

# 황토콘크리트의 현장적용에 따른 시공 및 품질 특성에 관한 연구

## A Study on Construction and Quality in accordance with the Field Application of Hwangto Concrete

황 혜 주\*                      문 제 춘\*\*                      강 남 이\*\*\*  
Hwang, Hey Zoo              Moon, Je Chun                  Kang, Nam Yi

### Abstract

In this thesis presents the application to the field of Hwangto-used concrete highlighted as an eco-friendly material and performs an experiment in the aspect of construction and quality on the construction for all parts of buildings, rather than for some parts of buildings as shown from existing application and got the conclusion as followings.

1) It was turned out that Hwangto concrete showed lower hydrated heat and arid contraction comparing to those of cement concrete. And this phenomenon is judged to appear high when applied to mass building and huge span structures.

2) The construction of Hwangto concrete is judged to be possible in applying to constructions since the mechanical construction seems to be possible by using pump car and ready-mixed concrete which are used at the practical sites at the moment.

3) The pockmarks appearing on the exposure surface were about 2% of total area. This has great cohesion by Hwangto concrete but is judged that it will be improved through enough vibration stamping.

Through the experiments of quality and construction of Hwangto concrete as environment-friendly construction materials, it is possible to judge modernized application of Hwangto concrete. It is in need of more studies about economical efficiency, structural stability, design application, etc. afterwards.

키워드 : 황토콘크리트, 기계화시공, 수화열, 건조수축

Keywords : Hwangto concrete, Mechanicalization construction, heat of hydration, Drying-shrinkage

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

흙은 아주 오래전부터 우리의 건축 활동에서 일반적으로 사용되어온 친환경 건축 재료이다. 하지만 강도와 내구성이 약하여 과거 건축물에서 흙 이용은 저층인 주거부분에 국한되어 사용되었다. 그러나 최근에 들어와서 흙의 친환경적인 장점을 살리고 강도와 내구성을 보완하여 현대적인 건축재료로서 이용하려는 노력이 이루어지고 있으며 일부 현장에 적용되기도 하였다. 그 대표적인 사례로, 서울의 H호텔에서는 기존의 콘크리트 벽과 목조벽에 흙다짐벽을 쌓아 올려 마감한 흙다짐합벽구조를 선보였다. 이는 흙에 무기질 재료를 첨가함으로써 결합력을 강화하여 시공한 것으로 마감재료로써 사용한 예이다.

또한 마감재료뿐만 아니라 구조재료에 적용하기 위한 연구가 계속적으로 진행되어지고 있다. 황토는 흙의 한 종류로써 분말화된 황토와 석회 등의 무기질 물질을 첨가하여 황토의 포졸란 반응을 유도하여 강한 반응성을 일으키는 황토결합재의 개발이 대표적인 예이다. 이는 기존의 결합재인 시멘트처럼 소성하지 않았으며, 화학제품 및 수지를 첨가하지 않은 재료로써 압축강도는 기존의 시멘트를 대체할 수 있을 정도로 강한 결합력을 나타낸다.

현재 이러한 황토결합재를 사용한 건축물에 적용한 사례는 극히 일부이며, 목포 S어린이집과 김제 J중학교가 대표적인 사례이다. 하지만 이러한 경우 구조재료로서의 역할은 아주 작으며 건물전체에 적용한 사례는 아직 없다.

이에 본 연구에서는 현재 연구되고 있는 황토결합재를 사용한 황토콘크리트를 이용하여 실제 구조체에 적용하여 그 가능성을 실험한다. 또한 이때 재료의 시공(기계화시공 및 공기) 및 품질(표면, 수화열, 건조수축)에 대한 분석을 실시하고자 하며 향후 황토콘크리트의 구조체 적용에 대한 연구의 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

\* 주저자, 목포대학교 건축학과 부교수  
\*\* (주)남호건설 대표이사, 공학박사  
\*\*\* 교신저자, 목포대학교 건축학과 박사과정  
(21ckny@hanmail.net)

본 논문은 2008학년도 목포대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 1.2 연구의 방법 및 범위

황토콘크리트의 구조체 적용을 위한 현장적용 가능성을 검토하기 위해서 본 연구에서는 전라남도 영암군 소재의 관광안내소 건물의 신축에 황토콘크리트를 적용해 보고자 한다. 건축물의 실제 적용에 앞서 수화열과 건조수축에 대한 예비실험을 실시하였다. 재령 초기 콘크리트의 팽창과 건조수축 같은 콘크리트의 체적변화는 때때로 콘크리트 구조물에 인장응력을 야기시켜 구조물에 미세한 균열을 일으키며 이는 구조물의 역학적 성질에 영향을 미치기 때문이다.

