

ESKİŞEHİR'DE HAZIR BETON ÜRETİMİNDE KULLANILAN KATKI MADDELERİNİN SERTLEŞMİŞ BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

İlker Bekir TOPÇU, Burak IŞIKDAĞ, Özgür TATAR

Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batı Meşelik, Eskişehir

Geliş Tarihi : 26.04.2005

ÖZET

Bu çalışmada Eskişehir'de bulunan farklı beton santrallerinde anketler yapılmıştır. Anketler yardımı ile beton üretiminde kullanılan kimyasal katkı hakkında bilgi toplanmıştır. Üretilen betonların basınç dayanımları değerlendirilerek, betonlarda farklı tür ve miktarlardaki kimyasal katkı kullanımının sonuçları incelenmiştir. Araştırmaların sonucunda betona aynı özellikleri kazandırmak için kullanılan kimyasal katkıların birbiriyle karşılaştırılması yapılmış ve ortam koşullarına göre betona farklı nitelikler kazandırdığı belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar bu değişikliklerin en çok ortam koşullarından (mevsim, sıcaklık v.s.) kaynaklandığını göstermiş ve kullanıcıları araştırılan katkıları mevsimlik kullanıma göre sınıflandırmaya yönlendirmiştir.

Anahtar Kelimeler : Kimyasal katkı, Dayanım, Akışkanlaştırıcı, Sertleşmiş beton

EFFECTS OF CHEMICAL ADMIXTURES ON SPECIALITIES OF HARDENED CONCRETE USED IN READY CONCRETE PRODUCTION IN ESKİŞEHİR

ABSTRACT

In this study polls were taken from different ready mixed concrete firms in Eskişehir. Chemical admixtures used in concrete production were investigated according to the polls, and some information about chemical admixtures was obtained. Compressive strengths of concrete specimens manufactured by ready mixed concrete firms were evaluated, and results were investigated due to different types and proportions of admixtures used in concrete. Chemical admixtures were compared to each other at the end of the investigation, and the results showed, chemical admixtures gain concrete different characteristics according to various environmental conditions. The past investigations showed that the differences between chemical admixtures were most occurred owing to environmental conditions (season, temperature etc.), and chemical admixtures were classified according to seasons by users.

Key Words : Chemical admixtures, Strength, Plasticizer, Hardened concrete

1. GİRİŞ

İnşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanılan beton, ucuzluğu ve kolay üretilebilir olması nedeniyle günümüzde en çok tercih edilen yapı malzemesidir. Beton katkı maddeleri ise betona

üretim sırasında su, agrega ve çimento dışında küçük miktarlarda, betonun niteliklerinde istenilen yönde değişiklik sağlamak için katılan kimyasal maddeler olarak tanımlanabilir (Topçu, 1996).

Kimyasal katkıları betonun taze ve sertleşmiş özelliklerini değiştirmek amacıyla kullanılırlar. Betonda çimento kütlelerinin % 5'ini aşmayacak

oranda kullanılmaları gerekmektedir (Kandemir, 2003). Kimyasal katkı maddelerinin en yaygın olarak kullanılanı akışkanlaştırıcılar ise uygulamada s/ç oranını azaltarak daha yüksek dayanıma ulaşmak, kütle betonlarında hidrasyon ısısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması veya aynı işlenebilmeyi elde edebilmek ve kolay yerleşmeyi sağlamak amaçlarıyla kullanılırlar (Uyan, 1985; Akman, 1987). Akıcılığın sağlanabilmesi için akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılmaktadır (Aydın, 1996). Kimyasal katkıların kullanılmasına yönelik çalışmalarda süper akışkanlaştırıcı kullanılan betonlarda uygun katkı miktarı sağlanmadığında işlenebilirlik ve karışımda ayrışma problemleri ortaya çıkmaktadır (İnan G., 2004). Yapılan çalışmalarda ve deneyler ile süper akışkanlaştırıcı katkıların geçirimsizlik sağlayan katılara göre daha etkin olduğu görülmüştür (Yıldırım, 2003). Betonda donatı korozyonunu önlemek için betona katılan katkıların donatı ömrünü arttırmada oldukça etkili olduğu da çalışmalarda görülmüştür. (Monticelli, 2000). Özellikle soğuk ve sıcak havalarda priz hızlandırıcı ve geciktirici katkı maddelerinin betonun priz sürelerini değiştirerek betonda işlenebilirliği kolaylaştırır (Altun, 2004). Betonun donma çözülme dayanıklılığını arttırmak için kullanılan hava sürükleyici katkıların etkinliği donma çözülme tekrar sayısı arttıkça artmaktadır. Donma çözülme dayanıklılığını eğilme dayanımı deneyleri daha iyi göstermektedir (Şahin, 2003). Renklendirici katkıları ise prizi geciktirme, işlenebilmeyi arttırmakta, rötreyi azaltmakta ve eğilme dayanımlarını artırırken basınç dayanımlarını azaltmaktadırlar (Karagüler, 2004).

