

KİMYASAL KATKI MADDELERİ VE TARİHİ GEÇMİŞLERİ

Dr. Sinan T. ERDOĞAN
Teksas Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Austin, Teksas

Prof.Dr. Turhan Y. ERDOĞAN
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Ankara

ÖZET

Kimyasal katkı maddeleri, betonun taze ve/veya sertleşmiş haldeki özelliklerini istenilen yönde değiştirmek için, malzemelerin karılma işlemi esnasında, beton karışımının içerisine çimento ağırlığının %5'ini geçmemek üzere eklenen maddelerdir. TS EN 934-2 no.lu standart, bu sınıf içerisinde yer alan katkıları sekiz grupta ele almaktadır: Su azaltıcılar, priz geciktiriciler, priz hızlandırıcılar, su azaltıcı ve priz geciktiriciler, yüksek miktarda su azaltıcı ve priz geciktiriciler, ve hava sürükleyiciler. Dolayısı ile, kimyasal katkı maddelerinin işlevlerini dört ana grupta sıralayabilmek mümkündür: Normal veya yüksek miktarda su azaltmak, priz geciktirmek, priz hızlandırmak, ve hava sürüklemek.

Günümüzdeki yapım faaliyetlerinde, kimyasal katkı kullanılmadan yapılan beton yok gibidir.

Bu Bildiri'de, kimyasal katkı maddelerine dair kısa açıklamalar yapılmakta ve tarihi geçmişleri anlatılmaktadır.

GİRİŞ

Beton katkı maddeleri, "su, çimento, agrega ve fiber donatı dışında, beton karışımında yer alan ve malzemelerin karılma işleminden hemen önce veya karılma işlemi esnasında beton karışımının içerisine katılan maddelerdir [1-4]". Bu tür katkı maddeleri, beton özelliklerini istenilen yönde iyileştirmek, betonun yerleştirilmesinde, sıkıştırılmasında, yüzeyinin düzeltilmesinde kolaylık sağlamak ve daha ekonomik bir beton elde edebilmek için kullanılmaktadır.

Betonun herhangi bir özeliğini iyileştirmek üzere kullanılan değişik kompozisyona sahip çok sayıda katkı maddesi bulunmaktadır. Kısacası, betonun çeşitli özelliklerini istenilen yönde iyileştirmek üzere değişik isimlerle üretilmiş olan yüzlerce katkı maddesi vardır. Her katkı maddesini tek tek tanımlamak güç olacağından, katkı maddeleri gruplara ayrılmakta ve böylece ortak özellikleri daha iyi anlaşılabilir. ABD'deki genel sınıflandırmaya göre, katkı maddeleri dört ana gruba ayrılmıştır:

1. Kimyasal katkı maddeleri,
2. Hava sürükleyici katkı maddeleri,
3. Mineral katkı maddeleri, ve
4. Diğer.

Yukarıdaki gruplandırmadan görülebileceği gibi, kimyasal katkı maddeleri ve hava sürükleyici katkı maddeleri, iki ayrı grupta yer almıştır. Bunun nedeni, kimyasal katkı maddelerinin suda çözünür olduğunun kabul edilmesi ve bazı hava sürükleyici katkıların suda çözünür olmaması olarak açıklanmaktadır. O bakımdan, ASTM (American Society for Testing and Materials - Deney Yapma ve Malzemeler için Amerikan Derneği), kimyasal katkı maddeleri için C 494 no.lu bir standartı [5] ve hava sürükleyici katkı maddeleri için, C 260 no.lu ayrı bir standartı [6] yürürlüğe koymuştur. 2002 yılına kadar Türkiye'deki uygulama da, ASTM'dekine çok benzer olmuştur: TS 3452 no.lu standartta [7] kimyasal katkı maddeleri anlatılmış, TS 3456 no.lu ayrı bir standartta da [8], hava sürükleyici katkı maddeleri ele alınmıştır.

Türkiye'de, Mart 2002 tarihinden itibaren beton kimyasal katkı maddelerine ait TS EN 934-2 no. ile yeni bir standart yürürlüğe girmiştir [9]. Yeni standart, kimyasal katkı maddeleri arasında hava sürükleyici katkı maddelerine de yer vermektedir.

KİMYASAL KATKI MADDELERİ HAKKINDA KISA AÇIKLAMALAR

Kimyasal katkı maddeleri, "betonun taze ve/veya sertleşmiş haldeki özelliklerini istenilen yönde değiştirmek için, malzemelerin karılma işlemi esnasında beton karışımının içerisine, çimento ağırlığının %5'ini geçmemek üzere, eklenen maddelerdir [9]."