신축 예정인 관광안내소는 다양한 흙건축 공법<sup>1)</sup>이 적용되어 시공되었으며, 구조벽은 흙타설 공법, 정면과 측면 일부에 흙다짐 공법, 내벽은 흙벽돌 공법과 흙미장 공법을 적용하였으며 본 연구에서는 대상 범위를 흙타설 공법부분만을 연구 범위로 한정 하였다. 황토콘크리트는 일반 시멘트 레미콘 공장의 플랜트를 이용할 수 없기 때문에 공장에서 재료를 건믹싱하여 톤백에 포장한 후 현장으로 이동하여 현장에서 레미콘 및 경동형 믹서기를 사용하여 믹싱 하였다. 이러한 기계를 사용한 황토콘크리트의 적용에 있어서 기계화 시공의 가능성 여부를 확인하고 공사일정 측면에서 기존의 시멘트 콘크리트와의 공사기간이 어느 정도 차이를 보이는 지를 검토하고자 한다. 또한 거푸집 탈형 후 나타난 노출표면의 경우 구조적으로 문제되지는 않으나 미관상 중요한 영향을 미치는 부분이므로 표면 특성에 대한 연구를 실시하였다.

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 황토콘크리트

결합재로써 기존의 시멘트 대신 황토결합재를 사용하여 물, 잔골재, 굵은골재, 혼화재료와 혼합하여 만든 콘크리트를 말한다. 황토콘크리트는 생산시 자연상태의 흙을 사용하므로 COx, NOx 등 환경 오염 물질의 발생이 적으며 재료의 생산시 에너지 소비가 거의 없으므로 에너지 저감형 건축 재료라고 할 수 있다. 기존의 시멘트 결합재에 비해 강도는 다소 낮지만 소요의 워커빌리티를 확보한 황토콘크리트의 재령 28일 강도의 경우 21MPa 이상의 강도를 나타내며, 유동성을 고려하지 않을 경우 최고 강도는 34MPa를 나타내 향후 구조 재료로서의 높은 가능성을 나타내고 있다. 또한 황토콘크리트의 성능 개선을 위한 강도 및 내구성능 개선을 위한 연구가 계속적으로 진행 중이다.

### 2.2 황토콘크리트 적용 사례

#### 1) 김제 J중학교 기숙사

전라북도 김제시에 위치한 J중학교 기숙사는 흙건축의 다양한 공법에 의해 시공되었다. 건물의 외벽은 흙벽돌 조적으로 외부 치장벽돌을 시공하였으며, 내부의 각 방에는 흙미장으로 마감을 하였고, 흙미장 위에 흙뽕칠을 실시하였다. 중앙의 홀의 일부에는 바닥에서 천정에 이르는 흙

다짐 벽을 시공하여 이미지월로써 활용하였다. 또한 진입로의 기둥에는 흙타설공법인 황토콘크리트를 타설하였고 진입로는 바닥을 흙블럭으로 포장하였다. 그림 1은 J중학교 기숙사이다.



그림 1. 김제 J 중학교 기숙사

#### 2) 목포 S어린이집 이미지월

최근 생태 건축에 대한 관심이 고조되면서 학부모들에 의해 시도된 목포 어린이집 건축의 주요 공법은 흙벽돌 조적조이며 황토벽돌을 내부, 외부 마감에 그대로 노출하였으며, 내부 바닥 또한 황토결합재를 이용하여 마감한 다음 장판을 깔았다. 황토결합재를 사용한 콘크리트는 전면부의 피아노 건반 모양을 본뜬 이미지월 부분에 시공하였으며, 다음 그림 2와 같다.



그림 2. 목포 어린이집의 가벽 모습

위와 같이 현재 황토콘크리트는 건물의 일부분에만 시공한 사례가 있으며, 건물의 전체적인 구조재로서 사용한 사례는 아직 없다.

