

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**1998 CEYHAN DEPREMİ, DEPREMDE HASAR GÖREN
YAPILAR VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Suat YAŞA

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Ali Sayıl ERDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

ELAZIĞ, 2006

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

1998 CEYHAN DEPREMİ, DEPREMDE HASAR GÖREN YAPILAR VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Suat YAŞA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Bu seminer,..... tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: **Prof. Dr. Ali Sayıl ERDOĞAN**

Üye:

Üye:

Üye:

Bu seminerin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu araştırmanın yürütülmesinde bana yol gösteren, görüş ve önerilerde bulunan değerli hocam sayın Prof. Dr. Ali Sayıl ERDOĞAN'a, sayın Ar. Gör. Kürşat ALYAMAÇ'a, ideYAPI Bilgisayar Destekli Tasarım Mühendislik Danışmanlık Taahhüt Ltd. Şti.'ne teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa.No

İçindekiler	I
Şekillerin Listesi	IV
Tabloların Listesi	VI
Eklerin Listesi	VII
Simgeler	VIII
Kısaltmalar	IX
Özet	X
Abstract	XI
Önsöz	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. DEPREM	1
1.1.1. Deprem Oluş Nedenleri	1
1.1.2. Deprem Türleri	2
1.1.3. Deprem Parametreleri	4
1.1.4. Depremi Diğer Özellikleri	6
2. ZEMİN – YAPI ETKİLEŞİMİ	6
2.1. Zemin Durumunun Deprem Hareketine Etkisi	7
2.2. Zemin Sıvılaşması	8
3. ADANA – CEYHAN DEPREMİ	8
3.1. Adana – Ceyhan Depremi Neden Oldu?	9
3.2. Bu Depremde Neler Oldu	9
3.3. 27 Haziran 1998 Adana – Ceyhan Depreminde Yapısal Hasarlar	10
3.3.1. Hasarın Genel Dağılımı	10
3.3.2. Minare Hasarları	10
3.3.3. Köprü ve Yol Hasarları	11
3.3.3.1. Adana – Gaziantep Yolu Ceyhan Köprüsü	11
3.3.3.2. Adana – Gaziantep Otoyolu Ceyhan Viyadüğü	12
3.3.3.3. Misis Köprüsü	12
3.3.4. Betonarme Yapılar	12

3.3.5. Prefabrike Yapılar	14
3.3.6. Su Kuleleri	15
4. BETONARME YAPI ELEMANLARININ DEPREM DAVRANIŞI	16
4.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemler	16
5. YAPININ DAYANIM İÇİN SAĞLAMASI GEREKEN ŞARTLAR	18
5.1. Dayanım	19
5.2. Süneklik	19
5.3. Sınırlı Yanal Öteleme	20
5.4. Betonarme Davranış	21
5.4.1. Kiriş Davranış	21
5.4.2. Kolon Davranış	22
5.4.3. Perde Davranış	24
5.4.4. Donatı Detayı Yetersizliği	30
6.MEVcut BİNALARDA DEPREM HASARININ BELİRLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASI	31
6.1. Deprem Hasarının Türleri	32
6.1.1. Duvar Hasarı	32
6.1.1.1. Duvar Hasar Dereceleri	32
6.1.2. Döşeme Hasarı	32
6.1.3. Kiriş Hasarı	32
6.1.3.1. Kiriş Hasar Dereceleri	33
6.1.4. Kolon Hasarı	33
6.1.4.1 Kolon Hasar Dereceleri	33
6.1.5. Kolon – Kiriş Birleşim Bölgesi Hasarı	34
6.1.5.1 Kolon – Kiriş Birleşim Bölgesi Hasar Dereceleri	34
6.1.6. Perde Hasarı	34
6.1.6.1 Perde Hasar Dereceleri	34

6.1.7. Temel Hasarı	35
6.2. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Genel Müdürlüğü Normlarına Göre Genel Hasar Puanı ve Hesaplanması	35
7. BETONARME YAPILARIN ONARIMI VE GÜÇLENDİRİLMESİ	36
7.1. Güçlendirme Projesinin İlkesi	37
7.2. Yapı Elemanlarının Onarımı – Güçlendirilmesi	40
7.2.1. Kirişlerin Onarım - Güçlendirilmesi	40
7.2.1.1. Yerel Onarımlar	40
7.2.1.2. Betonarme Manto ile Kirişlerin Onarım - Güçlendirilmesi	40
7.2.1.3. Çelik Levha ile Kirişlerin Onarım - Güçlendirilmesi	42
7.2.2. Kolonların Onarım - Güçlendirilmesi	43
7.2.2.1. Yerel Onarımlar	43
7.2.2.2. Betonarme Manto ile Kolonların Onarım - Güçlendirilmesi	44
7.2.2.3. Çelik (Profil Kılıf) Manto ile Kolonların Onarım - Güçlendirilmesi	47
7.2.3. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgesinin Onarım - Güçlendirilmesi	49
7.2.4. Perdelerin Güçlendirilmesi	51
7.2.5. Temelin Güçlendirilmesi	53
7.3. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlarla Güçlendirilmesi	55
8. BİNA İÇİN KABUL KRİTERLERİ	57
8.1. Elemanlar İçin Kabul Kriterleri	57
9. GÜÇLENDİRME PROJESİ HAKKINDA GENEL BİLGİ	59
10. SONUÇ	60
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

1. Şekil 3.1. Odak noktası, odak derinliği ve dış merkez
2. Şekil 4.1. Perde ve Çerçevesi Sistemlerde Plastik Mafsal Oluşumu
3. Şekil 4.2. Taşıyıcı Sistemlerin Yatay Yükler Altındaki Davranışı
4. Şekil 5.1. Düğüm Noktalarında Plastik Mafsal Oluşan Binalar
5. Şekil 5.3. Depremde Ardışık Yerdeğiştirme ve 2. Mertebe Momentler
6. Şekil 5.4.a. Süneklik – Eksenel Yük Düzeyi İlişkisi
7. Şekil 5.5. Moment – Eğrilik İlişkisi
8. Şekil 5.6. Kolonda Betonun Ezilmesi ile Donatının Burkulması
9. Şekil 5.7. Etriye Sarılması
10. Şekil 5.8. Perde Davranışı
11. Şekil 5.9. Perde Göçme Biçimleri
12. Şekil 5.10. Mimari Nedenle Çerçeve Süreksizlik
13. Şekil 5.11. Perde Göçme Biçimleri
14. Şekil 5.12. Yumuşak Kattan Dolayı Hasar Uğramış Bina
15. Şekil 5.13. Kısa Kolon
16. Şekil 5.14. Kısa Kolon Hasarı
17. Şekil 5.15. Planda Düzensiz Binalar
18. Şekil 5.16. Deprem Derzleri Yetersiz Binanın Çarpışması
19. Şekil 5.17. Kolonda Meydana Gelen Hasar
20. Şekil.7.1.Kirişin Tek Taraflı Manto ile Güçlendirilmesi
21. Şekil.7.2. Mevcut Kirişin Dört Taraftan Manto İle Güçlendirilmesi
22. Şekil.7.3. Kirişin Mesnet Bölgesinin Güçlendirilmesi
23. Şekil.7.4. Kirişin Çelik Levhalarla Güçlendirilmesi
24. Şekil.7.5. Kolonlarda Mantolama
25. Şekil.7.6. Kolonun Dört Taraftan Mantolanarak Güçlendirilmesi
26. Şekil.7.7. Kolonun Mantolanmasına Farklı Örnekler
27. Şekil.7.8. Kolonun Mantolanarak Güçlendirilmesi
28. Şekil.7.9. Çelik Manto ile Kolonların Güçlendirilmesi
29. Şekil.7.10. Kolonun Çelik Lamalar Sarılarak Güçlendirilmesi
30. Şekil.7.11. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgesinin Çelik Lamalar Sarılarak Güçlendirilmesi
31. Şekil.7.12. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgesinin Mantolama ile Güçlendirilmesi
32. Şekil.7.13. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgesinin Çelik Levha ve Bulonlar ile Güçlendirilmesi

- 33. Şekil.7.14. Hasar Gören Perdenin Güçlendirilmesi
- 34. Şekil.7.15. Perdenin Güçlendirilmesi
- 35. Şekil.7.16. Temelin Dışle Güçlendirilmesi
- 36. Şekil.7.17. Hasar Gören Temelin Güçlendirilmesi
- 37.Şekil.7.18. Temelin Kolon ile Birlikte Güçlendirilmesi
- 38. Şekil.7.19. Dolgu Çerçeve ile Güçlendirme

TABLoların LİSTESİ

1. Tablo 1. Deprem Şiddeti ve Magnitüd Değerleri Arasındaki İlişki
2. Tablo 2. Katlar Arası Yer Değiştirmenin Kat Yüksekliğine Oranının Sınırı

EKLERİN LİSTESİ

- EK.1. Kalıp Planı
- EK.2. Güçlendirme Kalıp Planı
- EK.3. Güçlendirme Kolon Aplikasyon Planı
- EK.4. Güçlendirme Kolon Aplikasyon Detayı
- EK.5. Temel Planı
- EK.6. Güçlendirme Perde Açılımı
- EK.7. Kolon Düşey Açılımları
- EK.8. Eski Yönetmeliklerdeki Yük Raporları
- EK.9. Yeni Yönetmeliklerdeki Yük ve Deprem Raporları
- EK.10. Güçlendirme Raporları

SİMGELER

A	Alan
B	Yapının Hesap Yapılan Doğrultudaki Genişliği
C_T	Kayma Dalgasının Zemindeki Hızı
E	Elastiklik Modülü
f	Yapının Serbest Titreşim Frekansı
F_c	Uygulanan Kuvvet
G	Sabit yük
h	Yapı Yüksekliği
M	Moment
N	Normal Kuvvet
P	Basınç
R	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
V	Kesme Kuvveti

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
AOP	: Aşırı Oturma Puanı
ÇMHP	: Çatı – Merdiven Hesap Puanı
E	: Deprem
EÖK	: Eleman Önem Katsayısı
HAP	: Hasar Artırıcı Puan
KKYP	: Katlar Arası Kalıcı Yerdeğiştirme Puanı
M	: Magnitüd
MM	: Mercalli Cetveli
MSK	: Medvedev – Sponher - Karnik
SİHP	: Sistem Hasar Puanı
THP	: Toplam Hasar Puanı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

1998 CEYHAN DEPREMİ, DEPREMDE HASAR GÖREN YAPILAR VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Suat YAŞA

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2006, Sayfa :62

Deprem; Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayıdır. İnsanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın da oynayacağını ve üzerinde bulunan tüm yapıların da hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır.

Bu çalışmada, Depremi oluş nedenleri, özellikleri anlatıldı. 1998 yılında meydana gelen Ceyhan Depremi ayrıntılı olarak incelenerek yapılarda meydana gelen hasarlar hakkında bilgiler sunulmuştur. Depremi betonarme yapılar üzerindeki etkileri, betonarme yapı elemanlarının deprem karşısında davranışları ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Depremde hasar gören yapıların hasar derecelerinin tespit edilmesi ve yapıdaki taşıyıcı sistemlerde meydana gelen hasarları ıdeCAD Statik 5.0 Yapı Analiz Programını kullanarak önce eski deprem yönetmeliği (1975 Deprem Yönetmeliği) kullanılarak sistem çözüldü, daha sonra 1997 Deprem Yönetmeliğine göre çözüm yapılarak yetersiz olan yapı elemanları tespit edilerek güçlendirme yapılarak analiz sonuçları alınmıştır.

Anahtar Kelimeler : Deprem, Ceyhan Depremi, Depremi Özellikleri, Yapısal Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme

ABSTRACT

Master Thesis

1998 EARTQUAKE OF CEYHAN,STRENGTHENING OF DAMAGE STRUCTURES DURING EARTHQUAKE

Suat YAŞA

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

2006, Page : 62

Earthquake is waving and shaking of the earth by spreading vibrations which are create from breakes in the earth's crust.With this natura levent we saw that the place which assumed as motionaless and we walk on safely can move and all of the buildings on this land can be damaged and be destroyed resulted with life loses.

In this syudy, formation and properties of earthquakes are mentioned. The Ceyhan Earthquake which happened at 1998 was observed and information about damages happened on structures is given.Effects of earthquake on reinforced concrete structures and behaviors of these elements are exposed to earthquake is mentioned.Rank of damaged buildings and damages on carrier system is solved by IdeCAD Static 5.0 Structural Analysis Program with using old earthquake regulations ,and then systems are resolved with 1997 Earthquake Regulation.Finally analysis result were taken with determining insufficient structural elements and strengthening structure.

Key Words: Earthquake,Earthquake of Ceyhan,Properties of Earthquake,Structural Damages,Repairing and Strengthening.

ÖNSÖZ

Yapılan çalışmada deprem hakkında bilgiler verilmiştir. 1998 de meydana gelen Ceyhan depremi incelenerek depremin yapılar ve insanlar üzerinde yaptığı etkiler irdelenmiştir. Depremin yapılarda meydana getirdiği yapısal hasarlar ve yapıların depreme karşı davranışları incelenerek bilgi sunulmuştur. Yapılardaki hasarların nedenleri ve sonuçları hakkında bilgi sunulmuştur.

Yapıdaki hasarlarda güçlendirme kurallarına göre çözüm yolları bulunmuş ve hasar gören yapının güçlendirme projesi yapılmıştır. Analiz sonuçları çıkarılmıştır.

1. GİRİŞ

1.1 Deprem

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına "Deprem" denir. Deprem, insanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın da oynayacağını ve üzerinde bulunan tüm yapıların da hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır.

1.1.1. Depremin Oluş Nedenleri

Dünyanın içyapısı konusunda, jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerin desteklediği bir yeryüzü modeli bulunmaktadır. Bu modele göre, yerkürenin dış kısmında yaklaşık 70–100 km. kalınlığında oluşmuş bir taşküre (Litosfer) vardır. Kıtalar ve okyanuslar bu taşkürede yer alır. Litosfer ile çekirdek arasında kalan ve kalınlığı 2.900 km olan kuşağa "Manto" adı verilir. Manto genelde katı olmakla beraber yüzeyden derine inildikçe içinde yerel sıvı ortamları bulundurmaktadır.

Taşküre'nin altında Astenosfer denilen yumuşak Üst Manto bulunmaktadır. Burada oluşan kuvvetler, özellikle konveksiyon akımları nedeni ile taş kabuk parçalanmakta ve birçok levhalara bölünmektedir. Konveksiyon akımları yukarıya yükseldikçe taşkürede gerilmelere ve daha sonra da zayıf zonların kırılmasıyla levhaların oluşmasına neden olmaktadır. Halen 10 kadar büyük levha ve çok sayıda küçük levhalar vardır. Bu levhalar üzerinde duran kıtalarla birlikte, Astenosfer üzerinde sal gibi yüzmekte olup, birbirlerine göre insanların hissedemeyeceği bir hızla hareket etmektedirler.

Konveksiyon akımlarının yükseldiği yerlerde levhalar birbirlerinden uzaklaşmakta ve buradan çıkan sıcak magmada okyanus ortası sırtlarını oluşturmaktadır. Levhaların birbirlerine değdikleri bölgelerde sürtünmeler ve sıkışmalar olmakta, sürtünen levhalardan biri aşağıya Manto'ya batmakta ve eriyerek itme zonlarını oluşturmaktadır.

İşte yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada olan depremlerin hemen büyük çoğunluğu bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında dar kuşaklar üzerinde

oluşmaktadır. Birbirlerini iten ya da diğerinin altına giren iki levha arasında, harekete engel olan bir sürtünme kuvveti vardır. Bir levhanın hareket edebilmesi için bu sürtünme kuvvetinin giderilmesi gerekir. İtilmekte olan bir levha ile bir diğer levha arasında sürtünme kuvveti aşıldığı zaman bir hareket oluşur. Bu hareket çok kısa bir zaman biriminde gerçekleşir ve şok niteliğindedir. Sonunda çok uzaklara kadar yayılabilen deprem dalgaları ortaya çıkar. Bu dalgalar geçtiği ortamları sarsarak ve depremin oluş yönünden uzaklaştıkça enerjisi azalarak yayılır. Bu sırada yeryüzünde, bazen gözle görülebilen, kilometrelerce uzanabilen ve fay adı verilen arazi kırıkları oluşabilir.

Depremlerin oluşumunun bu şekilde ve "Elastik Geri Sekme Kuramı" adı altında anlatımı 1911 yılında Amerikalı Reid tarafından yapılmıştır ve laboratuvarlarda da denenerek ispatlanmıştır. Bu kurama göre, herhangi bir noktada, zamana bağımlı olarak, yavaş yavaş oluşan birim deformasyon birikiminin elastik olarak depoladığı enerji, kritik bir değere eriştiğinde, fay düzlemi boyunca var olan sürtünme kuvvetini yenerek, fay çizgisinin her iki tarafındaki kayaç bloklarının birbirine göreli hareketlerini oluşturmaktadır. Bu olay ani yer değiştirme hareketidir. Bu ani yer değiştirmeler ise bir noktada biriken birim deformasyon enerjisinin açığa çıkması, boşalması, diğer bir deyişle mekanik enerjiye dönüşmesi ile ve sonuç olarak yer katmanlarının kırılma ve yırtılma hareketi ile olmaktadır.

Faylar genellikle hareket yönlerine göre isimlendirilirler. Daha çok yatay hareket sonucu meydana gelen faylara "Doğrultu Atımlı Fay" denir. Fayın oluşturduğu iki ayrı bloğun birbirlerine göreli olarak sağa veya sola hareketlerinden de bahsedilebilir ki bunlar sağ veya sol yönlü doğrultulu atımlı faya bir örnektir. Düşey hareketlerle meydana gelen faylara da "Eğim Atımlı Fay" denir. Fayların çoğunda hem yatay, hem de düşey hareket bulunabilir.

1.1.2. Deprem Türleri

Depremler oluş nedenlerine göre değişik türlerde olabilir. Dünyada olan depremlerin büyük bir bölümü yukarıda anlatılan biçimde oluşmakla birlikte az miktarda da olsa başka doğal nedenlerle de olan deprem türleri bulunmaktadır.

Yukarıda anlatılan levhaların hareketi sonucu olan depremler genellikle tektonik depremler olarak nitelenir ve bu depremler çoğunlukla levhalar sınırlarında oluşurlar. Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı bu gruba girer. Türkiye'de olan depremler de büyük çoğunlukla tektonik depremlerdir. İkinci tip depremler volkanik depremlerdir. Bunlar volkanların püskürmesi sonucu oluşurlar. Yerin derinliklerinde ergimiş maddenin yeryüzüne

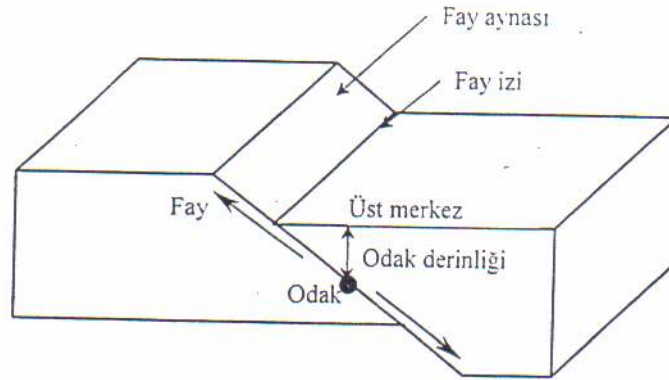
çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bunlar da yanardağlarla ilgili olduklarından yereldirler ve önemli zarara neden olmazlar. Japonya ve İtalya'da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Türkiye'de aktif yanardağ olmadığı için bu tip depremler olmamaktadır.

Bir başka tip depremler de çöküntü depremlerdir. Bunlar yeraltındaki boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukları tavan bloğunun çökmesi ile oluşurlar. Hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır fazla zarar getirmezler. Büyük heyelanlar ve gökten düşen meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir.

1.1.3. Deprem Parametreleri

Herhangi bir deprem oluştuğunda, bu depremin tariflenmesi ve anlaşılabilmesi için "Deprem Parametreleri" olarak tanımlanan bazı kavramlardan söz edilmektedir. Aşağıda kısaca bu parametrelerin açıklaması yapılacaktır.

- **Odak Noktası (Hiposantr);** Odak noktası yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktadır. Bu noktaya odak noktası veya iç merkez de denir. Gerçekte, enerjinin ortaya çıktığı bir nokta olmayıp bir alandır, fakat pratik uygulamalarda nokta olarak kabul edilmektedir. (Şekil 3.1.)



Şekil 3.1. Odak noktası, odak derinliği ve dış merkez

- **Dış Merkez (Episantr);** Odak noktasına en yakın olan yer üzerindeki noktadır. Burası aynı zamanda depremin en çok hasar yaptığı veya en kuvvetli olarak hissedildiği noktadır. Aslında bu, bir noktadan çok bir alandır. Depremin dış merkez alanı depremin şiddetine bağlı olarak çeşitli büyüklüklerde olabilir. Bazen büyük bir depremin odak noktasının boyutları yüzlerce kilometreyle de belirlenebilir. Bu nedenle "Episantr Bölgesi" ya da "Episantr Alanı" olarak tanımlama yapılması gerçeğe daha yakın bir tanımlama olacaktır.

- **Odak Derinliği:** Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı, depremin odak derinliği olarak adlandırılır. Depremler odak derinliklerine göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma tektonik depremler için geçerlidir. Yerin 0-60 km. derinliğinde olan depremler sığ deprem olarak nitelenir. Yerin 70-300 km. derinliklerinde olan depremler orta derinlikte olan depremlerdir. Derin depremler ise yerin 300 km.den fazla derinliğinde olan depremlerdir. Türkiye'de olan depremler genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km. arasındadır. Orta ve derin depremler, daha çok bir levhanın bir diğer levhanın altına girdiği bölgelerde olur. Derin depremler çok geniş alanlarda hissedilir, buna karşılık yaptıkları hasar azdır. Sığ depremler ise dar bir alanda hissedilirken bu alan içinde çok büyük hasar yapabilirler.

- **Eşşiddet (Izoseit) Eğrileri;** Aynı şiddetle sarsılan noktaları birbirine bağlayan noktalara denir. Bunun tamamlanmasıyla eşşiddet haritası ortaya çıkar. Genelde kabul edilmiş duruma göre, eğrilerin oluşturduğu yani iki eğri arasında kalan alan, depremlerden etkilenme yönüyle, şiddet bakımından sınırlandırılmış olur. Bu nedenle depremin şiddeti eşşiddet eğrileri üzerine değil, alan içerisine yazılır.

- **Şiddet:** Herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle depremin şiddeti, onun yapılar, doğa ve insanlar üzerindeki etkilerinin bir ölçüsüdür. Bu etki, depremin büyüklüğü, odak derinliği, uzaklığı yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık dahi değişik olabilmektedir. Şiddet depremin kaynağındaki büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemekle beraber, deprem dolayısıyla oluşan hasarı yukarıda belirtilen etkenlere bağlı olarak yansıtır.

Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan "Şiddet Cetvelleri"ne göre değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle "Deprem Şiddet Cetvelleri" depremin etkisinde kalan canlı ve cansız her şeyin depreme gösterdiği tepkiyi değerlendirmektedir. Önceden hazırlanmış olan bu cetveller, her şiddet derecesindeki depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için,

o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler Şiddet Cetveli'nde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa, depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Örneğin; depremin neden olduğu etkiler, şiddet cetvelinde VIII şiddet olarak tanımlanan bulguları içeriyorsa, o deprem VIII şiddetinde bir deprem olarak tariflenir. Deprem Şiddet Cetvellerinde, şiddetler romen rakamıyla gösterilmektedir. Bugün kullanılan başlıca şiddet cetvelleri "Mercalli Cetveli (MM)" ve "Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)" şiddet cetvelidir. Her iki cetvelde de XII şiddet derecesini kapsamaktadır. Bu cetvellere göre, şiddeti V ve daha küçük olan depremler genellikle yapılarda hasar meydana getirmezler ve insanların depremi hissetme şekillerine göre değerlendirilirler.

- **Magnitüd:** Deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından, Amerika Birleşik Devletlerinden Prof.C.Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan "Magnitüd" tanımlanmıştır. Prof .Richter, episantrdan 100 km. uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm) ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını bir depremin "magnitüdü" olarak tanımlamıştır. Bugüne dek olan depremler istatistik olarak incelendiğinde kaydedilen en büyük magnitüd değerinin 8,9 olduğu görülmektedir (31 Ocak 1906 Colombiya-Ekvator ve 2 Mart 1933 Sanriku-Japonya depremleri).

Magnitüd, aletsel ve gözlemsel magnitüd değerleri olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Aletsel magnitüd, yukarıda da belirtildiği üzere, standart bir sismografla kaydedilen deprem hareketinin maksimum genlik ve periyod değeri ve alet kalibrasyon fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir.

Aletsel magnitüd değeri, gerek hacim dalgaları ve gerekse yüzey dalgalarından hesaplanmaktadır. Genel olarak, hacim dalgalarından hesaplanan magnitüdlar (m), ile yüzey dalgalarından hesaplanan magnitüdlar de (M) ile gösterilmektedir. Her iki magnitüd değerini birbirine dönüştürecek bazı bağıntılar mevcuttur.

Gözlemsel magnitüd değeri ise, gözlemsel inceleme sonucu elde edilen episantr şiddetinden hesaplanmaktadır. Ancak, bu tür hesaplamalarda, magnitüd-şiddet bağıntısının incelenilen bölgeden bölgeye değiştiği de göz önünde tutulmalıdır. Gözlemleri tarafından bildirilen bu magnitüd, depremin enerjisi hakkında fikir vermez. Çünkü deprem sığ veya derin odaklı olabilir. Magnitüdü aynı olan iki depremden sığ olanı daha çok hasar yaparken, derin olanı daha az hasar yapacağından arada bir fark olacaktır. Yine de Richter ölçeği (magnitüd) depremlerin özelliklerini saptamada çok önemli bir unsur olmaktadır.

