

ETON KAPLAMALI SULAMA KANALLARINDA DONMA-ÇÖZÜLME ETKİSİNDEN DOLAYI OLUŞAN BOZULMALAR

İbrahim ÖRÜNG⁽¹⁾

ÖZET : Yapılarda kullanılan betonun uzun süre dayanması ve daha az bakım istemesi arzu edilen bir durumdur. Bunun için de betonun, özellikle su ile sürekli veya kısmen etkileşimde olduğu tesislerde (sulama ve su yapıları) dış etkenlere karşı dayanıklı olması istenir.

Beton boşluklarına giren suyun donması durumunda ortaya çıkan hidrostatik basınç sonucu hacim genişlemesi sözkonusudur. Bu basınç eğer sertleşmiş çimento hamuru veya agreganın çekme dayanımından fazla olursa, boşluklarda genişleme ve kırılma olabilmektedir. Ard arda oluşan donma-çözülme tekrarlarının toplam etkisi ve çimento hamuru ile agreganın birbirinden ayrılması, sonuçta önemli genleşmeye ve betonun bozulmasına neden olabilmektedir. Bu bozulma betonda çatlama, parçalanma, dökülme ve ufalanma şeklinde kendini gösterebilir.

Büyük yatırımların yapıldığı beton kaplamalı sulama kanallarından özellikle soğuk bölgelerde beklenen yararın sağlanması için donma-çözülme dayanıklılığı bakımından uygun özelliklerde yapılması gerekir. Bunun için kaplama betonunda; uygun nitelikte agrega kullanımı, su-çimento oranının düşük tutulması, çimento içeriğinin belirli bir değerden az olmaması, hava sürükleyici katkı maddesi kullanımı, kaplama kalınlığının fazla seçilmesi ile birlikte uygun karıştırma, yerleştirme, koruma ve bakım koşullarının yerine getirilmesi gerekir. Ayrıca kaplama altı zeminin donmasına bağlı olarak oluşacak bozulmaların önlenmesi amacıyla, zemin koşullarının iyileştirilmesi sağlanmalıdır.

GİRİŞ

Beton yapılarda dış etkenler nedeniyle ortaya çıkan bozulmalar ekonomik ve teknik yönden önemli sorunlar yaratmaktadır. Betonun özelliklerine bağlı olarak kullanım alanları gelişmiş, bu nedenle de betonda dayanım özelliği kadar dayanıklılık özelliği de önem kazanmıştır.*

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Erzurum.

* Dayanım: Kuvvet etkisine karşı gösterilen direnç

Betonun kullanıldığı ortamlar, karşılaştığı fiziksel ve kimyasal etkiler gözönüne alındığında, betonun dayanıklılık özelliği sonucu ortaya çıkan kullanım ömrü de önem kazanmaktadır. Betonun çevresinin etkisinde; ilk şeklini, niteliklerini ve hizmet görme yeteneğini uzun süre kaybetmeden sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanan kullanım ömrü, betonun özellikleriyle birlikte, etkisinde kaldığı koşullara bağlı olarak değişebilmektedir.

Betonun bozulmasına yol açan fiziksel ve kimyasal etkenlerin betona etkisi, ya üretim süreçlerinde oluşan aksaklıklar sonucu başlangıçta, ya da dış fiziksel etkenler ile sonradan görülmektedir.

Betonun çeşitli uygulama alanları içinde sulama kanallarında kaplama malzemesi olarak kullanımı ile sızıntıların önlenmesi, pürüzlülüğün azaltılarak şev erozyonunun olmaması ve kanalların bakımının kolaylaştırılması sağlanabilmektedir. Çeşitli yararlarından dolayı sulama kanallarında en çok kullanılan kaplama tipi beton kaplamadır. Sağlam ve pürüzsüz yüzey vermesi, uzun ömürlü olması ve az bakım istemesi yönünden tercih edilir. İlk yatırım masrafı fazla olmakla birlikte, sağladığı yararlar bakımından ekonomik bir kaplama olmaktadır.

