

## **Betonarme Yapılarda Çatlak Tipleri**

### **A) Yapısal Çatlaklar**

Bu tip çatlaklar, yapının işlevi gereği taşıması zorunlu gerilmelerden kaynaklanır. Bunlar, projesi olmayan, zemin problemi çözülmemiş yapılarda meydana gelirler ve çok tehlikelidirler; beton dökümü ve döküm koşulları ile ilgileri yoktur. Bu durumlarda mutlaka yetkili mercilere (mühendislik bürosu, üniversite vb) başvurulmalıdır. Yapı doğru projelendirildiği ve aşırı yükleme olmadığı durumlarda böyle bir sorun yaşanmaz. Bu tip çatlaklar, betonarme eleman içinde çekme gerilmelerine dik yönde oluşur. Basit bir kirişin açıklık ortasında oluşan veya bir konsol mesnetin üstünde görülebilen çatlaklar bu tiptendir.

### **B) Uygulama Kökenli Çatlaklar**

Bu tip çatlaklar taze veya yaşlanmış betonlarda görülür.

#### **1-Taze Beton Çatlakları**

Taze beton çatlakları, betonun kalıba yerleştirilmesini izleyen ilk 30 dakika ile 5 saat arasında, genelde döşeme gibi geniş yüzeye uygulanan betonlarda görülür. Bu çatlaklar, 10 cm 'ye erişen derinlikte ve birkaç cm 'den başlayarak, 2 m'ye varan uzunluklar olabilir. Derin ve uzun çatlaklar betonun mukavemeti ve dayanıklılığı açısından son derece zararlı olabilir. Taze beton çatlaklarının en önemli iki nedeni olarak oturma farklılıkları ve plastik rötre (büzülme) sayılabilir.

#### **a.Oturma Çatlakları**

Bu çatlaklar, yeni dökülmüş, pas payı bırakılmamış, kürü uygulanmamış, gereğinden fazla su ile karılmış betonlarda, boşluklu betonarme elemanlarda, donatının fazla olduğu bölgelerde ve betonun uygun yerleştirilmediği durumlarda, üst yüzeye yakın donatıların hemen üzerinde oluşurlar. Taze betonda iri agrega taneleri dibe doğru çökerken, çimento partiküllerini içeren su yüzeye çıkar. Yüzeye yakın kiriş ve döşeme donatıları bu yer değişimine karşı koyar ve taze beton bu bölgelerde tam olarak oturamaz. Oturmasını yapamayan beton demir boyunca çatlar. Döşemeler ince olduğu için oturma azdır, pek çatlama görülmez. Kirişler daha derin olduğu için oturma çok olabilir ve demirlerin haritası beton yüzeyine çıkar, çatlaklar donatıların yerini belli eder.

Betonun suyu arttıkça oturma artar. Beton iyi yerleştirilmez, sıkılanmaz, vibrasyon uygulanmazsa oturma yine artar. Dolayısıyla çatlama da. Bu çatlakları önlemenin yolu normal kıvamda (-12 cm çökme) beton kullanıp, yüksek kıvamlı aşırı sulu betonlardan kaçınmak ve betona iyi vibrasyon uygulamaktır.

## **b.Plastik Rötire (Büzülme) Çatlakları**

Bu tip çatlaklar, özellikle sıcak, kuru, rüzgarlı günlerde dökümü yapılan betonlarda (döşeme, yer, yol, pist,... betonları) görülen; rastgele dağılmış, çeşitli boylarda ve genişliklerdeki çatlaklardır. Genelde çatlak genişliği 1 mm' den azdır ve yüzeyseldir, derine gitmez, yapı güvenliği açısından tehlikesi yoktur.

Döşeme betonu dökülünce üst yüzeyindeki su buharlaşmaya başlar, betonu terk ederek havaya karışır, bu suyun yerine betonun bünyesindeki su yukarı, üst yüze doğru gelir (kusulan su). Buharlaşma hızı, su kuma hızından yüksekse betonun yüzeyi kurumaya, dolayısıyla büzölmeye ve çatlamaya başlar. Aynı çatlaklar, yeni dökölen betonun altındaki eski, ıslatılmamış betonun veya asmolent tabliyelerindeki briket gibi diğer malzemelerin beton suyunu emmesi sonucu da oluşabilir.

