

GAZBETONUN SU KARŞISINDAKİ DAVRANIŞI

SEMİHA KARTAL¹, ŞÜKRAN DİLMAÇ²

ÖZET

Gazbeton ülkemiz inşaat sektöründe önemli bir pazar payına sahiptir. Bu bildiride ülkemizde üretilen gazbetonların su karşısındaki davranışlarını incelemek üzere gerçekleştirilmiş deneysel bir araştırmanın sonuçları değerlendirilmiştir. Ülkemizde üretim yapan 3 firmanın ürünleri üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Su emme değerleri ve doyma nemlilikleri bulunmuştur. Farklı dönemlerde iki ayrı deney yapılmıştır. Ayrıca higroskopik denge nemlilikleri ile kütlece ve hacimce su emme değerleri arasındaki bağıntı da belirtilmiştir. Gazbeton numunelerin birinci gün sonunda kütlece su emme değerleri %70 mertebesine çıkmakta; yaklaşık dokuz gün sonra ise, kütlece %75-95 değerleri arasında değişen doyma nemlilikleri görülmektedir.

1. GİRİŞ

Gazbeton boşluklu yapıya sahip bir malzemedir. Yapısında bulunan 0.5-1.5 mm arasında yuvarlak makro gözenekler mikro gözenekler ile çevrelenmiştir [1]. Aynı yayında aşağıdaki bilgiler verilmektedir. Boşluk oluşturulmuş ve sertleştirilmiş malzemedeki hacim yaklaşık iki kat kadar artar ve malzemenin yaklaşık % 50'si makro boşluk, %30'u küçük boşluklar

¹ Arş. Gör. T. Ü., Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Edirne

² Prof. Dr. T. Ü., Mühendislik Fakültesi, Çorlu

ve % 20'si katı malzemeden oluşur [1]. Katı madde/gözenek oranı malzemenin birim hacim ağırlığı ve fiziksel tüm özelliklerini etkiler. Gözenekleştirici katkı maddesi olan alüminyum tozunun dozu ayarlanarak, gazbetonun özelliklerini istenilen yönde değiştirmek mümkündür. Malzemenin gözenekli olması yoğunluğunu ve buna bağlı olarak da malzemenin ağırlığını düşürmektedir. Yoğunluk arttıkça gözenek oranı azalmaktadır [1].

Günümüzde gazbetonun özelliklerinin yoğunlukla değiştiği bilinmektedir. Ancak uluslararası literatürü incelediğimizde, özellikleri etkileyen tek faktörün yoğunluk olmadığı; gözenek miktarı, gözenek büyüklüğü ve dağılımının da, malzeme özelliklerini ihmal edilemeyecek oranda etkilediği anlaşılmaktadır [2]. Gözenekler, malzemeye hafiflik, ısı iletkenliğini azaltmak vb. olumlu özellikler kazandırmasına karşın, mekanik dayanımını azaltmakta ve genellikle birbirleri ile bağlantılı ve dışa açık oldukları için, gazbetonun su emme değerini de artırmaktadır. Rutubet içeriğinin, diğer fiziksel özellikleri de önemli ölçüde etkilemesi beklenen bir durumdur. Gazbetonun içeriğindeki su, bulunduğu boşluğun boyutlarına ve absorblanmış su (yüzey suyu) olmasına göre farklı etkiler oluşturur. Bu konuda detaylı açıklamalar [3] nolu yayında mevcuttur.

