Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment
Vol. 13, No. 4 Aug. 2013, pp.103-112, pISSN 1598-3730, eISSN 2288-4823
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2013.13.4.103

네팔 해비타트(HfH_Nepal) 생태주택 보급현황과 성능개선실험 연구
- 떠라이 평원지역을 중심으로 -

Experiment for the Performance Improvement of Eco House Provided by Habitat for Humanity Nepal(HfH_Nepal)
- Case Study of Terai Plain Region, Nepal -

임 윤 택*
Leem, Youn Taik

Abstract

The Federal Democratic Republic of Nepal(Nepal) is one of the poorest country in the world. People in Nepal are having lots of housing problems including the lack of housing provision. Even Habitat for Humanity Nepal (HfH_Nepal) has developed various programs to diffuse ecological housing, still there are many problems due to financial and technological shortage.

The purpose of this study is to verify the effects of suggestion of performance improvement for HfH_Nepal eco house with introduction of the housing situation and efforts to provide sustainable housing by HfH_Nepal in Terai plain. Ideas on CGI sheet roof with poor insulation, double panel bamboo wall and adobe brick wall which can overcome structural and waterproof flaws of the thin single panel bamboo wall. The experiment result shows that both ideas adapted to adobe brick house reduces daily temperature range 50.8% and humidity adjust effect. For the effective provision of adobe brick house, compressive strength was tested for the bricks made with locally available fiber materials. Brick with jute displayed 41.1% betterment than plain brick with closest packing condition while coconut and straw showed 25.1% and 7.9% improvement respectively. Technical and economic problems brought up during the building and experiment process were listed and countermeasures established.

This kinds of building prototype houses and experiments can improve the living conditions of people in developing countries with little supplement of resources. Furthermore, consideration of locally available and affordable material can help the social and ecological sustainability in the world.

키워드 : 네팔 해비타트, 생태주택, 단열, 압축강도, 실험
Keyword : Habitat for Humanity, Nepal, eco house, insulation, compressive strength, experiment

1. 서 론

네팔은 2007년 1인당 GDP가 US$470에 불과한 세계 최빈국 중 하나로써 빈곤선(Poverty Line) 이하 국민의 비율이 31%에 이르고 있다(UNDP, Human Development Reeport, 2009). 네팔은 국토의 서북부에서 동남쪽으로 이어지는 히말라야 산맥의 고지대(Mountain), 중산간지역인 힐(hill) 그리고 인도와의 국경에 접한 떠라이(Terai) 평원지역으로 나뉘어져 있다. 떠라이 평원 지역은 해발고도 100~200m로 여름에 섭씨 45도 이상으로 기온이 오르고, 겨울에 0도까지 낮아져 주민들은 극심한 실내온도 변화로 고통 받고 있다. 이 지역 주민들은 적절한 주택 없이 벽이나 지붕에 지푸라기를 얹어 더위나 추위를 이기려고 하고 있지만, 그 효과가 미비할 뿐만 아니라 지푸라기로 인해 병충해 및 청결하지 못한 실내 환경이 조성되고 쉽게 부패되는 등의 열악한 주거환경에서 생활하고 있다. 구조적인 저소득과 함께 사회적으로 고착화된 카스트(Caste) 제도는 빈곤층의 주거를 더욱 어렵게 하고 있다.

세계적인 주거보급운동 NGO인 해비타트(Habitat for Humanity)의 네팔지부(HfH_Nepal)는 UN 해비타트 및 세계 각국 해비타트의 지원을 받아 저소득층을 중심으로 주거환경을 개선하고, 주택을 보급하는 운동을 펼쳐오고 있다. HfH_Nepal이 보급하는 주택이 기존의 주택보다는 매우 양호하기는 하지만 대나무와 진흙 등 현지에서 저렴하게 구득이 가능한 자재를 사용하다 보니 단열, 구조 등 주택으로서의 성능이 부족하였다. 이에 특허청을 중심으로 한 우리나라 정부에서는 지식나눔운동 차원에서 네팔 떠라이 지역의 주거현황 및 주택개량사업 실태를 조사하고 그 개선방안을 제시하였다.

본 연구의 목적은 네팔 떠라이 평원지역의 주거현황과 네팔 해비타트를 중심으로 한 주택개량사업의 실태를 소개하고 이들 주택을 개선하기 위한 실험내용과 그 효과를

* Dept. of Urban Engineering, Hanbat National Univ. South Korea (ytleem@hanbat.ac.kr)

제시하는데 있다. 이와 같은 연구는 개발도상국의 주거상황을 이해하는데 도움을 줄 뿐 아니라 현지의 재료를 사용하여 생태적인 관점에서 건축성능을 향상시키는 방안을 제시함으로써 향후 우리나라 기술진의 해외진출 및 봉사에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

2. 네팔의 주거현황 및 동부 떠라이지역의 주거실태

2.1. 네팔의 주거현황 일반

네팔은 2007년 1인당 GDP가 US$470에 불과한 세계 최빈국 중 하나로서 빈곤선(Poverty Line) 이하 국민의 비율이 31%에 이르고 있다(UNDP, 2009). 네팔의 빈곤은 낮은 GDP보다는 낮은 경제성장률(2001년~2007년 : 1.9%/년)에 기인하기 때문에 획기적 경제개발계획에 근거하지 않고는 개선이 어려울 것으로 판단된다.

네팔은 도시지역의 슬럼 거주인구 비율이 7-10%이며, 농촌지역은 주택부족과 함께 성능이 부족한 주택 때문에 주거에 어려움을 겪는 가정이 많은 실정이다. 특히, 네팔 가운데에서도 떠라이 평원지역은 온난한 기후로 인하여 저소득층 거주가 용이하기 때문에 빈곤층들이 많이 거주하는 지역이나 일교차가 크고 건축재료가 부족하여 주택의 성능이 미비한 실정이다.

2001년 현재 네팔의 평균 가구원수는 5.44명(도시지역은 4.86명)이며, 2010년의 소득대비 주택가격(PIR)은 약 3.9로 조사되었다. 평균 주거면적은 54㎡로써 이를 가구원수로 나누면 1인당 약 10㎡의 주거면적을 소비함을 알 수 있다(UN Habitat, 2010).

