

YÜKSEK MUKAVEMETLİ BETONLAR ve BİLEŞENLERİ

İİkin BALTA
Kalite Güvenliğı Müdürü
STFA Kalite Müş.Araş.Kontrol&Gözetim Ltd.
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Bİldiride yüksek mukavemet verebilen betonlarda bileşenlerin rolünden ve bileşimin temel esaslarından bahsedilmekte ve bu bağlamda çimentoların, mineral katkıların, agregaların ve kimyasal katkıların beton mukavemetine yansıyan etkileri, basitçe mikroyapıdaki fiziko-kimyasal gelişmeler ve çimento hamuru-agrega bağı vurgulanmakta, konvansiyonel yüksek mukavemetli beton uygulamaları ile birlikte yeni ortaya konan ve geleceğe yönelik teknolojilerden bahsedilmektedir.

1. ÖNSÖZ - GİRİŞ

Basit bir yaklaşım ile betonun mukavemeti porozitesi ile ters orantılıdır. Çünkü yükleri taşıyacak, bünye içinde birbirlerine aktaracak olan danelerin ve daneciklerin birbirlerine yakın/değıyor olması ile bunlar arasında oluşturulan çimentolanma efektif olarak daha çok miktarlara ulaşacaktır. Gevrek malzemeler için bu tür porozite-mukavemet ilişkileri bilinmektedir. Mukavemeti s/çoranının bir fonksiyonu olan betonda -ve özellikle yüksek mukavemetli betonda- da benzer davranış gözlenir.

1.1. Betonda Boşluk Sistemi

Betonda boşluk sisteminin genel kalitesi -özetle- hidrate ürünlerin yapısına, akışkanlaştırıcılık veren suyun ve sürüklenmiş/hapsedilmiş havanın miktarlarına, sıkılamanın derecesine ve, son olarak, hidrasyon ürünlerinde meydana gelecek hacim artmasına bağlıdır[1,2,3,4]. Beton boşluklarını basitçe şöyle sınıflayabiliriz:

<u>Boyut mertebesi</u>	<u>Boyut Adlandırımı</u>
nanometre	Mikroboşluk
mikrometre	Kapiler boşluk
milimetre	Hava boşlukları

Suya doygun betonda bazı boşluklar hava ile doludur. Betonun karma sırasında hapsolan ve istenerek betona sürüklenen hava boşlukları küresel yapıdadır.

1.1.1. Kapiler Boşluklar

Geometrileri çok karmaşık olan kapiler boşluklar hidrasyon olaylarında 'kullanılmak' üzere çimento daneleri arasından çekilip alınan sulardan geriye kalan boşluklardır. Eğer nem artar ise bu boşluklar tekrar su ile doygun hale gelir; ama hava boşlukları yine olduğu gibi kalır. İşte bu fark nedeniyle bu iki tür boşluğun betonun mekanik özelliklerine etkileri de farklı olur[5]. Betonun iyice sıkılması esnasında ve ilerleyen hidrasyon olayları sonucu çıkan ürünlerle bazı kapiler boşluklar giderek doldurulup küçültülür ve en sonunda jel boşlukları, *kristaller arası boşluklar* düzeyine inerler[1]. Bunlara *boşluk* demek ne kadar doğrudur? Tartışması yapılmakta olan bir konudur; çünkü bu jel boşluklarındaki 'sıvı', aslında hidrasyon ürünlerinin bileşeni olarak orada bulunmaktadır; ve bu ürünlere büyük mertebede moleküler çekim kuvvetleriyle bağlıdır.

1.1.2. Mikroboşluklar

Mikroboşlukların oluşumu tek tek her katı danenin -hidrasyon ürünleri de dahil- aglomerasyonunun en yoğun şekilde oluşmamasından kaynaklanmaktadır [1]. Bunlar, normal pratikte kontrol edemeyeceğimiz, tamamen ortadan kaldırmayacağımız boşluklardır. Ama toplam poroziteyi kontrol edebilmemiz s/ç oranını olabildiğince düşük tutarak mümkün olur. s/ç oranını azaltmanın pratik sakıncalarını gidermek ve yüksek sıkılama derecelerine ulaşmakta süperakışkanlaştırıcılar kullanıyoruz[6]. Toplam boşluklar az oldukça, birbirleriyle birleşik (enterkonnekte) boşlukların sayısı da az olmakta ve geçirimsizlik azalmaktadır[7].

