

BETONDA ZAMAN İÇERİSİNDE DAYANIKLILIK

Mario COLLEPARDİ
Prof.Dr.
Ancona Üniversitesi
Ancona, İtalya

N.Ülker GÜKÖZ
Dr.İnş.Y.Müh.
Enka İnşaat ve Sanayi AŞ.
İstanbul, Türkiye

ÖZET

İtalya'da 50'li ve 70'li yıllar arasında resmi ve özel kuruluşlarda 3000 km'den fazla uzunlukta otoyol inşaatı tamamlanmıştır. Bu otoyolların üzerindeki köprü, viyadük ve tünellerin yapımında kullanılan betonun bir bölümünün söz konusu bulunduğu çevredeki koşullarda betonun dayanıklılığını sağlamakta yetersiz özelliklerde üretildiği ortaya çıkmıştır.

A.B.D'de Federal Highway Administration 100.000 den fazla köprü-nün "yapısal olarak yetersiz veya fonksiyonel olarak kullanılmaz" durumunda olduğunu açıklamış ve AASHTO söz konusu yapıların tamir edilmesi için 25 milyar dolar gerektiğini hesaplamıştır. (1978) Şu nokta gerçekten ilgi çekicidir ki ABD'deki köprüler hizmete girmelerinden % 50 daha hızlı bir oranda yapısal olarak bozulmaktadır. Yani, başka bir deyişle, her iki yeni köprü yapım aşamasındayken, daha önce yapılmış üç köprü yapısal olarak bozulma aşamasında olmaktadır. Bu yapılarda kullanılan yetersiz beton kompozisyonu (yüksek porozite ve yüksek permeabilite) malzemeye bağlı bozulmanın ana sebebidir. Diğer taraftan kimyasal sebepler (sülfat, sülfid, karbondioksit, asit yağmuru klorür v.s) ve diğer fiziksel etkenler (özellikle donma-çözülme olayı) çevresel koşullara bağlı olarak betonda oluşan bozulmanın ana sebebini oluşturmaktadır.

Yukarıdaki sadece iki örnekten bile, beton yapıların yalnızca üzerine gelecek yüklere göre projelendirilmeyip, minimum bakım ve yapısal tamir masraflarıyla mümkün olabilecek en uzun süre serviste kalabilmesi için gerekli dayanıklılık faktörüne göre de projelendirilmesi ve inşaatının önemi açıkça anlaşılmaktadır.

Bir betonarme yapının dayanıklılığı açısından gözönünde bulundurulması gereken noktalar aşağıdaki ana başlıklar altında özetlenebilir:

- 1) Düşük su/çimento oranı
- 2) İyi kompaksiyon için yüksek işlenebilirlikte bir beton
- 3) Donatının yeterli pas payı ile korunması
- 4) Klorür içeren malzemeden kaçınılması
- 5) Donma-çözülme olayına karşı hava katkılı beton
- 6) Sülfata dayanıklı çimento.

1. GİRİŞ

Beton yapılardaki bozulma gerek sosyal gerek ekonomik açıdan çok ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Bu sorunlar, ekstrem hallerde yapıların ani göçmesi şeklinde insan hayatını tehlikeye atan şekilde ortaya çıktığı gibi genellikle yapının kullanılmaz hale gelmesi ve tamir gerektirmesi şeklinde ekonomik boyutta olmaktadır. (1)

A.B.D'de Federal Highway Administration 100.000 den fazla köprü-nün "yapısal olarak yetersiz veya fonksiyonel olarak kullanılmaz"du-rumda olduğunu açıklamış ve AASHTO söz konusu yapıların tamir edil-mesi için 25 milyar dolar gerektiğini hesaplamıştır.(2).

Bugün, beton yapılardaki tahribat tahminlerin çok ötesinde bir hızla ilerlemektedir. Birleşik Devletlerdeki barajlarda meydana ge-len felaketlerden sonra 1977'de U.S Army Corps of Engineer tarafın-dan yapılan gözlemlerde 9000 barajın potansiyel tehlike oluşturduğu belirlenmiştir. İlk tasnif edilen 3948 barajın 988'i emniyetsiz bu-lunmuş; bunlardan 58'i için çok acil tamir gerektiği ifade edilmiş-tir (2).