Fiziksel özelliklerdeki değişimin oranı malzemelerin su emme miktarlarına, doyma derecelerine ve su emme hızlarına bağlı olarak değişecektir. Ülkemizde gazbetonun su karşısındaki davranışı ile ilgili deneysel çalışma sonuçlarının verildiği yayına rastlanmamıştır. Bu bildiride gazbeton için su emme değeri ve doyma nemliliğinin değişimi, deney sonuçlarına dayanarak açıklanmıştır. Ayrıca gazbetonun higroskopik denge nemliliği ve kütlece su emme değerlerine karşılık gelen hacimce su emme değerleri de gösterilmiştir. Bu bilgiler, özelliklerle ilgili büyüklükler arasında dönüşüm yapılmasına imkan vereceği gibi; önemli bir pazar payına sahip olan bu malzemenin daha iyi tanınmasına ve doğru kullanımına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmalar ile ilgili daha geniş bilgi, [4] nolu yayında bulunabilir. Benzer deneylerin ülkemizde üretilen tuğla, beton vb diğer yapı malzemelerinde de gerçekleştirilmesi; bu malzemelerin çeşitli fiziksel özellikleri ile ilgili deneysel verilerin artması, ülkemizdeki binaların kalitesinin iyileşmesine katkı sağlayacaktır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bildiride açıklanan deneylerde kullanılan numuneler, ülkemizdeki gazbeton üretimini temsil edebilecek şekilde çeşitli firmalardan ve

şantiyelerden temin edilmiştir. Firmalar tarafından yaklaşık olarak 50x50x100 mm boyutlarında numuneler gönderilmiş, daha kapsamlı sonuçlar elde etmek amacıyla, şantiyelerden ve satıcı bayilerden de numune temin edilmiştir. Bu numuneler büyük bloklar halindedir. Bu bloklar mümkün olduğu kadar az hasar görecek şekilde elektrikli kesme makinası ile temiz ve düzgün olarak belirlenen numune ölçülerinde (50x50x100 mm) kesilmiştir.

Deneylerde kullanılan ürünler, firma tarafından gönderilen ve şantiyelerden elde edilen numuneler olmak üzere iki ayrı grupta incelenmiştir. Firma tarafından gönderilen numuneler “fabrika”, şantiyelerden elde edilmiş numuneler ise “şantiye” adı verilerek kodlandırılmıştır.

A firmasından gönderilen numunelere NA_{FAB} , ve B firmasından gönderilen numunelere NB_{FAB} ; yine aynı firmaların şantiyelerden elde edilmiş numunelerine ise sırasıyla $NA_{şANT}$ ve $NB_{şANT}$ adı verilmiştir. C firması ise ürettiği gazbeton ürünlerinden numune göndermemiştir. Bu yüzden C firmasının ürünleri, inşaat malzemeleri satan bir depodan alınmış, bu numunelere de, $NC_{şANT}$ adı verilmiştir.

Deneyler 24 Ocak 2000 – 28 şubat 2000 tarihleri arasında birinci deney, 08 Ağustos 2000 – 08 Eylül 2000 tarihleri arasında ise ikinci deney olmak üzere iki farklı zamanda gerçekleştirilmiştir.

Deney alışmaları sırasında, deney numunelerinin boyutları 0.1mm’yi ölçebilecek kumpas ile ölçülmüş, kütleleri 0.1g hassasiyetteki terazi ile tartılmış ve numuneler, sıcaklığı $(105 \pm 5)^{\circ}C$ ’da tutabilen, hava dolaşımlı etüvde kurutulmuştur. Deney sırasında ortamın kuru ve ıslak sıcaklıkları $0.5^{\circ}C$ hassasiyetle ölçülmüş ve buna bağlı olarak da, psikometrik diyagramdan ortam bağlı nemi bulunmuştur. 24 saat aralıklarla ölçülen deney numunelerinin kütlesinde % 0.2’den fazla değişme olmadığı durumda, sabit kütleye erişildiği kabul edilmiştir. Numunelerin hepsinin yoğunlukları nominal olarak $400kg/m^3$ ’tür ve gerçek yoğunlukları $372kg/m^3$ - $432kg/m^3$ değerler arasında değişmektedir. Deneyler yapılırken [5] ve [6] nolu kaynaklarda belirtilen standartlardan yararlanılmıştır.

