

BETON VE HARÇ KİMYASALLARI KÜB TEKNİK BÜLTEN





www.kub.org.tr

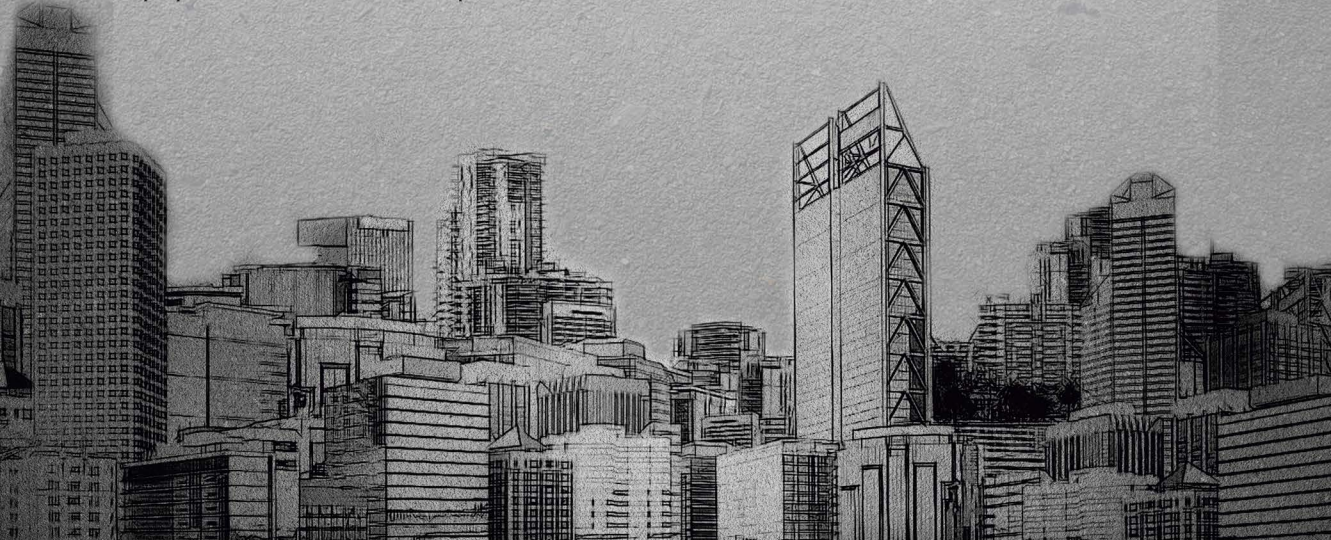
Beton ve Harç Kimyasal Katkı Maddeleri Üreticileri Derneği (KÜB), 1998 yılında kurulmuştur.

Derneğimizin Amacı;

Beton, Çimento ve Harç Kimyasal Katkı Maddeleri Üreticilerini bir çatı altında toplayarak, aralarındaki koordinasyonu sağlamak, beton ve harç katkıları üretiminin evrensel kalite ölçülerine, ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak yapılmasına katkıda bulunmak, sektörün ilgili kişi ve kuruluşlarına teknik, ekonomik ve sosyal yönden konu üzerinde rehberlik yaparak tüketiciyi bilinçlendirmek ve yeni teknolojilerin sektöre tanıtılmasını ve uygulanmasını sağlamaktır.

Gündemimiz; Çevre Ürün Beyannamesi

Bu beyanname ile beton katkılarının içerdikleri hammaddelere göre çevre etkileri kamuya açılabilir ve kayıt altına alınacaktır. Üyesi olduğumuz Avrupa Beton Katkıları Federasyonu (EFCA)'nın oluşturduğu, ilgili organlarca onaylanmış ve kabul görmüş model ve hesap şekline göre beton katkıları sektöründe sadece KÜB üyesi firmalar ürettikleri beton ve harç katkılarının çevre etki beyannamelerini yayınlama imkanına sahiptirler.



Değerli Sektör Temsilcileri,

Beton; portland çimentosu, su, agrega, mineral ve kimyasal katkılardan oluşan, çok değişik amaçlar için kullanılabilen, insan hayatını kolaylaştıran yapı malzemesidir.

Betonun dayanımı, kalıcılığı, çeşitliliği göz önüne alınıp diğer inşaat malzemelerine göre kıyaslandığında oldukça ekonomiktir. Bu özelliklerinden dolayı beton dünyada en çok kullanılan yapı malzemesidir.

Kimyasal beton katkıları ise; betonun değişik koşullarda hazırlanması, taşınması, yerleştirilmesi ve korunmasındaki güçlükleri asgari seviyeye indirmek ve problemleri avantaja dönüştürmek amacı ile kullanılırlar.

Bu açıdan bir değerlendirme yapılırsa, katkı kullanımının kesinlikle çok ekonomik ve avantajlı olduğu açıktır. Özellikle ülkemizin jeolojik açıdan risk taşıyan bir bölgede bulunması, yapı sektöründeki "kalite" unsurunun önemini ortaya çıkarmaktadır. Başka bir deyişle, sosyo-ekonomik durumumuzdan ötürü kaliteden ödün verme özgürlüğüne sahip değiliz. Kaldı ki, içinde bulunduğumuz "çağ", insani açıdan kaliteden ödün vermeyi kabul edilemez bir düşünce perspektifi olarak görmektedir.

Üstün nitelikte beton üretimi için kimyasal katkı vazgeçilmez bir olgudur.

Bizler KÜB olarak güç ve birikimlerimizi birleştirerek;

- Sektörümüzün üretim kalitesini arttırmak,
- Tüketici memnuniyet ve tatminini üst düzeye ulaştırmak,
- Uluslararası ilişkilerde rekabet gücümüzü maksimum seviyeye çıkarmak için, yapacağımız çalışmaları koordine etmek amacı ile bir aradayız.

Aynı pazardan pay alan, dolayısıyla ticari anlamda rakip olan firmaların bir araya gelmesi, üzerinde önemle durulacak bir noktadır.

Sektördeki standartların yükseltilmesi ve tüketicinin bilinçlendirilmesine yönelik çalışmaların altında geniş katımlı bir sinerji yatıyor. Bu çerçeveden bakıldığında, katkı üreticisi firmaların tüm dünyada dernekler ve birlikler altında organize olduklarını ve sektör yararına hizmet etmeyi ilke edindiklerini görüyoruz.

Türkiye'de de, dünya pazarında rekabet eden ülkemiz inşaat ve beton sektörleri için çalışan modern ve yeniliçi bir iş birliği var: KÜB.

Beton Katkı Üreticileri Birliğinin amacı, kurulduğu 1998 yılından bugüne, Beton, Çimento ve Harç Kimyasal Katkı Maddeleri Üreticilerini bir çatı altında toplayarak, aralarında birliğin amacına yönelik koordinasyonu sağlamak, bu yolla üretimi evrensel kalite ölçülerine, ulusal ve uluslararası standartlara ulaştırmak, üretimin kamu ve toplum yararı doğrultusunda gerçekleştirilmesine katkıda bulunmak, ilgili tüm kişi ve kuruluşlara teknik, ekonomik ve sosyal yönden rehberlik yapmak ve tüketiciyi bilinçlendirmektir.

Sektörün tüm üyeleri için katkı yaratmaya devam eden KÜB üyesi Beton Katkı Üreticileri:

- Ortak bir kontrol sistemi oluştururlar,
- Araştırma geliştirme çalışmalarına ivme kazandırırılar,
- Standardizasyonu sağlarlar,
- Tüketiciyi aydınlatırlar,
- Sektörün tüm aktörleri için ortak avantajlar yaratırlar.

Öte yandan, KÜB olarak gündemimizde yer alan bir diğer önemli konuda, beton katkıları açısından güncel bir sınıflandırma ve sertifikasyon olan Çevre Etki Beyannamesidir. Bu beyannamede ürünlerin, kullandıkları alanda yaşam döngüleri boyunca çevreye yaptıkları etkiler, şeffaf, ölçülebilir ve karşılaştırılabilir bir şekilde tüketicinin bilgisine sunulmaktadır. Bu beyanname ile beton katkılarının içerdikleri hammaddelere göre çevre etkileri kamuya açılabilir ve kayıt altına alınacaktır. Üyesi olduğumuz Avrupa Beton Katkıları Federasyonu (EFCA)'nın oluşturduğu kabul gören model ve hesap şekline göre KÜB üyesi firmalar ürettikleri beton ve harç katkılarının çevre etki beyannamelerini yayınlama imkanına sahiptirler.

Derneğimizde baştan beri "birliğe" ve "beraberliğe" büyük önem verdiğimizden, tüzüğümüzde de belirtildiği gibi logomuz dahil olmak üzere hep (KÜB) "Katkı Üreticileri Birliği" tanımını kullanıyoruz. Amacımız, birliğin hukuksal yönünü vurgulamak değil, birleştirici anlamını ön plana çıkarmaktır.

Elinizdeki bu teknik el kitabı, Teknik Komitemizin ortak, yoğun ve hummalı bir ekip çalışması ile ortaya çıkmış bir yayındır. Bu yayında ki yazıları, kimyasal katkı üreticileri perspektifinden bakarak ve pratikte ki uygulamalarda ki tecrübelerimizle hazırlamaya çalıştık. Bu çalışmada emeği geçen tüm Teknik Komite arkadaşlarıma, bu yayını oluşturmamızda bizi yönlendiren ve öncülük yapan Yönetim Kurulu Başkanımıza ve Yönetim Kurulu Üyelerine teşekkür ediyoruz.



Seçiminizin Çerçevesini EPD'li Beton Katkıları Oluştursun



Sürdürülebilir Yapılar İçin, Seçimlerinizde Çevresel Ürün Beyanı (EPD) 'nı Dikkate Alınız.

ISO 14025 ve EN 15804 parametrelerine göre oluşturulmuş ve ECOPLATFORM tarafından doğrulanmış; EFCA'nın MODEL EPD leri, Derneğimiz üyeleri tarafından beyan edilebilmektedir.



- 01** Soğuk Havada Beton Dökümü
- 04** Sıcak Havada Beton Dökümü
- 06** Betonda Kürlenme ve Kimyasal Kür Malzemeleri
- 10** Kendiliğinden Yerleşen Beton
- 23** Prekast
- 29** Püskürtme Beton Katkıları
- 35** Beton Katkılarının Maliyetlere Etkisi
- 38** Beton Yol İmalatında Kimyasal Katkıların Rolü ve Etkileri
- 42** Çevresel Ürün Beyanı (EPD)
- 45** Betonda Kullanılan Kimyasal Katkıları
- 56** Beton Yol İmalatında Kimyasal Katkıların Rolü ve Etkileri
- 63** Beton Uygulamalarında Sentetik Lif Donatılarının Kullanımı

YAYIN SAHİBİ

Beton ve Harç Kimyasal Katkı
Maddeleri Üreticileri Derneği.

01

SOĞUK HAVADA BETON DÖKÜMÜ

Kış ayları ile birlikte beton hakkında akıllara gelen ilk soru, muhtemelen soğuk havanın betona etkileri ve alınacak önlemlerin neler olduğudur.

Bizlere yani katkı üreticilerine, bu dönemde en çok katkıların soğuk havalardaki etkileri sorulmakla beraber, genel olarak betonun soğuk havadaki davranışı hakkında da yorumlarımız istenmektedir. Gerçekte katkılarımızın performanslarını ve etkilerini hiçbir zaman beton davranışından bağımsız olarak düşünemeyiz. Dolayısı ile konuya bir bütün halinde bakmak ve değerlendirmek daha doğru olacaktır. Genel olarak amacımız soğuk havada beton işlemlerinin gerekliliklerini ve yerine yerleştirilmiş betonun donmasının önlenmesi için alınması gereken önlemleri açıklamaya çalışmak olacaktır.

Soğuk havanın tanımı, TS 1248'e [1] göre günlük ortalama hava sıcaklığının ardı ardına üç gün süre ile $+5^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olduğu hava durumu olarak belirtilmektedir. ACI 306'ya[2] göre ise ardışık üç gün süresince günlük ortalama hava sıcaklığının $+5^{\circ}\text{C}$ 'den az olması ve bu süre içinde herhangi bir gün 12 saat boyunca $+10^{\circ}\text{C}$ 'den fazla olmaması durumu olarak yapılmaktadır. Ortalama sıcaklık tam bir gün boyunca (gece yarısından gece yarısına kadar) ölçülen en düşük ve en yüksek sıcaklıkların ortalamasıdır. Gündüz hava sıcaklığının yeterince yüksek olduğu, buna karşılık geceleri 0°C ve altına düştüğü, kıştan ilkbahara veya sonbahardan kışa geçiş dönemleri de özellikle risk taşımaktadır. Bahsedilen bu olumsuz hava koşulları genellikle sonbahar ile birlikte başlar ve ilkbahar dönemine kadar devam eder.

Beton henüz taze halde iken don olayı ile karşılaşır, bünyesindeki karışım suyu donarak betonda hacim artışına yol açar. Donan su, başlangıçta zayıf olan çimento - agrega ara yüzeyindeki bağları koparır dolayısı ile içyapı bozulur ve dayanım kayıpları meydana gelir. Ayrıca karışım suyu donmuş olduğundan için kimyasal reaksiyonlar için kullanılamaz hale gelir. Bu aşamada çimentonun su ile yapacağı hidrasyon ve dolayısı ile betonun sertleşmesi durur.[3] Hidrasyon tekrar başlasa bile mutlaka dayanım kayıpları meydana gelir.

Bu dayanım kayıplarının önlenmesi için, beton belirli bir dayanıma (5 MPa) [4] ulaşana kadar korunması veya bu dayanıma ulaşması bir an önce sağlanmalıdır. Önlemlerin veya betona katılacak ilave özelliklerin başında "Priz Hızlandırıcı" katkıları gelmektedir. TS 11746'da[5] açık bir şekilde ifade edildiği üzere, betonu dondan koruyucu özellik gösteren katkıların, hava sıcaklığının, $+5^{\circ}\text{C}$ ile 0°C arasında olması durumunda kullanılmasının tavsiye edilebileceği, 0°C ile -5°C arasında yeterli olabileceği, -5°C ile -10°C arasında ise beton antifrizine ilâveten TS 1248[1] de belirtilen koruma önlemlerinin alınması önerilmektedir.

Soğuk havada üretilecek betonlar için oluşabilecek don hasarlarının önlemesine yönelik, betonun ilk don olayı ile karşılaşmadan önce belirli bir dayanıma erişmesi için alınması gereken önlemler olarak:

- TS EN 934-2 Çizelge 6 [6] sınıfında priz hızlandırıcı katkıların kullanılması
- Beton bileşenlerinin ısıtılması, (suyun ısıtılması katı maddelere kıyasla daha etkili sonuç vermektedir)
- Buhar nemi ile ısıtılması,
- Beton içine tel dirençler yerleştirilip elektrik akımı verilmesi, genellikle çok soğuk iklimlerde tercih edilmektedir.

Ayrıca, beton tasarımı sırasında erken yüksek dayanım elde edilmesi için dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Erken yüksek dayanım sağlayan akışkanlaştırıcı veya sertleşme hızlandırıcı tip katkıların tercih edilmesi
- CEM I 42.5 R veya CEM I 52.5 tip erken dayanımlı yüksek çimentolar tercih edilmesi (Hidratasyon ısısı düşük tip çimento veya kül, cüruf vs. kullanımından kaçınılmalıdır)
- Çimento dozajının artırılması
- Düşük Su/Çimento oranı ile betonun üretilmesi
- Kışık tip (priz geciktirme etkisinin düşük olan) akışkanlaştırıcı kullanılması

olarak söylenebilir.



Uygulama sırasındaki önlemler:

- Beton ısısının muhafaza edilmesi için uygun örtüler ile üzerinin örtülmesi
- Uygulamanın mümkünse günün en sıcak saatlerinde yapılması
- Çelik yerine ahşap kalıpların kullanılması

Uygulama sırasında alınacak bu önlemlerin alınmasındaki esas amaç betonun sıcaklığının muhafaza edilmesidir. Betonun karma işlemi sonunda betonda bulunması önerilen minimum sıcaklıklar, betonun kesit kalınlığı ve hava sıcaklığının bir fonksiyonu olarak tabloda verildiği gibidir. [6]

Beton Kesitin Kalınlığı	Hava Sıcaklığı		
	< -18 C	-18 C ile -1 C arası	-1 C 'den yüksek
< 30 cm	21	18	16
30 – 90 cm	18	16	13
90 – 180 cm	16	13	10
> 180 cm	13	10	7

Betonun donma çözünme etkisine karşı dayanıklılığı genelde soğuk hava şartlarında beton dökümü konusu ile karıştırılabilmektedir. Donma çözünme döngüsüne maruz kalan beton sertleşmiş ve dökümü üzerinden uzun süreler geçmiş olabilir. Bu duruma maruz kalacak betonlar için hava sürükleyici tip katkıları **TS EN 934-2 Çizelge 5** te tanımlanmıştır. İlgili standartta tanımlanan katkılar betonun içerisine düzenli ve belirli boyutta olan ve sertleşme sonrasında da kalıcı hava kabarcıkları sürükleyen kimyasallardır. Bu konu ayrı bir makalede ele alınmalıdır.

Sonuç olarak, soğuk hava şartlarında hazır beton üreticilerinin ve kullanıcılarının dikkat etmesi gereken birçok nokta bulunmakla beraber alınacak önlemlerin her biri farklı süreçler gerektirdiği için ön hazırlık ve tecrübe oldukça öne çıkmaktadır. Katkı üreticileri olarak betonlarımızın mümkün olan en yüksek performansına ulaşmasını sağlamak için tecrübelerimizden mümkün olduğunca faydalanmaya çalışmanızı mutlaka öneririz.

Kaynaklar:

- (1) TS 1248, Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları – Anormal Hava Şartlarında
- (2) ACI R-88, Cold Weather Concreting
- (3) Özkul, M.H. Sika Eğitim Seminer Notları 1
- (4) A.M. Neville, Properties of Concrete, Pitman Publishing (1994)
- (5) TS 11746, Beton kimyasal katkı maddeleri- Beton antifrizi (soğuk havada taze betonu ve harcı donmaya karşı koruyucu madde)
- (6) TS EN 934-2, Kimyasal katkıları - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 2: Beton kimyasal katkıları
- (7) Erdoğan T.Y., Beton



02

SICAK HAVADA BETON DÖKÜMÜ

Sıcak Havada Normal Betonların Üretimi, Taşınması, Yerleştirilmesi ve Bakım Aşamalarında Karşılaşılan Sorunlar ve Alınabilecek Önlemler:

Sıcak hava şartlarındaki beton uygulamalarında birçok defalar hem üreticinin hem de şantiyenin karşılaştığı sorunlar sebebiyle belki de beton hakkında yazılabilecek en dikkat çekici yazı bu başlık altında olsa gerek. Herhangi bir yöntem ile prizi ötelenmemiş bir beton ile 25°C üzerindeki hava sıcaklıklarında çalışmak çeşitli problemleri meydana çıkartabilir. Hidratasyon, çimento ile su arasında meydana gelen bir kimyasal reaksiyondur. Temasın hemen ardından reaksiyon başlar, priz ve sertleşme aşamalarında da devam eder. Bu kimyasal reaksiyon yüksek sıcaklıkla birlikte hızlanmaktadır. Bu olayın neticesi yüksek sıcaklıklarda betonun doğru şekilde ve tam olarak yerine uygulanması için çok uzun süreye sahip olmamamızdır. Dolayısıyla her yıl ilkbahar aylarında hazır beton müşterilerimiz, kullandıkları mevcut akışkanlaştırıcı katkılardan vazgeçer ve yerine yazlık tip diyebileceğimiz priz geciktirici özellikli akışkanlaştırıcı katkıları kullanmaya başlarlar. Bu katkı değişimini, sıcak hava şartlarında üretilecek betonların maruz kalacağımız olumsuz etkilerin önüne geçebilmek için alınabilecek ilk önlem olarak düşünebiliriz. Ancak konuyu daha geniş ele almak gerekirse, betonun sıcak hava şartlarında karşılaşacağı olumsuz etkileri ikiye ayırmak gerekir. İlk aşama betonun kalıba yerleştirilene kadar ki bütün süreçleri için ifade edilebilirken, ikinci aşama ise yerine yerleştirilmiş beton için söylenebilir.

Sıcak havalarda beton dökümü çimento hidratasyonunun hızlanması, karışım suyu ihtiyacının artması, dayanımın düşmesi, işlenebilirliğin azalması, buharlaşmanın artması sonucu hacim değişikliği gibi birçok neden ile çeşitli güçlükler içerir. [1] Kalıba yerleştirme öncesi aşamalarda karşılaşılan en önemli sorunun yüksek sıcaklıklardan dolayı meydana gelen aşırı kıvam kayıpları olduğu söylenebilir.

Kıvam, taze betonun karıştırma, taşıma, yerleştirme, aynı zamanda sıkıştırma ve yüzey düzeltme aşamalarındaki davranışını tanımlamaktadır. İşlenebilirlik ise genel olarak göreceli bir kavram olup kıvam ile tanımlanır.

Bu aşamada alınacak ilk önlem betonda kullanılan malzemelere ve betonun tasarımına uyumlu priz geciktirici bir katkı maddesi kullanılmasıdır. TS EN 934-2 Çizelge 8 Katkı üreticileri bu tip geciktirici katkıları ayrı olarak ürün gamlarında bulundurmakla beraber priz geciktirici özellik de taşıyan akışkanlaştırıcı katkıların sıcak hava şartlarında kullanılmasını da önermektedirler.

Bu tip katkıların kullanılmasının faydalarını elimizin altında bulundurarak karşılaşılabilecek aşırı veya farklı durumlar için gerekli olan diğer önlemleri almaya hazır bulunmak oldukça önemlidir.

Genel olarak beton sıcaklığının 16 °C'yi geçmemesi hedeflenmeli ve 32 °C üzerinde ise beton dökümü gerçekleştirilmemelidir. Taze betondaki yüksek sıcaklık, daha hızlı hidratasyon ve dolayısıyla hızlı priz ve sertleşmiş betonda düşük dayanıma sebep olur. Dahası hızlı buharlaşma plastik rötre ve yüzey çatlamlarına sebep olur ve devamındaki sertleşmiş betonun soğuması çekme gerilmeleri oluşturabilir. [2] Bu sebeple sıcak hava koşullarında beton üretimi sırasında beton sıcaklığının istenilen seviyelerde olması amaçlanmalı ve gerekli önlemler mutlaka alınmalıdır.

Alınması gereken önlemleri şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Priz geciktirici katkıları ile hidratasyon yavaşlatılabilir ve açığa çıkan ısı azaltılabilir.
2. Düşük hidratasyon ısısına sahip çimentolar veya mineral katkıları aynı amaçla kullanılabilir.
3. Akışkanlaştırıcı katkıları ile S/Ç oranı azaltılarak dayanım artışı sağlanabilir ve bağlayıcı miktarı azaltılabilir.
4. Beton bileşenleri mümkünse kapalı ortamda tutularak güneş ışığından korunmalı veya uygun bir yöntemle serin tutulması sağlanabilir.
5. Bekletilmiş ve serin çimento kullanılabilir.
6. Agregalar soğutulabilir kullanılır.
7. Su soğutulabilir kullanılır veya buz eklenebilir (Ancak buzun karışıma girmeden önce eridiğinden emin olunmalıdır.)
8. Mikserde soğutma, telis ile kazanın sarılarak ısıtılması

Alınabilecek bu önlemler ile betonun yerine daha kolay yerleşmesini sağlayabileceğimiz gibi yerleştirme sonrası hızlı su kaybı sebebiyle oluşabilecek plastik rötre çatlaklarını önleme konusunda da faydalı olacaktır.

