

POMZA İLE ÜRETİLEN HAFİF BETON BLOKLARIN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ
TC.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Seydi SAĞIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman
Yrd. Doç. Dr. İsmail DEMİR

AFYON
2005

ÖZET

Bu çalışmada Isparta yöresinden alınan pomza malzeme 0-1 mm ve 0-3 mm olmak üzere iki farklı tane boyutunda hazırlanmıştır. Deney örnekleri onbir farklı karışımda hazırlanmıştır. Karışımların ikisinde bağlayıcı olarak (PKÇ 32,5) çimentosu ve dokuz karışımda ise kireç-alçı kullanılmıştır. Su/bağlayıcı oranını azaltmak amacı ile süper akışkanlaştırıcı ve gözenek artırıcı katkı olarak hava sürükleyici kullanılmıştır. Karışımlar 10x10x10 cm çelik kalıplarda plastik kıvamda hazırlanmıştır. Karışımlarda ortalama 6 cm çökme sağlamak için S/B oranı 0,75 ile 0,90 arasında değişmiştir. Numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarılarak iki farklı kür işlemine tabi tutulmuştur. Her bir numune serisi ikiye ayrılarak bir guruba 28 günlük su kürü, diğer guruba 6 saat basınçlı buhar (otoklav) kürü uygulanmıştır. Her bir deney serisi için en az 6 adet örnek kullanılmıştır. Örneklerin porozite, bulk yoğunluk, görünür yoğunluk, su emme ve basınç dayanımı değerleri belirlenerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pomza, hafif beton blok, fiziksel özellikler.

ABSTRACT

In this study, pumice material obtained from Isparta region was prepared with two different particle size; 0-1 and 0-3 mm respectively. The test samples were produced in eleven different mixes. Cement (PKÇ 32,5) was used in two mixes and lime-gypsum other nine mixes as binden Superplastisizer and air entrainer were used for reduced W/B ratio and decreased porosity. Test samples were molded to 100x100x100 mm steel moulds. To achieve 6 cm slump, W/B ratio changed between 0,75 to 0,90. The samples were demolded after 24 hours and subjected to two different curing procedures. Each sample series divided in two groups, than one group of samples subjected to water curing for 28 days, and other groups of samples were autoclaved in a autoclave for 6 hours. At least six test samples were used for every test procedure. Porosity, bulk density, apparent density, water absorption and compressive strength values of the samples were determined.

Keywords: Pumice, lightweight building block, physical properties.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil. 1. Pomzanın Görünüşü	4
Şekil.2. 0-3 mm Pomzanın tane grubu elek analizi	47
Şekil.3. 0-1 mm Pomzanın tane grubu elek analizi	48
Şekil.4. Örneklerin Porozite Değerleri	53
Şekil.5. Örneklerin Bulk Yoğunluk Değerleri.....	54
Şekil.6. Örneklerin Görünür Yoğunluk Değerleri.....	55
Şekil.7. Örneklerin Su Emme Değerleri.....	56
Şekil.8. Numunelerin Basınç Dayanımı Değerleri	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge.2.1. Pomza ile Normal Beton Agregasının Karşılaştırılması	9
Çizelge.2.2. Türkiye’deki Pomza Yatakları ve Rezerv Miktarları	10
Çizelge.2.3. Dünyada Pomza Rezervleri	11
Çizelge.2.4.Pomza Tüketiminin Yıllara Göre Dağılımı	15
Çizelge.2.5. Duvar Bloklarının Maliyetlerinin Karşılaştırılmış Değerleri	19
Çizelge.3.1. Doğal Puzolanların Beton Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilmeleri İçin Gereken Kimyasal Değerler	24
Çizelge.3.2. Ülkemizde Üretilen Çimento Türleri Ve Bağlı Oldukları TSE’ler...	37
Çizelge.3.3. Kullanılan Pomzanın Kimyasal Yapısı	48
Çizelge.3.4. Örneklerin Ağırlıkça Karışım Oranları	49
Çizelge.3.5. Çalışmada Kullanılan Uçucu Külün Kimyasal Yapısı	50

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	II
SUMMARY	III
ŞEKİLLER DİZİNİ	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	3
2.1. Pomza.....	3
2.1.1 .Pomzanın Tanımı	4
2.1.2. Pomzanın Oluşumu	5
2.1.3. Pomzanın Kullanımının Tarihsel Gelişimi	5
2.1.4. Pomzanın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	6
2.1.5. Pomzanın Kullanım Alanları	7
2.1.6. İnşaat Sektöründe Pomza	8
2.1.7. Türkiye Pomza Yataklarının Rezerv Durumu	9
2.1.8. Pomzanın Üretim Yöntem ve Teknolojisi	11
2.1.9. Pomzanın Tüketimi	13
2.1.10. Hafif Agregalı Betonda Bulunan ve Aranılan Özellikler.....	15
2.1.11. Hafif İnşaat Ve İzolasyon Hammaddesi Olarak Pomza Taşı.....	16
2.1.12. Pomza Agregalı Betonların Özellikleri.....	17
2.2. Hafif Beton.....	18
2.2.1. Hafif Betonun Özellikleri	18
2.2.2. Hafif Agregaların Sınıflandırılması	20
2.2.3. Hafif Betonun Mekanik Özelliklerine Yaklaşımda Gelişmeler ...	20
3. MATERYAL VE METOD.....	23
3.1. Kullanılan Malzemeler.....	23
3.1.1. Pomza.....	23
3.1.2. Puzolanlar.....	23
3.1.3. Uçucu Kül	24
3.1.3.1.....	U

çucu Kùllerin Kullanım Alanları	25
---------------------------------------	----

3.1.3.2.	Uçucu Küllerin Sınıflandırılması	25
3.1.3.3.	Uçucu Külün Kimyasal Bileşimi	26
3.1.4.	Tüf.....	27
3.1.5.	Perlit	29
3.1.5.1.	Perlitin Fiziksel Özellikleri	29
3.1.5.2.	Perlitin Kimyasal Özellikleri.....	30
3.1.5.3.	Perlitin Genleşme Özelliği	30
3.1.5.4.	Ham Perlit Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	31
3.1.6.	Bağlayıcılar	32
3.1.7.	Çimento	32
3.1.7.1.	Portland Çimentoları	33
3.1.7.2.	Yüksek Fırın Cüruf Çimentoları	34
3.1.7.3.	Traslı Çimentolar	35
3.1.7.4.	Alüminli Çimentolar	35
3.1.7.5.	Diğer Tür Çimentolar	36
3.1.8.	Alçı.....	38
3.1.8.1.	Alçının Tanımı	38
3.1.8.2.	Alçının Sahip Olduğu Özellikler.....	38
3.1.8.3.	Alçının Nem Düzenleyici Özelliği:.....	38
3.1.8.4.	Alçının Isı İletkenlik Özelliği.....	39
3.1.9.	Kireç	40
3.1.9.1.	Kirecin Kimyasal Özellikleri	42
3.1.9.2.	Kireçlerin Belirlenmesi Gereken Özellikleri	43
3.1.9.3.	Kirecin Fiziksel Özellikleri	43
3.2.	Su	44
3.3.	Beton Katkı Maddeleri	44
3.3.1.	Beton Karma Suyunu Azaltıcı Katkılar	45
3.3.2.	Hava Katkı Maddeleri (Hava Sürükleyici Katkılar)	46
3.4.	Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	47
4.	BULGULAR.....	52
4.1.	Fiziksel Bulgular	52

4.1.1. Porozite Değerleri	53
4.1.2. Bulk Yoğunluk Değerleri.....	54
4.1.3. Görünür Yoğunluk Değerleri	55
4.1.4. Su Emme Değerleri.....	56
4.2. Basınç Mukavemeti Değerleri	57
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	60
KAYNAKLAR.....	63

1. GİRİŞ

Teknolojik özellikleri ve birçok endüstriyel hammadde türüne göre değişik avantajlara sahip olan pomza (bims) taşı giderek artan bir eğilimle, farklı endüstri dallarında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Son yıllarda hafif yapı malzemelerine verilen önemin giderek artmasına paralel olarak, hammadde tüketiminde pomza taşı düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, iklimlendirme özelliği, kolay sıva tutması, mükemmel akustik özelliği, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyet ve alternatiflerine göre daha ekonomik oluşu gibi üstün özelliklerinden dolayı, inşaat ve yapı endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Pomza taşı, yalnızca inşaat sektöründe değil, tarım sektörü, kimya sektörü, tekstil sektörü gibi endüstri alanlarında da çok farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Ancak, ne var ki pomza taşının kullanım kriterleri ve karakteristikleri, endüstri alanlarında uygulanabilirliği gibi konular üzerinde, ülkemizde deneysel ve gözlemsel incelemeler, pomza ile ilgilenen kuruluşlar tarafından, henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır. Bu bakımdan, pomzanın önemli rezerv potansiyeline sahip bir endüstriyel hammaddemiz olmasından dolayı, üzerinde yeterli incelemenin yapılması ve kullanım alanlarının yaygınlaştırılması ile ülke ekonomisine yüksek oranda bir katma değer sağlanacağı şüphesizdir (pomzamer.sdu.edu.tr/indextr.htm).

Son yıllarda yapılarda ısı yalıtımı ve ölü yükü azaltmak amacıyla birçok çalışmalar yapılmaktadır. Hafif agregalı beton blok elemanlar, geleneksel betonların yerine uygunluk sağlayan birçok mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır (Calaveri,2003).

Beton yapılarda betonun yoğunluğunun azaltılarak yapı üzerindeki toplam yükün azaltılması istenir ve bu yüklerin en önemlisi de ölü yüklerdir. Bu yüzden hafif betonun kullanılmasıyla bu ölü yükler azaltılır ve taşıyıcı elemanların boyutları küçülerek ekonomik bir kazanç sağlar (Neville,2001).

Bu çalışmada ana hammadde olarak 0-1 mm ve 0-3 mm tane boyutunda asidik pomza kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak kireç, kireç+alçı ve imento kullanılmıştır. Su / bağlayıcı oranının dūřürmek amacı ile bağlayıcı oranının %1'i oranında süper akışkanlaştırıcı katkı ve gözenek oluşturmak amacı ile %0,1 oranında hava sürükleyici kullanılmıştır. Üretilen hafif beton örneklerinin mekanik özellikleri belirlenerek değerlendirilmiştir.

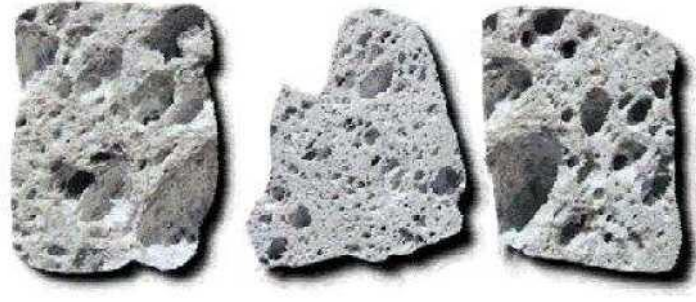
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Bir çok hafif beton üretim yöntemleri vardır. Bu yöntemlerden bir tanesi beton bileşenlerinden olan ince malzemeyi çıkarmaktır. Hafif beton üretiminin diğer bir yolu kimyasal karışımlar kullanarak betonun içine hava kabarcıkları katmaktır. Bu tip betonlar gözenekli veya gaz beton olarak da bilinirler. Hafif beton üretiminin en popüler yolu ise hafif agrega kullanmaktır (Demirboğa,2001).

Isı yalıtım yönetmeliği ile ısı yalıtımının zorunlu hale getirilmesi durumunda hafif ve çok hafif blok elemanların önemi de artmaktadır (I.Isparta Semp,1997).

2.1. Pomza

Teknolojik özellikleri ve birçok endüstriyel hammadde türüne göre değişik avantajlara sahip olan pomza (bims) taşı giderek artan bir eğilimle, farklı endüstri dallarında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Son yıllarda hafif yapı malzemelerine verilen önemin giderek artmasına paralel olarak, hammadde tüketiminde pomza taşı düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, iklimlendirme özelliği, kolay sıva tutması, mükemmel akustik özelliği, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyet ve alternatiflerine göre daha ekonomik oluşu gibi üstün özelliklerinden dolayı, inşaat ve yapı endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Pomza taşı, yalnızca inşaat sektöründe değil, tarım sektörü, kimya sektörü, tekstil sektörü gibi endüstri alanlarında da çok farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Ancak, ne var ki pomza taşının kullanım kriterleri ve karakteristikleri, endüstri alanlarında uygulanabilirliği gibi konular üzerinde, ülkemizde deneysel ve gözlemsel incelemeler, pomza ile ilgilenen kuruluşlar tarafından, henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır. Bu bakımdan, pomzanın önemli rezerv potansiyeline sahip bir endüstriyel hammaddemiz olmasından dolayı, üzerinde yeterli incelemenin yapılması ve kullanım alanlarının yaygınlaştırılması ile ülke ekonomisine yüksek oranda bir katma değer sağlanacağı şüphesizdir (pomzamer.sdu.edu.tr/indextr.htm).



Şekil.1.Pomzanın Görünüşü

2.1.1. Pomzanın Tanımı

Pomza İtalyanca Ponza, Almanca Bimsstein, İngilizce Pumice olarak adlandırılır. Türkçe'de ise süngertaşı, köpüktaşı, topuktaşı, hisirtaşı olarak da adlandırıldığı gibi bilimsel terminolojide dünyaca kabul görmüş pümis (pumice), pümisit (pumicite) olarak da adlandırılmaktadır. İri çakıl boyutuna pümis, kum ve daha ince boyutuna da pümisit denilmektedir (pomzamer.sdu.edu.tr/indextr.htm). Volkanik aktiviteler sonucu meydana gelmiş silikat esaslı, gözeneklerinin birbiriyle bağlantılı olmadığı amorf, camsı ve en önemlisi doğal bir kayadır (Köse,1997).

Pomza, boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuması nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası genelde bağlantısız boşluklu olduğundan, permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir (Endüstriyel Hammaddeler, 1996).

2.1.2. Pomzanın Oluşumu

Yerkabuğunun derinliklerinde, bazaltın kısmi erimesiyle oluşan magma cepleri bulunmaktadır. Çok yüksek basınçta bu magma normal koşullarda sıvı yada gaz olabilecek tüm maddeleri emer (H_2O , CO_2 , F). Zaman içerisinde, bu magma cepleri üzerindeki basınç, depremlerin etkisiyle azalır. Deprem olduğu vakit, volkanik bir patlama başlar ve bu gazlar magmanın içinden püskürür. Gazların serbest kalmasıyla magmanın yapışkanlığı çok hızlı şekilde artar ve katılaştırma ısısı yükselir.

