

TAZE BETON ÇATLAKLARI

Hulusi ÜZKUL

Dr.

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul, Türkiye

Mehmet UYAN

Prof.Dr.

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul, Türkiye

ÖZET

Çalışmada taze betonda çatlak oluşumunun nedenleri incelendikten sonra bu çatlakların oluşmasına karşı alınabilecek önlemler belirtilmiştir. Taze beton çatlakları plastik rötre çatlakları ile farklı oturma çatlakları olarak iki grupta toplanmıştır. Plastik rötre çatlakları oluşmasına karşı önlemler, beton sıcaklığının düşürülmesi ile beton bileşenleri, betonun yerleştirilmesi, betonun kuru yönünden alınacak önlemler olmaktadır. Üte yandan, farklı oturma çatlaklarına karşı önlemler daha ziyade beton bileşimi yönünden incelenmiştir. Sonuçta, terlemeyi azaltacak önlemlerin plastik rötre riskini artırabileceği belirtilerek, konunun bir optimum çözüm problemi olarak düşünülmesi gerektiği vurgulanmıştır.

1. GİRİŞ

Beton kalıplarına yerleştirildikten sonraki 0,5-4 saatleri arasında, yani beton henüz plastik halde iken, özellikle geniş döşeme ve benzeri yüzeylerde çatlaklar oluşabildiği bilinmektedir. Bu çatlakların derinlikleri 10 cm' yi bulabilir. Uzunlukları bir kaç cm ile 1-2 m arasındadır. Çatlak genişlikleri 0,10 mm ile 3 mm arasında değişebilir [1]. Çatlaklar sonucu betonun durabilitesi bozulabilir, korozyona açık, geçirgen bir durum alırlar.

Bu çalışmada taze betonda çatlak oluşumu ile ilgili bilgiler verilmiş, daha sonra bu çatlakların oluşmasına karşı alınabilecek önlemler incelenmiştir.

2. TAZE BETONDA ÇATLAK OLUŞUMU

Taze beton çatlaklarının oluşması iki ayrı nedene bağlanabilir :

2.1. Plastik Rötire Çatlakları

Bu çatlaklar beton yüzeyindeki suyun buharlaşma hızının beton içindeki suyun yüzeye yükselme (terleme) hızından daha büyük olması durumunda görülür [2]. Yüzeye yakın beton buharlaşma ile su kaybederek büzülür, alttaki beton bu büzülmeye uymadığı için üstteki beton tabakasında çekme gerilmeleri oluşur ve betonun çatlamasına yol açar. Özellikle sıcak hava koşulları ile birleştiğinde önem kazanırlar. Aynı çatlaklar, yeni dökülen betonun altındaki eski betonun veya diğer malzemelerin (ytong, yağlanmış ahşap kalıp, asmolen döşeme gibi) beton suyunu emmesi sonucu da oluşabilir.

2.2. Farklı Oturma Çatlakları

Taze betonda iri agregataneleri dibe çökerken flokülleşen çimento su kusar. Bu su yüzeyde birikir. Bu sırada iri agregat ve donatı altlarında hava cepleri meydana gelerek zayıf bölgeler oluşur [11]. Üte yandan iri agregat veya donatı engellemeleri nedeniyle betonda farklı oturmalar ortaya çıkar. Bu engeller üzerindeki beton çatlar. Genellikle beton yüzeyindeki çatlaklar yüzeye yakın donatıların bulundukları çizgiler boyunca uzanırlar.

Her iki tip çatlak oluşmasında da yüzeyde biriken terleme suyunun buharlaşması önemlidir. İkinci tip çatlak oluşumunda eğer terleyen su uzaklaşmazsa (çatlak genişliklerinin küçük olması koşuluyla) bu çatlakların bir süre sonra kapandığı bilinmektedir [1].

Beton yüzeyindeki suyun buharlaşması :

Beton yüzeyinde terleme yolu ile biriken suyun buharlaşma hızı,

- . Yüksek beton sıcaklığına
- . Düşük nem oranına
- . Yüksek rüzgar hızına
- . Ortam sıcaklığına

bağlıdır.

