

혼합구조로 이루어진 보-기둥 접합부의 구조적 거동 특성

The Properties for Structural Behavior of Beam-Column Joint Consisting of Composite Structure

이 승 조¹⁾ · 박 정 민²⁾ · 김 화 중³⁾

Lee, Seung Jo Park, Jung Min Kim, Wha Jung

요 약 : 본 연구는 최근의 건설 환경 변화에 따른 여러 가지 제문제점들에 대한 구조적 측면에서의 대응책의 하나로서 새로운 구조 시스템 전개를 위해 이종구조부재로 구성된 보-기둥 접합부 모델을 제안한 것이다. 본 연구에서는 장스팬 S보의 강성을 향상시키기 위해 S조의 단부를 RC조로 보강하여 강성 및 내력증대를 꾀하였으며, 이종구조 사이의 원활한 응력 전달을 목적으로 SRC조 단부의 보 주근은 U자형 갈고리 모양으로 정착하여 철골 플랜지에 용접 접합하였다. 일련의 실험을 통해 접합부 강성 및 내력 특성을 고찰하였고 본 접합부의 가능성을 제시하였다.

ABSTRACT : This study proposed to beam-column joint model consisting of different type structural member to develop new structural system in the structural viewpoint as to a method to overcome various problem according to change of construction environment. This study promoted rigidity and capacity to stiffen reinforced concrete for steel structure end to increase rigidity of long spaned steel beam, and welt to steel flange to anchor U-shaped main bar of SRC structure end to easy stress flow between the different type structure. Through the series of experiments, proposed to possibility of this joint model, and investigated joint rigidity and capacity.

핵심 용어 : 접합부강성, 에너지 흡수능력, 전단력-보단부재각, 파괴성상

KEYWORDS : Joint Rigidity, Energy absorption capacity, Shear force-member angle of beam, Failure mechanism

1. 서 론

최근 급속한 경제발전과 산업화가 고도로 진전됨에 따라 건축물은 고층화, 심층화, 다기능화, 다양화의 추세로 향하고 있으며, 이러한 이유로 고기능, 고강도의 재료개발과 함께 새로운 구조

형식의 개발에 많은 연구^{(1),(2),(6)}가 행하여지고 있다.

이와 같은 관점에서 본 연구에서는 기존의 연구^{(3),(4)}성과들을 바탕으로 콘크리트 충전 각형 강관 기둥과 단부 SRC조, 중앙부 SC조 혼합보로 구성된 보-기둥 접합부의 내력 및 변형특성을 고찰

1) 정희원, 경북대학교 건축공학과 박사수료

2) 정희원, 경북전문대 건축과 조교수, 공학박사

3) 정희원, 경북대학교 건축공학과 교수, 공학박사

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

한 것이다. 일련의 실험을 통하여 본 접합부 모델의 접합부 강성 및 내력 특성을 고찰하였다.

2. 실험개요 및 계획

2.1 시험체 계획

본 연구에서 계획한 접합부 시험체는 기둥은 콘크리트 충전 각형 강관 기둥을 보는 단부 SRC 조, 중앙부 SC조로 된 혼합보로 접합부를 구성하여 총 9개의 시험체를 제작하였으며, 강관(Rolled Section)과 보강판은 SS400의 강종을 사용하였으며, 시험체 일람을 표 1에 나타낸다.

표 1. 시험체 일람

시험체명	단면 크기		단면형태			콘크리트 압축강도 (kg/cm ²)	축력비 (P/P _y)
	기둥	보	기둥	보			
				단부	중앙부		
A0SRS1 ~ A5SRS2	□100×100×1.6 (D/t=62.5)						
B0SRS1 ~ B5SRS2	□100×100×2.3 (D/t=43.5)	100 × 200	CFT	SRC	SC	400	0.0 0.3 0.5
C0SRS1 ~ C5SRS2	□100×100×3.2 (D/t=33.3)						

A0SRS1: A=강관의 폭 두께비(A-62.5, B-43.5, C-3 3.3); 0=축력비(0-0.0, 3-0.3, 5-0.5); SR=단부SRC(철골철근 콘크리트조); S=중앙부SC(철골콘크리트조); 1=좌측보 1, 우측보 2

2.2 접합부 형식 및 상세

보·기둥 접합부의 형식은 기둥 관통형 접합부 형식으로서 먼저 강관 내부를 관통시킨 후 패널 존의 관통부위에 대하여 전기용접을 하였으며, 그 후 기둥 패널 존 부분의 강관 외벽에 H형강을 용접 부착하였다. H형강은 패널 존에서 보중앙부까지 설치하며, 접합부의 강성을 증진시키기 위하여 보강판을 보 스패 길이의 1/8ℓ까지 기둥강관과 H형강 웹 부위에 L자형으로 용접 부착하여 내

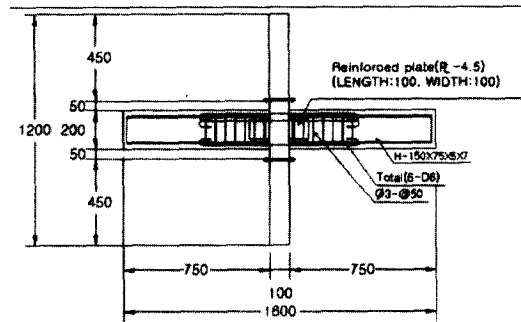
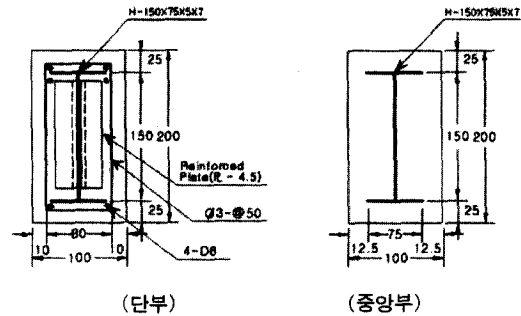


그림 1. 접합부 형식 및 상세

력 및 강성을 증진시켰다. 접합부의 접합부 형식 및 상세는 그림 1과 같다.

