

황토를 첨가한 콘크리트의 부착성능 및 전단거동 평가

An Evaluation of the Bond Performance and the Shear Behavior of Concrete Mixed with Hwang-toh

정연백*

양근혁**

황혜주***

정헌수****

Jung, Yeon Back

Yang, Keun Hyeok

Hwang, Hey Zoo

Chung, Heon Soo

ABSTRACT

The object of this experimental study is to understand the bond performance and the shear behavior of concrete mixed with hwang-toh and blast-furnace slag. Main variables were the compressive strength according to replacement level of hwang-toh and blast-furnace slag. The results revealed that up to 20% of Hwang-toh the bond and the shear strength were improved.

1. 서론

환경에 대한 관심 고조로 인해 친환경 재료인 황토를 첨가한 콘크리트의 역학적 성질에 대한 연구가 소수의 연구자들에 의해 진행되어 왔으며, 황토 첨가율 10~20% 까지는 강도 증진의 효과가 있다고 보고되고 있다. 콘크리트 구조물에 있어서 일체성 확보는 철근과 콘크리트의 부착 작용에 의존한다. 또한 구조물이 고층화, 대형화됨에 따라 단면의 크기가 커지면서 휨 거동과 더불어 전단파괴 하는 경우가 많다. 따라서 황토와 고로슬래그 미분말을 콘크리트에 적용함에 있어서 부착 및 전단력 확보가 매우 중요하다.

본 연구는 황토(Activated Hwang-toh)와 고로슬래그(Blast Furnace Slag) 미분말의 치환율에 따른 콘크리트의 강도 변화를 주요 변수로 하여, 부착성능 및 전단거동을 파악하는데 주요 목적이 있다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험체 계획

황토와 고로슬래그를 첨가한 콘크리트의 배합 설계를 표 1에, 전단 실험체의 단면 및 배근 형태를 그림 1에 각각 나타내었다. 황토와 고로슬래그의 물리적 성질은 표 2에 나타내었다.

* 정희원, 중앙대학교 건축학과 석사과정

** 정희원, 목포대학교 건축조경토목공학부 조교수

*** 정희원, 목포대학교 건축조경토목공학부 조교수

**** 정희원, 중앙대학교 건축학과 교수

표 1 황토 콘크리트의 배합설계

specimen	W/B (%)	S/A (%)	AT 치환율 (%)	BS 치환율 (%)	단위용적중량(kg/m ³)							압축강도 [Mpa]
					W	C	AH	BS	S	A	SP	
OPC	50	45	0	0	175	350	-	-	818	999	2.42	32
M10B00			10	0		315	35	-	816	997		35
M20B00			20	0		280	70	-	814	994		36
M30B00			30	0		245	105	-	812	992		29
M12.5B25			12.5	25		219	44	88	810	990		32

※OPC:혼화재 무첨가 기준 실험체

M10 B00

└ 고로슬래그 치환율:25%
└ 황토 치환율:10%,12.5%,20%,30%

표 2 황토와 고로슬래그의 물리·화학적 성질

종류	비중	분말도 (cm ² /g)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO(%)
AH	2.72	3,300	40	32.9	7.79	0.39
BS	2.91	4,379	32.4	13.74	1.16	44.72

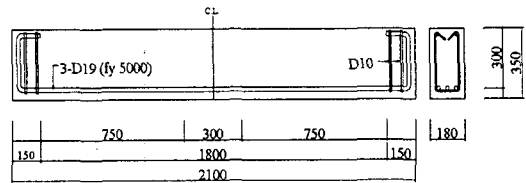


그림 1 전단 내력 평가를 위한 보 단면과 배근상태

2.2 가력 및 측정방법

크리프와 이형 철근 사이의 부착성능을 파악하기 위하여 ASTM C-234[Pull out test]기준과 KS F 2441에 의거하여 각 배합별 3개씩 총 15개의 실험체를 제작하여 평균 부착강도(τ), 최대부착강도(τ_{max}), 각 미끄러짐(slip)단계별 평균부착강도, 부착강도와 미끄러짐량의 관계를 측정하였다. 실험체의 가력장치 및 측정상황은 그림 2에 나타내었다.

전단 실험체 가력은 3,000kN 용량의 만능시험기(UTM-Servo system)를 사용하여 30kN/min의 일정한 속도로 가력하였다. 전단파괴를 유도하기 위하여 전단경간비는 2.5로 하였다. 지압파괴를 방지하기 위해 가력 판의 폭(l_p)은 30mm로 하였다. 그림 3에 모든 실험체의 일반적인 가력 및 측정상황을 나타내었다.

