

Kerpiç Yapılar Depreme Dayanıksız Mıdır? Avantajları ve Dezavantajları Nelerdir?

Hanifi BİNİCİ*, Muhammed Yasin DURGUN¹, Yavuz YARDIM²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

²Epoka University, Department of Civil Engineering, Tiran/Arnavutluk

Geliş Tarihi: 01/04/2010

Kabul Tarihi: 17/05/2010

ÖZET: 8 Mart 2010 tarihinde Elazığ'da meydana gelen depremde toprak harçlı moloz taş duvarlı yığma ve kimi kerpiç yapılar ya büyük hasar görmüş veya yıkılmıştır. Bu depremde 41 insan hayatını kaybetmiştir. Bu yapılar neden yıkıldı ve genel olarak kerpiç yapılar depreme dayanıksız mıdır? Bu sorulara cevap verilmesi gerekmektedir. Ayrıca yaygın olarak inşa edilen bu yapıların iyileştirilmesi mümkün müdür? Avantaj ve dezavantajları nelerdir?

Diğer yandan özellikle Bingöl depreminde görülmüştür ki kırsal bölgelerde inşa edilen yığma yapılarda çok ağır olan taşlar kullanılmıştır. Ağır taşlar deprem sırasında ciddi oranda can kaybına neden olmaktadır. Ağır moloz taşlar yerine mühendislik özellikleri iyileştirilmiş fiber kerpiç kullanılması durumunda hasarlar önemli oranda azaltılabilecektir. Bu çalışmada kerpiçlerin mühendislik özellikleri araştırılmıştır. Takviye malzemeleri; plastik fiber, tekstil fiberleri ve bağlayıcı olarak da, pomza, alçı ve çimento olan kerpiçler incelenmiştir. Çalışma sonunda fiber kerpicinin yapı üretiminde kullanımının diğer duvar malzemeleri briket ve tuğlaya göre hem ekonomi, enerji tasarrufu kazandıracağı ve gelişmiş mekanik özellikleri gibi bazı avantajı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Kerpiç Yapılar, Fiber, Dayanıklılık

Are The Mud Brick Structures Very Weak Against Earthquake? What Are The Advantages and Disadvantages of Them?

ABSTRACT: The most of the mud brick buildings were partially or fully damaged at the earthquake in Elazig/Turkey on March 8, 2010 and 41 people die. Questions were rose after this earthquake by the public; why these structures were destroyed? Are the mud brick structures very weak against earthquake? Satisfy answers have to be found for these equations. Although the application of this construction material has commonly used, advantages, disadvantages and strengthening techniques of the mud bricks are still concern to be explored.

After earthquake at the rural area of Bingol, It was observed that main damages and casualties were caused by heavy stones used at mud brick constructions. The earthquake damaged could be minimized by using fiber reinforced mud bricks instead of the heavy stones. In this study, advantages, disadvantages and mechanical properties of mud bricks were investigated. Fiber plastic and textile fibers were used as strengthening material while pumice, lime and cement were used as binding agent for the mud brick used in this study. It was found that usage of the fiber reinforced mud bricks has advantages of energy saving, cost-effective and better mechanical properties.

Key Words: Earthquake, Mud Brick Buildings, Fiber, Strength

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi toprak, çok eski dönemlerden beri insanların barınak yapımında yararlandıkları başlıca geleneksel malzemelerden biridir. Bu gün de yeryüzünde yaşayan insanların büyük bir çoğunluğu, topraktan üretilmiş malzemelerle yapılmış evlerde oturmaktadırlar. Bu bir yönden toprağın yapı malzemesi olarak hemen hemen her yerde kolay ve bol tedarik edilebilmesi nedeniyle ise de, diğer yönden de topraktan oluşturulan yapının diğer malzemelerle yapılanlara göre birçok yönden daha yararlı olmasından kaynaklanır. Toprak malzemeli yapı, başka olanak bulunmadığı dönem ve yörelerde, zorunluluk nedeniyle kullanılan, toplumun refah düzeyinin yükselmesi ve diğer olanaklar elverdiği an terk edilmesi gereken bir malzeme olarak görülmeğe başlanmıştır. Oysa günümüzdeki sosyal ve ekonomik koşullar, toprağın yapı için yararlı yönlerini

tekrar ön plana çıkarmıştır. Bu gün toprak yapı malzemesi, en az gelişmiş ülkelerden en gelişmiş ileri endüstri ülkelerine kadar, dünyanın çeşitli yerlerinde, üzerinde en çok çalışma ve araştırma yapılan konuların başında yer alanlarda biridir.