Aslında bütün katkı maddelerinin kimyasal işlemi olmakla birlikte, halen yürürlükte olan ASTM C 494 no.lu standartta [5] (ve, artık yürürlükte olmayan TS 3452 no.lu standartta [7]) kimyasal katkı maddelerine aşağıdaki gibi yedi grupta yer verilmiştir:

1. Su azaltıcı katkıları,
2. Priz geciktirici katkıları,
3. Priz hızlandırıcı katkıları,
4. Su azaltıcı ve priz geciktirici katkıları,
5. Su azaltıcı ve priz hızlandırıcı katkıları,
6. Yüksek miktarda su azaltıcı katkıları, ve
7. Yüksek miktarda su azaltıcı ve priz geciktirici katkıları.

TS EN 934-2 no.lu standart [9], hava sürükleyici katkıları da kimyasal katkıları arasında kapsadığı için, Türkiye'deki kimyasal katkı gruplarına "hava sürükleyici katkı maddeleri"ni de yeni bir grup olarak eklemek ve kimyasal katkı maddelerini sekiz grupta ele almak doğru olmaktadır.

Kimyasal Katkı Maddeleri Standartı'nda sekiz grup halinde isimleri anılan katkıların ana işlevlerini dört grup halinde özetleyebilmek mümkündür:

- Normal veya yüksek miktarda su azalmak,
- Priz geciktirmek,
- Priz hızlandırmak, ve
- Hava sürüklemek.

Bazı katkı maddeleri, yukarıda belirtilen işlevlerin birden fazlasını da sağlayabilmektedir.

Aşağıda, normal veya yüksek miktarda su azaltıcı katkıları, priz geciktirici katkıları, priz hızlandırıcı katkıları ve hava sürükleyici katkıları hakkında kısa açıklamalara yer verilmektedir.

NORMAL VEYA YÜKSEK MİKTARDA SU AZALTIICI KATKILAR

Su azaltıcı katkıları, "hedeflenen sabit bir kıvamdaki (sabit bir çökme değerindeki) betonun daha az karışım suyu ile yapılmasını sağlayan, veya karışım suyu miktarı değiştirilmediği takdirde betonun kıvamını artıran maddelerdir [1-5, 9]."

Normal dozda (yani, çimento ağırlığının %5'ini geçmeyecek kadar) kullanıldıklarında, hedeflenen kıvamdaki bir beton için gereken karışım suyu miktarında %5 - %11 kadar azalmaya neden olan katkıları "normal miktarda su azaltıcı katkıları" veya kısaca "su azaltıcı katkıları" denilmektedir [1-5, 9].

Normal dozda kullanıldıklarında, hedeflenen kıvamdaki bir beton için gereken karışım suyu miktarında %12 veya daha fazla azalmaya neden olan katkıları, "yüksek miktarda su azaltıcı katkıları" olarak adlandırılmaktadır [1-5, 9].

Su azaltıcı katkıların genel tanımından da anlaşılacağı gibi, hem su azaltıcı katkı kullanılır hem de su miktarında azaltılmaya gidilmezse, elde edilecek betonun kıvamında artma olmaktadır. O nedenle, normal miktarda su azaltıcı katkı, “plastikleştirici, veya akışkanlandırıcı katkı” olarak da anılmaktadır. Yüksek miktarda su azaltıcı katkı ise, “süperplastikleştirici, veya süperakışkanlaştırıcı katkı” da denilmektedir.

Su azaltıcı katkıların betona etkileri Çizelge 1’deki gibidir.

Çizelge 1. Su Azaltıcı Katkıların Betona Özelliklerine Etkileri

Olumlu Etkileri

- Hedeflenen kıvamda bir beton elde edebilmek için gereken karışım suyunu azalttığı ve böylece daha düşük su/çimento oranıyla beton yapımına olanak sağladığı için:
 - Betonun ilk günlerdeki ve nihai dayanımlarının yüksek olmasına yol açmaktadır. Yüksek miktarda su azaltıcı katkıyla yüksek dayanımlı beton yapılabilir.
 - İlk günlerdeki beton dayanımının yüksek olması, kalıpların daha kısa sürede sökülüp tekrar kullanımına olanak tanımaktadır; ayrıca, ilk zamanlarda yüksek dayanım gösteren betonlar, tamir işlerinde de kullanılabilir.
 - Su miktarının azalmasıyla, betondaki boşluklar azalmakta, böylece su geçirgenlik azalmaktadır; ayrıca, boşlukları daha az betonun dayanıklılığı artmaktadır.
- Hem su azaltıcı katkı kullanılır hem de karışım suyu miktarı azaltılmazsa, o takdirde betonun kıvamı ve işlenebilmesi artmaktadır. Böylece betonun yerleştirme ve sıkıştırma (konsolidasyon) işlemlerinde kolaylık sağlamaktadır.
- Su/çimento oranı sabit tutularak su azaltıcı katkı maddeleri kullanılacak olursa, çimento miktarında da azalmaya yol açılmaktadır. Böyle bir durum ise, hem hidratasyon ısının azalmasına, hem de daha ekonomik beton elde etmeye neden olmaktadır.

