

Yapılarda hasarın belirtisi;

- Fazla sehim,
- Titreşim
- Çatlaktır.

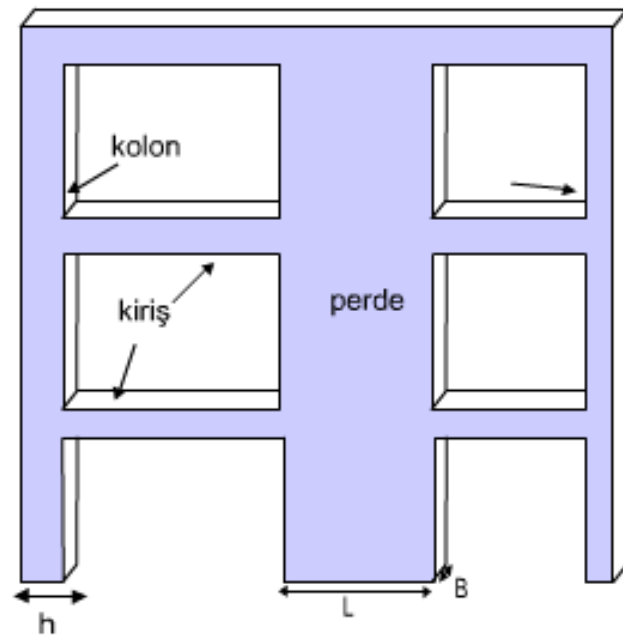
Çatlağın niteliği önemlidir.

- Çatlağın yeri,
- Genişliği,
- Yönü diğer bir deyişle yatay yada düşey ile yaptığı açıdır.

Yapıda görülen çatlakların niteliği bize taşıyıcı elemanın neden hasar gördüğü hakkında bilgi verebilir.

Çatlak taşıyıcı yada taşıyıcı olmayan elemanlarda olacaktır.

Betonarme bir sistemde öncelikle dolgu duvar hasarı sonrasında ise perde kolon kiriş hasarı oluşacaktır.



### **Taşıyıcı Sistem Elemanları**



**BASINÇ**



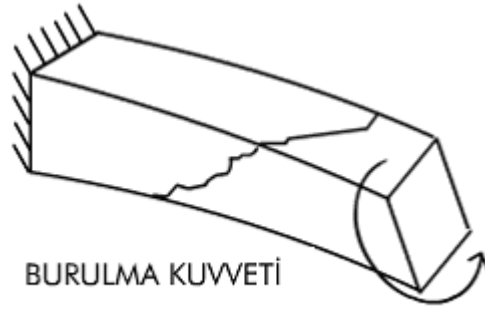
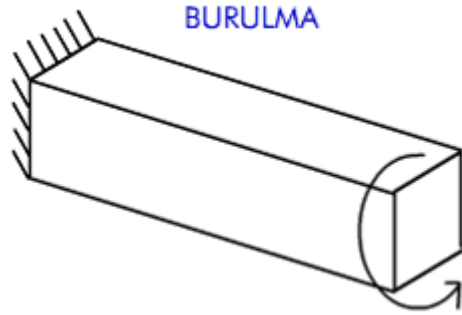
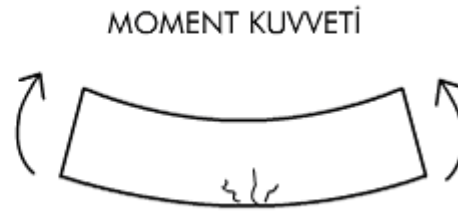
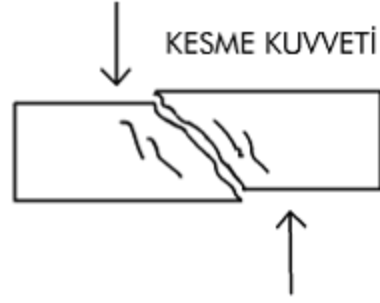
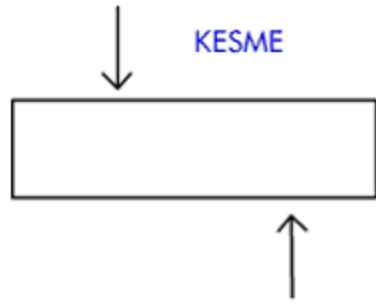
**BASINÇ KUVVETİ**



**ÇEKME**



**ÇEKME KUVVETİ**



## **KOLONLARDA HASAR TIPLERİ**

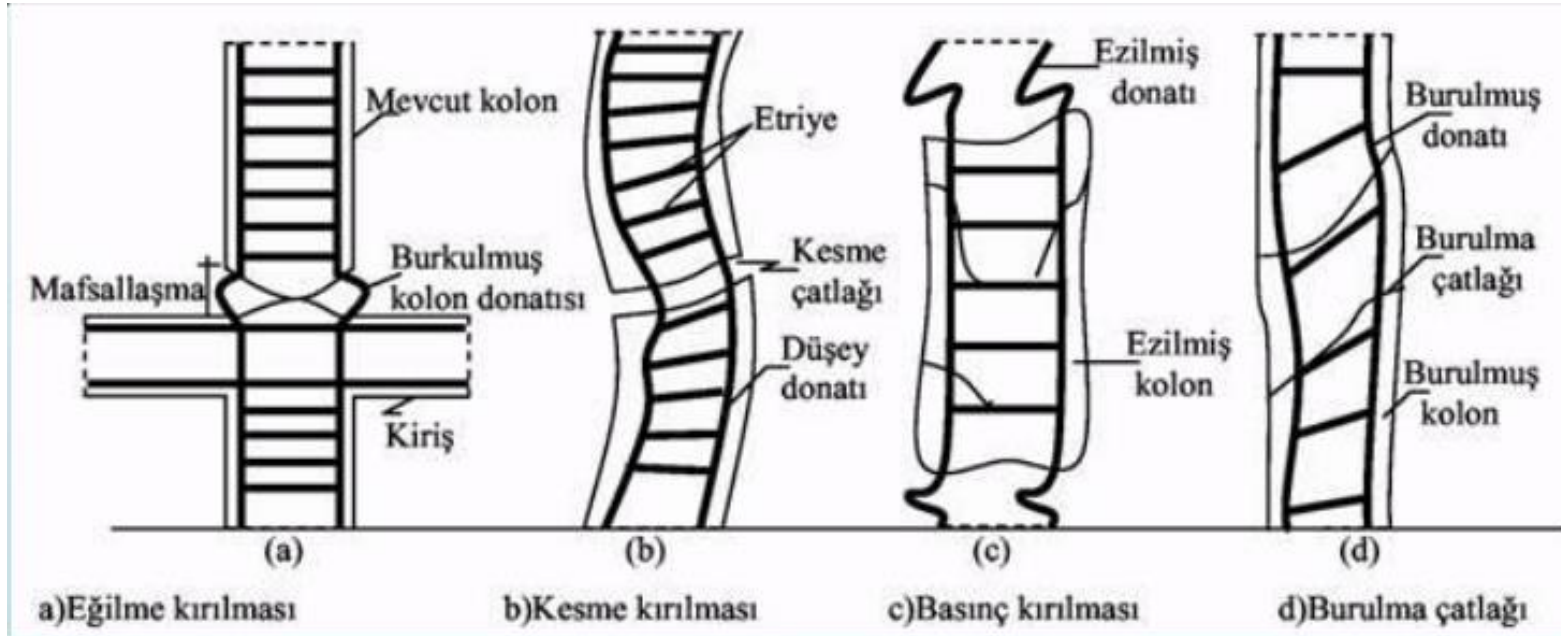
Betonarme kolonlarda 4 çeşit hasar meydana gelmektedir.