Ülkede bol bulunan kaynaklardan en kolay ve en ileri düzeyde yararlanmayı, halkın gelenek ve göreneklerini değerlendirme olanağı, etkin ölçüde enerji tasarrufu, kalkınma için gerekli kaynakların yapı sektöründeki kullanımını en az düzeye indirmeyi, her mevsimde bina içinde kullanıcıya en uygun yaşam koşullarını, güneş enerjisinden en kolay yöntemlerle en üst düzeyde yararlanmayı, günümüzde uygarlığın gereği olan her türlü donatımın yapıda uygulanması olanağını sağlar. Bu nedenle toprak yapı, günümüzde "Çağdaş Yapı" niteliğini kazanmıştır.

*Sorumlu Yazar: Binici, H., binici@ksu.edu.tr

Toprak malzemeli yapıda iyi sonuç almada, dikkat edilmesi gereken husus ve sağlanması gereken koşullar, uygun toprak türünü seçilmesi, malzemenin uygun teknik ve teknolojiye üretilmesi gerekir. Toprak malzemenin en belirgin iki sakıncalı yönü, basınç dayanımının az ve rutubete karşı duyarlılığının fazla olmasıdır. Ülkemizde birçok yörede, yeterli kalitede toprak bulmak mümkündür. Basınca dayanıklı, rutubete karşı duyarlılığı azaltılmış, suda dağılmayan, yüzeyleri düzgün ve toz üretmeyen kerpiç elde etmek amacıyla, toprağa çimento, kireç, alçı ve diğer bazı katkı maddeleri katılır. Bunlar arasında alçı katkılı kerpiç üretimi, ülkemiz için daha uygun sonuçlar verdiği için diğerlerine tercih edilmiştir [1]. Fiber katkısı ile nitelikleri iyileştirilmiş kerpiçe "FİBER KERPIÇ" adı verilmiştir [2].

Bilinen normal kerpici niteliklerinin üstünde, daha kaliteli bir duvarı, benzer diğer duvar malzemesine nazaran daha uygun koşullarda elde etmek için, yapı FİBER KERPIÇ ile yapılabilir. Bu atıl durumda olan fiberlerin (nylon) çevreyi kirletmesini de engelleyecektir.

Bu çalışmada kerpiçlerin mühendislik özellikleri araştırılmıştır. Takviye malzemeleri; plastik fiber, tekstil fiberleri ve bağlayıcı olarak da, pomza, alçı ve çimentodur.

1.1. Amaç

Bütün dünyada yılda ortalama 700 adet hasar yaratıcı deprem meydana gelmektedir [3]. Kentsel bölgelerde meydana gelen depremler en yıkıcı doğal afetler arasında yer almaktadır. 1923 Kanto (Japonya) depreminde 140 000 ve 1976 Tangshan (Çin) depreminde 240 000 insan hayatını kaybetmiş ve 1995 Kobe (Japonya) depreminde meydana gelen toplam maddi hasar ise 200 Milyar Doları aşmıştır. Bu tutar Türkiye'nin gayri safi milli gelirine yakındır. Ülkemizde meydana gelen ve yaklaşık 120 000 aileyi evsiz bırakan 1999 Kocaeli depremindeki toplam kayıpların 20 Milyar USD civarında olduğu tahmin edilmektedir [4].

Depremlerin önceden belirlenmesi mümkün olmamakla beraber deprem hasarlarına karşı alınacak tedbirlerle maddi hasar ve sosyo-ekonomik kayıpların makul seviyelere indirilmesi mümkündür. Bu hususta yerel yöneticilere kentsel planlama, arazi kullanımı ve yapıların denetimi konusunda önemli görevler düşmektedir. Yerel yöneticilerin kent halkı ile olan yoğun ve direkt ilişkileri deprem zararlarının azaltılmasına yönelik bilgilerin transferini ve genel anlamda halkın depremlere karşı bilinçlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca depreme dayanıklı yapı üretimi son derece önemlidir [5, 6].

Sultandağı ve Bingöl depreminde yıkılan yapıların önemli bir bölümünü de kerpiç evler oluşturmaktadır. Bu malzemenin kullanılması durumunda fiziksel ve mekanik özelliklerin de yeni teknolojik gelişmeler ile güçlendirilmesi sağlamalıdır. Çünkü hala ülkemizde kerpiç yapılar kırsal bölgelerde

yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Dünya nüfusunun 1/3'ü kerpiç yapıda yaşamaktadır [1]. Türkiye'de kırsal yapıların %28'i ve mimari kültür varlığımızın birçok örneği kerpiçtedir. Kerpici bu kadar çok kullanılmasında şüphesiz dünyanın birçok yerinde kolay bulunur yapı malzemesi oluşu önde gelmektedir [7]. Diğer bir sebepte bu malzemenin insan sağlığına en uygun malzeme oluşudur [8]. Ülkemizde yapılan bir araştırmada kerpiç yapıların depreme dayanıklılıkları test edilmiştir. Test sonuçlarına göre kerpiç yapının depreme dayanıklı, düktil bir malzeme olduğu ve GAP bölgesinde kullanılabileceği ortaya konuşmuştur [8]. Yüzyıllardan bu yana hala dünya nüfusunun %30'u kırsal bölgelerde yaşamaktadır [9]. Tuğla ve çimento üretimi için büyük boyutlarda enerji tüketimi gereklidir. Oysa toprak hem ucuz hem çevreyi kirletmemektedir. Toprakta yapılan kerpiçler dünyanın birçok bölgesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak kerpiç yapıların şiddetli yağmurlara karşı dayanımı fazla değildir. Su kerpici parçalayan yegâne faktördür. Bu yüzden suyun geçirgenliğine karşı koyamadığından kerpiç yapıların dış yüzeylerinin iyi korunması gerekir [10].