## 3. 예비 실험

### 3.1 황토콘크리트의 수화열 및 건조수축 측정

#### 1) 실험 개요

시공에 앞서 황토콘크리트의 기초적인 강도에 대한 실험<sup>2)</sup>을 이루어 졌으나 기둥이나 슬라브 등의 대형 면적에

2) 황혜주외, 황토콘크리트의 배합조건에 따른 강도성상 및 내구성, 한국생태환경건축학회 논문집, v.8 n.5, 2008.10

1) 황혜주, 흙건축, 씨아이알, 2008, p169~224

적용시 발생하는 건조수축이나 수화열에 대한 예비 실험이 필요할 것으로 판단되었다. 예비실험은 용적 27ℓ (30\*30\*30cm)의 거푸집을 50mm 스티로폼을 사용하여 단열이 가능하도록 제작하여 황토콘크리트와 시멘트콘크리트를 두가지 샘플을 비교하여 측정하였다. 수화열 측정은 콘크리트를 비빔직후 거푸집에 부어넣은 다음 열전자쌍인 열전대를 콘크리트 중앙부에 정착하여 재령 3일 이전에는 1시간 간격으로 측정하였으며 재령 3일 이후에는 24시간 간격으로 측정하였다. 건조수축의 측정은 수화열과 동시에 시험체의 중앙부에 PML-60-2L Gauge를 매립하여 측정하였으며 Datalogger TDS-302에 기록되었다.

2) 실험 배합

① 황토콘크리트 배합

실험에 적용된 황토콘크리트 배합은 표1 과 같고, 재령 28일 압축강도 23MPa, 슬럼프 20cm, 공기량 8.5%의 특성을 갖는다.

표 1. 황토콘크리트 배합

구 분	W/B (%)	S/a (%)	단위 수량	단위결합재량	잔골재	굵은골재	공기량
용적배합(ℓ)	40	45	160	143	300	367	30
중량배합(kg/m³)				400	789	925	

② 비교실험에 사용된 시멘트콘크리트 배합

비교 실험용으로 사용된 시멘트콘크리트는 D사의 시멘트를 사용하였고, 압축강도는 황토콘크리트의 강도를 고려하여 24MPa로 설계하였으며 배합표는 표 2와 같다.

표 2. 시멘트콘크리트 배합

구 분	W/B (%)	S/a (%)	단위 수량	단위결합재량	잔골재	굵은골재	공기량
용적배합(ℓ)	55	40	191	112	267	400	30
중량배합(kg/m³)				348	702	1009	

3) 수화열 측정 결과

수화열 실험 결과 그림 3과 같이 나타났으며, 시멘트콘크리트의 경우 최고온도에 도달한 시간이 약 13시간으로 나타났으며 황토콘크리트의 경우 약 16시간으로 3시간의 차이를 보였다. 그러나 시멘트콘크리트의 경우 최고온도가 47.5℃로 31.6℃를 나타낸 황토콘크리트에 비해 15.9℃의 높은 수화열을 나타냈다.

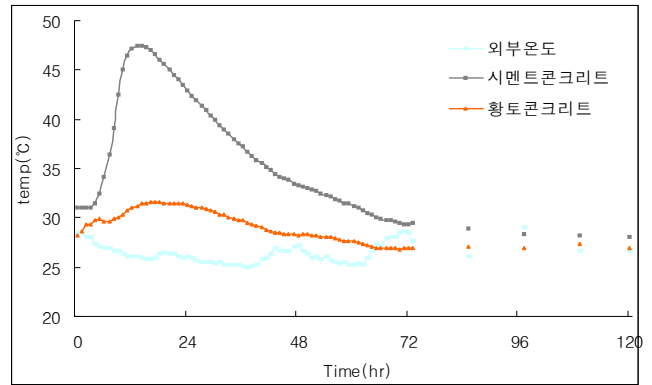


그림 3. 수화열 측정 결과

이는 매스콘크리트에 적용했을 경우 시멘트콘크리트에 비해 수화열이 낮은 황토콘크리트가 내부에서 낮은 발열을 하므로 콘크리트 내외부의 온도차가 적게 나타난다. 그러므로 황토콘크리트는 양생시 수화열에 의한 열팽창으로 인하여 발생하는 미세균열이 상대적으로 저감되는 효과를 나타낼 것으로 판단된다.

