

# BETONARME YAPILARDA KARŞILAŞILAN ÇATLAKLAR, OLUŞMA NEDENLERİ VE ONARILMASI

Doç.Dr. Hasan YILDIRIM  
İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi  
İstanbul/Türkiye

## 1.GİRİŞ

Bu çalışmada İzmir, İstanbul, Kastamonu da incelenmiş değişik yapı çatlaklarının oluşumunun nedenleri ve onarılmasını da kapsayacak şekilde en çok karşılaşılan önemli uygulama çatlakları üzerinde çalışılmıştır. Betonarme yapılarda oluşan çatlaklar iki ana grupta toplanabilir. Birincisi yanlış projelendirme veya projesi olmayan yapılarda oluşan yapısal çatlaklar, ikincisi ise uygulamadan meydana gelen çatlaklardır. Yapısal çatlakların oluşmasında genellikle beton dökümü ve uygulamalarının pek fazla etkisi olmamaktadır. Örneğin iyi incelenmemiş zemin üzerine yapı oluşturulduğunda çatlamlar meydana gelebilir (tekil kolonların farklı oturma yaparak etraflarında oluşturduğu çatlaklar, yanlış veya eksik donatı yerleştirilmesinden oluşan çatlaklar bu gibi yapısal çatlaklara örnek verilebilir. Alkali silis reaksiyonu çatlakları ülkemizde çok yaygın olmamasına rağmen, önemli olduğundan dolayı bu çatlak hasarları üzerinde de durulmuştur.

## 2. UYGULAMADAN DOLAYI OLUŞMUŞ ÇATLAKLAR

Bu tip çatlaklar taze beton çatlakları olarakta görülebilir, veya sertleşmiş eski betonlardada görülebilir. Bu açıdan da uygulama çatlakları iki ana başlıkta verilmiştir.

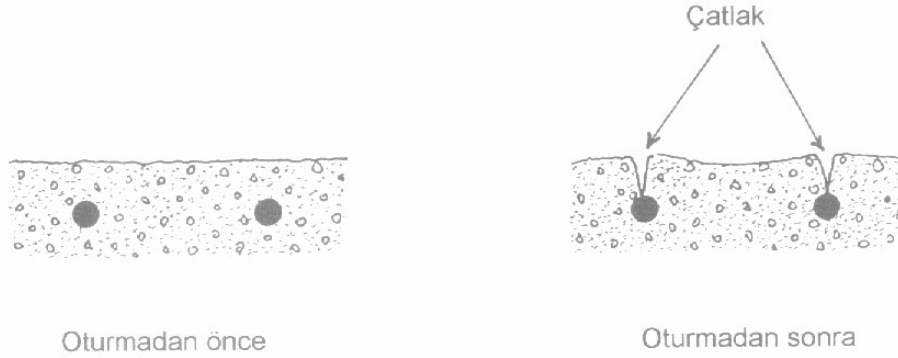
### 2.1. Taze Beton Çatlakları

**Sıcak ve rüzgarlı havalar**, beton dökümü için uygun olmayan, istenmeyen bir durumdur. Beton dökümünde gerekli özen gösterilmezse taze betonda çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar betonun kalıba yerleştirilmesini izleyen ilk 30 dk. ile 5 saat arasında genelde döşeme gibi geniş yüzeye dökülen betonlarda görülür. Bu çatlaklar 10 cm'e erişen derinlikte ve bir kaç cm'den başlayarak 2 m'ye varan uzunluklarda olabilir. Oluşan çatlaklar betonun mekanik mukavemeti ve özellikle dayanıklılığı açısından zararlıdır. Taze beton çatlakları farklı oturmalarından veya plastik rötreten kaynaklanabilir.