1 Mayıs 2002 Bingöl depreminde özellikle kırsal alandaki evler ve hayvan barınakları büyük hasar görmüş ve yöre halkı can ve mal kaybına uğramıştır. Yapılan gözlemlerden bu ev ve barınakların çok ağır ve kalın taşlarla yapıldığı ve birleşimde de harç olarak topraktan yapılmış çamurların kullanıldığı anlaşılmıştır [11]. Oysa bu bölgelerde daha hafif ve ekonomik olan kerpiç kullanılması durumunda hem hasar düzeyi daha aza indirilecek hem de önemli oranda ekonomi sağlayacaktır.

Kerpici Anadolu insanını veya yöre halkları geleneksel yapı malzemesi olarak zaten kullanılmaktadır. Ancak teknolojik gelişmeler yeni hammadde kullanılması durumunda kerpici daha dayanıklı, sese ve ısıya karşı daha yalıtkan ve depreme daha dayanıklı bir yapı malzemesi olabileceğini göstermektedir [12-15].

1.2. Genel Bilgiler

1.2.1. Neden Toprakla Yapı

Yıllardır kerpiç üretimi sırasında çamura saman katılmaktadır. Fiber katkısı ile kerpici dayanımı nasıl geliştirilebilir? Kerpici olumlu ve olumsuz yanları nelerdir? İklim ve mevsim değişikliklerinden kerpiç yapı malzemesi nasıl etkilenir? Değişik tip kerpiçlerin fiziksel özellikleri nelerdir? Kerpiç üretimi sırasında nelerden uzak durmalı, nelerden vazgeçilmemelidir? Kerpiçle üretilen konutların en iyi şekilde havalandırılması ve ısı yalıtımı nasıl yapılmalıdır? Kerpiç yapı malzemesi ile ahşap yapı malzemesinin birlikte davranışları nasıl olmalıdır? En iyi karışım nasıl hazırlanmalıdır? Bunlar yanıtlanması gereken sorulardır.

1.2.2. Neden Fiber Kerpiç

Fiber kerpiç, uygun kerpiç toprağına %5-10 arasında alçı ve fiber katılmış bir kerpiç türüdür. FİBER KERPIÇ'e katılan alçının çabuk priz yapması, kalıptan çıktığı sırada yeterli dayanım kazanmasını sağlar. Uygulamada, kurutma için işçilik ve zaman sarfına ve kurutma alanı ayrılmasına gerek kalmadan kullanma olanağını kazandırır.

Alçının çabuk priz yapması, kilin kuruma sırasında normal olarak yapacağı büzülme ve kurumanın dengeli sağlanamadığı zamanlarda bünyede oluşacak çatlama ve biçim değişmelerini önler. Isı ve rutubet geçirimine karşı direnç göstermesi ve ısı depolama kapasitesinin yüksek olması, yapının fiziksel niteliğini yeterli düzeye getirmek için başka yardımcı malzeme katma imkanı vermesi ile soğuk dönemlerde en uygun yaşam koşullarını sağlamaya yeterli olur. FİBER KERPIÇ duvarlı yapıda duvar içi yüzey sıcaklıkları diğer duvarlara nazaran daha yüksek olur. İç ortam sıcaklıklarında insanların kendilerini yeterli ısı konforunda hissetmelerini sağlar. İç ortam sıcaklığı 22°C'den 20°C ya da 19°C'ye inmesi, ısıtma için sarf edilen yakuttan büyük ölçüde tasarruf edilmesini sağlar. FİBER KERPIÇ çabuk sertleştiğinden katkısız normal kerpiç ve diğer katkı kerpiçler gibi kullanılabilir. Kuru duruma gelinceye kadar yapılacak gölgede serme, çevirme ve kurutma işlemine gerek yoktur. Bu da çabukluk ve ucuzluk sağlar. FİBER KERPIÇ'in suya karşı duyarlılığının azalması, normal kerpicin kısa sürede dağıldığı ortamlarda bile bütünlüğünü korumasını sağlar ve yağmurda yıpranmasını önler.

