산업부산물을 활용한 고강도경량 콘크리트보의 거동 특성

A Study on the Behavior Properties of the High-Strength Lightweight Concrete Beam Using the Industrial By-Products

이 승 조* 박 정 민** 손 영 호** 김 화 중***
Lee, Seung Jo Park, Jung Min Son, Young Ho Kim, Wha Jung

ABSTRACT

We experimented variables of four kinds(a/d=1.5, 2.5, 3.5, 4.5) of shear span ratio to consider a structural characteristic of high-strength lightweight concrete beam used industrial by-product. Through the research of serials, the more increase of shear span ratio, the more ductility is superior. Rating the capacity of high-strength concrete beam and the capacity of lightweight concrete beam, in existing lightweight concrete beam evaluation formula, if a shear strength formula for normal concrete multiplies 0.85(reduction factor), it is rated as safety side over shear span ratio 2.5, but it is riskful at low shear span ratio. Therefore it is important that these factors are considered as the evaluation.

1. 서론

콘크리트의 고강도화에 관한 연구는 어느 정도 진행되고 있지만 이와 관련한 콘크리트의 경량화에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 선진국의 경우 혼화재료의 적절한 사용, 구조용 경량 골재의 개발 및 활용 등을 통한 지속적인 연구 결과 경량 콘크리트의 강도를 구조용으로 사용하기에 충분할 만큼 증진시킬 수 있음을 확인한 바 있다. 건축물 구축에 있어 경량 콘크리트를 사용하게 되면 건물의 고정하중 감소에 따른 직접적인 효과 및 에너지 절약 등에 의한 간접적인 효과에서 얻어지는 건축비와 유지 관리비의 절감이 상당할 것으로 생각된다. 따라서, 본 연구에서는 가넷을 활용한 고강도경량 콘크리트 보(이하, HLCB라 칭함)의 내력 및 변형특성을 고찰하여 역학적 거동규명을 하였다.

2. 실험계획

2.1 시험체 계획

실험 변수에 따른 시험체 계획은 아래의 표 1과 같으며, 시험체 상세도를 그림 1에 나타내었다.

*정회원, 안동대학교 건축공학과 강사, 공학박사
**정회원, 경북전문대학 건축과 조교수, 공학박사
**정회원, 경북전문대학 토목과 조교수, 공학박사
***정회원, 경북대학교 건축학과 교수, 공학박사
※ 본 논문은 2002년도 한국과학재단 지원 산학협력연구 사업의 일환으로 진행되었음.

실험에서는 전단스팬비 4종류(a/d=1.5, 2.5, 3.5, 4.5)에 따른 HLCB와 고강도콘크리트보(이하, HCB라 칭함)의 구조적 특성을 고찰하기 위하여 4개의 HLCB시험체 및 상호비교를 행하기 위하여 일반골재를 사용한 HCB시험체 4개를 제작하여 총 8개의 시험체를 계획하였다.

표1. 시험체 일람

시험체명	단면(mm)		전단스팬비	인장철근		ρ/ρ_b	콘크리트		길이
	b	D	(a/d)	인장철근비(p)%	인장철근		f_{ck}(kgf/cm^2)	종류	(cm)
L15B	150	300	1.5	1.0	3-D13	0.385	361	경량	165
L25B			2.5	1.0	3-D13	0.385			215
L35B			3.5	1.0	3-D13	0.385			265
L45B			4.5	1.0	3-D13	0.385			315
N15B			1.5	1.0	3-D13	0.367	667	일반	165
N25B			2.5	1.0	3-D13	0.367			215
N35B			3.5	1.0	3-D13	0.367			265
N45B			4.5	1.0	3-D13	0.367			315

주) 시험체 명 : L15B [L(고강도경량), N(고강도일반)] [15(전단스팬비) : 15(1.5), 25(2.5), 35(3.5), 45(4.5)]

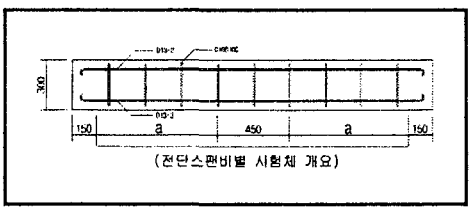

그림 1. 시험체 상세

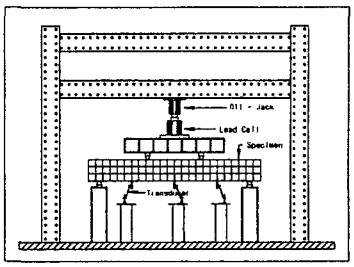

그림 2. 가력방법

2.2 가력방법 및 소재의 재료적 성질

가력 방법은 그림 2와 같이 2점 재하를 하였으며, 보 중앙부 및 시험체 길이의 $\ell/4$ 지점에 LVDT를 설치하여 처짐을 측정하였다. 보에 사용된 철근에 대하여 3개씩의 시험편을 절취하여 인장시험을 행하였으며, 시험 결과를 표 2에 나타내었다. 또한 사용된 콘크리트는 KS F 2404의 규정에 따라 콘크리트의 압축강도 실험을 행하였으며, 콘크리트의 배합표와 실험결과를 표 3에 나타내었다.