#### 2.1.1. Oturma Çatlakları

Bu çatlaklar genellikle kirişlerde üst yüzeye yakın donatıların hemen üstünde veya iyi sıkıştırılmamış ve oturması kendiliğinden devam eden temel betonlarında oluşurlar. Taze betonda iri agrega taneleri dibe çökerken su yüzeye doğru hareket eder. Donatıların üst kısmında kalan yerlerde oturma zorlaştığından, beton donatının sağına ve soluna doğru hareket etmek ister. Bu aşamada yetersiz çekme gerilmesi oluşan donatı paralelindeki kısımlarda çatlamlar meydana gelir (Resim 1). Bu gibi çatlamların oluşmasını önlemek için,

kıvamı çok akıcı olmayan, plastik betonların dökülmesi, özellikle kalın temellerin iyice vibratörlerle sıkıştırılması ve bazı durumlarda beton dökümünden yaklaşık bir-iki saat sonra betonun yüzeyi kurumaya başlayacağı zamanlarda beton yüzeyine ikinci bir master uygulanması yararlı olacaktır.

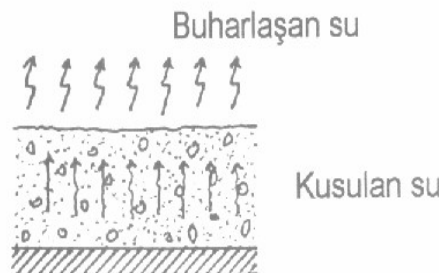


Resim 1. Oturma Çatlağı

### 2.1.2. Plastik Rötne Çatlakları

Sıcak ve rüzgarlı havalar, beton dökümü için en olumsuz ortamlardır. Rüzgarlı soğuk ortamlardada bu çatlaklar görülebilir. Gerekli özen gösterilmediği takdirde taze betonda ibü çatlaklar çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar betonun kalıba yerleştirilmesini izleyen ilk 30 dk. ile 5 saat arasında genelde döşeme gibi geniş yüzeye dökülen betonlarda görülür. Bu çatlaklar geniş yüzeyli olan döşeme, yol, park ve hava alanı betonları gibi betonlarda oluşabilir. Beton yüzeyindeki suyun buharlaşma hızı, betonun içindeki suyun yükselme hızından fazla ise, betonun yüzeyindeki su kurumaya, dolayısı ile betonda büzölmeye başlar. Altındaki beton bu büzölmeye uyum sağlayamadığı için, üst tabakasında çekme gerilmeleri oluşur ve çekme şekil değiştirme kapasitesinin de düşük olması nedeniyle beton çatlar (Resim2,3a,3b,4). Resim 3a deki çatlaklar beton sınıfının yüksek, dolayısıyla beton hacminin ve çimento hidratasyon ısıısının fazla olması ile de fazla görülür ve bu tip çatlaklar bir yerde termik çatlaklar özelliği de taşıyabilir(Resim 3b). Kütle betonu dışında, çok görüldüğü yerler perde ve döşemenin birlikte döküldüğü yerler olmaktadır.

Plastik rötne de genelde beton yüzeyindeki buharlaşmayı hızlandıran etkenler sırasıyla, beton sıcaklığı, düşük bağıl nem, rüzgar hızı ve ortam sıcaklığı şeklinde sıralanabilir.





Resim 2 . Döşeme Plastik Rötire Çatlağı (Üstten görünüş)



Resim 3a. Döşeme Plastik Rötire Çatlağı (Alttan görünüş)



Resim 3b. Döşeme Plastik Rötire Çatlağı (Alttan görünüş)



Resim 4. Zemin Betonunda Plastik rötre çatlağı

Bu gibi plastik rötre çatlaklarının oluşmasını azaltmak için aşağıdaki önlemleri göz ardı etmemek gereklidir.

