

Pomza Kayacı Karakteristik Özellikler ile Isı Yalıtım İlişkisinin Analizi

S.Demirdağ & L.Gündüz

Suleyman Demirel (üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İhvanı. Türkiye

ÖZET Pomza taşının kullanımı, günümüz teknolojisinde farklı endüstri alanlarında giderek artan bir eğilim görmektedir. Pomza, çoğunlukla inşaat sektöründe hafif yapı elemanı olarak kullanılmaktadır. Yapılarda ısı yalıtımını sağlayan başlıca etmen kullanılan yapı malzemesi ve malzemenin ısısal özellikleridir. İnşaat sektöründeki uygulamalarda gözenekli halli agregaların ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Bu makalede, pomza taşı oluşumlarının, ısısal özellikleri üzerine yapılmış detaylı analizler sunulmuştur. Ayrıca, pomza taşının ısı yalıtım agregası olarak kullanılabilirlik kriterleri tartışılmıştır.

ABSTRACT: In current technology, the usage of pumice stone shows a gradually using trend in different industrial areas, in majority, it is used as a lightweight building material in civil engineering applications. The basic factor for heat insulation in buildings is the construction material used and its thermal properties. The usage of porous lightweight aggregates is becoming common world wide as a heat insulation material. In this paper, the detailed research findings on the thermal properties for the pumice stones were presented. Furthermore, the suitability of using the pumice as heat insulation aggregates in the construction industry were discussed.

I GİRİŞ

Ülkemizde günümüz yapı endüstrisi açısından pomza, hafif ve gözenekliliği sebebiyle önemli bir malzeme haline gelmiştir. İnşaat sektöründe yapı elemanı olarak farklı türlerdeki betonlar, inşaatlarda blok sekiminde dolgu elemanı olarak değerlendirilmesi gün geçtikçe artmaktadır, inşaat sektöründe olduğu kadar, maden mühendisliği disiplini açısından da pomza kayacı sektöründe anlamda giderek büyük bir önem kazanmıştır. Pomza aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve iç yapısı itibarı ile inşaat sektöründe kullanılan doğal yapı agregası sınıfına girer. Bilindiği gibi inşaat edilen konutlarda kullanılan malzemenin hafifliği, binanın ölü ağırlığının düşük bir değerde olmasına doğrudan bir etken olmasının yanı sıra, diğer bir özelliği de konutlardaki ısı yalıtımını en optimum şekilde sağlamasıdır. Bu özelliği sağlaması için kullanılan yapı elemanlarının belirli bir ısı yalıtım değerine sahip olması gerekmektedir.

Pomza agregalı yapı elemanları üzerine, sınırlı sayıda çalışmalara rastlamak mümkün olabilmektedir. Ancak, bu araştırmalarda üzerinde durulmamış bir husus ise yapı

elemanlarında kullanılan pomzanın genel karakteristik özelliklerine bağlı olarak ısı yalıtım değerlerinin belirlenmesidir. Bu çalışmada, blok üretiminin yapıldığı kayacın kaya mekaniği parametreleri, özellikle porozitesi ve boşluk bağ yapısı ile ısı iletkenliği arasındaki ilişki incelenmektedir. Bu bağlamda, pomza üzerinde yapılan ayrıntılı deneysel ve ince kesit çalışmalarından elde edilen parametrik bulgular ve gözlemler ile, malzemenin ısısal özelliklerini tanımlamak amacıyla ampirik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Bu makalede, yapılan analiz bulguları tartışılarak pomza agregalı blokların ısı yalıtım değerleri ile ilgili değerlendirmeler verilmektedir. Bu çalışmada elde edilen teknik bulgularla, ısısal konforun öneminin ön plana çıktığı günümüzde, pomza kayacının ısısal karakteristiğinin hammadde ve ürün bazında değerlendirilebilirlik kriterleri tanımlanmıştır. Bu açıdan, günümüzde sıklıkla sorulan bir teknik konuya ışık tutulmaya çalışılmıştır.

2 POMZA KAYACININ ISISAL ÖZELLİKLERİ

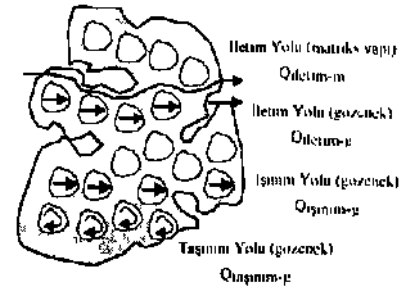
Pomza kayacı, boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde olunmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında, bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçüğe kadar sayısız gözenek içerebilmektedir. Bu olgu, pomza taşının karakteristik olarak birim ağırlık açısından oldukça hafif bir malzeme olmasını sağlamaktadır. Pomza oluşumlarında, genellikle mikro gözenekler arası bağlantısız boşluklu, makro gözenekler arasında ise kılcal kanalcıklar şeklinde bağlantı boşlukları gözlenebilmektedir. Malzeme bünyesinde, içerdiği gözenekler gözle görülebilecek boyutlardan, mikroskobik boyutlara kadar sayısız miktarda olup, her biri diğerinden camsı bir zarla ayrılmıştır (Gunduz 1998).