### **Buharlaşma hızını artıran faktörler bellidir :**

**Hava Sıcaklığı:** Hava sıcaklığı arttıkça buharlaşma artar. Sıcaklığın 10 °C artması buharlaşmayı yaklaşık 2 kat artırır. Beton havadan daha sıcaksa buharlaşma daha da hızlanır.

**Havanın Rutubeti:** Havadaki rutubet azaldıkça (hava kurudukça) buharlaşma kolaylaşır ve hızlanır. Nispi rutubet %90'dan %5' e indiğinde buharlaşma beş kat artar.

**Rüzgarın Hızı:** Rüzgar arttıkça buharlaşma hızı artar. Rüzgarın hızı sıfırdan saatte 20 km 'ye çıktığında buharlaşma 4 kat artar.

**Güneş Işınları:** Beton yüzeyi güneş ışınlarına açıksa betonun yüzey sıcaklığı artar ve buharlaşma hızlanır.

Betonun su kuma hızını etkileyen iki temel faktör, Betonun Doluluğu ve Agreganın Granülometrisi'dir. Agreganın granülometrisi ne kadar az boşluklu ise betonun mukavemeti o kadar yüksek olur, ama boşluk olmadığından kuma suyunun yukarı çıkması zorlaşır, gecikir; su kuma hızı azalır. Buharlaşma suyunun yerine kuma suyu gelemeyince betonun yüzeyi kurur ve çatlar. Hazır betonda granülometri iyi ayarlandığından su kuma zorlaşır, plastik rotire çatlakları artar.

Plastik rötreyi ve buna bağlı çatlakları azaltmak için alınacak önlemler şunlardır:

- Beton döküleceği kalıbı ve donatı demirlerini nemlendirerek, kalıp elemanlarının, betonun suyunu emerek kurummasını hızlandırmalarına engel olun.
- Betonu güneşten (gölgele yaparak veya akşam dökerek), sıcaktan (akşam dökerek) ve rüzgardan (rüzgarlık yaparak) koruyun.
- Suyun buharlaşmasını önleyin (ıslak çuval, naylon örtü örterek veya kür maddesi sürerek veya püskürterek)

- Yeterli sayıda ve beceride işçi kullanarak betonu hızlı dökün, masterlayın ve hemen küre başlayın, en az 3 gün boyunca küre sürdürün.

Plastik rötre çatlakları yarım saat - kırk beş dakika içinde, yani daha betonlama işi tamamlanmadan çok önce başlayabilir. O nedenle betonlama işi devam ederken bitirilen bölümlerde koruma önlemlerinin alınması gerekebilir. Masterlanılan bölgelere naylon örtülerek, nemli örtü örtülerek, küre maddesi sürülerek bu önlemler peyderpey alınmış olur. Önlem alınmadığı takdirde, beton sıcaklık, rutubet ve rüzgar durumuna göre az veya çok çatlar. Bu çatlakları azaltarak asgariye indirmek sizin elinizdedir.

## **2. Yaşlanmış Beton Çatlakları**

Bu tip çatlaklar, değişik yaş gruplarındaki (birkaç haftadan 30 yıla kadar) betonlarda görülebilir. Çatlaklar, fiziksel veya kimyasal kökenlidir. Bunlar, önce kılcal görünümde, ardından büyüyen ve birleşen çatlaklardır. Çatlakları takiben beton yüzeyinde soyulma, dökülme ve patlamalar görülür. Önlem alınmadığı takdirde, betonarme elemanlar zamanla tamamen tahrip olabilir.

Bu çatlamların nedenleri arasında donma - çözülme, alkali - aktif silis reaksiyonu, karbonatlaşma, donatının korozyonu/paslanması, sülfat - asit -tuz gibi beton için zararlı maddelerin yol açtığı reaksiyonlar sayılabilir.

