

170791



AFYON VE ÇEVRESİNDEKİ HAFİF AGREGALARLA ÜRETİLEN BLOK
ELEMENLARIN FİZİKSEL VE MİKANİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tayfun UYGUNOĞLU

Danışman

Yrd.Doç.Dr. Osman ÜNAL

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

2005

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AFYON VE ÇEVRESİNDEKİ HAFİF AGREGALARLA ÜRETİLEN BLOK
ELEMANLARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Tayfun UYGUNOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman
Yrd.Doç.Dr. Osman ÜNAL

AFYON
2005

Tayfun UYGUNOĞLU' nun yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “Afyon ve Çevresindeki Hafif Agregalarla Üretilen Blok Elemanların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

18 / 01 / 2005

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. Hüseyin AKBULUT
(Başkan)



Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. Osman ÜNAL
(Danışman)



Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. Ahmet YILDIZ



Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. İsmail ZORLUER



Jüri Üyesi :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .28.01.2005.....Gün
ve 2005/1-2....sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Recep ASLAN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, Afyon ve çevresinde bulunan diyatomit ve pomza hafif agregaları ile üretilen hafif blok elemanların fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Değişik agrega granülometrisi ve çimento miktarının blok elemanların fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Karışımlarda, su/çimento oranı 0.15 olarak sabit tutulmuştur. Numuneler, yalnızca diyatomit agregası ve diyatomit ile pomza agregasının birlikte kullanılması sonucu iki farklı tipte üretilmiştir. Yalnızca diyatomit agregası ile 4 farklı granülometri ve 4 farklı çimento miktarında olmak üzere 16 seri üretilmiştir. Diyatomit ve pomza agregasının birlikte kullanılması ile aynı çimento miktarında iki farklı seri üretilmiştir. Toplam 18 farklı seri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Üretilen numuneler üzerinde, basınç dayanımı, schmidt çekici okumaları, ısı iletkenlik, ultrases hızı, kılcal su emme ve yüksek sıcaklık etkisi deneyleri yapılarak, birim hacim ağırlık, görünen porozite ve difüzyon katsayıları hesaplanmıştır.

Deneysel çalışmalar sonucunda üretilen numunelerin kuru birim hacim ağırlıkları, 1.07-1.2 kg/dm³ arasında değişirken, 7-56 günlük numunelerin basınç dayanımları da 2.5-8 N/mm² arasında değişmektedir. Seriler arasında 28 ve 56 günlük en iyi basınç dayanımı 400 dozlu %30 ince, %40 orta ve %30 iri malzeme oranlarına sahip olan D serilerinde elde edilmiştir. D serilerinin ısı iletkenlik katsayıları da 0.23-0.233 W/mK arasında değerler almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Diyatomit, Hafif Agrega, Blok Eleman

ABSTRACT

In this experimental study, physical and mechanical properties of block element produced with diatomite and pumice lightweight aggregate in Afyon and region were investigated.

Effect of different aggregate granulometry and cement content on the physical and mechanical properties of block element were investigated. In the mixes, water/cement ratio was kept at 0.15. The specimens were produced with use of only diatomite and diatomite with pumice in two different types. With only diatomite in 4 different granulometries and 4 different cement contents, 16 series were produced. With diatomite and pumice in same cement content, two different series were produced. The studies were done on total 18 series. On the produced specimens, compressive strength, Schmidt hammer, thermal conductivity, ultrasonic velocity, capillary water absorption and high temperature effect tests were done. Then, bulk density, specific porosity and diffusion coefficient were calculated.

As the result of experimental studies, while dry unit mass of produced specimens varied between 1.07-1.2 kg/dm³, compressive strength of 7-56 days specimens varied between 2.5-8 N/mm². In the series, the best compressive strength of 28 and 56 days specimens were obtained on the series which have ratio of %30 fine, %40 medium and %30 coarse size materials. Furthermore, thermal conductivity of the series varied between 0.23-0.233 W/mK.

Keywords: Diatomite, Lightweight Aggregate, Block Element

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Diyatomit	3
2.1.1. Giriş	3
2.1.2. Tanım.....	3
2.1.3. Yapıları	5
2.1.4. Bulunuşu.....	7
2.1.5. Kimyasal Özellikleri.....	9
2.1.6. Fiziksel Özellikleri.....	10
2.1.7. Kullanım Alanları	11
2.1.7.a. Filtre Yardımcı Malzemesi Olarak Kullanılması.....	12
2.1.7.b. Dolgu Maddesi.....	12
2.1.7.c. İzolasyon Maddesi	13
2.1.7.d. Absorbent.....	14
2.1.7.e. Cila Maddesi	15
2.1.7.f. Katalizör ve Katalizör Taşıyıcısı	15
2.1.7.g. Sentetik Silikat İmalinde.....	15
2.1.7.h. Hafif Yapı Malzemesi ve Refrakterler	16
2.1.7.i. Kimyasal Gübrelerde Sertleşmeyi Önleyici	16
2.1.7.j. Diğer Kullanım Alanları	16
2.1.8. Diyatomitin Çevre İle İlişkisi	16
2.1.9. Diyatomitin Dünyada Üretimi ve Tüketimi.....	17
2.1.10. Üretim Yöntemi ve Teknolojisi	18
2.1.11. Türkiye'de Durum.....	21
2.2. Pomza	22
2.2.1. Giriş	22
2.2.2. Tanım	22
2.2.3. Bulunuşu.....	23
2.3. Hafif Beton	31
2.3.1. Tanım.....	31
2.3.2. Tarihçe	31
2.3.3. Hafif Beton İmalinde Kullanılan Hafif Agregalar	32
2.3.4. Hafif Betonların Sınıflandırılması	33
2.3.5. Hafif Beton Üretimi	35

2.3.6. Hafif Agregalı Blok Eleman.....	37
2.3.7. Hafif Betonun Taşınması ve Yerleştirilmesi	38
2.3.8. Hafif Betonların Mikroyapıları.....	38
2.3.9. Hafif Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	40
2.3.9.1. Yoğunluk Ve Dayanım	40
2.3.9.2. Hafif Agregalı Betonların Elastise Modülü.....	42
2.3.9.3. Hafif Agregalı Betonların Isı İletkenliği.....	43
2.3.9.4. Hafif Agregalı Betonların Su Emme Özellikleri	44
2.3.9.5. Hafif Agregalı Betonda Büzülme (Rötre).....	45
2.3.9.6. Hafif Agregalı Betonların Yangın Dayanımı	46
2.3.10. Hafif Betonların Avantajları:.....	48
2.3.11. Hafif betonların dezavantajları:	48
2.3.12. Hafif Agregalı Betonların Uygulama Alanları	49
2.4. Isı İletim Katsayısının Önemi Ve Ölçülmesi.....	51
2.5. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	53
2.6. Amaç.....	54
3. MATERYAL VE METOT	55
3.1. Kullanılan Malzemeler	55
3.1.1. Agregası.....	55
3.1.2. Çimento.....	56
3.1.3. Su	57
3.2. Numunelerin Hazırlanışı.....	57
3.3. Sertleşmiş Hafif Blok Elemanlar Üzerinde Yapılan Deneyler	62
3.3.1. Basınç Dayanımı.....	62
3.3.2. Schmidt Çekici Okumaları	63
3.3.3. Ultrases Hızı ve Elastisite Modülü Deneyleri	63
3.3.4. Birim Hacim Ağırlık, Görünen Porozite ve Kılcallık Deneyleri	64
3.3.5. Isı İletkenlik Katsayısı Ölçümü	66
3.3.6. Yüksek Sıcaklık Etkisi.....	66
3.4. Hafif Blok Eleman Numunelerinde Hızlandırılmış Buhar Kürü Uygulaması.....	67
3.4.1. Numunelerin Hazırlanışı ve Deneyin Yapılışı.....	68
4. DENEY SONUÇLARI.....	70
4.1. Mekanik Özellikler	70
4.2. Fiziksel Özellikler.....	72
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	76
5.1. Basınç Dayanımı.....	76
5.2. Birim Hacim Ağırlık.....	79
5.3. Ultrases Hızı	81
5.4. Görünen Porozite.....	83
5.5. Difüzyon Katsayısı	86
5.6. Yüksek Sıcaklık Etkisi.....	89
5.7. Isı İletkenliği.....	91

5.8. Buhar Kürü Uygulaması.....	94
5.9. Mikro Yapı	96
5.10. Kesilebilirlik.....	99
5.11. Estetik.....	99
6. SONUÇLAR	100
7. KAYNAKLAR.....	103

TEŞEKKÜR

ÖZGEÇMİŞ



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.1. Kayaç Halinde Diyatomit.....	4
2.1.2. Çubuk Şekilli Bir Diyatomitin Görünüşü.....	6
2.1.3. Elips Şekilli Bir Diyatomitin İç Yapısı.	6
2.1.4. Değişik Diyatomit Şekilleri(a,b,c).....	7
2.1.5. Diyatomitin Nehir Kenarında(a) Ve Islak Kayalarda(b) Bulunuşu.....	8
2.1.6. Dünyadaki Diyatomit Üretimi.....	17
2.1.7. Dünyadaki Diyatomitin Kullanım Alanları.....	18
2.1.8. Sondaj Yöntemiyle Su Altından Diyatomit Çıkarılması.....	18
2.1.9. Amerika'da Bir Diyatomit İşletmesinin Akış Diyagramı	20
2.2.1. Pomzanın Genel Görünümü	23
2.2.2. Pomzadan İmal Edilmiş Hafif Blok Elemanlar	29
2.3.1. Agregata Ve Çimento Ara Yüzeyi	39
2.3.2. Agregaların Altında Ve Yüzeyde Meydana Gelen Terleme Olayı	39
2.3.3. Hafif Betonun Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrisi	42
2.3.4. Isı İletimi Ve Yoğunluk Arasındaki İlişki	43
2.3.5. Bazı Blok Elemanların Su Emme Oranları(A,B,C)	45
3.1.1. Afyon-Seydiler Yöresi Diyatomit Kayacı.....	55
3.4.2. Diyatomitli Beton Harç Numunelerinde Otoklav Kür İşlemi	69
5.1.1. Diyatomit İle Üretilen 250 Dozlu Numunelerin Basınç Dayanımları.....	77
5.1.2. Diyatomitile Üretilen 300 Dozlu Numunelerin Basınç Dayanımları	77
5.1.3. Diyatomitile Üretilen 350 Dozlu Numunelerin Basınç Dayanımları	78
5.1.4. Diyatomitile Üretilen 400 Dozlu Numunelerin Basınç Dayanımları	78
5.2.1. Diyatomitile Üretilen 250 Dozlu Numunelerin B.H.A.	79
5.2.2. Diyatomitile Üretilen 300 Dozlu Numunelerin B.H.A.	80
5.2.3. Diyatomitile Üretilen 350 Dozlu Numunelerin B.H.A.	80
5.2.4. Diyatomitile Üretilen 400 Dozlu Numunelerin B.H.A.	81
5.3.1. Diyatomitile Üretilen 250 Dozlu Numunelerin Ultrases Hızı.....	82
5.3.2. Diyatomitile Üretilen 300 Dozlu Numunelerin Ultrases Hızı.....	82
5.3.3. Diyatomitile Üretilen 350 Dozlu Numunelerin Ultrases Hızı.....	83
5.3.4. Diyatomitile Üretilen 400 Dozlu Numunelerin Ultrases Hızı.....	83

5.4.1. Diyatomitle Üretilen 250 Dozlu Numunelerde Görünen Porozite.....	84
5.4.2. Diyatomitle Üretilen 300 Dozlu Numunelerde Görünen Porozite.....	85
5.4.3. Diyatomitle Üretilen 350 Dozlu Numunelerde Görünen Porozite.....	85
5.4.4. Diyatomitle Üretilen 400 Dozlu Numunelerde Görünen Porozite.....	86
5.5.1. Diyatomitle Üretilen 250 Dozlu Numunelerde Difüzyon Katsayısı	87
5.5.2. Diyatomitle Üretilen 300 Dozlu Numunelerde Difüzyon Katsayısı	87
5.5.3. Diyatomitle Üretilen 350 Dozlu Numunelerde Difüzyon Katsayısı	88
5.5.4. Diyatomitle Üretilen 400 Dozlu Numunelerde Difüzyon Katsayısı	88
5.6.1. Diyatomitle Üretilen 28 Günlük Numunelerde Yüksek Sıcaklık Etkisi Sonucu Ağırlık Kaybı.....	89
5.6.2. Diyatomitle Üretilen 28 Günlük Numunelerde Yüksek Sıcaklık Etkisi Sonucu Dayanım Kaybı.....	90
5.7.1. Diyatomitle Üretilen Numunelerde Isı İletkenlik Katsayısı İle Çimento Miktarı Arasındaki İlişki	91
5.7.2. Diyatomitle Üretilen Numunelerde Isı İletkenlik Katsayısı ile Birim Hacim Ağırlık Arasındaki İlişki.....	92
5.7.3. Diyatomitle Üretilen Numunelerde Isı İletkenlik Katsayısı ile Görünen Porozite Arasındaki İlişki	93
5.8.1. Hafif Beton Harç Numunelerinin Olgunluk Seviyeleri Arasındaki İlişki	94
5.8.2. Hafif Beton Harç Numunelerinin Rölatif Birim Hacim Ağırlık Değerleri	94
5.8.3 Hafif Beton Harç Numunelerinin Basınç Dayanımı Değerleri	95
5.9.1. Diyatomitle Üretilen 400 (a), 350(a), 300 (c), Ve 250 (d) Dozlu Numunelerin Agrega-Çimento Ara yüzeyi SEM Görüntüleri	98
5.9.2. Diyatomitle Üretilen 250 Dozlu Numunelerde Oluşan Etrejitin SEM Görüntüsü	98

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.1. Türkiye Diyatomitlerinin Bazı Kimyasal Bileşenleri	10
2.2.1. Pomzanın Kimyasal Bileşenleri.....	24
2.2.2. Pomzanın Bazı Fiziksel Özellikleri	24
2.2.3. Türkiye Pomza Rezerv Miktarı	27
2.3.1. Hafif Betonların Sınıflandırılması	35
2.3.2. Çeşitli Hafif Agregaların Birim Hacim Ağırlık Değerleri.....	41
2.3.3. Hafif Yapı Elemanı Eldesinde Kullanılan Matriks Yapıların Su Emme Oranları	44
2.3.4. Betonların Büzülme (Rötre) Değerleri	46
3.1.1. Diyatomit, Pomza Ve Çimentonun Kimyasal Bileşenleri	56
3.1.2. Deneyde Kullanılan Diyatomit Hafif Agregası Boyutları	56
3.1.3. PKÇ 42,5 Portland Kompoze Çimentosu Fiziki Ve Mekanik Özellikleri..	57
3.2.1. Diyatomit Agregası Karışım Oranları	60
3.2.2. Diyatomit+Pomza Agregası Karışım Oranları	60
3.2.3. Agregaların S.B.H.A.....	60
3.2.4. 1m ³ ‘Teki Malzeme Bileşenleri	61
3.4.1. 0-4mm Arası Diyatomit Agregasının Elek Analizi	68
3.4.2. Buhar Kürü Uygulamasında 1m ³ Karışıma Giren Malzeme Miktarları	68
4.1.1. Diyatomitile Üretilen Numunelerin 7 Günlük Mekanik Özellikleri.....	70
4.1.2. Diyatomitile Üretilen Numunelerin 28 Günlük Mekanik Özellikleri.....	71
4.1.3. Diyatomitile Üretilen Numunelerin 56 Günlük Mekanik Özellikleri.....	71
4.1.4. Diyatomit+Pomza İle Üretilen Numunelerin 7 Günlük Mekanik Özellikleri	72
4.1.5. Diyatomit+Pomza İle Üretilen Numunelerin 28 Günlük Mekanik Özellikleri	72
4.1.6. Diyatomit+Pomza İle Üretilen Numunelerin 56 Günlük Mekanik Özellikleri	72
4.2.1. Diyatomitile Üretilen 7 Günlük Numunelerin Fiziksel Özellikleri	73
4.2.2. Diyatomitile Üretilen 28 Günlük Numunelerin Fiziksel Özellikleri	74
4.2.3. Diyatomit+Pomza İle Üretilen 7 Günlük Numunelerin Fiziksel Özellikleri	74

4.2.4. Diyatomit+Pomza İle Üretilen 28 Günlük Numunelerin Fiziksel Özellikleri	74
4.2.5. Diyatomit İle Üretilen 28 Günlük Numunelerin Yüksek Sıcaklık Etkisi	75
4.2.6. Diyatomit+Pomza İle Üretilen 28 Günlük Numunelerin Yüksek Sıcaklık Etkisi	75
4.2.7. Diyatomitli Hafif Beton Harçlarının Otoklav Öncesi Ve Sonrası Bazı Fiziksel Özellikleri	75



1. GİRİŞ

Teknolojideki son gelişmelere bağlı olarak, yapılan binalarda aranan en önemli özelliklerin başında, yapının hafifliğinin sağlanmasının yanı sıra, tamamlanmış bir yapının ısısal ve akustik açıdan konfor özelliklerinin de tatmin edici ölçütlerde olması gelmektedir. Yapı malzemeleri teknolojisinde kaydedilen son gelişmelerle birlikte, kayaç kullanımı ile geliştirilen her bir yapı malzemesi türünün, kullanım yerine bağımlı olarak, öncelikle ısısal ve akustik konfor özellikleri, parametrik değer dağılımları ve konfor amaçlı kullanım uygunluğu gibi hususlar, öncelikli olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, bu analiz ve değerlendirmelerin irdelenmesinde bel kemiğini oluşturabilecek standardizasyonlar geliştirilmeye çalışılmaktadır(Uğur,2001).

Türkiye’de ısı yalıtımına yeteri kadar önem verilmediği için büyük oranlarda enerji kaybı meydana gelmektedir. Ülkemizde her yıl artan enerji ihtiyacını karşılamak için bir taraftan mevcut enerji kapasitesinin artırılmasına çalışmak ne kadar önemli ise, diğer taraftan mevcut enerjiyi verimli ve tasarruflu kullanmak da en az o kadar önemlidir. Isı yalıtımı yoluyla enerji tasarrufu konusunda ülkemiz birçok Avrupa ülkesinin çok gerisindedir(Onaylı,2002).

Doğal kayaçlardan elde edilen herhangi bir yapı elemanının kullanıldığı yerde, eş zamanlı olarak, hem ısısal konforun hem de akustik konforun sağlanması genelde arzu edilen bir olgu olmakla birlikte, çoğu uygulamalarda bunun sağlanamadığı da görülebilmektedir. Bu bakımdan bu iki konu, birçok araştırmacının temel inceleme konusu haline gelmiştir. Teknolojik olarak irdelendiğinde, malzemelerin ısısal konfor özelliklerindeki değişimin çoğu zaman ayrıntılı olarak incelendiği görülmektedir. Bununla birlikte, kullanım yerinde yapı sistematığı açısından belirli bir dayanım olgusunu da sağlaması bakımından, malzemenin kaya mekaniği açısından da ele alınması kaçınılmaz olmaktadır.

Kayaç oluşumlarının endüstriyel alanlarda kullanım dağılımında en çok payı inşaat sektörünün aldığı bilinmektedir. İnsanlar farklı kayaç türlerini, barınma, iş merkezi

ve diğler sosyal faaliyetlerin oluşturulabileceği birçok mekanın yapılmasında, ana malzeme olarak değerlendirmişlerdir. Günümüzde kayaç biliminde gelinen son noktanın ışığı altında, yapı ve kaplama malzemesi olarak değerlendirilebilen kayaç oluşumları, kendilerine has bazı özellikleri de göz önünde bulundurularak, yapı endüstrisinde konfor amaçlı ana malzemeler olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür kayaçların genellikle doğal gözenekli ve hafif kayaç oluşumları olduğu, pratikte yaygın olarak görölmektedir.

Afyon, hem maden rezervleri, hem de maden çeşitliliği bakımından oldukça zengin bir ildir. Mevcut maden rezervi; zuhur, yatak, işletme ve eski işletme nitelikleri yönünden çeşitlilik arz etmektedir. Mevcut rezervler arasında diyatomit madeni de bulunmaktadır. Diyatomit, Sinanpaşa Tınaz Tepe ve Seydiler yataklarında olup kalitelidir. 133.668 bin ton mümkün rezerve sahip diyatomit madeni filtrasyona uygundur(DPT:2465,1996).

Yapılmış olan bu deneysel çalışmada, Afyon-Ankara karayolunun 24. km.'sinde bulunan Seydiler yöresi diyatomit kayacının agrega olarak hafif blok eleman üretiminde kullanılabilirliği araştırılmış olup, numunelerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerini belirlemek için, basınç dayanımı, schmidt çekici okumaları, birim hacim ağırlık, ultrases hızı, görünen porozite, ısı iletkenliği, kılcal su emme ve yüksek sıcaklığa maruz bırakma gibi testlere tabi tutulmuşlardır. Diyatomit ve pomzanın da birlikte kullanılmasıyla ayrıca başka seriler de üretilerek, diyatomitin hafif blok eleman üretiminde değerlendirilerek, ısı enerjisinden tasarruf edilmesi ve ekonomik açıdan büyük katkılar sağlanması düşünölmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diyatomit

2.1.1. Giriş

Ülkemiz bilindiği gibi, birçok kaynak açısından önemli miktarda rezerv potansiyeline sahiptir. Ancak bazı mevcut hammadde kaynaklarının kullanılması veya değerlendirilmesine sahip olunmadığı gibi ülkemizde bol miktarda kaynakları bulunan bazı ham maddeler yurt dışından ithal edilir hale gelmiştir. Bu hammaddelerden biride ülkemizde bol miktarda bulunan diyatomittir.

Diyatomit, su yosunları sınıfından tek hücreli mikroskobik diyatomların silisli kavkılarının birikmesi sonucu oluşmuş organik tortul kayadır(Meisenger,1985). Diyatomit, volkanik bölgelere yakın, tatlı ve tuzlu göl veya deniz sularında yaşayan tek hücreli, mikroskobik, silis yapılu çift kara pasalı esmer bir yosun çeşiti olan diatomelerin ölmesi ve silisli kabuklarının bir araya toplanması sonucunda meydana gelen bir mineral olarak da tanımlanmaktadır.

Diyatomit yüksek gözenekliliği, ısı, ses ve elektriği az geçirmesi, kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı ve yoğunluğunun az olmasından dolayı birçok sanayi dalında kullanılmaktadır. Çok geniş kullanım alanı ve eşsiz özelliklere sahip olmasına rağmen diyatomit henüz ana hammadde olarak yerli endüstriye girmemiştir.

2.1.2.Tanım

Diyatomit su yosunları sınıfından olan tek hücreli, mikroskopla görülebilecek kadar küçük olan diyatomların silisli kavkılarının birikerek fosilleşmiş kavkılarında meydana gelen organik tortul bir kayadır(Şekil-2.1.1).



Şekil-2.1.1. Kayaç Halinde Diyatomit

Diyatomit, diyatomalı toprak, diyatomalı silis ve kizelgur deyimleri eş anlamlı olup Tripolit, Moler, Fosil unu, Silis unu, Dağ unu, İnfüzuvar toprağı, Parlatma toprağı, Moskof toprağı, Bann kili, Beyaz turba gibi isimler ile de anılmıştır(Borat,1992). Mineral Almanca ve Fransızca kaynaklarda Kieselguhr, İngilizce kaynaklarda ise diatomaceous earth veya diatomite olarak geçmektedir(Sezgin,1999).

TS 9773 (1992), ısı yalıtımında kullanılan diyatomiti, diyatome denilen tek hücreli organizmaların kabuklarının çökmesinden meydana gelen, tebeşir görünümünde, yüksek miktarda amorf silis ihtiva eden, beyaz renkli, su ile karıştırıldığında yapışkan çamur meydana getirmeyen, kütlesinin birkaç katı su absorbe edebilen ve parmaklar arasında kolayca ezilebilen bir madde olarak tanımlamıştır.

Diyatomlar, binlerce türdeki mikroskobik su yosunu ailesini içerir ve tipiksel olarak 50-100 µm boyutlarındadırlar. İskeletler silika ihtiva ederler ve geniş çapta değişik şekillerde bulunurlar. Bu şekiller, silindirik, çubuk, yıldız formundadırlar ve tipiksel olarak içleri boş ve delikli bir yüzeye sahiptirler. Diatom iskeletlerinin açık yapılarından dolayı diyatomlar bir hafif kayacırlar(Bruvel,1999).

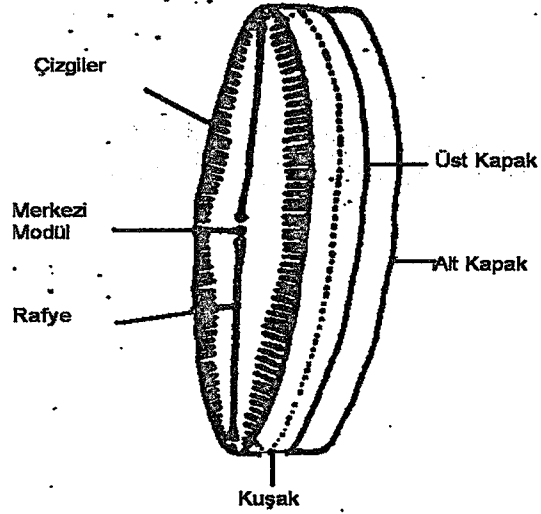
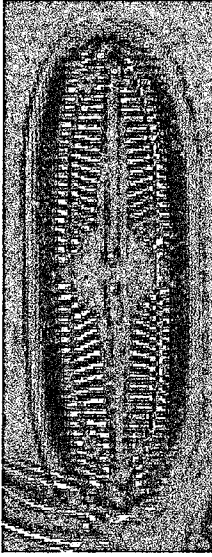
Jeolojik devir olan Neojen, diyatomitlerin ve dolayısı ile diyatomit yataklarının maksimum gelişim gösterdikleri devirdir. Türkiye'de oluşmuş olan diyatomit yataklarının büyük bir kısmı Neojen ve Neojen devrinin içerisinde bulunan Miyosen devrine aittir. Ayrıca Miosen devrindeki araziler deniz ve tatlı su gibi iki durumu da kapsamaktadır. Diyatomit yataklarının bulunuşu ile püskürük kütleler arasında büyük

bir bağlantı vardır. Diyatomlar, kavruları için gerekli SiO_2 'i yeterli miktarda bu kütlelerdeki silikatlardan sağlamışlardır. Türkiye'de bulunan volkanik kütlelerle kesilmiş tatlı su gölleri diyatomit rezervlerini hazırlamıştır. Bazı rezervlerde volkanik tüf ve diğer volkanik malzemeye rastlanmaktadır(Borat,1992).

Diyatomitin dünyada kullanımı çok eski zamanlara dayanmaktadır. MS 500'lü yıllarda İstanbul'da inşa edilmiş olan Ayasofya Camiinin kubbesinde hafifliğinden dolayı diyatomit tuğla kullanıldığı bilinmektedir. Buna rağmen, diyatomitin Batı Avrupa'da yalıtım amaçlı olarak kesme blok ve tuğla şeklinde ticari anlamda kullanımı 1800'lü yılların ortasına rastlamaktadır(Lloyd,1998).

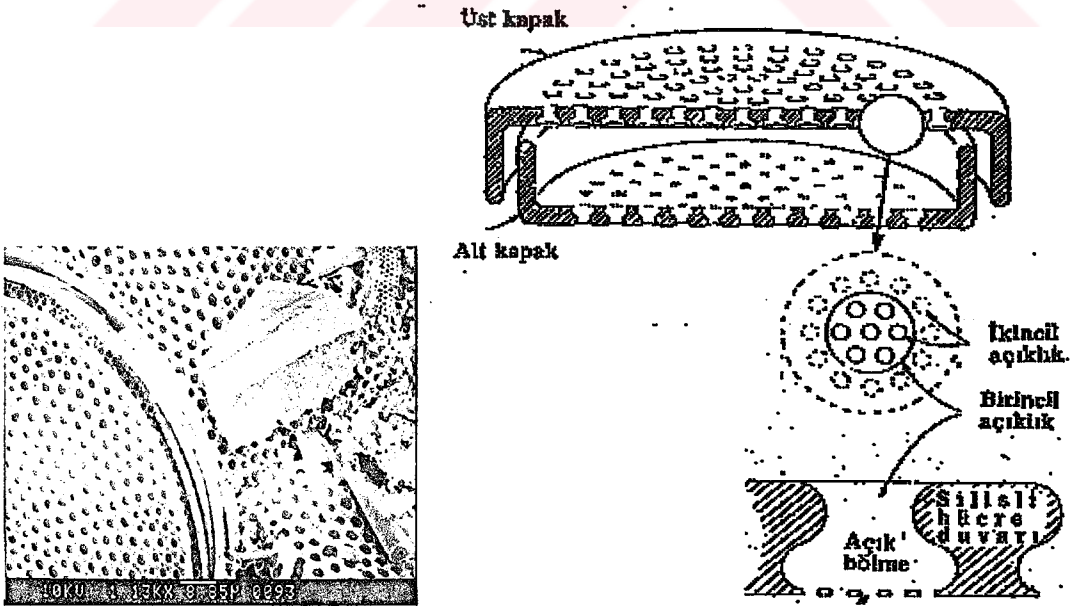
2.1.3.Yapıları

Diyatomitlerin hücre çeperleri, biri içeride kalan, diğeri onun üzerine geçen iki parçadan ibaret kutuya benzer. Bu iki parça mekanik olarak kolaylıkla birbirinden ayrılabilir. Büyük olan üst kapağa epiteka, küçük olana ise hipoteka denir. Diyatom kabuğunun çevresel kısmına yani kapakların birbirini örtükleri kısma kuşak denir. Diyatomitlerin yandan görünüşleri genellikle dikdörtgene benzeyip, üst görünüşleri ise diyatomitin cinsine göre büyük değişiklik gösterir. Çubuk şeklinde olanların üstünde rafe denilen, boydan boya tek veya iki parça halinde uzanan bir yarıktır. Kabukların üzerinde diyatomite mukavemet sağlayan bazı girinti ve çıkıntılar mevcuttur(Şekil-2.1.2).



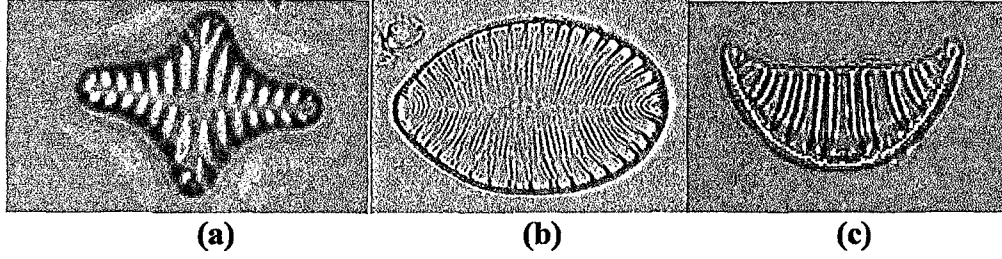
Şekil-2.1.2. Çubuk Şekilli Bir Diyatomitin Görüntüsü.

Diyatomitlerin dairesel veya elips şeklinde olanlarının en küçüklerinde çap 2.5 μm , en büyüklerinde ise nadiren 2mm; çubuk şeklinde olanlarda ise boy nadiren 2 mm'yi geçer. Diyatomitlerde ortalama çap ve uzunluklar 5-100 μm arasındadır. Diyatomitler üzerindeki deliklerin çapı 0,01 μm 'den küçük olabilir. Genellikle delik boyutları 0,037-0,52 μm arasında olup, ortalama 0,25 μm civarındadır (Şekil-2.1.3) (Anderson,1947)



Şekil-2.1.3. Elips Şekilli Bir Diyatomitin İç Yapısı.

Diyatomlar, çubuk ve daire şekillerinden başka, buldukları ve geliştikleri yere göre, yıldız, elips, yarım ay vb. değişik şekillerde de bulunurlar(Şekil-2.1.4,a,b,c).



Şekil-2.1.4. Değişik Diatom Şekilleri(a,b,c)

Organik madde içeren diyatomitlerin renkleri, bünyelerinde su mevcut iken genellikle açık kahverengi veya gri renkte olup, diyatomit yatağının kuruması, havaya ve güneş ışınlarına maruz kalması diyatomitin yüzeyini beyazlatmaktadır. Diyatomitin içerisindeki demir oksit miktarının fazla olması oksitli bir renge sahip olmasına yol açmaktadır. Dışarıdan gelen sularla yıkanan diyatomit, boşluklu yapısı nedeniyle yabancı maddelerden kurtulması yanında bu boşluklar sayesinde o derece kirlenme olasılığı vardır.