Büyük yatırımların yapıldığı sulama şebekelerinden beklenen yararın sağlanabilmesi, bunların uygun bir şekilde yapılıp, kullanılması sonucunda ve sudan en iyi şekilde yararlanılmasıyla gerçekleşebilecektir.

Beton kaplamalı sulama kanallarının kullanım ömrü çeşitli koşullara bağlı olarak değerlendirilebilir. Bunlar arasında en önemlisi çevresel koşullar olarak gözönünde bulundurulur. Sıcak bölgelerde nem ve sıcaklık değişimleri kaplama betonunun bozulmasına neden olan başlıca etken olduğu gibi, soğuk bölgelerde donma-çözülme olayı en önemli zararlı etken olmaktadır.

Özellikle soğuk iklim koşullarında su etkisine açık olan sulama kanallarında, kaplama betonunun donma-çözülme dayanıklılığının iyi olması gerekir. Beton boşluklarına giren suyun donarak hacmini genişletmesi ve eriyerek yeniden aynı işlemlerin tekrarlanması sonucu betonda önemli bozulmalar oluşabilmektedir. Bunlar çatlama, yüzeyden dökülmeler ve kınılma, dağılma gibi değişik olarak ortaya çıkabilir. Böylece büyük yatırımların yapıldığı tesis kısa sürede amacından uzaklaşmakta ve beklenen yararlar elde edilememektedir. Bu nedenle özellikle soğuk bölgelerde yapılacak sulama şebekelerinde kullanılacak kaplama betonunun su geçirgenliği az, donma-çözülme dayanıklılığı fazla olacak şekilde üretilmesi gerekmektedir.

BETON ÜZERİNE DONMA-ÇÖZÜLMENİN ETKİSİ

Dış koşullara açık olarak kullanılan betonda en önemli bozulma etkenlerinden birisi tekrarlanan donma-çözülme olayına bağlı olmaktadır. Donma-çözülmeden dolayı oluşan bozulmalarda dış etkenlerin yanında betonun özellikleri de etkilidir. En önemli dış koşullar olarak; hava sıcaklığı, soğuma hızı ve ortamdaki su veya nem içeriği sayılabilir.

Donma-çözülme olayında en düşük sıcaklık derecesinin etkisi büyük olmakla birlikte bu sıcaklıkta kalma süresinin olumsuz etkisi önemli olmamaktadır. Hava sıcaklığının aniden donma sıcaklığına düşmesi betonun donma dayanıklılığını olumsuz etkiler. Bu olumsuz etki sıcaklık değişimlerine bağlı olarak belirli zamanda tekrarlanan donma-çözülme sayısına da önemli ölçüde bağlıdır. Belirli mevsimlerde günlük sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu, özellikle gece ve gündüz sıcaklık farkının önemli olduğu alanlarda donma-çözülme tekrarı sayısı da artmaktadır. Soğuk iklim bölgelerinde yıllık donma-çözülme tekrarı sayısı 50-400 arasında değişebilir.

Bir çok malzemede olduğu gibi betonda da meydana gelen bozulmaların ana sebeplerinden birisi su veya nem ile ilgilidir. Eğer malzeme kuru ise, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar gerçekleşmeyeceği gibi, donma zararı oluşmayarak nem değişiminden kaynaklanan genişleme ve büzülme ortaya çıkmaz. Tekrarlanan donma-çözülme olaylarına bağlı olarak, betondaki boşluklara giren suyun donması sonucunda buz tarafından geliştirilen aşırı iç basınç nedeniyle ufalanma, dökülme ve çatlama oluşabilmektedir.

