



KÜB BÜLTENİ

3

Haziran 2024

İÇİNDEKİLER

- ❑ YAPISAL SU YALITIMI
- ❑ KARBONATLAŞMA ETKİSİ
- ❑ BETON KİMYASAL KATKILARININ TARİHSEL GELİŞİMİ
- ❑ ÇİMENTO KATKILARININ TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ
- ❑ REDOZ UYGULAMASI

KÜB HAKKINDA

Katkı Üreticileri Birliği'nin misyonu; kimyasal katkı maddelerinin üretiminin evrensel kalite ölçülerine, ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak, kamu ve toplum yararı doğrultusunda gerçekleştirilmesine katkıda bulunmaktır.

Üyelerimiz, Yapı Kimyasalları Sektörü'nün en önemli firmalarındandır. Beton ve çimento katkı sektörünün üreticilerini çatısı altında toplayarak, onların müşterek ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak sorunlarının çözümünde yardımcı olmak üzere, resmi makamlar, mesleki ve özel kuruluşlarla gerekli girişimlerde bulunmaktadır.

Üyesi olduğumuz İMSAD (Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği), YÜF (Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyonu) ve EFCA (Avrupa Beton Katkıları Federasyonu) kuruluşlarının yanı sıra inşaat ve beton sektörünün diğer paydaş kuruluşları ve dernekleriyle de aktif bir birliktelik yürütmekteyiz.

İLETİŞİM

Adres: Bağlarbaşı Mah. Atatürk Cad. Sakarya Sok. Plaza No: 38 D:18 Maltepe / İstanbul

Tel: +90 (216) 456 43 24

E-Posta: info@kub.org.tr

Web sitesi: www.kub.org.tr





YAPISAL SU YALITIMI

Binalarda su yalıtımı, suyun bina elemanlarına sızmasını önlemek için yapılan bir koruyucu önlemdir. Su yalıtımı; binaların dayanıklılığını, enerji verimliliğini ve konforunu artırır. Su yalıtımının başlıca faydaları aşağıda belirtilmektedir:

Yapı Ömrü Uzar: Su yalıtımı, özellikle çelik donatıları korozyona karşı korur ve yapıların dayanıklılığını artırır. Uygun su yalıtımı, yapı elemanlarını su hasarından koruyarak yapının servis ömrünü artırır.

Nem Kaynaklı Hasarlar Önlenir: Su, yapıların en büyük düşmanlarından biridir ve yanlış veya eksik su yalıtımı, suyun yapı elemanlarına sızmasına ve nem hasarına neden olmaktadır. Nem kaynaklı hasar; yapı malzemelerinin bozulmasına, çürümmesine, küflenmesine ve çeşitli yapısal sorunlara yol açmaktadır. Uzun vadeli su maruziyeti, yapıların dayanıklılığını azaltmakta ve bakım maliyetlerini artırmaktadır.

Enerji Verimliliği Artar: Su yalıtımı, yapıların enerji verimliliğini artırır. Su yalıtımı eksikliği, su sızıntılarına ve neme bağlı olarak ısı kayıplarına yol açar. Bu, ısıtma ve soğutma maliyetlerinin artmasına ve enerji israfına neden olur. Doğru su yalıtımı, yapıların ısı transferini azaltır ve enerji tasarrufu sağlar.

İç Ortam Konforu Artar: Su sızıntıları ve nem hasarı, yapıların iç mekanlarında rahatsız edici kokuların, küf ve mantar oluşumunun, lekelerin ve diğer iç ortam kalitesi sorunlarının ortaya çıkmasına neden olur. Su yalıtımı, iç mekanlarda rahat ve sağlıklı bir ortam sağlar.

Maliyetler Azalır: Su yalıtımı, su hasarının önlenmesi ve nem kontrolünün sağlanmasıyla, uzun vadede bakım ve onarım maliyetlerini azaltır.



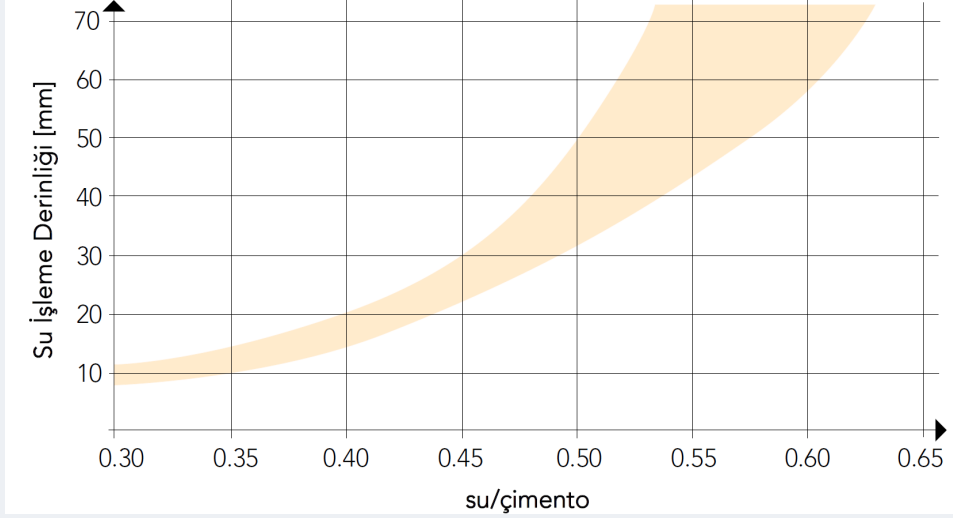
Su yalıtımı yapılmayan yapılarda betonarme demirleri 10 yılda taşıma kapasitesinin %66'sını kaybetmektedir.



Beton yapı elemanlarının içerisindeki çelik donatı, çeşitli nedenlerle korozyona uğrayabilir. Korozyon, çelik donatının havadaki oksijen ve su ile reaksiyona girerek pas oluşturması sürecidir. Bu pas oluşumu, donatı çeliğinin hacminde artışa ve betonun çatlamasına, çeliğin dayanıklılığının azalmasına ve sonuç olarak yapı elemanlarının hasar görmesine neden olur. Bu nedenle; doğru beton karışımı tasarımı, uygun donatı koruma yöntemleri, su yalıtımı ve yapı elemanlarının düzenli bakımı gibi önlemler alarak korozyon riskinin azaltılması önemlidir.



Yapısal su yalıtımı betonun geçirimsizliği ile doğrudan ilgilidir. Şekil 1'de görüleceği üzere su/çimento oranı özellikle 0,50 üzerinde olduğunda betonun geçirimsizliği oldukça yüksek olmaktadır.