**Eğilme kırılması**, deprem etkileri ile kolona gelen eğilme momentinin artması sonucu kolon uçlarında mafsallaşma meydana gelmesi ile oluşur (Şekil a).

**Kesme kırılması**, ise kolonun üzerine gelen kesme kuvvetini taşıyamaması sonucu oluşur (Şekil b).

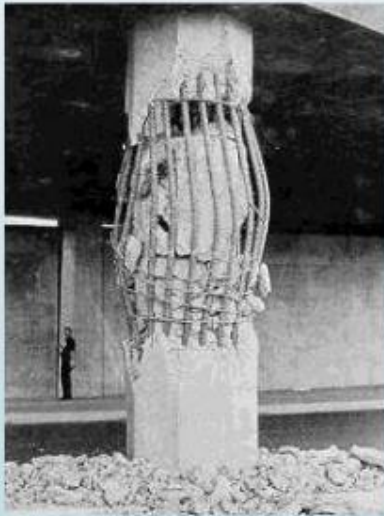
**Basınç kırılması**, Kolon kesitinin en dış lifindeki beton ezilmeye başladığında, donatı henüz akma birim uzamasına ulaşmamış ise kolonda basınç kırılmaları ortaya çıkmaktadır(Şekil c).

**Burulma kırılması**, Yapının kütle ve rijitlik merkezleri çakışık değilse kolonlarda oluşan burulma kırılmaları da belirlenmelidir (Şekil d).



# KOLON HASARLARI

- Deprem esnasında kolonlara gelen kesme kuvvetini karşılayacak yeterli etriye yoksa kolonda ani ve gevrek kırılma meydana gelebilir.
- Kolonlarda yaygın, genişlemiş kesme çatlakları ağır hasarın varlığına işarettir.
- Doğru yerleştirilmiş donatı, çatlağın genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlar.
- Kolonun depremde iyi bir davranış göstermesi için uçlarının iyi sarılması, kesit boyutlarının da büyük seçilmesi gerekir.



- Betonarme yapılarda **kolonlar kirişlerden daha zayıf** yapıldıklarından ya da kirişlerin döşeme ile birlikte çalışması sonucu,
- Tasarlanandan daha yüksek taşıma gücüne sahip olması nedeniyle, çerçeve hasarı daha çok kolonlarda olmaktadır.
- Betonarme çerçeve hasarı önce dolgu duvar hasarı,
- Bu hasarın biraz ilerlemiş aşamasında kolon uçlarında çekme ve basınç hasarı
- Daha sonraki aşamalarda da kolon uçlarının mafsallaşması ile gelişmektedir.

# Kolon mafsallaşması

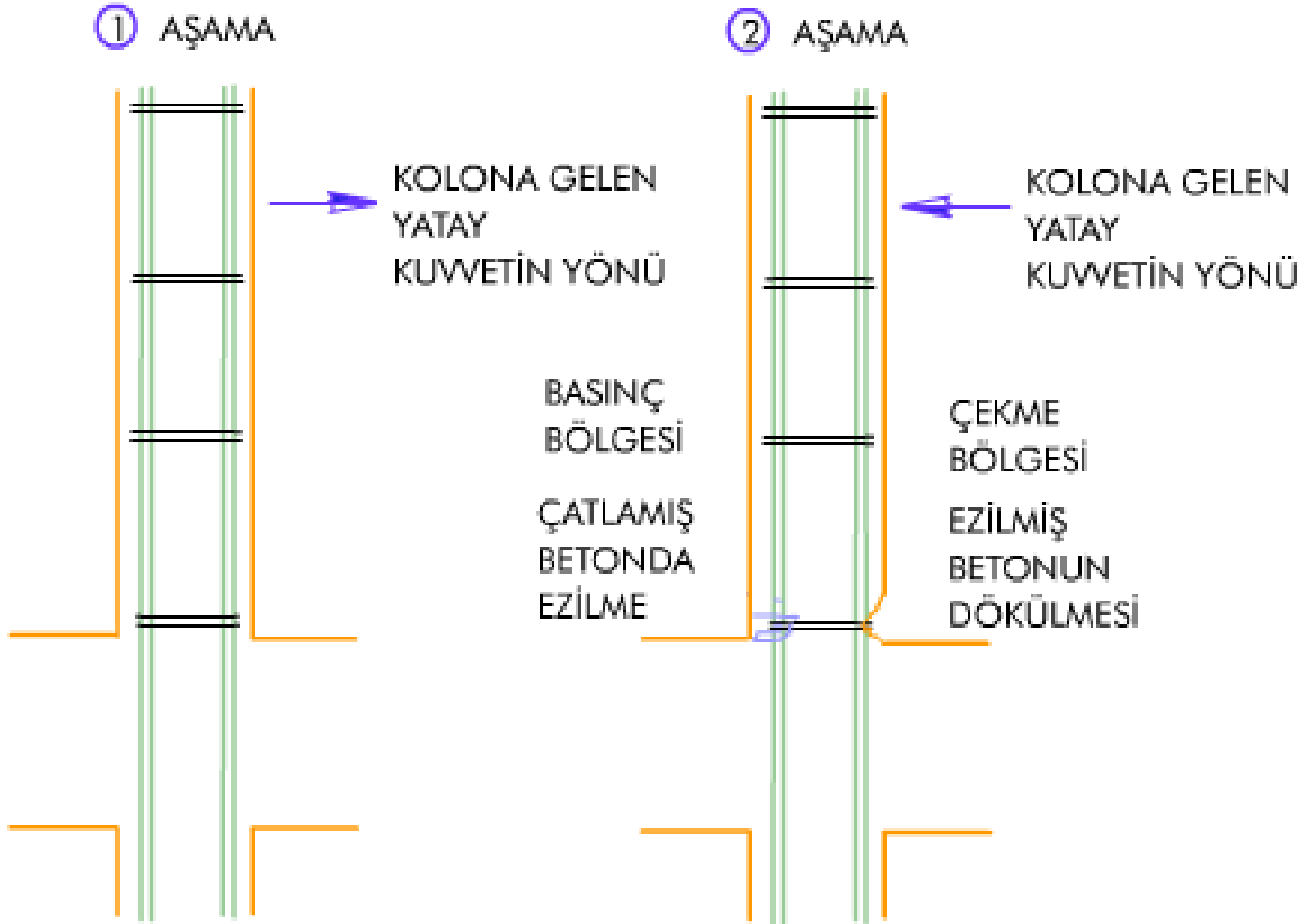
- Taşıyıcı sistemde deprem enerjisi, kolonlarda rijit ek yerinin mafsallı ek yerine dönüşmesi ile tüketilmektedir.
- Betonarme çerçevede oluşan hasar, kolon uçlarında çekme ve basınç hasarı ve daha sonraki aşamalarda da kolon uçlarının mafsallaşması ile gerçekleşir.
- Kolon mafsallaşmasında, önce kolonun bir yanında deprem kuvvetinin etkime yönüne göre betonda çekme çatlakları oluşurken, diğer yandaki basınç bölgesinde ise ezilme oluşur.
- Deprem hareketinin yönünün değişmesi ile ezilme olan tarafta çekme etkisi ile beton dökülmesi ve diğer tarafta çekme çatlaklarının olduğu yerde de ezilmeler oluşur.