Köprülerdeki tahribat ,gerek agresif şartların daha şiddetli ge-rekse bunların kullanılabilirlik ve emniyet şartlarının diğer ya-pılara kıyasla yüksek olması nedeniyle öncelikle ele alınması gere-ken bir konudur. Bu şartlar göz önünde tutularak A.B.D deki köprü-lerde bozulma hızının, yapım hızından % 50 daha fazla olduğu sap-tanmıştır (2).

Genelde bu konudaki istatistik bilgilerin eksikliği bugünkü bo-zulma hızının düne kıyasla ne ölçüde fazla olduğu konusunda belir-sizlik oluşturmaktadır. Fakat, en az iki sebep vardır ki bugünkü bo-zulmanın daha hızlı olduğunun delilidir. Bunlardan ilki artan zarar-lı madde konsatrasyonunun beton dahil bütün yapı malzemelerinde oluşturduğu olumsuz tesirlerdir. İkinci sebep işçilikteki kalita-tif düşme ve inşaat tekniklerinin daha komplike hale gelmesidir. A.B.D'deki en büyük dizayn şirketlerinden biri olan Weiskopf•Pick-worth'un ortaklarından Anthony Grasso bu konuda şunları söylemek-te-dir: "Mimarlar işçilik kalitesinin eskisi kadar iyi olmadığını göz-önüne alarak tasarımların mümkün ölçüde basitleştirmelidir."Bundan yirmi yıl önce şantiyede haftada bir yapılacak bir kontrol yeterli olurken, bugün aynı iş için her gün iki veya üç kişinin çalışması gerekmektedir. Bu ise ilave maliyet unsuru olduğundan malsahibi ta-rafindan kabul edilmemektedir. (3).

2. MALZEME, YAPI VE DAYANIKLILIK

Betonda dayanıklılık, malzemenin çevreden gelen zararlı etkile-re karşı koyma ve bunu devam ettirebilme kabiliyeti olarak tanımlan-maktadır. Genel bir kaide olarak denilebilir ki: zararlı olmayan ortamdaki iyi bir betonun özellikleri, su ile çimento arasındaki sü-rekli reaksiyon dolayısıyla gelişecektir. Beton yapıların dayanıklılı-ğı (donatısız,betonarme veya ön gerilmeli) ondan beklenen hizme-ti garanti etmesi ve bunu devam ettirebilme kabiliyetidir.

Yapının dayanıklılığı için, betonun dayanıklı olması gerekmektedir, ancak yeterli değildir. Bu bakımdan, yapının bozulma faktörleri arasında malzeme dışındaki unsurlar da rol oynamaktadır. Tablo.1 de yapılarda tahribat meydana getiren sebepler özet olarak verilmiştir.

Tablo 1. Beton Yapılarda Hasar Nedenleri (4)

Nedenler	Tanım	Sayı	Toplam Sayı	Yüzde %
Teknoloji	a) Yetersiz beton özelliği	31	58	42
	b) Betona kimyasal etki	12		
	c) Düşük beton kalitesi ve kimyasal etki nedeniyle donatı korozyonu	9		
	d) Yetersiz malzeme kullanımı	6		
Yapım	a) Şantiyede yetersiz kontrol	19	31	22
	b) Kontrolsüz şantiye ve inşaat tekniklerinde ihmal	12		
Tasarım	a) Yetersiz dizayn parametre	11	16	12
	b) Yetersiz statik hesap	5		
Aşırı yükleme	Yapının tasarlanan amaçları dışında kullanımı	11	11	8
Temeller	Yetersiz temeller	10	10	7
Kazalar	Yangın hasarı	6	6	4
	a) Yukarıdaki nedenlerden iki veya daha fazlası neticesinde b) Yakınındaki yapılarda oluşan göçme nedeniyle oluşan hasar	5 2	7	5

Yukarıdaki tabloda verilen sayılar beton yapılardaki dayanıklılığın en fazla beton teknolojisinden etkilendiğini göstermektedir. Teknolojik ve yapımla ilgili nedenler ise tüm olayların yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktadır. Ayrıca yanlış tasarımdan kaynaklanan hasarlar sadece yüzde 12 gibi düşük bir oranda olmaktadır.

