

BETON KATKILARI

Hazırlayan: Murat GÖKÇE
İKSA İnşaat Katkıları San. Tic. Ltd. Şti.
Beton Laboratuvarı Kalite Müdürü

Beton nedir?

- Beton ; çimento,agrega,su,kimyasal veya mineral katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılmasından oluşan, ilk başta plastik, zamanla katılaşp sertleşerek mukavemetini kazanan kompozit bir yapı malzemesidir.
- Beton birbirine bağlanmış agregaların oluşturduğu yapay bir taştır.

Kimyasal Katkı:

- Çimento , su, mineral katkı ve agrega dışında , betona karıştırma öncesinde veya sırasında sıvı veya toz olarak eklenen maddelere verilen genel addır.
- Katkılar karışıma çimento dozajına göre ilave edilir.
- Katkı bir ilaç değildir. Katkı kötü olarak dökülen veya yapılan bir betonu iyileştirmek için kullanılmaz.

Kimyasal Katkının Yararları

- Beton maliyetini düşürmek,
- Betonun bazı özelliklerini daha etkin bir şekilde elde etmek,
- Beton, karıştırıldıktan döküm ve yerleştirme anına kadar istenen özellikleri sağlaması (erken priz,geç priz,kıvam koruma,işlenebilirlik, kolay yerleşebilme özelliği).

Kimyasal Katkının Yararları

- Katkılar , betonu belli bir kıvamda üretmek için gerekli su miktarını azaltmak, gerekli akışkanlaşmayı sağlamak (betonun kıvamını yükseltmek) , su / çimento oranını düşürmek amacıyla kullanılır.

Katkı Çeşitleri (TS EN 934-2)

- Su azaltıcı/akışkanlaştırıcı katkılar
- Yüksek oranda su azaltıcı/ süper akışkanlaştırıcı katkılar
- Su tutucu katkılar
- Hava sürükleyici katkılar
- Priz hızlandırıcı katkılar
- Sertleşmeyi hızlandırıcı katkılar

Katkı Çeşitleri (TS EN 934-2)

- Priz geciktirici katkıları,
- Su geçirimsizlik katkıları,
- Priz geciktirici/ su azaltıcı/ plastikleştirici katkıları,
- Priz geciktirici / yüksek oranda su azaltıcı /süper plastikleştirici katkıları,
- Priz hızlandırıcı / su azaltıcı / plastikleştirici katkıları.

Diğer Katkı Çeşitleri

- Kür maddeleri ,
- Pompalamayı kolaylaştırıcılar
- Korozyon engelleyiciler
- Hiper akışkanlaştırıcılar (Kendinden Yerleşen)
- Sıfır çökmeli beton katkısı
- Beton döküm yeri akışkanlaştırıcılık katkısı (Redoz)
- Püskürtme beton katkısı (shotcrete)

Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı Katkılar

- Genel olarak % 5-10 mertebesinde su azaltan katkılardır. Piyasada normal akışkanlaştırıcılar (mid-range) olarak da bilinirler. Çoğunlukla C-20 ve C-25 beton sınıflarında kullanılırlar. Çimento dozajının % 4 ila % 1,2 arasında kullanılırlar (İksament MR-25 için).
- Normal akışkanlaştırıcılar linyosülfonat veya hidrokarboksilik asit bazlıdır.

