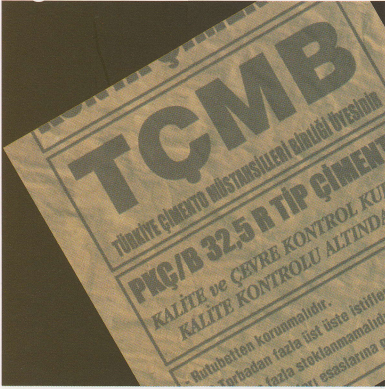


çimento



yeni bir çağın malzemesi



Çimento

"Yeni bir çağın malzemesi"

Çimento

"Yeni bir çağın malzemesi"

Hazırlayan

Prof. Asım YEĞİNOBALI

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği

Eskişehir Yolu 9. km.

06530 Ankara

Tel: 0312 287 3250

Faks: 0312 287 9272

E-posta: info@tcma.org.tr

www.tcma.org.tr

Yazışma adresi:

PK 2,

06582 Bakanlıklar / ANKARA

Ankara • 2003

2. Baskı

ISBN 975-8136-17-8

Yapım

Demo

Reklamcılık ve Bilişim Hizmetleri Ltd.Şti.

0312 439 5699

demo@demoart.com

www.demoart.com

Giriş /	5
Barınma İhtiyacı: <i>Taş Devri ve Sonrası</i> /	7
Pişmiş Kil /	10
İlk Çimentolar /	11
Portland Çimentosu /	14
Portland Çimentosu Nedir? /	16
Ham Madde Karışımının Hazırlanması /	18
Farin Değirmeni /	19
Pişirme (<i>kalsinasyon</i>) /	20
Döner Fırın Kimyası /	23
Klinkerin Bileşimi - <i>farklı karakterlerde dört kardeş</i> - /	24
Döner Fırından Sonra /	26
Klinkerden Çimentoya /	27
Çimento Fabrikası /	29
Çimento Piyasada /	32
Çimentolar Kaç Çeşit? /	34
Çimento - Hamur - Harç - Beton /	38
Hidratasyon ve Priz /	38
Hangi Tip Çimento, Nerede Kullanılmalı? /	39
Çimento Dayanımı - Beton Dayanımı /	40
Doğal Taştan Yapay Taşa: <i>Yeni bir çağın malzemesi</i> /	42
Geleceğin Çimentoları ve Çimentolu Ürünleri /	46
Türk Çimento Sektörü /	48
Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği /	50



Giriş

Çimento ile harç ve beton gibi çimentolu ürünler insanoğlunun geçmişte en fazla kullandığı ve gelecekte en fazla kullanacağı yapı malzemesi olmakla beraber aynı zamanda en fazla küçümsenen ve özellikleri en az bilinen malzemelerdir. Belki de bunun nedeni ilk bakıştaki basit görünümleri ve kolay sanılan üretilebilmeleridir. Neticede çimento toprağa benzeyen gri renkli bir tozdur, beton da taş gibi bir şey... Bir çocuğun da önüne konulan çimento, kum, çakıl ve suyu karıştırıp betona benzer bir şey yapması zor değildir. Gerçekte ise istenilen özelliklerde bir beton elde etmek teknik bilgi ve deneyim isteyen, itinaile yerine getirilmesi gereken çeşitli işlemleri içeren bir olaydır. Çimentonun da gerek kimyasal yapısı gerekse su ile reaksiyonu son derecede karmaşıktır. Çimento ve betonun iyi tanınmaması can ve mal kaybına neden olabilecek yanlış uygulamalara yol açabilmektedir.

Bu kitapçık çimento konusunda hiç bilgisi olmayanlar için hazırlanmıştır. Ancak bilgisi olanlar için de yer yer ilginç ve yararlı bölümler içerdiğine inanılmaktadır.

Önce tarih boyunca insanoğlunun barınak sorununa çözüm aramasına paralel olarak bağlayıcı malzeme ve çimentonun gelişimi anlatılmış daha sonra portland çimentosunun fabrikada üretimi, çeşitleri ve kimyasal bileşimi ele alınmıştır. Hamur, harç ve beton gibi çimentolu ürünlere kısaca değinildikten sonra gelecekte beklenen gelişmelere yer verilmiştir. En sonda Türk çimento sektörü ve Türkiye Çimento Müstahsilleri hakkında kısa bilgiler verilmektedir.



Barınma İhtiyacı:

Taş Devri ve Sonrası

İnsanoğlunun en temel ihtiyaçlarından birisi barınabileceği bir yer, bir "konut"tur. İlk zamanlarda bu ihtiyacını doğadan kolayca temin edebildiği taş, toprak ve ahşap ile karşıladı.

Bu amaçla kullanılan ilk malzeme taş oldu. Buzul çağında ve taş devrinde mağaralarda yaşandı, mağara girişini kapamak için kullanılan bir kaya parçası belki de ilk yapı elemanı oldu. Çeşitli alet ve silahların yapımı için de taş kullanıldı. Buzulların eriyip kutuplara çekilmesi ile mağaralardan çıkan insanlar yeni oluşan alanlara yerleştiler veya göçebe olarak yaşadılar. Konut yapımı için kullandıkları malzeme daha ziyade yörenin iklimi, bitki örtüsü ve coğrafyasına bağlı olarak belirlendi.



Ormanların bol olduğu orta ve kuzey Avrupa'da önce çamurla birleştirilmiş dallardan sonra da odunlardan yapılmış kulübeler kullanıldı. Duvarlarda ve çatıda toprak ve çamur tabakaları da hem bağlayıcı hem de yalıtkan olarak yer alıyordu.

Avrupa'nın güneyinde, Akdeniz civarında ise ormanlar seyrekli. Ayrıca insanlar o kadar fazla ağsap kullanmaya başladılar ki İ.Ö. 8000 yıla gelindiğinde ormanların çoğu tükendi. Diğer taraftan her taraf taş ve kaya dolu idi. Dolayısı ile yapılarda tekrar taşa dönüş başladı. Sokaktaki vatandaş basit kuru veya çamur harçlı taş duvarlardan oluşan kulübelerde yaşarken en güzel ve dayanıklı kayalar yontularak tanrılar ve ölüler için görkemli taş yapıların yapımında kullanıldı. Eski Mısır'ın piramitleri, Mezopotamya'daki çok katlı kuleler ve daha sonraları eski Roma ve Yunan tapınakları örnek olarak verilebilir.





Yüksek yaylalarda ve kurak yörelerde ağaç olmadığı gibi işe yarayacak taş da bulunmayabiliyordu. Bu gibi yerlerde yapı malzemesi olarak su ile karıştırıldığında plastikleşen, kuruyunca şeklini koruyan ve sertleşen killi topraklar kum ile de karıştırılarak kullanıldı. İ.Ö. 6700 yılında inşa edilen Çatalhöyük'deki evlerin duvarları kurutulmuş kil bloklarla yapılmıştı. Blokların aynı boyutlarda oluşu düzenli bir üretim sistemi bulunduğunu, içlerindeki saman parçaları da kilde çatlamaları azaltma yönteminin daha o zamanlardan bilindiğini göstermektedir. Zamanının en büyük şehri Babil de benzer duvar elemanları ile inşa edildi.



Fırat nehri kıyılarında yaşayan-
lar İ.Ö. 3000 tarihlerinde, belki
de tesadüfen ve düşen bir

Pişmiş Kil

yıldırımın çıkardığı yangın sonucu,
pişmiş kilin çok daha fazla sertlik ve
dayanım kazandığını keşfettiler. Bu
sağlam ve dayanıklı malzeme basit
fırınlarda pişirilerek yörede kullanıma
girdi. Kral Nabukadnezar İ.Ö. 600
yılında yazdırdığı bir kitabede piş-
miş kil bloklarından İstar şehrinden
Fırat kıyılarına kadar uzanan surlar
yaptırdığına değinmektedir.