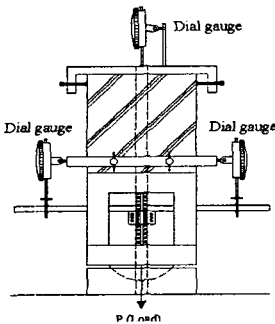


그림 2 PULL OUT 실험체의 가력 및 측정상황

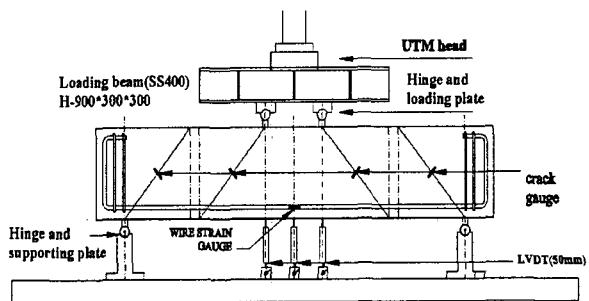


그림 3 전단 실험체 가력 및 측정장치

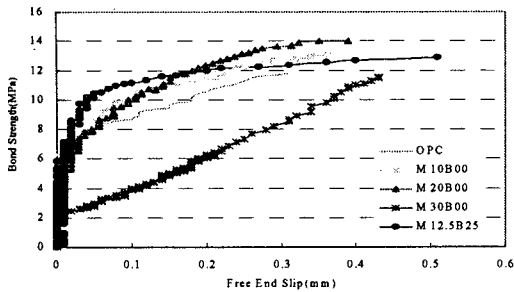


그림 4 자유단 부착-미끄러짐 관계

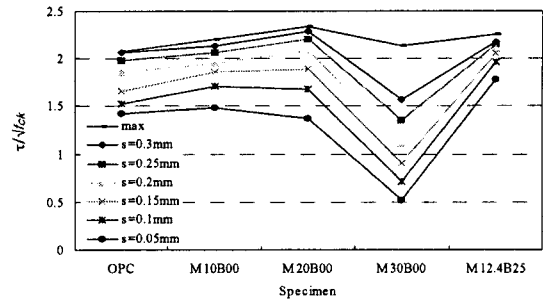


그림 5 미끄러짐 단계별 $\tau / \sqrt{f_{ck}}$

3. 실험 결과 및 분석

3.1 부착강도

자유단에서의 부착-미끄러짐 관계를 그림 4에 나타내었다. 황토 치환율 20%까지는 미끄러짐량이 OPC보다 적게 나타났으나 30%일 경우 크게 나타났다. 미끄러짐 단계별 $\tau / \sqrt{f_{ck}}$ 값을 그림 5에 나타내었다. 압축강도를 무시한 순수한 황토 치환율에 따른 부착강도를 알아보기 위해 부착응력을 $\sqrt{f_{ck}}$ 로 나누어 비교하였다. 황토 치환율이 증가할수록 $\tau / \sqrt{f_{ck}}$ 값이 증가하였으며 황토 치환율이 30%일 경우는 급격히 감소하였다.

3.2 전단내력

3.2.1 파괴양상

실험결과와 제안값과의 비교를 표 3에 나타내었다. 초기전단균열하중 (P_{cr})은 최초의 전단균열 발

표 3 실험결과와 ACI기준(제안값)의 비교

specimen	f_{28} [MPa]	f_y [MPa]	ρ / ρ_c	P_{cr} [kN]	P_u [kN]	v_{cr} [Mpa]	v_u [Mpa]	실험값/제안값			
								ACI ²⁾	Zsutty ³⁾	Bazant ⁴⁾	AJ ⁵⁾
OPC	32	490	0.612	103	132	0.95	1.22	1.23	0.96	0.81	1.00
M10B00	35			127	144	1.18	1.33	1.28	1.01	0.85	1.02
M20B00	36			143	154	1.32	1.42	1.36	1.07	0.90	1.08
M30B00	29			86	152	0.8	1.41	1.47	1.14	0.96	1.22
M12.5B25	32			113	146	1.04	1.35	1.35	1.06	0.89	1.10