Eğilmede çekme mukavemetinin normal kerpice göre daha fazla olması, kuvvet etkileri ile kırılma ve dağılmasını büyük ölçüde önler. Deprem sırasında oluşan yatay kuvvetlere karşı dayanımını artırır.

FİBER KERPIÇ'in yüzeylerinin düzgün, boyutlarının değişken olmaması, duvar yüzeyinin

düzgün olmasını, katkılı sıva harcının duvara iyi yapışmasını ve ince yapılabilmesini sağlar. Bu da normal kerpiç duvarlardaki genellikle duvara iyi yapışmayan çok kalın toprak sıvaların, ufak bir sarsıntıda dökülerek verdiği büyük zararın önüne geçer. Katkılı sıva, düzgün ve toz üretmeyen yüzeyler, basit bir kireç badana ile temiz bir hacim oluşturur. Duvarın yeterli sağlamlıkta olması, istenildiğinde, sulu hacimlerde, çimento katkılı düzgün toprak sıva yüzeylerine fayans kaplama olanağını vermektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, kerpiç üretiminde farklı 12 karışım yapılmıştır. Katkı oranları ve hammadde değişikliğine göre farklı dayanım ve özelliklere sahip kerpiçler üretilmiştir. Kullanılan malzemeler, plastik fiber, tekstil fiberleri ve bağlayıcı olarak ta, pomza, alçı, kireç ve çimentodur. Naylon ipçikler ve buğday sapları rasgele değil üç değişik geometrik düzen içerisinde kompozit bir malzeme oluşturulmuştur.

2.1. Malzemeler

Pomzanın kimyasal analizleri Çizelge 1'de, çimentonun kimyasal bileşenleri Çizelge 2'de ve kilin kimyasal analizleri Çizelge 3'de verilmiştir. Kerpiç yapımında kullanılan toprak malzeme genellikle SiO₂ (45-75%), ve Al₂O₃ (10-35%) içerir. Ayrıca önemli oranda Fe₂O₃ (4-9%), %10 civarında CaO, %4 dolayında K₂O, %1 civarında Na₂O ve %2-3 arasında da SO₃ içerir. Kerpicin esas mineralleri kaolinit, illit, quartz ve organik malzemelerdir. Bazaltik pomza, seramik üretiminde başarılı bir şekilde kullanılabilir [16].Kullanılan pomza %85 volkanik cam ve %15 feldspat içermektedir. Yine pomza içerisinde illit ve kaolinit kil mineralleri olarak bulunmaktadır. Yüksek oranda poroziteye sahip olması pomzanın önemli avantajlarından [17].

Çizelge 1. Pomzanın Kimyasal Analiz Sonuçları

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
48.89	14.11	12.10	9.27	8.94	-	3.34	1.21	1.35

Çizelge 2. Çimentonun Kimyasal Analiz Sonuçları

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
19.46	5.57	3.91	63.43	1.89	2.03

Çizelge 3. Kilin Kimyasal Analiz Sonuçları

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₄	K ₂ O	TiO ₂
52.40	25.12	7.95	-	2.45	0.64	4.27	0.70


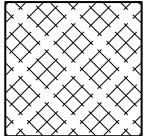
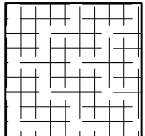
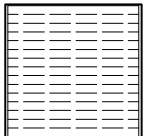
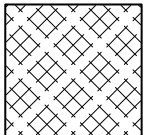
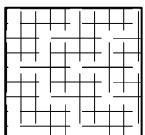

2.2. Karışımlar

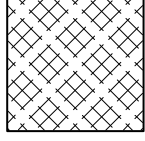
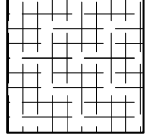
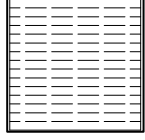
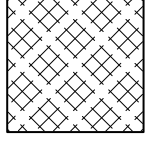
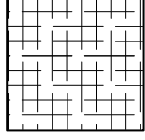
Fiber kerpicin karışımları Çizelge 4'te verilmiştir. Yapılan karışımlar A, B, C ve D olarak

adlandırılmıştır. Karışımlarda lif kullanılmasının temel amacı kerpiç malzemede olası rötre çatlaklarının engellenmesiyle birlikte kerpiçte meydana gelecek

çekme gerilmelerini karşılamaktır. Bu amaçla çalışmada plastik fiber ve tekstil lifleri de kullanmıştır. geleneksel kerpiçlerde kullanılan samanın yanında