Pomza kayacı doğal agrega olarak, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişime maruz bırakılmaksızın, farklı iane boyutlarında serbest taneler halinde ısı yalıtım amaçlı bir malzeme olarak kullanılabilir. Bu bakımdan, pomza agregalan, teknolojik olarak higroskopik bir malzeme ve pratikte montaj için fazla nem gerektirmeyen bir yalıtım elemanı türü olarak da tanımlanabilmektedir (Gündüz, 1998). Günümüzde modern uygulamaların yanı sıra, ısı yalıtım amaçlı geleneksel uygulamalar da >er almaktadır. Bunun en açık örneğini, pomza ianelerinin binalarda ısı yalıtımı amaçlı malzeme olarak kullanımını görebilmekteyiz. Ayrıca, pomza agregalan, hafif yapı elemanı blokların elde edilmesinde hafif agrega olarak ve yalıtım amaçlı hafif beton üretimlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

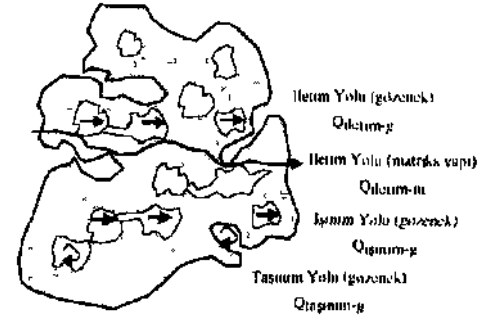
Bir malzeme içinde boyutları, şekilleri ve dağılımlarıyla gözenekler, ısı iletim özelliğine ve nem tutumuna elki ederler. Gözeneklerde bulunan havanın çok sayıda mikroskobik gözeneklere dağılması olumlu bir durumdur. Suya karşı büyük gözenekler elverişsizdirler ve ısı iletim özelliğini fark edilir ölçüde artırır. Aynı malzemenin iki farklı örnek, yaklaşık aynı yoğunluğa ve gözenek hacmine sahip olabilirler, fakat ısı ahitmleri da aynı şekilde farklı olabilir. Ortalama gözenek çapı küçüldükçe ve/veya gözenek oranı azaldıkça, malzemenin çevresel etkileşim faktörlerinden etkilenme özelliği iyileşecektir. Bu bakımdan, hücre duvarlarının malzeme içine kesinlikle nem iletmeyecek kadar sızdırmaz olduğu durumlar özellikle arzu edilen malzeme yapılarıdır.

Kütlesel yalıtım, içi ha'a veya gaz dolu hücreli, lifsi ve >a tanecik şeklinde boşluklar içeren kanlardan oluşmaktadır. Bu boşluklar, ısı geçişini engellemektedirler (Sirother & Turner, 1990). Pomza oluşumları, gözenekli bir yapıda ve gözenek geometrisi ile oluşum dinamiğine bağlı olarak

hücreli, lifsi ve tanecik şekilli boşluklar içeren bir kayaç yapısına sahip olması nedeniyle, kütlesel yalıtım sağlayan bir malzeme türüdür. Kütlenin bir yüzünden diğer yüzüne olan ısı geçişi, iletim, taşınım ve ışıma yoluyla olmaktadır. Katı içindeki boşluklar, ısı tabaka şeklinde, ısı lifsi, ısı hücreli veya tanecik şeklinde olsun, bu üç tür ısı geçişi olgusu kütlesel yalıtımında görülebilmektedir (Stromer & Turner 1990). Pomza kayaç yapısında ısı geçişi, iletim, taşınım ve taşınım mm bir karması şeklinde görülmektedir. Bu olgu, hücreli ve tanecik şekilli boşluklar içeren pomza kayaç oluşumları için sembolik olarak Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. ısı geçişi, ısı geçiş yolunun uzunluğu, sıcaklık, sistemin sıcaklık farkı karakteristikleri ve çevresel faktörler ile konimi edilmektedir (Genceli & Özgüç 2000).



Şekil 1 Hücreli boşluk yapısına sahip pomza oluşumunun ısı geçişi olgusu.



Şekil 2 Tanecik şekilli boşluk yapısına sahip pomza oluşumunun ısı geçişi olgusu.

Pomza kayacının ısı yalıtım değerinin daha verimli olması için, kütlesel yalıtımı oluşturan tabakalı, lifsi, hücreli veya tanecik şeklindeki boşluklar arasında çok küçük bağlantıların olması gerekmektedir. Ayrıca, kayaç yapısına yayılacak şekilde daha küçük ve daha sık olması aranan özelliklerin başında gelmektedir. Boşluklar arasındaki mesafelerin daha büyük olması, ışıma ile ısı geçişini engellemektedir.

(Strother & Turner, 1990). Şekil 1 ve 2'de görüldüğü gibi toplam ısı akışı "Q" kütleli yalıtım boyunca, bir yüzeyden diğer tarafa ısıtım, iletim ve taşınım ile geçen bütün ısıların toplamıdır (Strother & Turner, 1990) (Eşitlik 1).

$$Q = Q_{iletim-m} + Q_{iletim-g} + Q_{taşınım-g} + Q_{taşınım-m} \quad (1)$$

Pomzanın ısı yalıtım amaçlı kullanımı, kayacın ısı iletilenlik değeri () ile doğrudan ilgilidir. Bu parametre, kayacın atomları arasındaki bağ kuvvetlerine, iç yapısına, boşluk miktarlarına, bünyesinde bulundurduğu nem miktarına bağlı olarak değişimler göstermektedir. Bu bakımdan, pomza kayacının ısı iletilenlik katsayısı değerini belirlerken özellikle şu değerlendirmelere önemle dikkat etmek gerekmektedir:

