1. kat	C 11	i	Mpy	13,398	-20,432	Plastik
1. kat	C 14	i	Mpy	13,397	18,08	Plastik
1. kat	C 15	i	Mpy	13,4	20,416	Plastik
1. kat	C 18	i	Mpy	13,427	-15,275	Plastik
1. kat	C 19	i	Mpy	13,4	-28,718	Plastik
1. kat	C 22	i	Mpy	13,397	20,59	Plastik
1. kat	C 23	i	Mpy	18,775	18,912	Plastik
1. kat	C 27	i	Mpx	8,873	9,057	Plastik
1. kat	C 28	i	Mpx	8,876	14,908	Plastik
1. kat	C 28	k	Mpx	8,876	-10,798	Plastik
1. kat	C 29	i	Mpx	8,877	15,883	Plastik
1. kat	C 29	k	Mpx	8,877	-11,575	Plastik
1. kat	C 30	i	Mpx	8,876	13,323	Plastik
1. kat	C 30	k	Mpx	8,876	-9,975	Plastik
2. kat	C 3	i	Mpx	8,868	-9,344	Plastik
2. kat	C 5	i	Mpx	45,501	-82,24	Plastik
2. kat	C 5	j	Mpx	45,5	-61,913	Plastik
2. kat	C 9	i	Mpy	7,095	-13,208	Plastik
2. kat	C 10	i	Mpy	13,405	-19,481	Plastik
2. kat	C 18	i	Mpy	13,419	-18,415	Plastik
2. kat	C 24	i	Mpy	13,413	15,384	Plastik

Tablo 11.6 devamı

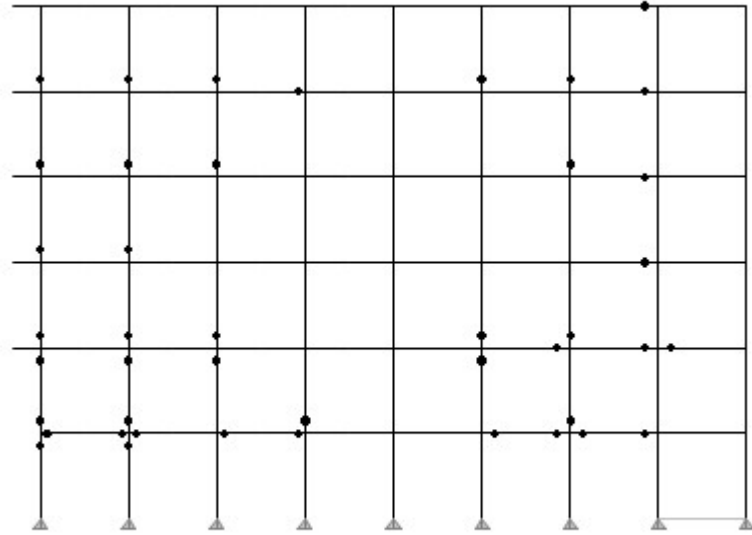
Kat – Kolon No					Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
2.kat	C	27	i	Mpx	14,196	16,725	Plastik
2. kat	C	28	i	Mpx	8,87	13,254	Plastik
2. kat	C	29	i	Mpx	8,871	14,494	Plastik
2. kat	C	30	i	Mpx	8,871	10,988	Plastik
2. kat	C	31	i	Mpx	8,87	10,329	Plastik
3. kat	C	5	k	Mpx	45,487	47,228	Plastik
3. kat	C	9	i	Mpy	7,091	-12,829	Plastik
3. kat	C	10	i	Mpy	13,403	-21,105	Plastik
3. kat	C	11	i	Mpy	13,399	-24,614	Plastik
3. kat	C	15	i	Mpy	13,399	26,131	Plastik
3. kat	C	18	i	Mpy	13,411	-21,693	Plastik
3. kat	C	19	i	Mpy	13,399	-28,917	Plastik
3. kat	C	24	i	Mpy	13,407	17,963	Plastik
3. kat	C	27	i	Mpx	8,864	12,197	Plastik
3. kat	C	29	k	Mpx	8,867	-9,112	Plastik
3. kat	C	31	i	Mpx	8,865	11,629	Plastik
4. kat	C	4	i	Mpx	8,859	-9,884	Plastik
4. kat	C	5	i	Mpx	45,436	-96,858	Plastik
4. kat	C	9	i	Mpy	7,087	-14,245	Plastik
4. kat	C	10	i	Mpy	13,4	-22,397	Plastik
4. kat	C	11	i	Mpy	13,398	-23,832	Plastik
4. kat	C	14	i	Mpy	13,397	19,335	Plastik
4. kat	C	15	i	Mpy	13,398	24,465	Plastik
4. kat	C	18	i	Mpy	13,402	-21,993	Plastik
4. kat	C	19	i	Mpy	13,398	-26,598	Plastik
4. kat	C	22	i	Mpy	13,396	29,643	Plastik
4. kat	C	24	i	Mpy	13,401	17,548	Plastik
4. kat	C	26	i	Mpx	8,858	10,744	Plastik
4. kat	C	27	i	Mpx	8,859	15,75	Plastik
4. kat	C	27	k	Mpx	8,859	-11,242	Plastik
4. kat	C	28	i	Mpx	8,86	23,454	Plastik
4. kat	C	28	k	Mpx	8,86	-15,996	Plastik
4. kat	C	29	i	Mpx	8,86	25,292	Plastik
4. kat	C	29	k	Mpx	8,86	-17,462	Plastik
4. kat	C	30	i	Mpx	8,86	21,205	Plastik
4. kat	C	30	i	Mpx	8,86	-14,764	Plastik
4. kat	C	31	i	Mpx	8,859	14,212	Plastik
4. kat	C	31	i	Mpx	8,859	-10,462	Plastik



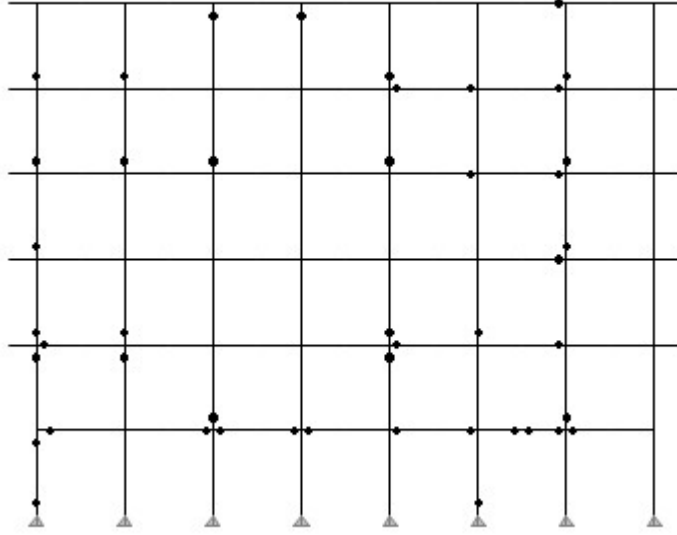
Şekil 11.11. 2.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Plastik Mafsallar