- Önce kolonun bir yanında, deprem kuvvetinin etkime yönüne göre, betonda çekme çatlakları oluşurken, diğer yanındaki betonda basınçtan dolayı ezilme görülmektedir.
- Daha sonra deprem hareketinin yönünün değişmesi ile daha önce çekme çatlağı olan taraftaki betonda ezilme, betonda bir önceki aşamada basınç hasarı olan yerde çekme etkisi nedeni ile ezilmiş beton dökülmektedir.
- Bu tür deprem hareketinin tersinmesi sonucu kolonun etriye ve boyuna donatısı dışında kalan ve kabuk betonu olarak nitelenen dış beton tümü ile dökülmektedir.
- Eğer kolon uçlarında etriye sıklaştırılması yapılmamış ise betonun ezilme ve parçalanması etriye ve boyuna donatıların içinde kalan ve çekirdek betonu olarak nitelenen bölgeye de yayılmaktadır.
- Eğer etriye sıklaştırılması yapılmış ise çekirdek betonunda ya fazla bir çatlama olmamakta ya da ancak depremin çok şiddetli olduğu zaman oluşmaktadır.

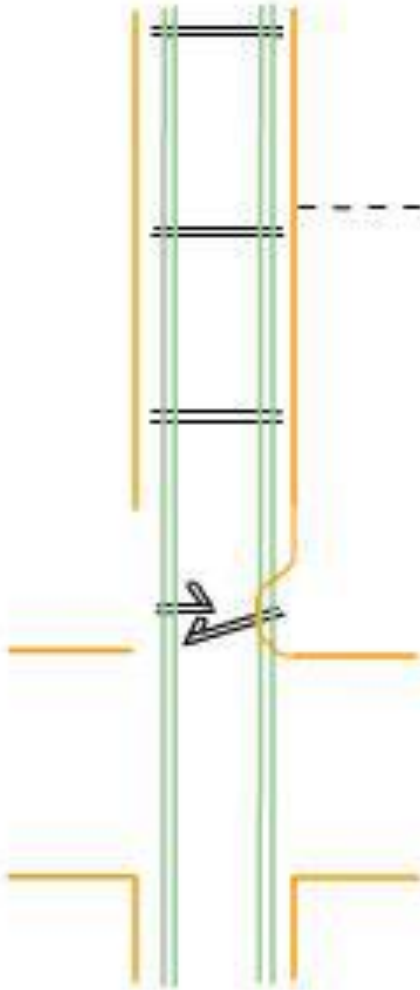


- Kolon betonunun ezilip parçalanması sonucu kolon düşey yüklerini de taşıyamamakta,
- Etriyeler açılmakta ve boyuna donatılar dışarıya doğru burkulmaktadır.
- Kolon boyları kısalmaktadır.
- Depreme dayanıklı yapılmış ve uçlarında etriye sıklaştırılması olan betonarme kolonda bu tür hasar en şiddetli depremde sınırlı düzeyde kalması beklenmektedir.

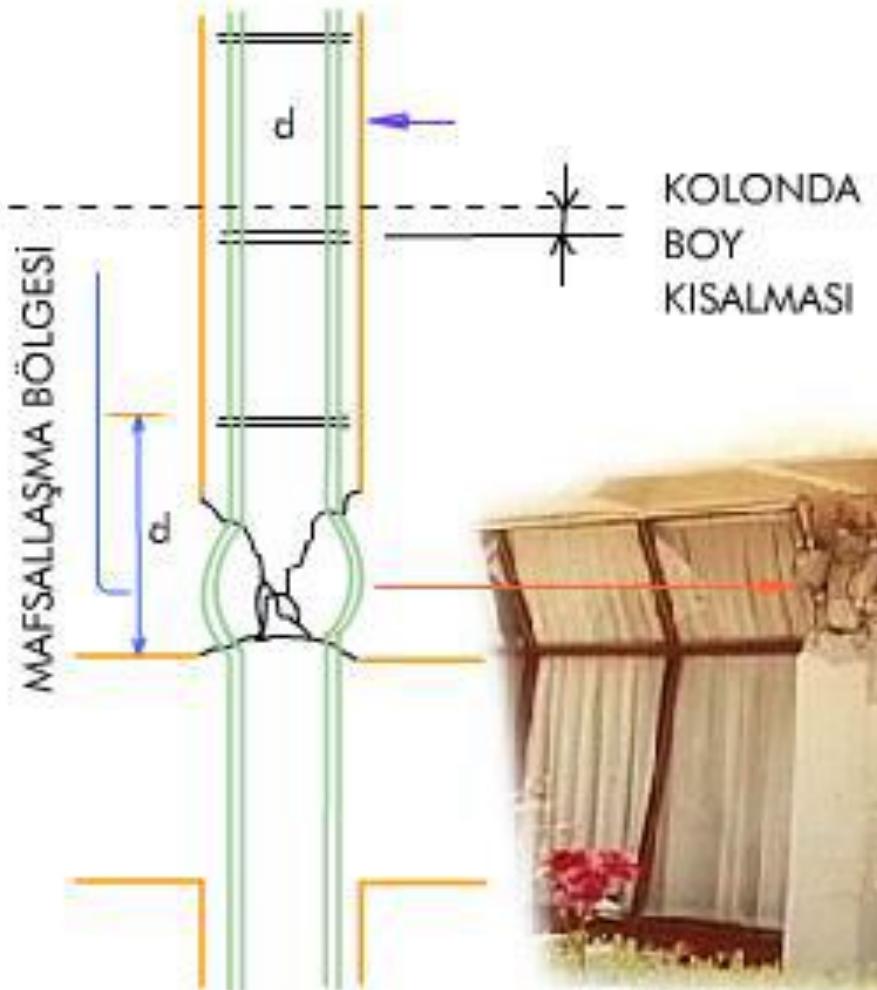
# Kolonda mafsallaşmanın gelişme aşamaları



