황토의 역학적 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Mechanical Properties According to the Mixture of Hwang-toh

김 순 철* 양 일 승** 양 해 동***
Kim, Soon-Chul Yang, Il-seung Yang, Hae-Dong

Abstract

The purpose of this experimental study is to investigate the compressive strength, shear strength, bending strength, and crack control by the mixture of the hwang-toh. The size of compressive specimens is 200x200x400(mm), and the size of shear, bending specimens is 200x200x600(mm). Finally, crack control specimens for comparative comparison is 200x200x15(mm). The mixture of the hwang-toh is as follows; Hwang-toh(H)+Water(W), H+W+Sand(S), H+W+S+sTraw(0.5%), H+W+S+sT(1.0%). The actual height, width, and the length are measured at the center of all specimens. The main parameters are mixture ratio of hwang-toh, straw and age of specimens. The test results are as follows. (1) The compressive strength is linearly increased until 15 weeks according to specimen ages. (2) About crack control, the specimen added in 1% straw is the most effective.

Keywords : Hwang-toh, compressive strength, shear strength, bending strength, crack control

1. 서 론

최근 우리나라에서 웰빙문화가 급속히 확산되면서 쾌적한 공간건축의 요구가 증가하고 있으며, 에너지 절약형이면서 환경친화적인 건강건축 재료에 대한 관심이 고조되고 있다. 또한, 1997년 교토의정서에 의해 각국의 CO_2배출량의 삭감목표 설정 및 실천기한 준수 등의 압력이 가중되고 있어서 산업전반에 걸친 국가차원의 친환경적 생산기술 확립 및 대처가 필요할 것이며, 건설산업도 예외가 아닐 것이다. 특히, 건설산업은 많은 재료 및 에너지를 소비하며, 대량의 폐기물을 유발하는 산업이기 때문에 지구환경 부하를 증대시키는 주요 원인으로 등장하고 있다. 이런 상황에서 황토는 우리나라 고유의 전통적 재료로써 환경부하를 줄일 수 있는 우수한 재료로 판단되지만, 황토 시공기술이 체계적으로 적립되지 않은 상태에서 오랜 경험을 통한 감각으로 시공함에 따라 안전성과 더불어 시공에 일관성이 없는 것이 현실이다. 특히 황토는 시공 후 건조수축으로 인한 균열로 내구성의 저하 및 강도의 저하, 외기의 침투 등의 문제점이 발생하게 된다. 이러한 상황을 미연에 방지하고 조금이라도 성능을 개선하기 위하여 각종 재료의 배합 및 배합재료에 따른 과학적인 성능의 평가를 토대로 황토벽의 성능향상에 조금이라도 보탬이 되고자 한다.

본 연구의 범위는 황토의 이점을 최대한으로 살리기 위해 자연 보조 재료를 사용하여 황토와 보조재를 결합함으로써 시공성 향상과 강도를 최대한으로 끌어올리고 건축용 황토벽 재료로서의 가능성을 높이기 위한 실험이다. 실험은 예비시험과 본 실험으로 나누어서 수행하였으며, 예비시험에서는 본 실험에 사용할 물·황토의 비(W/H)를 도출하기 위한 시험이었다. 본 실험은 예비시험에서 도출한 W/H=30%의 사용을 기본으로 하고, 보통 사용되고 있는 실제 벽체의 크기를 고려하기 위하여 200x200(mm)단면을 사용하였고 크랙길이와 크기, 압축강도, 휨강도, 전단강도를 재령별로 측정하였다.

2. 예비실험

2.1 실험계획 및 방법

황토에 대한 물의 비(W/H)를 중량비 기준으로 하여 30%, 40%, 50%에 대하여 압축공시체(지름 10㎝, 높이 20㎝)를 제작하였으며, 2주일 후에 몰드를 탈형하고, 압축강도, 수축길이, 시공연도, 탈형 후 상태(곰보의 유무)를 고려하여 W/H를 결정하였다. 시험체가 충분히 경화된 10주 후에 압축시험과 수축률을 측정하였다. 시험체는 각각 3개씩 제작하였다.

* 교신저자, 동신대학교 건축공학부, 교수(sckim@dsu.ac.kr)
** 동신대학교 건축공학부, 전임강사
*** 용성종합건설 이사

그림 1. 시험체 몰드 및 수축길이 측정

2.2 예비실험 결과

예비실험은 황토와 물의 비를 결정하기 위한 것으로 각 실험결과의 평균치를 표 1에 나타내었다.

① W/H=30%인 시험체의 압축강도는 0.98MPa로 W/H=40%, 50%인 시험체 보다 1.31배, 1.58배로 높은 값을 나타내었다.

② W/H=30%인 시험체의 수축길이는 15mm로 W/H=40%, 50%인 시험체에 비해 0.65배, 0.45배로 매우 작은 것을 알 수가 있다.

③ 시공연도와 탈형 후 상태를 분석한 결과, W/H=30%인 시험체의 경우는 양호하지만, W/H가 높아질수록 나빠지는 경향을 나타내었다.

위의 내용으로 보아 W/H가 30%일 때 강도, 수축 길이, 탈형 후 상태, 시공연도 등 모든 면에서 적합한 것으로 판단되며, W/H=30%이하의 경우는 물이 부족하여 비빔자체가 힘들었다.

