

2. Gün
13 Nisan 2007 • Cuma

III. Oturum

Oturum Bařkanı:
Prof. Asım YEĞİNOBOLU

BETON YOL KÜR KİMYASALLARININ ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ

Kejin Wang¹, James K. Cable², Zhi Ge³, Halil Ceylan⁴

¹Associate Professor, ²Associate Professor, ³ Research Associate,

⁴Assistant Professor

Iowa State University, Ames, Iowa 50011, ABD

ÖZET

Beton kürü çimento hidratasyonu, mikroyapı gelişimi ve beton performansı ile yakından ilgilidir. Kolay ve ekonomik bir yöntem olan sıvı membran oluşturmaya kür kimyasalı ya da kür bileşiği uygulaması beton yol ve köprü kaplamalarında kullanılan en yaygın metottur. Yaygın uygulama alanı bulmasına rağmen değişik tipteki membran oluşturmaya kürlerin etkinliği ve uygulama teknolojileri hakkında kısıtlı sayıda araştırma çalışması bulunmaktadır. Kür etkinliğinin, özellikle saha uygulamalarının değerlendirilmesi için güvenilir standart deney metodları mevcut değildir.

Bu çalışma çeşitli kür kimyasallarının ve uygulama teknolojilerinin beton yüzey özellikleri üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Bu bildiri, beton yollarda kullanılan kür kimyasalları odaklı olmak üzere, kür teknolojileri üzerine literatür araştırması ve konuyla ilgili bir laboratuvar çalışmasının deneysel sonuçlarını içermektedir. Laboratuvar araştırmasında üç farklı kür kimyasalı taze harç numuneler üzerine dökümden sonra belirli saatlerde uygulanmıştır. Tek ve çift katman olmak üzere iki farklı uygulama tekniği kullanılmıştır. Nem oranı, iletkenlik, kılcal geçirimsizlik ve hidratasyon derecesi numunenin farklı derinliklerinde ölçülmüştür. Harçların eğilmede çekme ve basınç dayanımları da ölçülmüştür. Malzeme özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Araştırma sonuçları kür kimyasalının harcın nem muhtevasını ve çimento hidratasyonunu önemli şekilde artırdığını ve yüzeye yakın bölgelerde kılcal geçirimsizliği düşürdüğünü ortaya koymuştur. Öte yandan, test edilen

malzeme ve karışım oranları için en uygun uygulama zamanı hava koşullarıyla birebir ilintilidir. Yüksek etkinlik endeksli kür kimyasalı uygun zamanda uygulandığında çift katmana gerek duyulmamıştır. Uygulanan bütün test yöntemleri arasında değişik kür malzemeleri ve metotları nedeniyle beton yüzeyine yakın alanlardaki mikro yapıdaki küçük değişimlere bile duyarlı olan kılcal geçirimlilik deneyi, en hassas olanıdır. Kılcal geçirimlilik deneyi nem içeriği ve hidrasyon derecesiyle yakın ilişkilidir.

1. Giriş

Betona kür uygulanmasında temel amaç çimento hidrasyonunu teşvik etmek için betona yeterli nem ve sıcaklığı sağlamaktır. Betona kür uygulanması, özellikle de betonun erken yaşlarda kötü hava koşullarına maruz kaldığı durumlarda, betonun dayanımının ve dayanıklılığının sağlanması açısından çok önemlidir.

Araştırmalar yüksek kür sıcaklıklarının (100°C) genellikle çimento hidrasyonunu ve erken dayanımı hızlandırdığını göstermiştir. 10°C'nin altındaki kür sıcaklıkları erken dayanım gelişimi için uygun değildir. Eğer sıcaklık -10°C'nin altında ise çimento hidrasyonu tamamen durur (ACI Committee 308, 2000). Çimento hidrasyonu egzotermik bir reaksiyondur yani reaksiyon sırasında ısı açığa çıkar. Eğer hidrasyon ısı beton içinde tutulursa çimento hidrasyonu ve sonucunda beton dayanımı bundan fayda sağlayacaktır. Bu nedenle yalıtkan malzemeler beton kür uygulamalarında sıklıkla kullanılır.

Beton bağıl nemi de çimento hidrasyon hızını kontrol eden faktörlerden biridir. Normalde taze betondaki nem miktarı çimento hidrasyonunun tamamlanması için gerekenden daha fazladır. Eğer bu nem beton içinde tutulabilirse çimento hidrasyonuna katkı sağlayacaktır. Fakat ortamdaki su buharlaşır ve bağıl nem oranı %80'in altına düşerse çimento hidrasyonu durabilir (Mindess ve Young, 1981). Dolayısıyla, doygunluk derecesi sertleşmiş betonun boşluk yapısını, geçirgenliğini, sıvı iletkenliğini ve kılcal geçirimlilik karakteristiklerini belirler.

Nem kaybı betonun büzülmesine, rötre oluşumuna neden olur. Eğer beton eleman serbest olarak büzülürse rötre çatlağı meydana glemeyecektir. Fakat beton yüzeyi iç bölgelere göre daha fazla büzülürse, çekme gerilmeleri oluşacak ve bu da yüzeyde çatlamaya neden olabilecektir. Eğer çatlama beton yeterli dayanıma ulaşmadan oluşursa bu erken, vakitsiz veya prematüre çatlama olarak adlandırılır. Düzgün kür uygulaması beton için gerekli nemi sağlar veya mevcut olan nemin kaybolmasını önleyerek erken rötreyi engeller veya azaltır.

Kür süresi çimento hidratasyonu ve beton dayanım gelişimindeki diğer bir anahtar parametredir. Doğru kür uygulaması (yeterli sıcaklık ve yüksek nem) çimento hidratasyonunu hızlandırarak betonun tasarım dayanımına ulaşması için gerekli süreyi azaltır. Zayıf ve yetersiz kür betonda erken yaşta problemlere yol açabilir.

Bu çalışma beton yollarda kullanılan kür kimyasallarının ve uygulama tekniklerinin etkinliğinin ölçülmesinde kullanılacak uygun bir metodun geliştirilmesini amaçlamaktadır. Laboratuvar araştırmasında üç farklı kür kimyasalı taze harç numuneleri üzerine dökümden sonra belirli saatlerde uygulanmıştır. Tek ve çift katman olmak üzere iki farklı uygulama tekniği kullanılmıştır. Nem oranı, iletkenlik, kılcal geçirimsizlik ve hidratasyon derecesi numunenin farklı derinliklerinde ölçülmüştür. Ayrıca, harçların eğilmede çekme ve basınç dayanımları da ölçülmüştür. Malzeme özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışma, kür kimyasallarının ve uygulama tekniklerinin değerlendirilmesinin yanısıra beton yüzey özelliklerinin karakterizasyonuna yönelik bir test metodu gelişimine de katkı da bulunmuştur.

2. TEMEL BİLGİLER

Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) 308 no'lu komite yaygın olarak kullanılan beton kür metotlarını iki kategoriye ayırmaktadır: (1) betona dışarıdan su sağlanması, (2) betonda halihazırda mevcut olan suyun muhafazası (plastik örtü veya membran oluşturmaya kür kimyasalıyla aşırı ısınmanın ve su kaybının önlenmesi). Yıllar boyunca uygulama sulamadan korumaya doğru kaymıştır (Gowripalan ve diğerleri, 1990).

Sulama teknikleri içinde gölme veya daldırma (beton elemanın tamamen suyla çevrenmesi) en etkin olanıdır, fakat işçilik, zaman, ve maliyet açısından çoğu zaman tercih edilmez. Betonun üzerine yağmurlama sistemi ile su serpilmesi göreceli olarak daha ucuz ve de etkin bir metottur. Fakat, bu teknik yeterli su varsa ve sıcaklık donma noktasınının oldukça üzerindeyse uygulanabilir. Çuval bezi, pamuklu örtü, kum, talaş, saman veya kuru ot gibi nem tutucu malzemeler de betonun üzerine örtülmek suretiyle kürlene yapılabilir. Bu malzemeler nemi yavaş yavaş betona verdikleri için oldukça etkindir, fakat kuruduklarında tekrar ıslatılmalıdırlar. Bu yöntem de önemli miktarda işçilik ve zaman gerektirir.

Su koruma teknikleri içinde beton yol yüzeyinin plastik veya özel kağıt örtülerle kaplanması sıklıkla kullanılır. Bu tekniklerin işçiliği maliyetlidir ve rüzgarlı havalarda uygulanamaz. ABD'de beton yol kaplamalarının küründe en yaygın kullanılan teknik membran oluşturmaya kür kimyasalı

uygulamasıdır. Kür kimyasalları ekonomiktir, kullanımı kolaydır ve uygulamadan sonra işçilik gerektirmez (Senbetta, 1988).

2.1. Membran Oluşturucu Sıvı Kür Kimyasal Çeşitleri

Kür kimyasalı, su kaybını önlemek veya, renklendirilmiş olması durumunda, ısıyı yansıtmak üzere yerleştirilmiş beton yüzeyine bir tabaka olarak uygulanabilen bir sıvıdır (Murley, 1996).

Tipik bir kür katkısı su veya bir çözücü içinde çözülmüş balmumu veya reçineden oluşur (Vandenbossche, 1999). Yüzeye uygulandıktan sonra su veya çözücü buharlaşır ve balmumu veya reçine yüzeyde geçirimsiz bir tabaka (membran) oluşturur. Bu membran beton neminin korunmasına yardımcı olur. Kür kimyasalı uygulanmış betonun yüzeye yakın bölgeleri kısmen suya doygun haldedir. Bu doygun bölgenin derinliği uygulanan membranın su tutma kapasitesine bağlıdır.

Kimyasal kompozisyonları ve üretim proseslerine göre kür kimyasalları beş gruba ayrılır (QCL Group, 1999); (1) balmumu emülsiyonu – *wax emulsion*, (2) akrilik emülsiyonu – *acrylic emulsion*, (3) klorlu kauçuk bazlı bileşikler – *chlorinated rubber-based compounds*, (4) hidrokarbonlu reçineler – *hydrocarbon resins*, (5) polivinil asetat (PVA) bazlı bileşikler – *polyvinyl acetate-based compounds*.

Balmumu emülsiyonu -- Bu kür kimyasalları su veya uygun bir çözücü içerisinde çözülmüş balmumu içerir. Bu kimyasallar beton yüzeyine uygulanan kaplamaların (ince beton veya asfalt katman) aderansını olumsuz etkilemektedir.

Akrilik emülsiyonu -- Bu malzemeler uygun kür sağlarlar ve daha önce bahsi geçen yüzey uygulamalarının aderansını olumsuz etkilemez.

Klorlu kauçuk bazlı bileşikler -- Bu bileşikler bir solventte çözülmüş doğal ya da sentetik polimerlerdir. Yüksek kür verimliliğine sahiptirler; fakat solventleri toksik ve parlayıcı olduğundan uygulamaları azami özen gerektirir.

Hidrokarbonlu reçineler -- Bu bileşiklerin büyük çoğunluğu uygun bir çözücüde çözülmüş doğal veya sentetik reçinelerdir. Uygulandıktan sonra çözücü uçacak ve beton yüzeyinde mükemmel kür sağlayan bir membran oluşacaktır; fakat kötü hava koşullarında bu membran kırılabilir hale gelebilmekte ve güneş ışığı etkisinde dağılıp etkinliğini kaybedebilmektedir.

PVA bazlı bileşikler -- PVA bazlı kür kimyasallarıyla yapılan deneyler bu malzemelerin beton nem kaybını önlemede sınırlı etkinliği olduğunu göstermiştir. Kapasiteleri içerdikleri katı miktarıyla orantılıdır ve bu da üreticiden üreticiye farklılıklar göstermektedir.

ASTM 309 membran oluşturuucu kür kimyasallarını bileşiğin rengine ve katı muhtevalarına göre şu şekilde sınıflandırır:

Tip 1 – berrak

Tip 1-D – berrak ve uçucu boyalı yarısaydam

Tip 2 – beyaz pigmentli

Class A – kısıtlama olmayan genel sınıf

Class B – reçine bazlı karışımlar

2.2. Membran Oluşturucu Sıvı Kür Kimyasallarında İstenen Nitelikler

Daha önce de belirtildiği gibi beton kaplamalarında kullanılan kür kimyasalından istenen taze beton için gerekli olan nemi ve ısıyı muhafaza etmesidir. Bu nedenle kür kimyasalının su tutma ya da su kaybını engelleme ve ısı yalıtma kabiliyetleri kaliteli bir kür için tayin edilmesi gereken özellikleridir.

Su Tutma Özelliği -- Su veya nem tutma yeterliliği, malzemenin hidrolik çimento harcından nem kaybını engellemesidir.

ASTM C309 (Membran Oluşturucu Sıvı Kimyasallar için Şartname) ve ASTM C156 (Beton Kür Malzemelerinin Su Tutma Kapasitesi için Test Metodu) kür kimyasallarının su tutma kapasitelerinin belirlenmesi için kullanılan deney metodlarını tanımlar. Bu metotla belirlenen su tutma değeri beton için gerekli kür koşullarının uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılır. Elde edilen değerler yüksek değişkenlik gösterebilir. Aynı operatör için standart sapma 0.13 kg/m^2 ve laboratuvarlar arası standart sapma 0.30 kg/m^2 olarak verilmektedir (Vandenbossche, 1999). Tip 2 Sınıf B kimyasalı için istenilen değerin 0.55 kg/m^2 olduğu düşünülürse bu sapma değerleri oldukça yüksektir: varyasyon katsayısı %50'leri bulmaktadır.

Tablo 2.1 Minnesota Karayolları İdaresinin (MnDOT) elde ettiği sonuçları vermektedir (Vandenbossche, 1999). Tabloda görüldüğü üzere standart sapma değerleri çok yüksektir. Bu da göstermektedir ki ASTM C156 hassasiyetten yoksundur: yüksek sapma değerleri incelenen kimyasalın kullanıma uygun olup olmadığı değerlendirilmesini güçleştirmektedir (Senbetta, 1988). MnDOT üç farklı firmanın 141 ürününü test etmiş ve müsaade edilen en yüksek nem kaybı değerinin düşürülmesini önermiştir.

Tablo 2.1. Su kaybı ve varyasyon değerleri

Kimyasal	Su Kaybı (kg/m²)	Standard Sapma (kg/m²)	Numune Sayısı
W.R. Meadows 1250-white	0.20	0.08	40
W.R. Meadows 2230-white	0.24	0.17	10
W.R. Meadows 100-white	0.49	0.28	12

Laboratuvar deney sonuçlarını etkileyen bir çok faktör mevcuttur. Bu faktörler arasında kür kabinindeki sıcaklık, nem ve hava döngüsünün kontrolündeki hassasiyet, harç numunelerinin hazırlanması, harç numunesinin kür kimyasalı uygulandığı zamanki yaşı ve yüzey durumu, kür membranının kalitesi ve homojenliği (ASTM C309) sayılabilir. Bu faktörlerin bazıları ASTM C156'da tam olarak değerlendirilmemiştir.

ASTM C156 metodu güvenilir olmadığından bazı eyaletlerin karayolları idareleri kendi şartnamelerine göre testi uyarlamışlardır. Numune boyutlarının değiştirilmesi; test sonuçlarının hesaplanmasının değiştirilmesi; 24 saat ve 72 saat sonuçlarının alınması; ısı lambaları ve vantilatör kullanılarak güneşli ve rüzgarlı hava koşullarının simülasyonu; değişik sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar şartları uygulanması ve farklı harç karışım oranları bu uyarlamalardan bazılarıdır.

Iowa Karayolları İdaresi kür kimyasallarının değerlendirilmesinde verimlilik veya etkinlik endeksi ve nem kaybını kullanmaktadır. Iowa şartnamesine göre etkinlik endeksi %95.0'den az olmayacak ve nem kaybı %1.0'den az olacaktır (Iowa DOT, 1997). Minnesota Karayolları İdaresi (MnDOT) müsaade edilen su kaybını 24 saat sonunda 0.15 kg/m², 72 saat sonunda 0.40 kg/m² olarak uygulamaktadır. California Karayolları İdaresi (CalTrans) kür reçinesinin %100 poli-alfa-metilen içermesini şart koşmaktadır.

Yansıtma Özelliği -- Tip 2 membran oluşturuvcu sıvı kür kimyasalları güneş ışınlarının yansıtılmasına ve dolayısıyla beton içerisinde daha az sıcaklık artışını sağlayan beyaz pigmentler içerir. Kür kimyasallarının yansıtma özelliği buharlaşma hızını ve erken yaş gerilmelerini düşürür. ASTM C309 yansıtmanın en az %60 olmasını şartkoşar.

Diğer Genel Özellikler -- ASTM C309'a göre kür kimyasallarının uyması gerektiği başka kriterler de vardır. Kimyasalın kuruma süresi 4 saatten uzun, uçucu bileşeni zehirleyici ve parlama noktası 10°C'nin üzerinde olmamalıdır. Kür kimyasalı betonla veya herhangi bir bileşeniyle reaksiyona girmemelidir. Malzemenin kıvamı 4°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda püskürtmeye hazır olmalı ve homojen bir tabaka oluşturmalıdır.

ASTM C309, ayrıca, beyaz dışındaki kalıcı renklerin, veya diğer özelliklerin, şartnamenin amacı dışında olduğunu belirtip üretici ve kullanıcı arasındaki anlaşmaya tabi olduğunu belirtir. Bazı kür kimyasalları özel gereksinimlere cevap vermelidir; örneğin alkali dirençli olmalı, aderansı kuvvetlendirmeli, UV ışınlarıyla bozulmamalı ve ek olarak nem tutma kapasitesi ASTM C156'ya uygun olmalıdır.

2.3. Kür Kimyasallarının Tipik Özellikleri

Kür kimyasalları ASTM'de belirtilen sınır değerlere uygun olsa da, her malzemenin kendine has özellikleri vardır. Tablo 2.2 bazı seçilmiş malzemelerin özelliklerini vermektedir. Değişik özelliklere sahip oldukları için her kimyasal üreticinin önerileri doğrultusunda uygulanmalıdır.

Tablo 2.2. Kür Kimyasallarının Tipik Özellikleri

Ürün Adı	ASTM Tarifi	Nem Tutma (g/cm ²) (%)		Yansıtma (%)	Parlama Noktası (°C)	Uçucu Bileşen İçeriği (g/L)	Kaplama Oranı (ft ² /gal)	Renk
Sealtight 1600	Tip 2 Sınıf A	89.0*	-	53*	100	350	200	Beyaz
Sealtight 2250	Tip 2 Sınıf B	-	0.03	70	57	292	200	Beyaz
Sealtight 1645	Tip 2 Sınıf A	95.9*	-	67*	-	350	200	Beyaz
Atlas Tech-1315	Tip 1 Sınıf A ve B	-	0.28	-	-	300	300	Renksiz

* Bu değerler Iowa DOT testlerinden elde edilmiştir. Nem tutma kolonundaki değerler, Iowa DOT tarafından kullanılan etkinlik endeksidir; diğer değerler 72 saat sonundaki nem kaybını belirtmektedir.

2.4. Membran Oluşturucu Sıvı Kür Kimyasallarının Uygulama Teknolojileri

Kullanılan kür kimyasalı kadar uygulama tekniği de çok önemlidir. Yanlış uygulama zamanı, yetersiz miktar ve/veya kimyasalın beton yüzeyini tamamen kaplamaması başarısızlığa neden olur (Mather, 1990).

Uygulama Zamanı (Zamanlaması) -- Maksimum fayda için kür kimyasalı, beton yüzeyi perdahlandıktan ve yüzeydeki su kaybolduktan hemen sonra uygulanmalıdır. Geç kalırsa kimyasal beton tarafından emilecektir ki bu da istenmeyen bir durumdur.

Eğer betonda terleme durmamışsa yüzey ne kadar kuru olursa olsun kür uygulanmamalıdır; zira yüzey kuru görünse de terleme devam ediyorsa ve

kimyasal uygulanırsa istenmeyen şu sonuçlar oluşabilir: (1) buharlaşma durdurulmuş olsa bile beton yüzeyine yakın bölgelerde bir su katmanı oluşacaktır ki bu da ilerleyen yaşlarda yüzey kavlamalarına neden olur, (2) buharlaşma geçici olarak durdurulmuş olsa devam eden terleme membranın çatlamasına ve etkinliğinin azalmasına neden olur. İkinci durumun vuku halinde kür kimyasalının yeniden uygulanması gerekir (ACI Committee 308, 2000; Transportation Research Committee, 1979).

Eğer kür kuru beton yüzeyine uygulanırsa kimyasal emilecek ve membran oluşmayacaktır. Kür kimyasalına doygun üst katman dayanım kazanmayacak ve trafik yükleri altında bozulacaktır.