- 34°C yi aşan sıcaklıklar da beton döküm ve bakımında mutlaka önlem almak gerekir.
- Betonun döküleceği yerlerde ıslatma yapılarak betonun suyunun kaybetmesi önlenmelidir.
- Sıcaklığın çok artması durumlarında geceleri beton dökülebilir. Bunun dışında kullanılan su ve agregaların soğutulması, sıcak olarak gelmiş çimentonun bekletilerek soğutulması, düşük hidratasyon ısılı çimentoların kullanılması, yüksek dozajı azaltma açısından etkin ve yüksek oranda kimyasal akışkanlaştırıcıların kullanılması yerinde olacaktır.
- Beton dökümünde çok akıcı betondan uzak durulmalı, beton iyi yerleştirilmeli , plastik rötre çatlaklarının oluşumunu engellemek için, özellikle döşemelerde beton dökümünden yaklaşık 1.5-2.0 saat sonra yüzey kurumaya başladıktan sonra, ikinci master uygulaması yapılmalıdır. Bu uygulama yapıldıktan sonra beton yüzeyi fazla yüksekten dökülmemek şartıyla su ile iyice sulanır, ve döşeme üzeri rüzgarı engellemek için naylon, beyaz renkli yansıtıcı bez, plastik örtüler ile örtülmelidir.
- Beton yüzeyine kür malzemeleri sürülerek suyun buharlaşması engellenebilir. Ayrıca beton yüzeyine spreyle su püskürterek veya suya doymuş talaş, ıslak kum gibi maddeler konularak ta önlemler alınabilir.
- Beton an az ilk bir hafta için, betona zararlı olmayacak özellikte su ile sürekli sulanmalıdır (kür malzemesi kullanılmadığı durumlarda).

### 2.1.3. Kısıtlanmış rötre çatlakları

Bu tür çatlaklar (Resim 5,6) perdenin oturduğu yerde bulunan düşey donatıların ve bazı yerlerde de uç kısmında kolon bulunan perdelerin serbestçe rötre (büzülme, kışalma) yapması engellendiğinde oluşur. Bu rötre zamanla kuruma rötresi olarak devam eder ve 3 ay gibi bir zaman sonra büyük bir çoğunlukla genelde son bulur. Bu olay çimento dozajının yüksek olduğu (dolayısıyla beton sınıfının ve hidrasyon ısısının yüksek olduğu) yerlerde daha fazla olur. Beton kütle betonu davranışında olur.

Böyle bir rötre basit bir deneyle açıklanabilir: Çelik bir çember etrafına beton dökülüp sertleştikten sonra incelendiğinde serbestçe büzülmesi önlenen betonda düşey çatlakların oluştuğu görülür; bunlar kısıtlanmış rötre çatlakları olarak adlandırılır. Bu rötre çatlakları genellikle perdelerde görülür(Resim 5). Özellikle temeller üzerine oturan kolonlar arasındaki geniş perdelerde, tünellerde, eski beton üzerine dökülen yeni betonda bu tür çatlakları görmek mümkündür. Böyle çatlaklar perde içindeki boşluklar civarında belirgin biçimde gelişebilir(Resim 6). Önlemler alarak kısıtlanmış rötre çatlaklarını azaltmak mümkündür. Önlemlerden bazıları şöyle sıralanabilir; a) donatı miktarını arttırmak, b) çelik tel veya polietilen fiber kullanmak, c) dayanımı sağlayabilmek kaydıyla çimento miktarını biraz azaltmak, d) dökümden hemen sonra doğru ve yeterli kür uygulamak ve gereken koruma önlemlerini almak, e) hidrasyon ısısı düşük çimento veya hidrasyon ısısı ve erken dayanımı yüksek CEM I 42.5 tipi çimentolarla birlikte uçucu kül ve benzeri mineral katkı (puzolan) kullanmak, f) betonun su/çimento oranını düşürmektir.



Resim 5a. Perde çatlağı





Resim 6. Perde çatlağı

## 2.2. Sertleşmiş Beton Çatlakları

Bu çatlaklar bir aylık veya çok uzun yıllarca beklemiş betonlarda görülebilir. Çatlaklar çok geniş yüzeyli betonlarda çok büyük derzsiz, anosuz veya büyük anolu beton dökümü, gecikmiş derz kesimi, kuruma rötresi, kimyasal etkilerden veya benzeri olaylardan oluşabilir. İlk başta çok küçük olan çatlaklar daha sonra büyür, bunun arkasındanda beton yüzeyinde kırılmalar, soyulma, dökülme ve patlamalar görülür. Önlem alınmadığı takdirde, betonarme elemanlar zamanla tamamen tahrip olabilir.

