

# 철골 보 - 철근콘크리트 기둥 접합부의 휨 및 전단 저항성능에 관한 연구

## A Study on the Moment and Shear Resisting Performance of Steel Girder - R/C Column Connection

최 광 호<sup>1)</sup>

*Choi, Kwang Ho*

요 약 : 철골 보와 철근콘크리트 기둥으로 구성된 복합 시스템은 철골과 철근콘크리트 간에 재료적인 단점을 보완함으로써 구조 효율성과 시공 생산성을 높이는 이점을 가지고 있다. 이 연구는 철골 보에 현장 타설 철근콘크리트 기둥을 간편하게 접합시킬 수 있는 복합구조 시스템을 개발하고, 그 시스템의 휨 및 전단 저항성능을 시험을 통하여 규명하는 것을 목적으로 하고 있다.

ABSTRACT : The composite system, which is consisted of the steel girder and reinforced concrete column has some advantages in the structural efficiency and the construction productivity by complementing the shortcomings between the two materials. This research is aimed at the development of the composite beam-column connection system by which the steel beam can be connected to the R/C column with smooth stress transfer. And, to ensure safety of this system, the tests of moment and shear resisting performance have been carried out for actual size specimen. From the test, the connection system has been proved to take good resistance and stress transfer between steel girder and reinforced concrete column.

핵심용어 : 철골 보-철근콘크리트 복합구조, 휨 저항성능, 전단 저항성능, 구조 효율성, 시공 생산성

KEYWORDS : steel girder-R/C column composite structure, moment resisting performance, shear resisting performance, structural efficiency, construction productivity

---

1) 정회원, 남서울대학교 건축학과 조교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 2001년 2월 28일까지 학회로 보내 주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서론

철골 보와 철근콘크리트 기둥을 병용한 복합구조 형식은 구조와 재료적인 이점으로 설계와 시공에서 많은 장점을 얻을 수 있으나, 연속성의 확보 및 시공성 등에서 개선되어야 할 많은 문제점들을 아울러 가지고 있다. 이 연구는 생산성, 시공성 및 구조효율성에서 합리적인 접합부를 개발하고, 이 형식의 보-기둥 응력 전달성능을 알아보기 위하여 보에서 접합부로 전달되는 휨 모멘트와 전단력에 대한 접합부의 지지 및 전달성능을 시험을 통해 확인하는 것을 목적으로 하고 있다.

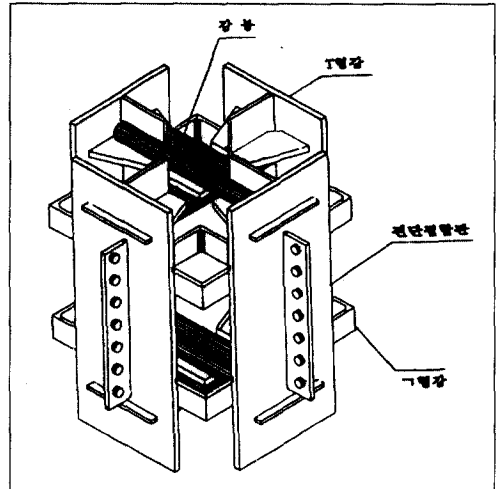


그림 1. 철골 보 - 철근콘크리트 기둥 접합 형식

## 2. 철골 보 - 철근콘크리트 기둥 접합 형식 개발

이 연구에서 개발한 복합구조 접합부는 그림 1에 나타난 바와 같이 스티프너로 보강된 네 개의 T형강이 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 두가지 구조기능을 겸하고 있다. 강봉은 양면의 T형강을 연결하여 보의 플랜지로부터 전달되는 휨 인장력에 평형을 이루게 하면서, 중간에는 교차되는 강봉과 용접 접합되어 있어 장방형의 위치를 유지하는 역할을 한다. 또한, 모서리를 기형강으로 덧대어 후프근의 역할과 접합부의 일체성을 높이게 한다.

