

# 황토 콘크리트의 배합조건에 따른 강도성상 및 내구성

## Characteristics of Strength and Durability of Hwangto-Concrete according to its Mixing Condition

황 혜 주\*                      노 태 학\*\*                      김 진 일\*\*\*  
 Hwang, Hey Zoo              Roh, Tae Hak                      Kim, Jin Il

### Abstract

The purpose of this study is to increase the use of Hwangto and examine the strength according to what it is compounded with. Hwangto-concrete containing Hwanto without cement nor organic chemical products were compared to the traditional cement concrete through some durability experiments. We expect to gain more knowledge on the potentials of Hwangto-concrete as an architectural source.

- 1) As Hwangto binder amount rises, the value of slump increases too. The reason is that the increase of the quantity of cement causes the increase of the amount of material and the decrease of the amount of aggregate.
- 2) When the mixed component into Hwangto-concrete remains at 2%, the compress strength is generally dispersed high along the per unit fission, in case the amount of which is at 400(g/m<sup>3</sup>). The highest compress strength is 39MPa. It means that it can be applied to common structures and we need to conduct a basic property test to ensure the strength and fluidness.
- 3) Hwangto-concrete is expected to be highly used in the ocean structure and chemical industry because it has better resistance to sulfuric acid and to hydrochloric acid than the cement-concrete has.

The result of this study is as follows. It is expected that Hwangto-concrete will be widely applied and further research on its durability and tests for its basic substantial characteristics based on future component added to it.

키워드 : 황토결합재, 황토, 황토 콘크리트, 건축재료, 친환경건축

Keywords : Hwangto binder, Hwangto, Hwangto-concrete, Building Material, Architectural Environment

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

현대 사회에서 콘크리트는 가장 보편적으로 사용되는 건축재료이다. 그러나 이러한 콘크리트는 생산에서 폐기물에 이르기까지 많은 에너지를 소비함으로써 이산화탄소를 비롯한 많은 환경 오염물질들을 배출하고 있다. 또한 콘크리트를 만드는 시멘트 원료 일부를 산업폐기물로 대체함으로써 인체에 유해한 중금속, 6가 크롬등의 피해가 나타나고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 시멘트를 대체하기 위한 여러 가지 재료들의 사용 방안들이 제시되고 있다. 그 중에서도 친환경적인 재료로써 각광 받고 있는 재료중에 한가지는 황토이다. 황토는 세포의 생리작용을 활발히 하고 열 에너지를 발생시켜 유해물질을 방출시키거나 정화력에 있어 인체의 독을 제거하는 등의 인체에 이로운 효과를 지녔다는 점등을 각광 받고 있는 재료이다. 이에 황토를 사용한 건축자재들이 많이 나오고 있지만 아직까지 벽돌, 바닥 블록, 바닥 포장재,

미장재등 건축재료로써 사용범위는 실로 국한되어있다.

이에 본 연구는 국내에 풍부한 황토의 건축재료로써 사용을 늘리고 시멘트나 유기화학제품을 전혀 첨가하지 않은 친환경적 재료인 황토결합재를 가지고 콘크리트에 적용하여 구조적 재료로써 배합에 따른 강도성상을 살펴보고, 내구성 실험을 통하여 황토콘크리트와 시멘트콘크리트를 비교하여 건축자재로써 활용 되어질 수 있는지 그 적용 가능성에 대한 기초자료로 활용하고자 하는 것이 그 주요 목적이다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

황토콘크리트는 기존에 연구되어 있는 내용을 토대로 실험을 실시하여 황토콘크리트의 적정배합을 찾아내고 내구성 실험을 통하여 황토콘크리트와 시멘트콘크리트를 비교·분석하였다. 연구의 흐름은 <표 1>과 같다.