Sözkonusu alandaki beton kaplama üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, beton kaplama üzerinde yer yer çatlaklar (Resim7,8,9,10) meydana geldiği görülmüştür. Çatlakların karakteristikleri aşağıdaki şekildedir.

- Çatlaklar büyük döşeme anolarının ortasında ve anoların bir tarafından başlayıp, kesilmiş derzide geçerek, diğer anoya devam etmektedir (Resim 1). Beton sınıfının yüksek oluşu, dolayısıyla çimento hidrasyon ısısının yüksek oluşu, çatlak oluşumunda, artışında ve beton rötresinin artmasında bir etkindir. Kaplama betonu C35 kalitesinde bir betondur. Beton ayrıca üzerinin ıslak bez ve bunun gibi benzeri kapatmalarla örtülmesi gibi korumada gerektirir. Döşeme anolarının derz kesim yerlerinde bir anodan diğer anoya giden çatlaklar, derzlerin zamanında kesilmediğinin göstergesidir. Eğer zamanında kesilmiş derzler mevcut olsaydı, beton rötresini derzleri açarak yapacak ve bu kısımlarda çatlak oluşmuyacaktır.



Resim 7: Döşeme kaplamasında beton çatlağı

- Belli bir kısmı anoların ortasından tek boyutlu ve tek yönde geçmekte olan oturma ve rötre çatlağı (Resim 8).



Resim 8 : Döşeme kaplamasında beton çatlağı

Zemin oturması veya zeminin alt kısmının daha önceden uygun olmamasından dolayı oluşan çatlaklar (Resim9) .



Resim 9 : Döşeme kaplamasında beton çatlağı

- Çok büyük ano kullanılmasından dolayı da yukarıdaki çatlaklar oluşur.

Bu tip döşeme anolarının çatlaklarının oluşmasında en büyük etken anoların büyük kesilmiş olmasıdır. Beton sınıfının ve dozajının yüksek olduğu bu gibi döşemelerde en büyük ano boyutu 10-12 m<sup>2</sup> olmalıdır. Bu anolarda olması muhtemel çatlaklar plastik rötre gibi olarak başlayıp, kuruma rötresi gibi devam edecektir. Bu tip çatlaklar başladığında ve derzler uygun derinlikte ve özellikle zamanında kesilmediğinde, çatlak bir anonun kenarına gelir ve ona kenara ve o noktaya yakın yerden diğer anoya devam eder. Bu tip çatlakların oluşumu beton sınıfının ve dozajının yüksek olduğu durumlarda fazladır. Bu gibi ano büyüklüğünden meydana gelen çatlakların bir kısmında hafif rüzgar olsa bile plastik rötre karakterine dönüşebilir.



Aşağıdaki anoların küçük döküldüğü durumlarda herhangi bir çatlak oluşmamaktadır (Resim 10).