2.1.4. Bulunuşu

Diyatomitin saf ve temiz halde bulunduğu yerlerde püskürtük kayalar mevcuttur. Bazı yerlerde volkanik maddelerle karışık halde bulunabilirler. Nitekim Türkiye'deki Neojen devrinde oluşmuş olan bazı diyatomit yatakları volkanik tüflerle karışık haldedirler(Borat,1992).

Diyatomit yataklarının oluşumunu sağlayan diyatomlar günümüzde de halen yaşamlarını sürdürmektedirler. Fakat sayıları geçmiş yıllara göre oldukça düşüş göstermiştir. Nem ve ışıkla da beslenen diatomlar, genellikle koloniler halinde denizlerde, göl ve nehir yataklarında veya bireyler halinde ıslak kayalarda gelişirler(Şekil-2.1.5.a,b) ve bu gelişimlerini tamamlayabilmek için bazı şartların oluşması gereklidir.



(a)



(b)

Şekil-2.1.5. Diyatomitin Nehir Kenarında(a) Ve Islak Kayalarda(b) Bulunuşu

Diyatomların gelişmesi için oluşması gereken şartlar şunlardır (**Conger 1942, Işık 1984, Yıldız 1997**)

- Yeterli miktarda silis(SiO_2) bulunmalıdır. 1-5 mg/lit olan sularda oluşan tortul kayalar diyatomit bakımından zengindir. Bu halde temiz ve saf bir diyatomit rezervi oluşur.
- Nötr veya hafif alkali içeren suların bulunması gelişmeyi hızlandırmaktadır.
- Diyatomit cinsine göre düşük su sıcaklığı istenip, 3 ile 16 °C arasında olmalıdır.
- Düşük bir fosfat ve nitrat içeriği olması gerekli olup, bu halde diyatomlar diğer mikro-flora üzerinde hakim olarak gelişirler ve sonuç olarak sudaki pH değeri düşmez.

- Fotosentez olayının olması gereklidir. Bunun için yatağın fotosentezi engellemeyen derinliklerde (35m veya daha az) olması gerekir.
- Besleyici miktarının fazla olması gerekir. Bu da havzada diyatom gelişme ve üremesini engelleyen bir durum olmamasıyla sağlanır.
- Toksik madde olmamalıdır. Havzadaki evaporasyonun, havzayı besleyen akışlardan düşük olması gerekir. Su bileşiminde diyatomların gelişmesine engel olacak bir fazlalık bulunmamalıdır.
- Klasik tortul materyalin miktarı minimum olmalıdır. Bu aynı zamanda diyatomitin ekonomikliği için de gereklidir.

Diatomelerin ölmesinden sonra silisli kabukları uygun koşullarda su altında kalın tabakalar meydana getirecek şekilde çökelirler(Açıklan,1991). Diyatomitin oluşum hızı, deniz ve tatlı sularda meydana gelişine, diyatom çokluğuna ve diğer faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yapılan incelemeler ortalama olarak 100 senede 3-10 cm'lik oluşum hızına sahip olduğunu belirtmişlerdir(Borat,1992). Bir diyatom uygun şartlar sağlandığında, bir ay içerisinde bir milyar yeni diyatom meydana getirebilir.

2.1.5. Kimyasal Özellikleri

Bir diyatomit yatağının saf ve temiz olması, oluşumu sırasındaki diyatomların hızla gelişmesinden çok tortul kayacın içindeki yabancı maddelerin varlığına bağlıdır. Yabancı madde olarak organik maddeler; kum, silt, kil, kalsiyum ve magnezyum karbonatlar, toprak alkali tuzları, demir vb. maddeler diyatomitin saflığına bağlı olarak kayaç içinde değişik oranlarda bulunur. Türkiye diyatomitleri içindeki yabancı malzemelerden kum, silt ve kil gibi yabancı maddeler, diyatomit yataklarının oluşumu sırasında, suda bulunan diyatomitler için suda bulunan diğer hayvansal ve bitkisel artıklardan oluşur iken, suyun çekilmiş olduğu bölgelerde ise dış etkiler olan rüzgar veya akarsular vasıtasıyla birikmişlerdir. Kalsiyum ve magnezyum karbonatlar ise ya diyatomlarla beraber ya da oluşmuş diyatomit üzerine çökerek diyatomit içine karışmışlardır.

Diyatomit amorf bir yapıya sahip olup silisten ibarettir ve %2-10 su ihtiva eder. Silis, diyatomitlerin oluşumunda, yaşamında ve gelişmesinde biyolojik öneme sahiptir. Diyatomit az denecek miktarlarda organik maddeler ile alümin(Al_2O_3), demir oksit(Fe_2O_3), kalsiyum oksit(CaO), magnezyum oksit (MgO) ve alkalınler (Na_2O , K_2O , P_2O_5) içerebilmektedir. Feldspat, rutil, zirkan, mika, piroksenler ve amfibol diyatomitte bulunabilen çeşitli kırıntı minerallerdir.

Türkiye’de bulunan 13 farklı diyatomit yatakları üzerinde **Borat(1992)**’ın yapmış olduğu araştırma sonucuna göre kimyasal özellikleri bakımından ana bileşenlerinin max. ve min. değerleri Çizelge-2.1.1’de verilmektedir.

Çizelge-2.1.1. Türkiye Diyatomitlerinin Bazı Kimyasal Bileşenleri

Kimyasal Bileşen	% Min.	%Max.
SiO₂	65.42	87.48
Al₂O₃	0.81	3.42
Fe₂O₃	0.64	2.48
CaO	0.71	9.37
MgO	0.39	7.20
A.K.(900°C)	3.54	13.42

2.1.6. Fiziksel Özellikleri

Masif veya tabakalı saf diyatomitler gevrek, gözenekli, düşük görünür yoğunluklu ve tebeşir görünümündedir, elde un gibi dağılır ve dişler arasında çatırdar. Diyatom tane büyüklüğü 5 mm. ile 10 mm. arasında sıralanır. Bir diyatomitte tane boyu dağılımı diyatomların türüne, iriliğine, kavkuların tam veya kırıklı oluşuna, kil kum gibi katkılarının varlığına ve oranına bağlı olarak değişir. Organik madde ihtivasının kaynağı sedimanter çamurdan çürümüş bitki kalıntılarına kadar değişir. Safsızlıklar az çok kil görünümlü, kumlu, kireçli veya çörtlü olmalıdır. Diyatomitin çeşitli fiziksel özellikleri şu şekildedir(Seelev,1949).

- İçerisindeki boşlukların hava dolu olması ve yüzeylerinin 0.037-0.52 µm boyutlarındaki mikro delikli hücrelerden meydana gelmesi,
- Yüksek porozitesi,
- Yüzeysel alanının geniş olması,
- Hafif ve ağır tiplerinde porozitesinden dolayı sertliğinin 1-1.5 olması,
- Özgül ağırlığının 1.9- 2.35 gr/cm³ olması,
- Kuru birim hacim ağırlığının 320-640 kg/m³ arasında olması,
- Isı ve ses yalıtma özelliğinin yüksek olması,
- Ses yutum katsayısının 600-3000 Hz arasında olması,
- Beyaz, açık sarı, gri vb. soluk renklere sahip olması,
- Genellikle amorf bir yapıya sahip olması,
- Işığı geçirme özelliğinin opak olması,
- Erime noktasının 1000-1750 °C olması,
- Donuk toprağımsı bir parlaklığa sahip olması,
- Ufalanabilir ve gevrek bir yapıya sahip olması,
- (HF) haricindeki asitlerde çözünmez ancak kuvvetli alkalilerde çözülebilir olmasıdır.

2.1.7. Kullanım Alanları

Diyatomit fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı bir çok sanayi dalında ara ve yardımcı malzeme olarak kullanılmaktadır. Bu özellikleri; gözenekliliği, ısı, ses ve elektriği az geçirmesi, kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı ve yoğunluğunun az olmasıdır. Diyatomitin başlıca kullanım alanları şu şekildedir(**Açıklan,1991**).

2.1.7.a. Filtre Yardımcı Malzemesi Olarak Kullanılması

Diyatomitin en yaygın kullanım alanıdır. Diyatomitin filtrasyonda kullanıldığı alanlar: Kimya, metallorji, gıda, petrol sanayi, kuru temizleme ve diğer sanayi sahalarıdır. Filtre yardımcısı olarak bunlardan başka şeker rafinerilerinde, biyolojik araştırmalarda, antibiyotiklerin üretiminde çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Diyatomit yardımı ile süzölebilen maddeler; Şeker suyu, alkollü ve alkolsüz içkiler, asitler, su, petrol bileŐikleri, vernik, gres yağı, reĀine kaplama ve kuru temizleme solösyonları, nebati yağlar, jelatinler ve antibiyotiklerdir.

Endüstride kullanılan filtrelerin filtre kısmında veya tel eleklerinde kafesler bulunmaktadır. Kafesler üzerinde genellikle diyatomit olan gözenekli filtre yardımcısı bulunur. Bu bölmenin iki yanındaki basıncın farklı olması sebebi ile süzölecek süspansiyon, filtre yardımcısı ve filtre içine itilir. Katı kısımlar kafes üzerinde birikir(**Bircan,1968**).

Diyatomit ile yapılan süzmede genel olarak iki aşama vardır. İlk aşamada diyatomitle yapılan çamur filtre cihazındaki yüzeylere devir daimle kaplanır. Böylece süzölecek sıvı için çok gözenekli ve geniş yüzeyli bir ortam sağlanır. İkinci aşamada sıvı içine devamlı olarak çok az miktarlarda diyatomit ilave edilerek hazırlanan yüzeylerden geçirilir. Sıvıya diyatomit ilavesi ile yüzeyi devamlı gözenekli tutmak ve süzme hızını arttırmak için gereklidir.

Süzmede kullanılan diyatomitin mikroskobik izleniminde karışık türlerden oluşın ve discoid (yuvarlak Şekilli) türlerin parçalı yapı göstermesi istenir(**Mete,1982**).

2.1.7.b. Dolgu Maddesi

Diyatomit hafifliği, sağlamlığı, elastikiyeti, kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı, ısıyı az geçirmesi, ışık yansımısını azaltması gibi özelliklerden dolayı dolgu alanında kullanılır. Sentetik boya, kağıt, lastik, plastik, kibrit, cila, temizlik malzemesi, ilaç ve kozmetik, diŐ macunu ve kimya sanayilerinde dolgu maddesi olarak kullanılır. Diyatomit, kullanıldığı alanda son üründe arzu edilen özelliklerin gösterilmesini ve arttırılmasını sağlar.

2.1.7.c. İzolasyon Maddesi

Diyatomit, değişik şekillerde endüstriyel ısı ve soğuk hava izolasyonları için genişçe bir sahada kullanılırlar. Diyatomitin sahip olduğu boşluğun hemen, hemen %90'ı dolu olamadığından ve erime ısı yüksek olduğundan ses naklinde iyi bir izolatördür. Yuvarlak diyatomlar bu alanda kullanılırlar.

Yüksek sıcaklıklarda diyatomlarda var olan hava boşlukları nedeni ile yoğun bir radyasyon, hızlı bir konveksiyon oluşması izolasyonda büyük bir önem taşır. Hava boşlukları ne kadar büyük ise radyasyon o kadar büyüktür. Bu nedendir ki düşük sıcaklıklarda parçalanmamış diyatomlara göre büyük yüzde oluşturduğu için çok gözenekli diyatomitler küçük diyatomlardan oluşan diyatomitlerden göreceli olarak daha iyi izolasyon maddesidirler(Mete,1982).

Isı izolatörü olarak kullanılan diyatomitin kullanım alanları şunlardır:

Elektrikli-motorlu fabrika ekipmanlarında, çelik ve demirsiz metalürji de ve ısısal işlemlerde, gaz jeneratörü ekipmanlarında fırınların dış kaplamalarında tuğla olarak, kalorifer kazanı, buhar ve gaz borularının dış kaplamalarında sıva olarak, soğutucularda, soğuk hava depolarında, metal sertleştirilmesi vb. alanlarda kireç, çimento, asbest tozu ve diyatomit karışımı ile üretilen plaklar, duvar ve döşemelerde ses ve ısıya karşı izolasyon olarak kullanılırlar. Kullanılan ürünlerin yaygın tipleri blok, tuğla, dilim, agregalar, tozlar ve sementler şeklindedir.

Diyatomit tuğla yataktan kesilmiş gibi doğal olmalıdır ve inorganik bağlayıcılarla veya bağlayıcılar olmaksızın fabrikada işlenmelidir. Pişirilme işlemi sırasında diyatomitin bünyesinde bulunan organik materyal uzaklaşır ve bununla birlikte açık porozite de kaybolur. Blok ve boru kaplama, diyatomit, fiber, magnezyum ve diğer tozlar ile sement, jips veya magnezyum gibi hidrolik bağlayıcılarla yapılır. Metal sertleştirilmesi için genellikle toz halinde diyatomit kullanılır. Soğuk hava depoları ve düşük sıcaklık yalıtımlarında blok, agrega veya toz halinde diyatomit kullanılır.

Büyük yapılarda ısı ve ses yalıtımı için toz, kum, blok ve levhalar halindeki diyatomit standart şekillerdir(Seelev,1949).

Diyatomitten imal edilen izolasyon ateş tuğlası hafif, gözenekli refrakterler olup, çok düşük termal iletkenliği ve yüksek ısı depolama kapasitesine sahiptir. Yoğunluğu düşürmek için çok değişik metotlar uygulanır. Örneğin; talaş tozu, ince kok kömürü tozu gibi yanıcı maddeler ilave edilebilir.

İzolasyon tuğlaları; yüksek refrakter tuğlalarına destek tuğlası olarak geride kullanılır. Erimiş metal ve cürufların erozyona, aşındırma ve korozyona dayanımı yoktur. İzolasyon refrakterlerinin kullanılmasındaki avantajlar şunlardır(DPT,1996).

1. Isı kaybı düşük ve ısı depolama kapasitesi yüksek olduğundan yakıt sarfiyatı,
2. Sıcaklık yükselme zamanı kısaltıldığından kullanım yerinde üretim artışı,
3. Fırın sıcaklıklarının fazla değişmemesi nedeni ile operasyon kontrolünde kolaylık,
4. İzolasyon refrakterlerinin hafif olmasından dolayı fırın hacmi ve ağırlığı düşüktür,
5. Yüksek izolasyon etkisi nedeniyle daha ince duvarların yapılabilmesinden ekonomi sağlanır.

2.1.7.d. Absorbent

Diyatomitin kendi ağırlığının 3-4 katına kadar ulaşabilen su emme yeteneği vardır. Bu nedenle kedi, köpek gibi evcil hayvanların altına sergi ve yataklık yapılmasında, ahırların ve kümeslerin kurutulmasında kullanılırlar. Ayrıca asitlerin taşınması sırasında kolaylık sağlamak için asitler diyatomite emdirilerek nakliyesi yapılır. Sonradan asit basınçla çıkarılarak kullanılır. Asit şişeleri kırıldıkları zaman dökülmemelerini sağlamak için etrafları diyatomit ile sarılır. Ayrıca diyatomit dinamit imalatında kullanılır.

2.1.7.e. Cila Maddesi

Gümüş ve metallerin, otomobillerin cila işlerinde diyatomit kullanılmaktadır.

2.1.7.f. Katalizör ve Katalizör Taşıyıcısı

Diyatomitin önemli kullanım alanlarından biriside katalizör sanayidir. Uzun yıllardan beri hidrogenaration çalışmalarında nikelli diyatom toprağı katalizörü kullanılmıştır. Sülfürik asit imalinde, sülfür dioksit oksidasyonu için ve fitalik anhidrit için oksidasyon muamelelerinde de vanadyumlu katalizör kullanılmaktadır. Olefinler ve diğer petrol ürünlerinin polymerizasyonu için lüzumlu olan kuru fosforik asit, fosforik asit ile diyatom toprağı tarafından meydana getirilir. Sentetik alkol ameliyesinde de diyatomit katalizör taşıyıcı olarak kullanılır(Bircan,1968).

2.1.7.g. Sentetik Silikat İmalinde

Diyatom toprağı toprak alkali silikatların özellikle kalsiyum ve magnezyum hidroksitlerin değerini arttırmaktadır. Diyatom toprağı sentetik altromesi vb. boyaların üretiminde kullanıldığı gibi seramik sanayinde ve cam perdahları yapımında da kullanılmaktadır.

Diyatomitin çimento sanayinde puzolan madde olarak kabul edilmesi, opalin silisin reaktivitesinden meydana gelmektedir.

2.1.7.h. Hafif Yapı Malzemesi ve Refrakterler

Çimento, harç, beton ve hafif tuğlalarda karışım malzemesi olarak kullanılır. Betona %3 diyatomit ilavesi ile betonun basınç direncinin %20, çökme direncinin % 10 oranında arttığı gözlenmiştir(Açıklan,1991).

2.1.7.i. Kimyasal Gübrelerde Sertleşmeyi Önleyici

Diyatomit, Amonyum Nitrat kaplamasını (sertleşmesini) önlediğinden, tarımsal işlemlerde kullanılmaktadır. Diğer kimyasal gübrelerde özellikle granüle gübrelerde tercih edilmektedir. Bundan başka endüstride maddelerin katılaşmasını, yapışkanlığı ve tıkanmayı önleyici bir unsur olarak önemlidir.

2.1.7.j. Diğer Kullanım Alanları

Zararlı bitki öldürücüsü, ateşe dayanıklı potalar ve su bardakları yapımında, kozmetik sanayinde kullanılmaktadır.

Özellikle 1960'lı yıllardan sonra iyon mücadelecisi olan reçine kullanılarak diyatomitte su arıtma sistemini gelişmesini sağlamak mümkün olmuştur. Bu sistem ve diyatomit filtresi ile yapılan filtrasyon, çamaşır suyunu ihtiva ettiği alkali benzen sülfanatu ve süspans halindeki maddeleri önemli miktarda azaltmıştır.

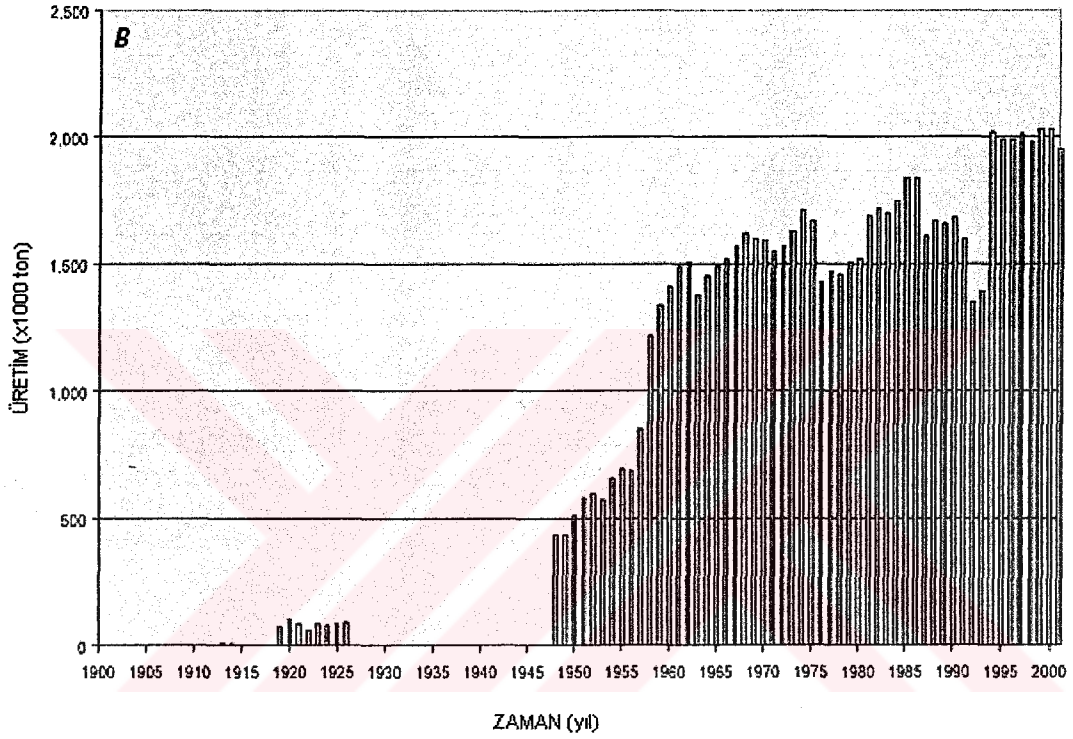
2.1.8. Diyatomitin Çevre İle İlişkisi

Diyatomit üretimi, çevre kirliliği açısından önemli sorunlar çıkarmamaktadır. Madencilik safhasında, madenin yerde açılan çukurlar ve maden çıkarıldıktan sonra kalan boşluklar sonradan doldurulabilmekte ve bu yerler ağaçlandırılabilir. Ham diyatomitin çevre sağlığı açısından hiç bir zararlı etkisi yoktur. Fabrikasyon safhasında oluşan atıklar ise su buharı, ince diyatomit tozu ve fuel-oil yanma gazlarıdır. Diyatomit tozu yapışıcı ve kalıcı değildir. Rüzgar ve yağmurun etkisiyle kolayca temizlenebilmekte ve toprağa karışarak tabii haline dönmektedir(DPT,2001,ÖİK632).

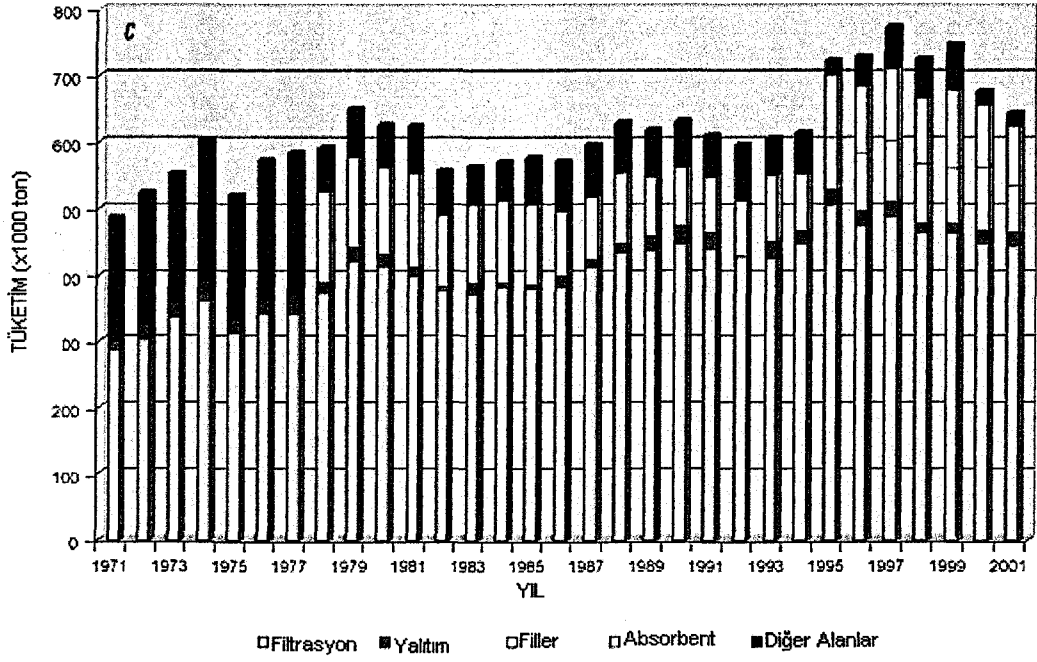
2.1.9. Diyatomitin Dünyada Üretimi ve Tüketimi

Dünya piyasalarında diyatomitin tüketim ve talep hareketleri genellikle düzenli ve kararlı kalmakla beraber dünyada en büyük tüketim payını A.B.D. almaktadır.

Avrupa ülkelerinde ise A.B.D'ni Federal Almanya, Hollanda ve İngiltere izlemektedir. Kanada ve Avustralya da önemli tüketim miktarları olan ülkeler arasındadır. Orta Doğu ve Arap ülkelerinde son yıllarda artan taleplerden tüketimin artmakta olduğu anlaşılmaktadır. Dünya ülkelerinde diyatomitin üretimi ve tüketiminin yıllara göre dağılımı sırası ile Şekil-2.1.6 ve Şekil-2.1.7'de gösterilmiştir(Thomas,2003).



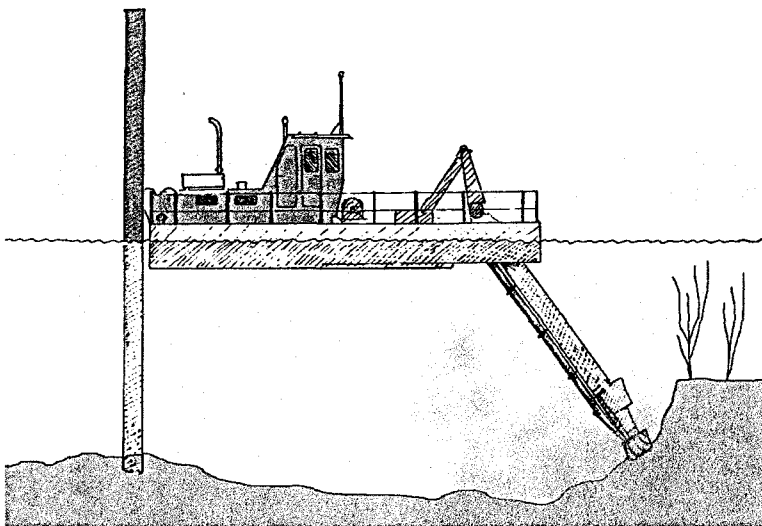
Şekil-2.1.6. Dünyadaki Diyatomit Üretimi



Şekil-2.1.7. Dünyadaki Diyatomitin Kullanım Alanları

2.1.10. Üretim Yöntemi ve Teknolojisi

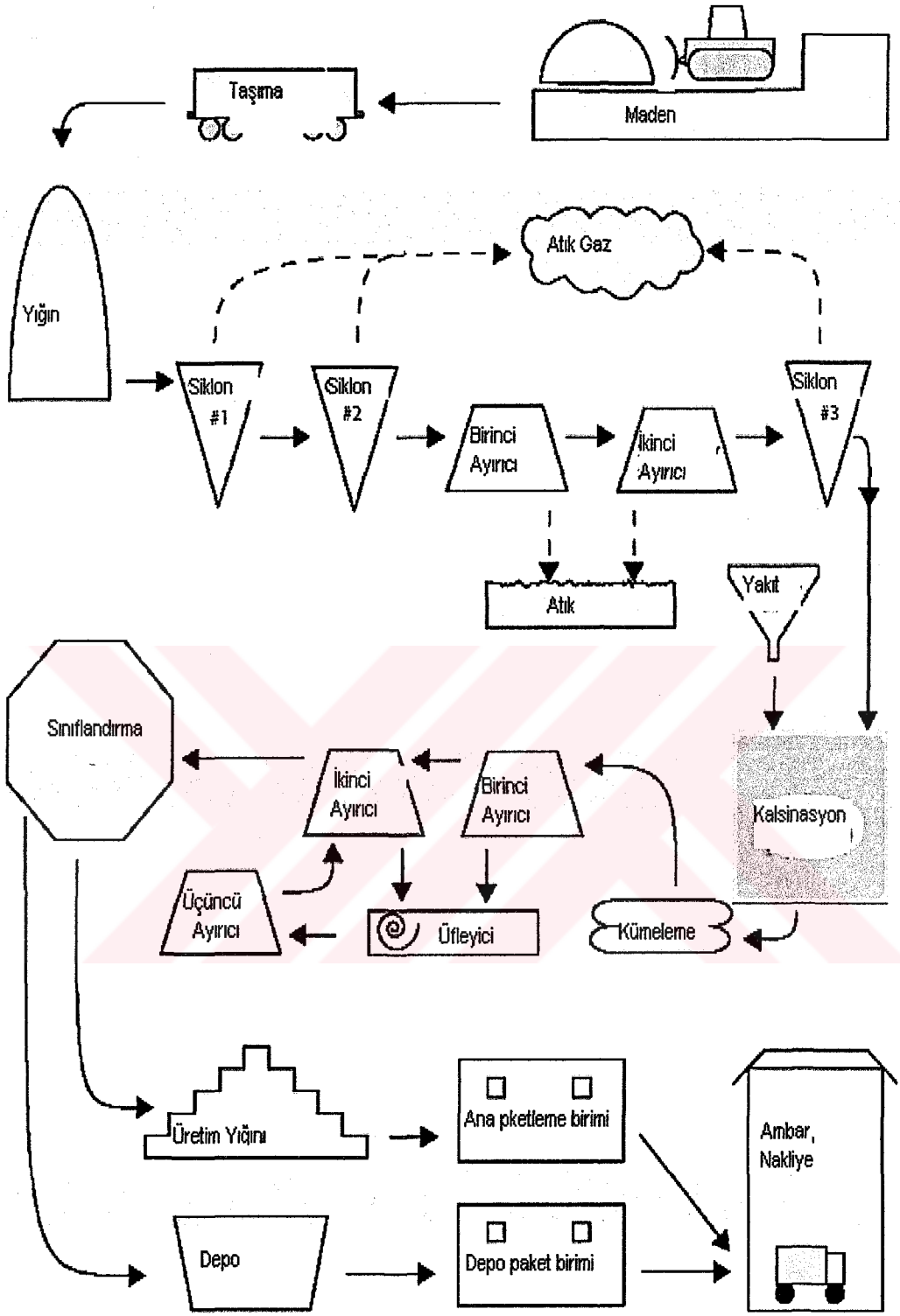
Dünyada diyatomit yatakları genel olarak üç şekilde işletilmektedir. Bunlar galeri, açık işletme ve sualtı metotlarıdır. Galeri ve sualtı metotları, çok derinde ve oluşum yeri henüz kurumamış nispeten genç damarlara ulaşmak için kullanılmaktadır (Şekil-2.1.8) (DPT,2001,ÖİK632).



Şekil-2.1.8. Sondaj Yöntemiyle Su Altından Diyatomit Çıkarılması

Çoğu yataktan diyatomitin çıkarılması, düşük maliyetli olan açık işletme yöntemiyledir. Çünkü çoğu yerlerde maden, yüzeye yakın ve topografik koşullar uygundur(Dolley,2002). Dünyada ve yurdumuzda en yaygın olarak uygulanan yöntem açık işletmecilik metodudur. Açık işletmecilikte önce damarın üst örtü tabakası açılmakta sonra madenin yumuşak karakterli olması sebebiyle, herhangi bir patlatma işlemine gerek kalmaksızın direkt olarak buldozer ve ekskavatörlerle kazma işi yapılmaktadır. Daha sonra alınan ham malzeme işletme tesislerinde işlenmektedir. A.B.D’de bulunan bir diyatomit işletmesinin akış şeması Şekil-2.1.9’te verilmiştir.





Şekil-2.1.9.Amerika'da Bir Diyatomit İşletmesinin Akış Diyagramı [Thomas,2003].

2.1.11. Türkiye'de Durum

Yurdumuzda oldukça bol ve kaliteli ham diyatomit rezervleri mevcuttur. Ancak yapılan bütün bu nitelik tespit çalışmalarına karşılık, nicelik olarak ülkemizin diyatomit rezerv potansiyelini ortaya koyacak kesin bir değer henüz elde edilememiştir. Ülkemizin görünen ve muhtemel diyatomit rezerv miktarı 44.224.029 ton olup, dünya diyatomit rezervinin %2.21'ini teşkil etmektedir. 1974 yılına kadar Türkiye'de diyatomit üretimi sadece madencilik seviyesinde olmuştur. 1972 yılında ise Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü'nde aktif diyatomit üretimi için başlatılan çalışmalar olumlu sonuç verince 1974 yılında bir pilot tesis kurulmuş ve bu tesisin kapasitesi 1976 yılında 2 ton/gün'e çıkarılarak Diyatomit Fabrikası haline getirilmiştir. 1980 den itibaren ise kapasitenin üzerine çıkılarak günlük üç ton üretime ulaşılmıştır. Şeker teknolojisinde kullanılması sebebiyle aktif diyatomit üretimine başından beri ilgi duyan Şeker Şirketinin artan ihtiyacının karşılanması amacı ile, şirketin Etimesgut Tesisleri sahasında kurulan 3.000 ton/yıl kapasiteli yeni Diyatomit Fabrikası 1992 yılı sonunda deneme kampanyasına alınarak üretim faaliyetlerine başlamıştır. Bu fabrika çeşitli nedenlerle 1994 yılında kapanmış, diyatomit yerine perlit kullanılmaya başlanmıştır. Fakat nitelik olarak çeşitli amaçlara yönelik olarak kullanılabilen özellikte oldukça kaliteli kaynaklarımız olduğu ve toplam miktarın tahmini olarak 100 milyon tonu aştığı söylenebilir. Ülkemizdeki yataklarımızın bulunduğu iller; Afyon, Ankara, Aydın, Balıkesir, Bingöl, Çanakkale, Çankırı, Denizli, Eskişehir, Kayseri, Konya, Kütahya, Niğde, Sivas ve Van'dır. Kayseri-Hırka diyatomit yatağı 50 milyon ton rezervi ile Türkiye'nin en büyük yatağıdır ve kalite olarak da en iyi olandır(DPT,2001,ÖİK632).