Örneğin rüzgar hızı 0'dan 40 km/h' e yükselirse buharlaşma miktarı 9 kat, bağıl nem %90' dan %10' a düşerse buharlaşma miktarı 8 kat, hava sıcaklığı 10°C den 38°C' ye yükselirse buharlaşma miktarı 7 kat artmaktadır [1].

Taze beton yüzeyinden ($1m^2$), birim saatte (1 saat) buharlaşan su miktarını (kg), beton ve ortam sıcaklığı, ortamın bağıl nem oranı ile rüzgar hızına bağlayan diyagram Şekil 1' de verilmiştir [3].

Bu diyagram incelendiğinde, beton sıcaklığının 15,6°C, hava sıcaklığının 18,3°C, bağıl nem oranının %45 ve rüzgar hızının 32,2 km/h olduğu bir betonda buharlaşma hızı 0,40 kg/m²/h dir. Eğer beton sıcaklığı 5,6°C artarsa buharlaşma %100' e yakın artmaktadır. Öte yandan rüzgar hızı 3 km/h' e düşerse buharlaşma çok azalmaktadır. Burada ilginç bir nokta hava sıcaklığının 11°C düşerek 7,3°C' ye inmesi durumunda buharlaşmanın %50 artış göstermesidir. Yani kuru, rüzgarlı bir havada beton iç sıcaklığı yüksekken dış ortam sıcaklığı düşükse daha da sakıncalı bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu durum beton sıcaklığı ile hava sıcaklığının farklı olmasından ve bu nedenle buhar basınçlarının da farklılığından ileri gelmektedir [4].

Beton yüzeyinden buharlaşan su miktarı 0,5 kg/m²/h değerini aşınca plastik rötre çatlaklarının oluşma olasılığı var demektir ve önlem alınmalıdır [5].