표 1. 예비실험 결과

	W/H(%)		
	30	40	50
강도(N/mm^2)	0.98	0.75	0.62
수축길이(mm)	15	23	33
시공연도	양호	보통	나쁨
탈형 후 상태	양호	보통	나쁨

3. 본 실험

3.1 실험계획 및 측정

본 실험은 네가지 수준의 배합을 기본으로 하고, 균열길이 및 균열면적 측정, 재령별로 압축강도, 휨강도 및 전단강도에 대한 실험을 수행하였다. 표 2는 시험체의 배합을 나타내고 있다. HW시험체는 예비실험결과에 기초하여 황토(H)와 물(W)의 비를 30%로 배합하였으며, 모래를 가미한 HWS시험체의 경우는 황토(H)와 모래(S)의 중량비를 동일하게 하였으며, 물(W)은 시공성을 고려하여 처음에 20%를 넣고 비빈 후에 조금씩 추가하여 최종적으로 23%로 하였다. HSWT05시험체와 HSWT10시험체는 HSW시험체의 배합을 기본으로 하였으며, 균열을 제어하기 위해서 황토와 모래의 중량비(B)를 기준으로 짚의 혼입량을 각각 0.5%와 1.0%를 투입하였다.

표 2. 각 시험체의 배합표

유형	황토 (H)	모래 (S)	B (H+S)	물 (W/B^{*1})	짚 (sT/B^{*2})
HW	400kg	-	400kg	30%	-
HSW	200kg	200kg	400kg	23%	-
HSWT05	200kg	200kg	400kg	23%	0.5%
HSWT10	200kg	200kg	400kg	23%	1.0%

여기서, H:Hwang-toh, S:Sand, W:Water, sT:sTraw,
05(10):B에 대한 짚의 중량비

(1) 균열측정 시험

균열시험체는 각 배합에 대한 균열길이와 균열면적을 상대적으로 비교하기 위한 것으로 200×200×20(mm)의 크기로 제작하였다. 시험체는 균열을 강제적으로 발생시키기 위하여 그림 2에 나타낸 것과 같이 시험체 4면의 측면에 3개의 나사못(D6)을 사용하여 30mm정도 황토에 삽입되게 하였다.

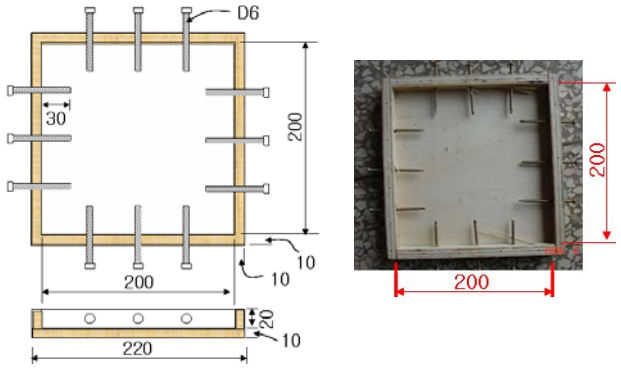


그림 2. 균열측정 시험체

(2) 압축시험

압축시험체는 그림 3에 나타낸 것과 같이 현장에서 시공되어지는 황토벽체의 강도를 재현하기 위하여 실제 크기인 200x200x400(mm)로 제작하였으며, 재령별(5주, 10주, 15주, 20주)로 3개씩 총 12개씩 제작하였다. 압축시험은 콘크리트시험의 압축시험방법에 준하여 실시하였다. 시험시 가력은 압축시험체 위에 200x200(mm)의 가력판을 올려놓은 후 중심축력이 작용하도록 하였으며, 하중은 200kN용량의 로드셀(100kN)에 의해 측정하였다. 재하는 변위제어로 하고, 재하속도는 1mm/min로 실시하였으며, 변형도는 스트레인게이지(strain gauge)를 이용하여 측정하였다. 압축강도는 식 1을 사용하여 구하였다.

$$F_c = P_{max} / A \quad \text{----------(식 1)}$$

여기서, F_c : 압축강도(N/mm^2)

P_{max} : 최대하중(N)

A : 가력시 실단면적(mm^2)

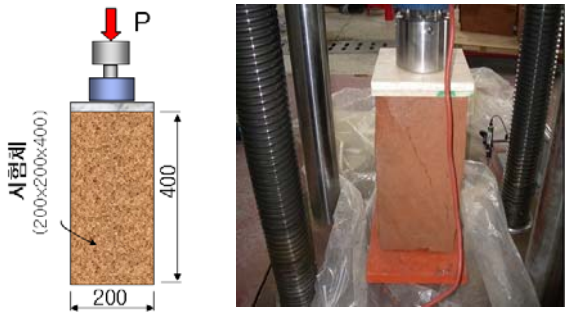


그림 3. 압축시험체 형상 및 가력

(3) 휨시험체

그림 4에 나타낸 것과 같이 휨시험체의 형상은 200x200x600(mm)로 제작하였으며, 각각의 배합에 대해 휨강도를 측정하기 위하여 12개씩 제작하였다. 휨 재하시험은 스팬을 500mm로 하고, 중앙부의 휨모멘트 구간을 100mm로 하고, 전단스팬이 200mm가 되는 4점 재하시험으로 실험을 수행하였다. 휨시험체의 재하시 하중은 100kN 로드셀을 이용하고 있으며, 변위의 시험체 중앙부에 설치한 변위계로 측정하였다. 재하는 변위제어로 하고, 재하속도를 1mm/min로 하였으며 휨강도는 식 2와 같다.

