

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Tarihi Yapılarda Kullanılan Malzemeler

Prof.Dr.Nabi YÜZER
Doç.Dr. Dilek EKŞİ AKBULUT

Tarihi yığma yapılarda en çok;

- Taşıyıcı sistem malzemesi olarak; doğal taşlar, seramikler (tuğla, kiremit vb.), kerpiç, harç, ahşap, demir,
- Koruyucu sistem malzemesi olarak; doğal taş, kurşun ve çinko levhalar, seramikler,
- Süsleyici olarak; doğal taş, seramik, cam, harçlar, sıva ve boyalar kullanılır.

1. DOĞAL TAŞLAR

Yapı üretiminde eskiden beri en yaygın ve en çok kullanılan malzeme, doğal taşlardır.

Doğal taşlar, inorganik kökenli, kristal yapılı, gevrek ve gözenekli malzemelerdir.

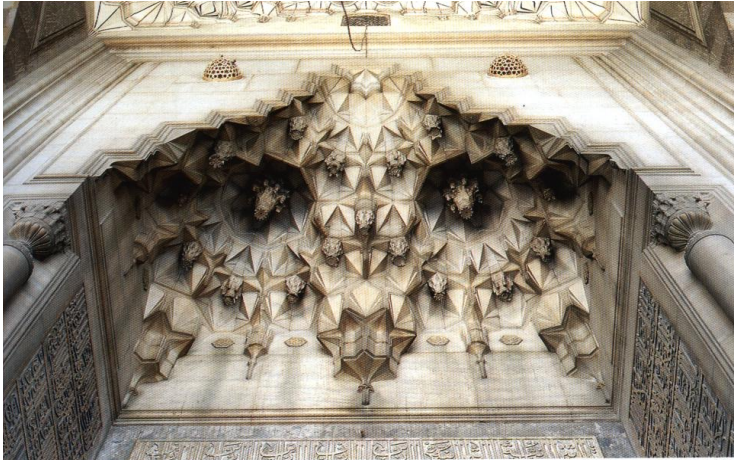
Doğal taşlar, esas olarak derinlik, damar ve yüzey taşları olarak sınıflandırılırlar.

Bunlar, oluşumuna göre; aşağıda görüldüğü gibi üç ana grupta sınıflandırılır;

- Magmatik kayaçlar
- Tortul kayaçlar
- Başkalaşmış kayaçlar

Doğal taşların mekanik ve fiziksel özellikleri elde edildiği kayacın cinsine göre değişir.

Doğal Taşlar Uygulamalarından Örnekler



2. SERAMİKLER (Tuğla, kiremit vb)

Seramikler, çok eski çağlardan beri insanoğlunun farklı amaçlar için ürettiği ve kullandığı malzemelerdir.

Arkeologlar, insan yapımı seramiklerin günümüzden 24000 yıl öncesinde var olduğuna işaret etmektedir.

Seramik sözcüğü tuğla, kiremit gibi pişmiş toprak ürünlerinden başka cam, porselen, refrakter gibi çok geniş bir malzeme grubunu temsil eder.

Tüm seramiklerin hammaddesi kildir ve seramiklerin özelliği kilin bileşimine ve pişirme sıcaklığına göre değişir. Örneğin;

Tuğla gibi gözenekli seramiklerin pişirme sıcaklığı; 800-1000 °C, kiremit, künk gibi sırlı seramiklerinki 1250°C, porselen gibi hemen hemen gözenesiz seramiklerin 1300-1450 °C'dir.

Tuğla Uygulamalarından Örnekler



Seramik Kaplama Uygulamalarından Örnekler



3. KERPIÇ

Kil hamurunun şekillendirilip kurulması ile elde edilen bir malzemedir. Dayanımı ve dayanıklılığı çok düşük olmasına rağmen pişirme için enerji gerektirmediğinden kerpiç, günümüzde bile kullanılmaktadır.

Kerpicingin rötresini azaltmak, çekme dayanımını az da olsa artırmak için kil hamuruna saman gibi lifler katılır.

Kile alçı katılmak sureti ile kerpicingin dayanımının artırıldığı çalışmalar da vardır.

Kerpiç Uygulamasına Örnek



4. HARÇLAR ve SIVALAR

Harçlar ve sıvalar, agrega denilen ince daneli malzemelerin matris denilen bir bağlayıcı hamur ile biraraya getirilmesi sonucu elde edilen, plastik şekil vermeye elverişli kompozit malzemelerdir.

4.1. Bağlayıcılar

Bağlayıcılar, su ile karıştırıldığında plastik özellik kazanan çoğunlukla inorganik kökenli çok ince taneli toz malzemelerdir.

