

# 이질구조부 보주근 정착방법에 따른 혼합구조보의 구조적 특성에 관한 연구

## A Study on the Structural Properties of Composite Beam with Attaching Method of Main Bar of Different Types of Structure.

○김 상 현\*      임 병 호\*\*      이 승 조\*\*\*      박 정 민\*\*\*\*      김 화 중\*\*\*\*\*  
Kim,Sang-Heon    Lim,Byung-Ho    Lee,Seung-Jo    Park,Jung-Min    Kim,Wha-Jung

### ABSTRACT

The attaching method of different types of structure and explanation of stress transfer mechanism are at important issue as beam having definitive factor such as the anchorage of RC main bar, the stress transfer of anchorage-end S member, RC member-anchorage, anchorage-end S member in the composite beam of S and RC member.

In this study, the structural properties of composite beam according to attaching method of main bar about end RC-middle S beam were investigated in order to use them as fundamental data for the development of composite structure member. Throughout a series of study, it was shown that the proof stress of main bar - flange welding specimen is the highest and there is no difference between the deformation-properties according to attaching method of main bar.

### 1. 서론

구조부재의 적재적소를 피한 S조와 RC조를 혼용한 부재가 근년 많은 관심과 연구대상이 되고 있다. 이러한 S조와 RC조를 혼용한 혼합보의 경우 중앙 RC부 주근의 정착, 정착부에서 단부 S부로의 응력 전달, RC부에서 정착부, 정착부에서 단부 S부로의 구조 특성을 결정 짓는 인자를 가지는 보로서 이질 구조부의 접합방법 및 이질구조부 사이의 응력전달기구의 해명이 중요한 문제로 대두된다. 따라서 본 연구에서는 위에서 언급한 혼합보 중에서 단부 RC 중앙보 S조보에 대한 이질구조부 보주근의 정착방법에 따른 혼합구조보의 구조적 특성을 상호비교분석 고찰하여 혼합구조 부재의 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

### 2. 실험 개요 및 계획

- \* 정회원, 경북대 건축공학과, 석사과정
- \*\* 정회원, 경북대 건축공학과, 박사과정
- \*\*\* 정회원, 경북전문대 건축과 강사, 공학박사
- \*\*\*\* 정회원, 경북전문대 건축과 조교수, 공학박사
- \*\*\*\*\* 정회원, 경북대 건축공학과 교수, 공학박사

## 2.1 시험체 계획

본 연구에서 계획한 시험체는 전단스팬비(a/d)는 2.5로 고정하여 이질구조부(SRC부) RC부 주근의 정착방법에 따른 혼합구조보 3개, 순수 RC보 1개로 총 4개의 시험체를 제작하였으며, 혼합구조보에 사용된 콘크리트의 강도는 400kgf/cm<sup>2</sup>의 고강도 콘크리트를 사용하였다. 시험체의 일람을 표 1에 나타내었다.

표 1. 시험체 일람

Specimen	Section		fc	Reinforcement	Tension bar ratio ( $\rho$ )	Balanced bar ratio ( $\rho_b$ )	$\rho / \rho_b$	Steel	Steel ratio	Reinforcement-Steel ratio	Attaching method	Shear Reinforcement ratio	Shear Span to depth ratio	Span
	b	D												
RR25								-	-	-	-			
RS251	200	400	400	4-D13	0.0094	0.06	0.156	300×150×6.5×9	0.0581	0.1093	후크식용접	0.0095	2.5	2.95 m
RS252											플랜지용접			
RS253											볼트용접			

\* 시험체 명 : [RR(단부 RC, 중앙부 RC), RS(단부 RC 중앙부 S)]

[25 : 전단스팬비]

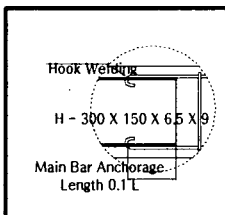
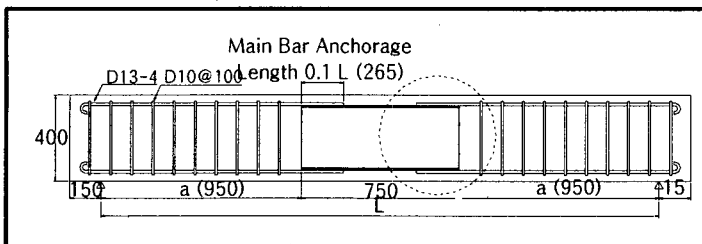
[1(보주근정착방법) : 1(후크식용접), 2(플랜지용접), 3(볼트용접)](그림 1. 시험체 상세 참조)

## 2.2 시험체 상세

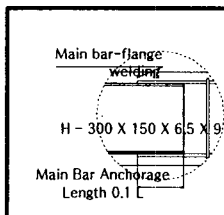
본 연구에서 계획한 시험체의 세부상세는 그림 1에 나타낸 바와 같이 RC부 주근의 철골 플랜지위 이음길이는 시험체 전체 스팬의 0.1L로 하였으며, 보 주근의 정착방법은 후크식 용접, 플랜지위 직접용접, 볼트용접 등과 같이 3종류로 하여 시험체 상세를 그림 1에 나타내었다.