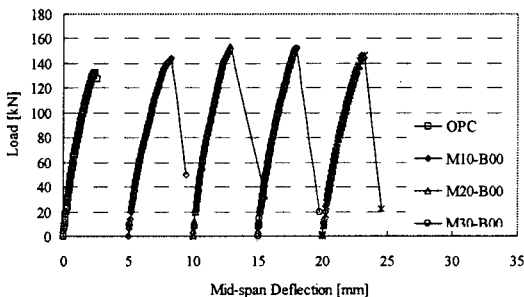


그림 6 하중-변위 관계

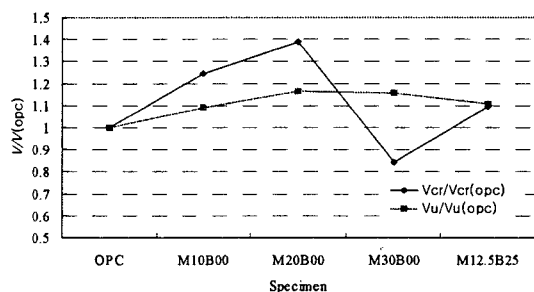


그림 7 OPC에 대한 전단응력비

생시 하중이며, 하중의 증가에 따른 처짐은 실험체 마다 약간의 차이는 있지만, 모두 취성적인 경향을 보였다. 모든 실험체의 일반적인 균열 진전은 압축강도와 관계없이 휨 구간에서 최대하중의 35~65% 범위 내에서 휨 균열이 발생하였으며, 하중의 증가와 함께 보의 중간높이까지 진전하였다. 최대 하중의 95%에서 사인장균열이 발생한 M20B00 실험체를 제외한 나머지 실험체에서는 최대 하중의 약 65%~85%범위에서 사인장균열이 발생하였으며, 동시에 휨 균열의 진전은 감속되었다.

3.2.2 하중-처짐 관계

황토 및 고로슬래그 치환율에 따른 하중-변위 관계를 그림 6에 나타내었다. 콘크리트 강도의 증가에 따라 대체적으로 전단내력의 큰 변화는 없으나 OPC보에 비하여 황토와 고로슬래그를 첨가한 실험체의 최대전단내력이 높게 나타났다. 황토 치환율이 부재의 초기강성 및 휨, 경사균열 발생 후의 강성 저하에 미치는 영향은 나타나지 않았다.

3.2.3 실험결과와 기존 종국전단응력식과의 비교

OPC보에 대한 상대 종국강도를 그림 7에 나타내었다. 실험결과 황토 및 고로슬래그가 치환될 경우 전단종국응력이 OPC보에 비하여 높게 나타났으며, 황토의 치환율이 20%일 경우 OPC보에 비하여 전단종국응력은 15%정도 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 황토 치환율이 30%일 경우 초기 전단 응력이 OPC보에 비해 낮게 나타났다. ACI 318-02의 기준은 초기전단균열응력을 추정한 식이라 전체적으로 안전측에서 평가하고 있으며, Zsutty³⁾ 식과 잘 일치 하는 것으로 나타났다.

4. 결론

- 1) 콘크리트의 $\tau / \sqrt{f_{ck}}$ 값 및 부착-미끄러짐 관계는 황토 치환율 20%까지는 향상되었다.
- 2) 황토 치환율이 부재의 초기강성 및 휨, 경사균열 발생 후의 강성 저하에 미치는 영향은 나타나지 않았다.
- 3) 황토 콘크리트 보의 초기 휨균열내력과 최대전단내력이 OPC보에 비하여 높게 나타났으며, 황토 치환율이 20%일 경우 OPC보에 비하여 초기 경사균열내력은 40%, 최대전단내력은 15% 증가하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 월드건설(주)의 지원으로 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국콘크리트 학회, 콘크리트구조설계기준, 2003.
2. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete(318-02) and Commentary-(318R-02), American Concrete Institute, 2002.
3. Zsutty, T. C., "Shear Strength Prediction for Seperate Categories of Simple Beam Tests," ACI JOURNAL, Proceedings V. 68, No. 2, Feb. 1977, pp. 139-143
4. Bazant, Z P., and Kazemi, M. T., "Size Effects on Diagonal Shear Failure of Beams without Stirrups", ACI Structural Journal, Proceedings Vol.88 No.3, May-Jun. 1991, pp. 268-276.
5. 日本建築學會編, "鐵筋コンクリート構造設計規準・同解説", 技報堂, 1991.