Bu sonuç yapılarda karşılaşılan hasarlarda tasarımcının payının, müteahhide (beton dizaynı, üretimi, yerleştirme, kür ve diğer işlemler) kıyasla ihmal edilebilir boyutta olduğu gibi görülmektedir.

Gerçekte, tasarımcı ve mal sahibi (bilhassa kamu sektörü) yapıda karşılaşılan dayanıklılık problemlerinde de sorumluluk taşımaktadır. Örneğin donma-çözülme veya buz çözücü tuzların kullanımından dolayı donatı korozyonundan kaynaklanan hasarı ele alalım: Tasarımcı proje mukavemeti olarak 30 MPa, yeterli pas payı, çimento cinsi ve çimento dozajını belirtmiş olsun; ve uygulamada pas payına dikkat edilmesine ve daha yüksek gerçek mukavemet elde edilmesine rağmen betonda hasara rastlanmaktadır. Demek ki tasarımcının sadece statik gerekleri gözönüne alarak ortaya koyduğu dizayn parametreleri betonun dayanıklı olması için yeterli garantileri taşımamaktadır.

3. BETONDA TAHRİBAT NEDENLERİ

Betonda tahribata sebep olan nedenler iki kategoriye ayrılabilir. Birincisi malzemenin kendisine bağlı sebepler (malzeme kalitesi ile ilgili ve diğeri çevre şartlarından gelen dış etkenler. Bazı hallerde her iki neden bir arada bulunabildiği gibi, zararlı dış şartların mevcut olmadığı hallerde düşük kaliteli beton bile hasar görmeyebilir. Diğer taraftan yeterli dayanıklılığa sahip beton zararlı ortamda bile performansını koruyabilir.

Bazı istisnalar dışında genellikle çevre şartları değiştirilemez. O halde izlenmesi gereken yol yüksek dayanıklılıkta beton üreterek zararlı etkinin hasarını önlemek veya en aza indirmektir. Bu bakımdan çevre şartları değerlendirilerek yeterli bir dayanıklılık seviyesi belirlenmesi ve bu etkiye karşı koyacak özelliklere sahip beton teknolojisi uygulanmalıdır. Eğer gerek şartların teşhisinde gerek teknoloji seçiminde yanlışlık yapılırsa çok pahalı tedavi tedbirleri (tamir, restorasyon, dış koruma vs.) gündeme gelecektir.

Elbette yeterli dayanıklılık seviyesinin seçiminde yapının cinsi göz önüne alınmalıdır. Örneğin ,aynı çevre şartları, malzeme kalitesi ve kullanılabilirlik şartları istenen bir yatay döşeme elemanı, düşey bir panele kıyasla daha fazla bozucu etkiye maruz kalacaktır. Benzer olarak, bir kaç metre kalınlıktaki bir kütle betonunun yüzeyinde 20-30 mm lik bir tabakanın bozulması fazla bir tehlike meydana getirmemesine karşın, aynı tahribatın ince bir beton elemanda felaketlere sebep olması olasılığı oldukça yüksektir. Tablo.2 de betonda tahribata yol açan malzeme ve çevre ile ilgili unsurlar özet olarak verilmiştir.

Tablo 2 : Betonda tahribatın ana nedenleri

Malzemeden dolayı	Çevre etkilerinden dolayı
- Yetersiz beton karışımı (su/çimento veya agrega/çimento oranı, ana malzemelerin kalitesi: çimento, agrega, su ve beton katkı malzemeleri).	- Kimyasal nedenler: sülfatlar sülfidler zararlı karbondioksit inorganik asitler

Tablo 2.den devam

-Yerleştirme sırasında betonun yetersiz işlenebilirliği -Kalıptan sonra yetersiz kür yapılması	organik asitler klorürler Fiziksel nedenler: Donma ve çözülme, çekme, yüksek ısılar. Mekanik nedenler: aşınma, erozyon ve kavitas- yon.
--	--

