
BETON VE KİMYASAL KATKI TEKNOLOJİSİNDE YENİ GELİŞMELER VE STANDARTLAR

Aydın SAĞLIK, Kim. Yük. Müh.

DSİ Genel Müdürlüğü, TAKK Dairesi Başkanlığı
Beton-Malzeme Lab. Şb. Md.'lüğü

ÖZET

Beton teknolojisindeki gelişmeler özellikle kimyasal katkı teknolojisinde meydana gelen yeni buluşlardan kaynaklanmaktadır. Kimyasal katkı, betonun ana bileşenleri olan çimento ve agregadan çok daha farklı bir işlevi yerine getirmektedir. Günümüzde kimyasal katkı kullanmaksızın beton üretimi neredeyse yapılmamaktadır. Kimyasal katkılar betonda hem teknik ve hem de ekonomik avantajlar sağlamaları nedeniyle artık vazgeçilmez hale gelmişlerdir. Bir çok ülkede sadece yüksek oranda su azaltıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılırken diğer normal akışkanlaştırıcı katkıların yerini de orta düzeyde su azaltıcı ve akışkanlaştırıcı katkıları almaya başlamıştır. Daha yeni bir teknoloji ise Japonya'dan başlayıp Avrupa ülkelerinden sonra bugün ülkemizde de yavaş yavaş kullanılmaya başlamıştır. Kimyasal katkı ile ilgili bu yeni teknoloji çok yüksek oranda su azaltıcı ve hiperakışkanlaştırıcı olarak bilinen kimyasal katkı ile kendiliğinden yerleşen beton (Self-Compacting Concrete) yapma teknolojisidir. Bu tür bir katkı ile 0.30 ila 0.35 s/ç oranına sahip kendinden yerleşen betonlar üretilmektedir. Bu son derece düşük s/ç oranı ile özellikle öndöküm (precast) veya önyapım (prefabrik) sektöründe buhar kürüne ve vibrasyona ihtiyaç olmaksızın yüksek dayanımlı betonlar üretmek mümkün hale gelebilmektedir. Ülkemizde bugün kimyasal katkılar ile ilgili standartlarında artık değiştirilmesi ve Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan standartlar ile paralellik taşıması gerekmektedir. Türk Standartları Enstitüsü yeni bir kimyasal katkı standardı olan ve Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan TS EN 934-2 "Beton, Harç ve Enjeksiyon için Kimyasal Katkılar – Bölüm 2 : Beton Katkıları – Tarifler ve Özellikler" standardını çıkartarak şu an yürürlükte olan TS 3452 ve bununla ilişkili tüm standartları yürürlükten kaldırmıştır. Diğer taraftan genel beton standardı olan TS EN 206-1: "Beton – Bölüm 1 : Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk" standardı

mecburi standard olarak yürürlüğe girmiş ve çok yakında TS 11222 standardının yerini alacaktır.

Bu çalışmada, beton ve kimyasal katkı teknolojisinde yakın zamandaki gelişmeler ve yeni çıkmış olan ilgili standartlar hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar sözcükler : Beton, dayanıklılık, çevre, kimyasal katkı, kendiliğinden yerleşen beton (KYB), standard.

1. GİRİŞ

20. yüzyıl sırasında beton teknolojisinde bir çok ilerleme kaydedilmiş olup bunların iki yürütücü kuvveti; yapıların hızlı bir şekilde bitirilme ihtiyacı ve daha dayanıklı beton üretme gereği olmuştur. 20. yüzyılın sonunda ise üçüncü bir yürütücü kuvvet olan teknolojinin çevresel tutunabilirliği bir çok gelişmenin değerlendirilmesinde çok önemli bir yer kazanmaya başlamıştır. Bugün için insanın yapı teknolojisinde dikkat ettiği üç önemli husus vardır ;

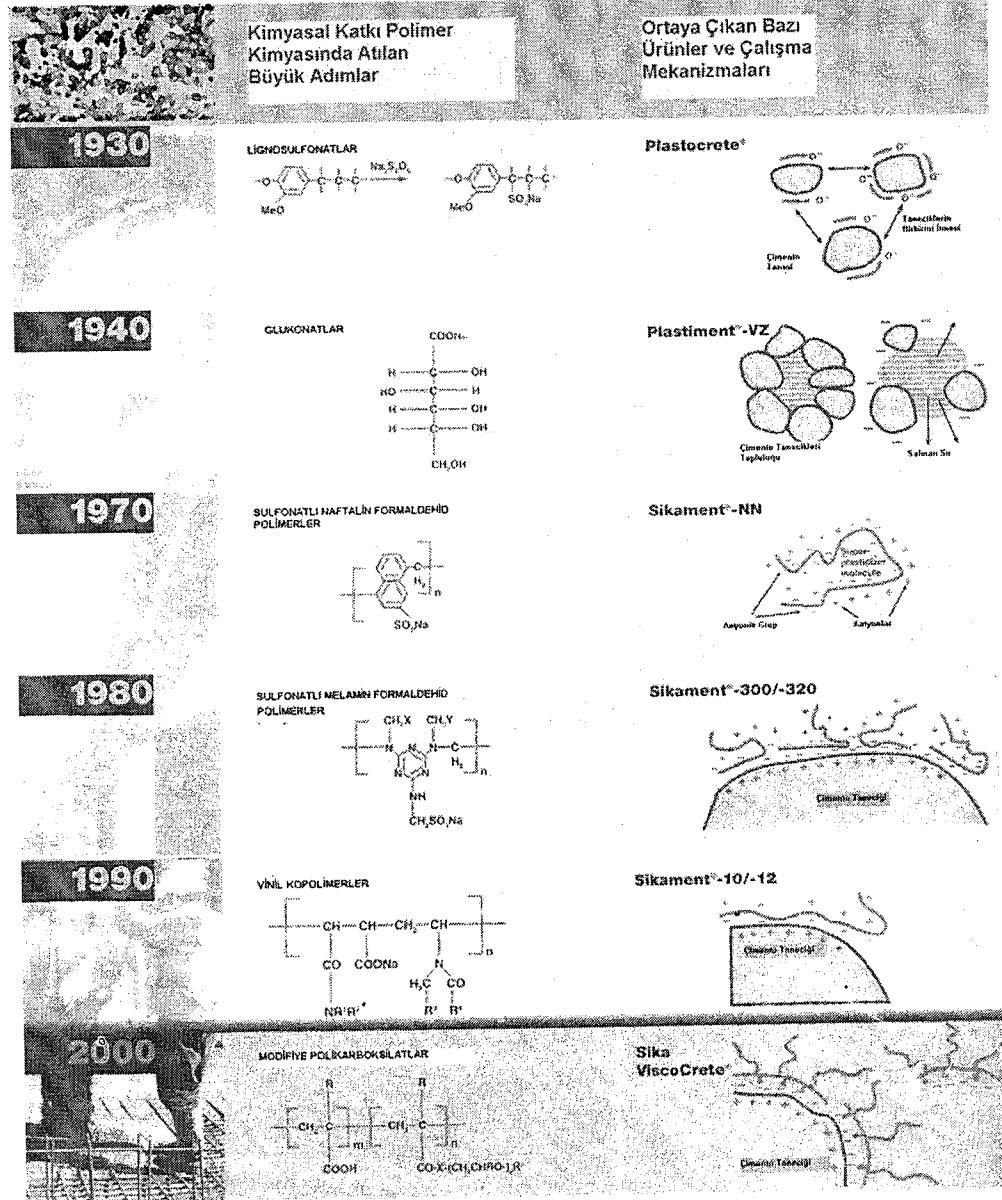
- 1.Yapı ve malzemelerin maliyeti
- 2.Ürünlerin dayanıklılığı
- 3.Teknolojinin çevre-etki değerlendirmesi

Bugün dünyada Portland çimentosu ile yapılmış beton bir çok inşaat ve farklı yapılarda kullanılan en seçkin malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun esas nedeni beton yapısı için inşaat işleminin ve malzemelerin ucuz olması ve aynı zamanda kullanım süresince bakımının da düşük maliyetli olmasındadır. Bu nedenle beton teknolojisinde meydana gelen gelişmeler sürpriz değildir. Beton teknolojisinde oluşan gelişmelerde en büyük yenilik kimyasal katkı teknolojisindeki buluşlardır. Özellikle süperakışkanlaştırıcılar (piyasada hiperakışkanlaştırıcı olarak da adlandırılır) ve yüksek oranda su azaltıcı katkıların geliştirilmesinden sonra yapılan betonlar çok düşük su/çimento oranlarında (örneğin 0.30) çok yüksek akışkanlıkla (self-compacting concrete-kendiliğinden yerleşen beton) elde edilmeye başlanmıştır. Beton düşük su/çimento oranında yapıldığında doğal olarak düşük poroziteli (boşluk oranı) olmakta ve dayanıklılığı da yüksek olmaktadır. Macro-defect-free çimento (Çok düşük boşluk oranına sahip beton yapabilen çimento) ve kimyasal bağlı seramiklerin bulunması ile düşük poroziteli, yüksek dayanımlı ve dayanıklı ürünlerin yapılması alternatif teknolojik ilerlemelerdir. Diğer yandan betonarme yapıların korozif ortamlara karşı servis ömürlerinin uzatılması amacıyla yapılan çalışmalar sonunda korozyon önleyici maddelerin ve yöntemlerin bulunması sayesinde betonlar daha iyi korunmaya başlamıştır. İnşaat yapım hızının artırılması ve dayanıklılığa ilave olarak üçüncü bir yürütücü kuvvet olan ve endüstriyel malzemelerin çevreyle dost olma şartları gelecek için oldukça önem kazanan bir konu olmaktadır. Bu çalışmada yukarıda

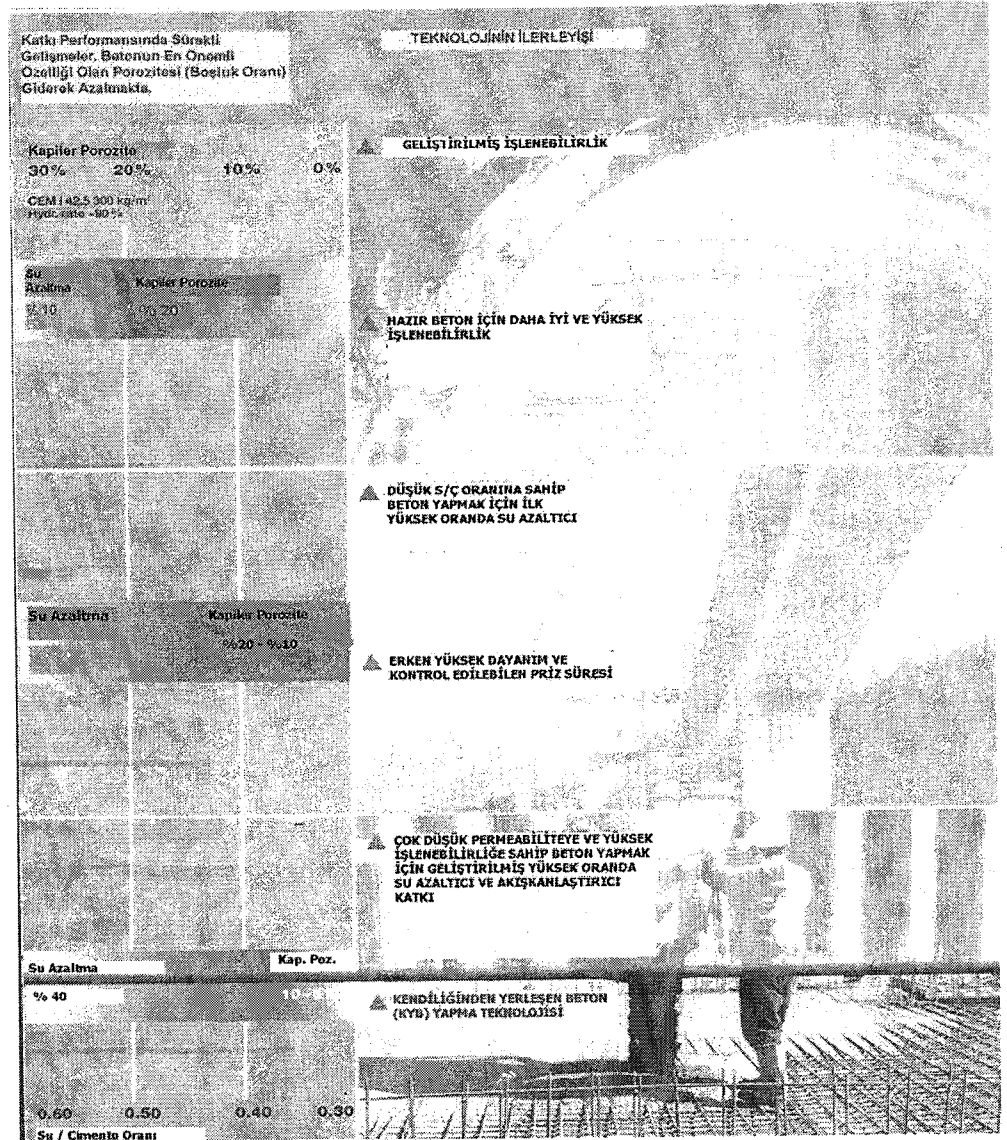
bahsedilen üç kriterin ışığı altında farklı konularda ortaya çıkan gelişmelerden bahsedilecektir.