## 3. 복합구조 접합부의 구조성능 시험연구

### 3.1 시험계획

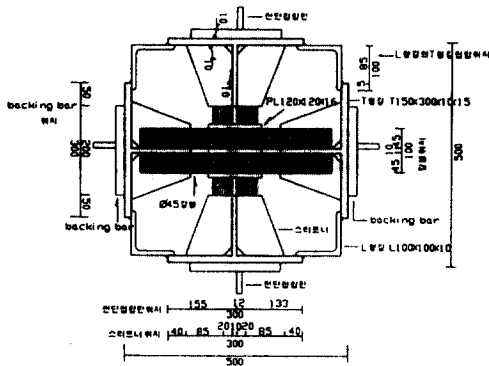
이 시험은 보에서 발생한 휨 모멘트와 전단력에 대한 철골 보-철근콘크리트 기둥 복합구조 접합부의 응력 전달성능 및 지지 내력의 검토를 목적으로 하고 있다. 시험체는 건축물 내부의 접합부에 사용되어지는 경우를 반영하기 위하여 +자형으로 보를 붙여서 제작하고 각 시험체에 대하여 직교하는 면으로 2회의 시험을 수행한다.

### 3.2 시험체

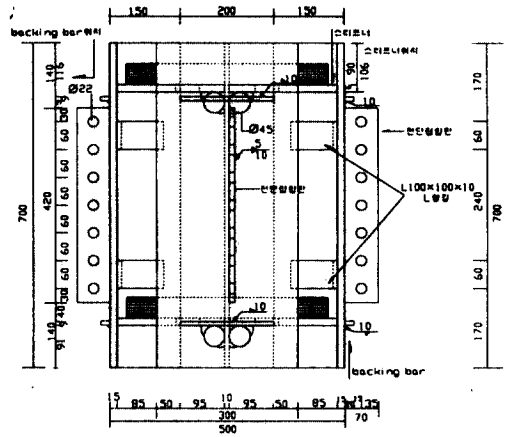
시험체는 그림 2에 보이는 바와 같이 단면을 500 mm×500 mm, 높이를 70 cm로 일정하게

표 1. 시험체 변수

시험체	변수	강 봉		콘크리트 강도	T형강 재질
		크기 및 재질(인장강도)	용접봉규격(인장강도)		
모멘트 시험	MA-1, 2	∅45, SGDA(3500 kg/cm <sup>2</sup> )	E4316 (4300 kg/cm <sup>2</sup> )	240 kg/cm <sup>2</sup>	SS 400
	MB-1, 2	■ 38×38, SGDB(5000 kg/cm <sup>2</sup> )	D5816 (5800 kg/cm <sup>2</sup> )		
전단시험	VA-1, 2	∅45, SGDA(3500 kg/cm <sup>2</sup> )	E4316 (4300 kg/cm <sup>2</sup> )		
	VB-1, 2	■ 38×38, SGDB(5000 kg/cm <sup>2</sup> )	D5816 (5800 kg/cm <sup>2</sup> )		



(a) 평면도



(b) 입면도

그림 2. 시험체

하였으며, 강봉만 변화시켰다. 변수로는 표 1과 같이 전체 네 개의 시험체에서 MA, VA시험체는  $\varnothing 45$  탄소강 원형 강봉을, MB, VB시험체는  $\blacksquare 38 \times 38$  고장력 각형 강봉을 연결재로 사용하였다. 강봉과 T형강의 용접시 탄소강 원형 강봉에는 일반 용접봉을, 고장력강 각형 강봉에는 고강도 용접봉을 사용하였다. 철골의 재질은 SS 400, 기둥 콘크리트 강도는  $240 \text{ kg/cm}^2$  이며, 기둥 띠근으로 D10 철근을 배근하고, 접합부의 후프근 역할과 일체성 향상을 위해 L 100×100×10, 폭 10 cm 형강 두 개를 직교되는 T형강 사이에 덧대었다.

