

철근콘크리트 기둥과 철골 보의 접합부 형식 발전 및 용접성능에 관한 시험적 연구

A Study on the Improvement and Test on Welding Performance of R/C Column-Steel Girder Connection

최광호* 이세웅** 김재순*** 김상식****
Choi, Kwang Ho Lee, Sae Woong Kim, Jae Soon Kim, Sang Sic

ABSTRACT

This research has improved composite joint system of R/C column and steel beam developed at previous study. In this system, the shear force occurred at beam is transmitted by bearing resistance of stiffeners and moment is resisted by tension capacity of coupling members. As the preliminary step of stress transfer tests of this system, welding performance test of coupling member such as round bar or square bar which has a role of moment transfer has been carried out. From the test, this element has a good welding performance and enough resistance capacity compared to design force.

1. 서론

철근콘크리트 기둥과 철골 보를 병용할 수 있는 복합구조 형식에서, 철근콘크리트 기둥은 압축력을 효과적으로 지지하면서 내화 및 내구성이 높고 거푸집 설치가 보에 비하여 쉬우며, 보를 철골조로 하면 장스팬 구조가 가능하여 내부 공간의 활용도를 높일 수 있고 거푸집과 지주의 사용을 배제하면서 공기를 단축시킬 수 있어 설계와 시공에서 많은 장점을 얻을 수 있다.

이러한 구조와 재료적인 이점으로 이 구조형식에 대한 연구가 미국, 일본 등의 나라에서 활발하게 진행되고 있으며, 많은 구조형식의 개발이 이루어지고 있다. 그러나, 이질재인 보와 기둥 사이의 구조 일체성과 연속성의 확보 및 시공성 등에서 아직도 개선되어야 할 많은 문제점들을 가지고 있어, 생산성, 시공성 및 구조 효율성에서 보다 합리적인 복합구조 접합부의 개발이 요구되고 있다.

이 연구는 이전 연구¹⁾에서 고안한 복합구조형식을 보다 합리적으로 발전시키고, 이 형식의 보-기둥 응력전달성능을 알아보기 위해 우선적으로 접합부 구성요소중 휨모멘트 전달요소인 연결재의 용접성 및 휨인장력 전달성능을 시험을 통해 확인하여, 이 결과를 토대로 응력전달시험체를 제작하고자 한다.

* 정회원, 남서울산업대 건축학과 전임강사
** 정회원, 쌍용건설 기술연구소 부장
*** 정회원, 극동건설 기술연구소장
**** 정회원, 인하대 건축공학과 교수

2. 복합구조 접합부 형식 발전

이 연구는 이전연구¹⁾에서 개발한 RSR 복합구조 접합부 형식을 발전시켰으며, 이는 그림 1에 나타난 바와 같이 스티프너로 보강된 네 개의 접합T형강이 원형이나 각형 강봉으로 연결되어 십자(十字)형태를 이루는 형식이다. 이 형식에서 스티프너는 철골 보의 상부 및 하부 플랜지 위치에 설치되어 있어, 모멘트 접합시 접합부에 전달되는 응력을 분산시키면서 지압저항을 형성하는 두 가지 구조기능을 겸하고 있다. 강봉은 양면의 접합T형강을 연결하여 보의 플랜지로부터 전달되는 휨인장력에 평형을 이루게 하면서, 중간에는 교차되는 강봉과 용접접합 되어있어 장방형의 위치를 유지하는 역할을 한다. 또한, L형강을 접합T형강의 플랜지 상, 하부에 접합시켜 후프근의 역할과 접합부의 일체성을 높이게 한다. 이 형식은 표 1과 같은 구성요소를 갖고 있으며, 비교적 단순하고 하향용접이 많아 제작성능이 높은 것이 장점이다.

표 1 RSR형식의 구성요소

요소	사용부재	비 고
접합T형강	T 150×300×10×15	H 300×300×10×15를 이분하여 얻음
연결재	지름 40 mm내외의 원형 또는 각형 강봉	보 H형강 인장 플랜지 이상의 성능을 가지도록 선정함
스티프너	FL 12 강판	지압저항과 접합부에 전달되는 휨응력을 분산함
전단접합판	FL 9 강판	보와 전단 접합됨
L형강	L-100×100×10 폭 10 cm	후프근 역할과 접합부 일체성을 높이기 위하여 사용됨