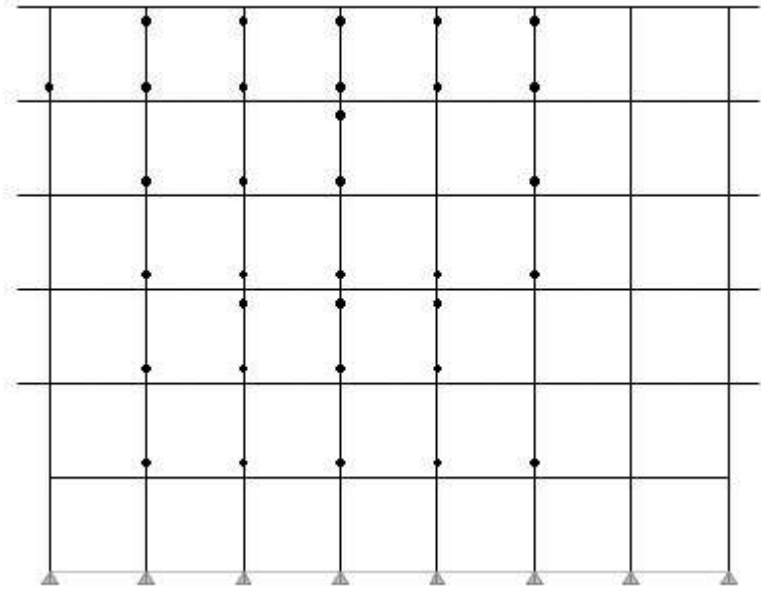
Şekil 11.12. 2.Aşama Patlatma Sonucunda F Aksında Oluşan Plastik Mafsallar



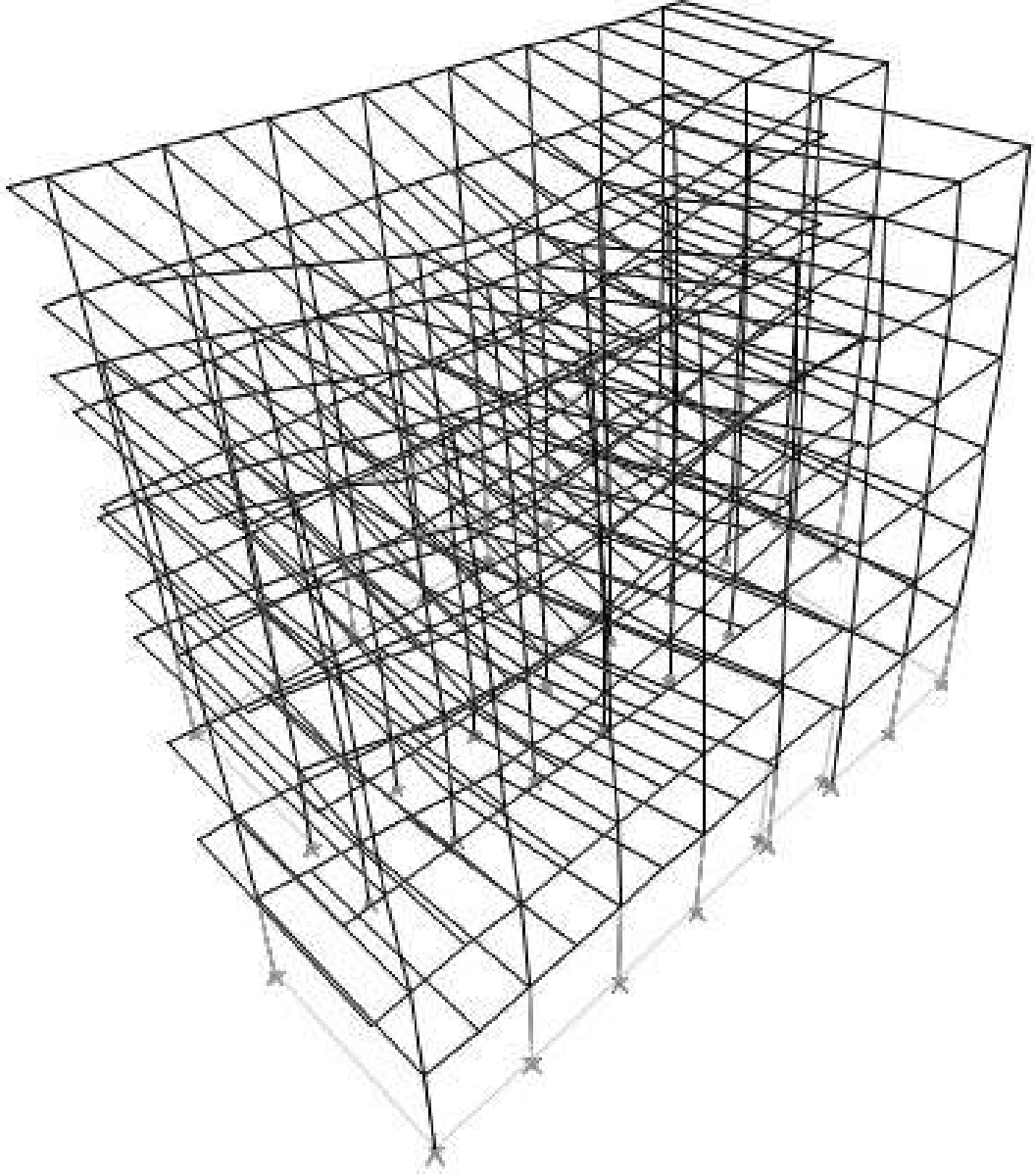
Şekil 11.13. 2.Aşama Patlatma Sonucunda I Aksında Oluşan Plastik Mafsallar



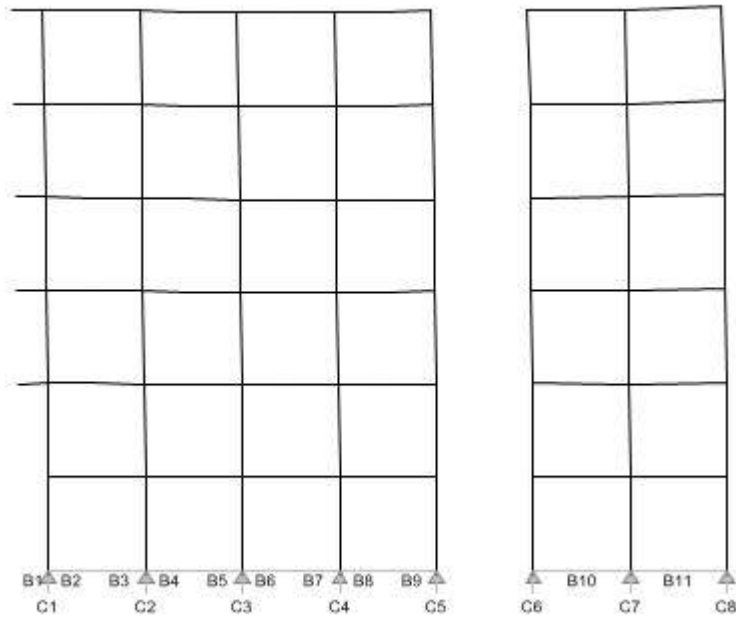
Şekil 11.14. 2.Aşama Patlatma Sonucunda J Aksında Oluşan Plastik Mafsallar



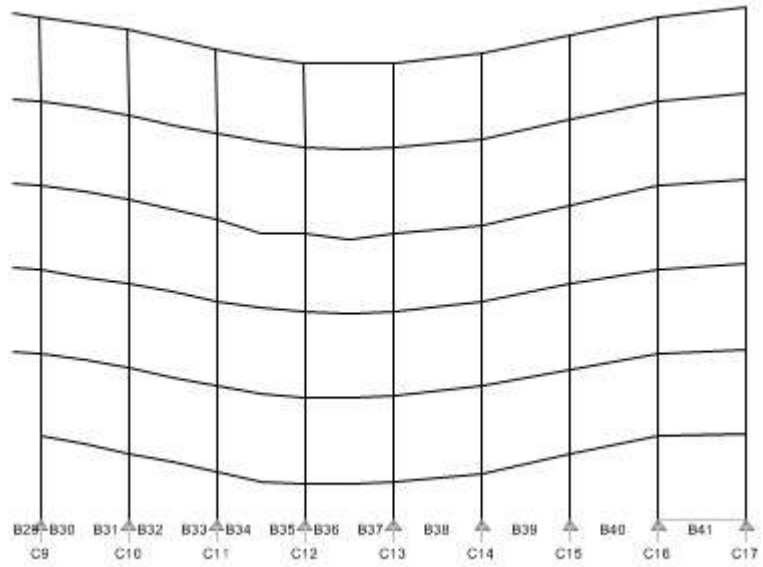
Şekil 11.15. 2.Aşama Patlatma Sonucunda K Aksında Oluşan Plastik Mafsallar



