

# Geleneksel Harçlar ve Koruma Harçları

## Bağlayıcı Olarak Kullanılacak Kireç ve Hidrolik Kireçli, Puzzolanlı, Tuğla Tozlu ve Tuğla Kırıklı Harçlardaki Malzeme Oranlarının Belirlenmesi Çalışması Raporu

### ► Giriş

T.C. Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından İBB KUDEB Müdürlüğü'ne, Vakıflar Genel Müdürlüğü eski eser birim fiyatlarının onarım harçlarına ilişkin pozlarının araştırılması için 2011 yılında bir başvuruda bulunmuştur. Bu kapsamda, kireç,

kireç+puzolan, çimento, alçı ve melez bağlayıcılı onarım harçları ile mevcut Portland çimentosu bağlayıcılı onarım harçlarını ikame etme amacıyla asarlanmış 34 adet örnek üzerinde; fiziksel ve mekanik özellikler ile harçların yan ürünü olarak oluşabilecek, suda çözünür tuzların varlığı kalitatif

analizle saptanmış ve sonuçlar bir teknik raporla ilgili müdürlüğe verilmiştir. Araştırmada, tarihsel ve mekânsal bağlamda, Türkiye'nin çeşitli bölgelerindeki Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemi yapılarının kendi içlerindeki farklılaşmaları da göz önüne alınarak, değişik bileşimler tasarlanmıştır.

### Geleneksel Bağlayıcılar, Harçlar ve Sıvalar

Geleneksel bağlayıcılar; kil, alçı, hava kireci, hava kireci+yapay veya doğal puzolanlar, 18. yüzyılın ortalarından sonra üretilen hidrolik kireçler (doğal ve yapay hidrolik kireçler) ile erken çimentolardır. Erken çimentoların bir kısmı, günümüzde de kullanılan Portland çimentosunun öncüsüdür. Osmanlı döneminde, ithal hidrolik kireçlerin ve erken çimentoların kullanımı ancak 19. yüzyılda görülmektedir; genelde kireç, hava kireci+puzolan, alçı bağlayıcı harçlar kullanılmaktaydı.

Anadolu'da, Roma döneminde sönmüş kireç+puzolanik topraklar+tüf tozu, kireç+alçı ve alçı bağlayıcılı harçlar kullanılmıştır. Ancak puzolan ve öğütülebilecek tüf kaynaklarının bulunduğu Ege, Orta Anadolu ve civarında, genellikle sönmüş kireç+puzolan bağlayıcı harçların kullanıldığı, agregaların önemli bir kısmını da tüf kırıklarının oluşturduğu gözlenmektedir. Aynı gelenek Bizans döneminde de devam etmiş; yapılarda sönmüş kireç+puzolan+tuğla kırığı ve tozu, sönmüş kireç+tuğla tozu ve kırığı, bağlayıcı harç ve sıvalar kullanılmıştır -ki 63µ altı

incelikteki geleneksel tuğla tozu ve seramik tozu puzolanik aktiviteye sahiptir. Bu malzemeler, sönmüş kireç karıştırıldığında silikatlaşma tepkimesi oluşturduğundan, yapay puzolanlar arasında yer almaktadır.

Selçuklular döneminde ağırlıklı olarak kullanılan alçı ve kireç bağlayıcılı harçlara ek olarak, horasan harcı da görülmektedir. "*Horasan harcı*", tuğla kırığı ve tozuna verilen addir; sönmüş kireç katılarak agregaların derecelenmesine bağlı olarak duvar ve temel harcı, kaba sıva ve ince sıva şeklinde kullanılabilir. Orta Anadolu'da, Selçuklu eserlerinde sıkça görülen kireç ve alçı bağlayıcı harçların, Beylikler ve erken dönem Osmanlı mimarlığında da kullanıldığını görmekteyiz.

İstanbul'un fethinden sonra, kısa bir arayış döneminin akabinde, horasan harçlarının mükemmelleştigi, yıllarca üzerinde çalıştığımız örnekler üzerinden tespit edilmiştir. Kireç ve horasan harçlarının kullanımı 19. yüzyıl sonuna kadar devam etmiş, bu tarihten sonra, ithal ve yerel üretim hidrolik kireç ve erken çimentoların kullanımı ağırlık kazanmıştır.

Yirminci yüzyılın ilk yarısında, kireç bağlayıcı harç ve sıvaların yanı sıra, çimento takviyeli kireç harçları ve kireç katkılı çimento harç ve sıvaların da kullanıldığı görülmektedir. Değişen yapım teknikleriyle, bu yüzyılın başında doğal taş yerine suni taşların tercih edildiğini biliyoruz. Bu değişimin nedeni, maliyetin ve inşaat süresinin azaltılması istegidir.

Suni taşların üretiminde sönmüş kireç+puzolanik katkılar (doğal puzolanlar, yapay puzolanlar olarak cüruf, şamot, tuğla tozu), hidrolik kireçler (yapay ve doğal), erken çimentolar (Duvarcı çimentosu, Roma çimentosu, Medina çimentosu, Keene çimentosu) ve Portland çimentosu bağlayıcı olarak kullanılmıştır; agregalar ise, genelde farklı taş tozları ve kumardan oluşmaktadır. Suni taşlar ise, donatılı kütleler ve yüzeylerdeki formları veren ince agregalı katmanlar olmak üzere, iki veya daha fazla sayıda tabakadan meydana gelmektedir.