Table 1. Indices related to housing condition in Nepal (UN Habitat, 2010)

INDEX	YEAR	VALUE	SOURCE
Number of households	2001	4,174,374	Population Census 2001, CBS
Average household size	2001	5.44	Population Census 2001, CBS
Average household size in urban areas	2001	4.68	Population Census 2001, CBS
# of households per house	2001	1.16	Population Census 2001, CBS
#of households per house in urban areas	2001	1.52	Population Census 2001, CBS
Total Urban Housing Stock	2006	527,991	CIUD estimation
House Price-to-Income ratio	2010	3.9	CIUD estimation
Minimum Construction cost per m^2 (formal and/or informal)	2010	182	CIUD research
Mean or Average Plot Size (minimum plot in legislation in USD/m^2)	2010	80	CIUD research
Minimum Price of Urban Land (city outskirts in USD/m^2)	2010	212	CIUD research
Mean or Average Size of Social/Standard low-income house in m^2	2010	54	CIUD research
Number of Banks/Financial Institutions Providing Housing Loans	2010	26	CIUD research
Interest Rate Chatge by Banks for Housing Loans	2010	8-12%	CIUD research
Percentage of Public versus Customary Land	2001	26-74%	CIUD research
Main Agricultural Products			rice, wheat, grain, sugarcane
Building Materials Available/Produced domestically			brick, stone, timber, cement, steel rods, CGI sheets

네팔의 주거상황은 아직 존재하고 있는 카스트 제도에서 낮은 카스트 계층에서 특히 열악하다. Table 2에 나타난 바와 같이 카스트 및 계급별로 보면 상위 카스트인 Brahman 계층 및 카트만두 밸리를 중심으로 거주하고 있는 Newar족과 하층민인 Janajati 계층의 격차가 큰 것을 알 수 있고, Hill 및 Mountain 지역에 비해 떠라이 지역의 주거여건이 열악함을 알 수 있다. 즉, Newar족의 경우에는 전기보급율, 위생시설 등 각종 주거지표가 양호한 것으로 나타난 반면, 천민에 속하는 Dalit족이나 Janajati족은 그 반대의 양상을 보이고 있다. 또한, 지형적인 원인에 의한 교통 및 식수의 경우에는 떠라이 지역이 양호한 여건을 보이고 있지만, 그 외의 대부분 지표는 떠라이 지역이 산악지역이나 중산간지역에 비해 매우 불량한 것으로 나타났다.

Table 2. Housing facilities and home appliance by Caste and tribe (Bennett et. al, 2008)

Caste/ethnicity and regional identity	Electricity	Private latrine	Improved drinking water	Radio	TV	Any means of trans-portation	Number of households
Brahman/Chhetri	**60.7**	**52.0**	**76.6**	**75.3**	**33.4**	**30.3**	**2,659**
Hill Brahman	75.8	66.3	81.1	83.7	45.8	41.3	991
Hill Chhetri	50.4	42.5	72.	70.9	25.0	21.7	1,600
Tarai/Madhesi Brahman /Chhetri	82.9	65.7	98.8	57.7	49.7	71.5	68
Tarai/Madhesi Other Castes	**43.4**	**18.1**	**97.3**	**38.8**	**24.5**	**71.4**	**806**
Dalit	**33.0**	**16.4**	**80.2**	**45.0**	**15.5**	**32.0**	**940**
Hill Dalit	32.7	23.2	70.3	53.3	13.3	13.6	600
Tarai/Madhesi Dalit	33.7	4.6	97.5	30.2	19.4	64.4	340
Newar	**72.6**	**71.6**	**90.5**	**82.8**	**61.4**	**46.4**	**348**
Janajati	**46.3**	**35.5**	**80.9**	**61.8**	**25.6**	**34.2**	**2,539**
Hill/Mountain Janajati	49.6	42.4	76.7	64.8	26.5	17.6	1,795
Tarai Janajati	38.3	18.6	91.0	54.6	23.4	74.1	744
Muslim	**63.2**	**26.6**	**92.3**	**47.6**	**28.8**	**53.6**	**250**
Other	**76.4**	**46.6**	**93.3**	**69.8**	**65.3**	**23.7**	**139**
All Hill/Mountaion	**54.3**	**46.6**	**76.5**	**70.0**	**30.4**	**24.7**	**5,334**
All Tarai/Madhesi	**43.6**	**18.7**	**94.7**	**44.4**	**24.6**	**69.2**	**2,208**
All Nepal	**51.6**	**38.6**	**82.1**	**62.7**	**29.4**	**37.5**	**7,681**

2.2. 네팔의 주택건설용 재료

네팔의 주택건설 자재는 대부분 지역적 자원에 의존한다. 카트만두와 같은 대도시는 콘크리트나 소성벽돌 등을 사용하지만 그 외 지역에서는 대부분 해당 지역에서 생산되는 다양한 재료를 이용하여 주택을 건설하고 있다. Terai 평원지역은 주로 진흙과 대나무를 이용한 주택 위주로, 석재가 많은 중산간지역은 돌이나 벽돌을 이용한 주택이 주를 이루고 있다(Habitat for Humanity, Nepal, 2012).

본 연구의 대상지인 떠라이 평원지역은 목재(Timber)가 비싼 반면, 대나무가 풍부하여 대나무가 일반 주택의 주요 건축자재로 사용된다. 지붕은 우리나라의 짚단이나 대나무잎, 황마(Jute)의 줄기 등을 사용하여 초가지붕과 비슷한 형태로 구성하였으나 최근에는 함석 슬레이트(CGI Sheet)가 많이 사용된다. 그러나 함석 슬레이트의 경우, 하부에 완충/단열재나 천정이 없어서 열손실이 매우 크고, 우천시 소음이 심한 단점이 있다. 벽체로써 소성벽돌은 너무 비싸기 때문에 잘 쓰이지 않고, 콘크리트기둥 또는 대나무기둥에 대나무를 쪼개서 엮은 대나무심벽의 양쪽에 진흙을 덧바르는 방법이 많이 쓰인다. 바닥은 대부분 호박돌 또는 큰자갈을 깔고 진흙마감을 하며, 간혹 그 위에 카페트 또는 천을 깔기도 한다. 대나무심벽의 약한 단열성을 극복하기 위하여 소성하지 않고 햇볕에 말린 흙벽돌(Sun Dried

mud Brick)을 이용하는 경우도 있으며, 상대적으로 부유한 계층에서는 콘크리트 기둥에 조적조 주택을 건설하기도 한다(KIPO, 2010).

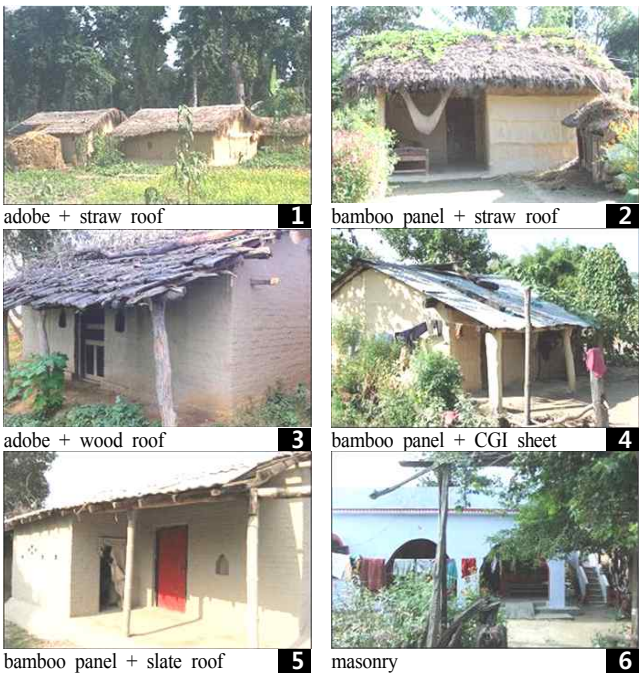


Fig. 1. Houses of different materials in Terai Plain (KIPO, 2010)

2.3. 떠라이 지역 주거여건

본 연구에서는 네팔 동남부 떠라이지역의 주거여건을 파악하기 위하여 자파(Japha)와 모랑(Morang)지역을 중심으로 현장조사를 실시하였다. 이들 지역은 연교차가 심하여 여름에는 40℃ 이상으로 올라갔다가 겨울에는 평균기온이 0℃에 이르는 지역이다. 먼저 자파 지역의 소규모 마을에 있는 주택의 경우에는 대나무심벽에 진흙과 재를 섞어 두께 5cm 이하의 벽을 구성하였으며, 화장실이 없고 지붕은 매우 낮았다(1.2~1.5m). 함석슬레이트(CGI Sheet) 홑겹인 지붕과 벽 사이의 틈이 메워지지 않아 단열에 문제가 있는 것으로 판단되었다.