Çizelge 4. Karışım İsimleri

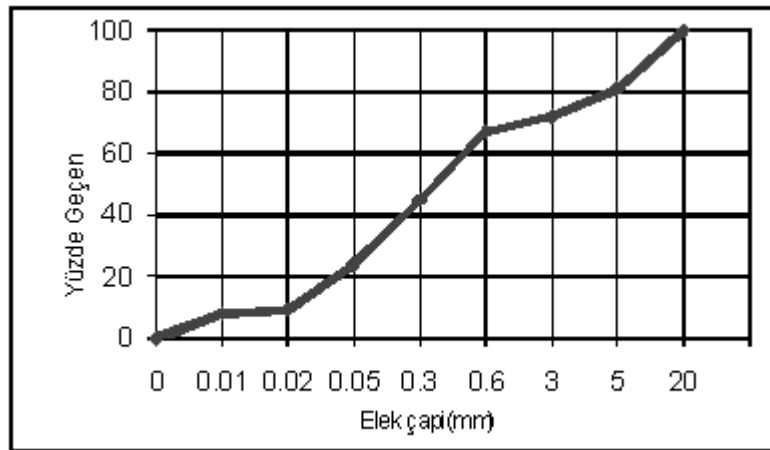
Karışımlar	Karışıma giren bileşenler	Liflerin kesitteki şekilleri
A1	Kil + pomza + çimento + alçı + plastik fiber +su	
A2	Kil + pomza + çimento + alçı + plastik fiber + su	
A3	Kil + pomza + çimento + alçı + plastik fiber + su	
B1	Kil + pomza + çimento + alçı + tekstil lifi + su	
B2	Kil + pomza + çimento + alçı + tekstil lifi + su	
B3	Kil + pomza + çimento + alçı + tekstil lifi + su	
C1	Kil + pomza + çimento + alçı + saman + su	

C2	Kil + pomza + çimento + alçı + saman + su	
C3	Kil + pomza + çimento + alçı + saman + su	
D1	Kil + pomza + alçı + plastik fiber + su	
D2	Kil + pomza + alçı + plastik fiber + su	
D3	Kil + pomza + alçı + plastik fiber + su	

2.3. Uygulamalar

Pomza ve kil kullanılmadan önce kurutulmuş ve 0-0.625mm elekten elenmiştir (Şekil 1). Diğer materyaller de kuru kuruya karıştırılmıştır. Bu işlem üç defa yapılarak homojenlik sağlanmıştır. Daha sonra

belirlenen oranlarda su da katılarak harç üretilmiştir. Çamur, 24 saat belirlenmiş kalıplarda bekletildikten sonra kalıplardan alınarak kür odasında güneşten korunmuştur



Şekil 1. Kilin Tane Dağılımı

Kerpıcın basınç dayanımı standart 150 mm x 150 mm x 150 mm boyutlu küp numunelerle yapılan tek eksenli basınç deneyi ile bulundu. Karışımlar kalıplara üç tabaka halinde doldurulmuş ve lifler üç değişik şekilde kalıplara konmuş ve sıkıştırma yapılmıştır. 24 saat sonra kalıplardan alınan kerpiçler bir hafta süreyle laboratuvar koşullarında bekletilmiştir. Bekleme

süresince kerpiçlerin rötre büzülmesini yapmasını engellemek için gerekli kür şartları yerine getirilmiştir. Bu süreden sonra 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir. Dört örneğin basınç dayanımlarının ortalaması alınmıştır. Karışımın özellikleri ise Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Karışımların Özellikleri

Karışımlar	Bileşenler (kg)							
	Kil	Pomza	Çimento	Alçı	Plastik fiber	Tekstil lifi	Saman	Su
A	65	5	3	2	0.01	-	-	20
B	65	5	3	2	-	2	-	20
C	65	5	3	2	-	-	0.5	20
D	65	5	-	2	0.01	-	-	20

3. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

3.1. Kerpiçin Mekanik Özellikleri

Kerpiçlerin fiziksel özellikleri Çizelge 6'da ve basınç dayanım değerleri Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 6. Kerpiçlerin Fiziksel Özellikleri

Karışım	Yoğunluk (kg/m ³)	Su emme (%)	7 gün sonraki ağırlık kaybı (%)
A	1600	37.65	16.15
B	1525	36.84	14.26
C	1392	33.54	13.49
D	1446	28.02	10.67

Çizelge 7. Kerpiçlerin Basınç Dayanımları (kg/cm²)

Karışımlar	7 gün	28 gün	90 gün
A1	23	50	61
A2	24	49	65
A3	27	56	71
Ortalama	24.6	51.6	65.6
B1	16	38	50
B2	17	41	53
B3	20	48	58
Ortalama	17.6	42.3	53.6
C1	17	24	37
C2	21	24	42
C3	20	26	49
Ortalama	19.3	24.6	42.6
D1	9	13	19
D2	11	14	23
D3	15	18	26
Ortalama	11.6	15	22.6

Kerpiç üretiminde, kerpicingin mekanik özelliklerini belirlemede, basınç dayanımı çok yararlı bir parametredir [18].

