



Araştırma Makalesi / Research Article

Hafif Blok Üretiminde Çanakkale Ayvacık Volkanik Tüfünün Agrega Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

*Investigation of the usability as an aggregate in the production of lightweight block of Çanakkale-Ayvacık Volcanic Tuff*Seyide Kılıçaltan¹, Uğur Demir^{2*}¹Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Orcid No: 0000-0001-7878-0068²Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Orcid No: 0000-0001-8828-4711

MAKALE BİLGİLERİ

ÖZ

Makale Geçmişi:

Geliş 4 Kasım 2021
Revizyon 28 Aralık 2021
Kabul 29 Aralık 2021
Online 31 Aralık 2021

Anahtar Kelimeler:

Volkanik tüf, Hafif yapı malzemesi,
Hafif blok.

Ülkemizdeki deprem gerçeği ve sürekli artan enerji maliyetleri, inşaat teknolojilerinin sürekli olarak gelişmesine neden olmaktadır. Bu gelişmelerin başında hafif yapı malzemelerinin üretilmesi ve çeşitli teknik özelliklerinin sürekli olarak iyileştirilmesi gelmektedir. Bina ölü yükünün azaltılması, ısı ve ses yalıtımı gibi özellikleri nedeniyle yapı malzemesi üretilmesinde doğal hafif agregalar son çeyrek yüzyılda oldukça fazla kullanılmaya başlanmış, günümüzde de kullanım oranı giderek artmaktadır. Bu çalışmada daha önce hafif yapı malzemesi olarak kullanılmayan Çanakkale-Ayvacık yöresi volkanik tüf agregası (ufalamp belirli boyutlarda sınıflandırılan) ve genişletilmiş perlit kullanılarak, hafif blok üretilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla farklı reçeteler kullanılarak (farklı tane boyutu ve çimento oranı) üretilen hafif blok numunelerinin 7, 14 ve 28 günlük birim hacim ağırlık (BHA), basınç dayanımı (BD) ve kapiler su emme (KSE) gibi teknik özelliklerde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Elde edilen analiz sonuçları (BHA: 1208 kg/m³, BD: 11,80 MPa, KSE:1,11 kg/m² dak^{0.5}) standartlarda olması gereken değerler ile karşılaştırılmış, Çanakkale-Ayvacık yöresi volkanik tüf agregalarının hafif yapı malzemesi olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 4 November 2021
Received in revised form 28
December 2021
Accepted 29 December 2021
Available online 31 December 2021

Keywords:

Volcanic tuff, Lightweight bulging
materials, lightweight block

The fact of earthquakes in our country and the ever-increasing energy costs cause the continuous development of construction technologies. At the beginning of these developments is the production of lightweight building materials and the continuous improvement of their various technical properties. Due to its features such as reducing the dead load of the building, heat and sound insulation, natural lightweight aggregates have been used quite a lot in the last quarter century, and today the usage rate is increasing gradually. In this study, light blocks were tried to be produced by using volcanic tuff aggregate (crushed and classified) from Çanakkale-Ayvacık region, which was not used as a lightweight building material before. For this purpose, changes in technical properties such as unit volume weight (BHA), compressive strength (BD) and capillary water absorption (KSE) of light block samples produced using different recipes were investigated during the curing periods of 7, 14 and 28 days. The analysis results (BHA: 1208 kg/m³, BD: 11,80 MPa, KSE:1,11 kg/m² dak^{0.5}) obtained were compared with the values that should be in the standards, and it was determined that the volcanic tuff aggregates from Çanakkale-Ayvacık region could be used as light construction material.

Doi: 10.24012/dumf.1051469

* Sorumlu Yazar

Giriş

Deprem yükünü azaltması, hem ses hem de ısı yalıtımında üstün özelliklerinin bulunması, yangına karşı direnç, estetik özellikleri, enerji maliyetlerindeki artış ve yasal düzenlemelerin yalıtımı zorunlu hale getirmesini hafif yapı malzemelerinin inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmasının sebepleri olarak sıralayabiliriz [1],[2]. Hafif yapı malzemeleri, binanın ölü yükünü azaltmasından dolayı, bina hafifletmekte (daha güvenli hale gelmekte), binanın taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinde meydana gelen küçülme ise maliyetlerin önemli oranda azalmasına neden olmaktadır [3]-[8]. Yüksek ısı performans ve mekanik dayanıma sahip olan hafif yapı malzemeleri hem enerji verimliliğini sağlarken hem de daha az yakıt kullanılması nedeniyle çevrenin daha az kirlenmesine neden olmaktadır [9]. Hafif yapı malzemesi üretiminde volkanik tüf [4], volkanik cüruf [10],[11], pomza [4]-[8],[10],[12]-[16], diatomit [1],[13], vermikulit, ignimbirit [16],[17], perlit ve geliştirilmiş perlit [2],[9],[18], geliştirilmiş kil [10],[17] gibi doğal ve geliştirilmiş polistiren sert köpük (EPS) gibi sentetik [2],[9],[19] malzemeler de kullanılmaktadır. Hafif yapı malzemelerinin birim hacim ağırlıklarının 2000 kg/m^3 'den küçük olması gerekmektedir [6],[13]. Kaliteli hafif agregalarda su emme oranının %15'in altında olması ve basınç dayanımının ise en az 5 MPa olması gerekmektedir [20].