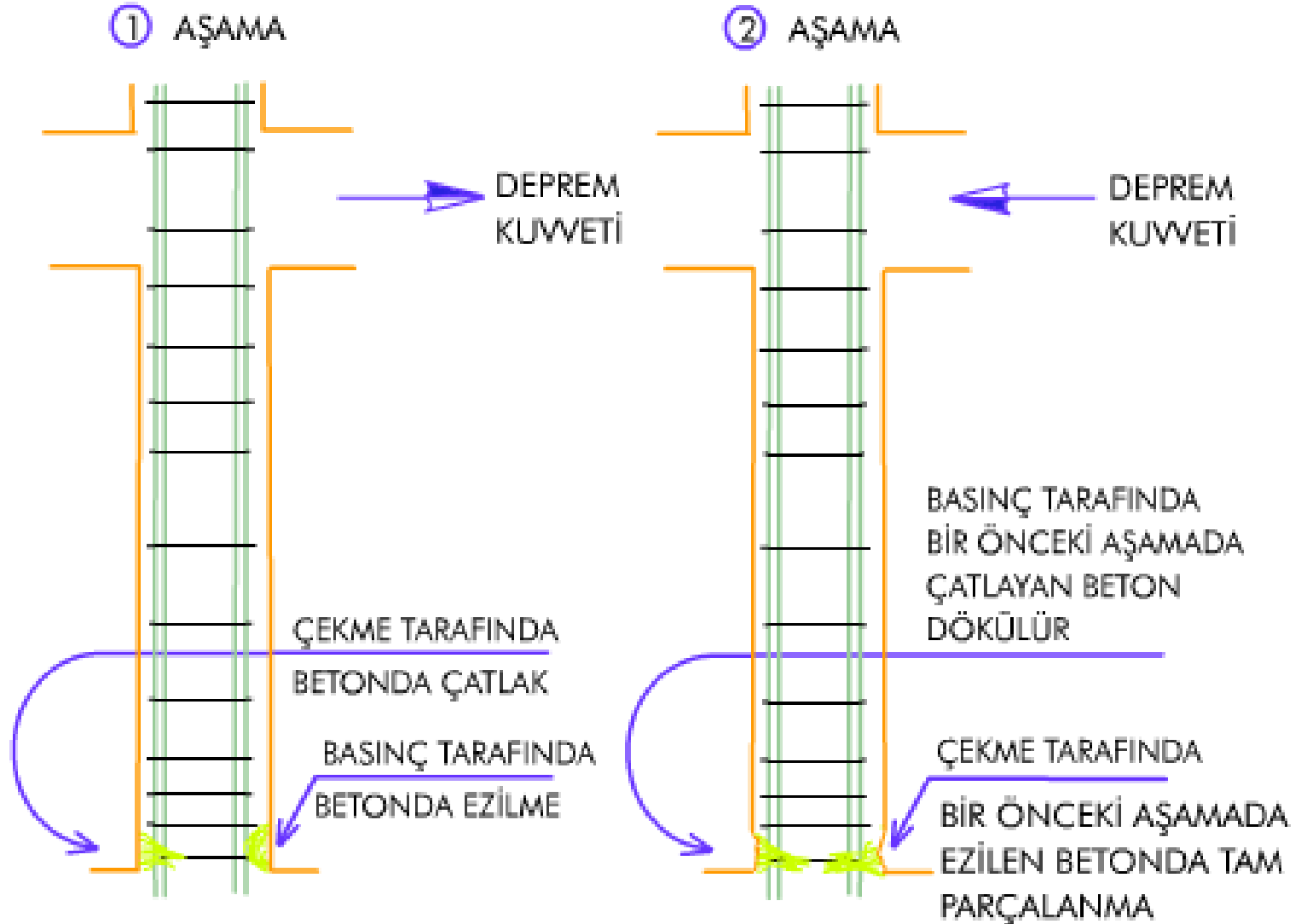
③ AŞAMA



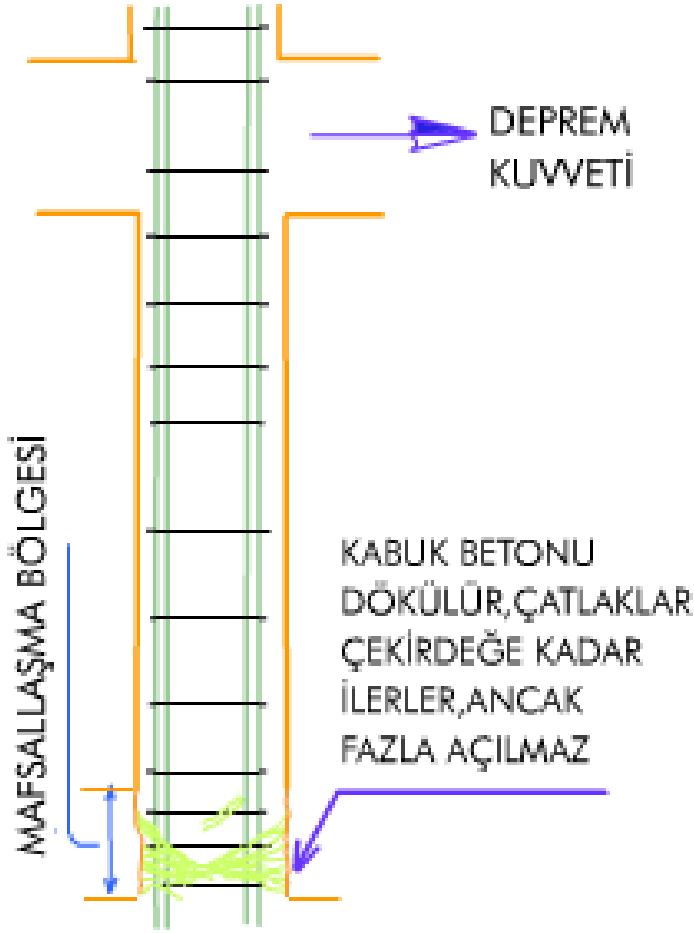
④ AŞAMA



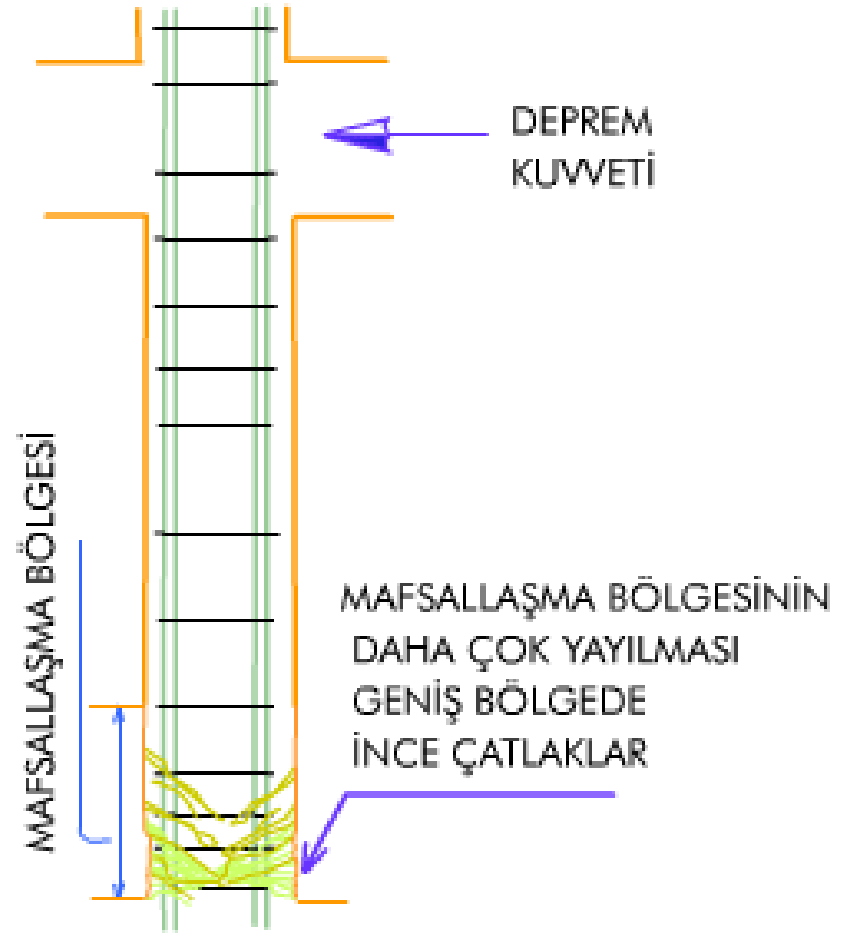
# Depreme dayanıklı yapıdaki kolonda meydana gelen mafsallaşmanın aşamaları



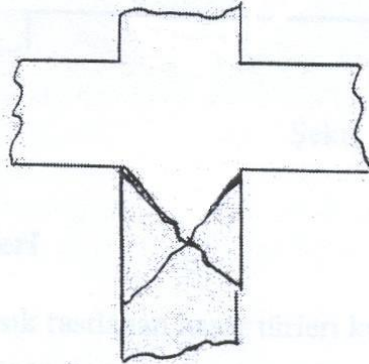
③ AŞAMA



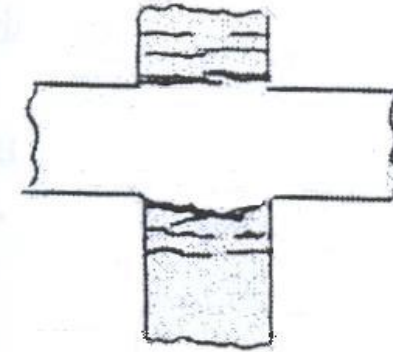
④ AŞAMA



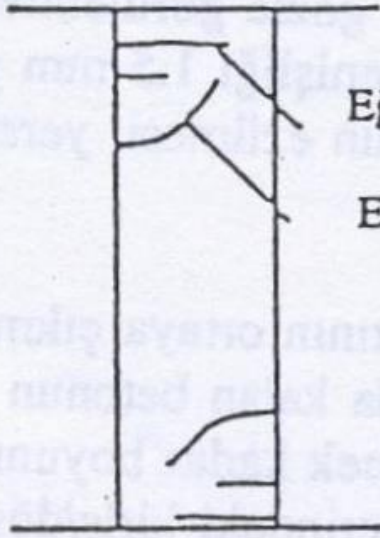
- Kolon taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşır.
- Betonun ezilmesi ile basınç kuvvetinin tümünü almak zorunda kalan donatı burkular.
- Betonun ezilse bile parçalanmasını engellemek, burkulmayı önlemek yada geciktirmek daha sık yerleştirilmiş etriyeler ile sağlanabilir.
- Kesme çatlakları eğik yöndedir ve genellikle  $45^{\circ}$ lik açı yapar.
- Eğilme çatlakları kolon eksenine diktir.
- Aşağıdaki şekillerde tipik kesme ve eğilme çatlakları gösterilmiştir.