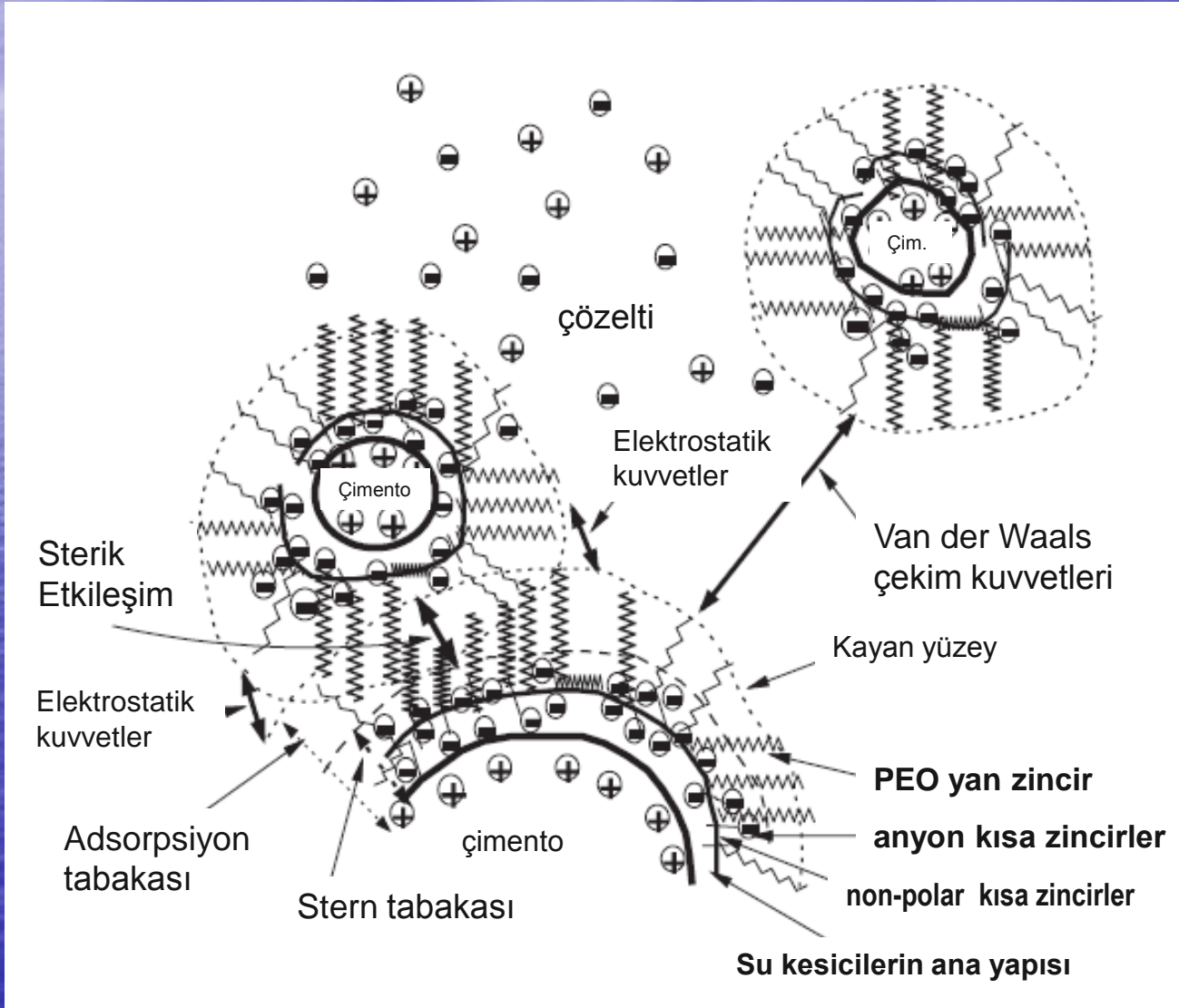
Yüksek Oranda Su azaltıcı / Süper Akışkanlaştırıcı Katkılar

- Genel olarak % 12-25 arasında su azaltan katkılardır. Süper akışkanlaştırıcı olarak piyasada bilinirler. Genelde C-30 ve üstü beton sınıflar için kullanılırlar. Çimento dozajının % 0,6 ila % 3 ü arasında kullanılırlar (İksament NS için).
- Süper akışkanlaştırıcılar genellikle melamin veya naftalin sülfonat bazlıdır.