Depremlerin şiddet ve magnitüdüleri arasında birtakım ampirik bağıntılar çıkarılmıştır. Bu bağıntılardan şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki dönüşümleri Tablo 1' deki gibidir.

Tablo 1. Deprem Şiddeti ve Magnitüd Değerleri Arasındaki İlişki

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4.0	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4

1.1.4. Depremi Diğer Özellikleri

Bazen büyük bir deprem olmadan önce küçük sarsıntılar olur. Bu küçük 'sarsıntılara "Öncü Depremler" denilmektedir. Büyük bir depremin oluşundan sonra da belki birkaç yüz adet küçük deprem olmaya devam etmektedir. Bu küçük depremler

"Artçı Depremler" olarak isimlendirilir ve büyük depremin oluş anına göre bunların şiddetinde ve sayısında azalmalar görülür.

2. ZEMİN - YAPI ETKİLEŞİMİ

Bir bölgedeki yapının deprem davranışlarının ayrıntılı değerlendirilmesinde zemin - yapı sisteminin anlaşılması gerekir. Zemin yapının davranışını değişik şekillerde etkiler. Bunlar:

- Yapının altındaki zemin ana kayadaki deprem etkisini büyütür. Bu durum özellikle dolgu olan zeminlerde deprem etkisinin büyümesine sebep olur.
- Zeminin de hareketi ile yapının periyot ve mod şekilleri gibi dinamik özelliklerinde değişiklikler meydana gelir.
- Yapıdaki titreşim enerjisinin önemli bir kısmı, zemine mesnetlenmenin rijit olmaması, zemindeki sönüm ve zeminde geri dönmeyen yayılma etkisiyle söner.

- Yapının üzerinde bulunduğu zeminin etkisiyle deprem sırasında taşıyıcı sistemde farklı oturmalar meydana gelebilir.

2.1. Zemin Durumunun Deprem Hareketine Etkisi

Deprem hareketinin spektrumu zemin durumundan önemli derecede etkilenir. Kohezyonsuz zeminlerde ve yumuşak orta sertlikteki kil dolgusunda spektral değerlerin sert zemin ve kayaya göre daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca ana kaya ile yapı arasındaki zemin kalınlığı arttıkça taban kesme kuvvetinin de büyüdüğü belirlenmiştir. Bu durum 1957 San Francisco depreminde yapılan bir incelemenin sonunda şekil 4.2 de gösterilmiştir.

Zemin - yapı etkileşimi konusunda yapılmış bazı çalışmaların sonuçları aşağıda verilmiştir:

a) Etkileşimin göz önüne alınıp alınmamasına karar verilmesi veya yapının zemine rijit olarak bağlı olduğunun kabul edilmesi konusunda yapılan bir çalışmada $C_T / (fh) < 20$ için göz önüne alınması tavsiye edilmiş ve ancak bu durumda etkileşimin yapının davranışını önemli sayılabilecek şekilde değiştirdiği bildirilmiştir. Burada C_T kayma dalgasının zemindeki hızı, f yapının zemine rijit bağlı kabulü ile bulunan birinci serbest titreşim frekansı ve h yapı yüksekliğidir. Eğer çerçeveli ve perdeli yapıların birinci titreşim frekansları yapı yüksekliğine bağlılığı:

$f(Hz) \approx 30 / h[m]$ $f(Hz) \approx 45 / h[m]$ olarak kabul edilirse zemin - yapı etkileşiminin bu yapılar için sırasıyla:

$C_T \leq 600m/s$ $C_T \leq 900m/s$ durumlarında önemli olduğu ortaya çıkar.

b) Yapının mesnetlendiği zeminin rijitliği azaldıkça yapının periyodu artar. Planda yaklaşık olarak kare kabul edilebilecek yapılar için, T yapının ana titreşim periyodunun T rijit bağlı

periyoduna oranı: $\frac{T}{T} = \sqrt{1 + \frac{1.47 \cdot lb^2 (1 + 1.65 j^2)}{C_T^2 : T^2}}$

Burada b yapının hesap yapılan doğrultuda genişliğini ve $j = h/b$ ise yüksekliğin genişliğe oranını göstermektedir.

2.2. Zemin Sıvılaşması:

Zemin sıvılaşması yeraltı su seviyesi altındaki tabakaların geçici olarak mukavemetlerini kaybederek, katı yerine vizkoz sıvı gibi davranmalarıdır. Özellikle kil bulunmayan kum ve silt bazen çakıl tabakaları sıvılaşma potansiyeline sahiptirler. Sıvılaşma potansiyeli olan zemin bölgelerini zemin yapısından hareket ederek belirli ölçüde tahmin etmek mümkün olabilirse de, bir depremde sıvılaşmanın olacağını tahmin etmek zordur. Zemin türü, yoğunluğunu ve yer altı su seviyesinin derinliğini belirleyerek zemin sıvılaşma potansiyeli yüksek bölgeler belirlenebilir.

Zemin sıvılaşması potansiyeli olan bir bölgede yapılacak yapıda alınabilecek tedbirlerin başında muhtemel küçük zemin hareketinden doğabilecek etkilerin karşılanması gelir. Temel türünün ve derinliğinin seçiminde yer hareketinin yapıyı olumsuz olarak zorlamasının azaltılması esas alınmalıdır. Plak temel seçilerek rijit temel oluşturulması ve kazık ve kuyu temel sistemi ile sıvılaşma potansiyeli bulunan tabakanın altına inilmesi tavsiye edilir. Sıvılaşma potansiyeline sahip tabakanın kaldırılması ve değiştirilmesi, enjeksiyonla (örneğin jet-grout tekniği) sıkıştırılarak sıkı duruma getirilmesi ve yeraltı su seviyesinin düşürülmesi alınacak diğer tedbirler olarak sıralanabilir.

3. ADANA-CEYHAN DEPREMİ

Son yıkıcı depremi 1945 de yaşamış olan Adana ve yöresi, 27 Haziran 1998 günü 6.2 büyüklüğündeki depremle bir kez daha büyük ölçüde zarar gördü. Daha öncekilerden farklı olarak bu deprem, modern bir sismolojik deprem ağının tam ortasında meydana gelmiş ve bütün ayrıntılarıyla gözlenmiştir.

3.1. Adana-Ceyhan Depremi Neden Oldu?

Adana ve yöresi Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Maraş yöresinden başlayarak güneybatıya doğru çatladığı kesimde yer almaktadır. Bu yöre Ölü Deniz Fayı, Doğu Anadolu Fay Zonu, ve bunun güneybatı uzantılarıyla sınırlanan Afrika, Arabistan ve Anadolu Levhalarının oluşturduğu üçlü kavşağın çevresinde gelişen karmaşık bir kinematik sürecin etkisinde şekillenmektedir. Adana Depremi, ilgili fay düzlemi çözümüyle de doğrulandığı gibi, sol yönlü doğrultu atımlı bir sisteme bağlı olarak meydana gelmiştir. Bir diğer tanımlama ile deprem sırasında fay hattının kuzeyi, güneyine göre bir miktar batıya hareket etmiştir.

Adana Depremi sonrasında ilk üç gün içerisinde 200 civarında artçı deprem gözlenmiş ve bunların ana şoka oranla daha kuzeye doğru dizildikleri saptanmıştır.

3.2. Bu Depremde Neler Oldu?

Bu depremde ender görülen büyüklükte zemin sıvılaşması, kum fışkırımları, gaz çıkışları oldu.

Ceyhan Irmağı boyunca, sağ ve sol taraflarında, uzunluğu 50 km olan bir alanda heyelanlar, yarılmalar, tansiyon çatlakları, oturmalar oldu.

Bölgede bulunan önemli sayıdaki yeraltı ve yüzey kaynak sularında artış oldu, aynı oranda değişik alanlardaki kuyularda yeraltı suları ve yüzey kaynak suları kesildi ve ya çok azaldı.

Soysallı Köyü, Kör Veli Mevkiinde bulunan 204 m derinlikteki su kuyusundan su ve metan gazı çıkarak kesilmiş sonrada petrol fıskırmıştır.

1998 Tarihli Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'nün ön hasar tespit icmal formuna göre:

- 144 kişi hayatını kaybetti.
- 1356 bina tamamen yıkıldı.
- 30 adet işyeri yıkıldı.
- 18395 bina oturulamaz
- 555 işyeri hasarlı oturulamaz.
- 43721 bina hasarlı oturulamaz.
- 1026 işyeri hasarlı oturulur hale gelmiştir.

3.3. 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depreminde Yapısal Hasar

27 Haziran 1998 saat 17:00'de olan 5.9 Magnitüdlü depremin yapısal hasarı yeni ve daha önceden gözlenmiş yapısal hasar bileşenlerinden oluşmaktadır. Çok sayıda betonarme yapının etkilendiği 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremlerinde olduğu gibi betonarme yapı hasarı ülkemizdeki betonarme yapıların kalitesizliğini bir kez daha ortaya koymuştur. Öte yandan bu deprem ilk kez çok sayıda prefabrik tek katlı fabrika binasını etkilemiş ve prefabrik yapılar için önemli sonuçlar göstermiştir.

3.3.1. Hasarın Genel Dağılımı

28 Haziran-3 Temmuz 1998 günleri arasında arazide yapılan gözlemlerden bir haritası hazırlanarak şekilde verilmiştir. Hasarın en büyük olduğu ve bir bakıma depremin "episantr bölgesi" olarak nitelenebilecek bölgesi Aptioğlu Köyü ile Kuzeydoğuda Büyük Mangıt ve Ceyhan ilçe Merkezi arasında uzanmaktadır. Bu bölgede Misis ve Geçitli Kasabaları, Adana Organize Sanayi bölgesi, Suluca köyü(kasabası) yer almaktadır. Hasar dağılım haritasında işaretlenen bir başka bölge "minare hasarlarının gözlemlendiği bölge sınırı" olarak işaretlenmiştir. Minareler yapıldıkları malzeme ve yükseklik ve çapları bakımından birbirine çok benzeyen standart yapılardır. Bu özelliklerinden dolayı hasar düzeyleri depremin o noktadaki şiddetinin göstergesi olarak alınabilir. Minareler "yüksek ve narin" ve bu nedenlerle de "uzun" periyotlu yapılardır. Çukurova'nın genellikle dolgu zemin oluşu minarelerin uzun periyotları ile üzerinde yer aldıkları zeminin uzun doğal titreşim periyotlarının çakışma olasılığını artırmaktadır. Deprem bölgesi içinde yer alan özellikle taş yığma olarak yapılmış minarelerde çeşitli düzeylerde hasar vardır. Ayrıca minare hasarının görülmediği bölgeler ayrılabilir. Hasarın genel bir dağılımdan sonra değişik yapı türlerinin davranış ve hasarları incelenecektir.

3.3.2. Minare Hasarları

Bölgede taş yığma olarak yapılmış tek ve iki şerefeli pek çok köy kasaba ve kent minaresinde hasar gözlenmiştir. Tip olarak birbirine çok benzeyen bu minarelerin tek şerefeli olanlarının yüksekliği yaklaşık 20-25 metre arasındadır ve 1'nci mod periyotları yaklaşık 0.9-

1.25 saniye olarak alınabilir. Bu oldukça uzun bir periyottur ve yaklaşık 10-12 katlı betonarme yapıların 1'nci mod periyotlarına eşdeğer olarak kabul edilebilir, iki şerefeli olanların yükseklikleri 30-35 metre kadardır ve periyotları 2.0 saniyenin üzerinde olabilir. Minarelerin hasarı depremin merkezinden uzak bölgelerde külahın ucundaki birkaç sıra taşın oynaması ya da düşmesi şeklindedir.

Depremin merkezine daha yakın bölgelerde hasar minarenin yerden yaklaşık 1/3 ile 1/2 yüksekliğindeki bir seviyede değişik düzeylerde çatlama ya da taş düşmesi şeklindedir. Depremin merkezine çok yakın yerlerde örneğin Ceyhan'da ise minarelerde hemen karpuzun üzerinden kırılarak devrilme hasarı gözlenmektedir. Minaresinde hasarı olan fakat kırsal konutlarında hasar olmayan hatta serbest duran bahçe duvarları bile yıkılmamış yerleşimlerde deprem kuvvetli yer hareketinin kısa periyotlu bileşenlerinin genliğinin küçük olduğu sanılmaktadır. Hasarın olmaması yumuşak dolgu zemin üzerindeki kısa periyotlu kırsal yapıları etkileyen kısa periyotlu yer hareketi oluşmamıştır.

3.3.3. Köprü Ve Yol Hasarı

Depremin merkezine çok yakın yerlerde yer alan iki karayolu köprüsünde hasar olmuştur. Bu hasar köprülerin güvenliğini etkilemekten çok bu noktalarda kuvvetli yer hareketinin genliğinin büyük olduğunu göstermektedir.

3.3.3.1. Adana-Gaziantep Yolu Ceyhan Köprüsü

Adana-Gaziantep yolunun üzerinde Ceyhan kentine çok yakın bir yerde Ceyhan Nehri üzerinde yer alan köprüde tabliyelerin uçlarında çarpma hasarları ve Adana'ya gidiş yönündeki tarafta en baştaki ve en sondaki tabliye'de hafif dönme belirtisi görülmektedir. Her iki bölünmüş yolun köprü ayaklarını birbirine bağlayan kirişlerde de hasar olmuştur. Yine bu köprü'nün batı ucundan yaklaşık 1.0 kilometre kadar uzakta yol dolgusunda oturma ve dolgu boyunca yaklaşık doğu-batı yönünde birkaç yüz metre kadar uzanan yola paralel çatlaklar ve yolda oturma belirtisi vardır. Yol dolgusunda bu hasarın olduğu noktanın çok yakınından, yolun güneyinden batı yönünde akan, Ceyhan nehri geçmektedir. Bu noktada Nehir kıyısında bir kum ocağı vardır. Nehrin hemen kenarında sivilaşma sonucu olmuş kum fişkirmaları gözlenmektedir.

3.3.3.2. Adana-Gaziantep Otoyolu Ceyhan Viyadüğü

Bir önceki paragrafta sözü edilen köprünün yaklaşık 5-6 km kadar güney batısında yer alan Otoyol'un Ceyhan Viyadüğünde de tabliyelerin birbirine çarpma ve birbirlerine göre farklı yol eksenine dik titreşimler sonucu olmuş hasar belirtileri vardır. İki ayrı tahliyenin bariyerlerinin birbirlerine çarptıkları yerlerdeki hasarları görülmektedir. Tabliyelerin köprü ve yol eksenine dik yönde yaptıkları titreşimlerin sonucunda iki tabiiye arasındaki derzlerde bindirme yerlerindeki geçişi düzenleyen "dişler birlerinin uçlarını kırmıştır. Bu dişlerin kırılmış parçalarının bulundukları yerden 50 metre kadar uzakta iki giriş ve geliş yolları arasındaki refüş üzerinde bulunmaların bu kırılma işleminin büyük bir şiddet içinde oluştuğunu göstermektedir. Bu viyadüğün ayaklarında herhangi bir hasar gözlenmemiştir.

3.3.3.3. Misis Köprüsü

Karayolları Genel Müdürlüğünün Köprüler tanıtım kitabında öğrenildiğine göre bu köprü MS IV'ncü Yüzyılda yapılmıştır. Toplam uzunluğu 132.70 metre genişliği 6.50 metredir. Dokuz açıklıklı olup en büyük açıklığı 11.00 metre olan taş kemer bir köprüdür. Deprem sırasında köprünün üst yüzeyinde görülen çatlak olmuştur. Bu bölümdeki kemerin altında köprü eksenince uzanan bir çatlak ve açılma olmuş ve kemerin yanı nehrin akış yönüne doğru 5-10 santim kadar açılmıştır. Köprünü tam ortasındaki kemerin üst başında da ayrılma çatlağı belirtisi vardır. Köprünün parapet duvarından bir taşın kırılmış bir parçası görülmektedir

3.3.4. Betonarme Yapılar

Betonarme yapıların hasarı bölümünde özellikle Ceyhan'daki yapıların durumundan söz edilecektir. Ceyhan'da depremde 10 kadar betonarme bina yıkılmıştır. Bunlardan iki tanesi Kentin merkezinde Hükümet Konağının yakınındadır. Diğerleri ise kentin güneyinde demiryolunun güney tarafında kurulmuş yeni mahallelerinde yer almaktadır. Yıkılan yapıların döşemeleri kirişsiz beton blok dolgu dişli döşemedir. Yıkılan yapıların hemen tümü beş ve daha çok katlıdır. Kentin hükümet konağı çevresindeki "eski" mahalleler denilebilecek bölgesindeki 2-3 katlı betonarme, yığma ya da karışık taşıyıcı sistemli evlerinde hasar gözlenmemektedir. Bu bölgedeki beş kata kadar olan betonarme yapılarda taşıyıcı sistem ile

bölme ve dolgu duvarlar arasında kılcal çatlaklar vardır.

Bölgede betonarme yapılarda dolgu duvar malzemesi olarak beton biriket çok yaygındır. Bu tür briketlerin dayanımları genellikle düşüktür. Bu duvarlarda yatay kırılma-ezilme türü hasar olmuş, daha çok pişmiş topraktan yapılmış yatay delikli dolgu tuğla duvarlarda gözlenen X-biçimindeki çatlaklar oluşmamıştır.

Bu bölümde yer alan bazı yüksek yapılarda, SSK Hastanesi lojmanı, Emniyet Müdürlüğü, Telekom Binası yüksek kalkan duvarlarının yıkılması ile çevreye zarar verilmiştir. Yeni yapılmakta olan yaklaşık 4.00 metre kadar kat yüksekliği olan asmolon kat döşemeli yeni Belediye Binasının dış cephedeki bir çerçeve içinde yer almayan duvarlarının önemli bir bölümü yıkılmış ve yola düşmüştür. Özellikle Telekom binasının lojman çıkış kapısı önündeki bir arabanın üzerine düşen kalkan duvar parçaları arabadaki bir çocuğun ölümüne neden olmuştur.

Özel inşaat olarak yapılıp sonradan devletçe satın alınmış Vergi Dairesi Binasının 2nci katındaki bütün kolonlar kırılmıştır. Yan tarafındaki zemin artı bir katlı daha alçak binaların yapının alt katlarındaki hareketini kısıtlayıcı etkisi sonucunda hasar 2. katta olmuştur.

Aynı cadde üzerinde yer alan 1952–54 yıllarında yapılmış Ziraat Bankası binasında bazı kolon uçlarında mafsallaşma olurken dolgu duvar çerçeve arasında ayrışma çatlakları da vardır.

Yıkılan Konut tipi betonarme yapılara iki örnek üzerinde ayrıntılı olarak durulacaktır. Bunlardan biri Cumhuriyet Mahallesiindeki Hasevler Kooperatifi binalarıdır. Üç yıl kadar önce yapılmış olan bu binalar beton briket dolgulu dişli döşemeli zemin artı beş katlı yapılardır. Çoğunlukla zemin katları tümü ile ezilerek belli bir yatay ötelenme olmadan düşey olarak yıkılmışlardır. Bu yıkılma biçimi yapının düşey taşıyıcılarının kesme dayanımının çok zayıf olmasından kaynaklanır.

Bu yapılarda taşıyıcı sistem olarak Hasevler kooperatif inşaatına benzemektedir. Yapının ortasında iki komşu dairenin salonları vardır. Bu bölümde yaklaşık 8-10 metrelik bir açıklıkta dolgulu dişli döşemenin nervürleri ve yatak kirişleri ile çerçeve oluşturulmağa çalışılmış gibi görünmektedir Yapının zemin katının düşey olarak ezilmesi ve yapının çok belirgin bir yanal ötelenme yapmadan yıkılmış olması zemin kat düşey taşıyıcılarının kesme dayanımlarının yetersiz olduğu izlenimini vermektedir. Dişli döşemeli bir yapının çok büyük yatay ötelenmeler yaparak kat döşemeleri birbiri üstüne metrelerce kaymış bir biçimde ötelenerek yıkılması daha çok beklenen bir yıkılma biçimidir. Bu siteyi oluşturan bir başka bloğun zemin katındaki kolondaki kesme kırılması verilmektedir. Kısa kenar doğrultusuna paralel oluşan çatlağı kesen tek etriye yetersiz kalmış ve kesme kırılmasından sonra basınç

kırılması olmuştur. Yıkılmayı önlemeye yandaki kepenkin çelik çerçevesi ve üst sırasının ezilmesi ile düşey yük aldığı anlaşılan briket duvarın da katkısı olmuş olabilir.

Kısa kolon kırılması Ceyhan Un Fabrikasının zemin katında perde duvarın kolona dönüştüğü ve bant pencerelerin olduğu yerlerde görülmektedir.

Kesme kırılması olan kolon örnekleri bulunmaktadır. Kesme kırılması betonun basınç dayanımının proje dayanımından düşük olması ve etriye aralığının çok olması ve yapıda burulma etkilerin yarattığı ek kesme gerilmelerinden olabilir. Bindirme bölgesinde kolon boyuna donatı ucunun betonu çatlatması görülmektedir.

3.3.5. Prefabrike Yapılar

27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depreminin önemli bir özelliği de depremin şiddetli olduğu bölgede çok sayıda prefabrik yapı bulunması ve bazı tip prefabrike yapılarda (Kompresör Fabrikası Adana Organize Sanayi Bölgesi) prefabrike yapıların adını karalayacak düzeyde hasar olmasıdır. Özellikle Misis Kasabası'na çok yakın bir bölgede yer alan Adana Organize Sanayi Bölgesinde önemli sayıda fabrika yapısında ağır hasar ve yıkım olmuştur. Yine aynı prefabrike sistemle yapılmış Ceyhan yakınında bir fabrikada (Coşkunlar Ltd.) inşa halinde bir prefabrike çerçevenin bütün kiriş ve aşıkları kolonlardan düşerek yıkılmıştır. Bu prefabrike yapı sisteminin önce ayrıntılarını tanıtmak gerekmektedir.

Özellikle fabrikaların gerektirdiği geniş açıklıklı, 10–15 metre ve daha büyük ve yüksek, 4.0 metreden daha yüksek, imalat ve depo hacimlerinin prefabrik betonarme çerçevelerden yapılması son 20–25 yılda ülkemizde büyük ölçüde yayılmıştır. Bu gün prefabrike yapı üreten firmaların bina üretimlerinin büyük bir bölümü sanayi kuruluşlarının depo ya da üretim hattı için tek katlı kapalı alan üretimini kapsamaktadır. Bu amaçla üretilen prefabrike sistemler sandık temel, kolon ve kiriş elemanlarından oluşmaktadır. Sandık temellere oturan kolonlar ile kirişler değişik biçimlerde birbirine bağlanmaktadır. Bu depremde hasar gören prefabrike çerçeve sisteminde kolon ve kiriş elemanları ve bağlantı detayları aşağıdaki gibidir:

Sandık temele oturan kolonlar 35x70 cm en kesitindedir. Yaklaşık 10.00 metre açıklıktaki kirişler kolonların tepesindeki 25 cm derinlikte ve 35 cm genişlikte bir gusseye oturmaktadır. Bu gusseden çıkan (j) 12 ya da fy 20 mm çapında iki kama demiri çatı kirişinin uçlarındaki iki delikten geçmektedir. Donatıların boyları kirişteki deliğin dışına çıkacak kadar uzun değildir. Bu delik daha sonra betonlanmaktadır.

Uzun yönde yaklaşık 7.50 metre aralıklarla oluşturulan çerçevenin zemine bağlantısı "ankastre" bağlantı olarak kabul edilebilir. Kirişin kolona bağlandığı yer ise "mafsallı" bir bağlantıdır. Çatı kirişleri birbirlerine aşıklerle bağlanmaktadır. Aşıkların uçlarındaki delikler kirişlerin üzerinde bırakılmış filizlere takılmaktadır. Aşıkların uçlarındaki delikler daha sonra betonlanmaktadır. Ancak kiriş üzerindeki filizlerin serbest boyu 5-6 cm, aşıllardaki deliklerin derinliği ise 12 cm'dir. Bu bağlantının kirişlere yeterli yanal destek sağlamadığı gibi bütün kirişlerin devrilmesinden anlaşılmaktadır. Bütün kirişler oturdukları mesnetlerinden dönerek ve uçlarındaki deliklerin içden geçen filiz demirlerini bükerek devrilmişler ve bu arada biraz altlarında yer alan kren kirişlerin çıkıntılarını kırarak devrilip yere düşmüşlerdir.

Hasar gören prefabrike yapılardan genellikle kirişleri yaklaşık Doğu-Batı yönünde uzanan prefabrik yapılarda kirişler güney yönünde yıkılmıştır. Kirişleri kuzey-güney uzanan prefabrike yapılarda ise hasar kirişlerin uçlarında kolonlara bağlantı deliklerinin bulunduğu yerlerde düşey çatlaklar biçiminde olmuş, bu yapıların bazılarında da kirişler çerçeve yönünde mesnetlerinden koparak devrilmişlerdir. Kirişleri birbirlerine aşıklerle bağlı ve üstleri çatı kaplama malzemeleri örtülmüş olanların bazılarında, saç örtülerinde yer yer yerel buruşmalar gözlenmiştir. Bu durum çatı örtüsünün çatı kirişlerini birbirine bağladığı ve kirişlerin yanal devrilmesine karşı destek verdiği izlenimini vermektedir.

Adana Organize Sanayi Bölgesinde bir ilaç firmasına (Rhone-Poulenc) ait depolama ve paketleme tesisinin dış duvarları üst başlarından ayrılmıştır. Taşıyıcı sistemi prefabrike çerçeve olan yapının dış cephesi 8.0-8.5 metre yüksekliğinde tuğla duvar ile kaplanmıştır. Dış duvarı oluşturan 13.5 santim genişliğinde asmolen dolgu tuğlası ile taşıyıcı çerçeve arasında yalıtım için stropor levhaları vardır. Yapının çatısında Doğu-Batı yönünde uzanan yaklaşık 1.00 metre yüksekliğindeki kalkan duvarları yıkılırken dış duvarlardan da bir bölüm yıkılmış ve köşelerde duvarlar birbirlerinden ayrılmıştır.

