

ISI GEÇİRGENLİK DİRENCİ YÜKSEK PERLİTLİ TUĞLA ÜRETİMİ

İlker Bekir TOPÇU¹

ÖZET: Yapılarda ısı yalıtımı sağlayabilmek için çok çeşitli yöntemler araştırılmaktadır. Isı iletkenlik direnci yüksek yapı malzemesi üretimi bu araştırmaların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Perlit ısı yalıtımı açısından çok yararlı bir malzeme olup, dünya perlit rezervlerinin % 70'i Türkiye'de bulunmaktadır. Klasik tuğla üretiminde kil karışımı içine perlitin katılmasıyla ısı iletkenliği düşük bir yapı malzemesi elde edilebilmektedir. Farklı oranlarda karıştırılmış perlit ve kil standart boyutlarda pişirilerek tuğlalar elde edilmiştir. Tuğlalarda birim ağırlık, basınç dayanımı, hacim küçülmesi ve ısı iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Daha sonra optimum karışım belirlenmiş ve maliyet optimizasyonu yapılmıştır. Sonuçta en uygun karışımın % 30 oranında perlit katılan karışım olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Isı iletkenlik direnci yüksek malzeme, perlit, hafif malzeme.

MANUFACTURING PERLITE BRICKS WITH HIGH HEAT CONDUCTIVITY RESISTANCE

ABSTRACT: Different methods have been investigated for achieving heat insulation in the buildings. Manufacturing of high heat conductivity resistant construction materials is an important part of these research efforts. Perlite is an extremely useful material for heat insulation and 70 % of the world reserves is located in Turkey. High heat resistant brick can be produced with adding perlite into the clay in traditional brick manufacturing. Bricks in standard sizes manufactured at different perlite - clay ratios and unit weight, compressive strength, volume reduction and heat conductivity values were obtained. Then the mixture with the best combination of the properties were determined and cost optimisation was made. As a result, the best mixture was determined as the one containing 30 % perlite.

KEY WORDS: High heat conductivity resistance material, perlite, light material.

I. GİRİŞ

Bina yapımında geleneksel yöntemlerden endüstrileşmiş yapım teknolojilerine geçiş sürecinde özellikle hafif ve enerji tasarrufuna katkıda bulunacak yeni yapı malzemeleri üzerinde pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu malzemelerde amaçlanan hedeflerin başında hafif olması ve ısı yalıtımının yüksek olması gelmektedir. Isı iletkenlik direnci yüksek malzemelerin kullanılması ile yapılarda ısı yalıtımı sağlanarak enerji tasarrufu yapılabilmektedir. Ayrıca yük taşıma, ateşe dayanıklılık gibi özelliklerde aranmaktadır. İnşaat sektörünün temel elemanı olan tuğla yanmazlık, ısı ve ses yalıtıcılığı açısından başlangıçta istenilen özellikleri sağlamış fakat inşaat teknolojisinin gelişmesi ve modern teknolojilerin ortaya çıkmasından sonra gerek yüksek dayanım gerekse de hafif malzemenin kullanılmasını gerektiren modern teknikler karşısında yetersiz kalmaya başlamıştır. Yapılarda ısı yalıtımı amacıyla daha çok delikli tuğla, hafif beton ve polimer malzemeler kullanılmaktadır. Isı yalıtımı yüksek olan ve dünya rezervlerinin çoğunun Türkiye’de bulunduğu malzemelerden biri de perlitir. Genleştirilmiş perlitin kil ile karıştırılarak ısı iletkenlik direnci yüksek yapı malzemesi üretilebileceği bilinmektedir. Özellikle İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri gibi soğuk bölgelerde bu malzemenin kullanılması ısı yalıtımı açısından oldukça yararlı olacaktır. Bu çalışmada Eskişehir bölgesindeki perlit ve kilin harmanlanarak pişirilmesi suretiyle ısı iletkenlik direnci yüksek bir malzeme üretilerek temel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır [1].