2.3 가력방법

보·기둥 접합부 시험체에 대한 가력 방법은 기둥에 축력비의 변화에 따라 일정 축력을 가력하며, 보 단부에 정부 교대 반복하중을 가력하는 것으로 하였다. 또한 각 시험체의 변형의 측정 위치는 기둥 상단부에 변위계를 좌우측으로 2개 설치하고 W.S.G(Wire Strain Gauge)를 그림 2에 나타내는 바와 같이 6개소에 부착 설치하였다. 또한, 보 부재의 경우 그림에서와 같이 시험체 좌우 단부 상·하로 변위계를 4개 설치하고 보 부재 내부의 압축 및 인장철근과 Plate판에 W.S.G를 설치하였으며, 콘크리트 표면에 W.S.G 2개를 부착 설치하였다. 그리고 보 단부의 하중의 제어는 변위제어 하는 것으로 하였으며, 각 사이클 단계별로 1/100rad씩 증가시켜 1사이클마다 반

복재하 하였으며, 최종적으로 6~8사이클까지 가
 려하고 실험을 종료하는 것으로 하였다. 가력 방
 법과 변위계 및 W.S.G 설치 위치를 그림 2에
 나타내었으며, 변위제어를 그림 3에 나타내었다.

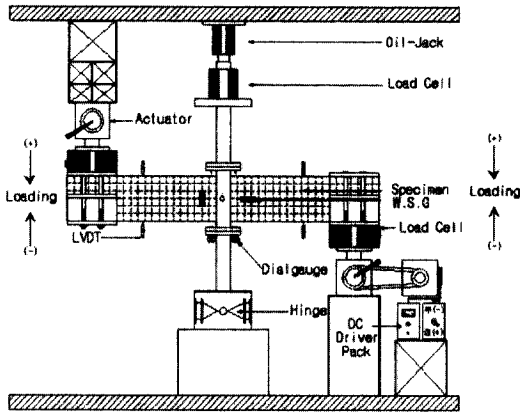


그림 2. 가력방법과 변위계 및 W.S.G 설치위치

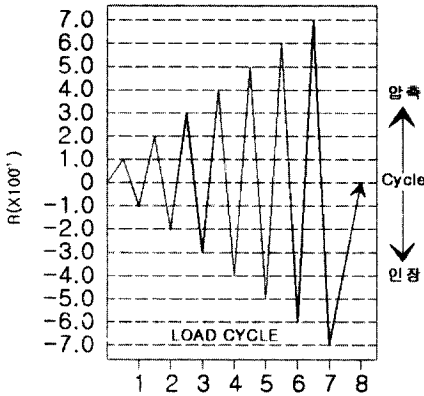


그림 3. 변위제어

2.4 소재의 재료적 성질에 관한 실험

(1) 강재의 역학적 성질 강재에 대해서는 Stub
 Column Test 및 인장 시험을 행하였으며, 각각
 의 소재시험 결과를 표 2와 표 3에 나타내었다.

(2) 콘크리트의 압축강도 실험
 콘크리트 충전 각형 강관 기둥 및 보에 사용된

표 2. 강재의 Stub Column Test 결과

시험체	σ_{max} (t/cm^2)	σ_y (t/cm^2)	σ_y/σ_{max}	E (t/cm^2)
□-100×100×1.6	3.588	3.043	0.848	1988
□-100×100×2.3	3.663	3.193	0.872	1954
□-100×100×3.2	3.852	3.661	0.950	2034

표 3. 인장시험 결과

시험체	σ_y (t/cm^2)	σ_{max} (t/cm^2)	σ_y/σ_{max}	Elo (%)	
철근	D6	2.74	3.167	0.86	17.5
각형 강관	100×100×1.6	4.129	5.224	0.79	18.6
	100×100×2.3	3.743	4.743	0.78	22.1
	100×100×3.2	3.715	4.439	0.83	21.4
H형강	Flange	4.629	5.334	0.86	21.6
	Web	3.677	4.132	0.88	22.4
보강강관	PL-4.5	4.132	4.211	0.98	18.2

주) (각형강관 : SS400, H형강 : SS400, 보강관 : SS400)

σ_y : 항복점 σ_{max} : 인장강도

Elo : 연신율 σ_y/σ_{max} : 항복비

표 4. 콘크리트의 배합비 및 실험결과

설계 강도 (kg/cm^2)	MG (mm)	SP (cm)	단위중량 (kg/m^3)						f'_c (kg/cm^2)	ϵ_{max} (%)
			C	Ag	S	G	W	A		
400	13	13	480	53	744	931	160	8.0	554	0.31

주) MG : 굵은골재최대치수 SP : 슬럼프 C : 시멘트
 Ag : 혼화제 S : 모래 G : 자갈 W : 물
 A : 혼화제 f'_c : 압축강도 ϵ_{max} : 최대내력시 변형율

콘크리트의 압축강도를 구하기 위해 KS F 2404
 의 규정에 따라 $10\phi \times 20$ (cm)의 공시체에 대해
 압축강도 실험을 행하였다. 콘크리트의 배합표와
 실험결과를 표 4에 나타내었다.