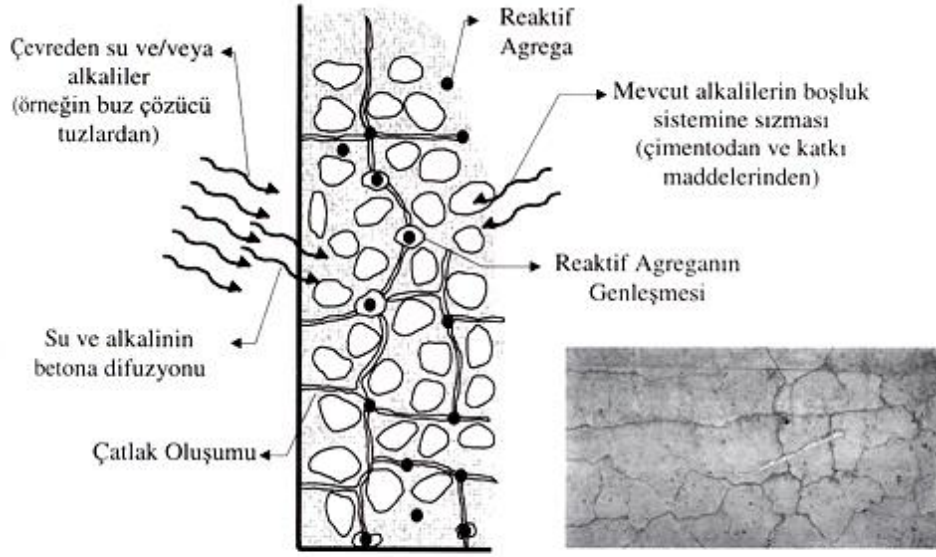


Resim 10 : Çatlamamış küçük anolu döşemeler

Bu çatlamların nedenleri arasında donma - çözülme, alkali agrega reaksiyonu ( Resim 11,12,13,14), karbonatlaşma, donatının korozyonu/paslanması (Resim 15), sülfat - asit -tuz gibi beton için zararlı maddelerin yol açtığı dürabilite reaksiyonları da sayılabilir.

#### ALKALİ AGREGA REAKSİYONU (ASR) :

Alkali agrega reaksiyonunun oluşumu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. Bilindiği gibi, agrega içinde bulunan bazı minerallerin portland çimentosunda bulunan alkali oksitleri (çimento alkalinitesi) ile reaksiyona girerek alkali silikatları oluşturması, Alkali Agreg Reaktivitesini meydana getirmektedir. Çimento alkalinitesi ise, Portland çimentosu içinde bulunan Sodyum oksit ile Potasyum Oksitin, Sodyum Oksit cinsinden eşdeğerinin toplam yüzdesi olmaktadır ( %  $(Na_2O + 0.658 K_2O)$ ). Bu çimento alkalinitesi % 0.6 yı geçmemelidir.



**Alkali-silika reaksiyonu nedeniyle betonun bozulma mekanizması ve tipik görünümü**

Alkali - silis reaksiyonu kuvarşın reaktif türleri ile çimentodaki alkalilerden türemiş alkali hidroksitler arasındaki reaksiyondur. Reaksiyon sonucu oluşan alkali - silis jeli, absorpsiyon veya ozmoz ile su alarak genişler ve betonda kavrama, dökülme ve harita şekilli çatlaklara ve sonuçta betonun kullanılmaz hale gelmesine kadar varan bir hasara neden olur.

Reaksiyonun ortaya çıkabilmesi için gerekenler :

- Reaktif agrega
- Kuvarşın bazı türleri (tridimit, kalsedon, opal)
- Alkaliler (Çimento, Agregalar, Kimyasal katkılardan (melamin ve naftalin toplam alkaliyi artırır), buz çözücüler ( $\text{OH}^-$  konsantrasyonunu artırır)),

Elverişli ortam şartları (Yüksek nem, Sıcaklık)

**ASR açısından reaktif mineral, kaya ve sentetik maddeler.**

Reaktif madde	Kimyasal bileşimi	Fiziksel karakterleri
Opal	SiO <sub>2</sub> nH <sub>2</sub> O	Amorf
Kalseduvan	SiO <sub>2</sub>	Çoğunlukla lifsi yapı, mikrokristalden kriptokristalin yapıya kadar değişkenlik
Kuars'ın bazı formları	SiO <sub>2</sub>	a) Mikrokristalden kriptokristalin yapıya kadar değişkenlik b) Çatlaklı ve boşlukları dolmuş kristal yapı
Kristobalit	SiO <sub>2</sub>	Kristalin
Tridimit	SiO <sub>2</sub>	Kristalin
Riyolitik, dazitik, letitik veya andezitik cam veya kriptokristalin devitrifiye ürünler	Düşük oranlarda Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , alkali içeren silisli yapı	Cam veya volkanik kayalardaki kriptokristalin malzemeler
Sentetik silisli camlar	Düşük oranlarda alkali, alümin ve diğer maddeler içeren silisli yapı	Camsı

**ASR'yi Önlemek İçin:**

- Reaktif olmayan agrega kullanımı,
- Betondaki toplam alkali miktarının kontrol altına alınması, (betona curuf, uçucu kül ve mikrosilis gibi mineral katkıları ilave edilmesi veya bu tip katkıları içeren çimento kullanılması yoluyla (curufllu çimento gibi)
- Betonun yüksek rutubete (> %80) maruz kalmasının engellenmesi gereklidir.