Genleştirilmiş perlitten hazır yapı elemanı üretebilmek için bir bağlayıcı malzeme kullanılması gerekir. Bu bağlayıcıların başında çimento, daha sonra alçı, kireç, bitüm ve kil gelmektedir. Bağlayıcı olarak kilin kullanıldığı ısı iletkenliği düşük perlitli hafif yapı malzemeleri üzerinde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [2, 3]. Bunlardan Macaristan’da üretilen ve Rioporit ticari adıyla anılan kil bağlayıcılı hazır yapı elemanlarında ağırlıkça % 30 perlit ve % 70 kil kullanılmakta, istenirse içine renklendiriciler katılmaktadır. Bu malzemenin birim ağırlığı 920 kg/m^3 , basınç dayanımı 3.0 MPa , ısı iletkenliği $0.19 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$, boşluk hacmi % 72 olup, 900°C ’ye kadar yangın dayanıklılığı vardır [3]. Çekoslovakya’da 1982 yılında blok bölme elemanı olarak alınan bir patentte ağırlıkça % 27 perlit, % 3 cam elyafı ve % 70 kil kullanılmıştır. Bu malzemenin birim ağırlığı 950 kg/m^3 , basınç dayanımı 3.2 MPa , ısı iletkenliği $0.21 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ ve boşluk hacmi % 69 dur [4]. Japonya’da piyasaya sürülen bir duvar elemanında ağırlıkça % 20 perlit kullanılmış ancak karışıma epoksi reçinesi ilave

edilmiştir. Bu malzemenin birim ağırlığı 980 kg/m^3 , basınç dayanımı 3.46 MPa , ısı iletkenliği $0.22 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ ve boşluk hacmi % 71.2 olarak belirtilmiştir [5].

Almanya'da alınan bir patentte dane çapı 3 mm 'den küçük genişletilmiş perlit, alümina çimentosu ve alüminyum fosfat kullanılarak özel bir basınç ve sıcaklık uygulanan yöntemle bir yalıtım paneli üretilmiş ve malzemedeki birim ağırlığın 280 kg/m^3 , basınç dayanımının 2.4 MPa , ısı iletkenliğinin $0.165 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ ve boşluk hacminin % 82 olduğu belirtilmektedir [6]. Japonya'da Asahi firması tarafından üretilen iki farklı duvar elemanından birincisinde % 30 curuf, % 30 jips, % 5 çimento, % 5 ince SiO_2 , % 20 lifli malzeme ve % 10 perlit kullanılmıştır. Bu malzemenin birim ağırlığı 970 kg/m^3 , basınç dayanımı 6.5 MPa , ısı iletkenliği $0.245 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ 'dir. İkinci elemanda ise % 40 curuf, % 40 jips, % 5 çimento, % 5 ince SiO_2 , % 20 lifli malzeme ve % 10 perlit kullanılmış ve birim ağırlık 940 kg/m^3 , basınç dayanımı 5.8 MPa , ısı iletkenliği $0.21 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ olmuştur [7]. Batı Almanya'da 1987 yılında alınmış bir patentte asit ve alkaliye dayanıklı perlitli blok yapıldığı belirtilmektedir. Bu blokların yapımında % 32 perlit, % 55 kuvars kumu, % 13 su camı ve % 5 jips kullanılmış daha sonra özel bir yöntemle birim ağırlığı 945 kg/m^3 , basınç dayanımı 3.5 MPa , aside direnci % 99, alkaliye direnci % 60, asit absorpsiyonu % 32 ve ısı iletkenliği $0.26 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ olan bir malzeme elde edilmiştir [8]. Buna benzer bir malzeme olarak ABD'de alınan bir patentte % 35 alçı, % 12 lifli malzeme, % 7 asfalt, % 4 nişasta ve % 42 perlit kullanılmıştır [9].

