

BETONUN DAYANIM VE DURABİLİTESİNİ SAĞLAYAN PARAMETRELER

Geliş Tarihi : 26.10.1998

Bahattin KÜÇÜK

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli

ÖZET

Bu çalışmada betonarme yapıların statik ve betonarme hesaplarında alınmış olan proje dayanımının, şantiyede üretilen betonda sağlanması gerektiği üzerinde durulmuştur. Kaliteli beton üretimi için etkin faktörler, daha önce yapılan deneysel çalışmalar yorumlanarak açıklanmıştır. Böylece bilimsel çalışmaların ön plana alınması ile inşaat sektöründeki mühendis, mimar, müteahhit ve taşeronların anlayıp kolayca uygulayacakları pratikliğinin kazandırılması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Betonun dayanımı, Betonun durabilitesi, Betonun kalitesi, Beton malzemeleri

FACTORS PROVIDING THE STRENGTH AND DURABILITY OF CONCRETE

ABSTRACT

In this study, it has been stated that the project strength of concrete structures assumed in static and reinforced concrete calculations should also be provided for the concrete produced in construction sites. The effective factors for the production of high quality concrete are explained by interpreting previously made experimental studies. In this way, by giving preference to scientific studies, engineers, architects, contractors and subcontractors in construction sector are provided to gain practical experience.

Key Words : Strength of concrete, Durability of concrete, Quality of concrete, Materials of concrete

1. GİRİŞ

Mühendis, tasarlayacağı her yapı elemanını boyutlarken, bunların dış etkilere karşı dayanmasını sağlamak durumundadır.

Dış kuvvetlerin tesiri altında kalan yapı elemanlarında bir takım şekil değişimleri ve iç kuvvetler (gerilmeler) meydana gelir. Birim alana gelen iç kuvvet tanımına göre normal gerilme, kayma gerilmesi, eğilme, burulma, burkulma gibi zorlanmalara maruz kalır. Taşıyıcı elemanlar öz ağırlık, servis yükleri, deprem ve rüzgar kuvvetlerinin etkileri altındaki bu zorlanmalara göre hesaplanır, tahkik edilir ve boyutlandırılırlar. Bu mekanik etkilere göre yapıların dayanımları sağlanmış olur.

Durabilite özelliği ise yapının kullanım sırasında hava koşullarına, kimyasal etkenlere, aşınmaya ve diğer yıpratıcı etkenlere karşı dayanıklılık gösterme (dayanma) kabiliyetidir.

2. BETON BOZULMASI

Betonarme yapıların hemen tamamı az veya çok agresiv etkilere maruz kalmaktadır.

Üretilen betonun, diğer yapılarda olduğu gibi betonarme yapılar için de, üretim öncesi hedeflenmiş özelliklerini zamanla yitirmemesi ve çevre şartlarına karşı dayanıklı olması, istenilen çok önemli bir özelliktir. Durabilite kapsamında betonda aranan dayanıklılık şu şekilde sıralanmıştır :