3.3.5. Su Kuleleri

Bölgede çok sayıda ayaklı su kulesi bulunmaktadır. Bunların çoğunda birinci ve bir üst katlarda kolon kiriş birleşim yerlerinde Geçitli'deki ayaklı su kulesinde görülen türden hasar olmuştur: Mercimek köyünde 1976 yapımı ayaklı su kulesinde, Herekli Köyü Su Kulesinde, gibi. Hemen her ayaklı su kulesinde görülen bu durum kat düzeyinde kiriş kolon birleşim yerinde etriye olmamasından kaynaklanmakta, kolon boyuna donatıları dışarı doğru burkularken kolon kabuk betonunu kırmaktadır. Bölge iller Bankası, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve diğer başka kuruluşlarca yapılmış ayaklı su kulelerinin ayrıntılı olarak incelenip güçlendirilmesi gerekmektedir.

4. BETONARME YAPI ELEMANLARININ DEPREM DAVRANIŞI

4.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemler

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te (ABYYHY); yerinde dökme (monolitik) betonarme yapıların taşıyıcı sistemi aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- a) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar
- b) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar
- c) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar
- d) Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya boşluklu perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar (karma sistemler)

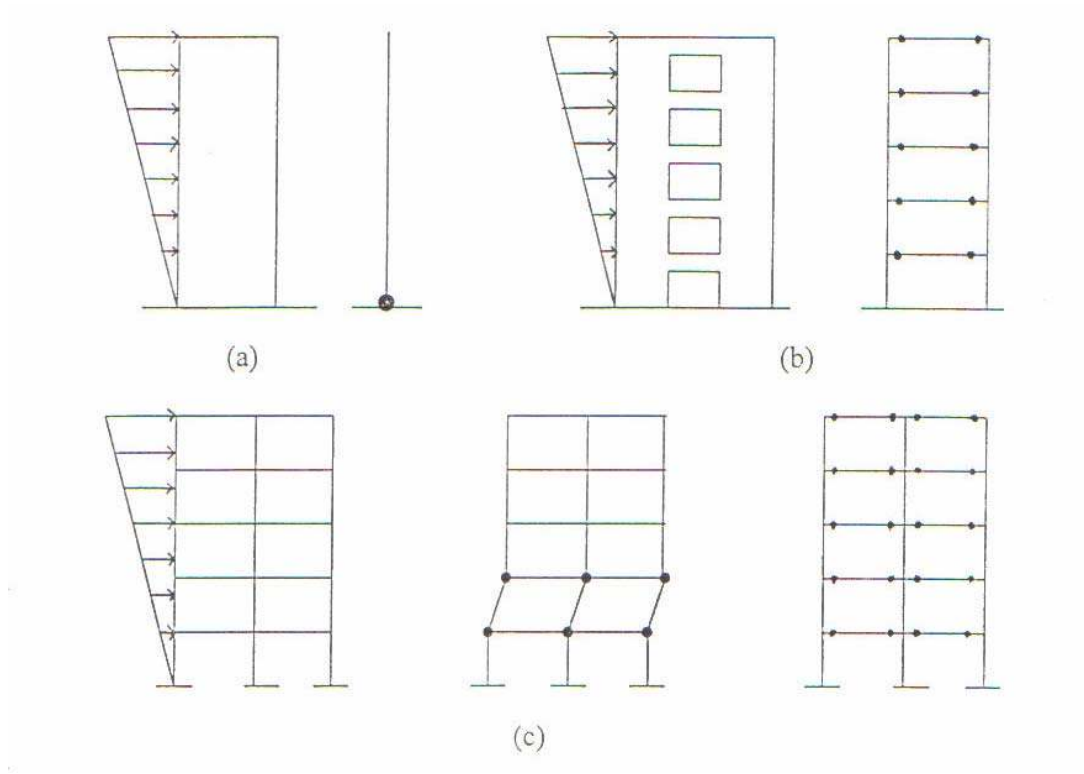
Bunlara ek olarak, yüksek yapılarda yaygın olarak kullanılan "Tüp Sistemler" de vardır.

ABYYHY 'de yükleri azaltan "Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R" her sistem için ayrı ayrı verilmiştir. Çerçeve için $R=8,0$ alınırken, tüm deprem yüklerinin boşluksuz perdelerle taşındığı durumlarda $R=6,0$ kullanılması öngörülmektedir. Perde boşluklu olduğunda, davranış katsayısı 6,0'dan 7,0'a yükseltilmektedir.

Bu sistemler için neden değişik davranış katsayıları öngörüldüğü Şekil 4.1.'den anlaşılabilir. Şekil 4.1.a.'da gösterildiği gibi, deliksiz perde duvarlar göçme konumuna tabanda oluşan plastik mafsalla oluşur. Bu durumda tüm enerjinin tek bir mafsalda tüketilmesi gerekmektedir.

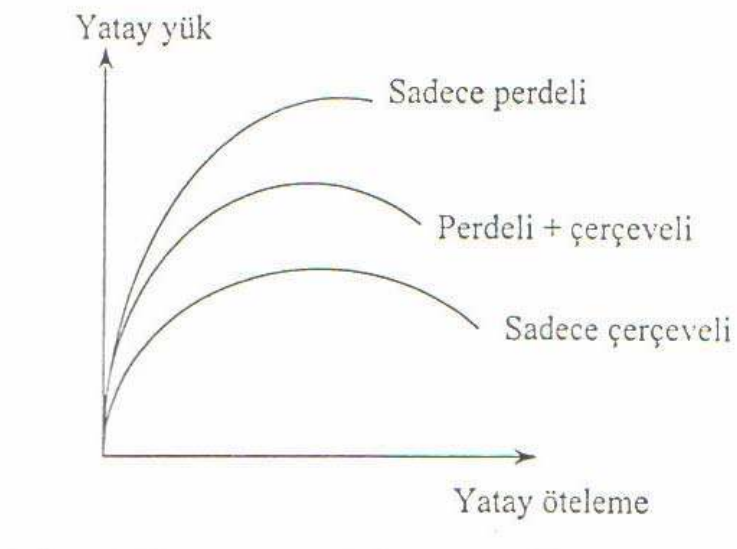
Şekil 4.1.b.'deki delikli perdede mafsallar bağ kirişlerinin uçlarında da 'oluştduğundan enerji tüketimi tek plastik mafsalda olmamaktadır. Bu nedenle $R=7,0$ 'dir.

Çerçevesiz taşıyıcı sistemler göçme konumuna Şekil 4.1.c.'de gösterildiği gibi değişik mekanizmalarla ulaşabilir. Kiriş kolondan sünek olduğundan sağda gösterilen kiriş mekanizması tercih edilmelidir. Enerji birçok noktada tüketildiğinden bu tür sistem için yönetmelikte $R=8,0$ verilmiştir.



Şekil 4.1. Perde ve Çerçeve Sistemlerde Plastik Mafsal Oluşumu

Şekil 4.2 ‘ çerçeve veya perdeli taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki yatay yükler altındaki yatay ötelenmelerindeki farklılıklar gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Taşıyıcı Sistemlerin Yatay Yükler Altındaki Davranışı

5.YAPININ DEPREM DAYANIMIM İÇİN SAĞLAMASI GEREKEN KOŞULLAR

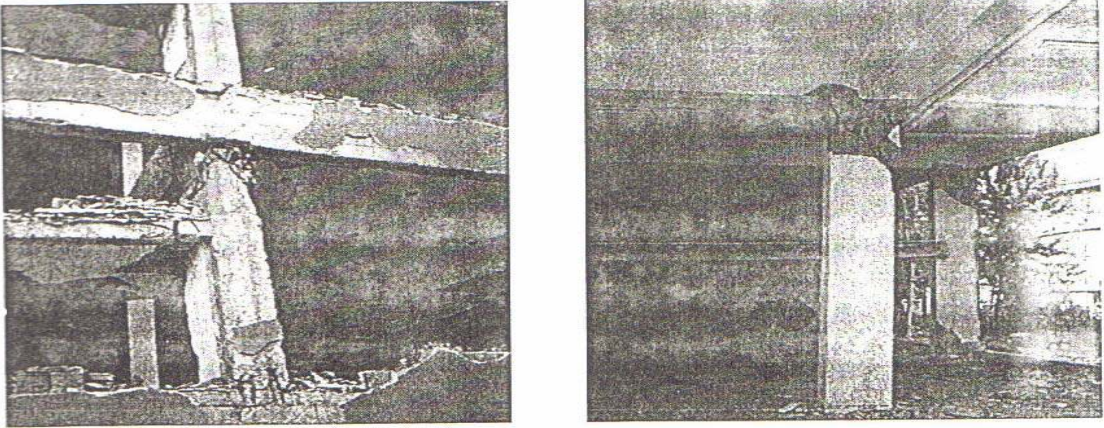
Depremi yapıya etkisi düşey yük etkisinden daha değişiktir. Deprem dinamik bir olaydır ve depremin yapıya etkisi yer hareketinin özellikleri yanında dinamik özelliklerine bağlıdır (rijitlik, periyot, sönüm vb.). Yapının özelliklerini belirleyen rijitlik, bilindiği gibi malzemenin gerilme - deformasyon yanında, eylemsizlik momentine bağlıdır. Betonarme gibi, çatlayan, doğrusal elastik olmayan bir malzemeden yapılmış elemanların rijitliğini doğru olarak kestirebilmek oldukça zordur ve sağlam bir davranış bilgisini gerektirir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımındaki temel varsayımlardan biri, yapının ender oluşan şiddetli bir deprem altında elastik sınırlar içinde kalmayacağı, çeşitli donatısının akması ile plastik mafsallar oluşacağıdır. Bu tür depremde önemli olan insan hayatının korunması olduğundan, yapının ayakta kalması önemlidir. Yapısal hasarın oluşması doğaldır. Bu hasarında onarılabilecek düzeyde kalması elbette edilir. Yapının bu konumda ayakta kalabilmesi yeterli enerji tüketebilmesi ile mümkündür. Enerji tüketimi en fazla büyük dönmelerin olduğu plastik mafsallarda oluşur. Depreme dayanıklı yapı tasarımı yapılırken bu husus unutulmamalıdır.

27 Haziran 1998 Ceyhan Depreminde, Adana bölgesinde sistemlerin taşıyıcı sistemlerin düğüm noktalarında meydana gelen plastik mafsallaşmadan dolayı birçok binada yıkılmalar meydana gelmiştir. Düğüm noktalarında plastik mafsal oluşan iki ayrı binaya ait fotoğraflar Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında sağlanması gereken üç koşul vardır.

- a) Dayanım
- b) Süneklik
- c) Sınırlı yanal ötelenme (rijitlik)



Şekil 5.1. Düğüm Noktalarında Plastik Mafsal Oluşan Binalar

5.1. Dayanım

Bilindiği gibi yönetmeliklerden elde edilen yatay yükler yapıya etkimesi beklenen yüklerden çok küçüktür. Yapının sünek davranacağı varsayımı ile gerçek yükler, davranış katsayısı olan R' ye bölünerek büyük oranda azaltılmaktadır. Bu nedenle, yönetmelik yüklerini kullanarak yapılan hesap sonucu elemanlarda hesaplanan iç kuvvetlere bakarak elamanın elastik kalıp kalmadığını kestirmek son derece yanlıştır.

Gerçekçi yaklaşım, hesaplanan iç kuvvetleri bir yana bırakarak, kritik noktalarda donatının aktığını ve bu noktalarda kesitin moment kapasitesine ulaştığını varsaymaktır. Bu ilkeye göre kiriş ve kolon uçlarında plastik mafsall oluştuğu varsayılmıştır.

Betonarmede kesme kırılması eğilmeye oranla çok daha gevrek bir kırılma türü olduğundan, depremde kesme kırılmasının kesinlikle önlenmesi gerekir. Yapıya uzun bir süre içinde etkiyecek depremin yapıda oluşturacağı kuvvetleri gerçekçi olarak kestirmek mümkün olmadığından, yönetmelikte verilen deprem kuvvetine göre yapılan hesaplara dayanarak kesme kırılması olup olmayacağını gerçekçi olarak saptamak mümkün değildir. Yapıya etkiyecek gerçek kuvvetler kestirmenin mümkün olmamasına karşın, eleman kapasitesinin yükten bağımsız olarak hesaplanması mümkündür. Bu durumda kiriş ve kolonun uçlarında mafsall oluştuğu varsayımı ile hesaplanacak moment kapasiteleri temel alınarak kesme kuvveti hesaplanabilir. Kesme hesabında bu kuvvet esas alındığında, artık elemanın kırılması mümkün değildir.

5.2. Süneklik

Yapıda büyük hasarların ve tümenden göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yer değiştirmelerde de devam ettirebilmesi ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının veya kullanılan malzemelerin elastik ötesi davranışta da, şekil ve yer değiştirmeler artarken, dayanımının önemli bir kısmını sündürme özelliği süneklik olarak isimlendirilir. Sünek kavramı aynı zamanda büyük şekil ve yer değiştirme yapabilme, tekrarlı yüklemede enerji söndürebilme özelliğini de içerir.

Depremde en büyük hasar nedeni sünekliğin sağlanamaması olarak gözlenmiştir. Taşıyıcı sistemin sünek davranış göstermesi için kullanılan malzemeler sünek olmalıdır. Donatının kopma gerilmesinin öngörülen değeri sağlaması yanında kopma uzamasının da yönetmelikte verilen sınırın altına düşmemesi gerekir. Bunun yanında donatının basınç gerilmeleri altında da sünek davranış gösterebilmesi için burkulmaya karşı korunmuş olması

önemlidir. Betonarme elemanların eğilme momenti altında donatının akma gerilmesine erişmesi sonucu meydana gelen güç tükenmesi sünektir. Buna karşılık kesme kuvveti altında eğik çekme gerilmeleri veya eğik basınç gerilmelerinin betonda oluşturduğu güç tükenmesi gevrek olarak meydana gelir.

Yapılar ilgili yönetmelikte Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler ve Süneklik Düzeyi Normal Sistemler olarak iki guruba ayrılmıştır. Süneklik Düzeyi Yüksek olan sistemlerde, oluşturulan yüksek süneklikten dolayı elastik deprem yüklerinin daha büyük bir katsayı ile azaltılması öngörülmüştür. Bir sistemin süneklik düzeyinin yüksek olabilmesi için özellikle aşağıdaki hususların sağlanması gerekir:

- Kiriş ve kolonlarda sık etriye düzeni kullanılarak, betonun hem dayanımı ve hem de sünekliği artırılmalıdır. Örneğin depremde en çok zorlanması beklenen kolon-kiriş birleşim bölgelerine yakın kiriş ve kolon kesitlerinde etriye sıklaştırılmasının yapılması gibi.

- Betonarme elemanlarda sünek güç tükenmesini, gevrek olandan daha önce ortaya çıkması sağlanmalıdır. Örneğin, kiriş ve kolon gibi elemanlarda ve birleşim bölgelerinde gevrek güç tükenmesi ortaya çıkaran kesme kuvveti kapasitesinin, sünek güç tükenmesi ortaya çıkaran eğilme momenti kapasitesinden daha yüksek tutulması gibi.

5.3. Sınırlı Yanal Ötelenme

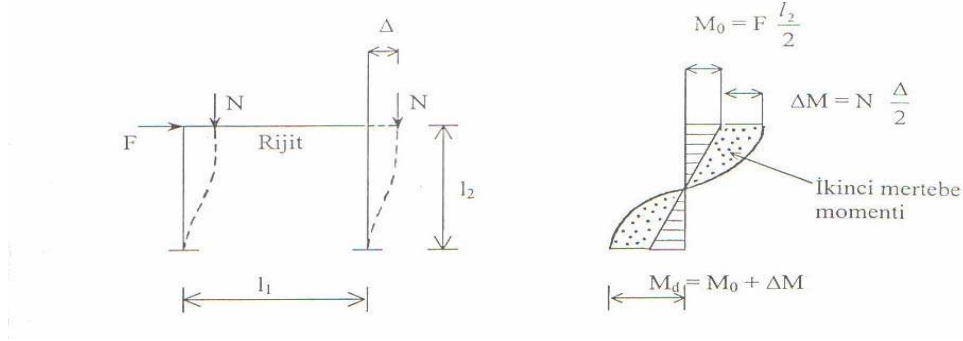
Depremde katlar arası ardışık yer değiştirme büyük olduğu takdirde Şekil 5.3'de gösterildiği gibi hem $N_d(\delta)$ ile oluşacak ikinci mertebe momentleri artacak, hem de yapısal olmayan hasarın maliyeti çok artacaktır. Yapılan hesaplar ve deneyler katlar arası ardışık yer değiştirmenin 0.01'i geçmemesi gerektiğini göstermektedir. Doğrusal analiz yapıldığında ve yönetmeliğin öngördüğü yükler kullanıldığında, katlar arası ardışık yer değiştirmesi aşağıdaki sınırları aşmamalıdır.

$$\delta_i \leq 0.0035h_i \quad (5.1)$$

$$\delta_i \leq 0.02h_i / R$$

(5.2)

Sınırlı yanal ötelenmenin çok önemli olduğu özellikle son 10 yılda yapılan gözlemler ve deneylerle kanıtlanmıştır. Bu nedenle tasarımda, özellikle düşey taşıyıcıların boyutlarında cömert davranılması gerekmektedir. Başka deyişle yapının yanal rijitliğinin yüksek tutulması gerekmektedir.



Şekil 5.3. Depremde Katlar Arası Ardışık Yer Değiştirme ve İkinci Mertebe Momentler

5.4. Betonarme Davranışı

Betonarme homojen olmayan ve davranışı doğrusal elastik olmayan bir yapı malzemesidir. Davranışın zamana ve yük geçmişine de bağlı olması sorunu daha da karmaşık bir duruma sokar ve ideal malzeme varsayımı ile geliştirilen hesap yöntemlerini geçersiz kılar.

5.4.1. Kiriş Davranışı

Eğilme altındaki kiriş davranışında donatının önemi büyüktür. Yönetmelikte donatı oranı sınırlanarak kirişin sünek davranması sağlanmıştır. "Denge altı" olarak adlandırılan bu kirişin davranışına donatı hakimdir. Eğilme çatlaması düşük yükler altında oluşur ve kirişin eğilme rijitliğini %30 oranında azaltır. Betonarmede çatlaklar asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur, bu nedenle kesmenin büyük olmadığı yörelerde eğilme çatlakları eksene diktir ve çatlak genişliği çekme bölgesinden basınç bölgesine doğru azalır. Donatı çatlamayı önleyemez. Yeterli ve iyi yerleştirilmiş donatı genişliğinin kabul edilebilir düzeyde kalmasını sağlar.

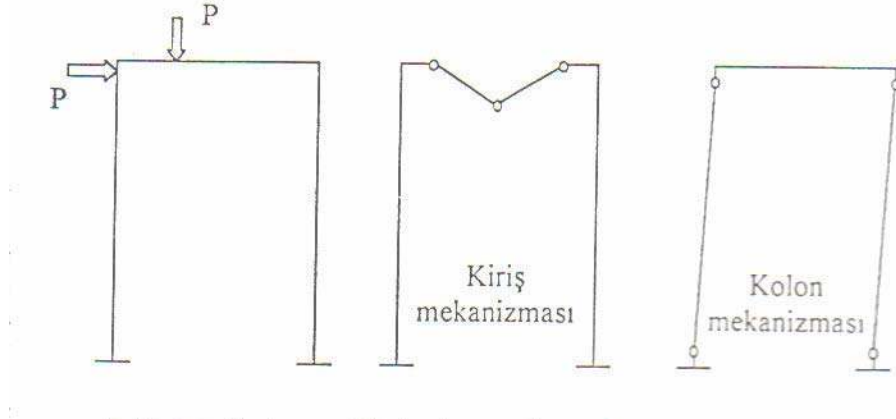
Herhangi bir kiriş eğilme altında taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşır. Yönetmeliğin öngördüğü denge altı kirişlerde beton ezilme konumuna ulaşmadan çok önce donatı akmıştır. Donatının daha önce akması, kirişin sünek davranmasını sağlar.

Donatı aktıktan sonra birim eğrilik, dolayısıyla sehim sabit varsayılabilir bir moment altında hızla artar. Bu davranış "plastik mafsal" olarak adlandırılır. Plastik mafsalın klasik mafsaldan tek farkı, serbest dönmenin sabit bir moment altında olmasıdır. Plastik mafsallaşma, yani sabit moment altında birim dönmenin hızla artması moment uyumuna yol açar, diğer bir kesitte moment artarken mafsallaşan kesitte sabit kalır. Çerçeve göçme konumuna üç mafsal oluştuktan sonra ulaşır (Şekil 5.4.). Göçme durumuna geldiğinde oluşacak moment diyagramı doğrusal çözümlemeden elde edilecek diyagramdan çok farklı olabilir. Kirişin herhangi bir

kesitindeki taşıma gücü momenti basit olarak aşağıdaki denklemle gösterilebilir.

$$M_u = A_s f_y d \quad (5.4)$$

Kirişin herhangi bir kesit için f_y ve d sabit olduğundan ve j' deki değişim çok az olduğundan, taşıma gücü momentinin A_s ile orantılı olduğu söylenebilir.



Şekil 5.4. Kolon ve Kirişlerde Plastik Mafsal Oluşum Mekanizmaları

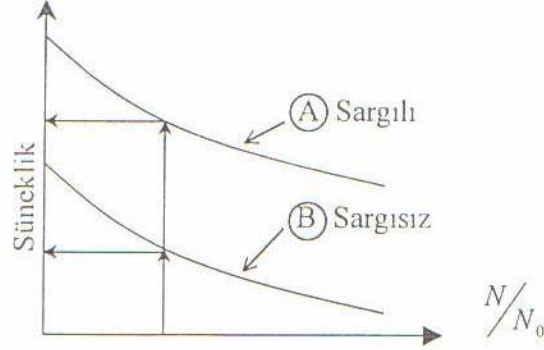
Betonarme bir kirişin eğilme yerine kesmeden kırılması gevrek bir kırılmaya yol açar. Eğilme yanında kesmenin önemli olduğu durumlarda asal çekme gerilmeleri eğik yönde oluşacağından, kesme çatlakları kiriş eksenine yaklaşık 45° bir açıda oluşur.

Kiriş hesabı yapılırken kesme kırılmasının önlenmesi için, kesme kapasitesinin eğilmeden fazla olması gerekir. Bu da yeterli etriye bulundurmakla sağlanır. Kirişlere konacak iyi detaylandırılmış kapalı etriyeler kesme kapasitesini artırdığı gibi, eğilmede akma sonrası sünekliği de önemli ölçüde artırır.

5.4.2. Kolon Davranışı

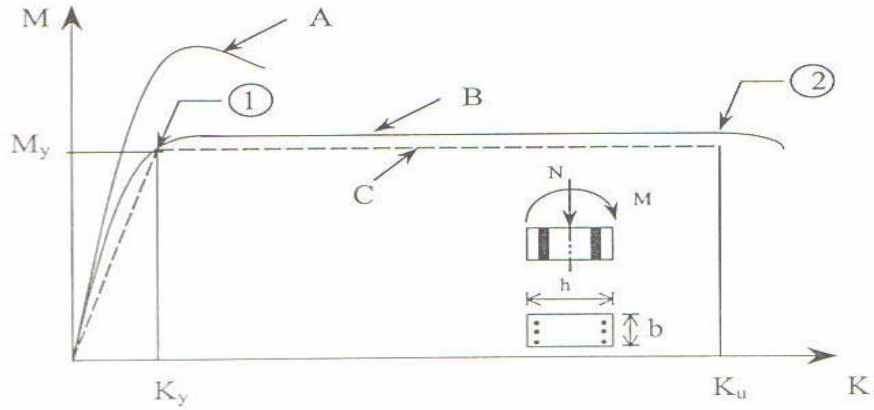
Eğilme ve eksenel basınç altındaki bir eleman kırılma konumuna iki biçimde ulaşabilir. Eğer eksenel yük düzeyi düşükse, kırılma biçimi denge altı kirişe benzer, başka bir deyişle önce çekme donatısı akar, sonra basınç bölgesindeki beton ezilir. Davranış oldukça sünektir ve bu süneklik eksenel yük düzeyi arttıkça azalır. Büyük eksenel yükler altında kırılma, çekme donatısı akmadan basınç bölgesindeki betonun ezilmesiyle oluşur. Bu tür kırılmada süneklik yoktur. Özetlemek gerekirse kolonlarda süneklik eksenel yük düzeyine bağlıdır. Kolonun eksenel yük kapasitesi N_0 olarak tanımlanırsa, sünekliğin N/N_0 oranı arttıkça azaldığı söylenebilir. Bu azalma Şekil 5.4.a 'daki (a) eğrisi ile gösterilmiştir. Kolonun sünekliğini

arttırmanın bir yolu, N/N_0 oranı düşük tutmaktır. Bu da kesit boyutlarını arttırarak sağlanabilir. Kolon sünekliği sargı donatısı ile de arttırılabilir. Bu artışın ne denli olabileceği Şekil 5.4.a.'daki (b) eğrisinden izlenebilir.