1.2. Çimento Hidrasyonu ve Reaksiyon Ürünleri

Portland çimentosunun hidrasyonu konusunda ciltlerle literatür bulunuyor. Modern yüksek mukavemetli betonlarda kullandığımız ilave bağlayıcılar (puzolanlar) ve kimyasal katkıları, hidrasyonu ve bağlayıcı ürün reaksiyonlarını etkilemektedirler[4,8]. Beton yapıları bu eklemeler nedeniyle çözünürlüklük, kristal büyümesi ve karma kristallerin oluşumu çok farklı düzeylerde sonuçlanabilmektedir.

1.3. Sertleşmiş Çimento Hamuru

Sertleşmiş çimento hamurunun homojen bir yapıda olmadığını biliyoruz. Hamur içinde özetle şunlar yer alır: 1-Katı daneler, mikrokristaller, filmler ve diğer yapısal elemanlar; 2-Boşluklar; 3- Boşluklarda çözelti ve hava. Bu yapı içinde, katı olmayan bileşenler de en az katılar kadar önemlidir. Kuruma yoluyla boşluk çözelti suyunun çoğu buharlaşır, büzülme oluşur ve bazı daneler bir daha değişmez özellikler kazanarak şekillenir. Ama bu arada, hamurda (matriste) bazı çatlaklar oluşur ki bunlar özellikle hamur-agrega arakesitinde yer alır[1,3,9].

1.4. Çimento Hamuru-Agrega Bağı

Betonun gerek agregalarının ve gerekse çimento hamurunun ayrı ayrı mukavemetleri betonun mukavemetinden çok büyüktür. Bu neden böyledir? Çünkü, bu kompozit sistemde hamur-agrega bağı zayıftır; agregada daneleri etrafında büyük boşluklar oluşmaktadır. Daha başlangıçta agregada etrafında yer alan sulu ortamda CSH oluşumu çimento hamuruna oranla çok daha az olurken, kireç daha çok bulunacaktır[2,3]. Hamur-agrega bağının hemen tamamen 'mekanik' türden olduğunu kabul edebiliriz. Bu mekanik bağın güçlenmesine, agregada etrafındaki porozitenin olumsuz etkisi çok önemlidir.

1.5. Yük Transferi

Normal betonlarda hep çimento hamurundan agregalara ve betonarme demirine yük transferi istenilir. Yüksek mukavemetli betonlarda zaten iyi bir bağ oluşumu vardır[2], ve bağ kuvvetli yüksek oldukça kırılmanın agregada danelerinden geçerek oluşabilme olasılığı da yükselmektedir. Böyle olunca, kırılma yüzeyinin alanı azalmakta ve başlayan kırılmanın daha düşük enerji ile yayılması mümkün olmakta, betonun davranışı gevrekliğe doğru kaymaktadır [10,11].

2. GÜNÜMÜZÜN ALIŞILMIŞ YÜKSEK MUKAVEMETLİ BETONLARI ve MALZEMELERİ

Günümüz yapılarında çokça kullanılan yüksek mukavemetli (ym) betonların üretimine şu üç yaklaşım vardır :

- Betonun tüm malzemelerini büyük titizlikle seçmek ve sıkı bir kalite kontrol programı uygulayarak, başarısızlığı engellemek;
- Uçucu kül, öğütölmüş yüksek fırın curufu gibi puzolanik katkıları kullanarak işlenebilirliği artırmak, boşluk sistemini iyileştirmek ve hidrasyon ısısını azaltmak;
- Karışım dizaynında s/ç oranını pratikte becerilecek sıkılamayı zorlamayacak en düşük seviyeye indirmek ve bu amaç için akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanmak.

Bu üç yolu çok eskiden beri biliyoruz ama özellikle son üç yılın teknolojik gelişmeleriyle ortaya çıkan süperakışkanlaştırıcı kimyasallar işi eskisine göre çok çok kolaylaştırmıştır.