3.1 MALZEMEDEN KAYNAKLANIN HASAR

Betonun dayanıklılığı birinci derecede onun geçirimsizliğine (permeabilite) bağlıdır. Eğer malzeme geçirimsiz ise suda erimiş halde bulunan zararlı maddeler beton içine nüfuz edemez, dolayısıyla beton dayanıklılık gösterir. Betonun geçirimsizliği, kütle içindeki boşlukların mevcudiyeti ile ilgilidir. Eğer boşluklar birbiri ile bağlantılı, sayı ve boyut olarak büyükse, zararlı maddeler bu yollardan beton kütlesine girerek tahribata yol açacaktır. Demek ki dayanıklı beton elde etmek için boşlukları az ve birbiri ile irtibatlı olmayan bir yapı oluşturarak zararlı maddelerin içeri girmesine müsaade etmemek gerekmektedir.

Betonda geçirimsizliği belirleyen iki boşluk sistemi mevcuttur. Bunlar, agregayı saran çimento hamurundaki kapiler boşluklar (boşluk çapı 0,01 ilâ 10 mikron arasında) ve yetersiz yerleşmeden dolayı çimento hamuru ile agregalar arasındaki makro boşluklardır (boşluk çapı 1 ilâ 10 mm arasında). Şekil.1 ve 2 de yukarıda açıklanan boşluklar görülmektedir. Şekil.1 SEM ile alınmış bir mikro fotoğraf olup burada hidrate çimento kristalleri arasındaki boşluklar görülmektedir. Şekil.2 de ise yetersiz vibrasyondan dolayı makro boşluklar yer almaktadır.

3.1.1 SU/ÇİMENTO ORANININ BETONUN DAYANIKLILIĞINA ETKİSİ

Ürettiğimiz betonun yeterli bir vibrasyonla yerleştirildiğini kabul edelim: bu halde sadece çimento hamurundaki kapiler boşluklar mevcut olacaktır. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki (5), çimento hamurundaki kapiler boşluk hacmi, su-çimento oranı ile hidrasyon derecesine bağlı olarak değişmektedir. Su-çimento oranı ne kadar düşük olursa çimento daneleri arasındaki mesafe o kadar küçülecek ve hidrasyon sonunda gelişen kristaller bu boşlukları doldurarak geçirimsizliği düşürecektir. Kristallerin gelişme oranı ne kadar fazla olursa boşlukları doldurma ve kapatma yeteneği artacaktır. Aşağıdaki denklem her 100 kg çimento için kapiler boşluk hacmi (VP) nin , su-çimento oranı (w/c) ve hidrasyon yüzdesine (a) göre değişimini hesaplamak için kullanılmaktadır.

$$V_p + 100 \text{ w/c} - 36.15 \text{ a}$$

Üzneğin, 300 kg/m³ çimento, 180 kg/m³ su kullanılarak üretilmiş bir m³ betonda 7 gün sonundaki (a =0,5) kapiler boşluk hacmi yaklaşık olarak 126 lt/m³ olacaktır.

Kapiler boşluk hacmi ne kadar küçükse boşlukların birbiri ile irtibatı olma olasılığı düşecek ve geçirimsizlik azalacak dolayısıyla dayanıklılık artacaktır. Tablo.3 de değişik su-çimento oranlarında kapiler boşlukların irtibatlı olmaması için gereken süreler verilmiştir.(6)

Tablo.3 Kapiler boşlukların süresiz olması için gereken süre

Su-çimento oranı	Süre
0.40	3 Gün
0.45	7 Gün
0.50	2 Hafta
0.60	6 Ay
0.70	1 Yıl
0.70	imkansız