$$\sigma_b = M/Z \text{----------(식 2)}$$

여기서, σ_b : 휨강도(N/mm^2)

M : 최대 휨모멘트(N · .mm)

$Z(=bh^2/6)$: 단면계수(mm^3)

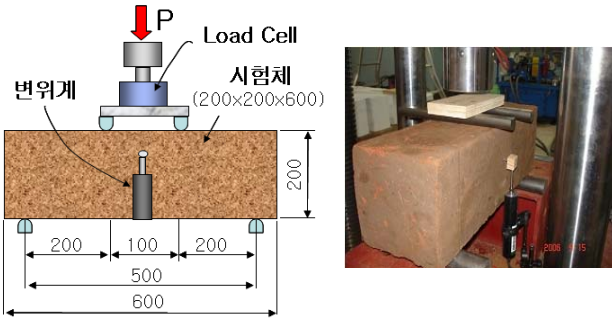


그림 4. 휨시험체 형상 및 가력

(4) 전단시험체

전단시험체의 형상은 그림 5에 나타낸 것과 같이 200x200x600(mm)로 제작하였으며, 각각의 배합에 대해 전단강도를 측정하기 위하여 12개씩 제작하였다. 전단시험체의 재하시험은 그림 5에서와 같이 중앙에서 100mm 떨어진 위치를 전단면으로 하는 2면 전단시험으로 실시한다. 본 방법은 콘크리트재료 등에 일반적으로 실시되는 방법이지만, 시험에 휨의 영향이 작용하는 것이 알려져 있다. 따라서 전단파괴가 예상되는 부분은 자유롭게 하고, 휨파괴에 의해 영향을 받는 시험체의 상하면의 일부를 금속제의 철물로 구속하여 재하시험을 수행하였다. 재하는 변위제어로 하고, 재하속도는 1mm/min로 하였으며, 전단강도는 식 3을 통하여 계산하였다.

$$\sigma_s = P/(2 \cdot A) \text{----------(식 3)}$$

여기서, σ_s : 전단강도(N/mm^2)

P_{max} : 최대하중(N)

A : 전단면(mm^2)

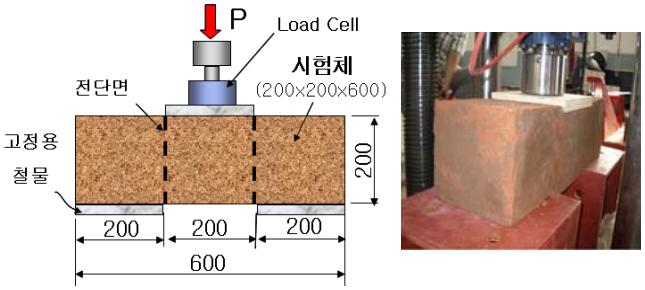


그림 5. 전단시험체 형상 및 가력

3.2 실험결과

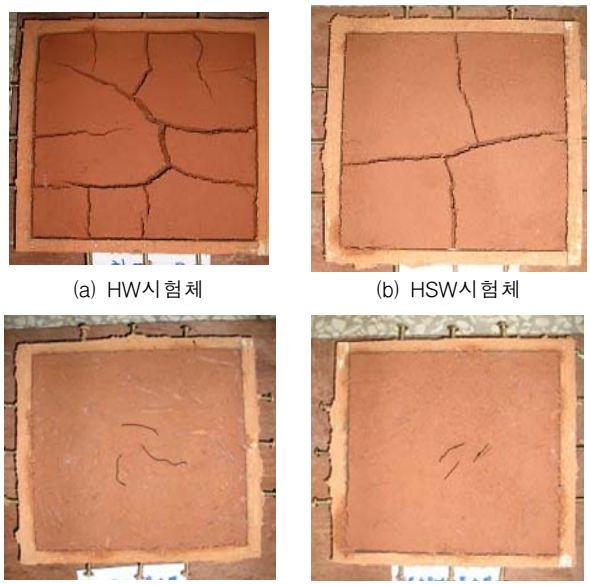
(1) 균열측정 결과

균열측정은 균열이 거의 종료된 시점(시험체 제작 후 2주 경과된 시점)에서 측정하였으며, 배합별 상대적인 비교를 위해 균열이 발생하기 쉽도록 두께를 20mm로 하였다. 그림 6은 각 배합별 균열형상을 나타내고 있으며, 황토와 물로 배합된 HW시험체의 균열은 격자형으로 많은 균열이 발생하였으며, 최대균열폭도 가장 크게 나타났다. 한편, 황토와 모래의 비를 1:1로 한 HSW시험체의 경우는 모래의 혼입에 의해 물의 혼입량을 황토와 모래의 중량비(B)의 23%로 줄일 수 있어서, HW시험체에 비해서 균열량과 최대균열폭도 크게 저감되는 것으로 나타났다. 한편, 짚을 황토와 모래의 중량에 대해서 각각 0.5%, 1.0%씩 혼입한 HSWT05시험체와 HSWT10시험체는 균열이 거의 발생하지 않았으며, 균열의 제어효과가 상당히 높은 것을 알 수가 있었다.

