

**UÇUCU KÜL KATKILI BİMSBLOKLARIN
MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Serhat Oğuzhan KIVRAK

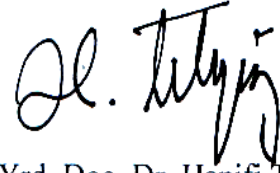
**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2006

ANKARA

Serhat Oğuzhan KIVRAK tarafından hazırlanan UÇUCU KÜL KATKILI BİMSBLOKLARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Yrd. Doç. Dr. Hanifi TOKGÖZ

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Sıddık ŞENER

Üye : Prof. Dr. Metin ARSLAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hanifi TOKGÖZ



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



**UÇUCU KÜL KATKILI BİMSBLOKLARIN
MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Serhat Oğuzhan KIVRAK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2006**

ÖZET

Bu araştırmada, ülkemizdeki Termik Santrallerde atık malzeme olarak çıkan uçucu külü değerlendirerek, çevre kirliliğini engellemek ve bimsblok malzemesinde, çimento yerine belirli oranlarda katılarak, bimsblokların mekanik ve fiziksel özelliklerine etkilerini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Bimsblok üretiminde, Isparta yöresinde çıkarılan pomza agregası kullanılmıştır. Çimento, kütlece %0, %5, %10, %15, %20, %25 oranında azaltılarak uçucu kül eklenmiş ve pomza agregası ile karıştırılarak, bimsblok üretilmiştir. Üretilen numuneler üzerinde, birim hacim ağırlık deneyi, basınç dayanımı deneyi, ısı iletkenlik katsayısı deneyleri yapılmıştır. İkame uçucu kül oranlarındaki değişimin bimsbloklar üzerindeki mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, uçucu kül ikamesinin, birim hacim kütle değerleri dışında önemli bir avantaj sağlamadığı görülmüştür.

Bilim Kodu : 714.1.143
Anahtar Kelimeler : Uçucu Kül, Bimsblok, Pomza
Sayfa Adedi : 60
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Hanifi TOKGÖZ

**STUDY OF MECHANICAL AND PHYSICAL
PROPERTIES OF FLY ASH ADDITIVE BIMSBLOCKS**

(M. Sc. Thesis)

Serhat Oğuzhan KIVRAK

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2006

ABSTRACT

In this study, to evaluate fly ash which is waste material of the thermic santrals for stopping environmental pollution and rates of, revealing effects on mechanical and physical properties of bimsblock when bimsblock produce with certain rates of this material usage instead of cement is aimed. Pumice aggregate which is taken from Isparta, is used for production of bimsblocks. Reducing cement's mass %0, %5, %10, %15, %20, %25 proportions and adding fly ash instead of this reduced cement's mass, bimsblocks are produced with mixture of fly ash, cement and pumice aggregate. The unit volume weight, resistance of pressure and heat conductivity coefficient experiments are made on these produced samples. Change of fly ash proportions effect on bimsblocks mechanical and physical properties are researched. As a result change of fly ash proportions doesn't give on advantage except the unit volume mass values.

**Science Code : 714.1.143
Key Words : Fly Ash, Bimsblock, Pumice
Page Number : 60
Thesis Adviser : Yrd. Doç. Dr. Hanifi TOKGÖZ**

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Hanifi TOKGÖZ'e, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK'e, yüksek lisans eğitimine başlamamı teşvik eden, G.Ü. Çorum M.Y.O. Müdürü Doç. Dr. İrfan ÇAĞLAR'a, her türlü yardımını gördüğüm arkadaşım, Öğr. Gör. M. Fatih IŞIK' a, deneysel çalışmalarımın gerçekleşmesinde tecrübe ve bilgilerinin yanı sıra laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan SDÜ, "POMZAMER", Müdürü, Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ'e, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Ebru BAŞPINAR'a ve laboratuvarında görevli arkadaşlara, bimsblok imalatını gerçekleştirmeme yardımcı olan "Huban Ticaret" sahipleri, A.İhsan ve Yücel HUBAN'a, Isparta'da bana her türlü desteği gösteren arkadaşlarım, A. Ziya NUHOĞLU'na, Aziz ŞENCAN'a, Mustafa KARABOYACI'ya, Levent AKSOY'a, tez çalışmam boyunca üstün sabır ve moral desteğini esirgemeyen, sevgili eşim, Julide KIVRAK'a ve bugünlerimi borçlu olduğum sevgili anne ve babama sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	6
3.1. Malzeme.....	6
3.1.1. Pomza.....	6
3.1.2. Uçucu kül	7
3.1.3. Çimento	9
3.1.4. Karışım suyu	9
3.2. Yöntem.....	9
3.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması	9
3.2.2. Şekil ve gönyeden sapma	10
3.2.3. Boyutların ölçülmesi	10
3.2.4. Birim hacim kütle deneyi.....	10
3.2.5. Basınç mukavemeti deneyi	11

Sayfa

3.2.6. Isı iletkenlik katsayısı deneyi	13
3.2.7. İstatistik işlemler	15
4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	16
4.1. Şekil ve Gönyeden Sapma	16
4.2. Boyutların Ölçülmesi	16
4.3. Birim Hacim Kütle	18
4.4. Basınç Mukavemeti	21
4.5. Isı İletkenlik Katsayısı	25
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	28
KAYNAKLAR	30
EKLER	32
EK-1 Bimsbetondan mamül boşluklu duvar blokları	33
EK-2 Bimsbetondan mamül asmolen bloklar	34
EK-3 Isı iletkenlik katsayısı deney sonuçları	35
ÖZGEÇMİŞ	60

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Pomzanın fiziksel özellikleri	6
Çizelge 3.2. Asidik ve bazik pomzanın kimyasal bileşimleri	7
Çizelge 3.3. Çayırhan Termik Santrali uçucu külünün kimyasal ve fiziksel Özellikleri.....	8
Çizelge 4.1. Uçucu kül katkılı bimsblokların, birim hacim kütle değerleri	18
Çizelge 4.2. Varyans çözümleri tablosu.....	19
Çizelge 4.3. Sheffe testi sonuçları.....	20
Çizelge 4.4. Uçucu kül katkılı bimsblokların, basınç mukavemet değerleri	22
Çizelge 4.5. Varyans çözümleri tablosu.....	23
Çizelge 4.6. Sheffe testi sonuçları.....	24
Çizelge 4.7. Uçucu kül katkılı bimsblokların, ısı iletkenlik katsayısı değerleri	26
Çizelge 4.8. Varyans çözümleri tablosu.....	27

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Numunelerin boyutları	17
Şekil 4.2. Uçucu kül katkılı bimsblokların, birim hacim ağırlık değerleri grafiği.....	21
Şekil 4.3. Uçucu kül katkılı bimsblokların, basınç mukavemet değerleri grafiği.....	25
Şekil 4.4. Uçucu kül katkılı bimsblokların, ısı iletkenlik katsayısı değerleri grafiği	27

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Numunelerin üretildiği Briket makinesi	10
Resim 3.2. Basınç dayanımı ölçme cihazı	12
Resim 3.3. Isı iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı.....	14
Resim 3.4. Isı iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı.....	14
Resim 4.1. Numunelerin biçim ve görünüşleri	16

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
I	Elektrik akımı
th	Sıcak oda sıcaklığı
tc	Soğuk oda sıcaklığı
ΔT	Sıcaklık derece farkı
t_1	Örneğin sıcak yüzey sıcaklığı
t_2	Örneğin soğuk yüzey sıcaklığı
Δt	Isı farklılığı
T_{av}	Ort. Sıcaklık derecesi
W	Örneğin genişliği
A	Isı yayılan alan
k	Akan ısı verimliliği
Q	Akan Isı
λ	Isı geçirgenliği
d	Birim hacim ağırlığı, kg/dm ³
G	Kurutulmuş numunenin kütlesi, kg
V	Numunenin hacmi (b x l x h), dm ³
σ_b	Numunenin basınç mukavemeti, N / mm ²
P_{max}	Kırılma anındaki kuvvet, (N)
A	Basınç uygulanan yüzey alanı, (mm ²)

1. GİRİŞ

Pomza, volkanik olaylar sonucu oluşmuş, gözenekli, hafif yapı malzemelerindendir. Türkiye yaygın pomza yataklarına sahiptir. Ülkemizde üretilen pomzanın %80'i iç piyasada inşaat sektöründe hafif yapı elemanı ve izolasyon malzemesi olarak tüketilmektedir.

Pomza, hafif beton üretiminde kum yerine kullanılmaktadır. Normal betondan hafifliği, nakliyesinin kolaylığı, ısı ve ses yalıtımı sağlaması gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedir. Konutlarda enerji tasarrufu sağlamasıyla, özellikle ısınmada doğalgaz gibi yakıtlardan kullanan, dışa bağımlı ülkeler için bu konu çok önem kazanmaktadır(1). Pomzadan imal edilen yapı elemanlarından birisi bimsbloklardır.

Bimsblok, derecelendirilmiş pomza agregası, çimento ve su kullanılarak, uygun teknoloji ile basınç ile sıkıştırılmak suretiyle şekillendirilerek imal edilen duvar ve döşeme elemanlarına verilen genel addır. Yüksek ısı ve ses yalıtımı, yüksek mukavemet, ekonomiklik, gibi özelliklerinden dolayı bimsblok ülkemiz inşaat sektöründeki pazar payı son on yıl içinde 4 kat artmıştır.

Yapıların ısı ihtiyaçlarında, geleneksel malzemelere oranla bimsblok kullanımı sonucunda %35 - %45 civarında ısı tasarrufu sağlamaktadır. Bimsblok'un ısı yalıtım özelliği, bloğu oluşturan pomza agregası ve karışımın özelliklerinin bir fonksiyonu olduğu kadar, blok geometrisi ile de yakından ilişkilidir(2).

Hafif agregalardan üretilen beton blokların, düşük yoğunluğu, ısı yalıtımı, yangına karşı dayanımı, ısı şoku dayanımı ve deformasyonla ilgili özellikleri önemli avantajlardır. Bugün gelişmiş ülkelerde hafif betonlar yapılarda ölü yükü azaltmak amacıyla hala kullanılırken, ısı yalıtımı amacı ile kullanılan çok hafif beton ve blokların üretilmesine gayret edilmektedir (3).

Betonun birim ağırlığının düşürülmesiyle yapı elemanlarının kendi ağırlıkları azaltılıp kesitleri küçültülebilir. Bu şekilde zati (ölü) yüklerin azaltılmasıyla aynı zamanda ısı iletkenlik katsayısı küçültülüp ses yutuculuğu artabilmektedir(4).

Bu çalışmada, yalıtım açısından avantajları bilinen pomza agregası ile üretilen bimsblok'un, uçucu kül katkısı ile fiziksel ve mekanik özeliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu araştırmada, uçucu külün, pomza agregası ile üretilen bimsblokların, fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi incelendiğinden, uçucu kül, bimsblok ve pomza ile ilgili kaynaklar incelenmeye alınmıştır.

Pomza (bims, sünger taşı), birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm^3 ’ ten küçük, sertliği Mohs ıskalasına göre 6 civarında, camsı doku gösteren volkanik bir maddedir (5).

Oluşumu sırasında, bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası genelde (özellikle mikro gözenekler) bağlantısız boşluklu olduğundan permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir(6).

Pomzanın boşluklu yapıya sahip oluşu, ısı iletkenliğinin düşük olmasını sağlar. Isı iletkenliği $0,10\text{-}0,60 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ dir (7).

Yüksek gözeneklilik derecesiyle (% 85'e varan poroziteye) pomza tanelerinin büyük dayanıklılıkları yoktur. Ancak bu dayanıklılık, taşıyıcı duvar yapımında kullanılan taş dayanıklılıklarına uygundur (8).

Uçucu küllerin incelikleri, betonun ve çimentonun özelliklerine olumlu etkiye bulunmaktadır. Uçucu küller ne kadar ince ve karbon içeriği ne kadar düşük olursa pozolanik aktivitenin o kadar yüksek olacağı söylenebilir. Aynı işlenebilirlikteki, betonun dayanımına katkısı o kadar olumludur(9).