Böylece magma köpürür, parçalara ayrılır ve pomza taşı diye bildiğimiz maddeyi oluşturur. Bu madde kraterden havaya çok büyük bir gaz patlamasıyla fırlar ve sonra çevreye savrulur.(soylu.com.tr/tr/pumice_how.htm)

2.1.3. Pomza Kullanımının Tarihsel Gelişimi

Pomza Taşının bilinen en eski referansı MÖ I. yy.' da Vitruvio'ya ait mimari özete dayanmaktadır. Vitruvio yığınları sudan hafif bu nedenle de yüzücü olarak tanımlar. Ayrıca suyu emmediğini ve hijyenik olduğunu da belirtir. Eski Romalılar zamanında, pomza taşı çoğunlukla termal banyoların ve tapınakların yapımında kullanılmıştır. Bu eserleri bugün bile halen görülebilir. Bu dönemlere ait en belirgin örnekler Roma Pantheonu ve İstanbul'daki Ayasofya Camiidir. O dönemlerden sonra pomza taşı 1800'lerde Almanya'nın Rhinenland şehirlerinde tekrar ortaya çıkmıştır. Avrupa genelinde ise pomza taşına ilgi gösterilmemiştir. Pomza taşının yapı malzemesi olarak kullanılması 1851 yılında California'da başlamıştır. O zamandan günümüze 15 eyalete ve 103 çalışma alanına yayılmıştır. Geçtiğimiz 20 yıl içerisinde teknolojinin gelişmesi ve çevresel bilince ulaşılması pomza taşının kullanımını ve bir çok sektöre yayılmasını sağlamıştır (soylu .com.tr/tr/pumi ce_hi story. htm).

2.1.4. Pomzanın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Pomza volkanik bir kayaç türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetlerle oluşmuştur. Bazik pomza, bazik karakterli volkanizma ürünüdür. Silis oranı düşük, demir, kalsiyum ve magnezyum oranları yüksektir. Koyu renkli,

..

3

kahverengimsi, siyahımsı olabilmektedirler. Özgül ağırlığı 1-2gr/cm civarındadır. (Gündüz,1998) Türkiye'de Manisa (Kula, Demirci), Van (Çaldıran), Bitlis (Tatvan), Kayseri (Tomarza) bazik karakterli pomza yataklarına sahip bölgelerdir (Şener,1999).

Asidik pomza ise asidik karakterli volkanizma ürünüdür. Büyük yataklarda oluşurlar. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan asidik pomza, beyaz ve kirli görünümde ve grimsi beyaz renktedir (Gündüz,1998). Türkiye'de Kayseri, Nevşehir, Bitlis, Van, Ağrı, Kars, Ankara, Isparta yörelerinde önemli yataklar

mevcuttur (Şener,1999). Volkanik bir cam yapısındadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan asidik Pomza, beyaz, kirli renkte olanıdır. Bazik Pomza ise yabancıların Scoria dedikleri Türkçe'deki Bazaltik Pomza olarak bilinen kahverengimsi siyahımsı renkteki Pomza türüdür.

Her iki türü de oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Gözenekler birbirleri ile bağlantılı değildir. Asidik magmanın yoğunluğu bazik olanlara göre daha az olup 0, 5-1 gr/cm³ arasında değişmektedir. Bazik Pomzanın yoğunluğu ise daha fazla ve 1-2 gr/cm³ arasında değişmektedir (Endüstriyel Hammaddeler,1996).

Pomzanın genel kimyasal bileşimi; % 60-75 SiO₂ , % 13-17 Al₂O₃ , % 1-3 Fe₂O₃ , % 1-2 CaO, % 7-8 Na₂O - K₂O ve eser miktarda TiO₂ ve SO₃'den oluşmaktadır (Endüstriyel Hammaddeler,1996).

Genel olarak fiziksel özelliklerine bakacak olursak; kuru birim hacim ağırlığı 600-1500 kg/m³, su emme oranı %20-30, su nüfuz katsayısı 25, ses yutma özelliği (ort.) 0.44, ısı iletim katsayısı 0,16 Kcal/mh°C, su kapasitesi % 0.06, boşluk oranı % 0.70 olduğunu söyleyebiliriz (www.canerltd.com/pomza.htm).

2.1.5. Pomzanın Kullanım Alanları

- İnşaat sektöründe kullanımı: Dolu veya boşluklu hafif yapı elemanları üretimi, prefabrik yapı elemanları üretimi, çatı ve dekoratif kaplama elemanları üretiminde, hafif hazır sıva ve harç üretimi, hafif beton üretimi, çatı ve döşeme izolasyon dolgusu olarak.
- Tekstil sektöründe pomza kullanımı: Yaygın olarak kot taşlama olarak bilinen işlemlerde ve kot kumaşlarının renklerinin açılması, ağartılması ve kumaşın yumuşatılması işlemlerinde.
- Tarım endüstrisinde pomza kullanımı: Toprak ıslahında, az topraklı veya topraksız ortamlarda bitki yetiştiriciliğinde, su beslenimi kısıtlı tarımsal -

yeşil alanlarda.

- Kimya ve diğer endüstri alanlarında kullanımı: Çimento üretiminde puzzolonik malzeme olarak, izolatif duvar boyası, pürüzlü kaplama, motifli boya, astar macunu ve vernik dolgusu, aşınmayan trafik boya ve kaplamalarında, plastik sanayi ve kağıt sanayisinde dolgu elmanı olarak, seramik endüstrisinde seramiklerin ısı yalıtım değerlerini arttırmada, pürüzlü seramik ve absorpsiyonlu seramik tanelerinin imalinde, gübre imalinde topraklanmayı önleyici katkı olarak, asfaltlarda bitüm kusmayı önleyici katkı olarak, ağır ve kirli ortamlarda yağ vs. akışkanları absorbe edici malzeme olarak.
- Tavuk çiftliklerinde taban sergisi olarak, kaymaz tip oto lastik yapımında, farklı süs eşyalarının pürüzlülüğünün giderilmesi ve cilasında parlaticı olarak, tarım ilaçlarının toz halde kullanılmasında taşıyıcı eleman olarak, su, atık su arıtma ve hava temizleme teknolojisinde katkı elemanı olarak kullanılmaktadır (Köse,1997).

2.1.6. İnşaat Sektöründe Pomza

İnşaat sektöründe pomza hafif beton elde edilmesinde agrega olarak kullanılmaktadır. Pomza normal kumun ve çakılın 1/3 ile 2/3' ü kadar ağırlığa eşit olup aynı durum pomza ile yapılan betonda da görülmektedir. Pomzadan yapılan

betonun normal betondan çok daha hafif olması nedeniyle taşınması, kullanılmasındaki kolaylık nedeniyle zaman ve işçilikten tasarruf sağlar. Zemin mekaniği açısından ise: Temele iletilen yük azalacağından yaklaşık %17 oranında inşaat demirinden tasarruf sağlanabilir.

Pomzanın ısı geçirgenlik katsayısı normal betondan 4-6 kat daha fazla izolasyon yapmakta olup bu özelliğinden dolayı da büyük çapta ısı ve enerji tasarrufu sağlayacağı ortadadır.

Pomza ile normal beton agregasına ilişkin bazı özellikler çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge.2.1. Pomza İle Normal Beton Agregasının Karşılaştırılması

	Ortalama Yoğunluk kg/m ³	Beton Kuru Ağırlığı kg/m ³	Basınç Dayanımı Kg/cm ²	%5 Nemlilikte Isı Geçirgenliği
Pomza	550-880	640-1140	2,0-14,0	0,21-0,60
Kum-Çakıl	1300-1760	2240-2480	14,0-17,0	1,40-1,80

Her geçen gün yeni bir kullanım alanı ortaya çıkan Pomzanın, pumicite adı verilen ince taneli olanları çimentoda tras malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Pumice adı verilen iri taneli olanları ise briket imalinde kullanılmaktadır (Sarız,1992).

2.1.7. Türkiye Pomza Yataklarının Rezerv Durumu

Pomza, rezerv bakımından Türkiye’nin çeşitli yerlerinde ve önemli miktarlarda bulunan bir malzemedir. Bu malzemenin Türkiye’deki dağılımı Çizelge 2.2.’deki gibi olup; “A: Görünür rezerv”, “B: Muhtemel rezerv”, “C: Mümkün rezerv” miktarlarını ifade etmektedir. Dünya pomza rezervleri çizelge 2. 3’te verilmiştir.

Çizelge.2.2. Türkiye’deki Pomza Yatakları ve Rezerv Miktarları

Rezerv Miktarı

**Rez e
rv**

Yeri	(m³)	Kategorisi
Nevşehir-Avanos-Ürgüp	400.412.834	A+B
Derin Kuyu	48.660.500	C
Kayseri-Gömeç	13.250.000	A+B
Kayseri-Develi	58.500.000	A+B
Kayseri-Talas-Tomorza	241.000.000	A
Kayseri-Talas-Tomorza	284.000.000	B
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000	A+B
Bitlis-Ahlat	210.000.000	A+B
Van-Erciş-Koca Pınar	154.625.000	A+B
Van-Molla Kasım	5.950.000	A+B
Ağrı-Patnos	27.812.000	A+B
Ağrı-Doğu Beyazıt	26.875.000	A+B
Kars-Iğdır-Kavak Tepe	40.156.250	B
Kars-Digor	11.718.750	B
Kars-Sarı Kamış	1.875.000	B
Ankara-Güdül-Tek Köy	8.070.000	A+B
İsparta-Gölcük	30.983.250	A+B
Toplam (A+B+C) (m³)	2.663.888.584	

Çizelge.2.3. Dünyada Pomza Rezervleri (Madencilik Ö.İ.K,2001)

	Milyon Ton	Toplam (Milyon Ton)
Kuzey Amerika		
A B D .	11500	12000
Diğerleri	500	
Güney Amerika		
Şili	60	80
Diğer	20	
İzlanda		
Dominik	25	80
Guadelouphe	15	
Guatemala	25	
Diğerleri	15	
Avrupa		
Türkiye	2836	5336
İtalya	2000	
Yunanistan	500	
Okyanusya	500	500
Dünya Toplamı		17996

2.1.8. Pomzanın Üretim Yöntem ve Teknolojisi

İlk işletme aşaması olarak değerlendirdiğimiz, ocaktan ham pomza elde edilmesi çok büyük yatırım gerektirmez. Pomza üretiminde açık işletme yöntemi kullanılmaktadır. Pomza taşı, pomza maden ocağından bir lastik tekerlekli yükleyici ile kazılarak kamyonlara yüklenir, kamyonlar ile fabrikaya sevk edilir. Fabrika uygun kırma-eleme sistemlerinde boyut küçülterek sınıflandırılır ve agrega haline dönüştürülür, ayrı ayrı silolara nakledilir (Tozaçan,1999).

Ocağın konumu, nitelikleri, cevher zonunun şekli dekapaj çalışması pasanın ve kaldırılan örtü malzemesinin yerlerinin belirlenmesi aşamalarından sonra üretime kolaylıkla geçilebilir. En önemli problem pomza içindeki volkanik kayaç

parçacıklarıdır. Havuzda yüzdürülen pomza dibe çöken kayaç parçalarından kolaylıkla ayrılabilir. Üretim bazında diğer bir ana sorunsu ambalajlardır. Bilindiği üzere her sektörde ürün tanıtımı ve pazarlama ambalaj özellikleriyle çarpıcı bir noktaya gelebilmektedir. Nitekim dünya ticaretinde, her metada alıcının ilk dikkat ettiği özellik, albenisi olan standart bir ambalaj şeklindedir. Zaman zaman ürün kalitesi bile ikinci plana düşebilmektedir (Endüstriyel Hammaddeler,1996).

Pomza içindeki volkanik çakıllar, diğer yabancı materyaller ve sınıflandırma haricindeki küçük pomza çakılları uygun sistemler kurularak, ilk aşamada tamamen ayıklanmalı, taş yüzeyindeki bulaşıkları gidermek temiz ve net bir görünüş sağlanması için yıkama işleminin yapılması sağlanmalı ve kurutma mutlaka gerçekleştirilmelidir (Endüstriyel Hammaddeler,1996).

Ürünün standart hale getirilebilmesi için üretici firmalar işbirliğine gitmeli, ilgili kuruluşlardan ve üniversitelerden bu aşamada da bilimsel ve teknik yardım sağlanmalıdır. Sorun nitelikli bir ürün arz etmek olduğu için, bu ürünün kullanım alanlarındaki talep özellikleri dikkatle araştırılmalı, sistem alıcının isteği doğrultusunda, sağlıklı ve düzenli bir ambalaj sistemi ile cazip hale getirilmelidir (Endüstriyel Hammaddeler,1996).

Ambalajlama :Pomza taşları genellikle 50'şer kiloluk plastik çuvallar içerisinde ambalajlanmaktadır. Bunun dışında da ambalajlama, paketleme yöntemleri uygulanmaktadır. Ambalajlama konusunda da ortak ve kaliteli bir standarda gidilmelidir (Endüstriyel Hammaddeler,1996).

Kullanılan plastik çuvalların istenilen niteliklerde olmaması veya ambalajlı şekilde bekletilen plastik çuvalların özelliğini kaybederek çürümesi nakliye esnasında malların dağılmasına neden olmaktadır. Tıra yüklemelerde olsun konteynıra yüklemelerde olsun pek çok çuval yırtılarak mal zayi olmaktadır. Bunun önlenmesi için kaliteli ve standartlara uygun ambalajlar kullanılmalıdır (Endüstriyel Hammaddeler,1996).

2.1.9. Pomzanın Tüketimi

Pomza başlıca 3 sektörde kullanılır.

- 1- İnşaat sektöründe,
- 2- Çeşitli sanayii sektörlerinde aşındırıcı olarak,
- 3- Tarım sektöründe,

Pomza: Ülkemizde ve dünyada geniş anlamda inşaat sanayisinde kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen pomzanın % 90'ı yurt içinde inşaatlarda kullanılmaktadır. Pomza, perlitin kullanıldığı alanların genellikle tümünde kullanılır. Perlit gibi genleştirmek için enerji ve yatırım gerekmediğinden, inşaat sektöründeki kullanımı son yıllarda hızla artış göstermektedir. Bu artışın elbette somut nedenleri vardır. Bu nedenlerin başlıcaları şöyle sıralanabilir.

Pomza; normal kumun ve çakılın 1/3 ile 2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Aynı durum pomza ile yapılan betonlarda da görülür. Pomza betonun normal betondan hafif olması nedeni ile zaman ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca zemin mekaniği açısından temele iletilen yük azalacağından yaklaşık % 17 civarında inşaat demirinden tasarruf sağlanması mümkündür.