### 3.3 가력 및 측정

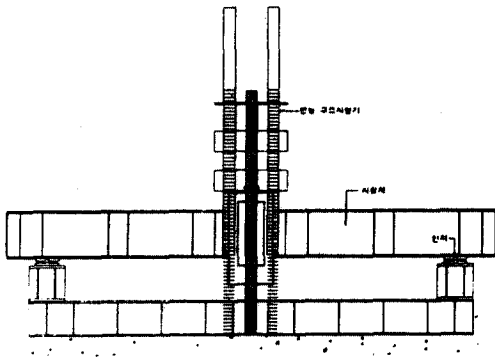
휨 전달시험의 가력은 그림 3(a)에서 보이는

마와 같이 시험체 중앙부에 하중 P를 가하고, 이때 힌지 지점에서 발생하는 P/2의 반력에 의한 휨 모멘트  $M = P/2$ 이 접합부에 작용하도록 하였다. 시험결과 중 접합부의 처짐 및 처짐각을 알아보기 위해 접합부 하부에 LVDT를 설치하였으며, 휨에 의한 인장력과 이의 접합부 내부로의 전달성능을 측정하기 위해, 보의 접합부 부근 상부 플랜지 위치와 접합부 내부 강봉에 변형도 게이지를 설치하였다. 시험체의 전단 전달성능을 알아보기 위하여 그림 3(b)와 같이 시험체 중앙부에 하중 P를 가하여 접합부에 P/2의 전단력을 발생시키고, 접합부 상·하 지압판 위치의 T형강과 콘크리트 외부 면에 변형도게이지를 부착하였으며, 보의 변형측정을 위한 LVDT를 접합부 하부에 설치하였다. 각 시험별 하중이력은 표 2에, 측정 게이지 위치는 그림 4에 나타나 있다.

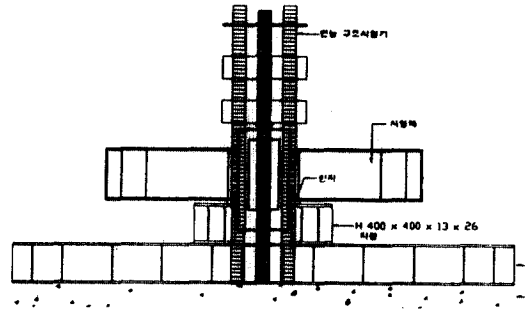
표 2. 복합구조 접합부 구조성능시험 하중이력

가력회수	1회	2회	3회	4회	5회
시험종류					
모멘트 시험	19t * (20t · m)	29t (30t · m)	38t (40t · m)	48t (50t · m)	57t (60t · m)
전단 시험	40t	60t	80t	100t	

\*  $M = 1/2Pl = 1/2 \times 19 \times 2.1 = 20 \text{ t} \cdot \text{m}$

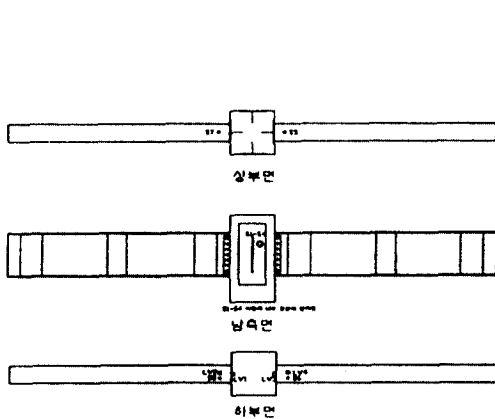


(a) 모멘트 시험체 설치

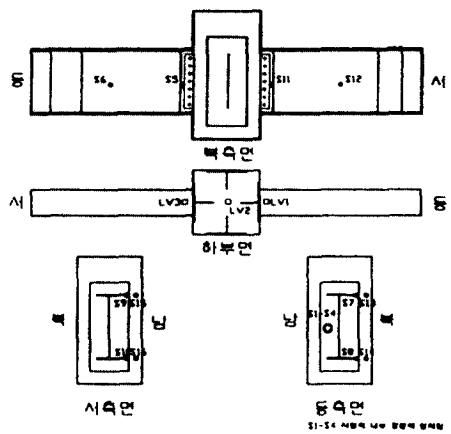


(b) 전단력 시험체 설치

그림 3. 시험체 설치



(a) 모멘트 시험체



(b) 전단 시험체

그림 4. 측정계이지 위치

### 3.4 모멘트시험 결과

#### 1) 파괴상황

각 휨 시험체의 파괴상황은 다소 차이가 있었으나 공통적으로 콘크리트 부위와 접합부 내부 강봉의 용접부위에서는 파괴가 발생하지 않은 반면, 기둥과 보 플랜지 접합부에서 취성 파괴가 발생하였으며, 이 때 웨브의 볼트 구멍 주위로 연단 파괴가 있었다. 각 시험체별 파괴모드는 표 3과 같다.

