

고로슬래그 미분말 치환율에 따른 프리캐스트 철근콘크리트 보의 전단거동 평가

Evaluation of Shear Behavior of Precast RC Beams According to Replacement Ratio of Ground Granulated Blast Furnace Slag

정 찬 유¹⁾ 김 영 식²⁾ 이 진 섭³⁾ 김 상 우⁴⁾ 김 길 희^{5)*}
Chan-Yu Jeong Young-Seek Kim Jin-Seop Lee Sang-Woo Kim Kil-Hee Kim

Abstract

This study evaluates the shear performance of precast beams with ground granulated blast furnace slag. A total of four specimens according to replacement ratio of ground granulated blast furnace slag. The specimens under three loading points had a shear span-to-depth ratio of 2.5, and a rectangular section with a width of 200mm and a effect depth of 300 mm. In this study, existing equations were used for predicting the shear strength of the specimens. The shear strength by existing equations was compared with those of 89 reinforced concrete beams without shear reinforcement. It can be shown from experimental results that all specimens with ground granulated blast furnace slag showed a similar shear strength as compared with the specimen with portland cements alone.

Keywords : Ground Granulated Blast Furnace Slag, Shear, RC Beam, Precast

1. 서 론

철강 산업은 공정에 따라 다양한 슬래그를 산업부산물로 발생시키고 있으며 이에 따른 처리비용도 증가하고 있는 실정이다. 따라서 철강슬래그의 부가가치적인 사용을 위하여 재활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 철강슬래그 중에서 고로슬래그는 연구가 활발히 진행되어 구성 성분의 안정성을 기반으로 시멘트 원료, 콘크리트용 혼화재, 골재 등으로 사용되고 있다. 특히 고로슬래그는 미분말 형태의 시멘트 대체재로 사용할 경우 콘크리트의 생산비용을 절감할 수 있으며, 시멘트 생산에 따른 이산화탄소의 배출량을 줄일 수 있다.

고로슬래그는 시멘트 수화물을 촉매로 수화반응을 일으키는 잠재수경성을 가지고 있으며 이러한 특성때문에 고로슬래그를 시멘트 대체재로 다량 치환하더라도 콘크리트의 장기강도와 내화학적 등에 영향을 미치지 않는 것으로 보고되

고 있다 (Shin and Choi, 2003). 기존 연구결과에서는 고로슬래그 미분말을 30% 이하로 치환한 콘크리트의 경우 포틀랜드 시멘트만을 사용한 콘크리트와 유사한 특성을 가지며 고로슬래그 미분말을 40% 이상 치환한 콘크리트는 고로슬래그 미분말의 특성인 장기강도 발현, 저발열성, 내화학적 등과 같은 특성을 나타낸다. 그러나 고로슬래그 미분말을 70% 이상으로 사용한 콘크리트의 경우 저발열성과 화학 저항성은 보통 시멘트를 사용한 경우에 비하여 증가하지만 강도발현이 떨어지고 양생에 주의하지 않으면 소요 내구성을 얻기가 어렵다고 보고되고 있다 (Lee et al., 2000).

최근 시공성을 높여 공기를 단축하고 건설작업에 따른 환경파괴를 최소화하기 위하여 프리캐스트 공법이 많이 이용되고 있다. 프리캐스트 공법에 사용되는 콘크리트 부재는 공장 제작의 이점이 있어 양생 초기에 증기양생을 통한 조기 강도 발현이 가능하다. 이러한 특성을 감안할 때 프리캐스트

1) 정회원, 공주대학교 건축공학과 박사과정
2) 정회원, (주)에이스윈테크 기업부설연구소 책임연구원
3) 정회원, 삼표이앤씨(주) 기술연구소 부소장
4) 정회원, 공주대학교 건축공학과 연구교수
5) 정회원, 공주대학교 건축공학과 부교수, 교신저자

* Corresponding author : kimkh@kongju.ac.kr

• 본 논문에 대한 토의를 2014년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 2014년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

구조부재에 고로슬래그 미분말 콘크리트를 사용할 경우 고로슬래그 미분말 콘크리트의 조기강도 미발현에 관한 문제점을 해결할 수 있을 것으로 예상되며 고로슬래그의 폭넓은 재활용이 기대된다. 이 연구에서는 고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 철근콘크리트 부재의 전단 성능 평가를 수행하여 고로슬래그 미분말의 구조부재 적용성을 검토하였다.

2. 실험 계획

2.1 사용재료

고로슬래그 미분말의 치환율 차이에 따른 프리캐스트 철

근콘크리트 보 부재의 전단 성능을 검토하기 위하여 Table 1 과 같이 고로슬래그 미분말의 치환율에 따라 배합강도 45MPa을 목표로 배합설계 하였다. 모든 실험체는 타설 이후 7일간 증기양생 하였다. 콘크리트 압축강도는 실험체 파괴일에 KS F 2405 (Korean Standards Association, 2010)에 기초하여 시험한 결과 Table 2와 같이 45.2~56.9MPa을 나타내었다. 각 실험체의 콘크리트 압축 응력-변형률 관계는 Fig. 1(a)에 나타내었다.