2. SU AZALTICI VE AKIŞKANLAŞTIRICI KATKILAR

Su azaltıcı ve akışkanlaştırıcı katkıların tarihi gelişimi esnasında oluşan gelişmeler beton teknolojisinde meydana gelen yeniliklerle paralellik gösterir. Kimyasal katkıların tarihsel gelişimi Resim-1'de verilmektedir. İlk olarak 1930 larda ortaya çıkan akışkanlaştırıcı katkıların temelini Lignosulfonatlar oluşturmaktaydı. Lignosulfonatlar bugün halâ normal ve orta düzeyde akışkanlaştırıcı üretiminde kullanılmaktadır. 1940 larda Glukonatlar akışkanlaştırıcı olarak ortaya çıkmıştır. Bu iki katkı hammaddesi ile yapılan katkılar su oranını ancak %10'a kadar azaltabilmekte ve ancak %20 kapiler poroziteye sahip betonlar yapılabilmekteydi. 1960'lara gelindiğinde Sulfonatlı Naftalin Polimer esaslı süperakışkanlaştırıcı katkılar Japonlar tarafından ve Sulfonatlı Melamin Polimer esaslı süperakışkanlaştırıcılar ise Almanlar tarafından geliştirilmişlerdir. Bu katkılar ilk bulunduklarında oldukça fazla yankı meydana getirmişler ve %20 ye kadar su azaltma özelliğine kavuşturulmuşlardır. Betonda su azalması arttıkça betonun porozitesi azalmaya devam etmiş ve dayanımı da artmıştır. Süperakışkanlaştırıcı katkıların uzun molekül zincirlerine sahip olması onların molekül ağırlıklarının yüksek olmasına ve bunun da çimento tanecikleri üzerinde absorbe olarak iyi bir elektriksel itme gücü ile dispersif etki yaratmasına imkan vermiştir. 1990 lardan sonra ise önce Vinil Kopolimerler ve en son olarak da Modifiye Polikarboksilatların ortaya çıkmasıyla beton teknolojisinde oldukça yeni bir kapı aralanmıştır. Bu yeni nesil katkılar ile su azaltma oranı %40'lara kadar çıkmakta ve son derece düşük poroziteli ve su/çimento oranlarında oldukça akışkan veya akıcı ve kendiliğinden yerleşen betonlar elde etmek mümkün hale gelmiştir. Süperakışkanlaştırıcılar veya diğer bir terimle hiperakışkanlaştırıcılar gibi katkıların markete girmesiyle beton farklı bir boyut kazanmıştır. Yüksek performanslı beton ürünler, dayanıklılığı yüksek betonlar, uçucu kül ve cüruf yüzdesi yüksek olan betonlar üretmek, kendiliğinden yerleşen betonlar yapmak, su altında betonlama yapmak ve lif takviyeli betonlar üretmek artık yeni beton teknolojisini oluşturmaktadır.



Resim-1. Kimyasal Katkıların Kronolojik Gelişimleri



Resim-1. Kimyasal Katkıların Kronolojik Gelişimleri (Devamı)

Sulfonatlı naftalin veya melamin formaldehid esaslı süperakışkanlaştırıcılarla yapılan beton karışımlarının en büyük dezavantajı ise hızlı slump kayıplarıdır. Bu problem katkının bir kısmının şantiyede betona ilave edilmesiyle önlenabilmektedir, ancak bu metod kullanışsız ve maliyeti artırıcı bir işlem olmaktadır. 1986'da Japonya'da slump koruyucu veya daha uzun ömürlü süperakışkanlaştırıcılar geliştirildi. Bu tür katkıların içerisinde karboksilik asit

tuzları, amid ve karboksilik anhidrit'den ibaret suda çözünmeyen bileşikler eklenerek slamp korumaları sağlanmıştır. Çimentonun hidratasyonundan meydana gelen alkalın çözeltisi yavaş yavaş süperakışkanlaştırıcıyı hidrolize ederken suda çözünür bir dispersan ortaya çıkartarak slampın uzun süre korunmasına yardımcı olur. Slamp korumalı süperakışkanlaştırıcılar artık tüm dünya piyasasında pazarlanmaktadır.

3. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON (KYB)

SELF-COMPACTING CONCRETE-SCC

İnsanoğlu 130 yılı aşkın bir süredir esasını Portland çimentosunun meydana getirdiği betonu giderek daha da fazla kullanmaya devam ediyor. Ancak, beton 21. yüzyıla girdiğimiz bu günlerde çok fazla değişime uğramıştır. Betonun dayanımı 200 MPa seviyelerine ulaşırken diğer taraftan dayanıklılığı da hayli artmış ve çevreyle dost olması da temin edilmiştir. Bunu başarmak için betonda en önemli parametre olan su/çimento (s/ç) oranı bir hayli aşağılara çekilmiş ve aynı zamanda betonun işlenebilirliği de artmıştır. Su/çimento oranı 0.30 civarlarına çekilmiş ve bu oranda kendiliğinden yerleşen beton yapılmıştır. Bunu başarmak için oldukça özel süperakışkanlaştırıcı katkıların ve viskozite modifiye edici katkıların kullanılması gerekmiştir.

Betonlama işlemlerinde kalifiye işçi ihtiyacı, işçiliğin azalması ve yapıların daha hızlı bitirilebilmesi isteği gibi nedenlerle, Japonlar 1990 lı yılların başında oldukça yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcı katkıları üzerine yoğunlaştılar ve sonunda buldukları katkı ile Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB) teknolojisini geliştirdiler. Süperakışkanlaştırıcıların ve bu tür yeni nesil katkıların bulunmasıyla reoplastik beton kavramı ortaya çıkmıştır. Reoplastik beton, akışkan ve aynı zamanda plastik anlamına gelir. Diğer bir deyişle kohezif, ayrılmayan ve terlemeyen anlamlarını da üzerinde taşır. Günümüzde dünya çapında bir çok projede başarıyla kullanılan kendinden yerleşen beton tartışılmaz üstünlüklere sahiptir. Özellikle sık donatılı yapıların betonlanmasında büyük bir çığır açmıştır. Prefabrik sektöründe öngermeli kirişlerin üretiminde kullanılması kuvvetle önerilir. Kendinden yerleşen betonun (KYB) en önemli üstünlükleri şunlardır;

- Düşük maliyetli yapı teknolojisi
- Düşük işçilik ve ekipman maliyeti ile daha hızlı betonlama işlemleri
- Hiç veya çok az vibrasyon ve daha az zamanda yüzey bitirme işlemleri
- Çevreye daha az gürültü etkisi
- Daha sağlıklı ve güvenli şartlar
- Daha kaliteli ve dayanıklılığı yüksek betonlar

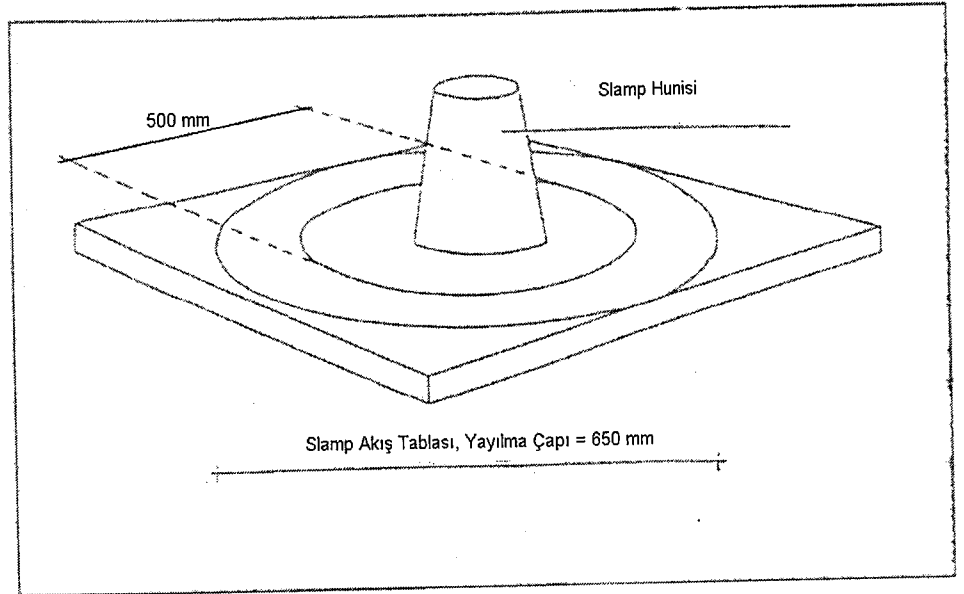
Kendiliğinden yerleşen veya yayılan beton bir kalıp içerisinde herhangi bir vibrasyon veya dışardan herhangi bir etki olmaksızın kendiliğinden sıkışabilen betondur. Kalıp içerisine tamamıyla sıkışarak yerleşir, donatının etrafını sıkıca sarar, beton içerisinde çok düşük oranda boşluk kalır (porozitesi düşük) ve çok fazla yüzey bitirme işlemi gerektirmeksizin düzgün bir yüzey elde edilir. Bütün bunların olabilmesi için betonun işlenebilirliğinin ve kararlılığının oldukça fazla olması gerekir. Kendiliğinden yerleşen betonun kıvamı klasik slump deneyi ile ölçülmez bunun yerine yayılma tablası deneyi ile yapılan yayılma çapı ölçülerek taze betonun kıvamı tayin edilir. Kendinden yerleşen betonun (KYB) geleneksel yöntemlerle üretilen betondan farkları aşağıda açıklanmıştır;

- i.) **Doldurma Kabiliyeti** : KYB kendi ağırlığı ile hareket edebilen ve bir kalıp içerisine tamamıyla hemen hemen hiçbir boşluk bırakmadan yerleşebilen ve dolabilen betondur. Bu özellik betonun işlenebilirliği ile yakından alakalıdır ve yayılma tablası deneyi ile bu özellik tayin edilir. Beton karışımının akma gerilmesinin düşük olması ve aşırı derecede plastik viskoziteye sahip olmaması gerekir. Şekil 1.'de yayılma tablası deneyinin şekli verilmiştir.
- ii.) **Geçebilme Kabiliyeti** : KYB akan bir karışım olmalıdır, herhangi bir ayrışmaya uğramadan çok dar donatı açıklıklarından geçebilmeli ve aynı zamanda dışardan herhangi bir etki olmadan donatıyı sarabilmelidir. Yerleştirme esnasında hiçbir şekilde bloke olmamalıdır ve kendi ağırlığı ile akmalıdır. Bunun olabilmesi için yüksek viskoziteli bir karışım ancak optimum düzeyde tutulmalıdır. Bu özelliğin ölçülmesi de V-Hunisi testi veya L-Kutusu testi ile yapılır, Şekil 2 ve 3.
- iii.) **Ayrışmaya direnç** : KYB yukarıdaki özellikleri taşımanın yanısıra uniformluluğunu da korumalı ve ayrışmamalıdır. Bunu sağlamak amacıyla karışım içerisinde yeterli miktarda harç olmalı ve bu kısım iri taneleri kaydırıcı ortam yaratarak hareket ettirmelidir. Bu özelliği ölçmek için ise U-Kutusu deney aleti, Şekil 4., veya Kajima Doldurma Kutusu kullanılmalıdır, Şekil 5. Şekil 6'da gösterilen Doldurma Kabı, KYB nin çok sık donatılı ortamlarda kullanılabilirliğini ölçen bir deney aletidir.

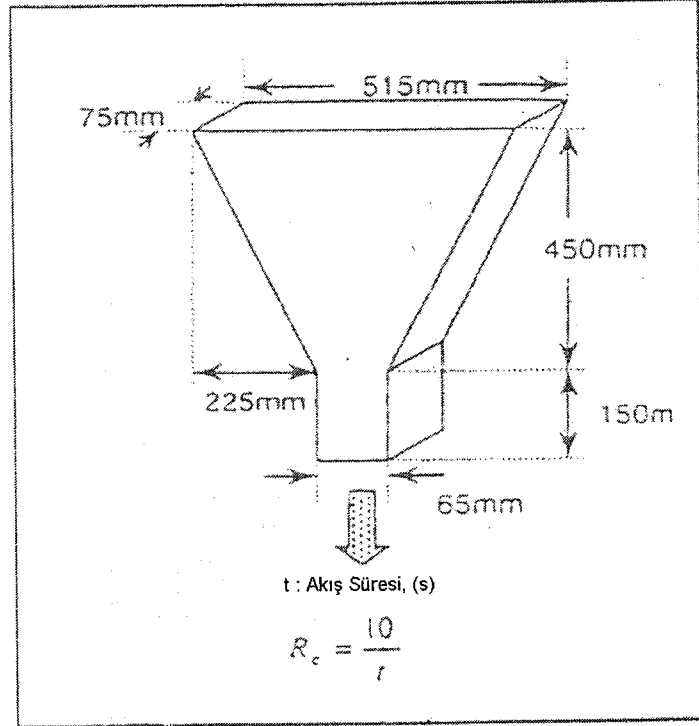
Kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili Resim-2,3,4 ve 5 bu çalışma içerisinde verilmiştir. Resimlerde KYB betonunun özelliklerini ölçmede en yaygın olarak kullanılan Slamp Yayılma Çapı ve L-Kutusu gösterilmektedir. Diğer Resimler ise betonun genel özelliklerine ilişkin bilgiler sunmaktadır.

