

154330

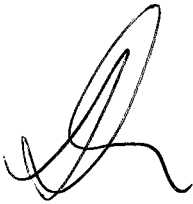
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME YAPILARIN
ÇELİK ÜRÜNLERLE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Mimar Ezgi AY

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ



Tez Danışmanı : Prof. Dr. Görün ARUN

Kaya Özgen
Prof. Dr. Kaya Özgen

Prof. Güner Arun
MAMM

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. GÜÇLENDİRME GEREKSİNİMİNİN NEDENLERİ.....	4
2.1 Tasarımdan Kaynaklanan Hasarlar	4
2.2 Üretimden Kaynaklanan Hasarlar	6
2.3 Kullanım Sırasında Değişen Koşullar Sonucu Oluşan Hasarlar	7
2.4 Zemin Oturmalarından Kaynaklanan Hasarlar	11
2.5 Deprem Hasarları	12
3. HASAR ŞEKİLLERİ.....	14
3.1 Kirişlerde Çatlaklar	14
3.2 Kolonda Hasar	15
3.2.1 Kolonlarda Basınç Çatlakları	15
3.2.2 Kolonlarda Kesme Çatlakları.....	16
3.2.3 Kolonlarda Burulma Çatlakları.....	17
3.3 Perde Hasarı	18
3.4 Döşemede Çatlaklar	20
4. GÜÇLENDİRME İLKELERİ	22
4.1 Yapının Ağırlığının Azaltılması	22
4.2 Yapı Sünekliğinin Artırılması.....	22
4.3 Yapının Taşıma Gücünün Artırılması.....	24
4.4 Yapının Dinamik Özelliklerinin Değiştirilmesi.....	24
4.5 Burulma Etkisinin Azaltılması.....	25
5. ÇELİK ÜRÜNLERLE GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER	28
5.1 Kullanılan Çelik Ürünler.....	28
5.2 Kullanılan Birleştirme Ürünleri	29
5.2.1 Bulon.....	29
5.2.2 Kaynak	30
5.2.3 Epoksi Reçine	30
6. GÜÇLENDİRİLME YÖNTEMLERİ.....	32
6.1 Güçlendirmeye Hazırlık.....	32
6.2 Öge Düzeyinde Güçlendirme.....	33
6.2.1 Kolonda Çelik Elemanlarla Bölgesel Güçlendirme Uygulamaları	33

6.2.1.1	Çelik Çerçeve Oluşturma	34
6.2.1.2	Çelik Mantolama:.....	35
6.2.2	Kirişte Çelik Elemanlarla Bölgesel Güçlendirme Uygulamaları	37
6.2.2.1	Çelik Lama Kullanılarak Güçlendirme	38
6.2.2.2	Çelik Levha Kullanılarak Güçlendirme	39
6.2.2.3	Çelik Profillerle Güçlendirme.....	39
6.2.3	Kiriş-Kolon Birleşim Bölgelerinde Güçlendirme Uygulamaları	41
6.2.3.1	Çelik Levha Kullanılarak Güçlendirme	41
6.2.3.2	Çelik Lama Kullanılarak Güçlendirme	42
6.2.4	Döşemede Güçlendirme Uygulamaları	42
6.3	Sistem Düzeyinde Güçlendirme	43
6.3.1	Betonarme Çerçeve İçinde Çelik Çaprazlarla Güçlendirme Uygulamaları	44
6.3.2	Kolon Kiriş Ekseni Dışında Çaprazlı Çelik Perdelerin Oluşturulması	51
6.4	Güçlendirme Sonrası Çelik Ürünlerin Korunması.....	56
6.5	Güçlendirmede Çelik Ürün Kullanımının Olumlu Yönleri	56
7.	SONUÇ.....	57
EKLER.....		62
ÖZGEÇMİŞ		68

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Derz tahtasının bırakılması sonucu hasar	5
Şekil 2.2 Donatının paslanması sonucu Pas payı betonunda çatlak oluşumu ve kapak atma.....	8
Şekil 2.3 Boyuna donatının paslanması sonucu meydana gelen kapak atma	8
Şekil 2.4 Asit etkisi ile betonun ufalanması	9
Şekil 2.5 Baraj boşalma kanallarında oluşan kaviteasyon hasarı	11
Şekil 2.6 Zemin oturmalarında görülen olasılıklar	12
Şekil 2.7 Farklı oturma çatlakları	12
Şekil 2.8 Deprem dalgaları	13
Şekil 3.1 Çekme çatlakları	14
Şekil 3.2 Kirişte oluşan çatlaklar	14
Şekil 3.3 Donatı-beton aderansı yetersizliği betonda ezilme	15
Şekil 3.4 Moment etkisiyle betonun ezilmesi ve hasar oluşumu.....	15
Şekil 3.5 Betonarme kolonda basınç etkisi ile oluşan çatlaklar.....	16
Şekil 3.6 Kolonda basınç kırılması aşamaları.....	16
Şekil 3.7 Kolonda kesme hasarı.....	17
Şekil 3.8 Kolonda kesme çatlakları sonucu hasarın büyümesi.....	17
Şekil 3.9 Kolonda Burulma Hasarı	18
Şekil 3.10 Betonarme perdede kesme kırılması.....	19
Şekil 3.11 Yüksek binaların perde duvarında oluşan eğilme çatlakları.....	19
Şekil 3.12 Betonarme perdede burulma hasarı	19
Şekil 3.13 Boşluklu betonarme perdede mafsal oluşumu ve “X” çatlakları.....	20
Şekil 3.14 Kirişsiz döşemelerde görülen zımbalama hasarı	21
Şekil 3.15 Perde duvarın dönmesi sonucu döşeme hasarı	21
Şekil 4.1 Deformasyon eğrisi.....	23
Şekil 4.2 Dayanım süneklik grafiği	23
Şekil 4.3 Yapıda burulma oluşması	25
Şekil 4.4 Planda kitle ve rijitlik düzensizlikleri.....	26
Şekil 4.5 Burulma etkisi oransal ifade	27
Şekil 5.1 Yapılarda birleştirme elemanı olarak kullanılan bulon ve parçaları.....	29
Şekil 6.1 Çatlaklara epoksi enjeksiyonu	33
Şekil 6.2 Betonarme kolonun çelik lamalar kullanılarak güçlendirilmesi detayı	34
Şekil 6.3 Betonarme kolonun çelik çerçeve yöntemi ile güçlendirilmesi tip detayı.....	35
Şekil 6.4 Betonarme kolonun çelik manto yöntemi ile dairesel güçlendirilmesi	35
Şekil 6.5 Betonarme kolonun çelik manto yöntemi ile güçlendirilmesi tip detayı.....	36
Şekil 6.6 Kirişte çelik ürünlerin yerleştirilmesi	37
Şekil 6.7 Çelik levha yapıştırma uygulaması.....	38
Şekil 6.8 Betonarme kirişin çelik lama ile güçlendirilmesi	38
Şekil 6.9 Kirişin çelik levha kullanılarak güçlendirilmesi.....	39
Şekil 6.10 Kirişin alt yüzüne bağlanan çelik profillerle güçlendirilmesi	40
Şekil 6.11 Kirişin alt yüzüne kiriş boyunca çelik profil bağlanması	40
Şekil 6.12 Profillerin kiriş yan yüzüne bağlantısı.....	41
Şekil 6.13 Betonarme kiriş-kolon birleşiminin çelik levhalarla güçlendirilmesi tip detayı	41
Şekil 6.14 Betonarme kiriş-kolon birleşiminin çelik lamalarla güçlendirilmesi tip detayı	42
Şekil 6.15 Döşemeye çelik profil ara kirişler eklenmesi	43
Şekil 6.16 İlave çelik çaprazlar bir noktada kesişmemeli.....	44
Şekil 6.17 İlave çelik çerçeve çaprazların düzenlenmesi	45
Şekil 6.18 Merkezi çaprazlı çelik kafes tipleri	45
Şekil 6.19 Pencereleri kapamayan diyagonal elemanlar Japonya uygulaması	47
Şekil 6.20 Çelik çerçeveden betonarme elemana kuvvet aktarımı ayrıntıları	47

Şekil 6.21a İlave çelik çaprazlı perdelerin döşeme ile bağlantısı, A kesiti	48
Şekil 6.21b İlave çelik çaprazlı perdelerin kolon ile bağlantısı B kesiti.....	48
Şekil 6.22 İlave ters“V” çelik çaprazlı perdelerin uygulanması	49
Şekil 6.23 Çerçeve açıklığına kaynaklı diyagonal çelik elemanlar konulması.....	50
Şekil 6.24 Dışmerkezi çaprazlı çelik kafes tipleri	51
Şekil 6.25 Kolon Kiriş eksenini dışında oluşturulan diyagonalollerin betonarme kiriş ile bağlantı detayı	52
Şekil 6.26 Asmolen döşemeli bir yapıda betonarme kolon kiriş eksenini dışında çelik diyagonalollerin uygulandığı örnekler	53
Şekil 6.27 Betonarme döşemeli bir yapıda betonarme kolon kiriş eksenini dışında çelik diyagonalollerin uygulandığı örnekler	54
Şekil 6.28 Kolon kiriş eksenini dışında çelik diyagonalollerin uygulandığı bir yapıda planda konumlanmaları ve kesit	55

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 5.1 Profiller “I, U, T”	28
Çizelge 5.2 Lamalar	29
Çizelge 5.3 Levhalar	29
Çizelge 5.4 Yapı üretiminde en çok kullanılan bulon çapları.....	30

ÖNSÖZ

Bu çalışmamın tüm aşamalarında kendimi güvende ve şanslı hissetmemi sağlayan sevgili hocam Prof. Dr. Görün Arun' un, çalışmamın gelişmesi doğrultusunda verdiğiniz destek ve değerli bilgilerinizden, bu süreçte bana göstermiş olduğunuz destek ve anlayışından dolayı size çok teşekkür ediyorum.

Ayrıca çalışmalarım sırasında benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen başta ailem ve her daim yanımda olacaklarına inandığım arkadaşlarım Gül Yücel, Burcu Yılmaz, Sinem Korkmaz ve eşim Murat Kaya'ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.



ÖZET

Yapıların projelendirilmesi, uygulanması ve kullanılması sırasında yapılan bir takım hatalar ya da verilen yanlış kararlar ve deprem gibi doğal afetler nedeniyle oluşan hasarlar sonucu betonarme yapıya zaman zaman müdahale edilmesi gerekmektedir. İnşaat esnasındaki yanlış beton uygulamaları, tasarım aşamasındaki yanlış detay çözümleri, kullanım sırasında ortaya çıkan atmosferik ve kimyasal etkiler, aşınmalar ve doğa olayları yapıda hasarlara neden olur. Ayrıca yaşanan depremler sonucu edinilen bilgiler, yapı bu güne kadar hasar görmemiş olsa dahi, yapının taşıma gücünün daha şiddetli depremlerde yetersiz kalacağını göstermektedir. Bu nedenlerle betonarme taşıyıcı sistemde yapılan işlemin şekline ve amacına göre onarım, güçlendirme ya da iyileştirme yapılır. Betonarme yapıların güçlendirilmesi, iyileştirilmesinde uygulanabilecek yöntemlerden biri çelik ürün kullanımı ile yapının güçlendirmesidir.

Çelik ürünlerle betonarme yapıların güçlendirme ve iyileştirilmesi, hasar görmüş elemanlardaki çatlaklarının onarılmasından sonra çelik ürünlerle dayanımlarının artırılması, hasar görmemiş olan yapılarda ise deprem yükleri dikkate alınarak sistem bazında iyileştirmeye gidilip çelik çaprazlarla deprem perdelerinin oluşturulması ile sağlanır. Bu işlemler sırasında yapı ağırlığının azaltılması, sünekliğinin artırılması, taşıma gücünün artırılması, dinamik özelliklerinin değiştirilmesi, burulma etkisinin azaltılması olarak sıralanabilecek güçlendirme ilkeleri dikkate alınır.

Çelik ürünlerle yapılacak güçlendirme çalışmaları, betonarme yapıların taşıma gücünün iyileştirilmesinde güçlendirme ilkelerine uygun, hızlı ve ideal bir çözümdür. Çelik malzeme mukavemetinin yüksek oluşu nedeniyle küçük kesitlerle, büyük yüklerin taşınabilmesi, hafif ama güçlü binalar üretilmesini sağlar. Deprem perdelerinin betonarme yerine çelik çaprazlarla oluşturulması yapının fazla ağırlaşmasını engeller. Üretim sırasında hava şartlarından etkilenmeden ucuz ve kısa sürede yapım süreci tamamlanır.

Anahtar kelimeler: Güçlendirme, çelik ürünlerle güçlendirme, çelik çaprazlar, güçlendirme ilkeleri, betonarme yapıda hasar

SUMMARY

It is needed to interfere to the reinforced concrete buildings with the reasons of some damages as a result of errors during the planning, construction and maintenance stages; erroneous decisions; and natural disasters such as earthquakes. Wrong applications of the concrete during construction, wrong details in the design stage, the atmospheric and chemical impacts, corosions and natural events through the maintenance phase cause damages in the physical structure of the building. Also, in the view of the information from the earthquakes, it is understood that the buildings behavior capacity can be insufficient during the violent earthquakes although the building hasn't had any damages before. So, in the building system of reinforced concrete restoration, reinforcement and rehabilitation can be done according to the purpose and shape of the work. One of the methods of the reinforcement and rehabilitation of reinforced concrete buildings is the reinforcement of the buildings by using steel.

The reinforcement and rehabilitation of the reinforced concrete buildings with steel product increase the strength of the damaged buildings after repairing the cracks on the damaged elements. In the buildings that had no damage before, the whole system is reinforced walls with steel diagonals improved by designing for a possible earthquake load. During these technical operations, some reinforcement principles as reducing the building weight, increasing ductability, increasing the force capacity, changing the dynamic properties, reducing the torque impact have to be taken into consideration.

The reinforcement of a system with steel is a fast, ideal and convenient to rehabilitate the force capacity of reinforced concrete buildings. The high strength of steel carries most of the earthquake induced loads with small cross sectioned elements. Forming the walls with steel diagonals instead of reinforced concrete walls provides a light weight rehabilitation. The construction stage can be completed in a short time without any impact from the climatic conditions.

Key Words: Reinforcement; reinforcement by using steel, steel diagonals, reinforcement principles, damage

1. GİRİŞ

Her yapı gerek üretim tekniği gerek kullanma biçimi bakımından yapıldığı zamanın koşullarına uygun olarak tasarlanır ve üretilir. Geçmişte üretilmiş yapılardaki işlev değişikliği, yeni bilgiler ışığında değişen koşullar ve yönetmeliklere göre yükleri taşıma yetersizliklerinin görülmesi ya da eskime gibi nedenlerle yapının bazı taşıyıcı elemanlarının ya da bütün taşıyıcı sisteminin tekrar incelenmesi gerekir.

İnşaat sürecindeki yanlış beton uygulamaları, tasarım aşamasındaki yanlış detay çözümleri, kullanım sırasında ortaya çıkan atmosferik ve kimyasal etkiler, aşınmalar ve doğa olayları betonarme yapıda hasarlara neden olabilir. Bu hasarlar, yapının, üzerine etkiyen yükleri güvenli olarak taşıyamayacak duruma gelmesine sebep olabilir. Yapılarda ani hasarlara yol açan en önemli neden, depremdir. Türkiye’de mevcut yapı stokunun büyük bir bölümünü betonarme yapılar oluşturur. Son yıllarda yaşanan depremler, bu yapıların büyük çoğunluğunun orta şiddetteki depremler karşısında bile yetersizliğini ortaya koymuştur. Yapısal bir deformasyon olmadan binanın hasar görmesi sadece zemin sıvılaşması sonucu binanın batması veya kibrit kutusu gibi devrilmesi gibi ender olaylarda görülür. Bazı yapıların ise önem dereceleri sebebiyle deprem sonrası hasarları olmasa bile çok daha büyük şiddetteki depremler karşısında ayakta kalması istenir. Bu nedenle yapıların depreme karşı güçlendirilmesi önemle üzerinde durulması gereken konulardan biridir.

Güçlendirme kavramı onarım kavramı ile karıştırılmamalıdır. Onarım elemanın taşıma gücünde artış sağlamaz, sadece daha fazla hasar oluşumu engellenmiş olur. Güçlendirme ise bir yapı sisteminin yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini ve stabilitesini iyileştirmek ya da taşıyıcı elemanlardan bazılarının yük taşıma kapasitesini artırmak amacıyla yapılır. Burada amaçlanan taşıyıcı sistemin dayanımını hasardan önceki ya da mevcut düzeyin üzerine çıkarmaktır. Güçlendirme işlerinin binanın işlevine zarar vermemesi ve maliyetinin yeni yapı maliyetinden yeter ölçüde düşük olması gerekir. Güçlendirme projesinin hazırlanmasında, yapı hasar tespitinin yapılması, malzeme dayanımlarının tespiti, yapı davranışının nümerik analizlerle belirlenmesi ve bu bilgiler ışığında maliyet ve uygulama ilkeleri dikkate alınarak güçlendirme yönteminin seçimi önemlidir. Bu işlemlerin herbiri ayrı ayrı uzmanlar tarafından yapılmalıdır ve uygulama aşamaları projede belirtildiği gibi tatbik edilmelidir. Daha önceki depremler sonrasında güçlendirilen pek çok betonarme yapıda yönetmeliklere uyulmasına rağmen, uygulamadaki yanlışlıklar nedeniyle hasarlar görülmektedir.

Bu araştırmada betonarme yapıların uzmanlarca uygulanmak üzere seçildiği varsayılan çelik

ürünlerle güçlendirme yöntemlerinin uygulama ilkeleri ve adımları yer alacaktır. Bu çalışmada amaç; deprem gerçeği ile yaşanmakta olan Türkiye’de, son yıllarda yaşanan depremler sonrasında edinilen deneyimler ışığında, mevcut yapıların güvenli hale getirilmesi için bir yöntem olabilecek çelik elemanlarla güçlendirme konusunda bilgi vermek, anlaşılır şekilde bu konudaki uygulama yaklaşımlarını ortaya koymaktır.

Çalışmada:

Güçlendirme işlemlerinde uyulacak ana ilkeler nelerdir?

Güçlendirmede kullanılacak çelik ürünler nelerdir?

Güçlendirme öncesi ne gibi hazırlıklar yapılır?

Çelik eleman ve beton birleşimi nasıl sağlanmalıdır?

Güçlendirmede çelik elemanlar kullanmanın bize getireceği avantajlar nelerdir?

gibi sorulara cevap aranacaktır.

Çelik ürünlerle güçlendirme, diğer yöntemlere göre daha az uygulanmaktadır. Bu nedenle tartışılması ve geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Çalışmada çelik ürünler kullanılarak gerçekleştirilecek güçlendirmenin, taşıyıcı sistemin yük aktarmasında doğru bir çözüm olduğu ve avantajları öz biçimde aktarılacak istenmiştir.

Bölüm 1’de, yapılan çalışmanın amaç ve kapsamı ile güçlendirme kavramı anlatılmaktadır.

Bölüm 2’de, güçlendirme nedenleri olan; yönetmelik değişimleri sonucu taşıma yetersizliklerin görülmesi, hasar ve hasar nedenleri açıklanmıştır.

Bölüm 3’te, oluşan hasarın yapıdaki görüntüsü, hangi şekildeki hasarın hangi etkiler sonucu ortaya çıktığı eleman bazında gruplandırılarak anlatılmaya çalışılmıştır.

Bölüm 4’te, depreme dayanıklı yapı tasarımının da ilkeleri olan güçlendirme ilkelerinin bu ilkelerin yapıdaki etkileri ve uygulamada projesinde mevcut yapıda ne şekilde sağlanabileceği belirlenmeye çalışılmıştır.

Bölüm 5’te, çelik ürünlerle güçlendirme çalışmalarında kullanılacak ana malzemeler ve birleştirme ürünlerini kapsar. Malzeme özellikleri ve kullanımı sırasında dikkat edilecek noktalar anlatılmıştır.

Bölüm 6'da, tezin ana konusu olan çelik ürünlerle güçlendirme şekillerini anlatmaktadır. Güçlendirme şekilleri iki ana başlıkta ele alınmıştır. En çok karşılaşılan uygulama detayları, eleman bazında ayrı ayrı değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma esnasında çelikle güçlendirme yöntemlerinin statik hesaplarına, diğer yöntemlerle taşıyıcılık ve maliyet yönünden karşılaştırmalarına yer verilmemiştir.



2. GÜÇLENDİRME GEREKSİNİMİNİN NEDENLERİ

Deprem yönetmelikleri yapıların deprem sırasında nasıl davrandığının uzun süreli incelenmesiyle elde edilen veriler ışığında oluşturulur. Türkiye’de en son oluşturulan 1998 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik hafif ve orta şiddetli depremlerde hasarın onarılabilir olmasını, çok şiddetli depremlerde bina yıkılsa bile can kaybının olmamasını öngörmektedir.

Güçlendirme, yapı işlevi ve yönetmeliklerin değişmesi nedeni ile yapı güvenliğinin yetersiz kalması ya da yapıda oluşan hasarlar nedeni ile yapı taşıma gücünün azalması sonucu yapılır.

Yönetmeliklerin değişmesi sonucu bazı yapıların deprem güvenliğinin yetersiz olduğu görülür. Yapıdaki işlev değişikliği nedeniyle önem derecesi artan yapıların da şiddetli depremler karşısında ayakta kalması istenir. Deprem sonrası hasarları olmasa bile böyle yapıların güçlendirilmesi gerekebilir.

Hasar, bir yapının tümünün ya da bir parçasının işlevini göremeyecek duruma gelmesidir. Betonarme yapıda çatlaklar şeklinde ortaya çıkar. Hasarların nedenleri aşağıda açıklanmıştır.

2.1 Tasarımdan Kaynaklanan Hasarlar

Taşıyıcı sistem tasarımında yapılan hatalar, deprem sırasında hasarlara yol açar. Bu nedenle;

1. Taşıyıcı sistem planda simetrik düzenlenmeli ve yüklerin düşey taşıyıcı elemanlar üzerinde dengeli dağılması sağlanmalıdır. Simetrik olmayan düzenlemelerde ortaya çıkan burulma sonucu yapının bazı bölgelerinde büyük gerilmeler oluşması hasara yol açar.
2. Düşey taşıyıcı elemanların yapı yüksekliği boyunca temele kadar sürekli düzenlenmesi önemlidir.
3. Yanal yükler karşısında katlar arası farklı deplasman oluşturacak yükseklik farkı olmamalı ve doluluk boşluk dengesi sağlanmalıdır.

Bu koşullar aynı zamanda güçlendirme sırasında dikkate alınması gereken ilkelerden bazılarıdır.

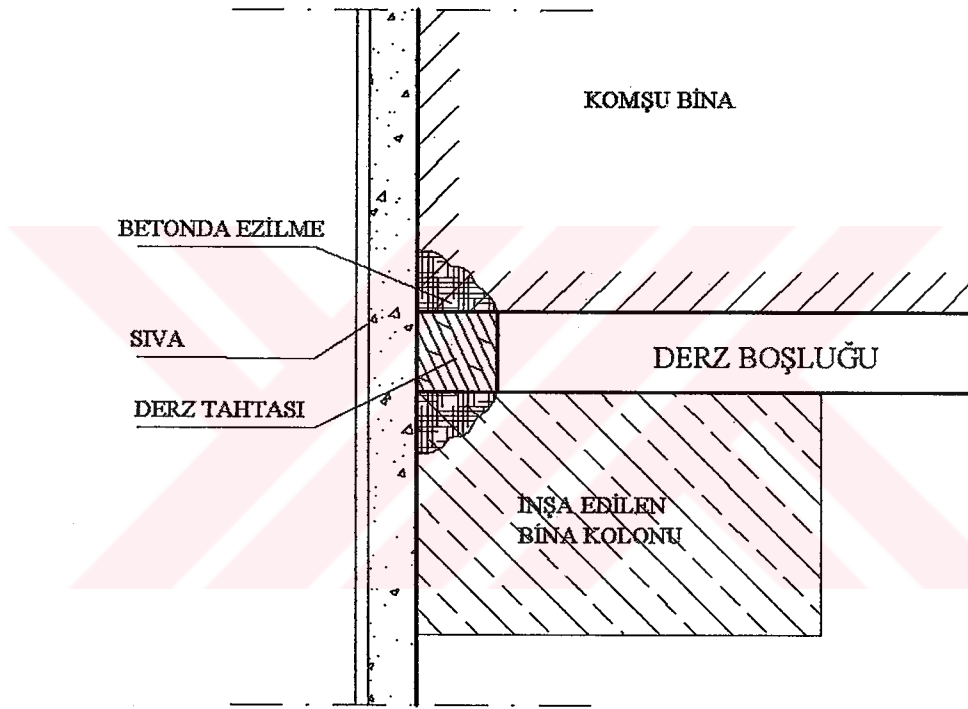
Ani Kesit Değişimleri:

Yapı elemanlarında ani kesit değişimleri daima gerilme yığılmalarına yol açar. Gerilme haline bağlı olarak oluşan çatlaklar daha ileri aşamalarda parça atmalarına dönüşür (Akman, 2000).

Dilatasyon Derzlerinde Yetersiz Aralık:

Genel uygulamada bina uzunluğu ve iklim koşulları dikkate alınarak dilatasyon derz genişlikleri hesaplanmaz ve sadece bir tahta genişliği kadar (2,5 cm.) derz bırakılarak problemin çözüldüğü düşünülür. Bina genişmesi bu değerden fazla olunca derzin iki yanındaki beton sıkışır, köşeler kırılır ve ezilir (Şekil 2.1).

Derz bırakılması için kullanılan malzeme yerinde bırakılırsa, derz görevini yapamaz. Bu malzemenin ahşap olması durumunda hasar daha büyür, çürüyen ve mantarlaşan ahşap çiçeklenmelere ve bölüm 2.3.2. de açıklanacak kimyasal bozulmalara yol açabilir.