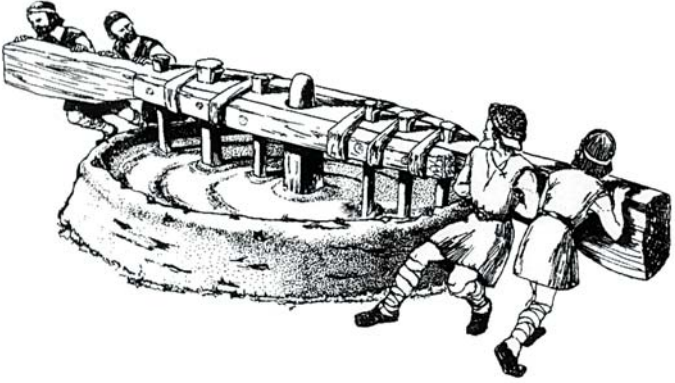




ilk Çimentolar

Duvar bloklarını birleştirmekte kullanılan ilk bağlayıcı malzemeler olarak alçı ve kireçten söz edilir. Eski Mısır piramitlerinde hangisinin daha fazla kullanıldığı zaman zaman tartışma konusu olmuştur. Alçıtaşının 190-200°C da pişirilmesi ile adi alçı elde edilirken hava kirecinin kalkerden daha yüksek (900°C) sıcaklıklarda elde edilişi belki de alçının daha önceleri kullanıma girdiğini kanıtlar. Her iki bağlayıcının da suya karşı dirençsiz oluşu ve hava kirecinin su içinde sertleşmemesi kullanımlarını ve dayanıklılıklarını kısıtlayan faktörlerdi.





Eski Romalılar hava kirecini Vezüv yanardağı eteklerindeki Pozzuoli kasabası civarındaki volkanik tüflerle birlikte ince öğüterek daha yüksek dayanımlı ve suya karşı dirençli bir bağlayıcı elde ettiler. Benzer malzeme Santorin adasındaki tüfleri kullanarak Eski Yunanlılar, pişmiş tuğla ve kiremit tozlarını kullanarak Orta Doğu uygarlıkları tarafından da geliştirildi. Kendi başlarına bağlayıcı olmasalar da kireçle birleştiklerinde suda sertleşebilen ve suya dirençli yani "hidrolik" bir bağlayıcı oluşturan bu tür malzeme de "puzolan" (Pozzuoli'den gelen) olarak anılmaya başladı. O çağlarda kireç, puzolan karışımı bağlayıcılarla yapılan bir çok yapı günümüze kadar ayakta kaldı.



Orta Çağlarda bağlayıcı malzeme teknolojisi fazla gelişme göstermedi. Volkanik tüfler her yerde bulunmuyordu ve pişirme sıcaklıklarına özen gösterilmediğinden yüksek dayanımlara ulaşamıyordu. Bu arada kalker yerine killi kalker 1000°C da pişirerek hava kireci yerine hidrolik özelliğe sahip su kireci elde edilmeye başlandı.



1750 yılında Cornwall, İngiltere’de Eddystone Deniz Feneri binasının yapımını üstlenen John Smeaton çeşitli kalker, kil ve alçı bileşimleri kullanılarak elde ettiği su kireçlerinin deniz suyuna karşı dirençlerini puzolan da katarak inceledikten sonra en uygun ham maddeleri belirleyip, su kirecinin özelliklerini geliştirdi. Bu tür çalışmalar Fransa’da Louis Vicat tarafından devam ettirildi (1812). Killi kalkerlerin 1200°C sıcaklığa kadar pişirilmesi ile daha yüksek dayanımlı bir su kirecinin elde edilmesi ve mineral katkılarla priz sürelerinin ayarlanması mümkün oluyordu. Tabii (doğal) çimento olarak da anılan bu bağlayıcı malzeme çeşitli ülkelerde uzun süre, portland çimentosu üretimi başladıktan sonra da, kullanım buldu.



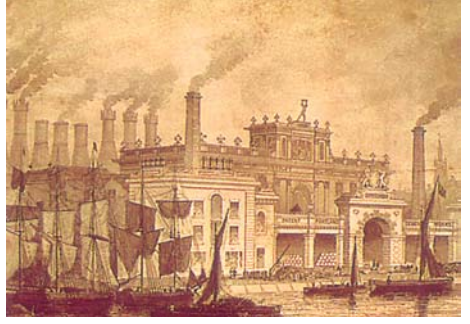
Portland çimentosunun 1824 yılında İngiltere’de bir duvarcı ustası olan Joseph Aspdin tarafından keşfedildiği kabul edilir.

Portland Çimentosu

Aspdin doğal killi kalkerler yerine 3 kısım kalker ve 1 kısım kili uygun bir bileşim elde etmek üzere karıştırıp yüksek sıcaklıkta pişirerek üstün dayanım ve dayanıklılığa sahip yeşimsi gri renkte bir çimento elde etti. Rengi güney İngiltere’de Portland yarımadasındaki killi kalkerleri andırdığından çimentoyu Portland Çimentosu ismi ve 5022 sayılı patent ile tescil ettirdi. Ancak benzer ve daha gelişmiş çimentolar 19.yüzyıl içerisinde diğer ülkelerde de üretilmeye başlandı. Temelde ham madde ve üretim prensipleri aynı olan bütün bu çimentolar da portland türü çimentolar olarak anıldılar. Bu gün dünyada kullanılan hidrolik çimentoların büyük çoğunluğu portland türündendir.

Günümüze kadar geçen süre içinde portland çimentosu özellik ve üretim prosesleri yönlerinden sürekli gelişti.





Klasik ham maddelere ve doğal puzolanlara ilaveten 19. yüzyılın sonlarına doğru yüksek fırın cürufu kullanılmaya başlandı. Uçucu kül ve silis dumanı gibi diğer endüstriyel yan ürünlere ilaveten çeşitli mineral ve sonraları bazı kimyasal katkıların kullanımı 20. yüzyılda artış gösterdi. Üretimde başlangıçta kullanılan düşey fırınların yerini 1886'dan itibaren döner fırınlar almaya başladı. Konu ile ilgilenen Thomas Edison da döner fırınların gelişmesine katkıda bulundu. Bugünün çimento fabrikaları yüksek düzeyde elektronik otomasyonla çalışmakta olup, enerji tasarrufu sağlayan ve çevreye duyarlı ileri teknolojilere sahiptirler. Üretilen çimentoların kaliteleri de ilk zamanlarla kıyaslanamayacak kadar yükselmiştir.





Portland imentosu genellikle gri renkli toz halinde maddedir. Elde edilmesi için önce kalker, kil ve gerekiyorsa bir miktar alüminyum ve demir oksitler istenilen kimyasal bileşimi sağlamak üzere orantılı olarak harmanlanıp ğütölürler. **Farin** olarak adlandırılan ham madde karışımı döner fırında 1450°C civarında bir sıcaklığa kadar pişirilir. Fırının ıkış ucuna doğru farin taneleri önce ergiyerek ve sonra çeşitli reaksiyonlar sonucu granüle halde **klinker** adı verilen topakları meydana getirirler. Portland imentosu elde etmek için klinkerin az bir miktar kalsiyum sülfat (örneğin alçıtaşı) ile birlikte ğütölmesi gerekir.

Portland imentosu Nedir?



Döner fırından önce ham maddeler üzerinde yapılan işlemler **Yaş, Yarı Kuru (Lepol) ve Kuru Sistemler** olarak uygulanabilir. Yaş sistemde ham maddeler sulu olarak karıştırılıp çamur değirmeninde öğütülürler. Yarı kuru sistemde ham madde karışımına %15 civarında su püskürtülerek granüller oluşturulur. Bugün fabrikalarımızın hemen tümünde ham maddelerin kurutularak işlem gördüğü Kuru Sistem uygulanmaktadır.