Dikkat Edilmesi Gerekenler

Yüksek dozda kullanıldıklarında, betonun katılaşma süresi istenilen süreden daha uzun olabilmektedir. Ayrıca, düşük kıvamlı betonların yüzeyinin düzeltilmesi daha güç olabilmektedir.

PRİZ GECİKTİRİCİ KATKILAR

Priz geciktirici katkılar, “malzemelerin karılma işleminin tamamlanmasıyla plastik (şekil verilebilir) bir beton elde edildiği andan, taze betonun katılaşmaya başladığı ana kadar geçen sürenin (priz süresinin) uzamasına neden olan katkılardır [1-5, 9].”

Bilindiği gibi, yüksek hava sıcaklığının ve/veya düşük relatif nemin ve/veya hızlı esen rüzgarların yer aldığı koşullar, sıcak hava koşulları olarak anılmaktadır. Taze betonun içerisindeki su sıcak hava koşullarında çabuk buharlaşmakta, betonda çökme değeri kaybı olmakta ve beton, istenilenden daha kısa sürede katılaşmaktadır. Priz geciktirici katkıların kullanılmasıyla bu tür sorunlar azaltılabilmektedir.

Priz geciktirici katkıların betona etkileri Çizelge 2’de özetlenmektedir.

Çizelge 2. Priz Geciktirici Katkıların Betona Etkileri

Olumlu Etkileri

- Sıcak hava koşulları betonun priz süresini kısalttığı için, yeterinden kısa priz süresi nedeniyle betonun yerleştirilmesinde, sıkıştırılmasında ve yüzeyinin düzeltilmesinde ortaya çıkacak sorunlar ortadan kalkmaktadır.
- Betonun karılması işleminden yerleştirilmesi işlemine kadar geçen sürenin beklenmedik olaylarla uzaması halinde ortaya çıkabilecek sorunlar önlenmektedir.
- Beton yerleştirme işlemi devam ederken, kalıba yerleştirilmiş bir kısım betonun istenilenden daha kısa sürede katılaşp deformasyon göstermesi nedeniyle oluşabilecek çatlaklar önlenmektedir.

Dikkat Edilmesi Gerekenler

Aşırı dozda kullanılması, sertleşmeyi istenmeyen ölçüde uzatabilmektedir. Ayrıca, bazı priz geciktirici katkılar taze betondaki terlemeyi artırabilmektedir.

PRİZ HIZLANDIRICI KATKILAR

Priz hızlandırıcı katkılar, “malzemelerin karılma işleminin tamamlanmasıyla plastik bir beton elde edildiği andan, taze betonun katılaşmaya başladığı ana kadar geçen sürenin kısalmasına neden olan katkılardır [1-5, 9].”

Bazı durumlarda, özellikle soğuk hava koşullarında, betonun hidratasyonu istenilenden daha yavaş yer almakta, priz süresi istenilenden daha uzun olmakta, ve ilk günlerdeki dayanımı istenilenden daha düşük olmaktadır. Priz hızlandırıcı katkılar, bu tür sorunların azaltılması amacıyla kullanılmaktadır.

Priz hızlandırıcı katkıların betona etkileri Çizelge 3’de özetlenmektedir.

Çizelge 3. Priz Hızlandırıcı Katkıların Betona Etkileri

Olumlu Etkileri

- Priz süresini kısaltmaktadır. O nedenle:
 - Beton yüzeyinin bir an önce düzeltilebilmesine yol açmaktadır.
 - Betonun uzun süreyle katılaşmamış bir durumda kalması önlenerek, kalıplar üzerindeki basıncı azaltmaktadır.
- İlk zamanlardaki dayanım kazanma hızını artırmaktadır. O nedenle:
 - Kalıpların bir an önce sökülebilmeye olanak sağlamaktadır.
 - Kür süresinin daha kısa olmasına yol açmaktadır.
 - Soğuk havanın betonun dayanım kazanma hızı üzerindeki olumsuz etkilerini gidermektedir.
 - Yapının veya tamir işinin bir an önce sağlanmasına yol açmaktadır.