Uygulama Miktarı -- Uygulanan kimyasal miktarı bütün yüzeyi kaplayacak kadar olmalıdır. Kür kimyasalı derzlerle girmemeli ve yüzeye eklenilecek diğer beton katmanlarıyla temas halinde olmamalıdır. Boşluk oluşmuş, kimyasalla kaplanmamış bölgelere yeni bir katman uygulanmalıdır. Daha önce kimyasalla kaplanmış fakat inşaat faaliyetleri nedeniyle bozulmuş bölgelere tekrardan kimyasal tatbik edilmelidir. Yağmur nedeniyle çıplak kalmış bölgelere de yeniden kimyasal tatbik edilmelidir.

Kür kimyasalının etkinliğini doğrudan arttırmanın yolu, püskürtme miktarının arttırılmasıyla, oluşacak membran kalınlığını arttırmaktır (Loeffler ve diğerleri, 1987). Bu nedenle yeterli kürü sağlamanın en yaygın yolu püskürtme miktarını kontrol etmektir. Tipik uygulama miktarı 2.5-5.0m²/L aralığındadır. Buna rağmen her eyaletin kendi şartnamesi vardır. Tablo 2.3'de Iowa ve Minnesota'da uygulanan tipik değerlere yer verilmiştir. Her eyalet minimum püskürtme miktarının göz önünde bulundurmasına rağmen sadece birkaç eyalet beton yüzey özelliklerini de dikkate alır. Aynı kür sonucunu elde etmek için farklı yüzeylere değişik uygulama gerekir. Düzgün yüzeyler pürüzlü yüzeylere nazaran daha az kür kimyasalı gerektirir.

Tablo 2.3. Kür kimyasallarının püskürtme miktarları

	Tipik	Iowa	Minnesota
Püskürtme hızı (m ² /L)	2.5-5.0	3.3	4.0

Uygulama Homojenliği -- Püskürtme miktarını kontrol etmek için devamlılık da çok önemlidir. Yüzeye zarar vermeden kesiksiz, homojen ve su geçirimsiz bir tabaka elde etmek için püskürtme işlemi çok önemlidir ve kullanılan ekipmanın onaylı olması gerekir (Transportation Research Committee, 1979). Tip 1-D beyaz pigmentli kür kimyasalları, eğer pigmentler kimyasal bileşik içinde homojen olarak dağılmışsa, düzensiz, homojen olmayan yüzey uygulamaları dikkatli incelemeyele belirlenebilir. Renksiz,

berrak ya da saydam kimyasallar için çıplak gözle inceleme kesin sonuç vermez. Bu nedenle uygulamadan hemen sonra gözlem yapılmalıdır. MnDOT düzenli, homojen bir yüzey uygulaması için beş faktörü öne çıkarır: hortum ağzı veya püskürtme başlığı, yerleştirilme aralığı, yönelmesi, taşıyıcı arabanın hızı ve rüzgarlık kullanımı.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Kür kimyasallarını, uygulama metotlarını ve kür etkinliğinin test edilmesini değerlendirmek üzere üç farklı kimyasal seçilerek taze betona dökümden sonra üç farklı zamanda uygulanmıştır. Tek kat ve çift kat olmak üzere iki farklı uygulama metodu kullanılmıştır. Nem içeriği, iletkenlik, kılcal geçirimsizlik ve hidratasyon derecesi üç farklı derinlikte ölçülmüştür. Sonuçlar, kür kimyasalı uygulanmamış numunelerle karşılaştırılmıştır.

3.1. Kür Kimyasalları

Çalışmada 1645-white, 1600-white ve 2225-white olmak üzere üç farklı kür kimyasalı kullanılmıştır. 1645-white su bazlı olup halen Iowa DOT tarafından kullanılmaktadır. 1600-white da su bazlıdır; kimyasal ASTM şartnamesine uygun olsa da Iowa DOT şartnamesine uygun değildir. 2225-white reçine bazlı olup MnDOT tarafından kullanılmaktadır. Kimyasalların özellikleri ve maliyetleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kullanılan kür kimyasallarının özellikleri

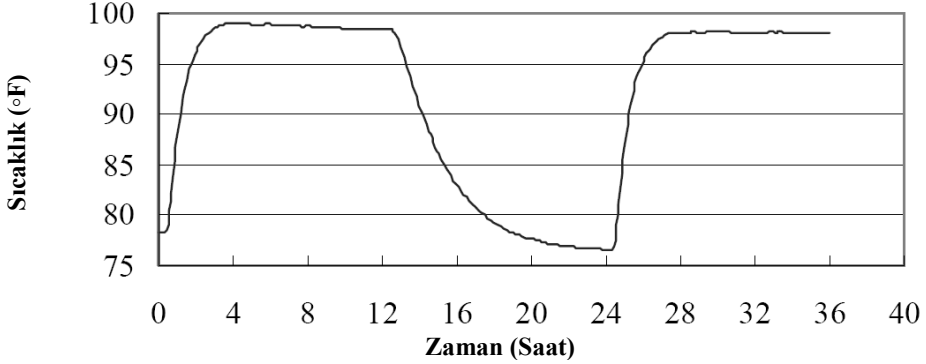
Ürün Adı	ASTM	Etkinlik Endeksi (%)	Katı İçeriği (%)	Maliyet (USD /L)
1645-white	Tip 2 Sınıf A	95.9	29.2	0.53
1600-white	Tip 2 Sınıf A	89.0	17.1	0.26
2225-white	Tip 2 Sınıf B	98.1	43.5	1.72

3.2. Kür Metotları

Kür kimyasalı uygulanmış ve uygulanmamış deney numunelerini karşılaştırabilmek amacıyla üç farklı referans kür metodu kullanılmıştır:

- *Referans 1: Kuru (Havada) Kür* -- Bu kür metodu, yumuşak hava koşullarındaki en olumsuz koşulları temsil etmektedir. Kür kimyasalı uygulanmamış numuneler test gününe kadar oda koşullarında tutulmuştur. Oda sıcaklığı yaklaşık 25°C, bağıl nem %38’dir.
- *Referans 2: Islak Kür* -- Bu kür metodu, yumuşak hava koşullarındaki en olumlu kür koşullarını temsil etmektedir. Numunelere kür kimyasalı uygulanmamış fakat ıslak çuval beziyle örtülmüş ve nem odasında tutulmuştur. Oda sıcaklığı yaklaşık 23°C, bağıl nem %95 üzerindedir.

- *Referans 3: Sıcak (Fınn) Kürü* -- Kür kimyasalı uygulanmamış numuneler test gününe kadar fırında bekletilmiştir. Fırın sabah 7'de çalışmaya başlamış, akşam 7'de durdurulmuştur. Fırın içi bağıl nemi %35'dir. Fırın sıcaklık rejimi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Fırın sıcaklık rejimi

Referans kür metodlarıyla karşılaştırma yapabilmek amacıyla aşağıda belirtilen üç farklı kimyasal katkı uygulanması durumu denenmiştir:

- *Durum 1: Kuru Kür + Tek Kat Kür Kimyasalı* -- Seçilen kür kimyasalı numune yüzeyine dökümden 15, 30, ve 60 dakika sonra uygulanmıştır. Kür koşulları Referans 1'de verilmiştir.
- *Durum 2: Sıcak Kür + Tek Kat Kür Kimyasalı* -- Seçilen kür kimyasalı numune yüzeyine dökümden 15, 30, ve 60 dakika sonra uygulanmıştır. Kür koşulları Referans 3'te verilmiştir.
- *Durum 3: Sıcak Kür + Çift Kat Kür Kimyasalı* -- Kimyasal çift kat uygulanmıştır. İlk kat dökümden 15, 30, ve 60 dakika sonra; ikinci kat da birinci kattan 5 dakika sonra uygulanmıştır. Kür koşulları Referans 3'te verilmiştir.

3.2. Numuneler

Çimento Hamuru Numuneleri -- Çimento hamurundan 2512.510cm boyutlarında küçük plaklar hazırlanmıştır. Kür kimyasal uygulanmasında uygun kuru karışım gerektiğinden, su-çimento oranı 0.28 olarak alınmıştır. Hidratasyon derecesinin tayini için her numuneden 5cm çapında silindirik numuneler alınmıştır.

Harç Numuneleri -- İki farklı boyutta harç numunesi kullanılmıştır: 5510cm kiriş ve 2512.510cm plak. Kirişler nem içeriği ve kılcal geçirimsizlik deneyi için kullanılmıştır. Bu değerleri ölçmek için numune üst, orta ve alt olmak üzere üç parçaya ayrılmıştır. Plaklar sıcaklık gözlemi, iletkenlik ve basınç (φ510cm

karot) deneylerinde kullanılmıştır. Harç karışımlarının hazırlanmasında Tip 1 çimento ve incelik modülü 2.94 olan nehir kumu kullanılmıştır. Su-çimento oranı 0.42, agrega-çimento oranı 2.75 olarak seçilmiştir.

Beton -- Tablo 3.2'de gösterilen karışım oranları kullanılarak 101045cm boyutlarındaki beton numuneleri eğilmede çekme deneyleri için hazırlanmıştır.

Tablo 3.2. Beton karışım oranları

	Ağırlık (kg/m³)
Kaba agrega	1281
İnce agrega	1009
Çimento	465
Hava sürükleyici	6.0 mL
Su	224

3.3. Test Metotları

Nem İçeriği -- Nem içeriği 1 ve 3. günlerde ölçülmüştür. 5510cm harç kırımları üst, orta ve alt olmak üzere üç parçaya ayrılmıştır. Her numune 0.01g hassasiyetinde tartılmış (W_i) ve serbest suyunun buharlaşması için 105°C sıcaklıktaki fırına koyulmuştur. 48 saat sonunda parçalar tekrar tartılarak (W) nem muhtevası (MC) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$MC = [(W_i - W) / W] * 100\%$$

Kılcal geçirimsizlik (Su emme) -- Kılcal geçirimsizlik değeri harç kırımları üzerinde dökümden üç gün sonra hesaplanmıştır. Kırımlar üçe ayrılarak alt yüzey zımpara kağıdıyla temizlenmiştir. Her parçanın taban alanı ölçülmüş, yan yüzeyler epoksiyle kaplanmış ve üst yüzey de plastikle örtülmüştür. Numune ağırlıkları 0.01g hassasiyetinde belirlendikten sonra taban 3mm derinliğinde suya batırılmıştır. Daha sonra numune 1, 5, 10, 20, 30, 120, 360 dakikalarda ve gerekli olması durumunda daha uzun sürelerde tartılmıştır. Her ölçüm öncesinde suyla temas halinde olan yüzeyin fazla suyu kağıt mendille kurulanmıştır. Birim alandaki ağırlık artışı zamanın karekökü grafiğindeki eğim sabit oluncaya kadar ölçümlere devam edilmiştir. Bu eğim kılcal geçirimsizlik katsayısını vermektedir.

Hidratasyon Derecesi -- Çimento hamurundan hazırlanan numuneden 5cm derinliğinde karot alınmış ve 1.25cm kalınlığında parçalar üst, orta ve alt bölgelerden kesilmiştir. Her parça kırılarak, No.16 elekten elenmiş, tartılmış ve krözeye konmuştur. Kröze 105°C fırında 18 saat tutulduktan sonra numune, buharlaşabilir su tayini için ölçülmüştür (W_{105}). Buharlaşmayan veya

hidrate olmuş suyun tayini için kröze tekrar fırına koyulup 1000°C'ye kadar ısıtılmıştır. Örnekler, 1 saat bu sıcaklıkta tutulduktan sonra desikatöre alınmış, oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve tartılmıştır (W_{1000}). Buharlaşamayan suyun ağırlığı 105°C ve 1000°C'lerde elde edilen değerlerin farkıdır. Çimento hidratasyon derecesi (α) bu ağırlıkla doğru orantılıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Mindess ve Young, 1981):

$$\alpha = [(W_{105} - W_{1000}) / (0.24 * W_{1000})] * 100\%$$

Basınç Dayanımı -- Basınç dayanımları 3. ve 7. günde $\phi 510$ cm harç silindirleri kullanılarak ASTM C309'a uygun olarak tayin edilmiştir.

İletkenlik -- Harç plakaları döküldükten sonra numune yüzeyini üçe bölecek şekilde iki adet bakır levha (50193mm) yerleştirilmiştir. İki levha arasındaki direnç Solomat MPM 2000 iletkenlik ölçerle ölçülmüştür. Ölçümler 24 saat boyunca her saatte yapılmıştır (Düşük Alternatif Akım - 1000Hz frekans). Bu teknik elektrotlar arasındaki polarizasyondan doğabilecek hataları en aza indirger.

Sıcaklık -- Harç içindeki sıcaklık yüzeyden 5cm, kenardan 2.5cm'lik mesafeden ölçülmüştür. Sıcaklık değerleri 1 hafta süreyle kaydedilmiştir.

Eğilmede çekme -- Eğilmede çekme deneyleri beton kirişler üzerinde 7. günde ASTM C78 göre tayin edilmiştir.

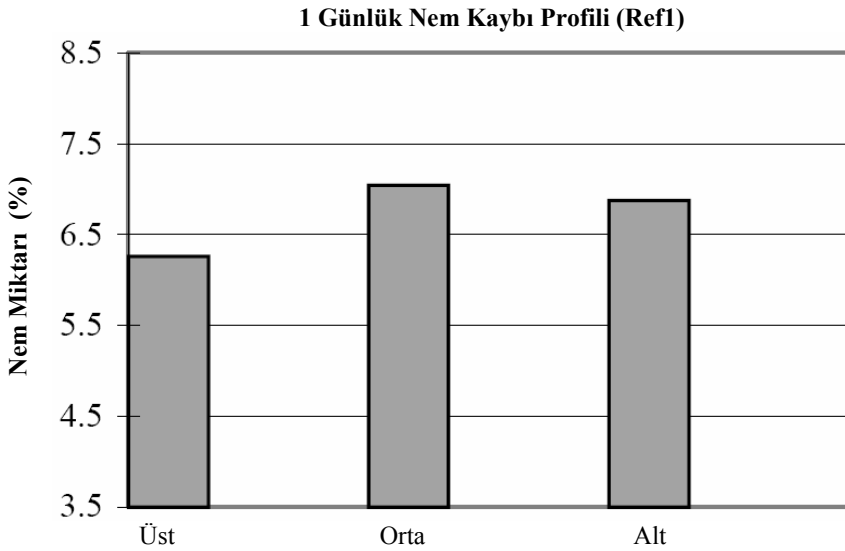
4. TEST SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yer kısıtlaması nedeniyle yukarıda anlatılan deneylerin bir bölümünün sonuçları ayrıntılı sunulacaktır – nem içeriği, hidratasyon derecesi, basınç dayanımı ve eğilmede çekme. Bulgular kısmında ise çalışmanın bütününde varılan sonuçlar verilecektir.

4.1. Nem İçeriği

Daha önce belirtildiği gibi işlenebilirliği sağlamak için beton karışımlarına çimento hidratasyonu için gereken su miktarından fazlası eklenir. Çimento hidratasyonu devam ettikçe mevcut suyun bir kısmı fiziksel veya kimyasal olarak bağlanır; geriye kalan bağlanmamış veya serbest su buharlaşma potansiyeli taşır. Çimento hidratasyonunun ilk evrelerinde ağır agregalar çökme eğilimi içindedir ki bu da suyun yüzeye doğru hareketine neden olur. Böylece taze beton kurumaya başlar başlamaz yüzeyden su kaybetmeye başlar.

Kaybolan nem miktarı çimento tipi, toplam su muhtevası, yerleştirme sıcaklığı, kür malzemesi ve kür süresiyle bağlantılıdır. Şekil 4.1 numune boyunca nem kaybı profilini göstermektedir. Genellikle numunenin üst kısmı, kür kimyasalı uygulanmış olsun olmasın, en yüksek, orta kısmı da en az nem miktarına sahiptir; alt kısımda orta kısımdan biraz daha az nem vardır. Üst parçadaki düşük nem miktarı yüzeyden gerçekleşen kayıp nedeniyledir. Alt kısımdaki kayıp da yerleşme ve terleme yüzündendir. Bu araştırmada betonun üst kısmı özellikle önemsenmektedir ve daha ayrıntılı tartışılacaktır.

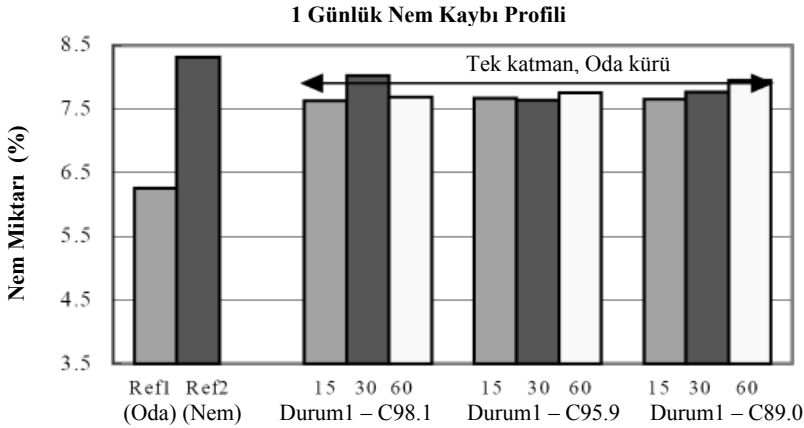


Şekil 4.1 Nem miktarının numune derinliğince dağılımı

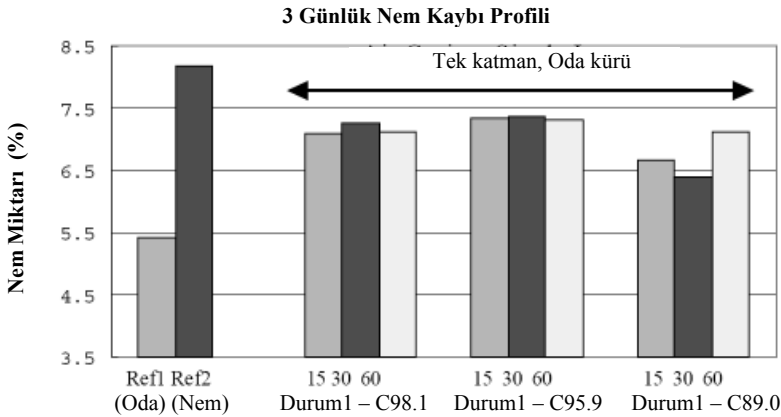
Kür Kimyasal Tipinin Etkisi -- Şekil 4.2 bir günlük harç numunelerindeki nem miktarını göstermektedir; farklı kimyasallar değişik zamanlarda (dökümden 15, 30 ve 60 dakika sonra) uygulanmıştır. Numuneler kür kimyasalı püskürtülme öncesinde ve sonrasında oda koşullarında tutulmuştur. Sonuçlar iki farklı referansla karşılaştırılmıştır. Kür kimyasalı uygulanmamış Ref.1 oda koşullarında, Ref.2 nemli ortamda tutulmuşlardır.

Şekilde gösterildiği üzere en düşük nem içeriğine sahip numune %6.3 ile Ref.1, en yükseği de %8.3 ile Ref.2'dir. Kür kimyasalı uygulanmış numunelerde nem miktarı %7.5-8.0 aralığındadır. Bu da kür kimyasalının nem kaybını önlediğini göstermektedir. Bir günlük nem değerleri için değişik kimyasallar arasında belirgin farklar yoktur. Bu durumun nedeni muhtemelen 24 saat gibi kısa bir sürede nem kaybının kısıtlı olmasıdır.

Şekil 4.3, Şekil 4.2’de bir günlük değerleri verilen harç numunelerinin 3 günlük değerlerini içermektedir. Ref.1 numunesinin nem oranı %6.3’den %5.4’e düşerken aynı süre içinde Ref.2’deki nem kaybı çok düşük olmuştur. 1600-white uygulanmış numunenin nem muhtevası Ref.1’den yüksek olsa da diğer kimyasallardan düşüktür. Sonuçlar üretici tarafından verilen etkinlik endeksi oranlarıyla tutarlıdır.