*Kolonda kesme Çatlağı*

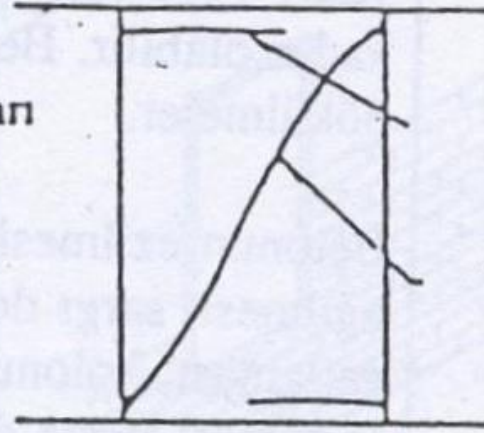


*Kolonda eğilme Çatlağı*



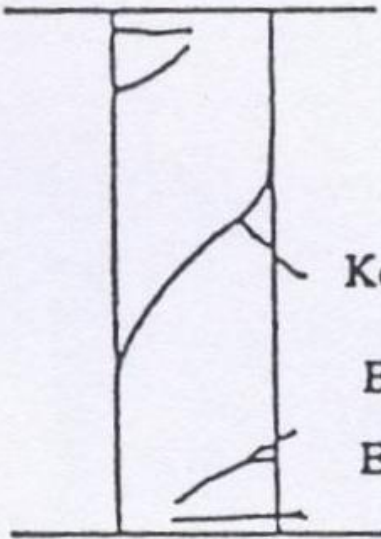
Eğilme çatlakları

Eğilme kesme çatlakları



Eğilme çatlakları

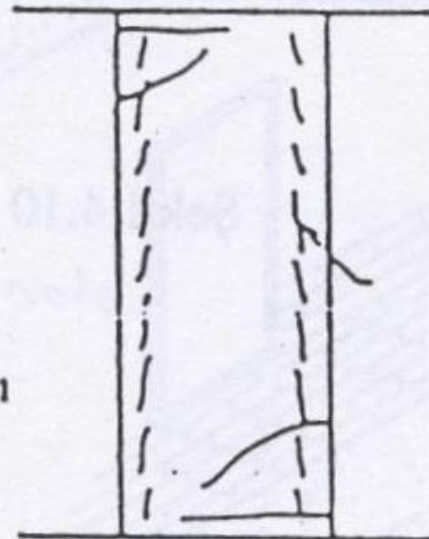
Kesme çatlakları



Kesme çatlakları

Eğilme kesme çatlakları

Eğilme çatlakları



Donatı boyunca  
oluşan çatlaklar



Kolon Mafsallaşması







Kolon Mafsallaşması

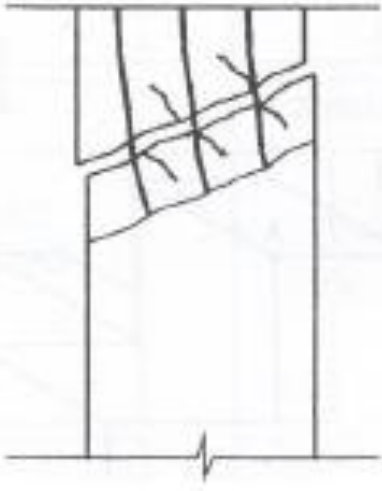




## **KOLONLARDA KESME KUVVETİ HASARI**

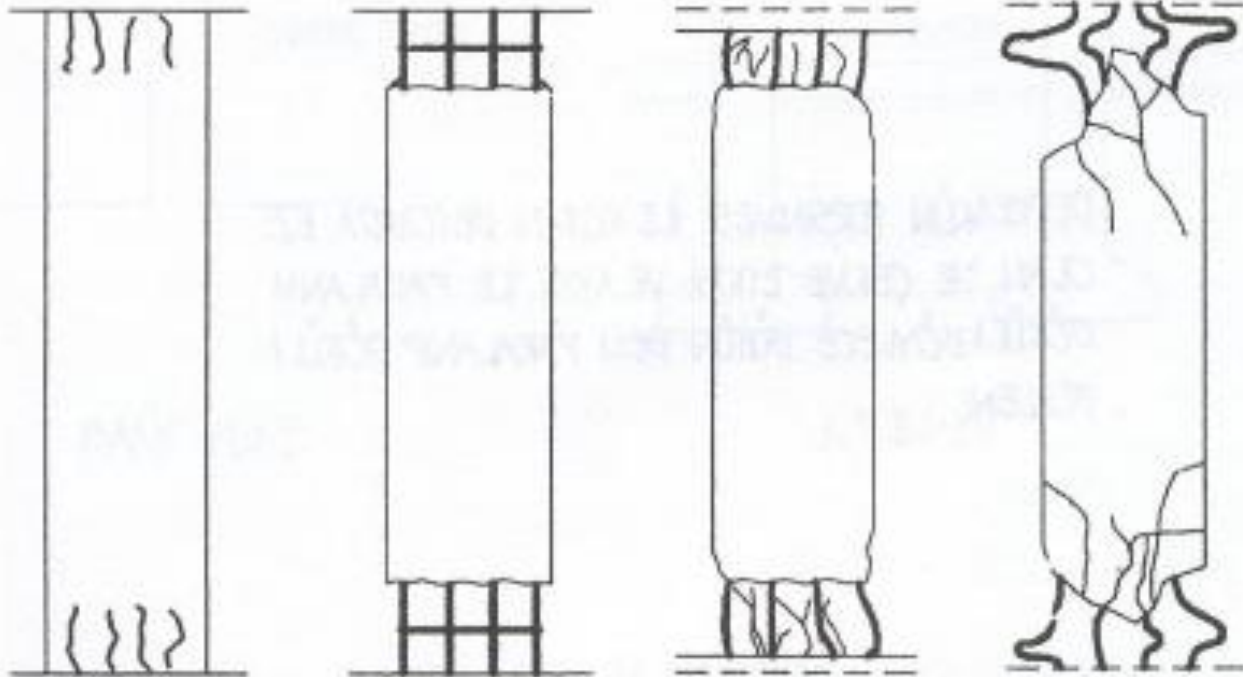
- Kolon kesme kuvveti taşıma gücü yetersiz ise yaklaşık 45 derece eğimli çatlaklar şeklinde kesme çatlakları görülür.
- Beton ile donatı arasında beton basınç dayanımının yetersizliği veya kolon boyuna donatılarının aynı yerde eklenmesi sonucu aralarına beton girmemesi nedeniyle aderans sağlanamadığı durumlarda donatı üzerindeki beton kabuk kopup düşer.
- Donatı ile beton birlikte çalışmadığı için donatı akma gerilmelerine ulaşmadan beton ayrılır, betonarmeden istenilen moment kapasitesine ulaşamaz.