İkinci aşama olarak, yerine yerleşmiş betonun sıcak hava, düşük nem, kuvvetli rüzgâr gibi buharlaşmayı hızlandıracak dış etkilerden korunması için genel olarak iki yöntem önerilmesi mümkündür;

1. Betonun içerisinde bulunan karışım suyunun dışarı kaçmasını bir şekilde önlemek
2. Betonun kaybettiği suyun hızlı bir şekilde geri verilmesini sağlamak

İlk durum için en çok bilinen ve uygulanan yöntem kimyasal kür malzemeleri ile beton yüzeylerinin kaplanmasıdır. Bu tip kimyasallar taze beton yüzeylerine terleme suyunun kaybolmasının ardından püskürtülerek ya da fırça ile sürülerek uygulanmaktadır. Kür malzemeleri etkinliklerine, kimyasal yapılarına ve uygulanacak beton tiplerine göre, bir çok tipte bulunmakta ve önerilmektedirler. Yine bu amaç için plastik örtüler ile yüzeylerin kaplanması uygulanan bir diğer yöntemdir.

İkinci yöntemde ise genel olarak uygulanan metotlar yüzeylerin sürekli ıslatılması, telis bezi gibi ıslak bezler ile yüzeylerin kaplanması ve göllendirme yöntemi ile yüzeylerin sürekli ıslak tutulmasıdır.

Sonuç olarak bütün bu açıklamaya çalıştığımız önemli noktalar ile birlikte mükemmel bir beton elde etmemiz için hava şartlarına bağlı olarak birçok noktaya ayrı ayrı dikkat etmemiz gerektiği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Her yönü ile beton, THBB yayınları
2. Properties of Concrete, Adam M. Neville

03

BETONDA KÜRLEME VE KİMYASAL KÜR MALZEMELERİ

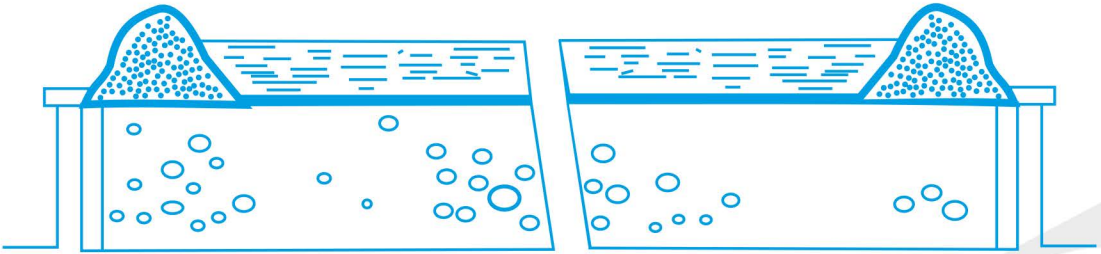
Kürleme, betonun yerleştirilip tamamlanmasından hemen sonra, istenen özelliklerin gelişebilmesi için bir süreliğine betonun içerisinde yeterli rutubet içeriğinin ve sıcaklığının muhafaza edilmesidir.

Sertleşmiş betonun özellikleri üzerinde kürlemenin kuvvetli bir etkisi vardır, uygun bir kürleme işlemi, betonun dayanıklılığını arttıracak ve ömrünü uzatacak, mukavemetini, su geçirimsizliliğini, aşınmaya karşı direncini, hacim stabilliğini, donma/çözünmeye karşı direncini arttıracaktır. Dış etkenlere maruz kalan yassı yüzeyler, kürlemenin kusurlu olması durumunda yüzeyin mukavemet gelişimi ve donma-çözülme direnci önemli derecede azaltabilir.

Kürleme Metotları ve Malzemeleri

Göllendirme ve Suya Batırma

Kaldırımlar ve tabanlar gibi düz yüzeylerde beton, göllendirme yapılarak kürlenebilir. Beton yüzeyinin çevresindeki toprak ve kum setleri, bir su birikintisi oluşmasını sağlayabilir. Gölleme, betondan rutubet kaybını önlemek için ideal bir metottur. Aynı zamanda, beton içinde sabit (uniform) sıcaklığı muhafaza etmekte de etkilidir.



Su Göleti Yöntemi

Sisleme&Su Püskürtme

Sisleme ve su püskürtme, çevre ısısı donma derecesinin oldukça üzerinde ve rutubetin düşük olduğu şartlarda mükemmel kürleme metotlarıdır. İnce bir sis, sıklıkla bir nozül ve spreyleme sistemiyle uygulanarak düz yüzey üzerindeki havanın göreceli rutubeti yükseltilir ve yüzeyden buharlaşma yavaşlar.



Su Püskürtme Yöntemi

Islak Kaplama

Çuval bezi, keçe, kilim veya diğer rutubet tutan ve iyice ıslatılmış kumaştan kaplamalar, kürleme için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Işığı yansıtan, çürümeye ve ateşe dayanıklı işlem görmüş çuval bezleri, piyasadan elde edilebilmektedir.

Su Geçirmeyen Kağıt

Betonu kürlemek için su geçirmeyen kağıt, fiber takviyeli bitümlü yapıştırıcıyla yapıştırılmış iki yaprak kraft kağıdından oluşmaktadır. Bu metodun önemli bir avantajı da, periyodik olarak su ilave etme gerekliliğinin olmamasıdır. Su geçirmez kağıtla kürlemek, betondan rutubet kaybının önlenmesiyle çimentonun hidrasyonunu artırır.



Polietilen Örtü İle Kürleme

Plastik Levha

Düşey elemanlarda, kalıplar söküldükten en geç yarım saat içerisinde polietilen örtüler kullanılmalıdır. Döşemelerde ise beton yeteri sertliğe ulaşıncaya uygulama başlanmalıdır. Bu kür yönteminin yüzeyde kireçlenme yapma riski vardır.

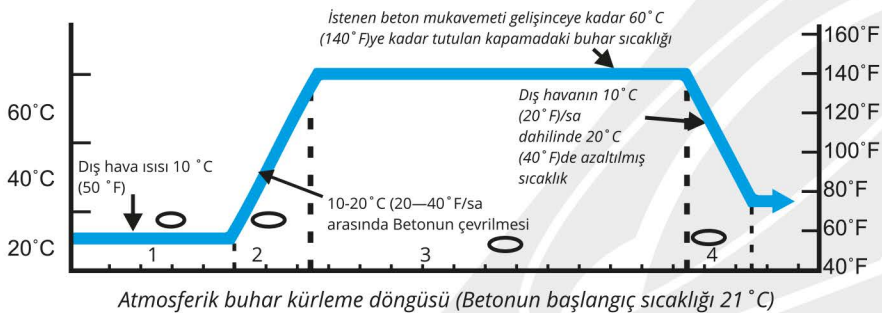
Buharla Kürleme

Buharla kürleme eğilimi olan betonlar için ilave rutubet sağlayabilir. Su/ çimento oranları düşük olan (yaklaşık 0.30 veya daha az) ve yüksek dayanım istenen betonlarda kullanılan bir yöntemdir. Bir karışımdaki bütün ince agrega, içsel rutubet kürlemesini azami dereceye çıkarmak için doymuş hafif ince agregayla değiştirilebilir. İçsel nem kürleme, dışsal kürleme metodlarıyla birlikte kullanılmalıdır.

Tipik bir buharla kürleme döngüsü;

- Buharlama öncesi ilk bekleme süresi,
- Isıyı arttırmak için geçen zaman süresi,
- Azami ısıyı sabit tutmak için geçen zaman süresi,
- Isıyı düşürmek için geçen zaman süresinden oluşmaktadır. Tipik bir buharla kürleme döngüsü, aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

Çevirme içindeki buharın sıcaklığı, arzu edilen beton mukavemeti gelişinceye kadar yaklaşık olarak 60°C'de muhafaza edilmelidir. Eğer azami buhar sıcaklığı, 60°C'den 70°C'ye yükseltirirse (140°F'dan 160°F'a) mukavemet, önemli derecede artmayacaktır. 70°C (140°F)'nin üzerindeki sıcaklıklardan kaçınılmalıdır: ekonomik değildir ve hasar oluşmasına neden olabilir.



Hasara neden olan hacim değişikliğini önlemek amacıyla aşırı ısıtma ve soğutma oranlarından kaçınılmalıdır. Betonun çevreleyen kaplamadaki kürlenme sıcaklığı, beton arzu edilen mukavemete erişinceye kadar muhafaza edilmelidir. Gerekli olan zaman, betonun karışımına ve kaplamadaki buharın sıcaklığına bağlı olacaktır. (ACI Committee 517 1992).

Kimyasal Kür Malzemeleri ve Avantajları

Taze dökülmüş beton üzerine uygulanan, oluşturduğu film tabakası ile, betonun içindeki nemi muhafaza ederek optimum dayanım gelişimini sağlayan, hızlı kurumayı engelleyerek rötreyi azaltan sıvı bir malzemedir. Temel olarak; kimyasal kür malzemeleri kullanılarak yapılan kürlenme yöntemleri diğer kürlenme yöntemlerine göre daha az işçilik isteyen ve zamandan tasarruf sağlayan bir sistemdir. Özellikle saha betonu gibi yüzey alanı büyük olan betonlarda, sulamanın zor olduğu yüksek katlı beton dökümlerinde su ile kürlenme tercih edildiğinde, gereken zaman ve işgücü çok fazla olacaktır.

Kimyasal Kür Kullanımının Avantajları:

- Sulamanın zor olduğu ve/veya kolon, kiriş, döşeme gibi yapı elemanlarında kolayca uygulanır.
- Tozumsuz bir yüzey sağlar.
- Yüzeydeki, buharlaşma ile hızlı kurumanın neden olduğu plastik rötre (shrinkage) çatlaklarını azaltır.
- Çuval, telis ve sulama gibi benzeri kür yöntemlerine alternatif olarak, daha etkin ve daha az işçilik isteyen bir yöntemidir.

Kimyasal Kür Çeşitleri

Parafin Esaslı Kür Malzemesi

Parafinin uygun bir emülgatörle su içinde dağıtılmış versiyonudur. Türkiye'de kullanımı en yaygın kür malzemelerinden biridir. Emülsiyonun içindeki suyun yüzeyden buharlaşması ile oluşan film tabakası, daha sonraki uygulamalar için ayırıcı bir tabaka oluşturur. Yüzeye yapılacak sonraki sıva, şap, ikinci beton tabakası gibi uygulamaların aderansını olumsuz etkileyebilir. Aynı zamanda, kaydırıcı etkisi nedeni ile havaalanı iniş ve kalkış pistlerinde kullanımı sorun yaratabileceğinden, bazı şartnamelerde önerilmemektedir.

Akrilik Esaslı Kür Malzemesi

Bu malzemeler de, bileşiğın içindeki suyun buharlaşması ile beton yüzeyinde akrilik bir film tabakası oluşmasına dayanır. Bir sonraki uygulamanın aderansını olumsuz etkilemesi beklenmez. Su esaslı olması nedeniyle kapalı alanlarda kullanımı idealdir.

Akrilik Reçine Esaslı Kür Malzemesi

Bu malzemelerde uygun solventlerde çözünerek uygulanır ve solventin buharlaşması ile güçlü bir film oluşur. Akrilik reçinenin kimyasal yapısına göre, oluşan film eğer yapışma özelliğine sahip değilse, yüzeyden mekanik olarak kaldırılması tavsiye edilir. Bazı akrilik tipleri kullanılan monomer cinsine göre bir sonraki uygulama ile daha iyi aderans sağlayacak özelliğe sahip olabilir.

Reçine Esaslı Kür Malzemesi

Uygun solventlerde çözünebilir termoplastik reçinelerdir. Solventin buharlaşması sonucu kırılğan ve zayıf bir film oluşur. Bu film, mekanik etkiler ve UV ışığı altında kısa sürede yüzeyden kalkar. Bu özelliği ile havaalanı pist ve apronlarda kullanımı yaygındır.

Kapalı ortamlarda kullanılacak ise, düşük organik uçucu madde (VOC) özelliğine sahip solventlerde çözünmesi tavsiye edilir. Sonradan yüzeye bir uygulama düşünülüyorsa mekanik olarak veya solvent ile silinerek yüzeyden uzaklaştırılması tavsiye edilir.

Silikat Esaslı Kür Malzemesi

Kür etkinliği zayıf olmakla beraber, tozumu engellemenin özelliği ile kür maddesi olarak kullanılabilir.

Referanslar

ACI Committee 305, 305R-99, American Concrete Institute, 1999, 17 pages.

ACI Committee 306, 306R-88, Reapproved 1997, Hills, Michigan, 1997, 23 pages.

ACI Committee 308, Standard Practice for Curing Concrete,

ACI 308-92, Reapproved 1997, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1997, 11 pages.

German Committee for Reinforced Concrete, Recommendation on the Heat Treatment of Concrete, Deutscher Ausschuss fuer Stahlbeton, Deutsches Institut fuer Normung (DIN), 13 pages.

Gonnerman, H. F. and Shuman, E. C., "Flexure and Tension Tests of Plain Concrete," Major Series 171, 209, and 210, November 1928, pages 149 and 163.

Greening, N. R., and Landgren, R., Surface Discoloration of Concrete Flatwork, Research Department Bulletin RX203, Portland Cement Association, http://www.portcement.org/pdf_files/RX203.pdf, 1966, 19 pages. Hanson, J. A., Optimum Steam Curing Procedure in Precasting Plants, with discussion, Development Department Bulletins DX062 and DX062A, Portland Cement Association, http://www.portcement.org/pdf_files/DX062.pdf and http://www.portcement.org/pdf_files/DX062A.pdf, 1963, 28 pages and 19 pages, respectively.

Hanson, J. A., Optimum Steam Curing Procedures for Structural DX092, http://www.portcement.org/pdf_files/DX092.pdf, 1965.

Highway Research Board, Curing of Concrete Pavements, Current Road Problems No. 1-2R, Highway Research Board, Washington, D.C., May 1963.

ACI Committee 330, ACI 330R-92, Reapproved 1997, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1997, 27 pages. , 13 pages.

ACI Committee 362, , ACI 362.1R-97, Farmington Hills, Michigan, 1997, 40 pages.

ACI Committee 516, 1965, pages 869 to 908.

ACI Committee 517, ACI 517.2R-87, revised 1992, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1992, 17 pages.

Burg, Ronald G., 1996, 20 pages.

Copeland, L. E., and Bragg, R. H., Klieger, Paul, http://www.portcement.org/pdf_files/RX082.pdf, 1957, 17 pages.

Klieger, Paul, http://www.portcement.org/pdf_files/RX118.pdf, 1960, 15 pages.

Klieger, Paul, and Perenchio, William, http://www.portcement.org/pdf_files/RX169.pdf, 1963, 15 pages.

Lerch, William, http://www.portcement.org/pdf_files/RX081.pdf, 1957, 7 pages.

Pierce, James S., "Mixing and Curing Water for Concrete 1994, pages 473 to 477.

Powers, T. C., http://www.portcement.org/pdf_files/RX025.pdf, 1948, 15 pages.

Senbetta, Ephraim, 1994, pages 478 to 483.

Tepponen, Pirjo, and Eriksson, Bo-Erik, "Damages in Concrete Railway Sleepers in Finland," The Nordic Concrete Federation, Oslo, 1987.

Verbeck, George J., and Helmuth, R. A., Proceedings, The Cement Association of Japan, Tokyo, 1968, page

04

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON

Kendiliğinden (Sıkışan) Yerleşen Beton :

Kendiliğinden (Sıkışan) Yerleşen Beton (KYB); kendi ağırlığı altında sıkışabilen, yoğun donatılı ve dar kesitli bölgelerden dahi hiçbir ek sıkıştırma önlemi almadan kalıbı doldurabilen ve homojenliğini koruyabilen çok akıcı kıvamlı betondur. Kendiliğinden Yerleşen Betonlar ilk olarak 1980'lerin sonlarında Japonya'da geliştirildi. Daha sonra Avrupa ve Amerika'da farklı uygulamalar ve farklı yapı türlerinde kullanılmaya başlandı [17].



Vibrasyon gerektirmediği için gürültü kirliliğinin ortadan kaldırılması, işçiliğin azaltılması, daha hızlı üretime olanak sağlamasının yanında iri agrega hacminin sınırlandırılması, en büyük agrega dane boyutunun azaltılması ve etkin bir süper akışkanlaştırıcı kullanılmasıyla akıcılık kazanıp sık donatılar arasından geçerek dar kesitlerde çalışma imkanı ve istenilen kalıpta boşluksuz beton üretimi sağlamaktadır [17]. Sınırlanmış iri agrega miktarı, azaltılmış en büyük agrega dane çapı, mikro filler kullanılarak artırılmış toplam ince malzeme miktarı, viskozite arttırıcı katkı kullanılarak arttırılmış segregasyon direnci KYB 'ların bileşim özellikleridir. Bileşimlerinde kullanılan süper akışkanlaştırıcı katkı ile düşük su/çimento oranında hem yüksek dayanıma hem de üstün durabiliteye sahip olması nedeniyle KYB'lar yüksek performanslı betonlar sınıfına girebilmektedir [28,30].

1980'lerden itibaren polimer esaslı, 1990'lardan itibaren de polikarboksilat eter esaslı süperakışkanlaştırıcıların geliştirilmesi ile KYB özelliğinin temelini oluşturan düşük su/bağlayıcı oranında yüksek işlenebilirlikte beton üretmek mümkün olması ile KYB üretiminde büyük gelişme sağlanmıştır. Yeni nesil süperakışkanlaştırıcı olarak adlandırılan

bu katkılar geleneksel süper akışkanlaştırıcıların elektrostatik etkisinin yanında uzun polimer zincirleri ile sterik etki de yaratarak çimento tanelerini birbirinden ayırıp betonda işlenebilirliği arttırmaktadır [17]. KYB'larda yüksek işlenebilirlik süper akışkanlaştırıcılarla sağlanırken ayrılmaya (segregasyona) karşı direnç sağlamak ve betonun kararlılığını (stabilitesini) korumak amacıyla viskozite arttırıcı katkı kullanımı ve/veya ince malzeme miktarını arttırılması uygulanan yöntemlerdir. İnce malzeme 0,125 mm den küçük dane çaplı malzeme olarak tanımlanır ve çimento, kırma kum, tabii kum ve bunun yanında mikrofiller malzemeler bu tanıma girer. Mikrofiller malzeme olarak genelde uçucu kül, silis dumanı veya yüksek fırın curufu tercih edilir. Böylece iri agregalar arası mesafe doldurularak içsel sürtünmeler azaltılıp betonun akıcılığının artmasıyla reolojik özellikler olumlu yönde etkilenmektedir [17,27].

KYB Bileşiminde Kullanılan Malzemeler:

KYB için kullanılan malzemeler geleneksel betonlarda kullanılan malzemelerle aynıdır. Bu malzemelerin hepsi TS EN 206-1'e uygun olmalıdır. Ancak KYB performansının stabil olması için malzemelerin uniformluğu kontrol edilmelidir. Malzemelerin uniformluğu standartların belirttiği varyasyonların içinde kalmalıdır. Bu sayede rutin KYB üretimleri uygunluk kriteri içerisinde kalır [21].

1. Çimento

TS EN 197-1'e uygun üretilen tüm çimento tipleri KYB üretimi için kullanılır. Doğru çimento tipi; her uygulamanın istediği özel şartlarla göre veya özel istekler hariç üreticinin yaygın olarak kullandığı çimento tipine göre belirlenir.

2. Mineral Katkı

KYB'nun taze haldeki isteklerini yerine getirmek için, Dışardan ve puzolonik/hidrolik mineral katkılar segregasyon ve kohezyon direncini arttırmak için yaygın olarak kullanılır. Bu katkılar çimentonun hidrasyon ısısını ve termal büzülmesini azaltmak için de kullanılır.

Ayrıca Mineral katkılar KYB 'nin iyi bir yüzey bitişile bitmesi ve güzel bir görünüm için seçilir fakat mineral katkının tipine göre dış görünümde renk farklılıkları gözlemlenebilir.

• Mineral Filler

Fillerlerin tane boyutu, şekli ve su emmesi KYB'nin üretiminde su ihtiyacını veya hassasiyetini ve bu yüzden kullanım için uygunluğunu etkileyebilir. Kalsiyum karbonat bazlı mineral fillerler yaygın olarak kullanılan, mükemmel reoloji özellikleri veren iyi bir yüzey bitiş sağlayan malzemelerdir. Bu malzemelerde kullanılan uygun tane boyutu 0,125 mm'den küçük olan kısımdır ve genelde bunların %70'nin 0,063 mm elekten geçmesi istenir. Bu malzemenin KYB uygulamasında kullanılması için su ihtiyacı ve tane boyutu uygun olmalıdır. Bu nedenle diğer uygun malzemelerle karşılaştırılmalıdır.

• Uçucu Kül

Uçucu kül; KYB için kohezyonu artırmayı sağlama ve su miktarı değişikliğine hassasiyeti azaltmada etkin bir katkıdır. Ancak; yüksek miktardaki uçucu kül akışa karşı dirençli çok kohezif bir beton üretimine sebep verebilir.

• Silis Dumanı

Silis dumanının yüksek seviyedeki inceliği ve küresel şekli iyi kohezyon ve gelişmiş segregasyon direnci sağlar. Ancak; Silis dumanı akmayı azaltma veya ortadan kaldırmada

çok etkilidir ve bu hızlı yüzey sertleşme problemlerinin artmasına sebep olur. Eğer sevk edilen betonda çatlaklar varsa, bu betonda soğuk derz ve yüzey problemlerine sebebiyet verir ve bu da yüzey bitişlerinde zorluklara sebebiyet verir.

• Fırın Curufu

Fırın curufu hidartasyon ısısı düşük bir reaktif ince malzeme sağlar. Bazı CEM II ve CEM III sınıfı çimentoların içinde olduğu gibi hatta bazı durumlarda mineral katkı olarak karışıma katılır. Yüksek miktarda fırın curufu yavaş priz alması esnasında betonun ayrışma riskini artırırken, KYB'nin hassasiyetini azaltarak stabilitesini etkileyebilir.

• Diğer Mineral Katkılar

Metakaolin, doğal puzolan ve diğer ince fillerler KYB için mineral katkı olarak düşünülebilir veya kullanılabilir, fakat betonda kısa ve uzun dönemde ki etkilerini dikkatlice değerlendirmek gerekir.

3. Agregalar

Normal ağırlıktaki agregalar TS EN 12620 ve TS EN 206-1'in durabilite şartlarına uygun olmalıdır. Hafif agregalar TS EN 13055-1'e uygun olmalıdır.

Tüm agregaların ince içeriğinde nemi, su emmesi, boyutu ve çeşitliliği devamlı ve yakın bir şekilde gözlemlenmeli ve stabil kalitede KYB üretimi için göz önünde bulundurulmalıdır. Tedarik kaynağı değiştiğinde beton özelliklerinde önemli değişiklik yapılmış gibidir ve bu nedenle kaynak değişikliği dikkatlice ve tam olarak değerlendirilmelidir.

Agreganın şekil ve parça büyüklüğü dağılımı çok önemlidir ve bu durum paketleme ve hava içeriğini etkiler. Bazı karışım dizaynı metodları gereken harç ve çimento hamurunun hacmini tahmin etmekte agreganın hava içeriği kullanılır. Bazı karışım dizaynlarında ince ve kaba agregalar arasında atlamalı gradasyon ve/veya tek boyutlu agregalar kullanılır.

• Kaba Agregalar

TS EN 12620'ye uygun kaba agregalar; KYB üretimi için elverişlidir. KYB için hafif agregalar başarıyla kullanılır, ama dikkat edilmelidir ki eğer viskozitesi düşükse agrega yüzeye çıkabilir ve bu elek segregasyon direnci testinde tesbit edilemeyebilir.