1차 실험에서는 단위수량, 단위결합재량에 따른 황토콘크리트 강도실험을 통하여 황토콘크리트의 적정 배합조건에 따른 강도성상을 분석하고, 2차 실험에서는 1차 실험

\* 주저자, 목포대학교 건축학과 부교수, 공학박사

\*\* 목포대학교 건축학과 조교수

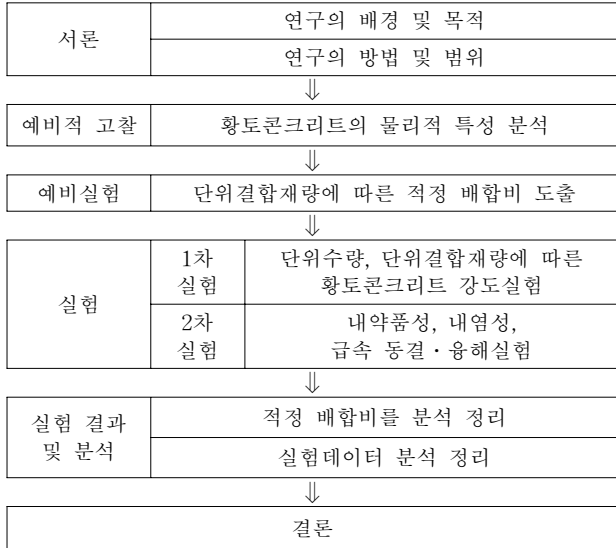
\*\*\* 교신저자, 목포대학교 건축학과 대학원 석사과정(kji3095@nate.com)

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

1) 2006년도 국정감사 정책자료집, 시멘트의 유해물질 함유실태 개선을 위한 정책 제언

험에서 유동성과 강도를 확보한 배합의 황토콘크리트와 시멘트콘크리트를 비교·분석하여 현장에서 시공 가능성 여부에 관해 살펴보았다.

표 1. 연구의 흐름



2. 이론적 고찰

2.1 황토콘크리트

황토콘크리트는 시멘트 대신에 황토결합재로 사용하여 비빔한 콘크리트를 말한다. 현재 황토결합재는 상품화 되어 출시되고는 있지만 아직까지 널리 알려지지 못해 활발히 사용되지 않고 있다. 2004년에 완공된 목포어린이집에 6m이상 높이의 가벽으로 시공되었고, 2007년 완공된 전라남도 영암군 관광안내소는 최초로 1층으로 된 구조체로 황토콘크리트가 시공되었다. 각각의 시공 사진은 <그림 1>과 같다.



1. 목포 어린이집      2. 영암군 관광안내소  
그림 1. 황토콘크리트 시공 사례

2.2 황 토

황토는 석영조면암, 안산암, 화강암 등이 열수작용 및 풍화작용에 의하여 분해되어 생성된 것이며, 화학식이  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 로 표시되는 Kaolin족 점토류에 속하는 광물이다. 우리나라의 황토는 대부분 백악기 말엽을 전후하여 화강암, 섬록암, 석영반암, 규장반암과 명반석같은 것이 풍화되어 그 구성의 주류를 이루고 있다. 우리나라

라는 세계적인 고령토의 산지이며, 이 고령토의 표층에 황토가 산출되고 있으며 그 중에서 경남 하동, 산청 지구에 우수한 것이 다량으로 산출되고 있다.<sup>2)</sup>

2.3 황토결합재의 특징

국내의 황토 제품 전문 생산 업체인 C사의 황토결합재는 시멘트 및 수지를 전혀 첨가하지 않은 제품으로 산업부산물의 재활용과 황토의 사용으로 시멘트를 대체할 수 있는 특성을 갖는 황토 결합재를 개발하였다고 한다. 주원료를 자연 상태의 흙을 사용하므로 COx, NOx 등 환경오염 물질이 발생하지 않는다. 재료의 생산시 에너지 소비가 거의 없으므로 에너지 저감형 환경기술이며 산업부산물의 재활용을 통해 환경부하를 저감하는 역할을 하는 재료이다.

황토결합재는 이온 반응에서 포졸란 반응과 잠재 자극 반응으로 이어지는 반응 메카니즘으로 흙의 성질을 그대로 유지하면서 고강도를 발휘할 수 있는 재료이다. 또한 소성하지 않는 천연상태의 흙을 별도의 가공 없이 낮은 온도에서 건조하여 미분말로 만들어 사용함으로써 기존 재료에 비해 생산 단계에서의 에너지 소비를 최소화할 수 있다.<sup>3)</sup>

3. 실험

3.1 실험 개요

본 연구의 1차 실험에서는 시멘트콘크리트 배합비에 황토콘크리트 배합을 적용하여 혼화제는 2%, 잔골재율은 45%로 고정하고, 단위분체량은 300, 400, 500kg/m<sup>3</sup>을 적용하여 단위분체량에 따라 단위수량을 달리하여 실험하였다. 2차 실험에서는 1차실험에서 유동성과 강도를 확보한 실험체배합의 황토콘크리트와 시멘트콘크리트의 내구성을 비교 실험하였다.