Normal ve Süper Katkıların Çalışma Prensipleri

- Bu iki tip katkıda da çalışma fonksiyonu, katkının çimento tanelerinin etrafını sarması ve taneleri negatif elektrik yükü ile yükleyerek çimento tanelerinin birbirini itmesini sağlar ve topaklaşmasını önlerler.

Katkı Mekanizmasının Çalışma Şekli



Hava Sürükleyici Katkılar

- Betonda 10-205 mikron çaplı hava kabarcıkları oluşturmak amacıyla ilave edilen katkılardır. Sürüklenmiş hava , betonun donma- çözülme direncini artırır ve buz çözücü kimyasal maddelerin beton yüzeyini kavlatıcı hasarını büyük ölçüde engeller. Taze betonun işlenebilirliğini artırır, segregasyon ve su kusmayı azaltır.
- Hava sürükleyici katkılar çimento dozajının %0,03 ila % 0,15 arasında kullanılır (İksa-aer için). Her % 1 ilave hava için nihai dayanımda % 5 düşüş beklenebilir.

Priz Hızlandırıcı Katkılar

- Çabuk priz ve erken mukavemet istenen yerlerde kullanılan sıvı katkı çeşididir. Kullanım alanları ; soğuk hava koşullarında ve prefabrike eleman üretiminde kullanılır. İlk 24 saatte hızlı priz ve dayanım değerlerinde artışa imkan verir. Kullanım şekli çimento dozajının % 1 ila % 5 (İksaset-L için)arasındadır.

Antifrizler

- Beton karma suyunun donma ısısını aşağı çekme görevini yapan katkılardır.
- Standartta tanımı bulunmaz ama yaygın olarak priz hızlandırıcı olarak geçer.
- Yüksek erken mukavemetli beton üretimi imkanı sağlar.
- -5°C ye kadar antifriz kullanılabilir bundan daha düşük sıcaklıklarda mutlaka TS 1248 de belirtilen koruyucu tedbirlerinde alınması gereklidir.

Su Geçirimsizlik Katkısı

- Alt yapılarda, kanal inşaatlarında , su ve deniz çalışmalarında kullanılır. Betondaki hapsolmuş hava boşluklarını azaltır ve kütleye sınırlı bir hava girişimi sağlayarak dış etkilere dayanıklılığı artırır. Çimento dozajının % 5 oranında kullanılır (İksacrete için).

Priz Geciktirici Katkılar

- Geniş hacimli beton dökümlerinde,
- Betonun uzak mesafelere taşınmasında,
- Soğuk derz oluşması istenmeyen yerlerde,
- Yüksek sıcaklıklarda,
- Betonun priz başlangıcını 72 saate kadar öteleyebilen ve nihai mukavemette hiçbir kayba gerek bırakmayan katkılar (özellikle şap dökümü gibi uzunca bir süre işlenebilirlik gerektiren yerlerde)

Soğuk Havada Betonlama

- Soğuk havada betonlamada karşılaşılan güçlük , 0° hava sıcaklığının taze beton üzerinde gösterdiği donma etkisinden kaynaklanmaktadır.
- Beton henüz taze haldeyken donmaya maruz bırakılırsa,içerisindeki veya yüzeye yakın kısımlardaki boşluklara yerleşen karışım suyu buza dönüşecektir. 0° de donan suyun hacmi % 9 oranında artar ve bu durum betonun hacminin artmasına yol açar. Bunun sonucunda ise ortamda çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyon (hidratasyon) için yeterli su kalmaz. Aynı zamanda düşük sıcaklıkta reaksiyon hızı yavaş olur, bu durumda betonun priz alması ve sertleşmesi gecikir.