Maksimum agrega büyüklüğü donatılar arası boşluğu belirlemede en temel faktördür. KYB'nin donatılar arasından akışı sırasında agreganın bloklanmasından kaçınılmalıdır. KYB karışımının akış kabiliyeti için L BOX testi endikasyon oluşturur. Daha büyük ebatlı agrega kullanılsa bile maksimum agrega boyutu 12-20 mm ile kısıtlandırılmalıdır.

Parçacık büyüklüğünün dağılımı ve kaba agreganın şekli betonun akış kabiliyetini ve çimento hamuru gereksimini direk olarak etkiler. Daha küresel agrega parçacığı daha az agrega bloklanması ve azalan iç sürtünmeye bağlı olarak daha çok akış yeteneği demektir.

• İnce Agregalar/Kum

İnce agreganın taze beton üzerindeki etkisi bariz bir farkla kaba agregadan daha büyüktür. 0.125 mm'den daha küçük boyuttaki parçacıklar çimento hamuruna dahil edilmeli ve su/toz oranı hesaplanırken hesaba alınmalıdır.

KYB'de yüksek çimento hamuru hacmi kum tanecikleri arasında iç sürtünmeyi azaltır ama iyi bir tane büyüklüğü dağılımı hala önemlidir. Çoğu KYB karışım dizaynı metodunda,

optimum agrega granülometri eğrisini yakalayabilmek için karıştırılmış kum kullanılmaktadır ve bu aynı zamanda su/çimento hamur içeriğini azaltmayı sağlamaktadır. Bazı üreticiler eksik gradasyonlu kum tercih etmektedir.

4. Kimyasal beton katkıları

TS EN 934-2'ye uyumlu süper akışkanlaştırıcı veya yüksek oranda su azaltıcı katkıları önemli KYB bileşenleridir. Segregasyon ve özellikle nem içeriği gibi karışımın değişimine duyarlı olduğu diğer unsurları azaltmaya yardımcı olmak için viskozite düzenleyici katkılarda kullanılabilir. Aynı şekilde geleneksel betonlarda kullanılan hava sürükleyici katkılarda kullanılabilir ama katkı üreticisinin kullanıma yönelik önerisi ve katkının optimum kullanım dozajı alınmalıdır. Üretici firma TS EN 934-2'ye uymalıdır.

Optimum performans için katkı seçimi bağlayıcı/katkının fiziksel ve kimyasal özelliklerinden etkilenebilir. İncelik, karbon içeriği, alkaliler ve C3A gibi faktörlerin etkisinde olabilir.

Bu sebeple bu unsurların tedarikinde bir değişiklik yapılacaksa uygunluklarının dikkatlice kontrol edilmesi önerilir.

Kimyasal katkıların; bir üretimden diğer üretim arasında normalde çok stabil olacaktır. Fakat başka bir kaynağa yönelme veya aynı üreticiden başka tip bir katkı talebi KYB'nin performansında önemli etkilere gösterebilir ve herhangi bir değişiklik yapılmadan önce katkılar tam olarak kontrol edilmelidir.

• Süper Akışkanlaştırıcı/Yüksek Oranda Su Azaltıcı Katkılar

Kullanıcının spesifik gereksinim ve diğer karışım unsurlarının etkilerine bağlı olarak çoğu katkı üreticisinin çeşitli süper akışkanlaştırıcı katkısı bulunur.

Katkı istenen su azaltmayı ve akışkanlığı meydana getirmeli ama aynı zamanda nakliye ve uygulama süresince dağıtıcı etkisini korumalıdır. Talep edilen kıvam koruma uygulama esnasında da devam etmelidir. Nakliyesi ve yerleştirilmesi yapılacak betona göre prekast betonun daha kısa koruma zamanına gereksinimi vardır.

• Viskozite Düzenleyici Katkılar

KYB'nin kohezyonunu, akışkanlığını değiştirmeden düzenleyen katkılara denir. Bu katkıları, nem içeriğindeki, kumdaki ince tane veya tane büyüklüğü dağılımındaki değişimden katkının minimum düzeyde etkilemesi için kullanılır. KYB'yi daha sağlam ve bileşen oranları veya durumlarındaki küçük değişimlere karşı daha az duyarlı kılar. Ancak, bu iyi bir karışım dizaynından kaçınmak veya diğer KYB'yi oluşturan unsurların dikkatlice seçiminden vazgeçmek anlamına gelmemelidir. Ama TS EN 934-2'nin Çizelge 1'ndeki koşullarına uyumlu olmalıdır. Ek olarak, performans kriterleri tedarikçi tarafından belirlenmelidir.

• Hava Sürükleyici Katkılar

Hava sürükleyiciler KYB'nin donma-çözünme kalıcılığını artırır. Aynı zamanda, düzgün yüzey bitişi ve hava sürükleyişini geliştirirken düşük toz oranı ve düşük KYB dayanımını stabilize eder.

5. Pigmentler

EN 12878 uygun pigmentler KYB ile başarılı bir şekilde kullanılabilir, aynı dikkat ve

sınırlamaları geleneksel betonlar gibidir. Ancak; betonun taze halini etkileyebileceği için KYB’de ön deneme yapmadan kullanılmamalıdır.

Genel olarak; KYB’nin yüksek akışkanlığı nedeniyle; pigmentleri dağıtması çok etkilidir ve daha üniform renkler elde edilir, hem silonun içinde hemde silolar arasında aynıdır. Ancak; KYB’nin dha yüksek çimento hamuru istenen renk yoğunluğunu sağlamak için pigmentin daha yüksek dozlarda kullanılmasını sonucunu doğurabilir.

6. Lifler

Hem metalik hemde polimer lifler KYB’nin üretiminde kullanılmaktadır. Fakat lifler betonun akışkanlık ve geçme kabiliyetlerini azaltır. İstenen taze ve sertleşmiş haldeki betonun özelliklerini sağlamak için tipi, uzunluğu ve miktarı yapılan denemelerle belirlenir.

Polimer lifler betonun plastik büzülme nedeniyle oluşan çatlakları ve oturmaları önlerken, KYB’nin stabilitesini de geliştirebilir.

Çelik veya uzun polimer yapıları lifler sertleşmiş betonun sünekliğini modifiye etmek için kullanılır. Liflerin uzunlukları ve miktarı yapının ihtiyaçlarına ve maksimum agrega boyutuna bağlı olarak seçilir. Eğer normal donatının yerine kullanılırsa, betonun akışında bloklanma riski olmaz fakat normal donatılı sistemde önemli bir oranda fazla kullanılırsa KYB’de bloklanma riski artar.

7. Karışım suyu

Karışım suyu TS EN 1008’e uygun olarak kullanılmalıdır. Beton endüstrisinde üretiminde geri dönüşüm suyu kullanan yerlerde bu karışım uniformluğunu silodan siloya etkileyebileceğinden şüphelenilen tanecik miktarının çeşitliliği dikkate almak gerekir.

KYB tasarım yöntemi

KYB; geleneksel betonlara göre karışım dizayn metodu çok farklıdır. Bileşiminde çimento, su, ince agrega, kireçtaşı pudrası gibi doldurucu özellik gösteren malzemeler ile uçucu kül, silis dumanı gibi puzolonik malzemeler bulunmaktadır. Bunlara ek olarak yeni nesil süper akışkanlaştırıcılar ve viskozite düzenleyici kimyasal katkıları da dizayna eklenir. Üretilen beton karışımının hedeflenen işlenebilirliğe ve ayrışma direncine sahip olması gerekir. Bu üretilen beton karışımı donatıların arasına çok iyi yerleşmeli, ayrışma ve topaklanma gibi bir eğilimi olmamalıdır. Bu amaçla, kendiliğinden yerleşen betonların üretiminde su/pudra oranı kontrol edilir, akışkanlığı etkin bir şekilde artıran kimyasal katkıları kullanılır ve kullanılan iri agrega miktarı sınırlı tutulur. Temel tasarım yöntemine göre dizaynda dikkat edilecek noktalar aşağıda verilmiştir.

- Hacimsel olarak; betonun %50’si harç ve %50’si kaba agregadan oluşmalıdır. %50’lik harç kısmının da %30’u çimento, %30’u su ve %40’i ince agregadan oluşmalıdır.
- Düşük W/C oranı elde edebilmek ve uzun süreli işlenebilirlik için Polikarboksilik eter esaslı yeni nesil süper akışkanlaştırıcıları ve viskozite düzenleyici katkıları kullanılabilir.

Bu tasarım yöntemine göre tavsiye edilen tipik karışım için tavsiye edilen malzeme miktarları aşağıdaki gibidir.(17)

Çizelge 1. KYB'un tasarım yöntemine göre tavsiye edilen malzeme miktarları

İnce Malzeme Miktarı (<0,125 mm)	400-600 kg/m ³
Kum Miktarı (0,125 mm-4 mm)	Yaklaşık olarak harç hacminin %40'ı
Kaba Agregre Miktarı Dmax= 20 cm	Yaklaşık olarak gerçek birim ağırlığının %50'si
Uçucu Kül Miktarı	Yaklaşık olarak çimento + uçucu kül hacminin %40'ı
Su/Toz	0,9-1,0 (Hacimsel olarak)

1. KYB deney yöntemleri

Laboratuvar şartlarında kendiliğinden yerleşen betonun testi için gerekli deneyler dünyada kullanılmaktadır. Bu deneyler taze betonun akışkanlığını, ayrışmasını, yerleşmesini ve sıkışmasını test ederler.

Bir betona "Kendiliğinden Yerleşen Beton" denilebilmesi için aşağıdaki özelliklerin ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının da verilen sınır değerlerin içinde kalması gerekir. Bu özellikler;

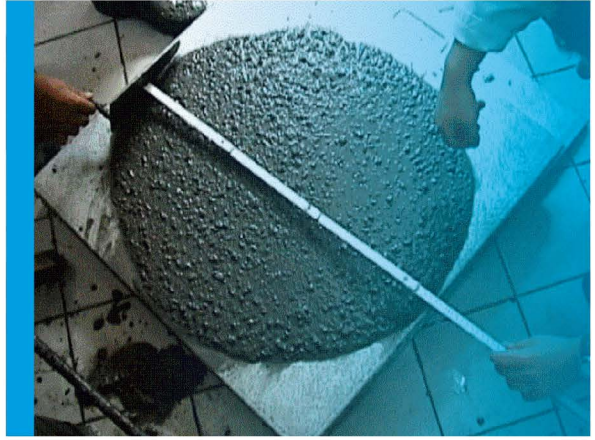
- Doldurma Kabiliyeti "Filling Ability"
- Geçme Kabiliyeti "Passing Ability"
- Ayrışmaya Karşı Direnç "Segregation Resistance"

Bu parametrelerin ölçülmesi için bazı deney metodları geliştirilmiştir. Bu yöntemler ve kabuledilebilir limit değerler aşağıdaki Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2: KYB'nu test metodları ve kabuledilebilir limit değerler

DENEY METODU	ÖLÇÜLECEK ÖZELLİK	BİRİM	LİMİT DEĞER	
			min	max
Yayılma Tablasında Yayılma	Doldurma Kabiliyeti	mm	650	800
Yayılma Tablasında İlk 50 cm yayılma için geçen süre	Doldurma Kabiliyeti	sn	2	5
V-Funnel	Doldurma Kabiliyeti Ayrışmaya Karşı Direnç	sn	6	12
U-Box Yükselme Miktarı Ölçümü (H)	Geçme Kabiliyeti	mm	30	-
L-Box	Geçme Kabiliyeti	H2/H1	0,8	1
Fill Box	Geçme Kabiliyeti	%	90	100

• **Slump - Flow (Çökme - Yayılma Deneyi):** Betonun kendiliğinden yayılma özelliğini yani “doldurma kabiliyetini” ölçmek için kullanılan en yaygın yöntemdir. Yayılma tablası üzerine konulan slump hunisi içerisine, şişleme yapılmadan beton doldurulduktan sonra, slump hunisi yukarıya çekilerek herhangi bir sarsma yapmadan, betonun kendi ağırlığı ile yayılması beklenir. İki farklı noktardan yayılma çapları ölçülerek kaydedilir.



Şekil 1: Yayılma Testi



Şekil 2: V Funnel

• **V- Funnel Deneyi:** Betonun boşluklardan geçebilme yeteneğini ölçmek için yapılan kendiliğinden yerleşebilirlik deneyidir. Deney aletinin içi en üste kadar doldurulduktan sonra alttaki kapak açılmak suretiyle betonun alttaki kovayı doldurma süresi ölçülür. En büyük agrega tane çapı 20 mm'nin altında olan betonlar için uygulanan bu deneyde betonun dar bir kesitten kendi ağırlığı ile akışı sağlanarak geçiş yeteneği incelenir. Boyutları Şekil 2.2'de görülen V şeklindeki huninin iç yüzeyi nemlendirildikten sonra en altta bulunan kapak kapatılır. Yaklaşık

12 lt hacmindeki huni üst yüzeyine kadar şişleme yapılmadan betonla doldurulur. Yerleşmesi için 10sn kadar beklendikten sonra alt kapağın açılmasıyla süre başlatılır. Akışın tamamen bitimine kadar geçen süre ölçülür. Bitiş anı üstten bakıldığında alttan ışık geçmeye başladığı andır. Deney kullanılan betonla 5 dakika sonra huninin yüzeyi temizlenmeden tekrar uygulanır ve süre ölçülür. Kendiliğinden yerleşen beton için yaklaşık 10sn olması beklenen akış süresinin azalması betonun yüksek akışkanlıkta olduğunu gösterir. 5 dakika beklendikten sonra betonda oluşabilecek segregasyon akışın homojenliğini bozup akış süresinin artmasına neden olabilir. tki değer arasındaki fark segregasyon direnci hakkında fikir verebilir [10,13]. Şekil 2'de V- hunisi deney düzeneği görülmektedir.

• **U- Box Deneyi:** Betonun kendi ağırlığı altında donatı çubuklar arasından geçebilme yeteneğini ölçmek için kullanılan bir doldurma deneyidir. Bu deney, betonun paralel çubuklardan geçtikten sonraki yüksekliği cinsinden kendiliğinden yerleşebilirliğini ölçer. Japonya'daki Taisei Şirketi Teknoloji Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen bu deney yöntemi su altı betonlarında, max agrega tane çapı 25mm 'nin altında olan betonlarda ve kendiliğinden yerleşen betonlarda uygulanmaktadır. KYB'nun doldurma kapasitesini ve

akış yeteneğinin incelenmesi amacıyla uygulanmaktadır. U şeklindeki deney aletinin orta kısmında düzeneği iki hazneye ayıran ama tabana kadar inmeyen bir orta duvar bulunmaktadır. Bu duvar ile düzeneğin tabanı arasında düşey yönde 13 mm çaplı 35 mm net açıklıklı donatılar ve bu donatıların önünde de kayıcı bir kapak bulunmaktadır. Deney düzeneğinin iç yüzeyi nemlendirilip kayıcı kapak kapatılır ve birinci hazne yaklaşık 20 lt betonla, şişleme yapılmadan, doldurulur. Yerleşmesi için 1 dakika beklenip ara kapak kaldırılarak betonun donatılar arasından geçip ikinci hazneye dolması sağlanır. Akış tamamlandıktan sonra her iki haznedeki beton seviyeleri ölçülerek aralarındaki fark hesaplanır. Doldurma yüksekliği denilen bu değer KYB için max 30mm olarak kabul edilir. Bundan daha düşük değerlerde betonun donatılar arasından geçiş ve doldurma yeteneğinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılır [10,13]. Şekil 3’ de U –kutusunu deney düzeneği görülmektedir.



Şekil 3. U Box

• **L-Box Deneyi:** İlk olarak Japonya’da M.Sonebi tarafından L-Flow ismiyle su altı betonlarında kullanılan bu deney yöntemi daha sonra Ö. Petersson tarafından geliştirilmiş ve Fransa’da kendiliğinden yerleşen beton ön çalışmalarında önerilmiştir.

Kendiliğinden yerleşen betonun akıcılığının ve donatılar arasından geçiş yeteneğinin belirlenmesi amacıyla uygulanan bu yöntemle betonun tıkanma riski değerlendirilir. Deney düzeneği olarak yatay ve dikey hazneden oluşan, Şekil 2.2’de ölçüleri verilen, ahşap ya da çelikten yapılabilen L şeklindeki kutu kullanılır. Dikey hazne ile yatay hazne birbirinden dik yönde yerleştirilmiş 3 adet 12 mm çaplı donatı ile ayrılır. Ayrıca dikey haznenin sonunda bir de kapak bulunmaktadır. Düzeneğin iç yüzeyi nemlendirilip ara kapak kapatıldıktan sonra dikey hazne yaklaşık 13 lt betonla, şişleme yapılmadan, doldurulur. 1 dakika beklenip betonun yerleşmesi sağlandıktan sonra ara kapak kaldırılarak betonun donatılar arasından geçip yatay hazneye dolması sağlanır. Deneye başlamadan önce yatay hazne üzerinde kapaktan itibaren 200 mm ve 400 mm’lik mesafeler işaretlenir. Kapağın kaldırılmasıyla süre başlatılır ve betonun bu mesafelere kadar ulaşma süreleri ölçülür. Akış tamamlandıktan sonra düzeneğin her iki ucundaki beton seviyeleri ölçülerek



Şekil 4. L-Kutusu

birbirine oranlanır. Bu değer "bloklanma oranı" olarak adlandırılır ve KYB'nin akıcılık ve geçiş yeteneğinin bir ölçüsü olup min 0,8 olarak kabul edilir. T20 VE T40 süreleri betonun akış özelliği ile ilgili bilgi verirken sinir değerler konusunda bir kabul henüz yoktur. Bu deneyle; betonun donatılar arasından geçiş durumuna göre tıkanma olasılığı, iri agreganın hazne boyunca ilerleme durumuna göre de segregasyon direnci hakkında bilgi elde edilir [10,13]. Sekil 4' de L-Kutusu deney düzeneği verilmiştir.

• **Fill - Box Deneyi:** Bu deney betonun kendi ağırlığı altında sıkı donatı çubukları arasından akarak kendiliğinden yerleşen beton özelliğini ölçmek için kullanılan bir deneydir. Betonun ayrışma ve terleme yapmadan sıkı donatı çubukları arasından akışını gözlemleyerek ölçülür.

Simule edilmiş doldurma testi olarak da adlandırılan bu deney yöntemi Japonya'da Ozawa tarafından geliştirilmiştir. Yüksek akışkanlı betonlar su altı betonları ve kendiliğinden yerleşen betonlarda betonun kendi ağırlığı ile donatılar arasından geçerek akış hareketinin gözlemlenip geçiş yeteneğinin ölçülmesi amacıyla uygulanmaktadır. Düşeyde 5, yatayda 7 adet olmak üzere toplam 35 adet 20mm çaplı donatıdan oluşan sistemde deney düzeneğinin yüzeyleri şeffaf bir malzemeden yapılmış olup betonun akış hareketi gözlemlenebilmektedir. Hazneye bir ucundaki 500 mm yükseklikteki borudan belirli bir hız ile (5 saniyede 1,5-2 lt) doldurulan betonun donatılar arasından akışı sağlanır. Akış tamamlandıktan sonra haznenin karşılıklı iki ucundaki beton seviyesi üç noktadan ölçülerek ortalaması alınır. Bu iki değer kullanılarak "doldurma oranı" hesaplanır:

$$F(\%) = (h_1+h_2) \times 350 \div 2 / (h_1 \times 350) \times 100 = h_1+h_2 \div 2h_1 \times 100$$

KYB için min. %90 olarak kabul edilen bu değerinin büyüklüğü betonun doldurma yeteneğinin yüksek olduğunu gösterir [10,13]. Sekil 2.5' de doldurma kutusu deney düzeneği verilmiştir.



Şekil 5: Doldurma Kutusu Testi Deney Düzeneği [13]

KYB'de akışkanlaştırıcı katkı kullanımı

Betonun üç temel özelliği olan dayanım, dayanıklılık ve işlenebilirlik özelliğinin diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğu yüksek performanslı betonlarda ana hedef su/çimento oranını olabildiğince düşük tutarak ayrışma ve boşluk olmadan yerleşme yeteneğini arttırmaktır.

Klasik beton teknolojisinde kullanılan akışkanlaştırıcıların temel görevi su/çimento oranını değiştirmeden işlenebilirliği artırmak olduğundan, düşük su/çimento oranında yüksek işlenebilirlik sağlamak, ancak yüksek oranda su azaltıcıların (süper akışkanlaştırıcıların) bulunması ve gelişmesiyle sağlanmıştır. Süper akışkanlaştırıcı katkıların betonda akıcılık kazandırma etkisi normal akışkanlaştırıcılar ile benzer özellik göstermekle beraber kimyasal yapıları ve polimer moleküllerinin çimento taneleri üzerinde yapışıp parçacıkların elektrostatik yüklerini değiştirmesi bakımından farklılık göstermektedir [14,15].

Süper akışkanlaştırıcılar kimyasal yapılarına göre üç farklı sınıfa ayrılırlar [14]:

- 1-) Sülfone edilmiş sentetik polimer
- 2-) Karboksile edilmiş sentetik polimer
- 3-) Karma işlevli sentetik polimer

Sülfone edilmiş sentetikler sülfonatlı naftalin formaldehit (SNF) veya sülfonatlı melamin formaldehit (SMF) den oluşmuş olup süper akışkanlaştırıcıların temelini oluştururlar. İkinci grup olan karboksilatlı sentetik polimerler ise polikarboksilat ve poliakrilatlardan oluşur. Amino sülfatlar ve modifiye edilmiş linyosülfatların örnek olarak gösterilebileceği üçüncü grup süper akışkanlaştırıcılar kimyasal yapılarında farklı anodik ve kutupsal fonksiyon gruplarına sahiptir.

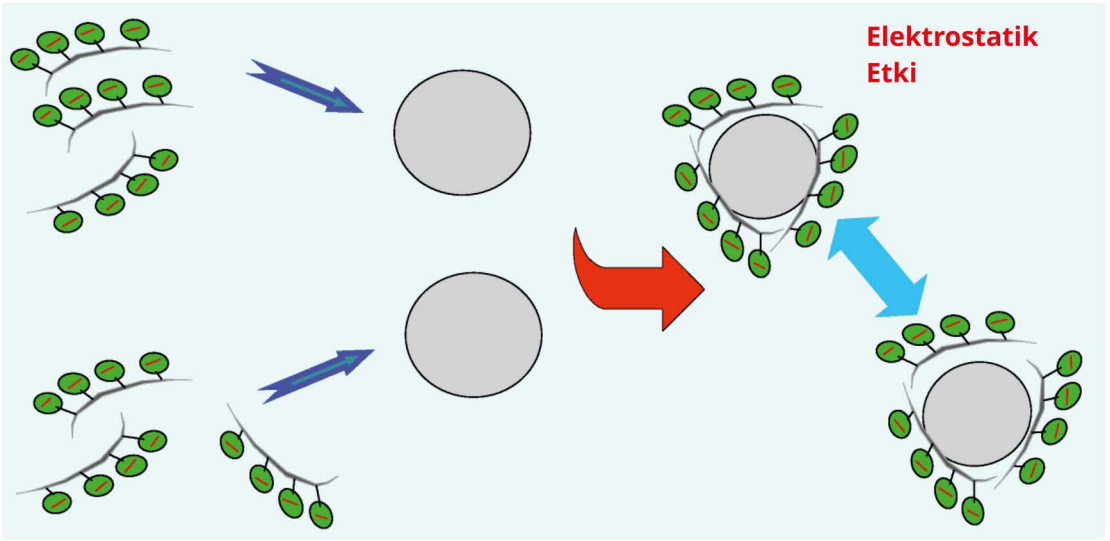
Süper akışkanlaştırıcı katkıların özelliği yüksek oranda dağıtıcılık (dispersiyon) özellikleri ile çimento taneciklerini birbirinden uzaklaştırmasıdır. Dağılma, süper akışkanlaştırıcı moleküllerinin bağlayıcı tanecikler tarafından absorbe edilmesi sonucu oluşur.