두 번째 사례는 이들 지역의 중심도시인 Biratnagar 근교의 저층 카스트민들이 거주하는 주택이다. CGI Sheet 지붕에 벽체는 대나무 골조에 지푸라기를 넣은 후 진흙이나 소똥을 발라 마감하였다. 실내 바닥은 기초가 없이 진흙을 발라 많이 깨지고 훼손되었다. 축사와 창고 등이 별동의 건물로 지어져 있으나 초가지붕 및 벽체의 상태는 본채보다 열악하였다.

세 번째 사례는 위의 두 경우보다 훨씬 양호한 주택이었다. 남편이 전기기술자이고 부인이 부업으로 옷 수선을 하여 수입이 양호한 가정으로써 약 3000달러 내외를 투자한 주택이다. 벽체는 콘크리트 기둥에 대나무심벽이며 지붕에는 CGI Sheet를 설치하기 위한 구조체로서 목재(Tmber)를 사용하였다. 바닥은 습기를 막기 위하여 비닐과 지푸라기를 깔고 그 위에 진흙마감을 하였다.

Fig. 2. Situation of peasant houses in Terai Plain (Sep. 2012)

3. 네팔 해비타트의 생태주택 보급활동

3.1. 네팔 해비타트의 활동개요

해비타트는 1976년 미국에서 설립되어 전세계 95개국에서 활동하는 국제 비정부기구이다. 네팔 해비타트는 1997년에 설립되어 2005년에 국제 해비타트의 네팔 지부로 승인되었다. 2015년까지 10만 세대의 개량된 주택을 보급하는 것을 목표로 활동하고 있으며, 국가적 빈곤으로 인하여 우리나라를 비롯한 전 세계로부터의 지원에 주로 의지하고 있는 실정이다.

네팔 해비타트는 떠라이 평원지역 뿐 아니라 중산간지역 등에서 주로 하층 카스트에 속하는 저소득 무주택자들에게 주택을 보급하고 있다. 네팔 해비타트는 마이크로 크레디트와 연계해서 자재 등에 소요되는 비용을 저리로 대출해 주는 한편 수혜자(Home Partner라 명명)들을 주택의 건설과정에 직접 참여하도록 함으로써 주택보급의 실효성을 증진시키고 있다. UN Habitat 및 우리나라의 KOICA 등 세계 각국의 지원에 힘입어 2011년에는 1만호의 주택보급을 달성하였다(네팔 Habitat 홈페이지, 2011).

네팔 해비타트는 지역에서 생산되는 저렴한 자재인 대나무를 이용한 주택을 효율적으로 보급하기 위하여 프로덕션 센터를 설립하여 운영하고 있다. 프로덕션 센터는 대나무를 재배하고, 생산된 대나무를 필요한 크기대로 자른 후 다듬고 이를 붕산에 화학처리하여 내식성을 강화시킨 후 주택 건설지역으로 운반하여 자재로 사용하게 된다. 프로덕션 센터는 주택 건축에 필요한 대나무의 생산 및 가공 외에도 각종 자재 또는 주택을 지어 성능을 실험하는 역할도 수행하고 있다.

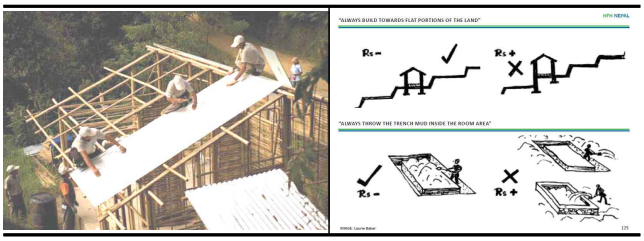


Fig. 3. Construction manual for bamboo house by Habitat for Humanity, Nepal

3.2. 네팔 해비타트의 생태주택

네팔 해비타트는 2009년부터 함석슬레이트(CGI Sheet) 지붕과 대나무심벽을 이용한 저렴한 주택을 보급하고 있다. 네팔 해비타트의 원칙은 ① 지역에서 생산되는(Local) 자재, ② 저소득층 주민이 구득 가능한 저렴한(Cost-Effective) 자재, ③ 친환경적(Environment Friendly) 자재를 주택건설시 사용한다는 점이다. 주로 떠라이 평원지역을 중심으로 보급되고 있는 네팔 해비타트의 주택을 짓기 위해서는 먼저 프로덕션 센터에서 가공된 대나무로 기둥 및 지붕골조를 현장에서 조립한 후, 대나무 막대(Bamboo Strips)를 이용하여 심벽을 조립한다. 이와 같이 현장에서 제작된 대나무심벽의 양쪽 면에 약 5~7cm 내외의 진흙을 발라 마감한다. 지붕으로는 대나무 골조(들보 및 서까래) 위에 함석슬레이트를 볼트/너트로 고정시켜 실내에서도 함석슬레이트 지붕이 올려다 보이는 구조이다. 이와 같은 건축방식은 한국의 KOICA가 지원하여 제작한 건축매뉴얼(Construction Manual for Cost-Effective and Environment Friendly Housing in Nepal)을 통하여 현장에서 건설에 적용되고 있다. Fig. 4는 네팔 해비타트가 2012년까지 떠라이 지역에 보급하고 있는 생태주택의 외관이다.

example 1 - painted exterior

example 2

Fig. 4. Example of houses provided by Habitat for Humanity, Nepal

이와 같은 주택의 건설에는 약 US$1,000 내외가 소요된다. 주택을 건설하고자 하는 Home Partner는 주택건설에 관한 교육을 이수한 후 대부분의 노동력을 제공하고, 네팔 해비타트는 저렴한 금액으로 대나무를 제공한다. 그 외 지붕 CGI Sheet 등 자재의 구입 및 기술자를 고용하는 비용이며, 이들 비용은 마이크로 크레디트(Micro Credit, 소액대출)를 통해 대출된 후 20년간 상황하고 있다.

