

BÖLÜM 6. ÇATLAKLAR VE DERZLER

6.1 ÇATLAKLAR

Zemin betonundaki şekil değiştirme betonun çekme şekil değiştirme kapasitesini aşarsa beton çatlaklar. Bazı çatlaklar önemsizken bazıları döşeme kullanıcısı için önemli sorunlara neden olabilir. Çatlaksız bir döşeme garanti edilemez. Ancak, birçok çatlak önlenabilir, önlenemeyen çatlaklar ise kontrol edilebilir ve kullanıcı için sorun oluşturmaması sağlanır [1-5].

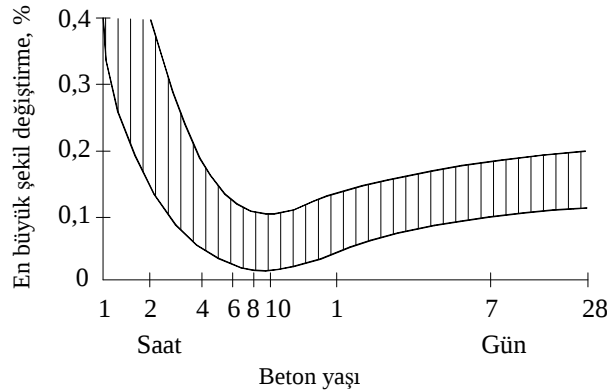
Döşeme gibi yüzey betonlarında oluşan çatlaklar şunlardır:

- plastik haldeki betonda: - plastik rötre çatlakları,
- plastik oturma çatlakları,
- sertleşmiş betonda: - ağ şeklindeki çatlaklar,
- kuruma rötresi ve yükleme koşullarının birlikte etkisi sonucu oluşan çatlaklar,
- sıcaklık değişime bağlı çatlaklar,
- kapasitenin üzerinde yükleme sonucu oluşan yapısal çatlaklar.

6.1.1 Plastik Rötire Çatlakları

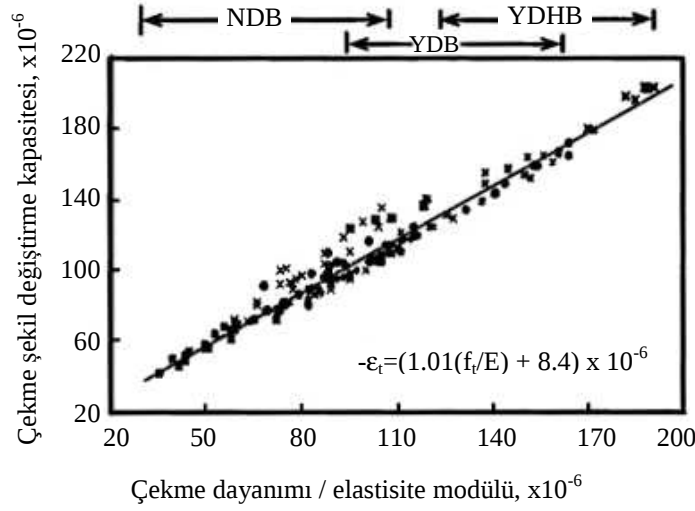
Yeni yerleştirilmiş beton hızlı kuruma etkisinde kaldığında, üst yüzeyden aşağıya doğru çatlaklar. Yüzeydeki çatlak en geniştir ve tüm döşeme derinliği boyunca nadiren devam eder. Kuru iklimlerde daha yaygın görülür. Ancak, taze beton üzerine kuvvetli rüzgarların estiği yerlerde de sıkça görülür [1-4].

Şekil 6.1'de görüldüğü üzere taze betonun başlangıçtaki şekil değiştirme kapasitesi sonsuzdur. Ancak ilk saatlerde (yaklaşık ilk 6 saat içinde) betonun çekme şekil değiştirme kapasitesi en düşüktür. Beton dayanım kazandıkça çekme şekil değiştirme kapasitesi bir miktar artar [6].



Şekil 6.1 Beton yaşı- çekme şekil değiştirme kapasitesi ilişkisi

Şekil 6.2’de görüldüğü gibi yüksek dayanımlı betonlarda çekme şekil değiştirme kapasitesi daha fazladır. Bu nedenle betonun çekme şekil değiştirme kapasitesi arttıkça çatlamaya karşı risk azalmaktadır [7].