Şekil 4.2 Oda koşullarında tutulan 1 günlük harç numunelerindeki nem miktarı

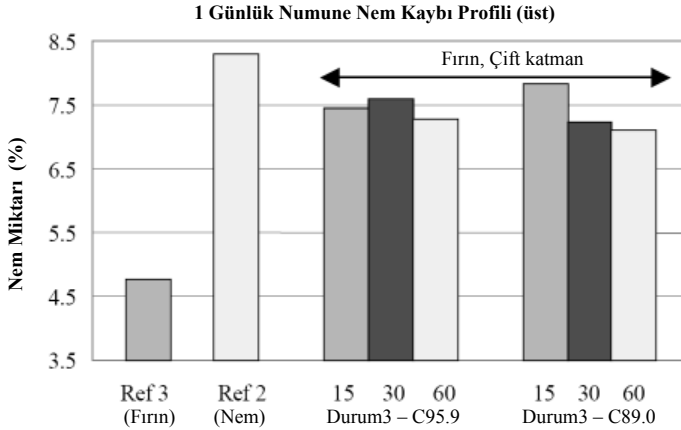


Şekil 4.3 Oda koşullarında tutulan 3 günlük harç numunelerindeki nem miktarı

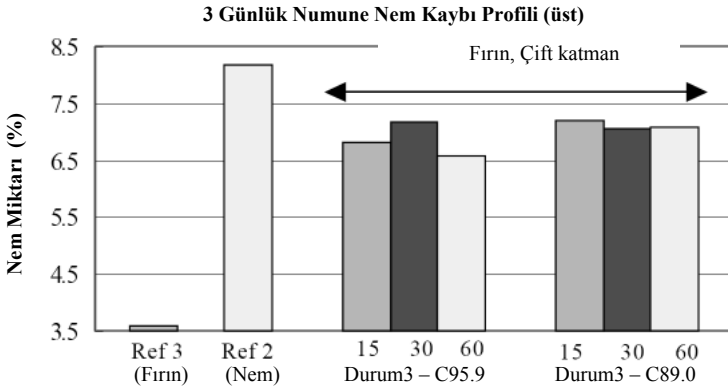
Sert hava koşullarında, yüksek sıcaklık gibi, kür kimyasalının nem tutma üzerindeki etkisi daha belirgin hale gelir. Fırında kür edilmiş Ref.1 numunesinin 1 ve 3 günlük nem muhtevaları sırasıyla %4.7 ve %3.6’dır. Kür kimyasalı uygulanmış numunelerin değerleri ise 1. gün için %6.7-7.4, 3. gün için %6.5-7.0’dır.

Havada kürlle karşılaştırıldığında fırında kürlenmiş numunelerin 1 günlük nem değerleri ortalama %1.5 yükselmiştir. Fakat kürl kimyasalı uygulanmış numunelerdeki nem oranları kürl kimyasalı uygulanmamışlarla karşılaştırıldığında %2.4 yükselmiştir. Bu durum yüksek sıcaklıklardaki aşırı buharlaşmadan kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle, nem muhtevası gözönüne alındığında sıcak havalarda kürl kimyasalı uygulaması yumuşak hava koşullarına göre daha etkin sonuç vermektedir.

Uygulama Zamanı ve Katman Sayısının Etkisi -- Şekil 4.4 ve 4.5 çift tabaka kürl kimyasalı uygulanmış numunelerin 1 ve 3 günlük nem içeriklerini vermektedir. Bu deneyler, 2225(C98.1) pahalı olduğu için, 1645(C95.9) ve 1600(C89.0) ile yapılmıştır. 2245-white'in çift katman uygulaması maliyeti önemli oranda arttıracığı için pratik olarak uygulanabilir görülmemiştir.



Şekil 4.4 Fırında kürlenmiş 1 günlük harç numunelerindeki nem miktarı - çift katman



Şekil 4.5 Fırında kürlenmiş 3 günlük harç numunelerindeki nem miktarı - çift katman

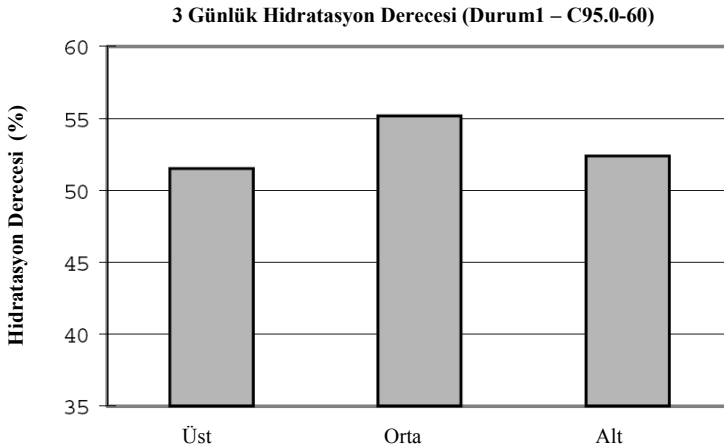
Tek katman uygulamasıyla kıyaslandığında çift kat uygulamasının nem tutmaya katkısı fazla değildir. Bu durum yapılan ölçümlerin aradaki farkı yeterli hassasiyette ölçemediğinin işareti de olabilir.

Kür kimyasalanın uygulama zamanlamasının oda koşullarında tutulmuş numuneler üzerindeki etkisi çok küçüktür. Fakat, sıcak hava koşullarında (fırında kür) püskürtme zamanı arttırıldıkça nem içeriğinin az da olsa düştüğü, 30 dakika gecikmeyle 1645(C95.9) uygulanmış örnek haricinde gözlemlenmiştir. Bu durum saha koşullarında uygulama zamanının farklı olması gerektiğini göstermiştir. Sıcak hava koşullarında kür kimyasalı normal koşullarda olduğundan daha erken uygulanmalıdır.

4.5. Hidratasyon Derecesi

Hidratasyon derecesinin tespiti için iki farklı metot uygulanmıştır - fırın ve termal analiz (TGA). Fırın metodu çok basit ve düşük maliyetli, TGA ise deney ortamının kontrolü açısından etkin, hızlı fakat pahalıdır.

Fırın Metodu -- Şekil 4.6 çimento hidratasyonunun derinlikle (numune boyunca) değişimini göstermektedir. Hidratasyon derecelerindeki genel eğilim plak örneğinin üst bölgesi en düşük, orta bölgesi en yüksek ve alt bölgesi de üst bölgesinden hafif düşük olacak şekildedir. Sonuçlar nem muhtevalarıyla paralellik göstermektedir. Numunenin orta bölgesi yüksek nem oranına ve yüksek sıcaklığa sahip olduğundan bu bölgede hidratasyon daha yüksektir. Üst ve alt bölgelerde ısı kaybı olması da bu bölgelerdeki hidratasyonu olumsuz etkilemektedir.

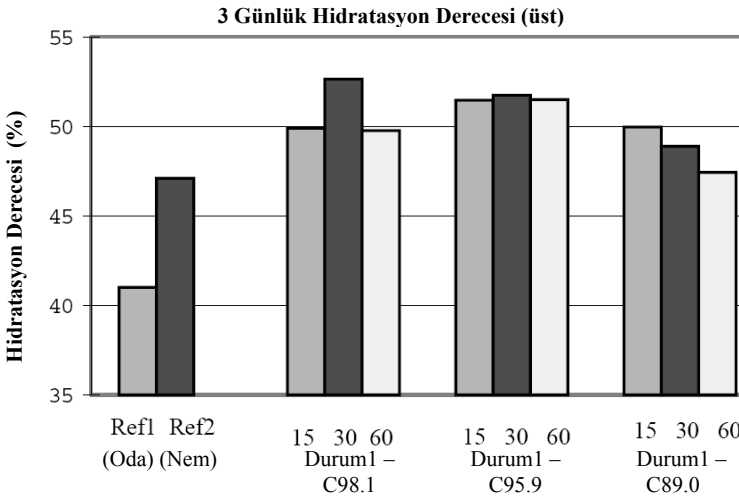


Şekil 4.6 Hidratasyon derecesinin numune derinliğine bağlı dağılımı

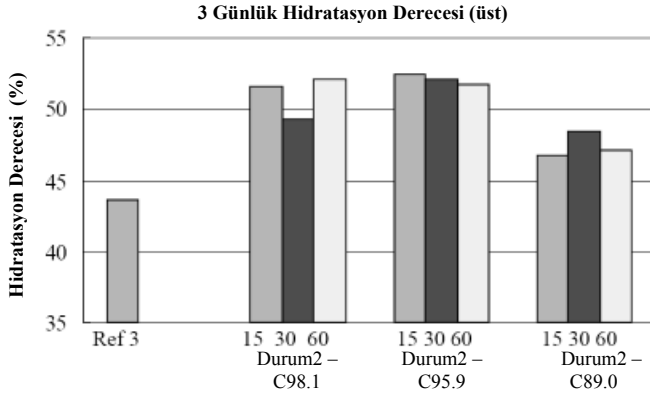
Beton örneklerindeki yüzeye yakın bölgelerdeki hidratasyon dereceleri Şekil 4.7 ve 4.8'de verilmiştir. Şekillerden anlaşıldığı gibi kür kimyasalı uygulaması yumuşak ve sıcak hava koşullarındaki hidratasyonu olumlu etkilemektedir.

Yumuşak hava koşullarında oda küründe (Sekil 4.7) tek tabaka kimyasal uygulanmış (Durum 1) bütün numuneler %47.5'in üzerinde hidratasyona sahiptir. Aynı koşullarda fakat kür kimyasalı uygulanmamış referans numunesinin hidratasyon derecesi %41.5, kür kimyasalı uygulanmamış ve nem odasında tutulmuş referansın (Ref. 2) hidratasyonu yaklaşık %47.5'dir.

Sıcak hava koşullarında (fırın kuru) tek katman kimyasal uygulanmış (Durum 2) numunelerin hidratasyon derecesi %47.0-%52.5, aynı koşullarda kür kimyasalı uygulanmamış (Ref.3) numunelerin hidratasyonu %43.5'dir (Şekil 4.8). Yumuşak (Durum 1) ve sıcak (Durum 2) hava koşulları karşılaştırıldığında, sıcak havanın çimento hidratasyonunu hızlandırdığı görülmektedir. Buna rağmen, kür kimyasalı uygulanmış ve uygulanmamış numunelerdeki hidratasyon dereceleri arasındaki fark sıcaklıkla birlikte nem kaybı da arttığından sıcak hava koşullarında düşmektedir.



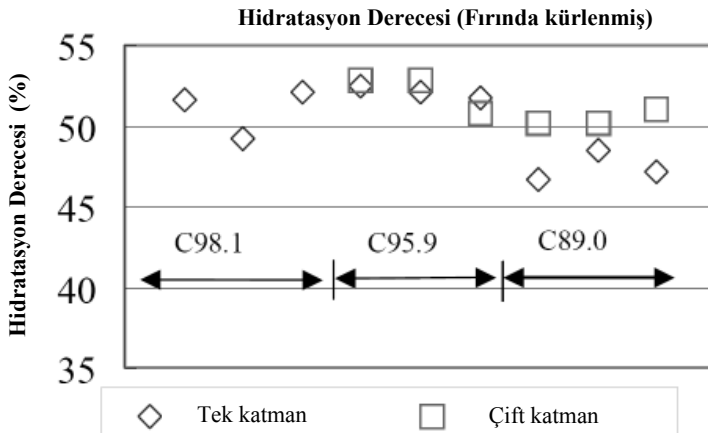
Şekil 4.7 Kür kimyasalının hidratasyon üzerindeki etkisi – oda koşullarında



Şekil 4.8 Kür kimyasalının hidratasyon üzerindeki etkisi – fırında kürlenmiş

Sonuçlar farklı kimyasalların çimento hidratasyonu üzerinde farklı etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Sıcak hava koşullarında daha belirgin olmak üzere 1600(C89.0) diğer kimyasallara göre daha düşük hidratasyon değerlerine neden olmuştur. 1645(C95.9) ve 2225(C98.1)'in değerleri yakındır.

Şekil 4.9 tek ve çift kat kimyasal uygulamalarının sıcak hava koşullarında çimento hidratasyonu üzerindeki etkisini göstermektedir. Çift kat yüksek endeksli kür kimyasalı (1645(C95.9)) hidratasyonu çok az geliştirmiştir. Bu da doğru uygulandığında tek kat kimyasal uygulanmasının yeterli olduğunu göstermektedir. Düşük endeksli kimyasal (1600(C89.0)) kullanıldığında ise çift kat uygulamasının çimento hidratasyonunu belirgin biçimde artırdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9 Tek ve çift kat kimyasal uygulamalarının sıcak hava koşullarında çimento hidratasyonu üzerindeki etkisi

TGA metodu -- TGA testinde örnek, azotlu ortamda 10derece/dakika sabit hızla ısıtılmış ve ağırlık kaydedilmiştir. 145°C altında devamlı ve hızlı su kaybı vardır. Bu bölgedeki ağırlık farkı çimento hamurundan buharlaşabilen suyun kaybını temsil eder (Taylor, 1954). 400-500°C aralığında genel eğilimden keskin bir düşüş olur; bu kayıp kristal Ca(OH)_2 'nin ayrışmasını gösterir. 145-400°C ve 500-1,000°C aralıklarındaki kayıp da C-S-H jelinin ayrışmasını gösterir. Bu kayıp da çimento hidratasyon derecesini gösterir.

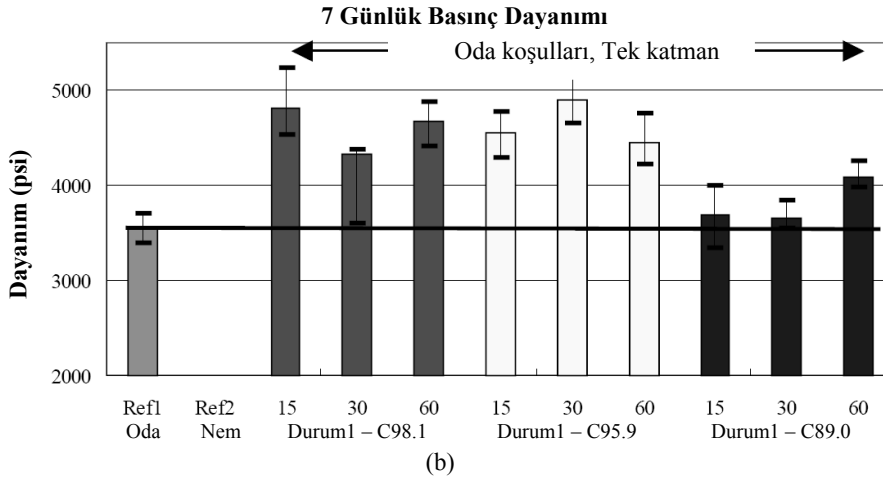
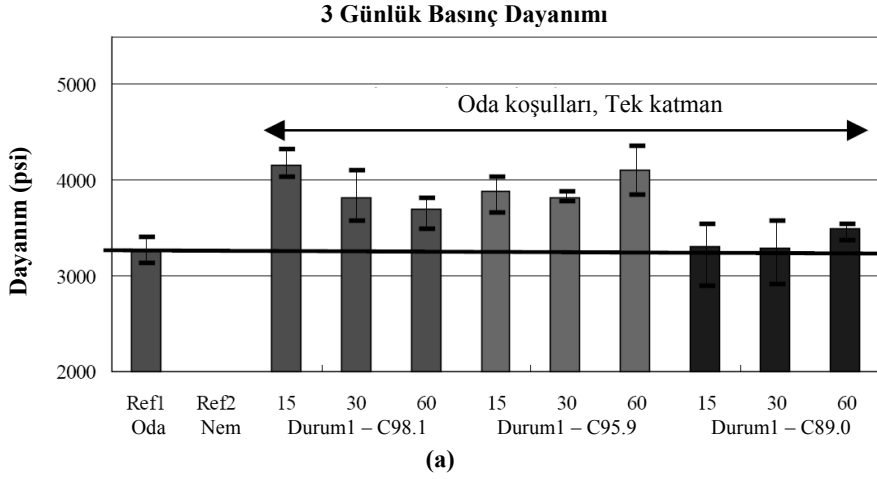
Yapılan istatistiksel analiz sonunda, her iki metottan elde edilen sonuçlar arasında kuvvetli doğrusal bir ilişki gözlemlenmiştir ($R^2= 0.90$). Her ne kadar TGA metodu daha hassas ve hızlı da olsa fırın metodunun da güvenilir bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır. Özellikle birçok beton laboratuvarında TGA gibi pahalı bir ekipmanın olmadığı düşünülürse bulgular önem arz etmektedir.

4.7. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı genellikle kür etkinliğinin göstergesi olarak kullanılır (Meeks ve Carino, 1999). Bu çalışmada, basınç dayanımları harç dökemelerinden alınan 510cm karotlar üzerinde belirlenmiştir. Sonuçlar Şekil 4.10 ve 4.11'de verilmiştir.

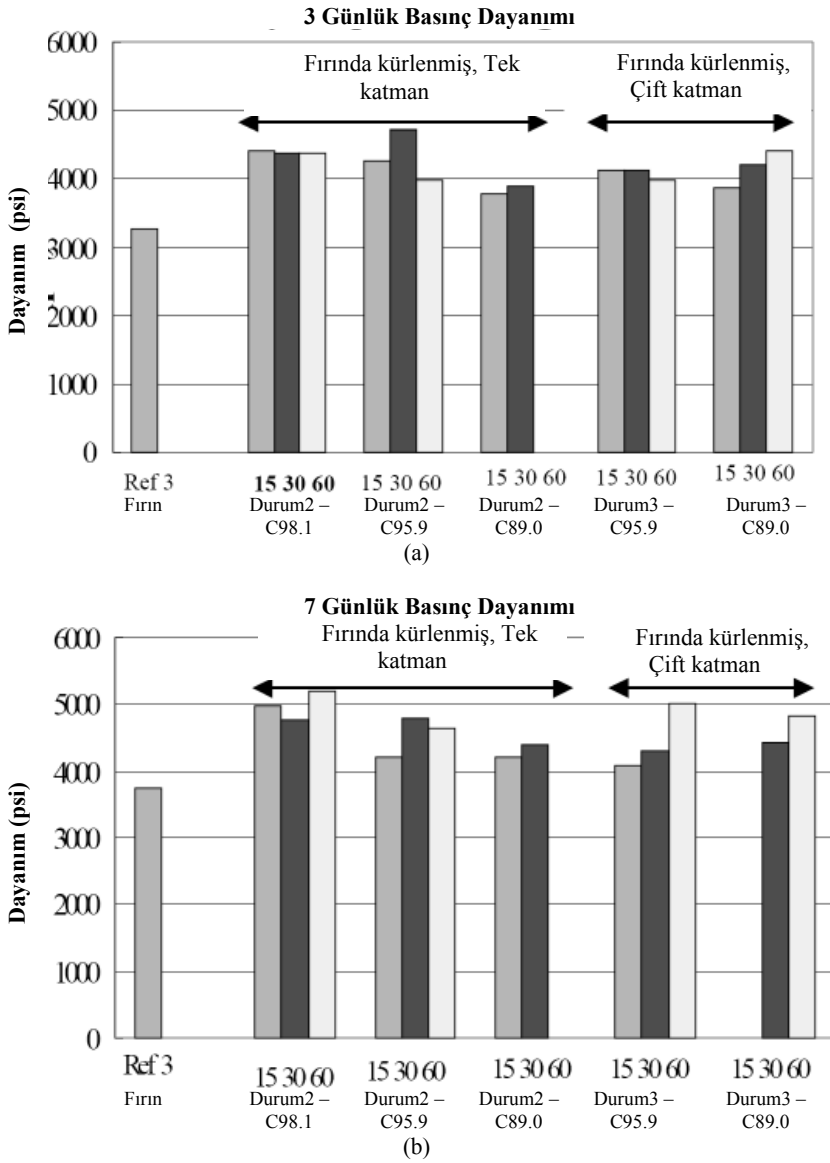
Şekil 4.10'dan gözlemleneceği üzere oda koşullarında, kür kimyasalı uygulanmamış numunelerin 3. gün ve 7. günler basınç dayanımları sırasıyla 2.28 ve 2.48MPa'dır. 2250(C98.1) uygulanmış numune değerleri 3. ve 7. günler için sırasıyla 2.55-2.90MPa ve 2.96-3.31MPa'dır. 1645(C95.9) uygulanmış numuneler 2250(C98.1) uygulanmış numunelerle yakın basınç dayanımları göstermiştir. 1600 (C89.0) uygulanmış numuneler referans numuneleriyle yakın basınç dayanımları göstermiştir. Bu kür kimyasalının beton yüzeyine yakın bölgelerde nem tutsa da bütün beton için bunun geçerli olmadığı düşünülmektedir. Öte yandan yüksek endeksli kimyasallar yüzeye yakın bölgelerden ziyade bütün gövdede nemi tutmakta ve dolayısıyla basınç dayanımı üzerindeki olumlu katkıları daha fazla olmaktadır.

Her iki şekil de, 4.10 ve 4.11, kür kimyasalının uygulama zamanlamasının basınç dayanımı üzerinde açık bir etkisi olmadığını göstermektedir. Basınç dayanımları yüzey özelliklerinden ziyade bütünü yansıtır; ayrıca test metodunun yüzeye yakın bölgelerdeki değişimleri yansıtacak kadar hassas olmadığı da düşünülebilir (ACI Committee 308, 2000).