2.1 Y.M. Beton için Çimento

Çimentoyu seçerken, tam bir kalite programı uygulayan bir üretici aranmalı, çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından geçmişinin düzgünlüğüne bakılmalı ve kullanım aşamasında da kontrolleri uygun biçimde yürütülmelidir. Eğer

dizayn erken zamanlı yüksek dayanımları gerektirmiyor ise, ilk reaksiyonları düşük seviyede olan bir çimentoyu seçmek uygundur.

2.2. Y.M. Beton için Agregalar

Yüksek Mukavemetli beton için agregalar kalitesi çimento kalitesi kadar önemlidir. Agregaların TS 706 , ASTM-C33 gibi standartların koyduğu kriterlerden geçmesiyle yetinmek ym beton mukavemeti için yeterli olmayabilir. Seçimde şu amaçları sağlamaya özen göstermelidir:

- 1-Mümkün olan en düşük s/ç oranı;
- 2-Yeterli yerleştirme kolaylığı;
- 3-Çimento hamuru ile bağ gerilmelerini yayacak yeterli yüzey alanı[5].

Agregalar için genel olarak şu kuralların geçerliliği unutulmamalıdır:

1. Silt ve kil ile kirlenmeye kesinlikle müsaade edilmemeli ve titizlikle kontrol edilmelidir. Çünkü bu kirlilik çimento hamuru-agrega bağ mukavemetini çok düşürür ve karışımın su ihtiyacını artırır.
2. Eğer akışkanlaştırıcı bir kimyasal katkı kullanılmayacak ise en büyük dane boyutu 16mm hatta 10mm tercih edilmelidir ki çimento hamuru-agrega bağ alanı artsın ve birim alana gelen gerilme azalsın[5]. Süperakışkanlaştırıcı bir kimyasal katkı kullanıldığında bağ mekanizması çokça güçlendirildiğinden, küçük dane boyutlarına gereksinme azalır[10]. Bu tür bir katkı ile 25mm ye kadar en büyük dane boyutları başarılı sonuçlar vermektedir.
3. Yine iyi bir bağ mukavemeti elde edebilmek için köşeli (kıрма) agregalar kullanılmalıdır. Ancak aşırı köşellilik ve yassı/uzun taneler karışım suyu gereksinimini arttıracığından bunlardan kaçınılmalı, miktarlarını %5 gibi bir değerle sınırlamalıdır.
4. Özellikle düşük s/ç oranlı karışımlara kaba agregalar seçerken bir miktar su emmesi olan bir tür tercih edilirse, hidrasyon ürünlerinin agreganın hemen yakınında oluşabilmesi için gereken suyu agreganın kendisi depolarmış olur ve özellikle ilkeri zamanlarda hamur-agrega bağı güçlenerek mukavemet kazanılır.
5. Kaba agreganın mekanik özellikleri yeterli yükseklikte olmalıdır. Bu amaçla kriter olarak taş'ın serbest basınç dayanımı (TS 699), BS 812 nin %10 incelik değeri (10-PFV) ve agregalar kırılma değeri (ACV) kullanılabilir.
6. İnce agregalar olarak düşük s/ç oranları için kaba kum uygundur; ancak yüksek dozda süperakışkanlaştırıcı kullanılabilecekse, ince bir kum kullanımıyla karışımın ayrışması önenebilir.

2.3. Mineral Katkılar (Puzolanlar)

Özellikle 60 MPa'dan yüksek mukavemetli betonların üretiminde, portland çimentosuna ikame olarak *uçucu kül*, *ince öğütülmüş yüksek fırın curufu (yfc)* gibi mineral katkıları artık yabancı ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu katkıların şu iki yararı vardır:

- 1- Çimentonun bir kısmı yerine uçucu kül yada yfc kullanılması, erken zamanlı hidratasyon ısı artışlarını kontrol eder ve özellikle büyük hacimli yapı kesimlerinde zararlı olabilecek bir iç sıcaklık düzeyine erişmeden, betona bol miktarda bağlayıcı ürün sağlar.
- 2- Bunların girdiği puzolanik reaksiyonlarda, çimento hidratasyonu ile kirecin büyük bir kısmı 'kullanılır' ve serbest kalan çok az miktardaki kirecin hamur-agrega arakesitinde oluşturacağı kristaller de daha az olarak arakesitte oluşan bağ zayıflatılmamış olur.