Türkiye'de perlitte daha çok çimento ve alçı kullanımı ile perlitli blok elemanlar yapılmıştır [10-13]. 1985'de A-perlit olarak isimlendirilerek üretilmiş perlit elemanının birim ağırlığı $325-400 \text{ kg/m}^3$, basınç dayanımı 1.8 MPa , çekme dayanımı 0.2 MPa ve ısı iletkenliği $0.035-0.040 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ 'dir [10]. Bir başka çalışmada perlitin ısı ve ses karşı iyi bir yalıtım malzemesi olduğu, bu yüzden akustik sıva ve çok hafif yapı malzemesi üretiminde kullanılabileceği belirtilmektedir [12]. Çimento kullanılarak yapılan perlit betonlarıyla ilgili bir çalışmada ise perlit betonlarının dayanımının yüksek olmadığı, sünme deformasyonlarının, su emme ve kılcallığın yüksek olduğu, sadece perlit kullanımı ile prefabrik eleman üretiminin sakıncalı olabileceği belirtilmiştir [13].

II. PERLİT VE ÖZELLİKLERİ

Perlit asit karakterli % 2-6 oranında su içeren camsı bir kayadır. Gri, gümüş grisi, koyu kahve veya siyah renklidir. 800-1150 °C arasında ısıtıldığında genişerek 10-30 misli bir hacim büyümesi gösterir. Hacmin artmasıyla düşük yoğunlukta hafif bir malzeme elde edilmiş olur. Isıl işleme tabi tutularak elde edilen düşük yoğunluklu bu malzemeye genişmiş perlit adı verilir. Genleşmiş perlitin sanayide kullanımı A.B.D.' de başlamış ve kısa sürede inşaat sanayiinde hafifliğinden, ısı ve ses yalıtım özelliğinden dolayı aranan bir malzeme olmuştur. Yaklaşık 8 milyar tonun üzerinde tahmin edilen ülkemizdeki perlit hammaddesi dünya rezervlerinin % 70'ini oluşturmaktadır. Bu da perlitin ülkemiz için ne derece önemli olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ülkemizde genişmiş perlit, ısı geçiriminin düşük olması nedeniyle genellikle izolasyon malzemesi olarak kullanılmaktadır [11].

II.1. Perlitin Kimyasal Özellikleri

Perlit, % 70-75 oranında silisyumdioksit içeren silikat bileşimli bir kayadır. Bünyesinde % 12-16 oranında alümina bulunur. Diğer bileşenleri ise sodyum oksit, potasyum oksit, demir oksit, manganez oksit, titan dioksit ve sülfürdür. Çizelge 1'de Cumaovası perlitinin kimyasal bileşenleri ve ağırlıkça yüzdeleri verilmiştir [1, 11].

Çizelge 1. Perlitin kimyasal özellikleri

Bileşen	Ağırlıkça Oranı, (%)
SiO ₂	71.0 - 75.0
Al ₂ O ₃	12.5 - 16.0
Na ₂ O	2.90 - 4.00
K ₂ O	4.00 - 5.00
CaO	0.20 - 0.50
Fe ₂ O ₃	0.50 - 1.45
H ₂ O	3.05 - 5.16
MgO	0.03 - 0.50
TiO ₂	0.03 - 0.20
MnO ₂	0.00 - 0.10
Cr	0.00 - 0.10
Ba	0.00 - 0.05
PbO	0.00 - 0.30
S	0.02 - 0.04

II.2. Perlitin Fiziksel Özellikleri

Genleşmiş perlit, fiziksel yapısı itibariyle, gözenekli, hafif ısı yalıtımı özelliğine sahip, kimyasal pasifliği bulunan, ateşe son derece dayanıklı bir malzemedir. Gözeneklilik özelliği, perlit taneciklerindeki boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranının ortalaması olarak tanımlanır. Gözeneklilik perlite emicilik ve yüzeyde soğurma özellikleri kazandırmakta ve bu nedenle bu özelliği gerekli uygulama alanları da önem taşımaktadır. Su kirliliğini giderme çalışmaları ve ısı yalıtıcılığı aranan durumlarda su emicilik istenmemektedir. Bunun nedeni, gözeneklere dolan suyun ısı iletkenliğini artırması olmaktadır. Hafiflik özelliği, gözenekli bir yapıya sahip olmanın sonucu olarak belirlenmektedir. Granülometriye ve genleşme oranına bağlı olarak perlitin birim hacim ağırlıkları oldukça farklı değerlerde olabilmektedir. Hafiflik özellikle prefabrik yapı malzemesi üretimde ve çeşitli dolgu malzemeleri kullanımında perlit uygulamasını özendirici önemli bir nitelik olarak belirlemektedir. Isı ve ses yalıtıcılık özelliği, hafiflik gibi gözenekli yapının sonucu olarak belirlenen bir özelliktir. Kuru perlit dolgusunun 24 °C' deki ısı iletkenlik hesap değeri kuru birim hacim ağırlığına bağlı olarak 90 kg/m³ birim hacim ağırlığında 0.04 W/mK'dır. Aynı sıcaklıkta cam yününün 0.037 W/mK ısı iletkenliğine sahip olduğu belirtilirse perlitin yalıtıcılıktaki mükemmelliği daha kolay anlaşılabilir.

