

Geleneksel Kastamonu Evlerinin İnşasında Kullanılan El İle Üretilmiş Harman Tuğla İle Fabrikasyon Olarak Üretilen Tuğlanın Fiziksel, Mekanik Ve Yapısal Karakterizasyon Özelliklerinin Karşılaştırılması

Hakan ÇAĞLAR^{1*}, Arzu ÇAĞLAR², Serra Zerrin KORKMAZ³, Bahar DEMİREL⁴, Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR⁵

^{1*}Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kastamonu, Türkiye,

²Kastamonu Üniversitesi, Abana Sabahat Mesut Yılmaz Meslek Yüksekokulu, Kastamonu, Türkiye,

³Selçuk Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya, Türkiye,

⁴Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye,

⁵Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Kastamonu, Türkiye
hcaglar@kastamonu.edu.tr

(Geliş/Received: 26.10.2017; Kabul/Accepted: 10.09.2018)

Özet

Bu çalışmada, Geleneksel Kastamonu Evleri'nde kullanılan geleneksel olarak elle üretilen mevcut harman tuğlaların fiziksel (özellikler, birim hacim ağırlık, kılcal su emme, porozite, donma-çözünme dayanıklılık (dayanıklılık) ve aşınma), ısı (katı cisimlerin ısı iletim katsayısı tayini) ve mekanik (basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı) özellikleri incelenmiştir. Ayrıca harman tuğlaların yapısal karakterizasyonunun tespiti için SEM ve BET görüntüleri alınmıştır. Çalışmaya Kastamonu il merkezinde bulunan Geleneksel Kastamonu Evi'nden numune temini ile başlanılmıştır. Fiziksel ve mekanik deneyler önce mevcut numunelere, daha sonra fabrikasyon yöntemiyle üretilen numunelere uygulanmıştır. Deney işlemleri tamamlandıktan sonra, bulunan değerler karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre mevcut numunenin özgül ağırlık, birim hacim ağırlık ve katı cisimlerde ısı iletim katsayısı tayini değerlerinin fabrikasyon numunesine göre daha üstün özellikte olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kılcal su emme donma-çözünme etkisi, porozite, aşınma ve basınç dayanımı değerlerine bakıldığında, fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlalarının daha üstün nitelikte olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel Kastamonu Evleri, harman tuğlası, fiziksel özellikler, mekanik özellikler.

Comparison Of The Physical And Mechanical Properties Of Manually Manufactured And Factory Production Blended Bricks Used In Build Of Traditional Kastamonu Houses

Abstract

In this study, the physical (specific gravity, weight per unit of volume, capillary water absorption, porosity, freezing-thawing durability and wear), thermal (heat conduction coefficient of solids) and mechanical (compressive strength and tensile splitting strength) properties of available blend bricks which are traditionally hand produced in Traditional Kastamonu Houses have been examined. Also SEM and BET images were taken to determine the structural characterization of the blend bricks. The study started with supply of samples from the Traditional Kastamonu House located in the city center of Kastamonu. Firstly physical and mechanical experiments were applied to the available samples, then to the samples produced by the fabrication method. After the test procedure was completed, the values found were compared. According to the obtained data, it was determined that the available sample has higher specific gravity, weight per unit of volume and heat transfer coefficient values of solid bodies than the fabricated sample. When the values of capillary water absorption, freeze-thaw effect, porosity, abrasion and compressive strength are taken into consideration, It has been revealed that the bricks produced by the fabrication method are superior to the bricks.

Keywords: Traditional Kastamonu Houses, blending bricks, physical properties, mechanical properties

1.Giriş

Gökırmak'ın bir kolu olan Karaçomak Deresi vadisinde kurulu bulunan, Tarihi kentler birliği üyesi Kastamonu, geleneksel konutları bağlamında Anadolu'nun en az incelenmiş kentlerinden biridir [1].

Tarihi kentlerin en önemli kimlik unsurlarından biri geleneksel konutlardır. Bu bağlamda geleneksel konutlar geçmişin günümüze ve yarınlara aktarılabilmesinde önemli rol oynayan fiziksel çevre elemanlarıdır [2]. Geleneksel konutlar bir yandan üretildikleri ortamın sosyo- kültürel, ekonomik, estetik vb. kültür öğelerinin, diğer yandan parsel kullanımı, plan çözümleri, işlevsel özellikleri, cephe kurgusu, yapı malzemesi, yapım tekniği vb. mimari öğelerin anlaşılmasına yönelik önemli bilgiler sunmaktadır [3]. Geleneksel dokuya sahip yerleşmelerin oluşum sürecindeki temel etkenler; iklim, arazi yapısı, yerel yapı malzemesi olanakları, ulaşım olanaklarıdır [4]. Geçmişten günümüze kent kimliklerinin şekillenmesinde mimari yapılar ve cepheleri önemli yer tutmaktadır [5].