#### 2) 모멘트 내력 및 접합부 전달성능

시험체의 모멘트 내력을 알아보기 위해 5회에 걸쳐 하중을 증가 시킨 후 재하하였으며, 이때 보의 접합부 하단에 설치된 LVDT 데이터 값으로부터 표 4, 그림 5와 같은 하중 - 최대 변위, 모멘트-처짐각 비교곡선을 구하였다. 그림 5의 모멘트 처짐각 비교곡선에서는 시험체에 따라 내력들이 약간의 차이는 있지만 거의 유사한 것으로 나타났으며, 식 (1)로부터 유도되는 허용 및 항

표 3. 시험시편체 파괴모드

시험체	최대 휨모멘트 (t·m)	파괴모드
MA-1	54	보 플랜지와 T형보의 용접부 취성 파괴, 웨브 볼트구멍 연단파괴
MA-2	56	파괴위험 가능성으로 가력 중지
MB-1	52	보 플랜지와 T형보의 용접부 취성 파괴
MB-2	56	보의 소성변형으로 가력 중지

복 모멘트를 상회하고 소성 모멘트에 근접하는 것이 확인되어, 이론적인 해석결과와 비교적 가깝게 일치하는 것으로 나타났다.

$$\begin{aligned}
 \text{허용모멘트 } M_{\text{allow.}} &= Z \cdot f_b \\
 &= 1910 \times 1.6 = 30.6 \text{ t.m (a)} \\
 \text{항복모멘트 } M_y &= 1.5 M_{\text{allow}} \\
 &= 1.5 \times 30.6 = 45.84 \text{ t.m (b) (1)} \\
 \text{소성모멘트 } M_p &= k_s \cdot M_y \\
 &= 1.2 \times 45.84 = 55 \text{ t.m (c)}
 \end{aligned}$$

여기서 Z : 단면계수

(H 500×200×10×15의 Z = 1910cm<sup>3</sup>)

f<sub>b</sub> : 허용 휨 응력도

(SS 400 의 f<sub>b</sub> = 1.6 t/m<sup>2</sup>)

k<sub>s</sub> : 형상계수 (H 형강 형상계수 1.2)

또한 보의 모멘트는 그림 6과 같이 보 플랜지에서 강봉으로 전달되므로, 이를 확인하기 위해 보플랜지와 강봉에 부착된 변형도게이지 값을 비교하였으며, 측정된 강봉의 하중 - 변형도 곡선은 그림 7과 같다. 그림 7(a)에 나타난 보 플랜지 인장축 변형도 0.0034는 접합부 내부로 전달되는 과정에서, 그림 7(b)의 보 방향 강봉 변형도 0.0014의 두 배인 0.0028과 보와 직각방향 강봉에서 측정된 변형도 0.0001의 두 배인 0.0002의 합과 비슷하게 나타났으며, 이로부터 보의 모멘트가 접합부로 원활히 전달되는 것을

확인할 수 있었다.

### 3.5 전단시험 결과

#### 1) 파괴상황

모든 전단 시험체는 100 t까지 가력되는 최종 하중이력 중 보 - 기둥 접합부 볼트가 파단되는 듯한 소리로 인해 시험을 중지하였으며, 시험 종료 후 일부 볼트의 나사 산이 망가진 것을 확인하였다. 이 때 콘크리트 부위는 지압 내력이 허용력 이내로 나타났으며 구조적 손상은 나타나지

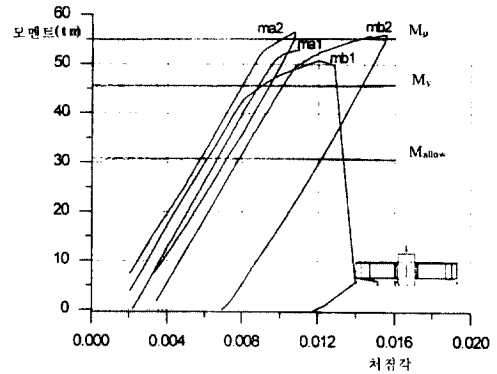
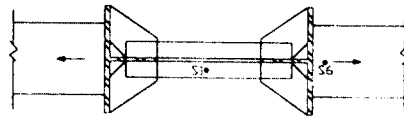
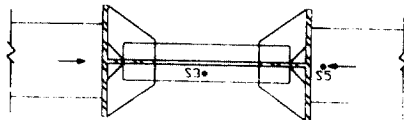