Bu çalışmada, tarihsel süreç göz önünde bulundurularak, çeşitli bölgelerde üretilen harç ve sıvaların farklı dozaj ve mukavemetlerde

\* Bu rapor, KUDEB bünyesinde görev yapan; Prof. Dr. Ahmet ERSEN, Danışman; Prof. Dr. Erol GÜRDAL, Danışman; Doc. Dr. Ahmet GÜLEC, Danışman; Nimet ALKAN, Kimya Mühendisi-Danışman; Hazal Özlem ERSAN, Y. Kimyager; Mustafa ERUS, Konservatör-Restoratör; Ergün ÇAĞIRAN, Y. Konservatör-Restoratör, Arkeolog; Mustafa BAYKIR, Jeoloji Mühendisi; Gazanfer AKINCI, Maden Mühendisi, tarafından hazırlanmıştır.

yeniden üretimleri yapılmış, ayrıca fiziksel ve mekanik özelliklerini tespit etmek üzere; basınç dayanı-

mı, atmosfer basıncında su emme tayini, gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözenek-

lilik tayini deneyleri gerçekleştirilerek ilgili harç ve sıvaların metreküp bileşimleri hazırlanmıştır.

## Geleneksel Harçlar ve Özellikleri

Kireç ve kireç esaslı bağlayıcılarla üretilmiş olan geleneksel harçların gözeneklilik yüzdesi %20 -%40 civarında olup boşluk boyutu dağılımında (porozimetri) makro boşlukların yüzdesi daha fazladır. Bu tip malzemelerin dağılımında makro boşluk boyutu hâkim olduğundan, su emme ve kuruma işlemi daha hızlıdır. Bunun nedeni; mikro boşlukların yoğunluğuna bağlı oluşan kılcal ağdaki su emmenin daha fazla olması ve malzemenin su içeriğinin, “*kri-tik su içeriği*”nin altına düşmesi durumunda, kurumanın ancak su buharı difüzyonu yoluyla gerçekleşmesi ve boşluklarda suyun sıvı

halindeki hareketinin durmasıdır. Modern çimento harçlarında kılcal emme; zeminden yükselen, duvardan ya da çatıdan sızan veya yüzey yağışmaları yoluyla oluşan rutubetin daha hızlı emilmesine ve malzemenin bünyesinde uzun süre tutulmasına yol açmaktadır.

Makro boşlukların yoğunluğu aynı zamanda; harcın ve sıvanın, tuz kristallenme çevirimlerinden ve suda çözünen tuzların hidratlanma-dehidratlanma hareketlerinden meydana gelen iç gerilmelere karşı da malzemenin dayanımını arttırmaktadır.

Bir malzemenin boşluğu arttığı zaman basınç dayanımı azalmaktadır. Buna bağlı olarak geleneksel

harçtaki basınç dayanımı, modern Portland çimentosu bağlayıcı harçlara göre daha düşüktür.

Kireç harçlarında 1-2MPa, horasan harçlarında 2-10MPa basınç dayanımı görülmekle beraber, ortalama değer 4MPa civarındadır. Bu değer, modern çimento harçlarının verdiği değerlerin çok altındadır. Geleneksel harçların ısı genleşme katsayıları, 5-8 $\mu$ /m/°C olup modern çimento harçlarının yarısı kadardır.

Hidrolik kireçler ve erken dönem çimentolarda sınırlı tuz korozyonu sorun olabilmekte, ancak kireç ve horasan harçlarında tuz korozyonu sorununa rastlanmamaktadır.

## Portland Çimentosu Bağlayıcı Harçların Eski Eser Onarımında Kullanılmasının Sakıncaları

■ Bu tip harçlar, düşük porozite ve yüksek mikro porozite yüzeyleri nedeniyle hızlı su emmeleri, zor kurumaları ve yüksek su tutuculukları yüzünden rutubete yol açmaktadır.

■ Taşıdıkları  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ve K, Na iyonları, NaOH, KOH ve havadaki  $\text{CO}_2$  ile tepkimeye girerek  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  oluşturmakta ve bu tuzlar, kükürt gazlarıyla kirlenmiş hava ortamında

$\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 'e dönüşmektedir. Söz konusu tuzlar tarihi duvarlarda; taşlarda yüzey erozyonlarına, harçlarda ise ayrışmaya yol açan tehlikeli tuzlardır. Bu tuzlar, aynı zamanda tarihi duvarlardaki başka tuzlarla da tepkimeye girerek yeni ve daha kompleks tuzları da oluşturabilmektedir.

■ Isıl genleşme katsayılarının geleneksel harçlara göre yüksek olması nedeniyle bu tip harçlar,

ısınlama-soğuma çevirimindeki genleşme-büzülme hareketlerinde, uyumlu çalışmama sorununa yol açmaktadır.

■ Mekanik özelliklerinin, yüksek basınç dayanımı ve elastisite modülü nedeniyle genellikle kireç bazlı harçlara göre yüksek olması ve bu yüzden; onarım harcının düzgün yayılı yük altında direnmesine karşın, yanındaki zayıf geleneksel harcın ezilmesidir.

## Onarım Harçlarının Özellikleri

Onarım harçlarının bileşimleriyle onarılan duvardaki geçiş elemanlarında veya örtüde bulunan geleneksel harçların, sıvaların bileşimleriyle uyumlu olması ve tarihi bünyede kimyasal korozyona yol açmaması istenmektedir. Onarım harçlarının, özellikle de derzlerde kullanılanların renk ve dokularının özgün harçlarla

eşleşmesi beklenmektedir. Bu bağlamda onarım harcının;

- Bağlayıcı cinsinin,
- Bağlayıcı ve agrega oranının,
- Agregaların cinsi veya cinsleri ve derecelenmelerinin,
- Lifli veya organik katkılarının, özgün harç veya sıvayla uyumlu olması gerekmektedir.

