

KARIŞTIRMA VE BEKLEME SÜRELERİNİN BAZI BETON ÖZELİKLERİNE ETKİLERİ

Mustafa TOKYAY
D.A.Ü.
Gazimağusa

Mehmet ERKUL
D.A.Ü.
Gazimağusa

Özgür EREN
D.A.Ü.
Gazimağusa

ÖZET

Beton karma süresi ve taze betonun taşınması sırasında meydana gelebilen duraklamalar ve bekleme süreleri bu malzemenin gerek taze halde gerekse sertleşmiş haldeki bir çok özeliğini etkiler.

Karma ve bekleme sürelerinin uygulamada kontrollü bir biçimde yapılması oluşabilecek dezavantajları ortadan kaldıracaktır. Çimento hidrasyonunun çok yavaşladığı inaktif evre ve taze betonun tiksotropik özelliği bu bakımdan pratik yarar sağlayabilecek şekilde kullanılabilir.

Değişik karma ve bekleme süreleri için laboratuvar ölçeğinde bir araştırma yapılmış ve betonun çökme, birim ağırlık ve basınç dayanımı ile bu süreler arasında ilişkiler bulunmuştur.

1. GİRİŐ

1.1. GENEL

Taze betonun karma işleminin ana amacı betonu oluşturan tüm bileşenlerin homojen bir kütle haline gelmesini sağlamak ve tüm

ince agrega taneciklerinin çimento hamuru, tüm kaba agrega taneciklerinin de harçla kaplanmasını sağlamaktır. Üiform özelliklere sahip bir beton elde edilebilmesi için çeşitli standart ve şartnamelerde, kullanılan betoniyein tipi ve kapasitesi, dönme hızı, üretilen beton miktarı ve betonu oluşturan malzemelerin özelliklerine göre, minimum karma süreleri önerilmiştir [1, 2]. Öte yandan, taze beton karma sürelerinin kısa tutulmaya çalışılması bilinen bir gerçektir. Bir şantiyede veya beton tesisinde her işlemin mümkün olan en kısa sürede tamamlanması zorunluluğu bunun en önemli gerekçesidir. Diğer ekstreme bakıldığında, gerek şantiye içinde gerekse beton santrali veya tesisi ile şantiye arasındaki taşıma mesafelerinin uzamasının getirdiği bir başka zorunluluk da karma sürelerinin uzaması ve bekleme süreleridir. Bunların her ikisi de betonun gerek taze gerekse sertleşmiş haldeki bir çok özeliğini etkiler.

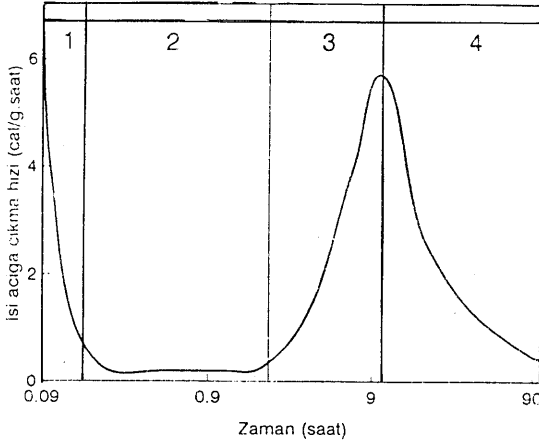
Taze beton henüz karma işlemini başladığı andan itibaren pekleşmeye başlar. Ancak, bu olay betonun prizi ve sertleşmesiyle karıştırılmamalıdır. Sözü edilen pekleşme, beton karma suyunun bir kısmının agrega tarafından emilmesi, bir kısmının buharlaşma yoluyla kaybolması, diğer yandan da bazı erken çimento hidratasyon reaksiyonlarının yine karma suyunda meydana getirdiği azalma nedeniyle meydana gelmektedir [3].

Ayrıca, karma işlemindeki sürtünme taze betonun sıcaklığının artmasına ve bu sıcaklık artışı da gerek çimento hidratasyon reaksiyonlarının hızlanmasına gerekse buharlaşma hızının artmasına neden olur [4].