Pomzanın ısı geçirgenlik kat sayısı normal betondan 6 kat daha fazla izolasyon sağlamakta ve bu özelliğinden dolayı da büyük çapta ısı ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Örnek olarak TS-1114'e uygun hafif gözenekli agraların (Türkiye'de üretilen pomzalar genelde TS-1114'e uygundur) birim hacim ağırlığı 800-900 kg/m³ ve ısı iletkenliği hesap değeri 0.33-0.8 kcal/mh°C'dir. Bu örneklerde görülebileceği gibi pomzadan üretilen yapı elemanlarının ısı yalıtımı diğer malzemelerden üretilenden kat kat fazladır. Tabii ki bunun en büyük nedeni gözenekli oluşudur (Endüstriyel Hammaddeler,1996). Türkiye'de tüketim alanları: Pomzanın genelde üretiminin % 90'ı piyasada tüketilmektedir. Türkiye de pomza tüketiminin yıllara göre dağılımı çizelge.2.4' te verilmiştir.

Çizelge.2.4.Pomza Tüketiminin Yıllara Göre Dağılımı (1993 yılı Ocak - Kasım ayı değerlerini kapsamaktadır)

YILLAR	Tekstil Sanayi		İnşaat Sanayii	
	Miktar (Ton)	Değeri (Bin TL)	Miktarı (Ton)	Değeri (Bin TL)
1988	-	-	1.960.900	4.837.303
1989	-	-	1.004.993	2.651.134
1990	-	-	584.368	2.149.567
1991	10.000	6.000.000	525.518	2.960.242
1992	13.000	9.000.000	1.107.942	9.064.037
1993	20.000	16.000.000	840.000	15.870.000

2.1.10. Hafif Agregalı Betonda Bulunan ve Aranılan Özellikler

İnşaat sektöründe kullanılan hafif malzemelerin oranı geleneksel ağır inşaat malzemelerine göre gittikçe artmaktadır. Hafif inşaat malzemeleri sanayisi çok pahalı ve teknoloji ithali gerektiren büyük ve zaman alıcı bir yatırım konusu olduğu da söylenemez. Hafif inşaat malzemelerinin ekonomikliği ve ısı yalıtım özelliğinden dolayı kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Ayrıca hafif malzemelerde hafifliğin yanı sıra izolasyon, basınca, donmaya, aşınmaya, kimyasal etkilere, mukavemet, elastisite ve kolay bağlanabilme gibi özellikler aranmaktadır.

Betonarme karkas yapılarda bölme elemanı olarak hafif yapı elemanlarının kullanılması, ısı kayıplarını azaltacağı gibi, yapının ekonomikliği açısından da önemlidir. Bunun için ülke şartlarına daha uygun olan hafif ve izolasyonlu yapı elemanları üretiminde pomza, perlit, alçı, ytong ve kil mamulleri gibi malzemelerin önemi hızla artmaktadır. Bu malzemelerin kullanılması ile hafif blok elemanları yanında, prefabrike hazır yapı elemanı, bölme panoları ve benzeri elemanlar üretilmektedir. Üretilen hafif yapı elemanları yapının ağırlığını artırmadan ısı ve ses yalıtımını büyük ölçüde sağlamaktadır. Bunun yanında elemanlarda kesit büyümesi olmadığından yapının maliyeti, çimento ve demir miktarına bağlı olarak azalmaktadır (Ünal,1997).

Yapılar hafif agregalarla yapıldığında hem yapının yükü azalmış olmakta hem de yapı ses ve ısı bakımından yalıtılmış olmaktadır. Hafif agregalar fiziksel yapı ve özgül ağırlık bakımından normal agregalardan farklı özellik göstermektedirler.

Hafif agregalarda dayanımı en yüksek olan seçilmelidir. Maksimum agrega çapı 25 mm'ye düşürülürse dayanım %10 artar. Nedeni ise, hem agreganın zayıflığı hem de çimento hamurunun dokusunda oluşturduğu boşluğun azalmasıdır.

Normal betonlarda yaklaşık 2400 kg/m olan yoğunluk, hafif agregalı betonlarda
3
1000-2000 kg/m 'e düşmektedir. Genelde agregaların basınç dayanımı yoğunluğu ile birlikte artış gösterir. Yoğunluğun düşük olması, boşluğun fazla olduğuna ısı yalıtım kabiliyetinin fazlalığına işaretir. Hafif betonda hem yüksek dayanım hem de ısı yalıtımı aranmamalıdır (Oymacı,1997).

2.1.11. Hafif İnşaat ve İzolasyon Hammaddesi Olarak Pomza Taşı

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kaya Mekaniği /Zemin Mekaniği laboratuvarlarında farklı kompozisyonlarda pomza kullanımı ile hazırlanan hafif beton karışımları üzerinde bir dizi tekno-mekanik analizler yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda çıkarılabilecek sonuçlar şu şekilde özetlenmiştir.

Bu çalışmada test edilen hafif agrega karışımlarının düşük basınç dayanımları sebebiyle, pomzanın yapı yük taşıyıcı eleman olarak kullanılamayacağı görülmüştür. Pomzanın çok gözenekli olması sebebiyle ses ve ısı izolasyonunda kullanılabileceği ve ayrıca normal taşlara göre daha sert olması nedeniyle de aşındırıcı bir madde olarak da kullanılabileceği görülmüştür (Şentürk,1995).

2.1.12. Pomza Agregalı Betonların Özellikleri

Pomza agregalı hafif betonlar, bugünkü modern yapı endüstrisinde, istenen az ağırlık yanında ısı direnci, ses absorpsiyonu ve yangına karşı direnci gibi en iyi

özelliklere sahiptirler. Yapılan araştırmalarda normal beton yerine pomza agregalı hafif beton kullanılmasının başlıca sebepleri arasında, hafiflikleri nedeni ile kesitlerin küçülmesi ve dolayısı ile donatı ve malzeme ekonomisi sağlaması yer almaktadır. Ayrıca, kullanılabilir mekanların artması, ısı ve ses yalıtımı için 2. bir malzeme kullanımına ihtiyaç göstermemesi, donma, çözülme ve ateşe dayanımlarının yüksek olması ve depreme dayanıklı olmaları gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedirler.

Üretim yöntemi, agrega çeşidi, karışım oranları gibi etkenlere bağılı olarak pomza agregalı hafif betonların birim ağırlıkları, dolayısıyla dayanım ve yalıtım özellikleri değişebilmektedir. Uygulama amacına göre değişik özelliklere sahip hafif betonla dolu ve taşıyıcı olamayan yalıtım elemanları üretebilmektedir. İlk uygulamalarda pomza agregalı hafif betonun ekonomik yararları olarak birim hacim ağırlıklarını ve ısı yalıtım katsayılarının küçüklüğü teşkil etmektedir. Ayrıca dolgu ve yalıtım elemanı olarak kullanılmalarından da başarılı sonuç elde edilince, bugün yalıtım görevine taşıyıcı eleman olarak kullanılma imkanları araştırılmaktadır (Arman,1989).

2.2. Hafif Beton

Birim ağırlıkları 1840kg/m^3 ü geçmeyen ve 28 günlük silindir basınç mukavemeti 17N/mm^2 yi aşan betonlar hafif beton sınıfına girerler.

2.2.1. Hafif Betonun Özellikleri

Hafif betonların en olumsuz özellikleri mekanik özelliklerinin düşüklüğü ve su emme miktarlarının fazlalığıdır. Ancak gerekli önlemleri almak kaydı ile, hafif betonların yapımlarında şu yararları sağlar;

- a. Hafiflik
- b. Isı ve ses izolasyonu
- c. Kullanım kolaylığı

Bu malzeme bu özellikleri vermenin yanı sıra yüksek maliyet gerektirmez. Çizelge 2.5'teki maliyet değerlerine bakıldığında kullanımının daha mantıklı olacağı görülmektedir.

Çizelge.2.5. Duvar Bloklarının Maliyetlerinin Karşılaştırılmış Değerleri

DUVAR BLOKLARINDA KARŞILAŞTIRMALI MALİYET ANALİZİ					
	Birimler	Tuğla Duvar (19 cm)	Sandviç Tuğla Duvar	Gazbeton Duvar (19 cm Düz)	Ponzablock Duvar (PL 19)
Isı Yalıtım Değeri	W/mK	0,43-0,65	0,43-0,65	0,14-0,20	0,15-0,21
U	W/m ² K	1,54	0,79	0,72	0,73
1 m ² Duvarın Ağırlığı	kg/m ²	261	267	154	156
Malzeme m ² Maliyeti	TL/m ²	1.494.000	2.050.000	10.000.000	4.375.000
m ² Nakliye Maliyeti	TL/m ²	291.600	270.000	284.295	253.125
Duvar Harcı m ² Maliyeti	TL/m ²	994.500	1.259.700	666.000	663.000
Fire	TL/m ²	89.280	116.000	205.686	92.563
Duvar Örüm İşçiliği	TL/m ²	1.000.000	1.750.000	1.500.000	1.000.000
Dış Sıva Maliyeti	TL/m ²	1.046.250	1.046.250	523.150	523.150
Dış Sıva İşçiliği	TL/m ²	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000
İç Sıva alçı	TL/m ²	2.000.000	2.000.000	1.000.000	800.000
İç Sıva Saten Alçı	TL/m ²	42.000	42.000	42.000	42.000
İç Sıva İşçiliği	TL/m ²	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000
Toplam	TL/m ²	8.957.630	10.533.950	16.221.106	9.748.813
Tuğlaya Göre Fark	TL/m ²	-	18%	81%	9%

Hafif betonların içinde fazla miktarda boşluk olması nedeni ile elastisite modülleri ve dayanımları küçüktür. Bu nedenle genellikle yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılmazlar. Bu malzemeler daha çok detay malzemesi olarak kullanılır.

Hafif betonlarla üretilen yapı elemanları ısı yalıtımı bakımından üstün olup bu özellik binada yakıt giderlerinde ekonomi sağlanmasına ve ısı konforuna neden olur.

Hafif betonlar değişik yöntemlerle üretilirler. Bu yöntemleri şöyle sıralayabiliriz.

- Hafif agrega kullanımı
- Kum kullanılmadan boşluklu beton üretimi
- Köprülü beton üretimi
- Gaz betonu üretimi

Hafif agrega ile üretilen betonlarda çimento, kum, su ve iri hafif agrega vardır. İki tip hafif agrega vardır; bunlar mineral ve organik kökenli agregalardır. Hafif agrega ile üretilen betonların birim ağırlığı 0,5 kg/dm³'ye kadar düşük değerler alır. Ancak

dayanımları da birim hacim ağırlığına bağlı olarak azalır (Atan,1972).

2.2.2. Hafif Agregaların Sınıflandırılması

Hafif agregalar birim ağırlıkları bakımından kullanılma alanlarına göre şöyle sınıflanırlar:

3

- a. Birim ağırlığı 400 kg/m den küçük olan hafif agregalar; bunlarla yalıtım betonları üretilir.
- b. Birim ağırlığı 400-650 kg/m arasında olan hafif agregalar; bunlarla yalıtım ve orta mukavemetli hafif betonlar üretilir.
- c. Birim ağırlığı 650 kg/m den büyük olan hafif agregalar; bunlarla taşıyıcı hafif betonlar elde edilir (Atan,1972).

2.2.3. Hafif Betonun Mekanik Özelliklerine Yaklaşımda Gelişmeler

Hafif beton üzerinde yapılan çalışmalar da aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Schütz, farklı hafif agregalar üzerinde hafif beton nihai dayanımı üzerine yaptığı çalışmalarda, Matrix mukavemetinin artmasının hafif betonun nihai dayanımına etkisinin az olduğu, hafif agrega çekme mukavemetinin artmasının ise hafif beton mukavemetini artıracığı sonucuna varılmıştır.

Taşdemir, normal betonun agrega granülometrisinin çeşitli bölümlerinin hafif agregalarla değiştirerek, karışımların E-modüllerinin modeller yardımı ile hesaplanabileceğini, aynı birim ağırlık için ortalama birim hafif agrega boyutu arttıkça basınç mukavemetinin azaldığını göstermiştir. Aynı şekilde normal agrega ile değiştirilen hafif agreganın boyutu arttıkça hafif beton gevrek kırılmakta, tokluğu azalmakta, nihai basınç birim kırılması yine azalma göstermektedir. Böylece aynı bir sürekli granülometriye ve birim ağırlığa sahip betonlar içinde ince bölümü hafif agrega olan betonlar mekanik özellikler bakımından daha iyi sonuç vermektedir.

İhtiyaroğlu (1992), pomza taşı, tuf ve volkanik cüruf agregalar ile imal edilen hafif beton blokların duvar elemanı olarak özelliklerinin tayini üzerinde yaptığı

çalışmalarında malzeme olarak Kayseri-Develi Bölgesi pomza taşlarını, Kayseri Hizmetdede andezit tüflerini ve Manisa-Salihli bazalt cüruflarını kullanmış, sonuçta genel olarak hafif agregaları betonlarda istenilen işlenebilme özelliğinin elde edilmesi için normal betona göre daha fazla ince malzeme konması gerektiğini, hafif agregalı betonlar ile bunlarla imal edilen blokların normal betona göre daha fazla ısı drenajı, ses izolasyonu, yangına karşı daha iyi bir dayanım ve düşük öz ağırlık özelliklerine sahip olduğunu, hafif agregalı beton blokların daha fazla rötre yapmalarına karşılık düşük elastisite modüllerinin uzama miktarını düşürmesi ile rötre fazlalığının telafi edildiğini ve çatlaklarının böylece önleneceğini göstermiştir. İhtiyaroglu'nun kullandığı hafif betonların birim ağırlıkları 900-1800 kg/m³, basınç mukavemetleri ise 20-120 N/mm² arasında değişmiştir.

Erciyes, pomza taşı ve pomza taşından yapılmış hafif beton üzerinde yaptığı araştırmada pomzanın don tesirlerine karşı mukavemetinin düşük olduğunu, pomzanın içinde bir miktar SO₂ ile %4,99 oranında yanabilen maddenin bulunduğunu belirtmiştir. Bu betonların ölü ağırlığını azaltılmasının istendiği yerlerde dolgu betonu olarak ısı yalıtımının önemli olduğu teras çatı, sanayi tesisleri, fabrikalar ve soğuk hava depolarında, kullanabileceğini belirterek birim ağırlıkları 900-1340 kg/m³ basınç mukavemetleri 0,7-9,0 N/mm² arasında değişen hafif betonlar üretmiştir (Atan,1972).

Bu çalışmada ana hammadde olarak 0-1 mm ve 0-3 mm tane boyutunda asidik pomza kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak kireç, kireç+alçı ve çimento kullanılmıştır. Su / bağlayıcı oranının düşürmek amacı ile bağlayıcı oranının %1'i oranında süper akışkanlaştırıcı katkı ve gözenek oluşturmak amacı ile %0,1 oranında hava sürükleyici kullanılmıştır. Üretilen hafif beton örneklerinin mekanik özellikleri belirlenerek değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Kullanılan Malzemeler

Çalışmada kullanılan malzemelere ilişkin özellikler bu bölümde verilmiştir.