실험체에 사용된 각 철근의 기계적 성질을 알아보기 위하여 KS B 0802 (Korean Standards Association, 2003)에 기초하여 인장시험을 수행하였다. 실험에 사용된 철근의 기계적 성질은 Table 2에 나타내었다. 실험체 제작에 사용된 인

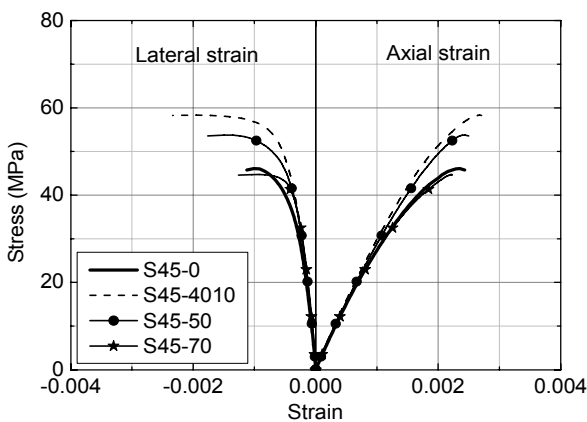
Table 1 Mix design of concrete

| Specimens | Design strength (MPa) | W/B (%) | S/a (%) | Unit weight (kg/m ³) | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|---------|---------|----------------------------------|--------|-------|---------|-----------|--------|------|------|
| | | | | Water | Cement | *GGBS | Fly Ash | Aggregate | | AE | AD |
| | | | | | | | | Fine | Coarse | | |
| S45-0 | 45 | 36.0 | 47.9 | 180 | 500 | 0 | 0 | 812 | 883 | 1.25 | 3.00 |
| S45-4010 | | 32.4 | 47.9 | 162 | 250 | 200 | 50 | 821 | 892 | 2.50 | 3.00 |
| S45-50 | | 32.4 | 47.9 | 162 | 250 | 250 | 0 | 827 | 899 | 2.00 | 3.00 |
| S45-70 | | 30.4 | 47.9 | 152 | 150 | 350 | 0 | 836 | 909 | 2.50 | 3.00 |

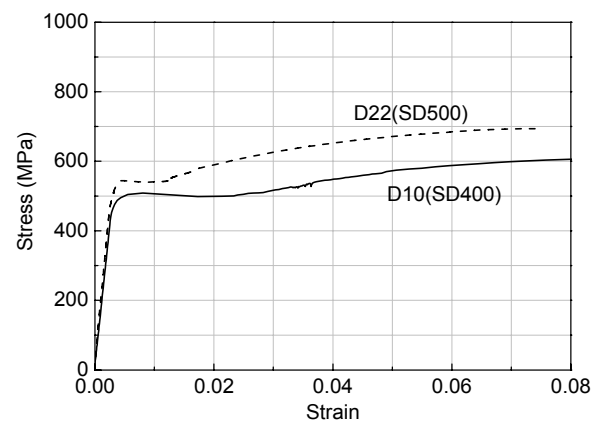
* GGBS : Ground Granulated Blast Furnace Slag

Table 2 Properties of specimens

| Specimens | f_{ck} (MPa) | Aggregate type | | Replacement ratio (%) | | Reinforcements | |
|-----------|----------------|----------------|---------|-----------------------|-------|--------------------------|----------------------------|
| | | Fine | Coarse | | | Tension | Compression |
| S45-0 | 46.7 | Natural | Natural | GGBS | 0 | 3-D22 $f_y = 544$ MPa | 2-D10 $f_y = 496.6$ MPa |
| S45-4010 | 56.9 | | | GGBS + Fly ash | 40+10 | | |
| S45-50 | 53.1 | | | GGBS | 50 | | |
| S45-70 | 45.2 | | | GGBS | 70 | | |



(a) Concrete



(b) Reinforcement

Fig. 1 Stress versus strain curves of materials

장철근은 항복강도가 544.0MPa, 탄성계수가 185GPa인 D22 이형철근을 사용하였으며, 압축철근은 항복강도가 496.6MPa, 탄성계수가 156GPa인 D10 이형철근을 사용하였다. 사용된 철근의 응력-변형을 관계는 Fig. 1(b)에 나타내었다.

2.2 실험체

이 연구에서는 고로슬래그 미분말의 치환율이 프리캐스트 철근콘크리트 보의 전단강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 고로슬래그 미분말을 변수로 총 4체의 실험체를 제작하였다. 모든 실험체는 보폭 200mm, 유효깊이 300mm, 인장철근비 1.94%로 동일하며, 전단경간비는 전단의 영향이 지배적인 2.5로 계획하였다. 휨 변형과 휨 항복유무를 판별하기 위하여 Fig. 2와 같이 인장 및 압축철근에 철근용 스트레인 게이지를 부착하였다. 실험체 일람 및 배근 상세는 Table 2와 Fig. 2에 나타내었다.

