

태국 매해 지역에서의 지속가능한 건축재료 활용연구

- 흙다짐 공법을 중심으로 -

Usage of Indigenous Material for Sustainable Construction at Mae-Hae, Thailand

- Focused on Rammed Earth Method -

김 두 순*

Kim, Doo-Soon

정 상 모**

Jeong, Sang-Mo

Abstract

Limited resources for construction material in the Mae-Hae region, a remote Northern Thailand, acted as an impetus to introduce a new way for constructing their dwellings. The new construction material brought new construction methodology, namely, using earth and bamboo which are indigenous materials, readily available for them to use. Using indigenous material at Mae-Hae region was most ecological and logical method for establishing sustainable dwellings both in terms of monetary and ecological reasons. Prior to the construction at Mae-Hae, Thailand, series of experimental tests on the strength of rammed earth were performed off site at our university and also brought soil samples from the actual job site at Mae-Hae for detailed soil analysis. Through the tests, integrity of the earth and characteristics of the soil were established to build a small senior citizen center as an example. This appropriate technology is expected to contribute to the sustainable construction at Mae-Hae.

키워드 : 흙 자재, 건축 자재, 환경친화적, 다짐공법, 태국

Keywords : Earthen Material, Building Materials, Eco-friendly, Rammed Earth, Thailand

1. 서론

태국 치앙마이(Chiang Mai) 북부의 해발 1600m 고산 지대에 위치한 매해(Mae Hae)는 미얀마에서 이주해 온 카렌족과 라오스에서 이주해온 몽족을 포함한 여러 소수민족이 거주하고 있다. 지역민의 90%를 차지하는 저소득층은 기본적인 생활조건조차 충족하지 못하는 불량한 주거환경에서 살고 있으며, 겨울철 북방계의 영향으로 일교차가 커서 밤에 주민들이 동사하는 사고가 매년 잇따르고 있다. 그들의 주요 건축 재료인 목재는 가격이 비싸서 쉽게 구할 수 없으며, 또한 국가에서 환경보호를 목적으로 벌목을 금지하는 법령을 제정하여 이를 강경히 단속하고 있다.

위와 같은 매해 지역 주거 문제를 연구주제로 선정하여 사전 현지 조사를 시행한 결과 흙과 대나무가 지역에서 저렴하고 쉽게 구할 수 있는 지속가능한 생태적 재료라고 판단하였다.

본 연구과제의 일차적인 주목적은 매해 지역의 나무집

건축에 따른 삼림훼손 및 생태환경 문제를 해결하기 위한 대안으로 흙다짐공법을 활용하는 것이다. 아울러서 '매해 대상지역의 삶의 질 향상'을 향한 첫 발판으로 샘플하우스 작업을 통하여 흙 건축 기술에 대한 가능성을 현지인들에게 제시하는 것이다. 본 과제의 장기적 목표는 단순한 물리적 주거환경 개선에 한정된 것이 아니라 현지인 스스로 지속 가능한 주거환경 개선을 이루어 나갈 수 있도록 하고, 체계적인 교육을 통해 주민들의 이성/가치관/생활방식/의식 수준을 긍정적인 방향으로 전환시켜 삶의 질을 높이는데 있다.

흙을 재료로 하는 건축방법은 다양하게 발전되어 왔다. 그 중에서도 다짐에 의한 방식은 벽체에 의한 조적방식과 더불어 구조체로도 활용 가능한 방법으로 널리 이용되어 오고 있다. 하지만 경험에 의한 시공이 현재까지 이어져 오고 있으며 별도의 안정성평가나 재료에 대한 사전연구가 미비한 상태이다. 외국의 경우는 흙 건축에 관한 규정집들이 정비되어 있기도 하나 국내에는 아직 마련되어 있지 않으며 그 자료도 미비한 실정이다.