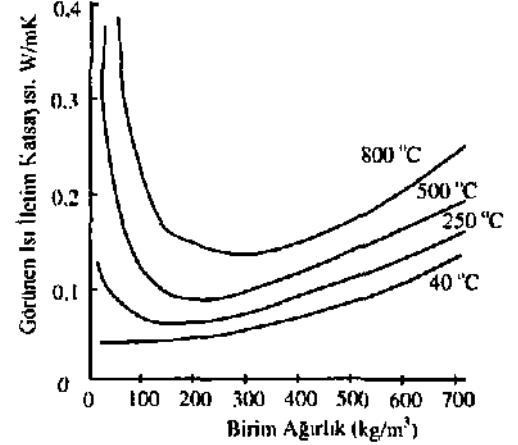
- Kayacın boşluk oranı ve boyut dağılım değeri.
- Kayacın birim ağırlığına bağımlı ısı iletilenlik değeri.
- Kayacın nem içeriğine bağımlı ısı iletilenlik değeri.

Tabakalı, lifsi, hücreli ve tanecikler şeklindeki boşluklara sahip kütleli malzemelerde ısı iletilenlik değeri, malzemenin birim ağırlığı ile değişmektedir. Isı, çok az sayıda fakat geniş hava boşluklarını içeren düşük birim ağırlıktaki malzemelerde, bir yüzeyden diğer bir yüzeye daha kolayca geçebilmektedir (Strother & Turner, 1990). Bunun doğal bir sonucu olarak da, birim ağırlık arttıkça katı malzemelerin ısı iletilenlik değeri artmaktadır. Bununla birlikte verilen sıcaklık ve yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı sonucunda, verimli bir şekilde ısı akışını azaltan optimum bir birim ağırlık değeri vardır (Genceli & Özgüç, 2000). Bu durum sembolik olarak Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu durum ASTM-C177, ASTM-C518 ve ASTM-C687 standartlarında önemle vurgulanmaktadır. Birim ağırlık, verilen sıcaklık, ısı farklılıkları ve doğrudan ısı akışı, ısı iletilenlik ve ısı direnci ölçümlerinde tanımlanması gerekli bir büyüklüktür. Ancak, bir çok malzeme türü için, bu bağlamda malzemeleri kullanıma sunan kurum ve/veya kuruluşlarca verilmediği görülmekte olup, bu da, malzemelerin ısı iletilenlik hususunda değerlendirilebilirliğini zorlaştırmaktadır (Strother & Turner, 1990).

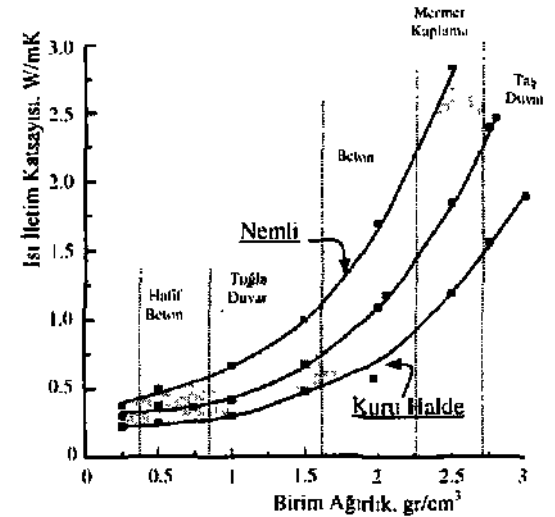
Yapılan teknik analiz ve gözlemler sonucunda elde edilen genel tecrübeler göstermiştir ki; farklı tür malzemelerin ısı iletilenlik değerlerine malzemenin boşlukları ve birim ağırlık değişimi önemli derecede etki etmektedir. Şekil 4'le inşaat sektöründe kullanılan kayaç esaslı malzemelerin birim ağırlık değerlerine bağımlı ısı iletilenlik değişimleri grafik olarak gösterilmiştir.

Şekil 4'den de görüldüğü gibi, hafif ve boşluklu malzemelerde, ısı iletilenlik değeri düşük, ağır ve boşluklu/* malzemelerde ise ısı iletilenlik değeri

daha yüksektir. Malzemenin içerdiği nem miktarı, ısı iletilenliğini artıran bir faktör olarak görülmektedir. Genelde l değeri düşük olan malzemeye yalıtkan, büyük olan malzemeye ise iletken malzeme tanımlaması yapılmaktadır.



Şekil 3. Sıcaklık-birim ağırlık ve ısı iletilenlik ilişkisi (Genceli & Özgüç, 2000).



Şekil 4. Farklı tür malzemelerde birim ağırlık-ısı iletilenlik katsayısı değişimi.

Tüm yalıtım malzemelerinde olduğu gibi, pomza kayacının görünen ısı iletilenlik katsayıları, şekilleri ve fiziksel yapıları, ortam ve uygulama durumlarına göre değişiklikler gösterir. Tipik değişiklikler, yoğunluk, boşluk büyüklüğü, çap, lif ve taneciklerin düzeni, bağlayıcı malzemelerin yayılışı ve derecesi, ısı ışınlamına geçirgenlik, yalıtkan içindeki gaz

basıncı ve cinsi olarak sıralanabilir (Genceli & Ozguc, 2000)

Yukarıda verilen genel bilgilerin ışığında. Türkiye'de bulunan pomza oluşumlarını incelemek amacıyla bir dizi deneysel araştırma çalışması yapılmıştır. Araştırmada 5 değişik bölgeden farklı karakteristik yapılara sahip pomza örnekleri ele alınmış olup. her bir örnek farklı şekilde kodlanmıştır. Pomza örneklerinin araştırmada kullanılan kodları, fiziksel özellikler ve kimyasal içerikleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1 Pomza örneklerinin fiziksel özellikleri.

