

BETONDA DAYANIKLILIK ÖZELLİĞİ ve ÖNEMİ

M. Süheyl AKMAN

Prof.Dr.

İnşaat Fakültesi-Teknik Üniversite

İstanbul

ÖZET

Betonun ana niteliklerinden biri olan dayanıklılık (dürabilite) mukavemet kadar önemlidir. Doğrudan zararlı ortamlarla temasta olan özel yapılar dışında dayanıklılık problemine ülkemizde dikkat edilmez. Halbuki dayanıklılığın belirlediği servis ömrü yapı tasarımının teknik ve ekonomik bir parametresidir. Bu yazıda dayanıklılık ve servis ömrü kavramlarına açıklık getirildikten sonra geçirimsizlik, hasar etkenleri ve mekanizmaları dayanıklılık açısından incelenmiştir. Eskimeye yol açan fiziko-kimyasal dış ve iç etkenlere dayanıklı malzeme seçimi, üretim kuralları ve üretici-tüketici davranışlarının şartlandırılması konuları tartışılmıştır. Ülkemiz ve İstanbul için güncel olan katkı çimentolar, denizden çıkarılan agregalar, agrega ocakları, deniz suyu ve donatı paslanması problemleri özellikle vurgulanmıştır.

1. GİRİŞ

Evrende canlı veya cansız hiçbir yaratık mükemmel dayanıklı değildir. Malzemeler de doğal olarak bu kurala uyarlar. Dayanıklı bir beton, çevresinin etkisinde ilk şeklini, niteliklerini ve hizmet görme yeteneğini uzun süre kaybetmeyen betondur. Servis ömrü diye tanımladığımız bu süre sonunda beton yapının kullanımı güvenli veya ekonomik olmaktan çıkar, yani bozulan betonun güvenlik gerilmesi servis gerilmesinin altına düşer, veya onarım ve bakım masrafları yeniden yapım maliyetinin üstüne çıkar. [1,2,3]

Günümüzde betonun kullanıldığı ortamlar giderek daha çok hasara yol açan boyutlara ulaşmıştır : açık deniz petrol platformları, kriyojenik gaz tankları, nükleer santrallerin yüksek basınç depoları gibi. Bu özel durumlarda yeterli servis ömrüne sahip betonlar üretmek çok itinalı ve bilgi birikimli bir teknoloji ile mümkündür. Köprü, baraj, rıhtım, yol ve konut türündeki klasik mühendislik yapılarının dayanıklılık problemleri belki bu düzeyde itina ve bilgi gerektirmezler, ancak ulusların harcamalarında büyük önem taşırlar. Gelişmiş sanayi ülkelerinin inşaat yatırımlarının %40'ı bakım ve onarıma sarfolmaktadır. [1].

Son yıllarda servis ömrü üzerinde yoğun çalışmalar vardır. Araştırmalar henüz servis ömrünün tayinine yöneliktir. Hasara yol açan doğal hasar etkenlerinin tespiti, bu etkenlerin laboratuvarlarda simülasyonu, servis ömrünün deterministik veya stokastik biçimde hasar etkenlerinin fonksiyonu olarak matematik formülasyonu araştırılan konulardır. [3,4]. Pratiğe dönük çalışmalar ise daha uzun servis ömrüne sahip, hasar etkenlerinin en az bozabildiği üretimi sağlamayı amaçlamaktadır. Böylece servis ömrü ve dayanıklılık kavramlarının henüz tasarıma esas alınacak somut parametre olma düzeyine varmadığını görüyoruz. Gelecekteki beton yapıların projesinde, beton mukavemeti ve çelik sınıfı gibi, dayanıklılığı simgeleyen bir niteliğin de belirtilmesi istenmelidir, örneğin bu nitelik beton su geçirimsizlik katsayısı olabilir.

2. BETONLARDA HASAR ETKENLERİ

Betonlarda hasara yol açan sebepleri (hasar etkenleri) fiziksel ve kimyasal olarak ikiye ayırırız. [1,2,5].

Fiziksel sebeplerin yol açtığı hasarlar yüzeysel bozulma veya çatlama şeklindedir. Fiziksel yüzeysel bozulma nedeni aşınmadır. Bu aşınma üç ayrı biçimde olabilir:

- 1) Abrasyon (katı sürtünme), trafik ve araçlar yüzünden yollarda,
- 2) Erozyon, süspansiyon maddesi içeren sıvıların akışı sırasında su kanallarında,
- 3) Kavitasyon, akış halindeki sıvıda meydana gelen yüksek basınçlı hava kabarcıklarının patlamasına bağlı olarak baraj savaklarında.

