

이질구조부 보강판의 길이에 따른 혼합구조보의 특성에 관한 연구

A Study on Properties of Composite Beams according to Length of Reinforcing Plate for Different Types of Structure

이 승 조* 박 정 민** 김 화 중***
Lee, Sung-Jo Park, Jung-Min Kim, Wha-Jung

Abstract

This paper investigated the properties of flexural behavior of composite beams (end-Reinforced concrete, center-Steel concrete) according to attaching length of main bars to flange, shear reinforcing length for different types of structure. In the preceding study, structural properties of composite beams were investigated according to shear span to depth ratio, attaching method of main bars and shear reinforcing method. Based on these results, a series of experiments was carried out according to attaching length of main bar & reinforcing length for different types of structure. Consequently, as attaching length of main bar and shear reinforcing length increased, composite beams represented higher strength, ductility index and stress mechanism distributed in connection zone of different types of structure.

1. 서론

철근콘크리트와 철틀의 장점을 이용한 구조물의 고층화, 장스팬화 및 고품질화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 단부 철근콘크리트(이하 RC) 중앙부 철틀(이하S)로 구성된 혼합구조보에 대한 연구에 대해서는 이미 일본에서는 많은 연구 성과가 오래전부터 보고되고 있고, 국내에서는 최근에 이르러 일부 연구성과^{(1),(2)}가 보고되고 있다. 그러나 이들 이질 재료로 구성된 보부재의 응력메카니즘, 내력 등 구조적 거동에 대한 미해명된 문제점이 아직 많이 남아있어, 명확한 설계기준이 아직 제시되지 않고 있는 실정이다. 이러한 배경에서 본 연구에서는 일련의 연구 성과를 바탕으로 철근콘크

* 정회원, 경북전문대학 건축과 강사, 공학박사

** 정회원, 경북전문대학 건축과 조교수, 공학박사

*** 정회원, 경북대학교 건축공학과 교수, 공학박사

리트보의 장스팬화를 목적으로 콘크리트와 철골의 장점을 이용한 혼합구조보(단부철근콘크리트(RC), 중앙부 철골콘크리트(SC))가 계획되었다. 앞서 수행된 연구^(3,4)성과를 고려하여 이질구조부 보강길이의 변화, RC부 주근의 중앙부 철골에 대한 정착길이의 변화에 따른 구조적 거동 특성에 대해 고찰하고자 한다.

2. 실험 개요 및 계획

2.1 시험체 계획

시험체 계획에서는 전단스팬비를 2.5로 일정하게 하고, 단부 RC부 주근의 중앙부 철골플랜지에 대한 정착길이를 보의 지간(L)에 대해 2종류(0.1L, 0.15L), 이질구조부 보강길이를 3종류(0.2L, 0.3L, 0.4L)를 주요변수로 설정하고, 주근의 정착길이의 변화에 따른 RC부 주근의 철골 플랜지에 대한 집합 방법에 따른 특성을 비교하기 위하여 2종류(플랜지 윗면 직접용접집합, 스테드 볼트에 용접집합)로 하여 총 12개의 시험체를 제작하였다. 또한 사용된 콘크리트의 강도는 400kgf/cm²의 고강도 콘크리트를 사용하였다. 시험체의 일람을 표 1에 나타내었으며 시험체 상세를 그림 1에 나타내었다.

2.2 가력방법 및 변형측정 위치

혼합구조보 시험체에 대한 가력 방법은 가력프레임에서 가력용 강재보를 이용하여 이질구조부이 경계면에 대해 2점재하 하였으며, 보중앙부 및 이질구조 경계부에 LVDT를 각각 1개씩 총 3개를 설치하여 처짐을 측정하였다. 또한 시험체 각 요소의 변형도를 측정하기 위해 스트레인게이지를 부착하여 재하단계별 변형도 분포를 측정하였다. 실험 Set Up을 그림 2에 나타내었다.

