TARIMSAL YAPILARDA KULLANILAN HAFİF İNŞAAT MALZEMELERİ

Sedat KARAMAN[¶]

Geliş Tarihi: 13/12/2006

ÖZET

Hafif inşaat malzemelerinin deprem, yapı ekonomisi, ısı ve ses yalıtımı gibi bir çok soruna çözüm getirmesi, ucuz olmaları, sağlanmasının kolay ve büyük yatırımlar gerektirmemeleri, işçilik, demir, kereste vb. tasarruf sağlaması gibi önemli üstünlükleri vardır. Enerjinin verimli kullanılması, depremin yıkıcı ve kaynakları yok edici etkilerinin azaltılması, toplumsal refah, çevreyi koruma bilinci ve enerji kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle hafif yapı malzemelerinin kullanımlarının yaygınlaştırılmasının önemi büyüktür. Hafif inşaat malzemelerinin tarımsal yapılarda yapı malzemesi olarak kullanılması tarımsal yapıların ısıtma giderlerini önemli ölçüde düşürerek, hayvan barınaklarında ısı-nem dengesinin sağlanmasına yardım edecek ve tüketilen enerjiden önemli oranda ekonomi sağlanabilecektir.
Anahtar kelimeler: Tarımsal inşaat, hafif inşaat malzemeleri,

LIGHTWEIGHT CONSTRUCTION MATERIALS For AGRICULTURAL STRUCTURES

ABSTRACT

Lightweight construction materials have several advantages and superiorities over the other materials since they provide solutions for earthquake, construction economy, heat and noise insulation; they are cheap, easily supplied, not require large investment and provide saving in labor and the other construction inputs utilization light-weight construction materials should be wide-spread for as efficient energy utilization, elimination of destructive effects of earthquakes, social welfare and environmental protection. Lightweight materials can largely reduce the heating costs of agricultural structures, provide a proper heat-humidity balance and also bring significant savings in energy consumption.
Keywords: Agricultural structures, light-weight construction materials.

GİRİŞ

Yapılarda kullanılan inşaat malzemelerinin bir kısmı doğal olarak elde edilmekte, bir kısmı da yapay olarak üretilmektedir. Ham maddelerin üretilme yöntemlerini, fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini bilmek, ona göre yapıda en uygun yerde ve şekilde kullanmak gerekir. Bu ise dikkatle seçilmiş inşaat malzemelerinin kullanılmasıyla olanaklıdır. İnşaat malzemelerinin seçiminde; malzemenin yapısı, dış etkilere karşı dayanıklılığı, kullanış kolaylığı, sağlamlığı, sertliği, ısı iletimi, kolay işlenebilmesi, ekonomikliği ve kullanım yerinde bulunabilmesi gibi özelliklerin etkisi büyüktür.

Yapılarda yalıtıma verilen önem her geçen gün artmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte enerjiye duyulan gereksinim artmakta, buna paralel olarak enerjinin en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla endüstrileşmiş yapım teknolojilerine geçiş sürecinde, hafif ve enerji tasarrufuna katkıda bulunacak yeni inşaat malzemelerinin kullanımına yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır.

Tarımsal yapıların inşasında geleneksel ağır inşaat malzemeleri (kum, çakıl, yapı taşları, vb.) yanında gittikçe artan oranlarda hafif inşaat malzemeleri de kullanılır. Yapılarda hafif malzemelerin kullanımı daha çok kalkınmış ülkelerde gelişmiştir. Oysa üretim tesisleri büyük yatırım gerektirmeyip doğal kaynağı bulunan her ülkenin işletebileceği tesislerdir (Okucu, 1992).

Yapı elemanları, bu elemanlara gelen statik ve dinamik yükler yanında yapı içerisindeki ısı ve nem dengesini sağlayacak minimum kalınlığa göre boyutlandırılırlar. Isı ve nem dengesine göre yalıtım malzemesi kullanılmadan belirlenen yapı elemanlarının kalın-

[¶] Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tokat
skaraman@gop.edu.tr

lıkları genellikle yüke göre hesaplanan yapı elemanları kalınlığından fazladır. Yapı elemanları kalınlıkları bu esasa göre planlandığında yapı maliyeti artar ve yapının kullanışlılığı azalır. Bu sakıncayı gidermek için yapı elemanları taşıyacağı yüke göre planlanırlar ve yapı içerisindeki ısı ve nem miktarına göre yalıtılırlar (Okuroğlu ve Delibaş, 1986). Isı ve nem dengesini sağlayacak minimum yapı elemanının kalınlığı kullanılan inşaat malzemesinin ısı iletim değerine bağlıdır. Tarımsal yapılarda iklim bölgelerine bağlı olmakla birlikte ısı yalıtımına sahip olmayan yapı elemanları, mevsim koşullarına göre çoğu kez ısıyı muhafaza edememektedir. Yapı elemanlarının fazla kalın yapılması ısı iletim katsayısını düşürmekle birlikte yapıya aşırı yük getirmekte, depreme dayanıksız olması ve malzeme maliyetinde artış göstermesi nedeniyle günümüz koşullarında hafif malzemelerle ısı yalıtımlı duvarlar elde edilerek depreme dayanıklı yapılar inşa edilmekte ve maliyetinin azalması sağlanmaktadır

Yapı teknolojilerindeki gelişmeler ve betonarmenin taşıyıcı iskelet olarak ortaya çıkışıyla, yapıların duvarları incelmek zorunda kalmış, buna bağlı olarak ısı ve nemle ilgili yapı fiziği sorunları gündeme gelmiştir. Kalın duvarlarda ortaya çıkmayan bu sorunlar, duvalar ın incelmesi sonucu daha iyi olanaklar veren yeni malzemelerin kullanımını gerektirmektedir. Her ne kadar bu sorun kompozit duvarlarla yeterli ölçüde çözülmekte ise de, bu çözümlerin maliyet artırıcı olduğu da gerçektir (Toydemir, 1986; Tanaçan,1993).