Fiziksel çatlama olayları ise, sıcaklık ve nem gradient'leri sonucu tuzların kristalleşme basınçları nedeniyle, mekanik yüklemelerden, yangın veya donma gibi aşırı sıcaklık farklarının doğmasıyla ortaya çıkarlar.

Kimyasal hasar etkenlerini üç kategoride inceleyebiliriz : Sertlik derecesi düşük suların çimento birleşenlerini hidrolizi, çimento fazı ile bazı zararlı sular arasında oluşan kation değişimi, sülfat tuzları, alkali-agrega reaksiyonu ve donatı paslanması nedenlerine bağlı hacımsal genişlemeler.

Hasar etkenlerinin böylesine kategorik bir ayırıma tabi tutulması gerçekçi değildir. Bu etkenlerin birlikte olması veya birbirlerini etkilemeleri doğaldır ve bu durumda hasar türü ve düzeyi karmaşıklaşır. Zaten bu nedenle bu doğa-laboratuvar ilişkisini kurmak, laboratuvarla doğayı simüle etmek çok güç ve bazen olanaksızdır. Günümüzdeki standart laboratuvar deneyleri hâlâ betonun belirli bir hasar etkenine dayanıklı olup olmadığını sınamaktan öteye gidememekte ve tasarıma esas olabilecek servis ömrü kavramını somutlaştırmaktadır. Bunun nedeni problemin çok değişkenli karmaşık yapısıdır.

3. SU GEÇİRİMLİLİĞİ

Betonda rastlanan hasar türlerinin hemen hemen hepsinde suyun etken olduğu görülür. Su, saf olarak veya içerdiği maddeler nedeniyle fiziksel ve kimyasal hasar olaylarında önemli rol oynar. Suyun difüzyonuna olanak veren yapıdaki bir betonun herhangi bir nedenle hasara uğraması da doğaldır. Bu bakımdan dayanıklılık açısından büyük önem taşıyan "su geçirimliliği" özelliği ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Su geçirimliliğini nicelendirmek üzere Darcy yasasındaki geçirimlilik (permeabilite) katsayısından yararlanılır.

$$\frac{dq}{dt} = k \cdot \frac{\Delta H \cdot A}{L \cdot \mu} \quad (1)$$

dq/dt sıvı akı hızı, L betonun kalınlığı, A betonun kesit alanı, ΔH , L kalınlığındaki betonun her iki yüzü arasındaki su basıncı farkı, μ sıvının viskozitesi ve k geçirimlilik katsayısıdır. Sürekli, laminar bir akım rejimi için geçerli olan bu yasanın ve yasadan elde edilecek k katsayısının

sadece göreceli bir değerlendirmeye olanak verebilecekleri açıktır.

Betonun geçirimliliğini etkileyen boşluklar, kapiler ve bir kısım jel boşluklarında bulunup buharlaşabilen karma suyunun oluşturduğu kuru veya yarı doymuş boşluklardır. Betonun geçirimliliği, çimento hamuru ve agregâ fazlarının boşluklarının ve çimento hamuru-agrega geçiş bölgesindeki çatlakların fonksiyonudur.

3.1. Çimento Hamurunun Geçirimliliği

Karma suyunun fazlalığı çimento hamuru fazının geçirimliliğini etkileyen en önemli faktördür. Bu su buharlaşabilen suyu içeren boşluk sistemini belirler. Suyun kaybolması ve boşluğun oluşması sadece buharlaşmaya bağlı değildir, gelişen hidrasyon da bu olguda etkindir. Ancak ilerleyen hidrasyon aynı zamanda boşlukları doldurarak kapilariteyi indirger, geçirimliliği azaltır. Bu ters etkiler nedeniyle geçirimlilik ve hidrasyon arasında bir orantılilik kurulamaz. Mamafih Powers' in eski çalışmaları yaşlanmanın, diğer bir deyişle hidrasyonun pozitif etkisini göstermektedir [6], Tablo 1.

Tablo-1. Geçirimliliğin çimento hamuru yaşıyla değişimi [2].