## 2.3 가력방법 및 변형측정 위치

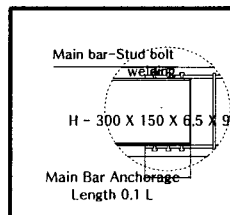
혼합구조보 시험체에 대한 가력 방법은 가력프레임에서 유압잭으로 지간의 1/3지점에 가력용 강재보를 이용하여 2점재하 하였으며, 보 중앙부 및 이질구조 경계부에 LVDT를 각각 1개씩 총 3개를 설치하여 처짐을 측정하였다. 또한 압축철근 및 인장철근, 철골 상하부 플랜지 및 주근, 스트럿에 스트레인 게이지를 부착하였으며, 압축측 콘크리트면에 스트레인 게이지를 부착하여 재하단계별 변형도분포를 측정하였다. 실험 Set Up을 그림 2에 나타내었다.



(Attaching Method 1)



(Attaching Method 2)



(Attaching Method 3)

그림 1. 시험체 상세

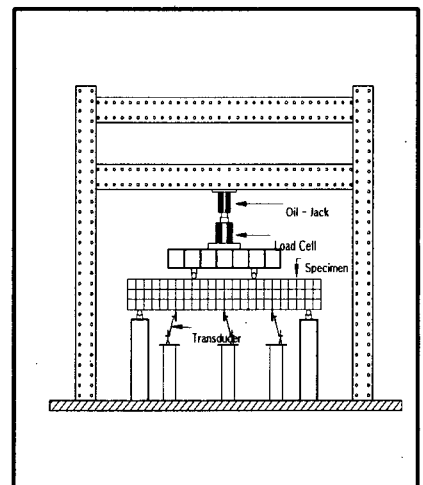


그림 2. 실험 Set Up

### 3. 소재의 재료적 성질에 관한 실험

#### 3.1 강재의 인장 시험

혼합구조보 시험체에 사용된 철근 및 철골에 대해 재료의 역학적 성질을 파악하기 위해 각각에 대해 시험체 모재로부터 3개씩의 시험편을 절취하여 인장 시험을 행하였으며, 시험 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. 강재의 인장강도 실험결과

구분	$\sigma_v$ (t/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{max}$ (t/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_v/\sigma_{max}$	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

#### 3.2 콘크리트의 압축강도 시험

혼합구조보에 사용된 콘크리트의 압축강도를 구하기 위해 KS F 2404의 규정에 따라  $\phi 10 \times 20h$ (cm)의 공시체에 대해 압축강도 실험을 행하였으며, 그 결과 콘크리트의 평균 압축강도는 432kgf/cm<sup>2</sup> 변형율은 0.274%로 측정되었다.

### 4. 실험 및 실험결과

본 연구는 이질구조부재로 이루어진 혼합구조보의 내력특성 및 변형능력을 고찰하기 위한 것으로 실험결과를 표 3에 나타내었다. 또한 하중과 중앙부 처짐 관계 곡선을 그림 3에 나타내었으며, 시험체의 최종적인 파괴성상을 그림 4에 나타내었다.