그림 5. 모멘트 시험의 모멘트 - 처짐각 곡선 비교



(a) 휨 인장력 전달

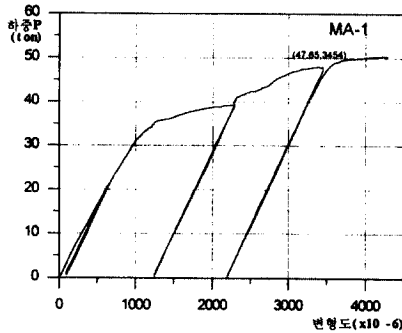


(b) 휨 압축력 전달

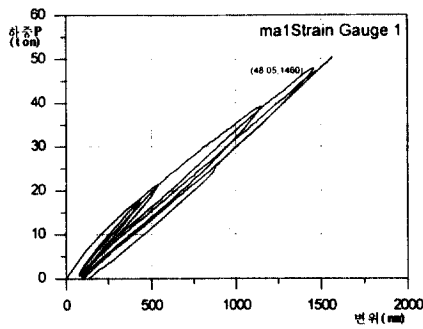
그림 6. 접합부 휨 모멘트 전달경로

표 4. 모멘트 시험의 하중 - 최대변위

시험체	1차가력		2차가력		3차가력		4차가력		5차가력	
	최대하중 (ton)	최대변형 (mm)	최대하중 (ton)	최대변형 (mm)	최대하중 (ton)	최대변형 (mm)	최대하중 (ton)	최대변형 (mm)	최대하중 (ton)	최대변형 (mm)
MA-1	19	6.8	29	8.9	38	13.24	48	20.05	57	27.5
MA-2	19	5.7	29	9.04	38	13.3	48	17.5	57	26.3
MB-1	19	7.1	29	11.07	38	15.83	48	24.5	57	
MB-2	19	6.5	29	11.05	38	15.5	48	22.5	57	35.5



(a) 보 플랜지



(b) 강봉

그림 7. 모멘트 시험시 힘 모멘트 전달경로별 하중-변형도 곡선

않았다. 시험 중 가력점과 지점과의 편심으로 모멘트가 발생하였으나 편심거리가 9cm-12cm 정도로 작아 그 효과를 고려하지 않았다.

2) 전단내력 및 접합부 전달성능

전단시험 결과 중 전단력과 보 접합부 볼트구멍 하부의 변위와의 관계는 표 5와 그림 8에 나타나 있다. 여기서, 모든 시험체의 전단내력은 식 (2)로 계산되는 허용전단력 29 t보다 큰 값으로 나타났다.

$$V_{allow} = f_s \cdot b \cdot d / 1.5$$

$$= 0.924 \cdot 1 \cdot (50-3) = 29t \quad (2)$$

보의 전단력은 접합부 내부 구성요소들의 콘크리트 지압저항으로 지지되기 때문에 변형도게이

지들을 그림 4(b)와 같이 T형강의 지압 요소인 스티프너 위치와 같은 레벨의 콘크리트 위치에 부착하여 전단력 전달 경로를 살펴 보았고 그 결과는 그림 9에 나타나 있다.

그림 9에서 상부 스티프너 위치의 철골과 콘크리트 변형도 s7, s13값은 비슷하고, 이 값들이 하부 스티프너 위치인 s8, s14에 와서는 상대적으로 매우 작은 값을 보여 주었다. 이로부터 상부 철골과 콘크리트가 비슷하게 분담하였던 지압저

표 5. 전단시험의 최대 변위 비교

시험체	1차가력		2차가력		3차가력	
	최대 하중	최대 변형	최대 하중	최대 변형	최대 하중	최대 변형
VA-1	40.15	-138	60.3	-215	80.2	-320
VA-2	40.3	80	60.15	102	86.55	145
VB-1	39.45	-138	60	-261	79.6	-386
VB-2	40.3	160	56.4	-20		