Şekil 2.1 Derz tahtasının bırakılması sonucu hasar

Donatı Aralıkları:

Ayrıca bazı üst mesnet noktalarının projelendirilmesinde donatıların sık yerleştirilmesi ve ek yerlerinin aynı hizada düzenlenmesi nedeniyle donatılar arasında beton dökümü için yeterli aralık kalmayabilir. Bu nedenle donatıların, betonda kullanılan en iri agrega çapını göz önüne alarak, vibratör kullanımına izin verecek şekilde seçilmesi ve aralıklarının teşkili çok önemlidir (Akman, 2000).

2.2 Üretimden Kaynaklanan Hasarlar Kalıpta Hareketler

Betonarme yapının üretiminde taşıyıcı sistem dayanımının sağlanabilmesi için beton döküm işleminden başlayarak tüm aşamalarda titiz bir çalışma ile üretimin doğru yapılması gereklidir. Betonda çatlakların oluşmaması için; kalıp hareketleri engellenmeli, kalıplar doğru bağlanmalı ve erken sökülmemelidir.

Kalıp bağlantılarında ya da iskelede oluşan zayıflıklar beton dökümü sırasında kalıbın oynamasına neden olur. Betonun prizini alması sırasında kalıptaki oynama ve deformasyonlar betonda düşey yönde çatlaklar oluşturur. Kiriş orta kısımlarda kalıp oynamalarından oluşan çatlaklar kirişin içinde kalır ve genellikle dışarıdan algılanmaz. Çatlakların bünyesine su dolması, betonun dona karşı dayanıklılığını azaltabilir.

Beton priz süresinde kirişlerin yan kalıplarının alınması, taşıyıcı sistemin başka bir bölümünde kalıp çakılması gibi titreşim etkisi yaratacak işlemlerin yapılması da betonda çatlaklara yol açar.

Betonda Rötire

Katılma sürecinde betondaki buharlaşma, terleyen su miktarından fazla olursa, yüzeyde ani kuruma sonucu büzülme ve çekme gerilmeleri oluşturan plastik rötire ortaya çıkar. Ağırlaşan çimento tanelerinin ve agregaların dibine çökmesi de bu rötreyi etkiler. Bu dibine çökme ve yüzeye çıkan suyun ani buharlaşması; yüzeyde setleşmenin daha erken başlamasına ve çekme gerilmelerinin genç betonun çekme mukavemetini aşmasına ve çatlakların oluşmasına yol açar. Özellikle dibine çöküş hareketine engel olan donatıların üst yüzeylerinde çatlaklar belirgin olur. Donatılar yüzeye yakınsa, bu kısımdaki beton ince olacağından ortaya çıkan çekme gerilmeleri de yüksek olacaktır, yani çatlama olağandır. Yüzeyde kiriş etriyelerini izleyen çatlaklar bu nedenle oluşur. Plastik rötire yalnız yüzeysel çatlaklar oluşturmaz, ayrıca donatıların ve bazı iri tanelerin altında cepler oluşturarak çeliklerin betonla aderansını azaltır ve paslanmaları için ortam hazırlar. Eğer donatılar çok sık bir hasır şeklindeyse, hasırların altında oturma sonucu bir ayrılma da meydana gelebilir.

Setleşmenin hemen sonrasında, özellikle düşük su/çimento oranları ile ve süper akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen yüksek performanslı ve mukavemetli betonlarda; kendiliğinden kurumunun hızlandırılması sonucu bünyesel rötire nedeniyle çatlak oluşur. Kendiliğinden yerleşen ve kalın dökülmeyen yüksek performanslı bu betonlarda, bu rötireler plastik rötire çatlaklarına benzer hasara yol açar. Bunların plastik rötire çatlaklarına karşı

alınacak önlemlerle giderilmesi olanağı yoktur çünkü oluşumları sertleşmeden hemen sonra meydana geldiğinden geri dönüşümü mümkün değildir.

Betonun üretim aşamasından sonra, bünyesindeki iç ve dış sıcaklık değişimi ise termik rötre oluşturur. Sertleşme sonunda sıcaklığın yavaş yavaş kaybolması ve bu sıcaklık nedeniyle genişmiş betonun büzölmeye başlaması ile ortaya çıkar. Baraj yapılarında olduğu gibi kalın kesitli betonda soğumanın yüzeyde daha hızlı olması, beton kütesinin mevcut sıcaklığı koruması sonucu betonda büzölmenin zorlanmasına yol açar. Ortaya çıkan çekme gerilmeleri çatlakların oluşmasına neden olur. Ayrıca bu çatlaklar ileride oluşacak termik genişleme ve daralmalarla aktifleşir.

İç sıcaklık değişimleri sırasında agrega genişleme katsayılarının farklılığı sonucu agregalarda dolayısı ile betonda düzensiz bir genişleme oluşabilir. Bu durum sonucu beton yapısında oluşan farklı gerilmeler, agrega-hamur bağlantısını zayıflatarak çatlaklar oluşturur.

Atmosferik Etkiler :

Donma ve çözölme gibi atmosferik etkiler betonda hasar oluşturur. Bu durum don etkisi altındaki bölgelerde önemlidir.

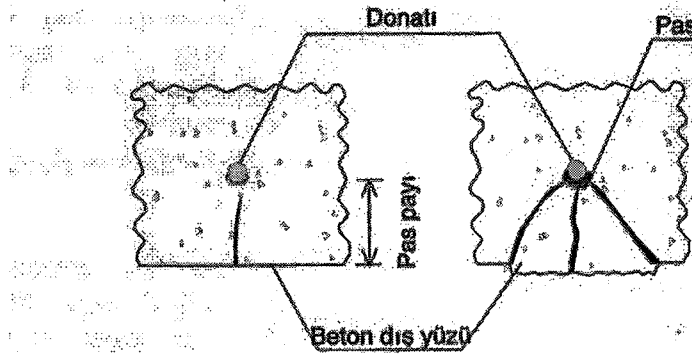
Beton yeterli dayanıma ulaştığında, ilk donma çözölme olayından fazla zarar görmez. Taze beton, prizini almadan don olayı ile karşılaşır, donan suyun yaklaşık %9 oranında hacminin artması nedeniyle tüm beton kütesinde hacim artışı meydana gelir. Hidratasyon yeterli suyun kalmaması ile durur ve sıcaklık artışı ile daha sonra devam eder. Buz bünyesindeki hava kabarcıklarının ısınma ile açığa çıkması beton bünyesinde boşluklar oluşturur. Bu da betonun homojenliğini ve aderansını bozar, buzun oluşturduğu genişleme betonu parçalar ve dayanımını azaltır (Akman, 2000; Yazıcı, 2003).

2.3 Kullanım Sırasında Değişen Koşullar Sonucu Oluşan Hasarlar

Donatının Paslanması:

Donatıda paslanma, betonarme yapı elemanlarında yetersiz pas payı bırakılması ve betonun deniz suyu ya da tuz ile teması sonucu geçirimsizliğini kaybetmesi gibi nedenlerle betonun içinde bulunan oksijen ve nemin donatıya ulaşması ile ortaya çıkar ve yapıda hasar meydana getirir (Akman, 2000).

Beton dökümü sırasında pas payını düzenleyecek plastik gereçlerin kullanılmaması ile donatıların kalıba doğru kayarak yaklaşması, pas payı yetersizliğini oluşturur (Şekil 2.2) (Yazıcı, 2003).



Şekil 2.2 Donatının paslanması sonucu Pas payı betonunda çatlak oluşumu ve kapak atma (Akman, 2000)

Betonun klorür içeren deniz suyu ya da buz çözücü tuzlarla betona temas etmesi donatıda paslanmaya neden olur. Klorürün betonda ilerlemesi, klorür miktarına betonun geçirgenliğine ve ortamda bulunan nem miktarına bağlıdır. Donatıya erişen klorürle beraber, oksijenin ve nemin bulunması donatıda paslanmanın başlamasını sağlar. (Akman, 2000).



Şekil 2.3 Boyuna donatının paslanması sonucu meydana gelen kapak atma (Akman, 2000)

Paslanma sonucu genişlemek isteyen donatı, çevresindeki betonu çatlatır ve betonun kabuk atmasına neden olur. Çatlama ve kabuk atma, yük etkisi altındaki taşıyıcı elemanlarda daha da çabuklaşır (Şekil 2.3). Bunun sonucu; paslanmaya neden olan tuz, nem ve oksijen donatıya

daha kolay ulaşacağı için olay ayrıca hızlanır ve beton yüzünden daha derinde bulunan donatılarda da paslanma başlar. Betonarme elemanlarda derz bulunması ya da gerilme sonucu oluşan çatlaklar paslanmanın hızlanmasına neden olur (Köse, 2003).

Paslanma, çeliğin kesit kaybına ve beton-çelik aderansının azalmasına, betonarme elemanın taşıma gücünün azalmasına, dolayısıyla yapının deprem güvenliğinin kaybolmasına, zamanla yapının kullanılamaz hale gelerek kullanım ömrünü tamamlamasına neden olabilir. Donatıdaki küçük kesit kayıplarında bile betonarme bileşenin taşıyıcılık güvenliği zayıflar.

Kimyasal Reaksiyonlar:

Beton yapımında kullanılan agrega içinde belirli değerleri aşmaması istenen zararlı maddeler vardır. Beton karma sularının zararlı tuzlar içermesi, zemin suyunda ayrışan bitki kökleri nedeniyle oluşan asit etkisi, betondaki bazı katkı maddeleri, gibi nedenlerle kimyasal reaksiyonlar oluşur. Kimyasal reaksiyonlar sonucu donatıda paslanma ile betonda çatlamlar, dökülmeler, kapak atmalar görülür (Akman, 2000). Kil, kömür artıkları gibi maddeler de rutubet etkisi ile hacim değişimi göstererek çatlaklar oluşturur.

Özellikle sülfat etkisinde beton içindeki çimentonun kimyasal reaksiyona girmesi sonucu beton çözülür ve ufalanır (Şekil 2.4). Benzer etkiyi H^2SO_4 , HCl , HNO_3 gibi kuvvetli asitler de ortaya çıkarır (Yazıcı, 2003).



Şekil 2.4 Asit etkisi ile betonun ufalanması (Akman, 2000)

Atmosfer sıcaklığındaki değişmeler:

Beton tüm cisimler gibi sıcaklık değişimleri sonucu uzar, kısalır. Eğer betonun şekil değiştirmesi yapı özellikleri ya da bağlantıları nedeniyle önlenmişse, iç yapıda basınç ya da çekme gerilmeleri meydana gelecektir.

Kışın duvarların dışı daralma eğilimindedir, ancak toprak içinde kalan bölüm daha sıcaktır, keza binanın içi de sıcaktır. Duvara bağlı olan bu iç bölümler genişleyecek ya da en azından daralmayacaktır. Bu davranışlar duvar dışında çekme gerilmeleri doğuracak, düşey yönde gelişen çatlaklar oluşturacaktır. Duvara bağlantılı olan döşemede de benzer yatay çatlaklar olacaktır.

Benzer olay dış duvarın döşemelere yakın kısımlarında özellikle üstü teras olan döşemelerde meydana gelir. Çatlaklar parapet duvarında, çatı döşemesi seviyesinde, düşey yönde oluşur (Akman, 2000).

Yangın :

Yangın gibi sıcaklığın 1000-1200 °C ye çıktığı durumlarda; betonun büzülmesindeki artış ve donatının dayanımını kaybetmeye başlaması sonucu ağır hasarlar meydana gelebilir. Sıcaklığın artması ile serbest suyun buharlaşması sonucu betonda oluşan büzülme ve buhar basıncı, pas payı tabakasının çatlamasına ve parçalanarak dökülmesine yol açar.

Betonarme yapının yangın nedeniyle göçmesinde en etkin faktör özellikle kolonlardaki ve düğüm noktalarındaki çeliğin hasar görmesiyle ortaya çıkar. Yüksek sıcaklık betonun basınç mukavemetini düşürür. Bu da kolonların taşıma gücünü zedeler ve kolonun gevrek bir kırılma ile göçmesine yol açar. Sıcaklık etkisinde kalmış bir betonun sünme kapasitesi artar, beton boşluklu bir yapıya dönüşür. Yani sabit yük altında ve zaman içinde bu deformasyonlar artmaya devam eder (Yazıcı, 2003; Akman, 2000).

Aşınma:

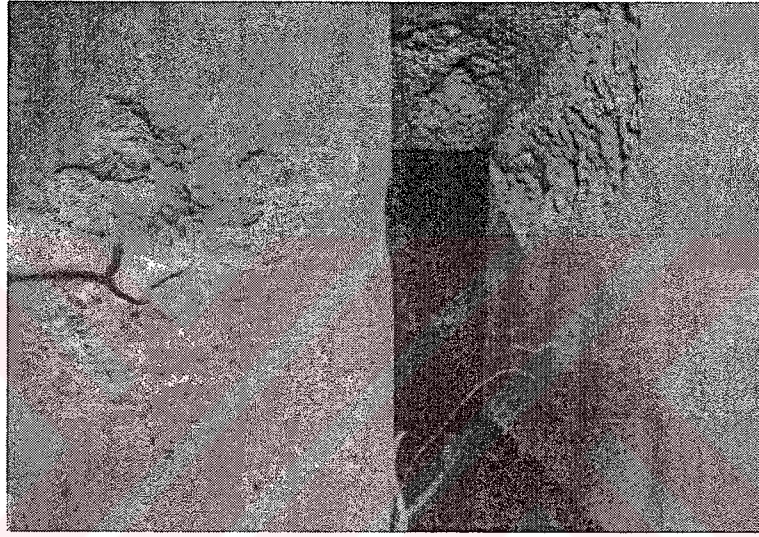
Yapının yerine, cinsine bağlı olarak farklı aşınma türlerine rastlanır. Aşınma türleri abrasif ve erozyon ile aşınma olarak sınıflandırılabilir.

Abrasif aşınma; katı maddelerin sürtünmesi ile beton yüzeyinin kütle kaybetmesidir. Köprü gibi beton zemin kaplaması bulunan yüzeylerde, ağır vasıta, paletli araçlar ve diğer araçların tekerleklerinde taşıdığı kumlar; şiddetli rüzgarların bulunduğu bölgelerde rüzgar içindeki taneciklerin yapıya çarpması bu tür aşınma hasarı oluşturur (Akman, 2000).

Erozyon hasarı ile aşınma; su akışının bulunduğu yapılarda su içindeki taneciklerin beton

yüzeyine çarpması sonucu oluşur. Suyun hareketi ile yüzeyde küçük tanecikler, ile birlikte dipte iri tanecikler de hareket eder. Betonarme yüzeyde zamanla oluşan pürüzlenme, taneciklerin yüzeye daha fazla takılmasına yol açar ve yüzeyde oyulmalar görülür. Dalgakıranlar, barajlar, ve deniz kenarında dalga vuruşları etkisindeki yapılarda bu tür aşınmalar görülür (Şekil 2.5). Suyun hızla aktığı su yapılarında yüzey geometrisinde herhangi bir değişiklik akımın sürekliliğini bozar ve erozyon hasarına yol açar.

Genelde basınç dayanımı yüksek olan betonun aşınmaya karşı da dayanıklılığı yüksektir. Aşınma hasarı ile kesit kaybeden betonarme bir elemanın taşıyıcılığı azalır.



Şekil 2.5 Baraj boşalma kanallarında oluşan kavitasyon hasarı (Akman, 2000)

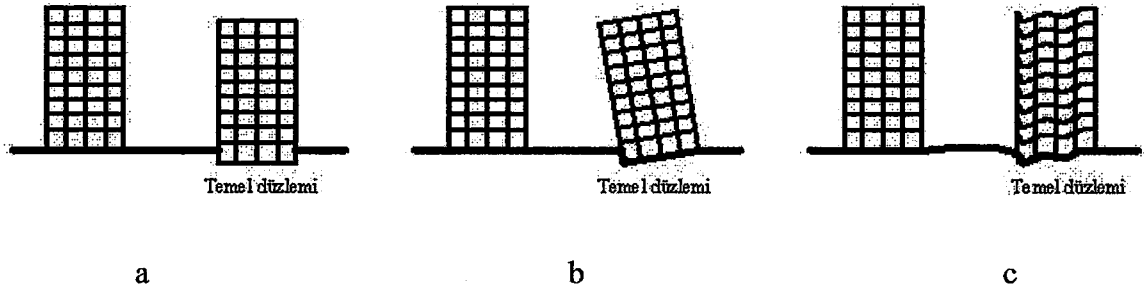
2.4 Zemin Oturmalarından Kaynaklanan Hasarlar

Sert yani kaya zeminler dahil tüm zeminler yük altında sıkışır. Bu sıkışma sonucu yapıda zemin oturmaları görülür. Zemin oturmalarında yer altı sularının etkisi vardır. Yer altı sularının mevsimler etkisiyle ya da dış etkenler nedeniyle çekilmesi ile zemin altında bulunan tabaka büzülür yapıdaki zemin oturmaları artar.

Yapı temel düzlemi düzlemliliğini koruyarak her noktasında aynı miktarda oturma yaparsa yapı düzgün batmıştır ve taşıyıcı eleman hasarı olmayabilir (Şekil 2.6-a).

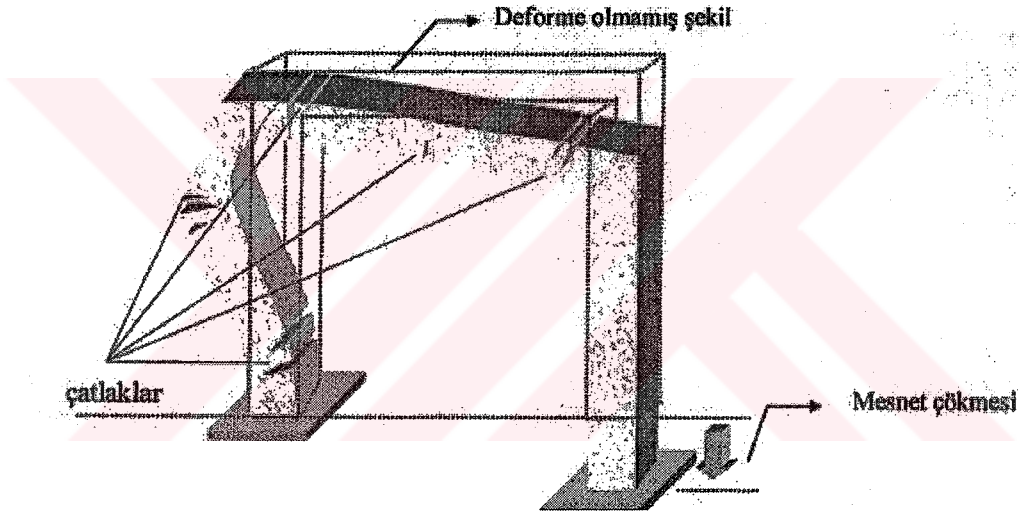
Yapı temel düzlemliliğini koruyarak belli bir açı ile dönerse yatarak devrilebilir. Devrilme için yapının yüksekliği ve genişliği etkindir (Şekil 2.6-b).

Yapı temel düzleminin, düzlemliliğini kaybederek her noktasında farklı miktarda oturma göstermesi ile taşıyıcı sistem hasarı ortaya çıkar (Şekil 2.6-c).



Şekil 2.6 Zemin oturmalarında görülen olasılıklar

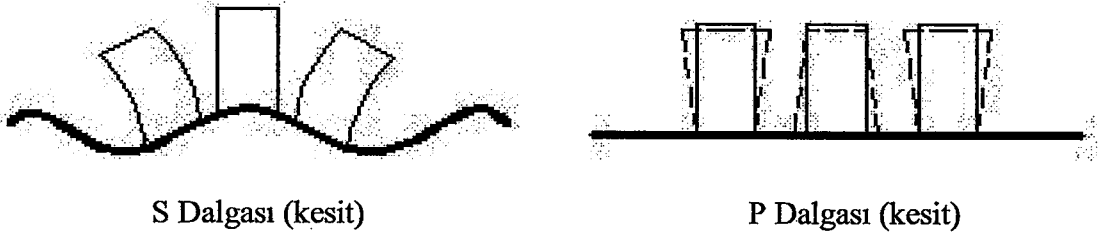
Zemin oturmalarının artması ve çatlakların büyümesi sonucu taşıyıcı sistemde zorlanmalar oluşur ve yapıda çatlamlar görülür (Şekil 2.7). Zemin oturma çatlakları ilk olarak alt katlardan başlayarak duvar öğelerinde gözlenir.



Şekil 2.7 Farklı oturma çatlakları (Yazıcı, Ün, 2003)

2.5 Deprem Hasarları

Hasar oluşumu, deprem dalgalarının şekline ve depremin şiddetine göre değişkenlik gösterir. Deprem hareketinin yayılışı farklı dalga hareketleri şeklinde gerçekleşir. S dalgaları yapılarda salınım hareketi oluşturur. Üst katlara çıkıldıkça yer değiştirme artar, P dalgaları ise zeminde tırtıl hareketi oluşturur (Şekil 2.8). Yapının temellerinde genişleme olurken çatıda büzülme meydana gelir. Bu da temel kirişlerini kopmasına yol açar. Bu hareketler sırasında yapıdaki düzensizlikler kolonların yorulmasına neden olur. Burulma düzensizliği olan yapı, yapı merkezine en uzak kolondan başlayarak geçer (Celep, 2001).



Şekil 2.8 Deprem dalgaları

Doğru detaylandırılmış, doğru yöntem ve malzemeyle üretilmiş yapı ile üzerinde bulunduğu zemin, deprem sırasında normal durumdan farklı davranış ve farklı etkileşim içindedir. Bu etkileşim sırasında zemin sıvılaşması ve rezonans söz konusu ise hasar oluşumu kaçınılmazdır.

Rezonans, yapı doğal titreşim periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirine yakın olması ya da çakışmasıyla oluşur. Rezonans durumu dikkate alınarak tasarlanmamış yapılar deprem sırasında hasar görür.

Çok ince ve düzgün taneli kumlu zeminler suya doygun haldeyken deprem etkisi zemini tamamen bir sıvıya dönüştürür. Yapı temelinin bağlandığı üst zemin tabakası en ufak kayma etkilerini dahi taşıyamaz hale geldiğinde yapıda oturmalar oluşur. Zemin sıvılaşması genellikle homojen olmadığı için yapıda farklı oturmalar ortaya çıkar. Zemin sıvılaşması homojen ise temeli sağlam zemine inmeyen yapılar batarak toprak içine gömülür.

3. HASAR ŞEKİLLERİ

Yapı hasarları ilk olarak çatlak şeklinde kendini gösterir. Bu bölümde taşıyıcı sistem öğelerinde görülen başlıca çatlak türleri ve nedenleri anlatılacaktır.

3.1 Kirişlerde Çatlaklar

Betonda çatlak asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur. Donatı çatlamaı önlemez. Ancak doğru yerleştirilmiş donatı, çatlağın genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlar. Donatı olabildiğince asal çekme doğrultusunda yerleştirilmelidir.

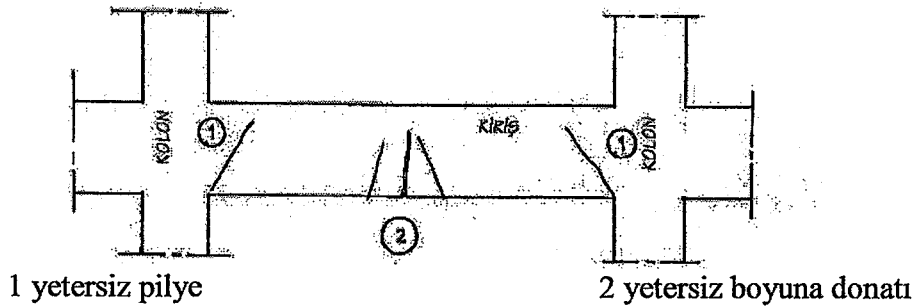
Isı farkları ve büzülme nedeniyle oluşan aksenal çekme çatlaklarının kabul edilebilir sınırı aşması, boyuna donatıların yetersizliğinden kaynaklanır. Bu çatlaklar kiriş eksenine dik olarak görülür (Şekil 3.1).



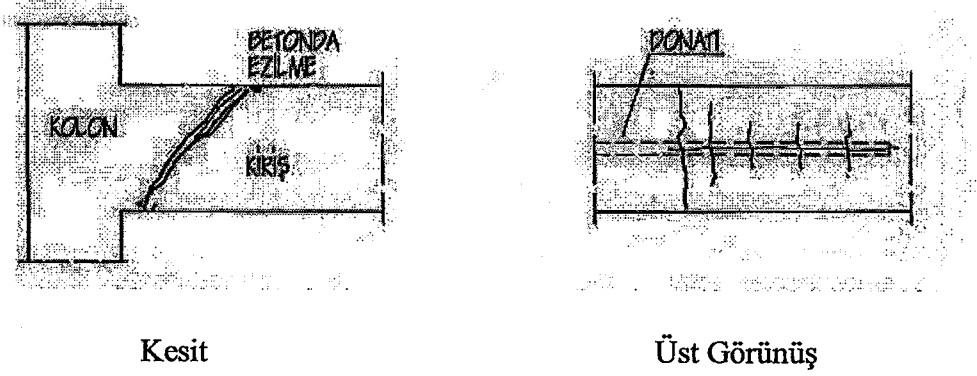
Şekil 3.1 Çekme çatlakları (Yazıcı, Ün, 2003)

Kiriş uçlarına yakın, kesme kuvvetinin büyük olduğu bölgelerde elemanın eksenine yaklaşık 45°'lik açı yapan kesme çatlakları kirişteki pilye eksikliklerini göstermektedir. Kesme çatlağı gevrek ve tehlikelidir (Şekil3.2; Şekil 3.3).