## **ONARIM YÖNTEMLERİ**

Bu bölümde betonarme, yağma ve kırsal konutlardaki hasarın onarımı ve yapının güçlendirilmesinde kullanılacak yöntemler ile ilgili ayrıntılar ele alınacaktır. Önce genel olarak çatlak onarımı verilecek daha sonra betonarme yapı onarımında eski ve yeni betonun kaynaştırılması, yeni donatının mevcut donatı ile bağlanması ile yeni donatının ankrajı konuları incelenecektir. Betonarme kiriş ve kolonların en kesit genişletme yöntemi ile onarımı ve güçlendirilmesi ile betonarme çerçevelerin dolgu elemanları ile doldurulup güçlendirilmesi yöntemi de bunları izleyecektir. Betonarme yapı temellerinin güçlendirilmesi ile ilgili ayrıntılar da verilecektir. Daha sonra yağma ve kırsal konutların onarım ve güçlendirme yöntemleri verilecektir.

## **ÇATLAKLARIN ONARIMI**

Çatlaklar durmuş ise onarılabilir. Çatlak onarımı, kendi başına bir olay değildir. Çatlak etkileyen bir kuvvetin ya da bir dayanım yetersizliğinin ifadesidir. Çatlağa yol açan etki ortadan kaldırıldıktan sonra çatlak onarımı yapılmalıdır. Çatlak onarımı bir bakıma bir "makyaj" görünüş düzeltilmesi olarak düşünülmelidir.

Öte yandan genellikle durmuş çatlak yoktur. Bütün çatlaklar açılır ve kapanır. Çatlakların genleşebilen stropor gibi esnek malzeme ile doldurulması oynamayı önleyebilir. Ancak bu malzemenin üzerine konulan sıva bu harekete uymayabilir. Dolgu ve örtü için mastik gibi

daha elastik malzeme daha uygun olacaktır. Ancak çatlakların "dikilmesi" başka yerlerde yeni çatlakların oluşmasına engel olamayabilir.

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 ve çatlamış kesitli betonarme elemanların rijitliklerinin azalması ve dolayısı ile yapının dinamik özelliklerinin değişmesini önlemektir. Çatlaklar, özellikle dış hava koşullarına açık taşıyıcı elemanların kısa zamanda güçlerini yitirmelerine yol açmaktadırlar. 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. Genellikle uygulanması zor, zaman alıcı ve masraflı işlemlerdir. Gereken özen gösterilmezse istenilen amaç sağlanmayabilir. Kılcal çatlakların içine bağlayıcı maddelerin içirilmesi oldukça güçtür.

### **Epoksi Reçineleri**

Epoksi reçineleri yapıştırma özellikleri çok iyi olan sentetik reçinelerdir. Bunların çekme gerilmeleri 50-110 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişir. Kopma birim uzamaları % 15-50 arasında olabilmektedir. Suya, aside ve alkaliye dirençleri çok iyidir. Zamanla özellikleri yitirmezler. Çatlağa doldurulmuş epoksi yapıştırıcısı, çatlağın yarattığı süreksizlik ortamını sürekli duruma dönüştürür. Çatlağın her iki yüzünü çatlak boyunca sürekli olarak birbirlerine bağlar ve gerilme birikimlerini önler. Sentetik reçineler kimyasal moleküler yapışma sağlarlar. Kimyasal moleküler yapışma yüzeylerin pürüzlülüğü ile artar, çünkü kuvvet aktarmada daha büyük bir alan çalışmaktadır. Genellikle ince bir tabaka yapıştırıcı madde daha güçlü yapışma sağlamaktadır. Epoksi reçinelerine polisülfid eklenmesi ile daha elastik bir yapıştırıcı oluşmaktadır. Polisülfitli epoksi reçinelerinin çekme dayanımları 200 kg/cm<sup>2</sup>'ye kadar çıkabilmektedir. Epoksi reçinelerinin yüksek ısılara dayanım gücü azdır.