2.3 실험방법

실험체의 가력방법은 Fig. 3에 나타내었다. 모든 실험체는 3점 가력을 받는 단순지지 보 형태로 계획하였으며, 가력은 2,000kN 용량의 UTM을 이용하였다. 하중은 최대내력의 80% 이하로 저하될 때까지 지속적으로 가력하였다. 실험체의 처짐은 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 실험체 중앙하단에 설치된 변위측정기 (LVDT) 2대를 이용하여 측정하였다. 실험체의 전단변형은 보의 양옆 전단위험단면에 설치된 LVDT 5대로

각각 구성된 전단변형측정장치를 이용하여 측정하였다. 실험체 콘크리트 압축영역의 변형상태는 Fig. 3과 같이 실험체 중앙의 가력지점 압축연단에서 각각 10mm, 30mm, 50mm 떨어진 지점에 부착된 콘크리트용 스트레인 게이지를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 전단력-처짐 관계

실험에서 측정된 전단력-처짐 관계는 Fig. 4에 나타내었다. 모든 실험체는 인장철근의 항복 이전에 전단 파괴가 선행하였으며, 고로슬래그 미분말의 치환율에 관계없이 서로 유사한 강성과 거동을 나타내었다. Fig. 5는 실험체의 인장철근에 부착한 스트레인 게이지로부터 측정된 변형률을 나타낸다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 모든 실험체의 인장철근은 실

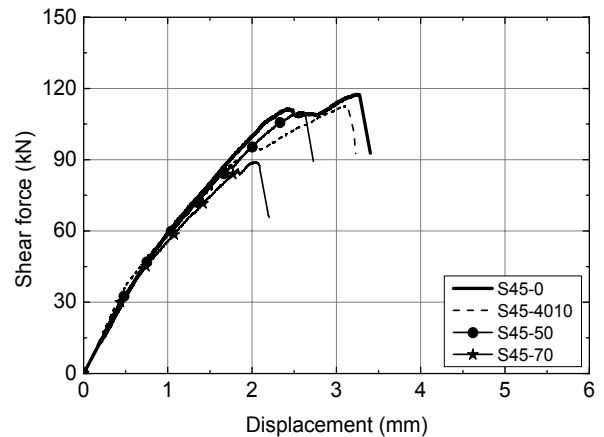


Fig. 4 Shear force versus displacement relationships

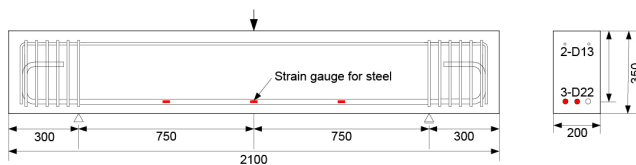


Fig. 2 Details of specimens

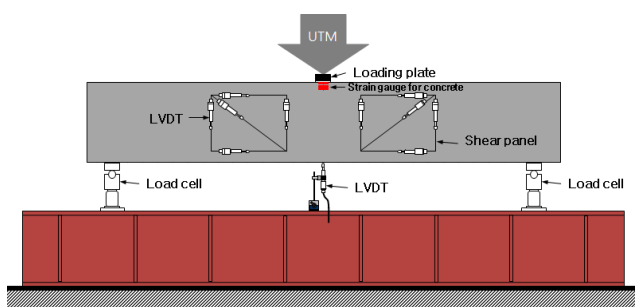


Fig. 3 Test setup of specimen

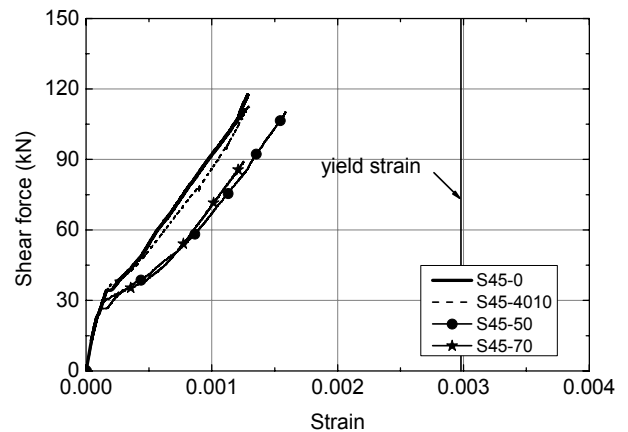


Fig. 5 Measured strain of longitudinal reinforcements

Table 3 Experimental results

| Specimens | f_{ck} (MPa) | Initial flexural crack | | | Initial diagonal tension crack | | | Peak load | | |
|-----------|-------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|
| | | V_{cr} (kN) | τ_{cr} (MPa) | δ_{cr} (mm) | V_d (kN) | τ_d (MPa) | δ_d (mm) | V_u (kN) | τ_u (MPa) | δ_u (mm) |
| S45-0 | 46.7 | 34.5 | 0.58 | 0.514 | 52.6 | 0.88 | 0.864 | 117.5 | 1.96 | 3.254 |
| S45-4010 | 56.9 | 35.4 | 0.59 | 0.478 | 49.4 | 0.83 | 0.758 | 112.8 | 1.88 | 3.128 |
| S45-50 | 53.1 | 28.2 | 0.47 | 0.407 | 49.4 | 0.83 | 0.802 | 110.2 | 1.84 | 2.592 |
| S45-70 | 45.2 | 26.7 | 0.45 | 0.388 | 38.2 | 0.64 | 0.603 | 89.0 | 1.48 | 2.058 |