Yapı alt sistemlerinden olan cepheler, mekânı şekillendirme, sınırlandırma, iç mekân ile dış mekânı birbirinden ayırma veya bağlama, iç mekânı dış ortam koşullarından koruyarak, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu konfor şartlarını oluşturmaktadır [6]. Dış cephe; bina iç ortamını dış ortamdan ayıran, su, güneş, sıcaklık gibi etmenlere karşı koruyan dış kabuk olarak tanımlanır [7].

Geleneksel Kastamonu Evleri'nde uygulanan en yaygın dış cephe (dış duvar) oluşturma tekniği, ahşap çatki sisteminin boşluklarına çeşitli dolgu malzemeleri yerleştirilerek oluşturulan Hıms yapım sistemidir. Ormanlık ve nispeten bol yağışlı bir bölgenin ürünü olan Kastamonu Evleri yapı malzemesi olarak; ahşap, taş, harman tuğla ve kerpiçten oluşmuştur. Şekil 1' de ahşap çatki sisteminin boşlukları harman tuğla ile doldurulmuştur.

Çalışma kapsamında incelediğimiz harman tuğla; kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu ve benzerleri karıştırılarak el ile veya aletlerle şekillendirildikten sonra kurutulup genellikle harmanlarda pişirilmesi ile

elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemedir [8].



Şekil 1: Geleneksel Kastamonu Evleri dış duvar dolgu malzemesi

Harman tuğlanın, kerpiçten ısı işlemler görerak yapı malzemesine dönüşümü ilk olarak protohistorik (M.Ö. 2500-1750) toplumların zamanlarına dayanmaktadır [9]. Pişmiş harman tuğla binlerce yıldan beri özellikle betonarme bulunana kadar kullanılan yapı malzemesidir [10].

Eyüpgiller [2] çalışmasında Kastamonu'da yer alan tarihi konut yapılarının envanterini çıkararak yapıların korunmuşluk durumları, çevresel değerlilikleri, fiziksel yapısının gelişmesini ve yüzyıllar boyu nasıl bir kent olduğunu araştırmıştır. Kılınçarslan ve diğ. [11], Isparta ili Yalvaç ilçesinde bulunan tarihi Pisidia Antiocheia kentinde kullanılan tuğla ve bağlayıcı malzemelerin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri araştırmış, benzer tarihi yapılar ile karşılaştırıldığında, Yalvaç Pisidia Antiocheia kentinde kullanılan tuğla ve bağlayıcı malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin üstün özelliklerde olduğu tespit edilmişlerdir. Sömer [12] geçmiş dönemlerde Anadolu'da Burdur ve Isparta illeri içerisinde yer alan Kremna, İncirlihan Kervansarayı, Adada, Sığırlık Harabesi, Zorzila ve Psidia Antiokya gibi ören yerlerinde kullanılmış taş, tuğla ve harç (bağlayıcı ve agrega) gibi yapı malzemelerinin deneysel çalışmalarını yapıp numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri gibi karakteristik özelliklerini ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada, Geleneksel Kastamonu Evlerinde dış duvar dolgu malzemesi olarak elle üretilen harman tuğlalar ile fabrika üretimi

tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak, Şekil 2a'da verilen Geleneksel Kastamonu Evleri'nin dış duvarında duvar dolgu malzemesi olarak kullanılan yaklaşık 5x10x19 cm ebatlarında harman tuğla ve Şekil 2b 'de verilen piyasada bulunan fabrikasyon yöntemiyle üretilen 5x10x19 cm ebatlarında harman tuğla kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 2: a) Mevcut numune, b) Fabrika üretilen numune

2.2. Metot

Çalışmada Geleneksel Kastamonu Evleri'nden numune temini, fabrika yöntemiyle üretilen numune temini, numunelerin fiziksel farklılıklarının tespiti için özgül ağırlık, birim

hacim ağırlık, kılcal su emme, porozite, donma-çözünme etkisi, aşınma ısıl özelliğinin tespiti için katı cisimlerin ısı iletim katsayısı tayini deneylerinin yapılması, mekanik deneylerin (basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı) yapılması ve yapısal karakterizasyonun tespiti için SEM ve BET yöntemlerinin uygulanışı şeklinde bir metot izlenmiştir.

