

Betonarme Yapılarda Performans Analizi

Mehmet Atmaca

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2013

Reinforced Concrete Structures Performance Analysis

Mehmet Atmaca

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

July 2013

Betonarme Yapılarda Performans Analizi

Mehmet Atmaca

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

Danışman: Doç. Dr. Mizan DOĞAN

Temmuz 2013

ONAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Mehmet Atmaca'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Betonarme Yapılarda Performans Analizi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Mizan DOĞAN

İkinci Danışman :-

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Doç. Dr. Mizan DOĞAN

Üye : Prof. Dr. Eşref ÜNLÜOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Volkan OKUR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet CANBAZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Melih KUŞHAN

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

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Deprem kuşağında bulunan ülkemiz için deprem hasarlarını azaltmanın bir yolu da depremde hasar gören yapıları yıkmak yerine bu yapıları bir daha aynı hasarı oluşturmayacak şekilde onarım-güçlendirerek kullanıma sunmaktır. Ülkemiz ekonomik kaynaklarının kıt, yapı maliyetlerinin yüksek ve konut ihtiyacının çok olması onarım-güçlendirmeyi daha da ön plana çıkarmaktadır. Ancak, onarım-güçlendirmeyi gerektiren durumların zamanında yapılan yanlış ve eksik uygulamaların bir sonucu olduğu bilinerek yapılması ve aynı hataya düşülmemesi bu uygulamanın esasıdır. Ülkemizin deprem kuşağında bulunmasından dolayı onarım-güçlendirme eğitiminin ve standardının boyutları eğitici ve uygulayıcı bir şekilde belirlenmesi kaçınılmaz olduğu açıktır. Bu yüzden yıllar sonra deprem yönetmeliğinde onarım-güçlendirme bölümü oluşturulmuştur. Bu çalışmada yönetmelikteki bu bölüme göre güçlendirme teknik, uygulama ve ekonomik yönleri ile incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme yapı, performans analizi, onarım güçlendirme

SUMMARY

For our country in seismic zone, another way is reducing earthquake damage is that buildings which were damaged in earthquake instead of demolish them these buildings should be rehabilitated and strengthening thus they do not have same damage once more. Because our country of economic sources are low, construction cost are high and dwelling demands are high, repairing – strengthening is essential. However; this application is important that it has to be known to construct and not to construct same defect due to conditions which are needed to repairing-strengthening, in time which is adopted result of faulty and defective application. Therefore our country is in the seismic zone, it is important that education of repairing – strengthening in a high quality standarts with applied practices. Hence after years repairing - strengthening section has been made up in the earthquake code. According to codes strengthening has been studied by technical, economic and application aspects.

Keywords: Reinforced concrete structures, performance analysis, repairing strengthening

TEŞEKKÜR

Derslerimde ve tez çalıőmalarımnda bana danıőmanlık ederek beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danıőmanım Doç. Dr. Mizan DOĞAN'a teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	
1. GİRİŞ	1
1.2. Onarım Güçlendirme	5
1.3. Onarım Güçlendirmede Genel Kabul ve İlkeler	12
1.4. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	13
1.5. Literatür Çalışmaları	15
BÖLÜM 2	
2. MEVCUT BİNALARDA YAPISAL DÜZENSİZLİKLER	17
2.2. Planda Düzensizlikler [A Düzensizliğı]	18
2.2.1. A1 Burulma Düzensizliğı	18
2.2.2. A2 Düzensizliğı [Boşluk]	19
2.2.3. A3 Düzensizliğı [Çıkıntı]	20
2.2.4. Yapılardaki Çıkma Düzensizliğı	21
2.3. Yapının Yüksekliğı Boyunca Olan Düzensizlikler [B1 – B2 – B3]	23
2.3.1. B1 Düzensizliğı [Zayıf Kat]	23
2.3.2. B2 Düzensizliğı	26
2.3.3. B3 Düzensizliğı	27
BÖLÜM 3	
3. GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER	28
3.1. Yerinde Döküm Normal Beton	29
3.2. Büzülmesi (Rötresi) Telafi Edilen Veya Genleşen Çimento	30
3.3. Polimerli (Polimerle Özelliğı İyileştirilmiş) Beton	30
3.4. Reçine Betonları	31
3.5. Püskürtme Beton	32
3.6. Reçineler	34
3.7. Harçlar	35

İÇİNDEKİLER (devam)

BÖLÜM 4

4. TAŞIYICI ELEMANLARIN GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ	38
4.1. Kolonların Yerel Onarım-Güçlendirilmesi	38
4.1.1 Kolonlarda Betonarme Mantolama	39
4.1.2. Çelik (Profil-Kılıf) Manto ile Kolonların Onarım Güçlendirilmesi	43
4.1.3. Yeni Kolon ve Perde İlavesi	44
4.2. Kirişlerin Onarım-Güçlendirilmesi	47
4.2.1. Kirişlerde Yerel Onarımlar	47
4.2.2. Betonarme Manto ile Kirişlerin Onarım-Güçlendirilmesi	48
4.2.3. Çelik Levha ile Kirişlerin Onarım-Güçlendirilmesi	49
4.2.4. Çelik Kılıf ile Kirişlerin Onarım-Güçlendirilmesi	50
4.3. Temellerin Onarım-Güçlendirilmesi	51
4.4. Perdelerin Onarım Güçlendirilmesi	53
4.5. Kiriş ve Kolon Birleşim Bölgesinin Onarım-Güçlendirilmesi	54

BÖLÜM 5

5. GÜÇLENDİRİLECEK BİNALARDAN BİLGİ TOPLANMASI	57
5.2. Mevcut Yapıların Beton Dayanımının Belirlenmesi (Karot)	64
5.3. Schmidt Çekici ile Yerinde Basınç Dayanımının Elde Edilmesi	72
5.4. İstatistiki Olmayan Değerlendirme	73

BÖLÜM 6

6. BİNA PERFORMANSININ BELİRLENMESİ	74
6.1. Hemen Kullanım Durumu	79
6.2. Can Güvenliği Durumu	79
6.3. Göçmenin Önlenmesi Durumu	80
6.4. Göçme Durumu	80

BÖLÜM 7

7. SONUÇ VE ÖNERİLER	84
-----------------------------------	-----------

KAYNAKLAR DİZİNİ	87
-------------------------------	-----------

EKLER

Ek 1. Bina Performansının Belirlenmesi	90
E1. Planı Verilen Yapıda Kiriş Performans Analizi	90
E1.1. Artık Moment Hesabı	91
E1.2. Kiriş Davranış Kontrolü	91
E1.3. Kirişlerin Deprem Performansının Belirlenmesi	95

İÇİNDEKİLER (devam)

E1.3.a. Hesaplanan Kiriş Gevrek Kırılma Gösteren Kiriş İse	101
E2. Planı Verilen Yapıda Kolon Performans Analizi	102
E2.1. Kolonların Eksenel Yük Hesabı	104
E2.2. Kolon Eksenel Kuvvet Üst Sınırı	106
E2.3. Kolon Kesme Kapasitesinin Belirlenmesi	110
E2.4. Kolon Gevrek Kırılma Kontrolü	110
E2.5. Kolonların Deprem Performansının Belirlenmesi	113
E2.6. Kolon Performansının Değerlendirilmesi (+X)	117
E3. Güçlendirilmiş (Manto) Kolon Performans Analizi	119

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Deprem Etkisi	2
1.2. Deprem Yüklerinin Aktarımı	3
1.3. Performans Analizinin Akış Diyagramı	4
2.1. Yapı Geometrisinin Etkisi	17
2.2. Yapılarda Burulma Düzensizliği Etkisi	19
2.3. A2 Düzensizliği	20
2.4. A3 Düzensizliği	20
2.5. Yapılarda Çıkma Düzensizliği Örnekleri	22
2.6. Çıkma Düzensizliğinden Hasar Gören Yapı Örnekleri	22
2.7. Dolgu Duvarın Davranışı	24
2.8. Dolgu Duvarın Yatay Yükler Altında Etkisi	24
2.9. B1 Düzensizliğinin Önlenmesi Durumları	25
2.10. Yumuşak Kat Hasarları ve Sebepleri.....	26
2.11. B3 Düzensizliği ve Uygulamadaki Örnekleri (Eskişehir)	27
4.1. Kolonlarda Yerel Onarım	39
4.2. Kolonlarda Mantolama	40
4.3. Mevcut Donatı ile Yeni Donatının Birlikte Çalışması	41
4.4. Donatıların Katlar Arasında Sürekliliğinin Sağlanması	42
4.5. Fretli Kolonlarda Mantolama Uygulamaları	43
4.6. Kolonların Onarım-Güçlendirilmesi	44
4.7. Yeni Perde ve Kolon İlavesi	45
4.8. Kolon ve Perde İlavesinde Mevcut Elemanlarla Bağlantısı	47
4.9. Kirişlerin Mantolanmasına Ait Uygulamaları	49
4.9b. Kirişlerin Çelik Levhalar İle Onarım-Güçlendirilmesi	50
4.10. Kirişlerin Çelik Levhalar İle Onarım-Güçlendirilmesi Örnekleri	51
4.11. Temel Onarım-Güçlendirilmesinde Bağlantı Detayı	52
4.12. Perde Onarım-Güçlendirme Bağlantı Detayı	54
4.13. Kolon Kiriş Birleşim Bölgesi Onarım-Güçlendirme Uygulaması	55
5.1. Beton Dayanımının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	65

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

5.2.	Beton Dayanımında Etkili Olan Parametreler	66
5.3.	Taşıyıcı Elemanlardan Karot Alma Noktaları	67
5.4.	Karot Alma Örneği	70
5.5.	Beton Numune Boyut Etkisi	71
6.1.	Deprem Etkime Dönüşüm Düzeyleri	75
6.2.	Yapıların Performans Düzeyleri	76
6.3.	Verilen Bir Kolon Kesitinin M-K İlişkisinin Karşılaştırılması (DY, FEMA ve EC8)	78
6.4.	Hedeflenen Performans Durumu	81
6.5.	Beton ve Çelik Performans Düzeyleri	82
7.1.	Ek 1. Yapının planı ve çerçevenin verileri	86
7.2.	Ek 1. Seçilen çerçevenin düşey yük ve deprem moment alanı	87
7.3.	Ek 1. Seçilen çerçevenin düşey yük ve deprem moment alanı	88
7.4.	Ek 1. Seçilen kirişin düşey yüklerden oluşan kesme kuvvet değerleri	90
7.5.	Seçilen kirişin düşey yüklerden ve depremden oluşan kesme kuvvet değerleri	91
7.6.	Ek 1. Seçilen kirişin etki-kapasite oranlarının grafik olarak bulunması	93
7.7.	Ek 1. Seçilen kirişin mevcut ve yönetmelik performans değerleri	96
7.8.	Ek 1. Yapının tüm kirişin mevcut ve yönetmelik performans değerleri	97
7.9.	Ek 1. Seçilen kirişin gevrek olması durumundaki performans değerleri	98
8.1.	Ek 2. Kolon N-M diyagramı	99
8.2.	Ek 2. Kolon aksenal kuvvetinin belirlenmesi	100
8.3.	Ek 2. Kolon N-M diyagramı	101
8.4.	Ek 2. Kolon N değerinin belirlenmesi	102
8.5.	Ek 2. Kiriş kesme kuvvetinin belirlenmesi	104
8.6.	Ek 2. Kolon N-M diyagramı ile taşıma kapasitesinin belirlenmesi	105
8.7.	Ek 2. Orta bir kolonda kesme güvenliğinin belirlenmesi	108
8.8.	Ek 2. Kenar bir kolonda kesme güvenliğinin belirlenmesi	108
8.9.	Ek 2. Kolon performans değeri	112
8.10.	Ek 2. Bir yapıdaki tüm kolonların performans değerleri	113
9.1.	Ek 3. Kolon mantolama uygulaması	119

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

9.2.	Ek 3. Güçlendirme uygulamaları	121
9.3.	Ek 3. Kolon güçlendirme uygulaması	121
9.4.	Ek 3. Kolon güçlendirme sonucu oluşan kesit tesirleri	122
9.5.	Ek 3. Güçlendirme sonucunda kolon moment ve eksenel kuvvet taşıma kapasitesi	123
9.6.	Ek 3. Güçlendirme sonucunda kolon N-M diyagramı	124
9.7.	Ek 3. Güçlendirme sonucunda kolon taşıma kapasitesi	124

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Düzensiz Binalar	18
2.2. B Düzensizlikleri	23
2.3. B2 Düzensizliğini Değişimi	26
5.1. Donatı Gerçekleşme Katsayılarının Belirlenmesi	61
5.2. Beton Sınıfının Tespiti	62
5.3. Bilgi Düzeyi Katsayıları	64
5.4. Karot Dayanımının Belirlenmesi	73
6.1. Binalar İçin Farklı Deprem Etkileri Altında Hedeflenen Performans Düzeyleri	76
6.2. Malzeme Dayanım Sınır Durumları	82
7.1. Ek 1. Yapının verileri	86
7.2. Ek 1. Çerçevenin deprem yükleri ve moment alanları	87
7.3. Ek 1. Seçilen kirişin taşıma gücü momentleri	88
7.4. Ek 1. Seçilen kirişin artık moment değerleri	89
7.5. Ek 1. Seçilen kirişin donatı oranları	91
7.6. Ek 1. Seçilen kirişin artık moment değerleri	92
7.7. Ek 1. Seçilen kirişin j ucu artık moment değerleri	95
8.1. Ek 2. Seçilen kolonun kesit tesirleri	100
8.2. Ek 2. Seçilen kolonun kesit taşıma gücü ve artık moment değerleri	104
8.3. Ek 2. Seçilen kolonun kesit tesirleri	105
8.4. Ek 2. Seçilen kolonun kesit tesirleri	109
8.5. Ek 2. Seçilen kolonun etki kapasite oranı	113
8.6. Ek 2. Deprem yönetmeliğindeki görelî kat ötelenme sınır değerleri	114
9.1. Ek 3. Kolon kesme ve moment değerleri	122

BÖLÜM 1

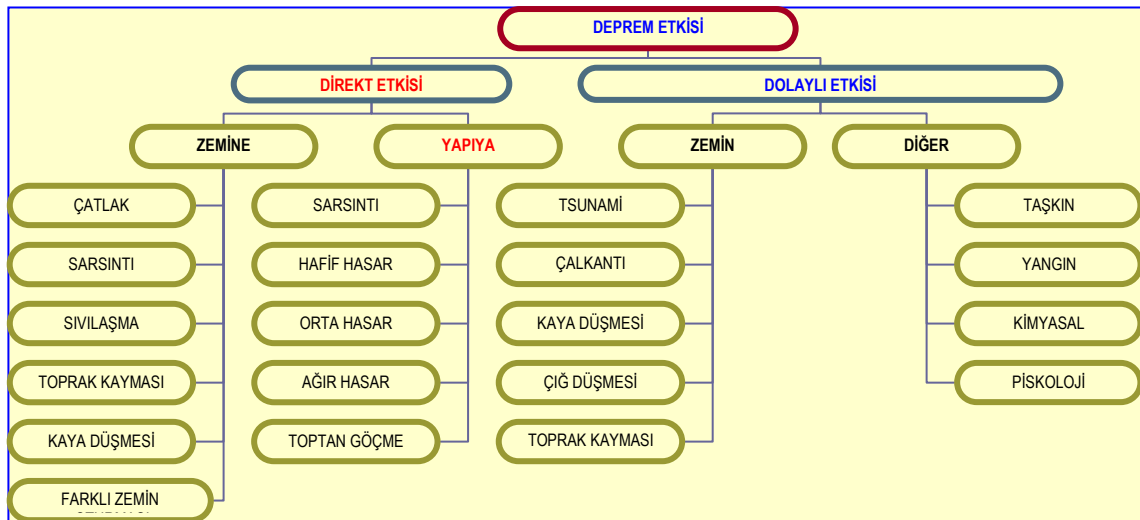
1. GİRİŞ

İnsanların yaşam boyu ve her an en büyük ihtiyaç duyduğu beslenmeden sonra gelen zorunlu ihtiyacı barınmadır. Bu nedenle dünyanın her yerinde barınma maliyet bakımından birinci öncelikli konu olmasından dolayı konutlarla ilgili çalışmalar öne çıkmış bulunmaktadır. Konutlar sabit olmasından dolayı hem oturma alanına hemde üst yapısına ve sürekli bakımına ihtiyaç duyulmaktadır. Maliyet bakımından da bakıldığında konutlar birinci maliyetli ihtiyaçların en başında gelmektedir. Bu nedenlerden dolayı konutların yeniden yapılması maliyet, zaman ve diğer etkilerden çok mümkün olmaktadır. Bu durum mevcut yapıların güçlendirilmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Bu zorunluluğu çözmek için 2007 Deprem Yönetmeliğine kadar bu ihtiyaca yönetmelik bakımından bir çözüm getirilmemiştir. Bu yönetmelikle özellikle mevcut binaları değerlendirme ve güçlendirme konusunda getirdiği performans yaklaşımı ile ülkemizde deprem mühendisliği uygulamalarında önemli bir açılım olmuştur. Mühendislik hizmeti veren teknik kişiler özellikle 1999 depreminden sonra birçok güçlendirme yaptıktan sonra bu yönetmelik uygulamaya girmiştir. Bu durum aynı bir bölgede izinsiz yapılaşma olduktan sonra imar gelmesi gibi olmuştur. 2007 yönetmelik gelecek yıllarda inşaat mühendisliği eğitimi ve deprem mühendisliği araştırmaları üzerinde önemli etkisi olacaktır. Bununla birlikte yeni yönetmelikle uygulama yaşamımıza giren performans esaslı deprem mühendisliğinin anlaşılması ve yerleşmesi zaman alacaktır.

Ülkemiz binlerce yıl boyunca, can ve mal kaybına neden olan büyük depremlere maruz kalmıştır. Özellikle son yıllarda meydana gelen 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Ceyhan, 1999 Marmara, 1999 Düzce, 2002 Afyon, 2003 Bingöl, 2010 Simav ve 2011 Van depremlerinden sonra Türkiye’de deprem konusunda mevcut teknik bilgilere yöneliş ve artan bir ilgi izlenmektedir. Bilindiği gibi depremin kendisinin değil, yıkılan binaların insanları öldürdüğü göz önüne alındığında, uzun vadede depreme hazırlıklı olmanın depreme dayanıklı binalarda yaşamaktan başka çözümü olmadığı açıktır. Bir yapının depreme dayanıklı olarak tasarımında amaç, yapının kullanım ömrü boyunca yapıldığı bölgede oluşması beklenen en şiddetli depremde göçmeden ayakta

kalabilmesini ve can güvenliğini sağlamaktır. Bir yapının şiddetli bir depreme maruz kalma sıklığı sabit yük, hareketli yük gibi etkilere göre çok daha seyrekler. Tüm yapıların bu tür şiddetli depremleri elastik davranış göstererek ve hasar görmeden geçirecek şekilde tasarlanması, ekonomik olmayan ve uygulanması çok güç çözümlere neden olmaktadır. Bu nedenle depreme dayanıklı, uygulanabilir ve ekonomik olan çözüm ancak yapıda hasar oluşmasına izin verilerek sağlanabilmektedir. Hal böyle iken ülkemizin yaklaşık %90'ın deprem riski, özellikle de endüstri ve yerleşimin en yoğun olduğu Marmara Bölgesinin %95'e varan Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisi altında olduğu düşünülürse depremin etkisi daha açık ortaya çıkmaktadır.

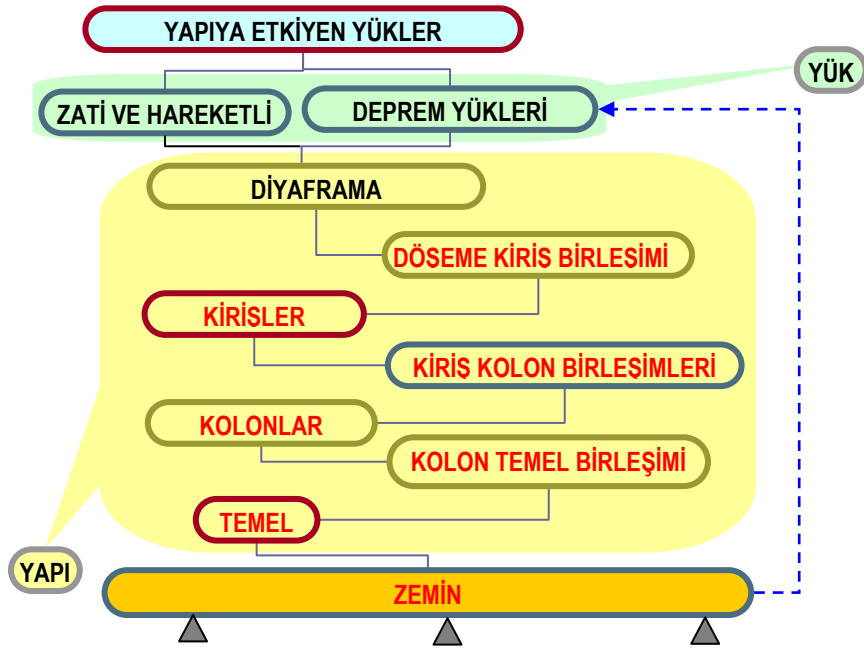
Yapıların boyutlandırılmasında taşıma gücü yönteminin en önemli özelliği kullanılacak malzemenin davranışının bilinmesi olduğu gibi deprem hareketinin de bilinmesi depremin taşıma gücü sayılabilir. Önce deprem hareketinin ve yapının davranışı belirlenir sonra bu davranışa cevap verebilecek malzeme, kesit, birleşim ve boyutlandırma yapılarak olası deprem etkileri ortadan kaldırılır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Deprem etkisi

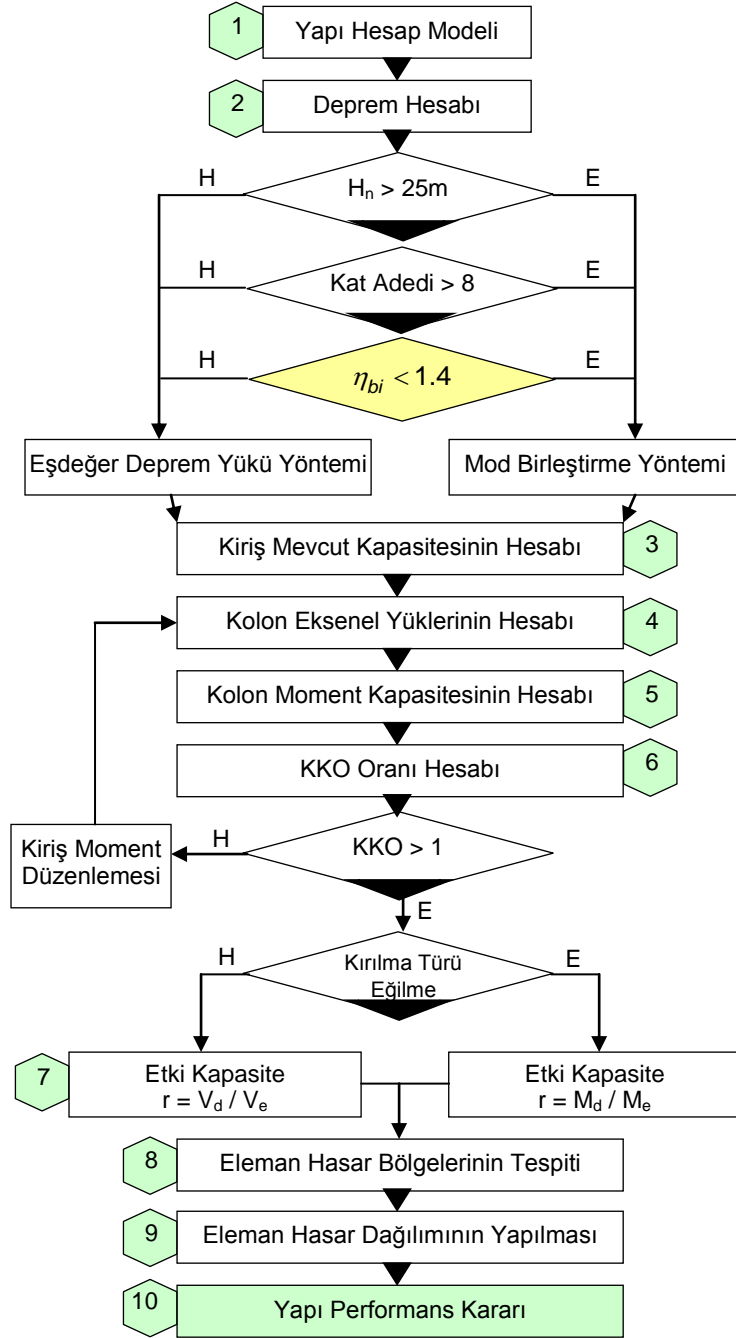
Depremin etkisi zemine (doğaya ve suya), canlılara ve yapıya etkimesinden dolayı etki alanı çok geniştir. Etki alanının geniş olmasından dolayı verdiği hasarda o denli çok olmaktadır. Depremin sismik etkisinden bir hasar olmaz iken suya kattığı etkiden dolayı Japonya'da 11 Mart 2011 oluşan 38 m yüksekliğindeki tsunamiden 16000 kişi ölmüş ve 3760 kişi kayıp milyonlarca konut hasar görmüştür. 17 Ağustos

1999 Marmara depreminde yaklaşık aşağıdaki deprem etki şemasında görülen tüm etkiler oluşmuştur. Bu şemada görülen etkilerin her biri bir çalışma ve ders konusudur. Burada depremin direkt etkisi açıklanmaktadır. Yukarıdaki çizelgede depremin yapıya olan etkilerini minimum düzeyde tutarak yapının hasar görmemesi için yapının maruz kaldığı yükleri emniyetli bir şekilde taşımasıyla mümkündür. Bunun için yapı elemanları aşağıdaki çizelgede belirtilen yükleri deprem esnasında taşımasına bağlıdır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Deprem yüklerinin aktarımı

Dünyada ve ülkemizde konut maliyetlerinin yüksek olmasından ve depremin sık görülen doğal afet olmasından dolayı depremde hasar gören yapıların güçlendirilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu çalışmada betonarme yapılarda güçlendirme teknikleri yönetmelikte verilen kriterler dikkate alınarak incelenmektedir. Bir yapının performans analizinin incelenmesi sırası akış diyagramı aşağıdaki şekilde olur. Onarım-güçlendirme tek bir terim olarak düşünülmesi uygun olacağından tezin diğer bölümlerinde böyle kullanılmıştır.



Şekil 1.3. Performans analizinin akış diyagramı

Bu tezin;

1. Bölümde onarım-güçlendirmenin gereksinimi ve uygulaması
2. Bölümünde depremin özellikleri, düzensizlikler ve depremin yapılara olan etkileri,
3. Bölümünde güçlendirmede kullanılan malzemeler ve özellikleri,

4. Bölümde yapıların performans hesabı,
5. Bölümde taşıyıcı elemanların güçlendirme teknikleri
6. Örnek kolon mantolama ile güçlendirme örneği,
7. Bölümde ise sonuç ve öneriler açıklanmaktadır

1.2. ONARIM GÜÇLENDİRME

Güçlendirme, hasar görmemiş bir yapı veya yapı elemanını,

1. İstenilen bir güvenlik düzeyine çıkarmak için,
 - 1.1. Yatay ve düşey yük taşıma kapasitesini artırmak,
 - 1.2. Sünekliğini artırmak,
 - 1.3. Mevcut ve deprem esnasında oluşabilecek düzensizlikleri gidermek
 - 1.4. Mevcut ve üzerinde çalışılan yönetmeliklere uygun hale getirmek,
2. Yapının istenilen,
 - 2.1 Kullanım fonksiyonunu bozmadan (konut, iş yeri, garaj vb.),
 - 2.2 Servis süresince konforunu (harcamaları) minimum etkileyerek (ışık, ısı, ses)
 - 2.3 Hacmini aşırı değiştirmeden (beton yerine çelik veya elyaf kullanarak)
 - 2.4 Mimarisini bozmadan,
 - 2.5 Güçlendirme maliyetini (yapım maliyetinin maksimum %40, yapı tarihi ise bu orana bakılmaz) minimum seviyede tutmak kaydıyla,
 - 2.6 Her aşamasının yönetmelik kriterlerine göre ve eğer yönetmelik mevcut değilse (betonarme su tankının veya baraj gövdesinin güçlendirilmesi gibi) dünyada kabul görmüş yönetmelik kriterlerine göre projesinin hazırlanması gibi,

yapılan işlemlerin tamamına denir.

Onarım ise hasar görmüş bir yapıyı eski haline getirmek için yapılan işlemlerdir. Onarım ile güçlendirmeyi birbirinden ayırmak doğru değildir. Onarılması planlanan yapıyı aynı zamanda güçlendirmek yapının tekrar hasar görmemesi için kaçınılmazdır. Örneğin cadde üzerindeki bir yapıya bir araç çarpması sonucu oluşan hasarı onararak eski haline getirmek bu hasarın bir daha olmayacağı anlamına gelmezken söz konusu yapının onarılırken güçlendirilmesi bu hasarın bir daha olmayacağı veya daha az olacağı

anlamına gelir. Bir yapıda oluşan deprem hasarını onarmak içinde aynı şeyler daha acil geçerlidir.

Kolon, perde ve kiriş gibi eleman bazında onarım güçlendirme yapılabilir. Ancak bazen bu bireysel eleman onarım güçlendirilmesi,

- a. Bu elemanların yapıda çok olması,
- b. Yapıda komşu elemanlar arasında dayanım farklılığından dolayı düzensizlik oluşması,
- c. Kirişi güçlendirilirken kolonun zayıf kalması ve DY 3.3. düzensizliğin ortaya çıkması,
- d. Yapının yeterli yanal rijitliğe sahip olmaması ve bunun çok sayıda kolon güçlendirilmesi yerine perde yapılarak rijitliğin daha çok artırılmasına rağmen güçlendirme maliyetini düşürmesi,
- e. Yapıda düzensizliklerin bulunması (A1, A2, A3, B1, B2, B3),
- f. Yapının bütünlüğünün bozulması gibi,

nedenlerden dolayı uygun değildir. Bu nedenle yapının elemanlarının değil sisteminin güçlendirilmesi daha uygun olur. Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, *eleman güçlendirmesi* olarak tanımlanır. Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütlelerinin azaltılması işlemleri *sistem güçlendirmesi* olarak tanımlanır. Binaların güçlendirilmesinin genel amacı, deprem hasarlarına neden olacak kusurlarının giderilmesi, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak yeni elemanlar eklenmesi, kütle azaltılması, mevcut elemanlarının deprem davranışlarının geliştirilmesi, kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması türündeki işlemleri içerir.

Güçlendirme;

- a. Yapıya istenilen performansı kazandırmak,

- b. Maliyeti minimumda tutmak,
- c. Mevcut yapıya minimum düzeyde dokunmak (son çalışmalarda hedef içinde oturulurken veya kullanılırken güçlendirmek),
- d. Güçlendirme süresini minimuma indirmek,
- e. Yapının bulunduğu bölgede bulunan malzeme ve iş gücünü kullanarak yapmak,
- f. Yapının içinden ve dışından mimari olarak güçlendirildiğini hissettirmemektir.

Güçlendirilecek yapı hasta bir yapı olduğu için bu hastanın neresinin ne zaman ve şartlarda (yürürken, koşarken) acıdığı ve ne yediğinin bilinmesi için yanında uzun süre kalınarak (inceleme) çok iyi tanınması tahlil (karot alınması) ve film (donatı röntgeni) sonuçlarının incelenmesi gerekir. Değilse karşıdan bakınca karar vermek zordur. Kişi griptir ayakta duramaz. Güçlendirilecek yapıya yaklaşımda aynı yapının tüm elemanları tanınmalıdır. Onarım - güçlendirme yapılacak yapının hasar durumunun ve dayanım rijitliğinin belirlenmesi onarım-güçlendirmenin en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Deprem bölgelerinde deprem sonrası yapılan hasar belirleme çalışmalarında bir yapıya değişik teknik elemanlarca değişik kararlar verilerek halkı ve yargıyı çelişkili duruma düşürüldüğü basından defalarca yayınlanmıştır. Bu nedenlerden dolayı onarım-güçlendirme her aşamasıyla yönetmelik bazında kriterleri ile belirlenmelidir. Bu sebeplerden dolayı deprem yönetmeliğinin 7. bölümünde bu duruma kısmında olsa bir açıklık getirilmiştir. Onarım güçlendirmede etkili olabilecek parametreler,

- a. Yapının kullanım fonksiyonu (konut, işyeri, okul),
- b. Yapının mülkiyeti (özel, kamu),
- c. Yapının yaşı (uygulanan yönetmelik),
- d. Yapının bulunduğu yerdeki mevcut ve sonra uygulanacak imar mevzuatı,
- e. Yapıyı inceleyen teknik heyetin onarım-güçlendirme tecrübesi,
- f. Onarım-güçlendirme yapacak iş gücü ve malzemenin temini,
- g. Yapının bulunduğu bölgenin deprem aktivitesi,
- h. Onarım-güçlendirmenin yapının kullanım fonksiyonuna getireceği kısıtlamalar,
- i. Onarım-güçlendirme maliyeti ve süresi,
- j. Onarım-güçlendirmenin olası depremler için yapıya kattığı dayanımın yapı sahibindeki izi,

- k. Onarım-güçlendirme yapılacak mevsim,
- l. Yapı sakinlerinin onarım-güçlendirmeye psikolojik yönden yaklaşımı,
- m. Yapının tarihi eser, anıt, sosyal ve kültürel özelliği (Odunpazarı evleri gibi)

olarak sayılabilir. Bu parametreler geniş olarak açıklanabileceği gibi her biri aynı derecede etkili olabilir. Kişinin depreme karşı psikolojik bir hassaslığı varsa ve yapısında onarım görmek onu rahatsız edeceği için onarım-güçlendirmeye müsaade etmeyecektir. Hatta deprem bölgesinden yüzlerce kilometre uzaklara göç etmektedir. Bu durumda diğer parametrelerin etkisi ortadan kalkar. Ancak ülkemizin deprem ülkesi olması ve kaynakların sınırlı olması onarım-güçlendirmenin bir yapı edinme yöntemi olmasını beraberinde getirmektedir. Deprem hasarına ve onarım-güçlendirmeye antipati ile yaklaşan kişiler konutlarını düşük maliyette satarak kendilerine buldukları yerde ve başka bölgelerde yeni yapılar yapmaktadır. Bu hasarlı yapıları alanlarda gerekli onarım-güçlendirmeyi yaparak yapı sahibi olmaktadır. Bu uygulama son İzmit ve Düzce depremlerinden sonra sadece bu tür yapıların alım satımını yapanlara bölgeye yapılan çeşitli incelemeler esnasında sıkça rastlanmaktadır.

Yapılardaki hasar durumunun ve mevcut yapıların olabilecek depremlerdeki dayanımların belirlenmesinde teknik elemanlar arasındaki farklı yaklaşımlar bu konuda bir teknik eksikliğin olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu eksiklikler, ülkemizin bir deprem bölgesi olması ve mevcut yapılarımızın büyük bir çoğunluğunun yürürlükte olan DY kriterlerini sağlamaması onarım-güçlendirmeyi esas kılmaktadır [1]. Bundan dolayı onarım-güçlendirmeyi içeren DY bu olaylara yaklaşım farklılıklarını azaltmıştır. Yönetmeliklerin yapının dayanımlarına olan yaklaşım farklarını ortadan kaldırma beklenemez ama minimuma indirerek kontrol imkanı sağlar.

Bir yapının onarım-güçlendirilmesine karar verildiği zaman yapılması gerekenler,

- a. Onarım-güçlendirmenin gerekçelerinin ayrıntılı bir şekilde belirtilmesi
- b. Yapının varsa projesi yoksa röleve çıkartılarak mevcut halinin taşıyıcı özelliğinin belirlenmesi
- c. Onarım-güçlendirilmeden sonra yapının fiziksel durumunun ne olacağının belirlenmesi

- d. Onarım-güçlendirme metotlarının yapım, ulaşım, maliyet, malzeme temini ve gerekli teknik işgücü açısından araştırmalar yapılarak uygun olanın rapor halinde belirlenmesi
- e. Varsa çevrede ve diğer bölgelerde benzeri yapılan onarım-güçlendirme projeleri veya yapıların incelenmesi
- f. Onarım-güçlendirme yapısı ile çevre arasındaki uyuma etkisinin belirlenmesi için gerekli birimlerden görüş alınması
- g. Yapının tekrar incelenerek bir programın yapılması

olarak sayılabilir. Bir yapıya onarım-güçlendirme yapılması,

- a. Tasarım
- b. Proje
- c. Yapım
- d. Kullanım

aşamalarında yapılan yanlış uygulamaları ortadan kaldırmak için yapılan bir telafinin olduğu bilinmelidir. Yani yanlış uygulamalar sonucu geç kalmış ve bedeli hasar ve onarım-güçlendirme maliyetleriyle ödenen yeni bir dayanım almaktır. Bu nedenle yapının olması muhtemel depremlerde aynı duruma düşmemesi için bu aşamaların titizlikle yapılması depremlerden alınması gereken derslerin başında gelmesi gerekir. Onarım-güçlendirme projelerinin yapımı ve uygulaması diğer proje ve uygulamalara göre daha çok deneyim ve teknik bilgiye ihtiyaç duymasından dolayı yapım aşamasındaki incelemelerin önemi daha da artmaktadır. Depreme binlerce can, mal ve konut verdikten sonra geçte olsa uygulanmasına başlanan “Yapı Denetimi” kuruluşlarına ve bu konudaki teknik personele çok iş düşmektedir. Ancak bu uygulamanın onarım-güçlendirme işlerinde yetki ve sorumlulukları kesin olarak netlik kazanmamıştır. Yapının ilk yapımından farklı olarak onarım-güçlendirme projelerinde en önemli aşama uygulama kontrolü olduğu açıktır ve ihmal edilmemesi gerekir.

Yapı tasarımının genel amacı, belirlenen bir etkiye karşı yapıda gerekli dayanımı sağlamaktır. Klasik yapı tasarımı yaklaşımında etki ve dayanım genel olarak kuvvet türünden ifade edilir. Bu durumda verilen dış kuvvetler altında iç kuvvet dağılımları

hesaplanır ve yapı elemanları bu kuvvetleri karşılayacak dayanıma sahip olacak biçimde tasarlanır. Diğer yandan yapıda meydana gelen deformasyonların belirli sınırları aşmaması da yapının servis koşullarını sağlaması için gereklidir. “Kapasite Tasarımı İlkeleri” olarak bilinen ilkeler sayesinde doğrusal yöntemlerle tasarlanmış yapılar gerçek olan ve istenilen doğrusal olmayan davranışları gösterebilmektedir. Bu ilkelerin esas amacı yapıda istenilen süneklik düzeyini sağlamaktır. Süneklik ise bir yapının plastik şekil değiştirme yapabilme yeteneğidir. Sünekliğin sayısal tanımı ise, güç tükenmesi durumu ile elastik sınır şekil değiştirmenin oranı olarak yapılabilir. Süneklik herhangi bir etki ve karşı gelen şekil değiştirme için tanımlanabilir [2]. Tüm bu sonuçlar dahilinde doğrusal olarak tasarlanan yapılara gelecek deprem yükleri “Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı” ile azaltılıp yapıya etkitilmektedir. 1998 ve 2007 deprem yönetmeliklerinde de tanımlanan ve taşıyıcı sistem tipine göre deprem yükünün 4~8 kat azaltılmasını sağlayan, R_a Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı sadece bu yönetmeliklerde tarif edilen kurallar altında boyutlandırılan ve donatılan betonarme yapılar için geçerlidir. İşte bu sebepten, özellikle mevcut yapıların değerlendirilmesinde, performansa dayalı değerlendirme olarak isimlendirilen yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur. Mevcut kapsamlı yapı değerlendirme yöntemlerinin temel amacı güçlendirilecek yapıların performanslarının, öngörülen bir deprem etkisi altında çeşitli analiz yöntemleri ile tahmin edilmesidir. Ülkemizde “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DY)’ de tariflenen hesap yöntemlerini doğrusal (lineer) ve doğrusal olmayan (non-lineer) olarak iki genel gruba ayırmak mümkündür. Bu 2 farklı yaklaşımla yapıların deprem performansı belirlenebilmektedir [1].

1. Doğrusal elastik hesap yöntemleri (DY-7.5)
 - 1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
 - 1.2. Mod Birleştirme Yöntemi
2. Doğrusal olmayan (Nonlinear) yöntemleri (DY-7.6)
 - 2.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
 - 2.2. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
 - 2.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Yöntemlerden biri ile yapılır. Bu yöntemler DY'nin 7. bölümünde açıklanmaktadır. Bu yaklaşımlardan ilki, depremde bina performansının doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesidir. Bu hesap yöntemi genellikle kuvvet esaslı değerlendirme yöntemi için kullanılır. Yapının üç boyutlu (bazı özel durumlar altında iki boyutlu) modelinin oluşturulması gereklidir. İncelenecek olan yapının hesap ve modellemesi için gerekli olan boyut, plan krokisi, eleman detayları ve malzeme özellikleri gibi mevcut verilerine ihtiyaç vardır. İkinci bir yaklaşım da, depremde bina performansının doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile belirlenmesidir. Bu yöntem şekildeğiştirme esaslı olup, yapıların daha kapsamlı ve detaylı değerlendirilmesi açısından uygun bir yöntemdir. Yönetmelikte tanımlanan; artımsal itme analizi, artımsal mod birleştirme analizi veya zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ilgili şartlar dahilinde performans değerlendirilmesi işleminde kullanılabilir.

Deprem bu riski ve mevcut yapılarımızın çok olması dikkate alınınca ortaya bu yapıların güçlendirilmesi veya yıkımı gündeme gelmektedir. Onarım, bir yapı elemanının da yapılan incelemeler sonucunda yapının taşıma gücünde, rijitliğinde, duktilitesinde ve stabilitesinde hesaplar sonucu bulunan veya inceleme sonucu (çatlak, dökülme vb) görülen kaybı yapıldığı andaki mevcut durumuna getirmek için yapılan bir tür tamirattır. Güçlendirme ise hasarlı olan-olmayan elemanın taşıma gücünü, rijitliğini, duktilitesini ve stabilitesini mevcut durumundan daha iyi hale veya istenilen performans durumuna getirmek için yapılan iyileştirmedir. Bu iki terim birbirini tamamlamaktadır. Onarım yapılan bir elemanı önceki haline getirmek bundan sonraki etkilerde aynı elemanın yine hasar görmesi veya hasarı geciktirmek anlamına gelmektedir. Bundan dolayı bir eleman onarılırken aynı zamanda güçlendirilmesi gerekir ki bundan sonraki depremlerde aynı hasarı görmesin. Bir eleman güçlendirilmesi ise o elemanın fonksiyonunun artıcı bir şekilde değişmesi sonucu veya yapının ortaya çıkmamış ama çıkması beklenen bir hasarı kendisinde barındırmasından kaynaklanmaktadır. Yani bir yapı elemanı yapıldığı yıldaki yönetmelikte olmayan veya çarpanı düşük olan bir etkinin yeni yönetmelikte dikkate alınması sonucu yapılan bir iyileştirme olabilir.