<u>Çimento hamuru yaşı</u>	<u>Geçirimlilik katsayısı, k, cm/sec.</u>
Taze hamur	$20 \times 10^6 \times 10^{-11}$
5 gün	4000×10^{-11}
13 gün	50×10^{-11}
24 gün	10×10^{-11}
Son durum	6×10^{-11}

Çimento hamurunda kapiler boşluklar küçük ve bağlantısız olduklarında k yaklaşık 10^{-12} cm/sec değerine erir. Bu durumda kapiler porozite de %30 dan daha düşük bir değerdedir. Su/çimento oranının 0,40, 0,50, 0,60 ve 0,70 değerinde olması halinde %30 kapiler porozite düzeyine sırasıyla 3, 14, 180 ve 365 gün sonra varabilmektedir. Bir betonda su/çimento oranının 0,70'i genellikle aşmayacağı düşünülürse, iyi kür edilen betonun çimento hamuru fazının, er veya geç yeterli geçirimliliğe erişebileceği söylenebilir. Su halde beton geçirimliliğinde çimento hamuru birinci derecede etkinlik taşımamaktadır. [6,7].

3.2. Agregaların Geçirirnililiđi

Çimento hamurundaki %30-%40 kapiler poroziteye karşılık agregalarda bu değeri %3-%10 arasındadır. Ancak agregaların boşluklarının daha geniş ve bağımlı olması dolayısıyla geçirirnililikleri düşük değildir. Tablo-II' de muhtelif taşların geçirirnililik katsayıları ve geçirirnililik açısından eşdeğer oldukları çimento hamurlarının su/çimento oranları gösterilmiştir. [7].

Tablo-II. Bazı kültelerin geçirirnililik katsayıları ve eşdeğer çimento hamurlarındaki su/çimento oranları [7].

Külti cinsi	Geçirirnililik katsayısı k, cm/sec	Eşdeğer çimento hamuru su/çimento oranı
Bazalt	$2,47 \times 10^{-12}$	0,38
Diorit	$8,24 \times 10^{-12}$	0,42
Mermer	$23,9 \times 10^{-12}$	0,48
Granit	5350×10^{-12}	0,70
Kumtaşı	12300×10^{-12}	0,71

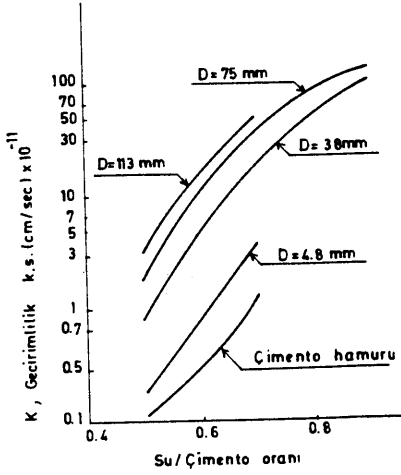
Çimento hamuru içine düşük poroziteli agregaya ilavesiyle daha geçirimsiz beton üretilebileceği düşünülmemelidir. Özellikle agregaların boşluk nitelikleri donma-çözülme hasarlarında büyük etkinlik taşırlar. Üte yandan çok düşük poroziteli agregaların hamurla aderansında ortaya çıkabilecek sakıncalar geçirirnililiği artırabilir.

3.3. Betonun geçirirnililiđi

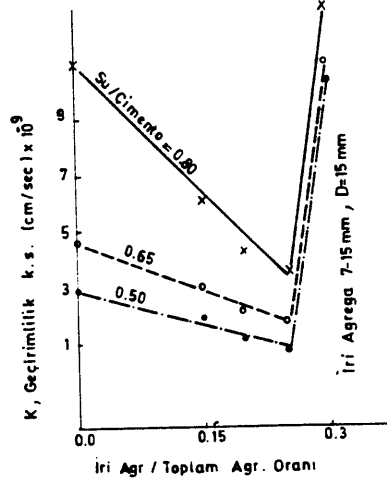
Çimento hamuruna agregaya taneleri katıldıkça geçirirnililiğin arttığı gözlenir. Bu artışın nedeni agregaya-çimento hamuru arayerinde oluşan mikroçatlaklardır. Gözle görülemiyen bu çatlaklar, terlemenin nedenlerinden biri olan iri agregaya miktarı ve boyutu ile çoğalırlar ve geçirirnililik katsayısının büyümesine yol açarlar. Şekil-1, [1]. İri tane konsantrasyonunun artması sonucu geçirirnililikteki değışim ise süreklilik göstermemektedir. İri tane hacmi beton iskeletinin teşekkülü için gerekli olan sınıra varmadan önce, bu hacmin artışı müspet bir etki oluşturmakta ve geçirirnililik azalmakta, daha sonra ise süratli bir artış göstermektedir. Bu sınır iri agregaya/toplam agregaya hacim oranı için 0,30 alınabilir ve bu oran harç-beton sınırını belirleyen bir sınırdır. Şekil-2 [8,9].