Pomza	Ozgul Ağırlık kg/m ³	Birim Ağırlık ke/m ³	Su Emme Oranı
PONZ PB	2327	640	28
PONZ PH	2320	670	24
PONZ PG	2518	460	37
PONZ TM	2340	420	42
PONZ GL	2510	850	22

Çizelge 2 Pomza örneklerinin kimyasal özellikleri

	PONZ PB	PONZ PH	PONZ PC	PONZ TM	PONZ GL
SiO ₂	72	70.5	68.5	66.8	59
Al ₂ O ₃	12.5	13	14	14.75	16.6
Fe ₂ O ₃	1.1	1.2	3.1	2.85	4.8
MgO	0.2	0.2	0.95	0.80	1.8
CaO	0.7	1.15	2.9	2.95	1.8
Na ₂ O	UX)	3.75	4.10	4.95	5.2
K ₂ O	4.30	4.55	2.75	2.75	5.4

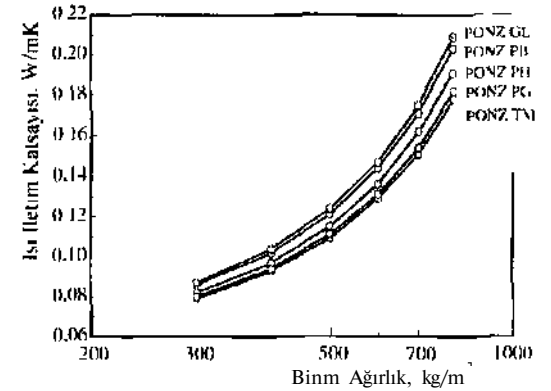
Birim ağırlık değeri, pomza tanelerinin sıkışık veya gevşek, kum veya rutubetli olmasına göre değişik değerler almaktadır. Pomza tanelerinin granülometrik olarak boyutları büyüdükçe, birim ağırlık değerleri de düşmektedir (Gündüz ve Liğur, 2003). Bu olgu kapsamında, incelemede ele alınan pomza örnekleri üzerinde yapılan teorik-teknik inceleme bulgularına göre, pomzanın serbest granule halde gevşek birim ağırlıkları ile gözeneklilik oranına bağımlı ısı iletkenlik katsayısı (X) arasında korelasyonel ilişkiler araştırılmış ve tane boyut dağılımı ve yoğunluğuna bağımlı ısı iletim katsayısı değerleri belirlenmiştir. Pomza oluşumlarının kuru durumunda birim ağırlık değerlerine bağımlı, ısı iletim katsayısı değerleri Şekil 5 'de verilmiştir.

Pomza örneklerinin granülometrik değişimi ve ısı iletim katsayıları arasındaki değişim karakteristiği örnek olarak Şekil 6'da verilmiştir.

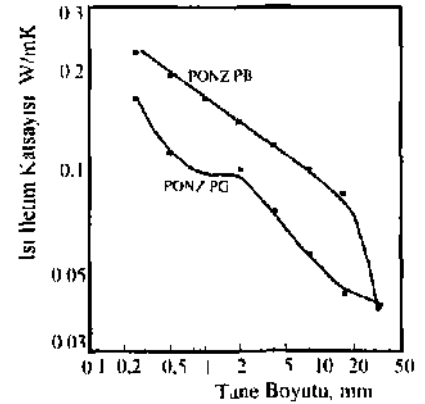
Bütün katı kütlelerde olduğu gibi, pomza kumunun ısı yalıtımındaki temel ilkesi, matris yapının çok sayıda ve çok küçük hava boşluklarına sahip gözeneklere sahip olmasıdır. Bu küçük hava boşlukları hava taşımamaya engellemektedir (Strother

& Turner, 1990). Yukarıdaki paragraflarda da değinildiği gibi, bu tür yalıtkanlar kullanmak avantajdır.

Havanın iletkenliği 21°C de çok düşüktür. Havanın ısı iletkenlik değeri 0.022 W / mK'dır. Yalıtkan malzemeler ıslak veya nemli olursa hava boşlukları suyla dolmaktadır. Suyun iletkenliği 0.62 W / mK'dır. Bu iletkenlik, havanın iletkenliğinden 28 kat daha büyüktür. Bu nedenle, nem veya su içeren malzemelerin ısı iletkenliği artmakta, ısı direnci ise azalmaktadır (Strother & Turner, 1990).