2.4. Porozite, Malzeme ve Kalite Kontrol

Yukarıda irdelediğimiz malzemelerden herbiri, arzulanan beton mukavemetinin gerektirdiği kadar büyük poroziteyi sağlamaya yönelik bilgilere sahip olmadan doğru bir şekilde seçilemez, kullanılamaz. Yukarıda tartıştığımız gibi porozite, beton mukavemetini belirleyen en önemli özellik olup, her şey bir yana, eğer gereken düşük porozite sağlanamaz ise arzu edilen mukavemete de ulaşılamayacaktır. Abrams'ın çok bilinen klasik mukavemet denkleminde (kanununa) baktığımızda, s/ç oranı azaldıkça, mukavemetin s/ç'deki küçük düşüşlere karşılık değişimi (yükselişi) daha da çok olmakta, başka bir deyişle s/ç'ye hassasiyet fazlasıyla artmaktadır. Bu nedenledir ki düşük s/ç oranlı üretimlerde gerek karışımın, gerekse çimento ve mineral katkı miktarlarının çok sıkı bir şekilde kontrol altında tutulması, uygun teknoloji seçilmesi gerekmektedir ki arzulanan mukavemet düzeyi hep tutturulabilsin.

2.5. S/Ç Oranını Düşürmenin Yolları

2.5.1. Çimentoyu Artırmak

s/ç oranını düşürmenin klasik yol'unu çimentoyu artırmak olarak biliriz. Niye artırırız ? Çünkü belirli bir agrega türü ve karışımı için işlenebilirliğe gereken su miktarı sabittir. Ancak çimento miktarını 400 kg/m^3 ün üstüne çıkardığımızda da mukavemet kazanma etkinliği hemen azalır; ve hele 600 kg/m^3 seviyesine doğru çıkıyorsa artık sifıra ulaşılmış olur. Bu niye böyledir ? Pek açıkça bilinmiyor ama, denilebilir ki, fazla çimentodan dolayı artan kireç miktarının agrega-harç arakesitinde oluşturduğu zayıf bölgenin büyümesi (kalınlaşması), yüksek hidratasyon ısılarından kaynaklanan gerilmeler, bir takım sebeplerden dolayı büzülmeler, ve başkaları sebep teşkil eder[13].

2.5.2. Mineral Katkılar Kullanmak

Çimentonun bir kısmını mineral katkılarla ikame etme ve bunun yanında normal su kesici (akışkanlaştırıcı) katkı kullanma yoluyla 60 MPa'a kadar mukavemet düzeylerine çıkılabilmektedir.

2.6. Süperakışkanlaştırıcı Kullanmak

Son on yılda beton teknolojisinde meydana gelen en önemli gelişme süperakışkanlaştırıcıların yaygın olarak kullanılması ve bunun getirdiği yüksek mukavemet olmuştur. Bu tür katkılar çimento ve mineral katkıların su içinde toplanmasını (koagülasyonu) engelleyip daneleri dağıtarak, ancak çok miktarda su ile elde edebileceğimiz dispersiyonu az miktarda su ile ve betona bir yan etki de vermeksizin elde etmemizi sağlamaktadır. Bu yeni nesil katkıların, katı madde miktarı olarak 'çimento+mineral katkı' ağırlığının %0.3-0.6 sı oranında kullanılması karışım suyunu % 30 ve hatta daha fazla miktarlarda kesmeye olanak vermektedir[5,14].

2.7. Süperakışkanlaştırıcıların Yararları

Süperakışkanlaştırıcıların bilinışı altmış yıl önceye kadar dayanmakta [6] isede, daha çok maliyet faktörü nedeniyle, yaygınlaşması yirmi yıl kadar önceleri başlamıştır. Kullanıma yol gösterici bilgiler de literatüre yeni girmektedir. Hepsi yüksek kalitede çimento, mineral katkı ve agregalar ile birlikte süperakışkanlaştırıcıların kullanılması artık 60-80 MPa sınıfında beton üretimini çok olağan hale getirmiştir[5,14]. Düşük s/ç oranlarına daha az miktarda çimento ile ulaşabilmek, ısı çatlaklar oluşmadan büzülme ve sünme gibi problemleri de azaltmaktadır[10].