KYB üç sınıf altında toplanır ;

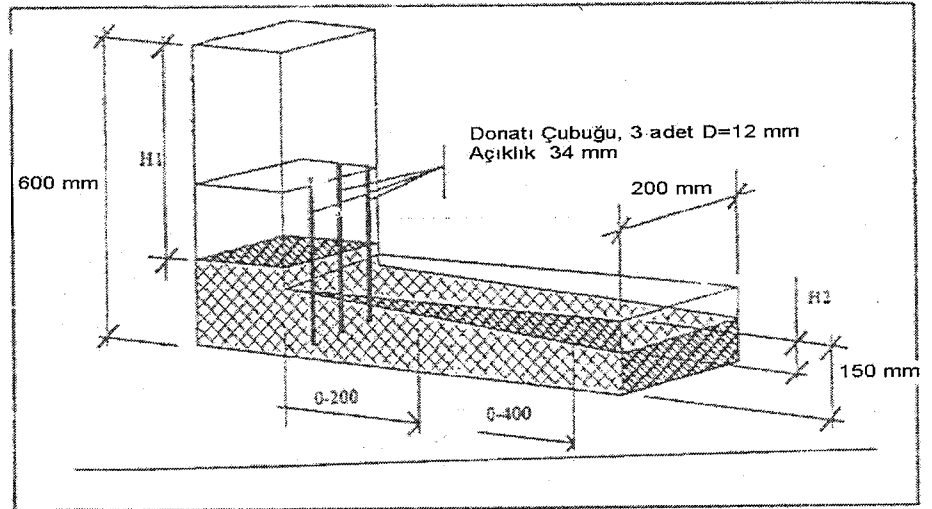
- a) **Toz tip KYB :** Beton karışımına yeterli derecede ayrışma direncini kazandırma ve yüksek deforme kabiliyeti vermek maksadıyla su/toz oranının azaltılmasıyla hazırlanır ve ince malzeme miktarı yüksek tutulur. Hiperakışkanlaştırıcılar ve hava sürükleyici katkıları kullanılabilir.
- b) **Viskozite tip KYB :** Beton karışımına özellikle ayrışmayı önleyici ve yüksek deforme olabilme kabiliyeti verebilecek bir viskozite modifiye edici madde ile aynı anda hiperakışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici katkının birlikte kullanılması ile elde edilen karışımlar.
- c) **Kombinasyon tip KYB :** Toz tip KYB için tasarlanır ve bir viskozite modifiye edici madde ile taze beton üretimi esnasında rutubet alma hatalarını ve agrega tane dağılımındaki oynamaları kompanse etmek ve kalite sapmalarını önlemek amacıyla yapılan betondur. Kalite kontrole yardımcı olur.



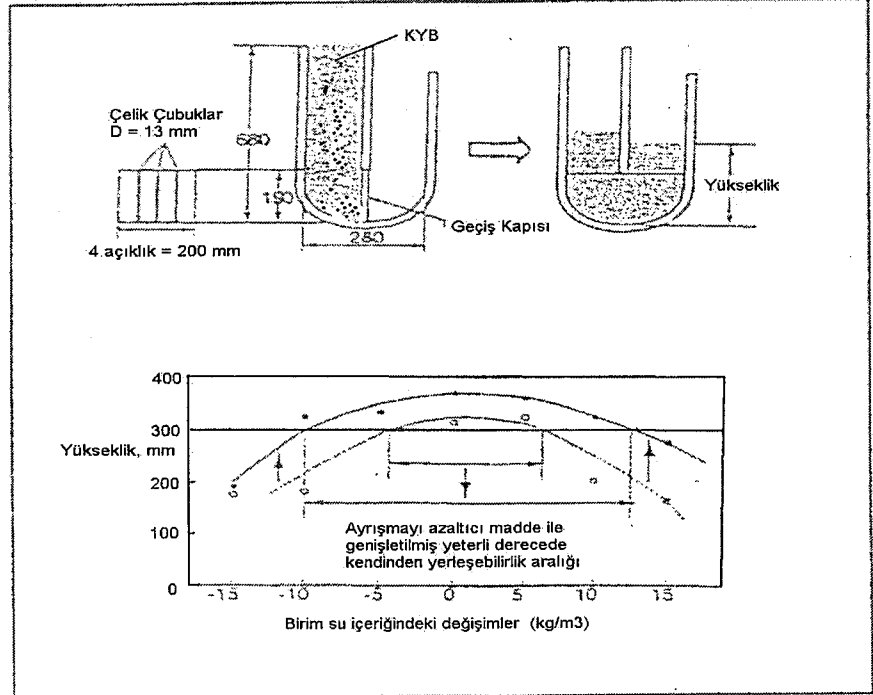
Şekil 1. Kendinden Yerleşen Beton için slump ölçme yöntemi



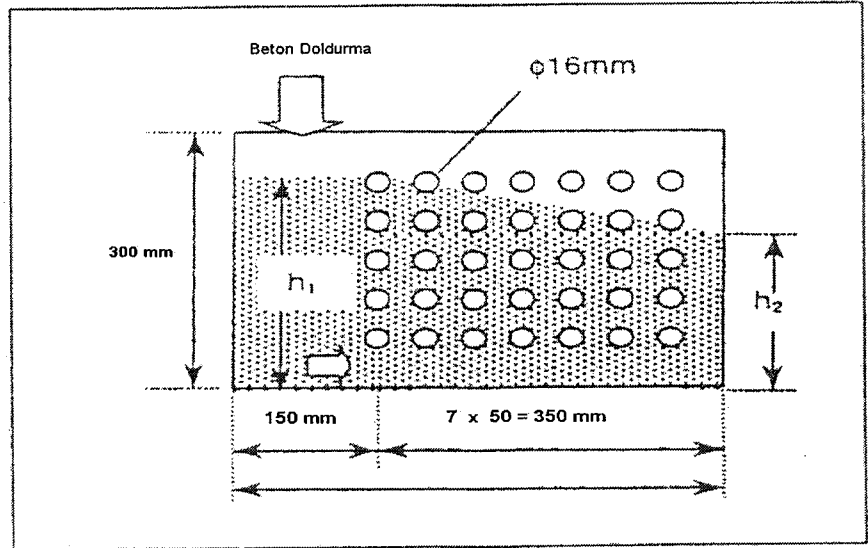
Şekil 2. Akışkanlığı ve viskoziteyi ölçme yöntemi için kullanılan V-Hunisi deneyi



Şekil 3. Sık donatı aralıklarından betonun ayrışmaya uğramadan akma veya geçme kabiliyetini ölçme işinde kullanılan L-Kutusu aleti. $H_1 > 490$ mm KYB ler için.

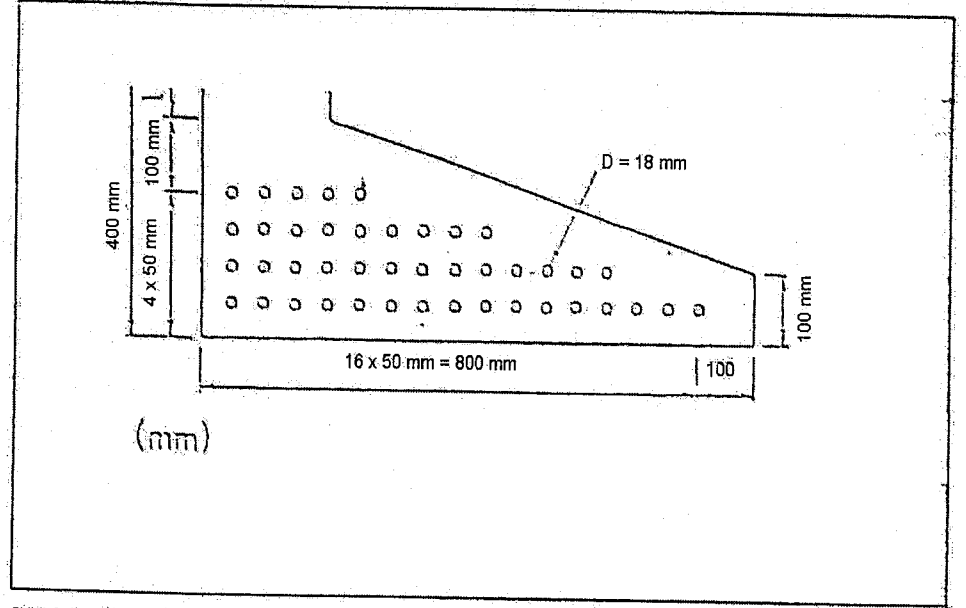


Şekil 4. U-Kutusu aleti ile KYB'nin ayrışmaya direnci ölçülmektedir. Tüm ölçüler mm'dir.



Şekil 5. Kajima doldurma kabı

$$\text{Doldurma kapasitesi \%} = (h_1 + h_2) / 2h_1 \times 100$$

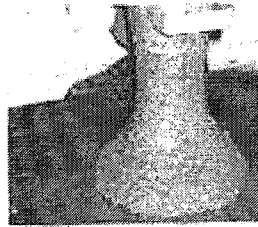


Şekil 6: Yüksek akıcılığa sahip KYB için doldurma kabı.

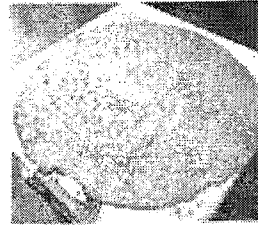
Slamp Yayılma Deneyi



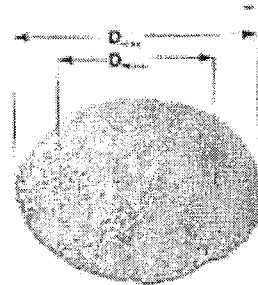
Slamp Hunisi sıkıştırılmadan tamamen doldurulur



Slamp Hunisi yavaşça çekilerek kaldırılır

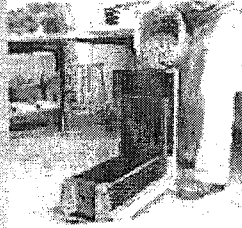


Akışkanlığın değerlendirilmesi. Çapın 50 cm olduğu zaman kaydedilir. En büyük çap ölçülür. Homojenlik kontrol edilir

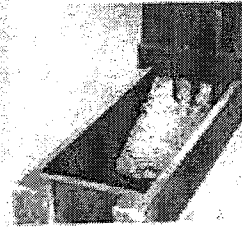


$D_{max} = 65-75$ cm
Akış $D_{50} = 3-6$ s
Homojenlik ve Görünüm değerlendirilmesi

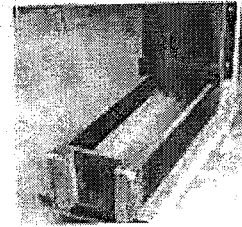
L-Şekilli Kutu



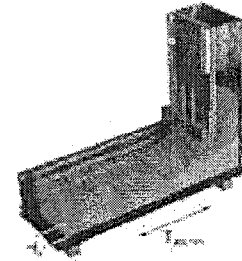
L-Kutusu hiç bir sıkıştırma uygulamadan doldurulur. Ayrışma olup olmadığı gözlenir.



Kapağın hızlı şekilde çekilmesi ve akışın sürekli olup olmadığı gözlenir.

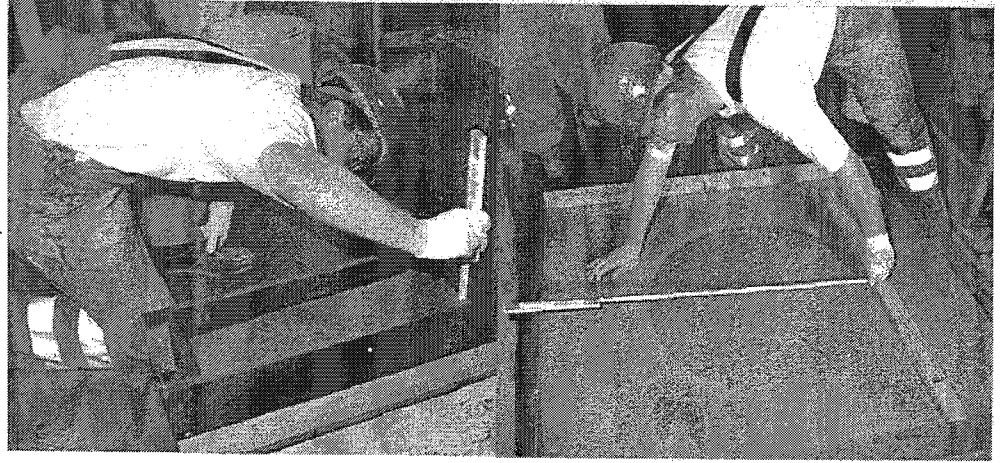


Akıcılığın değerlendirilmesi. Beton 40 cm ilerlediğinde ve sonuna geldiğinde zaman ölçülür. En son ise yükseklik farkı bulunur.