3.3. 네팔 해비타트 보급주택의 문제점

네팔 해비타트가 보급하고 있는 생태주택은 가격이 저렴하고 건축과정이 상대적으로 단순하여 열악한 떠라이 평원지역의 주거상황을 개선하는데 크게 기여하고 있다. 그러나, 이와 같은 상황은 반대로 주거의 성능에 있어서 제약으로 작용하고 있다. 본 연구에서는 네팔 해비타트의 프로덕션센터 담당자와 네팔 해비타트 보급주택 3곳의 거주자 인터뷰를 통하여 네팔 해비타트가 보급하고 있는 생태주택의 문제점을 분석하였다.

먼저 대나무심벽에 진흙을 발라 마감한 벽체는 그 두께가 5~7cm에 불과해 구조적으로 취약할 뿐 아니라 단열성능이 매우 취약한 실정이다. 특히, 6~9월까지 몬순기간 동안 우천시에는 점성이 약한 진흙벽에 습기가 스며들어 갈라지거나(Crack) 표면 박리현상이 나타나고 있다. 이에 따라 연간 1회 이상 진흙을 덧바르는 유지보수를 시행하여 벽체의 성능을 유지시키고 있다. 이같은 상황에 따라 두께를 증가시킴으로써 단열성능을 확보할 필요성이 제기되었다. 특히 벽체의 내구성을 향상시키기 위하여 최밀충전비율 탐색(Hwang, et. al., 2008)에 의한 미장재의 배합과 지역에서 구득할 수 있는 섬유질(황마, 코코넛 수염, 볏짚 등)의 혼합을 통한 강도의 개선 필요성이 제시되었다. 동시에 표면 또는 구체방수효과를 낼 수 있는 시공방법의 개선도 필요한 것으로 판단된다.

지붕의 경우에도 3mm 내외의 함석 슬레이트를 단독으로 시공함으로써 일교차와 연교차가 큰 지역 특성상 단열에 매우 취약한 것으로 나타났다. 함석 슬레이트가 대나무 골조 위에 시공됨으로써 벽체와 지붕 사이에 약 10cm 내외의 이격이 발생하고 이곳을 통하여 열손실이 발생하게 된다. 특히, 우천시에는 소음이 크고 강풍이나 외부 충격에 약해 내구성 측면에서 많은 문제점을 나타내고 있다. CGI Sheet는 부식으로 인하여 5~6년마다 한 번씩 교체해야 하기 때문에 이에 따른 비용도 거주자의 부담을 가중시킬 것으로 판단된다. 본 연구에서는 함석 슬레이트 지붕의 대표적인 문제점인 단열성능을 강화하기 위해서 슬레이트 하부에 볏짚단 등 완충재를 삽입하는 방법을 제시하였다. 또한, 천정(Ceiling) 설치를 통하여 완충공간(Buffer Space)을 확보하는 방안도 제안되었다.

exfoliation of plastering

gap between roof and wall

Fig. 5. Problems of houses provided by Habitat for Humanity, Nepal

4. 네팔 해비타트 보급주택 성능개선을 위한 제안과 실험

4.1. 제안내용

본 연구에서는 네팔 해비타트가 보급하고 있는 대나무심벽 생태주택이 가지고 있는 구조적 문제를 해결하고 단열성능을 향상시키기 위하여 3 가지를 제안하였다. 첫째, 열손실이 많은 CGI Sheet로 인한 지붕의 단열성능을 향상시키기 위하여 지붕에 볏짚단(Straw Mat)을 이용한 지붕 단열층을 제안하였다. 두께 약 10cm 내외의 볏짚단을 CGI Sheet 설치 전 대나무 서까래 위에 넓게 펴서 고정시킴으로써 단열효과를 기대할 수 있다.

두 번째로는 기존의 대나무심벽을 이중으로 설치하는

것을 제안하였다. 기존의 홑겹 대나무심벽 양쪽에 각각 3cm 내외의 진흙 미장으로 마감하던 것에 추가적으로 또 한 겹의 대나무심벽과 외부 진흙미장을 시행함으로써 구조적 견고함과 단열성능 향상을 의도하였다. 마지막으로 주변에 풍부한 진흙을 이용한 비소성벽돌(Sun-Dried Mud Brick)을 제작하여 이를 대나무심벽을 대체한 벽체 자재로 사용하는 것이다. 기존의 대나무심벽은 두께가 7~10cm로서 구조적으로 취약할 뿐 아니라 단열성능, 소음전달 등 주거여건을 악화시키는 주요 요인이었다. 그러나 벽돌을 건축자재로 사용할 경우에는 두께에 의한 구조적 성능 향상 외에도 단열효과의 향상, 대나무에 번식하는 해충의 방제 등 다양한 효과가 있을 것으로 기대된다. 다만, 네팔은 소성벽돌을 생산할 때 사용하는 연료인 목재의 가격이 비싸 소성벽돌의 가격이 매우 비싼 실정이며, 진흙을 햇볕에 말려 사용하는 것이 현실적인 대안이다. 따라서 본 연구에서는 비소성벽돌의 강도를 향상시킬 수 있는 3 가지 섬유질 첨가물을 혼합하여 벽돌을 제작한 후 이들의 강도를 측정하여 향후 주택 건설시 적용할 수 있도록 하였다. 다만, 실험주택의 건설시에는 인근의 소성벽돌 공장에서 진흙을 형틀로 찍어 햇볕에 말린 소성 전 상태의 벽돌을 구입하여 사용하였다.

Fig. 6. Installation of straw mat under CGI Sheet

Fig. 7. Double panel bamboo house before installation of doors

4.2. 제안사항의 단열효과 실험

4.2.1. 프로토타입 주택 시공의 개요

본 사업에서는 기존의 HfH_Nepal 보급주택의 문제점을 개선하기 위한 실험으로써 3 채의 프로토타입 주택을 시공하였다. 본 시공은 2012년 9월 17일부터 9월 24일까지 집중적으로 건설되었으나, 이후 현지의 축제 일정과 문짝 등 자재 공급의 중단으로 동년 11월 말에 마감되었다. 프로토타입 주택은 기존의 네팔 해비타트 보급주택과 비교할 때, 거주공간의 면적이 증가하였고, 주택 전면에 베란다가 설치된 것이 특징이다.

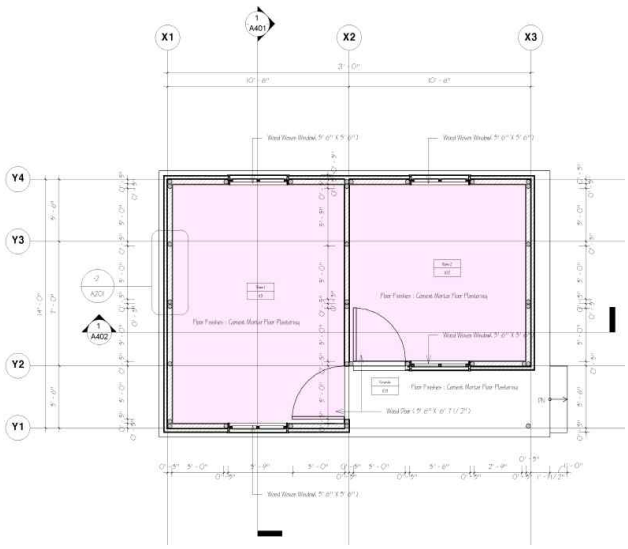


Fig. 8. Plan for prototype house by Habitat for Humanity, Nepal

시공된 주택은 첫째, 기존의 네팔 해비타트가 보급하던 생태주택과 벽체 등 구조가 동일하나 지붕에 볏짚을 이용한 단열층이 추가된 Single Panel Bamboo House, 둘째, 기존 대나무심벽의 외부에 대나무 벽체를 한 겹 더 부착한 후 추가적으로 진흙 마감을 시행한 Double Panel Bamboo House 그리고 마지막으로 햇볕에 말린 진흙벽돌을 조적하여 벽체를 건축한 Adobe Brick House이다.