Dispersiyon olayı farklı teorilerle açıklanmıştır.

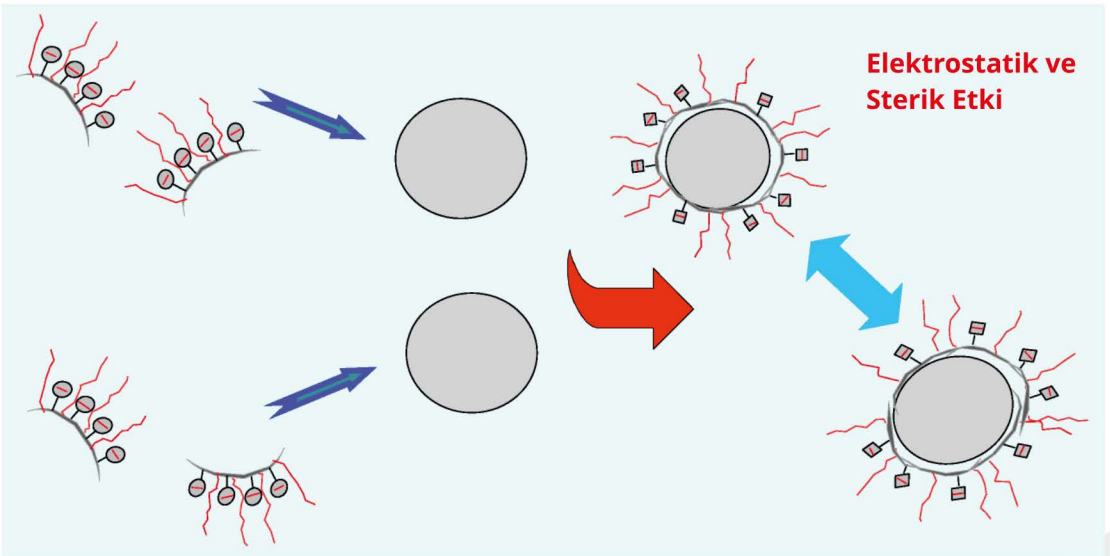
- a) DLVO (Derjaguin, Landau, Verweck, Overbeck) liyofobik kolloid teorisi
- b) Sterik etki teorisi

Çimento taneleri su ile temas edip çözülmeye başlayınca ortama Ca^{++} iyonları verir. Çimento tane yüzeyinde artan Ca^{++} iyonu konsantrasyonu, absorbe edilen akışkanlaştırıcının polimer moleküllerinin tane yüzeylerine yapışmasını sağlar. [16] Böylece negatif yükü yüklenen çimento taneleri arasında elektrostatik bir itme oluşur ve dispersiyon gerçekleşir. Birinci teoriye göre gerçekleşen bu elektrostatik itme, geleneksel sülfonatlı naftalin formaldehit (SNF) ve sülfonatlı melamin formaldehit (SMF) polimerler için geçerli olup polikarboksilat kökenli katkılarda buna ilave olarak sterik etki de söz konusudur. Bu ikinci teoriye göre polikarboksilatların uzun ana molekülleri polietilen ya da polieter yan bağlardan daha geniş bir hacim kaplamakta ve bu sayede çimento taneleri çevresinde birbirini iten fiziksel bir yapı oluşturmaktadır. Böylece elektrostatik etkiyle beraber sterik etki ile dağılan çimento taneleri kararlı hale gelerek daha etkin bir hidrasyona olanak sağlarlar. Daha yüksek oranda su kesme özelliği kazanan betonda içsel sürtünmeleri azalmasıyla, kayma gerilmesi ve viskozitede azalır. Böylece uzun süre en küçük detaylara kadar ayrışma göstermeden ve vibrasyon gerektirmeden kendiliğinden yerleşebilen betonlar üretilebilmektedir [14,15,16].

Süper akışkanlaştırıcı katkıların, etki mekanizmaları ise Şekil 6 ve Şekil 7' de görülmektedir.



Şekil 6: Geleneksel süperakışkanlaştırıcıların çalışma mekanizması



Şekil 7: Polikarboksilat esaslı süperakışkanlaştırıcıların çalışma mekanizması

KYB üretiminde; yüksek akışkanlık, yüksek ayrışma direnci gösterip betonun kararlılığını koruyarak işlenebilirliğinin uzun süre devam etmesini sağlamak büyük ölçüde kullanılan bu polikarboksilat bazlı akışkanlaştırıcı katkıya bağlıdır. Polikarboksilatlar kendi aralarında su kesme ve işlenebilirliği korumak bakımından farklılık gösterirler. Bunun temel nedeni katkı üretiminde kullanılan hammadde farkı, katı madde oranı, molekül oluşturucu ana zincir ve yan zincirin kimyasal yapısı ve molekül ağırlığı gibi faktörlerdir. Yapılan çalışmada [18] polikarboksilatların farklı kimyasal yapıları nedeniyle betonda işlenebilirliği koruma özelliklerinin değişim gösterdiği görülmüştür. Bir diğer çalışmada [4] da taze beton özellikleri ve dayanımlar açısından katkının çimento ile etkileşiminin önemli olduğu, bunun için uygulamadan önce çimento-katkı uyum deneylerinin yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

KYB katkisi olan polikarboksilatlar, portlant çimentosu, doğal puzzolan katkili çimento ve portlant kompoze çimento ile iyi bir uyum sağladığı fakat trasli çimento ve puzzolonik çimento ile uyumsuzluk gösterdiği yapılan bir başka çalışmada görülmüştür [19].

Vizkozite düzenleyici katkı etkisi

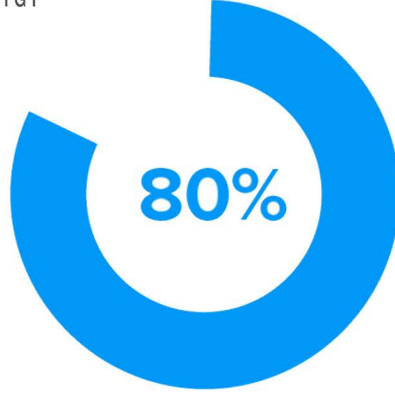
Yüksek oranda su azaltan süperakışkanlaştırıcı katkıların dağıtma (dispersiyon) gücünün çok yüksek olması betonda plastik viskoziteyi düşürüp segregasyonun (ayırışma) ve terlemenin oluşmasına neden olmaktadır. Bunun için bu katkıların kullanılması durumunda ayırışmayı önlemek için bazı önlemler almak gerekir. Karışımda ince malzeme miktarını arttırmak bir yöntemdir. İnce malzeme olarak 100 mikrondan ince taneler düşünülüp uçucu kül, taş unu, cüruf, silis dumani kullanılabilir [4]. Bir diğer yöntem de, süperakışkanlaştırıcı ile beraber vizkozite düzenleyici kimyasal katkıların kullanılmasıdır. Betonda terlemeyi azaltıp ayırışmanın önüne geçebilmek için kullanılan vizkozite arttırıcı katkıları, doğal polisakaritler, akrilik bazlı polimerler, selüloz türevleri ve nişasta kökenli ürünlerdir. Bu maddeler betonda kararlılığın korunmasını ve agreganın çimento hamuru içinde askıda kalmasını sağlamakla beraber düşük kalitede agrega veya düşük çimento dozajında etkinliklerini kaybederler [20]. KYB lar üzerinde yapılan çalışmalarda toplam ince malzeme miktarının 400 kg/m³ ile sınırlandırılması durumunda viskozite düzenleyici katkı ilave edilmeden üretilen betonlarda akışkanlığın yüksek olduğu fakat bunun yanında segregasyonun da olduğu bu nedenle bu şartlar altında kendiliğinden yerleşen beton taniminin yapılamayacağı belirtilmiştir [21].

KAYNAKLAR

- [1] Okamura, H., 1997. *Self Compacting High Performance Concrete*, *Concrete International*, V.19, No:7, 50-54
- [2] Gaimster, R. and Dixon, N., 2003. *Self-Compacting Concrete*, in *Advanced Concrete Technology*.
- [3] Özkul, M., H., 2002. *Beton Teknolojisinde Bir Devrim: Kendiliğinden Yerleşen-Sikişan Beton*, 52, 64-71.
- [4] Sağlam, R.A., Parlak, N., Doğan, A., U. ve Özkul, M., H., 2005. *Kendiliğinden Yerleşen Betonda Çimento Katkı Uyumu*, 6. Ulusan Beton Kongresi, İTÜ, İstanbul, 16-18 Kasım 2005, s. 213-224
- [5] ACI 544.1R-96, 1996. *State of the Art Report On Fibre Reinforced Concrete*
- [6] Alkan G., 2004. *Polipropilen Lifli Betonun Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*
- [7] Nakara, Y., 1998. *Will Self Compacting High Performance Concrete be Used More Widely in Japan?*, May 1998, 65
- [8] Japanese Ready Mixed Concrete Association, 1998. *Manual of Producing High Fluidity (Self Compacting) Concrete*, Japanese Ready Mixed Concrete Association, Tokyo-Japanese
- [9] Su, N., Hsu, K. and Chai H., 2001. *A Simple Mix Design Method for Self Compacting Concrete*, *Cement and Concrete Research*, 31, 1799-1807
- [10] EFNARC, 2002. *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete*
- [11] *Self Compacting Concrete*, 2000. *State of the Art Report of RILEM Technical Committee 174-SCC*, Ed. by Skarendahl, A., Petersson, Ö., RILEM publication
- [12] Lars, M., Tviksta, G., 2000. *SCC: Guidelinae, TR9-V9, End Product*, Brite EurAn Proposal
- [13] Bartos, P.J.M., Sonebi, M. and Tamim, A.K., *Workability and Rheology of Fresh Concrete: Compendium of Tests*, RILEM Technical Committee TC 145-WSM *Workability of Special Concrete Mixes*.
- [14] Doğan, A., U., 2000. *Yeni Kuşak Süperakışkanlaştırıcıların Harç ve Beton Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*
- [15] Akman, S., 2000. *Yüksek Performanslı Betonların Taze Haldeki Özelliklerine Katkı Maddelerinin Etkisi, SİKA-Teknik Bülteni, 2000/1, İstanbul*
- [16] Sengül, C., 2005. *Kendiliğinden Yerleşen Çelik Lif Donatılı Betonların Mekanik Davranışına Su/İnce Malzeme Oranı ve Lif Dayanımının Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*
- [17] SİKA Teknik Bülteni, *Beton Katkılarının Değerlendirilmesinde ve Kalite Kontrolünde Önemli Parametreler*, İstanbul
- [18] Felekoglu, B., Baradan, B., Sarökalıya, H. ve Yüceer, L., 2005. *Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda İşlenebilirlik Kaybının Azaltılmasında Polikarboksilat Bazlı Akışkanlaştırıcıların Kullanımı*, 6. Ulusan Beton Kongresi Bildirileri, İTÜ, İstanbul, 16-18 Kasım 2005, s. 53-62
- [19] Özkul, M., H., Doğan, A., U., Çavdar, Z., Sağlam, R., A. ve Parlak, N., 2000. *Effects of The Self Compacting Concrete Admixtures on Fresh and Hardened Concrete Properties*, *Cement and Concrete Technology in the 2000s, Second International Symposium*, İstanbul, 6-10 September

- [20] Berke, N., S., Cornman C., R., Jeknavorian, A., A., and Knight F., 2002. *The Effective Use of Superplasticizers and Viscosity Modifying Agents in Self Consolidating Concrete*, The Proceedings of The First North American Conference on The Design and Use of Self Consolidating Concrete, November 12-13, The Center of Advanced Cement-Based Materials, A. Hanley-Wood Publication , pp 165-170
- [21] Roks, S., Amroise, J.N. and Pera, J., 1999. *Effect of Different Viscosity Agents on The Properties of Self-Levelling Grout*, Cement and Concrete Research, 29, 261-266
- [22] ASTM C618, 1998. *Standart Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use a Mineral Admixture in Concrete*, Annual Book of ASTM Standarts, No:4
- [23] TSEN 197-1, 2002. *Çimento-Böüm1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Mart 2002
- [24] Türker, P., Erdogan, B., Katnaş, F. ve Yeginobali, A., 2004. *Türkiyedeki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri*, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Ar-Ge Enstitüsü, Ankara 2004
- [25] Cabrera J., G. and Hassan, K., E., 1998. *The Use of Classified Fly Ash to Procedure HPC*, Sixty CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silika Fume, Slag and Pozzolans in Concrete, Bangkok 1998
- [26] Erdiñ, M., 1995. *Uçucu Küllü Betonlarda Dayanım ve Klor Geçirirliđi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [27] Sengül. O., Taşdemir M.A. ve Sönmez, R., 2003. *Yüksek Oranda Uçucu Kül İçeren Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Klor Geçirirliđi*, 5.Ulusal Beton Kongresi , İstanbul ,1-3 Ekim , s. 75-85
- [28] Joshi, R.C. and Lohtiva, R.P., 1997. *Fly Ash in Concrete: Production, Properties and Uses*, Pub.by Gordon and Breach Science, Canada
- [29] Akman , S., Yıldırım, H., Uçucu Kül ve Süperakışkanlaştırıcı Katkıların Birlikte Kullanımının Yararları , Sika Teknik Bülteni, 2002.
- [30] Sahmaran, M., Yaman, O.,T. ve Tokyay, M., 2004. *Yeninesil Yüksek Akışkanlaştırıcı Katkı Maddeleri ile Yüksek Hacimde Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Yerleşen Beton*, Beton 2004 Kongresi, İstanbul, 10-12 Haziran, s. 225-233
- [31] Neville, A.M., 1995. *Properties of Concrete* , 4th ed., Logman Group, pp.757- 758
- [32] ACI Committee 266, 1998. *Use of Fly Ash in Concrete*, ACI Materials Journal
- [33] Massazza, F. and Costa, U., 1979. *Aspect of Pozzolanic Activity and Properties of Pozzolanic Cements*, II Cemento76, Jan-March
- [34] Tikalsky, P., J., Carrasquillo, P.M. and Carrasquillo, R., L., 1988. *Strenght and Durability Considerations Affecting Mix Proportioning of Concrete Containing Fly Ash*, ACI Materials Journal, 85
- [35] Doğan, A., Ü. ve Ozkul, H., M., 2005. *Uçucu Küllü Betonlarda Geçirirliđlik ve Basınç Dayanımına Bağlı Olarak Optimum Karışımların Bulunması*, 6.Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, 16-18 Kasım, 339-348
- [36] Hannant, D.J., 2003. *Fibre Reinforced Concrete* , in *Advanced Concrete Technology*
- [37] Naaman, E., A.,. *Fibre Reinforcement for Concrete: Looking Back, Looking Ahead*
- [38] Collepardi, S., 2005. *Characteristics of the Flexion Behaviour of Joists Made of Concrete Reinforced With Polypropylene and Polypropylene-Polyethylene Fibres Produced by "La Matassina S.R.L."*, Italy
- [39] Erbaş, M., 2003. *Polipropilen Lifler ve Betonun Durabilitesine Etkisi*, 5.Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, 1-3 Ekim 2003, s. 593-603
- [40] Taşdemir, M.A., Bayramov, F., Kocatürk A.N. ve Yerlikaya M., 2004. *Betonun Performansına Göre Tasarımında Yeni Gelişmeler*, Beton 2004 Kongresi, İstanbul, 10-12 Haziran 2004, s. 24-57





Türkiye pazarının %80'lik hacmine hakimiz.



05

PREKAST (Ön dökümlü Beton)

PREKAST (Ön dökümlü Beton)

Prekast betonu, tekrar kullanılabilen kalıplar içerisinde kontrollü ortamda kürlenerek üretilip, şantiye alanına taşınıp, orda monte edilebilen yapı ürünüdür.

Prekast betonun (Ön dökümlü beton) yerinde dökme betona göre avantajları şu şekildedir:

- Betonun kalite kontrolü daha iyidir
- Betonun kürlenmesi kontrol altında ve daha iyi yapılıdır.
- Tüm hava şartlarında üretilebilir.
- Tüm hava şartlarında inşa edilebilir.
- İnşaat süresini hızlandırır.

Prefabrik uygulamaları, özellikle hızlı ve güvenli bir şekilde yapılması istenen inşaat projeleri ve endüstriyel tesis inşaatlarında kullanılan bir yöntemdir. Yalnız prekast betonu üretiminde, üretim sürecinin veriminin artırılması ve kalıpların çevriminin arttırılarak daha çok kullanılabilmesi için yüksek erken dayanıma ihtiyaç vardır. Bunu elde edebilmek için, üretilecek elemanın özelliklerine göre beton karışım parametrelerinin optimize edilmesi, betona dışardan enerji verilmesi gerekmektedir. Kalıpların verimli kullanılması ve enerji maliyeti prefabrik uygulamalarda maliyeti etkileyen en önemli faktörlerdir. Özellikle beton karışımında kullanılan (çimento miktarı, su / çimento oranı ve beton katkıları) ürünler ve parametreler üretilecek elemanın yapısı ve kalıbın şekline göre belirlenerek, kalıp verimliliği ve enerji maliyeti optimum kullanılacak şekilde seçilir ve belirlenir.



Prekast Betonun Genel Özellikleri

- Hız: yapı üretimi ve temel işleri aynı anda yürütülebildiği için projenin hızlı tamamlanması ve dolayısıyla yatırımın hızla kazanca dönmesini sağlar.
- Kalite: Endüstriyel ortamda, etkin kalite kontrol ile yapı elemanı üretimi
- Teknolojik Avantajlar: öngerme ve yüksek dayanımlı beton gibi teknolojik üstünlükler ile büyük açıklıklar ve özel geometriye sahip elemanlar gibi teknik avantajlar ve düşük maliyet sağlar
- Hava Koşullarından Bağımsız (Kısmi) Üretim Olanağı

- Yapımda Ekonomi: Kalıp maliyetinde tasarruf, İskeleden tasarruf, Malzemeden tasarruf (küçük kesitler, büyük açıklıklar) İş gücünden ve zamandan tasarruf, endüstriyel ortamda verimli yapı elemanı üretimi
- Mimari Tasarımda Esneklik: Büyük açıklıklar – bölünmemiş mekanlar Cephelerde form, doku, renk zenginliği
- Çevre Dostu Teknoloji, Etkin Geri Kazandırma; düşük fire ve üretim atıklarının geri kazandırılması

Prefabrikasyonun Aşamaları

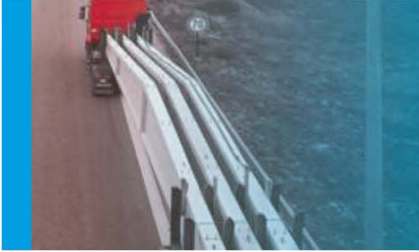


1. Tasarım

Üretici firmaların kullandıkları modülasyonlara göre değişiklik gösterebilir. Bu aşamada üretilecek ürünlerin eldeki kalıplara, nakliye sırasındaki yol kısıtlamalarına ve montaj alanındaki detaylara göre belirlenmesi önemlidir. Tasarımlar yürürlükteki yönetmelikler ve standartlara göre gerçekleştirilir.

2. Üretim

Bu alan üretici firmanın sorumluluğundadır. Üretilecek ürünler kontrollü bir şekilde fabrika ortamında üretilir ve kürlenir. Üretim aşamasında istenen renk, doku, yüzey görüntüsü göre karışımlarda değişiklik yapılarak üretim gerçekleştirilir.



3. Nakliye

Üretim alanından montajın gerçekleşeceği şantiye alanına kadar ürünler karayolları kurallarına ve geçeceği güzargahtaki kısıtlamalar göze alınarak taşınır ve tasarlanır.

4. Montaj

Prefabrikasyonun son aşamasıdır. Üreticinin sorumluluğunda olan bu işlemden bağlantı detayları en önemli kısımdır. Tasarımcının belirlediği şekilde elemanlarının bağlanması önem teşkil eder.



Prefabrike Beton Elemanları Ürün Grupları:

1. Üst Yapı Elemanları : Kolon, kiriş, çeşitli döşeme elemanları, çatı makasları, aşıklar, çeşitli cephe elemanları, mimari elemanlar:

- Bu grupta TS EN 934-2'ye göre Çizelge 3.1 ve 3.2, Çizelge 7 ve/veya Çizelge 6'nın şartlarını sağlayan katkıları kullanılabilir.
- Bu ürün grubunda, TS EN 943-2'ye göre uygun beton katkılarının uygulandığında getirdiği avantajlar:
 - Yüksek oranda su azaltma
 - Yüksek erken dayanım (hatta 24 saatten önceki zamanlarda bile)
 - Enerji sarfiyatını azaltma ve kütleme çevrimini optimize eder.
 - Yüksek akışkanlık sayesinde beton yüzey kalitesinin artması
 - Üretimin hızını artırır.
 - TS EN 206-1'e uygun her türlü çevre şartı için durabilitesi yüksek prekast beton ürünleri elde edilmesini sağlar.



2. Alt Yapı Grubu: Donatılı, donatısız beton borular, öngermeli köprü kirişleri, kutu menfezler, TBM tünelleri segment elemanları, demiryolu traversi:

➤ Bu eleman grubunda beton borularda ve kutu menfez gibi elemanlarda; TS EN 934-2'nin kapsamına girmeyen sıfır çökmeli betonlarda kullanılacak özel katkıları kullanılabilir.

➤ Bu grupta kullanılacak katkıları sıfır-slump üretim şekline uygun katkıları olmalıdır. Bu tip katkıların getirdiği avantajlar:

- Kullanılan karışım dizaynını optimize edilmesini sağlar.
- Daha yüksek üretim hızı sağlanması sebebi ile üretimin verimliliğini artırır.
- Kullanılan karışım dizaynında su miktarının değişimine karşı toleransı artırır. Yani; daha yüksek su/çimento oranında daha homojen karışımlar ve daha stabil ürünler elde edilir.
- Erken dayanımı artırır.
- Daha az kütleme süresi sebebi ile kür süresi optimize edilebilir.



- Öngermeli köprü kirişi, TBM Segment elemanları ve demiryolu traverslerinde ise; TS EN 934-2'ye göre Çizelge 3.1 ve 3.2, Çizelge 7 şartlarını sağlayan katkıları kullanılabilir.
- Bu ürün grubunda, TS EN 943-2'ye göre uygun beton katkılarının uygulandığında getirdiği avantajlar:

- Yüksek oranda su azaltma
- Yüksek erken dayanım (hatta 24 saatten önceki zamanlarda bile)
- Enerji sarfiyatını azaltma ve kürlenme çevrimini optimize eder.
- Yüksek akışkanlık sayesinde beton yüzey kalitesinin artması
- Üretimin hızını arttırır.
- TS EN 206-1'e uygun her türlü çevre şartı için durabilitesi yüksek prekast beton ürünleri elde edilmesini sağlar.



3. Çevre Düzeni Elemanları: Çeşitli kent mobilyaları, parke taşları, bordürler, istinat duvarı elemanları:

- Bu ürünler genellikle sıfır çökmeli üretildikleri için TS EN 934-2 kapsamına girmeyen özel katkıları kullanılabilir.
- Bu grupta kullanılacak katkıları sıfır-slump üretim şekline uygun katkıları olmalıdır. Bu tip katkıların getirdiği avantajlar:

- Kullanılan karışım dizaynını optimize edilmesini sağlar.
- Daha yüksek üretim hızı sağlanması sebebi ile üretimin verimliliğini arttırır.
- Kullanılan karışım dizaynında su miktarının değişimine karşı toleransı artırır. Yani; daha yüksek su/çimento oranında daha homojen karışımlar ve daha stabil ürünler elde edilir.
- Erken dayanımı arttırır.
- Daha az kürlenme süresi sebebi ile kür süresi optimize edilebilir.