Beton teknolojisinin geri olduğu yıllarda kimyasal katkıları bulunmadığı için betona farklı özellikler kazandırılmak amacıyla karışımın bileşen miktarları değiştirilmekteydi. Bu durum betonda olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına neden oluyordu. Betona kazandırılmak istenen en önemli özellik işlenebilirliktir. İşlenebilirlik su/çimento oranının artırılması sonucu artar. Fakat bu durum betonda önemli dayanım kayıplarına neden olur ve beton dayanımının azalması gibi sonuçlar meydana gelir. Betonda su/çimento oranının artırılması yerine akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanmak betonun daha kaliteli olmasını sağlayacaktır. Günümüzde beton karışımlarında kullanılmak üzere çeşitli akışkanlaştırıcı kimyasallar geliştirilmiştir. Ayrıca ortam koşullarına bağlı olarak kaliteli beton üretmek ve üretimde zaman kazanmak için priz geciktirici ve hızlandırıcı katkıları gelişen teknoloji içerisinde yerini almıştır (Erdoğan, 2003). Santrallerinde en çok kullanılan kimyasal katkıları akışkanlaştırıcılarıdır. Kimyasal katkıların kullanım yaygınlığı ve talebin fazla olması, bu kimyasalların

diğer kimyasallara oranla daha fazla araştırılması ve geliştirilmesi durumunu ortaya çıkarmıştır. Sonuçta farklı akışkanlaştırıcıları geliştirilmiş ve elde edilen akışkanlık derecesine göre normal, orta ve süper akışkanlaştırıcıları olarak sınıflandırılmışlardır.

Normal akışkanlaştırıcı maddeler lignin sülfonatlar, şekerler, glukonatlar ve hidrokarboksili asitler kullanılarak elde edilen katkı türleridir. Kullanım esasına göre betonda su kullanımını % 5 ile 10 arasında azaltan ve çimento ağırlığının % 0.2 ile 0.5 oranları arasında katılan akışkanlaştırıcılarıdır (Anon., 2002). Orta akışkanlaştırıcıları belirli bir standartı yoktur, normal akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcıları arasında bir değere sahip olduğu düşünülebilir. Normal akışkanlaştırıcıları için standartların her ikisinde bir günde herhangi bir dayanım artışı istenmez iken 7 ve 28 günlük dayanımlarda en az % 10 artış yeterli görülmektedir. Normal ve süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılan betonlardaki dayanım artış farkı zaman ile ters orantılı olarak değişir (Erdoğan, 1997).

Süper akışkanlaştırıcıları ise akışkanlaştırıcıları içerisinde en çok kullanılan ve yaygın kullanım alanına sahip olan akışkanlaştırıcı türüdür. Katkı maddeleri sık donatıya sahip bir yapıda betonun döküm aşamasında yerleşme sağlaması için tercih edilirler (İnan, 2004). Yüksek dayanımlı betonlar üretilirken süper akışkanlaştırıcıları gerek duyulmaktadır. Kimyasal içeriğinden dolayı betonun erken dayanımını arttırdıklarından özellikle prefabrikasyon endüstrisinde kullanımı tercih edilmektedir. Ayrıca bu özelliğinden erken kalıp alınması gereken işlerde kullanılmakta ve dolayısıyla zaman kazanımları sağlamaktadır (Topçu, 2005). Süper akışkanlaştırıcıları betonda su kullanımını % 15 ile 30 arasında azaltır.