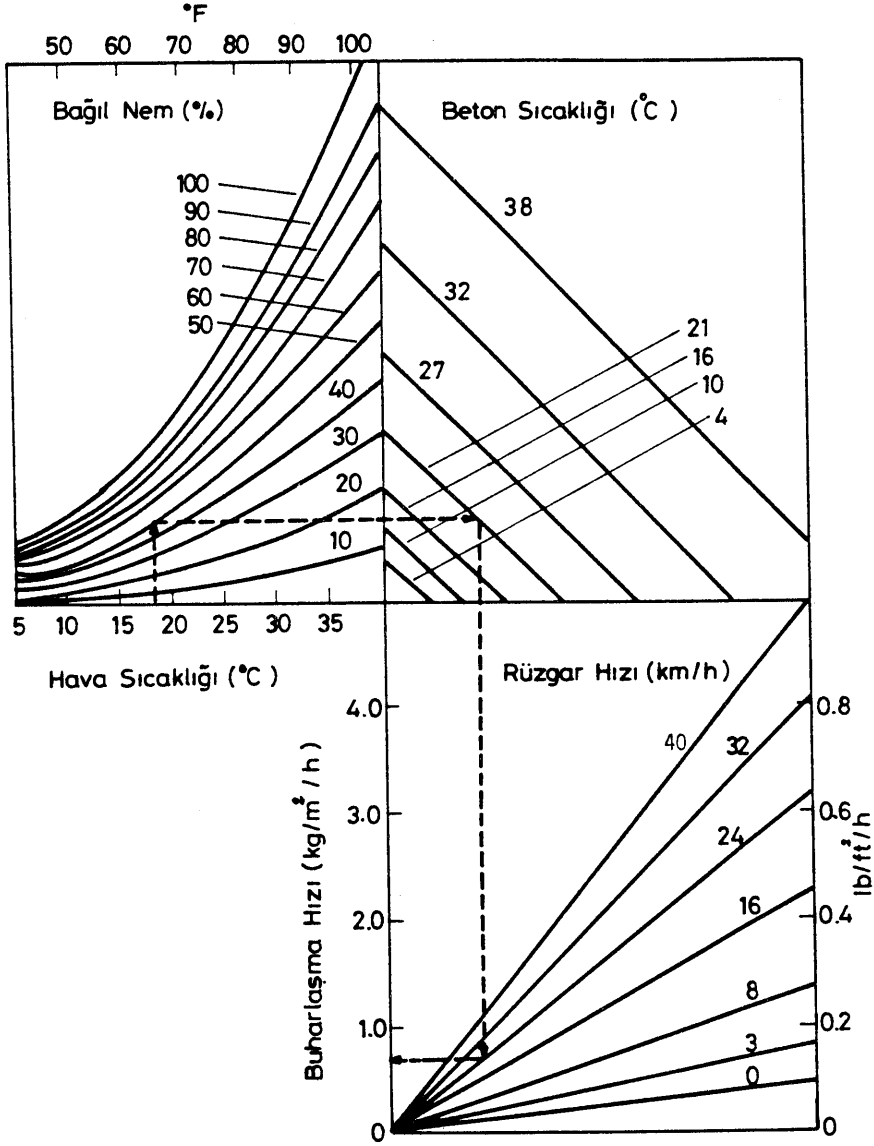
3. TAZE BETON ÇATLAKLARI OLUŞMASINA KARŞI ÖNLEMLER

3.1. Plastik Rötre Çatlakları Oluşmasına Karşı Önlemler

3.1.1. Beton Sıcaklığının Düşürülmesi

Beton bileşenlerine bağlı olarak beton sıcaklığı şu formülden hesaplanabilir :

$$T = \frac{0,22(T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_a}{0,22(W_a + W_c) + W_w + W_a} \quad (1)$$



Şekil-1. Beton ile hava sıcaklığının, bağıl nem oranı ve rüzgar hızının beton yüzeylerinden buharlaşan su miktarına etkisi (3).

Burada,

- T : Beton sıcaklığı
 T_a : Agregaların sıcaklığı
 T_c : Çimento sıcaklığı
 T_w : Su sıcaklığı
 W_a : 1 m^3 betondaki agrega miktarı
 W_c : 1 m^3 betondaki çimento miktarı
 W_w : 1 m^3 betondaki su miktarı
 W_{wa} : 1 m^3 betonda agregalar tarafından emilmiş olan su miktarını

göstermektedir.

Betonu oluşturan katı malzemelerin ısınma ısıları yaklaşık olarak (0,22) dir. Suyun ısınma ısısı ise 1' dir. (Agrega ve çimentonun 4,5 katı). Bu durumda betonda katı maddeler büyük yer kaplamakla birlikte suyun sıcaklığını düşürerek beton sıcaklığını azaltmak daha kolay bir yoldur.

Su ya soğutulur ya da bir bölümü buz ile değiştirilerek sıcaklığı düşürülebilir. Buz kullanılması durumunda (1) formülü aşağıdaki şekli alır :

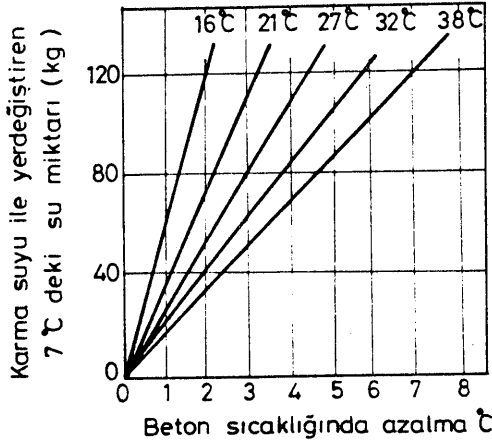
$$T = \frac{0,22(T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_{wa} - 80 \cdot W_b}{0,22(W_a + W_c) + W_w + W_{wa} + W_b} \quad (2)$$