İnorganik malzemelerin boşluk yapıcı elemanlar olarak önerilmesi çok yakın zamanlara dayanır. Teoride bu tür katkılar özellikle organik bileşikler içermedikleri ve organik çevre kirleticiler üretmedikleri için uygun gözükmektedir (Güzel, 1993). Bu malzemelerin hafif olmaları, yüksek yalıtım özelliği, donmaya, aşınmaya, kimyasal etkilere karşı yüksek direnci, elastisite ve kolay bağlanabilmesi, yeterli basınç ve çekme dayanımı, buhar difüzyon direnci, su ve nemden etkilenmemesi, sıva tutma özelliği, işlenebilirlik, çürümezlik, uzun ömür, ucuzluk vb. özelliklere sahip olmaları aranan niteliklerdir (Toydemir *ve ark*., 1990).

Hafif inşaat malzemeleri doğal kaynakları yönünden doğal halleri ile kullanılmaya uygun malzemeler (pomza, hafif volkanik tüf, cüruf ve diatomitler); ağır malzemelerden yapay olarak üretilen malzemeler (perlit, genleşmiş kil, şeyl, vermikülit) ve yan ürün olarak elde edilen malzemeler (kül, cüruf vb.) olarak üç grupta toplanabilir (Okucu, 1992). Bu makalede tarımsal yapılarda kullanılabilen söz konusu hafif inşaat malzemelerinin özellikleri ve uygulama olanakları anlatılmıştır.

PERLİT

Perlit, volkanik aktiviteler sonucu asidik erimiş mağmanın lav halinde yüzeye çıkarak, yüksek basınç altında su veya buharla teması ile oluşmuş doğal cam olarak tanımlanır (Güzel, 1993; Öztürk, 1995). Uygun sıcaklıkta (760-1200 ^{o}C) bünyesindeki suyun uzaklaşması ile hacminin yaklaşık 4-30 katı genişleyebilen silisli volkanik cam olan perlit, genleştiğinde çok hafif ve gözenekli yapı kazanan ve genellikle % 70-75 SiO_2, % 12-20 Al_2O_3 ve az miktarda diğer mineral bileşikleri içeren asidik özellikli püskürük kayaçtır. Hacmin artmasıyla ısı iletim katsayısı ve yoğunluğu düştüğünden, ısı yalıtımı için hafif malzeme elde edilmiş olur. Isıl işlem uygulanarak elde edilen düşük yoğunluktaki bu malzemeye genleşmiş perlit denir (Anonim, 1970; Yalgın, 1983; Anonim, 1994; Öztürk, 1995; Anonim, 1998; Anonim, 2006). Doğal haliyle gümüş grisi, koyu gri veya siyah renkli olan perlit; kompakt, ince taneli, gözenekli, gevşek, kolay kırılabilir, kum ve kum taşı yapısında el ile ufalanabilir yapıdadır (Tanaçan, 1993).

Perlite önemli ekonomik ürün niteliği kazandıran teknik özellikler, genleştirildikten sonra elde edilir. Genleşmiş perlitin en büyük kullanım alanı yapı sektörüdür. İnşaat malzemesi olarak kullanımı ilk olarak ABD'de başlamış ve kısa sürede hafifliğinden, ısı ve ses yalıtım özelliğinden dolayı aranılan malzeme haline gelmiştir (Yalgın, 1983; Okucu, 1992; Çobanlı,1993). Silisli ve alüminyumlu bileşikler içermesi nedeni ile kalsiyum esaslı bağlayıcılar ile kimyasal reaksiyona girerek hidrolik aktivite gösterdikleri için geniş çapta kullanılmaktadır. Bu kullanımları çimentodan ekonomi sağladığı gibi dayanıklılık da kazandırmaktadır (Anonim, 2006).

Perlit, bünyesinde fazla gözenek ve durgun hava bulunmasıyla çok iyi ısı yalıtımı yanında yüksek frekanslı darbeli sesleri etkisiz hale getirir. Çürümeme, yangına ve suya dayanıklılık, böcek ve haşerelerden etkilenmeme, uzun ömürlü olma, işleme kolaylığı gibi özellikleri nedeniyle tarımsal yapılarda kullanımı uygundur. Yüksek sıcaklıkta elde edildiğinden sterildir ve doğal olduğundan sağlığa zararlı değildir. Nötr bir malzeme olduğu için asit ve bazlara dayanıklı olup reaksiyona girmez. Amorf bir alüminyum silikat olduğundan bağlayıcı malzemelerle uyum sağlayabilir (Anonim, 1994; Kahraman, 1999). Perlit rezervlerinin çok olması volkanik tüf, cüruf, genleşmiş kil gibi hafif inşaat malzemeleri arasında

perlitin önemini artırmaktadır (Tanaçan, 1993). Diğer yandan üretimi sırasında kimyasal işlem değil fiziksel olarak işlem gördüğü için , atık sorunu olmayıp çevre ile ilgili sorunlar yaratmamaktadır (Anonim, 2006).