2.2. Pomza

2.2.1. Giriş

Pomza (ponza) terimi İtalyanca bir sözcüktür. Farklı dillerde değişik adlandırmaları vardır. Örneğin Fransızca'da Ponce, İngilizce'de (iri tanelisine) Pumice, (ince tanelisine) Pumicite, Almanca'da (iri tanelisine) Bims, (ince tanelisine) Bimstein denilmektedir. Dilimizde ise süngertaşı, köpüktaşı, nasırtaşı, hışırtaşı, küvek, kisir gibi pek çok adla anılmaktadır(DPT,2001,ÖİK,628) .

Pomzadan yapılan yapı elemanları, ısı ve ses izolasyonu sağlaması nedeniyle, yapı endüstrisinde önemli bir kullanım alanına sahip bulunmaktadır.

Eski Romalılar zamanında, ponza taşı çoğunlukla termal banyoların ve tapınakların yapımında kullanılmıştır. Bu dönemlere ait en belirgin örnekler Roma Pantheonu ve İstanbul'daki Ayasofya Kilisesidir. O dönemlerden sonra ponza taşı 1800 lerde Almanyanın Rhinenland şehirlerinde tekrar ortaya çıkmıştır. Avrupa genelinde ise ponza taşına ilgi gösterilmemiştir. Pomza taşının yapı malzemesi olarak kullanılması 1851 yılında California'da başlamıştır. O zamandan günümüze bir çok çalışma alanına yayılmıştır.

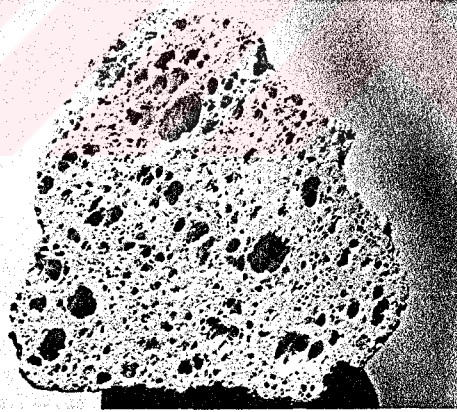
2.2.2. Tanım

Pomza, birbirine bağlantısız boşluklu, süngerimsi, silikat esaslı, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, birim hacim ağırlığı 1 gr/cm^3 'ten küçük, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak büneyi 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. Pomza kendisine özgü bazı özellikleri ile benzer volkanik camsı kayalardan (perlit, obsidyen, pekş-tayn) ayrılır. Bunlardan rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması ile pratik olarak ayrılmaktadır. En çok renk benzerliği ve kimyasal bileşimi bakımından perlit ile karıştırılır, bazı

durumlarda ayrılması zorlaşır. Pomzalı perlit veya perlitik pomza olarak adlandırılabilen geçişli kayalarla petrografik analizle ve gözenek yapısından ayrılabilir[**(Ünal,1997),(Güngör,1997),(DPT,2001,ÖİK,628)**]

2.2.3. Bulunuşu

Pomza volkanik bir kayaç türü olup, asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetler sonucu oluşmuştur. Pomza, volkanik, camsı bir yapıdadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanım türü en geniş olan asidik pomza, beyaz ve kirli renkte olanıdır. Bazik pomza ise siyahımsı renkteki pomza türüdür. Asidik karakterli pomzalarda silis oranı daha yüksek olup, inşaat sektöründe yaygın kullanım alanı bulabilmektedir. Diğer taraftan bazik karakterli pomzalar da alüminyum, demir, kalsiyum ve magnezyum bileşenleri daha yüksek oranda bulunması nedeniyle diğer endüstriyel alanlarda kullanım alanı bulabilmektedir. Her iki pomza türü de oluşum sırasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı kazanmışlardır(**Şekil-2.2.1**).



Şekil-2.2.1. Pomzanın Genel Görünümü

2.2.4. Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Pomza oluşumu sırasında magma bünyesinde bulunan gazların ortamı terk etmesi sonucu, gözenekli bir yapıya sahip olmuştur. Bu şekliyle pomza taşı %90 oranında gözenekli bir yapıya sahiptir. Asidik pomzanın yoğunluğu, bazik olanlara göre daha az olup, 1 gr/cm^3 'ten düşüktür. İçerisinde silisyum, alüminyum, potasyum ve sodyum

ihativa etmesi nedeniyle, açık renkli bir görünümü vardır. Yüksek gözenekli özelliğinden dolayı, ısı ve ses geçirgenliği düşüktür. Pomza taşının basınç mukavemeti, kalkerin %5-10'u, elastisite modülü ise %2'si mertebesindedir. Pomza, lifsi ve boru şeklinde yarı paralel boşluklar ile, küresel ve yarı küresel boşluklardan oluşan iki tip doku çeşidi vardır. Lifsi doku, basıncı düşük ve patlama gücü az volkanik faaliyetleri gösterir. Küresel doku, basıncı yüksek ve patlama gücü fazla olan volkanik faaliyetlerin olduğunu göstermektedir. Pomzanın sertliği, mohs skalasına göre, 5-6 civarındadır ve diğer kayalardan farklı olarak bünyesinde kristal suyu yoktur(Dal,1998).

Pomza bulunduğu yerlere göre farklılık gösterebildiği gibi, her bölgenin pomzası kendi içinde de farklılık gösterebilmektedir. Aşağıdaki Çizelge-2.2.1 ve Çizelge-2.2.2'de sırası ile pomzanın kimyasal ve bazı fiziksel özellikleri verilmiştir(Güngör,1997)(Ünal,1997).

Çizelge-2.2.1. Pomzanın Kimyasal Bileşenleri

Bileşen	Kütlece(%)
SiO ₂	54-75
Al ₂ O ₃	13-25
Fe ₂ O ₃	1-3
CaO	1-2
MgO	1-2
A.K.	4-5

Çizelge-2.2.2. Pomzanın Bazı Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellik(Pomza)	Değer
Kuru Birim Hacim Ağırlığı(kg/m ³)	600-1500
Su Emme Oranı(%)	20-30
Isı İletkenliği(Kcal/mh ^o C) (%5 nemli)	0,21-0,6
Ses Yutma Katsayısı	0,44

2.2.5. Türkiye’de Bulunan Pomza Yatakları

Pomza rezervi açısından zengin olan ülkemizde, pomza yatakları aşağıdaki bölgelerde bulunmaktadır.

1. Orta Anadolu pomza yatakları

a. Nevşehir ili pomza yatakları

- Başköy üyesi pomzası
- Keçiderebendi pomzası
- Alahopu pomzası

b. Kayseri ili pomza yatakları

2. Doğu Anadolu pomza yatakları

3. Batı Anadolu pomza yatakları

2.2.5.1. Orta Anadolu Pomza Yatakları

Bu bölgenin en zengin pomza yatakları Nevşehir, Kayseri ve Niğde yörelerindedir. Nevşehir yöresi pomzasının rezerv kalınlığı 1-20 m. arasında değişmekte olup, içerisinde %1-3 arasında değişen bazalt, diyabaz ve obsidyen gibi yabancı maddeler bulunmaktadır. Bu bölgedeki pomzalar kalite bakımından oldukça iyidir. Renk olarak beyaz, gri, krem renklerde olup, üst seviyeler sarımtırak, beyaz ve kirli bej renklere sahiptir. Kayseri ilinde bulunan pomza yatakları, rezerv kalınlığı 6-20 m. arasında değişmektedir. Nevşehir pomzasından daha fazla boşluklu olması sebebiyle, daha hafiftirler. Renkleri açık gri, gri, beyaz ve krem renklerinden oluşmaktadır. Niğde yöresindeki pomzaların rezerv kalınlığı yaklaşık 5m.’dir. Bölgede pomza gibi hafif pembemsi açık ve koyu kahverengi renk tonlarında yabancı maddeler bulunmaktadır(Sönmezoğlu,1997).

2.2.5.2. Doğu Anadolu Pomza Yatakları

Bu bölgede bulunan pomza yatakları, geniş alanlara yayılmış durumdadır. Bitlis, Van, Ağrı ve Kars illeri ve civarlarında geniş pomza yatakları bulunmaktadır. Bölgedeki pomza yatakları, volkanik faaliyetler sonucu oluşmuş olup, makroskobik olarak, diğer bölgelerdeki pomzalara göre daha iri (0,1-8 cm) boyutlardadır. İçerisinde ince malzeme çok az bulunur. Van ve Ağrı yörelerindeki pomzalar genellikle beyaz, diğer illerdeki pomzalar ise bej, gri ve kirli renktedir(Aydın,2001).

2.2.5.3. Batı Anadolu Pomza Yatakları

Bu bölgenin pomza yatakları Isparta, Burdur ve Muğla illeri ve civarında bulunmaktadır. Bölgede bulunan pomza taşları, çeşitli boyutlarda bulunup, renkleri açık gri ve gri renk tonlarına sahiptir.

Bu bölgelerde bulunan pomza rezerv miktarları Çizelge-2.2.3'de verilmiş olup, ülkemiz 2001 yılı itibari ile yaklaşık 3 milyar m³ pomza rezervi bulunmaktadır.(DPT,2001,ÖİK,628),(Ünal,2003)

Çizelge-2.2.3. Türkiye Pomza Rezerv Miktarı

Yeri	Rezerv Miktarı (Görünen ve Muhtemel) (m³)
Nevşehir-Avanos-Ürgüp	404.412.834
Derin Kuyu	48.660.500
Kayseri-Gömeç	13.250.000
Kayseri-Develi	58.500.000
Kayseri-Talas-Tomorza	241.000.000
Kayseri-Talas-Tomorza	284.000.000
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000
Bitlis-Ahlat	210.000.000
Van-Erciş-Koca Pınar	154.625.000
Van-Molla Kasım	5.950.000
Ağrı-Patnos	27.812.000
Ağrı-Doğu Beyazıt	26.875.000
Kars-Iğdır-Kavak Tepe	40.156.250
Kars-Digor	11.718.750
Kars-Sarı Kamış	1.875.000
Ankara-Güdül-Tek Köy	8.070.000
Isparta-Gölcük	30.983.250
Toplam (m³)	2.667.888.584

2.2.6. Pomzanın Kullanım Alanları

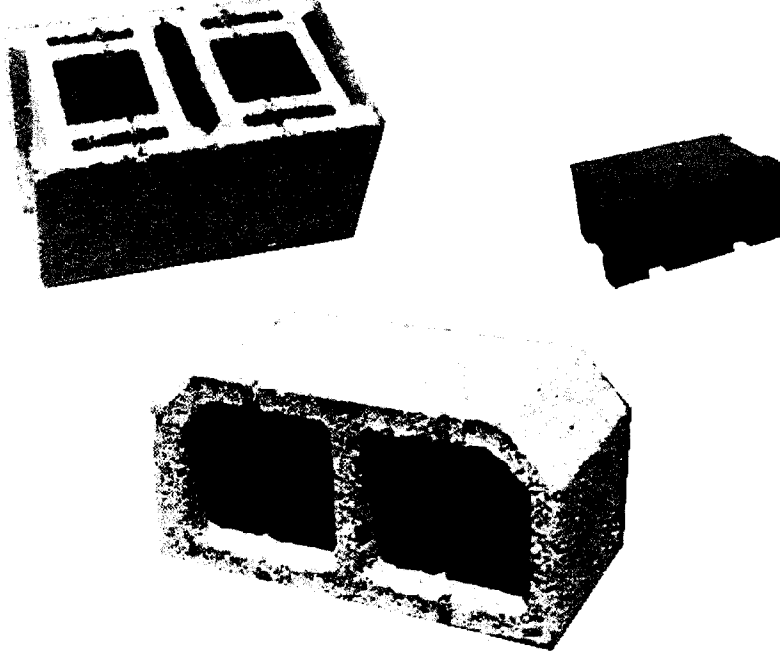
Yüksek miktarda gözenekli bir yapıya sahip olan pomza, bu özelliği sayesinde bir çok alanda kullanım imkanı bulmaktadır. Bu kullanım alanlarını 4 ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar:

- İnşaat Sektörü
- Tarım Sektörü
- Tekstil Sektörü
- Kimya Sektörü

2.2.6.1. İnşaat Sektörü

Gözenekli yapısından dolayı oldukça hafif olan pomza, ısı ve ses yalıtımında ülkemizde ve dünyada geniş anlamda inşaat sanayiinde kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen pomzanın % 90'ı yurt içinde inşaatlarda kullanılmaktadır. 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 sağlamak ve bu özelliğinden dolayı da büyük çapta ısı ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Örnek olarak TS-1114'e uygun hafif gözenekli agregaların (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^oC'dir. Bunun nedeni pomzanın gözenekli olmasından kaynaklanmaktadır(DPT,1996,ÖİK,491).

Pomzanın hafif agrega olarak kullanılması ile imal edilen yapı elemanları bims blok olarak adlandırılırlar(Şekil-2.2.2). Bims bloklar yüksek ısı ve ses yalıtımı, yüksek mukavemet göstermeleri ve depreme dayanıklı mekanları en ucuza mal etmek gibi özelliklerinden dolayı tercih edilir bir inşaat ürünü olmuştur. Pomza ve ürünü bims bloklarda homojen olarak dağıtılmış, eşsiz doğal boşluklu yapısı, hafifliği, kristal suyu içermemesi, ısı ve sese karşı mükemmel yalıtım özelliği gibi niteliklerinden dolayı, kullanımını her yıl artmaktadır. Pomzalı hafif betonun ısı geçirgenlik katsayısı, normal betonunkinden 4-6 kat daha iyi izolasyon sağlamak olup, bu özelliğinden dolayı da büyük miktarlarda ısı ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil-2.2.2. Pomzadan İmal Edilmiş Hafif Blok Elemanlar

2.2.6.2. Tarım Sektörü

Pomza, yine gözenekleri sayesinde bünyesine aldığı suyu uzun müddet muhafaza ederek sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını sağladığından tarım toprağının özel hale getirilmesinde, nemli tutulmasında veya toprağın mevcut özelliğinin korunmasında kullanılır. Pomza, ayrıca böcek ilacı taşıyıcısı olarak da kullanılmaktadır. Hafifliği nedeniyle toprağın yüzeyinde duran pomza, ilacı yetişmekte olan ürüne verir.

2.2.6.3. Tekstil Sektörü

Pomzanın en çok kullanıldığı alanlardan birisi de tekstil sektörüdür. Tekstil sektöründe pomza genel olarak kot kumaşların renklerin ağartılması için taşlama olarak bilinen işlem için kullanılır. Türkiye’de özellikle kot kumaş taşlaması için pomza ihracatı da gerçekleşmektedir.

2.2.6.4. Kimya Sektörü

Öğütülmüş pomzanın sıkıştırılıp ve yapıştırıcı kullanılmadan pişirilmesiyle, kozmetik sanayinde kullanılan pomza elde edilir. Bunun yanında, kimyasal taşıyıcı olarak, dişmacunu yapımında, gerçek ve takma dişlerin parlatılmasında, boyalarda dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, el sabunlarında, cam temizleyicilerinde ve silgi yapımında da kullanılmaktadır.

Yukarıda bahsedilen sektörler haricinde abrazif sanayinde de kullanılmaktadır. Pomza çok kırılabilir ve sertliği 5-6 civarındadır. Öğütme sırasında camsı, midye kabuğu şeklinde kırılır ki keskin kenarlı yapısı en ince boyutuna indirildiğinde bile kalmaktadır. Oldukça hafif aşındırıcı olarak sınıflandırılan pomza gerek doğal, gerek doğal olmayan madeni eşyaları ve yumuşak metalleri (gümüş gibi) cilalamakta kullanılır(Dal,1998).

2.3. Hafif Beton

2.3.1. Tanım

TS EN-206-1(2000) de hafif beton, etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu), 800 kg/m^3 'ten büyük, 2000 kg/m^3 'ten küçük olan beton olarak tanımlanmaktadır. Hafif beton, betonda kullanılan agreganın bir kısmı veya tamamı hafif agrega olarak imal edilir.

Taşıyıcı hafif beton TS 2511'e(1977) göre havada kurumuş haldeki birim ağırlığı 1900 kg/m^3 den az olan ve en az C16 dayanım sınıfındaki betondur.

Son yıllarda, süper akışkanlaştırıcı katkıların kullanımı ile hafif ve yüksek dayanımlı betonların avantajlarını birleştirmek için yüksek dayanımlı hafif agregalı beton üretimi üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Yüksek dayanımlar, yapay agrega kullanımı ile elde edilmektedir. Yapılan çalışmalarda genleşmiş agregalar, mikrosilika ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanarak 60 MPa dayanımında yapısal hafif agregalı beton elde edilmiştir(Yeğinobalı, 2002).

Hafif betonlarda en önemli sorun su/çimento oranını kontrol altında tutabilmektir. Hafif agregaların su emmeleri çok yüksek olduğundan az su ile üretilen veya önceden su emdirilmeden kullanılan agregalar ile üretilen betonlarda, agregalar betonun bütün suyunu emerek ağ şeklinde rötre çatlaklarının oluşmasına neden olurlar. Bu sorunu betonu ıslak ortamda saklayarak önlemekte mümkün değildir(Konuk ,2003)

2.3.2. Tarihçe

Hafif agregalı betonların kullanımı, M.Ö. 3000 yıllarına kadar dayanmaktadır. Sümerler M.Ö. 3000 yıllarında Babylon kalesi inşaatında kullanmışlardır. Yunanlılar ve Romalılar pomzayı yapı malzemelerinde kullanmışlardır. İstanbul'da M.S. 4. y.y.'da iki mühendis öncülüğünde inşa edilmiş olan Ayasofya camii, M.S. 118 ve

128 yılları arasında inşa edilen Roma tapınağı, M.S. 70 yılında inşa edilmiş olan büyük Roma anfi tiyatrosu gibi muhteşem eski yapılardan bazıları halen günümüzde bulunmaktadır. Bunun yanında Meksikada, Mayan devrindeki pramitlerin inşasında da kullanılmıştır(Rivera,1994).

Beton genellikle yüksek mekanik özellikleri olan fakat yoğun ve gri renkli bir malzeme olarak bilinmektedir. Fakat, istenilen şekilde, renkte, dayanımda ve yoğunlukta da elde edilebilir. Örneğin yoğunluk, 300 den 3000 kg/m³, ısı iletkenliği 0.1 den 3 W/mK ve dayanımda 1 den 100 MPa veya daha fazla elde edilebilir(Chandra,2002).

2.3.3. Hafif Beton İmalinde Kullanılan Hafif Agregalar

Hafif betonların özellikleri, üretimde kullanılan agregaların özellikleri ile ilgilidir. Hafif agreganın üretim işlemi ham malzemeye bağlıdır.

TS 1114'e(1986) göre hafif agrega, su, çimento ve gerektiğinde katkı maddeleri ile karıştırılarak hafif beton imalinde kullanılan, gevşek birim ağırlığının en büyük değeri 1200 kg/m³'ü aşmayan, kırılmış veya kırılmamış gözenekli inorganik agregalardır. Yine aynı standartta hafif agregalar tabii ve suni olarak iki sınıfa ayrılmış ve tarifleri şu şekilde yapılmıştır:

Tabii hafif agrega, meydana gelişleri sırasında, gözenekli bir yapı kazanmış bulunan, tuf, bims(pomza), sünger taşı, lav cürufu, diatomit vb. kırılmış veya kırılmamış agregalardır. Tabii hafif agregalar volkanik kökenli olarak sınıflandırılmaktadırlar. Volkanik kökenli olan agregalar, lavın volkandan aşağı inerken aniden soğuması sonucu matlaşır ve bu yüzden kristalize bir yapıya sahip değildirler, yapıları düzensizdir yani amorf veya camsı bir yapıya sahiptirler.

Suni hafif agrega, yüksek fırın cürufu, kil, uçucu kül, kuvarsit, perlit, obsidiyen, vermikülit, şist, arduvaz vb. inorganik elemanlardan, genellikle ısıtma, bazı hallerde sinterleşme, gaz veya köpük oluşturma yolu ile gözenekleştirilerek elde edilen

kırılmış veya kırılmamış agregadır. Yapay agregalar, genleşme özelliği olan malzemelerin ısıtılma işleminden geçirilmesi sonucu üretilen agregalardır. Üç gruba ayrılmaktadırlar.

- Vermikülit, perlit, arduvaz, şeyl, kil gibi doğal malzemeler,
- Cam gibi endüstriyel üretimler,
- Uçucu kül, taban külü, genişleyen kor(kömür) curufu gibi endüstriyel atıklardır.

Yapay hafif agregaların üretiminde, portlant çimento üretimine benzer şekilde döner fırınlar kullanılmaktadır. Yatay döner fırınlar, içerisi refrakter tuğla ile kaplı olup, kendi ekseninde dönebilen özelliğe sahip olup, yatay eksende 5°'lik açığa sahiptirler. Fırının uzunluğu ham malzemenin bileşenlerine bağlı olup, genellikle 30-60m arasında değişmektedir. Hazırlanan ham malzeme fırının yüksek ucundan beslenerek, diğer ucuna gidinceye kadar pişirilir. Parçacıklar sıcak bölgeye ulaştıklarında parçacıkların sıcaklıkları artar ve genişlerler. Daha sonra malzeme üfleyiciler vasıtasıyla soğutulur.

Bir diğer yöntem de sinterleme işlemidir. Bu işlemde ham malzeme yaklaşık 15-300 mm kalınlığında tabakalar halinde serilir ve fırın içerisine konulur. Sıcaklık tabakaların derin kısımlarına ulaşmaya kadar gaz veya petrol kullanılarak ısı verilir. Sonuç olarak yakıtında etkisiyle gözenekli yapıya sahip olan malzeme oluşur.

2.3.4. Hafif Betonların Sınıflandırılması

Hafif betonların çok sayıda türleri bulunduğundan, değişik sınıflamaları yapılabilir. Üretim yöntemlerine ve kullanım alanlarına göre sınıflandırılmışlardır:

a) Üretim Yöntemlerine Göre:

Hafif agrega ile üretilen hafif betonlar: Bu tip betonlar, sadece hafif agrega kullanılmak suretiyle üretilen beton türleridir.

İnce malzemesi olmayan betonlar: Kum ve ince agrega kullanılmadan, sadece iri agrega kullanılmak suretiyle normal betonların hafif beton olarak üretilmesidir.

Kimyasal katkı kullanımıyla üretilen hafif betonlar: Hava sürükleyici katkı maddeleri kullanılmak suretiyle üretilen hafif betonlardır.

Köpük beton: Çimento harcına dışarıda hazırlanmış köpük katılması yöntemiyle üretilen betonlardır.

Gaz beton: Çimento, kireç, öğütülmüş kuvarsit karışımının alüminyum metal tozlarının katılarak gözeneklendirilmesi yolu ile üretilirler. Çimento ve kirecin alkalileri ile alüminyum tozu arasında oluşan kimyasal tepkime sonucunda ortaya çıkan hidrojen gazının beton yapısını kabartması sağlanır(Urhan,1993) .

b) Kullanım Alanlarına Göre

Rilem(1978) hafif beton betonları ağırlıkları ve dayanımlarına göre yapısal, yapısal-yalıtım ve yalıtım betonu olmak üzere üç grupta sınıflandırmıştır.

American Concrete Institute 213 (ACI 213, 1970) göre hafif betonlar, yalıtım için kullanılan düşük dayanımlı betonlar, dolgu amacı ile kullanılan orta dayanımlı hafif betonlar ve betonarme betonu olarak kullanılan yapısal hafif betonlar olarak üç gruba ayrılmıştır.

Hafif betonların çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılması ayrıca Çizelge-2.3.1'de verilmiştir(Sezgin,1999).

Çizelge-2.3.1. Hafif betonların sınıflandırılması

Hafif Beton Tipi	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kg / m ³)	Basınç Dayanımı (MPa)	Isı İletkenlik (W / m ⁰ C)	Açıklama
Çok hafif yalıtım betonu	<800	<2	<0.16	Yalnız ısı yalıtımı ve dolgu amacı ile kullanılır
Çok hafif beton	<800	>2	<0.16	Z+1 ve Z+2 katlı yığma yapılarda, ara duvarlarda kullanılır
Hafif taşıyıcı yalıtım betonu	800 – 1400	>10	<0.80	Z+4 katlı yığma yapılarda kullanılır
Hafif taşıyıcı beton	>1200	>20	-	Betonarme yapılarda kullanılır
Yüksek dayanımlı hafif beton	>1200	>30	-	Betonarme yapılarda kullanılır

Özellikle son yıllarda, ülkemizde konut sektörünün önemli gelişmelerine paralel olarak yayınlanan ısı yalıtım yönetmeliği ile ısı yalıtımının zorunlu hale getirilmesi, hafif ve çok hafif betonları önemli yapı malzemeleri arasına katmıştır(**Sezgin,1999**).

2.3.5. Hafif Beton Üretimi

Hafif agregalı beton üretiminin bir çok yöntemi vardır. Üç yöntem temel üretim yöntemi olarak tanımlanabilir. Bunlardan birincisi, en popüler üretim yöntemi olan normal agreganın yerine hafif agrega kullanmak suretiyle üretilen hafif agregalı betonlardır(**Demirboğa v.d.,2001**). Bu tip betonlar, yalıtım amaçlı olup, yük taşımayan ve yapısal beton olarak kullanılabilirler. İkinci yöntem, beton içerisinde boşluklar oluşturarak elde edilen betonlardır ve bu betonlar, hava içerikli veya gaz beton olarak bilinmektedirler. Düşük yoğunluklu betonun üçüncü yöntemi ise, iç yapıda büyük boşluklar oluşturacak olan ince agregayı karışımından çıkarmaktır. Hafif

agregalı betonlar dayanımlarına göre de sınıflandırılabilir. Düşük yoğunluklu betonlar düşük dayanıma, yüksek yoğunluklu betonlar, yüksek dayanıma sahiptirler. Yapısal hafif betonlar normalde en az 10 ila 70 MPa dayanıma sahiptirler.

Beton bazı bileşenlerden oluşmuş bir malzemedir. En basit oranlama yöntemi, çimento harcı denilen bağlayıcıyı ve kaba agregaya denilen parçacıkları sınırlı tutmaktır. Oranlama yöntemi, hesaplamada ihtiyaç duyulan faktörler olup, şunlardır(**Chandra,2002**):

- Beton için gerekli olan basınç dayanımı ve yapı için tasarlanmış olan sertleşmiş betonun yoğunluğudur.
- Hava içeriği ve amaca göre işlenebilirliktir.
- Hafif agregalı betonlarda, normal betonda olduğu gibi, klor difüzyonuna, su geçirimsizliğine ve donma direnci gibi özel uygulamalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

Betonun bileşenleri

- Bağlayıcı; örneğin, çimento tipi ve uçucu kül, silis dumanı , curuf gibi mineral katkıları.
- Kaba ve ince agregalar (tane yoğunluğu yanı sıra granulometrisi, birim hacim ağırlığı, nem içeriği ve su absorpsiyonu gibi özellikleri).
- Plastik veya hava katkı maddeleri gibi kimyasal katkılarıdır.

Hafif agregalar tarafından su absorpsiyon işlemi, beton üretiminde oldukça önemlidir. Mantıksal olarak, agregalar karışıma katılmadan önce ıslatılır. Yine de bu yöntem beton üretimi için yeterli olmamaktadır. Özellikle konut tipi konstrüksiyonlarda, hafif agregaya içerisinde yüksek miktarda su bulunması, kurummasının uzun zaman almasından dolayı rutubete yol açarak diğer yapı malzemelerine zarar verebilmektedir. Bir diğer zararlı etkisi de, kuru halde karışıma katılan çimento, ıslak haldeki agregaya parçacıklarının yüzeyine yapışarak, yüzeyde düşük su/çimento oranına sahip jel oluşturmaktadırlar. Bu da, beton içerisinde yüksek bir gözenekliliğe sahip olan düzensiz bir yapı oluşturarak, dayanımı oldukça düşürmektedir.

Agregaların beton karışımında su emmelerini önlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır:

- Agregaları şantiyede normal veya sıcak suya daldırmak
- Agregaya yığınının su püskürtmek
- Agregaya yığını civarında bir su göleti oluşturmak
- Agregaları karışımdan hemen önce ıslatmak
- Vakum yöntemiyle ıslatmak

Bu yöntemlerden en etkisiz olanı fakat en çok kullanılanı, agregaları karışımdan hemen önce ıslatma yöntemidir. Bu yöntemin iyi bir yanı, agregaların su absorpsiyonunu ilk birkaç dakika içerisinde tamamlamasıdır(**Chandra,2002**).

2.3.6. Hafif Agregalı Blok Eleman

Hafif blok elemanlar, birim ağırlıkları ve ısı iletkenlikleri düşük olan yapı malzemeleri olup, çoğunlukla pomza, diatomit ve volkanik kökenli gibi doğal hafif agregaların kullanımının yanında kömür curufu gibi suni hafif agregalarla da üretilmektedirler(**İhtiyaroğlu,1984**)

Hafif agregalı beton blok elemanlar, basınç dayanımları minimum 3,5 MPa olan ve kuru birim ağırlıkları 1680 kg/m^3 'ü aşmayan blok elemanlar olarak tanımlanmaktadır. Genellikle, yalıtım amaçlı bölme elemanı olarak veya döşemelerde kullanılmaktadır(**Topcu,Dok.Tezi**)

Genel olarak hafif agregalı beton blok elemanların kullanımı ile bir yandan ağırlığın azaltılması ve dolayısı ile yapıların zati yüklerinin azaltılmasının amaçlanmasının yanında ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangına karşı dayanım ve estetik gibi özelliklere de sahip olması amaçlanmaktadır(**Sancak,1999**).

Hafif agregalı blok elemanların kuru birim ağırlıkları azaldıkça ısı iletkenlikleri de azalmaktadır. Isı iletkenliklerinin düşük olması, blok elemanlardan hariç olarak başka bir yalıtım malzemesi gerektirmemektedir. Bu özellikleri itibari ile ekonomik olmalarının yanı sıra iç mekanlarda hacim daralması da meydana getirmemektedirler (Sancak,1999).

2.3.7. Hafif Betonun Taşınması ve Yerleştirilmesi

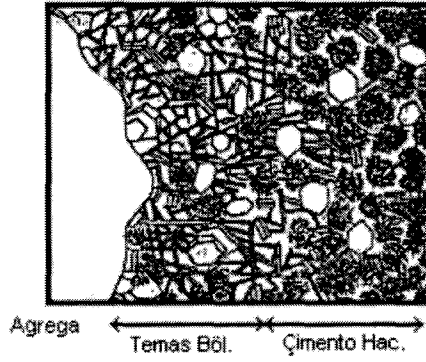
Hafif agregalı beton, fabrikada üretilir ve normal betonla aynı olan hazır hafif agregalı beton olarak taşınır. Gözenekli agregalar tarafından su emilmesi nedeniyle, karıştırma ve yerleştirme işlemleri esnasındaki işlenebilirlik kaybı daha fazladır. Betonun sıkıştırılmasında, dahili, harici veya yüzeysel vibrasyon işlemleri kullanılır. Ön dökümlü fabrikasyon betonlarda ise genellikle tablalı vibratör yöntemiyle sıkıştırma işlemi uygulanmaktadır(Chandra,2002).

Betonun kürünü, iklim koşulları, beton bileşenleri ve bileşenlerin kendi özellikleri betonun dayanımını ve diğer durabilite özelliklerini etkilemektedir. Kalıpların bulunduğu ortam sıcaklığı, nem miktarı ve kalıbın ısısı, hidrasyonun ve sertleşmenin erken oluşmasında önemli rol oynamaktadır.