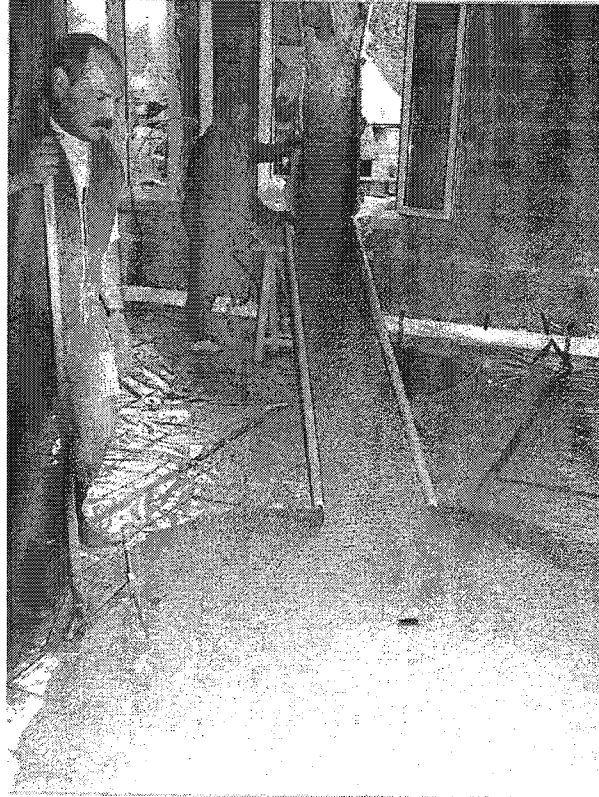


Avrupa
L-Kutusu :
T40 cm : 3-5 s
 $H_x/H_o = 0.8$

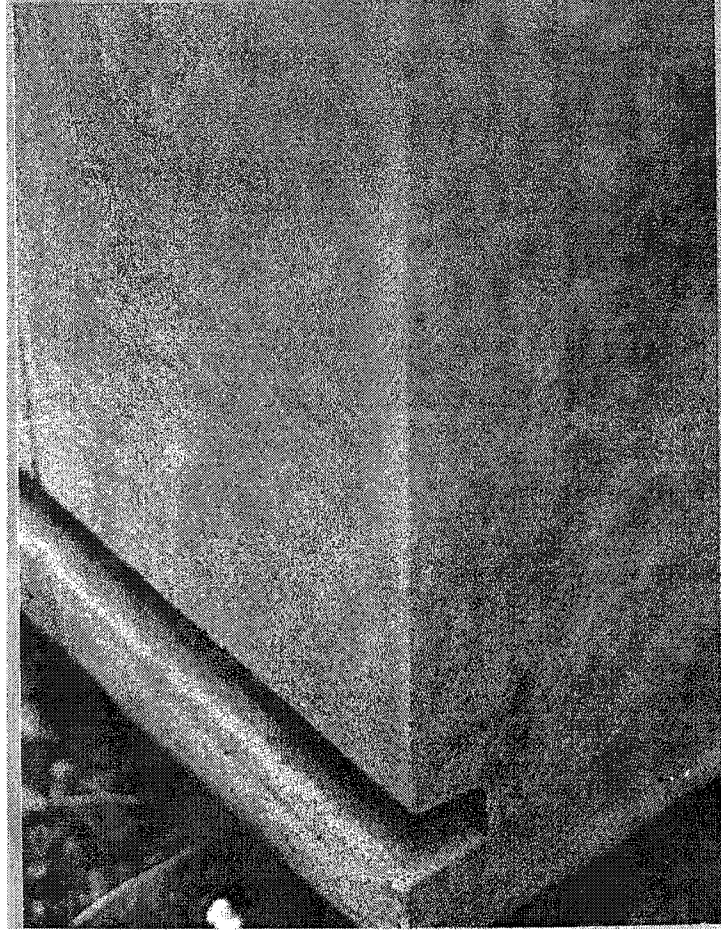
Resim-2. Klasik betonlar için işlenebilirlik ölçme işleminde kullanılan Slamp Hunisi gibi metotlar KYB için uygun değildir. KYB için geliştirilmiş olan Slamp Yayılma Çapı ve L-Kutusu deney cihazları.



Resim-3. Slamp Yayılma apının bulunması ve L-Kutusu ölümü.



Resim-4. Betonun hızlı şekilde yerleştirilmesi ve daha düşük maliyet ve ekipman ile daha kolay yüzey bitirme işlemleri KYB ile mümkündür.



Resim-5. KYB ile dökülen beton yapıların yüzeyleri boşluksuz ve estetik açıdan daha üstündür.

Kendiliğinden yerleşen betonun karışım elemanları tayini de farklı bir prosedüre tabidir. Taze KYB'nin yeterli kohezyonu ve yüksek akışkanlık arasındaki gerekli uzlaşmayı sağlayabilmek ve aynı zamanda bloklanma etkisini en aza indirebilmek maksadıyla karışım oranları tayini oldukça hassas bir işlem olmaktadır. Ancak dünyada yapılan denemeler çok geniş bir aralıkta kabul edilebilir KYB karışımlarının üretilebileceğini göstermiştir. KYB'nin karışım elemanları tayini işlemi normal bir betonunkine nazaran farklıdır. Çünkü taze beton özellikleri farklıdır. Dünya literatüründe KYB ile ilgili oldukça fazla miktarda tasarım mevcuttur. Bir KYB betonunun belirli parametreler esas alınarak tasarımında dikkat edilecek hususlar aşağıda Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. KYB için beton karışım elemanları tayini için başlangıç parametreleri

No	Parametre	İstenen Özellikler
1	Düşük iri agrega içeriği	Birim Hacim Kütlesinin %50 si
2	Toplam ince malzeme (0.1mm den küçük malzemelerin toplamı.)*	500-600 kg/m ³
3	Kum İçeriği (0.1 mm den büyük)	Harç Hacminin %40'ı
4	Agrega En Büyük Tane Buyutu	En fazla 20 mm
5	Çimento Dozajı	En az 350 kg/m ³
6	Su / İnce Malzeme Oranı (Hacimce)	0.9 – 1.2
7	Katkılar	Bir süperakışkanlaştırıcı kullanmak, tercihan polikarboksilat eter esaslı, (üreticinin tavsiyesi) hava sürükleyici katkı, (üreticinin tavsiyesi) viskozite modifiye edici madde, %0.1 (Ç + UK)
8	Yayılma değeri	60 – 70 cm
9	V-Hunisi	Dmax = 15 mm için 8 – 12 sn Dmax = 20 mm için 11 – 15 sn
10	U-Kutusu	H > 30 cm
11	L-Kutusu	H ₂ /H ₁ > 0.8
12	Kajima Doldurma Kutusu	> %90 doldurma kabiliyeti

* 0.1 mm den ince malzeme içerisine çimento, uçucu kül, cüruf, silis dumanı, kireçtaşı tozu veya kuvars veya herhangi inert filler malzemeler girer.

KYB bir çok farklı çimento tipleri ile yapılmakta ve halen üretilmeye devam etmektedir. Seçilecek çimento tipi ve dozajı projede öngörülen dayanım ve dayanıklılık kriterlerine göre değişir.

KYB için ince malzemenin miktarı önemlidir. 0.1 mm elekten geçen malzemelerin hepsi (çimento, uçucu kül, cüruf, silis dumanı, metakaolin, kireçtaşı ve kuvars tozu) ince malzeme olarak hesaplanmalıdır. Bir KYB karışımı için toplam ince malzeme miktarı filler malzemenin inceliğine bağlıdır. Filler malzeme toplamının %10 luk bir kısmı eğer 0.1 mm elek üzerinde kalmışsa yeterli derecede istenilen bir KYB betonu elde edilememiştir. En az 50 kg/m³ silis dumanı ile KYB yapıldığında ve toplam ince malzeme miktarı 450 kg/m³ ile 500 kg/m³ olduğunda yeterli derecede KYB elde edilebilmektedir. Ancak diğer ince malzemelerle (Uçucu kül, cüruf, kireçtaşı tozu ve kuvars tozu) toplam en az 500 kg/m³ ile 600 kg/m³ olması gerekmektedir. Öndökümlü beton endüstrisi daha çok kireçtaşı tozunu tercih eder çünkü elde edilecek ürünün renginin çok koyu renkte olması istenmez. Hazır beton üreticileri ise daha ekonomik ve kolay elde ettikleri için uçucu kül kullanmayı tercih ederler. Uçucu kül kısmi olarak çimentonun yerine geçen bir malzemedir.

KYB için en büyük agrega tane boyutu 25 mm den fazla olmamalıdır. Hatta 20 mm yi geçmemesi bazı yerlerde önerilir. Özellikle öndöküm (precast) endüstrisinde tane boyutunun küçük olması tercih edilir. Agreganın şekli de önemlidir ve mümkün mertebe yuvarlak şekilli olmalıdır. Farklı agrega tane büyüklüğü dağılım eğrileri kullanılarak yapılan KYB karışımlarında fazlaca bir fark görülmemiştir. KYB için en önemli kontrol parametresi hacimce su/ince malzeme (w/p) oranıdır. Bu oran en ideal KYB için 0.9-1.0 arasındır. 0.9 değeri kırmataş agrega için daha uygun iken 1.0 değeri daha yuvarlak şekillenmiş agregalar için idealdir.

3.1 KYB için Süperakışkanlaştırıcılar

Sulfonatlı melamin formaldehid condensatı (MSF), sulfonatlı naftalin formaldehid condensatı (SNF) ve polikarboksilik eter (CE) esaslı katkılar KYB için denenmişlerdir. Burada sayılan her bir katkı ile yapmak mümkündür, ancak polikarboksilik eter esaslı olanla yapmak çok daha kolay ve hızlıdır. Diğerleri ile yapma işleminde çok fazla ince malzeme olduğunda su ihtiyacı artmaktadır ve bu da su/çimento oranını yükseltmektedir. Çok kohezif ve viskoz beton yapılabilmekte ancak çok akıcı olmamaktadır. Özellikle önyapım endüstrisinde CE tipi katkıların kullanılması çok daha etkili olmuştur çünkü yüksek mukavemetler elde edilebilmekte ve katkı çok fazlaca kullanılmamaktadır. CE tipi katkının ince malzemeye veya çimentoya oranla kütlece %0.5 ile %0.9'u arasında kullanılması kafidir. Toplam su içeriği 140 lt/m³ ile 160 lt/m³ arasında değişmektedir. Bu tür bir katkı ile kendiliğinden yerleşen betonu koruma süreleri en az 1 saat olmaktadır. Öndöküm ve önyapım endüstrisinde bu tür katkılar başarıyla kullanılmakta ve çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Buhar kümrünü tamamıyla ortadan kaldırabilecek bir teknoloji yaratılmaktadır.

3.2 Viskozite Modifiye Edici Madde

KYB genel olarak yüksek akıcılık, yüksek doldurma kapasitesi (yüksek kayma hızı gerektirir) ve ayrışmaya karşı yüksek direnç (düşük kayma hızı gerektirir) parametreleriyle tanımlanır. Bu özelliklerin hepsinin aynı zamanda elde edilebilmesi için yeterli bir dengenin sağlanması şarttır. Taze betonda oturma, agregaların çökmesi ve terleme suyunun yukarı doğru yönelmesi ile meydana gelir. Terleme, ayrışma ve oturma olduğu betonlar farklı bölgelerde ve yönlerde farklı özelliklere sahip olacağından çimento pastası ile agrega arasındaki bağlar güçlenemez veya oluşmaz ve bunlar daha sonra betonda kılcal çatlakların oluşmasına yol açar.

Doğru tip bir viskozite modifiye edici madde betonun işlenebilirliğini artırarak ayrışmaya karşı olan direncini de yükseltir. Malzemedeki kalite değişimlerini kompanse ederek KYB için kalite salınımlarını en aza indirir. Kalite kontrol işlemi daha kolay bir işlem haline gelir ve insan hatalarını kamufle edebilir.

Viskozite modifiye edici maddeler KYB için mutlaka kullanılması gerekli bir bileşen değildir. Ancak yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı betona ilave edilmesiyle ekstra avantajlar elde edilirken aynı zamanda bazı olası problemlerle karşılaşılmaz.