2. YÖNTEM

Kimyasal katkıları daha çok işlenebilirliği arttırmak, s/ç oranını azaltmak, pompalanabilirliği kolaylaştırmak, yüksek dayanımlı beton üretmek, soğuk ve sıcak hava koşullarında betonun korunması ve iyi bir performans göstermesi amaçlarıyla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada genellikle C20 kalitesindeki betonlarda orta akışkanlaştırıcı katkıları, C25 kalitesindeki betonlarda ise süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanıldığı görülmüştür. Orta ve süper akışkanlaştırıcıları kullanıldığı betonların 28 günlük beton dayanımları arasında önemli bir fark bulunmaktadır. Standartlar, süper akışkanlaştırıcıları kullanılarak üretilmiş betonda, katkı kullanılmadan üretilmiş betona göre; 1 günlük dayanımda en az % 40 artış olmasını isterken, 28

günlük dayanımda en az % 10-15 artış olmasını istemektedir. (ASTM C 494 ve EN 934-2).

Bu çalışmada Eskişehir’de bulunan A, B ve C hazır beton firmalarında araştırmalar yapılmıştır ve beton üretiminde kullanılan kimyasal katkı malzemeleri incelenmiştir. C hazır beton firmasından alınan verilere göre 300 dozajlı C20 betonunun 7 günlük ve 28 günlük dayanımları orta akışkanlaştırıcı kullanılarak sırası ile 24 ve 32 MPa, 350 dozajlı C20 betonun 7 ve 28 günlük dayanımları ise süper akışkanlaştırıcı kullanılarak sırası ile 30 ve 35 MPa olarak hesaplanmıştır. Süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılarak üretilmiş olan C25 betonunda orta akışkanlaştırıcı katkı kullanılarak üretilmiş C25 betonuna göre dayanım % 12-20 daha fazla görülmüştür. Aynı koşullarda ve eşit dozajlarda, aynı oranlarda orta akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılarak beton karışımları hazırlanmıştır. Beton basınç dayanımları orta akışkanlaştırıcı yardımı ile 1. günde 13, süper akışkanlaştırıcı ile 16 ve 28. günde ise sırası ile 17 ve 18 MPa olarak bulunmuştur. Orta ve süper akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların dayanımları arasında ilk gün önemli fark görülmemiştir. 28. gündeki dayanımında ise daha az fark

görülmektedir. Anket sonuçlarına ve santrallerden alınan sertleşmiş beton deneyleri sonuçlarına göre A, B ve C santrallerinde yaygın olarak kullanılan akışkanlaştırıcılar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Eskişehir’de Hazır Beton Santrallerinde Yaygın Olarak Kullanılan Kimyasal Katkı Maddeleri

NA _{1k}	Normal Akışkanlaştırıcı (kış kullanımı için)
NA _{2v}	Normal Akışkanlaştırıcı (yaz kullanımı için)
NA _{3k}	Normal Akışkanlaştırıcı (kış kullanımı için)
NA _{4v}	Normal Akışkanlaştırıcı (yaz kullanımı için)
SA _{1v}	Süper akışkanlaştırıcı (yaz kullanımı için)
SA _{2k}	Süper akışkanlaştırıcı (kış kullanımı için)
SA _{3v}	Süper akışkanlaştırıcı (yaz kullanımı için)
SA _{4k}	Süper akışkanlaştırıcı (kış kullanımı için)
SA _{5k}	Süper akışkanlaştırıcı (kış kullanımı için)
OA _{1k}	Orta Akışkanlaştırıcı (kış kullanımı için)

Katkıların hepsinde köpük kesici madde kullanılmıştır. Bu katkıların özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Hazır beton santrallerinin hepsinde Eskişehir Çimento fabrikasında üretilen PÇ 42.5 çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun özgül ağırlığı yapılan deneylerde 3.17 olarak bulunmuştur.