4) 건조수축 측정 결과

시멘트콘크리트와 황토콘크리트는 건조수축은 그림 4와 같이 나타났으며, 재령 초기 8시간까지는 수분의 감소에 의해 모두 비교적 큰 건조수축을 보이고 있으며 재령이 경과함에 따라 수축량은 서서히 감소하였다. 황토콘크리트의 수축량은 -400이었고 시멘트콘크리트는 -800으로 황토콘크리트는 시멘트콘크리트에 비교하여 50% 적은 수축량을 보여주고 있다. 또한 초기 8시간 후의 시멘트콘크리트의 수축량과 황토콘크리트의 수축량을 비교하면 황토콘크리트에 비해 시멘트콘크리트의 수축량이 재령이 경과함에 따라 커지는 것으로 나타났다. 건조수축의 결과를 볼 때 매스콘크리트나 건조수축에 민감한 구조물에 대하여 황토콘크리트를 적용할 경우 시멘트콘크리트 대체 사용재료로서 효과적인 것으로 사료된다.

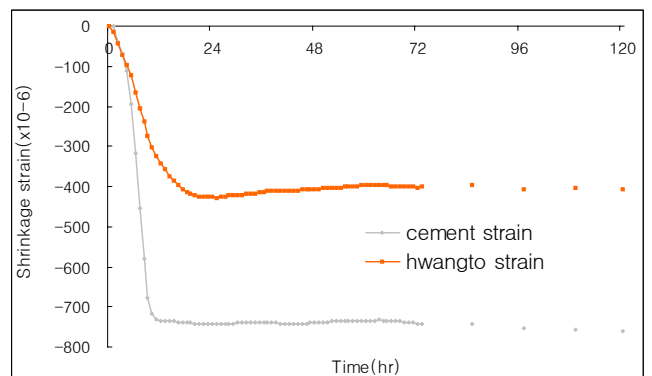


그림 4. 건조수축 측정 결과

4. 시공 개요 및 시공 방법

4.1 현장적용 건축물 개요

적용하고자 하는 건축물은 전라남도 영암군의 관광안내소로서, 건축물의 개요는 표 3과 같다.

표 3. 건축물 개요

구 분	내용
대지위치	전남 영암군 삼호읍 나불리
구 조	철근콘크리트조
주요재료	황토콘크리트, 고강도 흙벽돌
건축물외벽	노출황토콘크리트
건축물면적	48.1㎡
높 이	3.6m
층 수	지상1층
용 도	관광안내소
공사기간	2007. 08~ 2007. 10

도면은 다음 그림 5~6와 같다.



그림 5. 평면도

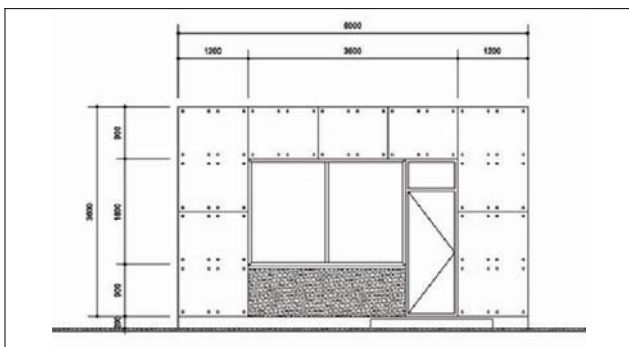


그림 6. 정면도

4.2 시공재료 및 배합

1) 황토결합재

본 시공에서 사용한 황토콘크리트는 국내의 흙자재 전문생산업체인 C사의 황토결합재를 사용하였다. 황토결합재의 물리적 특성과 화학적 특성은 표 4와 표5과 같다.

표 4. 황토결합재의 물리적 특성

비 중	분말도 (cm <sup>3</sup> /g)	강열감량 (Wt%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
2.8	3,800	1.02	209	369	20	25.2	30.4

표 5. 황토결합재의 화학적 특성

구분 성분(%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
	37.93	14.9	1.29	37.78	3.01

2) 황토콘크리트 배합

시공에 적용된 황토콘크리트 배합은 표4와 같고, 재령 28일 압축강도 23MPa, 슬럼프 20cm, 공기량 8.5%의 특성을 갖는다. 시공에 사용된 재료는 황토결합재, 잔골재, 굵은 골재를 대형 팬믹서를 이용하여 건믹싱한 다음 톤백에 단위 포장하였다.