Pratikte süperakışkanlaştırıcı kullanma ihtiyacının doğduğu bir alan, mukavemet arttırmak değil ama ym betonu daha işlenebilir yaparak, betonarme demirinin sık olduğu kesimlerde kolay bir yerleştirme ve iyi bir kompakte sağlamak-tır. Süperakışkanlaştırıcıların bir yararı da erken yüksek dayanım sağlamalarıdır. Bu etki de, yine, elde edilen yüksek düzeyde dispersiyon yoluyla daha çok miktarlarda hidrasyonun sonucudur. Süperakışkanlaştırıcı kullanımıyla çimento hamurunda toplam boşlukların biraz artmasına rağmen büyük boşlukların (>100nm) azaldığı görülmektedir[1,6,7].

3. Y.M. BETONLARDA GELİŞEN ÖZEL PRATİK (80-120 MPa)

İki yeni teknolojik uygulama ile ym beton uygulamalarında daha yüksek mukavemet düzeylerine ulaşılabilir. Çok küçük tanelli amorf silis tozları (İng.: silice fume) kullanmak bunlardan biridir. Diğer ise sertleşmiş betonu önce kurutmak ve sonra da bir monomer kimyasal ile 'emprenye' etmek ve akabinde monomerin polimerizasyonunu sağlamak şeklinde bir dizi işlem uygulamaktır.

Buikinci teknoloji, işlem zorlukları ve yüksek maliyet nedeniyle büyük ölçeklere ve yaygın kullanıma ulaşmamaktadır.

3.1. Silis Tozları

Bu malzemelerin de, süperakışkanlaştırıcılar gibi, bilinişi ve kullanımı yeni olmayıp kırk yıl öncelerine dayanmaktadır[9]. Çok yüksek yüzey alanları nedeniyle bu malzemeleri kullanırken artan karışım suyunun kesilebilmesi ancak son yirmi yılın süperakışkanlaştırıcıları ile mümkün olabilmiş ve pratik kullanıma ym beton üretilebilmiştir. Silis tozu kullanımının bugünkü pratiğini özetlemek bir ölçüde zordur. Öncelikle, malzemeler pek çeşitli biçimlerde sunulmaktadır:

- a. Olduğu gibi (değiştirilmemiş)
- b. Yoğunlaştırılmış (yst)
- c. Değişik oranda kim-yasal tozkatkılarla (genellikle süperakışkanlaştırıcılarla) karıştırılmış, ve son olarak da,
- d. Bir akışkan içinde sunulan türler.

Bu sunuş farklılıkları yanında malzemelerin doğal kaynaklarının ve üretim teknolojilerinin farklılıkları da olayı çeşitlendirmektedir. Bununla birlikte aşağıdakiler söylenebilir[9,10].

- 1- Önemli miktarda silis tozu ($>50 \text{ kg/m}^3$) içeren betonlarda süperakışkanlaştırıcı kullanmak zorunludur. Aksi takdirde, malzemenin yüksek miktarda su isteği s/ç oranını yükselterek çok az mukavemet kazancı elde edilebilir.
- 2- Malzemenin takdim şeklini (toz veya sıvı içinde) kullanıcı seçebilir; ama toz halinde kullanımın sağlık üzerindeki potansiyel tehlikesi de [10] gözönünde tutularak önlemleri sıkı bir şekilde almak gerekir.
- 3- Bu çok ince malzemenin karışıma homogen olarak dağılması çok önemli olup, bunun için iyi bir karıştırma ekipmanı ile uzun süre karıştırmak esas olmalıdır.
- 4- Bu malzemeden elde edilecek mukavemet kazancının düşük maliyetli olabilmesi için karışımda en az 300 kg/m^3 çimento olmalıdır.
- 5- Pozolanik reaksiyonların normal kür sıcaklığında yedinci günde başladığını söyleyebiliriz[10].
- 6- Silis tozu ile şantiyede mukavemet kazanma konusunda şu dört konuyu düşünerek çözmek gerekmektedir:
 - a- Karışımın tasarımı,
 - b- Betonun kür sıcaklığı,
 - c- Doz,
 - d- İşlenebilirlik.

Araştırmacılar, yst kullanımı ile betonda toplam toplam boşluk hacmi azalmasa da boşluk boyutlarının çok küçüldüğünü gösteriyorlar[7,9]. Bu bulgular ile denilebilir ki, yst katkılı betonların mekanik davranışını Griffith modeli daha iyi açıklayabilir.