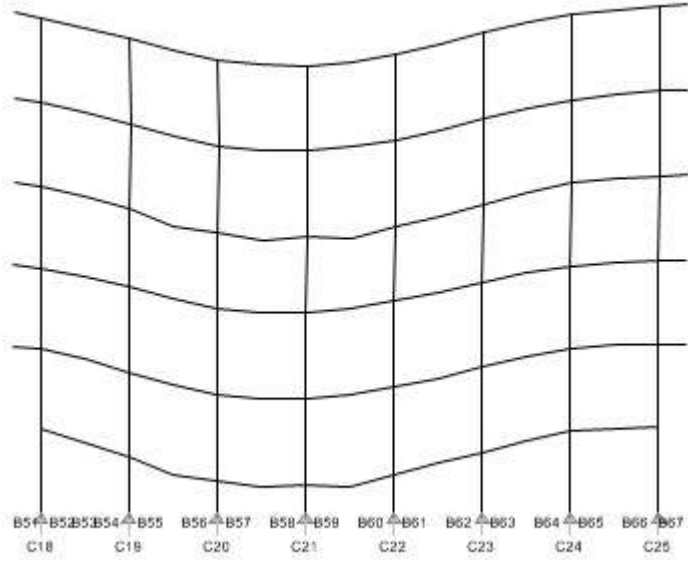
Şekil 11.16. 2.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Deformasyonlar



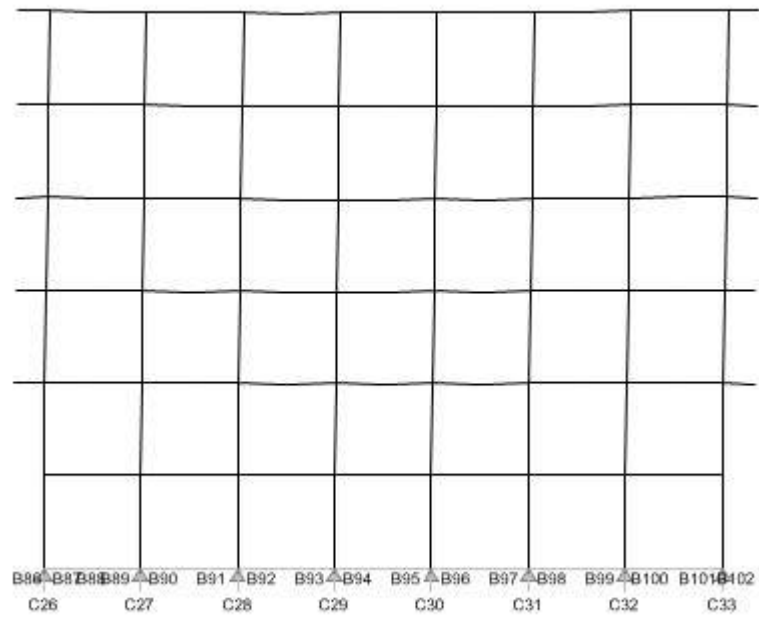
Şekil 11.17. 2.Aşama Patlatma Sonucunda F Aksında Oluşan Deformasyonlar



Şekil 11.18. 2.Aşama Patlatma Sonucunda I Aksında Oluşan Deformasyonlar



Şekil 11.19. 2.Aşama Patlatma Sonucunda J Aksında Oluşan Deformasyonlar



Şekil 11.20. 2.Aşama Patlatma Sonucunda K Aksında Oluşan Deformasyonlar

11.4.3. Üçüncü Aşama Patlama

Üçüncü aşama olarak, yapının tamamıyla yıkılmasını sağlamak üzere her katta B55-64, B34-40, B43, B48 kirişleri ile C16,C24 kolonları patlamayla yıkılmış ve yapıdaki moment dağılımları incelenmiştir. Aynı şekilde elemanlara ait moment dağılımları incelenmiş plastikleşme momentinin aşıldığı kesitlere mafsallar atılarak o noktaya ait plastikleşme momenti işaretiyle birlikte verilmiştir.

3. aşama patlatma sonucu kirişlerde oluşan plastik mafsallar;

Tablo 11.7 Üçüncü aşama patlatma sonucu kirişlerde oluşan plastik mafsallar

Kat – Kiriş No			Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
Bodrum	B 24	i	29,21	-85,126	Plastik
Bodrum	B 33	k	21,27	62,691	Plastik
Bodrum	B 45	i	15,81	-40,397	Plastik
Bodrum	B 45	j	10,67	-12,872	Plastik
Bodrum	B 47	i	20,27	21,634	Plastik
Bodrum	B 47	j	10,67	19,718	Plastik
Bodrum	B 47	k	12,30	17,279	Plastik
Bodrum	B 53	j	18,43	48,393	Plastik
Bodrum	B 53	k	21,27	92,212	Plastik
Bodrum	B 66	k	21,27	-52,435	Plastik
Bodrum	B 74	k	24,44	-41,365	Plastik
Bodrum	B 76	k	24,44	-40,512	Plastik
Bodrum	B 78	k	24,44	-29,209	Plastik
Bodrum	B 79	i	21,27	45,505	Plastik
Bodrum	B 79	k	15,08	-34,263	Plastik
Zemin	B 22	i	23,43	-32,118	Plastik
Zemin	B 22	k	14,43	24,169	Plastik
Zemin	B 24	i	44,96	-56,875	Plastik
Zemin	B 27	j	41,75	174,66	Plastik
Zemin	B 28	i	32,84	-84,782	Plastik
Zemin	B 31	k	37,14	-41,846	Plastik
Zemin	B 32	i	37,14	-65,24	Plastik
Zemin	B 41	j	18,43	-23,346	Plastik
Zemin	B 41	k	38,89	-54,017	Plastik
Zemin	B 46	j	11,75	15,646	Plastik
Zemin	B 47	j	10,67	15,503	Plastik
Zemin	B 47	k	8,70	17,905	Plastik
Zemin	B 65	k	30,54	-38,096	Plastik
Zemin	B 66	i	30,54	-37,395	Plastik
Zemin	B 66	k	38,82	-68,121	Plastik
Zemin	B 73	k	27,97	-31,004	Plastik