1.3. ONARIM GÜÇLENDİRMEDE GENEL KABUL VE İLKELER

Deprem yönetmeliği kapsamında mevcut veya güçlendirilmiş binaların doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin her ikisi içinde kullanılacak genel ilke ve kurallar tariflenmiştir:

- a. Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1,0$). Farklı aşılma olasılıklı depremler için elastik spektrum üzerinde gerekli düzeltmeler yapılacaktır.
- b. Deprem Performansı, yönetmeliğin ikinci bölümünde tariflenen $w_i=g_i+nq_i$ kütlelerine göre hesaplanacaktır.
- c. Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecek.
- d. Deprem hesabında kullanılacak zemin özellikleri yönetmeliğin 6. bölümüne göre belirlenecektir.
- e. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmayacaktır.
- f. Yönetmeliğin 3. bölümüne göre tariflenen kısa kolon durumuna düşürülmüş olan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
- g. Betonarme kesitlerin etkileşim diyagramları bu paragraftaki bilgiler doğrultusunda tanımlanır. Beton ve donatı çeliği için, yönetmelikteki binalardan bilgi toplanması bahsinde tanımlanan mevcut dayanımları kullanılır. Betonun en büyük basınç birim şekildeğiştirmesi 0,003, donatı çeliğinin en büyük birim şekil değiştirmesi ise 0,01 alınabilir. Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılabilir.
- h. Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.
- i. Çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri aşağıdaki tariflenmiştir. N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Kirişlerde $(EI)_e = 0,40 (EI)_0$

Kolon ve Perdelerde, $N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0,10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0,40 (EI)_0$

$N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0,40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0,80 (EI)_0$

- j. Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.
- k. Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatı akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.
- l. Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zeminin şekil değiştirme özellikleri yapı modeline yansıtılacaktır.
- m. Yönetmeliğin 2. bölümündeki modelleme ile ilgili diğer esaslar geçerlidir.

1.4. ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

Binaların deprem performanslarının Artımsal İtme Analizi yöntemi ile değerlendirmesinde izlenen adımlar aşağıda özetlenmiştir:

- a. Bölüm 2.2.3'te tanımlanan genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında 2.1.2 plastik mafsal hipotezi bölümünde bahsi geçen doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesine ve analiz modelinin oluşturulmasına yönelik kurallar esas alınır.
- b. Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik taşıyıcı sistem analizi yapılır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.
- c. Artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilir. Bu diyagram ile birlikte, farklı aşılma olasılıklı depremler için elastik davranış spektrumu göz önüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet değerleri hesaplanır.

- d. Artımsal itme analizinin Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması durumunda, göz önüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilir. Bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet değerleri hesaplanır.
- e. Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve ardından toplam eğrilik istemleri elde edilir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekil değiştirme istemleri hesaplanır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için yönetmeliğin ilgili bölümünde tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, yönetmelikte tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusundaki hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, Bölüm 2.2.4'ün 2. paragrafında belirtilmiş olan koşullara ek olarak (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0,70 olması koşulu sağlanmalıdır.

Sargısız betonda minimum hasar sınırı olarak kopma anındaki betonun en dış lifindeki maksimum uzama sınırı verilirken çelik için ise akma sınırı verilmektedir. Ayrıca çelik için büyük şekil değiştirmelere müsaade edildiği halde betondan dolayı

daha küçük bir bölümü dikkate alınmaktadır. Yani çeliğin ileri düzeyi betondan dolayı dikkate alınmamaktadır.

1.5. LİTERATÜR ÇALIŞMALAR

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”(DBYBHY) yeniden düzenlenerek 2007 yılında yürürlüğe girmiştir. “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” konusu yeni yönetmelikte Bölüm 7 olarak yer almaktadır. Giriş bölümünde belirtildiği üzere, mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi konusu ilk defa bir yönetmelik ile düzenlenmiştir. Deneme ve Yerli (2002), “Betonarme Yapılarda Deprem Hasarlarının Belirlenmesi ve Güçlendirme Projesi Uygulama Örneği” başlıklı çalışmasında perde ve mantolama sistemi ile bir binanın güçlendirmesini çalışmışlardır^[17]. Körlü (2003), “Depremde Hasar Gören Yapıların Güçlendirilmesi” başlıklı Yüksek Lisans tez çalışmasında çeşitli güçlendirme tekniklerini incelemiş, perde ve mantolama sistemi ile bir binanın güçlendirmesini çalışmıştır^[18].

Korkmaz ve ark (2006), “Mevcut Yapıların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi” adlı çalışmalarında betonarme bir yapı modelini, mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan performansa bağlı analizlerden “Kapasite Spektrumu” ve “Yer Değiştirme Katsayısı” yöntemlerini kullanarak analiz etmişler ve elde edilen sonuçları kıyaslamışlardır^[19]. Kutanis (2006), “Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi” adlı çalışmasında zaman tanım alanında hesap yöntemine alternatif olarak geliştirilen nonlineer statik analiz yöntemlerinden uyumlu (adaptive) statik itme yöntemi ve klasik statik itme yöntemlerinden elde edilen sonuçları, Artımsal Dinamik Analiz (Incremental Dynamic Analysis – IDA)’deki sonuçlarla karşılaştırmıştır^[20]. Demir ve arkadaşları (2006), “Betonarme Perdelerle Yapılan Güçlendirme Uygulamalarının Deprem Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi” adlı çalışmalarında mevcut ve yeni betonarme perde elemanlar arasındaki geçişin ve bütünleşmenin, yapı davranışını nasıl etkilediğini incelemişlerdir^[21].

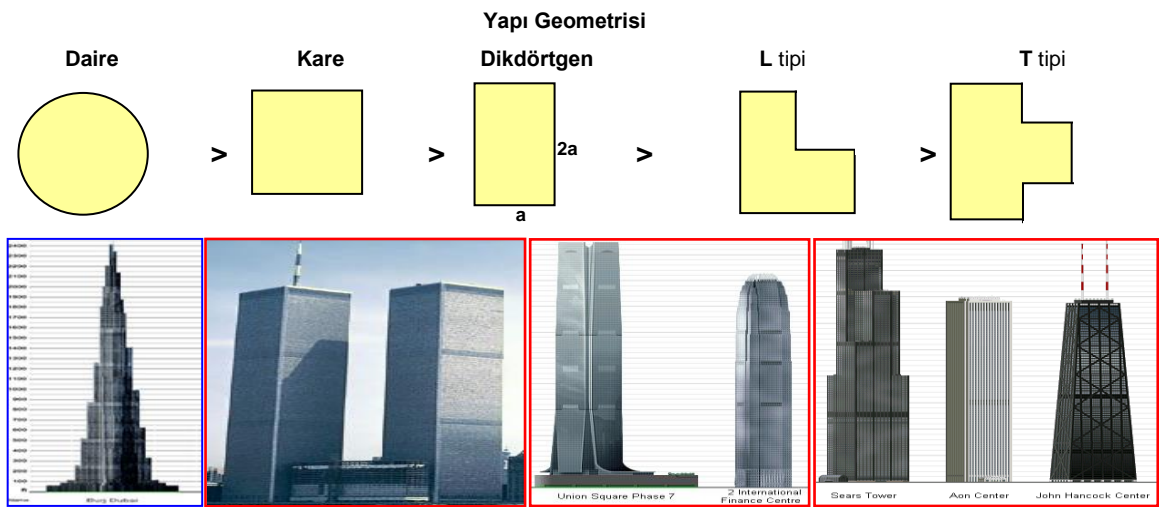
İnel ve arkadaşları (2007), “Okul Binalarının Yeni DY Göre Değerlendirilmesi” adlı çalışmasında doğrusal olmayan eleman davranışı dikkate alınarak seçilen tip projeli mevcut betonarme okul binalarının sismik kapasitelerini bularak, performans değerlendirmelerini yapmışlardır^[22]. Sezer ve arkadaşları (2007), “Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesinde Deprem Yönetmeliği (2007) Kurallarına Örnekle Kıyaslamalı Bir Bakış” adlı çalışmalarında Deprem Yönetmeliği (2007) Bölüm 2 ve Bölüm 3’e göre yeni olarak tasarlanan binaların, mevcut bina kabul edilerek DY (2007) de mevcut binalar için tanımlanan performans hedefleri ve sonuçlar arasındaki uyum üzerinde durmuşlardır^[23].

BÖLÜM 2

2. MEVCUT BİNALARDA YAPISAL DÜZENSİZLİKLER

Deprem sonrası yapılar üzerinde yapılan incelemelerden hasar gören yapıların büyük bir çoğunluğunda düzensizliğin bulunmasıdır. Büyük depremlerde dahi düzensizliği bulunmayan zayıf malzemeli yapılarda dahi hiçbir hasarın olmaması dikkat çekmiştir. Bu nedenlerden dolayı yapılardaki düzensizliklerin iyi belirlenmesi ve önlem alınması gerekmektedir.

Yapı geometrisinin yapıların depreme dayanımlarında etkisi oldukça büyüktür. Planda yapı geometrisi kare ve daire dışında olması bazı düzensizliklere sebep olmaktadır. Bu düzensizlikler deprem anında hesaplarda dikkate alınmayan davranışlara sebep olmaktadır. Plandaki düzensizliklerin hesaplarda giderilmesi tam olarak mümkün olmadığı gibi yapının maliyetini de artırmaktadır. Bu durumda yapının dilatasyon derzleri ile ayrılarak dikdörtgen olarak tasarlanmalıdır. Dünyadaki yüksek yapılara bakıldığında genel olarak daire ve dikdörtgen olarak yapıldığı görülmektedir. Yapının yüksekliği boyunca da düzensizliklerden kaçınılmalıdır. Bu **B** düzensizliği olarak ilerde açıklanmaktadır. Aşağıdaki tabloda yapının plandaki geometrisinin birbirine göre olumlu davranışına göre sıralanışı görülmektedir.



Şekil 2.1: Yapı geometrisinin etkisi

2.2. PLANDA OLAN DÜZENSİZLİKLER [A DÜZENSİZLİĞİ]

Yapının **planında** olan düzensizlikler,

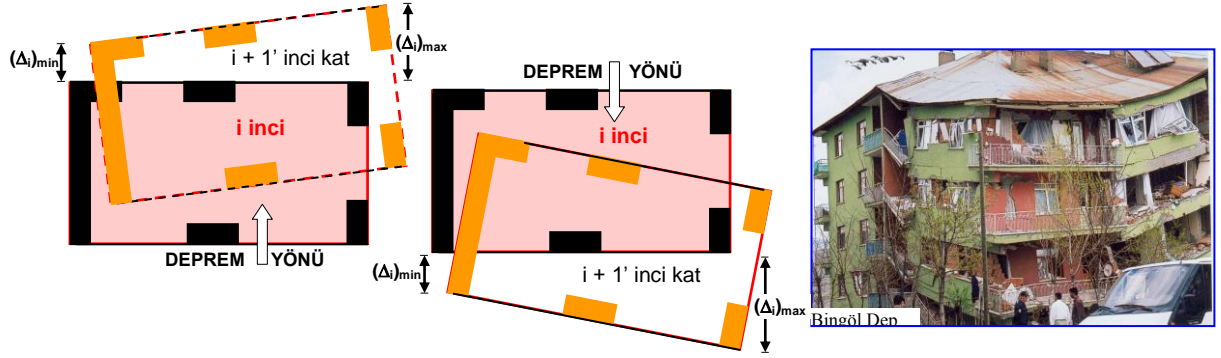
1. Düşey taşıyıcı elemanlar olan kolon ve perdelerin planlarının her iki deprem yönünde eşit ve simetrik olmaması [A1 düzensizliği]
2. Döşemenin süreksiz olması (boşluk, düşük döşeme, döşeme kalınlıklarının çok farklı olması) [A2 düzensizliği]
3. Yapı planının kare veya dikdörtgen olmaması [A3 düzensizliği]
4. Yapıda aksların birbirine dik olmaması [A4 düzensizliği]
5. Yapıda çıkıntılar

gibi düzenlemeler olarak sayılabilir. DY’inde planda tanımlanan düzensizlikler aşağıda tablo halinde verilmiştir [Tablo 2.1].

TABLO 2.1 - DÜZENSİZ BİNALAR	
A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
A1 - Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumu (Şekil 2.1 DY). $[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1,2]$ Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm \%5$ ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 2.7'ye göre yapılacaktır.	2.3.2.1
A2 – Döşeme Süreksizlikleri Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 2.2 DY) ; I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3 den fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması	2.3.2.2
A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam boyutlarının $\%20$ 'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 2.3 DY).	2.3.2.2
A4 – Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması: (1998 Yönetmeliğinde vardı) Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması (Şekil 6.4 DY).	6.3.2.3

2.2.1 A1 Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı* η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumu (**Şekil 6.1**). $[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1,2]$ *Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm \%5$ ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak, 6.7 olan eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesap yapılır.*



Şekil 2.2. Yapılarda burulma düzensizliği etkisi

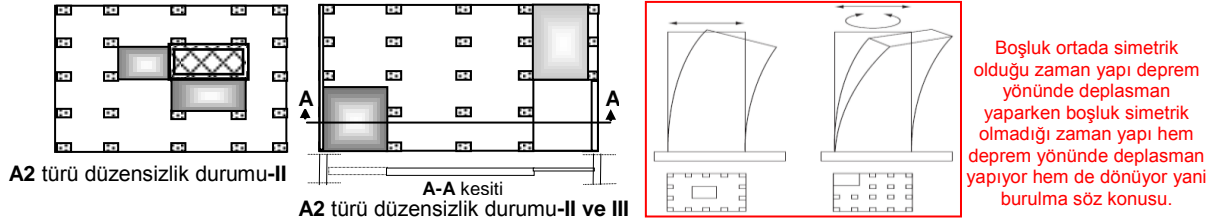
<p>13.6 - Yatay burulma momentiBinalar,her iki doğrultuda her hangi bir katın kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasında hesapla bulunan eksantrikliğe, yatay yük doğrultusuna dik doğrultudaki en büyük bina boyutunun %5'i eklenerek bulunacak burulma momentlerine göre irdelenecektir"</p>	<p>1975DY 6.3.2.1</p>
<p>A1 - Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> η_{bi}'nin 1,2'den büyük olması durumu (Şekil 6.1). [$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1,2$] Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 6.7'ye göre yapılacaktır.</p>	<p>1997DY 6.3.2.1</p>
<p>A1 - Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumu (Şekil 2.1). [$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1,2$] Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 2.7'ye göre yapılacaktır.</p>	<p>2007 DY 2.3.2.1</p>

2.2.2. A2 Düzensizliği [Boşluk]

A2 düzensizliği, yapının herhangi bir katının kat planında, merdiven, asansör, havalandırma, aydınlatma ve diğer bazı amaçlar için bırakılmış boşlukların alanları toplamının, söz konusu katın toplam alanına oranının 1/3 den büyük olması durumunda oluşan düzensizliktir. Yapılarda bulunan bu düzensizlikten dolayı yatay deprem yükleri kolonlar ve perdeler gibi düşey taşıyıcı elamanlara güvenle aktarılması ve boşluklardan dolayı döşemenin bir bütün çalışmasını önemli ölçüde etkileyeceğinden bu düzensizliğin göz önüne alınması gerekir. A_b : bir kattaki toplam boşluk alanları, A toplam kat alanı olmak üzere,

$$\frac{A_{\text{TOPLAM BOŞLUK ALANI}}}{A_{\text{KAT TOPLAM ALANI}}} = \frac{A_b}{A} > \frac{1}{3} \quad \mathbf{3.1}$$

ise **A2** düzensizliği mevcuttur.

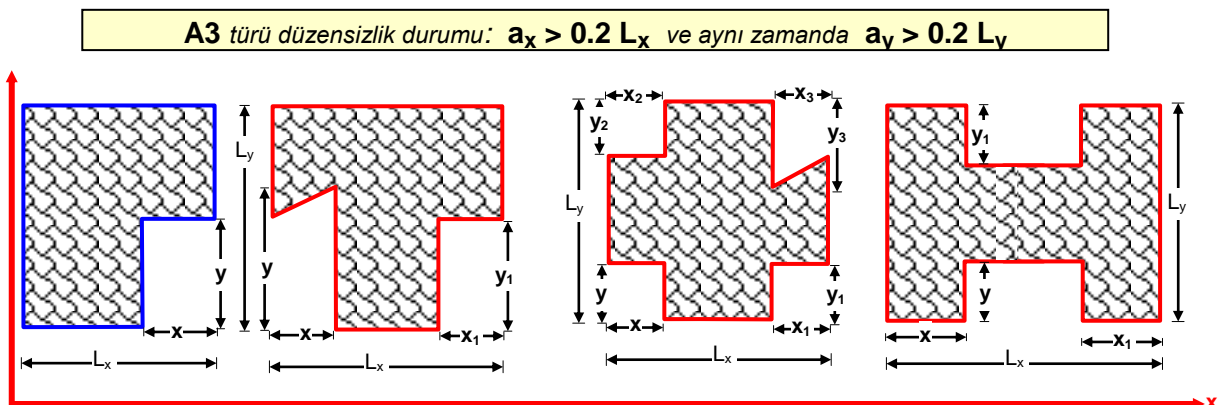


Şekil 2.3. A2 düzensizliği

Boşlukta süreksiz olan kirişler deprem kuvvetlerinden dolayı değişik yönde hareket yapacağı için kolonlarda ve kirişlerde hasar kaçınılmaz olacaktır. Mümkün olduğunca yapının x veya y doğrultuları boyunca sürekli çerçeveler yapmak yapı sisteminin simetrik ve sürekli olması bakımından önemlidir. Eğer çok önemli bir gerekçesi yok ise boşluk boyunca sadece kirişi devam ettirmek davranış bakımından devamsız duruma göre daha iyi bir davranış gösterir. Örneğin boşluk kenarındaki kolonun herhangi bir yanlış boyutlandırma durumunda hasar görme olasılığı yüksek olmakla birlikte hasarı yapının büyük bir kısmını etkileyecektir.

2.2.3. A3 Düzensizliği [Çıkıntı]

A3 düzensizliği yapıların kenarlarında girinti ve çıkıntıların belirli sınırlarda kalmasını kontrol eden bir düzensizliktir. Yönetmelikte verilen sınırlar aşıldığı zaman bu düzensizlik yapıların dilatasyon ile ayrılarak yapılmasıyla ortadan kaldırılır.

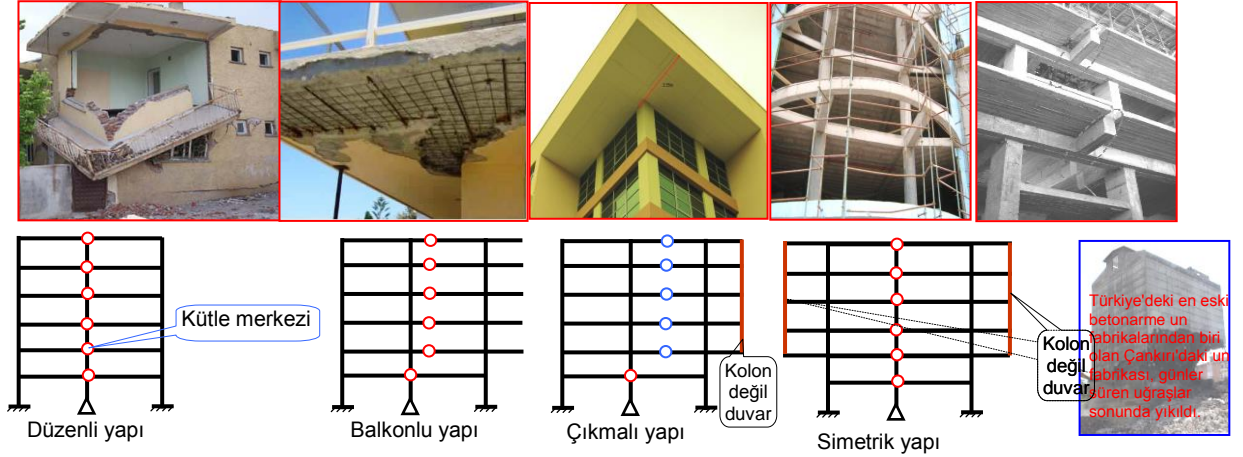


Şekil 2.4. A3 düzensizliği

2.2.4. Yapılardaki Çıkma Düzensizliği

Yönetmeliklerde belirtilen düzensizliklerin kriterlerine hesap aşamasında uyulsa bile yapım ve kullanım aşamalarında uyulmayacağı düşünülerek bunlara müsaade edilmemesinin uygun olacağı yerler bulunmaktadır. Bu nedenle burada ilave bazı uygulamalar verilmiştir. Yapının temel, bodrum ve zemin kat alanının diğer üst kat alanlarından küçük olması sonucu oluşan bir düzensizliktir. Bu düzensizlik yapının serbest yönünde sadece balkon çıkmaları şeklinde olabildiği gibi kat alanını artırmak şeklinde de olmaktadır. Bu uygulama şehir merkezleri başta olmak üzere ülkemizde oldukça yaygın bir uygulamadır. Hatta bir kaç dönüm bir arazi üzerinde yapılmış iki katlı bir yapıda bile uygulanmaktadır.

Uygulanmakta olan İmar Yönetmeliğine göre yerleşim merkezlerinde bu duruma müsaade edilmektedir. Yapıda bulunan bu çıkmalar simetrik olmadığı zaman yapının ağırlık merkezinin belli bir yöne kaymasını sağladığı gibi yapının zemin katı ile birinci katı arasında yumuşak kat oluşumuna sebep olmaktadır. Ülkemizde şehir merkezlerinde genellikle bitişik nizam uygulaması olduğu için bu çıkmaların yapıda simetrik olması çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Yapıdaki çıkmalar üzerine gelen duvarlar kolon arasına gelen kirişlere oturmadığı için yapıdaki bu dış duvarların rijitliğe katkısı olmayacağından çıkma olan katın altı ile üstü arasında da bir rijitlik değişimi olacağı dikkate alınmalıdır. Aksi durumda söz konusu katlar arası rijitlik değişimi büyük olabilmektedir. Deprem Yönetmeliği bu çıkmalar üzerine düşey taşıyıcı elemanların gelmesini kesinlikle yasaklamış bulunmaktadır (DY 6.3.2.5). Binalarda ısı kaybını önlemek için dış duvarların belli bir kalınlık ve dayanımda olmaları gerektiğinden dolayı rijitliğe katkısı büyük olmaktadır. Çıkmalar yapının ağırlık merkezini değiştirmesinden dolayı eksantriste oranını artırmaktadır. Aynı zamanda alt katlar ile üst katların ağırlık merkezlerinin çakışmasını da engellemesinden dolayı yapının yüksekliği boyunca ayrı bir düzensizlik oluşturmaktadır.



Şekil 2.5. Yapılarda çıkma düzensizliği örnekleri

Çıkmaların simetrik olmadığı yapılarda üst katlar ile alt katlar arasındaki kütle merkezleri değişir. Bu değişim ek eksantriste oluşturur.

Dünyadaki çıkma bulunan bazı yapılar incelendiğinde deprem etkisinin bulunmadığı ülkeler olduğu görülmektedir. Bu durum depremin çıkma olan yapılar üzerinde büyük yıkıcı etkisi olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.6. Çıkmadan düzensizliğinden hasar gören yapı örnekleri

2.3. YAPININ YÜKSEKLİĞİ BOYUNCA OLAN DÜZENSİZLİKLER [B1-B2-B3]

Yapının yüksekliği boyunca olan düzensizlikler genel olarak düşey taşıyıcı elemanlar ve duvarların tasarım ve uygulamaları sonucu oluşur. DY ile tanımlanan bu düzensizlikler;

1. Yükseklik boyunca dolgu duvarların farklı olması [B1]
2. Düşey taşıyıcı elemanların katlar arası deplasmanları [B2]
3. Düşey taşıyıcı elemanların bağlantı kat boyunca değişimi [B3]

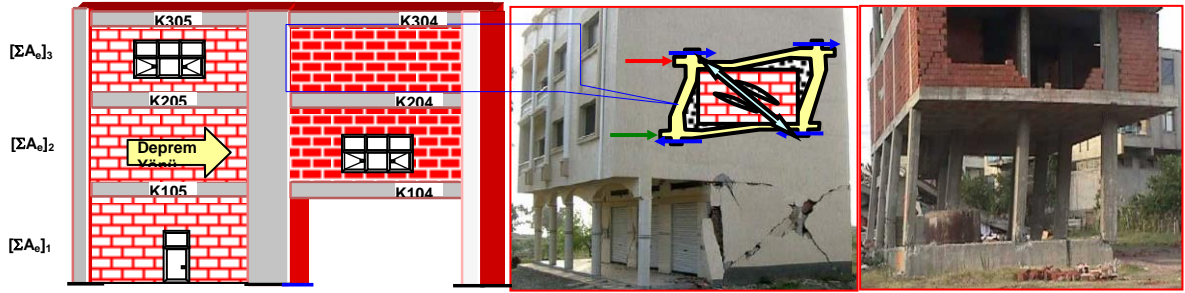
olarak aşağıdaki tablodaki gibi sayılabilir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. B düzensizlikleri

B - DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI		İlgili Maddeler
<p>B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) : Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci}'nin 0,80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,80]$ Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı: $(\sum A_e = \sum A_w + (\sum A_g + 0,15 \sum A_k$ (Simgeler için bkz. 3,0)</p>	2.3.2.4	
<p>B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görel kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görel kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 2,0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2,0]$ veya $[\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2,0]$ Görel kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 2.7'ye göre yapılacaktır.</p>	2.3.2.1	
<p>B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, yada üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu (Şekil 2.4).</p>	2.3.2.5	

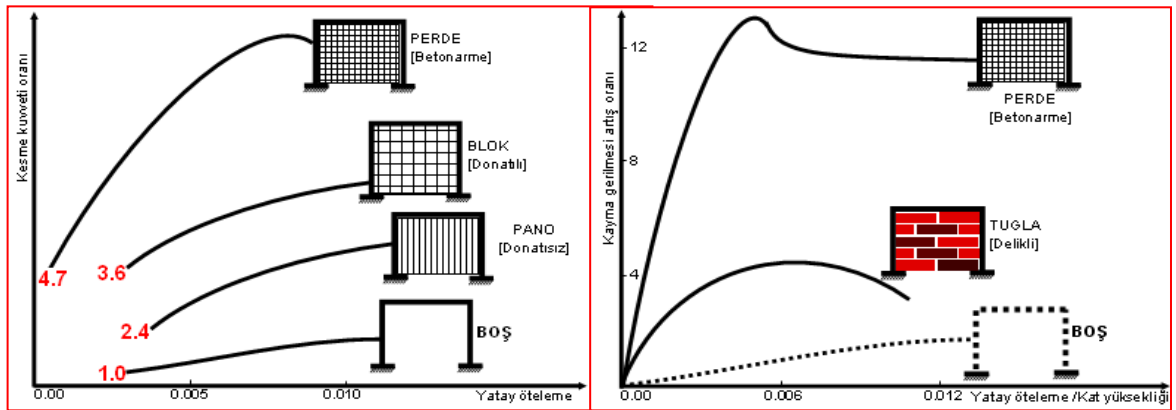
2.3.1 B1 Düzensizliği [Zayıf Kat]

DY 2.3.2.3 - B1 türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, (η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. $0,60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0,80$ aralığında **Tablo 2.5'** te verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1,25 (\eta_{ci})_{min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0,60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.



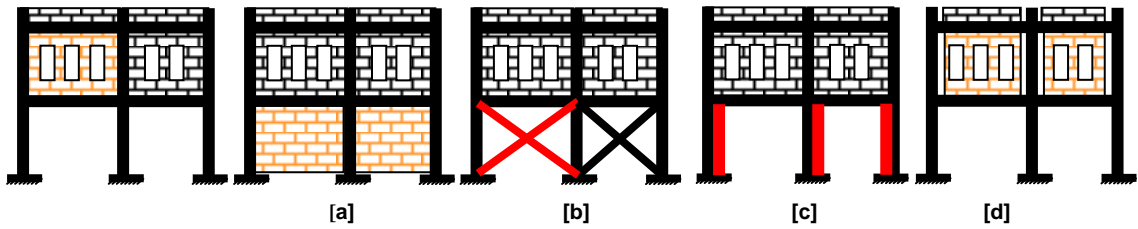
Şekil 2.7. Dolgu duvarın davranışı

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi kolonlar arası dolgu duvar olmayan katlarda deplasmanlar diğer dolgu duvar olan katlara göre daha büyük yer değiştirmeye maruz kalmaktadır. Eskişehir’de 8 caddede 788 bina üzerinde yapılan incelemede binaların yaklaşık %46 sında yumuşak kat, %36 sında asma kat ve sadece %18 inde ise yumuşak kat bulunmadığı görülmüştür. Ankara’da 5 cadde üzerindeki 912 yapıda yapılan incelemede ise benzer oranlara rastlandığı için grafik olarak verilmemiştir. Bu durum gösteriyor ki Türkiye için cadde üzerindeki yapıların büyük bir kısmında işyeri olmasından dolayı yumuşak kat bulunması gelenek olmuştur. Yukarıdaki grafik Türkiye’de giriş katlarının dükkan olmasından dolayı dolgu duvar bulunmaması veya diğer üst katlara göre daha az bulunması yumuşak kat oluşumunu artırmaktadır. Eğer bu durum hesaplarda dikkate alınmaz ise bu tür yapılar büyük bir risk altında bulunmaktadır.



Şekil 2.8. Dolgu duvarın yatay yükler altında etkisi

Aşağıdaki şekilde görülen yapıların üst katlarındaki ön cephedeki duvarlar hesaplarda dikkate alınmaz. Çünkü bu duvarlar kolonlar arasında olmadığı için yatay yükler altında herhangi bir dayanım göstermezler, yani kolonların bu yöndeki davranışlarını engellemezler. Bu tür çıkmalardan bulunduğu yapıların yönlerinde $\eta_b=1$ alınabilir. Ancak bu çıkmalardan dolayı A1 ve B2 düzensizlikleri gündeme gelirken deprem esnasında bu duvarlar hemen yere düşerek çeşitli hasarlara sebep olabilir. Kolon ve kirişlerle kontrol altına alınmayan duvarların yatay yüklerde hiçbir rijitliği bulunmamaktadır.



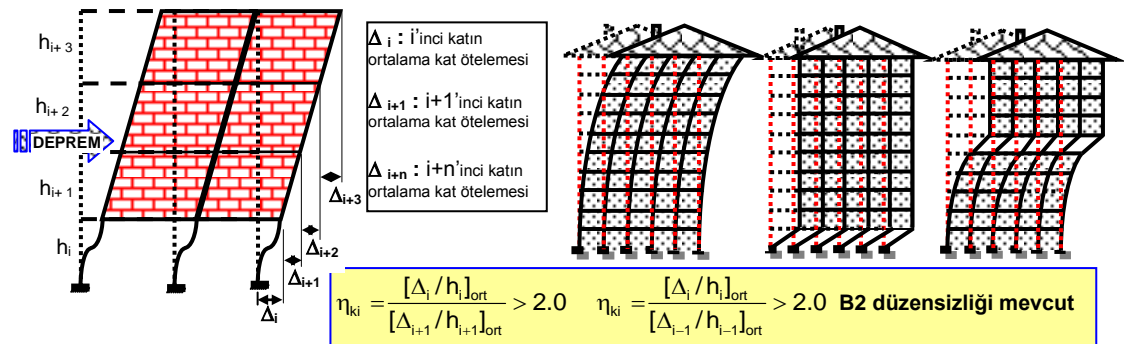
Şekil 2.9. B1 düzensizliğinin önlenmesi durumları

- Bütün katlar aynı duvar malzemesi kullanılarak yapılır [a].
- Üst kattaki duvarın sağladığı yanal rijitliği sağlayacak diyagonaller yapılır [b].
- Üst kattaki duvarın sağladığı rijitliği sağlayacak şekilde zemin kat kolonları büyütülür [c].
- Üst kattaki duvarlar ile kolonlar arasında gerekli izolasyonu sağlayacak şekilde boş bırakılır [d].

Yapıların planda simetrik olması kadar katlar arasında da simetrik olması yapının yatay yükler altında davranışını olumlu yönde etkiler. Bu nedenle mümkün olduğunca katlarda kullanılan bölme elemanlarının aynı akslarda ve malzemelerden yapılmış olmasına özen gösterilmelidir. Aksi halde düzensizlikler yapıların maliyetlerinde artışlara sebep olabilir.

2.3.2. B2 Düzensizliği

Bir kattaki düşey taşıyıcı elemanların ve bölme duvarlarının diğer komşu kattaki düşey taşıyıcı ve bölme duvar elemanlarından küçük veya büyük olması sonucu katlar arasındaki rölatif deplasman farkı $\eta_k > 1,5$ olması sonucu oluşan bir düzensizliktir. Bu düzensizliğin yapıda oluşmaması için katlar arasında düşey taşıyıcı elemanların, kat yüksekliklerinin ve bölme duvarların mümkün olduğunca eşit yapılmasıyla mümkündür. **B2** düzensizliği ülkemizde iş yeri ve konut alanlarının aynı mahalde bulunması sonucu konutların zemin katları iş yeri olarak düzenlenerek bölme duvar bulunmazken üst katlarda konut olduğu için bölme duvarlar daha çok bulunması sonucu pek çok yapıda bu düzensizlik mevcuttur. Yapılarda proje aşamasında **B2** düzensizliğinin bulunup bulunmadığı kontrol edilerek gerekli önlem alınmalıdır. Bu önlem söz konusu elemanların kesitlerinin artırılması yönünde olabileceği gibi kolon ve perdelerin donatılarının daha iyi bir davranış gösterecek şekilde düzenlenmesiyle de mümkündür. Örneğin kattaki kolonların daha sık aralıklı etriyelerle sarılması gibi.



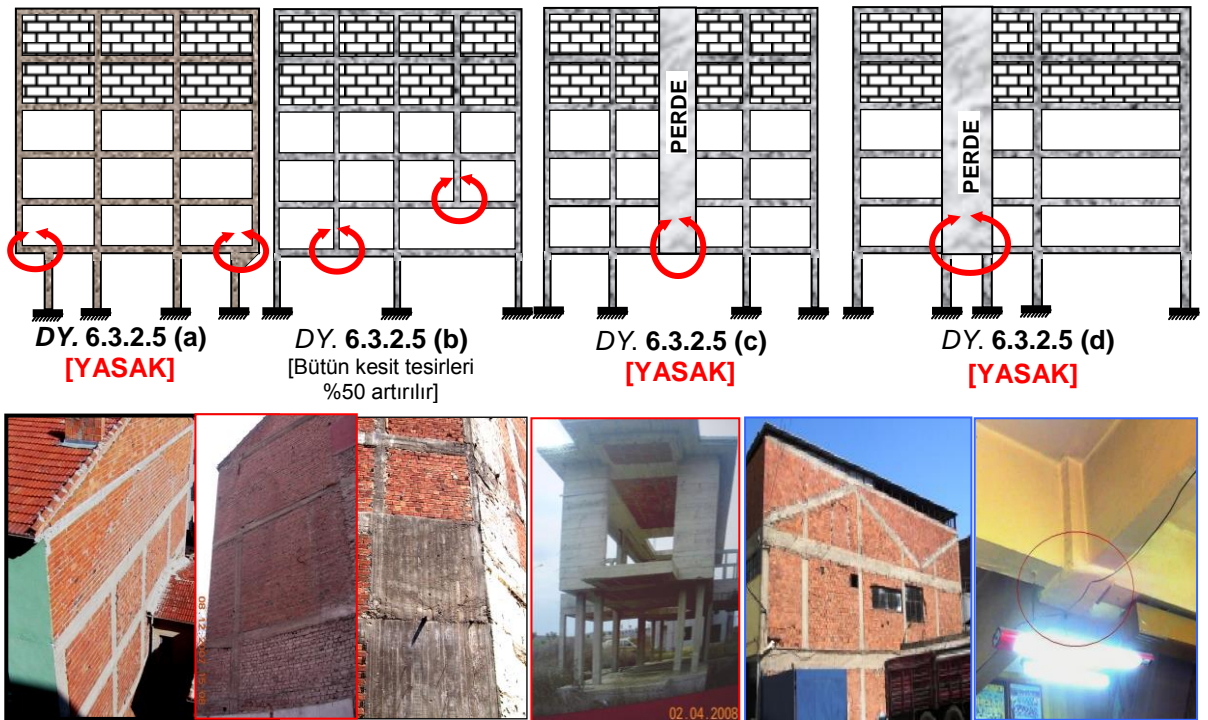
Şekil 2.10. Yumuşak kat hasarları ve sebepleri

Tablo 2.3. B2 düzensizliğinin değişimi

Daha önceki yönetmeliklerde B2 düzensizliği ile ilgili bir düzenleme bulunmamaktadır.	
<p>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 1,5'tan fazla olması durumu [$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1,5$]</p> <p>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 6.7'ye göre yapılacaktır.</p>	<p>1997 DY 6.3.2.4</p>
<p>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 2,0'den fazla olması durumu.</p> <p>[$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2,0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2,0$]</p> <p>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 2.7'ye göre yapılacaktır.</p>	<p>2007 DY 2.3.2.1</p>

2.3.3. B3 Düzensizliği

Bu düzensizlik düşey taşıyıcı elemanların mesnetlenme noktalarını belirleyen düzensizliktir. Düşey taşıyıcı elemanların temel ve yapının üst kotu boyunca aynı özellikteki eleman olarak devam etmesini sağlamaktadır. Bunun için konsol ucuna kolon ve kolon ucuna perde ilavesini yasaklamış bulunmaktadır (Şekil 2.11)



Şekil 2.11. B3 düzensizliği ve uygulamadaki örnekleri (Eskişehir)

BÖLÜM 3

3. GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER

Yapı üzerinde yapılacak güçlendirmenin beklenen performansı sağlaması için yeni yapı imalatında olduğundan farklı olarak mevcut malzeme ile ilave elemanlarda kullanılan malzemelerin birlikte çalışmasını sağlamak kaçınılmazdır. Yapının taşıyıcı elemanlarına yapılacak onarım-güçlendirme,

- a. Betonarme
- b. Çelik
- c. Diğer (Fiber)
- d. Kompozit (Yukarıdakilerin karışımı)

yapı malzemeleri ile yapılabilir. Bunlar yapının onarım-güçlendirme projesinde yapının fonksiyonuna göre değişkenlik gösterir ve çeşitli kriterlere göre önceden belirlenerek onarım-güçlendirme projesi hazırlanır. Onarım-güçlendirmede kullanılan malzemelerin özelliklerinin uygulamasının bilinmesi önemli bir aşamayı oluşturmaktadır. Bu malzemeler,

- a. Yerinde döküm normal beton
- b. Büzülmesi (rötresi) telafi edilen veya genleşen çimento
- c. Polimerli betonlar
- d. Reçineli betonlar
- e. Püskürtme beton
- f. Reçineler
- g. Harçlar

olarak sayılabilir. Bu malzemelerin kendilerine göre değişik özellikleri ve çeşitleri bulunmaktadır. Yapıda onarım-güçlendirme taşıyıcı elemanlar olan,

- a. Döşemelerde
- b. Kirişlerde
- c. Perde ve kolonlarda
- d. Kolon-kiriş birleşim noktalarında
- e. Yeni perde ve kolon ilavesi
- f. Temelde

yapılır. Amaç bu taşıyıcı elemanların bir bütün olarak çalışması olmalıdır. Yapıya yapılacak bireysel elemanların mevcut elemanlarla bir bağlantısı olmadığı zaman yapının dayanımına herhangi bir katkısı olmayacaktır. Bundan sonraki kısımda yapının taşıyıcı elemanlarına yapılan onarım-güçlendirme esasları incelenecektir.

3.1. Yerinde Döküm Normal Beton

Yerinde döküm normal beton onarım ve güçlendirme işlerinde çok kullanılır. Bir çok hallerde sonuçlar tatminkar değildir. Bu bilhassa normal çimento betonunun hacim değişikliği ve büzülmesinden (rötresinden) ileri gelir. Hacim değişiklikleri eski elemanla yeni beton arasındaki iyi temasın kaybolmasına sebep olur. Bu sebepten de temas yüzeyinde sağlıklı gerilme geçişi yitirilir veya azalır.

- Aderans karakteristiklerini iyileştirmek ve büzülmeyi minimuma indirmek için slampı düşük ve minimum su ihtiva eden yüksek mukavemetli betonlar kullanmak tavsiye olunur (yeni betonun mukavemeti eski betonun mukavemetinden 5 MPa daha büyük olmalıdır).
- Büzülmeyi (rötreyi) azaltmak için süper akışkanlaştırıcılar kullanılır. Bunların kullanılmadığı durumlarda 20cm. kadar bir slamp ümit edilir. Halbuki kullanılmamaları halinde standart Abrams konisi ile yapılan deneyde slampın 10cm. yi geçmemesi gerekir.

Yeni betonun eski malzeme ile iyi kaynaşması için yerinde döküm betonlarda döküm teknikleri çok önemlidir. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralanır.

- Aderans özelliklerinin iyi olması için yeni dökülecek betonla temasta olacak eski yüzeyler tamamen pürüzlendirilmeli ve temizlendirilmelidir.
- Ankrajlar yerleştirildikten sonra istenilen yüzeylere göre hazırlanmış kalıplar yapılır.
- Betonun dökümünden hemen önce ahşap talaşı, kıymık ve benzeri şeyleri temizlemek üzere son bir temizlik yapılmalı ve mevcut beton veya kagir yüzeyler iyice ıslatılmalıdır.
- Dökülen beton kalıpların tamamen doldurulması ve boşlukların ve taşlar arasında ceplerin kalmasının önlenmesi için vibrasyonla sıkıştırılmalıdır.
- Yüzeyin çabuk kurumasını önlemek için taze dökülmüş betonun uygun şekilde bakımı (kürü) yapılmalıdır.

3.2 Büzülmesi (rötresi) Telafi Edilen veya Genleşen Çimento

Bu çeşit betonlar normal çimentolar yerine genleşen çimentolarla yapılır. Bunlar başlangıçta oldukça bir hacim artması gösterirler ve bu daha sonra olacak büzülmeyi hemen hemen telafi eder.

- Genleşen katkı maddeleri (örneğin pudra gibi ince demir veya alüminyum tozu) da çimento, su, kum ve çakıl ile karıştırılarak bu tür beton yapılabilir.
- Genleşen veya büzülmeyi telafi eden özelliklerde beton kullanılacağı zaman bütün özellikleri dakik olarak bilinmeli veya betonun özelliklerinin belirlenmesi için kapsamlı laboratuvar deneyleri yapılmalıdır.
- Proje mühendisi bu türlü çimentoları betonda mevcut malzemelerle uyum konusunda yeterli incelemeler yaptıktan sonra ön görmeli ve kullanmalıdır.

3.3. Polimerli (polimerle özelliği iyileştirilmiş) Beton

Polimerlerle özelliği iyileştirilmiş beton normal çimentonun bir kısmının yerine bağlayıcı özellikte bazı polimerlerin konulması ile elde edilir.

- Piyasada suda dağılmış olarak bulunan polimerler çeşitli şekillerde davranırlar.

- Karma suyunu azaltmayı sağlayan akışkanlaştırıcılar olarak fonksiyonları olur ve normal betondan daha iyi işlenirlik özelliğinde, su-çimento oranı ve rötresi daha küçük olan betonlar yapılabilir.

Bunlar eski ve yeni elemanlar arasında aderansı iyileştirebilirler.

- Kürde yardımcı da olurlar. Fakat bu kür ihtiyacını tamamen gidermezler.
- Betonun bağlayıcı sistemin içerisine, plastik halkalar veya bağlar katarak, sertleşmiş betonun mukavemetini yükseltirler. Betonun bazı kimyasal etkenlere karşı da dayanımlarını arttırabilirler.
- Bununla beraber polimerlerle özellikler değiştirilmiş betonlar bu türlü kazanılmış ilave özelliklerini yangında kaybetmeye müsaittirler. Alkalilik özellikleri normal betona göre çok daha azdır.
- Proje mühendisi polimerli betonları da ancak mevcut malzemelerle uyum özelliklerini iyice inceledikten ve bundan emin olduktan sonra kullanılmalıdır.