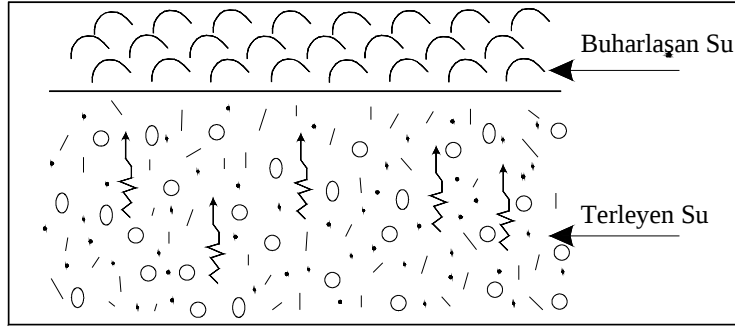


Şekil 6.2 Çekme şekil değiştirme kapasitesi çekme dayanımı/Elastisite modülü ilişkisi (NDB: Normal Dayanımlı Beton, YDB: Yüksek Dayanımlı Beton, YDHB: Yüksek Dayanımlı Hafif Beton)

Beton daha plastik halde iken ikinci masterlamayla bu çatlaklar kapatılabilir. Plastik rötrenin azaltılması için şunlar yapılabilir:

- Rüzgar kırıcı engeller kullanarak zemin betonu rüzgardan korunmalı,
- Kuru ve rüzgarlı havalarda beton dökümünden kaçınılmalı,
- Taze beton üzerine bir nozulun ucundan sis oluşturacak biçimde su püskürtülmeli,
- Yapı iskeleti bittikten sonra zemin betonlarının iç mekanda dökülmesi tercih edilmelidir.

Bu çatlaklar geniş yüzeyli olan döşeme, yol, park ve havaalanı betonlarında oluşabilir. Beton yüzeyindeki suyun buharlaşma hızı, beton içindeki suyun yükselme hızından fazla ise, beton yüzeyi kurumaya, dolayısıyla büzölmeye başlar (Şekil 6.3). Alttaki beton bu büzölmeye uyum sağlayamadığı için, üst tabakasında çekme gerilmeleri oluşur ve çekme şekil değiştirme kapasitesinin de düşük olması nedeniyle beton çatlar (Şekil 6.4).



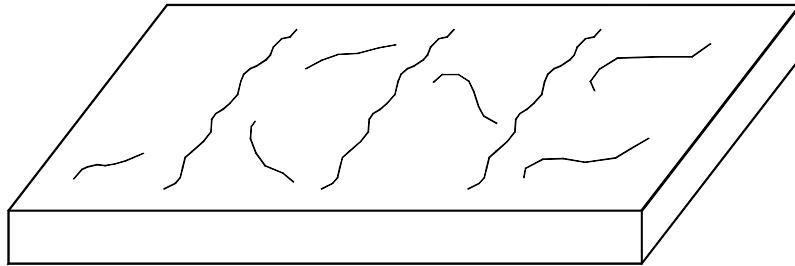
Şekil 6.3 Sıcak, kuru ve rüzgarlı havalarda zemin betonunda terleme suyu yüzeyden buharlaşan suyu karşılayamaz.

Beton Yüzeyindeki Suyun Buharlaşma Hızını Arttıran Etkenler

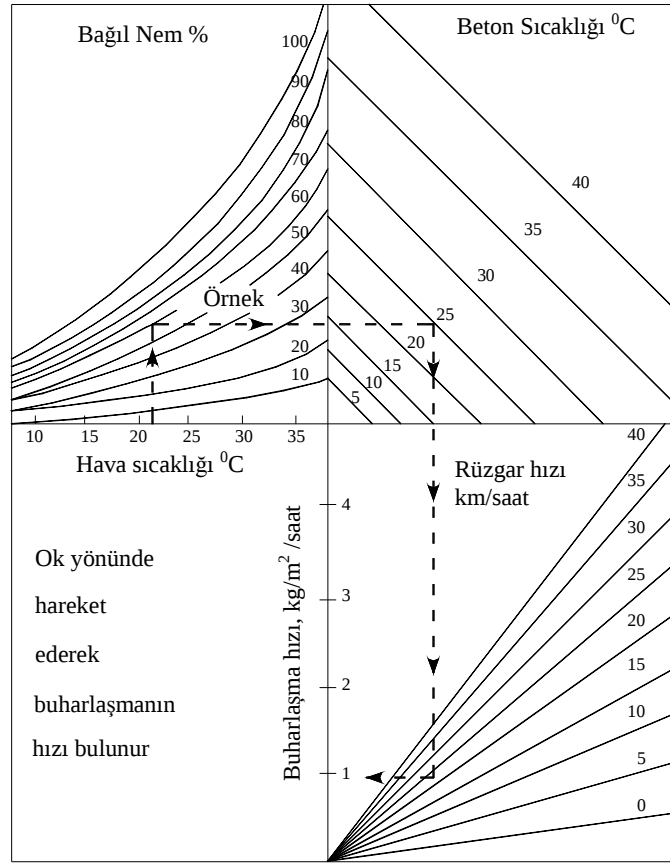
- 1- Betonun sıcaklığı,
- 2- Düşük bağıl nem oranı,
- 3- Yüksek rüzgar hızı,
- 4- Ortam sıcaklığıdır.

