

Dozaj ve Agregaya Granülometrisinin Hafif Betonların Isı İletkenliğine Etkisi

Bahar KOCAMAN Mustafa OKUROĞLU

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ERZURUM

Geliş Tarihi :11.12.2001

ÖZET: Bu çalışma, Doğu Anadolu Bölgesi, Erzurum İli Pasinler ilçesi yöresinde ekonomik potansiyeli bulunan hafif agregaya ocağından sağlanan agregayla üretilen hafif betonların ısı iletkenlik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırma konusu olan hafif agregaya, ilgili standartlardaki deneyler uygulanmış ve agregaya özellikleri saptanmıştır. Özellikleri bilinen agreganın farklı iki granülometrisi kullanılarak üç ayrı dozajlı hafif betonlar oluşturulmuştur. Sertleşmiş betonlarda 28 günlük birim ağırlık ve ısı iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, hafif agregayla üretilen betonun düşük birim ağırlık ve ısı iletkenlik değerlerine sahip olduğunu, doğal ve ayarlanmış granülometrilili agregayla üretilen betonlar arasında çok büyük farklılık olmamakla birlikte ayarlanmış granülometrilili betonların daha düşük ısı iletkenlik değerleri verdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Hafif beton, ısı iletkenliği, dozaj, tane dağılımı

Effect of Grading and Cement Contents on The Heat Conductivity Values of Lightweight Concrete

ABSTRACT: This research was carried out to determine heat conductivity properties of concrete produced with natural lightweight aggregates in Eastern Anatolian Region, Erzurum-Pasinler province that has economical potential. Aggregate properties were determined using the related standards of lightweight aggregates. To produce lightweight concrete, lightweight aggregates were used in natural and adjusted grading and in three different cement contents. Unit weight of 28 days and heat conductivity were determined for hardened concrete. The results obtained have shown that concrete produced with lightweight aggregates have low unit weight and heat conductivity, however no significant differences were found between the concrete produced with natural and adjusted grading. Lightweight concrete produced with adjusted grading has shown low heat conductivity values.

Key Words: Lightweight concrete, heat conductivity, cement contents, grading

GİRİŞ

Hafif beton, normal betona göre bazı farklı özellikleri bulunan, genellikle boşluklu, daha düşük birim ağırlığa ve dayanıma sahip, fakat aynı amaçlarla kullanılabilen betondur. Hafif betonlar; hafif agregalı betonlar, ince agregasız betonlar ve boşluklu (havalı) betonlar olmak üzere gruplandırılırlar (Bomhard, 1980).

Hafif betonların kullanımının bazı üstünlükleri; birim kütlelerinin hafifliği, ateşe dayanıklılığı, ses ve ısıya karşı yalıtkan olması, eğilme etkisindeki elemanlarda donatı ekonomisi sağlaması, yapı elemanlarının ve temel boyutlarının küçülmesi, kalıplara normal betondan daha az bir basıncın gelmesiyle kalıp giderlerinde ekonomi sağlanması şeklinde sıralanabilir. Bununla birlikte, mekanik dayanımlarının normal betona göre düşük, ani ve geciken şekil değiştirmelerinin büyük oluşu, üretim ve yerleştirilmesinde daha fazla özen istemesi hafif betonların başlıca sakıncalarını oluşturmaktadır (Hüsem ve Durmuş, 1993).

Hafif betonların genel olarak 560 – 1850 kg/m³ arasında değerler alabilen hava kuru birim ağırlıkları, yapısal hafif beton için genellikle 1360 – 1840 kg/m³ arasında ve yalıtım betonları için ise 320 – 1120 kg/m³ arasında değişebilmektedir (Spratt, 1975).

Hafif betonların birim hacim ağırlıkları düşük olduğundan ısı yalıtımları yüksektir. Birim ağırlıkları 960 – 1648 kg/m³ arasında değişen hafif betonların ısı iletkenlikleri 0.19 – 0.40 kcal/mh°C arasında değerler alabilir (Ashworth and Ashworth, 1991).