본 연구에서는 태국 매해의 흙 다짐공법을 이용한 경로당 시공을 위하여 포항과 강원도에서 채취한 흙을 가지고 입도분포의 변화에 따른 흙의 기본적인 강도특성을 연구하

* 주저자, 한동대학교 공간환경시스템공학부 교수, 건축사 (albertkim54@hotmail.com)

** 교신저자, 한동대학교 공간환경시스템공학부 교수, 공학박사 (jeongsm@handong.edu)

였으며, 첨가제를 통한 강도증진 연구도 병행하였다. 강도 실험 후 실제 구조물에 대한 시공 사례로서 한동대학교 내에 쉼터를 설계하여 흙 다짐벽 공법에 의해 시공하였다. 이와 같은 흙 다짐벽 기술에 대한 연구/실험/국내시공을 통해 매해현장에 흙 건축을 적용하기 위한 기술적 토대를 마련하였다. 또한 매해 지역에 있는 흙의 성능을 알기 위해 그 지역에서 채취해온 흙의 입도를 분석하였다. 이러한 재료/구조적인 연구 성과를 적용하여 매해 지역 흙의 배합 및 다짐공법을 연구 개발하였으며, 학생들과 함께 태국 매해에서 지역재료인 흙과 대나무를 활용하여 마을 경로당을 시공하였다. 이번 연구는 태국 매해 지역만이 아니라 향후 강도증진 방향의 모색과 더불어 흙 건축 규정에 관한 기초적인 자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 다짐벽 등 흙 건축에 대한 이론적 고찰)

전 세계적으로 아직도 많은 지역에서 흙을 이용한 다양한 축조 법을 사용하고 있으며, 삶의 방식의 변화에 따라 그 기술들도 다양하게 연구 발전시켜 나가고 있다. 그중에서도 흙다짐 공법은 가장 많이 쓰이는 방법 중의 하나이다.

흙다짐 공법은 일정한 단위의 거푸집을 만들고 그 속에 흙을 채워 다져서 벽체를 만드는 일체식 방법으로 세계 곳곳에서 사용되어온 공법이다. 특히 아프리카 북부 지역과 라틴아메리카 안데스 산맥 주변 지역, 중국 간수 지역과 내몽골 지역 등에서는 이 공법으로 지어진 거대한 규모의 주택들이나 마을을 볼 수 있다.

흙다짐 공법은 벽체가 3-4층 정도까지는 내력벽 역할을 할 수가 있어 오늘날 현대적인 흙 건축에서 가장 주목을 받는 축조 법 가운데 하나이다. 또한 벽체 두께가 40cm 정도 이면 단열/방습/흡음 등을 위한 별도의 마감재가 필요 없이 벽체자체가 마감이 될 수 있으며, 표면강도 또한 다른 공법에 비해 좋다. 그리고 미적으로 한 켠 한 켠 다져진 모습으로 흙의 순수한 재료적 특성을 잘 드러내어 현대적인 건축에 많이 활용이 되고 있다.

표 1. 각 나라별 흙 건축 강도 규정

규 정	압축강도	
Bullitin 5 (Middleton, 1992)	설계 강도	0.7 MPa
Standards Australia, 2002		0.4-0.6 MPa
NZS 4298:1998, 1998		0.5 MPa
New Mexico	기준강도	1.38-2.07 MPa

흙 건축에 대한 규정으로는 과거 50여년에 걸쳐서 오스트레일리아, 독일, 뉴질랜드, 스페인, 미국, 그리고 짐바브웨 등에서 국제적인 문서와 규정을 발간하였다. <표 1>과 같이 여러 나라들의 자연 상태의 흙의 강도에 대한 설계 기준이 설정되어 있으며, 흙다짐에 관한 세부규정으로 New Mexico Adobe and rammed earth building code에서 200-300psi

(1378-2070KPa)의 압축강도를 추천하고 있다. 다짐에 관한 흙 입자의 분포에 따른 기준은 British Standard 등에 명시되어 있다. 하지만 우리나라에는 아직 법제화된 규정은 없는 실정이다.