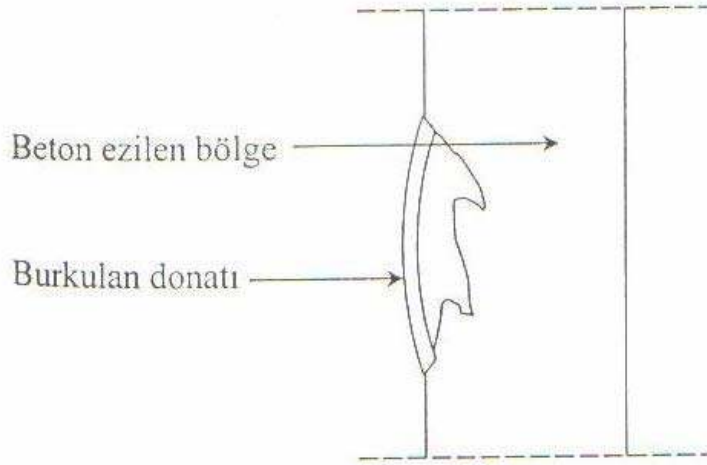
Şekil 5.4.a. Süneklik – Eksenel Yük Düzeyi İlişkisi

Bileşik eğilme altındaki bir kesitin moment - eğrilik ilişkisi, kesitteki eksenel yük düzeyine göre değişir. Şekil 5.5.' de bileşik eğilme altındaki bir kesitin, yüksek ve çok düşük düzeyde eksenel yükler altındaki moment - eğrilik ilişkileri gösterilmiştir. Şekildeki (a) eğrisi, eksenel yükün büyük, (b) eğrisi ise eksenel yükün çok düşük düzeyde olduğu durumlar için geçerlidir. Moment - eğrilik eğrisi altında kalan alan, kesitin enerji yutma kapasitesini gösterir. Bu durumda, sünek davranışı simgeleyen (b) eğrisi ile tüketilen enerjinin, gevrek davranışı simgeleyen (a) eğrisinden çok daha büyük olduğu açıktır. Bu nedenle, deprem gibi enerji yutma kapasitesinin çok önemli olduğu yerlerde, eksenel yükü düşük tutmak yararlıdır.



Şekil 5.5. Moment – Eğrilik İlişkisi

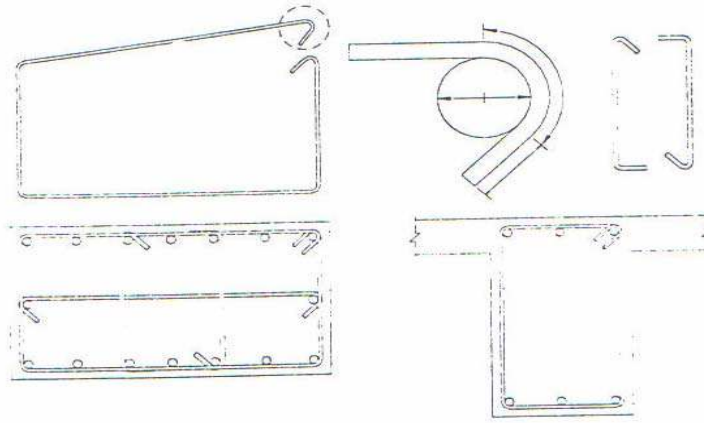
Kolonun taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşacağı daha önce söylenmişti. Betonun ezilmesi ile tüm basınç almak zorunda kalan boyuna donatı bu konumda burkulur (Şekil 5.6.). Burkulma, sık yerleştirilmiş sargı donatısı ile geciktirilebilir.



Şekil 5.6. Kolonda Betonun Ezilmesi ile Donatının Burkulması

Kolonlar özellikle yanal yükler altında büyük kesme kuvveti alabilirler. Bu tür kolonların kesmeden kırılması mutlaka önlenmelidir. Bu yeterli ve iyi düzenlenmiş kesme donatısı (ettriye) ile sağlanır.

Kolon etriyesinin sargı olarak etkili olabilmesi için etriye uçlarının Şekil 5.7.'da gösterildiği gibi göbeğe bükülerek kenetlenmesi gerekir. Etriye kenetlenmesi 90° yapıldığı takdirde basınç altında uçlar açılacak ve etkili bir sargı sağlanamayacaktır.



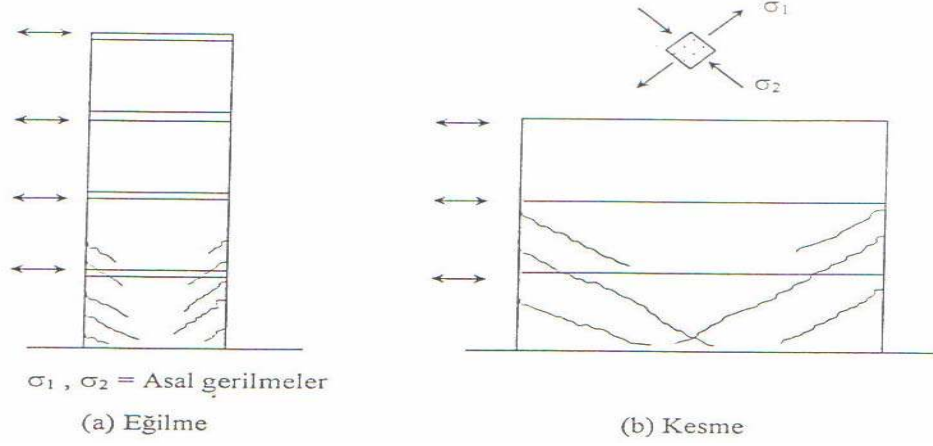
Şekil 5.7. Etriye Sarılması

5.4.3. Perde Davranışı

Perde kırılma konumuna kesme veya eğilme nedeni ile ulaşabilir. Eğilme 'kırılmasına Şekil 5.8.a.'da gösterildiği gibi oluşan eğilme çatlağı boyunca donatının

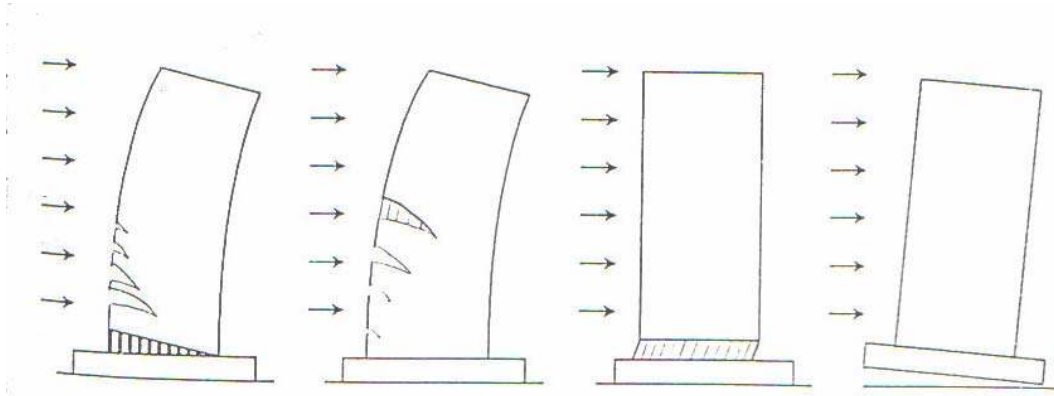
akması ile ulaşılır. Kesmenin davranışına hakim olduğu durumlarda asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşan eğik çatlaklar kırılmaya neden olur (Şekil 5.8.b.)

Asal basınç gerilmelerinin yüksek olduğu durumlarda perde gövdesine eğik yönde ezilme olur ve donatı burkudur.

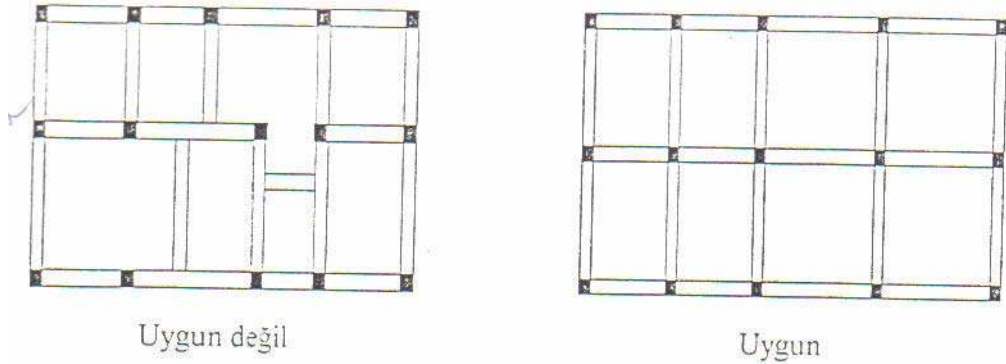


Şekil 5.8. Perde Davranışı

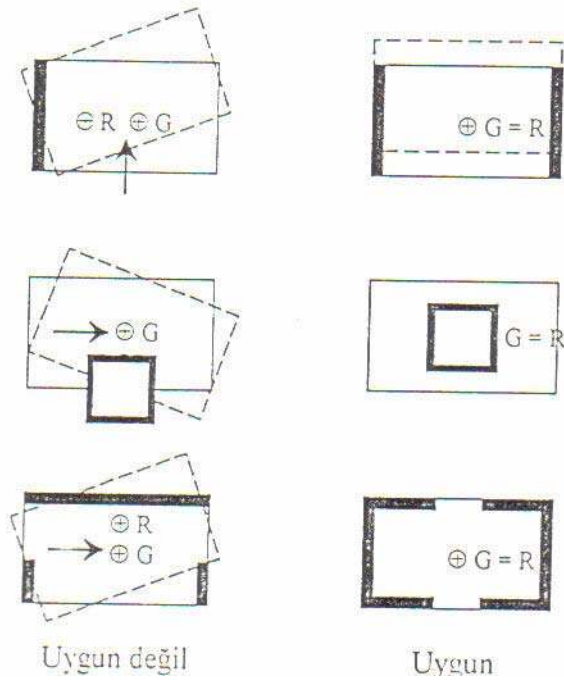
Konsol perdelerin göçme biçimleri Şekil 5.9.'da gösterilmiştir. Bunlardan ilki, perdenin en büyük moment kısmında elastik ötesi şekil değiştirmeler artarak kesit göçmesinin oluşmasını göstermektedir. Sünek türde olan bu göçmenin dışındaki, eğik çekme gerilmelerin etkisiyle göçme, iş derzinde toptan kayma göçmesi veya donatı bindirme eklerinin ve kenetlenme boylarının çözülmesinden oluşan göçme gevrek olduğundan önlenmelidir. Bunlar gibi temelde eğilme momentinin karşılanamaması nedeniyle oluşan devrilme göçmesi de, ani olarak ortaya çıkar türdendir.



Şekil 5.9. Perde Göçme Biçimleri



Şekil 5.10 Mimari Nedenle Çerçeve Süreksizlik



Şekil 5.11. Perde Göçme Biçimleri

Ülkemizde rastlanan en yaygın hasar, yumuşak veya zayıf kattan kaynaklanmaktadır. Deprem Yönetmeliğine göre, herhangi bir hattaki etkili kesme alanının bir üsttekine oranı 0.8'den az ise, zayıf kat oluşur. Yumuşak kat ise bir katın diğerlerine göre daha az rijit olmasından kaynaklanır. Konut olarak kullanılan binaların zemin katlarının ticari amaçlı kullanılmak istenmesi nedeni ile bu katlardaki dolgu duvarlarının kaldırılması ve kat yüksekliğinin diğer katlara oranla daha fazla olması yumuşak kat ya da tehlikeli kat sorununu gündeme getirmektedir. Taşıyıcı sistem hesaplarında dolgu duvarların rijitliğin katkısı ihmal

edilmektedir. Bu nedenle deprem sırasında dolgu duvarları takviye güç olarak devreye

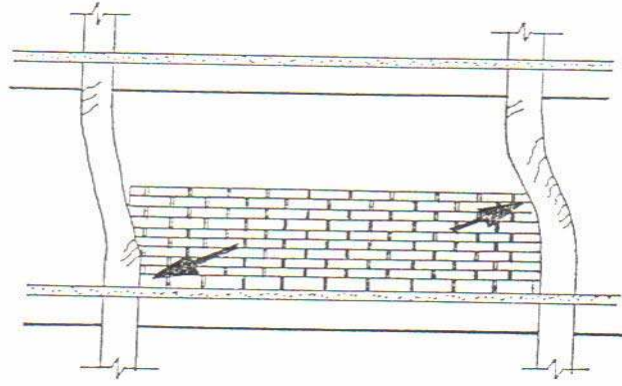
girmektedir. Ancak ihmal edilen bu rijitlik yumuşak kat durumunda yapının depreme karşı olan davranışını negatif yönde etkilemektedir. Deprem sırasında üst katlar rijit cisim hareketi yapmakta, zemin kat ise oluşan büyük kesme kuvvetlerini karşılayamamakta ve göçme meydana gelmektedir. Ayrıca bu durum ani rijitlik değişiminin olduğu katlarda da zayıf kat olarak karşımıza çıkmaktadır. Yumuşak kat probleminden kurtulmanın en iyi yolu bu uygulamayı yapmamaktır. Çok zorunlu hallerde bir takım güçlendirme düzenlemeleri ile bu problem en aza indirgenebilir.

27 Haziran 1998’de yaşanan deprem sonrasında bölgede yumuşak veya zayıf kattan dolayı hasara uğramış birçok bina bulunmaktadır. Şekil 5.12.’de yumuşak kattan dolayı hasar görmüş bir binanın fotoğrafı gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Yumuşak Kattan Dolayı Hasar Uğramış Bina

Diğer bir sistem zayıflığı da kısa kolondur. Cephe düzenlemelerinde band pencere uygulaması sık olarak kullanılmaktadır. Bir kolondan diğer bir kolona kadar oluşturulan band pencere düzenlemesi nedeni ile kolon boyları taşıyıcı sistem hesaplarında dikkate alınan boya göre oldukça kısa olmaktadır. Bu nedenle kolonun öngörülen rijitlik değerinden çok daha yüksek rijitlikler ile karşılaşmaktadır. İç kuvvetlerin dağılımında önemli olan bu yüksek rijitlik nedeniyle kolonda aşırı kesme kuvvetleri oluşmakta ve kolonda onarımı mümkün olmayan hasarlar meydana gelmektedir. (Şekil 5. 13.)



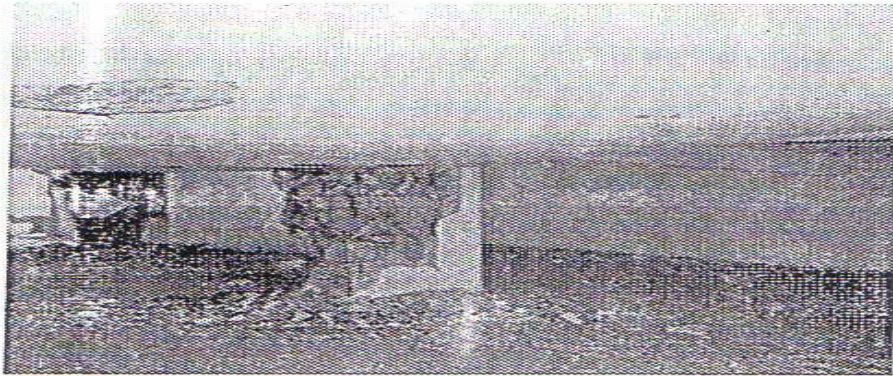
Şekil 5.13. Kısa Kolon

Herhangi bir kolon deprem etkileri altında her iki ucunda da taşıma gücüne erişebilir. Bu durumda uçlardaki moment kapasiteleri M_{pi} ve M_{pj} olursa, kolonu zorlayan kesme kuvveti aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$V = \frac{M_{pi} + M_{pj}}{I_n} \quad (6.1)$$

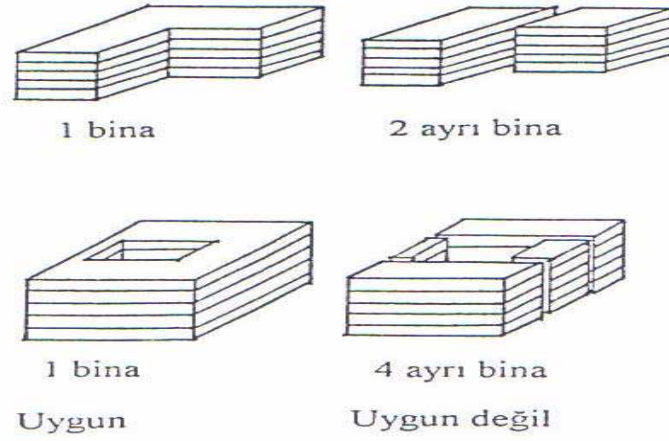
Kolonun kesit boyutları ve donatısı sabit tutulursa M_{pi} ve M_{pj} sabit kalır. Bu kolonun boyu üçte birine indirilirse, Denklem (6.1.)'den elde edilen kesme kuvveti üç katına çıkar. Kısa kolon sorunu, boy kısalması ile aşırı büyüyen kesme kuvvetidir. Çok kısa kolonlarda, sık etriye yerleştirilirse bile oluşan kesme kuvvetini karşılamak mümkün değildir.

Kısa kolon uygulamasının ülkemizde çok sık rastlanılmamasını bir avantaj değerlendirebiliriz. Ancak deprem bölgesinde az da olsa bulunan bu tür yapılarda, kısa kolondan dolayı oluşan hasarlar oluşmuştur. Kısa kolon hasarını gösteren bir örnek, Şekil 5.14.'de gösterilmiştir.



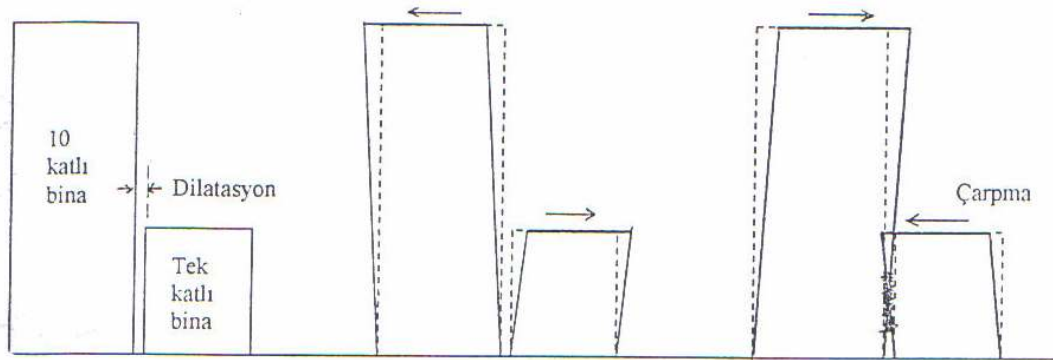
Şekil 5.14. Kısa Kolon Hasarı

Diğer bir olumsuz durum ise planda düzensiz binalardır. Planda L, T, H, vb. şeklindeki binalar taşıyıcı sistemi düzensiz bir sınıfa girmektedir. Bu tür binalar derzler düzenlemek sureti ile dikdörtgen şekilli bloklara ayrılmalıdır. (Şekil 5.15.) Plan şekilleri mümkün olduğunca simetrik olarak düzenlenmelidir.



Şekil 5.15. Planda Düzensiz Binalar

Her yapının bir salınım periyodu vardır. Bunun için yapılar deprem sırasında aynı yönde salınım göstermedikleri zaman birbirleriyle çarpışarak yapının hasar görmesine sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı ABYYHY’de bina blokları arasındaki derz boşluğu ile ilgili maddeler verilmiştir.



Şekil 5.16. Deprem Derzleri Yetersiz Binanın Çarpışması

Derz ile ayrılmamış bir binada meydana gelen hasarlar yukarıda yer alan Şekil 5.16.’da gösterilmiştir. Binanın birinde oluşan hasar derz ile ayrılmayan ikinci kısımda devam etmektedir.

Kütlesel simetrisinin yanında taşıyıcı elemanların yerleşimi bakımından da simetri tercih edilmelidir. Aksi halde rijitlik merkezi ile kütle merkezinin planda çok farklı yerlerde olmalarından dolayı yapı taşıyıcı sistem elemanlarında burulma etkileri nedeni ile ek iç kuvvetler meydana gelecektir. Düşey taşıyıcı sistem elemanları, kendi düzlemleri içinde son derece rijit olan döşeme sistemi sayesinde birlikte yatay yer değiştirme yapmaktadırlar. Bu nedenle döşemelerde büyük oranlarda süreksizlikler bulunmamalıdır. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" de planda boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olmaması istenmektedir. Mimari kaygılar nedeni ile planda kolonlar her iki yönde de kirişlerle birbirlerine bağlanmamaktadır. Bu şekildeki düzenlemeler taşıyıcı sistemin deprem sırasındaki performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

5.4.4. Donatı Detayı Yetersizliği

Son yedi yılda oluşan 4 deprem sonrasında hasara veya göçmeye neden olan donatı detayı ile ilgili kusurlar aşağıda sıralanmıştır.

- Donatı kenetlenme boyunun yetersiz olması. Genelde, mesnette altta bulunan kiriş donatısının kenetlenme boyu yetersiz olmaktadır. Bunun nedeni, proje mühendisinin depremdeki tersinme dolayısıyla bu donatının da çekmeye çalışabileceğini göz ardı etmesidir.
- Kiriş ve kolon uçlarındaki etriye sıklaştırılması yapılmadığından bu bölgelerde sargı donatısı etkisi oluşturulamamaktadır. Bu durumda, depremde plastik mafsallık oluşma olasılığı olan bölgeler sarılmadığından yeterli sünekliğe sahip olmayan bu kesitler enerji tüketememekte ve kırılarak göçmeye neden olmaktadır. Bu tür kırılma, katların iskambil kağıdı gibi göçmesine neden olduğundan insanların binadan sağ çıkma olasılığı da azalmaktadır. Unutulmaması gereken, şiddetli depremlerde binanın ayakta kalabilmesi yeterli enerji tüketimine bağlı olduğudur. Enerji tüketimi sünekliğe, süneklik de eleman uçlarındaki sargı donatısına bağlıdır.

Sargı donatısı olarak yerleştirilen etriyelerin uçları, 135° bükülerek çekirdeğe yerleştirilmelidir. Ülkemizde bu yapılmamaktadır. 90° bükülmesi ile etriye uçlarının kenetlenmesi kabuk betonu içinde kalmaktadır. Kabuk dökülünce etriye açılmakta ve sargı etkisi yok olmaktadır. Etriye uçlarının 135° bükülmemesi ile etriyelerin açılması ve kolon boyuna donatılarının burkulması sonucu hasar meydana gelen kolona ait fotoğraf Şekil 5.17.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.17. Kolonda Meydana Gelen Hasar

Kolon boyuna donatısındaki bindirmeli ekler olabildiğince kat yüksekliği ortasında yapılmalıdır. Kat düzeyinde oluşturulan bindirme ekleri, momentin en büyük olduğu yerlere rastlamaktadır. Ülkemizde genelde bindirme boyu da yönetmeliğin öngördüğünden kısa olmaktadır. Bindirmeli ekler kat düzeyinde yapılacaksa, her bir katta %50'sinden fazlası eklenmeli, yeterli bindirme boyu sağlanmalı ve bindirme boyunca sık yerleştirilmiş sargı donatısı bulundurulmalıdır.

6. MEVCUT BİNALARDA DEPREM HASARININ BELİRLENMESİ ve SINIFLANDIRILMASI

Depremden sonra binalardaki hasarın tespit edilmesi ve hasar derecesine göre onarım ve güçlendirmeye veya yıkıma karar verilmesi son derece önemlidir. Hasar belirlemedeki amaç deprem sonucu göçmeye yaklaşan veya göçen binalar belirlenip, buralarda oturanları başka yerlere taşıyarak can kaybı önlenmelidir. Ayrıca hasar belirlenmesi ve sınıflandırılmasıyla, yapılacak onarım ve güçlendirme sistematik bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

6.1 Deprem Hasarının Türleri

6.1.1 Duvar Hasarı

Taşıyıcı sistemin deprem yükü altındaki yatay ötelenmesinden dolayı duvarlar da kesme kuvveti ile zorlanırlar. Duvar malzemesinin çekme gerilmelerine karşı zayıflığı x şeklindeki çatlakların meydana gelmesine ve bazı duvarların dağılmasına sebep olur. Ayrıca bina konsolları kolay sehim yapabildikleri ve bunlara mesnetli olan duvarların bunu takip edemediği için, konsola dik duvarlarda düşey yüklerden meydana gelen köşegen çatlaklar depremde daha büyür, konsol ucuna oturan duvarda döşeme ile birleşim yerlerinde yatay çatlaklar meydana gelir.

6.1.1.1 Duvar Hasar Dereceleri

Az Hasar: Duvarın içine yerleştirildiği çerçeve açıklığı ile birleştiği çeperde hafif çatlama (1mm den az çatlaklar)

Orta Hasar: Az hasarlı durum için tarif edilen ince çatlakların büyümesi ve artması, eğik Çatlakların (2 mm den az) bütün duvar gövdesinde yaygın olarak ortaya çıkması, eğik Çatlakların derzler boyunca veya tuğlaları keserek ilerlemesi

Ağır Hasar: 4-5 mm lik bütün duvar kalınlığı boyunca ilerlemiş çatlaklar, bazı kısımlarda kısmi dökülme ve yıkılmalar, duvarda boşluklar varsa bunların aralarındaki duvar Asımlarının yoğun şekilde hasara uğraması, boşlukların dikdörtgenliğini kaybetmesi ve dışına doğru şişme yapması, köşelerinin ezilmesi.

6.1.2 Döşeme Hasarı

Çok önemli çatlaklar dışında döşeme çatlakları taşıyıcı sistemin güvenliğini büyük ölçüde etkilemez. Ancak döşemelerde önemli boşluğun bulunmaması durumunda döşeme köşelerinde gerilme yığılmaları nedeniyle çatlaklar oluşabilir. Kirişsiz döşemenin kolona ve perdeye birleştiği kesitler hem düşey yüklerde ve hem de deprem yüklemesinde önemli derecede zorlanır ve burada çatlaklar görülebilir.

6.1.3 Kiriş Hasarı

Deprem etkisinde özellikle kirişin mesnet bölgeleri zorlanır ve buralarda altta ve üstte

kiriş eksenine dik eğilme çatlakları ve köşegen kayma çatlakları oluşabilir. Kirişlerde meydana gelen eğilme çatlakları büyük olmadıkları sürece taşıyıcı sistemin güvenliğini önemli derecede etkilemez. Kayma çatlakları sünek olmayan özelliklerinden dolayı eğilme çatlaklarına göre daha tehlikelidirler.

6.1.3.1 Kiriş Hasar Dereceleri

Az Hasar: Beton üzerinde görülen ince (kılcal) çatlaklardır.(çatlak genişliği 0.5 mm in altında) Bu çatlaklar kirişin kolonla birleşim noktasına yakın yerde oluşur ve kirişi boydan boya kesmezler.