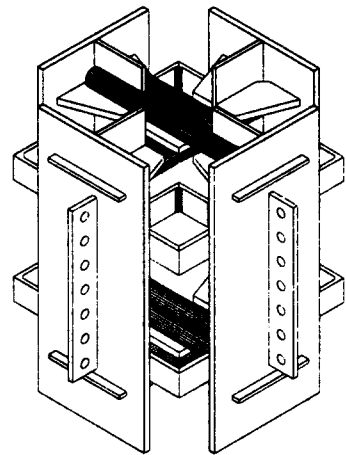


그림 1 RSR형식의 발전

3. 연결재의 용접시험

3.1 개요

RSR형식은 표 1에 표시된 바와 같이 접합T형강, 강봉, 스티프너, 후프용L형강, 전단접합판등의 모든 구성요소를 용접으로 접합한 형식이다. 보에서 발생한 휨모멘트와 전단력이 접합부로 전달되는 경로를 살펴보면, 휨모멘트는 보의 플랜지로부터 접합T형강에 용접된 강봉 연결재를 통해 전달되고, 전단력은 보의 웨브로부터 전단접합판을 통해 스티프너의 지압저항으로 지지된다. 따라서, 복합구조 접합부의 구조성능을 알아보기 위하여 우선, 연결재의 용접성 및 휨인장력 전달성능과, 스티프너의 지압성능을 시험으로 확인한 후, 같은 재질과 크기의 부재로 제작된 접합부 시험체에 대해 응력전달 시험을 한다.

스티프너의 지압성능은 이전 연구¹⁾에서 확인된 바, 이 연구의 시험에서는 보에서 발생한 휨인장력이 접합부에 전달될 때, 접합T형강과 연결재의 용접성능 및 연결재의 인장내력을 파악한다.

3.2 시험체

시험체 형상은 그림 2에 나타나 있으며, 여기서 접합T형강의 재질은 SS 400, 규격은 T 150×300×10×15 이며, 플랜지에 가력장치와의 볼트접합을 위한 지름 22 mm의 구멍을 두었다. 또한, 접합T형강의 연결재로는 원형 및 각형 강봉과 함께 PL 28×60 mm 강판을 사용하였으며, 이들 요소의 용접시 강도가 다른 두 종류의 용접봉을 사용하였다.

시험체의 변수는 표 2와 같이 다섯 개로 설정하였으며 변수당 두 개씩 총 열 개의 시험체를 제작하였다.

표 2 연결재의 용접시험 변수

종류	시험체명	연결재	용접봉	수량
1	CAX-1,2	원형 $\phi 45$, 탄소강	일반 (E4316)	2
	CBY-1,2	강봉 $\phi 38$, 고장력강	고강도 (E5016)	2
2	RAX-1,2	각형 $\blacksquare 50 \times 50$, 탄소강	일반 (E4316)	2
	RBY-1,2	강봉 $\blacksquare 38 \times 38$, 고장력강	고강도 (E5016)	2
	RCX-1,2	강판 FL 28×60, 탄소강	일반 (E4316)	2

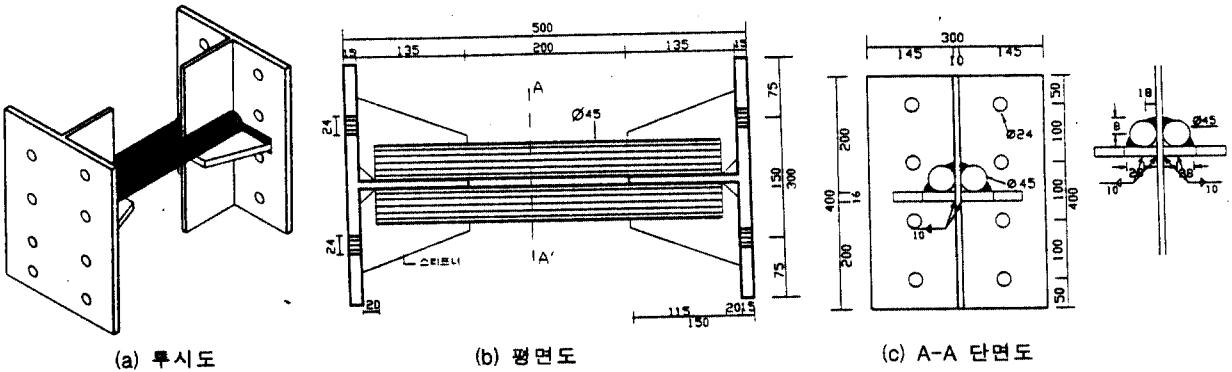


그림 2 원형 강봉 연결재의 용접 시험체

3.3 가력 및 측정

시험체에 200 t 용량의 만능구조시험기(Ultra Testing Machine : UTM)로 직접 인장력을 가하였으며, 이를 위해 그림 3과 같은 가력장치를 제작하여 만능구조시험기에 설치하였고, 여기에 시험체의 접합T형강을 F11TM20 볼트를 사용하여 긴결시켰다. 시험체 설치전경은 사진 1과 같다.