3.2 실험 재료

1) 황토결합재

본 실험에 사용한 황토결합재는 국내 황토제품 전문 생산업체인 C사의 황토결합재를 사용하였고 그 물리적 성질은 <표 2>와 같다.

표 2. 황토결합재의 물리적 성질

비중	분말도 (cm/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

2) 잔골재(모래)

목포지역의 해사를 표건 상태로 사용하였으며 물리적 성질은 <표 3>와 같다.

2) 황혜주, 고령토의 활성화방법 및 활성고령토를 혼입한 모르터와 콘크리트에 대한 연구, 서울대 대학원 박사학위논문, 1997

3) 강남이, 황토콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구, 목포대학교 석사학위논문, 2007년 2월

표 3. 모래의 물리적 성질

최대 입경 (mm)	비중	조립률 (FM)	흡수율 (%)	실적률 (%)	단위용적중량 (kg/ℓ)
2.5	2.63	2.47	0.22	57.7	1.5

3) 굵은 골재(자갈)

목포지역의 쇄석을 표준 상태로 사용하였으며 물리적 성질은 <표 4>와 같다.

표 4. 자갈의 물리적 성질

최대 입경 (mm)	비중	조립률 (FM)	흡수율 (%)	실적률 (%)	단위용적중량 (kg/ℓ)
20	2.52	6.54	0.1	58	1.5

4) 혼화제

본 연구에서 사용된 혼화제는 국내 D사의 Polycarbonate 산계 고성능 AE감수제를 사용하였으며 그 특성은 <표 5>와 같다.

표 5. 고성능 AE감수제의 특성

주성분	비중 (20℃)	PH	색상	형태	표준 사용량
Polycarbonate	1.4±0.05	2.0~4.0	암갈색	액상	0.2~2.8%

3.3 실험 방법

성능 실험들은 KS에 규정된 방법에 의거하여 행하였으며, 각 성능 실험별 관련 규격은 다음과 같다.

1) 황토콘크리트 공시체 제작

KS F 2403에 의거하여 10×20cm 실린더 몰드에 3층으로 나누어 채우고, 각 층을 다짐봉으로 25회를 다진다. 다짐기가 끝나면 고무망치로 몰드 옆면을 가볍게 두드려 다짐봉에 의해 생긴 구멍이 없어지도록 하고 공시체 윗면은 평면으로 마무리하였다.

2) 슬럼프 실험

KS F 2402에 의거하여 슬럼프 콘에 혼합 완료된 황토콘크리트를 채우고 콘을 들어 올린 후 침하하는 높이를 측정하는 것으로 수밀평판을 수평으로 놓고 슬럼프콘을 평판 중앙에 놓은 후 콘안에 황토콘크리트를 1/3이 되게 채운 후 다짐막대로 25회 다지고 위의 작업을 2회 반복한 후 윗면을 고르고 슬럼프 콘을 들어 올려 측정하였다.

3) 공기량 실험

KS F 2421에 의거하여 공기량 측정장치에 혼합 완료된 황토콘크리트를 3층으로 나누어 채우고 각 층을 다짐막대를 원형으로 고르게 분포시며 각 층을 25회씩 다진다. 고무망치로 용기의 측면을 다짐막대에 의한 빈틈을 막고 맨 위층은 자로 표면을 긁어내어 용기의 상면과 일치시켜 건식으로 공기량을 측정하였다.

4) 압축강도 실험

KS F 2405에 의거하여 황토콘크리트는 10×20cm 실린더 몰드로 성형하고 기건양생하여 재령 1일에 탈형하여 재령91일까지 수중양생을 실시하면서 UTM을 이용하여 최대하중을 주어 압축강도를 3, 7, 28, 56, 91일 각각 측정하였다.