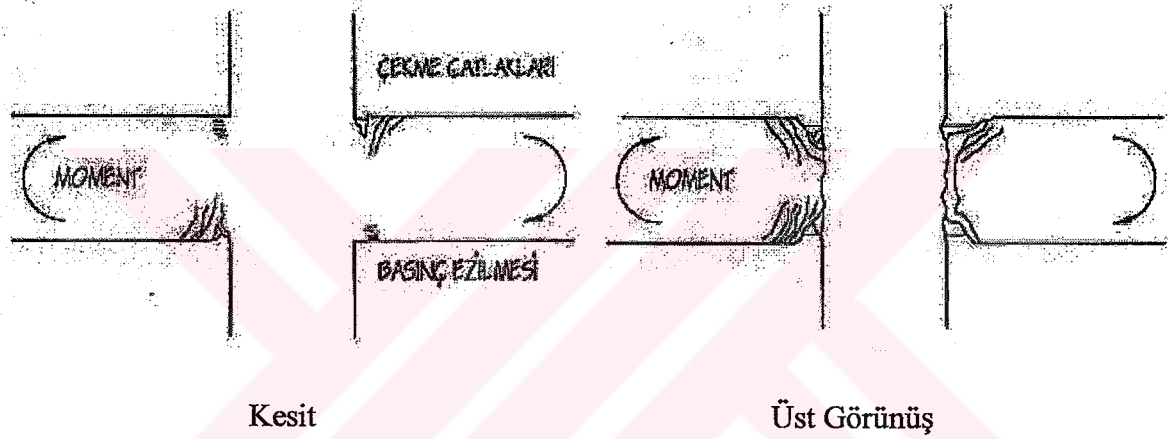
Kirişin sehim yaptığı ve momentin maksimum olduğu bölgelerde; beton dayanımının yetersiz, boyuna donatıların az konulduğu ya da kiriş yükünün çok fazla olduğu durumda donatı aktığında; basınç bölgesine kadar yaklaşan büyük çatlaklar görülür. Bu durumda kirişin mutlak güçlendirilmesi gerekir (Şekil3.2) (Tuna, 2000).



Şekil 3.2 Kirişte oluşan çatlaklar (Bayülke, 2001)



Şekil 3.3 Donatı-beton aderansı yetersizliği betonda ezilme (Bayülke, 2001)



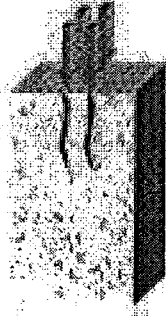
Şekil 3.4 Moment etkisiyle betonun ezilmesi ve hasar oluşumu (Bayülke, 2001)

Deprem enerjisi kolonların rijit ek yerlerinin mafsala dönüşmesi ile tüketilmektedir. Betonarme çerçeve hasarı önce dolgu duvar hasarı, daha sonraki aşamalarda da kolon uçlarının mafsallaşması olarak gelişmektedir (Şekil 3.4).

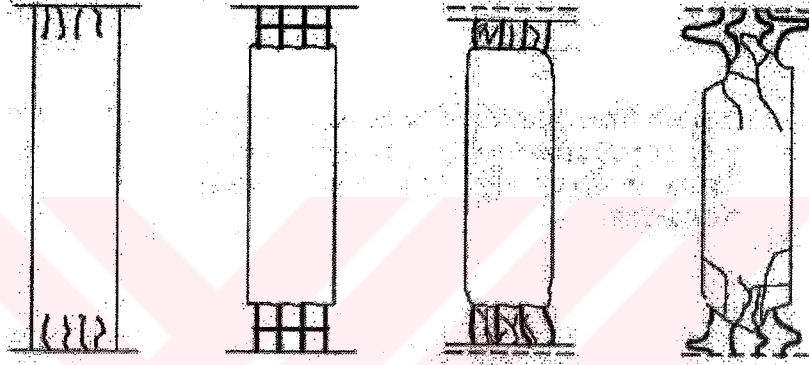
3.2 Kolonda Hasar

3.2.1 Kolonlarda Basınç Çatlakları

Deprem sırasında bir kolonun aksenal yükü, yük taşıma kapasitesinin %50'sini aştığında kolonda basınç kırılması olur. Basınç kırılması ani ve gevrek kırılma biçimidir. Basınç kırılması kolonda düşey çatlaklar oluşturur (Şekil 3.5). Çatlakların oluşması ile kolon donatıları akma gerilmesine ulaşmadan, kuvvet etkisinde ezilen beton kopar ve dökülür. Donatıların ortaya çıkması ve beton dökülmesinin artışı ile kolon, üzerine gelen yükleri taşıyamaz ve çöker (Şekil 3.6) (Tuna, 2000; Bayülke, 2001).



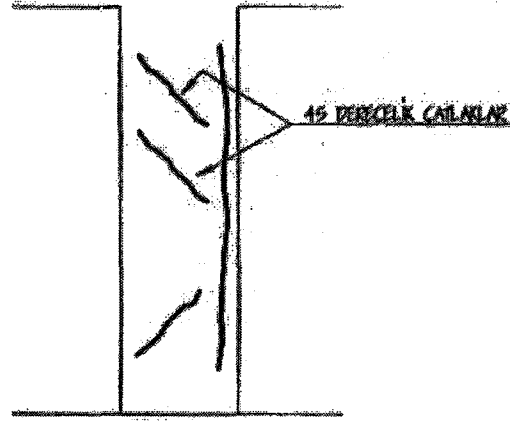
Şekil 3.5 Betonarme kolonda basınç etkisi ile oluşan çatlaklar (Akman, 2000)



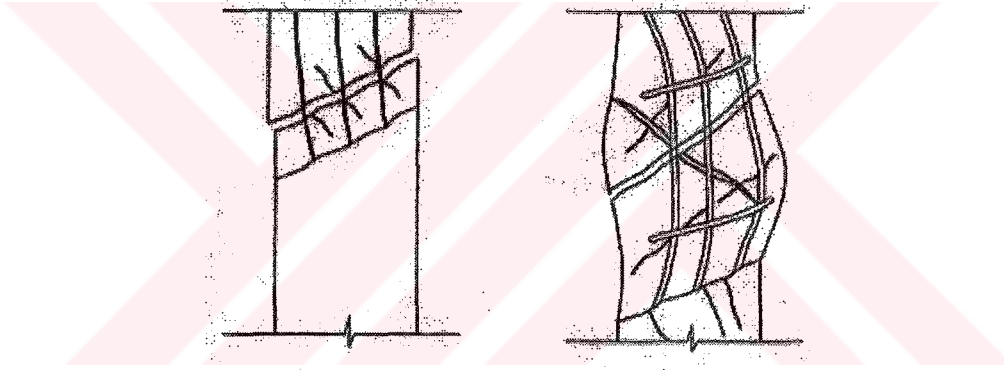
Şekil 3.6 Kolonda basınç kırılması aşamaları (Bayülke, 2001)

3.2.2 Kolonlarda Kesme Çatlakları

Kolonlarda kesme hasarı beton ile donatı arasında yeterli aderansın sağlanmadığı durumlarda yanal kuvvet etkisinde 45° eğimli çatlaklar ile ortaya çıkar (Şekil 3.7). Kolon donatılarının aynı hizada eklenmesi ya da donatı miktarının fazla olması betonun donatılar arasına girememesine ve beton ile donatı arasında yeterli aderans sağlanamamasına neden olur. Aderans olmadığında donatı üzerindeki beton örtü çatlayarak dökülür, donatı ve betonun birlikte çalışması sağlanamaz (Şekil 3.8). Bu durumda en küçük yanal kuvvetlerde bile çelik akma gerilmesine ulaşmadan beton sıyrılır ve istenen momenti taşıyamaz (Tuna 2000; Bayülke, 2001).



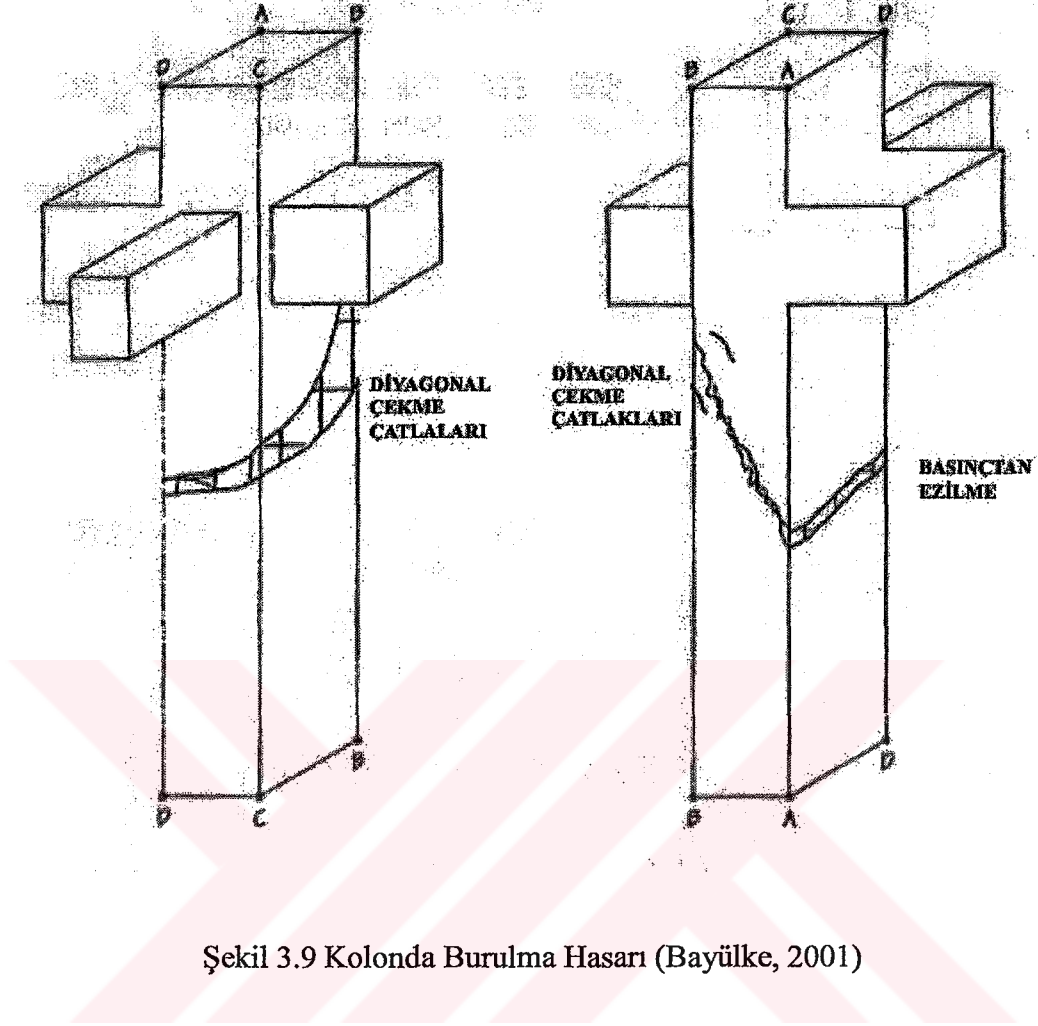
Şekil 3.7 Kolonda kesme hasarı (Bayülke, 2001)



Şekil 3.8 Kolonda kesme çatlakları sonucu hasarın büyümesi (Bayülke, 2001)

3.2.3 Kolonlarda Burulma Çatlakları

Kolonlarda görülen bir diğer hasar şekli de burulma hasarıdır. Yapı kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmadığı durumlarda yanal kuvvetler etkisiyle yapının zayıf tarafı kuvvetli taraf etrafında burulur. Bu yapısal burulma zayıf taraftaki kolonları büyük burulma etkisinde bırakır. Burulma kolonun bir tarafında diyagonal çekme çatlakları oluştururken diğer tarafında basınç ezilmeleri meydana getirir (Şekil 3.9). Bu çatlaklar ve ezilmeler betonun dökülmesine yol açar ve kolon dayanımını kaybeder (Tuna 2000; Bayülke, 2001).

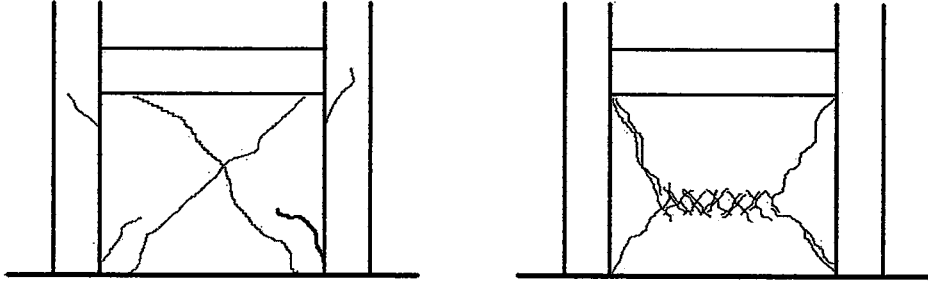


Şekil 3.9 Kolonda Burulma Hasarı (Bayülke, 2001)

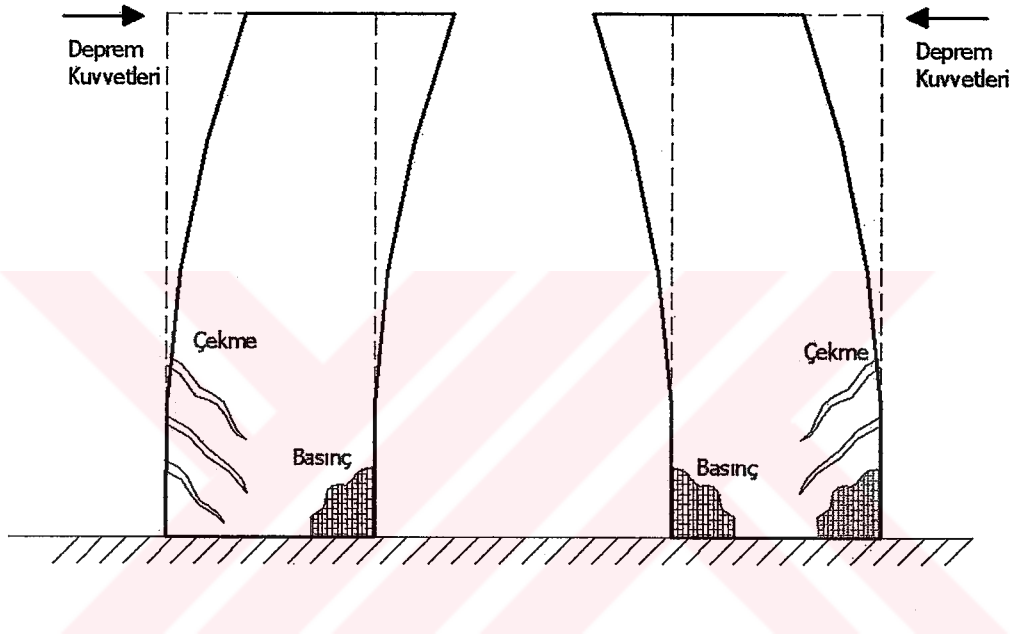
3.3 Perde Hasarı

Perde duvarı hasarı yapının yüksekliğine göre değişmektedir. Birkaç katlı alçak yapıların perde duvarlarında 45° açı ile kesme çatlakları oluşur. Yapı yüksekliğinin az olması nedeniyle bu yapılarda eğilme kırılması oluşmaz.

Çok katlı betonarme perdeli yapılarda zemine yakın katlarda eğilme çatlakları oluşur (Şekil 3.10). Bu tür hasar daha çok boşluksuz perde duvarlarda görülür. Ayrıca perde duvarların zayıf ve bağlandıkları kolon uç elemanları güçlü ise gövde de kesme kırılması olur (Şekil 3.11).

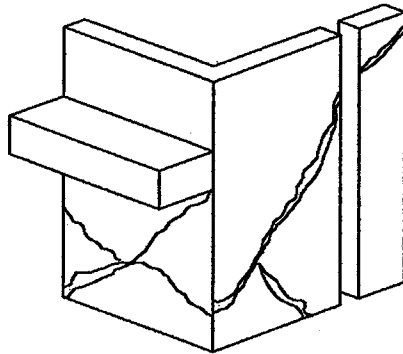


Şekil 3.10 Betonarme perdede kesme kırılması



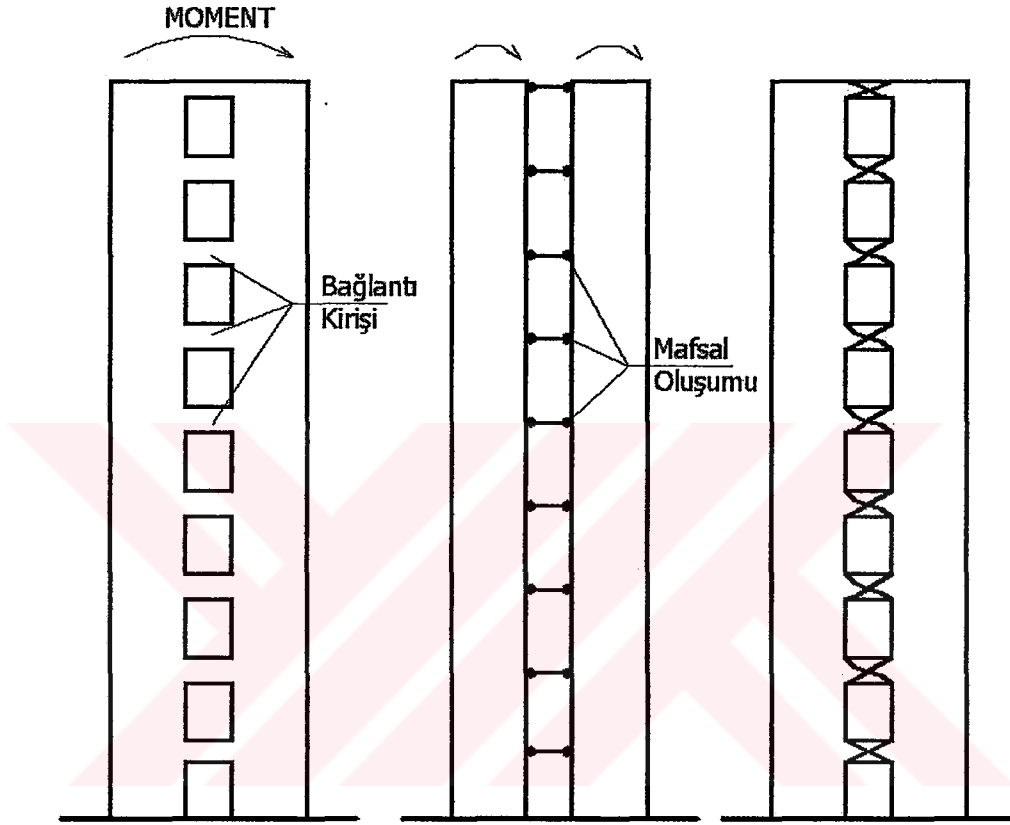
Şekil 3.11 Yüksek binaların perde duvarında oluşan eğilme çatlakları

Betonarme perde duvarların yapı içerisinde simetrik biçimde yerleştirilmediği durumda deprem etkisi altında yapıda burulma oluşacağından perdelerde de burulma hasarı oluşur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Betonarme perdede burulma hasarı

Yapıda pencere ya da kapı ihtiyacı nedeniyle perde duvarlar boşluklu da üretilir. Boşluklu bu perde duvarlarda boşluklar arasındaki kısım bağlantı kirişi davranışı gösterirken perde, boşluğun iki yanında iki ayrı perde gibi davranmaktadır. Deprem sırasında öncelikle bu bağlantı kirişlerinin uçlarında “X” çatlakları oluşur ve kiriş uçları mafsallaşır. Sonrasında iki ayrı perde olarak çalışan elemanların mesnetlerinde eğilme çatlakları oluşur (Şekil 3.13).

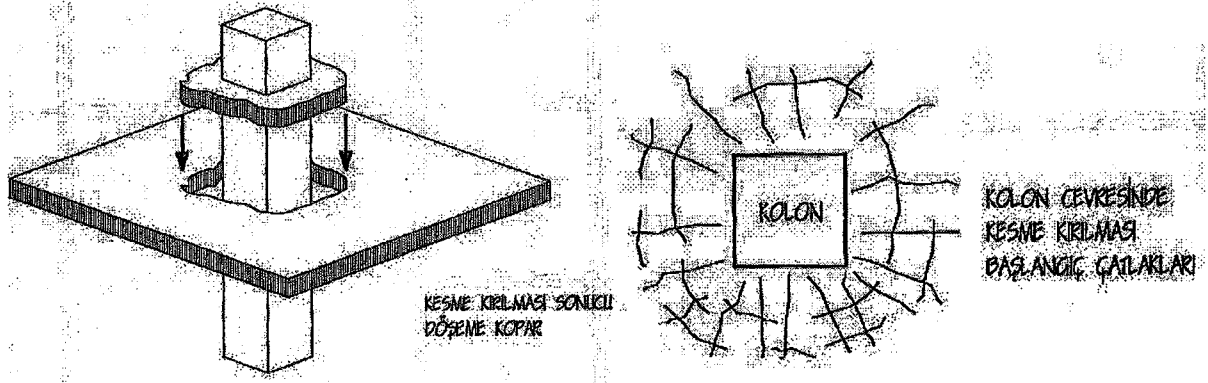


Şekil 3.13 Boşluklu betonarme perdede mafsall oluşumu ve “X” çatlakları

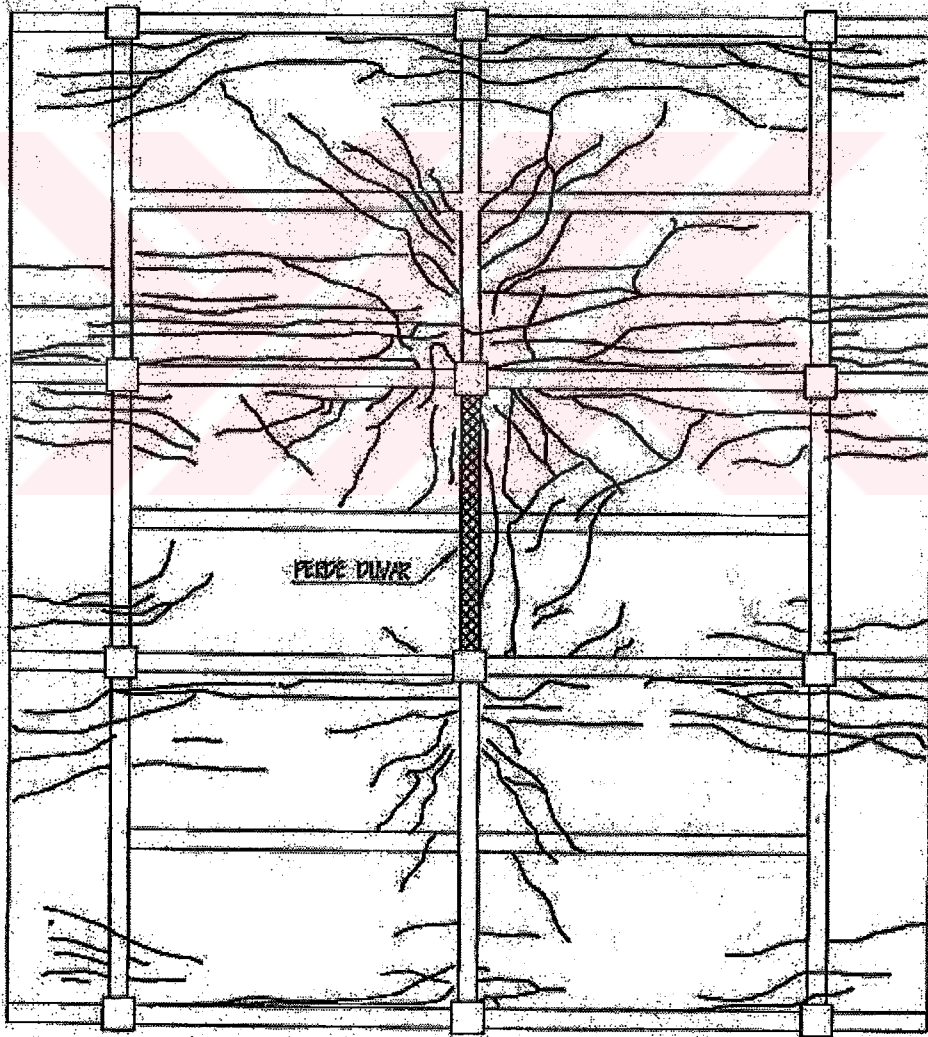
3.4 Döşemede Çatlaklar

Döşemelerin rijitliği ne kadar büyük olursa olsun bazı durumlarda sadece döşemede de hasarlar gözlenebilir. Kirişsiz döşemeli yapılarda deprem etkisi altında kolonlardaki düşey yük artışı döşemelerde zımbalama hasarına da neden olabilir (Şekil 3.14).

Özellikle perde ve kolonların burulması ya da dönmesi sonucu döşemede çatlaklar oluşur (Şekil 3.15) (Bayülke 2001; Özgen, Gürdal 2002).



Şekil 3.14 Kirişsiz döşemelerde görülen zımbalama hasarı (Bayülke, 2001)



Şekil 3.15 Perde duvarın dönmesi sonucu döşeme hasarı

4. GÜÇLENDİRME İLKELERİ

Depremle gelen yatay yüklerin taşınmasında yapı elemanları yetersiz ise bu elemanların yük taşıma güçleri artırılır ya da yeni elemanlar yerleştirilir. Güçlendirmede; yapı ağırlığının azaltılması, sünekliğin artırılması, taşıma gücünün artırılması, dinamik özelliklerin değiştirilmesi ve burulma etkilerinin azaltılması dikkate alınır.

4.1 Yapının Ağırlığının Azaltılması

Depremde yapıya gelen yükler yapı ağırlığı ile orantılıdır. Dolayısıyla yapının ağırlığının azaltılması yapıya etkiyen deprem yüklerini de azaltır.

Herhangi bir yapı elemanı, üzerindeki yükler nedeniyle çatlamış ya da bozulmuş ise üzerindeki yükleri kaldırarak ya da azaltarak hasar etkisi ortadan kaldırılarak, çatlamanın ilerlemesi önlenebilir.