Organik kökenli bağlayıcılar ise oda sıcaklığında veya biraz üstündeki sıcaklıklarda plastik özellik kazanırlar.

Bilinen en eski bağlayıcı, ön Asya'da kullanılmış olan organik kökenli hidrokarbonlardır.

4.1.1 Bağlayıcıların Sınıflandırılması

Bağlayıcılar, kökenine ve katılma özelliğine göre sınıflandırılabilir:

a) Kökenine göre; organik, inorganik:

a1) Organik kökenlilere; asfalt bitüm, zift, katran ve çeşitli tutkallar örnek olarak sayılabilir.

a2) İnorganik kökenliler de alçı, kireç, kireç+puzolan karışımları, su kireci ve çimento olarak sıralanabilir.

b) Katılmasına göre; havada katılanlar, su içinde katılanlar:

b1) Havada katılanlara; alçı, kireç ve organik kökenliler örnek olarak sayılabilir.

b2) su içinde katılanlara ise kireç+puzolan karışımları, su kireci ve *çimento* örnek olarak sıralanabilir.

4.1.2 Bağlayıcıların Genel Özellikleri

Bağlayıcılardan aşağıdaki temel özellikler beklenir:

- Yeterli dayanıma sahip olması,
- Dağınık fazı (agregaları) homojen olarak birleştirmesi,
- Arayüzde sürekliliği sağlaması,
- Gelen yükü esas taşıyıcı olan dağınık faza aktarması,
- Atmosfer etkilerine karşı dayanıklı olması.

İnorganik bağlayıcılarda bu özellikler;

- Bağlayıcının cinsine,
- Pişirme sıcaklığına,
- İnceliğine bağlıdır.

Pişirme sıcaklığı ve incelik arttıkça bağlayıcılık özelliği artar.

Harç uygulamalarına Örnekler

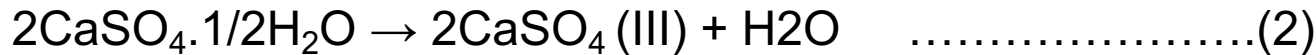
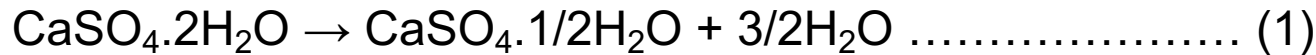


4.1.3 İnorganik Bağlayıcılara Örnekler

ALÇI

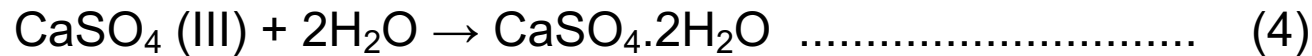
Alçı, çok eski çağlardan beri kullanılan bir bağlayıcıdır; yapı alçısı, alçı taşının ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 120-160 °C, anhidrit ise 160-190 °C sıcaklıkta pişirilip öğütülmesi ile elde edilir.

Alçı taşının suyunun tamamen uçurulması işlemi, (1) ve (2) reaksiyonlarında görüldüğü gibi iki safhada gerçekleşir, bu olaya dehidratasyon denir.



Birinci safhada oluşan yarımhidrat, alçının hammaddesi, ikinci safhada oluşan madde ise anhidrittir.

Alçı su ile karşılaşınca, 3 ve 4 reaksiyonlarında görüldüğü gibi ısıtma ile çıkan kristal suyunu tekrar bünyesine alarak katılaşır; bu olaya hidratasyon denilir.



Hidratasyon sonucu oluşan katılaşmış alçı, dış ortam etkilerine dayanıklı değildir. Bu nedenle alçı, çoğunlukla iç ortamda kullanılır.

KİREÇ

Kireç de alçı gibi çok eski çağlardan beri kullanılan bir bağlayıcıdır.

Kirecin hammaddesi, kalker taşı, tebeşir taşı gibi karbonatlı (CaCO_3) veya dolomit gibi kalsiyum karbonat, magnezyum karbonat (CaCO_3 , MgCO_3) esaslı taşlardır.

Karbonat esaslı kireç beyaz, dolomit esaslı kireç esmer renklidir.

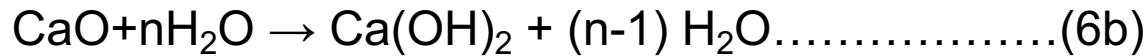
Kireç, 5(a,b) reaksiyon denkleminde görüldüğü gibi yaklaşık $900-1000^\circ\text{C}$ sıcaklıkta pişirilir.



Elde edilen toz haldeki maddeye (CaO , MgO) “sönmemiş kireç” denir.