험이 종료될 때까지 항복하지 않았음을 확인할 수 있다.

Fig. 4와 Table 3에 나타난 바와 같이 고로슬래그 미분말을 치환하지 않은 S45-0 실험체의 최대전단력은 117.5kN을 나타내었다. 고로슬래그 미분말 50%와 고로슬래그 미분말 40% 및 플라이애쉬 10%를 각각 치환한 S45-50 실험체와 S45-4010 실험체의 최대전단력은 각각 110.2kN과 112.8kN을 나타내어 S45-0 실험체와 약 5% 오차로 서로 유사한 전단력을 나타내었다. 반면 고로슬래그 미분말 70%를 치환한 S45-70 실험체의 최대전단력은 89kN으로 가장 낮은 내력을 나타내었다.

3.2 전단응력-전단변형률 관계

각 실험체의 전단응력-전단변형률 관계는 Fig. 6에 나타내었다. 여기서 전단변형률은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 실험구간의 전단위험단면에 부착한 LVDT 패널을 이용하여 구하였다. Fig. 6에서 나타난 바와 같이 전단응력-전단변형률 관계는 대부분의 실험체에서 유사하였음을 확인할 수 있다. Fig. 6에서 확인 할 수 있듯이 사인장 균열 발생 이전에는 전단변형이 거의 발생하지 않았으며 사인장 균열 발생과 동시에 내력이 급격하게 저하되면서 전단변형이 증가하였다.

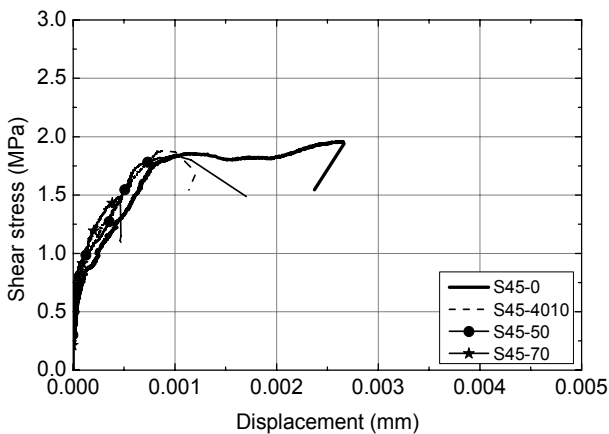


Fig. 6 Shear stress versus shear strain relationships

각 실험체의 전단응력은 Fig. 6과 Table 3에 나타난 바와 같이 고로슬래그 미분말을 치환하지 않은 S45-0 실험체가 1.96MPa로 가장 높게 나타내었다. 고로슬래그 미분말 50%를 치환한 S45-50 실험체와 고로슬래그 미분말 40% 및 플라이애쉬 10%를 치환한 S45-4010 실험체의 전단응력은 각각 1.84MPa와 1.88MPa으로 유사하였다. 반면 고로슬래그 미분말 70%를 사용한 S45-70 실험체는 초기 경사균열과 최대 전단응력 모두 0.64MPa와 1.48MPa으로 가장 낮은 응력을 나타내었다.

3.3 균열 및 파괴양상

고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 각 실험체의 균열양상을 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7에서 확인할 수 있듯이 고로슬래그 미분말 치환율에 따른 균열양상의 차이는 거의 발견할 수 없었다. 모든 실험체는 가력초기에 휨모멘트가 최대인 실험체 중앙 하단에서 최초 휨 균열이 발생하였다. 각 실험체의 최초 휨 균열 발생시 전단력은 Table 3에서 보는 바와 같이 26.7~35.4kN으로 유사하게 나타났다.

휨 균열은 하중이 증가함에 따라 실험체 중앙 상단부에 위치한 가력점을 향하여 진행하였으며, 반력지점으로 새로운 휨 균열 및 휨-전단균열이 확장되어 발생하였다. 모든 실험체의 사인장 균열은 38.2~52.6kN에서 발생하였으며, 최대내력 이후 최대내력의 80% 이하로 하중이 급격히 떨어지는 취성적인 파괴양상을 나타내었다.