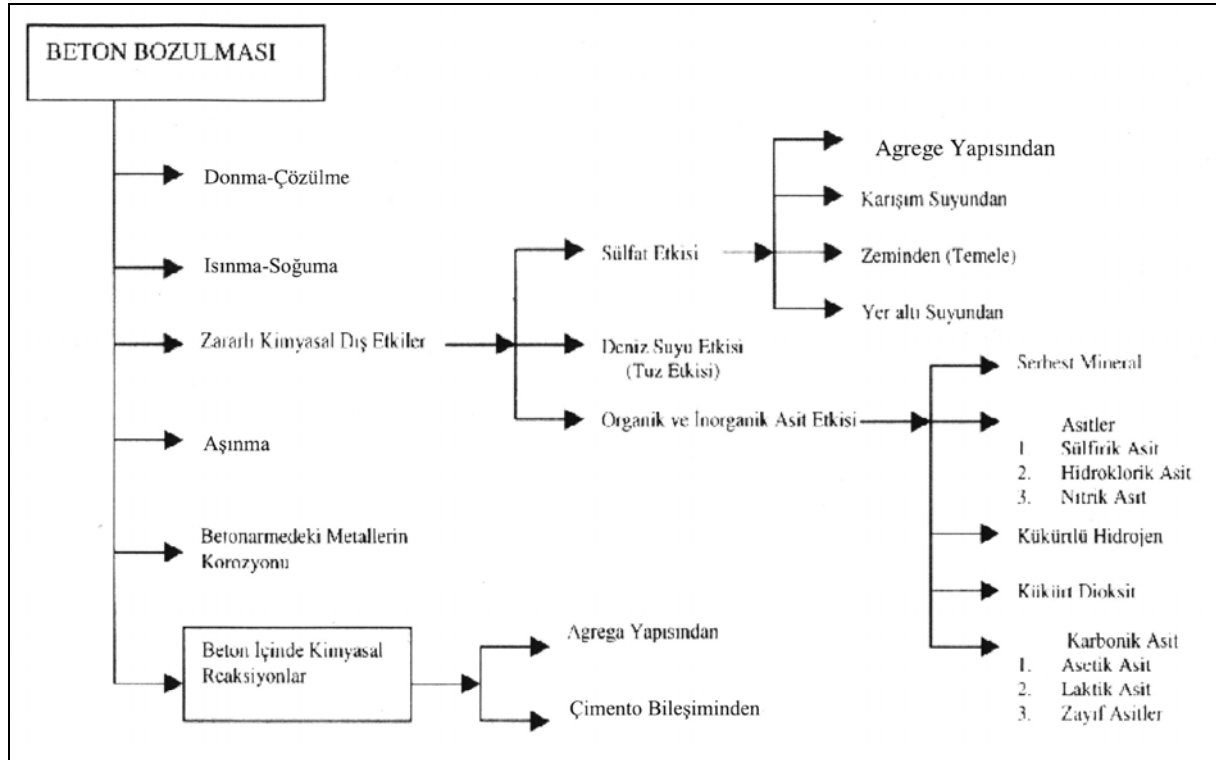
- Donma - çözülmeye karşı dayanıklılık,
- Isınma - kurumaya karşı dayanıklılık,
- Isınma - soğumaya karşı dayanıklılık,
- Aşınmaya karşı dayanıklılık,
- Ateşe karşı dayanıklılık,
- Asit ve tuzlara karşı dayanıklılık
- Hacim değişikliğine yol açıcı kimyasal reaksiyonlara (alkali-agrega reaksiyonuna) karşı dayanıklılık (Erdoğan, 1995).

Bazı bilim adamları betonun durabilitesinden sorumlu 3 ana faktör önermişlerdir. Bunlar;

1. Betonun tek başına dayanım özellikleri, tanımlanması için yeterli değildir,
2. Farklı ve uygunsuz çimento kullanımı ve bilinçsiz beton üretimi yapılması, dayanım azalmasına yol açabilir,

3. Betonarmedeki donatının korozyonu, beton dayanımı ile ilgili bir faktördür (Neville, 1983).

Yine bazı araştırmacılar, betonun dayanımını ve kullanımındaki problemleri, öncelikle betonun bünyesel özelliklerine, geçirgenlik ve kimyasal bileşimine bağlamışlardır. İkinci olarak iklim ve hava şartları, dışarıdan gelen zararlı kimyasal etkiler ve aşınma gibi dış etkilere kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bunlar dizayn hatalarının ve konstrüksiyon problemlerinin dışındaki önemli olumsuz etkilerdir (Roper and Baweja, 1992). Böylece beton özellikleri ile dış etkenler arasındaki etkileşimler yapı elemanlarının durabilitesini ve bozulmasını belirlemiş olmaktadır. Betonarme elemanda görülen çatlaklar da betonun o çevre şartlarına uygun seçilmediğinin bir işareti olabilmektedir. Beton bozulmasının sınıflandırılması Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Beton bozulması

3. BETON KALİTESİ

Beton, agrega adını verdiğimiz kum, çakıl, mıcır gibi taneli mineral malzemenin, onları bağlayıcı çimento ve su ile karıştırılması sonucu meydana gelir. Bazı özelliklerini iyileştirmek amacıyla kimyasal sıvı veya mineral katkılar da ilave edilebilmektedir.

İnşaat sektöründe en çok kullanılan ve kompozit bir malzeme olan betonun kendisini oluşturan malzemelerin özellikleri ile karışım oranları, beton kalitesine etki etmektedir. Betonun dayanımını etkileyen parametreler Tablo 1’de özetlenmiştir. Bunlara göre beton kalitesini artırıcı önlemler aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Betonun Dayanımını Etkileyen Parametreler