Şekil 4.10 Kür kimyasalının basınç dayanımına etkisi – oda koşullarında

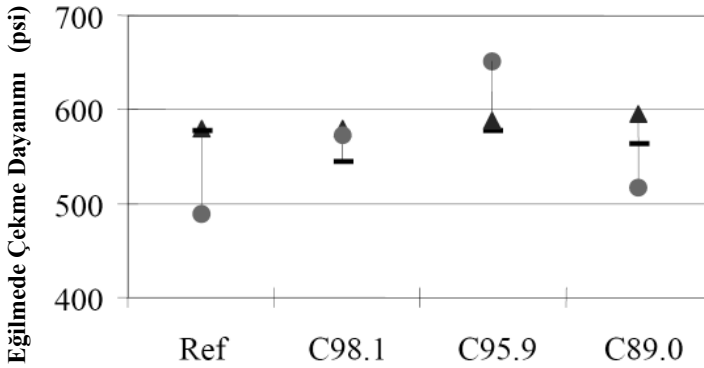
Şekil 4.10 Kür kimyasalının basınç dayanımına etkisi – oda koşullarında



Şekil 4.11 Kür kimyasalının dayanım gücüne etkisi – fırında kürlenmiş

4.9. Eğilmede Çekme

Eğilmede çekme deneyleri, kür kimyasalı uygulanmış ve uygulanmamış 4 set beton kiriş üzerinde yapılmıştır. Kimyasallar, 225(C98.1), 1645(C95.9) ve 1600(C89.0), dökümden 15 dakika sonra uygulanmıştır. Kirişler 38°C fırında bir gün bekletildikten sonra kalıptan sökülmüş ve nem odasında (Sıcaklık= 23°C; Bağıl nem= >%95) altı gün tutulmuş ve testler 7. günde yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.12’de verilmiştir; 1645(C95.9) uygulanmış numunenin değerleri biraz yüksek olsa da genel eğilim kür kimyasalının belirgin bir etkisi olmadığıdır.



Şekil 4.12 Değişik kür koşullarındaki eğilmede çekme dayanımı

5. BULGULAR

Laboratuvar çalışmasında aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Kür kimyasalı uygulanmış olsun olmasın yüzeye yakın bölgelerdeki beton özellikleri (örneğin hidrasyon derecesi, kılcal geçirimlilik) iç bölgelerden farklılık göstermektedir.
- Kür kimyasalı nem içeriğini ve çimento hidrasyon derecesini ciddi biçimde arttırırken kılcal geçirimliliği düşürmektedir.
- Yüksek etkinlik endeksli kür kimyasalı uygulanmış örnekler genellikle düşük kılcal geçirimlilik, yüksek iletkenlik, yüksek hidrasyon ve yüksek basınç dayanımı göstermektedir. Kimyasal tipi özellikle sıcak hava koşullarında etkin olmaktadır.
- Yumuşak hava koşullarında (oda sıcaklığında havada kür), dökümden 30 dakika sonra kür kimyasalı uygulanmış numuneler 15 ve 60 dakika sonra kimyasal uygulanmış numunelere göre daha düşük kılcal geçirimlilik değerleri vermiştir: buna sebep muhtemelen terlemedir. Buna rağmen, sıcak hava koşullarında (fırın kuru), erken uygulama yüksek nem ve düşük kılcal geçirimlilik sağlamıştır. Bu sonuçlar

kür kimyasalının uygulama zamanlamasının hava şartları ve beton karışımının terlemesine göre ayarlanması gerektiğini göstermiştir.

- Çift kat yüksek endeksli kimyasal uygulaması tek kat uygulamaya göre belirgin bir ilerleme sağlamamışken, çift kat düşük endeksli kimyasal uygulaması tek kat uygulamaya göre belirgin ilerleme kaydetmiştir. Bu sonuçlar eğer yüksek endeksli kür kimyasalı homojen uygulanırsa tek katın yeterli olduğunu, düşük endeksli malzeme kullanılacaksa çift kat uygulama kür etkinliğini arttırabileceğini göstermiştir.
- Farklı kimyasalların etkileri kılcal geçirimlilik, hidratasyon derecesi ve basınç dayanım testleri ile kanıtlanmışken nem içeriği ölçümleri farklılık göstermemiştir.
- Saha ve laboratuvar uygulamalarında geleneksel basınç ve eğilmede çekme deneyleri uygulanıyor ve sonuçlar beton kalitesinin bir göstergesi olarak kullanılıyorsa da bu çalışma, bu değerlerin beton yüzey bölgesindeki değişimlere duyarlı olmadığını işaret etmektedir. Bu nedenle bu testler kür etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılamaz.
- Çimento hidratasyon derecesinin belirlenmesinde kullanılan fırın metodu TGA'den biraz yüksek değerler vermekle beraber sonuçlar benzer eğilim göstermiştir.
- Uygulanan test metodları içinde beton yüzey bölgesindeki marjinal değişimlere en hassas olanı kılcal geçirimlilik testidir.
- Beton yüzey bölgesindeki iletkenlik ölçümleri beton nem içeriğiyle yakın ilişki içindedir. Aradaki ilişki aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$\text{İletkenlik} = 1 / [A - B \cdot \log(MC)]$$

A ve B beton malzeme ve karışımına bağlı sabit sayılardır. Bu bağıntı kullanılarak kür kimyasalının su tutma kapasitesi beton yüzeyinin iletkenliğinin takibiyle tahmin edilebilir.

- Beton yüzey bölgesindeki kılcal geçirimlilik ölçümleri nem muhtevası ve hidratasyon derecesiyle (α) yakın ilişki göstermektedir. Aradaki ilişki aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\text{Kılcal geçirimlilik} = 29.11 - 3.56(MC) - 0.53\alpha + 0.07(MC) * \alpha$$

KAYNAKLAR

1. ACI Committee 308. *Standard Practice for Curing Concrete*. ACI 308-92. American Concrete Institute, Detroit, Mich., 1992, 2000.
2. ASTM. *2000 Annual Book of ASTM Standards*. Vol. 4.02. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa., 2000.
3. Gowripalan, N., J.G. Cabrera, A.R. Cusens, and P.J. Wainwright.

- "Effect of Curing on Durability," *Concrete International: Design and Construction*, Vol. 12, No. 2 (Feb. 1990), pp. 47–54.
4. Iowa DOT. *English Standard Specifications for Highway and Bridge Construction*. Iowa Department of Transportation, Ames, Iowa, 1997.
 5. Loeffler, M.D., C.G. Papaleontiou, A.H. Meyer, and D.W. Fowler. "Moisture Retention Tests and Agitation for Membrane-Forming Curing Compounds for Portland Cement Concrete," *Transportation Research Record*, No. 1110 (1987), pp. 46–59.
 6. Mather, B. "Curing Compound," *Concrete International: Design and Construction*, Vol. 12, No. 2 (Feb. 1990), pp. 40–41.
 7. Meeks, K.W., and N.J. Carino. *Curing of High-Performance Concrete: Report of the State of the Art*. NIST IR 6295. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Md., March 1999.
 8. Mindess, S., and J.F. Young. *Concrete*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1981.
 9. Murley, J.F. *Florida Standard for Radon-Resistant New Commercial Building Construction*. Florida Department of Community Affairs, Tallahassee, Fla., 1996.
 10. QCL Group. *Technical Note: The Curing of Concrete*. QCL Group, Milton, Australia, March 1999.
 11. Senbetta, E. "Concrete Curing Practices in the United States," *Concrete International*, Vol. 10 No. 4 (1988).
 12. Senbetta, E., C.F. Scholer. "A New Approach for Testing Concrete Curing Efficiency," *ACI Journal*, Jan.-Feb. 1984, pp. 82–86.
 13. Taylor, H.F.W. *The Chemistry of Cements*. Academic Press, Inc., New York, NY, 1964.
 14. Transportation Research Committee on Batching, Mixing, Placing and Curing of Concrete. "Curing of Concrete Pavements," *Transportation Research Circular*, No. 208 (June 1979).
 15. Vandenbossche, J.M. *A Review of the Curing Compounds and Application Techniques*. Minnesota Department of Transportation, St. Paul, Minn., Nov. 1999.

MODİFİYE SÜPERAKIŞKANLAŞTIRICI KATKI İLE BETONDA UÇUCU KÜL OPTİMİZASYONU

Özlem AKALIN

Katkı Tesis Şefi
NUH BETON A.Ş.
İstanbul, TÜRKİYE

Mehmet MUTLU

Kalite Güvence Müdürü
NUH BETON A.Ş.
İstanbul, TÜRKİYE

Emin ARCA

Kimya Mühendisliği
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
İstanbul, TÜRKİYE

ÖZET

Günümüzde hızla büyüyen inşaat sektöründe teknolojik gelişmeler de çok hızlı devam etmektedir. Kimyasal katkıları tüm beton sınıflarının tasarımlarında değişmez bileşen olarak yerini almıştır. Bir metre küp beton içinde, kimyasal katkıların bağlayıcı miktarının yüzdesi şeklinde kullanımı ek bir maliyet getiriyor gibi gözükse de, mühendislik açısından irdelendiğinde sağlanan fayda daha sonra oluşacak kalitesizlik maliyetlerini düşürmektedir. Beton tasarımı yapan mühendisler, varolan tüm imkanları optimum noktayı elde edecek şekilde kullanarak, hem müşteri memnuniyetini hem de uygun maliyeti temin eder.

Bu çalışmanın amacı ülkemiz koşullarında dökülen beton sınıflarını da göz önünde bulundurarak, mineral ve kimyasal katkıların kullanımıyla beton tasarımında optimum noktayı elde etmektir. Deney sistemi olarak C 30/37 sınıfı beton üzerinde farklı kökendeki süper-akışkanlaştırıcıların farklı orandaki bileşimleriyle, beton üzerinde deneyleri yapılmıştır. İkinci aşamada mineral katkının betona sağlayacağı faydalar ışığında, uçucu kül ilavesi ile kimyasal katkıların beton üzerindeki etkileri priz süresi, 1 gün, 7 gün ve 28 gün basınç dayanım testlerinde gözlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda kullanılan malzemelere bağlı olarak, optimum

miktarlar elde edilmiş ve amaca uygun kimyasal katkı tasarımının teknik ve mali açıdan beton tasarımına fayda sağladığı görülmüştür.

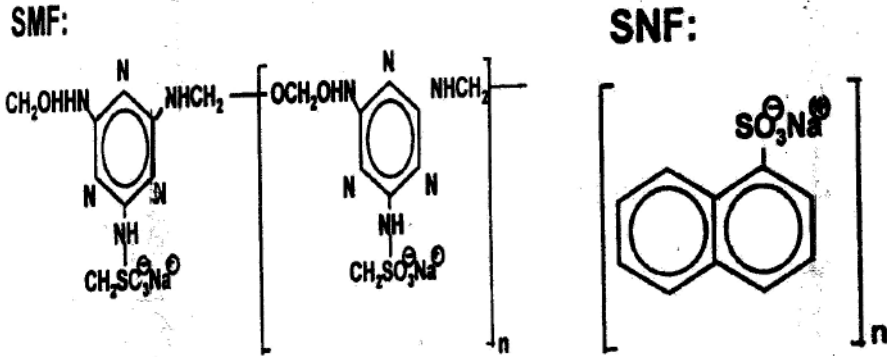
GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler daha hassas mühendislik yaklaşımlarını gerektirmekte ve alınan kararları doğrudan etkilemektedir. Hazır beton sektörü de dünyadaki gelişmelerle eş zamanlı olarak her geçen gün kendini yenilemektedir. Kaynakların en uygun miktarlarda ve karışım oranlarında kullanımı, çimento benzeri mineral katkıların ilave edilmesi beton tasarımında önem kazanmaktadır. Betonun kullanılacağı proje şartlarına bağlı olarak tasarlanan beton karışımlarında kimyasal katkıları belirleyici olmaktadır. Erken dayanım, hızlı priz süresi, kıvam koruma, dayanım kaybetmeksizin kolay yerleşme özellikleri, kimyasal katkıların betona sağladığı önemli avantajlardır.

Dünyamızdaki doğal kaynakların gün geçtikçe tükenmesi bilim dünyasının üzerinde çalıştığı öncelikli konulardan birisidir. Geri dönüşüm ve alternatif kaynakların yanı sıra, atık malzemelerin girdi olarak çevrime girmesi gelecek yıllarda daha da önem kazanacaktır. Dünya çapında kömürden gelen kül 700 milyon ton olarak belirlenmiştir. Bunun % 70'ini ise uçucu kül oluşturmakta ve çimento benzeri sistemlerde mineral katkı olarak kullanıma uygun olmaktadır. Diğer bir sanayi atığı ise, yılda 100 milyon ton ile çürüktür ve kullanım miktarı dünya çapında 20 milyon tondan daha az miktarda rapor edilmektedir. Bu tür malzemelerin direkt olarak doğaya karışması toprak, hava ve yer altı sularının kirlenmesine neden olduğundan ve küçük oranlarda toksik metaller içerdiğinden istenmemektedir. Bununla beraber, beton içinde kullanılması bu tür atıkların değerlendirilmesi için en mantıklı çözüm olmaktadır şöyle ki; zararlı metaller çimentonun hidrasyona uğraması sonucunda hareket kabiliyetlerini kaybederler. Şu anda varolan uçucu külün sadece % 20'si çimento ve beton sektöründe tüketilmektedir. Uçucu küllerin kimyasal bileşimleri farklılıklar göstermektedir. Sadece kimyasal bileşimin uçucu kül seçiminde kriter olarak alınmaması, mineralojik ve granülometrik yapısının da (tanecik boyutu ve şekli) göz önünde bulundurulması gerektiği son yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır. Mineral katkıları (çürük, uçucu kül vb.) beton karışımlarında çimento benzeri malzemeler olarak, çimento yerine ikame edilerek tasarımlara girmektedir. Bunların kullanımı beton karışımlarında teknik açıdan, hem taze halde hem de sertleşmiş halde betona avantajlar kazandırmaktadır. Genel olarak, uçucu külün tane boyutu ve şekli taze ve sertleşmiş beton özelliklerinde kimyasal kompozisyona göre daha etkili olmaktadır [1]. Diğer taraftan ekonomik olarak tasarımda maliyetlerin düşürülmesinde rol oynamaktadır. En önemli avantajı ise atık olarak doğaya

karışmaması ve girdi olarak beton üretiminde yer almasıdır. Bu yönüyle ele alındığında, çok yönlü tasarım ortaya çıkar. Bu alandaki mühendislik çalışmaları da kaynakların, ihtiyaçlar ve şartlar doğrultusunda en ekonomik çözümü elde edecek şekilde optimize edilmesini kapsamaktadır.

Süperakışkanlaştırıcı katkıları ilk olarak 1960'lı yıllarda keşfedilerek, artan kullanım miktarlarıyla günümüze kadar gelmişlerdir. Temel içerikleri suda çözünebilen sentetik sülfone edilmiş melamin formaldehit kondensesi (SMF) ve sülfone edilmiş naftalin formaldehit kondensesi (SNF)'dir. Polimer yapıları düzenli olarak tekrarlanan grubun oluşturduğu ana zincir ve buna bağlı negatif yüklü sülfone gruplarından oluşmaktadır. Süperakışkanlaştırıcılar betonun çimento hamurundaki parçacıkların topaklanmadan birbirinden uzaklaşmasına ve böylece akışkanlığın artmasına neden olurlar. Geçmişte, dağılma etkisi sadece aynı (negatif yüklü) elektrostatik yüklerin çimento parçacığı üzerinde yer alması ile açıklanıyordu. Çimento üzerinde yer alan ve topaklanmaya da neden olan elektrostatik çekici güçler, negatif yüklü anyonik polimerlerin sülfone gruplarının (SMF ya da SNF) çimento parçacığı üzerinde adsorplanmasıyla nötrlenmektedir. Çimento parçacıklarının dağılımı, polimer zincirinin diğer tarafında yer alan negatif yüklü (SO_3^-) gruplarının yarattığı elektriksel itme gücüyle sağlanmaktadır [2]. SMF ve SNF kimyasal yapıları Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Katkıların Polimer Yapıları

Hazır beton sektörü için, üretilen betonun zamana bağlı olarak kıvam kaybetmesi en ciddi problemdir. Özellikle sıcak hava koşullarında süperakışkanlaştırıcı katkıları, hazır betonun hızla kıvam kaybetmesine neden olmaktadır. Döküm yerinde betona su katılması ile yapılan müdahale ise betonun dayanım ve dayanıklılık özelliklerini kötü yönde etkilemektedir. Beton tasarımı amaçlarından birisi de 1 saate kadar betonun kıvamını işlenebilir tutmaktır. Su çimento oranı azaldıkça kıvam kaybı

daha belirginleşir. Beton tasarımında uçucu kül kullanmak hidratasyon reaksiyonun yavaşlamasına ve böylece kıvam kaybının da yavaşlamasına neden olmaktadır.

AMAÇ

Bu çalışmanın amacı, temel olarak ikinci nesil katkılar olarak bilinen SNF ve SMF kullanımı ile elde edilen süper-akışkanlaştırıcı kategorisindeki katkıların, uçucu kül ihtiva eden ve etmeyen C 30/37 sınıfı hazır beton tasarımında aynı dozajlarda kullanılarak, taze ve sertleşmiş beton özelliklerini karşılaştırmak ve optimum çözüme ulaşmaktır.

BETON TASARIMINDA KULLANILAN MALZEMELER

CEM I 42,5 R portland çimentosu kullanılarak, C 30/37 sınıfı beton tasarımı aynı su bağlayıcı oranında uçucu küllü ve uçucu külsüz olarak tasarlanmıştır. Çimentonun ve uçucu küllün kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Bu çalışmada Çayırhan Termik Santrali’nden elde edilen uçucu kül kullanılmıştır.

Beton karışımlarında doğal ve kırma kum, 2-12 mm tane boyutunda ve 12-22 mm tane boyutunda , sırasıyla 1 no. ve 2 no. agregalar kullanılmıştır. Pompalanabilir beton elde edebilecek şekilde standarda uygun agrega bileşen oranları alınmıştır [3]. Agrega analiz sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir.

İki farklı kimyasal kökene sahip, SNF ve SMF’ nin % 40’lık solüsyonları deneylerde kullanılmıştır. Tablo 3’de Kimyasal Katkı Özellikleri yer almaktadır. SNF ve SMF bazlı polimerlerin farklı bileşim oranları tablolarda (NS-MS) şeklinde kısaltılarak verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun ve Uçucu Küllün Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Bileşenler ve Özellikler	Çimento %	Uçucu Kül %
SiO ₂	20,76	49,2
Al ₂ O ₃	4,28	13,8
Fe ₂ O ₃	3,82	9,6
CaO	64,51	18,6
MgO	1,09	2,9
SO ₃	2,70	1,6
Na ₂ O + 0.658 K ₂ O	0,49	-
C ₃ S	58,82	-
C ₂ S	15,15	-
C ₃ A	4,88	-
C ₄ AF	11,62	-
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	3,23	2,24
İncelik (cm ² /gr)	3.181	2.106
İncelik 45 µm	-	48,5
Kızdırma Kaybı	-	0,46

Tablo 2. Agreganın Fiziksel Özellikleri

Özellikler	Kaba Agregası		İnce Agregası	
	No. 2	No. 1	Kırma Kum	Doğal
Özgöl Ağırlık, gr/m ³	2,69	2,69	2,68	2,63
İncelik Modülü	-	-	3,79	1,87
Su Emme, %	0,45	0,46	1,10	1,05
Maks. tane çapı, mm	22	12	5	2

Tablo 3. Kimyasal Katkı Özellikleri

Katkılar (% Bileşim)	Yoğunluk (gr/ml)	Katı madde (%)	pH
100 NS-0 MS	1,18	39,3	7,4
75 NS- 25 MS	1,21	40,2	8,1
50 NS-50 MS	1,22	40,3	8,3
25 NS-75 MS	1,22	40,5	8,4
0 NS-100 MS	1,21	40,0	8,5

BETON TASARIMI

Beton karışımları iki seri halinde hazırlanmış olup, su bağlayıcı oranları uçucu külsüz ve uçucu küllü için sırasıyla 0,48 ve 0,49 'dur. Karışıma giren miktarlar Tablo 4'de verilmiştir. Bağlayıcı miktarının %1,3'ü kadar kimyasal katkı karışıma girmiştir ve her iki seride de bağlayıcı miktarı sabit tutulmuştur. Böylece karışıma giren katkı miktarları da sabit kalmıştır. Karışımlar eşit kıvamda , 16 cm , ayarlanmıştır ve numuneler bu halde alınmıştır. Taze halde iken kıvam [4], hava miktarı [5], birim ağırlık [6] deneyleri yapılmıştır.

Kimyasal katkıların beton karışımlarına muadil olacak şekilde çimento harcında priz sürelerine bakılmıştır [7]. Priz süreleri, eşit kıvamda alınan numunelerin zamana karşı vicat iğnesinin batma derinliğinin ölçülmesi ile grafiğe aktarılmıştır. Uçucu küllü ve uçucu külsüz karışımların her bir katkı ile göstermiş olduğu priz süreleri Şekil 2 ve 3' de verilmiştir.