Orta Hasar: Beton üzerinde belirgin bir şekilde gözle görülebilen dik veya eğik çatlaklardır. Çatlak genişliği 2 mm ye kadar olabilir. Çatlama kiriş uçlarında ve kolon birleşim noktası yakınlarında oluşur.

Ağır Hasar: Kiriş uçlarında ve hatta ortasında düşey ya da eğik 3 mm den geniş çatlama, dağılma, pas payının ezilip dökülmesi, hasarın kolon birleşimine doğru ilerlemesidir.

6.1.4 Kolon Hasarı

Kolonlarda normal kuvvet hakim durumda iken kolon boyutlarına göre yön değiştiren eğilme momenti veya kesme kuvveti hasara sebep olur. Özellikle narinliğin büyük olduğu kolonlarda büyük eğilme momenti hakim normal kuvvetle beraber beton basınç bölgesinde ezilme ve Parçalanmalara sebep olur. Kısa kolon hasarında kesme kuvveti etkili olur. Kesme kuvveti nedeniyle oluşan eğik çekme gerilmeleri sonucu ani oluşan bu tür hasar, binanın toptan göçmesine bile sebep olabilir.

6.1.4.1 Kolon Hasar Dereceleri

Az Hasar: Beton üzerinde kendini gösteren ince çatlaklar oluşur. Çatlak genişliği 0.2 mm den az ve daha çok yatay doğrultuda oluşan çatlaklardır.

Orta Hasar: Beton üzerinde belirgin bir şekilde gözle görülebilen yatay ve eğik çatlaklar meydana gelir. Çatlak genişlikleri 1.5 mm ye kadar olabilmektedir.

Ağır Hasar: Betonun ezilmesi, dökülmesi, donatının ortaya çıkması, eğilmesi, kolonun gözle farkedilecek kadar boyunun kısılması, yana doğru kaçmasıdır. Eğik kesme çatlakları 2 mm den geniştir.

6.1.5. Kolon - Kiriş Birleşim Bölgesi Hasarı

Kolon kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen çatlama ve hasar, sistemin yatay yük taşıyıcılığını ve rijitliğini doğrudan etkilediğinden, belirlenmesine özen gösterilmelidir. Uygun düzenlenmiş bir birleşim bölgesinde, kirişte plastik mafsall oluşumu öngörülebileceğinden ilk çatlakların kirişte olması beklenir ve bu suretle taşıyıcı sistemin genel kararlılığı korunmuş olur. Birleşim bölgesinde etriyenin bulunmaması veya betonda boşlukların bulunması, bu bölgenin dağılmasına sebep olur ki, bu durumda bölge mafsall durumuna gelerek sistemin toptan göçmesine sebep olur.

6.1.5.1 Kolon - Kiriş Birleşim Bölgesi Hasar Dereceleri

Az Hasar: Köşe, kenar ve orta birleşim noktalarında herhangi bir çatlama görülmemesine rağmen buralara bağlanan kirişlerde orta hasarın bulunmasıdır.

Orta Hasar: Kolon kiriş birleşiminde komşu olan kolon ve kiriş uçlarında ağır hasar bulunması, birleşime doğru 0.5 mm genişlikte çatlakların ilerlemesi.

Ağır Hasar: Birleşim noktasının içinde yaygın eğik 1 mm den fazla çatlama, kenarlarda dökülme, donatısının görülebilir hale gelmesidir.

6.1.6. Perde Hasarı

Perdede en çok rastlanan çatlak ve hasar türü, x şeklinde çatlak oluşmasıdır. Sünek olmayan eğik çekme gerilmelerinin oluşturduğu güç tükenmesine işaret etmesi bakımından dikkat edilmesi gereken bir durumdur.

6.1.6.1. Perde Hasar Dereceleri

Az Hasar: Beton üzerinde ince çatlaklar oluşur. Çatlak genişliği 0.2 mm den azdır ve çatlaklar yatay doğrultuda bulunurlar.

Orta Hasar: Beton üzerinde belirgin bir şekilde görülen yatay ve eğik çatlaklar bulunur. Çatlak genişliği betonda 1 mm ye kadar olabilir. Perde uçlarındaki betonda lokal ezilme ve dökülme görülür.

Ağır Hasar: Betonda 2 mm den geniş çapraz veya yatay çatlakların bulunması, sıvasının tamamen dökülmesi, pas payının dökülmesi, donatının ortaya çıkması, uç bölgelerinde beton ezilmesi, gözle farkedilecek miktarda perde boyunda kısılma meydana gelir.

6.1.7. Temel Hasarı

Zemin sıvılaşması veya benzeri nedenlerden zeminin taşıma kapasitesinde meydana gelen azalma, binanın bir bütün olarak düşey oturmasına veya otururken dönmesine sebep olabilir. Bu durum hasar, temel zemininde yeterli tedbirlerin alınmadığına işaret eder. Bu tür hareketler sonucunda kolonun tekil temelini veya plak temelini zımbalamaya zorlandığına işaret eden çatlaklar görülebilir. Temel hasarı için zemin iyileştirilmesi veya temellerin genişletilmesi bir çözüm olabilir. Ancak bu konuda alınacak tedbirin ayrıntılı bir geoteknik inceleme sonucu belirlenmesi gereği açıktır.

6.2 Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Genel Müdürlüğü Normlarına Göre Genel Hasar Puanı Hesaplanması

THP: Toplam Hasar Puanı

$0 < THP < 5$ Hasarsız

$6 < THP < 14$ Az hasarlı

$15 < THP < 43$ Orta hasarlı

$THP > 43$ Ağır hasarlı

$$THP = 0.80.SİHP + ÇMHP + KKYP + HAP + AOP \quad (6.1)$$

Toplam hasar puanı (6.1) deki gibi hesaplanır. Burada:

SİHP : Sistem Hasar Puanı ($SİHP < 100$)

ÇMHP: Çatı-Merdiven Hasar Puanı ($CMHP < 2.5$)

KKYP: Katlararası Kalıcı Yerdeğiştirme Puanı ($KKYP < 10$)

HAP : Hasar Arttırıcı Puan ($HAP < 6$)

AOP : Aşırı Oturma Puanı ($AOP < 1.5$)

Bu kıstaslar detaylı incelenecek olursa:

ÇMHP: Çatı Merdiven Hasar Puanı

- Orta hasarlı çatı: 0.75 puan
- Ağır hasarlı çatı: 1.50 puan
- Merdivende çatlama veya göçme: 1.00 puan

KKYP: Katlararası Kalıcı Yerdeğiştirme Puanı:

- $\delta / h < 0.0015$: 0.00 puan
- $0.0015 < \delta / h < 0.0050$: 2.00 puan

- $0.0050 < \delta h < 0.020$:5.00 puan
- $\delta / h > 0.020$:10.00 puan

HAP: Hasar Arttırıcı Puan

- Arakat varsa :0.25 puan
- Çekmekat varsa :0.25 puan
- Planda düzensizlikler varsa :0.50 puan
- Kesitte düzensizlikler varsa :0.50 puan
- Komşu yapılarda kat farkı varsa :0.50 puan
- Komşu yapılarla dilatasyon yoksa :0.25 puan
- Max açıklık > 6m ise : 0.50 puan
- Zemin gevşek kum veya yumuşak kil ise :0.25 puan
- Genel malzeme kalitesi yetersizse :0.50 puan
- Genel işçilik yetersizse :0.50 puan
- Beton dayanımı < 15 N/mm² ise : 1.00 puan

SİHP: Sistem Hasar Puanı

$$SİHP = \frac{THEP.25}{\sum EÖK.TS}$$

- $Tehp = \sum EHP$
- $EHP = (\text{hasalı eleman sayısı} \times \text{hasar kts.} \times \text{eleman önem kts.}) / \text{top. eleman kts}$
- Hasar katsayısı : Az hasarlı = 1 puan :

Orta hasarlı=2 puan :

Ağır hasarlı=4 puan

- Eleman önem katsayısı(EÖK)
 - Kolonlar : 2 puan Kirişler : 1 puan
 - Perdeler : 6 puan
 - Birleşimler : 6 puan
 - Duvarlar : 0.5 puan

Bu verilere göre toplam hasar puanı hesaplanıp yapı hakkında hasar derecesi tahmin edilebilir.

7. BETONARME YAPILARIN ONARIMI VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Onarım ve güçlendirmeye başlamadan önce binanın mevcut durumunun doğru olarak saptanması gerekir. Bu nedenle her şeyden önce binanın rölevesinin yapılması gerekir.

Çalışmalar için iki tür röleve gerekmektedir.

a) Mimari röleve (bölme duvarlar, kullanım v.b.)

b) Taşıyıcı sistemin rölevesi

Binanın projesi mevcutsa bile yerinde yapılacak ölçümlerle projeye uyulup uyulmadığı saptanmalıdır. Taşıyıcı sistem rölevesinde tüm kiriş, kolon ve perdelerin gerçek boyutları ile konumları saptanmalı, gözlenen bozukluklar ve hasar bu röleveye işlenmelidir. Hasar işlenirken türü belirtilmelidir. Bunlarla beraber taşıyıcı sistem rölevesinde gerekirse donatıda tespit edilmelidir. Beton dayanımı alınacak karotlarla ve tabanca okumaları ile saptanmalıdır. Karotlar taşıyıcı elemanlara zarar vermeyecek yerlerden alınmalıdır. Karotlar test edilmeden önce mutlaka incelenmeli, hasarlı olanlar dikkate alınmamalıdır ve çapı 150 mm'den küçük ise dayanım boyut etkisi dikkate alınmalıdır.

Hasar görmüş bir yapıda onarım yapılmadan önce mutlaka hasar nedeni ile ilgili gerçekçi bir teşhis yapılmalıdır. Teşhis yapılmadan yapılan onarımın veya güçlendirmenin yararlı olacağı kuşkuludur. Bazı durumlarda teşhis yapılmadan yapılan yanlış onarım veya güçlendirmeler yarar yerine zarar bile getirebilir.

Depreme karşı yapılacak onarım ve güçlendirmede belgeler üzerinde ve yerinde yapılacak incelemeler tamamlandıktan sonra, mevcut yapıdaki yapı güvenliğinin saptanması gerekir. Bu saptanma yapılırken, dayanım, süneklik ve sınırlı yanal ötelenmeler temel alınmalıdır. Onarım veya güçlendirme yapılarak değiştirilen yapı içinde bu koşulların sağlandığı mutlaka kanıtlanmalıdır.

7.1. Güçlendirme Projesinin İlkeleri

Güçlendirme işlemi değişik sistemler kabul edilerek yapılabileceği gibi, belirli bir sistemin projelendirilmesinde de değişik boyutlandırma ilkeleri kullanılır. Güçlendirme projesinin hazırlanırken bu ilkelerle beraber binanın mevcut durumu, mimarisi ve katlanılabilecek mali yük gibi parametrelerde etkili olur.

- Güçlendirme işleminde kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi yanında perde ilavesine ihtiyaç duyulabilir.

- Taşıyıcı sistemin çözümlenmesinde zemin yatak katsayısı kullanılarak bir mesnetlenmenin kabul edilmesi uygun düşebilir. Bu suretle taşıyıcı sistem elemanları arasında yük paylaşımı daha gerçekçi olarak belirlenebilir.

- Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tesbiti için binanın depremden hasar görmemiş durumu esas alınarak taşıyıcı sisteminin geçerli düşey yük ve deprem etkisi gözönüne alınarak $1.4G+1.6Q$ ve $G+Q+E$ (G sabit yük, Q hareketli yük, E deprem

- yükü) yükleri altında çözümlemesi ve hasar tesbit edilen kesitlerin kontrol edilerek hasar sebepleri hakkında yorum yapılması uygundur.

- Kesit kontrolünde eğer binanın projesi yoksa, sınırlı sayıda yapılan donatı belirlemeleri gözönüne alınabileceği gibi, minimum donatı şartlarından hareket edilmesi gerekebilir.

-Binanın güçlendirilmiş taşıyıcı sisteminin boyutlandırılmasında, esas olarak ABYYHY 'nin öngördüğü ilkelerin kullanılması ve deprem yüklerinin belirlenmesinde deprem bölge katsayısının, bina önem katsayısının ve deprem yükü azaltma katsayısının belirlenmesi gerekecektir.

-Güçlendirmiş taşıyıcı sisteminde yapılacak kontroller kapsamı projenin yaklaşımı bakımından önemlidir. Mesela hasar durumuna göre mevcut taşıyıcı sistem TSSOO'ün öngördüğü 1.4G+1.6Q yüklerini taşıyacak şekilde yerel güçlendirilirken. İlave güçlendirme perdelerinin deprem etkisinden oluşan taban kesme kuvvetinin en az belirli bir bölümünü karşılaması kabul edilebilir.

- Mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet iletişimi türüne karar verilmesi ve bunun gerçekleştiğinin hesapla gösterilmesi önemlidir. Özellikle dışmerkez perde durumda yatay yükün taşıyıcı sisteme iletilmesinin sağlanmasına özen gösterilmelidir.

-Güçlendirme perdelerinin her iki doğrultuda en az ikişer tane olması ve bina yüksekliğince devam etmesi tercih edilmelidir. Kapı ve pencere boşluklarının bırakılması için boşluksuz perdeye de karar verilebilir de, boşluksuz perdenin donatı ve kalıp detayının daha çok özen istediği unutulmamalıdır. Binanın kat adedinin ve plandaki alanının küçük olması durumunda perde sayısı üçe de indirilebilir.

-Kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, güçlendirilme gereklilik şartının kesin matematiksel kabul edilmesi mevcut olan pek çok belirsizlikten dolayı uygun olmayabilir. Bu sebeple taşıyıcı sistemdeki ilave kapasiteler düşünülerek güçlendirme gerekliliği şartı biraz yumuşatılabilir.

-Mevcut donatı alanı olarak binada açılan elemanlardaki donatılar esas alınarak bir donatı gerçekleştirme oram hesaplanır ve açılmayan elemanlardaki donatı tahmin edilebilir. Perde ile taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi sırasında ilave edilecek perdelerin kolondan kolona yerleştirilmesi uygundur. Kolon mantolanmasının dört kenardan olması tercih edilmesine karşılık, mimari sebeplerle veya binanın konumu gereği üç veya iki kenardan kolonun sarılması şeklinde de mantolama yapılabilir. Güçlendirme perdeleri kiriş-kolon eksenleri arasında dışmerkezlik olmaksızın yerleştirildiği gibi, kolon ve kiriş eksenlerine göre dış merkez olarak da yerleştirilebilir. Bunun gibi, güçlendirme perdeleri planda binanın iç eksenlerine yerleştirilebileceği gibi, binanın dış eksenlerinde bulunacak şekilde de projelendirilebilir.

- Perdelere gelen etkilerin temele kadar iletilmesi önemlidir. Yeterli temeli olmayan perdelerin öngörülen yatay etkiyi karşılaması mümkün değildir.

- Deprem yüklerinin güçlendirme perdeleri ile taşındığı durumda, kolonlar için yapılan betonarme kesit hesabında minimum bir şart esas alınarak, güçlendirilmeye karar verilebilir.

- Perde ve kolon mantolarının kattan kata geçirilmesinde farklı uygulamalara gidilebilir. Kirişli plak döşemelerde perde başlık kısmı ve kolon mantosu döşeme delinerek yukarı çıkılabildiği halde, asmolen döşemede geniş kirişlerin bulunması durumunda büyük bir zorluk ortaya çıkabilir ve geniş kirişin mesnet kesitlerinin kırılması gerekebilir. Bu tür imalatın yapılması sırasında komşu döşemelerin askıya alınmasının gerektiği unutulmamalıdır.

- Perde uç donatıları sürekli olarak devam ederken, perde gövde donatısının sürekliliği kirişi geçen veya delen tek sıra minimum bir donatı ile sağlanması gerekecektir. Kirişteki bağ donatılarının hesabında kiriş seviyesi üzerindeki kat kesme kuvvetinin alt kata iletilmesi esas alınacaktır. Bu kuvvetin, bağ donatıları yanında, mevcut kolonun beton kesiti, donatı kesiti ve perde uç donatısı ile de iletildiği kabul edilebilir. Kolonla perdenin kat yüksekliği boyunca bütünleşmesi için tek sıra minimum bir donatının yerleştirilmesi gerekecektir. Perde-kolon bağ donatılarının belirlenmesinde, kolona bir üst döşemeden iletilen kuvvet veya perde momentinin gerektirdiği uç kuvvetinden (M/h) küçüğü göz önüne alınmış olabilir. Kolonun tamamen dörtkenardan mantolanması durumunda bağ donatıya ihtiyaç olmayabilir. Bağ kenetlenme çubukları minimum boylan belirlenmelidir.

- Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum belirli bir minimum gövde donatısı bulunması söz konusu olacaktır.

-Güçlendirme perdesi minimum kalınlığının belirlenmelidir.($h_{min} = \max; \text{kat yüksekliği}/15$). İlk katta, perde uç bölgesi perde boyunun 0,2 katı ve diğer katlarda 0.1 katı alınmalıdır. Perde uç bölgesinde, en az ABYYHY'nin öngördüğü minimum donatı konulmalı ve bu donatı perde yüksekliğince devam ettirilmelidir. Perde uç donatısının hesabında, birleştiği kolonun normal kuvveti ve donatısı göz önüne alınmalıdır. Boşluklu perde düzenlenmesi durumunda pencere altlarında veya kapı üstlerinde bağ kirişlerinin düzenlenmelidir.

- Temelin düzenlemesi, mevcut temel durumunun ne şekilde gözönüne alınacağı. Mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi için nasıl bir donatı düzeni gerektiği (hatıl temel durumunda $\phi 16/400$ mm ve tekil temel durumunda $12 \phi 16$ bağ donatısının kullanılması gibi.)

- Gerekli olmadığı durumlarda perde uçlarındaki kolonlar mantolanmamalı, mevcut kolon ile güçlendirme perdesinin bütünleşmesi kolona bağlanan bağ çubukları ile sağlanmalıdır. Benzer şekilde, gerekli olmayan hallerde, mantolar tüm yapı yüksekliği boyunca devam ettirilmemelidir.

- Perdenin uçlarında bulunan kolonların dışında, perde temeline oturan ve eksenel kuvveti temel hesaplarında göz önüne alınan kolonların bulunması halinde, bu kolonların çerçevesinde oluşan kayma gerilmesinin sınırlandırılması (300-40t/m² gibi). Bu sınır gerilme esas alınarak manto gerekip gerekmediğine karar verilmesi.

7.2. Yapı Elemanlarının Onarımı/Güçlendirilmesi

Deprem sonrasında binada yalnızca bazı elemanlar hasar görmüşse veya bazı zayıflıklar içeriyorsa, buna karşın diğerleri yönetmelik koşullarını sağlıyorsa, bina sistem olarak yeterli yanal rijitliğe sahip ve iyi ise o elemanların onarımı veya güçlendirilmesi yeterli olabilir.

7.2.1. Kirişlerin Onarımı-Güçlendirilmesi

Hasar gören veya dayanım ve rijitliği yeterli olmayan kirişler değişik şekilde onarılır ve güçlendirilir. Bu işlem sırasında komşu kolonları da göz önüne alarak kuvvetli kiriş - zayıf kolon türünden birleşim bölgesinin meydana getirilmemesine özen gösterilmelidir. Güçlendirme türü hasarın seviyesine (çatlama, beton, ezilmesi, donatı sıyrılma ve kopması) bağlı olarak değişir.

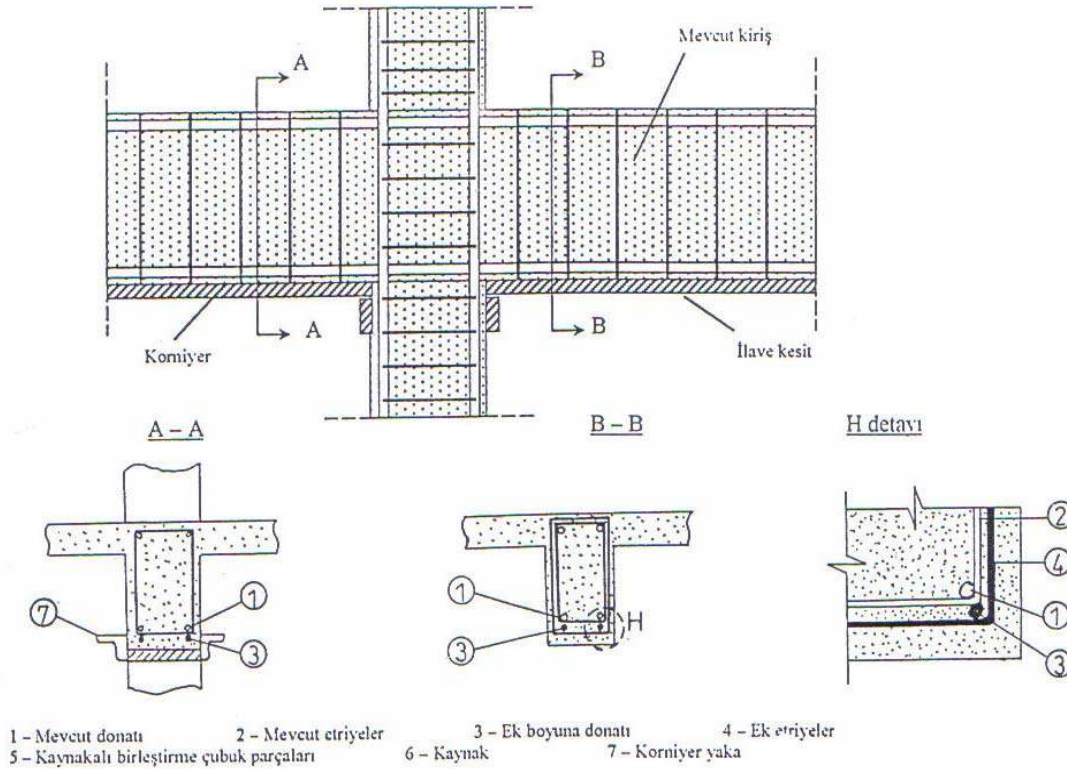
7.2.1.1. Yerel Onarımlar

Enjeksiyon sadece hafif çatlaklı kirişlerin onarılmasında uygulanır. 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 ve harap olmuş donatı yerinden çıkarılmadan önce, hasarlı olan kiriş geçici olarak desteklemeli, askıya alınmalıdır. Kirişlerde hasarlı kısmın kaldırılıp yeniden konulması işi kolonlardaki uygulamaya benzemektedir. Mevcut kirişlerin veya döşemelerin altına yerleştirilecek betonun iyici sıkıştırılması işine çok dikkat edilmelidir. Eğer yerleştirme için kirişin üst yüzünden yaklaşma ve yanaşma imkanı sağlanamıyorsa bu sıkıştırma işi çok zordur.

7.2.1.2. Betonarme Manto ile Kirişlerin Onarım-Güçlendirilmesi

Kirişlerin onarım-güçlendirilmesi yüksek dayanımlı yapıştırıcılar ile yapıştırılan çelik plaka veya karbon lifleri ve betonarme manto kullanılarak yapılabilir. Betonarme manto kullanılarak yapılan onarım-güçlendirmenin sağladığı yarar, betonarme mantoya hem boyuna

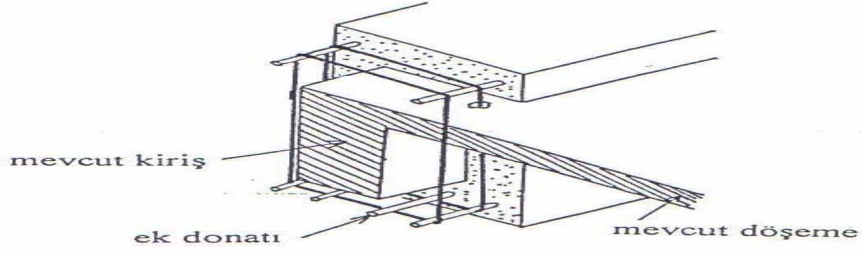
donatı hem de etriye yerleştirildiğinden eğilme dayanımı yanında kesme dayanımı da artırılabilir. Betonarme mantoyu kısmi manto olarak altta veya üstte uygulamak mümkündür. Bu şekilde yapılan tek taraflı mantolama bir kirişin yalnız eğilme momentine karşı mukavemetini arttırmak gerektiğinde Manto yapılırken yeni yerleştirilen manto donatısı ile mevcut boyuna arasında bir bağ sağlanması uygun olur. (Şekil 7.1.) Bu bağ, boyuna donatılara kaynaklanan U ve Z çubukları ile sağlanabilir.



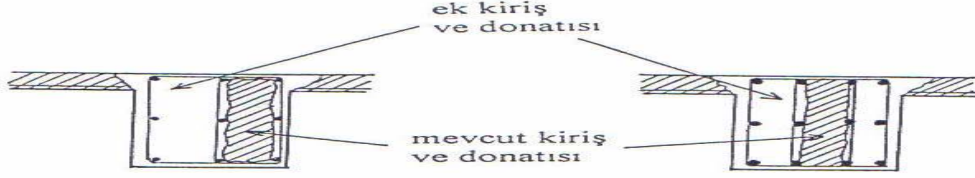
Şekil 7.1. Kirişin Tek Taraflı Manto İle Güçlendirilmesi

Kirişler, gerekli durumda dört veya üç tarafından beton manto giydirilerek de güçlendirilebilir. (Şekil 7.2.) Mevcut ve yeni betonun bütünleşmesini sağlamak amacıyla, mevcut betondaki beton örtü tabakasının kaldırılması ve yüzeyin temizlenmesi gerekir. Donatı düzeninde uygun kenetlenme, bırakılan uygun boylarla, kaynaklama ile veya kenetleme plakaları kullanılmasıyla sağlanmalıdır. Yeni donatılar döşemedeki deliklerden geçerek kirişi çevreleyen etriyerlerle sarılmalıdır. Güçlendirme için konulan donatılar, köşegen yönündeki çubuklarla veya çelik plakalarla-mevcut donatılara bağlanmalıdır.