Bu eşleşme sağlandığında; boşluk oranı ve boyutu, dağılımı, su emme yüzdesi, kılcalık katsayısı, kuruma hızı, su buharı difüzyon direnç faktörü, ısı genleşme katsayısı gibi fiziksel özelliklerin yanı sıra; basınç, eğilmede çekme dayanımı ve elastisite modülü gibi mekanik özelliklerde de benzer değerler elde edilmektedir.

## Örneklerin Hazırlanması ve Deneysel Çalışma

Bu çalışmada, farklı zaman dilimlerinde ve çeşitli uygarlıklara ait yapılarda kullanılmış harç ve sıvalar, bağlayıcı türlerine ve agregalarına göre sınıflandırılarak değişik dozaj ve mukavemetlerde örnekler üretilmiştir. Örnekler, elle karıştırılarak ve sarsma tablasında 12 kere sarsılmak suretiyle 4/4/16cm paslanmaz çelik kalıplara altışar adet dökülmüştür. Kireç harçlarının karbonatlaşma süresi 6 ay, melez harçlar ve çimento bağlayıcı harçları ise, 28 gündür. Sönmüş kireç+puzolanik katkı harçlara, TS 25'e<sup>1</sup> göre puzolanik aktivite deneyi uygulanmak suretiyle, bir yıl sonraki mukavemetleri öngörülerek deneysel çalışmaya tabi

tutulmuştur. Bu çalışmada 34 ayrı harç ve sıva örneği, 2-10MPa basınç dayanımı ve %30 civarında boşluk oranı öngörülerek tasarlanmıştır. Kerpiç harçları, yerel killi toprak ve lifli katkı maddeleri kullanılarak üretildiğinden, bu araştırmaya dâhil edilmemiştir. Fiziksel ve mekanik özelliklerin saptanması amacıyla; görünür yoğunluk, gerçek yoğunluk, atmosfer basıncında su emme, toplam ve açık boşluk oranı ve basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Sonuçlar, tasarım sırasında öngörülen değerlere uygundur. Ayrıca pozların oluşturulabilmesi için 1m<sup>3</sup> harç içindeki malzemelerin miktarları da verilmiştir.

Sonuçların kullanılabilmesi için, özgün harç ve sıva örneklerinin koruma laboratuvarlarında; bağlayıcıları, bağlayıcı-agrega oranları, agrega cinsleri ve derecelenmesi ile katkıları bakımından karakterizasyon çalışmalarının yapılması ve mekanik özelliklerinin yaklaşık değerlerle saptanması gerekmektedir.

Onarım harç ve sıvalarının;

- Bağlayıcı cinsine,
- Renk ve doku özelliklerine,
- Fiziksel ve mekanik niteliklerine,

dikkat edilmesi ve bunların özgün harçlarla uyumlu olması için uygun pozların seçilmesi gerekmektedir.

## Malzeme Özellikleri

Bileşimleri verilen harçların beklenen özelliklere sahip olması için, iyi bir işçiliğin yanı sıra seçilen malzemenin de standartlara uygun olması gereklidir.

**1. Kireç:** Hazır torba sönmüş toz kireç, restorasyon için hazırlanan karışımlarda iyi sonuç vermektedir. Bu nedenle kullanılan kireç, TS EN 459-1'de<sup>2</sup> belirlenen niteliklere sahip olmalı ve şantiyede söndürülüp kireç çukurunda hava ile temas etmeden, en az 4 hafta bekletilmelidir. En iyi sonuç, bir yıldan daha fazla bekletilen kireçlerde alınmaktadır. Sönmüş kireç genellikle %40 ila %60 arasında su içerdiğinden, uygun harç kıvamı için gerekli su ihtiyacı deneyerek bulunmalıdır. Horsesan harçlarının başarısı, kirecin ve puzolanik maddelerin uygun bileşimlerine bağlıdır. Nitelsiz kireçlerle başarılı sonuçlar elde etmek olanaksızdır.

**2. Puzolan:** Puzolan olarak adlandırılan malzeme, volkanik küllerin veya tüf taşlarının 67,5µm'dan daha ince öğütülmüş halidir. Her volkanik kül ya da tüf taşı puzolanik özelliğe sahip olmadığından, puzolan olarak kullanılacak tüfler TS 25'de belirtilen nitelikleri taşımalıdır. Bu standarda göre, tüfün bünyesindeki kimyasal elementler SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, toplamı en az %70; MgO, en fazla %5; SO<sub>3</sub>, en çok %3 olmalıdır. Bileşimleri uygun olan tüfün, TS 25'de verilen karışımları hazırlanıp bir hafta nemli ortamda 55-60°C sıcaklıkta kürlenmeli, daha sonra 4MPa'dan daha yüksek basınç dayanımı vermelidir.

Standartta verilen test karışımı;  
150g kuru Ca(OH)<sub>2</sub>  
Eş değeri kireç hamuru,  
300g Puzolan,  
1350g RILEM-Cembureau kumu,

150ml su,

olarak özetlenmektedir.

Genel olarak, kırmızı renkli okside olmuş bazalt cürufu kırıntıları puzolan olarak bilinmektedir. Bu maddenin puzolanik aktivitesi yoktur ve kesinlikle bu şekilde değerlendirilip kullanılmamalıdır.

Puzolan TRAS olarak da bilinmektedir. Ülkemizin bazı yerlerinde, puzolan olarak kullanılan tüf tozlarına yerel isimler verilmektedir. Örneğin Muğla ve çevresinde "Aktoprak" olarak bilinen malzeme, kaliteli bir puzolan çeşididir.