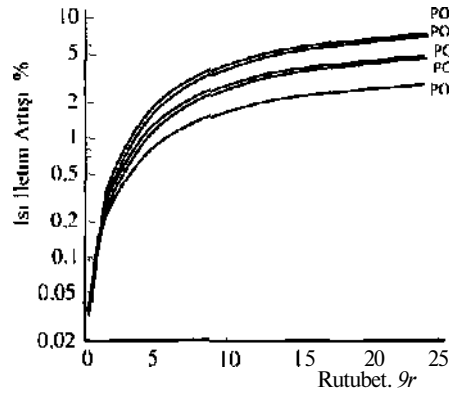
Şekil 5 Pomza örneklerinin binin ağırlık-ısı iletim karakteristiği



Şekil 6 Nevşehir pomza örneklerinin granülometri-ısı iletim karakteristiği

Yukarıda belirtilen genel olgu kapsamında, araştırmada ele alınan pomza örneklerinin ısı iletim karakteristiği kuru bazda oldukça düşük değerlerde olup, yalıtkan malzeme özelliği sergilemektedir. Ancak, pomzanın içinde bulunduğu atmosfer koşullarına göre, nem alma veya suya maruz kaldığı bölge ve kullanım serlerinde, bünyesinde rutubet bulundurduğu durumlarda, bu karakteristiğinin ne ölçüde değişebileceği detay olarak ayrı bir inceleme

konusu olmaktadır. Bu amaçla, pomzanın rutubet durumuna göre, ısı iletimindeki değişim olgusu detay olarak incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre, pomzadaki rutubet oranı arttıkça, ısı iletim katsayısı değerinin arttığı gözlenmiştir. Diğer bir değişle, gözeneklerin suya doymun hale gelmesi ile yalıtkanlık özelliği zayıflamaktadır. Bu açıdan, pomzanın ısı yalıtım malzemesi olarak kullanımında, yüksek oranlarda rutubetin bulunmaması arzu edilmektedir. Pomza örnekleri üzerinde yapılan rutubet oranı-ısı iletim katsayısı ilişkisi analizlerinin parametrik bulguları Şekil 7'de verilmiştir

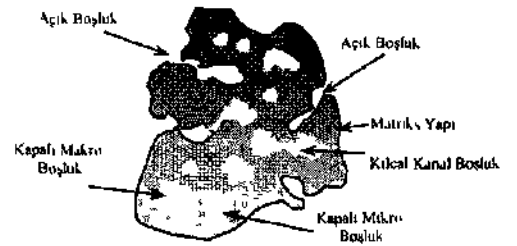


Şekil 7 Pomza örneklerinin rutubet içeriği - ısı iletim karakteristiği analizi

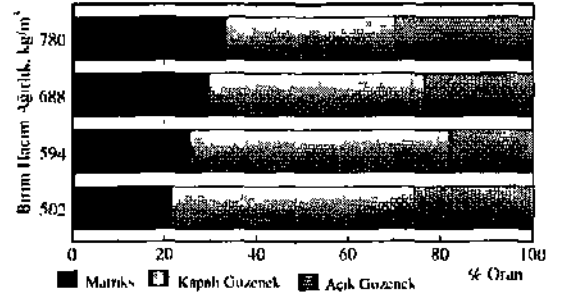
Pom/a örneklerinin ince kesitleri üzerinde yapılan bir dizi incelemede, *malzeme* iç yapısında birbirinden çok farklı geometrik şekiller gösteren boşluk dağılımlarının varlığı belirlenmiştir. Pomzanın yapısında bulunan boşluk oluşumlarının, malzeme karakteristiğine ne ölçülerde etki ettiği ve endüstriyel olarak kullanım amacına göre bu boşluk oluşumlarının bir kalite faktörü olarak irdelenebilirliği üzerine bir yaklaşım geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu yaklaşımda, pomza yapısında bulunan boşluk oluşumları iki ayrı kategoride ele alınmıştır. Bunlar, açık boşluklar ve kapalı boşluklar. Boşluklu bir malzeme yapısı, hacimsel dağılım olarak bir kısmı açık boşluklardan, bir kısmı kapalı boşluklardan ve geri kalan kısmı ise malzemenin katı olarak bulunan matris yapısından oluşmaktadır (Gündüz v.d. 2000). Bu bakımdan, pomza malzeme yapısı olarak, açık ve kapalı boşluklardan oluştuğuna göre, bu boşluk dağılım oranlarının belirlenmesi gerekecektir. Pomzanın yapısal durumu Şekil 8'le gösterildiği gibi sembolize edilebilir.

Pomzadaki açık boşluklar, agrega tane boyutuna bağımlı olarak, farklı tane boyut gruplarına sınıflandırılmış ve her bir tane boyutundaki agrega

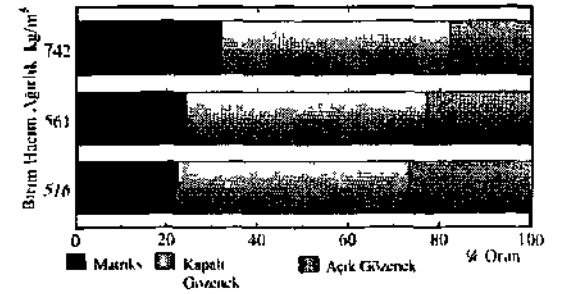
malzemenin, su emme oranları bağlamında belirlenmiştir. Malzemenin birim hacim ağırlık değerinin, özgül ağırlık değerine oranı olarak malzemenin doluluğu belirlenmiştir. Malzeme yapısında hacimsel olarak geri kalan kısım ise, pomzanın kapalı boşluk oranı olarak tanımlanmıştır. Yapılan bu incelemelere göre, farklı karakteristik yapılarıdaki pomza örneklerinin, boşluk ve doluluk oranları tespit edilmiş olup, analiz bulguları Şekil 9 - Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 8 Pomzanın sembolik yapısal durumu