Termik santrallerde yakılan yakıtların yanması sonucu baca gazları ile çıkan külün %75-80'i bacadan çıkarken mekanik ve elektrostatik yöntemlerle filtre edilip tutulan, 1-100 mikron çapındaki partiküllere “uçucu kül” adı verilir(10).

Rogers, ısı yalıtımında ilk yatırım maliyetlerinin pahalı olmasına rağmen sonraki yıllarda yakıttan sağlanacak tasarruf sayesinde, bu masrafların karşılanabileceğinden bahsetmiştir(11).

Gündüz ve arkadaşları, bimsblok'un ısı yalıtım özelliklerini araştırmışlardır. Bimsblok kullanımının, geleneksel malzemelere oranla %35-%45 civarında ısı tasarrufu sağladığını belirtmişlerdir(2).

Çuhadaroğlu, fındık kabuğu eklenmesinin briketin ısı geçirgenliğine etkisini araştırmışlardır. Fındık kabuğu ilavesinin bütün oranlarda briketin ısı geçirgenliğinin azaldığından bahsetmişlerdir(12).

Demirboğa ve arkadaşları, pomza ile üretilen hafif betonda, çimento yerine uçucu kül ikamesinin, ısı geçirgenliğine etkisini araştırmışlardır. Uçucu kül ikamesinin, hafif betonun ısı iletkenliğini düşürdüğünden bahsetmişlerdir(13).

Şimşek, Karaman Madenşehri doğusundaki pomza agregasının hafif beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmış, çimento ve ince agrega oranlarını yüzde olarak azaltmak suretiyle yerine Soma B Termik Santrali uçucu külü ikame ederek yapı malzemesinin ekonomik olması amaçlanmıştır (14).

Serin, hafif agregalarla üretilen beton blokları incelemiştir. Agregaların mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. Pomza agregası ve diatomit kullanarak çeşitli yoğunluklarda hafif beton bloklar üretmiş ve normal beton bloklarla karşılaştırmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda pomzalı ve diatomitli beton blokların taşıyıcı beton olarak kullanılamayacağı fakat ara bölme duvar elemanı veya yalıtım blokları olarak kullanılabilir özellikte olduğunu belirlemiştir (15).

Ağırdır, Konya Altınapa bims agregası ile beton bloklar üretmiş, bims agregası ile üretilen beton blokların kullanımı ile yapılarda yakıt maliyetinin düşeceğini belirtmiştir (16).

Kılınçkale, 1996 yılında yaptığı çalışmada, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, pirinç kabuğu külü gibi yapay puzolanların ve trasın özelliklerini ve puzolanik aktivitesini incelemiştir. Sonuç olarak tüm puzolanların puzolanik aktiviteye sahip olduğunu belirtmiştir (17).

Kars, 1994 yılında yaptığı çalışmada, Türkiye’de üretilen briketlerin ısı davranışlarını incelemiş, pomza agregalı bims blokların ısı iletkenliği hesap değerinin standartlarda verilen değerlerden daha düşük olduğunu belirlemiştir. Bu özelliği ile bims blok düşey konstrüksiyonların oluşturulmasında kullanılan tuğla ve benzeri yapı bileşenlerinden daha iyi ısı yalıtımlı olduğunu ifade etmiştir (18).

Çankıran, pomza agregalı hafif betonun mekanik özellikleri ve kimyasal katkılarla dayanımının arttığını ve yoğunlukta azalma olduğunu belirlemiştir (19).

Oğuz ve arkadaşları, pomza agregası ile üretilen betonda fiziksel ve mekanik özellikleri araştırmış, dozajın artırılması ve su/çimento oranının azaltılması sonucunda basınç dayanımının arttığını fakat üretilen yarı hafif ve hafif betonların yük taşıyıcı elemanlarda kullanılamayacağını belirtmiştir (20).

Kan, Türkiye briketlerinin nemsel davranışlarını araştırmış, briketlerin buhar difüzyon direnç katsayılarının malzemenin birim ağırlığına bağlı olarak arttığını tespit etmiştir (21).

Özdeniz ve arkadaşları, briketlerin dış duvar bileşeni olarak özellikleri saptanarak iyileştirilmesi amacıyla yeni bir briket tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen briket , gerek malzeme, gerekse yapı elemanı olarak, yapı fiziği ve maliyet açısından sınanmıştır. Elde edilen briketin sıcak, soğuk, yağmurlu, rüzgarlı her türlü iklim şartlarında kullanılabileceği, uygulamada geleneksel ve gelişmiş yapım tekniklerinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (22).

Biçer ve arkadaşları, Karaman ilinde bulunan geniş rezervlere sahip pomza üzerine çalışma yapmışlardır. Pomzanın yapı malzemesi olarak kullanılması halinde büyük enerji tasarrufu sağlanabileceğini belirtmişlerdir(23).

Demirboğa, yaptığı çalışmada, çimentonun yerine %10, %20 ve %30 uçucu kül ikame etmiş ve ürettiği betonların birim ağırlıklarının azaldığından bahsetmiştir(24).

Dal, Niğde yöresi pomza taşının ısı ve ses yalıtımında kullanılabiliirliğini araştırmış ve malzemenin ısı ve ses yalıtımında kullanılabileceğinden bahsetmiştir(25).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

3.1.1. Pomza

Pomza agregası, Isparta-Gölcük civarından çıkartılmış olup, agrega, 0-4 mm.- 4-8 mm.- 8-12 mm.lik tane sınıflarına ayrılmış halde ISBAŞ A.Ş.den temin edilmiştir. Pomzanın fiziksel özellikleri, Çizelge 3.1’de, kimyasal özellikleri, Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Pomzanın fiziksel özellikleri(8).

Fiziksel Özellikler	
Renk	Açık griden, kirli beyaza.
Kristal Şekli	Amorf (Kristal şekli yok)
Kristal Suyu	Yok
Sertlik (MOHS)	5,5 – 6.0
Kuru Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm^3)	0,32 – 0,97
Gerçek Özgül Ağırlığı (ρ) (gr/cm^3)	1,9- 2,65
Porozite (n)(%)	45 - 70
Rötre (mm / m)	2
Isı İletkenlik Katsayısı (λ) (kcal / mh.°C)	0, 12 – 0,20
Isınma Isısı (c) (cal /gr.°C)	0, 24 – 0,28
Ses Yalıtımı (R) (dB)	40 – 55
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σ) (kg/cm^2)	16 – 30
Su Emme (Ağırlıkça %)	30 – 70
Buhar Difüzyon Katsayısı (η)	5 – 10

Çizelge 3.2. Asidik ve bazik pomzanın kimyasal bileşimleri (6).

BİLEŞİM	ASİDİK POMZA (%)	BAZİK POMZA (%)
SiO ₂	70	45
Al ₂ O ₃	14	21
Fe ₂ O ₃	2.5	7
CaO	0.9	11
MgO	0,6	7
Na ₂ O+K ₂ O	9	8
A.K	3	1

3.1.2. Uçucu kül

Ankara Çayırhan Termik Santralinden alınan uçucu kül kullanılmıştır. Uçucu kül'ün kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çayırhan Termik Santrali uçucu külünün kimyasal ve fiziksel özellikleri(26)

		1996-97 yıllarında farklı zamanlardaki analiz değerleri				
		Numune N	Ort.	Min.	Max.	ST SAPMA
%	K.KAYBI	21	1,09	0,48	4,60	0,86
	CaO	21	10,98	2,38	14,32	2,86
	SiO ₂	21	50,05	46,80	58,04	2,48
	Al ₂ O ₃	21	15,93	13,06	19,69	1,69
	Fe ₂ O ₃	21	8,98	8,18	14,23	1,33
	MgO	21	4,32	3,31	5,74	0,76
	SO ₃	21	3,02	0,17	5,19	1,33
	K ₂ O	21	1,29	0,00	1,94	0,75
	Na ₂ O	21	2,07	0,00	3,66	0,80
Özgül Yüzey (cm ² /gr)		5	2442	2008	3094	405
Aktivite (kgf/cm ²)		4	109	83	138	30
40μ (% kalan)		3	52,87	48,10	59,30	5,78
90μ (% kalan)		3	24,40	11,60	32,70	11,25
200μ (% kalan)		3	5,63	2,99	7,30	2,31

3.1.3. Çimento

Deneyisel çalışmalarda, Isparta Göltaş Çimento fabrikasından temin edilen, TS EN 197.1'e uygun olan CEM I 42,5 R (PÇ 42.5) tipi çimento kullanılmıştır.

3.1.4. Karışım suyu

Deneyisel çalışmada, TS EN 1008' e uygun olan Isparta ili, şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Yapılan çalışmada, -Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları- TS 2823 standardı esas alınmıştır. Deney örnekleri üzerinde, şekil ve gönyeden sapma, boyutların ölçülmesi, birim hacim kütle deneyi, basınç mukavemeti deneyi ve ısı iletkenlik katsayısı deneyi yapılmıştır. Numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler, S. Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma Merkezi Laboratuvarında yapılmıştır.

3.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Bu araştırmada, pomza ile üretilen bimsblokların, özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, çimento yerine %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında uçucu kül ikame edilmiştir.

Deneye tabi tutulacak numuneler, briket makinesi ile, 190 x 390 x 185 mm. boyutunda hazırlanmıştır. Bu araştırmada kullanılan briket makinesi Resim 3.1'de verilmiştir.

Isı iletkenlik tayini için, ikame edilen uçucu kül oranlarının her birinden 2'şer adet, diğer deneyler için ise 5'er adet bimsblok üretilmiştir.



Resim 3.1. Numunelerin üretildiği briket makinesi

3.2.2. Şekil ve gönyeden sapma

Numune bimsblokların, genel görünüşlerinin dikdörtgenler prizması şeklinde, köşe ve ayrıtlarının düzgünlüğüne bakılmıştır. Numunelerde, çatlak yarık ve döküntü olup olmadığına bakılmıştır. Köşe ve kenarlarına gönye uygulanarak dik açıdan sapma miktarı tespit edilmiştir(5).

3.2.3. Boyutların ölçülmesi

Numune bimsbloklerin her biri, en az iki yerinden ölçülerek ortalamaları alınarak, mm'ye yuvarlanmıştır(5). Sonuçların TS 2823' de belirtilen değerlere uyup uymadığına bakılmıştır.

3.2.4. Birim hacim kütle deneyi

Deney numunelerin, TS 2823 standardın da belirtilen esaslara uygun olarak, dış boyutları 0,1 mm. hassasiyetle ölçülerek hacimleri bulundu. Hacimleri bulunan

numuneler, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ayarlanmış etüve konularak değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutuldu. Kurutmanın son dört saatlik süresi içinde numunenin ağırlığında % 0,2'den fazla azalma görülmediği için bu ağırlık değişmez ağırlık olarak kabul edildi. Numune, etüvden çıkarıldıktan sonra bir desikatörde soğutulup 0,1 g. hassasiyetle tartıldı. Elde edilen numuneye ait kütle (kg) , numunenin hacmine (dm^3) bölünerek numunenin kuru birim hacim ağırlığı (kg / dm^3) elde edildi(5).

$$d = G / V \text{ kg/dm}^3$$

Bu formülde;

$$d = \text{Birim hacim ağırlığı, kg/dm}^3$$

$$G = \text{Kurutulmuş numunenin kütlesi, kg}$$

$$V = \text{Numunenin hacmi (b x l x h), dm}^3 \text{ dir.}$$

3.2.5. Basınç mukavemeti deneyi

TS 2823'e uygun olarak üretilen numuneler, imal edildikten 28 gün sonra basınç deneyine tabi tutulmuş, deney cihazı Resim 3.2'de gösterilmiştir.