표 3. 실험결과

Specimen	Initial Crack(Flexural Crack)								Shear Crack							
	Load (ton)	Deflection (mm)	Flange	Strain Intensity ( $\times 10^{-6}$ )				Con'c	Load (ton)	Deflection (mm)	Flange	Strain Intensity ( $\times 10^{-6}$ )				Con'c
				main-bar		stirrup						main-bar		stirrup		
			①	②	①	②					①	②	①	②		
RR25	10.104	1.390	-	1350	1010	310	270	1330	17.161	3.735	-	2550	1820	1330	890	2880
RS251	10.725	1.630	1050	1220	880	150	120	1190	19.699	3.170	1880	2020	1520	880	330	3660
RS252	15.525	1.733	990	1150	790	180	150	1130	27.265	4.048	2020	1880	1330	770	310	3420
RS253	14.004	1.123	1080	1180	850	160	140	1210	25.895	3.670	1850	1950	1450	830	360	3250
Specimen	Yielding Load								Maximum Load							
	Load (ton)	Deflection (mm)	Flange	Strain Intensity ( $\times 10^{-6}$ )				Con'c	Load (ton)	Deflection (mm)	Flange	Strain Intensity ( $\times 10^{-6}$ )				Con'c
				main-bar		stirrup						main-bar		stirrup		
			①	②	①	②					①	②	①	②		
RR25	20.246	6.150	-	3030	2550	1880	1200	3350	25.154	30.870	-	3550	3320	2250	1780	3880
RS251	29.808	7.250	2250	2880	2320	1300	550	3830	37.289	36.869	2450	3880	3030	1820	770	4040
RS252	31.058	7.305	2550	2660	2020	1250	510	3720	39.303	37.889	2660	3300	2770	1690	740	3770
RS253	30.783	6.255	2450	2750	2250	1270	520	3650	37.334	32.440	2550	3800	2890	1770	730	3600

### 5. 결과의 분석 및 고찰

#### 5.1 하중-처짐 곡선

그림 3은 각각의 시험체의 최대하중과 시험체 중앙부 LVDT에서 측정된 처짐의 관계를 나타낸 것이다. 전체적인 시험체의 거동 양상은 bi-linear적인 거동양상을 나타냈으며, 부재강성은 순수 RC보에

비해 혼합구조보가 상대적으로 크게 나타났다. 또한 최대내력 후의 거동 양상도 순수 RC보의 경우 최대내력 후 내력저하가 급격하게 일어나는 반면 혼합구조보의 경우 내력저하가 완만하게 일어났다. 한편, 각각의 하중 단계별 중앙부 처짐량은 대체적으로 비슷한 양상을 나타냈으며, 전단균열 발생시점에 있어서의 처짐량은 혼합구조보에 비해 상대적으로 RC보 부재가 많은 처짐량을 보이는데 이는 순수 RC보의 경우 휨파괴양상이 지배적으로 나타났으며, 혼합구조보의 경우 전단파괴의 양상을 나타냄에 기인한 것으로 사료된다.

### 5.2 파괴특성

그림 4는 각각의 시험체의 최종적인 파괴상황을 나타낸 것이다.

RR25 시험체는 하중 초기에 시험체 중앙 콘크리트 표면에 미세 휨균열이 관측 되었으며, 하중의 증가에 따라 휨균열이 시험체 단부쪽으로 확산되면서 휨균열과 전단균열이 복합적으로 나타났으며, 항복하중 이후에는 휨균열의 성장은 억제되며 전단균열이 지배적으로 나타나 최종적으로 휨과 전단이 복합적으로 지배하는 파괴양상을 나타내었다.

RS251 시험체는 초기에 RC부와 S부이음부 부위(철골절단부)에서 전단균열이 발생 하였으며, 하중의 증가에 따라 단부쪽으로 전단균열이 확장, 확산되어 항복하중 이후 최종적인 파괴양상은 순수전단파괴 양상을 나타내었다. 또한 균열의 확장범위는 순수 RC보에 비해 50% 정도 줄어들어 균열의 확장이 방지되었다. RS252 시험체는 RS251 시험체와 전체적인 균열양상은 유사하나 초기 균열점이 RS251 시험체에 비해 단부쪽으로 균열부위(RC부와 S부이음부 부위)가 이동되었으며 균열의 형태도 RS251 시험체와는 마찬가지로 휨균열과 미세 전단균열이 복합적으로 발생하였다. RS253 시험체는 RS252 시험체와 파괴양상은 유사하나 하중초기에 균열 발생지점이 타시험체와 달리 완전히 SRC 혼합부위 중앙부에서 휨균열이 나타났으며 항복하중 이전에 전단균열이 발생되어 최종적으로 휨과 전단이 복합적으로 지배되는 파괴 양상을 나타내었다.