Beton ve hava sıcaklığının, ortamdaki bağıl nem ve rüzgar hızının beton yüzeyinden buharlaşan su miktarına ortak etkileri Şekil 6.5' de görülmektedir.

- Hava sıcaklığı arttıkça buharlaşma artar. Beton havadan daha sıcaksa buharlaşma daha da artar. Buharlaşan su miktarı $0,5 \text{ kg/m}^2/\text{saat}$ değerini aşınca, plastik rötre çatlaklarının oluşma olasılığı vardır, bu da önlem almayı gerektirir. Sıcaklığı 5°C artması buharlaşmayı % 100 arttırabilir
- Şekil 6.5'de görüldüğü üzere hava sıcaklığı 20°C , havadaki bağıl nem %60, beton sıcaklığı $24,5^\circ\text{C}$ ve esen rüzgar hızı 25 km / saat ise buharlaşan su miktarı yaklaşık $1 \text{ kg/m}^2/\text{saat}$ olur.
- Havadaki rutubetin % 90'dan % 50'ye düşmesi buharlaşmayı yaklaşık %100 arttırır. Rüzgarın hızı saatte sıfırdan 20 km'ye çıktığında buharlaşma yaklaşık dört kat artar. Beton yüzeyi güneş ışınlarına açıksa, betonun yüzeyindeki sıcaklıkla beraber buharlaşma da artar
- Plastik rötre sonucu oluşacak çatlak yoğunluğunun suyun buharlaşma hızı ile orantılı olacağı beklenir.



Şekil 6.4 Dikdörtgen biçimli plak yüzeyinde oluşan plastik rötre çatlakları



Şekil 6.5 Beton yüzeyinden buharlaşan su miktarına hava sıcaklığının, havanın bağıl neminin, beton sıcaklığının ve esen rüzgarın etkisi

Taze Beton Çatlaklarına Karşı Alınacak Önlemler

a) Beton bileşenleri bakımından alınacak önlemler

Betonda yüzey/hacim oranı yüksek olan ince malzemeler fazla ise betonda plastik rötre riski vardır. Belirli bir su/çimento oranı için, ince malzeme ve çimento dozajı arttıkça, plastik rötre miktarı arttığı deneylerle kanıtlanmıştır. Betonda yeteri kadar ince malzeme var ve beton az boşluklu ise beton terleme suyunun yukarı çıkması güçleşir. Yüzeyden buharlaşan suyun yerine terleme suyu gelemeyince beton yüzeyi kurur ve çatlaklar oluşur. Böyle bir durumda başka etkileri de gözönüne alarak, ince malzeme ve gereğinden fazla çimento kullanımına sınırlama getirilebilir [8].

b) Beton döküm ve bakımında alınacak önlemler

Gölgede 32 °C' yi aşan sıcaklıklarda beton döküm ve bakımında önlem almak gerekir.

- Betonun döküleceği zemin, donatı ve kalıpla göllenmeye meydan vermeyecek şekilde ıslatılır, ıslatma suyu buharlaşır buharlaşmaz döküm yapılır. Böylece sıcak bir havada

hem donatıların hem de kalıbın sıcaklığı düşürülür, ayrıca zemin ve asmolen gibi su emici yüzeylerin de beton suyunu emmesi önlenir. Aşırı sıcak havalarda beton dökümünün geceleri yapılması, taze betonun sıcaklığının düşürülmesi, malzemelerin (su, agrega) soğutulması, hidrasyon ısısı düşük çimento kullanılması ve geciktirici katkı kullanılması tercih edilebilir.