### 3. Hidrolik Kireç:

TS EN 459-1: 2010: Yapı Kireci-Bölüm 1: Tarifler, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri;

TS EN 459-1: 2005: Yapı Kireci-Bölüm 1: Tarifler, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri.

Hidrolik kireç yukarıda adı verilen standartlara uygun olmalıdır.

1 TS 25: Doğal puzolan (tras)-Çimento ve betonda kullanılan-Tarifler, Gerekliler ve Uygunluk Kriterleri

2 TS EN 459-1: 2010: Yapı Kireci - Bölüm 1: Tarifler, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri

**4. Çimento:** TS EN 197-1 Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri. Çimento yukarıda adı verilen standarda uygun özellikte olmalıdır.

**5. Alçı:** BS EN 13279-1: 2008: *Gypsum Binders and Gypsum Plasters* (Alçı Bağlayıcılar ve Sıvalar). Alçı yukarıda adı verilen standarda uygun özellikte olmalıdır.

**6. Kum ve Çakıl:** Restorasyonda kullanılacak kum, ocak veya dişli dere kumu olmalıdır. Yuvarlak taneli ve kaygan kumlar, sıva harçlarında ihtiyatla kullanılmalıdır. Dişli dere kumları ve çakılları tercih edilmelidir. Kumlar, organik madde ve kil gibi zararlı maddeleri içermemelidir. Bu bileşimdeki kumlar dikkatle yıkanarak zararlı maddelerden arındırılmalıdır.

Örgü harçlarında 8mm altı,

Malzeme Cinsi	Yığın Birim Hacim Ağırlık (kg/litre)
Kum	1,20-1,30
Tuğla tozu ( <i>vitrifiye olmamalıdır</i> )	1,05
Tuğla kırığı	1,00
Sönmüş kireç	1,30-1,40
Mermer tozu	1,80
Mermer pirinci	1,50
Puzolan tozu	1,00

kaba sıvalarda ve ince sıvalarda 4mm'den elenmiş ve yıkanmış kum kullanılmalıdır. Deniz kumu uygun değildir; ancak zaruret halinde iyice yıkanmış ve deniz tuzundan arındırılmış olarak kullanılabilir.

**7. Su:** Harçlarda temiz şebeke suyu kullanılmalıdır. Dere, çay ve nehir gibi kaynaklardan gelen sularla kuyu suyu; kanalizasyon

sızıntısı, yabancı maddeler veya endüstriyel kirlenme olmadığı takdirde, yani içilecek nitelikte ise kullanılabilir.

Yapılan deneylerde kullanılan malzemelerin yığın birim hacim ağırlıkları aşağıdaki tabloda yer almaktadır. Bu değerler şantiye koşullarında ve yerel olarak kullanılan malzemelerde küçük farklılıklar gösterebilir.

**Üretilen harçlara yapılan deneyler aşağıda yer alan standartlara uygun olarak yapılmıştır:**

**Basınç Dayanımı:** TS EN 1926, Doğal Taşlar- Deney Metotları- Basınç Dayanımı.

**Su Emme:** TS EN 13755, Doğal Taşlar- Deney Metotları- Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini.

**Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini:** TS EN 1936, Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri-Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini

Fiziksel ve Fizikomekanik Deney Sonuçları							
Örnek	Basınç Dayanımı (MPa)	Ağırlıkça Su Emme (%)	Hacimce Su Emme (%)	Gerçek Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Görünür Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Açık Gözeneklilik (%)	Toplam Gözeneklilik (%)
1.1	0,96	15,29	25,30	2,47	1,65	25,30	33,20
1.2	0,72	13,80	23,12	2,59	1,79	23,12	30,89
1.3	0,80	8,42	15,05	2,50	1,79	15,05	28,40
2.1	7,50	30	40	2,32	1,19	40	48,71
2.2	4,50	22	34	2,49	1,49	34	40,16
2.3	3,55	28	39	2,34	1,27	39	45,73
3.1	0,88	16,53	26,68	2,71	1,61	26,68	40,59
3.2	1,16	21,37	35,38	2,78	1,65	35,38	40,65
3.3	2,18	27,43	40,01	2,76	1,46	40,01	47,10
4.1	8,87	24,80	37,56	2,47	1,51	37,56	38,87
4.2	10,31	23,20	36,65	2,64	1,58	36,65	40,15
4.3	9,61	21,55	34,06	2,54	1,58	34,06	37,79
4.4	8,45	21,75	34,53	2,66	1,59	34,53	40,22
4.5	9,58	20,22	31,40	2,41	1,55	31,40	35,68

5.1	1,14	16,33	27,47	2,55	1,68	27,47	34,12
5.2	1,03	20,00	31,57	2,65	1,58	31,57	40,38
6.1	2,36	12,14	22,63	2,41	1,86	22,63	22,82
6.2	2,41	15,65	28,48	2,67	1,82	28,48	31,83
7.1	2,37	36,19	45,96	2,54	1,27	45,96	50,00
7.2	3,06	40	49,60	2,62	1,24	49,60	52,67
7.3	7,34	31	43,00	2,65	1,40	43,00	47,17
7.4	7,62	33	44,00	2,68	1,34	44,00	50
8.1	5,16	16,75	29,53	2,58	1,76	29,53	31,78
8.2	6,89	17,05	29,64	2,51	1,74	29,64	30,67
8.3	5,30	15,50	28,71	2,70	1,85	28,71	31,48
8.4	7,26	20,39	33,73	2,64	1,65	33,73	37,50
8.5	6,93	21,72	35,08	2,73	1,61	35,08	41,02
8.6	7,98	18,14	30,35	2,67	1,67	30,35	37,45
8.7	7,06	15,23	27,43	2,59	1,80	27,43	30,39
8.8	6,38	13,25	24,88	2,55	1,88	24,88	26,27
9.1	8,40	15,06	27,17	2,50	1,80	27,17	28,00
9.2	3,34	16,04	27,94	2,56	1,74	27,94	32,03
10.1	34,70	8,97	18,58	2,70	2,07	18,58	23,33
10.2	35,31	9,01	18,65	2,69	2,07	18,65	23,04