Böyle durumlarda dayanım ve dayanıklılık artmakla birlikte işlenebilirlik ciddi biçimde azalabilir. Bu nedenle, genellikle işlenebilirliğin tekrar istenilen düzeye getirilebilmesi için "yeniden su verme" işleminin uygulanmaktadır. Bu işlem ise betonda rötreye sorunlarına ve dayanım düşüşüne neden olabilmektedir [3, 4].

1.2. ARAŞTIRMANIN GEREKÇESİ VE AMAÇ

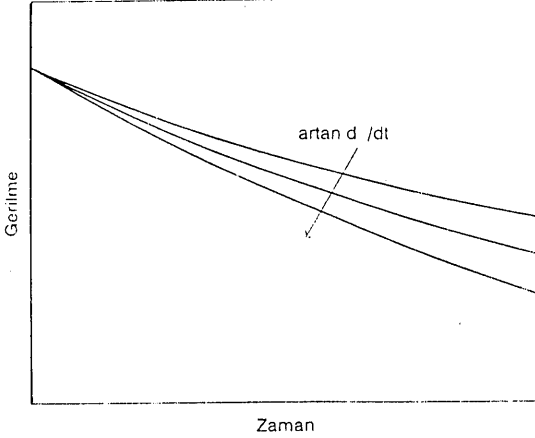
Çimento suyla temas ettiği anda başlar ve yaklaşık 5-10 dakikalık bir süre içinde açığa çıkan yüksek hidrasyon ısı ile kendini gösterir. Bu birinci evreden sonra 1-3 saatlik bir "inaktif" evre gelir [5, 6, 7]. Birinci evrede başlangıç reaksiyonlarıyla oluşan erken hidrasyon ürünleri çimento taneciklerini bir film tabakası ile sararak bir süre hidrasyon hızını minimum düzeye indirirler. Bir kaç saat süren bu ikinci evrenin sonunda sözü edilen tabaka parçalanır ve yeni yüzeylerin açığa çıkmasıyla hidrasyon üçüncü evrede hızlanarak sürer. Oluşan yeni hidrasyon ürünleri çimento taneleri üzerinde kritik bir kalınlığa ulaştığında dördüncü evre olan hidrasyonun giderek yavaşlayarak devam ettiği son bölüm başlar. Bu duruma örnek olarak, genellikle çimento hidrasyonunun modellenmesinde kullanılan C_3S 'in hidrasyonunun kalorimetrik eğrisi Şekil 1'de gösterilmiştir [4].



Şekil 1. C_3S hidrasyonunun kalorimetrik eğrisi

Hidrasyon olayı sırasında işlenebilirlik açısından en önemli evre Şekil 1'de 2.evre olarak belirtilen "inaktif" evredir. Burada çimento hidrasyonunun hemen hemen durmuş olması bu süre içinde betonun işlenebilmesine olanak tanır.

İşlenebilme ile ilgili bu kimyasal boyutun yanında, taze betonun önemli bir reolojik özelliği olan "tikotropi" de fiziksel bir boyut getirmektedir. Diğer bir deyişle, taze beton prizın erken dönemlerine kadar üzerine uygulanan gerilmenin artmasıyla daha akışkan bir özellik gösterir [4, 8]. Taze betonun söz konusu özelliği Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Taze betonun tikotropik özelliği

Bu iki özelliğin, bir arada, beton karma ve bekleme sürelerinin taze betonun işlenebilme ve sertleşmiş betonun mekanik özellikleri bakımından avantaj olabileceği düşüncesi bu araştırmanın gerekçesini oluşturmuştur.

Bu çalışmanın amacı betonun karma ve bekleme sürelerinin çökme, birim ağırlık ve 7 ve 28 günlük basınç dayanımları üzerindeki etkilerinin belirlenmesi olarak saptanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. KULLANILAN MALZEMELER

Araştırmanın deneysel bölümünde kullanılan çimento K.K.T.C.'de üretilen, TS 20'ye uygun, DPÇ 325, agregalar yine K.K.T.C.'de Beşparmak Dağlarından temin edilen kırma kireçtaşıdır. Çimentonun ve agregaların özellikleri, sırasıyla, Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

2.2. BETON KARIŞIM ORANLARI

28 günlük küp basınç dayanımı 25MPa, çökme değeri 80-100mm olacak şekilde TS 802'ye uygun olarak hazırlanan betonun karışım oranları, 1m³ betonda kg olarak, çimento=350, net karışım suyu=215, kaba agrega(DYK)=890, ince agrega(DYK)=870 olarak belirlenmiştir.