Tablo 4. Beton Karışım Oranları

Tasarım No	Çimento	Uçucu Kül	Su	No 2	No 1	Kırma	Doğal	Su/Bağlayıcı
I	350	0	167	511	471	486	405	0,48
II	315	70	167	530	494	401	393	0,49

TAZE VE SERTLEŞMİŞ BETON DENEY SONUÇLARI

Yukarıda belirtilen deney sistematığı sonucunda elde edilen veriler, Tablo 5.1 ve Tablo 5.2'de yer almıştır. Standartlara uygun olarak yapılan deney yöntemleriyle taze betonun kıvamı, hava yüzdesi, birim ağırlığı tespit edilmiştir. Kıvamlar sabit tutulacak şekilde karışıma giren su miktarlarında katkı su azaltma performansına göre, farklılıklar olmuştur. 22 litre yapılan karışım sonucunda, kıvam ayarlanmasında artan su miktarları da tablolarda yer almıştır ve 1 metre küp beton karışımına göre düzeltilmiş, su bağlayıcı oranları kaydedilmiştir. Eşit çökme değerinde alınan beton numuneleri 1, 7 ve 28 gün basınç dayanım değerlerini elde etmek üzere test edilmiştir.

Tablo 5.1. C 30/37-Uçucu Külüz Karışımında Taze ve Sertleşmiş Beton Özellikleri

Oranlar ->	100-0	75-25	50-50	25-75	0-100
	NS	NS-MS	NS-MS	NS-MS	MS
Artan Su (gr)	200	170	174	165	0
S/B (fili)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47
Hava (%)	3,0	2,3	2,0	2,1	2,0
Birim Ağırlık (kg/m ³)	2.380	2.400	2.400	2.400	2.420
Çökme (cm)	16	16	16	15	15
1 gün	18,3	17,0	17,2	16,8	14,0
7 gün	53,5	50,5	51,8	49,5	42,7
28 gün	60,9	62,8	56,3	59,5	54,1

Tablo 5.2. C 30/37-Uçucu Küllü Karışımında Taze ve Sertleşmiş Beton Özellikleri

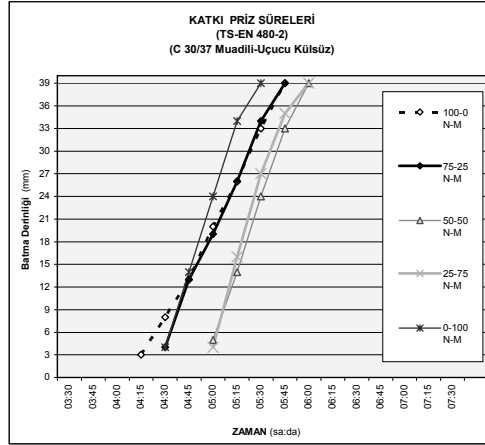
Oranlar ->	100-0	75-25	50-50	25-75	0-100
	NS	NS-MS	NS-MS	NS-MS	MS
Artan Su (gr)	200	250	237	120	140
S/B (fili)	0,47	0,46	0,46	0,49	0,48
Hava (%)	3,0	2,6	2,5	2,2	2,4
Birim Ağırlık (kg/m ³)	2.380	2.380	2.386	2.390	2.393
Çökme (cm)	16	16	16	16	16
1 gün	14,0	15,4	15,2	14,5	11,7
7 gün	43,8	45,2	45,4	44,9	42,9
28 gün	57,0	57,4	54,0	56,1	53,8

Uçucu külüz karışım serisinde aynı su çimento oranında ve kıvamda, NS bazlı katkı yönünde su azaltma yeteneği artmıştır. Basınç dayanımına göre de 100 NS ve 75 NS-25 MS bazlı katkılar daha yüksek basınç dayanım

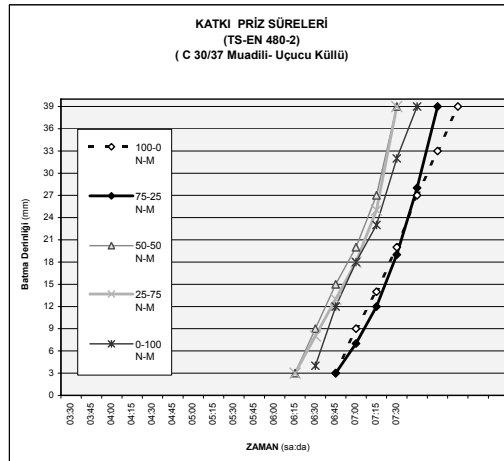
değerleri vermiştir. Bu serinin kendi içinde priz süreleri irdelendiğinde, 100 MS bazlı katkının priz başlangıç ve bitiş süreleri diğerlerine göre daha hızlı olmuştur.

Uçucu küllü karışım serisinde aynı su bağlayıcı oranında karışım tasarımı yapılmasına rağmen, katkılar uçucu külsüz seriye göre daha fazla kıvam artışı sağlamışlardır. Bu seride de basınç dayanımı açısından NS bazlı katkı daha iyi performans sergilemiştir. Bu serinin kendi içerisinde priz süreleri karşılaştırıldığında, 50 NS-50 MS ve 25 NS-75 MS bazlı katkıların daha önce prize başladığı ve bitirdiği görülmüştür.

Uçucu kül kullanımı, uçucu külsüz karışımlara göre priz sürelerinin ortalama 2 saat kadar geç başlayıp, bitmesine neden olmaktadır.



Şekil 2. Priz Süreleri – Uçucu Külsüz



SONUÇ

Literatürden de bilindiği gibi SMF bazlı katkılar prizi hızlandırmaktadır. Bu çalışmada da uçucu külsüz ve uçucu küllü karışımlarda SNF' ye göre hızlandırma etkisi gözlenmiştir.

SNF bazlı katkılar su azaltma performansı yönünden daha iyi sonuç vermektedirler. SMF ve SNF' lerin farklı birleşim oranlarıyla elde edilen karışımlarının sinerji yarattığı görülmüştür.

Farklı kimyasal yapıdaki katkılar, müşteri istekleri doğrultusunda tasarımda kullanılmalıdır.

Uçucu kül kullanımı katı atıkların yönetimi açısından fayda sağlarken, beton karışım maliyetlerini de düşürmektedir.

KAYNAKLAR

1. Malhotra V.M. and Mehta P.K., "High Performance, High Volume Fly Ash Concrete" Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., Ottawa, Canada, 2005, pp 4 – 6.
2. Shonaka M., Kitagawa K., Satoh H., Izumi T. And Mizunuma T., 'Chemical Structures and Performance of New High Range Water Reducing and Air Entraining Agents', Fifth CANMET/ACI International Conference, Rome - Italy, 1997, 609 p.
3. Türk Standartları, Beton Agregaları (TS 706 EN 12620), TSE, 2003.
4. Türk Standartları, Taze Beton Kıvam Deneyi (Çökme Hunisi Metodu ile), (TS EN 12350-2), TSE, 2002.
5. Türk Standartları, Taze Beton Hava Miktarının Basınç Metodu ile Tayini, (TS EN 12350-7) TSE, 2007.
6. Türk Standartları, Taze Beton Yoğunluk Deneyi , (TS EN 12350-6), TSE, 2002.
7. Türk Standartları, Kimyasal Katkılar Priz Süresinin Tayini, (TS EN 480-2), TSE, 2001.

ÇİMENTO SÜSPANSİYONALARINDA Cr VI'nın FARKLI İNDİRGENLER KARŞISINDA İNDİRGENME ÖZELLİKLERİ

Bülent YILMAZ

Yard.Doç.Dr.
Dumlupınar
Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Kütahya / Türkiye

Tomris ERTÜN

Ar-Ge
Laboratuarlar Müdürü
Türkiye Çimento
Müstahsilleri Birliği
Ankara / Türkiye

Fatih YALÇIN

Seramik Yük.Müh.
Dumlupınar Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Seramik Mühendisliği
Kütahya / Türkiye

Özet

Bu çalışmada, çimentodaki Cr VI miktarını 2 ppm'nin altına indirmek için seçilen demir (II) sülfat heptahidrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), sodyum ditiyonit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), sodyum metabisülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ve sodyum tiyosülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) indirgenlerinin indirgeme özellikleri, referans (Potasyum Kromat) çözeltisi ve yüksek (52 ppm)-düşük (12 ppm) Cr VI içeren çimento süspansiyonlarında araştırılmıştır.

Referans ve çimento süspansiyonlarında araştırılan indirgenlerin hepsi farklı indirgenme davranışları göstermişlerdir. Referans ve çimento süspansiyonlarındaki Cr VI'nın indirgenmesinde sodyum ditiyonit'in indirgeme özellikleri demir (II) sülfat heptahidrat dan daha uygun olduğu görülmüş ancak raf ömrü testlerinde ise tam tersi bir durum gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çimento, krom (VI), indirgenme

GİRİŞ

Krom ve bileşikler olan kromatlar; çeşitli endüstriler tarafından temel ve yan madde olarak kullanılırlar. Ancak bazı krom bileşikler temas yolu ile kontakt dermatit oluşturmaları [1] ve uzun süre temas ile de kanser riski [2] taşımaları nedeniyle sağlık açısından potansiyel bir tehdit oluştururlar.

Yapı malzemeleri kimyasal yapıları gereğince içeriklerinde değişik oranlarda krom bileşikleri ve özellikle Cr VI içerirler. Almanya'da, 1990–1999 yılları arasında yapı sektörü çalışanlarında kontakt dermatit vakaları incelenmiş [3] ve malzemelerdeki krom içeriği ile dermatit oluşumu arasındaki ilişki belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Almanya'da mesleki deri hastalıklarının yapı sektörüne dağılımı [3]

Meslek Dalları	Rapor Edilen Hasta	Kontakt Dermatitli Hasta	%
İnşaat Sektörü	491	335	68,2
Çimento İşçileri	238	177	74,4
Duvar Karosu İşçileri	60	52	86,7
Boyacılar	101	55	54,5
Ağaç İşçileri	92	51	55,4

Yapı endüstrisinin ana maddesi olan çimento su ile karıştırıldığında içeriğindeki Cr VI suda çözünmekte ve deri ile temas sonucunda dermatit problemlerine neden olmaktadır. Mesleki sağlık ve güvenlik kuruluşlarının katkısı ile hazırlanan 2003/53/EC direktifinde hidrate olmuş çimentoda Cr VI içeriği üst limiti 2 ppm ile sınırlandırılmış ve bu limitin üzerindeki Cr VI içeren çimento ve çimento bazlı malzemelerin AB satışı 17 Ocak 2005 [4] tarihinden itibaren yasaklanmıştır [5-8]

Çimentolardaki krom kaynakları; hammaddeler, refrakterler ve öğütme sistemleridir [9-12]. Refrakter ve öğütme sistemleri daha az krom bileşikleri içerenlerle değiştirilerek [13-14] çimentolardaki Cr VI miktarı düşürülebilir. Ancak hammaddelerden gelen düşük oranlardaki Cr VI mineral katkı kullanımı ile azaltılabilir de [14] yüksek oranlarda tek yol kimyasal indirgemedir. Kimyasal indirgemedede Cr VI organik (hidroksil amin-hidrazin) [15] veya inorganik (FeSO_4 ve SnSO_4) [6,16-17] indirgenler vasıtası ile Cr III'e indirgenebilmektedir [18].

Çimentolardaki hammadde kaynaklı Cr VI'nın kimyasal indirgenmesi ilk olarak Burchhardt tarafından bugün de kullanılan FeSO_4 ile indirgeme metotudur. Ancak bu metotta yüksek oranlarda indirgen kullanımı ve indirgenen Cr III'ün bir süre sonra tekrar Cr VI'ya dönüşümü problemleri nedeniyle araştırmacılar yeni indirgenler konusunda çalışmalarına hız vermişlerdir. Bunun sonucunda kalay sülfat [6] ve hidroksil amin-hidrazin [15] bileşiklerinin etkili olabileceği görülmüştür. Fakat kalay sülfat yöntemi teknik olarak başarılı olmasına rağmen fiyatının yüksekliği, hidroksil amin-hidrazinin ise hem toksik hem de yüksek maliyetleri bu yöntemlerin çimentolarda kullanımını sınırlamaktadır.

AMAÇ

Bu çalışma, Demir II sülfatla birlikte fiyatları ve temin edilebilirlikleri oldukça uygun olan, sodyum ditiyonit, sodyum metabisülfid ve sodyum tiyosülfat indirgenlerinin çimentolardaki Cr(VI) indirgenmesindeki koşullarını ve verimlerini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

Malzeme ve Metot

Malzeme

Deneylerde kimyasal indirgenler, farklı oranlarda Cr VI içeren çimentolar, referans ($K_2Cr_2O_4$) ve Kromat indikatörü kullanılmıştır.

Kimyasal indirgen olarak analitik kalitede demir (II) sülfat heptahidrat, sodyum ditiyonit, sodyum metabisülfid ve sodyum tiyosülfat kullanılmıştır. Kimyasal indirgenlerin özellikleri ise etiket bilgilerinden alınmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Kimyasal indirgenler ve özellikleri

Kimyasal indirgen	Formülü	Molekül ağırlığı	Saflık (%)
Demir (II) sülfat hepta hidrat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	278,02	99,5
Sodyum ditiyonit	$Na_2S_2O_4$	174,09	85
Sodyum metabisülfid	$Na_2S_2O_5$	190,09	98
Sodyum tiyosülfat	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	248,19	99

Çimentolar Şanlıurfa ve Çimentaş Çimento Fabrikalarından temin edilen CEM-I42,5 çimentosudur. Çimentolar A_1 ve A_2 olarak adlandırılmıştır. Kimyasal analizleri ARL marka 8680+ model XRF cihazı ile yapılmış minerolojik yapısı ise Bogue formülünden hesaplanmıştır. Çimentoların Cr VI içerikleri Hach marka DR 2500 model UV spektrometre ile belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Çimentoların kimyasal, minerolojik analizleri ve Cr VI içerikleri

Madde	Çimentolar		Madde	Çimentolar	
	A_1	A_2		A_1	A_2
Kimyasal Bileşim (%)			Minerolojik Bileşim (%)		
SiO_2	20,50	19,51	C_3S	65,53	61,92
Al_2O_3	4,78	4,71	C_2S	9,36	9,24
Fe_2O_3	3,17	3,92	C_3A	7,30	5,85
CaO	65,86	64,11	C_4AF	9,60	11,93
MgO	1,60	1,09	F.CaO	1,10	1,30
P_2O_5	0,22	0,07	Cr içeriği (ppm)		
K_2O	0,60	0,80	Cr VI	52	12
Na_2O	0,08	0,24			
SO_3	1,97	2,88			
L.O.I	1,17	2,67			

Metot

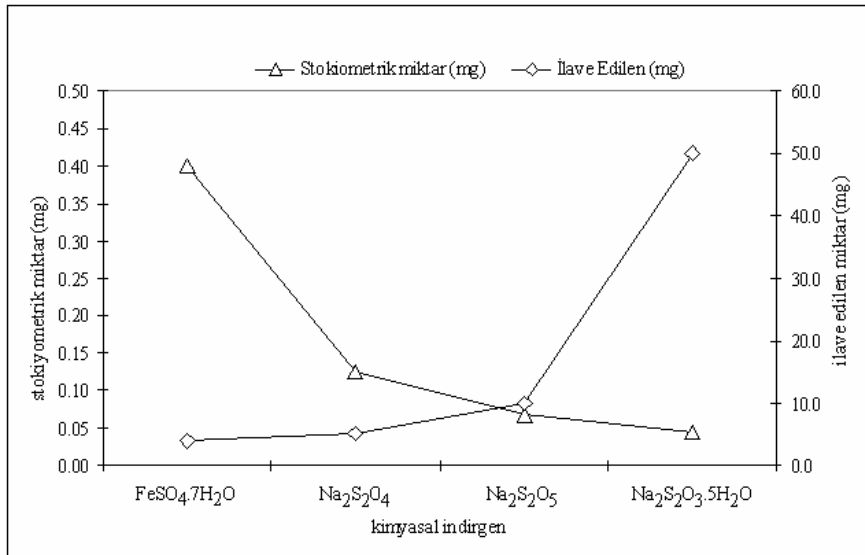
Kimyasal indirgenlerin referans ($K_2Cr_2O_4$) ve çimento süspansiyonlarındaki Cr VI'yı indirgeme kapasitelerinin belirlenmesi prEN 196-10:2004 [19] standardı ile 3 aşamada yapılmıştır. Bu aşamalar,

- Kimyasal indirgenlerin referans potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) karşısında indirgeme kapasitelerinin belirleme testleri
- Kimyasal indirgenlerin çimento süspansiyonlarında (pasta) Cr VI'yı indirgeme verimliliklerinin tespit testleri [20]
- Cr VI'yı indirgeyen kimyasal indirgenlerin etkinlik süresinin belirlendiği raf ömrü testleri.

Kimyasal indirgenlerin referans karşısında indirgeme kapasitesi

Kimyasal indirgenlerin Cr VI'yı indirgeme kapasitesini belirlemek için 0,25 ppm (mg/L) Cr(VI) içeren referans çözeltisinden ($K_2Cr_2O_4$) ayrı ayrı 4 tane 100 mL olacak şekilde hazırlanmıştır.

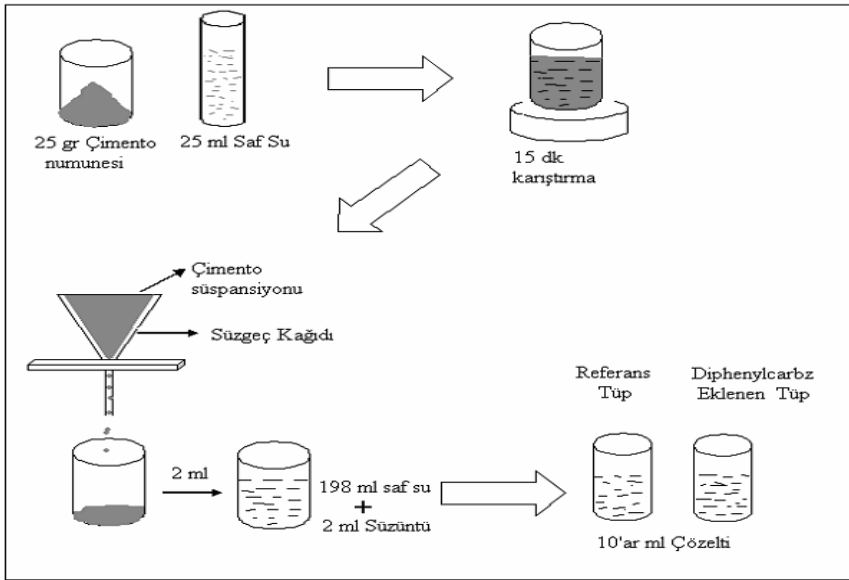
Deneye başlamadan önce referans çözeltisindeki 0,25 ppm Cr VI'yı 0,02 ppm'e indirgenmesi için gerekli kimyasal indirgenlerin miktarı reaksiyonlardan hesaplanmıştır (stokiyometrik miktar). Daha sonra balon jojelere 0,02 ppm Cr VI miktarı okununcaya kadar kimyasal indirgen ilave edilerek 2-3 dakika karıştırılmış ve 15 dakika beklenerek ölçümler yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Kimyasal indirgenlerin indirgeme kapasiteleri

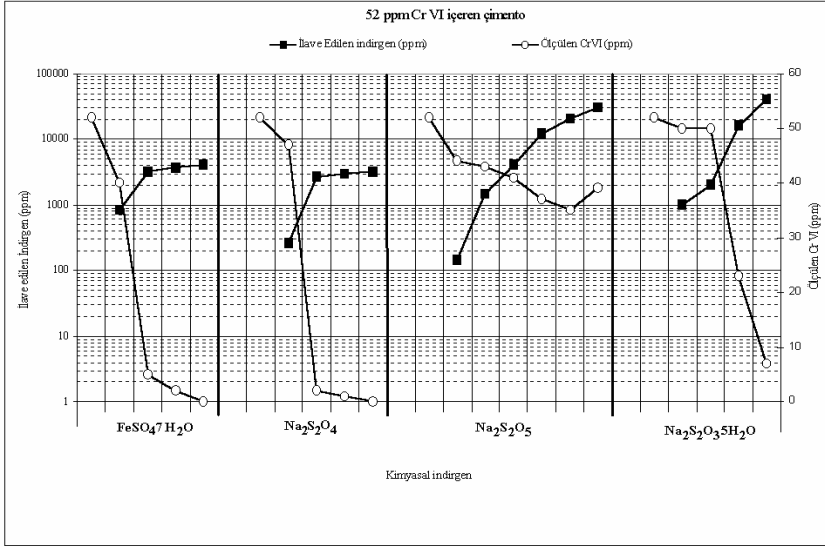
Çimento süspansiyonları ile yapılan deneyler

Bu deneylerde farklı oranlarda Cr VI içeren A₁ (52 ppm) ve A₂ (12 ppm) çimentoları kullanılarak Danimarka standardı DS1020 ye göre yapılmıştır [20]. Deneyde 25 g çimento ve 25 mL saf su 100 mL lik behere koyularak manyetik karıştırıcıda 15 dakika karıştırılmıştır. Hazırlanan bu karışım Buncher hunisinde beyaz band süzgeç kağıdı ile vakum ortamında süzölmüştür. Süzöntüden 1 pipet ile 2 mL alınmış ve 198 mL saf su ilave edilerek 200 mL ye tamamlanmıştır ve bu şekilde süzöntü 1/100 oranında seyreltilmiştir (Şekil 2).

