



**IMPROVEMENT OF ADOBE MATERIAL BY USING GLASS-FIBER AND ENTRAINED AIR**

**Fahriye MAZLUM KILINÇKALE<sup>1</sup>, Tuna GÜL<sup>\*2</sup>**

<sup>1</sup>*Istanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Avcılar-İSTANBUL*

<sup>2</sup>*EMAY, Uluslararası Mühendislik Müşavirlik ve Tic. Ltd. Şti., Bağcılar-İSTANBUL*

**Received/Geliş: 02.01.2013 Revised/Düzeltilme: 13.02.2013 Accepted/Kabul: 18.02.2013**

---

**ABSTRACT**

In this study, adobe, glass fiber, and air-entraining admixture are blended. The effect of the amount of contribution is investigated by taking the peculiarities of adobe. Glass fiber is blended between 0%, 0.2% and 0.5% by weight of the soil. Air-entraining admixture is 50 or 100 percent of the water used in the mortar mixture. The samples produced in sizes of 120x120x120mm were subjected to experiments on the 28th and 56th days. In the experiments, samples are analyzed by the value of dispersion in water and by the compressive strength. This study shows that mixing adobe with glass fiber and air entraining additive helps increasing the water resistance and compressive strength. After introducing glass fiber and air-entraining admixture, resistance against water effects increased in the adobe samples, and prevented adobe from dispersion in water.

**Keywords:** Adobe, glass fiber, air-entraining admixture, dispersion in water, pressure resistance.

**CAM ELYAF VE HAVA SÜRÜKLEYİCİ KATKI İLE GELİŞTİRİLMİŞ KERPiÇ**

**ÖZET**

Bu çalışmada, kerpice, cam lifi ve hava sürükleyici katkı katılarak, katkı miktarlarının kerpiç özelliklerine etkisi incelenmiştir. Katkılardan cam lifi, şahit numunenin toprak ağırlığının % 0, 0.2 ve 0.5 oranında, hava sürükleyici katkı ise harç karışımında kullanılan suyun %0, 50 ve 100 oranında karıştırılmıştır. Numuneler 120x120x120 mm boyutlarında üretilmiş, 28 ve 56. günlerde deneylere tabi tutulmuştur. Deneyler ile numunelerin su içinde dağılma süresi ve basınç dayanımı değerleri incelenmiştir. Deneyler ile cam lifi ve hava sürükleyici katkı kullanılması kerpiçin basınç dayanımını artırdığı belirlenmiştir. Katkılar numunelerin suya karşı dayanımında da olumlu etki göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Kerpiç, cam elyaf, hava sürükleyici katkı, su içinde dağılma, basınç dayanımı.

---

**1. GİRİŞ**

Kerpiç, toprak ve saman karışımının su ile yoğrularak kalıplanmasından sonra güneşte kurutulması ile elde edilir. İmalatı son derece basit olan kerpiç, ilkel şartlarda üretilebilir. Böylelikle üretim maliyetinin düşük olması sağlanır. Tümüyle doğal malzemelerden elde edilen kerpiç doğaya zarar vermemektedir. Hizmet ömrü sonunda ise tekrar kullanılabilir.

---

\* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: tuna\_gul@hotmail.com, tel: (212)

İlk çağlarda kullanılan kerpiç, teknolojinin gelişimi ile yerini yeni malzemelere bırakmışsa da, her dönemde yine de kullanılmıştır. Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %30'u hala kerpiç evlerde yaşamaktadır [1,2] Dünyadaki kerpiç kullanımının dağılımına bakıldığında Asya, Afrika ve Güney Amerika kıtalarında yoğun, Avrupa kıtasında ise daha seyrek kullanıldığı görülmektedir[3,4] Dünyada, Fransa' da kerpiç duvarlı tarihi şato, Yemen'de banka binası ve İngiltere'de spor ve sanat merkezi gibi yapıların örneklerini göstermek mümkündür [4-6].

Kerpiç yüzeyin yaklaşık 0.60 m altından alınan toprak ile üretilir. Kerpiç üretiminde kullanılacak toprağın bünyesindeki kil oranının belirli bir aralıkta olması istenir. Kerpiç toprağında gereğinden fazla kullanılan kil, büzülme ve çatlamalara neden olmaktadır. Toprakta fazla miktarda bulunan kum ise kil miktarının az olması nedeniyle tanelerin birbirine bağlanmasını gerçekleştirmez. İdeal kerpiç toprağı kil, silt ve kum karışımından oluşur. Toprak bünyesinde bulunan kumun kaba ve ince kum içermesi istenir[7]. Yapılan araştırmalarda farklı ideal karışım oranları önerilmektedir.