Dikkat Edilmesi Gerekenler

Priz süresi kısa olduğu için, betonun taşınma, yerleştirilme, sıkıştırılma ve yüzey düzeltilme işlemleri iyi planlanmalıdır. İlk zamanlarda betondaki kuruma büzülmesi biraz daha çok olabilmektedir. Ayrıca, betonun uzun vadedeki dayanımı daha az olabilmektedir.

HAVA SÜRÜKLEYİCİ KATKILAR

Hava sürükleyici katkıları, “taze betondaki çimento hamurunun içerisinde birbiriyle bağlantısı olmayan çok küçük boyutlu (genellikle çapları 0.1 mm’den büyük olmayan) düzgün dağılmış hava kabarcıklarının oluşmasını ve çimento hamuru sertleştikten sonra da bu hava kabarcıklarının kalıcı olmasını sağlayan katkı maddeleridir [1-4, 9-12].” Bu şekilde oluşan hava kabarcıklarına “sürüklenmiş hava” denilmektedir.

Islanarak suya doygun duruma gelmiş olan bir beton çok soğuk havalara maruz kaldığında, kapiler boşluklarındaki su donmakta ve genişlemektedir; böylece, betonda iç gerilmeler meydana gelmektedir. Hava sıcaklığı arttığında da, buzlar çözünmekte, iç gerilmeler ortadan kalkmaktadır. Çok sayıda tekrar eden donma-çözülme devirleri, betonun çatlamasına ve yüzeyinin bozulmasına neden olmaktadır. Beton, en iyi malzemelerle ve iyi bir karışım oranıyla özenle yapılmış olsa dahi, sürüklenmiş hava içermiyorsa, çok sayıda yer alan donma-çözülme olayları karşısında bir iki yıl içerisinde çatlayıp bozulabilmektedir. Betonun içerisinde sürüklenmiş hava kabarcıklarının bulunması durumunda, çimento hamurunda oluşmuş olan milyonlarca sayıdaki hava kabarcığı, kapiler boşluklardaki suyun donmasıyla ortaya çıkacak genişmeyi önlemektedir.

Beton yapımında hava sürükleyici katkıların kullanılmasındaki asıl amaç, sertleşmiş betonun donmaya ve/veya betonun üzerinde oluşmuş olan buz tabakasını çözebilmek için kullanılan sodyum klorür, kalsiyum klorür gibi buz çözücü tuzların yıpratıcı etkilerine karşı betonun daha dayanıklı olmasını sağlayabilmektedir.

Beton malzemelerinin karışımı esnasında oluşturulan hava kabarcıkları, sertleşmiş betonun dayanıklılığını artırmanın yanı sıra, taze betonun özelliklerini de önemli ölçüde etkilemektedir: Taze çimento hamuruna küresel şekilli milyonlarca sayıda hava kabarcıklarının dahil edilmesiyle çimento hamurunun hacminde bir artma yaratıldığından, betonun daha

akıcı ve işlenebilir olması sağlanabilmektedir. Bir başka açıdan bakılacak olursa, hedeflenen çökme değerini elde edebilmek için, hava sürüklenmiş beton yapımında gereken su miktarı daha düşük olabilmektedir. Ayrıca, taze betonun içerisinde sürüklenmiş hava kabarcıklarının yer alması, yerine yerleştirilen betonun içerisindeki suyun yüzeye çıkma eğilimini de (terlemeyi de) azaltmaktadır. Böylece, iri agrega tanelerinin donatıların altında su cepleri oluşmamakta, betonun yüzeyinde çok ince malzemeler birikmemekte, daha dayanıklı bir beton elde edilebilmektedir.

Betonun içerisinde yer alan hava boşluklarının miktarı arttıkça, doğal olarak, betonun basınç dayanımında bir miktar azalma olmaktadır. Ancak, sürüklenmiş hava kabarcıkları beton kıvamını artırdığı için ve hedeflenen çökme değerini elde edebilmek için daha düşük miktarda suya gerek olduğundan, bu tür betonların karışım hesaplarında düzeltme yapılabilmektedir; daha düşük su/çimento oranı ve daha az miktarda ince kum kullanılarak, hem hedeflenmiş olan çökme değerine ulaşılabilen, hem de betonun basınç dayanımındaki azalma önemli ölçüde telafi edilebilmektedir. Karışım hesaplarında bir ayarlama yapılmadığı takdirde beton basınç dayanımındaki azalma %10 - %25 kadardır. Ayarlama yapıldığı takdirde ise, beton basınç dayanımındaki azalma %10 civarındadır [3, 13, 14].