DAYANIMI ETKİLEYEN PARAMETRELER		
AGREGA	ÇİMENTO	SU
1. Tane dağılımı (granülometrisi) 2. Yüzey pürüzlülüğü 3. Tane şekli (kübik) 4. Taş yapısı (mineralojik ve petrografik yapı) a) Tane dayanımı b) Kile dönüşme özelliği c) Çimento ve çevre etkileriyle kimyasal reaksiyon özelliği d) Çimento hamuru ile aderansı (arayüzey) 5. Yabancı ve ince madde içeriği (temizliği)	1. İncelik (90-6.5 μ) 2. Depolama şartları (nemlenmemeli) 3. Çimento türü (PÇ, KPC, TÇ, SDC, SSÇ, CÇ...) 4. Normal dayanımı (kalitesi), (PÇ 32.5-PÇ 42.5) 5. Doz (miktar) 6. Mineral katkıları (Silis dumanı, uçucu kül, tras gibi diğer puzolanlar)	1. Su / Çimento oranı 2. Suyun kalitesi ve uygunluğu
ÇEVRE ŞARTLARI	BETON KOMPAŞİTESİ	ÜRETİM, DÖKÜM BAKIM ŞARTLARI
1. Karbonatlaşma 2. Tuz etkisi (deniz suyu ve deniz kumu) 3. Sülfat etkisi a) Zeminle temel irtibatı b) Yer altı suyu ile teması (temas suyu) c) Karışım ve bakım (kür) suları d) Alkali-agrega reaktivitesi e) Klor etkisi ve asidik ortam oluşturarak donatı korozyonu	1. İyi yerleştirme (vibrasyon) 2. Kil oranı, su miktarı ve agrega şekli 3. Akışkanlaştırıcı veya geçirimsizlik katkı ilavesi	1. Karışım malzemelerinin ölçümü 2. Betoniyerde karıştırma 3. Taşıma 4. Kalıba yerleştirme ve sıkılama 5. Bakım ve koruma (su veya buhar kürü)

3. 1. Agrega Faktörü

Agrega beton hacminin yaklaşık % 70-75'ini oluşturur ve doğal, yapay ve her iki cins yoğun mineral malzemenin çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış ve / veya kırılmış tanelerin yığını olarak tanımlanır. Tane boyutu 4 mm'den küçük olanlara ince agrega veya kum, 4 mm'den büyük olanlara iri agrega veya çakıl denir.

Agrega ; suyun etkisiyle yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı reaksiyonlar meydana getirmemeli ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir. Agrega kullanım yeri ve amacına göre granülometrisi (uygun tane dağılımı), tane şekli, tane dayanımı, aşınma dayanımı, dona dayanıklılığı, birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlığı ile içerebileceği ince ve zararlı maddeler bakımından TS 706 ve ilgili standartların gereğini yerine getirmelidir. Böylece beton uygun şartları sağlamalıdır.

Literatürde fiziko-mekanik özellik bakımından beton agregalarına ait kriterlerin şöyle olduğu görülmüştür:

Normal agregaların özgül ağırlıkları genellikle 2,5-2,8 g/cm³'dür. Özgül ağırlığı 2 g/cm³'den küçük olanlar iri hafif agregalar olabilmektedir (Baradan, 1987; Roper and Baweja, 1992).

Birim hacim ağırlıkları; agreganın granülometrisi, gözenekliliği, kusurlu tane oranı, yerleştirme şekli ve özgül ağırlığı gibi değişik faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu değerler genellikle Tüvenan malzemede 1.5-1.85 g/cm³, kırmataşlarda

1.35-1.50 g/cm³'dür. Bazı deneylerde kum için gevşek 1.52; sıkışmış 1.68 g/cm³; çakıl gevşek 1.53-1.59; sıkışmış 1.65-1.75 g/ cm³ bulunmuştur (Özpinar ve ark., 1993).

Agregaların su emme özelliği tanelerinin türüne, yapı ve dokusuna, çimentolaşma türüne, tanelerin boyutu ve gözeneklilik durumuna, maruz kaldığı fiziksel ve kimyasal ayrışma şiddetine ve granülometrisi ile ince madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Ancak uluslararası standartlarda su emme yüzdesinin en fazla % 3 olması belirtilmiş, yerli literatürde % 10 dolaylarında bulunmasının doğal olduğu söylenmiştir.

Agrega tanelerinin şekli mümkün oldukça küresel ve kübik biçimde olmalıdır. Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'ten büyük olan tanelere şekilce kusurlu taneler denir. Bunlar yassı (disk) ve uzun (bağet) olarak bulunabilirler. TS 706'ya göre 8 mm'nin üzerindeki iri agregalarda kusurlu tanelerin oranı ağırlıkça % 50'den çok olmamalıdır.

Agreganın tane dayanımı taşın cinsi ile ilgilidir. Kırmataşlarda taşın basınç dayanımı min. 1000 kg/cm² olması durumunda başka deneye gerek kalmamaktadır. Aksi durumda ve diğerleri için bilyalı tamburla (Los Angeles deneyi ile) aşınmaya dayanıklılığı tespit edilir. 100 dönüş sonunda ağırlıkça % 10'dan, 500 dönüşte % 50'den az ufalanma (kayıp) olursa yeterli kabul edilir.

Agreganın dona dayanımı Na₂SO₄ çözeltisi ile yapılan deneyde kum için % 15, çakıl için % 18'den az kayıp vermişse veya Mg SO₄ çözeltisi ile yapılan

deneyde kum için % 22, çakıl için % 27'den az kayıp vermişse yeterli sayılmaktadır.