Kerpiçte kil oranı %25-35, kum oranı ise %50-75 arasında değişir. TS 2514'e göre kerpiç toprağı %20-70 kil içerse de en uygun %30-40 arasında kil bulunan toprak önerilir [8].

Kerpiç toprağında en önemli bileşen kildir. Kil, kerpiçte hem dayanım sağlar hem de kuruma çatlakları oluşmasına neden olur. Sağlam kerpiç duvar oluşturmak için kerpiçteki kuruma çatlaklarının kontrol altına alınması gerekir [9]. Kuruma esnasında oluşan bu gerilmeler, karışıma lif katılması ile karşılanabilir. Kerpiç bünyesinde bulunan samanın görevi, bu kuruma çatlaklarının sınırlandırılmasıdır. Kerpice katılan lif katkı cinsi bölgelere göre farklılıklar gösterebilir. Ülkemizde yaygın olarak saman kullanılsa da çamların iğne yaprakları, yün ve benzer liflerin de kullanıldığı görülür. Bu çalışmada ise cam lifi hava sürükleyici ile birlikte katılmıştır [10].

Yeni yapı malzemelerinin kullanımı ve farklı yapıların inşası, kerpiç yapımının zamanla azalmasına neden olmuşsa da kırsal bölgelerde hala kerpiç kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarla kerpiç kırsal bölgeler için uygun yapı malzemesi haline getirilmektedir. Ülkemizde de bu doğrultuda çalışmalar vardır. Başlıca en önemli çalışma kerpice alçı katılmasıyla oluşan ve Alker adı verilen malzeme konusundaki çalışmalardır. Alker kerpiç toprağına % 10-20 arasında alçı katılmış kerpiç türüdür [4].

Kerpicein iyileştirilmesi için yapılan diğer çalışmalarda kerpice silis dumanı, ferrokrom curufu, yüksek fırın curufu, kireç ve portland çimentosu katılarak basınç dayanımı ve su içinde dağılma özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Çalışmalarda kerpicein dayanımını düşüren en önemli etkenin su olduğu belirtilmektedir. Kerpice katılan katkılarının da suya karşı direnci arttırılabildiği ve birçok özelliği de geliştirebildiği belirtilmiştir[11-13].

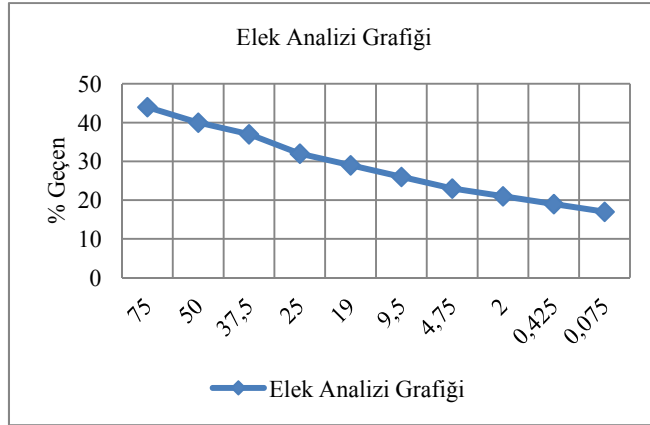
Kerpiç diğer inşaat malzemelerine nazaran daha az dayanıklı, insan gücü odaklı, depreme karşı zayıf dayanıma sahip, yapısallığının sınırı bulunan, imalatçılar için ekonomik olmayan, fazla duvar kalınlığı gerektiren malzemedir [12]. Kerpiç yapıların duvar kalınlığının fazla olması ısı yalıtımı yönünden kerpiç elemanların iyi olmasını sağlamaktadır.[14].

Kerpiç ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda kerpiç yapıların deprem etkisindeki davranışı incelenmiştir. İncelemede yatay yükler etkisinde eski yapıların analizleri yapılmıştır [15]. Ülkemizde meydana gelen Konya, Akşehir ve Beyşehir bölgesindeki depremlerde kerpicein yapılarıdaki deprem etkisi araştırılmıştır [16]. Bu çalışmada ise cam lifi ve hava sürükleyici katkıların kerpiç örneklerde basınç dayanımı ve su içinde dağılma özelliklerine etkileri incelenmiştir.