Soğuk Havada Betonlama

- Donmuş betonda reaksiyona giren su miktarı azalacağından , az miktarda çimento pastası oluşur ve agregaların etrafı yeteri kadar çimento pastası ile sarılmaz. Bu şekilde taze haldeyken donmaya maruz bırakılmış beton, genişmiş halde iken priz alıp sertleşerek daha fazla miktarda hava boşluğuna sahip olacağından , ileri yaşlarda çözüldükten sonra mukavemet ve yoğunlukları da düşük olacaktır. Buda betondan beklenen servis ömrünü (hizmet ömrü) kısıltacaktır.
- Soğuk havada beton katkıları , beton sıvı fazının donma noktasını düşürerek donmayı önlerler. Çimentonun priz alma ve sertleşme sürecini oldukça hızlandırarak betonu donmaya karşı korurlar. Betonun dona karşı koruma için gerekli 3,5 MPa (ilk 24 saatte) ulaşılmasını sağlarlar.

Soğuk Havada Beton Dökmek İçin Yapılması Gerekenler

- Çimentonun inceliği artırılmış olmalıdır.
- Beton içindeki çimento dozajı yüksek olmalıdır (Hidratasyon ısısının yükselmesi için).
- Beton ısı, taşıma araçlarının ve kalıpların ısıları yükseltilmelidir.
- Kesintisiz ve gecikmesiz beton dökümü yapılmalıdır.
- Beton bileşenlerinin sıcaklıkları artırılmalıdır. Karışım suyu 60°ye kadar ısıtılabilir.
- Uygun ısı yalıtım malzemeleri ile taze betonun yüzeysel korunması sağlanmalıdır.
- Taze beton dışarıdan verilecek bir ısı ile korunabilir. En yaygın yöntem buhar kürü verilmesidir.

Sıcak Havada Beton Dökmek İçin Yapılması Gerekenler

- Taze betonun sıcaklığının artışı işlenebilirlik ve kıvam kaybına neden olur.
- Betonun oluşturan malzeme sıcaklıklarını , dolayısıyla betonun sıcaklığını düşürmek.
- Katkılı veya mümkünse düşük dozajda beton kullanmak.
- Beton kürüne zamanında başlamak, kür maddeleri ve örtüler kullanılarak su kaybını önlemek.
- Betonun en az 7 gün boyunca sulamak.
- Günün serin saatlerinde döküm yapmak.

Betonda Durabilite

- Betondan istenen bir önemli özellik de durabilite, yani ileriki yaşlarda dış ortam etkilerine dayanıklılıktır. Durabil bir beton elde etmek düşük su/çimento oranına sahip bir beton kullanarak mümkündür. Çimento miktarı, puzolan cinsi ve miktarı ile agrega tipi ve boyutu betonun durabilitesini etkileyen diğer faktörlerdir. Beton zamanla bazı etkilere maruz kalır. Bunlar kimyasal, fiziksel ve elektro-kimyasal davranışlardır.

Betonda Durabilite

- Kimyasal davranışları ve bunların oluşma şekillerini sıralayacak olursak;
- - CaO ve MgO genleşmeleri,
- - Sülfat etkisi (doğada bulunan sülfat iyonları betona nüfuz ederek çimentonun hidratasyonu sonucu oluşan kalsiyum hidroksit ve kalsiyum aluminat hidratlarla reaksiyona girerek, sırasıyla alçı ve etrenjit adı verilen ürünler oluştururlar. Bu ürünlerin her ikisi de betonda genleşmelere ve dolayısıyla çatlama ve bozulmalara yol açarlar). Sülfat saldırısına uğramış betonun karakteristik görünümü, özellikle köşe ve kenarlardan başlayarak tüm kütleyle yayılan beyaz lekeler, çatlaklar ve dökülmelerdir. Betonun kolayca ufalanabildiği ve yumuşadığı görülür.

Betonda Durabilite

- Doğada sodyum, potasyum ve magnezyum bileşikleri (tuzları) halinde bulunan sülfat; agrega, karışım ve temas suyu yada zeminlerde bulunabilir. Zeminde toprak içinde %0,1 civarındaki sülfat konsantrasyonu betona bir miktar zarar verebilmektedir. %0,5'den fazla olduğunda ise çok ciddi boyutlarda betonu hasara uğratmaktadır.