5) 내약품성 시험

재령28일간 수중양생한 황토콘크리트 공시체와 시멘트콘크리트 공시체를 20℃의 5%의 염산용액과 5%의 황산용액에 침적시킨 후, 공시체의 침식부분을 와이어브러쉬를 이용하여 긁어낸 다음 중량변화와 압축강도를 측정하였다. 각 약품 용액은 2주가 지나면 새롭게 5%의 황산·염산용액을 만들어 주었다. 침적에 의한 중량 감소율과 성능저하 지수는 다음 식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{중량감소율}(\%) = (W_n - W_o) / W_n \times 100$$

여기서  $W_n$  : 침지재령에서의 공시체 중량  
 $W_o$  : 침지전의 공시체 중량

$$\text{강도 저감률}(\%) = (F_w - F_s) / F_w \times 100$$

여기서  $F_w$  : 담수에 침지한 콘크리트 압축강도  
 $F_s$  : 약품에 침지한 콘크리트 압축강도

6) 내염성 시험

재령28일간 수중양생한 황토콘크리트 공시체와 시멘트콘크리트 공시체를 20℃의 포화상태의 염화나트륨(NaCl) 용액에 침적시킨 후, 공시체의 침식부분을 와이어브러쉬를 이용하여 긁어낸 다음 중량변화와 압축강도를 측정하였다. 각 약품 용액은 2주가 지나면 새롭게 포화상태의 염화나트륨용액을 만들어 주었다. 침적에 의한 중량 감소율과 성능저하 지수는 내약품성 실험과 같다.

7) 급속 동결·융해에 대한 황토콘크리트 저항 시험

KS F 2456에 의거하여 재령28일간 수중양생한 황토콘크리트 공시체와 시멘트콘크리트 공시체를 동결융해시험기에 100Cycle이 지난 다음에 무게 변화와 압축강도를 측정하였다. 침적에 의한 중량 감소율과 성능저하 지수는 내약품성 실험과 같이 적용하였다.

3.4 실험구성

1차 실험과 2차 실험으로 나누어 실험하였고 실험내용은 다음과 같다.

1) 1차 실험(강도성상)

배합비에 따른 황토콘크리트의 슬럼프, 공기량, 압축강도를 측정하고 분석한다.

2) 2차 실험(내구성)

황토콘크리트와 시멘트콘크리트를 내화학적, 내염성, 급속·동결 융해 실험을 통해 비교 분석한다.

3.5 실험 배합

1차 실험은 AE감수제는 2%로 고정하고 단위결합재 300(kg/m<sup>3</sup>)에서는 W/B를 45, 50, 55(%), 단위결합재 400

(kg/m<sup>3</sup>)에서는 W/B를 35, 40, 45(%), 단위결합재 500(kg/m<sup>3</sup>)에서는 W/B를 25, 30, 35(%로 두어 9배합을 실시하였다. 10×20cm 실린더 몰드로 성형하고 기건 양생하여 재령 1일에 탈형하여 재령 91일까지 수중양생을 실시하면서 UTM을 이용하여 최대하중을 주어 압축강도를 재령 3, 7, 28, 56, 91일에 각각 측정하였다. 황토콘크리트의 실험인자 및 수준은 <표 6>과 같다.

표 6. 황토콘크리트의 실험 인자 및 수준

실험내용	실험인자	실험수준	측정항목
황토 콘크리트	단위결합재량 (kg/m <sup>3</sup> )	300, 400, 500	슬럼프 공기량 압축강도
	W/B (%)	25, 30, 35, 40, 45, 50, 55	

황토콘크리트의 배합표는 <표 7>과 같다.

표 7. 황토콘크리트 배합표

시험체명	용적배합(ℓ)	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	W/B (%)	S/a (%)	단위수량	단위결합재량	잔골재	굵골재	공기량	혼화제
HC1	용적배합(ℓ)		45	45	135	107.1	327.5	400.3	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	300				861.4	1008.8			
HC2	용적배합(ℓ)		50	50	150	107.1	320.8	392.1	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	300				843.7	988.0			
HC3	용적배합(ℓ)		55	55	165	107.1	314.0	383.8	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	300				825.9	967.2			
HC4	용적배합(ℓ)		35	35	140	142.9	309.2	377.9	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	400				813.2	952.4			
HC5	용적배합(ℓ)		40	45	160	142.9	300.2	366.9	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	400				789.6	924.7			
HC6	용적배합(ℓ)		45	45	180	142.9	291.2	355.9	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	400				765.9	896.9			
HC7	용적배합(ℓ)		25	25	125	178.6	299.9	366.5	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	500				788.7	923.7			
HC8	용적배합(ℓ)		30	30	150	178.6	288.6	352.8	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	500				759.1	889.0			
HC9	용적배합(ℓ)		35	35	175	178.6	277.4	339.0	30ℓ	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	500				729.5	854.4			