4. Elektrik Şebeke Elemanları: Trafo köşkları, enerji nakil hattı direkleri, aydınlatma direkleri

- Bu grupta; TS EN 934-2'ye göre Çizelge 3.1 ve 3.2, Çizelge 7 şartlarını sağlayan katkıları kullanılabilir.
- Bu ürün grubunda, TS EN 943-2'ye göre uygun beton katkılarının uygulandığında getirdiği avantajlar:

- Yüksek oranda su azaltma
- Yüksek erken dayanım (hatta 24 saatten önceki zamanlarda bile)
- Enerji sarfiyatını azaltma ve kürlenme çevrimini optimize eder.
- Yüksek akışkanlık sayesinde beton yüzey kalitesinin artması
- Üretimin hızını arttırır.
- TS EN 206-1'e uygun her türlü çevre şartı için durabilitesi yüksek prekast beton ürünleri elde edilmesini sağlar.



Betonarme Prefabrik elemanlar projelendirilirken kullanılan ilgili yönetmelikler ve standartlar şunlardır:

- TS 500/Şubat 2000 Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
- TS 498/Kasım 1987 Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri
- TS 3233/Şubat 1979 Öngerilmeli beton yapıların hesap ve yapım kuralları
- TS EN 13369/Ocak 2010 Öndökümlü beton mamuller-Genel Kurallar
- Deprem yönetmeliği/Mart 2007 Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik

TS EN 934-2'ye Göre Prekast Beton Katkıları:

Standarta göre prekast betonlarında kullanılabilen katkıların özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

Çizelge 3.1 - Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)

No	Özellik	Şahit Beton	Deney Metodu	İstenen Belgeler
1	Su azaltma	En 480-1 Şahit beton I	EN 12350-2'ye göre çökme veya EN 12350-5'e göre yayılma	Deneme betonunda şahit betona kıyasla en az %12
2	Basınç dayanımı	En 480-1 Şahit beton I	prEn 123920-3: 1999	1 günde deneme betonu, şahit betonun en az %140'ı; 28 günde deneme betonu, şahit betonun en az %115'i
3	Taze betondaki hava miktarı	En 480-1 Şahit beton I	EN 12350-7	Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde

Çizelge 3.2 - Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkıları için ek özellikler (eşit su / çimento oranında)

No	Özellik	Şahit Beton	Deney Metodu	İstenen Belgeler
1	Kıvamdaki artış	En 480-1 Şahit beton IV	EN 12350-2'ye göre çökme veya EN 12350-5'e göre yayılma	Başlangıç (30 ± 10) mm olmak üzere, çökme artışı en az 120 mm, başlangıç (350 ± 20) mm olmak üzere, yayılma artışı en az 160 mm.
2	Kıvam koruma	En 480-1 Şahit beton IV	EN 12350-2'ye göre çökme veya EN 12350-5'e göre yayılma	Deneme betonunun katkı katıldıktan 30 dakika sonraki kıvamı, şahit betonun ilk kıvamının altına düşmemelidir.
3	Basınç dayanımı	En 480-1 Şahit beton IV	prEn 123920-3: 1999	28 günde, deneme betonu, şahit betonun en az %90'ı
4	Taze betondaki hava miktarı	En 480-1 Şahit beton IV	EN 12350-7	Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonu, şahit betonun en çok %2 (hacimce) üzerinde

Çizelge 7 - Sertleşmeyi hızlandırıcı katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)

No	Özellik	Şahit Beton	Deney Metodu	İstenen Belgeler
1	Basınç dayanımı	En 480-1 Şahit beton I	prEn 123920-3: 1999	20°C'de ve 24 saatte: deneme betonu, şahit betonun en az % 120'si. 20°C'de ve 28 günde: deneme betonu, şahit betonun en az % 90'ı 5°C'de ve 48 saatte: deneme betonu, şahit betonun en az % 130'u.
2	Taze betondaki hava miktarı	En 480-1 Şahit beton I	EN 12350-7	Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde

Çizelge 6 - Priz hızlandırıcı katkıları için ek özellikler (eşit kıvamda)

No	Özellik	Şahit Beton	Deney Metodu	İstenen Belgeler
1	Priz başlangıcı	En 480-1'e uygun harç	EN 480 - 2	20 ° C'de: deneme betonu için en az 30 dakika 5 ° C'de: deneme betonu için şahit betonun en çok % 60'ı
2	Basınç dayanımı	En 480-1 Şahit beton I	prEn 123920-3: 1999	28 günde, deneme betonu, şahit betonun en az % 80'i 90 günde, en 28 günlük değer kadar
3	Taze betondaki hava miktarı	En 480-1 Şahit beton I	EN 12350-7	Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde

Kaynaklar:

1. Postacıoğlu, B., Beton, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 1987.
2. TS-EN 934-2 Beton Katkıları Standartı
3. TS EN 13369/Ocak 2010 Öndökümlü beton mamuller-Genel Kurallar
4. Türkiye Prefabrik Birliği Yayınları



06 PÜSKÜRTME BETON KATKILARI

Püskürtme Beton (PB)

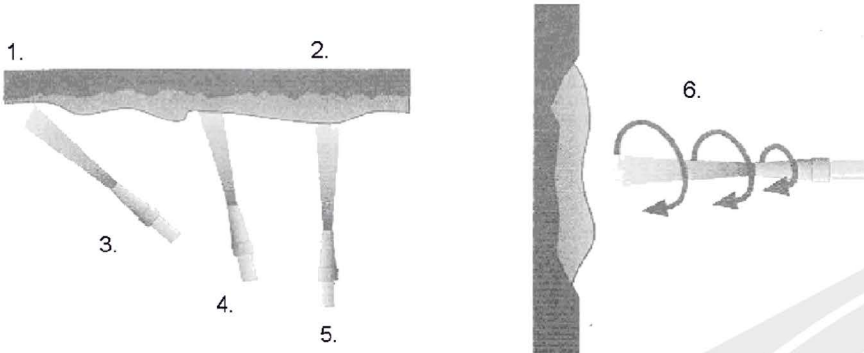
Püskürtme beton, betonun belirli bir amaca uygun olarak hava yardımıyla püskürtülerek kalıpsız olarak zemine yerleştirilmesidir. Püskürtme betonun uygulama yöntemi, amacı ve uygulamada karşılaşılan durumlara göz önüne alınarak farklı kimyasal katkıları geliştirilmiş ve kullanılmaktadır.

Püskürtme betonun uygulama tekniğine göre iki farklı yöntem vardır. Her iki yöntem için de gerekli makine teçhizat geliştirilmiş ve kullanılmaktadır.

Uygulama Yöntemine Göre Püskürtme Beton:

Püskürtme beton kuru ve ıslak (yaş) karışım olmak üzere iki şekilde uygulanır. Uygulama yapılan yerin özelliklerine, işe uygunluğuna, pratik uygulanabilirlik ve uygulama hızına göre uygulama yöntemi tercih edilir.

Püskürtme betonun başarısı; malzeme seçimi, uygun beton karışımı, kimyasal katkı ve uygulamanın nasıl yapıldığına da bağlıdır. Püskürtme beton uygulaması özel eğitimli nozul operatörleri tarafından yapılır.



Yanlış Püskürtme Pozisyonları

Doğru Püskürtme Pozisyonu

Kuru Sistem:

Kuru sistem püskürtme betonda çimento, kum ve agrega su eklemeyen homojen olarak karıştırılır. Mineral katkıları (uçucu kül, silis dumanı vb), lifler de karışımda kullanılabilir. Susuz karışım püskürtme beton makinesine gönderilir. Bu uygulamada yoğun akım prensibi geçerlidir. Priz hızlandırıcı tip kimyasal katkı, uygun dozlama sistemi ile

önceden ilave edilip basınçlı hava ve hortum yardımıyla püskürtme ucuna (nozül) iletilir, bu noktada su ilave edilerek beton püskürtülür. Diğer bir yöntem de kuru karışıma, suya homojen olarak karıştırılmış sıvı tip priz hızlandırıcı katkının püskürtme ucunda verilerek püskürtme işleminin yapılmasıdır.

Yaş Sistem:

Yaş püskürtme beton, karışım suyu ilave edildikten sonra uygulanan püskürtme betonudur. Önceden püskürtme betona uygun olarak hazırlanmış çimento, kum, agrega, su, süper akışkanlaştırıcı karışımı, homojen olarak, basınçlı hava ile istenilen yüzeye püskürtülür. Mineral katkılar (uçucu kül, silis dumanı vb), lifler de kullanılabilir. Hızlandırılmış püskürtme beton uygulamasında priz hızlandırıcı katkı, püskürtme ucunda (nozül) ilave edilerek püskürtme işlemi yapılır. Kaliteli, yüksek dayanımlı bir beton elde etmek için, su/çimento oranını düşürmek gerekir. Bu amaçla püskürtme beton uygulamasına uygun yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmalıdır.

Uygulama yönteminden bağımsız olarak iki tip püskürtme betondan bahsedilebilir. Bunlar yalın püskürtme beton ve hızlandırılmış püskürtme betondur.

Taze Püskürtme Beton Özellikleri:

Yaş Püskürtme betonun hazırlanması ve taze betonun performans değerlendirilmesi TS-EN-206-1 hazır beton standardına göre yapılır.

Yalın Püskürtme Beton (YPB):

Yüzey tamir ve su geçirimsizlik istenen püskürtme beton uygulamaları yalın püskürtme beton olarak tanımlanır. Yalın püskürtme betonda TSEN 934-5'e uygun bağ iyileştirme, kıvam kontrol katkıları, TSEN 934-2'ye uygun su azaltıcı akışkanlaştırıcı, yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılabilir.

Hızlandırılmış Püskürtme Beton (HPB):

Erken yüksek mukavemet, su geçirimsizlik, en az beton kaybı (rebound), olması gereken işlerde, tahkimat betonlarında, del-patlat işlerinde hızlandırılmış püskürtme beton kullanılmaktadır. Bu nedenle tünel, maden gibi yer altı yapılarında hızlandırılmış püskürtme beton teknolojisi vazgeçilmez bir araçtır.

Hızlandırılmış püskürtme beton uygulamalarında TSEN 934-5'e uygun alkali içeren ve içermeyen priz hızlandırıcı katkıları, bağ iyileştirme, kıvam kontrol katkıları kullanılır. TSEN 934-2'ye uygun yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı katkıların, hızlandırılmış püskürtme beton uygulamalarında doğru bir şekilde kullanılabilmesi için, bu katkıların kıvam koruma özelliklerinin, hızlandırılmış püskürtme betona uygun olması gerekmektedir. Yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkıları ile püskürtme beton priz hızlandırıcı katkısı birbiriyle uyumlu olması püskürtme beton uygulamalarında çok büyük önem taşır.

Test Yöntemleri:

Ulusal ve Uluslar arası püskürtme beton uygulamaları ile ilgili şartnamelere bakıldığında kimyasal katkı uygunluğu bakımından en önemli püskürtme beton performans kriterlerinin, priz süresi ve basınç dayanımı gelişimi olduğu görülür.

Priz süresi için yalın ve hızlandırılmış püskürtme betona göre test metotları aynı olmakla beraber, basınç dayanımı için test metotları farklılık gösterir. Beklenen priz süresi ve basınç dayanımı performans kriterleri yalın ve hızlandırılmış püskürtme beton için farklıdır.

önceden ilave edilip basınçlı hava ve hortum yardımıyla püskürtme ucuna (nozül) iletilir, bu noktada su ilave edilerek beton püskürtülür. Diğer bir yöntem de kuru karışıma, suya homojen olarak karıştırılmış sıvı tip priz hızlandırıcı katkının püskürtme ucunda verilerek püskürtme işleminin yapılmasıdır.

Yaş Sistem:

Yaş püskürtme beton, karışım suyu ilave edildikten sonra uygulanan püskürtme betonudur. Önceden püskürtme betona uygun olarak hazırlanmış çimento, kum, agrega, su, süper akışkanlaştırıcı karışımı, homojen olarak, basınçlı hava ile istenilen yüzeye püskürtülür. Mineral katkılar (uçucu kül, silis dumanı vb), lifler de kullanılabilir. Hızlandırılmış püskürtme beton uygulamasında priz hızlandırıcı katkı, püskürtme ucunda (nozül) ilave edilerek püskürtme işlemi yapılır. Kaliteli, yüksek dayanımlı bir beton elde etmek için, su/çimento oranını düşürmek gerekir. Bu amaçla püskürtme beton uygulamasına uygun yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmalıdır.

Uygulama yönteminden bağımsız olarak iki tip püskürtme betondan bahsedilebilir. Bunlar yalın püskürtme beton ve hızlandırılmış püskürtme betondur.

Taze Püskürtme Beton Özellikleri:

Yaş Püskürtme betonun hazırlanması ve taze betonun performans değerlendirilmesi TS-EN-206-1 hazır beton standardına göre yapılır.

Yalın Püskürtme Beton (YPB):

Yüzey tamirati ve su geçirimsizlik istenen püskürtme beton uygulamaları yalın püskürtme beton olarak tanımlanır. Yalın püskürtme betonda TSEN 934-5'e uygun bağ iyileştirme, kıvam kontrol katkıları, TSEN 934-2'ye uygun su azaltıcı akışkanlaştırıcı, yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılabilir.

Hızlandırılmış Püskürtme Beton (HPB):

Erken yüksek mukavemet, su geçirimsizlik, en az beton kaybı (rebound), olması gereken işlerde, tahkimat betonlarında, del-patlat işlerinde hızlandırılmış püskürtme beton kullanılmaktadır. Bu nedenle tünel, maden gibi yer altı yapılarında hızlandırılmış püskürtme beton teknolojisi vazgeçilmez bir araçtır.

Hızlandırılmış püskürtme beton uygulamalarında TSEN 934-5'e uygun alkali içeren ve içermeyen priz hızlandırıcı katkıları, bağ iyileştirme, kıvam kontrol katkıları kullanılır. TSEN 934-2'ye uygun yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı katkıların, hızlandırılmış püskürtme beton uygulamalarında doğru bir şekilde kullanılabilmesi için, bu katkıların kıvam koruma özelliklerinin, hızlandırılmış püskürtme betona uygun olması gerekmektedir. Yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkıları ile püskürtme beton priz hızlandırıcı katkısı birbiriyle uyumlu olması püskürtme beton uygulamalarında çok büyük önem taşır.

Test Yöntemleri:

Ulusal ve Uluslar arası püskürtme beton uygulamaları ile ilgili şartnamelere bakıldığında kimyasal katkı uygunluğu bakımından en önemli püskürtme beton performans kriterlerinin, priz süresi ve basınç dayanımı gelişimi olduğu görülür.

Priz süresi için yalın ve hızlandırılmış püskürtme betona göre test metotları aynı olmakla beraber, basınç dayanımı için test metotları farklılık gösterir. Beklenen priz süresi ve basınç dayanımı performans kriterleri yalın ve hızlandırılmış püskürtme beton için farklıdır.

Yalın Püskürtme Beton Test Yöntemleri

Priz Süresinin Belirlenmesi:

TSEN 934-5 ve TSEN 934-2'e uygun kimyasal katkıların çimento priz süreleri tayini Vicat aleti ile TSEN 480-1 ve TSEN 480-2 standartlarına göre yapılır.

Basınç Dayanımlarının Belirlenmesi:

Püskürtme betonların basınç dayanımı TSEN 12390-3 standardına göre belirlenir. Basınç dayanım testi uygulanacak karot numuneleri, püskürtme yapılmış test panellerinden veya yerinden alınır. Priz hızlandırıcı kullanılmayan yalın püskürtme beton uygulamalarında 3, 7, 28 gün basınç dayanımı değerleri dikkate alınır.

Hızlandırılmış Püskürtme Beton Test Metotları:

Priz Süresinin Belirlenmesi:

Priz hızlandırıcı katkı kullanılmayan çimento pastası TSEN 196-3'e göre vikat aleti ile test edilir. Çok erken priz gerektiren püskürtme beton uygulamalarında kullanılan TSEN 934-5 tipi priz hızlandırıcılar kullanılır.

	TÜNEL ŞARTNAMESİ	TSEN 934-5
İLK PRİZ	75 ±15 saniye	≤ 10dakika
SON PRİZ	150 ±30 saniye	≤ 60dakika

Tablo-1: Genel Olarak Priz Süreleri Şartları.

Basınç Dayanımlarının Belirlenmesi:

Genel püskürtme beton uygulamalarında, betonun basınçlı hava ile püskürtülmesiyle beton kütleline sürüklenen (%4-6) hava, basınç dayanımı değerlendirmelerinde dikkate alınmalıdır. Ayrıca hızlandırılmış püskürtme betonda priz hızlandırıcı kimyasal katkı etkisi ile çimentonun, C3A fazı hızla hidrate olarak, diğer çimento bileşenleri gerekli kristal suyuna erişmeden hapsolür. Alkali olmayan sülfat bazlı katkılarda ise yoğun etrenjit oluşumu benzer bir etki oluşturur. Neticede 28 günlük basınç dayanımı kontrol betonuna göre %75-90 daha düşüktür. Bu değer hızlandırmanın şiddetine bağlı olarak değişebilir.

Erken yaşlarda dolgu görevi yapan çimento bileşenleri zamanla ortam suyu ile kürlenerek boşlukları dolduran hidrat kristalleri oluşturur. Bu hidratasyon gelişimi ile 90 günde hızlandırılmış püskürtme beton basınç dayanımı, yalın püskürtme betonun 28 günlük basınç dayanımına erişir. Hızlandırılmış püskürtme beton tasarımında bu durum öngörülerek hesaplamalar yapılmalıdır.



Yeraltı yapılarında kullanılan tahkimat betonu tasarımlarında yüksek dayanım yanında püskürtülebilirlik, düşük geri sekme ile yerleştirebilme kriterleri önem kazanır.

Örneğin C-45 betonu hedeflendiğinde;

Küp numune için hedef beton sınıfı basınç dayanımı = 45MPa
 Silindir numune dönüşüm faktörü = 0,8
 Şantiye şartları karot numune alma faktörü = 0,84
 Priz hızlandırıcı 28 gün basınç kaybı faktörü = 0,75 alındığında

Kontrol yalın PB 28 gün karot numune değeri = $45 \times 0,8 \times 0,84 = 30\text{MPa}$

Hızlandırılmış PB 28 gün karot numune değeri = $45 \times 0,8 \times 0,84 \times 0,75 = 23\text{MPa}$ olacaktır.

Tablo-2: Basınç Dayanımı Test Metotları ve Ölçüm Aralıkları

BASINÇ DAYANIMI GELİŞİMİ	TEST ZAMANI	TEST METODU	ÖLÇÜM ARALIĞI
Çok Erken Basınç Dayanımı	2 dakika 5 dakika 10 dakika	Proctor Penetrasyon Testi*	0 - 1N/mm ²
Erken Basınç Dayanımı	1 - 12 saat arası	Pim Çakma Metodu**	1 - 15N/mm ²
Basınç Dayanımı	1 gün 7 gün 28 gün 90 gün	Karot Basınç Dayanımı***	> 10N/mm ²

* ASTM C 403 Standard test method for time of setting of concrete mixtures by penetration resistance.

** Hilti DX 450 Combined Method for Determining The Early Strength of Gunit

*** TSEN 12390-3 Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini



TS EN 934-5'e Göre Püskürtme Beton Katkıları

Tablo-3: TSEN 934-5'e göre Püskürtme Beton Katkıları

Püskürtme Beton Katkısı	Çizelge	Tanımı	Dozaj Çimentoya göre
Priz Hızlandırıcı Toz ve sıvı	Çizelge 2	Betonun çok erken priz almasını sağlayan katkı.	%3-7
Priz Hızlandırıcı (Alkali İçermeyen) toz ve sıvı	Çizelge 2	Betonun çok erken priz almasını sağlayan alkali içeriği en fazla %1 olan katkı.	%5-12
Kıvam Kontrol Katkısı	Çizelge 3	Kıvamın uzun süre korunmasını sağlayan katkı.	Gerekli kıvam koruma süresine göre oran belirlenir.% 0,5-3
Bağ İyileştirme Katkısı	Çizelge 4	Beton katmanları arasındaki bağları geliştiren katkı.	%1-5



Kaynaklar:

- Karayolları Fenni Şartnamesi
- EFNARC European Specification For Sprayed Concrete
- ITA International Tunneling and Underground Space Association) Spray Concrete Recommendations
- Püskürtme Beton Uygulama Kuralları



Sektöre Katkı Sağlamaya Devam Ediyoruz...

Üstün nitelikteki beton üretimi için Kimyasal Katkı vazgeçilmez bir olgudur. İnşaat ve beton sektörünün ilgilileri; devlet kurumları, üniversiteler, üyesi olduğumuz kuruluşlar ve dernekler tarafından düzenlenen organizasyonlara KÜB Teknik Komitesi'nin katılımlarıyla gerçekleştirdiğimiz teknik bilgilendirme sunumları yapıyoruz.



BETON KATKILARININ MALİYETLERE ETKİSİ

Beton üretiminin ayrılmaz bir parçası olan beton katkı maddeleri, nitelikli beton üretimi için çimentodan sonra betonda en önemli bileşenlerden biri haline gelmiştir. Günümüzde betonarme projelerde betondaki hizmet ömrü min. 100 yıl olarak tasarlanmaktadır. Betonun hizmet ömrünün uzaması betonun nitelikli karışım girdileri ile üretilmesi halinde mümkündür. Beton bileşenleri uygun malzemelerden seçmek ve olası çevresel etkilere karşı en uygun oranlarda ve miktarlarda karıştırmak betonarme projenin hazırlanması kadar önemli bir mühendislik dalıdır.

Yapıların dayanıklılığı bileşenleri uygun kriterlere göre seçilmiş ve uygun oranlarda karıştırılmış betonun dökülmesi, yerleştirilmesi ve sertleşme süresince korunması ile bir anlam kazanır. İnşaat mühendisliğinde bir betonu üretmek, taşımak ve yerleştirmek önemli bir konudur. Bu üç aşama mevsim şartlarına göre beton mühendisliğine ayrı ayrı sorumluluklar yükler. Betonu sıcak havada üretmek, taşımak ve yerleştirmek, soğuk hava şartlarına göre farklıdır.

Günümüz inşaat teknolojisinde, betonarme yapılarda beton dökümü tekniği oldukça gelişmiştir. Kullanılan beton pompaları gerekli modifikasyonlar ile dikeyde 100 metrelere kadar rahatlıkla basılabilmekte ve yatayda beton dağıtıcı ekipmanları ile istenilen mesafelere döküm yapılabilenmektedir.

İNŞAAT MÜHENDİSİNİN BETONDAN BEKLENTİSİ

- Akışkanlık
- Kıvam koruma süresi
- Pompalanabilirlik
- Stabilitate

Beton her mevsim koşulunda akışkan üretilebilir. Ancak, akıcılığı korumak ve stabilitesini sağlamak mevsim koşullarına göre değişkenlik gösterir. Betonun bu özelliklerini muhafaza etmesini sağlamak üretici için gerçek bir maliyet etkisidir. Ülkemiz şartlarında yapılan inşaatların önemli bir kısmının yerleşim bölgelerinde olması, inşaatların hedeflenen sürelerden daha kısa zamanda bitirilmesi beklentisini ön plana çıkarmaktadır. Bu durum üretici ve yapımcı için farklı beklentileri ve performansları önemli hale getirir.

Üretici için;

- Betonu projelerde belirtilen sınıf dayanımı için en uygun çimento miktarında ve su/çimento oranında üretmek.
- Taşıma süresince, döküm süresine bağlı olarak beton kıvamını koruyabilmek.
- Proje kriterlerine ve seçilmiş olan standart değerlere göre 1-7 ve 28 gün dayanım değerlerini sağlamak.

Yapımcı için;

- Seçilmiş olan taze beton şartlarının devamlılığı
- Kolay pompalanabilirlik ve yerleşme
- Erken sertleşme ve dayanım. Hızlı kalıp alma ve devamlılık
- Dayanım sonuçlarının standartlara uygunluğunu sağlamak.