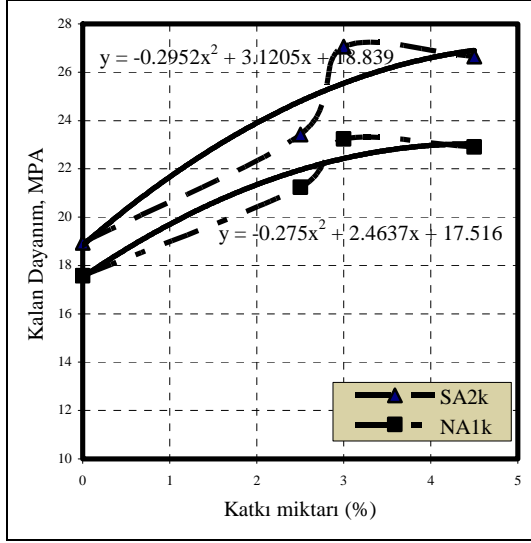
Tablo 2. Eskişehir’de Hazır Beton Santrallerinde Kullanılan Kimyasal Katkıların İçerik ve Özellikleri

Katkı Adı	NA _{1k}	NA _{2v}	NA _{3k}	SA _{1v}	SA _{2k}	SA _{3v}	SA _{4k}	SA _{5k}	OA _{1k}
Kullanıldığı Santraller	A,B	A,C	A,B,C	A,B,C	A	B,C	A,B	B,C	A,B,C
Sülfat, %	4.5	4	5	3	2.8	3	2.9	3	3.5
Yoğunluk, gr/ml	1.2	1.19	1.18	1.2	1.19	1.25	1.23	1.21	1.17
pH	4.6	5.6	7.2	7.6	7.8	11.1	9.4	9.9	8.2
Katkı %	40	40	41	40.3	40.5	41	40	40.3	40.6

3. DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

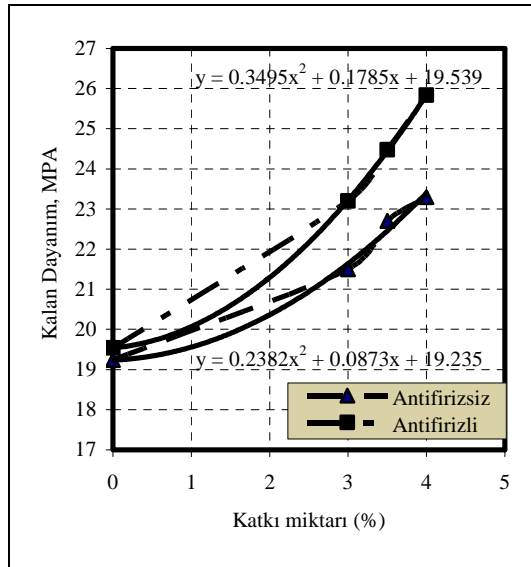
A hazır beton santralinde beton numuneleri üzerinde yapılan araştırmada, süper akışkanlaştırıcı SA_{2k} ile normal akışkanlaştırıcı NA_{1k} katkılarının aynı reçeteler uygulanarak dayanım açısından karşılaştırılması yapılmış ve SA_{2k} kimyasal katkısının 7 günlük dayanımının NA_{1k} katkısına göre betona daha fazla dayanım kazandırdığı görülmüştür (Şekil 1). Antifriz kullanımının sertleşmiş betona etkilerinin incelenmesi amacıyla A beton santralinde % 0.5 oranında NA_{3k} kimyasal katkısı kullanılarak farklı gruplarda % 0.17 antifrizli ve antifrizsiz kullanımı araştırılmış ve antifriz kullanımının dayanımlara % 16 oranında artış kazandırdığı belirlenmiştir.