Betonda Durabilite

- 3- Alkali-agrega/silika reaksiyonu (çimentodaki alkali ile agregalardaki aktif silis ve nem sonucu oluşur. Aktif silis, alkali ve nemin bir araya gelmesiyle reaksiyona girerek jel kıvamında alkali silikat bileşikleri oluşturur. Bu bileşikler beton içinde şişme yapar ve betonun çatlamasına neden olur),
- 4- Alkali-karbonat reaksiyonu (bazı dolomitik kireçtaşlarından elde edilen agrega ile çimentodaki alkaliler arasında gelişen reaksiyondur. Betonun yüzeyinde harita şeklinde çatlaklara neden olur.)

Betonda Durabilite

- 5- Karbonatlaşma (havadaki karbondioksitin (CO_2) betonun boşluklarında bulunan serbest kireç ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Bu reaksiyon sonucu çözülmüş kireç konsantrasyonu azalır ve betonun pH değeri düşerek donatıyı koruyucu özelliği kaybolur ve donatıda korozyon tehlikesi ortaya çıkar).

Betonda Durabilite

- Betonda oluşabilecek fiziksel davranışlardan en önemlileri aşağıdadır;
- 1- Kuruma rötresi (betonun sertleşmesi esnasında suyun fiziksel ve kimyasal olarak kaybolması neticesinde betonda meydana gelen hacim azalması (büzülme).
- 2- Plastik rötire (döşeme betonu dökülünce üst yüzeyindeki su buharlaşmaya başlar ve betonu terk ederek havaya karışır. Bu suyun yerine betonun bünyesindeki su (kusulan su) betonun üst yüzeyine doğru çıkar. Buharlaşma hızı su kuma hızından yüksek ise betonun yüzeyi kurumaya ve dolayısıyla büzülmeye ve çatlamaya başlar.)
- 3- Donma-çözülme çevrimleri,
- 4- Yüksek sıcaklık (yaklaşık 650 °C'de beton önemli ölçüde dayanım kaybına uğrar.)
- 5- Yapısal hareketlerden dolayı oluşabilecek etkiler.