표 1 시험체 일람

시험체명	단면 (mm)		f _{ck} (kgf/cm ²)	사용 철근	인장 철근비 (ρ)	평형 철근비 (ρ _b)	철골비	보주근접합	시험체길이 (m)
	b	D							
RSF251020	150	300	400	3-D13	0.0094	0.06	0.0671	플랜지	2.41
RSF251030								스테드	
RSF251040								플랜지	
RSS251020								스테드	
RSS251030								플랜지	
RSS251040								스테드	
RSF251520								플랜지	
RSF251530								스테드	
RSF251540								플랜지	
RSS251520								스테드	
RSS251530								플랜지	
RSS251540								스테드	

주) [R(단부 RC) S(중앙부 SC)], [F(보주근접합방법) : F(플랜지용접) S(스테드용접)], [25(전단스팬비)],

[10(주근정착길이) : 10(0.1L) 15(0.15L)], [20(보강길이) : 20(0.2L) 30(0.3L) 40(0.4L)]

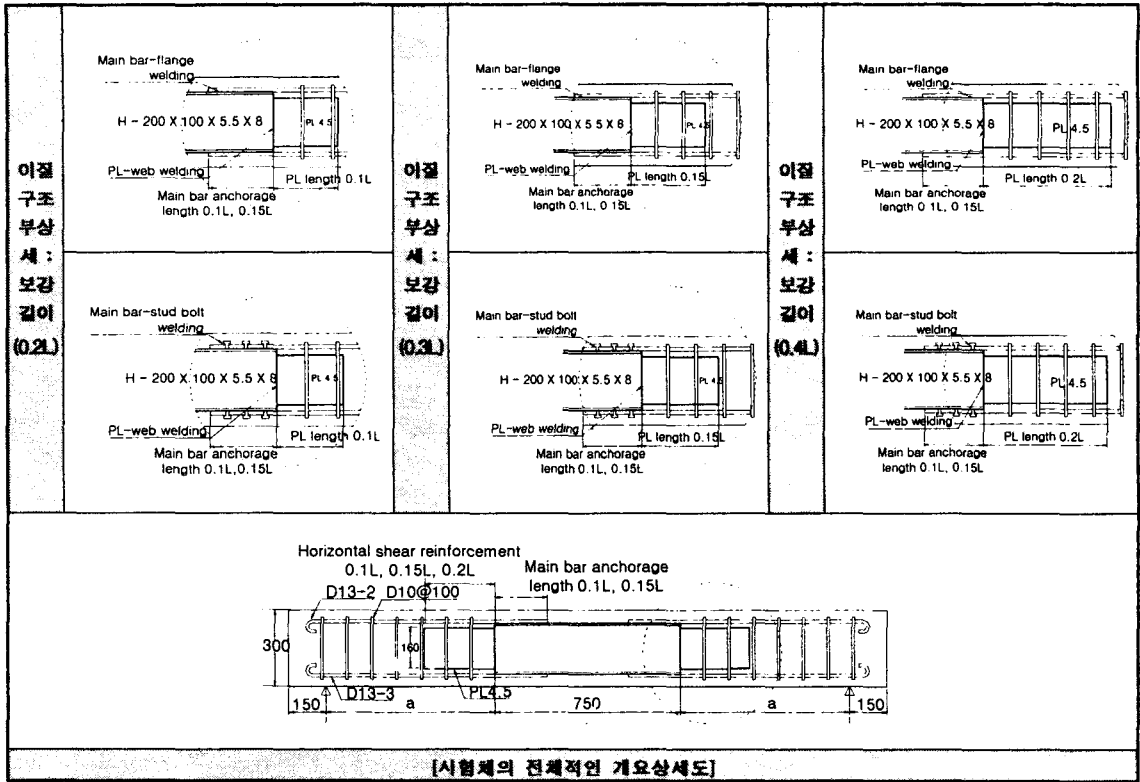


그림 1 시험체 개요 및 상세

3. 소재의 재료적 성질에 관한 실험

혼합구조보 시험체에 사용된 철근 및 철판(H-200×100×5.5×8)에 대해 재료의 역학적 성질을 파악하기 위해 각각의 시험체에 대해 모재로부터 3개씩의 시험편을 절취하여 인장 시험을 행하였으며, KS F 2404의 규정에 따라 콘크리트 강도별로 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 의 공시체에 대해 압축강도 실험을 행하였다. 그 결과를 표 2와 표 3에 나타내었다.