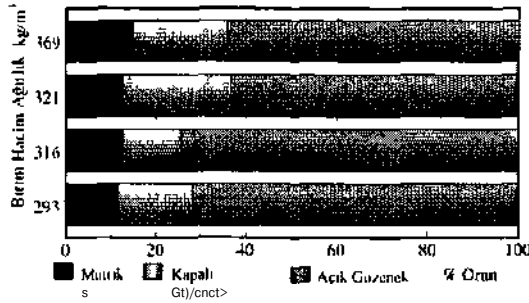
Şekil 9 Pomza kayacının birim ağırlık - boşluk oranı ilişkisi (PONZ PB)



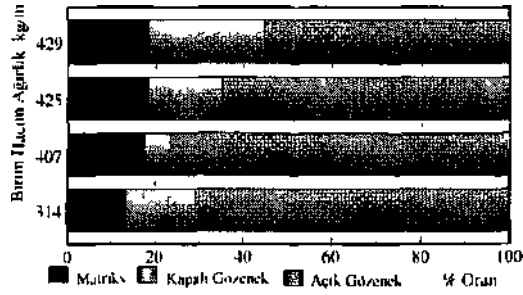
Şekil 10 Pomza kayacının birim ağırlık - boşluk oranı ilişkisi (PONZ PH)

Pomzanın ısı yalıtım amaçlı olarak kullanımında, farklı tane boyutlarında ve birim ağırlık değerlerindeki agregaların, kapalı boşluk oranlarının az miktarlarda olması arzu edilmektedir. Çünkü, kapalı boşluk oranı fazla olan pomza agregaları, geç surede suya doymun hale gelmekte olup, çok uzun

zaman sürecinde de bu gözeneklere emilen suyu atabilmektedir. Yukarıda da değinildiği gibi, pomza bünyesinde suyun bulunması durumunda, suyun havaya oranla 28 kat daha fazla iletken bir ortamı oluşturması, pomzanın yalıtıcılık özelliğini zayıflatmaktadır. Bu bakımdan, bünyesinde uzun süre su bulunduran pomza agregaların, kuru durumda ısı iletkenlik değerleri ne kadar iyi olursa olsun, nemli ve/veya suya yarı doygun haldeki konumuna göre ısı iletkenlikleri oldukça olumsuz olabilmektedir.



Şekil 11 Pomza kayacının birim ağırlık - boşluk oranı ilişkisi (PONZPG)



Şekil 12 Pomza kayacının birim ağırlık - boşluk oranı ilişkisi (PONZ TM)



Şekil 13 Pomza kayacının birim ağırlık - boşluk oranı ilişkisi (PONZGL)

Bu nedenle, kapalı gözeneklerin tamamen birbiri ile bağlantısız olması, suyun etkili olduğu kullanım yerlerinde yalıtım açısından pek arzu edilen bir durum değildir. Bu açıdan, açık gözenek oranı yüksek olan pomza agregaları, yalıtım açısından daha tercih edilen pomza yapılarını göstermektedir. Bu olgu kapsamında, araştırmada ele alınan pomza örneklerinin, bu tarz gözenek oluşumlarına bağımlı olarak, agrega boyutlarında ısı iletkenlik değerleri belirlenmiş olup, aşağıda belirtilen görgül ilişkiler tanımlanmıştır.

$$\text{PONZ PB : } \lambda = 0.0509 * e^{2.2405} \left(\frac{P_{mat}}{P_a + P_k} \right)^{0.72793} \quad (2)$$

$$\text{PONZ PH : } \lambda = 0.0495 * e^{2.1839} \left(\frac{P_{mat}}{P_a + P_k} \right)^{0.73036} \quad (3)$$

$$\text{PONZ PG : } \lambda = 0.0484 * e^{2.2912} \left(\frac{P_{mat}}{P_a + P_k} \right)^{0.77064} \quad (4)$$

$$\text{PONZ TM : } \lambda = 0.0490 * e^{2.4851} \left(\frac{P_{mat}}{P_a + P_k} \right)^{0.84115} \quad (5)$$

$$\text{PONZ GL : } \lambda = 0.0484 * e^{2.6222} \left(\frac{P_{mat}}{P_a + P_k} \right)^{0.76292} \quad (6)$$

Burada;

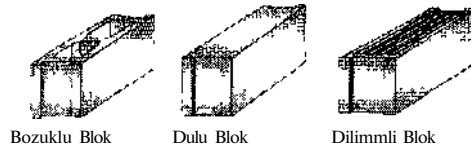
- λ : Agreganın ısı iletkenlik değeri. W / mK.
- d : Pomza agregalı blok genişliği, cm,
- Pmat : Pomza matris yapı oranı. %.
- Pa : Pomza açık gözenek yapı oranı. %.
- Pk : Pomza kapalı gözenek yapı oranı. %.

Bu ilişkiler yardımı ile pomza örneklerinin gözenek yapıları ve oranlarına bağımlı olarak, ısı iletkenlik katsayılarının kestirimi yapılabilmektedir. Bu da, pomza agregasının kullanım yerine bağımlı ısıl özelliklerinin tanımlanmasında önemli değerlendirmelerin yapılabilmesine olanak sağlayabilecektir.