Numunelerin boyutları 0,1 mm hassasiyetle ölçülerek basınç uygulanacak yüzeyin brüt alanı tesbit edildi. Numunenin basınç uygulanacak yüzünü, düzlem şeklinde düzenlemek için, bir hacim portlant çimento ve bir hacim ince kum ile elde edilen harç kullanıldı. Düzgün bir cam yüzeyi yardımı ile yüzeyler düzlenerek deneye hazırlandı. Meydana getirilen başlık düzleme harcı tabakasının kalınlığı yaklaşık 5 mm. yapıldı. Bu şekilde hazırlanan başlık düzleme harcı tabakalarının prizinin tamamlaması için bekletildi. Deney, basınç deney presinde, numuneler kırılana kadar artırılan bir (P) kuvveti uygulaması ile yapıldı. Kuvvet artışı, saniyede $0,05 \text{ N/mm}^2 - 0,2 \text{ N/mm}^2$ olacak şekilde ayarlandı(5).



Resim 3.2. Basınç dayanımı ölçme cihazı

Numune basınç mukavemeti;

$$O_b = \frac{P_{\max}}{A} \quad \text{N / mm}^2$$

formülü ile tam sayıya yuvarlatılarak bulunur. Bu formülde;

O_b = Numunenin basınç mukavemeti, N / mm^2

$P_{\max}$ = Kırılma anındaki kuvvet, (N)

A = Basınç uygulanan yüzey alanı, (mm^2)' dir.

3.2.6. Isı iletkenlik katsayısı deneyi

Isı iletkenliği, homojen bir malzemenin kararlı koşullar altında, iki yüzey sıcaklığı arasındaki fark, 1°C olduğu birim zamanda (1 Saat), birim alana (1m^2) ve bu alana dik yönde birim kalınlıktan (1 m) geçen ısı miktarıdır(27).

Numuneler, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ etüvde kurutulduktan sonra ısı iletkenlik katsayısı ölçüm cihazına yerleştirildi. Cihaz, üç odadan oluşmaktadır. Ortadaki odaya blok yerleştirilerek, diğer iki odada bulunan sensörler blok yüzeyine temas ettirilerek iki yüzey arasındaki ısı değerleri göstergeden okundu. Isı değerlerinin okunması blok yerleştirildikten sonra her 15 dakikada bir ısı akımı (amper) artırılarak okuma yapıldı. Isı akımı, 0.0'dan başlayarak 1.5 ampere kadar yükseltildi. Isı iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı, Resim 3.3 ve Resim 3.4'te gösterilmiştir.

Isı iletim katsayısı;

$$\lambda = \frac{Q \cdot w}{\Delta t \cdot A} \quad \text{formülü ile bulunmuştur. Bu formülde;}$$

λ = Isı iletkenlik katsayısını

Q = Akan ısı

w = Plak kalınlığı (m)

Δt = İç ve dış yüzey arasındaki ısı farklılığı ($^{\circ}\text{C}$)

A = Isı geçen yüzey alanı (m^2)' dir.



Resim 3.3. Isı iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı



Resim 3.4. Isı iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı

3.2.7. İstatistik işlemler

Numuneler üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçların güvenilirliğini tespit etmek amacı ile SPSS 13.0. programı kullanılarak bilgisayar ortamında, tek yönlü varyans çözümü uygulanarak, ileri sürülen hipotezlerin doğruluğu 0,95 güvenilirlikte araştırılmıştır. Gruplar arasında hangi grubun farklı olduğunu tespit etmek amacı ile ise, yine SPSS 13.0. programı kullanılarak Scheffe testi uygulanmıştır.

4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

4.1. Şekil ve Gönyeden Sapma

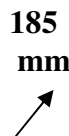
Numunelerin tamamının, genel görünüşlerinin dikdörtgenler prizması şeklinde olduğu, köşelerinin keskin ve düzgün olduğu ve önemli derecede çatlak, yarık ve döküntü olmadığı görülmüştür. Üretilen numunelerin biçim ve görünüşleri Resim 4.1’de verilmiştir.



Resim 4.1. Numunelerin biçim ve görünüşleri

4.2. Boyutların Ölçülmesi

Numunelerin tamamının, TS 2823’de belirtilen boyutsal sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir. Numunelerin boyutlandırılması Şekil 4.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Numunelerin boyutları

4.3. Birim Hacim Kütle

Numuneler üzerinde yapılan, birim hacim kütle deneyi sonucunda, şahit numune değeri $0,855 \text{ kg/dm}^3$ bulunmuştur. Uçucu kül ikame oranlarına göre sırasıyla, %5 oranında uçucu kül ikame edilen numune $0,852 \text{ kg/dm}^3$, %10 oranında uçucu kül ikame edilen numune $0,842 \text{ kg/dm}^3$, %15 oranında uçucu kül ikame edilen numune $0,827 \text{ kg/dm}^3$, %20 oranında uçucu kül ikame edilen numune $0,787 \text{ kg/dm}^3$, %25 oranında uçucu kül ikame edilen numune $0,798 \text{ kg/dm}^3$, değerleri elde edilmiştir. Değerler incelendiğinde, uçucu kül ikame edilmesinin birim hacim kütle değerlerini düşürmüş olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.1' de, grafikler ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Uçucu kül katkılı bimsblokların, birim hacim kütle değerleri

Deney No	Şahit Numune (%0) (kg/dm^3)	%5 Uçucu Kül Katkılı Numune (kg/dm^3)	%10 Uçucu Kül Katkılı Numune (kg/dm^3)	%15 Uçucu Kül Katkılı Numune (kg/dm^3)	%20 Uçucu Kül Katkılı Numune (kg/dm^3)	%25 Uçucu Kül Katkılı Numune (kg/dm^3)
1	0,848	0,829	0,828	0,855	0,784	0,801
2	0,863	0,874	0,855	0,799	0,790	0,795
3	0,858	0,878	0,837	0,862	0,810	0,810
4	0,849	0,846	0,865	0,807	0,735	0,797
5	0,859	0,831	0,822	0,813	0,817	0,788
Ort.	0,855	0,852	0,842	0,827	0,787	0,798

Deneyler sonucunda elde edilen verileri anlamlı hale getirmek ve sonuçların güvenilirliğini tespit etmek amacı ile tek yönlü varyans çözümü uygulanarak, aşağıda ileri sürülen hipotezlerin doğruluğu 0,95 güvenilirlikte araştırılmıştır.

H_0 : Çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, birim hacim kütle verilerine etkisi yoktur. ($\tau_j = 0$, denemenin etkisi yoktur)

H_1 : Çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, birim hacim kütle verilerine etkisi vardır. ($\tau_j \neq 0$, denemenin etkisi vardır)

Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.2’de verilerek hipotez test edilmiştir.

Çizelge 4.2. Varyans çözümleri tablosu

Kaynak	KT	sd	KO	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	0,020	5	0,004	$F_{\text{hesap}} = 8,533$ $F_{\text{tablo}} = {}_{95}F_{5,24} = 2,62$	0.00009380
Gruplar İçi	0,011	24	0,00047	$F_{\text{hesap}} > F_{\text{tablo}}$	
Toplam	0,031	29			

$$F_{\text{Hesap}} = 8,533 > F_{\text{Tablo}} = {}_{95}F_{5,24} = 2,62 \Rightarrow F_{\text{Hesap}} > F_{\text{Tablo}}$$

$H_0 : \tau_j = 0$ hipotezi red edilir. Bu, çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, birim hacim kütle verilerine etkisi yoktur, hipotezinin red edilmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Gruplar arasında hangi grubun farklı olduğunu, aşağıda verilen hipotezi öne sürerek, Scheffe testi ile bulursak;

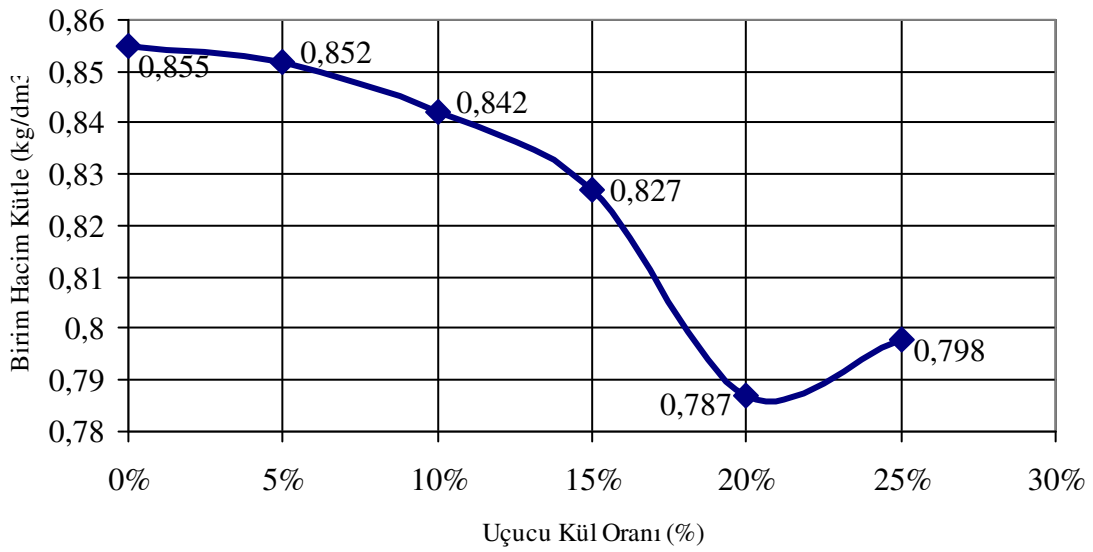
H_0 = Bimsblok gruplarının ortalama birim hacim kütle değerleri arasındaki fark önemsizdir.

Çizelge 4.3. Scheffe testi sonuçları

Gruplar Arası Karşılaştırmalar			Ortalamalar Arası Fark (I-J)	Önemlilik Derecesi (P)	Sonuç
Scheffe	% O	% 5	0,003800	1,000	H ₀ Kabul
		% 10	0,014000	0,955	H ₀ Kabul
		% 15	0,028200	0,529	H ₀ Kabul
		% 20	0,067800*	0,003	H ₀ Red
		% 25	0,057200*	0,016	H ₀ Red
	% 5	% O	0,003800	1,000	H ₀ Kabul
		% 10	0,010200	0,989	H ₀ Kabul
		% 15	0,024400	0,675	H ₀ Kabul
		% 20	0,064000*	0,006	H ₀ Red
		% 25	0,053400*	0,029	H ₀ Red
	% 10	% O	0,014000	0,955	H ₀ Kabul
		% 5	0,010200	0,989	H ₀ Kabul
		% 15	0,014200	0,953	H ₀ Kabul
		% 20	0,053800*	0,027	H ₀ Red
		% 25	0,043200	0,117	H ₀ Kabul
	% 15	% O	0,028200	0,529	H ₀ Kabul
		% 5	0,024400	0,675	H ₀ Kabul
		% 10	0,014200	0,953	H ₀ Kabul
		% 20	0,039600	0,180	H ₀ Kabul
		% 25	0,029000	0,499	H ₀ Kabul
	% 20	% O	0,067800*	0,003	H ₀ Red
		% 5	0,064000*	0,006	H ₀ Red
		% 10	0,053800*	0,027	H ₀ Red
		% 15	0,039600	0,180	H ₀ Kabul
		% 25	0,010600	0,987	H ₀ Kabul
	% 25	% O	0,057200*	0,016	H ₀ Red
		% 5	0,053400*	0,029	H ₀ Red
		% 10	0,043200	0,117	H ₀ Kabul
		% 15	0,029000	0,499	H ₀ Kabul
		% 20	0,010600	0,987	H ₀ Kabul

* Ortalamalar arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemli

Sheffe testi sonuçlarına göre, incelenen bimsbloklarda birbirlerinden önemli derecede farklı bir grup vardır. (%20) grubu, diğer gruplara göre farklılık göstermektedir. Bu duruma göre, (%20) grubu birim hacim kütle verilerinin en düşük olduğu grubu oluşturmaktadır. Dolayısıyla, birim hacim kütle deneyinde, %20 uçucu kül ikame edilmiş numune, en iyi sonucu vermiştir.