Yapıyı hafifletmek için

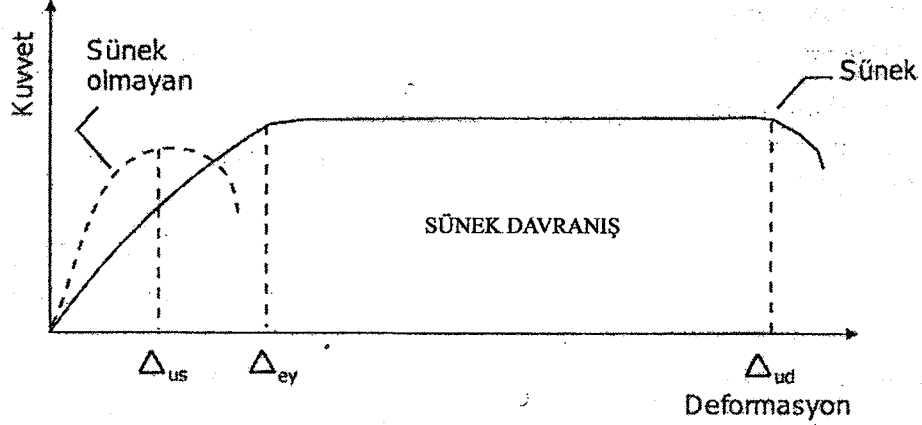
- Ağır bir malzeme olan tuğla bölme duvarlar yerine daha hafif alçı, gaz beton ya da ahşap bölme duvarları yapılabilir,
- Hasar görmüş yapının üst katlarından biri ya da birkaçı yıkılabilir; bu, yapının dinamik özelliklerini de değiştirir,
- Çatıda kullanılan yalıtım ve kaplama malzemeleri daha hafif malzemelerle değiştirilebilir,
- Yapı içindeki ya da cephesindeki ağır kaplamalar kaldırılabilir.

Bunun yanında, örneğin balkonların önünde alt kata sarkan korkuluk yapılması, üzerine çakıl serilmiş düz çatılar yapılması gibi, ağır ayrıntılardan kaçınmak gerekir (Çamlıbel, 2000; Bayülke, 2001).

4.2 Yapı Sünekliğinin Artırılması

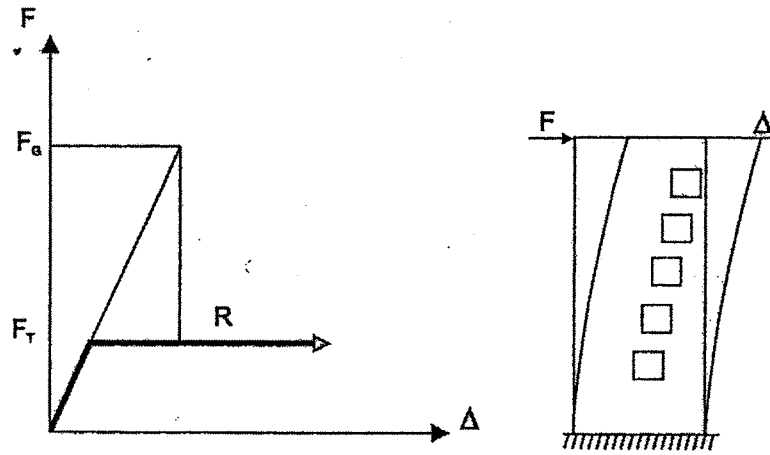
Yapı ve elemanlarının, deprem sırasında ortaya çıkan enerjinin büyük bir bölümünü, mukavemetinde ciddi bir kayba uğramadan yutma kabiliyetine süneklik denir. Betonarme yapıyı oluşturan betonun sünekliği çok düşük olmasına rağmen, çeliğin sünekliği oldukça yüksektir. Sünek davranış gösteren malzemelerin deformasyon yapma kabiliyetleri de yüksektir (Şekil 4.1). Ayrıca betonarme sistemler rijit birleşimli yapılabildiklerinden malzeme yönünden süneklikleri azdır. Ancak sistem deprem karşısında bağlantı noktalarında çatlayarak mafsallaşır, deprem enerjisini tüketir. Yapı elemanlarının belirli bölgesinde donatının akması ile oluşacak plastik mafsallar enerji tüketimini sağlar. Mafsallaşan ek yerlerinin yük taşıma

kapasitelerinde önemli bir kayıp olmamalıdır. Kırılma konumuna ulaşmış yapı elemanlarında, donatı akma sınırına ulaşmamış ise davranış sünek olacaktır. Enerji tüketiminde yapının sönüm özelliği üzerinde zemin- yapı etkileşiminin de rolü olmaktadır.



Şekil 4.1 Deformasyon eğrisi

Yapıların depremden sonra güçlendirilmesi sırasında kesitlerin büyütülmesi, perde duvarların eklenmesi gibi önlemler alınmaktadır, bu ilavelerin hepsi yapı dayanımını artırmakta ancak sünekliği azaltmaktadır. Bitmiş bir yapıda sünekliği sağlayan etriye sıklaştırması, boyuna donatıların doğru bağlanması gibi özelliklerin sonradan oluşturulması mümkün değildir. Bu nedenle donatı ve beton takviyesi gerektiren uygulamalarda sonradan sünekliği artırmak olanaksızdır. Yapıların güçlendirilmesinin sünekliği ne yönde etkilediğinin tespiti de kolay değildir.



Şekil 4.2 Dayanım süneklik grafiği

Güçlendirme aşamasında, yapının süneklilik düzeyini artırıcı önlemler hesaplar sırasında alınır. Şekil 4.2’de deprem nedeni ile yapıya gelen kuvvetler F_G olarak gösterilmiştir. F_G kuvvetine göre yapılan tasarımlarda kesitler büyük çıkacağından F_T kuvveti hesaplarda kullanılır (Özer, 2000).

4.3 Yapının Taşıma Gücünün Artırılması

Deprem sarsıntısı etkisiyle oluşan yatay öteleme, kiriş ve kolonlarda hasar oluşturur. Gelen kuvvetlere karşı dayanımın sağlanması için yapılacak çalışma ile hasarın durdurulması ya da bir daha tekrarlanmaması sağlanmaktadır. Yapıya gelen yüklere karşı yapı dayanımının artırılması gerekir.

Deprem hasarlarından sonra yapının özellikle yatay kuvvetlere karşı dayanımının artırılması hedeflenir. Yapıda ortaya çıkan hasar, yapının yatay kuvvetlere karşı dayanıklı olmadığını kanıtlar. Düşey yükler değişmemiş olmasına rağmen ortaya çıkan hasar nedeniyle yapının düşey yükleri de güvenli olarak taşınmaz. Dayanımı yetersiz bu hasarlı yapılar artçı sarsıntılarda da güvenli değildir. Yapılan güçlendirme çalışması yapının daha büyük depremler karşısında hasar olmadan ayakta kalmasını hedefler.

Yapının yatay yükleri taşıma gücünü artırmak, yatay ötelemeleri engellemek amacıyla perde ve duvar gibi düşey elemanlar eklenebilir. Bu işlem yapıyı hafif ve orta şiddetteki depremlerde hasardan korur, şiddetli depremlerde ise yıkılmayı önler.

Güçlendirme ile dayanımı artırılan bir taşıyıcı sistemde yatay yükleri her iki doğrultuda karşılayacak çerçeveler oluşturulması, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcıların temelden çatıya kadar sürekli düzenlenmesi en önemli iki husustur.

Bölme duvarları hesaplarda yük taşımaz olarak kabul edilseler de deprem sırasında taşıma güçlerine kadar yük taşır. Aynı zamanda yapıya bir yatay rijitlik sağlayıp yapının yatay ötelemesini kısıtlayarak yapının hasarını azaltır ya da yapının yıkılmasını önler. Bu nedenle bölme duvarlarının düzenlenmesi de yapının taşıma gücüne katkıda bulunması bakımından önemlidir.

4.4 Yapının Dinamik Özelliklerinin Değiştirilmesi

Yapı hasarının giderilmesi için öncelikle bu hasarın nedenleri belirlenmelidir. Bu nedenlerden biri de “rezonans” yani yapının öz titreşim periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirine yakın olmasıdır.

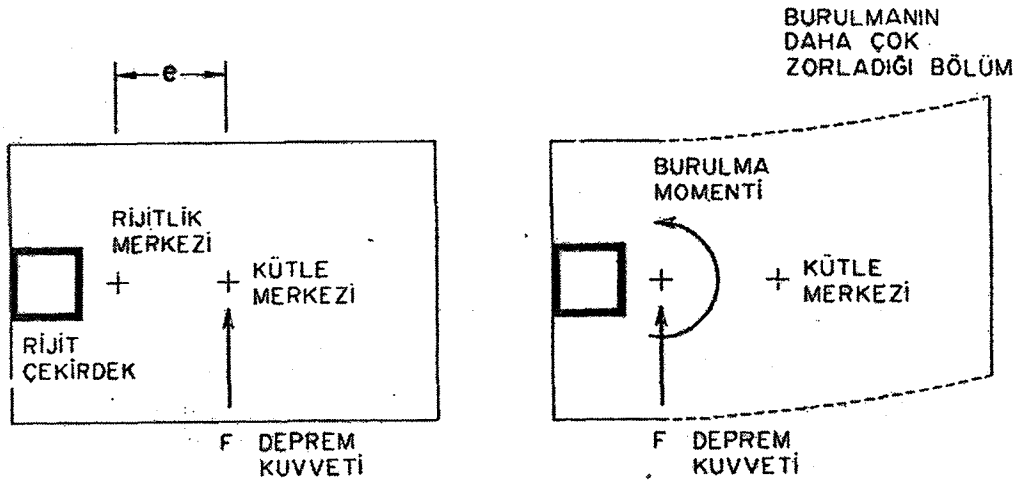
“Rezonans” sonucu bir yapı hasar görmüş ise, yapı öz titreşim periyodu ile, zemin hakim periyodunun belirlenmesi, başka bir deyişle zemin dinamik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Hasarı engellemek için yapının dinamik özellikleri değiştirilmeli, bu iki periyot değerinin birbirinden uzaklaştırılması sağlanmalıdır.

Yapı periyodunun uzatılması yapının esnek duruma getirilmesiyle, kısaltılması ise yapının rijitleştirilmesiyle sağlanır. Yapı periyodunu uzatmak için yapı yükü artırılabilir, ancak bu yapıya etkiyen deprem yükünü de artırdığı için yapı elemanlarının taşıma gücünü de artırmak gerekir. Yapı elemanlarının taşıma gücünü artırmak için yapılan ilaveler ise yapı rijitliğini artırır ve periyodun kısalmasını sağlar. Güçlendirmede periyodu uzatmak için yapılacak işlemlerde birçok parametrenin birlikte değerlendirilmesi gerekir.

Yapının sönüm oranının artırılması ve yapıdaki katlar arasındaki rijitlik değişimlerinin uyumlu olmasının sağlanması da yapının dinamik özelliklerini iyileştirir (Bayülke, 2001). Katlar arasındaki rijitlik farklarının ortadan kaldırılması ya da azaltılması gerekir. Bunun için perde duvarların her katta sürekliliğinin sağlanması yapının dinamik özelliklerini iyileştirici bir önlem olabilir. Yapı rijitliğinin üst katlardan aşağı doğru artması yapının sönüm oranını artırır. Yapı depremden gelen enerjiyi kısa sürede sönümler.

4.5 Burulma Etkisinin Azaltılması

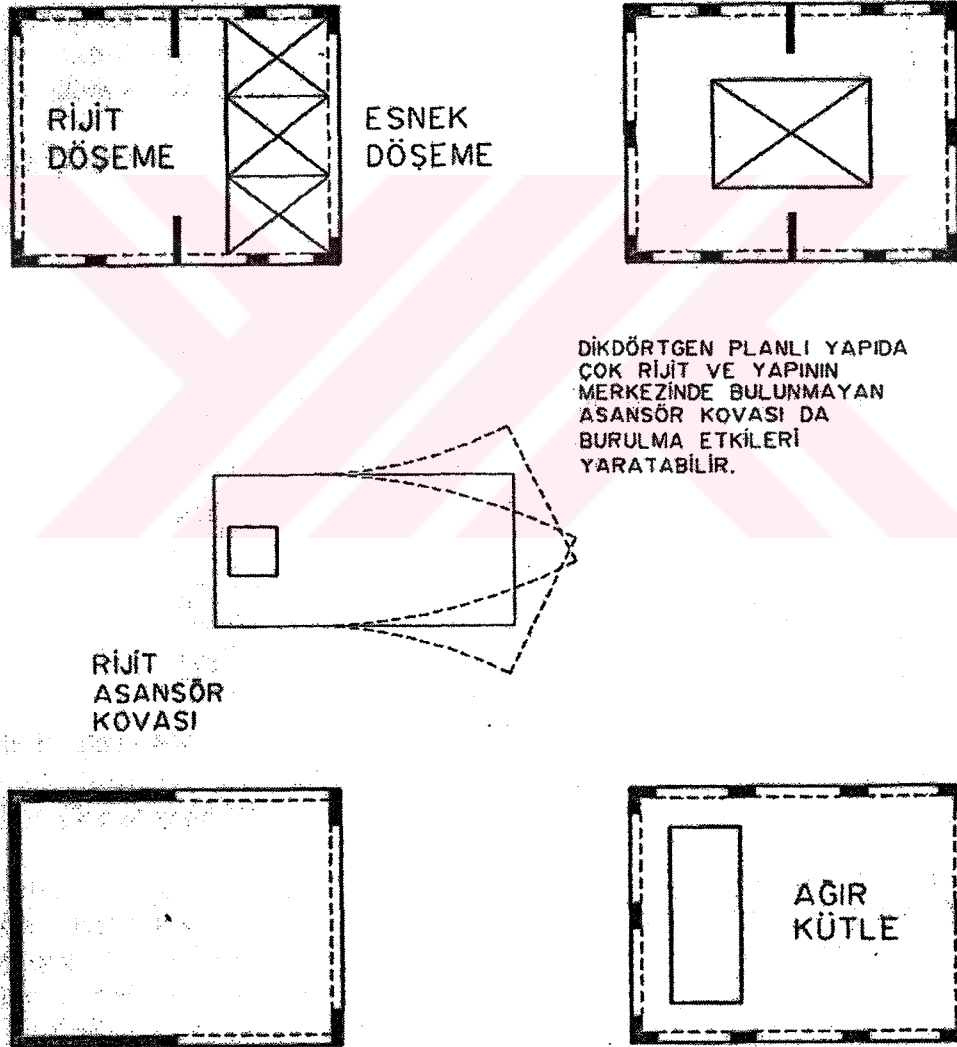
Birçok yapıda yapı kütle merkezi ve rijitlik merkezinin çakışmaması nedeniyle burulma meydana gelir (Şekil 4.3). Bu da yapıda hasar oluşmasına neden olur.



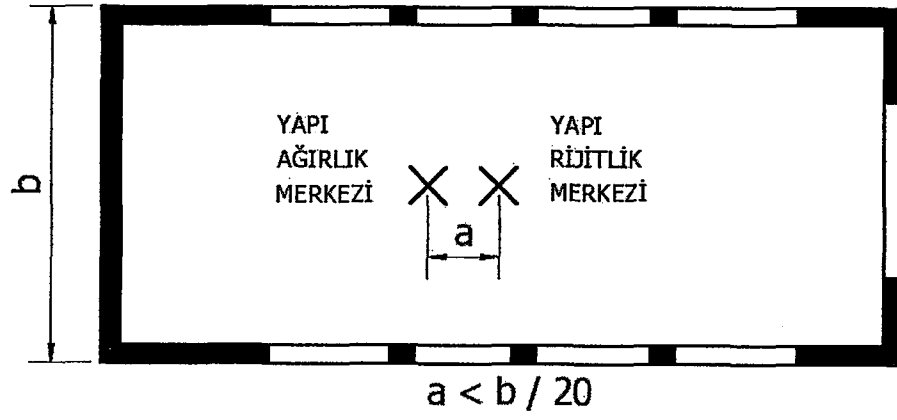
Şekil 4.3 Yapıda burulma oluşması

Taşıyıcı olmayan bölme duvarların katlarda dengeli olarak dağılmamış olması ya da yapıdaki “perde duvarların” bir tarafta toplanmış olması ya da ağırlıkların belli bir bölgede yoğunlaşması yapının kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışmamasına neden olur (Şekil 4.4). Bu durum, burulmaya göre hesap edilmemiş elemanların, çatlamasına neden olarak yapının güvenliğini azaltır. Bir yapıda yatay kuvvete karşı güvenliğini artıracak ilave perdeler düzenlenirken, perdeler yapı planında simetrik olarak yerleştirilmelidir.

Döşeme plaklarının yatay kuvvetleri düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtacağı varsayılır. Ancak döşeme plaklarının kat düzlemi içinde değişik rijitliklerde ya da boşluklu ve delikli olması da yatay yüklerin burulmalı olarak dağılımına neden olabilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Planda kütle ve rijitlik düzensizlikleri



Şekil 4.5 Burulma etkisi oransal ifade

Yatay yük taşıyan elemanlar (çerçeve ve perdeler) yapının planında dengeli biçimde dağıtılsa da rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında uzaklık, karşı gelen bina boyutunun %5'inden az olmalıdır (Şekil 4.5). Daha fazla olması, önemli ek burulma etkilerini ortaya çıkarabilir (Celep, 1999).

5. ÇELİK ÜRÜNLERLE GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER

5.1 Kullanılan Çelik Ürünler


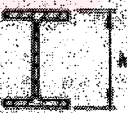
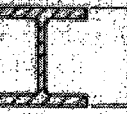




Yapılarda kullanılan çelik, yükleri aktarmak için ekonomik kesit oluşturacak şekil ve boyutlarda üretilir. Çelik endüstrisinde sıcakta şekil verme işlemine “haddeleme”, şekillendirilmiş olan çelik ürünlere ise “hadde ürünleri” denilmektedir.

Yapılarda kullanılan çelik hadde ürünleri profiller, lamalar ve levhalardır.

Profiller; belirli standartlara göre üretilirler. I, U, T, profilleri yükseklikleri ile adlandırılır (Çizelge 5.1). Köşebentlerin ise kalınlık, genişlik ve yükseklik olarak üç boyutu birden verilir.

U Profiller tek simetri eksenlidir. Bu nedenle genellikle, iki profil simetrik bir eksen oluşturacak şekilde kullanılır. T profiller ise genellikle az yük taşıyan kafes kirişlerde üst ve alt başlık çubuğu olarak kullanılır.

Çizelge 5.1 Profiller “I, U, T”

Profilin Adı		Profilin Şekli	Karakteristik Boyutlar ve Değerleri
I Profilleri	Normal "I" Profili		$h=80\sim 600$ mm
	"IPE" Profili		$h=80\sim 600$ mm
	"IPB" Profili		$h=100\sim 1000$ mm
"U" Profili			$h=30\sim 400$ mm
Köşebent	Eşit Kollu Köşebent		$a=b=20\sim 200$ mm
			$t=3\sim 28$ mm
	Çeşit Kollu Köşebent		$a= 20\sim 100$ mm
$b= 30\sim 250$ mm			
			$t=3\sim 16$ mm
"T" Profili			$h=20\sim 140$ mm

Lamalar; dikdörtgen kesitli çubuklardır. Genişlikleri $b=10-1250$ mm, kalınlıkları ise $t=0,1-60$ mm, olarak değişkendir. Üç grupta sınıflandırılır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Lamalar

	Genişlik (b)	Kalınlık (t)
Yassı lamalar	8 - 150 mm.	3 - 100 mm
Geniş lamalar	150 - 1200 mm.	$t > 5$ mm.
İnce lamalar	10 - 500 mm.	0,75 - 5 mm.

Karabük Demir ve Çelik Fabrikaları ürünlerinde $b = 2 - 120$ mm.

$t = 5 - 32$ mm. arasındadır.

Levhalar; yassı dikdörtgen ürünlerdir. Üç grupta sınıflandırılır (Çizelge 5.3).

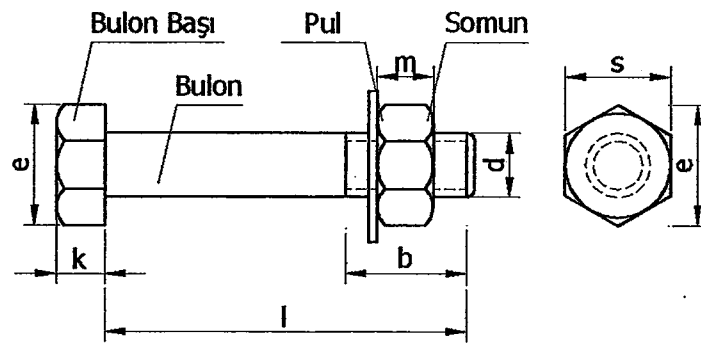
Çizelge 5.3 Levhalar

	Kalınlık (t)	Genişlik (b)	Boy (l)
İnce Levhalar	2,75 mm	$b \times l = 530, 760, \dots, 1250, 2500$	
Orta Levhalar	$3 \leq t \leq 4,75$	$b \leq 2500$	l, b'ye bağlı olarak 7000'e kadar
Kaba Levhalar	$t \geq 4,75$	10 - 500 mm.	l, b'ye bağlı olarak 8000'e kadar

Kutu profiller, Z profiller de özel kesitli profiller grubuna girer.

5.2 Kullanılan Birleştirme Ürünleri

5.2.1 Bulon



Şekil 5.1 Yapılarda birleştirme elemanı olarak kullanılan bulon ve parçaları

Şantiyede uygulaması kolay ve güvenli bir birleşim aracıdır. Silindirik yapıda tek ucu başlıklı diğer ucuna diş açılmıştır ve somunla montajı sağlanır (Şekil 5.1). Çelik yapılarda (M) harfiyle tanımlanan metrik bulonlar kullanılır. Pratikte en çok kullanılan bulon çapları ve uygulanacak delik çapları aşağıdadır (Çizelge 5.4).

Bulonlu birleşim; sökülecek birleşimlerde, çeliğin farklı malzemelerle birleşimlerinde, büyük çekme kuvvetlerinin etkilediği birleşimlerde ve birleştirilecek çelik elemanların kalınlıkları fazla ise tercih edilir.

Çizelge 5.4 Yapı üretiminde en çok kullanılan bulon çapları

BULON		M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36
Delik çapı (D) (mm)		13	17	21	25	28	31	37
Gövde Çapı (d) (mm)	Kaba Bulonda	12	16	20	24	27	30	36
	Uygun Bulonda	13	17	21	25	28	31	37

5.2.2 Kaynak

Aynı ya da benzer alaşımli bileşenlerin ısı etkisi altında birleştirilmesine kaynak denir. Çelik yapılarda metal ısı derecesinin ergime noktasına kadar yükseltilmesiyle gerçekleştirilen elektrikle ergitme kaynağı uygulanır. Dış ortamda yapılan uygulamalarda çeliğin yapısına uygun sıvalı elektrotlar kullanılır. Isı ile eriyen sıva tabakası kaynak dikişinde soğumayı geciktirerek ilave gerilmeler doğmasına engel olur. Ancak dış ortamda yapılan kaynaklarda kaynak dikişinin her noktada aynı kalınlıkta yapılabilmesinin zorluğu nedeniyle kaynağın yeterliliğine güvenilemez. Atölyelerde kaynak makineleriyle yapılan uygulamalarda kaynak dikişi düzgündür ve kaynak dış ortam koşullarından etkilenmeden dayanım sağlar (Odabaşı, 2000).

5.2.3 Epoksi Reçine

Bina onarım ve güçlendirme işlemlerinde kullanılan epoksi reçine, termost grubundan bir polimerdir. Sertleştiricisinin cins ve miktarına bağlı olarak değişik ömürlü, değişik sertleşme süreli ve sertliklidir.

Güçlendirme uygulaması yapılan betonarme elemanın, kendisini meydana getiren beton, çelik donatı, çelik ürün ve yapıştırımayı sağlayan epoksi tabakası ile bir bütün halinde davranış göstermesi istenir.

Epoksi reçinelerinin kürlenme sürelerinde ya da üretimleri sırasında kalıcı bir uçucu madde açığa çıkmadığı için insan sağlığı açısından sakıncası yoktur. Asitlere ve diğer kimyasal maddelerin çoğuna karşı yüksek oranda direnç gösterebilir. Ancak nitrik asit gibi yoğun olarak oksitleme özelliği olan kimyasallardan etkilenirler. Yaklaşık 150°C' ye varan sıcaklıklarda, işlem yapılabilme özelliğine sahiptir. Ancak 80 °C'den yüksek sıcaklık derecelerinde yapışkan bağın mukavemet değeri azalır. Dolayısı ile beton ve diğer taşıyıcı sistem elemanlarına göre yangın sırasında oluşan yüksek sıcaklık karşısında ortaya koyduğu direnç yetersizdir (Köse, zgen, 2003).



6. GÜÇLENDİRİLME YÖNTEMLERİ

6.1 Güçlendirmeye Hazırlık

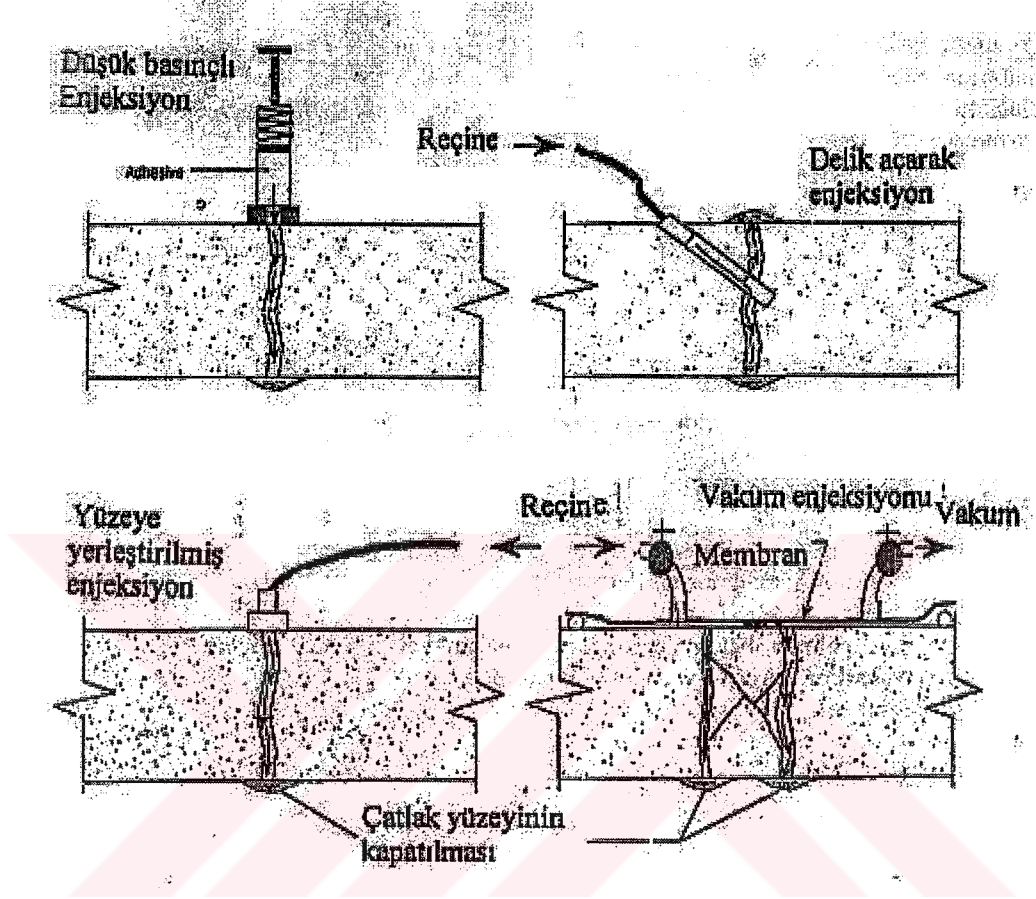
Güçlendirme yapılan elemanlarda kuvvet aktarımının sağlanabilmesi için eski ve yeni ürünlerin birlikte çalışması gereklidir. Bunun sağlanabilmesi için ürün yüzeylerinin birbirine tam olarak temas etmesi şarttır. Bu nedenle güçlendirme yapılacak betonarme elemanlar için önceden bir dizi hazırlık yapılır.