3.4. Reçine Betonları

Reçine esaslı beton karışımlarında çimento yerine iki bileşimli bir sistem vardır. Bu iki bileşenli sistemde bir bileşen epoksi, polyester, poliüretan, akrilik, v.s. gibi sıvı reçine esaslıdır ve bu sertleştirici (hardener) denilen ikinci bileşen ile halkalanmak suretiyle reaksiyon gösterir. Reçine betonları kırılmış küçük beton alanların yamanmasında kullanılabilirler fakat büyük miktarda beton olarak kullanılmazlar. Reçine betonları, istenilen özellikleri elde etmek için, yalnız özel ve uygun bir agrega karışımı değil, ayrıca özel çalışma şartlarını gerektirir. Zira her iki bileşen de hem rutubette, hem de sıcaklığa karşı duyarlıdır. Reçine betonlarının özellikleri, bu amaçla endüstrinin piyasaya sürdüğü reçine çeşitleri kadar çeşitlidir. Bununla beraber nisbeten yeni olan inşaat malzemesi ile ilgili bazı husular vardır ve bunların onarım ve/veya güçlendirme işlerinde kullanılırken göz önünde tutulmaları gerekir. Bu husular şunlardır:

- Reçinelerin bir priz süresi vardır ve reçine priz almadan iş bitirilmelidir.
- İnşaatla kullanılan reçine tipleri için düşük sıcaklıklarda (+10°C derecenin altında) normal reaksiyon olmaz. Sıcak havada reaksiyon sırasında açığa çıkan ısı aşırı olabilir ve karışımın aşırı rötresine neden olabilir.

- Her ne kadar bir reçine bileşiminin temiz ve kuru beton yüzeyi üzerindeki aderansı fevkaledede ise de bir reçine betonunun beton üzerindeki aderansı zayıftır. Bu, reçine ile kaplı agregalarda eski beton arasında ancak bir noktadan noktaya bağlantı olmasından ileri gelir. İyi bir aderans temin etmek için mevcut betonun yüzeyi üzerine bir saf sıvı reçine örtüsü tatbik etmek zorunludur.
- Reçine çimentoları çok daha yüksek bir mukavemeti haizdirler. Fakat elastisite modülleri normal betonunkinden farklıdır. Bu nedenle elastisite modüllerinin farklı olmasından ortaya çıkacak problemler göz önünde tutulmalıdır.
- Proje mühendisi mevcut yapının malzemeleri bakımından ortaya çıkan malzeme kısıtlamalarını ve reçine betonlarının özelliklerini tam olarak inceledikten sonra bu tür reçine betonlarını kullanmalıdır.

3.5. Püskürtme Beton

Onarım ve güçlendirme işleri için yaygın olarak püskürtme beton kullanılması bir takım avantajlarından ileri gelmektedir.

- Püskürtülen yeni betonla mevcut beton veya kagir ve donatı arasında iyi bir aderans temin edilebilir.
- Bunun için püskürtme betonun uygulanacağı yüzeyin iyi hazırlanmış ve püskürtmenin iyi uygulanmış olması gerekir.
- Ayrıca püskürtme beton eğik, düşey ve alt yüzlere de uygulanabilir az bir kalıp gerektirir
- Püskürtmeden önce yüzeyin hazırlanması gerekir.
- Bunun için tam bir temizleme yapılmalı ve gevşek agrega kaldırılmalıdır.
- Ayrıca aderansın arttırılması için mevcut beton yüzeyi pürüzlendirilir.
- Püskürtme betonun çok kere fazla büzülme (rötre) özelliği vardır ve bundan ileri gelecek çatlamalara karşı önlemler almak gerekir. Bunun için uygun miktar ve düzende donatı kullanmak ve betonun küründe (bakımında) dikkat ve titizlik göstermek zorunlu olur.
- Püskürtme beton püskürtüldüğü gibi bırakılabilir. Bu taktirde yüzü pürüzlüdür.

- Eğer pürüzsüz bir yüzey isteniyorsa sertleşmiş püskürtme beton üzerine ince bir tabaka püskürtülür ve bu tabaka üzerinde işlenerek istenilen doku verilir veya sıva yapılır. Püskürtme beton uygulayacak ekibin;
 - a. tabancası,
 - b. hava kompresörü,
 - c. malzeme hortumu,
 - d. hava ve su hortumları,
 - e. hortum burnu,
 - f. su pompası,
 - g. ufak el aletleri,
 - h. tekerlekli el arabaları olması gerekmektedir.

Bu asgari teçhizat ile püskürtme beton işinden tatminkar sonuç alınır. Yeterli basınçta sabit bir su akımı temin etmek için piston, dişli veya santrfüj tipinde bir su pompası da bulunmalıdır. Eğer pistonlu pompa kullanılacaksa hortum burnunda pulsasyonları bertaraf etmek için bu pompa bir tankı beslemelidir. Modern teşkilatlı ekipmanda elevatörler, mikserler, batcherlar ve bunlarla ilgili diğer ekipmanlar bulunur. Püskürtme beton işinde malzemenin normal akışı her çeşit ekipman halinde standart bir kalıba uyar.

- Her şeyden önce malzemeler harmanlanmalıdır. Bu, çok kere 200 kg lık kuma karşı yaklaşık 50 kg lık çimento ölçüsünde olur. Harmanlama işi pratik olarak 1 torba çimentoya karşı şu kadar el arabası kum şeklinde olabilir.
- Miktarlar ağırlık veya hacim olarak kontrol edilebilir. Fakat ağırlık metodu tercih edilir.
- Harmanlandıktan sonra malzeme, çeşitli tiplerden mikser veya konveyörle karıştırılabilir. Karıştırılmış malzeme, basınçlı hava ile, hava içinde askıda olarak, bir hortum vasıtasıyla hortum burnuna gönderilir. Hortumda su fiskeyeden çıkarcasına müteaddid delikten malzemenin içerisine enjekte edilir. Malzeme, hortum burnunun son 20-30 cm sinden geçerken su ile karışır. Malzeme ve su akımı

hortum burnundan geçerken malzeme ve su karışımı devam eder ve yerine çarpması ile tamamlanır.

3.6. Reçineler

Reçineler enjeksiyon ve ince çelik levhaların yapıştırılması için kullanılırlar. Bu malzemeler iki bileşenlidirler. Bir bileşen sıvı reçinedir (epoksi, polyester, poliüretan, akrilik, v.s.). İkinci bileşen ise sertleştiricidir ve hardener adı ile anılır. Piyasada farklı özelliklerde ürünler vardır. Farklılık bileşenlerin cinslerinden, kimyasal yapılarından, karıştırma oranlarından, ilave edilen dolgu maddesinin tip ve özelliğinden, sonunda ilave edilebilecek kumdan ileri gelir. Bu nedenle sentetik karışımın doğru formülüne seçmek için istenilen özellikler dakik olarak belirlenmeli ve tanımlanmalıdır. Onarım ve güçlendirme işi için kullanılacak reçineler amaca uygun özelliklere sahip olmalıdır. Uygun pota ömürleri yani donma süreleri olmalıdır. İşlenebilirlikleri de iyi olmalıdır. Sertleşmenin çabuk olmasını diye pota ömrünün yani donma süresinin uygun olmasında iyi değildir. Kür gereksinimleri, rutubet ve sıcaklıkla uyumlu olmalıdır.

Reçine malzemesi betona, kagire ve çeliğe fevkalade aderans ve yapışma özelliğinde olmalıdır. Rutubete maruz kalınca bu özelliğinde bir azalma olmamalıdır. Ayrıca büzülme (rötre) de az ve ihmal edilebilecek derecede olmalıdır. Sünme deformasyonlarının zararlı olduğu yerlerde kullanılmamalıdır. İnşaat işlerinde kullanılan reçineler 100°C derecenin üzerindeki sıcaklıklarda mukavemetlerini kaybederler. Bu sebepten kullanımları kısıtlıdır ve yangın hali için önlemler alınması zorunludur. Enjeksiyon için kullanılan reçineler enjekte edilecekleri çatlağın genişliği için uygun bir viskozite özelliğinde olmalıdır. Yapıştırma için kullanılan reçineler ise yüksek viskozitede olmalıdır. Proje mühendisi reçinelerin inşaatta mevcut malzeme ile uyumu ve kullanım amaçları ile ilgili tam bir inceleme yaptıktan ve buna kani olduktan sonra kullanacağı reçineye karar vermelidir. Çeşitli enjeksiyon teknikleri vardır. Bunlar;

- Düşük basınç enjeksiyonu (1 MPa = 10 kgf/cm² ye kadar)
- Yüksek basınç enjeksiyonu (20 MPa = 200 kgf/cm² ye kadar)
- Vakum enjeksiyonu sayılabilir.

Her bir enjeksiyon tekniği o sisteme uygun bir reçine gerektirir. Bazı enjeksiyon donanımında reçine ve sertleştirici (hardener) karıştırmanın olduğu baş kısma ayrı hortumlardan gönderilir ve orada iki bileşen otomatik olarak doğru oranlarda karıştırılır ve basınç altında atlağa enjekte edilir.

- Bileşenlerin doğru oranlarda karıştırılması son derece önemlidir ve üzerinde titizlikle durulmayı gerektirir.
- Çatlak genişliği az (0,1-0,5 mm arasında) olduğu zaman dolgu malzemesiz (fillersiz) bir reçine kullanılır.
- Daha geniş çatlaklar halinde büzülme, snme ve sıcaklık etkileri nedeni ile filler ilave etmek tavsiye olunur.
- Çatlak genişliğinin (1-1,5mm) den fazla olmadığı durumlarda cam veya kuvars (silis cinsi malzeme) kullanılabilir.
- Fakat bu sınırın ötesinde ve 4-5mm ye kadar kum kullanılmalıdır. Burada dikkat edilecek bir husus şudur:
 - Dane iriliği çatlağın minimum genişliğinin yarısından fazla olmamalıdır. Ayrıca ne olursa olsun 1mm yi de geçmemelidir.
 - Reçine / filler oranı da 1 civarında alınır.

Çimento enjekte edildiği zaman içerde kalmasını temin edebilmek için çatlak, yüzeyde uygun bir malzeme ile macunlanarak kapanmalıdır.

- Bu macunlanan çatlak boyunca çatlağın genişlik ve derinliğine bağlı aralıklarla, nipel de denilen, meme veya ağızlar konulmalıdır.
- Reçine meme ve ağızdan enjekte edilir ve komşu meme veya ağızda fark edilinceye kadar devam edilir ve bu takdirde enjeksiyonun yapıldığı nipel kapanır ve sonraki niple (komşu meme veya ağızda) geçilir.

3.7. Harçlar

Harçlar boşlukları doldurmak veya beton veya kargirin bitişik veya yakın parçaları arasındaki aralıkları doldurmak için çok kullanılırlar. Burada sözü geçen

harçlar normal harca göre daha akıcı olan harçlardır. Çeşitli harçlar söz konusudur ve proje mühendisinin bunlardan amaca uygun olanı seçmesi gerekir.

- Normal harçlar çimento, kum ve sudan oluşurlar.
- Karışım oranı doldurulacak hacme kolay dökülebilmesi ve yerleştirilebilmesi için akıcı harç elde edilecek oranlarda olur.
- Prizini yapıncaya kadar döküldüğü yerde kalabilmesi için akıcı harcı tutucu kalıplar ve benzeri düzen gereklidir.
- Bu tipte normal harcın, karışımdaki fazla su miktarı dolayısıyla, büzülme karakteristikleri aşırı derecede büyüktür. 2-5 cm genişliğinde boşluğa doldurulan harçta doldurulduğu aralığın bir tarafında kolaylıkla görülebilecek çatlaklar oluşmasına yetecek kadar büzülme olur.
- Buna göre normal harçlar bu türlü büzülmeden ileri gelecek çatlakların kabul edilebileceği durumlarda kullanılmalıdır.
- Çimento şerbeti çok küçük çatlaklara yerleştirilmek için bir sıvı oluşturmak üzere çimentonun su ile karıştırılması ile elde edilir.
- Su miktarını çimentonun hidrasyonu için gerekli miktarda tutabilmek için bu karışımlara süper akışkanlaştırıcılar katılması gerekir.
- Normal büzülme çatlakları oluşmadan bir boşluk doldurulmak istendiğinde büzülmeyen harçlar kullanılır.
- Büzülmeyen harçta kullanılan kuru karışım malzemeleri üretici firmadan torbalarda gelir ve firmanın tarifnamelerindeki bilgiye göre su ile karıştırılır.
- Piyasada çeşitli büzülmeyen harç malzemeleri vardır. Fakat proje mühendisi bunların fiyatının normal harç fiyatlarından hayli yüksek olduğunda hatırd tutmalıdır.
- Bu türlü harçların özellikleri, bir onarım ve/veya güçlendirme işinde kullanımlarından önce tam olarak bilinmeli ve kullanımlarına ancak uygun oldukları hususunda olumlu kanaata varıldıktan sonra karar verilmelidir.
- Epoksi veya reçine harçları bir aralıkta, boşlukta yüksek kesme mukavemetinin (büyük bir kesme kuvvetinin aktarılmasının) söz konusu ve güvenilir ve kesin bir aderansın gerekli olduğu durumlarda da kullanılır.

- Epoksi harçları üretici firmadan paketlenmiş olarak gelir ve karıştırılmasında ve kullanılmasında tarifelerine sıkı olarak uymak gerekir. Harç, maddeleri donmadan önce, pota ömrü içinde, yerine yerleştirilmelidir.
- Epoksi harcı genellikle büzülmez ve epoksi ürünlerinkine benzer bir yapışma, bağlantı temin eder. Polimer ürünleri ve daha başka yeni beton ürünleri kullanılarak daha bir çok harç çeşitleri ortaya çıkarılabilir.
- Normal harcın büzülmesi süper akışkanlaştırıcılar kullanılarak azaltılabilir.
- Proje mühendisi projelendirdiği işte kullanılacak malzemelerin özelliklerini iyice bilmelidir. Gerekli görülen durumlarda deneme karışımları ve deneyleri yapılmalıdır.

Harçların enjeksiyonu epoksi reçinelerinin enjeksiyonlarında olduğu üzere; özellikle eğitilmiş ve yetiştirilmiş personel ve özel donanım gerektirir. Bu yöntem derzleri, çatlakları veya aralıkları doldurmak suretiyle basınca maruz elemanların onarımında kullanılır. Her ne kadar enjeksiyon için çimento harcı veya benzeri bir harç kullanılıyorsa da harç enjeksiyonu reçine enjeksiyonuna benzer. Harç enjeksiyonu genellikle geniş çatlakları veya boşlukları doldurmak için kullanılır. Burada söz konusu olan genişlikler reçine ile doldurmak bakımından fazla geniştirler. Birçok hallerde bir boşluğu akıcı haçla doldurmak uygun değildir. Böyle durumlarda, kum ve çimentodan oluşan kuru malzemeyi ıslatmak için az bir miktar su ilave edilir ve bu malzeme hafif darbelerle boşluğa iyice yerleştirilir. Buna kuru doldurma (drypack) yöntemi denir. Ancak yeter büyüklükteki boşluklar halinde kullanılmalıdır. Çünkü tam bir sıkıştırma ancak bu hallerde mümkün olur. Su miktarının az olması nedeni ile düşük büzülme özelliğindedir.

BÖLÜM 4

4. TAŞIYICI ELEMANLARIN GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ

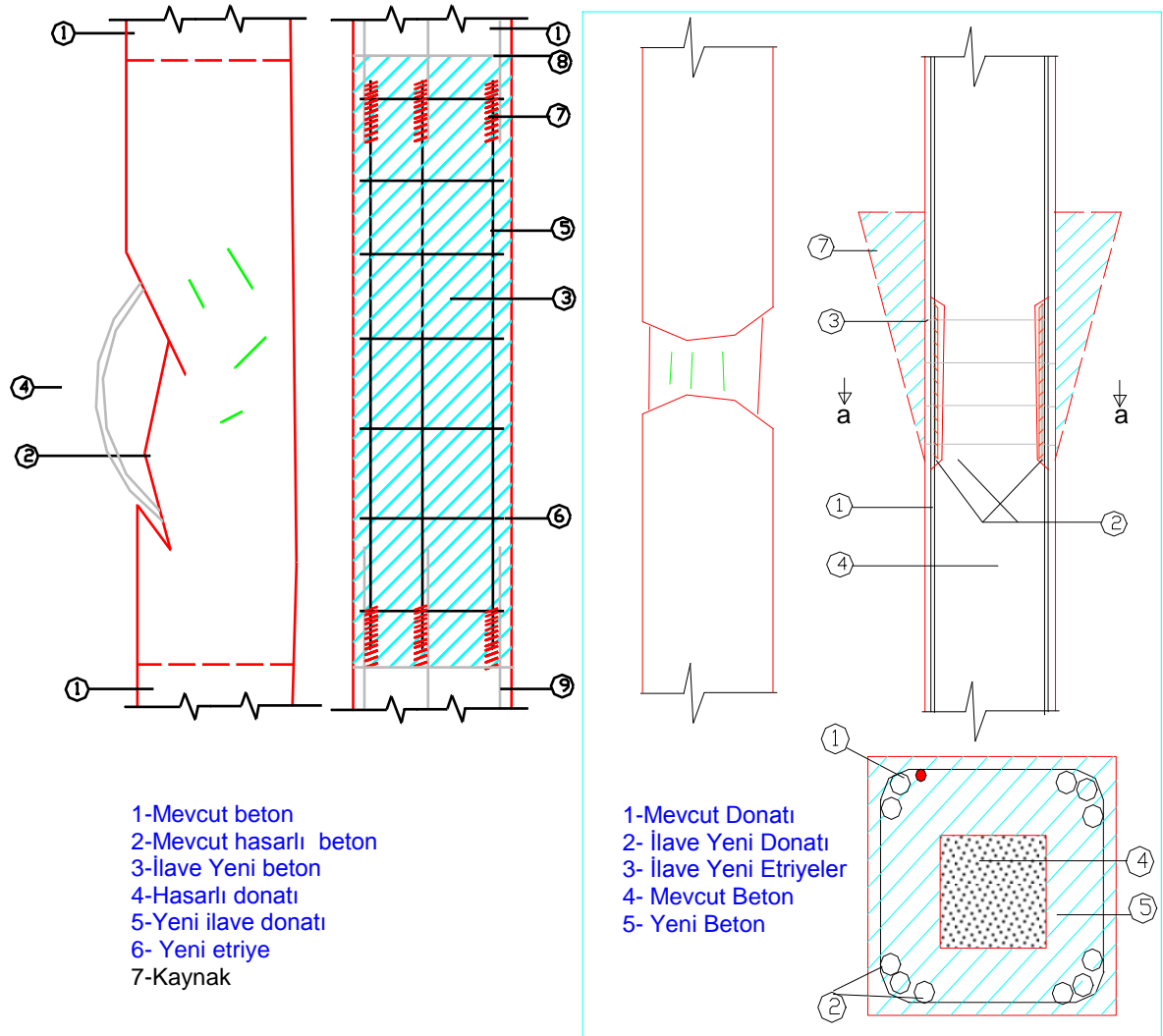
Yapısal elemanlar taşıyıcı olan döşeme, kiriş, kolon, perde ve temel kirişi gibi elemanlardır. Bu elemanların her birinin güçlendirmesinde etkili olan kesit tesirleri farklıdır. Elemanlar güçlendirilmesi yapılırken birbiri ile olan ilişkileri dikkate alınmak zorundadır. Aksi halde güçlendirmek yerine yapıya zarar verebilecek düzenlemeler olabilir. Örneğin bir kirişin güçlendirilmesi yapılırken kirişin maksimum donatı sınırı aşılmamalı ve sağlam kiriş zayıf kolon oluşturulmamalıdır. Bu bölümde taşıyıcı elemanların her birinin güçlendirme yöntemleri ayrı ayrı yapısal olarak incelenmiştir.

4.1. Kolonların Yerel Onarım-Güçlendirilmesi

Kolonların bazı yerlerinde kılcal çatlakların olması, kolon betonun dökülmesi ve diğer bazı hafif lokal hasarların oluşmasından dolayı bu hasarlar lokal olarak onarılıp-güçlendirilir. Kolonlardaki hasarların hafif çatlama şeklinde olduğu durumlarda çatlak genişliğine göre içine reçine veya beton enjekte edilerek yerel onarım yapılır. Bu yerel onarım kolonun alt kısmından başlanarak yapılır ve yapılan işlemler kontrol edilir. Bazen kolonda hasarlı olan küçük kısımlar çıkartılarak yerine gerekli donatı düzenlemesi, beton ilave edilmesi ve eski ile yeni malzemenin birleşiminin tam olarak sağlanması şartıyla ilave yapılabilir. Yerel onarımlar çok titizlik ve kontrol altında yapılması gereken bir onarım şeklidir. Yapımı kadar tespiti de önemli ve teknik birikim isteyen bir yöntemdir. Eğer onarım mantosu yapılmadan önce krikolarla kolonun aksenal yükü kaldırılmamışsa, mantolu kolonun aksenal kapasitesi hesaplanırken içerdeki mevcut kolonun beton ve donatı alanı dikkate alınmamalıdır.

Bu hasarların onarım-güçlendirmesi hasarın özelliğine göre,

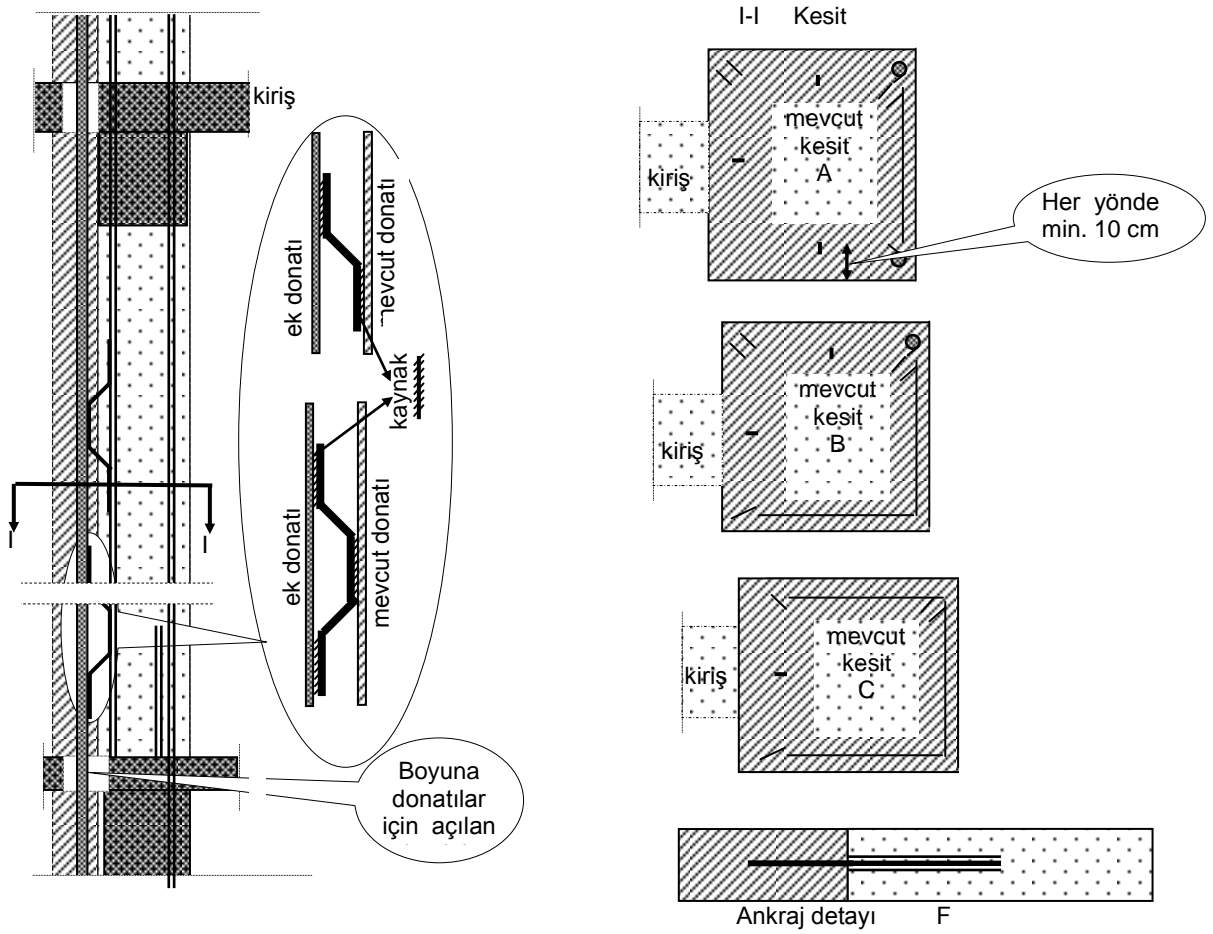
- a. Çatlaklarda ağızlar açılarak reçine veya beton enjeksiyonu yapılarak
- b. Yeni donatı ve beton ilavesi yapılarak
- c. Piyasada mevcut ve standardı belirli fiber malzemeler yapıştırılarak
- d. Çelik kılıf ve içine rötresi olmayan malzeme enjekte ederek yapılır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Kolonlarda yerel onarım

4.1.1. Kolonlarda Betonarme Mantolama

Kolonlarda betonarme olarak mantolama yapılan tahkikler sonucu ortaya çıkan değerler, kolonun yapının kullanımındaki fonksiyonu ve komşu yapının durumuna göre 1 ve/veya 4 yönünden mantolama yapılması mümkündür (Şekil 4.2). Minimum manto kalınlığı 10 cm, mevcut donatı ve beton ile ilave donatı ve betonun aderansı sağlanmalıdır. Aderans kaynaklı, düz ve çiroz etriyeler ve kolon içine epoksi ankrajı yapılarak sağlanabilir (Şekil 4.2).

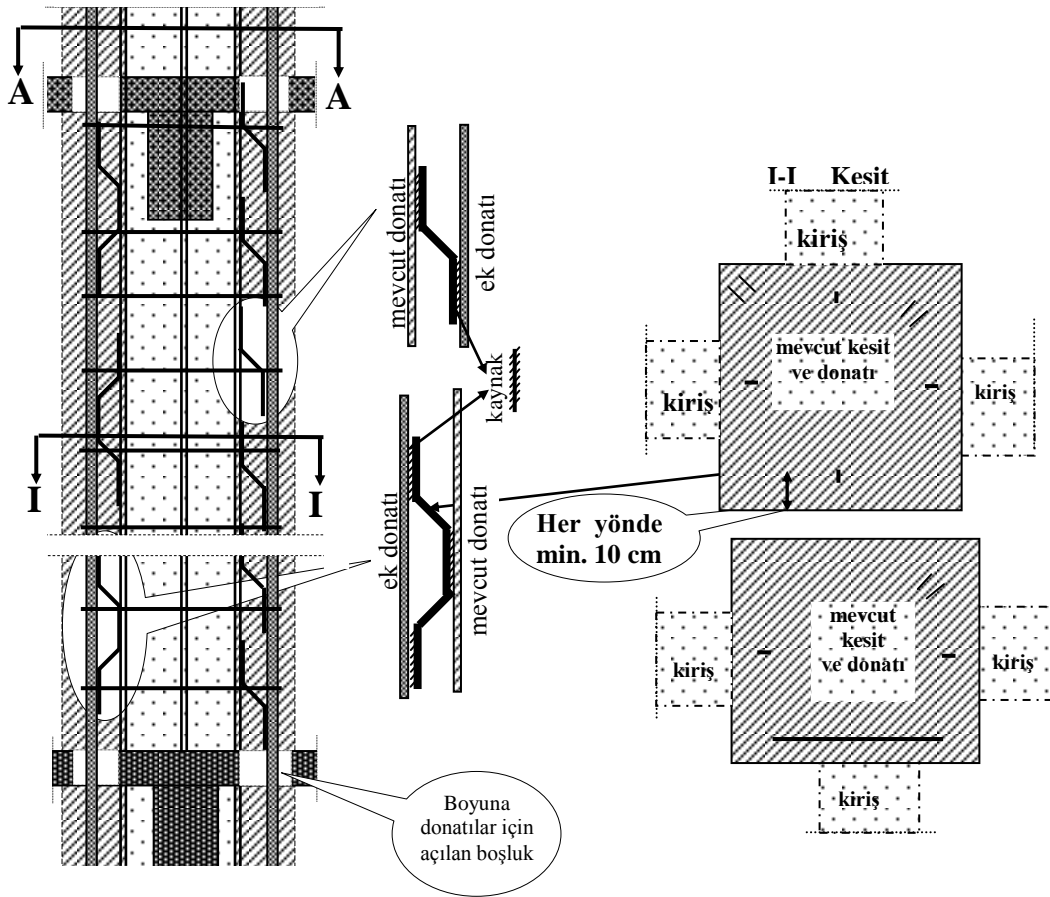


Şekil 4.2. Kolonlarda mantolama

Betonarme kolon mantolamasının istenilen düzeyde olması için,

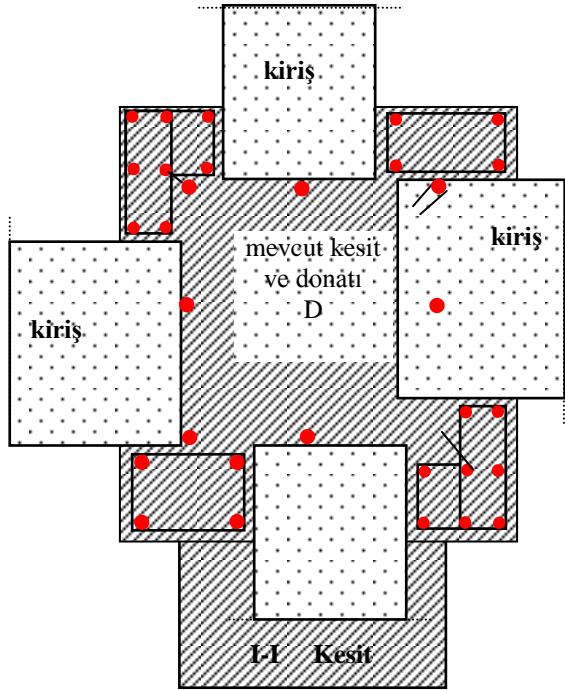
- Yeni malzemelerin mukavemeti mevcut malzemenin mukavemetine eşit veya yüksek olmalıdır.
- Betonarme manto kalınlığı püskürtme betonlarda 5 cm. ve yerinde dökme betonlarda 10 cm. den az kalınlıkta olmamalıdır.
- Moment taşıyan rijit birleşim sağlayabilmek için çerçevelerin kiriş donatıları kirişin üstünde ve altında sürekli olmalıdırlar.
- Üst ve alt donatı kolon yüzünden itibaren adersans boyundan az olmamak üzere ankrajı iyi yapılmalı veya düğüm bölgesinden sürekli olarak yukarıya devam etmelidir.

- e. Afet Yönetmeliğinde de belirtildiği gibi mesnet bölgelerinde kiriş yüksekliğinin iki katı bir boy sarılma bölgesi alınmalıdır. Ve bu bölgeye konacak etriye hesap sonucu daha elverişsiz bir durum elde edilmediği sürece etriye aralığı kiriş yüksekliğinin $\frac{1}{4}$ ' ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını, ve 15 cm. yi geçmemeli ve minimum etriye çapı 8 mm olmalıdır.
- f. Kolonların kenarlarının 30 cm den büyük olması halinde etriye açıklığını düşük tutmak için kolon içine delikler açılarak veya kolon tamamen delinerek etriyeler yerleştirmek mümkündür (F detayı).
- g. Ek manto ve donatı ile mevcut donatı ve betonun birlikte çalışması her yönüyle sağlanmalıdır.



Şekil 4.3. Mevcut donatı ile yeni donatının birlikte çalışması

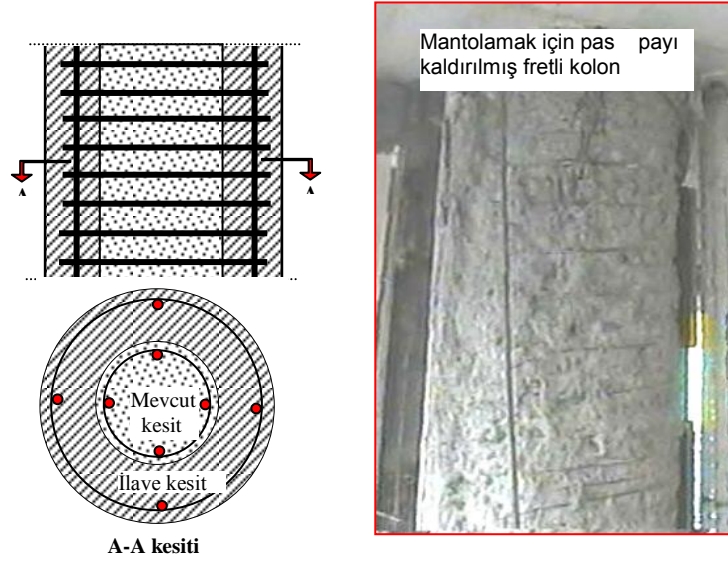
Kolonlarda güçlendirmenin etkili olması için donatıların katlar arasında sürekli olması gerekir (Şekil 4.4.).



Dört yönden mantolama uygulaması

Şekil 4.4. Donatıların katlar arasında sürekliliğinin sağlanması

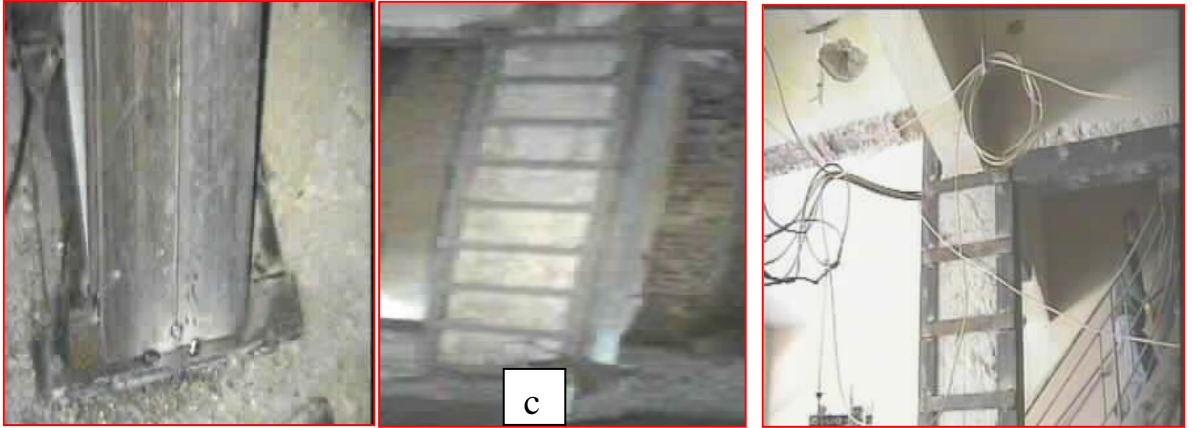
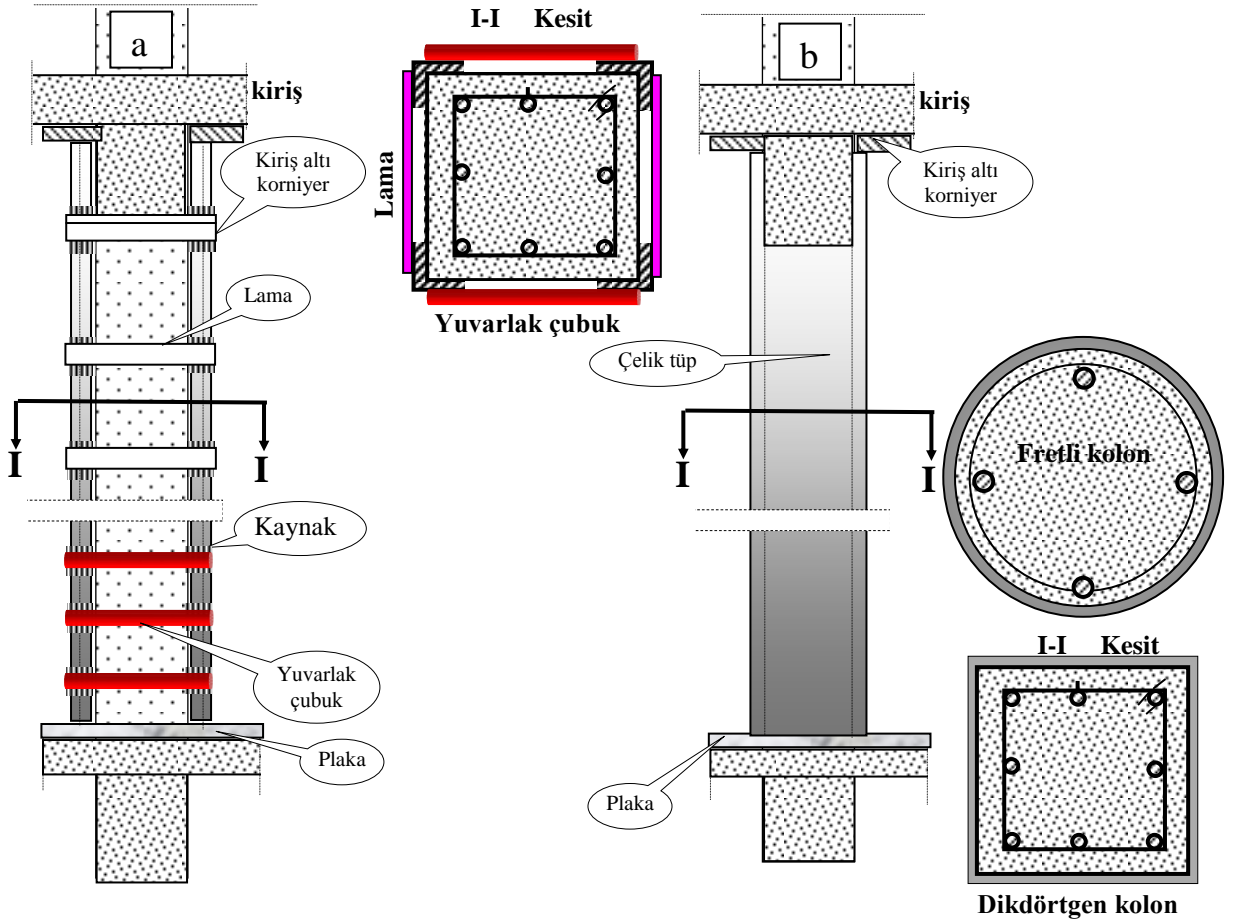
Fretli kolonların mantolanarak güçlendirilmesi genel olarak kolonun tüm çevresi boyunca yapılır. Dikdörtgen kolonlarda olduğu gibi ilk önce kolonun paspayı sıyrılır ve kolon içindeki mevcut donatı ile sonradan ilave edilen donatının birlikte çalışmasını sağlayacak birleşim elde edilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Fretli kolonlarda mantolama uygulamaları

4.1.2. Çelik (Profil-Kılıf) Manto ile Kolonların Onarım-güçlendirilmesi

Yapılarda çelik mantolama ile elemanlar ve katlar arası moment aktarımından ziyade eksenel yük kapasitesini artırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle ya elemanlar salt olarak onarım-güçlendirme yapılır yada yapı içinde elemanların birbirine bağlantısı yapılarak yeni bir taşıyıcı sistem oluşturularak yapılabilir. Bu yöntemde kolon kenarlarına korniyerler yerleştirilir. Korniyerler min. 50x50x5 mm, lamalar min. 25x4 mm ve yuvarlak demirler min. $\phi 14$ mm olarak seçilerek donatılarla birbirine kaynakla veya bulon ile bağlantısı yapılır (Şekil 4). Taşıyıcı elemanlara çelik işlemi yapılmadan önce yüzeyler mümkün olduğunca pürüzsüz hale getirilmeli ve sıkıştırma işlemi yapılarak kaynak veya bulonla yapılmalı. Bu korniyerler ile mevcut kolon arasında kalan boşluklar rötresi olmayan beton ve reçineler ile doldurularak kolon ile çelik elemanların beraber çalışması sağlanmalıdır. Kolonun tamamı çelik tüp içine alınarak onarım-güçlendirilmesi mümkündür. Bu tüp şeklindeki kılıfın kolon ile bağlantısı kolonlara açılan deliklere donatı ankrajı yaparak bu ankraj uçlarının kılıf ile kaynak bağlantısı sağlanmalıdır. Fretli kolonlarda bu uygulama, uygulama gücü ve işçiliğin fazla olmasından dolayı pek tercih edilmemektedir.



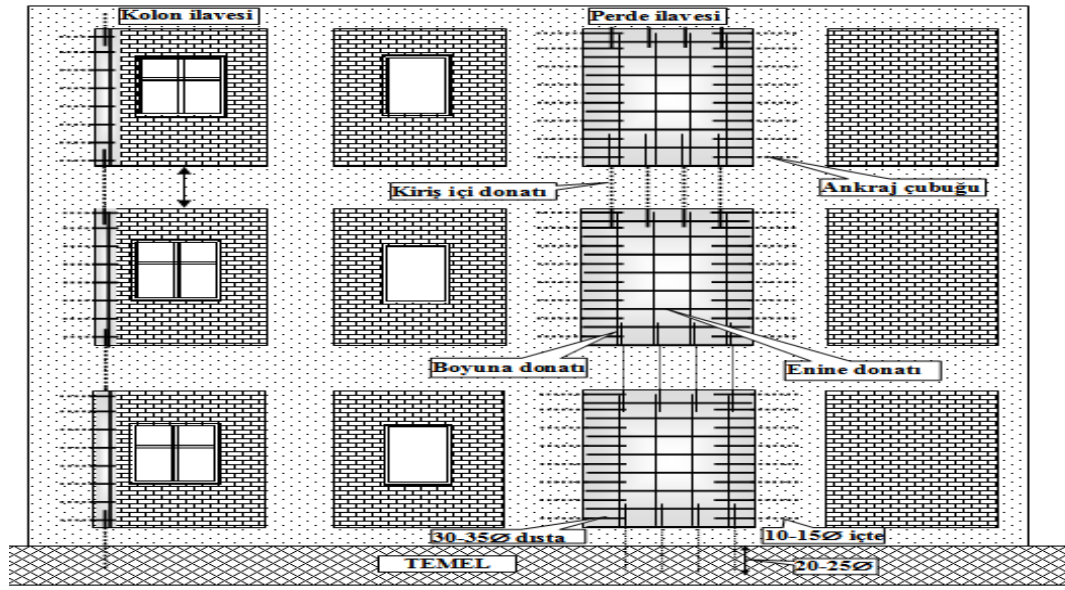
Şekil 4.6. Kolonların onarım-güçlendirmesi a-korniyer-lama b-tüp c-uygulama

4.1.3. Yeni Kolon ve Perde İlavesi

Yapılarda rijitliğin düşük olmasından dolayı yapıların onarım-güçlendirilmesi ilave perde ve kolon yapımıyla da yapılmaktadır. İlave perdelerin yapımında,

- İlave perde yapının rijitlik merkezini bozacak düzeyde olmaması şartıyla simetrik olarak
- Mevcut taşıyıcı sistem ile beraber çalışacak düzeyde birleşimin sağlanmasına
- Yapıda düşey yönde bir düzensizlik oluşturmaması için yapının yüksekliği boyunca yapımına
- Temel bağlantısının sağlanmasına

dikkat edilmesi gerekir (Şekil 4.7). Aksi halde yapıya ilave bir dayanım kazandırması beklenemez. Yapıdaki perdeler gerek ilk yapımda gerekse onarım-güçlendirme esnasında yapılmış olsun yapıda burulma yaratmayacak şekilde düzenlenmesi perdeyi yatay yüklere dayanımlı hale getirmesi bakımından önemlidir.