Ham Madde

Ocaklardan elde edilen ham maddeler kırıcılardan genellikle iki aşamada geçirilerek tane boyları küçültülür.

Çimento ham maddelerinin dikkatle orantılanmış bir karışımı olan farinin ana bileşenleri kireç ve silistir. Bunları alumin ve demir oksit takip eder. Daha az miktarlarda magnezyum ve alkali oksitler gibi diğer maddeler de bulunur.

Kireç (CaO) daha ziyade kalker veya marn gibi kalsiyum karbonat içeren kayalardan ortama girer. Silis (SiO_2) için ise başlıca kaynak kildir. Alumin (Al_2O_3) ve demir oksit (Fe_2O_3) de genellikle kilden elde edilirler veya ilaveten katılırlar. Portland çimentosunun oluşumu ve su ile hidratasyonu karmaşık kimyasal reaksiyonlar içerdiğinden ifadeleri kısaltmak için aşağıda belirtilen ve çimento kimyasına özgü semboller kullanılır:



$\text{CaO}=\text{C}$, $\text{SiO}_2=\text{S}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=\text{A}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3=\text{F}$, $\text{H}_2\text{O}=\text{H}$,

Farin fırında pişerken bu oksitler önce serbest hale gelirler ve sonra, sıcaklık yükseldikçe aralarında yeni bileşikler oluştururlar. Burada kireç miktarının yeterli olması ve ham maddelerin gereken oranlarda birleştirilmesi önem kazanır. Bu amaçla farin bileşimi bazı formüllerle kontrol edilir, ayrıca



Karışımının Hazırlanması

laboratuvarda sürekli denetim altında bulundurulur. Örneğin "kireç standardı"nı hesaplamak için kullanılan bir bağıntı şöyledir:

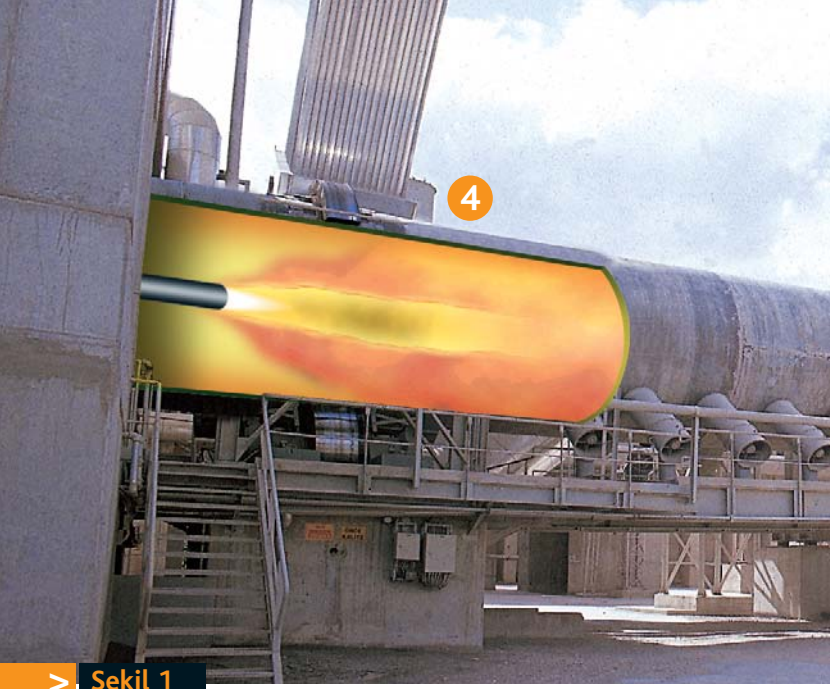
$$100 C / (2.8 S + 1.18 A + 0.65 F)$$

Burada C, S, A ve F oksitlerin bileşimdeki yüzdelerini gösterir. Klinkerin hızlı soğuması halinde fırında oluşan kimyasal denge oda sıcaklığında devam eder ve normal dayanımlı bir çimento için kireç standardının 90-93 arasında olması istenir. Daha yüksek değerler ile çimento dayanımı artar. Ancak, 100'ün üzerindeki değerler denge bozulduğunu ve tüm kirecin bağlanamayacağını gösterir. Serbest kalan kireç pişirmede ve çimentonun hacim sabitliği ile dayanımı üzerlerinde olumsuz etki yapar. Ham maddeler kendi bileşimleri esas alınarak yapılan bu tür hassas ayarlama ve kontrollerden sonra orantılı olarak birleştirilip öğütülürler ve uygun bileşimde öğütülmüş farin ön ısıtmaya sevk edilir.



Farin Değirmeni

Ham madde karışımı farin, etkin bir şekilde ısıtılıp kalsine edilebilmesi için önce öğütülür. Öğütme işlemi düşey değirmenlerde veya yatay bilyalı değirmenlerde gerçekleştirilir.



> Şekil 1

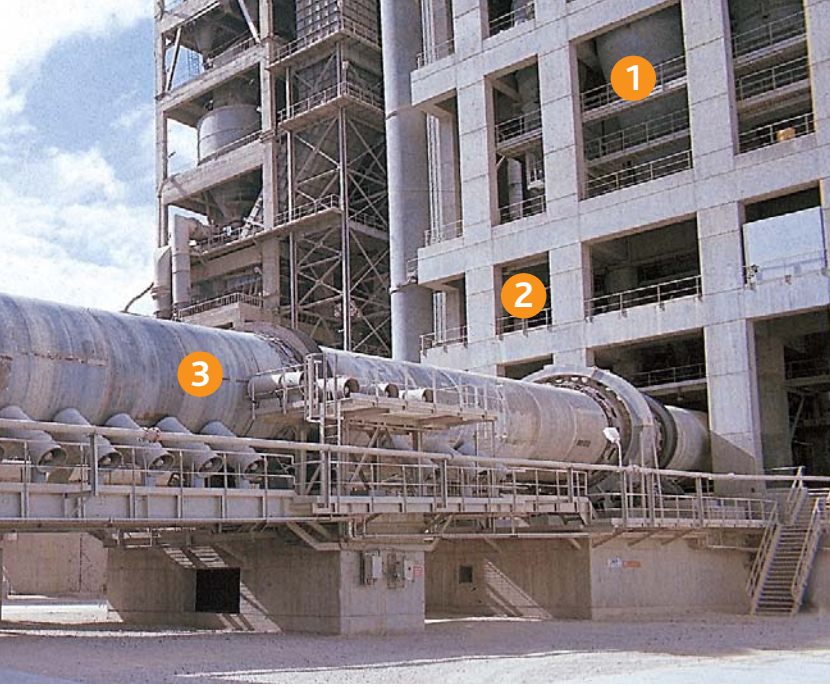
Çimento üretiminin en önemli aşaması farinin pişirilmesidir. Çimento fabrikalarına karakteristik görünümü veren kuleler ve döner fırın bu aşamada kullanılırlar.