Agregaya, çimento fazı arasındaki bu bölgedeki çatlakların oluşmasında betonun ıslak küllünün etkinliği açıktır. Ancak pek çok inşaat

yapılageldiği gibi betonu günde bir iki defa sulayıp, kuruma-ıslanma sürecine tabi tutmak yarar yerine zarar verir ve arayerdeki çatlaklar artar [5].



Şekil 1- Maksimum Tane Çapı Geçirimlilik ilişkisi [1]



Şekil 2- Harç ve Betonda Geçirimlilik [8]

Geçirimlilik konusu özetlenerek aşağıdaki yargılar verilebilir :

Beton ve harçlarda geçirimsizlik farklı davranışlar gösterir. Çimento hamur fazının geçirimsizliği agrega-hamur ortak yüzeyindeki geçirimsizlik yanında ikincil kalır. İri agrega boyutu ve miktarı arttıkça geçirimsizlik artar. Agregaların geçirimsizliği önemli değildir, hatta iyi bir agrega-hamur bağlantısı için agregaların bir miktar boşluk içermesi iyidir. Su/çimento oranının düşük tutulması (<0,45) gerek hamur geçirimsizliği, gerek ara yer kalitesi bakımından zorunludur. Sürekli ıslak kür gereklidir. Suyun iyon içeriğinin de oluşturacağı osmotik basınç yönünden geçirimsizliği etkileyeceği dikkate alınmalıdır.

4. SIK RASTLANAN HASAR ETKENLERİ

Betonun servis ömrünü kısaltan etkenler arasında en yaygın olanlar donma-çözülme, aşınma, kristalizasyon basınçları ve donatı paslanmasıdır. Klasik beton teknolojisinde teferruatlı biçimde ele alınan bu konuların

bazı ilginç yönlerinin incelenmesiyle yetinilmiştir.

4.1. Donma - Çözülme

Donma-çözülme olayı çimento hamuru, agrega ve beton için ayrı ayrı ele alınır. Çimento hamurunun kılcal boşluklarındaki suyun bir kısmının donması sonucu boşluk hacmine sığmaması ve çeperlere hidrolik basınç uygulanması teorisi ile donma hasarını açıklamak yeterli olmamaktadır. [2]. Hidrolik basınçın değerini belirleyen, donma hızı, doygunluk derecesi, hamur geçirimsizlik katsayısı ve suyun serbest yüzeye varması için katettiği mesafedir. Deneyler suyun buza doğru hareket ettiğini ve hızlı soğutma halinde genleşmelerin azaldığını gösterince osmotik basınç teorisi gelişmiştir. Beton boşluklarındaki su alkaline karakterdedir. Buz teşekkülü aynı boşluktaki donmamış suyun alkali konsantrasyonunu yükseltince, henüz hiç buzlanmamış düşük konsantrasyonlu bölgeden buzlanmış bölgeye su moleküllerinin osmotik akımı başlar [5]. Nitekim henüz donmamış bölgelerde rötre meydana gelir, donmuş bölgede ise genleşme vardır. Litvan adsorbe suyun donma hasarında en etkin faktör olduğunu söylemektedir [10]. Buzlaşamayan aşırı soğuk adsorbe su ile buz arasında doğan buhar basınç farkı, suyu donabilecek boşluk ve çatlaklara yöneltir, bu arada hamurda yerel kurumalar ve rötreler de oluşur. Suyun yeniden düzenli bir biçimde dağılamaması hasarın nedenidir. Düzenli dağılmayı önleyen faktörler ise suyun fazla olması (su/çimento oranı yüksek), ani soğuma ve hava sürüklemenin yetersizliği nedeniyle suyun katedeceği mesafenin fazla uzun olmasıdır. Hava sürükleyici katkıların yararı her üç teoride de parametre kabul edilen katedilen mesafeyi kısaltmasıdır.

Agrega tanelerinin donma hasarı Litvan' ın teorisi ile açıklanmaktadır. Ancak adsorbe suyun genleşmesi veya büzülmesi konuları hâlâ tartışmalıdır [2]. İnce boşluklar içeren ve adsorbe su miktarı yüksek agrega tanelerinin donma-çözülmede betona zarar verdiği bilinmektedir. Tanelerde hidrolik basınçın zararlı değerlere erişmemesi için serbest haldeki tane için bir kritik boy hesaplanmaktadır. Mineralojik yapının, agrega geçirimsizlik katsayısının ve doyma derecesinin fonksiyonu olan kritik boy genellikle 12,5 mm' den büyüktür [11, 12]. Granit, bazalt, kuvarzlit ve mermer gibi taşların donabilecek su kapasitesi çok düşük olduğundan bunlar için bir kritik boy yoktur [2].