3. 실험 및 결과

콘크리트 충전각형강관기둥과 단부 SRC, 중앙
 부 SC조 보 접합부에 대한 실험결과를 표 5에
 나타내며, 전단력-보단부재각 관계를 그림 4에
 나타내었다.

표 5. 실험결과

구 분	시험체	항복내력 (ton)				최대내력 (ton)				최대내력/항복내력				접합부의 파괴모드 (JOINT)
		좌측보		우측보		좌측보		우측보		좌측보		우측보		
		(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	
콘크리트 충전강관 기둥 + 단 부 SRC, 중앙부 SC 보 접합부	A0SRS	3.645	3.507	3.689	3.612	5.464	5.170	5.500	5.360	1.499	1.474	1.491	1.484	접합부의 파괴선행
	A3SRS	3.201	3.067	3.289	3.169	4.876	4.605	5.010	4.798	1.523	1.502	1.523	1.511	
	A5SRS	2.989	2.707	2.885	2.812	4.660	4.219	4.507	4.352	1.559	1.559	1.562	1.548	
	B0SRS	4.232	4.156	4.288	4.251	6.487	6.318	6.606	6.540	1.532	1.520	1.541	1.538	
	B3SRS	3.801	3.799	3.815	3.819	5.990	5.951	6.027	6.083	1.575	1.566	1.580	1.593	
	B5SRS	3.405	3.411	3.476	3.419	5.505	5.490	5.567	5.497	1.601	1.609	1.602	1.608	
	C0SRS	4.514	4.557	4.535	4.527	7.609	7.643	7.623	7.555	1.686	1.677	1.681	1.669	
	C3SRS	4.111	4.075	4.072	4.108	7.032	6.997	6.983	7.004	1.712	1.707	1.715	1.705	
	C5SRS	3.515	3.552	3.574	3.523	6.246	6.248	6.312	6.183	1.777	1.759	1.766	1.755	

3.1. 하중-변위 관계

전체적인 이력거동 형상은 최대내력시까지는 대체적으로 Bi-linear적인 방추형의 안정한 이력거동양상을 나타내었으며, 최대내력 이후에는 대체적으로 A-Type 시험체는 기둥 강관의 폭두께비와 축력비에 관계없이 완만한 S자형의 Tri-linear적인 다소 불안정한 거동 양상을 나타내었다.

그리고, B, C-Type 시험체의 경우 대체적으로 축력비가 없는 시험체(B0SRS, C0SRS)는 다소 불안정하나 Bi-linear적인 방추형의 안정한 이력거동양상을 나타내었으며, 기둥 축력이 작용하는 시험체는 완만한 S자형의 Tri-linear적인 다소 불안정한 거동 양상을 나타내었다. 한편, 초기강성은 2 사이클 이력거동을 전후로 형성되어 큰 차이는 없는 것으로 사료되며, 항복점에 있어서의 강성은 상대적으로 약간 상승하는 것으로 나타났다.

또한, 최대내력점은 대체적으로 6사이클(1/15 rad.) 이력거동을 전후로하여 형성 되어 접합부 강성이 급격하게 상승하였다. 이는 초기하중에서는 RC조부의 콘크리트와 철골조 이질재료의 부착력에 의존하여 어느정도의 내력을 부담하므로써 초기강성은 유사하게 나타나며, 그 후 철골플랜지면 상부 콘크리트가 지압파괴가 이루어짐과

동시에 RC조 부분의 분담분 보작용 하중이 철골조 부분으로 많이 이동되어 접합부로 전달되어 최대내력점의 강성이 상승하는 것으로 사료된다. 한편, 접합부 최대내력은 기둥 강관의 폭두께비와 축력비가 증가할수록 약간씩 저하하고 있으며, 최대내력 이후의 이력거동 양상은 축력비가 큰 시험체가 내력 저하양상이 약간 급격하게 나타났으나 대체적으로 최대내력의 80~85% 수준을 유지하였다.

3.2. 전단력-보단부재각 관계

그림 4는 접합부 시험체의 전단력과 보단 부재각 관계를 나타낸 것이다.

하중의 증가에 따른 보 단부의 회전저항능력을 살펴 보면 대체적으로 모든 시험체가 2 사이클 이력 거동에서 초기균열점을 형성 하였으며, 초기 균열점에 있어서의 보단 회전각은 대체적으로 1/75~1/100 rad 정도로서 기둥의 축력비가 적을수록 약간 상승하는 것으로 나타났다.