- Depreme dayanıklı yapıda mafsallaşma hasarı kabuk betonunda çatlak ve hafif dökülme düzeyinde kalmalıdır.
- Daha ileri düzeyde mafsallaşma hasarı yapının stabilitesinin bozulmasına yol açan yatay ötelemeler oluşturur ve ikinci mertebeden ek momentlerin ortaya çıkmasıyla yapı hızla yıkılabilir.
- İleri düzeyde bir mafsallaşma hasarı sonucu parçalanıp dökülen betonun kesme kuvveti taşıma gücü de azalacaktır, etriyelerin açılması da kesme kuvveti taşıma gücünü azaltacaktır.
- Bu durumda kolonda kesme kırılması da başlayacaktır.

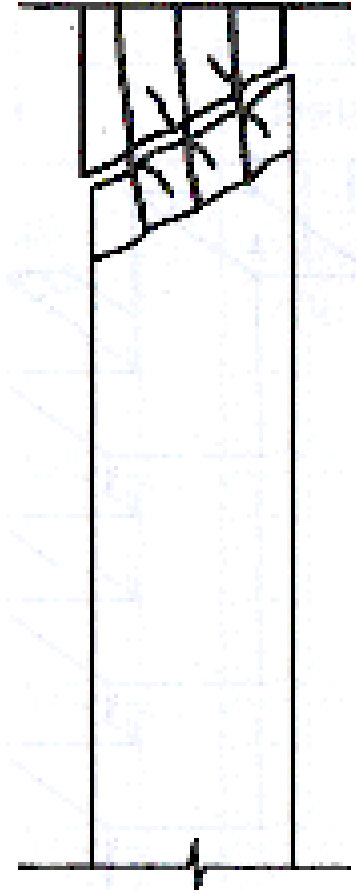


KOLON ÜST  
BAŞINDA  
İLERİ  
DERECEDE  
KESME  
KIRILMASI

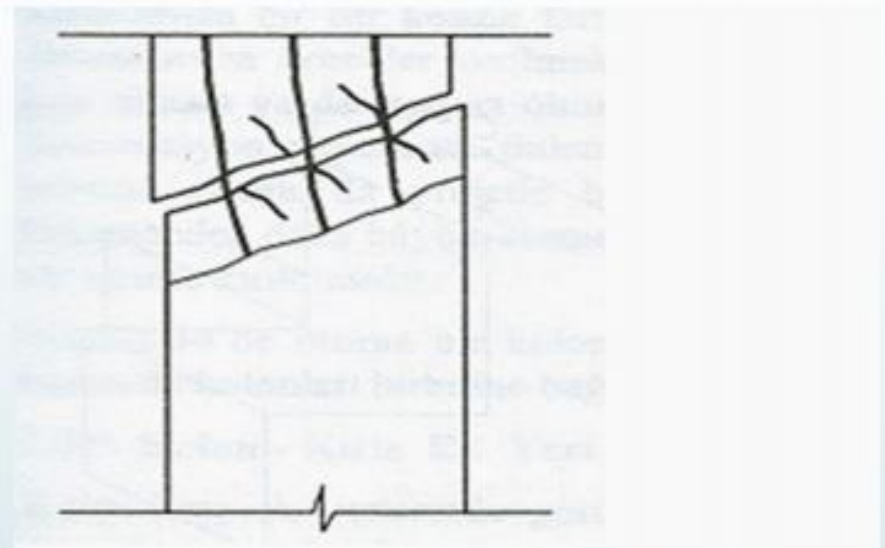
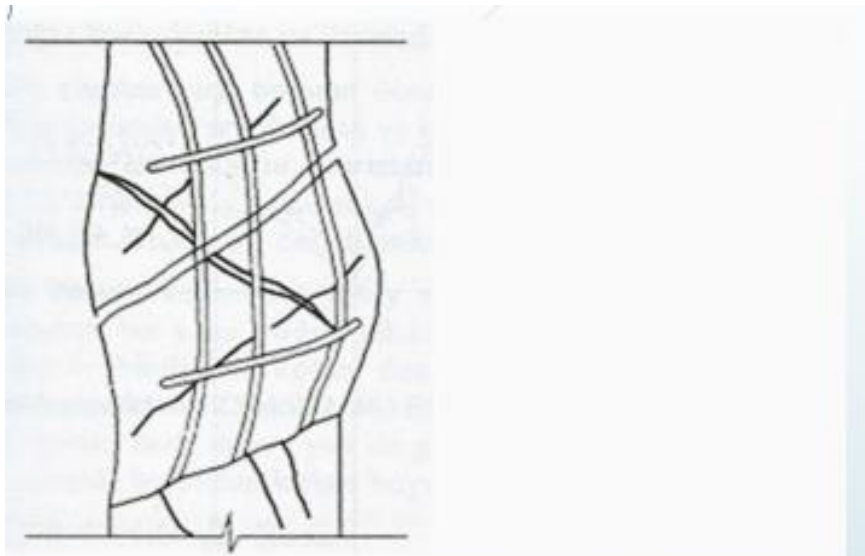
KOLONDA  
İLERİ  
DERECEDE  
KESME  
KIRILMASI



Betonarme Kolonda Basınç Kırılması Aşamaları





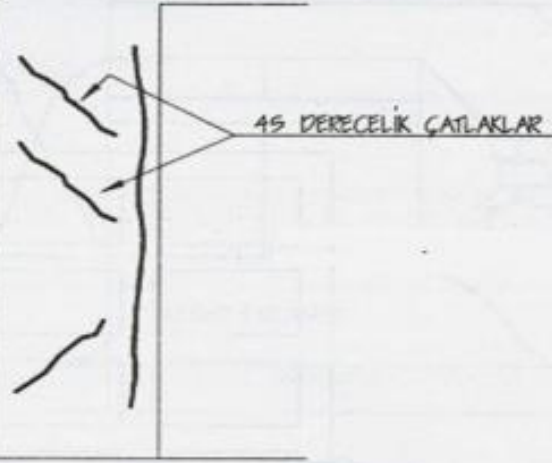






- Kesme kırılmasının yatayla yaklaşık 45°lik bir açı yaptığı görülmektedir.
- Kesme kırılması olan yerlerde etriye sıklaştırmasının olmadığı ve beton kalitesinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