Şekil 4.7. Yeni perde ve kolon ilavesi

Yapıların betonarme perde ile onarım-güçlendirilmesi ülkemizde ilk akla gelen ve yaygın olarak kullanılan bir uygulamadır. Çünkü mevcut yapıların büyük bir çoğunluğu yönetmeliklere uygun olarak yapılmadığından dolayı yatay yükleri karşılayabilecek yanal rijitliğe sahip değildir. Bu uygulama yapıların istenilen yanal rijitliği sağlaması bakımından iyi bir uygulama olduğu depremler sonrası yapılan uygulamalardan görülmektedir. Diğer yöntemlerde ve yapı elemanlarının onarım-güçlendirmesinde olduğu gibi bu yönteminde istenilen düzeyde yapıya yanal rijitlik kazandırması mevcut elemanlarla olan birleşimlerin iyi yapılmasına yakından bağlıdır. Bu birleşimler ne kadar bir döküm birleşim davranışına yakın olarak düzenlenir ise o denli bir yatay rijitlik sağlar. Aksi halde herhangi bir deprem esnasında kabuk gibi ayrılır yatay rijitlik konusunda herhangi bir varlık gösteremez. Betonarme perde ile yapılan onarım-güçlendirmede perde miktarının yapı alanına göre belli bir miktardan daha az olmaması ve mümkün olduğunca yapının her iki yönünde simetrik olması gerekir. Bu durum yürürlükte olan Afet Yönetmeliğinde de aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

$$\Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0,002 \quad (3.14)$$

$$V_t / \Sigma A_g \leq 0,5 f_{ctd}$$

Denk.(3.14). bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde. diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

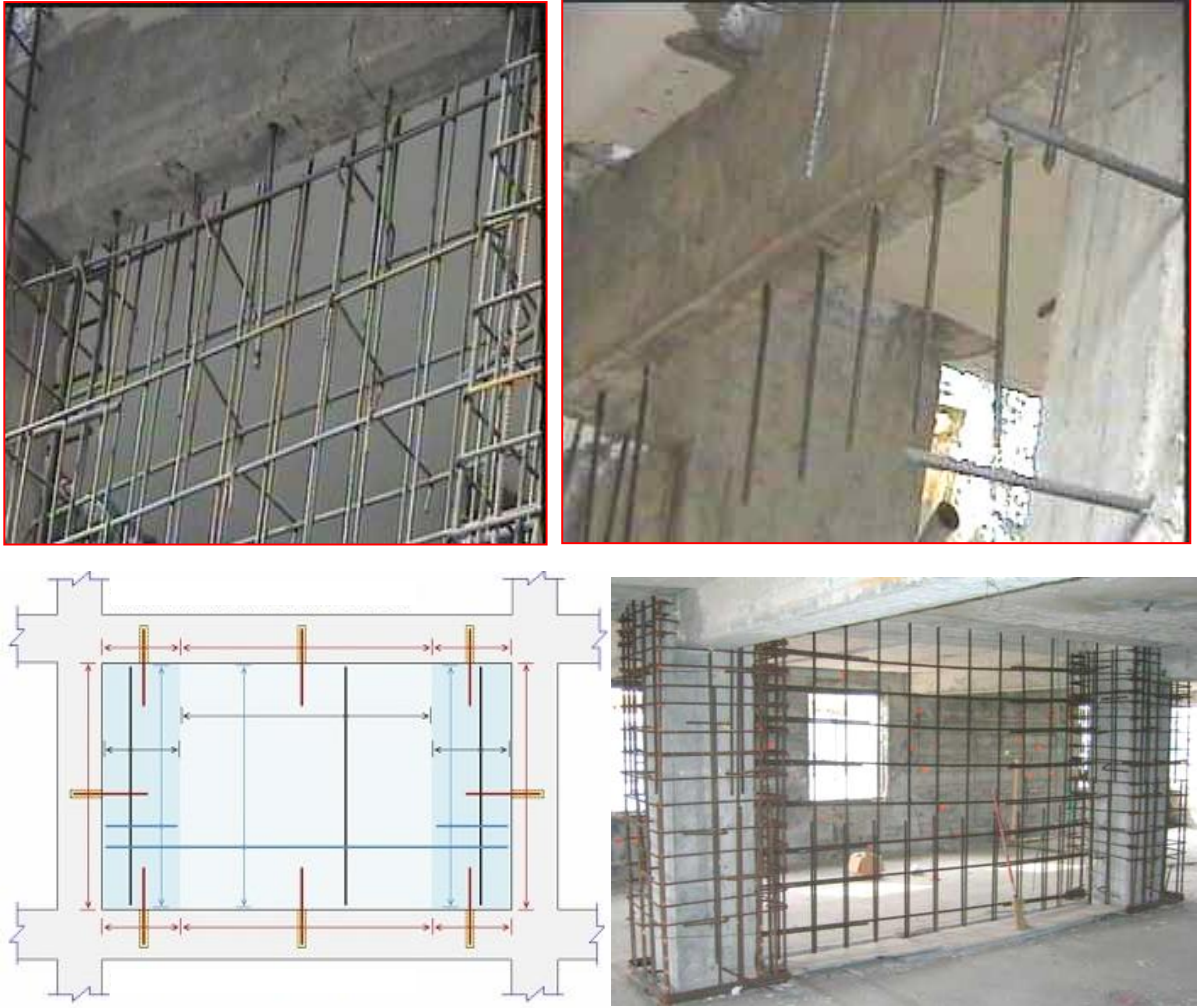
ΣA_g = Herhangi bir katta. göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı

ΣA_p = Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı (Kat sayısı (n) x Kat alanı)

f_{ctd} = Betonun tasarım çekme dayanımı

V_t = **Bölüm 6**'ya göre binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)

Yeni perde ve kolon ilavesinde mevcut elemanlarla birlikte çalışması için mevcut kolon, kiriş ve temel kirişi üzerine yeterli aderans boyu olacak şekilde filizler ekilmelidir (Şekil 6).



Şekil 4.8. Kolon ve perde ilavesinde mevcut elemanlarla bağlantısı

4.2. KIRIŞLERİN ONARIM-GÜÇLENDİRMESİ

4.2.1. Kirişlerde Yerel Onarımlar

Enjeksiyon sadece hafif çatlaklı kirişlerin onarılmasında uygulanır. Epoksi ve çimento harcı enjeksiyonları kolonlara uygulanmalarında olduğu gibi yapılır. Hasarlı kısmın kaldırılması ve yenisinin yapılması, betonun kırılması ve ezilmesi, aderansın bozulması ve donatının kopması veya kırılması gibi ağır hasar durumlarında uygulanmalıdır. Ezilmiş olan beton veya harap olmuş donatı yerinden çıkarılmadan önce, hasarlı kiriş geçici olarak desteklenmeli, askıya alınmalıdır. Kirişlerde hasarlı kısmın kaldırılıp yenisinin konulması ve yapılması işi kolonlardaki uygulamaya

benzemektedir. Mevcut kirişlerin veya döşemelerin altına yerleştirilecek betonun iyice sıkıştırılması işine çok dikkat edilmelidir. Eğer yerleştirmek için kirişin üst yüzünden yaklaşma ve yanaşma imkanı sağlanamıyorsa bu sıkıştırma işi son derece zordur.

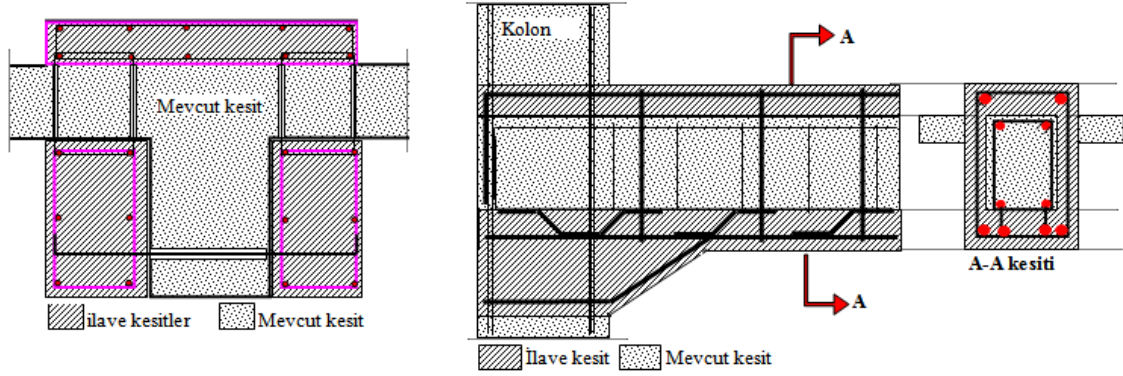
4.2.2. Betonarme Manto İle Kirişlerin Onarım-güçlendirilmesi

Kirişlerin onarım-güçlendirmesi yüksek dayanımlı yapıştırıcılar yapıştırılan çelik plaka veya karbon lifleri ve betonarme manto kullanılarak yapılır. Kirişi mantolama ile onarım-güçlendirmenin sağladığı yarar, betonarme mantoya hem boyuna donatı, hem de etriye yerleştirildiğinden eğilme dayanımı yanında kesme dayanımı da artırılabilir. Betonarme mantoyu kısmi manto olarak altta veya üstte uygulamak da mümkündür. Manto yapılırken yeni yerleştirilen manto donatısı ile mevcut boyuna donatı arasında bir bağ sağlanması uygun olur. Bu bağ, boyuna donatılara kaynaklanan U ve Z çubukları ile sağlanabilir.

Kuvvetli kiriş-zayıf kolon durumunda, deprem etkisi altında, kolon uçlarında mafsallık oluşması şeklinde tehlikeli bir durum ortaya çıkar. Kolonlarda mafsallık oluşması sistemin mekanizma durumuna girmesini çok daha kolaylaştırır. Örneğin çok katlı bir yapıda bir kattaki bütün kiriş uçlarında plastik mafsallık oluşması bir mekanizma durumu yaratmadığı halde o katta bütün kolon uçlarında mafsallık oluşması yapının mekanizma durumuna geçmesine ve devrilerek yıkılmasına neden olur. Takviyeden sonra kuvvetli kiriş-zayıf kolon durumu yaratılmamalıdır. Bundan özellikle kaçınılmalıdır. Kolonlar esasen çok ağır yüklere de maruz kalırlar ve mafsallık oluşması çok sakıncalı bir durum yaratır. Ayrıca onarım ve güçlendirilmeleri de kirişlere göre daha zordur. Çünkü donatılarda burkulma, yerel oturma gibi durumlar ortaya çıkabilir. Kirişlerde çatlama, betonun ezilmesi, donatının burkulması, kopması, ezilmesi, sıyrılması, etriyelerin kopması gibi hasarın cinsine ve gerekli olan güçlendirme düzeyine bağlı olarak uygulanacak onarım ve güçlendirme yöntemleri kolonlar için söz konusu olan yöntemlere esas itibarıyla benzer.

Kirişlerin betonarme manto onarım-güçlendirilmesinin de kolondaki yapıya yakından benzer. Kirişin konumuna ve hasarına göre 1, 2, 3 ve 4 yönünden betonarme manto yapılabilir. Kirişin yapı içindeki yeri bazen kirişe yapılacak mantonun şeklini değiştirebilmektedir. Örneğin bir garaj girişindeki kirişin alt yüzeyine betonarme manto yapmak uygun olmayabilir. Bu durumda kirişin diğer yüzeylerine betonarme manto

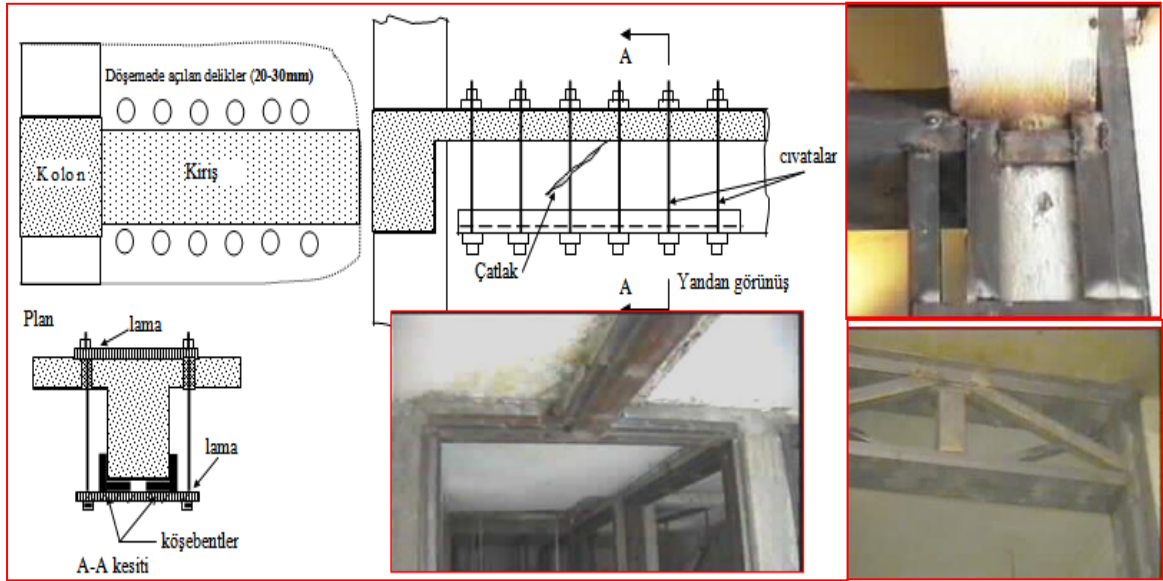
yapılır veya başka bir malzeme ile onarım-güçlendirme yapılır. Kirişlerdeki mantolama kolon yüzeyine guseler yapılarak ilave olan kesitler guseye oturtularak bir kiriş gibi çalışır (Şekil 4.8).



Şekil 4.9. Kirişlerin montolanmasına ait uygulamaları

4.2.3. Çelik Levha İle Kirişlerin Onarım-güçlendirilmesi

Kirişlerin çelik levhalar ile onarım-güçlendirilmesi yeni ve yaygın olan bir tekniktir. Esas itibariyle statik yüklere maruz kalan kirişlerin kesme mukavemetini ve açıklık eğilme mukavemetini artırmak için kullanılır. Bu yöntemde çelik levhalar betonarme kirişlerin yüzlerine epoksi reçineleri ile dıştan yapıştırılırlar. Epoksinin sertleşmesi süresince çelik levhalar mengenerler ile sıkıştırılmalıdır. Çelik levhaların ya betona çakılmış çivilerle veya ankraj cıvataları ile ankre edilmesi sağlanmalıdır. Kama veya epoksi kullanılması da uygundur (Şekil 4.9). Çelik levhalar 2-10 mm. kalınlıkta olurlar ve kalınlığı 3 mm. den fazla olan levhalar halinde kiriş yüzü ince genişlen çimento harcı ile düzlenmelidir. Bu halde kama ankraj cıvataları kullanılmalıdır. Levhaların ve çelik aparatların korozyon ve yangına karşı korunmasına özel dikkat gösterilmelidir. 250 °C derecesinin üzerindeki sıcaklıklarda epoksi reçinelerinin mukavemetlerinin tamamını kaybettikleri unutulmamalıdır. Esas itibariyle statik yüklere maruz kirişlere uygulanan bir yöntem olduğu için depremden ileri gelen değişken yüklere maruz kirişlere uygulanması uygun değildir.



Şekil 4.9b. Kirişlerin çelik levhalar ile onarım-güçlendirilmesi

4.2.4. Çelik Kılıf İle Kirişlerin Onarım-güçlendirilmesi

Yeni sayılabilecek bir kiriş onarım-güçlendirme uygulaması,

1. Kiriş alt yüzeyinde 15-20 cm aralıklarla çapı 3-6 cm ve derinliği 2-5 cm olan boşluklar açılır.
2. Bu boşluklara çapı $\phi 14-20$ mm olan donatılar önce kaynakla sonra epoksi le tutturulur.
3. Kirişin yan yüzeylerine şaşırtmalı olarak 15-25 mm çapında ve 10-15 cm derinliğinde delikler açılarak bunun içine $\phi 14-20$ lik donatılar epoksiyle tutturulur.
4. Bu işlemlerden sonra kiriş yüzeyi özel bir dolgu malzemesi ile düzgün bir hale getirilir.
5. Bu düzgün haldeki kirişin üç yüzeyine kiriş üzerindeki ankraj çubuklarına gelen yerler üzerinde açılmış olan saç levhalar sıkıştırılarak yapıştırılır ve kiriş üzerindeki donatılar ile kaynak yapılır ve üzeri taşlanarak düz bir yüzey elde edilir.
6. Bu saç levhalar kolonlara köşebent şeklindeki saçlar ile aynı şekilde kaynaklanır.



Şekil 4.10. Kirişlerin çelik levhalar ile onarım-güçlendirilmesi örnekleri

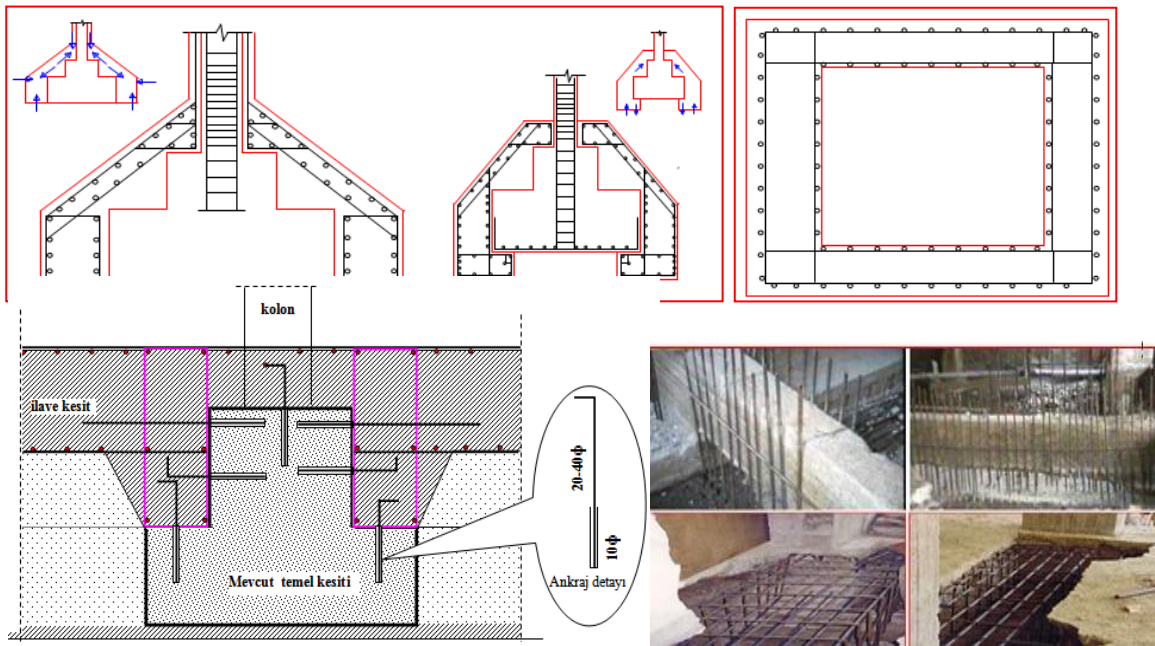
4.3. TEMELLERİN ONARIM-GÜÇLENDİRİLMESİ

Yapının diğer taşıyıcı elemanlarına göre temel hasarın belirlenmesinin güç olması ve ekonomik olmaması gibi nedenlerden dolayı temelin onarımından daha çok güçlendirilmesi söz konusu olmaktadır. Çünkü temel kiriş veya plaklarında herhangi bir taşıma gücü kaybının belirlenmesi hasarlı yapılarda uygulaması güç olduğundan dolayı yapılan bir çalışma değildir. Temeldeki yapısal hasarların büyük bir kısmı zeminin taşıma gücüyle beraber değerlendirildikleri için temel hasarı zemindeki farklı oturmalar veya zeminin taşıma gücünün düşük olması üzerine yorumlanabilmektedir. Ayrıca yapıya güçlendirme amacıyla yapılan kolon-perde ilavesi veya mevcutların onarımının temele bağlantılarının yapılmasından dolayı temelin güçlendirmesini de beraberinde getirebilmektedir. Yapıdaki temellerin güçlendirilmesi işlemi,

- a. Kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar meydana gelirse,
- b. Büyük deprem yükleriyle temelde hasar oluşursa,

- c. Yapı yüklerinde, güçlendirmeden ileri gelen artmalar veya deprem yönetmeliğindeki değişikliklerden kaynaklanan yatay yük artışı ile mevcut temel yetersiz kalırsa,
- d. Sonradan kat ilavesi veya yapının kullanım fonksiyonunun yapının yüklerini artırıcı yönde değiştirilmesi nedeniyle temel yetersiz kalırsa,
- e. Komşu yapılarda, yolda, kanalizasyon ve diğer alt yapılarda yapılacak değişikliklerden dolayı yapının temelinde meydana gelebilecek değişikliklerden dolayı

gerekebilir. Temel sisteminin güçlendirilmesinde, mevcut temele ilave yapılabildiği gibi, yeni temel düzenlenebilir veya temel zemini iyileştirilebilir. Temelden üst yapıya aktarılacak tepkiyi eski temel vasıtasıyla iletebilmek için temel pabucu çevresinde ek dişler oluşturulur (Şekil 10). Mevcut temel sistemi ile ilave temeli beraber çalışması için mevcut temel kesiti üzerine ankraj çubuklarının yaklaşık iki katı delikler açılarak 20-40 cm aralıkla epoksi ile ankraj çubukları ekilir (Şekil 11). Buradaki ölçüler temel ve yapı özelliklerine göre yapılan incelemelerde belirlenir. Son yıllarda ülkemizde uygulamaya başlanan bir yöntem olarak kullanılan temel zemini içine basınçlı beton enjekte ederek hem zemin dolaysıyla da temelin onarım-güçlendirilmesi yapılmaktadır.

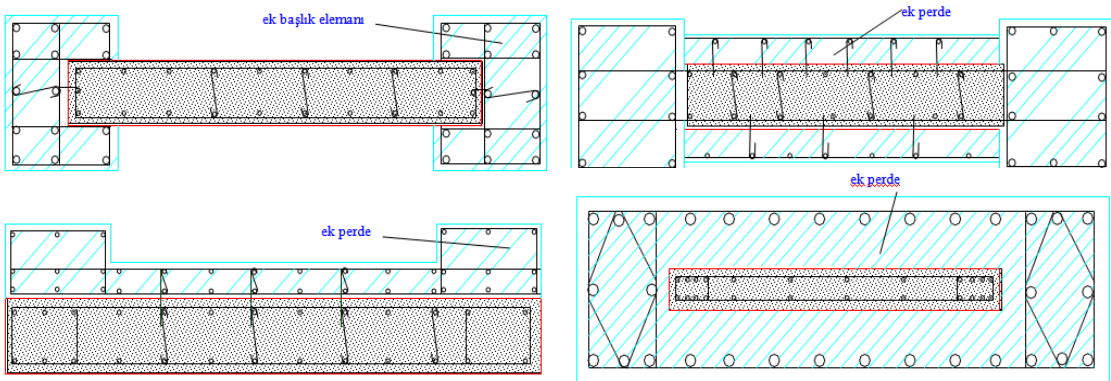
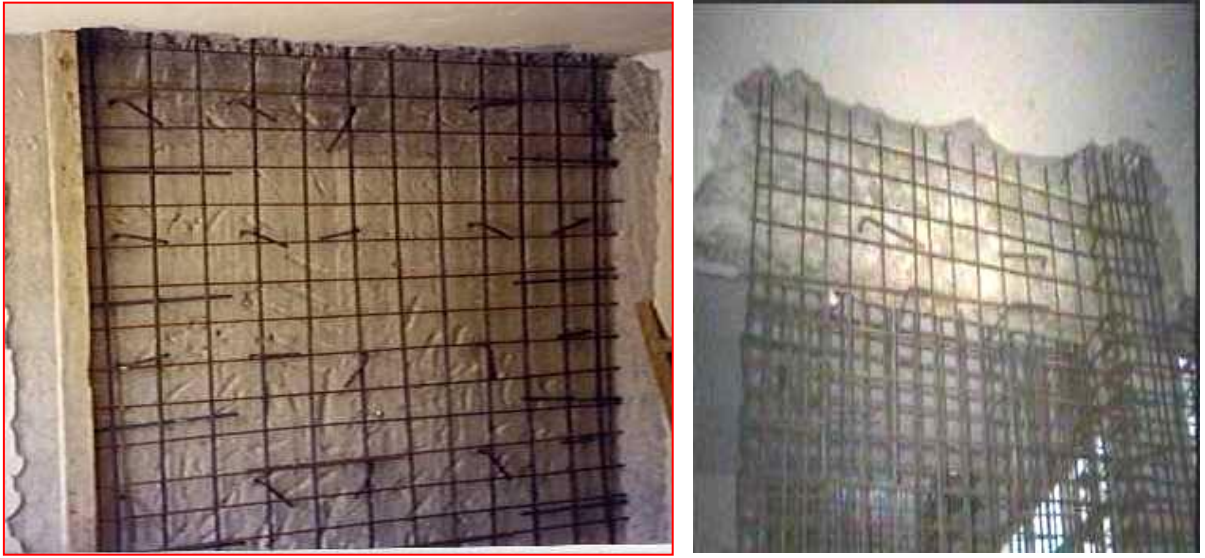


Şekil 4.11. Temel onarım-güçlendirmesinde bağlantı detayı

4.4. PERDELERİN ONARIM-GÜÇLENDİRİLMESİ

Perde uzun kenarının kısa kenarına oranı 7 olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Yapılardaki perdelerin düzenlenmelerinin temel amaçlarından ilki yapının yatay yüklere karşı dayanımını sağlamak olduğundan dolayı perdelerin hasarının giderilmesini kaçınılmaz yapmaktadır. Gerek deprem hasarlarının incelenmesinden gerekse yapılan deneysel ve teorik çalışmalardan perdelerin yapı içindeki düzenleme konumları boyutlandırma kriterleri kadar önem taşımaktadır. Deprem bölgelerinde yapılan onarım ve güçlendirme çalışmalarında yapıyı olası yatay yüklere karşı dayanımlı hale getirmek için perde ilavesi yapıldığı gibi bazı yapılarda burulma düzensizliğini ortadan kaldırmak için yapıdaki mevcut perdeler çeşitli boşluklar açılarak veya kaldırılarak yapının burulması önlenerek güçlendirilmiştir. Perdeler, deprem yüklerinin karşılanmasında rijitlik ve dayanım bakımından taşıyıcı sistemin önemli elemanlarıdır. Hasar görmeleri durumunda, onarım ve güçlendirilmeleri özenle yapılmalıdır. Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen betonarme perdelerde hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden veya büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yetersizliğinden kaynaklanabilir. Perdelerin güçlendirilmesinde eğer varsa, pencere, kapı gibi boşlukların doldurulması ile sağlanan ek taşıma gücü kapasitesi yeterli olabilir. Diğer yapı elemanlarında olduğu gibi, betonda ezilme olmadığı durumda epoksi enjeksiyonu perdeler için de yaygın olarak kullanılır. Ancak, bütün çatlaklar doldurulmadığı için hasardan önceki rijitlik elde edilemez. Perdede beton ezilmesi veya donatı burkulması varsa, kolonlarda uygulanan onarım ve güçlendirme yöntemi burada da uygun olur. Hasar derecesine göre hasarlı kısmın temizlenmesi, ek donatı yerleştirilmesi ve bu kısmın beton ile kapatılması gerekir.

Eğer mevcut perde yetersiz kalırsa, kalınlığını arttırarak rijitliğini ve dayanımını yükseltmek önerilir. Kalınlığın artırılması sırasında ek donatıların yerleştirilmesi ve uygun başlık yapılması gerekli olabilir. Yeni donatıların mevcut olanlara bağ parçaları ile kaynaklanması ve mevcut beton yüzünün pürüzlendirilmesi bütünleşmeyi sağlayacağından önemlidir. Aradaki bağ kuvvetlerinin iletimini sağlamak için dikiş çubuklarının kullanılması ve mevcut perde yüzeyini epoksi uygulanması gerekli olabilir. Perdenin eğilme dayanımını yeni başlık kısımlarının ilavesi ve donatı düzeninin sağlanması ile arttırılabilir.



Şekil 4.12. Perde onarım-güçlendirme bağlantı detayı

4.5. KİRİŞ KOLON BİRLEŞİM BÖLGESİNİN ONARIM-GÜÇLENDİRİLMESİ

Depremde en fazla hasar gören kiriş-kolon birleşim bölgeleri, taşıyıcı sistemin en çok zorlanan ve güçlendirilmesi en zor olan kısımlarını oluşturur. Birleşim bölgelerinde farklı doğrultudaki elemanlar birleşerek, kesit etkileri birbiriyle dengelenir. Deprem yükleri altında bu bölgede kesme kuvveti dayanımının ve donatı kenetlenmelerinin yeterli olmaması en çok rastlanan hasar türlerini oluşturur. Ayrıca, büyük şiddetteki depremlerde birleşim bölgesine birleşen kesitlerde meydana gelen plastik mafsallar sonucu büyük dönmeler, donatıda aderans çözülmesi sonucu kaymalar ve geniş çatlaklar oluşabilir. Deprem etkisinde birleşim bölgesinin iki tarafındaki eğilme momentinin farklı işarette olması, kiriş kesitinde farklı gerilme durumları doğmasına ve

bunun sonucu donatının birleşim bölgesinden çekilip çıkarılmak istenmesine yol açar. Bu nedenle donatı kenetlenmelerine ve eklerine özen göstermek gerekir.

Hasarın yerel olması ve çatlaklar şeklinde görülmesi durumunda, epoksi reçinesi enjekte edilmesi onarım-güçlendirme için yeterli olabilir. Aderansın çözülmüş donatının aderansının tekrar oluşturulması için de epoksi enjeksiyonu önerilir. Çimento şerbetinin aderansın kazandırılmasında yeterli olmadığı yapılan uygulamalarda görülmüştür. Hasarın daha da yaygın olması durumunda, kiriş kolon birleşim bölgesi, çelik lamalar yapıştırılarak ve sarılarak güçlendirilebilir. Bu suretle, kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri arttırılırken; sarılan lamalar ile, bu bölgede oluşturulan enine basınçla, betonun dolayısıyla elemanın sünekliği arttırılır. İhtiyaç olduğunda süneklik artırımı için etriyeleri eksik olan kolon ve kiriş kesitlerinde sadece sargı lamaları kullanılabilir. Uygulama için bölgedeki ezilen beton temizlenir, yüzeyler düzeltilir ve özel yapıştırıcılar kullanılarak boyuna lamalar yapıştırılır. Yapışmanın tam olması için lamaların betona işkence aletleri ile bağlanması gerekebilir. Daha sonra sargı lamaları sarılarak uçları birbirlerinin üzerine yeterli boyda gelecek şekilde yapıştırılır. Bu sırada kiriş sargı lamalarının, o bölgedeki döşeme kaplamasının kaldırılmasında ve döşemede delikler açıldıktan sonra uygulanabileceği dikkate alınmalıdır. Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için lamaların dar olmaması (genelde 5 cm. genişlik uygun olur) ve birbirlerinde ayırık (20 cm. uygun mesafe) yerleştirilmemesi gerekir.



Şekil 4.13. Kolon kiriş birleşim bölgesi onarım-güçlendirme uygulaması

Yapılan güçlendirme işinde özel itina gösterilmesi önem taşır. Ayrıca güçlendirme şeklinin basit dahi olsa deneyle kontrolü önemlidir. Bütün bu işlerden sonra onarılıp güçlendirilen bölgenin sıvanması ve lamaların kapatılması gerekir. Duruma özgün bir yaklaşım gerektiren, kiriş kolon birleşim bölgesinin güçlendirilmesine ait örnek şekillerle verilmiştir. Mantolama yoluyla birleşen elemanların bütünleşmesi sağlanmaktadır. Kısa donatıların kenetlenmesi için kaynak kullanılması ve mevcut ve yeni betonun bütünleşmesi için beton örtü tabakasının kaldırılması gerekli olabilir. Yerleştirilecek donatının bir uzay kafes sistem oluşturulması ve kuvvet akışı ile uyumlu yerleştirilmesi uygun olacaktır. Bu donatıları örtecek ve rijitliği sağlayacak beton kesitinin oluşturulması gereklidir. Güçlendirme biçiminin döşeme üzerine taşıdığı gözden kaçırılmamalıdır. Etriyeler döşemede delik açılarak bağlanmıştır. Sadece birleşim bölgesini güçlendiren bu mantolama, kiriş ve kolonlarında mantolanması durumunda daha elverişli ve kolay uygulanabilir. Özellikle endüstri yapılarındaki çerçevelerde çelik levhalar kullanılarak yapılan güçlendirme uygun olur. Birleşim bölgesinin şekline uygun çelik levhalar epoksi ile yapıştırılıp, bulonlarla bağlanır. Kuvvet akışının sağlanması için ek levhaların kiriş ve kolona kaynaklanması gerekmektedir.

BÖLÜM 5

5. GÜÇLENDİRİLECEK BİNALARDAN BİLGİ TOPLANMASI

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir. Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür. Bu kısımda DY verileri numarası ile açıklama yapılmıştır.

DY. 7.2.2. Bilgi Düzeyleri: Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak **7.1.6'** da belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla *sınırlı*, *orta* ve *kapsamlı* olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

7.2.2.1–Sınırlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

7.2.2.2–Orta bilgi düzeyi'nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

7.2.2.3–Kapsamlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

7.2.3. Mevcut Malzeme Dayanımı: Taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak malzeme dayanımları Yönetmeliğin bu bölümünde *mevcut malzeme dayanımı* olarak tanımlanır.

7.2.4. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi: 7.2.4.1–Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

- Taşıyıcı sistem plan rölevesinin elde edilmesi
- Kısa kolon vb. olumsuzlukların, komşu binalarla ilişkilerin işlenmesi
- Temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi

7.2.4.2–Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere kolonların herbirinden %10 ve kirişlerin herbirinden %5 oranında elemanın pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı

belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenecektir.

- Binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı varsayımı
- Her katta kolon ve kirişlerin %10'unda (en az birer adet) pas payı sıyrılarak doğrulama yapılması, çelik sınıfının gözle tespit edilmesi
- Pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde tahribatsız yöntemlerle donatı tesbiti yapılması
- Donatı gerçekleşme katsayısı'nın belirlenmesi

7.2.4.3–Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

- Her katta en az iki beton örneği (kolon veya perde) alınması
- Beton kapasite dayanımı = En düşük basınç dayanımı
- Çelik kapasite dayanımı = Karakteristik akma dayanımı

7.2.5. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi: 7.2.5.1–Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok)

belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

- Proje yoksa taşıyıcı sistem plan rölevesinin elde edilmesi, varsa mevcut projenin yapıya uygunluğunun tesbiti
- Kısa kolon vb. olumsuzlukların, komşu binalarla ilişkilerin işlenmesi
- Temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi

7.2.5.2–Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise **7.2.4.2**'deki koşullar geçerlidir, ancak donatı kontrolü yapılacak kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için **7.2.4.2**'de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenecektir.

- Her katta kolon ve kirişlerin %20'sinde (en az ikişer adet) pas payı sıyrılarak doğrulama yapılması, çelik sınıfının gözle tespit edilmesi
- Pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde tahribatsız yöntemlerle donatı tesbiti yapılması
- Donatı gerçekleşme katsayısı'nın belirlenmesi

7.2.5.3–Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden

elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

- TS-10465’de belirtilen koşullara uygun şekilde her katta en az üç, her 400 m²’den en az bir, toplam en az 9 beton örneği (kolon veya perdelerden) alınması
- Beton kapasite dayanımı = Ortalama - standart sapma
- Çelik kapasite dayanımı = Karakteristik akma dayanımı

Tablo 5.1. Donatı gerçekleştirme katsayılarının belirlenmesi

DONATI GERÇEKLEŞME KATSAYISI							
NO	KAT	KOLON AKS	YERİNDE DONATI	YERİNDE A _s cm ²	PROJEDE DONATI	PROJEDE A _s cm ²	DONATI GERÇEKLEŞME KATSAYISI
1	BODRUM	2-E	4 Ø 18 + 2 Ø 10	11,72	10 Ø 14	15,4	0,76
2	BODRUM	7-B	2 Ø 18 + 2 Ø 10	6,64	6 Ø 14	9,24	0,72
3	BODRUM	2-C	8 Ø 18 + 4 Ø 12	24,84	16 Ø 16	32,16	0,77
4	ZEMİN	2-E	4 Ø 18 + 2 Ø 10	11,72	10 Ø 14	15,4	0,76
5	ZEMİN	7-B	2 Ø 18 + 2 Ø 10	6,64	6 Ø 14	9,24	0,72
6	ZEMİN	2-C	8 Ø 18 + 4 Ø 12	24,84	16 Ø 16	32,16	0,77
7	1.KAT	2-E	4 Ø 18 + 2 Ø 10	11,72	10 Ø 14	15,4	0,76
8	1.KAT	7-B	2 Ø 18 + 2 Ø 10	6,64	6 Ø 14	9,24	0,72
9	1.KAT	2-C	8 Ø 18 + 4 Ø 12	24,84	16 Ø 16	32,16	0,77
10	2.KAT	2-E	4 Ø 18 + 2 Ø 10	11,72	10 Ø 14	15,4	0,76
11	2.KAT	7-B	2 Ø 18 + 2 Ø 10	6,64	6 Ø 14	9,24	0,72
12	2.KAT	2-C	8 Ø 18 + 4 Ø 12	24,84	16 Ø 16	32,16	0,77
13	3.KAT	2-E	4 Ø 18 + 2 Ø 10	11,72	10 Ø 14	15,4	0,76
14	3.KAT	7-B	2 Ø 18 + 2 Ø 10	6,64	6 Ø 14	9,24	0,72
15	3.KAT	2-C	8 Ø 18 + 4 Ø 12	24,84	16 Ø 16	32,16	0,77
16	4.KAT	2-E	4 Ø 18 + 2 Ø 10	11,72	10 Ø 14	15,4	0,76
17	4.KAT	7-B	2 Ø 18 + 2 Ø 10	6,64	6 Ø 14	9,24	0,72
18	4.KAT	2-C	8 Ø 18 + 4 Ø 12	24,84	16 Ø 16	32,16	0,77
ORTALAMA :							0,75

Yerinde A_y/Proje A_s=Donatı Gerçekleşme Katsayısı
ÖRNEK: 11.72/15.4=0.76

7.2.6. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi: 7.2.6.1–Bina Geometrisi:

Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılır ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir.

7.2.6.2–Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için 7.2.5.2’de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20’sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1’den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenecektir.

- Her katta kolon ve kirişlerin %10’unda (en az birer adet) pas payı sıyrılarak doğrulama yapılması, çelik sınıfının gözle tespit edilmesi
- Pas payı sıyrılmayan elemanların %20’sinde tahribatsız yöntemlerle donatı tesbiti yapılması
- Donatı gerçekleşme katsayısı’nın belirlenmesi

7.2.6.3–Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²’den bir adet beton örneği (karot) TS-10465’de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değerler eleman kapasite hesaplarında *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen

elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

- Her katta en az üç, her 200 m²'den en az bir, toplam en az 9 beton örneği (kolon veya perdelerden), bir adet donatı örneği alınması
- Beton kapasite dayanımı = Ortalama - standart sapma
- Çelik kapasite dayanımı = Karakteristik akma dayanımı (projede verilen

Malzeme dayanımları, özellikle belirtilmedikçe ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları ile bölünmeyecektir. Eleman kapasitelerinin hesabında *mevcut malzeme dayanımları* kullanılacaktır. İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak katsayılar. İncelen yapı özellikleri hangi gruba giriyorsa ona göre aşağıdaki bilgi düzeyi katsayıları kullanılacaktır.

Tablo 5.3. Bilgi düzeyi katsayıları (DY)

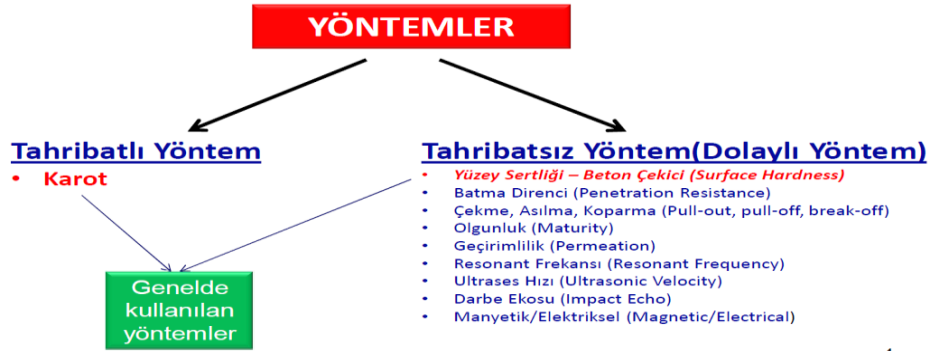
Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0,75
Orta	0,90
Kapsamlı	1,00

5.2. MEVCUT YAPILARIN BETON DAYANIMININ BELİRLENMESİ (KAROT)

Yapılardaki sertleşmiş beton dayanımının belirlenmesinde kullanılan yöntemleri;

1. Tahribatsız (hasarsız/yıkımsız), [Beton test çekici (Schmidt çekici) ve ultrasonik test cihazı]
2. Yarı tahribatlı [Betondan düzensiz parça alma]
3. Tahribatlı [Karot]

olmak üzere üç sınıfta toplamak mümkündür.

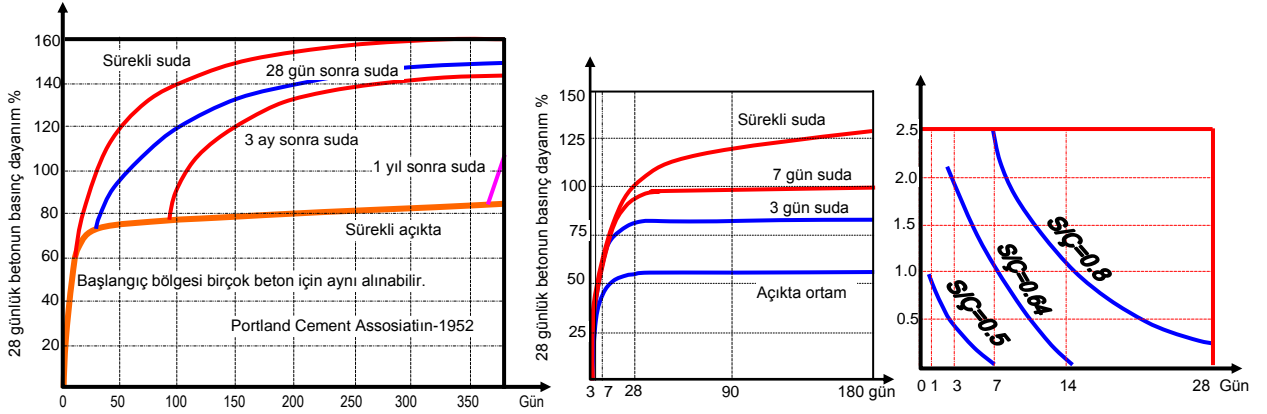


Şekil 5.1. Beton dayanımının belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Bu yöntemlerden dayanım hakkında gerçeğe yakın sonuç verebilen karot numune alma yöntemidir. Yapıdan özel aygıtlarla, emniyetine en az zarar verecek şekilde, kesilerek belirli çap ve narinlikte karot adı verilen silindirik beton numuneler alınmakta ve yapıda kullanılmış olan beton kalitesi bu numuneler üzerinde gerçekleştirilen merkezi basınç deneyleriyle belirlenmektedir. Oysa uygulamada beton dayanımının standart numune dayanımı (potansiyel dayanım) cinsinden tanımlandığı bilinmektedir. Durum böyle olunca yapıda mevcut beton sınıfını belirlemek için bu yapıdan alınan karot dayanımlarının potansiyel dayanıma dönüştürülmesi gerekli olmaktadır. Bu dönüşümün gerçekleştirilebilmesi için de karot dayanımına etkiyen tüm etmenlerin dikkate alınması kaçınılmaz olmaktadır.