Hazırlanacak harç ve sıvalarda yukarıda verilen değerlere uygun sonuçlar alabilmek için malzeme özellikleri başlığı altında belirtilen hususlara dikkat edilmelidir. Malzeme özellik-

lerinin haricinde; harca eklenecek su miktarı, uygulamanın yapılacağı hava koşulları, hızlı kuruma gibi etkenler sonuçları etkileyeceğinden, hidrolik özellik taşıyan harçlarda bir hafta süre

boyunca atomize su ile ıslatma yapılmalı, ayrıca 10°C'nin altında çalışma yapılmamalıdır. Güneşli ve çok sıcak havalarda önlem almadan sıva yapıldığında<sup>3</sup> dikkatli olunmalıdır.

Tuz Testi Sonuçları							
Örnek	Cl <sup>-</sup>	[SO <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[CO <sub>3</sub> ] <sup>2-</sup>	[NO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>	[PO <sub>4</sub> ] <sup>3-</sup>	İletkenlik (µS)	pH
1.1	-	-	-	±	-	327	6
1.2	-	-	-	±	-	328	6
1.3	-	-	-	±	-	3010	10
2.1	-	-	-	±	-	322	6
2.2	-	-	-	±	-	338	6
2.3	-	-	-	±	-	320	6
3.1	-	-	-	±	-	4250	9
3.2	-	-	-	±	-	124	6
3.3	-	-	-	±	-	764	8
4.1	-	-	-	±	-	2390	10
4.2	-	-	-	±	-	146	6
4.3	-	±	-	±	-	139	6
4.4	-	-	-	±	±	165	6

4.5	-	-	-	±	-	246	7
5.1	-	+	-	±	-	244	6
5.2	-	+	-	±	-	330	6
6.1	-	-	-	±	-	4770	11
6.2	-	-	-	±	-	2930	11
7.1	-	-	-	±	-	412	8
7.2	-	-	-	±	±	437	8
7.3	-	-	-	±	-	570	9
7.4	-	-	-	±	-	480	9
8.1	-	-	-	±	±	4320	11
8.2	-	-	-	±	±	4390	11
8.3	-	-	-	±	+	3350	11
8.4	-	-	-	±	++	297	7
8.5	-	±	-	±	++	350	7
8.6	-	-	-	±	+	558	8
8.7	+	-	-	±	-	5250	10
8.8	+	-	-	±	-	5180	10
9.1	-	±	-	±	+	460	8
9.2	-	±	-	±	+	106	6
10.1	-	±	-	±	+	154	8
10.2	-	±	-	±	±	179	8

-: Yok; ±: Var-Yok; +: Az var; ++: Var; +++: Fazla var; ++++: Çok fazla var

## Üretilmiş Harçların Ağırlık ve Hacimce Bileşimleri


Kireç harçları hazırlanırken, kullanılan kumun tane boyutuna göre; örgü harcı, kaba sıva harcı ve

ince sıva harcı olarak sınıflandırma yapılır; 8mm'den elenen kum ile hazırlanan harçlar, örgü harcı ve

kaba sıva harcı olarak kullanılır. İnce sıva harcı için kum, 3 veya 4mm'den elenir.

### 1. Kireç Harçları


#### Örnek 1.1. Örgü Harcı ve Sıva Harcı, Kireç/Kum oranı: 1/2

Hacimce	Ağırlıkça	
0,860m <sup>3</sup> dişli dere kumu	1100kg dişli dere kumu	
0,430m <sup>3</sup> sönmüş kireç	600kg sönmüş kireç	
15 litre su	15 litre su	

Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.




**Örnek 1.2. Örgü Harcı ve Kaba Sıva Harcı, Kireç/Kum oranı: 1/3**

Hacimce	Ağırlıkça	
0,930m <sup>3</sup> dişli dere kumu (8mm elek altı)	1300kg dişli dere kumu (8mm elek altı)	
0,310m <sup>3</sup> sönmüş kireç	435kg sönmüş kireç	
15 litre su	15 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**Örnek 1.3. İnce Sıva Harcı, Kireç/Kum oranı: 1/3**

Hacimce	Ağırlıkça	
0,930m <sup>3</sup> dişli dere kumu (4mm elek altı)	1300kg dişli dere kumu (4mm elek altı)	
0,310m <sup>3</sup> sönmüş kireç	435kg sönmüş kireç	
15 litre su	15 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**2. Puzolan Katkılı Sıva ve Örgü Harçları****Örnek 2.1. Sıva Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/2**

Hacimce	Ağırlıkça
0,250m <sup>3</sup> sönmüş kireç	335kg sönmüş kireç
0,320m <sup>3</sup> puzolan (63µ elek altı)	320kg puzolan (63µ elek altı)
0,860m <sup>3</sup> kum (3mm altı)	1066kg kum (3mm altı)
33 litre su	33 litre su

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**Örnek 2.2. Yüksek Dayanımlı Örgü Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/3**

(Sönmüş kireç/puzolan (63µ elek altı) 1/2,5 olacak şekilde bağlayıcı kabul edilmektedir).