그림 7에 나타낸 배합별 균열길이(crack length)는 그림 6을 스캔한 후 캐드프로그램을 이용하여 균열폭(crack width)은 고려하지 않고 균열길이 만을 합산한 것이다. 황토만을 사용한 HW시험체는 균열의 총연장길이가 825mm로 나타났으며, 황토와 모래를 사용한 HSW시험체는 총연장 균열길이가 370mm로 HW시험체의 44.8%정도로 나타났다. 한편, 짚을 혼입한 HSWT05시험체와 HSWT10시험체의 균열길이는 각각 60mm, 40mm로 HS 시험체의 균열길이에 비해서 7.3%, 4.8%로 매우 적은 것으로 나타났다. 이는 짚의 혼입에 따른 균열제어 효과가 뛰어난 것을 알 수가 있다.

그림 8은 균열면적(crack area)을 나타낸 것으로 균열길이와 균열폭을 고려한 것이다. 황토만을 사용한 HW시험

체의 균열면적은 2339.7mm^{2}으로 나타났다. 그리고, HSW 시험체의 균열면적은 876.5mm^{2}으로 HW시험체의 37.5% 정도이었다. 한편, 균열을 제어하기 위하여 짚을 황토와 모래의 중량비 기준으로 0.5%, 1.0%를 혼입한 HSWT05 시험체와 HSWT10시험체의 균열면적은 69.3mm^2, 21.9 mm^{2}으로 HW시험체의 균열면적에 비해 2.96%, 0.94%정도로 균열방지에 매우 효과적으로 나타났다.



(a) HW시험체 (b) HSW시험체

(c) HSWT05시험체 (d) HSWT10시험체

그림 6. 배합별 균열형상

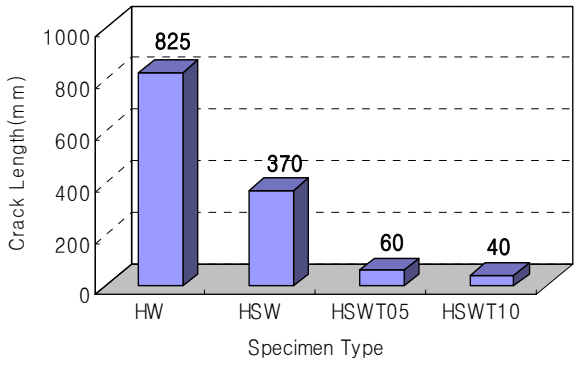


그림 7. 배합별 균열길이

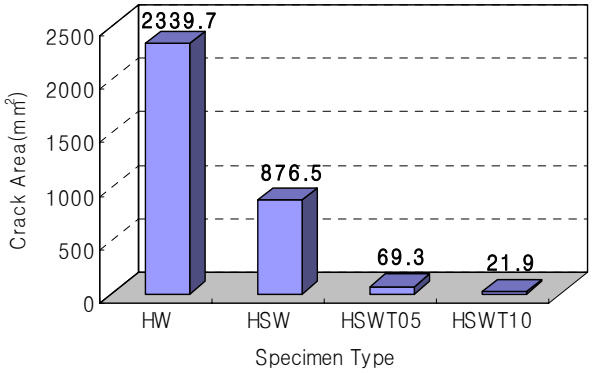


그림 8. 배합별 균열면적

(2) 압축시험 결과

각 배합에 대한 재령 5주, 10주, 15주, 20주에 대한 압축강도 시험결과를 표 3과 그림 9에 나타냈다. 여기서, 압축강도는 최대하중을 시험체의 단면적으로 나눈 값이다. 황토와 물로 배합한 HW시험체의 5주 압축강도는 0.23N /mm^{2}으로 낮지만, 10주에서는 0.50N/mm^{2}으로 2배가까이 상승하였다. 또한, 15주, 20주의 압축강도는 각각 0.64N /mm2, 0.65N/mm^{2}으로 거의 차이를 나타내지 않았다. 한편, 황토, 모래, 물로 배합한 HSW시험체의 재령 5주의 압축강도는 0.16N/mm^{2}으로 HW시험체에 비해 낮은 값을 나타내었다. 또한, 재령 10주와 15주의 압축강도는 각각 0.39N/mm^2, 0.44N/mm^{2}으로 나타났다. 그리고 20주의 압축강도는 0.46N/mm^{2}으로 15주와 차이가 거의 없었다. 황토의 균열을 방지하기 위하여 짚을 첨가한 HSWT05시험체와 HSWT10시험체는 재령 5주의 압축강도가 각각 0.20N/mm^2, 0.18N/mm^{2}으로 나타났으며, 짚의 혼입률에 의한 차이가 크지 않는 것을 알 수가 있다. 한편, 재령 10주와 15주에서는 짚을 0.5%를 혼입한 HSWT05시험체의 압축강도가 짚을 황토와 모래의 중량비(B)에 1.0%를 혼입한 HSWT10시험체보다 19%, 20%정도 높은 값을 나타내었다. 이는 HSWT10시험체의 경우는 짚의 혼입량이 많기 때문에 분산성의 문제에 의해 결함부위가 발생한 것으로 판단된다. 재령 20주의 압축강도는 다른 시험체와 마찬가지로 재령 15주의 압축강도와 큰 차이가 나타나지 않았다. 그림 8에서는 재령 10주, 15주의 탄성계수를 나타내고 있으며, 재령에 따라 탄성계수가 상승되는 것을 알 수가 있으며, 압축강도와 상관관계가 있는 것을 알 수가 있다. 그림 11에서는 대표적인 시험체의 압축시험 종료 후 파괴상태를 나타내고 있다. 모든 시험체에서 압축시험에 의한 전단파괴면이 형성되어 내력이 저하되었다.