2.2.1. Mevcut ve fabrika üretimi numunelere uygulanan fiziksel deneyler

Özgül ağırlık deneyi; Birimsiz olan özgül ağırlığı ölçmek için boşluklu cisim kuru halde öğütülerek ince toz haline getirilir, sonra 74 mikron göz açıklıklı elekten elenmiştir. Elekten geçen ince tozların bir kısmı tartılarak kütlelerin ağırlığı bulunur, sonra aynı kütle içinde sıvı bulunan bir dereceli kaba (piknometre) konarak hacmi ölçülür. Ağırlık bu şekilde bulunan hacme bölünerek özgül ağırlık hesaplanmıştır.

Birim hacim ağırlık deneyi; Fabrikasyon yöntemiyle üretilen numunelerin birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla numuneler, kap içerisinde 3 saat süreyle su içerisinde kaynatılmıştır. Ardından kap içerisinden alınarak, su içerisindeki asılı ağırlıkları (P_1) ve suya doygun yüzey kuru ağırlıkları (P_2) ölçüldükten sonra örnekler etüvde 24 saat süreyle kurutulmuştur (P_3). Bulunan değerlere göre numunelerin birim hacim ağırlığı;

$$\text{“Birim Hacim Ağırlık (g/cm}^3\text{)} = P_3/P_2 - P_1\text{” [2.1]}$$

formülü kullanılarak hesaplanmıştır [13].

Kılcal su emme (Kapilarite) deneyi; Fabrikasyon yöntemiyle ve geleneksel olarak elle üretilen mevcut numunelerin önce kuru ağırlıkları tartılmıştır. Ardından taban yüzeyleri suyun yüzeyine degecek şekilde kaba yerleştirilmiştir. Numunelerin dört bir tarafı suya temas etmemesi için 1cm yükseklikte parafin ile kaplanmıştır. Belirli zamanlarda (60, 120 ve 180 dk.) yapılan ağırlık ölçümleri ile emilen su miktarı hesaplanmıştır [14].

Porozite deneyi; Porozite deneyinde numuneler 3 saat süreyle kaynatılarak bekletilmiştir. Kap içerisinden alınan numuneler, su içerisindeki asılı ağırlıkları (P_1) ve suya doygun yüzey kuru ağırlıkları (P_2) ölçülen örnekler etüvde 24 saat süreyle kurutulmuştur

(P3). Bulunan değerlere göre numunelerin porozite değerleri;

$$\text{“Porozite (\%)} = (P2-P3/P2-P1) \times 100\text{”} \quad [2.2]$$

formül kullanılarak hesaplanmıştır [13] [15].

Donma-çözünme deneyi; Numuneler 1 saat süresince suda bekletilmiş, daha sonra -20 °C iki saat donma işlemine tabi tutulmuş, son olarak bir saat çözülmeye bırakılmıştır. Bu döngü 20 kez tekrarlanarak donma-çözünme deneyi gerçekleştirilmiştir [16].

Aşınma deneyi; Numuneler aşındırma test cihazı kullanılarak oda sıcaklığında partikül erozyona maruz bırakılarak uygulanmıştır. Numunelerin aşınma testleri 20-60 mesh elek aralığı tane boyutuna sahip granül kullanılarak yapılmıştır. Deneyde 0,45 MPa hava basıncı ile 5,5 mm delik çapına sahip püskürtücüden harman tuğlası yüzeyine 90° dik açıyla granül püskürtülerek yapılmıştır. Aşınma testi sonrası aşınma kayıpları;

$$\text{“}(A) = (m_1 - m_2) / B\text{”} \quad [2.3]$$

formüle göre hesaplanmıştır. m_1 deneye başlamadan önceki ilk ağırlığı m_2 deney sonrası ağırlığı, B ise hacim ağırlığını ifade etmektedir [17] [18].

Katı cisimlerin ısı iletim katsayısı tayini deneyi; Mevcut ve fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlalarının ısı yalıtım özelliklerinin belirlenmesi için, ısı yalıtım özelliğinin en önemli ölçütü olan ısı iletkenlik katsayısı belirlenmiştir. Isı iletkenlik katsayısı belirlenirken, her bir numune üç farklı ısı ve nem koşulları altında teste tabi tutulmuştur. Her bir test en az 10 termal ölçümden oluşmuştur. Isı iletim katsayısı ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır [19].