3. 재료 선정 및 물리적 특성 분석

3.1 매해 지역의 특성을 반영한 재료 선정

태국 매해 지역의 90%를 차지하는 저소득층은 기본적인 생활조건조차 충족하지 못하는 불량한 주거환경에서 살고 있다.

한동대학교에서는 학부생들의 봉사학습(Service Learning)을 통하여 이와 같은 개발도상국들을 돕기 위한 Global Engagement and Mobilization(GEM) 과제들을 지속적으로 수행하고 있으며, GEM 사업의 일환으로 우리는 위와 같은 매해 지역의 주거 문제를 연구주제로 선정하여 사전 현지 조사를 시행하였다. 그 결과 흙과 대나무가 그 지역에서 저렴하고 쉽게 구할 수 있는 건축 재료로서 지속가능한 생태적 재료라고 판단하였다. 이와 같이 '흙과 대나무를 이용한 건축'을 그 해결책으로 삼은 이유는 위에서 설명한 장점들 외에도 흙은 단열, 보온, 그리고 습도 조절 능력이 뛰어나며, 대나무를 이용한 다양한 기술이 이미 현지에 존재하였기 때문이다. 논문 분량의 문제로 대나무에 대한 현지에서 터득한 기술들은 본 논문에서 제외하였고 흙에 대한 연구만 논하였다.

3.2 국내 흙을 이용한 강도 실험

1) 흙의 기본적인 입도분포 변화에 따른 강도 실험

매해 지역에 흙 건축 시공을 위한 사전 실험으로 포함 지역의 흙을 사용한 흙의 기본적인 입도분포와 입도분포의 변화에 따른 강도 변화 실험을 수행하였으며, 이 실험에서는 강도의 변화와 그 거동특성에 주목하였다. 본 실험은 첨가제 없이 흙의 순수한 성질을 간직하며 자체의 실트와 점토의 변화에 따른 비교가 주목적이다.

본 실험에서 사용한 흙의 입도 분포는 <표 2>와 같으며, 포함 지역의 H골재회사에서 구할 수 있는 자연 상태 그대로의 흙을 사용하였다.

표 2. 흙분말의 입도분포(원산지 : 포함)

입자크기(mm)	누적 잔류(%)
0.075	4
0.212	24.2
0.5	44.7
1	67.3
2	85.7
4.75	94.6
9.5	100

<그림 1>과 같이 지름 100mm, 높이 125mm인 원형 몰드에 3회에 걸쳐 흙을 넣고 수동 다짐기로 각 층마다 25회

1) 정상모 외(2009) 흙다짐공법의 적용에 따른 흙의 강도특성 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회논문집, 통권 17호

씩 다짐하였다. 다짐하는 방법은 German standard DIN 18952에 따라 그림과 같이 하였다. 기준강도에 대한 규정에 따라 재령기간은 14일로 정하였고 물의 비는 9-10%를 유지하였다.

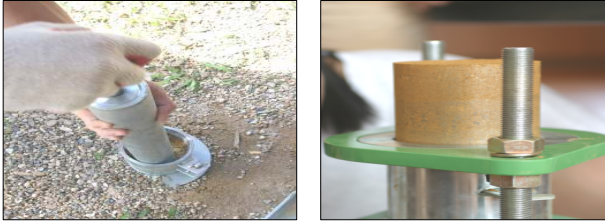


그림 1. 공시체 제작

KS L 5105에 의거하여, <그림 2>와 같이 14일의 재령기간을 거쳐 기계식 압축강도실험기기로 압축강도를 측정하였다.



그림 2. 압축강도 실험과정

흙 자체의 입도변화를 주기 위하여 <표 3>에서처럼 0.075 mm 이하의 입자를 4수준으로 나누어 각 수준별로 3개의 공시체를 만들었다. 각 수준별로 흙 입자의 분포도를 <그림 3>에 나타내었으며 BS 1377과 관련하여 그 입도분포의 관계를 나타내었다. silty-clay가 5%인 경우부터 비율을 10%, 15%, 20%로 순차적으로 늘려가며 그 변화의 양상을 파악하고자 하였다.