# KOLONLARDA KESME KUVVETI HASARI



Kolonda Kesme  
Hasarı



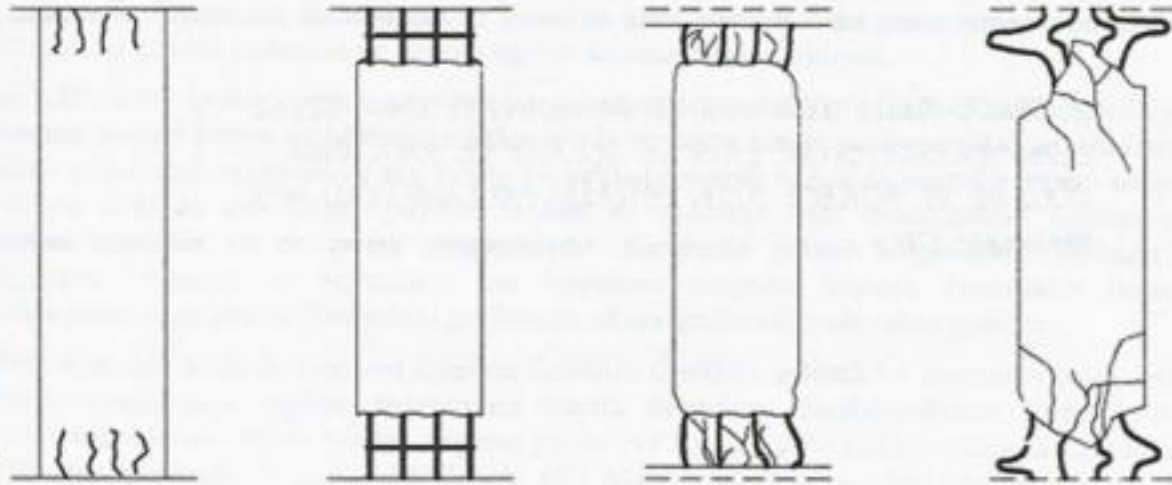
## KOLONLARDA KESME KUVVETİ HASARI



# **KOLONLARDA BASINÇ KIRILMASI**

- Kolonun aksenal yükü, kolon aksenal yük taşıma kapasitesinin %50'sinden fazla ise deprem sırasında basınç kırılması ile hasar oluşacaktır.
- Bu hasar beton dayanımının projede öngörülenden daha düşük olması sonucunda da oluşur.
- Basınç kırılması kolonda gevrek ve ani bir kırılma biçimidir.
- Kolon boyuna donatısı akma sınırına ulaşmadan betonun ezilerek çatlaması şeklinde gelişir ve yapının ani olarak yıkılmasına sende olabilir.
- Kolon dış yüzünde betonda oluşan düşey çatlaklardan sonra kolon boyuna donatısı dışarı doğru burkulmaya başlar.
- Bu durumda yapı hemen askıya alınmalı, onarım ve güçlendirme uygulanmalıdır.

# KOLONLARDA BASINÇ KIRILMASI



Betonun ezilmesi sonucu kolonun taşıma gücüne, basınç bölgesinde ulaşan deprem kuvvetleri, tüm basıncı karşılamak zorunda kalan boyuna donatının burkulmasına sebep olmuştur. [Bu burkulma etriye sıklaştırılması ile ortadan kaldırılabilir.](#)



Etriye aralığının çok fazla olduğu,  
Kolonların sarmal bölgesinde kullanılacak etriyelerin uçları,  $135^\circ$  betonun içerisine girecek şekilde kıvrılmadığı ve açıldığı  
Düzensiz statik sistem neticesinde fotoğrafta gözlenen burkulma meydana gelmiştir.



1. Etriyelerin usulüne uygun olmadığı -açıldığı- görülmektedir.
2. Beton kalitesinin yetersiz olduğu betonun dağılmasından anlaşılmaktadır.
3. Sarmal bölgede yeterli etriye sıklaştırılması yapılmadığı da açıkça ortadadır.
4. Kolon kesitleri yetersizdir.
5. Statik sistem düzensizliği nedeniyle yapı burkularak ağır hasar görmüştür.



Zemin kat dükkan yüksekliğinin artırılması sonucu kolon alt ve üst uçlarında donatı akması meydana gelmiştir.

Yetersiz kolon kesiti ve eksik etriye yerleştirilmesi neticesinde yapıda oluşan ağır hasar görülmektedir.

Arka cephede mevcut düzensiz perde kolonlar nedeniyle yapı tamamen yıkılmaktan kurtulmuştur. .





Burada kolon üst sargı bölgesinde meydana gelen kayma hasarı görülmektedir. Sargı donatıları yetersizdir. Asma kat hizasında kolonları birbirine bağlayan yatay konstrüktif kiriş, kısa kolon etkisi oluşturarak hasarı artırmıştır.



Zemin kat kolonunun üst ucunda meydana gelen ezilme ve aksenal basınç altında betonun ezilerek donatının akması görülmektedir.

Kolonda düşey donatının tek başına yeterli olmadığı ve bu bölgede etriye sıklaştırılması yapılmadığı görülüyor.

Etriye sıklaştırılmasının önemi açıkça görülmektedir.

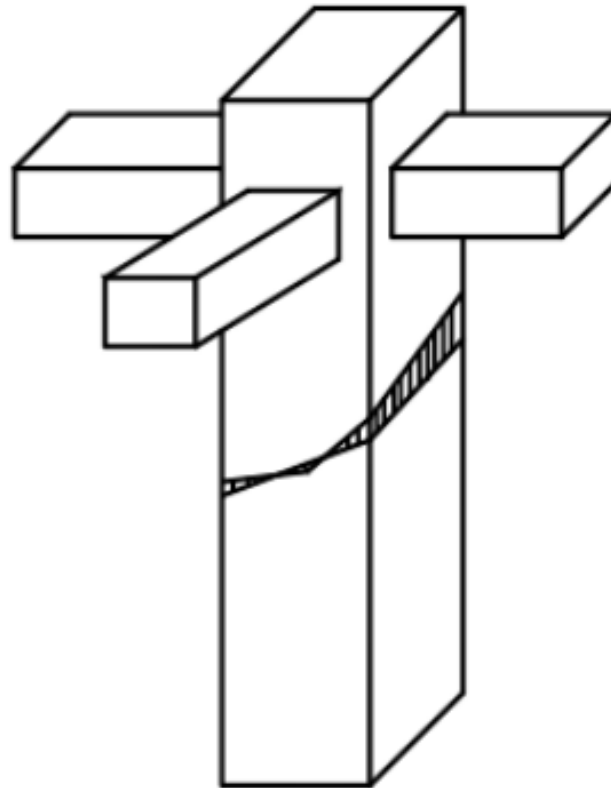


Zemin kat kolonu üst ucunda, kolon etriyelerinin gevşek bağlanmadan dolayı sıyrılarak üst üste yığıldığı görülmektedir.

Pompayla hazır beton dökülme esnasında pompadan hızla çıkan beton etriyeleri üst üste yığabilir, etriyelerin yeteri kadar sıklıkta bağlanması şarttır.

## KOLONLARDA BURULMA HASARI

Kolonlarda gözlenen hasar biçimlerinden biri de burulma hasarıdır. Kolonun bir tarafında diyagonal olarak uzanan çatlaklar ve beton dökülmeleri olurken diğer tarafında yine diyagonal uzanan betonda basınç ezilmeleri oluşabilir.





Kolon üst ucundaki asma kat kirişlerinin, **kolona tek yönde bağlı** olması ve kolonların aynı aks üzerinde bulunmaması sonucu oluşan burkulma nedeni ile yapıda olması gerekenden daha fazla hasar meydana gelmiştir.

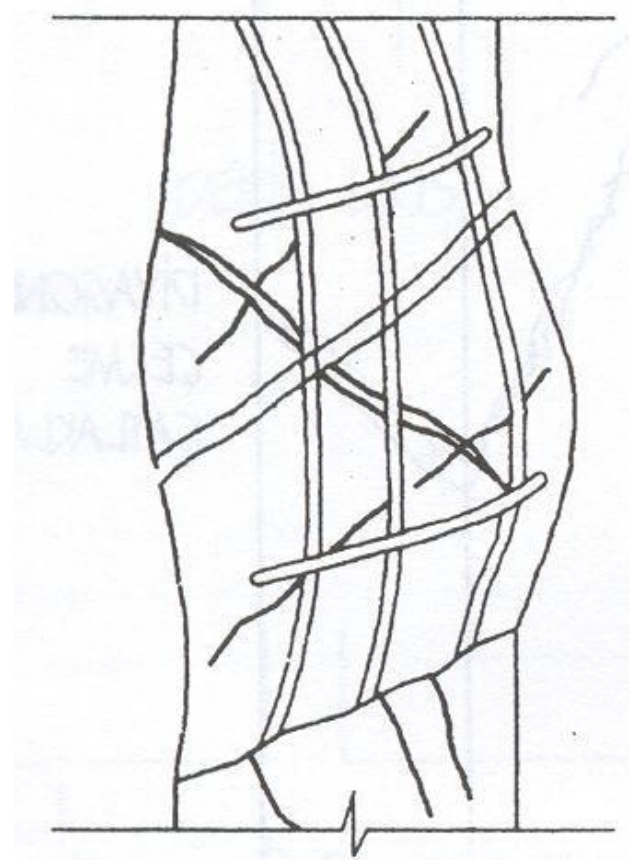
Yapıda; düzensiz statik sistem sonucu kolon uçlarında oluşan burkulma ile beton ezilerek dökülmüş ve etriyeler açılarak donatının dağılmasına sebep olmuştur.