Şekil 4.2. Uçucu kül katkılı bimsblokların, birim hacim kütle değerleri grafiği

4.4. Basınç Mukavemeti

Basınç mukavemet deneyi sonucunda, şahit numune değeri, $2,831 \text{ N/mm}^2$ elde edilmiştir. %5 oranında uçucu kül ikame edilen numune $2,401 \text{ N/mm}^2$, %10 oranında uçucu kül ikame edilen numune $2,161 \text{ N/mm}^2$, %15 oranında uçucu kül ikame edilen numune $1,903 \text{ N/mm}^2$, %20 oranında uçucu kül ikame edilen numune $1,291 \text{ N/mm}^2$, %25 oranında uçucu kül ikame edilen numune $1,547 \text{ N/mm}^2$, değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, uçucu kül ikamesinin, basınç mukavemeti değerlerini düşürdüğü görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.4'te, grafikler ise, Şekil 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Uçucu kül katkılı bimsblokların, basınç mukavemeti değerleri

Deney No	Şahit Numune (%0) (N/mm ²)	%5 Uçucu Kül Katkılı Numune (N/mm ²)	%10 Uçucu Kül Katkılı Numune (N/mm ²)	%15 Uçucu Kül Katkılı Numune (N/mm ²)	%20 Uçucu Kül Katkılı Numune (N/mm ²)	%25 Uçucu Kül Katkılı Numune (N/mm ²)
1	2,821	2,208	2,092	2,131	1,373	1,563
2	2,841	2,594	2,230	1,674	1,208	1,531
3	2,733	2,528	2,272	2,060	1,318	1,387
4	2,955	2,413	2,057	1,827	1,361	1,662
5	2,806	2,261	2,154	1,821	1,193	1,591
Ort.	2,831	2,401	2,161	1,903	1,291	1,547

Deneyler sonucunda elde edilen verileri anlamlı hale getirmek ve sonuçların güvenilirliğini tespit etmek amacı ile tek yönlü varyans çözümü uygulanarak, aşağıda ileri sürülen hipotezlerin doğruluğu 0,95 güvenilirlikte araştırılmıştır.

H_0 : Çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, basınç mukavemeti verilerine etkisi yoktur. ($\tau_j = 0$, denemenin etkisi yoktur)

H_1 : Çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, basınç mukavemeti verilerine etkisi vardır. ($\tau_j \neq 0$, denemenin etkisi vardır)

Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.5’de verilerek hipotez test edilmiştir.

Çizelge 4.5. Varyans çözümleri tablosu

Kaynak	KT	sd	KO	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	7,963	5	1,593	$F_{\text{hesap}} = 100,435$ $F_{\text{tablo}} = 95F_{5,24} = 2,62$ $F_{\text{hesap}} > F_{\text{tablo}}$	0.000
Gruplar İçi	0,381	24	0,016		
Toplam	8,344	29			

$$F_{\text{Hesap}} = 106,1 > F_{\text{Tablo}} = 95F_{5,24} = 2,62 \quad \Rightarrow \quad F_{\text{Hesap}} > F_{\text{Tablo}}$$

$H_0 : \tau_j = 0$ hipotezi red olunur. Bu, çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, basınç mukavemeti verilerine etkisi yoktur, hipotezinin red olunması gerektiği anlamına gelmektedir.

Gruplar arasında hangi grubun farklı olduğunu, aşağıda verilen hipotezi öne sürerek, Scheffe testi ile bulursak;

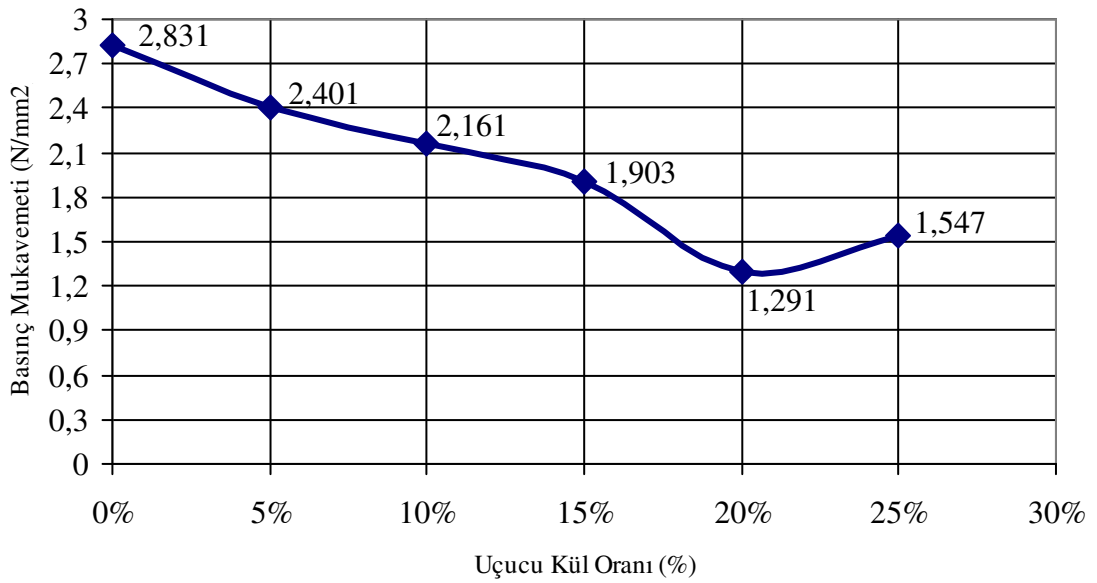
H_0 = Bimsblok gruplarının ortalama basınç mukavemeti değerleri arasındaki fark önemsizdir.

Çizelge 4.6. Scheffe testi sonuçları

Gruplar Arası Karşılaştırmalar			Ortalamalar Arası Fark (I-J)	Önemlilik Derecesi (P)	Sonuç
Scheffe	% O	% 5	0,430400*	0,001	H ₀ Red
		% 10	0,670200*	0,000	H ₀ Red
		% 15	0,928600*	0,000	H ₀ Red
		% 20	1,540600*	0,000	H ₀ Red
		% 25	1,284400*	0,000	H ₀ Red
	% 5	% O	0,430400*	0,001	H ₀ Red
		% 10	0,239800	0,148	H ₀ Kabul
		% 15	0,498200*	0,000	H ₀ Red
		% 20	1,110200*	0,000	H ₀ Red
		% 25	0,854000*	0,000	H ₀ Red
	% 10	% O	0,670200*	0,000	H ₀ Red
		% 5	0,239800	0,148	H ₀ Kabul
		% 15	0,258400	0,100	H ₀ Kabul
		% 20	0,870400*	0,000	H ₀ Red
		% 25	0,614200*	0,000	H ₀ Red
	% 15	% O	0,928600*	0,000	H ₀ Red
		% 5	0,498200*	0,000	H ₀ Red
		% 10	0,258400	0,100	H ₀ Kabul
		% 20	0,612000*	0,000	H ₀ Red
		% 25	0,355800*	0,009	H ₀ Red
	% 20	% O	1,540600*	0,000	H ₀ Red
		% 5	1,110200*	0,000	H ₀ Red
		% 10	0,870400*	0,000	H ₀ Red
		% 15	0,612000*	0,000	H ₀ Red
		% 25	0,256200	0,105	H ₀ Kabul
	% 25	% O	1,284400*	0,000	H ₀ Red
		% 5	0,854000*	0,000	H ₀ Red
		% 10	0,614200*	0,000	H ₀ Red
		% 15	0,355800*	0,009	H ₀ Red
		% 20	0,256200	0,105	H ₀ Kabul

* Ortalamalar arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemli

Sheffe testi sonuçlarına göre, incelenen bimsbloklarda oluşturulan grupların birbirlerinden farkı yoktur. Sonuç olarak, uçucu kül ikamesi, bimsblokların basınç mukavemetini düşürmüştür. Uçucu kül oranları artırıldıkça basınç mukavemeti düşmektedir. Ancak, %100 çimento katkılı bimsblokların, standartta belirtilen basınç mukavemeti değerleri aralığında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.3. Uçucu kül katkılı bimsblokların, basınç mukavemet değerleri grafiği

4.5. Isı İletkenlik Katsayısı

Isı iletkenlik katsayısı deneyi sonucunda, şahit numune değeri 0,3803 W/mK, %5 oranında uçucu kül ikame edilen numune değeri 0,3025 W/mK, %10 oranında uçucu kül ikame edilen numune 0,2635 W/mK, %15 oranında uçucu kül ikame edilen numune 0,2771 W/mK, %20 oranında uçucu kül ikame edilen numune 0,2780 W/mK, %25 oranında uçucu kül ikame edilen numune 0,2389 W/mK, değerleri elde edilmiştir. Değerler incelendiğinde, uçucu kül ikame edilmesinin ısı iletkenlik katsayısı değerlerini düşürmüş olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.7’de, grafikler ise, Şekil 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Uçucu kül katkılı bimsblokların, ısı iletkenlik katsayısı değerleri

Deney No	Şahit Numune (%0) (W/mK)	%5 Uçucu Kül Katkılı Numune (W/mK)	%10 Uçucu Kül Katkılı Numune (W/mK)	%15 Uçucu Kül Katkılı Numune (W/mK)	%20 Uçucu Kül Katkılı Numune (W/mK)	%25 Uçucu Kül Katkılı Numune (W/mK)
1	0,4434	0,3043	0,2729	0,2621	0,2805	0,2576
2	0,3172	0,3006	0,2540	0,2921	0,2754	0,2202
Ort.	0,3803	0,3025	0,2635	0,2771	0,2780	0,2389

Deneyler sonucunda elde edilen verileri anlamlı hale getirmek ve sonuçların güvenilirliğini tespit etmek amacı ile tek yönlü varyans çözümü uygulanarak, aşağıda ileri sürülen hipotezlerin doğruluğu 0,95 güvenilirlikte araştırılmıştır.

H_0 : Çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, ısı iletkenlik katsayısı verilerine etkisi yoktur.($\tau_j = 0$, denemenin etkisi yoktur)

H_1 : Çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, ısı iletkenlik katsayısı verilerine etkisi vardır.($\tau_j \neq 0$, denemenin etkisi vardır)

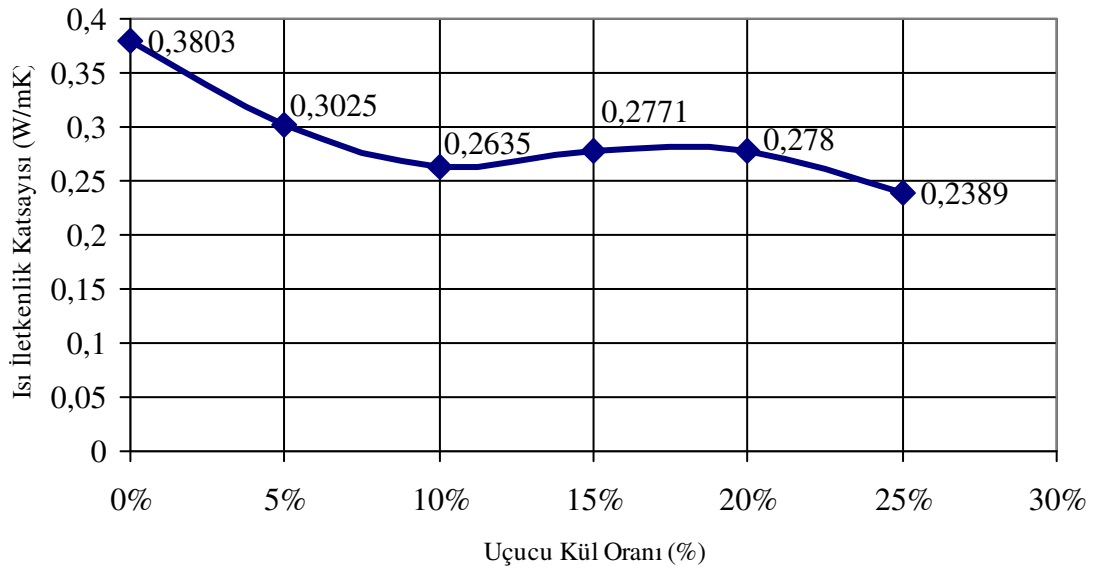
Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.8’de verilerek hipotez test edilmiştir.