Epoksinin basınç dayanımı 700-800 kg/cm<sup>2</sup>'ye kadar ulaşabilmektedir. Çekme dayanımı da 300 kg/cm<sup>2</sup> kadar olabilmektedir. Epoksilerin basınç dayanımı 15x15x40 mm boyutundaki küpler yapılarak ölçülmektedir. Çekme dayanımı için ise [ Şekil-1 ] 'de görülen deney elemanları kullanılmaktadır. Epoksi ile onarımın etkinliğini belirlemek için yapılmış bir dizi deneylerde (Tasai ve Akino 1991) kullanılan epoksi reçine ve harcının mekanik özellikleri [ Tablo - 1 ]'de verilmektedir.

Kullanılan epoksi harcı ya da reçinesinin basınç dayanımı istenilen biçimde değiştirilebilir. Beton basınç dayanımına daha yakın dayanımlarda, düşük dayanımlı, epoksi reçinesi ya da harcı kullanılması daha uygundur. Epoksi reçinesi ve harcının elastik modülünün betona göre daha düşük olması daha elastik bir malzeme olduğunu göstermektedir. Epoksinin elastisite modülü de katkı maddeleri ile azaltılıp çoğaltılmaktadır.

**Tablo - 1 . EPOKSİ VE HARCININ MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

	<b>Reçine</b>	<b>Harç</b>
Basınç Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	650	790
Çekme Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	340	290
Basınç Altında Birim Kısalma	0.047	0.022
Basınç Elastisite Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	23 000	73 000
Çekme Altında Birim Uzama	-	0.0039

Piyasada çeşitli ticari markalar altında satılan sentetik yapıştırma maddeleri bulunmaktadır. Bunların kullanım yerleri eski ve yeni beton arasında bağlantı sağlama, yeni betonda delik, çatlak ve köşelerin onarımıdır. Bu arada bazı katkı maddeleri ince kumlu harca katılarak çekme dayanımı yüksek harç yapılmaktadır. Genellikle 5 mm'ye kadar olan çatlaklara yalnız epoksi, daha geniş çatlaklarda ise dolgu maddesi katılmış epoksi harcı kullanılmaktadır.

### **Epoksi İle Onarım Yöntemleri**

Epoksi onarım iki biçimde kullanılmaktadır.

**1-** Epoksi enjeksiyon yöntemi 0.2-0.3 mm genişliğindeki çatlakların onarımı için uygundur. Düşük viskoziteli epoksi reçinesi sürekli bir düşük basınç altında içirilmektedir. Bu yöntemle betondaki ince ve kılcal eğilme çatlakları kapatılmakta ve çatlak yüzeyinden çekme kuvveti aktarımı gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda epoksi reçinesi donatı ile beton arasında açılmaları doldurarak donatı ile beton arasındaki yapışmayı (aderans) artırmaktadır.

**2-** Epoksi harcı ile doldurma ezilmiş ve parçalanmış ve de dökülmüş betonları doldurmak için kullanılır. Epoksinin içine çok ince agrega katılarak bir tür "beton" elde edilir ve tahrip edilmiş betonun yerine konulmaktadır.

Düşük basınç altında epoksi enjeksiyonunda düşük viskoziteli epoksi kullanılmaktadır. Enjeksiyon da düşük bir basınç altında yapılmakta ve uzun süre beklenmektedir. Bu işlemde önce çatlak üzerine belirli aralıklarla borular yerleştirilmekte ve çatlak ve boruların çevresi epoksi harcı ile kapatılmaktadır. Daha sonra epoksi ile doldurulmuş tüpler borulara takılmakta. Tüplere diğer bilyalı uçlarından basınç uygulanmakta ve bu basınç altında tüpteki epoksinin çatlağın içine doğru yavaşça akması beklenmektedir.

