

KÖPRÜKÖY (PASINLER) YAKININDAKİ OCAKLARDAN SAĞLANAN DOĞAL HAFİF AGREGADAN YÖREDEKİ TARIMSAL YAPILARDA YARARLANABİLME OLANAKLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

İbrahim ÖRÜNG¹

Sırrı ŞAHİN¹

ÖZET: Bu araştırmada Erzurum İli Köprüköy İlçesi yakınlarındaki büyük bir alanda bulunan doğal hafif agreganın ve bu hafif agregayla üretilen hafif betonların özellikleri belirlenerek yöredeki tarımsal yapılarda kullanılabilme olanakları araştırılmıştır. Bunun için özellikleri saptanan agrega ile 75 kg/m³, 100 kg /m³, 125 kg /m³, 150 kg/m³, 175 kg /m³, 200 kg /m³, 225 kg /m³, 250 kg /m³, 275 kg/m³ ve 300 kg /m³ çimento içeriğine sahip 10 sınıf hafif beton ilgili Türk Standartları gözönünde bulundurularak üretilmiştir. Üretilen hafif betonların birim ağırlık, su emme, basınç dayanımı, çekme dayanımı gibi özellikleri saptanmıştır. Elde edilen değerlere göre, buradaki doğal hafif agreganın yerinde değerlendirilerek hafif beton yapımında kullanımıyla, yörede ısı yalıtımı iyi, depreme karşı oldukça dayanıklı ve dolayısıyla taş ve kerpiç gibi malzemeye göre daha üstün nitelikli tarımsal yapıların ekonomik olarak yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

A RESEARCH ON USAGE POSSIBILITIES OF NATURAL LIGHTWEIGHT AGGREGATE PROCURED NEAR KÖPRÜKÖY SOURCES FOR THE LOCAL AGRICULTURAL BUILDINGS

SUMMARY: This research was conducted to determine the properties of lightweight aggregates of Köprüköy district and lightweight concretes made of this aggregate. It was also determined usage possibilities of these concretes in the construction for farm buildings at province. The Turkish Standards dealing with the subject were considered to determine the properties of aggregate and concrete. Lightweight concretes were produced with ten different cement content levels were 75 kg/m³, 100 kg/m³, 125 kg/m³, 150 kg/m³, 175 kg /m³, 200 kg /m³, 225 kg/m³, 250 kg /m³, 275 kg/m³ and 300 kg /m³. In addition to suggested concrete making requirements, to obtain a reasonable workability of this material a constant level of slump (approximately 5 cm) was achieved. The properties such as unit weight, water absorption, compressive strength, splitting tensile strength of lightweight concretes were determined.

¹ Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.

According to the obtained values; suitable lightweight concretes can be produced which will provide structural materials better than conventional materials in province which are already in use. This conclusion can be drawn from the results that the high quality agricultural buildings which have a better thermal insulation and durability to earthquakes can be constructed economically at the province by using the natural lightweight aggregates which are available in this district.

GİRİŞ

Tarımsal yapılardan beklenen en önemli özellikler içinde depolanacak ürün ve canlılar için uygun bir çevre koşulu yaratmaktır. Bu özelliklerin sağlanmasında yapının fazla pahalıya mal olmaması gerekmektedir. Bunun için de yapıda kullanılacak malzemenin yapının fonksiyonuna uygun, yörede kolaylıkla elde edilebilen bir malzeme olması istenir. Ayrıca yapı malzemeleri yeterince dayanım ve dayanıklılık özelliğine sahip, ısı yalıtımı yüksek, hafiflik gibi niteliklere de sahip olmalıdır.

Tarımsal yapılar; tarım işletmelerinde kullanılan konut, depolama ve koruma yapıları, hayvan barınakları ve ürün değerlendirme tesisleri gibi yapılardır. Bu yapıların fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için bölgenin çevre koşullarının, işletme tipi ve yapım amacının, yapı malzemesi ve işçilik ekonomisi gibi etmenlerin araştırılması gerekir (Balaban ve Şen, 1988).