2.2.2. Mevcut ve fabrika üretimi numunelere uygulanan mekanik deneyler

Basınç Dayanımı; Mekanik özelliklerden biri olan basınç mukavemeti deneyi TS EN 772-1’ e göre, Şekil 3’ de verilen bilgisayar kontrollü basınç presinde basınç dayanımı deneyi

yapılmıştır. Hem fabrikasyon yöntemiyle üretilen numunelerin (Şekil 3a) hem de mevcut numunelerin (Şekil 3b) basınç dayanımı değeri kırılma yükünün yüzey alanına bölünmesi sonucu hesaplanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3: Fabrika üretimi (a) ve mevcut numunelerin(b) basınç dayanımı deneyi

Yarmada Çekme Dayanımı; Yarmada çekme dayanımı deneyi, Şekil 4’de görüldüğü gibi yatay olarak presin tablaları arasına yerleştirilen, numunelerin altına ve üstüne yerleştirilen plakalara dik yönde basınç yüklemesi uygulanarak gerçekleştirilmiştir [20]. Yarmada çekme dayanımı deneyi BESMAK marka cihazla yapılmıştır.



Şekil 4: Yarmada çekme dayanımı

3. Deneysel Bulgular ve Değerlendirme

3.1. Mevcut ve fabrika üretimi numunelerin fiziksel deney sonuçları

Tablo 1’de geleneksel yöntemle üretilen mevcut ve fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlalara ait donma-çözünmeden önce ve donma-çözünmeden sonraki basınç değerleri verilmiştir. M1-M6 olarak verilen değerler mevcut numuneleri, F1-F6 olarak verilen numuneler ise fabrikasyon üretimi olan numuneleri ifade etmektedir. Numunelerin donma-çözünme deneyine tabi tutulduktan sonra basınç dayanımlarında azalma olduğu görülmüştür.

Tablo 2’de mevcut numuneler ve fabrika üretimi numuneler üzerinde fiziksel farklılıkların tespiti için yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; mevcut

numunelerin özgül ağırlıkları 2,67-2,72 gr/cm³ arasında değişmektedir. Fabrika üretimi numunelerde ise bu değer 3,10-3,23 gr/cm³ arasındadır. Deney sonucunda fabrika üretimi numunelerin özgül ağırlıkları mevcut numunelere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Birim hacim ağırlıklarına baktığımızda, birim hacim ağırlığı 1,8-2,1 gr/cm³ olan mevcut numuneler, 2,1-2,2 gr/cm³ fabrika üretimi numunelere göre daha azdır. Kılcal su emme miktarının mevcut numunelerde 145-152 gr, fabrika üretimi numunelerde ise 95-102 gr arasında olduğu, Porozite oranlarının ise mevcut numunede yüzde 25,7-27,4 iken fabrika üretimi numunelerde bu oranın yüzde 22,0-22,4 arasında değiştiği görülmektedir. Donma çözünme etkisi mevcut numunelerde en yüksek %20 iken fabrika üretimi numunelerde bu değer %15 olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Mevcut ve fabrikasyon yöntemi ile üretilen numunelerin donma-çözünme öncesi ve sonrası basınç değerleri.

	Mevcut Numuneler						Fabrika Üretimi Numuneler					
	Numune Değerleri (MPa)						Numune Değerleri (MPa)					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Basınç Dayanımı	3,0	3,1	2,9	2,6	3,5	2,8	4,5	4,5	4,3	4,5	4,5	4,4
Donma Çözünme Sonrası Basınç Dayanımı	2,4	2,4	2,3	2,0	2,9	2,2	3,8	3,8	3,6	3,8	3,8	3,7

Tablo 2. Mevcut numuneler ve fabrika üretimi numuneler üzerinde fiziksel deney sonuçları

		Mevcut Numuneler						Fabrika Üretimi Numuneler					
		Numune Değerleri						Numune Değerleri					
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	F1	F2	F3	F4	F5	F6
	Özgül Ağırlık (g/cm³)	2,72	2,70	2,67	2,70	2,68	2,67	3,10	3,13	3,12	3,13	3,13	3,10
	Birim Hacim Ağırlık (g/cm³)	2,1	1,8	1,9	1,9	1,8	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	2,1	2,2
Fiziksel Deneyler	Kılcal Su Emme Miktarı (Kapilarite) (gr)	145	150	148	152	146	149	95	100	97	102	102	100
	Porozite (%)	26,9	25,7	26,4	27,3	27,4	26,9	22,1	22,0	22,4	22,1	22,3	22,3
	Donma-Çözünme Etkisi (Dayanım Kaybı) (%)	20	19,6	18	22	20	21	15	15	15	15	15	15
	Aşınma (cm³)	15,2	15,0	15,1	14,7	14,5	15,2	11,3	11,3	11,4	11,3	11,2	11,2
Isıl Özellik Deneyleri	Katı Cisimlerin Isı İletim Katsayısı Tayini (W/mK)	0,95	0,96	0,96	----	----	----	1,08	1,07	1,07	----	----	----