Çizelge 4.8. Varyans çözümleri tablosu

Kaynak	KT	sd	KO	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	0,024	5	0,00477	$F_{\text{hesap}} = 3,077$ $F_{\text{tablo}} = {}_{95}F_{5,6} = 4,39$ $F_{\text{hesap}} < F_{\text{tablo}}$	0.102
Gruplar İçi	0,009	6	0,00155		
Toplam	0,033	11			

$$F_{\text{Hesap}} = 3,077 < F_{\text{Tablo}} = {}_{95}F_{5,6} = 4,39 \Rightarrow F_{\text{Hesap}} < F_{\text{Tablo}}$$

$H_0 : \tau_j = 0$ hipotezi kabul edilir. Bu, çimento içerisine uçucu kül ikame edilmesinin, ısı iletkenlik katsayısı verilerine etkisi yoktur, hipotezinin kabul edilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Uçucu kül ikamesinin, ısı iletkenlik katsayısını verilerinde önemli bir değişiklik meydana getirmediği söylenebilir.



Şekil 4.4. Uçucu kül katkılı bimsblokların, ısı iletkenlik katsayısı değerleri grafiği

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmanın, deneylerle ilgili bölümlerinden elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı olarak yapılan istatistiksel çalışmaların sonuçlarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Üretilen bimsblokların birim hacim kütleleri, çimento yerine, ikame edilen uçucu kül oranları ile orantılı olarak düştüğü görülmüştür. Birim hacim kütle deneyinde, en iyi sonuç, %20 uçucu kül ikameli bimsbloklarda görülmüştür. Yapılardaki deprem yükü, yapının ağırlığı ile orantılı olduğu için, bimsblokların yapılarda kullanılması ile binalardaki ölü yükü azaltacağından, deprem yükünü de azaltmış olacaktır.

Uçucu kül oranının karışımında artması sonucunda bimsblokların basınç dayanımlarının azaldığı görülmüştür. Özellikle, %20 oranında uçucu kül ikame edilmiş numunelerde basınç dayanımının en düşük seviyeye geldiği gözlemlenmiştir.

%100 çimento ile üretilen numunelerin basınç dayanımları, ilgili standart'ta belirtilen değerler aralığında çıkmıştır.

Çimento yerine kullanılan uçucu kül, numunelerin ısı iletkenlik değerlerini iyileştirmiştir. Ancak bu iyileştirme, önemsenmeyecek kadar düşüktür. Daha net sonuçlar alabilmek için, daha fazla deney numunesi ile ısı iletkenlik deneyinin yapılması faydalı olacaktır.

Uçucu kül ikamesinin, yapılan deney sonuçlarına göre, birim hacim kütle değerleri dışında, önemli sayılabilecek bir avantaj sağlamadığı görülmüştür.

Uçucu kül ile yapılmış olan çalışmalar göz önüne alındığında, uçucu külün puzolanik bir malzeme olduğu gerçeğinden hareketle bu tür çalışmaların farklı kür koşullarında ve farklı oranlarda deneysel incelemelerin yapılmasında fayda vardır.

Ülkemizde pomza hammaddesinin bol olması, ısı iletkenliğinin düşük olması, ekonomik olması, sebebiyle inşaat sektöründe kullanımının artırılması amaçlanmalı

ve bu doğrultuda çalışmalar yapılmalıdır. Bu doğal kaynağımızın değerdendirilmesi, ÷lke ekonomisine de büyük ölçüde katkı sağlayacaktır.

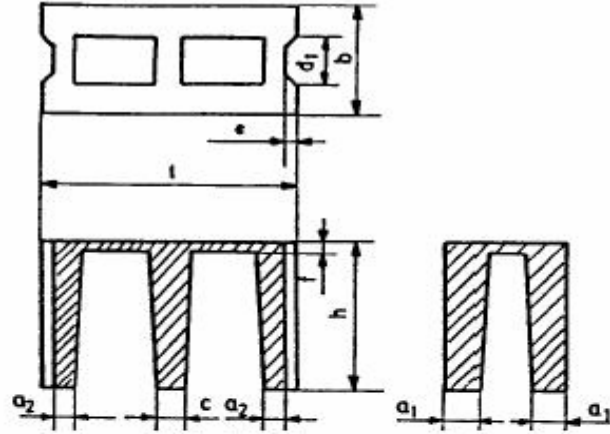
KAYNAKLAR

1. Erkoyun, H., “Pomzanın Türkiye’deki Yeri ve Önemi”, *Türkiye Pomza Sempozyumu*, Isparta, 1-2 (2005).
2. Gündüz, L., Davraz, M., Ortaçeşme, H., “Bimsblok ve Isı Yalıtım Özellikleri”, *Türkiye Pomza Sempozyumu*, Isparta, 278-286 (2005).
3. Urhan, S., “Hafif ve çok hafif betonların karakteristik özellikleri ve teknik kapasiteleri”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 370, 34-40 (1994).
4. Neville, A. M., “Properties of concrete”, *Pitman publishing*, London, 606, 607 (1975).
5. TS 2823, “Bimsbetondan mamül yapı elemanları, *TSE*, Ankara, 1-20 (1986).
6. Gündüz, L. ve arkadaşları., “*Pomza Teknolojisi*”, Cilt I, Isparta, 6-33 (1988).
7. Massozza, F., “Puzolanlar”, *Puzolanlı Çimentolar ve Kullanım Alanları Semineri*, TÇMB, Ankara, 21 (1989).
8. Davraz, M., Gündüz, L., “Isparta yöresi pomza taşının hafif yapı elemanı olarak değerlendirilmesi üzerine bir analiz”, *I. Isparta Pomza Sempozyumu*, Isparta, 63 (1997).
9. Şimşek, O., “Beton ve Beton Teknolojisi”, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 104-110 (2004).
10. Şimşek, O., “G.A.P. Şanlıurfa-Harran sulamasındaki su dağıtım sistemlerinde beton kaplama sorunları üzerine bir araştırma”, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 15-20 (1993).
11. Rogers, T. S., “Thermal Desing of Buildings”, *John Wiley&Sonc Inc*, 95 (1963).
12. Çuhadaroğlu, B., “Thermal conductivity analysis of a briquette with additive hazelnut shells”, *Building and Environment*, 40, (7): 942 - 948 (2005).
13. Demirboğa, R., Gül, R., “The effects of expanded perlite aggregate, silica fume and fly ash on the thermal conductivity of lightweight concrete”, *Cement and Concrete Research*, 33, (5): 723-727 (2003).
14. Şimşek, O., “Madenşehir (Karaman) doğusundaki pomza taşının hafif beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-9 (1987).

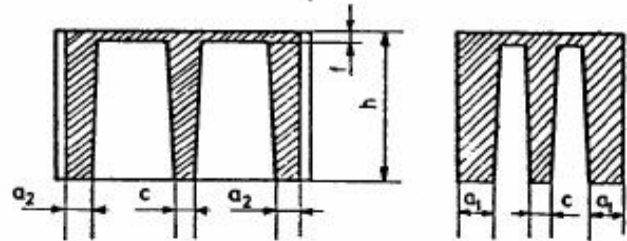
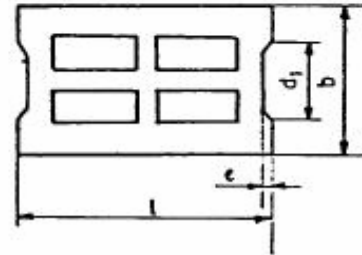
15. Serin, G., “Pomza’nın hafif beton blok duvar elemanı olarak kullanılmasının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Isparta, 100 (1999).
16. Ağırđır, L. M., “Altınapa bims agregasından TS 3234’e uygun hafif beton briket imalı”, Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 69 (1989).
17. Kılınçkale, F., “Çeşitli puzolanların puzolanik aktivitesi ve bu puzolanlarla üretilen harçların dayanımı”, **İMO Teknik Dergi**, İstanbul, (7): 3 (1996).
18. Kars, F., “Türkiye briketlerinin ısı davranışları”, Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, 29 (1994).
19. Çankıran, O., “Pomza agregalı hafif betonun mekanik özellikleri ve kimyasal katkılarla dayanımının artırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Isparta, 71-73 (1998).
20. Oğuz, C., Türker, F., “Pomza betonda fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler”, **I. Isparta Pomza Sempozyumu**, Isparta, 87 (1997).
21. Kan, Ü., “Türkiye briketlerinin nemsel davranışı”, Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, 20 (1994).
22. Özdeniz, B. M., “Yeni briket”, **IX. Mühendislik Sempozyumu**, Mimarlık Bildirileri, Isparta, 13-19 (1996).
23. Biçer, Y., Pıhtılı, K., Ayhan, T., “Gözenekli katı malzemelerde ısı iletimi hesabı için kuramsal bir model”, **Isı Bilimi ve Tekniğı Dergisi**, 14: 4-9 (1991).
24. Demirboğa, R., “Silis dumanı ve uçucu külün perlit ve pomza ile üretilen hafif beton özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi”, Doktora Tezi, **Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Erzurum, 129 (1999).
25. Dal, A. R., “Niğde yöresi pomza taşının ısı ve ses yalıtımında kullanılmasının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Niğde, 46 (1998).
26. Set Çimento, “Çayırhan Termik Santralinin, uçucu külünün teknik özellikleri”, **Set Çimento laboratuvarı**, Ankara, 1-5 (1998).
27. TS 825, Binalarda ısı yalıtım kuralları, **TSE**, Ankara, 1 (1998).

EKLER

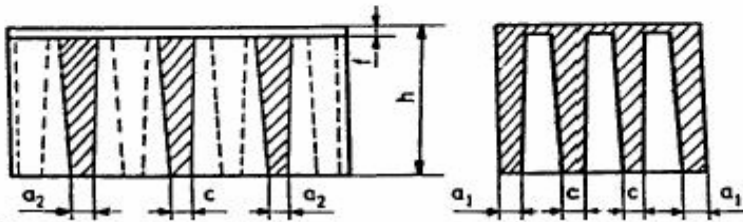
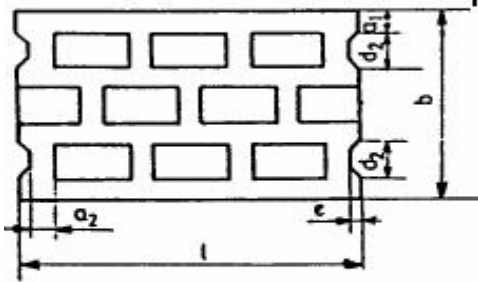
EK-1 Bimsbetondan mamül boşluklu duvar blokları (5)



Tek sıra boşluklu duvar yapı elemanları



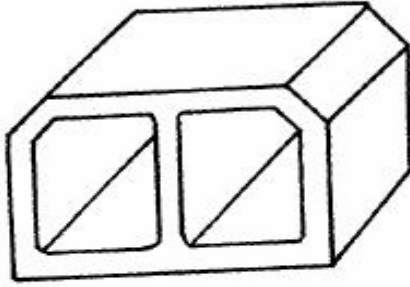
İki sıra boşluklu duvar yapı elemanları



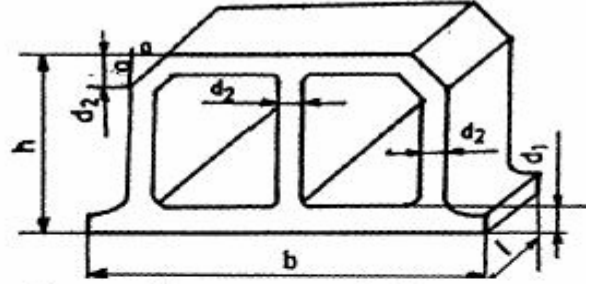
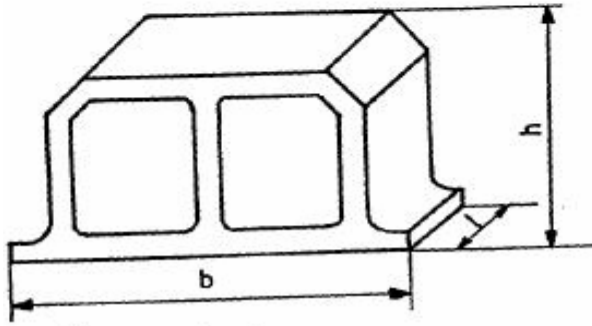
Üç sıra boşluklu duvar yapı elemanları

EK-2 Bimsbetondan mamül asmolen bloklar (5)

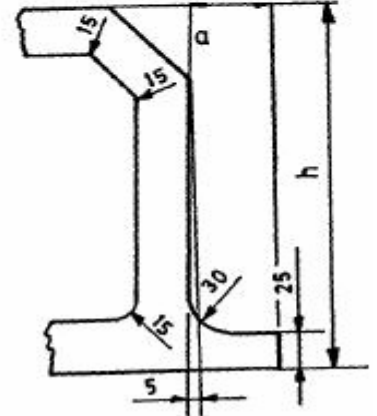
Ölçüler mm'dir.