Deneylerde su içerisinde tutulan gazbeton numunelerinin bir,   ve yedi gün sonunda bünyesine almış olduğu su miktarı kütlece ve hacimce belirlenmiştir. Ayrıca aynı numuneler sabit ağırlığa gelinceye kadar su içerisinde bekletilerek, malzemenin bünyesine alabileceği maksimum su miktarları  l lm ştir ve doyma nemlilikleri de kütlece ve hacimce belirlenmiştir. Su emme deneylerine başlamadan önce, etüvden çıkartılan numuneler, bağlı nemi ölçülen ortamda sabit ağırlığa gelinceye kadar

bekletilmiş ve böylece higroskopik denge nemlilikleri ve su emme deneyine başlamadan önce de, numunelerin su içerikleri tespit edilmiştir.

2.1. Deney Sonuçları

Numunelerin deneye başlamadan önceki su içerikleri ve higroskopik denge nemlilikleri Tablo 1 ve Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 1- Birinci deneydeki numunelerin deney öncesindeki su içerikleri

Numune Yoğunluk Kodu ρ (kg/m ³)	Deney öncesi oda içinde su içeriği		Higroskopik denge nemliliği	
	Sıcaklık, T (°C) : 18°C Bağıl nem, φ (%) : 77.5		Sıcaklık, T (°C) : 20°C Bağıl nem, φ (%) : 58±2	
	Kütlece (%)	Hacimce (%)	Kütlece (%)	Hacimce (%)
N ₁ A _{FAB} 413	2,6	1,1	2,3	1,0
N ₂ A _{FAB} 404	2,7	1,1	2,4	1,0
N ₃ A _{FAB} 397	2,5	1,0	2,2	0,9
N ₁ A _{SANT} 432	3,2	1,3	2,9	1,2
N ₂ A _{SANT} 409	3,2	1,3	2,9	1,2
N ₃ A _{SANT} 410	2,9	1,2	2,7	1,1
N ₁ B _{FAB} 410	2,6	1,0	2,3	0,9
N ₂ B _{FAB} 372	2,6	0,9	2,4	1,0
N ₃ B _{FAB} 399	2,6	1,1	2,4	1,0
N ₁ B _{SANT} 395	3,6	1,4	3,2	1,3
N ₂ B _{SANT} 400	3,4	1,4	3,0	1,2
N ₃ B _{SANT} 408	3,6	1,5	3,3	1,3

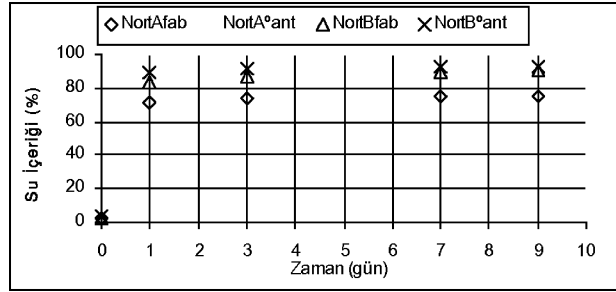
Tablo 2- İkinci deneydeki numunelerin deney öncesindeki su içerikleri

Numune Yoğunluk kodu ρ (kg / m ³)	Deney öncesi oda içinde su içeriği		Higroskopik denge nemliliği	
	Sıcaklık, T (°C) : 29°C (T≡°C) Bağıl nem, φ (%) : 72.5		Sıcaklık, T (°C) : 29°C Bağıl nem, φ (%) : 56±2	
	Kütlece (%)	Hacimce (%)	Kütlece (%)	Hacimce (%)
N ₁ A _{FAB} 417	2,4	1,0	1,8	0,7
N ₂ A _{FAB} 419	2,3	1,0	1,7	0,7
N ₃ A _{FAB} 407	2,2	0,9	1,6	0,7
N ₁ B _{FAB} 431	2,4	1,0	1,8	0,8
N ₂ B _{FAB} 426	2,2	0,9	1,7	0,7
N ₃ B _{FAB} 415	2,3	0,9	1,7	0,7
N ₁ C _{SANT} 393	2,8	1,1	2,2	0,9
N ₂ C _{SANT} 393	2,6	1,0	2,0	0,8
N ₃ C _{SANT} 400	2,7	1,1	2,0	0,8