Perlit hafifliğinden dolayı hafif beton yapımında, ısı yalıtım özelliğinden dolayı yalıtım işlerinde, ses yalıtım özelliğinden dolayı akustik sıva yapımında kullanılmaktadır (Köktürk, 1993). Perlit; perlitli sıvalar, perlit agregalı hafif yalıtım betonu olarak (çimento veya alçı bağlayıcılı) ve alçı dışındaki bağlayıcılarla yapılan özel amaçlı perlit betonları gibi tüketim alanlarında kullanılmaktadır (Okucu, 1992). Perlitli hazır yapı elemanlarının üretiminde çimento, alçı, kil, kireç, alüminyum, fosfat ve sentetik reçineler bağlayıcı olarak kullanılmaktadır (Çobanlı, 1993).

Genleşmiş perlit, bağlayıcı madde kullanılmaksızın gevşek dolgu malzemesi olarak ısı ve ses yalıtımı amacıyla duvar sistemlerinde (boşluklu duvar, briket, delikli tuğla duvar ve kaplama duvarlarda) ve döşemelerde kullanılmaktadır (Köktürk, 1993). Bu amaçla perlit daneleri şantiyede boşluklu duvarların arasına dökülerek uygulanır. Silikonla işlem görmüş ve suya karşı korunmuş olan genleşmiş perlit, duvar ve döşemeler için ucuz, pratik bir yalıtım malzemesidir. Yalıtım amaçlı gevşek dolgu uygulamalarında kullanılan perlitin birim ağırlığı 80-128 kgm^{-3} arasında olmalıdır. Bu yoğunluklardaki genleşmiş perlitin ısı iletkenliği 0.045-0.053 W/m^oC arasında değişir (Yalgın, 1983).

Perlit, perlit betonu yapımında kullanılmaktadır. Bu betonların en belirgin özellikleri hafifliği ve düşük ısı iletkenlik değerleridir. Perlit betonunun birim ağırlığı 320-640 kg m^{-3} ve ısı iletkenliği 0.07-0.12 W/m^oC'dur (Köktürk, 1993). Perlit betonu kum, çakıl, vb. gibi normal beton agregalar yerine perlit kullanılarak tarımsal yapılarda ölü yükleri azaltma, ısı ve ses yalıtımı sağlama amacıyla genellikle taşıyıcı olmayan duvarlarda uygulanabilir. Daha yüksek dayanıma sahip (35 $kgcm^{-2}$) perlit betonları ara duvar ve dış duvar yapımında kullanılmasına karşın, genellikle taşıyıcı duvarlarda kullanılmamaktadır (Kahraman, 1999).

Perlit hafif olması, ısı ve ses yalıtımı sağlaması, yangına karşı koruyucu olması, kullanım kolaylığı ve dayanımı gibi üstünlükleri nedeniyle perlitli sıvaların yapımında kullanılır (Köktürk, 1993). Perlitli sıva ile dış duvarlar inceldiğinden iç hacim genişliği ve yapı yükü azalır, maliyet düşer (Okucu, 1992). Perlit alçılı perlit sıvası, çimentolu perlit sıvası gibi kaba ve ince sıva olarak kullanılmaktadır. Alçı içerisine perlit katkıları ilave edilerek hafif, dayanımlı ısı ve ses yalıtım özelliği bulunan yangına karşı dirençli bölme panoları üretilmektedir (Yıldırım, 1998). Kaba sıva olarak kullanılan çimentolu perlit sıvası ise dış ve iç yüzeylerde uygulanmaktadır. Dış yüzeylerde kullanıldığı zaman, üzeri çimentolu perlit ince sıvası veya 300-350 doz ince kum sıvası ile 4-5 mm kalınlığında kaplanmalıdır (Aşar, 1997).

Perlitin diğer kullanım şekli de hacim olarak % 70 genleşmiş perlit, % 23 kil, % 7 bor kullanılarak üretilen perlitli tuğlalardır. Perlitli tuğlaların yüksek ısı yalıtımları ile hafif yapı malzemesi olmaları yanında kuruma sırasında rötre ve yoğunluk artışı olmaması, yangına ve dona dayanımının yüksek oluşu, kolay üretilmesi gibi olumlu özellikleri vardır. Duvarlarda ve çatılarda yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır (Çobanlı, 1993; Yıldırım, 1998; Kahraman, 1999).