Tablo 11.7 devamı

Kat – Kiriş No			Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
Zemin	B 79	i	29,87	50,829	Plastik
Zemin	B 79	k	21,94	-56,447	Plastik
1. kat	B 22	k	14,43	14,471	Plastik
1. kat	B 24	i	44,96	-45,981	Plastik
1. kat	B 27	i	194,33	-322,673	Plastik
1. kat	B 27	j	41,75	-93,195	Plastik
1. kat	B 28	i	32,84	-76,099	Plastik
1. kat	B 41	j	18,43	-25,099	Plastik
1. kat	B 41	k	38,89	-58,436	Plastik
1. kat	B 44	j	11,75	21,072	Plastik
1. kat	B 44	k	22,93	30,042	Plastik
1. kat	B 45	j	10,67	12,388	Plastik
1. kat	B 46	j	11,75	13,204	Plastik
1. kat	B 47	j	10,67	12,567	Plastik
1. kat	B 47	k	8,7	8,775	Plastik
1. kat	B 49	i	11,26	11,535	Plastik
1. kat	B 66	k	38,82	-49,599	Plastik
1. kat	B 73	i	16,89	43,615	Plastik
1. kat	B 73	j	20,66	21,016	Plastik
1. kat	B 79	i	29,87	48,106	Plastik
1. kat	B 79	k	21,94	-43,926	Plastik
1. kat	B 81	k	21,38	-22,555	Plastik
2.kat	B 23	i	16,86	-17,373	Plastik
2.kat	B 24	i	44,96	-75,18	Plastik
2.kat	B 30	k	26,37	-32,085	Plastik
2.kat	B 31	i	26,37	-33,148	Plastik
2.kat	B 31	k	37,14	-56,172	Plastik
2.kat	B 32	i	37,14	-79,609	Plastik
2.kat	B 32	k	26,37	-42,927	Plastik
2.kat	B 33	i	26,37	-45,053	Plastik
2.kat	B 41	j	18,43	-27,473	Plastik
2.kat	B 41	k	38,89	-61,184	Plastik
2.kat	B 45	i	30,09	-45,903	Plastik
2.kat	B 45	j	10,67	-16,051	Plastik
2.kat	B 47	i	16,86	17,592	Plastik
2.kat	B 47	j	10,67	19,89	Plastik
2.kat	B 47	k	8,7	21,666	Plastik
2.kat	B 49	i	11,26	12,749	Plastik
2.kat	B 52	i	48,41	-52,74	Plastik
2.kat	B 54	i	30,54	-30,889	Plastik
2.kat	B 66	k	38,82	-57,805	Plastik

Tablo11.7 devamı

Kat – Kiriş No			Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
2.kat	B 74	k	24,5	-25,852	Plastik
2.kat	B 76	k	24,5	-28,771	Plastik
2.kat	B 79	i	29,87	64,137	Plastik
2.kat	B 79	k	21,94	-48,494	Plastik
2.kat	B 81	k	21,38	-24,937	Plastik
2.kat	B 83	k	14,62	-15,909	Plastik
3.kat	B 22	i	23,43	-26,55	Plastik
3.kat	B 22	k	14,43	21,938	Plastik
3.kat	B 24	i	44,96	-57,9	Plastik
3.kat	B 27	j	41,75	176,29	Plastik
3.kat	B 28	i	32,84	-85,132	Plastik
3.kat	B 30	k	26,37	-28,55	Plastik
3.kat	B 31	i	26,37	-29,678	Plastik
3.kat	B 31	k	37,14	-49,307	Plastik
3.kat	B 32	i	37,14	-69,905	Plastik
3.kat	B 41	j	18,43	-35,33	Plastik
3.kat	B 41	k	38,89	-76,839	Plastik
3.kat	B 47	i	16,86	17,991	Plastik
3.kat	B 47	j	10,67	12,051	Plastik
3.kat	B 49	i	11,26	14,96	Plastik
3.kat	B 52	i	48,41	-48,757	Plastik
3.kat	B 65	k	30,54	-37,139	Plastik
3.kat	B 66	i	30,54	-35,471	Plastik
3.kat	B 66	k	38,82	-66,324	Plastik
3.kat	B 73	j	20,66	-21,157	Plastik
3.kat	B 73	k	27,97	-35,031	Plastik
3.kat	B 79	i	29,87	71,972	Plastik
3.kat	B 79	k	21,94	-51,762	Plastik
3.kat	B 81	k	21,38	-29,516	Plastik
3.kat	B 83	k	14,62	-19,953	Plastik
4.kat	B 16	i	21,42	22,599	Plastik
4.kat	B 22	k	14,43	18,585	Plastik
4.kat	B 27	i	194,33	-326,027	Plastik
4.kat	B 27	j	41,75	-101,359	Plastik
4.kat	B 28	i	32,84	-57,243	Plastik
4.kat	B 30	k	26,37	-26,427	Plastik
4.kat	B 31	i	26,37	-27,604	Plastik
4.kat	B 31	k	37,14	-43,429	Plastik
4.kat	B 32	i	37,14	-63,087	Plastik
4.kat	B 41	j	18,43	-20,487	Plastik
4.kat	B 41	k	38,89	-49,447	Plastik

Tablo11.7 devamı

Kat – Kiriş No			Mp (tm)	M3-3 tm (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
4.kat	B 47	j	10,67	11,08	Plastik
4.kat	B 66	k	38,82	-47,056	Plastik
4.kat	B 79	i	29,87	59,825	Plastik
4.kat	B 79	j	21,3	25,211	Plastik
4.kat	B 81	k	21,38	-21,8	Plastik

Tablo 11.8 Üçüncü aşama patlatma sonucu kolonlarda oluşan plastik mafsallar

Kat – Kolon No				Mp (tm)	M (tm) (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
Bodrum	C 5	i	Mpx	54,914	-78,451	Plastik
Bodrum	C 10	i	Mpy	13,442	-58,306	Plastik
Bodrum	C 10	j	Mpy	13,442	-29,153	Plastik
Bodrum	C 27	k	Mpx	14,185	-16,578	Plastik
Bodrum	C 28	k	Mpx	14,189	-20,403	Plastik
Bodrum	C 29	k	Mpx	14,190	-24,787	Plastik
Bodrum	C 30	k	Mpx	14,190	-22,915	Plastik
Bodrum	C 31	k	Mpx	14,201	-34,889	Plastik
Zemin	C 4	k	Mpx	14,197	22,008	Plastik
Zemin	C 5	i	Mpx	55,006	85,414	Plastik
Zemin	C 5	j	Mpx	55,005	67,079	Plastik
Zemin	C 6	k	Mpx	35,113	46,113	Plastik
Zemin	C 8	i	Mpx	54,685	111,776	Plastik
Zemin	C 8	j	Mpx	54,685	106,327	Plastik
Zemin	C 8	k	Mpx	54,684	100,879	Plastik
Zemin	C 11	i	Mpy	13,399	-97,436	Plastik
Zemin	C 11	j	Mpy	13,398	-48,718	Plastik
Zemin	C 14	i	Mpx	8,049	-27,44	Plastik
Zemin	C 14	j	Mpx	8,049	-13,72	Plastik
Zemin	C 14	i	Mpy	13,393	17,218	Plastik
Zemin	C 17	i	Mpy	8,987	13,828	Plastik
Zemin	C 17	k	Mpy	8,987	-12,198	Plastik
Zemin	C 18	i	Mpx	8,083	11,533	Plastik
Zemin	C 19	i	Mpx	8,056	14,334	Plastik
Zemin	C 19	i	Mpy	13,400	-115,777	Plastik
Zemin	C 19	j	Mpy	13,400	-55,289	Plastik
Zemin	C 21	i	Mpx	8,057	-16,728	Plastik
Zemin	C 21	i	Mpy	13,401	14,118	Plastik
Zemin	C 22	i	Mpx	8,055	-20,291	Plastik
Zemin	C 22	j	Mpx	8,055	-10,146	Plastik
Zemin	C 22	i	Mpy	13,399	17,603	Plastik
Zemin	C 23	i	Mpx	35,052	39,838	Plastik