Betondaki donma-çözülme olayı sertleşmiş çimento hamurunun mikro yapısı ve sertleşmiş çimento hamurunun ve agreganın gözeneklilik özelliğiyle büyük ölçüde ilgili bulunmaktadır. İçerisine su alan malzemenin düşük sıcaklıklarda oluşan fiziksel olaylar sonucu, bütünlüğün bozulması, dolayısıyla malzemenin zarar görmesi sözkonusudur. Bu zarar, boşluklardaki suyun doygunluk derecesinin artmasıyla daha da fazla olmaktadır.

Betonun fazla su emme ve fazla iletkenlik özelliği, yüksek boşluklu yapının sonucudur. Don olayından betonun zarar görmesinde, beton içerisindeki özellikle orta büyüklükteki boşluklar önemli olmak üzere boşluk yapısı da etkili bulunmaktadır. Bununla beraber, hava sürükleyici katkı maddelerinin kullanımıyla betona % 2-6 oranında hava katılması, donma-çözülmenin ayrıştırıcı etkilerine karşı betonun dayanımını artırır. Beton içinde çok küçük birbiriyle bağlantısız kürecikler şeklinde dağılan hava, betonun parçalanmasına neden olan kuvvetlerin dağılıp yayılabileceği boşlukları oluşturur. Aynı zamanda bu küçük boşluklar içerisindeki hava beton içerisine suyun girmesini de önemli ölçüde engelleyebilir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, genelde betonun bozulmasının nedeni sertleşmiş çimento hamurunun özelliğine bağlı olarak ortaya çıkan bozulmadan dolayıdır. Buna göre sertleşmiş çimento hamurunun dayanıklılığı betonun dayanıklılığı olarak kendini gösterir. Betonun veya sertleşmiş çimento hamurunun özelliğine bağlı olarak betonun donma-çözülmeye karşı dayanıklılığını azaltan koşullar değişik olabilir. Bunlar uygun olmayan karışım, yüksek su-çimento oranı, yeteri derecede sıkıştırmama, yetersiz bakım ve koruma koşulları (kür koşulları) gibi etkenlerdir.

Uygun olmayan koruma ve bakım koşullarında tutulan taze beton, sertleştikten sonra çok zayıf bir yapıya ve özellikle yüzeye yakın kısmın, hidrasyonun yetersizliğinden dolayı boşluklu olmasına neden olur. Buna bağlı olarak betonda geçirgenlik, porozite ve su emme artar. Dolayısıyla donma-çözülme yönünden betonun dayanıklılığı önemli ölçüde azalır.

KANAL KAPLAMA BETONUNDA DONMA-ÇÖZÜLME DAYANIKLILIĞI BAKIMINDAN ARANAN ÖZELLİKLER

Beton kaplamalar, maliyeti yüksek olmasına karşın, sulama kanallarından beklenen yararın sağlanmasında en uygun kaplama tipidir. Uygun olarak planlanıp, inşa edilip, bakımları yapıldığı takdirde ortalama kullanım ömürleri 40 yılın üzerinde olmaktadır. Bir sulama kanalının toplam yapı maliyeti içerisinde kaplamanın payı oldukça fazla yer alır.

Beton kaplamalı sulama kanalları kaplama malzemesi olarak kullanılan diğer malzemelerin çoğundan, aşınmaya karşı direnci daha fazladır. Bundan dolayı su akış hızının fazla olduğu iletim hatlarında tercih edilir. Sulama kanallarında kullanılan kaplama betonu, genelde alkali sulardan ve ard arda oluşan donma-çözülme olayından zarar görebilir.

Beton kaplamalı sulama kanallarındaki bozulmalara çeşitli etkenler yanında, kaplama altında oluşan aşırı hidrostatik basınç, kaplama altındaki zeminin donmasıyla oluşan kaldırma yükü, donma-çözülme etkisiyle ortaya çıkan yüzey bozulmaları, beton niteliğinin iyi olmaması, hatalı planlama ve yapım yöntemleri gibi etkenlerin biri veya bir kısmının birlikte etkili olması sayılabilir.