Bu onarım işlemleri sırasında güvenilir ve kolay bir yapısal onarım için kullanılacak tamir harçları seçilir. Tamir harçları, yüksek akışkanlıklı, rötre dengeleyici özellikte ve geçirimsizlik, dayanım, çelik ve betona aderans, durabilite gibi gerekli kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri sağlamak için düşük su/çimento oranına sahip olmalıdır. Taze tamir harcı düşey yapılara püskürtüldüğünde ya da mala ile düşeyde kullanıldığında yüksek viskozite özellik taşımalıdır. Eski alt tabaka ile tamir harcı arasındaki teması engelleyecek su kusması meydana gelmemelidir. Tamir harcı seçiminde kalite sürekliliği de dikkate alınır (Yılmaz, 2002).

Çelik ürün kullanılarak yapılan güçlendirme için yapılan hazırlıklarda öncelikle betonun homojenliği ultrases aleti ile ölçülerek, gözle görülmeyen çatlakların olup olmadığı belirlenir. İlk işlem elemanın yapısındaki çatlakların onarılmasıdır. Çelik ürünlerle yapılan güçlendirme işlerinde genellikle epoksi reçineler kullanıldığından çatlakların onarımı için de epoksi enjeksiyonu kullanılması uygun olabilir. 0,2 mm' nin altındaki çatlaklar mikro çatlak olarak adlandırılır. Bu çatlakların bulunduğu kesitin kum ya da su püskürtülerek temizlenmesi ve üzerine fırça ile bir epoksi sürülmesi yeterlidir. Daha büyük çatlak tespiti halinde epoksi enjeksiyonu ile onarım için çatlakların dış kısmı açılır.

Bir epoksi çatlak enjeksiyonunda çatlaklar boyunca 10-15 cm. derinliğinde, yaklaşık 10 mm çapında, yeterli sayıda delik açılır. Açılan deliklerin içindeki toz ve gevşek beton parçaları hava ile emdirilerek temizlenir. Çatlağın dış yüzü enjeksiyonun dışarı çıkmaması için pasta kıvamlı bir epoksi ile çatlak boyunca kapatılır. 8 mm çaplı bakır tüpler daha önce açılan deliklere epoksi pastası ile yapıştırılır. Pompa basıncı çatlak boyutuna ve derinliğine bağlı olduğundan enjeksiyon pompası en alt tübe bağlanarak enjeksiyona başlanır. Pompa basınç değeri uygulama sırasında ayarlanabilir. Enjeksiyon işlemi tamamlandıktan sonra bir üstteki tüpten epoksi gelmeye başladığında ilk tüpün ağzı kapatılarak aynı işlem adım adım yukarıya çıkılarak tekrarlanır (Şekil 6.1). Çatlak onarımından sonra eleman yüzeyleri pürüzlerden arındırılır ve düzeltilir.

Yapılan onarım elemana daha fazla yük taşımak için değil, yük altında mevcut çatlakların genişleyerek daha büyük hasarlara neden olmasını engellemek içindir. Elemanın kapasitesini aşan yükler çelik ürünlerle yapılacak güçlendirme ile taşınacaktır.



Şekil 6.1 Çatlaklara epoksi enjeksiyonu (Taşdemir, Özkul, 2002)

6.2 Öge Düzeyinde Güçlendirme

6.2.1 Kolonda Çelik Elemanlarla Bölgesel Güçlendirme Uygulamaları

Kolonda görülen ya da görülmesi muhtemel basınç, çekme ve burulma hasarları için çelik ürünlerle güçlendirme yapılabilir.

Kolonda çelik ürünlerle güçlendirme için uygulanan yöntemler

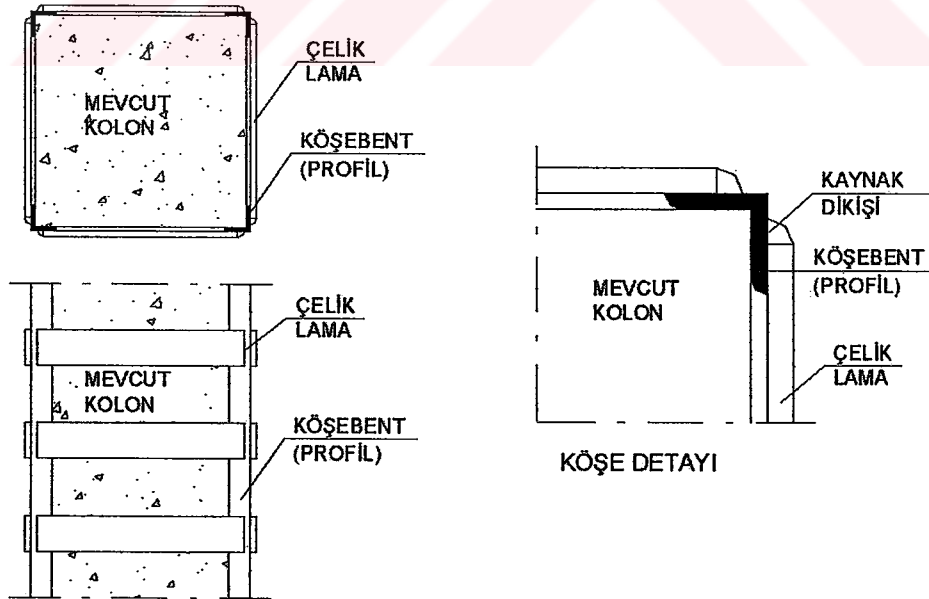
- Çelik çerçeve yöntemi,
 - Çelik kılıf yöntemi
- olarak sıralanabilir.

6.2.1.1 Çelik Çerçeve Oluşturma

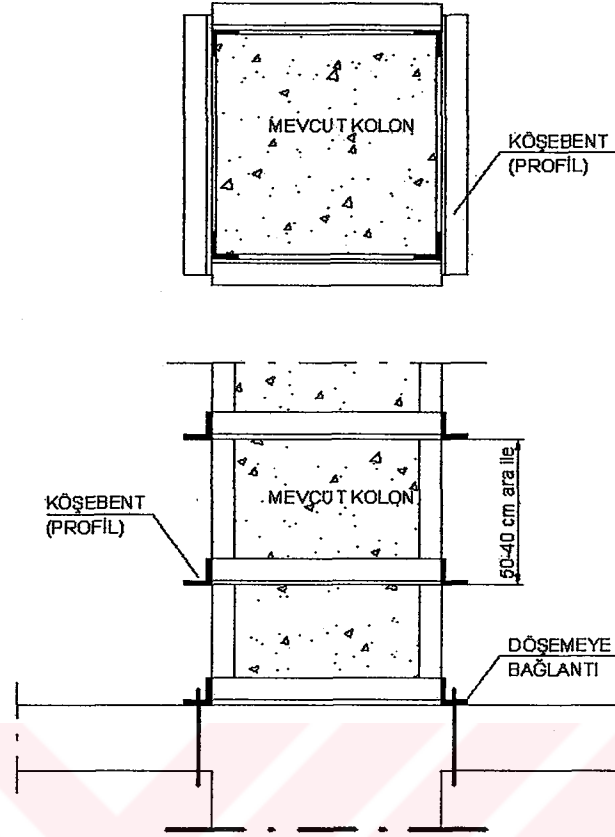
Kolon etrafında oluşturulan çelik çerçeve, betona yanıl destek vererek dayanımını artırır ve kolonu çepeçevre sarak kolonun ayrılmasını önler. Oluşturulan bu çerçevenin düşey elemanları beton kolon köşesine oturan köşebentler, yatay elemanları ise köşebent, çelik çubuklar ya da çelik lamalardır. Çelik çerçeve oluşturmada; köşelerde en az 50 / 50 / 5 köşebent profiller, etrafına sarılan yatay elemanlarda 50 / 50 / 5 köşebent profiller, 12mm. çaplı çelik çubuklar ya da 25 / 4 mm. kesitli çelik lamalar kullanılır (Şekil6.2, Şekil 6.3). Çelik elemanlar birbirlerine kaynaklanarak ya da bulonlanarak birleştirilir. Betonarme elemanlara yanıl desteğin sağlanabilmesi için çelik çerçevenin düşey elemanları ile kolon birbirine yapışmalıdır.

Kolon alt kısmında kolon çevresi boyunca, döşeme ve kolonla doğrudan temasta olacak şekilde boyun köşebentleri düzenlenir. Bu kısım, kuvvetlerin aktarılması için döşeme ve köşebentler arasındaki dayanımı sağlar (Demir, 1992).

Kolonda çelik profiller kullanılarak yapılan güçlendirme yöntemi tek başına yeterli bir çözüm değildir. Bu yöntem kolonun moment ve aksel yük taşıma kapasitesini yeterince artıramaz. Süneklik iyileştirilebilir ancak rijitlik değişmez. Depremden sonra yapının ardçı depremlerde daha fazla hasar görmesini engelleyen geçici bir güçlendirme yöntemidir (Bayülke, 2001).



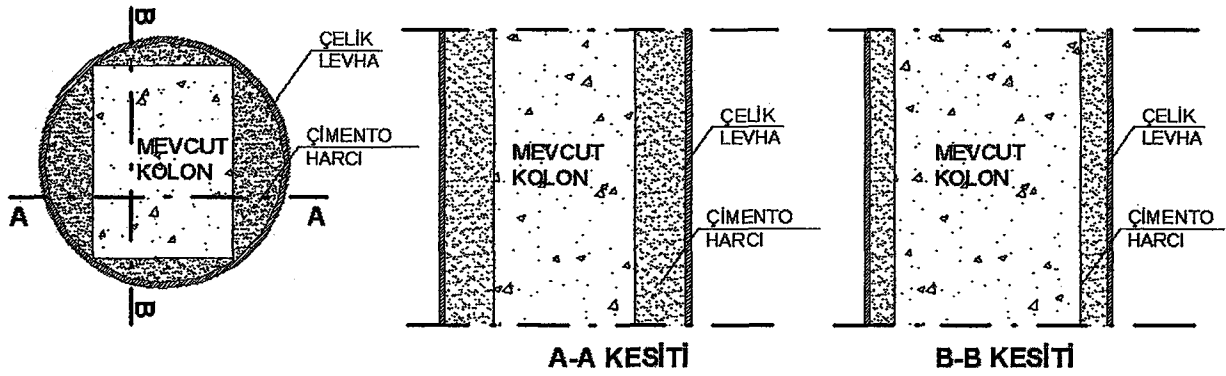
Şekil 6.2 Betonarme kolonun çelik lamalar kullanılarak güçlendirilmesi detayı



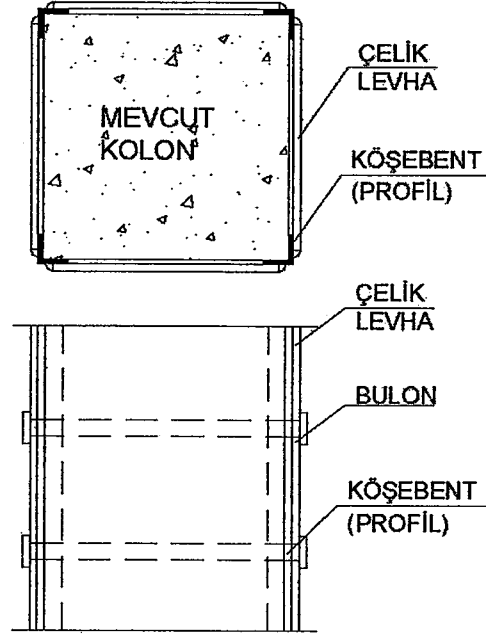
Şekil 6.3 Betonarme kolonun çelik çerçeve yöntemi ile güçlendirilmesi tip detayı

6.2.1.2 Çelik Mantolama:

Çelik mantolama, tıpkı bir kılıf gibi levhaların kolonun köşelerine oturan köşebentlerin etrafını sararak yapılan bir başka uygulamadır (Şekil 6.5). Bu uygulamada kolon ile levhalar arasındaki boşluk geniş, rötre yapmayan bir çimento harcı ya da reçine katkılı betonla doldurulabilir. Sonuçta kompozit bir kolon oluşur (Özer, Pala, Orakdöğen, Girgin, 1999).



Şekil 6.4 Betonarme kolonun çelik manto yöntemi ile dairesel güçlendirilmesi



Şekil 6.5 Betonarme kolonun çelik manto yöntemi ile güçlendirilmesi tip detayı

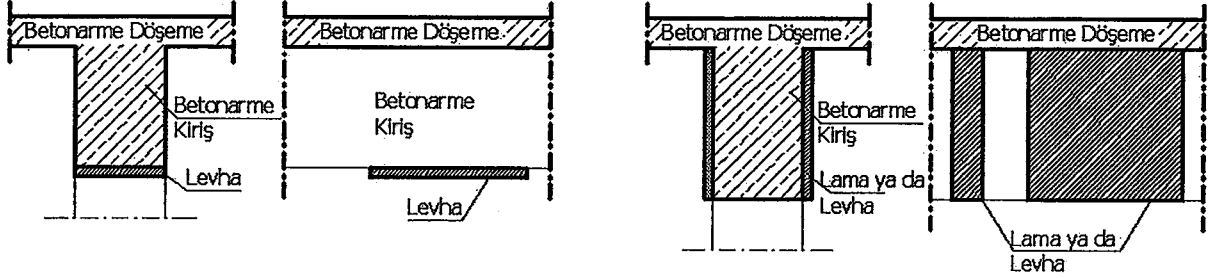
Kılıfta kullanılan levhalar 4-6 mm. kalınlığındadır. Levhalarda eğilme etkisi oluşmaması için kesit şekli dikkate alınmaksızın tüm kolonların mümkünse dairesel olarak sarılması en uygun yöntemdir. Dairesel olarak sarılan düşey taşıyıcıların her iki yönden gelecek kuvvetlere karşı kesitleri eşit olduğundan eğilmeye karşı dayanımları da eşit olacaktır (şekil6.4). Dairesel sarılmanın kesitin fazla artacağı düşünülerek istenmediği durumlarda dikdörtgen kolonların köşelerinde köşebentler kullanılarak çelik levhalar kaynaklanır. Yapıştırma ile birleşim yapıldığında eski betonarme kolonla yeni elemanların birlikte çalışması için bütün kolon içinden bulonlar geçirilir.

Çelik kılıflarla yapılan güçlendirmede süneklik ve yük taşıma kapasitesi artırılabilir, ancak sistemin eğilme mukavemeti iyileştirilemez. Çünkü çelik kılıfı döşeme içerisinden geçirmek güçtür.

Depremden sonra geçici güçlendirme için yapılan çelik kılıf yöntemi daha sonra yapılacak sistem bazında güçlendirme işlemlerine imkan vermesi açısından pratik ve avantajlıdır (Karaesmen, 2002). Yapılan deneyler bu yöntemin sünekliği artıran uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir (Aboutaha, Engelhardt, Jirsa, Kreger, 1996).

6.2.2 Kirişte Çelik Ürünlerle Bölgesel Güçlendirme Uygulamaları

Çelik ürünler ile güçlendirme, kirişte eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitesini artırmak için yapılır. Eğilme momenti taşıma kapasitesini artırmak için kirişin alt yüzüne, kesme kuvveti taşıma kapasitesini artırmak için ise kirişin yan yüzlerine çelik ürünler yapıştırılır (şekil 6.6). Aynı kirişte hem eğilme hem de kesme kuvvetleri için çelik ürünler kullanılabilir (Bayülke, 2001; Akman, 2000).



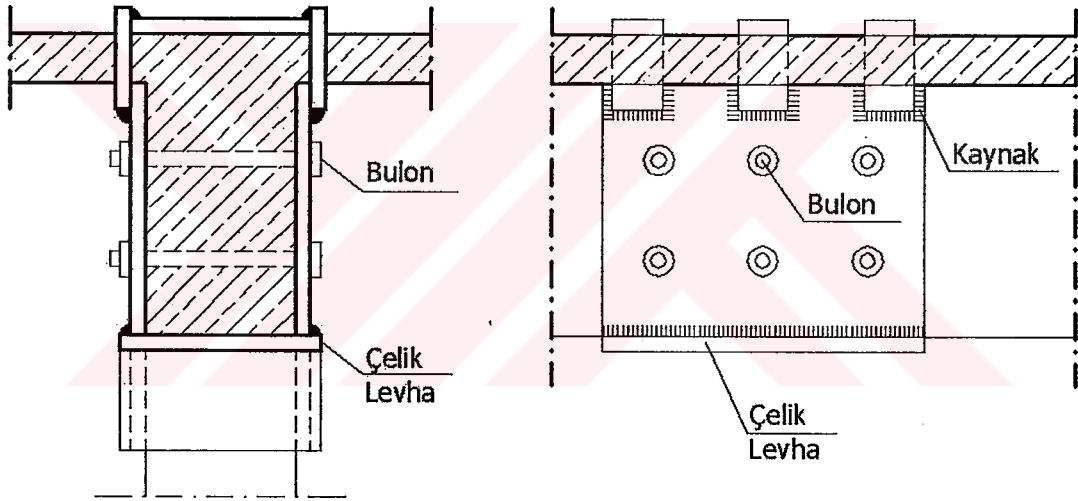
Şekil 6.6 Kirişte çelik ürünlerin yerleştirilmesi

Kirişlerin güçlendirilmesinde eski ve yeni elemanlar birbiriyle kaynaşmalıdır. Bu nedenle yapıştırma için genellikle epoksi reçinesi uygulanarak kuvvetlerin aktarılması sağlanabilir. Çelik ürünün betona yapıştırılma işleminde epoksi reçinesi kullanılacak ise hem çelik ürünün hem de beton yüzeylerinin hazırlanması gerekir. Beton yüzeyi taşlanıp çukurlar epoksi ile doldurularak düzeltilir. Kullanılacak çelik ürünün ise yüzeyi perdahlanarak, kumlanarak pürüzlerinden arındırılır. Kirişin güçlendirilecek bölümü kriko ile kaldırılarak üzerindeki yük alınır (Can, Tankut, 1989). Kirişe ya da döşemeye çelik ürün bağlantısının sağlanması için ankraj bulonları kullanılması gerekeceğinden delikler açılarak ankraj bulonları yerleştirilir. Ankraj bulonları ile noktasal bağlantıların sağlanmasından sonra betonarme elemana tespit edilen çelik ürün epoksi enjeksiyonu ya da basınç uygulanarak yapıştırılır. Eğer enjeksiyon yöntemi uygulanacaksa çelik levhaların yüzeyi tinerle silinir. Enjeksiyon ve taşıma boruları levhaya yerleştirilir. Basınçla yapıştırma yöntemi uygulanacaksa Şekil 6.7’de görüldüğü gibi özel baskı düzeni ile altına epoksi reçinesi sürülmüş çelik ürün, yine epoksi reçinesi sürülmüş yüzeye yapıştırılır ve baskı düzeninin vidaları sıkıştırılarak epoksi sertleşinceye kadar basınç uygulanır. Yapıştırma işlemi tamamlandıktan sonra epoksi sertleşince baskı düzeni sökülür, kirişteki yükü almak için kullanılan krikolar kaldırılır.

sünekliliğini artırır. Sünekliğin sağlanabilmesi için çelik lamaların dar olmaması ve sık yerleştirilmesi gereklidir. Lamalar için uygun genişlik 50 mm. ve aralık da 200 mm. mertebesindedir. Şeritler düzenlenirken, çekme ve basınç kuvvetlerini alması için kiriş üzerindeki yük akışı dikkate alınır. Basınç kuvveti etkisinde şeritlerin burkulmaması ve çekme kuvveti etkisinde ise betondan ayrılmaması gereklidir (Celep, 2001).

6.2.2.2 Çelik Levha Kullanılarak Güçlendirme

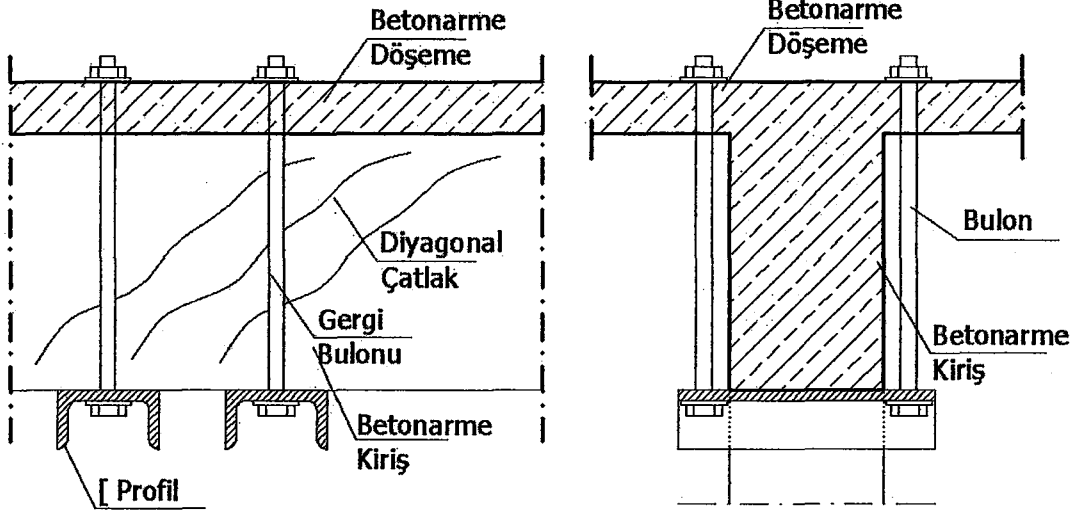
Lama ile yapılan güçlendirme işlemindeki gibi kesme kırılması için kirişin mesnetlerine yakın yan yüzlerine, çekme kırılması için ise kirişin alt yüzüne çelik levhalar yapıştırılır (Şekil 6.9). Çelik levhalar, 2-10 mm. kalınlıkta olurlar. Kalınlığı 3mm. den fazla olan levhalarda eski ve yeni elemanların birbirine kaynaşması için kiriş yüzeyi genişleyen bir çimento harcı ile düzeltilmelidir (Bayülke, 2001).