Hava sürükleyici katkıların betona etkileri Çizelge 4'de özetlenmektedir.

Çizelge 4. Hava Sürükleyici Katkıların Betona Etkileri

Olumlu Etkileri

- Donma-çözülme olayları karşısında betonun dayanıklılığını artırmaktadır,
- Buz çözücü tuzlara karşı betonun dayanıklılığını artırmaktadır,
- Taze betonun işlenebilmesini artırmaktadır,
- Özellikle düşük dozlu betonlarda segregasyonu ve terlemeyi azaltmaktadır,
- Özellikle düşük dozlu betonlarda, gereken karışım suyu miktarını azaltmaktadır,
- Su/çimento oranında yapılacak azaltma nedeniyle, betonun su geçirgenliğini azaltmaktadır.

Dikkat Edilmesi Gerekenler

Su/çimento oranında değişiklik yapılmadığı takdirde, basınç dayanımında bir miktar azalma olmaktadır. Hava miktarında her

%1'lik artış, basınç dayanımında yaklaşık %5 kadar azalmaya yol açabilmektedir.

KİMYASAL KATKI MADDELERİNİN TARİHİ GEÇMİŞLERİ

Volkanik kül, volkanik tüf, pişirilmiş kil gibi puzolanik malzemelerin sulu ortamda söndürülmüş kireçle birleştirilmesiyle elde edilen hidrolik bağlayıcıların (su altında da sertleşebilen ve suya dayanıklı bağlayıcıların) harç ve bir tür beton yapımında kullanılmalarına binlerce yıl önce başlanmıştır; Romalılar, yaklaşık MÖ 300 yılından itibaren puzolanik malzemelerin kullanımını yaygınlaştırmışlar, puzolanik betonlarla çok görkemli eserler yapmışlardır. Eski insanlar, elde edebilecekleri puzolanik betonun plastikliğini artırmak için zaman zaman süt, kan, eriyik hayvansal yağlar gibi organik katkı maddeleri kullanmışlardır [15]. Bu tür katkı maddeleri, büyük bir olasılıkla, puzolanik betona bir miktar hava da sürüklemiştir.

Pişirilmiş kilin puzolanik özellik taşıdığı eski Romalılar zamanında da bilinmekteydi [16]. O bakımdan, kırılmış ve öğütülmüş tuğla, kiremit, çömlük gibi malzemelerin söndürülmüş kireçle sulu ortamda birleştirilmesi sonucunda suya dayanıklı bağlayıcıların elde edilmesine dair bilgi ve uygulamada bu tür malzemelerin kullanılması da çok eski yıllara dayanmaktadır [16-19]. Hindistan'da "surkhi", Mısır'da "homra", Yunanistan'da "korassani" denilen kırılmış ve öğütülmüş tuğla ve kiremitleri, Osmanlılar "horasan" olarak adlandırmışlardır [3, 4, 20]. Osmanlılar kireçle ve kumla birleştirilen horasandan elde edilen harcı yaygın olarak kullanmışlardır; bu harcın içerisine nohut büyüklüğünde kırılmış tuğla ve kiremit parçaları da katarak, bir tür puzolanik beton elde etmişlerdir. Horasan harcının içerisine, plastikliği ve kohezyonu artırmak amacıyla, bazan yumurta akı katıldığı da, halk arasında sıkça dile getirilen bir söyledir.

Portland çimentosu ilk olarak 1824 yılında üretilmiştir. Dolayısı ile portland çimentolu betonların yapılmasına ve bazı betonlarda katkı maddelerinin kullanımına (veya denenmesine) ancak o tarihten sonraları başlanılmıştır.

Betonla ilgili literatür tarandığında, betonda kimyasal katkı olarak kullanılan ilk maddenin kalsiyum klorür olduğuna rastlanmaktadır. Zira, kalsiyum klorürün beton yapımında kullanılmasına ait Almanya'da 1873 yılında ve İngiltere'de de 1885 yılında patentler alınmıştır [21, 22]. Çimento ağırlığının %0.5'inden daha az kalsiyum klorür kullanılan betonların priz süreleri uzamaktadır [22]. Kullanılan kalsiyum klorür miktarı %0.5'ten daha çok olduğunda ise, priz süresi önemli ölçüde kısalmaktadır [22]. O nedenle kalsiyum klorür, uzun yıllar boyunca, betonun ilk zamanlardaki dayanımının

yüksek olabilmesini sağlamak için veya kışın beton yapımında betonun prizini hızlandırmak amacıyla kullanılmıştır. 1924 yılında D. Abrams, 1938 yılında L. Forsen ve 1952 yılında J. Shideler, kalsiyum klorürün betonda kullanımına dair önemli araştırma sonuçları yayımlamışlardır [22].