Hacimce	Ağırlıkça
0,300m <sup>3</sup> sönmüş kireç	405kg sönmüş kireç
0,280m <sup>3</sup> puzolan (63µ elek altı)	280kg puzolan (63µ elek altı)
0,940m <sup>3</sup> kum (4mm altı)	1172kg kum (4mm altı)
33 litre su	33 litre su

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*


**Örnek 2.3. Orta ve Düşük Dayanımlı Örgü Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/3**  
(Sönmüş kireç/puzolan (63µ elek altı) 1/1,5 olacak şekilde bağlayıcı kabul edilmektedir).

Hacimce	Ağırlıkça
0,170m <sup>3</sup> sönmüş kireç	220kg sönmüş kireç
0,210m <sup>3</sup> puzolan (63µ elek altı)	210kg puzolan (63µ elek altı)
0,995m <sup>3</sup> kum (4mm altı)	1245kg kum (4mm altı)
90 litre su	90 litre su

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

### 3. Horasan Harçları

**Örnek 3.1. Örgü Harcı ve Kaba Sıva Harcı, Kireç/Agrega oranı: 1/2**

Hacimce	Ağırlıkça	
0,390m <sup>3</sup> sönmüş kireç	500kg sönmüş kireç	
0,150m <sup>3</sup> tuğla tozu	150kg tuğla tozu	
0,700m <sup>3</sup> tuğla kırığı	700kg tuğla kırığı	
0,230m <sup>3</sup> kum	300kg kum	
200 litre su	200 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**Örnek 3.2. Kaba Sıva Harcı ve Örgü Harcı, Kireç/Agrega oranı: 1/3**

Hacimce	Ağırlıkça	
0,300m <sup>3</sup> sönmüş kireç	400kg sönmüş kireç	
0,150m <sup>3</sup> tuğla tozu	150kg tuğla tozu	
0,330m <sup>3</sup> tuğla kırığı (8-2mm elek arası)	330kg tuğla kırığı (8-2mm elek arası)	
0,330m <sup>3</sup> tuğla kırığı (2mm elek altı)	330kg tuğla kırığı (2mm elek altı)	
0,264m <sup>3</sup> kum	330kg kum	
140 litre su	140 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*



**Örnek 3.3. İnce Horasan Sıva Harcı, Kireç/Agrega oranı: 1/2**

Hacimce	Ağırlıkça	
0,425m <sup>3</sup> sönmüş kireç	550kg sönmüş kireç	
0,200m <sup>3</sup> tuğla tozu	200kg tuğla tozu	
0,380m <sup>3</sup> tuğla kırığı (4mm altı)	400kg tuğla kırığı (4mm altı)	
0,450m <sup>3</sup> tuğla kırığı (2mm altı)	500kg tuğla kırığı (2mm altı)	
0,080m <sup>3</sup> kum (2mm altı)	100kg kum (2mm altı)	
220 litre su	220 litre su	


*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**4. Puzolan Katkılı Horasan Örgü Harcı ve Sıva Harcı****Örnek 4.1. Örgü Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/2**

Hacimce	Ağırlıkça	
0,400m <sup>3</sup> sönmüş kireç	500kg sönmüş kireç	
0,200m <sup>3</sup> puzolan	200kg puzolan	
0,160m <sup>3</sup> kum (8mm altı)	200kg kum (8mm altı)	
0,325m <sup>3</sup> tuğla kırığı (8-2mm arası)	325kg tuğla kırığı (8-2mm arası)	
0,325m <sup>3</sup> tuğla kırığı (2mm altı)	325kg tuğla kırığı (2mm altı)	
0,150m <sup>3</sup> tuğla tozu	100kg tuğla tozu	
130 litre su	130 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**Örnek 4.2. Kaba Sıva Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/2**

Hacimce	Ağırlıkça	
0,310m <sup>3</sup> sönmüş kireç	420kg sönmüş kireç	
0,210m <sup>3</sup> puzolan	230kg puzolan	
0,135m <sup>3</sup> kum (2mm elek altı)	165kg kum (2mm elek altı)	
0,700m <sup>3</sup> tuğla kırığı (8mm elek altı)	700kg tuğla kırığı (8mm elek altı)	
0,150m <sup>3</sup> tuğla tozu	100kg tuğla tozu	
170 litre su	170 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**Örnek 4.3. Kaba Sıva Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/3**

Hacimce	Ağırlıkça
0,260m <sup>3</sup> sönmüş kireç	350kg sönmüş kireç
0,240m <sup>3</sup> puzolan	240kg puzolan
0,268m <sup>3</sup> kum (4mm altı)	335kg kum (4mm altı)
0,525m <sup>3</sup> tuğla kırığı (4mm altı)	525kg tuğla kırığı (4mm altı)
0,295m <sup>3</sup> tuğla kırığı (1mm altı)	295kg tuğla kırığı (1mm altı)
238 litre su	238 litre su



*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**Örnek 4.4. İnce Sıva Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/3**

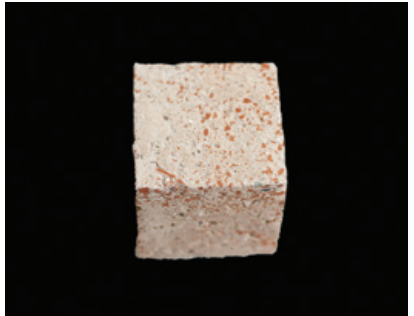
Hacimce	Ağırlıkça
0,185m <sup>3</sup> sönmüş kireç	250kg sönmüş kireç
0,160m <sup>3</sup> puzolan	160kg puzolan
0,240m <sup>3</sup> kum (4mm altı)	300kg kum (4mm altı)
0,500m <sup>3</sup> tuğla kırığı (4mm altı)	500kg tuğla kırığı (4mm altı)
0,380m <sup>3</sup> tuğla kırığı (1mm altı)	380kg tuğla kırığı (1mm altı)
270 litre su	270 litre su