Tablo 11.8 devamı

Kat – Kolon No				Mp (tm)	M (tm) (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
Zemin	C 23	i	Mpy	21,597	22,62	Plastik
Zemin	C 25	i	Mpy	13,427	42,564	Plastik
Zemin	C 25	j	Mpy	13,427	16,386	Plastik
Zemin	C 26	i	Mpx	14,194	18,225	Plastik
Zemin	C 27	k	Mpx	14,195	-17,923	Plastik
Zemin	C 28	k	Mpx	14,199	-30,722	Plastik
Zemin	C 31	k	Mpx	14,213	-15,173	Plastik
Zemin	C 32	i	Mpx	14,199	21,324	Plastik
Zemin	C 33	i	Mpx	14,197	14,545	Plastik
1. kat	C 1	i	Mpx	8,862	22,586	Plastik
1. kat	C 1	k	Mpx	8,862	-14,287	Plastik
1. kat	C 2	i	Mpx	8,863	19,335	Plastik
1. kat	C 2	k	Mpx	8,863	-10,695	Plastik
1. kat	C 3	i	Mpx	8,869	10,028	Plastik
1. kat	C 5	j	Mpx	45,583	52,748	Plastik
1. kat	C 5	k	Mpx	45,582	122,813	Plastik
1. kat	C 8	i	Mpx	45,443	83,562	Plastik
1. kat	C 8	j	Mpx	45,443	60,482	Plastik
1. kat	C 9	k	Mpx	4,904	-7,169	Plastik
1. kat	C 11	k	Mpy	13,4	13,45	Plastik
1. kat	C 13	i	Mpx	86,315	-91,77	Plastik
1. kat	C 17	i	Mpy	8,984	31,196	Plastik
1. kat	C 17	j	Mpy	8,984	9,243	Plastik
1. kat	C 17	k	Mpy	8,984	-12,71	Plastik
1. kat	C 18	k	Mpy	13,423	13,701	Plastik
1. kat	C 19	k	Mpy	13,399	16,101	Plastik
1. kat	C 23	k	Mpx	21,256	-33,04	Plastik
1. kat	C 25	i	Mpy	13,42	15,197	Plastik
1. kat	C 26	i	Mpx	8,871	25,069	Plastik
1. kat	C 26	k	Mpx	8,871	-15,71	Plastik
1. kat	C 27	j	Mpx	8,873	-10,274	Plastik
1. kat	C 27	k	Mpx	8,873	-23,986	Plastik
1. kat	C 31	i	Mpx	8,884	46,454	Plastik
1. kat	C 31	k	Mpx	8,884	-36,045	Plastik
1. kat	C 32	i	Mpx	8,876	15,547	Plastik
1. kat	C 32	k	Mpx	8,876	-10,169	Plastik
1. kat	C 33	i	Mpx	8,874	10,472	Plastik
2. kat	C 4	i	Mpx	8,869	-19,753	Plastik
2. kat	C 6	i	Mpx	21,286	-48,748	Plastik
2. kat	C 6	j	Mpx	21,286	-28,705	Plastik
2. kat	C 7	i	Mpx	21,287	-39,737	Plastik

Tablo 11.8 devamı

Kat – Kolon No				Mp (tm)	M (tm) (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
2. kat	C 9	k	Mpy	7,087	8,236	Plastik
2. kat	C 10	k	Mpy	13,421	17,271	Plastik
2. kat	C 17	i	Mpy	8,98	28,545	Plastik
2. kat	C 17	k	Mpy	8,98	-11,008	Plastik
2. kat	C 18	j	Mpy	13,417	16,606	Plastik
2. kat	C 18	k	Mpy	13,417	28,013	Plastik
2. kat	C 25	i	Mpy	13,414	20,707	Plastik
2. kat	C 27	k	Mpx	8,869	-20,828	Plastik
2. kat	C 28	k	Mpx	8,868	-18,786	Plastik
2. kat	C 29	j	Mpx	8,869	-9,008	Plastik
2. kat	C 29	k	Mpx	8,869	-21,455	Plastik
2. kat	C 31	j	Mpx	8,877	-19,027	Plastik
2. kat	C 31	k	Mpx	8,877	-41,492	Plastik
2. kat	C 32	i	Mpx	8,871	17,599	Plastik
2. kat	C 32	k	Mpx	8,87	-11,311	Plastik
2. kat	C 33	i	Mpx	8,869	12,81	Plastik
3. kat	C 1	i	Mpx	8,858	9,261	Plastik
3. kat	C 3	k	Mpx	8,861	9,785	Plastik
3. kat	C 4	k	Mpx	8,864	21,878	Plastik
3. kat	C 6	j	Mpx	21,278	26,092	Plastik
3. kat	C 6	k	Mpx	21,278	42,543	Plastik
3. kat	C 7	i	Mpx	21,273	-30,536	Plastik
3. kat	C 7	k	Mpx	21,273	26,942	Plastik
3. kat	C 9	k	Mpx	4,902	-6,066	Plastik
3. kat	C 9	k	Mpy	7,087	8,206	Plastik
3. kat	C 10	k	Mpy	13,413	16,417	Plastik
3. kat	C 11	j	Mpy	13,397	14,344	Plastik
3. kat	C 11	k	Mpy	13,397	23,496	Plastik
3. kat	C 12	i	Mpy	13,396	-19,219	Plastik
3. kat	C 14	i	Mpx	14,752	-20,281	Plastik
3. kat	C 17	i	Mpx	5,849	6,479	Plastik
3. kat	C 17	i	Mpy	8,977	35,562	Plastik
3. kat	C 17	j	Mpy	8,977	11,147	Plastik
3. kat	C 17	k	Mpy	8,977	-13,268	Plastik
3. kat	C 18	j	Mpy	13,411	15,986	Plastik
3. kat	C 18	k	Mpy	13,411	26,596	Plastik
3. kat	C 19	j	Mpy	13,397	17,493	Plastik
3. kat	C 19	k	Mpy	13,397	29,794	Plastik
3. kat	C 21	i	Mpx	14,757	-15,372	Plastik
3. kat	C 23	i	Mpx	21,256	46,774	Plastik
3. kat	C 23	j	Mpx	21,256	27,295	Plastik