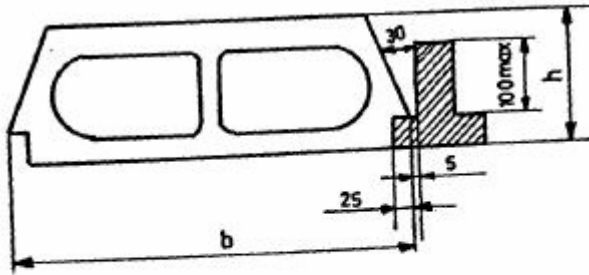
Kulaksız asmolen

Normal tavan asmoleni
(Boşluklar boydan boy)

Uç asmoleni



Kulak ve pah detayı

Nervürlü betonarme döşemelerde
kullanılan çentikli asmolenler
(Filigran tipi)

EK-3 Isı iletkenlik katsayısı deney sonuçları

	Sayfa
Şahit Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı verileri	36
Şahit Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	37
Şahit Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı verileri	38
Şahit Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	39
%5 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı verileri	40
%5 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	41
%5 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı verileri	42
%5 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	43
%10 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı verileri	44
%10 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	45
%10 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı verileri	46
%10 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	47
%15 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı verileri	48
%15 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	49
%15 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı verileri	50
%15 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	51
%20 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı verileri	52
%20 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	53
%20 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı verileri	54
%20 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	55
%25 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı verileri	56
%25 Uçucu Kül Katkılı Numune (N1) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	57
%25 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı verileri	58
%25 Uçucu Kül Katkılı Numune (N2) Isı iletkenlik katsayısı sonuçları	59

EK-3 (Devam) Şahit numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
Şahit Numune	N1	10,2570	h	L	W	838,92	10 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	25,80	26,80	-1,00	28,10	30,00	-1,93	26,30	0,39	0,0314	0,5762	0,0210	0,1352
						28,20	30,20							
						26,80	28,70							
						27,70	29,63							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	33,80	28,90	4,90	33,80	32,00	2,73	31,35	0,39	0,0314	0,5762	0,1029	0,4685
						34,60	31,70							
						33,80	30,30							
						34,07	31,33							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	41,60	29,80	11,80	41,00	32,50	9,33	35,70	0,39	0,0314	0,5762	0,2479	0,3304
						41,70	32,60							
						41,10	30,70							
						41,27	31,93							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,40	30,50	13,90	43,70	33,30	11,13	37,45	0,39	0,0314	0,5762	0,2920	0,3263
						44,20	33,60							
						43,60	31,20							
						43,83	32,70							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,00	31,00	14,00	44,30	33,90	11,17	38,00	0,39	0,0314	0,5762	0,2941	0,3277
						44,80	34,20							
						44,10	31,60							
						44,10	33,23							

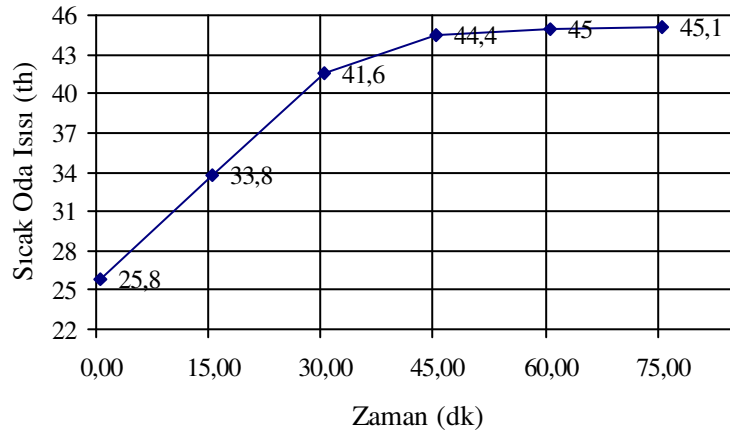
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,10	31,40	13,70	44,60	34,40	10,93	38,25	0,39	0,0314	0,5762	0,2878	0,3275
						44,80	34,60							
						44,30	31,90							
						44,57	33,63							

EK-3 (Devam) Şahit numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

DeneySEL Sonuç
 $\lambda = 0,4434 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	31,35	0,4685
3	35,70	0,3304
4	37,45	0,3263
5	38,00	0,3277
6	38,25	0,3275

Isı - Zaman Grafiğı



EK-3 (Devam) Şahit numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
Şahit Numune	N2	10,3120	h	L	W	838,92	11 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δ t	Tav	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	26,20	25,90	0,30	26,50	26,20	-0,13	26,05	0,39	0,0314	0,5762	0,0063	-0,5880
						26,80	26,80							
						26,20	26,90							
						26,50	26,63							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δ t	Tav	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	34,10	26,80	7,30	33,40	27,00	5,87	30,45	0,39	0,0314	0,5762	0,1534	0,3252
						33,70	27,90							
						33,10	27,70							
						33,40	27,53							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δ t	Tav	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	41,80	27,50	14,30	40,90	28,30	12,33	34,65	0,39	0,0314	0,5762	0,3004	0,3030
						41,10	28,80							
						40,40	28,30							
						40,80	28,47							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δ t	Tav	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	45,00	28,50	16,50	43,90	29,90	14,33	36,75	0,39	0,0314	0,5762	0,3466	0,3009
						44,20	29,90							
						43,50	28,80							
						43,87	29,53							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δ t	Tav	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,00	29,10	15,90	44,30	31,00	13,73	37,05	0,39	0,0314	0,5762	0,3340	0,3026
						44,40	30,60							
						43,60	29,50							
						44,10	30,37							

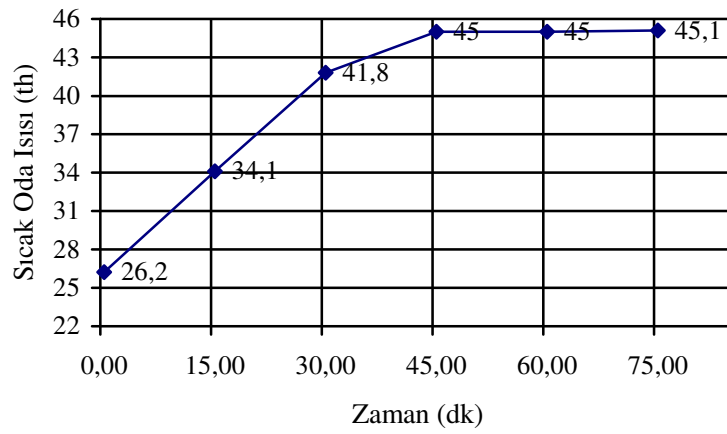
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δ t	Tav	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,10	29,70	15,40	44,40	31,80	13,20	37,40	0,39	0,0314	0,5762	0,3235	0,3049
						44,70	33,30							
						43,70	30,10							
						44,27	31,07							

EK-3 (Devam) Şahit numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

Deneysel Sonuç
 $\lambda = 0,3172 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	30,45	0,3252
3	34,65	0,3030
4	36,75	0,3009
5	37,05	0,3026
6	37,40	0,3049

Isı - Zaman Grafiği



EK-3 (Devam) %5 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
% 5	N1	10,6740	h	L	W	873,02	12 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	26,40	26,20	0,20	26,40	26,10	-1,47	26,30	0,39	0,0314	0,5762	0,0042	-0,0356
						26,20	26,70							
						22,90	27,10							
						25,17	26,63							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	33,80	26,60	7,20	32,90	26,40	6,00	30,20	0,39	0,0314	0,5762	0,1513	0,3136
						33,10	27,40							
						32,90	27,10							
						32,97	26,97							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	41,00	27,00	14,00	39,90	27,00	12,53	34,00	0,39	0,0314	0,5762	0,2941	0,2919
						40,30	28,10							
						39,80	27,30							
						40,00	27,47							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,90	27,80	17,10	43,70	28,90	14,97	36,35	0,39	0,0314	0,5762	0,3593	0,2986
						43,90	29,90							
						43,40	27,30							
						43,67	28,70							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,00	28,90	16,10	44,00	28,90	15,03	36,95	0,39	0,0314	0,5762	0,3382	0,2799
						44,20	29,90							
						43,50	27,80							
						43,90	28,87							

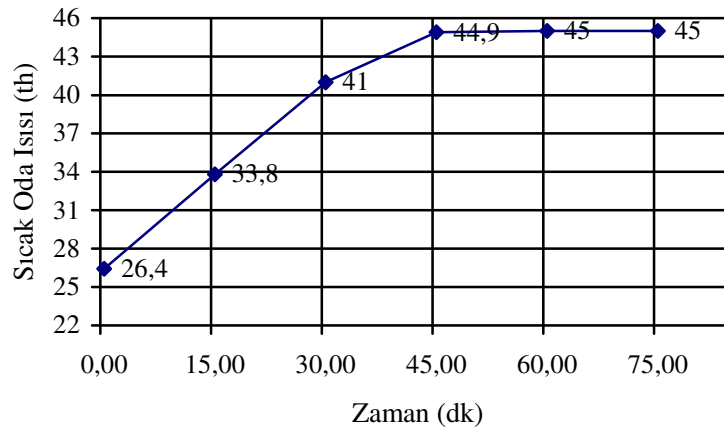
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,00	28,80	16,20	44,20	29,60	14,63	36,90	0,39	0,0314	0,5762	0,3403	0,2893
						44,30	30,60							
						43,80	28,20							
						44,10	29,47							

EK-3 (Devam) %5 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

Deneysel Sonuç
 $\lambda = 0,3043 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	30,20	0,3136
3	34,00	0,2919
4	36,35	0,2986
5	36,95	0,2799
6	36,90	0,2893

Isı - Zaman Grafiği



EK-3 (Devam) %5 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
% 5	N2	11,0140	h	L	W	873,02	13 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	26,90	25,80	1,10	26,70	25,50	0,50	26,35	0,39	0,0314	0,5762	0,0231	0,5750
						26,70	26,20							
						26,20	26,40							
						26,53	26,03							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	33,50	26,40	7,10	32,60	25,90	6,00	29,95	0,39	0,0314	0,5762	0,1492	0,3093
						32,80	26,90							
						32,20	26,80							
						32,53	26,53							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	40,70	26,80	13,90	39,50	26,50	12,37	33,75	0,39	0,0314	0,5762	0,2920	0,2938
						39,80	27,70							
						39,20	27,20							
						39,50	27,13							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,90	27,50	17,40	43,60	27,80	15,63	36,20	0,39	0,0314	0,5762	0,3656	0,2909
						43,80	28,60							
						43,00	27,10							
						43,47	27,83							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,00	28,20	16,80	44,00	28,60	15,40	36,60	0,39	0,0314	0,5762	0,3529	0,2851
						44,30	29,40							
						43,40	27,50							
						43,90	28,50							