Kirişin yalnız mesnet bölgelerinin güçlendirilmesi ile yetinilmesi söz konusu ise, mesnette döşeme kırılarak açılır, mesnet bölgesi için gerekli ek donatı yerleştirilerek sarılır (Şekil 7.3.). Kiriş kesitinin genişletilmesi tek veya çift taraflı olabilir.



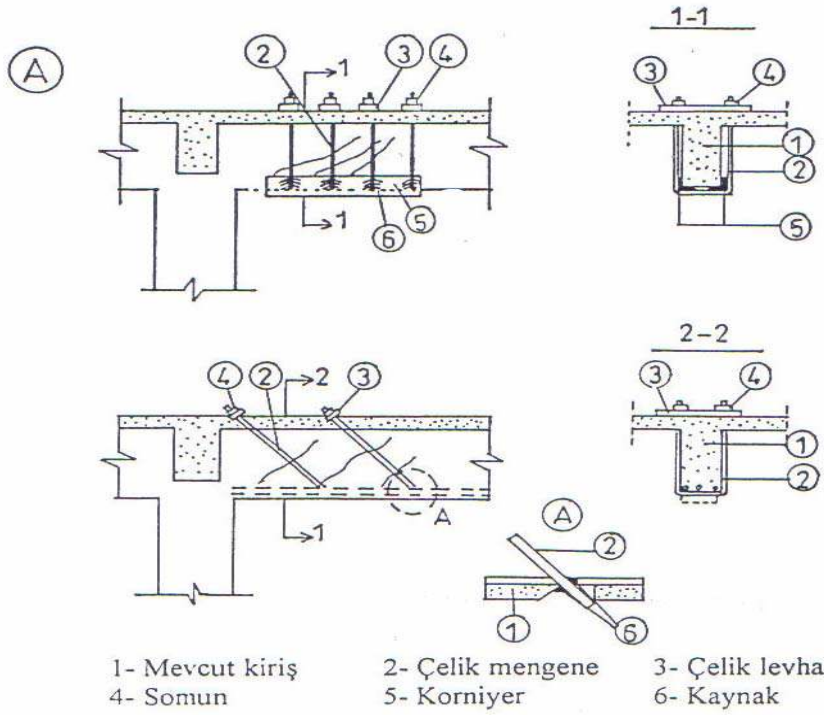
Şekil 7.2. Mevcut kirişin dört taraftan manto ile güçlendirilmesi



Şekil 7.3. Kirişin mesnet bölgesinin güçlendirilmesi

7.2.1.3. 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 arttırmak için kullanılır. Bu yöntemde çelik levhalar betonarme kirişlerin yüzlerine epoksi reçineleri ile dıştan yapıştırılırlar. Epoksinin sertleşmesi süresince çelik levhalar mengeneler ile sıkıştırılmalıdır. Çelik levhaların ya betona çakılmış çivilerle veya ankraj cıvataları ile ankre edilmesi sağlanmalıdır. (Şekil 7.4) Kama veya epoksi kullanılması da uygundur. Çelik levhalar 2-10 mm. kalınlıkta olurlar ve kalınlığı 3 mm. den fazla levhalar halinde kiriş yüzü ince genleşen çimento harcı ile düzlenmelidir. Bu halde kama ankraj cıvataları kullanılmalıdır. Levhaların ve çelik aparatların korozyon ve yangına karşı korunmasına özel dikkat gösterilmelidir. 250°C'nin 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 doğru değildir.



Şekil.7.4. Kirişin Çelik Levhalarla Güçlendirilmesi

Depremde hasar gören bir binada kirişin çelik lamalar sarılarak güçlendirilmesine bir örnek Şekil 7.4. de gösterilmektedir.

7.2.2. Kolonların Onarımı-Güçlendirilmesi

Hasar görmüş bir kolonun deprem etkilerini taşıyabilir duruma getirilmesi veya taşıyıcı yük taşıma kapasitesinin artırılması için kolonların güçlendirilmesi gerekebilir. Kolonun eğilme dayanımı kesit alanının büyütülmesiyle ve yeni boyuna donatılar ilave edilerek sağlanır. Buna karşılık kesme kuvveti dayanımı ve sünekliği, enine donatının sıklaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Binanın planında kolonların kesitlerini birbirine yaklaştırmak sistemin davranışının dengeli olmasını sağlar.

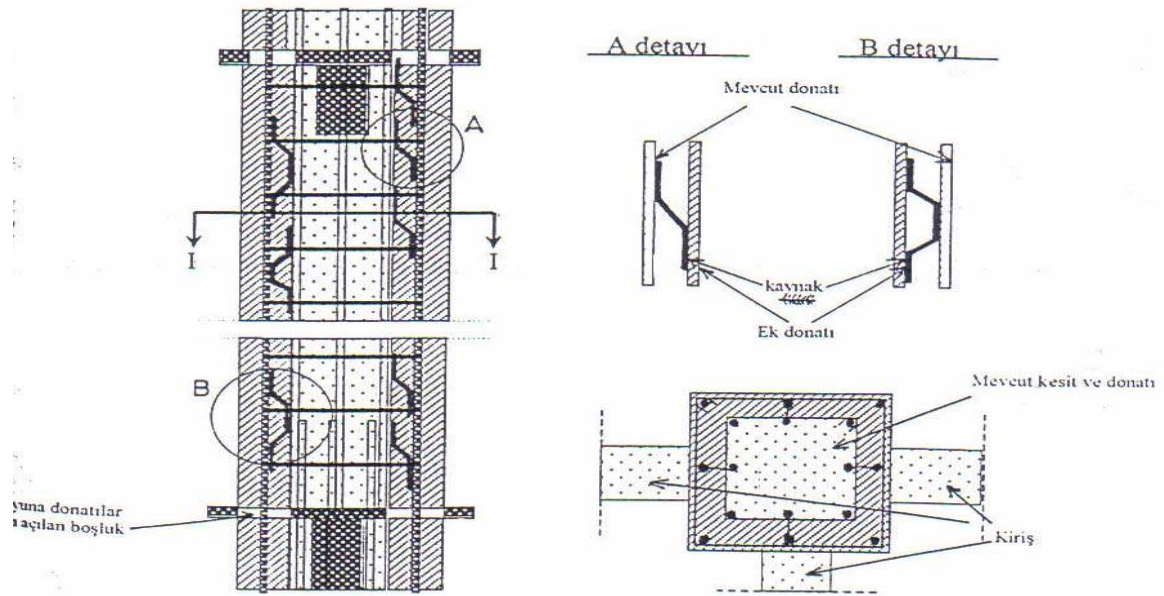
7.2.2.1. Yerel Onarımlar

Kolonların bazı yerlerinde kılcal çatlakların olması, kolon betonunun 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 onarımlar yapılır. Bu yerel

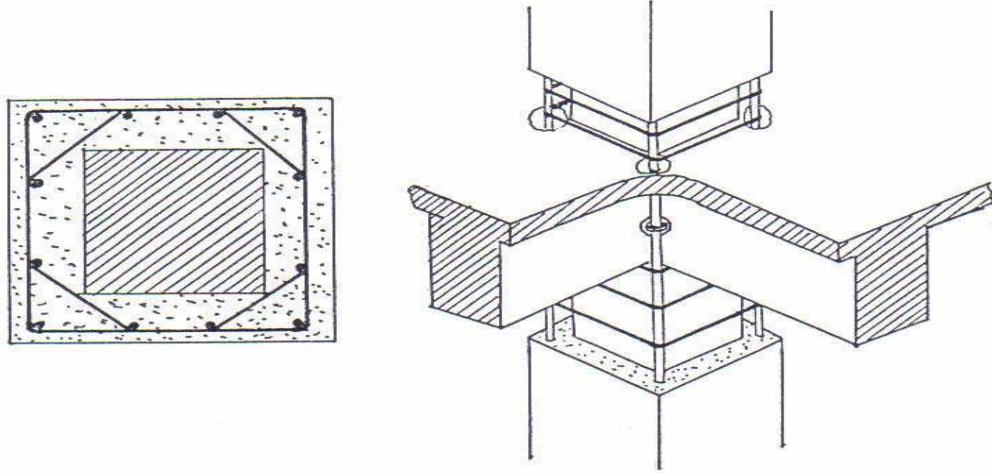
onarım kolonun alt kısmından başlanarak yapılır ve yapılan işlemler kontrol edilir. Bazen kolonda hasarlı olan küçük kısımlar çıkartılarak yerine gerekli donatı düzenlenmesi, beton ilave edilmesi ve eski ile yeni malzemenin birleşiminin tam olarak sağlanması şartıyla yapılabilir. Yerel onarımlar çok titizlik ve kontrol altında yapılması gereken bir onarım şeklidir.

7.2.2.2. Betonarme Manto ile Kolonların Onarım-Güçlendirilmesi

Kolonun taşıma gücünün artırılması için yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem de kolonun mantolanmasıdır. Mantolamada mevcut kolona, beton kesiti ve donatı eklenir. Mevcut ve yeni kolon bütünleşmesini sağlamak için ara yüzün pürüzlendirilmesi gereklidir. 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 7.5.). Manto kalınlığının beton dökümü sırasında boşluk kalmaması için 100 mm'den az olmaması uygundur. Uygulamadaki duruma göre kolon bir, iki, üç ve dört tarafından da mantolanarak güçlendirilebilir (Şekil 7.6.).

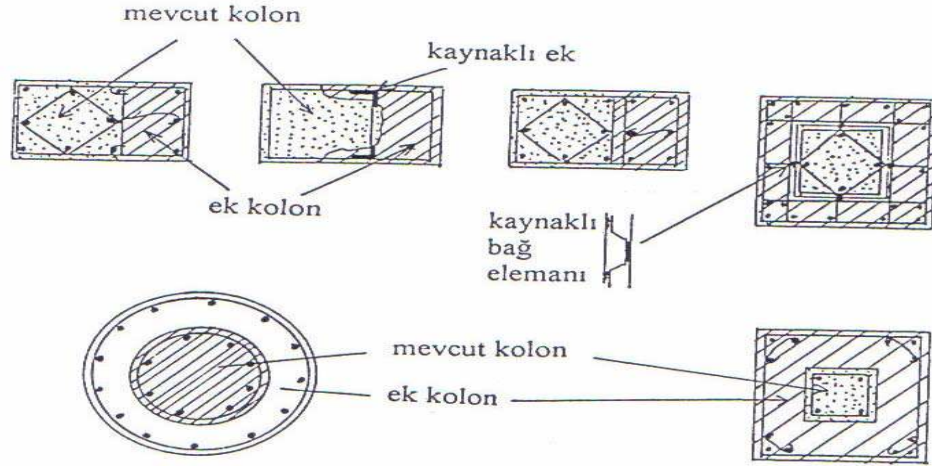


Şekil.7.5. Kolonlarda Mantolama



Şekil.7.6. Kolonun Dört Taraftan Mantolanarak Güçlendirilmesi

Ancak, tüm çevreyi kaplayan bir mantolama tercih edilmelidir. Bu suretle mevcut ve yeni beton arasında tam bir kuvvet iletişimi sağlanabilir. Tüm çevrenin mantolanmaması durumunda, mevcut kolonun boyuna donatısının ve etriyesinin meydana çıkarılarak, yeni etriyelerin bunlara doğrudan veya bir bağ parçası ile kaynaklanması gereklidir. Dört taraftan mantolamada yüz pürüzlendirilmesi genellikle yeterli olursa da, büyük etkiler söz konusu olduğunda beton örtü tabakasının kaldırılması uygun olur. Kolonun normal ve kesme kuvvet kapasitelerinin artırılmasında, manto donatılarının döşemeyi delerek kiriş - kolon birleşim bölgesini geçmesine ihtiyaç olmayabilir. Ancak, bu durumda kolonun moment kapasitesi arttırılmadığı gibi birleşim bölgesi de güçlendirilmemiş olur. Eğer, yapının güçlendirilmesi sırasında yatay deprem yüklerinin karşılanması için perdeler öngörülmüşse, bu tür mantolama kabul edilebilir. Böyle bir durum söz konusu değil de döşemede açılacak deliklerden boyuna donatının devam ettirilmesi ve bu deliklerden beton dökmeyi sağlayacak büyüklükte olması gereklidir.(Şekil 7.7.) Bunun gibi manto kısmında, kolonlar için öngörülen konstrüktif kurallara uyulması gerekir.



Şekil.7.7. Kolonun Mantolanmasına Farklı Örnekler

Betonarme kolon mantolanmasının 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 donatılar. Kirişin üstünde ve altında sürekli olmalıdır.

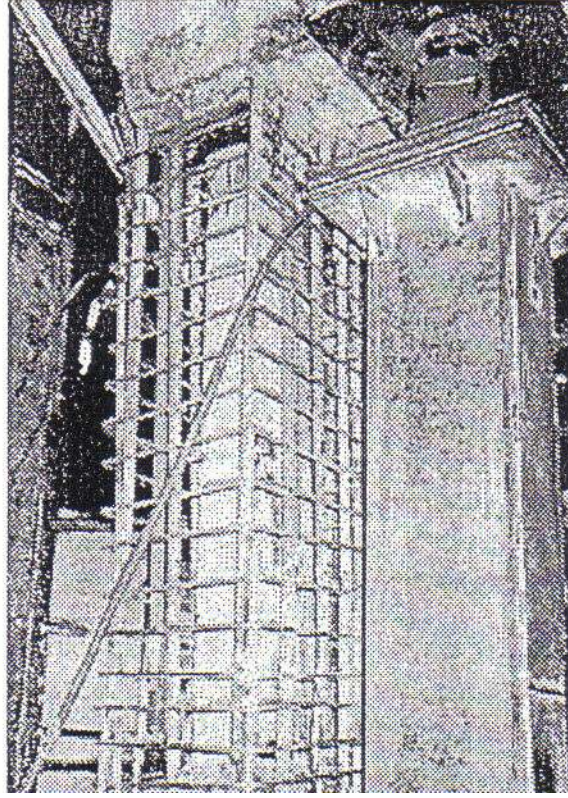
- Üst ve alt donatı kolon yüzünden itibaren aderans boyundan az olmamak üzere ankrajı iyi yapılmalı veya düğüm bölgesinden süreli olarak yukarıya devam ettirilmelidir.

- ABYYHY 'de de belirtildiği gibi mesnet bölgelerinde kiriş yüksekliğinin iki katı bir boy sarılma bölgesi alınmalıdır ve bu bölgeye, konulacak etriye hesap sonucu daha elverişsiz bir durum elde edilmediği sürece etriye aralığı kiriş yüksekliğinin dörtte birini, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 15 cm'yi geçmemeli ve minimum etriye çapı 8 mm olmalıdır.

- Kolonların kenarlarının 30 cm'den büyük olması halinde etriye açıklığını düşürmek için kolon içine delikler açılarak veya kolon tamamen delinerek etriyeler yerleştirilmek mümkündür.

- Ek manto ve donatı ile mevcut donatı ve betonun birlikte çalışması her yönüyle sağlanmalıdır..

Hasarlı kolonun askıya alınarak mantolanmasına ilişkin bir örnek Şekil 7.8.' de gösterilmektedir.

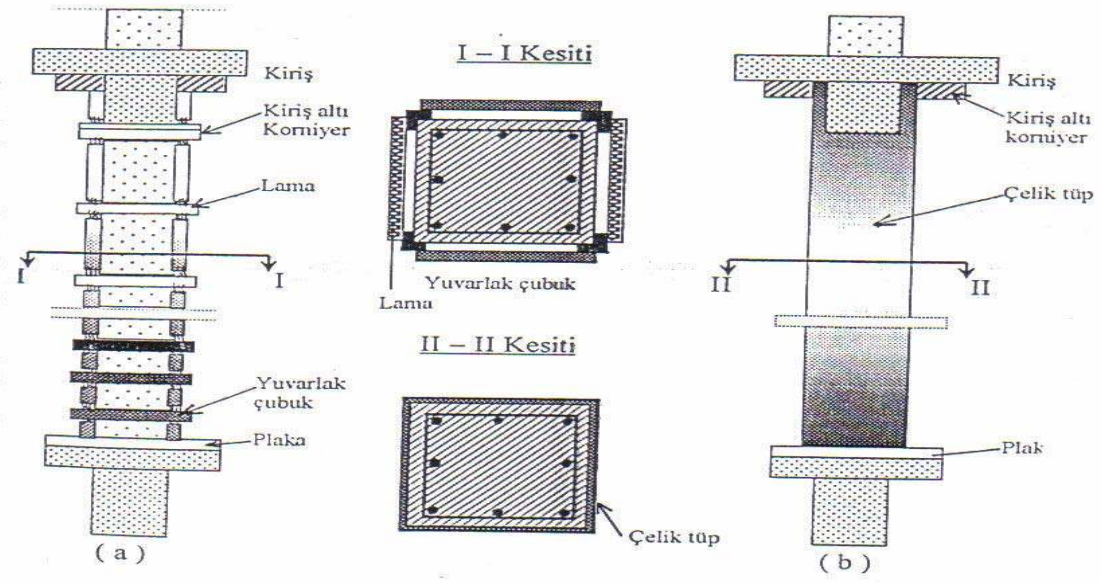


Şekil. 7.8. Kolonun Mantolanarak Güçlendirilmesi

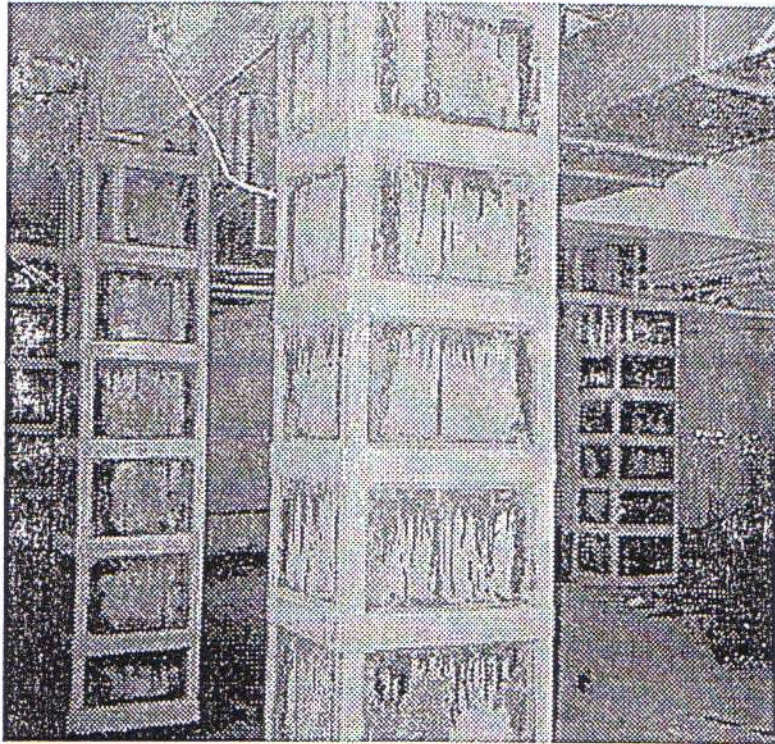
7.2.2.3. Çelik (Profil-kılıf) Manto ile Kolonların Onarım-Güçlendirilmesi

Yapılarda çelik mantolama ile elemanlar ve katlar arası moment aktarımından ziyade eksensel yük kapasitesini arttırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle ya elemanlar salt olarak onarım-güçlendirme yapılır yada yapı içinde elemanların bağlantısı yapılarak yeni bir taşıyıcı sistem oluşturularak yapılabilir. Bu yöntemde kolon kenarlarına korniyerler yerleştirilir. Korniyerler minimum 50x50x5 mm, lamalar minimum 25x4 ve yuvarlak demirler minimum $\phi 14$ mm olarak seçilerek donatılarla birbirine kaynakla veya bulon ile bağlantısı yapılır (Şekil 7.9.). Taşıyıcı elemanlara çelik işlemleri yapılmadan önce yüzeyler mümkün olduğunca pürüzsüz hale getirilmeli ve sıkıştırma işlemi yapılarak kaynak veya bulonla yapılmalıdır. 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.(Şekil 7.10.) Bu tüp şeklindeki kılıfın kolon ile bağlantısı kolonlara açılan deliklere donatı ankrajı yaparak uçlarının kılıf ile kaynak bağlantısı sağlanmalıdır. Fretli kolonlarda bu uygulama, uygulama güçlüğü ve işçiliğin fazla olmasından

dolayı pek tercih edilmemektedir.



Şekil.7.9. Çelik Manto ile Kolonların Güçlendirilmesi



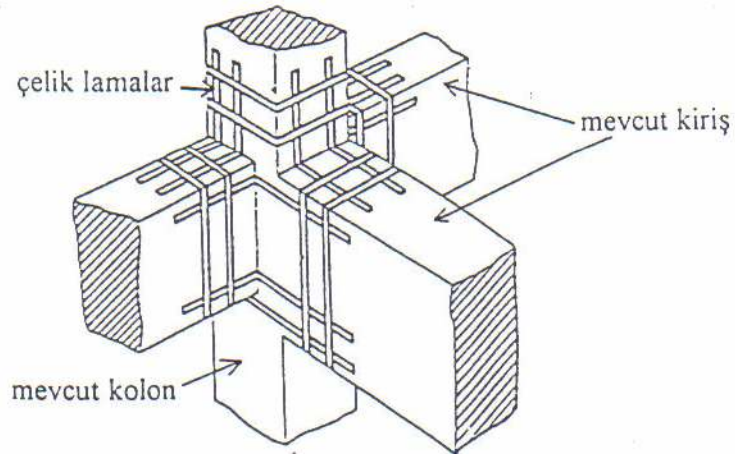
Şekil.7.10. Kolonun Çelik Lamalar Sarılarak Güçlendirilmesi

7.2.3. Kiriş- Kolon Birleşim Bölgesinin Güçlendirilmesi

Depremde en fazla hasar gören kiriş - kolon birleşim bölgeleri, taşıyıcı sistemin en çok zorlanan ve güçlendirilmesi en zor olan kısımlarını oluşturur. Birleşim bölgesinde farklı doğrultudaki elemanlar birleşerek, kesit etkileri birbirleriyle 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 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 sebeple donatı, kenetlenmelerine ve eklerine özen göstermek gerekir.

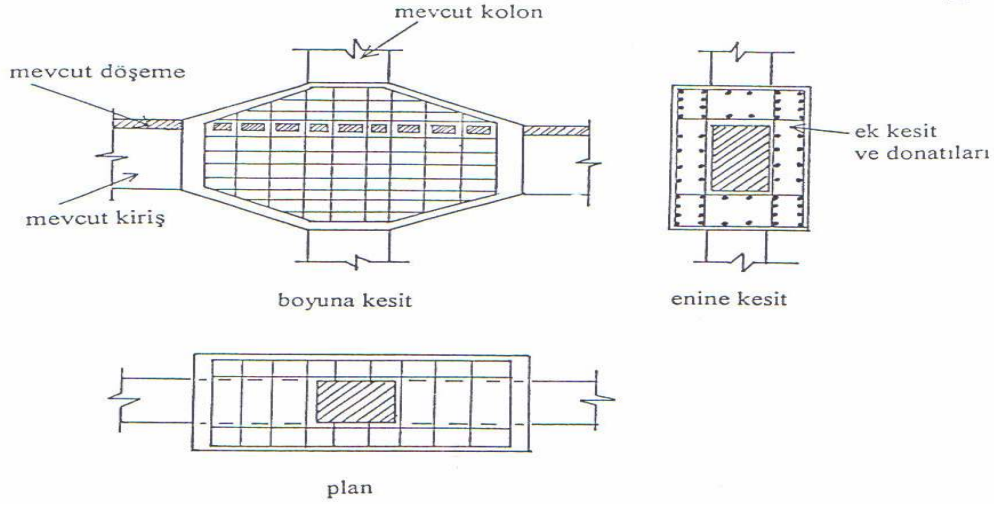
Hasarın yerel olması ve çatlaklar şeklinde görülmesi durumunda, epoksi reçinesi enjekte edilmesi onarım ve güçlendirme için yeterli olabilir. Aderansı çözülmüş donatının aderansının tekrar oluşturulması için de epoksi enjeksiyonu önerilir. Çimento şerbetinin aderansın kazandırılmasında yeterli olmadığı bilinmektedir.

Hasarın daha da yaygın olması durumunda kiriş - kolon birleşim bölgesi, çelik lamalar yapıştırılarak ve sarılarak güçlendirilebilir (Şekil 7.11.). Bu suretle, kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri arttırılırken; sarılan lamalarla, 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 aletleriyle bağlanması gerekebilir. Daha sonra sargı lamaları sarılarak uçları birbirinin üzerine yeterli boyda gelecek şekilde yapıştırılır. Bu sırada kiriş sargı lamalarının, o bölgedeki döşeme kaplamasının kaldırılmasından ve döşemede delikler açıldıktan sonra uygulanabileceği unutulmamalıdır. Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için lamaların dar olmaması (50 mm uygun genişlik) ve birbirlerinden ayrık (200 mm uygun aralık) yerleştirilmemesi gerekir. Bu tür uygulama özel özene ihtiyaç gösterir. Ayrıca uygulanan güçlendirme şeklinin basit bile olsa deneyle kontrolü önemlidir. Bütün bu işlemlerden sonra, bölgenin sıvanması ve lamaların kapatılması gerekir.