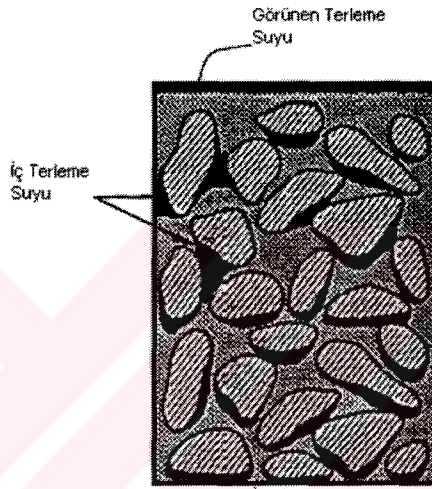
2.3.8. Hafif Betonların Mikroyapıları

Agregalar ile çimento yüzeyleri arasındaki bölge genelde “zayıf bağ” olarak nitelendirilmektedir ve bunun değişik sebepleri vardır:

- Çimento ve agrega yüzeyleri arasındaki bölge, çimento hacmi ile karşılaştırıldığında açık bir morfolojiye sahiptir(Resim-2)
- Yüzeyler arası bölgenin zayıflığını arttıran geniş miktarda Ca(OH)_2 kristalleri ihtiva eder(Şekil-2.3.1)
- Yüzey alanı geniş olan agrega taneleri altında sıklıkla zayıflığı arttıran terlemenin olmasıdır(Şekil-2.3.2).



Şekil-2.3.1. Agregaların Ve Çimento Ara Yüzeyi



Şekil-2.3.2. Agregaların Altında Ve Yüzeyde Meydana Gelen Terleme Olayı

Bu gibi zararlı etkileri azaltmak için hafif agregalar olarak yüksek miktarda silis ihtiva eden hafif agregalar kullanımının yanında karışıma silis dumanı, uçucu kül gibi öğütülmüş puzolanik ilave maddeler kullanılmak suretiyle azaltılabilmektedir.

Yukarıda bahsedilen unsurlar dışında, karışım esnasında kuru halde karışıma katılan çimento, ıslak haldeki agregalar parçacıklarının yüzeyine yapışarak, yüzeyde düşük su/çimento oranına sahip jel oluşturmaktadır. Bu jeller de zayıf bağ oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durumu önlemek için de karışım suyunun bir miktarı çimentodan önce karışıma katılarak, çimentonun da ilave edilmesinden sonra kalan su ilave edilmelidir.

2.3.9. Hafif Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Fiziksel ve mekanik özellikler, betonu oluşturan yapının bütün özellikleridir. Dayanım, betonun belli başlı özelliklerinden biridir ve yoğunlukla yakından ilişkilidir. Hafif agregalı betonlar değişik tiplerde olup, kullanılan agregalara ve karışımdaki bileşenlere bağlıdır. Beton sertleştiğinde hacminde değişimler olur. Bu değişimler fiziksel ve mekanik özellikleriyle ilişkili olup, betonun fiziksel ve mekanik özellikleri şunlardır;

- ☞ Yoğunluk ve dayanım
- ☞ Elastiklik
- ☞ Isı iletkenliği
- ☞ Su emme
- ☞ Büzülme ve sünme
- ☞ Yangın Dayanımı

2.3.9.1. Yoğunluk Ve Dayanım

Agregalar genellikle, portland çimentolu betonun hacim olarak yaklaşık %70-80'ni teşkil etmektedir. Agregalar, beton içerisindeki bu geniş hacim fraksiyonlarından dolayı, betonun basınç dayanımı ve elastise modülü gibi özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir(Mindess,1981).

Yang ve Huang(1996), agrega hacim fraksiyonunun betonun basınç dayanımı üzerindeki en büyük etki olduğunu belirtmiştir.

Lydon(1982), betonun basınç dayanımının agreganın tipine bağlı olduğunu ve yoğunluğun artmasıyla, basınç dayanımının da arttığını belirtmiştir.

Hafif agregaların dayanımı ve yoğunluğu, onların yapımında kullanılan ham malzemeye bağlıdır. Aynı ham malzemededen üretilmiş olsalar bile, değişik üretim teknikleri kullanılarak dayanım ve yoğunlukları değiştirilebilir. Betonun yoğunluğu

içerisinde kullanılan agreganın yoğunluğu ile doğrudan ilişkili olup, bazı agregaların kuru birim hacim ağırlıkları Çizelge-2.3.2’de verilmiştir.

Çizelge-2.3.2. Çeşitli hafif agregaların birim hacim ağırlık değerleri

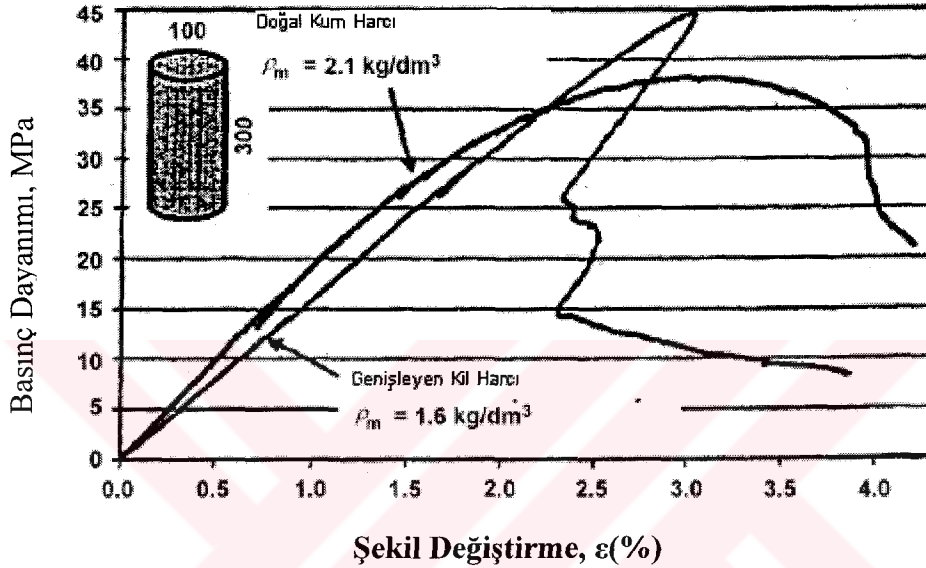
Agrega Tipi	Kuru birim hacim ağırlığı (kg/m ³)
Klinker	720 – 1040
Sinterlenmiş kül	779 – 960
Genişletilmiş killer ve cüruf	320 – 960
Pomza	480 – 880
Diatomit	450 – 800
Ahşap parçacıkları	320 – 480
Genleştirilmiş Perlit	80 – 120
Genleştirilmiş Vermikülit	60 - 160

Betonun yoğunluğu agregaların yoğunluğundan farklı olarak agregaların granülometrisine, agregaların nem içeriklerine, karışım oranlarına, çimento içeriğine, su/bağlayıcı oranına, kimyasal ve mineral katkı maddelerine vb. faktörlere bağlıdır. Bunun dışında sıkıştırma metoduna ve kür koşullarına da bağlıdır. Yoğunluğu 800 ile 1350 kg/m³ arasında değişen hafif agregalar, yük taşıyıcı ve yüksek yalıtım amaçlı beton blok üretiminde kullanılır. Yalıtım amaçlı bloklar düşük dayanımlı agregalar ile yapılır. Bu blokların basınç dayanımları ortalama olarak 3,5 ile 7 MPa arasında değişir. Bu blokların ısı iletkenlikleri %3 nem içeriğinde 0.2 W/ mK’dir.

Yoğunlukları ile ilişkili olarak hafif betonları üç grupta sınıflandırmak mümkündür. Bunlar, yoğunluğu 700-1400 kg/m³ olan ve basınç dayanımları 10 N/mm²,den küçük olan yalıtım betonu, yoğunluğu 1400-1600 kg/m³ olan ve basınç dayanımları 10-15 N/mm² arasında olan orta dayanımlı hafif beton ve yoğunluğu 1850 kg/m³,den büyük olan ve basınç dayanımları 17 N/mm²,den fazla olan taşıyıcı hafif betonlardır (Neville,1993, ASTM,1969).

2.3.9.2. Hafif Agregalı Betonların Elastise Modülü

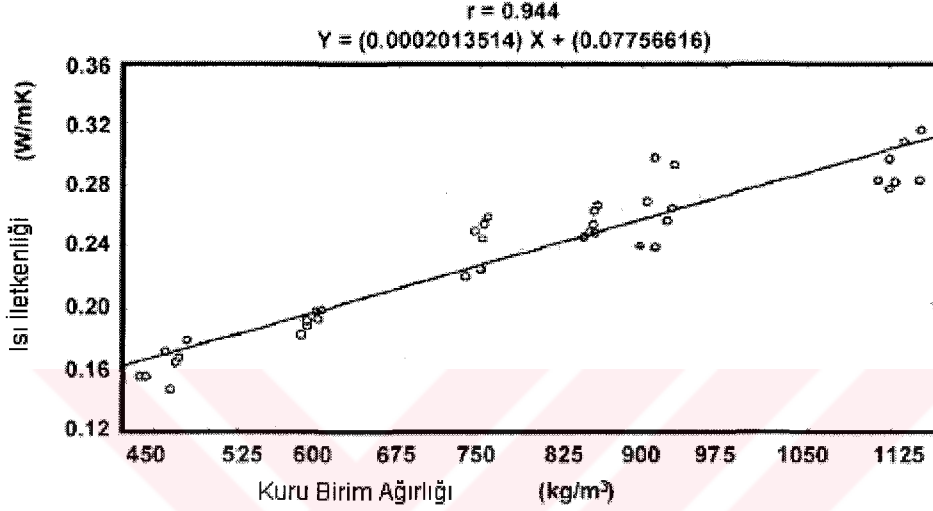
Betonun elastise modülü, matrisin elastise modülüne, agregata tipine, su/bağlayıcı oranına ve çimento hacmine bağlıdır. İki değişik agregata ve bağlayıcı oranları arasındaki gerilme ve şekil değiştirme davranışı Şekil-2.3.3'de verilmiştir (Faust, 2000).



Şekilden görüldüğü gibi, doğal kum ile üretilmiş normal betonun elastise modülü bir müddet gerilme arttıkça artmakta, belli bir değerde maksimum noktaya ulaştıktan sonra, bir müddet daha şekil değiştirmesine devam etmekte ve daha sonra eğrinin uç noktasında kırılma olayı oluşmaktadır. Fakat, genişleyen kil ile üretilmiş hafif agregalı betonun elastise modülüne bakıldığında, normal betona göre maksimum noktası daha yüksekte olup, lineer elastiklik özelliği göstermiştir. Daha sonra bir müddet daha gerilme altında kalıp kırılma olayı olmuştur. Genişleyen kil ile üretilmiş olan hafif betonların gerilme-şekil değiştirme eğrilerine göre statik elastise modüllerinin normal betonunkinden daha fazla olduğu ve daha fazla gerilme altında kalabilecekleri eğriden görülmektedir.

2.3.9.3. Hafif Agregalı Betonların Isı İletkenliği

Hafif agregalı betonların termal davranışı, onların boşluk yapısından ileri gelen yoğunluklarıyla, boşluk dağılım sistemiyle, agregalarla ve matrisle ilişkilidir(Şekil-2.3.4)(Demirboga,2000)



Şekil-2.3.4. Isı İletimi Ve Yoğunluk Arasındaki İlişki

Hava en iyi yalıtım malzemesidir. Ancak, havanın durgun olması gerekmektedir. Yoğun bir betonun ısı iletkenliği, boşluklu bir betonunkinden daha fazladır. Yine kuru bir yapı malzemesinin ısı iletkenliği, malzemeye su ilave edildikçe artar. Islak bir betonun ısı iletimi havanınkinden 24 kat daha fazladır.

Yalıtım malzemesi olan hava ile, daha yüksek poroziteye ve daha düşük yoğunluğa sahip olan beton, daha düşük ısı iletkenliğine sahip olacaktır. Hafif agregalı beton içerisindeki boşluk sistemi, kullanılan bağlayıcıya ve katkıya bağlıdır. Boşlukların geometrisi ve karışımdaki dağılımları ısı iletkenliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. Silis dumanı ve uçucu kül gibi maddelerin karışıma ilave edilmesiyle ısı iletkenliği azaltılabilir.

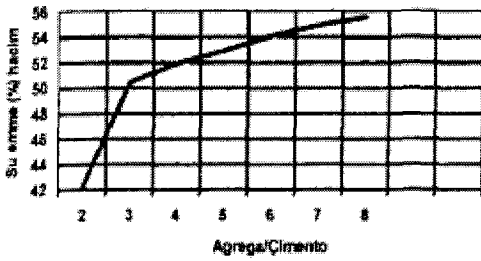
2.3.9.4. Hafif Agregalı Betonların Su Emme Özellikleri

Betonun gözeneklerini işgal eden su, mekanik ve termik özellikleri olumsuz yönde etkilediğinden, betonların hiç su emmemesi ya da az su emmesi istenir. Betonun su emmesi, hafif beton üretiminde kullanılan hafif agregaların su emme kapasitesine ve agrega/çimento oranına bağlı olarak değişmektedir(Çizelge-2.3.3)

Çizelge-2.3.3. Hafif yapı elemanı eldesinde kullanılan matriks yapıların su emme oranları

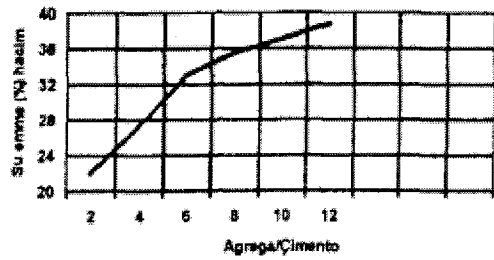
Hafif Blok Eleman Matriks Yapı	Su Emme (%)
Diatomit	40 – 55
Bimsblok	20 – 35
Genleştirilmiş Perlit	20 - 35
Genleştirilmiş Yüksek Fırın Cürufu	15- 25
Kalsine Uçucu Kül	10 – 20
Gazbeton	25 – 35
Alçı	30 – 35
Açılmış Vermikülit	28 – 50
Normal Beton	<10

Kalsine Diatomit



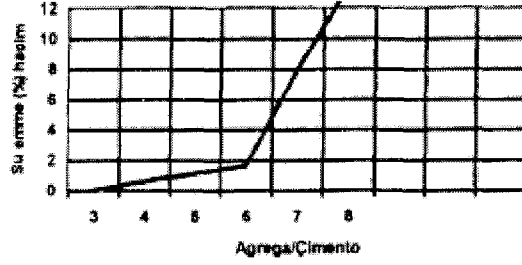
(a)

Bimsblok



(b)

Kum-Çakıl Agregalı Biriket



(c)

Şekil-2.3.5. Bazı Blok Elemanların Su Emme Oranları(A,B,C)

Şekil-2.3.5'te diyatomit, pomza ve doğal kum-çakıldan mamül blok elemanların agrega/çimento oranlarına göre % su emme değerleri verilmiştir. Şekil incelendiğinde aynı agrega/çimento değerinde en fazla su emme değerine diyatomitten mamül blok eleman sahip olup, daha sonra pomzadan mamül olan bims bloklar sahip olmaktadır(Sezgin,1999).

2.3.9.5. Hafif Agregalı Betonda Büzülme (Rötre)

Betonlar döküldükten sonra sertleşmelerini tamamlayıncaya kadar mm/m düzeyinde boyutları küçülür. Bu olaya büzülme yada rötre adı verilmektedir. Çekme hızı ve miktarı değişik olan malzemelerin, yapıda birlikte kullanılması çatlama ve sıva dökülmelerine neden olabilmektedir. Betonlarda rötrenin büyüklüğü, agregaların mekanik dayanımları ve inceliği ile betondaki çimento dozajı ile ilgilidir.

Nispeten düşük elastisite modülüne sahip hafif agregalar ve hafif betondaki yüksek çimento içeriği genellikle, hafif beton bünyesindeki kuruma büzülmesini arttırırlar. Bunun yanında, hafif agregaların absorpsiyon kapasitelerinin yüksek miktarda olması, bünyelerine yine yüksek miktarda nem almalarına neden olur. Bunun sonucunda da büzülme çatlama meydana gelir(Mirza,2002).

Hafif betonların rötre miktarları genelde Çizelge-2.3.4'de verilen değerlerle tecrübe edilmiştir.

Çizelge-2.3.4. Betonların büzülme (rötre) değerleri

Hafif Blok Elemanı	Rötre Miktarı
Matriks Yapı	(mm / m)
Kalsine Diaomit	≈1
Bimsblok	0.3
Genleştirilmiş Perlit	1 – 3
Genleştirilmiş Yüksek Fırın Cürufu	0.5 – 1.5
Kalsine Uçucu Kül	1 – 2
Gazbeton	<0.2
Normal Beton	<0.6
Açılmış Vermiklit	≈1

2.3.9.6. Hafif Agregalı Betonların Yangın Dayanımı

Yapıların maruz kaldığı en önemli sorunlardan birisi de yangın ve yüksek sıcaklık etkisidir. Yangınlarda sıcaklık 600 °C yi aştığı, hatta 1200 °C ye ulaştığı durumlar olur. Betonun yüksek sıcaklıklardan etkilenmesi, betonun bileşenlerine, ısınma başlangıcındaki nem koşuluna, çimento hamuru fazı ve agrega türlerine bağlı olarak değişir.

Çimento hamuru jel yapıdadır. Jel yapıyı oluşturan CSH (kalsiyum silika hidrat) katı ögeleri adsorpsiyon suyu ile birbirlerine bağlanırlar. Jel adsorbe suyu ve CSH jelinin hidrat suları kolaylıkla buharlaşmazlar. Buna karşılık daha geniş boşluklarda bulunan serbest su 100 °C civarında buharlaşıp uçabilir. Yangının ilk aşamasında buharlaşan bu su, betonun rötre yapmasına neden olur. Çimento türüne ve su/çimento oranına bağlı olarak serbest su, betonun %4'üne kadar ulaşır. Bu suyun kaybı ile oluşacak büzülme ve beton içinde beliren buhar basıncı, beton örtüsünün çatlamasına ve parçalanarak kopmasına yol açar. Çimento hamurunda CSH yanında bulunan diğer bileşen de Ca(OH)₂ (kalsiyum hidroksit) dir. CSH'ın kimyasal suyu ve jel suyu 300 °C den itibaren kaybolmaya başlar ve 530 °C civarında Ca(OH)₂ suyunu kaybederek CaO'de dönüşür. Yangın sırasında sıkılan su, oluşan CaO'in tekrar Ca(OH)₂

dönüşmesini sağlar. Boşluklu bir yapıya dönmüş olan betonda yangın sonrası yapılan incelemelerde kireç lekeleri gözlenmektedir.

Bazı sıcaklıklarda ortaya çıkan hasarlar betonların mukavemetinin büyük oranda düşmesine, hatta yok olmasına sebep olurlar. Bu arada betonun rengi değişir. 300-600 °C arasında renk pembeleşir, 600 °C nin üstünde beyaz-gri bir renk alır ve 900 °C nin üstünde bej renk olurken, 1200 °C aşıldığında renk sararır. Yüksek sıcaklıklar nedeni ile elastise modülünde azalma meydana gelir. Bu aynı zamanda mikro çatlakların ve boşluk oranının artmasına ve malzemenin yumuşamasına neden olmaktadır. Basınç mukavemetlerindeki azalma sıcaklık yüksek iken ve eleman yüklü iken daha yüksektir(Akman,2000).

Betonun elastise modülü, yüksek sıcaklıktan dolayı en çok etkilenen fiziksel özelliğidir. Betonun içerisinde bulunan su, sıcaklığın etkisiyle çıkmaya başladığında, elastise modülü de azalmaya başlar. Elastise modülündeki azalma derecesi, kullanılan agregaya bağlıdır. Agreganın tipi, betonun yüksek sıcaklıklara karşı direncini de etkilemektedir. Örneğin, hafif agregalı blok eleman gibi ısı iletkenliği düşük olan betonlar, normal betonlara göre, yangına karşı daha iyi direnç gösterirler ve daha az dayanım kaybına sahiptirler(Petzold,1970).

Hafif agregalı beton blok elemanların termal genişleme katsayıları, normal betonlara göre daha düşük olup, yangına karşı dayanım bakımından bir üstünlük daha sağlar. Şöyle ki; binalarda rijit kolonlar ve döşeme kirişleri arasında düzenli olarak örülmüş olan duvarlar, yangın süresince dört taraftan önemli derecede tutulur ve genişmeden dolayı sıkışırlar. Termal genişleme katsayıları yüksek olan elemanlarda, önemli derecede iç gerilmeler ve bunun sonucunda, ezilme ve çökmeler meydana gelebilir(Sancak,1999).

2.3.10. Hafif Betonların Avantajları:

- Hafiflik; Hafif betonların yapılarda kullanılmasıyla yapıların tüm ağırlığında önemli bir azalma sağlanır. Bunun olumlu etkilerini şu şekilde sıralayabiliriz. Yükün azalmasıyla taşıyıcı elemanların kesit boyutları küçülür. Ayrıca temel ile ilgili problemler çok daha kolay çözümlenir bir hal alır. Bütün bunların sonucunda da yapının maliyet bedeli azalmış olur. Fakat hafif betonlar asıl betonarme yapıların depreme dayanıklılığı artırması bakımından yararlı işlev görmektedir. Yapının tüm ağırlığının, hafif betonların kullanılması sonunda, azalmasından dolayı deprem olayı esnasında daha küçük dinamik kuvvetler oluşacaktır. Böylelikle dinamik etkilerin azalmasıyla bunların oluşturacağı gerilmelerin küçülmesiyle depreme dayanıklılık artmış olacaktır.
- Hafif betonların ısı iletkenlik katsayısı çok küçüktür. Bu özelliğinden dolayı hafif betonun kullanılması halinde iç mekanlarda oda sıcaklığı çok daha az yakıt kullanılarak elde edilir. Buna bağlı olarak daha az enerji tüketilerek hava kirliliği ve doğa tahribatı daha aza indirgenir.
- Hafif betonların bazıları ahşap gibi testere ile kolayca kesilebilir ve çivi çakılabilir.
- Agregalar saftır.
- Fiziksel özellikleri iyidir.
- Maliyeti azaltır.
- Çevre dostudur, sağlığa zararı yoktur.

2.3.11. Hafif betonların dezavantajları:

- Boşluklu bir yapıya sahip olduklarından istenilen dayanımı sağlayamazlar
- Aşınma dayanımları yetersizdir.
- Rutubete karşı yalıtılmaları gerekir.
- Elastisite modülleri düşüktür fakat deprem sırasında deplasmanları büyüktür.
- Hidratasyon ısıları yüksek olduğundan, sıcaklık artar
- Daha fazla çimento gerekmektedir
- Hafif agregalı betonlar daha kırılğındırlar

2.3.12. Hafif Agregalı Betonların Uygulama Alanları

Hafif betonların en çok kullanım alanları:

- Isı yalıtımında
- Ses yalıtımında
- Akustik yapılarda
- Bahçe uygulamalarında
- Yapı endüstrisinde
- Ön yapımlı blok eleman olarak
- Yangına karşı dayanım v.b. gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Hafif beton, normal beton ve taşıyıcı diğer yapı malzemelerine göre porozitesinin yüksek olmasından dolayı iyi bir ısı ve ses yalıtım gerecidir. Bu özelliğinden dolayı gerek blok eleman olarak bölme duvarlarda, gerekse ısının en çok kayıp bölgesi olan çatılarda izolasyon malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Isı ve ses yalıtımı amacıyla bölme eleman olarak hafif betonun kullanılması, iyi bir ısı yalıtımı sağlayarak ekonomiye katkı sağlamasının yanında, ekstradan yalıtım gereci kullanmayı gerektirmeyerek mekanda hacim daralmasını da önlemektedir.

Hafif agrega ile üretilen ve yüzeyleri pürüzlü, gözenekli yapıya sahip olan hafif beton elemanların kullanılması ile daha iyi bir ses absorpsiyonu sağlanması ile daha iyi bir akustik ortam sağlanmaktadır. Akustik ortamın sağlanması, konferans salonu, derslikler, anfi v.b. gibi yerlerde önem arz etmektedir.

Bahçe duvarlarında, normal beton veya diğer yapı malzemelerinin yerine ekonomik olması sebebiyle hafif betonun kullanılması tercih edilmektedir.

Yapı sektöründe, yapının ölü yükünün azaltılması ve buna bağlı olarak deprem esnasında meydana gelecek deplasmanları azaltmak amacıyla hafif beton blok elemanlar kullanılmaktadır.

Bunun yanında ön yapımı donatılı hafif beton elemanlar başta toplu konut inşaatları olmak üzere bodrum kat döşemesi olarak da teşkil edilmektedirler.

Hafif betonların yangın gibi yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olmaları sebebi ile de yine yapı sektöründe ve diğer sektörlerde, refrakter malzemesi olarak da kullanılmaları tercih edilmektedir.



2.4. Isı İletim Katsayısının Önemi Ve Ölçülmesi

Yapılaşmanın özellikle de konutlaşmanın büyük bir hız kazandığı günümüzde, iç iklim koşullarının dengede tutulması sağlık ve ekonomik açıdan büyük bir önem arz etmektedir. İnsanoğlunun yaşamının büyük bir kısmı değişik hacimler içerisinde geçmektedir. Dolayısıyla, bu hacimlerin hizmet fonksiyonuna göre en iyi şekilde bulunması, bu hacimleri teşkil eden ve bir koruyucu niteliğinde olan yapı malzemeleri ile sağlanmaktadır.

Konutların ve yapıların ısıtılmasında harcanan enerji, ülkemizde harcanan toplam enerjinin yaklaşık %40'ıdır. Konut ve diğer yapılarda ısı kayıplarının azaltılması, yapıların yalıtılmasına veya ısı iletkenlikleri düşük yapı malzemelerinin kullanılmasına bağlıdır. Bu durum, özellikle kış mevsiminin çok uzun sürdüğü ve kış ayları sıcaklık ortalamasının çok düşük olduğu bölgelerimizde daha da önem kazanmaktadır[Uysal,1993].

Isı iletimi problemlerinin çözümünde özellikle endüstride ısıtma – havalandırma ve soğutma tekniğinde pratik hesaplar için çeşitli malzemelerin, özellikle ısı yalıtkanların ısı iletim katsayılarının bilinmesi birinci derecede önem taşır. Ülkemizde çeşitli inşaat malzemeleri geliştirilmektedir. Isı hesaplarında, bu malzemelerin benzerleri için literatürde verilmiş olan ısı iletim katsayısı değerlerini kullanmak hatalı sonuçlara götürebilir. Bu bakımdan her yeni malzemenin, yoğunluk, özgül ısı, ısı iletim katsayısı gibi fiziki özelliklerinin tayini gerekir[Kakaç,1976].

Hafif blok eleman gözenekli bir malzeme olup, tanecikli yapıdan oluşmaktadır. Tanecikler arasında kalan boşluklarda ise, hareketsiz ve iyi bir yalıtkan olan hava bulunmaktadır. Bu özellik sayesinde, yüksek miktarda gözeneklere sahip olan hafif blok elemanların ısı iletkenliği oldukça düşüktür. Hafif blok elemanların yalıtım malzemesi olarak kullanımlarında bu termal özellikler oldukça önemlidir[Kutlu,2001].

Katı cisimlerde ısı transfer işlemi, cismin moleküllerinin ısı aktarımı ile gerçekleşir. Camsı molekül yapısındaki bir katı cisimde ısının kat edeceği yol, kristal molekül yapısındaki ısının kat edeceği oldan daha uzundur. Sonuç olarak, camsı fazdaki bir katının ısı iletimi daha düşük bir değere sahip olmaktadır. Genleşmiş yüksek fırın curufu, perlit, cam, kalsine uçucu kül, sünger taşı ve diyatomit agregalarının yapısı camsıdır ve bu agregalar ile yapılan gerek hafif betonlar ve gerekse hafif blok elemanlar, kuru birim hacim ağırlıklarına göre normal agregalarla üretilen betonlara göre daha düşük ısı iletim kat sayısına sahiptirler(Urhan,1993).

Isı iletimi, bir ortam (katı, sıvı, gaz) içerisinde bulunan bölgeler arasında veya doğrudan doğruya fiziki temas durumunda bulunan farklı ortamlar arasında, atom ve moleküllerin fark edilebilir bir yer değiştirme olmaksızın bunların doğrudan teması sonucu meydana gelen ısı yayılımı işlemidir. Isı iletiminde genel olarak ısı transferi sıcaklığa ve sıcaklık basamağına bağlıdır. Bunun için üniform yüzey sıcaklıkları T_1 ve T_2 olan sonlu kalınlıkta, sonlu bir levhada eğer $T_1 - T_2$ sıcaklık farkı levha özelliklerini değiştirecek büyüklükte değil ise, birim zamanda iletilen ısı miktarı,

$$Q = \frac{\lambda A (T_1 - T_2)}{L} \quad (1)$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır.

Burada; Q = Birim zamanda ısı akımı(kcal veya Watt)

A = ısı akımına dik yüzey alanı(m^2)

L = levha kalınlığı(m)

λ = sabit orantı katsayısı (malzemenin ortalama ısı iletim katsayısı)

λ , ısı iletim katsayısı, malzemenin fiziki bir özelliği olup ısı iletme kabiliyetini gösterir ve homojen bir malzemenin kararlı durumda iken, birbirine paralel iki yüzeyin sıcaklıkları arasındaki fark $1^\circ C$ olduğunda, birim zamanda birim alandan ve bu alana ait dik yöndeki birim kalınlıktan geçen ısı miktarıdır. Birimi, kcal/mh $^\circ C$ veya Watt/m K'dir[(Kakaç,1976),(Uysal,1993)]

2.5. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Sezgin(1999), Isparta yöresi diyatomitinin hafif beton üretimi üzerine yaptığı çalışmada, diyatomitli hafif betonlarda elde edilen basınç dayanımlarının, diğer hafif agregalarla üretilen hafif betonların basınç dayanımlarına göre daha iyi olduğunu, 300 ve 350 dozlu olarak üretilen diyatomitli hafif betonların ısı iletkenliklerinin de 0,117 ile 0,141 kcal/msa.°C olduğunu belirtmiştir.

Chen(2000), hafif agregalı betonların ısı yalıtım özelliklerinin artırılması üzerine yapmış olduğu çalışmada, doğal kum ile hafif agregalı kumun yer değiştirmesi ile ve delikli olarak hafif beton numuneleri üretmiş ve ısı iletkenliklerinin 0,69 ile 0,80 W/mK arasında değiştiğini belirtmiştir.

Çerçi(1997), pomzanın hafif beton olarak değerlendirilebilirliği üzerine yaptığı çalışmada, birim ağırlıklarının 640-1140 kg/m³ arasında değişen pomzalı hafif betonların ısı iletkenliklerinin 0,21-0,60 W/mK arasında değiştiğini belirtmiştir.

Dal(1998), Niğde yöresi pomzasıyla yapmış olduğu deneysel çalışmada, çimento-pomza karışımı harçların ortalama ısı iletkenlik katsayısını 0,164 W/mK olarak bulmuştur.

Aydın(2001), pomzadan imal edilen hafif yapı elemanları üzerinde yaptığı deneysel çalışmada, 225, 300 ve 350 dozlu pomzadan imal hafif betonların 28 günlük basınç dayanımlarını sırasıyla, 5.9, 14.4 ve 17.6 N/mm² olarak, birim hacim ağırlığı 1177 kg/m³ olan yine pomzadan imal hafif betonun ısı iletkenliğini 0,235 W/mK olarak bulmuştur.

Yazıcı(2000), Pomza+kum karışımları ile ürettiği pomza harçlarını 600 °C yüksek sıcaklıkta 3 sa. bekledikten sonra havada soğumaya bırakmış ve kontrol harçlar ile basınç dayanımı açısından karşılaştırmıştır ve en çok dayanım farkı % 50,93'tür.

Chandra(2002), birim ağırlığı 400 kg/m^3 olan ve vermikülit hafif agregası ile yapılmış hafif betonun ısı iletkenliğinin %5 nemli durumda $0,158 \text{ W/mK}$, birim ağırlığı 310 kg/m^3 olan ve perlit ile yapılan hafif betonların yine %5 nemli durumda, ısı iletkenliğinin $0,155 \text{ W/mK}$ olduğunu belirtmiştir.

Demirboğa(2000)'nin pomza, genişleyen perlit, silis dumanı ve uçucu külün değişik oranlarda karışımı ile elde ettiği hafif betonların ısı iletkenliklerinin araştırılması çalışmasında, ısı iletkenlik değerleri $0,27$ ile $0,14 \text{ W/mK}$ arasında değişmektedir.

Yapılan literatür araştırmalarına bağlı olarak inşaat sektöründe özellikle ısı ve ses yalıtımının önemli olduğu bölgelerimizdeki yapılarda, hafif agregalı blok elemanların önemi hızla artmaktadır. Bu amaçla, bu çalışmada Afyon ili ve çevresinde bol miktarda bulunan diyatomit ve pomza hafif agregalarının blok eleman üretiminde değerlendirilmesi ve özelliklerinin araştırılması için deneysel bir çalışma yapılmıştır.