Tablo 3. Mevcut ve fabrika üretimi numunelerin fiziksel deneylerin sonuçları

	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Kılcal Su Emme (gr)	Porozite (%)	Donma- Çözünme Etkisi (%)	Aşınma (cm ³)	Katı Cis. Isı İlet. Katsy. Tay. (W/mK)
Mevcut Numune	2,69	1,1	148,3	26,75	20,08	14,9	0,95
Fabrika Üretimi Numune	3,15	2,1	99	22,20	15	11,2	1,07

Tablo 3’de mevcut ve fabrika üretimi harman tuğlalara uygulanan fiziksel deneylerin aritmetik ortalaması alınarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Tabloya baktığımızda; mevcut numunelerin özgül ağırlıkları ve birim hacim ağırlıklarının fabrika üretimi numunelere göre daha düşük olduğu, kılcal su emme değerlerinin ise mevcut numunelerin su emme miktarının fabrika usulü numuneye oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Numunelerin porozite değerleri karşılaştırıldığında mevcut numunelerin daha gözenekli bir yapıya sahip olduğu ve bu gözenekli yapısından dolayı ısı iletiminin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Başka bir deyişle geleneksel olarak elle üretilen mevcut numuneler ısı yalıtım özelliği bakımından fabrika üretimi numuneye göre daha üstün nitelikte olduğu

gözlenmiştir. Fabrika üretimi numunelerin donma-çözünmeye karşı daha dayanıklı, aşınma deneyine tabi tutulan mevcut numunelerin aşınma miktarının fabrika üretimi numunelere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

3.2. Mevcut ve fabrika üretimi numunelerin mekanik deney sonuçları

Tablo 4’ de mevcut numunelerin basınç dayanımı 2,6-3,5 MPa iken, fabrika üretimi numuneler 4,3-4,5 MPa arasında değişmektedir. Yarmada çekme dayanımına baktığımızda mevcut numunelerin 0,37-0,5 MPa arasında olduğu, fabrika üretimi numunelerin ise 0,61-0,65 arasında olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Mevcut ve fabrika üretimi numuneler üzerinde yapılan mekanik deney değerleri

		Mevcut Numuneler						Fabrika Üretimi Numuneler					
		Numune Değerleri (MPa)						Numune Değerleri (MPa)					
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Mekanik Deneyler	Basınç Dayanımı	3,0	3,1	2,9	2,6	3,5	2,8	4,5	4,5	4,3	4,5	4,5	4,4
	Yarmada Çekme Dayanımı	0,43	0,43	0,41	0,37	0,5	0,4	0,65	0,65	0,61	0,65	0,6	0,64

Tablo 5’de mevcut ve fabrika üretimi numunelere uygulanan mekanik deney değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunan sonuçlar verilmiştir. Tabloya göre gerek basınç dayanımı gerekse yarmada çekme dayanımında fabrika üretimi numuneler mevcut numunelere göre daha üstün niteliktedirler.

Tablo 5. Mevcut ve fabrika üretimi numunelerin ortalama mekanik deney sonuçları

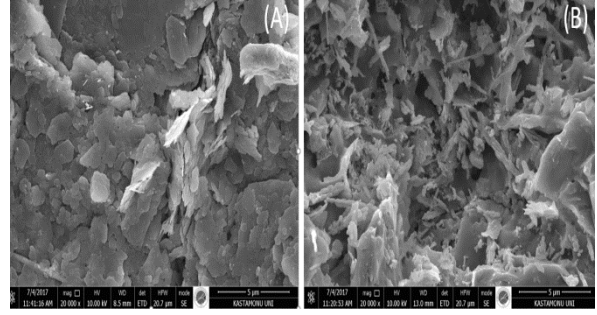
	Basınç Dayanımı (MPa)	Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)
Mevcut Numune	2,98	0,42
Fabrika Üretimi Numune	4,45	0,64

3.3. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri

SEM, odaklanmış bir elektron demeti ile numune yüzeyini tarayarak görüntü elde eden bir elektron mikroskobu türüdür. Elektronlar numunedeki atomlarla etkileşerek numune yüzeyindeki topografi ve kompozisyon hakkında bilgiler içeren farklı sinyaller üretir. Elektron demeti raster (hücresel) tarama düzeni ile yüzeyi tarar ve demetin konumu, algılanan sinyalle eşleştirilerek görüntü oluştururlar. Çalışmamızda kullanılmak üzere SEM görüntülerini almak için FEI marka Quanta FEG 250 model SEM cihazı kullanılmıştır.