Şekil 1. Su/çimento oranı ve su işleme derinliği ilişkisi

Yapıların su yalıtımında farklı malzemeler ve farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan birisi olan yapısal su yalıtımı, yapıların maruz kalabileceği suyun geçişinin bütünlüklü bir yapı tasarımı ve uygulaması dahilinde, beton bünyesinde uygun geçirimsizlik ve sızdırmazlık sağlanarak ve gerekli diğer önlemler alınarak engellenmesidir. 2017 yılında yayımlanan Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği kapsamında yapısal su yalıtımı hakkındaki detaylar aşağıda belirtilmektedir:

1. Toprakla temas eden temel, döşeme ve perde duvarlarda su yalıtımı;
 - a. Örtü veya sürme esaslı yalıtım malzemeleri ile yüzeysel yalıtım sistemi oluşturularak ve/veya
 - b. Yapısal yalıtım sağlanarak yapılabilir.
2. Yapısal yalıtım uygulamalarında, su buharı geçişinin istenmediği durumlarda su buharı kesici bir katman oluşturularak ilave yalıtım önlemleri alınmalıdır.
3. Basınçlı su etkisine maruz yatay yüzeylerde, yüzeysel yalıtım sisteminin örtü tipi malzemeler ile oluşturulması esastır.
4. Birden fazla yalıtım malzemesi veya yöntemi, ancak birbirleri ile uyumlu olması hâlinde birlikte kullanılabilir.
5. Örtü tipi ve sürme esaslı yalıtım malzemeleri, yapı elemanının suyla temas eden dış yüzeyine veya malzeme hidrostatik basınca karşı koruyabilecek bir katmanla korunmaları koşuluyla, ara katman olarak uygulanabilir.



Özellikle toprak altında kalan temel-perde birleşim hattı temel betonu dökümü esnasında topuk betonu ile yükseltilerek derz hattının yukarı taşınması doğal bir su yalıtımı önlemi olacaktır.



6. Yapısal yalıtım sağlamak üzere yapılacak uygulamalarda;

- a. Kullanılacak betonun su işleme derinliği TS EN 12390-8 standardına göre en fazla 30 mm olmalı veya beton, yeraltı suyunun yapıda oluşturacağı su etkisi de dikkate alınarak en az C35/45 sınıfında ve su/çimento oranı 0.45'ten az, çimento dozajı 360 kg/m³'ten fazla olmalıdır. Beton imalatında mineral katkı kullanılması durumunda su/çimento oranı ve çimento dozajı için TS EN 206 standardı Madde 5.2.5 ve 5.2.6 göz önüne alınmalıdır. Beton tasarımında uygun çevresel etki sınıfı seçilmelidir. Betonun su işleme derinliği performansının kullanılması hâlinde bu durum, betonun piyasaya arzında G işaretlemesinde belirtilmelidir. Yapısal geçirimsizlik sağlamak üzere üretilen beton TS EN 206 standardına, suyun basınç etkisi ile uyumlu olacak şekilde kullanılacak katkı maddeleri ise TS EN 934-2 standardına uygun olmalıdır.
- b. Betonun döküm ve bakım kurallarına uyulur.
- c. Bu maddenin amaçları bakımından betonun su geçirimsizlik özelliklerini değiştirmek üzere kullanılacak malzemeler TS 13515 standardı Madde 9.8 esas alınarak, betona, karıştırma işlemi esnasında ilâve edilmelidir.
- d. Yapısal elemanlarda oluşabilecek çatlak genişlikleri, TS 500 standardına göre agresif çevre koşulları altında kontrol edilerek su geçirimsizliğinin sağlanabildiği gösterilir. Betonarme elemanlar 18 cm'den daha az kalınlıkta ise yapısal geçirimsizlik yöntemi tek başına uygulanamaz.
- e. Derzler (soğuk derz, genişleme derzi ve benzeri) sızdırmazlık tamamlayıcı malzemeler ile su nüfuzundan korunur.

Su Geçirimsizlik Katkıları

- ⇒ Hidroskopik veya su itici kimyasallar en büyük grubu oluşturmaktadır. Bu kimyasallar; sabunlar, uzun zincirli yağ asidi türevleri, bitkisel yağlar ve petrol bazlı kimyasallardan oluşmaktadır. Yüzeğe uygulanan bu malzemeler betondaki gözenekler boyunca su itici bir tabaka oluşturmakta, ancak gözenekler fiziksel olarak açık kalmaktadır.
- ⇒ İnce tanecikli inert malzemeler (talk, bentonit, silisli tozlar, kil, hidrokarbon reçineleri ve kömür katranları) ve kimyasal olarak aktif malzemeler (kireç, silikatlar ve kolloidal silika) kullanılabilir. İnce tanecikli inert malzemeler, boşlukları doldurarak gözenekler boyunca suyun geçişini fiziksel olarak kısıtlar.
- ⇒ Kristalize geçirimsizlik katkıları, beton içerisindeki kılcal kanallar ve çatlaklarda su ile kimyasal bir reaksiyona girerek suda çözünmeyen kristaller oluşturur. Bu malzemelerin hidrofilik yapısı kalsiyum silikat hidrat (CHS) yoğunluğunu arttırmak için ve/veya su penetrasyonuna karşı direnç gösteren gözenek tıkama birikintileri oluşturulmasına neden olmaktadır.



UYGULAMA NOTU

Kristalize su yalıtımı genellikle kullanımı kolay, likit veya toz olarak sağlanır. Portland çimentosu, silis kumu ve özel kimyasallardan oluşmaktadır. Bu kimyasallar su ile reaksiyona girerek uzun, dar kristallerin büyümesine, beton kütesinin gözeneklerini, kılcal boşlukları ve kılcal çatlaklarını doldurmasına neden olur. Nem mevcut olduğu sürece, kristal kimyasallar reaksiyona girmeye ve kristalleri büyütmeye devam edecek ve zamanla birkaç cm uzunluğa ulaşacaktır.

Beton sertleştikten sonra bu kimyasallar, örneğin yeni bir çatlak yoluyla tekrar nemle temas edene kadar hareketsiz kalır. Kütleme büzülmesi, oturma, sismik aktivite, donma-çözülme döngüleri vb. nedeniyle betonda bir miktar çatlama kaçınılmazdır. Çatlaklardan su sızarsa, beton tekrar geçirimsiz olana kadar kristaller yeniden büyümeye başlar.

Kristalize teknolojisinin kendi kendini yalıtma yeteneği, en önemli özelliklerinden biridir ve betonun kendisi geçirimsiz, suya dayanıklı bir bariyere dönüştürüldüğünden, uzun vadeli onarım ve bakımı önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olmuştur.