3.3 KYB için Deney Cihazları

KYB kıvam tayini için geliştirilmiş olan deneyler klasik beton için olanlara nazaran biraz değiştirilmiştir. Bu tür bir betonun kıvamı normal yollardan ölçülemez. Yayılma tablası üzerinde meydana getirdiği yayılma çapı ölçülür. KYB için önemli olan parametreler akıcılığını ve ayrışmaya karşı gösterdiği direnci ölçme yöntemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Aşağıda verilenler KYB'nin bazı özelliklerini ölçmede kullanılan deney cihazları arasında sık kullanılan test aletleridir.

Yayılma Tablası : Betonun işlenebilirliğini ve akıcılığını ölçer. Klasik slump hunisi ve bir kenarı en az 90 cm uzunluğunda olan kare tip Akış Tablası, Şekil-1.

V-Hunisi : KYB için viskozite ölçmede kullanılan bir tekniktir. Belli bir miktar KYB nin huni içerisinden geçiş süresi ölçülerek 3-boyutlu şekil değiştirmesi gözlenir. Gerçekte olan betonun kalıplarda 2-boyutlu davranışdır, Şekil-2.

L-Doldurma Kabı : U-Kutusu ile benzerlik taşıyan bu alet ile yine KYB nin çok yoğun beton donatısı arasında yayılabilmesi tekniği ölçülür. Bu metotla KYB için aynı zamanda ayrışmaya direnci ve su terlemesi ölçülür, Şekil-3.

U-Kutusu : KYB nin kendi ağırlığı ile çok yoğun donatı ağı içerisinde yayılabilmesini ölçen bir tekniktir, Şekil-4.

4. ANTİFRİZ KATKILAR

Taze beton soğuk havada donmaya maruz bırakıldığı zaman betonun dayanımı %20 ila %40 arasında düşer ve donma-çözülme devrelerine karşı direnci dayanıklılık faktörü olarak %40 ila %60 azalır. Donatılı betonlarda çelik ile beton arasındaki bağ dayanımı %70 oranında azalır. Bu nedenlerle beton henüz taze iken donmaya maruz bırakılmamalıdır. Soğuk hava betonlamasında başlıca iki tip alternatif vardır: (1) beton ve bileşenlerinin sıcaklıklarını normal bir sıcaklığa getirip bu sıcaklıkta tutmak ve belli bir dayanım seviyesine kadar (40 kgf/cm²) bazı ısı yalıtım malzemeleri ile korumak, (2) Soğuk havada taze betonu koruyabilecek bir kimyasal katkı kullanmak. Genellikle soğuk havalarda kullanılan katkı cinsi klor içermeyen ve betonun prizini hızlandıran katkılardır. Ancak bu tür katkılar donma noktasında veya altında taze betonu yeterince koruyamamaktadır. Çok düşük sıcaklıklarda antifriz katkıların kullanılması gerekmektedir. Bu tür katkılar beton karma suyunun donma noktasını düşürerek betonun donmasını engellerler. - 30°C sıcaklıkta dahi beton dökümüne müsaade eden katkılar mevcuttur. Özellikle eski Rusya'da antifriz katkılar uzun zamandan beri başarıyla kullanılmakta, ancak diğer ülkelerde bu katkılar henüz bilinmemekte. Donma-korumalı, klor içermeyen, korozif olmayan ve su azaltarak betonun priz almasını hızlandıran kimyasal katkılarla çok düşük sıcaklıklarda betonlama yapılabilmektedir. Japonya'da 1991 yılında klor ve alkalin içermeyen bir antifriz katkı geliştirilmiş ve esasında poliglikol ester türevleri ve kalsiyum nitrit-nitrat içermektedir. RILEM komitesi antifriz katkılarla ilgili bir de rapor yayınlamıştır. Bugün pazarda bulunan antifriz katkılar genellikle ikili veya üçlü karışımlardan ibaret olan ve içeriklerinde nitrit, nitrat ve üre içeren sodyumlu veya kalsiyumlu bileşiklerdir. Ancak bu katkılar çimento ile göre çok düşük dozlarda kullanıldıkları için tek başlarına taze betonu koruyamamaktadırlar. Bu katkılar eğer karışım suyuna oranla ve gerekli miktarda kullanılırsa betonun donmasını büyük ölçüde engellerler. Bu konuda halen çalışmalar devam etmekte ve yeni katkıların daha ekonomik kullanılmaları üzerinde yoğunlaşmaktadır.

İÇİNDE BETONUN AYRIŞMASINI ÖNLEYEN KATKILAR

Barajlar gibi hidrolik yapıların sudan uzak tutulması ve tamiri oldukça zor ve pahalı bir işlemdir. Tremi metodu kullanmadan bu tür yapılarda meydana gelen hasarların onarılması artık mümkün hale gelmiştir. Yeni geliştirilen bu katkıların özelliği psedoplastik akış özelliği sağlamasıdır. Psedoplastik'in anlamı kesme kuvvetinin artması ve viskozitenin düşmesidir. Bu katkıların kullanılması ile beton su altında karıştırılıp pompalanabilmektedir. Hatta püskürtme yapılabilmektedir.

Bu tür katkılarla üretilmiş betonlar su altında betonun dağılmayacağı kadar kohozif olmaktadır. Bu tür katkılara aynı zamanda viskozite artırıcı katkılar da denilmektedir. Başlıca 5 sınıf altında toplanır : (1) Suda çözünür sentetik ve doğal polimerler, selüloz eter, polietilen oksitler gibi (2) Organik suda çözünür topaklaştırıcılar, karboksilli stiren kopolimer (3) Değişik organik maddelerin emülsiyonları, akrilik emülsiyonlar, kil dispersiyon çözeltisi (4) Yüksek özgül yüzeye sahip inorganik maddeler, bentonit, projenik silika, silis dumanı (5) Bazı inorganik maddeler, örneğin uçucu kül. İlk üç grup suya oranla hesap edilir ve suyun viskozitesini artırırken su miktarını da azaltır.

6. YÜKSEK PERFORMANSLI BETON

Yüksek performanslı beton, yüksek işlenebilirlikli, yüksek dayanımlı ve yüksek dayanıklı beton için kullanılan bir terimdir. Bu nedenle yüksek dayanımlı beton ile arasındaki fark yüksek performanslı betonun daha yüksek dayanıklılığa sahip olmasıdır. Çok ciddi düzeyde çevresel etkilere maruz kalan bir betonun kesinlikle çatlak oluşumlarına uğramaması ve beton karışımlarının yüksek boyutsal kararlılık için tasarlanması gerekmektedir. Bu nedenle betonu termal ve kuruma rötrelerinden dolayı oluşan çatlaklardan korumak için beton karışımlarının çimento içeriğini sınırlandırmak gerekmektedir. Yapılan bir araştırma; yüksek performanslı beton için en fazla çimento içeriğini betonun hacminin 1/3 ile sınırlamıştır. Bu metot bir miktar puzolanik veya çimentomsu malzemenin çimento yerine kullanılabilmesine de müsaâde eder. Yüksek performanslı beton üretimi yeterince ekonomik olmadığı için çimentoların üçlü karışımlar halinde kullanılması önerilmektedir ve bu yönde karma çimento üretimlerine başlanmıştır. Çimento içerisine üretim esnasında cüruf, uçucu kül, silis dumanı, metakaolin, pirinç kabuğu ve kireçtaşı tozu konarak herbirinin synergetik etkisi ile betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini geliştirme sağlanmaktadır.

Amerikan Beton Enstitüsü yüksek performanslı betonu şu şekilde tanımlamıştır; Ayrışmaz bir halde sıkıştırılması ve yerleştirilmesi daha hızlı ve kolay, erken dayanımı yüksek, yüksek tokluğa sahip, hacim koruma kararlılığı veya çok sert çevre şartlarında uzun hizmet ömrü gibi özelliklere sahip özel performans şartlarını sağlayabilen betondur. Bu tanımlamaya göre dayanıklılık yüksek performanslı beton için mecburi değildir. Bu tür betonlarda yüksek çimento dozları kullanılacağı zaman özellikle termal gerilmeler, hidrasyon sonucu bünyesel suyun azalması ve kuruma rötresinden meydana gelen gerilmeleri azaltmak için gerekli önlemler alınmalıdır. Gerekli önlemleri almadan çok acele edip beton yapının bir an önce tamamlanması uğruna hizmet ömrünü riske sokmamak gerekir. Ekonomiklik ölçme işleminde önemli olan bir yapının hizmet ömrü boyunca değerlendirilmeye alınmasıdır, yapının ilk maliyeti daha önemli değildir.

7. BETONARME Yapıların Hizmet Ömürlerinin Uzatılması teknikleri

Bir çok beton yapısında meydana gelen zarar donatı çeliğinin korozyonu ile ilişkilendirilir. Günümüzde artık bu tür problemlerin üstesinden gelinebilmektedir. Korozyon önleyici katkılar, özel donatı çeliği için epoksi boyalar, katodik koruma veya beton yapının yüzeye uygulanan bir malzemeye kaplanması gibi teknikler betonu korumak için geliştirilmiştir.

7.1 Korozyon-Önleyici Katkılar : Çok sert kış iklimlerinin hakim olduğu ülkelerde buz çözücü tuzlar ve benzeri diğer maddeler beton yapılara oldukça büyük zarar verirler. Özellikle köprüler ve beton yolların çok fazla olduğu ülkelerde bu büyük hasarlar hasıl olmaktadır. Tuzla birlikte gelen klor iyonları su ile beraber beton yüzeyinden iç kısımlara doğru penetre olurken sonunda çelik donatıya ulaşır ve çelik donatıyı korozyona uğratarak pas oluşmasına neden olur ve oluşan paslanma betonda çekme gerilmelerine yol açarak betonun çatlamasına neden olur. En çok kullanılan korozyon önleyici maddeler Nitritli bileşikler, fosfatlı bileşikler ve su bazlı organik bileşikler olan amino-esterler ve alkilsilanlardır. Beton içerisindeki çeliğin korozyonunu yavaşlatmak ve hatta durdurmak için kütlece % 2 civarında kalsiyum nitrit katmak korozyonu önlemede yeterli düzeydedir. Kalsiyum Nitrit gibi anodik önleyiciler klor iyonları tarafından hızlandırılan anodik reaksiyonları en aza indirgeyerek işlem görürler. Klor/Nitrit iyonları oranı korozyonu önleyebilmesi amacıyla 1.5 den fazla olmaması gerekir. Amino-ester grubu içeren korozyon önleyici malzeme çelik donatı üzerinde bir film tabakası oluşturarak klor penetrasyonunu önler. Amino-ester grubu içeren korozyon önleyici malzeme Kalsiyum Nitrit çözeltisinden daha etkilidir.

7.2 Epoksi Kaplamalı Donatı Çeliği : Özel olarak epoksi maddesinden üretilmiş bir boya türü ile donatı çeliklerinin kaplanması korozyona karşı yüksek direnç sağlanmaktadır. Bu tür bir epoksi malzeme ile kaplanmış donatı üzerine herhangi bir zararlı tesirin ulaşması ve korozyona yol açması oldukça zorlaşmaktadır. Özellikle karayolları köprü inşaat işlerinde bu tür malzeme ile kaplanmış donatılar sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tür malzemelerin ilk maliyeti yüksektir, ancak uzun dönemde kendini amorti edebilmektedir.

7.3 Katodik Koruma : Özellikle tatlı su, deniz suyu, zemin ve beton gibi çeşitli korozif ortamlar içinde bulunan metalleri korozyondan korumak için kullanılan bir elektrokimyasal tekniktir. Etkili bir yöntemdir ve elektrokimyasal korozyon teorisine dayanır. Buna göre bir elektrokimyasal hücreden net bir akım geçtiğinde anotta oksidasyon reaksiyonu, katotda buna eşdeğer olacak şekilde indirgeme reaksiyonu yürür. Böyle bir sistem içerisinde katot bölgesinde hiç bir şekilde korozyon olayı meydana gelmez. Bu teoriye dayanarak bir metalin yüzeyindeki anodik bölgeler katot haline dönüştürülerek korozyon olayı kesin şekilde önlenir. Katodik koruma yapabilmek için aynı elektrolit içine anot görevi yapmak üzere ikinci bir metal daldırılır. Anot metali eğer korunacak olan metalden

daha aktif bir metalden seçilmiş ise bu iki metalin bağlantısından galvanik bir pil oluşur. Bu durumda bir dış akım uygulanmasına gerek kalmaz ve devreden kendiliğinden bir akım geçer. Korunması istenen metal bu pilin katodu olacağından korozyona uğramaz. Buna karşılık devreden geçen akım miktarı ile eşdeğer olarak anot metali çözünerek iyon haline geçer. Böylece yürüyen galvanik anotlu katodik koruma sistemleri büyük ölçekli bir galvanik pil gibi çalışır. Donatılı beton yapılarda herhangi bir agresif ortam mevcut değilse beton içerisinde bulunan çelik uzun süre hiç bir zarara uğramadan ömrünü sürdürür. Ancak herhangi bir şekilde beton içerisine sızan klor ve benzeri agresif kimyasallar çeliğin korozyonunu hızlandırır. Klor iyonlarının betona zararlı tesiri ancak beton içerisinde genellikle ağırlıkça %0.2 den fazla olması durumunda görülür. Aslında bu değerden ziyade beton içerisinde Cl^- / OH^- oranının tespit edilmesi doğrudur. Beton içerisindeki donatının korozyonu büyük ölçüde betonun geçirgenliği ile alakalıdır. Eğer beton yeterince geçirimsiz yapılabirse bu sorun hiç bir zaman problem olamaz.