2.3. DENEY YÖNTEMİ

Laboratuarda kullanılan 0.07 m³ kapasiteli betoniyerin minimum karıştırma süresi 1 dakika olarak alınmıştır. Beton malzemelerinin tümü betoniyere konulduktan sonra karıştırma süresi, tm, (a) 1, (b) 3, (c) 6 ve (d) 12 dakika olacak şekilde dört seri numune hazırlanmıştır. Ayrıca, her seride kesintisiz karıştırma ile elde edilen kontrol numunelerinin yanı sıra, karıştırma işleminin toplam süresinin yarısı beleme süresinden (td) önce diğer yarısı da 5, 15 ve 30 dakikalık bekleme sürelerinden sonra olmak üzere üç alt grup numune daha hazırlanmıştır.

Böylece, betonun çeşitli özelliklerine, karıştırma süresinin etkilerinin yanında, zorunlu bekleme sürelerinin de etkilerinin araştırılması planlanmıştır.

Tüm betonlar üzerinde ilgili Türk standartlarına uygun olarak (a) çökme, (b) birim ağırlık ve (c) 7 ve 28 günlük basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. 150mm küp dayanım numuneleri 23 °C sıcaklıkta su içinde deney zamanına kadar bekletilmişlerdir.

**Çizelge 1. Çimentonun
Özellikleri**

Kimyasal Kompozisyon	
Özellik	
SiO ₂	%23.5
Al ₂ O ₃	%6.0
Fe ₂ O ₃	%3.0
CaO	%58.5
MgO	%2.0
Na ₂ O+K ₂ O	%0.6
Serbest	
Kireç	%0.45
K.K.	%1.0
Ç.K.	%0.3
Fiziksel Özellikler	
Özellik	
Özgül Ağ. (g/cm ³)	3.00
İncelik (Blaine)	
{cm ² /g}	3100
İlk priz süresi	
(saat)	2
Son priz süresi	
(saat)	3.5
Basınç Da. (MPa)	
7-Günlük	25.9
28-Günlük	34.2

**Çizelge 2. Agregaların
Özellikleri**

Özellik	K.A.	İ.A.
DYK		
Öz.Ağ.	2.65	2.66
% Su		
Emme	0.54	0.54
Elek Analizi		
Elek (mm)	%Geçen	
28	100	-
20	99	-
14	77	-
10	53	-
6.30	21	100
5	10	98
3.35	5	
2.36	4	68
2	3	61
1.70	2	54
1.18	1	41
0.85	-	33
0.60	-	26
0.425	-	20
0.30	-	17
0.212	-	14
0.15	-	11
0.075	-	5

3. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

Deneylelerden elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 3'de görüldüğü gibi, 80-100mm olarak düşünülmüş olan çökme değeri 1 ve 3 dakikalık (kullanılan betoniye için, sırasıyla, minimum ve maksimum) tm süreleri ve karma işleminin bir defada yapıldığı (td=0) durumlar için beklenen düzeyde elde edilmiştir. Ancak, tm uzadıkça çökme değerlerinde gözle görülür düşüşler belirlenmiştir. Bilindiği gibi, karma işlemi

Çizelge 3. Deney Sonuçları

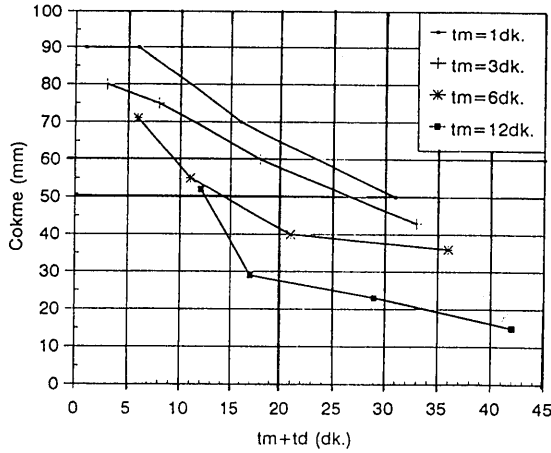
tm (dk)	td (dk)	Çökme (mm)	Bir.Ağ. (kg/m ³)	σ_7 (MPa)	σ_{28} (MPa)
1	0	90	2387	16.2	22.7
	5	90	2388	17.2	24.2
	15	70	2393	17.2	25.1
	30	50	2387	18.4	27.6
3	0	80	2378	17.3	24.2
	5	75	2378	18.6	25.3
	15	60	2381	19.4	27.4
	30	43	2377	19.2	27.1
6	0	71	2363	18.6	25.8
	5	55	2363	19.6	26.8
	15	40	2368	19.9	27.3
	30	36	2361	19.3	27.6
12	0	52	2376	18.3	24.7
	5	29	2347	18.5	25.1
	15	23	2340	18.4	27.6
	30	15	2338	17.8	24.8