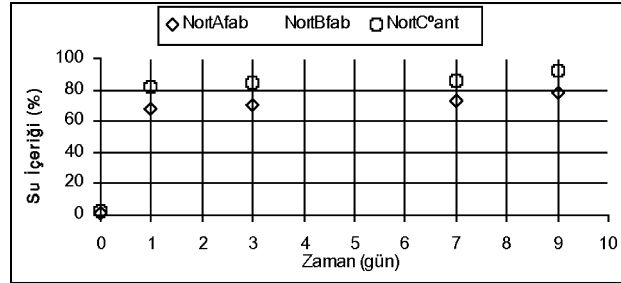
2.1.1. Su Emme Deney Sonuçları

Bu deneyde amaç, su içerisinde tutulan gazbeton numunelerinin bir, üç ve yedi gün sonunda bünyesine almış olduğu su miktarını kütlece ve hacimce belirlemektir. Şekil 1 ve Şekil 2’de deney numunelerin kütlece su emme değerleri görülmektedir. Grafiklerdeki noktalar 3 numuneden elde edilen deney sonuçlarının ortalamasıdır.

Bu çalışma sırasında kullanılan gazbeton numunelerin, su ile temas ettikleri ilk anlarda önemli miktarda su emdikleri Şekil 1 ve Şekil 2’den görülmektedir.



Şekil 1.- Birinci deneydeki gazbeton numunelerin kütlece ortalama su içeriğinin zamanla değişimi



Şekil 2.- İkinci deneydeki gazbeton numunelerin kütlece ortalama su içeriğinin zamanla değişimi

Deney öncesi %2-3 olan su içerikleri, birinci günden itibaren %70-90 değerine çıkmaktadır. Bu sonuçlardan, gazbeton numunelerin su ile temas ettikleri ilk anlarda önemli miktarda su emdikleri anlaşılmaktadır. Bundan sonra numuneler, bir miktar daha su emmeye devam etmekte, ancak su emme hızları çok düşük olmaktadır.

Farklı numunelerin su emme değerlerinde önemli bir dağılım görülmektedir. Birinci deneyde A firmasının fabrikadan gelen ürünlerinde su

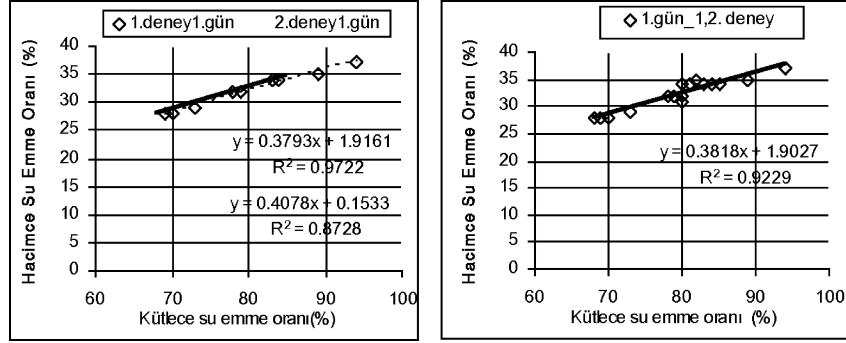
emme değerlerinin yaklaşık olarak kütlece ortalamaları, birinci günde %71, üçüncü günde %74 ve yedinci günde %75 olarak belirlenmiştir. Aynı firmanın şantiyeden sağlanan ürünlerinde ise su emme değerlerinin yaklaşık olarak kütlece ortalamaları, birinci günde %79, üçüncü günde %81 ve yedinci günde %81 olarak, daha yüksek su emme oranları ölçülmüştür. B firmasının fabrikadan sağlanan ürünlerinde ölçülen su emme değerlerinin yaklaşık olarak kütlece ortalamaları, birinci günde %83, üçüncü günde %87 ve yedinci günde %89 olarak A firmasının bütün ürünlerinden daha yüksektir. B firmasının şantiyeden sağlanan ürünlerin su emme değerlerinin yaklaşık olarak kütlece ortalamaları ise, birinci günde %89, üçüncü günde %92 ve yedinci günde %93 olarak en yüksek su emme değerlerini vermektedir. A firmasının fabrikadan sağlanan ürünleri ile B firmasının fabrikadan sağlanan ürünlerin su emme değerleri arasındaki fark, birinci gün %12, üçüncü gün %13 ve yedinci gün %14'tür. A firmasının şantiyeden sağlanan ürünleri ile B firmasının şantiyeden sağlanan ürünleri arasındaki fark, birinci gün %10, üçüncü gün %11 ve yedinci gün %11'dir.