- Taze beton çatlaklarına karşı alınacak en önemli önlemlerden biri, betonun dökümü sırasında iyi işlenmesi ve daha sonra gerekli bakımın yapılmasıdır. Beton aşırı akışkan olmamalı ve vibrasyonu gerektirecek bir kıvamda olmalıdır. Beton kalıbına vibratörle yerleştirildikten sonra hemen ilk masterlama yapılır. Daha sonra bir insan beton üzerine çıktığında yaklaşık 3 mm derinlikte iz oluşunca ikinci masterlama işlemi yapılır. Bunun için tercihen metal tabanlı bir master kullanılmalıdır. Masterlama işlemlerinin yavaş ve düzgün yapılmasına özen gösterilmelidir.
- Rüzgara karşı korumak için rüzgar kırıcı engeller oluşturulur. Beton yüzeyini doğrudan güneş ışınlarından korumak için beyaz renkli yansıtıcı plastik örtüler ile kaplamak gerekir.
- Betonda, hidrasyon için gerekli olan suyun buharlaşmasını önlemek için yüzeye “curing compound” adı verilen maddeler de sürülebilir. Bu işlem betonun yüzeyindeki parlaklık sona erinceye kadar beklendikten sonra yapılmalıdır.
- Diğer bir yöntem ise, spreyle su püskürtülerek veya suya doymuş talaş, ıslak kum gibi maddeler ile kaplayarak yüzeyin nemli tutulmasını sağlamaktır [8].
- Taze betonun kür süresi de değişik etkenlere bağlıdır. Ancak normal betonarme yapılarda bu süre yaz aylarında en az bir hafta olmalıdır. Bu süre içinde ise günde en az üç kez sulama yapılmalıdır. Beton yüzeyi ıslak çuvallarla sürekli nemli tutulmaya çalışılmalıdır. Suyun buharlaşmasını önlemek için ıslak çuvallar üzerine naylon örtünün serilmesi yararlı olur (Şekil 6.6).
- Sulama için kullanılacak su, şehir suyu değilse, içinde betonarme elemanlar için zararlı olacak sülfat, asit, tuz gibi kimyasal maddeler bulunmamalıdır.



Şekil 6.6 Zemin betonunun yüzeyindeki rutubetin uzaklaşmasını önlemek için ıslak çuval üzerine naylon örtü serilmesi

6.1.2 Plastik Oturma Çatlakları

Yeni yerleştirilmiş betonda, agrega ve çimento gibi ağır malzemelerin dibe doğru çökmesiyle oluşur. Böyle bir duruma daha çok ince malzemesi yetersiz, su/çimento oranı yüksek betonlarda rastlanır. Donatıların yeri sabit olduğu için çatlaklar donatıların hemen üzerinde oluşur. Kritik durumlarda her donatı üzerinde çatlak oluşabilir.

Donatıların yüzeye yakın veya kalın olmaları durumunda plastik oturma çatlakları daha yaygındır. Kalın döşemelerde çatlamlar daha fazladır, çünkü bunlarda beton daha çok çöker.

Plastik oturma çatlağı riskini azaltmak için;

- beton paspayı artırılabilir,
- donatı çapı küçültülebilir,
- beton bileşimi gözden geçirilebilir.

Bu konudaki bazı ayrıntılar Paragraf 4.1.4’de verilmiştir.

6.1.3 Ağ Çatlaklar

Bunlar derin olmayan bir çatlak ağıdır (Şekil 6.7) . Döşeme yüzeyi bir haritaya benzer. Döşeme yüzeyi alttaki betona göre rötre yapması nedeniyle oluşur. Ağ çatlakları genelde yetersiz yüzey düzeltme ve kür sonucu oluşur. Bu çatlaklar, kullanıcı için çoğunlukla sorun yaratmaz, ancak görünüşleri kötüdür. Ağ şeklindeki çatlamları azaltmanın bazı yolları şunlardır:

- yüzeyde terleme suyu varken malalama yapılmamalı,
- daha etkili bir kür yöntemi kullanılmalı,
- en son yüzey düzeltme işleminden hemen sonra kür başlatulmalı.



Şekil 6.7 Uygun olmayan düzeltme ve yetersiz kür nedeniyle oluşan ağ şeklinde çatlaklar

6.1.4 Kuruma Rötresi Çatlakları

Beton kurudukça rötre sonucu oluşur. Eğer, döşemenin serbestçe rötre yapması sınırlandırılmışsa döşeme içinde çekme gerilmeleri oluşur ve bu gerilmeler beton çekme gerilmesini aştığında döşeme çatlar. Kuruma rötresi çatlakları genellikle tüm döşeme boyunca ve döşeme yüksekliğince oluşur. Bunları tamamen önlemenin en etkili yöntemi her beton plağa öngerme uygulanmasıdır, ancak bu yöntem yerinde dökülen döşemeler için pratik değildir. Bu çatlakları tamamen önlemek yerine tasarımcıların çoğu donatı ve derzlerle bunları kontrol etmeyi tercih eder. Çatlakların kontrol edilmesi için başka yollar da vardır.