3 POMZA AGREGALI BLOK VE ISI YALITIM İLİŞKİSİ ANALİZİ

Pomzanın, İnşaat sektöründe hafif yapı elemanı blokların elde edilmesinde, doğal ve gözenekli hafif agrega olarak kullanımı oldukça yaygındır. Bu amaçla pomza, çimento ve su ile karıştırılarak elde edilen hafif beton harcı, farklı formlarda hazırlanmış blok kalıplarına dökülmek suretiyle, hafif yapı elemanı bloklar elde edilebilmektedir. Bu bloklar, hafifliklerinin yanı sıra, pomza agregalarının iyi bir yalıtkan özellik göstermesi sebebiyle aynı zamanda ısı yalıtımı sağlayan bloklar olarak da tanımlanabilmektedir. Bu bakımdan, aynı forma

sahip bir blok elemanı, pomza kayacının ısı özelliklerine göre farklı ısı iletkenlik değerlerine sahip olabilmektedir. Burada önemle üzerinde durulması gerekli husus. İyi bir ısı yalıtımı sağlamak amacıyla, hangi özelliklere sahip pomza oluşumları ile bu tarz blok elemanlarının elde edilmesi daha olumlu sonuçların araştırmasıdır. Bu nedenle, araştırmada ele alınan pomza örnekleri ile elde edilmiş blok elemanlarının, ürün olarak ısı iletkenlik değerleri bir dizi deneysel çalışma ile analiz edilmiş olup. her bir pomza örneğinin blok elemanının ısı özelliklerine olan etkisi detaylı incelenmiştir. Pomza agregaları üzerinde yapılan ısısal analizlerde, PONZ PG türü pomza kayacının ısı özellikleri, diğer pomza örneklerine göre daha iyi değerlerde bulunduğu için. bu bölümde, yalnızca PONZ PG pomza örneği ile yapılmış blok elemanlarının ısısal özellikleri Özetle verilmiştir. Bu incelemede 3 ayrı tür blok formuna sahip ürün türü değerlendirilmiş olup. bu blok formları Şekil 14'de verilmiştir.



Şekil 14. Araştırmada kullanılan blok geometrileri.

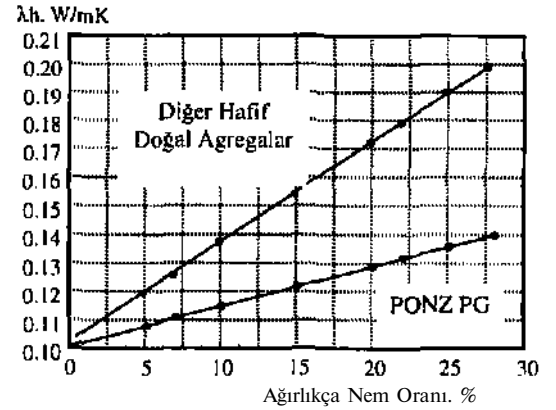
PONZ PG türü pomza agregaları ile yapılan bu blok elemanlarının ısı iletkenlik değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Pomza agregalı blok elemanlarının ısı iletkenlik değerleri (PONZ PG).

Blok Formu	Blok Genişliği (mm)	Blok Kenar Et Kalınlığı (mm)	Isı iletkenlik (W/mK)
Dolu	200	-	0.21
Boşluktu	100	25	0.12
		30	0.14
	150	25	0.10
		30	0.11
	200	25	0.10
		30	0.11
		35	0.13
		50	0.15
Dilimli	200	-	0.17

Pomza agregalı blok elemanlarının ısısal özelliklerine etki eden diğer bir faktör ise. pomza agregalarının ısısal özelliklerinde olduğu gibi. blok elemanının nem etkisinde değişen ısı iletkenlik özelliğidir. Genellikle, blok elemanının bünyesinde nem içeriği yükseldikçe, yalıtınlık özelliği de o ölçüde

düşmektedir. Bu bakımdan nemin, blok elemanının ısısal özelliğini ne ölçütlerde değiştirdiği detay bir İnceleme konusudur. Bu amaçla yapılan bir dizi araştırma çalışmasında. PONZ PG türü pomza agregalı blok elemanlarının nem etkisindeki ısısal özellikleri analiz edilmiş olup. farklı tür hafif agregalı blok elemanlarının benzer şekilde yapılmış analiz bulguları ile karşılaştırmalı İlişkisi Şekil 15'de verilmiştir.



Şekil 15. Pomza agregalı blok elemanlarında nem-ısı iletkenlik ilişkisi (PONZ PG).

Pomza agregalı blok ürünlerinin yalıtım özelliklerinin analizi bakımından diğer bir İnceleme ise, blok elemanının ısı yalıtım karakteristiğinin belirlenerek, duvarda ısı yalıtım amaçlı örgü elemanı olarak değerlendirilebilirlik kriterlerinin tan ımlanmasıdır. Bu incelemede, pomza agregalı blok elemanının ısı yalıtım karakteristiğinin belirlenmesi, blok elemanının ısı iletim katsayısının tanımlanmasına bağımlıdır. Isı iletim katsayısının belirlenmesine yönelik yapılan deneysel ve teorik irdemelerde, pomza agregalı blok elemanının ısı iletim katsayısının, bloğun birim ağırlığı, sıklık oranı ve geometrik olarak hacimsel boşluk oranının birer fonksiyonu olarak tanımlanabildiği ve bu parametrelerin değerlerine göre bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Pomza agregalı blok elemanlarının ısı yalıtımı amaçlı irdelenebilirliğinde ampirik olarak kullanılabilecek ve sayısal bir parametreye bağımlı olan bir faktörün tanımlanması, farklı blok elemanlarının birbirleri ile mukayesesi bakımından oldukça faydalı olacaktır. Böyle bir faktör tanımı, yapılan detay araştırmalar sonucunda, bloğun dayanımının birim ağırlığına oranının. hacimsel boşluk oranı, kesit/yükseklik oranı ve ısı iletim katsayısı ile çarpımı sonucu elde edilen parametrik değer, blok elemanının ısı yalıtım faktörü