표 3. 압축시험 결과

유형		최대하중 (kN)	단면적 (mm^2)	압축강도 (N/mm^2)
HW	5주	8.29	36860	0.23
	10주	16.99	34040	0.50
	15주	21.68	34040	0.64
	20주	22.11	34040	0.65
HSW	5주	5.98	36940	0.16
	10주	13.96	35600	0.39
	15주	15.70	35600	0.44
	20주	16.20	35600	0.46
HSWT05	5주	7.49	38200	0.20
	10주	13.71	37050	0.37
	15주	18.53	37050	0.50
	20주	22.16	37050	0.52
HSWT10	5주	6.45	36840	0.18
	10주	11.39	36380	0.31
	15주	14.59	36380	0.40
	20주	15.21	36380	0.42

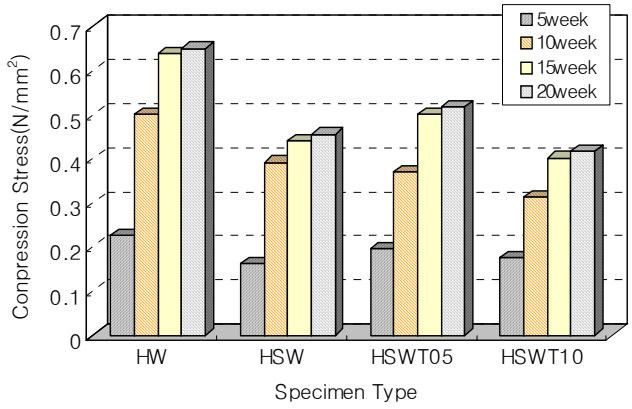


그림 9. 유형별 압축강도

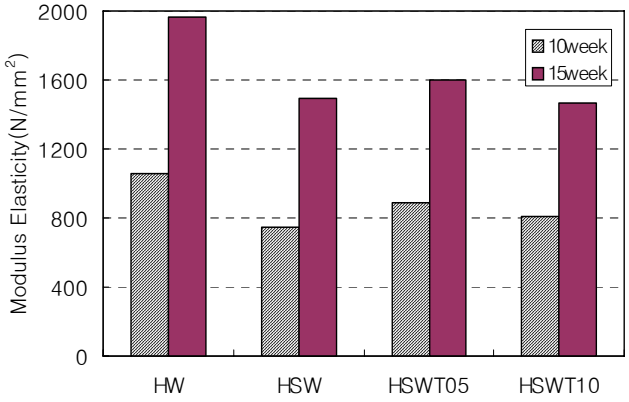
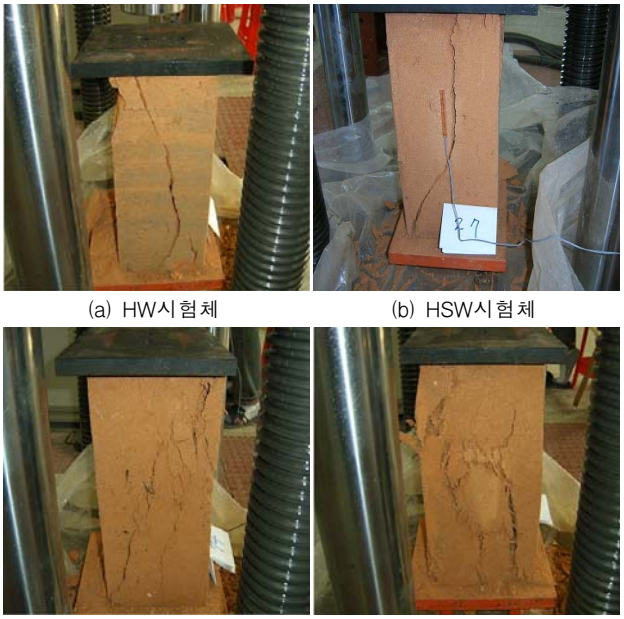


그림 10. 유형별 탄성계수



(a) HW시험체 (b) HSW시험체

(c) HSWT05시험체 (d) HSWT10시험체

그림 11. 유형별 파괴형상

(3) 휨 시험 결과

각 배합에 대한 재령 5주, 10주, 15주, 20주에 대한 휨시험 결과를 표 4와 그림 12에 나타내었다. 여기서, 휨강도는 최대모멘트를 단면계수로 나눈 값이다. HW시험체의 재령 5주의 휨강도는 0.19N/mm^{2}으로 낮지만, 10주에서는 0.33N/mm^{2}으로 1.74배 정도의 값을 나타내었다. 또한, 재령 15주와 20주의 휨강도는 각각 0.42N/mm^2, 0.43N/mm^{2}으로 거의 차이를 나타내지 않았다. 그리고, 황토와 모래를 중량을 기준으로 1:1로 배합한 HSW시험체에서 재령 5주의 휨강도는 0.13N/mm^{2}이었으며, 재령 10주와 15주의 휨강도는 각각 0.18N/mm^2, 0.34N/mm^{2}으로 증가하였다. 한편, 재령 20주의 휨강도은 0.34N/mm^{2}으로 재령 15주의 휨강도은 거의 차이가 없었다.