POMZA

Pomza volkanik olaylar sonucu oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere dayanıklı, süngerimsi, ani soğuma ve gazların yapıyı ani terk etmesinden dolayı oldukça gözenekli olan ve suda yüzen, camsı volkanik bir kayaçtır. Gözenekler arası bağlantısız olduğundan permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı yüksektir. Amorf yapıya sahip olan ve bünyesinde kristal suyu bulunmayan pomza, kimyasal olarak % 75'e varan silis içeriğine sahiptir ve birim ağırlığı 1 $grcm^{-3}$ ten az, sertliği Mohs skalasına göre 6 dolayındadır (Güzel, 1993; Çevikbaş ve İlgun, 1997). Pomza ağırlıkça % 60-75 SiO_2, % 13-15 Al_2O_3, % 1-4 Fe_2O_3, % 2-5 Na_2O, % 3-4 K_2O, % 1-2 CaO, % 1-2 MgO içermektedir (Okucu, 1992).

Pomzanın yoğunluğunun düşük, gözenekli, ısı-ses yalıtım özelliğinin iyi olması ve tarımsal yapılarda aşırı yük oluşturmaması nedeniyle son yıllarda hafif inşaat malzemesi olarak kullanımı artırmıştır. Pomzadan üretilen yapı elemanlarının ısı yalıtımı diğer malzemelerden daha fazladır. Pomzanın tarımsal yapılarda kullanımı ısı-nem dengesinin sağlanmasına yardımcı olmakta, barınaklar az enerji ile ısıtılmakta ve daha az enerji tüketimi ile çevre kirliliği ortadan kalkmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerde iri pomza, hafif beton blokların ve briketlerin yapımında kullanılmaktadır. Pomzanın elde edilmesi için perlit ve vermikulitte olduğu gibi ek enerji tüketimi de gerekmemektedir (Güzel, 1993; Dal, 1998).

Pomza, normal kum ve çakılın 1/3 ile 2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Aynı durum pomza ile yapılan betonlarda da görülmekte olup, normal betondan daha hafif olması nedeniyle pomzadan üretilen hafif beton

bloklar, briketler ve diğer kullanım şekilleri, zaman ve işçilikten ekonomi sağlamaktadır. Pomzanın gözenekli olması, pomza betonunun kullanıldığı tarımsal yapılardaki ısı ve ses yalıtımını istenilen duruma getirir ve ısı kayıpları % 50 azalır. Ayrıca pomza katkılı betonlar normal betona oranla yangına karşı % 20 daha dayanıklıdır. Pomza betonu elastik olduğundan depreme karşı dayanıklıdır ve dondan etkilenmez (Okucu, 1992; Dal, 1998). Zemin mekaniği açısından temele iletilen yük azalacağından, inşaat demirinden % 17 ekonomi sağlamaktadır. Pomzanın ısı geçirgenlik katsayısı normal betondan 6 kat daha fazla yalıtım sağladığından, daha büyük enerji tasarrufu sağlamaktadır (Çevikbaş ve İlgun, 1997).

Pomzanın diğer kullanım alanlarından olan ve kil ile karıştırılmasıyla elde edilen pomza katkılı tuğla, boşluk oluşturan danelerin etkisiyle hafiflik, yüksek dayanım, iyi ısı-ses yalıtımı, yangına karşı dayanımgibi üstün özelliklere sahiptir (Yıldırım, 1998). Pomzanın tuğla kiline katılması ile hem ekonomik yönden değerlendirilmesi ve hem de yapı fiziği özellikleri geliştirilmiş hafif tuğla üretimi olasıdır (Güzel, 1993).

DİATOMİT

Diatomit saf ve tortu haldeyken silis kabuklarının bileşiminden oluşur. Sedimenter kökenli tek hücreli bitkilerden olan diatomelerin fosilleşmiş kalıntılarının oluşturduğu silisi bol bir kayaçtır. Diatome fosil kalıntılarından başka kil ve karbonat mineralleri, kırıntıları, bir miktar demir oksit ve alkali metaller de içerir. Doğada bulunuş şekliyle % 10-60 arasında değişen oranda serbest su da içerir. İçerisinde en az % 1,5 cam elyaf bulunan diatomit hafif olup, kimyasal olarak nötrdür ve asitlerden etkilenmez. Kireç benzeri açık renkli, gözenekli olan diatomit yumuşak olup kolayca kırılabilir. Saf diatomit yaklaşık 450 kgm^{-3} yoğunluktadır (Okucu, 1992; Anonim, 1993; Kahraman, 1999).

Diatomit, yüksek gözenekliliği, hafifliği, ısı, ses ve elektriği az geçirmesi, erime noktasının 1400-1600 °C olması, kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı ve yoğunluğunun az olması gibi fiziksel özellikleri nedeni ile dolgu maddesi, yalıtım maddesi, absorbent, hafif yapı malzemesi, refrakterler vb. birçok sanayi dalında kullanılmaktadır. Volkanik kökenli olmayan tek doğal puzolan olan diatomitin çimento üretiminde kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır (Aruntaş, 1996; Aruntaş ve Tokyay, 1996). Saf diatomit tortuları ısı yalıtımı ve dolgu malzemesi olarak kullanılır. Diatomit gözenekli, düşük yoğunluklu ve dirençli partiküllere sahip olduğundan, çimento karışımları için puzalon olarak yalıtımda kullanılmaktadır. Tuğla, blok ve toz halinde de (çimentoda) kullanılır. Bu malzemeler diatomit, kil, çimento, alçı ve kireç karışımlarından oluşup çok hafiftirler. Bunlardan başka çimentolu, alçılı, akustik sıva yapımında, yangına karşı korumada ve çatı yalıtımında yararlanılır (Okucu, 1992; Anonim, 1993; Kahraman, 1999). Yapılan çalışmalarda, diatomitin hafif agrega olarak blok üretiminde kullanılması ile taşıyıcı olmayan ancak ısı yalıtımı yüksek olan yalıtım amaçlı hafif bloklar üretilebildiği belirlenmiştir (Uygunoğlu ve Ünal, 2006).