Volkanik tüf, volkanik püskürme boyunca kraterden dışarı çıkan, konsolide olmuş volkankülü veya volkan tozundan oluşan kayalardır. Volkanik tüf, bazı kül ve mineral parçalarının yanmış ve kavrulmuş halde havaya fırladığı ve yüzeye düşüp karışarak depolandığı zaman oluşmaktadır [4],[21]. Volkanik tüfler genellikle çok düşük birim hacim ağırlığına, çok yüksek poroziteye ve çok fazla şekil değiştirme yeteneğine sahiptir. Tüf ortalama $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de erimekte, $760 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altında herhangi bir değişime uğramamaktadır. Doğal nem oranı düşük, sertliği 5,5-6 arasında, basınç mukavemeti ise $95\text{-}130 \text{ kg/m}^2$ arasındadır [4]. Tüfler, genelde pembe ve beyaz olarak ayrılabilen, beyaz tüfler genellikle tüflü yapının içine gömülmüş küçük metamorfik kayaç parçaları olan fenokristaller iken pembe tüflerde ise çoğunlukla tüflü yapının içine gömülmüş büyük metamorfik parçalar olan fenokristallerden oluşurlar [21]. Tüf agregalarının ana bileşeni SiO_2 'dir, Si ile birlikte Al_2O_3 varlığındaki artış puzolanik aktiviteyi ve dolayısıyla basınç dayanımının artmasına neden olmaktadır [4].

Çeşitli doğal ve sentetik agregalar ile hafif yapı malzemesi üretilmesine yönelik yapılmış çalışmalar ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

[4]'de Afyonkarahisar tüfü ve Isparta pomzasını kullanarak 4 farklı kalıpta hafif beton üretilmesine yönelik çalışma yapmış, aynı zamanda farklı çimento miktarlarında elde edilen ürünlerin basınç dayanımı, birim hacim ağırlık ve ısı iletkenlik özelliklerini standartlarda belirtilen testleri uygulayarak belirlemiştir. [10]'da Isparta-Karakaya, Isparta-Gelincik, Kayseri, Nevşehir pomzası ile Kula volkanik cürufu ve geliştirilmiş kil numuneleri kullanılarak hafif yapı malzemesi üretilmeye çalışılmıştır. Elde edilen ürünlerin çeşitli teknik özellikleri standartlarda belirtilen testler uygulanarak belirlenmeye çalışılmış, en düşük birim hacim ağırlığın Kayseri pomzası ile en yüksek birim hacim ağırlığın

Kula volkanik cürufu ile elde edildiği tespit edilmiştir. [11]'de hafif beton üretmek amacıyla Elazığ-Yeniköy volkanik cürufunu tek başına ve kum ile belirli oranlarda karıştırarak kullanılmış, elde edilen ürünün ısı iletkenlik ve basınç dayanım özelliklerini belirlemek amacıyla standartlarda belirtilen testler uygulanmıştır. Test sonuçları elde edilen ürünlerin hafif yapı malzemesi olduğunu göstermiştir.

[12]'de farklı yörelerden elde edilen (Nevşehir-Göre, Kayseri-Talas, İzmir-Menderes) pomza agregalarından hafif yapı malzemesi üretmeye çalışmış, bu üç yöre malzemelerini farklı kombinasyonlarda karıştırarak elde ettikleri ürünlerin teknik özellikleri incelemiştir. Ürünlerin teknik özelliklerinin oluşum şartları ile de ilişkili oldukları belirlenmiştir. [14]'de hafif beton üretmek amacıyla doğal Nevşehir pomza agregası ile sentetik EPS kullanılmış, elde ettikleri hafif betonun ısı iletkenlik, basınç dayanımı ve ses yutuculuk gibi teknik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar pomza ve EPS kullanılarak hafif beton üretilebileceğini göstermiştir. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmada, büyük kalıplar kullanarak elde ettikleri ürünleri, istedikleri ebatlarda dairesel testere ile kesebildiklerini belirtmişlerdir. [5]'de hafif beton üretmek amacıyla Isparta-Gölcük pomzası ile çimento ile farklı oranlarda silis dumanı ilave edilmiş, elde edilen ürünlerin birim hacim ağırlık, basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızları standartlarda belirtilen testler uygulanarak belirlenmiştir. Artan silis dumanı miktarı teknik özelliklerde pozitif etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. [15]'de Isparta yöresi pomzası kullanarak hafif bölme panel duvar üretmeye çalışılmış, bu amaçla farklı oranlarda çimento ve katkı maddesinin basınç dayanımı üzerine etkilerini incelenmiştir. Çimento ve katkı oranı arttıkça elde edilen ürünün basınç dayanımında belirgin artışlar elde edilirken, birim hacim ağırlıkta ise belirgin artışların olduğu tespit edilmiştir. [6]'da Isparta, Kayseri, Nevşehir ve Karaman yöresi pomza agregalarını hafif yapı malzemesi üretmek amacıyla kullanılmış, elde edilen ürünlerin standartlarda belirtilen basınç dayanımı, ısı iletkenliği, ses yutuculuğu ve ses iletimi gibi özellikleri farklı ebatlarda üretilen beton numuneleri üzerinde test edilmiştir. Teknik özelliklerin pomza oluşum şartlarından etkilendiği belirlenmiştir. [7]'de Tekirdağ-Çorlu kumu ile Kayseri-Talas pomzasını farklı oranlarda karıştırarak hafif beton üretilmiş, elde edilen ürünün yangın etkisi sonrasında çeşitli teknik özelliklerde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Pomza miktarının artışı yangına karşı dayanımda belirgin artışlara neden olurken, beton yüzeyinde oluşan sıcaklıkta da belirgin azalışların oluştuğunu belirtilmiştir. [8]'de Van-Erçiş-Kocapınar pomza agregası kullanarak hafif yapı malzemesi üretilmesine yönelik çalışmada, farklı kür uygulamalarının elde edilen malzemelerde su emme ve ısı iletkenliği üzerine etkileri incelenmiştir. 28 gün boyunca günde 3 kez yapılan sulama işlemi sonucunda elde edilen ürünlerin su emme oranında belirgin bir azalma meydana gelirken, ısı iletkenlikte az da olsa bir iyileşmenin olduğu tespit edilmiştir.