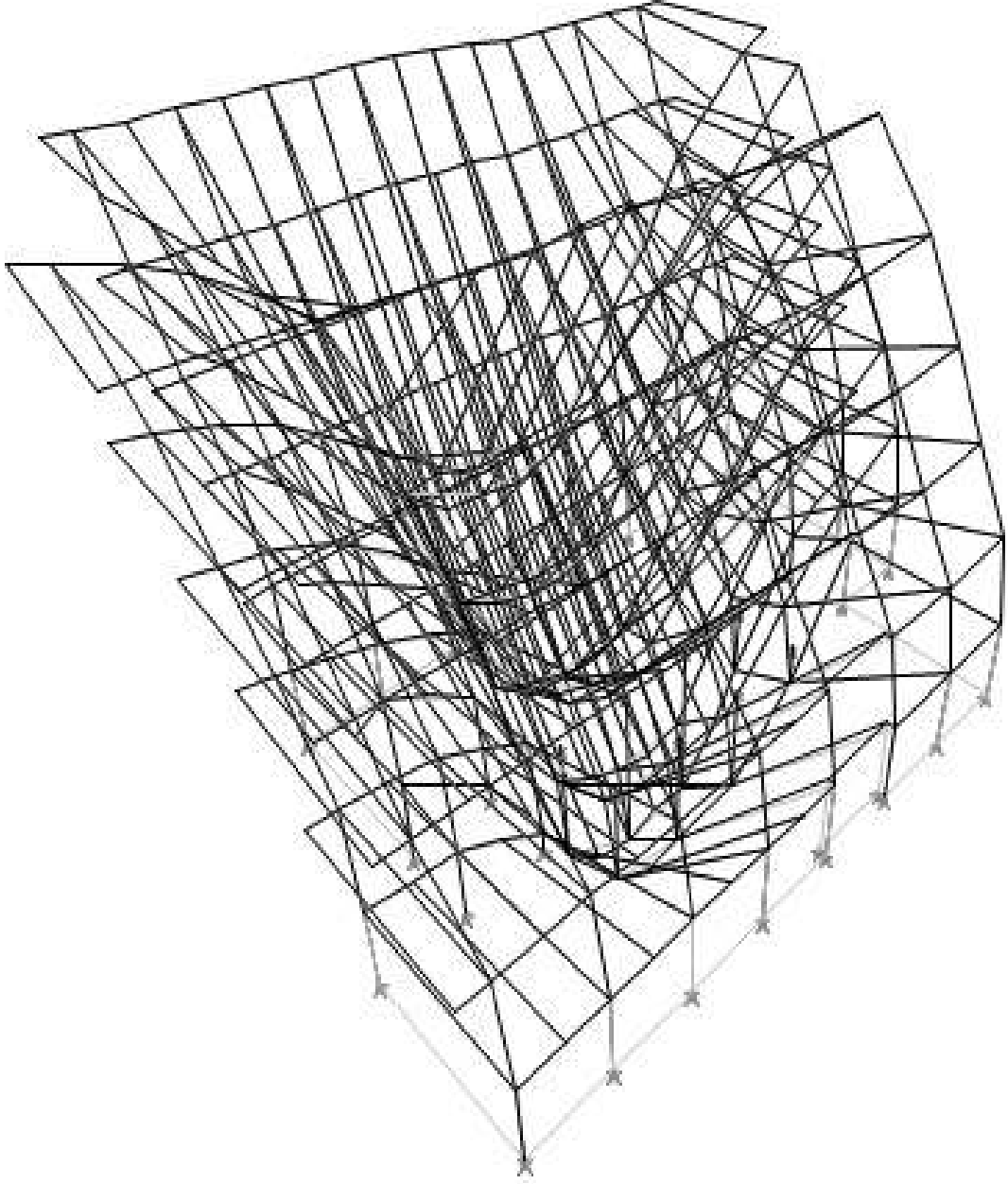
Tablo 11.8 devamı

Kat – Kolon No				Mp (tm)	M (tm) (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
3. kat	C 25	i	Mpy	13,408	28,324	Plastik
3. kat	C 26	i	Mpx	8,862	19,629	Plastik
3. kat	C 26	k	Mpx	8,862	-13,613	Plastik
3. kat	C 27	j	Mpx	8,864	-11,028	Plastik
3. kat	C 27	k	Mpx	8,864	-25,491	Plastik
3. kat	C 28	j	Mpx	8,863	-18,404	Plastik
3. kat	C 28	k	Mpx	8,863	-40,243	Plastik
3. kat	C 30	i	Mpx	8,864	27,275	Plastik
3. kat	C 30	k	Mpx	8,864	-19,958	Plastik
3. kat	C 31	j	Mpx	8,869	-20,454	Plastik
3. kat	C 31	k	Mpx	8,869	-44,344	Plastik
3. kat	C 32	i	Mpx	8,864	-9,465	Plastik
4. kat	C 1	i	Mpx	8,856	35,157	Plastik
4. kat	C 1	k	Mpx	8,856	-21,734	Plastik
4. kat	C 2	i	Mpx	8,857	26,035	Plastik
4. kat	C 2	k	Mpx	8,857	-14,783	Plastik
4. kat	C 3	i	Mpx	8,858	13,385	Plastik
4. kat	C 4	k	Mpx	8,858	12,803	Plastik
4. kat	C 5	j	Mpx	45,472	54,032	Plastik
4. kat	C 5	k	Mpx	45,472	125,341	Plastik
4. kat	C 6	i	Mpx	21,262	-22,14	Plastik
4. kat	C 6	k	Mpx	21,261	30,576	Plastik
4. kat	C 8	i	Mpx	45,404	85,658	Plastik
4. kat	C 8	j	Mpx	45,403	60,607	Plastik
4. kat	C 9	j	Mpx	4,9	-5,487	Plastik
4. kat	C 9	k	Mpx	4,9	-10,973	Plastik
4. kat	C 9	k	Mpy	7,086	8,586	Plastik
4. kat	C 10	k	Mpy	13,405	16,214	Plastik
4. kat	C 11	j	Mpy	13,397	13,807	Plastik
4. kat	C 11	k	Mpy	13,397	22,423	Plastik
4. kat	C 13	i	Mpx	86,316	-94,208	Plastik
4. kat	C 17	i	Mpx	5,845	8,381	Plastik
4. kat	C 17	i	Mpy	8,973	44,633	Plastik
4. kat	C 17	j	Mpy	8,973	11,89	Plastik
4. kat	C 17	k	Mpy	8,973	-20,853	Plastik
4. kat	C 18	j	Mpy	13,404	15,058	Plastik
4. kat	C 18	k	Mpy	13,404	24,922	Plastik
4. kat	C 19	j	Mpy	13,397	16,301	Plastik
4. kat	C 19	k	Mpy	13,397	27,41	Plastik
4. kat	C 20	i	Mpy	13,398	-16,069	Plastik
4. kat	C 23	i	Mpx	21,257	67,195	Plastik

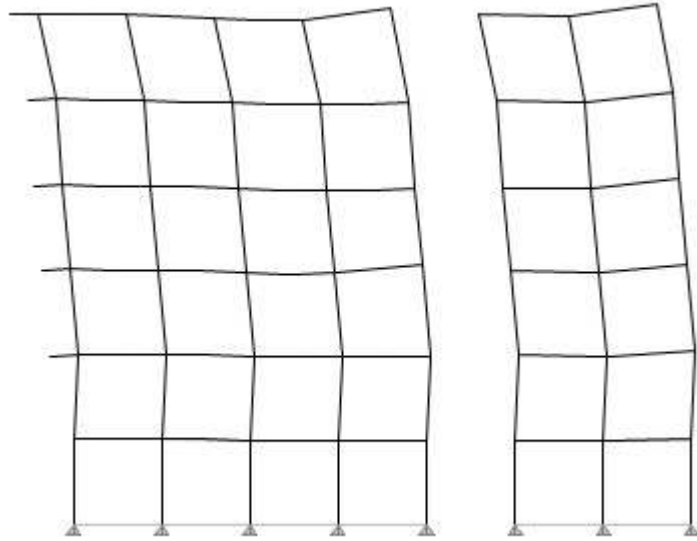
Tablo 11.8 devamı

Kat – Kolon No				Mp (tm)	M (tm) (Etabs)	Plastikleşme Kontrol
4. kat	C 23	j	Mpx	21,257	22,25	Plastik
4. kat	C 23	k	Mpx	21,256	-22,694	Plastik
4. kat	C 25	i	Mpy	13,402	36,129	Plastik
4. kat	C 25	k	Mpy	13,402	-18,459	Plastik
4. kat	C 26	j	Mpx	8,858	-10,269	Plastik
4. kat	C 26	k	Mpx	8,858	-23,97	Plastik
4. kat	C 32	i	Mpx	8,86	30,625	Plastik
4. kat	C 32	k	Mpx	8,86	-24,273	Plastik
4. kat	C 33	i	Mpx	8,859	19,673	Plastik
4. kat	C 33	k	Mpx	8,859	-14,394	Plastik