Bir yapının taşıyıcı sisteminden karot,

- Yapının imalatında kullanılan betonun projede öngörülen dayanımda olup olmadığının kontrolü,
- Beton döküm esnasında yapılan standart deney (slap, küp veya silindir) sonuçlarının uygun olmaması ve kontrolü,
- Beton dayanımında etkili olan betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması, sulanması ve bakımının kontrolü (betonun dayanımında ilk bakım çok önemlidir),
- Betonarme güçlendirmede kullanılan betonun dayanımının öngörülen düzeyde olması çok önemli olmasından dolayı deneyler özenle yapılmalıdır.



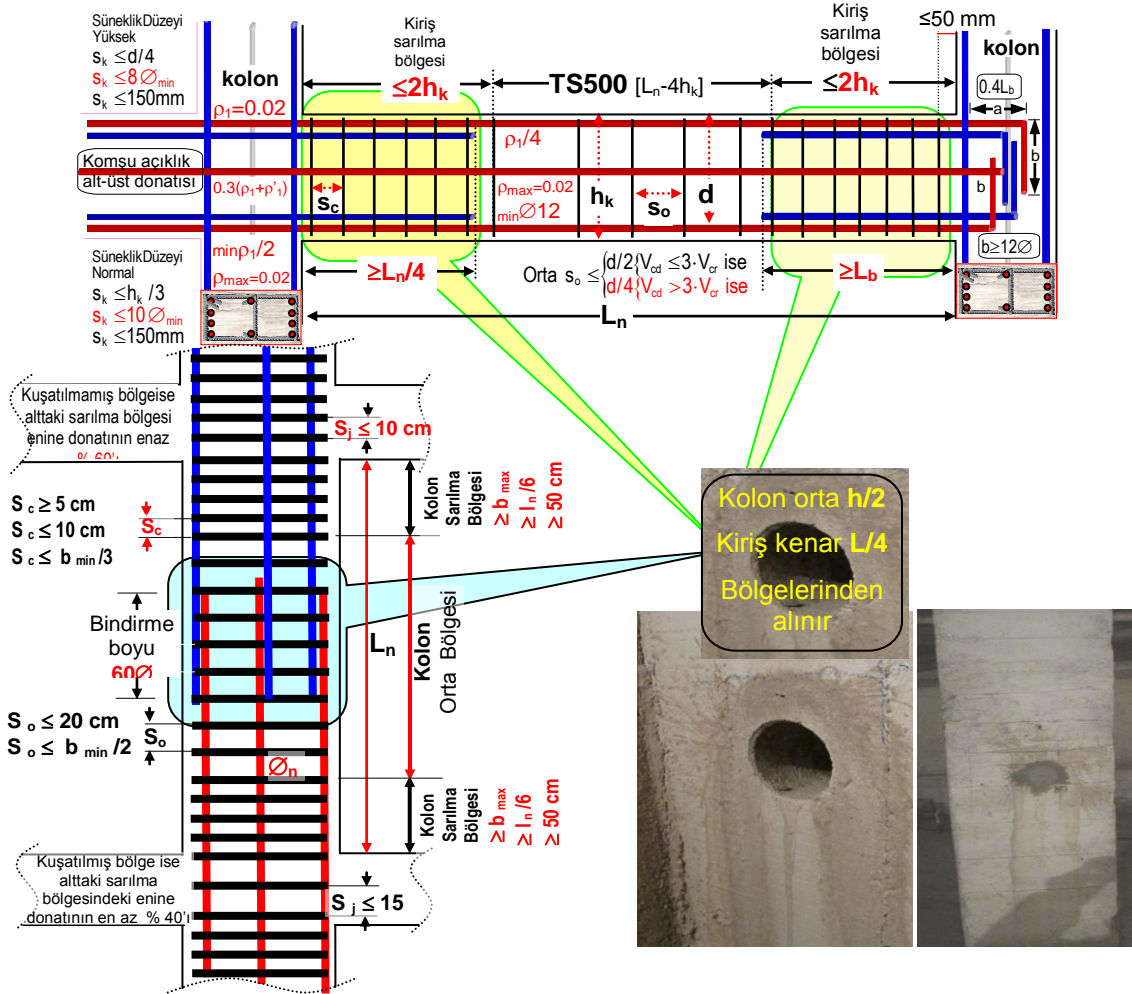
Şekil 5.2. Beton dayanımında etkili olan parametreler

Bu grafiğin incelenmesinden her yapıda ilk aşamada beton bakımının çok önemli ne denli yapıldığının tespiti için karot alınması gerekli gibi görülebilir. Çünkü beton dayanımının yaklaşık %70'ini ilk 7 günde kazanmaktadır.

Karot alma sebepleri;

- Söz konusu yapının genel beton dayanımı belirlenmesi,
- Yapının imalatında göz ile görülebilen kusurların (segregasyon, donatıların aralarının açık olması, soğuk derzin çok ve renklerinin farklı olması) çok olması durumunda,
- Yapının yangın, deprem ve çarpma gibi büyük etkilere maruz kalması sonucu dayanımının tespiti,
- Yapının gerilmelerin yüksek olduğu kritik noktalarındaki dayanımın yeterlilik kontrolü,
- Güçlendirilmesi düşünülen yapının bilgisayar çözümünde kullanılacak beton dayanımının belirlenmesi,

gibi sebeplerden dolayı alınır.



Şekil 5.3. Taşıyıcı elemanlardan karot alma noktaları

5.2.1. Karot Dayanımını Etkileyen Faktörler (TS13791 (2010))

Bir karotun dayanımı, yapının kür geçmişi ve karot alındığı andaki beton yaşı çok etkilidir. Bu durum aşağıdaki grafiğin incelenmesiyle daha iyi anlaşılır.

Karot dayanımını etkileyen faktörler,

1. Beton Özellikleri

Karotun rutubet içeriği, ölçülen dayanımı etkiler. Suya doymuş karotun dayanımı, diğer özellikleri aynı olan hava kurusu, rutubeti normal şartlarda %8-12 olan karot dayanımından %10-15 daha düşük çıkmaktadır

Boşluk oranının artması, dayanımı düşürür. Yaklaşık %1 boşluk, dayanımı %5-8 oranında düşürmektedir.

Döküm yönüne göre doğrultu, Betonun döküm doğrultusunda, düşey olarak alınan karot dayanımı, taze beton stabilitesine bağlı olarak, aynı betondan yatay yönde alınan karot dayanımından daha yüksek olabilir. Dayanım farkı tipik olarak %0-8 arasında olmaktadır.

Kusurlar: Karottaki çatlaklar, değişik sebeplerden kaynaklanır. Bu sebepler arasında, yassı, iğne şekilli tanelerin veya yatay donatı çubuklarının altında toplanan su ve yöresel ayrışma sebebiyle boşlukların oluşumu sayılabilir. Bu tür karotlardan elde edilen dayanımların geçerliliği ve bu dayanımların genel olarak yapıdaki beton dayanımını temsil etme yeterliliği ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

2. Deney değişkenleri

Karot çapı: Karot çapı, ölçülen dayanım ve dayanımdaki değişkenlikleri etkiler. Yatay yönde alınan, çapı 100 mm boy/çap oranı 1'e eşit olan ($l/d=1$) karot dayanımı, kenar uzunluğu 150 mm olan küp numune dayanımına tekabül etmektedir. Çapı 100 mm'den küçük ve boy/çap (l/d) oranı=1 olan karotlarda, dayanım değişkenliği genellikle büyüktür. Bu nedenle, çapı 50 mm olan karotlar ile çapı 100 mm olan karotların dayanımları arasında doğrusal interpolasyon için, 50 mm'lik karot adedinin, 100 mm'lik karot adedine göre üç kat olması gerekli olabilir. Ölçülen dayanımdaki değişkenlik, karot çapının, en büyük agrega tane büyüklüğüne oranındaki azalmaya bağlı olarak yükselir. Çapı 50 mm'den daha küçük olan karotlara (mikrokarotlar) uygulanması gerekli işlemler bu standardın kapsamı dışındadır.

Boy/Çap Oranı: Boy/çap oranı, ölçülen karot dayanımını etkiler. Dayanım, $l/d > 1$ olan karotlarda azalır ve $l/d < 1$ olan karotlarda ise yükselir. Bu durum, esas olarak deney makinası yükleme plakalarından kaynaklanan kısıtlama sebebiyledir.

Uç Yüzeylerin Uzunluğu: Düzlükten sapma, ölçülen dayanımı azaltır. Düzlükten sapma toleransları, standard numuneler için EN 12390-1’de belirtildiği gibi olmalıdır.

Uç Yüzeylerin Başlıklanması: Düşük dayanımlı başlıklar, karot dayanımını düşürür. Yüksek dayanımlı harç ve yüksek dayanımlı kükürt kullanılarak yapılan ince başlık, dayanımı önemli derecede etkilemez. Uç yüzeylerinin aşındırılarak düzeltilmesi önerilir.

Delme Etkisi: Delme etkileri, olgunlaşmamış veya yapısı itibariyle zayıf betonda hasar oluşturabilir ve normal şartlarda bu hasarın kesilmiş yüzeyde görülmesi mümkün değildir. Bir karot, beton yapısı bakımından, standard silindire göre daha zayıf olabilir. Bunun sebebi, karot yüzeyinde, sadece matriks tarafından oluşturulan adezyonla tutulan, kesilmiş agrega tanelerinin bulunmasıdır. Bu tür agrega tanelerinin karot dayanımındaki katkısı oldukça az olacaktır.

Donatı: Dayanım tayininde kullanılan karotların donatı çubuğu ihtiva etmemesi önerilir. Bunun sağlanamaması hâlinde, donatı çubuğu (boyuna ekseninde) ihtiva eden karotlarda ölçülen dayanım düşer. Boyuna ekseninde veya bu eksene yakın konumda donatı çubuğu ihtiva eden karotlar dayanım deneyi için uygun değildir. Yapının beton dayanımının belirlenmesi için numuneler,

- a. “TS EN 12504-1 Beton– Yapıda Beton Deneyleri–Bölüm 1: Karot Numuneler- Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini TSE, 2010” göre alınır. Buna göre karot alınmasında etkili parametreler,
- b. Kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlardan donatıların bulunmadığı bölgelerden (orta) ve dik olarak alınmalı
- c. Mesnetlere yakın bölgelerden alınacak ise karot çapı küçük olmalı (50 mm)

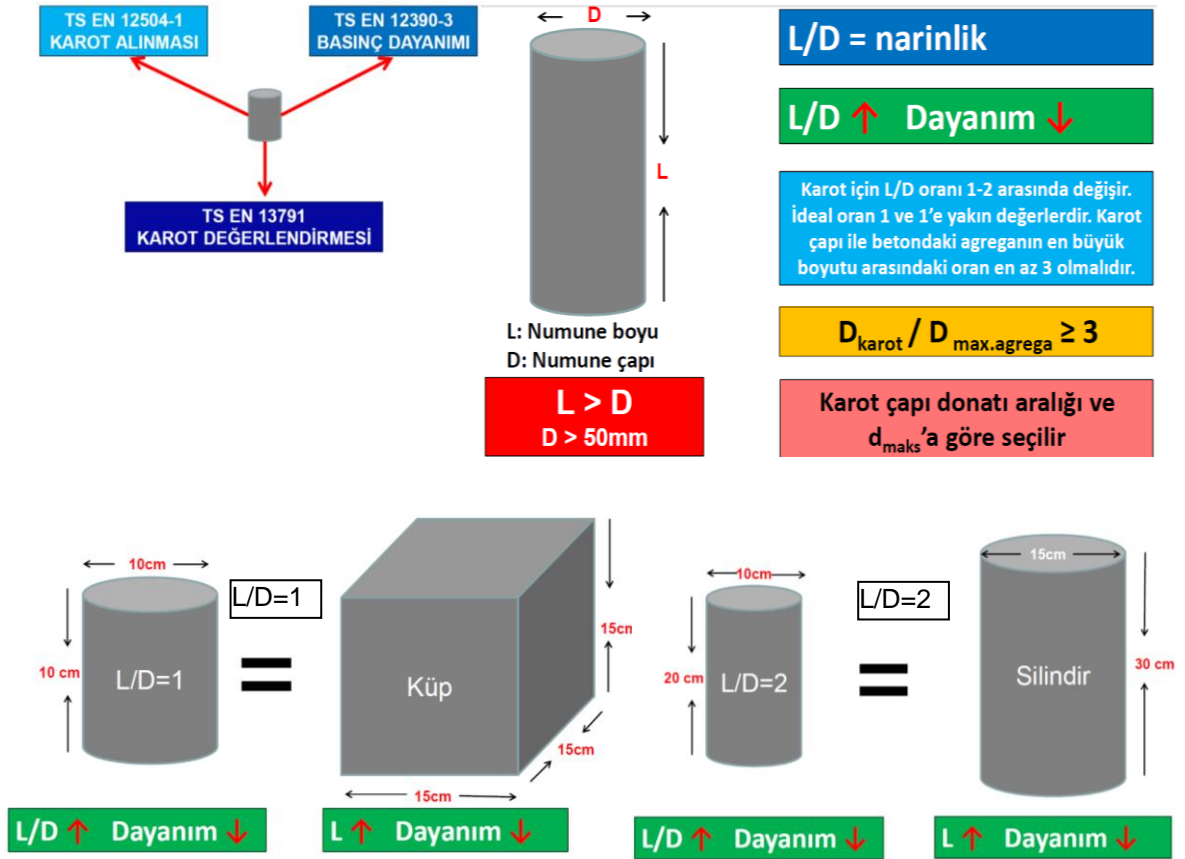
- d. Kirişlerden karot alınacak ise kolon yüzeyinden yaklaşık açıklığın $\frac{1}{4}$ 'ü mesafesinden (momentin sıfır olduğu nokta bölgesinden) alınmalı
- e. Karot beton döküm yönüne dik yönde alınmalı yani yatay alınmalıdır. Ancak gerek yeni betonu sıkıştırma (vibratör) gerekse döküm hızından dolayı çimento şerbeti ve su yüzeye az da olsa çıkacağına ve agregaların tabana inmesinden dolayı dayanım düşük ve numune homojen olmaz. Ama düşey yönde alınan numunelerde yatayda alınan numunelerde göre daha dik olurken ve agregalar çevresinde bulunan suyun yatay numune alınma sırasında çeşitli çatlakların oluşturmasından dolayı dayanım yatay alınan numuneye göre daha yüksek çıkmaktadır. Çünkü yatay yönde yapı elemanına tam dik numune alınması çoğu zaman çeşitli sebeplerden dolayı mümkün olmamaktadır. Tabi döşeme gibi plak betonlarında yatay numune almak mümkün olmayabilir. Düşey alınan numunelerin dayanımı yatay alınan numunelerin dayanımından %4-8 arasında fazla olmaktadır.



Şekil 5.4 Karot Alma Örneği

- f. Karot içinde basınç yönünde ve değişik yönde donatı bulunmamalı var ise,
Donatı numune hacminin %5 daha büyük
Karot yüksekliğinin $\frac{1}{3}$ yüksekliğindeki donatı hacmi toplam karot hacminin %1 den daha büyük ise bu numune değerlendirilmeye alınmaz.
- g. Kolonlardan alınan karot dayanımları kirişlerinden (kirişler eğilmeye çalışması nedeniyle oluşan çatlaklardan dolayı) alınan karotlardan daha yüksek çıkmaktadır. Sonuçlar silindir sonuçlarına döndürülecekse bu oran 2 ve sonuçlar küp sonuçlarına döndürülecekse bu oran 1 alınır.

- h. “TS EN 12390-3 Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deneysel Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini TSE, 2010” göre basınç dayanım testine tabi tutulur.
- i. “TS EN 13791 Basınç Dayanımının Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini, TSE, 2010” göre değerlendirilir.



Şekil 5.5. Beton numune boyut etkisi

Standart Basınç Dayanımı: TS EN 12350-1, TS EN 12390-2 ve TS EN 12390-3 'e göre, yapıya dökülen taze betondan alınan, küre tabi tutulan ve basınç dayanımı deneyi uygulanan standart deney numunelerinde (küp veya silindir şekilli) tayin edilen basınç dayanımı. **Karot Basınç Dayanımı:** Karot üzerinde, TS EN 12504-1 'e göre tayin edilen basınç dayanımı. Agreganın beton dayanımına etkisi aşağıdaki gibi olmaktadır.

a) Maksimum agrega çapı 20 mm olan bir betonda,

1. Çapı 100 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımı, çapı 50 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık olarak %7 daha yüksek,
2. Çapı 50 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımı, çapı 25 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık olarak %20 daha yüksek,

b) Maksimum agrega çapı 50 mm olan bir betonda,

1. Çapı 100 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımı, çapı 50 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık olarak % 17 daha yüksek,
2. Çapı 50 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımı, çapı 25 mm olan karot numuneden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık olarak % 19 daha yüksek.

TS 13791 ve TS EN 12504-1 standartlarında; karotun düşey ya da yatay alınmasının basınç dayanımına etkisi konusunda herhangi bir açıklama veya düzeltme katsayısı önerisi bulunmamaktadır. Yatay alınmış karotlarla düşey alınmış karotların benzer şekilde önerilmesi önemli bir sakıncadır. Çünkü betonun heterojen bir yapıya sahip olması ve döküm yönü betonun basınç dayanımı etkilemektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalarda; düşey alınmış karotların yatay alınmış karotlardan genel olarak daha yüksek basınç dayanımına sahip oldukları ifade edilmekle birlikte, bu etkinin mertebesi konusunda bir kesinlik bulunmamaktadır. Ayrıca bu etkinin karot çapına bağlı olarak da değiştiği belirlenmiştir (Erdoğan, 2000; Arıoğlu, 1998; CS Report, 1988).

5.3. SCHMIDT ÇEKİCİ İLE YERİNDE BASINÇ DAYANIMININ ELDE EDİLMESİ

İsviçreli bir mühendis olan E. Schmidt tarafından geliştirilen bir alet olan “Schmidt Çekici” betonun yüzey sertliğini ölçmektedir. Aletin içinde yer alan bir kütle ile yüzeye darbe vurulmakta, yaylı bir sisteme bağlı olan kütle geri sıçramaktadır. Geri sıçrama değeri ile basınç dayanımı değeri arasındaki mevcut ilişkiden yararlanılarak

yerindeki betonun dayanımı tahmin edilmektedir. Schmidt Çekici deneyinin, yerindeki beton dayanımını tespit etmek için tek başına kullanılmasının güvenilirlik açısından yeterli olmadığı görülmüştür. Schmidt Çekici okumaları sonucunda özellikle yüksek dayanım elde edildiğinde, sonuçlar, karot alınarak kontrol edilmelidir. TS 10465'de öngörülen, Schmidt Çekici sonuçlarının 10x10 cm karot sonuçları ile aynı alınabileceği iyi incelenmelidir.

5.4. İSTATİSTİKİ OLMAYAN DEĞERLENDİRME

Bir yapı veya yapı bileşeninden alınan, uygun şekil ve boyuttaki 100 mm ve 150 mm çapındaki veya kenar uzunluğundaki deney numuneleri için bulunan basınç mukavemet değerleri kenar uzunluğu 200 mm olan standard küp basınç mukavemet değerlerine eşit kabul edilir. Bu şekilde bulunan $f_{küp200}$ değerlerinin, aşağıdaki (A) ve (B) şartlarını aynı anda sağlaması gerekir.

Bir beton karot çapı veya kenarı $\left. \begin{array}{l} 100 \text{ mm ise} \\ \text{ve} \\ 150 \text{ mm ise} \end{array} \right\}$ dayanımı

f_{karot} = Bir kenarı 200 mm olan küp dayanımına $f_{küp200}$

f_{SK} = Betonun seri dayanımı ise A: Ortalama $f_{küp200} \geq 0.85 \cdot f_{SK}$ } C14 için $f_{SK} = 16 \text{ kN/mm}^2$
 f_{EK} = Betonun eşdeğer küp dayanımı ise B: En küçük değer $f_{küp200} \geq 0.85 \cdot f_{EK}$ } C14 için $f_{EK} = 19 \text{ kN/mm}^2$

Tablo 5.4. Karot dayanımının belirlenmesi

Karot No	Ortalama Karot Çapı (mm)	Basınç Yüzeği A (mm ²)	Başlık Sonrası Yükseklik (mm)	P (kN)	Basınç Mukavemeti $f_{karot100}=f_{küp200}=P/A \text{ N/mm}^2$
1a	98,6	7636	110,5	134	19
1b	97,9	7528	97,2	214	28
2a	98,3	7589	111,6	211	28
2b	98,4	7605	98,9	180	24
3a	98,5	7620	117,1	174	23
3b	98,1	7558	115,8	191	25
4a	98,4	7605	114,9	155	20
4b	98,5	7620	115,0	164	22
				Ortalama	24

Karot sonuçlarının değerlendirilmesinde karot numunelerinin çapı 100 mm'dir. C14 için yukarıdaki tablodan $f_{EK}=16 \text{ N/mm}^2$ ve $f_{SK}=19 \text{ N/mm}^2$ olarak alınır. Buna göre yukarıdaki bağıntıdan,

A: Ortalama $f_{küp200_{TABLO}} \geq 0.85 \cdot f_{SK}$ $24 > 0.85 \cdot 16 = 13.6 \text{ kN/mm}^2$ } A ve B sağlıyor **C14** ✓
B: En küçük değer $f_{küp200_{TABLO}} \geq 0.85 \cdot f_{EK}$ $19 > 0.85 \cdot 19 = 16.15 \text{ kN/mm}^2$ }

BÖLÜM 6

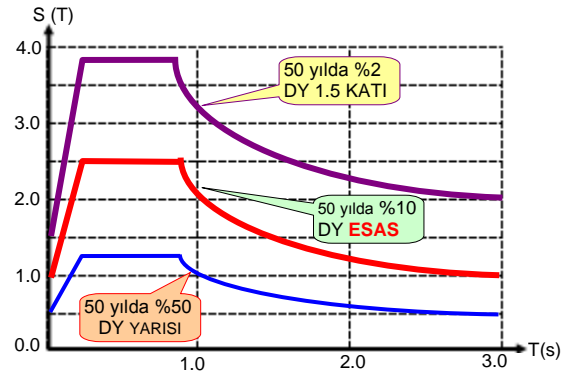
BİNA PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

DY'de 1.3.2.1. Mevcut Binalar için Değerlendirme/Tasarım Depremleri Yönetmelik Bölüm 7'de, 50 yılda aşılma olasılıkları %50, %10 ve %2 olan üç farklı düzeyde deprem tanımlanmıştır:

(a) D1 Deprem Düzeyi: Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı fazla olan, görel olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. (D1) düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır. Bu depremin ülke çapında tanımlanması için yürütülmekte olan bilimsel çalışmalar sonulandırılıncaya kadar, Yönetmelik 7.8.1'e göre (D1) depreminin ivme spektrumunun ordinatları, (D2) depremi için Yönetmelik 2.4'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.

DY 2.4'de tanımlanan ivme spektrumu, 1.2.2'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisini esas almaktadır. 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumu 2.4'de tanımlanan spektrumun yaklaşık olarak yarısı, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumu ise 2.4'de tanımlanan spektrumun yaklaşık 1,5 katı olarak kabul edilmiştir. Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenecek performans düzeyleri Tablo 7.7'de verilmektedir.”

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda göz önüne alınmak üzere, farklı düzeyde üç deprem hareketi (50 yılda %2, %10 ve %50) tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ile ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilirler^[11].



Dönüş periyodu (yıl)	50 yılda deprem ihtimali (%)			Deprem Etkisi	DEPREM TÜRÜ
	FEMA 356	DY-2007	ATC 40		
72	50	50	50	~0,5	Kullanım Depremi
225	20	-	-	-	
474	10	10	10	1,0	Tasarım Depremi
975	-	-	5		
2475	2	2	-	1,5	En büyük Deprem

Şekil 6.1. Deprem etkiye dönüşüm düzeyleri

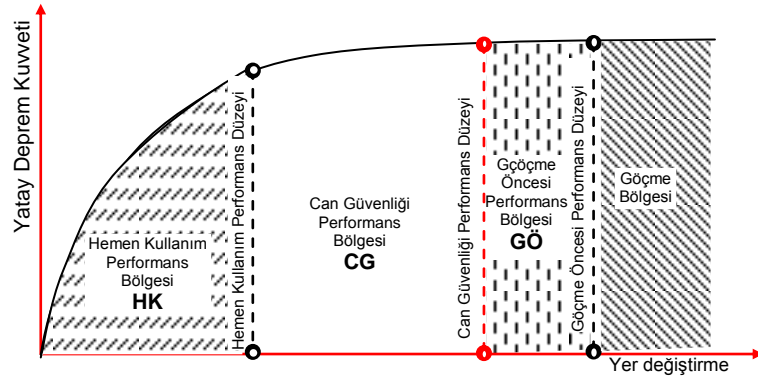
(b) D2 Deprem Düzeyi: Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. (D2) düzeyindeki depremin 50 yılda asılma olasılığı %10, buna karşın gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır. (D2) depreminin ivme spektrumunun ordinatları, Yönetmelik 2.4'de tanımlanmıştır.

(c) D3 Deprem Düzeyi: Bu deprem düzeyi, binaların maruz kalabileceği en şiddetli deprem yer hareketini ifade etmektedir. (D3) düzeyindeki bu çok seyrek depremin 50 yılda asılma olasılığı %2, buna karşın gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır. Bu depremin ülke çapında tanımlanması için yürütülmekte olan bilimsel çalışmalar sonlandırılıncaya kadar, Yönetmelik 7.8.1'e göre (D3) depreminin ivme spektrumunun ordinatları, (D2) depremi için Yönetmelik 2.4'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1,5 katı olarak alınacaktır.

Tablo 6.1 - Binalar İçin Farklı Deprem Etkileri Altında Hedeflenen Performans Düzeyleri

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

Performansa dayalı tasarım; en genel haliyle, bir yapının tasarım depremi etkisinde belirli bir yapısal performans, bir başka deyişle hasar öngörülerek şekil değiştirmeye dayalı tasarım yöntemleri de kullanılarak tasarlanmasıdır. Son yıllarda bu amaca yönelik hazırlanmış olan dokümanlarda da taşıyıcı sistem elemanlarında oluşması muhtemel hasarı nitelikleme üzere çeşitli performans seviyeleri tanımlanmıştır. Örneğin; California Yapı Mühendisleri Birliği tarafından hazırlanıp yayınlanan Vision 2000 dokümanında dört farklı performans seviyesi tanımlanmıştır: Tam fonksiyonel, Fonksiyonel, Can Güvenliği ve Göçme. Her bir performans seviyesine sünük taşıyıcı sistem elemanlarında oluşması beklenen hasarın nitel tanımları gözle bakılabilir. Benzer biçimde ATC-40'da tanımlanan performans seviyeleri; Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Yapısal Stabilitate performans seviyeleridir. Fema 356'da da beklenen hasarın nitel tanımlayıcısı olarak üç performans seviyesi tarif edilmiştir: Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Göçmenin Önlenmesi. Bunlar dışında, gerek mevcut yapıların deprem güvenliğinin saptanması, gerekse yeni yapıların tasarımı üzerine hazırlanmış diğer bazı dokümanlarda da benzer performans seviyeleri tanımlanmıştır.



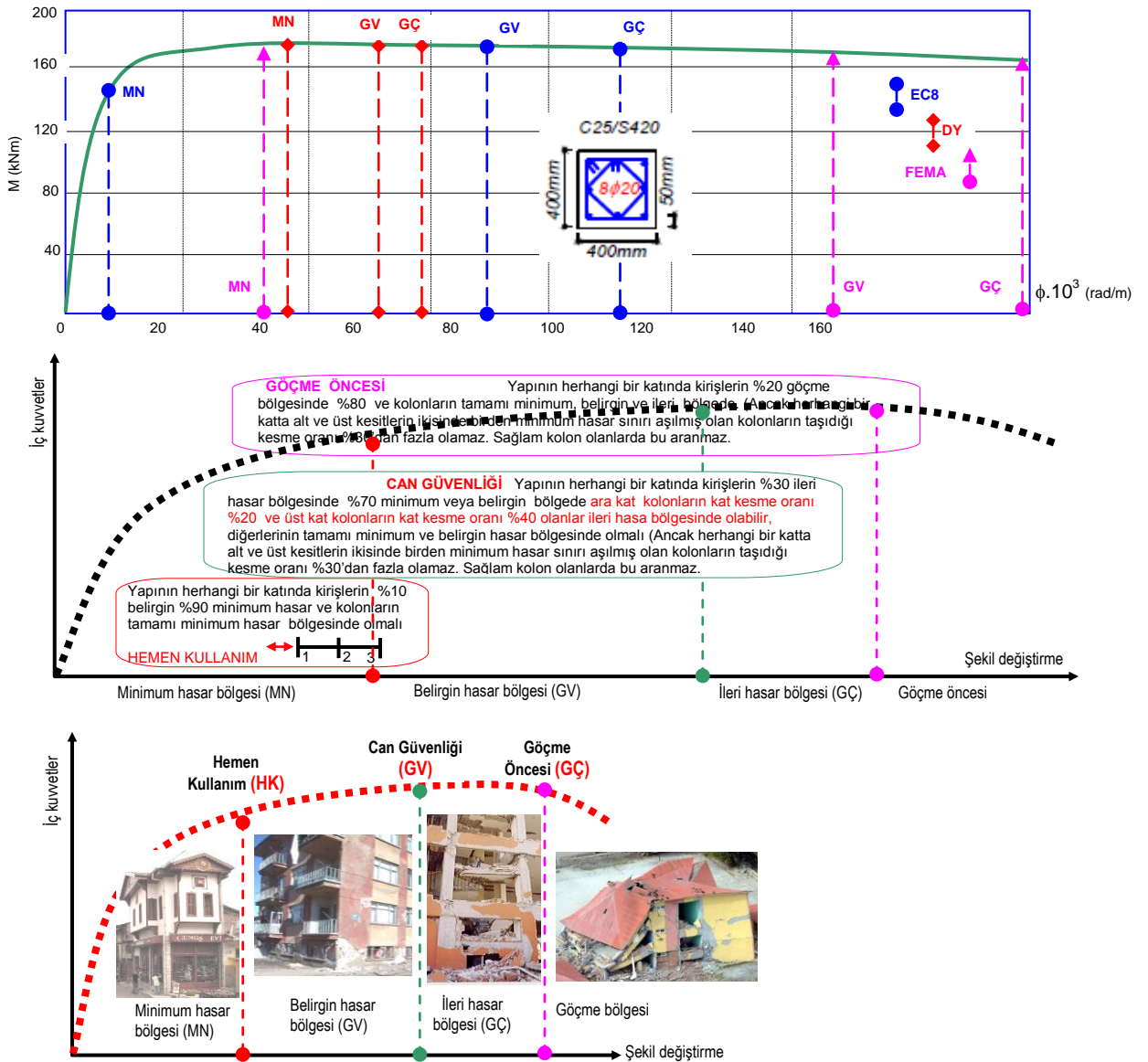
Şekil 6.2. Yapıların performans düzeyleri

Son yıllarda, özellikle mevcut yapıların değerlendirilmesinde, kuvvete dayalı tasarım yöntemleri yerine şekil değiştirme esaslı tasarım yöntemleri giderek yaygın bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Şekil değiştirme esaslı tasarım yöntemleri; malzemenin elastik ötesi davranışını hesaba katmaya olanak verdiklerinden kuvvete dayalı tasarım yöntemleriyle karşılaştırıldığında, yer hareketi etkisiyle ortaya çıkması muhtemel yapısal hasarın tahmini de daha gerçekçi olur. Şekil değiştirme esaslı tasarım için yapısal elemanlarda oluşan şekil değiştirme taleplerini belirli bir hasar seviyesine ulaşma olasılığıyla ilişkilendirmek gerekmektedir. Buna göre Deprem Yönetmeliği'nde, sünek taşıyıcı sistem elemanlarının kritik kesitlerinde oluşması muhtemel hasarı tarif eden üç farklı hasar sınırı ve bunların sınırladığı hasar bölgeleri tanımlanmıştır: Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ). Söz konusu hasar sınırlarının nicel ifadesi olarak da taşıyıcı sistem elemanlarında oluşmasına izin verilen en büyük beton ve donatı çeliği birim şekil değiştirme sınırları verilmiştir.

Sünek bir kesitteki iç kuvvet ve şekil değiştirme (örneğin eğilme momenti ve eğrilik) ilişkisi Şekil 4'de verilmiştir. İlk bölümde elastik davranışa benzeyen bir davranış ve daha sonra elasto-plastik davranış ortaya çıkar. Bu eğri üzerinde elastik ötesi davranışın belirgin başlangıcı Minimum Hasar Sınırı (MN) ve iç kuvvetlerin azalarak güç tükenmesinin ortaya çıkması Göçme Sınırı (GÇ) nispeten kolay şekilde tanımlanabilir. Güvenlik Sınırı (GV) ise, kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın üst sınırı olarak bu iki sınırın arasında bulunur. Bu sınırlar arasında Şekil 4'de verilen hasar bölgeleri tanımlanır. Deprem etkisindeki taşıyıcı sistemin davranışı, Şekil 4.b'deki gibi örneğin en üst kat yerdeğiştirmesi ve toplam deprem taban kesme kuvveti arasında çizilecek eğri ile ifade edilebilir. Bu değişim Şekil 4.a'da kesit davranışı için verilen eğriye benzer olup, tüm taşıyıcı sistem için elde edilmiştir. Benzer şekilde elastik davranışa benzetilebilecek ilk bölümden sonra elasto-plastik davranış simgeleyen bir bölüm ortaya çıkar. Bu eğri üzerinde elastik ötesi davranışın (elasto-plastik şekil değiştirmenin) belirgin başlangıcı sınırlı hasara karşı geldiği için, Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK) olarak isimlendirilir. Büyük yerdeğiştirmelerden sonra yatay yükün azalması taşıyıcı sistemde güç tükenmesinin ortaya çıktığına işaret eder. Bu nokta Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ) olarak bilinir. Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG) taşıyıcı sistemin sınırlı elastik ötesi şekil değiştirmelerle yatay yük kapasitesini güvenli olarak koruduğu

sınır olarak tanımlanır. Bu performans düzeylerinin kiriş ve kolonlarda meydana gelen kontrollü hasara bağlı olarak sayısal tanımı Deprem Yönetmeliği'nde bulunabilir.

Bir çalışmada incelenen aşağı kesiti ve donatı özellikleri verilen kolon kesitinin moment eğrilik (M-K) ilişkisinin yönetmeliklere göre değişimi görülmektedir. Bu değişim yönetmelikler arasında olan kabul ve kesit boyutlandırma değerlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Yoksa bir yönetmeliğin diğer yönetmeliğe göre daha emniyetli kabul edilmesi doğru değildir. Örneğin malzeme katsayısı FEMA'da DY'ne göre daha düşük olması gibi^[12].



Şekil 6.3: Verilen bir kolon kesitin M-K ilişkisinin karşılaştırılması (DY, FEMA ve EC8)

6.1. Hemen Kullanım Durumu

1. Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda **kirişlerin** en fazla **%10**'u belirgin hasar bölgesine geçebilir
2. Diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Bu durumda bina *Hemen Kullanım Durumu*'nda kabul edilir,
3. Gevrek elemanlar eleman bazında güçlendirilir.
4. Güçlendirilmesine gerek yoktur

Kolon	Kat	r	r(s)	r/r(s)	V (t)	Birik-V (t)	Birik.V %	Durum
BP2	1	7.53	2.00	3.76	-4410.940	-4410.940	0.88	Gevrek Eleman ... Güçlendirilmelidir.
BP4	1	3.82	2.00	1.91	-2236.881	-6647.822	1.32	Gevrek Eleman ... Güçlendirilmelidir.
P16	1	3.61	4.00	0.90	201.477	-6446.345	1.28	Gevrek Eleman ... Güçlendirilmelidir.
P23	1	3.36	4.00	0.84	465.197	-5981.148	1.19	Gevrek Eleman ... Güçlendirilmelidir.
P29	1	1.45	4.00	0.36	140.590	-5840.558	1.16	Gevrek Eleman ... Güçlendirilmelidir.
P28	1	1.42	4.00	0.36	136.420	-5704.138	1.13	Gevrek Eleman ... Güçlendirilmelidir.
P10	1	1.39	4.00	0.35	141.600	-5562.538	1.10	Gevrek Eleman ... Güçlendirilmelidir.
P9	1	1.32	4.00	0.33	134.139	-5428.399	1.08	Gevrek Eleman ... Güçlendirilmelidir.

6.2. Can Güvenliği Durumu

- a. Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda **kirişlerin** en fazla **%20**'si ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir.
- b. Ancak ileri hasar bölgesindeki **kolonların**, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı **%20**'nin altında olmalıdır
- c. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir.
- d. Bu durumda bina *Can Güvenliği Durumu*'nda kabul edilir
- e. Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının **%30**'u aşmaması gerekir.
- f. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla **%40** olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir

6.3. Göçmenin Önlenmesi Durumu

- a. Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda **kirişlerin** en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı göçme bölgesine geçebilir.
- b. Ancak göçme bölgesindeki **kolonların**, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmamalıdır.
- c. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Bu durumda bina *Göçmenin Önlenmesi Durumu*'nda kabul edilir.
- d. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir
- e. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- f. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

6.4. Göçme Durumu

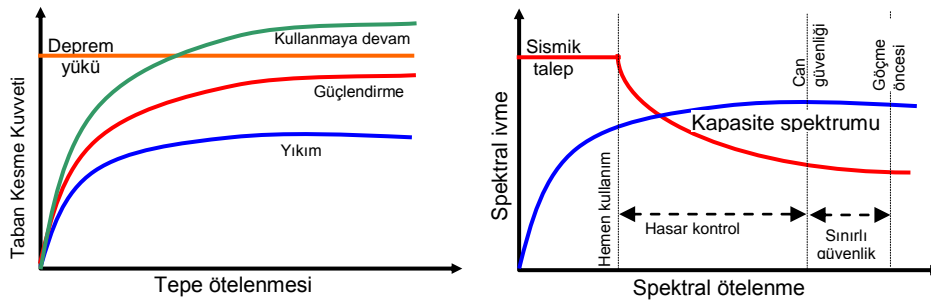
Bina *Göçmenin Önlenmesi Durumu*'nu sağlayamıyorsa *Göçme Durumu*'ndadır. Binada güçlendirme uygulanmalıdır, ancak güçlendirilmesi ekonomik olarak verimli olmayabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Yapılar mevcut performans durumlarına göre mevcut haliyle kullanımına devam edilir, güçlendirilir ve yıkımına karar verilir. Bunun gerçek kararı vermek yapının istenilen düzeyde incelenmesiyle uygun olur. Aksi halde dayanıklı yapının yıkımı veya dayanıksız bir yapının kullanımına devamla büyük bir risk alınmış olur. Mevcut yapılar hakkında bu kararı vermek yeni yapılması planlanan bir yapı hakkındaki karardan,

- a. Mevcut yapının beton ve çelik malzemesinin dayanımını belirlemenin güçlüğü,
 - a.1. Yapı elemanında dayanım azalması olmaması için çok az elemanda beton numunesi alınması

- a.2. Donatı çeliğinin çok az numune alınması ve özellikle yapının dış ve bodrum kısımlarına bulunan donatıların korozyonuna bakılamaması,
- a.3. Temel beton ve donatı hakkında bilgi edinilme güçlüğü,
- a.4. Betonun ve donatının temelde toprak içinde olan kısmı, kuzey yönde ve güney yönde olan kısımlarda ilk zamanlarda ve servis süresince olan zamanda dayanım kazanımının ve kaybetmesinin farklılığının tam bilinmemesi,
- b. Yapı sisteminin istenilen dayanımı sağlayacak şekilde boyutlandırılmasındaki güçlükler,
- c. Yapıldığı yıldaki yönetmelik kriterlerine uygun olup olmadığının belirlenmesi veya uygunsa şimdi bu kararı verenlerin o yönetmelik hakkındaki bilgi düzeyi,
- d. Yapı üzerinde şimdiye kadar yapılan değişiklikler (yükleme, ilave veya duvar kaldırma ve bitişik nizam ize yana yapılan yapıdandolayı etkileşim),
- e. Geçmiş depremlerin yapı üzerinde bıraktığı davranış etkileri,

Gibi nedenlerden dolayı daha güç olacağı açıktır.



Şekil 6.4. Hedeflenen performans durumu

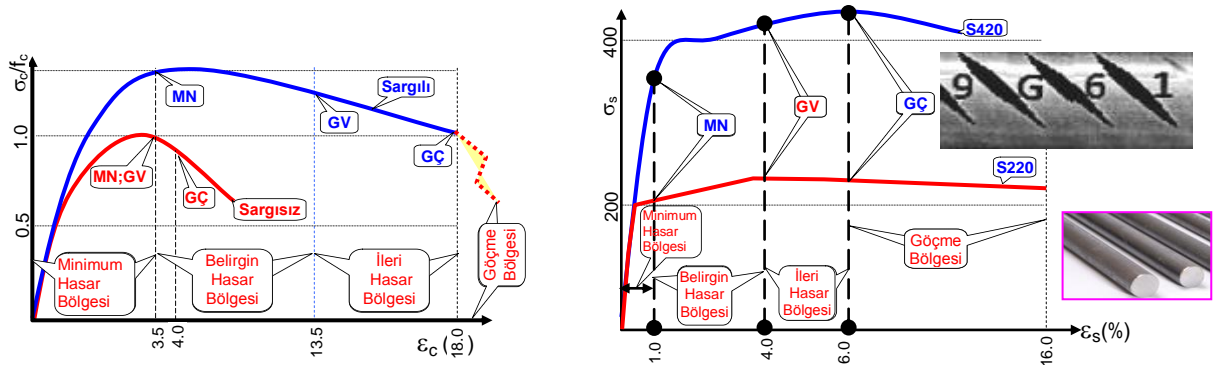
Yapının elemanlarının dolayısıyla sistemin performansa dayalı değerlendirilmesi değişik parametreler kullanılarak yapmak mümkündür. Ancak her zaman yapının mevcut durumunun ve yapıya etkimesi olası yüklerin gerçek değerlerini kestirmekle bu değerlendirmeyi esas kılacaktır. Bu nedenle yapının her elemanının performansının iyi bilinmesi kaçınılmazdır. Aksi halde yapının yıkımını önlemek değil hasar görme derecesini azaltmak olur. Deprem Yönetmeliğinde (TDY, 2007) önerilen birim şekildeğiştirme sınır değerleri Tablo 1’de verilmektedir. Burada ρ_s and ρ_{sm} mevcut ve minimum yatay donatı oranlarıdır. Plastik dönme sınır durumlarının malzeme birim

şekildeğiştirme sınır değerleri cinsinden ifadesi için kolon uç kesitinin moment-eğrilik ilişkisinin elde edilmesi gereklidir.

Tablo: 6.2. Malzeme dayanım sınır durumları

Performans Düzeyi	ϵ_c (beton birim şekil değiştirme)	ϵ_s (Çelik birim şekil değiştirme)
Minimum Hasar (MN)	0,0035 (dış lifte)	0,01
Belirgin Hasar (GV)	$0,0035+0,01(\rho_s/\rho_{sm})\leq 0,0135$ (etriye seviyesinde)	0,04
Ağır Hasar (GÇ)	$0,004+0,014(\rho_s/\rho_{sm})\leq 0,018$ (etriye seviyesinde)	0,06

Yukarıdaki tablonda incelenmesinden görülebileceği gibi sargısız betonda minimum hasar sınırı olarak kopma anındaki betonun en dış lifindeki maksimum uzama sınırı verilirken çelik için ise akma sınırı verilmektedir. Ayrıca çelik için büyük şekil değiştirmelere müsaade edildiği halde betondan dolayı daha küçük bir bölümü dikkate alınmaktadır. Yani çeliğin ileri düzeyi betondan dolayı dikkate alınmamaktadır.