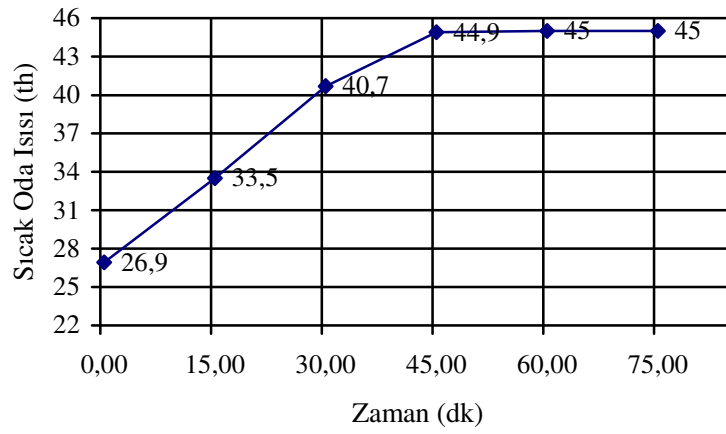
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,00	28,60	16,40	44,10	29,40	14,97	36,80	0,39	0,0314	0,5762	0,3445	0,2864
						44,40	30,00							
						43,80	28,00							
						44,10	29,13							

EK-3 (Devam) %5 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

DeneySEL Sonuç
 $\lambda = 0,3006 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	29,95	0,3093
3	33,75	0,2938
4	36,20	0,2909
5	36,60	0,2851
6	36,80	0,2864

Isı - Zaman Grafiğı



EK-3 (Devam) %10 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
%10	N1	10,4020	h	L	W	850,77	14 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	24,90	24,60	0,30	24,90	24,10	0,30	24,75	0,39	0,0314	0,5762	0,0063	0,2614
						24,90	24,50							
						24,20	24,50							
						24,67	24,37							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	32,40	24,60	7,80	31,60	24,20	7,23	28,50	0,39	0,0314	0,5762	0,1639	0,2818
						31,90	24,60							
						31,50	24,50							
						31,67	24,43							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	39,40	24,80	14,60	38,30	24,30	14,17	32,10	0,39	0,0314	0,5762	0,3067	0,2693
						38,90	24,80							
						38,60	24,20							
						38,60	24,43							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	45,00	25,10	19,90	43,70	24,70	19,10	35,05	0,39	0,0314	0,5762	0,4181	0,2723
						44,30	25,20							
						44,10	24,90							
						44,03	24,93							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	44,90	25,50	19,40	43,90	25,30	19,00	35,20	0,39	0,0314	0,5762	0,4076	0,2669
						44,80	25,60							
						44,50	25,30							
						44,40	25,40							

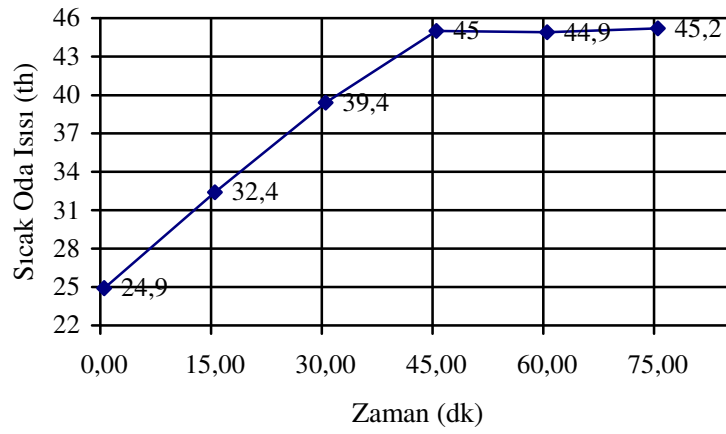
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,20	25,90	19,30	44,40	25,80	19,00	35,55	0,39	0,0314	0,5762	0,4055	0,2655
						44,90	26,10							
						44,70	25,10							
						44,67	25,67							

EK-3 (Devam) %10 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

DeneySEL Sonuç
 $\lambda = 0,2729 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	28,50	0,2818
3	32,10	0,2693
4	35,05	0,2723
5	35,20	0,2669
6	35,55	0,2655

Isı - Zaman Grafiğı



EK-3 (Devam) %10 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
%10	N2	10,6110	h	L	W	867,87	15 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	25,90	25,20	0,70	25,90	24,60	0,87	25,55	0,39	0,0314	0,5762	0,0147	0,2111
						25,90	25,00							
						25,70	25,30							
						25,83	24,97							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	33,40	26,10	7,30	33,10	25,10	7,30	29,75	0,39	0,0314	0,5762	0,1534	0,2614
						32,40	25,40							
						32,10	25,20							
						32,53	25,23							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	40,30	27,80	12,50	40,20	26,40	13,50	34,05	0,39	0,0314	0,5762	0,2626	0,2420
						39,30	26,20							
						39,00	25,40							
						39,50	26,00							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,90	29,50	15,40	44,80	28,30	16,73	37,20	0,39	0,0314	0,5762	0,3235	0,2405
						43,70	27,40							
						43,50	26,10							
						44,00	27,27							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,00	30,30	14,70	45,00	29,20	16,17	37,65	0,39	0,0314	0,5762	0,3088	0,2376
						44,10	28,30							
						43,60	26,70							
						44,23	28,07							

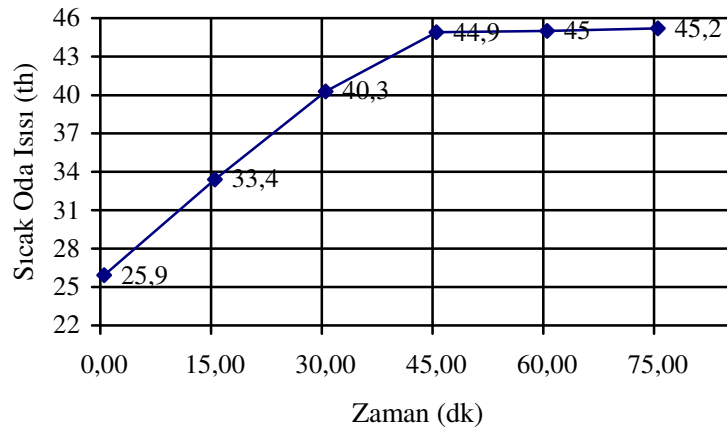
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,20	30,90	14,30	45,50	30,00	16,13	38,05	0,39	0,0314	0,5762	0,3004	0,2317
						44,70	28,80							
						44,20	27,20							
						44,80	28,67							

EK-3 (Devam) %10 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

DeneySEL Sonuç
 $\lambda = 0,2540 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	29,75	0,2614
3	34,05	0,2420
4	37,20	0,2405
5	37,65	0,2376
6	38,05	0,2317

Isı - Zaman Grafiğı



EK-3 (Devam) %15 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
%15	N1	10,3860	h	L	W	849,47	16 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	27,40	24,70	2,70	27,30	24,00	2,80	26,05	0,39	0,0314	0,5762	0,0567	0,2520
						27,30	24,50							
						27,30	25,00							
						27,30	24,50							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	33,40	25,20	8,20	32,40	34,20	7,90	29,30	0,39	0,0314	0,5762	0,1723	0,2713
						32,30	24,50							
						32,20	24,50							
						32,30	24,40							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	39,30	26,00	13,30	38,20	24,80	13,43	32,65	0,39	0,0314	0,5762	0,2794	0,2588
						38,20	25,00							
						38,30	24,60							
						38,23	24,80							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,90	26,90	18,00	43,70	25,90	18,23	35,90	0,39	0,0314	0,5762	0,3782	0,2580
						43,70	25,70							
						43,80	24,90							
						43,73	25,50							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	44,90	27,60	17,30	44,20	26,70	18,07	36,25	0,39	0,0314	0,5762	0,3635	0,2503
						44,30	26,40							
						44,20	25,40							
						44,23	26,17							

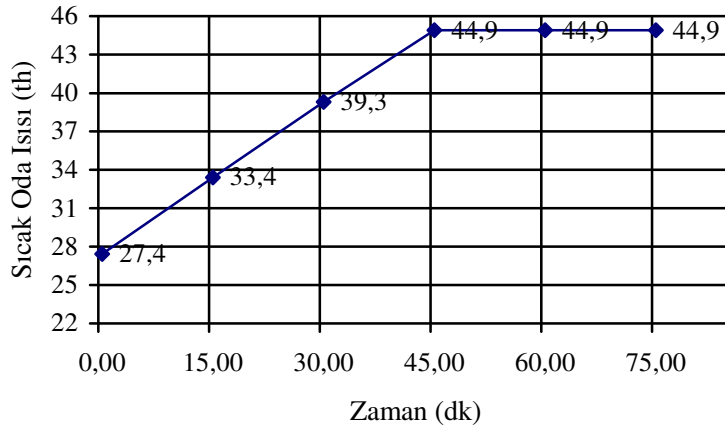
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	44,90	28,20	16,70	44,20	27,50	17,67	36,55	0,39	0,0314	0,5762	0,3508	0,2471
						44,70	27,00							
						44,50	25,90							
						44,47	26,80							

EK-3 (Devam) %15 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

DeneySEL Sonuç
 $\lambda = 0,2621 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	29,30	0,2713
3	32,65	0,2588
4	35,90	0,2580
5	36,25	0,2503
6	36,55	0,2471

Isı - Zaman Grafiğı



EK-3 (Devam) %15 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
%15	N2	10,4340	h	L	W	853,39	17 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	24,20	23,90	0,30	23,90	23,10	0,13	24,05	0,39	0,0314	0,5762	0,0063	0,5880
						23,80	23,60							
						23,20	23,80							
						23,63	23,50							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	31,90	24,60	7,30	30,60	23,80	6,17	28,25	0,39	0,0314	0,5762	0,1534	0,3094
						30,50	24,40							
						30,40	24,80							
						30,50	24,33							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	38,20	26,00	12,20	36,60	24,80	11,20	32,10	0,39	0,0314	0,5762	0,2563	0,2847
						36,50	25,30							
						36,50	25,90							
						36,53	25,33							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	45,00	27,70	17,30	43,30	26,50	16,37	36,35	0,39	0,0314	0,5762	0,3635	0,2763
						42,90	26,50							
						43,00	27,10							
						43,07	26,70							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,00	28,70	16,30	43,70	27,70	15,40	36,85	0,39	0,0314	0,5762	0,3424	0,2766
						43,50	28,00							
						43,40	28,70							
						43,53	28,13							

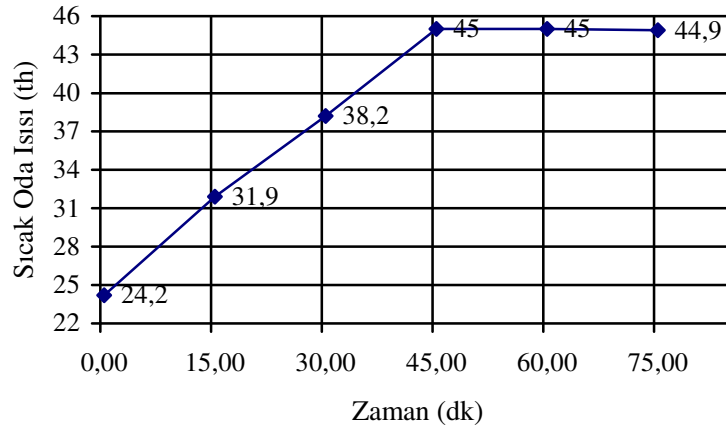
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	44,90	29,60	15,30	43,70	28,60	14,70	37,25	0,39	0,0314	0,5762	0,3214	0,2720
						43,80	29,00							
						43,70	29,50							
						43,73	29,03							