3.4 기존 실험결과와 비교

이 연구에서 수행한 실험결과와 신뢰성을 확인하기 위하여 기존 문헌에서 총 89개의 전단강도 실험결과 (Kani, 1967; Sneed and Ramirez, 2010; Elzanaty et al., 1986; Walraven and Lehwalter, 1994; Zarzris and Papadakis, 2001; Ghannoum, 1990; Mphonde and Frantz, 1984; Krefeld and

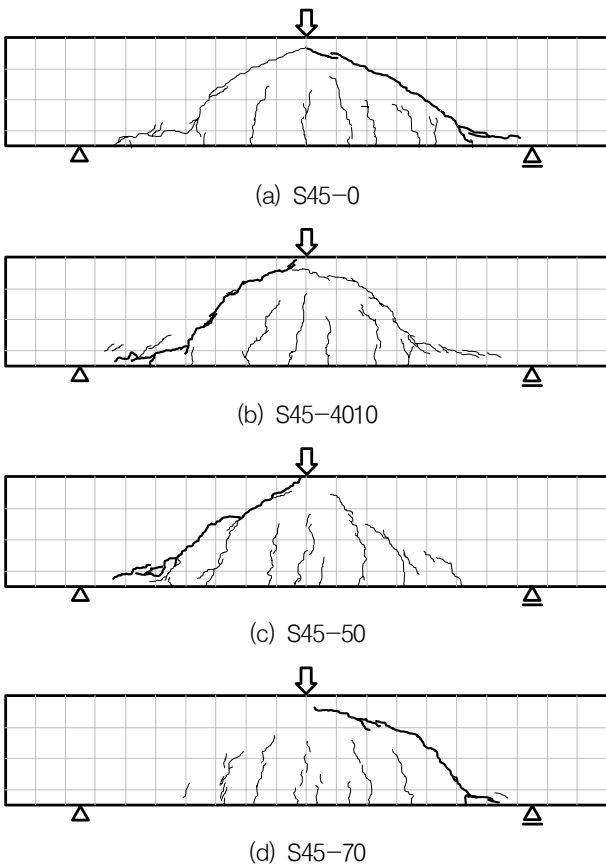


Fig. 7 Crack patterns of specimens after failure

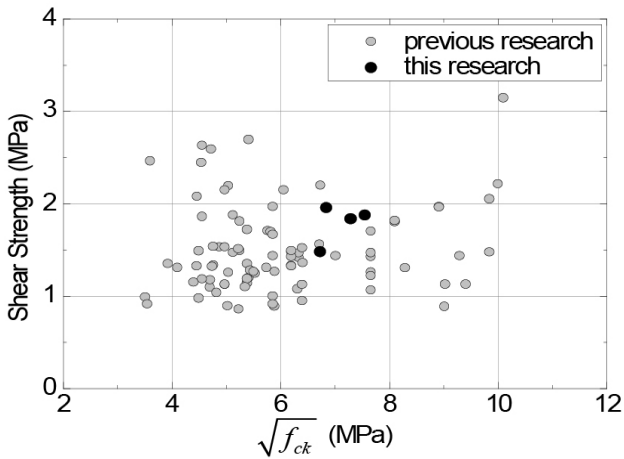


Fig. 8 Shear strength versus concrete compressive strength relationships using previous results

Thurston, 1996)를 수집하여 비교하였다. 이 연구에서 사용한 기존 실험결과와 각 변수별 범위는 유효깊이 150~482mm, 보 폭 100~400mm, 인장철근비 0.01~0.035, 콘크리트 압축강도 19.3~101MPa, 전단경간비 2.5~4.2이다.

Fig. 8은 콘크리트 압축강도의 제공근과 전단강도에 대해

여 기존 실험결과와 이 연구에서 수행한 실험결과를 비교하여 나타낸 것이다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 이 연구에서 수행한 실험결과는 기존 실험결과와 유사한 경향을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 전단강도는 일반적으로 콘크리트 인장강도의 변수인 압축강도의 제곱근에 비례한다. 콘크리트 압축강도의 제공근에 따른 기존 실험결과를 나타낸 Fig. 8과 같이 전단강도는 콘크리트 압축강도가 증가할수록 증가함을 확인할 수 있다. 또한 이 연구에서 수행한 실험결과도 기존 실험결과와 실험군 안에 포함되어 있어 기존 실험결과 경향에 잘 부합함을 확인할 수 있다.

3.5 전단강도 예측

고로슬래그 미분말을 사용한 프리캐스트 보의 전단강도를 현행 기준 및 제안식을 이용하여 비교·분석하였다. 실험체의 전단강도 예측을 위하여 ACI 318-11 (ACI, 2011)과 CEB-FIP MC90 (CEB-FIP, 1990), JSCE (JSCE, 1986), Zsutty (1968)에서 제안 및 규정하고 있는 전단강도식을 사용하였다.