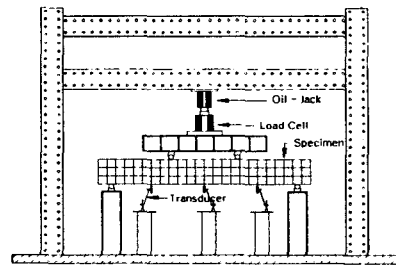


그림 2 시험체의 Set Up 장면

4. 실험 및 실험결과

본 연구는 이질구조부재로 이루어진 혼합구조보의 내력특성 및 변형능력을 고찰하기 위한 것

표 2 콘크리트의 배합비 및 압축강도

설계강도 (kgf/cm^2)	Slump (cm)	단위중량 (kgf/m^3)					f_{ck} (kgf/cm^2)
		W	C	S	G	Ad	
400	15	170	425	678.4	1,053	2.55	432

주) W:물, C:시멘트, S:모래, G:자갈, Ad:고성능 감수제

으로 실험결과를 표 4에 나타내었다. 또한 하중과 중앙부 처짐 관계 곡선을 그림 3에 나타내었으며, 시험체의 최종적인 파괴성상을 그림 4에 나타내었다.

표 3 강재의 인장강도 시험 결과

구분	σ_y (tf/cm ²)	σ_{max} (tf/cm ²)	σ_y/σ_{max}	elo(%)
D10	3.988	5.526	0.722	20.1
D13	4.283	6.032	0.710	20.6
HW(철골웨브)	3.925	5.299	0.741	19.1
HF(철골플랜지)	3.840	5.227	0.735	20.1
보강판	3.433	4.554	0.754	18.7

5. 실험결과의 분석 및 고찰

5.1 하중-처짐 곡선

그림 3은 하중단계별 각각의 시험체 중앙부의 하중-변위 관계를 나타낸 것이다. 전반적으로 RC부 주근의 철골 플랜지에 대한 정착길이가 증가함에 따라, 이질구조부의 보강길이가 증가함에 따라서 부재의 강성 및 내력은 증가하였다. 그러나, 주근의 정착방법에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 부재항복 이후에도 내력이 약간씩 증가하면서 유연한 변형을 나타내었으며, 최대내력 이후에도 변위는 계속 증가하는 양상을 나타내었다.

표 4 실험 결과

시험체명	최대하중												
	내력 (ton)	처짐 (mm)	변형도($\times 10^{-6}$)									Conc	
			Flange	main-bar			stirrup			reinforcing plate			
			①	②	③	①	②	③	①	②	③		
RSF251020	15.690	33.415	2360	3230	3120	3030	720	650	630	950	910	-	3490
RSF251030	16.261	36.690	2440	3850	3550	3440	1330	1230	1210	1790	1610	1440	3990
RSF251040	16.513	40.060	2880	3690	3440	3390	1550	1430	1390	1920	1770	1650	4150
RSS251020	15.421	35.105	2410	3320	3220	3150	680	620	580	890	830	-	3720
RSS251030	15.678	36.619	2420	3770	3520	3290	1290	1220	1180	1710	1550	1480	4040
RSS251040	16.560	38.380	2770	3550	3510	3430	1390	1400	1380	1890	1690	1610	4090
RSF251520	20.596	35.580	2550	3630	3440	3290	880	810	750	930	980	-	3550
RSF251530	22.738	34.843	2690	3770	3660	3450	1290	1210	1130	1550	1320	1210	4040
RSF251540	26.835	34.230	2950	3850	3750	3520	1440	1320	1290	1770	1530	1320	4090
RSS251520	20.475	36.160	2660	3440	3290	3090	850	810	780	990	930	-	3880
RSS251530	24.855	35.292	2830	3710	3530	3320	930	890	850	1440	910	850	4120
RSS251540	29.091	39.260	2950	3880	3660	3410	1130	1090	1010	1690	970	890	4190

5.2 파괴특성

그림 4는 각각의 시험체의 파괴성상을 나타내고 있다. 전반적인 시험체의 파괴형태는 주로 철골의 선단부에서 단부 RC부로의 휨전단 파괴의 양상을 나타내었으며, 주근 정착길이가 및 이질구조부의 보강길이의 변화에 따라 파괴의 범위 및 형태가 약간씩 다르게 나타났다. 대체적으로 주근의 정착길이가 길고, 전단보강판의 길이가 길어질수록 이질경계부에서의 RC부로의 응력의 전달 분담율이 증가하여, 전단보강판이 없거나 짧은 변단면에서의 집중적인 파괴보다는 하중의 증가에 따라 보강판의 영역에서 균열의 분산이 이루어지며, 전반적으로 연성적인 파괴양상을 나타내었다.