7.4 Yüzey Kaplamaları : Bazı araştırmacıların bulgularına göre; sertleşmiş beton üzerine uygulanarak beton üzerinde bir koruyucu kaplama ile betonu geçirimsiz yapma işlemi bazı durumlarda etkinlikleri açısından tartışma konusu olmuştur ve her zaman başarı sağlanamamıştır. Bunun başlıca nedeni piyasada çok fazla sayıda bu tür malzemelerin tüketicilere pazarlanması ve bunların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tam olarak bilinmemesi veya ölçülememesi nedeniyle aynı tip malzeme olsa dahi geçirimsizliklerinin farklı olması veya tespit edilememesine dayanır. Yüksek oranda elastik akrilik kauçuklar çok iyi derecede mühendislik özelliklerine sahip ve çok yüksek geçirimsizliğe sahip olduklarından tercih edilen malzemelerdir. Bu malzemenin etkinliği bir çok defa kanıtlanmış ve durabilitesi yüksek çıkmıştır. Diğer yüzey kaplama malzemelerinin uzun dönem performansları ve maliyet etkinliklerinin araştırılması gerekir.

7.5 Alkali-Agrega Reaksiyonunu Önleyici Katkılar : Sağlamlı ve uygun nitelikli agrega kaynaklarının giderek azalması ve alkali-agrega reaksiyonlarından dolayı büyük zarar gören büyük beton yapıların giderek artması nedenleriyle bu reaksiyonları önleyen bir kimyasalın geliştirilmesi üzerine çalışmalar devam etmektedir. Özellikle Japonlar bu konuda oldukça uzun süredir çalışmalar yürütmekte ve bazı kimyasalları halihazırda deneme altına almışlardır. Henüz kesin olarak bu zararlı reaksiyonu önleyen bir kimyasal ortaya çıkmamıştır. Şu an için kullanılan katkıları iki gruba ayrılmaktadır; ilki alkali-silika reaksiyonundan dolayı oluşan genleşmeyi azaltıcı bir kimyasal ve diğeri ise alkali-karbonat reaksiyonu sonucu oluşan genleşmeyi azaltıcı kimyasallardır. Alkali-silika reaksiyonunu azaltıcı bazı önemli kimyasallar şu şekilde sıralanabilir; lityum, baryum, sodyum tuzları, alüminyum tozu, bakır sülfat, sodyum silikaflorid, alkil alkoksi silan, lityum karbonat, sitiren butadien kauçuk lateks ve lityum hidroksit su azaltıcı ve priz geciktirici katkıları. Alkali-karbonat reaksiyonu önleyici olanlar ise şunlardır; lityum karbonat ve ferrik klorid. Silis dumanı da alkali-silika ve alkali-karbonat

reaksiyonunu önlemede çimento içerisindeki alkalilerle herhangi bir genleşme reaksiyonuna uğramadığından kullanılmaktadır.

8. HACİMCE YÜKSEK ORANDA UÇUCU KÜL VE CÜRUF İÇEREN BETONLAR

Bugün dünyada uçucu külün yıllık üretimi yaklaşık olarak 450 Milyon tondur. Bu değerin %6 civarındaki bir bölümü (25 Milyon ton) puzolan olarak betonlama işlerinde veya katkı çimento üretiminde kullanılmaktadır. Bu oran her geçen gün biraz daha artmakta ve betonun çevreyle dost bir malzeme olması giderek artmaktadır. Bazı ülkelerde olduğu gibi bizim ülkemizde de oldukça fazla miktarda cüruf ve uçucu kül özellikle demir çelik ve termik santral ünitelerinde bir yan ürün veya atık olarak elde edilmektedir. Bu ürünlerin çimento üretiminde ve betonda kullanılmasıyla hem çevreye olan zararlı etkiler yok edilmekte ve hem de büyük ekonomik ve teknik avantajlar elde edilmektedir.

8.1 Yapısal Beton Üretiminde Kullanılmaları : Yapılan bilimsel çalışmalar bir betonda su/çimentomsu malzeme oranının 0.3 veya altında %60 civarı çimento yerine F veya C sınıfı uçucu kül kullanılmasıyla betonun dayanımının ve dayanıklılığının arttığını göstermiştir. Bu tür bir karışım iyi bir süperakışkanlaştırıcı ile mümkün olabilmektedir. Örneğin 150 kg/m³ çimento, 200 kg/m³ F sınıfı uçucu kül ve 102 kg/m³ su kullanılarak yapılan bir beton karışımından alınan numuneler ile 1, 28 ve 182 gün sonunda sırasıyla 8, 55 ve 80 MPa'lık basınç dayanımları elde edilmiştir. Yüksek oranda mineral katkı kullanarak yapılan betonların diğer mekanik özellikleri de normal betonlara göre daha iyi çıkmıştır. Mineral katkılı betonların dayanıklılık özellikleri de daha üstün bulunmuştur.

8.2 Silindirle Sıkıştırılmış Beton Barajlar : 1980 lerden itibaren silindirle sıkıştırılmış beton bütün dünyada rağbet görmekte ve orta yükseklikte baraj yapılarında çok hızlı ve ekonomik bir yöntem olduğu için çok tercih edilmektedir. 1992 yılı sonuna kadar yaklaşık 100 civarında SSB baraj 17 ülkede bitirilmiştir. En yüksek dozlu SSB ler %70-80 civarında puzolan içeren ve 250 kg/m³ çimentomsu malzeme içeriğine sahip olarak üretilmektedir. Özellikle uçucu kül puzolan olarak en çok tercih edilendir. Uçucu külün bu kadar fazla miktarlarda kullanılması nedeniyle sürekli bulunması için geniş çaplı etütler yapılmalıdır. Japonya'da 5 Milyon m³ gövde hacimli Zungeru barajı ve Çin'de 7.5 Milyon m³ gövde hacimli Longton barajı için çok büyük miktarlarda uçucu kül üretimleri gerçekleştirilmektedir. Yunanistan da bulunan Platanovryssi barajının yapımında 35 kg/m³ çimento kullanırken 250 kg/m³ uçucu kül kullanılmıştır. Burada kullanılan uçucu külün içeriğinde %42 civarında CaO bulunmaktadır.

8.3 Karayolları için Beton Kaplamaları : Amerika ve Kanada karayollarının büyük bir kısmı beton kaplama ile inşa edilmiştir. Beton kaplama ile yapılan karayollarının önemli avantajlar sağladığı belirlenmiştir. Ülkemizde de beton yollar ile ilgili araştırmalar ve alt yapı değerlendirilmesine devam edilmektedir. Neden beton yollar tercih edilmelidir ;

A. Güvenlik

- a) En iyi görünürlük : Beton ışığı kırar ve yansıtır ve bu durumda cadde aydınlatma maliyetinden tasarruf edilir.
- b) Azaltılmış su spreysi : Beton yollarda otomobiller tekerlek izi yaparak oluk oluşturmazlar, bu durumda su birikintileri oluşmaz ve otomobillerin su üzerinde kızaklanması önlenir.
- c) En iyi çekiş kavraması : Beton yollar inşaa sırasında en kolay şekilde yüzeyleri pürüzlendirilerek otomobillerin çekişlerine etkisi olur.

B. Dayanıklılık

- a) Servis ömrü boyunca rijit : Beton zaman içinde sürekli sertleşmeye devam eder. İlk aydan sonra bütün servis ömrü boyunca %10 daha dayanım kazanmaya devam eder.
- b) Diğer esnek malzemelerin üzerinde performans verir : Ortalama 30 yıllık servis ömrü ile beton uzun dönem kaplama malzemeleri arasında en iyi dayanandır.
- c) Beklenen ömründen daha uzun servis ömrü verebilmesi : Beton yollar beklenenden daha uzun süre hizmet vermeye devam ederler.

C. Yüzey Pürüzlülüğü

- a) Beton kaplama yollar daha uzun süre düzgünlüğünü korurlar : Beton kaplama yolların rijitliği beton yolun servis ömrü boyunca devam eder ve yüzeyinin düzgünlüğü bozulmaz.
- b) Otomobiller ve kullanıcılar için daha güvenli ve rahat yolculuk imkanları.
- c) Beton yollar daha uzun süreli dayanır : Beton yollar çok ağır trafik yüküne rahatlıkla dayanır. Beton yollarda asfalt yollarda çok sık rastlanan oluklanma ve üst üste katlanma veya dalgalanma olmaz.
- d) Beton yollarda yakıt tasarrufu daha fazladır : Sert ve rijit beton zemin üzerinde otomobil tekerlekleri daha kolay hareket eder.

D. Çok Yönlülük

- a) Beklenen servis ömrü değişkenliği : Beton kaplama yolların servis ömürleri duruma göre 10 ila 50 yıl arasında değişebilir.
- b) Daha önceden yapılmış olan asfalt yollar üzerine lifle güçlendirilmiş ince bir beton tabakası yerleştirmek oldukça mali tasarruf sağlar ve eski yolların rehabilitasyonu için uygun bir metottur.
- c) Yıpranmış beton için en iyi seçenek : Beton yolların restorasyon tekniklerinin çok ileri düzeyde olması nedeniyle orjinal beklenen servis ömrü 9 kez daha uzatılabilir.

E. Mali Değer

- a) Uzun dönem getirisi : Beton yollar çok uzun ömürlü oldukları ve daha az bakım gerektirdikleri için uzun dönemde çok fazla tasarruf sağlarlar.
- b) Tamiri kolaydır : Beton yolların dayanıklılığı daha üstün olduğu için daha az tamir masrafı gerektirir.
- c) Hızlı yol bitirme : Beton yollar hem daha hızlı yapılırlar ve aynı zamanda 12 saat içerisinde yol trafiğe açılabilir.

Burada yukarıda verilen nedenlerden dolayı beton kaplama yolların kullanılması önerilmektedir. Beton kaplama yollarda yüksek oranlarda uçucu külün kullanılması da mümkündür. Bu durumda büyük ölçüde çimento tasarrufuna gidilebilecektir. Bununla ilgili ABD’de yapılan bir uygulamada 20.000 m³ lük beton yol için 200 mm kalınlıkta ve bir süperakışkanlaştırıcı katkı ile 0.43 lük su/çimento oranında ve 100 kg/m³ çimento ile 220 kg/m³ yüksek kalsiyum içerikli uçucu kül kullanarak beton kaplama yapılmıştır. Diğer bir avantaj eski beton yolların kırılmasıyla yeni beton yollar için iri agrega elde edilmesi işlemidir.

8.4 Yüksek Oranda Kullanılan Cürufu Çimento : Yaklaşık olarak dünyada her yıl 100 Milyon ton yüksek fırın cürufu üretilmektedir. Bir çimentomsu malzeme olarak kullanılma oranı oldukça düşük seviyelerdedir çünkü bir çok ülkede elde edilen cürufun çok az bir miktarı granüle olarak elde edilmekte ve bir kısım ise çimentomsu malzeme olarak değerlendirilmektedir. Granüle hale getirilen cüruf daha sonra istenilen inceliğe getirilebilmektedir. Portland çimentosundan daha ince öğütülebilir ve 350 m²/kg dan fazla incelikler elde edilebilir. 500 m²/kg incelikte granüle yüksek fırın cürufu da kullanılmaktadır. Cürufun betonda kullanılması ile aşağıdaki faydalar sağlanabilir ; işlenebilirlik ve kohezyonda iyileşme olur, terleme azalır, düşük hidratasyon ısısı nedeniyle kütle betonları için uygundur, daha yoğun bir çimento pastası oluşumu ve dayanımın ve dayanıklılığın artması, alkali-silika reaksiyonu önlenir.

9. YENİDEN KULLANILABİLİR BETON AGREGALARI

Çok farklı nedenlerden dolayı yapı endüstrisi tarafından beton atıklarının yeniden kullanılması çok önemli bir hususu teşkil etmektedir. Bunun en büyük sebebi ise çevresel şartlardan doğmaktadır. Her geçen gün agrega ve taş ocakları giderek tükenmekte ve insanlar çevreye ve bu çevre içerisinde yaşayan canlılara zarar vermeye başlamışlardır. Doğal şekillenmiş agreganın dere yataklarında korunması da önemlidir çünkü buralarda yaşayan canlılara ve dere suyunun kirlenmesine yol açılmaktadır. Çevre şartlarında başka, atık depolama alanlarının kıtlığı, kullanımdan önce atık işleme tesislerindeki maliyet artışları gibi nedenlerde beton agregalarına olan ilgiyi artırmaktadır. Avrupa birliği ülkelerinde her yıl yaklaşık 200 Milyon ton yıkılmış bina artığı ortaya çıkmakta ve bu değerin 10 yıl içinde 2'ye katlanacağı tahmin edilmektedir. Hollanda'da bu yıkımlardan elde edilen malzemeler %60 civarında tekrar kullanılmaktadır. Japonya'da ise yıkılmış bina yığınlarının yaklaşık 1/3'ü beton atığı olarak ortaya çıkmıştır. Buradan elde edilen beton atıklarının yaklaşık yarısı ise tekrardan gerek karayollarının dolgusunda ve gerekse beton kaplama işlerinde kullanılmıştır.