3.1.1. Pomza

Deneyimizin ana materyali olan Pomzadan tezimizin birinci bölümünde geniş olarak bahsedilmiştir. Materyal ve metod kısmında da deneysel çalışmalarımızda kullanmış olduğumuz pomza malzemesinden ayrıntılı olarak bahsedilecektir.

3.1.2. Puzolanlar

Yalnız başına oldukları zaman bağlayıcı özellik göstermedikleri halde, kireç veya çimento gibi bir bağlayıcı ile karıştırıldıkları vakit, su ile yaptığı reaksiyon sonunda bağlayıcı madde özelliği gösteren maddelere puzolan denir.

Puzolanik maddelerin içinde fazla miktarda kolloidal halde silisyum ve alüminyum bulunmaktadır. Bu maddelerin kireçle yapmış olduğu reaksiyon sonunda, puzolan bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır. Bir portland çimentosuna puzolan karıştırıldığı zaman çimentonun hidrasyonu sonunda meydana gelen Ca(OH)_2 ile puzolan içinde bulunan SiO_2 ve Al_2O_3 arasında meydana gelen reaksiyonlar puzolana bağlayıcılık özelliği kazandırmaktadır (Kapkaç,2003)

Puzolanlar yapay ve doğal olarak iki temel gruba ayrılırlar. En bilinen yapay puzolanlar çeşitli endüstrilerin atık malzemeleri olan uçucu kül, endüstriyel cüruflar, silis dumanı ve granüle yüksek fırın cürufudur. Doğal puzolanlar başta tras olmak üzere, volkanik küller, pomza, volkanik tüfler, volkanik camlar, ısı işlem görmüş şeyler, killi maddeler, diatomlu topraklar ve zeolitli maddeler gibi volkanik kökenli malzemelerdir ve jeolojik anlamda yakın zamanlarda volkanik aktivitelerin meydana geldiği bölgelerde bulunurlar (Kapkaç,2003).

Puzolanlar işlenebilirliği arttırmak, ayrışmayı ve terlemeyi azaltmak, sıcaklık artışını

azaltmak, alkali-silika reaksiyonundan dolayı genişlemeyi azaltmak, permeabiliteyi (geçirimsizliği) azaltmak, dayanımı arttırmak, sülfatlara karşı direnci arttırmak, maliyeti azaltmak gibi çeşitli sebepler için kullanılır. Doğal puzolanların beton yapımında uygun bir katkı maddesi olarak kullanılabilmesi için sahip olması gereken fiziksel ve kimyasal özelliklere dair sınır değerler TS 25 ve ASTM C 618 no.lu standartlarda (Çiz. 3. 1) belirtilmektedir (Kapkaç,2003).

Çizelge.3.1. Doğal Puzolanların Beton Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilmesi İçin Gereken Kimyasal Değerler

	TS 25	ASTM C 618
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ Min %	70,0	70,0
SO ₃ , maks. %	5,0	4,0
Nemlilik, maks. %	3,0	3,0
Kızdırma Kaybı, maks. %	10,0	10,0
MgO, maks. %	5,0	-
Na ₂ O olarak alkaliler, maks. %	1,5	1,5

3.1.3. Uçucu Kül

Uçucu kül kömürle çalışan termik santrallerinde ortaya çıkan bir atık ürünüdür. Termik santrallerde çok ince öğütülerek yakılan kömürden aşağıda belirtilen üç farklı külün elde edilmesi mümkündür.

Göreceli olarak iri taneli olup baca gazları ile taşınamayan ve kazan tabanına düşen “**taban külü**”, siklon tipi ocaklarda yakılan kömürün suda soğutularak uzaklaştırılması ile elde edilen “**ham kül**”, çok ince taneli olup baca gazları ile taşınan “**uçucu kül**”. Bugün dünyada ortaya çıkan uçucu kül miktarı yılda yaklaşık olarak 600 milyon ton civarındadır (ASTM C618,1998).

Türkiye’de halen Afşin-Elbistan, Çatalağzı, Çayırhan, Kangal, Kemerköy, Orhaneli, Seyitömer, Soma, Tunçbilek, Yatağan ve Yeniköy santralleri olmak üzere 11 termik santral faaliyet göstermektedir. Bu santrallerden yıllık uçucu kül üretimi ortalama 13 milyon tondur (Türker,2004).

3.1.3.1. Uçucu Küllerin Kullanım Alanları

Her endüstriyel atık gibi uçucu külden de yararlanma olasılıkları araştırılmıştır. Bunların başında çimento ve beton katkı maddesi olarak kullanılması gelir. Özel işlemlerde uçucu külden dayanıklı hafif agrega elde edilebilir. Diğer kullanım alanları arasında: Beton ve asfalt yollarda, yol temel tabakalarında filler malzeme olarak, zemin stabilizasyonunda, kireç-kumtaşı blokların, endüstriyel seramik ve refrakterlerin, boyaların üretiminde katı atıkların stabilizasyonunda ve bitki yetiştirilmesinde kullanımları sayılabilir (Demir,2004).

3.1.3.2. Uçucu Küllerin Sınıflandırılması

Uçucu küllerin sınıflandırılmasında, kimyasal bileşen yüzdesine göre esas olarak ASTM C618 ve TS EN 197-1 standartları baz alınmaktadır.

ASTM C618 standardına göre uçucu küller F ve C sınıflarına ayrılır.

$SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$ yüzdesi %70'ten fazla olan uçucu küller F sınıfına girer. Bunlar puzolanik özelliğe sahiptirler. C sınıfı uçucu küller ise, linyit veya yarı-bitümlü kömürden üretilen ve toplam $SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$ yüzdesi %50'ten fazla olan %70'ten az olan uçucu küllerdir. Aynı zamanda C sınıfı uçucu küllerde CaO oranı %10'dan fazla olduğu için bu küller yüksek kireçli kül olarak da adlandırılır (Türker,2004).

TS EN 197-1'e göre sınıflandırmada uçucu küller silisli (V) ve kalkersi (W) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. V sınıfı uçucu küller çoğunluğu puzolanik özelliklere sahip küresel taneciklerden meydana gelen ince bir toz olup; esas olarak reaktif SiO_2 ve Al_2O_3 'den oluşan geri kalanı demir oksit ve diğer bileşenleri içeren küllerdir. $CaO < \%10$ ve reaktif silis miktarı $> \%25$ olması gerekir.

W sınıfı uçucu küller ise, hidrolik ve/veya puzolanik özellikleri olan ince bir toz olup, esas olarak CaO, SiO₂ ve Al₂O₃'den oluşan ve geri kalanı Fe₂O₃ ve diğer bileşenleri içeren küllerdir. Bu küllerde $CaO > \%10$, reaktif silis $> \%25$ olması gerekir (Türker,2004).

3.1.3.3. Uçucu Külün Kimyasal Bileşimi

Uçucu külün kimyasal bileşimi kullanılan kömürün yapısı, jeolojik orjini ve proses koşullarına bağlıdır. Uçucu külde bulunan başlıca bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve CaO olup, diğerleri SO_3 , MgO ve alkali oksitlerdir. Ayrıca yanmamış karbon ve bunun yanı sıra titanyum, fosfor, berilyum, mangan ve molibden de eser bileşen olarak bulunabilmektedirler.

Temel oksitler olan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve CaO 'in miktarları, uçucu külün silissi veya kireçsi yapıda olmasına göre geniş aralıkta değişmektedir. Buna göre, uçucu külde SiO_2 %25-60, Al_2O_3 %10-30, Fe_2O_3 %1-15 olarak ve CaO %1-40 değerleri arasında bulunmaktadır (ACI 226,1987).

Uçucu kül ile yapılan bir çalışmada ana hammadde olarak uçucu kül bağlayıcı olarak kireç-alçı kullanılmıştır. Farklı oranlarda karışım yapılarak deney numuneleri üretilmiştir. Örneklere su ve buhar kürü uygulanmış numuneler üzerinde birim ağırlık, görünür yoğunluk, gözeneklilik, su emme, donma tesirlerine dayanıklılık, basınç dayanımı ve ısı iletkenliği testleri yürütülmüş ve sonuçta örneklerin mekanik özelliklerinin geliştiği, normal betonlara göre bulk yoğunluk değerinin azaldığı, gözeneklilik ve su emme değerlerinin arttığı, ısı iletkenlik değerinin azaldığı belirlenmiştir (Demir,2004).

3.1.4. Tüf

Volkanik püskürtme sırasında silisli ve alüminli malzemelerden oluşan eriyik durumdaki magma, yüzeye lav olarak çıkar. Volkan külü denilen bu ince zerrelili maddelerin yamaçlarda, göl ve denizlerde birikmesiyle oluşan malzemeye Volkanik Tüf adı verilir (Sayar,1955).

Taneli volkanik malzemeleri kabaca sınıflandırmak mümkündür. Bunlar bölünmüş bir elemanın parçaları şeklinde ifade edildiğinde; fındık kömürü büyüklüğünde olanlar, lapilli olarak adlandırılır. Volkanik tozların en incesi ise volkanik kül olarak sınıflandırılabilir. Bölünme noktaları bu büyüklüklerin orta noktaları olarak

varsayılabilir. İri taneli malzemeler, bomballar, lapilli ve küllerin çoğu breş yataklarının oluşturduğu yerin çevresine yada bacanın yakınlarına dökülebilir ve breş yataklarını oluşturur.

Çok hafif olan toz ve küllerin hava akımı yolu ile taşındığı kabul edilir, en son yere düşme eğilimindedirler ve baca deliğinden çok uzak mesafelere gitme eğilimleri vardır (100-150km.) . Kompakt olan bu malzemeler tüf olarak bilinir (Prison,1975).

Volkanik tüflerin kimyasal kompozisyonu: SiO₂ (% 52,1), Al₂O₃ (% 18,3), Fe₂O₃ (% 5,8), CaO (% 4,9), MgO (% 1,2), Alkali (% 6,6) oranlarındadır.

Tüfler: Doğal taş olarak yapılarda, kütle halinde ısı yalıtım malzemesi olarak, tuğla ve kiremitte katkı maddesi olarak, seramiklerde katkı maddesi olarak, çimento ve betonda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizde İnşaat Alanında Önemli Kullanım Yeri Olan Tüfler: Ayazın (AFYON) Taşı, Köprülü Taşı, Od Taşı, Sille Taşı, Kütahya Tüfleri, Ordu Tüfleri, Samsun Tüf ve Anglomeraları, Kavak Taşı, Yonu Taşı, Kayseri Tüfleri, Hara Taşdır (Sayar,1955).

Volkanik tüflerin puzolanik aktivitelerinden bahsedecek olursak, tüflerin puzolanik aktivite gösterebilmeleri için mutlaka ince taneli olmaları gerekmektedir. Bağlayıcı olarak görev yaptıkları değişik kullanım tarzları vardır. Bunlar: Söndürülmüş kireçle veya suyla birleşerek, çok eski zamanlarda olduğu gibi doğrudan kullanmak, portland-puzolan tipi çimento üretiminde, portland çimentosunun klinkeriyle birlikte öğütülüp, beton katkı maddesi olarak kullanmaktır.

3.1.5. Perlit

Perlit adı peristein kelimesinden türemiş olup perl (inci), stein (taş) anlamına gelmektedir. Perlit 19 Temmuz 1967 tarihli 12505 sayılı Resmi Gazetede çıkan bir karar ile maden kanununa alınmıştır (Türkiye Perlit Envanteri,1985).

Perlit çok sayıda konsantrik yarıkları olan asidik bileşimli %2,5 oranında su bulunduran

volkanik bir kayadır.(Temur,1994) Perlit asidik volkanik bir camdır. Açık gri, yeşil ve siyah renklerde olabilir. Perlit 750-1200⁰C arasında ani olarak ısıtıldığında içerdiği suyun büyük bir bölümünü kaybeder ve genişerek çok hafif bir köpük agregasına dönüşür. İlk hacminin 20-30 katına kadar genişir ve çok hafif ve yoğun gözenekli bir agrega haline gelir (Özgenç,2003).

3.1.5.1. Perlitin Fiziksel Özellikleri

Perlitin fiziksel özelliklerini maddeler halinde sıralayacak olursak

Renk : Gri, beyaz, yeşil, siyah ve bunun tonları

Yumuşama Noktası : 800⁰C - 1100⁰C

Erime Noktası : 1315⁰C - 1332⁰C

pH : 6,0 - 8,0

Özgül Isı : 0,20

Özgül Ağırlığı : 2200-2400 kg/cm³

Genleşme Sıcaklığı : 800- 1200⁰C

Genleşmiş Yoğunluk : 0,040-0,050 g/cm³ , (Önem,2000).

3.1.5.2. Perlitin Kimyasal Özellikleri

Perlit mineralojik karakteri bakımından %3-10 kristalleşmiş mineraller olan volkanik kayadır. Hacminin % 90-97 kadarı cam olup, kristalleşen mineraller feldispat ve biyotittir. Nadir olarak da kuvars, apatit ve manyetit görülür.

Perlit cam karakterine rağmen, soğan kabuğu yapısının çatlaklarında ve diğer kısımlarında çok ince dağılmış zeolit kristalizasyonu yani mordenit oluşumu saptanmıştır. X- ışını analizi ile perlitin en çok %4 oranında serbest silis içerdiği saptanmıştır (Hökelek,1993).

Türkiye'deki ham perlit renkçe üç ana tipten oluşur. En açık renkli olan, en az demir

içeriğine sahip olan perlitlerdir. Türk perlitinin alimına silikat içeriği dünya standartlarına uygundur. Fakat düşük genleşme ısısı anlamına gelen alkali oksitleri dünya standartlarını aşmaktadır (Engelthaler,1996).

3.I.5.3. Perlitin Genleşme Özelliği

Ani ısıtıldığında ısı şokuyla genişerek cam kabarcıklarından ibaret, köpüksü açık renkli bir kütle meydana getirir. Genleşme yeteneği kimyasal bileşimin yanı sıra etkin su miktarına bağlıdır. Perlit mineralinde su iki şekilde bulunur (Kırıkoglu,1990).

a. Etkin Su : Silika tetraedrallerinde moleküle bağlı olarak bulunur. Kristal yapıya dahil olduğu için uzaklaştırılması 75 0-1100°C de olur ve bu sıcaklıkta suyun uzaklaşması ile genleşme gerçekleşir.

b. Serbest Su : Mikroskobik yada küçük yarıklarla bulunur. Bu tür su kırma ve eleme sonucunda serbest kalır ve en fazla 350°C'ye kadar uzaklaşır (Önem,2000).