VERMİKÜLİT

Genleşmiş mika olarak ta bilinen vermikülit mika mineralidir. Doğal haliyle mikamsı görünüme sahip olan vermikülit, iyi gelişmiş dilinimleri yumuşak ve eğilebilir özelliktedir. Ham maddesi çok ince ve parlak katmanlardan oluşur ve her katmanın arasında bir miktar su bulunur. Genleşmiş durumda yoğunluğu 96-320 kgm^{-3}'e kadar olurken, genleştikten sonra 50-130 kgm^{-3} arasında değişir. Isı iletkenlik katsayısı 0.044-0.047 $W/m^{o}K$ arasındadır. Yeşil, sarımsı, kahve ve hatta siyah renkte olabilir. Sertliği Mohs ölçeğine göre 1.2 ile 2.0 arasında değişir ve 1370 ^{o}C'da erir (Smith ve Andres, 1989; Gürdal, 1990; Kahraman, 1999; Anonim, 2001). Vermikülit ağırlıkça % 38.64-38.66 SiO_2, % 22.68-20.04 MgO, % 19.94-17.36 Al_2O_3, % 9.29-8.45 Fe_2O_3, % 7.84-5.24 K_2O, % 1.23-0.75 CaO, % 0.28-0.52 Cl ve % 5.29-8.71 H_2O bileşenleri içermektedir (Okucu, 1992).

Genleşmiş vermikülit pek çok kullanım özelliğine sahiptir. -15-1050 ^{o}C arasında iyi bir ısı yalıtım özelliğine sahip olup hafif, ateşe dayanıklı, kimyasal olaylardan etkilenmeyen, çürümeyen, özelliklere sahiptir (Okucu, 1992).

Vermikülit bütün killerle iyi kompozit malzeme oluşturduğundan, genleşmiş malzeme içeren alçı ve diğer karışımlar ile yapılarda ateşe dayanıklı eleman, ses yalıtkanı, nem ve su yoğunlaşmasına karşı koruyucu olarak; panel duvar, beton duvar ve tavanlarda dekoratif malzeme olarak ta kullanılmaktadır. Genleşmiş malzeme sıcaklığa ve ani ısı şokuna karşı son derece dayanıklı olduğundan beton, çelik ve ahşap yapı elemanlarının yangına karşı korunmasında kullanılmaktadır (Anonim, 1996; Anonim, 2001).

Vermikülit, tarımsal yapılarda yalıtım dolgusu ve sıva malzemesi olarak daha çok çatı

arasındaki döşemeler üzerinde ve tuğla ile oluşturulmuş boşluklu duvarların ısı yalıtımında kullanılmaktadır (Kahraman,1999). İri taneli vermikülit konut, hayvan barınakları ve depolama yapılarında kullanılır. Orta taneli boyutlu olanları alçı ile sıva malzemesi olarak kullanılır. Vermikülit sıvası hafif (kum sıvasının 1/3'ü kadar) ve ateşe dayanıklı olup, ısı-ses yalıtımı sağlar ve makine ile uygulanabilir. Vermikülit portland çimentosu ile hafif yalıtım betonu yapılarak döşemede, duvarda yapı bloklarında ve tavan kaplamalarında kullanılabilir. Karışım, hacim olarak altı kısım vermikülit ve bir kısım çimento şeklindedir. Bu şekilde yapılan betonun yoğunluğu 450 $^{kgm-3}$, sıkışma dayanımı 13 kgcm^{-2}'dir. Isıya dayanıklı yalıtım malzemesi olarak, tuğla, yanma haznesi ve boru kaplaması işlerinde kullanılır. Genleşmiş vermikülitin kümes tabanlarında yataklık dolgusu, absorblayıcı madde gibi bir çok kullanım alanı da bulunmaktadır (Okucu, 1992). Vermikülitin hafif tuğlaların üretimi için alternatif boşluk yapıcı ortam olarak uygun olduğu, yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Güzel, 1993).

KİL, ŞEYL VE SLEYT

Şeyl ve sleytler jeolojik olarak değişik oranlarda ısı ve basınçtan etkilenmiş killerdir. Aynı kimyasal bileşime sahip olan kil, şeyl ve sleytlere 800-900 ^{o}C arasında sıcaklık uygulandığında genleşir veya kabarırlar (Okucu, 1992).

Şeyl ve sleytler belirli boyutlarda kırılarak % 6-10 oranında kömür veya kok ile karıştırılır. Kil kuruysa bu oran % 20 kadar olabilir. Uygun derecedeki ısının ani ve kısa süreyle uygulanarak sinterleşmesiyle birbirine bağlanan malzemenin yoğunluğu 800-1100 kgn $^{-3}$'tür. Bu şekilde elde edilen hafif malzeme, betonlardan birkaç kat daha fazla kırılma direncine sahiptir. Yapılarda önemli oranda yük ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır (Okucu, 1992).