Kapiler poroziteyi düşürmek için su-çimento oranının azaltılması ve hidratasyon derecesinin yükseltilmesi gerekir. Bu ise betonun uzun süre kür edilmesi ile sağlanır. Ancak yüksek su-çimento oranı değerlerinde bu süreler pratik uygulama sınırlarının dışına çıkmaktadır. Örneğin, su-çimento oranı 0,6 ise, boşluklar bağlantılı olmaması için 6 ay süreyle, w/c= 0,45 ise 1 hafta süreyle uygulanacak kür geçirimsiz beton için yeterli olacaktır. Kapiler poroziteyi veren formülden çıkan bir diğer ilginç sonuçta yüksek çimento dozajı içeren, karışımda toplam boşluk oranının artmasıdır. Örneğin, 400 kg/m³ çimento ve 240 kg/m³ su ile yapılan betonda 1 m³ deki kapiler porozite 0,168 olacaktır. Demek ki sadece çimento dozajını arttırmakla geçirimsizliğin sağlanması garanti edilemez. Bunun yanında kür süresinde belirtilmesi gerekmektedir. Aslında optimum çimento dozajı, agreganın en büyük tane boyutuna bağlıdır. Agreganın boyutu küçüldükçe onları sarmak için daha fazla çimento hamuruna ihtiyaç vardır. Gerçekte uygun çimento dozajı sadece agreganın boyutu ile değil geçirimsizliği garanti edecek su-çimento oranı da göz önüne alarak belirlenmesi gereken bir parametredir. Tablo.4 de sabit mukavemet, işlenebilirlik, su-çimento oranı, geçirimsizlik ve dayanıklılığa sahip muhtelif karışımlardaki karakteristiklerin nasıl değiştiğini görülmektedir.

Tablo.4 Sabit w/c oranına sahip karışımların muhtelif özellikleri

En büyük dane boyutu, mm	25	37	50	75
--------------------------	----	----	----	----

Tablo.4'den devam

Karışım suyu, lt/m ³	170	160	150	140
Çimento dozajı kg/m ³	400	380	360	330
Toplam agrega, ağırlığı, kg/m ³	1825	1865	1925	1980
Hava, boşluğu lt/m ³	15	10	5	3
Agrega-çimento oranı	4.60	4.90	5.30	6.00
28 günlük basınç mukavemeti, Mpa	47.5	47.0	48.0	46.5
6 aylık rötre 10 ⁻⁶	500	440	380	320
1 haftalık hidrasyon ısı, kJ/m ³	32	30	28	26

Not: Bütün karışımlarda su-çimento oranı=0,42
 çökme= 220 mm, 28 günlük geçirimsizlik katsayısı 10^{-14} m/san,
 % 0,2 sülfat ortamında 1 yıllık genleşme % 0,01 ve
 süperakışkanlaştırıcı katkı dozajı % 0,8 (çimento ağırlığının) dir.

Tabloda verilen özelliklerden de görüldüğü gibi belli bir mukavemet ve geçirimsizlik için sadece çimento dozajının verilmesi yeterli olmamaktadır. Örneğin, 350 kg/m³ gibi bir dozaj 25 mm tane boyutu için mukavemet yönünden yetersiz kalırken, 50 ve 75mm çapında agregalı betonda ise rötre ve hidrasyon ısı bakımından istenmeyen etkiler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca tane boyutunun seçimi yapı elemanının boyutu, donatı aralığı ve bazı hallerde de temin edilebilme şartlarına bağlıdır. Bölüm 3.1.2 de su-çimento oranı belirlendikten sonra uygun çimento dozajının nasıl bulunacağı açıklanacaktır.

3.1.2 İŞLENEBİLMEİNİN ,BETONUN DAYANIKLILIĞINA ETKİSİ

Taze betonun en önemli karakteristiği işlenebilme özelliğidir ve kolay karıştırılma, taşınma, yerleştirilme, ayrışmama ve kıvam gibi unsurları kapsamaktadır. Betonda işlenebilmeyi ölçmek için muhtelif metodlar vardır. Bunlardan en kolay ve en hızlı olanı çökme deneyidir.

Deneyde elde edilen çökme değeri ne kadar büyük ise o betonda işlenebilmenin daha yüksek olduğu kabul edilir. İşlenebilme, taze betonun bir karakteristiği olmasına karşın sertleşmiş beton özelliklerindeki etkiler.