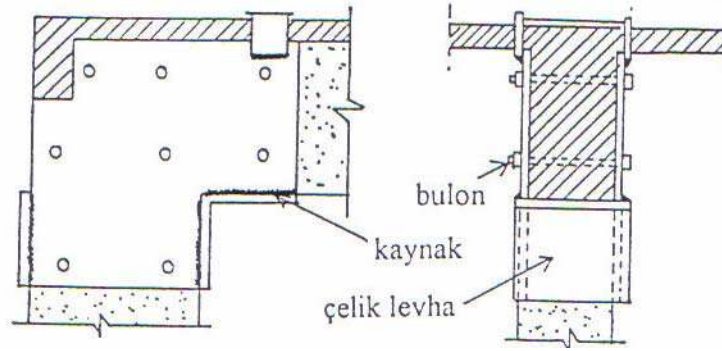


Şekil.7.11. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgesinin Çelik Lamalar Sarılarak Güçlendirilmesi

Duruma özgü bir yaklaşım gerektiren, kiriş - kolon birleşim bölgesinin güçlendirilmesine bir örnek de Şekil 7.12.'de verilmiştir. Burada mantolama yoluyla birleşen elemanların bütünleşmesi sağlanmaktadır. Kısa donatıların kenetlenmesi için kaynak kullanılması ve mevcut yeni betonun bütünleşmesi için beton örtü tabakasının kaldırılması gerekli olabilir. Yerleştirilecek donatının bir uzay kafes sistem oluşturması ve kuvvet akışı ile uyumlu yerleştirilmesi amaca hizmet edecektir. Bu donatıları örtecek ve rijitliği sağlayacak beton kesitinin oluşturulması ise gereklidir. Etriyeler döşemede delik açılarak bağlanmıştır. Sadece birleşim bölgesini güçlendiren bu mantolama, kiriş ve kolonların da mantolanması durumunda daha elverişli ve kolay uygulanabilir. Şekil 7.13.'de ise çelik levhalar kullanılarak yapılan bir güçlendirme türü gösterilmiştir. Özellikle endüstri yapılarındaki çerçevelerde kullanımı uygun düşer, Birleşim bölgesinin şekline uygun çelik levhalar epoksi ile yapıştırılıp, bulonlarla pahalırlar. Kuvvet akışının sağlanması için bu ek levhalarının kiriş ve kolona kaynaklanması gerekir.



Şekil.7.12. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgesinin Mantolama ile Güçlendirilmesi

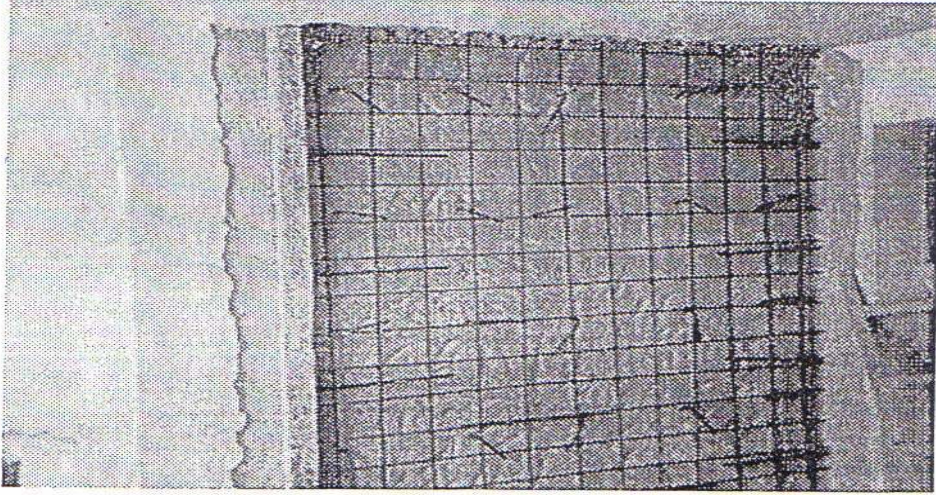


Şekil.7.13. Kiriş – Kolon Birleşim Bölgesinin Çelik Levha ve Bulonlar ile Güçlendirilmesi

7.2.4. Perdenin Güçlendirilmesi

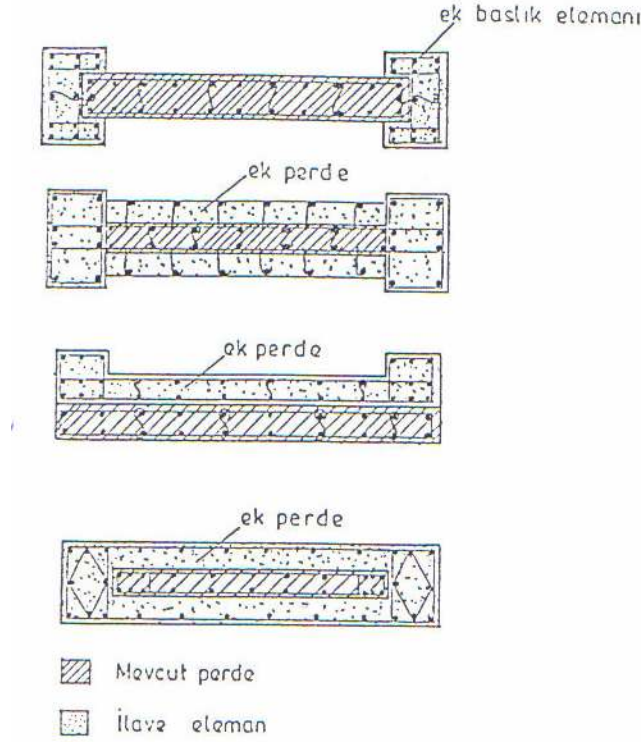
Perdeler, deprem yüklerinin karşılanmasında rijitlik ve dayanım bakımından taşıyıcı sistemin önemli elemanlarıdır. Hasar görmeleri durumunda, onarım ve güçlendirilmeleri özenle yapılmalıdır. Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen Betonarme perdelerde hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden 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 edilmez. Perdede beton ezilmesi veya donatı burkulması varsa, kolonlarda uygulanan

onarım ve güçlendirme yöntemi burada da uygun düşer. Hasar derecesine göre hasarlı kısmın temizlenmesi, ek donatı yerleştirilmesi ve bu kısmın betonlanması gerekebilir.(Şekil 7.14.)



Şekil.7.14. Hasar Gören Perdenin Güçlendirilmesi

Eğer mevcut perde yetersiz kalırsa, kalınlığını arttırarak rijitliğini ve dayanımını yükseltmek önerilir. (Şekil 7.15) Kalınlığın arttırılması 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 yüzeyine epoksi uygulanması olabilir. Perdenin eğilme dayanımı yeni başlık kısımlarının ilavesi ve gerekli donatı düzenin saklanması ile arttırılabilir.



Şekil.7.15. Perdenin Güçlendirilmesi

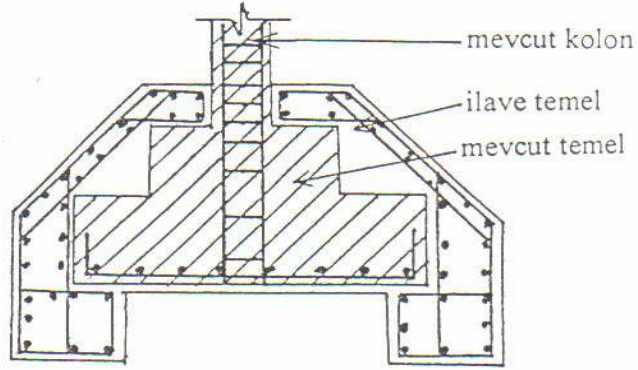
7.2.5 Temelin Güçlendirilmesi

Diğer yapı elemanlarına göre daha zor ve pahalı olan temel güçlendirilmesi işlemi aşağıda verilen durumlarda söz konusu olur:

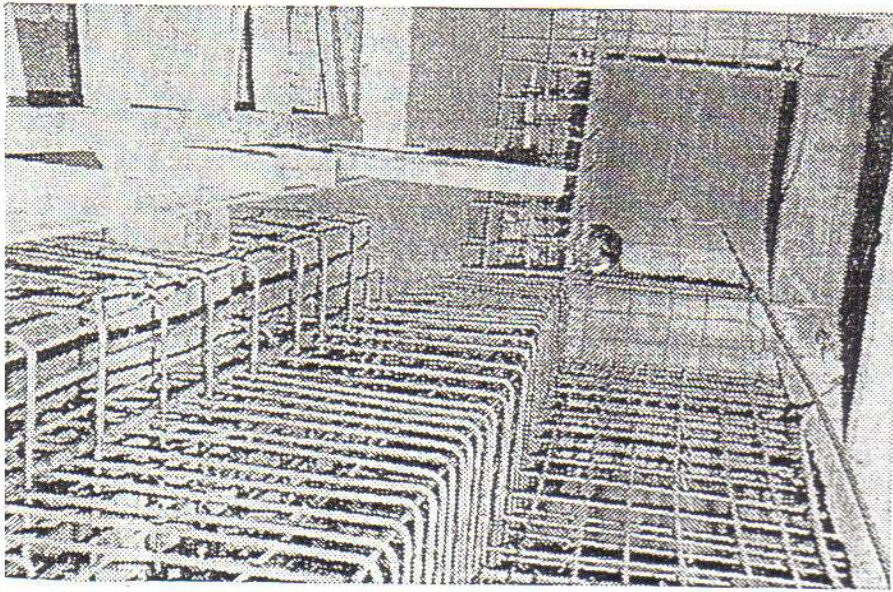
- a) Kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar meydana gelirse
- b) Büyük deprem yükleriyle temelde hasar oluşursa
- c) Yapı yüklerinde, güçlendirmeden ileri gelen artmalar veya ABYYHY 'deki değişikliklerden kaynaklanan yatay yük artışı ile temel yetersiz kalırsa
- d) Sonradan kat ilavesiyle, temel yetersiz kalırsa

Temel sisteminin güçlendirilmesinde, mevcut temele ilave yapılabildiği gibi, yeni temel düzenlenebilir veya temel zemini iyileştirilebilir. Sadece temelin güçlendirilmesine bir örnek de Şekil 7.16'de verilmiştir. Temelden üst yapıya aktarılabilecek tepkiyi eski temel vasıtasıyla iletebilmek için temel pabucu çevresinde ek dişler oluşturulmuştur. Şekil 7.17.'de kolonu da mantolanarak güçlendirilen bir temeldeki mantolama şekli görülmektedir. Bu iki tür temel güçlendirilmesinde temel zemin ile üst yapı arasında yük aktarılış biçiminin değişeceğine ve bu nedenle en çok zorlanan kesitlerin farklı yerde oluşacağına dikkat edilmelidir. Ayrıca iki beton yüzünden kayma gerilmeleri iletimi için

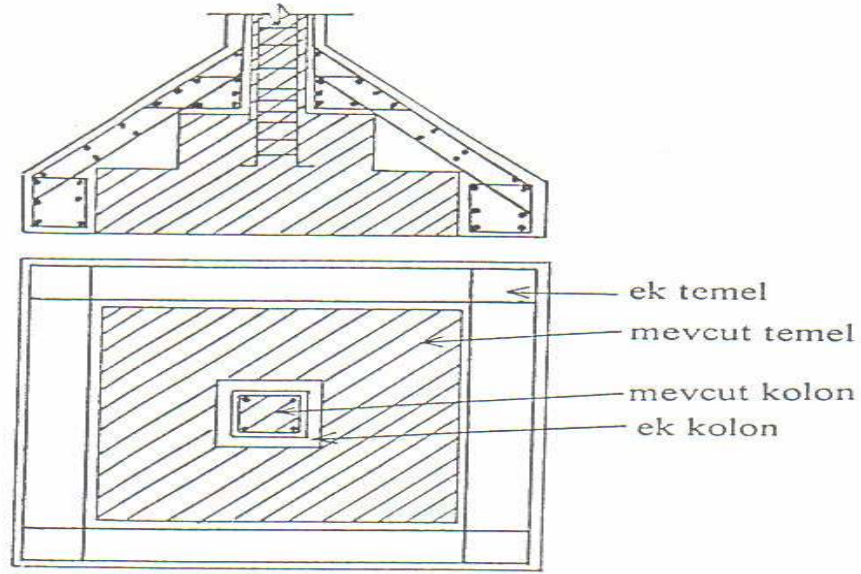
dikiş çubukları veya beton yüzeyine epoksi uygulaması gerekli olabilir.(Şekil 7.18.)



Şekil 7.16 Temelin Dışle Güçlendirilmesi



Şekil 7.17 Hasar Gören Temelin Güçlendirilmesi



Şekil.7.18. Temelin Kolon İle Birlikte Güçlendirilmesi

7.3. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlarla Güçlendirilmesi

Eğer yapının yanal rijitliği çok yetersizse ve kolon ve kirişlerin uç bölgeleri sık etriye ile sarılmamışsa eleman onarım / güçlendirme pratik ve ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda çok sayıda kolon ve kirişe onarım / güçlendirme uygulama yerine, tüm deprem kuvvetini alabilecek yeni elemanlar oluşturularak sistemin iyileştirilmesi yoluna gidilir.

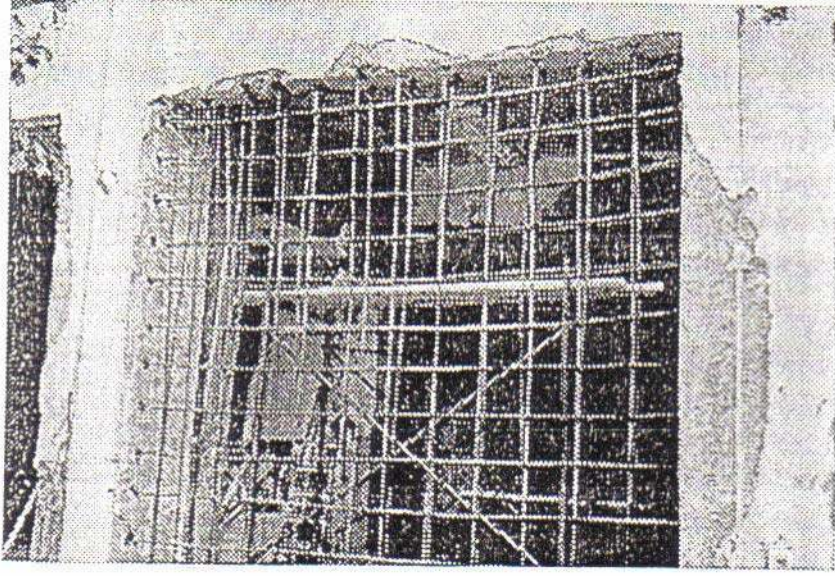
Sistem iyileştirmede temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem, belirli çerçevelere konacak çelik çaprazlar veya dolgu duvarlarla sağlanır. Dolgu duvar prefabrik panolardan veya yerinde dökme betonarmeden oluşabilir. Her iki durumda da dolgu ile çerçevenin bir perde oluşturabilmesi için, dolgu ile çerçeve elemanların etkili bir biçimde bağlanması gerekir.

Çelik çaprazlarla güçlendirme genelde ülkemizdeki yapılar için yeterli olmamaktadır. Bunun nedeni, genelde binaların yanal rijitliklerinin çok düşük olması ve çelik çaprazlarla yeterli rijitlik sağlanamamasıdır. Çerçeve içine yerleştirilen ve çerçeve elemanlarına bağlanan betonarme dolgu duvarlarla perdeli sistemler, ülkemizde en yaygın kullanılan deprem onarım / güçlendirme yöntemidir.

Betonarme dolgu duvarlarla yapılan onarım/güçlendirmede, her iki doğrultuda tüm deprem etkisini karşılayacak kadar perde duvar oluşturulmaktadır. Böylece yanal rijitlik de istenen düzeye çıkarılmaktadır. Deprem yeni oluşturulan perdelerle karşılandığından, çerçevelerin yalnız düşey yük taşıdığı varsayılmaktadır. Bu nedenle genelde çerçevelerde onarım / güçlendirme gerekmektedir. Ancak deprem sırasında ağır hasar görmüş elemanlar

varsa bunlar da manto ile onarılmaktadır.

Dolgulu çerçeveler ile onarım/güçlendirme ülkemizde deprem sonrası en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Genelde hasar gören yapılarda hemen tüm kirişler ve kolonların yetersiz olması ve yönetmelik koşullarını sağlamaması, binaların büyük bir çoğunluğunun yanal rijitliğinin düşük olması bu yöntemi çekici kılmaktadır. Dolgu çerçevelerle güçlendirmeye bir örnek Şekil 7.19 'de gösterilmiştir.



Şekil.7.19. Dolgu Çerçeve İle Güçlendirme

8. BİNA İÇİN GENEL KABUL KRİTERLERİ

Binanın tümü için öngörülen kabul kriterleri olup, düşey yük kapasitesi, yatay yük kapasitesi ve katlar arası rölatif ötelemeler sınırı bunları teşkil eder. Binanın performans noktasındaki toplam yatay yük kapasitesinin, ilerleyen yükleme adımlarında oluşan plastik mafsallarla %20 den daha fazla azalmaması gerekir. Bu suretle deprem etkisindeki yükleme çevrimleri sonucu oluşan dayanım azalması sınırlandırılır. Hasarın performans seviyelerine bağlı olarak sınırlandırılması için, binanın katlar arası yer değiştirmesinin kat yüksekliğine oranının Tablo 2 de verilen değerleri aşmaması istenir. Bu suretle hasar sınırlaması yanında, ikinci mertebe etkilerin de sınırlandırılması gerçekleşir. Tabloda verilen yapısal stabilite durumunda her kat için yapılacak kontrolde V, deprem kat kesme kuvveti ve P, düşey yüklerden oluşan kat eksenel yüküdür.

8.1. Eleman İçin Kabul Kriterleri:

Binanın elemanları taşıyıcı olan ve olmayan olarak ikiye ayrılır. Taşıyıcı olanlar da, birincil ve ikincil olmak üzere ayrıca ikiye ayrılır. Kapasite eğrisi üzerinde elde edilen performans noktasında her elemandaki gerilmeler ve şekil değiştirmelerin hesaplanarak kabul edilen performans noktasının şartlarını sağlayıp sağlamadığı ve ilgili sınır değerlerin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Eleman için gerekli olan kabul kriterleri, elemanın türüne ve elemanda güç tükenmesini meydana getirecek olan kritik etkinin türüne bağlıdır. Kiriş ve kolonlarda meydana gelecek plastik mafsallı dönmelerinin, kiriş kolon birleşim bölgelerinde kesme kuvvetinden dolayı oluşacak kayma açısının ve perdelerdeki plastik mafsallı dönmelerinin kabul sınırları göz önünde tutularak kontrol edilmesi öngörülür.

Bu sınırların incelenmesinden, beklendiği gibi yapının ana elemanlarında ikincil elemanlara göre daha küçük plastik mafsallı dönmelerine izin verildiği ve sünekliğin büyük olduğu kuvvetli boyuna donatı bulunmayan etriyeli kesitlerde daha büyük dönmelere izin verildiği görülür. Bu sınır dönmeler, performans noktasının hemen kullanım gibi daha az hasara karşı gelmesi durumunda daha küçüktür. Kesme kuvvetinin kritik olduğu ve sünek olmayan güç tükenmesi turu olabilecek kirişlerde sınır dönme açıları küçük tutulmuştur. Sık etriyenin bulunması durumunda ise sınır dönmeler büyütülmüştür.

Tablo 2. Katlar arası yer deşiştirmenin kat yüksekliğine oranının sınırı

<i>Katlar arası yerdeğiştirme/ kat yüksekliği sınırı</i>	<i>Performans seviyesi</i>			
	<i>Hemen kullanım</i>	<i>Hasar kontrolü</i>	<i>Can güvenliği</i>	<i>Yapısal stabilite</i>
<i>Maksimum toplam oranı</i>	<i>0.01</i>	<i>0.01-0.02</i>	<i>0.02</i>	<i>0.33 V_i/P_i</i>
<i>Maksimum elastik ötesi yerdeğiştirme oranı</i>	<i>0.005</i>	<i>0.005-0.015</i>	<i>sınır yok</i>	<i>sınır yok</i>

Performans kavramı, mevcut bir binanın incelenmesinde veya yeni bir binanın projelendirilmesinde daha gerçekçi bir çözüm sağlamak için geliştirilmiştir. Yukarıda açıklandığı gibi, deprem yönetmeliğinde verilen tek bir çözüme karşı bu yöntemde binanın fonksiyonuna ve gözönüne alınacak deprem etkisine bağlı olarak çok çeşitli çözümler sunulmaktadır.

Deprem yönetmeliği kurallarına göre daha gerçekçi çözümler sunan, matematiksel çekiciliği olan ve ardışık yaklaşım gerektiren bu yöntemin zayıf tarafları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kontrollerde kullanılan tüm sayısal sınır değerler sınırlı sayıdaki çözümlerden elde edilmiştir. Yeni yapılacak çözümlerden kazanılacak deneyimlerle bu değerlerde değişiklik yapılması ve daha gerçekçi değerlerin elde edilmesi çok muhtemeldir.

- İncelemede birinci modun etkili Olduğu kabul edilerek yöntem geliştirilmiştir. Çözümde kapasite eğrisinin elde edilmesinde birinci mod değişimine uygun bir yük alınmaktadır. Ancak, plastik şekil değiştirmelerin oluşması ile rijitlik ve birinci mod olarak kabul edilebilecek titreşim şekli değişir. Ayrıca, periyodu büyük binalarda diğer modların katkısı da önemli olacağından yöntemin yaklaşımı zayıflamaktadır.

- Çözüm genel olarak düzlem çerçeve sistemler için geliştirilmiştir. Üç boyutlu taşıyıcı sistemlere yapılacak genelleştirme için yeni kabullere ihtiyaç vardır.

- Depremde oluşan plastik mafsallarda çevrimsel şekil değiştirmelerden dolayı önemli bir enerji miktarı tüketilir. Kapasite eğrisi tek bir yönde yükleme sonucu elde edildiği için, çevrimsel davranışın içinde kalan alanla ilgili olan, bu enerji tüketimini yöntemin uygulamasında belirlemek mümkün değildir. Bu sadece bir sönüm katsayısı ile hesaba katılmaktadır.

9. GÜÇLENDİRME PROJESİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

Son kısımda Ek olarak sunduğum Atatürk İlköğretim Okuluna ait proje üç aşamada yapılmıştır;

İlk aşamada elimizde mevcut bulunan Bodrum Kat, Zemin Kat, 1. Normal Kat ve 2. Normal Kattan meydana gelen mimari kat planları alınarak 1975 Deprem Yönetmeliğine göre hesap yapıldı. Elde edilen hesap sonuçlarına göre projede yönetmeliklere aykırı herhangi bir durumun olmadığı görüldü. Hesap sonuçlarının bir kısmı ekte sunuldu.

İkinci aşamada proje 1997 Deprem yönetmeliğine göre yapıldı. Yapılan analiz sonucunda bazı kolonların ve kirişlerin yetersiz olduğu görüldü. Temelde herhangi bir yetersiz durum olmadığı tespit edildi. Yetersiz olan bu kolon ve kirişler tespit edilerek hesap sonuçları çıkarıldı.

Üçüncü aşamada 1997 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan hesap sonucunda yetersiz olan kolon ve kirişlerin güçlendirme işlemine geçildi. Kolonlar için mantolama yöntemi seçildi, yetersiz olan kolonlar sadece o katta değil tüm katlarda uygulanarak sistemin stabilitesi sağlandı. Yetersiz olan kiriş içinde perde güçlendirilmesi tüm katlarda yapıldı. Elde edilen sonuçlar ekte rapor halinde sunulmuştur.

10. SONUÇ

Betonarme yapı kalitesinin standart ve yönetmeliklerce istenilen düzeylerin çok altında olması ülkede olan bütün depremlerde aynı düzeyde ve depremin şiddetine göre beklenen düzeyin üzerinde hasar yapmağa ve can kaybına yol açmağa devam edecektir.

Yapı kalitesini yükseltecek idari ve teknik gereklerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Bunlar etkin bir yapı denetim düzeninin kurulması; yapıdan sorumlu olanların kayıtlara geçirilmesi, görev ve yetkilerini yerine getirmeyen sorumluların izlenmesi ve haklarında yasal işlemlerin yapılması; olarak sıralanabilir.

Kaliteli yapı için gereken teknik alt yapıda eksiktir, işçi, usta, kalfa ve mühendis ve mimarların kaliteli yapı konusunda eğitilmeleri gerekmektedir. Özellikle usta ve kalfaların eğitim ve bilgi düzeyi yükseltilmelidir.

Kaliteli beton üretimi için kum çakıl yıkama eleme tesisleri ile hazır beton tesislerinin ülke çapında yaygınlaşması gerekmektedir. Bu tesislerin yapımı özellikle teşvik edilmelidir.

Dolgulu dişli döşeme sistemli ve kiriş derinliği sığ yapılarda taşıyıcı çerçeve sistemini oluştururken düzenli kolon ve kiriş aksları oluşturmak çok önemlidir. 1967 Mudurnu Vadisi Depreminde Adapazarı'nda yıkılan benzer döşeme sistemli yapılardan sonra bu tür döşemeli ve özellikle basık kirişli yapılarda yatay ötelenmeleri kısıtlamak için mutlaka perde duvar yapılması gerekmektedir.

Ceyhan'da hasar gören ve yıkılan betonarme yapılarda bu kurala uyulmamıştır. Adana II Merkezinde de bu kurala uyulmadan yapılmış çok sayıda çok katlı yapılar bulunmaktadır. 27 Haziran 1998 depreminde bu yapılarda yaygın boyutta ağır hasar ve yıkım olmamış olması mühendislerde yanıltıcı bir güven duygusu yaratmamalıdır.

Bu depremde prefabrike yapıların gördüğü hasar çok ciddi bir uyarı olarak görülmelidir. Prefabrike yapı sistemi üreticilerinin gözlenen hasara gereken önemi verip burada hasar gören sistemden farklı sistemler üretiyor olsalar da kendi sistemlerinin olası deprem davranışlarını bir kez daha gözden geçirmeleri kendi yararlarına olacaktır.

Yapılan tez çalışmasında Adana – Ceyhan depremini inceledik. Deprem hakkında bilgiler sunduk. Yapıların deprem sırasındaki davranışları bize yapılacak olan yapılar hakkında neler yapmamız gerektiğini belirlemektedir. Hasar Görmüş yapı elemanlarının onarım ve güçlendirilmesi hakkında genel bilgiler sunduk.