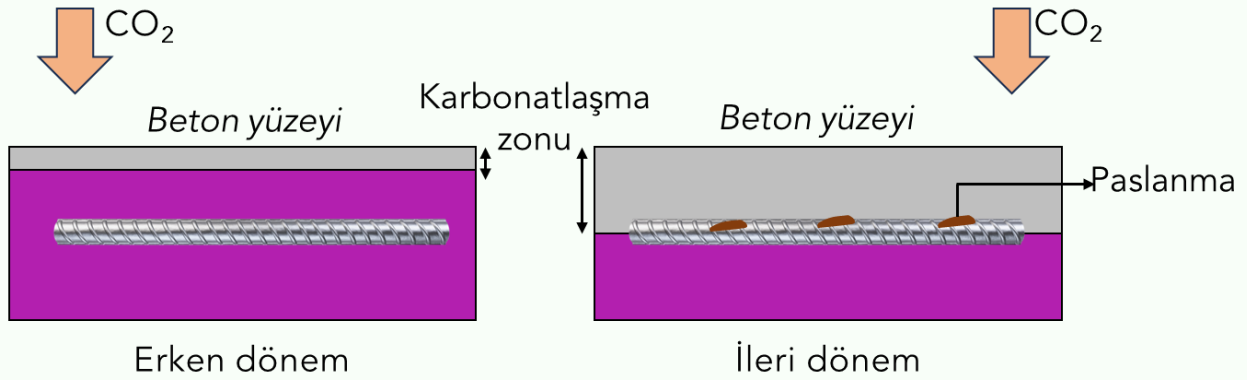
Uygulaması konusu, üreticiden üreticiye farklılık gösterebilir, genelde sahada mikser içerisine bağlayıcı dozajı ile orantılı miktarda eklenir, homojen dağılıncaya kadar karıştırılır. Ardından döküm gerçekleşir.

Uluslararası üreticilerin tamamı kristalize su yalıtımını derz hatlarında ve büyük çatlaklarda oluşacak zayıf hatlardan dolayı sürme ve örtü yalıtımlara ilave entegre sistem olarak uygulanmasını tavsiye etmektedir. Yine de uygulama pratikliği ve maliyetinden dolayı ülkemizde yaygın bir şekilde tek başına su yalıtımı olarak kullanılmaktadır.



KARBONATLAŞMA ETKİSİ

Karbonatlaşma, havadaki karbondioksit gazının (CO_2) betona nüfuz ederek gözenek çözeltisinde çözüldüğü ve daha sonra hidroksitlerle reaksiyona girerek bunları karbonatlara dönüştürdüğü bir mekanizmadır. Bu mekanizma sonucunda betonun pH değeri 9'dan daha düşük bir değere kadar düşebilmektedir. Bilindiği üzere herhangi bir etkiye maruz kalmamış betonun pH değeri yaklaşık 12-13'tür ve bu değer çelik donatının korunmasında (pasivasyon) kritik bir rol taşımaktadır. Gözenek çözeltisinin pH değerinin 11'e düşmesi çelikte pasivasyonun bozulmasına neden olabilmektedir. Bunun sonucunda da Şekil 1'de görüldüğü gibi çelik donatıda zamanla paslanma (korozyon) meydana gelmektedir.



Şekil 1. Betonda karbonatlaşma

Karbonatlaşma beton yüzeyinden başlayarak aşağıdaki denklemde görüleceği gibi zamanın (t) karekökü ile orantılı derinliğe kadar devam eder.

$$d = C\sqrt{t}$$

Burada, $mm/\sqrt{yıl}$ birimi ile kullanılan C karbonatlaşma katsayısı veya karbonatlaşma hızı olarak anılmaktadır. Örneğin, $C = 3 mm/\sqrt{yıl}$ ve $t = 25$ yıl ise karbonatlaşma derinliği 15 mm olmaktadır.

Uygulamada karbonatlaşma derinliği, fenolftalein indikatör çözeltisinin yeni kırılmış beton numunesine püskürtülmesiyle belirlenmektedir. Bu renksiz çözelti, yaklaşık 8,5'in üzerindeki pH değerlerinde pembemsi mora dönmekte (timolftalein kullanılması durumunda $pH > 9,5$ ise renk değişimi), bu da betonun karbonatlaşmamış olduğunu göstermektedir.

Karbonatlaşma oranı büyük ölçüde neme, yani açıkta kalan beton elemanın makro ve mikro iklim koşullarına bağlıdır. Betonun karbonatlaşmasının %40 ila %70 arasındaki bağıl nemde en yüksek olduğu bilinmektedir ancak kuru koşullarda (<%25 bağıl nem), reaksiyonu teşvik edecek suyun yetersiz olması nedeniyle ihmal edilebilir düzeydedir.



Çimento hamurunun gözeneklerindeki su; difüzyonu engellediğinden, yüksek nemde (>%90 bağıl nem) karbonatlaşma ihmal edilebilir düzeydedir. Tropikal ortamla karşılaştırıldığında, ılıman iklime maruz kalan betonun karbonatlaşma oranının daha yüksek olması beklenmektedir. Uygulamada, bina cepheleri gibi dikey yüzeyler, çatı döşemelerinin ve balkonların üst yüzeyleri gibi yatay olarak açıkta kalan yüzeylere göre daha hızlı karbonatlaşır, çünkü yatay yüzeyler daha yüksek frekansa ve daha uzun ıslanma süresine sahiptir.

Yüksek sıcaklık karbonatlaşma hızını ve oranını artırmaktadır, ancak bu etki betonun nem içeriğiyle karşılaştırıldığında daha az önemlidir. Karbondioksit içeriği başka bir etkileyici faktördür. Kırsal alanlarda havadaki karbondioksit içeriği hacimce yaklaşık %0,03'tür, ancak şehirlerde konsantrasyon çok daha yüksektir ve yoğun nüfuslu bölgelerde %0,3 mertebesinde olabilmektedir. Araçlara yönelik tünellerde konsantrasyon %1'e ulaşabilmekte ve çok hızlı bir karbonatlaşma oranı elde edilebilmektedir.