Hafif betonun yapı malzemesi olarak kullanımı ile yapı yükünün azaltılması dolayısıyla malzeme yönünden ekonomi, depreme karşı dayanıklılık, ısı yalıtımı için ikinci bir malzeme kullanımının olmaması gibi yararlar sağlanabilir (Taşdemir, 1982).

Hafif beton, üretiminde kullanılan agreganın gözeneklilik ve hafiflik gibi sahip olduğu bazı özellikler nedeniyle normal betondan bir kısım nitelikleri bakımından farklılık gösterir (Shu ve ark., 1980).

Hafif betonlar kullanım yerlerine göre yapısal, duvar birimlerinde kullanılan orta derecede dayanımlı ve yalıtım ve dolguda kullanılan düşük dayanımlı olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir. Bunlardan yapısal hafif beton, döşemede, tavanda, kiriş, kolon ve yük taşıyan bölmeler gibi kısımlarda kullanılabilir. Duvarlarda kullanılan hafif beton ile, yük taşıyan veya taşımayan duvar bölmeleri, öngerilmeli döşemeler ve duvar birleşimleri oluşturulabilir. Ayrıca yalıtım ve dolguda, duvarlarda veya döşeme, kaplama ve çatı dolgularında kullanılır. Bunlarda hafiflik ve yüksek derecede ısı yalıtımı arzu edilir, dayanım önemli rol oynamaz (Neville, 1973; Miscioğlu, 1983).

Hafif agrega betonunun birim ağırlık, dayanım ve ısı yalıtım özellikleri agreganın çeşidine, karışım oranına ve üretim yöntemlerine göre değişiklik göstermektedir (Anon., 1973). Değişik çeşitlerde hafif agregaların varlığına bağlı olarak bunlarla üretilen hafif betonların özellikleri de farklılık oluşturmaktadır (Dhir ve ark., 1984).

Normal betonun hava kuru birim ağırlığı 2300 kg/m^3 dolayında olmasına karşılık, hafif agrega betonlarında bu değer yaklaşık 1850 kg/m^3 'un altında olmaktadır. Genellikle birim ağırlığı, $300\text{--}800 \text{ kg/m}^3$ arasında olan hafif betonlar yük taşımayan yapı elemanlarında, $800\text{--}1350 \text{ kg/m}^3$ arasında olanlar yük taşıyan duvarlar için blok yapımında ve $1350\text{--}1850 \text{ kg/m}^3$ arasında olanlar ise betonarme kolon, kiriş gibi yük taşıyıcı yapı elemanlarında kullanımı uygundur (Spratt, 1975). Özellikle yapıdaki yük taşıyıcı elemanların ağırlığının düşük tutulmasıyla, yük taşıyıcı veya destekleyici elemanların daha az yük oluşturması sağlanarak yapı elemanlarının etkinliği artırılabilir. Bu durumda özellikle hafif beton önemlidir. Ayrıca deprem bölgelerinde ağırlığı daha az olan yapıların yapımı açısından da hafif beton uygun olmaktadır. Çeşitli amaçlara yönelik olarak güvenli ve ekonomik olarak kullanılabilir (Bomhard, 1980). Özellikle kullanım yerine yakın yerden sağlanabilen doğal hafif agregaların hafif beton yapımında kullanımı daha çok ekonomik olmaktadır.

Birim ağırlığı 600 kg/m^3 ile 900 kg/m^3 arasında olan değişik özelliklerdeki hafif agregalar ile birim ağırlığı 700 kg/m^3 ile 1000 kg/m^3 ve basınç dayanımları 50 kgf/cm^2 den 140 kgf/cm^2 ye kadar değişen hafif betonlar üretilebilmektedir (Weigler ve Karl, 1980).