Hafif betonun bünyesinden geçen ısı akımına karşı direnç göstermesi ısıtma ve havalandırma harcamalarını

azalttığından, hem sıcak ve hem de soğuk iklimlerde inşa edilecek yapılarda büyük yararlar sağlayacaktır (Urhan, 1993).

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma materyalini, Erzurum İli Pasinler ilçesi yöresinden elde edilen hafif agregaya, bağlayıcı madde (çimento) ve beton karma suyu oluşturmuştur. Araştırma konusu hafif agreganın kimyasal analizi yapılmış sonuçları Tablo 1’de, kullanılan çimentonun kimyasal analizi de Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Hafif Agreganın Kimyasal Analizi

Kimyasal Bileşenler	% Oran
MgO	0.02
Al ₂ O ₃	12.99
SiO ₂	70.33
CaO	1.75
Fe ₂ O ₃	1.51
SO ₃	0.29
K ₂ O	5.8
Na ₂ O	3.9
TiO ₂	0.35
Kızdırma Kaybı	3.06

Hafif beton yapımında kullanılan agregayla ilgili deneyler ASTM C 330, C 331 ve C 332 ile TS 1114’e göre yapılmıştır (ASTM C 330, 1998; ASTM C 331, 1998; ASTM C 332, 1998; Anon, 1986).

Tablo 2. Araştırmada Kullanılan Çimentonun Kimyasal Analizi

Kimyasal Bileşenler	% Oran
SiO ₂	17.69
Fe ₂ O ₃	3.59
Al ₂ O ₃	5.89
CaO	57.69
MgO	3.39
SO ₃	2.57
Kızdırma Kaybı	2.50
Sülfür (S ⁻²)	0.27
Klor (Cl ⁻)	0.04
Çözünmeyen Kalıntı	4.86
Tayin Edilemeyen	0.55
Serbest CaO	0.96

Hafif agregaya tane büyüklüğü dağılımı, birim ağırlık ve yoğunluk, özgül ağırlık ve su emme oranı, organik madde, ince madde, sülfat, çeliğe zarar veren maddelerin belirlenmesi deneyleri yapılmıştır (Anon, 1986; ASTM C 136-96, 1998; ASTM C 29 M-97, 1998; ASTM C 127-88, 1998; ASTM C 128-97, 1998; ASTM C 40-97, 1998; ASTM C 142-71, 1998; Anon, 1981; Anon, 1982).

Özellikleri saptanan agregalar ile çok çeşitli hafif betonlar yapılabileceği gözönünde bulundurularak, çeşitli seçenekler üzerinde durulmuştur.

Karışık agregaya ile üretilen yapısal beton ve duvar birimleri yapımı amacıyla yönelik betonlar için agregaya en büyük tane boyutu, TS 1114 (Anon, 1986) ve ASTM C 331 (ASTM C 331, 1998)'de belirtilen değerlere uygun olarak 16 mm kabul edilmiştir. Agregaya granulometrisi, üretilen beton özellikleri, özellikle beton dayanımları bakımından büyük önem taşıyan bir etken olduğundan, agreganın doğal ve ayarlanmış granulometrisinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Elde edilen taze hafif betonların %3-6 arasında hava içerdiği saptanmış olduğundan hava katkısız olarak yapılmışlardır. Çökme değeri olarak iyi bir işlenebilmeyi sağlayan 5 cm'lik değer gözönünde bulundurulmuştur. Çimento dozajı olarak da 150, 250 ve 350 kg/m³'lük değerler kullanılmıştır.

Hafif beton karışım hesabında deneme yapılarak gerekli su miktarı hesaplanmış, agregaya hacmi de özgül ağırlık faktörü yardımıyla hesaplanmıştır.

Üretilen beton örnekler dikdörtgen prizma şeklinde olup ısı iletkenlik katsayısının belirlendiği cihazın ölçüm yapan prob boyutuna uygun olarak 10*12*5 cm boyutlarında oluşturulmuştur.