*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

**Örnek 4.5. Puzolan Katkılı İnce Sıva Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/2**


Hacimce	Ağırlıkça
0,320m <sup>3</sup> sönmüş kireç	420kg sönmüş kireç
0,220m <sup>3</sup> puzolan	220kg puzolan
0,080m <sup>3</sup> kum (2mm altı)	100kg kum (2mm altı)
0,400m <sup>3</sup> tuğla kırığı (2mm altı)	400kg tuğla kırığı (2mm altı)
0,250m <sup>3</sup> tuğla kırığı (4mm altı)	270kg tuğla kırığı (4mm altı)
0,100m <sup>3</sup> tuğla tozu	100kg tuğla tozu
210 litre su	210 litre su



*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*


## 5. Alçılı Harçlar

### Örnek 5.1. Alçılı Kireç Harcı

Hacimce	Ağırlıkça	
40kg alçı	40kg alçı	
0,900m <sup>3</sup> kum (4mm altı)	1140kg kum (4mm altı)	
0,300m <sup>3</sup> sönmüş kireç	380kg sönmüş kireç	
285 litre su	285 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*


### Örnek 5.2. Alçılı Kireç Harcı

Hacimce	Ağırlıkça	
75kg alçı	75kg alçı	
0,900m <sup>3</sup> kum (4mm altı)	1140kg kum (4mm altı)	
0,290m <sup>3</sup> sönmüş kireç	370kg sönmüş kireç	
260 litre su	260 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*


## 6. Nefaset Sıvası (Son Kat İnce Sıva)

### Örnek 6.1. Kireç/Mermer Tozu oranı: 1/2

Hacimce	Ağırlıkça	
0,852m <sup>3</sup> mermer tozu (2mm elek altı)	1280kg mermer tozu (2mm elek altı)	
0,426m <sup>3</sup> sönmüş kireç	600kg sönmüş kireç	
60 litre su	60 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*


### Örnek 6.2. Hidrolik Kireç Katkılı Mermer Agregalı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/2

Hacimce	Ağırlıkça	
180kg hidrolik kireç	180kg hidrolik kireç	
0,275m <sup>3</sup> sönmüş kireç	370kg sönmüş kireç	
0,240m <sup>3</sup> mermer tozu	430kg mermer tozu	
0,533m <sup>3</sup> mermer pirinci	785kg mermer pirinci	
145 litre su	145 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*


## 7. Enjeksiyon Şerbetleri

### Örnek 7.1. Sönmüş Kireç Bağlayıcılı

Hacimce	Ağırlıkça	
0,325m <sup>3</sup> sönmüş kireç	422kg sönmüş kireç	
0,450m <sup>3</sup> taş tozu (500µ elek altı)	460kg taş tozu (500µ elek altı)	
0,500m <sup>3</sup> tuğla tozu (500µ elek altı)	500kg tuğla tozu (500µ elek altı)	
325 litre harç suyu olarak %2'lik akrilik emülsiyon	325 litre harç suyu olarak %2'lik akrilik emülsiyon	


*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

### Örnek 7.2. Sönmüş Kireç ve Puzolan Bağlayıcılı


Hacimce	Ağırlıkça	
0,315m <sup>3</sup> sönmüş kireç	410kg sönmüş kireç	
0,360m <sup>3</sup> taş tozu (500µ elek altı)	446kg taş tozu (500µ elek altı)	
0,330m <sup>3</sup> tuğla tozu (500µ elek altı)	404kg tuğla tozu (500µ elek altı)	
0,090m <sup>3</sup> puzolan	86kg puzolan	
343 litre harç suyu olarak %2'lik akrilik emülsiyon	343 litre harç suyu olarak %2'lik akrilik emülsiyon	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

### Örnek 7.3. Hidrolik Kireç Bağlayıcılı


Hacimce	Ağırlıkça	
335kg hidrolik kireç	335kg hidrolik kireç	
0,500m <sup>3</sup> taş tozu (500µ elek altı)	504kg taş tozu (500µ elek altı)	
0, 425m <sup>3</sup> tuğla tozu (500µ elek altı)	420kg tuğla tozu (500µ elek altı)	
520 litre harç suyu olarak %2'lik akrilik emülsiyon	520 litre harç suyu olarak %2'lik akrilik emülsiyon	

### Örnek 7.4. Hidrolik Kireç ve Puzolan Bağlayıcılı


Hacimce	Ağırlıkça	
308kg hidrolik kireç	308kg hidrolik kireç	
0,450m <sup>3</sup> taş tozu (500µ elek altı)	464kg taş tozu (500µ elek altı)	
0,330m <sup>3</sup> tuğla tozu (500µ elek altı)	326kg tuğla tozu (500µ elek altı)	
0,070m <sup>3</sup> puzolan	66kg puzolan	
636 litre harç suyu olarak %2'lik akrilik emülsiyon	636 litre harç suyu olarak %2'lik akrilik emülsiyon	

## 8. Hidrolik Kireçli Harçlar


### Örnek 8.1. 500 dozlu Hidrolik Bağlayıcı Kaba Sıva, Örgü Harcı veya Dolgu Harcı

Hacimce	Ağırlıkça	
500kg Hidrolik Kireç	500kg Hidrolik Kireç	
0,700m <sup>3</sup> çakıl veya kırma taş (5-8mm arası)	875kg çakıl veya kırma taş (5-8mm arası)	
0,150m <sup>3</sup> kum (3-5mm arası)	190kg kum (3-5mm arası)	
0,150m <sup>3</sup> kum (0-3mm arası)	190kg kum (0-3mm arası)	
360 litre su	360 litre su	