Yurdumuzda kentsel yörelerdeki yapılara oranla kırsal alanlardaki yapılar, malzeme ve yapı tekniği bakımından genellikle daha kötü özelliklere sahiptir. Bu durum Doğu Anadolu Bölgesinde daha da belirgindir. Bu bakımdan bu bölgede yaygın olarak bulunan doğal hafif agregaların yerinde değerlendirilerek hafif beton yapımında kullanılması ve tarımsal yapılarda uygulanması olanakları araştırılmalıdır.

Değişik yerlerde bulunabilen doğal hafif agregalar farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Dolayısıyla Erzurum İli Pasinler-Köprüköy yakınlarında büyük bir alanda bulunan doğal hafif agreganın özelliklerinin belirlenip bunun yöredeki tarımsal yapılarda en uygun kullanım olanaklarının belirlenmesi amacıyla bu araştırma yapılmıştır. Böylece buradaki hafif agregayla üretilcek yapı elemanlarının hafifliği, ısı iletkenliğinin azlığı, dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin fazlalığı gibi üstün özellikleri nedeniyle soğuk iklime ve deprem bölgesine düşen yörede daha nitelikli yapılar ortaya çıkarılması olanakları araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Araştırma materyalini Erzurum İli Köprüköy İlçe merkezine yaklaşık iki kilometre kadar uzaklıktaki geniş bir alanda bulunan taneli yapıdaki volkan tüfü ocağından sağlanan hafif agrega ile çimento, su ve bunlarla üretilen hafif beton oluşturmaktadır.

Denemede kullanılan agrega miktarı agrega ve beton deneyleri için yeterli görülen miktarda ($1,5 \text{ m}^3$) sağlanmıştır. Agrega ile ilgili özellikler araştırma sonuçları ve tartışma kısmında açıklanmıştır. Araştırmada kullanılan çimento Aşkale Çimento Fabrikası 1994 yılı üretimi PÇ 325 (Portland Çimentosu)'dur. Hafif agrega betonlarının üretiminde şehir içme suyu kullanılmıştır.

Metot

Araştırmada kullanılacak hafif agrega örneği Anon. (1980a)'a göre yeterli miktarda sağlanmıştır. Sağlanan hafif agreganın tane büyüklük dağılımı Anon.(1986) ve Anon.(1981a)'a, birim ağırlık değeri Anon.(1981b)'da belirtilen gevşek birim ağırlığı yöntemine göre, organik madde miktarı Anon. (1982), ince madde miktarı Anon. (1980c), özgül ağırlık (özgül ağırlık faktörü) ve su emme oranı Anon. (1980d) 'daki kurallar gözönüne alınarak saptanmıştır.

Üretilecek hafif beton örneklerin karışım hesabında Anon. (1977a)'dan yararlanılmış ve taze beton çökme miktarı Anon. (1977b)'a göre belirlenmiştir. Ayrıca çökme değeri olarak yaklaşık 5 cm (Kosmatka ve Panarese, 1992) gözönüne alınarak farklı karışımlara katılacak su miktarının saptanması ve benzer bir kıvam elde edilmesi amaçlanmıştır. Taze betonda birim ağırlık Anon. (1978a)'a göre belirlenmiş ve deney örnekleri Anon. (1978b)'a göre hazırlanarak bakımları yapılmıştır.