EK-3 (Devam) %15 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

Deneysel Sonuç
 $\lambda = 0,2921 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	28,25	0,3094
3	32,10	0,2847
4	36,35	0,2763
5	36,85	0,2766
6	37,25	0,2720

Isı - Zaman Grafiği



EK-3 (Devam) %20 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
%20	N1	9,6900	h	L	W	792,54	18 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	24,40	23,80	0,60	24,10	23,10	0,33	24,10	0,39	0,0314	0,5762	0,0126	0,4704
						24,20	23,70							
						23,50	24,00							
						23,93	23,60							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	32,30	24,30	8,00	31,40	23,50	7,33	28,30	0,39	0,0314	0,5762	0,1681	0,2851
						31,60	24,00							
						31,00	24,50							
						31,33	24,00							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	38,70	24,60	14,10	37,50	24,10	12,90	31,65	0,39	0,0314	0,5762	0,2962	0,2857
						37,80	24,60							
						37,10	25,00							
						37,47	24,57							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,90	25,10	19,80	43,80	24,80	18,63	35,00	0,39	0,0314	0,5762	0,4160	0,2777
						44,00	25,60							
						43,30	24,80							
						43,70	25,07							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,00	25,70	19,30	44,50	25,70	18,50	35,35	0,39	0,0314	0,5762	0,4055	0,2727
						44,50	26,20							
						43,70	25,30							
						44,23	25,73							

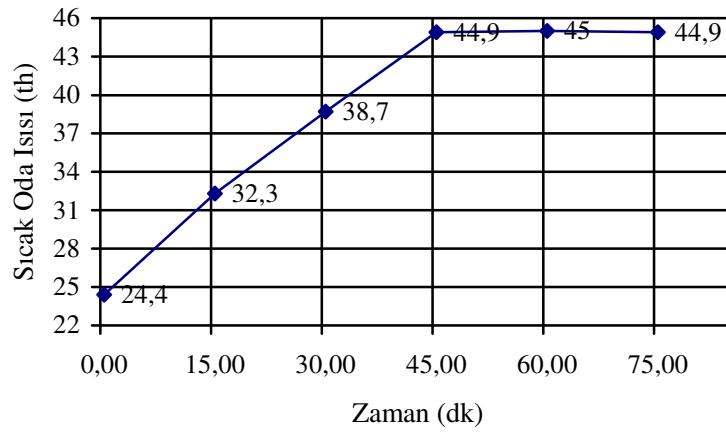
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	44,90	26,30	18,60	44,40	26,40	18,07	35,60	0,39	0,0314	0,5762	0,3908	0,2691
						44,80	26,70							
						44,00	25,90							
						44,40	26,33							

EK-3 (Devam) %20 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

DeneySEL Sonuç
 $\lambda = 0,2805 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	28,30	0,2851
3	31,65	0,2857
4	35,00	0,2777
5	35,35	0,2727
6	35,60	0,2691

Isı - Zaman Grafiğı



EK-3 (Devam) %20 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
%20	N2	10,4550	h	L	W	855,11	19 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	25,70	24,40	1,30	25,50	23,70	1,20	25,05	0,39	0,0314	0,5762	0,0273	0,2831
						25,40	24,20							
						25,10	24,50							
						25,33	24,13							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	32,20	25,50	6,70	31,10	24,60	5,90	28,85	0,39	0,0314	0,5762	0,1408	0,2968
						31,10	25,00							
						30,90	25,80							
						31,03	25,13							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	39,10	27,40	11,70	37,60	25,80	11,60	33,25	0,39	0,0314	0,5762	0,2458	0,2636
						37,60	26,00							
						37,60	26,20							
						37,60	26,00							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,90	29,30	15,60	43,50	27,40	16,47	37,10	0,39	0,0314	0,5762	0,3277	0,2476
						43,50	27,30							
						43,50	26,20							
						43,50	26,97							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	44,90	30,30	14,60	43,90	28,60	15,80	37,60	0,39	0,0314	0,5762	0,3067	0,2415
						43,80	28,40							
						43,60	26,90							
						43,77	27,97							

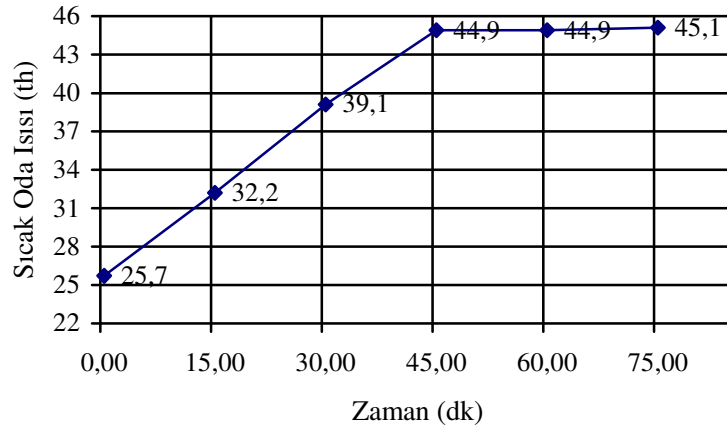
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,10	30,90	14,20	44,20	29,30	15,30	38,00	0,39	0,0314	0,5762	0,2983	0,2426
						43,90	29,00							
						43,70	27,60							
						43,93	28,63							

EK-3 (Devam) %20 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

Deneysel Sonuç
 $\lambda = 0,2754 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	28,85	0,2968
3	33,25	0,2636
4	37,10	0,2476
5	37,60	0,2415
6	38,00	0,2426

Isı - Zaman Grafiği



EK-3 (Devam) %25 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
%25	N1	9,7250	h	L	W	795,40	20 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t_1	t_2	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	25,30	25,30	0,00	26,80	26,00	0,13	25,30	0,39	0,0314	0,5762	0,0000	0,0000
						26,40	26,20							
						25,50	26,10							
						26,23	26,10							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t_1	t_2	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	33,60	27,10	6,50	33,20	26,80	6,50	30,35	0,39	0,0314	0,5762	0,1366	0,2614
						33,80	27,20							
						33,30	26,80							
						33,43	26,93							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t_1	t_2	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	41,40	28,50	12,90	40,50	27,60	13,57	34,95	0,39	0,0314	0,5762	0,2710	0,2485
						41,40	27,90							
						41,10	26,80							
						41,00	27,43							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t_1	t_2	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,90	29,50	15,40	43,90	28,60	16,23	37,20	0,39	0,0314	0,5762	0,3235	0,2479
						44,80	28,60							
						44,50	27,30							
						44,40	28,17							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t_1	t_2	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,10	30,10	15,00	44,10	29,30	15,77	37,60	0,39	0,0314	0,5762	0,3151	0,2486
						44,90	29,20							
						44,50	27,70							
						44,50	28,73							

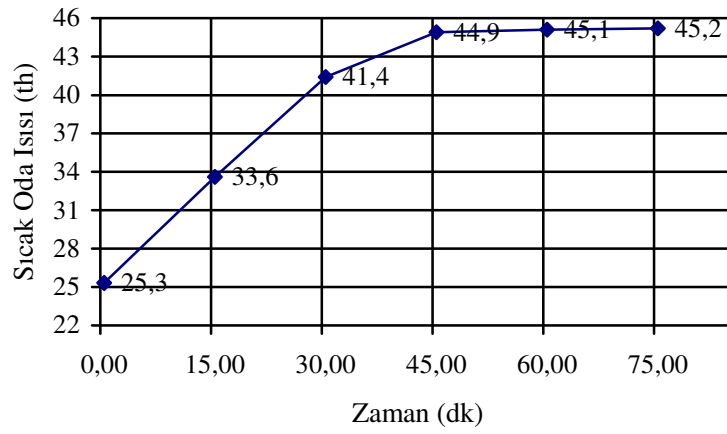
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t_1	t_2	Δt	Tav	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,20	30,40	14,80	44,50	29,80	15,67	37,80	0,39	0,0314	0,5762	0,3109	0,2469
						45,30	29,70							
						44,80	28,10							
						44,87	29,20							

EK-3 (Devam) %25 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

Deneysel Sonuç
 $\lambda = 0,2576 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	30,35	0,2614
3	34,95	0,2485
4	37,20	0,2479
5	37,60	0,2486
6	37,80	0,2469

Isı - Zaman Grafiği



EK-3 (Devam) %25 Uçucu kül katkılı numune (N2) ısı iletkenlik katsayısı verileri

Uçucu Kül Oranı	Numune No	Blok Ağırlığı	Blok Ebatları			Yoğunluk	Deney Tarihi
%25	N2	9,6870	h	L	W	782,30	21 Ekim 2005
			19	16,5	39		

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
1	09:50	0	26,80	25,95	0,85	26,70	26,10	0,40	26,37	0,39	0,0314	0,5762	0,018	0,5850
						26,70	26,30							
						26,10	25,90							
						26,50	26,10							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
2	10:05	0,5	33,20	27,10	6,10	33,70	27,70	6,10	30,15	0,39	0,0314	0,5762	0,1140	0,2321
						32,80	26,90							
						33,40	27,00							
						33,30	27,20							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
3	10:20	0,7	40,30	28,24	12,06	41,30	27,90	14,20	34,27	0,39	0,0314	0,5762	0,2534	0,2221
						41,20	27,70							
						40,80	25,10							
						41,10	26,90							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
4	10:35	0,9	44,80	30,19	14,61	44,30	26,80	17,40	37,50	0,39	0,0314	0,5762	0,3069	0,2195
						44,80	27,30							
						44,40	27,20							
						44,50	27,10							

Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
5	10:50	1,1	45,20	30,70	14,50	44,90	27,20	17,60	37,95	0,39	0,0314	0,5762	0,3045	0,2153
						44,40	26,60							
						44,80	27,50							
						44,70	27,10							

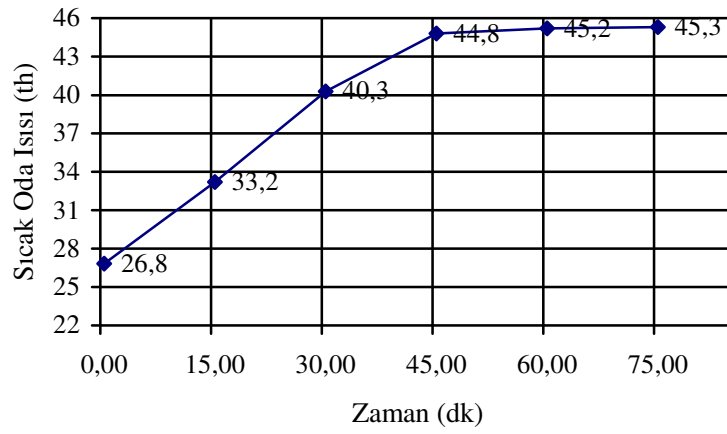
Adım	Saat	I	th	tc	ΔT	t ₁	t ₂	Δt	T _{av}	w	A	k	Q	λ
6	11:05	1,3	45,30	30,85	14,45	44,50	26,70	17,67	38,07	0,39	0,0314	0,5762	0,3035	0,2137
						45,20	27,70							
						45,00	27,29							
						44,90	27,23							

EK-3 (Devam) %25 Uçucu kül katkılı numune (N1) ısı iletkenlik katsayısı sonuçları

DeneySEL Sonuç
 $\lambda = 0,2202 \text{ W/mK}$

Adım	Tavg	λ
2	30,15	0,2321
3	34,27	0,2221
4	37,50	0,2195
5	37,95	0,2153
6	38,07	0,2137

Isı - Zaman Grafiğı



ÖZGEÇMİŞ

Serhat Oğuzhan KIVRAK, 1977 yılında Konya’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Konya’da tamamladı. 1995 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümünü kazandı. 2000 yılında aynı bölümden mezun oldu. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalında Yüksek lisans öğrenimine başladı.