- Karbonatlaşma ise şu şekilde ifade edilir.



- Karbonatlaşma, sertleşmiş çimento hamurundaki boşluk suyunun pH'ını 12.5-13.5 mertebelerinden 8.3 civarına düşürür ve donatı etrafındaki koruyucu filmi aşarak paslanma riskini artırıcı rol oynar.



Resim 11. Alkali Silis Reaksiyonu (İzmir)

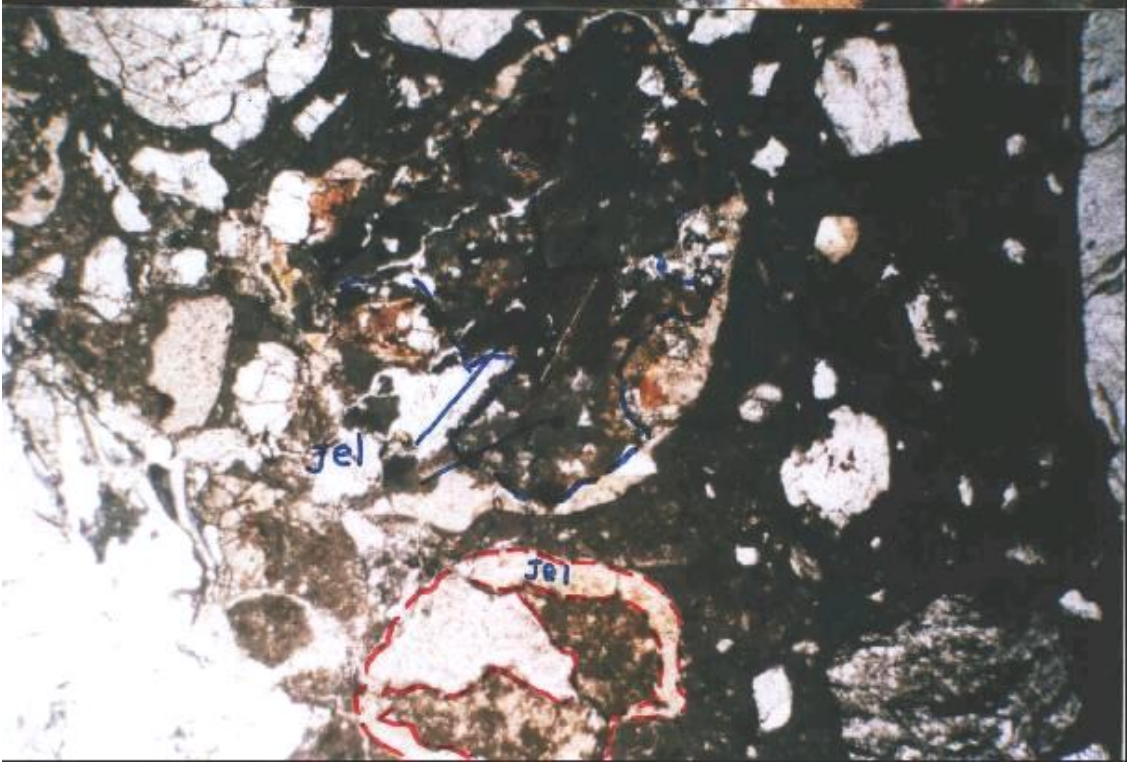


Resim 12. Alkali Silis Reaksiyonu (İzmir)





Resim 13. Alkali Silis Reaksiyonu (İzmir)



Resim 14. Alkali Silis Reaksiyonu (İzmir)



Resim 15. Donatı korozyonu çatlağı

Bu bölümde yukarıda bahsedilmiş uygulama çatlaklarının onarımı üzerinde durulacaktır.

### 3.ÇATLAKLARIN ONARILMASI

Onarımda dikkat edilecek en önemli hususlardan birisi, onarılacak çatlaklar oluşumunu tamamlamış olmalıdır. Ayrıca çatlakların onarılabilecek olması ve yapının bu çatlaklardan dolayı işlevini kaybetmemiş düzeyde olması gereklidir.