Yukarıdaki bölümlerde belirtildiği gibi su-çimento oranı ne kadar azaltılırsa betonun kalitesi ve bilhassa dayanıklılığı yükselecektir. Ancak, dayanıklılığı garanti etmek için su-çimento oranını çok düşürecek olursak, makul çimento dozajlarındaki, işlenebilme tam bir sıkıştırma için yeterli olmayacaktır. Bu durumda beton çok sayıda makro boşluklar içerdiği için, dayanıklılıkta kapiler boşlukların önemi teorik bir yaklaşım olarak kalacaktır. O halde tasarımcı betonda dayanıklılığı gerçekten garanti etmek, istiyorsa su-çimento oranının yanında işlenebilme için de ibr değer vermek zorundadır. Bu konudaki detaylı bilgi ACI yayınlarında verilmiştir. (7). Genellikle denilebilir ki : betonun işlenebilmesi, yapı elemanının boyutuna, kalıp şekline, yerleştirme, ekipmanları ve işçilik kalitesine bağlı olarak belirlenmelidir. Daha ince elemanlar, komplike formlar, ve yetersiz ekipman ve işçilik halinde daha yüksek işlenebilme değerleri talep edilmelidir. Günümüzde ise gelişen beton teknolojisi bu konuda süperakışkanlaştırıcı katkı maddeleri kullanımı ile soruna yaklaşmaktadır. Süperakışkanlaştırıcı katkı madde kullanılarak üretilen akıcı kıvamdaki (çökme 200 mm) ve ayrılmayan betona reoplastik beton denilmekte ve bilhassa yapı tipi ve işçilik açısından şartların zor olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Şekil.3 de su-çimento oranı 0.35 olan reoplastik betonun vibrasyonsuz ve vibrasyon ile elde edilen görünüşleri verilmiştir.



Şekil 1 : Çimento hamurunun SEM ile çekilmiş mikrofotoğrafı

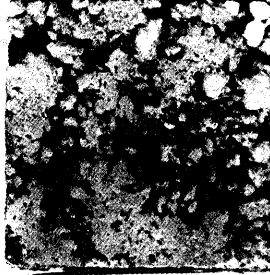
Resimlerde görüldüğü gibi, reoplastik betonda vibrasyonsuz durumda bile makro boşluklar yoktur. Dolayısıyla istenen işlenebilirlik ve su-çimento oranı (dayanıklılık) şartlarının her ikisi de uygun çimento dozajları ile temin edilebilmektedir. (8) Elbette beton karışımı hazırlanırken istenen işlenebilirliği veren su miktarı dane boyutuna bağlı olarak ilk etapta (aşamada) tablolardan alınır. (7) Ancak müteahhit deneyler yaparak gerçek su ihtiyacını saptamalıdır. Şimdi süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılması halinde işlenebilirlik-dozaaj ve su/çimento oranı ilişkilerini bir örnekle açıkliyalım: istenen dayanıklılık için su-çimento oranını 0.50 olsun. Aranılan işlenebilirlik değeri (çökme : 150 mm) için gerekli su miktarı 200 kg/m³ olarak deneyle bulunmuş ise katkısız beton halinde kullanılması gereken dozaaj 400 kg/m³ olacaktır. Eğer su miktarını % 25 azaltan bir süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılırsa çimento dozaajı % 25 azalarak 300 kg/m³ 'e inecektir. Böylece işlenebilirlik, mukavemet ve dayanıklılık şartlarının hepsi sağlanmış olacaktır.

Bu noktada denilebilir ki : şartnamelerde çimento dozaajının belirtilmesi müteahhit için daha zorlayıcı bir şart olabilir ve dayanıklılığın garantisi daha yüksektir. Ancak bir yapıda değişik uygulamalar için sabit çimento dozaajının kullanılması Bölüm 3.1.1 de açıklandığı gibi çoğu zaman istenmeyen yan etkileri oluşturmaktadır. Buna karşılık ,şartnamede su-çimento oranı ve işlenebilirlik için belli sınırlar konulacak olursa hem betonda dayanıklılık garantisi edilmekte hem de ekonomi sağlanmaktadır.