Tablo 1. Karbonatlaşma hızını etkileyen faktörler

Faktör	Karbonatlaşma Hızı
S/Ç oranı ↑ (boşluk miktarı ↑)	↑
Kür süresi ↑	↓
Çimento miktarı ↑	↓
Betonun kuruması ↑	↓
Suya doygunluk ↑	↓
Bağıl nem ↑	↓↑
CO ₂ konsantrasyonu ↑	↑
Alkali içeriği ↑	↑
Yüksek sıcaklık ↑	↑
Aşırı yüksek sıcaklık ↑	↓

Karbonatlaşmanın tek başına betonun bozulmasına neden olmadığı unutulmamalıdır. Aslında orijinal yani karbonatlaşmaya maruz kalmamış betonla karşılaştırıldığında; karbonatlı elemanlar, kalsiyum karbonat oluşumu ve bunun sonucunda betonun gözenekliliğinde azalma nedeniyle bir miktar daha yüksek basınç dayanımına ve gelişmiş geçirgenlik geçirimsizlik özelliklerine sahip olma eğilimindedir. Bu reaksiyon ürünü sızıntı yapmadığı ve genişmediği için betonun dayanıklılığına zarar vermez. Karbonatlaşma, çatı kiremitleri ve duvar blokları gibi takviyesiz donatısız beton elemanlar için sorun teşkil etmez.

Karbonatlaşma sadece korozyon başlangıç aşamasının süresini etkiler. İç yapı elemanlarında korozyonu başlatacak yeterli nem bulunmaması nedeniyle, karbonatlaşma önemli düzeyde olsa bile beton dayanıklı kalır. Hava koşullarına maruz kalan dış elemanlar da ise karbonatlaşma korozyonu tetiklemektedir. Bu nedenle betonun kalitesi yani geçirimsizliği ve pas payı kalınlığı korozyonun başlama süresini kontrol etmekte önemlidir.















Normal uygulamada ve tipik sıradan beton için, beton kaplamanın karbonatlaşması yaklaşık 20 yıl veya daha fazla sürebilmektedir. Yüksek çimentolu malzeme içeriğine sahip, düşük su/bağlayıcı oranında (<0,4) ve düşük geçirgenlik özelliklerine sahip beton için karbonatlaşmanın kritik olmadığı söylenebilir; çünkü yüksek kalitedeki betonda karbonatlaşma son derece yavaştır.

KARBONATLAŞMA ÖZET BİLGİ	
Karbonatlaşmanın nedenleri	<i>Karbonatlaşma doğal bir süreçtir ve yapılar proje aşamasında hizmet verdikleri ortamdaki karbonatlaşma koşullarına göre tasarlanır. Orta düzeyde rutubet, betonun geçirimli olması, yüksek alkali içeriği karbonatlaşmayı hızlandırır.</i>
Karbonatlaşmanın zararları	<i>Betonun pH değerini düşürerek donatı pasivasyonunu bozması ve sonucunda çelik donatının korozyona uğrayarak yapısal bütünlüğün bozulması</i>
Beton tasarımında dikkat edilmesi gerekenler	<i>TS EN 206 ve TS 13515'teki çevresel etki koşulları dikkate alınarak uygun çevresel etki sınıfı belirlenmelidir. Betonun su/bağlayıcı oranı düşük olmalıdır. Bu sayede betonun geçirimsizliği artar. Fazla miktarda uçucu kül ve yüksek fırın cürufu gibi mineral katkıları kullanılmamalıdır.</i>
Uygulama esnasında dikkat edilmesi gerekenler	<i>Karbonatlaşma derinliği, zamana ve karbonatlaşma katsayısına bağlı bir prosestir. Karbonatlaşma esas olarak beton için değil, çelik donatı için olumsuz bir durumdur. Bu nedenle çelik donatıyı koruyan beton örtüsü (pas payı) kalınlığı doğru bir şekilde belirlenmeli ve uygulamada buna dikkat edilmelidir. Beton örtüsünün kalınlığı kadar bu örtüyü oluşturan betonun homojen ve ayrışmamış bir şekilde yerleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle uygulama esnasında betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve kürüne son derece dikkat edilmelidir.</i>
Kimyasal katkıların etkisi	<i>Süperakışkanlaştırıcı beton kimyasal katkıları betonun su/bağlayıcı oranını azaltarak daha geçirimsiz bir yapı oluşmasını sağlar. Ayrıca betonun işlenebilirliğini artırarak daha kolay yerleşmesine ve sıkışmasına neden olurlar. Kimyasal kür malzemeleri ise betonun rötre çatlaklarını engelleyerek/azaltarak betona çatlaklardan sıvı ve gaz akışını azaltır. Kalıp ayırıcı yağlar da daha iyi ve gözeneksiz beton yüzeylerinin elde edilmesine katkı sağlar. Su yalıtım (geçirimsizlik) katkıları ile de betonun geçirimsizlik özelliği iyileştirilebilir.</i>



BETON KİMYASAL KATKILARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Süt, melas, pirinç ezmesi, çamur, saman, meyve suları, kazein, hayvan kanı, yumurta akı, kaktüs suyu, haşlanmış muz gibi doğal malzemeler beton ve harcın donma süresini, işlenebilirliğini ve dayanımını iyileştirmek için tarih boyunca harç ve beton yapımında katkı olarak kullanılmıştır. Romalı Mimar Vitruvius'un "Mimarlık Üzerine On Kitap" isimli eserinde incir sütü, çavdar hamuru, hayvan yağı ve kesilmiş süt harcın sertleşmesini sağlamak için; yumurta akı ve hayvan kanı sertleşmeyi geciktirmek için; malt ve ürin de hava sürükleyici olarak sertleşmeden sonra dayanımı arttırmak için kullanıldığı belirtilmiştir. Hindistan'da "surkhi", Mısır'da "homra", Yunanistan'da "korassani" olarak bilinen kırılmış ve öğütülmüş tuğla ve kiremitler Osmanlı döneminde "horasan" olarak adlandırmıştır. Horasan harcına plastikliği ve yapışmayı artırmak amacıyla yumurta akı katılmıştır.