Agregada yıkanabilir maddeler, ince halde dağılmış olarak kil toprakları halinde veya iri tanelere yapışık olarak bulunabilir. Bu maddeler kil, silt ve çok ince taş unudur. Genellikle kil olarak anılır.

Özellikle tüvanan agregalar yıkanarak kil kirliliğinden arındırılmalı, eleme sistemlerinden geçirilerek uygun karışımlarla granüler hale getirilmelidir. TS 706'da izin verilen max kil miktarları : Kumlarda % 4; Çakıllarda % 2'dir (Anonim, 1981).

Beton agregalarında fazla miktarda kil bulunmasının şu sakıncaları görülmüştür:

- Karışım suyunun artmasına yol açmakta ve priz süresini etkilemektedir (hidratasyonu geciktirmektedir).
- İri tanelere yapışık olması durumunda çimento hamuru ile agregada ara yüzeyi arasındaki aderansı bozmakta, yük etkisinde betonun bu arayüzeyden çatlamasına yol açmaktadır.
- Agregada topraklar halinde bulunursa yüzeylerine kumlar yapıştığı için çakıl sanılırlar. Bunlar betonarme elemanın içinde boşluk gibi davrandığı için kesit zayıflamasına yol açarlar. Zamanla bünyesine su işledikçe hacim genişlemesi yaparak betonu çatlatırlar.
- Çimento bileşenleri ile bazı kil türleri zararlı kimyasal reaksiyona girerek ayrışmaya ve bünyesine su alarak genleşme şeklinde betonun parçalanmasına sebep olabilirler.

Bu olumsuz etkileri sebebiyle beton agregalarında varlığını tanımlayabilmek için killerin oluşumu, çeşitleri ve bazı özellikleri hakkında da bilgi sahibi olmak gerekmektedir.

Kili oluşturan ana eleman (Al) içeriği yüksek olan minerallerdir. Bu minerallerin başında kaolin gelmektedir. Halloysit, illit ve montmorillonit de kilin bünyesinde bulunabilir. Montmorillonitin ana bileşen olması halinde kayaç, bentonit olarak isimlendirilir. Killerin fiziko-kimyasal özellikleri farklı olmaktadır. Su emme kapasitesi, ayrışma ve bozuşma özellikleri hep farklıdır. Bizzat kil minerallerinin; montmorillonit, illit, sepolit, kaolen, kaolinit, bentonit, biyotit, vermikulit gibi onlarca çeşiti bulunmaktadır. Genişleyen kafesli montmorillonit grubu killer su alınca hacminin 6-7 kat artması sebebiyle betonda tehlike oluşturabilmektedir (Temur, 1994).

Agrega yığını tane dağılımı bakımından, max. tane çapına göre TS 706'da belirlenen uygun bölgede eğri vermelidir. Çakıl yük etkilerini karşılar, kum ise çimento ile birlikte boşlukları doldurarak sıkı beton oluşmasını sağlar. Bu sebeple her tane büyüklüğünün uygun miktarda olması için gradasyon yapılarak beton kompasitesinin % 80'i aşması sağlanmalıdır. Agregada yüzey pürüzlülüğünün de dayanıma etkisi önemlidir. Parlak, yuvarlak ve düz yüzeyli dere çakıllarının çimento hamuru ile iyi aderans yapamayacağı ve yük etkilerinde ara yüzeyde sıyrılma yapacağı unutulmamalıdır. Yüzeyi pürüzlü ve kırmataş karışımı agregalarda aderansın yüksek olduğu kanıtlanmıştır (Özpınar ve ark., 1993).

Betonda kullanılacak agreganın mineralojik-petrografik incelemesi yapılmalıdır. Görünüşüne, esas taşın kökenine ve varsa kokusuna göre değerlendirilmelidir. Tuz yatakları; Kurşun, Çinko, Jips veya anhidrit yatakları; selüloz ve şeker fabrikaları gibi bazı sanayi bölgelerinin yakınından elde edilmesi durumunda kirlilik hususunda incelenmelidir. Zararlı maddelerin ve kayaçların zararlı miktarda bulunduğu tespit edilirse yıkanıp temizlenmeli ve deneyler sonucunda kullanılabilirliğine karar verilmelidir. Aksi durumda bu tür agregada ocaklarının kullanımı yasaklanmalıdır. Jips (sülfat) bileşiklerinin yanısıra beton agregalarında istenmeyen önemli kayaç ve mineral türleri de feldispatlar ve mikalardır. Potasyum Alümino silikat (ortoz) ile sodyum ve kalsiyum alümino silikat (plajiolklaz) türlerindeki feldispatlar kolay bozularak altere olurlar, kile dönüşürler. Biyotit, klorit, serizit ve muskovit türleriyle mikalar düzgün plakalar halinde olması, ince bölünürlük göstermesi, çakıl yüzeylerinde kil gibi tabaka oluşturması, erken prizlenmeye yol açması gibi sebeplerle beton dayanımını azaltabilmektedir.