Kalsiyum klorür etkili bir priz hızlandırıcı olmakla birlikte, bu maddenin betondaki demir donatının korozyonuna etkisine dair değişik görüşler vardır: ABD'de (Bureau of Reclamation'da – Islah Bürosu'nda) Blenkinsop tarafından beş yıl süreyle yapılan araştırmaların sonucuna göre, çimento miktarının %2'sine varan oranlarda kalsiyum klorür kullanılması, betondaki demir donatıda korozyona neden olmamaktadır [23, 24]. Öte yandan, Amerikan Beton Enstitüsü, betonda bulunacak klorür iyonu oranına, önerilmeli betonda maksimum %0.06, ıslak ortama maruz betonarmede maksimum %0.1 gibi bazı sınırlamalar getirmiştir [25]. Ayrıca, betonarmede ve önerilmeli betonda kalsiyum klorür kullanılmaması önermektedir.

Günümüzdeki kimyasal katkı maddeleri arasında en çok kullanılanları, normal miktarda su azaltıcı ve/veya priz geciktirici katkılarıdır. Bu tür katkılar başta linyosülfonik asitler ve hidroksil karboksilik asitler olmak üzere, sülfonatlaştırılmış melamin ürünlerinden, sülfonik asitlerden, naftalin veya melamin kondensyonlarının diğer su azaltıcı katkılarla birleştirilmesiyle ortaya çıkan ürünlerden, polisakarit ve karbohidratlar gibi polimerlerden, şekerden ve diğer birçok malzemeden elde edilmektedir [3, 26].

Normal miktarda su azaltıcı ve/veya priz geciktirici katkıları hakkında önemli araştırmalar 1930'lu yıllarda başlamıştır. K. Winkler, H. L. Kennedy ve M. Ros bu konularda ilk çalışan isimlerden bazılarıdır [22]. K. Winkler, beton karışımına küçük miktarlarda suda çözünebilir hidroksil karboksilik asit tuzlarının katılmasıyla, betonun karışım suyunda azalma elde edileceğine dair 1932 yılında, Almanya'da ve İngiltere'de, 1939 yılında da ABD'de patentler almıştır [22]. 1936 yılında H. L. Kennedy, linyosülfonik asitin ve naftalin sülfonik asitin portland çimentosuna ve bu tür çimentoyla yapılan betonlara etkisini araştırmıştır. 1934 yılında M. Ros, sodyum glukonatin su azaltıcı etkisini ve triethanomalinin priz kısaltıcı etkisine dair çalışmalar yapmıştır [22].

Hava sürükleyici katkıları da, beton yapımında yaygın olarak kullanılan katkılarıdır. Bu tür katkılar, ağaç reçinelerinin tuzlarından, hayvan derisi gibi proteinli malzemelerin tuzlarından, yağlı asit tuzlarından ve sentetik deterjanlardan elde edilmektedir [3, 26].

Hava sürükleyici katkı maddelerinin betona hava sürüklediği ve dolayısı ile donma-çözülme olayları karşısında betonu daha dayanıklı kıldığı tesadüfen ortaya çıkarılmıştır. Şöyleki, 1935-1937 yıllarında ABD'de yapılan

bazı betonların donma-çözülme olayları karşısında diğer betonlardan daha dayanıklı olduğu farkedilerek, önce dayanıklı betonlarda kullanılan portland çimentoları incelenmeye başlanmış ve o çimentoların, çok az miktarda da olsa hayvansal yağ içerdiği görülmüştür. Çimentodaki yağın, klinkerin öğütülmesi esnasında öğütücülerden tesadüfen bulaştığı ve çimento hamurunda sürüklenmiş hava yarattığı anlaşılmıştır [10]. Hava sürükleyici katkıları üzerinde ilk araştırmaları yapanlardan birisi G. R. Tucker'dır [22].

1940-1960 yılları arasında normal miktarda su azaltıcı, priz geciktirici, priz hızlandırıcı ve hava sürükleyici bazı katkıları beton yapımında kullanılır olmuşlarsa da kimyasal katkı kullanımı pek yaygınlaşmamıştır. Bu duruma yol açan birçok nedenden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir [22]:

1. Bilindiği gibi, bazı katkı maddelerinin kullanılmalarından dolayı betonda beklenen ana etkinin yanı sıra bir başka etki yaratma özelliği de olmaktadır.