그리고, 항복내력점은 A, B-Type 시험체는 대체적으로 2 사이클 이력거동에서 항복내력점을 형성하였으며, C-Type 시험체는 3사이클 이력거동에서 항복 내력점을 형성하였다. 항복내력점에 있어서의 보단부의 회전각은 1/40rad~1/50rad

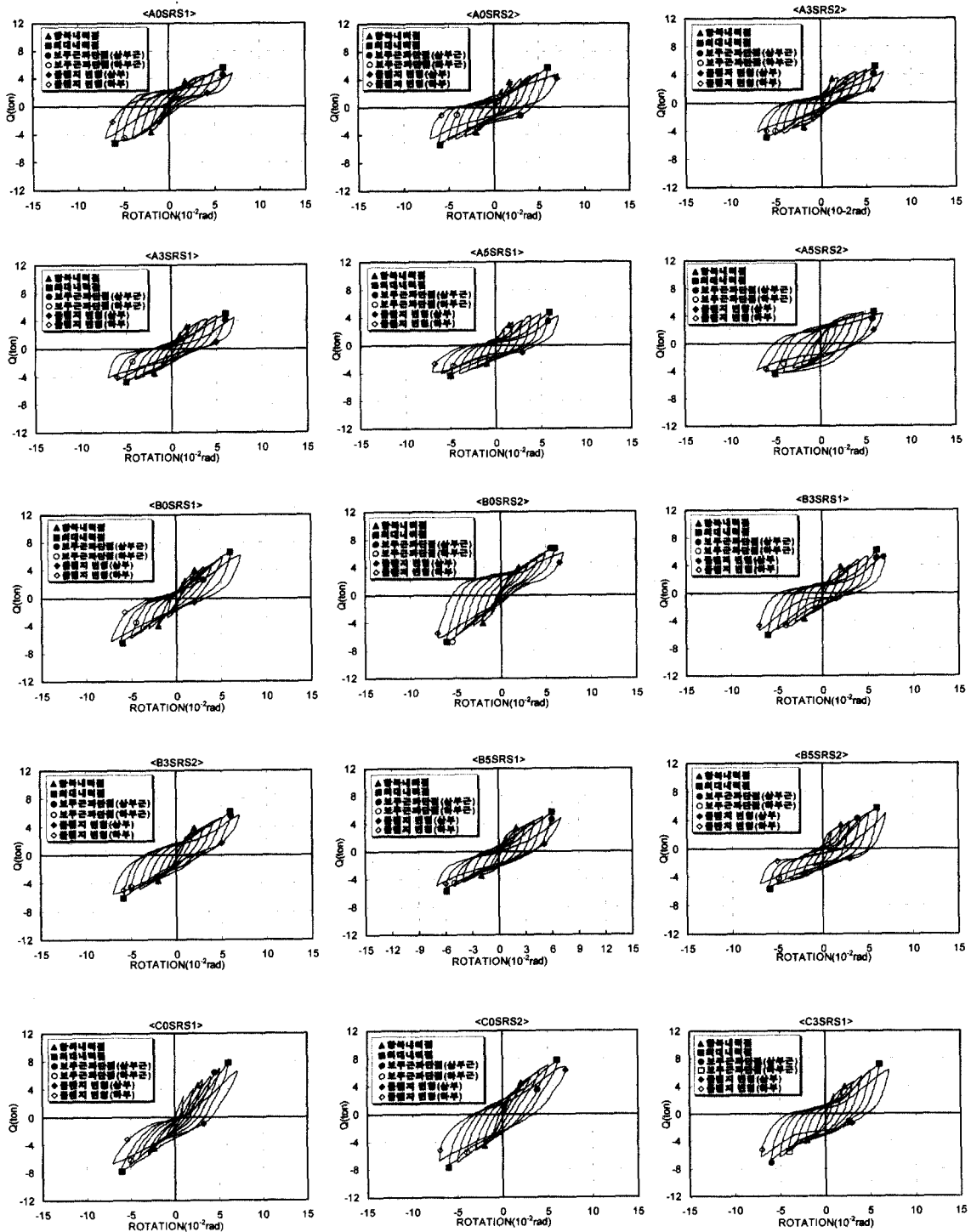


그림 4. 전단력-보단부재각 관계

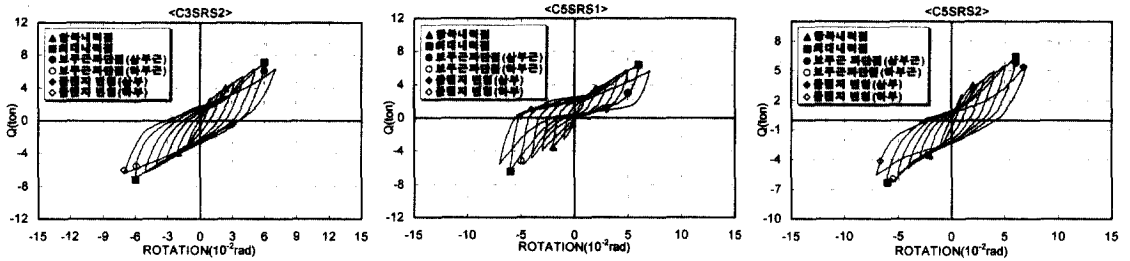


그림 4. 전단력-보단부재각 관계

정도로 나타났으며, 최대내력점은 대체적으로 6 사이클 이력거동 전후로하여 형성하였으며, 그 때 보 단부의 회전각은 1/15rad 정도로 나타났다.

한편, 최대내력 이후의 접합부의 회전저항능력은 최대내력을 지난 최대내력의 80% 시점에서의 부재각을 한계회전저항능력으로 정의할 경우 대체적으로 기둥 강관의 폭·두께비와 축력비에 따라 약간씩의 차이는 있지만 7사이클 이력거동에서 80~85% 정도의 수준을 유지하였으며 이 때의 보단부의 회전각은 1/15rad 정도로 나타났다.

따라서, 이종구조로 구성된 혼합보를 사용할 때 이종구조부 사이에 적절한 보강을 행하여 선행 파괴가 일어나지 않도록 하면 충분한 변형능력을 발휘할 수 있을 것으로 생각된다.