Şekil 6.5. Beton ve çelik performans düzeyleri

Yapının elemanlarının dolayısıyla sistemin performansa dayalı değerlendirilmesi değişik parametreler kullanılarak yapmak mümkündür. Ancak her zaman yapının mevcut durumunun ve yapıya etkimesi olası yüklerin gerçek değerlerini kestirmekle bu değerlendirmeyi esas kılacaktır. Bu nedenle yapının her elemanının performansının iyi bilinmesi kaçınılmazdır. Aksi halde yapının yıkımını önlemek değil hasar görme derecesini azaltmak olur. Bir yapının tamamının performansını belirlemek için yapı (kolon, perde ve kirişler) yönetmelik kriterlerine göre çözümü yapılarak yine yönetmeliğin vermiş olduğu aşağıdaki değerlendirme tablosu kullanılarak belirlenir.

BINA DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Hemen Kullanım	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\left[\frac{\text{Minimum Hasar Sınırını (MN) Sağlamayan Kiriş Sayısı}}{\text{HesapYönündeki Tüm Kiriş Sayısı}} < \%10 \right]$ 2. Hiçbir Kolon ve Perde hiçbir katta MinimumHasar Sınırını Geçmemelidir. 3. Doğrusal Hesap Sonucu Katlardaki GörelİKat Ötelemeleri $\frac{\delta_{ij}}{h_{ij}} \leq 0.01$ 4. Varsa gevrek elemanlar (Kesmeden kırılan) varsa güçlendirilmeli
Can Güvenliği	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\left[\frac{\text{Güvenlik Sınırını (GV) Sağlamayan Kiriş Sayısı}}{\text{HesapYönündeki Tüm Kiriş Sayısı}} < \%30 \right]$ (İleri Hasar Bölgesi (İHB)) 2. $\left[\frac{\text{Güvenlik Sınırını (GV) Sağlamayan Kolon Kesme Kuvvetleri}}{\text{HesapYönündeki Tüm Kat Kolon Kesme Kuvvetleri}} < \%20 \right]$ 3. $\left[\frac{\text{Her iki ücu MinimumHasar Sınırını (MN) geçmiş Kolon Kesme Kuvvetleri}}{\text{HesapYönündeki Tüm Kat Kolon Kesme Kuvvetleri}} < \%30 \right]$ 4. $\left[\frac{\text{Güvenlik Sınırını (GV) Sağlamayan Kolon Kesme Kuvvetleri}}{\text{HesapYönündeki Tüm Kat Kolon Kesme Kuvvetleri}} < \%40 \text{ son kat} \right]$ 5. Doğrusal Hesap Sonucu Katlardaki GörelİKat Ötelemeleri $\frac{\delta_{ij}}{h_{ij}} \leq 0.03$ 6. Varsa gevrek elemanlar (Kesmeden kırılan) varsa güçlendirilmeli
Göçme Öncesi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Her bir deprem yönünde KIRIŞLERİN en fazla %20'si GÖÇME bölgesine geçebilir 2. Diğer (kirişleri %20'si hariç) tüm taşıyıcı elemanlar $\left[\begin{array}{l} 1. \text{Minimum} \\ 2. \text{Belirgin} \\ 3. \text{İleri} \end{array} \right]$ hasar bölgesinde olmalı 3. Bir katta $\left[\frac{\text{Her iki ücu MinimumHasar Sınırını (MN) geçmiş Kolon Kesme Kuvvetleri}}{\text{HesapYönündeki Tüm Kat Kolon Kesme Kuvvetleri}} < \%30 \right]$ 4. Doğrusal Hesap Sonucu Katlardaki GörelİKat Ötelemeleri $\frac{\delta_{ij}}{h_{ij}} \leq 0.04$ 5. Binanın mevcut haliyle kullanımı Can Güvenliği bakımından sakıncalı ve bina güçlendirilmeli.
Göçme Durumu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Göçme öncesi performans durumu sağlamıyorsa yapı GÖÇME DURUMUNDA 2. Binanın mevcut haliyle kullanımı Can Güvenliği bakımından sakıncalı 3. Ekonomik ise (tarih ve milli yapılar hariç) bina güçlendirilmeli.

Bu şekilde performansı belirlenen yapı hangi aralıkta bulunuyor ise o aralığın kriterleri uygulanarak karar verilir.

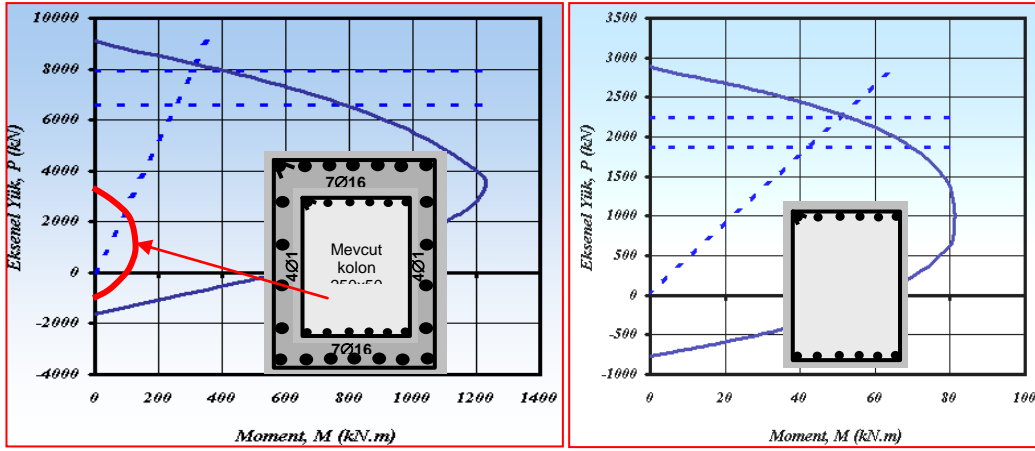
7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan hesap sonucunda yapının performansına göre yapı eleman ve/veya sistem bakımından güçlendirilir. Bu güçlendirme yapısal ve ekonomik bakımdan incelenerek uygun yöntem seçilir. Kesiti yetersiz olan kolon perde ve kirişlerin mantolanarak takviye edilmesi yapının güçlendirilmesi için yeterli değildir. Yapı performansının düşük olması yeni taşıyıcı elemanlar (perde, kolon ve duvar) ilave etmeyi gerektirebilir. Esas olan yapının şiddetli deprem karşısında yeterli dayanıma erişmesini sağlamaktır. Bunun için x ve y doğrultusunda deprem tesirlerinin %70 ini alabilecek yeni perde ilave edilmesi en ideal çözüm olabilir. Hatta bazen simetriyi bozan elemanlar zayıflatarak sistemin performansı uygun hale getirilebilir.

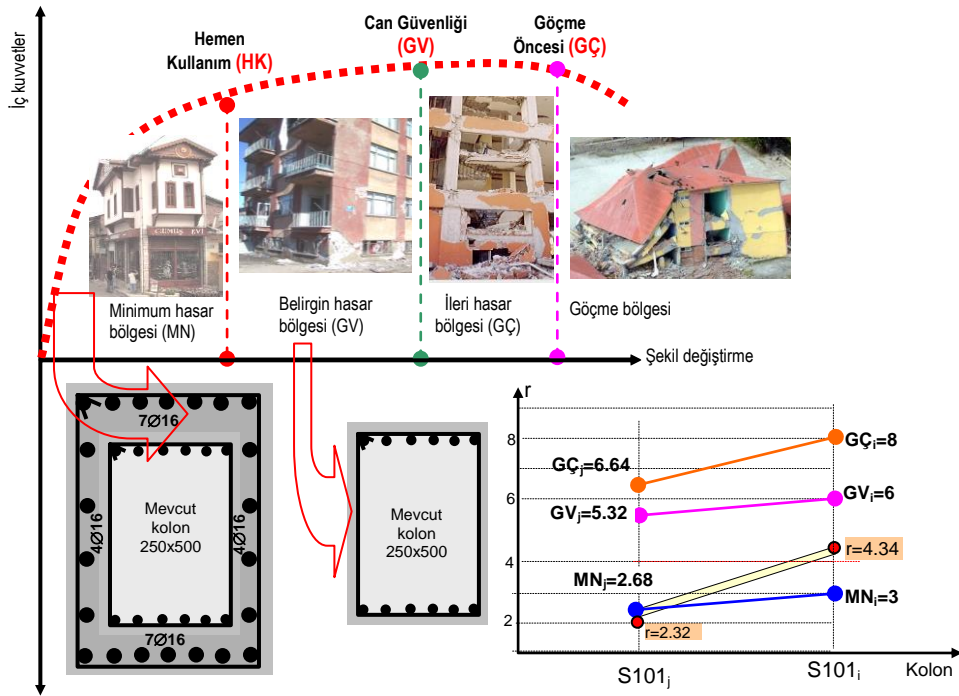
Örnek olarak hazır paket programla çözümü yapılan 8 katlı yapının performansının belirlenmesinde taşıyıcı sistem elemanları kendi içinde (kolon ve kiriş olarak) kat bazında aşağıdaki tablodaki gibi değerlendirilir ve bu değerlendirme sonucunda elemanın en olumsuz durumdaki performans seviyesi dikkate alınır. Sonra yapının genel durumuna bakılarak en olumsuz durumdaki performans seviyesi yapının performans seviyesi olarak dikkate alınır.

Bir yapının genel performans düzeyinin belirlenmesi					
Kat	Kiriş Hasar Düzeyi	Kolon Hasar Düzeyi	İki Ucu Mafsallaşan Kolon Kesme Kuvvet Oranı	Katın Deprem Performansı	Bina Deprem Performansı
8	Hemen Kullanım	Hemen Kullanım	Hemen Kullanım	Hemen Kullanım	GÖÇME
7	Hemen Kullanım	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Can Güvenliği	
6	Hemen Kullanım	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Can Güvenliği	
5	Hemen Kullanım	Göçme	Göçme	Göçme	
4	Hemen Kullanım	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi	
3	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi	
2	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi	
1	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi	
Zemin	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi	
GENEL	CAN GÜVENLİĞİ	GÖÇME	GÖÇME	GÖÇME	

Yapılan bu çalışmada eleman bazında 250x500 boyutunda kolonun N-M etkileşim diyagramındaki kolon eksenel yükü 280 kN olurken güçlendirilmiş durumda 900 kN olmaktadır. Yani yaklaşık %321'lik bir artış görülmektedir (Ek 3. Şekil 6).



Ayrıca kolon güçlendirilmeden önceki performansı Hemen Kullanım durumunu sağlamazken güçlendirme sonrasında Hemen Kullanım durumunu sağlamaktadır (Ek 2. Şekil 9).



Güçlendirme yapılacak yapıların kullanım amaçlarının iyi belirlenmesi ve servis süresince aynı kalmasına özen gösterilmelidir. Çünkü konut olarak kullanılacak bir yapının Hemen Kullanım düzeyine çıkartmak ekonomik olmayacağı gibi güvenlik amaçlı kullanılan bir yapısında Belirgin Hasar Bölgesinde yani Can Güvenliği düzeyinde olması da emniyetli olmayacaktır. Yapılacak güçlendirme çalışmalarının

amacına ulaşmasında bu durumun dikkate alınması dayanım ve ekonomik bakımdan daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

ATC 40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, 1996, ATC 40, V.1, Applied Technology Council, Washington, DC., USA,

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007 , “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ”,

Celep Z., Kumbasar V., 1993, “Deprem Mühendisliğine Giriş”, İstanbul,

Celep, Z., 1999, “Yapılarda Deprem Sonrası Hasar Belirlenmesi Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri”, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.

Demir, H., 1999, “Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım Güçlendirilmesi” Emlak pazarlama Yönetin A.Ş., 2. Baskı, İstanbul.

Demir, F., Türkmen, M., Korkmaz, K.A., Tekeli, H., ve Çırak, İ. 2006, Betonarme Perdelerle Yapılan Güçlendirme Uygulamalarının Deprem Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Isparta, 211–217.

Deprem Yönetmeliği, 1997, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara.

Dobrowolski, J., “Materials and Methods of Repair”

Egemas, 2000, “Composite Retrofit Int.. Tyfo Fibrwrap Product Line” Türkiye Temsilcisi, egemas@marketweb.net.tr.

KAYNAKLAR (devam)

FEMA, NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, 2000, FEMA 356, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC., USA,

FEMA, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, 1997, FEMA 273, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC., USA,

FEMA, NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, 2000, FEMA 356, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC., USA,

FEMA, Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, 2004, FEMA 440, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC., USA,

İnel, M., Bilgin, H., ve Özmen, H.B., 2007. Okul Binalarının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi, Altıncı. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 257–268.

İ.Ö., ve Yerli, H.R., 2002. Betonarme Yapılarda Deprem Hasarlarının Belirlenmesi ve Güçlendirme Projesi Uygulama Örneği, Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, 17:21–30.

Korkmaz, A., Demir, F., Türkmen, M., Tekeli, H., ve Çırak, İ., 2006. Mevcut Yapıların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Isparta, 218–225.

Körlü, M.S., 2003. Depremde Hasar Gören Yapıların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 109s.

KAYNAKLAR (devam)

- Kutunis, M., 2006. Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Isparta, 205–210.
- Özer, E., 2006 , “Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi“, www.ins.itu.edu.tr/eozer, İstanbul,
- SEAOC, “Recommended Lateral Force Requirements and Commentary, Blue Book”, 1999, Structural Engineers Association of California, Seventh Edition, Sacramento,CA,
- Sezer, F., Gençoğlu, M., ve Celep, Z., 2007, Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesinde Deprem Yönetmeliği (2007) Kurallarına Örneklerle Kıyaslamalı Bir Bakış, Altıncı. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 1–12.
- Tübitak - İMO, 1999, “Betonarme Binaların Onarım Güçlendirilmesi” Kurs Notları, İnşaat Mühendisliği Odası Yayını, İstanbul.
- Vision 2000, “Performance Based Seismic Engineering of Buildings”, 1995, Structural Engineers Association of California, , Sacramento,CA,

EKLER

EK 1: BİNA PERFORMASININ BELİRLENMESİ (İPKB)

Ek kısmında yapılan çözümler;

E1: PLANI VERİLEN YAPIDA KİRİŞ PERFORMANS ANALİZİ

E2: PLANI VERİLEN YAPIDA KOLON PERFORMANS ANALİZİ

E3: GÜÇLENDİRİLMİŞ (MANTO) KOLON PERFORMANS ANALİZİ

olarak yapılmıştır. Bu çözümler örnek olması amacı ile sadece bir kiriş ve bir kolon eleman üzerinde yapılmıştır. Çünkü paket program ile yapılan çözümlerin tasarımcıyı yanıltma yönü çoktur.

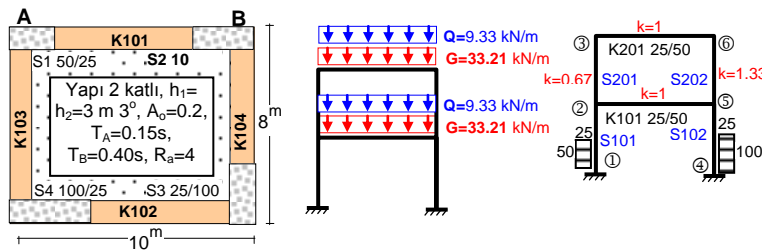
E1: PLANI VERİLEN YAPIDA KİRİŞ PERFORMANS ANALİZİ

Şekilde planı ve özellikleri verilen (Ek 1 Şekil 1) yapının 2007 DY göre,

A: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisinde **Hemen Kullanım (HK)**

B: 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem etkisinde **Can Güvenliği (CG)**

performansının kontrolünü yapılacaktır.



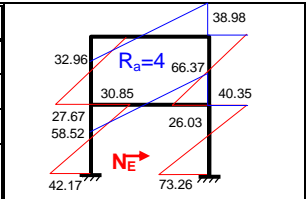
Ek 1. Şekil 1: Yapının planı ve çerçevenin verileri

Ek 1. Tablo 1: Yapının verileri

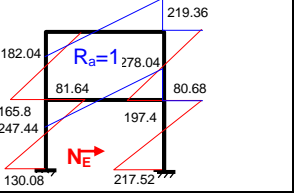
İNCELEME SONRASI MEVCUT YAPI BİLGİLERİ		
Yapının projesi	Mevcut	1. derece
Bilgi düzeyi	Kapsamlı	$A_0=0,4$
Bilgi düzeyi katsayısı	1	$I=1$
Donatı gerçekleştirme oranı	1	Z3
Beton dayanımı	25 MPa _{ortalama-s.sapma}	$n=0,30_{konut}$
Çelik dayanımı	420 MPa _{ortalama-s.sapma}	
Hedef performans	Can güvenliği	

Ek 1. Tablo 2: Çerçevenin deprem yükleri ve moment alanları

Yatay yüklerin hesabı						
Kat	h_i	$w_i = g_i + n_i$	$w_i h_i$	V_t	$F_i = V_t w_i h_i / \sum w_i h_i$	Q_i
2	6	288,07	1728,42	61,01	40,67+0,93	41,60
1	3	288,07	864,22		20,34	61,94
		Σ	2592,63			

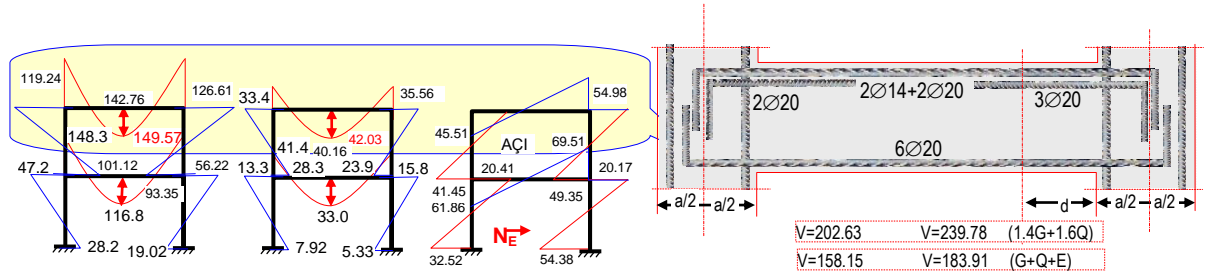


Yatay yüklerin hesabı						
Kat	h_i	$w_i = g_i + n_i$	$w_i h_i$	V_t	$F_i = V_t w_i h_i / \sum w_i h_i$	Q_i
2	6	288,07	1728,42	253,50	169	169
1	3	288,07	864,22		84,5	253,5
		Σ	2592,63			



Açıklık momenti $1,4G+1,6Q=1,4 \times 142,76+1,6 \times 40,16+0_{\text{deprem}}=264,12 \text{ kNm}$

olarak hesaplanır. Buna göre açıklık donatısı aşağıdaki şekilde ve bilinen bir yaklaşımla bulunur (Ek 1 Şekil 2).



Ek 1. Şekil 2: Seçilen çerçevenin düşey yük ve deprem moment alanı

A1. Kiriş kesme kapasite hesabı, (Sıklaştırma bölgesi etriye $\varnothing 10/100$, orta $\varnothing 10/200$)

$$V_{rTS500} = 0.52 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d + \frac{A_{sw_ETRIYE}}{s} \cdot f_{ywm} \cdot d = 0.52 \cdot 1.2 \cdot 250 \cdot 480 + \frac{2 \cdot 78 \cdot \varnothing 10}{100} \cdot 420 \cdot 480 = 389376 \text{ N} = 389.38$$

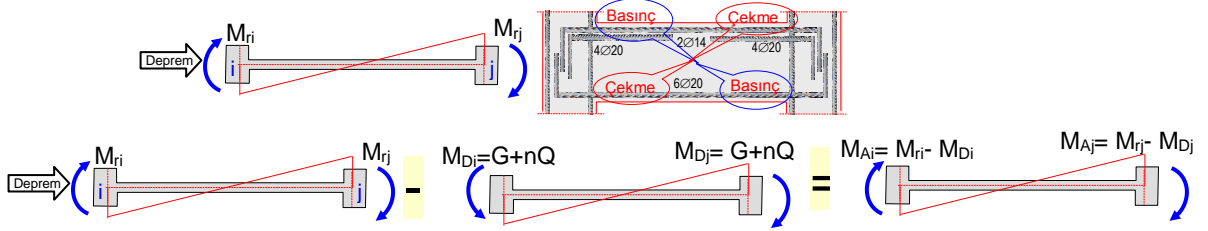
A2. Kiriş moment kapasite hesabı, (Sıklaştırma bölgesi etriye $\varnothing 10/100$, orta $\varnothing 10/200$)

E1.1. ARTIK MOMENT HESABI

Bir kirişte pozitif yöndeki (\leftrightarrow) deprem yüklemesinden dolayı oluşan kesit tesirleri altında kirişin i ucundaki alt donatı çekmeye üst sonatı basınca ve j ucunda da i ucunun tersi olarak üst donatı çekmeye alt donatı basınca çalışır. Depremi diğer yönü için ise bunun tam tersidir. Düşey yüklerden oluşan moment değerleri; zati yüklerden oluşan (G yüklemesi) ve hareketli yük azaltma katsayısı (n) ile çarpılarak elde edilen

hareketli yüklemelerden (Q) oluşan moment değerlerinin toplanması sonucu aşağıdaki şekilde elde edilir. Her bir düğüm ve deprem yönü için yukarıda bulunan moment değerleri vektörel olarak toplanarak artık moment (M_A) değerleri hesaplanır (Ek 1 Şekil 3).

Artık moment M_A = Taşıma gücü momenti M_r – Düşey yük momenti ($G+nQ$) M_D



Ek 1. Şekil 3: Seçilen çerçevenin düşey yük ve deprem moment alanı

Artık momentin (M_A) işareti kapasite momentin (taşıma gücü momenti) işareti (M_r) ile aynı olur çünkü artık moment yoksa kesit depremi hangi momentle karşılayacak yani kesitin taşıma gücü kalmamış demektir.

Deprem yönü dikkate alındığında $\left[\begin{array}{l} i \text{ ucu} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{alt donatısı çekme} \\ \text{üst donatısı basınca} \end{array} \right\} \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} j \text{ ucu} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{alt donatısı basınca} \\ \text{üst donatısı çekme} \end{array} \right\} \end{array} \right]$ çalışır.

Buna göre taşıma gücü momentleri, $M_{ri} = [A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d'_{pas})]$ bağıntısıyla hesaplanabilir.

Ek 1. Tablo 3: Seçilen kirişin taşıma gücü momentleri

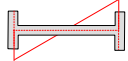

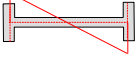

		K201 kirişi	
i ucu		j ucu	
$M_{ri} = [A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d'_{pas})] 10^6$		$M_{rj} = [A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d'_{pas})] 10^6$	
$A_{s\text{üst}}$	$4\text{Ø}20+2\text{Ø}14=1564 \text{ mm}^2$	-262,60	$A_{s\text{üst}}$ $4\text{Ø}20+2\text{Ø}14=1564 \text{ mm}^2$ -262,60
$A_{s\text{alt}}$	$6\text{Ø}20=1884 \text{ mm}^2$	316,32	$A_{s\text{alt}}$ $6\text{Ø}20=1884 \text{ mm}^2$ 316,32

$$\text{Kiriş momentleri} \left\{ \begin{array}{l} i \text{ ucu } M_{Di} = -(G+0.3Q) = 148.3 + 0.3 \cdot 41.4 = -160.72 \text{ kNm} \\ j \text{ ucu } M_{Dj} = -(G+0.3Q) = 149.57 + 0.3 \cdot 42.03 = -162.18 \text{ kNm} \end{array} \right.$$

7.5.2.3.(a) Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.

Ek 1. Tablo 4: Seçilen kirişin artık moment değerleri

Artık Moment=Bir kesitin taşıma gücünden üzerindeki yüklerden dolayı olan eksilmekten sonra depreme kalan moment

	i ucu	j ucu		
M_{ri}	316,32	-262,60		
M_{Dj}	-160,72	-162,18	Deprem soldan	
Artık moment				
M_A	$M_{ri}-M_{Dj}=316,32-(-160,72)=477,04$			
M_{ri}	-262,60	316,32		
M_{Dj}	-160,72	-162,18	Deprem sağdan	
Artık moment				
M_A	$M_{ri}-M_{Dj}=-262,60-(-160,72)=-101,88$			

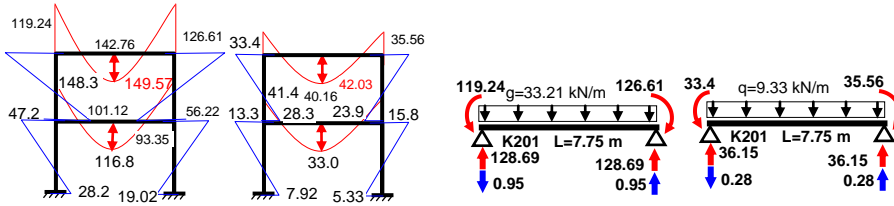
E1.2. KİRİŞ DAVRANIŞI KONTROLÜ (Sünek/Gevrek=Eğilmeden/Kesmeden)

Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemi sünek olan elemanlar (eğilme momentinin kritik olduğu elemanlar) için uygulanır. Gevrek olan (sünek olmayan) kesme kuvvetinin veya basınç kuvvetinin kritik olduğu elemanlarda uygulanmaz. Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanlarda eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS500'e göre hesaplanan kesme kapasitesini aşmaması gereklidir. Kolon, kiriş ve perdelerde eğilme momenti ile uyumlu kesme kuvvetinin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılır. Birleşim bölgesi kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak tanımlanır.

Yeni binaların tasarımında kullanılan yöntemin mevcut binalara genişletilmiş olan Eşdeğer Deprem Yüğü uygulamasında, taşıyıcı sisteme ayrı ayrı her iki doğrultuda elastik (azaltılmamış) deprem yükü yüklenerek çözüm yapılır. Mod Birleştirme uygulamasında ise, deprem etkisini tanımlayan spektrum eğrisi azaltılmadan kullanılır. Deprem etkisinde zorlanan eleman kesitlerinde deprem etkisinde ortaya çıkan M_e eğilme momenti (ve diğer kesit etkileri) hesap edilir. Buna paralel olarak malzeme katsayıları ile bir azaltma yapmaksızın f_{cm} ve f_{ym} mevcut malzeme dayanımları kullanılarak kesitlerin M_r eğilme momenti (ve diğer etkiler için) kapasiteleri hesap edilir. Bu değerlerden tüm elemanlar için r değeri hesaplanır. Deprem etkisinin elastik ötesi davranış ile karşılanması ve sınırlı hasara izin verilmesi sözkonusu olduğu için, doğrudan süneklığe bağlı olan r nin sınır değerleri birden büyüktür. Büyük değerler alması beklenen durumlar kontrollü hasarın büyük olacağına işaret eder. Kiriş ve kolon

kesitlerinde sargı donatısının bulunması ve kesme kuvveti düzeyinin düşük olması sünekliği artırır. Bunun gibi kirişlerde basınç donatısı sünekliği artırırken, çekme donatısı azaltır. Kirişin kesmeden dolayı taşıma gücünü kaybetmesi **GEVREK**, eğilmeden dolayı taşıma gücünü kaybetmesi ise **SÜNEK** kırılma olarak tanımlanır.

G+Q'dan oluşan kesme kuvvetleri (mesnet yüzeyinden d mesafede)



Ek 1. Şekil 4: Seçilen kirişin düşey yüklerden oluşan kesme kuvvet değerleri

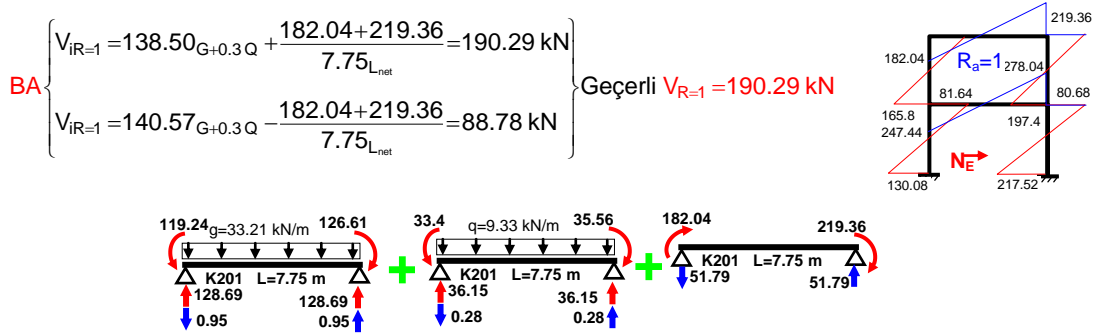
i ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-i} = (128,69 - 0,95) + 0,3 \times (36,15 - 0,28) = 138,50 \text{ kN}$ **(G+0,3Q)**

j ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-j} = (128,69 + 0,95) + 0,3 \times (36,15 + 0,28) = 140,57 \text{ kN}$ **(G+0,3Q)**

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{i ucu } V_{ei} = V_{dyi} - \frac{[M_{ri-alt} + M_{rj-üst}]}{L_{net}} = 138,50 - \frac{[316,32 + 262,6]}{7,75_{net}} = 63,80 \text{ kN} \\
 \text{j ucu } V_{ej} = V_{dyj} + \frac{[M_{rj-alt} + M_{ri-üst}]}{L_{net}} = 140,57 + \frac{[316,32 + 262,6]}{7,75_{net}} = 215,27 \text{ kN}
 \end{array} \right\} \text{Geçerli } V_e = 215,27 \text{ kN}$$

“7.5.2.2 – Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak sınıflanırlar.

- Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesinin V_r 'yi aşmaması gereklidir. V_e 'nin hesabı kolonlar için 3.3.7'ye, kirişler için 3.4.5'e ve perdeler için 3.6.6'ya göre yapılacak, ancak **Denk.(3.16)**'da $\beta_v = 1$ alınacaktır. Kolon, kiriş ve perdelerde V_e 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır ($M_{pi} \cong 1,4 M_{ri}$ ve $M_{pj} \cong 1,4 M_{rj}$). Düşey yükler ile birlikte $R_a = 1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. (+X-X için ayrı ayrı hesaplanarak karar verilmelidir)
- Perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmesi için ayrıca $H_w / \ell_w > 2,0$ koşulunu sağlaması gereklidir.
- Yukarıda (a) ve (b)'de verilen sünek eleman koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır.



Ek 1. Şekil 5: Seçilen kirişin düşey yüklerden ve depremden oluşan kesme kuvvet değerleri

$$KARŞILAŞTIRMA \left\{ \begin{array}{l} \text{AA ve BA dan küçük olan dikkate alınacağından} \\ V_e > V_{R=1} \quad 215.27 > 190.29 \quad \text{Dikkate küçük olan alınacak } V_{R=1} = 190.29 \text{ kN} \\ V_r = 389.38 \text{ kN} > V_{R=1} = 190.29 \text{ kN} \quad \text{KIRIŞ SÜNEK KIRILMA GÖSTERİR.} \end{array} \right.$$

Kirişin kesit tesirleri sonucu boyutlandırılmasında bulunan donatılar sonucu hesaplanan kesme kuvveti taşıma gücünden (V_r), kirişe servis ömrü esnasında gelmesi öngörülen kesme kuvvetinden büyük olmasından dolayı kiriş kesme etkisinden değil bizimde tercihimiz ve istediğimiz olan eğilmeden dolayı taşıma gücünü kaybedecektir, yani **SÜNEK** kırılacaktır ($V_{R=1} < V_r$ 190,29 < 389,38). Kirişin uygulanan düşey ve deprem yüklerini eğilme ve kesme kırılmasına uğramadan taşıması mümkün olan bir rijitlikte olabilir. Ancak bu çözüm ekonomik olmayabilir.

E1.3. KİRİŞLERİN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

i ucu için kontrol: Kirişte yukarıda boyutlandırma aşamasında bulunan donatıların pirsantajları tablodaki gibi hesaplanır.

Ek 1. Tablo 5: Seçilen kirişin donatı oranları

	i ucu	j ucu
$A_{siüst}$	$4\emptyset 20 + 2\emptyset 14 = 1564 \text{ mm}^2$	$4\emptyset 20 + 2\emptyset 14 = 1564 \text{ mm}^2$
A_{sialt}	$6\emptyset 20 = 1884 \text{ mm}^2$	$6\emptyset 20 = 1884 \text{ mm}^2$
	$\rho = 1564 / (250 \times 480) = 0,013$	$\rho = 1884 / (250 \times 480) = 0,016$

7.5.2.3.(c) Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından 3.3.4'ü sağlayan betonarme kolonlar, 3.4.4'ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde 3.6.5.2'yi sağlayan betonarme perdeler "sargılanmış", sağlamayanlar ise "sargılanmamış" eleman sayılır. "Sargılanmış" sayılan elemanlarda sargı donatılarının 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

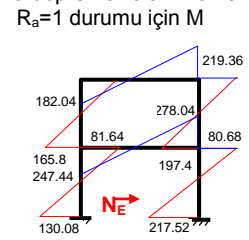
$$\rho_b = \left[0.85 \frac{f_{cm}(\text{mevcut})}{f_{ym}(\text{mevcut})} \right] \cdot k_1 \cdot \frac{0.003 \cdot E_s}{0.003 \cdot E_s + f_{ym}} = \left[0.85 \frac{10}{420} \right] \cdot 0.85 \cdot \frac{0.003 \cdot 2E5}{0.003 \cdot 2E5 + 420} = 0.010 \quad \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = \frac{0.016 - 0.013}{0.010} = 0.30$$

$$0.00 \leq \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \leq 0.50 \quad \text{VE} \quad \frac{V_{ei}(\text{AA bulunan min.})}{b \cdot d \cdot f_{ctm}(\text{mevcut})} = \frac{63.80}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} \cdot 1000 = 0.59 \leq 0.65$$

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde **kiriş, kolon ve perde** elemanlarının ve **güçlendirilmiş dolgu duvarı** kesitlerinin **etki/kapasite oranları (r)** olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır. Değerleri ile aşağıdaki tabloya girilerek (sargı donatısı bulunmaktadır) **r_{sınır}=3** (minimum hasar sınırı) olarak bulunur. Hesaplar sonucu ise etki kapasite oranı **r** aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Ek 1. Tablo 6: Seçilen kirişin artık moment değerleri

	i ucu	j ucu	
M _{ri}	316,32	-262,60	
M _{Di}	-160,72	-162,18	Deprem soldan
Artık moment	M _{ri} -M _{Di} =316,32-(-160,72)= 477,04		
M _A		-100,42	
M _{ri}	-262,60	316,32	
M _{Di}	-160,72	-162,18	Deprem sağdan
Artık moment	M _{ri} -M _{Di} =-262,60-(-160,72)=-101,88		
M _A		478,50	



7.5.2.3 – Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında **R_a=1** alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınacaktır.

$$r_i = \frac{M_{\text{deprem}R=1}}{M_{A\text{artık}}} = \frac{247.44}{477.04} = 0.52 < r_{\text{sınır}} = 3_{\text{tablodan}} \quad \text{kirişin sadece } [i] \text{ ucu kesit güvenlik sınırını sağlamaktadır.}$$

Kirişin tamamı için birşey söylenemez, [j] ucuda hesaplanmalı.

$0.00 \leq \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = 0.30 < 0.50$ (hassasiyet 0,01) 0-0,5 arasındadır. 0-0,5 arasında 0,01'den **50** tane değer bulunmaktadır.

Hesap edilen 0,30'da **30** tane 0,01 değeri bulunmaktadır.

$$\frac{V_{ei}}{b \cdot d \cdot f_{ctm}(\text{mevcut})} = \frac{63.80}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} \cdot 1000 = 0.59 \leq 0.65 \quad 0 \text{ ise } MN=3 \quad 0.5 \text{ ise } MN=3 \text{ arasında değer bulunmamaktadır.}$$

Buna göre 0,01 hassasiyetteki çarpan=0/50=0 ise $30 \times 0 = 0$ MN=3 $r_{\text{tablo}} > r_{\text{hesap}} \quad 3 > 0,52$ **MN**

$0.00 \leq \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = 0.30 < 0.50$ (hassasiyet 0,0001) 0-0,5 arasındadır. 0-0,5 arasında 0,0001'den **5000** tane değer var.

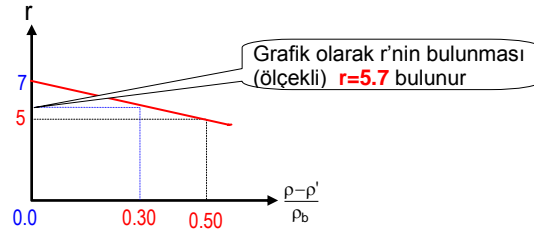
Hesap edilen 0,30'da **3000** tane 0,0001 değeri bulunmaktadır.

$$\frac{V_{ei}}{b \cdot d \cdot f_{ctm(mevcut)}} = \frac{63.80}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} 1000 = 0.59 \leq 0.65 \quad 0 \text{ ise } MN=3 \quad 0,5 \text{ ise } MN=3 \text{ arasında}$$

değer bulunmamaktadır.

Buna göre 0,0001 hassasiyetteki çarpan=0/5000=0,000 $3000 \times 0,000=0$ MN=3
 $r_{tablo} > r_{hesap} \quad 3 > 0,52$ MN

NOT: Burada i ucunun MN performans düzeyinin sağlanması daha da olumsuz olan diğer performans düzeyini sağlayacağı açıktır. Ancak tüm yapıda bulunan kiriş uçlarının performans düzeylerinin hesaplanarak belli yüzde değerlerinin alınması için i ucunun diğer performans düzeylerinin de hesaplanması gerekir. Her kirişin iki ucu içinde performans düzeyleri hesaplanarak aşağıdaki örnek grafikte görüldüğü gibi çizilerek kirişlerin performansları toptan değerlendirilir.



Ek 1. Şekil 6: Seçilen kirişin etki-kapasite oranlarının grafik olarak bulunması

i ucu GV durumundaki performansı

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = \frac{0.016 - 0.013}{0.010} = 0.30 \quad 0.00 \leq \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \leq 0.50 \quad \frac{V_{ei}}{b \cdot d \cdot f_{ctm(mevcut)}} = \frac{63.80}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} 1000 = 0.59 \leq 0.65$$

Aşağıda yapılan enterpolasyon sonucunda da $r=5,8$ bulunmuştur.

$0.00 \leq \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = 0.30 < 0.50$ (hassasiyet 0,01) 0-0,5 arasındadır. 0-0,5 arasında 0,01'den **50** tane değer bulunmaktadır.

bulunmaktadır.

Hesap edilen 0 ile 0,30 arasında **30** tane 0,01 değeri

veya Hesap edilen 0,5 ile 0,30 arasında **20** tane 0,01 değeri bulunmaktadır.

$$\frac{V_{ei}}{b \cdot d \cdot f_{ctm(mevcut)}} = \frac{63.80}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} 1000 = 0.59 \leq 0.65 \quad 0 \text{ ise } GV=7 \quad 0,5 \text{ ise } GV=5 \text{ arasında } 2 \text{ değer}$$

bulunmaktadır.

Buna göre 0,01 hassasiyetteki çarpan=2/50=0,04 ise;

Tablodan $\leq 0,0$ satırı kullanılırsa 0-0,30 arasında 30 adet 0,01 var $30 \times 0,04=1,2$ GV=7-1,2=**5,8** bulunur.

Tablodan $\geq 0,5$ satırı kullanılırsa 0,5-0,30 arasında 20 adet 0,01 var $20 \times 0,04=0,8$ GV=5+0,8=**5,8** bulunur.

$0.00 \leq \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = 0.30 < 0.50$ (hassasiyet 0,0001) 0-0,5 arasındadır. 0-0,5 arasında 0,0001'den **5000** tane değer var.

bulunmaktadır.

Hesap edilen 0,30'da **3000** tane 0,0001 değeri

bulunmaktadır.

$$\frac{V_{ei}}{b \cdot d \cdot f_{ctm(mevcut)}} = \frac{63.80}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} \cdot 1000 = 0.59 \leq 0.65$$

bulunmaktadır.

Buna göre 0,0001 hassasiyetteki çarpan= $2/5000=0,0004$ $3000 \times 0,0004=1,2$ $GV=7-1,2=5,8$
 $r_{tablo} > r_{hesap}$

i ucu GÇ durumundaki performansı

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = \frac{0.016 - 0.013}{0.010} = 0.30 \quad 0.00 \leq \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \leq 0.50 \quad \frac{V_{ei}}{b \cdot d \cdot f_{ctm(mevcut)}} = \frac{63.80}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} \cdot 1000 = 0.59 \leq 0.65$$

$0.00 \leq \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = 0.30 < 0.50$ (hassasiyet 0,01) 0-0,5 arasındadır. 0-0,5 arasında 0,01'den **50** tane değer bulununmaktadır.

bulunmaktadır.

Hesap edilen 0 ile 0,30 arasında **30** tane 0,01 değeri

bulunmaktadır.

veya Hesap edilen 0,5 ile 0,30 arasında **20** tane 0,01 değeri bulununmaktadır.

$$\frac{V_{ei}}{b \cdot d \cdot f_{ctm(mevcut)}} = \frac{63.80}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} \cdot 1000 = 0.59 \leq 0.65$$

bulunmaktadır.

Tablodan $\leq 0,0$ satırı kullanılırsa 0-0,30 arasında 30 adet 0,01 var $30 \times 0,06=1,8$ $GV=10-1,8=8,2$ bulunur.

Tablodan $\geq 0,5$ satırı kullanılırsa 0,5-0,30 arasında 20 adet 0,01 var $20 \times 0,06=1,2$ $GV=7+1,2=8,2$ bulunur.

7.5.2.5 – Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), **Tablo 7.2-7.5**'de verilen sınır değerler (rs) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Betonarme binalardaki güçlendirilmiş dolgu duvarlarının hasar bölgelerinin belirlenmesinde ayrıca **Tablo 7.5**'de verilen görelî kat ötelemesi oranı sınırları gözönüne alınacaktır. Görelî kat ötelemesi oranı, ilgili katta hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesinin kat yüksekliğine bölünmesi ile elde edilecektir. **Tablo 7.2-7.5**'deki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

TABLO 7.2 – BETONARME KİRİŞLER İÇİN HASAR SINIRLARINI TANIMLAYAN ETKİ/KAPASİTE ORANLARI (ρ)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ct}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4
Gevrek Kirişler			1	1	1

(1) Birimler N ve mm'dir. V kuvveti deprem kuvvetinin yönü ile uyumlu olarak Denk.(3.9)'dan hesaplanacak, ancak pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine 7.2'ye göre belirlenen mevcut malzeme dayanımları kullanarak hesaplanan moment kapasiteleri kullanılacaktır (Şekil 3.9).

i ucu için

(DY 3.9) AA

$$\left. \begin{array}{l} \text{i ucu } V_{ei} = V_{dyi} - \frac{[M_{ri-alt} + M_{rj-üst}]}{L_{net}} = 138.50 - \frac{[316.32 + 262.6]}{7.75_{net}} = 63.80 \text{ kN} \\ \text{j ucu } V_{ej} = V_{dyj} + \frac{[M_{rj-alt} + M_{ri-üst}]}{L_{net}} = 140.57 + \frac{[316.32 + 262.6]}{7.75_{net}} = 215.27 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

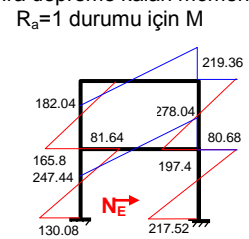
7.2. BİNALARDAN BİLGİ TOPLANMASI

j ucu için kontrol: Bu ucun performansı için kullanılacak değerler aşağıda verilmiştir.