## KOLONLARDA BURKULMA HASARI





Kolonlar deprem yükleri altında büyük kesme kuvvetleri alır.  
Kolonların sarmal bölgesinde kullanılacak etriyelerin uçları,  $135^\circ$  betonun içine girecek şekilde kıvrılmalıdır.  
Kolonun üst bölgesinde betonun ezilmesiyle oluşan düşey donatı akması ve etriyelerin usulüne uygun olmadığı -açıldığı- görülmektedir.  
Ayrıca beton kalitesinin yetersiz olduğu betonun dağılmasından anlaşılmaktadır.  
Sarmal bölgede yeterli etriye sıklaştırılması yapılmadığı da açıkça ortadadır.  
Kolon kesitleri yetersizdir.  
Statik sistem düzensizliği nedeniyle yapı burkularak ağır hasar görmüştür.







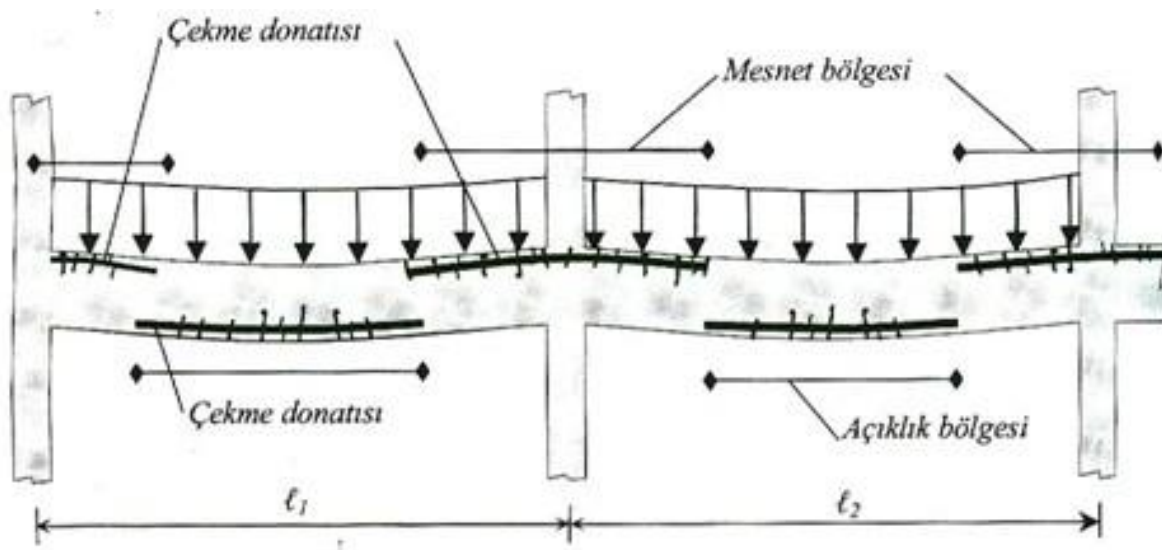
## KOLONLARDA BURULMA HASARI



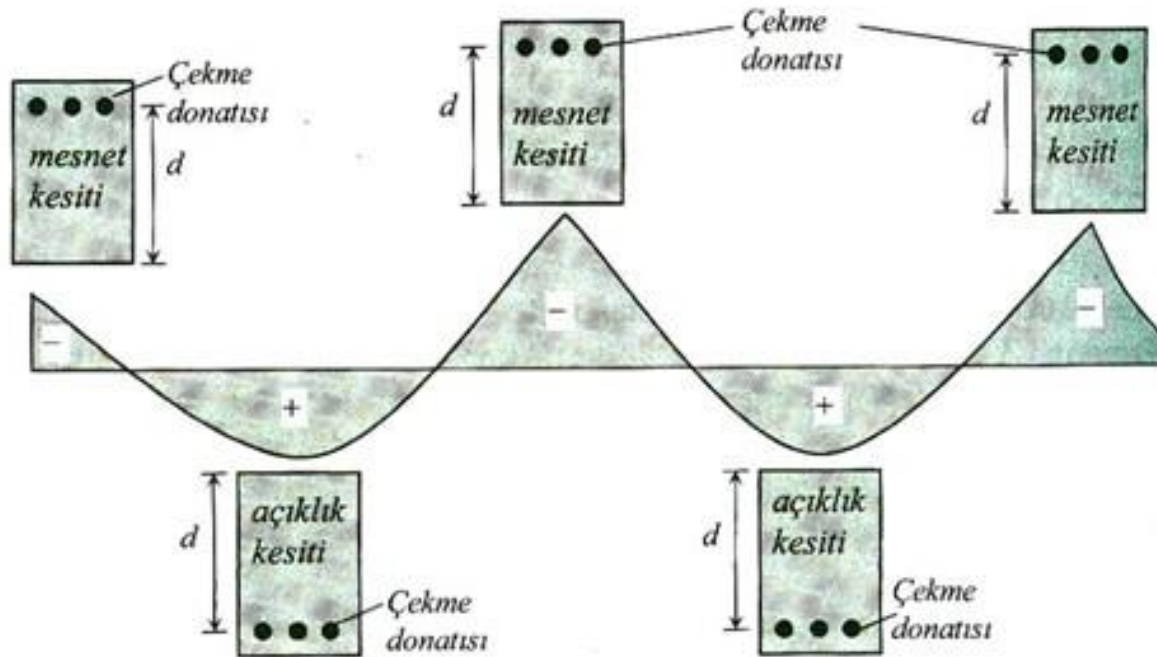
## KİRİŞLERDE HASAR

- Eğilme altındaki bir kirişte donatının önemi büyüktür.
- Kirişin sünek davranması donatı oranı ile sağlanır.
- Betonarmede çatlaklar asal gerilmelere dik yönde oluşur,
- Bu nedenle kesmenin büyük olmadığı yerlerde eğilme çatlakları eksene diktir ve çatlak genişliği çekme bölgesinden basınç bölgesine doğru azalır.
- Donatı çatlamayı önleyemez fakat yeterli ve iyi yerleştirilmiş donatı çatlak genişliğinin kabul edilebilir düzeyde kalmasını sağlar.

- Betonarme bir kirişin eğilme yerine kesmeden kırılması gevrek bir kırılmaya yol açar
- Eğilme yanında kesmenin önemli olduğun durumlarda kesme çatlakları kiriş eksenine yaklaşık  $45^{\circ}$  lik bir açı ile oluşur.
- Kiriş uç noktalarına yakın yerlerde gözlenen eğik çekme çatlakları betonun dayanımının düşüklüğünü yada etriye veya pilye gibi kesme kuvveti taşıyan donatıların yetersizliğinden oluşur.
- Kesme kırılmasının önlenmesi için o bölgede yeterli oranda etriye bulundurmak gereklidir.
- Aşağıdaki şekilde kirişlerde düşey yüklerden dolayı oluşan çatlaklar gösterilmiştir.



(a) Sürekli kiriş ve şematik olarak sehim yapmış durumu



(b) Moment diyagramına göre yerleştirilen donatılar için kiriş kesitleri