Doğal durumuyla kullanılan agregadan yapı betonu ve duvar birimleri üretilmesi şeklinde yararlanabileceği ve ayrıca özellikle yöredeki tarımsal yapılarda kullanılabilmesi gözönünde tutularak, araştırmada uygulanacak beton seçenekleri saptanmıştır. Buna göre hafif betonun tarımsal yapılardaki değişik kullanım amaçları da gözönünde tutularak çimento miktarları 75 kg/m^3 ile 300 kg/m^3 arasında seçilmiş ve 25 kg/m^3 'lük artışlarla 75 kg/m^3 , 100 kg/m^3 , 125 kg/m^3 , 150 kg/m^3 , 175 kg/m^3 , 200 kg/m^3 , 225 kg/m^3 , 250 kg/m^3 , 275 kg/m^3 ve 300 kg/m^3 'lük çimento içeriği düzeylerinin üretilecek hafif betonlara uygulanması yeterli bulunmuştur. Bu şekilde her bir çimento içeriğine sahip karışımlardan altışar paralel olmak üzere 30 cm yüksekliğinde, 15 cm çapında toplam 60 silindir örnek üretilmiştir. Hazırlanan örneklerin 28 gün sonunda yarısı basınç dayanımının (Anon., 1990), diğer yarısı ise yarılmada çekme dayanımının belirlenmesi için (Anon., 1980 b) kullanılmıştır. Ayrıca sertleşmiş beton örneklerin birim ağırlığı ve su emme oranları da saptanmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Erzurum İli Köprüköy İlçesi yakınındaki ocaklardan elde edilen hafif agreganın önemli özellikleri ve bu agregayla üretilen farklı çimento içeriklerine sahip betonların çeşitli özellikleri ortaya çıkarılarak kullanım olanaklarına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırmada kullanılan hafif agregaya ait tane dağılımı değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'deki değerler incelendiğinde en büyük tane çapının 8 mm ve ince agreganın iri agregaya oranla daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Köprüköy Yöresi Hafif Agregasının Tane Dağılımı Değerleri
Table 1. Grading of Lightweight Aggregate

Kare gözlü elek açıklığı (mm) Sieve size	Yığılımlı geçen miktar (Ağırlıkça,%) Percentage (by weight) passing sieves
63.0	100
31.5	100
16.0	100
8.0	99.07
4.0	89.62
2.0	63.14
1.0	42.71
0.50	33.63
0.25	21.41

Doğal durumdaki karışık hafif agreganın gevşek birim ağırlığı 964 kg/m^3 olarak elde edilmiştir. Bu değer Anon., (1986)'da öngörülen sınır değerden düşüktür. Betona zarar verebilecek humus ve benzeri organik maddeler yönünden Anon.,(1986)'da belirtilen koşullara göre uygunluk vardır. Ayrıca ince madde oranı olarak 0-2 mm tane sınıfından öngörülen (Anon.,1986) ağırlıkça maksimum % 5 oranının üzerinde (% 7) ince madde miktarı vardır. Bu da sertleşmiş beton özellikleri üzerine biraz olumsuz etki yapacağı düşünülebilir.

Yukarıda özellikleri belirtilen hafif agrega ile üretilen 10 farklı çimento içeriğine sahip beton örneklerinden elde edilen taze birim ağırlık, 28 günlük basınç dayanımı, yarıma çekme dayanımı, birim ağırlık ve su emme değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Köprüköy yakınlarındaki ocaktan sağlanan hafif agregayla üretilen hafif betonların özellikleri çimento içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Bu değişiklik, tüm özellikler için çimento içeriği artışına göre hemen hemen doğrusal bir artış şeklinde

olmuştur. Tablo 2'de de görüldüğü gibi 75 kg/m^3 çimento içeriğine sahip taze betonun

Tablo 2. Köprükøy Yöresi Hafif Agregasıyla Üretilen Betonların Çeşitli Özellikleri
Table 2. The Properties of Lightweight Concretes