Ek 1. Tablo 7: Seçilen kirişin j ucu artık moment değerleri

Artık Moment=Bir kesitin taşıma gücünden üzerindeki yüklerden dolayı olan eksilmeden sonra depreme kalan moment

	i ucu	j ucu	
M_{ri}	316,32	-262,60	
M_{Di}	-160,72	-162,18	Deprem soldan
Artık moment			
M_A	$M_{ri} - M_{Di} = 316,32 - (-160,72) = 477,04$	-100,42	
M_{ri}	-262,60	316,32	
M_{Di}	-160,72	-162,18	Deprem sağdan
Artık moment			
M_A	$M_{ri} - M_{Di} = -262,60 - (-160,72) = -101,88$	478,50	



$$\rho_b = \left[0.85 \frac{f_{cm}(\text{mevcut})}{f_{ym}(\text{mevcut})} \right] \cdot k_1 \cdot \frac{0.003 \cdot E_s}{0.003 \cdot E_s + f_{ym}} = \left[0.85 \frac{10}{420} \right] \cdot 0.85 \cdot \frac{0.003 \cdot 2E5}{0.003 \cdot 2E5 + 420} = 0.010$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = \frac{0.013 - 0.016}{0.010} = -0.30$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \leq 0.00$$

ve

$$\frac{V_{ej}}{b \cdot d \cdot f_{ctm}(\text{mevcut})} = \frac{215.27}{250 \cdot 480 \cdot 0.9_{C10}} \cdot 1000 = 2$$

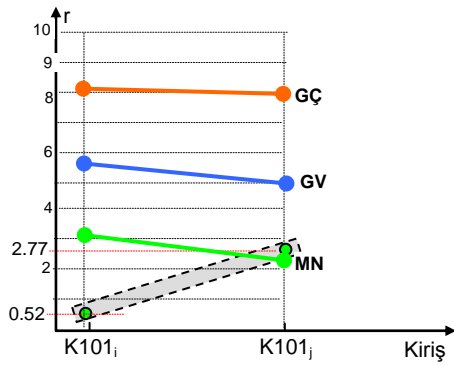
Değerleri ile aşağıdaki tabloya girilerek $r_{\text{sinir}}=2,5$ olarak bulunur. Hesaplar sonucu ise etki kapasite oranı r aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$r_i = \frac{M_{\text{depremR=1}}}{M_{\text{Aartık}}} = \frac{-278.04}{-100.42} = 2.77 < r_{\text{sinir}} = 2.5_{\text{tablodan}} \quad \text{kirişin i ucu kesit güvenlik sınırını sağlamamaktadır.}$$

Yani kiriş ucu MN bölgesinde değil GV bölgesinde bulunmaktadır.

Kiriş	uç	$r_{\text{hesaplanan}}$	$r_{\text{sinir-MN}}$	$r_{\text{sinir-GV}}$	$r_{\text{sinir-GÇ}}$	Kesit Perf.	Eleman Perf.
K101	i	0,52	3	5,8	8,2	M_{minimum}	BH
	j	2,77 > 2,5	2,5	5	8	N_{hasar} B_{belirgin} H_{hasar}	

NOT: Bir elemanın i ve j uçlarındaki kesit performansları farklı olması durumunda elemanın performansı olumsuz ucun performansı olarak dikkate alınır.

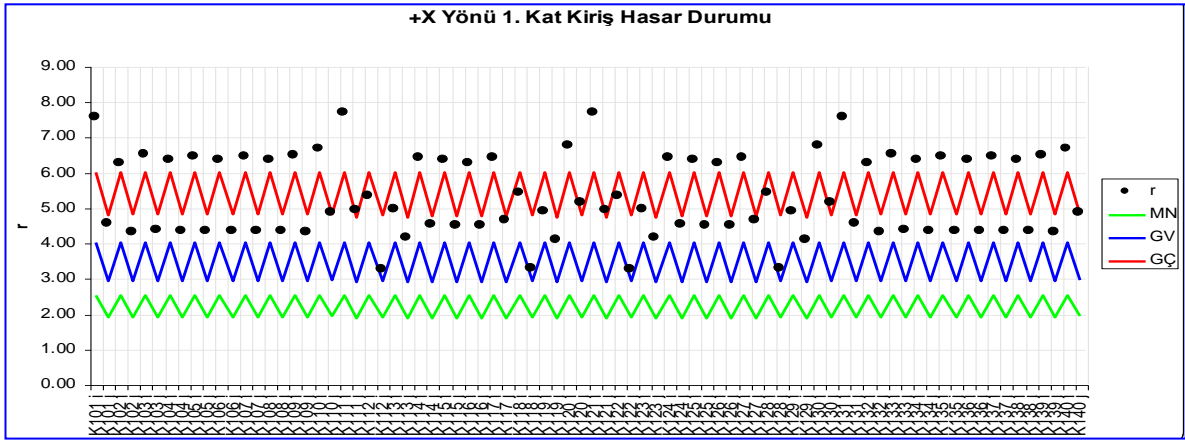


Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ct}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4
Gevrek Kirişler			1	1	1

(1) Birimler N ve mm'dir. V kuvveti deprem kuvvetinin yönü ile uyumlu olarak Denk.(3.9)'dan hesaplanacak, ancak pekişmeli taşıma gücü momentleri yerine 7.2'ye göre belirlenen mevcut malzeme dayanımları kullanılarak hesaplanan moment kapasiteleri kullanılacaktır (Şekil 3.9).

Ek 1. Şekil 7: Seçilen kirişin mevcut ve yönetmelik performans değerleri

Bu işlem yapıdaki her kat ve her kattaki tüm kirişler için +X ve -X ve +Y ve -Y yönleri için ayrı ayrı çizilir. Yukarıda örnek olarak verilen kiriş hasar durumu grafiği incelendiğinde kirişlerin performans durumu (Siyah noktalar veya r_{hesaplar}) GV sınırını (mavi) geçmediği (%30'zu geçse dahi) için bu incelenen kirişlerin Can Güvenliği performansının sağlandığı söylenebilir. Yapıda bulunan tüm kirişlerin i ve j uçları için aşağıdaki şekilde kirişlerin etki kapasite oranları yönetmelikte verilen değeri çizilir. Bu çizilen değerler üzerine hesaplar sonucu bulunan etki kapasite oranları (r) işlenir (noktalar) (Ek 1. Şekil 8). Verilen tablonun tümüne bakılarak işlenen değerlerin yönetmelikte verilen ve çizgisel olarak çizilen grafiklerin altında ve üstünde kalan sayıları belirlenerek kirişleri performansı değerlendirilir.



Ek 1. Şekil 8: Yapının tüm kirişin mevcut ve yönetmelik performans değerleri

Yukarıda verilen grafik değerleri klasik olarak hesaplanan değerler olmakla birlikte aşağıdaki hesap sonucu çıktıları verilmiştir.

E1.3.a HESAPLANAN KİRİŞ GEVREK KIRILMA GÖSTEREN BİR KİRİŞ İSE

Aşağıdaki karşılaştırma sonucuna göre,

$$\text{KARŞILAŞTIRMA} \begin{cases} V_e > V_{R=1} & 215.27 > 190.29 & \text{Dikkate küçük olan alınacak } V_{R=1} = 190.29 \text{ kN} \\ V_i = 150 \text{ kN} > V_{R=1} = 190.29 \text{ kN} & & \text{KİRİŞ GEVREK KIRILMA GÖSTERİR.} \end{cases}$$

Kiriş gevrek kırılma göstermektedir. Böyle olan kirişlerin performansı için yukarıda verilen tablonun (Tablo 7.2) son satırında performans düzeylerinin değerini tüm durumlar için $MN=GV=GÇ=1$ olarak vermektedir. Bu durumda yine etki kapasite oranlarını her kirişin her ucu için hesaplanır.

$$\rho_b = \left[\frac{0.85 \cdot f_{cm(\text{mevcut})}}{f_{ym(\text{mevcut})}} \right] \cdot k_1 \cdot \frac{0.003 \cdot E_s}{0.003 \cdot E_s + f_{ym}}, \quad \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \quad \text{ve} \quad \frac{V_{el}(\text{AA bulunan min.})}{b \cdot d \cdot f_{ctm(\text{mevcut})}} \quad \text{hesabına gerek yoktur.}$$

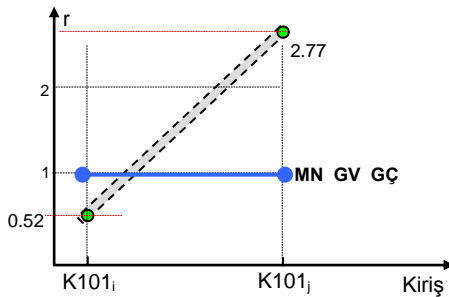
$$r_i = \frac{M_{\text{deprem}R=1}}{M_{\text{Aartık}}} = \frac{247.44}{477.04} = 0.52$$

i ucu için MN, GV ve GÇ performans durumları için $0.52 < r_{\text{sınır}} = 1$ tablodan
kirişin sadece **i** ucu kesit güvenlik sınırını sağlamaktadır.

$$r_j = \frac{M_{\text{deprem}R=1}}{M_{\text{Aartık}}} = \frac{-278.04}{-100.42} = 2.77$$

j ucu için MN, GV ve GÇ performans durumları için $2.77 > r_{\text{sınır}} = 1$ tablodan
kirişin sadece **j** ucu kesit güvenlik sınırını sağlamamaktadır.

Kirişin performansı **GÇ**'dir



TABLO 7.2 – BETONARME KİRİŞLER İÇİN HASAR SINIRLARINI TANIMLAYAN ETKİ/KAPASİTE ORANLARI (r)

	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Gevrek Kirişler	1	1	1

(1) Birimler N ve mm'dir. V kuvveti deprem kuvvetinin yönü ile uyumlu olarak Denk.(3.9)'dan hesaplanacak, ancak pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine 7.2'ye göre belirlenen mevcut malzeme dayanımları kullanarak hesaplanan moment kapasiteleri kullanılacaktır (Şekil 3.9).

Ek 1. Şekil 9: Seçilen kirişin gevrek olması durumundaki performans değerleri

E2: PLANI VERİLEN YAPIDA KOLON PERFORMANS ANALİZİ

Kolon eksenel yükü, kirişlerin kesme kapasitesi kullanılarak bulunan kesme kuvvetlerinden elde edilir. Bu kolona birleşen kirişlerin her iki yönü için (X-Y) ayrı ayrı yapılarak toplanır. Kolonların boyutlandırılması sonucu bulunan donatı kapasiteleri kullanılarak elde edilen N-M diyagramlarından kolonların eksenel kuvvet taşıma kapasitesi bulunur. Bu iki durum aşağıdaki grafikler üzerinde değerlendirilerek kolon kapasiteleri hesaplanır.

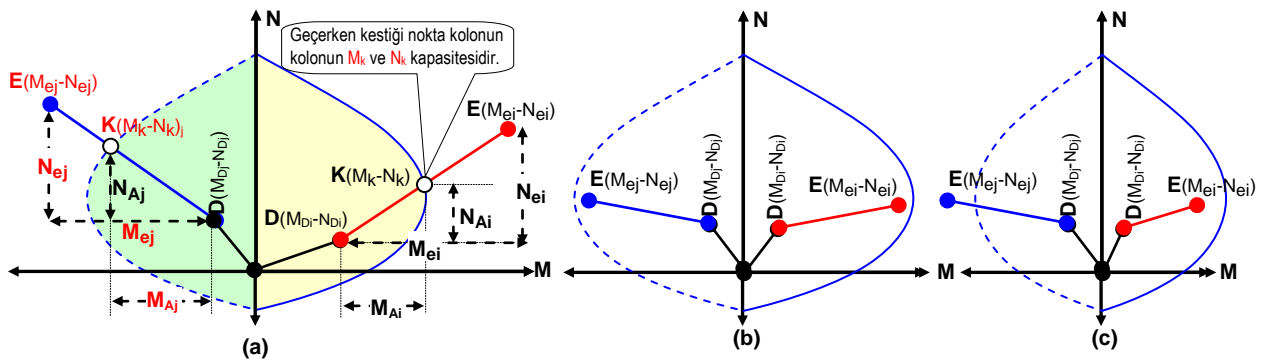
Kolonların eksenel yük değerleri,

1. Kolonun hesaplanan donatıları kullanılarak M-N etkileşim diyagramı çizilir.
2. Düşey yüklerden (G+nQ) bulunan M_D-N_D değerleri işaretlenerek **D** noktası bulunur.
3. $R_a=1$ alınarak yatay yüklerden bulunan M_e-N_e değerleri D noktasından başlayarak işaretlenir ve **E** noktası bulunur.

4. D ve E birleşimde diyagramı kestiği nokta K noktası bulunur. Bu nokta kolonun moment (M_k) ve eksenel kuvvet (N_k) kapasiteleri olarak alınır.
5. Artık moment $M_A=M_k-M_D$ ve Artık eksenel kuvvet $N_A=N_k-N_D$ bulunur.
6. Düşey taşıyıcı elemanlar olan kolon ve perdenin etki-kapasite oranı

$$r = \frac{\text{Deprem momenti}_{R=1}}{\text{Artık moment}} = \text{sünek} \frac{M_{e-R=1}}{M_A} = \text{gevrek} \frac{N_{e-R=1}}{N_A} \text{ olarak bulunur.}$$

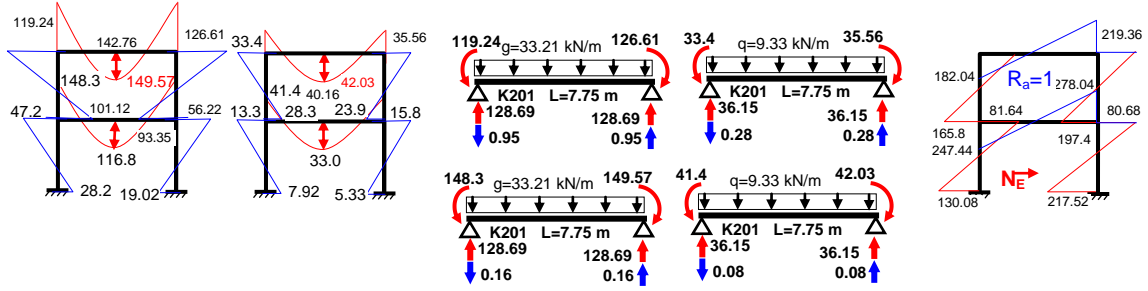
7. Depremi diğer yönü için yukarıda yapılan işlemler kesikli bölge için bulunan değerler göre aynen yapılır. Bu kısımda da düşey yükler için bulunan D noktası ayrıdır.
8. Eğer düşey yüklerden bulunan D noktasına depremden bulunan E noktası eklendiği zaman diyagramı kesmiyor ise yani K noktası bulunamıyorsa bu durumda boyutlandırılan kolon deprem yüklerini emniyetli bir şekilde taşıdığını yani kolonun Minimum Hasar Bölgesinde olduğunu göstermektedir (Şekil b).”7A.2. Özel durum Şekil 7A.1’deki ikinci doğrunun ucunun etkileşim diyagramının içinde kalması durumunda 7A.1 uygulanamaz. $r < 1$ olmasına karşı gelen bu durumda etki/kapasite oranının hesabına esasen gerek olmadığı açıktır. Dolayısıyla kolonunun alt ve üst kesitleri Minimum Hasar Bölgesi içindedir.”
9. Eğer düşey yüklerden bulunan D noktasına depremden bulunan E noktası eklendiği zaman diyagramı bir ucu kesmiyor ise yukarıdaki 9. madde aynen geçerlidir. Eğer diğer ucu kesiyor ise 4. madde aynen uygulanır (Şekil c).
10. Kolonda çekme olması durumu için de aynı yöntem izlenir.



Ek 2. Şekil 1: Kolon N-M diyagramı

E2.1. KOLONLARIN EKSENEL YÜK HESABI

Kirişin kesme kuvvet değerleri bulunarak kolonlara eksenel yük olarak ele alınır. Bu hesaplama aşağıda verilen şekil üzerinde görülmektedir.



Ek 2. Şekil 2: Kolon eksenel kuvvetinin belirlenmesi

Kirişlerin kesme kuvvet değerleri hesaplanarak kolonlara eksenel yük olarak yüklenir (Ek 2. Tablo 1).

Ek 2. Tablo 1: Seçilen kolonun kesit tesirleri

Kat	Kirişin kesme kuvvetleri (V)
2	i ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-i}=(128,69-0,95)+0,3x(36,15-0,28)=138,50$ kN (G+0,3Q)
	j ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-j}=(128,69+0,95)+0,3x(36,15+0,28)=140,57$ kN (G+0,3Q)
1	i ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-i}=(128,69-0,16)+0,3x(36,15-0,08)=139,35$ kN (G+0,3Q)
	j ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-j}=(128,69+0,16)+0,3x(36,15+0,08)=139,72$ kN (G+0,3Q)
2	i ucu mesnet momenti $M_i=119,24+0,3x33,40=129,26$ kNm (G+0,3Q)
	j ucu mesnet momenti $M_j=101,12+0,3x28,30=109,61$ kNm (G+0,3Q)
1	i ucu mesnet momenti $M_i=47,20+0,3x13,30=51,19$ kNm (G+0,3Q)
	j ucu mesnet momenti $M_j=28,20+0,3x7,92=-30,58$ kNm (G+0,3Q)
2	i ucu mesnet momenti $M_{ei}=182,04$ kNm (Deprem)
	j ucu mesnet momenti $M_{ej}=-165,80$ kNm (Deprem)
1	i ucu mesnet momenti $M_{ei}=81,64$ kNm (Deprem)
	j ucu mesnet momenti $M_{ej}=-130,08$ kNm (Deprem)
2	i=j ucu mesnet eksenel kuvveti $N_{ei}=N_{ej}=[(182,04+219,36)_{2.kat}]/7,75=51,79$ kN
1	i=j ucu mesnet eksenel kuvveti $N_{ei}=N_{ej}=[(182,04+219,36)_{2.kat}+(247,44+278,04)_{1.kat}]/7,75=119,60$ kN

Zemin kattaki S101 ve S102 kolonlarının N-M ilişkileri aşağıda $\rho=0,02$ ve düşey donatıları yerleştirme planlarına göre N-M ilişkisi çizilir. Bu ilişki depremin +X, -X, +Y ve -Y yönleri için ayrı ayrı çizilerek bir küre hacim elde edilir. Burada sadece depremin +X yönü için çizilmiştir. Çizilen bu N-M diyagramında,

1. Düşey yüklemeler (G+nQ) sonucu bulunan $N_{\text{düşey}}$ ve $M_{\text{düşey}}$ değerleri işaretlenerek **D** noktası bulunur.
2. Bulunan bu D noktasının değerlerine deprem yüklemesi sonucu bulunan N_{deprem} ve M_{deprem} değerleri eklenerek bulunan kesit tesirleri N-M diyagramı üzerinde işaretlenerek **E** noktası i ve j uçları için ayrı ayrı bulunur.

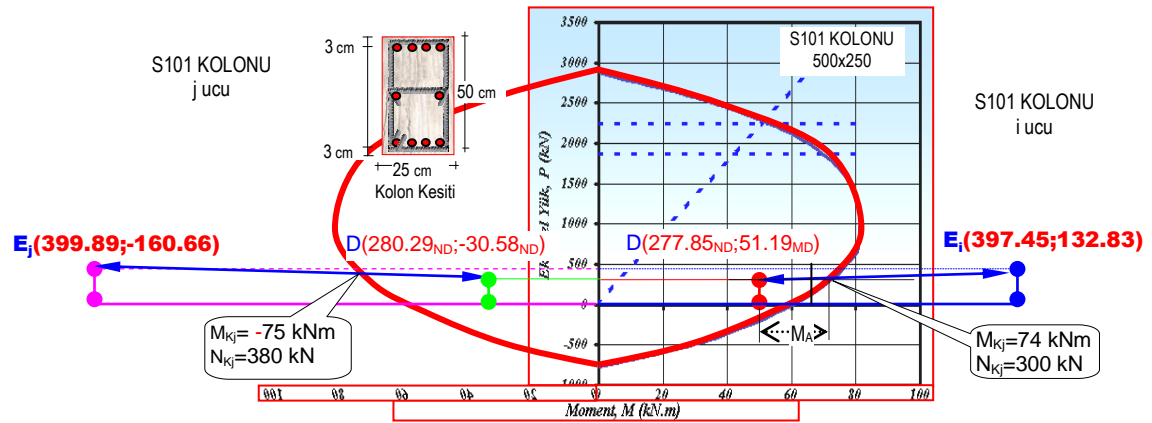
$$N_{S101DÜŞEY}=N_D=138,50+139,35=277,85 \text{ kN}+N_{S101DEPREM}=N_{ei}=119,60 \text{ kN} =397,45 \text{ kN}$$

$$M_{S101DÜŞEY}=M_{Di}=51,19 \text{ kNm} + M_{S101DEPREM}=M_{ei}=81,64 \text{ kNm} =132,83 \text{ kNm}$$

$$N_{S101DÜŞEY}=N_D=140,57+139,72=280,29 \text{ kN}+N_{S101DEPREM}=N_{ej}=119,60 \text{ kN} =399,89 \text{ kN}$$

$$M_{S101DÜŞEY}=M_{Dj}=-30,58 \text{ kNm} + M_{S101DEPREM}=M_{ej}=-130,08 \text{ kNm} =-160,66 \text{ kNm}$$

Kolonun yukarıda bulunan eksenel kuvvet ve moment değerleri kolonun N-M diyagramına işlenerek taşıma kapasitesi aşağıdaki şekilde belirlenir (Ek 2. Şekil 3).



Ek 2. Şekil 3: Kolon N-M diyagramı

3. Yukarıda N-M diyagramında bulunan D-E_i ve D-E_j noktaları doğrusal olarak birleştirilir.
4. Birleştirme sonucunda bu doğrunun N-M diyagramını kestiği nokta incelenen kolon kesitinin Eksenel (N_K) ve moment (M_K) taşıma kapasitesi olarak alınır.

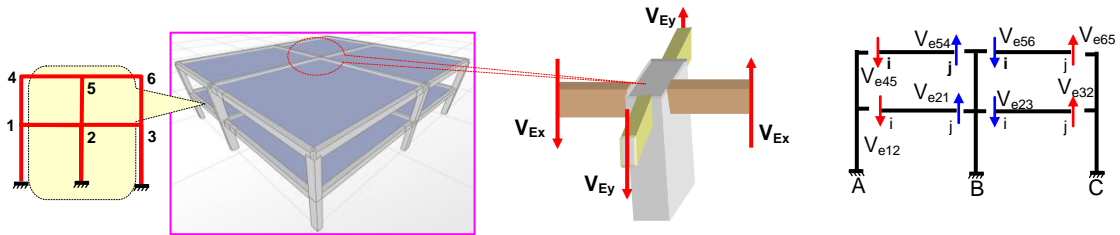
$$\left. \begin{array}{l} \text{5. Kolon} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{i ucu} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Eksenel kuvvet kapasitesi } N_{Ki} = 300 \text{ kN} \\ \text{Moment kapasitesi } M_{Ki} = 74 \text{ kNm} \end{array} \right. \\ \text{j ucu} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Eksenel kuvvet kapasitesi } N_{Kj} = 380 \text{ kN} \\ \text{Moment kapasitesi } M_{Kj} = -75 \text{ kNm} \end{array} \right. \end{array} \right\} \text{Bu değerlerden küçük olan } N_k = 300 \text{ kN alınır}
 \end{array} \right.$$

E2.2. KOLON EKSENEL KUVVET ÜST SINIRI (DY 7A.3)

“7A.3. Kolon ve perde eksenel kuvvetlerinin üst sınırı

Yukarıda açıklandığı şekilde hesaplanan NK eksenel kuvvetinin basınç veya çekme durumlarındaki üst sınırı, ilgili kolon ile üstündeki kolonlara saplanan tüm kirişlerde, pekleşme gözönüne alınmaksızın 3.4.5.1'e göre uygulanan depremin yönü ile uyumlu olarak hesaplanan V_e kesme kuvvetlerinin kolonlara aktarılması sonucunda ilgili kolonda elde edilen eksenel kuvvet olarak tanımlanabilir.”

Deprem yüklerinden dolayı kirişlerde oluşan momentlerden dolayı oluşan kesme kuvveti kirişin bir ucundaki kolon ve perdeye çekme gelirse kirişin diğer ucundaki kolon ve perdeye basınç olarak gelir. Veya tam tersi olarak etkir. Kat seviyesindeki düşey taşıyıcı elemanlar olan kolon ve perdenin eksenel kuvveti aşağıda şekilde görüldüğü gibi sağdan ve soldan gelen kirişlerin kesme kuvvetleri toplamına eşittir. Yani kolonların ve perdelerin eksenel kuvvet üst sınırı kolon veya perdeye birleşen kirişlerin kesme kuvvetlerinin toplamına eşit olur. Burada depreminin ve yapının her yönü için yapılan çözümlerin toplamı olduğu unutulmamalıdır. Aşağıda açıklandığı gibi kirişin kesmesi (V) kolonun ekseneli (N) olmaktadır (Ek 2. Şekil 4).



Ek 2. Şekil 4: Kolon N değerinin belirlenmesi

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi kolonların eksenel kuvvetleri yukarıdan aşağıya doğru birleşen kirişlerin kesme kuvvetlerinin toplamıdır.

$$\text{Kenar kolon (N)} \quad N_{Ae4} = V_{e45} \quad N_{Ae1} = V_{e12} + N_{Ae4} = V_{e12} + V_{e45}$$

$$\begin{aligned} \text{Orta kolon (N)} \quad N_{Be5} &= V_{e54} + V_{e56} \\ N_{Be2} &= V_{e21} + V_{e23} + N_{Be5} \end{aligned}$$

$$\text{Kenar kolon (N)} \quad N_{Ce6} = V_{e65} \quad N_{Ce3} = V_{e32} + N_{Ce6}$$

Deprem yüklemesi altında kirişlerin moment kapasitelerine ulaştığı kabulüne dayanır. İki ucu da deprem yüklemesi altında moment kapasitesine ulaşan bir kirişin uçlarında oluşacak kesme kuvveti,

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n \quad (\text{DY 3.5})$$

denklemleri ile hesaplanır. Bu bağıntı kullanılarak kesme kuvveti aşağıdaki gibi bulunur.

$$A-S101 \left\{ V_{e1.KAT} = 2(1.kat+2.kat) \text{ kirişler eşit} \cdot \left[\frac{M_{A,j} + M_{A,i}}{L_n} \right] = 2 \cdot \left[\frac{316.32 - (-262.60)}{7.75} \right] = 149.40 \text{ kN} \right\}$$

V_e , yatay yük ($R_d=1$) ve düşey yüklerin ($G+nQ$) birleşik etkisi altında yapılan analiz ile hesaplanan kesme istemiyle karşılaştırılır. Küçük olan değer V_e olarak kullanılır. V_e , bir kirişten bağlı olduğu kolona ya da perdeye eksenel kuvvet olarak aktarılır.

$$B-S101 \text{ kolonu } N_D = G + 0,3Q = N_{D1.kat} + N_{D1.kat} + N_{ei} = 138,50 + 139,35 + 119,6 = 397,45 \text{ kN}$$

Pozitif yöndeki deprem yüklemesi göz önünde bulundurulursa V_e kirişin i ucuna bağlanan kolona veya perdeye çekme;

$$C-S101 \text{ kolonu } N_D = G + 0,3Q = N_{D1.kat} + N_{D1.kat} + N_{ei} = 138,50 + 139,35 - 119,6 = 158,25 \text{ kN} = V_{kiriş}$$

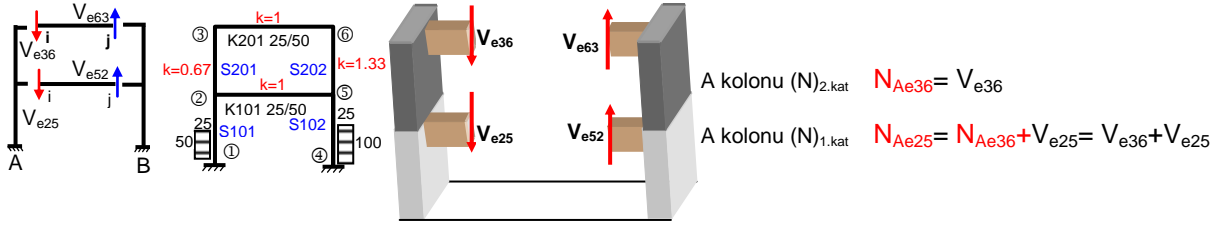
j ucuna bağlanan kolona veya perdeye ise basınç kuvveti,

$$D-S101 \text{ kolonu } N_D = G + 0,3Q = N_{D1.kat} + N_{D1.kat} + N_{ei} = 138,50 + 139,35 + 119,6 = 397,45 \text{ kN} = V_{kiriş}$$

olarak aktarılır. Kat seviyesinde; kolonun veya perdenin eksenel kuvvet istemi o elemana sağdan ve soldan sapanan kirişlerden aktarılan V_e kesme kuvvetlerinin toplamıdır. Bir kolonun ya da perdenin kiriş kapasiteleriyle uyumlu eksenel kuvvet istemi ise üst katlardan aktarılan eksenel kuvvet istemlerinin toplamıdır. Buna göre kullanılacak $V_e = 149,40 \text{ kN}$ 'dur.

Deprem artık kapasite momentlerini dengeleyen kiriş kesme kuvvetleri V_E , **Denk.(7A.1)** ile bulunacaktır (**Şekil 7A.1**). Bir kolonun deprem yükleri altındaki eksenel kuvveti N_E , bu kolon aksına birleşen tüm kirişlerden aktarılan V_E kuvvetlerinin toplamıdır (Ek 2. Şekil 5).

$$V_E = (M_{E,i} + M_{E,j}) / l_n \quad (\text{DY 7A.1})$$



Ek 2. Şekil 5: Kiriş kesme kuvvetinin belirlenmesi

Kirişlerin moment taşıma gücü ve artık moment değerleri aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır (Ek 2. Tablo 2).

Ek 2. Tablo 2: Seçilen kolonun kesit taşıma gücü ve artık moment değerleri

K201 kirişi (K101 kirişi= K201 kirişi kabul ediyoruz etmiyorsanız hesaplırsınız)					
i ucu		j ucu			
$M_{ri} = [A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d'_{pas})] 10^{-6}$		$M_{rj} = [A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d'_{pas})] 10^{-6}$			
$A_{siüst}$	$4\emptyset 20 + 2\emptyset 14 = 1564$ mm ²	-262,60	$A_{sjüst}$	$4\emptyset 20 + 2\emptyset 14 = 1564$ mm ²	-262,60
A_{sialt}	$6\emptyset 20 = 1884$ mm ²	316,32	A_{sjalt}	$6\emptyset 20 = 1884$ mm ²	316,32
Artık Moment =Bir kesitin taşıma gücünden üzerindeki yüklerden dolayı olan eksilmekten sonra depreme kalan moment					
i ucu		j ucu			
M_{ri}	316,32	-262,60	Deprem soldan		
M_{Di}	-160,72	-162,18	Deprem		
Artık moment M_A	$M_{ri} - M_{Di} = 316,32 - (-160,72) = 477,04$	-100,42			

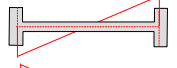
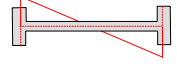
Not: Yukarıda kiriş moment kapasitelerine bakınız.

$$A-S101 \left\{ \begin{array}{l} V_{e2.KAT} = \left[\frac{M_{E,j} - M_{E,i}}{L_n} \right]_{DY(7A1)} = \left[\frac{M_{A,j} - M_{A,i}}{L_n} \right] = \left[\frac{477.04 - (-100.42)_+}{7.75} \right] = 74.51 \text{ kN} \\ V_{e1.KAT_{KABUL}} = \left[\frac{M_{E,j} - M_{E,i}}{L_n} \right]_{DY(7A1)} = \left[\frac{M_{A,j} - M_{A,i}}{L_n} \right] = \left[\frac{477.04 - (-100.42)_+}{7.75} \right] = 74.51 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$\sum 74.51 + 74.51 = -149.02 \text{ kN}$$

NOT: Yukarıda hesaplanan $V_{e2.kat}$ ve $V_{e1.kat}$ yandaki momentlerden olduğu için i ucu (-) eksidir.

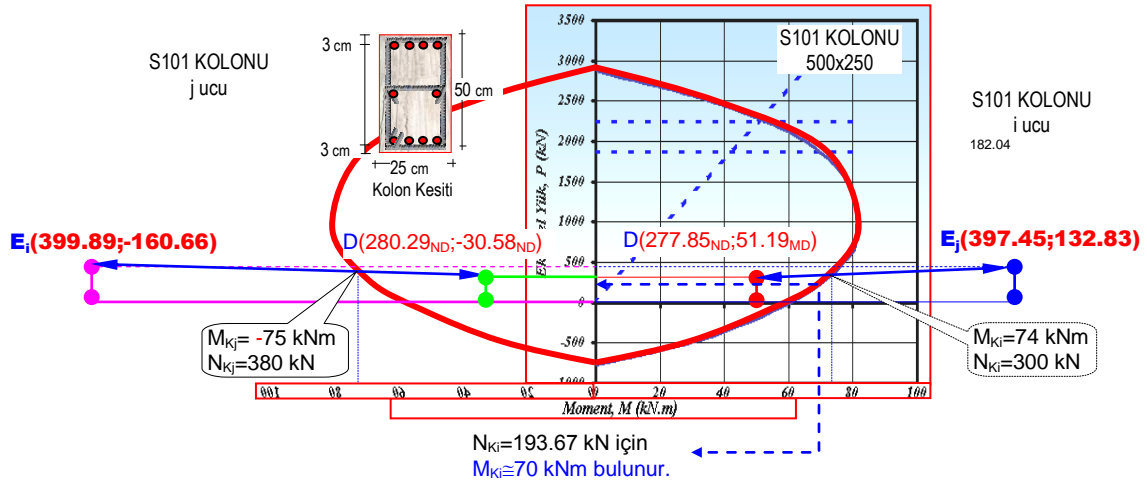
Ek 2. Tablo 3: Seçilen kolonun kesit tesirleri

N_{kiriş} kesmesi kolon eksenel kuvveti	2	i ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy,i}=(128,69-0,95)+0,3x(36,15-0,28)=138,50$ kN (G+0,3Q)				
		j ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy,j}=(128,69+0,95)+0,3x(36,15+0,28)=140,57$ kN (G+0,3Q)				
	1	i ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy,i}=(128,69-0,16)+0,3x(36,15-0,08)=139,35$ kN (G+0,3Q)				
		j ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy,j}=(128,69+0,16)+0,3x(36,15+0,08)=139,72$ kN (G+0,3Q)				
Kolon	$N_{Ddüşey}(G+0,3Q)$	N_e -kirişlerden	$N_K (N_e+N_D)$	$N_K (N_e+N_D) <> N_{N-M}$		
S102 _{iucu}	139,35	-74,51	64,84	$64,84+128,83=193,67 < 300N$ sınırı aşılmış		
S101 _{iucu}	$138,50+139,35=277,85$	-149,02	128,83			
S102 _{iucu}	139,35	74,51	213,86	$213,86+426,87=640,73 > 300 N$ sınırı aşılmamış		
S101 _{iucu}	$138,50+139,35=277,85$	149,02	426,87			

“7A.3. Kolon ve perde eksenel kuvvetlerinin üst sınırı

Yukarıda açıklandığı şekilde hesaplanan N_K eksenel kuvvetinin basınç veya çekme durumlarındaki üst sınırı, ilgili kolon ile üstündeki kolonlara saplanan tüm kirişlerde, pekleşme gözönüne alınmaksızın 3.4.5.1'e göre uygulanan depremin yönü ile uyumlu olarak hesaplanan V_e kesme kuvvetlerinin kolonlara aktarılması sonucunda ilgili kolonda elde edilen eksenel kuvvet olarak tanımlanabilir.”

KARŞILAŞTIRMA: Depremin soldan etkimesi durumunda eksenel kuvvet üst sınırı aşılrken sağdan etkimesi durumunda aşılmamıştır. Buna göre olumsuz durum olan depremin soldan etkimesi durumunu için N-M diyagramında $N_K=193,67$ kN alınarak M_K bulunur.



Ek 2. Şekil 6: Kolon N-M diyagramı ile taşıma kapasitesinin belirlenmesi

NOT: Buna göre gevrek kırılma kontrolünde $M_{ki}=74$ kNm yerine $M_{ki}=70$ kNm kullanılacak demektir.

E2.3. KOLON KESME KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ

Kolonun kesme kapasitesi TS500’de verilen aşağıdaki bağıntı ile belirlenir. Bu bağıntıdaki N aksenal kuvveti N-M diyagramından kolonun i ve j uçları için bulunanlardan kesme kapasitesinin düşük olması için küçük olan alınır.

$$V_{rTS500} = 0.52 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d \cdot \left[1 + \gamma \frac{N}{A_c} \right] + \frac{A_{sw_ETRIYE}}{S_{orta}} \cdot f_{ywm} \cdot d$$

$$V_{rTS500} = 0.52 \cdot 1.2 \cdot 250 \cdot 470 \cdot \left[1 + 0.07 \frac{158250}{250 \cdot 500} \right] + \frac{2 \cdot 78_{\varnothing 10}}{200} \cdot 420 \cdot 470 = 233789.62 N = 233.79 kN$$

E2.4. KOLON GEVREK KIRILMA KONTROLÜ

7.5.2.2 – Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak sınıflanırlar.

(a) Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e ’nin, 7.2’de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu *mevcut malzeme dayanımı* değerleri kullanılarak TS-500’e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r ’yi aşmaması gereklidir. V_e ’nin hesabı kolonlar için 3.3.7’ye, kirişler için 3.4.5’e ve perdeler için 3.6.6’ya göre yapılacak, ancak **Denk.(3.16)**’da $\beta_v=1$ alınacaktır. Kolon, kiriş ve perdelerde V_e ’nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e ’den küçük olması durumunda ise V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

3.3.7. Kolonların Kesme Güvenliği

3.3.7.1 – Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti V_e , **Denk. (3.5)** ile hesaplanacaktır.

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n \quad (3.5)$$

Denk.(3.5)’teki M_a ve $M_{\bar{u}}$ ’nün hesaplanması için, kolonun alt ve/veya üst uçlarında **Denk.(3.3)**’ün sağlanması durumunda 3.3.7.2, sağlanamaması durumunda ise 3.3.7.3 uygulanacaktır (**Şekil 3.5**).

3.3.7.2 – **Denk.(3.3)**’ün sağlandığı düğüm noktasına birleşen kirişlerin uçlarındaki moment kapasitelerinin toplamı olan ΣM_p momenti hesaplanacaktır:

$$\Sigma M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad (3.6)$$

Daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda, $M_{pi} \cong 1,4M_{ri}$ ve $M_{pj} \cong 1,4M_{rj}$ olarak alınabilir. ΣM_p momenti, kolonların düğüm noktasına birleşen uçlarında **Bölüm 2**’ye göre elde edilmiş bulunan momentler oranında kolonlara dağıtılacak ve dağıtım sonucunda ilgili kolonun alt veya üst ucunda elde edilen moment, **Denk.(3.5)**’te M_a veya $M_{\bar{u}}$ olarak gözönüne alınacaktır. Depremin her iki yönü için **Denk.(3.6)** ayrı ayrı uygulanacak ve elde edilen en büyük ΣM_p değeri dağıtımda esas alınacaktır. **Denk.(3.3)**’ün sağlanmış olmasına karşın **Denk.(3.5)**’teki M_a veya $M_{\bar{u}}$ ’nün hesabı, güvenli tarafta kalmak üzere, 3.3.7.3’e göre de yapılabilir.

3.3.7.3–Denk.(3.3)'ün sağlanamadığı düğüm noktasına birleşen kolonların uçlarındaki momentler, kolonların moment kapasiteleri olarak hesaplanacak ve **Denk. (3.5)**'te M_a ve/veya $M_{\bar{u}}$ olarak kullanılacaktır. Moment kapasiteleri, daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda, $M_{pa} \cong 1,4M_{ra}$ ve $M_{p\bar{u}} \cong 1,4M_{r\bar{u}}$ olarak alınabilir. M_{pa} ve $M_{p\bar{u}}$ momentlerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri en büyük yapan N_d Eksenel kuvvetleri gözönüne alınacaktır.

3.3.7.4 – Temele bağlanan kolonların alt ucundaki M_a momenti de, **3.3.7.3**'e göre moment kapasiteleri olarak hesaplanacaktır.

3.3.7.5 – **Denk.(3.5)** ile hesaplanan kesme kuvveti V_e , yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti V_d 'den daha küçük olmayacak ve ayrıca **Denk.(3.7)** ile verilen koşulları sağlayacaktır. **Denk.(3.7)**'deki ikinci koşulun sağlanamaması durumunda, kesit boyutları gereği kadar büyütülerek deprem hesabı tekrarlanacaktır.

$$V_e \leq V_r = 0.22A_w f_d \quad (3.7)$$

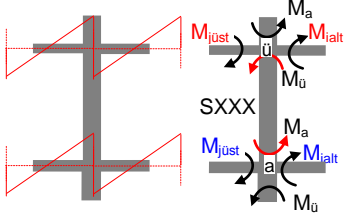
3.3.7.6 – Kolon enine donatısının V_e kesme kuvvetine göre hesabında, betonun kesme dayanımına katkısı, V_c , TS-500'e göre belirlenecektir. Ancak, **3.3.4.1**'de tanımlanan kolon sarılma bölgelerindeki enine donatının hesabında, sadece deprem yüklerinden oluşan kesme kuvvetinin depremlili durumdaki toplam kesme kuvvetinin yarısından daha büyük olması ve aynı zamanda $N_d \leq 0,05A_c f_{ck}$ koşulunun sağlanması halinde, betonun kesme dayanımına katkısı $V_c = 0$ alınacaktır.