용접시험시 주 고려대상중 접합T형강과 연결재의 용접성은 용접부위에 대한 육안관찰로 이루어졌고, 연결재의 인장력 전달능력은 연결재 중간부위에 부착된 변형도계이저로 측정되었다. 시험시 하중 이력은 다음과 같이 3회에 걸쳐 가력 및 제하를 반복하였다.

1차시험 :

- 1회 가력 : 80 t 가력 - 2분 정지 - 제하
- 2회 가력 : 90 t 가력 - 2분 정지 - 제하
- 3회 가력 : 100 t 가력 - 2분 정지 - 제하

2차시험 :

- 1회 가력 : 60 t 가력 - 2분 정지 - 제하
- 2회 가력 : 80 t 가력 - 2분 정지 - 제하
- 3회 가력 : 100 t 가력 - 2분 정지 - 제하

3.4. 시험결과와 고찰

3.4.1 파괴상황

만능구조시험기로 용접시험체에 직접 인장력을 작용시킨 결과 각 시험체별 파괴상황은 다소 차이가 있었으나, 공통적으로 가력장치와 볼트접합된 접합T형강의 플랜지에서 지렛대작용(prying action)에 의해 그림 4와 같이 변형하는 형상을 보였다. 이 때 스틱프너 위치의 플랜지가 들러 일어나는 변형이 발생하였는데, 이것은 인장력이 스틱프너를 통해 연결재로 전달되기 때문으로서 스틱프너의 용력분산 효과를 확인할 수 있었다.

각 시험체별 파괴상황을 살펴보면, 최초 시험한 CAX-1 시험체에서는 접합T형강의 플랜지면과 스틱프너의 용접부가 파단되어서 연결재로의 용력전달 과정을 더 이상 관찰할 수 없었다. 따라서 나머지 9개 시험체는 이 부위에 용접 보강을 한 후 시험을 진행하였다. CBY-1 시험체에서는 2회 가력시 90t에서 연결재가 팽음과 함께 취성파괴 되었는데, 이는 용접시 연결재의 단면결손이 발생하여 내력이 저하되었기 때문으로 추정되었다. 한편, 두께 28mm 일반강판을 절단하여 연결재로 사용한 RCX-1, RCX-2 시험체에서는 연결재의 변형시 변형도경화현상이 나타났다. 나머지 CAX-2, CBY-2, RAX-1, RAX-2, RBY-1, RBY-2 시험체는 3회 가력시의 최대하중 100 t에 도달하여서도 연결재의 변형도가 점진적으로 증가하였으며 최종파괴에는 이르지 않았다. 반면, 접합T형강의 플랜지 변형이 급격히 증가하여서 시험을 종료하였다.

시험결과 모든 시험체의 파괴형태와 지지내력은 다르지만, 모두 설계력보다는 큰 내력을 발휘하는 것으로 나타났으며, 연결재의 용접부는 최대하중을 받을 때까지 균열이 전혀 발생하지 않았다.

3.4.2 하중-변형도 곡선

각 시험체에 3회에 걸쳐 점진적으로 인장력을 증가시킨 후 재하하였으며, 이 때 연결재 중앙부에 부착된 변형도 값을 측정된 결과, CAX-1, CAX-2, CBY-2, RAX-1, RAX-2, RBY-1, RBY-2 시험체에서는 변형도의 차이는 약간 있었지만 매회 가력시의 최대내력은 거의 유사한 것으로 나타났다. 2회 가력시 90 t에서 연결재의 취성파괴가 발생한 CBY-1 시험체에서도 파괴발생전까지는 상기 시험체들과 유사한 하중-변형도 곡선을 보여주었다. 반면, 두께 28 mm판을 절단하여 연결재로 사용한 RCX-1, RCX-2 시험체는 다른 시험체들과 달리 항복시 변형도 경화 현상이 뚜렷하게 나타났는데, 이는 연결재의 강성이 상대적으로 낮았기 때문으로 판단되었다. 또한 모든 시험체에서 가력장치와 시험체와의 편심 때문에 연결재의 일부 변형도 값이 압축축으로 나타났다.