3.3 파괴 성상

시험체의 파괴양상은 모든 시험체가 2 사이클 이력거동에서 접합부 상하단부 주위의 콘크리트 표면부에서 휩균열이 발생하여 3~4 사이클 이력거동에서 철골상하단 플랜지면과 콘크리트 경계면 사이에서 수평균열 및 경사균열이 혼재되어 발생하며 5~6 사이클 이력거동에서 보주근의 파단 및 철골 상·하부 플랜지의 변형과 함께 최대내력점을 형성하였다. 일부의 시험체는(축력비가 높은 경우) 최대내력을 전후로 철골플랜지면 상하부 용접부위가 접합면에서 탈락하여 찢어지면서 주위의 콘크리트가 완전 박리되어 탈락되는 파괴 양상을 나타내었다.

4. 분석 및 고찰

4.1 강성 및 내력

(1) 강성

접합부 실험결과로부터 이력곡선을 단조화 개념의 형상곡선으로 근사화시켜 강성⁽¹⁴⁾을 평가하였으며 얻어진 하중-변형 관계에서 최대내력의 1/5 점과 원점을 연결한 직선 구배를 초기강성(K)으로 하며 최대내력시 변형의 1/2점의 접선구배를

표 6. 내력 및 강성

시험체명	eQ_v (ton)		eQ_u (ton)		K (t/mm)	K_p (t/mm)
	(+)	(-)	(+)	(-)		
A0SRS1	3.645	3.507	5.464	5.170	0.640	0.0833
A0SRS2	3.689	3.612	5.500	5.360	0.650	0.0908
A3SRS1	3.201	3.067	4.876	4.605	0.611	0.0496
A3SRS2	3.289	3.169	5.010	4.798	0.635	0.0583
A5SRS1	2.989	2.707	4.660	4.219	0.607	0.0383
A5SRS2	2.885	2.812	4.507	4.352	0.610	0.0366
B0SRS1	4.232	4.156	6.487	6.318	1.030	0.0843
B0SRS2	4.288	4.251	6.606	6.540	1.000	0.0950
B3SRS1	3.801	3.799	5.990	5.951	0.780	0.0657
B3SRS2	3.815	3.819	6.027	6.083	0.685	0.0791
B5SRS1	3.405	3.411	5.505	5.490	0.628	0.0569
B5SRS2	3.476	3.419	5.567	5.497	0.612	0.0439
C0SRS1	4.514	4.557	7.609	7.643	1.010	0.1110
C0SRS2	4.535	4.527	7.623	7.555	1.280	0.1200
C3SRS1	4.111	4.075	7.032	6.997	0.728	0.1006
C3SRS2	4.072	4.108	6.983	7.004	0.785	0.0946
C5SRS1	3.515	3.552	6.246	6.248	0.640	0.0607
C5SRS2	3.574	3.523	6.312	6.183	0.627	0.0720

주) eQ_v : 항복전단내력 K_p : 소성강성
 eQ_u : 최대전단내력 K : 초기강성

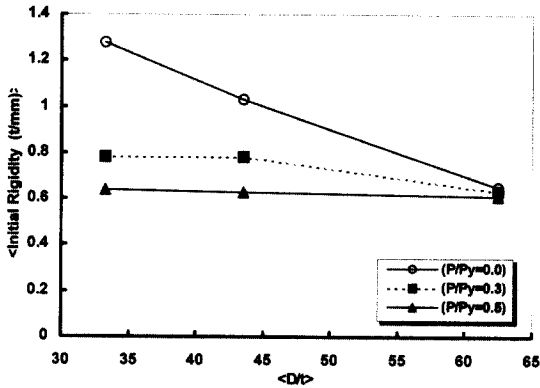


그림 5. 폭-두께비와 초기강성

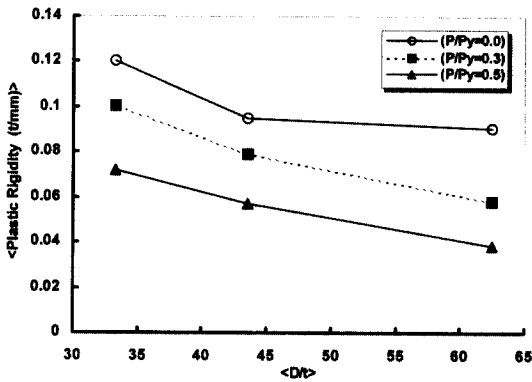


그림 6. 폭-두께비와 소성강성

소성강성(K_p)으로 정의하여 강성을 구한 결과를 표 6에 나타내었다.

표 6에서 살펴보면 초기강성 및 소성강성은 강관의 폭-두께비가 적은 C-Type의 시험체가 높은 강성을 보였으며 축력비가 증가할수록 저하하였다.