표 3. 실험의 인자와 수준 및 결과

실험인자	실험수준	시험체명	압축강도 (MPa)	평균 (MPa)
silty-clay (0.075mm 이하)	5%	SC05_01	1.14	1.200
		SC05_02	1.23	
		SC05_03	1.23	
	10%	SC10_01	1.20	1.253
		SC10_02	1.33	
		SC10_03	1.23	
	15%	SC15_01	1.06	1.070
		SC15_02	1.08	
		SC15_03	1.07	
	20%	SC20_01	1.06	1.067
		SC20_02	1.07	
		SC20_03	1.07	

각 수준별 강도의 평균치를 <표 3>에 나타내었다. silty-clay의 비율이 10%가 되었을 때 1.253MPa로 가장 높

은 강도를 나타내었다. 하지만 New Mexico Adobe and rammed earth building code에서 제안한 기준강도에 미치지 못하였으며, 첨가제의 결합 없이 구조체로 쓰이기에는 부족한 강도를 나타내었다. 한편 점토 성분이 많을수록 강한 결합력을 나타내지만 실트성분이 함께 늘어남으로 강도의 증가는 없는 것으로 평가되었다. 하지만 각 수준별 거동 특성을 비교한 결과 silty-clay 성분이 증가함에 따라 연성 (Ductility)이 증가함을 보였다. 이는 silty-clay 성분이 높은 경우 첨가제를 이용해 강도를 높인다면 건축 재료로서 더욱 적합할 것이라 여겨진다.

2) 첨가제 추가를 통한 강도 보완 실험

위에서 부족했던 강도를 보완하기 위하여 첨가제의 비율을 달리하여 그 적절한 비율을 도출하였다. 본 실험에서 사용한 흙의 입도 분포는 <표 4>와 같으며, 흙의 기본적인 입도분포 변화에 따른 강도 실험에서 사용한 것보다 입도비가 양호한 강원도에서 채취한 흙을 사용하였다. 석회를 첨가제로 선택하여 0-8%의 비율에 따라 실험하였으며, 실험방법은 흙의 기본적인 입도분포 변화에 따른 강도 실험과 동일하게 수행하였다.

표 4. 흙분말의 입도분포(원산지:강원도)

입자크기(mm)	누적 잔류(%)
0.075	15
0.212	38
0.5	51
1	66
2	89
4.75	96.5
9.5	100

<표 5>와 같이 석회의 양을 0, 2, 5, 8%의 네 수준으로 나누어 각각의 강도변화를 확인하였다. 5%가 넘으면서 흙 고유의 색을 잃어가는 경향이 나타났다. 또한 결합력을 높이기 위해 톱밥을 사용하여 비교해 보았다.

표 5. 실험의 인자와 수준 및 결과

실험인자	실험수준	시험체명	압축강도(MPa)
석회	0%	LS_1	0.675
	2%	LS_2	1.324
	5%	LS_3	1.554
	8%	LS_4	1.661
석회+톱밥	0%+톱밥	LS_5	0.63
	2%+톱밥	LS_6	1.197
	5%+톱밥	LS_7	1.725
	8%+톱밥	LS_8	1.627

각 수준별 강도를 <표 5>에 나타내었다. New-Mexico에서 제안한 기준강도의 최소기준을 석회첨가 5%와 8%일 때 만족하였다. 8%일 때 가장 큰 1.66MPa가 나왔고 5%일 때 1.55MPa로 최소기준강도를 만족하였다. 8%인 경우는

흙의 고유색이 보존되지 않는 것이 확인되었고, 이로 인해 강도 기준은 충족한 5% 석회 첨가비율을 실제 한동대 내의 쉼터 및 태국 매해의 경로당 흙 건축에 사용하는 석회 첨가제 비율로 정하였다. 톱밥을 첨가한 경우에는 강도증진에는 큰 효과가 없었으나 결합력과 자체의 무게를 어느 정도 줄일 수 있었다.