3.5.1 ACI 318-11

ACI 318-11에서 콘크리트의 전단강도 기여분은 콘크리트 인장강도만을 고려한 단순식으로 계산하거나 인장철근의 장부작용과 전단경간의 효과를 고려한 상세식을 사용하여 계산할 수 있다. 이 연구에서는 상세식을 이용하여 실험체의 전단강도를 예측하였으며, 그 식은 다음과 같다.

$$V_c = \left(0.16 \sqrt{f_{ck}} + 17.6 \rho_{st} \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \leq 0.29 \sqrt{f_{ck}} b_w d \quad (1)$$

여기서 $V_u d / M_u \leq 1$ 이어야 하며, V_u 는 보의 최대전단력, V_c 는 콘크리트에 의한 공칭 전단강도, f_{ck} 는 콘크리트 압축강도 (MPa), ρ_{st} 는 인장철근비, b_w 는 단면의 폭 (mm)이다.

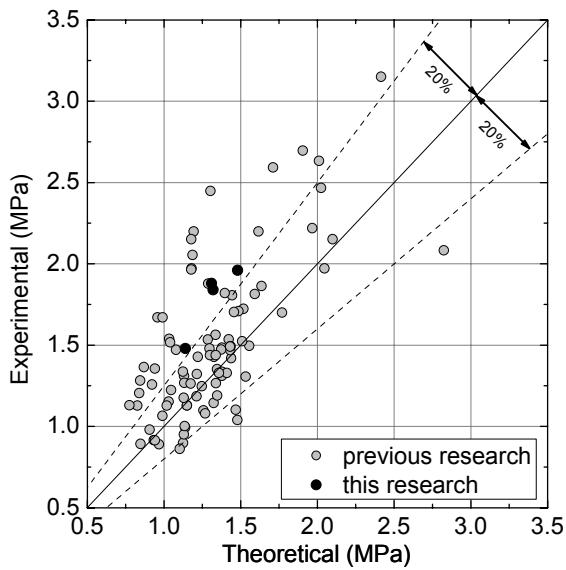
3.5.2 CEB-FIP Model Code 90

CEB-FIP MC90에서는 전단강도가 전단경간비의 1/3제곱에 반비례하고 콘크리트 압축강도의 1/3제곱에 비례한다고 규정하고 있으며, 유효깊이 d 에 대한 크기효과를 고려하고 있다.

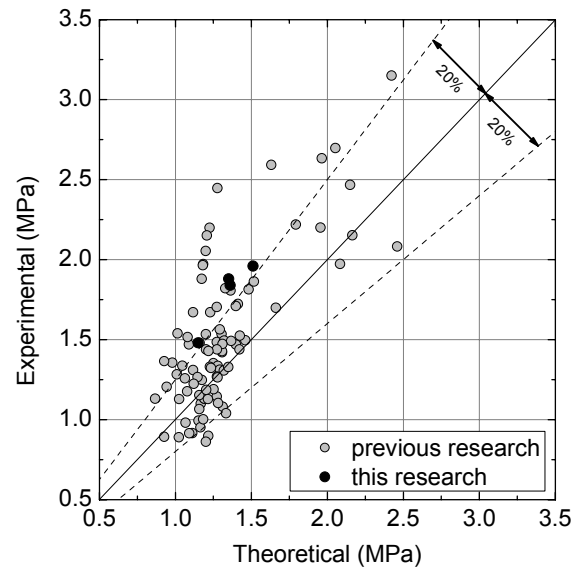
$$V_c = 0.15 (3d/a_v)^{1/3} \zeta (100 \rho_{st} f_{ck})^{1/3} b_w d \quad (2)$$

Table 4 Comparison of experimental and analytical results for shear strength of tested specimens

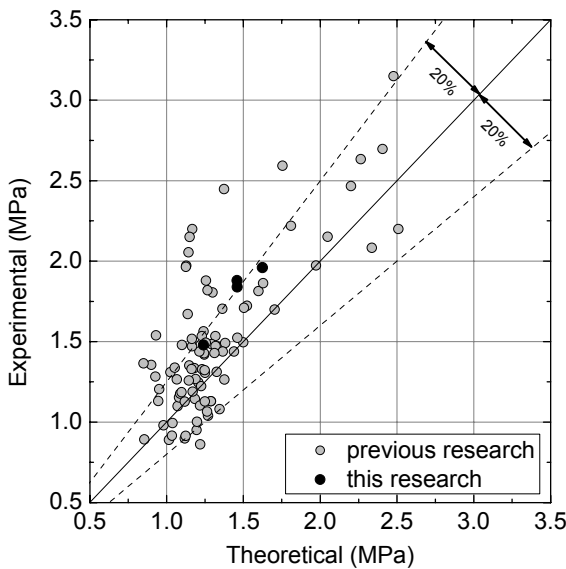
| Specimens | f_{ck} (MPa) | Experimental results | | Analytical results | | | | Experimental results / Analytical results | | | |
|-----------|-------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| | | V_{test} (kN) | τ_{test} (MPa) | τ_{ACI} (MPa) | τ_{CEB} (MPa) | τ_{JSCE} (MPa) | τ_{Zsutty} (MPa) | $\frac{\tau_{test}}{\tau_{ACI}}$ | $\frac{\tau_{test}}{\tau_{CEB}}$ | $\frac{\tau_{test}}{\tau_{JSCE}}$ | $\frac{\tau_{test}}{\tau_{Zsutty}}$ |
| S45-0 | 46.7 | 117.5 | 1.96 | 1.32 | 1.30 | 1.21 | 1.55 | 1.48 | 1.51 | 1.62 | 1.27 |
| S45-4010 | 56.9 | 112.8 | 1.88 | 1.43 | 1.39 | 1.29 | 1.65 | 1.31 | 1.35 | 1.46 | 1.14 |
| S45-50 | 53.1 | 110.2 | 1.84 | 1.39 | 1.36 | 1.26 | 1.61 | 1.32 | 1.36 | 1.46 | 1.14 |
| S45-70 | 45.2 | 89.0 | 1.48 | 1.30 | 1.29 | 1.19 | 1.53 | 1.14 | 1.15 | 1.24 | 0.97 |
| Mean | | | | | | | | 1.32 | 1.34 | 1.44 | 1.13 |
| COV (%) | | | | | | | | 10.8 | 10.9 | 10.9 | 10.9 |