Preperation of Second Panel | Plastering on the Second Panel

Fig. 9. Construction of double Panel Bamboo House

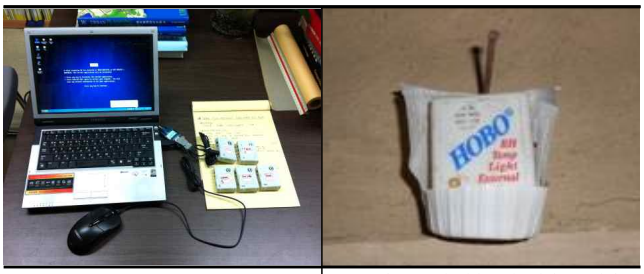
brick masonry	Hardware and cavity of adobe wall

Fig. 10. Construction of adobe Brick House

프로토타입 주택을 시공할 때에는 국내 생태주택 및 황토벽돌 전문가의 의견을 청취하여 진흙의 내구성 및 방수성능을 향상시키는 방향 등을 청취하여 실험에 참고하였다. 특히, 비소성벽돌(Adobe Brick)을 시공할 때에는 벽돌 간 중공층을 1"(약 2.5cm) 내외로 두어 열손실 대류가 일어나지 않으면서 단열효과를 높일 수 있도록 하였다.

4.2.2. 단열성능 실험결과

본 연구에서는 3 가지 종류의 프로토타입 주택의 단열성능이 네팔 해비타트가 기존에 보급하던 생태주택에 비해 얼마나 향상되었는가를 알아보았다. 이를 위하여 5개의 온습도 측정이 가능한 Data Logger를 각각 ① 외부, ② 표준주택 내부(볏짚을 이용한 단열층이 없는 지붕이 설치된 창고건물), ③ Single Panel Bamboo House, ④ Double Panel Bamboo House 그리고 ⑤ Adobe Brick House의 내부에 각각 설치하여 2개월간 온도와 습도의 변화를 살펴보았다. 통상 온습도의 변화는 4계절을 대상으로 측정하여 그 결과를 비교하여야 하나, 연구기간이 짧아 10월 1일부터 11월 말까지 측정 Data를 분석하였다.



Setting data logger	Data logger inside of adobe Brick House

Fig. 11. Setting and installation of measurement devices

그러나, 2개월 동안 기록을 마친 Data Logger를 회수한 결과, Double Panel House에 설치한 Data Logger는 분실되었고, Single Panel House에 설치한 Data Logger는 설치 후 4~5일 이후 데이터가 기록되지 않아 외부와 표준주택 그리고 Adobe Brick House에 대해서 비교하였다. Fig. 12와 Fig. 13은 실험기간 동안 온도와 상대습도의 변화를 나타낸 그래프이다.

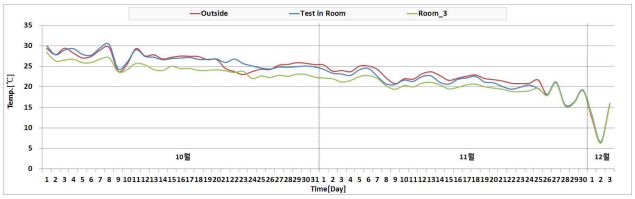


Fig. 12. Variation of temperature during experiment

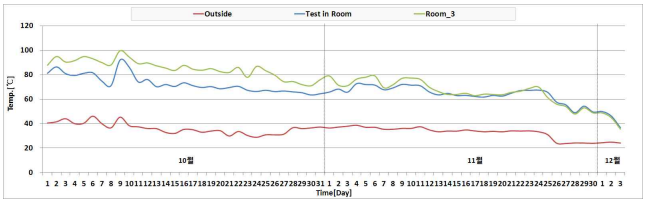


Fig. 13. Variation of relative humidity during experiment

실험기간 2개월간의 일별 온습도 분석으로는 실험주택의 성능을 분석하기 어려워 10월 28일부터 10월 31일까지 4일간 3시간 간격의 데이터를 분석하였다. 분석결과, 평균 온습도 및 일교차 분석 결과 외부의 주야간 온도차는 평균 30.0℃ 였으나 Single Panel 대나무심벽의 함석슬레이트(CGI Sheet) 지붕으로 구성된 기존주택은 20.75℃, 그리고 Adobe Brick House의 온도차는 10.2℃에 불과해서 네팔 해비타트가 보급하던 기존의 생태주택에 비해서 본 연구에서 볏짚층과 벽돌을 시공한 프로토타입 주택의 일교차 개선효과는 50.8%에 달하는 것으로 분석되었다.

Table 3. Improvement of diurnal range of adobe brick house

	Average temperature			Diurnal range		
	Out side	Existing house	Adobe brick house	Out side	Existing house	Adobe brick house
28th. Oct	25.5	24.8	22.6	28.8	19.8	10.0
29th. Oct	25.9	24.9	23.1	29.3	21.5	10.8
30th. Oct	25.8	25.1	23.0	31.6	20.6	11.6
31th. Oct	25.4	24.9	22.4	30.3	21.1	8.4

Fig. 14와 Fig. 15는 분석대상 3일간 시간대별 온도의 변화를 나타내고 있다. 주간과 야간 온도의 변화를 살펴보면 주간에는 외부의 기온이 가장 높은 반면, 야간에는 Adobe Brick House의 온도가 가장 높은 것으로 나타났다. 어느 온도에서 공기가 최대한으로 포함할 수 있는 수증기량에 대하여 실제로 그 공기가 가지고 있는 수증기의 비율을 의미하는 상대습도의 경우에도 외기의 경우에는 최대 약 60%에서 최소 약 20%이나, Adobe Brick House는 90~40%를 나타냄으로써 훨씬 습도조절효과가 큰 것으로 나타났다. 이는 표준주택의 25~92%보다도 매우 안정적인 것으로써 벽체의 두께와 지붕의 Straw Mat의 보온 및 습도유지 효과로 판단된다.