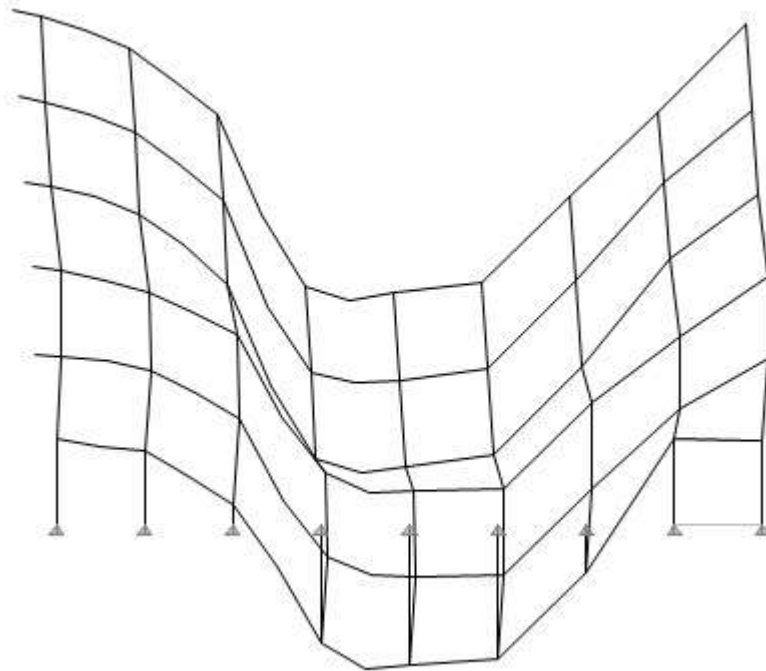
Yukarıdaki tablolarda gösterilen kesitlerinde plastikleşmesi neticesinde 6 katlı konut binası mekanizma durumuna geçerek anti simetrik olarak içe doğru yıkılmıştır.



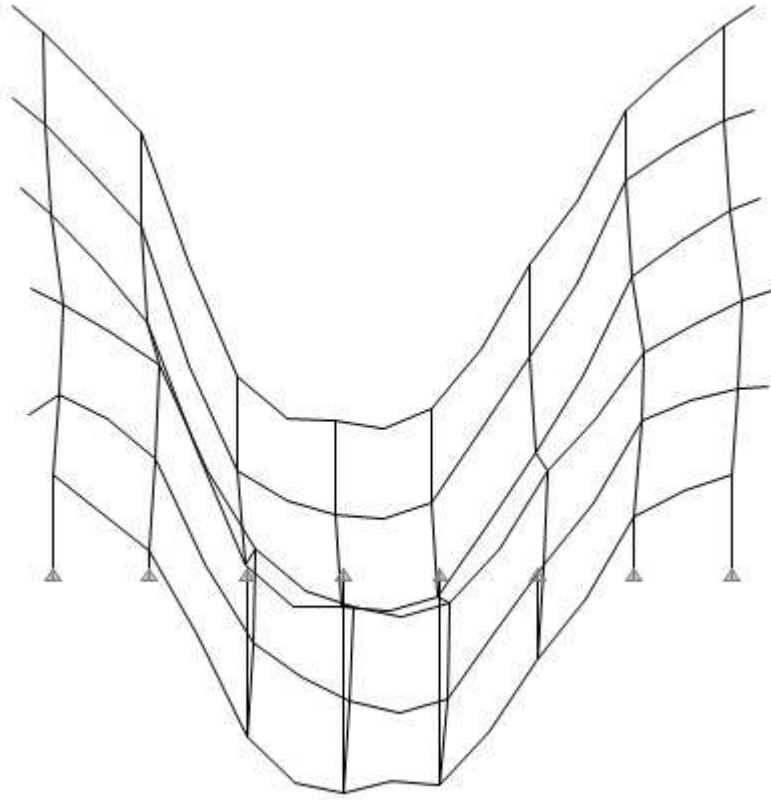
Şekil 11.21. 2.Aşama Patlatma Sonucunda Yapıda Oluşan Deformasyonlar



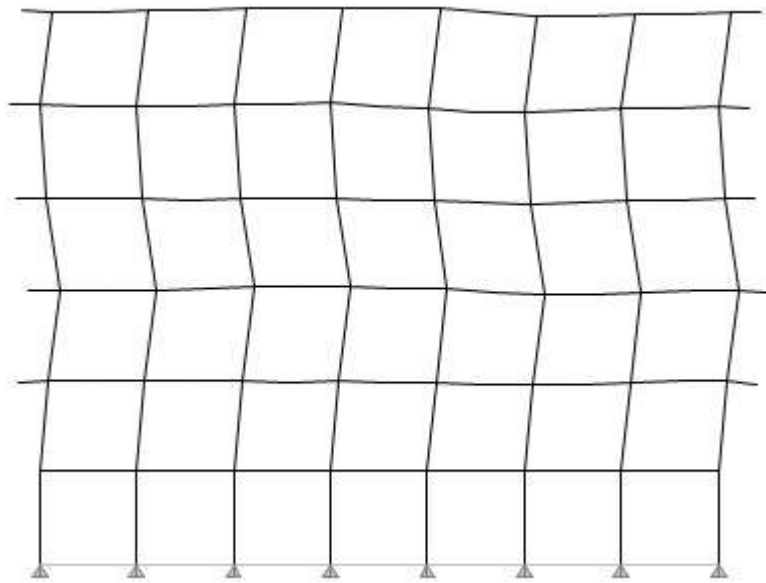
Şekil 11.22. 3.Aşama Patlatma Sonucunda F Aksında Oluşan Deformasyonlar



Şekil 11.23. 2.Aşama Patlatma Sonucunda I Aksında Oluşan Deformasyonlar



Şekil 11.24. 2.Aşama Patlatma Sonucunda J Aksında Oluşan Deformasyonlar



Şekil 11.25. 3.Aşama Patlatma Sonucunda K Aksında Oluşan Deformasyonlar

11.5 Patlayıcı Miktarlarının Hesabı ve Erteleme Zamanı

Betonarme binanın patlamalarla yıkımı çalışmasında, Japonyada kullanılan Patlayıcı cinsinden (3KD) hesaplanıp daha sonra TNT patlayıcı miktarına dönüştürülmüştür.

Bodrum kat C14 kolonu kesitleri: 70 x 30 cm dir.

$$A=0,7 \times 0,3 = 0,21 \text{ m}^2$$

$$C_A=0,8 \text{ kg/m}^2$$

Patlayıcı miktarının ağırlığı L (kg);

$$L=C_A.A = 0,21.0,8 = 0,168 \text{ kg (No 3.Kiri dinamiti)}$$

TNT patlayıcısı cinsinden patlayıcı miktarı (W_{TNT}) aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$H_E : \text{No 3.kiri dinamiti patlama sıcaklığı} = 4050 \text{ C}^0$$

$$H_{TNT} : \text{TNT patlayıcısının patlama sıcaklığı} = 2950 \text{ C}^0$$

$$W_{TNT} = \left(\frac{H_E}{H_{TNT}} \right) W_E = \left(\frac{4050}{2950} \right) 0,168 = 0,231 \text{ kg TNT}$$

C14 kolonunda yıkım için kullanılacak patlayıcılar 2 x 4 x 60 g TNT olacak şekilde düzenlenmiştir.