Bu sonuç soğuk havalarda betonun dayanım kazanma sürecinin yavaş ilerlediğini göstermiştir (Şekil 2-3). Beton üretiminde çimento tipi değiştirildiğinde kullanılan kimyasal katkıların oranının ve etkilerinin belirlenmesi için yeniden laboratuvar çalışması yapılmasının gerektiği düşünülmektedir. Hazır beton firmaları olumsuz hava koşullarında kullanılacak betonlarda katkı maddesi olarak soğuk havalarda beton antifrizi ve priz hızlandırıcı katkılar ve çok sıcak havalarda priz geciktirici katkı kullanmaktadır. Ayrıca akışkanlaştırıcı olarak soğuk havalarda priz hızlandırıcı özelliği olan akışkanlaştırıcılar kullanılmaktadır.

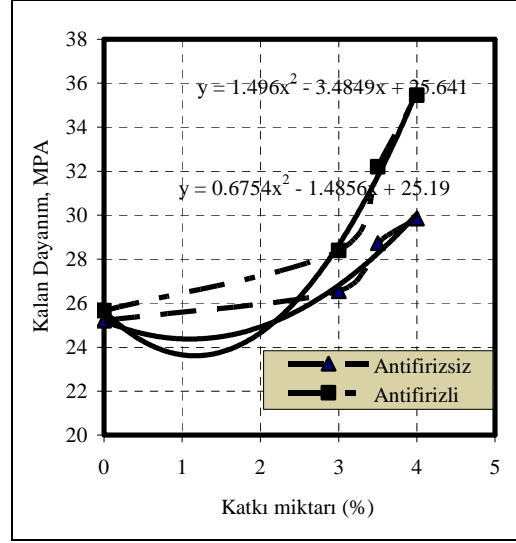


Şekil 1. A santralinde üretilen C20 sınıfı numunelerin 7 günlük dayanımlarının SA2k ve NA1k kimyasal katkı kullanılması ile değişimi

A hazır beton santralinde hazırlanan C25 sınıfı betonların antifrizli ve antifrizsiz olarak beton dayanıma 7. gündeki etkisi Şekil 2'de gösterilmiştir. Soğuk havada beton üretiminde antifriz kullanımının antifrizsiz beton üretimine göre dayanıma daha olumlu etkileri olduğu görülmektedir. Antifriz kullanımı beton dayanımı önemli oranlarda arttırmaktadır. A beton santralinde katkı maddesi miktarı % 4'ü geçmeyecek şekilde ayarlanmıştır. Antifriz kullanımı betonun 7. gününde dayanımda 3 MPa artış göstermiştir.



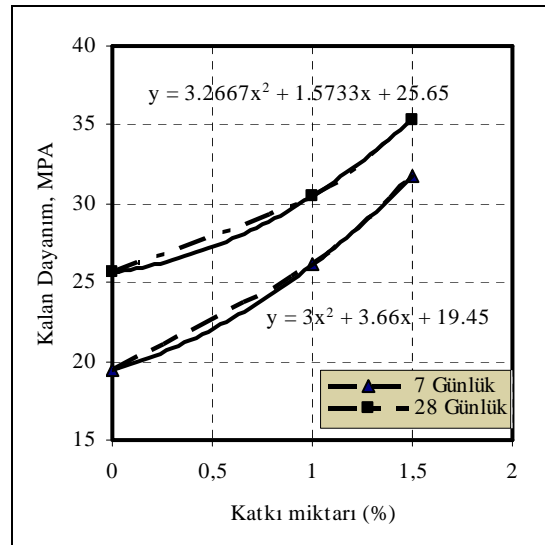
Şekil 2. A hazır beton santralinde üretilen NA3k katkılı C25 sınıfı numunelerin 7 günlük dayanımlarının antifriz eklenmesi ile değişimi.



Şekil 3. A hazır beton santralinde üretilen NA3k katkılı C25 sınıfı beton numunelerin 28 günlük dayanımlarının antifriz eklenmesi ile değişimi.