Soğuk iklim bölgelerinde, kaplama betonuna en büyük olumsuz etki kanal altı zemininin donması sonucunda oluşan kabarma ve donma-çözülmeden dolayı kaplama betonunun yüzeyinde beliren ufalanma, dökülme, çatlama ve kırılmadan dolayıdır.

Kaplama Altı Zemin Donmasına Bağlı Bozulmalar

Donma sıcaklığının gerçekleştiği bölgelerde özellikle kaplama altındaki zeminin suya doygunluğuna bağlı olarak donma sonucu hacim artışından dolayı yükselmeye birlikte kaplama büyük zarar görmektedir. Bu durum kanal alt kısmının yeraltı suyu tablasıyla etkilenmesi sonucu daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Soğuk iklime sahip bölgelerde, kanal tabanının yaklaşık 1 m su tablasının üstünde olmasıyla, donma-çözülme sonucunda görülen kabarmaya bağlı olarak beton kaplamada oluşacak stabilite bozulması, kırılma ve çatlama önlenemez. Özellikle sık sık donma-çözülme etkisinde kalan alanlarda kanal kaplamasının altındaki genelde siltli topraklar olmak üzere donduyarlı zeminde oluşan don ile de kaplama bozulabilir.

Don olayının gerçekleştiği bölgelerde, kanal çevresinde iyi bir drenaj planlanmasıyla kış mevsiminde kaplama altındaki zemin donmasından dolayı oluşacak aşırı dış basıncın etkisi ortadan kaldırılabilir. Bunun için sulama kanallarının altına serbest drenajı sağlayacak, özellikle çakıl filtrenin döşenmesi uygun olabilir.

Donma-Çözülme Bakımından Kaplama Betonu Özellikleri

Özellikle soğuk iklim bölgelerinde yapılacak beton kaplamalı sulama kanallarında kullanılacak beton donma-çözülme dayanıklılığı bakımından bazı özelliklere sahip olmalıdır. Bunun için uygun karışım, üstün nitelik, belirli kalınlık ve dökümden sonra yeterince bakım ve koruma koşulları sağlanmalıdır.

Kaplama betonu yapısal beton olmadığından, onun dayanımı genelde önemli bir etken değildir. Genel bir kural olarak, eğer beton ıslanma-kuruma ve donma-çözülme karşı yeterince dayanıklı ise bazı ekstrem koşullar dışında yeterince sağlam olduğu kabul edilir.

Beton karışımları ve beton niteliği:Kanal kaplamalarında kullanılan beton karışımı, işlenebilir ve yerleştirme için yeterince plastik, eğimli kenar yüzeylerinde yerleştirilmesinin ve sıkıştırılmasının kolay olması bakımından ise yeterince kuru kıvamda olması gerekir. Kaplama için hazırlanan betonun işlenebilirliği ve akışkanlığı çok iyi kontrol edilmelidir. Sıcaklık değişiminin fazla olduğu ve sık sık donma-çözülmenin olduğu yerlerde maksimum su-çimento oranı 0.50'den fazla olmamalıdır. Özellikle don olayının meydana geldiği alanlarda kaplama betonunda karışıma hava sürükleyici katkı maddelerinin katılması donma-çözülme dayanıklılığı bakımından önemlidir. Hava katkı maddesi katılmasıyla betonun işlenmesi ve yerleştirilmesi de kolaylaşır.

Karışımda kullanılan agreganın temiz, sert ve dayanıklı olması gerekir. Maksimum agreganın boyutu kaplama kalınlığının yarısından daha büyük olmamalıdır. Ayrıca kaplama betonunda kullanılacak agreganın beton agregaları için öngörülen ilgili standartlardaki özellikleri taşıması gerekir. Hafif agreganın kullanımıyla betonun donma-çözülme dayanıklılığı artırılabilir. Donma-çözülme dayanıklılığının artırılması amacıyla yüksek dayanımlı çimento kullanımı da büyük yarar sağlar.

Kaplama betonunda beton karışım oranları olarak Tablo 1'de verilen değerler seçilebilir.