Beton atıklarından elde edilen agregaların kullanımı temizliklerine ve sağlamlıklarına bağlıdır ve bu değerler de elde edildikleri kaynağa ve elde etme teknolojisine göre değişiklik gösterir. Hazır beton tesislerinden elde edilen gerektiğinden fazla veya taze betondan elde edilen agregalar genellikle daha temiz ve orijinal agregalarla benzerlikler taşır. Hidrolik yapılar ve yol kaplamalarının yıkımından elde edilen beton atıkları mutlaka ince malzemenin ayrılması için elenmesi gereklidir. Bir çok laboratuvar ve arazi çalışmaları sonucunda iri agregaya tekabül eden beton atıklarının boyut fraksiyonlarının doğal agrega yerine bir kısmının rahatlıkla kullanılabileceğini kanıtlamıştır. Yeniden kullanılan agregadan ve doğal agregadan üretilen betonların özelliklerinin karşılaştırılması yapılmış ve basınç dayanımında ve elastisite modülünde en az 2/3 lük bir oran gözlenmiştir. Bir kısmında da bu özellikler hemen hemen aynı çıkmıştır.

10. BETON TEKNOLOJİSİNDE SON GELİŞMELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Beton endüstrisinde yakın teknolojik gelişmelerin etkisini değerlendirme için teknoloji değerlendirmesi yapma işlemi bir bütün olarak işin öz amacına yönelik olmalıdır. Aşağıda belirtilen kategorilerde beton teknolojisindeki gelişmelerin bir değerlendirilmesi yapılmış ve Çizelge 1. de gösterilmiştir. Çizelge 1. de verilen sonuçlara göre aşağıdaki değerlendirme yapılmıştır.

1. Kompleks proses teknolojileri, yüksek maliyet ve ürünlerin düşük derecede çevre dostu olmaları nedeniyle çok düşük boşluklu beton yapabilen çimentolar (macro defect free), kimyasal bağlı seramikler ve reaktif toz

harçları bir bütün olarak beton endüstrisinde çok ihmal edilebilir etkisi vardır.

2. Silis dumanı ile veya dumansız ve bir süperakışkanlaştırıcı katkı ile imal edilmiş beton karışımları ve kendiliğinden yerleşen betonlar beton endüstrisinde uygun yer almaya devam edeceklerdir. Onların kullanımı sofistike projeler ile sınırlı kalacak ve bir bütün olarak şu an için beton endüstrisinde çok büyük etkisi olmayacaktır.
3. Teknolojisinin kolaylığı, düşük ilk maliyeti, yüksek dayanıklılığı ve ürünün çevreyle dost olması gibi nedenlerle yüksek oranda uçucu kül veya cüruf ve süperakışkanlaştırıcı kullanılarak imal edilmiş betonların beton endüstrisindeki etkisi büyük olacaktır. Üçlü karışımlar olan Portland çimentosu, silis dumanı ve pirinç kabuğu külü ve yüksek oranlarda uçucu kül veya cüruf kullanma alanında ise yeni araştırmalar ve gelişmeler beklenmektedir.
4. Korozyon önleyiciler, epoksi boya ile kaplanmış demir çubuklar, yüzey kaplama malzemeleri ve katodik koruma teknolojileri üzerine gelecek için tahmin yürütmek zordur. Yüksek maliyet ve çevreyle dost olamamaları nedenleriyle dezavantaja sahipler.

Çizelge 2. Beton Teknolojisindeki Yakın Gelişmeler için Öngörülen Reyting Oranları

Teknolojinin Tanımı	Teknolojinin Kompleksliği	Malzeme ve İnşaat Yapımının İlk Maliyeti	Tüm Hizmet Ömrü Boyunca Maliyeti	Ürünün Çevreye Dostluğu	Beton Endüstrisinde Gelecekteki Etkisi
Makro-Defect Free Çimento Pastası ve Harçlar	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Zayıf	İhmal Edilebilir
Kimyasal Bağlı Seramikler	Yüksek	Yüksek	Bilinmiyor	Zayıf	İhmal Edilebilir
Reaktif Toz Harçlar	Yüksek	Yüksek	Bilinmiyor	Zayıf	İhmal Edilebilir
Süperakışkanlaştırıcı ve Silis Dumanlı veya Dumansız Beton	Orta	Orta	Düşük	Orta	Orta
Kendinden Yerleşen Beton	Orta	Orta	Bilinmiyor	Orta	Orta
Süperakışkanlaştırıcı ve Yüksek Oranda Uçucu Kül Kullanılarak Üretilmiş Betonlar	Düşük	Düşük	Düşük	Mükemmel	Yüksek
Süperakışkanlaştırıcı ve Yüksek Oranda Cüruf Kullanılarak Üretilmiş Betonlar	Düşük	Düşük	Düşük	Mükemmel	Yüksek
Silindire Sıkıştırılmış Beton	Düşük	Düşük	Düşük	Mükemmel	Yüksek
Korozyon Önleyiciler	Orta	Yüksek	Bilinmiyor	Zayıf	Bilinmiyor
Epoksi Boya Kaplamalı Donatılar	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Zayıf	Bilinmiyor
Beton Yüzey Kaplamaları	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Zayıf	Bilinmiyor
Katodik Koruma	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Zayıf	Bilinmiyor
Beton Yollar	Orta	Yüksek	Düşük	Mükemmel	Yüksek

11. BETON VE KİMYASAL KATKILAR İÇİN ÇIKACAK OLAN “TS EN 206-1” VE “TS EN 934-2” STANDARTLARI

2001 yılı sonuna kadar TS EN 934-2 “Beton, Harç ve Enjeksiyon Şerbeti için Katkılar – Bölüm 2 : Beton Katkıları – Tarifler ve Özellikler” isimli standard yürürlüğe girmiş ve önceki TS 3452 No’lu kimyasal katkı standardı ve bununla ilişkili diğer standartlar ve TS EN 206-1 “Beton – Bölüm 1 : Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk” standardı yürürlüğe girmiştir. Sonuçta geçiş döneminin ardından TS 11222 Hazır Beton Standardı iptal edilecektir.

TS EN 206-1 standardının Giriş ve Kapsam bölümünde şunlar yer almaktadır ;

Bu standard, Avrupa’nın farklı iklim ve coğrafik şartlara sahip bölgelerinde, farklı koruma seviyelerinde ve farklı yerel tecrübe ve alışkanlıklar etkisinde uygulanacaktır. Verilen beton sınıfları, bu farklı şartları kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu standardda verilen genel çözümlerin mümkün olmadığı

durumlarda, ilgili maddede, betonun kullanılacağı yerde geçerli milli standard veya şartnamelerin de uygulanabileceği belirtilmiştir.

Bu standardın oluşturulması aşamasında, dayanıklılık özelliklerinin belirlenmesinde, performansla yakın ilişki kurulan yaklaşım kullanılmıştır. Bu nedenle performansı dikkate alan tasarım ve deney metodları yeniden gözden geçirilmiştir. CEN/TC104, bu metodların henüz, detaylı şekilde bu standardda yer vermeye yeterli gelişmişliğe sahip olmadığı yargısına sahip olmakla birlikte, bazı CEN üyelerinin yerel deney ve kriterlere güven duymasını da olumlu karşılamaktadır. Bu nedenle, bu standard, katı kuralcı yaklaşım yerine, betonun kullanılacağı yerde geçerli uygulamaların gelişmesi ve devam etmesine izin vermektedir. CEN/TC 104, dayanıklılık tayini için performansı dikkate alan, tüm Avrupa kapsamında kullanılabilecek yöntemleri geliştirme çalışmalarına devam etmektedir.

Bu standard, Avrupa standartları kapsamında bulunan bileşen malzemelerin kullanımı için kuralları kapsar. Endüstriyel işlemlerden hasil olan yan ürünler, tekrar kullanılan malzemeler vb. gibi diğer malzeme türleri, yerel tecrübeler ışığında kullanılmaktadır. Bu gibi malzemelerin kullanımıyla ilgili kurallara İlgili Avrupa standartları hazırlanıncaya kadar bu standddarda yer verilmeyecek ancak, betonun kullanıldığı yerde geçerli millî standard veya şartnamelere atıfta bulunulacaktır.

Bu standardda, şartname hazırlayıcı, imalâtçı ve kullanıcının üzerine düşen görevler tarif edilmiştir. Örnek olarak, şartname hazırlayıcı beton özelliklerinden (Madde 6), imalâtçı, uygunluk ve imalât kontrolünden (Madde 8 ve Madde 9), kullanıcı ise betonun yapıya yerleştirilmesinden sorumludur. Uygulamada, tasarımın ve yapı uygulamasının farklı aşamalarındaki şartlar, kullanıcı (müşteri), tasarımcı, yüklenici, beton taşarону gibi farklı taraflarca belirlenebilir. Bu taraflardan her biri, belirlenmiş şartları herhangi ilâve şartla birlikte kendi sorumluluk alanında yerine getirerek işi, bir sonraki tarafa aktarmak suretiyle zincirin imalâtçıya kadar uzanmasını sağlamalıdır. Bu standardda, işlem sırasının bu şekilde tamamlanması “şartname” olarak anılmıştır. Bazı durumlarda (yüklenicinin tasarım ve yapım işlerini birlikte yürütmesi gibi), şartname hazırlayıcı, imâlâtçı ve kullanıcı aynı taraf olabilir. Hazır beton için, kullanıcı (müşteri), aynı zamanda şartname hazırlayıcısıdır ve imâlâtçıya beton özelliklerini vermelidir. Bu standard aynı zamanda farklı taraflar arasındaki gerekli bilgi iletişimini de kapsar. Karşılıklı mutabakatla karar verilecek ve sözleşmeye konu olabilecek hususlara standardda yer verilmemiştir. Taraflara yüklenen sorumluluklar, teknik mahiyetli sorumluluklardır.

Bu standard, yerinde döküm ve ön yapımlı yapılar ile binaların ve inşaat mühendisliği yapılarının önyapımlı yapısal elemanlarında kullanılan betonları kapsar.

Beton, şantiyede hazırlanmış beton, hazır beton veya ön yapımı beton elemanlar için tesiste imâl edilmiş beton olabilir.

Bu standardda, aşağıda verilenlerle ilgili şartlar belirlenmiştir :

Betonun bileşen malzemeleri,

Taze ve sertleşmiş beton özellikleri ve bunların doğrulanması,

Beton birleşim oranları için sınırlar,

Beton özellikleri,

Taze betonun teslimi,

İmalât ve kontrol işlemleri,

Uygunluk kriterleri ve uygunluk değerlendirmesi.

Bu standard hükümleri, sürüklenmiş hava dışındaki hapsolmuş hava miktarı, kabul edilebilir seviyenin üzerinde olmayacak şekilde sıkıştırılmış betonlara uygulanır. Standard, normal beton, ağır beton ve hafif betonları kapsar.

Ön yapımı beton mamuller gibi özel mamuller veya bu standard kapsamındaki işlemlerle ilgili diğer standartlar, bu standardda verilen hükümlerden bazı sapmaları gerekli kılabilir veya izin verebilir.

Bu standard serisinde bulunan diğer standartlarda veya ilgili diğer özel standartlarda, aşağıda örnekleri verilen konularda ilâve veya farklı şartlar verilmiş olabilir :

Yollarda ve trafiğe açık diğer alanlarda kullanılacak betonlar,

Diğer malzemeler (lif gibi) veya Madde 5.1'de verilenler dışında bileşen malzemeler kullanılarak yapılan betonlar.

Agrega en büyük tane büyüklüğü 4 mm veya daha küçük olan betonlar (harçlar). Özel teknolojilerle imâl edilen betonlar (püskürtme beton gibi).

Sıvı veya gaz atık madde boşaltım yapılarında kullanılacak betonlar.

Kirletici maddelerin muhafazası için depo yapılarında kullanılacak betonlar.

Kütle betonları (baraj betonu gibi).

Kuru karışımli betonlar.

NOT : Bu verilen konularda standard mevcut değilse, betonun kullanılacağı yerde geçerli şartname hükümleri uygulanabilir. Aşağıda verilen betonlarla ilgili standartlar hazırlanma aşamasındadır : Yollarda ve trafiğe açık diğer alanlarda kullanılacak betonlar, Püskürtme beton.

Bu standard hükümleri aşağıda verilen beton çeşitlerine uygulanmaz ;

Gaz beton,

Köpüklü beton,

Gözenekli beton (ince agregasız beton),

Birim hacim kütlesi, 800 kg/m^3 ' ten daha düşük olan betonlar,

Isıya dayanıklı beton.