4. GELECEĞİN Y.M. BETONLARI (>120 MPa)

Geliştirilmekte olan bazı teknolojilerin pratiğe adaptasyonu ile çok çok yüksek mukavemetli betonları üretmek mümkün olabilecektir. Geliştirilen teknolojilerden bazıları yalnızca küçük boyutlu işlerde ve harç üretiminde kullanılabilir türden iken, bazıları da hiçbir şekilde pratiğe yansıyamayacak görünmektedir. Aşağıda özet açıklamalar verilmektedir.

4.1. Düşük Porozite Çimentosu (dpç)

Portland çimentosu klinkerinin yüksek oranlı (normalin elli katı) öğütme kolaylayıcı (İng.:grinding aid) katkılarıyla birlikte öğütülmesiyle elde edilen çimentoların süperakışkanlaştırıcı ve potasyum karbonat ile birlikte kullanılmasının çok düşük porozitede bir hamur oluşturduğu bildirilmektedir[5].

Bu tür bir hamurda 0.2 den küçük bir s/ç oranıyla 275 MPa ve üstü mukavemetler elde edilebilmiştir. Bu çimentolardaki öğütme kolaylayıcı katkılar çimento tanelerini hidrofobik özelliğe getirerek su isteğini azaltmaktadır. Bu nedenle geciken priz başlamasını normale döndürmek görevi de potasyum karbonata düşmektedir. Bu teknolojinin beton üretimine uyarlanması zorluklarla karşılaşıldığı bildirilmektedir. Dpç ile üretilmiş ve s/ç oranı 0.26 ya kadar düşürülmüş betonlarda 100 MPa'yı aşan mukavemetler bildirilmekte ise de, işlenebilirliğin kontrol altında tutulabilmesinin problem olmaktan çıkarılamadığı vurgulanmaktadır. Ancak beton kimyasalları teknolojisinde beklenen yeni gelişmeler ile çözüme kavuşma beklentisi vardır.

4.2. Polimer Katkılar

Bu türden malzemeler olarak polimetilmetakrilat, hidrolize PVA ve hidroksi-propil-metilselüloz en çok bilinenlerdir. Çimento hamuruna bu polimerlerden birinin katılması ile, çimento bunlardan su alarak hidrate olur ve 'dehidrate' olmuş polimer matrisi ile iç içe olan hidrate çimento matrisi ortaya çıkar[5]. Bu polimerler karışıma yüksek plastik özellikler de kazandırır. Eğilme dayanımının dahi 150 MPa'yı aşabildiği bildirilmektedir. Ancak polimerlerin suya olan hassasiyetleri nedeniyle, servis ortamından gelebilecek su karşısında mukavemet azalmaktadır. Bu mahzur ve yüksek maliyet nedeniyle ancak küçük çaplı ve özel bazı yerlerde uygulama alanını ancak bulabilen bir teknoloji olarak kalacak görünmektedir.

4.3. Sıcak Presleme

Betonda poroziteyi azaltmanın bir yolu da presleyerek basınç altında tutmaktır. Tabii bu teknoloji her zaman ve her yerde uygulanabilir değildir. 1930 larda başlayan uygulamalarla preslenmiş beton elemanlarda boşluk hacminin çok azalıp mukavemetin 300 MPa düzeyine çıkabildiği görülmüştür. Hatta 150°C gibi yüksek sıcaklık ortamında presleyerek ve süperakışkanlaştırıcı da kullanarak mukavemetin 500 Mpa ya çıkarılabildiği bildirilmektedir[5]. Bu teknoloji ile

Üretilmiş betonlarda mukavemetin toplam porozite ile doğrusal bağintılı olduğunun da gözleendiği bildirilmektedir. Yukarıda dp için söylendiği gibi sıcak presleme teknolojisi de ancak küçük beton parçaların üretiminde kullanılabilir olarak kalacak görünmektedir.