Tablo 1. Kaplama Betonunun İçin Uygun Karışım Oranları

Maksimum agreganın çapı (cm)	Uygun çimento içeriği (kg/m ³)	1 m ³ beton için agreganın miktarı (kg)		
		Kum		Çakıl
		Hava katkılı beton	Hava katkısız beton	
1.5	385	850	890	930
2.5	365	790	825	1010
5	330	710	750	1200

Kullanıldığı yerin iklimi de dikkate alınarak, kaplama betonunda olması gereken bazı özellikler ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kaplama Betonunun Özellikleri

Beton Sınıfı	28 günlük basınç dayanımı (kgf/cm ²)	Maksimum agreganın çapı (cm)	Çimento içeriği (kg/m ³)
Normal Beton			
Ilıman iklim	210	20	325
Soğuk iklim	245	20	355
Hava Katkılı Beton			
Ilıman veya don olayının çok az olduğu yerler	210	20	340
Şiddetli don olayının görülebildiği yerler	210	20	385

Kaplama kalınlığı: Beton kaplamanın kalınlığı değişik değerlerde seçilebilir. Don olayının olmadığı yerlerde küçük kapasiteli kanallar için kalınlık 4 cm olabilir. Ilıman iklime sahip bölgelerde kaplama kalınlığı küçük kapasiteli kanallar için 5-8 cm, orta ve büyük kapasiteli kanallarda ise 8-10 cm seçilebilir. Soğuk iklim bölgelerinde donma-çözülmenin betona vereceği zararlı etki gözönünde bulundurularak kaplama kalınlığının daha fazla tutulması gerekir. Bu nedenle kaplama kalınlığı 15 cm'ye kadar artırılabilir.

Koruma ve bakım (kür) koşulları: Uygun koruma ve bakım, betonun su sızdırmazlığını, aşınma direncini ve dayanıklılığını büyük ölçüde etkiler. Kaplamanın altına gelecek zeminin beton yerleştirilmeden önce ıslatılması ile betonun hidratasyonu için gerekli suyun zemin tarafından emilmesi önlenebilir. Taze betonun dökümünden sonra kaplama yüzeyinin plastik örtü malzemeleriyle örtülerek nemli koruma yönteminin uygulanması nemli kür olarak tanımlanır. Böylece kaplamanın hemen kuruması önlenerek, hidratasyonun büyük kısmının tamamlanması, dolayısıyla boşluksuz, su geçirgenliği az ve donma-çözülme dayanıklılığı fazla olan sağlam yapıda beton elde edilmiş olur.

Uygun koruma koşullarında tutulmayan taze betonun dayanım ve dayanıklılık özellikleri, bunun yarısı kadar çimento içeriğine sahip uygun koruma koşullarında tutulmuş betonla hemen hemen aynı olmaktadır. Taze betonun dökümünden belirli süre için hava sıcaklığının düşük kalmasıyla taze betonda da don olayı ortaya çıkarak, hidratasyon büyük ölçüde tamamlanamayabilir. Bu şekilde üretilen beton da sonradan oluşacak donma-çözülmeye karşı oldukça dayanıksız bir özelliğe sahip olmaktadır.

SONUÇ

Betonun dayanıklılığının azalmasında ve buna bağlı olarak oluşan bozulmalarda mekaniksel ve kimyasal etkilerden başka önemli bir etki de fiziksel olayların neden olduğu etkidir. Fiziksel etkenlerden en önemlisi de beton içerisine giren suyun donduğunda buz tarafından gelişen aşırı iç basıncın neden olduğu ufalanma ve çatlama zararlarıdır. Bu zarar özellikle soğuk bölgelerde yapılan beton kaplamalı sulama kanallarında görülebilmektedir.