Perlitteki suyun %80-90'ı, serbest sudur. Ham perlitin efektif su miktarını tayin etmek için, perlit önce 3 70°C'ye kadar ısıtılır, soğuduktan sonra tartılır ve 1100°C'ye kadar tekrar ısıtılır. Kızdırma kaybı efektif su miktarı olarak belirlenir.

750-900°C arasında genişleyen perlitte aktif perlit, 900-1100°C arasında genişleyen perlitte pasif perlit denir. Genleşmeden önceki yoğunluk 1,20-2,70 g/cm³ iken genleşmeden sonra 0,12-0,24 kg/cm³ olur (Hökelek,1993).

3.I.5.4. Ham Perlit Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Ham perlitin hafif tuğla üretiminde por oluşturucu olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmış, ilk denemelerde kendisinin en önemli özelliği olan kütleyi ve dolayısıyla yoğunluğu azaltmayı sağlamıştır. Perlitin genleşmesini sağlayan etkin su, öğütülme sonucunda serbest kalmış ve perlit genleşmesi olmadığından por oluşumu sağlanmamıştır. İkinci aşamada 2-4 mm veya 1-3 mm partikül boyutunda olan perlit %5-25 olarak öğütülmüş olan kile karıştırılmıştır. Perlit ilavesinden sonra öğütme

yapılmamıştır. Bozulmayan perlit tanecikleri kilin içinde kalarak por oluşumu ve bu sayede yoğunluğun azalmasını sağlamıştır (Stelmach,1990).

Diğer bir çalışmada ham perlitin izolatör üretiminde feldispatın yerine kullanılabilir hammadde olup olmadığı araştırılmıştır. Bu çalışmada perlitin özel yapısından dolayı öğütme süresi %60 düşmüştür. Ham bünye özellikleriyle ilgili olarak kuru mukavemet artmış, kuruma küçülmesi azalmıştır. Pişmiş mukavemet ise %37 perlit içeriğine kadar artmış, %50'den sonra mukavemet düşmeye başlamıştır. Bu çalışma sonucunda elektro porselen bünyesinde feldispat yerine perlit kullanılabilirliği doğrulanmıştır (Mogilski,1990).

3.1.6. Bağlayıcılar

Agrega adını verdiğimiz mineral taneli malzemeleri birbirine yapıştırarak yapay taş (beton, harç) oluşumuna imkan sağlayan malzemelere genel olarak bağlayıcı maddeler adı verilir.

Beton ve harç üretiminde kullanılan bağlayıcı maddeler su ile temas ettiği anda sertleşmeye başlar. Priz adı verilen bu sertleşme olayını sadece havada yapabilen bağlayıcılara hava bağlayıcıları, hem hava hem de su içerisinde yapabilen bağlayıcılara hidrolik bağlayıcılar denir (Kamanlı,2003).

3.1.7. Çimento

Çimento, kalker ve kil taşları karışımının yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra öğütülmesinden elde edilen bağlayıcı bir malzemedir (Ersoy,1995).

Çimento, su ile reaksiyona girerek sertleşen hidrolik bir bağlayıcıdır. Çimento hammaddeleri kireç taşı (kalker) ve kildir. Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kum katılarak öğütülüp toz haline getirilir. Bu malzeme 1400-1500⁰C'de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürüne klinker denir (Kamanlı,2003). Daha sonra klinkere priz ayarlayıcısı olarak %2-4 oranında alçı taşı

eklenir (Kapkaç,2003). Son olarak klinker ince toz halinde öğütülerek çimento elde edilir (Kamanlı,2003).

İnşaatlar işlevleri yönünden (bina, köprü, baraj, kanal, yol vb.) birbirlerinden çok farklı özellikler taşıyabildikleri gibi herhangi bir yapının tümü içindeki temel, üst yapı, kazık, ayak, taşıyıcı yada bölme duvarları, hatıl ve sıva gibi bölümlerinin nitelikleri de birbirlerinden çok ayrıdır. Bu inşaat tür ve bölümlerinin hesap ve inşaat teknikleri değişik olabileceği gibi, malzemelerinin de amaca uygun tür ve nitelikte seçilmesi gereklidir. Hammaddesinin cinsine, yapılış yöntem ve koşullarına göre, bu sayılan çeşitli amaçlara uygun düşen, değişik çimentolar elde etmek mümkündür. Başlıca çimento türleri aşağıda özetlenmiştir (Aka, 1995).

3.1.7.1. Portland Çimentoları

Tüm dünyada üretilen çimentoların %90'ını portland çimentosu oluşturmaktadır. Bu tür çimentolar, Türkiye'de mevcut çimento fabrikalarında TS19 Portland Çimentosu Standardına göre üretilmekte ve fabrikaların kendi laboratuvarlarında kalite kontrol işlemleri yapılmaktadır.

Portland çimentosu klinkerinin temel hammaddeleri kalker ve kildir. Bu iki madde hiçbir vakit doğada saf olarak bulunmazlar. Bunların içinde çeşitli yabancı maddeler bulunur ve bunlarda çimento içinde yer alır. Bu nedenle portland çimentolarının %99'unu oluşturan CaO, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ gibi temel bileşenleri dışında MgO, SO₃ ve alkali oksitler yer alır (Kapkaç,2003).

TS19'a göre üç tür portland çimentosu öngörülmektedir. Bunlar; Normal Portland Çimentosu (NPC 350), Yüksek Dayanımlı Portland Çimentosu (YPC 500) ve İlk Dayanımlı Yüksek Portland Çimentosu (İPC 600)'dur. Bu üç tür çimentonun bileşimleri genellikle aynıdır. Yüksek dayanım öğütme sırasında tane çapını küçülterek sağlanmaktadır. Çimento türünü belirleyen NPC, YPC gibi simgelerden sonraki sayılar, çimentonun kgf/cm cinsinden 28 günlük basınç dayanımı değerini göstermektedir (Ersoy,1995).

3.1.7.2. Yüksek Fırın Cüruf Çimentoları

Birdenbire soğutulmuş granüle duruma getirilmiş bazik yüksek fırın cürufu ile portland çimento klinkeri ve alçıtaşının belirli oranlarda karıştırılarak çok ince öğütülmesiyle elde edilen hidrolik bağlayıcı maddelerdir. Bazik yüksek fırın cürufu, silikatlardan ve kalsiyum- alümino- silikatlardan oluşur. Bu cüruf yüksek fırından erimiş durumda çıkarak bir kuyuya atılır; böylece su ile birdenbire soğutulmuş granüle edilir. Yurdumuzda yüksek fırın cürufu Demir- Çelik fabrikalarında çok miktarda çıkmaktadır (Ayrıntılı bilgi için bkz: TS20) (Aka,1995).

Yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimi esas olarak CaO - SiO_2 - Al_2O_3 'den oluşur. Cürufun kimyasal bileşimi ise yaklaşık olarak: SiO_2 (%40,2), CaO (%34,2), MgO (%9,4), Al_2O_3 (%15,2), Fe_2O_3 (%0,8) oranları şeklindedir (Kapkaç,2003).

Yüksek fırın cüruf çimentolarının normal portland çimentolarına oranla geçirimsizliği daha az olup, tuzlu suya ve endüstri dumanındaki gazların etkisine daha dayanıklıdır. Bu nedenle bu çimentolar su yapılarında, temellerde ve duman etkisine maruz elemanlarda, hidrasyon ısısının düşük olması nedeniyle de masif yapılarda uygun olarak kullanılmaktadır (Ersay,1995).

3.1.7.3. Traslı Çimentolar

Traslar, silisli ve alüminli maddelerdir. Kendi başlarına bağlayıcı olmamalarına rağmen, betonda mevcut kireçle bu özelliği kazanırlar. Traslı çimentolar, imalat sırasında portland çimentosu klinkerine aktif volkanik tüfler veya benzeri traslar katılarak, bunların öğütülmesiyle elde edilir. Bu tür çimentodan beklenen özellikler TS26'da belirlenmiştir. Karışımın tras oranı %30-40 dolaylarında tutulur (Ersay,1995).

Bu tür çimentoların geçirimsizliği az ve hidrasyon ısısı düşük olduğundan, kütle betonları ve su yapılarında kullanılması tercih edilir. Traslı çimentoların simgesi TÇ'dir (Ersay,1995).

3.1.7.4. Alüminli Çimentolar

Bu çimentolar boksit ve kalkerin fırında eritilinceye kadar pişirilmesi sonucu elde edilir. Boksitin içinde %50'den fazla Al_2O_3 bulunmasından bu çimentoların içinde bulunan Al_2O_3 miktarı %30'dan fazladır. Genel olarak bu çimentoların bileşimi: Al_2O_3 (%40-45), CaO (%35-42), Fe_2O_3 (%5-15), SiO_2 (%4-10) oranları arasındadır (Kapkaç,2003).

Alüminli çimentoların en önemli özelliği çok çabuk priz almasıdır (Kapkaç,2003). Çabuk dayanım kazanmanın yanı sıra, alüminli çimento ile yapılmış betonların sülfatlara, yağ ve şekere dayanımı da diğer çimentolara oranla yüksektir. Ancak, bu tür çimentoların hidrasyon ısısı çok yüksek olduğundan, kütle betonlarında kullanılması sakıncalıdır. Dökülecek betonun kalınlığı 40-50 cm' den fazla olduğu durumlarda özel önlem alınmalıdır. Ayrıca bu tür çimentolar sıcak iklimlerde kullanılmamalıdır (Ersoy,1995).

3.1.7.5. Diğer Tür Çimentolar

Yukarıda sayılan çimento türlerine ek olarak, "Havalı Çimento", "Geçirimsiz Çimento" ve "Genleşen Çimento" gibi türler de kullanılmaktadır.

Havalı çimentonun içinde hava taşıyan katkı maddeleri bulunduğu için, bu çimento ile yapılan betonun donma-çözölmeye karşı direnci artar. Geçirimsiz çimento, kalsiyum stearat, amonyum stearat gibi katkı maddeleri ile geçirimsizliği artırılmış bir çimento türüdür.

Genleşen çimento, içine karıştırılan katkı maddeleri nedeni ile priz sırasında büzölme yerine genişir. Rötire istemeyen ve genişmenin yeğlendiği durumlarda, özellikle onarım işlerinde kullanılır (Ersoy,1995). Ülkemizde üretimi yapılan çimento türleri çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge.3.2. Ülkemizde Üretilen Çimento Türleri Ve Bağlı Oldukları TSE'ler.

Anma Adı		Bağlı olduğu TSE
PÇ 32,5	Portland Çimentosu	TS 19
PÇ 42,5	Portland Çimentosu	
PÇ 52,5	Portland Çimentosu	
BPÇ 32,5	Beyaz Portland Çimentosu	TS 21
KÇ 32,5	Katkılı Çimento	TS 10156
TÇ 32,5	Traslı Çimento	TS 26
KZÇ 32,5	Kompoze Çimento	TS 12142
KZÇ 42,5	Kompoze Çimento	
PKÇ 32,5	Portland Kompoze Çimento	TS 12143
PKÇ 42,5	Portland Kompoze Çimento	
PCC 32,5	Portland Cürüflu Çimento	TS 12139
PCC 42,5	Portland Cürüflu Çimento	
SDÇ 32,5	Sülfatlara Dayanıklı Çimento	TS 10157
UKÇ 32,5	Uçucu Küllü Çimento	TS 640
CÇ 32,5	Yüksek Fırın Cürüflu Çim.	TS 20
CÇ 42,5	Yüksek Fırın Cürüflu Çim.	
HÇ 16	Harç Çimentosu	TS 22
SSÇ 32,5	Süper Sülfat Çimentosu	TS 809
PLÇ/ A-B	Portland Kalkerli Çimento	TS 12140
PSFÇ	Portland Silika Füme Çim.	TS 12141
PZÇ/A-B	Puzolonik Çimento	TS 12144

Deneylerde kullanılan çimento Afyon Çimento Sanayi T.A.Ş. Fabrikası üretimi TS 12143 PKÇ/A 32,5 R Portland kompoze çimentodur. Kullanılan çimentonun Özgül Ağırlığı: $2,85 \text{ kg/dm}^3$ 'dür.

3.1.8. Alçı

3.1.8.1. Alçının Tanımı

Alçı taşı dünyanın varoluşundan bu yana bulunan düşük yoğunlukta bir taştır. İşlendikten sonra çok çeşitli kullanımı olan taş, bugün dünyanın birçok ülkesinde ev

ve işyerlerinin duvar ve tavan kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yanmazlığı ve dayanıklılığı ile tüm dünyada bina ve yangın sigortası otoriteleri tarafından kabul görmektedir. İnsan yaşamı için toksik olmayan alçı taşı, bitki ve hayvan yaşamını ise destekleyici nitelikte olduğundan iç mekan yapı malzemelerinin temel taşıdır.

3.1.8.2. Alçının Sahip Olduğu Özellikler

- Yanmazlık
- Isı yalıtımı
- Hafiflik
- İşleme ve onarım kolaylığı
- Yüze nefes aldırma
- Bakteri üretmeme

3.1.8.3. Alçının Nem Düzenleyici Özelliği

Kapalı bir hacimde bulunan su buharı, hacmi çevreleyen dış yapı elemanlarının yüzeylerine temas ettiğinde soğuşarak yoğunlaşır ve yapı elemanlarının ıslanmasına dolayısıyla da elemanın yüzeyinde su lekelerine ve çiçeklenmelere neden olur. Alçı ise ısı iletkenliğinin düşük olması dolayısıyla yalnız yoğunlaşmayı geciktirmekle kalmaz, aynı zamanda boşluklarında önemli bir oranda ortam nemini ve kondansasyon suyunu absorbe edip, iç hacimde bağıl nemin azalmasını sağlayarak yoğunlaşmayı azaltır. Buna ek olarak nem azaldığında alçı kendi bünyesindeki nemi ortama vererek ortamın yeterli derecede nemli kalmasını sağlar ve bu suretle kaloriferli evlerde yaşam koşullarının iyileştirilmesine katkıda bulunur.

3.1.8.4. Alçının Isı İletkenlik Özelliği

Alçı, yapılarda kullanıldığından beri sıcak temaslı bir malzeme olduğu bilinmektedir. Günümüzde ısı iletkenlik değerleri saptandığında, alçının ısı iletkenlik değerinin doğal malzemeler arasında ahşaba çok yakın olduğu ve diğer doğal malzemelerden daha az ısı iletmediği görülmüştür. TS 825 'e göre birim hacim

ağırlığı 800kg/m^3 olan bir ahşap malzemenin ısı iletkenlik değeri 0.17 W/mK dir. Alçının ısı iletkenlik dereceleri alçı hamurunun birim hacim ağırlığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Birim hacim ağırlığı, hamura katılan alçı/su oranına bağlıdır. Alçı hamurundaki alçı oranı fazlalaşır su oranı azaldıkça alçının birim hacim ağırlığı artar. Binalarda ısı yalıtım kurallarını tanımlayan TS 825'te alçı hamurlarının gözenekli ve yoğun oluşuna göre birim ağırlığına bağlı olarak verilen ısı iletkenlik değeri $0.6-1.20\text{ kg/m}$ birim ağırlık için $0.29-0.53\text{ W/mK}$ değerleri arasında değişmektedir.