표 6. 황토콘크리트 배합

구 분	W/B (%)	S/a (%)	단위 수량	단위 결합재량	잔 골재	굵은 골재	공기량
용적배합(ℓ)	40	45	160	143	300	367	30
중량배합(kg/m <sup>3</sup> )				400	789	925	

4.3 평가 방법

1) 시공(공기 및 기계화시공)

건믹싱된 재료를 전라남도 영암군 관광안내소의 현장으로 운반하여 현장 내에서 믹싱 하여 직접 시공하였으며, 적합한 공법으로는 흙타설 공법을 사용하였다. 타설 기계로는 기초부위 시공은 그림 7과 같이 트럭에지데이터를 이용해 건믹싱된 재료를 레미콘에 투합하여 믹싱한 후 타설하였고, 기둥·벽·슬래브 부위는 크레인과 컨베이어벨트를 이용하여 경동형믹서로 재료를 투입한 다음 경동형믹서를 이용해 재료 믹싱 후 펌프카를 이용하여 타설하였으며 그림 8과 같다.



그림 7. 기초부위 황토콘크리트 타설 방법





그림 8. 기둥·벽·슬래브 부위의 타설 방법

2) 품질검사 방법

품질검사는 황토콘크리트의 외부 노출 표면에 대한 검사와 수화열, 건조수축 측정을 실시하였다. 표면품질검사는 거푸집 탈형 직후 외부의 노출표면을 디지털카메라로 촬영한 다음 Auto CAD 프로그램을 활용하여 전체면적 중 곰보의 발생 면적을 산출하였다. 또한 육안검사를 통해 전체적인 표면 검사를 실시하였다.

5. 시공 결과 및 고찰

5.1 공사기간 분석

1) 기초공사 (2007. 08. 08- 2007. 08. 17)

2007년 8월8일 공사를 시작하였으며 터파기에서 기초콘

크리트 타설 및 양생까지의 공정에 황토콘크리트의 경우 10일이 소요되었다. 이는 시멘트콘크리트의 공기 15일과 비교해 약 5일 정도 공기를 단축하였다. 이는 초기 계획시 황토콘크리트의 타설은 처음 실행하는 이유로 타설 할 시의 공기를 충분히 확보하였으나 실 시공에서 큰 변수 없이 공사가 마무리 되었으며 거푸집 탈형 후에도 기초콘크리트에 다음 공사를 바로 진행할 정도의 강도가 확보되어 전체적인 공기가 단축된 것으로 판단된다.

2) 골조 공사(2007. 08.15-2007. 09. 03)

골조공사는 2007년 8월 15일에 시작하여 거푸집 탈형 시기까지 총 12일이 소요되었으며 시멘트콘크리트의 공기는 10일로 2일의 공기가 추가로 발생하였다. 이는 거푸집 조립 공정에서 시멘트콘크리트의 공기 3일과 비교해 황토콘크리트의 경우 6일이 소요되었기 때문에 이는 노출표면을 개선하기 위한 거푸집 조립이 좀더 많은 시간을 요했으며 장마기간에 공사가 이루어진 관계로 일정이 좀더 지연되었다. 황토콘크리트 타설에서는 펌프카 사용에 있어서 공기 지연 없이 진행되어 전체적으로 원만한 공사가 이루어졌다. 공정별 주요 시공사진은 그림 9와 같다.

3) 황토콘크리트의 현장적용에 대한 소결

2007년 8월 8일 공사시작으로 2007년 9월 3일까지 구조체의 현장적용에 대한 일정은 총 27일이 소요되었다. 강우로 인하여 공사가 지연된 5일을 제외한 실공사기간은 22일이었다. 황토콘크리트 배합시 공장배합이 아닌 현장 배합을 실시한 것을 제외하면 전체 공정은 시멘트콘크리트와 유사하여 공기측면에서도 적용가능성이 높음을 알 수 있었다. 시멘트콘크리트와 황토콘크리트의 일정 비교는 표 7과 같다.