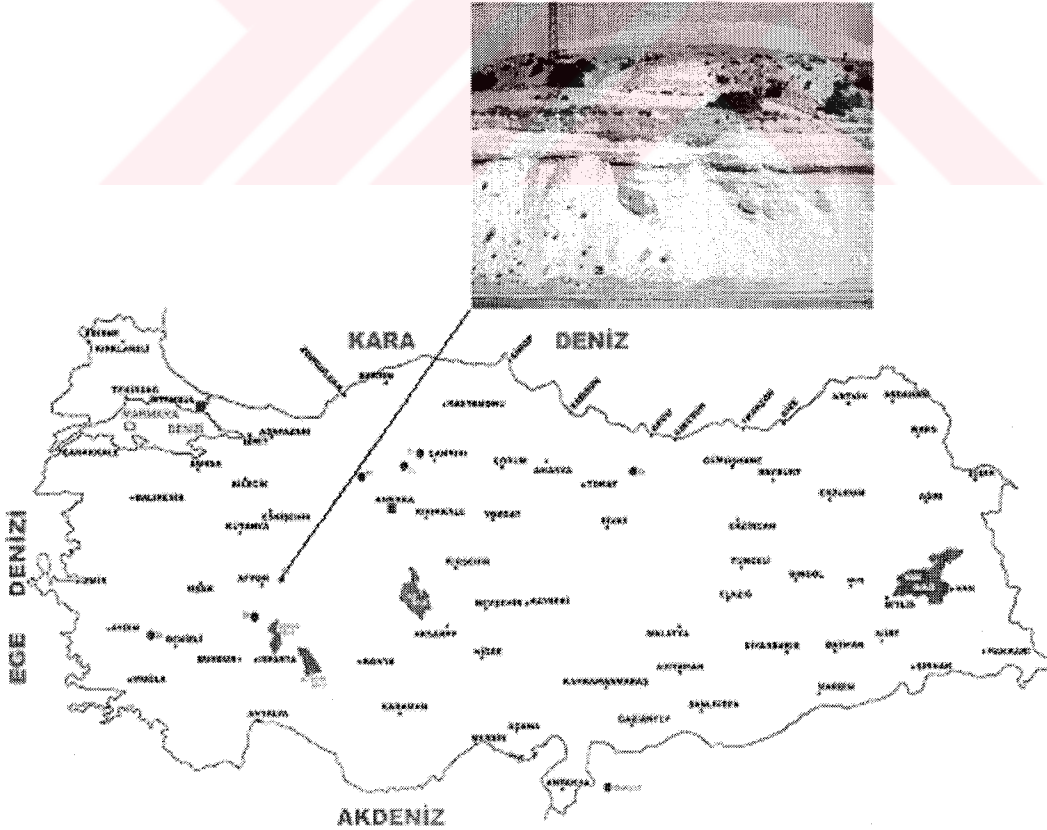
3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Afyon ve çevresinde bulunan diyatomit ve pomzanın hafif agrega olarak kullanılmasıyla üretilen hafif blok elemanların fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Kullanılan malzemelerin özellikleri ve yapılan deneysel çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

3.1. Kullanılan Malzemeler

3.1.1. Agrega

Çalışmada, Afyon-Ankara karayolunun 24. km.'sinde bulunan Afyon-Seydiler yöresi diyatomit kayacı çeşitli boyutlarda hafif agrega olarak kullanılmıştır(Şekil-3.1.1). Kayacın kimyasal analizi, Amerika Birleşik Devletleri Kanada Eyaletinde bulunan Acme Analytical Laboratories Ltd. Şirketine yaptırılmış olup Çizelge-3.1.1'de verilmiştir.



Şekil-3.1.1. Afyon-Seydiler Yöresi Diyatomit Kayacı

Çizelge-3.1.1. Diyatomit, Pomza ve Çimentonun Kimyasal Bileşenleri

Bileşen (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	SO ₃	K ₂ O	A.K.
Diyatomit	67,20	10,09	2,74	0,63	1,36	0,36	-	0,67	8
Pomza	55	22	3	1	2	-	-	-	4
Çimento	19,3	5,57	3,46	0,86	63,56	0,13	2,91	0,80	2,78

Bloklar halinde alınmış olan diyatomit kayacı, çeneli kırıcı vasıtasıyla çeşitli boyutlarda hafif agrega haline getirilmiş olup, deneyde kullanılan agrega boyutları Çizelge-3.1.2’de verilmiştir.

Çizelge-3.1.2. Deneyde kullanılan diyatomit hafif agregası boyutları

Agrega Sınıfı	İri	Orta	İnce
Elek Aralığı(mm)	-16/+8	-8/+4	-4/0

Diyatomitle birlikte kullanılmış olan pomza agregası, Afyon ili sınırındaki Isparta ilinden getirilmiştir. Karışımda, pomza agregası iri agrega olarak tek boyutta olup, -16/+8 mm elek aralığı kullanılmıştır. Pomzanın kimyasal özellikleri Çizelge-3.1.1’de verilmiştir.

3.1.2. Çimento

Hafif blok elemanların üretiminde, Afyon Set Çimento fabrikası ürünü olan ve PKÇ42.5 tipi portland kompoze çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri sırası ile Çizelge-3.1.1 ve Çizelge-3.1.3’te verilmiştir.

Çizelge-3.1.3. PKÇ 42,5 Portland Kompoze Çimentosu Fiziki Ve Mekanik Özellikleri

Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı (N/mm ²)				Priz başlama süresi (dak.)	Hacim genleşmesi (mm)
		Erken Dayanım		Standart Dayanım			
		2 günlük	7 günlük	28 günlük			
3.07	42,5	-	16	>=42,5	<=52,5	>=60	<=10

3.1.3. Su

Hafif blok elemanların karışımında 20 ± 2 °C sıcaklığındaki Afyon ili şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.2. Numunelerin Hazırlanışı

Diyatomitin ve pomzanın hafif blok eleman üretiminde kullanılabilirliği üzerine yapılan bu deneysel çalışmada, üretilen bütün numuneler, $100\times 100\times 100$ mm³ boyutlarında olup, su/çimento oranları 0.15 olarak sabit tutulmuştur. Hafif agrega olarak yalnızca diyatomitin kullanıldığı karışımlarda, çimento miktarları, 250, 300, 350 ve 400 kg/m³ olacak şekilde 4 farklı grup tasarlanmıştır. Her çimento dozajında (grupta), iri agrega oranı %30 olarak sabit tutulmuş ve yer değiştirme yöntemi ile, orta agrega %25'den %40'a kadar %5 oranında artırılır iken ince agrega oranı da aynı oranda %45'den %30'a azaltılması sonucu, 4 farklı granülometri oluşturulmuştur. Dolayısı ile yalnızca diyatomit hafif agregası ile 16 farklı seri üretilmiştir. Diyatomit ile pomza hafif agregalarının karışımı ile üretilen numunelerde çimento miktarı 300 kg/m³ olarak seçilmiş olup, farklı granülometriye sahip 2 seri tasarlanmıştır. Diyatomit ve diyatomit+pomza hafif agregaları ile toplam 18 farklı serinin üretildiği bu çalışmada, kullanılan agrega granülometrileri Çizelge-3.2.1'de ve Çizelge-3.2.2'te verilmiştir.

Karışım, TS 2511(1997)'de belirtildiği gibi toplam hacim 1000 dm³ alınarak, agregaların suya doygun sıkışık birim hacim ağırlıklarına(S.B.H.A.) göre hesap edilmiş olup, agregaların sıkışık birim hacim ağırlıkları Çizelge-3.2.3'de verilmiştir. Çizelge-3.2.4'de de her seri için 1m³ karışım içerisindeki bileşen ağırlıkları verilmiştir. Karışım hesaplarında, birim hacimdeki hava miktarı %0.5 olarak sabit tutulmuştur.

Diyatomit ve pomza hafif agregaları, yüksek poroziteleri nedeni ile karışım esnasında su emmesini önleme amacıyla, karışıma konmadan önce 30 dak. su içerisinde tutulduktan sonra yüzeyi kuru suya doygun duruma getirilerek karışıma

katılmıştır. İnce diyatomit agregası, malzeme kaybı olmaması için, betoniyer içerisine konulduktan sonra, kendi ağırlığı kadar su ilave edilmiş ve suyu absorbe edene kadar bekletilmiştir. Daha sonra orta agrega, iri agrega, karışım suyu ve çimento sırasıyla karışıma ilave edilmiştir. Betoniyerde 3dak. boyunca nemli halde hazırlanan karışımlar (çökme 0 cm.), 150W gücünde, 50 Hz. ve 600x400x380 mm boyutlarına sahip olan 55-C0159 model titreşim tablası üzerinde, alt ve üstü açık olan 100x100x100 mm³ hacme sahip 3'lü kalıplara 3 tabaka halinde konuldu(Şekil-3.2.1). İlk iki tabakada 5sn.ve son tabakada 10sn. olmak üzere toplam 20sn. titreşim uygulanarak kendi hallerinde titreşimle sıkıştırılan numunelerin üst yüzeyleri düzeltildikten sonra, kalıbın yukarı doğru çekilmesiyle kalıptan alınarak(Şekil-3.2.2), 20±2 °C ortam sıcaklığındaki laboratuvar koşulunda, 7, 28 ve 56. günlere kadar havada kür edilmişlerdir(Şekil-3.2.3).



Şekil-3.2.1. Numunelerin Titreşimle Sıkıştırılması



Şekil-3.2.2. Numunelerin Kalıptan Alınması

Numuneler çeşitli testlere tabi tutulmuş olup, testler için her seriden 3 ayrı numune kullanılmıştır. Sonuç olarak, 3 ayrı numuneden alınan verilerin aritmetik ortalaması kullanılmıştır. Buna göre yapılan testler ve bir seri için numune sayıları şöyledir; basınç dayanımı için 7, 28 ve 56 günlük olmak üzere 9 adet, ultrases hızı, görünen porozite, birim hacim ağırlık ve kılcallık katsayısı için 7 ve 28 günlük olmak üzere 6 adet, yangın dayanımı için 28 günlük 3 adet olmak üzere, bu çalışmada 18 seri için toplam 336 adet küp numune üretilmiştir.



Şekil-3.2.3. Üretilen Numunelerin Küt Edilmesi

Çizelge-3.2.1. Diyatomit Agregası Karışım Oranları

Çimento Miktarı (kg/m ³)	Diyatomit Agregası Oranları, %			
	Seri	İri	Orta	İnce
250	A	30	25	45
	B	30	30	40
	C	30	35	35
	D	30	40	30
300	A	30	25	45
	B	30	30	40
	C	30	35	35
	D	30	40	30
350	A	30	25	45
	B	30	30	40
	C	30	35	35
	D	30	40	30
400	A	30	25	45
	B	30	30	40
	C	30	35	35
	D	30	40	30

Çizelge-3.2.2. Diyatomit+Pomza Agregası Karışım Oranları

Çimento Miktarı (kg/m ³)	Diyatomit Agregası Oranları, %				Pomza, %
	Seri	İri	Orta	İnce	İri
300	E1	0	30	40	30
	E2	0	0	60	40

Çizelge-3.2.3. Agregaların S.B.H.A.

Malzeme Boyut	Diyatomit			Pomza
	İri	Orta	İnce	İri
S.B.H.A.(kg/dm ³)	0,86	0,91	1,4	0,985

Çizelge-3.2.4. 1m³ Teki Malzeme Bileşenleri

Çimento Miktarı (kg/m ³)	Diyatomit (kg)				
	Seri	İri	Orta	İnce	Su
250	A	251,82	222,05	614,92	37,5
	B	251,82	266,5	546,6	37,5
	C	251,82	310,9	478,3	37,5
	D	251,82	355,3	409,9	37,5
300	A	245,7	216,6	599,9	45
	B	245,7	260	533,3	45
	C	245,7	303,3	466,6	45
	D	245,7	346,6	400	45
350	A	239,6	211,2	585	52,5
	B	239,6	253,5	520	52,5
	C	239,6	295,7	455	52,5
	D	239,6	338	390	52,5
400	A	233,4	205,8	570	60
	B	233,4	247	506,6	60
	C	233,4	288,1	443,3	60
	D	233,4	329,3	380	60
Çimento Miktarı (kg/m ³)	Pomza (kg)		Diyatomit (kg)		Su(kg)
	Seri	İri	Orta	İnce	
300	E1	281,4	259,97	533,27	45
	E2	375,2	-	799,9	45

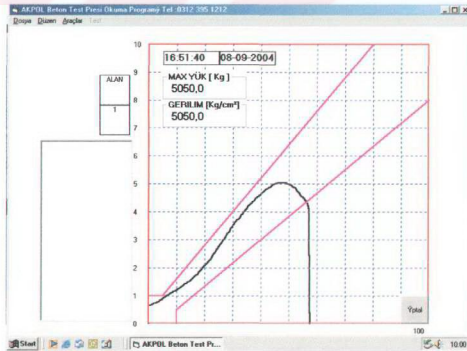
3.3. Sertleşmiş Hafif Blok Elemanlar Üzerinde Yapılan Deneyler

3.3.1. Basınç Dayanımı

Üretilen hafif blok elemanlarda ($100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$), 7., 28. ve 56. günlerde yapılan basınç dayanımı deneyleri, $3 \text{ kg/cm}^2/\text{sn.}$ 'lik yükleme hızında, 200 tonluk Alfa tipi basınç presinde yapılmıştır (Şekil-3.3.1, Şekil-3.3.2). Her seri için 3 numune üzerinde yapılan basınç deneyleri yapılarak ortalama değerleri alınmıştır.



Şekil-3.3.1. Deneylerde Kullanılan Basınç Presi



Şekil-3.3.2. Basınç Presi Göstergesi

3.3.2. Schmidt Çekici Okumaları

Numunelerin yüzey sertliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan scmidth çekici okumaları, numunelerin 20 N. yük altında ve yatayla 0° açı ile yapılmıştır(Şekil-3.3.3). Basınç dayanımı için kullanılan numunelerde yapılan schmidt çekici okumaları, numuneler basınç deneyine tabi tutulmadan önce yapılmıştır.



Şekil-3.3.3. Schmidt Çekici Okumalarının Yapılışı

Numunenin bir yüzeyinden yapılan scmidth okumaları her numunede 10 adet okuma yapıp, en küçük ve en büyük değerler atılarak, kalan 8 okumanın ortalaması alınmıştır. Bu işlem her seriden 3 ayrı numunede yapıp ortalamaları alınmıştır.

3.3.3. Ultrases Hızı ve Elastisite Modülü Deneyleri

Ultrases geçiş süreleri, etüv kurusu haline getirilmiş olan 7 ve 28 günlük numunelerin karşılıklı kenarlarından ölçülmüştür(Şekil-3.3.4). Her seriden 3 numunede alınan ultrases geçiş süreleri (2) nolu denklemde kullanılmak suretiyle, ultrases hızı değerleri bulunmuştur.

$$V = (L/t) * 10^3 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Denklemde, V(km/sn), ultrases hızı, L(m), ultrases hızı ölçümünün yapıldığı proplar arası mesafe, t(mikrosaniye), cihazdan okunan ultrases hızı geçiş süresidir.



Şekil-3.3.4. Ultrases Hızı Ölçümünün Yapılışı

Numunelerin elastisite modüllerinin bulunmasında ultrases hızından faydalanılmıştır. Postacıoğlu (1987), ultrases hızı ile elastisite modülü arasında aşağıdaki bağıntının olduğunu belirtmiştir.

$$E = 10^5 \times V^2 \times \Delta / g \quad (3)$$

Bağıntıda, E, elastisite modülünü, V, ultrases hızını, Δ , birim ağırlığı ve g, yerçekimi ivmesini ifade etmektedir. Buna göre numunelerin elastisite modülleri hesaplanarak Bölüm 4.2’de verilmiştir.

3.3.4. Birim Hacim Ağırlık, Görünen Porozite ve Kılcallık Deneyleri

Birim hacim ağırlık, görünen porozite ve kılcallık deneyleri için 7 ve 28 günlük numuneler kullanılmış olup, her seriden 3 adet numune üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir ve ortalamaları alınmıştır. Deneylerden önce numuneler, 48g, etüde bekletilmek suretiyle etüv kurusu değişmez ağırlığa gelmeleri sağlanmıştır(Şekil-3.3.5).



Şekil-3.3.5. Numunelerin Etüvde Kurutulması

Değişmez ağırlığa gelen numunelerin ağırlıkları ölçüldükten sonra, ultrases geçiş süreleri ölçülmüştür. Daha sonra, **Uyan(1975)'in** geliştirdiği kılcallık katsayısının belirlenmesi için numunelerin alt kenarları, yanlardan su almayacak şekilde parafinle yalıtılmış ve tabandan su emecek şekilde deney düzeneğine konulmuştur(Şekil-3.3.6). Kılcallık deneyi esnasında kullanılan kabın üstü bir cam kapak ile kapatılarak, buharlaşmanın olmaması sağlanmıştır. Kronometre yardımı ile numuneler, deney başlangıcından itibaren 1., 4., 9., 16., 25. ve 36. dak.'larda deney düzeneğinden alınarak ağırlıkları tartılmıştır. Alınan bu veriler yardımıyla, birim alandan emilen su miktarı hesaplanarak, yatay eksende numunelerin su emme deneyinde geçen sürelerin karekökü (\sqrt{t}), düşey eksende ise birim zamanda emilen su miktarı (q) olacak şekilde eğri çizilmiştir. Eğrinin eğimi yardımıyla kılcallık katsayısı hesaplanmıştır.

$$\text{Kılcallık Katsayısı}(\text{cm}^2/\text{dak})= (\Pi/4) \times S^2 \times 10^5 \dots\dots\dots(4)$$

Denkleme, S , $(q-\sqrt{t})$ eğrisinin eğimidir.



Şekil-3.3.6. Numunelerin Kılcal Su Emme Deney Düzeneği

Kılcallık deneyi sonunda, numuneler 24 s. su içerisinde bırakılarak suya doymun hale getirilmiştir. Numunelerin suya doymun havadaki ağırlıkları ve su içerisindeki ağırlıkları tartıldıktan sonra arşimed prensibine göre, birim hacim ağırlıkları ve görünen porozite değerleri hesaplanmıştır.

3.3.5. Isı İletkenlik Katsayısı Ölçümü

Isı iletkenlik ölçümleri, 28 günlük dayanım açısından birbirine yakın olan ve diyatomit ile üretilmiş olan B ve D serileri üzerinde ve diyatomit+pomza karışımı ile üretilen E serisi numuneleri üzerinde Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümünde ASTM C1113'te belirtilen "Hot wire" yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemde göre, ısı kaynağına bağlı olan bir tel numune yüzeyinin ortasından geçirilerek ısıtılır. Termo elemanlar vasıtası ile telin ısı ölçülür. Telin ısı direnci ile numunenin ısı iletimine bağlıdır. Dolayısı ile uygulanan gerilim ve telin ısı yardımı ile numunenin ısı iletim katsayısı belirlenir. Bu yöntem literatürde geçici rejim yöntemi olarak bilinmektedir.

3.3.6. Yüksek Sıcaklık Etkisi

Yüksek sıcaklık etkisi deneyi 28 günlük numuneler üzerinde yapılmıştır. Her seriden 3 numune etüv kurusu duruma getirildikten sonra ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra numuneler, ısınma hızı 6-10 °C/dak. olan fırına konularak(Şekil-3.3.7), 600 °C

sıcaklıkta 2 sa. ısıtılmıştır. Isıtma süresi sonunda numuneler oda sıcaklığına gelinceye kadar laboratuvar ortamında havada soğumaya bırakılmışlardır.



Şekil-3.3.7. Yangın Dayanım Deneyi İçin Kullanılan Fırın

Oda sıcaklığına kadar soğutulmuş olan numuneler, ağırlıkları 0.1 gr hassasiyetli terazi ile tartıldıktan sonra basınç deneyine tabi tutulmuşlardır.

3.4. Hafif Blok Eleman Numunelerinde Hızlandırılmış Buhar Kürü Uygulaması

Beton, yüksek sıcaklıklarda kür edilmesi durumunda normal koşullardaki kür yöntemine göre hidratasyon hızının arttığı ve ilk zamanlarda yüksek dayanım elde edildiği bilindiği için, betonun buhar ortamında kür edilmesine dair bazı kür yöntemleri geliştirilmiştir. Bu tür yöntemlerin yapıdaki betonlara yerinde uygulanabilirliği oldukça zordur. Ancak, buhar kürü yöntemleri, ön yapımlı beton elemanları veya, bazı ön gerilimli betonlar gibi, önceden hazırlanarak yapıda kullanılan betonlara uygulanan yöntemler durumundadır. Buhar kürü uygulanmış betonlar, normal koşullardaki kür yöntemine göre, daha kısa süre içerisinde dayanım kazanmakta olduğu bilinmektedir. Bu açıdan, beton elemanlar daha kısa sürede servise sunulmaktadırlar. (Erdoğan, 2003).

3.4.1. Numunelerin Hazırlanışı ve Deneyin Yapılışı

0-4 mm elek aralığındaki diyatomit agregasının kullanıldığı diyatomitli harç numuneleri karışımında çimento miktarı, 300 kg/m^3 ve su/çimento oranı da 0,15 olarak sabit tutulmuştur. Karışıma giren malzemenin elek analizi ve miktarları sırası ile Çizelge-3.4.1 ve Çizelge-3.4.2’de verilmiştir. Diyatomit agregası yüksek miktarda su emme kapasitesine sahip olduğundan dolayı, karışıma katılmadan önce suya doygun hale getirilmiştir. Karışım, 4 mm elek altı diyatomit agregasının sıkışık birim hacim ağırlığına göre nemli olarak hazırlanmış ve 50x100 mm’lik silindirik kalıplarda tokmaklanarak sıkıştırılmıştır.

Çizelge-3.4.1. 0-4mm Arası Diyatomit agregasının elek analizi

Elek No	4mm	2mm	850 μ	425 μ	250 μ	180 μ	150 μ	75 μ
E.G. (%)	100	72,88	46,19	27,74	21,55	16,74	10,63	3,77

Çizelge-3.4.2. Buhar Kürü Uygulamasında 1 m^3 karışıma giren malzeme miktarları

Bileşen	Diyatomit	Çimento	Su
Miktar(kg)	577	300	45

Sıkıştırılan numuneler kalıptan alınarak 24 sa. $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ’de ve %65 nemli oda sıcaklığında bekletildiler ve daha sonra basınçlı buhar kürüne tabi tutulmuşlardır. Basınçlı buhar kürü uygulaması için otoklav kullanılmıştır(Şekil-3.4.1).



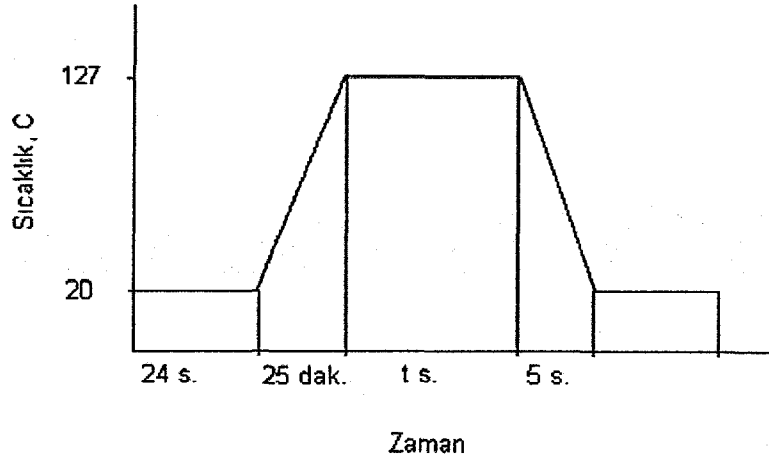
Şekil-3.4.1. Basınçlı Buhar Kürü Uygulamasında Kullanılan Otoklav

Otoklav 25 dak. da 0,15 MPa basınç ve $127 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ortamı sağlayan özelliğe sahiptir(Şekil-3.4.1). Üretilen numuneler 24 saat ön bekleme uygulandıktan sonra 2,

4, 6, 8 ve 10 saatlik periyotlarda otoklavda kür edilmiştir. Kür işlemi tamamlandıktan sonra numuneler oda sıcaklığına gelinceye kadar otoklavda bekletilmişlerdir. Her kür saati için üç ayrı numune kullanılarak ortalama değerleri alınmıştır. Numunelerin otoklava konmadan önceki ağırlıkları, boyları, çapları ve ultrases hızları ölçüldükten sonra “kütle/hacim” esasına göre birim hacim ağırlıkları(B.H.A.) bulunmuştur. Otoklav sonrasında, etüv kurusu ağırlıkları, sudaki ve suya doymun ağırlıkları ölçülmüş ve bunlara bağlı olarak arşimed prensibine göre B.H.A. ve görünen porozite değerleri bulunarak karşılaştırılmıştır. Yine numunelerin otoklavdan sonraki ultrases hızları ölçülmüş ve tek eksenli basınç mukavemetleri de belirlenmiştir. Numunelerin her kür saatinde 127 °C’deki sabit sıcaklık değeri için sahip oldukları olgunluk seviyeleri belirlenmiştir. Olgunluk faktörünün hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$M = \sum(C+10)\Delta t \dots\dots\dots(5)$$

Formülde; M, olgunluk faktörünü(°C.sa) , C, beton sıcaklığını (°C) ve Δt, kür süresini (sa.) ifade etmektedir. Beton sıcaklığı (C), otoklavın eriştiği max. sıcaklık olan 127 °C alınmıştır. Kür süresi olarak, 2, 4, 6, 8 ve 10 saatlik net kür süreleri dikkate alınmıştır.



Şekil-3.4.2. Diatomitli Beton Harç Numunelerinde Otoklav Kür İşlemi

Yukarıdaki şekilde t(saat), numunelerin net kür sürelerini göstermekte olup, 2, 4, 6, 8 ve 10 saat olarak beş farklı kür süresi uygulanmıştır.

4. DENEY SONUÇLARI

Bu bölümde, hafif blok elemanlar üzerinde yapılmış olan deneylerin sonuçları bulunmaktadır. Deney sonuçları, mekanik özellikler ve fiziksel özellikler olarak iki ayrı bölümde verilmiştir.

4.1. Mekanik Özellikler

Mekanik özellikler bölümünde, ağırlık, schmidt çekici okumaları ve basınç dayanımı sonuçları bulunmaktadır. Mekanik özellik testleri 7, 28 ve 56 günlük numuneler üzerinde yapılmıştır. Yalnızca diyatomit agregasının kullanılmasıyla üretilmiş olan numunelerin 7 günlük mekanik özellikleri deneysonuçları, Çizelge-4.1.1'de, 28 günlük numunelerin Çizelge-4.1.2'de ve 56 günlük numunelerin mekanik özellikleri deney sonuçları da Çizelge-4.1.3'te tablolar halinde verilmiştir. Diyatomit ve pomza agregalarının birlikte kullanılmasıyla üretilmiş olan numunelerin mekanik özellikleri deney sonuçları, 7 günlük numuneler için Çizelge-4.1.4'te, 28 günlük numuneler için Çizelge-4.1.5'te ve 56 günlük numuneler için Çizelge-4.1.6'da yine tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge-4.1.1. Diyatomit Üretilen Numunelerin 7 Günlük Mekanik Özellikleri

7 GÜNLÜK				
Dozaj	Seri Adı	Ağırlık (gr)	Schmidt Okumaları	Basınç Dayan. (N/mm ²)
250	A	1194,67	17,38	2,58
	B	1377,33	17,67	3,86
	C	1380,33	18,67	3,90
	D	1378,00	18,29	4,61
300	A	1307,00	18,54	4,24
	B	1409,00	17,46	4,53
	C	1368,00	19,42	4,49
	D	1356,33	24,33	4,45
350	A	1384,00	20,17	5,25
	B	1431,33	18,96	4,74
	C	1394,33	19,00	4,23
	D	1375,67	26,00	5,28
400	A	1420,00	18,75	5,36
	B	1415,67	19,63	5,04
	C	1465,67	20,83	5,18
	D	1408,33	24,50	5,60

Çizelge-4.1.2. Diyatomitte Üretilen Numunelerin 28 Günlük Mekanik Özellikleri

28 GÜNLÜK				
Dozaj	Seri Adı	Ağırlık (gr)	Schmidt Okumaları	Basınç Dayan. (N/mm ²)
250	A	1171,00	21,54	3,45
	B	1201,33	22,13	4,74
	C	1195,33	21,17	4,04
	D	1208,67	23,83	4,77
300	A	1215,67	24,50	4,35
	B	1241,00	23,67	4,39
	C	1223,33	21,96	4,02
	D	1201,67	27,42	5,74
350	A	1273,00	23,13	5,22
	B	1298,00	24,63	5,86
	C	1291,67	23,54	4,32
	D	1270,33	29,83	5,60
400	A	1320,33	23,92	5,70
	B	1309,33	24,21	5,22
	C	1356,00	25,04	5,73
	D	1297,33	28,88	5,77

Çizelge-4.1.3. Diyatomitte Üretilen Numunelerin 56 Günlük Mekanik Özellikleri

56 GÜNLÜK				
Dozaj	Seri Adı	Ağırlık (gr)	Schmidt Okumaları	Basınç Dayan. (N/mm ²)
250	A	1201,77	19,25	2,58
	B	1110,73	22,00	2,28
	C	1132,43	24,06	4,42
	D	1126,37	26,50	4,93
300	A	1027,20	19,88	2,59
	B	1193,67	22,50	4,67
	C	1192,70	21,69	4,37
	D	1104,87	27,63	5,09
350	A	1201,77	23,75	4,14
	B	1203,03	26,00	5,95
	C	1214,63	25,06	4,64
	D	1154,03	29,25	6,68
400	A	1178,63	26,19	5,26
	B	1271,17	23,94	5,49
	C	1296,93	26,50	6,08
	D	1226,97	30,25	7,86

Çizelge-4.1.4. Diyatomit+Pomza ile Üretilen Numunelerin 7 Günlük Mekanik Özellikleri

7 GÜNLÜK				
Dozaj	Seri Adı	Ağırlık (gr)	Schmidt Okumaları	Basınç Dayan. (N/mm ²)
300	E1	1395,33	21,08	4,81
	E2	1366,33	18,08	4,52

Çizelge-4.1.5. Diyatomit+Pomza ile Üretilen Numunelerin 28 Günlük Mekanik Özellikleri

28 GÜNLÜK				
Dozaj	Seri Adı	Ağırlık (gr)	Schmidt Okumaları	Basınç Dayan. (N/mm ²)
300	E1	1307,33	25,38	4,51
	E2	1279,33	21,08	5,02

Çizelge-4.1.6. Diyatomit+Pomza ile Üretilen Numunelerin 56 Günlük Mekanik Özellikleri

56 GÜNLÜK				
Dozaj	Seri Adı	Ağırlık (gr)	Schmidt Okumaları	Basınç Dayan. (N/mm ²)
300	E1	1262,80	23,31	5,15
	E2	1248,63	22,69	3,95

4.2. Fiziksel Özellikler

Bu bölümde, numunelerin fiziksel özelliklerinden olan birim hacim ağırlık, ultrases hızı, görünen porozite, difüzyon katsayısı (kılcallık katsayısı), ısı iletkenliği ve yüksek sıcaklığa maruz kalmış numunelerin ağırlık ve dayanım kayıpları deney sonuçları bulunmaktadır. Fiziksel özellik testlerinden birim hacim ağırlık, ultrases hızı, görünen porozite, difüzyon katsayısı ve elastisite modülü testleri 7 ve 28 günlük numuneler üzerinde yapılmıştır. Isı iletkenlik katsayısı ve yüksek sıcaklık testi 28 günlük numuneler üzerinde yapılmıştır. Yalnızca diyatomit agregası ile üretilmiş olan blok elemanların fiziksel özellikleri deney sonuçları, 7 günlük numuneler için Çizelge-4.2.1'de ve 28 günlük numuneler için Çizelge-4.2.2'de bulunmaktadır. Yüksek sıcaklık etkisi deney sonuçları da Çizelge-4.2.5'te verilmiştir. Diyatomit ve pomza agregalarının birlikte kullanılmasıyla üretilmiş olan numunelerin fiziksel özellik deney sonuçları, 7 günlük numuneler için Çizelge-4.2.3'de ve 28 günlük numuneler için Çizelge-4.2.4'de bulunmaktadır. Yüksek sıcaklık etkisi deney sonuçları da Çizelge-4.2.6'te verilmiştir.