3.3 매해 지역 흙에 대한 적합성 분석

매해 지역 흙에 대한 분석은 현지에서 채취해온 소량의 흙을 분석한 실험이다. 이 실험의 의도는 현지 흙의 성질을 시공하기 전에 검토하여 현지에 있는 재료의 안정성과 적합함을 검토하는 것이었다. 이 실험에서는 국내산 흙을 이용한 사전 실험에서 사용하지 않았던 침전법을 사용하여 더 작은 입자의 silt와 clay의 분리를 보다 세심하게 검토하였다. 거름체법과 침전법에서 얻은 자료를 가지고 수행한 입도 분석 결과 매해의 입도비가 이상입도비와 거의 흡사한 것으로 나타나 매해 흙의 성분이 흙 다짐벽으로 쓰기 적합한 것으로 확인되었다.

<그림 3>은 입도분석 결과를 그래프로 옮긴 것이며, 그래프에서 점선은 입도분석의 결과를 나타내는 것이다. <그림 3>과 같이 매해의 점토양이 약 21.9%로 확인되었으며, 이상적인 20% 점토 양에 비해 조금 높으나 좋은 흙의 성분으로 충분히 받아 드릴 수 있는 수준이다.

이와 같은 실험 결과 매해 지역의 흙은 다짐공법에 적합한 흙으로 확인되었으며, 국내 흙을 이용한 강도 보완 실험에서 확인된 최적 첨가비율인 5% 석회첨가 다짐공법을 이용하여 한동대 교내 쉼터 및 태국 매해 경로당 흙 건축 시공을 수행하였다.

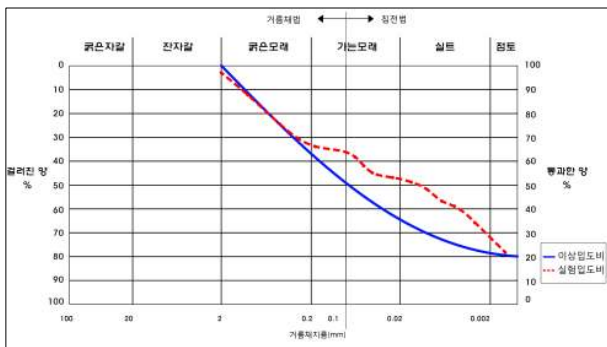


그림 3. 매해 지역 흙의 입도분석 결과

4. 실제 건축물 적용을 통한 검증(한동대 교내 쉼터)

흙의 입도분포에 대한 기초적인 자료와 그에 따른 강도 및 거동특성을 파악하였고, 실제로 조성되는 한동대 내의 쉼터 및 태국 매해의 경로당에 적용하기 위하여 강도를 보완하는 적절한 첨가제 비율을 도출하였다.

태국 매해 지역에 실제로 흙 다짐공법에 의한 경로당을 시공하기에 앞서 위와 같은 연구결과를 한동대학교 교내 쉼터 시공에 적용하는 검증 과정을 수행하였다. 이 과정을 통하여 현지에서 발생할 수 있는 문제를 사전에 발견하여

차단하고, 현지인 스스로 지속가능한 주거환경 개선을 이루어 나갈 수 있도록 하는 현지인 대상 흙 건축 교육과정 준비에 그 목적이 있다.

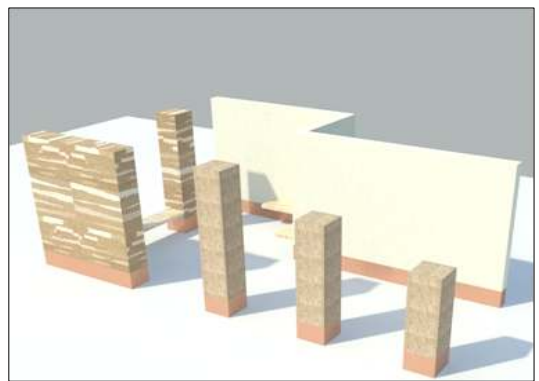
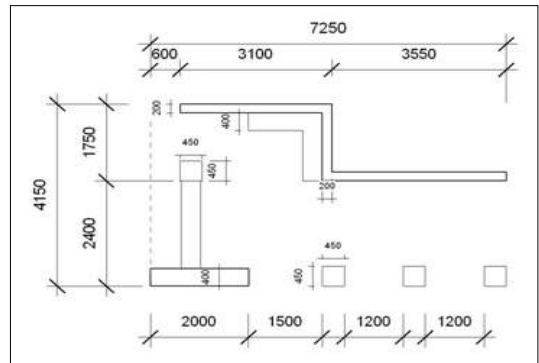