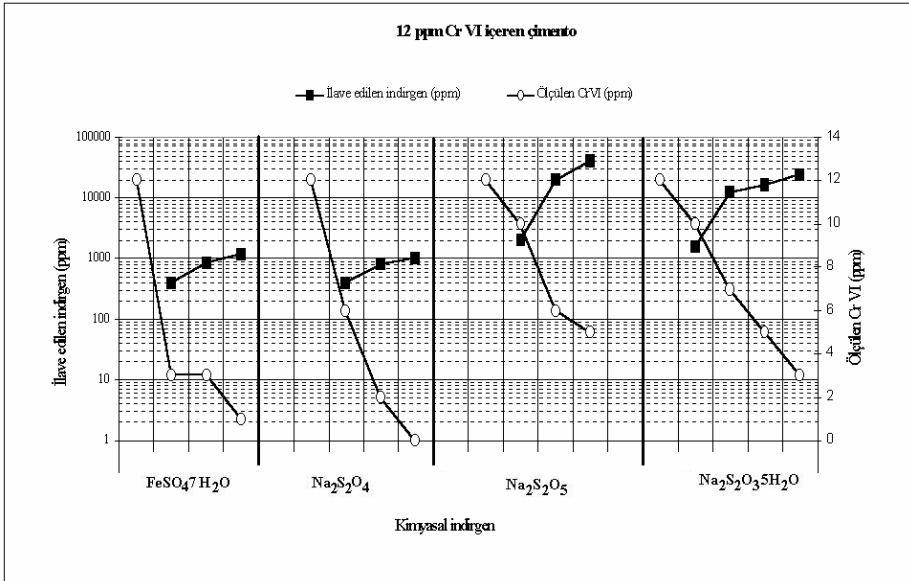


Şekil 2. Çimento süspansiyonlarında Cr VI ölçümü deneyleri

A₁ ve A₂ çimentolarında kimyasal indirgenler başlangıçtaki 25 g çimento içine ilave edilerek (ilave edilen indirgen) ve spektrometreden okunan değerler (ölçülen Cr VI) olarak her iki çimento süspansiyonu için belirlenmiştir (Şekil 3-4).



Şekil 3. A₁ çimentosunda ilave edilen indirgen miktarına göre ölçülen Cr VI değerleri



Şekil 4. A₂ çimentosunda ilave edilen indirgen miktarına göre ölçülen Cr VI değerleri

Raf ömrü deneyleri

Bu deney 2003/53/EC direktifinde belirtildiği gibi pr EN 196-10:2004 [19] e göre indirgenlerin etkinliklerini korudukları stoklama sürelerini belirlemek amacıyla yapılmıştır

Deneylerde çimento süspansiyonlarında iyi indirgeme özelliği gösteren Demir (II) sülfat, Ditiyonit ve A_1 çimentosu kullanılmıştır. 25 g çimentoya 2 ppm e indirgemek için gerekli indirgenler ilave edilerek 20 dakika 100 °C lık bir etüvde bekletilmiş ve daha sonra havasız bir ortamda 22 °C sıcaklıkta 30, 60 ve 90 günde ölçülmek üzere bekletilmişlerdir (Tablo 4).

Tablo 4. Seçilen indirgenlerin raf ömrü testleri

Seçilen İndirgenler	İlave edilen indirgen		Cr(VI) Miktarı (ppm)			
	g	ppm	0 gün	30 gün	60 gün	90 gün
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0,1	4000	0	1	0	2
$Na_2S_2O_4$	0,08	3200	0	2	8	9

SONUÇLAR

Farklı indirgenler kullanarak çimentodaki Cr(VI) indirgenmesinin incelendiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

$K_2Cr_2O_7$ çözeltisiyle yapılan deneylerde her bir indirgenin Cr VI'yı indirgeme kapasitelerinin olduğu ancak demir (II) sülfat heptahidrat ve sodyum ditiyonit, diğer indirgenlere göre daha verimli oldukları anlaşılmıştır.

A_1 ve A_2 çimento numuneleriyle yapılan deneylerde, demir (II) sülfat heptahidrat, ve sodyum ditiyonitin Cr VI'yı 2 ppm altına indirdikleri görülmüştür. Sodyum ditiyonitin demir (II) sülfat heptahidrat göre daha düşük oranlarda Cr VI'yı indirgemesi onun daha verimli bir indirgen olabileceğini göstermiştir. Her iki çimento numunesinde de sodyum metabisülfid ve sodyum tiyosülfat'ın Cr VI'yı çok az miktarlarda indirgemesi, onların çimentoda Cr VI giderilmesi için kullanılamayacağını göstermiştir.

Raf ömrü deneylerinde Cr VI giderilmesi için kullanılan indirgenlerden demir (II) sülfat heptahidrat'ın sodyum ditiyonite göre daha kararlı olduğu görülmüştür. Sodyum ditiyonit stoklama için geçen sürede çabuk etkilenip indirgeme verimliliğini yitirdiği gözlenmiştir.

Sonuç olarak; çimentolu sistemlerde Cr(VI)'nın indirgenmesi için kullanılan indirgenlerden demir (II) sülfat heptahidrat diğer indirgenlere göre daha verimli ve daha kararlı olduğu görülmüştür. sodyum ditiyonit az miktarlarda

kullanılarak Cr VI giderilmesinde verimli gözükse de raf ömrü süresinde indirgeme verimini kaybettiğinden kullanımı uygun görülmemektedir. Sodyum metabisülfat ve sodyum tiyosülfat'ın Cr VI'yı çok az miktarlarda indirgemesi onların çimentoda Cr VI giderilmesi için kullanılamayacağını göstermiştir.

KAYNAKLAR

- [1] http://www.isnet.net.tr/channels/saglik/guncel/kontak_dermatit.asp, 2006
- [2] Sittig. M., Pollutant Removal Handbook, Noyes Data Corporation, England, pp 116-135, 1973
- [3] M.Bock, A. Schmidt, T. Bruckner and T.L. Diepgen., "Contact dermatitis and allergy occupational skin disease in the construction industry", British Journal of Dermatology, Vol 149, 2003, pp 1165-1171.
- [4] <http://www.cementindustry.co.uk/pdf> British Cement Association, 2005,
- [5] Chandelle. J.M., "Chromium VI in cement, Global Cement and Lime" Environment, 2003 pp 12-13.
- [6] European Cement Research Academy, Newsletter "Chromate reduction in cement and concrete", 2004, pp 3-4.
- [7] Eckenfelder. W.W, "Industrial Water Pollution Control", 2nd Edition McGraw-Hill, New York, 1989, pp 98-103.
- [8] International chromium development association, 2003, Chromium in cement, <http://www.chromium-asoc.com/chromium/chromium&cement.pdf>
- [9] Bergt. K., "On the chromium content of cements manufactured in the German Democratic Republic", Proceedings of the sixth conference on the silicate industry, Publishing house of the Hungarian academy of sciences, 1963, Budapest, pp 85-91.
- [10] Frias M. and Isabel Sa´nchez de Rojas M., "Total and soluble chromium, nickel and cobalt content in the main materials used in the manufacturing of Spanish commercial cements", Cement and Concrete Research, 2001, pp 435-440.
- [11] Klemmn. W.A., "Hexavalent chromium in Portland-cement", Cement Concrete and Aggregates, 1994, Vol 16, pp 43-47.
- [12] Puntke, S. and Wassing, W., "Technical relationships in the manufacture and analysis of lowchromate cements", Zkg International, 2002, pp 55-82.
- [13] Summer, M., Macklin, M., Jardine L. and Porteneuve C., "Cement additive application experience synchro for chromium (VI) reduction", Grace Construction Products, 2005, pp 1-5.

- [14] Goh C.L. and Gan S.L., "Change in cement manufacturing process, a cause for decline in chromate allergy", *Contact Dermatitis*. 1996, Vol 34, pp 51-54.
- [15] Jardine. L.A., Cornman, C.A. and Jachimowicz, F., "Amine-based hexavalent chromium reducing agents for cement", 2005, U.S. Patent No 6 872 247.
- [16] Fregert S., Gruvberger B., and Sandahl E., "Reduction of chromate in cement by iron sulfate". *Contact Dermatitis*. 1979, Vol 5, pp 39-42.
- [17] Landy. J.A. "Chromate Removal at a Saudi Arabian Fertilizer Complex", *J. Water Poll. Cont. Fed.* 1971, Vol 43 pp 2292-2253. (Patterson, 1975'den).
- [18] Lanouette. H.K., "Heavy Metal Removal, Chemical Engineering Deskbook Issue", *Industrial Pollution Control Inc.* Oct. 1977, Vol 17, pp 73-80
- [19] prEN 196-10:2004 Methods of testing cement – Part 10: Determination of the water-soluble chromium (VI) content of cement
- [20] Danish Standard 1020:1984, "Measurement of water soluble chromium (VI) in cement." 1984

FARKLI ETKİNLİKTEKİ BETON AKIŞKANLAŞTIRICI KATKILARIN PERFORMANS DENEYLERİ VE DEĞERLENDİRME SONUÇLARI

Ömer İÇEMER

Kimya Mühendisi
Birlik Hazır Beton A.Ş.
Kalite Güvence Müdürü
Ankara-Türkiye

ÖZET

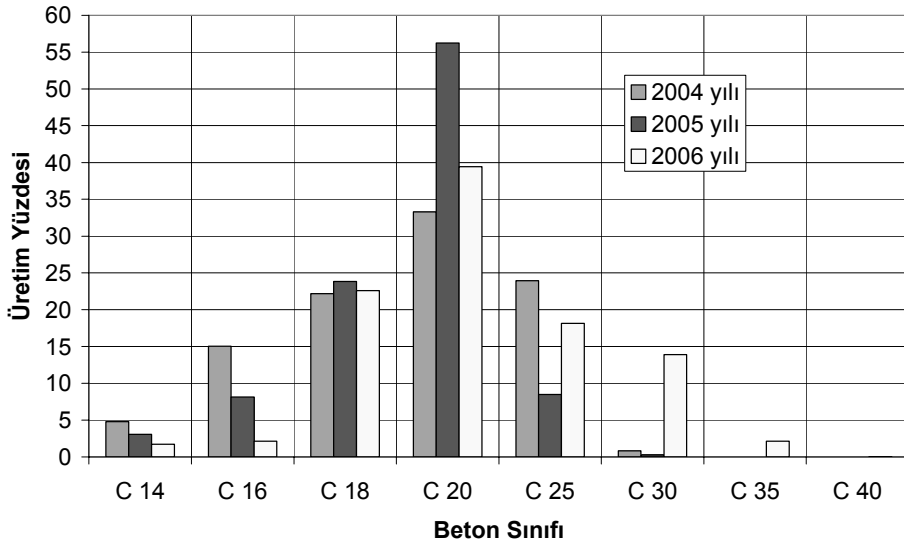
Bu bildiri, farklı etkinlikte kimyasal etken madde içeren normal ve süper beton akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların 2005 ve 2006 yılları arasında laboratuvar ortamında test edilen performans deneylerini ve değerlendirme sonuçlarını içermektedir.

GİRİŞ

Özellikle beton üretiminde kullanılan ve kullanıcılar tarafından “ilaç” olarak adlandırılarak tam anlamıyla ne olduğu bilinmeyen yapı kimyasallarının, günümüzde yapı sektöründe beton, çimento, iç ve dış yapı strüktüründe uygulanan sıva ve her türlü hazır harçlarda kullanımı ve ihtiyacının giderek küçümsenemeyecek bir boyuta ulaştığı bir gerçektir. Hazır beton sektöründe en düşük beton dayanım sınıfındaki beton türü bile kimyasal katkı üretilirken, küresel ısınmaya bağlı olarak beton üretiminde yapı kimyasalı kullanılması dünyada bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Büyük metropol kentlerimiz başta olmak üzere, ülkemizin genelinde çarpık kentleşmeden modern kentleşmeye geçiş aşamasında yapımına ihtiyaç duyulan kentsel dönüşüm projelerindeki beton tüketiminde, yeni

beton standardı TS EN 206-1'e [1] uygun yüksek dayanım sınıflı betonlar talep edilmeye başlanmıştır. Buna paralel olarak yapı denetim yasası çerçevesinde ortaya konan denetimler sonucunda, gerek hazır beton üreticileri gerekse tüketicileri daha yüksek dayanımlı beton sağlamanın sorumluluğu altında, parasal bedelleri göz ardı ederek yapı kimyasallarından alabildiğine yararlanma yolunu seçmişlerdir. Öte yandan, ülkemizde yaşanan deprem felaketlerinin bir sonucu olarak da ortaya çıkan yüksek dayanım sınıflı beton ihtiyacı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ile Sanayi ve Ticaret Bakanlığı gibi ilgili yaptırımcı kuruluşların çıkarmış olduğu konuya ilişkin yasa, şartname, standart, ve benzeri düzenlemelerle, 2000 yılından bu yana düşük dayanım sınıfındaki beton üretimini çarpıcı bir şekilde azaltmıştır. Üretilen beton dayanım sınıfında 2004 yılından bu yana gözlemlenen artış Şekil 1 de gösterilmektedir. Bu şekilden de anlaşılabacağı üzere C14 ve C16 gibi düşük dayanımlı beton üretiminin 2004, 2005 yılına nazaran 2006 yılında önemli ölçüde azalmakta olduğu C25, C30, C35 ve C40 betonu üretiminin ise önceki yıllara nazaran arttığı gözlenmektedir.



**Şekil 1. Birlik Hazır Beton A.Ş'nin
2004, 2005 ve 2006 Yılına ait Beton Üretim Yüzdeleri**

Belirtilen etkinlikler çerçevesinde Türk Standardları Enstitüsü'nce birçok Türk Standardı Avrupa Birliği Standartlarına uyumlaştırılmış; ayrıca, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca **“Yapı Malzemeleri Yönetmeliği Kapsamında Olup CE İşareti Taşınması Mecburi Olmayan Yapı Malzemelerinin Tâbi Olacakları Ulusal Düzenlemeler Hakkında Tebliğ** [2],” hazırlanarak 06.12.2006 tarih ve 26368 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Tebliğ, henüz CE işaretlemesine tabi olmayan ve eskiden

zorunlu standart olan yapı malzemelerini de kapsamaktadır. Tebliğ'e göre bu malzemelerin aynı CE işareti gibi **“G işareti”** olmadan piyasaya arzı söz konusu olamayacaktır. Tebliğ, ilgili ürün standartlarını Yapı Malzemeleri Yönetmeliğinde tanımlanan uygunluk teyit sistemlerine uygun hale getirecek ek dokümanların hazırlık sürecini 01.01.2007 de başlatmış olup, ilk etapta uygulama geçiş sürecinde olacak ve 01.01.2008'den itibaren de zorunlu yürürlüğe girecektir.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı , ayrıca Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğini [3] 2006 yılında revize edip **“Deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda C 20'den daha düşük beton sınıfı kullanılmaz”** belirlemesini net bir şekilde yapmış ve adı geçen yönetmelik bir yıllık geçiş süresinin ardından 6 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe girmiş bulunmaktadır.

Yukarıda belirtilen bu olumlu gelişmeler sonucunda daha kaliteli beton üretimi teşvik edilerek, beton üreticileri için yüksek dayanımlı ve işlenebilir beton üretim koşulları sağlanmış bulunmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda beton kalitesinin yükselmesine paralel olarak beton sektöründe adeta bir yarış seyrinde yeni yapı kimyasalları pazarlanmakta, su/çimento oranını düşüren farklı performanslarda yerli, yabancı kökenli birçok beton akışkanlaştırıcı katkı piyasaya çıkmaktadır.

Laboratuvarımızca yapılan deneysel çalışmalardan anlaşılabacağı üzere söz konusu yapı kimyasalı beyan değerlerinin ilgili firmadan talep edilmesi ve gerek firma ARGE 'sinde gerekse hazır beton firma laboratuvarlarında adı geçen ürünlerin rutin testleri yapılmadan kullanılmaması gerekmektedir. Beton bileşenlerine uyum sorunları olan katkıların üretime sunulmasının önemli sakıncalarının olduğu defalarca gözlenmiştir.

2006 yılı içinde tüketicinin kaliteli beton talebi artarak beton sektöründe bir ürünün standart ve şartnamelerine uygun üretilme ve yerine yerleştirilme keyfi ve heyecanını yaşatırken, adeta “tez anti-tezini doğurur” özdeyişini doğrulayan tarzda çimentonun yurt dışına ihraç edilmesi ve artan beton talebi neticesinde çimento kalitesinde dalgalanmalar gözlenmiştir. Bu olay sonucunda kimyasal katkı/çimento uyumsuzlukları ortaya çıkarak, beton işlenebilmesinde ve dayanım gelişmesinde Mayıs 2006-Eylül 2006 arasında önemli sorunlar ortaya çıkmış, hazır beton firmaları eskisine oranla her bir beton sınıfı için yaklaşık 40 veya 50 kg ilave çimento kullanarak sıkıntıyı gidermiştir. Bunun doğal sonucu olarak hazır beton firmaları önemli oranda zararlarla baş başa kalmış olup betonun birim fiyatı artarak tüketici her iki açıdan da zor durumda bırakılmıştır.

Yukarıda sözünü etmiş olduğumuz sorunların ivedilikle tespit edilmesi için hazır beton laboratuvarlarında, kullanılan yapı kimyasalı ile çimento uyumunu ortaya çıkarabilecek fiziksel ve mekanik testlerinin yapılarak, sonuçlarının dikkatle değerlendirilmesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

AMAÇ

Beton akışkanlaştırıcı katkıların performans deneylerinin yapılmasındaki amaç, günümüzde hızla gelişen teknolojik gelişmelerle birlikte nitelik bakımından yenilenen ürünlerin fayda/maliyet ilişkisinin gözetlenmesi, artık kaliteli beton üretiminde normal akışkanlaştırıcı yerine süper ve hiper akışkanlaştırıcıları veya antifriz katkısı yerine priz hızlandırıcı katkıların kullanılması alışkanlıklarının kazandırılmasıdır. Bu bildirinin amacı, farklı nitelikte piyasaya arz edilen yapı kimyasallarının yeterliliğinin tespiti için Birlik Hazır Beton A.Ş' nin Kalite Güvence Laboratuvarında 2005-2006 yılı içinde test edilen beton akışkanlaştırıcı katkılara ait performans deneyleri ve değerlendirme sonuçları sunarak kimyasal katkı kullanımında, beton üretiminde ortaya çıkabilecek sıkıntıları ortaya koymaktır.

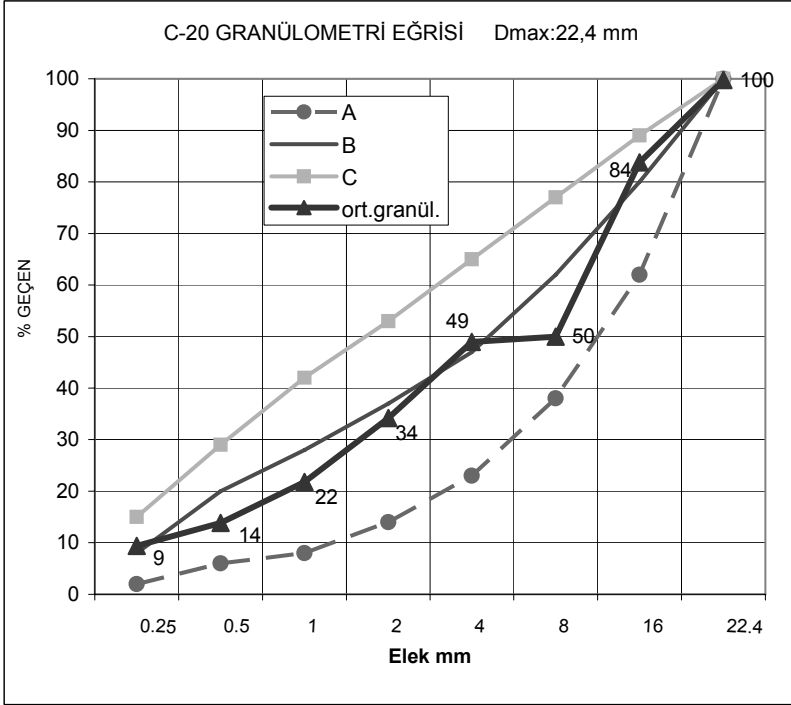
KİMYASAL KATKI YETERLİLİK DENEYLERİ

Beton karışımlarında kullanılan kimyasal katkı maddeleri için karışım tasarımı uygunluk deneyleri, TS 802/T2 [5], TS EN 480-1 [6] ve TS EN 934-2 [7] standartlarına göre yapılmıştır. Test numunesi beton katkı maddesi kullanılarak, 14-16cm çökme elde edilecek şekilde beton karışımları hazırlanmış, karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla da yine aynı kıvamda katkı maddesi kullanılmayan beton karışımları laboratuvar ortamında hazırlanmıştır.