Betonun kuruma rötresini azaltmak için şunlar yapılabilir:

- daha büyük agrega kullanımı ve agrega içeriğinin artırılması,
- karışım suyunun azaltılması (işlenebilme ve yüzey düzeltmeye olan etkileri dikkate alınmalı),
- çimentonun azaltılması (dayanıma ve yüzey düzeltmeye olan etkileri dikkate alınmalı),
- düşük çökme (düşük slump),
- iyi granülometriye sahip beton agregası.

Zemine oturan plakların serbestçe rötre yapmasını sağlamak için kısıtlamalar azaltılabilir. Bunun için;

- zemin betonu, yapının kolon, duvar gibi sabit elemanlarından ayrılabilir,
- zemin betonunun altına plastik örtüler serilebilir,
- alt temel dikkatli sıkıştırılır.

6.1.5 Sıcaklık Değişimine Bağlı Rötre Çatlakları

Beton soğudukça büzülme yapar. Kuruma rötresi çatlaklarına benzerdir. Beton dayanımının düşük olduğu ilk günlerde oluşurlar. Kuruma rötresine benzer şekilde donatı ve derzlerle kontrol edilebilirler. Bu rötreyi sınırlandırmak için ilk yaşlarında bazı önlemler alınabilir;

- beton gece dökülebilir,
- zemin betonu battaniyelerle örtülerek çabuk soğuması önlenabilir,
- yapı iskeleti tamamlandıktan sonra, zemin betonları iç mekanda dökülebilir.

Genel zemin betonunda rötreye bağlı çatlakların azaltılması için aşağıdaki önlemler alınır:

- Uygun alt zeminin hazırlanması; zeminde uniform taşıyıcılığın sağlanması ve yeterli rutubete sahip alt temel malzemenin olması,
- Düşük rötreye neden olabilecek agregaların kullanılması, agrega boyut ve içeriğinin olabildiğince artırılması ve su içeriğinin en aza indirilmesi,
- Yeterli karışım suyu, yerleştirme güçlüğünden de kaçınma,
- Kalsiyum klorürlü katkı maddelerinin kullanımının önlenmesi,
- Yüzeyden hızlı buharlaşma ile su kaybının önlenmesi, örtülerle betonun korunması, plastik rötreden kaçınma.
- Makul düzeyde derz aralıkları; yaklaşık olarak plak kalınlığının (24-30) katı kadar.

- Kısıtlanmış rötreye karşı kolonların, temellerinin, duvar ve perdelerin çatlamaya karşı izole edilmesi,
- Sıcaklıktaki aşırı değişimler,
- Buhar geciktiricilerin üzerindeki çatlamayı azaltmak için 1.00 m kalınlığındaki hafif rutubetli bir tabaka sıkışabilir ve iri taneli drenaj malzemesi kullanılabilir. Eğer beton doğrudan polietilen bir örtü veya buhar geciktirici üzerine yerleştirilirse, düşük su içerikli bir beton karışımı kullanılabilir.
- Zemin betonu taze halde iken uygun biçimde yerleştirilmeli, sıkıştırılmalı, düzeltilmeli ve kür edilmeli,
- Kuruma rötresini azaltmak için gerektiğinde rötreyi azaltıcı katkı maddesi kullanılmalı,
- Plastik rötre çatlaklarını azaltmak için gerektiğinde polipropilen lifler de kullanılmalıdır.