2차 실험은 1차 실험을 통해 유동성과 강도를 확보한 배합을 선정하여 황토콘크리트와 시멘트콘크리트를 비교해 보았다. 실험인자 및 수준은 <표 8>과 같다.

표 8. 황토콘크리트의 실험 인자 및 수준

시험체명	실험인자	실험수준	측정항목
황토 콘크리트	단위결합재량 (kg/m <sup>3</sup> )	400	내약품성 내염성 동결융해실험
	W/B (%)	45	
시멘트 콘크리트	단위결합재량 (kg/m <sup>3</sup> )	348	
	W/B (%)	56	

황토콘크리트와 시멘트콘크리트의 배합표는 <표 9>와 같다.

표 9. 황토 콘크리트, 시멘트 콘크리트 배합표

시험체명	용적배합(ℓ)	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	W/B (%)	S/a (%)	단위수량	단위결합재량	잔골재	굵골재	공기량	혼화제
황토 콘크리트	용적배합(ℓ)		40	45	160	142.9	300.2	366.9	30	2%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	400				789.6	924.7			
시멘트 콘크리트	용적배합(ℓ)		56	40	195	110	286	379	30	0%
	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )	348				732	930			

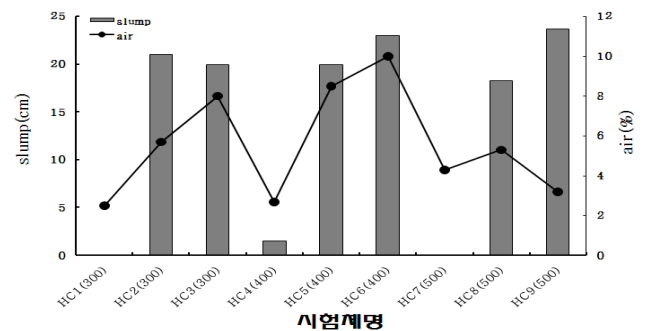
#### 4. 실험 결과 및 분석

##### 4.1 슬럼프 및 공기량

실험결과 <표 10>와 <그림 2>에서 보듯이 단위 수량이 증가할수록 반죽질기가 크게 개선되어 슬럼프 값이 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 실험체 HC4, HC9에서 단위수량은 35%인 경우 단위 결합재량이 300(kg/m<sup>3</sup>)에서 400(kg/m<sup>3</sup>)로 증가함에 따라 슬럼프값이 1.5cm에서 23.7cm로 증가하는 것으로 보아 단위 분체량이 증가함에 따라 슬럼프 값이 증가하는 것으로 보인다. 이는 단위 분체량의 증가에 따라 물량의 증가와 골재량의 감소로 인해 나타나는 것으로 사료된다. 공기량은 단위 결합재 300, 400(kg/m<sup>3</sup>)에서는 단위 수량의 증가함에 따라 공기량이 증가하였으나 단위 결합재 500(kg/m<sup>3</sup>)에서는 W/B가 25%에서 30%증가한 경우 공기량이 4.3%에서 5.3%으로 증가하였지만 W/B가 35%에서는 3.2%로 감소하였다.

표 10. 슬럼프 및 공기량 측정정결과 표

시험체명	단위결합재량 (kg/m <sup>3</sup> )	W/B (%)	공기량	슬럼프
HC1	300	45	2.5	0
HC2	300	50	5.7	21
HC3	300	55	8	20
HC4	400	35	2.7	1.5
HC5	400	40	8.5	20
HC6	400	45	10	23
HC7	500	25	4.3	0
HC8	500	30	5.3	18.3
HC9	500	35	3.2	23.7