Burada,

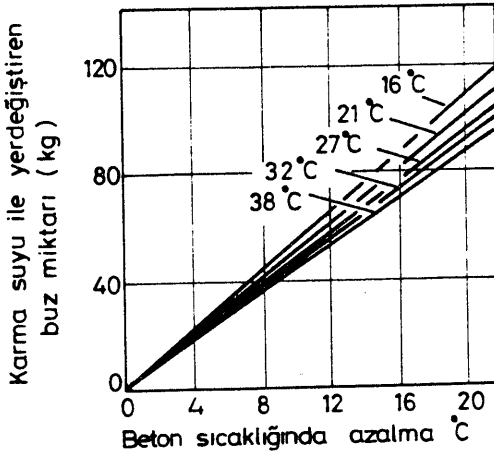
W_b : 1 m^3 betona katılan buz miktarıdır.

Sekil 2' de (3) beton karma suyunun belirli miktarlarının 7°C sıcaklıktaki su ile değiştirilmesi durumunda beton sıcaklığındaki azalma miktarları verilmiştir. Örneğin sıcaklığı 38°C olan betonun karma suyunun 100 kg' lık bölümü (1 m^3 beton için), sıcaklığı 7°C olan soğuk su ile yer değiştirildiğinde beton sıcaklığı 6°C azalarak 32°C' ye inmektedir. Asıl etkili olan yol, suyun bir bölümünün buz ile değiştirilmesidir. Örneğin betonun 60 kg karma suyu yerine buz katmakla ilk sıcaklığı 38°C olan betonun sıcaklığında 14°C azaltma yapma olanağı vardır. (Beton sıcaklığı 24°C' ye düşer)(Sekil 3).

Su tanklarını beyaz renge boyamak, yeraltına gömmek ve boruları izole etmek gibi önlemler de unutulmamalıdır.



Şekil-2. Soğutulmuş su (7°C) katmanının beton sıcaklığına etkisi.



Şekil-3. Beton karma suyunun bir kısmının buz ile yer değıştirmesinin beton sıcaklığına etkisi.

Öte yandan agrega tanelerinin soğutulması da su kadar etkili olmamakla birlikte uygulanan yollardan birisidir. Agregada depoları bir örtü altına alınarak doğrudan güneş ışınlarından korunurlar. Ayrıca agregalar zaman-zaman sulanarak, bu suyun buharlaşması ile birlikte ısı kaybı nedeniyle sıcaklıklarının düşmesi sağlanabilir.

Çimento siloları beyaz renge boyanarak, strapor köpüğü veya cam yünü ve alüminyum folya ile kaplanarak aşırı ısınması önlenmelidir.

Kural olarak beton sıcaklığını 32°C 'nin üzerine çıkarmamak gerekir.

3.1.2. Beton Bileşenlerinin Etkisi

Betonda ince taneler ve çimento artarsa plastik rötre artacaktır, çünkü suyun menisk çapları küçülecek çekme gerilmeleri büyüyecektir. Buna göre çimento dozajının minimum miktarda tutulmasında yarar vardır [6,7]. Aynı zamanda hidratasyon nedeniyle betonun sıcaklığının yükselmesi de azaltılmış olur. Öte yandan beton suyunun az tutulması halinde hem buharlaşmanın karşılanamaması nedeniyle, hem de kılcal çekme kuvvetlerinin daha büyümesi nedeniyle plastik rötre çatlakları artacaktır [12].

Literatürde [8] yalancı priz olayının çatlamalara neden olduğu belirtilmiş, çimentodaki SO_3 miktarının %2 değerinden %2,5'a yükselmesi sonucu çatlama olayının önlediği kaydedilmiştir.

Yüksek dozda kullanılan süper plastifiyanın da çatlakları artırdığı ileri sürülmüştür [7]. Ayrıca geciktirici (retarder) beton katkılarının betonun erken yaşlarda dayanım kazanmasını önlediklerinden ötürü çatlak oluşumunu artırdığı bilinmektedir. Öte yandan hava sürükleyici katkı kullanımının çatlakların oluşmasını önlediği görülmüştür [9].