### **Epoksi ile Onarımda Taşma Gücü Artışı**

Epoksi doldurulmuş çatlak ara yüzeyinde oldukça yüksek bir çekme dayanımı sağlanmaktadır. Ancak onarılmış elemanın tekrar yüklenmesi ile, eski çatlakların hemen

yanında yada onarılmış iki çatlak arasında bir yerde yeniden çatlak olduğu ve elemanın dayanımının hasar öncesi dayanım düzeyinde kaldığı görülmektedir (Penzien ve Çelebi 1973 ve Tasai ve Akino 1991). Bunun nedeni epoksi doldurulmuş iki çatlak arasındaki betonun dayanımının onarım öncesi dayanımının düzeyinde kalması ve en düşük dayanımlı kesit olduğu için yeniden yüklemeye kırılmanın burada olmasıdır.

Ayrıca epoksi ile kiriş onarımı ile dayanım artışı olmamaktadır. Çünkü onarım öncesinde çatlak yakınındaki donatılarda akma gerilmesi aşılmıştır. İki çatlak arasında ise donatıda gerilme akma gerilmesinin altındadır. Onarımdan sonraki yüklemeye ise taşıma gücünün artması için daha önce akmış donatının pekleşme bölgesine daha çok girmesi gerekmektedir. Ya da donatıdaki pekleşmenin ilk yüklemeye elastik kalan bölgede de olması gerekir. Ancak bu bölge epoksi ile onarılmadığı için yine aynı dayanımdadır. Bu nedenle de burada dayanım artışı olamaz.

Kirişlerde çekme bölgesindeki çatlakların onarımı aynı zamanda düz donatı ile beton arasındaki yapışmayı (aderans) da artırmaktadır. Bu durum ise donatıda daha yüksek akma ve pekleşme gerilmelerine ulaşılmasını sağlamaktadır. Kesitin bu yolla daha çok moment taşıyabilmesi, ancak bu artan moment altında oluşan daha büyük kesme kuvvetini taşıma gücünün de bulunmasına bağlıdır. Yoksa artan moment taşıma gücü sonucu eğilme kırılması yerine kesme kırılması oluşur. Epoksi harcı yada enjeksiyonu ile beton ile donatı arasındaki yapışmada büyük artışlar olabilmektedir: 27 kg/cm<sup>2</sup>'den 98 kg/cm<sup>2</sup>'ye (Tasai - 1991).

### **Çimento Şerbeti**

Çimento standardı (TS-24)'e göre çimento tanelerinin % 95'i 200 ile 325 nolu eleklerden geçmelidir. Bu koşula göre çimento taneciklerinin 0.074 mm'den daha büyük olmaması gerekir. Diğer bir deyişle çimento şerbetinin 0.1 mm ve daha büyük çatlaklara girebilmesi olanaklı görünmemektedir. Ancak kılcal çatlaklara çimento şerbeti ancak basınç altında doldurulabilir.

Çimento şerbeti ya da harç yapımında ilk dayanımı yüksek portland çimentosu (IPÇ) ve genleşen (ekspansif) çimento kullanımı, onarımın hızlı yapılmasını sağlar. Genleşen çimento ise çatlakların içine giren harcın ya da şerbetin genişleyip bütün boşlukları doldurmasını sağlar. Genleşen çimento içine sülföalüminat konulmuş bir çimentodur. Normal portland çimentosuna da çok ince öğütülmüş alüminyum tozu katılması ile genleşen çimento elde edilmektedir.

### **Çimento Enjeksiyonu**

Çimento enjeksiyonu özellikle taşıma gücü zayıf olan moloz taş duvarlarda düşük basınçlar altında uygulanır. Bunun için duvarın içine kadar uzanan borular yerleştirilir. Duvarın iç ve dış yüzeyi 2-3 cm, kalınlığında sıva ile kaplanır ( [ Şekil-3 ] ). Daha sonra altlardaki deliklerden başlayarak düşük basınç altında çimento şerbeti enjeksiyonu yapılır. Herhangi bir borudan çimento pompalama, yandaki borulardan çimento şerbeti taşmaya

başlayıncaya kadar sürdürülür. Çimento içirimi yapılmış delik kapatılır. Bu işlem her bir sıradaki delikler doluncaya kadar sürdürülür. Daha sonra aynı işlemler bir üst sıradaki enjeksiyon deliklerine uygulanır. Delikler arasında 30-40 cm kadar aralık olabilir. Bu deliklerin duvardaki taş ya da tuğla ve benzeri malzeme arasındaki derz durumlarına göre yerleştirilmesi gerekir. Deliklere takılacak borular kullanılacak pompanın hortum ucu boyutuna göre seçilir.