Pişirme (kalsinasyon)

Şekil 1'deki numara sırası takip edilerek proses şöyle özetlenebilir:

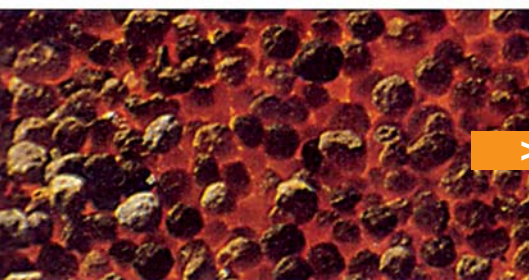
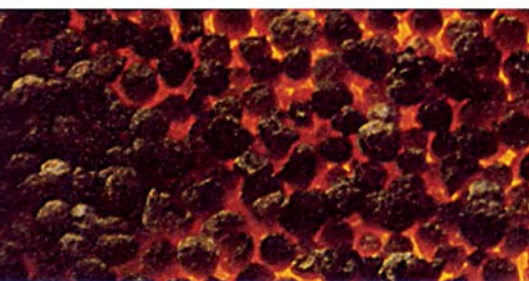
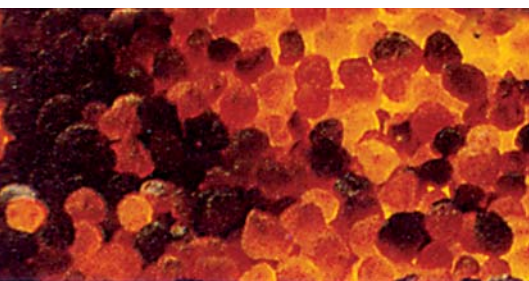
1 Modern çimento fabrikalarında farin enerji tasarrufu amacı ile fırına girmeden önce bir ön ısıtmaya tabi tutulur. Yükseklikleri 60 metreyi geçen ön ısıtma kulelerinde seri halindeki siklonlarda farin taneleri fırından gelen sıcak egzoz gazları içinde savrularak ısınırlar ve kısmen kalsine olurlar.

2 Bazı ön ısıtıcılarda kulenin altında ve döner fırından hemen önce bir ön kalsinasyon ünitesi bulunur. Son siklon aşamasından buraya sıcak hava ve yakıtla birlikte giren farin tanelerinde kalsinasyon, ham maddelerden CO_2 'in ayrıştırılması, % 95'e varan ölçüde tamamlanabilir.

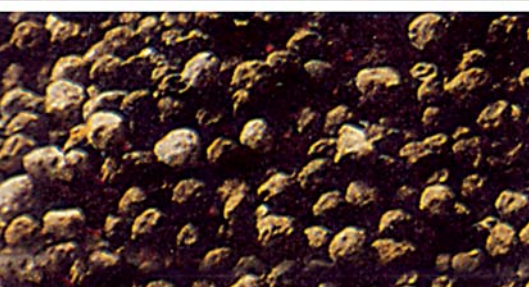
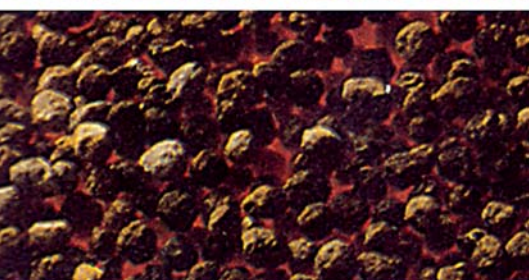


3 Döner fırın dünyada endüstri tesislerinde bulunan en büyük proses elemanı olarak kabul edilir. Çapı 3-7 m, uzunluğu 50-75 m kadar olup 50 mm kalınlığında çelik saçtan yapılmış, refrakter tuğla astarlı dev bir borudur. Yaklaşık %3-4 eğimli olarak monte edilen fırın dakikada 1.5-4 devir yaparak döner. Ön ısıtıcıdan gelen malzeme fırına yukarı uçtan girer ve fırınla beraber dönerek, yuvarlanarak, kayarak daha sıcak bölgelere, alt uçtaki aleve doğru ilerler. Bu arada geri kalan CO_2 'de malzemeden ayrılır ve ilerde özetlenecek bir dizi kimyasal reaksiyon meydana gelmeye başlar.

4 Döner fırının alt ucunda toz kömür, doğal gaz, fuel oil gibi yakıtların yakılması ile oluşturulan alevin çıktığı boru bulunur. Alev borusundan çıkan beyaz kor halindeki alevin sıcaklığı 1870°C değerine –yani güneş yüzeyindeki sıcaklığın üçte birine– ulaşır. Bu en sıcak bölgede sıcaklığı 1480°C 'ye varan kalsine malzeme kısmen ergiyip sıvılaşmaya başlar, ince taneler birbirlerine yapışıp daha büyük boydaki klinker tanelerini oluştururlar. Fırının alt ucundan çıkan klinker üzerinde soğutma işlemi uygulanır.



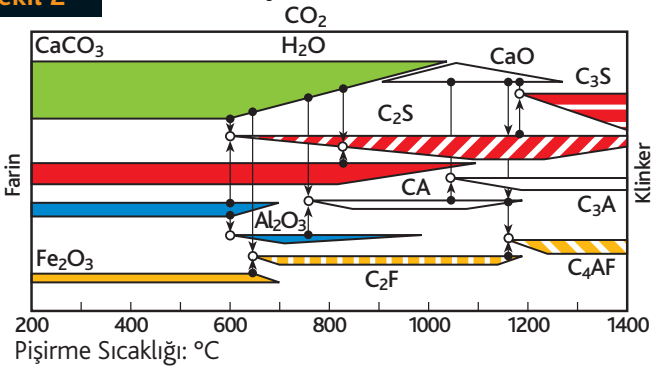
Klinker Soğuyor



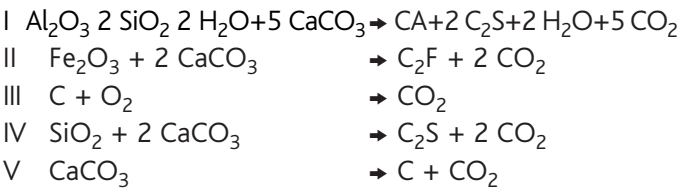
Döner Fırın Kimyası

Döner fırında çimento ham maddeleri içindeki kireç, silis ve alumin sıcaklık arttıkça önce serbest hale gelirler, sonra da kendi aralarında birleşip yeni bileşikler meydana getirirler. Ön ısıtmada ve fırının en üst bölgesinde malzemede serbest ve kristal sular buharlaşır, kil ayrışır ve CO_2 kalkerden ayrılmaya başlar. Aşağıya doğru, daha sıcak bölgelerde kalsinasyon tamamlanır, serbest kalan CaO kilden ayrılan SiO_2 ve Al_2O_3 ile birleşerek kalsiyum silikat ve kalsiyum aluminatları meydana getirir. Farinden klinkere geçişte çimento ham maddelerindeki mineral faz değişimleri Şekil 2'de gösterilmiş olup başlıca reaksiyonlar altta özetlenmiştir.

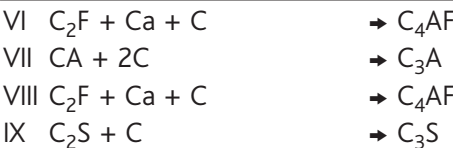
> **Şekil 2**

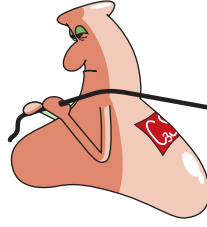


650-1050°C



1250-1450°C





Tipik bir portland çimentosu klinkerinde bileşimin % 90'ından fazlasını karma oksit formundaki dört ana bileşen oluşturur. Döner fırındaki reaksiyon ifadelerinden de görüleceği gibi bunlar:

Klinkerin Bileşimi

(farklı karakterlerde dört kardeş)

$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3=(\text{C}_4\text{AF})$, $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3=(\text{C}_3\text{A})$,
 $2\text{CaO}.\text{SiO}_2=(\text{C}_2\text{S})$ ve $3\text{CaO}.\text{SiO}_2=(\text{C}_3\text{S})$
olmaktadır.