##### 4.2 압축강도

황토결합재를 이용한 콘크리트 W/B, 단위 결합재량의

변화에 따른 압축강도는 <표 11>와 <그림 3>와 같이 나타났다. 양생기간이 증가함에 따라 압축강도도 증가함을 알 수 있다. 단위 결합재 300, 400, 500(kg/m<sup>3</sup>) 모두 W/B가 증가함에 따라 강도는 저하되는 것으로 나타났다. 이는 배합에 필요한 수량 이상의 잉여수가 포함된 것으로 사료되며 W/B를 낮출 경우 압축강도가 증진될 것으로 사료된다. 단위 결합재량의 증가에 따른 압축강도의 변화는 단위결합재량이 400(kg/m<sup>3</sup>)일 때 재령91일 압축강도는 35·28·25MPa로 가장 높은 강도를 고루 나타낸 것으로 보아 혼화제 첨가량이 2%의 경우에는 단위 결합재량이 400(kg/m<sup>3</sup>)일 때 가장 좋은 배합인 것으로 사료된다. 가장 높은 압축강도를 나타내는 시험체는 HC7로 단위결합재가 500(kg/m<sup>3</sup>)일 때 재령91일 압축강도가 39MPa를 나타내었지만 슬럼프가 0으로 유동성이 없는 것으로 나타내었다. 황토결합재는 단위결합재량은 많고 단위수량은 적게한 경우 강도발현이 잘되는 것으로 나타났으며 황토결합재의 고강도와 유동성을 확보하기 위해서는 향후 혼화제 첨가비에 따른 기초물성실험을 통한 연구가 필요할 것으로 보인다.

표 11. 재령별 압축강도

시험체명	단위 결합재량 (kg/m <sup>3</sup> )	W/B (%)	강도(MPa)				
			3일	7일	28일	56일	91일
HC1	300	45	13.88	18.79	24.21	27.54	28.84
HC2		50	10.55	15.78	20.36	21.04	22.15
HC3		55	10.40	11.92	14.77	15.90	19.15
HC4	400	35	18.2	24.57	30.11	32.86	35.02
HC5		40	13.65	17.60	23.07	25.88	28.33
HC6	500	45	12.02	14.56	21.05	22.85	23.93
HC7		25	23.07	28.93	33.40	36.25	39.89
HC8		30	10.84	15.22	18.28	21.16	22.53
HC9		35	11.77	14.71	18.39	21.25	21.20

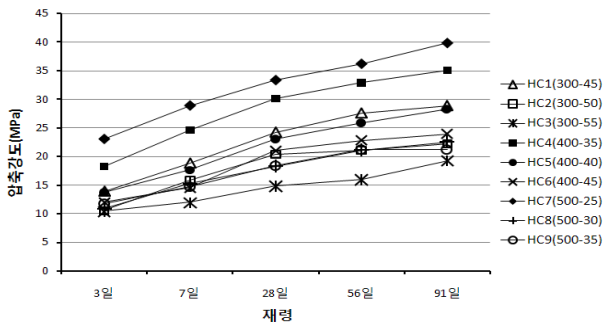


그림 3. 재령별 압축강도

4.3 내약품성 실험

황토콘크리트와 일반콘크리트의 5%의 황산·염산용액의 내약품성 실험은 <표 12>, <그림 4>, <그림 5>와 같이 나타났다.

황산에 의한 내약품성 실험 결과, 중량감소율은 황토콘크리트는 0.46%, 시멘트콘크리트는 8.77%로 시멘트콘크리트가 약 20배 이상 크게 나타났다. 강도저감율은 황토콘크리트는 13.28%, 시멘트콘크리트는 31.39%로 2배 이상 나타났다. 위 실험 결과 황토콘크리트는 시멘트콘크리트

트보다 황산에 대한 저항성이 높은 것으로 보여지며 해양구조물에 적용하면 그 활용도가 높을 것으로 예상된다.

염산에 의한 내약품성 실험 결과, 중량감소율은 황토콘크리트는 4.89%, 시멘트콘크리트는 8.92%로 황토콘크리트가 약 2배 가까이 작게 나타났다. 강도저감율은 황토콘크리트가 14.14%, 시멘트콘크리트가 15.12%로 황토콘크리트가 좀더 작은 결과가 나타났다. 위 실험 결과 황토콘크리트는 염산에도 시멘트콘크리트 보다 저항성이 높은 것을 알 수 있었으며 화학공장등의 약품에 침식위험이 있는 건축물에 그 활용도가 높을 것으로 예상되어 진다.