(2) 내력

그림 7은 콘크리트 충전 각형강관 기둥과 단부 SRC, 중앙부 SC보 접합부의 초기균열점, 항복점, 최대내력점에 있어서의 내력을 비교한 것이다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 대체적으로 초기 균열점의 내력은 강관의 폭-두께비와 축력비가 클수록 낮아지는 경향으로서 2.7~3.7ton 정도의 수준을 나타내었다. 또한, 항복점 및 최대내력점에 있어서의 값은 초기균열점과 유사한 경향을

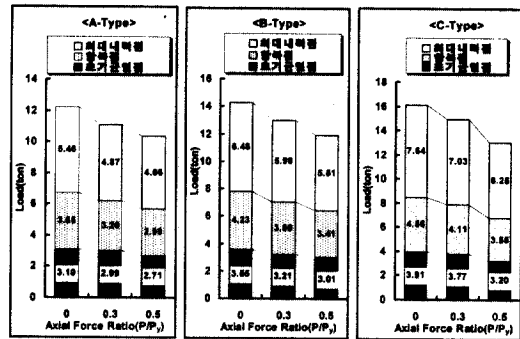


그림 7. 접합부 내력비교

나타냈으며, 그 값은 각각 2.9~4.5ton, 4.6~7.6ton 정도의 값을 나타내었다. 한편, 기둥 강관의 폭-두께비에 따른 내력양상을 살펴보면 폭-두께비가 적을수록 내력의 상승율이 증가하였고, 그 정도는 A-Type 시험체에 비해 B-Type, C-Type 시험체가 15~30% 정도 상승하였으며 동일 폭-두께비에서 축력비에 따른 내력상승율은 기둥 축력비가 증가할수록 축력비 0.0에 비해 15~20% 정도 내력이 저하하였다.

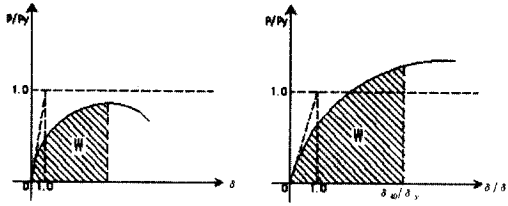
4.2 에너지 흡수능력

골조 부재에 있어서의 변형능력은 외력에 대한 에너지 흡수능력을 의미한다고 볼 수 있다.

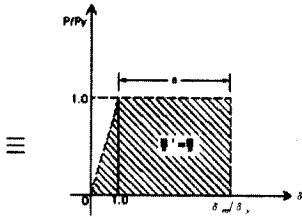
반복가력 실험을 실시한 각 시험체에 대하여 최대하중 상태에 접근하는 변위로 볼 수 있는 보 시험체의 측정 부위의 변위 40mm(δ_{40})까지의 에너지 흡수량 및 누적 소성 변형율을 구하였다.

본 연구에서는 기본적으로 시험체를 단조화하였으며, 가해진 하중이 모두 변형에너지로 작용한다고 가정하여 모든 시험체의 각 Cycle 마다의 에너지 흡수능력을 하중의 최대점과 이 때의 변위를 측정하여 이 하중-변위 곡선에 둘러싸인 면적(W)으로 전체 에너지 흡수능력을 평가하였다.

그리고, 누적소성변형율은 실제의 하중-변위 곡선을 총에너지 흡수량이 동일하게 되도록 등가의 완전 탄·소성 하중-변위 곡선으로 치환하였을



(a) 탄소성 붕괴직전에 달하지 않은 경우 (b) 탄소성 붕괴직전에 달한 경우



(c) 완전 탄소성형 복원력 특성

그림 8. 에너지 흡수능력 평가개념도

때의 등가 한계 변형량 δ_{eq} 를 그림 8과 같이 구하여 다음 식으로 나타내었으며, 결과는 표 7에 나타낸다.

표 7. 에너지 흡수율 및 누적 소성변형율

Specimen Name	Q_u (ton)		eQ_u (ton)		W (t·cm)	η	
	(+)	(-)	(+)	(-)		正 (+)	負 (-)
A0SRS1	3.645	3.507	5.464	5.170	8.95	0.85	1.12
A0SRS2	3.689	3.612	5.500	5.360	9.13	0.57	0.70
A3SRS1	3.201	3.067	4.876	4.605	8.46	0.60	0.50
A3SRS2	3.289	3.169	5.010	4.798	8.60	0.52	0.88
A5SRS1	2.989	2.707	4.660	4.219	8.01	0.37	0.85
A5SRS2	2.885	2.812	4.507	4.352	5.46	0.30	0.33
B0SRS1	4.232	4.156	6.487	6.318	9.82	0.67	0.83
B0SRS2	4.288	4.251	6.606	6.540	10.20	1.18	0.84
B3SRS1	3.801	3.799	5.990	5.951	9.33	0.33	0.60
B3SRS2	3.815	3.819	6.027	6.083	9.40	0.84	0.78
B5SRS1	3.405	3.411	5.505	5.490	8.70	0.55	0.79
B5SRS2	3.476	3.419	5.567	5.497	8.98	0.54	1.45
C0SRS1	4.514	4.557	7.609	7.643	11.50	0.64	1.85
C0SRS2	4.535	4.527	7.623	7.555	11.70	0.88	0.85
C3SRS1	4.111	4.075	7.032	6.997	10.20	0.71	0.98
C3SRS2	4.072	4.108	6.983	7.004	10.30	0.66	2.01
C5SRS1	3.515	3.552	6.246	6.248	9.22	1.08	0.40
C5SRS2	3.574	3.523	6.312	6.183	9.20	0.75	1.34

주) Q_u : 항복전단내력 W : 최대내력시의 에너지 흡수량
 eQ_u : 최대전단내력 η : 누적 소성변형율

$$\eta = \frac{\delta_{eq} - \delta_y}{\delta_y} \quad (1)$$

C-Type의 시험체가 다른 시험체에 비하여 다소 높은 수치를 보여 누적소성변형율이 우수한 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 폭-두께비의 증대 및 감소에 따른 영향도가 많음을 알 수 있다. 대체적으로 누적소성변형율은 최대전단내력 및 항복전단내력이 증가할수록 증가하는 경향을 보인 반면 강관의 폭-두께비의 증대에 따른 값은 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

축력비의 증가에 따른 에너지 흡수능력의 결과는 그림 9와 같이 축력비가 증가할수록 시험체의 에너지 흡수량이 감소하며, 강관의 폭-두께비가 적은 C-Type의 시험체가 에너지 흡수능력이 우수한 것으로 나타났다.