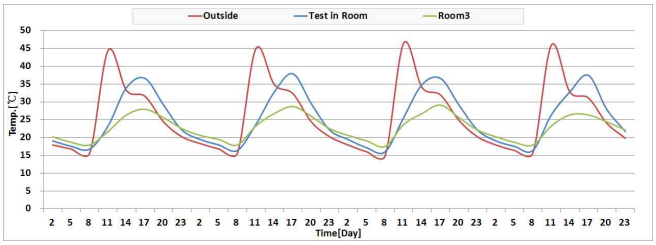


Fig. 14. Variation of temperature for 4 days measure by 3 hours

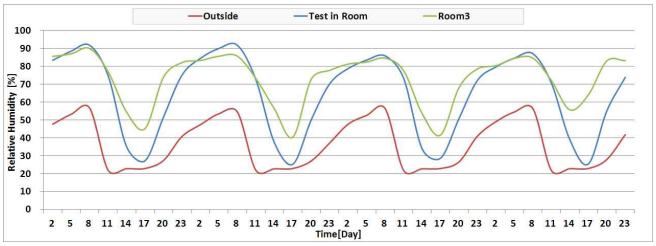


Fig. 15. Variation of relative humidity for 4 days measured by 3 hours

4.3. 벽돌강도 향상을 위한 섬유질 혼합 실험결과

4.3.1. 벽돌강도 향상 실험의 개요

위에 서술한 바와 같이 네팔 떠라이 지역은 세계 최빈국 중 하나인 네팔에서도 특히 빈곤한 지역으로써 주택건설자재의 가격이 상승하면 주택을 보급하기가 현실적으로 불가능해 진다. 비소성 진흙 벽돌(Sun-Dried Mud Brick)은 현재 네팔 해비타트에서 보급하고 있는 대나무심벽 생태주택의 내구성과 단열성능을 개선할 수 있으면서도 가격이 저렴하고 지역에서 쉽게 구입(제작)할 수 있는 건축자재이다. 다만, 진흙을 소성하지 않은 상태이기 때문에 자중(自重)에 의한 붕괴 등이 우려되며, 이를 개선하기 위해 최밀충진 배합비율을 탐색하는 한편, 세 가지의 섬유질을 혼합하여 벽돌의 압축강도를 측정하였다.

먼저, 최밀충진 배합비율 탐색실험은 흙과 모래를 섞은 혼합물의 강도가 최대가 되는 배합비율을 찾는 것이다. 이는 큰 입자들 사이에서 발생하는 공극에 작은 입자들이 촘촘히 채워지면서 입자간 인력을 최대화 하는 것으로써 통상 혼합하고자 하는 물질의 배합비를 달리 해 나가면서 단위부피당 질량이 가장 큰 경우를 말한다. 실험결과 흙과 모래의 비율을 1:0.5, 1:1, 1:1.5, 1:2 등으로 변화시키면서 실험한 결과 흙 : 모래 = 1:1 정도의 비율일 때 동일 부피당 질량이 가장 높은 것으로 파악되어 이후 1:1의 비율로 흙과 모래를 섞어 벽돌을 제작하였다.

4.3.2. 벽돌 압축강도 실험

본 연구에서는 비소성 벽돌의 압축강도를 측정하기 위해서 최밀충전 배합비율을 적용하여 벽돌을 제작, 건조하여 실험을 위한 샘플로 사용하였다. 이 때, 섬유질을 첨가하지 않은 샘플과, 코코넛, 황마(Jute) 그리고 볏짚을 혼합한 총 4 종류의 샘플에 대해 압축강도를 측정하였다. 본 실험은 2012년 9월 19일 제작된 벽돌을 카트만두 소재 네팔 정부 도로국 중앙도로실험실에서 UTM(Universal Testing Machine)을 이용하여 수행하였다.

Table 4. Preparation of bricks for compressive strength

	Index
Plain	mud and sand only (1:1) - closest packing
Coconut	mud and sand (1:1) + coconut fiber
Jute	mud and sand (1:1) + just fiber
Straw	mud and sand (1:1) + cut straw

현장에서 제작, 건조한 벽돌을 실험실로 옮긴 후 10㎤ 크기로 절단하여 압축강도를 측정에 사용하였다. 당초 충분한 수량의 실험용 벽돌을 제작하지 못하여 각 3개씩의 시험체에 대해 강도를 측정함으로써 통계적으로 충분한 결과를 얻지 못하였으나 특정한 섬유질의 혼합으로 의미있는 강도의 증가를 확인할 수 있었다.

mixing coconut fiber	completed sample brick

Fig. 16. Making bricks for experiment

Sample for test-cut to 10cm3	UTM

Fig. 17. Testing compressive strength

현장에서 제작하여 태양에 건조한 Adobe Brick의 압축강도 실험 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다. Jute fiber를 추가한 시험체의 평균 압축강도가 11.47kg/㎠로써 진흙과 모래만을 혼합한 기준 시험체에 비해 41.1%의 강도 증가를 나타내었으며, Coconut Fiber의 경우에도 25.1%의 압축강도 향상을 나타내었다. Straw(볏짚)의 경우에는 약 8%의 상대적으로 약한 압축강도 향상을 나타냄으로써 Jute나 Coconut에 비해 벽돌의 강도 향상을 위한 혼합재로서 열등한 결과를 보였다.

Table 5. Result of compressive strength

	Compressive strength(kg/㎠)				
	1st	2nd	3rd	average	
Plain	8.2	8.3	7.9	8.13	standards
Coconut	6.8	12.3	11.9	10.17	↑25.1%
Jute	13.5	8.2	12.7	11.47	↑41.1%
Straw	7.7	10.1	8.7	8.83	↑7.9%

위의 실험 결과를 한국산업규격(KS)과 비교하면 다음과 같다. 한국산업규격에는 진흙벽돌, 황토벽돌 등에 대한 압축강도 기준은 없으며, 콘크리트벽돌에 대한 압축강도 및 흡수율 기준이 KS F 4004 : 2003에 제시되어 있다. 위의 기준에 의하면 우리나라의 콘크리트 벽돌 압축강도 기준은 8~16N/㎟(81.6~163.2kg/㎠) 이상으로써 현장에서 제작한 흙벽돌에 비하면 최소 약 8배 이상 강한 것을 의미한다. 이는 시멘트를 사용한 벽돌로서 현장에서 진흙과 모래를 섞어 햇볕에 말린 벽돌과는 비교가 불가능하며, 노동력 외에는 추가비용이 거의 없는 상태에서 제작한 벽돌의 강도로는 양호한 것으로 판단된다.

Table 6. Performanctandards for concrete brick by KS (Korean Standard)

		air-dried gravity	compressive strength	absorption factor
A-type		under 1.7	over 8	-
B-type		under1.9	over 12	-
C-type	Grade.1	-	over 16	under 7
	Grade.2	-	over 8	under 10

4.4. 프로토타입 주택 건축에 대한 종합평가

4.4.1. CGI Sheet 지붕 아래에 볏짚단 설치

네팔 해비타트가 보급하고 있던 기존의 대나무심벽 생태주택은 홑겹의 CGI Sheet 지붕을 설치함으로써 단열성능 약화 및 소음 문제가 발생하였다. 이에 본 연구에서는 지붕 마감재 아래에 단열 및 흡음재로서 약 10cm 두게의 볏짚을 추가할 것을 제안하였다.