Büyük yatırımların yapıldığı beton kaplamalı sulama kanallarından beklenen yararın sağlanabilmesi için bunların belirli kullanım ömrü içinde özellikle donma-çözülmeye karşı dayanıklı olması gerekir. Soğuk iklim bölgelerinde, donma sıcaklığının olduğu alanlarda, kullanılacak kaplama betonu belirli özelliklere sahip olmalıdır. Bunlar, uygun su-çimento oranının seçilmesi, betonun belirli bir kıvama sahip olması, yüksek

dayanımlı çimento kullanılması, beton agregaları için standartlarda öngörülen agrega kullanımı, hava sürükleyici katkı maddelerinin kullanımı gibi sayılabilir. Ayrıca kaplama altı zemin koşullarının iyileştirilmesi ve sıkıştırmanın iyi yapılarak boşluksuz beton üretilmesi önemlidir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1976. Linings for Irrigation Canals. Including A Progress Report On The Lower Cost. Canal Lining Program, United States Government Printing Office, Washington, p 8, 47-65, 129.
- Dhir, R.K., J.G. Munday and H.T. Cheng, 1989. Lightweight Concrete : Durability. Construction Weekly, P 12.
- Gowripalan N., J.G. Cabrera, A.R. Cusens and P.J. Wainwright, 1990. Effect of Curing on Durability, Concrete International, p 47-52.
- Hakgören, F., 1980. Sulama Sistemlerinde Kanal Sızma Kayıplarını Saptama Yöntemleri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 11 (1) Erzurum.
- Hasegawa, T., Y.Koh, 1988. A long-term Exposure Test of Frost Damage due to Weather Conditions. Bulletin of the Faculty of Engineering Hokkaido University, No 145, P 63-74, Japan.
- Kamada, E., 1988. Frost Damage of Concrete Considering Freezing Point Depression of Capillary Water in Hardened Cement Paste. Bulletin of the Faculty of Engineering Hokkaido University, No:145, P 53-61, Japan.
- Kamada, E., M.Masayuki and O.Katsura, 1984. A Study on the Environmental Conditions Affecting Frost Damage of Concrete. Hokkaido Cold Region Building Research Institute Publication, Sapporo, Japan.
- Kızılkaya, T., Ü. Yegül, 1979. Su Yapıları. Milli Eğitim Basımevi, s 160-161, İstanbul.
- Kosmatka, S.H. and W.C. Panarese, 1992. Design and Control of Concrete Mixtures. Portland Cement Association Publication, p 6, 47-50, 60, Illinois, USA.
- Kratz, D.B., 1977. Irrigation Canal Lining. FAO Land and Water Development Series, No 1, p 62-102, Rome.
- Lydon, F.D., 1981. Some Freeze/Thaw Test Results from Structural Lightweight Aggregate Concretes. Precast Concrete, p 211.
- Mazurkiewicz, E., 1982. Contribution a letude de la resistance bu beton au gel. Materiaux et Constructions, 15 (87), p 198.

- Pihlajavaara, S.E., 1987. Service Life Prediction of Concrete. Symposium: Quality and Performance of Cement and Concrete Produced in the Arab World, Baghdad.
- Pihlajavaara, S.E., 1991. Estimation of the Service Life of Concrete Under Different Environment. Proceedings at the Symposium on Line Prediction of Corrodible Structures, Cambridge, U.K.
- Popovics, S., 1986. Concrete Durability, A Classification of the Determination of Concrete Based on Mechanism International Conference, American, Concrete Institute, Detroit.
- Sheppard, W.L., 1984. Corrosion and Chemical Resistant Masonry Materials Handbook. Noyes Publications, New Jersey, U.S.A, p 338.
- Uluata, A.R., 1972. Erzurum İli Doğal Agregat Ocakları Agregatının ve Bu Agregatla İmal Edilen Betonun Bazı Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Kültürteknik ve Makina Bölümü (Basılmamış Doktora Tezi) Erzurum.
- Uluata, A.R., 1981. Beton Malzemeleri ve Beton. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kültürteknik Bölümü (Basılmamış Ders Teksiri) Erzurum.