Bir malzemede aranan en önemli özellik porlu yapının düzenli ve kristal yapıda olmasıdır. Şekil 6 A' da fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlasının düzenli, lifli, grain (katmanlı) ve mikro porlu yapıya sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca malzemenin kristal yapısında görülen grainlerin homojen ve çok ince katmanlı "leaf like" yapılar olduğu gözlenmektedir. Fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlası verilen SEM görüntüsüne göre uzun süre homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Bu da basınca karşı dayanımının artmasını sağlamaktadır.

Şekil 6 B'da SEM görüntüsü verilen geleneksel yöntemle üretilen numunenin porozitesinin çok yüksek makro porlu ve düzensiz kristal yapısında olduğu göstermektedir. Geleneksel yöntemle üretilen ve eşit sıcaklıkta ısıl işlem görmeyen numunelerin grain yapısı kırılğan olmaktadır. Bu durum malzemenin basınç dayanımını da azaltacağı bir gerçektir. Geleneksel yöntemle üretilen numunelerde malzeme uzun süre karıştırılmalıdır. Çünkü homojen karıştırma sayesinde sinterleme öncesi numunenin çok daha homojen olacağı açıktır. Ancak geleneksel yöntemde açık havada uzun süre karıştırmadan kaçınmak amacıyla çoğu zaman sinterleme öncesi malzeme hamuru yeteri kadar homojen olmadan işlem kesilmekte ve sinterleme sürecine gidilmektedir. Ayrıca geleneksel yöntemde hamurun sinterleme adını da verdiğimiz ısıl işlem uygulanması sırasında yakma işlemine çok dikkat edilmeli, zamandan tasarruf etmek amacıyla yakma işlemi kısa sürdürülmemelidir.



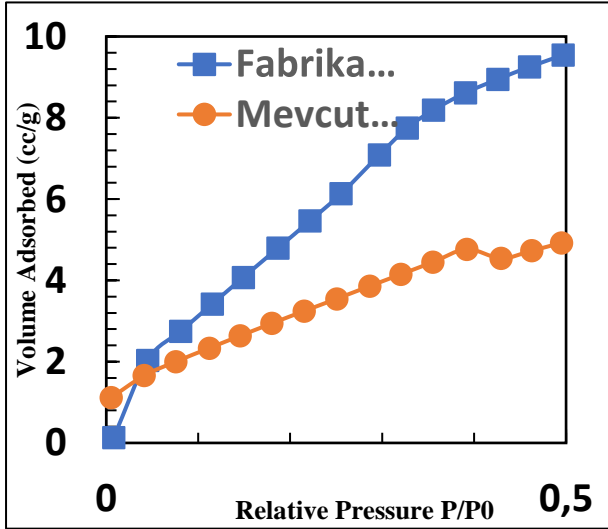
Şekil 6. A) Fabrikasyon ve B) Geleneksel yöntemlerle üretilen harman tuğlalarının SEM görüntüsü

3.4. BET değerleri

BET cihazı mikro, mezo veya makro boyutta gözenek içeren toz veya katı numunelerde fiziksel adsorpsiyon yöntemiyle gözenek boyutunu ve dağılımının yüksek ve düşük basınçlarda belirlenmesinde kullanılır. Yöntem, numune yüzeyinin tek bir moleküler tabaka ile kaplanması için gerekli gaz miktarının hesaplanması prensibine dayanır. Bu hesaplamada Brunauer Emmett ve Teller teorisi kullanıldığından cihazın yaygın bir diğer ismi BET'tir. Katalizörler, seramikler, mineral ve maden ürünleri, sinterlenmiş malzemeler, yapı malzemeleri, iyon değiştirici reçineler, aktif karbon, zeolit ilaç hammaddeleri, metalurjik tozlar, aşındırıcılar ve polimerler gibi katı ve toz haldeki birçok malzemenin yüzey alanlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