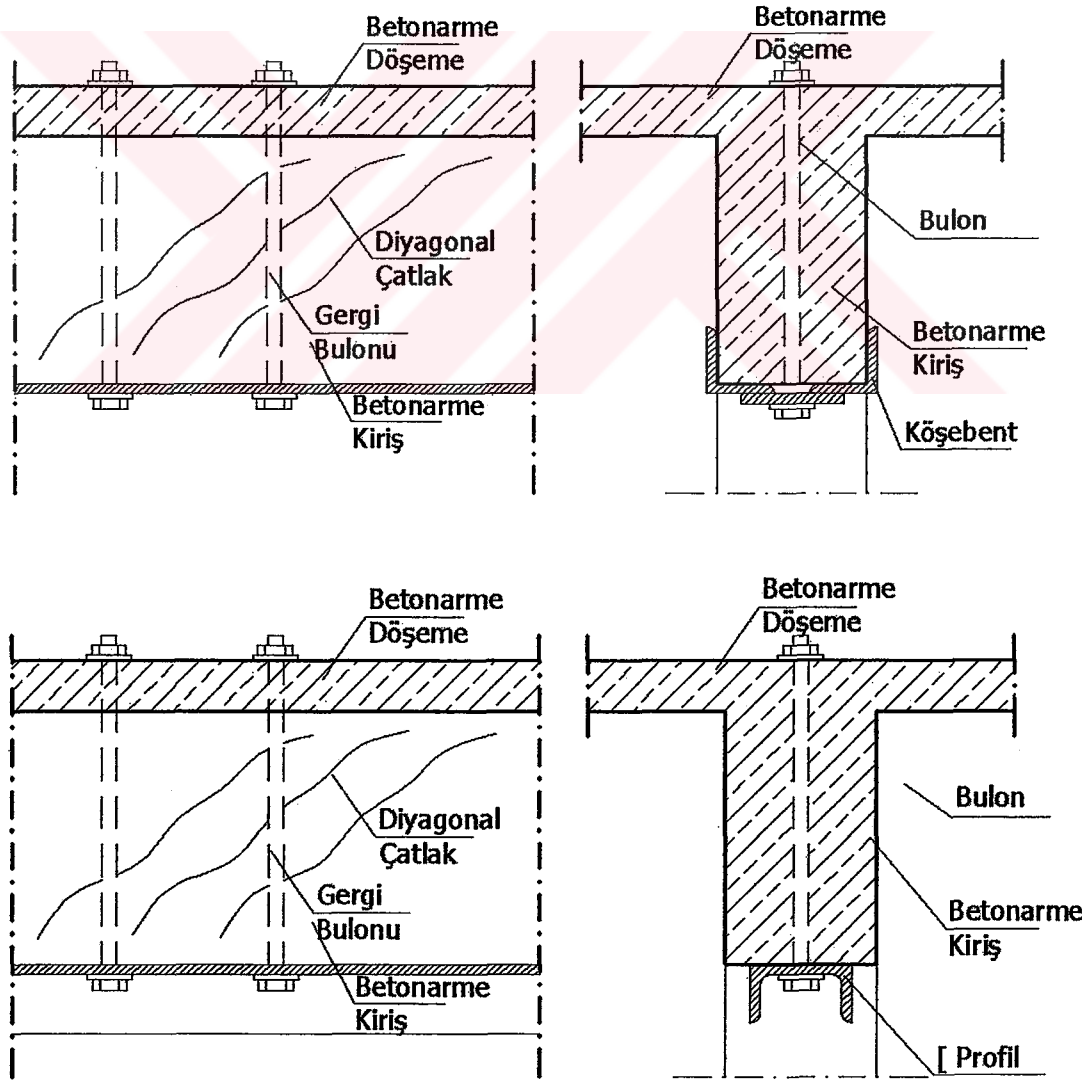
Şekil 6.9 Kirişin çelik levha kullanılarak güçlendirilmesi

6.2.2.3 Çelik Profillerle Güçlendirme

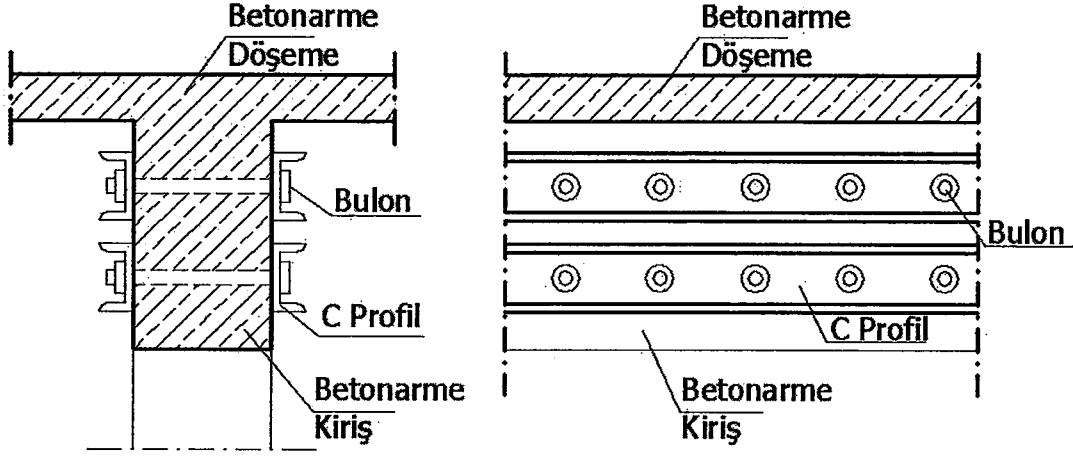
Güçlendirme, "U" profillerle de yapılabilir. "U" profilleri, kiriş sehiminden doğan çatlakları önlemek ve etriye eksikliği sonucu oluşan kesme kırılması için kirişin alt yüzüne yapıştırılır (Şekil 6.10, Şekil 6.11). Uygulamada kirişin boyuna delinerek profilin bulonlanması mümkün olmadığı durumlarda yapıştırma ile birleşim sağlanır. Ancak sehim etkisinde, iki farklı malzeme arasında gerilme sonucu ayrılma olmaması için bulonlu bağlantı yapmak gerekir. Bulonlu birleşim yapabilmek için kiriş betonu yeterli kalitede olmalıdır. Sehim engelleyebilmek için seçilen profiller kirişin yan yüzlerine kiriş boyunca yerleştirilerek kiriş eni doğrultusunda bulonlanabilir (Şekil 6.12).



Şekil 6.10 Kirişin alt yüzüne bağlanan çelik profillerle güçlendirilmesi



Şekil 6.11 Kirişin alt yüzüne kiriş boyunca çelik profil bağlanması



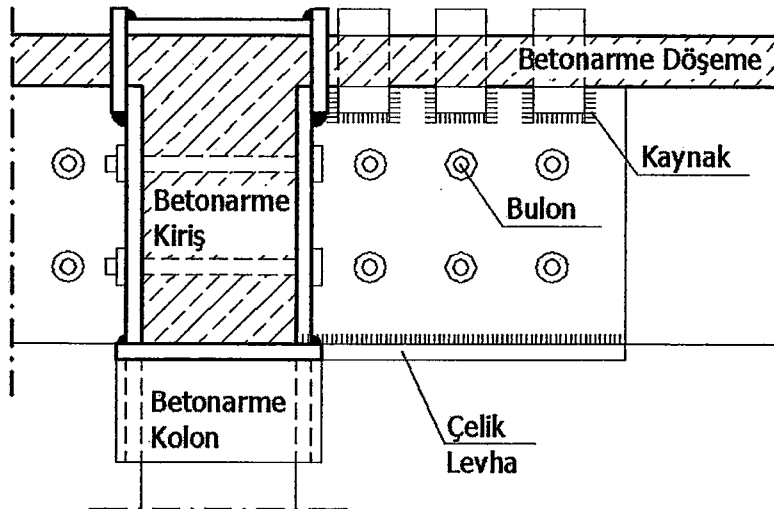
Şekil 6.12 Profillerin kiriş yan yüzüne bağlantısı

6.2.3 Kiriş-Kolon Birleşim Bölgelerinde Güçlendirme Uygulamaları

Deprem kuvvetleri bakımından bir çerçevenin en kritik yeri kiriş-kolon birleşim noktalarıdır. Burada gerilmeler yüksek, bileşenlerin sayısı fazladır ve güçlendirmede parçalarının birleşimi ve sürekliliğin sağlanmasını gerçekleştirmek zordur. Deprem kuvvetleri altında birleşim noktalarında kesme, aderans ve ankraj hasarları oluşabilir.

6.2.3.1 Çelik Levha Kullanılarak Güçlendirme

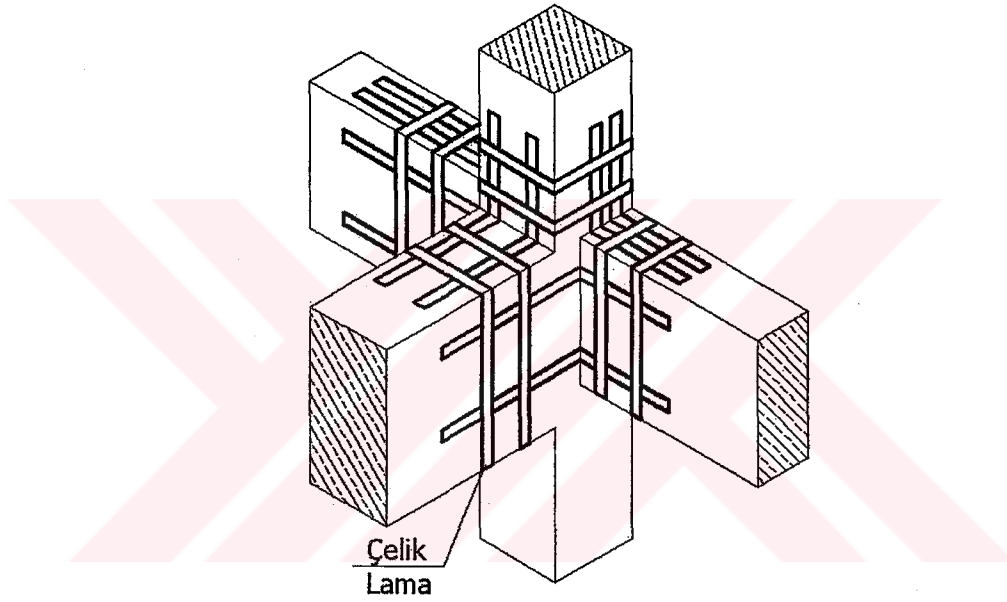
Kiriş-kolon birleşim noktalarının çelik levha ile güçlendirilmesinde en az 4 mm. kalınlıklı, birleşimin şekline uygun olarak kesilmiş levha epoksi reçinesi ile yapıştırılır. Birbirine kaynakla birleştirilen bu eklevhalar kuvvet akışının sağlanması için kiriş ve kolona yapıştırdıktan sonra bulonlanır (Şekil 6.13)(Demir, 1992).



Şekil 6.13 Betonarme kiriş-kolon birleşiminin çelik levhalarla güçlendirilmesi tip detayı

6.2.3.2 Çelik Lama Kullanılarak Güçlendirme

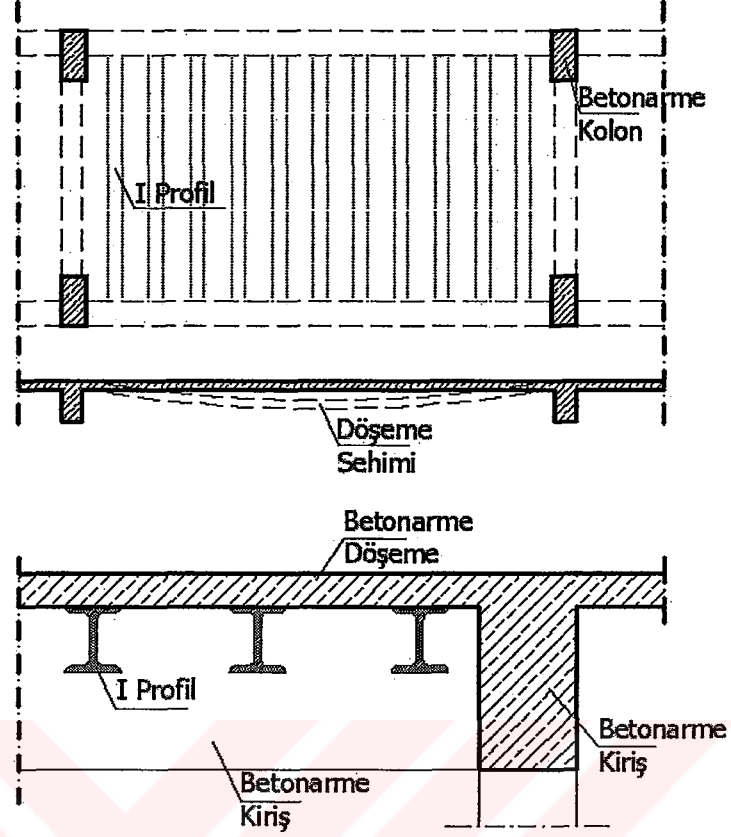
Hasarın yaygın olması durumunda kiriş-kolon birleşim bölgesi, çelik lamaların yapıştırılıp sarılması ile de güçlendirilebilir. Uygulama için bölgedeki hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra özel yapıştırıcılar kullanılarak boyuna lamalar yapıştırılır. Kiriş sargı lamaları, o bölgedeki döşeme kaplaması kaldırılıp döşemelerde lamaların geçirileceği delikler açıldıktan sonra uygulanabilir. Yapıştırmanın tam olması için lamaların betona işkence aletleriyle bağlanması gerekebilir. (Şekil 6.14). Betonda enine basıncın yeterli şekilde oluşması için lamaların dar olmaması ve birbirlerinden ayrı ayrı yerleştirilmemesi gerekir. Lamalar için uygun genişlik 50 mm, uygun aralık 200 mm. mertebesindedir.



Şekil 6.14 Betonarme kiriş-kolon birleşiminin çelik lamalarla güçlendirilmesi tip detayı (Celep, 1999)

6.2.4 Döşemede Güçlendirme Uygulamaları

Döşemede güçlendirme uygulamalarının en basit yöntemi kılcal çatlakların çimento şerbeti ya da epoksi reçineleriyle doldurulmasıdır. Binada kullanım değişmesi nedeniyle faydalı yük artıyorsa, döşemenin donatı düzeni uygun ise ara kirişler yerleştirilip döşeme gözleri küçültülebilir. Sehimini azaltmak ve uygulama kolaylığı açısından, bu eklenen kirişler çelik profillerle yapılmaktadır. Bu işlemde yük aktarımını sağlamak için döşemenin kirişe tam olarak oturtulması gereklidir (Şekil 6.15). Eklenen kirişleri taşıyacak olan eski kirişlerin yeterliliği kontrol edilir, gerekiyorsa bu kirişler de güçlendirilebilir. Bu uygulama gözlerin boyutuna ve donatı durumuna bağlı olarak çeşitli düzenlerde yapılabilir (Özgen, 1990).



Şekil 6.15 Döşemeye çelik profil ara kirişler eklenmesi

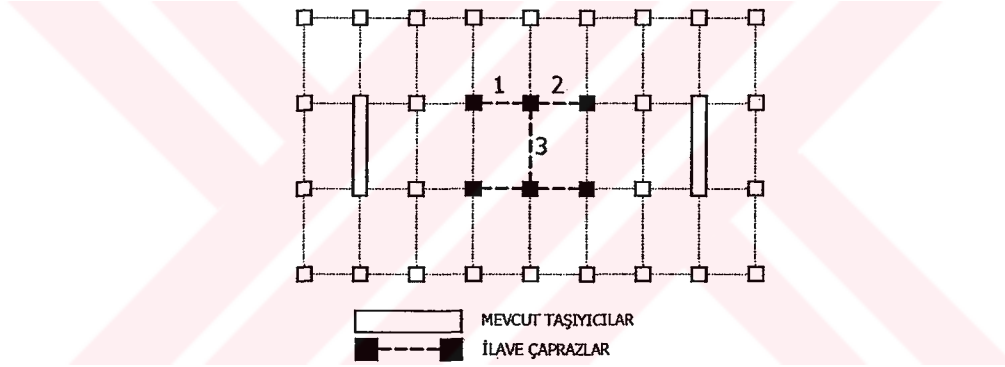
6.3 Sistem Düzeyinde Güçlendirme

Sistem düzeyinde güçlendirme genel olarak mevcut bir yapının tümünün dayanımı düşünülerek yapılan çalışmalarda yanal ötelemelerin sınırlandırılması ve yatay yüklere karşı dayanımı artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Mevcut sistemin yatay yüklerin ne kadarını güvenle taşıdığı hesaplanarak fazla yükler için ilave elemanlar tasarlanır (Özer, Pala, Orakdöğen, Girgin, 1999; Karaesmen, 2002). Kullanılacak yeni taşıyıcı eleman, mevcut yapının taşıyıcı sistemine ve hasar durumuna bağlıdır. Yeni elemanlarla tüm sistemin genel rijitliği ve deprem davranışı değişebilir. Güçlendirme için öngörülen yeni elemanlarla sistemin ağırlığı artacağı için, genellikle deprem kuvvetleri de artar ve kuvvetlerin sistemde dağılımı değişir. Mevcut ve yeni elemanlar arasındaki kuvvet geçişinin sağlanması için yapıların depreme karşı davranışı yeniden incelenir, gerekli analizler yapılır ve ortaya çıkacak davranış değişiklikleri dikkate alınarak sistem projelendirilir (Celep, 1999).

Çerçevelerin içi rijit ve yüksek taşıma güçlü bir taşıyıcı duvarla doldurulduğunda kolonların depreme gelen kat kuvvetlerinden aldıkları pay önemli ölçüde azalır (Bayülke, 2001). Eski taşıyıcı sistemle sonradan ilave edilecek elemanların oluşturduğu yeni sistem, yanal yüklere

karşı yeterli mukavemet ve rijitliğe sahip olmalı ve olası depremlerde yıkılmadan şekil değiştirebilmelidir. Yeni elemanların yapı içinde düzgün dağıtılmasıyla, etkilerin belirli bölgede yığılması ve istenmeyen burulma etkilerinin ortaya çıkması önlenmiş olur.

Eklenen taşıyıcı duvarlar; tesisatın yoğun bulunduğu duvarlarda yapılmamalı, konumları binanın mimari tasarımı ile uyumlu olmalı ve fonksiyonlarını engellemeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Bu duvarların, her iki deprem doğrultusu için ayrı ayrı olmak üzere, taban kesme kuvvetinin yaklaşık olarak %80'ini karşılayacak boyutlarda ve sayıda olmasına, ayrıca tüm yapı yüksekliği boyunca devam etmesine özen gösterilmelidir. Perde duvarların sayısı en az üç olmalı ve doğrultuları uzayda bir noktada kesişmemelidir. Böylece, yapıya minimum düzeyde bir burulma rijitliği sağlanması öngörülmektedir (şekil6.16). Ek taşıyıcı duvarların plandaki yerleşimi yapıya yeterli düzeyde burulma rijitliği sağlamalı, temel bağlantıları uygun çözümlenmelidir (Özer, 2000).



Şekil 6.16 İlave çelik çaprazlar bir noktada kesişmemeli.

Çelik ürünlerle yapılabilecek ek taşıyıcı duvarlar şöyle olabilir:

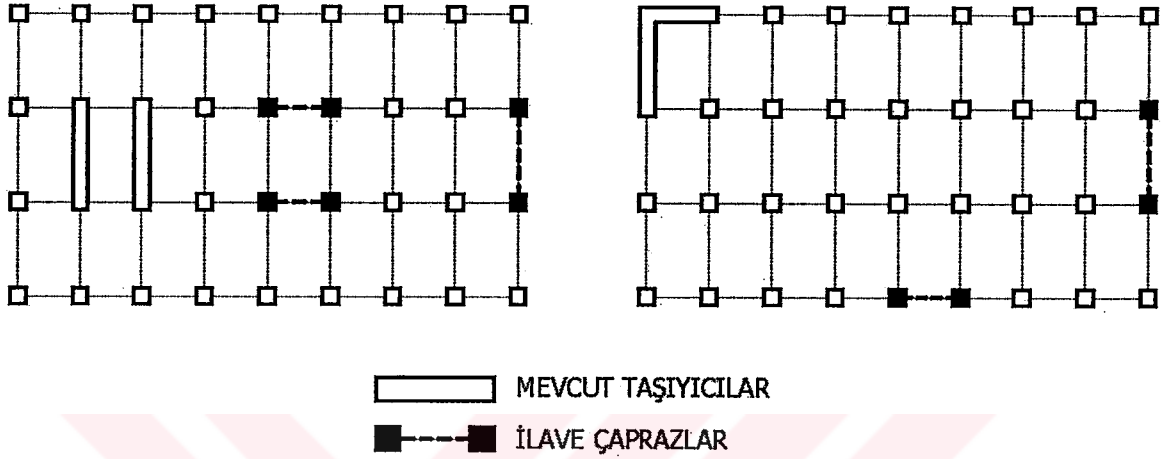
- Betonarme çerçeve içinde oluşturulacak çelik çaprazlı çerçeveler.
- Tüm sistem içinde çerçeve dışında konumlandırılacak ilave çaprazlamalar.

6.3.1 Betonarme Çerçeve İçinde Çelik Çaprazlarla Güçlendirme Uygulamaları

Betonarme kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve gözlerindeki bölme duvarları çelik çaprazlı perdeye dönüştürülerek, güçlendirme yapılabilir. Çerçeve boşlukları arasına çelik çapraz elemanlarla taşıyıcı duvar oluşturulması yapı ağırlığını fazla artırmadan yapı rijitliğini ve sünekliğini artırır. Yatay kesme kuvvetleri kolonlar tarafından değil, bu çapraz elemanlar tarafından yutulur. Kuvvetlerin kattan kata geçebilmesi için çelik elemanların katlar arası sürekliliği sağlanmalıdır (Celep, 2001). Çelik çapraz elemanların çerçeveyi oluşturan kiriş ve kolona bağlantısı için özel detaylar gereklidir. Çelik ürünlerin betona bağlantısı yapııştırma ya

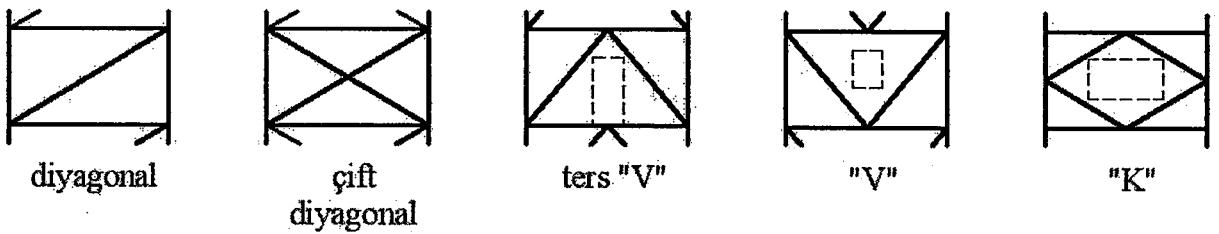
da bulonla yapılabilir. Bulonlu bağlantı ile iyi bir sıkıştırma yapılabilir ancak bulonlama yapılacak betonarme elemandaki beton yeterli kalitede olmalıdır.

Bir yapıda yatay kuvvete karşı güvenliği artıracak çelik çaprazlı perdeler düzenlenirken burulma etkisi dikkate alınır. (Şekil 6.17).



Şekil 6.17 İlave çelik çerçeve çaprazların düzenlenmesi

Betonarme çerçevelerde kolonlar ve kiriş yeterli mukavemeti sağlıyorsa, mevcut kolonlar ve kirişe bir kafes sistem teşkil edecek şekilde çelik çaprazlar ilave edilebilir. Çelik kafes sistemin mevcut yapı rijitliği ile uyumlu olması önemlidir. Yeni çelik kafeslerin boşluksuz bölme duvarların olduğu akslarda düzenlenmesi uygun olur. Az katlı binalarda, düşey kafes sistemlerin oluşturulması mimariyi fazla zorlamamasına karşın, çok katlı binalarda durum daha da zorlaşabilmektedir.

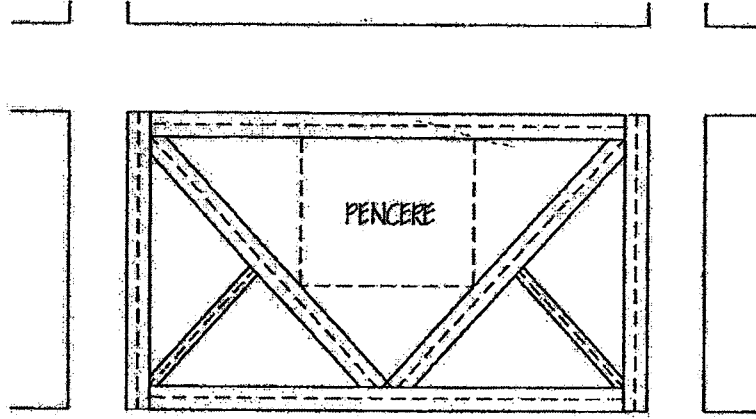


Şekil 6.18 Merkezi çaprazlı çelik kafes tipleri (Çelik, Çılı, Özgen, 1997)

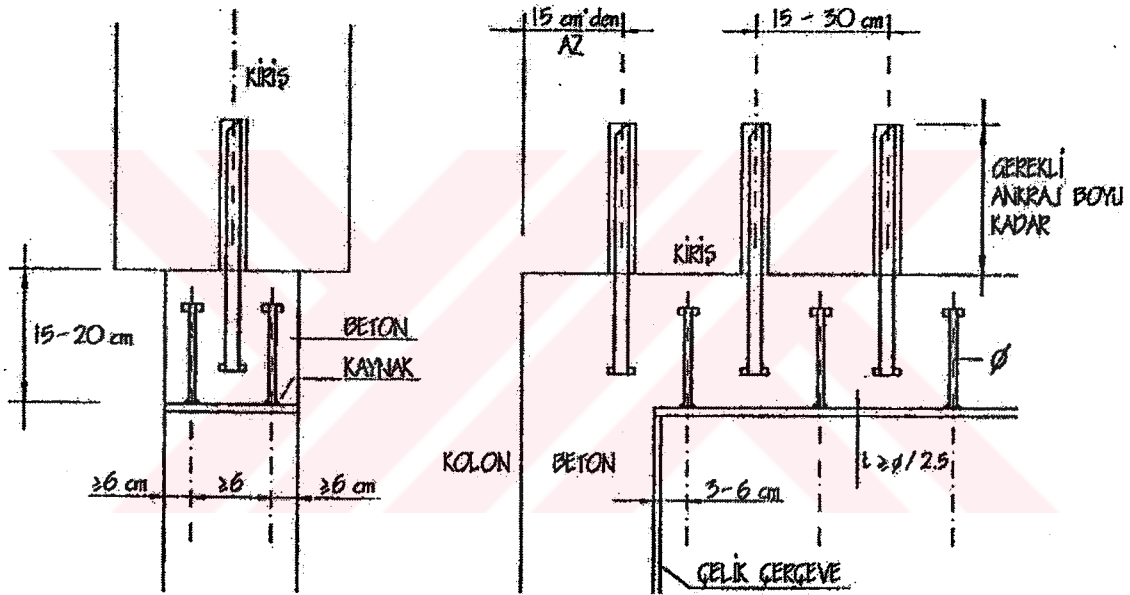
Betonarme çerçeve içinde merkezi çaprazlı perdeler düzenlenir. Merkezi çaprazlar, diyagonal, V ya da K, şeklinde yapılabilir (Şekil 6.18). Çaprazların boşluk bırakmaya izin verip vermemesi seçilen çaprazlı sistemin tipine, aksların açıklığına ve yapı yüksekliğine bağlıdır. Kafes kirişin düzenlendiği akstaki/akslardaki kolonlar bu sistemin bileşik eğilme etkisindeki başlıkları olarak davranır. Betonarme sistemin mevcut kat kirişleri ise seçilen sistemin özelliklerine göre aksnel çekme, basınç ya da bileşik eğilme etkisinde olabilir. Kafes kirişin başlıklarında yatay yükler nedeniyle büyük ek aksnel kuvvetler oluşur. Bu etki düşey kafes sistemin genişliği azaldıkça artar.