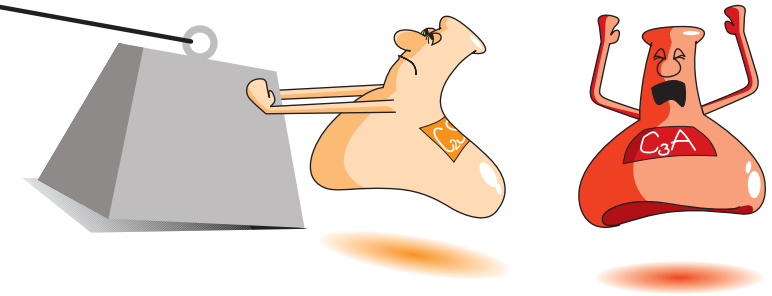
Bu dört ana bileşen gerek su ile reaksiyon hızları ve çıkardıkları ısı miktarları, gerekse çimentonun bağlayıcılık değerine katkıları yönlerinden birbirlerinden farklı karakter gösterirler.

C₄AF: Su ile reaksiyonu fazla olmayıp bağlayıcılık değeri azdır.

C₃A: Su ile çok hızlı reaksiyona girip çok fazla ısı açığa çıkarır, çimento hamurunun çok çabuk katılaşmasına neden olur. Etkisini yavaşlatmak için klinker alçıtaşı ile öğütülür. Bağlayıcılık değeri azdır. Sülfatların yıpratıcı etkilerine karşı çimentonun direncini zayıflatır.

C₂S: Su ile reaksiyonu yavaştır, az miktarda ısı açığa çıkarır. Yüksek olan bağlayıcılık özelliği kendini ileri yaşlarda gösterir.

C₃S: Su ile reaksiyonu ve ortaya çıkan ısı orta değerlerdedir. Yüksek bağlayıcılık özelliği ilk yaşlardan itibaren etkilidir.



Kalker ve kil gibi ham maddeleri orantılayıp farını oluştururken bu dört ana bileşenin göreceli miktarlarını değiştirmek ve yeni bir ham madde veya katkı kullanmadan elde edilecek çimento bazı özellikler kazandırmak mümkün olmaktadır. Örneğin C_3S miktarını yükselterek erken dayanımı yüksek çimento, C_3A miktarını azaltarak sülfatlara dayanıklı çimento, C_2S miktarını arttırıp C_3S ve C_3A 'yı azaltarak düşük ısıli çimento üretmek mümkün olur.

Klinker bileşiminin geri kalan küçük (% 10 civarındaki) bölümü serbest CaO , MgO ile alkali oksitler ve SO_3 bulunur. İlerde çimento ürünlerinde hacim genleşme ve çatlamalara yol açma olasılıklarından dolayı bu oksitlerin miktarları sınırlandırılır.

Sonuç olarak tipik portland çimento-
larının kimyasal bileşimleri % değerler
olarak genellikle aşağıdaki sınırlar
arasında değişir :

CaO : 60-67 SiO_2 : 17-25 Al_2O_3 : 3.0-8.0 Fe_2O_3 : 0.5-6.0
 SO_3 : 1.0-3.0 MgO : 0.1-4.0 Alkaliler: 0.2-1.3

Klinkerler döner fırından yaklaşık 1300°C de çıkarlar. Bu aşamada klinkerin soğutulması ve ortamdaki ısının kazanılması işlemleri ele alınır.

Döner Fırından Sonra

Üretimin diğer aşamalarına geçmeden önce klinkerin soğutulması gerekir. Burada en sık kullanılan yöntem ızgara plakalar üzerinde yavaşca ilerleyen klinker tanelerine basınçlı dış hava verilmesidir. Klinker iç yapısını etkileyeceği için soğutma hızının kontrollü olması istenir.

Ortamdan kazanılan ısı enerjisi klinker üretimi için gerekli olan miktarın üçte birine yakındır. Klinker soğutucusundan gelen sıcak hava tekrar fırının ısıtılmasında ve ön kalsinasyonda kullanılır. Artan sıcak havadan ham maddelerin kurutulması, sıcak su temini ve binaların ısıtılması gibi amaçlar için de yararlanılır.



Klinkerden Çimentoya

Soğutucudan çıkan klinker çimento üretiminde bir ara ürün sayılır. Çimento, klinkerin bir miktar kalsiyum sülfat ile öğütülmesi sonucu elde edilir. Klinker kalsiyum sülfat ile doğrudan fabrikada öğütülebilir veya bu amaçla başka yerlerdeki öğütme tesislerine gönderilir, hatta yurt dışına ihraç edilebilir.

Yaklaşık 2cm çapındaki klinker tanelerinin çimento tanesi inceliğine kadar öğütülmesi gerekir. Çimento tane boyutları genellikle 40 mikronun altında, ortalama 15-20 mikron (0.0015-0.0020 cm) olduğuna göre, bu aşama sonunda klinker tanesinin 1000 kere kadar küçültülmüş olması gerekmektedir.

Klinker ve alçının öğütülmesinde daha çok bilyalı değirmenler kullanılır. Yaklaşık 3 m çapında çelik silindir şeklindeki değirmenlerde hacimlerinin üçte birine kadar çelik ezici bilyalarla doldurulmuş bölmeler bulunur. Silindir dönerken bilyalar klinker tanelerine çarparak onları ufalarlar. Son bölmede istenilen incelik elde edilmiş olur. Klinker doğrudan soğutucudan gelmişse hala 50-100°C arası sıcaklıktadır ve öğütme sırasında değirmen içine basınçlı su verilerek sıcaklığın artması önlenmiş olur.



Klinkere öğütme sırasında ağırlıkça % 3-5 arası kalsiyum sülfat katılır. Bu işlem çimentonun su ile karıştırıldığında kimyasal reaksiyonların ve katılma sürecinin kontrolu bakımından zorunludur. Son yıllarda öğütmeyi kolaylaştırıcı bazı kimyasallar da bu aşamada klinkere katılmaktadır.

Bu şekilde elde edilen portland çimentosuna klinker ile kalsiyum sülfatın öğütülmesi sırasında veya ayrıca öğütülmüş olarak bazı mineral katkıları katılarak değişik tipli çimentoların üretilmesi de giderek yaygınlaşan bir uygulamadır.



Çimento Fabrikası

Modern çimento fabrikaları ham madde girişinden çimento çıkışına kadar yer alan işlemlerde teknolojiye en son

gelişmelerden yararlanırlar. Gerekli elektromekanik, elektronik ve uzaktan kumanda sistemlerini kullanarak üretimin randımanlı ve çevreye dost bir şekilde gerçekleşmesini sağlarlar. Özellikle enerji tasarrufu ve çevre kirlenmesini önlemek son yıllarda daha da önem kazanmıştır.



Malzeme bir işlem merkezinden diğerine tane boyu, sıcaklık ve rutubet durumuna göre mekanik veya pnömatik sistemlerle taşınır. Bu aşamalarda baca gazlarında ve stok silolarında oluşan tozlar çevre ve fabrika ekipmanı için zararlıdır. Çeşitli tiplerde filtrelerle bu tozların dağılmadan önce toplanmaları sağlanır. Torba filtreler ve elektrostatik toplayıcılar en sık kullanılan tiplerdir.



Fabrikaya enerji yüksek gerilim (30-140 kv) hatlarından alınır. Transformatörden geçerek (3-6 kv) değerine indirgenir ve fabrika içindeki dağıtım sistemi ile solenoid valflar, irili ufaklı motorlar ve büyük makinalardan oluşan cihazları çalıştırmak için 1000'den fazla çıkış noktasına ulaştırılır. Orta boy fabrikalarda toplam güç kullanımı 30 000 kw değerine yaklaşır.