Çimento enjeksiyonu yöntemi ile çok zayıf ve düşük dirençli moloz taş duvarların direncinin yükseltildiği ve daha sağlam bir duvar oluşturulduğu gözlemlenmiştir. Sağlam ve normal dayanımlı olan çimento ve kireç harçlı duvarlarda ise çimento içiriminin duvar dayanımında göze çarpıcı bir artış yapmadığı da bilinmektedir. Çimento içirimi kötü ve zayıf duvarları iyi duvar düzeyine çıkarmaktadır. Yöntem yavaş, zaman alıcı ve çimento pompalama donanımı gerektirmektedir. Kullanılan çimento genleşen ve ilk direnci yüksek çimento olmalıdır. Bu yöntemin çok eski yıllarda yapılmış tarihsel ve kültürel değeri olan kırsal alan yapılarının moloz taş duvarlı çamur harçlı duvarlarında kullanılmasının etkili olacağı sanılmaktadır. Taşları arasındaki çamur harcın zamanla dökülmüş olduğu bu tip yapılarda taşlar arasındaki boşluklara içinde az miktarda ince kum da bulunan çimentolu şerbetin içirimi ile güçlendirme çok etkili olacaktır.

### **Mekanik Bağlayıcılar**

Çatlakların epoksi reçinesi, çimento şerbeti ya da harçla onarımı genellikle artık genişlemeyen, durmuş çatlakların doldurulması amacı ile yapılmaktadır. Çatlakta genişleme sürüyorsa çatlağın mekanik bağlayıcılarla "dikilmesi" gerekir. Bu dikişler çatlağı kesen çubuklar ve çubukların uçlarının uygun bir biçimde bağlanması ile oluşur. Bu tür mekanik bağlayıcılar süresiz olduklarından gerilim birikimi yapabilir. Uçlarındaki sıkıştırılmış somunlar dayandıkları yerlerde yerel ezilme ve kırılmalara yol açabilir. Mekanik bağlayıcılar bağladıkları yüzeyler arasında oluşturdukları sürtünme kuvveti ile kuvvet aktarımı yaparlar. Mekanik bağlayıcılar ile çatlak yüzeylerine dik yönde bir kuvvet uygulandığı zaman, diğer bir deyişle vidalar sıkıştırıldığı zaman etkili olarak çalışmaya başlarlar. Eğer çatlağın genişleme eğilimi varsa, çatlağa dik yöndeki çubuklarda ek gerilmeler oluşmağa başlar. Çatlak, çubuklarda oluşan ek gerilmelere karşılık olan birim uzama miktarları kadar açılabilir.

Çatlakların dikilmesinde farklı yöntemler kullanılabilir. Bu onarım yönteminde kolon ya da kirişin hasarlı bölgesindeki parçalanmış ve ezilmiş beton temizlenmekte, bu bölümler epoksi harcı ile doldurularak eksilmiş beton hacim doldurulmaktadır. Burkulmuş ya da deforme olmuş donatılara dokunulmamaktadır. Daha sonra epoksi ile yamanmış bölge en az 5 mm kalınlığında ve 50 mm genişliğinde metal şeritlerle sarılmaktadır. Şeritlerin altına betona yapışması için epoksi reçinesi sürülmekte ve metal şeritlere epoksi sertleşinceye kadar baskı uygulanmaktadır. Bu onarım yöntemi 1992 Erzincan depremi sonrasında perde duvarlarla takviye edilen kooperatif konutlarındaki hasarı onarmak için kullanılmıştır (İTU-1992).