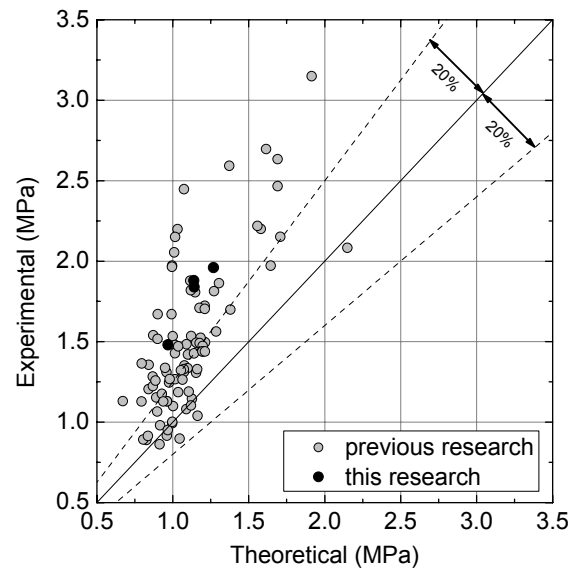
(a) ACI 318-11



(b) CEB-FIP Model Code 90



(c) JSCE



(d) Zsutty

Fig. 9 Comparison of experimental and analytical result

여기서 a_v 는 전단경간, ζ 는 크기효과를 반영하는 계수로 $1 + \sqrt{(200/d)}$ 이다.

3.5.3 JSCE

JSCE에서는 압축강도의 1/3제곱에 비례하며 유효깊이의 1/4제곱에 반비례한다고 규정하고 있으며, 압축강도와 단면의 기여분을 작게 고려하고 있다.

$$V_c = 0.0009 [(0.961 \rho_{st} f_{ck})^{1/3} (d/100)^{-1/4}] b_w d \quad (3)$$

3.5.4 Zsutty 제안식

Zsutty는 전단보강되지 않은 보의 실험결과에 대한 통계적인 연구를 통하여 다음과 같은 전단강도 계산식을 제안하였다.

$$V_c = 2.17 \left(f_{ck} \rho_{st} \frac{d}{a_v} \right)^{1/3} b_w d \quad (a/d \geq 2.5) \quad (4)$$

$$V_c = 2.17 \left(2.5 \frac{d}{a_v} \right) \left(f_{ck} \rho_{st} \frac{d}{a_v} \right)^{1/3} b_w d \quad (a/d < 2.5) \quad (5)$$

실험결과와 기존 전단강도식을 활용한 해석결과는 Table 4에 나타내었다. Table 4에서 확인할 수 있듯이 기존 전단예측식의 경우 고로슬래그 미분말을 50%까지 치환하더라도 실험결과를 약 35% 안전측으로 예측하여 소요성능을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 고로슬래그 미분말을 70% 이상으로 치환하는 경우 해석결과가 실험결과를 1.13배로 안전측으로 예측하였으나 실제 구조부재에 적용함에 있어서는 다양한 변수를 기반으로 한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

Fig. 9는 기존 전단평가식을 활용한 해석결과와 기존연구자에 의한 실험결과 비를 나타낸다. Fig. 9에서 확인할 수 있듯이 ACI 318-11, CEB-FIP MC90, JSCE 규준식은 기존 실험결과를 약 1.3배로 예측하였으며, Zsutty 제안식은 약 1.1배로 모두 안전측으로 예측하였다. 따라서 고로슬래그 미분말을 사용한 프리캐스트 보에 기존 전단평가식을 적용하더라도 안전측으로 예측함을 확인할 수 있다.