사이클별 에너지 흡수능력은 좌측단 보다는 우측단의 경우 최대 7사이클에서 큰 폭의 값의 변화를 나타내었다. 본 시험에서 대체적으로 항복점 이후 4~5사이클에서 최대강도가 발휘된 후 시험체의 최종 측정 사이클(7사이클)까지의 에너지 흡수능력은 좌측단보 22~25%, 우측단보 29~36% 정도의 값으로서 에너지 흡수능력이 우수한 것으로 사료된다.

이상과 같이 축력비에 따른 에너지 흡수능력의 감소에 대하여 적절한 접합부 보강 형식을 사용

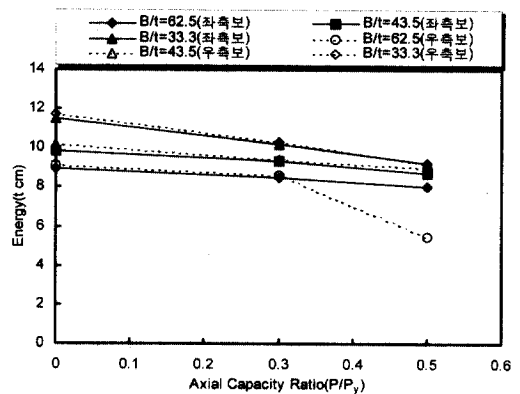


그림 9. 축력비(P/P_y)와 에너지 흡수량

함으로서 에너지 흡수능력의 증대 효과 및 시험체의 안정한 이력거동 향상에도 기여할 것으로 생각된다.

4.3 접합부의 내력 평가방법

철골조 보의 단부를 철근콘크리트조로 보강하면 강성 및 내력의 향상을 도모할 수 있으며 이와 같은 보강 효과를 실현시키기 위해서는 보의 중앙부와 단부의 이종 부재 사이의 원활한 응력 전달이 필요하다.

본 연구에서는 콘크리트 충전각형강관 기둥과 단부 SRC, 중앙부 SC조 혼합보로 구성된 보-기둥접합부의 이종 구조부 사이의 정착은 철근 단부를 U자형 갈고리 모양으로 철골 플랜지에 용접 접합하여 정착하였으며, 철골 웨브부를 콘크리트 보로 보강함으로써 웨브부의 국부 압괴의 방지로 인한 순수 철골조 보에 비해 초기 강성 및 종국 내력의 향상을 유도하였다.

접합부 내력의 평가에 있어서는 철골 플랜지 외측부 콘크리트층의 지압내력은 무시하고 철골 웨브부 좌·우측의 콘크리트층 내력과 철골 내력을 누가하면 안전측의 값을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

표 8. 접합부 내력 평가

시험 체명	RC부(ton)		철골부(ton)		접합부내력(ton)			①/③
	휨내력	전단 내력	휨내력	전단 내력	①	②	③	
AOSRS						1.893	3.637	0.734
BOSRS	0.403	5.04	2.132	10.092	2.635	1.890	5.190	0.514
CSRS						1.886	6.114	0.437

주) ① 이론치(누가내력) ② 일본건축학회 ③ 실험치

본 접합부의 각 부분에 대한 휨내력과 전단내력은 일본건축학회⁽⁸⁾의 기준에 따라 계산하였으며 특히, 휨내력은 일련의 다음 식을 적용하여 산출하였다.

i) 철골부분의 휨내력- M_0

$$M_0 = Z \cdot f_b \quad (2)$$

여기에서 Z 는 볼트 구멍을 공제한 유효 단면에 대해 산정한 장측(張側) 단면계수 및 압축측 단면계수 가운데, 작은 쪽을 채용한다. f_b 는 철골의 허용 휨 응력도(kg/cm^2)이다.

ii) 철근콘크리트부분의 휨내력- M_0

M_0 는 보의 인장철근비가 균형철근비 이하일 때는 (3)식에 의한다.

$$M_0 = m a_t \cdot m f_t \cdot j \quad (3)$$

단, $j = (7/8) \cdot d$ 로 한다.

인장철근비가 균형 철근비를 넘을 때는 「철근콘크리트 구조 계산규준」에 의한다.