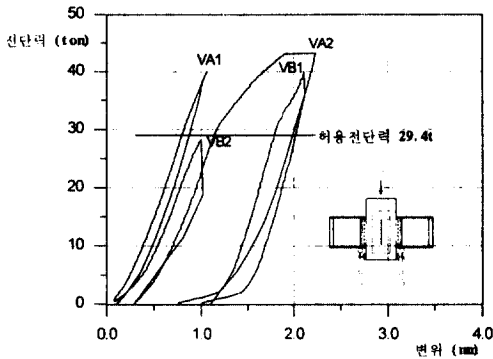


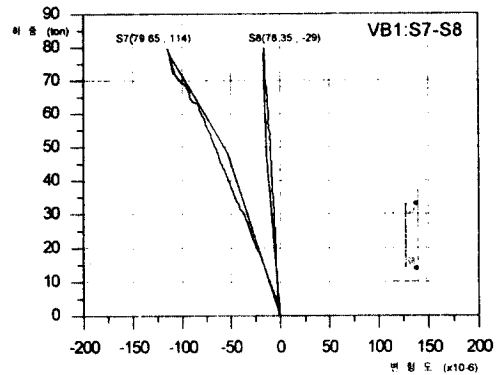
그림 8. 전단시험의 전단력-변위 곡선 비교

항이 하부 지압판에 이르는 과정 중 내부에서 효율적으로 이루어 졌음을 확인할 수 있었다.

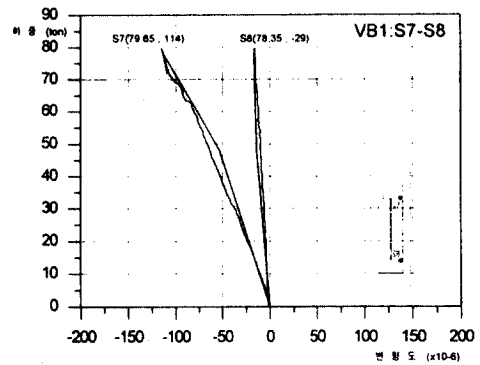
## 5. 결 론

이 연구는 건설분야의 경제성과 생산성 향상에 기여할 수 있는 철골 보 - 철근콘크리트 기둥 복합구조 형식을 고안하고, 이 형식의 보-기둥 응력 전달성능을 알아보기 위해 접합부의 휨 모멘트와 전단력 지지 및 전달 성능을 시험을 통해 확인하였으며, 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 이 연구에서 고안한 복합구조 접합부는 스티프너가 달린 T형강을 강봉으로 긴결시킨 접합부로, 강봉은 보 플랜지의 휨 인장력에 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) 휨 시험체의 내력은 접합되는 H 500×200×10×15 보의 항복 휨모멘트 45.84 t·m를 상회하였으며, 보 플랜지 변형도  $0.0034 \times 10^{-6}$ 가 접합부 내 두 개의 강봉 변형도 값  $0.0028 \times 10^{-6}$ 과 보 직각방향 강봉의 변형도 값  $0.0002 \times 10^{-6}$ 의 합과 비슷하게 나타나는 것으로부터, 보의 휨 모멘트가 강봉에 직접



a) s7-s8 변형도 비교



b) s13-s14 변형도 비교

그림 9. 전단 시험체의 지압저항 비교

전달 지지되는 것을 확인하였다.

- 3) 전단 시험체의 전단내력 40 t은 이론식에 의한 허용 전단력 29 t보다 큰 값으로 나타났으며, 이 때 전단력을 지지하는 지압 콘크리트의 변형도는  $100 \times 10^{-6}$  이내의 값으로 탄성 범위 내에 있어, 보의 전단력이 접합부내 콘크리트 지압 저항으로 이루어 졌음을 알 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 지원한 건설교통기술 연구개발과제(95-0093)의 일부이며, 남서울대학교

연구진흥지원비의 후원으로 수행된 연구입니다.

### 참 고 문 헌

- (1) 건설교통부, “철근콘크리트 기둥과 철골 보의 접합부 형식 개발”, R&D/95-0093, 1997. 11.
- (2) 日本建築學會, “混合構造の現状とその展望”, 1992年度日本建築學會大會 SRC造部分 パネル デイ スカツション, 1992.
- (3) 金洗演, “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.
- (4) 김상식, 철근콘크리트구조설계, 문운당. 1993.

(접수일자 : 2000년 2월 7일)