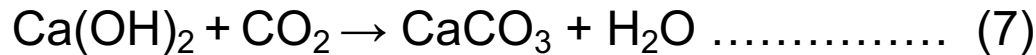
Sönmemiş kireç (CaO), su ile karşılaşınca, 6 (a,b) reaksiyonunda görüldüğü gibi hidrate $[Ca(OH)_2]$ olur, bağlayıcılık özelliği kazanır.

Hidrate kirece “sönmüş kireç” denir.



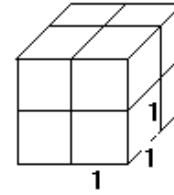
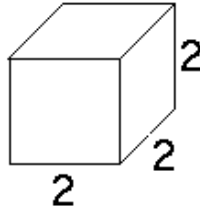
Sönmüş kireç, havadan karbondioksit alarak reaksiyonunda görüldüğü karbonatlaşır ve katılaşır.

7



- Söndürülmüş kirecin uzun yıllar hava ile temas etmeden bekletildikten sonra (en az üç yıl ileri sürülmüştür) kullanılması, Roma ve onu izleyen dönemlerden bu yana bilinmektedir.
- Kirecin bekletilme süreci uzadıkça, plastik özelliği ve su tutma kapasitesi artmaktadır.
- Bu süreçte, kireç kristallerinin (portlandit) boyutları küçülmekte ve havanın karbondioksiti ile reaksiyona girecek yüzey alanı artarak karbonatlaşma daha hızlı gerçekleşmektedir.

Yüzey alanı: $2 \cdot 2 \cdot 6 = 24 \text{ br}^2$
 br^2



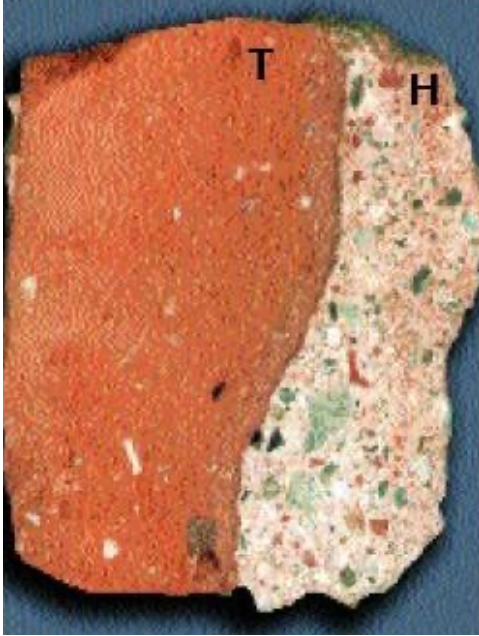
Y. alanı: $1 \cdot 1 \cdot 6 \cdot (8) = 48$

Kireç harcı, suya ve dış ortam etkilerine dayanıklı değildir. Dayanımın ve dayanıklılığın artırılması için kirece puzolanik özelliği olan malzemeler katılır.

PUZOLANLAR

Kireç harcının dayanımının ve dayanıklılığının artırılması için kirece;

- Eski Mısır'da ve Önasya'da tuğla (pişmiş kil) kırıntısı ve/veya tozu katılmış, elde edilen harca “horasan” denilmiştir. Osmanlılar bu harcı yaygın olarak kullanmıştır.
- Avrupa'da ise Romalılar, Puzzuoli kasabasının volkan tüfü olan toprağından yararlanmışlar, “puzolan” sözcüğü de buradan gelmiştir.



Horasan harcı ve tuğla arasındaki aderans

Böke vd., 2004



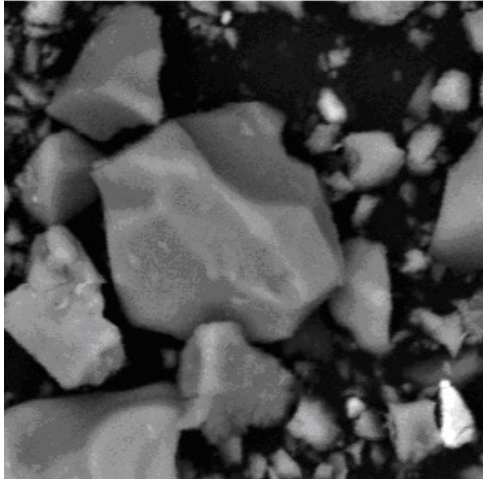
Puzolanlar, “kendi başına bağlayıcı olmayan kireç veya çimento ile birlikte kullanıldığında bağlayıcılık özelliği kazanan, yüksek oranda aktif silika (SiO_2), belirli oranda alümina (Al_2O_3) içeren inorganik kökenli toz malzemeler” olarak tanımlanır.