4. 결론

산업부산물인 고로슬래그 미분말을 프리캐스트 콘크리트 구조 부재에 적용하기 위하여 고로슬래그 미분말의 치환율

에 따른 철근콘크리트 보의 전단성능을 평가한 결과 다음과 같은 사실을 확인 할 수 있었다.

- (1) 고로슬래그 미분말을 사용한 실험체는 고로슬래그 미분말을 사용하지 않은 실험체와 유사한 전단거동 및 균열양상을 나타내는 것을 확인하였다.
- (2) 각 실험체의 전단위험단면에 부착된 LVDT 패널을 이용하여 전단변형률을 측정된 결과, 모든 실험체는 고로슬래그 미분말 치환율에 관계없이 유사한 전단변형률을 나타내었다. 이러한 경향은 전단력-처짐 관계에서도 유사하게 확인할 수 있었다.
- (3) 고로슬래그 미분말을 70%까지 사용한 실험체의 전단강도는 고로슬래그 미분말의 치환율에 관계없이 현행 전단 기준식에 의한 해석결과를 상회하여 전단강도에 대한 소요 성능을 모두 만족하였으나 나머지 실험체에 비하여 내력저하가 관찰되며, 다양한 변수를 기초로 한 추가적인 연구가 요구된다.

감사의 글

이 논문은 2013년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

References

1. ACI Committee 318 (2011), Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11), American Concrete Institute, Detroit, 473.
2. Comité Euro-International du Béton (CEB) (1990), CEB-FIP Model Code 1990, 145-240.
3. Elzanaty, A. H., Nilson, A. H., and Slate, F. O. (1986), Shear Capacity of Reinforced Concrete Beams Using High-Strength Concrete, *ACI Structural Journal*, 83(2), 290-296.
4. Ghannoum, W. M. (1990), Size Effect on Shear Strength of Reinforced Concrete Beams, McGill University, 230.
5. JSCE (1986), Standard Specification for Design and Construction of Concrete Structures, Part 1 (Design), 244.
6. Kani, G. N. J. (1967), How Safe Are Our Large Reinforced Concrete beams?, *ACI Journal Proceedings*, 64(3), 128-141.
7. Korean Standards Association (2003), Method of tensile test for metallic materials, Korean Standards Association, 7 (in Korean).
8. Korean Standards Association (2010), Standard test method for compressive strength of concrete, Korean Standards Association, 6 (in Korean).
9. Krefeld, W. J., and Thurston, C. W. (1966), Studies of The Shear and Diagonal Tension Strength of Simply Supported Reinforced Concrete Beams, *ACI Structural Journal*, 63(4),

-
- 451-476.
10. Lee, S. S., Won, C., Kim, D. S., and Park, S. J. (2000), A Study on the Engineering Properties of Concrete Using Blast-furnace Slag Powder, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 12(4), 49-58 (in Korean).
 11. Mphonde, A. G., and Frantz, G. C. (1984), Shear Tests of High-and Low-Strength Concrete Beams Without Stirrups, *ACI Structural Journal*, 81(4), 350-357.
 12. Shin, K. S., and Choi, L. (2003), About the Rightness of Using Blast-Furnace Slag Fine Powder as Admixture in Ready-Mixed Concrete Industry, *Magazine of the Korea Concrete Institute*, 15(2), 8-12 (in Korean).
 13. Sneed, L. H., and Ramirez, J. A. (2010), Influence of Effective Depth on Shear Strength of Concrete Beams- Experimental Study, *ACI Structural Journal*, 107(5), 554-562.
 14. Walraven, J., and Lehwalter, N. (1994), Size Effects in Short Beams Loaded in Shear, *ACI Structural Journal*, 91(5), 585-593.
 15. Zarzris, P. D., and Papadakis, G. Ch. (2001), Diagonal Shear Failure and Size Effect in RC Beams without Web Reinforcement, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 127(7), 733-742.
 16. Zsutty, T. C. (1968), Beam Shear Strength Prediction by Analysis of Existing Data, *ACI Structural Journal*, 65(11), 943-951.

Received : 10/21/2013

Revised : 11/15/2013

Accepted : 11/20/2013

요 지

이 연구에서는 고로슬래그 미분말을 사용한 프리캐스트 보의 전단성능에 대하여 평가하였다. 실험체는 고로슬래그 미분말 치환율에 따라 총 4체의 실험체를 제작하였다. 모든 실험체는 전단경간비 2.5, 보의 폭 200mm, 유효깊이 300mm이며, 3점 가력을 받는 단순보로 계획하였다. 또한 이 연구에서는 실험체의 전단강도를 예측하기 위하여 기존 전단강도 예측식을 이용하여 실험결과와 비교하였으며, 총 89개의 기존 전단 실험결과를 이용하여 실험결과와 비교 분석하였다. 실험결과, 고로슬래그 미분말을 치환한 실험체는 포틀랜드 시멘트만을 사용한 실험체와 비교분석한 결과 유사한 전단성능을 나타내었다.

핵심 용어 : 고로슬래그 미분말, 전단, 철근콘크리트 보, 프리캐스트