Birinci deney sonuçlarına göre, B firmasının fabrikadan ve şantiyeden sağlanan ürünleri, A firmasının fabrikadan ve şantiyeden sağlanan ürünlerine göre daha fazla su emme göstermiştir. Bu deneylerde C firması direkt fabrikadan ürün göndermediği için deneyleri yapılamamıştır.

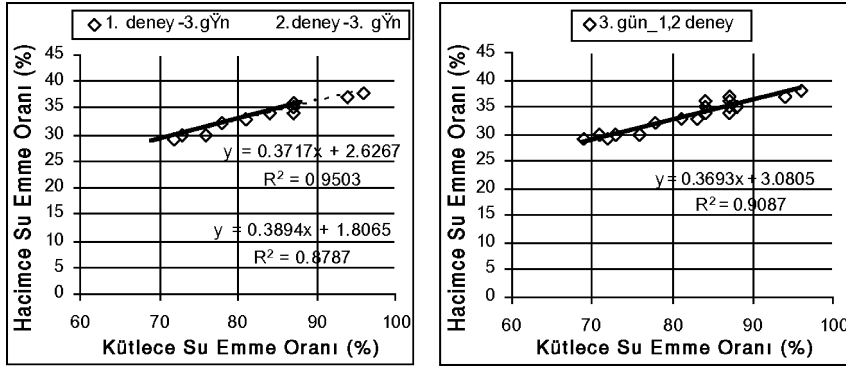
C firmasının bayiden alınan ürünleri ile birlikte tüm firmaların yeni ürünleri üzerinde gerçekleştirilen ikinci grup deneyde ise; yine en düşük su emme değerleri A firmasının fabrikadan gelen ürünlerinde görülmüş ve yaklaşık olarak kütlece ortalaması, birinci günde %68, üçüncü günde %71 ve yedinci günde %73 olarak belirlenmiştir. B firmasının fabrikadan gelen ürünlerinde su emme değerlerinin yaklaşık olarak kütlece ortalamaları, birinci günde %81, üçüncü günde %85 ve yedinci günde %85 olarak daha yüksek ölçülmüştür. C firmasının bayiden alınan ürünlerin su emme değerlerinin yaklaşık olarak kütlece ortalamaları, birinci günde %82, üçüncü günde %85 ve yedinci günde %86 olarak ölçülmüştür. B ve C firmaları ürünlerin su emme değerleri hemen hemen çakışırken A firmasının değerleri, diğerlerine göre oldukça küçük olmaktadır. Fark %13-14 arasındadır.

Sonuç olarak, ülkemizdeki gazbeton numunelerin kütlece su emme değerleri %70-90 arasında değişen değerler almaktadır ve bunun oldukça büyük bölümü ilk gün içinde gerçekleşmektedir.

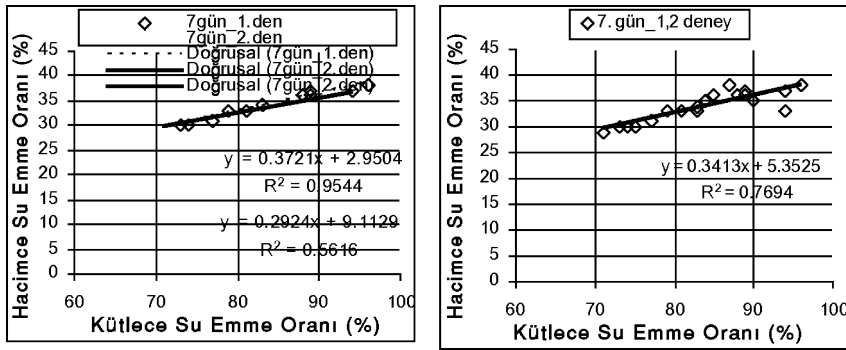
Şekil 3, 4, 5 ve 6'da, her iki deney grubunda ölçülen ve hesaplanan kütlece ve hacimce su emme değerlerinin birbirine göre değişimleri görülmektedir. Sol taraftaki grafikte birinci ve ikinci grup deneyler ayrı ayrı gösterilmektedir; üstteki denklem ve R^2 değerleri birinci deneye aittir. Sağ taraftaki grafikte ise her iki deneye ait sonuçlar birlikte değerlendirilmiştir.