3.2. Depreme Dayanıklılığı

8 Mart 2010 tarihinde Elazığ'da meydana gelen depremde Şekil 2-4'de görüldüğü gibi toprak harçlı

moloz taş duvarlı yığma ve kimi kerpiç yapılar büyük hasar görmüştür. Oysa üretim teknikleri ve üretimde kullanılan malzemeler uygun seçilip uygun dizayn ve proje yapılabilirse, kerpiç yapılar depreme karşı yeterli dayanıma sahiptir (Şekil 5).



Şekil 2. Elazığ'da Yıkılan Kerpiç Evler



Şekil 3. Elazığ'da Yıkılan Kerpiç Evler



Şekil 4. Derzleri üst üste gelen ve dayanıksız geleneksel kerpiçlerle üretilen kerpiç yapılar



Şekil 5. Uygun Kerpiç Evler [19]

Üçüncü ve dördüncü resimlerde kullanılan kerpiçler hem dayanıklı hem de yeterli süneklik düzeyine sahiptir. Ayrıca bağlantı yerleri güçlendirilmiş ve belirli yüksekliklerde hatıl kullanılarak yük

dağıtılmıştır. Özellikle köşelerde yeterli bağlantılara yer verilmiştir.

Deprem çalışmalarından birisi de kerpiç numuneye iki eksenli kuvvet uygulanmasıdır. Yapılan yüklemelerde kerpiçin yeterli mukavemette ve depreme

dayanıklı olduğu bulunmuştur. Ayrıca kerpicingin düktül bir malzeme olduğu görülmüştür [19]. Fiber kerpiç, plastik liflerinden dolayı diğer kerpiçlere göre daha fazla elastik olarak enerji tutabildiğinden depreme karşı daha dayanıklıdır. Fiber kerpiç bu bakımdan da geleneksel kerpice göre daha avantajlıdır. Son yaşanan Elazığ depreminde üretilen kerpiçler yalnızca çamur ve samandan üretildiğinden son derece dayanıksız ve gevşek bir yapıdadır. Özensiz yapım teknikleri de dikkate alındığında bu yapıların depreme dayanıklı olması beklenemez.

3.3. Liflerin Davranışı

Toprağın çekme dayanımı düşüktür. Kerpicingin çekme gerilmelerini fiber lifler almaktadır. Bunun nedeni lifler sayesinde çamur ile lifler arasında kenetlenme sağlanmasıdır. Bu sayede çamur katmanları arasında birleşim daha fazla olmaktadır. Naylon lifler gerilmeye dayanıklıdır. Kerpiç için önemli olan basınç dayanımı, dolayısıyla basınç altındaki gerilme-birim deformasyon ilişkisidir. Kerpiç çamurunda değişik şekillerde enine ve boyuna lifler bulunmaktadır. Bu lifler sayesinde kerpiçte meydana gelebilecek deformasyonlar önlenmekte ve kerpiç yapısını korumaktadır. Böylece birim kılcalma (rötre) maksimum gerilme değerini aştıktan sonra kerpicingin dış yüzeyine yakın bölgeleri ezilerek dökülecektir. Çamurda fiber lifler bulunduğu alan artan Poisson etkisi ile yana doğru genişlemeye çalışmakta ancak fiber lifler buna engel olmaktadır. Bu lifler sayesinde kerpicingin sünekliği artmaktadır. Kerpiç kurumaya başlayınca deformasyona uğrar ve büzülme meydana gelir. Liflerin değişik dağılımda sayıları arttıkça kerpicingin her doğrultuda çekmeye karşı dayanımı ve sünekliği artmaktadır. Bu ise kerpicingin daha esnek davranmasını sağlamaktadır.

4. FİBER KERPIÇ BİNA YAPIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN NOKTALAR VE ÖNERİLER

İyi bir kerpiç yapı için, aşağıdaki hususlar daima göz önünde bulundurulmalıdır. Üretim ve yapım büyük ölçüde iklim şartlarına bağlıdır. Yapım için zamanlamanın iyi yapılması önemlidir. Kerpiç, yağmurdan ve sudan korunmalıdır. Kerpiç yapı rutubete karşı korunmalıdır. Gerekli yerlerde rutubet yalıtımı yapılmalıdır. İçerde ve dışarıda, duvar yüzeyleri sıva ile kaplanmalıdır. Yapı kurallarına uymak ve üretime dikkat etmekle bu sakıncalar giderilir.

4.1. Yapı Yerinin Seçimi

Kerpiç yapı; yağmuru az, kurak bölgelerde, sel tehlikesi olmayan yerlerde, sel yatağı dışında, deprem etkilerinin az olduğu yörelerde, malzeme taşımalarının sorun olduğu yörelerde veya malzemenin az olduğu dönemlerde, üretim enerjisinin sorun olduğu yer ve dönemlerde, diğer duvar malzemelerinin üretim tesislerinin kurulması, süresi, maliyeti, işletmesi sorun olduğu yerlerde yapılabilir. Deprem bölgelerinde kerpicingin bir ahsap iskelet ile takviyesi yararlı olur.