짚의 혼입량이 황토와 모래의 중량비(B)에 대해서 0.5%인 HSWT05시험체에서 재령 5주와 10주의 휨강도는 0.14N/mm^2, 0.28N/mm^{2}으로 나타났으며, 재령 15주와 20주의 휨강도는 0.33N/mm^2, 0.36N/mm^{2}으로 나타났다. 한편, 짚을 1.0%를 혼입한 HSWT10시험체의 재령 5주와 10주의 휨강도는 0.16N/mm^2, 0.29N/mm^{2}으로 나타났으며, 재령 15주와 20주의 휨강도는 0.35N/mm^2, 0.37N/mm^{2}으로 나타났다. 이상에서 알 수 있는 것과 같이 짚의 혼입률에 의한 휨강도의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

그림 13에서는 휨시험에 의한 균열상황을 보여주고 있다. 모든 시험체의 중앙에서 휨균열이 발생하여 내력이 저하되었다. 단, 짚을 삽입하지 않은 HW시험체와 HSW시험체의 경우는 최대내력 후에 급격하게 내력이 저하되었지만, 짚을 혼입한 경우 짚의 가교작용으로 인하여 내력이 완만하게 저하되는 것을 알 수가 있었다.

표 4. 휨 시험 결과

유형		최대하중 (kN)	최대하중시 휨모멘트 (kN · mm)	단면계수 (mm^3)	휨강도 (N/mm^2)
HW	5주	2.17	217	1.16x10^6	0.19
	10주	3.26	326	0.99x10^6	0.33
	15주	4.12	412	0.99x10^6	0.42
	20주	4.20	420	0.99x10^6	0.43
HSW	5주	1.50	150	1.12x10^6	0.13
	10주	1.82	182	1.04x10^6	0.18
	15주	3.49	349	1.04x10^6	0.34
	20주	3.51	351	1.04x10^6	0.34
HSWT05	5주	1.63	163	1.16x10^6	0.14
	10주	3.12	312	1.11x10^6	0.28
	15주	3.68	368	1.11x10^6	0.33
	20주	3.97	397	1.11x10^6	0.36
HSWT10	5주	1.86	186	1.17x10^6	0.16
	10주	3.29	329	1.14x10^6	0.29
	15주	4.02	402	1.14x10^6	0.35
	20주	4.20	420	1.14x10^6	0.37

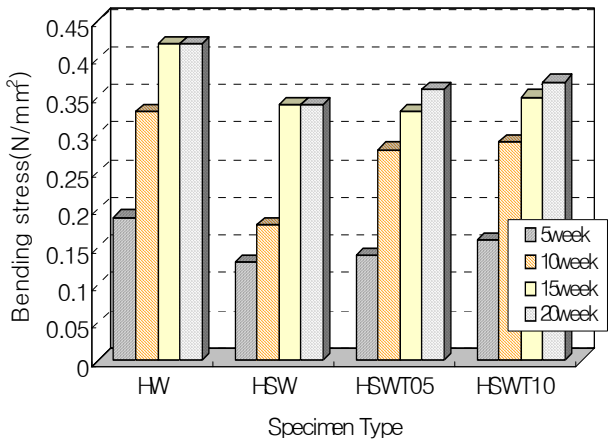
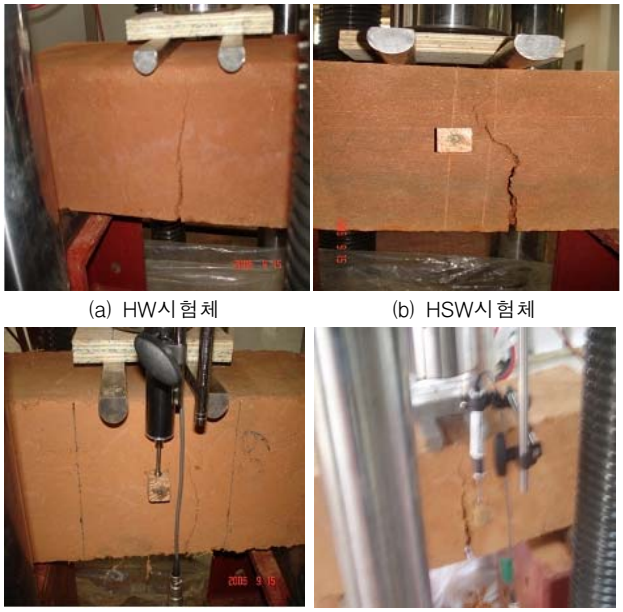