Kimyasal Analiz ve Fiziksel Özellikleri

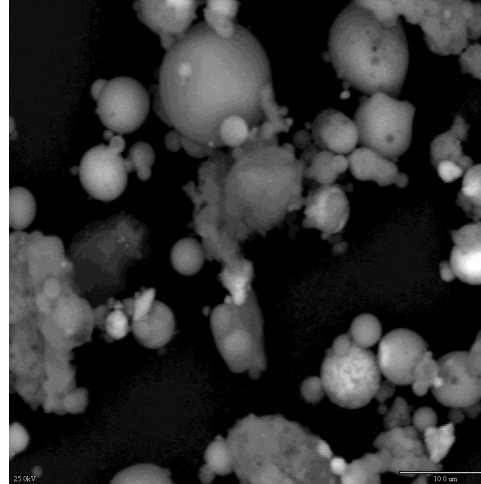
Kimyasal Özellikler (%)	Silis Dumanı	Uçucu Kül	Yüksek Fırın Cürufu
CaO	1,42	1,90	35,20
SiO ₂	92,73	60,13	40,11
Al ₂ O ₃	1,30	19,00	13,74
Fe ₂ O ₃	0,28	8,98	1,16
MgO	0,75	4,77	5,81
SO ₃	0,19	0,95	2,23
Kızdırma Kaybı	1,44	1,69	0,00
Çözünemeyen Kalıntı	-	-	-
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2,33	2,21	2,91
Özgül Yüzey (Blaine, cm ² /g)	---	3545	3335

Puzolanik Etki

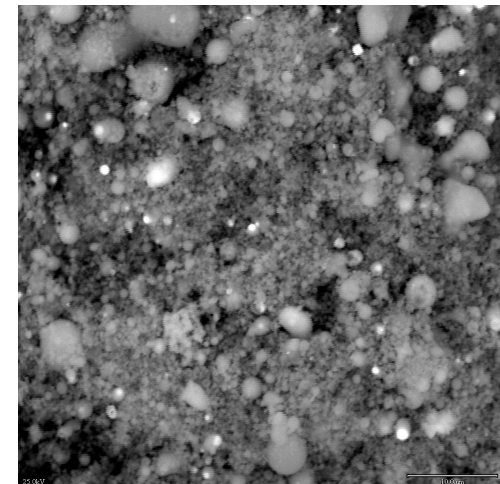
Her silika ve alümina içeren malzeme “puzolan” değildir; bu özellik, standarda uygun kapsamlı deneyler ile araştırılır.



Yüksek Fırın Cürufu



Uçucu Kül



Silis Dumanı

Kimyasal bileşimi uygun olan malzemenin puzolanik özelliğinin artırılması için;

- Puzolan çok ince öğütülmüş olmalı,
- Harç nemli ortamda tutulmalı,
- Priz için yeteri kadar uzun süre beklenmelidir.

Puzolanlar,

- Doğadan (volkan tüflerinden)
- Kilin pişirilip öğütülmesinden,
- Endüstri atıklarından;
 - * Demir-çelik endüstrisinden yüksek fırın cürufu (YFC),
 - * Termik santral baca gazından uçucu kül (UK),
 - * Silisyum alaşımları ve Forrokrom tesislerinin baca gazından (SF)
 - * Tarım atıklarının yakılmasından (pirinç kapçığı, buğday sapı vb).

Horasan Harcı Tuğla Kırıklarının Puzolanik Özelliği

Son yıllarda yapılan çalışmaların sonuçlarından tarihi yapılarda kullanılan tuğlaların pişirme sıcaklıkları ile Horasan harcı içinde yer alan ve agrega olarak kullanılan tuğla kırıkları ve tozunun pişirme sıcaklıklarının aynı olmadığı, bu malzemenin puzolanik özellikte olduğu anlaşılmaktadır (Böke vd.2010).

Bu sonuç, günümüzde üretilen modern tuğla veya harman tuğlalarının horasan harcı ve sıvası yapımı için uygun olmadığını göstermektedir.

Ülkemizde yürütülen koruma çalışmalarında bu konu göz ardı edilmemelidir.

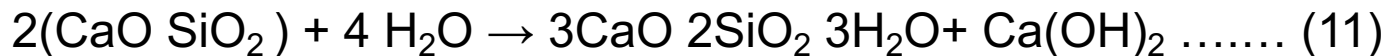
SU KİRECİ

Su kireci, killi kalkerin ($\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{AlO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) 1100-1200 °C sıcaklıklarda pişirilip ve öğütülmesi ile elde edilir.