[1]'de hafif beton üretmek amacıyla Afyonkarahisar diatomit numuneleri kullanılmış, farklı çimento oranlarının elde edilen ürünlerin birim hacim ağırlık, basınç dayanımı ve ısı iletkenlik özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çimento miktarındaki artışın basınç dayanımında olumlu yönde etki ettiği, birim hacim ağırlıkta

ise olumsuz yönde etki ettiği belirlenmiştir. [13]'de hafif ve yarı hafif beton üretmek amacıyla Isparta-Atabey agregası, Gölcük pomzası ve Keçiözümlü diatomitlerini belirli oranlara karıştırılmış ve elde edilen ürünlerin teknik özelliklerinin standartlarda belirtilen sınır değerleri karşılayıp karşılamadıkları tespit edilmiştir.

[17]'de hafif yapı malzemesi üretmek için Aksaray ignimbiriti kullanılmış, farklı tane boyutlarındaki agrega ile farklı çimento oranları kullanarak, elde edilen ürünlerin standartlarda belirtilen değerleri karşılayıp karşılamadıkları tespit edilmiştir. [16]'da Nevşehir pomzasını tek başına ve ignimbirit ile belirli oranlarda karıştırarak hafif yapı malzemesi üretilmiş, elde edilen ürünlerin birim hacim ağırlık ve basınç dayanımlarında meydana gelen değişim incelenmiştir. Pomza agregasına ignimbirit ilavesi ile basınç dayanımında önemli oranda iyileşme meydana gelirken, birim hacim ağırlıkta belirgin bir artış olduğu belirlenmiştir.

[18]'de hafif beton üretiminde hafif agrega olan perlit ve genişletilmiş perlit ayrı ayrı kullanılmış ve elde edilen ürünlerin birim hacim ağırlık, su emme ve basınç dayanım özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Genleştirilmiş perlit kullanımı birim hacim ağırlıkta önemli oranda azalamaların olmasına neden olurken, hem su emme hem de basınç dayanımında negatif etkilerinin olduğu belirlenmiştir. [2]'de hafif yapı malzemesi üretmek amacıyla İzmir Etimaden tarafından üretilen genişletilmiş perlit, sentetik CMC malzemesi ve kömür tozu kullanılmış, elde edilen ürünlerin standartlara uygunlukları çeşitli testler uygulanarak belirlenmiştir. [9]'da hafif yapı malzemesi elde etmek için doğal agrega olan pomza ve genişletilmiş perlit ile birlikte lastik parçaları kullanılmış, elde edilen ürünlerin çeşitli teknik özellikleri standartlarda belirtilen testler kullanarak belirlemeye çalışılmıştır. Yazarlar aynı zamanda ürünlerin teknik özelliklerini yapay sinir ağırları tekniğini kullanarak tahmin edilebileceğini belirlenmişlerdir.

[3]'de hafif taşıyıcı yapı malzemesi üretmek amacıyla farklı çimento oranlarında Alman kökenli genişletilmiş kil ve kum belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmış, elde edilen ürünün taşıyıcı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla standartlarda belirtilen testler uygulanmıştır. Elde edilen ürünlerin taşıyıcı özellikte olduğu belirlenmiştir.

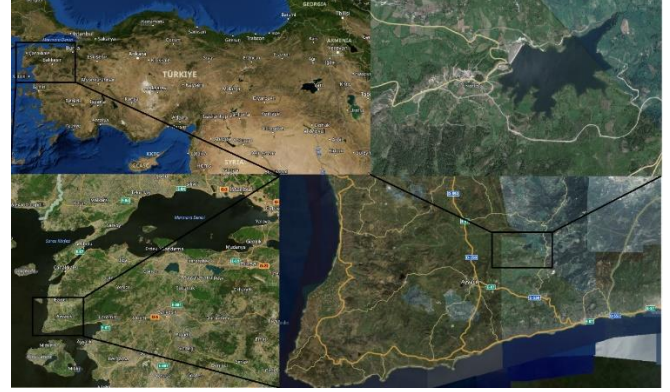
[19]'da hafif alçı blok üretmek amacıyla Sivas yöresi jibs numunesi, sentetik EPS malzemesi ve pomza agregasını farklı kombinasyonlarda karıştırılarak kullanılmıştır. Elde edilen ürünlerin kuru yoğunluk, basınç dayanım, su emme ve ısıl iletkenli özelliklerin standart test yöntemleri kullanarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, üzerinde pek çalışma yapılmamış olan Çanakkale Ayvacık Akçin yöresi doğal volkanik tuf agregasının hafif yapı malzemesi (hafif blok) olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla farklı boyut gruplarındaki (0-2 mm ve 2-4 mm) agregalar farklı oranlarda kullanılmış, bununla beraber farklı çimento oranlarının (%28-38) Birim Hacim Ağırlık (BHA), Kapiler Su Emme (KSE) ve Basınç Dayanımlarındaki (BD) etkileri incelenmiş, elde edilen ürünlerin standartları karşılayıp karşılamadığı irdelenmiştir.

Malzeme ve Yöntem

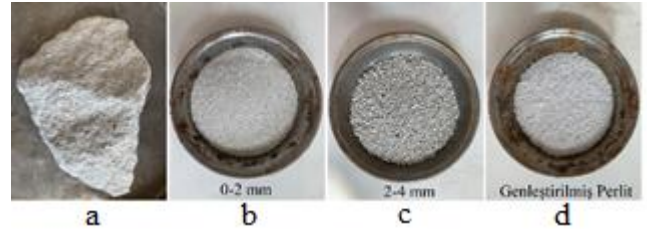
Malzeme

Deneyel çalışmalarda kullanılan volkanik tuf agregası Çanakkale iline bağlı Ayvacık ilçesinin yaklaşık 13 km kuzey-doğusunda bulunan Akçin köyü yakınlarında aktif olarak çalışan özel bir firmaya ait ocaktan alınmıştır. Doğal agregaların alındığı sahanın yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Yer bulduru haritası (googlemap)