2.kat B38 kirişi kesitleri: 30 x 60 cm dir.

$$A=0,3 \times 0,6 = 0,18 \text{ m}^2$$

$$C_A=0,8 \text{ kg/m}^2$$

Patlayıcı miktarının ağırlığı L (kg);

$$L=C_A.A = 0,18.0,8 = 0,144 \text{ kg (No 3.Kiri dinamiti)}$$

TNT patlayıcısı cinsinden patlayıcı miktarı (W_{TNT}) aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$H_E : \text{No 3.kiri dinamiti patlama sıcaklığı} = 4050 \text{ C}^0$$

$$H_{TNT} : \text{TNT patlayıcısının patlama sıcaklığı} = 2950 \text{ C}^0$$

$$W_{TNT} = \left(\frac{H_E}{H_{TNT}} \right) W_E = \left(\frac{4050}{2950} \right) 0,144 = 0,198 \text{ kg TNT}$$

B38 kirişinde yıkım için kullanılacak patlayıcılar 2 x 2 x 100 g TNT olacak şekilde düzenlenmiştir.

Örnek olarak 1. aşamaya ait patlayıcı miktarlarını verirsek;

Tablo 15.9 Birinci aşamada yıkım için kullanılan patlayıcı miktarları

Kat	Yapı Elemanı	Miktarı (adet x g)		Patlayıcı cinsi
		i	k	
Bodrum	C12	4 x 60	4 x 60	TNT
Bodrum	C13	4 x 165	4 x 165	TNT
Bodrum	C14	4 x 60	4 x 60	TNT
Bodrum	C20	4 x 60	4 x 60	TNT
Bodrum	C21	4 x 60	4 x 60	TNT
Bodrum	C22	4 x 60	4 x 60	TNT
2.kat	C12	4 x 40	4 x 40	TNT
2.kat	C13	4 x 165	4 x 165	TNT
2.kat	C14	4 x 40	4 x 40	TNT
2.kat	C20	4 x 40	4 x 40	TNT
2.kat	C21	4 x 40	4 x 40	TNT
2.kat	C22	4 x 40	4 x 40	TNT
Toplam 6,640 kg patlayıcı				

Genel olarak yıkımda kullanılan patlayıcı miktarlarını verecek olursak;

1. aşama için : 6,640 kg TNT

2.aşama için : 27,238 kg TNT

3.aşama için : 56,936 kg TNT

Toplam : 90,814 kg TNT kullanılmıştır.

Üç aşamada planlanan yıkımda aşamalar arasındaki zaman adımı 0,50 saniye olarak sabitlenmiştir. Bu zaman adımının yapı sisteminin yıkımı için uygun olduğu düşünülmüştür.

Sonuç olarak; 6 katlı betonarme binanın yıkım projesi 126 kiriş ve 32 kolonda toplam 90,814 kg. TNT kullanılarak zaman adımı 0,50 s olan 3 aşamada gerçekleştirilmiş ve sonuç olarak binanın içe doğru antisimetrik olarak yıkımı sağlanmıştır.

12. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz önemli deprem kuşağı üzerinde olduğundan ,deprem sonrası hasar gören yapıların güçlendirilmesi/onarılması veya bu güçlendirmenin yapı maliyetinin %30-40'ını geçmesi halinde patlayıcı madde kullanarak yıkımı her zaman karşılaşılabileceğimiz yöntemler olmaktadır. Bu problemlere maruz kalmamak için yeni yapı sistemleri günümüz yönetmeliklerinde de belirtildiği üzere depreme uygun tasarlanmalı , saplama kirişleri kullanmaktan kaçınmalı, zayıf kolon-güçlü kiriş kontrolleri yapılmalı, binanın her iki yönde simetrik olarak tasarımının yapılmasına çalışılmalıdır.

Binaların patlayıcı madde kullanılarak kontrolü yıkımı; zaman, güvenlik ve yıkım sonrası çalışmalar açısından avantajlar sağlamaktadır. Yıkımın birkaç saniye içerisinde gerçekleşmesi hasarlı binadan dolayı oluşabilecek yıkılma, göçme vb. tehlikeleri en aza indirmektedir. Binanın istenilen doğrultuda yıkımını gerçekleştirebilmek amacıyla taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan hesaplara ek olarak patlatma sonucu çevreye yayılacak parçalar, vibrasyon ve ses gibi etkilerde göz önüne alınmaktadır. Bu hesaplar ve alınacak önlemler patlayıcı kullanarak yıkımı güvenli kılar. Taşıyıcı elemanlarda kullanılacak patlayıcı madde miktarları ve yerleşimleri neticesinde yıkım sonrasında ortaya küçük parçalar çıkması, mekanik yöntemlerle yıkımda karşılaştığımız yıkım sonrası büyük bir parçalama işlemine gerek bırakmamaktadır. Bu sebeplerden dolayı mevcut binaların güçlendirme maliyetinin aşılması halinde yıkım için patlayıcı madde kullanmak hız ve yıkım sonrası çalışmaların kolaylığı açısından tercih edilmelidir.

Son yıllarda mekanik yöntemlerin yanı sıra yapıların patlayıcı madde kullanılarak yıkılması metodları gelişmektedir. Yıkımın istenilen şekilde gerçekleşmesini sağlayabilmek için yapının özellikleri, yapı sisteminin özellikleri, patlayıcıların yapı üzerindeki etkileri ve patlamanın çevrede yarattığı etkileri incelenmelidir.

Yapıların patlayıcılarla yıkımında teorik ve deneysel verilerle yıkımında etkin olan bütün faktörler göz önüne alınarak yıkım projesi oluşturulmalıdır. Ülkemizde çok az kullanılan bu yöntem için gerekli olan teknoloji, teknik ekipman ve personel eğitimine önem verilmeli, bu yöntemin yaygın olarak ülkemizde de kullanılabilmesi amacıyla çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alsaç,Ü.**,1990,Yapıları Bozan Etkenler,İnşaat Dergisi,Mayıs,68
- Altın,S.Demirel.**, Temmuz 1997, Kesmeye Karşı Güçlendirilen Betonarme Kirişlerin Davranışı, Teknik Dergi,Cilt 8 Sayı 3
- Bahadır,F.**,2002, Betonarme Yapıların Patlayıcılar ile Kontrollü Yıkımı,Selçuk Üniversitesi FenBİlimleri Enstitüsü,Konya
- Bayülke, N.**,1995, Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi,İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayımı , İzmir,2001
- Can,H.**, 1994,Betonarme Kolonların Komşu İki Yüzünden Manto İle Onarımı ve Güçlendirilmesi, İMO Teknik Dergi
- Can,H.**,Ocak 1996, Komşu İki Yüzünden Mantolanmış Betonarme Kolonların Deprem Davranışı,Teknik Dergi,Cilt 7 Sayı 1
- Celep,Z.,Kumbasar,N.**,2005,Betonarme Yapılar, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Profesörleri, İstanbul
- Computers and Structures INC.**, Ocak 2002, ETABS Versiyon 8.00 Kullanım Klavuzu.
- Demir, H.**,1992, Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirmesi,İTÜ ,İstanbul.
- Guftaffson,R.**,1973,Swedish Blasting Technique,SPI
- Hasgür,Z., Taşkın,B.**, Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Hasar İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçevevi Yapılarda Tayini,Prof. Dr. Kemal Özden'i Anma Semineri, İTÜ,İstanbul
- Jimeno,C.L.,Carcedo F. J.A.**,1994, Drilling and Blasting of Rocks,A.A BALKEMA/ROTTERDAM/BOOKFIELD
- Kumbasar , C.**, 2000, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul
- Soysal,Ö.**,1998,Betonarme Binaların Patlamalarla Yıkılması,İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul
- Tankut,T.,Arslan,M.**,Ekim1992,Epoksili Çelik Plaka İle Güçlendirilmiş Betonarme Kiriş Davranışı,İMO Teknik Dergi

KAYNAKLAR (Devam)

TS500,Nisan 1984,Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları,Türk Standartları Enstitüsü,Ankara

1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,1997,İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:25