En etkili merkezi çapraz tipi çift diyagonal X çaprazlardır. Deprem yükünün geldiği yöne göre diyagonallerden biri çekmeye çalışırken diğeri basınca çalışarak burkulur ve devre dışı kalır. Bu nedenle çapraz çubuk boylarının olanaklar ölçüsünde kısa tutulması önemlidir. V ya da ters V şeklindeki çaprazlar kiriş ortasında kiriş profili sürekli olmak üzere birleştirilir. Ters V çaprazlar bağlı olduğu kirişe düşey destek oluşturur. Yatay kirişler ise düşey yüklere göre boyutlandırılır. Kolon orta noktasına bağlanarak oluşturulan K çaprazları düktil davranış gösteremez, hasarı yıkılmadan sönmüleyemez bu nedenle de güçlendirme çalışmalarında kullanılması uygun değildir. Çelik elemanların rijitliklerinin betonarmeye göre düşük olduğundan, yüklerinin önemli bir bölümünün taşıtılması ancak çok büyük çelik kesitleriyle mümkün olur (Çelik, Çılı, Özgen, 1997; Arun, G, 2002).

Kolon ve kirişe bitişik düzenlenen çelik elemanlarla yatay kuvvetin olabildiğince düzgün yayılı iletilmesi sağlanır. Ancak çaprazlar nedeniyle köşelerde oluşan yoğun çekme ve basınç kuvvetlerinin betonarme ve çelik elemanlar arasında iletilmesi gerekir. Özellikle beton kalitesi düşük olan yapılarda büyük köşe levhalarına ihtiyaç duyulur. Japonya'da kuvvet aktarımının çerçeveye düzgün yayılımını sağlamak için uygulanan bir örnekte çelik çerçevenin dış yüzüne 15-20cm. aralıklarla çelik çubuklar kaynaklamış (Şekil 6.20), betonarme çerçevenin iç yüzüne de çelik çubuklar ankrajlanarak tutturulmuştur. Daha sonra çelik çerçeve ve betonarme çerçeve arasına beton dökülerek yüklerin düzgün yayılması sağlanır (Şekil 6.19)(Bayülke, 2001).

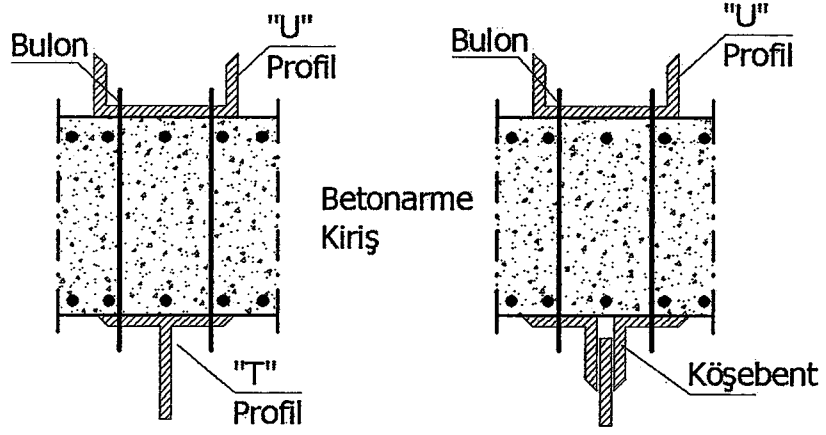


Şekil 6.19 Pencereyi kapamayan diyalonal elemanlar Japonya uygulaması (Bayülke, 2001)

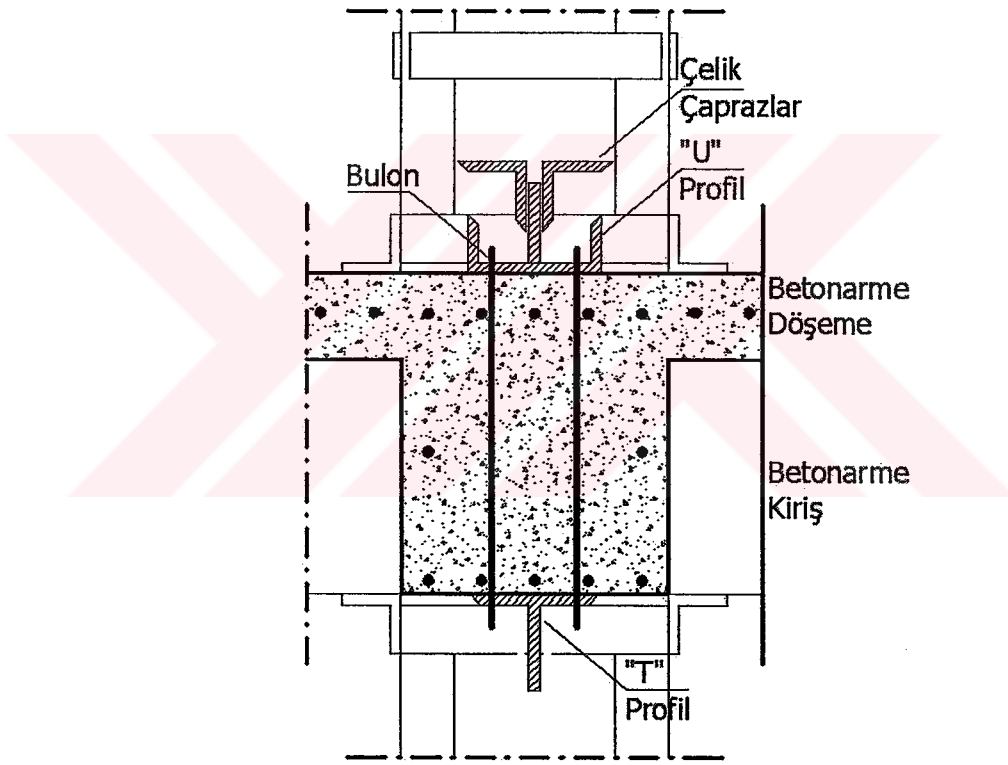


Şekil 6.20 Çelik çerçeveden betonarme elemana kuvvet aktarımı ayrıntıları (Bayülke, 2001)

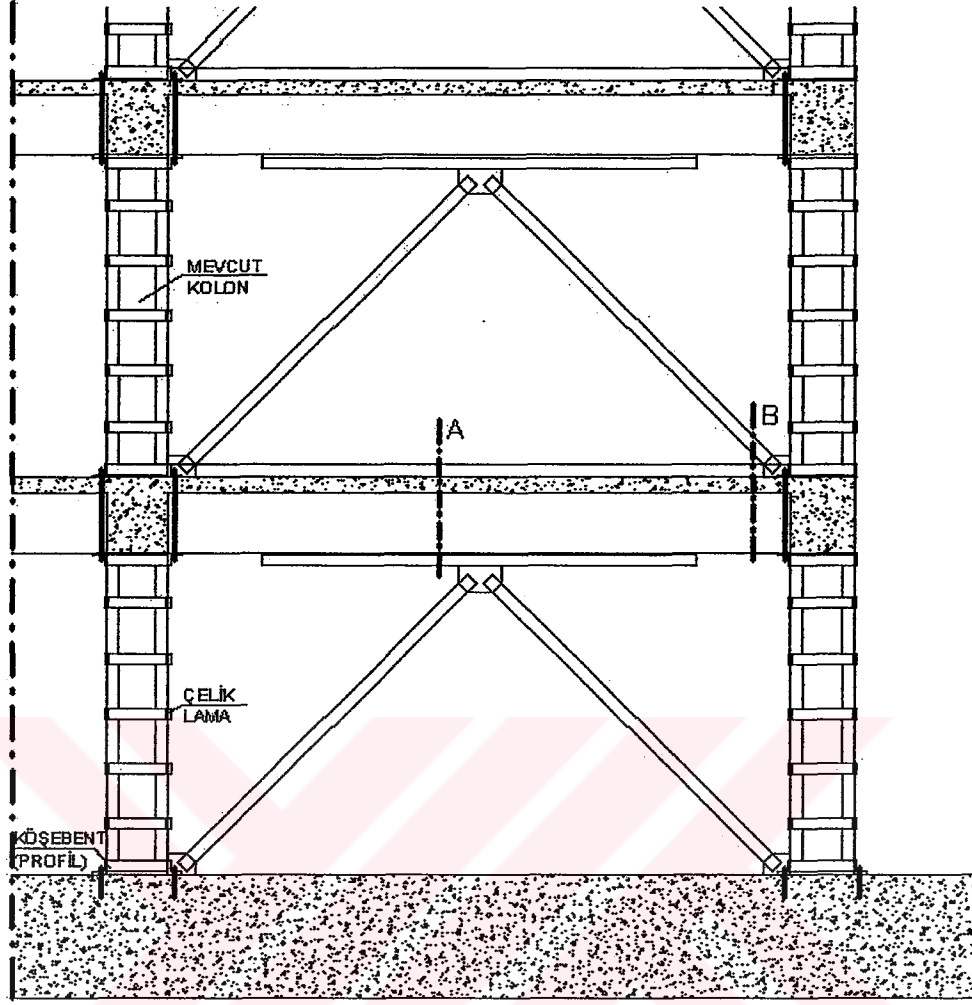
Çaprazlarda daha çok köşebent ya da U profiller kullanılır (Şekil 6.21a). Çelik çaprazlarla oluşturulan kafeslerin düzenlenmesinde eksenlerin kolon kiriş birleşim noktalarından geçmesine dikkat edilmelidir. Kirişsiz olarak üretilmiş betonarme yapılarda kolon eksenlerine yerleştirilen çerçeveler döşemeye bulonlanır (Şekil 6.21b). Bu tür sistemlerde döşemede zorlanmalar oluşmaması için döşeme altına ve üstüne profiller yerleştirilir. Çelik diyalonal elemanlar ise bu profillere bağlanır (Şekil 6.22, Şekil 6.23). (Demir, 1992; Kumbasar, 2000)



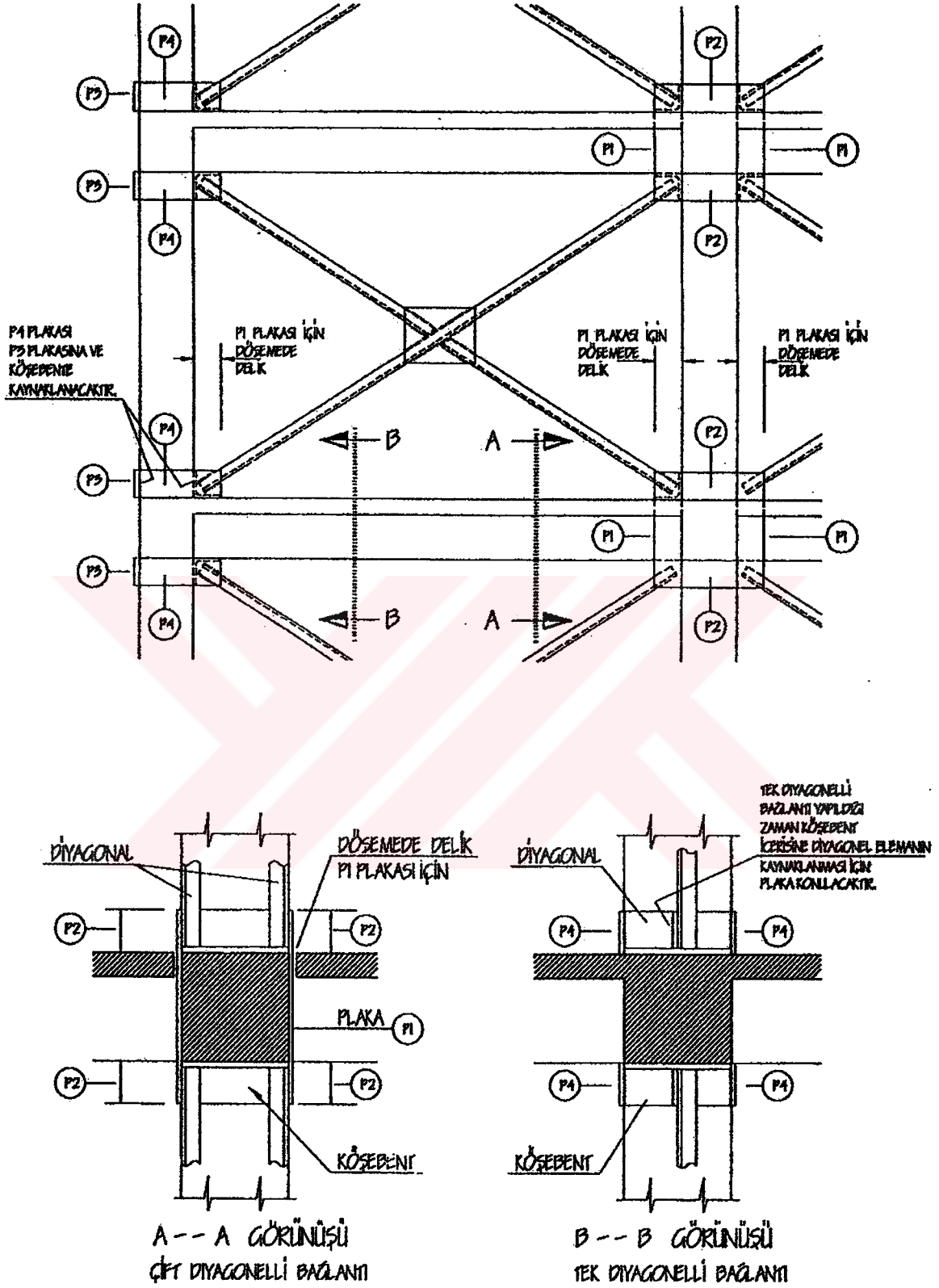
Şekil 6.21a İlave çelik çaprazlı perdelerin döşeme ile bağlantısı, A kesiti



Şekil 6.21b İlave çelik çaprazlı perdelerin kolon ile bağlantısı B kesiti



Şekil 6.22 İlave ters“V” çelik çaprazlı perdelerin uygulanması

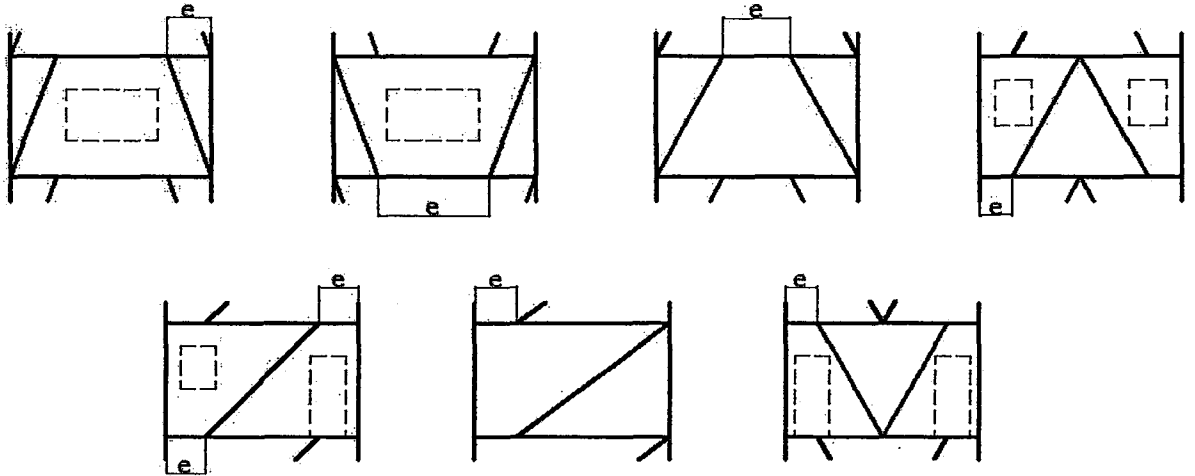


Şekil 6.23 Çerçeve açıklığına kaynaklı diyagonal çelik elemanlar konulması (Bayülke, 2001)

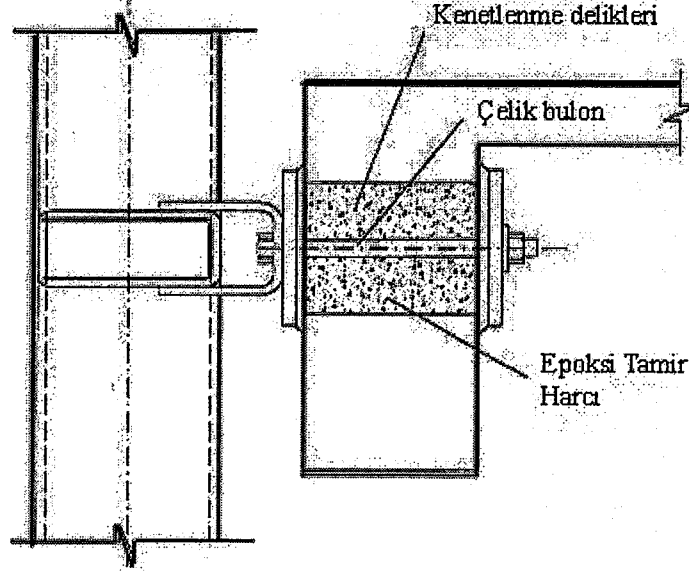
6.3.2 Kolon Kiriş Ekseni Dışında Çaprazlı Çelik Perdelerin Oluşturulması

Betonarme yapıda mevcut kolonların mukavemet kapasitesi yetersizse taşıyıcı sisteme düşey çaprazlı perde eklenebilir. Mimari fonksiyonları etkilememek için bu sistem genellikle yapı dışında tasarlanır. Bina yüksekliğini artması ile büyüyen deprem kuvvetlerinin karşılanmasında cephe dışında oluşturulan bu düşey kafeslerde katlar arası sürekliliğin sağlanması gereklidir. Balkon gibi çıkmaların bulunduğu yapılarda sürekliliği sağlamak zor olabilir (Celep, 1999).

Kolon kiriş ekseninde oluşturulan çaprazlar merkezi ya da dış merkezi çaprazlar olabilir. Mevcut taşıyıcı sistemdeki kolon ve kirişlerin hasarlı olması ya da kesit, donatı ve beton kalitesinde belirsizlikler bulunması, çelik çaprazlı perdelerin dışmerkez olarak düzenlenmesini gerektirir. Bu sistemde kirişin kolona, kirişin çapraz elemana birleşimlerinde özellikle dışmerkezlik vardır. Dışmerkezlik (e), çaprazlı çerçeve kolonları arasındaki açıklığın $1/5$ 'i ile $1/10$ 'u arasında seçilir (Şekil 6.24) (Arun, 2002). Dışmerkezi çaprazlı kafeslerin yatay rijitliği merkezi çaprazlı kafeslere göre daha azdır. Ancak sünekliği daha fazladır. Hafif yer hareketlerinde yer değiştirmeleri sınırlar. Kuvvetli bir yer hareketinde ise kafes yatay başlıklarında bırakılan kısa kiriş bölgesi (e) plastik şekil değiştirmeye uğrar. Yanal kuvvetler etkisinde şekil değiştirmenin gerçekleşmesi ve kuvvetlerin yutulması için binanın dışında kalan çelik çaprazların mevcut kirişle ve kolonlarla bağlantıları yapılarak sistemin bütünleşmesinin sağlanması gerekir (Şekil 6.25). Bu tip sistemler büyük enerji yutma kapasiteleri nedeniyle tercih edilmektedir (Çelik, Çılı, Özgen, 1997).

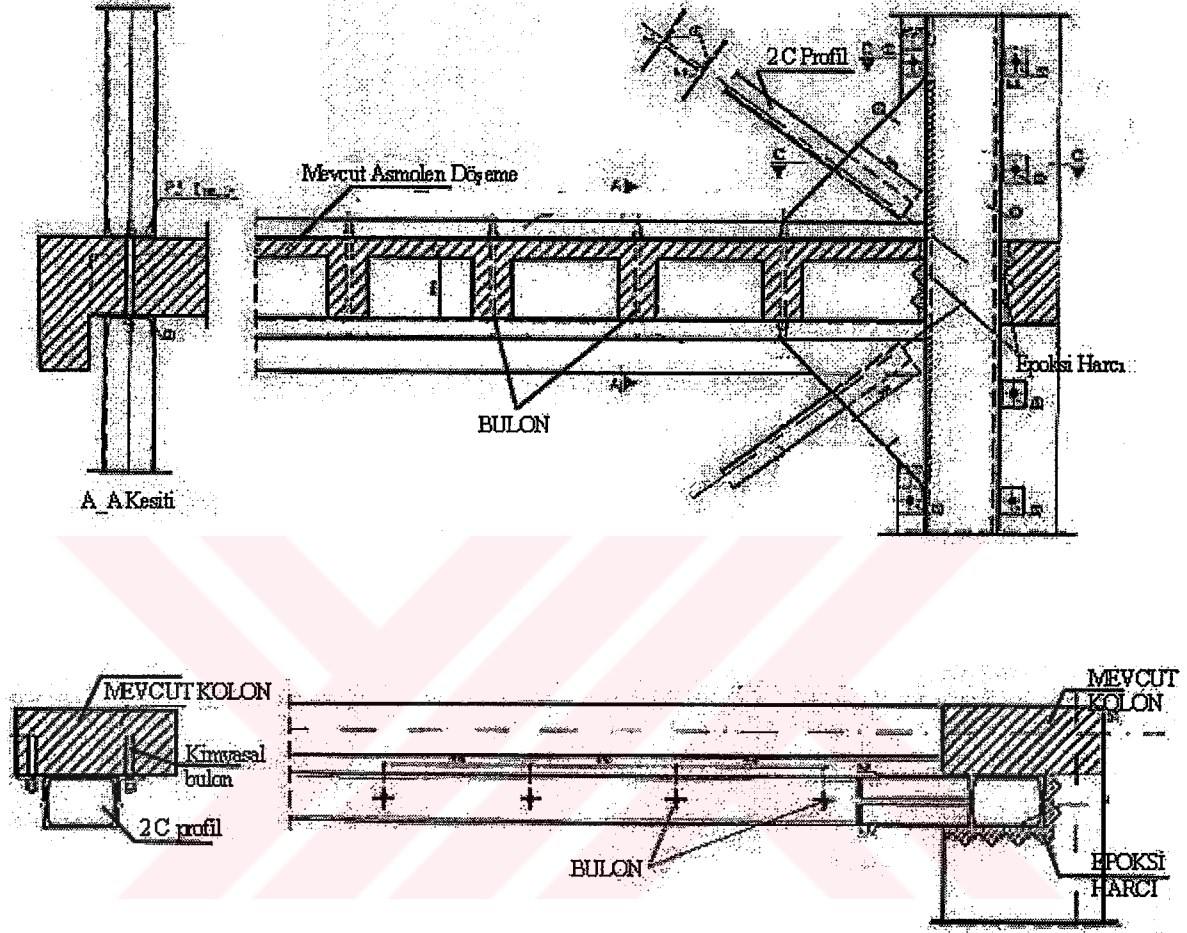


Şekil 6.24 Dışmerkezi çaprazlı çelik kafes tipleri

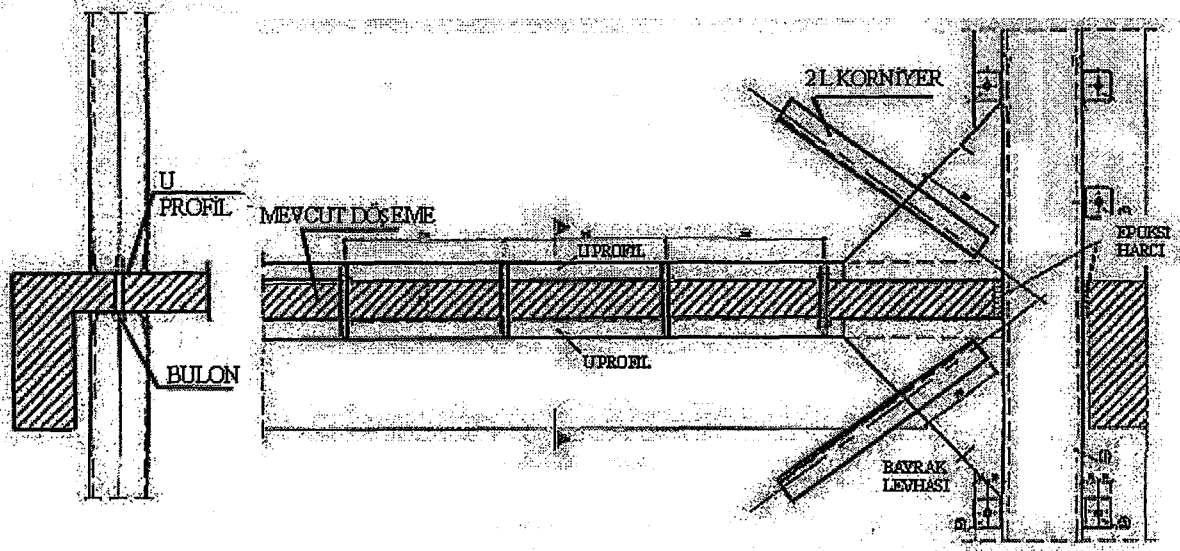


Şekil 6.25 Kolon Kiriş ekseninde oluşturulan diyagonalin betonarme kiriş ile bağlantı detayı, (Kumbasar, 2000)

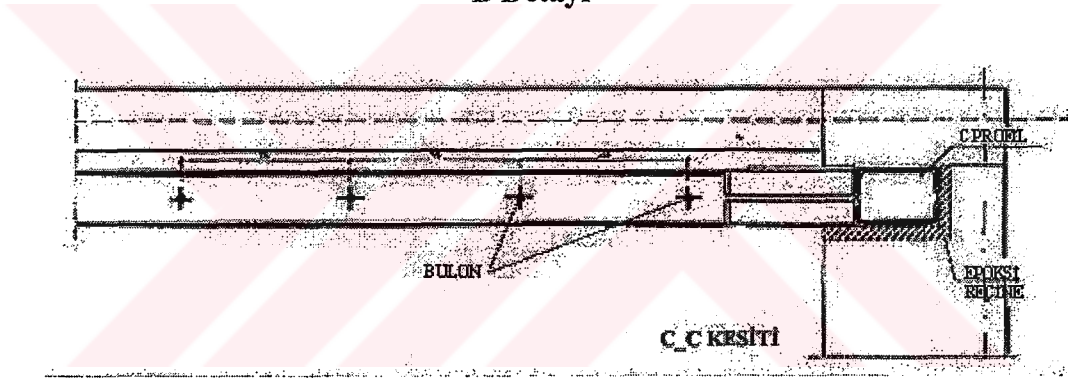
Dışmerkezi çaprazlı perdeler yapı içinde de uygulanmaktadır. Bu durumda kolonların yanına, döşeme delinerek katlar arası sürekliliğin sağlandığı, U profillerden çelik kolonlar oluşturulur. Döşeme alt ve üstüne U profiller yatay olarak kolon profillerine bağlanır. Köşebent ya da U profillerden oluşturulan diyagonaller ise bu çelik kolon ve döşeme çerçevesine bağlanır. Şekil 6.26'da asmolen döşeme bulunan bir yapıdaki bu uygulamanın detayları, Şekil 6.27'de ise normal döşeme olan yapıdaki detayları görülmektedir. Tüm katlarda devam eden bu çerçeve sistemi rijit bir yapı oluşturarak yatay ötelemeleri azaltır. Sistem düzenlenirken çerçeveler yine yapıda burulma oluşturmayacak şekilde plandaki uygun akslarda konumlandırılır (Şekil 6.28).