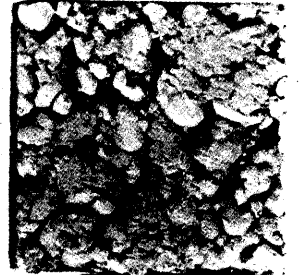
Vibrasyon süresi:0
W/C = 0,35

28 günlük basınç
mukavemeti=10 Mpa



Vib.süresi:10 saniye
W/C= 0,35

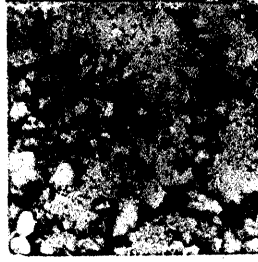
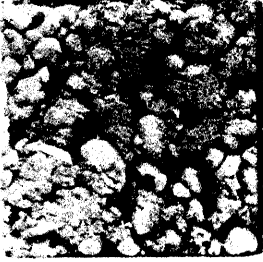
28 günlük basınç
mukavemeti =35 Mpa



Vib.süresi:30 san.
W/C = 0,35

28 günlük basınç
mukavemeti=70 Mpa

Şekil 2 : Katı kıvamlı betonda vibrasyon etkisi (Çökme: 20 mm)



Vibrasyon süresi: 0
W/C = 0,35
süperakışkanlaştırıcı: %1
28 günlük basınç mukave-
meti: 50 Mpa

Vib.süresi :10 saniye
W/C = 0,35
süperakışkanlaştırıcı: %1
28 günlük basınç mukave-
meti : 70 Mpa

Vib.süresi: 30 saniye
W/C = 0,35
süperakışkanlaştırıcı: %1
28 günlük basınç mukave-
meti: 70 Mpa

Şekil 3 : Reoplastik Betonda Vibrasyon Etkisi (Çökme: 220 mm)

3.1.3. BETON KÜRÜNÜN DAYANIKLILIĞA ETKİSİ

Betonda dayanıklılığı garanti eden bir diğer unsur betonun kür edilmesidir. Bölüm 3.1.1 de verilen denklem ,çimento hamurundaki kapiler boşlukların azaltılması için hidratasyon derecesinin yüksek olması gerektiğini ifade etmektedir.

Hidratasyon derecesini yükseltmek için beton mümkün olduğu süre rutubetli tutulmalıdır. Teorik olarak en iyi kür şekli betonu su altında bırakmak veya ıslak çuvaldar örtterek muhafaza etmektir. Ancak, pratikte kür süresini kabul edilebilir sınırlar içinde tutmak için kalıplar alınır alınmaz beton kür maddesi püskürtülerek elemanın içindeki rutubetin muhafazası sağlanmaktadır.

Burada, bilhassa sıcak iklimlerde yapılan uygulamalar için yeterli kürün önemine işaret etmek gerekir. Zira, yeterli kür sadece geçirimsizliği sağlamak için değil aynı zamanda ilk zamanlarda kurumayı önleyerek aşırı rötire ve ona bağlı çatlakların oluşmaması için vazgeçilmezdir.

4. ZARARLI ORTAMDAN GELEN HASAR

Tablo 2'de şematik olarak görüldüğü gibi çevreden gelen zararlı etkiler kimyasal, fiziksel ve mekanik etkiler olarak üç gruba ayrılır. Ancak mekanik etkiler grubunda gerilmenin, malzeme mukavemetini aşması halinde ortaya çıkan hasarlar yer almaktadır. Gerçekte bozulma prosesi tek bir etkiden ziyade çeşitli etkilerin birbirini

destekleyen kombinezonundan meydana gelir. Ancak daima tahribatı başlatan ana bir etken vardır. Kimyasal hasara sebep olan tabii etkenler olarak sülfatlar (deniz suyu ve zeminde), sülfidler (yeraltı suyunda), agresif karbondioksit (kaynak sularında ve yeraltı suyunda) ve klorür (deniz suyunda ve civar bölgelerde) sayılabilir. Suni kimyasal etkenler ise çoğunlukla endüstriyel atık sularda bulunan organik ve inorganik maddelerdir. Elbette bazı tabii zararlı etkenler, suni ürünlerin tabiata karışması ile ortaya çıkmaktadır. Örneğin, baca gazlarında bulunan kükürt dioksitin oluşturduğu asit yağmuru, bunların zeminde meydana getirdiği sülfatlar ve buz çözücü tuzlarda bulunan klorürler.