Perlit ve pomzanın hafif malzeme olarak kullanılışına paralel olarak genleşmiş kil kullanılışı yaygınlaşmıştır (Okucu, 1992). Kil bir eksen etrafında dönerek çalışan fırında genleştirilir. Bu yöntemde kırılmış küçük kil parçaları bir eksen etrafında dönen fırında yaklaşık 1090 ^{o}C sıcaklıkta ısıtılır. Malzemeyle birlikte gazlar genleşir ve kütle ile birlikte binlerce küçük hava kabarcığı oluşur. Malzeme soğuduğunda ve katılaştığında bu hücreler kalır ve bütün kabarcıklar sert, cama benzeyen bir membranla çevrilir (Smith ve Andres, 1989).

UÇUCU KÜL

Toz haline getirilmiş fosil yakıtlar (linyit kömürleri vb.) termal güç santrallerinde yakıldıklarında, yüksek sıcaklıklar nedeniyle eriyen çok ince küller elde edilir. Kimyasal bileşimleri uygunsa yakılmayı izleyen soğutma işlemi, bu erimiş maddenin ince parçacıklarını camsı parçacıklara dönüştürür (Massazza, 1989). Düşük kalorili linyit kömürlerinin yakıldığı termik santrallerde, elektrik üretimi sırasında toz haldeki kömürün yanması sonucu baca gazları ile sürüklenen ve elektro filtreler yardımı ile tutularak atmosfere çıkışı önlenen mikron boyutunda kül tanecikleri oluşmaktadır. Endüstriyel atık olan ve uçabilen bu küllere uçucu kül adı verilmektedir. Taşkömürünün % 10-15'i linyit kömürünün % 20-40'ı küldür. Uçucu kül miktarı kullanılan kömür ve kazan türüne göre değişir (Tokyay ve Erdoğdu, 1998; Aruntaş, 2006).

Uçucu kül çimentodan daha koyu gri renkte, çok küçük taneli yumuşak malzemedir. Mikroskopla bakıldığında çeşitli şekil ve büyüklükte, değişik renklerde olduğu görülür. İyi yanmış uçucu kül, iyi yanmamış uçucu külden daha açık renkte ince bir malzemedir. Yoğunluğu 0.54-0.86 grcm^{-3}, tane çapları 1-100 µ, yüzey alanları 2000-5000 cm^{2}gr^{-1} arasındadır. İçi boşluklu veya boşluksuz camsı kürecikler ve süngerimsi mineral parçacıklardan oluşan uçucu külün, endüstri atıkları ile kirlenmiş suları emerek arıtma özelliği vardır (Okucu, 1992). Bol miktarda kalsiyum sülfat içerdiklerinde jips esaslı bağlayıcı olarak ta kullanılmaktadır. Uçucu küller ağırlıkça % 50 $Si0_2$, % 30 AL_2O_2, % 7 Fe_2O_3, % 2 CaO, % 2 MgO, % 1 Na_2O, % 4 K_2O ve % 1 TiO_2 içermektedir (Masazza, 1989; Okucu, 1992).

Uçucu küllerin en çok kullanılabileceği alanların başında inşaat sektörü gelmektedir. Bu alanda yapılan çalışmaların çoğunluğu uçucu küllerin çimento, beton, tuğla, hafif agrega üretiminde, zemin stabilizasyonu ve dolgu yapımında kullanılmasına yöneliktir (Tokyay ve Erdoğdu, 1998). Uçucu küllerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri incelendiğinde, bunların tarımsal yapılarda rahatlıkla kullanılabileceği, dolayısıyla malzeme ve enerji üretiminde ekonomi sağlanırken çevre kirliliğinin önlenmesi ile ekolojik dengenin korunması da olası görülmektedir. Uçucu külller çimento, beton, agrega, kerpiç, tuğla, gaz beton ve yalıtım malzemesi üretiminde kullanılmaktadır (Aruntaş, 2006). Uçucu küller çimento katkı maddesi olarak beton yapımında (normal agregalı beton, gazlı beton, hafif agregalı beton), tuğla yapımında, duvar harçlarında ve

akustik blok yapımında kullanılır (Okucu, 1992).

Uçucu kül, kireç ile sulu ortamda tepkimeye girer. Buna puzolanik özellik denir. Puzalonlar, kendileri hidrolik bağlayıcı olmamalarına karşın ince olarak öğütüldüklerinde nemli ortamda kalsiyum hidroksitle tepkimeye girerek bağlayıcı bileşikler oluşturan doğal veya yapay malzemelerdir. Puzalonların belli oranda çimentoya katılmasıyla çimento kalitesinde yükselme ve ekonomi sağlanır (Okucu, 1992). Uçucu küllerin çimentoda kullanılması ile klinkerizasyon, öğütme ve kurutma enerjisinde ekonomi, çevre dostu olması, ürün çeşitliliğinin sağlanması gibi üretici, kullanıcı ve çevresel yönden yararlar sağlanır (Tokyay ve Erdoğdu, 1998; Demirbaş ve Aslan, 1999)

Uçucu küller, çimentonun ana ham maddeleri olan kil ve kalkere ham madde olarak karıştırılarak klinker üretiminde kullanılmaktadır. Çimentoda katkı olarak kullanıldığında enerji tasarrufu sağlanmakta ve daha ucuz çimento elde edilmektedir (Tokyay ve Erdoğdu, 1998). Uçucu külller hidratasyon ısısını düşürmekte, taze betonun kararlılığını, kolay yerleşmesini ve kolay sıkıştırılmasını sağlamaktadır. Yüksek oranda uçucu kül içeren betonlar kütle betonlarında, silindirle sıkıştırılabilen betonlarda, hafif beton üretiminde kullanılabilmektedir (Demir *ve ark*., 2002). Diğer yandan uçucu külün betonda su tutucu katkı maddesi olarak da kullanılabileceği önerilmektedir (Postacıoğlu, 1986).