11.1 TS EN 206-1'de yeralan başlıca yenilikler ;

1. Cevre Etkilerine Karşı Sınıflandırma : Farklı iklim ve çevre şartlarına bağlı olarak sınıflandırma yapılmıştır. Özellikle kimyasal etkilere karşı yeni sınır değerler konulmuştur.
2. Taze Beton Kıvam Sınıfları : Taze beton işlenebilirlik ölçümü işleminde 5 sınıf Slamp, 5 sınıf Ve-Be Süresi, 4 sınıf Sıkışabilme Derecesi ve 6 sınıf Yayılma Çapı tayin edilmiştir.
3. Beton Basınç Dayanımı Sınıfları : Normal beton ve Ağır beton aynı platformda değerlendirmeye alınmış ve en düşük sınıf C 8/10 iken en büyük sınıf C 100/115 olarak belirlenmiştir. Dayanımlar 28 günlük ve N/mm^2 olarak silindir ve küp numuneler için verilmiştir. Hafif beton için ise en düşük sınıf LC 8/9 ve en büyük sınıf ise LC 80/88 olarak tayin edilmiştir.
4. k-Değeri Kavramı : TS EN 206-1'de mineral katkıları ile ilgili yeni bir kavram ortaya çıkarılmıştır. Burada k değeri mineral katkının pozolanik aktivite katsayısını göstermektedir. Mineral katkılardan uçucu kül ve silis dumanı referans olarak alınmıştır. Mineral katkılar Tip I ve Tip II olarak iki gruba ayrılmıştır;

Tip I : Hemen hemen inert mineral katkı

Tip II : Pozolanik veya gizli hidrolik bağlayıcı mineral katkı.

Beton karışım hesaplarının yapılması aşamasında su/çimento (s/ç) oranının nasıl hesaplanacağı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

$$w/c = \frac{Su}{\text{Çimento} + k \times \text{Mineral Katkı}}$$

A. Uçucu Kül kullanıldığı durumlarda, en fazla uçucu kül miktarı aşağıdaki şartı sağlamalıdır ;

$$\frac{\text{Uçucu Kül}}{\text{Çimento}} \leq 0,33 \quad (\text{Kütlece})$$

Bu değerden fazla kullanılmak istenirse fazla olan kısım su/(çimento + k x mineral katkı) ve en az çimento miktarı hesaplanmasında kullanılmaz. Normal Portland çimentosu TS EN 197-1'e uygun (CEM I) kullanılması durumunda ise k değerleri aşağıdaki gibi olacaktır;

Çimento Sınıfı	k-değeri
CEM I 32.5 için :	0.2
CEM I 42.5 ve daha yüksek için :	0.4

B. Silis Dumanı kullanıldığı durumlarda, en fazla silis dumanı miktarı aşağıdaki şartı sağlamalıdır;

$$\frac{\text{Silis Dumanı}}{\text{Çimento}} \leq 0,11 \quad (\text{Kütlece})$$

daha fazla silis dumanı kullanılması durumunda fazla olan kısım k değeri kavramında dikkate alınmaz.

TS EN 197-1'e uygun CEM I tipi Portland çimentosu kullanıldığı durumlarda su/çimento oranı hesaplanmasında aşağıdaki kriterlere dikkat edilir;

Su/Çimento oranı ≤ 0.45 olarak belirlenmiş beton için $k = 2.0$

Su/Çimento oranı > 0.45 olarak belirlenmiş beton için $k = 2.0$, ancak

Korozyon ve donma çözülme etkilerine maruz betonlar için $k = 1.0$ alınır.

5. Uygunluk Kriterleri : C 8/10 dan C 55/67'ye kadar olan normal ve ağır beton sınıfları için uygunluk kriterleri gözden geçirilir. Bu kriterlerden ilki numune alma ile ilgilidir. Numune alma işlemi TS EN 12350-1'e uygun olmalıdır. Aşağıda verilen Çizelge 3'e uyulmalıdır.

Çizelge 3. Uygunluk değerlendirmesi için en az numune alma sıklığı.

İmalât	En Az Numune Alma Sıklığı		
	İmalat ilk 50 m ³	İlk 50 m ³ 'den sonraki imalat ^a	
		İmalat Kontrol Belgesi Olan Beton	İmalat Kontrol Belgesi Olmayan Beton
Başlangıç (35 deney sonucu elde edilinceye kadar)	3 Numune	1 / 200 m ³ veya 2 / 1 Haftalık İmalat	1 / 150 m ³ veya 1 / 1 günlük imalat
Sürekli ^b (35 deney sonucu elde edildikten sonra)	-	1 / 400 m ³ veya 1 / 1 haftalık imalat	1 / 1 günlük imalat
^a Numune bütün imalata yayılarak alınmalı ve her 25 m ³ beton hacmi için 1'den fazla olmamalıdır.			
^b 15 adet deney sonucunun standard sapmasının 1.37σ 'yı geçmesi durumunda numune alma sıklığı daha sonraki 35 deney sonucu elde edilinceye kadar, başlangıç imalatı için gerekli olan sıklığa çıkarılmalıdır.			

Basınç Dayanımı için Uygunluk Kriterleri, son 12 ayı geçmeyen değerlendirme süresi esnasında alınan deney sonuçları kullanılarak yapılmalıdır. 28 günlük basınç dayanım sonuçlarına göre aşağıdaki Çizelge 4, ve 5'de yer alan kriterlere uygunluk aranır.

Çizelge 4. Basınç dayanımı için uygunluk kriterleri

İmalât	Grupta elde edilen basınç dayanımı deney sonucu adedi "n"	1. Kriter	2. Kriter
		"n" adet deney sonucunun ortalaması (f_{cm}) N/mm ²	Herhangi tek deney sonucu (f_{ci}) N/mm ²
Başlangıç	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Sürekli	15	$\geq f_{ck} + 1,48\sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

Çizelge 5. Gruba ait üyelerin doğrulama kriterleri

Tek beton için basınç dayanımı deney sonucu adedi - "n"	3. Kriter
	Gruba ait bir üye için "n"adet deney sonucu ortalaması - f_{cm} N/mm ²
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$

Başlangıçta, uygunluğu kontrol edilecek imalât süresinin hemen öncesinde, en az üç aylık sürede elde edilen en az 35 deney sonucundan standard sapma hesaplanmalıdır. Bu değer tüm imalât için tahmini standard sapma (σ) olarak alınır. Kabul edilen bu standard sapmanın gerçekliği, daha sonraki imalâtta kontrol edilmelidir. Tahmin edilen (σ) değerinin doğrulanmasında iki yöntemin kullanılmasına izin verilir. Yöntemlerden hangisinin kullanılacağına önceden karar verilmelidir.

1. Yöntem

Başlangıçta belirlenen standard sapma, uygunluk kontrolü yapılacak daha sonraki imalât süresinde de, bu sürede elde edilen 15 sonuç arasında tespit edilen standard sapmanın (S_{15}) başlangıçtaki standard sapmadan (σ) önemli derecede sapma göstermemesi şartıyla uygulanabilir.

Bu şart ; $0,63 \sigma \leq S_{15} \leq 1,37\sigma$ olması halinde geçerli kabul edilir.

S_{15} 'in bu sınır değerler dışında olması durumunda sürekli imalâttan en son elde edilen 35 deney sonucu kullanılarak yeni σ değeri tahmin edilir.

2. Yöntem

Sürekli imalâttan yeni standard sapma değeri (σ) tahmin edilir ve bu değer kullanılır. Sistemin hassasiyeti en az 1. yöntemdeki kadar olmalıdır.

Belirlenen yeni standard sapma (σ) değeri daha sonraki değerlendirme süresinde de uygulanmalıdır.

11.2 TS EN 934-2'de yer alan Kimyasal Katkı Uygunluk Deneylerinde başlıca yenilikler ;

TS 3452 standardına göre kimyasal katkılarla ilgili olarak sadece betonda fiziksel ve mekanik deneyler yapılarak katkı hakkında uygunluk kararına varılabiliyordu. Ancak, kimyasal katkılarla ilgili olarak kimyasal deneylerin de mutlak suretle yapılması bir zorunluluk haline bu yeni standardla gelmektedir. TS EN 934-2'ye göre herhangi bir kimyasal katkı için aşağıda verilen Çizelge 6'deki kriterlere uygunluğuna bakılacaktır. Bu standarddaki özellikler kimyasal katkıların beton içerisinde düzgün olarak dağıldığını varsayar. Priz geciktirici özelliğe sahip toz katkıların dağılımına özel itina gösterilmelidir. Öncelikle bu standardda tarif edilen tüm kimyasal katkılar Çizelge 6'da verilen genel özelliklere uygun olmalıdır.

Çizelge 6. Genel kimyasal şartlar

Özellik	Deney Metodu	İstenen Değerler
Homojenlik	Gözle	Kullanıldığında homojen. Ayrışma, üretici tarafından beyan edilen sınırı aşmamalıdır.
Renk	Gözle	Düzgün yayılı ve üreticinin verdiği tarife benzer.
Etkin Bileşen	TS EN 480-6	Üretici tarafından verilen referans spektrumla kıyaslandığında kızıl ötesi spektrumu etkin bileşen açısından değişiklik göstermemelidir.
Yoğunluk	TS 781 ISO 758	$D > 1.10$ ise $D \pm 0.03$ (D üreticinin beyan ettiği) $D \leq 1.10$ ise $D \pm 0.02$
Katı Madde Miktarı	TS EN 480-8	$T \geq \%20$ için $0.95T \leq X < 1.05T$ $T < \%20$ için $0.90T \leq X < 1.10T$ T üreticinin beyan ettiği değer, kütlece % X deney sonucu, kütlece %
pH değeri	TS 6365 EN 1262	Üreticinin belirttiği değer ± 1 , veya üreticinin beyan ettiği aralık içinde
Tavsiye edilen en yüksek miktarda prize etkisi	TS EN 480-2	Sonuç rapor edilir.
Toplam Klorür	TS 1116 EN ISO 1158	Kütlece en çok $\%0.10$ veya üreticinin beyan ettiği değer altında
Suda çözünebilir klorür (Cl ⁻)	TS EN 480-10	Kütlece en çok $\%0.10$ veya üreticinin beyan ettiği değer altında
Alkali miktarı (Na ₂ O eşdeğeri)	TS EN 480-12	Üreticinin beyan ettiği en yüksek değer altında
Korozif Davranışı	prENV 480-14	Beton içindeki çelikte korozyon yaratıcı etkileri olmamalı.
1) TS EN 480-1'deki metot uygun değilse üretici alternatif bir deney metodu önermelidir. 2) Toplam klorür miktarı ile suda çözünebilir klorür miktarı arasında önemli bir fark yoksa sözkonusu katkılara ilişkin sonraki deneylerde yalnızca suda çözünebilir klorür miktarı belirlenebilir. 3) Deney için C ₃ A miktarı kütlece $\%5$ 'ten daha az olan CEM I (Portland çimentosu) kullanılmalıdır.		

Not 1 : Kimyasal katkıları, sertleşmiş betonun rötresinde veya şişmesinde kayda değer bir değişikliğe yol açmamalıdır. Bu etkiyi ölçmek amacıyla, EN 480-1'in şahit harcına, prEN 1015-13'ün boyut sabitliğini belirlemeye yönelik metodu uygulanabilir.

Not 2 : CEM I eşdeğeri çimento TS 19'a uygun Portland çimentosudur.

12. KAYNAKLAR

1. P. Kumar Mehta, "Reflections on Recent Advancements in Concrete Technology", Edtr. A. Yeğınobalı, *Proceedings, Second International Symposium on Cement and Concrete Technology in the 2000's, Türkiye Çimento Mühtasilleri Birliğı, September 6-10, 2000, İstanbul, Turkey.*
2. S. Nagataki, "Advanced Technology for High Fluidity Concrete", Edtr. A. Yeğınobalı, *Proceedings, Second International Symposium on Cement and Concrete Technology in the 2000's, Türkiye Çimento Mühtasilleri Birliğı, September 6-10, 2000, İstanbul, Turkey.*
3. A. M. Neville, "Properties of Concrete", 4th ed., 1997, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.
4. S. H. Kosmatka, W. C. Panarese, K. D. Gissing, N. F. Macleod, "Design and Control of Concrete Mixtures", 6th ed., 1995, Canadian Portland Cement Association, Ottawa, Ontario, K1P 5G3, Canada.
5. R. Rixom, N. Mailvaganam, "Chemical Admixtures for Concrete", 3rd ed., 1999, E & FN Spon, London, EC4P 4EE, UK.
6. European Committee for Standardization, European Standard EN 934-2, "Admixtures for Concrete, mortar, and grout – Part 2 : Concrete admixtures – Definitions and requirements", October 1997, English version.
7. European Committee for Standardization, European Standard EN 206-1, "Concrete – Part 1 : Specification, performance, production and conformity", December 2000, English version.
8. Ermco Congress 2001, "Concrete Moves", CD ROM Edition, 13th European Congress on Ready Mixed Concrete, Berlin, 13-16 June, 2001.