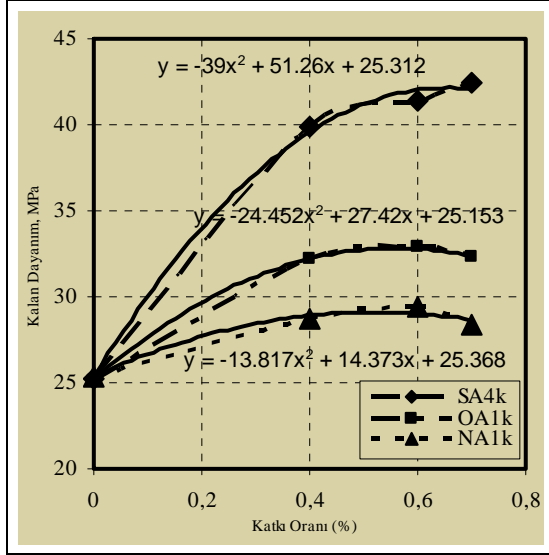
A hazır beton santralinde hazırlanan C25 sınıfı betonların antifrizli ve antifrizsiz olarak beton dayanıma numunelerin 28. gündeki etkisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Antifriz kullanımı betonun 28. gününde dayanımda 6 MPa artış göstermiştir.

A santralinde SA_{2k} katkısının C25 sınıfı betonlarda dayanıma etkisi araştırılmıştır. B beton santralinde SA_{2k} kimyasal katkı maddesi farklı oranlarda alınarak (% 1 ve % 1.5) sertleşmiş beton özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiş ve bu katkının % 1.5 oranına kadar ilavesinin betona yaklaşık olarak % 9 dayanım kazandırdığı görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. A hazır beton santralinde üretilen SA2k katkılı C25 sınıfı numunelerin 7 günlük ve 28 günlük dayanımlarının katkı miktarı ile değişimi.

B hazır beton santralinde üç farklı kimyasal katkı maddesi (SA_{4k}, OA_{1k}, NA_{1k}) kullanılarak üretilen beton numunelerinin 28. gün basınç dayanımlarının katkı oranı ile değişimi araştırılmıştır. Süper akışkanlaştırıcı olan SA_{4k}’ün dayanım artışına etkisi OA_{1k} ve NA_{1k}’e göre daha fazladır. Bu sonuç süper akışkanlaştırıcıların priz alma süresini azalttığını ve buna bağlı olarak 28 günlük dayanım değerlerini arttırdığını göstermiştir (Şekil 5).

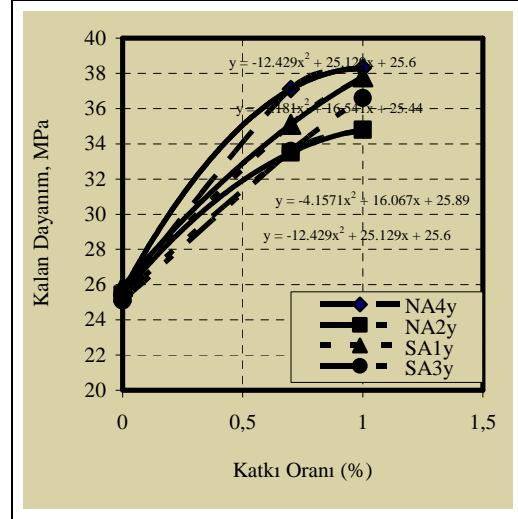


Şekil 5. B hazır beton santralinde 3 farklı katkı ile üretilen C25 sınıfı numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarının kullanılan katkı oranı ile değişimi.