Çizelge 2. Genleşmiş perlitin fiziksel özellikleri [11]

Renk	Beyaz
Ergime Noktası	1300 °C
Spesifik Isı	0.20 kcal/kg °C
Özgül Ağırlık	2.2 - 2.4 gr/cm ³
Kaba Yoğunluk	30 - 190 kg/m ³
Isı İletkenliği	0.034 - 0.040 kcal/mh °C
Ses Yalıtkanlığı	18 db (125 Hz' de)

Ses emicilik ve ses yalıtıcılık konusunda da perlit ve perlitli ürünlerin önemli üstünlükleri vardır. Beş cm kalınlığındaki bir perlit gevşek dolgu 1000 Hz frekansta 13 dB düzeyinde ses yalıtımı sağlar. Bu değer aynı kalınlıktaki cam yünü için 12 dB, stropar için 13 dB'dir. Genleşmiş perlite ait bazı fiziksel karakteristikler Çizelge 2'de verilmiştir [11].

II.3. Perlitin Kullanım Alanları

- a. **İnşaat Sektöründe:** Isı ve ses yalıtımında, hafif dolgu betonu yapımı ve hafif eleman olarak, malzemede tasarruf, inşaatta sağlamlık, hacimde kazanç sağlamada,
- b. **Ziraat Sektöründe:** Toprağın ıslahında, su depolamada, çelikleme ve çiçekçilikte, suni Gübre imalinde dolgu ve taşıyıcı madde olarak,
- c. **Sanayi Sektöründe:** - 250 °C ye kadar kuru dolgu tecrit ve filtre yardımcı malzemesi olarak, dökümcülükte (çapak temizleme ve döküm toprağında) olmak üzere oldukça geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır.

III. DENEYSEL ÇALIŞMA

III.1. Kullanılan malzemeler

Çalışmada [1] kullanılan malzemeler ülke ve yöre kaynaklarından kolayca bulunabilen malzemelerdir. Araştırmada Etibank Aydın Menderes İşletmelerinden temin edilen perlit ile Bilecik-Söğüt bölgesi kili kullanılmıştır. Bu araştırmada kullanılan ve birim ağırlığı 90 kg/m³ olan genleştirilmiş perlitin elek analizleri yapılmış ve granülometri eğrisinin TS 3681'e uygun olmasına dikkat edilmiştir [14]. Kilde bulunan kumun HCl asidi ile yapılan deneyde etkilenmemesi karbonat içeriği olmadığını göstermiştir. Kilin birim hacim ağırlığı 2690 kg/m³ olarak bulunmuştur. Plastik limiti % 28.3, likit limiti % 78'dir. Plastisite özelliği sadece su ile sağlanabilmektedir. Su dışında hiçbir madde kile plastisite kazandıramamaktadır. Kil pişmeden önce kirli sarı renktedir. Piştikten sonra renk, sarıdan koyu kırmızıya kadar sıcaklık artışına uygun olarak değişmektedir. Kilin rötre limiti % 13'tür. Kullanılan kilin kimyasal bileşimleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Deneyde kullanılan kilin kimyasal bileşimleri