					
Süt	Hayvan iç yağı	Kaktüs suyu	Yumurta akı	Bira özütü	Balmumu
					
Haşlanmış muz suyu	Lateks	Pirinç unu	Ağaç kabuğu özütü	Hayvan kanı	Melas

Şekil 1. Tarihte harç ve beton üretiminde kullanılan doğal katkılar

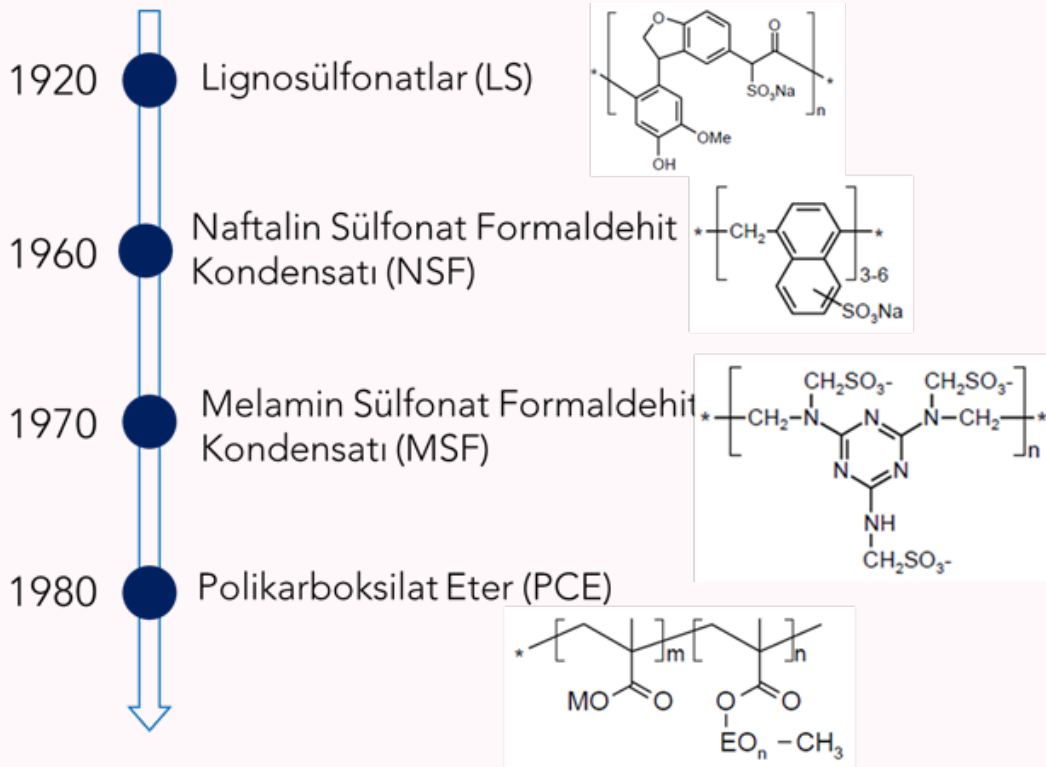
Betonda kimyasal katkı olarak kullanılan ilk malzeme kalsiyum klorürdür. Kalsiyum klorürün beton yapımında kullanılmasına dair ilk patentler Almanya'da 1873 ve İngiltere'de 1885 yılında alınmıştır. Kalsiyum klorür uzun bir süre betonun erken dayanımını arttırmak veya soğuk havalarda betonun prizini hızlandırmak amacıyla kullanılmıştır. Ancak, kalsiyum klorürün beton içindeki çelik donatının korozyonuna neden olması kullanımın sınırlanmasına neden olmuştur.

Su azaltıcı ve priz geciktirici katkıları hakkında ilk önemli araştırmalar 1930'lu yıllarda başlamıştır. Suda çözünebilir hidroksil karboksilik asit tuzlarının beton karışımında su ihtiyacını azalttığına dair patent 1932 yılında Almanya'da ve İngiltere'de, 1939 yılında ise ABD'de alınmıştır. 1936 yılında linyosülfonik ve naftalin sülfonik asitin beton üzerindeki etkisi, 1934 yılında sodyum glukonatın su azaltıcı etkisi ve triethanomalinin priz üzerindeki etkisi



araştırılmaya başlanmıştır. Hava sürükleyici katkıların etkisi ile ilgili ilk çalışmalar yine 1930'lu yıllarda yapılmıştır.

Literatürde yüksek oranda su azaltan süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkılarla ilgili ilk çalışmalar 1960'lı yıllarda görülmektedir. 1980'li yıllara dek Japonya, Almanya, ABD ve İngiltere gibi birçok ülkede süperakışkanlaştırıcı kimyasalların betonda kullanımı ile çok sayıda çalışma yapılmıştır. Süperakışkanlaştırıcı katkıların özellikleri 1980 yılında yayımlanan "ASTM C494 - Beton için Kimyasal Katkı Maddeleri" isimli Amerikan standardında belirtilmiştir .

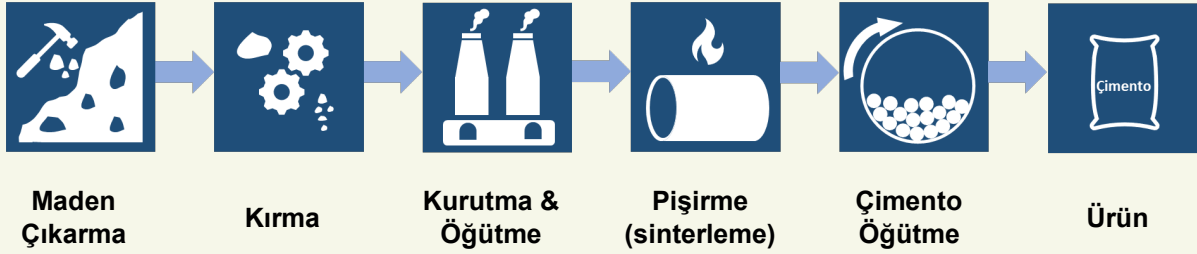


Şekil 2. Beton kimyasal katkılarının son yüzyılda gelişimi



ÇİMENTO KATKILARININ TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Çimento üretimi; her aşamasının ürün kalitesi, ekonomik ve ekolojik üretim parametreleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu oldukça teknik bir süreçtir. Çimento üreticileri, Şekil 1’de görüldüğü gibi çimento üretimi için gerekli olan ham maddelerin çıkarılmasından ürünün arzına kadar tüm aşamalarda birçok parametrenin kalite kontrol sürecine dikkat ederek üretim yapmaktadır. Bu aşamaların en önemlilerinden birisi de öğütmedir.



Şekil 1. Çimento üretim aşamaları

Çimento öğütme işlemi; çimento kalitesini belirleyen standartları ve müşteri taleplerini karşılayacak şekilde ayarlamak için son ve en önemli süreçtir. Mekanik öğütme işlemi, kimyasal ve fiziksel ham madde özellikleri ve çimento formülasyonu gibi farklı alanlardan gelen etkileri birleştirir.