Geleneksel bir yapı malzemesi olan alçı, ısı yalıtımı ve diğer olumlu özellikleri nedeniyle günümüzdeki yapıların duvar konstrüksiyonlarının estetik, konfor ve insan sağlığı açısından standardını yükseltecek niteliktedir. İnşaat sektöründe, doğadan kolayca elde edilip işlenebilen alçı malzeme kullanımının artması ile minimum enerji sarfiyatıyla yüksek performanslı ürün elde edilebilecek ve binalardaki ısı kaybı da azalacaktır.

Alçı malzeme doğru olarak ve uygun yerlerde uygulandığında, mimariye çok geniş imkanlar tanıyan ve yüzyıllarca bozulmadan kalan bir malzemedir. Ayrıca sanıldığı gibi aksine alçı malzeme çimento ve kireç esaslı malzemelerden maliyet açısından daha ekonomiktir (www.knauf.com.tr/3_1.html).

3.1.9. Kireç

Yapı Kireçleri: Kalker taşının 5-10 cm boyutlarında parçalar halinde kırılarak $900-1000^\circ\text{C}$ sıcaklıkta uygun fırınlarda pişirilmesiyile elde edilir. Kimyasal analizi yapıldığında genel olarak hammaddenin kimyasal yapısını taşırlar. Kireçler, ana maddeye bağlı olarak kalsiyum oksit veya kalsiyum hidroksitten meydana gelir. Ancak içerisinde az miktarda magnezyum (MgO), Mg(OH)_2 , silisyum (SiO_2), alüminyum (Al_2O_3) ve demir (Fe_2O_3) ihtiva ederler.

Kireç hammaddesi içinde az da olsa kil minerali varsa kirecin rengi diğer kireç çeşitlerine göre esmerdir. Bu kirecin sönme işlemi daha uzundur. Piyasada talep az

olduğu için üretimi azdır ve aynı zamanda verimi de düşüktür. Bir ton sönmemiş kireçten, 1,0-1,5 m sönmüş kireç elde edilir.

- a) **Hava Kireci:** Genellikle kalsiyum oksit ve ya hidraoksitten oluşan ve atmosferik karbondioksit ile reaksiyona girerek havada yavaş yavaş sertleşen kireçlerdir. Hidrolik özellikleri olmadığı için, genellikle su altında sertleşmezler.
- b) **Sönmemiş Kireç:** Kireç taşı veya dolomitik kayaların kalsinasyonu ile üretilen ve esas olarak kalsiyum oksit ve magnezyum oksit ihtiva eden hava kireçleridir. Sönmemiş kireçler su ile etkileşince ekzotermik reaksiyon verirler. Sönmemiş kireçler, kelle denilen büyük parçalar veya öğütülmüş ince toz halinde piyasaya arz edilirler.
- c) **Yanmış Kireç:** Esas olarak kalsiyum oksitten oluşan, sönmemiş kireçlerdir.
- d) **Dolomitik Kireç:** esas olarak kalsiyum oksit ve magnezyum oksitten oluşan sönmemiş kireçlerdir. Dolomit taşının, 900-1000° C sıcaklıkta pişirilmesiyle elde edilen kirece dolomit kireci adı verilir.
- e) **Söndürülmüş Kireç:** Sönmemiş kirecin su ile kontrollü söndürülmesiyle oluşan ve çoğunluğunu kalsiyum veya magnezyum hidroksitin oluşturduğu hava kirecidir. Söndürülmüş kireçler, su ile temaslarında ekzotermik reaksiyon vermezler. Söndürülmüş kireçler, kuru toz veya hamur olarak üretilirler.
- f) **Hidrate Kalsiyum Kireç:** esas olarak kalsiyum hidroksitin oluşturduğu söndürülmüş kireçlerdir.
- g) **Hidrate Dolomitik Kireç:** esas olarak kalsiyum hidroksit, magnezyum hidroksit ve magnezyum oksitten oluşan söndürülmüş kireçlerdir.
- h) **Yarı-Hidrate Dolomitik Kireç:** Esas olarak hidrate edilmiş ve kalsiyum hidraksit ve magnezyum oksit ihtiva eden kireçlerdir.
- i) **Tamamen Hidrate Edilmiş Dolomitik Kireç:** Esas olarak kalsiyum hidroksit ve magnezyum hidroksit ihtiva eden hidrate edilmiş dolomitik kireçlerdir.
- j) **Kavkı (canlı kavkısı) kireci:** Kavkılarının kalsinasyonu ve söndürülmesi ile üretilen söndürülmüş kireçlerdir.
- k) **Karbür Kireci:** kalsiyum karbür(CaC_2) den asetilen üretiminde yan ürün

olarak elde edilen söndürülmüş kireçlerdir. Karpit (CaC_2), ark fırınlarında kireç taşı ile kok kömürü arasındaki reaksiyon neticesinde meydana gelir. Karpit, su ile teması esnasında asetilen gazı (C_2H_2) çıkarır:



- l) Kireç Hamuru:** Magnezyum hidroksit ihtiva eden veya ihtiva etmeyen ve esas olarak kalsiyum hidroksitten oluşan, istenilen kıvama ulaşmak için su ile karıştırılarak üretilen hamur kıvamındaki söndürülmüş kireçlerdir.
- m) Hidrolik Kireç ve Doğal Hidrolik Kireç:** Killi-kumlu kireç taşının yakılması ve söndürülüp öğütülmesiyle veya uygun malzemelerin kalsiyum hidroksitle karıştırılmasıyla üretilen ve esas olarak kalsiyum silikat, kalsiyum alüminat ve kalsiyum hidroksit ihtiva eden kireçlerdir.

Bunlar su altında katılaşma ve sertleşme özelliklerine sahiptir. Atmosferik karbondioksit, sertleşme işlemine katkıda bulunmaktadır. En az kütlece % 3 serbest kireç ihtiva ederler.

Yüksek veya düşük killi-kumlu kireçtaşlarının yakılması (1250°C nin altında) ve öğütülerek veya öğütülmeden söndürülerek toz halinde üretilen hidrolik kireçler “Doğal Hidrolik Kireçler” (NHL) olarak adlandırılmaktadır.

Kütlece %20 ye kadar uygun puzolonik veya hidrolik malzemeler ilave edilen kireçler NHL-P olarak adlandırılmaktadır. Tüm HL ve NHL tiplerine organik katkılar ilave edilebilir.

3.1.9.1. Kirecin Kimyasal Özellikleri

Yapı kireçlerinin kimyasal bileşenleri TS EN 459-2’de verilen değerlere uygun olmalıdır. Her tip kireç az miktarlarda katkı ihtiva edebilir. Bunların muhtevaları % 0,1’i geçtiği zaman miktar ve cinsleri açıklanmalıdır.

Katkıların, harçta herhangi bir olumsuz etkisi olmamalıdır. Kireçlerin ($\text{CaO} + \text{MgO}$), MgO , CO_2 , aktif kireç ve sülfat muhtevaları ayrı ayrı belirlenmelidir.

3.1.9.2. Kireçlerin Belirlenmesi Gereken Özellikleri

Kireçler aşağıdaki özellikleri sağlamalı veya belirlenmelidir. Hidrolik yapı kireç sınıfları için standart 28 günlük basınç dayanımları TSE’de verilen standardı sağlamalıdır. Ayrıca; İncelik, Hacim değişmezliği, Hava muhtevası, Priz süresi, Penetrasyon, Verim, Uygunluk, her defada sadece bir özellik için değerlendirilmelidir. Fiziksel ve kimyasal özellikler yönünden uygunluk metodu nitel özelliklerde, muayene üzerine kurulur. Kusurlu kalemlerin sayısı hesap edilir ve tespit edilmiş kabul edilebilir toplam kusur yüzdesi ve deney sayılarından hesap edilerek bulunan tahmini kusur sayısı ile karşılaştırılır.

3.1.9.3. Kirecin Fiziksel Özellikleri

Yapılarda kullanılacak olan kireçlerde istenilen fiziksel özellikler aşağıdaki gibidir.

Verimlilik: Her sınıf ve tipteki söndürülmemiş kirecin 10 kg'ının verimliliği en az 26 dm olmalıdır.

İşlenebilme Yeteneği: Her sınıf ve tipteki söndürülmemiş kireçlerde 190 mm ve 1 mm yayılmayı sağlamak için deneyde en az 14 sarsma yapılmış olmalıdır.

Hacim Sabitliği: Her sınıf ve tipteki söndürülmemiş kireçler ile hazırlanan pideler katı olmalı, çap doğrultusunda ve kafes şeklinde çatlaklar göstermemelidir.

İncelik: söndürülmemiş toz kireçler göz açıklığı 0,63 mm olan kare gözlü elekte %0,5 ve 0,09mm olan kare gözlü elekte %10'dan fazla kalıntı bırakmamalıdır (Baradan).

3.2. Su

Yapılan çalışmada Afyon şehir içme suyu kullanıldı ve harçta kullanılan bu suyun sıcaklığı ortalama 20°C’dir.

3.3. Beton Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri, taze ve/veya sertleşmiş betonun bazı özelliklerini değiştirmek amacıyla beton karışımı hazırlanırken karışıma ilave edilen kimyasal maddelerdir. Bu maddeler fonksiyonlarını, su emme, yüzey gerilimini değiştirme, kolloit

oluşturma, hidrasyon sırasında imento+su reaksiyonuna katalizör etkisi yapma gibi fizikokimyasal etkiler ile yerine getirirler.

Başlangıçta katkı maddeleri yeteri kadar önemsenmemiş ve bunların beton özellikleri üzerine olan yararlı etkilerine kuşku ile bakılmıştır. Ancak son yıllarda kimya endüstrisinde yapılan araştırmalarla birçok yeni ürünler geliştirilmiş ve çeşitli türde katkı maddeleri üretiminde büyük artış olmuştur. Beton katkı maddeleri yalnız beton kalitesini arttırmakla kalmayıp, önemli ölçüde ekonomik kazanç da sağlanmaktadır.

Katkı maddeleri çeşitli faktörler göz önüne alınarak sınıflandırılabilir. Bunlarda en önemli olanı katkı maddelerinin kullanılma amacını esas alan sınıflamadır. Buna göre maddeleri 8 ana grup altında toplanabilir.

1. Beton karma suyunu azaltıcı katkılar,
2. Betona hava veren katkılar,
3. Prizi abuklaştırıcı katkılar,
4. Priz süresini geciktirici katkılar,
5. Beton permeabilitesini azaltıcı katkılar,
6. Betona gaz veren katkılar,
7. Kimyasal etkilere dayanıklılığı artıran katkılar,
8. Biyolojik etkilere dayanıklılığı artıran katkılar.

Yapılan deneysel çalışmamızda biz, su azaltıcı ve hava sürükleyici katkı maddelerini kullanmış bulunmaktayız. Dolayısıyla bu tezde yalnızca bu ikisinden bahsedilecektir (Yalçın,2002).

3.3.1. Beton Karma Suyunu Azaltıcı Katkılar

Bu tür katkılar bir su emme mekanizması yardımıyla imento tanecikleri arasındaki çekim kuvvetlerini azaltan yüzey-aktif maddelerdir. Bunlar beton içine katıldığında imento hamurunda akış özelliğinin artmasına neden olurlar.

Suyu azaltıcı katkı maddeleri başlıca üç amaç için kullanılır:

1. Aynı dozaj ve su/çimento oranında betonun slampını (işlenebilirlik) arttırmak için,
2. Aynı dozaj ve slump değerinde su/çimento oranını azaltmak için,
3. Aynı su/çimento oranında mukavemeti azaltmadan daha az çimento kullanmayı sağlamak için.

Beton karma suyunu azaltıcı katkı maddelerinin taze betonun rötresi ve geçirimsizliği üzerinde de olumlu etkileri vardır. Suyu azaltıcı katkıları fonksiyonları gereği bir miktar havayı da ufak kabarcıklar halinde betonun içine sürükler. Böylelikle taze betonun su alması önlenerek rötresi azalır ve ayrıca donmaya daha dayanıklı bir beton elde edilir (Yalçın,2002).

3.3.2. Hava Katkı Maddeleri (Hava Sürükleyici Katkılar)

Bunlar yüzey-aktif katkıları olup, beton içine karışım sırasında az miktarda katıldıkları zaman karışım içinde mikro hava kabarcıkları meydana getirirler ve boşlukların beton içinde üniform şekilde dağılmasını sağlarlar. Hava veren katkıların betona ilavesiyle çapları yaklaşık olarak 0,08-1,25 mm arasında değişen hava boşlukları oluşur. Bu katkıları taze betonda, çimento hamurunun kıvamını ve hacmini arttırmak suretiyle, işlenebilirlik özelliğini ve kohezyonu iyileştirir ve böylece dona karşı daha dayanıklı olmasını sağlarlar.

Hava katkısı, betonun işlenebilirlik ve dayanıklılığını artırırken, meydana getirmiş olduğu boşlukları nedeniyle basınç mukavemeti üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Betonun basınç mukavemeti genel olarak katkı miktarı ile orantılı olarak düşmektedir. Bununla beraber, don etkisine maruz kalan betonlarda dona dayanıklılıktaki artış basınç mukavemetinin düşüşünü dengelemektedir.

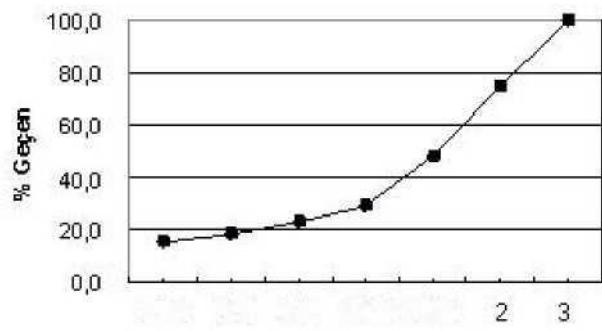
Yukarıda belirtilen hususlar betonlarda genel olarak en çok % 6 oranında hava boşluğu yapacak şekilde ilave edilen hava katkılı betonlar içindir. Birçok uygulamada özellikle prefabrike eleman (hafif beton) yapımında, betonun birim hacim ağırlığını azaltmak için çok yüksek oranlarda hava katkısı katılmaktadır. Bu

betonlar düşük yoğunluklu olmaları yanında aynı zamanda yüksek ısı geçirimsizliği özelliklerine de sahip olmaktadır.