그림 12. 유형별 휨강도



(a) HW시험체 (b) HSW시험체

(c) HSWT05시험체 (d) HSWT10시험체

그림 13. 휨시험체의 파괴형상

(4) 전단시험 결과

각 배합에 대한 재령 5주, 10주, 15주, 20주에 대한 전단시험 결과를 표 5와 그림 14에 나타내었다. 여기서, 전단강도는 최대하중을 전단면(2*단면적)으로 나눈 값으로 한다. HW시험체의 재령 5주의 전단강도는 0.022N/mm^{2}으로 매우 낮지만, 10주에서는 0.114N/mm^{2}으로 5.18배 정도로 크게 상승되는 것을 알 수가 있었다. 또한, 재령 15주와 20주의 휨강도은 각각 0.42N/mm^2, 0.43N/mm^{2}으로 거의 차이를 나타내지 않았다. 재령 5주에서 전단강도가 매우 낮은 것은 균열방지를 위해 실내에서 건조시키기 때문에 완전하게 건조가 되지 않았기 때문이다. 황토에 의한 균열발생을 위해 황토와 모래를 중량비(B)를 기준으로 5:5로 배합한 HSW시험체의 경우, 재령 5주와 10주의 전단강도는 0.023N/mm^2, 0.088N/mm^{2}으로 나타났으며, 재령 15주와 20주의 전단강도는 각각 0.093N/mm^2, 0.096N/mm^{2}으로 HW시험체의 전단강도에 비해서 상대적으로 낮은 값을 나타내었다.

균열방지를 위해 황토와 모래의 중량비(B)에 대해서 짚을 0.5% 투입한 HSWT05시험체의 경우, 재령 5주와 10주에서 전단강도는 0.025N/mm^2, 0.091N/mm^{2}으로 나타났으며, 재령 15주와 20주의 전단강도는 0.105N/mm^2, 0.110N/mm^{2}으로 나타났다. 즉, 재령 10주까지의 전단강도는 크게 상승하지만, 그 이후는 큰 변화가 없는 것을 알 수가 있었다. 한편, 짚을 중량비(B)에 대해서 1.0%를 혼입한 HSWT10시험체의 재령 5주의 전단강도는 0.026N/mm^{2}이지만, 재령 10주의 전단강도는 0.093N/mm^{2}으로 재령 5주에 비해서 3.58배 정도 높게 나타난 것을 알 수가 있었다. 또한, HSWT10시험체에서 재령 15주와 20주의 전단강도는 0.101N/mm^2, 0.103N/mm^{2}으로 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

그림 15는 전단실험에 의한 균열상황을 보여주고 있다. HW시험체와 HWS시험체의 경우는 전단면에서 전단균열이 발생하여 내력이 급격하게 저하되었다. 한편, 균열을 방지하기 위하여 짚을 혼입한 HSWT05시험체와 HSWT10시험체의 경우는 최대전단강도에 도달한 후에도 짚의 가교작용으로 인해 내력저하가 완만하고 2차적인 균열도 발생하였다. 즉, 짚을 혼입함으로써 급격한 파괴를 억제할 수 있었다.

표 5. 전단실험 결과

유형		최대하중 (kN)	단면적 (mm^2)	전단강도 (N/mm^2)
HW	5주	1.59	36075	0.022
	10주	8.37	36860	0.114
	15주	9.08	37050	0.123
	20주	9.14	37640	0.121
HSW	5주	1.54	33480	0.023
	10주	6.28	35910	0.088
	15주	6.64	35712	0.093
	20주	6.92	35904	0.096
HSWT05	5주	1.64	33480	0.025
	10주	6.54	35910	0.091
	15주	7.46	35712	0.105
	20주	7.88	35904	0.110
HSWT10	5주	1.74	33480	0.026
	10주	6.68	35910	0.093
	15주	7.14	35712	0.101
	20주	7.37	35904	0.103

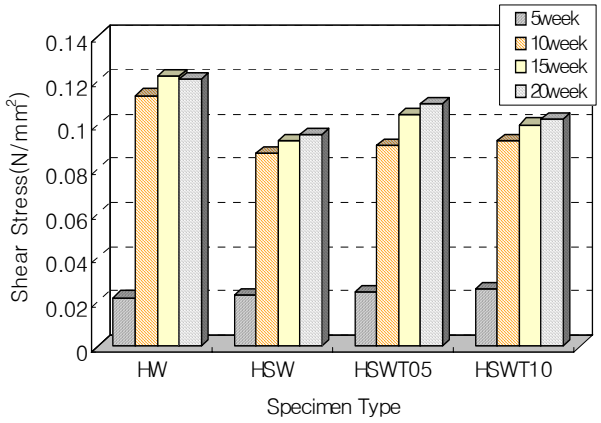


그림 14. 유형별전단강도

(a) HW시험체 (b) HSW시험체

(c) HSWT05시험체 (d) HSWT10시험체

그림 15. 전단시험체의 파괴형상

4. 결 론

본 연구는 황토벽체(목조가구+황토벽)를 구성하는 황토의 물리적 특성을 파악하기 위한 것으로 황토와 부재료의 배합비로 제작한 시험체에 대한 균열특성, 압축강도, 휨강도, 전단강도을 파악하기 위한 실험을 수행하였으며, 결론은 다음과 같다.

(1) 짚을 혼입한 시험체(HSWT05, HSWT10)의 균열길이와 균열면적은 짚을 사용하지 않은 HW시험체와 HSW시험체에 비해 각각 7.0%, 2.9%정도로 균열제어 효과가 매우 큰 것을 알 수가 있었다.