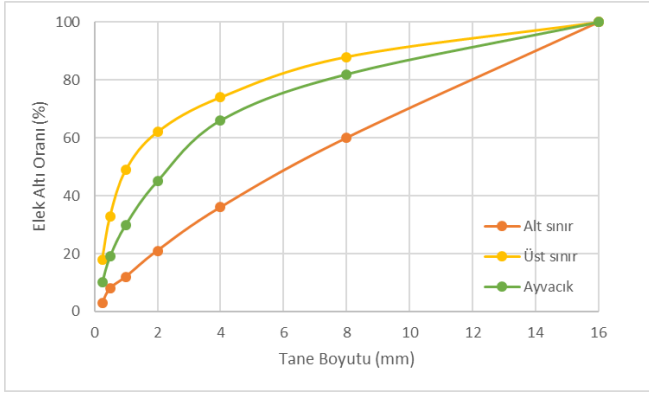
Alınan temsili numunelerin tüvenan, boyutu küçültüldükten ve boyut gruplarına ayrıldıktan (0-2 mm ve 2-4 mm) sonraki halleri ile genişletilmiş perlit numunesi Şekil 2'de verilmiştir. Ocaktan alınan numuneler Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Laboratuvarına getirilmiş, çeneli kırıcı yardımı ile ufalanan agrega numunesi boyut dağılımının belirlenmesi amacıyla elek analizine tabi tutulmuştur. Elek analiz sonuçları Şekil 3'de, kimyasal analiz sonuçları ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. a-Parça, b-0-2 mm, c-2-4 mm volkanik tuf ve d- genişletilmiş perlit görüntüleri

Tablo 1. Çalışmada kullanılan numunelerin kimyasal analiz sonuçları

İçerik	%
SiO ₂	65,22
Al ₂ O ₃	16,03
TiO ₂	0,22
Fe ₂ O ₃	1,75
CaO	1,8
MgO	2,7
Na ₂ O	1,97
K ₂ O	3,4
K.K	6,43

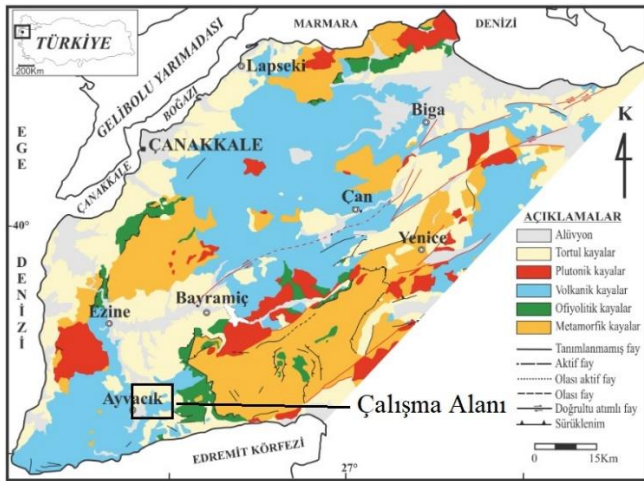


Şekil 3. Ufalama işleminden sonraki gronülometrik dağılım

Ufalama işlemi sonucu elde edilen ürünün gronülometrik dağılımı Şekil 3'de verilmiştir (TS 1114). Hafif blok üretmek amacıyla doğal agrega 0-2 ve 2-4 mm boyut gruplarına ayrılmıştır. Tablo 2'de ufalama işleminden sonra elde edilen numunelerin 0-2 ve 2-4 mm boyut aralığındaki miktarları ve özgül ağırlıkları verilmiştir. Hafif blok üretim aşamasında Gen-Per firmasından temin edilen genişletilmiş perlit %1 seviyelerinde kullanılmıştır.

Tablo 2. 0-2 ve 2-4 mm agrega özgül ağırlıkları

Tane boyutu (mm)	Özgül Ağırlık (kg/m ³)
Tüf Agregası (0-2 mm)	756
Tüf Agregası (2-4 mm)	1197



Şekil 4. Biga Yarımadası'nda gözlenen ana kaya grupları ve çalışma alanı [22]

Şekil 4'de Biga Yarımadası'nda gözlenen ana kaya grupları ve çalışma alanı görülmektedir. Biga yarımadası, KD-GB yönlü tektonik unsurları barındıran bir yapıya sahiptir. Yarımada'nın temelini Geç Karbonifer-Erken Triyas yaşlı Kazdağ Metamorfileri oluşturmaktadır. Bu kayaçların üzerinde tektonik olarak yerleşmiş arkozik kumtaşı, grovacklar, bazaltik kayaçlar, tüfler, aglomeralar ve kireçtaşlarından oluşan Geç Permiyen-Erken-Orta Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi ve metamorfizma geçirmiş epiklastik-piroklastik kökenli litolojilerden ve bunları kesen metagranodiyoritlerden oluşan Triyas yaşlı Kalabak Birimine ait kayaçlar bulunmaktadır. Geç Kretase'de ofiyolitik kayaçlardan oluşan bir melanaj gelmiştir. Bölgede Tersiyer,

Orta Eosen neritik kireçtaşları ve bunların üzerine uyumlu olarak gelen volkanik ara katkılı Geç Eosen türbiditleriyle başlar. Oligosen sonunda Biga Yarımadasında önemli bir yükselme ve aşınma evresi olmuş ve yarımada'nın güneyindeki Orta Eosen-Oligosen istifi tümüyle aşınmıştır. Bölgede Erken-Orta Miyosen'de volkanik kayaçlarla eş yaşlı bitümlü şeyl, silttaşı, kumtaşı, tüf ve kömürden oluşan tortullar meydana gelmiştir. Oligosen-Miyosen döneminde kalkalkalen magmatizma bölgeyi etkilemiş, ayrıca andezit, dasit, riyolit ve asidik tüfler geniş alanlara yayılmıştır. Biga Yarımadasında volkanizmaya bağlı olarak Geç Oligosen-Erken Miyosen aralığında oluşmuş, genellikle granodiyoritik bileşimli sığ sokulumların varlığı bilinmektedir. Tersiyer'de gerilme tektoniğiyle şekillenen havzalarda genellikle karasal tortullar yoğun bir volkanizma eşliğinde oluşmuştur. Geç Miyosen volkanizması sonlanırken, fluvial klastikler Biga Yarımadasının kuzeyinde çöklemiştir. Pliyo-Kuvaterner'de Biga Yarımadasında çakıltaşı, kumtaşı ve şeyl bileşimli fluvial çökeller ile görsel karbonatlar oluşmuş ve az miktarda alkali bazaltik volkanizma meydana gelmiştir [22].