Beton katkı maddesi üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda, laboratuvarımızda mevcut olan ince agregası (0/4mm), orta agregası (8/16mm) ve iri agregası (16/22.4mm) olmak üzere üç sınıf agregası kullanılmıştır. Bu üç sınıf agregasının özgül ağırlıkları sırasıyla 2.67, 2.71 ve 2.71g/cm³; su emme kapasiteleri ise %1.14, %0.53 ve %0.32 olarak bulunmuştur. Tane sınıflarına ayrılmış agregaların elek analizleri TS 706 EN12620 Nisan 2003 [4] standardına göre yapılmış (Çizelge 1), ince agregadan %49.5, orta agregadan %24.3 ve iri agregadan %26.2 kullanarak karışım agregası granülometrisi ayarlanmıştır. Bu karışımın granülometrisi Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan agregaların elek analizi

Agrega tanımı	Elek (mm)							
	0.25	0.5	1	2	4	8	16	22.4
İnce (0/4)	19	28	44	69	99	100	100	100
Orta (8/16)	0	0	0	0	0	2	99	100
İri (16/22,4)	0	0	0	0	0	0	39	99



Şekil 2. Agregat Tane Dağılımı Eğrisi

Çalışmada kullanılan çimento TS EN 197-1 standardına göre üretildiği beyan edilmiş olup CEM I 42.5 R tipi olarak adlandırılmıştır. Çimentonun yanısıra diğer bir bağlayıcı olarak Çayırhan termik santralinden temin edilen uçucu kül beton karışımlarında kullanılmıştır. Çimento ve uçucu küle ait fiziksel ve kimyasal deney sonuçları sırasıyla Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Kullanılan çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri

KİMYASAL ÖZELLİKLER		ELDE EDİLEN DEĞERLER	TS EN 197-1 STANDARD DEĞERLER	
			En Az	En Çok
Kükürt Trioksit (SO ₃)	%	3.37	-	4.0
Klorür (Cl ⁻)	%	0.0106	-	0.1000
Kızdırma Kaybı	%	4.40	-	5.0
Çözünmeyen Kalıntı	%	0.72	-	5.0
Özgül ağırlık		2.96	-	-
FİZİKSEL ÖZELLİKLER				
Hacim Genleşmesi	mm	1.0	-	10.0
Özgül Yüzey	cm ² /g	3952	-	-
Priz Başlangıcı	dak	176	60	-
2 Günlük Basınç Dayanımı	N/mm ²	23.9	20.0	-
28 Günlük Basınç Dayanımı	N/mm ²	53.1	42.5	62.5

Çizelge 3. Kullanılan uçucu külün kimyasal özellikleri

KİMYASAL ÖZELLİKLER	Bulunan Değer	Aranan Değer
% Nem	0.22	Max %3
% SO_3	3.81	Max %5
Kızdırma Kaybı	%0.41	Max %10
Özgül Ağırlık	2.15	-
Klorür	%0.0035	%0.1
Serbest CaO	%0.09	Max %1
Tane Boyutu	%35.90	+ 45 mikron Max % 40

Sertleşmiş beton dayanımı tesbiti için hazırlanan her bir taze beton karışımından, altı adet 150x150x150 mm küp numune kalıplara yerleştirilerek 20 ± 2 °C sıcaklıkta su içinde kür edilmiştir. Beton bileşenleri ve karışım oranları, taze ve sertleşmiş beton deney sonuçları sırasıyla Çizelge-4, 5 ve 6'te verilmiştir. Bu çizelgelerden de görüleceği üzere sekiz farklı firmadan sağlanan iki farklı katkı tipi (midrange ve süper akışkanlaştırıcı) kullanılmış her tip kimyasal katkı için kullanılan beton karışımlarında çimento ve uçucu kül miktarları sabit tutulmuştur.

Çizelge 4. Kimyasal Katkı Yeterlilik Deneyleri için Hazırlanan Beton Karışım Oranları

Karışım No / Deney Yılı	Kimyasal Katkı				Miktarı (kg/m ³)					
	Tipi	Firma No	Öz. Ağır.	(%)	Çim.	U. Kül	Su	Agrega		
								İri	Orta	İnce
1099/2005	Referans		-	0.0	245	70	209	480	440	905
1105/2005	Midrange	1	1.160	0.8	245	70	186	480	440	905
1104/2005	Midrange	2	1.118	0.8	245	70	187	480	440	905
1103/2005	Midrange	3	1.140	0.8	245	70	187	480	440	905
1209/2005	Midrange	4	1.134	0.8	245	70	193	480	440	905
1119/2005	Midrange	5	1.220	0.8	245	70	183	480	440	905
1102/2005	Midrange	6	1.211	0.8	245	70	189	480	440	905
1100/2005	Midrange	7	1.145	0.8	245	70	187	480	440	905
1101/2005	Midrange	8	1.152	0.8	245	70	187	480	440	905
1123/2005	Referans		-	0.0	260	75	210	483	446	916
1128/2005	Süper	1	1.155	1.0	260	75	187	483	446	916
1127/2005	Süper	2	1.206	1.0	260	75	189	483	446	916
1126/2005	Süper	3	1.205	1.0	260	75	190	483	446	916
1210/2005	Süper	4	1.169	1.0	260	75	187	483	446	916
1129/2005	Süper	5	1.205	1.0	260	75	192	483	446	916
1125/2005	Süper	6	1.163	1.0	260	75	186	483	446	916
1124/2005	Süper	7	1.205	1.0	260	75	190	483	446	916

Not 1: Çizelgede verilen beton karışım oranları, agreganın doygun kuru yüzey(DKY) durumu için geçerlidir.

Not 2: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, katkılı deneme betonunun hava % si, sabit katkısız betona nazaran en çok hacimce %2 daha fazla olabilir.

Çizelge 5. Taze Beton Deney Sonuçları

Karışım No / Deney Yılı	Kimyasal Katkı Tipi	Firma No	s/ç	Taze Birim Ağırlık (kg/m ³)	Hava (%)	Çökme (mm) 0:00 0:30
1099/2005	Referans		0.66	2335	0.8	160 150
1105/2005	Midrange	1	0.59	2355	1.8	160 150
1104/2005	Midrange	2	0.59	2412	1.5	160 145
1103/2005	Midrange	3	0.59	2375	2.0	160 150
1209/2005	Midrange	4	0.61	2368	1.6	160 150
1119/2005	Midrange	5	0.58	2341	2.8	160 150
1102/2005	Midrange	6	0.60	2364	1.8	160 150
1100/2005	Midrange	7	0.59	2394	1.4	160 150
1101/2005	Midrange	8	0.59	2348	2.2	160 150
1123/2005	Referans		0.63	2360	0.8	150 140
1128/2005	Süper	1	0.56	2400	1.4	150 130
1127/2005	Süper	2	0.56	2404	1.2	150 130
1126/2005	Süper	3	0.57	2412	1.1	150 130
1210/2005	Süper	4	0.56	2345	1.8	150 120
1129/2005	Süper	5	0.57	2403	0.9	160 140
1125/2005	Süper	6	0.56	2394	1.3	150 130
1124/2005	Süper	7	0.57	2391	1.7	150 120

Çizelge 6. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

Karışım No / Deney Yılı	Kimyasal Katkı Tipi	Firma No	s/ç	Basınç Dayanımı (MPa)		
				2. gün	7. gün	28. gün
1099/2005	Referans		0.66	9.2	18.2	26.0
1105/2005	Midrange	1	0.59	12.1	23.9	32.2
1104/2005	Midrange	2	0.59	12.6	25.1	33.5
1103/2005	Midrange	3	0.59	11.9	23.7	31.2
1209/2005	Midrange	4	0.61	8.8	21.8	30.8
1119/2005	Midrange	5	0.58	9.5	21.9	31.0
1102/2005	Midrange	6	0.60	12.8	23.2	33.0
1100/2005	Midrange	7	0.59	13.6	25.7	34.7
1101/2005	Midrange	8	0.59	11.8	22.8	30.6
1123/2005	Referans		0.63	11.4	19.6	28.7
1128/2005	Süper	1	0.56	13.5	25.6	36.8
1127/2005	Süper	2	0.56	10.5	22.7	31.6
1126/2005	Süper	3	0.57	13.1	23.2	33.2
1210/2005	Süper	4	0.56	9.9	24.5	32.4
1129/2005	Süper	5	0.57	10.8	22.0	30.3
1125/2005	Süper	6	0.56	13.9	26.9	38.7
1124/2005	Süper	7	0.57	15.4	26.9	37.7

Not: Firma 8'e ait süper akışkanlaştırıcı numunesi temin edilemediğinden test edilememiştir.

Beton karışımlarının sağlaması gereken kriterleri aşağıda belirtilmiş olup, deney sonuçları normal ve süper akışkanlaştırıcı katkı için sırasıyla Çizelge 7 ve 8'de özetlenmiştir.

Çizelge 7. Normal Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Yeterlilik Deney Sonuçları

Kimyasal Katkı Tipi	Firma No	Taze Betonda Su Azaltma (%)	Sertleşmiş Betonda Dayanım Artışı (%)
Midrange	1	11.00	124
	2	10.52	129
	3	10.53	120
	4	7.60	118
	5	12.44	119
	6	9.56	127
	7	10.53	133
	8	10.52	118

Not 1: Taze betonlarda normal akışkanlaştırıcı katkı kullanılan deneme betonu, sabit betona kıyasla en az % 5 su azaltmalıdır[7].

Not 2: Sertleşmiş betonlarda normal akışkanlaştırıcı katkıya ait deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, sabit betonun en az % 110'u kadar olmalıdır[7].

Çizelge 8. Süper Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Yeterlilik Deney Sonuçları

Kimyasal Katkı Tipi	Firma No	Taze Betonda Su Azaltma (%)	Sertleşmiş Betonda Dayanım Artışı (%)
Süper	1	10.95	128
	2	10.00	110
	3	9.52	116
	4	10.95	113
	5	8.57	106
	6	11.42	135
	7	10.95	131

Not 1: Taze betonlarda süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan deneme betonu, sabit betona kıyasla en az % 12 su azaltmalıdır[7].

Not 2: Sertleşmiş betonlarda süper akışkanlaştırıcı katkıya ait deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, sabit betonun en az % 115'i kadar olmalıdır[7].

Yukarıda belirtildiği gibi 2005 yılı sonu ile 2006 yılının ilk aylarında test edilen süper akışkanlaştırıcı beton katkılarında TS EN 934-2 de minimum

öngörülen % 12 su azaltma yüzdesi, 8 ayrı katkı numunesi test edilmesi sonucunda hiçbir süper akışkanlaştırıcının ilgili standartta aranan limit değeri sağlayamadığı görülmüştür.

Firma 2, 4, 5'in süper akışkanlaştırıcı ürünlerinde katkıli deneme betonuna ait 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun en az % 115'i kadar olması ilkesini yerine getirememiştir.

Normal akışkanlaştırıcı kullanılan çeşitli beton sınıfındaki taze beton numunesine ait Firma 5, ve Firma 8'e ait laboratuvar karışımlarında max % 2 olması gereken hava yüzdeleri öngörülen limit değerin üzerinde tespit edilmiştir.

Öte yandan, bildiri metnini daha fazla uzatmamak amacıyla verilemeyen hiper akışkanlaştırıcı beton katkılarının laboratuvar testlerinde, çökme değeri tespiti sonunda kimyasal katkı kesilerek betonda agrega segregasyonu oluşmakta el küreğinin beton içine sokulmasını zorlaştıracak ölçüde betonun sertleşmesi sıkça rastlanan bir durum olarak tespit edilmiştir. Bu sorun katkı üreticilerine iletilmesi sonucunda çeşitli stabilizatörlerle aranan beton kıvamı ancak sağlanabilmiştir. Hiper akışkanlaştırıcıların kullanıldığı betonlarda 65-75 cm olarak beklenen betonun yayılma değeri, kullanılabilir katkı türlerinde bile ancak 15-25 cm civarında sağlanmaktadır. Bazı hiper akışkanlaştırıcılarda ise yüksek yayılma değerine karşın betonda çıplak gözle fark edebilecek şekilde bir faz/ayırışma tespit edilmiştir.

Deneyisel çalışmalarının değerlendirilmesi sonucunda, 2005 yılının en son ayında yapılan deneylerde, farklı beton sınıflarına ait kullanılan çimento doz miktarlarının 2006 da dökülen her bir beton sınıfı için kullanılan çimento miktarı arasında önemli farklılıklar olduğu, çimento miktarlarının birim m³ te arttığı somut bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Bu sonuç, çimentoların Mayıs 2006 tarihi itibarıyla eski niteliğinde olmadığı, çimento fabrikası kompozisyonunu değiştirdiği çimentoya ait değişiklikleri genel olarak ilgili hazır beton firmasına iletmekten kaçınmaları nedeniyle değişen çimento niteliği ile katkı arasında uyum problemleri ortaya çıkarmaktadır.

Çimento bileşenlerindeki değişikliğinin hazır beton firmasına iletilmiş olması halinde bir m³ betondaki artırılacak çimentodan dolayı katkı oranı da artırılıp yeterli işlenebilirlik sağlanacak, çimentonun bileşenlerinin değişmesi nedeniyle olumsuz etkilenen beton mukavemetinin sağlanması için hazır beton firmasınca doz miktarı artırılarak beton basınç dayanımlarında beklenmedik düşüşler olmayacaktır.

Ayrıca çimento üretici ve tüketicisi çimento nihai dayanımını, Avrupa Topluluğuna üye ülkelerde yaygın bir şekilde uygulanan “Çimentolara ait basınç dayanımı değerleri, her test sonucunda sınıf dayanımından yaklaşık 10.5 N/mm² daha büyük olmalıdır.” yaklaşımına göre değerlendirmelidir [8]. Bu belirlemeye göre çimentolar 28. gün itibarıyla her bir sınıf dayanımına göre;

CEM 32.5..... 43 N/mm²

CEM 42.5 53 N/mm²

CEM 52.5..... 63 N/mm²

seviyesinde basınç dayanım değeri vermeli ve bu değerlerin en küçüğü 40 N/mm², en büyüğü 70 N/mm² olmalıdır.

Yapı stokunun küçümsenmeyecek bir oranda deprem tehdidi altında bulunan ülkemizde konuya yaklaşımın ise standartlarımızın uyumlaştırıldığı Avrupalı beton üreticisi ve tüketicisinden daha ciddi olmalıdır. Kimyasal katkıların bir beton karışımındaki ağırlıkça rolü, % 0.14 olmasına karşın betonda meydana gelebilecek sorunlarda öncelikle kimyasal katkının masaya yatırılması insaf ölçülerine sığmamaktadır. Bunun yerine beton karışımındaki ana yapı malzemesi olan çimentonun irdelenmesinin yararlı olacağı yapılan günlük deneylerle somutlanmıştır.

Bunun yanında beton üretiminde kullanılması gereken her tür katkının çimento ile uyumunun araştırılması, kullanım öncesinde ilgili üretici firmadan ürüne ait beyan değerlerinin uygunluk / yeterli testlerinin yapılması, beton üretiminde olmazsa olmaz bir koşul olarak algılanmalıdır.

Ne yazık ki bu durum kaliteli beton üretme işinde hala normal ve süper akışkanlaştırıcı katkıların yaygın bir şekilde kullanımını sağlamakta, kendinden yerleşen betonlarda kullanılan katkıların henüz normal beton üretiminde tercih edilebilecek bir optimizasyonu sağlayamadığını ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca laboratuvarımızda yapılan araştırmalarda, beton üretiminde normal antifriz kullanımının anormal hava koşullarında betonu çevre koşullarına karşı yeterince koruyamaması nedeniyle giderek yerini priz hızlandırıcı katkılara bırakması gerektiği, priz hızlandırıcı katkıların beton santralinde üretilmesinin ardından şantiyeye taşınması esnasında 2 - 4 cm çökme değeri kaybettiği, bunun işlenmede önemli sorunlar çıkardığı yapılan günlük kontrollerde tespit edilmiştir. Söz konusu çökme kaybı ,priz hızlandırıcıya ilaveten % 0.5 normal akışkanlaştırıcı kullanılarak giderilmiştir.

Bu nedenle katkı firması üreticileri, kendi ARGE’ lerince verilmiş olan beyan değerleri yanında çeşitli hazır beton firmalarınca tespit edilen değerlere

de itibar ederek kendi ürünlerinin yeterlik testlerini yapmalı, sonuçlarını ilgili beton üreticisine bir daha beyan etmelidir.

Bu nedenle Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, tüketici talepleri doğrultusunda ülke çapında çimento üretici kuruluşlarına periyodik düzenlenecek olan kalite kontrol denetimlerini başlatmış olması tüketici açısından olumlu bir gelişme olarak algılanabilir.

KAYNAKLAR

- 1) TS EN 206-1 Nisan 2002 “Beton Bölüm 1 Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”
- 2) Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’nca “Yapı Malzemeleri Yönetmeliği Kapsamında Olup CE İşareti Taşınması Mecburi Olmayan Yapı Malzemelerinin Tâbi Olacakları Ulusal Düzenlemeler Hakkında Tebliğ”i İçeren 06.12.2006 Tarih Ve 26368 Sayılı Resmi Gazete
- 3) “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliği”, 06.03.2007 Tarihli Resmi Gazete(son yürürlük tarihi)
- 4) TS 706 EN12620 Nisan 2003 “Beton Agregaları”
- 5) TS 802/T2 “Beton Karışım Hesapları”
- 6) TS EN 480-1 06.02. 2002 “Kimyasal katkılar –Beton Harç ve Şerbet için Deney etotları, Bölüm 1: Deneyler için Şahit Beton ve Şahit Harç
- 7) TS EN 934-2 Mart 2002 “Kimyasal katkılar –Beton harç ve Şerbet için Bölüm 2 Beton Katkıları Tarifler, Özellikler,Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme”
- 8) Bauberatung Zement Beckum-Betomix-ein Program zur Überprüfung von Beton – Mischungsberechnungen(1998)

KÜTAHYA İLİNDE SERAMİK KAPLAMA İŞLERİNDE YAPI KİMYASALLARI VE KULLANICI PROFİLLERİ

¹Yılmaz Koçak

Öğr. Gör.

Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
Meslek Yüksekokulu, İnşaat
Bölümü
Kütahya, Türkiye

²Bülent YILMAZ

Yrd. Doç. Dr.

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Seramik Mühendisliği
Bölümü
Kütahya, Türkiye

³Atila DORUM

Doç. Dr.

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü
Ankara, Türkiye

ÖZET

Günümüzde Yapı üretiminde seramik kaplamacılığı önemli bir meslek dalı olarak yer almaktadır. Seramik kaplamacılığında en önemli malzeme, yapı kimyasalları olarak adlandırılan seramik yapıştırıcıları ve derz dolgularıdır. Yapı kimyasallarının tercihini, büyük oranda kullanıcılar belirlemektedir. Dolayısı ile kullanıcıların bu malzemelere bakış açısı sektörel gelişme açısından önem taşımaktadır.

Bu araştırmada; sektöre kaynak oluşturma açısından Kütahya ilinde seramik yapıştırma ve derz dolgu malzemeleri kullanıcılarının eğilimleri, mesleki teknik bilgi ve donanımlarını belirlemek üzerine hazırlanmış 29 soruluk anket çalışmasının sonuçlarını içermektedir. Anket çalışmasında 60 uygulamacıya ulaşılabilmektedir.

Sonuç olarak; yapı kimyasalları ve seramik üreticilerin, hem ürün talebinin hem de kaliteli bir yapının gerçekleştirilebilmesi için, kullanıcılara yönelik daha aktif ve planlı bir tanıtım çalışması yapmaları önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Seramik Yapıştırma Malzemeleri, Yapı Kimyasalları, Derz Dolgu Malzemesi.

GİRİŞ

Her ülkede inşaat sektörü, mal, hizmet ve iş gücü açısından ekonomilerde önemli bir yer alır. Türkiye’de de toplam yatırımların yaklaşık %50’sini inşaat sektörü oluşturmaktadır. İnşaat sektörünü kendisine bağlı 200 den fazla alt sektör, doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir[1].

Yapı ve kimya sektörlerinin doğrudan alt sektörü konumundaki yapı kimyasalları, beton ve harç katkıları, su izolasyon, ısı izolasyon, yüzey kaplama bağlayıcıları, derz dolgu, tamir harçları ve zemin kaplamaları gibi konuları kapsar[2].

Ülkemizde yapı seramiklerinin 2005 yılı içindeki ürün satışı ithal seramikler hariç 135 milyon m² olarak gerçekleşmiştir[3]. Seramik yapıştırma harcı ile 1 m² seramik yapıştırmak için; uygulanacak yüzey ve harç kalınlığına, seramik boyutlarına ve ürün özelliklerine bağlı olarak 2-6 kg arasında malzeme gerekmektedir[4-7]. Derz dolgu malzemelerinde ise yine seramik boyutlarına, derz aralıklarına ürün özelliklerine bağlı olarak bu miktar 0,4-1,5 kg arasında değişmektedir. Bu miktar geniş derzler ve yüksek performans gerektiren derzler için yaklaşık 4 kg değerine kadar ulaşabilir[4-7]. Bu değerler göz önüne alındığında, seramik ve seramik kaplamacılığında kullanılan yapı kimyasalları, sektöründe önemli bir yer alır.