Betonun donma çözülme hasarında çimento hamuru kritik doyma derecesinde ise problemler ortaya çıkar. Hamur kalitesini etkileyen faktörler de

su/çimento oranı, dozaj ve kür gibi geçirimsizliği etkileyen niteliklerdir. Hava sürükleyici katkıların yararı ise çimento hamuru fazındadır. Uygulamacı olarak agrega özellikleri daha ilginçtir. Agregaların hasar oluşturması için kritik doyma derecesinde ıslak olmaları gerekir. Agregalar beton üretimi akabinde hidratasyon ve buharlaşma sonucu kuru durumdadırlar. Bunların doygun hale gelmesi dış su etkisiyle olabilir. Su emme hızı yüksek olan agregalar sorun çıkarırlar. Yoğun olmayan kütlelerde kritik boyuna dikkate alınması şarttır. Suyun agregaya ulaşmasını önleyen harç tabakası olacaktır, özellikle sorunlu agregaların dış yüzeye yakın olması hasarı şiddetlendirir ve hızlandırır.

4.2. Aşınma

Erozyon ve kavitasyon türü aşınmalar ülkemizde ileri düzeyde denetim olanaklarına ve bilgi birikimine sahip Devlet Su İşleri' nin konularıdır. Abrasyon türü aşınma ise beton yol inşaatı uygulanmadığı için Türkiye'de büyük ölçüde sorun yaratmaz. Sadece hava alanlarımızda, bazı kent meydanlarında abrazyon, yeni yapılan kazıklı sahil yollarımızda erozyon problemlerimiz vardır.

Genellikle çimento hamuru fazının abrazyon dayanımı düşüktür, nitekim su/çimento oranı ile abrazyon arasında iyi bir korrelasyon vardır. Bu yüzden şartnameler aşınmaya dayanıklı betonların yüksek basınç dayanımlı olmasını öngörürler : ACI, $f_c > 28$ MPa şartını verir. Erozyon problemi olan yerlerde ise ön görülen basınç dayanımı minimum 42 MPa' dır. Agrega sertliğinin yüksek olması gerekir. Agrega sertliklerinin farklı oluşunun negatif etkisi zayıf mukavemetli betonlarda daha seçiktir. Maksimum tane çapına da kısıtlanma getirilmiştir (25 mm). Bu şartın zengin çimento dozajlı ve yüksek mukavemetli betonlarda gerektiği zaten bilinmektedir.

Abrasyon' da önemli sorunlarda biri de yüzeydeki tabakanın yeterliliğidir. Terlemesi yüksek ve letans' ı fazla yüzeyler çabuk aşınırlar. Bu yüzden terlemeyi azaltan mineral tozlar, uçucu kül, silis dumanı gibi yararlıdır. Yüzeyin düzeltilmesinin geciktirilmesi de yararlıdır. Abrasyon konusunda bir diğer husus yüzeyin sürtünme katsayısının zamanla azalmamasıdır. Kalker dolomit benzeri agregalar trafik etkisiyle kaygan bir nitelik kazanırlar. İlginç bir gözlem de, taze betonun CO₂ gazı ile temasının abrazyon dayanımını düşürdüğüdür. [1,2].

4.3. Kristalizasyon Basıncıları, Deniz Suyu

Betonlarda geniş biçimde incelenen bir dayanıklılık sorunu sülfat etkisidir. Portland esaslı çimentoların ana karma oksit bileşenlerinden trikalsiyum alüminatın (C_3A) sülfatlarla oluşturduğu çok büyük hacimli kristal tuz (etrenjit) bu etkinin ana faktörüdür ve betonu patlatır. Çimentoların hidrasyon ürünü olan kalsiyum hidroksit' in sodyum, magnezyum sülfatlarla kristal alçıtasına dönüşmesi de sülfat probleminde bir aşamadır. Alçıtası genleşmeyle meydana gelir, su ile yıkanabilir ve etrenjit tesekkülüne yol açar. Ortadoğu, Arap Yarımadası ülkelerinde zeminin yapısı nedeniyle sülfat etkisi önem taşır. Deniz suyu içinde bulunan magnezyum sülfatın özel bir durumu vardır. Magnezyum iyonlarının kalsiyum iyonlarının yerini alma yeteneği, sülfat etkisine yeni boyut kazandırır : çimento hamurunun iskelet yapısını oluşturan kalsiyum silikatlar da (C_3S ve C_2S) ayrıca tahrip olur. Deniz yapılarında pek çok şartname ASTM tip V denilen sülfata dayanıklı çimento önerirler. Alçıtası oluşumunu da dikkate alan Sadran formülüne göre deniz suyuna dayanıklı Portland çimentolarında,

$$C_3A-0,27 \quad C_3S < \%23,5$$

(2)

olmalıdır [13].