İlk yıllarda her katkı maddesinin uzun vadede betonda yaratacağı olumlu veya olumsuz etkiler tam olarak bilinmediği için, kullanıcılarda büyük bir güven hissi uyanmamıştır.

2. Betonda yaratılabilecek herhangi bir etki (örneğin, karışım suyunun azaltılması veya hava sürüklenmesi gibi), sadece bir cins ürünle değil, birçok cins ürünle elde edilebilmektedir. İlk yıllarda betonun belirli bir özelliğini iyileştirmek amacıyla bir ürün yaratılmış ve o ürün kullanılmaya başlanmıştır. Aynı özelliğin bir başka tür ürünle de iyileştirilebileceğine dair yetkili laboratuvarlarca enine boyuna araştırma yapılmamış ve böylece belirli bir konuda betonda kullanılabilecek katkı maddesi cinsi sınırlı kalmıştır. Bir başka deyişle, herhangi bir konuda kullanılabilecek değişik ürünler üretilmemiş ve ürün geliştirme hususunda rekabet olmamıştır.
3. O yıllarda uygulanan beton şartnameleri çok katı olduğundan ve önceden belirlenmiş malzeme karışım oranlarında değişikliğe izin vermediğinden (örneğin, katkı maddelerinin kullanılmasıyla istenilen kalitedeki betonun daha az miktarda çimento ile yapılabilmesi gibi), katkı maddeleri hakettiği kadar önem kazanamamıştır.
4. Her katkı maddesinin göstereceği performansın ölçüsü ile ilgili iyi tanımlama bulunmadığı için, aynı amaç için kullanılan değişik katkıların değişik sonuçlara yol açması (örneğin, priz geciktirici bir katkı maddesi belirli miktarda geciktirme yaratırken, bir başka priz

geciktirici katkı maddesinin aşırı miktarda geciktirme yaratması gibi) katkı maddelerin kullanımını teşvik edici olmamıştır.

1960'lı yılların hemen başlarında katkı maddelerinin kullanımıyla ilgili şartnamelerin ve standartların yayımlanmasıyla, yukarıdaki sorunlar büyük ölçüde giderilmiştir:

1961 yılında ABD'de Burea of Public Roads, "Su Azaltıcı Katkı Maddelerinin Portland Çimentolu Betonlarda Kullanılmasıyla İlgili Şartname Önerisi" adıyla bir şartname çıkarmış, 1962 yılında da ABD'de "Beton için Kimyasal Katkı Maddeleri Standartı" yürürlüğe girmiştir [22].

Normal miktarda su azaltıcı katkılarını normal dozdan (en çok %5'den) daha fazla miktarlarda kullanarak yüksek miktarda su azaltıcı etki elde edebilmek mümkündür. Ancak, çok yüksek miktarda kullanılan bu tür katkı maddeleri, bir yandan su miktarını çok azaltırken öte yandan da betonun priz süresini olumsuz etkileyebilmektedir. (Örneğin fazla miktarda hidroksil içeren katkılar priz süresini çok geciktirmektedir.) O nedenle, normal miktarda su azaltıcı katkıları, yüksek miktarda su azaltmak amacıyla kullanılmamaktadır [3, 4]. Yüksek miktarda su azaltabilmek amacıyla ancak süperakışkanlaştırıcı tipte katkıları kullanılmaktadır.

Süperakışkanlaştırıcı katkıları, sülfonatlaştırılmış melamin-formaldehit esaslı maddelerden, sülfonatlaştırılmış naftalin-formaldehit esaslı maddelerden veya bazı organik bileşenlerden elde edilmektedir [3, 4]; hidroksil içermemektedirler.

Süperakışkanlaştırıcı katkılarıyla ilgili çalışmalara 1960 yılı civarında başlanmıştır. O yıllarda Japonya'da ve Almanya'da bu tür bazı katkı maddeleri üretilerek satışa sürülmüştür. 1964 - 1980 yılları arasında, başta Japonya, Almanya, ABD ve İngiltere olmak üzere birçok ülkede, süperakışkanlaştırıcıların betonda kullanımı ile çok sayıda araştırma yapılmıştır. Süperakışkanlaştırıcıların "ASTM C 494 - Beton için Kimyasal Katkı Maddeleri" isimli standarta girmesi, Temmuz 1980 tarihinde gerçekleşmiştir. Bir başka deyişle Süperakışkanlaştırıcıların beton yapımında yaygın olarak kullanımı 1980'li yıllarda başlamıştır [22].