Üretici için beton talep edilen dayanım kriterlerinde ve taze beton şartlarında üretmek için, hedeflenen çimento miktarı ve su/çimento oranı beton bileşimini oluşturan tüm girdileri nitelik ve miktar olarak etkiler. Agregası tipi, temizliği, kırma kum ve doğal kum oranları karışımın tüm dengesinde önemli bir rol oynar.

Üretici için agregası tipi ve kaynağını değiştirmek genel olarak çok kolay değildir. Agregası kaynağının yakınlığı yada uzaklığı bu seçim için önemli bir kriterdir. Karışımın kendi içinde bileşenleri ile oynayarak alternatif doğal kum girdisi ve mineral katkı takviyesi vs gibi çözümler üretmek genel bir uygulamadır.

Tüm bu taze ve sertleşmiş beton kriterlerine uygun çözümler için beton kimyasalları teknolojisi çözümler üretebilmektedir. Kimyasal katkıların beton teknolojileri üzerindeki etkileri, katkı tipleri ve kullanım oranları ile kontrol edilebilir etkilerdir.

Bu neden ile kullanılacak olan kimyasal katkı tipi seçimi ve maliyet hesaplaması oldukça önemli bir hal almaktadır. Beton katkı maddesi seçiminde katkı maddesinin beton bileşenleri üzerindeki etkisi ve birim fiyatı birlikte düşünülmelidir.

Kimyasal katkı maddesi seçimi için önerilen yöntemler

Betonun en önemli bileşenlerinden biri olan su, çimentonun hidratasyonu için gerekli olan su ve agreganın su emme ihtiyacını karşıladıktan sonra betonun akıcı hale gelmesi için kullanılır. Beton için temel ihtiyaç olan su miktarı uygun kriterlerdeki agregası ve çimento için genel olarak suyun çimentoya oranı 0,28-0,38 aralığındadır. Bu miktarların üzerinde kullanılan su sadece betonda akıcılık özelliği için kullanılır.

Bu anlamda su incelendiğinde taze beton incelikleri üzerinde olumlu, sertleşmiş beton özellikleri üzerinde olumsuz etkileri olur. Kimyasal katkıları bu olumsuz özelliği azaltmak için kullanılır. Taze betonun işlenebilirlik özelliğini artırmak için su yerine kimyasal katkı kullanılır. Böylece su/çimento oranlarını etkilemeden betonun taze ve sertleşmiş özellikleri iyileşir.

Katkı seçimi yapmak için deneylerde;

- Katkının işlenebilirlik özelliği etkisi,
 - Su azaltma etkisi,
 - Dayanım artırma etkileri (1-7-28),
 - Hava sürüklenme etkisi,
- irdelenmelidir.

Örnek çalışma;

1. Katkı A
2. Katkı B
3. Katkı C

Kullanılan katkı tipi: Süper akışkanlaştırıcı

1. Adım: Katkının akışkanlık işlenebilirlik etkisi (sabit su/ çimento oranında)

Çimento	350
Su	158
Doğal Kum	370
Kırma Kum	494
Kırmataş 1. No	459
Kırmataş 2. No	576
Katkı	Yok
Slump (mm)	70
Su / Çimento	0,45

Katkı Kullanım Oranı % 1

A	200 mm
B	170 mm
C	160 mm

Numune alımı sadece en yüksek kıvamlı çalışma olan A katkısı betonlarda yapılmalıdır.

2. Adım

Sabit kıvam değerinde su/çimento oranındaki değişimi tespit etmek

1. Adımda belirlenen en yüksek kıvam bu deneyde hedef değer olmalıdır. 2. adımda B ve C katkıları ile aynı karışım değerinde 200 mm kıvam su değerini artırarak test edilir.

Katkı	Su
B	0,47
C	0,48

1 ve 2. adımda test edilen 200 mm çökme değerindeki betonlardan alınan numunelerde taze beton görünümü, hava miktarı ve kıvam koruma hedeflenen kriterin içerisinde olduğu kabul edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada A katkısının işlenebilirlik üzerindeki etkisini muadil katkıları içerisinde değerlendirilmiş ve sağlanan kıvam artışının dayanım üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Dayanım Sonuçları (N/ mm²)

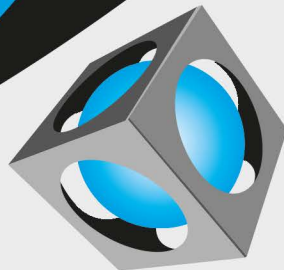
Katkı	1. Gün	7. Gün	28. Gün
A	12,5	46	48,5
B	11,5	44,5	48,5
C	9,5	42,6	46,7

Sağlanan dayanım artışında her bir N/mm² artışı üretici için çimento tasarrufu anlamına gelir. Karışımı oluşturan bileşenlerin niteliğine bağlı olarak bu artışta 1 N /mm² dayanım artışı = 5 kg çimento kabul edilecek olursa;
B katkısının maliyetlerde 21,5 kg çimento,
C katkısının maliyetlerde 30,5 kg çimento tutarı 1 m³ beton maliyetine eklenmelidir.

Üyelerimiz
KÜB Etik
Taahhütnamesi'ni
İmzaladılar...



KÜB Etik
Taahhütnamesi,
dernek tüzüğümüzde
bulunan üyelik
şartlarındandır.



KÜB

KATKI ÜRETİCİLERİ BİRLİĞİ

08

BETON YOL İMALATINDA KİMYASAL KATKILARIN ROLÜ VE ETKİLERİ

Beton yollar tamamen yerel malzemelerle imal edilebilen, esnek üst yapılara oranla çevreci, uzun ömürlü ve ağır taşıt yüküne direnç gösteren rijit üst yapılardır. Petrol fiyatları nedeniyle beton yollar hem ilk yapım maliyetlerinde hem de yaşam döngüsü maliyetlerinde esnek üst yapılarla rekabet edebilir duruma gelmiştir. Günümüzde karayolu üst yapıları, imalatında kullanılan malzemeye ve yüzey çeşidine göre "Rijit Üstyapı", "Esnek Üstyapı " ve "Kompozit Üstyapı" olmak üzere, üç ana gruba ayrılmaktadır. Esnek üstyapılarda kaplama tabakasında, bağlayıcı malzeme olarak genelde, asfalt kullanılmakta iken, rijit üstyapılarda bağlayıcı malzeme olarak çimento kullanılmaktadır. Kompozit üst yapılarda ise beton ve asfalt tabakaları birlikte kullanılmaktadır.

Beton Yolun Avantajları

- Servis ömrünün uzun olması ve bakım masraflarının az olması nedeni ile daha ekonomik bir seçenektir.
- Beton yollar öz kaynaklarla üretilebilir.
- Daha yüksek trafik yüküne dayanabilirler.
- Açık renkli olması sayesinde gece görüş mesafesini artırması, gece saatlerinde beton yolu aydınlatmak için gereken ışık miktarının asfalt yola göre daha az olması sayesinde elektrik tüketiminde tasarruf sağlar.
- Tekerleklerin asfalt yollarda olduğu kadar yola gömülmemesi sayesinde yakıt tüketimini, dolayısıyla CO2 salınımını azaltması, beton yolları daha ekonomik, çevreci ve teknik açıdan daha uygun bir seçenek haline getirmektedir.

Beton Yol İmalatında Dikkat Edilecek Hususlar

Beton yoldan uzun dönemli bir performans alabilmek için imalatı sırasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Alt Temel ve Taban Hazırlığı
- Donatıların Yerleştirilmesi
- Uygun Beton Hammaddesi
- Uygun Karışım Dizayn
- Betonun Üretilmesi ve Taşınması
- Yerleştirme
- Yüzey bitişi
- Kütleme
- Birleşme Yerlerinin Doğru Kesilmesi



Beton Yol İmalatında Kullanılan Kimyasal Beton Katkıları ve Etkileri

1. Akışkanlaştırıcılar ve Etkileri

Özellikle beton yolun performansını ve yerleştirmesini geliştirmeye yarayan kimyasal beton katkılarının özelliklerine göre etkileri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Ülkemizde TS EN 934-2 standartına uygun olarak üretilen kimyasal beton katkılarının kullanılmasını tavsiye ediyoruz.

Kimyasal Katkılar	İçeriği	Özellikleri	Avantajları
Normal Akışkanlaştırıcılar	<ul style="list-style-type: none"> Lignosülfonatlar 	<ul style="list-style-type: none"> %5-12 oranında su azaltma 	<ul style="list-style-type: none"> İşlenebilirlik ve yerleştirmeyi geliştirme Dayanımı arttırma Karışım maliyetini azaltma
Süper Akışkanlaştırıcılar	<ul style="list-style-type: none"> Naftalinsülfonatlar Melaminsülfonatlar Polikarboksileteterler 	<ul style="list-style-type: none"> %12-30 oranında su azaltma 	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek işlenebilirlik ve yerleştirme sağlama Yüksek dayanım arttırma Karışım maliyetini optimize etme

2. Hava Sürükleyici Katkılar ve Etkileri

Uzun süre hizmet edebilecek bir beton yolun donma-çözünme direncinin yüksek olması gerekmektedir. Bu neden ile karışım içerisinde hava sürükleyici katkıların kullanılması öne çıkmaktadır. Beton karışım içerisindeki hava içeriği aşağıdaki bazı şartlara göre belirlenir:

- Yapının tipi
- Yapının servis ömrü
- Mevsimsel etkiler
- Donma-çözünme döngüsü sayısı
- Buz çözücülere maruz kalma düzeyi

İstenen hava miktarı farklı şartnamelere göre değişiklik gösterebilir. ACI (American Concrete Institute) ve BS (British Standart) şartnamelerine ve max. agrega boyutuna göre aşağıdaki hava miktarları beton yol karışım dizaynında kullanılabilir:

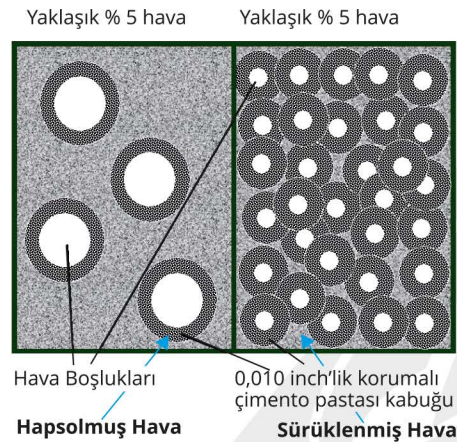
Bs'e göre;

Max. Dane Boyutu	Min. Hava Miktarı
40 mm	%3,0
20 mm	%3,5

ACI'ya göre;

Agrega Boyutu(mm)	Ilıman Dış Koşullar İçin Hava Miktarı	Orta Sev. Dış Koşullar İçin Hava Miktarı	Şiddetli Dış Şartlar İçin Hava Miktarı
9,5	% 4,5	%6,0	%7,5
12,5	%4,0	%5,5	%7,0
19	%3,5	%5,0	%6,0
25	%3,0	%4,5	%6,0
37,5	%2,5	%4,5	%5,5
50	%2,0	%4,0	%5,0
75	%1,5	%3,5	%4,5
100	%1,0	%3,0	%4,0

Beton yol imalatında hava miktarı kadar, havanın betonda doğru ve homojen bir şekilde dağılması çok önemlidir. Doğru bir şekilde sürüklenmiş hava ile hapsolmuş hava arasındaki farkları aşağıdaki şekil üstünde daha rahat anlayabiliriz. Hava sürükleyici katkı ile elde edilen hava beton pastasının, direncini donma-çözünme etkilerinden efektif bir şekilde koruyarak, beton yolun performansını ve servis ömrünü artırır. Hapsolmuş hava olan betonda ise hava miktarı sürüklenmiş hava ile aynı olmasına rağmen homojen bir şekilde dağılmadığından betonun donma-çözünme etkisine karşı direncini etkili bir şekilde sağlayamaz.



3. Kimyasal Kür Malzemeleri ve Etkileri

Taze dökülmüş beton üzerine uygulanan, oluşturduğu film tabakası ile, betonun içindeki nemi muhafaza ederek optimum dayanım gelişimini sağlayan, hızlı kurumayı engelleyerek rötreyi azaltan sıvı bir malzemedir.

Temel olarak; kimyasal kür malzemeleri kullanılarak yapılan kürlenme yöntemleri diğer kürlenme yöntemlerine göre daha az işçilik isteyen ve zamandan tasarruf sağlayan bir sistemdir. Özellikle beton yol imalatı gibi yüzey alanı büyük olan betonlarda, sulamanın zor olduğu yüksek katlı beton dökümlerinde su ile kürlenme tercih edildiğinde, gereken zaman ve işgücü çok fazla olacaktır.

3.1. Kimyasal Kür Kullanımının Avantajları

- Sulamanın zor olduğu geniş alanlarda ve/veya kolon, kiriş, döşeme gibi yapı elemanlarında kolayca uygulanır.
- Tozumaz bir yüzey sağlar.
- Yüzeydeki, buharlaşma ile hızlı kurumanın neden olduğu plastik rötre(shrinkage) çatlaklarını azaltır.
- Çuval, telis ve sulama gibi benzeri kür yöntemlerine alternatif olarak, daha etkin ve daha az işçilik isteyen bir yöntemidir.

3.2. Kimyasal Kür Kullanımının Kullanım Şekli ve Zamanı

- Kimyasal kür malzemeleri betonun nemliliğini korumak için tüm yüzey alanına homojen bir şekilde uygulanır.
- Beton yerleştirildikten ve yüzey tekstürü yapıldıktan hemen sonra uygulanmalıdır.



3.3. Beton Yol için Uygun Kür Malzemesi Tipleri

Beton yol gibi yüzey alanı geniş betonlar için aşağıdaki tipte kür malzemelerin kullanılması tavsiye edilir:

- Pigmentsiz Kimyasal Kür Malzemeleri
 - Parafin ve reçine esaslı kür malzemeleri
- Pigmentli Kimyasal Kür Malzemeleri (Beyaz renkli)
 - Güneş ışınlarını beton yüzeyden pigmentsiz kür malzemelerine göre daha fazla yansıtırlar.
 - Sıcak ve güneşli günlerde beton ısısının yükselmesini engellerler.



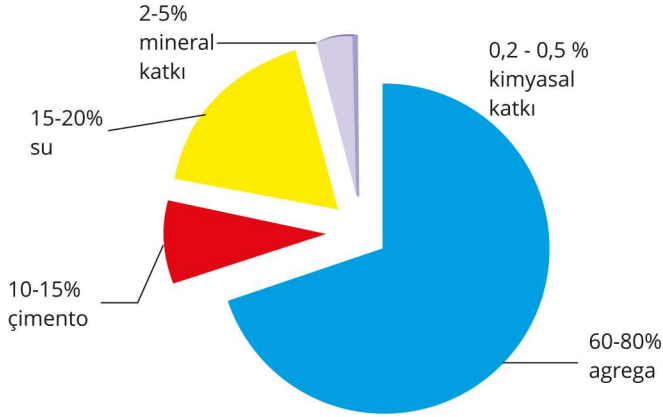
Kaynaklar:

1. Portland Cement Association 2011
2. WCPA 2010
3. www.concrete.org.uk, 2013
4. Mehta and Monteiro, 1993
5. www.betonyol.org.tr

09

ÇEVRESEL ÜRÜN BEYANI (EPD)

Kimyasal katkılar, beton üretilirken veya üretildikten sonra ilave edilerek taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini geliştirmek için kullanılırlar. Beton nicel olarak Yapılarda en çok kullanılan yapı malzemesidir. Betonun fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi için kullanılan kimyasal katkı maddelerindeki teknolojik gelişmeler sayesinde ürün çeşitliğinin artması ile betonun uygulama alanlarında genişleme ve yaygınlaşma sağlanmıştır. Kimyasal beton katkıları teknolojisindeki bu gelişmeler, betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirdiği gibi çevresel etkilerini de olumlu yönde etkilemektedir. Kimyasal katkıların kullanım oranları çok düşük olmasına rağmen, betonun performansına etkisi büyüktür.



Beton bileşenlerinin kullanım oranlarının hacim olarak gösterimi

Yapılar doğal kaynakların tüketilmesine ve çevre kirliliğine sebep olduklarından, bu olumsuz etkilerin en aza indirgenmesi ve sürdürülebilir yapılar yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bu amaçla yapı malzemelerinin yaşam döngüleri bazındaki sürdürülebilirlik ölçütleri dikkate alınmalı ve izlenebilmelidir. Yapı malzemeleri için geliştirilen standart ve normlar ile Çevresel Ürün Beyanları (Environmental Product Declaration-EPD) gibi belgeler geliştirilerek izlenebilirlik sağlanmaya çalışılmaktadır.

Bu doğrultuda, Katkı Üreticileri Birliği (KÜB) olarak, üyesi olduğumuz Avrupa Beton Katkı Birlikleri Federasyonu (EFCA) ile birlikte bütün üyelerimizi kapsayan bir çalışma yürüterek müşterilerimize ürünlerimizin çevresel performans bilgilerini aktarmak ve çevresel etkilerinin daha doğru hesaplanabilmesini sağlamak amacıyla Çevresel Ürün Beyanları (EPD) oluşturularak üyelerimizin kullanımına sunmuş bulunmaktayız.

Yapılarda sürdürülebilirlik performansı, Avrupa Standartlar Komitesi (CEN) tarafından CEN/TC 350 normlarında tanımlanmıştır. EN 15804 normu ile yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin nasıl değerlendirileceği belirlenmiştir. Bu norm ile yapı malzemelerinde aynı standartlara uygun Çevresel Ürün Beyanlarının hazırlanması sağlanmıştır. Bu amaçla Avrupa Yapı Malzemeleri Üreticileri Birliği, ECO Platform adında bir oluşuma giderek yapı malzemelerinin çevresel ürün beyanı belgesine sahip olmasını kendine hedef seçmiştir. Ürünlerin çevresel performans verilerinin hesaplanması ISO 14040/44 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi standardı ile tanımlanmıştır ve ISO 14025 standardına göre EPD belgelerinin iletişim amaçlı kullanımı sağlanmıştır.

1989'da yürürlüğe giren Avrupa Yapı Malzemeleri Direktifi'nin (CPD-Construction Products Directive) Mart 2011'de Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (CPR-Construction Products Regulation) olarak yenilenmesi ile CE işareti gereklilikleri de yenilenmiştir. 1 Temmuz 2013 tarihi itibarıyla uyumlaştırılmış Avrupa Standartları kapsamında pazara sunulan yapı malzemelerinin, CE işareti taşıması zorunlu hale gelmiştir. Yeni Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'nin 7 no'lu temel çalışmasının gereklilikleri doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve ilgili parametrelerin açıklanmasından bahseder.

Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı gerekliliği ancak yapı ürünleri ile ilgili EN 15804 standardına göre Çevresel Ürün Beyanları (EPD) ile yerine getirilebilmektedir.

Türkiye'nin de tabii olduğu bu yönetmeliğe beton katkıları üreticisi firmaların da uyum sağlaması gerekmektedir.

Çevresel Ürün Beyanı

İngilizce tanımı Environmental Production Declaration (EPD) olan Çevresel ürün beyanı, ürünlerin beşikten mezara yaşam döngüsü kapsamında, çevreye vermiş olduğu etkinin, bağımsız bir şekilde denetlenen ve tescillendirilen şeffaf ve karşılaştırılabilir raporlamalarıdır.

Bir ürünün çevre performansını ISO 14040 serisi çerçevesinde önceden belirlenmiş, hammadde eldesi, enerji kullanımı ve verimliliği; malzeme ve kimyasal madde içeriği; hava, su ve toprağa verilen emisyonlar; atık oluşumu kategorilerine göre nicel olarak değerlendiren ve beyan eden deklarasyonlardır.

EPD belgeleri, uluslararası ölçekte ISO 14025 göre ve Avrupa inşaat malzemeleri için EN 15804 standartları ile uyumlu olarak tanımlanır.

EN 15804 Normu

Avrupa Komisyonu, Avrupa genelinde eşdeğer bir uygulama sistemi oluşturulması ve ticari bariyerlerin ortadan kaldırılması için EPD sistemlerinin harmonize edilmesi amacıyla EN 15804 normunu geliştirmiştir.

Eco Platform

Avrupa Yapı Malzemeleri Yönetmeliğinde yenilenen CE markası gerekliliklerine EPD belgesi gerekliliği de eklenmiştir.

Bu gerekliliğin Avrupa'da kullanılan tüm yapı malzemelerinde harmonize bir şekilde uygulanabilmesi için Construction Products Europe tarafından ECO Platform kurulmuştur. ECO Platform Avrupa'da EPD belgeli yapı malzemelerini kayıt altına almaya başlamıştır.

Beton Katkısı İçin Geliştirilmiş Model EPD'ler

6 Mayıs 2014 tarihinde KÜB ve Avrupa Beton Katkı Birliği Federasyonu (EFCA) arasında imzalanan mutabakat ile beton katkıları için çevresel ürün beyanlarının hazırlanması ve KÜB üyesi firmaların kullanımına sunulması için çalışmalara başlanmıştır. Teknik ve Çevre komitelerimizin de katılımıyla yapılan bu teknik çalışmalar neticesinde 14 Eylül 2015 tarihinde sadece KÜB gibi EFCA üyesi dernekler ve sonuçta derneklerin üyesi olan firmaların kullanımına yönelik olarak Çevresel Ürün Beyanları tamamlanmıştır. TSEN 934-2 ve TSEN 934-5 kapsamındaki 7 farklı beton katkıları ürün grubu için çevresel ürün beyanları yayınlamıştır. Bu beton katkıları ürün grupları ve ilgili standartları aşağıda belirtildiği gibidir.

- Su azaltıcı/ akışkanlaştırıcı katkı maddeleri (TSEN 934-2)
- Yüksek oranda su azaltısı süper akışkanlaştırıcı katkı maddeleri (TSEN 934-2)
- Sertleşme hızlandırıcı katkı maddeleri (TSEN 934-2)
- Priz hızlandırıcı katkı maddeleri (TSEN 934-2 ve TSEN 934-5)
- Priz geciktirici katkı maddeleri (TSEN 934-2)
- Hava sürükleyici katkı maddeleri (TSEN 934-2)
- Su geçirimsizlik katkı maddeleri (TSEN 934-2)



Yayınlanmış Örnek Deklerasyon
www.efca.info/efca-publications/environmental



Eđitime Katkı Sağlamaya. Devam Ediyoruz...

Türkiye Hazır Beton Birliği tarafından organize edilen
Teknisyen Yetiřtirme Kursu programlarına
KÜB Üyesi firmalar destek veriyor.



10

BETONDA KULLANILAN KİMYASAL KATKILAR

1. Beton Nelerden Oluşur?

Çimento + Su + Agrega + Katkı + Hava = Beton



* Beton üretiminde kullanılan malzemelerin özellikleri geçerli standartlarla uyumlu olmalıdır.

Beton Türleri Nelerdir?

Çeşitli ihtiyaçlar için farklı türde betonlar üretmek mümkündür.

Örneğin:

- Hafif Beton
- Lifli Beton
- Kendiliğinden Yerleşen/Sıkışan Beton
- Kendiliğinden Yerleşen/Sıkışan Hafif Beton
- Kendiliğinden Yerleşen/Sıkışan Lifli Beton
- Öngerilmeli Beton
- Yüksek Performanslı Beton
- Silindirle Sıkıştırılan Beton
- Mimari Beton
- Sualtı Betonu
- Renkli Beton

Gelişen beton teknolojisi ile birlikte katkı kullanımı gittikçe artan oranda vazgeçilmez bir unsur olmaktadır.

2. Kimyasal Beton Katkısı Nedir?

Taze ve/veya sertleşmiş beton özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi sırasında, betona çimento dozajının %5'ini geçmemek üzere eklenen kimyasal maddelerdir.