Tip V çimento sülfat probleminin alçıtası aşamasında yarar sağlamaz. Yüksek fırın cürufu çimentosuyla sülfat probleminde başarılı sonuçlar alınmıştır [13].

Deniz yapılarında büyük hacim genişlemeleriyle oluşan hasar türüne pek rastlanmamaktadır. Sudaki klor iyonlarının etrenjit için gerekli alkaliniteyi indirgeyerek genleşmeyi zayıflattığı düşünülür [2]. Ancak su seviyesinin üstünde ve özellikle bir yüzü kuruyan diğer yüzü ıslak kalan yapı elemanlarında ilginç hasarlar oluşmaktadır. Sodyum klorür' ün kristalleşmesi sonucu ortaya çıkan basınç, $0^{\circ}C$ de 554, $25^{\circ}C$ da 605 ve $50^{\circ}C$ da 654 atmosferdir. Beton içinde oluşacak bu basıncın malzemeyi kırması doğaldır. [14].

Deniz yapılarında aktif silis içeren agrega kullanılması durumunda alkali-agrega reaktivitesi sonucu genişleyen alkalin silis jeli oluşması da beklenebilir. Öte yandan Haliçlerde bazı durumlarda sudaki ağırsif serbest CO_2 artar ve suyun pH' sı 7,5 altına düşer, bu durum Portland çimentosunun tahrip olmasına yol açar [2,15].

4.4. Donatı Paslanması

Beton yapıların göçmesine yol açan hasarların başında donatı paslanması gelir. Paslanma sonucu hacmi altı misli genişleyen çelik betonda çatlamalara, parça artmalarına yol açar. Olayı gözlemek akan pas rengi nedeniyle kolaydır. Betonun içindeki donatıyı pastankoruduğu varsayılır, bu görevin mükemmel biçimde yerine getirilemediği vaka'ların çokluğundan anlaşılr.

Elektrokimyasal bir olay olan paslanma hava ve suyun birlikte çeliğe ulaşmaları ile mümkündür. Ortamda klor iyonlarının varlığı paslanmayı hızlandırır, hatta oksijene gerek göstermeyen bir ikinci paslanma türüne dahi yol açar. Klasik paslanma, ıslanan kuruyan ortamlarda, sahil yapılarında, endüstri bölgelerinde olur. Beton, paslanmayı önleyen alkali passivasyon yeteneğini, kirecinin havada karbonatlaşması sonucu yitirir. İkinci tür paslanma ise derin deniz yapılarında gözlenir.

Betona klor diffüzyonu deniz suyuyla olur. Ancak üretim sırasında kullanılan klorlu katkı maddeleri, karma suyu olarak deniz suyundan yararlanma veya ender olarak agregaların mineralojik yapıları da betondaki klor düzeyini yükseltirler. Bu nedenle şartnameler öngörilmeli betonlarda, deniz yapılarında su, agrega, katkı maddeleri açısından kısıtlamalar getirilmiştir. Servis sırasında don çözücü tuzların kullanımı, erken plastik rötre çatlaklarının varlığı, donma-çözülme olayının bulunması, mikroçatlaklara yol açan ısıt işlemleri üretim paslanmada etkin parametrelerdir.

Paslanmaya karşı önerilen önlemler geçirimsiz ($k \leq 10^{-11}$ cm/sec), elektriksel direnci yüksek ($R > 50 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$), pas payı fazla (50-70 mm) beton elemanlar üretmektir. Klor içeriğinin kontrolü (28 günde serbest klor çimento ağırlığının % 0,06- % 0,15) dışında, çekme bölgesinde oluşan çatlakların genişliği de denetlenmelidir (0,15mm) [2].