Bileşen	Ağırlıkça %si
SiO ₂	58.3
Al ₂ O ₃	17.5
Fe ₂ O ₃	7.5
CaO	0.8
MgO	4.0
K ₂ O	1.8
H ₂ O	2.1
H ₂ O (Kris.)	4.7
KK+CO ₂	3.3

III.2. Perlitli tuğla üretimi, numune şekli, boyutları ve bakım koşulları

Araştırmada perlitli tuğla serilerinin üretimi 75 litre kapasiteli düşey eksenli cebri karıştırıcı laboratuvar karıştırıcısının ağzına perlitin uçuşmasını önlemek amacıyla naylon bağlanarak yapılmıştır. Kullanılacak kil ve perlit karışımı düz bir yüz üzerine yayılarak toplam agrega ağırlığının % 8'i kadar hesaplanan karışım suyu serpilerek ilave edilmiş sonra karıştırıcının ağzı tekrar naylon ile kapatılarak karıştırılma yapılmıştır.

Çizelge 4. Perlitli tuğla serilerinin karışımları ve hacimlerdeki küçülmeler

Seri Kodu	Perlit %	Kil %	Perlit (gr)	Kil (gr)	Su (gr)	Toplam Ağırlık (gr)
PT-00	0	100	0	2253	180	2433
PT-05	5	95	92	1750	147	1989
PT-10	10	90	170	1532	136	1838
PT-15	15	85	241	1369	129	1739
PT-20	20	80	285	1142	114	1541
PT-25	25	75	312	939	100	1351
PT-30	30	70	313	730	83	1126
PT-35	35	65	292	542	67	901
PT-40	40	60	262	393	52	707
PT-45	45	55	221	270	39	530
PT-50	50	50	158	158	26	342

Çizelge 5. Perlitli tuğla serilerinin gerçek ağırlıkları

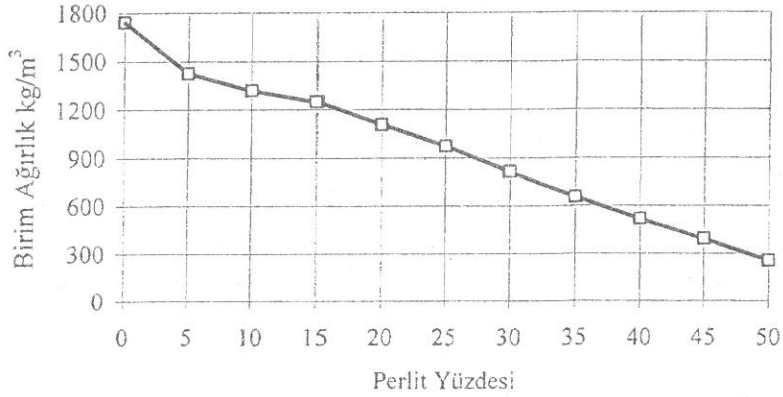
Seri Kodu	Pişmiş Tuğla Ağırlığı (kg)	Pişmiş Tuğla Hacmi (dm ³)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Hacim Küçülme % si
PT-00	2.253	1.295	1740	7.95
PT-05	1.842	1.293	1425	8.10
PT-10	1.702	1.290	1320	8.25
PT-15	1.610	1.288	1250	8.40
PT-20	1.427	1.286	1110	8.60
PT-25	1.251	1.283	975	8.80
PT-30	1.043	1.278	816	9.15
PT-35	0.835	1.273	656	9.50
PT-40	0.655	1.265	518	10.10
PT-45	0.491	1.252	392	11.00
PT-50	0.316	1.245	255	11.50

Hazırlanan karışımlar üzerinde birim ağırlık deneyi yapılmış daha sonra her karışımdan üçer adet 6.7x10x21cm'lik dikdörtgenler prizması şeklinde ve kuru preslemeyle deney

numuneleri hazırlanmıştır. Numuneler 24 saat oda sıcaklığında, 24 saat de 200 °C de etüvde bekletildikten sonra, 950 °C de pişirilmiş ve numunelerin gerçek ağırlıkları Çizelge 5'te verilmiştir. Üretim ve fiziksel deneyler Eskişehir'de yapılmış ancak numunelerde ısı iletkenlik değerleri Ankara'daki TSE'deki laboratuarda ölçülmüştür.