a) klinker



b) alçı taşı



c) kireç taşı

Şekil 2. Çimento üretiminde öğütülmesi gereken bazı malzemeler

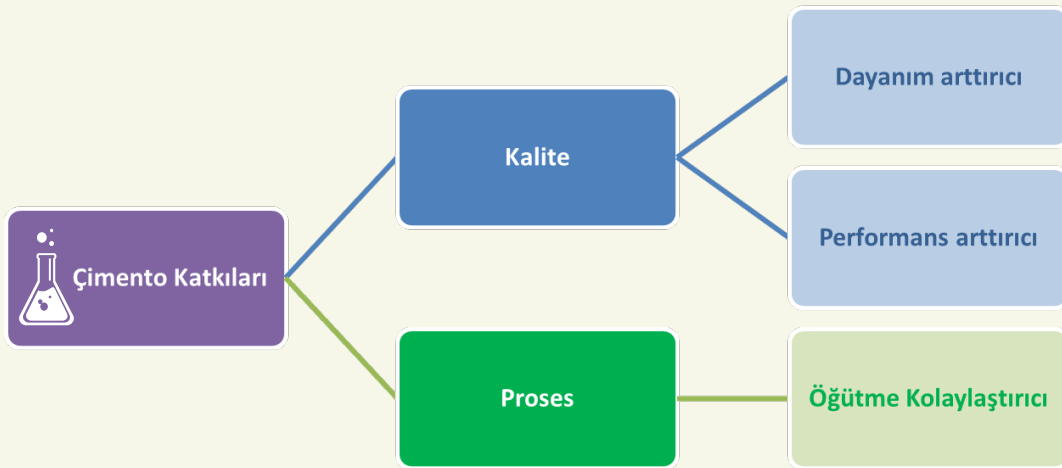
Çimento üretimi için toplam enerji tüketimi genel olarak 90-113 kWh/t aralığındadır. Çimento üretiminde harcanan toplam enerjinin yaklaşık %71-%85'i ham maddelerin boyutlarının küçültülmesi ve kömürün öğütülmesi için kullanılır. Çimentoyu öğütme işlemi tek başına yaklaşık 30-40 kWh/t enerji tüketir. Üretim prosesinde harcanan enerjinin yarısından fazlası klinkerin ve ham maddenin (farin) öğütülmesi için kullanılmaktadır. %38 oranında klinker öğütmesine, %33 oranında ham maddenin öğütmesine harcanır. Sera gazı salımını düşürmek için, öğütmeye harcanan bu enerji miktarının düşürülmesi son derece kritiktir. Bu nedenle öğütme prosesinin verimliliğinin artırılması dikkate alınması gereken bir konudur.



Klinkerin öğütülebilirliğini iyileştirmeden sorumlu olan mekanizmalar fiziko-kimyasal bir bakış açısıyla açıklanmalıdır. Genel olarak; klinker parçacıklarının yüzeyleri, serbest yüzey yüküne yol açan tamamlanmamış yüzey bağları nedeniyle termodinamik olarak dengede değildir. Tüm sistemlerde olduğu gibi parçacıklar, agregasyon ve yüzeylere tutunma yoluyla oluşan serbest enerjiyi azaltarak dengeye yaklaşmaya çalışmaktadır.

Öğütme sırasında klinker boyutu küçüldükçe yüzeyin serbest enerjisi artar ve oluşan dengesizlik önemli bir hale gelir. Bu durum agregasyon ve aglomerasyona yol açar ve değirmenin verimliliğini düşürür. Öğütme kolaylaştırıcı kimyasallar kullanıldığında organik katkı maddeleri çimento taneciklerinin yüzeyine adsorbe edilir. Bu durum, yüzey yükünü ve enerjiyi azaltır ve taneciklerin birbirlerinden ayrılması için gerekli ortamı sağlar. Ayrıca, çimento parçacıklarının kohezyonu önlenir. Organik katkı maddeleri çekme kuvvetlerini (Van der Waal) azaltıp, itme kuvvetlerini arttırarak çimento tanecikleri arasındaki elektrostatik kuvvetleri değiştirir. Böylece katkı maddeleri yüzey aktif maddeler gibi davranır.

Çimento katkı maddeleri, çimento öğütme işlemi ve çimento özelliklerinin optimizasyonu için çimentoya ilave edilen malzemelerdir. 1930'ların ortalarında çimento fabrikaları, çimento üretim hacmini artırmak için çimento katkı maddeleri kullanmaya başlamıştır. O zamandan beri kimyasal katkı maddelerinin kullanımı çimento üretiminde doğal bir hale gelmiştir. Çimento katkı maddeleri; öğütme yardımcıları, dayanım arttırıcılar ve performans arttırıcılar şeklinde farklı ürün gruplarına ayrılmaktadır. Bu etkilerin türü ve büyüklüğü; katkı türü, dozajı, uygulaması, değirmen sistem tasarımı, çimentodan istenen performans özellikleri gibi birçok faktöre bağlıdır.

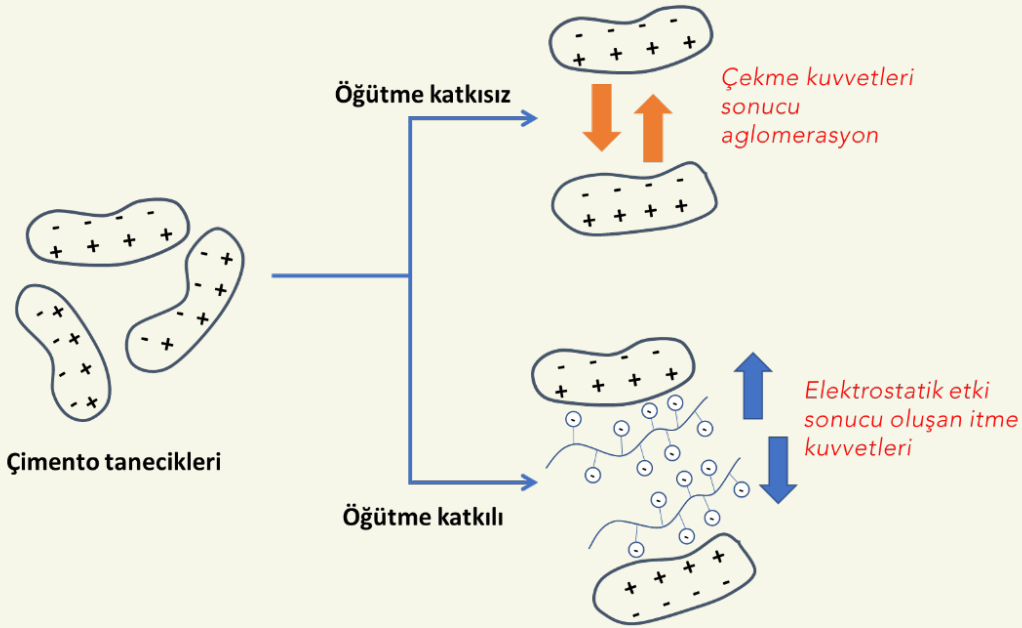


Şekil 3. Çimento katkılarının sınıflandırması

Öğütme Kolaylaştırıcı Katkılar: Çimento değirmeninde (bilyeli değirmen, dikey silindri değirmen vb.) verimliliği/kapasiteyi artırmak, elektrik enerjisinden tasarruf etmek, maliyet düşürmek, inceliği iyileştirmek, toz akışkanlığını arttırmak ve tanımlanmış diğer çimento



özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Klinkerin öğütülmesi, kristal yapıda yeni mikro çatlakların oluşmasına yol açar. Kusurlar oluştuğunda kristallerdeki iyonik bağlar kırılır ve taneler yüksek yüzey enerjisi kazanır. Bu fenomenin bir sonucu olarak, Şekil 4'te görüleceği üzere çimento tanelerinin yüzeyinde, birbirleriyle etkileşime girmelerine neden olan ve aglomerasyona yol açan pozitif ve negatif yükler ortaya çıkar. Bu durum, özgül yüzey alanındaki artışı sınırlar ve değirmenin iç kısımlarının çimento tanecikleri ile kaplanarak değirmen performansında düşüşe neden olur. Öğütme kolaylaştırıcı katkılar; çimento partiküllerinin yüzeyine adsorbe olan, yüzey yüklerini nötralize eden ve partiküller arası çekim kuvvetlerine karşı kalkan olarak davranan kimyasallar içerirler. Çimento partiküllerinin arasındaki çekim kuvvetlerinin etkilerini azaltarak, partiküllerin bir araya gelmesini (aglomerasyonunu) önlemeye yardımcı olurlar. Bu sayede öğütme verimi artar ve seperatörden dönüş oranı azalır.



Şekil 4. Öğütme kolaylaştırıcı katkıların tanecik yüzeyleri üzerindeki etkisi

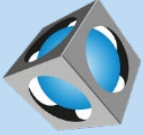
Dayanım Arttırıcı Katkılar: Çimentonun her yaştaki (erken ve/veya nihai) mekanik dayanımını, çimentonun özgül yüzey alanını ve partikül boyutu dağılımını değiştirmeden kimyasal aktivasyonla arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu sayede dolaylı yoldan klinker/çimento oranının azaltılması, mineral katkı kullanım oranının arttırılması, maliyet optimizasyonu yapılması ve karbon ayak izinin düşürülmesi gibi faydalar da sağlanmaktadır.

Performans Arttırıcı Katkılar: CO₂ emisyonlarını ve maliyeti azaltmak, aynı zamanda da bazı performans özelliklerini (hidratasyon ısısı düşürme, nihai dayanım artışı sağlama vb.) geliştirmek için klinker genellikle granüle yüksek fırın cürufu, doğal puzolanlar ve uçucu kül gibi çimento esaslı malzemeler (mineral katkı) ile ikame edilebilmektedir. Çimento kalitesi için kritik olan dayanım gelişimi, toz akışkanlığı, harç işlenebilirliği ve dayanıklılık için son derece faydalı olan bu mineral katkılı çimentoların performansını iyileştirmek amacıyla performans arttırıcı katkıları kullanılmaktadır.



REDOZ UYGULAMASI

Şantiyeye sevk edilmiş betonun kıvamının çeşitli nedenlerle (yüksek hava sıcaklıkları, döküm hızının yavaş olması, yoğun trafik, çeşitli aksaklıklar vb.) hedeflenen değerde olmaması durumunda, kıvamın düzenlenmesi amacıyla betona kimyasal katkı ilave edilmesi işlemdir.



Şantiyede betona kontrolsüz su ilave edilmesine kesinlikle müsaade edilmemelidir. Bunun yerine kimyasal katkı ile redoz uygulaması yapılmalıdır. Betonun kolay işlenmesi için şantiyede betona katılan su, basınç dayanımını ve geçirimsizliğini önemli derecede azaltır.

Şantiyede betona kontrolsüz su ilave edilmesine kesinlikle müsaade edilmemelidir. Bunun yerine kimyasal katkı ile redoz uygulaması yapılmalıdır. Betonun kolay işlenmesi için şantiyede betona katılan su, basınç dayanımını ve geçirimsizliğini önemli derecede azaltır.

Hazır beton genel olarak basınç dayanımı ve kıvam sınıfına göre sipariş edilmektedir. Hazır beton üreticisi de müşteri tarafından talep edilen kıvam sınıfını; beton reçetesi, şantiyenin uzaklığı, trafik durumu, hava sıcaklığı gibi parametreleri göz önünde bulundurarak üretim aşamasında ayarlamaktadır. Çimento ve su, ilk karıştırma ile reaksiyona girerek zamanla sertleşmeye ve dolayısıyla kıvamını kaybetmeye eğilimlidir. Betonun taşınması sürecinde yaşanabilecek sorunlar, şantiyede beton dökümünün gecikmesi, hava sıcaklığına bağlı olarak transmikser içindeki betonun hızlı kıvam kaybetmesi gibi nedenlerden dolayı betonun işlenebilirliği öngörülenden daha fazla azalabilmektedir. Bu durumda da şantiyede betonun işlenebilirliğinin arttırılması gerekebilir. Bu aşamada biri doğru diğeri yanlış iki uygulama söz konusudur. Su ilave edilerek betonun akışkanlığının arttırılması son derece zararlı sonuçlara neden olan yanlış yöntemdir.

Piyasada redoz olarak da bilinen, genel olarak beton üretiminde kullanılan akışkanlaştırıcı katkının aynısı ya da özel olarak şantiyede beton işlenebilirliğini yeniden arttırmaya yönelik üretilen kimyasal katkılar beton performansını olumsuz etkilemek bir yana beton performansını olumlu etkileyen kimyasallardır. Bu katkıların kullanımı ile şantiyede kontrolsüz su ilave edilmesinin önüne geçilmekte ve olası dayanıklılık ve dayanım sorunları engellenmektedir.

Şantiyede betona katkı ilave edilmesi (redoz uygulaması) TS EN 206, TS 13515 Standartlarında ve Betonarme İşleri Genel Teknik Şartnamesinde yer almaktadır. TS 13515 Standardında redoz uygulaması ile ilgili aşağıdaki bilgiler yer almaktadır:

⇒ Betona su ilave edilmemesi esastır. Ancak, herhangi zorunlu bir sebeple su ilave edilmesi halinde, betonun son durumunu değerlendirmek üzere bu betondan kalite



kontrol için bir takım numune alınmalı ve bu numune takımından elde edilen deney sonucu, ortalamaya dahil edilmelidir.

- ⇒ Transmiklere ilave edilen herhangi su, kimyasal katkı, boyar madde veya fiber (fiber miktarı belirtilmişse) miktarı ve bunu talep eden taraf (kullanıcı veya imalatçı), tüm durumlarda teslim fişine (irsaliye) kaydedilmelidir.
- ⇒ Transmikser içerisindeki tekrar karıştırma süresi, her 1 m³ beton hacmi için en az 1 dakika olmalıdır. Asıl karıştırma işleminden sonra kimyasal katkı ilave edilmesi durumunda beton, en az 5 dakika süreyle daha karıştırılmalıdır.