Diyatomit agregasının silis içeriğinin yüksek olması özelliği dikkate alınarak hafif beton blok elemanları üretiminde değerlendirilmesi için yapılan çalışmada, elemanın daha kısa sürede servise sunulabilmesi amacıyla basınçlı buhar kürü uygulanmıştır. Çizelge-4.2.7’de otoklavda basınçlı buhar kürüne tabi tutulan diyatomit hafif agregalı harç numunelerin otoklav öncesi ve sonrası boy, ultrases hızı, birim hacim ağırlık ve porozite gibi bazı fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge-4.2.1. Diyatomitle Üretilen 7 Günlük Numunelerin Fiziksel Özellikleri

7 GÜNLÜK						
Dozaj	Seri Adı	B.H.A. (kg/dm ³)	Ultrases (km/sn)	Görünen Porozite(%)	Difüzyon Kat.x10 ⁻⁵ (cm ² /dak)	Elastisite M. (N/mm ²)
250	A	0,87	1,43	52,95	9256,30	2058,661
	B	1,08	1,81	40,11	4460,03	3599,203
	C	1,11	1,83	38,03	4075,65	3770,433
	D	0,96	1,66	52,42	5494,67	2699,287
300	A	1,02	1,62	65,94	5055,11	2733,689
	B	1,11	1,91	39,40	3766,85	4141,881
	C	1,15	2,00	37,12	3332,92	4256,975
	D	0,95	1,51	52,81	3051,15	2225,777
350	A	1,12	1,94	41,73	3870,76	4290,968
	B	1,15	2,02	38,35	2408,03	4813,100
	C	1,05	1,79	49,80	3898,70	3825,776
	D	1,01	1,78	50,83	2117,56	3241,341
400	A	1,17	2,12	37,66	2206,16	5386,902
	B	1,19	2,13	36,75	1923,62	5475,076
	C	1,10	2,05	48,75	2320,82	4733,265
	D	1,07	1,88	48,44	1960,67	3829,115

Çizelge-4.2.2. Diyatomit ile Üretilen 28 Günlük Numunelerin Fiziksel Özellikleri

28 GÜNLÜK							
Dozaj	Seri Adı	B.H.A. (kg/dm ³)	Ultrases (km/sn)	Görünen Porozite(%)	Difüzyon Kat.x10 ⁻⁵ (cm ² /dak)	Isı İletim K. (W/mK)	Elastisite M. (N/mm ²)
250	A	0,98	1,17	54,42	7210,66	-	1365,417
	B	1,07	1,37	43,60	6484,13	0,230	2047,388
	C	1,07	1,66	45,04	4660,63	-	2994,945
	D	0,98	0,93	51,98	8578,92	0,230	856,756
300	A	0,99	1,25	52,85	4355,84	-	1571,468
	B	1,03	1,58	49,96	3593,45	0,261	2616,381
	C	1,07	1,84	47,21	2705,49	-	3690,998
	D	0,91	1,04	58,81	2269,80	0,230	1000,240
350	A	1,14	1,85	40,99	2607,27	-	3990,378
	B	1,13	1,99	43,01	1945,81	0,283	4528,396
	C	1,08	1,70	52,94	1067,79	-	3608,080
	D	0,97	1,32	55,82	1504,40	0,232	1717,552
400	A	1,19	2,01	37,99	1757,73	-	4900,464
	B	1,19	2,15	38,69	1250,86	0,314	5619,531
	C	1,10	1,89	49,65	428,92	-	4029,315
	D	1,07	1,60	49,29	780,69	0,233	2806,632

Çizelge-4.2.3. Diyatomit+Pomza ile Üretilen 7 Günlük Numunelerin Fiziksel Özellikleri

7 GÜNLÜK						
Dozaj	Seri Adı	B.H.A. (kg/dm ³)	Ultrases (km/sn)	Görünen Porozite(%)	Difüzyon Kat.x10 ⁻⁵ (cm ² /dak)	Elastisite M. (N/mm ²)
300	E1	1,09	1,57	44,47	3313,53	2722,785
	E2	1,07	1,38	44,96	4645,33	2080,242

Çizelge-4.2.4. Diyatomit+Pomza ile Üretilen 28 Günlük Numunelerin Fiziksel Özellikleri

28 GÜNLÜK							
Dozaj	Seri Adı	B.H.A. (kg/dm ³)	Ultrases (km/sn)	Görünen Porozite(%)	Difüzyon Kat.x10 ⁻⁵ (cm ² /dak)	Isı İletim K. W/mK	Elastisite M. (N/mm ²)
300	E1	1,09	1,32	46,52	3125,90	0,238	1930,406
	E2	1,17	1,32	40,02	4082,81	0,232	2057,439

Çizelge-4.2.5. Diyatomit ile Üretilen 28 Günlük Numunelerin Yüksek Sıcaklık Etkisi Sonuçları

Yüksek Sıcaklık Etkisi (600 °C-2 s.)						
Dozaj	Seri Adı	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Basınç Day. (N/mm ²)	Ağırlık Kaybı(%)	Dayanım Kaybı(%)
250	A	886,93	795,17	0,90	15,53	74,06
	B	996,93	876,67	2,66	12,05	41,18
	C	982,27	878,37	2,58	10,57	33,61
	D	1096,10	867,60	3,13	20,85	34,34
300	A	1009,43	904,27	2,43	9,51	25,35
	B	1039,37	941,63	3,20	9,40	27,05
	C	1147,60	956,33	3,40	16,67	11,37
	D	1058,37	865,37	3,46	18,23	37,80
350	A	1064,93	921,93	4,35	20,11	16,71
	B	1040,77	963,63	3,90	7,41	27,73
	C	1175,57	988,23	4,11	15,93	5,01
	D	1118,37	906,73	4,06	18,92	24,33
400	A	1074,67	938,53	4,80	12,65	15,85
	B	1120,33	991,50	4,07	11,44	22,03
	C	1258,07	1063,73	5,89	15,44	4,07
	D	1164,40	962,30	4,79	17,33	16,90

Çizelge-4.2.6. Diyatomit+Pomza ile Üretilen 28 Günlük Numunelerin Yüksek Sıcaklık Etkisi

Yüksek Sıcaklık Etkisi (600 °C-2 sa.)						
Dozaj	Seri Adı	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Basınç Day. N/mm ²	Ağırlık Kaybı(%)	Dayanım Kaybı(%)
300	E1	1174,20	1015,00	3,33	13,55	26,29
	E2	1172,20	1036,47	2,22	11,43	55,78

Çizelge-4.2.7. Diyatomitli hafif beton harçlarının otoklav öncesi ve sonrası bazı fiziksel özellikleri

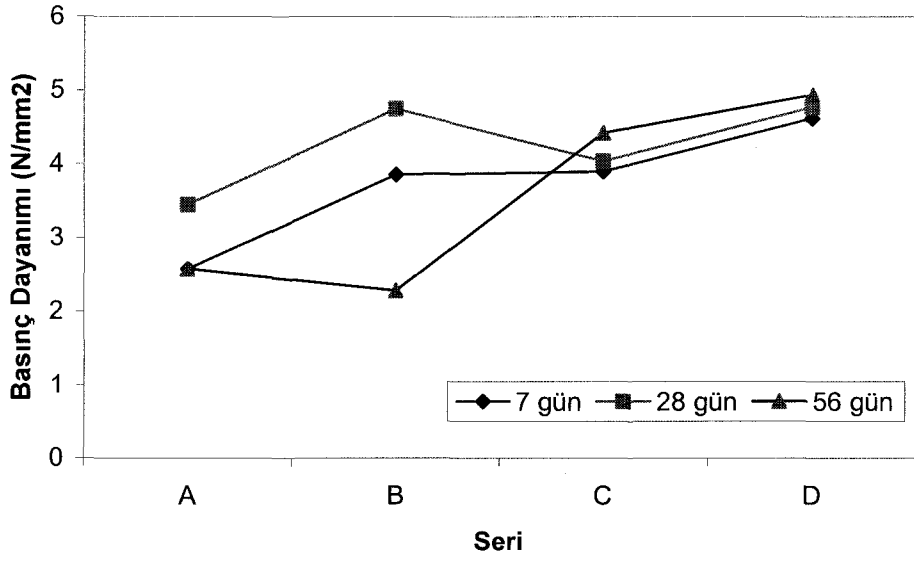
Otoklav Kürü Öncesi			Otoklav Kürü Sonrası						
Ağırlık (gr)	Boy (mm)	B.H.A (kg/dm ³)	Otoklav Sür. (saat)	Ağırlık (gr)	Boy (mm)	Ultrasess (km/sn)	B.H.A (kg/dm ³)	Görünen Porozite (%)	Basınç Day. N/mm ²
318,83	107,583	1,434	2	296,63	107,580	1,16	0,87	60,84	1,35
311,30	105,050	1,456	4	289,47	105,153	1,18	0,88	59,88	1,37
312,27	106,707	1,444	6	292,90	106,533	1,25	0,91	58,63	2,28
309,47	106,537	1,443	8	290,00	106,487	1,45	1	48,63	2,67
321,87	109,833	1,453	10	306,77	109,907	1,51	1,03	45,73	2,67

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

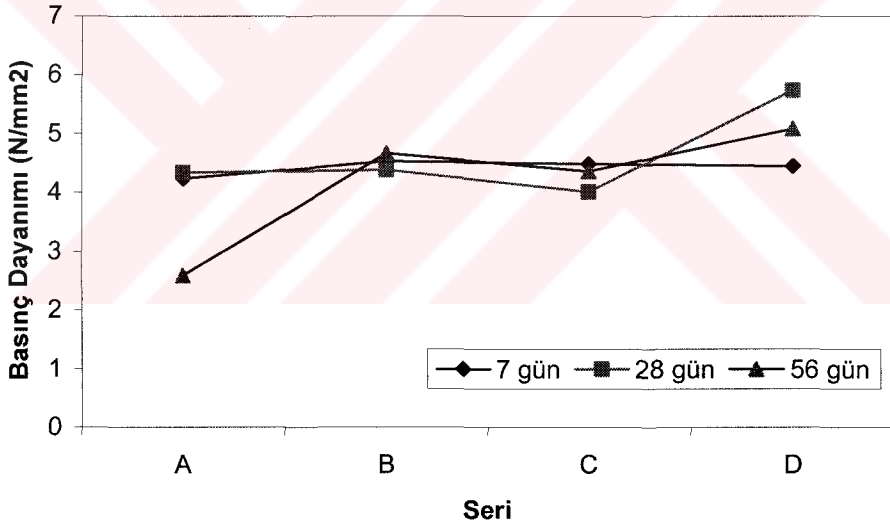
Bu bölümde, üretilen numuneler üzerinde yapılmış olan basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, ultrases hızı, görünen porozite, ısı iletkenlik ve yüksek sıcaklık etkisindeki ağırlık ve dayanım kayıpları deneylerinin sonuçları grafik ortamında incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

5.1. Basınç Dayanımı

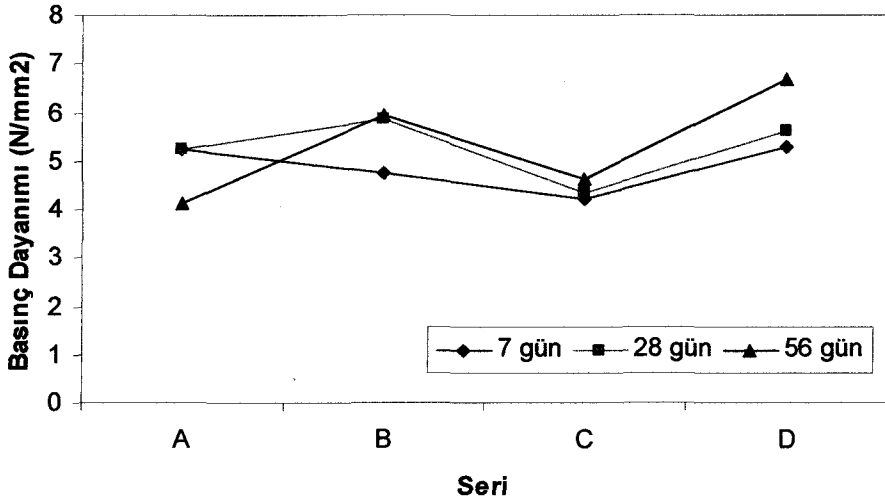
Üretilen numunelerin 7, 28 ve 56 günlük basınç dayanımları 250, 300, 350 ve 400 kg/m³ çimento miktarları için numunelerdeki orta malzeme oranının artışına göre adlandırılmış olan serilere göre sırasıyla, Şekil-5.1.1, Şekil-5.1.2, Şekil-5.1.3 ve Şekil-5.1.4'de görülmektedir. Şekiller incelendiğinde, karışımın granülometrisinde orta malzeme oranının %25'ten %40'a artmasına karşılık ince malzemenin azaltılması durumlarında dayanımlarda bir artış görülmektedir. Bu artış, 250 ve 400 dozlu numunelerde daha belirgindir. Ancak A serilerinde numunelerin 56 günlük dayanımları diğer dozajlardaki 7 ve 28 günlük numunelere göre daha düşük bir dayanıma sahip olduğu görülmüştür. Bu durum, karışımdaki ince malzeme oranının yüksek olması ile su miktarının artırmasına bağlı olarak bünyesindeki suyun zamanla buharlaşması sonucu oluşan iç yapıdaki boşlukların mevcut boşluklarla birleşerek büyümesine, dolayısıyla dayanımında azalmasına bağlanabilir. Diğer serilerde granülometrinin değişerek orta malzemenin artması ince malzeme oranının azalması ile dayanımlarda artma eğilimi belirlenmiştir. Bu da literatürden bilindiği gibi, granülometrinin beton özelliklerine etkisini açıkça göstermektedir. 7, 28 ve 56 günlük numunelerin artan çimento dozajına karşılık elde edilen dayanım 350-400 dozlu karışımlarda özellikle D serisinde elde edilmiştir. Yani çimento miktarı ve granülometrinin uygun olması halinde daha kısa sürede yüksek dayanımların elde edilebileceği söylenebilir. Ancak çimentonun fazla artırılması ekonomik değildir.



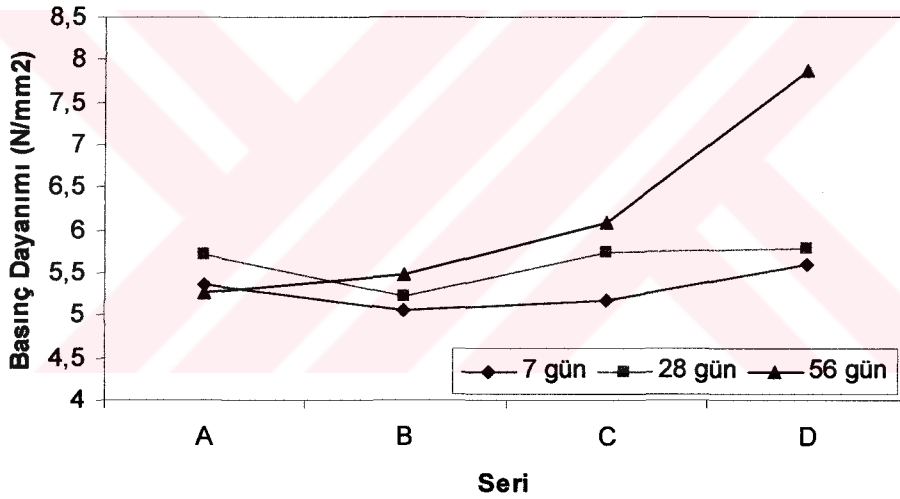
Şekil-5.1.1. Diatomit İle Üretilen 250 Dozlu Numunelerin Basınc Dayanımları



Şekil-5.1.2. Diatomitle Üretilen 300 Dozlu Numunelerin Basınc Dayanımları



Şekil-5.1.3. Diyatomit ile Üretilen 350 Dozlu Numunelerin Basınç Dayanımları

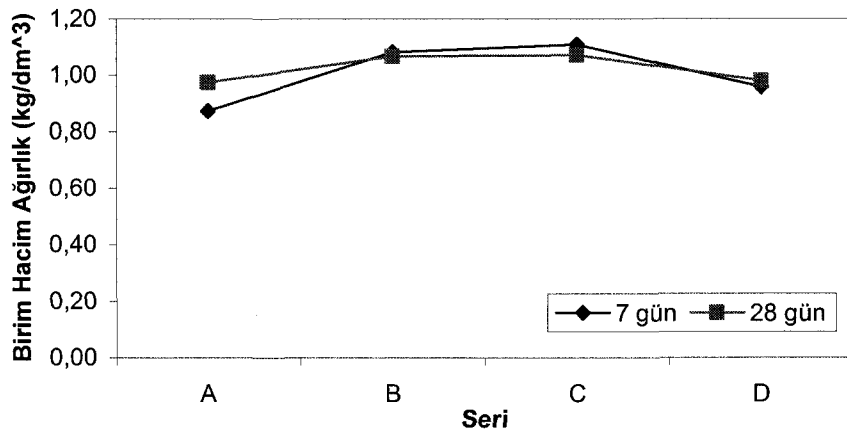


Şekil-5.1.4. Diyatomit ile Üretilen 400 Dozlu Numunelerin Basınç Dayanımları

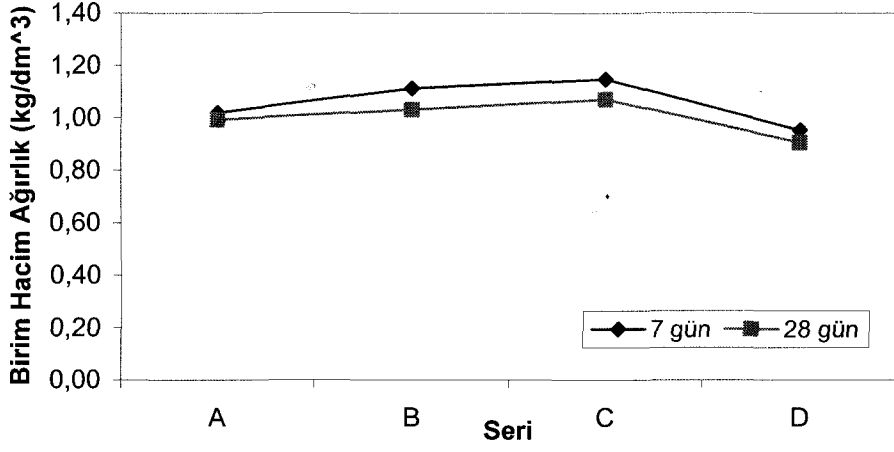
TS 2823 (1986)'de, dolu blok halindeki ve $0.8-1.1 \text{ kg/dm}^3$ birim hacim ağırlıklarındaki pomzadan imal edilmiş bims betonların basınç dayanımlarının $2-6 \text{ N/mm}^2$ arasında değiştiği belirtilmiştir. Yine, Gündüz(2004), $387,095 \text{ cm}^2$ dolu alana sahip iki sıra boşluklu bims blokların basınç dayanımının $2,79 \text{ N/mm}^2$ olduğunu belirtmiştir. Davraz (1997), Isparta yöresi pomzası ile üretmiş olduğu blok elemanların 14 günlük basınç dayanımlarının $5,8-12 \text{ N/mm}^2$ arasında değiştiğini belirtmiştir. Dolayısıyla, diyatomit ile üretilmiş olan, bims beton ile aynı birim hacim ağırlığındaki blok elemanların basınç dayanımları bims betonlara göre daha düşüktür.

5.2. Birim Hacim Ağırlık

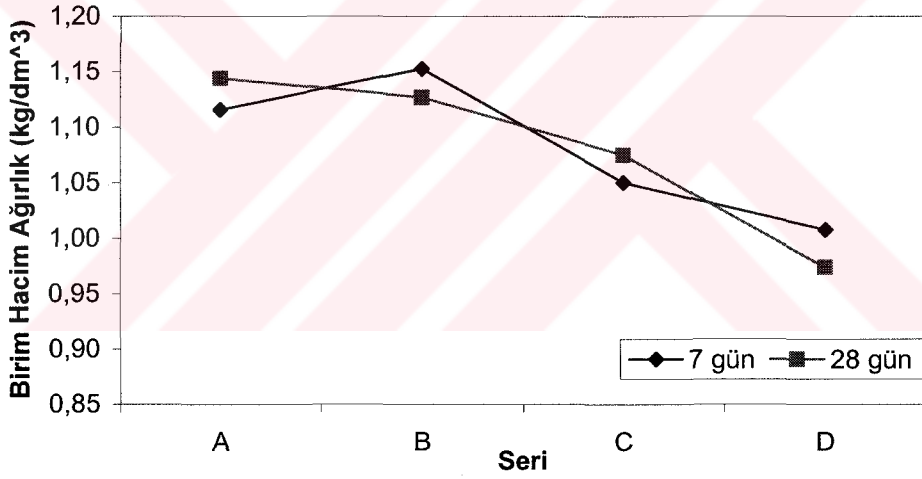
Üretilen numunelerin 7 ve 28 günlük birim hacim ağırlıkları(B.H.A.), arşimed prensibine göre belirlenmiş olup, 250, 300, 350 ve 400 kg/m³ çimento miktarları için serilere göre sırasıyla, Şekil-5.2.1, Şekil-5.2.2, Şekil-5.2.3 ve Şekil-5.2.4'de görülmektedir. Şekillerde de görüldüğü gibi numunelerin birim hacim ağırlıkları yaklaşık 0,8-1,2 kg/m³ arasında değişmektedir. Birim hacim ağırlıkların 250 ve 300 dozlu numunelerde, orta malzeme miktarının %25'ten %40'a %5 oranında artması ile 0.8 kg/m³'den 1.15 kg/m³ değerine doğru arttığı görülmektedir. Bu artış 7 ve 28 günlük numunelerin her ikisinde de görülmektedir. Diğer yandan, 350 ve 400 dozlu numunelerde ise aynı koşullarda birim hacim ağırlık değerleri, sırası ile 1.15 kg/m³'den 0.95 kg/m³'e ve 1.2 kg/m³'den 1.07 kg/m³ değerine doğru azalma göstermiştir. 7 ve 28 günlük numunelerde her iki yaş içinde aynı durum söz konusudur. 7 ve 28 günlük numuneler, birim hacim ağırlık bakımından yaklaşık aynı değerlere sahip olsalar da, kısmen 28 günlük numunelerin B.H.A. 7 günlük numunelere göre daha yüksek oranda poroziteye sahip olmaları sebebi ile 7 günlük numunelerin B.H.A. göre daha düşük olduğu şekillerden görülmektedir. Diyatomit ve pomza agregalarının birlikte kullanılması ile üretilen numunelerin birim hacim ağırlıkları da 1.07 ile 1.09 kg/dm³ arasında değişmektedir.



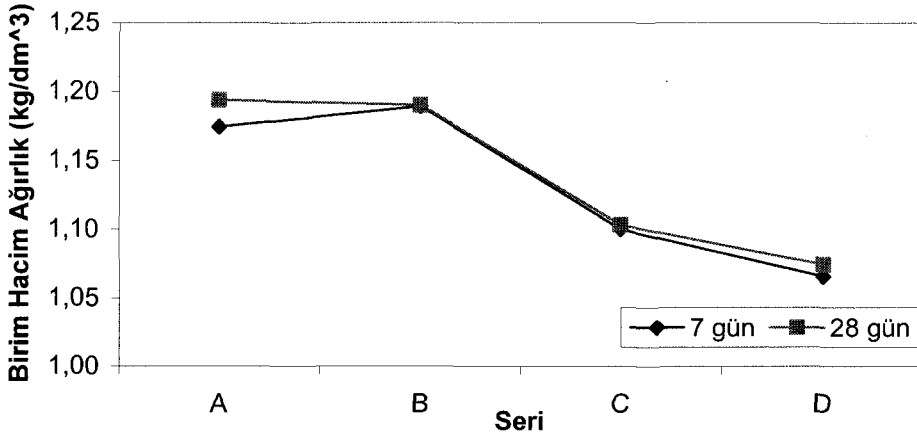
Şekil-5.2.1. Diyatomit ile Üretilen 250 Dozlu Numunelerin B.H.A.



Şekil-5.2.2. Diyatomitile Üretilen 300 Dozlu Numunelerin B.H.A.



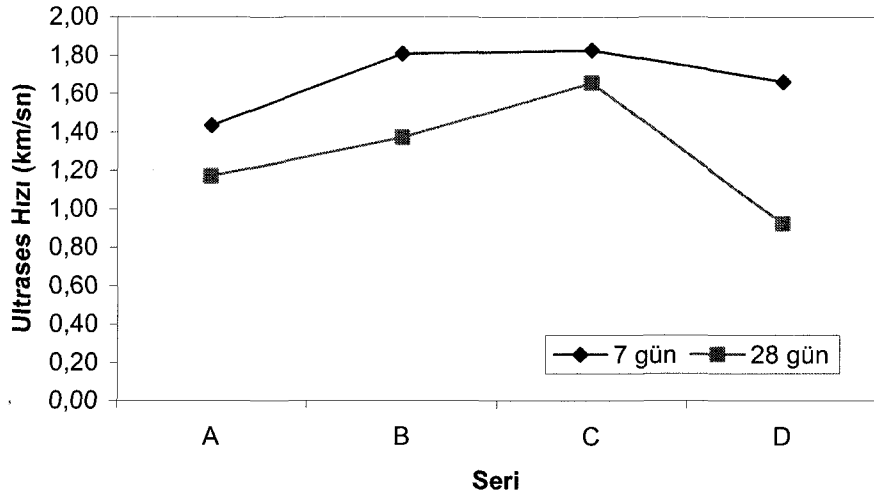
Şekil-5.2.3. Diyatomitile Üretilen 350 Dozlu Numunelerin B.H.A.



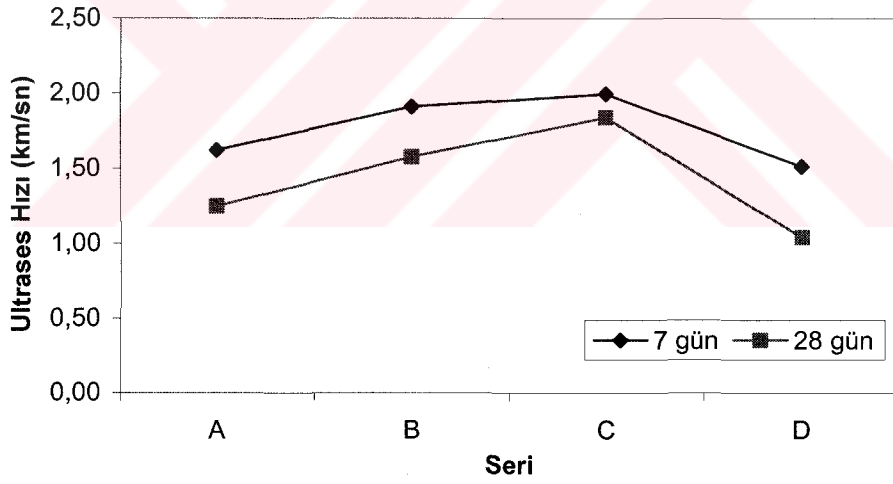
Şekil-5.2.4. Diyatomit ile Üretilen 400 Dozlu Numunelerin B.H.A.

5.3. Ultrases Hızı

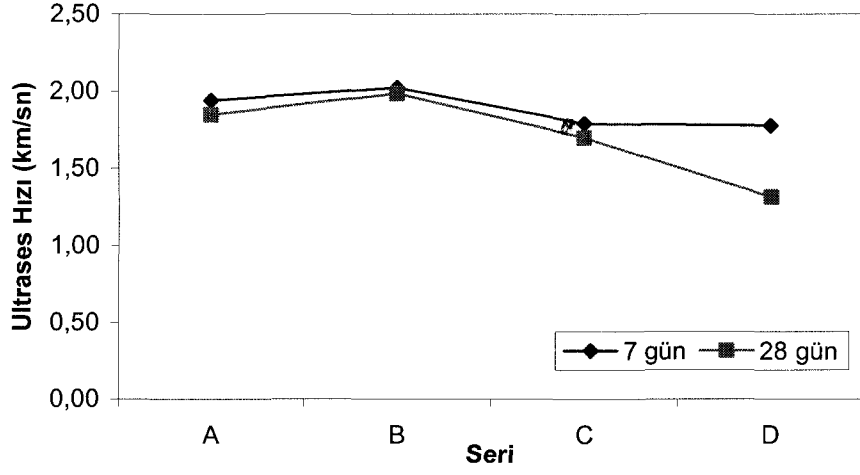
Ultrases hızı deneyi, etüvde 48 saat kurutulup, oda sıcaklığına kadar soğutulmuş olan numuneler üzerinde yapılmış olup, 250, 300, 350 ve 400 kg/m³ çimento miktarları için serilere göre aralarındaki ilişki incelenmiştir (Şekil-5.3.1, Şekil-5.3.2, Şekil-5.3.3 ve Şekil-5.3.4). Ultrases hızı ölçümleri 7 ve 28 günlük numuneler üzerinde yapılmıştır. Buna göre, 28 günlük numunelerde ölçülen ultrases hızları, 7 günlük numunelerin ultrases hızına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi de, 28 günlük numunelerin porozitelerinin 7 günlük numunelerin porozitelerine göre daha yüksek olmasından dolayıdır. Ultrases hızları arasındaki fark 250 ve 300 dozlu numunelerde daha belirgindir. 350 ve 400 dozlu numunelerde, D serisi dışındaki diğer serilerde 7 ve 28 günlük ultrases hızları arasında fazla bir fark yoktur. 250 ve 300 dozlu numunelerde ultrases hızları, birim hacimdeki ince malzemenin %45' en %30'a %5 oranında azalması ile C serisine kadar artış göstermekte olup, yaklaşık 1-1.8 km/sn arasında değişmektedir. 350 ve 400 dozlu numunelerde ise tam tersine bir durum söz konusu olup, ince malzemenin azalmasına karşılık ultrases hızları da azalarak, 2-1.5 km/sn arasında değişmektedir. Diyatomit ve pomza agregalarının birlikte kullanılması ile üretilen numunelerin ultrases hızlarının, 1.32 ile 1.57 km/sn arasında değiştiği görülmüştür.