Çimento içeriği (kg/m^3) Cement content	Taze birim ağırlık (kg/m^3) Fresh unit weight	28 günlük betonda birim ağırlık (kg/m^3) unit weight	Su emme oranı (%) Water absorption	28 günlük basınç dayanımı Compressive Strength (kgf/cm^2)	28 günlük yarılma çekme dayanımı Splitting tensile Strength (kgf/cm^2)
75	1796	1572	14.0	17.0	2.0
100	1827	1672	11.5	21.0	4.0
125	1850	1690	9.0	24.0	5.0
150	1928	1724	7.4	28.0	7.0
175	1943	1734	6.3	33.0	8.0
200	1960	1823	5.6	45.0	11.0
225	1969	1840	4.7	57.0	13.0
250	1982	1848	4.1	66.0	15.0
275	1997	1857	3.8	87.0	17.0
300	2010	1865	3.2	101.0	22.0

birim ağırlığı 1796 kg/m^3 iken, bu değer 300 kg/m^3 çimento içeriğinde 2010 kg/m^3 olarak saptanmıştır. 28 günlük fırın kuru birim ağırlık değerleri ise en düşük çimento içerikli betonda 1572 kg/m^3 olmak üzere en yüksek çimento içeriğinde 1865 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Bununla beraber hafif betonların birim ağırlığının 1850 kg/m^3 'ten fazla olmaması gerekir (Spratt, 1975; Tekinel ve ark., 1992). Denemede kullanılan 275 kg/m^3 ve 300 kg/m^3 çimento içerikli betonlardan birim ağırlık değerleri sırasıyla 1857 kg/m^3 ve 1865 kg/m^3 olarak bulunmasına rağmen bu değerler hafif betonlar için öngörülen üst sınır değere oldukça yakındır. Dolayısıyla denemede kullanılan doğal hafif agreganın en fazla 300 kg/m^3 çimento içeriğiyle üretilmesi uygun olduğu söylenebilir.

Her bir değişik çimento içeriğine sahip 28 günlük hafif betonların değişmez ağırlığa kadar suda bırakılıp yüzeylerinin kurulandıktan sonra bulunan ağırlıklarının aynı betonların fırın kuru ağırlıktan çıkarıldıktan sonra aradaki farkın fırın kuru ağırlığa

bölünmesiyle bulunan su emme değerleri de çimento içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Tablo 2). 75 kg/m^3 çimento içerikli hafif betonda su emme değeri % 14.0 bulunurken, bu değer 300 kg/m^3 çimento içerikli hafif betonda % 3.2 olarak saptanmıştır.

Betonun mekanik dayanımları arasında en büyük değere sahip olanı basınç dayanımıdır. Betonun diğer özellikleri ile basınç dayanımı arasında sıkı ilişkiler vardır (İhtiyaroğlu, 1974). 30 cm yüksekliğinde 15 cm çapında silindir örneklerden elde edilen 28 günlük basınç dayanımı değerleri beton çimento içeriğine bağlı olarak belirgin bir değişiklik göstermiştir. 75 kg/m^3 çimento içeriğinde 17.0 kgf/cm^2 olarak saptanan basınç dayanımı değeri 25 kg/m^3 'lük artışlarla 150 kg/m^3 çimento içeriğine kadar yaklaşık değerler olarak artmış, 150 kg/m^3 çimento içeriğinden sonra ise bu artış oranı daha fazla olmak üzere 300 kg/m^3 çimento içeriğinde 101.0 kgf/cm^2 değerine ulaşmıştır. Silindir örnekler üzerinde saptanan yarıлма çekme dayanımları ise 75 kg/m^3 çimento içeriğinde 2.0 kgf/cm^2 olmak üzere 300 kg/m^3 çimento içeriğinde 22.0 kgf/cm^2 olarak saptanmıştır. Çekme dayanımı değerleri de çimento içeriğine bağlı olarak yaklaşık doğrusal bir artış göstermiştir.