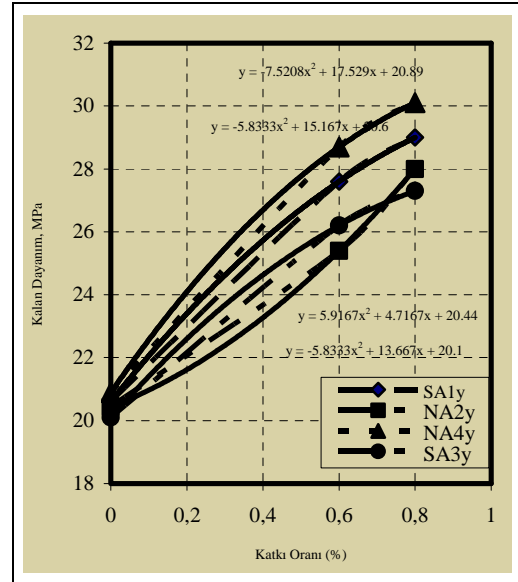
C beton santralinde normal ve süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddelerinin yaz mevsiminde kullanılmasıyla sertleşmiş beton özelliklerine etkisi araştırılmış ve normal akışkanlaştırıcıların süper akışkanlaştırıcılara göre beton numunelere daha fazla dayanım kazandırdığı görülmüştür. Bu sonuç kış mevsiminde süper akışkanlaştırıcıların daha fazla dayanım kazandırdığını, yaz mevsiminde ise normal akışkanlaştırıcıların daha fazla dayanım kazandırdığını göstermiştir.

C santralinde dört farklı çeşit katkı kullanılarak üretilen C25 sınıfı beton numunelerinde yapılan araştırmalar sonucunda beton basınç dayanımını en büyük oranda arttıran kimyasal katkının NA_{4y} olduğu belirlenmiştir. Bu katkının % 0.8 oranında kullanımının en ideal kullanım oranı olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 6).

C santralinde dört farklı çeşit katkı kullanılarak üretilen C20 sınıfı beton numunelerinde yapılan araştırmalar sonucunda ise yine beton basınç dayanımını en büyük oranda arttıran kimyasal katkının NA_{4y} olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 6. C hazır beton santralinde normal ve süper akışkanlaştırıcılar ile üretilen C25 sınıfı numunelerin basınç dayanımına etkisi.



Şekil 7. C hazır beton santralinde normal ve süper akışkanlaştırıcılar ile üretilen C20 sınıfı numunelerin basınç dayanımına etkisi.

Yaz mevsiminde yazlık normal akışkanlaştırıcı olan NA_{4y}’nin diğer katkılara göre en yüksek dayanımı betonda su kaybını en düşük seviyede tutmasıyla sağladığı görülmektedir. C firmasının ürettiği normal akışkanlaştırıcı kullanılmış betonlarda katkı miktarının artması ile 7 günlük basınç dayanımları % 20 oranında artarken 28 günlük basınç dayanımlarında % 10 oranında artış sağlanmıştır. Akışkanlaştırıcı katkılar betonda su/bağlayıcı oranını düşürdüğü için basınç dayanımlarında artışa neden olmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Kimyasal katkı kullanımı ile üretilen betonlarda işlenebilirliğin arttığı, su/çimento oranının düştüğü, pompalanabilirliğin arttığı görülmüştür. Betonlara katılan kimyasal katkılar ile % 20 oranında daha az su kullanımı sağlanabilmiştir. Firmaların betonu yerine ulaştırırken karıştırma süresinin uzamasıyla oluşan kıvam kayıplarının yalnızca su ilave edilerek iyileştirilmesi betonda dayanım kaybına yol açmaktadır. Bu nedenle kıvam kayıpları akışkanlaştırıcı katkılar ile iyileştirilmelidir.
- Eskişehir’de kimyasal katkı kullanımı için bir genelleme yapılacak olursa en çok kullanılan kimyasal katkı türünün akışkanlaştırıcılar olduğu sonucuna varılmaktadır. Araştırma sonuçları, betona kazandırılmak istenen özellik türüne göre genelde aynı işleve sahip katkılar kullanıldığını göstermiştir.
- Farklı beton santrallerinde kimyasal katkılar kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımları birbirine çok yakın çıkmış ve sertleşmiş beton özellikleri katkı türü ve miktarıyla kontrol betonlarına göre farklılıklar göstermiştir. Genellikle C20 sınıfı betonlarda orta akışkanlaştırıcı katkı maddeleri kullanılırken, C25 sınıfı betonlarda süper akışkanlaştırıcı katkıların kullanıldığı görülmüştür. Orta ve süper akışkanlaştırıcıların kullanıldığı betonların 28 günlük dayanımlarının birbirine yakın değerler aldığı görülmüştür.
- Hava koşullarının oldukça fazla değişim gösterdiği Eskişehir’de betonun priz alması, işlenebilirliği, dayanımı ve dayanıklılığı yönünde sorunlar yaşanması kimyasal katkı kullanımını kaçınılmaz hale getirmektedir. Hava koşulları değiştikçe yıl içerisinde kullanılan katkı çeşidi artmaktadır. Farklı katkı kullanımı daha çok bilgi, deneyim, denetleme ve deney yapılmasını gerektirmekte, katkı maddelerinin bilinçsizce kullanılması beton özelliklerini olumsuz yönde etkilenmektedir.