sırasında karışım suyunun bir kısmı buharlaşma yoluyla kaybolurken, bir kısmı agrega tarafından emilir, bir kısmı da çimentonun başlangıç hidratasyon reaksiyonlarında kullanılır. tm'in kısa olduğu durumlarda (tm=1 ve 3 dk.) bu üç olaya da yeterince zaman tanınmadığından çökme kaybı çok az olmaktadır. Ancak, tm uzadıkça çökme değerlerinde, karışımın işlenebilme için gerekli suyun azalması nedeniyle, önemli düşüşler meydana gelmiştir. Örneğin, td=0 için, tm'in 1 dakikadan 3 dakikaya yükseltilmesi çökmede %11 lik bir azalmaya neden olurken tm=12 dakika olduğunda çökmedeki azalma %45 düzeyinde olmuştur.

Öte yandan, bekleme süresi, td, ele alındığında, tm+td çimentonun başlangıç hidratasyon reaksiyonlarının sürmekte olduğu yaklaşık ilk 10 dakikalık süre içinde kaldığı taktirde, taze betonun tiksotropik özelliği nedeniyle, önemli çökme kayıpları ortaya çıkmamaktadır. Örneğin, tm=1dk. durumunda,

$t_d=0$ ve $t_d=5$ dk. için çökme değerleri arasında fark yoktur. $t_m=3$ dk. durumunda ise bu iki t_d değeri arasındaki çökme farkı yalnızca %6'dır. Oysa, $t_m=6$ ve $t_m=12$ dk için sözü edilen fark, sırasıyla, %21.5 ve %40'a çıkmaktadır.

Bekleme süresi uzadıkça çökme değerlerindeki azalma kendisini daha fazla göstermiştir. Bu araştırmada kullanılan $t_d=15$ ve 30 dakika durumlarında, bütün t_m değerleri için, t_m+t_d süreleri çimento hidratasyonunun inaktif evresi içinde kalmaktadır. Bekleme süresinin sonundaki yeniden karma işlemi çimento taneciklerinin yüzeyindeki başlangıç hidratasyon ürünlerinin oluşturduğu nisbeten geçirimsiz film tabakasının mekanik etkiyle kırılması ve hidratasyon için yeni yüzeylerin açığa çıkmasına neden olduğundan Şekil 1'de gösterilen 3.evre daha erken başlamakta ve çökme kaybı hızlanmaktadır. Çökme- t_m - t_d ilişkileri Şekil 3'de gösterilmiştir.