Uçucu kül, kil ile karıştırıldığında kilin porozitesini artırıp yoğunluğunu ve karışım suyunu azaltır ve pişme sırasında ısı tüketimini azalttığından tuğla yapımında kullanılır (Güzel, 1993). Diğer yandan yapılan araştırmalar uçucu külün kerpiç özelliklerini olumlu yönde etkilediğini, dolayısıyla kerpiç üretiminde bağlayıcı olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Aruntaş, 2006).

SONUÇ

Hafif inşaat malzemelerinin tarımsal yapılarda kullanılmasıyla ; ham madde kaynaklarımızın değerlendirilerek ülke ve birey ekonomisine katkı sağlanması yanında, kırsal yerleşimlere hafif olması nedeniyle daha ucuz ve kolay götürülebilmesi, teknoloji ve ithalinin büyük yatırımlar gerektirmemeleri, hafif ve büyük boyutlardaki elemanların kısa sürede tamamlanabilmesi, deprem zararlılarının azaltılması, ısı yalıtımından sağlanacak enerji tasarrufuyanı sıra, işçilik, demir ve kereste tasarrufu gibi üstünlükler sağlanabilir.

İklim koşulları yapılardaki yalıtım sistemlerinin geliştirilmesine, dolayısıyla hafif inşaat malzemelerinin kullanımına etki eden önemli bir etmendir. Hafif inşaat malzemelerinin tarımsal yapılarda kullanılması, özellikle kış aylarının uzun sürdüğü ve kış ayları ortalama sıcaklığının çok düşük olduğu bölgelerdeki tarımsal yapıların ısıtma giderlerini önemli ölçüde düşürerek, hayvan barınaklarında ısı-nem dengesinin sağlanmasına yardım edecek ve tüketilen enerjiden önemli oranda ekonomi sağlanabilecektir. Konut, hayvan barınağı ve ürün koruma ve depolama yapıları gibi kontrollü sıcaklık ve nem koşullarının sağlanmasının gerekli olduğu tarımsal yapıların yapımında başarıyla kulanılabilir.

Ülkemizdeki tarımsal yapılar genellikle malzeme özelliği ve yapım tekniği yönünden beklenen en az koşulları yerine getirmekten uzak olduğundan, doğal afetlere ve özellikle depreme karşı yeterli dayanım gösterememektedir. Hafif inşaat malzemeleri yapı ağırlığını azalttığından depremin yapı üzerindeki etkisini azaltabilir. Bu amaçla prefabrik elemanların üretilmesiyle ısı tasarrufu yönünden büyük yararlar sağlanabilecektir Diğer yandan malzeme gereksinimlerinin oldukça önemli boyutlarda olduğu ülkemiz tarımsal yapılarında, kısıtlı kaynaklar ve her yıl artan maliyetler karşısında mevcut kaynakların verimli kullanılması önem kazanmaktadır.

Enerji tasarrufu yada enerjinin verimli kullanılması, depremin yıkıcı etkilerinin azaltılması, toplumsal refah, çevre koruma bilinci ve enerji kaynaklarımızın sınırlı olması nedeniyle hafif inşaat malzemelerinin kullanımlarının yaygınlaştırılmasının önemi büyüktür. Yurdumuzun çeşitli bölgelerinde yaygın olarak bulunan ve kolayca sağlanabilen doğal hafif inşaat malzemelerinin özelliklerinin incelenerek, hafif yapı malzemelerinin üretilmesi ve uygulama alanlarının genişletilmesiyle üstün niteliklere sahip inşaat malzemesi elde etme olanakları söz konusudur

KAYNAKLAR

Anonim, 1990. Yapılarımızda bims ile ısı yalıtımı, *Dizayn Konstrüksiyon Dergisi*, **65**, 67.

Anonim, 1993. Diyatomit-"Isı Yalıtımında Kullanılan",Türk Standartları Enstitüsü, TS9773, Ankara

Anonim, 1994. Binalarda kalıcı ısı yalıtımı için etiper, *İnşaat Dergisi*, 68-70.

Anonim, 1996. Çimento hammaddeleri ve yapı malzemeleri; pomza, perlit, kireç, alçıtaşı ve alçı kum-çakıl-mıcır, tuğla-kiremit toprakları, vermikülit. *MÖ İK*, 2, 189.

Anonim,1998. Genleşmiş perlit agregası TSE 3681, *Türk Standartları Enstitüsü*, 691, 322, 1-7.

Anonim, 2001. *Yapı malzemeleri III. (pomza-perlit-vermikülit-flogopit-genleşen killer), MÖİK Raporu,* VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Dpt: 2617- ÖIK: 628, Ankara.