그림 4. 쉼터의 평면도/조감도 및 조성 전경

실제 적용사례로서 한동대학교 내 쉼터를 설계하여 흙 다짐벽 공법에 의해 구조물을 시공하였다. 흙벽을 제작함에 있어 사전의 강도실험 결과를 활용하였으며, 구조해석을 통하여 그 가능성을 입증하였다. <그림 4>와 같이 흙 다짐공법에 의한 쉼터를 설계/모델링하고 마이다스프로그램을 통하여 실제 조성 시 가능한 벽두께를 구조해석으로 산정하였다. 하중 산정에 있어서는 포항 지역의 기본풍속인 45m/s와 설계풍속 48m/s를 고려하여 설계속도압 146kgf/m²로 설정하였고, 지진하중은 마이다스가 제공하는 응답스펙트럼 해석을 적용하였다. 그 결과 벽두께가 35cm 이상인 경우 흙다짐공법 적용이 가능하다고 분석되었으며, 실제 적용은 40cm로 하였다. 이 경우 인장응력은 발생하지 않았으며, 상단부의 최대 변위는 3.6mm로 미소하여 안전할 것으로 평가되었다.

40cm 벽두께는 매해 지역 경로당 시공에도 적용되었다.

5. 지속가능한 흙 건축 경로당 시공(태국 매해 지역)

흙 다짐벽 기술에 대한 연구/실험/국내시공을 통해 매해 현지에 흙 건축을 적용하기 위한 기술적 토대를 마련하였으며, 연구 결과를 토대로 학생들과 함께 태국 매해 지역에서 흙과 대나무를 활용하여 마을 경로당을 시공하였다.