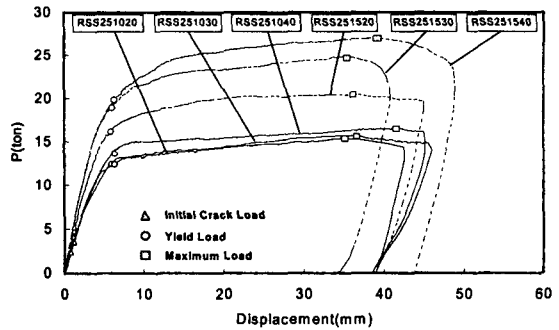
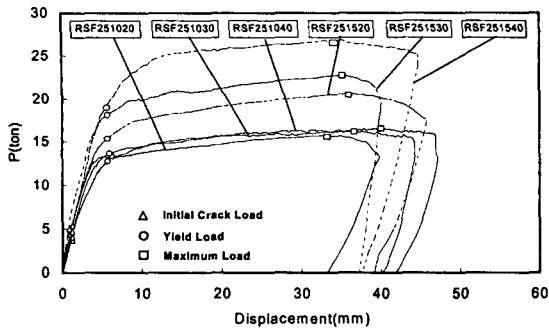


그림 3 하중-처짐 곡선관계

5.3 연성능력 평가

그림 5는 주근정착길이 및 전단보강판의 길이에 따른 혼합구조 보의 연성지수를 나타낸 것으로 전반적인 연성지수는 5.7~6.6의 범위를 나타내었으며, 이질구조부의 보강판의 길이가 증가할수록 연성지수가 약간씩 증가됨을 알 수 있다. 또한, 주근의 정착길이가 0.1L에 비해 0.15L일 때의 연성지수가 2~9% 정도로 주근의 정착길이가 길어질수록 높아지고 있지만, 전단보강판길이가 증가할수록 그 차이는 조금씩 줄어드는 것으로 나타났다. 따라서, 부재의 연성능력은 주근 정착길이가 증가하고, 보강판의 길이가 길어질수록 높아지는 것으로 나타났다.

5.4 시험체 내력

그림 6은 시험체의 내력비를 나타낸 것으로 주근정착길이의 변화에 따라서는 정착길이가 0.1L에서 0.15L로 증가할 경우 1.3~1.8로 증가하여 주근의 정착길이가 증가할수록 혼합구조 보의 내력상승에 효과적인 것으로 나타났다. 또한, 전단보강판의 길이변화에 따른 내력의 상승율은 주근의 정착길이가 0.1L의 경우에는 전단보강판의 길이가 증가할수록 1.02~1.07의 범위로, 주근의 정착길이가 0.15L의 경우 전단보강판의 길이가 증가할수록 1.3~1.5배의 내력상승율을 나타내었다. 따라서, 주근의 정착길이의 확보가 내력상승에 있어서 상대적으로 전단보강판의 길이변화에 비해 더 효과적이지만, 중앙부 철골의 웨브에 용접부착된 전단보강판의 폭-두께비 및 전단보강판에 대한 리브 및 스티프너와 같은 보강을 통해 전단보강판의 내력의 상승에 대한 분담을 더 높일 수 있을 것으로 기대된다.