## **ESKİ VE YENİ BETONU KAYNAŞTIRMA YÖNTEMLERİ**

Betonarme yapı elemanlarının onarım ya da güçlendirilmesinde eğer beton en kesitinin büyütülmesi gerekiyorsa daha önce dökülmüş beton ile yeni dökülen betonun birlikte monolitik tek parça olarak çalışması gerekir. Bu bir anlamda eski ve yeni beton arasında süreklilik, kuvvet aktarımı sağlanması demektir. Eski ve yeni beton arasında kesme, basınç ve çekme kuvvetlerinin aktarılmasının gerektiği durumlar vardır.

### **Basınç Kuvvetlerinin Aktarımı**

Bu aktarımın tam olarak sağlanması için eski betonun yüzünün pürüzlü bir duruma getirilmesi, yeni dökülen betonun eski betona iyi yapışması için taze betona hafif bir basınç (10 kg/cm<sup>2</sup>) uygulanması ya da özel bağlayıcı maddelerin kullanılması önerilmektedir (Chronopoulos-1989). Püskürtme beton ya da özel beton kullanılması ile hemen hemen tam süreklilik sağlanabilmektedir.

Basınç kuvvetleri altında eski ve yeni betonun kaynaşmasının, özellikle şantiye koşulları altında tam olamayacağı ileri sürülmektedir. Betonun basınç dayanımının biraz daha küçük olacağı, elastisite modülünün daha küçük, en az % 50 kadar daha az ve birim kısalmanın da % 25 kadar daha fazla olabileceği ileri sürülmektedir (Chronopoulos-1989). Basınç etkisi altında eski ve yeni betonun kaynaşmasının verimlilik oranının % 90 gibi alınabileceği sanılmaktadır, basınç dayanımı % 10 kadar daha düşük gibi.

### **Kesme Kuvvetleri Etkisi Altında Kaynaşma**

Eski ve yeni betonun kesme kuvvetleri etkisi altında kaynaşması çok daha önemlidir. Farklı zamanlarda dökülmüş iki betonun ara yüzeyinin kesme etkisi altında kuvvet aktarımı betonların birbirine yapışması (adhezyon) ve sürtünme ile gerçekleşmektedir. Uygulanan kaynaştırma yöntemleri bu iki işlevi sağlayacak özelliklerde olmalıdır. Eski betona yeni beton yapışmalı ve eski betonla yeni beton arasında sürtünme olabildiğince yüksek olmalıdır. Öte yandan bir önceki bölümde anlatıldığı gibi çatlakları bağlamada kullanılan mekanik bağlayıcılar da bu amaçla kullanılabilirler. Eski beton ile yeni betonun ara yüzeyleri, tıpkı betondaki çatlaklar gibi betonda bir süreksizliktir. Bu nedenle eski ve yeni betonda uzanan filiz donatısı kama etkisi ile kesme kuvveti aktarma işlevi görebilir.

Betondan betona kesme kuvveti aktarılmasında etkili olan faktörler ve etkinlikleri aşağıda Tablo-2'de verilmektedir (Chronopoulos-1989).

Eski ve yeni betonu kaynaştırmada yüzey pürüzlülüğünün artırılması yüzeyde en az  $\geq 3$  mm'lik pürüzlerin olması ile gerçekleştirilir. Bir diğer kaynaştırma yöntemi ise betonda kesme kamaları oluşturacak yuvalar ve dişler yapılmasıdır. Eski ve yeni beton arasındaki sürtünme katsayıları yüzeyin düzgün, pürüzlü ve dişli olmasına göre önerilen adhezyon ve sürtünme değerleri aşağıdaki gibidir (Chronopoulos-1989):



	<b>Adhezyon</b>	<b>Sürtünme Katsayısı</b>
Düzgün	0.0- 0.25 ft	0.66
Pürüzlü	0.75- 1.00 ft	1.00
Dişli	0.75 - 1.00 ft	1.50

Burada ft betonun çekme dayanımıdır.