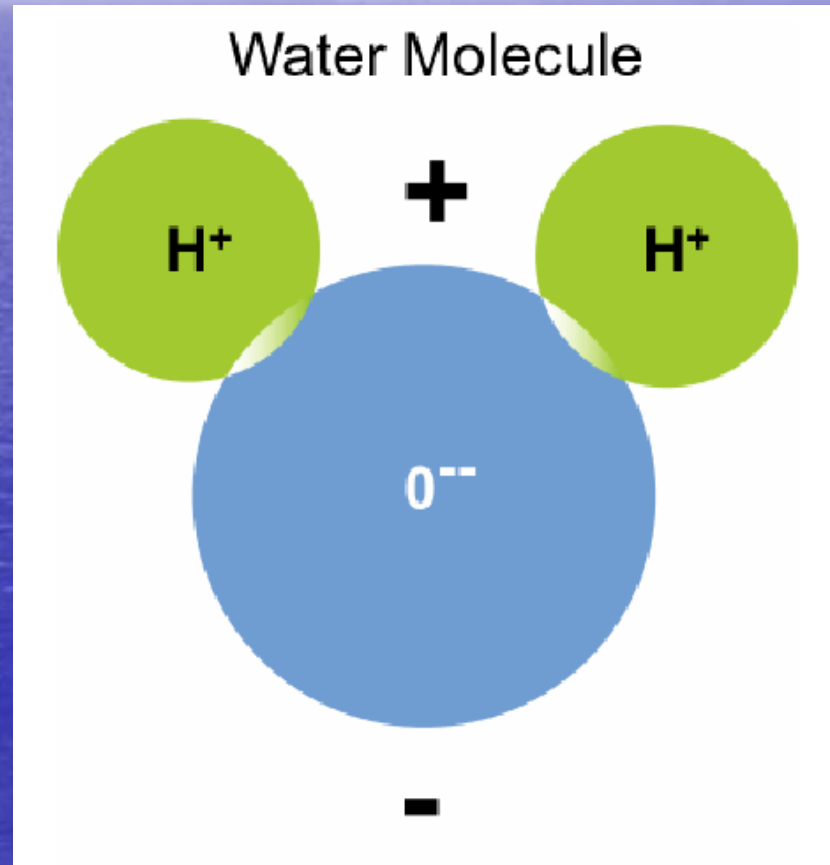
Su ve Yapılar

- Su, bir çok doğal malzemenin yaratılışına ve yok oluşuna neden olan önemli bir maddedir. Bir çok durabilite işleminde en büyük rolü oynayan sudur.
- Bozulmayı başlatan kimyasal işlemlerde önemli rol alır.
- Bozulmayı başlatan fiziksel işlemlerde önemli rol alır.

Suyun Yapısı

- H-O-H molekülünün kovalent bir bağ yapısı vardır; (Polar özellik). Hidrojen ve Oksijen atomlarının merkezlerindeki elektrik yük farkı nedeniyle suya bağlı olan hidrojenin pozitif yüklü protonu diğer çevredeki komşu su moleküllerinin negatif yüklü elektronlarını kendine doğru çeker. Su, bu şekilde birbirine bağlı moleküller halinde sıvı halde kalır.

Suyun Yapısı



Suyun Bazı Özellikleri

- Su molekülleri çok küçük boşluklara kolaylıkla penetre olabilir,
- Kuvvetli bir çözücüdür,
- Bir çok asidik ve bazik karakterde iyonları içerisinde taşıma yeteneğine sahiptir,
- Buharlaşma ısısının yüksek olması nedeni ile uzun süre olduğu yerde kalabilir,

Suyun Buz Hali

- Buz halindeki her bir su molekülü, diğer dört molekül tarafından sarılır, yani merkezde bir molekül ve tetrahedronun köşelerinde birer su molekülü yer alır.
- Hidrojen bağlarınınin 0°C 'de yaklaşık %15'i kırılır ve buz eriyerek su haline dönüşür. Tetrahedral bağın yönünde oluşan kısmi kırılma sonucunda her su molekülü 4'den daha fazla komşuya ihtiyaç duyar ve bu nedenle suyun yoğunluğu 0,917'den 1'e doğru yükselir.

Kendinden Yerleşen Beton

- Kendiliğinden yerleşen beton (KYB) sıkıştırma ve yerleştirme için vibrasyon gerektirmeyen , betonun kendi ağırlığıyla yerleşmesi sağlanan yenilikçi bir betondur. Yoğun donatı olması durumunda, vibrasyon kullanılması zor olan yerlerde ve gürültü yapılmaması istenen yerlerde kullanım kolaylığı sağlarlar.

Kendinden Yerleşen Beton Yayılma Ölçümü (Flow)



Hiper Akışkanlaştırıcı Katkılar (Kendinden Yerleşen Beton Katkısı)

- Bu katkılar yeni nesil katkılar olarak da adlandırılırlar. Bu katkıların çalışma prensibi, çimento tanecikleri tarafından emilen polimer katkıları olmalarıdır. Bu katkılarda ki polimerler beton karıştırma işleminin en erken aşamasında , çimento taneciklerinin yüzey alanlarının çevresini kuşatırlar. Polimer zincirlerinin sülfonik grupları, çimento taneciklerinin yüzeylerinin negatif yükünü artırır ve tanecikleri elektriksiz itme ile homojen bir şekilde dağıtırlar. Bunun olumlu sonucu da beton işlenebilirliğinin daha az su karışımı ile elde edilmesi sağlar.