Killi kalker → Su kireci (10)

Piştirme sonucu, ağırlıklı olarak $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S) karma oksidi ve sönmemiş (CaO) kireç oluşur.

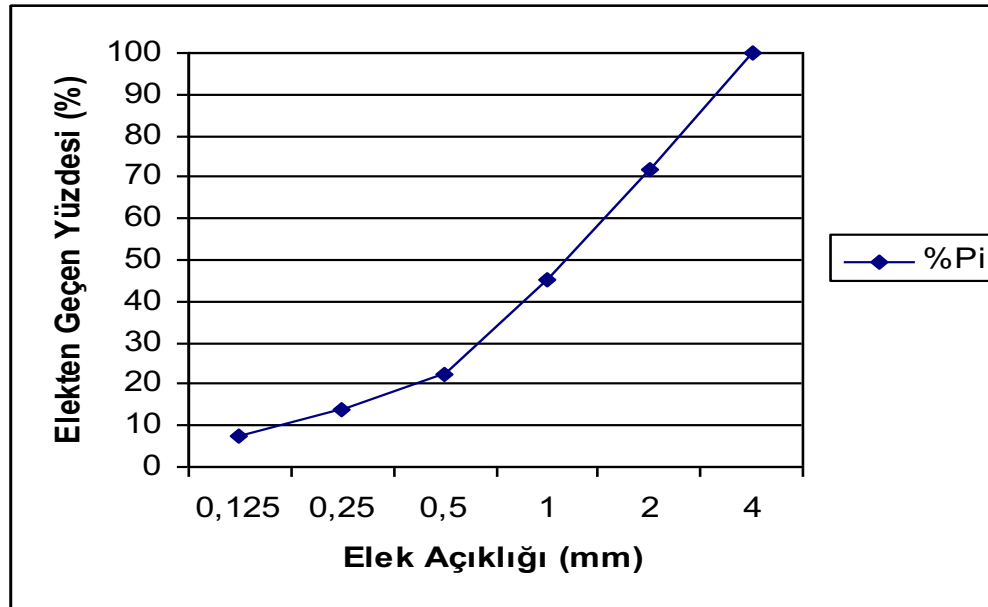
Bu karma oksidin hidratasyonu (11) sonucu oluşan hidrate ürün (C-S-H), suya karşı dayanıklıdır.



4.2. Agregalar

Agregalar, harcın dağınık fazını oluşturan mineral kökenli taneli malzemelerdir.

Dane boyutu, biçimi ve dağılımı harcın işlenebilmesinde ve dayanımında önemli faktördür. Harçlarda en büyük dane 2mm-4mm olan silika veya kalker esaslı kum ya da pişmiş kil kırıntıları kullanılır.



4.3. Katkılar

Kireç harçlarının hazırlanmasında

- Kirecin veya harcın fiziksel özelliklerini geliştirmek,
- Karbonatlaşmayı hızlandırmak amacıyla kirece veya harca organik ve inorganik maddeler katılmıştır. Bunlardan bazıları;
- kan,
- yumurta,
- peynir,
- gübre,
- arap zamkı,
- hayvan tutkalı,
- bitki suları,
- kazein

Yapışkan olarak: arap zamkı, hayvan tutkalı ve incirin sütlü suyu

Sertleşmeyi hızlandırmak için: Çavdar hamuru, domuz yağı, kesik süt, kan ve yumurta beyazı

Dayanıklılığı artırmak için: Arpa, İdrar ve hayvan tüyleri

Suyun donma-çözülme etkisine karşı: Şeker

Harçtaki rötreyi önlemek için: Balmumu

Harcın işlenebilirliğini artırmak için: Yumurta akı, hayvan tutkalı.

Şeker, süt, mineral, keten tohumu gibi yağlar

5. AHŞAP

Ahşap, günümüzde olduğu gibi tarihi yapılarda da strüktür malzemesi, kapı ve pencere doğraması, döşeme, tavan ve duvarlarda kaplama ve mobilya malzemesi olarak kullanılmıştır.

Ahşap, organik kökenli, heterojen ve anizotrop bir malzemedir.

Ahşabın mekanik ve fiziksel özellikleri;

- Ağacın cinsine,
- Nem oranına,
- Bünye kusurlarının varlığına ve oranına,
- Liflerin yönüne göre değişir.

Ahşapta performans kayıpları ve neden olan faktörler;

- Nem etkisi ile renk değişimi ve dokuda yumuşama,
- Su, nem ve mantarların etkisi ile ahşabın çürümesi,
- Böcek larvalarının boşluk oluşturması, dayanım kaybı.