## **2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri**

Toprak: Toprağın elek analizine göre çizilen granülometri eğrisi Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Toprağın granülometrisi eğrisi [10]

Cam lifli : Cam lifinin özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Cam lifinin özellikleri [10]

Elyaf çapı (µm)	6,5
Nem miktarı (% Max)	0,1
Kırılma boyu (mm)	12
Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2,54
Elastisite modülü (GPa)	72,4
Çekme mukavemeti (MPa)	3448
Yumuşama sıcaklığı (°C)	841

Hava sürükleyici katkı: Yoğunluğu 1 kg/l, pH :9-11 aralığında ,donma noktası ise -5 °C dir.

Karma suyu: Kerpiç üretiminde kullanılan su, İstanbul ili şehir şebeke suyudur.

## 2.2. Örneklerin Üretimi

Kerpiç numuneler katkısız ve katkılı olmak üzere üretilmiştir. Hava sürükleyici katkı, şahit numune için gerekli su miktarının %0, %50 ve %100 oranlarında hazırlanarak karışıma katılmıştır. Cam elyaf ise toprak ağırlığının %0, %0,2 ve %0,5 oranlarında karışıma katılmıştır. 1 m<sup>3</sup> toprakta kerpiç numune karışımları Çizelge 2’de verilmiştir. [10]

Üretilen numuneler 28 ve 56. günlerde basınç deneyine tabi tutulmuştur ve yapılan deneylere göre kodlandırılmıştır. Örnek kod olarak “2K1-28”de, 2 Kerpiç numunesinde toprak ağırlığının %0,2 oranında cam lifini, K kerpiçi, 1 hava sürükleyicinin sıfır olduğunu, 28 ise bu numunenin 28.günde deneyde kullanılacağını göstermektedir. Kerpiç numune kodları, karışım oranları ve üretilen numune sayıları Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 2. Kerpiç numune karışımları

Numune Kodu	Toprak (m <sup>3</sup> )	Hava Sürükleyici %	Cam Elyaf %		
			0.0	0.2	0.5
K1	1	0	0.0	0.2	0.5
K2	1	50	0.0	0.2	0.5
K3	1	100	0.0	0.2	0.5

Çizelge 3. Üretilen Kerpiç Numune Kodları ve sayıları [10]

Numune Kodu	Hava Sürükleyici % (Su Miktarının)	Cam Lifi % (Toprak Ağırlığının)	Basınç Deneyi İçin Numune Sayısı		Suya Dayanıklılık Deneyi İçin Numune Sayısı		Toplam Numune Sayısı
			28.Gün	56.Gün	28.Gün	56.Gün	
0K1	0.00	0.0	3	3	3	3	12
0K2	50.00	0.0	3	3	3	3	12
0K3	100.00	0.0	3	3	3	3	12
2K1	0.00	0.2	3	3	3	3	12
2K2	50.00	0.2	3	3	3	3	12
2K3	100.00	0.2	3	3	3	3	12
5K1	0.00	0.5	3	3	3	3	12
5K2	50.00	0.5	3	3	3	3	12
5K3	100.00	0.5	3	3	3	3	12
TOPLAM							108

### 2.3. Numune Boyutları ve Saklama Koşulları

Numune boyutları 120×120×120 mm dir ve Çizelge 3'te gösterilen miktarlarda üretilmiştir. Kerpiç üretiminde TS 2514/ Şubat 1977 Kerpiç Bloklar Yapım ve Kullanma standardına uyulmuştur. Üretilen kerpiç numuneler laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmıştır.

### 2.4. Yapılan Deneyler

Bu çalışmada, numunelerin fiziksel görünüşü gözlenerek, basınç dayanımı ve su içinde dağılma deneyleri yapılmıştır.

### 2.5. Basınç Dayanımı Deneyi

Numuneler 28. ve 56. günlerde, basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur.

## 2.6. Su İçinde Dağılma Deneyi

Suya dayanıklılık deneyi TS 2514’te tanımlanan “2.2.2.3- Kerpiç Blokların Su Etkisiyle Dağılma Deneyi”ne uygun olarak yapılmıştır [7]. Numuneler su dolu bir kaba, kerpiç yüksekliğinin yarısı su içinde kalacak şekilde bırakılmıştır. Su içinde bekletilen numunelerin dağılma süreleri ölçülmüştür.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Fiziki Muayene

Gözle yapılan fiziki incelemede %50 ve %100 oranında hava sürükleyici katkı bulunan numunelerde (0K2, 0K3, 2K2, 2K3, 5K2, 5K3) küflenme görülmüştür. Oluşan bu küflenme, numunelerin renklerinin siyahlaşmasına yol açmıştır.