5. KAYNAKLAR

Akman, M. S. 1987. “Beton Katkı Maddelerinin Ana İşlevleri ve Yan Etkileri”, İTÜ., İnşaat Fakültesi, Malzeme Seminerleri, İstanbul.

Altun, İ. A., Sert, Y. 2004. “Utilization of Weathered Phosphogypsum as Set Retarder in Portland Cement”, Cement and Concrete Research, Vol. 34, pp. 677-680.

Anonim, 2002. TS EN 934-2, Kimyasal Katkılar-“Beton Katkıları Tarifler, Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Mart 2002.

Aydın, K. K., Uyan, M., Baş, S. 1996. “Betonda Kıvam Kaybının Süper akışkanlaştırıcı Katkılarla İyileştirilmesi”, İMO, 4. Ulusal Beton Kongresi, 1996, İstanbul, ss. 73-80.

Erdoğan, T. Y. 1997. Admixtures for Concrete, Middle East Technical University, Ankara, 1997, s. 188.

Erdoğan, T. Y. 2003. Beton, ODTÜ., Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara, s. 741.

İnan, G., Köseoğlu O. E., Ramyar, K. 2004. “Süper Akışkanlaştırıcı Katkının Betonun Su İhtiyacına ve Basınç Dayanımına Etkisi”, Beton 2004 Kongresi Bildiriler Kitabı, Haziran 2004, ss. 674-681.

Kandemir G., Mutlu M., Sağlam, A. R., Parlak, N. 2003. “Aşırı Dozajda Katkı Kullanımının Beton Özelliklerine Etkileri”, 5. Ulusal Beton Kongresi, Ekim 2003.

Karagüler, M., Terzi, F., Kuloğlu, Ş. 2004. “Renklendirici Katkıların Mimari Beton Özelliklerine Etkisi”, Beton 2004 Kongresi, İstanbul, ss. 532-541.

Monticelli, C., Frignani, A., Trabaneli, G. 2000. “A Study on Corrosion Inhibitors for Concrete Application”, Cement and Concrete Research, Vol. 30, pp. 635-642.

Şahin, R., Taşdemir, M. A., Gül, R., Çelik, C. 2003. “Betonun Don Hasarlarının Mekanik Deneylerle Analizi”, İMO, 5. Ulusal Beton Kongresi 2003, İstanbul, ss. 333-343.

Topçu, İ. B. 1996. Akışkanlaştırıcı ve Dona Dayanım Katkılarının Beton Özelliklerine Etkisi, İMO, 4. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, ss. 45-54.

Topçu, İ. B., Canbaz, M. 2005. “Eskişehir’ de Yapılan Bir Anket Işığında Beton Katkı Maddelerinin Kullanımı”, Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, Mart 2005, ss. 169-178.

Uyan, M., Özkul, H. 1985. “Beton Katkı Maddeleri ve Türkiye’de Durumu”, Akdeniz Üniversitesi, II. Müh. Haftası Bildirileri.

Yıldırım, H., Gülseren H., Uyan, M., Kemerli, M. K. 2003. “Geçirimsizlik Sağlayan Katkı Türlerinin Beton Geçirimlilik Özelliklerine Etkisi, İMO, 5. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, 2003, ss. 123-131.