Hiper Akışkanlaştırıcı Katkılar (Kendinden Yerleşen Beton Katkısı)

- Bu katkıların dağılma mekanizması çimento tanecikleri arasında 2 farklı tip itme kuvvetine bağlıdır. Bunlar elektro statik ve sterik itme etkileridir. Elektrostatik itme karboksil grupların verdiği negatif yükün varlığına, sterik itme etkisi ise uzun kenarlı polimerlere bağlı olarak oluşur. Bu uzun kenarlı polimerler sterik bir engel oluşturur ki bu da çimento partiküllerinin birbirine olan uzaklığını koruma yeteneğini artırır ve böylece mükemmel bir dağılım etkisini mümkün kılar.

Kendinden Yerleşen Beton Dizaynları Örnekleri

Çimento Miktarı	310 kg/m ³
Mineral Katkı(Uçucu Kül)	75 kg/m ³
Filler (Dolgu malzemesi)	130 kg/m ³
0-4 Kırma Kum	680 kg/m ³
4-12 Kırma Agregası	531 kg/m ³
12-22 Kırma Agregası	550 kg/m ³
Katkı (Polycar 300)	3,1 kg/m ³
Basınç Dayanımı (MPa)	7 gün 39,19 MPa 28 gün 45,84 MPa

Kendinden Yerleşen Beton Dizaynları Örnekleri

Çimento Miktarı	360 kg/m ³
Mineral Katkı(Uçucu Kül)	55 kg/m ³
Filler (Dolgu malzemesi)	-----
0-4 Kırma Kum	751 kg/m ³
4-12 Kırma Agregası	409 kg/m ³
12-22 Kırma Agregası	588 kg/m ³
Katkı (Polycar 300)	5,4 kg/m ³
Basınç Dayanımı (MPa)	7 gün 52,84 MPa 28 gün 60,29 MPa

Katkılı ve Katkısız betonların karşılaştırılması

- Örnek olarak hedef su/ çimento 0,50 alalım. Beton sabit kıvamda olmak üzere katkısız, akışkanlaştırıcı katkıyla (MR-25) ve süper akışkanlaştırıcı katkıyla (İksament NS) ile üretelim. Beton üretiminde ki malzemelerle, su kesme oranları, çimento eşdeğeri olarak birim fiyatlarını alalım.
- Yani katkı 360 kg/kuruş , çimento 120 kg/kuruş ise 1 kg katkıyı $360 / 120 = 3$ kg çimento kabul ederek karşılaştırmayı kolaylaştırırız.

Katkılı ve Katkısız Betonların Karşılaştırılması

- Katkısız betonu 225 kg/m^3 su ve 450 kg/m^3 çimento ile 16 slumpta yapmış olalım.
- %0,8 İksament akışkanlaştırıcı ile % 8 su kesen katkıli betonda , su miktarı 207 kg/m^3 olacaktır (16 slumpta). Dolayısıyla aynı su/ çimento oranında (aynı mukavemeti yakalamak için) gerekli çimento miktarı $207/0,5= 414 \text{ kg/m}^3$ çimento dozajı olacaktır. Katkı tüketimi $414*0,008 = 3,312 \text{ kg/m}^3$ olur. 3 kg çimento eşdeğer birim fiyatla maliyeti $3*3,312=10 \text{ kg}$ çimento ve toplam çimento miktarı $414+10=424 \text{ kg/m}^3$ eder.
- Katkısız betonla karşılaştırıldığında $450-424= 26 \text{ kg}$ çimento tasarrufu söz konusudur.

Katkılı ve Katkısız Betonların Karşılaştırılması

- % 1 kullanım oranı ile % 15 su kesen süper akışkanlaştırıcı (İksament NS) katkıli betonda , su miktarı 191 kg/m^3 e , çimento dozajı $191 / 0,5 = 382 \text{ kg}'$ a inecektir. Katkı tüketimi $382 * 0,01 = 3,82 \text{ kg/m}^3$ olur.
- Katkı birim fiyatı $720 \text{ kg} / \text{kuruş}$ ise , çimento eş değer fiyatı $720/120=6 \text{ kg}$ dir.
 $3,82 * 6 = 23 \text{ kg}$ çimento eşdeğer fiyatı olur. Toplam çimento miktarı $382+23=405 \text{ kg}$ çimento dur.
- Katkısız betonla karşılaştırdığımızda $450-405=45 \text{ kg}$ çimento tasarrufu sağlayacaktır.
- En tasarruflu beton süper akışkanlaştırıcı ile dökülen beton olduğu görülmektedir.