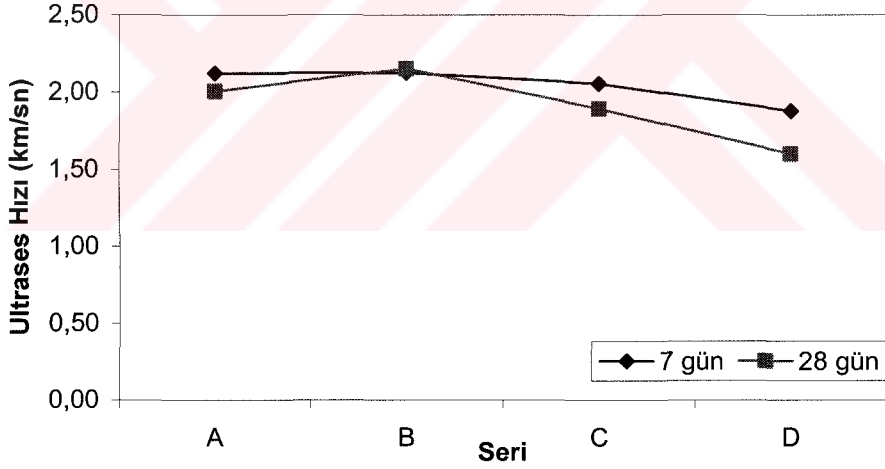
Şekil-5.3.1. Diyatomitle Üretilen 250 Dozlu Numunelerin Ultrases Hızı



Şekil-5.3.2. Diyatomitle Üretilen 300 Dozlu Numunelerin Ultrases Hızı



Şekil-5.3.3. Diyatomitli Üretilen 350 Dozlu Numunelerin Ultrases Hızı

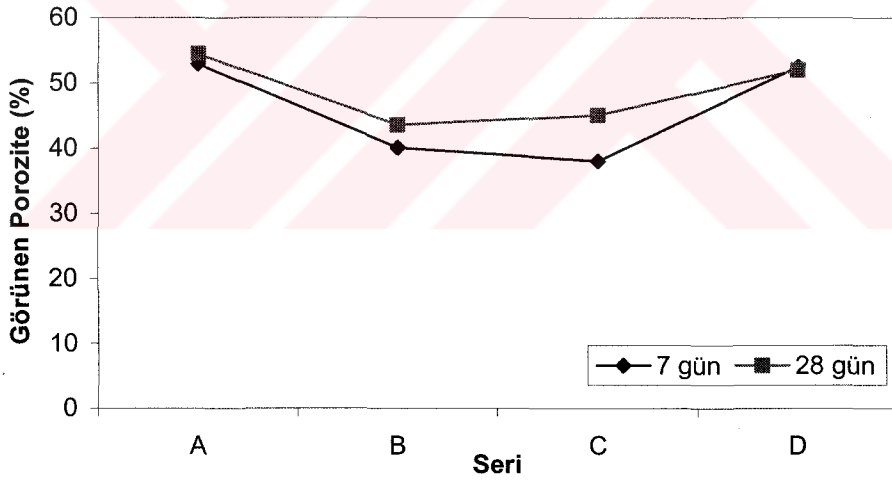


Şekil-5.3.4. Diyatomitli Üretilen 400 Dozlu Numunelerin Ultrases Hızı

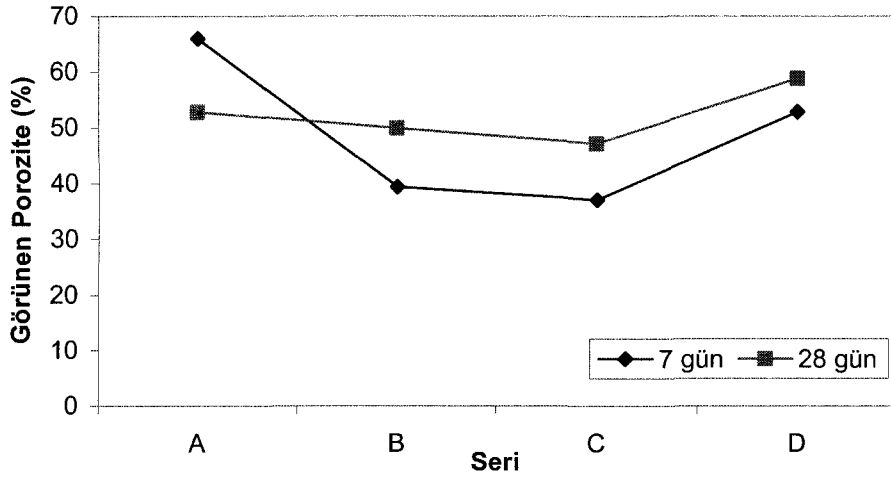
5.4. Görünen Porozite

Görünen porozite 7 ve 28 günlük numuneler üzerinde arşimed prensibine göre belirlenmiştir. Görünen porozite deneyi sonuçları, 250, 300, 350 ve 400 kg/m³ çimento miktarları için serilere göre sırasıyla, Şekil-5.4.1, Şekil-5.4.2, Şekil-5.4.3 ve Şekil-5.4.4'de görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi, 28 günlük porozite

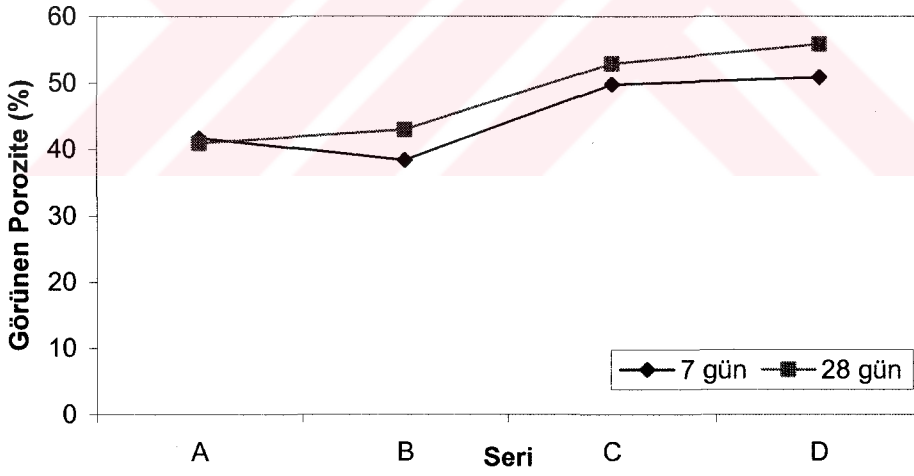
değerleri genellikle 7 günlük porozite değerlerinden daha fazladır. Bu fark, 250 dozlu numunelerde, B ve C serilerinde, 300 ve 350 dozlu numunelerde, B, C ve D serilerinde daha belirgindir. 400 dozlu numunelerde 7 ve 28 günlük numuneler yaklaşık aynı porozite değerine sahip oldukları görülmüştür. Numunelerin birim hacmindeki ince malzeme oranının azalmasıyla, 250 ve 300 dozlu numunelerde C serisine kadar poroziteler yaklaşık %55'ten %38'e kadar düşmesine rağmen D serilerinde tekrar bir artış olarak yaklaşık %53 değerlerine ulaşmıştır. 350 ve 400 dozlu numunelerde ise, ince malzeme oranının azalarak, orta malzeme oranının artmasıyla birlikte, doluluk oranının azalmasından dolayı, porozite değerinde de yaklaşık %40 değerinden % 57 değerine kadar bir artış görülmüştür. Diyatomit ve pomza agregalarının birlikte kullanılması ile üretilen numunelerin görünen poroziteleri de yaklaşık %40 ile %46.5 arasında değişmektedir.



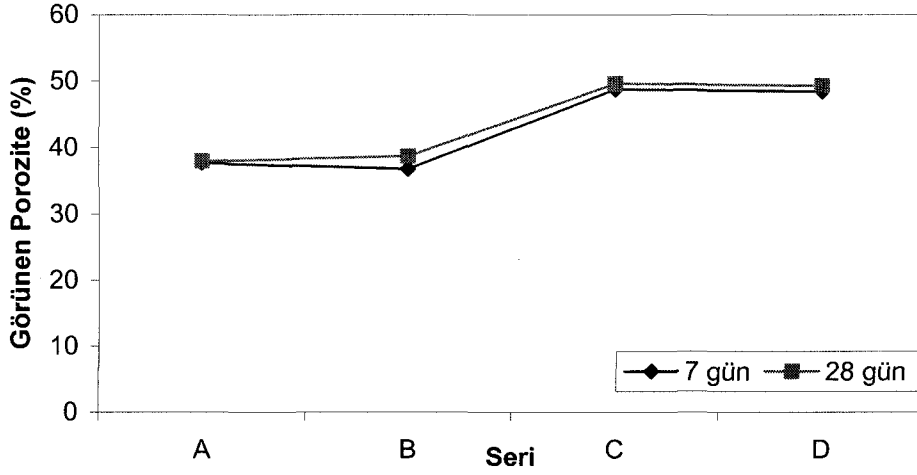
Şekil-5.4.1. Diyatomit ile Üretilen 250 Dozlu Numunelerde Görünen Porozite



Şekil-5.4.2. Diyatomitle Üretilen 300 Dozlu Numunelerde Görünen Porozite



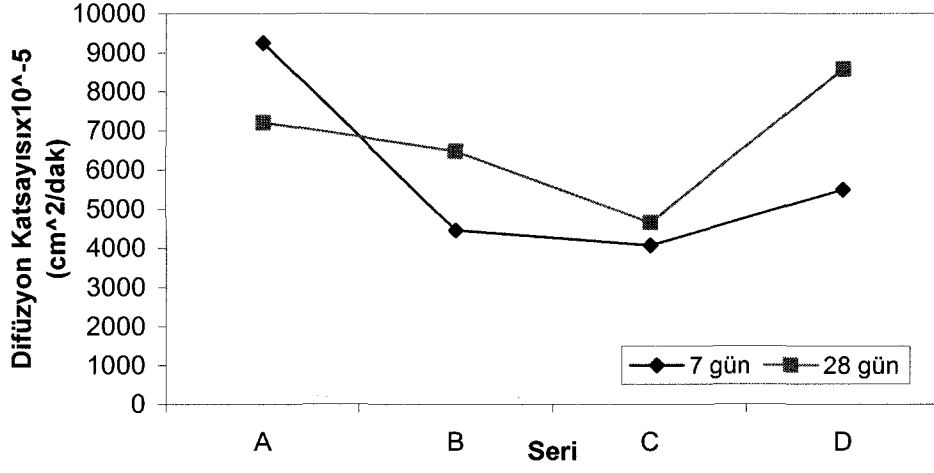
Şekil-5.4.3. Diyatomitle Üretilen 350 Dozlu Numunelerde Görünen Porozite



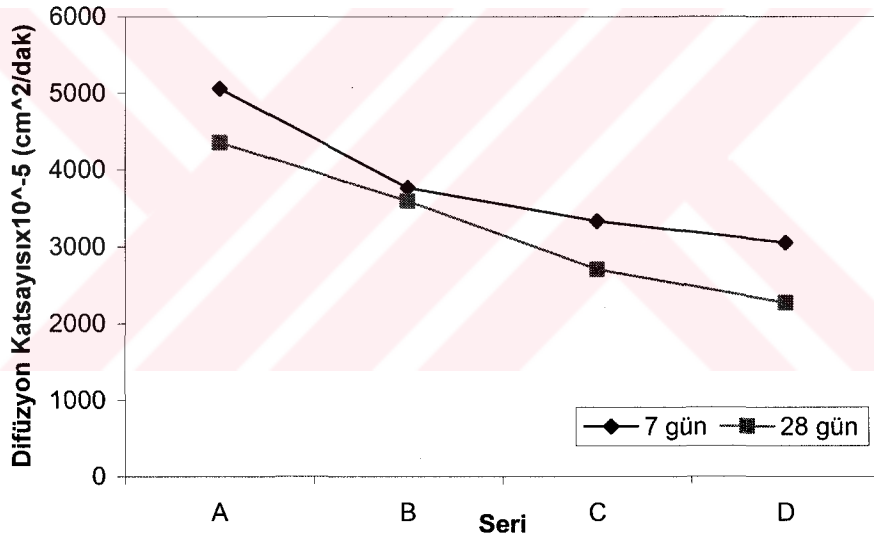
Şekil-5.4.4. Diyatomitli Üretilen 400 Dozlu Numunelerde Görünen Porozite

5.5. Difüzyon Katsayısı

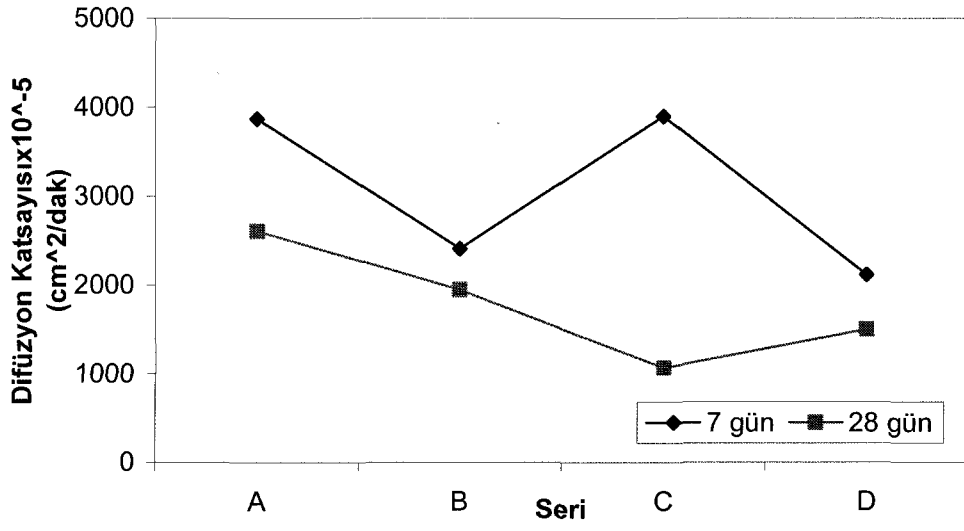
7 ve 28 günlük numuneler üzerinde yapılan kılcallık deneyi sonucu hesaplanan difüzyon katsayısı değerleri, 250, 300, 350 ve 400 kg/m³ çimento miktarları için serilere göre değişimi sırasıyla, Şekil-5.5.1, Şekil-5.5.2, Şekil-5.5.3 ve Şekil-5.5.4'de görülmektedir. Şekiller incelendiğinde, birim hacimdeki ince malzeme oranı azalarak, orta malzeme oranının artması ile birlikte her çimento dozajında, difüzyon katsayısında genel olarak azalma görülmüştür. 28 günlük numunelerin difüzyon katsayıları, 7 günlük numunelerin difüzyon katsayılarına göre daha düşüktür. Bu fark, 300dozlu numunelerde kısmen görülse de 350 ve 400 dozlu numunelerde sırasıyla daha belirgin hale gelmiştir. Ayrıca numunelerin birim hacmindeki çimento miktarının artışı ile de bağlayıcı miktarının artarak boşluk miktarının azalması sonucunda difüzyon katsayısı büyük bir oranda azalmıştır. Diyatomit ve pomza agregalarının birlikte kullanılması ile üretilen numunelerin difüzyon katsayıları da 3125.9×10^{-5} – 4645.39×10^{-5} cm²/dak. arasında değişmektedir.



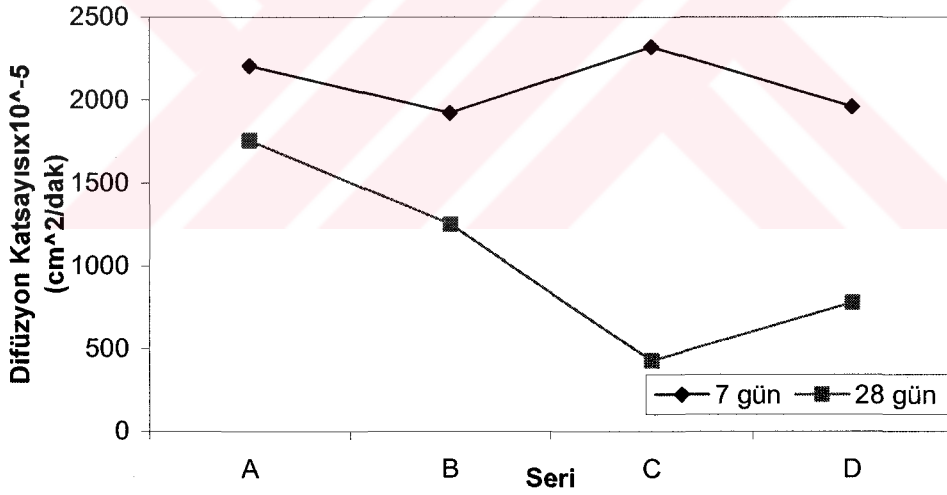
Şekil-5.5.1. Diyatomitile Üretilen 250 Dozlu Numunelerde Difüzyon Katsayısı



Şekil-5.5.2. Diyatomitile Üretilen 300 Dozlu Numunelerde Difüzyon Katsayısı



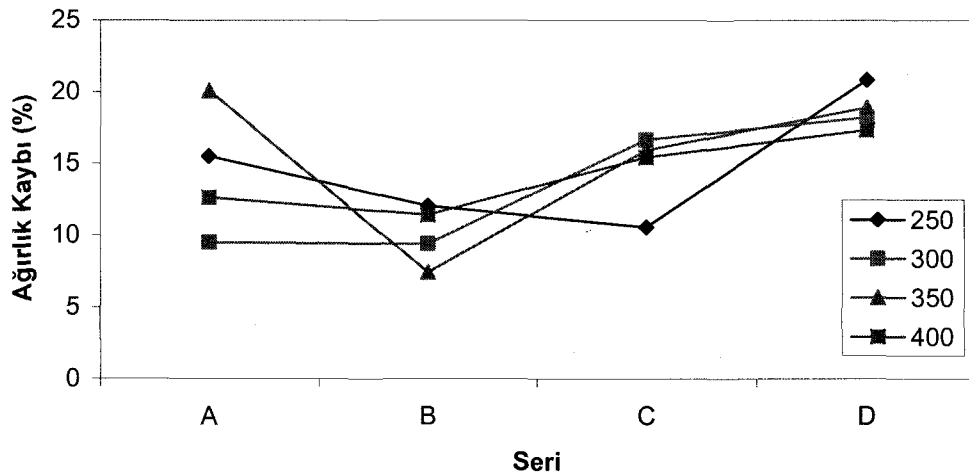
Şekil-5.5.3. Diyatomitile Üretilen 350 Dozlu Numunelerde Difüzyon Katsayısı



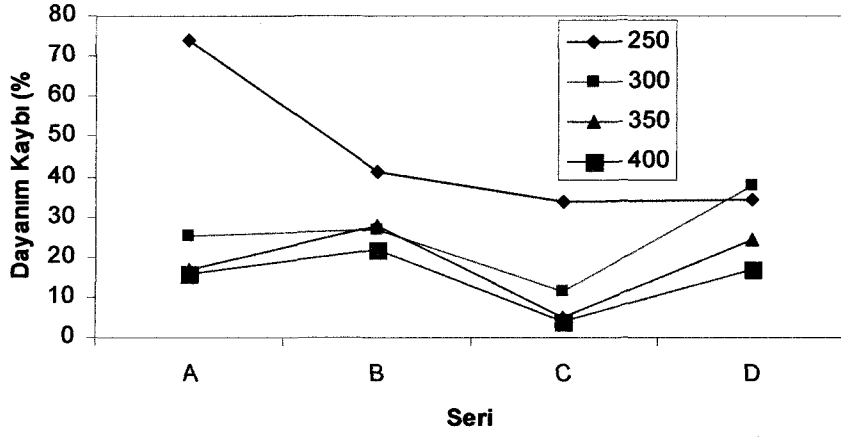
Şekil-5.5.4. Diyatomitile Üretilen 400 Dozlu Numunelerde Difüzyon Katsayısı

5.6. Yüksek Sıcaklık Etkisi

Yüksek sıcaklık etkisi 28 günlük numuneler üzerinde, numunelerin yangına karşı dayanımlarının belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Numuneler yüksek sıcaklık fırınında 600 °C'de 2sa. bekletildikten sonra oda sıcaklığına kadar soğutulması sonucunda ağırlık ve dayanım kayıpları belirlenmiş olup, sonuçlar % olarak sırası ile Şekil-5.6.1 ve Şekil-5.6.2'de verilmiştir. 300 ve 350 ve 400 dozlu numunelerde birim hacimdeki ince malzeme oranının azalarak, orta malzeme oranının artması ile birlikte, ağırlık kayıpları artma eğilimindedir. En az ağırlık kaybı, 300 dozlu numunelerde olup, %9,4 ile %18,23 arasındadır. Diğer yandan, çimento dozajının artması ile, dayanım kayıpları azalmıştır. En az dayanım kaybı 400 dozlu numunelerde olup, %22,03 ile %4.07 arasında değişmektedir. Numunelerin birim hacmindeki ince malzeme oranının azalması ile de dayanım kayıpları azalmaktadır. Seriler arasında en az dayanım kaybı C serisinde olduğu yine şekilden görülmektedir. Diatomit ve pomza agregalarının birlikte kullanılması ile üretilen numunelerin ağırlık kayıpları, %11.43-%13.55 arasında iken, dayanım kayıpları da %26.29-%55.78 arasında değiştiği görülmüştür.



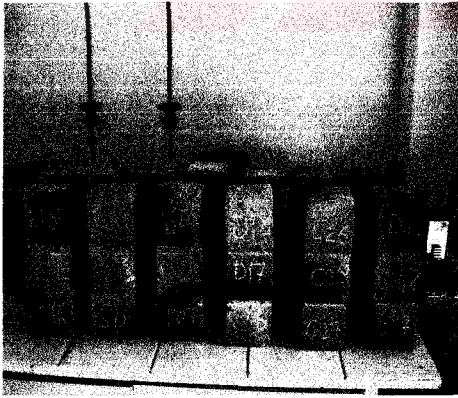
Şekil-5.6.1. Diatomitle Üretilen 28 Günlük Numunelerde Yüksek Sıcaklık Etkisi Sonucu Ağırlık Kaybı



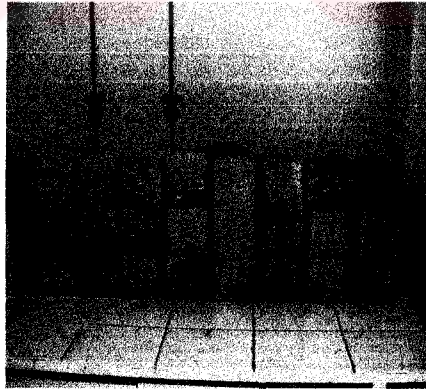
Şekil-5.6.2. Diyatomitli Üretilen 28 Günlük Numunelerde Yüksek Sıcaklık Etkisi Sonucu Dayanım Kaybı



(a)



(b)



(c)

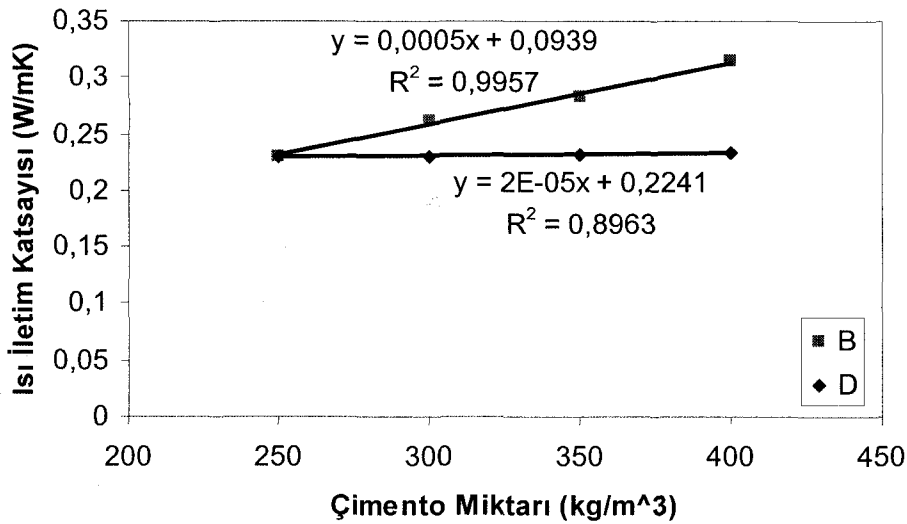
Şekil-5.6.3. Diyatomitli Numunelerin Yüksek Sıcaklık Öncesi(a) ve Sonrası(b,c) Görünümleri

Şekil-5.6.3,a,b,c'de yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakılmış olan diyatomit ve diyatomit+pomza ile üretilen numunelerin, yüksek sıcaklık öncesi ve sonrası

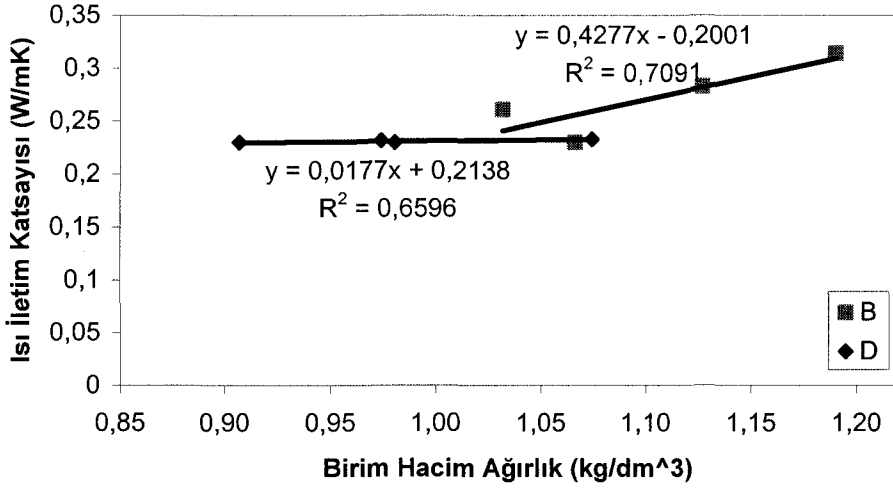
görünümleri verilmiştir. Numunelerin yüksek sıcaklık fırınının ısıtıcı bölümlerine bakan yüzeylerinde, sıcaklığın etkisi ile kararmalar oluşmuştur.

5.7. Isı İletkenliği

B ve D serileri üzerinde yapılmış olan ısı iletkenlik katsayıları ile çimento dozajı arasındaki ilişki Şekil-5.7.1'de verilmiştir. B serilerinde çimento dozajının artması ile birlikte ısı iletkenlik katsayısı da artış göstermektedir. Birim hacimdeki çimento miktarının artması ile birlikte, ince diyatomitin de puzolanik özeliğinden dolayı daha fazla kalsiyum silika hidrat(C-S-H) jeli oluştuğu ve bunun sonucu olarak da daha yoğun hale gelen numunelerin ısı iletim katsayılarının arttığı söylenebilir. B serilerinde, ısı iletkenlik katsayısı ile çimento dozajı arasında 0,99 korelasyon katsayısı ile lineer bir ilişki olduğu yine şekilden görülmektedir. B serilerine göre %10 oranında daha az ince malzemeye sahip, fakat %10 oranında daha fazla orta malzemeye sahip olan D serilerinde ise çimento dozajının artması ile birlikte ısı iletim katsayısı çok az bir artış göstermiştir. Birim hacimdeki ince malzemenin azalarak, orta malzemenin artmasının, boşluk oranını arttırdığı ve bu nedenle ısı iletim katsayısının B serilerine göre daha düşük olduğu söylenebilir. D serilerinde de ısı iletim katsayısı ile çimento dozajı arasında 0,94 korelasyon katsayısı ile lineer bir ilişki olduğu görülmektedir.

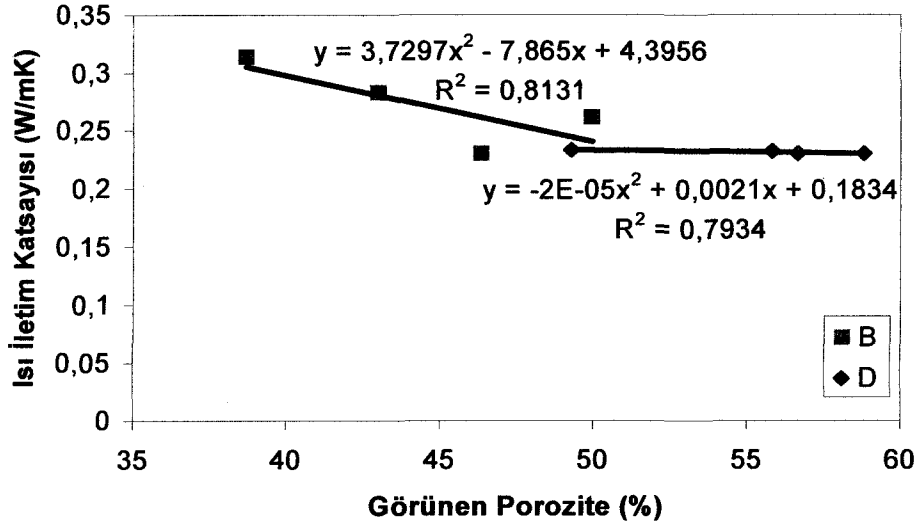


Şekil-5.7.1. Diyatomit ile Üretilen Numunelerde Isı İletkenlik Katsayısı İle Çimento Miktarı Arasındaki İlişki



Şekil-5.7.2. Diyatomitli Üretilen Numunelerde Isı İletkenlik Katsayısı ile Birim Hacim Ağırlık Arasındaki İlişki

Şekil-5.7.2’de diyatomitli üretilmiş olan numunelerin birim hacim ağırlıkları ile ısı iletkenlik katsayıları arasındaki ilişki görülmektedir. B serilerinde birim hacim ağırlığın artması ile ısı iletim katsayısında da 0,83 korelasyon katsayısı ile lineer bir artış görülmektedir. Agregalar arasında bağ oluşturan çimento matriksinin daha yoğun hale gelmesi, birim hacim ağırlığını arttırdığı ve bunun bir sonucu olarak ısı iletim katsayısının da artış gösterdiği bilinmektedir. Birim hacim ağırlığı B serisine göre daha düşük olan D serisi ise gerek birim hacim ağırlığının düşük değerlerde olması gerekse agreganın granülometrisi özelliğinden dolayı, daha düşük ısı iletim katsayısına sahip olup, ısı iletim katsayısında birim hacim ağırlığın artması ile çok az bir artış görülmüştür

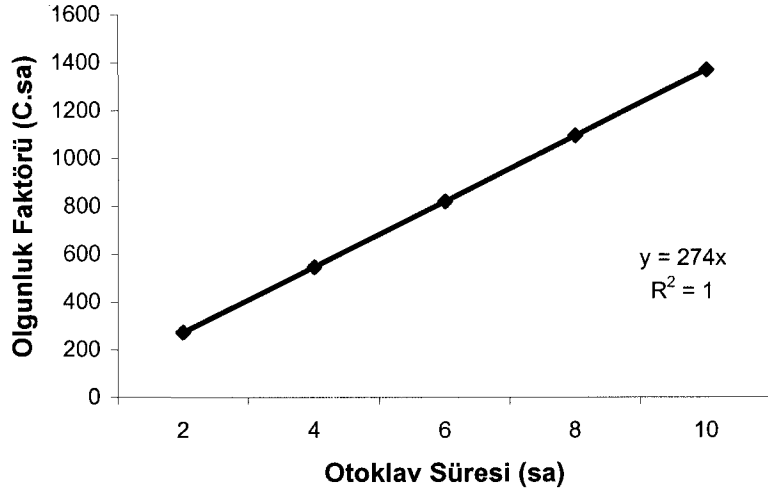


Şekil-5.7.3. Diyatomit ile Üretilen Numunelerde Isı İletkenlik Katsayısı ile Görünen Porozite Arasındaki İlişki

Diyatomit ile üretilen numunelerde, ısı iletim katsayısı ile görünen porozite arasındaki ilişki incelendiğinde (Şekil-5.7.3), porozitesi yaklaşık %37'den %50'ye kadar artan B serilerinde, gözenekli ortamın artmasından dolayı ısı iletim katsayısının azaldığı görülmektedir. %50-60 gibi yüksek oranda poroziteye sahip olan D serilerinde ise ısı iletim katsayısı B serisine göre daha düşük olmasına rağmen porozitenin daha da artması ile değişmemiştir. Bunun sebebinin de agregaya göre daha yüksek ısı iletim katsayısına sahip olan çimentonun bağlayıcı madde olarak kullanılması belirtilebilir.

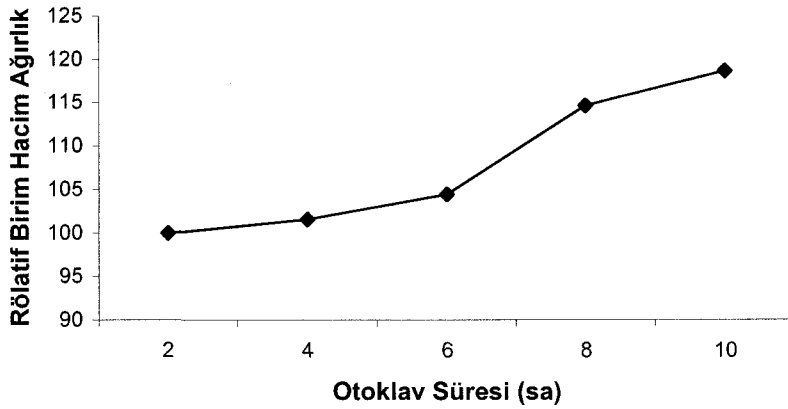
Diyatomit ile üretilmiş olan D serisine ait hafif blok elemanlar pomzadan imal doğal bims beton, boşluklu briket veya bloklar, gazbeton ve genleştirilmiş perlit hafif agregaları ile üretilmiş, ve aynı birim hacim ağırlığa sahip olan hafif blok elemanlara göre daha düşük ısı iletimlik değerine sahiptirler. (TS 825,1998, Çerçi,1997, Aydın,2001, Chen,2000)

5.8. Buhar Kürü Uygulaması



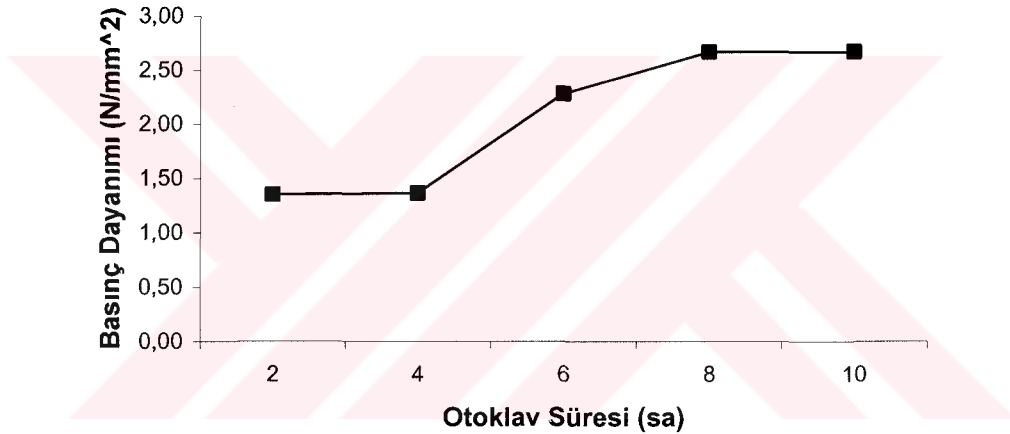
Şekil-5.8.1. Hafif Beton Harç Numunelerinin Olgunluk Seviyeleri Arasındaki İlişki

Otoklavda basınçlı buhar kürüne tabi tutulan diyatomitli hafif beton numunelerine ait olgunluk seviyeleri Şekil-5.8.1’de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi 2 saat otoklavda basınçlı buhar kürüne tabi tutulmuş numunelerin olgunluk seviyesi yaklaşık 270 °C.saate iken 10 saatlik kür sonunda olgunluk seviyeleri lineer bir artış ile 1370 °C.saate değerine ulaşmıştır.