표 12. 내약품성 실험

구분	중량 측정(kg)	중량 감소율 (%)	강도 (MPa)	강도 저감률 (%)		
					침식 전	침식 후
물	황토 콘크리트	3.468	3.467	0.03	26.04	0.00
	시멘트 콘크리트	3.603	3.605	-0.06	34.01	0.00
황산 (H2SO4)	황토 콘크리트	3.479	3.463	0.46	22.58	13.28
	시멘트 콘크리트	3.608	3.317	8.77	23.33	31.39
염산 (HCl)	황토 콘크리트	3.478	3.316	4.89	22.36	14.14
	시멘트 콘크리트	3.614	3.318	8.92	28.86	15.12

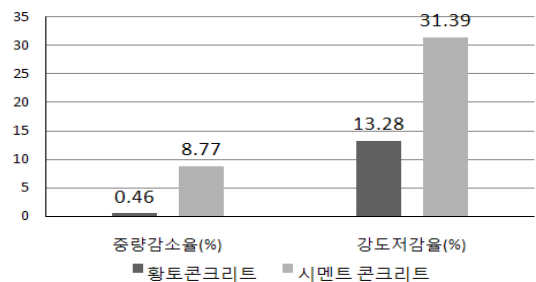


그림 4. 황산(H2SO4)

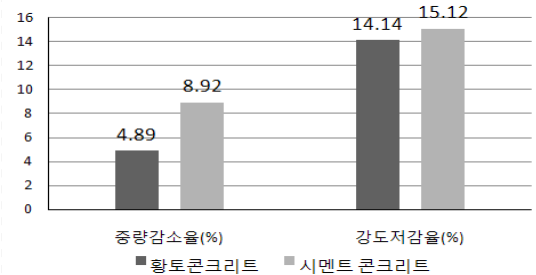


그림 5. 염산(HCl)

4.4 내염성 실험

황토콘크리트와 시멘트콘크리트의 포화 상태의 염화나트륨 용액의 내염성 실험은 <표 13>, <그림 6>와 같이 나타났다.

염화나트륨에 의한 내염성 실험결과 중량감소율이 황토콘크리트는 0.16%, 시멘트콘크리트는 0.08%로 크게 차이는 보이지 않았다. 강도저감율 역시 황토콘크리트와 시멘트콘크리트는 크게 차이가 나지는 않았다. 두 시험체

모두 염화나트륨에 의한 큰 차이는 보이지 않았으며 위 시험은 28일 데이터이므로 향후 실험을 통한 재령 56일, 91일 이상의 데이터를 통한 연구 분석이 필요할 것으로 보여진다.

표 13. 내염성 실험

구 분		중량추정(kg)		중량 감소율 (%)	강도 (MPa)	강도 저감율 (%)
		침식 전	침식 후			
물	황토 콘크리트	3.468	3.467	-0.03	26.04	0.00
	시멘트 콘크리트	3.603	3.605	0.06	34.01	0.00
염화 나트륨 (NaCl)	황토 콘크리트	3.459	3.453	-0.16	27.23	-4.55
	시멘트 콘크리트	3.627	3.624	-0.08	35.63	-4.77

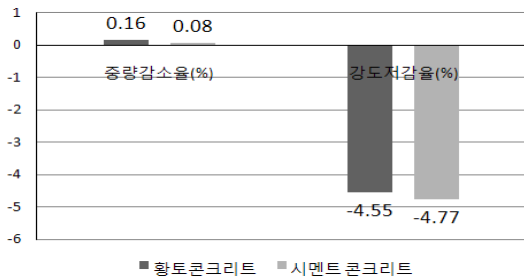


그림 6. 염화나트륨(NaCl)

4.5 급속 동결·융해에 대한 황토콘크리트 저항 시험

황토콘크리트와 시멘트콘크리트의 급속·동결융해 실험은 <표 14>, <그림 7>와 같이 나타났다. 황토콘크리트의 중량감소율은 0.03%, 시멘트콘크리트는 0%로 나타났다. 강도저감율은 황토콘크리트는 0.41%, 시멘트콘크리트는 -0.38%로 나타났다. 두 시험체가 큰 차이는 없었지만 황토콘크리트가 시멘트콘크리트보다 동결·융해에 대한 저항성이 낮게 나타났다. 100Cycle의 데이터는 미미한 차이를 보여주기 때문에 향후 실험을 통한 300Cycle 이상의 데이터를 통한 연구 분석이 필요할 것으로 여겨진다.