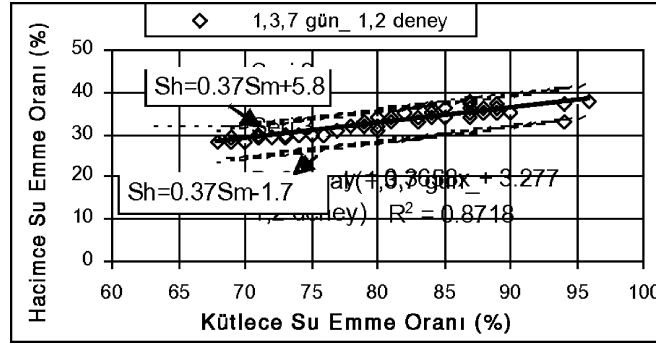
Şekil 3- Bir günlük su emme deneyi sonuçlarına göre kütlece ve hacimce su emme oranları arasındaki bağıntı



Şekil 4- Üç günlük su emme deneyi sonuçlarına göre kütlece ve hacimce su emme oranları arasındaki bağıntı



Şekil 5- Yedi günlük su emme deneyi sonuçlarına göre kütlece ve hacimce su emme oranları arasındaki bağıntı



Şekil 6- Toplam su emme deneyi sonuçlarına göre kütlece ve hacimce su emme oranları arasındaki bağıntı

Hacimce ve kütlece su emme değerleri arasında $S_h = 0.37 S_m + 3.3$ denkleminin geçerli olduğu belirlenmiştir. Bu denklem için korelasyon katsayısı 0.87'dir; Ölçüm değerlerinin hesap değerlerinden sapma sınırları Şekil 6' da gösterilmiştir.

2.2. Doyma Nemliliği

Numuneler doyma nemliliğine yaklaşık olarak yedi ile dokuz gün arasında ulaşmaktadır. Birinci deneyde, A firmasının fabrikadan gelen ürünleri dokuzuncu günde doyma nemliliğine ulaşmış ve su emme değerlerinin kütlece ortalamaları yaklaşık olarak %75 ölçülmüştür. A firmasının şantiyeden elde edilen ürünleri ise yedinci günde doyma nemliliğine ulaşmış ve su emme değerlerinin kütlece ortalamaları %82 olarak ölçülmüştür. B firmasının fabrikadan gelen ürünleri yedinci günde doyma nemliliğine ulaşmış ve su emme değerlerinin kütlece ortalamaları yaklaşık olarak %90 ölçülmüştür. B firmasının şantiyeden elde edilen ürünleri ise yedinci günde doyma nemliliğine ulaşmış ve su emme değerlerinin kütlece ortalamaları %93 olarak ölçülmüştür.

Birinci deney sonuçlarına göre, A firmasının fabrikadan sağlanan ürünleri B firmasının fabrikadan sağlanan ürünlerine göre iki gün daha geç doyma nemliliğine ulaşmıştır. A firmasının fabrikadan sağlanan ürünleri %15 kadar daha az su emme özelliğine sahiptir. A firmasının şantiyeden sağlanan ürünleri ile B firmasının şantiyeden sağlanan ürünleri aynı günde doyma nemliliklerine ulaşmıştır. A firmasının şantiyeden sağlanan ürünleri %11 daha az su emme özelliğine sahiptir.