Üretilen betonlar, laboratuvar koşullarında 24 saat bekletildikten sonra kalıpları sökülerek kür havuzuna konulmuştur. Kür havuzunda 23 ± 2 °C sıcaklıkta kirece doymuş su bulunmakta olup örnekler 27 gün burada tutulmuştur.

Kür havuzundan çıkarılan örnekler, 1 gün laboratuvarda tutulduktan sonra tartılarak ağırlıkları, boyutları ölçülerek hacimleri belirlenip 28 günlük birim ağırlıkları belirlenmiştir (ASTM C 567-91, 1998).

Hazırlanan beton örneklerin ısı iletkenliklerinin belirlenmesinde geçici rejim yöntemlerinden "Sıcak Tel

Yöntemi" kullanılmıştır. Bu yöntem yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayılarının güvenilir bir şekilde belirlenebilmesi için uygun ve uygulanması kolay yöntemdir. Isı iletkenliği ölçülecek malzemenin yapısının homojen olmaması yöntemin uygulanması açısından bir sakınca oluşturmaz. Test örneğinin boyutlarının küçük olması da yöntemin diğer bir üstünlüğüdür. Diğer yöntemlere göre yeğlenen bu yöntemin en önemli üstünlüğü, ölçüm süresinin kısa olması ve ölçüm sırasında malzemenin nem içeriğinde bir değişiklik oluşturmadan gerçek ısı iletkenliğinin ölçülebilmesidir (Kakaç, 1982; Richard, 1988; Lobo ve Cohen, 1990).

BULGULAR

Bu çalışmaya konu olan hafif agreganın, her hafif agregada olduğu gibi bazı sakıncalı yönleri olmakla birlikte genel özellikleri standartların önerdiği limitler içinde kaldığı ve hafif beton yapımında kullanılabileceği belirlenmiştir.

Sertleşmiş betonların 28 günlük hava kuru birim ağırlıkları 150, 250 ve 350 kg/m³ dozajlı doğal granulometrilikli hafif agregaya kullanıldığında 1308, 1381 ve 1488 kg/m³ olarak bulunmuştur. Ayarlanmış granulometriye sahip hafif agregaya elde edilen betonların 150, 250 ve 350 kg/m³ dozajlı olanlarında 1390, 1440 ve 1497 kg/m³'lük birim ağırlık değerleri elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Doğal ve Ayarlanmış Granulometrilikli Hafif Betonların 28 Günlük Birim Ağırlıkları (kg/m³)

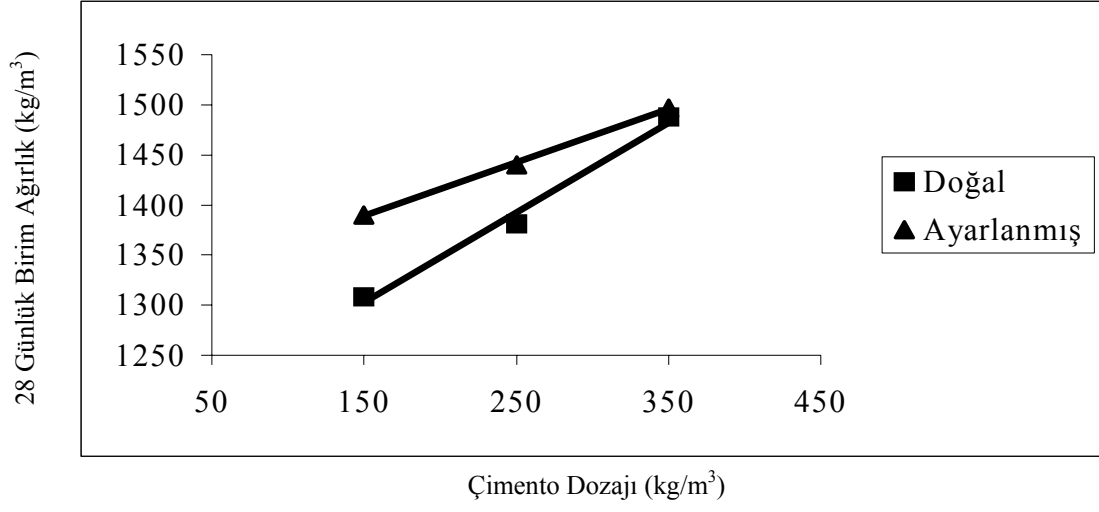
Kullanılan Agregaya	Agregaya Granulometrisi	Çimento Dozajları (kg/m ³)		
		150	250	350
Erzurum-Pasinler	Doğal	1308	1381	1488
	Ayarlanmış	1390	1440	1497