Oturma ve Plastik rötre çatlaklarında Çatlakların onarımında genişliklerine göre değişen yöntemler kullanılabilir. Kılcal çatlaklar gözle ancak ayırt edilen çatlak ile 1-2 mm'ye kadar olan çatlaklardır. Bunların örtülmesinin nedeni zamanla bu çatlaklardan sızan nemin betonarme donatısında paslanmaya yol açabilmesi olayı söz konusudur. Çatlaklar, özellikle dış hava koşullarına açık taşıyıcı elemanların kısa zamanda güçlerini yitirmelerine yol açmaktadırlar.

Döşeme ve perdelerde beton hacminin büyük olmasından dolayı oluşan termik çatlaklar beton sınıfı , dozajı ve dolayısıyla hidrasyon ısı yüksek ve et kalınlığı fazla olan betonlarda, betonun dökümünden 12-20 saat sonra başlar ve zamanla kuruma rötresi olarak devam ederler. Mevcut inşaat ta döşeme ve perdelerin birlikte dökülmesi betonun hacmini çoğaltmakta, aynı zamanda bu elemanların kalınlığının fazla olması da beton ısını arttırmaktadır.

Bu çatlakların açılması kuruma rötresinden dolayıda devam etmekte olup, %70-90' lık büyümesini 1 ay sonra tamamlamakta, ancak bu tip çatlaklar zamanla da (en fazla 3 ay) oluşumunu tamamlamaktadır.

Söz konusu çatlaklar yapısal açıdan risk içermeyen çatlaklardır. Bu gibi elamanlarda daha büyük kalınlıkta (örneğin 3 mm üzerinde) çatlak oluşması durumunda estetik açıdan veya ıslak hacim olabilecek yerlerde su sızıntısı olması istenmemesi gibi halleride, çatlakların doldurulmasında çimento şerbeti, epoksi reçineleri, çok ince kumlu yüksek çimento oranlı harçlar ve başka özel katkı maddeli harçlar kullanılabilir.

Çimento şerbeti ve epoksi reçinelerinin çok derinlere giden ince çatlaklara tam olarak içirilmeleri için basınç altında uygulanmaları gerekir. Çatlakların kalınlıkları yukarıdaki resimlerdeki şekilde belirgin ise mutlaka epoksi bazlı bağlayıcılarla onarım yapılmalıdır. Bu çatlaklarda onarım aşağıdaki şekilde yapılabilir. İki mm kalınlığının üzerindeki yerler çatlakların genişliğine yakın matkap ucuyla 1–3 cm arası derinliğinde oyulur. İçerisine düşük basınçlı Epoksi enjeksiyonu yapılır. Düşük basınçlı epoksi enjeksiyonuyla çatlakların doldurulması yapılmaya başlandığında, çatlaklı bölgelerde rutubetten ve tozdan arındırma yapılarak yapılır. Çatlak kalınlığının iki mm den az olduğu döşemelerde ve kolon yüzeylerinde oluşmuş etriye üzeri çatlaklarda Epoksi uygulaması fırça ile uygulanabilir. Döşeme altlarında ise, fırça veya spatula ile uygulama yapılabilir. Çatlaklarda Epoksi enjeksiyonu yapılması Dürabilite açısından da (Kılcal su emme, Donatı korozyonu gibi olumsuz etkilere karşı) ayrıca yararlı olacaktır. Bu uygulamalar Alkali silis reaksiyonu olan yerlerde de uygulanabilir. Donatı korozyonu oluşmuş yerlerde korozyon çok az ise onarıma gidilmelidir. Donatı korozyonu olan yerlerde, pas olan yerler kumlama, tazyikli su veya fırça ile iyice temizlenerek, buralarda epoksi bazlı harçlarla iyileştirme yapılmalıdır. Korozyonu fazla olan yerlerde onarım yerine güçlendirme tercih edilmeli, yeterli değilse yapı yenilenmelidir.