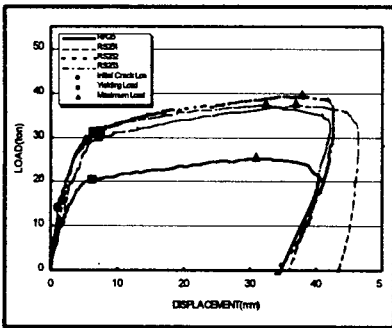


그림 3. 하중-처짐 관계

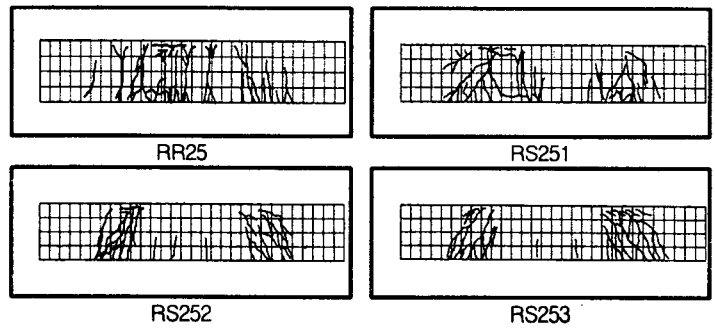


그림 4. 시험체 파괴 성상

### 5.3 변형도의 분포

그림 5와 그림 6은 각각의 형태별 혼합구조보의 하중단계별 요소별의 변형도 분포를 비교하여 나타낸 것이다. 먼저 주근과 플랜지의 변형도 분포는 전단균열이 발생하여 항복하중까지는 주근과 플랜지의 변형도는 크게 차이가 나지 않으며 선형적인 변형분포를 나타냈으며, 항복하중 이후에는 주근의 변형도 분포가 급격하게 증가하여 변형도 분포양상이 비선형적인 양상을 나타낸 반면, 플랜지의 변형도 분포는 거의 일정한 값을 유지하였다. 극한하중시 보주근의 변형도는 0.0033~0.0038 정도의 분포를 나타냈으며, 플랜지의 경우 0.0024~0.0026 정도의 분포로 나타났다. 한편 콘크리트의 경우 약간씩의 차이는 보이지만 대체적으로 모든 시험체가 비슷한 변형도를 나타냈으며, 극한하중시 콘크리트는

0.0036~0.0040의 값으로 보 주근에 비해 상대적으로 콘크리트의 변형도 부담분이 크게 나타났다.

한편, 하중 단계별로 늑근의 변형도 분포 상황을 보면 하중 초기단계에서 변형도는 거의 없으며 대체적으로 전단균열의 발생과 함께 늑근의 변형도 분포 양상이 급격하게 증가하였다. 그 분포 양상은 주근의 정착방법에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

#### 5.4 연성능력

연성이란 부재가 휨능력에 큰 감소없이 변형을 일으킬 수 있는 능력으로 표현될 수 있다. 이를 나타낼 수 있는 지표로 본 연구에서는 최대하중시의 변위를 인장철근 항복하중시의 변위로 나눈 변위연성 지수로서 연성율을 비교 고찰하였다.

그림 7은 각각의 시험체의 연성율을 상호비교하여 나타낸 것으로 순수 RC보의 경우 5.02, 혼합구조보의 경우 5.09~5.24의 값을 나타냈으며 정착방법 2번의 경우 큰 차이는 없지만 약간 우수한 것으로 나타났다.

#### 5.5 내력

표 4는 기존에 제시되고 있는 혼합구조보에 대한 내력 평가식들과 실험내력을 상호 비교하여 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있는 것처럼 기존에 제시되고 있는 방법들에 의해 평가할 경우 단순누가내력 및 SRC규준식에 의한 평가치와 SRC 규준식을 토대로 전단스팬비의 영향을 고려하여 渡辺<sup>(5)</sup> 등의 평가식에 의해 평가할 경우 실험내력에 대한 이론내력의 비는 대략적으로 0.7~0.79 정도로 실험치와 많은 차이를 보이고 있으며, 谷村<sup>(6)</sup> 등이 제안한 제안식에 의한 평가치는 전단스팬비 및 스트립 등의 횡보강 효과를 반영하여 가장 적절하게 평가하는 것으로 나타났다.

표 4. 이론내력/실험내력 비

Specimen	Maximum Load					Theoretical Load / Experimental Load Ratio				Maximum Load / Yielding Load	Composite Beam / RC Beam
	①	②	③	④	⑤	①/⑤	②/⑤	③/⑤	④/⑤		
RS251					37.289	0.792	0.733	0.771	0.929	1.086	1.482
RS252	29.516	27.345	28.98	34.629	39.303	0.751	0.696	0.737	0.881	1.220	1.562
RS253					37.334	0.791	0.732	0.776	0.928	1.234	1.484

주) ① 철근콘크리트규준, 휨모멘트에 의한 단순누가내력 ② 일본건축학회 SRC규준에 의한 평가치  
 ③ 渡辺 제안식에 의한 평가치(전단스팬비의 영향고려(a/d) 변형식①)  
 ④ 谷村 제안식에 의한 평가치(전단스팬비의 영향고려(a/d) 변형식②) ⑤ 실험치에 의한 평가치