Tablo 3'den de görüldüğü gibi birim ağırlıklar çimento dozajındaki artışla artmaktadır. Erzurum-Pasinler hafif agregasının ayrı ayrı olarak doğal ve ayarlanmış granulometrisiyle elde edilen betonların birim ağırlık ve çimento dozajı arasındaki ilişki Şekil 1'de verilmiştir.

Hafif betonun hava kuru birim ağırlıkları ve çimento dozajları arasındaki ilişkinin gösterildiği şekil incelendiğinde (Şekil 1) beton birim ağırlıklarının çimento dozajıyla doğrusal bir ilişkisi olduğu görülmektedir.

Araştırma konusu hafif beton örneklerinin ısı iletkenlik katsayıları sıcak tel yöntemine göre ölçüm yapan bir ağırlıkla belirlenmiş ve elde edilen değerler Tablo 4'de verilmiştir.

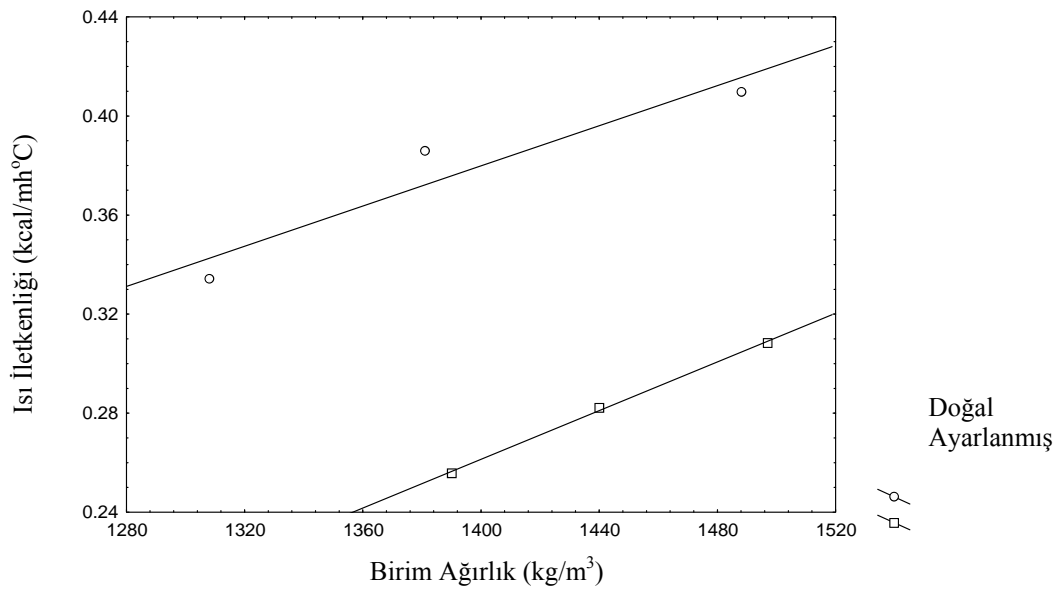
Isı iletkenlik değerlerinin betonun diğer özellikleriyle birlikte en fazla birim ağırlığa bağlı olarak değiştiği bilindiğinden, elde edilen betonların diğer özelliklerine bağlı olarak ısı iletkenlik katsayılarının birim ağırlık ve çimento dozajlarıyla değişimi Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.