18 Ağustos 2018 tarihinde 30513 nolu Resmî Gazetede yayımlanan Beton İşleri Genel Şartnamesinin 6.3.3.2. maddesinde aşağıdaki ifadeler yer almaktadır:

- ⇒ Betonun kıvamı şartnamede öngörülmuş ve beton üreticisi tarafından sevk ve teslim irsaliyesi ile beyan edilmiş kıvam sınıfından (toleranslar dahilinde) daha düşük ise kıvamın hedeflenen sınıfa getirilmesi için TS EN 934-2'e uygun kimyasal katkıları kullanılır. Bu işlem için kesinlikle su ilave edilmesine müsaade edilmez. Transmikser içinde kimyasal katkının yeniden karıştırma süresi, en az 5 dakika olmak üzere, her 1 m³ beton için en az 1 dakika olmalıdır. Beton döküm sahasında transmikserin içine boşaltmak suretiyle betona ilave edilmek istenen TS EN 206 ve TS 13515'te izin verilen boya, fiber, kimyasal katkı vb. maddeler üreticinin bilgi ve onayı dışında kesinlikle betona ilave edilemez.

Hazır beton üreticisinin kontrolü ve sorumluluğunda olan bu kimyasal katkıların istenilen performansı göstermesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- ⇒ Şantiyede ilave edilecek kimyasal katkının beton performansına etkileri ve diğer bileşenler ile uyumu hazır beton üreticisi tarafından önceden kontrol edilmelidir. Beton akışkanlaştırıcı katkı ile uyumlu redoz katkıları (PCE bazlı akışkanlaştırıcı-PCE bazlı redoz gibi) kullanılması gerekmektedir.
- ⇒ Döküm sahasında ilave edilen redoz katkıları priz süresini önemli düzeyde arttırmamalı ve kalıp sökme süresini fazla ötelememelidir. Bu konuda üretici ve uygulayıcının önceden gerekli kontrolleri yapması gerekmektedir.
- ⇒ Şantiyede gerekli beton kıvamını sağlamak için ne kadar katkı ilave edileceği önceden tespit edilerek transmikser operatörü bilgilendirilmelidir.
- ⇒ Yanlış katkı kullanımının önüne geçilmesi için beton santralinde ve şantiyede gerekli önlemler alınmalıdır.
- ⇒ Transmiklere ilave edilen kimyasal katkının karıştırma süresi en az 5 dakika olmak üzere, her 1 m³ beton için en az 1 dakika olmalıdır.
- ⇒ Katkı ilavesi sonrasında basınç dayanımı testi için uygun şekilde numune alınmalıdır.
- ⇒ Katkının ilave edilme zamanı, ilave edilen katkının tipi ve miktarı, ilave edilme öncesinde transmikserde kalan tahmini beton miktarı, ilave öncesi beton kıvamı, ilave sonrası beton kıvamı ve ilave işlemini talep eden taraf (yetkilinin kimlik bilgileri ve imzası) bilgileri irsaliyede belirtilmelidir.

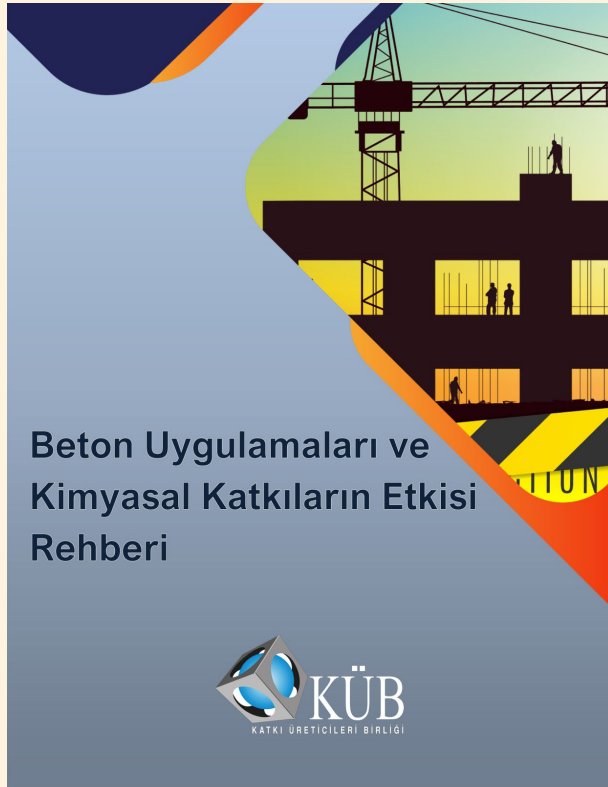


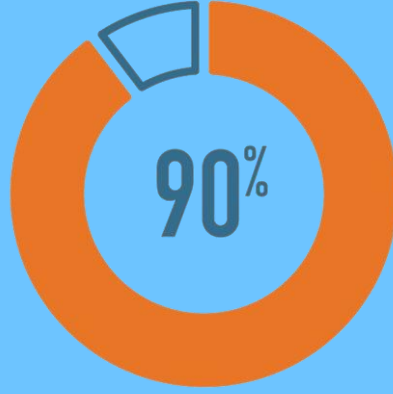
Tablo 1'de belirtilen gerçek bir saha uygulamasında şantiyeye gelen hazır betonun 1 saat sonraki çökme (slump) değeri 15 cm'den 9 cm'e düşmüştür. Betona su ve redoz katkısı katılarak kıvam 17 cm'e yükseltilmiştir. Ancak, su katılan betonun 28 gün sonunda basınç dayanımı C20/25 sınıfını karşılarken, redoz uygulanan betonun dayanım sınıfı C25/30 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 1. Şantiyede beton kıvamını ayarlama da su ve redoz katkı ilavesinin etkisi

Yer		Çökme	Beton Sınıfı
Beton santrali		15 cm	C25/30
Şantiyede 1 saat sonra	Su ve redoz katkı ilavesi yok	9 cm	C25/30
	Su katılarak	17 cm	C20/25
	Redoz katkısı kullanılarak	17 cm	C25/30

KÜB YAYINLARI





TÜRKİYE PAZARINI %90 ORANINDA TEMSİL EDİYORUZ.

Akkim

CHRYSO
SAINT-GOBAIN

EGECRETE
A licensee of EUCLID CHEMICAL

FOSROC

LYKSOR
Innovation & Trust

MAPEI
YAPIŞTIRICILAR - MASTIKLER - İNŞAAT KİMYASALLARI

onbironendüstriyel

Polisan
YAPIKIM

Sika®
BUILDING TRUST

YAPICHEM

kub.org.tr