Fabrikalarda bulunan merkezi kontrol odalarında üretim prosesi yaklaşık 2000 ayrı algılama ve kontrol noktasından elde edilen sıcaklık, basınç, gazlar ve hareketli parçalarla ilgili bilgiler vasıtası ile bilgisayar ekranlarından sürekli denetlenir. Bilgisayarlarda veya duvarda ham madde girişinden çimento çıkışına kadar silolar, kırıcılar, değirmenler ve döner fırın gibi fabrika bölümlerini gösteren ışıklı bir akış şeması bulunur. Döner fırının içi, soğutucu ve diğer kritik bölümler kapalı devre televizyon ile izlenir. Prosesle ilgili bütün işlemlerin



bilgisayar ile çok ayrıntılı kayıtları tutulur. Malzemenin birimler arasında akışı ve siloların doldurulması gibi işlemler otomatik olarak kontrol edilir. Sistemin herhangi bir noktasında oluşacak arıza anında belirlenerek gerekli önlemler alınır.

Üretim sürecinde kalite kontrolü amacı ile temsili numuneler otomatik olarak alınıp fabrika laboratuvarına gönderilir. Çimento, endüstride en sıkı kalite kontrolü uygulanan ürünlerden biridir.



Fabrikada veya öğütme tesisinde üretilen çimento silolarda depolanır ve iki şekilde piyasaya arz edilir:

Çimento Piyasada

- Torbalı çimento: Çimento, üç katlı özel kraft kağıttan torbalara konulur. Ülkemizde (ve diğer bir çok ülkede) torbalar 50 kg.'lıktır. (Bu bir yetişkinin tek başına kaldırabileceği en ağır yük olarak kabul edilmiştir. Siz de deneyebilirsiniz!). Ancak yeni standard bu konuda üreticiyi serbest bırakmaktadır. Bazı ülkelerde daha küçük, örneğin 25 kg.'lık torba kullanıldığı da bilinmektedir. Torbalı çimento daha ziyade küçük ölçekli inşaat ve kullanım yerleri için uygundur.



- Dökme çimento: Çimento silodan doğrudan özel tankerlere (silobas) yüklenerek hazır beton tesislerindeki veya inşaat mahallindeki beton santrallerine sevk edilir.





Çimento torbalarının üzerinde ve dökme çimento sevk belgelerinde çimento ile ilgili olarak üreticinin ismi, çimento tipi ve sembolleri, standard numarası ve üretim tarihi gibi gerekli bilgiler yer alır.

Kullanım aşamasına kadar çimentonun havaya ve rutubete maruz kalmaması gerekir. Bu amaçla torbaların kapalı alanlarda, bir platform üzerinde, aralarında hava sirkülasyonu olacak şekilde istif edilmesi önerilir. Dökme çimento da bu amaçla yapılmış silolarda depolanır. Usulüne uygun olarak depolanmış olsa bile yaklaşık üç aylık bir süreden sonra çimentonun bazı özellikleri değişmeye başlar. Bu tür çimentoların, gerekli standard testler yapıp ilgili teknik eleman görüşü alınmadan önce kullanılmaması gerekir.

Halen yürürlükteki Türk ve Avrupa standartlarına göre çeşitli çimentoların üretimi mümkündür.

Çimentolar Kaç Çeşit?

Klinkerin sadece kalsiyum sülfat ve ağırlıkça en fazla % 0 -5 arası mineral katkı ile öğütülerek elde edilen çimentolara portland çimentosu denir.

Portland çimentosunda ham madde karışım oranlarını ayarlayarak dört ana bileşenin göreceli miktarlarını ve dolayısı ile çimentonun bazı özelliklerini istenilen yönde değiştirmek mümkün olmaktadır. Örneğin, C_3A içeriğinin en fazla %5 olacak şekilde azaltılması, C_3S içeriğinin C_2S 'ine yakın değere indirilmesi ile "sülfatlara dayanıklı çimento" elde edilmiş olur. Çimentoda erken dayanımı arttırmak isteniyorsa C_2S miktarının ve inceliğinin artırılması yoluna gidilir.

Ham maddelerin özel olarak seçimi, beyaz kil ve bazı katkıları kullanılması ile çimentonun diğer özellikleri değiştirilmeden gri rengi beyazlaştırılmakta ve "beyaz çimento" elde edilmektedir.

Çimentolara % 5'in üzerinde mineral katkı katılması sonucu elde edilen katkılı portland çimentoları katkı türleri ve miktarlarına bağlı olarak çok çeşitlidir. Evvelce değinildiği gibi mineral katkıları klinker ve alçı ile birlikte

öğütölürler veya ayrıca öğütöldükten sonra çimentoya katılabilirler. Bu amaçla kullanılan katkılar arasında doğal puzolan olan tras, kalker, endüstriyel atık olan yüksek fırın cürufu ve uçucu kül sayılabilir. Son yıllarda çimentoya aynı zamanda birden fazla mineral katkı katılabilmektedir.

Mineral katkılı çimentolar daha ekonomik ve çevre dostudurlar. Çimento üretiminde kullanılan doğal ham maddelerden, yakıt ve elektrik enerjisinden tasarruf sağlarlar ve atık malzeme kullanımına imkan tanırılar. İlaveten sülfatlara dayanıklılık gibi teknik avantajlara da sahip olmaları mümkündür.

Halen ölkemizde standardı bulunan çimentoların sembol ve isimleri şöyledir :

- PÇ : Portland çimentosu
- KÇ : Katkılı çimento
- EYÇ : Erken Dayanımı Yüksek çimento
- CÇ : Cürufu çimento
- SDÇ : Sülfatlara Dayanıklı çimento
- TÇ : Traslı çimento
- BPÇ : Beyaz Portland çimentosu
- UKÇ : Uçucu Küllü çimento
- SSÇ : Süper Sülfat çimentosu
- PCC : Portland Cürufu çimento
- PSF : Portland Silis Dumanlı çimento
- PLÇ : Portland Kalkerli çimento
- PKÇ : Portland Kompoze çimento
- PZÇ : Puzolanik çimento
- KZÇ : Kompoze çimento

Ancak Avrupa'da kullanılmakta olan "Genel Çimentolar" standardı 2003 yılında TS EN 197-1 olarak ülkemizde de yürürlüğe girmiş olup bu standard "Özel Amaçlı Çimentolar" kabul edilen SDÇ ve BPÇ dışında yukarıdaki tüm çimentoları veya eşdeğerlerini kapsamaktadır. Sonuç olarak eski çimento standartlarının büyük bölümü 2004 yılı başlarından itibaren yürürlükten kalkacak ve bu arada KÇ, EYÇ, CÇ, TÇ, UKÇ, SSÇ sembolleri yerine yeni standarddaki benzer çimentoların sembolleri kullanılacaktır.

Dahası var!

Çimento tipleri dayanım sınıflarına göre alt gruplara ayrılırlar. Ayrıca çimento sembolünün yanında katkı miktarını ve erken dayanımı belirleyen harfler de bulunabilir.

Çimentonun dayanımı 32.5, 42.5, 52.5 sayılarından birisi ile belirtilir. Bu sayı standard deneyde çimento numunesinin 28 gün içinde ulaşması gereken basınç dayanımının N/mm^2 veya MPa olarak değeridir. Ayrıca bir R harfi bulunuyorsa bu çimentonun erken dayanımlı olduğunu ve 2 gün içinde standardda belirtilen dayanıma ulaşacağını gösterir.

Çimento, içindeki mineral katkı miktarına göre de sınıflandırılır. Standard sınırlar içinde göreceli olarak az katkı

bulunduğunu A harfi, çok katkı bulunduğunu ise B harfi belirtir.

Bazı örnekler:

PKÇ / A 32.5R: İçinde %6-20 arası toplam katkı bulunan, erken dayanımlı 32.5 dayanım sınıfında portland kompoze çimento

PKÇ / B 32.5: İçinde % 21-35 arası toplam katkı bulunan 32.5 dayanım sınıfında portland kompoze çimento

Katkı tür ve miktarları, erken dayanım sınırları ilgili standardda belirtilmektedir.