Hafif betonların basınç dayanımı ve birim ağırlığı gözönüne alınarak yapıda kullanılma yerleri belirlenebilir. Yapısal (yerinde dökülen) hafif betonlar 28 günlük basınç dayanımı 170 kgf/cm^2 'den az olmayan, birim ağırlıkları $1400-1800 \text{ kg/m}^3$ arasında değişen betonlardır. Basınç dayanımları $70-170 \text{ kgf/cm}^2$ arasında olanlar orta derecede dayanımlı betonlardır. Düşük dayanımlı yalıtım veya dolgu betonları ise birim ağırlıkları 800 kg/m^3 ' den az ve basınç dayanımları $7-70 \text{ kgf/cm}^2$ olan hafif betonlardır (Neville, 1973; Kosmatka and Panarese, 1992). Denemeden elde edilen değerlere göre, Köprüköy yöresi hafif agregasıyla üretilen 75 kg/m^3 , 100 kg/m^3 , 125 kg/m^3 , 150 kg/m^3 , 175 kg/m^3 , 200 kg/m^3 , 225 kg/m^3 ve 250 kg/m^3 çimento içeriğine sahip hafif betonlar düşük dayanımlı hafif betonlar sınıfına girmektedir. Bu betonların birim ağırlıkları ise yalıtım betonu için öngörülen değerden fazla olmasına karşın, bunların yalıtım betonu, dolgu betonu, kerpiç teknolojisiyle üretililecek duvar blok elemanları gibi kullanım alanları sağlanabilir. 275 kg/m^3 çimento içeriğine sahip hafif betonlar ise prefabrik elemanlar, duvar birimleri, tavan ve taban döşeme ve kaplamaları gibi yapı kısımlarında kullanılabilir.

Ekonomik bakımdan düşük gelire sahip Köprüköy yöresindeki tarım işletmelerinde kullanılan yapı malzemesi ve yapı tekniği yönünden kötü özelliklere sahip yapılarının iyileştirilmesi, buradaki hafif agregadan daha az maliyetle yararlanma olanağına bağlıdır .

Yapının önemli elemanlarından biri olan duvar, hacim ve ağırlık olarak yapıda en büyük payı aldığı gibi, tarımsal yapılarda maliyetin en fazla oranını oluşturur. Bu nedenle araştırmaya konu olan doğal hafif agreganın özellikle hafif blok duvar elemanı amacıyla kullanılması uygun olabilir. Bu amaçla düşük imento içeriği ve kerpiç tekniği ile yapılacak duvar birimlerinin kullanımı ile yörede yapı malzemesi olarak kullanılan taş ve kerpie göre daha düşük maliyetli ve uygun nitelikli tarımsal yapılar oluşturulabilir.

Hafif betonların donatılı olarak bazı yapı elamanlarında kullanılmasıyla birim ağırlıktaki azalmanın deprem konusunda sağlayacağı olumlu etkiye ek olarak yeterli dayanımın ve uygun yapı sisteminin elde edilmesiyle de deprem etkisi büyük ölçüde azaltılabilir. Bu durum denemede kullanılan agrega ocağının bulunduğu ve deprem bölgesine giren yörenin tarımsal yapıları için özel önem taşımaktadır (Turgutalp, 1978). Yapı malzemelerinin ağırlığının azaltılması ile özellikle taşıyıcı sistem ve temellerde de önemli bir maliyet azalması sağlanmış olur(Kavalalı, 1982; Dhir ve ark., 1984).

Yapıların dış duvar, çatı döşemeleri ve zemine oturan döşemeleri gibi dış yüzey elemanlarının ie ve dışa karşı yeterli ısı yalıtım özelliğine sahip olmaları önemlidir. Böylece yapıların ısıtılmasında harcanacak enerji düşük düzeyde tutulabilir. Bu bakımdan soğuk iklime sahip yörede konut, hayvan barınakları ve ürün depoları gibi yapılarda ve yalıtımlarında araştırmaya konu olan hafif agreganın yapı malzemesi olarak kullanılması büyük öneme sahip olabilir.

Sonuç olarak, Köprüköy yakınlarındaki ocaktan sağlanacak hafif agregadan hafif beton üretiminde yararlanılarak, yöredeki tarımsal yapılarda kullanılmasıyla; ilk yatırım giderleri az, yalıtım özellikleri iyi, deprem ve çeşitli dış koşullara karşı dayanımlı ve dayanıklı tarımsal yapılar yapılabilir. Böylece yörede bulunan kötü özellikteki malzeme ve uygun olmayan tekniklerle yapılmış yapıların yerini gelecekte daha üstün nitelikli tarımsal yapılar alabilir.