Hava veren katkılar çeşitli patent isimleri ile piyasada bulunmaktadır. Bunlar genellikle doğal odun reçineleri, organik yağlar, çeşitli sülfonat bileşikleri vb. kimyasal bileşiklerdir. Bunlardan bazıları suda çözünmediği için, katkı maddesi olarak kullanılabilme üzere suda çözünebilir tuzları yapılmaktadır (Yalçın,2002).

3.4. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan malzemeler ve deney örneklerinin üretilmesi bu bölümde verilmiştir. Çalışmada Isparta yöresinden alınan pomza malzeme kullanılmıştır. Pomza iki farklı tane gurubunda hazırlanmıştır. Birinci grup malzeme 0-3 mm. tane boyutuna sahiptir. Birinci grup pomzanın yaklaşık %50'si 0,85 mm'lik elekten, %75'i 2 mm'lik elekten geçmiştir (Şekil 2).

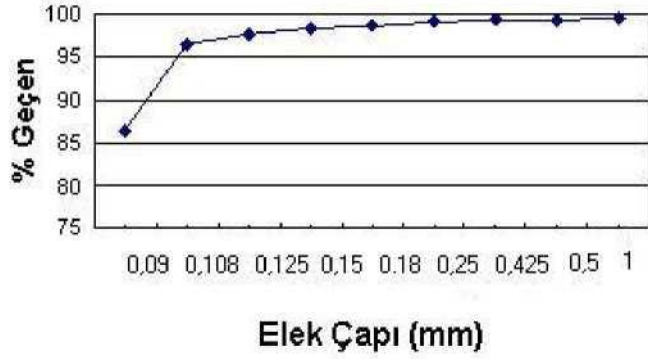


0,15 0,1 S 0,25 0,425 0,85 Elek

Çapı (mm)

Şekil 2: 0-3 mm Pomzanın tane grubu elek analizi.

İkinci malzeme ince tane boyutunda olup bilyalı değirmende 4 saat süre ile öğütülerek ince tane boyutuna getirilmiştir. Yaklaşık %93'ü 110µm'lik elekten



geçmiştir (Şekil 3).

Şekil 3: 0-1 mm Pomzanın tane grubu elek analizi.

Pomzanın kimyasal yapısında SiO₂ oranı %50'nin üzerinde olup asidik karaktere sahiptir. Kullanılan pomza malzemenin kimyasal yapısı çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge.3.3.Kullanılan Pomzanın Kimyasal Yapısı.

Oksit	%
SiO ₂	54,48
Al ₂ O ₃	15,72
Fe ₂ O ₃	4,55
CaO	4,27
MgO	1,02
SO ₃	0,88
K ₂ O	5,38
KızdırmCKaybı	2,51

Toplam

93,97

Deneylerden karşılaştırmalı sonuçlar alabilmek için 11 farklı seride karışım hazırlanmıştır (Çizelge.3.4).

Çizelge.3.4.Ömeklerin Ağırlıkça Karışım Oranları

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Pomza 0-3mm (%)	-	-	50	25	50	25	50	60	45	80	75
Pomza 0-1mm (%)	10	20	-	-	-	25	-	-	-	-	-
Uçucu Kül (%)	50	50	-	25	-	-	-	-	-	-	-
Çimento(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	25
Kireç(%)	40	40	40	40	50	50	40	30	45	-	-
Alçı(%)	-	-	10	10	-	-	10	10	10	-	-
Süper Akışkan. (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hava Sürükleyici (%)	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Su/ Bağlayıcı	0,98	1,02	0,70	0,78	0,60	0,80	0,90	1,10	0,72	0,82	0,80

Deneyleerde uçucu kül; pomza ile birlikte kullanıldığında betona olan mekanik etkilerini belirlemek amacıyla katkı olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda Seyitömer termik santralinden alınan uçucu kül kullanılmış olup kimyasal yapısı çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge.3.5. Çalışmada Kullanılan Uçucu Külün Kimyasal Yapısı

Oksit	%
SiÜ ₂	54,49
Al ₂ Ü ₃	20,58
Fe ₂ O ₃	9,27
S+A+F	84,34
CaÜ	4,26
MgÜ	4,48
SO ₃	0,52
K ₂ O	2,01
Na ₂ Ü	0,65
Kızdırma Kaybı	3,01
Toplam	99,27

Karışımları oluşturan bütün malzemeler ağırlık esasına göre tartılarak hazırlanmıştır. Karışımlarda bağlayıcı olarak iki seride çimento (KPÇ 32,5) ve dokuz seride ise sönmüş toz kireç ile alçı (ABS alçı) kullanılmıştır.

S/B oranını düşürmek amacı ile bağlayıcı oranının %1'i oranında ASTM C 494 tip süper akışkanlaştırıcı katkı ve %0.1 hava sürükleyici katkı kullanılmıştır. Deney örneklerinin üretiminde 100x100x100 mm ölçülerinde çelik küp kalıplar kullanılmıştır. Karışımlarda ortalama 6 cm çökmeyi (slamp) sağlayacak S/B oranı 0,75 ile 0,92 arasında elde edilmiştir. Hazırlanan karışımlar çelik kalıplara döküldükten sonra sarsma masasında 3 dakika sarsılarak sıkılanmıştır.

Örnekler normal ortam koşullarında 24 saat bekletildikten sonra kalıptan çıkarılmıştır. Her bir karışım serisi için en az 12 adet deney örneği üretilmiştir. Her bir seri örnekler ikiye ayrılarak birinci grup örnekler normal koşullarda (± 21 °C) kür tankında 28 gün suda bekletilmiştir. İkinci grup örneklere laboratuvar tipi otoklavda 1,5 atm. basınç ve 125 °C sıcaklıkta 6 saat süre basınçlı buhar kürü uygulanmıştır. Kür süresi sonunda örnekler etüv kurusu haline gelinceye kadar etüvde bekletilmiştir. Örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik testler uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

On bir farklı karışım serisi ve iki farklı kür işlemi uygulanan örnekler üzerinde porozite, bulk yoğunluk, görünür yoğunluk, su emme ve basınç dayanımı testleri yürütülmüştür. Her bir test için ortalama 6 adet örnek kullanılmıştır. Fiziksel testler Arşimet Prensibi esasına göre yürütülmüş, basınç dayanımını ölçülmesinde bilgisayar kontrollü beton basınç presi kullanılmıştır.

4.1. Fiziksel Bulgular

Elde edilen fiziksel sonuçlar Şekil. 4 - 5 - 6 ve 7'de verilmiştir. Bu çizelelerde serilerin; Porozite, bulk yoğunluk, görünür yoğunluk ve su emme değerleri verilmiştir.

Bu hesaplamaların yapılmasında aşağıdaki metot uygulanmıştır.

1. Öncelikle su kürü yapılan numuneler için 28 günün, buhar kürü yapılan malzemeler için ise 6 saatlik kür süresinin sonucunda numuneler su dolu bir kaba yerleştirilerek sudaki ağırlıkları ölçüldü. (W2)
2. Daha sonra bu numuneler sudan çıkartıldı ve havadaki ağırlıkları ölçülerek kaydedildi. (W3)
3. Numuneler kurutulmak üzere etüve konuldu. Etüvde etüv kurusu haline getirilen numuneler tartılarak etüv kurusu ağırlıkları elde edildi. (W1)

4.1.1. Porozite Değerleri

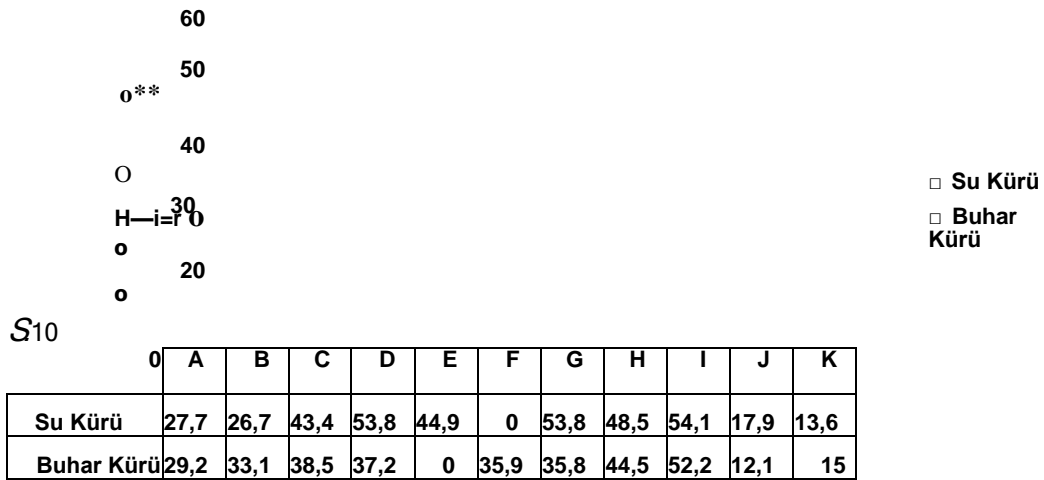
Örneklerin porozite değerlerinin bulunmasında aşağıdaki formül uygulanmıştır:

(1.1)

$$(\%) \text{ Porozite} = \frac{(W_3 - W_2)}{W_3} \times 100$$

Örneklerin porozite değerleri %12,05 ile %54,13 arasında değişmektedir. Poroziteye etki eden üç faktör belirlenmiştir. Bunlar uygulanan kür yöntemi, örnekleri karışım oranları ve kullanılan bağlayıcının cinsidir. Buna göre aynı karışım serilerinde otoklav kürü uygulanan numunelerin porozite değerlerinde su kürüne göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Çimento bağlayıcı kullanılan J ve K serilerinde, kireç-alçı bağlayıcı kullanılan A, B, C, D, E, F, G, H ve I serilerine göre daha düşük porozite değerleri elde edilmiştir (Şekil.4). Bu serilerde hidrasyon sürecinde gelişen CSH çimento fazlarının gözenek miktarını azalttığı düşünülmektedir. Porozitenin artması malzemenin yalıtım değerlerini olumlu yönde geliştireceğinden önemlidir.

Şekil.4. Örneklerin Porozite Değerleri (%)



4.1.2. Bulk Yoğunluk Değerleri

Örneklerin bulk yoğunluk değerlerinin bulunmasında aşağıdaki formül uygulanmıştır:

$$\text{Bulk Yoğunluk} = \frac{W_1}{W_3 - W_2} \quad (12)$$

Bulk yoğunluk değerleri en küçük 0,98 kg/dm ve en yüksek 1,57 kg/dm olarak elde edilmiştir. Çimento bağlayıcılı serilerde kireç-alçı bağlayıcı kullanılan serilere göre daha yüksek bulk yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Alınan sonuçlarda normal betona göre oldukça düşük bulk yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Bu durum yapının ölü yüklerinin azaltılması bakımından olumlu olarak değerlendirilmektedir (Şekil.5).

Şekil.5. Örneklerin Bulk Yoğunluk Değerleri (kg/dm³)*

Numune Adı	Bulk Yoğunluk Değerleri (kg/dm ³)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Su Kürü	1,27	1,3	1,11	1,13	0	1,27	1,09	1	1,52	1,5	1,5
Buhar Kürü	1,27	1,25	1,12	1,14	0	1,26	1,14	1,1	0,98	1,48	1,4

*TS 500: Normal beton bulk yoğunluğu: 2.5 kg/dm³

4.1.3. Görünür Yoğunluk Değerleri

Örneklerin görünür yoğunluk değerlerinin bulunmasında aşağıdaki formül uygulanmıştır:

$$\text{Görünür Yoğunluk} = \frac{W1}{W1 - W2} \quad (1.3)$$

33

Görünür yoğunluk değerleri 1,71 kg/dm ile 2,74 kg/dm arasında değişmektedir. Bu

değerler çimentolu serilerde azalırken kireç-alçı kullanılan serilerde artma eğilimi göstermiştir (Şekil.6). Bunun çimentolu serilerde gelişen hidrasyon fazlarının agrega (pomza) tane yüzeyindeki gözenekleri kısmen kapatarak kapalı gözenek oranını artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil.6. Örneklerin Görünür Yoğunluk Değerleri (kg/dm³)

Seri	Görünür Yoğunluk Değerleri (kg/dm ³)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Su Kürü	1,76	1,77	1,95	2,16	2,05	0	2,74	2,12	2,18	1,85	1,81
Buhar Kürü	1,79	1,87	1,83	1,82	0	1,96	1,78	1,98	2,06	1,69	1,71

4.1.4. Su Emme Değerleri

Örneklerin su emme değerlerinin bulunmasında aşağıdaki formül uygulanmıştır:

$$\text{Su Emme (\%)} = \frac{W3 - W1}{W1} \times 100 \quad (1.4)$$

Su emme yüzdeleri ise %8,13 ile %54,15 arasında değerler alıp bu oranların çimento kullanılan serilerde %8-11 civarında olduğu halde, kireç-alçı bağlayıcılı serilerde %20-54 arasında olduğu gözlenmiştir. Buna çimentolu serilerde gelişen CSH (kalsiyum-silikat-hidrat) fazlarının neden olduğu düşünülmektedir. Pomzanın gözenekli

yapısının da bu değerlerin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda otoklav kürü yapılan numunelerin su kürü yapılan numunelere göre daha az su emdiği gözlenmiştir (Şekil.7). Malzemenin su emmesi önemli olmakla birlikte duvar yüzeyi sıva v.b. malzeme ile kaplanacağından duvar elemanı doğrudan su tesirlerine maruz kalmayacaktır.

Şekil.7. Örneklerin Su Emme Değerleri

60 - T											
°C											
0) AO											
k. d)											
30											
20											
10											
<0											
0											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Su Kürü	21,71	20,62	39,23	53,87	39,75	0	42,47	44,52	54,15	11,8	8,67
Buhar Kürü	22,97	26,53	34,27	32,5	0	28,52	31,37	40,57	53,12	8,13	10,34

4.2. Basınç Mukavemeti Değerleri

Karışımında %50 uçucu kül ve mineral katkı olarak ince tane boyutunda pomza bulunan A ve B serilerinde her iki kür işlemi sonucunda da yeterli dayanımlar elde edilmiştir. (Şekil.8)

Karışımında %10 alçı bulunan ve otoklav kürü uygulanan; C, D ve G serilerinde 50 kg/cm 'den düşük mukavemet değerleri elde edilmiştir. Bu serilerde 28 günlük su kürü sonunda elde edilen basınç mukavemeti değerleri ise C serisinde 50 kg/cm 'nin üzerinde olmasına karşı H ve I serilerinde oldukça düşük değerler elde edilmiştir. Bunun karışıma giren kirecin bu iki seride yeterince priz yapmadan suya konmasının neden olduğu düşünülmektedir.