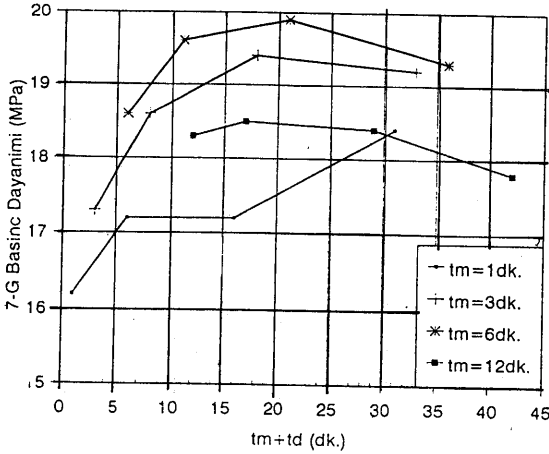


Şekil 3. Değişik karma süreleri (t_m) için t_m+t_d 'nin çökmeye etkileri

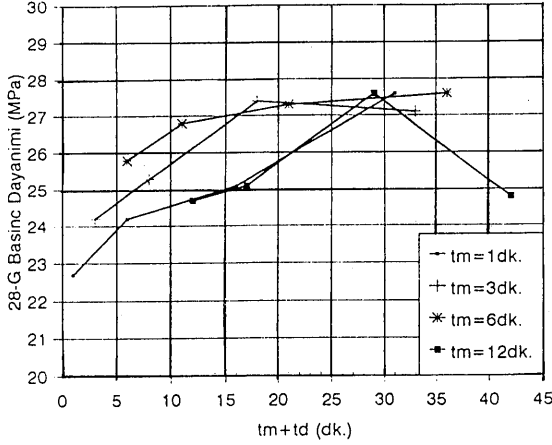
Taze betonun birin ağırlığında t_m ve t_d 'nin önemli bir etkisi olmadığı Çizelge 3'deki sonuçlardan anlaşılmaktadır.

İlginç olarak nitelendirilebilecek bir husus, $t_d=30$ dk durumundaki birim ağırlıkların diğerlerine göre nisbeten düşük olması ve $t_m=12$ dk. için t_d uzadıkça birim ağırlığın azalmasıdır. Bu durum, eşit sıkıştırma enerjisi uygulanmış olan betonların düşük işlenebilirlikte olanlarının daha az sıkışmış olması ile açıklanabilir.

7 ve 28 günlük basınç dayanım değerlerinde t_m 'in makul bir aralık içinde (bu araştırmada 6 dakikaya kadar) artması olumlu sonuçlar verirken fazla uzun t_m (bu araştırmada 12 dk.) için belli bir düşüş gözlenmiştir. Aynı şekilde, 15 dakikaya kadar olan t_d değerleri için dayanımlarda artış olurken daha uzun (30 dk.) t_d durumunda, minimum karma süresi hariç, nisbeten düşük dayanımlar elde edilmiştir. Şekil 4 ve 5'de gösterilen bu durum, makul bekleme sürelerinin betonda daha fazla homojen bir yapı sağladığını göstermektedir. Benzer bir durum birim ağırlıklarda da geçerlidir.



Şekil 4. Değişik karma süreleri (t_m) için t_m+t_d 'nin 7 günlük basınç dayanımına etkisi.



Şekil 5. Değişik karma süreleri (tm) için tm+td'nin 28 günlük basınç dayanımına etkisi.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Taze betonun karma ve taşıma işlemleri sırasında kontrollü karma ve bekleme süreleri elde edilecek beton özellikleri bakımından yarar sağlayacak şekilde kullanılabilir.

Sınırlı ölçüde yapılmış olan bu araştırmanın benzerlerinin değişik kapasitelerdeki ve dönme hızları farklı betoniyerler için ve ayrıca aralıklı bekleme süreleri için tekrarlanması ve hidrasyon reksiyonlarının da, aynı süreler içinde, betonun fiziksel ve mekanik özellikleriyle birlikte takip edilmesi konuya daha fazla açıklık getirecektir.

Ayrıca, değişik çimento tipleri ve katkıları içeren betonlarda da benzeri çalışmalar yapılması genelde beton özelde de hazır beton endüstrisi için yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. U.S. Bureau of Reclamation, Concrete Manual, 8.Baskı, Denver 1975.
2. ACI Committee 304, "Recommended Practice for Measuring, Transporting, and Placing Concrete", *J.of ACI*, C.70, Sayı 1, s. 55, Sayı 3, s. 322.
3. NEVILLE, A.M., Properties of Concrete, 3.Baskı, Pittman Publishing, Londra, 1981.
4. MINDESS, S. ve YOUNG, J. F., Concrete, Prentice-Hall Inc., 1981.
5. LEA, F.M., The Chemistry of Cement and Concrete, Londra, 1972.
6. MEHTA, P.K., "Pozzolanic and Cementitious By-products as Mineral Admixtures for Concrete-A Critical Review", *Proceedings, 1st Int. Conf. on the use of Fly ash, Silica Fume, Slag, and Other Mineral By-products in Concrete*, Montebello, 1983, C. 1, s. 1-46.
7. KRUML, F., "Setting Process of Concrete", Properties of Fresh Concrete, Proceedings of the RILEM Colloquium, Chapman and Hall, 1990, s. 10-16.
8. ILLSTON, J.M., DINWOODIE, J.M. ve SMITH, A.A., Concrete Timber and Metals, Van Nostrand Reinhold Company, Londra, 1979.