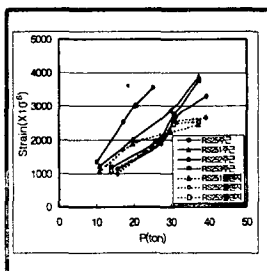


그림 5. 하중단계별 보주근과 플랜지 변형도 분포

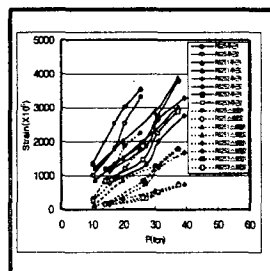


그림 6. 주근 및 스트립의 거리별 변형도 분포

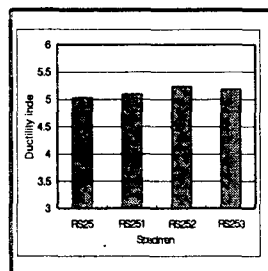


그림 7. 보주근 정착방법과 연성율

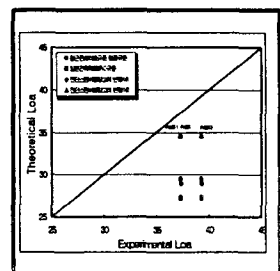


그림 8. 실험내력/이론내력

## 5. 결론

본 연구는 이질구조부 보주근을 철골플랜지에 정착하는 방법을 주요변수로하여 단부 RC 중앙부 S조의 혼합구조보에 대해 일련의 실험을 통하여 구조적 거동 특성을 고찰한 연구로서 그 내용을 요약하면 아래와 같다.

(1) 시험체의 파괴형태 및 위치, 크기는 이질구조부 정착방법에 따라 지배적인 영향을 받으며, 순수 RC보의 경우 전반적으로 휨파괴 양상을 나타냈으나, 혼합구조보의 경우 모든 시험체가 전단파괴의 양상을 나타내었다.

(2) 주근의 변형과 함께 항복하중 이후에도 주근 변형율은 증가하는 반면 철골플랜지의 경우 주근 항복시까지의 철근과 비슷한 변형도 분포를 보이다가 주근항복과 함께 일정한 분포를 보였으며, 극한 하중시의 보주근의 변형도는 0.0033~0.0038 정도의 분포를 나타냈으며, 플랜지의 경우 0.0024~0.0026 정도의 분포로 나타났다. 전체적으로 혼합구조보의 경우 보주근의 변형도 분포가 순수 RC보에 비해 상대적으로 적으며, 항복하중에 도달하기 전에 콘크리트의 지압파괴에 의한 극한변형을 보여 내력이 결정되며 이음부 구간에서의 전단부착할열 파괴 양상을 나타낸다.

(3) 주근과 늑근의 거리별 변형도 분담비율은 이질구조부 경계부위에서 단부쪽에 가까울수록 상대적으로 적으며, 정착방법에 따른 차이는 크지 않는 것으로 나타났다.

(4) 순수 RC보에 대한 혼합구조보의 연성능력 및 내력상승율은 보주근의 정착방법에 따른 차이는 크지 않으며 연성능력은 거의 비슷한 수준을 나타내고, 내력의 상승률은 50% 정도 증가한 것으로 나타났으며, 보 주근을 철골플랜지에 직접 용접정착한 RS252시험체가 가장 우수한 것으로 나타났다.

### 참고문헌

1. 이 리형 외, Hi-Beam을 이용한 복합화 공법의 개발 및 성능평가, 초대형구조시스템연구센터 보고서, 1998.12
2. 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
3. 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, pp 1435-1436
4. 高橋茂治 外 2人, RC梁主筋を鐵骨とコンクリートを介してRC柱に定着する工法の實驗的研究, 日本建築學會大會學術梗概集, 1993年9月, pp 1873-1874
5. 渡辺 忠朋 外 2人, せん斷補講鐵筋を用いない鐵骨鐵筋コンクリート梁の耐力について, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol 16, No 2, 1994, pp 1193-1198
6. 谷村 幸裕 外 3人, 鐵骨鐵筋コンクリート部材の耐力, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol 18, No 2, 1994, pp 1331-1336
7. 日本建築學會, 鐵骨鐵筋コンクリート構造計算規準・同解説, 1982.
8. 日本建築學會, 鐵筋コンクリート構造計算規準・同解説, 1982.