5. DAYANIKLILIK AÇISINDAN BETON HAMMADDELERİ

5.1. Çimento

Ölkemizde dayanıklılık yönünden çimento problemi Katkılı Portland Çimento ve Traslı Çimento üretimi ile giderek artmıştır. Enerji sorunu nedeniyle Türkiye' de KPÇ dışında çimento bulmak özel girişimlerle mümkündür. Ekonomik durum gereği ve bilinçsiz tüketiciyi koruma çabası

sonucu basınç ve eğilme dayanımı KPÇ ve TÇ çimentolarında da PÇ' ye eş-değerdir. Mekanik mukavemetlerin düşük olması tüketiciyi seçime yönlüten bir faktör olabilirdi.

Yapıya uygun çimento türlerimiz maalesef yoktur. Bu türler için gerekli standartlarımız ise mevcuttur. Hatta uçucu kül veya yüksek fırın cürufu' nu doğal puzolan yerine kullanan bazı fabrikalarımız ürünlerini KPÇ simgesiyle pazarlamaktadırlar.

KPÇ ve TÇ çimentolarında doğal puzolanların kalitesi yeterli olmayınca standardı değiştirme yoluna gidilmiş ve erimiyen kalıntı miktarı %10'a, SO_3 miktarı %3,5' a yükseltilmiştir. Bu kalıntının puzolanik aktivite göstererek ileri yaşlarda hidrasyon yapacağını ummak aşırı iyimserliktir. SO_3 miktarının artması ise beklenmeyen mukavemet sürprizleri ile karşılaşmaya sebep olabilir.

Doğal puzolanların çok ince oluşu sonucu bu çimentolarda erken plastik rötre çatlaklarına daha sık rastlanmaktadır. Çimento hamur fazının bu yüzden ve erimiyen kalıntının fazlalığı nedeniyle geçirimsizlikleri yüksektir. Bu çimentoların deniz suyuna ve sülfat etkisine daha dayanıklı oldukları şeklindeki yaklaşım da yanlıştır. Eğer yüksek fırın cürufu ve uçucu kül çimentoları ayrı biçimde üretilselerdi bu yaklaşım doğru olabilirdi. Doğal puzolanlı çimentoların soğuk havada dökülmek için de yeterli olmadığı gözlenmiştir [16].

5.2. Agregalar

Büyük şehrimiz İstanbul' da agregasız sorunu yıllardır düzene girmemiştir. Doğal yeterli rezervlerden İstanbul' u mahrum bıraktığından deniz agregalarına yönelmek gerekmiştir. Ancak pazarlamanın kolay olması nedeniyle agregasız üreticileri de yıkama, eleme ve özellikle klaslama tesislerini kurmaya teşebbüs etmemişlerdir.

Deniz agregaları genellikle tekdüze granülometriye haiz, istiridye, midye kavkıları içeren ince ve biçimsiz malzemelerdir. Bunlarla yapılan betonlarda boşluk yüksektir, geçirimsizlik fazladır. Kavkıların boyutları donma-çözülmede tanımlanan kritik boyu aşarlar, bunlarla yapılan meydan ve kaldırım betonları, bordür taşları oldukça ılıman iklime sahip İstanbul' da dahi kısa sürede donma etkisiyle tahrip olurlar. [12].

Strüktür betonu dışındaki betonlarda her türlü agreganın kullanılabileceği, düşük dozajda çimentonun yeterli olduğu kanısı bu hasarda büyük rol oynamaktadır.

Deniz agregalarının higroskopik yapıları da betonun sürekli suya doygun kalmasına neden olur. Bu etkinin donma-çözülme olayındaki negatif etkisi yukarda belirtilmiştir. Donatı paslanması ve kristalizasyon çatlakları da düşünülmelidir.

5.3. Katkı Maddeleri

Günümüz beton teknolojisinde katkı maddeleri vazgeçilmez öğeler olarak yerini almıştır. Türkiye 'de' çeşitli katkı maddeleri üretilmekte veya ithal edilmektedir. Büyük taahhüt işleri dışında katkı kullanımı yaygınlaşmamıştır. Genellikle katkı maddesi mukavemeti yükselten sihirli bir ilaç gibi değerlendirilmektedir. Halbuki katkı maddelerinin asıl fonksiyonları dayanıklılık problemleridir. Su/çimento oranını düşürmek, terlemeyi önlemek, yüzey düzeltmeye imkan sağlamak, hava sürüklemek gibi hususlar geçirimsiz, hasar etkenlerine dayanıklı beton üretmeye yöneliktir. Katkı maddelerinin kullanımında ön deneylerin ve bilgi birikiminin gerekliliği unutulmamalıdır. Sonucun beklenenin tam tersine belirmesi de olasıdır.

6. SONUÇ

Bu bildiride dayanıklılık özelliğinin betonun servis ömrü açısından önemi ve bu konuya ülkemizdeki yaklaşım anlatılmıştır.