Karışımında agrega olarak 0-3 mm tane boyutlu pomza ve bağlayıcı olarak kireç ve

alçı bulunan H ve I serilerinde otoklav kürü sonunda yeterli dayanımlar elde edilmiştir.

Çimento bağlayıcı kullanılan J ve K serilerinde otoklav kürü sonunda sırasıyla 88,9 ve 99,1 kg/cm², su kürü sonunda ise 124,9 ve 131,4 kg/cm² basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Otoklav kürü sonucu elde edilen mukavemet değerlerinde 28 günlük su kürü sonucu elde edilen mukavemet değerlerine göre nispi bir düşme belirlenmiştir (Şekil.8). Bunda otoklav prosesindeki buhar basıncı, sıcaklık ve kür süresi ve hidrasyon sürecinde gelişen hidrasyon ürünlerinin (CSH fazları) etkili olduğu düşünülmektedir.

Buna göre basınç mukavemetine etki eden faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

a) Karışıma giren uçucu kül ve ince tane boyutundaki pomza katkı; örneklerin basınç mukavemeti artışında etkili olmuştur. Bunda bu malzemelerin puzolanik özelliklerinin etkili olduğu düşünülmektedir.

b) Alçı katkılı serilerde alçının erken priz yapması buna karşı bünyedeki kirecin yeterli priz yapmadan su kürü uygulaması sonucu numunenin yeterli mukavemet kazanmadığı düşünülmektedir. Aynı seride otoklav kürü sonunda su kürü uygulanan örneklere göre daha yüksek mukavemet değerleri elde edilmiştir. Buna otoklavda ısı ve buhar basıncı etkisi ile önce priz sürecinin ve daha sonra hidrasyon sürecinin hızlanması, sonuçta örneklerin hızlı dayanım kazandıkları düşünülmektedir.

c) Bağlayıcı olarak çimento kullanılan serilerde diğer serilere göre daha yüksek basınç dayanım değerleri elde edilmiştir. Bunda bünyede gelişen çimento fazlarının etkili olduğu düşünülmektedir.

Şekil.8. Numunelerin Basınç Dayanımı Değerleri (kg/cm)* 2

Numune Adı	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Su Kürü	84,3	57,3	68,6	17,3	3	60	3,1	10,5	4,3	124,9	131,4
Buhar Kürü	84,7	46,6	46,3	31,5	0	73,5	42,5	63	52	88,9	99,1

*Yığma yapılarda kullanılacak duvar elemanlarının basınç dayanımı 50 kg/cm²'den küçük olamaz.(TS500,2000)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Pomza Türkiye’de çok geniş alanlara yayılmış volkanik kökenli bir malzemedir. Türkiye’ de pomzanın inşaat sektöründe kullanımının henüz yeterli düzeyde olmadığını söylemek mümkündür.

Bu çalışmada pomza malzeme farklı bağlayıcılar ile birlikte üretilerek otoklav kürü ve su kürü uygulanarak mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Deney örneklerinin porozite değerleri %12,05 ile %54,13 arasında gerçekleşmiştir. Çimento bağlayıcı kullanılan J ve K serilerinde, kireç ve alçı bağlayıcı kullanılan diğer test örneklerine göre oldukça düşük porozite değerleri elde edilmiştir. Çimento bağlayıcı kullanılan bu serilerde hidrasyon sürecinde gelişen CSH çimento fazlarının gelişerek gözenek miktarını azalttığı düşünülmektedir. Kireç-alçı bağlayıcı kullanılan test örneklerinde ise yüksek porozite değerleri elde edilmiştir. Otoklavda 6 saat süre ve 1,5 atm buhar basıncı altında kür uygulanan test örneklerinin porozite değerleri, normal koşullarda 28 gün su kürüne tabi tutulan örneklerin porozite değerlerinden daha yüksek gerçekleşmiştir. Malzeme bünyesinde porozitenin artması malzemenin yalıtım değerlerini olumlu yönde geliştireceğinden önemlidir.

Bulk yoğunluk değerleri en küçük 0,98 kg/dm ve en yüksek 1,57 kg/dm olarak elde edilmiştir. Çimento bağlayıcı kullanılan deney örneklerinde kireç-alçı bağlayıcı kullanılan örneklere göre daha yüksek bulk yoğunluk değerleri gerçekleşmiştir. Bununla birlikte bulk yoğunluğu 2.4 kg/dm olan normal betona göre 0.6-0,7 kg/dm daha az değerler elde edilmiştir. Kireç- alçı bağlayıcı kullanılan örneklerde ise oldukça düşük bulk yoğunluk değerleri daha da azalmıştır. Düşük bulk yoğunluk değerleri malzeme bünyesinin hafifleyerek yapıdaki ölü yükleri azaltılması bakımından önemli görülmektedir.

Örneklerin görünür yoğunluk değerleri kireç-alçı bağlayıcı kullanılan serilerde çimento bağlayıcı kullanılan serilere göre artma eğilimi göstermiştir. Bunun

çimentolu bağlayıcı kullanılan örneklerde gelişen hidrasyon fazlarının agrega (pomza) tane yüzeyindeki gözenekleri kısmen kapatarak kapalı gözenek oranını artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çimento bağlayıcı kullanılan örneklerde ağırlıkça su emme oranları kireç- alçı kullanılan serilere göre daha düşük değerlerde gerçekleşmiştir. Çimento bağlayıcılı örneklerde su emme değerlerinin azalmasına hidrasyon sürecinde bünyede gelişen CSH fazlarının etkili olduğu, gelişen fazların agrega (pomza) tane yüzeyindeki gözenekleri kısmen kapatarak su emmeyi engellediği düşünülmektedir. Ayrıca basınçlı buhar kürü uygulanan örneklerin 28 gün su kürü uygulanan örneklere göre daha az su emdiği belirlenmiştir. Yapı malzemelerini su emmesi önemli olmakla birlikte duvar yüzeyi sıva v.b. malzeme ile kaplanacağından duvar elemanı doğrudan su tesirlerine maruz kalmayacaktır.

Karışımında %50 uçucu kül ve mineral katkı olarak ince tane boyutunda pomza bulunan örneklerin basınç dayanımı değerleri standart değerleri karşılamaktadır. Karışımında %10 alçı bulunan ve otoklav kürü uygulanan deney örneklerinde 50 kg/cm²'den düşük mukavemet değerleri elde edilmiştir. Bunun karışımında mevcut olan kirecin bu örneklerde yeterince priz yapmadan suya konması sonucu yeterli mukavemet kazanamadığı düşünülmektedir.

Çimento bağlayıcı kullanılan örneklerde otoklav kürü sonucu elde edilen mukavemet değerlerinde 28 günlük su kürü sonucu elde edilen mukavemet değerlerine göre nispi bir düşme belirlenmiştir. Bunda otoklav prosesindeki buhar basıncı, sıcaklık ve kür süresi ve hidrasyon sürecinde gelişen hidrasyon ürünlerinin (CSH fazları) etkili olduğu düşünülmektedir.

Buna göre basınç mukavemetine etki eden faktörler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

a) Karışıma giren uçucu kül ve ince tane boyutundaki pomza katkı; örneklerin basınç mukavemeti artışında etkili olmuştur. Bunda bu malzemelerin puzolanik özelliklerinin etkili olduğu düşünülmektedir.

b) Alçı katkılı serilerde alçının erken priz yapması buna karşı bünyedeki kirecin yeterli priz yapmadan su kürü uygulaması sonucu numunenin yeterli mukavemet kazanmadığı düşünülmektedir. Aynı seride otoklav kürü sonunda su kürü uygulanan örnekler göre daha yüksek mukavemet değerleri elde edilmiştir. Buna otoklavda ısı ve buhar basıncı etkisi ile önce priz sürecinin ve daha sonra hidrasyon sürecinin hızlanması, sonuçta örneklerin hızlı dayanım kazandıkları düşünülmektedir.

c) Bağlayıcı olarak çimento kullanılan serilerde diğer serilere göre daha yüksek basınç dayanım değerleri elde edilmiştir. Bunda bünyede gelişen çimento fazlarının etkili olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonraki aşamalarında daha yüksek basınç ve sıcaklık değerine sahip otoklav kullanılarak, farklı bağlayıcı oranları ve farklı tane boyutlarında pomza malzeme ile araştırmaların yürütülmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

ACI Committee 226: Use of Fly Ash in Concrete, ACI Materials Journal, C.84, No.5, (1987), pp.381-409.

Aka İ., Keskinel F., Çılı F. ve Çelik O. C., “Betonarme - Betonarmeye Giriş - Betonarme Yapı Elemanları - Betonarme Taşıyıcı Sistemler”, s. 14-35.

Arman H., 1989, “Pomza Hafif Yapı Elemanı Olarak”, D.E.Ü. Müh. Fak. ,Maden Müh. Bölümü, İZMİR.

ASTM C618: Standart Specification For Coal Fly Ash And Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use a Mineral Admixture in Concrete, Annual Book of ASTM Standarts, No.4 (1998)

Atan. Y., “Yapı Malzemesi II Ders Notları”, 1972, Eskişehir.

Baradan B. ve Köktürk U. “Yapı Malzemesi II-Endüstriyel Hammaddeler”.

Cavaleri, L., and etc.,“Pumice Concrete for Structural Wall Panels”, Engineering Structures 25, (2003), pp. 115-125.

Demir İ., Ünal O., Başpınar S. ve Kahraman E., “Uçucu Külün Yapı Blokları Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Eylül-2004, Afyon.

Demirboğa, R., and etc., “Effects of expanded Perlite aggregate And Mineral Admixtures On The Compressive Strength Of Low-Density Concretes”,

Cement and Concrete Research, 31 (2001) 1627-1632.

Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri ÇG Raporu (Pomza, Perlit, Kireç, Alçıtaşı ve Alçı, Kum-Çakıl-Mıdır, Tuğla-Kiremit Toprakları, Vermikülit), VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik ÖİK Nisan-1996, s.1-53.

Engelthaler, Msc. Phd., Z. A., “İşlenmiş Perlitin Entegre Kullanımı”, Çanakkale, 1996.

Ersoy U., “Betonarme - Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı Cilt-1”, ODTÜ, İnşaat Mühendisliği, 1995-Ankara, s. 4-18 Gündüz L. ve Sarıışık A., “Pomza Teknolojisi”, Cilt-1, Isparta, 1998.

Hökelek A., “Pomza ve Perlitin Jeolojisi, Ekonomisi, Ülkemizdeki Yataklar”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Bitirme Ödevi, Maden Yatakları- Jeokimya Anabilimdalı, İstanbul, 1993, s.15-25.

<http://pomzamer.sdu.edu.tr/indextr.htm>

http://soylu.com.tr/tr/pumi_ce_hi_story.htm

http://soylu.com.tr/tr/pumice_how.htm

<http://www.canerltd.com/pomza.htm>

http://www.knauf.com.tr/3_1.html

Kamanlı M. ve Balık F. S., “Beton Teknolojisi”, Mart-2003, İstanbul, s.3-18.

Kapkaç F., “Çimento Hammaddeleri”, Doğu Anadolu Endüstriyel Hammadde Çalıştayı, 27-30 Ağustos 2003, Maden Teknik Ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Etüd Dairesi, Ankara, s.34-42.

Kırıkoğlu, M. S., “Endüstriyel Mineraller”, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1990.

Köse H., Pamukçu Ç., Yalçın N. ve Seçer T., “Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları”, II. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim 1997, İzmir, s.97-100.

Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri, Cilt III, D.P.T., VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara, 2001.

Mogilski, L., Use of Perlit in the Production of Electiral Porcelain, Intercceram, Volum. 39, No.1,1990, pp. 24-25.

Neville, A.M., Brooks, J.J., 1987, “Concrete Technology”, Longman Group UK Limited, pp.346.

- Oymacı S. “Yapı fiziği ders notları III. Baskı” , Fırat Üniversitesi T.E.F. Yapı Eğitimi Bölümü, İstanbul, 1997, s.44-45.
- Önem Y., “Sanayi Madenleri - Genişletilmiş 2. Baskı - Tanımları - Doğada Bulunuşları - Dünya ve Türkiye Rezervleri - Güncelleşmiş Yıllık Üretimleri İle İhraç ve İthal Miktarları”, Haziran-2000, Ankara, s. 223249.
- Özgenç İ., “Doğu Anadolu’nun Pomza-Perlit Potansiyeli”, Doğu Anadolu Endüstriyel Hammadde Çalıştay, 27-30 Ağustos 2003, DEÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü, s.48-55.
- Prison L. V. (1975), “The Microscopically Characters of Volcanic Tuffs”, Sedimentary Rocks: Concepts And History edited by. A., V., Carozzi, Pennsylvania, pp.199-214.
- Sarız K. ve Nuhoglu İ., “Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği”, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 1992- Eskişehir. S: 335-336
- Sayar M. ve Erguvanlı K., “Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, İstanbul-1955, s. 115-125.
- Stelmach T., “Perlit in The Production of Lightweight Bricks, Interceram, Volum.6, No.6,1990, pp.12-15.
- Şener F., “Yalıtımlı Hafif Yapı Maddeleri”, MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Tasarrufunda Jeotermal Enerjinin Isı ve Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemelerinin Önemi Sempozyumu, 1999, s.31-40
- Şentürk A., Gündüz L. ve Sarıışık A., “Hafif inşaat ve İzolasyon Hammaddesi Olarak Pomza Taşının Değerlendirilmesi”, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 21-22 Nisan 1995, İzmir, s.214-219
- Temur S., “Endüstriyel Hammaddeler”, 1994, Konya.
- Tozaçan B. ve Yiğit Y., “Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemesi Pomza”, MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Tasarrufunda Jeotermal Enerjinin Isı ve Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemelerinin Önemi Sempozyumu, 1999, s.131-134
- TS500. Yapılarda Deprem Yönetmeliği, 2000.
- Türker P., Erdoğan B., Katnaş F. ve Yeğınobalı E., “Türkiye’deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri”, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ar-Ge Enstitüsü, 2004, Ankara, s.1-15.
- Türkiye Perlit Envanteri, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, No: 193, 1985, Ankara.
- Ünal O., Çankıran O. ve Sancak E., “I. Isparta Sempozyumu” 26-28 Haziran 1997 Isparta, S.D.Ü. T.E.F. Yapı Eğitimi Bölümü, s.89-90.

Yalçın H. ve Gürü M., “Malzeme Bilgisi”, Ankara, 2002, s. 376-384.

I. Isparta Pomza Sempozyumu, Isparta, Haziran-1997, s.89-96.