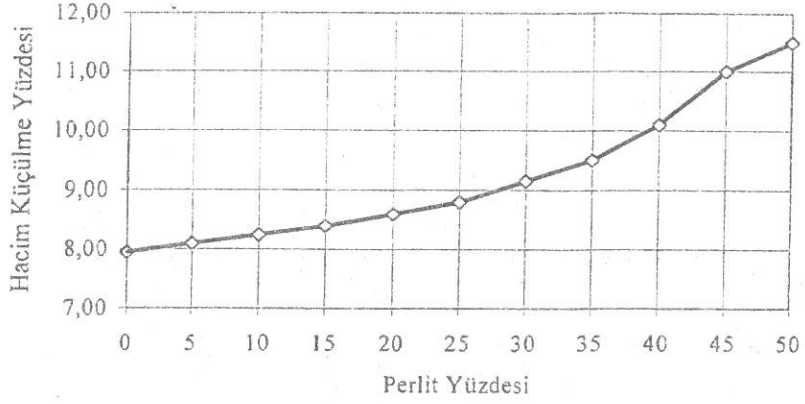
IV. DEĞERLENDİRME VE İRDELEME

Deneyler sonunda bulunan sonuçlar bileşim-özelik ilişkileri yönünden incelenmiş ve değişik ağırlık oranlarında perlit katılan pişirilmiş perlitli tuğlalarda görülen özellikler belirlenmeye çalışılmıştır. Perlitsiz tuğla karışımının birim ağırlığı 1740 kg/m³ iken perlit ilavesi birim ağırlıklarda oldukça yüksek düşüşler meydana getirmektedir (Şekil 1). Bir yapı malzemesinin hafif yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi için birim ağırlığının 1000 kg/m³ den küçük olması gerekmektedir [15].



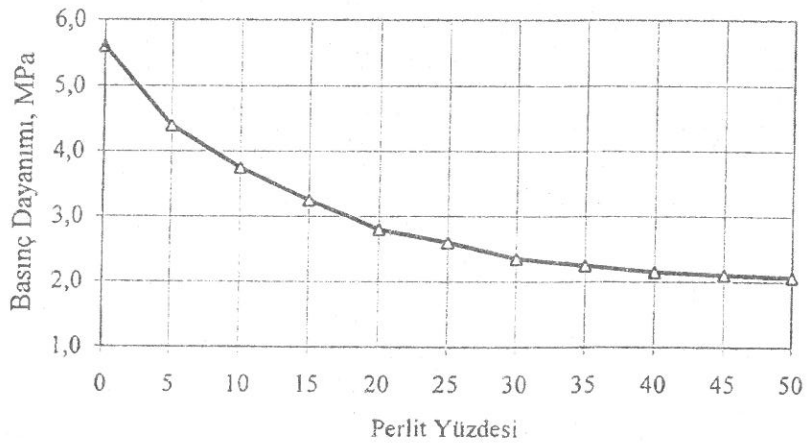
Şekil 1. Tuğlaların birim ağırlıklarının perlit yüzdesi ile değişimi.

Perlitin artmasıyla birim hacim ağırlığının azalması kilin sıkışık birim ağırlığının 1349 kg/m³, perlitin ise 121.6 kg/m³ gibi düşük bir değere sahip olmasından kaynaklandığı açıktır. Şekil 2'den de görülebileceği gibi perlitsiz tuğla karışımında hacim küçülmesi % 7.95 iken perlit ilavesi ile artmaya başlamakta ve karışımdaki perlit % 50'ye çıktığında % 11.5'a ulaşmaktadır (Çizelge 5). Perlit miktarındaki artışın hacim küçülmesine olan etkisinin nedeni perlitin 900 °C'de kilden daha büyük hacim küçülmesine maruz kalmasından meydana gelmektedir.