Eski ve yeni beton arasında kaynaştırma yeni yapılan inşaatlarda da bir sorundur. Birçok betonarme yapıda özellikle kolonlarda döküm derzleri kolon uç momentlerinin en büyük olduğu yerlerde yapılmaktadır. En çok birkaç hafta gibi farklı zamanlarda dökülmüş betonların tam kaynaşmamış olması nedeni ile bu ara yüzeylerde en hafif depremlerde bile kolayca çatlak ve açılma oluşabilmektedir.

**TABLO 2. ADHEZYON VE SÜRTÜNMEYE ETKİYEN FAKTÖRLER**

	<b>Adhezyon</b>	<b>Sürtünme</b>	<b>Not</b>
Yüzey Pürüzlülüğü	+	+	
Agregaların Biçim ve Boyutları	0	+	Köşeli ve küçük boyutlu agregaların sürtünmeyi artırır
Yüzeyin İşlenmesi	+	+	Yüzeyin önceden cilalanması ve temizlenmiş olmasının katkısı olumludur
Özel Yapıştırma Maddeleri	+	+	
Sıkıştırma	+	+	Ara yüzeye dik yönde az miktarda basınç olumludur
Dıştan Dik Yönde Yük	0	?	
Eski ve Yeni Betonun Yaş Farkı	0	0	Betonlama arasında geçen sürenin 7 günden az olması iyi olur
Beton Basınç Dayanımı	0	0	
Tersinir ve Devresel Yükler	0	0	Adhezyonu ve sürtünmeyi azaltır ve yok edebilir

### **Kama Donatısı ile Kaynaştırma**

Eski ve yeni betonun ara yüzeyine dik yönde yerleştirilmiş filiz demirlerinin kama etkisi ile kesme kuvvetleri aktarabileceği bilinmektedir. Park ve Paulay (1975)'e göre donatının kama etkisi ile kesme kuvveti aktarması ile oluşmaktadır. Yalnız bu işlem için eski ve yeni beton arasında ötelenme oluşması ve kama donatısının deformasyonu gerekmektedir. Bu ise istenilen bir durum değildir. Ancak çok yüksek yükler altında oluşması ve enerji tüketimi ile birlikte oluşması durumunda olumlu görülebilir.

Kama etkisinden yararlanılacak filiz demirlerinin eski betonda ankraj için açılacak yuvalara yüksek dayanımlı ve genişlen çimentolu harç ile yerleştirilmesi gerekir Ankraj boylarının yeterli olması da gerekmektedir. Donatıların betona ankrajı bir sonraki bölümde incelenecektir. Eski beton ile yeni beton arasında kama donatıları ile kesme kuvveti aktarma yöntemi çerçeve açıklıklarına perde duvar yerleştirme ile güçlendirme yönteminde kullanılabilir. Kolonların mantolanmasında ise kolonda açılacak yuvalara kanca donatısı yerleştirerek kama donatısından kesme kuvveti aktarma işleminde yararlanılabilir .

### **Epoksi Reçineleri İle Kaynaştırma**

Basınç altında eski ve yeni beton arasındaki yüzeyde kaynaşma hemen hemen yüzde yüz etkilidir. Eğer uygulanan basınç kuvveti ile ara yüzey arasındaki açı 90 dereceden küçük ise ulaşılabilen basınç dayanımı, beton basınç dayanımının % 25-50'si kadar daha düşük olabilmektedir. Eğer epoksi ile yapıştırılmış ara yüzeye dik yönde çekme kuvveti uygulanırsa, epoksi reçinelerinin çekme dayanımı her zaman betonun çekme dayanımından yüksek olduğu için kırılma betonda olmaktadır. Ara yüzeye konulan epoksi tabakasının 2 mm'den ince olmasının dayanımı artırdığı gözlenmiştir. Ara yüzeye kesme kuvveti geldiği zaman dayanım beton çekme dayanımı olarak alınabilir. Sürtünme katsayısı olarak da kuru ve pürüzsüz yüzeyler için önerilen katsayı alınabilir. Bu sürtünme değeri, küçük kaymalar, 0.02 mm'den az, için geçerlidir.