Çakmaktaşı, kumtaşı, bazalt, opalinli kaya kökenli agregalarda bulunabilecek opal, tridimit, kristobalit gibi aktif silisler, çimento bileşiminde serbest bulunabilen alkaliler (Na₂O ve K₂O) ile kimyasal reaksiyona girerek çok büyük genleşme kapasitesine sahip alkali-silis jellerinin oluşmasına yol açarlar. Alkali-agregada reaksiyonu sonucu oluşan bu genleşmeler sertleşmiş betonun çatlamasına sebep olurlar (Erdoğan, 1995). Bu sebeplerden dolayı şüpheli durumlarda mineralojik-petrografik incelemeler yaptırılarak bu zarar verici durumlar tespit edilmeli ve o agregaların kullanımı önlenmelidir. Agregalarda herhangi bir sebeple karışan sülfat miktarı % 1'den, nitratlar ve klorürler % 0,2'den fazla olmamalıdır. Çimento bileşimindeki fabrikasyon hatası olarak bulunabilen alkali miktarı % 0,6'yı geçmemelidir (Anonim, 1981).

3. 2. Çimento Faktörü

Gerek beton kalitesi bakımından proje dayanımının sağlanması için, gerekse zararlı etkilere maruz kalan beton elemanların bozulmasını önlemek için uygun çimento seçiminin yapılması zorunludur. Sülfatlı ortamlarda sülfata dayanıklı çimento (SDÇ), süper sülfat çimentosu (SSÇ) gibi özel üretimler tercih edilmeli ya da Portland çimentosuna yüksek fırın cürufu, silis dumanı, uçucu kül gibi mineral katkıları ilave edilmelidir. Böylece diğer koruyucu şartları da yerine getirerek betonarme yapıda durabilite sağlanabilmektedir. Çimento çeşidinin dayanıma etki etmesi gibi norm dayanımı da önemlidir. Daha yüksek norm dayanımına sahip çimento ile üretilen beton, diğer şartlar da sağlanmak suretiyle yüksek dayanım kazandırmaktadır. Yüksek normda olan PÇ 42,5 çimentosu ile üretilen betonun, düşük norm dayanımlı KPÇ 32,5 çimentosu ile üretilen betondan daha mukavemetli olduğu kanıtlanmıştır (Küçük, 1997). Benzer şekilde çimento miktarı da etkindir.

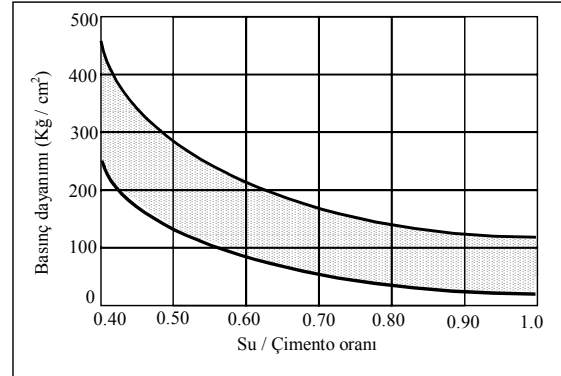
Yüksek dozlu betonun dayanımı da düşük dozlu betondan daha fazla olmaktadır. Normal betonarme yapılar için en düşük doz 300 kg'dır. Çok katlı yapılar, sanayi yapıları, su yapıları gibi önemlilik arzeden durumlarda ise en düşük doz 350 kg alınmaktadır. Çimento miktarı ile dayanım arasında doğrusal bağlantının varlığı gözlenmiş, ancak çimento miktarının fazlaşmasının rötreye neden olduğu ve bunun da dayanımı olumsuz etkilediği tespit edilmiştir (Akman, 1987). O bakımdan agregaların maksimum tane çapına, boşluk oranına, tanelerin şekli ve yüzey pürüzlülüğü gibi kriterlere göre çimento miktarı denenerek tespit edilmelidir. İncelik ve depolama şartları da dayanım için önemli faktörlerdendir. Klinker öğütülerek 90-6.5 μ arasında değişen tanelere dönüştürülmektedir. Çimento tanelerinin bundan daha büyük olması hidrasyona ve dayanıma olumsuz yönde etki eder. Çimentonun şantiyede depolanması sırasında nemlenmesi ya da 4-5 sıradan fazla üstüste yığılıp uzun süre bekletilmesi sonucu oluşan taşlaşmalar, bağlayıcılık özelliğinin kaybolmasına ve geç prizlenmeye yol açmaktadır. Taşlaşan çimento parçacıkları hidrasyona giremediği için beton içinde boşluk gibi davranıp, yapıda yük etkisiyle o bölgede çatlamlara sebep olur. Çimento tanelerinin tek tek su zerreciği olarak hidrasyona girmesi gerekirken, bir çok tane birleşerek etrafına su zarı oluşturarak kümeleşme sonucu içine su işleyememektedir. Flokülleşme denilen bu olayda içte reaksiyon tamamlanmadan su fazlalığı yüzeye çıkarak terleme oluşturmaktadır. Beton yüzeyinde biriken suyun hava şartlarında buharlaşması sonucu rötreye (kılcal çatlamlara) yol açmaktadır.