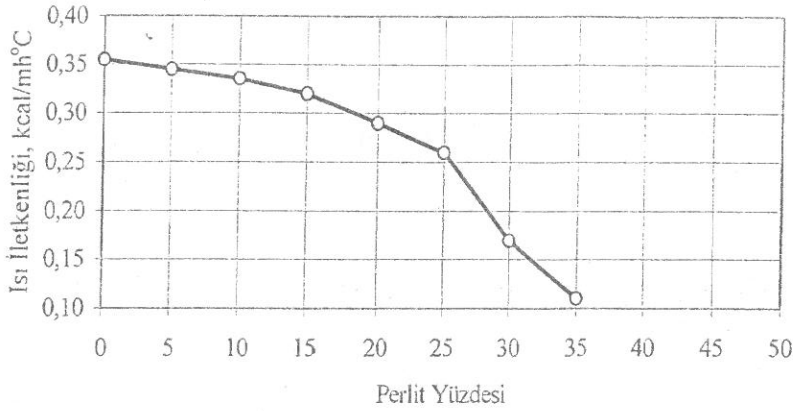


Şekil 2. Tuğlaların hacim küçülmelerinin perlit yüzdesi ile değişimi.

Normal bir tuğladan beklenen hacim küçülmesi en fazla % 9.5 olmalıdır [1]. Perlitli tuğlanın bu koşulu yerine getirilebilmesi için en fazla % 30'a kadar perlit katılması gerekmektedir (Şekil 2). İçinde perlit bulunmayan karışım 5.8 MPa civarında basınç dayanımı verirken perlit ilave edildikçe basınç dayanımı 2.0 MPa'a kadar düşmektedir. Perlit oranı % 35'e ulaştığında basınç dayanımı 2.1 MPa olmaktadır. Tuğlalarda 0.7 sınıfı, I tipi hafif düşey delikli tuğla duvarlar için öngörülen en küçük basınç dayanımı 2.4 MPa' dır [1]. Perlitli kil karışımı bu malzemede bu koşulun yerine getirilmesi için en fazla % 30'a kadar perlit katılması gerektiği Şekil 3'ten görülmektedir.



Şekil 3. Tuğlaların basınç dayanımlarının perlit yüzdesi ile değişimi.



Şekil 4. Tuğlaların ısı iletkenliklerinin perlit yüzdesi ile değişimi

Perlitsiz karışımın ısı iletkenliği $0.35 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ iken, perlit ilavesi ile % 30 perlit oranı için $0.185 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ 'e düşmüştür (Şekil 4). Bu gaz betonların $0.14-0.25$ ve bims beton blokların $0.16-0.30 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ 'lik ısı iletkenlik değerlerine çok yakındır [16].

Bir malzemenin hafif yapı malzemesi sayılması için birim ağırlığın 1000 gr/dm^3 ' den az, düşey delikli hafif fabrika tuğlaları için öngörülen en küçük basınç dayanımının 2.4 MPa , tuğlalarda izin verilen en büyük küçülme % 9.5 olması gerektiği ve ısı iletkenliği açısından gaz beton ile bims betonun değerlerine denk tutulması açısından bu araştırmada en çok % 30 ve en az % 24 oranında perlit kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. En yüksek ısı iletkenliğini sağlayacak şekilde en hafif karışım % 30 sınırında sağlanabilmektedir. Bu üst sınırdan yukarısının basınç dayanımını, bu sınırdan aşağısının ise malzemeyi hafif yapı malzemesi sınırından uzaklaştırdığı saptanmış olduğundan optimum özelliklerin PT-30 serisinde sağlanabileceği belirlenmiştir.

Bir adet PT-30 tuğlası 816 gr olup bunun 244.8 gr 'ı perlit, 755.2 gr 'ı kildir. Bir m^2 duvarda 62 adet PT-30 tuğlası kullanılabilir ve 1 m^2 PT-30 tuğlasının bünyesinde 15.177 gr perlit bulunmaktadır. 1999 yılı Nisan ayı fiyatlarına göre perlitin fiyatı 152.108 TL/kg 'dır. 1 m^2 PT-30 duvarında $15.177 \times 152.108 = 2.308.543 \text{ TL}$ 'lik perlit kullanılmaktadır. Bayındırlık Bakanlığı 1999 rayiç fiyatlarında benzer kalınlıkta bir tuğla duvarın m^2 birim fiyatı duvar işçiliği dahil $2.442.302 \text{ TL/m}^2$ 'dir [17]. Bu tuğlanın perlitli tuğla olması halinde benzer boyutta olduğu için işçilik değişmeyecek, ancak