Kimyasal Katkı Tipleri Nelerdir?

TS EN 934-2'ye göre kimyasal katkı tipleri aşağıda sıralanmıştır.

- Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı
- Yüksek Oranda Su Azaltıcı / Süper Akışkanlaştırıcı

- Hava Sürükleyici
- Priz Hızlandırıcı
- Priz Geciktirici
- Su Geçirimsizlik Katkısı
- Su Tutucu Katkılar
- Sertleşme Hızlandırıcı
- Priz Geciktirici, Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı
- Priz Geciktirici, Yüksek Oranda Su Azaltıcı / Süper Akışkanlaştırıcı
- Priz Hızlandırıcı, Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı

Diğer Katkılar:

Henüz standart kapsamında olmayan farklı katkı tipleri de bulunmaktadır.

- Yüzey Geciktiriciler
- ASR Azaltıcılar
- Korozyon Azaltıcılar
- Renkli Beton Pigmentleri
- Rötne Dengeleme Katkıları
- Ayırışma Azaltıcılar

2.1 Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı Katkılar (TS EN 934-2, Ç2)

Kıvamı değiştirmeden su miktarının azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi / yayılmayı artıran veya her iki etkiyi de birlikte yaratan katkılardır. Akışkanlaştırıcı katkılar, çimento taneciklerinin dispersiyonunu iyileştirerek işlenebilirliği artırır.

Kullanımı:

Katkı Dozajı: % 0,3 – 0,6 arasındadır. Örneğin 300 kg/m³ bağlayıcı için; 0,9 – 1,8 kg/ m³ katkı kullanılır.

TS EN 934-2 Ç 2'ye Göre Beklenen Performans Özellikleri:

Deneme betonu şahit betona kıyasla en az %5 oranında su azaltma özelliğine sahip olmalıdır.

Dayanım etkisi

7 gün : Katkısız : 100, Katkılı : > 110

28 gün : Katkısız : 100, Katkılı : > 110

Taze betondaki hava miktarı:

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

Kullanım Amacı:

Betonda kullanılan su miktarını azaltarak işlenebilirliği, betonun dayanım ve dayanıklılığını artırmaktır.

Avantajları:

- Daha az su kullanmayı dolayısıyla daha yüksek dayanım elde etmeyi sağlarlar.
- Betonda işlenebilirliği artırırılar.
- Pompalanabilirliği artırırılar.

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

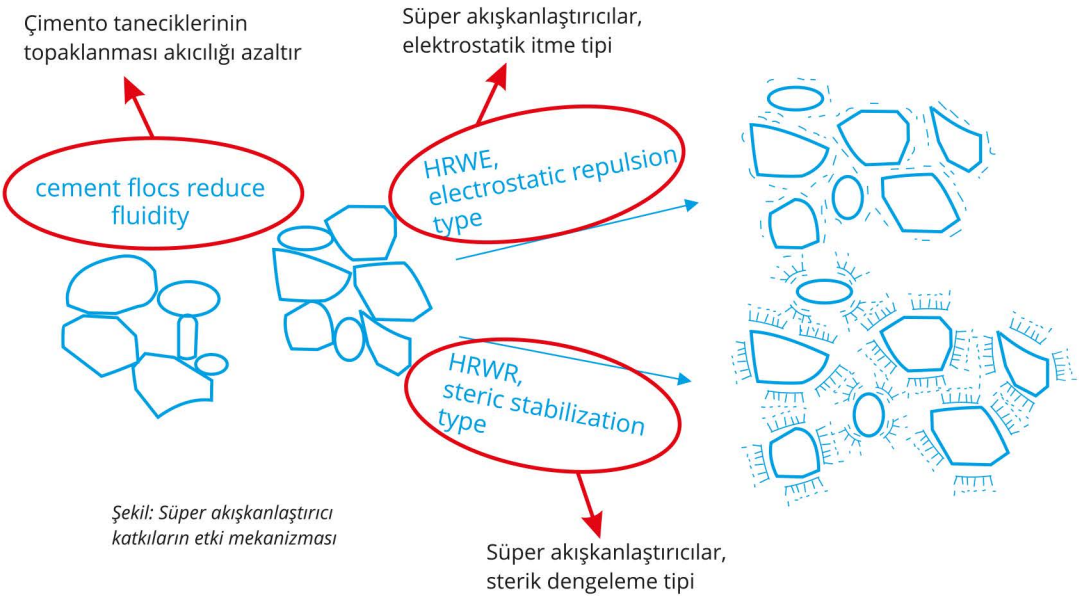
Üreticinin beyan ettiği aralıklarda kullanılmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde priz gecikmesi problemleri ile karşılaşılabilir.

2.2 Yüksek Oranda Su Azaltıcı / Süper Akışkanlaştırıcı Katkılar (TS EN 934-2, Ç3.1/Ç3.2)



Akışkanlaştırıcı Katkılar

Kıvamı değiştirmeden su miktarının yüksek oranda azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi / yayılmayı yüksek oranda arttıran veya her iki etkiyi de birlikte yaratan katkıdır. Süper akışkanlaştırıcı katkı, çimento taneciklerinin dispersiyonu iyileştirerek işlenebilirliği yüksek oranda artırır. Bu dispersiyon, elektrostatik ve/veya sterik etki yöntemleri ile oluşmaktadır.



2.3 Su Tutucu Katkılar (TS EN 934-2 / Ç 4)

Terlemeyi azaltarak su kaybını düşüren kimyasal katkıdır.

Kullanımı:

Katkı Dozajı: %1 civarındadır.

Örneğin: C=300 kg/m³ için 3 kg/m³

TS EN 934-2 Ç4'e göre Beklenen Performans Özellikleri:

Deneme karışımının terleme miktarı, şahide göre %50 daha düşük olmalıdır.

Dayanıma etkisi

28 gün : Katkısız : 100, Katkılı : > 80



Su Tutucu Katkılar

Taze betondaki hava miktarı:

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde olmalıdır.

Kullanım amacı:

Su tutucu katkı, betonun pompalanmasını kolaylaştırmak amacı ile kullanılırlar.

Avantajları:

Betonun pompalanması sırasında, özellikle uzun boru hatlarında, boru basıncını düşürerek, pompa ve ekipman yıpranmalarını azaltır ve ömrünü uzatırlar. Su tutucu katkı, bozuk ve yetersiz gradasyona sahip beton karışımlarının kararlılığının iyileştirilmesi için kullanılır. Böylece, suyun bünyeden ayrılması (terleme) azaltılarak betonun dayanıklılığı artırılır. Mimari beton yüzey kalitesi iyileştirilir.

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Üreticinin beyan ettiği aralıklarda kullanılmasına dikkat edilmelidir.

2.4 Hava Sürükleyici Katkılar (TS EN 934-2 / Ç 5)

Karıştırma sırasında kontrollü miktarda küçük, düzgün dağıtılmış ve sertleşme sonrasında da kalıcı hava kabarcığı sürükleyen kimyasal katkılardır. Genel olarak su yapıları, beton yollar, havaalanları vb. yerlerde kullanılır.

Kullanımı :

Katkı Dozajı: % 0,08 – 0,2 arasındadır. Örneğin 300 kg/m³ bağlayıcıya, 0,240 – 0,600 kg/m³ katkı kullanılır.

TS EN 934-2 Ç 5'e Göre Beklenen Performans Özellikleri:

Deneme betonunun hava miktarı, şahit betonda taze haldeki sürüklenmiş hava miktarına göre hacimce en az %2,5 üzerinde ve toplam hava miktarı hacimce % 4 – 6 arasında olmalıdır.

Sertleşmiş katkılı betondaki aralık faktörü (hava habbecikleri arasındaki mesafe) en çok 0.2 mm olmalıdır.

Kullanımı:

Katkı Dozajı: % 1 – 2 arasındadır. Örneğin 350 kg/m³ bağlayıcıya; 3,5 – 7 kg/m³ katkı kullanılır.

TS EN 934-2 Ç 3.1 ve 3.2'ye Göre Beklenen Performans Özellikleri:**Çizelge 3.1'e göre;(eşit kıvamda)**

Su Azaltma: Deneme betonu şahit betona kıyasla en az %12 oranında su azaltma özelliğine sahip olmalıdır.

Dayanıma etkisi

1 gün : Katkısız : 100, Katkılı : > 140

28 gün : Katkısız : 100, Katkılı : > 115

Taze betondaki hava miktarı; Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

Çizelge 3.2'ye göre;(eşit su/bağlayıcı oranında)

Kıvamdaki artış, başlangıç (30±10)mm olmak üzere, çökme artışı en az 120 mm, başlangıç (350±20)mm olmak üzere, yayılma artışı en az 160 mm olmalıdır.

Deneme betonunun, katkı katıldıktan 30 dakika sonraki kıvamı, şahit betonun ilk kıvamının altına düşmemelidir.

Dayanıma etkisi

28 gün : Katkısız : 100, Katkılı : > 90

Taze betondaki hava miktarı:

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu, şahit betonun en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

Kullanım Amacı:

Katkısız betonda aynı işlenebilirlik olması koşulu ile su/bağlayıcı oranını azaltarak daha yüksek dayanım ve dayanıklılık elde etmek. Daha kolay yerleşmeyi sağlamak için işlenebilirliği artırmak.

Avantajları:

- Erken kalıp alınarak, kalıp ekonomisi sağlanır.
- Dayanımı ve dayanıklılığı yüksek beton elde edilir.
- Daha geçirimsiz bir beton elde edilir.



Süper akışkanlaştırıcı katkılar

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Üreticinin beyan ettiği aralıklarda kullanılmasına dikkat edilmelidir.

Su Azaltma: Standartta hedeflenmemektedir.

Dayanıma Etkisi:

*1 gün: Sınırlama yok

*28 gün: Katkısız: 100 Katkılı : >75

Kullanım Amacı:

Tekrarlanan donma – çözülme reaksiyonları neticesinde betonun dayanıklılığı bir probleme dönüşmektedir. Beton içerisindeki suyun donarak, hacimce %9 oranında artması ile çimento pastasının veya agreganın kapiler boşluklarında osmotik ve hidrolik basınç oluşmaktadır. Hava sürükleyici katkılar, suyun donması sırasında beton içerisinde genleşebileceği, birbirinden bağımsız ve mikroskopik boyutlarda hava habbecikleri oluşturarak donma-çözülme direncini artırır.

Ayrıca, hava sürükleyici katkılarla oluşturulan bağımsız hava habbecikleri, betondaki kılcal kanalları tıkayarak su geçirimsizlik özelliğini iyileştirir.

Avantajları:

- Donma çözülme dayanımını artırır.
- Su geçirimsizlik özelliklerini iyileştirir.

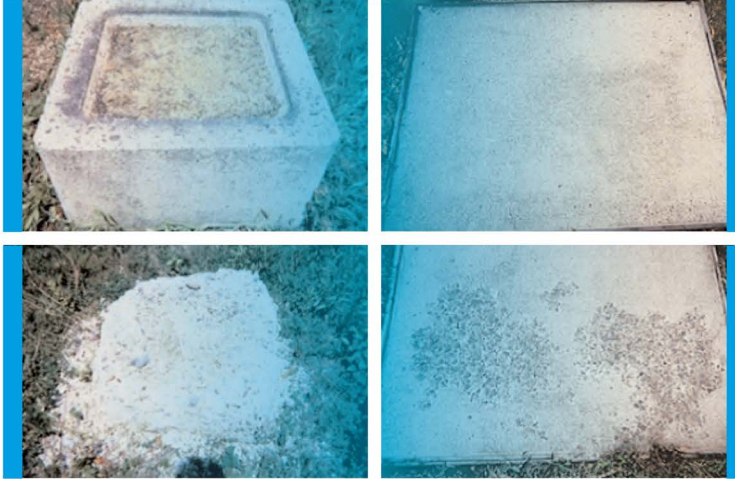


Taze betonda hava ölçümü

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Genel olarak, su / bağlayıcı oranı değişmeksizin; hava miktarındaki %1 lik artış, beton dayanımında %5 lik azalmaya neden olacağından, hava sürükleyici katkı kullanılan beton tasarımlarında bu etki göz önünde bulundurulmalıdır.

Sürüklenen hava ile hapsolan hava birbirlerinden farklı kavramlardır. Hapsolan hava kabarcıklarının boyutları 1000 µm veya daha büyük olmakta iken, sürüklenen hava habbeciklerinin boyutları yaklaşık olarak 10 – 100 µm arasındadır.



Donma Çözülme Hasarlı Betonlar



Priz Hızlandırıcı Katkılar

2.5 Priz Hızlandırıcı Katkılar (TS EN 934-2 / Ç 6)

Karışımın plastik halden katı hale geçmeye (prizin) başlama süresini kısaltan kimyasal katkıdır. Aşırı soğuk (<5°C), yüksek rutubetli (>%80), sert rüzgârlı (>25 km/h) bölgelerdeki inşaatlarda kullanılır.

Kullanımı :

Katkı Dozajı: %1 – 2, Örneğin: C=350 kg/m³ için 3,5 – 7 kg/m³

TS EN 934-2 Ç 6'ya Göre Beklenen Performans Özellikleri:

Priz Başlangıcı:

Katkılı > 30 dk (20°C'de)

Katkılı < Katkısız, %60 (5°C'de)

Su Azaltma: Standartta belirli bir değer hedeflenmemektedir.

Dayanım Artışı:

*28 gün: Katkısız: 100 Katkılı Beton: >80

*90 gün: En az 28 günlük değer

Kullanım Amacı:

Priz hızlandırıcı katkı maddeleri, özellikle soğuk hava şartlarında taze betonun hidratasyonunu çabuklaştırıp hızla priz almasını sağlamaktadırlar. Priz süresini kısaltmak için kullanılırlar. Bu sınıftaki katkılar, ilave edildikleri beton karışımlarında çimento ve su reaksiyonunu hızlandırarak, agregayı bağlayan jel oluşum hızını artırır ve buna bağlı olarak hidratasyon ısısının açığa çıkması nedeniyle soğuk havalarda betonun don etkisinden korunmasında yardımcı olurlar.

Avantajları:

- Soğuk hava koşullarının betonun dayanım kazanması üzerindeki olumsuz etkilerini gidermesine yardımcı olur.
- Betonun kür süresini kısaltır.
- Kalıpların bir an önce sökülmesine olanak sağlayarak kalıp çevrim hızını artırır.
- Erken priz süreleri sağlanmasını olanaklı kılar.

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Priz hızlandırıcılar kullanıldığında hızlandırma etkisinin çimentonun cinsine-dozaajına, ortam sıcaklığı ve nemine, betonun-şerbetin kıvamına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği unutulmamalıdır.

Betonun taşınma, yerleştirilme işlemleri planlanırken priz süresinin kılacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Soğuk hava koşullarında yapılan çalışmalarda priz hızlandırıcı katkı kullanmak, betonun korunmasına / kürlenmesine gerek olmadığı anlamı taşımaz. İstenen etkinin sağlanması için betonun ısı enerjisi uygun bir şekilde korunmalıdır.

2.6 Sertleşme Hızlandırıcı Katkılar (TS EN 934-2 / Ç 7)

Priz süresini etkileyerek veya etkilemeksizin betonun erken dayanım kazanma hızını artıran kimyasal katkılardır.

Kullanımı :

Katkı Dozaajı: %1 - 2;

Örneğin: C=350 kg/m³ için 3,5 – 7 kg/m³

TS EN 934-2 Ç 7'ye Göre Beklenen Performans

Özellikleri:

Dayanım artışı:

20°C'de, 1 gün: Katkısız: 100 Katkılı : >120

20°C'de, 28 gün: Katkısız: 100 Katkılı : >90

5°C'de, 2 gün: Katkısız: 100 Katkılı : >130



Sertleşme Hızlandırıcı Katkılar

Taze betondaki hava miktarı:

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde olmalıdır.

Kullanım Amacı:

Sertleşme hızlandırıcı katkılar hidrasyon reaksiyonunu hızlandırarak, betonun erken dayanım kazanmasını sağlarlar. Bu özelliklerinden dolayı daha çok soğuk hava koşullarında kullanılırlar.

Avantajları:

- Soğuk hava koşullarında betonun don etkisinden korunmasında yardımcı olur.
- Betonun erken dayanımını yükseltir.
- Erken kalıp almaya olanak sağlar.

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Sertleşmeyi hızlandırıcı katkılar soğuk hava koşullarında kullanılırken su ve agrega donmamış olmalı, betonda su/bağlayıcı oranı beton uygulaması yapılabilecek en düşük seviyeye çekilmelidir. Ayrıca beton kütleğinde, ısı ve nem kaybının önlenmesi uygun bir şekilde sağlanmalıdır. Bütün kalıplardaki ve beton dökülecek zeminlerdeki kar ve buz dökümden önce temizlenmelidir.

2.7 Priz geciktirici katkılar (TS EN 934-2 / Ç 8)

Karışımın plastik halden katı hale geçmeye (prizin) başlama süresini uzatan kimyasal katkılardır. Aşırı sıcak (>30°C), düşük rutubetli (<%40), sert rüzgarlı (>25 km/h) bölgelerdeki inşaatlarda kullanılır.

Kullanımı :

Katkı Dozajı: %0,2 - 2 Örneğin: C=300 kg/m³ için 0,6 - 6 kg/m³

TS EN 934-2 Ç 8'ye Göre Beklenen Performans Özellikleri:

Priz Başlangıcı: Deneme karışımı, katkısızdan en az 90 dk sonra

Priz Sonu: Deneme karışımı, katkısızdan en fazla 360 dk sonra

Su Azaltma: Standartta hedeflenmemektedir.

Dayanım Artışı:

7 gün : Katkısız: 100 Katkılı : >80

28 gün: Katkısız: 100 Katkılı : >90

Taze betondaki hava miktarı:

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde olmalıdır.

Kullanım Amacı:

Priz geciktirici katkılar, betonun priz başlangıç süresini uzatmak amacıyla özellikle sıcak hava şartlarında kullanılırlar. Priz geciktirici katkı maddeleri, taze betonun hidrasyonunu yavaşlatarak priz sürelerinin uzamasını sağlarlar.

Avantajları:

- Priz geciktirici katkılar sıcak havalarda betonun işlenebilirlik özelliklerini iyileştirerek yerleştirme ve yüzey bitirme işlemlerini kolaylaştırırlar.
- Soğuk derz olmaksızın, sürekli beton dökümüne olanak sağlarlar.

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Genellikle priz geciktirici katkı kullanımı ile ilk günlerdeki mukavemet değerleri düşebilir. Betonun ilk sıcaklığını düşürmek için, beton bileşenlerinin soğutulması, çimento dozajının

optimumda tutulması, mineral katkılardan istifade edilmesi yollarına gidilmelidir.



2.8 Su Geçirimsizlik Katkıları (TS EN 934-2 / Ç 9)

Sertleşmiş betonun kılcal su emmesini azaltan kimyasal katkıdır. Havuzlar, su depoları, bodrum katları vb. yerlerde kullanılırlar.

Kullanımı :

Katkı Dozajı: %0,5 - 2 civarındadır. Örneğin: C=300 kg/m³ için 1,5 - 6 kg/m³

TS EN 934-2 Ç9'a göre Beklenen Performans Özellikleri:

Kılcal Su Emme:

7 Gün kür + 7 gün, en çok %50 Şahit
90 Gün kür + 28 gün, en çok %60 Şahit

Dayanıma etkisi

28 gün : Katkısız : 100 Katkılı : > 85

Taze betondaki hava miktarı:

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, deneme betonu şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde olmalıdır.

Kullanım amacı:

Su geçirimsizlik katkıları, kılcal boşlukları tıkayarak veya hava sürükleyerek geçirimsizlik sağlamak amacı ile kullanılırlar.

Avantajları:

- Kullanıldıkları karışımların kılcal su geçirimsizlik özelliğini iyileştirirler.
- Permeabilitenin azaltılması yolu ile su ile doğrudan temasta olan veya ıslak ortamda bulunan betonların dayanıklılığını artırırılar.

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Üreticinin beyan ettiği aralıklarda kullanılmasına dikkat edilmelidir.

* katkı kullanım dozajları üreticinin önerdiği koşullar ve değerler dikkate alınarak ön denemelerle belirlenmelidir.

Katkılı beton (deneme betonu), Katkısız beton(Şahit, referans beton)

2.9 Priz geciktirici/Su azaltıcı/akışkanlaştırıcı katkıları (TS EN 934-2 / Ç 10)

Su azaltıcı/akışkanlaştırıcı katkının etkisini(asıl amaç) ve priz geciktirici katkının etkisini(tali amaç) birlikte oluşturan kimyasal katkı

Kullanımı Eşit Kıvamda:

Basınç dayanımı: deneme betonu, şahit betonun en az % 100 (28 gün de)
 Priz süresi : Priz başlangıcı :deneme harcı şahit harcından en az 90 dakika fazla
 Priz sonu: Deneme harcı şahit harçtan en çok 360 dakika sonra
 Su azaltma: Şahit betona göre en az %5
 Hava miktarı : Şahit betonun en çok % 2 üzerinde (hacimce)
 Kullanım Dozajı: %0,2-1 (Örneğin; Çimento: 300 kg çimento için 0,6-3 kg/m³)

Avantajları:

- Döküm ve işleme süresi rahattır,işlenebilirlik süresini artırır
- Soğuk derzi önler.

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Genellikle priz geciktirici katkı kullanımı ile ilk günlerdeki mukavemet değerleri düşebilir. Betonun ilk sıcaklığını düşürmek için beton bileşenlerinin soğutulması, çimento dozajının optimumda tutulması ve mineral katkılardan istifade edilmesi yollarına gidilmelidir.

2.10 Priz Geciktirici / Yüksek Oranda Su Azaltıcı /Süper Akışkanlaştırıcı Katkılar (TS EN 943-2, Ç11.1 ve Ç11.2)

Yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl amaç) ve priz geciktirici katkının etkisini (tali amaç) birlikte oluşturan kimyasal katkıdır.

Kullanımı:

Katkı Dozajı: %1-2 arasındadır. (Örneğin 350 kg/m³ bağlayıcıya 3,5-7 kg/m³ katkı kullanılır.)

TS EN 934-2 Ç11.1 Göre Beklenen Performans Özellikleri:

Çizelge 11.1'e göre (eşit kıvamda)
 Su Azaltma , deneme betonu şahit betona kıyasla en az %12 oranında su azaltma özelliğine sahip olmalıdır.

Dayanım Etkisi:

7 gün : Katkısız %100, Katkılı : %100
 28 gün : Katkısız %100 , Katkılı : %115

Priz Süresi:

Priz başlangıcı katkılı \geq 90 dk (20 oC'de)
 Priz sonu katkılı \leq 360 dakika (20 oC'de)

Hava Miktarı:

Deneme betonu hava miktarı, şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde olmalıdır.

TS EN 934-2 Ç11.2 Göre Beklenen Performans Özellikleri:

Çizelge 11.2'e göre (eşit su/çimento)

Dayanım Etkisi:

28 gün : Katkısız %100 , Katkılı : %90

Kıvam Koruma :

60 dakika sonra şahit beton kıvamının altına düşmemeli

Hava miktarı :

Deneme betonu hava miktarı, şahit betonun hacimce en çok %2 üzerinde olmalıdır.

Avantajları:

Döküm ve işleme süresi rahattır, işlenebilirlik süresini arttırır.
Soğuk iş derzlerini önler.
Yüksek nihai mukavemet sağlar.

Dikkat Edilmesi Gereken Konular:

Genellikle priz geciktirici katkı kullanımı ile ilk günlerdeki mukavemet değerleri düşebilir. Betonun ilk sıcaklığını düşürmek için beton bileşenlerinin soğutulması çimento dozajının optimumda tutulması ve mineral katkılardan istifade edilmesi yollarına gidilmelidir.