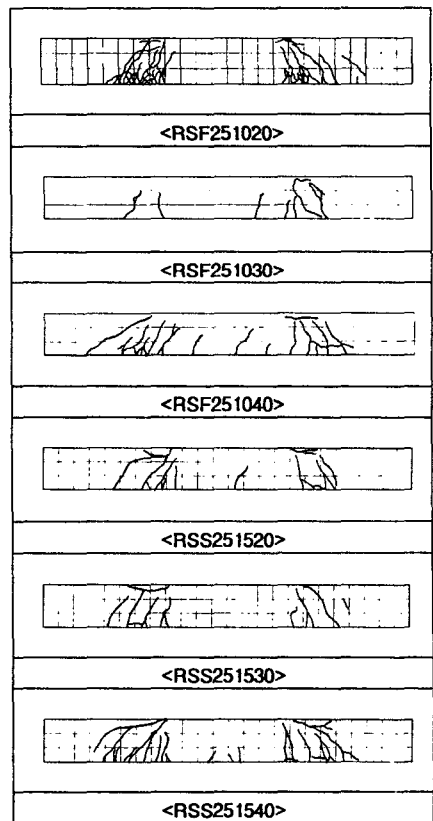


그림 4 시험체의 파괴성상

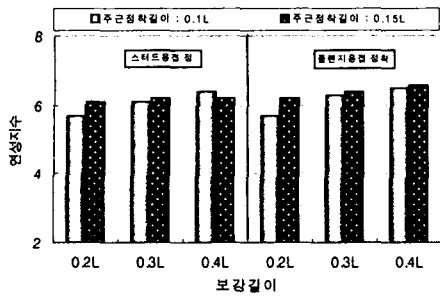


그림 5 정차길이 및 보강길이에 따른 연성지수

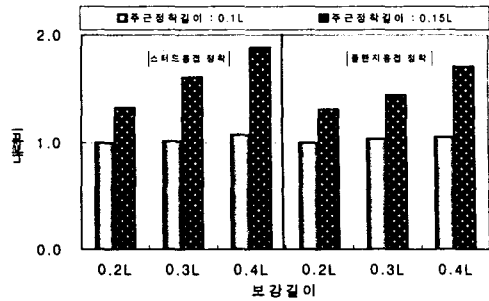


그림 6 주근정차길이에 따른 내력

6. 결론

본 연구는 이질구조로 구성된 혼합구조보의 이질 구조부에 대한 주근의 정차길이 변화, 전단보강판의 길이 변화에 따른 거동 특성을 고찰한 연구로서 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- (1) 시험체의 강성은 주근의 정차길이 및 이질구조부의 보강판의 길이가 증가할수록 약간씩 상승하였으며, 시험체의 파괴양상은 보주근의 정착방법에 상관없이 이질 경계부에서 전단보강판의 선단부쪽으로 휨과 전단파괴가 복합적으로 나타나며, 보강판의 길이가 길어질수록 응력분담율의 증가로 균열의 분산성이 높아지는 것으로 나타났다.
- (2) 보강판의 변형도는 전단보강판의 변형도보다 상대적으로 높게 나타나며, 보강판의 길이가 길어질수록 혼합구조보의 내력이 상승하였으며, 주근의 정차길이에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.
- (3) 혼합구조보의 연성능력은 주근정차길이와 이질구조부에 대한 전단 보강판의 길이가 길어질수록 높아지는 것으로 나타났으며, 혼합구조보의 내력은 주근정차길이 및 전단보강판의 길이가 증가할수록 더욱 효과적이며, 약 1.3~1.9배 정도로 증가하였다.

참 고 문 헌

1. 최종권 외 5인, “단부 RC조와 중앙부 철골조로 이루어진 혼합구조 보의 역학적 거동”, 대한건축학회 학술발표논문집, 18권 1호, 1998.4, pp 729-736
2. 이리형 외, “Hi-Beam을 이용한 복합화 공법의 개발 및 성능평가”, 초대형구조시스템연구센터 보고서, 1998.12
3. 이승조 외 4인, “이질구조보 보 주근 정착방법에 따른 혼합구조보의 구조적 특성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회발표논문집, 12권 2호, 2000.11, pp121-126
4. 임병호 외 3인, “이질구조부 보강방법에 따른 혼합구조보의 휨거동 특성에 관한 연구”, 한국강구조학회 논문집, 13권, 4호, 2001.8, pp419-431
5. 村井義則, RC部材とS部材の組合せ, コンクリート工學, Vol 33, No 1, 1995.1, pp 44-54
6. 西村 泰志 外 3人, “純曲げ受けるSRC斷部の應力傳達機構”, 日本建築學會大會學術梗概集, 1988年10月