3. 3. Su Faktörü

Suyun betonla ilişkisi dört ana başlıkta sıralanabilir :

- Çimento ve agregalarla birlikte harç ve betonun karılmasında karışım suyu,
- Kalıba yerleştirilmiş olan betonun bakım safhasında sulama ve kür suyu,
- Beton agregalarının kil ve yabancı madde kirliliğinden arındırılmasında, betonu karıştırma ve taşıma araçlarının yıkama suyu,
- Yeraltı su seviyesi yüksek bölgelerde binanın betonarme temellerine zararlı etki yapabilecek agresiv temas suyu.

Betonun dayanımı ve kıvamı kullanılan çimento ve agreganın cinsine göre değişebilir. Geçirimsizlik ve donatıyı paslanmaktan korumak için çimento dozajının belirli bir miktardan az olmaması gerekir. Ancak hiçbir zaman unutulmamalıdır ki, dayanım dozaja değil su/çimento oranına bağlıdır. Çeşitli deneyler arasında farklar görüldüğünden dayanım ve su/çimento oranı arasındaki ilişki tek bir eğri yerine bir bant olarak Şekil 2'de gösterilmiştir (Ersoy, 1987).



Şekil 2. Su / Çimento oranına göre beton basınç dayanımındaki değişim (Ersoy, 1987)

Betonun kalıba iyi yerleşmesini sağlamak, işlenebilirlik özelliğini kazandırmak şantiye mühendisinin amacıdır. Normal betonlar için su/çimento oranının % 45-55 arasında tutulmasıyla iyi sonuç alınabilmesinin mümkün olduğu deneylerden anlaşılmıştır. Bu oranın daha yüksek olması hidrasyon ve jel yapısı için gereken ve reaksiyona giren su miktarından artakan kısmının ilerde buharlaşarak bünyede kılcal boşlukların oluşmasına yol açacak ve dayanımı düşürecektir. Şekil 2'deki eğrilerin incelenmesi ile % 10 oranında su artımının dayanımda % 20-30 mertebelerinde azalma oluşturacağı görülebilmektedir. Akıcı kıvamda beton üretmek ve iyi yerleşmesini sağlamak için kesinlikle su

miktarını artırmamalı, bunun için akışkanlaştırıcı katkı maddesi karıştırılması yoluna gidilmelidir. Normal şartlarda su miktarını çok azaltarak katı kıvamda beton üretmek de, katı kıvamda işlenebilirlik özelliği olmayan bir beton kalıba iyi yerleştirilemediği için oluşacak büyük boşluklar nedeniyle mukavemeti düşürmektedir. Bu sebeplerle su miktarını ayarlamak beton üretiminin en nazik, en zor, en önemli problemi olmaktadır. TS 802 standardı veya benzeri bilimsel çalışma sonucu oluşan literatürle karışım malzeme miktarları tespit edilebilmektedir. Ancak ortam özellikleri göz önüne alınarak laboratuvarında bu teorik karışım denenmeli, istenen kıvam ve dayanımı sağladığı görüldükten sonra karar verilmelidir. İstenen çökme değeri sağlanana kadar su ayarlaması yapılmalı, gerekirse hesaplar yenilenmeli, buna göre gerçek miktarlar bulunmalıdır. Karışım hesabı kuru agregalarla yapıldığı için şantiyede de agrega yığınının kuru olması gerekir. Ancak mevsim şartlarına göre kışın ıslak olması durumunda, su muhtevası tespit edilerek karışım suyu bu kadar azaltılmalıdır. Yaz aylarında agregaların, karışım ve taşıma araçlarının ısınmış olması sebebiyle karışım suyu miktarının bir bölümü buharlaşmakta, plastik kıvam amaçlanmışken katı kıvam elde edilmesine yol açmaktadır. Bunu önlemek için de agrega ağırlığının % 20-25 oranında ya da agreganın su emme oranı kadar bir ıslatma suyu ile ortamın ve agrega yüzeyinin ıslatılması gerektiği deneylerle gözlenmiştir (Küçük, 1997).