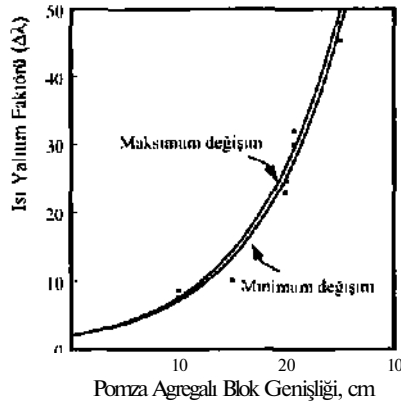
(AX) olarak nitelendirilmiştir'. Bu tanımlamaya göre. pomza agregalı blok elemanları için ortak olarak kullanılabilir ısı yalıtım faktörünün minimum ve maksimum değerleri fonksiyonel bir ifadeleme ile ilişkilendirilmiş olup (Şekil 16). ampirik yaklaşımı ise Eşitlik 7 - Eşitlik 8'de verilmiştir.

$$\Delta\lambda_{\min} = 2.9868 \cdot e^{0.1166 \cdot d} \quad (7)$$

$$\Delta\lambda_{\max} = 3.8020 \cdot e^{0.1120 \cdot d} \quad (8)$$

Burada;

$\Delta\lambda$: Pomza agregalı blok için ısı yalıtım faktörü,
d : Pomza agregalı blok genişliği, cm.



Şekil 16 Pomza agregalı blokların kesit kalınlığına bağlı ısı yalıtım faktörü değişimi.

Geliştirilen bu ısı yalıtım faktörü, bloğun ısı yalıtım amaçlı uygulamalarda değerlendirilebilmesi bakımından son derece önemli parametrik mukayeseleri yapabileceği olanağı sağlamaktadır. Diğer taraftan, bir bloğun ısı iletim katsayısının, malzemenin genel karakteristik özelliklerine bağlı olarak doğrudan kestirimini yapabilmek amacı ile bir dizi algoritmik çalışmalar yapılmış olup. pomza agregalı bloklar için bloğun ısı iletim katsayısının maksimum ve minimum değişim aralığını gösterecek bir kestiriminin yapılabileceği iki farklı görgül ifade geliştirilmiştir (Eşitlik 9- Eşitlik 10):

$$\lambda_{\max} = 0.04418 \cdot e^{0.1120 \cdot d} \frac{h \cdot W}{\sigma_c \cdot B \cdot d} \quad (9)$$

$$\lambda_{\min} = 0.03335 \cdot e^{0.1166 \cdot d} \frac{h \cdot W}{\sigma_c \cdot B \cdot d} \quad (10)$$

Burada;

λ : Blok için ısı iletim katsayısı, W / mK.
d : Blok genişliği, cm.
W : Blok birim hacim ağırlık, kg / m³.
 σ_c : Blok basınç dayanım değeri, kg / cm².
B : Blok hacimsel boşluk oranı, %.
h : Blok yüksekliği, cm.

4 SONUÇLAR

Yapılan bu araştırma çalışmasında elde edilen bulgulara göre pomza agregaları, inşaat sektörünün birçok alanında yalıtım amaçlı olarak kullanılabilir. Özellikle, hail ti ik. doğallık ve ısı yalıtımının ön plana çıktığı durumlarda, pomza kayacı, günümüz koşullarında oldukça önem arz eden bir malzeme yapısını sağlamaktadır. Ancak, pomza kayacı oluşumlarının farklı karakteristik yapılar sergilemesi nedeniyle, en optimum kayaç yapısının ne olması gerektiği, boşluk dağılımı ve boşlukların birbirleri ile olan ilişkilerinin detaylı olarak tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla, bu makalede yer alan ve 5 ayrı tür pomza örneğine ait teknik veriler. kullanıcılar açısından

değerlendirmelerde ana parametre olarak ele alınabilecek hususları kapsamaktadır. Ayrıca, pomza agregalı hafif blok elemanları da. oldukça iyi şartlar sergileyen ısısal özellikleri göstermekte olup. ısı yalıtım amaçlı duvarların yapımında önemle kullanılabilir yapı elemanlarını oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- Genceli. O.. Özgü. F.. 2000. *Aslime Temel El Kitabı*. ısı Yalıtımı ve Buhar Kesiciler Hsaslal. Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınları2. Ankara. 29s
- Gündüz L. (ed.). 1998. *Pmuzu Tekmfajisi*Cilt I. İsparta.
- Gündüz !.. V%uv İ. 2003 An Analysis For Determining The Material Characteristics Of Pumice Formations In The World And In Turkey. *Industrial Minerals Jmiriml*. Elsevier Publishing. In-Press. England.
- Gündüz L.. Rota A.. Hüseyin A.. 2(X)0. Türkiye ve Dünyadaki Pomza Oluşumlarının Malzeme Karakteristiği Analizi 4 *Endustrvel Humuutldeler Seup/KViuutt*. izmir
- Sroiher. E.F.. Turner. W Cı99t). *Thermal İixiltiimi Building Guide*, Malabar. Florida. Robert E. Krieger Publishing Company.