Deneyel çalışmalarda hafif blok üretiminde ÇimSa markalı Cem II 42,5 R beyaz çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun kimyasal bileşimi Tablo 3'de ve çeşitli özellikleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Deneyel çalışmalarda kullanılan çimentonun kimyasal bileşimi

Bileşenler	Değerler (%)
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0,5-6,0
MgO	0,1-0,4
Na ₂ O+K ₂ O	0,2-1,3
SO ₃	1,0-3,0
Kızdırma Kaybı	1,0-2,0
Çözünmeyen Kalıntı	1,0-2,0

Tablo 4. Deneyel çalışmalarda kullanılan çimentonun çeşitli özellikleri (TS EN 197-1 CEM II 42.5R)

Özellikler	Değerler
SO ₃	3.15
Çözünmeyen Kalıntı (%)	0.66
Kızdırma Kaybı(%)	2.05
Priz Başlangıcı(dak.)	150
İncelik (cm ² /g)	3450
2 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	25
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	48

Hafif blok üretilmesi sırasında agrega ve çimentonun istenilen etkileşimi göstermesi için Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi çeşme suyu kullanılmıştır. Çimento-su karışım oranı oldukça önemli bir durumdur, aynı oranda önemli olan bir diğer durum ise tane boyut dağılımıdır. Karışıma fazla su ilave edilmesi, numunelerin şekil almasında sorunlara neden olurken, çökme

olarak tarif edilen durumun olmasına da neden olabilmektedir.

Elde edilen karışımların Birim Hacim Ağırlık (BHA), Basınç Dayanımı ve Kapiler Su Emme özelliklerinin standartlarda (TS EN 1015-10, TS EN 1015-11 ve TS EN 1015-18) belirtildiği şekilde test edilebilmesi için 5x5x5 cm ve 10x10x10 cm'lik ahşap kalıplar kullanılmıştır.

Yöntem

Hafif Blok elde etmek amacıyla 0-2 ve 2-4 mm boyutlarındaki agregalar ağırlıkça %60 ve %40 oranlarında karıştırılmıştır. %1 oranında genleştirilmiş perlit ilave edilmiştir. 2 farklı seri oluşturulacak şekilde karıştırılmıştır. 1 seride %60 0-2 mm agrega ile %40 2-4 mm agrega, 2 seride %40 0-2 mm agrega ile %60 2-4 mm agrega karıştırılmıştır (Tablo 5 ve 6). Karışımlarda %28-38 oranında çimento ilave edilerek 6 farklı reçete hazırlanmıştır.

Tablo 5. Hafif blok 1. Seri karışım oranları

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Bileşenler						
			Ağırlık (%)			
0-2mm %60	42,6	41,4	40,2	39	37,8	36,6
2-4mm %40	28,4	27,6	26,8	26	25,2	24,4
P. ÇİMENTO	28	30	32	34	36	38
G. Perlit	1	1	1	1	1	1
Toplam	100	100	100	100	100	100

Tablo 6. Hafif beton 2. Seri karışım oranları

	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
Bileşenler						
			Ağırlık (%)			
0-2mm %40	42,6	41,4	40,2	39	37,8	36,6
2-4mm %60	28,4	27,6	26,8	26	25,2	24,4
P. ÇİMENTO	28	30	32	34	36	38
G. Perlit	1	1	1	1	1	1
Toplam	100	100	100	100	100	100

Hafif blok numunelerinde hesaplamalar sonucu su-çimento oranı belirlenerek farklı karışımlar elde edilmiş, 5x5x5 cm ve 10x10x10 cm ebatlarındaki kalıplara dökülmüş kalıp yüzeyleri mala ile düzeltilmiştir. Numunelerin yapışmaması için yağlanan kalıplarda 24 saat bekletilen numuneler, dikkatli bir şekilde çıkartılmıştır (Şekil 3). Kalıplardan çıkarılan numuneler 7, 14 ve 21 günlük kür süreleri için laboratuvar koşullarında oda sıcaklığında bekletilmiştir. Elde edilen hafif betonların birim hacim ağırlık [23] (TS EN 1015-10), kapiler su emme [24] (TS EN 1015-18) ve basınç dayanım testleri [25] (TS EN 1015-11) ilgili standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her bir test için 4 adet numune kullanılmış ve elde edilen sonuçların ortalamaları alınmıştır.

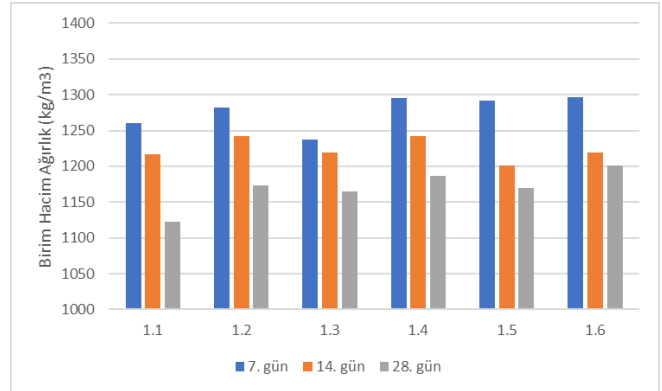


Şekil 5. Farklı tane boyutu ve çimento miktarlarında üretilen hafif blok numuneleri