시험결과 일람은 표 3과 같고, 각 시험체의 하중-변형도 곡선의 비교는 그림 5부터 그림 6에 나타내었다.

4. 결 론

이 연구는 건설분야의 경제성과 생산성 향상에 기여할 수 있는 철근콘크리트 기둥 - 철골 보 복합 구조 형식을 실용화 하는데 목적이 있다. 이를 위해 RSR 형식의 복합구조 접합부를 제안, 발전시키고, 이 형식의 보-기둥 용력전달성능을 알아보기 위해 우선적으로 접합부 구성요소중 휨모멘트 전달요소인 강봉의 용접성 및 휨인장력 전달성능을 시험을 통해 확인하였으며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

표 3 실험결과 일람

시험체	1회가력		2회가력		3회가력	
	최대하중 (ton)	최대 변형도	최대하중 (ton)	최대 변형도	최대하중 (ton)	최대 변형도
CAX-1	80.3	0.0051	80.0	0.0052	87.8	0.0065
CAX-2	60.4	0.0023	80.3	0.0040	100.4	0.0065
CBY-1	80.5	0.0055	90.2	0.0070	-	-
CBY-2	60.1	0.0020	80.2	0.0038	110.6	0.0088
RAX-1	80.3	0.0029	90.2	0.0036	100.7	0.0044
RAX-2	60.2	0.0015	80.5	0.0026	105.7	0.0047
RBX-1	80.1	0.0036	90.5	0.0045	101.2	0.0056
RBX-2	60.3	0.0018	80.9	0.0030	102.8	0.0049
RCX-1	65.3	0.0057	70.4	0.0089	99.4	0.0036
RCX-2	60.1	0.0014	80.6	0.0053	105.0	0.0439

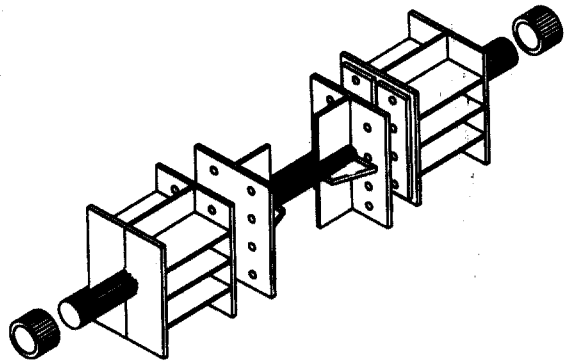


그림 3 가력장치

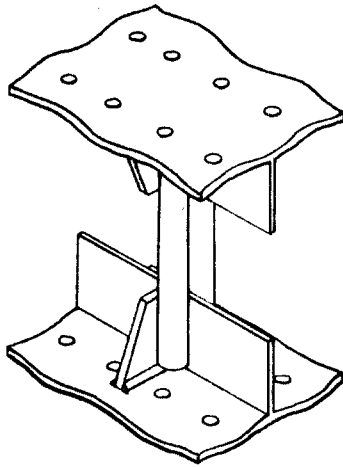


그림 4 지렛대작용에 의한 시험체 파괴

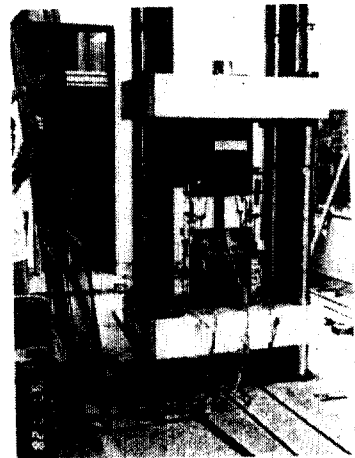
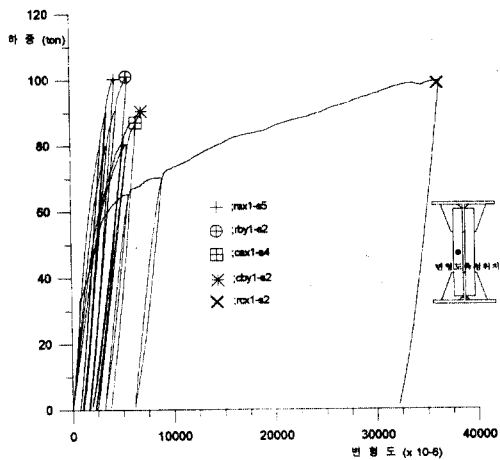
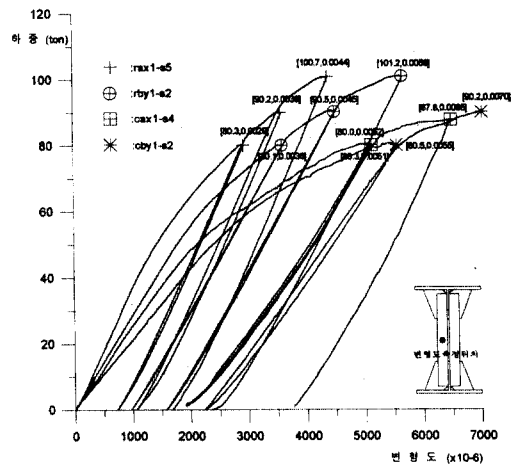