(2) 압축강도, 휨강도, 전단강도는 모든 재령기간에 황토만을 사용한 HW시험체가 약간 높은 값을 나타내었다. 그리고 재령 5주에서는 완전하게 건조되지 않아서 강도가 낮게 나타났으며, 재령 20주의 경우는 재령 15주와 강도차이가 거의 나타나지 않았다.

(3) 파괴형상에서 HW시험체와 HSW시험체는 최대내력 이후에 내력이 급격하게 저하하지만, 짚을 혼입한 HSWT05시험체와 HSWT10시험체는 짚의 가교작용으로 인해 최대내력 이후에 내력이 완만하게 저하되었다. 따라서 짚을 혼입한 시험체의 경우는 취성적 파괴를 제어할 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2006년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(지방연구중심대학육성사업/바이오하우징연구사업단).

참고문헌

1. Abe,K., Ozawa, K.,Suzuki, Y., Sone, T.(1999), "The effects of visual information on the impression of environmental sounds", Inter-noise 99: pp.1177-1182.
2. Viollon, S. et al(1998), "Development of an experimental procedure suitable to test audio-visual interactions in the complex urban sound environments", Euro-noise98, Vol.2, pp.1095~1100.
3. Hashimoto, T., Hatano, S.(2001), "Effects of factors other than sound to the perception of sound quality", 17th ICA Rome, CD-ROM.
4. S. Kuwano, S. Namba, M. Komatsu, T. Kato and Y. Hayashi(2001), "Auditory and visual interaction in the aesthetic evaluation of environment", Empirical Studies of the Arts, 19(2),pp.191~200.
5. Shin, H., Park, S. G., Kook, Jang, G. S.(2005), "The Masking Effects of Introducing Sounds about Road Traffic Noise", KSAE Spring Conf. Proceedings, pp.599~602.
6. Jang, G. S., Kook, C., Kim, S. W.(2003), "The Preference and Ameniy Factors of the environmental Sounds Suitable for Urban Public Spaces", Transactions of the KSNVE, Vol 13, No. 11, pp.890~896.
7. W. Yang, J. Kang(2005), "Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces", Applied Acoustics, 66, pp.211~229.
8. Jang, G. S., Kook, C., Song, M. J.(2006), "Acoustic Amenity Factor of Urban Environmental Sound for the Ecological Soundscpae", Transactions of the KSNVE, Vol 16, No. 14, pp.428~436.
9. 최희용, 황혜주, 김문환 "황토 반응의 메카니즘에 관한 실험적 연구" 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제17권 제2호, 1997.
10. 박지훈, 양근혁, 황혜주, 이재삼, 이영호, 정헌수 "섬유를 보강한 황토콘크리트 기둥의 내력 및 연성에 관한 실험적 연구" 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제26권 제1호, pp.197~200, 2006

11. 최성우, 최희용, 황혜주, 김문한, 김무한 “혼화재로서 황토를 사용한 콘크리트의 기초 물성에 관한 실험적 연구” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제20권 제2호, pp.419～422, 2000
12. 최희용, 최성우, 이강우, 황혜주, 김문한, 김무한 “혼화재로서 황토를 사용한 콘크리트의 중성화 및 화학안정성에 관한 실험적 연구” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제21권 제1호, pp.353～356, 2001
13. 박태성, 조민철, 추유선, 최희용, 황혜주 “시멘트 무첨가 고강도 황토바닥벽돌 공장생산 조건에 관한 연구” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제22권 제1호, pp.321～324, 2002
14. 김순호, 배원태 “ 황토를 사용한 경량기포콘크리트 개발에 관한 실험적 연구(Ⅱ)” 대한건축학회 논문집 19권 12호 pp.121～130, 2003 12월
15. 정연백, 양근혁, 황혜주, 정헌수 “황토와 고로슬래그 미분말을 첨가한 콘크리트의 역학적 성능 평가” 대한건축학회 논문집 22권 5호, pp.13～20, 2006
16. 정환목, 최희용, 황혜주, 홍명희, 김문한 “황토의 일반적 특성에 관한 고찰” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제17권 제2호, pp.1251～1256. 1997
17. 류동우, 서치호 “황토를 혼입한 시멘트복합체의 제조 및 특성에 관한 실험적 연구” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제20권 제2호, pp.391～ 394, 2000
18. 박기철, 김진호, 임남기 “바닥 및 멱 마감 재료로서의 황토의 시공실패 사례 조사연구” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제21권 제1호, pp.349～352, 2001
19. 최희용, 심재형, 황혜주, 김순호, 홍명희, 김문한 “황토를 이용한 Self-Leveling재 개발을 위한 기초적 연구” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제21권 제1호, pp,357～360, 2001
20. 양근혁, 김선영, 송진규 “활설 화토와 셀룰로우스 섬유가 혼입된 콘크리트의 역학적 특성” 대한건축학회 논문집 22권 2호, pp.111～118, 2006
21. 양근혁, 황혜주, 김선영, 송진규 “황토결합체를 사용한 무시멘트 모르터의 배합특성에 따른 압축강도 및 건조수축 거동” 대한건축학회 논문집 22권 6호, pp.87～94, 2006
22. 양근혁, 황혜주, 김선영, 송진규 “혼화제・재가 무시멘트 황토 모르타르의 유동성 및 압축강도 발현에 미치는 영향” 한국콘크리트학회 논문집제 18권 제6호, pp.793～800, 2006