이를 위해서는 CGI Sheet 설치 이전에 ① 볏짚을 얹기 위한 대나무 가로부재(Strip) 설치, ② 볏짚단 설치, ③ 대나무 가로부재를 이용한 볏짚단의 고정 절차가 추가되었으며, 또한, CGI Sheet 설치시 기존의 일반 볼트 대신, J자형 Hook 볼트를 사용해야 하기 때문에 시공에 시간 및 인력이 추가 소요되는 것으로 확인되었다. 이와 같은 시공법 개선은 지역에서 구하기 쉬운 대나무 막대와 볏짚 이용함으로써 시간과 비용이 거의 추가되지 않으면서도 기존의 CGI Sheet 시공시에 비해 단열 및 우천시 소음에 대한 효과가 상당히 큰 것으로 나타났다. 통상 CGI Sheet의 수명이 5~6년이므로 지붕 개량시 볏짚단도 함께 교체가 가능하다.

반면, 문제점으로는 실내에서 바라보는 지붕 하부의 모습이 지저분하며, 볏짚 건조시 부스러기가 떨어질 수 있어 이를 개선하기 위하여 천 또는 황마 부대를 이용한 개선책을 시도하였으나 적절하지 않은 것으로 판단되었다. 향후 CGI Sheet 하부에 설치하는 볏짚 단열재의 모듈화 등을 통해 개선이 가능할 것으로 기대된다. 현지 주민들에 대한 인터뷰에서 쥐 또는 해충의 서식 가능성이 제기되었으나 제안한 구조는 3~4“ 내외의 두께를 가지는 한편 바닥이 없기 때문에 쥐의 서식은 불가능할 것으로 판단되며, 일부 해충이 알을 까는 경우가 발생할 수 있으나 이는 해충약 등으로 퇴치가 가능할 것으로 판단된다.

4.4.2. 이중 대나무심벽 주택(Double Panel Bamboo House)

본 연구에서는 기존 생태주택인 대나무심벽 주택(Single Panel Bamboo House)의 외벽에 추가 대나무 판넬을 부착하고 진흙미장을 함으로써 벽체의 두께를 2배 내외로 두껍게 만들어 단열 및 구조적 성능 향상 도모하였다. 이를 위해서는 기존의 Single Panel Bamboo House 시공 후 ① 외부에서 2차 판넬 제작, ② 판넬 부착 및 대나무와 볼트를 이용한 고정, ③ 추가 외벽 미장 절차가 추가되었다. 이 때, 2차 판넬의 제작과 부착 그리고 추가 외벽 미장을 위한 시간 및 인력이 추가 소요되는 것으로 분석되었다.

이중 대나무심벽 주택은 기존의 대나무심벽 제작 및 부착과 진흙 미장 기술이 추가되기 때문에 시공이 익숙이며, 현지에서 저렴하게 구입할 수 있는 대나무와 진흙만이 추가되기 때문에 경제적 부담이 적으면서 기존의 Single Panel에 비해 단열 및 구조적 성능 향상효과가 상당히 큰 것으로 판단된다.

다만, 외벽의 두께가 두꺼워짐으로 인하여 2차 판넬과 이를 고정하기 위한 추가적 대나무 기둥이 허공에 설치됨으로써 벽체가 처지는 현상이 발생하였으나 벽체 시공 전에 기존에 비해 폭이 넓은 외벽 줄기초를 설치하고 그 위에 2차 판넬 및 고정용 대나무 기둥까지 얹혀질 수 있도록 개선하여 해결할 수 있었다. 모서리, 창문과 문 등 개구부 주변 등 2차 판넬 끝 부분의 두께가 두꺼워져 진흙미장 마감에 애로가 발생하였으나 이 또한 모서리 및 개구부 주변에도 2차 판넬의 끝부분을 기 설치된 기둥 및 문틀, 창틀에 고정시킬 수 있도록 상세도면을 작성함으로써 해결이 가능한 것으로 판단된다.

4.4.3. 비소성 벽돌주택(Adobe Brick House)

비소성 벽돌주택은 기존 대나무심벽 주택의 골조는 그대로 사용하면서 대나무심벽에 진흙마감 대신 햇볕에 말린 진흙벽돌을 두 겹으로 쌓은 후 진흙미장을 함으로써 벽체의 두께를 30cm 이상으로 유지하는 공법이다. 두꺼운 진흙벽돌 벽체는 구조적 안정성 뿐 아니라 단열성능을 향

상시키는 것으로 실험 결과 확인되었다. 벽돌주택의 건축을 위해서는 먼저 외부에서 벽돌을 제작하는 동시에(또는 소성 전 진흙벽돌을 공장에서 구입) 기존 Bamboo Panel House의 골조 설치 후, ① 벽체를 지지할 수 있는 줄기초 시공, ② 줄기초 위에 벽돌을 조적하면서 매 5열마다 1열씩 벽돌의 방향을 바꿔서 시공, ③ 문틀 및 창문틀 설치 후 상인방 기능을 위한 합판 또는 목재판 설치, ④ 완성된 조적벽의 내외부에 진흙 마감의 과정을 거치게 된다. 특히, 진흙 벽돌 조적시 중공층에 의한 단열성능을 확보하기 위하여 2겹의 벽돌 사이에 약 1“의 공간을 두는데, 이 때 공간의 폭이 넓으면 대류효과가 발생하여 열손실이 오히려 증가할 수 있으므로 주의해야 한다.

비소성 벽돌주택의 시공시에는 벽돌을 제작하거나 구입하기 위한 추가적인 노동력 또는 비용이 발생하지만 벽체의 조적 및 미장을 위한 시간 및 인력의 추가 소요는 미미할 것으로 분석되었다. 이 주택은 무엇보다 대나무심벽 주택에 비해 월등한 구조적 안정성과 단열성능의 향상을 기대할 수 있다. 특히, 진흙을 이용하여 벽돌을 미리 제작할 경우 추가비용이 적어질 수 있고, 전문적 조적인력이 확보되면 오히려 기존의 대나무심벽 주택보다 공기를 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

비소성 벽돌주택의 문제점으로는 벽돌을 외부에서 구입하여 사용할 경우 수혜자(Home Partner)의 비용 부담이 증가할 수 있기 때문에 가급적 주변 강에서 채취한 진흙으로 벽돌을 사전에 제작하여 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 진흙벽돌을 대량으로 제작할 때 황마(Jute) 등의 혼합물을 배합하거나 최밀충전을 위해 모래와 혼합시 많은 인력이 소모되기 때문에 향후 디젤로 구동하는 모르타르 믹서와 전기를 이용하는 벽돌기계 등을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 그 외에도 연결철물(Connection Hardware)의 제작 및 설치도면이나 문틀이나 창문 상하부 인방(Lintel)이나 Adobe 벽과 문틀이 만나는 부위 등에 대한 마감지침이 없어 현장 작업자의 경험에 의존하는 실정이므로 연결철물의 제작 및 시공지침, 창문 및 문틀 상부 인방(Upper Lintel) 등에 대한 지침 도면을 제공함으로써 향후 현장의 시공 오차를 줄이고 품질을 향상시킬 수 있도록 노력하는 것이 필요하다.