İkinci deneyde ise; A firmasının fabrikadan gelen ürünleri, dokuzuncu günde doyma nemliliğine ulaşmış ve su emme değerlerinin kütlece ortalamaları yaklaşık olarak %75 ölçülmüştür. B firmasının fabrikadan gelen

ürünleri de dokuzuncu günde doyma nemliliğine ulaşmış ve su emme değerlerinin kütlece ortalamaları yaklaşık olarak %91 ölçülmüştür. C firmasının şantiyeden sağlanan ürünleri de dokuzuncu günde doyma nemliliğine ulaşmış ve su emme değerlerinin kütlece ortalamaları yaklaşık olarak %92 olarak bulunmuştur.

İkinci deney sonuçlarına göre, A firmasının fabrikadan sağlanan ürünleri, B firmasının fabrikadan sağlanan ürünleri ve C firmasının bayiden alınan ürünleri, aynı günde doyma nemliliklerine ulaşmıştır. B firmasının fabrikadan sağlanan ürünleri ile C firmasının bayiden alınan ürünlerinin doyma nemlilikleri yaklaşık olarak aynı iken A firmasının fabrikadan sağlanan ürünleri %16-17 daha az su emme özelliğine sahiptir.

3. SONUÇLAR

Ülkemizdeki gazbeton numunelerin su emme değerlerinde yaklaşık % 10-20 arasında bir fark görülmektedir. Gazbeton numunelerin birinci gün sonunda kütlece su emme değerleri %70 mertebesine çıkmakta; yaklaşık dokuz gün sonra ise kütlece %75-95 değerleri arasında değişen doyma nemlilikleri görülmektedir.

Numunelerin kütlece higroskopik denge nemliliklerinin, yaklaşık %60 bağıl nemde %2.5-3.0, yaklaşık %55 bağıl nemde ise %1.5-2.0 arasında kaldığı görülmüştür.

Gazbeton numunelerin hacimce ve kütlece su emme değerleri arasında $S_h = 0.37 S_m + 3.3$ denkleminin geçerli olduğu belirlenmiştir.

Deney sonuçlarındaki dağılımın sadece yoğunluğa bağlanması anlamlı değildir. Deney numunelerinin nominal yoğunlukları 400 kg/m^3 'tür. En küçük değer 372 kg/m^3 , en yüksek değer ise 432 kg/m^3 'tür. Farklı deney sonuçlarının elde edilmesinin sebebi, bu numunelerde

- Gözenek miktarı,
- Ortalama gözenek boyutu,
- Gözenek dağılımı

gibi parametrelerin farklı olmasından da kaynaklanabilir[2].Sonuç olarak gazbetonun özelliklerine yoğunluğun yanında gözeneklilik yapısı ile ilgili bu parametreler de etkin olmaktadır İleri çalışmalarda bu durum incelenmelidir. Ayrıca benzer deneylerin diğer yapı malzemeleri üzerinde de yapılması ve ülkemizde kullanılan tüm yapı malzemelerinin fiziksel özelliklerine ait ölçüm değerleri ile ilgili bilgilerin çoğaltması inşaat sektörümüzün gelişimi için gereklidir.

KAYNAKLAR

1. BORHAN, B., “*Ytong El Kitabı 2*”, Türk Ytong Sanayi A.Ş., 1990.
2. ROPELEWSKI, L., NEUFELD, R. D., “*Thermal Inertia Properties of Autoclaved Aerated Concrete*”, Journal of Energy Engineering, August, 1999.
3. GOTTFREDSEN, F. R., KNUTSSON, H. H., NIELSEN, A., “*Determination of Length Changes due to Moisture Variations in Autoclaved Aerated Concrete*”, Materials and Structures, Vol: 30, April, 1997.
4. KARTAL, S., “*Ülkemiz İnşaat Sektöründe Gazbeton Kullanımı Gazbeton*”, Trakya Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 2001.
5. ANONİM, “TS 678 Gaz ve Köpük Beton – Kuru Yoğunluk Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1995.
6. ANONİM, “TS 1353 Gaz ve Köpük Beton – Rutubet Muhtevası Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1996.