1984 yılı verilerine göre ABD'de, Kanada'da ve Avustralya'da yapılan betonların, sırasıyla, %71'inde, %88'inde ve en az %85'inde kimyasal katkı maddeleri kullanılmıştır [22]. O tarihten itibaren kimyasal katkı maddelerinin kullanımı daha da artmıştır.

Günümüzdeki yapım faaliyetlerinde, kimyasal katkı maddesi kullanılmadan yapılan beton yok gibidir.

KAYNAKLAR

1. ASTM C 125, "Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates," *2002 Annual Book of ASTM Standards*.
2. ACI Committee 116, "Cement and Concrete Terminology," *ACI Manual of Concrete Practice*, Part I, 1994.
3. Erdoğan, T. Y., *Admixtures for Concrete*, Middle East Technical University Press, Ankara, 1997.
4. Ramachandran, V. S., *Concrete Admixtures Handbook*, Second Edition, Noyes Publication, New Jersey, U.S.A., 1995.
5. ASTM C 494, "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete," *2002 Annual Book of ASTM Standards*.
6. ASTM C 260, "Standard Specification for Air - Entraining Admixtures for Concrete," *2002 Annual Book of ASTM Standards*.
7. TS 3452, "Beton Kimyasal Katkı Maddeleri," Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Şubat 1984.
8. TS 3456, "Betona Hava Sürükleyici Katkı Maddeleri," Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Şubat 1984.
9. TS EN 934-2, "Beton, Harç ve Şerbet için Kimyasal Katkılar," Türk Standardları Enstitüsü, Mart 2002.
10. Klieger, P., "Air Entraining Admixtures," *Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete - Making Materials*, ASTM Special Technical Publication, No.169 - A, Philadelphia, 1966, pp.530-542.
11. Woods, H., *Durability of Concrete Construction*, ACI Monograph No. 4, American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 1968.
12. Erdoğan, T. Y., "Hava Sürüklenmiş Beton Kullanımının Türkiye için Önemi," Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu, 23-25 Ekim 2002, *Bildiriler Kitabı*, Cilt 1, s.84-91.
13. Transportation Research Board/National Research Council Committee on Chemical Additions and Admixtures for Concrete, "Admixtures and Ground Slag for Concrete," *Transportation Research Circular*, No.365, Dec.1990.
14. Jackson, F. H. and Timms, A. G., "Evaluation of Air Entraining Admixtures," *Public Roads*, V. 27, 1954.
15. Blanks, R. F. and Kennedy, H. L., *The Technology of Cement and Concrete*, V.1, Concrete Materials, John Wiley and Sons, New York, 1955.
16. Vitruvius, Pollio, *Ten Books on Architecture*, Translated by Ingrid D. Rowland, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
17. Erdoğan, S. T. ve Erdoğan, T. Y., "Puzolanların Bağlayıcılık Potansiyelinin Romalılar Tarafından Keşfi ve Romalılardan Önce Puzolan Kullanımı," *Hazır Beton*, Temmuz-Ağustos 2005, s.50-52.

18. Davidovitz, J., "Ancient and Modern Concretes: What is the Real Difference?" *Concrete International*, Dec. 1988, pp.23.
19. Malinowski, R., "Prehistory of Concrete," *Concrete International*, March 1991, pp.62-68.
20. Akman, S. M., Güner, A., Aksoy, İ. H., "Horasan Harcı ve Betonun Tarihi ve Teknik Özellikleri," II. Uluslararası Türk-İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi, İ.T.Ü., 28 Nisan-2 Mayıs 1986.
21. Skalny, J. and Maycock, J. N., "Mechanism of Acceleration of Calcium Chloride: A Review," *Journal of Testing and Evaluation*, V.3, N.4, July 1975, pp.303-311.
22. Mielenz, R. C., "History of Chemical Admixtures for Concrete," *Concrete International*, April 1984, pp.40-53.
23. *Concrete Manual*, 8th Edition, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, 1975.
24. Blenkinsop, J. C., "The Effect on Normal 3/8 inch Reinforcement of Adding Calcium Chloride to Dense and Porous Concretes," *Magazine of Concrete Research* (London), V.15, No.43, March 1963, pp.33-38.
25. ACI Committee 201, "Guide to Durable Concretes," *ACI Manual of Concrete Practice*, Part 1, 1994.
26. ACI Committee 212, "Guide for Use of Admixtures in Concrete," *ACI Manual of Concrete Practice*, Part I, 1994.