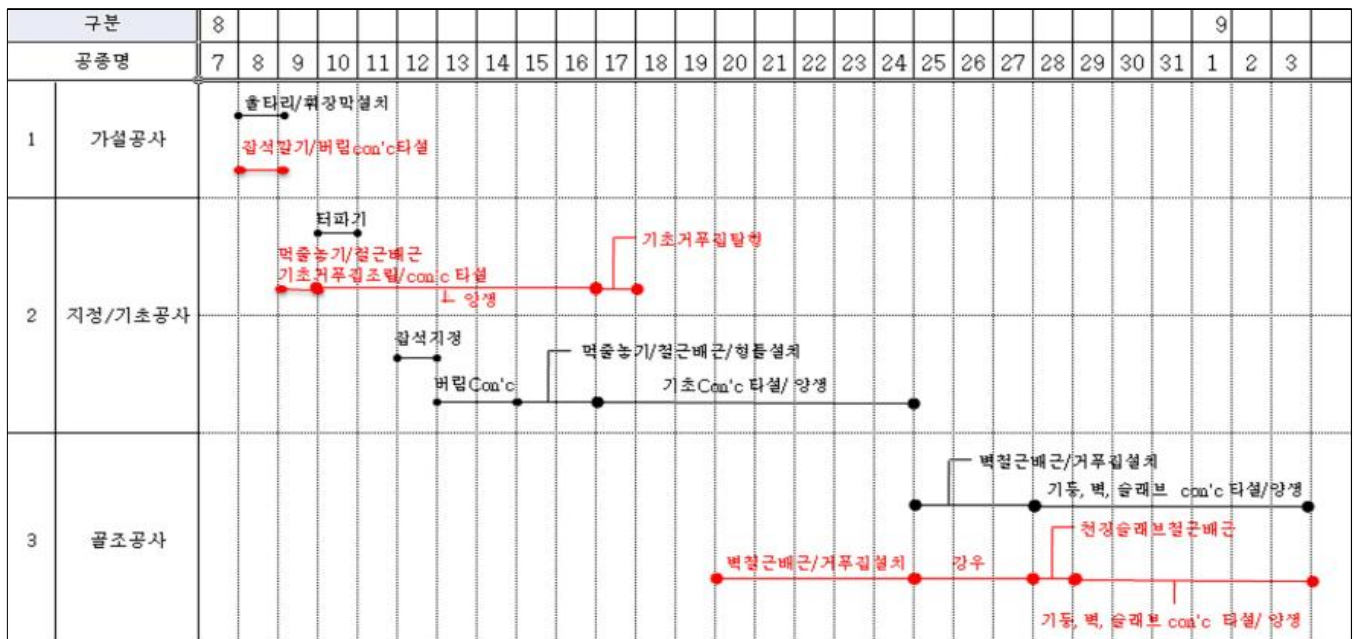


표 7. 시멘트콘크리트와 황토콘크리트의 일정비교



그림 9. 주요 공정별 시공사진

**5.2 기계화 시공 분석**

기초타설시 트럭에지데이터를 이용하여 톤백에 담긴 건믹싱된 재료를 인양하여 레미콘에 투입하고 물을 혼입하면서 믹싱 하여. 레미콘 1회 믹싱량은 3m<sup>3</sup>, 1회 믹싱시간은 10분으로 하였다. 레미콘 내에서 믹싱이 완료한 다음 기초부위에 바로 타설하였다. 총 시공량은 26m<sup>3</sup>로 레미콘한 대를 이용하여 총 9회를 타설 시공 하였으며 시공시간은 10시간 정도 소요되었다.

기둥, 벽, 슬라브 타설시 크레인을 이용하여 배합된 재료를 컨베이어로 이동, 컨베이어를 통해 경동형 믹서에 건믹싱된 재료를 물과 함께 투입하여 5분간 믹싱하고 펌프카를 이용하여 타설하였다. 황토콘크리트는 슬럼프 20cm의 타설하기에 좋은 유동성이 확보되었고 1회 믹싱량은 0.5m<sup>3</sup>, 총 시공량은 28m<sup>3</sup>이었으며 약 6시간이 소요되었다. 재료의 믹싱과 타설 부분을 별개의 기계로 분리하여 실시하므로 인하여 시공시간이 약 4시간 단축되었다.

황토콘크리트의 기계화 시공상 발생한 문제는 없었으며 믹싱과 타설을 병행한 레미콘의 이용보다는 경동형 믹서와 펌프카를 이용하여 믹싱과 타설을 분리·시공한 경우 시간을 절약할 수 있었다.

**5.3 표면 품질 분석**

노출표면에서 발생한 문제는 색채 얼룩과 곰보가 있다. 색채 얼룩의 경우 콘마개 주변에과 거푸집 이음새에서 발

생되었다. 이러한 부분 콘의 조립과정에서 발생한 공간으로 이물질이 침투하게 된 것으로 사료되며 표면처리를 통하여 해결할 수 있었다.