사진 1 용접시험 전경



(a) 전체시험체의 비교



(b) 일부시험체의 비교

그림 5 1차시험의 응력 - 변형도 곡선 비교

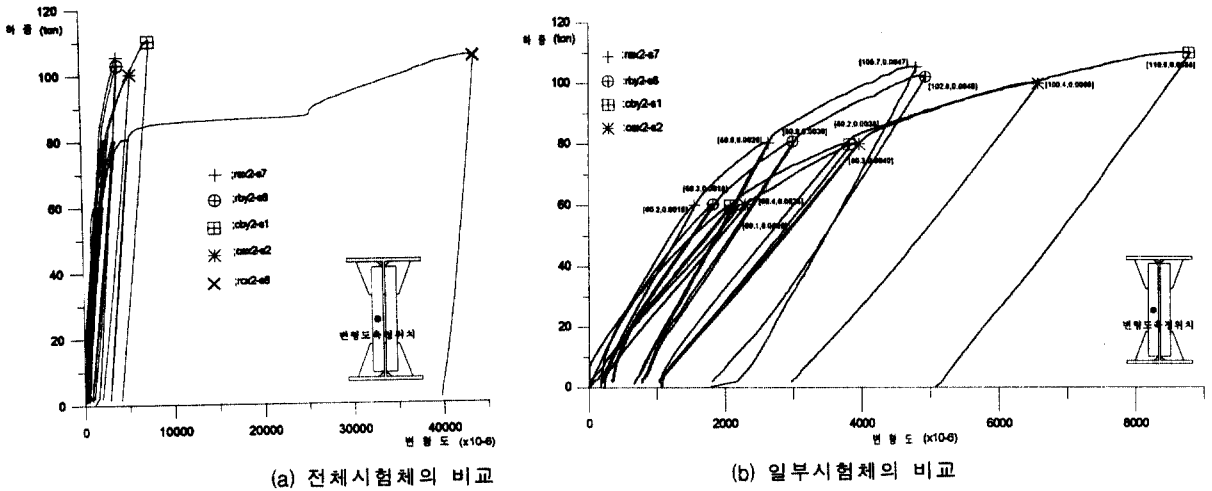


그림 6 2차시험의 응력 - 변형도 곡선 비교

1) 복합구조의 발전

이 연구에서 발전시킨 RSR형식은 스티프너가 달린 접합T형강을 원형이나 각형 강봉으로 긴결시킨 접합부로, 강봉은 보 플랜지의 휨인장력에 평형을 이루고 스티프너는 응력분산 및 지압저항을 형성하는 구조기능을 겸한다. 또한 후프근의 역할과 접합부 일체성을 향상시키기 위해 L-100×100×10 폭 10 cm의 L형강을 사용한다.

2) 연결재의 용접시험

보에서 발생한 휨인장력이 접합부에 전달될 때의 접합T형강과 연결재의 용접성능과 인장내력을 파악해 본 결과 모든 시험체에서 설계 인장력 이상의 내력을 갖고 있으며, 용접성능도 우수한 것으로 확인 되었다.

3) 이 연구에서 제안한 철근콘크리트 기둥 - 철골 보 접합부 형식은 원활한 응력전달 및 시공성이 높은 것으로 판단되며, 현재 접합부 구성요소의 지압성능과 용접성능 시험을 완료하고, 접합부의 응력전달성능시험을 진행 중이다.

참고문헌

1. 최광호, 이세용, 김재순, 김상식, "철근콘크리트 기둥과 철골보의 접합부 개발 및 지압성능에 관한 시험적 연구", 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, Vol.9, No.1, 1997.5., pp515-520.
2. 金洸演, "柱RC・梁S混合構造接合部のせん断耐力に関する研究", 千葉大學學位申請論文, 1997.
3. 日本建築學會, "柱RC梁Sとする混合構造の柱梁接合部の力學的舉動に関するシンポジウム", 1994.