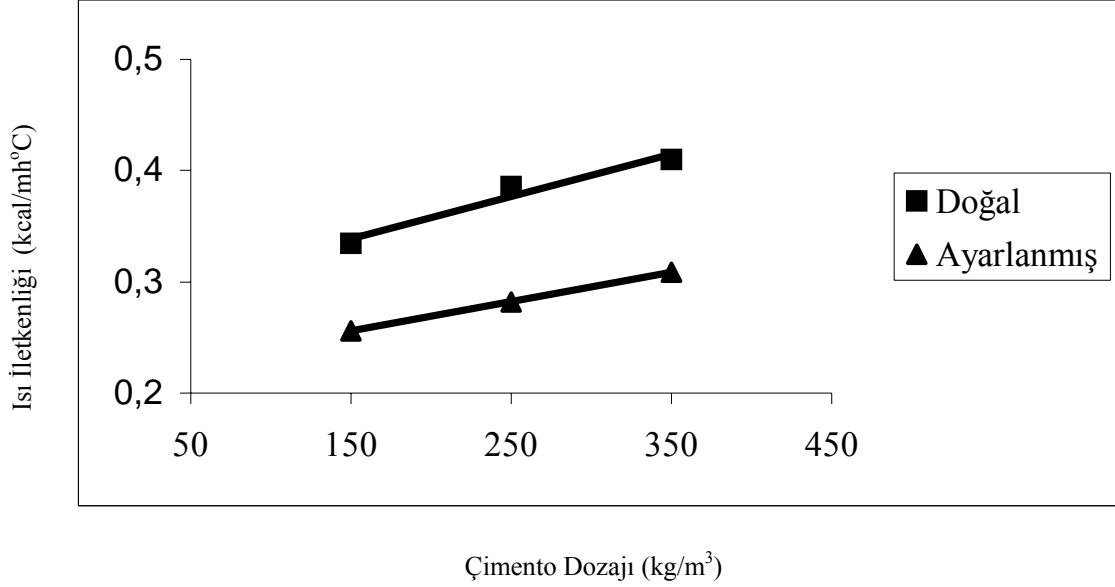
Şekil 1. Doğal ve Ayarlanmış Granlometriyle Elde Edilen Hafif Betonların Birim Ağırlık ve imento Dozajı Arasındaki İlişki

Tablo 4. Doğal ve Ayarlanmış Granlometrilili Hafif Betonların Isı İletkenlik Katsayıları (kcal/mh^oC)

Çimento Dozajı (kg/m ³)	Granülometri	Isı İletkenlik Katsayıları
150	Doğal	0.3343
	Ayarlanmış	0.2558
250	Doğal	0.3860
	Ayarlanmış	0.2822
350	Doğal	0.4099
	Ayarlanmış	0.3085



Şekil 2. Doğal ve Ayarlanmış Granlometriyle Elde Edilen Hafif Betonların Isı İletkenlik Değerleri ve Birim Ağırlıkları Arasındaki İlişki



Şekil 3. Doğal ve Ayarlanmış Granülometriyle Elde Edilen Hafif Betonların Isı İletkenlik Değerleri ve Çimento Dozajı Arasındaki İlişki

Şekil 2’de de görüldüğü gibi doğal ve ayarlanmış granülometrilili hafif agregalarla üretilen betonlarda birim ağırlık artışına bağlı olarak ısı iletkenlik katsayıları da artış göstermiştir.

Aynı şekilde çimento dozajı-ısı iletkenlik katsayıları arasındaki ilişkinin gösterildiği Şekil 3’de de görülebileceği gibi çimento dozajındaki artışa bağlı olarak ısı iletkenlik katsayıları da artmış olup aralarında doğrusal bir ilişki oluşmuştur.