4.2. Bina Tipleri

FİBER KERPIÇ, ülkemiz koşullarında 1 veya 2 katlı olmak üzere her bina için uygun bir yapı malzemesidir.

4.3. Bina Planlamasında Göz Önünde Tutulması Gereken Hususlar

Toprak damlı olan ve deprem bölgelerinde yapılan binaların planının yalın kare veya dikdörtgen olmasına çalışılmalı, fazla girinti ve çıkıntı olmaması sağlanmalıdır. Yapıların taşıyıcı dış duvarları en az 50 cm. kalınlıkta olmalıdır. Taşıyıcı iç bölme duvarları 30 cm ve taşıyıcı olmayan bölme duvarları 15 cm den daha ince olmamalıdır. Kerpiç yapılarda tüm deprem bölgelerinde duvar kalınlıklarının en az 100 cm olması öngörülmektedir. Planda enine ve boyuna taşıyıcı duvarlar tertip edilmeli, bu duvarların sürekli olmasına özen gösterilmeli, şaşırtmalı yapmaktan kaçınılmalıdır (Deprem bölgelerinde). Tek açıklıkta taşıyıcı duvar uzunluğunun 5 m 'yi aşmamasına dikkat edilmelidir. Dış duvarda yapılacak boşlukların yeri, köşeden itibaren 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde 15 cm 3 ve 4. derece deprem bölgelerinde 100 cm den başlamalıdır (Deprem Yönetmeliği). Kapı ve pencere genişliği, betonarme hatıl kullanılsa bile 100 cm yi geçmemelidir. Lentoların duvara oturma payı en az 50 cm. olmalıdır. Boşluklar arasındaki dolu kısımlar en az 60 cm olmalıdır. Çatıya plaka şeklinde malzeme kaplanacaksa, bina köşeleri tam dik açı şeklinde planlamalı ve uygulamada bu durum sağlanmalıdır. Geniş saçak yapılması, duvarların yağmurdan korunması bakımından yararlıdır. Burada belirtilen dışındaki hususlarda kerpiç yapı standardındaki kurallara uyulmalıdır.

4.4. Toprak Seçimi

İyi bir kerpiç üretmek için kullanılacak **toprağın cinsi çok önemlidir**. İyi bir toprak, yarı nemli durumda avuç içinde sıkıldığında ele yapışmalı, top haline gelmeli ve yere bırakılınca dağılmadan yere yapışmalı bir bütün halinde kalmalıdır. Bu duruma uymayan topraklar;

a. Kil miktarı az olan yağsız topraklar, yere bırakılınca parçalanır, kuruyunca çatlar ve dağılır. Bu tür topraklara kil katılarak uygun hale getirilebilir.

b. Kil miktarı çok olanlar, ele yapışır, kuruyunca çok çatlama yapar. Bu tür topraklara da kum katılarak uygun duruma getirilir.

Avuç içinde yuvarlatılmış çeşitli kerpiç toprakları kuruduktan sonra bir masa yükseldiğinden (yaklaşık 70 cm) bırakılarak sert bir zemine düşürülür. Tamamen dağılan örneklerin toprağı uygun değildir. Parçalanmayan veya küçük parçalar kopan örneğin toprağı uygun bir topraktır. Aynı deneme gerçek boyuttaki kerpiç ile de yapılmalıdır. Aynı yerde çok sayıda bina yapılacaksa bir teknik eleman yönetiminde kerpiç üretilmeli, toprağın kalitesi granülometri deneyi ile belirlenmelidir. Üretim sırasında toprak 2 cm. lik göz

açıklığı olan bir elekten elenerek kullanılmalıdır. Daha iri taneler, kerpicing dayanımını azaltır.

4.5. Toprak İyileştirilmesi

Her tür iyileştirme işlemi, uygun toprak ile daha iyi sonuç verir. Uygun olmayan toprağın çeşitli katkılarla iyileştirilmesi çok zordur. İyileştirme işlemi, normal bir kerpiçten daha üst kalitede kerpiç üretimi amaçlanıyorsa, yapılmalıdır.

4.5.1. İyileştirilmiş Kerpiçin Sağladığı Yararlar

Kerpiçin daha dayanıklı olmasını sağlar. Su ve rutubete karşı duyarlılığı azalır, zor bozulur, yıpranma azalır. Kerpiçler toz ve kir üretmez. Kerpiçin kalıplanması ve kuruması daha kolay olur. Kuruma sırasında çatlama olmaz veya çok az olur.

4.5.2. İyileştirme Yöntemi

Kerpiçi iyileştirmek ve geliştirmek amacı ile toprağa çeşitli maddeler katılır, bunlar; Çimento, kireç, alçı veya kireç + alçı, bitüm, bağlayıcı nitelikte olan endüstri artıkları, saman, keten elyaflı, pamuk sapı vb. atıklarıdır.