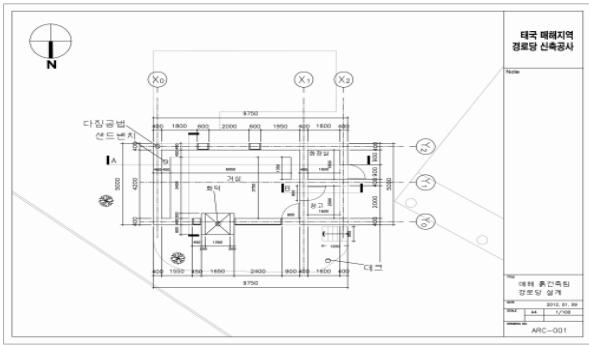


그림 5. 평면도

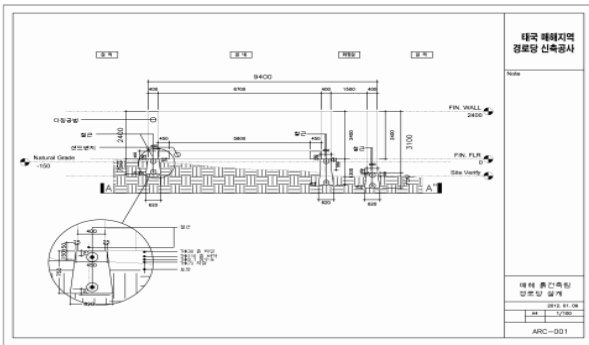


그림 6. 단면도

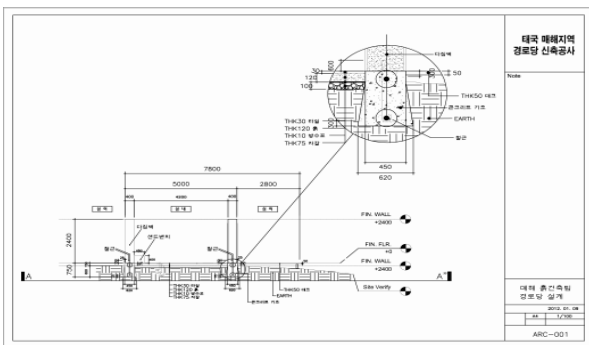


그림 7. 단면도

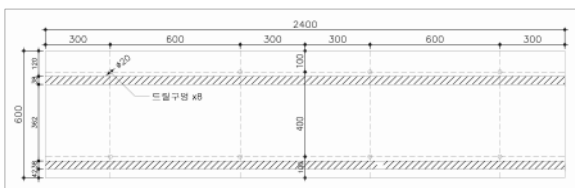


그림 8. 거푸집 계획

매해 지역의 실제 흙 건축 시공을 위하여 우선적으로 현 지답사를 통해 경로당이 들어갈 장소에 대한 위치, 사람들의 생활방식, 건축에 사용할 흙, 그리고 거푸집과 다른 시공에 필요한 재료들을 현지에서 사전에 조사/준비하였으며, 그 자료를 바탕으로 학생들과 같이 설계와 실시도면을 만들고 현지에서 시공할 절차를 계획하였다<그림 5, 6, 7, 8>.

현지에 시공한 경로당 다짐벽의 흙 배합은 10버킷 흙에 모래 1버킷, 시멘트 2/3버킷 그리고 물 1/2버킷을 이용하였다. 흙은 정상적으로 1m 아래 심토를 사용하여야 하지만, 사정상 표토를 일부 사용하였다. 이것을 감안하여 흙 10버킷에 물 1/2버킷을 섞었다. 콘크리트 기초위에 다짐공법으로 벽을 만들었으며, 시공된 다짐벽의 수분이 빨리 증발하는 것을 막아 흙이 충분히 양생되도록 비닐을 덮고 일주일 간 건조기간을 가졌다<그림 10>. 거푸집은 길이 2.4m 높이 0.6m로 만들어 길이 2.3m씩 벽을 만들었다<그림 8, 9>.



그림 9. 거푸집 사용



그림 10. 만들어진 흙벽 건조모습



그림 11. 옆에서 본 경로당



그림 12. 흙벽과 대나무 지붕 시공

흙벽과 대나무 지붕으로 만들어진 경로당은 본 연구 수행 결과가 적용된 흙다짐 공법으로 벽을 만들었고, 지붕은 현지기술 조사를 통하여 대나무 구조 공법을 적용시켰다 <그림 11, 12>.

6. 결론

흙의 강도 실험을 통하여 입도분포에 대한 기초적인 자료와 그에 따른 강도 및 거동특성을 파악하였고, 실제로 조성되는 한동대 내의 쉼터 및 태국 매해 현지의 경로당 시공에 적용하기 위하여 강도를 보완하는 적정한 첨가제의 비율을 도출하였다. 또한 구조해석을 통하여 흙다짐 벽의 적정두께를 35cm 이상으로 산정하였으며, 태국 매해 지역 경로당 시공에는 40cm 벽두께를 적용하였다. 매해 현장에 있는 흙을 채취해 흙의 성분과 흙 건축의 적합성을 검토하였으며, 국내 흙을 이용한 흙 강도 실험의 결과를 매해 지역 경로당 시공에 응용하였다. 각각의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 흙의 기본적인 입도분포 변화에 따른 강도 실험에서 silty-clay의 비율이 10%가 되었을 때 1.253MPa로 가장 높은 강도를 나타내었다. 하지만 첨가제의 결합 없이 구조체로 쓰이기에는 부족한 강도를 나타내었다. 점토 성분이 많을수록 강한 결합력을 나타내었지만 실트성분이 함께 늘어남으로 강도의 증가는 없는 것으로 나타났다. 하지만 각 수준별 거동 특성을 비교한 결과 silty-clay 성분이 증가함에 따라 연성이 증가함을 보였다.