Yeni standardda katkı miktarlarına göre sınıflandırılmış 27 tip çimento bulunmakta olup bunlar ilaveten dayanım sınıflarına göre de çeşitlenmektedirler.



Bir bağlayıcı maddenin su ile karışımına “hamur” (veya pasta) denir. Bu karışıma kum katıldığında “harç”, ilaveten çakıl da katıldığında “beton” elde edilir. Bu kelimelerin önüne bağlayıcının ismi sıfat olarak gelir. Örneğin, kireç hamuru, alçı harcı, asfalt betonu gibi... En çok kullanılan bağlayıcı madde çimento olduğu için çimento hamuru, çimento harcı ve çimento betonu yerine kısaca hamur, harç ve beton kelimeleri kullanılır.

Çimento Hamur Harç Beton

Çimento su ile karıştığında “hidratasyon” başlar ve kimyasal reaksiyonlar devam ederken hamurda “priz” denilen katılaşma meydana gelir. Bir süre sonra da hamur tamamen sertleşir. Priz başlangıcına kadar hamur, harç veya beton “taze” haldedir yani “plastik”tir, kolayca şekillendirilmeleri, kalıplanmaları mümkündür. Betonun karıştırılıp, taşınıp, kalıplara yerleştirilmesi ve sıkıştırılarak düzlenmesi de bu süre içinde tamamlanmalıdır. Dolayısı ile çimentolar, priz başlangıç süreleri en az 45 – 60 dakika olacak şekilde üretilirler.

Hidratasyon ve Priz

Hidratasyon reaksiyonları sırasında ısı açığa çıkar, çimento hamur, harç ve betonlarında iç sıcaklık artar.

Hangi Tip Çimento,

Nerede Kullanılmalı?

Bu çok sorulan bir sorudur. Yeni çimento standardı TS EN 197-1 isminden de anlaşıldığı gibi "Genel Çimentolar"ı kapsar. Bu standardda yer alan ve yukarıda belirtilen tüm çimen-

tolar genel amaçlı olarak inşaatlarda kullanılabilirler. Esasen bir çimento fabrikası ham madde durumuna ve piyasa koşullarına bağlı olarak standardda belirtilen çok sayıda çimento tipinden en fazla 3 – 4 tanesini üretmektedir. Dolayısı ile bunların hepsi veya çoğunluğu genel amaçlı olarak kullanılabilir. Yüksek dayanım isteniyorsa 42.5, 52.5 tipleri, hızlı dayanım kazanımı isteniyorsa R tipleri tercih edilecektir. Bu tiplerin kullanımı ayrıca soğuk hava koşulları için de uygundur. Sıcak hava koşullarında ise dayanım ve süre kısıtlamaları yoksa 32.5 ve N tiplerinin kullanımı - göreceli olarak yavaş hidrasyon ısı çıkarmaları dolayısı ile daha uygun olabilir. Zararlı kimyasallar ve özellikle sülfat etkisi olan yerlerde özel amaçlı sülfatlara dayanıklı çimento (SDÇ) kullanımı gerekebilir. Genel amaçlı çimentolardan uçucu kül, tras ve yüksek fırın cürufu katkılı olanlar da sülfatlara karşı direnç sağlamaktadır.



Çimentonun en önemli mekanik özelliği basınç dayanımıdır. Toz halinde bir maddenin basınç dayanımı nasıl bulunur? Çimento pratikte en fazla beton veya harç yapımında kullanılır. O halde dayanım testini, denenecek çimentodan yapılan beton veya harç numunelere uygulamak düşünülebilir. Ancak standard çakıl elde etmek zor olduğundan deney standard kumla hazırlanmış harç numuneler üzerinde yapılır.

Çimento Dayanımı / Beton Dayanımı

Standard kumun bileşimi ve tane boyu dağılımı ilgili standardda tarif edilmiştir. Ülkemizde standard kum Pınarhisar Çimento Fabrikası tarafından yöredeki doğal kum ocaklarından temin edilip standarda uygun hale getirilerek plastik torbalarda piyasaya sunulur. Çimento deneyi yapan bütün laboratuvarlar bu kumu kullanırlar.

Betonun basınç dayanımı kullanılan çimentonun miktar ve dayanımına ilaveten betonun bileşimindeki diğer malzemenin (kum, çakıl, su, katkılar, vb.) miktar ve özelliklerine, bunların arasındaki orantılara (özellikle su/çimento oranı), betonun uygun şekilde karıştırılıp, yerleştirilip sıkıştırılmasına ve bakımına (kür edilmesine) bağlıdır. Bütün bu parametreler sabit tutulduğunda çimento dayanımının artması

ile beton dayanımı da artacaktır. Ancak parametreler değiştiğinde ve usulsüz uygulamalar yapıldığında (karışım suyunu gereksiz yere arttırmak, yetersiz sıkıştırma, yetersiz kür, vb.) çimento ve beton dayanımları arasındaki ilişki de değişir. Örneğin, yüksek dayanımlı bir çimento ile düşük dayanımlı beton elde edilmesi de maalesef kötü beton uygulamalarında rastlanan bir durumdur.

Burada değinilmesi gereken diğer bir husus betondaki çimento “dozajı” yani 1 m³ betondaki çimento miktarıdır. Bu miktar beton karışım hesapları ile bulunur. Bazen şartnamelerde de minimum bir değer verilir. Uygun olan bir dozajın rastgele arttırılması betonda dayanım artışını garanti etmez, hatta maliyet artışına ilaveten teknik olumsuzluklara da yol açabilir. Çimentonun belirlenmiş miktardan daha az kullanılması ise dayanım ve dayanıklılık kaybına neden olacaktır.



Kil ve kalker gibi doğal kayaların öğütölüp karıştırılması ve pişirilmesi sonucu elde edilen çimento su ile karıştırıldıktan sonra hamur, harç veya beton olarak priz alıp katılaşır ve tekrar taş haline gelir. Ancak, başlangıcın aksine bu yapay taş artık istenilen şekil ve özelliklere kavuşturulmuştur. İster hamur olarak çatlak onarımında veya karo yapıştırılmasında, ister harç olarak duvar elemanlarının yapımında veya birleştirilmesinde kullanılsın yahut da beton olarak çok çeşitli kullanım yerleri olsun, bu yapay taş doğa ile tamamen uyum içindedir.

Doğal Taştan Yapay Taşa

Yeni bir çağın malzemesi

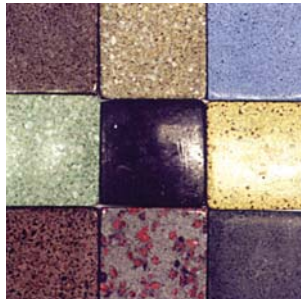
Bilim kurgu romanlarının ünlü yazarı Isaac Asimov çimentolar üzerindeki araştırmalara değinerek daha 1980'li yıllarda aşağıdaki cümleyi yazmıştı:

"Bu gibi araştırmaların sonuçları enerjinin daha az israf edileceği, yangın, paslanma ve kaynak tüketimi gibi problemlerin büyük ölçüde azalacağı yeni bir yüksek teknoloji taş devri uygarlığına yol açacaktır".





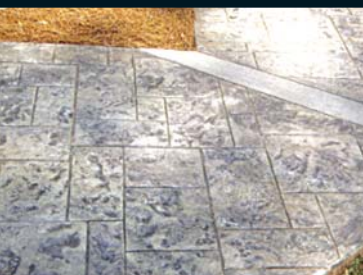
Bir yapı malzemesi düşünün ki hem çok yüksek binalarda, hem çok uzun köprülerde kullanılabilecek kadar dayanıma sahip olsun hem de istenilen boyut ve şekile göre kolayca kalıplandırılsın. Hiçbir zaman paslanma veya çürümeye maruz kalmasın, boyanmaya ihtiyaç göstermesin. Yangına, çevrenin ve yaşlanmanın yıpratıcı etkilerine karşı dayanıklı olsun ve çok az bakım ile onlarca yıl hizmet versin...