표 14. 급속·동결융해

구 분	중량추정(kg)		중량 감소율 (%)	강도(MPa)		강도 저감율 (%)
	전	후		전	후	
황토 콘크리트	3.468	3.467	0.03	24.32	24.32	0.41
시멘트 콘크리트	3.603	3.619	0	33.23	33.36	-0.38

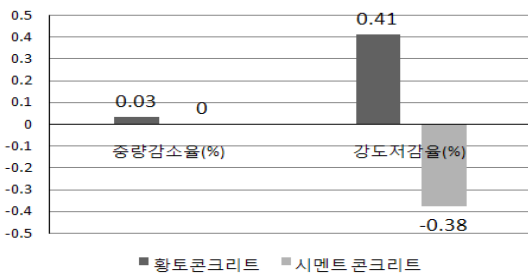


그림 7. 급속·동결융해

5. 결 론

시멘트나 유기화학제품을 전혀 첨가하지 않은 황토결합재를 이용한 황토콘크리트 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 황토콘크리트의 단위분체량이 증가함에 따라 슬럼프 값이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 단위 분체량의 증가에 따라 물량의 증가와 골재의 감소로 인해 나타나는 것으로 사료된다.

2) 황토콘크리트는 혼화제 2%일 때 단위 결합재 400 (kg/m<sup>3</sup>)에서 압축강도가 대체적으로 높게 발현되었으며 가장 높은 압축강도는 39MPa로 일반구조체로 적용가능할 것으로 보여진다. 향후 강도와 유동성을 확보하기 위해서는 혼화제 첨가비에 따른 기초물성실험이 필요할 것으로 보여진다.

3) 황토콘크리트는 시멘트콘크리트보다 황산, 염산에 대한 저항성이 높은 것으로 보아 해양구조물과 화학공장 등에 그 활용도가 높을 것으로 예상되어지며 그에 관련된 실험들이 더 이루어져야 할 것으로 보여진다.

본 실험결과, 황토결합재를 사용한 황토콘크리트는 강도 및 내구성면에서 친환경 건축 재료로서 그 활용도가 상당히 높을 것으로 보여지며 보다 안정적으로 사용되어지기 위해서는 향후 혼화제 첨가비에 따른 기초물성실험 및 내구성에 관한 실험들이 더 필요 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, 최신콘크리트공학, 기문당, 2001
2. 김완기의 3인, 건축재료실험, 기문당, 2007
3. 황혜주, 홍건숙, 씨아이알, 2008
4. 2006년도 국정감사 정책자료집, 시멘트의 유해물질 함유실태 개선을 위한 정책 제언
5. 최희용의 5인, 혼화제로서 황토를 사용한 콘크리트의 중성화 및 화학안정성에 관한 실험적연구, 대한건축학회 학술발표논문집, v21 n.1(2001-04)
6. 황혜주의 2인, 황토결합재를 이용한 콘크리트의 적정배합 도출에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, v.23 n.6(2007-06)
7. 최희용의 3인, 시멘트모르타르의 적용을 위한 황토 혼화제 개발에 관한 연구
8. 최희용의 2인, 황토반응의 메카니즘에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, v.17 n.2(1997-10)
9. 양근혁의 3인, 황토결합재를 사용한 무시멘트 모르타르의 배합 특성에 따른 압축강도 및 건조수축거동, 대한건축학회논문집 구조계, v.22 n.6(2006-6)
10. 문경주, 산업폐기물을 이용한 비소성 시멘트 및 콘크리트의 특성, 전북대학교 대학원 박사학위논문, 2004
11. 강남이, 시멘트 무첨가 황토결합재의 콘크리트 적용에 관한 연구, 목포대학교 대학원 석사학위논문, 2007

투고(접수)일자: 2008년 4월 24일

심사일자: 2008년 4월 28일

게재확정일자: 2008년 10월 22일