Şekil-5.8.2. Hafif Beton Harç Numunelerinin Rölatif Birim Hacim Ağırlık Değerleri

Otoklav kürü sonrası numunelerin birim hacim ağırlıkları bulunmuş 2 saat kür edilen numunelerin birim hacim ağırlık değeri referans alınarak diğer kür saatlerindeki birim hacim ağırlıkları ile rölatif olarak karşılaştırılmıştır(Şekil 5.8.2). Şekilden de görüldüğü gibi bir günlük havada kürden sonra 4 sa. basınçlı buhar kürüne tabi tutulan numuneler, 2 sa. kür edilmiş olan numunelere göre, birim hacim ağırlıkları yaklaşık %3 oranında bir artış göstermiştir. Bu artışı, yine %5 artış oranıyla 6 sa., %15 artış oranıyla 8sa. kür edilmiş numuneler izlemekte olup, en yüksek birim hacim artışı da yaklaşık %20 oranında 10 sa. basınçlı buhar kürüne tabi tutulan numunelerde elde edilmiştir. Bu şekildeki birim hacim ağırlığının artışından, harç numunelerinin giderek daha yoğun bir malzeme haline geldikleri görülmektedir.

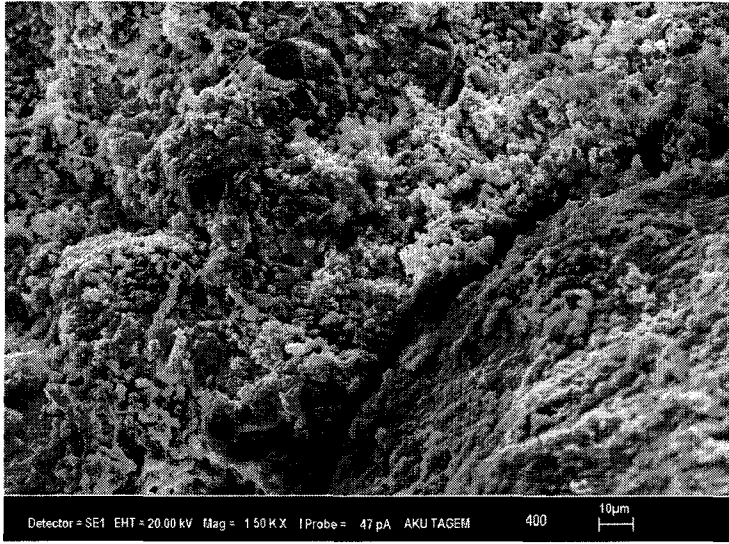


Şekil-5.8.3 Hafif Beton Harç Numunelerinin Basınç Dayanımı Değerleri

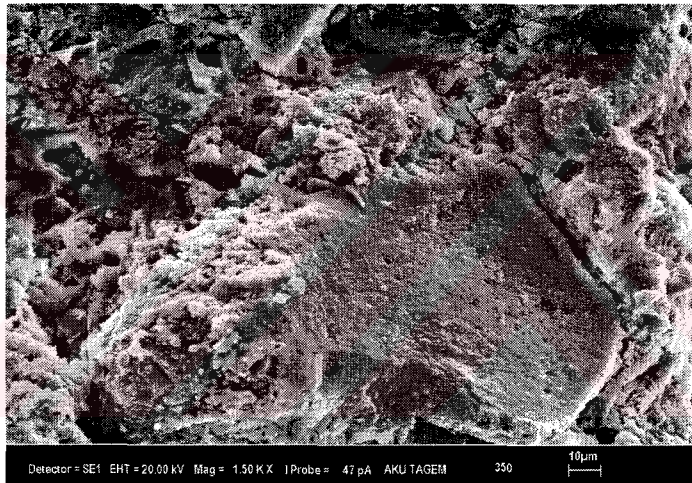
Şekil-5.8.3'deki basınçlı buhar kürüne tabi tutulan numunelerin basınç dayanımları arasındaki ilişki incelendiğinde, 24 sa. havada kür edildikten sonra 2 sa. otoklavda kür edilen numuneler yaklaşık 1.3 N/mm² bir dayanıma sahip iken 8 saat kür edilen numunelerin basınç dayanımları yaklaşık 2.67 N/mm² ulaşmış ve numunelerin 10 saat kür edilmeleri ile basınç dayanımı yine 2.67 N/mm² olarak sabit kalmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi numunelerin kür sürelerinin artışı ile basınç dayanımları da bir artışa sahiptir. 28 gün havada kür edilmiş olan numunelerin basınç dayanımları 1.95 N/mm² olarak elde edilmiştir. Dolayısı ile 10 sa. buhar kürü uygulanması ile numuneler 28 günlük dayanımlarına ulaşmışlardır.

5.9. Mikro Yapı

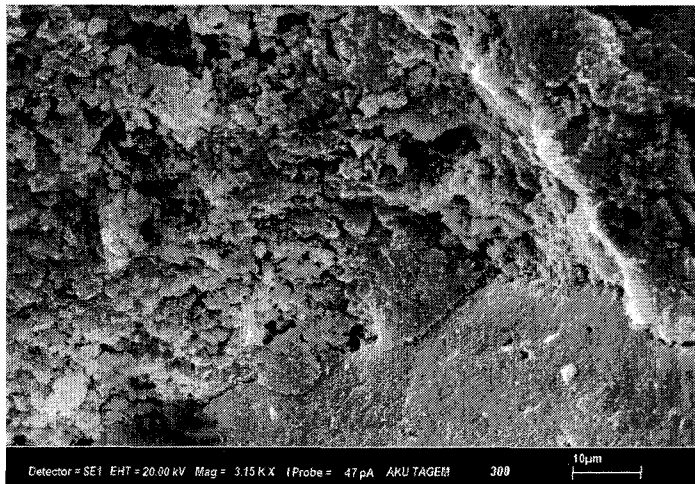
Betondaki matriks yapının oluşum ve gelişim sürecinin görülmesi, kullanılan malzemelerin mikro yapı ile ilişkileri ve eğer varsa meydana gelen zararlı durumların açıklamasını yapabilmek için betonun mikro yapısı incelenmektedir(**John,1998**). Diyatomit agregasının çimento ile etkileşimlerini incelemek için AKÜ, Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde 250, 300, 350 ve 400 dozlu diyatomit ile üretilen numuneler üzerinde SEM görüntü incelemesi yapılmıştır. Görüntüler 400, 350, 300 ve 250 dozlu numuneler için sırasıyla Şekil-5.9.1.a, b, c ve d'de verilmiştir. Her çimento dozuna ait numunelerin mikro yapıları incelendiğinde, yoğun bir C-S-H jelinin oluşmadığı görülmektedir. C-S-H jelinin oluşmamasında, numunelerin üretiminde kullanılan su/çimento oranının düşük olmasından dolayı olduğu söylenebilir. Yine şekillerden agrega ile çimento matrisi arasındaki temas yüzeyinde oldukça zayıf bağların olduğu görülmektedir. Beton üretiminde kullanılan çimentodaki kalker (CaO) miktarının artması ile betonda daha yoğun C-S-H jelleri oluşmaktadır(**Ertün,2003**). Üretimde su/çimento oranının düşük olması sebebi ile yoğunluğu düşük C-S-H jeli oluşması ve bu nedenle agrega-çimento pastası ara yüzeyinin zayıf olduğu söylenebilir. Agrega-çimento pastası ara yüzeyi betonun mukavemetini etkilemektedir(**Hewlett 1998, John 1998**) . Nitekim, diyatomit ile üretilmiş olan numunelerin basınç dayanımlarının da düşük olduğu yapılan dayanım testleri sonucunda görülmüş olup, bu durum üzerinde agrega-çimento ara yüzeyinde bulunan mikro çatlakların büyük etkisinin olduğu söylenebilir.



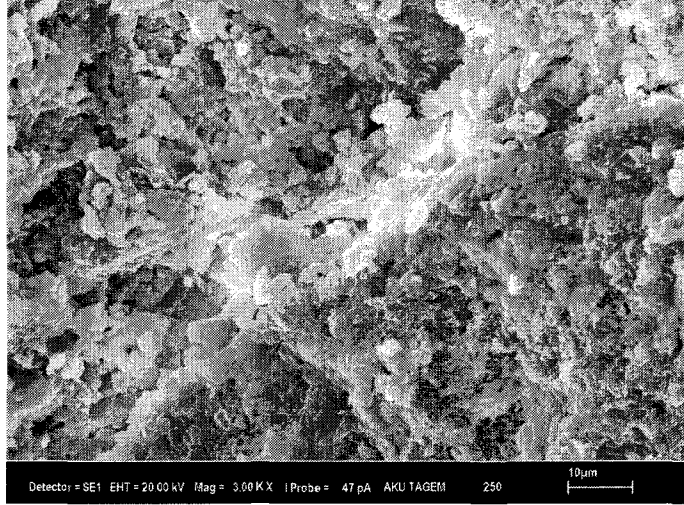
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil-5.9.1. Diyatomitle Üretilen 400 (a), 350(a), 300 (c), Ve 250 (d) Dozlu Numunelerin Agrega-Çimento Ara yüzeyi SEM Görüntüleri



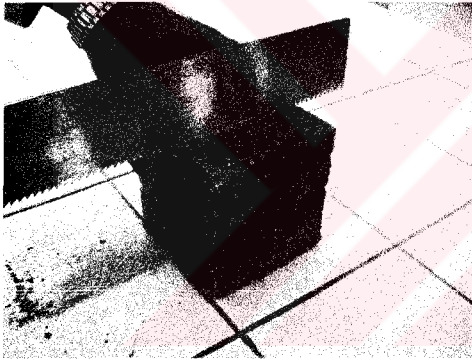
Şekil-5.9.2. Diyatomitle Üretilen 250 Dozlu Numunelerde Oluşan Etrenjitin SEM Görüntüsü

Şekil-5.9.2’de bulunan 250 dozlu numunelerin mikro yapıları incelendiğinde, iğnemsî bir şekilde oluşmuş olan etrenjit yapısı görülmektedir. Etrenjit, betonun içerisine giren sülfat iyonlarının etkisi ile oluşup, betonun dayanımını oldukça azaltmaktadır(Ertün,2003). Nitekim, 250 dozlu numunelerin 56 günlük basınç dayanımları, 28 günlük basınç dayanımlarından daha düşük olduğu, bunun sebebinin de numunelerin mikro yapısında oluşan etrenjitten dolayı kaynaklandığı söylenebilir. Oluşan etrenjitin sebebi ise, numunelerin üretiminde kullanılan çimentonun

hammaddesi olan klinkerde bulunan sülfattan dolayı olabileceğine bağlanabilir. 250 dozlu numunelerde birim hacimdeki bağlayıcı miktarının diğer numunelere göre daha az olması ve dolayısı ile numunelerin daha fazla boşluklu yapıya sahip olup, daha fazla su absorbe etmeleri de etrenjit oluşumu üzerinde etkisi olduğu düşünülebilir. Nitekim 250 dozlu numunelerin difüzyon katsayılarının da diğer çimento dozajındaki numunelere kıyasla oldukça yüksek olduğu elde edilmiştir.

5.10. Kesilebilirlik

Yukarıda bahsedilen deneyler dışında numuneler üzerinde kesilebilirlik deneyi yapılmış ve diyatomitin organik bir kayaç olması özelliğinden dolayı kol testeresi ile kesilebildiği görülmüştür(Şekil-5.10.1,a,b). Kesilebilirlik derecesi ahşap kadar kolay değildir.



(a)



(b)

Şekil-5.10.1. Diyatomitli Numunelerin Kesilebilirliği

5.11. Estetik

Numunelerin üretiminde bağlayıcı madde olarak çimento kullanılmış olması ayrıca estetik özellik de kazandırmıştır. Şöyle ki; günümüzde renkli beton üretiminde oldukça sık kullanılan renklendiricilerin, numunelerin üretiminde kullanılması ile çeşitli renklere blok elemanlar üretilerek mimari estetik sağlanabilmesi mümkündür. Bu özelliği ile de yapıya estetik açıdan farklı bir görünüm kazandırma imkanı mevcuttur.

6. SONUÇLAR

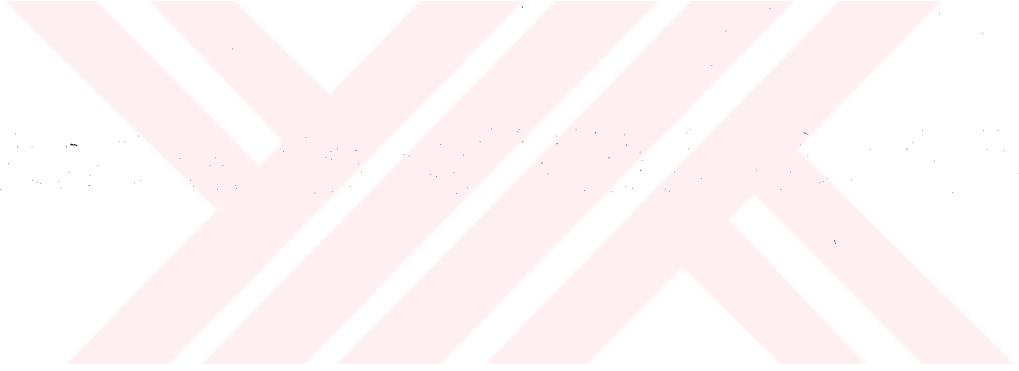
Diyatomitin ve diyatomit ile pomza agregasının birlikte kullanılarak üretilen hafif blok elemanların üzerinde yapılan fiziksel ve mekaniksel testler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Diyatomit ile üretilen numunelerin kuru birim hacim ağırlıkları, 1.07-1.2 kg/dm³ arasında değişirken, 7-56 günlük numunelerin basınç dayanımları da 2.5-8 N/mm² arasında değişmektedir. Bu değer, diyatomit+pomza ile üretilmiş numunelerde ise 3,95-5,15 N/mm² arasında değişmektedir. 400 dozlu numunelerin basınç dayanımları bims blok elemanlar ile yaklaşık eşdeğer olmasına rağmen ekonomik açıdan elverişli olmayabilir. Seriler arasında 28 ve 56 günlük en iyi basınç dayanımı da 400 dozlu D serilerinde elde edilmiştir.
- Numunelerin porozite değerlerinin artması ile birlikte ultrases hızlarında azalmalar olmuştur. Seriler arasında en yüksek ultrases hızı, 7 günlük numunelerde, 400 dozlu A ve B serilerinde elde edilirken, 28 günlük numunelerde, yine 400 dozlu B serilerinde elde edilmiştir.
- Seriler arasında 7 günlük numunelerde en yüksek porozite değeri, 300 dozlu A ve D serilerinde görülürken, 28 günlük numunelerde, 300 dozlu D serilerinde görülmüştür.
- Üretilen hafif blok elemanların difüzyon katsayıları, pomzadan imal edilmiş blok elemanlara göre oldukça yüksektir. Kullanılan agreganın özelliğinden dolayı numunelerin yüksek miktarda su absorbe etmeleri sakıncalı yönünü teşkil etmektedir. Ancak yan yüzeylerinin yalıtılması gibi önlemler alındığında bu sakıncalı durum ortadan kaldırılabilir. 28günlük serilerde en az difüzyon katsayısına sahip olan seri, 400 dozlu C ve D serileri olduğu görülmüştür.

- 28 günlük numunelerin 2sa. 600 °C'de bekletilmeleri sonucunda, diyatomitile üretilen numuneler üzerinde en fazla ağırlık kaybı, %20.85 oranında 250 dozlu numunelerde görülürken, en az ağırlık kaybı, %7.41 oranında 350 dozlu numunelerde görülmüştür. Diyatomitile üretilen numunelerde en fazla dayanım kaybı ise %74.06 oranında 250 dozlu numunelerde olurken, en az dayanım kaybı %4.07 oranında 400 dozlu numunelerde görülmüştür. Dayanım kaybı bakımından, normal betona ve diğer agregalardan mamül blok elemanlara göre oldukça iyidir.
- B ve D serilerinde yapılmış olan ısı iletkenlik deneyi sonuçlarına göre, B serilerinde 250 ve 400 dozlarında numunelerin ısı iletkenlik katsayıları sırasıyla 0.23-0.314 W/mK arasında değişirken, D serilerinin aynı çimento dozları arasında ısı iletkenlik katsayıları 0.23-0.233 W/mK arasında değerler almaktadır. Sonuç olarak ısı yalıtımı açısından D serileri daha uygundur.
- Otoklavda hızlandırılmış küre tabii tutulmuş olan hafif agregalı harç numunelerin 10 sa. gibi kısa bir sürede fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileşerek, 28 günlük numunelerin dayanımlarına ulaştıkları elde edilmiştir. Blok elemanların da seri üretim kapsamında otoklavda hızlandırılmış küre tabii tutulmaları sonucu kısa bir zamanda servise sunma imkanı sağlanabilmektedir.
- Numunelerin mikro yapıları incelendiğinde, her dozajdaki numunelerde agrega-çimento ara yüzeyinde mikro çatlaklar nedeniyle zayıf bağ oluşmuştur. Bu durum da basınç dayanımlarının düşük olması sebebinin ortaya koymaktadır.
- 250 dozlu numunelerde mikro yapıda, kullanılan çimentonun sülfatlı olması ihtimali ve numunenin boşluklu olması nedeni ile etrenjit oluştuğu söylenebilir. Oluşan etrenjit, 250 dozlu numunelerin 56 günlük basınç dayanımlarının 28 günlük basınç dayanımlarından daha düşük değerler almasına sebep olduğu da belirtilebilir.

- Numuneler üzerinde yapılmış olan kesilebilirlik deneyi sonucunda, diyatomitin organik bir kayaç olması özelliğinden dolayı testere ile kesilebildiği görülmüştür. Bu özelliği ile de istenilen ebatlarda kullanabilme imkanı sunmaktadır.

Sonuç olarak, diyatomit kayacının hafif agrega olarak gerek tek başına gerekse pomza ile birlikte hafif blok eleman üretiminde kullanılması ile, ısı yalıtımının fazla olması, yangına karşı dayanıklılığının yüksek olması ve basınç dayanımı açısından yalıtım amaçlı hafif beton sınıfına girmesi nedeniyle enerji tüketimi ve hammadde kaynaklarımızın değerlendirilmesi açısından hem ülke hem de birey ekonomisine büyük bir yarar sağlayacağı ümit edilmektedir.



7. KAYNAKLAR

Açıkalın, N.,1991 “Türkiye’de ve Dünya’da Diyatomit”, MTA Genel Müd. F.E.D. , ANKARA

ACI Committee 213, 1970. “Guide For Structural Lightweight Concrete”, American Concrete Institute, Committee 212 Report,Paris

Akman, S., 2000 “Yapı Hasarları ve Onarım İlkeleri”, İnşaat Müh. Odası İstanbul Şubesi, Aralık,İstanbul

Anderson,R.B. et.al.,1947,“Kieselgur, Suitability as Carriers in Catalysts”, Ind. Eng. Chem., Vol.39, 1618,

ASTM C330-69,1969,“Standart Specification for lightweight aggregates for structural concrete”, American Society For Testing And Materials

ASTM C1113-99, 2004, “Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique)”, American Society For Testing And Materials.

Aydın, N.,2001. “Pomza Taşından İmal Edilen Hafif Yapı Elemanlarının Isıl Performans ve Mukavemet Özelliklerinin Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi”, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Makine Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Niğde.

Bircan, A.1968,“Türkiye Diyatomit Envanteri”, MTA Yay. No = 138, ANKARA

Borat,M,1992,“Türkiye Diyatomitlerinin Özellikleri Ve Filtrasyon Karakteristikleri”, İTÜ, Fen bilimleri Enst.Doktora tezi

Bruvel, F.,1999 “Diatomite”, Department of Miner and Energy, Mineral Information Leaflet No.30, August

By Lloyd E, 1998 “Diatomite”, Department of Miner and Energy, Mineral Information Leaflet,

Chandra, S., Berntsson, L., 2002 “Lightweight Aggregate Concrete: Science, Technology and Applications”, William Andrew Publishing, Norwich, new York, USA, ISBN: 0-8155-1486-7

Chen, H.C., Liou, A.W., Yen, T., 2000 “Improvement of the Thermal Insulation of Lightweight Aggregate Concrete”, Cement and Concrete Technology in the 2000’s, Second International Symposium, 6-10 September, İstanbul

Conger, P.S., 1942 “ Accumulation Of Diatomaceous Deposits”, Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 12, No.2, August

Çerçi, S., Erten,E., 1997. “Hafif Beton Olarak Pomza”, I. Isparta Pomza Sempozyumu, s.106, 26-28 Haziran,Isparta,

Dal, A.R., 1998 “Niğde Yöresi Pomza Taşının Isı ve Ses Yalıtımında Kullanılmasının Araştırılması”, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Makine Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Niğde

Davraz, M., Gündüz, L., 1997, “Isparta Yöresi Pomza Taşının Hafif Yapı Elemanı Olarak Değerlendirilmesi”, I. Isparta Pomza Sempozyumu, s.89-96, Isparta, 26-28 Haziran.

Demirboga, R., Gül, R., Habib, U., and Düzgün, A. O., 2000 “The Effects of Silica Fume and Fly Ash on the Thermal Conductivity of Lightweight Aggregate” Concrete, *Proc. 2nd Int. Symp. Structural Lightweight Aggregate Concrete*, Kristiansand, Norway, pp. 483–501, Jun.

Demirboğa, R., Örüng, İ., Gül, R., 2001 “Effects of expanded perlite aggregate and mineral admixtures on the compressive strength of low-density concretes”, *Cement and Concrete Research* 31 (1627–1632),

Dolley, T.P., 2002,“Diatomite”, *Minerals Facts And Problems*, Unitet States Department Of The Interior.

DPT, 2001,“Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri IV Çalışma Grubu Raporu”, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Refrakter Raporu, DPT: 2621 - ÖİK: 632, ANKARA,.

DPT, 1996, “Afyon İl Raporu”, Devlet Planlama Teşkilatı, Bölgesel Gelişme Ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Yayın No. DPT:2465

DPT, 1996,“Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu”, Cilt – 2, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Refrakter Raporu, DPT : 2421 . ÖİK: 480 Mart,ANKARA,

DPT, 2001 “Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III (Pomza-Perlit-Vermikülit-Flogopit-Genleşen Killer)”, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT: 2617 - ÖİK: 628, Ankara,

DPT, 1996 “Çimento Hammaddeleri Ve Yapı Malzemeleri”, Cilt – 2, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Raporu, DPT : 2434 . ÖİK: 491 ANKARA, Nisan,

Erdoğan, T.Y. 2003, “Beton”, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayn. ve İletişim Şti, Ankara, Mayıs, s.395,396

Ertün,T., Başkoca,A.,Türker,P., 2003, “Kalkerli Çimentoların Sülfat Direnci”, 5. Ulusal Beton Kongresi, İMO, İstanbul Şubesi, 1-2-3 Ekim, İstanbul.

Faust, T., 2000 "Properties of Different Matrices and Lightweight Aggregate Concrete", Proc. 2nd Int. Symp. Structural Lightweight Aggregate Concrete 2000, Kristiansand, Norway, pp. 502-511, Jun.

Gündüz, L., 2004, "ISBAŞ Isparta Belediyesi Bims Yapı Elemanları San. ve Tic. A.Ş. GÇB-15 ve GÇB-19 Geçme Bims Blok Örneklerinin Teknik Analiz Raporu", Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, 02 Eylül, Isparta.

Güngör, N., Tombul, M., 1997 "Pomzanın Kullanım Alanı İle İlgili Özellikleri ve Mevzuatın Pomza Madenciliğine Etkisi", I. Isparta Pomza Sempozyumu, Isparta, 26-28 Haziran.

Hewlett, P.C.(Editor), 1998, "Lea's Chemistry of Cement and Concrete", Copublished North, Central and South America by John Wiley&Sons, Inc., Newyork, Toronto

Işık, I., 1984 "Diyatomit", A.Ü. Müh-Mim. Fak. Maden Müh. Böl. S.81-98 Eskişehir,

İhtiyaroğlu, E., 1984 "Tabii Hafif Agregalarla İmal Edilen Hafif Beton Blokların Duvar Elemanı Olarak Özelliklerinin Tayini Üzerinde Araştırmalar", İmar ve İskan Bakanlığı yayımları, No: 5-76, s.61, Ankara,

John, D.A. St, Poole, A.B. and Sims, I., 1998, "Concrete Petrography", Copublished North, Central and South America by John Wiley&Sons, Inc., Newyork, Toronto.

Kakaç, S., 1976 "Isı Transferine Giriş-I: Isı İletimi" Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Ekim.

Konuk, H., 2003 "Hafif Agregalı Betonların Mekanik Özellikleri ve Isı Yalıtımı", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bil. Ens., Ocak

Kutlu,Ö., 2001 "Change of Thermal Conductivity and Critical Radius in Porous Media", Master of Science in Mechanical Engineering Department, January,.

Lydon FĐ. 1982 "Concrete Mix Mesign". 2nd ed. London: Applied Science Publishers;.

Meisenger,A.C. 1985 "Diatomite", Minerals Facts And Problems, United States Department Of The Interior, p.p. 249-254

Mete, Z. 1982 "Kimi Batı Anadolu Diyatomit Yataklarının Özelliklerinin İncelenmesi ve Kullanımı Alanlarının Araştırılması", Doçentlik Tezi, E. Ü. Kimya Fak. Kimya Müh. Böl., İZMİR,.

Mindess S, Young JF. 1981 "Concrete". Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Mirza,F.A., Soroushian,P., 2002 “Effects of alkali-resistant glass fiber reinforcement on crack and temperature resistance of lightweight concrete”, Cement & Concrete Composites 24 (223–227).

Neville, A.M., 1993 “Properties of concrete”, Longman and Scientific & Technical, pp.647.

Onaylı,S., 2002, “Binalarda Isı Yalıtımı Ve Son Teknolojik Gelişmeler”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Petzold, A. And Röhrs, M., 1970 “Concrete For High Temperatures”, Maclaren and Sons, London,.

Postacıoğlu, B, 1987, “Beton” Cilt-2, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, s.340.

Rilem, 1978 “Functional Classification of Lightweight Concretes”, Recommendation LC 1, Second Ed.,

Rivera-Villareal, P., 1994 Ancient Structural Concrete in MesoAmerica, ACI Spring Convention, San Francisco, CA, Mar.21.

Sancak,E., 1999 “Hafif Agregalı Beton Blokların Mekanik Özellikleri Üzerine Çelik Lif Kullanımının Etkisi”, S.D.Ü., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Seelev, W. 1949 “Industrial Minerals and Rocks”, Second Edition

Sezgin, M., 1999 “Diatomitin Hafif Yapı Eldesinde Değerlendirilebilirliği”, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. A.B.D.,Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Söylemezoğlu,S., 1997 “Niğde Yöresi Hafif Yapı Malzemelerinden Pomzanın Mineralojik-Petrografik İncelenmesi”, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens.,Jeoloji Müh., Yüksek Lisans Tezi, Niğde, Eylül.

Thomas P. Dolley and Phillip R. Moyle, 2003 “History and Overview of the U.S.Diatomite Mining Industry, with Emphasis on the Western United States”, <http://pubs.usgs.gov/bul/b2209-e/>, July 24.

Topcu, İ.B., 1997, “Semi-lightweight Concretes Produced By Volcanic Slags”, Cement and Concrete Research 27 (1) pp.15– 21.

Topçu, İ.B., “Hafif Beton Özelliklerinin Kompozit Malzeme Olarak İncelenmesi”, İ.T.Ü. Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, İstanbul(yayımlanmamış)

TS 825, “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”,1998, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
TS 1114, “Hafif ağırlıklar-Beton İçin”, 1986, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 2511, “Taşıyıcı Hafif Beton Karışım Hesap Esasları”, 1977, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 206-1 “Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”, 2000, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 2823, “Bims Betondan Mamul Yapı Elemanları”, 1986, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 9773, “Diyatomit-Isı Yalıtımında Kullanılan”, 1992, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Urhan,S., 1993 “Hafif ve Çok Hafif Betonların Karakteristik Özellikleri ve Teknik Kapasiteleri”, Türkiye Mühendislik Haberleri, No.369.

Uğur,İ., 2001, “Doğal Yapı ve Kaplama Taşlarının Ses Akustiği Ve Kayaç Parametreleri İle İlişkisinin İncelenmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Isparta.

Uyan,M., 1975, “Beton ve Harçlarda Kılcallık Olayı”, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul.

Uysal,H., 1993 “Kocapınar Pomzası İle Üretilen Hafif Betonun Isı Geçirgenliğinin Araştırılması”, Atatürk Üniversitesi, Fen Bil. Ens., İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yük.Lis. Tezi.

Ünal,O., Çankıran,O., Sancak, E., 1997 “Hafif Blok Eleman Üretiminde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri ve Teknik Kapasiteleri”, I. Isparta Pomza Sempozyumu, s.89-96, Isparta, 26-28 Haziran.

Ünal,O., Demir,İ., Uygunoğlu,T., 2003 “Pomza Ve Diyatomitin Hafif Blok Eleman Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması”, III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Maden Müh. Odası, İstanbul, 3-4 Aralık

Yang,C.C., Huang,R. 1996 “A Two-Phase Model For Predicting The Compressive Strength Of Concrete”, Cement and Concrete Research.;26(10):1567–77.

Yazıcı,H., Türkel,S., Baradan,B., 2000 “High Temperature Resistance of Pumice Mortar”, Cement and Concrete Technology in the 2000’s, Second International Symposium, pp. 460-461, İstanbul, 6-10 September,.

Yeğınobalı, A., 2002 “Structural lightweight Concretes Produced with Natural Lightweight Aggregates in Turkey”, International Congress of the Precast Concrete Industry, BIBM, 1-4 Mayıs, İstanbul, Türkiye

Yıldız,A., 1997 “Seydiler (Afyon) Diyatomit Cevherinin Jeolojisi ve İzolasyon Tuğlası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, AKÜ, Fen Bil. Ens. Yük. Lis. Tezi, Afyon.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi esnasında büyük bir sabır göstererek, yardımlarını ve ilgisini esirgemeyen, çok değerli danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Osman ÜNAL'a,

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi olarak tüm gücüyle desteğini gösteren çok kıymetli eşime ve aileme,

Bu çalışmayı Yüksek Lisans Bursu olarak destekleyerek büyük bir katkı sağlamış olan Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği'ne,

Bu çalışmanın deneysel aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd.Doç.Dr.Ahmet YILDIZ'a, Osman GENCEL'e, Özgür ELMACI'ya ve çok değerli ve kıymetli Yapı Eğitimi Bölümü Öğretim Üyeleri ve Elemanlarına,

Numunelerin ısı iletim katsayılarının belirlenmesinde yardımcı olan Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Müh. Bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Yrd.Doç.Dr.Dilek KUMLUTAŞ'a teşekkürü borç bilirim.

Tayfun UYGUNOĞLU

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İzmir'in Ödemiş İlçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini burada tamamladıktan sonra 1997 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Öğretmenliği Bölümünü kazandı. 2001 yılında Fakülte 1.'si olarak lisansını tamamladı. 2001-2002 Eğitim Öğretim döneminde İzmir'in Beydağ ilçesinde bulunan Atatürk İlköğretim okulunda 1 yıl süre ile sözleşmeli İngilizce öğretmenliği yaptı. 2002 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen aynı görevini sürdürmektedir. Yabancı dili İngilizcedir. Evlidir.