Araştırmada elde edilen ısı iletkenlik değerleri, hafif agrega olarak perlit kullanılarak 300 kg/m³ dozajda üretilen perlitli betonların ısı iletkenlik katsayıları olan 0.24 – 0.43 kcal/mh°C değerlerine benzerlik göstermiştir (Akman ve Taşdemir, 1977). Pomza ile üretilen ve kuru birim ağırlıkları 720 – 1280 kg/m³ arasında bulunan betonların ısı iletkenlik katsayılarının 0.12 – 0.31 kcal/mh°C olarak değiştiği önceki çalışmaların bir sonucu olup (BRS, 1973) araştırmada elde edilen sonuçlar bu değerlerin üst sınırına benzer olmuştur.

Araştırma sonucunda elde edilen hafif betonların ısı iletkenlik katsayılarının oldukça düşük olması nedeniyle bu betonların ısı yalıtımı öncelikli olan yapı elemanlarında kullanılabilmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akman, M. S., Taşdemir, M. A., 1977, Taşıyıcı Malzeme Olarak Perlit Betonu. 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri, 40-48, MTA, Ankara.
- Anonymous, 1981, Beton Agregalarında Sülfat Miktarı Tayin Metodu, TS 3674. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, 1982, Beton Agregalarında Klorür Miktarı Tayin Metodu, TS 3732. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, 1986, Hafif Agregalar (Beton İçin) TS 1114. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- Ashworth, T., Ashworth, E., 1991, Insulation Materials: Testing and Applications. Vol. 2 ASTM STP 1116 R. S. Graves and D. C., Wysocki (eds.). p. 415-429, American Society for Testing and Materials. Philadelphia.
- ASTM C 29 M-97, 1998, Test Method For Unit Weight and Voids in Aggregate. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 29 M-97, 04.01, 1-4.
- ASTM C 40-97, 1998, Test Method For Organic Impurities in Fine Aggregates For Concrete. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 40-97, 04.01, 22-23.
- ASTM C 127-88, 1998, Test Method For Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 127-88, 04.01, 64-68.
- ASTM C 128-97, 1998, Test Method For Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 128-97, 04.01, 69-72.
- ASTM C 136-96, 1998, Test Method For Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 136-96, 04.01, 74-82.
- ASTM C 142-71, 1998, Test Method For Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 142-71, 04.01, 94-95.
- ASTM C 330, 1998, Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 330-97, 04.01, 193-196.
- ASTM C 331, 1998, Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. Masonry Units. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 331-98, 04.01, 197-199.
- ASTM C 332, 1998, Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 332-87, 04.01, 200-202.
- ASTM C 567-91, 1998, Test Method For Unit Weight of Structural Lightweight Concrete. Annual Books of ASTM Standards Designation, C 567-91, 04.01, 284-286.
- Bomhard, H., 1980, Lightweight Concrete Structures, Potentialities, The International Journal of Lightweight Concrete, Volume 2, No:4; 193-209.
- BRS, 1973, Manufacture and Application of Lightweight Concrete, Overseas Division Building Research Station, Overseas Building Note, No. 152, Garston.

- Hüsem, M., Durmuş, A., 1993, Karadeniz Bölgesi Hafif Agregalarıyla Üretilen Taşıyıcı Betonlar. İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, 1. Teknik Kongre, Gazi Magusa-Kuzey Kıbrıs, 1, 580-588.
- Kakaç, S., 1982, Isı Transferine Giriş. O.D.T.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayın No. 52, Ankara.
- Lobo, H., Cohen, C., 1990, Measurement of Thermal Conductivity of Polymer Melts by the Line Source Method, Polymer Engineering and Science, 30 (2), 65.
- Richard, D., 1988, Transient Method for Measuring Thermal Conductivity, IEEE Electric Insulation Magazine, Vol: 4, No: 1, p 23-33.
- Urhan, S., 1993, Hafif ve Çok Hafif Betonların Karakteristik Özellikleri ve Teknik Kapasiteleri. Türkiye Mühendislik Haberleri, (369), 34-40.
- Spratt, B. H., 1975, An Introduction to Lightweight Concrete, Cement and Concrete Association, Wexham Springs.