5. SONSÖZ

Son yirmi yılda beton teknolojisi ve yüksek mukavemetli betonlar konusunda çok önemli gelişmeler kaydedilmiş, bağlayıcı hidrate ürünlerin oluşumuna dair temel ilkeler ve betonun mühendislik özelliklerini geliştirme mekanizmaları daha iyi anlaşılıp ortaya konmuştur. Ancak mikro yapıya ilişkin bilgilerin beton dizaynına ve mekanik özellikleri geliştirmeye yansıtılması henüz emekleme safhasındadır. Karmaşık bir yapıya sahip olan betonun mikro yapısı ile makro ölçekteki özellikleri arasında açık/kesin ilişkiler bulmak mümkün olamamıştır.

Yüksek mukavemetli betonları üretebilme kabiliyetimizi geliştirirken çoğunlukla gözden kaçırdığımız iki şey vardır:

- a) En olumlu bir şekilde nasıl kullanabiliriz?
- b) Gittiğimiz yolda sonumuz/sınırımız nerededir? Yol nerede bitecektir?

Bu bağlamda çok önemli olan konular arasında, artan gevrekliğin, azalan kırılma enerjisinin ve betonarme demirine daha iyi aderansın ym beton tasarım şartlarına, kurallarına yansıtılmasıdır. Herşeyin zm için disiplinlerarası bir yaklaşım içinde olmak ve laboratuvarında geliştirilen teknolojilerin pratiğe yansıtılması gerektiği açıktır. Bu amaç için yaygın eğitim yapmak ve bilgisayar tabanlı bilgi sistemlerini (ing.: expert systems) kullanmak görünmektedir[9].

6. TEşEKKüR

Yazar, gerek teşvik ve gerekse kıymetli yardımlarıyla bildirinin hazırlanmasında büyük rolü olan, STFA Kalite Müşavirlik Araştırma Kontrol ve Gzetim Ltd. şti. Gn. Mdr Sn. Necat Cıason'a, ve emeği geen alışma arkadaşlarına iten teşekkr eder.

7. KAYNAKLAR

1. Scrivener K.L., "*The Microstructure of Concrete*", Materials Science of Concrete-I, ed. J.Skalny, The Amer.Ceram.Soc., Westerville, Ohio, USA, 1989, p.127-61.

2. Mindess S., "Interfaces in Concrete", bknz.(1),s.163-80.
3. Mindess S., Gray R.J., Skalny J.P."Effect of Silica Fume Additions on the Permeability of Hydrated Portland Cement Paste and the Cement-Aggregate Interface",ACI/RILEM Symp.,Technology of Concrete When Pozzolans,Slags and Chemical Admixtures are Used, Nuevo Leon, Mexico, 1985, p.121-41.
4. Diamond S.,*"Influence of Chemical Admixtures on Mix Water-Pore Solution Compositions and Early Hydration"*, bknz.(1),s.1-18.
5. Skalny J., Roberts L.R.,*"High Strength Concrete"*,Ann.Rev.Mater.Sci.,1989, 17:35-56.
6. Rixom M.R., Mailvaganam N.P.,*Chemical Admixtures for Concrete*,2nd ed.,E&FN Spon, London, 1986.
7. Scali J.M., Chin D., Berke N.S.,*"Effect of Microsilica and Fly Ash on Microstructure and Permeability of Concrete"*, Proc.9th I.C., Cement Microscopy, Reno, Nevada, USA, April 1987.
8. Helmuth R., *Fly Ash in Cement and Concrete*, Port.Cem.Assoc.,Skokie, Ill.,USA, 1987.
9. Roberts L.R.,*"Microsilica in Concrete, I"*, bknz.(1), s.197-222.
10. F.I.P.,*Condensed Silica Fume in Concrete*, FIP (Federation Internationale de la Precontrainte) State of Art Report, Th.Telford, London, 1988.
11. Fiorato A.E.,*"PCA Research on High Strength Concrete"*, Concr.Intern., April 1989, 11(4):44-50.
12. Burk A.A., Gaidis J.M., Rosenberg A.M.,*"Absorbtion of Naphthalene Based Superplasticizers on Different Cements"*, Proc.2nd I.C., Plasticizers in Concrete, Ottawa, Canada, 1981.
13. Neville A.M., *Properties of Concrete*, 3rd ed., Pitman, London, 1981.
14. A.C.I., *Committee Report ACI.363R-84*,Amer.Cocr.Inst., Detroit, Mich., USA, 1984.
15. Frohnsdorff G.,*"Intedrated Knowledge Systems for Concrete Science and Technology"*, bknz.(1), s.315-22.