Genel bir kural olarak denilebilir ki : tabii etkenlere karşı dayanıklı beton üretimi daima mümkündür, hatta bu etkenler endüstriyel işlemlerden tabiata gelmiş olsalar bile. Ancak, suni zararlı maddelerin doğrudan etkilemesi halinde dayanıklılığı garanti etmek için muhakkak koruyucu bir sistem kullanılması zorunludur. Örneğin, pH derecesi 4 veya 5 den daha küçük olan asitlere (bilhassa hidroklorik, sülfürik ve nitrik asitlere) karşı beton dayanıksızdır. Eğer etki süresi ne kadar uzun ve konsantrasyon ne kadar yüksekse hasar o kadar fazladır. Bütün bu durumlarda betonun anti-asit koruyucu bir sistem ile zararlı madde ile teması önlenmelidir.

Fiziksel çevre etkenlerinden olan donma-çözülme hasarı sıcaklığın -20°C ile $+20^{\circ}\text{C}$ arasındaki bölgede hava sürüklenmiş beton kullanılarak önlenabilir. Buna karşılık kurak iklimlerde yüksek sıcaklarda rötre ve ona bağlı çatlakları tamamen ortadan kaldırmak hemen hemen imkansızdır. Bu hallerde istenmeyen etkileri azaltmak için ancak özel betonlar (genleşen beton) veya teknikler (betonun izole edilmesi) kullanılmalıdır.

Çarpma, aşınma ve kavitasyon gibi mekanik etkenlerin mevcut olması halinde hasarlar, çoğunlukla yüzeyde daha kaliteli beton kullanımı, liflerle takviye veya koruyucu kaplamalarla azaltılmaktadır.

5. SONUÇLAR

Betonun zaman içindeki dayanıklılığını yükseltmek için öncelikle tahribata sebep olan çevre şartları çok iyi değerlendirilmeli ve yapılan fonksiyonuna bağlı olarak yeterli bir dayanıklılık belirlenmelidir. Ancak tasarımcılar ve müteahhitler dayanıklılığı garanti etmek için aşağıdaki üç noktaya bilhassa çok dikkat etmelidir.

1. Düşük su-çimento oranı
2. Yeterli bir işlenebilme
3. Uzun bir kür süresi

Bu şartlar gerek tasarım gerekse uygulama sırasında titizlikle takip edilerek yerine getirilecek olursa yapıların istenilen performansı beklenen süre yerine getirmesi mümkün olacaktır.

REFERENCES

- (1) W.Mc Quade, Why all those Buildings are Collapsing, Fortune, p 61, Nov.19, (1979)
- (2) S.C Watson, Zero Maintenance Expansion Joints and Bearings. A Design Goal fot the Future, Federation Internationale de la Précontrainte, 8th Congress, London (1978).
- (3) W.Mc Quade, Why all those Buildings are Collapsing, Fortune, p 65, Nov. 19, (1979).
- (4) W.C. Olazabel e L. Traversa, FIP Notes 70, p 13, sept., (1977)
- (5) M.Colleparadi, Scienza e tecnologia del calcestruzzo, p 139, Ed. Hoepli, Milano, (1980).
- (6) T.C. Powers, L.E.Copeland and H.M.Mann, J.Portl.Cem.Assoc. Res. Dev. Lab. 1, 38, (1959).
- (7) ACI Manual of Concrete Practice 1980, Part. 1, ACI-211.1, ACI Publication, (1980).
- (8) M. Colleparadi, M. Corradi, M. Valente, Superplasticizers in Concrete, p 7, Transportation Research Board 720, TRB, National Academy of Sciences (1979).