Retempering denilen betona yeniden su verme işleminin de plastik rötre eğilimini artırdığı bilinmektedir.

3.1.3. Betonun Yerleştirilmesi ile İlgili Önlemler

Beton dökülmeden hemen önce döküm yerinin zemini ve kalıplar ıslatılmalıdır. Islatma suyu buharlaşır buharlaşmaz döküme geçilir. Böylece hem kalıpların buharlaşma nedeniyle soğuması sağlanır, hem de beton suyunun

emilmesi önlenmiş olur.

Beton yerleştirildikten sonra master çekilip bırakılır. Daha sonraki tahta mala ile düzeltme işlemi mümkün olduğu kadar ertelenir. Bu işlem, bir adam beton üzerine çıktığında, betonda 1-2 mm derinlikte iz bırakma durumuna gelinceye kadar geciktirilir. Bu arada beton yüzeyindeki su buharlaşmıştır. Beton çatlamışsa tahta mala ile iki yandan sıkıştırılarak kapatılır. Daha sonra demir mala düzeltmesi yapılır [10].

3.1.4. Betona Kür Uygulaması

Çatlama olayı yüzeydeki buharlaşmanın hızlı olmasından kaynaklandığına göre, yüzeydeki nem oranını yüksek tutmak gerekir. Bunu sağlamak için 2 yol izlenebilir :

a- Betonun koruyarak nemini içinde tutmaya çalışmak olarak tanımlanabilen bu yöntemde beton nem geçirmeyen örtülerle örtülür. Bunlar şeffaf (polietilen) veya beyaz renkli (güneş ışınlarını yansıtır) plastik malzemeler olabilir. Beton yerleştirildikten sonra örtülür. Yüzeyin mala ile düzeltmeleri sırasında örtü bir uçtan kaldırılarak düzeltme yapılır, sonra düzeltilen yerler tekrar örtülür.

Plastik örtüler dışında yüzeye "curing compound" denilen organik esaslı bileşimler sürerek de buharlaşma azaltılabilir. Bunun için beton yüzeyindeki su buharlaşıp parlaklık sona erdiği ana kadar beklemeli, sonra bileşim uygulanmalıdır.

b- İkinci yöntem yüzeye çok ince su taneleri püskürterek (fog spraying) ya da suya doymuş maddeler ile (kum, talaş, çuval vb.) kaplayarak nemli tutmaya çalışmaktır. Su püskürtme işlemi su tanelerinin çok ince, sis tenesi büyüklüğünde olmasına özen gösterilmelidir. Kür uygulamaya hemen ilk düzeltme sonrasında başlamak gerekir.

3.1.5. Diğer Önlemler

Buharlaşma beton sıcaklığına ve rüzgar hızına da bağlı olduğuna göre beton yüzeyini doğrudan güneş ışınlarından korumak ve rüzgara karşı rüzgar kırıcı engeller oluşturmak yararlıdır. Güneş ışınlarından korunmak

için beyaz ya da seffaf örtü kullanmak yeterlidir. Rüzgarı kesmek için yan parabet duvarları çıktıktan sonra döşeme betonu dökümüne gidilebilir.

3.2. Farklı Oturma Çatlaklarına Karşı Önlemler

Betonun su kusmasının (terleme) önlenmesi ve böylelikle suyun beton içinde tutulmasının sağlanabilmesi için daha zengin (çimentosu fazla) karışımlar kullanılır. Böylece kohezyonu fazla (ayrışmayan) bir beton elde edilir. Çimento inceliğinin de terlemeyi azalttığı bilinmektedir. Ayrıca puzolan ve alüminyum tozu su tutucu ve kohezyonu artırıcı özellikleri nedeniyle terlemeyi azaltıcı etkiye sahiptirler. Çimentodaki alkan ve C_3A miktarı arttıkça terlemenin azaldığı belirtilmektedir [6]. Öte yandan hava sürüklemeye kılcal boşlukların sürekliliklerini bozması nedeniyle betonun terlemesini azaltır. Betonun bir an önce sertleşmesi de oturmaları önleyeceği için terlemeyi azaltıcı etki yapar. Agregası karışım granülometrisinin uygun ve sürekli olması gerekir. Çok ince taneli kumun fazla miktarda kullanılması terlemeyi artırmaktadır.