Seramik kaplama malzemeleri yer ve duvar kaplamasında kullanılan, seramikten yapılmış kaplama malzemeleridir[1]. Türkiye’de çoğunlukla seramik yer karolarına “seramik karo”, duvar karolarına “fayans” denilmektedir[3,8]. Yer ve duvar seramikleri (karoseramik, karofayans ve granit seramikleri), binaların iç ve dış mekanlarında çeşitli ihtiyaçlara cevap verebilecek şekilde kaplama, koruma ve dekorasyon amaçlarına yönelik olarak kullanılmaktadır. Yer ve duvar seramiklerinin kullanımı inşaat sektörünün durumuna, sektörde uygulanacak politikalara, ülkedeki kentleşme düzeyine ve bu konudaki gelişmelere bağlıdır.

Seramik kaplamanın uzun ömürlü ve sağlıklı olabilmesi için, ortam koşulları, yerleştirme aşamasındaki işçilik, yapıştırma ve derz dolgu malzemesinin kalitesi de vazgeçilmez bir unsur olarak görülmektedir.

Araştırmamızın konusunu oluşturan seramik yapıştırıcıları, seramik ve karoların sağlıklı bir şekilde zemine veya duvar yüzeyine yapıştırılması için çok önemlidir. Aynı öneme sahip olan bir diğer malzeme ise derz dolgu malzemeleridir. Derz dolgu malzemelerinin, birleştirilen yüzeyler arasında bağlı hareketlere izin vermeleri için belirli ölçüde plastik veya esnek kalmaları beklenir. Aynı zamanda dolgu malzemesinin kaybını veya sızdırmayı önlemek için dolguların yüzeylere sağlam olarak yapışması gerekir. Buna ilave olarak normal sıcaklık değişimlerinde çatlama akma kabarma veya dışı sızma olmamalıdır.

AMAÇ

Bir ürün hakkında detaylı bilgiye sahip olmak kaliteli bir uygulama için zorunludur. Sadece kaliteli ürün, kaliteli bir yapım anlamına gelmez. Kaliteli bir yapımın sağlanması için imalattan ürüne kadar olan basamaklar incelenmeli, sorunlar ve çözüm önerileri belirlenmelidir.

Bu amaçla; sektöre kaynak oluşturma açısından Kütahya ilinde seramik yapıştırma ve derz dolgu malzemeleri kullanıcılarının eğilimleri, mesleki teknik bilgi ve donanımlarını belirlemek üzerine bir araştırma yapılmıştır.

MATERYAL

Bu araştırmada Kütahya ilindeki seramik ustaları arasında bir değerlendirme yapılmıştır. Bu araştırmanın verileri 15 Ekim - 10 Kasım 2006 tarihleri arasında toplanmıştır. Kütahya ilinde çalışan; yaşları 19 ile 54, tecrübeleri ise 2 ile 30 yıl arasında değişen 60 usta, araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır.

YÖNTEM

Araştırmada verilerin objektif olarak toplanması ve analizlerinin yapılabilmesi için kullanılacak veriler anket yoluyla toplanmıştır. Bilgi toplama aracı olarak kullanılan anket, seramik kaplamacılığının vazgeçilmez öğeleri olan seramik yapıştırma harcı ve derz dolgu malzemelerine olan talebi ortaya çıkaracak ifadeler ile sınırlanmıştır.

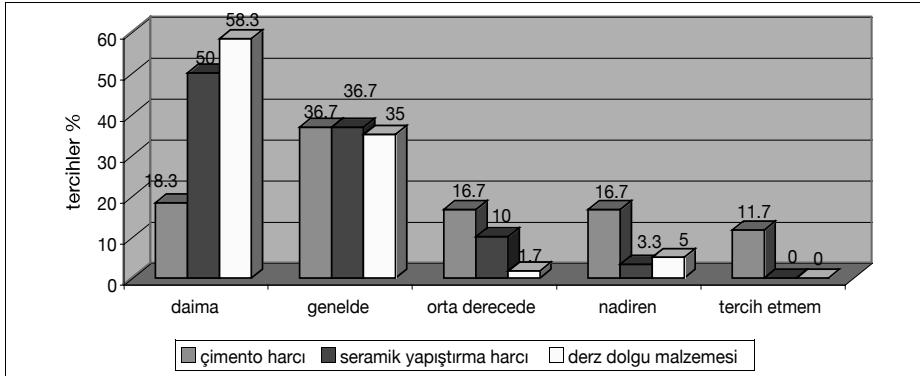
Anket soruları; ustaların mesleki tecrübeleri, yaşı, tercih nedenleri, malzeme bilgileri vb. gibi özellikleri içeren 29 sorudan oluşmaktadır. Bunun ilk 3 sorusu kişisel bilgilere ulaşmak üzere olmuş, son 26 sorusu ise araştırmanın amacını gerçekleştirmek üzere sorulmuştur. Konu ile ilgili anket soruları hazırlanırken anlaşılır olmasına, ustaların tercihlerinin birden fazla nedenden oluşabileceği düşünülerek kısıtlayıcı olmamaya çalışılmış ve gerekli yerlere açıklamalar eklenmiştir.

Anket sorularının değerlendirilmesinde SPSS 11 paket programı kullanılmıştır. Anket sorularının güvenilirlik analizi yapılmış ve oldukça güvenilir olduğu tespit edilmiştir ($\alpha = 0,686$).

BULGULAR

Yapılan anket sonuçlarına göre; araştırmaya katılan ustaların %23,3'ü ilkökul, %28,3'ü ortaokul, %46,7'si lise ve % 1,7 si de üniversite mezunudur. Ankete katılanların % 51,7 sinin mesleki bilgilerini arttırabilmek için seminere katıldığı, %48,3'ünün ise katılmadığı sonucu elde edilmiştir.

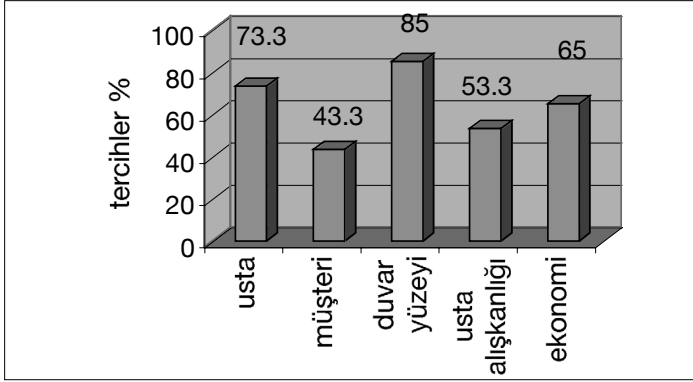
Ankette; ustaların geleneksel uygulama ve gelişmiş uygulama tercihleri araştırılmış ve bununla ilgili sonuçlar şekil 1'deki sütun grafiğinde gösterilmiştir.



Şekil 1. Geleneksel uygulama ve gelişmiş uygulama tercih oranları

Sonuçlar incelendiğinde ustaların geleneksel uygulamadaki çimento harcı için tercih oranları, 1. önem sırasında (daima) %18,3 de kalırken, gelişmiş uygulamadaki seramik yapıştırma harçları %50, derz dolgu malzemeleri ise %58,3 olmuştur. 2. önem sırasında (genelde) ise sırasıyla %36, %36 ve %35 oranları elde edilmiştir.

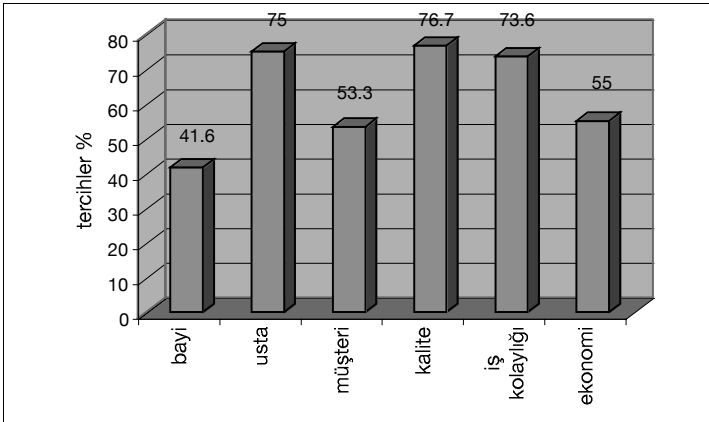
Anketimizde çimento harcı kullananların daima ve genelde cevapları, toplamda %55'dir. Bu rakam modern inşaat teknikleri ve malzemeleri düşünüldüğünde küçümsemeyecek bir rakamdır. Bunun nedenlerini araştırmak için sorulan sorulardan daima ve genelde cevapları esas alınarak hazırlanan sütun grafiği şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çimento harcı için tercih oranları

Grafik incelendiğinde kullanım nedenleri önem sırasına göre; %85 ile duvar yüzeyi bozuklukları, %73,3 ile usta tercihi, %65 ile ekonomi, % 53,3 ile usta alışkanlığı ve % 43,3 ile müşteri olduğu görülmektedir.

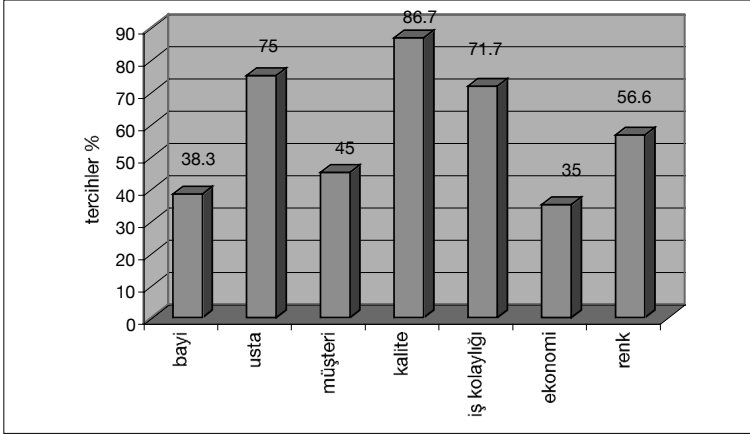
Anketimizde seramik yapıştırma harcı kullananların daima ve genelde cevapları toplamda %86,7'dir. Bu oran ustaların geleneksel metoda göre, gelişmiş metodu kullanmakta olduklarını göstermektedir. Tercih nedenlerini araştırmak için daima ve genelde cevapları esas alınarak sütun grafiği şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Seramik yapıştırma harcı için tercih oranları

Grafikten de görüleceği gibi kullanım nedenleri önem sırasına göre; %76,7 ile kalite, %75 ile usta tercihi, %73,6 ile iş kolaylığı, % 55 ile ekonomi, % 53,3 ile müşteri ve % 41,6 ile bayi olduğu tespit edilmiştir.

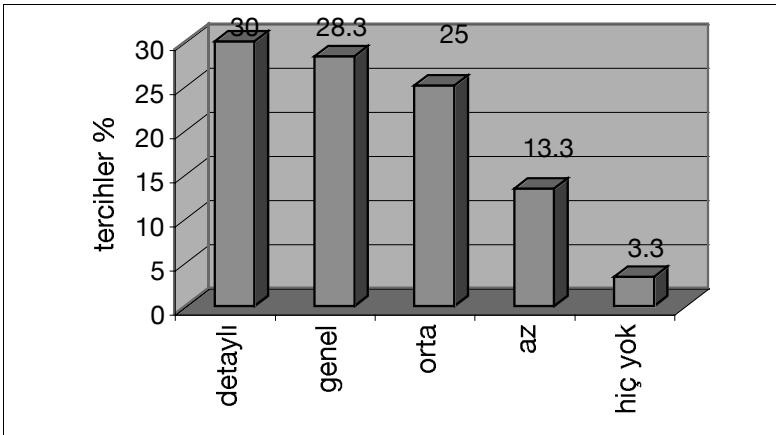
Araştırmamızda derz dolgu malzemesi kullananların daima ve genelde cevapları toplamda %93,3 olduğu belirlenmiştir. Tercih nedenleri, daima ve genelde cevapları esas alınarak şekil 4'de gösterilmiştir.



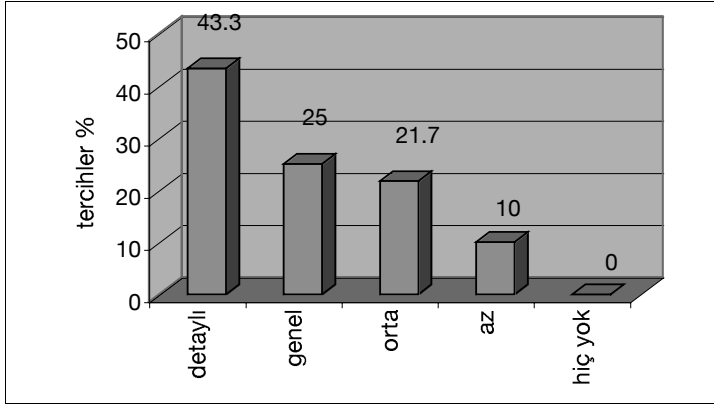
Şekil 4. Derz dolgu malzemesi için tercih oranları

Grafikten de görüleceği gibi kullanım nedenleri önem sırasına göre; %86,7 ile kalite, %75 ile usta tercihi, %71,7 ile iş kolaylığı, % 56,6 ile renk, %45 ile müşteri, % 38,3 ile bayi ve % 35 ile ekonomi olduğu tespit edilmiştir.

Ustaların seramik yapıştırma harcı ve derz dolgu malzemeleri hakkındaki bilgilerinin seviyesi araştırılmış ve sonuçlar şekil 5'de ve şekil 6'da gösterilmiştir.



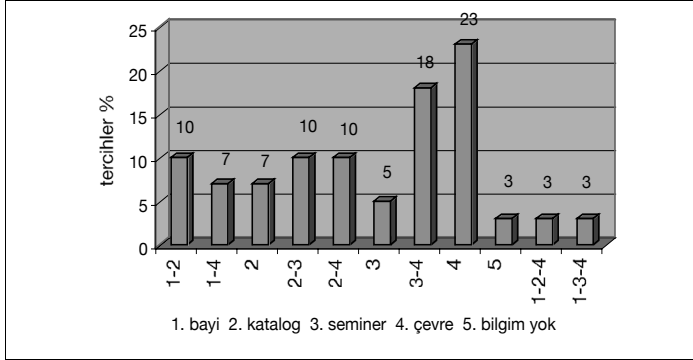
Şekil 5. Ustaların seramik yapıştırma harcı ile ilgili teknik bilgileri



Şekil 6. Ustaların derz dolgu malzemeleri ile ilgili teknik bilgileri

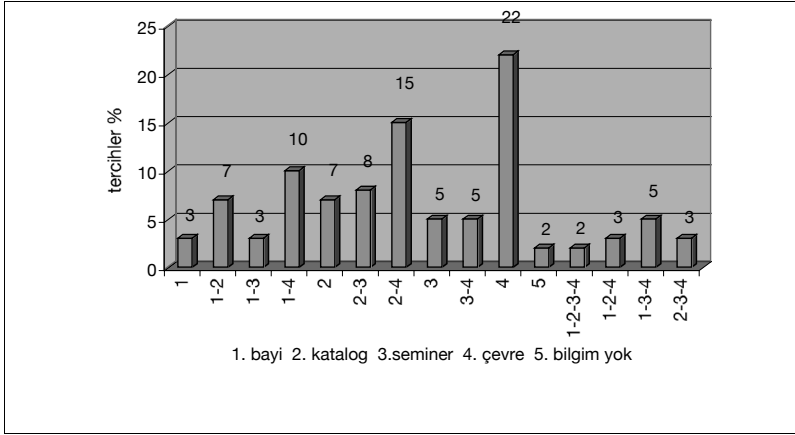
Sütun grafikleri incelendiğinde seramik yapıştırma harcı ve derz dolgu malzemeleri ile detaylı bilgi ve genel bilgilerinin toplamının sırasıyla % 50,3 ve 78,3 oranlarında olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda ustaların tercih ettikleri bu yapı kimyasalları hakkındaki bilgileri öğrendikleri kaynak veya kaynaklar, şekil 7'de ve şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 7. Ustaların Seramik yapıştırma harcı ile ilgili bilgi kaynakları

Seramik yapıştırma harcı ile ilgili sütun grafiğinde görüldüğü gibi % 23 gibi küçümsenmeyecek bir oranla bu bilgilerin çevreden yani kulaktan dolma öğrenildiği, % 18 seminer ve çevreden öğrenildiği; teknik anlamda, yani katalog ve seminerlerden bilgi edinenlerin toplamı ise en iyimser bakışla bile %66 olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Ustaların derz dolgu malzemeleri ile ilgili bilgi kaynakları

Derz dolgu malzemeleri ile ilgili sütun grafiğinde görüldüğü gibi % 22 gibi küçümsenmeyecek bir oranla bu bilgilerin çevreden öğrenildiği, bunu % 15 ile katalog ve çevre etkenleri izlemektedir; teknik anlamda, yani katalog ve seminerlerden bilgi edinenlerin toplamı ise %63 olduğu görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan anket çalışmaları sonucunda kullanıcıların yapı kimyasallarına bakış açıları, tercih nedenleri, ürünler hakkındaki bilgi seviyeleri gibi özellikler belirlenmiş ve ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Elde edilen bulgulara göre ustaların seramik yapıştırma harcı ve derz dolgu malzemeleri hakkında detaylı bilgi ve genel bilgileri araştırılmış ve sırasıyla % 50,3 ve 78,3 oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgileri sadece çevreden yani kulaktan dolma öğrendim ve bilgim yok diyenlerin oranı, her iki kimyasalda da yaklaşık % 25 gibi küçümsenmeyecek bir değerdir.

Yine ilginç olan bir konu ise ankete katılanların; %51,7 oranında seminere katıldığı, ancak bu yapı kimyasalları ile ilgili bilgilerini %38,3 ve % 31,7 oranında seminerden elde ettikleri oranı belirlenmiştir. Buradan da seminerlerin daha verimli hale getirilmesi için verimlilik araştırmasının yapılmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

Anketimizde her üç malzemenin de kullanıcılar için önemi, daima ve genelde soruları ile ölçülmeye çalışılmıştır. Çimento harcı kullananların %55, seramik yapıştırma harcı kullananların %86,7 ve derz dolgu malzemeleri kullananların %93,3 oranında önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Çimento harcı kullananların daima ve genelde cevaplarının toplamda %55 oranında olması, modern inşaat teknikleri ve malzemeleri düşünüldüğünde küçümsenmeyecek bir orandır. Bunun nedenlerini araştırmak için hazırlanan sorulardan ilk iki sırada %85 ile duvar yüzeyi bozuklukları, %73,3 ile usta tercihi olduğu tespit edilmiştir. Yapı kimyasallarının kullanımı ve kaliteli bir yapım gerçekleştirmek için, daha duvar ve sıva aşamasında konuya yaklaşmak ve ustalara ürünler hakkında detaylı bilgi vererek tercih aşamasında yönlendirmenin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda seramik yapıştırma harcı kullananların tercih nedenleri, önem sırasına göre; %76,7 ile kalite, %75 ile usta tercihi, %73,6 ile iş kolaylığı olarak tespit edilmiştir. Derz dolgu malzemesi kullananların kullanım nedenleri ise önem sırasına göre; %86,7 ile kalite, %75 ile usta tercihi, %71,7 ile iş kolaylığıdır.

Sonuçlardan her iki kimyasalda da en önemli etkenin, kalite ve usta tercihi olduğu görülmektedir. Bu da, ürün kalitesinin her zaman en üst seviyede tutulmasının ve ustaların bilgilendirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Kısaca sadece kaliteli bir ürün ya da kaliteli bir usta mükemmel bir yapım için yeterli değildir. Bu amaçla üretici, mal sahibi, usta vb gibi ilgililer arasında koordinasyonun sağlanmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. İntes, Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası, 2004 Yılı “İnşaat Sektörü” Raporu, yapı.com.tr., 2005.
2. Özdamar, Z., Yavuz, B., Türk Yapı Sektörü Raporu, Yapı Endüstri Merkezi İstanbul, 2005.
3. Seramik Kaplama Malzemeleri Sektörü Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 2006.
4. Sika Ürün Klavuzu, Sika Yapı Kimyasalları A.Ş., S. 59-61, İstanbul.
5. Weber Marker Çözüm Rehberi, Weber Marker Yapı Kimyasalları A.Ş., S. 64-77, 80-89, İzmir, 2003.
6. <http://www.degussa-cc.com.tr/DCCTurkey/Tr/Products/>, 01.11.2006.
7. <http://www.kalekim.com/>, 01.11.2006.
8. Kafalı, M. A., Seramik Yer Ve Duvar Kaplamaları, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Sektörel Araştırmalar, Ankara, Mayıs 2005.