Beton karışım suyu, kullanma ya da içme suyu niteliğinde olmalıdır. Sülfat bileşikli, tuz bileşikli ya da betonu bozucu yabancı maddeler içeren özellikte olmamalıdır.

3. 4. Üretim ve Çevre Şartları

Taze hazırlanmış betonun pH derecesi 12.5 civarında olup bazik ortamdır. Gerek dış ortamın zararlı kimyasal etkileri ile gerekse priz hızlandırıcı olarak kullanılan klorürlü katkıları etkisiyle pH derecesi azalarak asidik ortam meydana gelmektedir. Asidik ortam ve o kesitte elektriksel iletkenliğin yükselmesi, donatının korozyonuna sebep olacaktır. Çelik donatı paslanırken hacmini arttıracığı için nüfuz eden klorürlerin etkisi daha da artacak, meydana gelen gerilme beton örtüyü çatlatacak, böylece koroziv bölgenin büyük ölçüde yayılmasına yol açacaktır.

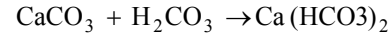
Karbonatlaşma olarak bilinen zararlı etki ise hava kirliliği olarak atmosferde bulunan karbondioksit'in çimento bileşimindeki kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek kalsiyum karbonat oluşturmasıdır. Yüzeyde oluşan bu reaksiyon betonun içine yıllarca nüfuz eder. Yüzeydeki sertleşme ve kabuklaşma, betonun bu bölgelerinde

ek gerilmeler oluşturur ve çatlamalara, yarılan beton örtünün atılmasına sebep olur.

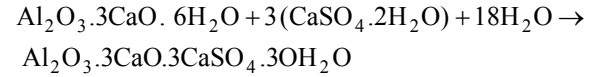
Prefabrike beton yapı elemanları üretiminde buhar kürüne tabi tutuldukları için karbonatlaşma rötesi meydana gelmektedir. Priz ve sertleşme aşamasında ortamda mevcut karbondioksit gazlarının beton bünyesine difüzyon yapmaları sonucu iç yapıda bazı karbo-alüminatlar teşekkül etmektedir. Bu olayın bir büzülme ile meydana geldiği gözlenmiştir (Akman, 1987).

Bazı çalışmalar sonucunda "hata sonucu çimento içinde önemli miktarda serbest CaO, MgO ve SO₃ bulunursa, bu maddeler suyla birleşerek hacim artışına neden olurlar ve beton parçalanır" denmiştir.

İkinci bir etki olarak taze betonda karışım suyu içinde fazla miktarda çözünmüş karbondioksit bulunması durumunda su ile karbonik asiti, CaO ile kalsiyum karbonatı oluşturduğu belirlenmiştir. Ortamda fazla olan karbonik asit kalsiyum karbonatı da kalsiyum bikarbonata dönüştürerek çözüdüremekte ve betonu ayrıştırmaktadır :

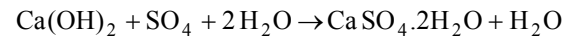


Üçüncü önemli etki, karışım ve temas suyu olarak sülfatlı suların çimento üzerine zararlı etkisidir. Hidratlaşmış trikalsiyum alüminat üzerine suda çözünmüş kalsiyum sülfat tuzu etki yapmaktadır :



Reaksiyon sonucu meydana gelen 30 mol. sulu Candlot tuzu hacim büyümesine yol açar. Sonuçta iç basınca dayanamayan eleman çeşitli zayıf noktalardan patlama yapar.

Dördüncü etki de, sülfatça zengin suların çimentodaki kalsiyum hidroksit üzerine etkisi olarak belirlenmiştir :



reaksiyonu sonucu oluşan jips, hacim genişlemesine yol açar ve beton zarar görür (Şahinci, 1986).

Betonunu iyi sıkıştırılmaması ve boşluklu olması, iyi korunmaması, bilinçsiz katkı kullanımı, yalıtım yapılmaması gibi durumlar da bu tür zararlı etkileri artırmış olmaktadır. Prizini tamamlamamış veya yeni dökülmüş betonlar, dış etkilere karşı çok duyarlı olduklarından zararlı kimyasal etkilere dayanıklılıkları yeterli düzeye ulaşmaya kadar direkt etkilerden korunmalı ve bu konuda yapısal önlemler alınmalıdır. Zararlı etkiler karşısında

kalacak betonlarda uygun malzeme kullanımı, uygun üretim ve iyi yerleştirme sağlandıktan sonra, zararlı çevre etkileri ile betonun doğrudan temasını önlemek amacıyla uygun yalıtım ve koruma önlemleri de alınmalıdır. Bu amaçla fırça ile uygulanan bitüm esaslı yalıtıcılar, bitüm ile doyurulmuş kartonlar, keçeler ve yalıtım pestilleri kullanılabilir. Oluşturulan yalıtım tabakaları en az üç kat olarak beton yapı elemanlarının yüzeyine tam ve iyi yapışacak nitelikte olmalıdır. Geçirimsizliği bozacak çatlak bulunduran yapı elemanlarının zararlı etkilerden korunabilmesi için kil veya kireç taşından oluşturulan bir koruyucu perde katmanı düşünülebilir. Yapının temel ve subasman kısımlarında beton kesitinin büyütülmesi ve pas payının artırılması, donatı aralığı büyük tutularak betonun kolayca geçmesi ve iyi sıkılaşmasının sağlanması en ekonomik ve uygun çözüm yolu olabilmektedir (Anonim, 1983).