Numunelerdeki bu değişim aşağıda fotoğraflarda verilmiştir (Resim 1 ve 2).



**Resim 1.** Numunelerin üretildiği gün görünüşü



**Resim 2.** 28. Gündeki numunelerin görünüşü

### 3.2. Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç dayanımı deneyinde örneklerin kırılması, cam lifi katkısına göre farklı olmuştur. Cam lifi bulunmayan katkısız örneklerde, (0K1, 0K2 ve 0K3) gevrek kırılma oluşmuştur. Cam lifi katkısı bulunan numuneler (2K1, 2K2, 2K3, 5K1, 5K2 ve 5K3) ise sünek davranış göstermiştir. Örneklerin 28 ve 56 gündeki basınç dayanım değerleri 3 örneğin dayanımının ortalamasıdır. Örneklerin ortalama basınç dayanımları ( $N/mm^2$ ) ve şahit örneğin(0K1) dayanımına göre bağıl dayanımları (%) hesaplanmış ve Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Kerpiç Örneklerin Basınç Dayanımları(N/mm<sup>2</sup>) ve Bağlı Dayanımları (%) [10]

Numune Kodu	Basınç Dayanımı 28 Gün		Basınç Dayanımı 56 Gün	
	N/mm <sup>2</sup>	(%)	N/mm <sup>2</sup>	(%)
0K1	0.94	100	1.32	140
0K2	1.13	120	1.55	165
0K3	1.39	148	1.83	195
2K1	1.57	167	1.80	191
2K2	1.79	190	2.03	276
2K3	2.27	240	2.50	266
5K1	3.17	337	3.35	356
5K2	3.50	372	3.67	390
5K3	4.04	430	4.16	442

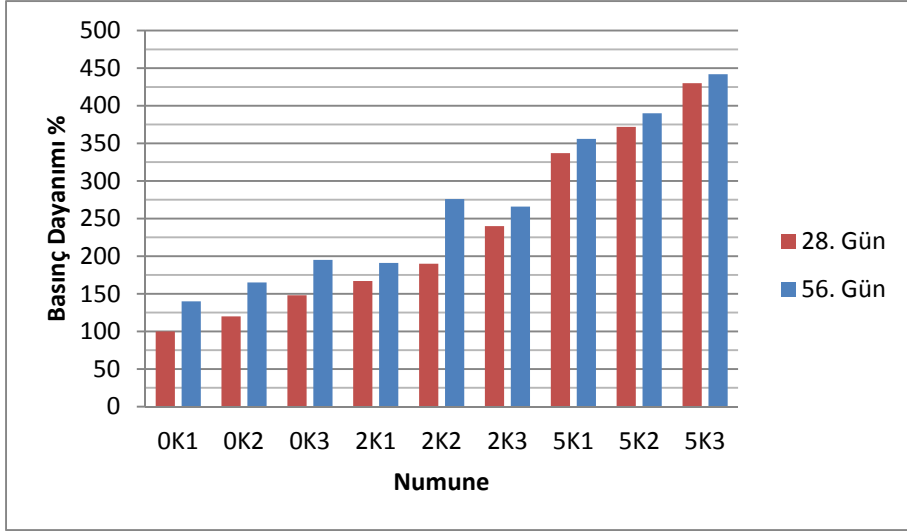
Gevrek davranış gösteren numunelerde kırılma, kuvvetle aynı doğrultuda çatlak şeklinde meydana gelmiştir. Sünek davranış gösteren numunelerde ise çatlaklar oluşmadan, ezilmeler görülmüştür. Ezilme ilk anlarda önemli şekil bozuklukları görülmeden meydana gelmiştir. Fakat uygulanan kuvvetin artmasıyla numunelerin şekil bozukluğu kalıcı olmuştur. Yatay doğrultuda kabuk kısımlarında kabarma ve parçalanmalar görülmüştür. Aşağıda resim 4’de sünek davranış gösteren 5K3-56 numunesinde 12 cm olan kerpiç yüksekliği 5 cm’ye kadar inerek yaklaşık % 41 oranında ezilmesinin fotoğrafı verilmiştir. Çizelge 4’teki bağlı basınç dayanımlarının zamanla değişim grafiği Şekil 2’de görülmüştür. Buna göre en yüksek dayanım hem cam lifi hem de hava sürükleyici katkı bulunan 5K3’te görülmüştür. 5K3 numunesinin basınç dayanımı şahit numunenin 4 katı kadar artmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçla, yüksek fırın curufu, silis dumanı gibi benzer mineral katkıların kerpiçe katılması ile elde edilen sonuçlar benzerlik göstermiştir [11,12].