6.1.6 Yapısal Çatlaklar

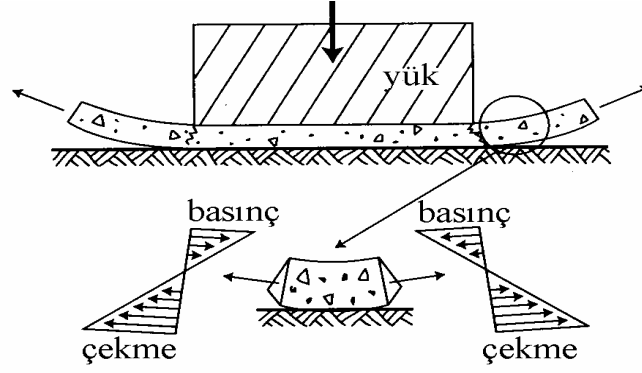
6.1.6.1 Asma döşemelerdeki yapısal çatlaklar

Betonarme bir asma döşemede yapısal çatlak beklenenden geniş olmadıkça sorun yoktur, ancak geniş bir çatlak ciddi bir problemin göstergesi olabilir. Döşeme yapısal olarak yetersiz olabilir veya yükler çok fazla olabilir. Bu durum yetersiz veya yanlış inşaat sonucu da oluşabilir. İzin verilen çatlak genişliği ise tasarım yöntemine göre değişir. Örneğin sonradan germeli bir döşemede kılcal çatlaklar bile önemlidir.

6.1.6.2 Zemine oturan döşemelerde yapısal çatlaklar

Asma döşemelerden farklı olarak, zemine oturan döşemelerin çoğu yapısal donatı içermez ve yük altında çatlamamaları için tasarlanmıştır. Zemine oturan döşemeler çeşitli nedenlerden dolayı çatlayabilir; yükler beklenenden çok daha fazla olabilir veya döşeme tasarımı yetersiz kalır. Bazen döşeme kalınlığı çok azdır ve bazı çatlaklar ise alt zemin göçmesinin işaretidir. Eğer beton yeterli dayanıma ulaşmadan önce yükler döşemeye etkirse çatlaklar oluşabilir. İnşaat sırasında yapısal çatlakların oluşmasını önlemek için izin verilen maksimum yükler belirlenip, beton yeterli dayanıma ulaşmadan önce herhangi bir yükleme yapılmamalıdır.

Şekil 6.8’de görüldüğü gibi, zemin betonuna basınç yükü uygulandığında basınç ve çekme gerilmesi oluşur. Oluşan basınç gerilmesi betonun basınç dayanımından çok daha küçük olmasına karşın, yükleme ile oluşan eğilme-çekme gerilmesi basınç dayanımından daha önemlidir. Çoğu zemin plağı eğilme-çekme dayanımını kaybederek göçer [2].



Şekil 6.8 Zemin beton plağına uygulanan yük kritik olan eğilme-çekme gerilmelerini oluşturur.

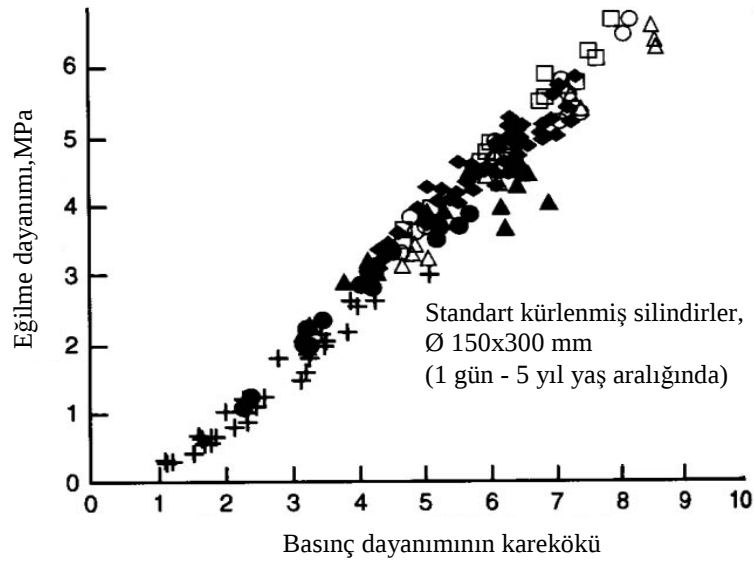
Betonun eğilme dayanımı ile basınç dayanımı arasında Şekil 6.8’ deki deney verilerine de uygun olan aşağıdaki bağıntı vardır.

$$f_{eg} = k \sqrt{f'_c}$$

burada f_{eg} = eğilme-çekme dayanımı (MPa),

k = bir katsayı (yuvarlak iri agregalar için 0,7, kırılmış iri agregalar için 0,8)

f'_c = beton basınç dayanımı (MPa)



Şekil 6.9 Beton basınç dayanımının karekökü ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki

Betonun basınç dayanımı ile eğilme dayanımı arasındaki yaklaşık ilişki Tablo 6.1’ deki gibi gösterilebilir [2].