BET analizleri gözenekli yapı içeren katıların yüzey alanlarını, boşluk hacimlerini ve dağılımlarını ölçmekte kullanılır. BET uygulamalarında, Sıvı Azot, Azot ve Helyum gazları kullanılmaktadır. Çalışmamızdaki geleneksel el yapımı harman tuğlaları ve fabrikasyon yöntemleri kullanılarak üretilen numuneler, Quantachrome ToucWin marka model cihazla alınmıştır. Taşıyıcı gaz olarak 77.35 K sıcaklığında sıvı azot gazı kullanılmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 4'de verilmektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde; adsorpsiyon eğrileri neredeyse lineer bir doğru olarak görülmektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde SEM sonuçlarıyla tamamen benzerlik gösterdiği görülmektedir. Fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlası örneklerinde yüzey alanı 28.96 m²/g iken geleneksel yöntemle üretilen

numunelerin yüzey alanı $13.77 \text{ m}^2/\text{g}$ olarak ölçülmüştür. Buradan görüleceği üzere fabrikasyon yöntemi ile harman tuğlalarının yapısındaki gram başına yüzey alanı geleneksel olarak elle üretilenden iki kattan daha fazladır. Şekil 7’de de görüleceği üzere fabrikasyon yöntemi ile üretilen örneklerin yüzey alanı mikro porlardan makro porlara kadar belirli bir düzen halinde olduğu görülmekte, ancak geleneksel yöntemdeki porlarda maalesef mikro porlara rastlanılmamıştır. Porlar makropor niteliğindedir. Bu durum doğrusal nitelikte olan adsorpsiyon eğrilerinin sıfır basınçtaki kesişim noktasında da görülmektedir. Diğer bir deyişle fabrikasyon yöntemi ile üretilen doğrusal eğrinin kesişim noktası $1.5 \text{ cm}^3/\text{g}$ iken geleneksel yöntemle el yapımı olarak üretilen numune eğrisinin başlangıç noktası çok düşük basınçlarda sıfır cm^3/g olarak görülmektedir. Buradan da görüleceği üzere fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlaları hem çok küçük basınçlarda görülen çok miktarda mikropor yapısıyla, hem de belirli bir basınçtan sonra görülen ve geleneksel yöntemle üretilen numunelerden çok daha fazla makroporlu düzenli yapıya sahiptir.



Şekil 7. Mevcut ve Fabrika üretimi numunelere ait BET grafiği

Başka bir deyişle, fabrikasyon harman tuğlaları geleneksel yöntemle üretilen numune örneklerine göre çok daha üstün nitelikli por yapısına sahip olup, çok daha güçlü mekanik özellik gösterirler.

4. Sonuçlar

Bu çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- ✓ Geleneksel olarak elle üretilen mevcut numunelerin özgül ağırlıkları, fabrikasyon yöntemiyle üretilen numunelere oranla daha düşüktür.
- ✓ Fabrika üretimi numunelerin birim hacim ağırlığı geleneksel yöntemle üretilen numunelere göre daha fazladır.
- ✓ Mevcut numunenin kılcal su emme oranı fabrika üretimi numuneye göre daha fazladır. Bu durum mevcut numunenin boşluklu yapısının yani porozitesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.
- ✓ Mevcut numunenin aşınma miktarı fabrikasyon yöntemi ile üretilen numunenin aşınma miktarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- ✓ Fabrika üretimi numunelerin basınca karşı daha dayanıklı olduğu görülmektedir.
- ✓ Zaman ve kullanılmışlık gibi parametrelerin mevcut numunelerde basınç dayanımı ve donma -çözünmenin basınca etkisi özellikleri üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.
- ✓ SEM görüntüleri incelendiğinde; fabrika üretimi numunelerin düzenli, mikro porlu ve lifli yapıda olduğu için makro porlu, düzensiz yapıya sahip olan mevcut numunelere kıyasla basınca karşı daha dayanıklıdır.
- ✓ BET verilerine göre; fabrika üretimi numune düzenli bir yapıda olduğu için gelen basınç mikro mezo ve makro porlarla aktarım şeklinde basınca dayanımlı olduğu görülmektedir. Fakat düzensiz yapıda olan geleneksel olarak elle üretilen mevcut harman tuğlası kırılğan yapısı dolayısıyla basınca karşı dayanımı düşüktür.
- ✓ Geleneksel olarak üretilen mevcut numunelerin çalışan ustalar tarafından karışım hesaplarının yapılması ve el yordamıyla karışımın hazırlanıp karılmasından dolayı homojen bir karışım sağlanmamıştır. Bu durum

mevcut numunenin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Fabrikasyon yöntemiyle üretilen numunelerde karışım hesaplarının yapılması, bilgisayarlı otomasyon sistemiyle hazırlanıp karılmasından dolayı homojen bir karışım elde edilmiştir. Bu yüzden fabrikasyon yöntemiyle üretilen numuneler mevcut numunelere göre daha üstün nitelikli olarak üretilmiştir.