5. SONUÇLAR

Çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

- Ülkemizde bol miktarda bulunan kil, pomza, naylon çuval atıkları ekonomiye kazandırılabilir.
- Naylon atıkların çevreyi kirletmesi önlenmiş olabilir.
- Üretilen kerpiçlerin basınç dayanımları hem ASTM hem de TS'de verilen sınır değerlerden fazla bulunmuştur.
- Fiber naylonlarla üretilen kerpiçlerin basınç dayanımları en yüksek bulunmuştur.
- Pomza oranı arttıkça kerpiçlerin birim ağırlıkları azalmıştır.
- Yöre halklarının geleneklerine bağlı konut üretimi gerçekleştirilebilir.
- Önemli enerji tasarrufu sağlanabilir.
- Yöresel malzemeler ve insan gücü kullanılarak ucuz konut sağlanabilir.
- Her mevsime uygun çağdaş mekânlar üretilir.
- Deprem sonrası can ve mal kayıpları azaltılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Işık B., Ekim 2000., Türkiye'de kerpiç yapı kültürü ve Alçı ile stabilize edilen kerpiç-alker yapılar, İTÜ, Mimarlık Fak., İstanbul.
2. Binici H., Çağdaş Fiber Kerpiç Üretimi, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: MMF2002BAP58, Adana.
3. Özener H., Doğru A., Eodezik Ve Sismik Verilerden Yararlanarak Kabuk Deformasyonu Alanının Belirlenmesi, TMMOB Harita Ve Kadastro

Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı 11-15 Mayıs 2009, Ankara.

4. Ersoy U., 1992., Erzincan Depremi ve Betonarme Yapılar.13 Mart 1992, Erzincan Depremi Mühendislik Raporu, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara.
5. Bayülke N., 1989., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İzmir, S:31, Teknik Yay, Ankara.
6. ODTÜ, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi., Aralık 1995.,1 Ekim 1995 Dinar Depremi Mühendislik Raporu, Ankara.
7. Işık B., 2000., GAP bölgesinde Yeni Gözeli Köyü örneğinde konut duvarında tuğla yerine alçılı kerpiç (Alker) kullanılmasının yıllık enerji kullanımına ve hava kirliliğine etkisi, GAP Çevre 2000 Kongresi, Harran.
8. Işık B., Boduroğlu H., 1999., Özdemir P., Earthquakes Aspects of Gypsum Stabilised Earth (Alker) Construction for housing in the Southeast (GAP) Area of Turkey, Disaster Prevention Management, Workshop, Ankara.
9. R.Cofirman, N. Agnew, G. Auiston and E.Doehne,Adobe mineralogy:characterisation of adobes from around the world, 6th international Conference on The Concervation of Earthen Architecture, Las Cruces,NM. 14-19 October 1990.
10. Ren K. B. and Kagi D. A., 1995., Upgrading the durability of mud bricks by impregnation, Build Build Environ 30, P: 440.
11. Kaplan H., Binici H., 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Teknik Raporu.
12. Binici H., Aksogan O., Shah T., 2005., Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material, Construction and Building Materials, 19, P:313-318.
13. Binici H., Aksogan O., Bodur M.N., Akca E., Kapur S., 2007., Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as wall materials, Construction and Building Materials, 21, P:901-906.
14. Binici H., Aksogan O., Bakbak D., Kaplan H., Isik B., 2009., Sound insulation of fibre reinforced mud brick walls, Construction and Building Materials, 23, P:1035-1041.
15. Binici H., Durgun M.Y., 2010., Fiber kerpiç üretimi, Dizayn Dergisi, 289, S:92-96.
16. Kelling G., Kapur S., Sakarya N., Akça E., Karaman C., Sakarya B., and Robinson P., 2000., Basaltic Tephra: Potential new resource for Ceramic Industry. British Ceramic Transactions. V.99. N.3, P:129-136.

17. Kapur S., Sakarya N., Karaman C., Fitzpatrick E.A. And Pagliai, M., 1995., Micromorphology of Basaltic Ceramics. British Transactions Vol. 94. No. 1. P:33-37.

18. Acosta A., Iglesias I., Aineto M., Romero M., Rincon M., 2002., Utilisation of IGCC slag and clay steriles in soft mud bricks (by pressing) for use in building bricks manufacturing, Waste Manangement, 22, P:887-891.

19. Isik B., Ozdemir P., Boruroglu H., Earthquakes Aspects of Proposing Gypsum Stabilized Earth (Alker) Constraction for Housing in the Southeast (GAP) Area of Turkey, Workshop on Recent Earthquakes and Disaster Prevention Management, Earthquake Disaster Prevention Research Center Project (JICA), General Director of Disaster Affairs (GDDA), Disaster Management Implementation and Research Center (METU). Ankara 10-12 March 1999.