Yüksek mukavemetli beton elde etmede önerilenler, dayanıklılığı yüksek beton için de büyük ölçüde geçerlidir. Dayanıklı bir betonda en önde gelen nitelik geçirimsizliktir. Bunu sağlamak için su/çimento oranını düşürmek, başarılı bir yerleştirme yapmak, uzun ve yeterli kür uygulamak gerekir. Bu genel koşullar dışında çevre etkisine bağlı olarak çimento türünün ve minimum miktarının belirlenmesi, agreganın etüdü, katkı maddesine karar verme gibi problemler de halledilmelidir.

Agrega ocaklarının klaslanmış agrega üretimine olanak sağlayacak biçimde organizasyonu, çimento üretiminin daha çeşitli çimento yapabilecek tarzda planlanmaları dayanıklılık sorununu çözmek isteyen mühendisin çabasını verimli kılacaktır. Ancak asıl önemli olan mühendisin böyle bir

sorunun varlığına inanması ve mal sahibinin beton konusunda bilinçlenmesidir. Herkes satın aldığı malın sağlam ve dayanıklı olmasını ister. Yapıda ise, ekonomi çok ağır basmaktadır. Bilinçsiz olan malsahibi belki mukavemet konusunda birşeyler duymuştur, betonun belirli bir mukavemette olmasını ister ve bazen bu hususta baskı yapar, ancak dayanıklılık problemin-den tamamen habersizdir. Tüketiciyi dayanım ve dayanıklılık konularında bilinçlendirmek, her ikisinin de aynı derecede önemli olduğunu kendisine anlatmak ve böylece bu nitelikleri sağlamak üzere onun müteahhidi zorlamasını temin etmek köklü bir çözüme götürebilir.

İdari ve hukuksal önlem olarak da dayanıklılık gereği olan bir beton özelliğini, örneğin geçirimsizlik katsayısını, projeye şart koşturmak düşünülebilir.

7. KAYNAKLAR

- [1] Mehta, P.K., Concrete-Structure, Properties and Materials, Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J., 1986.
- [2] ACI-201-2R77, Guide to Durable Concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part I, Detroit Michigan, 1986.
- [3] ASTM E 632-81, Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials, Philadelphia, PA, 1982.
- [4] Pommersheim, J., Clifton, J., Prediction of Concrete Service Life, RILEM Materials and Structures, N.103, pp.21-30, 1985
- [5] Neville, A.M., Brooks, J.J., Concrete Technology, Longman Scientific and Technical, Essex U.K., 1987.
- [6] Powers, T.C., Copeland, L.E., Hayes, J.C., Mann, H.M., Permeability of Portland Cement Paste, J.ACI N.51, pp.285-298, Nov.1954.
- [7] Powers, T.C., Structure and Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste, J.Amer. Ceram. Soc. N.41, pp. 1-6, Jan. 1958.

- |8| Sümer, M., Betonda Sıvı Hareketinin Kompozit Malzeme Kuralları ile İncelenmesi, İTÜ.Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 1988.
- |9| Akman, M.S., Influence de la Fraction Volumétrique et de la Qualité du Gravier sur l' Inélasticité du Béton, Materials und Technik, Zürich, N.2, pp.83-92, 1977.
- |10| Litvan, G.G., Phase Transitions of Adsorbates : Mechanisms of Frost Action in Hardened Cement Paste, J.Amer. Ceram. Soc. V55, N1, pp.38-42, 1972.
- |11| Verbeck, G., Langren, R.,. Influence of Physical Characteristics of Aggregates on Frost Resistance of Concrete, Proc. ASTM., V60, pp.1063-1079, 1960
- |12| Akman, M.S., Denizden Çıkarılan Agregaların Teknik Sorunları, İTÜ Mimarlık Fak. Yapı Araştırma Kurumu, Seri C, N12, 1976.
- |13| Dreux, G., Nouveau Guide du Beton, Ed. Eyrolles, Paris 1986
- |14| Winkler, E.M., Stone : Properties, Durability in Man's Environment, Springer-Verlag, New York, 1975.
- |15| Akman, M.S., Betonarme Yapılarda Halicinin Korrozif Etkisi, İTÜ. İnşaat Fakültesi, Halic Sempozyumu, pp.I-173-I-189, 1975.
- |16| Postacıoğlu, B., Uyan, M., Mazlum, F., Traslı Çimentoların Kullanılma Alanları, İTÜ İnşaat Fak. Teknik Rapor N46, 1987.