표2. 강재의 인장강도 시험결과

구분	σ_y (tf/cm^2)	σ_{max}(tf/cm^2)	σ_y/σ_{max}	E(tf/cm^2)	elo(%)
D13	4.283	6.032	0.710	1806	20.6

표3. 콘크리트의 배합비 및 실험결과

종류	슬럼프	단위중량 (kgf/m^3)						압축강도
	(cm)	C	Ag	S	G	W	A	(kgf/cm^2)
경량	13	480	53	738	621	160	4.26	361
일반	15	480	53	698	940	160	5.33	667

주) C:시멘트 Ag:혼화재 S:모래 G:자갈 W:물 A:혼화제

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험결과

실험결과를 표 4에 그리고, 그림 2에 각각의 시험체에 대한 하중과 중앙부 처짐관계를 나타내었다.

표4. 실험결과

시험체명	초기균열(휨균열)					사인장균열(전단균열)					항복하중					극한하중				
	내력 (ton)	처짐 (mm)	변형도(×10^{-6}) ①	②	③	내력 (ton)	처짐 (mm)	변형도(×10^{-6}) ①	②	③	내력 (ton)	처짐 (mm)	변형도(×10^{-6}) ①	②	③	내력 (ton)	처짐 (mm)	변형도(×10^{-6}) ①	②	③
L15B	3.133	0.86	60	770	820	8.98	3.57	460	2460	3030	9.29	3.99	580	2660	3210	11.644	17.30	790	3120	3720
L25B	2.121	0.58	77	810	790	7.928	4.36	660	2990	3220	7.846	4.00	610	2880	3050	9.636	16.33	830	3220	3580
L35B	1.905	0.62	85	830	760	7.196	4.19	720	3030	3350	7.088	3.80	650	2820	3070	9.168	19.12	850	3320	3470
L45B	1.879	0.53	95	850	730	6.301	4.17	770	3120	3320	6.045	3.40	690	2890	2990	7.657	18.51	880	3370	3390
N15B	3.496	1.66	55	889	990	10.518	6.45	413	2133	2020	11.254	6.97	680	2880	3050	16.779	32.27	820	3220	3350
N25B	2.924	1.52	63	950	810	7.728	4.22	330	3220	2100	8.250	5.06	640	2930	3220	12.447	28.38	880	3280	3550
N35B	2.642	1.19	83	990	770	7.234	4.72	880	3250	3300	7.080	4.44	622	3030	3320	9.404	30.23	930	3580	3780
N45B	1.963	1.11	90	1030	750	6.834	5.96	890	3280	3440	6.610	4.78	580	3090	3380	8.345	28.35	990	3660	3800

주) ① 늑근 ② 인장철근 ③ 콘크리트

3.2 분석 및 고찰

3.2.1 하중-처짐(변위)

전체적인 시험체의 거동 양상은 bi-linear적인 거동양상을 나타냈으며, 부재강성은 일반 HCB에 비해 HLCB가 상대적으로 작게 나타났다. 최대내력 후의 거동은 콘크리트에 따라서는 전반적으로 비슷한 양상을 나타냈으며, 전단스팬비에 따라서는 전단스팬비가 클수록 내력저하가 다소 완만하게 일어났다.