4. SONUÇ

Statik ve betonarme hesaplarda alınan beton proje dayanımı, şantiyedeki o inşaat için üretilen betonda da sağlanmalıdır. İyi nitelikli beton üretebilmek için; beton karışım suyunu artırıcı özellikteki yıkanabilir madde miktarını düşürmek ve agreganın granülometrisini düzenlemek, agrega ocaklarında kırma-yıkama-eleme sitemlerinin kurulmasını zorunlu kılmak, dere agregalarını kalker kırmataşlarla ikili karışım yaparak özelliklerini iyileştirmek, sanayi atıkları ile kirlenme ihtimali olan veya mineralojik ve petrografik bakımdan betonu tahrip edici zararlı mineral ve kayaç bulunduran ocakların kullanılmasını yasaklamak, belli plan dahilinde sürekli olarak agreganın ve üretilen betonun denetimini sağlamak gerekmektedir.

Betonarme yapının durabilite bakımından zararlı etkilere karşı tahrip olmadan yıllarca işlevini sürdürebilmesi için betonun karışım, kür ve temas sularının, agregalarının, kullanılan çimento cins ve normunun iyi incelenmesi ve isabetli seçilmesi şarttır. Proje dayanımını sağlayacak diğer şartları da yerine getirmek suretiyle sülfat ve diğer zararlı etkilere karşı sülfata dayanıklı çimento kullanımı tercih edilmelidir. Betonda genişmeden dolayı oluşacak çatlak ve tahribatın önlenmesi ve çimento hamuru-agrega ara yüzeyinde mekanik kenetlenme ile dayanım artırıcı etkileri sebebiyle çimentoya silis

dumanı gibi mineral katkı ilavesi yapılmalıdır.

Beton, üretiminden önce laboratuarda malzeme özellikleri ve karışım oranlarına göre bir numunelik hazırlanarak denenmeli, gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra karar verilmelidir. Şantiyede ve hazır beton santrallerinde yapılan üretimlerde de periyodik numuneler alınarak beton kalitesi kontrol edilmelidir.

5. KAYNAKLAR

Akman, M. S. 1987. Yapı Malzemesi, İTÜ., İnşaat Fak., Matbaası, İstanbul.

Anonim, 1981. TS 706 Beton Agregaları Standardı, Ankara.

Anonim, 1983. TS 3440 Zararlı Kimyasal Etkileri Olan Su, Zemin ve Gazların Etkisinde Kalacak Betonlar için Yapım Kuralları Standardı, Ankara.

Baradan, B. 1987. Yapı Malzemesi, DEÜ., Müh.-Mim., Fak., MM/İNŞ-87 EY 71, İzmir.

Erdoğan, T. Y. 1995. Beton Oluşturan Malzemeler, Karışım ve Bakım Suları, Agregalar, Çimentolar, ODTÜ, Ankara.

Ersoy, U. 1987. Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı, Doğan Ofset, İstanbul.

Küçük, B. 1997. Denizli İli Agregaları ve Çeşitli Norm Çimentolarla Üretilen Betonlara Çevredeki Sülfatlı Suların Etkilerinin İncelenmesi, PAÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 127 s., Denizli.

Neville, A. M. 1983. Properties of Concrete, Longman Scien and Tech., Avon, 779 p.

Özpinar, Y., Küçük, B., Gökgöz, A., Kaplan, H. Şimşek, A. ve Kültür, Ö. F. 1993. Denizli Agregalarının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ve Bunlarla İyi Nitelikli Beton Elde Edilmesi Çalışması, Tübitak Proje No: İNTAG 603, Denizli.

Roper, H. and Baweja, D. 1992. Concrete Durability-Recent Solutions to Enduring Problems, Advances in Concrete Technology, Energy, Mines and Resources, Ottawa, Canada.

Şahinci, A. 1986. Yer altı Suları Jeokimyası, DEÜ, Müh.-Mim., Fak., MM/Jeo 86 EY 99, İzmir.

Temur, S. 1994. Endüstriyel Hammaddeler, Selçuk Üniv., Konya.