1. Kolon momentleri ($R_a=1$) $M_a=130.08\text{kNm}$ $M_{\bar{u}}=81.64\text{kNm}$
2. Kiriş eğilme kapasitesi (Kolona birleşen)
3. $M_{ri}=[A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - d_{pas})]=1564_{6\varnothing 20} \cdot 365 \cdot 440 \cdot 10^{-6} = 316.32\text{kNm}$
4. Toplam düğümüne birleşen kiriş taşıma gücü (~~Sağdan~~ ve soldan)
5. $\sum M_{ri} = M_{ri\text{sağ}} + M_{ri\text{sol}} = 0 + 265.60_{4\varnothing 20+2\varnothing 14} \text{ kNm}$
6. N-M diyagramından $M_K=75\text{ kNm}$ $N_K=380\text{ kN}$ Kolonun kesme kuvveti için diğer ucundaki yani alt ucundaki moment değerini bulmak için o uçta kiriş olmadığı için N-M diyagramında bulunan moment değerini alınır. Eğer kolon ara kat kolonu ise kolona her iki yönden gelen kiriş taşıma gücü momentleri dikkate alınarak hesaplanır. Burada temele birleşen kolon olduğu için yani kiriş olmadığı için N-M diyagramından bulunan $M_K=M_a=75\text{ kNm}$ alınır (DY 3.3.7.2)
7. Kolon kesme kuvveti $V_e = \frac{M_{\bar{u}} + M_a}{L} = \frac{121.97 + 75_{\text{jaltu\c}}}{2.5} = 78.79\text{ kN}$ olarak hesaplanır.
8. Düğümüne birleşen kiriş eğilme kapasite momentleri kolonun alt ve üst uç deprem momentleri oranında dağıtılarak küçük olan değeri alınır.

$$M_{\bar{u}} = \sum M_{\text{riş}} \frac{M_{\bar{u}}}{M_a + M_{\bar{u}}} = 316.32 \frac{81.64}{130.08 + 81.64} = 121.97 \text{ kNm (üst uç kritik olduğu için).}$$

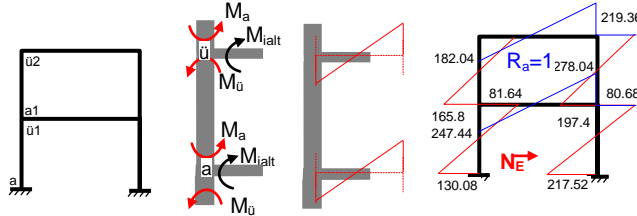
Kolonun orta ve kenar olması durumu için moment ve kesme kuvvet değerlerinin hesabı aşağıdaki şekilde verilen durumu ile hesaplanır (Ek 2. Şekil 7-8)

8.1. İncelenen kolon orta kolon ise

$$\text{SXXX KOLONU} \left\{ \begin{array}{l} M_a = \frac{M_{\text{adep.}}}{M_{\text{üdep.}} + M_{\text{adep.}}} [\text{kiriş } M_{\text{jüst}} + \text{kiriş } M_{\text{ialt}}] \\ M_{\bar{u}} = \frac{M_{\text{üdeprem}}}{M_{\text{üdep.}} + M_{\text{adep.2.kat}}} [\text{kiriş } M_{\text{jüst}} + \text{kiriş } M_{\text{ialt}}] \end{array} \right\} V_e = \frac{M_a + M_{\bar{u}}}{L_{\text{netkolon}}} \text{ bulunur}$$


Ek 2. Şekil 7: Orta bir kolonda kesme güvenliğinin belirlenmesi

8.2. İncelenen kolon kenar kolon ise



Ek 2. Şekil 8: Kenar bir kolonda kesme güvenliğinin belirlenmesi

$$\text{S101 KOLONU} \left\{ \begin{array}{l} M_a = \frac{M_{\text{adep.}}}{M_{\text{üdep.}} + M_{\text{adep.}}} [M_{\text{jüst}} + M_{\text{ialt}}] = M_{K1} = 70 \text{ kNm} \\ M_{\bar{u}} = \frac{M_{\text{üdeprem}}}{M_{\text{üdep.}} + M_{\text{adep.}}}_{\text{kolon}} [M_{\text{jüst}} + M_{\text{ialt}}]_{\text{kiriş}} = \\ M_{\bar{u}} = \frac{81.64}{81.64 + 130.08} [0 + M_{\text{ialt}} = 316.32] = 121.97 \text{ kNm} \end{array} \right\} V_e = \frac{70 + 121.97}{2.5_{\text{netkolon}}} = 76.79 \text{ kN}$$

9. Yönetmelik 7.5.2.2 gereği düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak hesaplanan deprem yüklemesi sonucunda elde edilen kesme kuvvetinin V_e 'den küçük

olması durumu kontrol edilmelidir. Buna göre S101 kolonunda Yonetsmelik Denk.(3.5)'e göre eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvveti;

$$V_{Ra=1} = \frac{M_{\bar{u}} + M_{\bar{a}}}{L} = \frac{130.08 + 81.64}{2.5} = 84.69 \text{ kN}$$

$$10. \quad V_{Ra=1} = \frac{M_{\bar{u}} + M_{\bar{a}}}{L} = \frac{130.08 + 81.64}{2.5} = 84.69 \text{ kN} > V_e = \frac{M_{\bar{u}} + M_{\bar{a}}}{L} = \frac{121.97 + 70}{2.5} = 76.79 \text{ kN} \quad \text{dikkate}$$

alınacak kesme kuvveti küçük olan $V_e = 76.79 \text{ kN}$ hesaplarda dikkate alınır.

$$11. \quad V_e = 76.79 \text{ kN} < V_{RTS500} = 233.79 \text{ kN} \quad \text{olduğu için SÜNEK KIRILIR}$$

BU KISIM BURADA ÖRNEK OLSUN DIYE YAPILDI

$$KKO_{S101_{\text{USTUÇ}}} = \frac{\sum 70_{1.\text{kat}} + 62_{2.\text{kat alt}}}{\sum 316.32_{\text{kiriş, alt-i. ucu}} + 0_{\text{soldakirişyok}}} = 0.42 \quad (\text{Kolonlar kirişlerden zayıftır, kolonlar kirişlerden önce plastik olur DY.3.3})$$

$KKO_{S101_{\text{ALTUÇ}}}$ MESNET OLDUĞU İÇİN BAKILMAZ DEĞİLSE BAKILIR.

$$KKO < 1 \text{ olduğu için, } V_{ei} = V_{ej} = \frac{(M_{ki} + M_{kj})_{N-M}}{L_{net}}$$

M_{ki} ve M_{kj} N-M'den aksnel kuvvet üst sınırı aşılmış değerler kullanılır. Aşılmamış ise M_k değerleri kullanılır.

$$KKO_{S101} = 0.42 < 1 \text{ ise } V_{ei} = V_{ej} = \frac{(M_{ki} + M_{kj})_{N-M}}{L_{net}} = \frac{(70_i + 75_j)_{N-M}}{2.5} = 58.00 \text{ kN} < V_{RTS500} = 233.79 \text{ kN} \quad \text{SÜNEK DAVRANIŞ}$$

Kolonun boyu kısaldıkcı GEVREK davranış göstereceği açıktır (Kısa kolonlar bundan dolayı GEVREK vesakıncalı).

E2.5. KOLONLARIN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Yukarıda kirişlerde hesaplandığı gibi kolonların etki-kapasite oranı olan r ,

$$\text{ETKİ KAPASİTE ORANI (} r \text{)} \begin{cases} \text{Sünek eleman} \Rightarrow r = \frac{\text{Deprem Momenti}_{R=1}}{\text{Artık Moment Kapasitesi}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} \\ \text{Gevrek eleman} \Rightarrow r = \frac{\text{Kesme Kuvveti}}{\text{Kesme Kapasitesi}} = \frac{V}{V_{RTS500}} \end{cases}$$

Ek 2. Tablo 4: Seçilen kolonun kesit tesirleri

M_D	2	i ucu mesnet momenti $M_i = 119,24 + 0,3 \times 33,40 = 129,26 \text{ kNm}$	(G+0,3Q)
		j ucu mesnet momenti $M_j = 101,12 + 0,3 \times 28,30 = 109,61 \text{ kNm}$	(G+0,3Q)
	1	i ucu mesnet momenti $M_i = 47,20 + 0,3 \times 13,30 = 51,19 \text{ kNm}$	(G+0,3Q)
		j ucu mesnet momenti $M_j = 28,20 + 0,3 \times 7,92 = -30,58 \text{ kNm}$	(G+0,3Q)
M_E	2	i ucu mesnet momenti $M_{ei} = 182,04 \text{ kNm}$	(Deprem)
		j ucu mesnet momenti $M_{ej} = -165,80 \text{ kNm}$	(Deprem)
	1	i ucu mesnet momenti $M_{ei} = 81,64 \text{ kNm}$	(Deprem)
		j ucu mesnet momenti $M_{ej} = -130,08 \text{ kNm}$	(Deprem)

Bağıntısıyla hesaplanır. Hesaplanan bu değer Tablo 7.3 deki $r_{sınır}$ değeri ile karşılaştırılarak kolonun performansı belirlenir. N-M diyagramından N_K değerleri i ve j uçları için ayrı ayrı alınır. Eğer eksenel kuvvet üst sınırı aşılmış ise o değerler geçerlidir.

Kolon	uç	N_K	$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	$\frac{V_{ei} = V_{ej}}{b \cdot d \cdot f_{ctm}}$
S101	i	193,67 _{sınıraşılımış}	$\frac{193670}{250 \cdot 500 \cdot 10} = 0.155$	$\frac{V_{ei} = V_{ej}}{b \cdot d \cdot f_{ctm}} = \frac{76790}{250 \cdot 470 \cdot 1.0} = 0.65$
	j	380	0,304	$\frac{V_{ei} = V_{ej}}{b \cdot d \cdot f_{ctm}} = \frac{76790}{250 \cdot 470 \cdot 1.0} = 0.65$

Buna göre Tablo 7.3'ün 1. ve 3. satırları arasında enterpolasyon yapılarak aşağıdaki şekilde bulunur.

$$i \text{ ucu } r_{hesap} = \frac{M_{edeprem}}{M_{Aartık}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{81.64}{70 - 51.19} = 4.34$$

$$j \text{ ucu } r_{hesap} = \frac{M_{edeprem}}{M_{Aartık}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{130.08}{75 - 30.58} = 2.93$$

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$ (1)	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$ (2)	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	•	•	1	1	1

(1) N_K eksenel kuvveti Bilgilendirme Eki 7A ya göre hesaplanabilir.
(2) V_e kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak 7.5.2.2 (a) ya göre hesaplanacaktır.

Kolonun i ucunun MN hasar bölgesi performansı durumunun hesabı:

$$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = 0.153 \geq 0.10 \quad \text{ve} \quad \frac{V_{ei} = V_{ej}}{b \cdot d \cdot f_{ctm}} = \frac{76790}{250 \cdot 470 \cdot 1.0} = 0.65 \leq 0.65 \quad \text{7.3'de 1. satır}$$

$$r_{tablo} = \text{MN} = 3 < i \text{ ucu } r_{hesap} = \frac{M_{eRa=1}}{M_{Aartık}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{81.64}{70 - 51.19} = 4.34 \quad \text{MN sağlamıyor (Hemen kullanım)}$$

Kolonun i ucunun GV hasar bölgesi performansı durumunun hesabı:

$$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = 0.153 \geq 0.10 \quad \text{ve} \quad \frac{V_{ei} = V_{ej}}{b \cdot d \cdot f_{ctm}} = \frac{76790}{250 \cdot 470 \cdot 1.0} = 0.65 \leq 0.65 \quad \text{7.3'de 1. satır}$$

$$\text{GV} = 6 < i \text{ ucu } r_{hesap} = \frac{M_{edeprem}}{M_{Aartık}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{81.64}{70 - 51.19} = 4.34 \quad \text{GV BÖLGESİNİ sağlıyor}$$

Yani kolonun i ucu belirgin hasar bölgesinde

Kolonun i ucunun GÇ hasar bölgesi performansı durumunun hesabı:

$$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = 0.153 \geq 0.10 \quad \text{ve} \quad \frac{V_{ei} = V_{ej}}{b \cdot d \cdot f_{ctm}} = \frac{76790}{250 \cdot 470 \cdot 1.0} = 0.65 \leq 0.65 \quad \text{7.3'de 1. satır}$$

$$G\check{C}=8 < i \text{ ucu } r_{\text{hesap}} = \frac{M_{\text{edeprem}}}{M_{\text{Aartık}}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{81.64}{70 - 51.19} = 4.34 \quad \text{G\check{C} BÖLGESİNİ sağlıyor. Zaten}$$

GV'den küçüktü bu kontrolü yapmaya gerek bile yok.

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$ (1)	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$ (2)	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	•	•	1	1	1

(1) N_K eksenel kuvveti Bilgilendirme Eki 7A'ya göre hesaplanabilir.
(2) V_e kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak 7.5.2.2 (a) ya göre hesaplanacaktır.

Kolonun j ucunun MN hasar bölgesi performansı durumunun hesabı:

$$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = 0.304 \quad (\text{hassasiyet } 0,01) \quad 0,1-0,4 \text{ arasındadır. } 0,1-0,4 \text{ arasındaki fark } 0,3 \text{ var. } 0,3/0,01 \text{ 'den } 30 \text{ tane}$$

değer bulunmaktadır.

$$\text{Hesap edilen } 0,10+0,204=0,304 \quad 0,204 \text{ 'de } 20,4 \text{ tane } 0,01 \text{ değeri bulunmaktadır.}$$

$$\text{Hesap edilen } 0,40-0,304=0,096 \quad 0,096 \text{ 'de } 9,6 \text{ tane } 0,01 \text{ değeri bulunmaktadır.}$$

0,1 ise MN=3 0,4 ise MN=2 arasında 1 değer bulunmaktadır.

$$\text{Buna göre } 0,01 \text{ hassasiyetteki çarpan} = 1/30 = 0,0333 \quad \text{ise} \quad 20,4 \times 0,0333 = 0,679$$

$$\text{Buna göre } 0,01 \text{ hassasiyetteki çarpan} = 1/30 = 0,0333 \quad \text{ise} \quad 9,6 \times 0,0333 = 0,320$$

$$0,1 \text{ için } MN=3 \text{ ise } 0,304 \text{ için } MN=3 - 0,679 = 2,32$$

$$0,4 \text{ için } MN=2 \text{ ise } 0,304 \text{ için } MN=2 + 0,32 = 2,32$$

$$j \text{ ucu } r_{\text{hesap}} = \frac{M_{\text{edeprem}}}{M_{\text{Aartık}}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{130.08}{75 - 30.58} = 2.93$$

$$r_{\text{tablo}} > r_{\text{hesap}} \quad 2,68_{\text{tablo}} < 2,93_{\text{hesap}} \quad \text{MN BÖLGESİNİ sağlamıyor (Hemen kullanım)}$$

SONUÇ: Mevcut bir binanın, “Can Güvenliği” Performans Düzeyini sağlamadığı zaman değerlendirmenin tamamlanması için bina Hemen Kullanım performans düzeyine göre de değerlendirilmelidir. Ancak performans hedeflerinden birini sağlamayan bina yetersiz kabul edildiğinden, binanın Hemen Kullanım (HK) performans düzeyi için değerlendirilmesine gerek yoktur. Ancak örnek olmasından dolayı tüm durumlar hesaplanmıştır.

Kolonun j ucunun GV hasar bölgesi performansı durumunun hesabı:

$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = 0.304$ (hassasiyet 0,01) 0,1-0,4 arasındadır. 0,1-0,4 arasındaki fark **0,3** var. 0,3/ 0,01'den **30** tane değer bulunmaktadır.

Hesap edilen $0,10+0,204=0,304$ 0,204'de **20,4** tane 0,01 değeri bulunmaktadır.

Hesap edilen $0,40-0,304=0,096$ 0,096'de **9,6** tane 0,01 değeri bulunmaktadır.

0,1 ise GV=6 0,4 ise GV=5 arasında 1 değer bulunmaktadır.

Buna göre 0,01 hassasiyetteki çarpan= $1/30=0,0333$ ise **$20,4 \times 0,0333=0,679$**

Buna göre 0,01 hassasiyetteki çarpan= $1/30=0,0333$ ise **$9,6 \times 0,0333=0,320$**

0,1 için GV=6 ise 0,304 için GV=6 $-0,679=5,32$
0,4 için GV=5 ise 0,304 için GV=5 $+0,320=5,32$

$$j \text{ ucu } r_{\text{hesap}} = \frac{M_{\text{edeprem}}}{M_{\text{Aartık}}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{130.08}{75 - 30.58} = 2.93$$

$r_{\text{tablo}} > r_{\text{hesap}}$ **5,37** $r_{\text{tablo}} > 2,93$ **GV BÖLGESİNİ sağlıyor**

Kolonun j ucunun GÇ hasar bölgesi performansı durumunun hesabı:

$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = 0.304$ (hassasiyet 0,01) 0,1-0,4 arasındadır. 0,1-0,4 arasındaki fark **0,3** var. 0,3/ 0,01'den **30** tane değer bulunmaktadır.

Hesap edilen $0,10+0,204=0,304$ 0,204'de **20,4** tane 0,01 değeri bulunmaktadır.

Hesap edilen $0,40-0,304=0,096$ 0,096'de **9,6** tane 0,01 değeri bulunmaktadır.

0,1 ise GÇ=8 0,4 ise GÇ=6 arasında **2** değer bulunmaktadır.

Buna göre 0,01 hassasiyetteki çarpan= $2/30=0,067$ ise **$20,4 \times 0,067=1,37$**

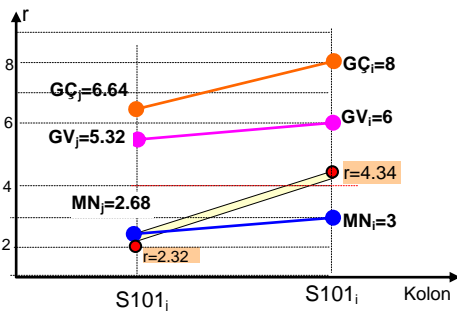
Buna göre 0,01 hassasiyetteki çarpan= $2/30=0,067$ ise **$9,6 \times 0,067=0,64$**

0,1 için GÇ=8 ise 0,304 için GÇ=8 $-1,37=6,63$
0,4 için GÇ=6 ise 0,304 için GÇ=6 $+0,64=6,64$

$$j \text{ ucu } r_{\text{hesap}} = \frac{M_{\text{edeprem}}}{M_{\text{Aartık}}} = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{130.08}{75 - 30.58} = 2.93$$

$r_{\text{tablo}} > r_{\text{hesap}}$ **7,37** $r_{\text{tablo}} > 2,93$ **GÇ BÖLGESİNİ sağlıyor**

Deprem yönetmeliğinde verilen tablo değerleri ve hesaplar sonucu bulunan etki-kasite oranları aşağıdaki şekil üzerinde gösterilmiştir (Ek 2. Şekil 9).



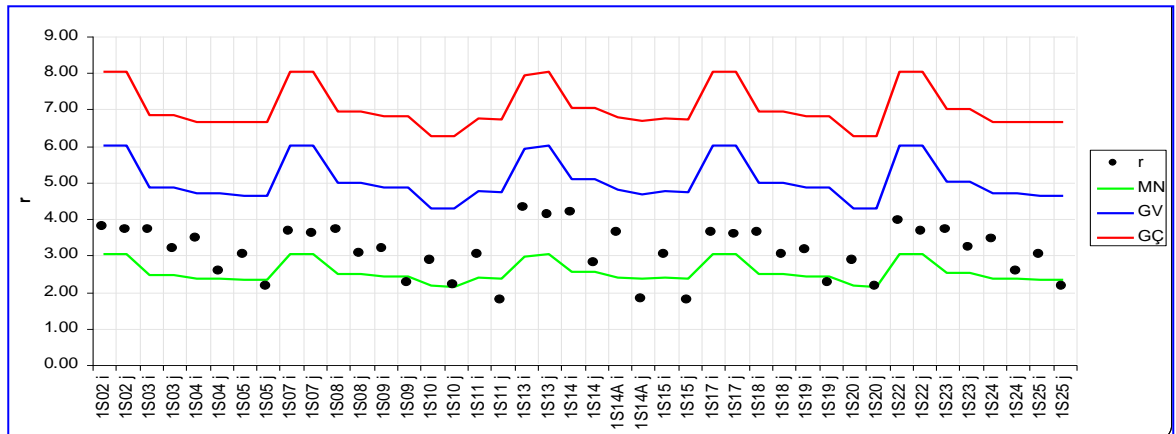
Ek 2. Şekil 9: Kolon performans değeri

E2.6. KOLON PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ (+X)

Ek 2. Tablo 5: Seçilen kolonun etki kapasite oranı

Kolon	$r = \frac{M_{\text{edeprem}}}{M_{\text{Aartık}}}$	r_{MN}	r_{GV}	$r_{\text{GÇ}}$	Uç performansı	Eleman performansı	$V_{\text{rkolon}}/V_{\text{kat}} (\%)$
S101i	4,34	3	6	8	GV		(58/169)x100=34>20 Sağlamıyor (Diğer kolonlara bakılmalı)
S101j	2,93	2,68	5,37	7,37	GV	GV=Belirgin Hasar Bölgesine	
S102i	4,34	3	6	8	GV		
S102j	2,93	2,68	5,37	7,37	GV	GV= Belirgin Hasar Bölgesine	
.....	

Bir elemanın i ve j uçlarındaki kesit performansları farklı olması durumunda elemanın performansı olumsuz ucun performansı olarak dikkate alınır. Yapıda tüm kolonlar aynı şekilde hesaplanarak bir grafik üzerinde gösterilir (Ek 2. Şekil 10).



Ek 2. Şekil 10: Bir yapıdaki tüm kolonların performans değerleri

Yukarıda örnek olarak verilen kolonların performans grafiği incelendiğinde kolonların performans durumu (Siyah noktalar veya r_{hesaplar}) GV sınırını (mavi) geçmediği (%20'si geçse dahi) için bu incelenen kolonların Can Güvenliği performansının sağlandığı söylenebilir. Aşağıdaki kolonlar için Can güvenliğini sağlamadığı söylenebilir. Aşağıda bir hesap çıktısının kolon sonuçları görülmektedir.

PROJE : DEVLETHASTANESİ-ABLOK													(ABLOK . ST4)		
KOLONLARIN r KAPASİTE ORANI															
(r=Md/Mr) SN:Sünek (Ve/Vr<1) /GV:Gevrek (Ve/Vr>1)															
KK>GV:Kuşatılmış kolon kesme kontrolü nedeniyle gevrek eleman															
KO:Görelî Kat Ötelemesi hasar durumu, /P:Perde															
KOLON		Ve	Vr		N	N/ (Ac. fc)	V/ (Ac. fct)	Md	Mr	r	MN	GV	GC	Hasar	
SB001	-X	4.26	44.22	SN	124.71	0.356	0.156	8.96	19.68	0.46	2.15	4.29	6.29	MH	
	+X	3.51	44.22	SN	24.81	0.071	0.128	8.96	14.00	0.64	3.00	6.00	8.00	MH	
	Sargı✓	7.18	46.33	SN	117.15	0.335	0.262	19.15	28.15	0.68	2.22	4.44	6.44	BH	
	KO:BH	+Y	4.21	46.33	SN	41.48	0.119	0.154	19.15	24.75	0.77	2.94	5.88	7.88	BH
SB002	-X	7.29	44.45	SN	107.32	0.307	0.266	13.21	24.93	0.53	2.31	4.62	6.62	MH	
	+X	7.29	44.45	SN	115.01	0.329	0.266	13.21	25.10	0.53	2.24	4.48	6.48	MH	
	Sargı✓	-Y	9.19	46.56	SN	166.02	0.474	0.336	24.26	38.09	0.64	2.00	4.00	6.00	BH
	KO:BH	+Y	5.24	46.56	SN	68.41	0.195	0.191	24.26	41.08	0.59	2.68	5.36	7.36	BH

7.5.3. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü; Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için **Tablo 7.6**'da verilen değeri aşmayacaktır. Aksi durumda 7.5.2'de yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır. **Tablo 7.6**'da δ_{ji} i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Ek 2. Tablo 6: Deprem yönetmeliğindeki görelî kat ötelenme sınır değerleri

Görelî Kat Ötelenmesi Oranı	Hasar Durumu		
	MN	GV	GÇ
δ_{ij}/h_{ij}	0,01	0,03	0,04

Bu yapıda hedeflenen performans düzeyi 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem etkisi altında CAN GÜVENLİĞİ ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında HEMEN KULLANIM dır.

$$\text{Katlardaki Görelî Kat Ötelemeleri} \left\{ \begin{array}{l} 1. \text{KAT} = \frac{(\Delta_i)_{\max}}{h_i} < 0.030 \quad \frac{6.663952_{\text{depremheshbindan}}}{2500} = 0.027 < 0.30 \\ 2. \text{KAT} = \frac{(\Delta_i)_{\max}}{h_i} < 0.030 \quad \frac{11,00424_{\text{depremheshbindan}}}{2500} = 0.044 < 0.30 \end{array} \right.$$

SONUÇ: Mevcut bir binanın, “**Can Güvenliği**” Performans Düzeyini **sağlamadığı zaman** değerlendirmenin tamamlanması için bina Hemen Kullanım performans düzeyine göre de değerlendirilmelidir. Ancak performans hedeflerinden birini sağlamayan bina yetersiz kabul edildiğinden, binanın Hemen Kullanım (HK) performans düzeyi için değerlendirilmesine gerek yoktur.

E3: GÜÇLENDİRİLMİŞ (MANTO) KOLON PERFORMANS ANALİZİ

Betonarme manto mevcut kolonun pas payı sıyrılarak veya yüzeyleri örselenerek uygulanır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. En az sargı kalınlığı 100 mm'dir. Betonarme sargı alt kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer. Eksenel basınç dayanımının artırılması amacı ile yapılan sargıda, sargı betonu içindeki enine donatı için kolonun tüm yüksekliği boyunca DY3.3.4.2'de verilen kurallar uygulanır.



Ek 3. Şekil 1: Kolon mantolama uygulaması

Mantolamada Öneriler

1. Kolonların betonarme mantolama ile güçlendirilmesinde boyuna donatı yüzdesi %1'den az olamayacağı gibi, %1'in çok üzerine de çıkılmamalıdır. Çünkü donatı yüzdesi %1 olan kolonların sünek davranan en ekonomik donatı yüzdeli kolonlar olduğu deneysel olarak çıkarılmıştır.
2. Mantolama ile kolon güçlendirmesi için gereken en kesit ve donatı miktarının hesabı yapılabilir. Bu hesap yaklaşımı ile gereken en kesit hesabı ve seçilen et kalınlığı ve donatının taşıyabileceği yük hesaplanmalıdır. Yeni eklenen bölüm ile eski bölüm arasında tam bir kaynaşma, kuvvet aktarımı, olmasını beklemek gerçekçi olamaz. Bu nedenle güçlendirme için eklenen bölümün yük taşıma kapasitesinin teorik olarak hesaplanan miktarının en çok % 70'inin pratik olarak

kullanılabileceği düşünülerek gereken en kesit ve donatı miktarı seçimi yapılmalıdır.

3. Beton kabuğu tümü ile dökülmüş, boyuna donatıları burkularak eğilmiş, bazı etriyeleri açılmış kolonların, bir diğer deyişle mafsallaşmanın son aşamasında kolonlarında onarımı yapılabilir. Önce bütün paralanmış beton temizlenir. Bu arada kolonun askıya alınmış olması gerekir. Kolon askıya alındığı zaman üzerindeki yük kalkmış olan boyuna donatılar kendiliğinden düzelebilir ya da burkulmuş boyuna donatılar ısıtılarak ya da başka yöntemlerle düzeltilir. Isıtma ile donatı düzeltilmesinde demire uygulanan ısı 500°C den fazla olmamalıdır. Düzeltilen boyuna donatılara yeni donatı parçaları kaynakla eklenir. Bu eklenen yeni donatıların çapları eski düzeltilmiş donatıların aynısı olabileceği gibi daha büyük çaplı donatı da konulabilir. Daha sonra bu bölüme yeniden sık aralıklarla ve çift etriye yerleştirilir. Son olarak bu bölüme yüksek dayanımlı beton doldurulur. Betondaki agrega boyutlarının büyük olmaması betonun bütün donatıları sarabilmesi için gereklidir. Kolondaki mafsallaşmanın derecesine göre bu onarım biçiminin çeşitli aşamaları vardır. Eğer boyuna donatı burkulup üzerindeki beton dökülmemiş ise yalnızca parçalanmış beton temizlenip bir miktar daha yeni etriye eklenmesi ve yeniden betonlama ile yetinilebilir. Bu onarım yönteminin etkinliğini belirlemek için yapılan deneylerde kolonların hasar öncesi dayanımlarının yeniden sağlanabildiği laboratuvar koşullarında gözlenmiştir.
4. Kolonların güçlendirilmesi sırasında kullanılacak betonun agrega boyutları hem eklenen en kesit alanının et kalınlığına hemde boyuna donatılar arasındaki aralığa bağlıdır. Genellikle kullanılan agreganın en büyük tane çapı, bu sözü edilen et kalınlığının yarısından büyük olmamalıdır. Yoksa donatıların arasına beton girmez, donatı ile tam olarak sarılmaz ve donatı ile beton arasındaki kenetlenme (aderans) gerçekleşmez.
5. Onarım ile kolonun kesme kuvveti taşıma kapasitesi artarken moment ve eksenel yük taşıma gücünde bir artış olmaz. Buna karşılık bir onarım ile mantolanmış bölüm boyuna donatılarının mevcut kolon boyuna donatıları ile bağlantısı sağlanmış ise kesme kuvveti taşıma gücünün artışı yanında moment ve eksenel yük taşıma gücünde de artışlar beklenmelidir. Ancak moment taşıma gücünü

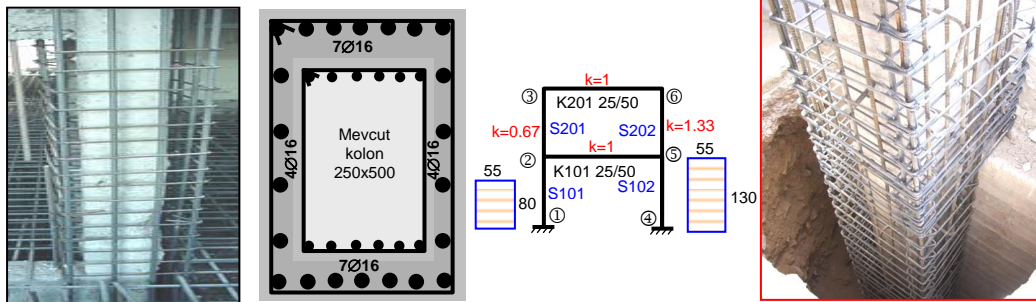
artırmak için kolon güçlendirilmesi öngörülmemektedir. Bu amaç için çerçeve açıklıklarına perde duvar yerleştirme yöntemi kullanılmalıdır.

6. 1989'da yapılan deneylerde hasarsız kolonların güçlendirilmesinde kolon yükünün askıya alındığı ve onarımın yük altında yapıldığı durumlarda mantolamanın etkinliğinin %90'a ulaştığını, hasarlı kolonlarda yapılan mantolama sonrası yükleme deneylerinde ise kolonun yükünün askıya alınarak yapılan mantolamanın %80 etkili olduğu, kolonun askıya alınmadan yük altında mantolamanın yapıldığı durumlarda ise etkinliğin ancak %50 kadar olduğu gözlenmiştir. Bu açıdan hasarlı kolon onarımının kesinlikle kolonun yükü askıya alınarak yapılması önerilmektedir.



Ek 3. Şekil 2: Güçlendirme uygulamaları

Sarılmış kolonun kesme ve basınç dayanımlarının hesabında, sarılmış brüt kesit boyutları ile manto betonunun tasarım dayanımı kullanılacak, ancak elde edilen dayanımlar 0,9 ile çarpılarak azaltılır. Yukarıda çözülen örnekteki kolonlar daha önce 250x500-250x1000 mm kesitinde alınarak hesaplar yapılmıştı. 250x1000 kolonunun kesiti 250x500 kolonuna göre daha rijit olmasından dolayı sadece 250x500 kolonu her yöne 150 mm genişletilerek aşağıdaki şekilde manto yapılmıştır (betonarme mantonun minimum kalınlığı ≥ 100 mm olmalıdır).

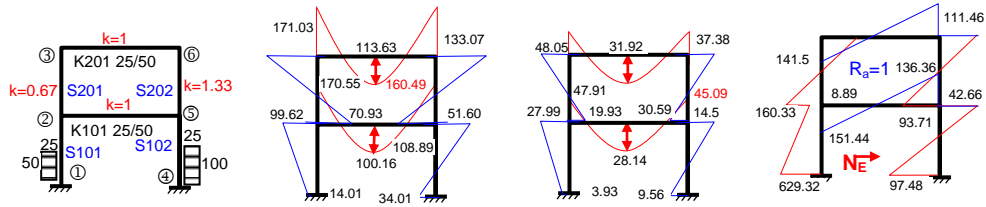


Ek 3. Şekil 3: Kolon güçlendirme uygulaması

Çözülen çerçevenin zati ve hareketli yüklerin değişmediği sadece S101 kolonun rijitliği değiştiğinden dolayı çözümler bu duruma göre aşağıdaki şekilde yeniden yapılmıştır. Bilindiği üzere yapının herhangi bir elemanının rijitliğinin değişmesi iç kuvvetleri değiştirecektir.

MANTOLANAN S101 KOLONUN EKSENEL YÜK HESABI

Kirişin kesme kuvvet değerleri bulunarak kolonlara aksenal yük olarak aktarılır. Örnekte kirişin kesme değerleri aşağıdaki şekilde bulunur (Ek 3. Şekil 4).



Ek 3. Şekil 4: Kolon güçlendirme sonucu oluşan kesit tesirleri

Kat	Ek 3. Tablo 1: Kolon kesme ve moment değerleri
2	i ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-i}=(128,69+5)+0,3x(36,15+1,4)=144,96$ kN (G+0,3Q)
	j ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-j}=(128,69-5)+0,3x(36,15-1,4)=134,12$ kN (G+0,3Q)
1	i ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-i}=(128,69+1,32)+0,3x(36,15+0,37)=140,97$ kN (G+0,3Q)
	j ucu mesnet kesme kuvveti $V_{dy-j}=(128,69-1,32)+0,3x(36,15-0,37)=138,11$ kN (G+0,3Q)
2	i ucu mesnet momenti $M_i=171,03+0,3x48,05=185,445$ kNm (G+0,3Q)
	j ucu mesnet momenti $M_j=70,93+0,3x19,93=-76,91$ kNm (G+0,3Q)
1	i ucu mesnet momenti $M_i=99,62+0,3x27,99=108,02$ kNm (G+0,3Q)
	j ucu mesnet momenti $M_j=14,01+0,3x3,93=15,19$ kNm (G+0,3Q)
2	i ucu mesnet momenti $M_{ei}=141,50$ kNm (Deprem)
	j ucu mesnet momenti $M_{ej}=-160,33$ kNm (Deprem)
1	i ucu mesnet momenti $M_{ei}=8,89$ kNm (Deprem)
	j ucu mesnet momenti $M_{ej}=-629,32$ kNm (Deprem)
2	i=j ucu mesnet aksenal kuvveti $N_{ei}=N_{ej}=[(141,50+111,46)_{2.kat}/7,60=33,28$ kN
1	i=j ucu mesnet aksenal kuvveti $N_{ei}=N_{ej}=[(141,50+111,46)_{2.kat} + (151,44+136,36)_{1.kat}]/7,60=71,15$ kN

Zemin kattaki S101 ve S102 kolonlarının N-M ilişkileri aşağıda $\rho=0,02$ ve düşey donatıları yerleştirme planlarına göre N-M ilişkisi çizilir. Bu ilişki depremin +X, -X, +Y ve -Y yönleri için ayrı ayrı çizilerek bir küre hacim elde edilir. Burada sadece depremin +X yönü için çizilmiştir. Çizilen bu N-M diyagramında,

1. Düşey yüklemeler (G+nQ) sonucu bulunan $N_{düşey}$ ve $M_{düşey}$ değerleri işaretlenerek **D** noktası bulunur.
2. Bulunan bu D noktasının değerlerine deprem yüklemesi sonucu bulunan N_{deprem} ve M_{deprem} değerleri eklenerek bulunan kesit tesirleri N-M diyagramı üzerinde işaretlenerek **E** noktası i ve j uçları için ayrı ayrı bulunur.

$$N_{S101DÜŞEY}=N_D=144,96+140,97=285,93 \text{ kN}+N_{S101DEPREM}=N_{ei}=71,15 \text{ kN} =357,08 \text{ kN}$$

$$M_{S101DÜŞEY}=M_{Di}=108,02 \text{ kNm} + M_{S101DEPREM}=M_{ei}=8,89 \text{ kNm} =132,83 \text{ kNm}$$

$$N_{S101DÜŞEY}=N_D=134,12+138,11=272,23 \text{ kN}+N_{S101DEPREM}=N_{ej}=71,15 \text{ kN} =343,38 \text{ kN}$$

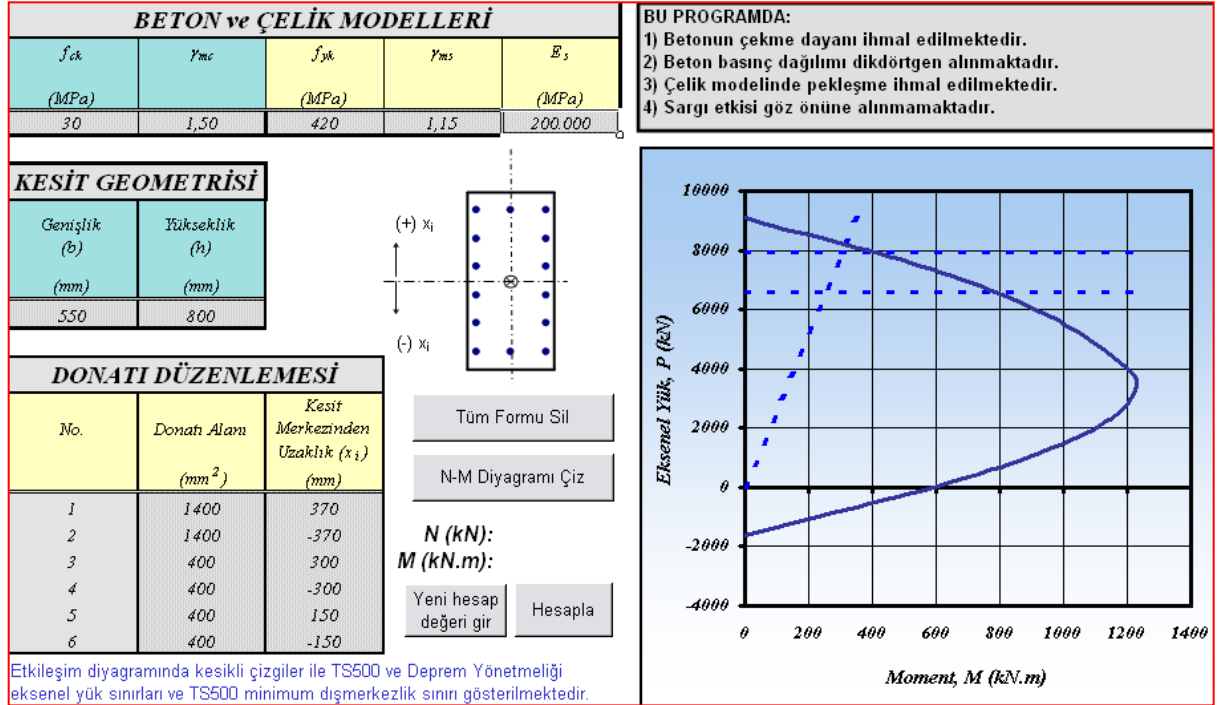
$$M_{S101DÜŞEY}=M_{Dj}=15,19 \text{ kNm} + M_{S101DEPREM}=M_{ej}=-629,32 \text{ kNm} =-614,13 \text{ kNm}$$

Bu kesit tesirleri altında S101 kolonunun donatı hesabı aşağıdaki tabloda yapılmıştır. Bu tablo kullanılmadan da bilinen bir yöntemle kolonun donatıları hesaplanabilir (Ek 3. Şekil 5).

DİKDÖRTGEN KOLON TASARIMI İÇİN HESAP TABLOSU																							
Tasarım Değerleri		Donatı Deseni Düzenlemesi		Donatı Yerleşimi																			
N_d	M_d (*)	d	Donatı sırası (ds)	Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si}) (mm^2)	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i) (mm)																	
(kN)	(kN.m)	(mm)	$2 \leq ds \leq 6$																				
343,0	614,3	30	4																				
Malzeme - Beton				<table border="1"> <tr> <td>1) Üst</td> <td>1474</td> <td>370</td> </tr> <tr> <td>2) Alt</td> <td>1474</td> <td>-370</td> </tr> <tr> <td>3) Ara 1</td> <td>726</td> <td>123</td> </tr> <tr> <td>4) Ara 2</td> <td>726</td> <td>-123</td> </tr> <tr> <td>5) Ara 3</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6) Ara 4</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>		1) Üst	1474	370	2) Alt	1474	-370	3) Ara 1	726	123	4) Ara 2	726	-123	5) Ara 3	0	0	6) Ara 4	0	0
1) Üst	1474					370																	
2) Alt	1474	-370																					
3) Ara 1	726	123																					
4) Ara 2	726	-123																					
5) Ara 3	0	0																					
6) Ara 4	0	0																					
f_{ck}	γ_{mc}																						
(MPa)																							
30	1,50																						
Malzeme - Çelik																							
f_{yk}	γ_{ms}																						
(MPa)																							
420	1,15																						
Kesit Geometrisi																							
Genişlik (b)	Yükseklik (h)																						
(mm)	(mm)																						
550	800																						
NOTLAR:																							
1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.																							
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.																							
(*) Tasarım momenti ikinci mertebeye etkileri içermelidir.																							
(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)																							
				$\rho_t = 0,010$ $N_d = 343,0 \text{ kN}$ $M_r = 706,9 \text{ kN.m}$																			

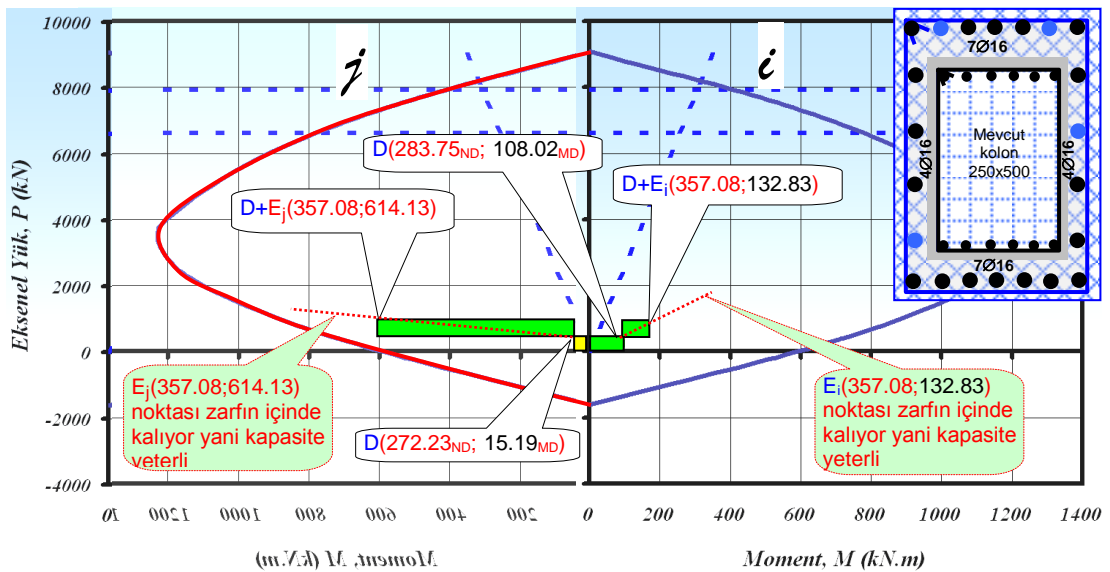
Ek 3. Şekil 5: Güçlendirme sonucunda kolon moment ve eksenel kuvvet taşıma kapasitesi

Donatısı belirlenen kolonun N-M diyagramı aşağıdaki şekilde çizilir (Ek 3. Şekil 6).



Ek 3. Şekil 6: Güçlendirme sonucunda kolon N-M diyagramı

Kolonun i ucu için bulunan N-M etkileşim diyagramından j ucu için oluşan N-M diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir. Bu N-M diyagramı kullanılarak kolonun artık moment değerleri güçlendirme öncesi bulunan yöntemle aynı şekilde hesaplanır (Ek 3. Şekil 7).



Ek 3. Şekil 7: Güçlendirme sonucunda kolon taşıma kapasitesi

N-M diyagramının incelenmesinden güçlendirilen S101 kolonunun Eksenel kuvvet ve moment kapasitesinin yüksek olmasından dolayı artık momentlerin oluşmadığı görülmektedir. Yani söz konusu kolon zati, hareketli ve deprem yüklerini elastik bölge içerisinde taşıyabilmektedir.