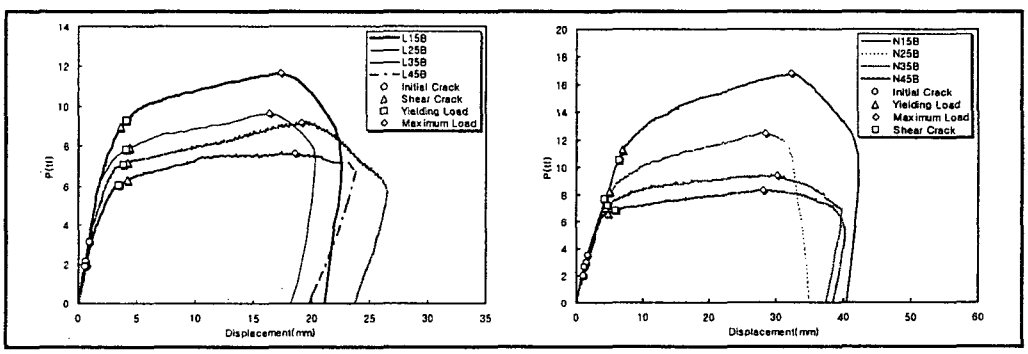

그림 3. 하중-처짐 관계

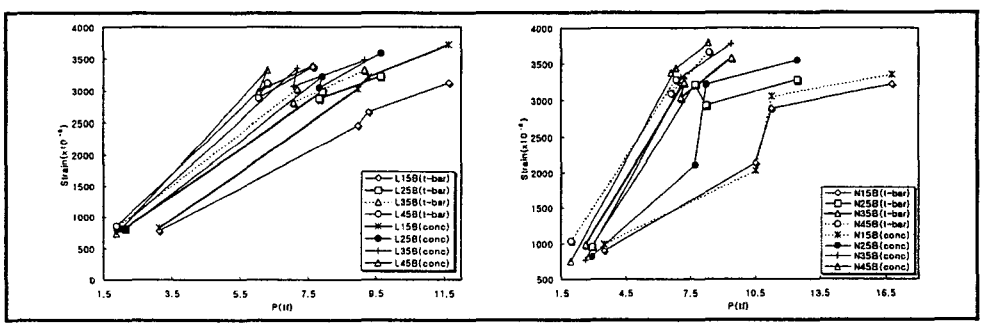

그림 4. 인장철근과 콘크리트의 변형도 분포

3.2.2 변형도 분포

그림 4를 살펴보면, HLCB의 경우 극한하중시 보 주근의 변형도 분포는 0.0030~0.0033의 값을 나타냈으며, 콘크리트는 0.0033~0.0037의 값으로 보 주근에 비해 상대적으로 콘크리트의 변형도 분담율이 크게 나타났다. 하중 단계별 보주근과 콘크리트의 변형도 분포양상은 하중 초기에는 보주근의 변형도 분담비율이 콘크리트에 비해 상대적으로 높게 나타났으나, 이후 하중의 증가에 따라 전단균열 및 항복하중에 가까워지면 변형도 분담비율은 콘크리트 쪽이 다소 높아지는 경향을 나타내며 극한하중에 가까울수록 그 비율 차이가 급격하게 증가함을 알 수 있었다.

3.2.3 내력특성

전단스팬비별로 각각 70%, 77%, 97%, 91%의 내력을 발휘하여 기존에 경량콘크리트보의 평가식에서 보통 콘크리트보에 대한 전단강도식에 감소계수 0.85를 곱한 것으로 평가하면 전단스팬비 2.5 이상에서는 안전측으로 평가되나 전단스팬비가 작은 시험체에서는 위험측으로 평가되는 것으로 나타나 이러한 요인들을 고려한 평가가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

(1) 전단스팬비에 따른 HLCB 시험체의 파괴성상은 전단스팬비 1.5인 시험체는 전단파괴가 지배인 파괴양상을 전단스팬비 2.5와 3.5인 시험체는 휨과 전단균열이 복합적으로 나타났으며, 전단스팬비 4.5인 시험체는 전체하중에 걸쳐서 전단균열은 거의 나타나지 않았으나 휨 균열이 지배적인 파괴양상을 보였다.

(2) 연성지수는 모든 시험체가 3.96~5.93의 값을 나타내어 양호한 변형능력을 보였으며, 유사한 상관관계는 인지되지 않으나 그 경향은 콘크리트 종류에 관계없이 전단스팬비가 클수록 연성능력이 우수한 것으로 나타났다.

(3) HLCB의 내력과 일반 HCB의 내력을 평가할 때 기존의 경량콘크리트보의 평가식에서 보통 콘크리트보에 대한 전단강도식에 감소계수 0.85를 곱한 것으로 평가하면 전단스팬비 2.5 이상에서는 안전측으로 평가되나 전단스팬비가 작은 시험체에서는 위험측으로 평가되는 것으로 나타나 이러한 요인들을 고려한 평가가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 노 희일 외 4인, 경량고강도 콘크리트 보의 전단거동에 관한 연구, 콘크리트학회논문집, 제 8권 4호, 1996.8, pp 149-159
2. 정 헌수 외 2인, 고강도경량 콘크리트를 사용한 철근콘크리트 부재의 전단성상에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 16권 1호, 1996.4, pp 291-296
3. 정 수영 외 5인, 전단보강근이 없는 고강도 경량콘크리트 보의 전단거동, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 20권 1호, 2000.4, pp 185-188
4. 곽 윤근 외 3인, 경량 콘크리트보의 전단강도에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 21권 2호, 2001.10, pp 1-4