Resim 3. 0K2-56 Numunesinin basınç deneyi



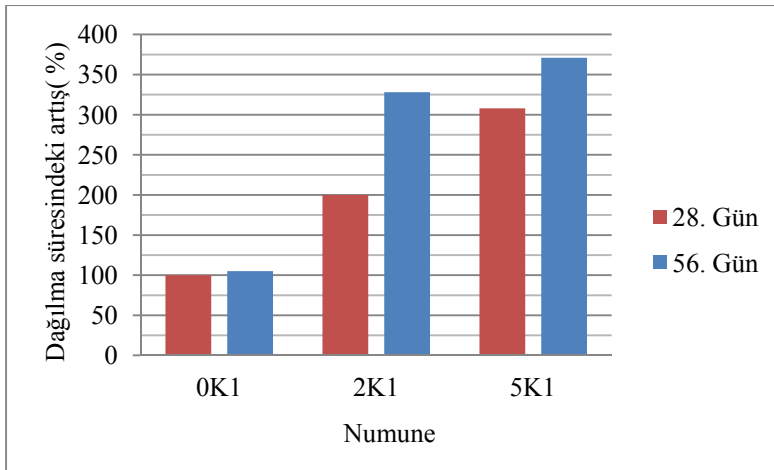
Resim 4. 5K3-56 Numunesinin basınç deneyi



Şekil 2. Kerpiç örneklerinin basınç dayanımlarının zamanla değişimi

### 3.3. Su İçinde Dağılma Deneyi

Hava sürükleyici katılmayan, yalnız cam lifi katılan numuneler (0K1, 2K1 ve 5K1) suda dağılma deneyinde dağılma göstermiştir. Yalnız cam lifi katılan numunelerde, dağılma süresinin % değişimi de 0K1' in 28 gündeki su içinde bekleme süresine göre hesaplanarak Çizelge 5'te verilmiştir. Bu numunelerin 28. günde su içinde dağılma süreleri, lif miktarı ile doğru orantılı artmış yani su içinde dağılmaları gecikmiştir. Numunelerin 56. günde ise dağılma süreleri de 28 güne göre 2K1 ve 5K1 örneklerinde yaklaşık 2 katı gecikmiştir. Hava sürükleyici bulunan kerpiç numunelerinde ise TS 2514'de belirtilen 45 dakikalık dağılma süresinin çok çok üzerinde bir performans görülmüştür. Numuneler suda 72 saat bekletilmesine rağmen dağılmamıştır.



Şekil 3. Cam lifli kerpiç numunelerin, kontrol (0K1) numunenin 28.güne göre su içinde dağılma süresi değişimi (%)

Su içinde dağılma deneyi sonunda dağılma gösteren K1 numunelerinin dağılma sürelerinin 0K1-28'e göre artış oranı (%) (Çizelge 5' e göre) aşağıda Şekil 3'te verilmiştir. Dağılma sürelerinin uzaması hava sürükleyici katkı bulunan numunelerde kılcal kanalların sürekliliğinin engellendiği böylece suyun iç kısımlara ilerlemesinin önlendiği düşünülmektedir.

**Çizelge 5.** Numunelerin TS 2514'e göre 45 dakika'da Su İçinde Dağılma Deneyi Sonuçları ve Bağıl Değerleri (%) [10]

Numune Kodu	Su İçinde Bekleme Süresi 28 Gün		Su İçinde Bekleme Süresi 56 Gün	
	dk	(%)	dk	(%)
0K1	35	100	37	105
0K2	Dağılmadı		Dağılmadı	
0K3	Dağılmadı		Dağılmadı	
2K1	70	200	115	328
2K2	Dağılmadı		Dağılmadı	
2K3	Dağılmadı		Dağılmadı	
5K1	108	308	130	371
5K2	Dağılmadı		Dağılmadı	
5K3	Dağılmadı		Dağılmadı	