2. 첨가제 추가를 통한 강도 보완 실험에서는 New-Mexico에서 제안한 기준강도의 최소기준을 석회첨가 5%와 8%일 때 만족하였다. 8%일 때 가장 큰 1.66MPa가 나왔고 5%일 때 1.55MPa로 최소기준강도를 만족하였다. 5%일 때가 강도기준과 흙의 고유의 색깔을 유지했으므로 실제 한동대 내의 쉼터 및 태국 매해 현지의 경로당 시공에는 5% 비율을 적용하였다.

3. 이상의 결과는 제한된 실험여건에서 수행된 것이므로 일반화된 공식을 도출하기에는 아직 미흡하다. 따라서 흙의 채취 지역에 따라 실험을 수행하는 것이 바람직하다.

4. 컴퓨터 구조해석을 통하여 실제 쉼터를 모델링하였고 적정 흙다짐 벽의 두께를 35cm 이상으로 산정하였다. 실제

시공에서는 40cm를 적용하였다.

5. 매해 지역 흙에 대한 적합성 분석에서는 현지에서 채취해온 흙을 분석하여 이상입도비의 비율과 많은 차이가 없음을 확인하였고, 현지 재료에 대한 적합성이 검증되었다.

6. 연구 결과를 토대로 학생들과 함께 태국 매해 지역에서 흙과 대나무를 활용하여 마을 경로당을 시공하였다.

매해 지역에 주거지 환경문제를 해결하기 위해 본 연구에서 제시한 흙과 대나무를 이용한 생태적 건축 공법은 주변에서 쉽게 구할 수 있는 건축 재료를 이용한 건축 공법이었다. 사전 조사를 통하여 흙과 대나무가 주변에 쉽게 재정적 부담 없이 얻을 수 있는 재료임을 확인하였으며, 이 재료들은 경제적/환경적으로 볼 때 지속가능한 생태적 건축을 가능하게 한다. 본 연구 결과가 앞으로 흙 건축 규정을 만들어 가는데 도움이 되길 바라는 바이다.

참고문헌

1. 정상모, 김현준, 김호준, 미에코 꼬맛(2009), 흙다짐공법의 적용에 따른 흙의 강도특성 연구, 한국생태건축학회 추계학술발표대회논문집
2. 김순철, 양일승, 양해동(2007), 황토의 역학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국생태환경건축학회논문집 v.17, n.3, pp.89-96.
3. 송정석, 윤영일, 이효원(2008), 생태마을 초기계획과 마을 현황에 대한 비교 연구, 한국생태환경건축학회논문집 v.8, n.1, pp.3-10.
4. 황혜주, 김태훈, 양준혁(2009), 흙다짐 적용을 위한 흙의 선정 및 입도조건에 관한연구, 한국생태환경건축학회논문집 v.9, n.2, pp.65-71.
5. 신근식(2010), 적정 건축 기술을 이용한 네팔주거환경개선 조사연구 보고서: 끼이날리 지역 주거환경 개선 방안, Korean Intellectual Property office
6. 길정천, 최순목(2006), 건축 재료의 이해, 야정문화사
7. 대한건축학회(2005), 건축구조설계기준 2005
8. Hall, M. and Djerbib, Y.(2004), Rammed earth sample production: context, recommendations and consistency, Construction and Building Materials, v.18, n.4, pp.281-286.
9. Lynne, Elizabeth and Adams C.(2005), Alternative Construction. New York, Wiley
10. Minke, G.(2000), Earth Construction Handbook, WIT press
11. Minke, G.(2006), Building with Earth. Germany: Birkhauser Printing Company
12. Maniatidis, V. and Walker, P.(2003), A review of rammed earth construction

투고(접수)일자: 2013년 3월 5일
 수정일자: (1차) 2013년 4월 7일
 (2차) 2013년 4월 19일
 게재확정일자: 2013년 4월 22일