KAYNAKLAR

Anonymous, 1973. Manufacture and Application of Lightweight Concrete. Overseas Building Notes, No : 152, England.

Anonim, 1977a. Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesapları, TS 2511. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 1977b. Taze Betonda Kıvam Deneyi, TS 2871. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 1978a. Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi ile Tayini, TS 2941. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 1978b. Laboratuvarda Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı, TS 3068. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- Anonim, 1980a. Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi, TS 707. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1980b. Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi, TS 3129. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1980c. Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini, TS 3527. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- Anonim, 1980d. Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, TS 3526. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1981a. Beton Agregalarının Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini, TS 3530. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1981b. Beton Agregalarında Birim Ağırlıkların Tayini, TS 3529. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1982. Beton Agregalarında Organik Kökenli Madde Tayini Deney Metodu, TS 3673. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1986. Hafif Agregalar-Beton için, TS 1114. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1990. Beton Basınç Mukavemeti Tayini, TS 3114. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Balaban, A. ve E. Şen, 1988. Tarımsal Yapılar. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay. No 1083, Ankara.
- Bomhard, H., 1980. Lightweight concrete structures, potentialities, limits and realities. The International Journal of Lightweight Concrete, 2 (4), 193-209.
- Dhir, K., R.G.C. Mays and H.C. Chua, 1984. Lightweight structural concrete with aglite aggregate: mix desing and properties. The International Journal of Lightweight Concrete, 6 (4), 250.
- İhtiyaroğlu, E., 1974. Tabii Hafif Agregalarla İmal Edilen Hafif Beton Blokların Duvar Elemanı Olarak Özelliklerinin Tayini Üzerinde Araştırmalar. İmar ve İskan Bakanlığı Yay. No : 5, Ankara.
- Kosmatka, S.H. ve W.C. Panarese, 1992. Design and Control of Concrete Mixtures. Portland Cement Association Publication, Illinois, USA.
- Kavalalı, S., 1982. Toplu Konutta Hafif Beton Agregalarının Kullanılma İmkanları. Toplu Konut Teknolojisi Semineri Bildirileri, İzmir.
- Miscioğlu, 1983. Hafif Beton ve Agregası. YSE Dergisi, 84 : 18.
- Neville, A.M., 1973. Properties of Concrete. John Wiley and Sons Publication, New York.
- Shu, K.L., S.M.Qink, S.X. Sheng and L.Y. Xiu, 1980. Research on several physico mechanical properties of lightweight aggregate concrete. The International Journal of Lightweight Concrete, 2 (4), 1.
- Spratt, B.H., 1975. An to Introduction Lightweight Concrete Cement and Concrete Association Publication, Wexham Springs, p 3.
- Taşdemir, M.A., 1982. Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik ve Elastik Olmayan Davranışları (Doktora Tezi). İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Köprüköy (Pasinler) Yakınındaki Ocaklardan Sağlanan Doğal Hafif Agregadan

- Tekinel, O., Kumova, Y., Alagöz, T., Şimşek, O. ve Kırnak, H., 1992. Hafif Betonun Tarımsal Yapılarda Kullanılma Olanakları. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, Erzurum.
- Turgutalp, E.Ü., 1978. Sarıkamış Yöresi Doğal Hafif Agregasıyla Üretilen Betonların Tarımsal Yapılarda Kullanılabilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma (Doçentlik Tezi). Atatürk Üni.Ziraat Fak. Kültürteknik Böl., Erzurum.
- Weigler, H. and K. Sieghart, 1980. Structural lightweight aggregate concrete with reduced density. The International Journal of Lightweight Concrete, 2 (4), 101-102.