Böyle olağanüstü bir malzeme ancak beton olabilir. Günlük hayatımızda beton her zaman yakınımızdadır. Üzerinde yürürüz, içinde otururuz. Hazır beton transmikserlerinden pompalanarak gökdelenler, barajlar, köprüler oluşturduğunu görürüz. Kanaletler, borular, direkler, kilitli parke taşları, duvar blokları, demiryolu traversleri, bahçe mobilyaları, dekoratif heykeller, hatta balıkçı tekneleri ve kotralar, çimento ve betonun diğer çeşitli kullanım yerlerinden birkaç örnektir.

Çimento ve beton teknolojisinde devam eden araştırmalar bu yapay taşın özelliklerinin daha da gelişmesini dayanımının ve dayanıklılığının büyük ölçüde artmasını sağlamıştır. Çimento ve betonun üretiminde çevre ile dost teknolojiler uygulanmakta, çevreye zararlı çeşitli atıklar yakıt veya katkı olarak kullanılarak değerlendirilmektedir. Özet olarak, Asimov'un yüksek teknolojiye dayanan yeni bir taş devri konusundaki kehanetinin gerçekleşmekte olduğu söylenebilir.





Çimento ve çimentolu ürünlerin kullanımı gelecekte çeşitlenerek artış gösterecektir.

Geleceğin Çimentoları ve Çimentolu Ürünleri

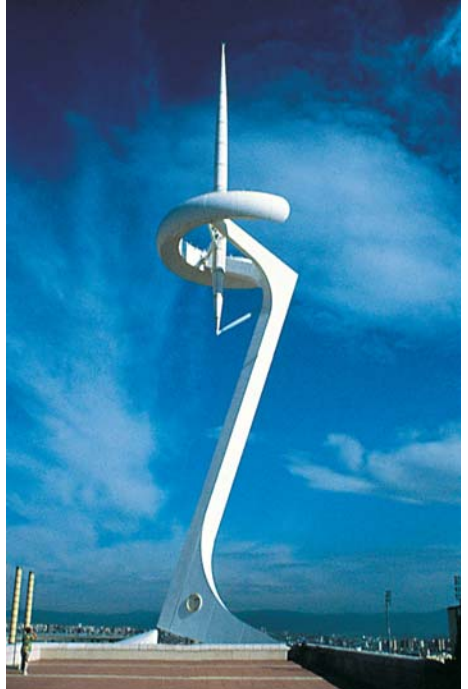
Dünya nüfusundaki sürekli artış ve kentleşme sonucu her türlü konut ve altyapı için yeni ihtiyaçlar doğacaktır. Teknolojik gelişmeler sonucu daha kaliteli ve yüksek dayanımlı çimentolar yüksek binalarda, uzun açıklıklı yapılarda, yıpratıcı ortamlarda ve çeşitli mimari uygulamalarda daha fazla kullanım bulacaktır.

Geleceğin çimentoları arasında halen standartlarımızda bulunan mineral katkı çimentolara ilaveten fillerli çimentolar, kontrollü tane boyu dağılımlı çimentolar, alkali-silika reaksiyonu dirençli çimentolar, yüksek dayanımlı çimentolar, beyaz ve renkli çimentolar kullanım alanlarını genişleteceklerdir.



Mineral ve kimyasal katkı maddelerindeki gelişmeler sonucu polimer ve liflerin de kullanımı ile dayanımları 700 MPa değerine ulaşan çimento hamurları elde edilebilmektedir. Nemli sıkıştırılmış çimento, makro kusuru olmayan hamurlar, çimentolu toz kompozitler bu tür yeni ürünlerdir.

Yakın geçmişe kadar pratikte 30-40 MPa olan beton dayanımları bu gün 100 MPa civarına ulaşmıştır. Yukarıdaki gelişmelere paralel olarak beton dayanımlarının daha da yükselmesi beklenmektedir. Yüksek performanslı betonlar sayesinde yapıların faydalı ömürleri konusunda 100 yıl gibi rakamlar ve hatta "sonsuz" deyimleri kullanılmaya başlanmıştır.





Ülkemizin portland çimentosu ile tanışması 1912 yılına rastlar. İlk yerli üretimler "Aslan Osmanlı Anonim Şirketi"nin Eskihisar ve Darıca fabrikalarında gerçekleşti.

Türk Çimento Sektörü

Cumhuriyetin kuruluşuna kadar yıllık toplam üretim 35.000 tonu geçmezken bugün Türk çimento endüstrisi 39 fabrikası ve 18 öğütme tesisi ile yılda 65.000.000 tonu bulan bir üretim kapasitesine sahip olmuştur. Yıldan yıla küçük değişiklikler olmakla beraber Türkiye, çimento üretiminde Avrupa'da genellikle 1. sırada, dünyada ise 8. sırada yer almaktadır.



Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği

"Türkiye çimento sektörü için öncü kuruluş"

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) kurulduğu 1957 yılından beri Türk çimento sektörünün sivil toplum örgütü biçiminde örgütlenmiş tek temsilcisi olarak çeşitli alanlarda faaliyetlerini sürdürmektedir. Sektöre sorunlarında yardımcı olmanın yanı sıra çimento üreticileri ile çimento ve beton kullanıcılarına yönelik faaliyetlerinden bazıları şunlardır: eğitim, dokümantasyon ve istatistik değerlendirme çalışmalarında bulunmak, bölgesel seminerler ve bilimsel toplantılar düzenlemek, çimento ve beton konularında araştırma yapmak, kitap ve dergi yayınlamak, üniversitelerde araştırma projeleri desteklemek ve öğrencilere burs vermek, vb. TÇMB üyesi olduğu Avrupa Çimento Birliği'nin (CEMBUREAU) çeşitli faaliyetlerine aktif olarak katılmakta ve ilgili konulardaki en son gelişmeleri yakından takip etmektedir.

Kalite Kontrol Bağımsız
Deney Laboratuvarları



Independent Quality Control
Testing Laboratories



TÇMB üye fabrikaların ürettiği çimentoların ilgili standartlara uygunluğunu bünyesinde bulunan kuruluş ve laboratuvarlar yardımı ile sağlamaktadır. Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından konusunda ilk olarak akredite edilmiş olan Kalite ve Çevre Kurulu bu amaçla onaylanmış muayene ve belgelendirme kuruluşu olarak çalışmakta, aynı zamanda fabrika emisyonları gibi çevre ile ilgili hususlarda kontrolü sağlamaktadır. Bu kuruluşun fabrikalardan aldığı çimento numuneleri yine TÜRKAK tarafından konusunda ilk olarak akredite edilmiş Ar-Ge Enstitüsü Kalite Kontrol Bağımsız Deney Laboratuvarları tarafından test edilmektedir. Bu şekilde çimentoların kalitesi Avrupa ülkelerinde geçerli olan normlara göre de kanıtlanmış olmakta ve çimentolar CE markası alabilmektedirler. Konularında en gelişmiş cihazlara sahip olan TÇMB Ar-Ge laboratuvarları aynı zamanda kamuya da hizmet vermektedir.

**Çimento ve betonla ilgili her konuda
Türkiye Çimento Müstahsilleri
Birliği'ne başvurabilirsiniz.**

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği

Eskişehir Yolu 9. km.
06530 Ankara

Telefon: 0312 287 3250
Faks: 0312 287 9272
E-Posta: info@tcma.org.tr
www.tcma.org.tr

Yazışma Adresi: PK 2,
Bakanlıklar 06582 ANKARA

www.tcma.org.tr



ISBN 975-8136-17-8