2.11. Priz Hızlandırıcı/Su azaltıcı/Akışkanlaştırıcı katkıları (TS EN 943-2, Ç 12)

Su azaltıcı/akışkanlaştırıcı etkisini (asıl amaç) ve priz hızlandırıcı katkının etkisini (tali amaç) birlikte oluşturan etki

Eşit Kıvamda:

Priz başlangıcı: 20 °C de: deneme harcı için en az 30 dakika

5 0C de :deneme harcı için, şahit harcı en çok % 60'ı

Basınç dayanımı: 28 günde deneme betonu şahit betonun en az % 100'ü

Su azaltma: Şahit betona göre en az %5

Hava miktarı: Şahit betonun en çok % 2 üzerinde (hacimce)

Avantajları:

- Soğuk havalarda betonu don etkisinden korumak
- Erken mukavemet istenen yapılar

Dikkat edilmesi gereken konular:

- Soğuk havalarda betonun dayanım kazanması üzerindeki olumsuz etkileri kaldırır.
- Betonun kür süresini kısaltır.

2.12. Viskozite iyileştirici kimyasal katkıları (TS EN 943-2, Ç 13)

Kohezyonu iyileştirmek sureti ile ayrışmayı sınırlandırmak için betona ilave edilen kimyasal katkı

Performans Özellikleri :

Çizelge 13 - Viskozite iyileştirici kimyasal katkıları için özel gerekler

No	Özellik	Şahit Beton	Deney Yönetimi	Gerekler
1	Ayrışmış Kısım SR	prEN 480 - 15	EN 12350 - 11	Kontrol karışımı \geq %15 ve SR \leq %30 deney karışımı SR \leq kontrol karışımı ile elde edilen değer % 70'i
2	Basınç Dayanımı	prEN 480 - 15	EN 12390 - 3	28 Günlük: Deney karışımı \geq kontrol karışımının %80'i
3	Taze Betondaki Hava Muhtevası	prEN 480 - 15	EN 12350 - 7	Deney karışımı \leq imalatçı tarafından aksi belirtilmedikçe kontrol karışımının % 2'si (hacimce).

Kullanım Alanları ;

- KYB üretiminde ve ayrışma riski olan betonlarda

Kullanım Dozajı :

- %0,1-0,5 arasında kullanılır.

Segregasyon oranı katkılı beton < Referans betonun %70 olması gerekir (TS EN 12350-11)
28 günde Deney karışımı \geq Şahit karışımının %80 i olmalıdır.

BETON YOL İMALATINDA KİMYASAL KATKILARIN ROLÜ VE ETKİLERİ

1 Giriş

Beton yollar tamamen yerel malzemelerle üretilebilen, esnek üst yapılara oranla daha çevreci, uzun ömürlü ve ağır taşıt yüküne dirençli rijit üst yapılardır. Petrol fiyatları göz önüne alındığında, beton yollar hem ilk yapım maliyetlerinde hem de yaşam döngüsü maliyetlerinde esnek üst yapılarla rekabet edebilir duruma gelmiştir. Günümüzde karayolu üst yapıları, yapımda kullanılan malzemeye ve yüzey çeşidine göre "Rijit Üstyapı", "Esnek Üstyapı" ve "Kompozit Üstyapı" olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır. Esnek üstyapılarda kaplama tabakasında, bağlayıcı malzeme olarak genelde, asfalt kullanılmakta iken rijit üstyapılarda bağlayıcı malzeme olarak çimento kullanılmaktadır. Kompozit üst yapılarda ise beton ve asfalt tabakaları birlikte kullanılmaktadır.

Beton yolun avantajları aşağıda verilmiştir.

- Servis ömrünün uzun olması ve bakım masraflarının az olması nedeni ile daha ekonomik bir seçenektir.
- Öz kaynaklarla üretilebilir.
- Daha yüksek trafik yüküne dayanabilirler.
- Açık renkli olması sayesinde gece görüş mesafesini artırarak, gece saatlerinde beton yolu aydınlatmak için gereken ışık miktarının asfalt yola göre az olması sayesinde elektrik tüketiminde tasarruf sağlar.
- Tekerleklerin asfalt yollarda olduğu kadar yola gömülmemesi sayesinde yakıt tüketimini dolayısıyla CO2 salınımını azaltması beton yolların daha ekonomik, çevreci ve teknik açıdan daha uygun bir seçenek haline getirmektedir.

2 Beton Yol İmalatında Dikkat Edilecek Hususlar

Beton yoldan uzun dönemli bir performans alabilmek için imalatı sırasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Alt Temel ve Taban Hazırlığı
- Donatıların Yerleştirilmesi
- Uygun Beton Hammaddesi
- Uygun Karışım Dizaynı
- Betonun Üretilmesi ve Taşınması
- Yerleştirme
- Yüzey bitişi
- Kütleme
- Birleşme Yerlerinin Doğru Kesilmesi



Şekil 1. Beton yol dökümü

3 Beton Yol İmalatında Kimyasal Beton Katkıları ve Etkileri

Beton yoldan uzun dönemli bir performans alabilmek için imalatı sırasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Alt Temel ve Taban Hazırlığı
- Donatıların Yerleştirilmesi
- Uygun Beton Hammaddesi

Projede talep edilen çekme dayanımını elde etmek, efektif sıkıştırma ve yerleştirmeyi sağlamak, donma-çözülme etkisine karşı dayanıklılığı temin etmek, ağır trafik yükleri öngörülen durumlarda yorulma çatlaklarını kontrol altında tutmak, beton dökümünden sonra hidratasyon reaksiyonlarının sağlıklı bir biçimde devam etmesini sağlamak, anormal hava koşullarında yapılacak dökümlerde priz süresini ayarlamak, alkali silika reaksiyonuna (ASR) karşı ilave önlemleri almak gibi pek çok durumda kimyasal katkı teknolojilerinden faydalanılması kaçınılmazdır.

Bu bildiride beton yol uygulamalarında sıklıkla karşılaşılan su azaltıcılar, yüksek oranda su azaltıcılar, hava sürükleyici katkıları, kür malzemeleri ve fiberler üzerine kimyasal katkı üreticileri gözünden uygulamaya dönük birtakım bilgiler paylaşılacaktır.

3.1 Su Azaltıcı Katkıları ve Etkileri

Beton yolun özellikle performansını ve yerleştirilmesini geliştiren kimyasal beton katkılarının özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Beton yol uygulamalarında ülkemizde TS EN 934-2 standardına uygun olarak üretilen su azaltıcı veya yüksek oranda su azaltıcı kimyasal beton katkılarının kullanılması önerilir.

Tablo 1. TS EN 934-2'ye göre su azaltıcı katkıların özellikleri

Tip	İçerik	Su Azaltma	Avantajlar
Su Azaltıcı	<u>Lignosülfonatlar</u>	%5-12	İşlenebilirlik ve yerleştirmeyi geliştirme Dayanımı artırma Karışım maliyetini azaltma
Yüksek oranda Su Azaltıcı	<u>Naftalin sülfonatlar</u> <u>Melamin sülfonatlar</u> <u>Polikarboksil eterler</u>	%12-30	Yüksek işlenebilirlik ve yerleştirme sağlama Yüksek dayanım artırma Karışım maliyetini optimize etme

3.2 Hava Sürükleyici Katkılar ve Etkileri

Uzun süre hizmet vermesi planlanan bir beton yolun donma-çözülme direncinin yüksek olması gerekmektedir. Bu amaçla beton karışımında hava sürükleyici katkıları kullanılmalıdır. Betonun hava içeriği aşağıdaki bazı şartlara göre belirlenir:

- Yapının tipi
- Yapının servis ömrü
- Mevsimsel etkiler
- Donma-çözülme döngüsü sayısı
- Buz çözücülere maruz kalma düzeyi

Diğer taraftan, hava sürükleyici katkıları sıfır slump olarak üretilen yol betonlarının işlenebilirliğini gözle görülür biçimde iyileştirirler ve betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasını kolaylaştırırlar. Ayrıca terleme ve ayrışmaya karşı betonu iyileştirmektedir.

Önerilen hava miktarı şartnamelere göre değişiklikler göstermektedir. TS 13515'de donma-çözülme etkisine karşı direnç sağlamak için betonda hava içeriğinin en az %4 ve hava boşluk faktörünün en fazla 0,20 mm olması gerektiği belirtilmektedir. Diğer yandan British Standart (BS) ve American Concrete Institute (ACI) şartnamelerinde en büyük agrega boyutuna ve dış ortam koşullarının şiddetine bağlı olarak önerilen, beton yol karışım dizaynlarında da kullanılacak hava miktarları Tablo 2 ve 3'te verilmiştir.

Tablo 2. BS'e göre önerilen hava miktarı

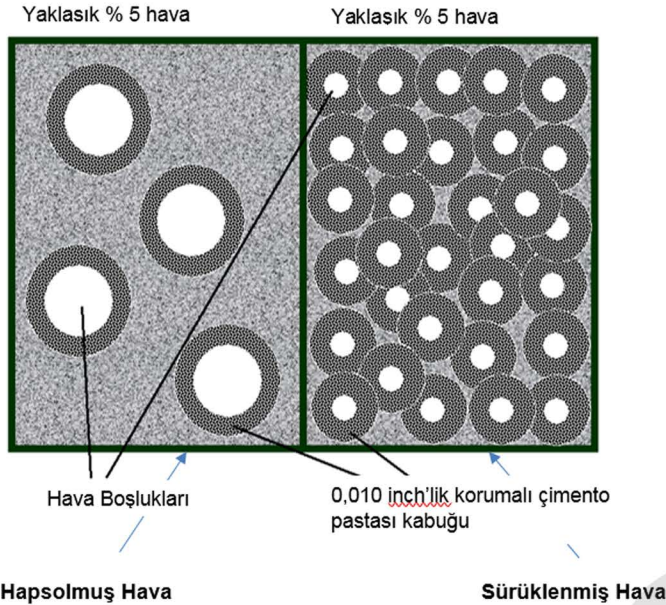
En Büyük Tane Boyutu	En Az Hava Miktarı
40 mm	%3,0
20 mm	%3,5

Tablo 3. ACI'ye göre önerilen hava miktarı (Dış koşullara bağlı olarak)

Agrega Boyutu(mm)	Ilman	Orta	Şiddetli
9,5	%4,5	%6,0	%7,5
12,5	%4,0	%5,5	%7,0
19,0	%3,5	%5,0	%6,0
25,0	%3,0	%4,5	%6,0
37,5	%2,5	%4,5	%5,5
50,0	%2,0	%4,0	%5,0
75,0	%1,5	%3,5	%4,5
100	%1,0	%3,0	%4,0

Hava miktarı kadar, havanın beton içerisinde düzgün bir şekilde dağılması çok önemlidir. Sürüklenmiş hava ile hapsolmuş hava arasındaki farklar Şekil 2'de görülmektedir. Hava sürükleyici katkı ile elde edilen hava, çimento pastasının direncini donma-çözülme etkilerinden etkin bir şekilde koruyarak beton yolun performansını ve servis ömrünü artırır. Hapsolmuş ve sürüklenmiş hava miktarları aynı olan iki farklı betonun, donma-çözülme etkisi karşısında aynı dayanıklılığı göstermeyeceği aşikârdır.

Beton karışımında hava miktarının artışına karşılık olarak, mukavemet değerlerinde meydana gelecek düşüşler göz ardı edilmemelidir, su/bağlayıcı oranları düşürülmelidir.

**Şekil 2.** Hapsolmuş ve sürüklenmiş hava karşılaştırması.

3.3 Kimyasal Kür Malzemeleri ve Etkileri

Taze dökülmüş beton üzerine uygulanan, oluşturduğu film tabakasıyla betonun içerisindeki nemi muhafaza ederek optimum dayanım gelişimini sağlayan ve hızlı kurumayı engelleyerek rötreyi azaltan sıvı bir malzemedir.

Temel olarak; kimyasal kür malzemeleriyle yapılan kürleme, diğer kürleme yöntemlerine göre daha az işçilik gerektiren ve zamandan tasarruf sağlayan bir yöntemdir. Özellikle beton yollar gibi yüzey alanı büyük olan betonlarda su ile kürleme yapılırsa zaman ve işgücü kaybı çok fazla olacaktır.

3.3.1 Kimyasal Kür Kullanımının Avantajları

- Sulamanın zor olduğu geniş alanlarda ve/veya kolon, kiriş, döşeme gibi yapı elemanlarında kolayca uygulanır.
- Tozumaz bir yüzey sağlar.
- Yüzeyde buharlaşma ile hızlı kurumanın neden olduğu plastik rötre çatlaklarını azaltır.
- Çuval, telis ve sulama gibi benzeri kür yöntemlerine alternatif olarak. daha etkin ve daha az işçilik isteyen bir yöntemdir.

3.3.2 Kimyasal Kür Kullanımının Kullanım Şekli ve Zamanı

- Kimyasal kür malzemeleri betonun nemliliğini korumak için tüm yüzey alanına homojen bir şekilde uygulanır.
- Beton yerleştirildikten ve yüzey dokusu yapıldıktan hemen sonra uygulanmalıdır.



Şekil 3. Beton yolda kimyasal kür uygulaması

3.3.3 Beton Yol için Uygun Kür Malzemesi Tipleri

Beton yol gibi yüzey alanı geniş betonlar için aşağıdaki tipte kür malzemelerin kullanılması tavsiye edilir:

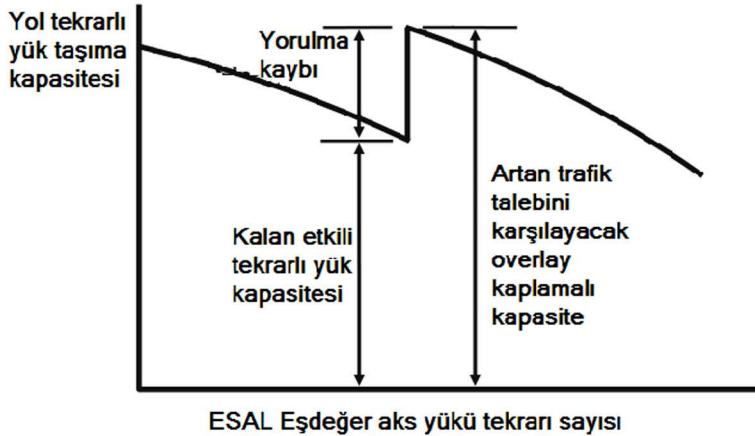
- Pigmentsiz Kimyasal Kür Malzemeleri
 - Parafin ve reçine esaslı kür malzemeleri
- Pigmentli Kimyasal Kür Malzemeleri (Beyaz renkli)
 - Güneş ışınlarını beton yüzeyden pigmentsiz kür malzemelerine göre daha fazla yansıtırlar.
 - Sıcak ve güneşli günlerde beton ısısının yükselmesini engellerler.

3.4 Makro ve Mikro Fiber Katkıları ve Etkileri

Makro sentetik fiber donatı, ağır trafik koşullarına maruz beton yolların yorulma çatlaklarını kontrol altına almak ve yol ömrünü arttırmak için kullanılır. Genellikle hacimsel olarak yaklaşık %0,5 oranında kullanılmakla beraber, daha yüksek yorulma dayanımı elde edilmek istendiğinde American Concrete Pavement Association (ACPA) tasarım metodunda yer alan MOR değerlerinin, ilgili beton karışımından üretilen kiriş deneylerinde (ASTM C 1609) bulunan ek dayanım (f150) değeri ile artırılması tavsiye edilmektedir. [6]

Fiber donatılı beton kaplamalar yapısal kapasitesini yitirmiş asfalt yolların tamiratında da yaygınca kullanılmaktadır. Yol betonu içinde fiber kullanılması durumunda, karışıma agrega bandı üzerinden ilave edilmesi, eğer miksera doğrudan ilave edilecekse bu işlemin çok hızlı yapılmaması ve homojen bir dağılım sağlanması için tamburun en az 5 dakika yüksek hızla döndürülmesi tavsiye edilir.

Mikro sentetik fiber donatılar ise beton yollarda ilk günlerde oluşabilecek çatlakları azaltır. Böylelikle ilerleyen dönemde beton yolun daha az su geçirmesi sağlanarak, yolun faydalı ömrünü artırması beklenmektedir.



Şekil 5. Yol kaplamasında yorulma kayıpları

4 Sonuçlar

1. Beton yol karışımında kullanılması planlanan kimyasal katkıların, özellikle su azaltıcılar ile hava sürükleyici katkıların, birbirleriyle uyumları kontrol edilmelidir. Bu amaçla katkı üreticilerine danışılmalı ve üretim öncesinde laboratuvar denemeleri yapılmalıdır.
2. Yol betonlarında önemli bir kıstas olan çekme dayanımı değerinin sağlanması için su azaltıcı katkılardan ve makro fiberlerden istifade edilmesi gerekmektedir.
3. Taze ve sertleşmiş betonun hava içeriği kontrol edilmelidir. Taze beton içerisine sürüklenen hava miktarının, döküm sırasında ve sonrasında sertleşmiş betonda da muhafaza edildiğinin kontrol edilmesi gereklidir.
4. Beton yol yüzeyi dolandırıldıktan sonra, bütün beton yüzeyinde ve taze betonun kurumasından önce kürlleme işlemi tamamlanmış olmalıdır. Saha uygulaması ve uygun kür malzemesinin tespiti için üreticilere danışılmalıdır.

Kaynaklar

Portland Cement Association 2011

WCPA 2010

www.concrete.org.uk, 2013

Mehta and Monteiro, 1993

www.betonyol.org.tr

Roesler and Bordelon et al., 2018, Fiber Reinforced Concrete Overview for Concrete Pavement and Overlays, National Concrete Consortium.

BETON UYGULAMALARINDA SENTETİK LİF DONATILARIN KULLANIMI

Yapılarda çatlak oluşumu ve yapının bu çatlaklara karşı durabilitesinin korunması tarih boyunca inşaat mühendisliği ve inşaat mühendisliği ile ilişkili disiplinlerin en önemli araştırma ve uygulama konusunu oluşturmuştur. Sentetik lifler, betonda dayanım, dayanıklılık, süneklik ve çatlak kontrolüne pozitif katkı sağlayan yapı elemanlarıdır.

Liflerin yapı elemanlarında kullanımı eski çağlara kadar uzanmaktadır. Milattan önceki dönemlerde at yelesi, keçi kılı ve insan saçı ile başlayan lif kullanımı süreci daha sonra kerpiç yapılarda, tuğla ve harçlarda saman; teknolojinin gelişimi ile beton uygulamalarında sentetik ve çelik lif (fiber donatı) kullanımına evrilmiştir. 2. Dünya Savaşı sonunda kompozit malzemelerin imalat sektöründe kullanılmaya başlanması çimento ve beton sektörü ile ilgili kullanım imkanlarını geliştirmiş, 1960'lı yıllarda ilk sentetik lifli beton uygulamaları yapılmaya başlanmıştır. Takip eden süreçte, 1970'li yıllarda, çelik, cam, polipropilen ve poliamid lifler beton içerisinde kullanılmaya başlanmış olup; 1990'lı ve 2000'li yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte yüksek dayanımlı sentetik lifler beton başta olmak üzere birçok yapı elemanında kullanılmaya başlanmıştır. Laboratuvar ve test yöntemleri liflerin beton içerisinde birincil donatı olarak kullanımı konusunda tasarım metodlarının gelişimine fayda sağlamış; 2010'lu yıllarda, başta tünellilik ve altyapı uygulamaları olmak üzere, birçok projede yapısal uygulamalarda birincil donatı olan inşaat demiri yerine kullanılmaya başlanmıştır. Bu süreçte başta ABD olmak üzere, Avrupa ve Japonya'da, liflerin kullanımı ile ilgili tasarım ve yapım standartları oluşturulmuştur.

Türkiye İnşaat Sektörü'nde kullanılan sentetik lifler EN 14889-2:2006'ya (CE Standardı) tabi olup, iki ana sınıfta incelenmektedir:

1. EN 14889-2 Sınıf I Mikro Sentetik Lifler: Betonda rötre ve ısıya bağlı çatlakları minimize eden, beton geçirimsizliğine fayda sağlayan, betonda ikincil donatı olarak kullanılan fiber donatılardır. Çapı 0,30 mm'den küçük olan mikro sentetik lifler, tek filament (monofilament) ya da fibrile olan (fibrilated) olan liflerdir.

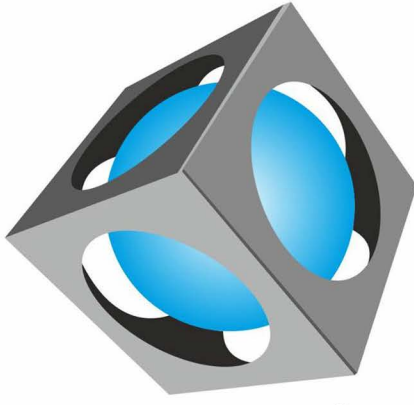
2. EN 14889:2 Sınıf II Makro Sentetik Lifler: Yapısal olarak kullanılan sentetik liflerdir. Çapı 0,30 mm'den büyük olan bu lifler, eğilme dayanımının artırılmasında gereklidir. Makro sentetik lifler beton içerisinde kullanıldığında, beton eğilme dayanımı değerine ulaştığında bile beton yük taşımaya devam eder.

Makro sentetik lifler, endüstriyel zemin betonları, liman ve su yapıları, prekast beton uygulamaları, püskürtme beton ve tünel nihai kaplama betonları, beton yollar ve trapez sac döşemeler başta olmak üzere; beton-zemin etkileşiminin olduğu tüm yapı elemanlarında tasarım kriterleri ve proje ihtiyaçları doğrultusunda birincil donatı olarak kullanılabilir.

2010'lu yıllardan itibaren Türkiye pazarında kullanılan makro sentetik lifler, birçok üst yapı ve alt yapı projesinde konvansiyonel metoda göre tercih edilmiş, hızlı bir şekilde pazara penetre olmuştur. Makro sentetik liflerin projelerde aktif kullanımına istinaden, 2017 yılı itibariyle ilgili kayaç sınıflarında enerji yutma kapasitesi değer aralıklarına göre püskürtme beton uygulamaları için, 2019 yılı itibariyle CE için beyan edilen m³ dozajlarına göre endüstriyel zemin betonu uygulamaları için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Tarifleri'nde yerini almıştır.

Makro sentetik liflerin Türkiye pazarındaki beton hacmi 500.000 m³'ün üzerinde olup, pazarı çift haneli olarak büyümektedir. Dünya sentetik lif Pazar büyüklüğü ise yaklaşık 1 milyar dolar olup; pazarı %12 büyümektedir.

Makro sentetik liflerin yerel hesap metodları ile tasarım ve çözümüne ilişkin Beton Çimento ve Harç Katkı Üreticileri Birliği başta olmak üzere, üretici firmalar, üretici ve enstitüler düzeyinde teknik çalışmalar devam etmektedir.



KÜB

KATKI ÜRETİCİLERİ BİRLİĞİ

Akkim

CHRYSO
CHEMICAL SOLUTIONS FOR THE
CONSTRUCTION MATERIALS INDUSTRY

FOSROC

İKSA
BETON KATKILARI

KORDSA

LYKSOR
Innovation & Trust

MAPEI
ADHESIVES · SEALANTS · CHEMICAL PRODUCTS FOR BUILDING

MASTER®
BUILDERS
SOLUTIONS

polyfibers®
ALL ABOUT FIBERS

Polisan
KİMYA

Sika®

YAPI ÜRÜNLERİ
ÜRETİCİLERİ
FEDERASYONU

30. yıl
TÜRKİYE
İMSAD
İNŞAAT MALZEMESİ SANAYİCİLERİ DERNEĞİ
ASSOCIATION OF TURKISH CONSTRUCTION MATERIALS PRODUCERS

EFCA