Beton döküldükten sonraki yüzey düzeltme işlemlerini bir süre ertelemek ve terleyen su tümüyle buharlaştıktan sonra tahta mala düzeltmesi işlemine geçmek önerilebilir. Ayrıca yüzeyde çok fazla işlem yapmamak gereklidir.

Öte yandan yüzeye yakın çok sayıda donatı konmaması, donatı üzerlerindeki paspayının kalın tutulması diğer önlemler olarak belirtilebilir.

Terlemeyi azaltacak önlemlerin plastik rötre riskini artırabileceği unutulmamalıdır.

4. SONUÇ

Taze betonda plastik rötre ve terleme sonucu oluşan oturma çatlakları, yüzeyde biriken suyun buharlaşması sonucu ortaya çıktığına göre, bunların önlenmesinde buharlaşmanın önüne geçmek birinci derecede önem kazanmaktadır.

Beton bileşenleri ile ilgili olarak alınabilecek önlemler, plastik rötre çatlakları ile terlemenin neden olduğu çatlaklar için birbiriyle çelişkili görülmektedir. Söyle ki, terlemenin neden olduğu farklı oturma çatlaklarını önlemek için suyu beton içinde tutarak terlemeyi önlemeye çalışmak gerekir. Oysa plastik rötre çatlakları, terlemenin buharlaşmadan az olması durumunda ortaya çıkmaktadır. Ayrıca terlemeyi önlemek amacıyla dozajı artırmak, ince malzeme miktarını artırmak gibi önlemler çekme gerilmelerini büyütme nedeniyle plastik rötre riskini daha da fazlalaştırmaktadır. Özetle, konu bir optimum çözüm problemi olarak düşünülmelidir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Ravina, D. and Shalon, R., "Plastic Shrinkage Cracking" ACI Journal, Proceedings V. 65, No.4, 282-291, 1968
- [2] Lerch, W., "Plastic Shrinkage", ACI Journal, Proceedings V.53, No.8, 797-802, 1957.
- [3] ACI Committee 305, "Hot Weather Concreting", ACI Journal, Proceedings V.74, No.8, 333-360 (1977).
- [4] Gebler, S., "Predict Evaporation Rate and Reduce Plastic Shrinkage Cracks" Concrete International, Design and Construction, V.5, No.4, 19-22, 1983.
- [5] Neville, A.M. and Brooks, J.J., "Concrete Technology", Longman, 1987.
- [6] Neville, A.M., "Properties of Concrete", Longman, 1981.
- [7] Novokshcenov, V., "Cracking in Hot Climates", Concrete International, Design and Construction, V.8, No.8, 27-33, 1986.
- [8] Tuthill, L.H., "Discussion of a Paper by W.Lerchi Plastic Shrinkage", ACI Journal, Proceedings V.53, Dec., 1344-1345, 1957.

- [9] Jaegermann, C.H., Ravina, D., "Effect of Some Admixtures on Early Shrinkage and Other Properties of Prolonged-Mixed Concrete Subjected to High Evaporation", RILEM, Int. Symp. on Admixtures for Mortar and Concrete, Topic IV, 319-352, 1967.
- [10] "ACI Manual of Concrete Inspection", ACI Publication SP-2, 1984.
- [11] Akman, S., "Beton Yapılarda Çatlaklar", D.S.İ.-Beton Semineri, DSİ Basım ve Foto-Film İşletme MÜD. Matbaası, Ankara, 1984.
- [12] Akman, S., "Hava Alanı Betonlarının Üretim ve Denetim Sorunları", Malzeme Seminerleri, İ.T.Ü. İnşaat Fak. Matbaası, 1984.