Reaktif Pudra Beton

- RPB'ler küp basınç dayanımları 200 ve 800 MPa arasında, çekme dayanımları 25 ve 150 MPa arasında ve kırılma enerjileri yaklaşık 30000 J/m² ve birim ağırlıkları 2500-3000 kg/m³ aralığında değişen yeni kuşak betonlardır. Reaktif pudra betonu liflerle güçlendirilmiş, çok düşük su/çimento (0,15-0,20) oranında çimento ve silis dumanı karışımının hiper akışkanlaştırıcı kullanılarak ince öğütülmüş kuvars tozuyla karıştırılması sonucu elde edilen yüksek dayanımlı kompozit bir malzeme olarak tanımlanabilir.

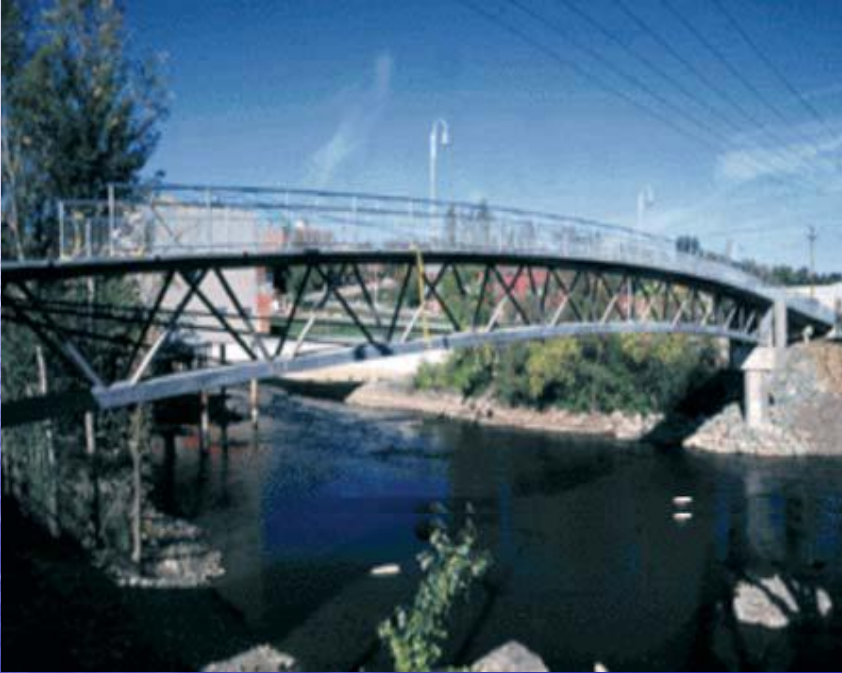
Reaktif Pudra Beton Dizayn Örneđi

Kullanılan Malzeme	Miktar (kg/m ³)
Çimento (PÇ 52, 5)	750
Silis Dumanı	230
Kırılmış Kuvars Kumu	210
Kum (Max Tane Boyu 1mm)	1010
Hiper Akışkanlaştırıcı	17
Çelik Lif (6 mm)	190
Su	195

Normal, Yüksek dayanımlı ve Reaktif Pudra Betonlarının Karşılaştırılması

Mekanik özellikler	NDB	YDB	RPB
Basınç dayanımı	20-60 MPa	60-115 MPa	200-800 MPa
Eğilme dayanımı	4-8 MPa	6-10 MPa	50-140 MPa
Elastisite Modülü, GPa	20-30	35-40	60-75

Reaktif Pudra Betonla Kullanılarak Üretilen Sherbrooke Köprüsü (Kanada)



TEŐEKKÜR EDERİM

E-mail Adresi : murat@iksa.com.tr