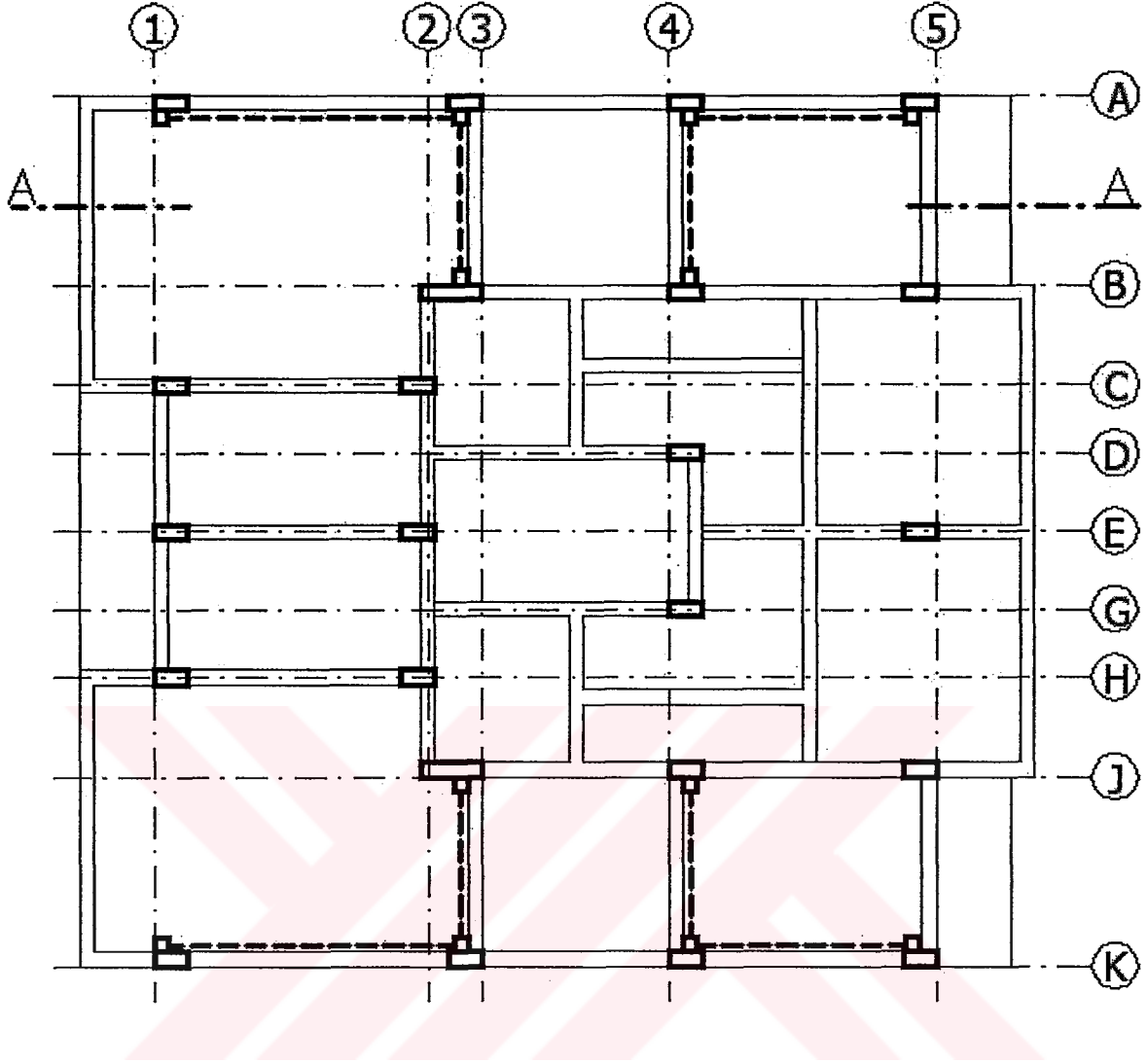
Şekil 6.26 Asmolen döşemeli bir yapıda betonarme kolon kiriş eksenini dışında çelik diyagonallerin uygulandığı örnekler, (Kumbasar, 2000)



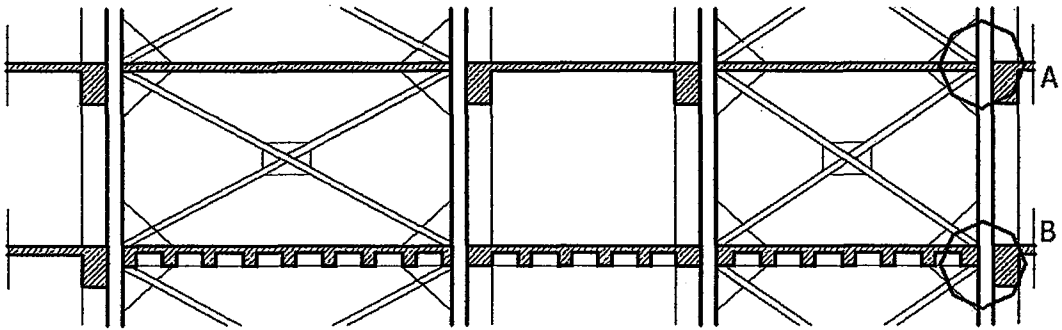
B Detayı



Şekil 6.27 Betonarme döşemeli bir yapıda betonarme kolon kiriş eksenine dışında çelik diyagonallerin uygulandığı örnekler, Kumbasar, 2000



PLAN



A_A KESİTİ

Şekil 6.28 Kolon kiriş eksenini dışında çelik diyagonallerin uygulandığı bir yapıda planda konumlanmaları ve kesit, Kumbasar, 2000

6.4 Güçlendirme Sonrası Çelik Ürünlerin Korunması

Kullanılan malzemenin çelik olması sebebiyle paslanma ve yangın konularında tedbirler alınması gereklidir.

Güçlendirmede kullanılan çelik ürünler yangına karşı çimento harcı ya da püskürtme beton ile kaplanabilir.

Güçlendirmenin çelik lamalarla yapıldığı uygulamaların fiber takviyeli polimer kompozit membranlarla kaplanmasıyla çelik elemanların dış atmosferik etkenler sonucu paslanması önlenebilir. Kolonda çelik lamalar ile yapılan güçlendirme uygulamasında köşe birleşimler kompozitlerin pahlanması için uygun detaya sahiptir. Ancak ürün 120 °C sıcaklığa dayanımlı olduğu için buna dayanıklı bir sıva ile korunmaları gerekir.

6.5 Güçlendirmede Çelik Ürün Kullanımının Olumlu Yönleri

- Çelik yüksek mukavemetli bir malzemedir. Güçlendirmede, taşıyıcı elemanların yük taşıma kapasitelerini artırmak için kullanılan çeliğin ağırlığı diğer malzemelere göre az olduğundan, yapı ağırlığında fazla bir artış olmaz.
- Çelik ürünlerin atölyede hazırlanıp montaj işlemlerinin şantiyede gerçekleştirilmesi nedeniyle uygulanma süresi azdır. Yapı kısa sürede kullanıma hazır hale gelir.
- Çelik ürünlerle güçlendirme yapılırken üretim sırasında iklim koşulları önemsizdir, her mevsimde üretim yapılabilir.
- Mimari açıdan yapıda istenilen gereksinimleri karşılayacak çözümler üretilebilir.
- Çelik ürünlerle güçlendirme kullanım alanlarını daraltmaz. Uygulanacak detaylarda çeşitlilik vardır.

7. SONUÇ

Güçlendirme, bir yapı sisteminin yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini ve stabilitesini iyileştirmek veya taşıyıcı elemanlardan bazılarının yük taşıma kapasitesini artırmak amacıyla yapılır. Güçlendirmede uygulanan yöntemlerle taşıyıcı sistem dayanımı hasardan önceki ya da mevcut düzeyin üzerine çıkarılır.

Güçlendirme, yeni yapı üretimi yerine mevcut yapıları uygun kullanım alanları haline getirmede, güvenlik ve maliyet açısından önemlidir. Ülkelerin ekonomik koşulları, inşaat maliyetleri ve sismolojik yapıları düşünüldüğünde doğru güçlendirme sonuçlarına ulaşmak için güçlendirme ilkeleri iyi anlaşılmalı ve bu ilkeler güçlendirmenin her aşamasında dikkate alınmalıdır.

Güçlendirme ilkeleri, yapı ağırlığının azaltılması, yapının taşıma gücünün artırılması, yapının dinamik özelliklerinin iyileştirilmesi, yapının sünekliğinin artırılması ve yapı burulma etkisinin azaltılması olarak özetlenebilir.

Yapılarda güçlendirme iki durumda yapılır.

- Yapıda herhangi bir hasar yoktur. Ancak edinilen yeni bilgiler ve değişen koşullar ile incelemeler sonucu yapılan tespitlere göre yapı hasar görme riski taşımaktadır. Böyle bir yapının güçlendirilmesi bir problem oluşturur.
- Yapı, herhangi bir nedenle hasar görmüştür. Bazı yapı öğelerinin ya da tüm sistemin taşıma gücünün artırılması da bir problem oluşturur.

Yapı hasarlarının, özellikle deprem sonrası arttığı gözlenir. Hasarın durumuna göre güçlendirme için uygulanan yöntem genel olarak iki grupta düşünülebilir.

- Güçlendirme yapı elemanları bazında düşünülerek kiriş, kolon gibi hasarlı farklı yapı elemanlarında ayrı ayrı değerlendirilerek yapılır.
- Tüm taşıyıcı sistemin birlikte değerlendirilip yapıya ilave taşıyıcı elemanlar eklenerek güçlendirme yapılır.

Çelik ürünlerle eleman düzeyinde güçlendirmede lamalar, levhalar ve profiller hasarı oluşturan çatlağın türüne göre elemana yapıştırılarak ya da bulonlanarak monte edilir. Kolonda görülen ya da görülmesi muhtemel basınç, çekme ve burulma hasarları için çelik ürünlerle güçlendirme yapılabilir. Kirişte eğilme momenti taşıma kapasitesini artırmak için kirişin alt yüzüne, kesme kuvveti taşıma kapasitesini artırmak için ise kirişin yan yüzlerine çelik ürünler yapıştırılır ya da bulonlanır. Kiriş-kolon birleşim noktalarında gerilmeler yüksek, bileşenlerin sayısı fazladır ve güçlendirmede kullanılan çelik ürün parçalarının, birleşim ve sürekliliğin sağlanmasını gerçekleştirmek zordur. Döşemenin fazla yüklenmesi nedeniyle oluşan fazla sehimini azaltmak için çelik ara kirişler yerleştirilip döşeme gözleri küçültülebilir. Eleman düzeyinde güçlendirmede taşıyıcı elemanın istenilen taşıma düzeyine ulaşması için çelik ve betonarme bölümlerin yükler karşısında birlikte çalışması şarttır.

Sistem düzeyinde güçlendirme genel olarak mevcut bir yapının tümünün dayanımı düşünülerek yapılan çalışmalarda yanal ötelemelerin sınırlandırılması ve yatay yüklere karşı dayanımı artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Yatay yüklere/deprem yüklerine karşı güçlendirme yapılırken taşıyıcı sistemde ek burulma etkileri oluşturmadan yatay yükleri karşılamak üzere betonarme perde yerine çelik çapraz elemanlar ilave edilir. Yapıda burulma oluşmaması için çelik çaprazların sayısı en az üç olmalı ve doğrultuları uzayda bir noktada kesişmemelidir. Çelik ürünlerle yapılabilecek ek taşıyıcı duvarlar Betonarme çerçeve içinde

oluşturulacağı gibi tüm sistem içinde ereve dışında da konumlandırılabilir. Dış merkezi aprazlı çerçeveler kolon-kiriş aksı dışında konumlandırılırken merkezi aprazlı çerçeveler kolon-kiriş aksında yada aks dışında oluşturulabilir.

elik ürünün kullanımı ile yapılan güçlendirme, elik ürünün olumlu yanları düşünüldüğünde avantajlı, yangın ve paslanma için önlemler alındığı sürece betonarme yapılarda güvenli bir yöntemdir. Yapı ağırlığını fazla artırmadan yapı rijitliğini ve sünekliğini artırır. elik apraz elemanların çerçeveyi oluşturan kiriş ve kolona bağlantısı için özel detaylar gereklidir. Yapının istenilen taşıma düzeyine ulaşması için elik ve betonarme bölümlerin yükler karşısında birlikte çalışması şarttır.



KAYNAKLAR

Aboutaha, R., S., Engelhardt, M., D., Jirsa, J., O., Kreger., M., E., (1996), "Retrofit of Concrete Columns with Inadequate Lap Splices by the Use of Rectangular Steel Jackets", Erthquake Spectra, Volume 12, No:4 :693-714

Akman, M.S., (2000), Yapı Hasarları Ve Onarım İlkeleri, İstanbul

Alkan, M., (2002), Depremde Hasar Gören Yapıların Takviyesi ve Onarımında Püskürtme Beton Alternatifi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Semineri İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta

Altınar, O., (2001), Tasarım Yüğü Aşılan Bir Betonarme Binanın Güçlendirme Yönünden Değerlendirilmesi, İstanbul teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi(501940034011), İstanbul

Arun, G, "Çelik Yapının Sismik Tasarımı", mimar.ist, sayı 5-2002, : 88-94

Aydınoglu, N., (2001), "Unutmayalım ki,Yıkılım veya Güçlendirelim Derken, Bir Değil Binlerce Binayı Konuşuyoruz", Afet Koordinasyon Merkezi Toplantıları

Bayülke, N., (2001), Depremde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi, İzmir, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir

Bayülke, N., (2001), Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İzmir İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir

Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirmesi, (1999), Kurs Notları, Tübitak İMO, İzmir

Biddah, A., Ghobarah, A., Aziz, T.S., (1997), "Upgrading of Nonductile Reinforced Concrete Frame Connections" Journal Of Structural Engineering August 1997: 1001-1010

Can, H., Tankut, T. (1989), "Betonarme Kirişlerin Eğilme için Güçlendirilmesi" Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Cilt II, sayfa 559-573.

Celep, Z., (1999), "Yapılarda Deprem Sonrası Hasar Belirlenmesi Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri", İstanbul, Deprem ve Deprem Sonrası Tedbirler İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ : 63-109

Celep, Z., (2001), "Mevcut Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirilmesi", Afet Koordinasyon Merkezi Toplantıları

Celep, Z., Gençoğlu, M., (2003), "Deprem Etkisindeki Betonarme Çerçeve Taşıyıcı Sistem Davranışına Bölme Duvarlarının Etkisi", Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul

Çamlıbel, N., (2000), Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi, İstanbul Birsen Yayınevi

Çelik, Oguz C., Çılı, F., Özgen, K., (1997), "Yatay Rijitliği Yetersiz Betonarme Binaların Çelik Kafes Kirişlerle Güçlendirilmesi", Dördüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı 17-19 Eylül 1997, Ankara

Demir, H., (1992), Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirmesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yayını

- Gençoğlu, M., Eren, İ., Atınç, T., (2003), "Hasarlı Betonarme Kenar Kiriş-Kolon Birleşimleri İçin Farklı Güçlendirme Yöntemlerinin İncelenmesi" Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul
- Gergely, J., Pantelides, C.P., Reaveley, D., (2000), "Shear Strengthening of RCT-Joints Using CFRP Composites" Journal Of Composites For Construction ASCE May 2000 : 56-64
- Halıcıoğlu, H., (2002), "Beton Malzemenin Dayanıklılığını Olumsuz Etkileyen Kimyasal Etkiler", TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi 1.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Kongre Bildirileri 1, 9-13 Ekim 2002 , İstanbul
- Karaesmen, E., (2002), Öncesiyle Sonrasıyla Deprem, Atılım Üniversitesi
- Koçak, A., (2003), "17 Ağustos 1999 Körfez ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Sonrası Marmara Bölgesi'nde Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirmelerinde Yapılan Hatalar", Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul
- Korkmaz, H. T., (1997), Depremden Hasar Görmüş Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi F.B.E. İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yapı Programı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Köse, M., Özgen, K., (2003), "Betonarme Elemanların Çelik Lamalarla Güçlendirilmesi" İstanbul İTÜ dergisi 1, 41-50, Mart 2003
- Kumbasar, C., (2000), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul
- Kumbasar, N., İlki, A., Boydak, B., (2002), "Kompozitler ile Güçlendirilen Elemanların Eksenel Yük ve Eğilme Etkileri Altında Davranışı" Prof. Dr. Kemal Özden'i Anma Semineri, 10 Mayıs 2002, İstanbul
- Masri, A., C., Goel, S., C., Eeri, M. "Seismic Design and Testing of an RC Slab-Column Frame Strengthened by Steel Bracing", Earthquake Spectra, Volume 12, No.4, November 1996: 645-667
- Mo, Y., L., Perng, S., F., (2003) "Analytical Model for Hybrid RC Frame-Steel Wall Systems" Structural Engineering and Mechanics, Vol 16, No. 2 2003 : 127-139
- Moran, D.A., Pantelides, C.P., (2002), "Variable Strain Ductility Ratio for Fiber-Reinforced Polymer-Confined Concrete" Journal Of Composites For Construction ASCE November 2002 : 224-232
- Odabaşı, Y., (2000), Ahşap ve Çelik Yapılar, İstanbul
- Özer, E., Pala, S., Orakdöğen, E., Girgin, K., (1999), Deprem Bölgelerindeki Mevcut Betonarme Yapıları Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi ve Rehabilitasyonu, İstanbul, Türkiye Deprem Vakfı Teknik Rapor TDV / TR 028-45
- Özer, E., (2000), "İstanbul'daki Betonarme Yapıların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi, Onarım ve Güçlendirilmesi" İkinci İstanbul ve Deprem Sempozyumu, 27 Mayıs 2000, İstanbul
- Özgen, K., (1990), "Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Hasarı, Onarım ve Güçlendirme" Yapı Dergisi 106, 50-54
- Özgen, K., Gürdal, E., (2002), "Betonarmede Donatı Korozyonu, Taşıyıcı Sistem Davranışına

Etkisi”, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi 1.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Kongre Bildirileri 1, 9-13 Ekim 2002 , İstanbul

Özgen, K., Köse, M., (2002), “Betonarme Yapı Elemanlarının Çelik Lamalarla Güçlendirilmesi, Çerçeve Köşesi Birleşiminde Yöntemin İncelenmesi”, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi 1.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Kongre Bildirileri 1, 9-13 Ekim 2002 , İstanbul

Saatçioğlu, M., (2002), “Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesinde Yeni Yöntemler” Prof. Dr. Kemal Özden’i Anma Semineri, 10 Mayıs 2002, İstanbul

Taşdemir, M. A., Özkul, M. H., (2002), “Betonarme Yapılarda Onarım Ve Güçlendirme Malzemeleri” Prof. Dr. Kemal Özden’i Anma Semineri, 10 Mayıs 2002, İstanbul

Teng, J., G., Lam, L., (2002), “Compressive Behavior of Carbon Fiber Reinforced Polymer-Confined Concrete in Elliptical Columns” Journal Of Structural Engineering ASCE December 2002 : 1535-1543

Tountanji, H., Balaguru, P., (1998), “Durability Characteristics of Concrete Columns Wrapped with FRP Tow Sheets” Journal Of Materials in Civil Engineering February 1998 . :52-57

Tuna, M. E., (2000), Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Tuna Eğitim Kültür Vakfı Yayını, Ankara

Wootton, I. A., Spainhour, L. K., Yazdani, N., (2003), “Corrosion of Steel Reinforcement in Carbon Fiber-Reinforced Polymer Wrapped Concrete Cylinders” Journal Of Composites for Construction ASCE November 2003 : 339-347

Yazıcı, H., Ün, H., (2003), Betonarme Yapılarda Kalıcılık , Seminer Notları, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Eğitim Dizisi No:1, İzmir

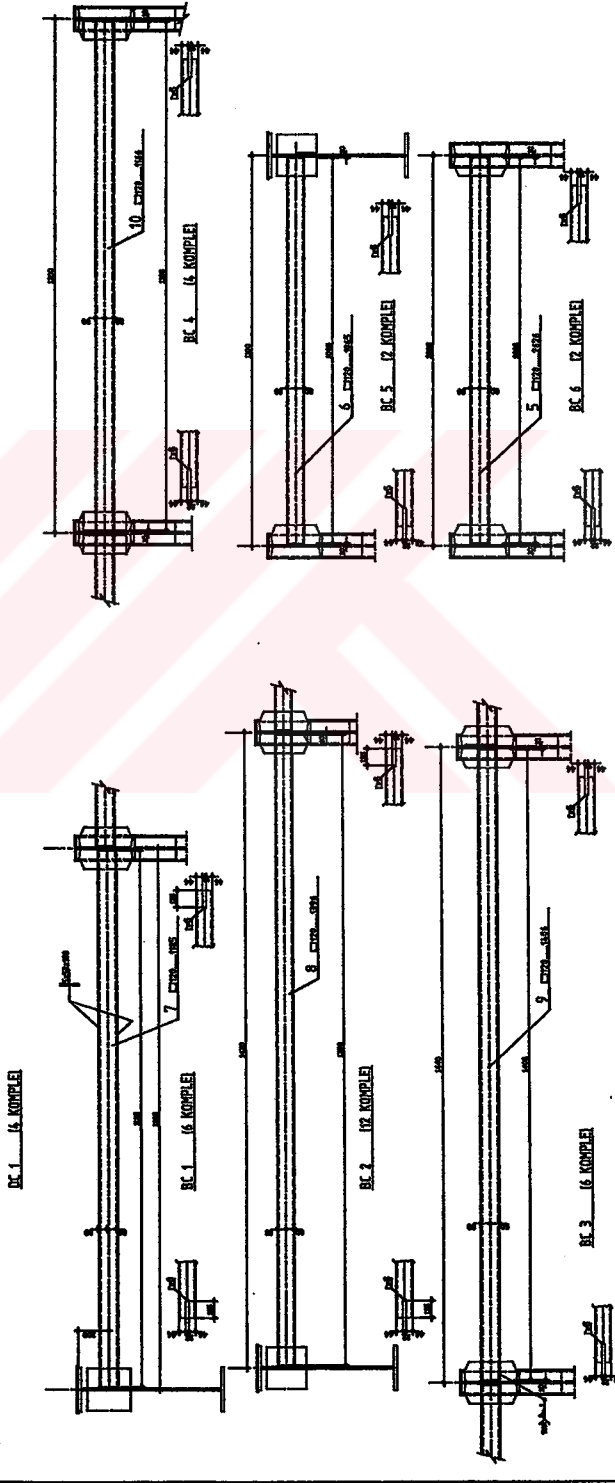
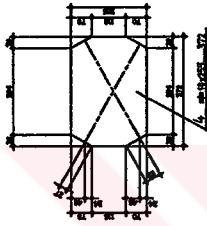
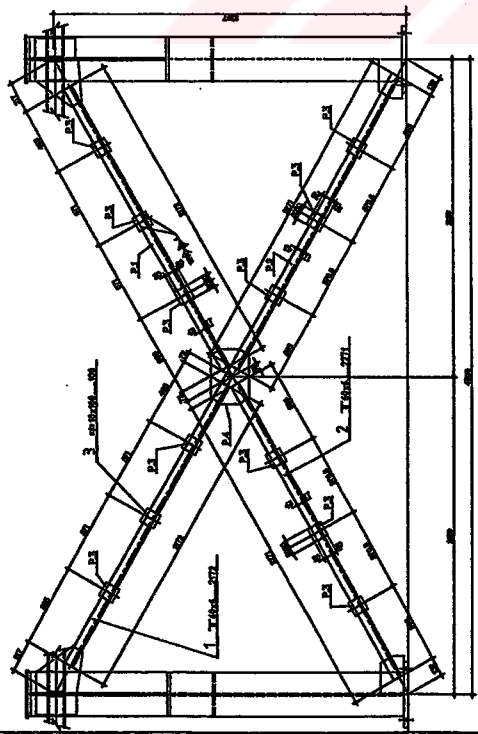
Yılmaz, A. D., (2002), “İleri Teknoloji İle Güçlendirme Uygulamaları”, Prof. Dr. Kemal Özden’i Anma Semineri, 10 Mayıs 2002, İstanbul

EKLER

- Ek 1 Kolon aplikasyon planı
- Ek 2 Kesitler
- Ek 3 Kolon kiriş birleşim ve detaylar
- Ek 4 Sistem detayı
- Ek 5 Çelik çaprazlama



MATERİYAL LİSTESİ		MİKTAR		BİRİM		NOT	
NO	İSİM	AD	BAŞLIK	AD	BİRİM	NOT	NOT
1	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
2	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
3	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
4	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
5	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
6	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
7	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
8	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
9	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		
10	TR 100x100	1	TR 100x100	1	TR 100x100		



EK 4 ÇELİK ÇAPRAZLAMA

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	02.05.1980	
Doğum yeri	Simav / Kütahya	
Lise	1993-1998	İzmir Kız Lisesi
Lisans	1998-2002	Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Bölümü Yapı Anabilim Dalı, Taşıyıcı Sistem Programı

Çalıştığı kurum(lar)

1998	Ada Mimarlık Ltd Şti.
2003	ArCAD Mimarlık Ltd Şti.
2004	İren Mimarlık Ltd Şti.
2004	Biat Möble