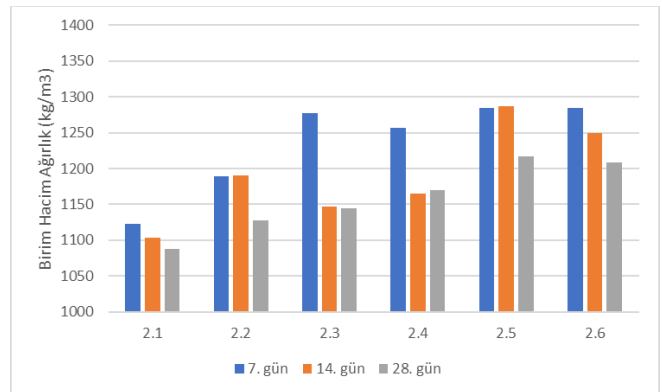
Sonuçlar

Birim Hacim Ağırlık

Farklı tane boyutu ve çimento oranlarında karıştırılarak elde edilen hafif blok numunelerinin SBB 1 ve SBB 2 seri için 7, 14 ve 21 günlük kür süresinden sonra oluşan birim hacim değerleri Şekil 6 ve 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Hafif blok 1. Seri karışımlarından elde edilen numunelerin BHA değişimi



Şekil 7. Hafif blok 2. Seri karışımlarından elde edilen numunelerin BHA değişimi

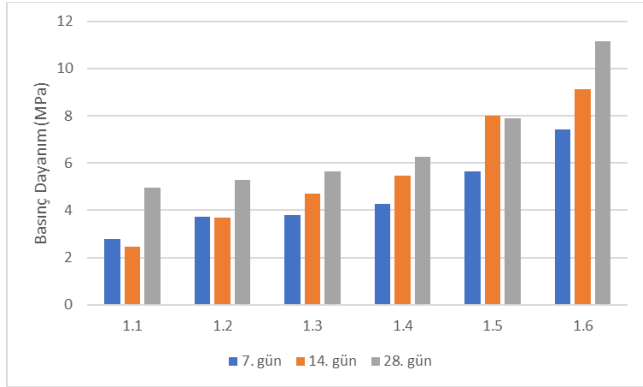
Hafif blok elemanlarının BHA değerlendirmesi, blok elemanlarının etüv kuru durumunda bürüt kuru birim ağırlık ve net kuru birim hacim ağırlık olarak tanımlanmaktadır. Hafif blok numunelerine TS EN 1015-10 standardına uygun

olarak BHA testleri uygulanmıştır. Artan çimento miktarı elde edilen hafif blokların BHA değerlerinde düzenli bir artışın olmadığı, belirli oranlarda dalgalanmaların olduğu belirlenmiştir. 1 serisinde kullanılan 0-2 mm tane boyutundaki malzeme miktarı daha fazla olması, BHA değerlerinin 2 serisine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. 1 serisinde kür süresi arttıkça tüm çimento oranlarında BHA'da belirgin bir azalma söz konusudur. Çimento oranı artışına bağlı olarak 1 serisinde sadece %32 çimento oranında tüm kür sürelerinde BHA değerlerinde belirgin bir azalma gözlemlenirken, diğer çimento oranlarında düzenli bir değişim meydana geldiği görülmüştür. 7 günlük kür süresinde BHA değerleri 1260-1296 kg/m³ arasında iken 14 günlük kür süresinde 1217-1219 kg/m³, 28 günlük kür süresinde 1122-1201 kg/m³ değerleri arasında kaldığı, çimento oranı artışı BHA değerlerinde sınırlı seviyelerde artışa neden olmuştur. 2 serisinde kullanılan 2-4 mm iri boyutlu malzeme miktarı BHA değerlerinde göreceli olarak daha düşük değerlerin elde edilmesine neden olmuştur. 7 günlük kür süresinde 1120-1284 kg/m³, 14 günlük kür süresinde 1103-1249 kg/m³, 28 günlük kür süresinde ise 1088-1208 kg/m³ arasında değerler elde edilmiştir.

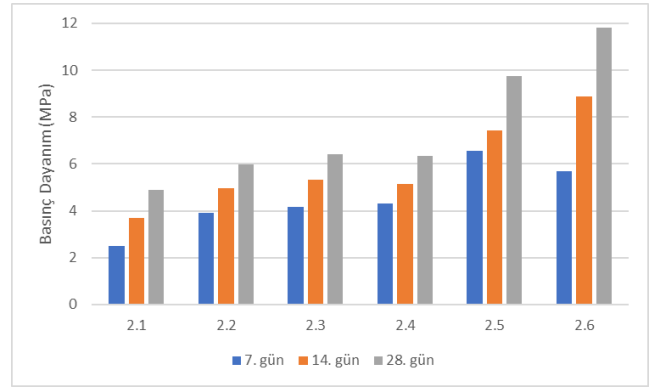
Hafif blok numunelerinin BHA değerleri karşılaştırıldığında hafif yapı malzemesi için gerekli olan <2000 kg/m³ değerinden oldukça düşük BHA'lar elde edilmiştir. Hafif blok numunelerine ilave edilen genişletilmiş perlit BHA değerlerinde belirgin bir azalmanın meydana gelmesine neden olmuştur.