Anonim, 2006. Perlit, Bulak Ticaret Yapı İzolasyon Malzemeleri, http://www.bulak.net

Anonim 1970. Perlite, United States Department of the Interior Bureau of Mines. A Chapter From Mineral Facts and Problems, 1-2.

Aruntaş, H. Y., 1996. Diatomit, özellikleri, kullanım alanları ve inşaat sektöründeki yeri, *Çimento ve Beton Dünyası*, **1(4)**, 27.

Aruntaş, H. Y., 2006. Uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanım potansiyeli, *Gazi Üniv. Müh.Mim. Fak. Dergisi*, **21(1)**, 193-203.

Aruntaş, H. Y. ve Tokyay, M.,1996. Katkılı çimento üretiminde diatomitin puzolanik malzeme olarak kullanılabilirliği, *Çimento ve Beton Dünyası*, **(1) 4**, 33-41.

Aşar, E., 1997. Bina iç duvarlarında ısı yalıtımı ve perlit, *Yalıtım Derg.*, **(8)**, 35.

Çevikbaş, A. ve İlgün, F., 1997. Türkiye pomza yataklarının jeolojisi ve ekonomisi. I. Isparta Pomza Semp., Isparta, 13-19.

Çobanlı, M.,R., 1993. *Isı Direnci Yüksek Hafif Yapı Malzemesi Üretimi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Osmangazi Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. ABD, 44 sayfa. Eskişehir.

Dal, A.İ., 1998. *Niğde Yöresi Pomza Taşının Isı ve Ses Yalıtımında Kullanılmasının Araştırılması*. **Yüksek Lisans Tezi**, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 66 sayfa.

Demir, M., Erenoglu, T., Ekim, H. ve Tasdemir, M.A., 2002. Effects of fineness and amount of fly ash on strength development of concrete. *V. International Congress on Advances in Civil Engineering*, September 25-27, Vol 2, 1349-1358, Istanbul.

Demirbas, A. and Aslan, A., 1999. Evaluation of lignite combustion residues as cement additives. *Cem. Concr. Res*., **29**, 983-987.

Gürdal, E., 1990. Isı yalıtımı ve ısı yalıtkan malzemeler*, İnşaat Dergisi*, 26-34.

Güzel, G. A., 1993. *Pomza Katkılı Tuğla Üretimi ve Bu Tuğlaların Mekanik ve Boşluk Özelliklerinin İncelenmesi.* **Doktora Tezi**. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 239 sayfa, İstanbul.

Kahraman, F. 1999. *Isı Tutucu Malzemeler ve Yapılarda Uygulama Olanaklarının Araştırılması*. **Yüksek Lisans Tezi**. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 172 sayfa, İstanbul,

Köktürk, U., 1993. *Endüstriyel Hammaddeler,* Dokuzeylül Üniversitesi Yayınları, **No: 205**, 205-256, İzmir.

Massazza, F., 1989. Puzalonlar, puzalonlu çimento ve kullanım alanları semineri, 11-12 Mayıs, Ankara.

Okucu, A., 1992. *Hafif İnşaat Malzemeleri (Anorganik)*. **Yüksek Lisans Tezi**. Uludağ Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, Bursa, 89 sayfa.

Okuroğlu, M. ve Delibaş, L., 1986. Hayvan barınaklarında uygun çevre koşulları. *Hayvancılık Sempozyumu*, 5-8 Mayıs, Tokat, 43.

Öztürk, S., 1995. *Isı Yalıtımlı Yapı Elemanlarında Perlit ve Boraks Kullanımı.* **Yüksek Lisans Tezi**. Ege Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi ABD, İzmir, 167 sayfa.

Postacıoğlu, B., 1986. *Beton-Bağlayıcı Maddeler, Cilt 1,* Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.

Smith, R. C. ve Andres, C.K., 1989. *Materials of Construction*. Mc Graw Hill Book Company, Singapore, IV. Edition 349 sayfa.

Tanaçan, L., 1993. *Hafif Duvar Tuğlası Üretiminde Perlit ve Bazı Katkıların Etkilerinin Araştırılması.* **Doktora Tezi**, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 165 sayfa, İstanbul.

Tokyay, M. ve Erdoğdu K., 1998.Türkiye termik santrallerinden elde edilen uçucu küllerin karakterizasyonu, TÇMB, AR-GE/Y 98.3, Ankara

Toydemir, N., 1986.Yalıtım kavramında gelişme ve malzeme, *Dizayn Konstrüksiyon Dergisi*, **86**, 8.

Toydemir, N., Tanaçan, L. ve Sayıl, B., 1990. Isı tutucu malzemeler, *İnşaat Dergisi,* **(77)**, 72.

Uygunoğlu T. ve Ünal, O., 2006. Diyatomitin hafif blok üretiminde kullanılması, *Politeknik Dergisi*, **(9) 1**,65-70.

Yalgın, S., 1983. İnşaat sektöründe genleşmiş perlit kullanımı, Etibank Matbaası s.9-39.

Yıldırım, B., 1998. *Sandviç Kompozitler ve Mimarlıkta Kullanım Olanakları*. **Yüksek Lisans Tezi**. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 77 sayfa, İstanbul.