5. 결 론

본 연구에서는 주택이 부족하고 기존 주택의 성능이 매우 열악한 네팔 동남부 떠라이 평원지역에 네팔 해비타트가 보급하고 있는 생태주택인 대나무심벽 주택(Bamboo Panel House)의 구조 및 단열성능이 개선된 주택을 보급하기 위하여, 3 가지 프로토타입을 제안하고 이를 건축하는 동시에 관련된 실험을 수행하였다. 네팔 해비타트에서는 본 연구진에게 지속가능하며(Sustainable), 현지에서 생산되는(Local Product), 저렴한(Affordable) 자재와 공법을 적용할 것을 요구하였다.

본 연구에서는 기존의 네팔 해비타트 생태주택인 대나무심벽 주택에서 볏짚을 이용해 지붕을 개량한 주택, 이중 대나무심벽 주택, 그리고 비소성 벽돌을 이용하여 건축한 주택 등 3가지 형태의 프로토타입 주택을 제안하여 현장에 건축하였다. 프로토타입 주택 건축과 동시에 수행한 실험 결과, 기존에 네팔 해비타트에서 보급하고 있는 표준주택과 벽돌주택에 온습도계를 설치하여 단열 및 습도유지 성능을 실험한 결과, 외부온도의 일교차가 30.0℃에서 10.2℃로 감소하고, 상대습도 또한 외부의 60~20%가 90~40%로 향상되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 통해 볼 때, 본 연구에서 제안한 내용들이 구조체의 강도 및 적주성 기준 등 건축적 측면에서 상당한 효과를 달성한 것으로 판단된다.

저렴한 지역재료를 이용해 벽돌의 압축강도를 향상시키기 위한 방안을 찾는 실험에서는 볏짚, 황마(Jute), 야자수 수염(Coconut Husk) 등의 섬유질을 혼합한 후 압축강도를 측정한 결과, Jute Fiber를 혼합한 벽돌은 최밀충전 비율에 맞춘 후 섬유질을 혼합하지 않은 경우보다 41.1%, Coconut Fiber를 혼합한 경우에도 25.1%의 강도 향상을 나타낸 반면, 볏짚의 경우에는 7.9%의 강도향상을 보임으로써 Jute 및 Coconut의 경우에 비해 상대적으로 효과가 적은 것으로 나타났다.

이와 같은 실험을 통하여 저소득 국가에서 열악한 주거생활을 영위하는 사람들에게 보다 나은 주택을 공급할 수 있는 방안을 모색하였으며, 일부 제안은 비용대비 효과가 상당한 것으로 확인되었다. 또한, 실험 설계시 지역적이고 생태적인 재료를 사용함으로써 사회의 지속가능성을 향상시키는 계기가 될 수 있을 것으로 판단된다.

주.

1. 본 연구의 결과로 제안된 3 가지 내용 가운데, 볏짚을 이용한 지붕의 개선과 이중 대나무심벽 주택은 한국 해비타트의 네팔 주택지원 후원자 모집 캠페인에 적용되었다(http://www.abitat.or.kr/new/support/support_2_1.asp?idx=17).

2. 기존 주택은 HfH_Nepal에서 기 보급하고 있는 주택으로써 CGI sheet아래에 Straw Mat가 없는 Single Panel Bamboo House 이다. 본 주택은 실험대상 주택과 동일한 사이트(HfH_Nepal Production Center)에 동일한 평면으로 2년 전에 건축되어 현재 창고로 사용되고 있어 비교대상으로 적절한 것으로 판단된다.

References

[1] Arnott, R, Housing Policy in Development Countries: The Importance of the Informal Economy, Working Paper No. 13, Commission on Growth and Development, Washington D.C. 2008

[2] Bennett, Linn, Dilli Ram Dahal, Pav Govindasamy, Caste, Ethnic and Regional Identity in Nepal – Further Analysis of the 2006 Nepal Demographic and Health Survey, Calverton, Maryland, USA: Macro International Inc. 2008
[3] Berge, Bjørn, translated by Filip Henley, The Ecology of Building Materials, Architectural Press, 2000
[4] Harper, Doug, Alternative Methods of Stabilization for Unfired Mud Bricks, Engineer without Borders, 2011
[5] Habitat for Humanity International Nepal, Mason Training on Cost effective and environment friendly technology(Handout for training 2012a
[6] Habitat for Humanity International Nepal, Construction Manual for Cost-Effective and Environment Friendly Housing in Nepal 2012b
[7] Habitat for Humanity International Nepal, Annual Report FY 2010/11 2012c
[8] HATC Limited., Housing Space Standards, Greater London Authority, 2006
[9] Hwang, HZ, Soil Architecture, CIR Publishing, Seoul, 2008
[10] Hwang, HZ, TH Roh and NY Kang, Increasing the strength with earth and soil through optimum micro-filler effect and lime composite addition, J. of the Korea Institute of KIEAE, 2011;.11(4) 95-101
[11] Indian Institute of Dalit Studies, Caste-based Discrimination in South Asia: A Study on Nepal 2008
[12] International Centre for Materials Technology Promotion, UN Industrial Development Organization, Environment Friendly Building Material Technologies for Low Cost Housing 2005
[13] Jin, SK and SY Jung(2010), Production of hardened soil brick using liquid type or power type stabilizing agent, KGES-KGS, Geo-environmental and slope stability conference Gyeonggi, Korea 2010;195-203
[14] Johnston, R. K., Australian Involvement in Constructing Affordable Housing in Developing Countries, Deakin University 2001
[15] Kennedy, J. F. et. al., The Art of Natural Building: Design, Construction, Resources, New Society Publisher; Gaboriola Island, BC, Canada 2002
[16] Korean Intellectual Property Office, Development of appropriate technologies for housing improvement of Kailali, Nepal, 2010
[17] Ministry of Health and Population, Government of Nepal, Nepal Demographic And Health Survey 2006 2007
[18] Nicolas Jequier(1981), Appropriate Technology Needs Political "Push", World Health Forum, 1981; 2(4) 541-550
[19] Shelter Initiative for Climate Change Mitigation, Low-Cost Sustainable Housing, Materials + Building Technology in Developing Countries, UN-HABITAT 2008
[20] UN-Habitat, Country Programme Document 2008 – 2009, Nepal 2008
[21] UN-Habitat, Nepal Urban Housing Sector Profile 2010
[22] United Nations Human Settlements Programme, THE State of the world's cities report 2006/2007, UN-Habitat 2010
[23] United Nations Human Settlements Programme and United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Housing the Poor in Asian Cities, UNESCAP, 2008

homepages
[24] Korean Intellectual Property Office www.kipo.go.kr
[25] Habitat for Humanity, Nepal http://habitatnepal.org/

투고(접수)일자: 2013년 3월 20일
수정일자: (1차) 2013년 6월 11일
수정일자: (2차) 2013년 8월 14일
게재확정일자: 2013년 8월 18일