Basınç Dayanım

Farklı tane boyutu ve çimento oranlarında karıştırılarak elde edilen hafif blok numunelerinin 1 ve 2 serileri için 7, 14 ve 21 günlük kür süresinden sonra oluşan basınç dayanım değerleri Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Hafif blok 1. Seri karışımlarından elde edilen numunelerin basınç dayanım değişimi



Şekil 9. Hafif blok 2. Seri karışımlarından elde edilen numunelerin basınç dayanım değişimi

Hafif blok üretiminde hem çimento miktarındaki artış hem de kür süresindeki artış, basınç dayanım değerlerinden düzenli bir artışın meydana gelmesine neden olmuştur. Hafif blok üretiminde kullanılan hafif agregaların artan çimento miktarına göre değişiminde ilave edilen genişletilmiş perlit, basınç dayanımları üzerinde önemli etkiler ortaya çıkarmaktadır. Genleştirilmiş perlit ilavesi BHA değerlerinde olumlu etkiler gösterirken, basınç dayanım değerlerinin belirgin bir şekilde azalmasına neden olmaktadır. 1 serisinde 7 günlük kür süresinde 2,79-7,43 MPa, 14 günlük kür süresinde 2,47-9,11 MPa ve 28 günlük kür süresinde 4,96-11,16 MPa arasında basınç dayanım değerleri elde edilmiştir. 2 serisinde 7 günlük kür süresinde 2,48-5,67 MPa, 14 günlük kür süresinde 3,71-8,86 MPa ve 28 günlük kür süresinde 4,9-11,80 MPa aralığında basınç dayanım değerleri elde edilmiştir. İnce taneli agrega miktarının 1 serisinde daha fazla olmasına rağmen elde edilen basınç dayanımlarında da belirgin azalma olması dikkat çekicidir, bu durumun genişletilmiş perlitte kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kapiler Su Emme

Yapı malzemelerinin içine giren su, yapı malzemesinin nem ile birlikte ısı dengesinin de bozulmasına, büzülme ve şişme gibi hacimsel deformasyonlara neden olmaktadır. Oluşan bu deformasyonlar zamanla malzeme bünyesinde mikro çatlakların oluşmasına akabinde ise bu çatlaklardan daha fazla suyun girerek hareket etmesine neden olmaktadır. Yapı malzemesi içerisine doğrudan veya dolaylı olarak giren su, yapılarda hasarlara, küflenmeye ve yüzey bozulmalarına neden olmaktadır [26]. Son olarak farklı tane boyutu ve çimento oranlarında karıştırılarak elde edilen hafif blok numunelerinin 1 ve 2 serileri için kapiler su emme değerleri ilgili standartta belirtildiği (TS EN 1015-18) gibi sadece 28 günlük kür süresinde bekletilmiş numunelere yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 7 ve 8'de verilmiştir.

Tablo 7. 1 serisi hafif blok numunelerinin kapiler su emme test sonuçları

Numune No	Kapiler Su Emme kg/(m ² .dak ^{0.5})
1.1	0,99
1.2	1,08
1.3	1,02
1.4	1,12
1.5	1,15
1.6	1,19

Tablo 8. 2 serisi hafif blok numunelerinin kapiler su emme test sonuçları

Numune No	Kapiler Su Emme kg/(m ² .dak ^{0.5})
2.1	0,98
2.2	0,98
2.3	1,17
2.4	1,12
2.5	1,03
2.6	1,11

Hafif blok numunelerinin artan çimento miktarına bağlı olarak kapiler su emme değerleri incelendiğinde, çimento miktarındaki artış çok azda olsa kapiler su emme değerlerinde bir artışın olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum hafif blok üretilmesi sırasında kullanılan geliştirilmiş perlitin blok dış yüzeyi ile iç yüzeyi arasındaki bağlantının çok sınırlı seviyelerde kalmasından ileri gelmektedir.

Tartışma

Elde edilen sonuçlar toplu olarak değerlendirildiğinde hafif blok üretimden elde edilen en iyi sonuçlar Çizelge 9'da verilmiştir. Tablo 9 incelendiğinde artan çimento miktarı BHA değerlerinde sürekli olarak bir artışın meydana gelmesine neden olurken, basınç dayanım değerlerinde de belirgin bir artış elde edilmiştir. Literatürden farklı olarak artan çimento miktarında çok az da olsa su emme oranlarında bir artışın olduğu görülmüştür. Genleştirilmiş perlit elde edilen hafif blok numunelerinin özellikleri üzerinde belirgin bir etki ettiği görülmektedir.

Tablo 9. 2 seri hafif blok numunelerin 28 günlük kür süresindeki test sonuçları

Numune No	28. Gün BHA (kg/m ³)	28. Gün Basınç Dayanımı (MPa)	Kapiler Su Emme kg/(m ² .dak ^{0.5})
2.1	1088,04	4,90	0,98
2.2	1127,78	5,98	0,98
2.3	1144,15	6,40	1,17
2.4	1169,3	6,34	1,12
2.5	1217,11	9,34	1,03
2.6	1208,58	11,80	1,11

Hafif blok numunelerinin hafif yapı malzemesi olabilmesi için gerekli olan 2000 kg/m³ birim hacim ağırlık değerinin çok altında değerler elde edilmiş, TS EN 13055 standardında belirtilen 1100 kg/m³ değerine çok yakın değerler elde edildiği görülmektedir. Volkanik tüf numunelerinin sıkışma özelliğinin yüksek olması [4], ve geliştirilmiş perlit kullanımı bu sınır değerinin üstüne çıkılma sebebi sayılabilir. Basınç dayanım değerleri standartlarda >5 MPa'dan büyük olması gerektiği belirtilmektedir. Elde edilen ürünlerin basınç dayanım değerleri incelendiğinden sadece 1.1 numunesinin 5MPa dan daha düşük olduğu görülmektedir. Diğer tüm karışımlar standartlarda belirtilen değerleri karşılamaktadır. Son olarak üretilen hafif yapı malzemelerinin kapiler su emme oranlarının oldukça düşük seviyelerde olduğu görülmektedir.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, Çanakkale-Ayvacı yöresine ait volkanik tüf agregası hafif yapı malzemesi olarak kullanılabilirdiği belirlenmiştir. Yöre hammaddeleri üzerinde daha geniş kapsamlı çalışmaların yapılması, yöre hammaddelerinin ülke ekonomisine kazandırılması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma Çanakkale-Ayvacı volkanik tüf agregasının hafif yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı ilk çalışma niteliğindedir. Başka araştırmacıların yöre ile ilgilenmesinin önünün açılması açısından da önemlidir.

“Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur”

“Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır”

Yazarların katkıları

Kılıçaltan, Çalışma konsepti ve tasarım, Veri toplama

Demir, Çalışma konsepti ve tasarım, Verilerin analizi ve yorumlanması, Taslağın oluşturulması, Revizyon

Kaynaklar

- [1] O. Ünal, T. Uygunoğlu, “Diyatomitin Hafif Beton Üretiminde Kullanılması” İMO Teknik Dergi, 4025 - 4034, Yazı 266, 2007
- [2] A. G. Çelik, A. M. Kılıç, F. Akkurt, “Yapı Malzemesi Üretiminde Genleştirilmiş Perlit Agregası Kullanılabilirliğinin Araştırılması” Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 29, No 3, 451-458, 2014
- [3] S. Subaşı, “Genleştirilmiş Kil Agregası İle Taşyıcı Hafif Beton Üretimi” Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 24, No 3, 559-567, 2009
- [4] M. Kozak, O. Ünal, “Hafif Agregalı Blokların Özelliklerinin Araştırılması” Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 6, No: 2, 17-30, 2010,
- [5] A. Beycioğlu, C. Başyigit, Ş. Kılıncarslan, “Pomza Agregalı Hafif Beton Özelliklerine Silis Dumanının Etkisi” Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14-2,200-205, 2010
- [6] Ş. Kılıncarslan, M. Davraz, M. Akça, “Pomza Agregalı Köpük Betonların Özelliklerinin Araştırılması” Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 6(1), 148-153, 2018
- [7] V. Akyüncü, “Pomza Agregalı Hafif Beton Blokların Mekanik Özelliklerinin Ve Yangın Etkisi Altındaki Davranışının İncelenmesi” Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, 147-157, 2019
- [8] O. Geçten, R. Gül, “Hafif Ve Normal Agregalı Betonlarda Atmosferik Kürün Su Emme, Rötme Ve Isı İletkenliği Üzerine Etkileri” TÜBAV Bilim 12 (3), 20-31, 2019,

- [9] Ş. Fidan, H. Oktay, S. Polat, “Hafif Yapı Malzemelerinin Isıl İletkenlik Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tahmin Edilmesi” Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, Cilt 10, Sayı 1, 2020
- [10] M. Davraz, E. Başpınar, “Agrega Porozitesinin Hafif Betonların Fiziko-Mekanik Özelliklerine Etkisi” SDU International Technological Science, Vol. 3, No 3, pp 35-51, 2011
- [11] A. Biçer, “Make Use of Volcanic Slag as Aggregate in the Production of Concrete” Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 2(2), 337-347, 2020
- [12] H. Ceylan, M. S. Saraç, “Farklı Pomza Agregası Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık Etkisindeki Bazı Özellikleri Üzerine Bir Araştırma” Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-3,413-421, 2006,
- [13] G. Serin, O. Çankıran, C. Başyigit, H. H. Taş, M. Fenkli, “Normal, Hafif ve Yarı Hafif Beton Blokların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması” Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1) 15 - 22 2007,
- [14] A. Saruşik, G. Saruşik, “Yeni Üretim Prosesi İle Pomza Agregalı Hafif Beton Ve Eps Köpüklü İzolasyon Blok Üretimi, Standartlara Uygunluğu Diğer Duvar Yapı Elemanları İle Karşılaştırılması” Madencilik, Cilt 49, Sayı 2, Sayfa 27-39, 2010,
- [15] H. Tatlıdil, E. Sancak, “Pomza Agregalı Hafif Betonların Panel Duvar Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması” SDU International Technologic Science, Vol. 5, No 2, pp. 87-94, 2013
- [16] A. Bilgil, H. Özdel, “Pomza Esaslı Ve İgnimbirit Katkılı Hafif Yapı Malzemesinin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi” Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, 475-482, 2017,
- [17] N. Şapçı, L. Gündüz, F. Yağmurlu, “Aksaray İgnimbritlerinin Doğal Hafif Agregası Olarak Kullanılabilirliği Ve Hafif Formda Boşluklu Duvar Blok Elemanlarının Üretiminde Değerlendirilmesi” Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 20, Sayı 3, 2014, Sayfalar 63-69 2014
- [18] H. S. Gökçe, O. Şimşek, G. Durmuş, İ. Demir, “Ham Perlit Agregalı Hafif Beton Özelliklerine Alternatif Genleştirilmiş Perlit Kullanımının Etkisi” Politeknik Dergisi, Cilt:13, Sayı: 2, s. 159-163, 2010
- [19] S. Şahin, S. Karaman, “The Properties of Expanded Polystyrene - Pumice - Gypsum Blocks as a Building Material” Journal of Tekirdag Agricultural Faculty , vol 9, (1), 2012
- [20] C. Yolcu, Z. C. Girgin, “Dünyada Yapay Hafif Agregalı Yapısal Beton Uygulamaları Ve Doğal Pomza Agregasının Kullanılabilirliği” Aurum Mühendislik Sistemleri Ve Mimarlık Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, 2017
- [21] G. Daloğlu, “Eskişehir-Derbent Tüflerinin Doğal Yapı Taşı Olarak Değerlendirilebilirliği”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008
- [22] O. Deniz, A. Baba, G. Tarcan, “Çan Jeotermal Alanı'nın Hidrojeokimyasal ve Hidrojeolojik İncelenmesi” Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 53, Sayı 2-3, 2010
- [23] TS EN 1015-10, Birim Hacim Ağırlık
- [24] TS EN 1015-18, Kapiler Su Emme
- [25] TS EN 1015-11, Basınç Dayanım
- [26] A. Özdemir, “Bazı Yapı Malzemelerinin Kapiler Su Emme Potansiyelleri” Jeoloji Mühendisliği, vol 26, no:1, 2002