### Örnek 8.2. 500 dozlu Hidrolik Bağlayıcı İnce Sıva Harcı

Hacimce	Ağırlıkça	
500kg Hidrolik Kireç	500kg Hidrolik Kireç	
0,600m <sup>3</sup> kum (2-4mm arası)	750kg kum (2-4mm arası)	
0,400m <sup>3</sup> kum (0-2mm arası)	500kg kum (0-2mm arası)	
365 litre su	365 litre su	
360 litre su	360 litre su	

### Örnek 8.3. 500 dozlu Hidrolik Kireç Bağlayıcı Mermer Tozu ve Pirinci ile Hazırlanan İnce Sıva Harcı

Hacimce	Ağırlıkça	
500kg hidrolik kireç	500kg hidrolik kireç	
0,500m <sup>3</sup> mermer pirinci (2mm)	625kg mermer pirinci (2mm)	
0,500m <sup>3</sup> mermer tozu	800kg mermer tozu	
370 litre su	370 litre su	

### Örnek 8.4. Hidrolik Kireç Bağlayıcı Dolgu Harcı

Hacimce	Ağırlıkça	
325kg hidrolik kireç	325kg hidrolik kireç	
325kg hidrolik kireç	525kg kum (0-4mm)	
0,200m <sup>3</sup> tuğla tozu	225kg tuğla tozu	
0,200m <sup>3</sup> tuğla kırığı (0-2mm)	215kg tuğla kırığı (0-2mm)	
0,200m <sup>3</sup> tuğla kırığı (8mm altı)	200kg tuğla kırığı (8mm altı)	
275 litre su	275 litre su	

**Örnek 8. 5. Hidrolik Kireç Bağlayıcılı Kaba Sıva**

Hacimce	Ağırlıkça
270kg hidrolik kireç	270kg hidrolik kireç
0,400m <sup>3</sup> kum (4mm altı)	500kg kum (4mm altı)
0,300m <sup>3</sup> tuğla kırığı (4mm altı)	385kg tuğla kırığı (4mm altı)
0,150m <sup>3</sup> tuğla kırığı (0-2mm)	215kg tuğla kırığı (0-2mm)
0,150m <sup>3</sup> tuğla tozu	225kg tuğla tozu
300 litre su	300 litre su

**Örnek 8. 6. Hidrolik Kireç Bağlayıcılı Horasan İnce Sıva**

Hacimce	Ağırlıkça
250kg hidrolik kireç	250kg hidrolik kireç
0,350m <sup>3</sup> kum (2mm altı)	455kg kum (2mm altı)
0,350m <sup>3</sup> tuğla kırığı (2mm)	350kg tuğla kırığı (2mm)
0,300m <sup>3</sup> tuğla tozu	350kg tuğla tozu
300 litre su	300 litre su

**Örnek 8. 7. Hidrolik Kireç Bağlayıcılı Yonu Taşı Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/2**

Hacimce	Ağırlıkça
450kg hidrolik kireç	450kg hidrolik kireç
0,450m <sup>3</sup> taş kırığı (4mm elek altı 1mm elek üstü)	600kg taş kırığı (4mm elek altı 1mm elek üstü)
0,400m <sup>3</sup> taş tozu (1mm elek altı)	620kg taş tozu (1mm elek altı)
320 litre su	320 litre su

**Örnek 8.8. Hidrolik Kireç Bağlayıcılı Yonu Taşı Harcı, Bağlayıcı/Agrega oranı: 1/3**


Hacimce	Ağırlıkça
325kg hidrolik kireç	325kg hidrolik kireç
0,500m <sup>3</sup> taş kırığı (4mm elek altı 1mm elek üstü)	665 taş kırığı (4mm elek altı 1mm elek üstü)
0,475m <sup>3</sup> taş tozu (1mm elek altı)	700 taş tozu (1mm elek altı)
290 litre su	290 litre su






## 9. Takviyeli Kireç Harçları

### Örnek 9.1. 225 Dozajlı Takviyeli Kireç Harcı

Hacimce	Ağırlıkça	
225kg çimento	225kg çimento	
0,170m <sup>3</sup> sönmüş kireç	220kg sönmüş kireç	
1,000m <sup>3</sup> kum	1300kg kum	
165 litre su	165 litre su	

*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*


### Örnek 9.2. 100 Dozajlı Çimento Takviyeli Kireç Harcı

Hacimce	Ağırlıkça	
90kg beyaz çimento	90kg beyaz çimento	
0,280m <sup>3</sup> sönmüş kireç	365kg sönmüş kireç	
0,867m <sup>3</sup> kum	1200kg kum	
125 litre su	125 litre su	


*Kullanılan sönmüş kirecin yaklaşık %50'sinin su olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.*

## 10. Yapay Taş Bileşimleri

### Örnek 10.1. 450 Dozlu Yapay Taş

Hacimce	Ağırlıkça	
450kg beyaz çimento	450kg beyaz çimento	
0,667m <sup>3</sup> mermer veya renkli taş kırığı (2mm altı)	1000kg mermer veya renkli taş kırığı (2mm altı)	
0,400m <sup>3</sup> kum (2mm altı)	600kg kum (2mm altı)	
260 litre su	260 litre su	

### Örnek 10.2. 500 Dozlu Yapay Taş

Hacimce	Ağırlıkça	
500kg Portland çimento	500kg Portland çimento	
0,667m <sup>3</sup> taş kırığı (2mm altı)	1000kg taş kırığı (2mm altı)	
0,333m <sup>3</sup> kum (2mm altı)	600kg kum (2mm altı)	
280 litre su	280 litre su	