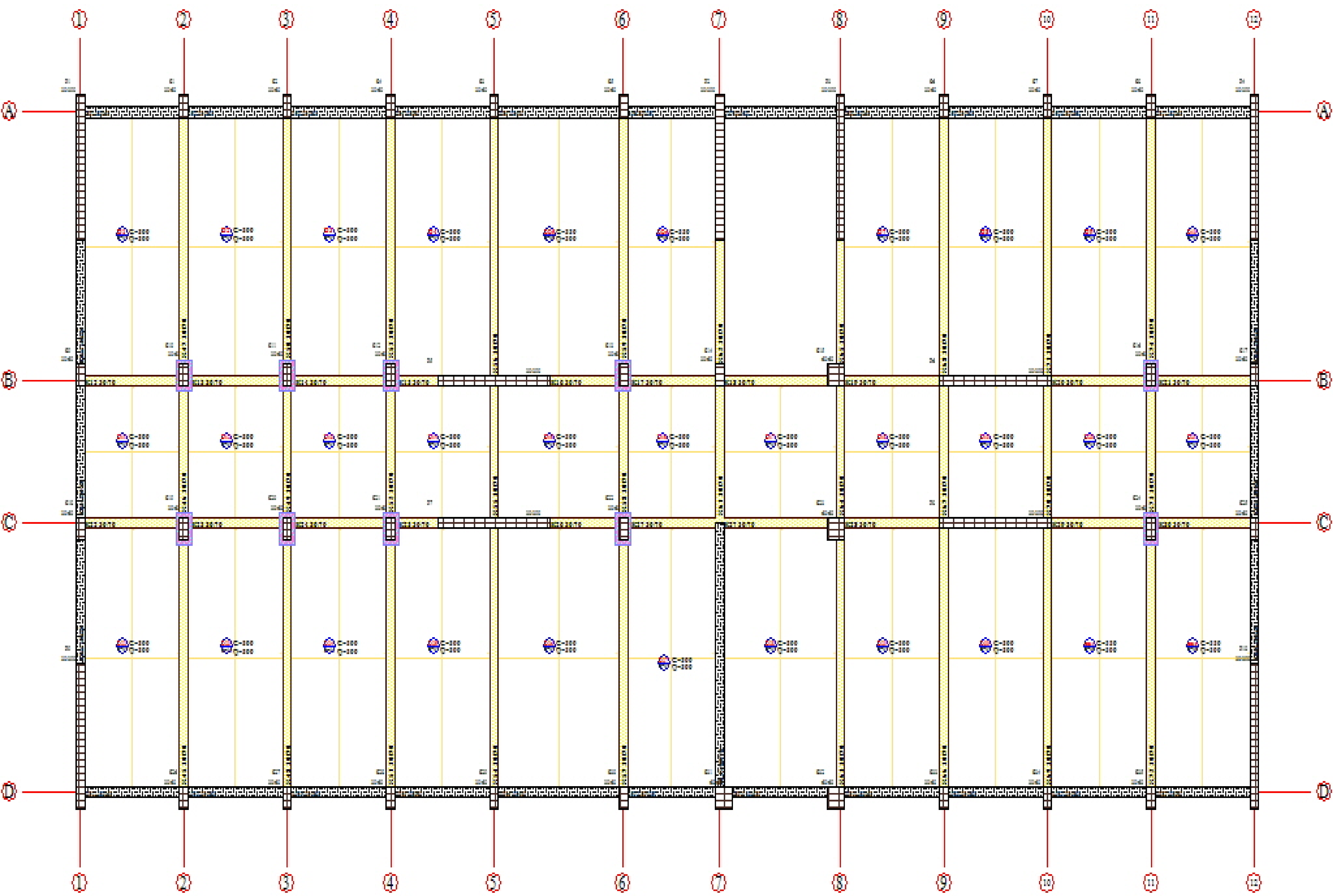
Tüm bu bilgiler ışığında bilmemiz gereken en önemli sonuç Depremin kaçınılmaz olduğudur. Depremin değil de Yapının öldürdüğünü unutmamalıyız.

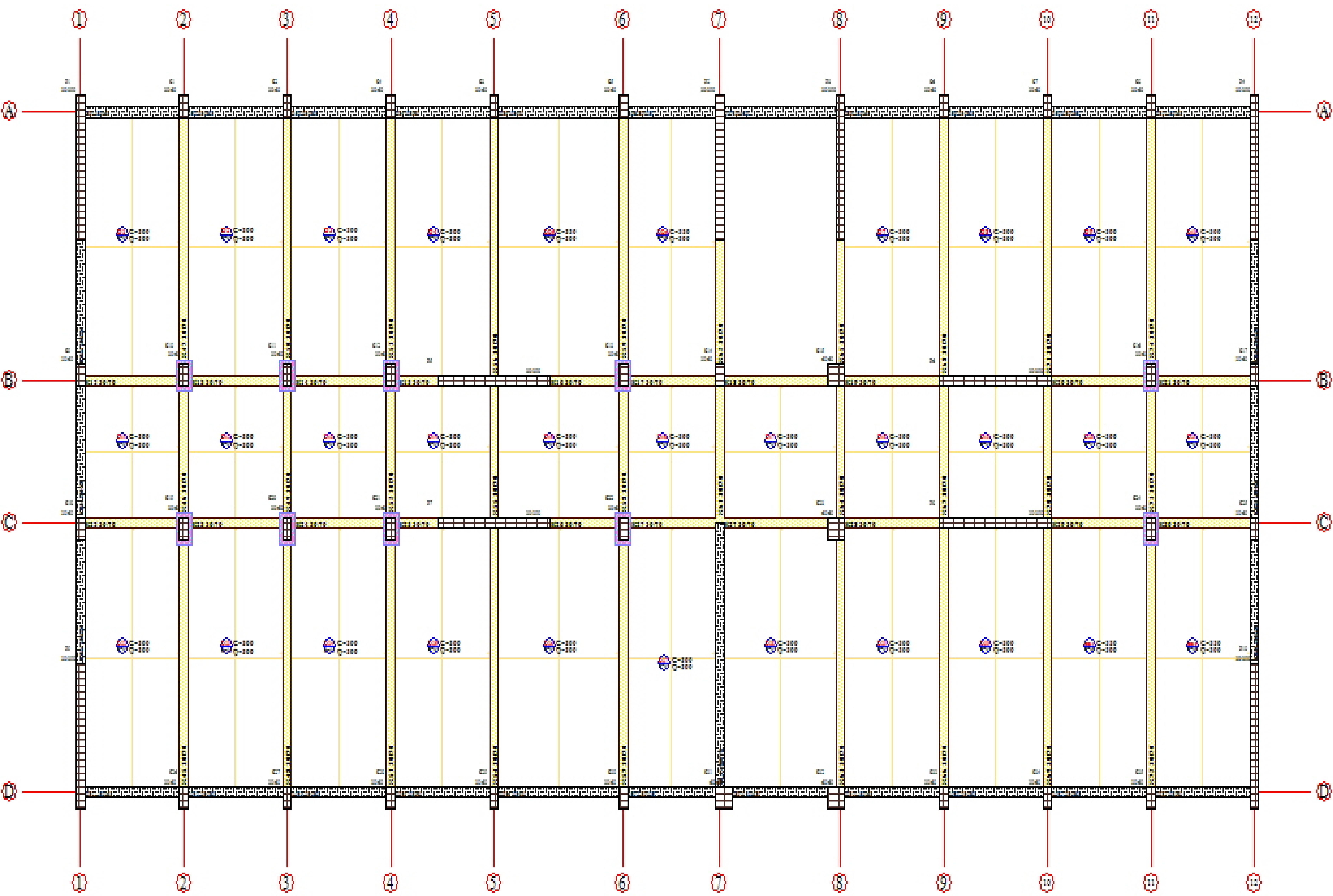
KAYNAKLAR

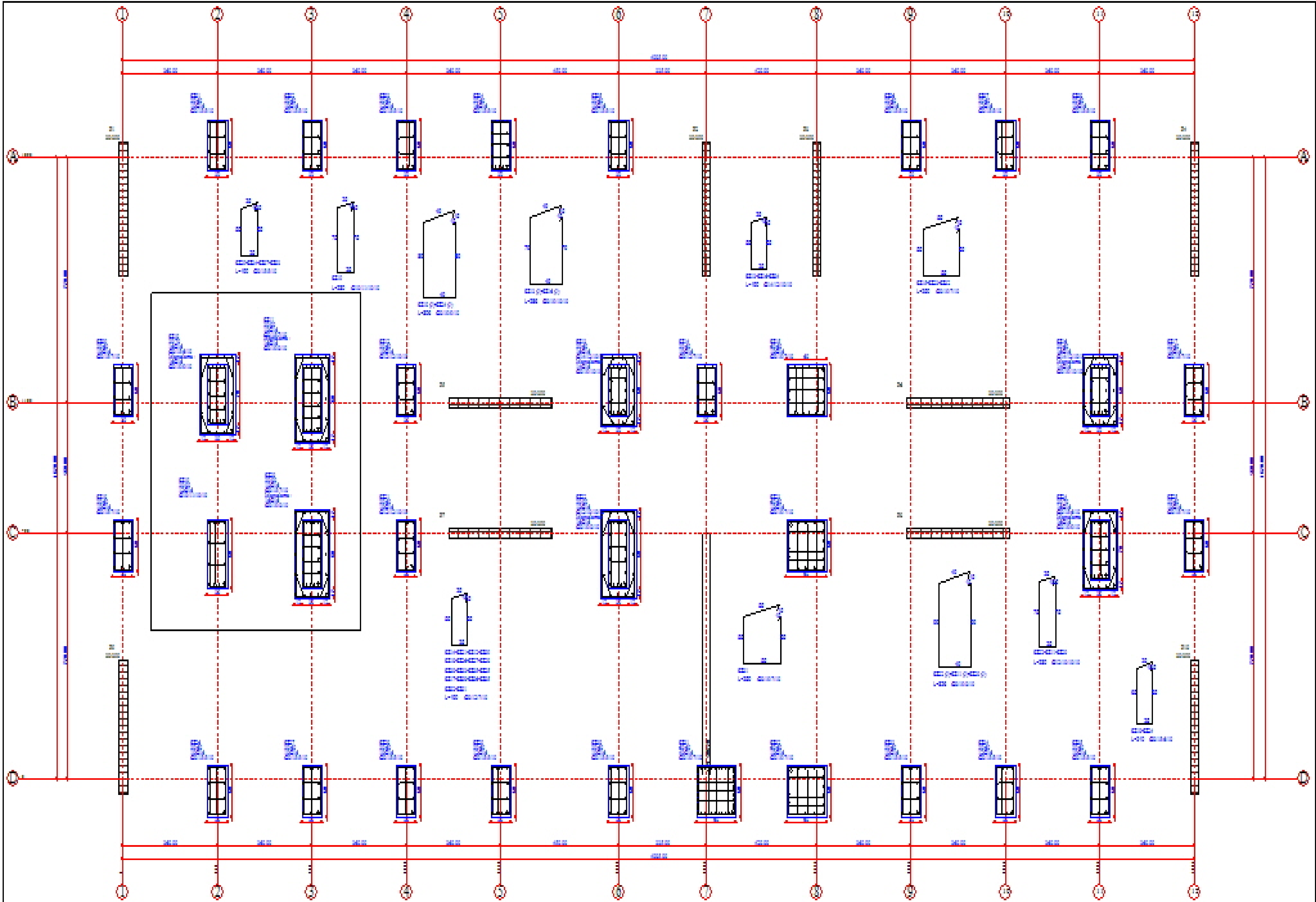
1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997 Deprem Yönetmeliği (1998 Değişiklikleriyle Birlikte) Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1997
2. Celep Z., Kumbasar, N., Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş, Beta Dağıtım, İstanbul, 1996.
3. Celep Z., Kumbasar N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2000.
4. Celep Z., Betonarme Yapılarda Deprem Sonrasında Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri, Kemal Özden', Anma Semineri, sayfa.99-136, İstanbul, 2002.
5. Demir H., Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İstanbul, 2000.
6. Bayülke N., Depremde Hasar Görmüş Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi,, İzmir, 1995.
7. Bayülke N. , Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 2001
8. Ersoy U., Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesinde ODTÜ Yaklaşımı, Deneysel Araştırmalar ve Uygulamalar, Kemal Özden'i Anma Semineri, Sayfa.1-25, İstanbul, 2002.
9. www.deprem.gov.tr 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depreminde Yapısal Hasar
10. Aka İ., Binalarda Güçlendirme Neden?, Nasıl?, Kemal Özden'i Anma Semineri, sayfa.27-31, İstanbul, 2002.
11. Yılmaz M. K., Betonarme Yapılarda Deprem Sonucunda Oluşan Hasarlar ve Onarım Yöntemleri, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.
12. TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları,
13. Ceyhan Belediyesi İmar Müdürlüğü
14. TMMOB Adana Şubesi
15. ideCAD 5.0 Statik, Bursa, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

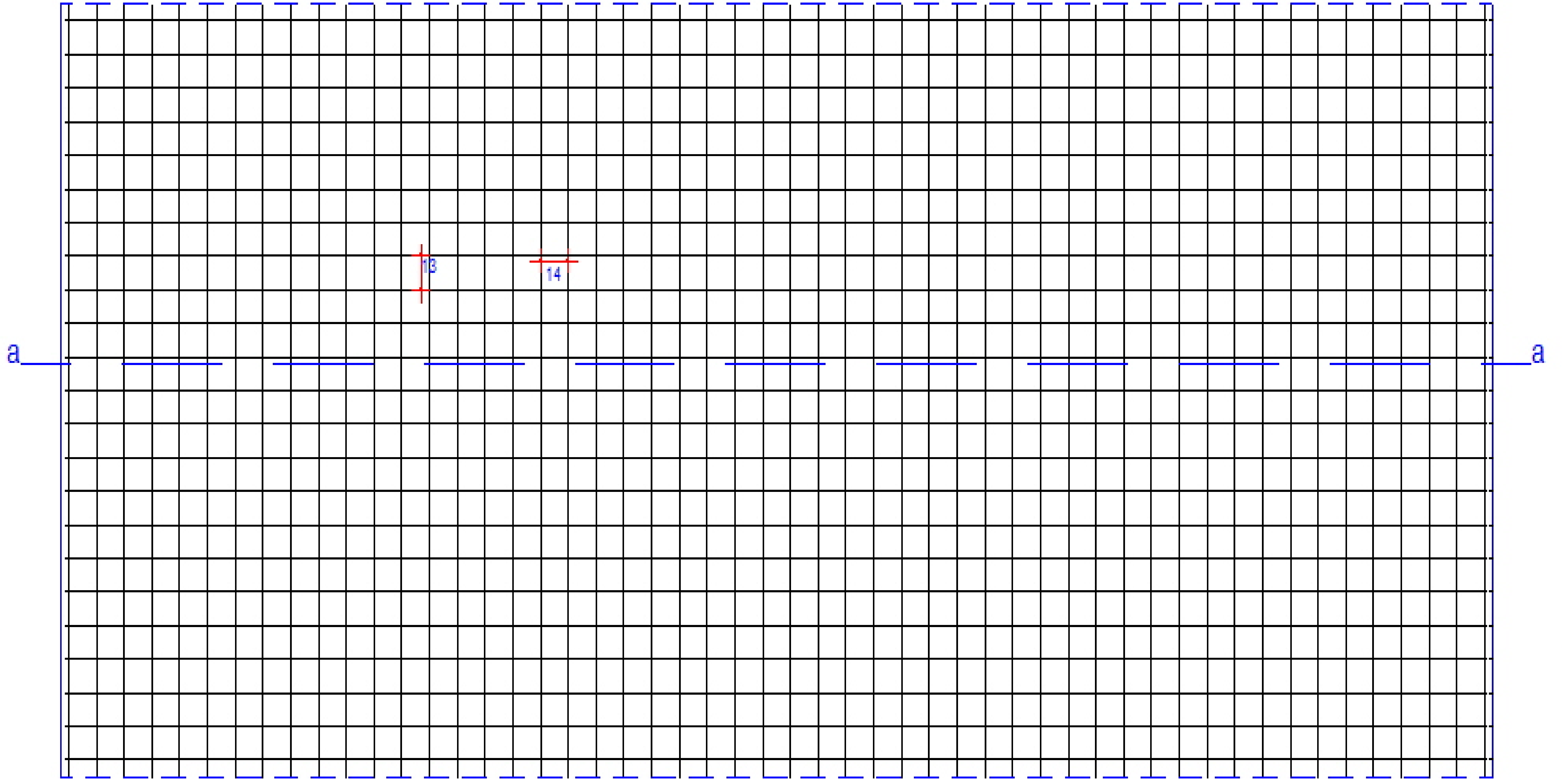
1972 yılında Elazığ'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da yaptım. 1992 Yılında Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İnşaat Bölümüne girdim ve 1994 yılında başarıyla mezun oldum. 1995 yılında Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümüne girdim. 1996-1997 Öğretim yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümüne yatay geçiş ile geldim. 2000 yılında bu bölümden başarıyla mezun oldum. 2003 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladım. Halen Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans yapmaktayım. Üntaş Üçler İnşaat A.Ş.'nin ortağı olarak serbest olarak çalışmaktayım. Evliyim ve Emirhan isminde bir oğlum var.





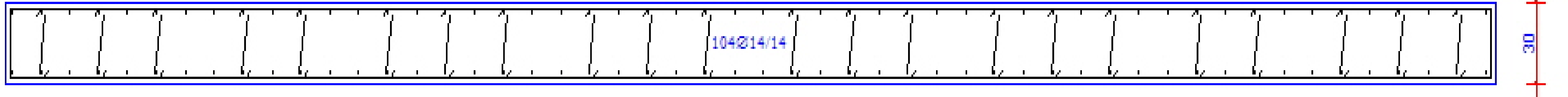


ZEMİN KAT KOLON AYRIKASYON PLANI ÖLÇEK:1/50-1/20 C16/BS16 - ST220(BÇ T) A=0.10, B=1.6, YZ=0.1, T1=0.15, T2=0.60, R=0.20



Kesit a-a

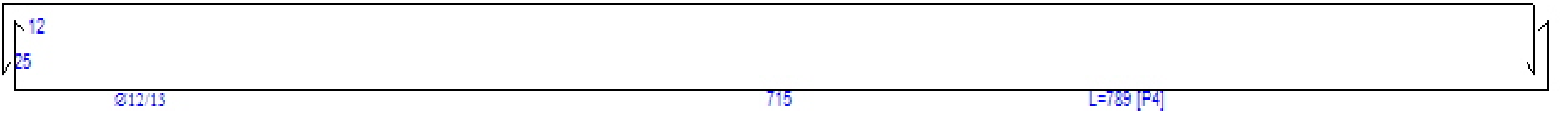
GP1(720/30)



720

720

30



12

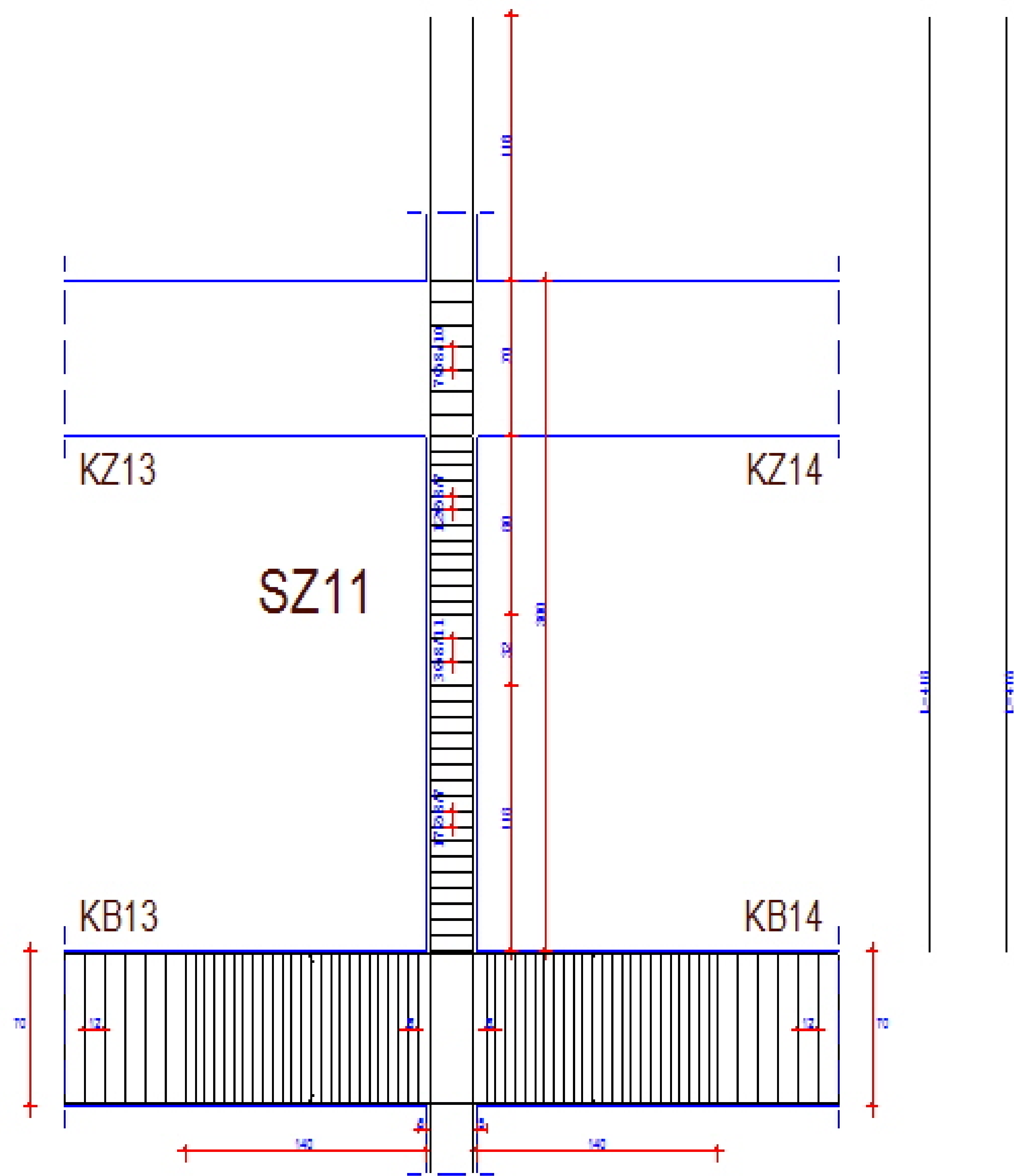
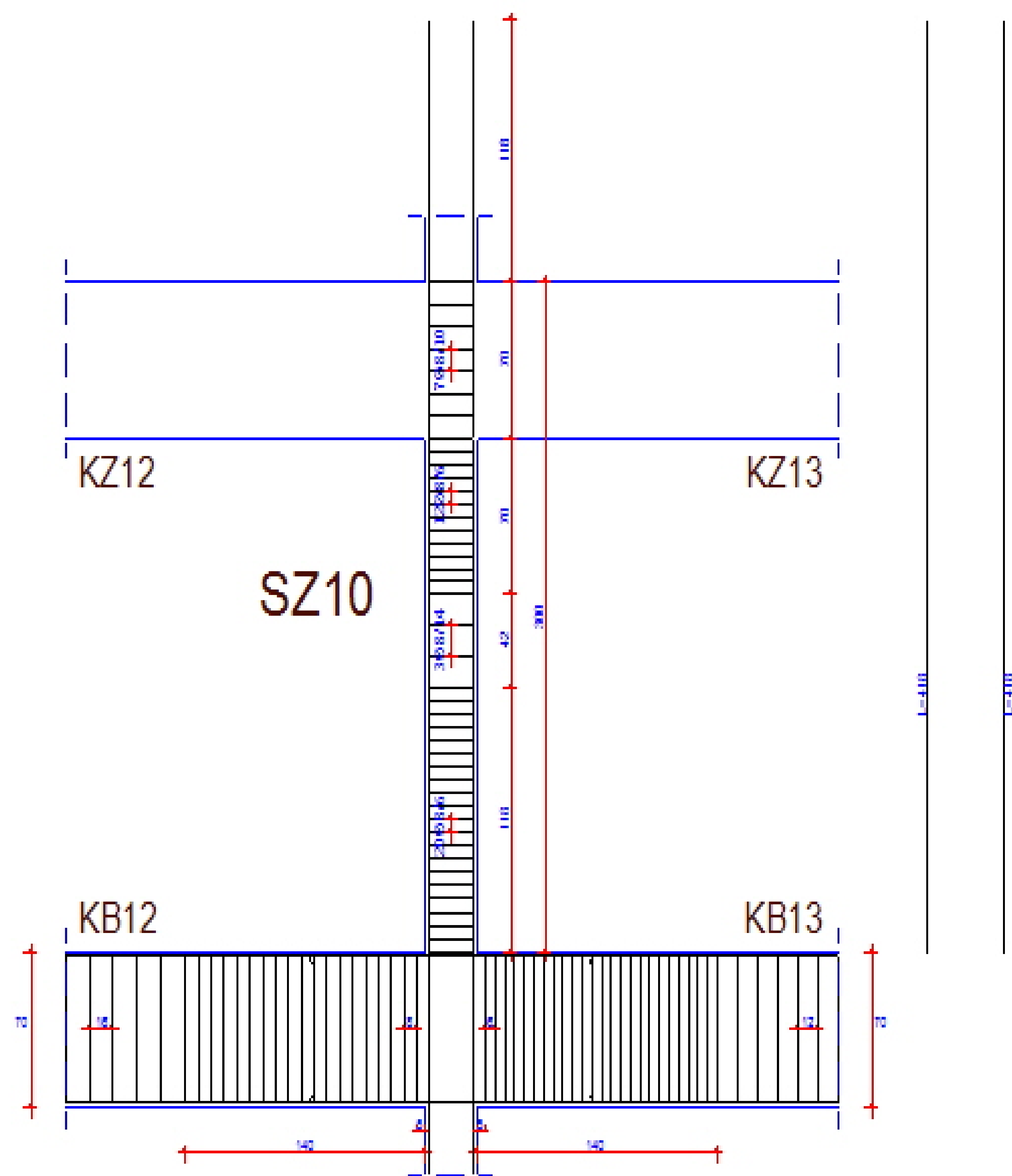
25

Ø12/13

715

L=789 [P4]

·GÜÇLENDİRME PERDE AÇILIMI·



KOLON DUSEY ACILIMLARI