#### 4. SONUÇLAR

Cam lifi ve hava sürükleyici katkısının, kerpice etkisinin araştırıldığı bu deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Cam lifi veya hava sürükleyici katkı miktarının artması, basınç dayanım değerini arttırmıştır. Bu artış hem cam lifi hem de hava sürükleyici birlikte içeren numunelerde en yüksek değerde ve şahit örneğin yaklaşık 4 katı kadardır. Kerpiç numunelerin basınç dayanımları ise 28. günden 56. güne fazla değişmemiştir
- Çalışmada su miktarının % 50'si oranında hava sürükleyici bulunan K2 ve % 100'ü oranında hava sürükleyici bulunan K3 numuneleri 45 dak. içerisinde suda dağılma göstermemiştir. Fakat hava sürükleyici katkı bulunmayan, yalnız cam lifi bulunan numuneler suda dağılmıştır. Ancak lif katkısının artması, kerpice su içinde dağılma süresinin uzamasını sağlamıştır.
- Hava sürükleyici katkı kerpiç yapısındaki kılcal kanalları oluşturmaması nedeniyle suyun kerpiç içerisine sızmasını engelleyerek suya karşı dayanımı artırmıştır.
- Kerpiç cam lifi ve hava sürükleyicinin birlikte katılması, kerpice basınç dayanımını ve su içinde dağılmama özelliklerini geliştirmiştir.
- Lif katkısı bulunan kerpiç numuneler, sünek davranış göstermiştir. Lif katkısı bulunmayan numuneler ise gevrek davranış göstermiştir.
- Lif katkısı killerin liflere bağlanması ile sürekliliğini artırarak basınç dayanımında artış sağlamıştır.



**REFERENCES / KAYNAKLAR**

- [1] Parra-Saldivar, M.L. ve Batty, W., ‘Thermal behaviour of adobe constructions, Building and Environment, 41, 1892-1904, 2006.
- [2] Blondet, M. Garcia, G.V., Adobe construction [online], <http://www.world-housing.net/uploads/adobe.pdf> [Ziyaret Tarihi: 1 Nisan 2011].
- [3] Blondet, M. ve diğ., Earthquake-resistant construction of adobe buildings: A tutorial, Earthquake engineering research institute, Geneva, 1-932884-20-3, 2003.
- [4] S. Acun, E. Gürdal, ‘Yenilenebilir Bir Malzeme: Kerpiç ve Alçılı Kerpiç’, Türkiye Mühendislik Haberleri, 427/5, 71-77, 2003.
- [5] Maniatidis, V. ve Walker, P., A review of rammed earth construction for DTi partners in innovation project, Natural building technology group, University of Bath, 2003.
- [6] Şimşek, O. Sancak, E. Fırat, S., Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongresi, Ankara ‘Kerpiç Özelliklerini İyileştirme Yönünde Bir Araştırma’, 2001.
- [7] Türk Standardı, TS2514/Şubat, Kerpiç bloklar yapım ve kullanma, 1977.
- [8] Vargas, J. Bariola, J. Blondet, M., Seismic strength of adobe masonry, Materials and Structures, 19 (4), 253-258, 2006.
- [9] Zami, M. ve Lee, A. 2009, Contemporary earth construction in urban housing-stabilised or unstabilised [online], University of Glasgow, [http://www.gla.ac.uk/media/media\\_129735\\_en.pdf](http://www.gla.ac.uk/media/media_129735_en.pdf). [Ziyaret Tarihi: 26 Nisan 2011].
- [10] Gül, T., Cam elyaf ve hava sürükleyici katkı kullanılarak geliştirilmiş kerpiç, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, FBE, 2011.
- [11] Kıvrak, J., Silis dumanı katkılı kerpiçlerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2007.
- [12] Can, Ö., ‘Ferro krom curufunun kerpicin mühendislik özelliklerine etkisi’ Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Teknik Online Dergi, Cilt7, Sayı 2, 2008.
- [13] Oti, J.E. Kinuthia, J.M. Bai, J., Engineering properties of unfired clay masonry bricks, Engineering Geology, 107, 130-139, 2009.
- [14] Harputlugil, G.U. ve Çetintürk, ‘Geleneksel Türk Evin’de Isıl Konfor Şartlarının Analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Sayı 20, 77-84, 2005.
- [15] Köylü, A. ‘Geleneksel Yapıların Yatay Yükler Etkisinde İncelenmesi’ Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2008.
- [16] Koçu, N. ve Korkmaz, S.Z. ‘Kerpiç Malzeme İle Üretilen Yapılarda Deprem Etkilerinin Tespiti, TMMOB, Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi, 2.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, 52-62, 2007.