발생한 곰보의 면적은 전체 면적 중 약 2%를 차지하였고 철근이 노출될 정도로 심한 부분은 없었다. 곰보의 크기는 직경 1cm 이내의 작은 것이 주류를 이루었으며 구조적으로 문제가 되지 않는 수준이었다. 곰보발생부분은 기둥이나 벽체의 바닥이나 슬라브쪽보다 구조체의 중간부분에서 상대적으로 많이 발견되었으며 창문의 하부에서는 곰보가 거의 발생하지 않았다. 이러한 곰보의 발생은 시공시 진동다짐에 의한 것으로 다음 세 가지에 요인에 의한 것으로 판단된다. 첫째, 시멘트콘크리트에 비해 상대적으로 점성이 큰 황토콘크리트의 경우 봉형 진동기 조작시 많은 힘이 소요되기 때문에 거푸집의 구석구석을 충분히 다지는데 어려움이 있었을 것이다. 둘째, 점성이 큰 황토콘크리트의 경우 불필요한 공기가 외부로 빠져나오는 시간이 시멘트콘크리트에 비해 상대적으로 길게 소요되며, 빠지나오지 못한 공기가 거푸집표면으로 이동하면 곰보가 발생한 것으로 사료된다. 셋째, 점성이 큰 황토콘크리트의 경우 다짐봉을 뽑아 올리는 속도 또한 곰보 발생의 원인으로 판단된다. 발생한 곰보는 보수를 통하여 보수할 수 있으나 향후 깨끗한 노출면 마감을 위해서는 황토콘크리트의 경우 시멘트콘크리트에 비해 상대적으로 긴 다짐시간과 다짐봉을 뽑아올리는 속도를 늦춰야 깨끗한 노출표면을 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 그림 10은 황토콘크리트의 노출표면에 발생한 문제점과 보수를 통해 표면처리를 한 것이다.

	표면처리 전	표면처리 후
색 채 얼룩		
콘 주변의 색차		
곰보		

그림 10. 황토노출콘크리트의 표면

## 6. 결 론

본 연구에서는 친환경재료로 부각된 황토를 이용한 황토콘크리트의 현장적용에 관한 것으로 건물 전체에 시공하였을 때 발생하는 시공과 품질 측면에 대한 실험을 실시하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 황토콘크리트는 시멘트콘크리트에 비해 수화열 및 건조수축이 낮게 나타났으며 대형 스팬을 갖는 건축물에 그 적용가능성이 높은 것으로 판단된다.

2) 황토콘크리트의 시공은 시공 현장에서 사용되고 있는 레미콘 및 펌프카의 사용을 통한 기계화 시공이 가능하며 건축물에서의 적용이 가능한 것으로 판단된다.

3) 노출표면에서 발생한 곰보는 전체 면적의 약 2%정도 나타났으며 이는 황토콘크리트의 큰 점성에 의해 발생된 것이지만 충분한 진동다짐을 통해 개선이 가능하다.

친환경건축재료로서 황토콘크리트의 시공 및 품질에 대한 연구를 통하여 황토콘크리트를 사용한 건축물 시공이 가능함을 알 수 있었으며, 앞으로 경제성 및 구조적 안정성, 디자인 적용 등에 대한 다양한 연구가 진행되어야 될 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 황혜주, 흙건축, 씨아이알, 2008
2. 김무한, 구조재료실험, 문운당, 1999
3. 황혜주 외, 황토반응의 메카니즘에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 vol.17 no.2, 1997.10
4. 최희용 외, 혼화제 종류 및 활성황토 대체율별 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회논문집, vol. 13 no.2, 2001.04
5. 임남기, 노출콘크리트 품질확보를 위한 체크리스트 개발, 대한건축학회 논문집 vol.21 no.1, 2005.01.
6. 양근혁 외, 혼화제 · 재가 무시멘트 황토 모르타르의 유동성 및 압축강도 발현에 미치는 영향, 한국콘크리트학회논문집, vol.18, no.6, 2006.12
7. 황혜주 외, 황토 콘크리트의 배합조건에 따른 강도성상 및 내구성, 한국생태환경건축학회논문집, vol.8, no.5, 2008.10
8. Hugo Houben and Hubert guilaud, Earth Construction, TDG, 2001

투고(접수)일자: 2008년 12월 4일

심사일자: 2008년 12월 9일

게재 확정일자: 2009년 2월 20일