- ✓ Mevcut harman tuğlaları açık alanda tuğla aralarına kömür tozu serilerek ısıtım işlem uygulandığı için tüm numuneler eşit sıcaklıkta pişmemiştir. Fabrikasyon yöntemiyle üretilen numuneler ise 900 °C derecede fırınlarda ısıtım işleme tabi tutulduğu için tüm numuneler homojen bir şekilde pişmiştir. Bu durum geleneksel olarak elle üretilen harman tuğlanın basınca dayanımının fabrika üretimi numuneye göre daha düşük olmasına neden olmuştur.
- ✓ Dış duvar dolgu malzemesi olarak kullanılan harman tuğla atmosfer şartlarına maruz kalacağı için aşınma, kılcal su emme, donma-çözünmeye karşı dayanım, basınç dayanımı gibi özelliklerinin üstün olması, fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlanın rahatlıkla kullanılabilmesini göstermektedir.
- ✓ Fabrikasyon yöntemiyle üretilen harman tuğlaların gerek restorasyon gerekse dış duvar cephe kaplaması olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

5. Kaynaklar

1. Yılmaz, A., Koçu, N., Demircan, H., (2015). Örnek konutlar üzerinden geleneksel kastamonu evlerinin yapı fiziği açısından incelenmesi. 2. *Ulusal Meslek Yüksekokulları Sosyal Ve Teknik Bilimler Kongresi*, 365-377.
2. Eyüpgiller, K. (1999). Bir kent tarihi Kastamonu. Eren Yayıncılık, İstanbul, 24s
3. Perker, Z., (2012). Geleneksel Cumalıkızık konutlarında cephe özellikleri ve günümüzdeki durum, 6. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 420-432.
4. Akdemir, M., ve Korkmaz E., (2010). Geleneksel konut dokularında malzemenin çatı ve cephe kuruluşuna etkileri: batı karadeniz bölgesi örneği, 5. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 622-630.
5. Yılmaz, A., Korkmaz, S.Z., (2016). Geleneksel abana evlerinde kullanılan dış cephe malzemeleri, 1. *Uluslararası Abana Sempozyumu*, 250-261.
6. Başarı, B., Diri, B., (2014). Bina cephelerinin yenilenmesinde kullanılan stratejiler. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, ss. 1-10.
7. Koca, G., As, N., Arıoğlu, N., (2013). Ahşap dış cephe kaplama elemanları. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, ss. 1-7.
8. TS 705, (2005) Fabrika tuğlaları-Duvarlar için dolu ve düşey delikli, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.
9. Akman, M.S., (1997). Building materials in early ages of mankind. *International Conference on Studies in Ancient Structures*. Edited by Özşen. G., p. 177186.
10. Çiçek, Y.E., (2002). Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitli yapı malzemelerinin fiziksel kimyasal ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 123-124s
11. Kılınçarslan, Ş., Başyigit, C., Aktaş, H., Çankıran, O., Ürgüp, M. N., Uzun, İ., (2007). Yalvaç Pisidia Antiocheia kentinde kullanılan tuğla ve bağlayıcı malzemelerin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 1-6 s.
12. Sömer O., (2014). Antik yapılarda kullanılan tuğla malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 83-85 s.
13. TS EN 772-4, (2000) “Kâgir birimler- deney metodları- bölüm 4: tabii taş kâgir birimlerin toplam ve görünen porozitesi ile boşluksuz ve boşluklu birim hacim kütlelerinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
14. TS EN 772-11, (2012). Kâgir birimlerde kapiler su emme ve kil kâgir birimlerde ilk su emme hızının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
15. Sürül, O., (2015). Yüksek fırın cürufu ve uçucu külün tuğla üretiminde katkı olarak kullanılmasının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 56-58 s.
16. TS CEN/TS 12390-9, (2012). çabuk donma ve çözünme koşulları altında betonda dayanıklılık faktörü tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- 17.** TS 2824 EN 1338, DIN 52108, (2002), Testing of inorganic non-metallic materials – wear test using the grinding wheel according to boehme-grinding wheel method, Germany.
- 18.** Gencil, O., (2015). Characteristics of fired clay bricks with pumice additive. Energy and Buildings, **102**: 217-224 s.
- 19.** TS EN 772-1, (2015). Kâgir birimler-deney yöntemleri-bölüm 1: basınç dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 20.** TS EN 12390-6, (2010). Beton-sertleşmiş beton deneyleri-bölüm 6: deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.