2.308.543 TL/m² perlit bedeli ilave edilmek suretiyle 1 m² perlitli duvarın maliyeti 2.308.543 + 2.442.302 = 4.750.845 TL/m² olacaktır. Yüzde 30 perlit için 0.185 olarak elde edilen ısı iletkenliği benzer birim ağırlıklı tuğlada 0.40 kcal/mh⁰C'den daha yüksek olacağından PT-30 ile ısı yalıtımı açısından yüksek bir tasarruf yapılabilecektir.

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada amaç ısı iletkenlik direnci yüksek hafif yapı malzemesi üretmektir. Perlit miktarı arttıkça basınç dayanımı düşmekte buna karşın ısı iletkenlik direnci ve hacim küçülmeleri artmaktadır. Öte yandan perlit miktarı azaldıkça basınç dayanımı artmakta, ısı iletkenlik direnci ve hacim küçülmeleri azalmaktadır. Optimum karışım belirtilen dört kıstas dikkate alınarak belirlenebilecektir. Birim ağırlığı açısından % 24, basınç dayanımı açısından % 30, en büyük küçülme oranı açısından % 31 değerinde perlit katılmasının uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Isı iletkenlik direnci açısından da dikkate alındığında karışımda kullanılması gereken perlit oranının en çok % 30, en az % 24 olması gerektiği saptanmıştır. Üst sınır açısından basınç dayanımı ve alt sınır olarak hafiflik dikkate alındığında en uygun serinin PT-30 serisi olacağı bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] M. Çobanlı, "Isı Direnci Yüksek Hafif Yapı Malzemesi Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniv., Fen Bil. Ens., Eskişehir, Aralık 1993.
- [2] M.H. Ergen, "Yapıda Perlit Bibliyografyası", TÜBİTAK, Yayın No:b3, Mayıs 1983.
- [3] P. Ujhelhi, "Light Building Materials", Plymouth, Scott, s. 196, 1989.
- [4] K. Moravec, Czechoslovakia Pat. No:CS196.002, London, Raymond, s.612, 1987.
- [5] T. Ishikawa, Japan Pat. No:JP1453-517, Yokohama, Sakura, s. 373, 1991.
- [6] F. Eckard, Germany Pat. No:EP59-980, Cologne, Badgodesburg, s.214,1990.
- [7] Asahi Glass, Japan Pat. No: JP 5907-613, Kyoto, Yokomora, s. 117, 1990.
- [8] G. Pimenocaj, Germany Pat. No:DE3626-184, Cologne, Badgodesburg, s.113,1990.
- [9] USA., Patent No: 3988-199, Norfolk, Richmond, s. 612, 1989.
- [10] A. Güralp, "A-Perlit", Yıldız, 1985.
- [11] S. Yalgin, "İnşaat Sektöründe Perlit", Etibank, Yayın No: 106, Ankara, 1983.

- [12] Ç. Gökhan, "İnşaat Malzemesi Olarak Perlit", I. Ulus. Perlit Kong., s.33-39, 1977.
- [13] M. S. Akman ve M. A. Taşdemir, "Taşıyıcı Malzeme Olarak Perlit Betonu", I.Ulusal Perlit Kongresi, s. 40-48, 1977.
- [14] TS 3681, Genleştirilmiş Perlit Agregası, Ankara, TSE Yayınları, 1985.
- [15] TS 4377, Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin, Ankara, TSE Yayınları, 1985.
- [16] Y. Yöntem, "İnşaat Mühendisliği Açısından Hava Kirliliğinin Azaltılması İçin Alınabilecek Önlemler", Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniv., Fen Bil. Ens., Eskişehir, 1993.
- [17] Ü. Akçalı, "1999 Yılı İnşaat Birim Fiyat Analizleri", Ankara, 1999.