여기에 인장철근비 $m d_t$ 는 (4)식에 의한다.

$$m d_t = \frac{m a_t}{b \cdot d} \quad (4)$$

균형철근비 $m d_{tb}$ 는 (5)식에 의한다.

$$m d_{tb} = \frac{1}{2 \left(1 + \frac{m f_t}{n \cdot f_c} \right)} \times \frac{1}{\left\{ \frac{m f_t}{f_c} \left(1 + \gamma \frac{d_c}{d} \right) - n \cdot \gamma \left(1 - \frac{d_c}{d} \right) \right\}} \quad (5)$$

그리고, 보-기둥 접합부에 대한 단기 허용 전단내력식은 다음을 적용시켜 산출한다.

$$\left\{ \frac{c b \times s b d \times m c d}{2} (2 f_s / \delta + w b \cdot w f_t) \right\} + \quad (6)$$

$$\{ s V \times f_s \}$$

여기서,

b : 기둥의 폭	$c V_e$: 기둥-보 접합부 콘크리트의 유효체적
$B b$: 보의 폭	$J w$: 기둥-보 접합부 철골의 웨브 두께
$m B d$: 보 상하의 주공간 거리	$s B d$: 보 플랜지의 중심간 거리
$m c d$: 기둥 좌우의 주공간 거리	$s c d$: 기둥 플랜지의 중심간 거리
$2 f_s$: 콘크리트의 허용 전단 응력도	$w f_t$: 보강근, 띠근의 전단 보강용 허용인장응력도
δ : 기둥-보 접합부 형상계수	$s V$: 기둥-보 접합부 철골의 웨브체적
$w b$: 보강근 비	f_s : 철골의 허용전단응력도
$m a_t$: 인장주근의 단면적	$m f_t$: 주근의 허용인장응력도
d : 장주근중심까지의 거리	b : 장방향 단면재의 폭
n : 영계수비	f_c : 콘크리트의 허용압축응력도
γ : 복근비	d_c : 압축중심에서 압축주근중심까지의 거리
$(m a_c / m a_t)$	

표 8은 접합부 모델에 대하여 위에서 언급한 이론적 계산치와 실험치를 비교하여 나타낸 것이다. 본 접합부 모델에 대해 RC부의 휨내력과 철골부의 휨내력을 누가하여 평가할 경우 누가내력은 실험내력의 40~70% 정도 수준으로 강관의 폭-두께비가 클수록 실험내력에 근접하는 값을 주고 있으며 실험내력에 비해 충분히 안전측의 값을 주고 있으나 과소평가 되는 경향이 있으며, 일본 건축학회 규준식으로 평가할 경우에도 동일한 경향을 나타내었다. 따라서 본 접합부 모델에 대한 내력 평가는 폭-두께비와 기둥 축력비에 따라 적절한 감소계수를 도입하면 적절하게 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결론

본 연구에서는 콘크리트 충전각형강관 기둥과 단부 SRC조, 중앙부 SC조 혼합보로 구성된 보-기둥 접합부의 내력 및 변형특성을 고찰한 것으로서 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 보-기둥 접합부의 전체적인 이력거동 형상은 거의 모든 시험체가 최대내력시까지의 대체적으로 Bi-linear적인 방추형의 안정한 이력 거동양상을 나타내었다. 최대내력 이후에는 대체적으로 A-Type 시험체는 완만한 S자형의 Tri-linear적인 다소 불안정한 거동 양상을 나타내었으며, B, C-Type 시험체의 경우 대체적으로 축력비가 적은 시험체는 다소 불안전하나 Bi-linear적인 방추형의 안정한 이력 거동양상을 나타내었으며, 기둥 축력이 작용하는 시험체는 완만한 S자형의 Tri-linear적인 다소 불안정한 거동 양상을 나타내었다.
- 2) 하중의 증가에 따른 보 단부의 회전저항능력은 초기균열점, 항복점, 최대내력점 순으로 보단 회전각은 1/75~1/100rad, 1/40 rad ~1/50rad, 1/15rad 정도로 나타났다.
- 3) 최대내력 이후의 접합부의 회전저항능력은 최대내력을 지난 최대내력의 80%시점에서의 부재각을 한계회전저항능력으로 정의할 경우 대체적으로 기둥 강관의 폭-두께비와 축력비에 따라 약간씩의 차이는 있지만 7사이클 이력거동에서 80~85% 정도의 수준을 유지하였으며 이 때의 보단부의 회전각은 1/15rad 정도로 나타났다.
- 4) 접합부 시험체의 파괴양상은 모든 시험체가 2 사이클 이력거동에서 접합부 상하단부 주위의 콘크리트 표면부에서 휨균열이 발생하여 3~4 사이클 이력거동에서 철골 상·하단 플랜지면과 콘크리트 경계면 사이에서 수평균열 및 경사균열이 혼재되어 발생하며 5~6 사이클 이력 거동에서 보주근의 파단 및 철골 상·하부 플랜지의 변형과 함께 최대내력점을 형성하였다.

- 5) 강관 폭-두께비의 증대는 강성의 값을 감소시키며, 축력비가 증가할수록 저하하는 경향을 나타냈다. 폭-두께비가 적을수록 내력상승율이 증가하였으며, A-Type 시험체에 비해 B, C-Type 시험체가 15~30%정도 상승하였으며, 동일 폭-두께비에서 축력비에 따른 내력상승율은 기둥 축력비가 증가할수록 축력비 0.0에 비하여 14~20% 정도 내력이 감소하였다.
- 6) 축력비에 따른 에너지 흡수능력의 감소에 대하여 적절한 접합부 보강 형식을 사용함으로써 에너지 흡수능력의 증대효과 및 시험체의 안정한 이력거동 향상에도 기여할 것으로 사료된다.
- 7) 콘크리트 충전 각형 강관 기둥과 단부 SRC, 중앙부 SC조 혼합보로 구성된 보-기둥접합부의 경우 단부를 RC조로 보강함으로써 강성 및 내력의 향상을 도모할 수 있으며, 접합부 내력의 평가는 철골 플랜지 외측부 콘크리트층의 지압내력은 무시하고 철골 웹부 좌·우측의 콘크리트층 내력과 철골 내력을 누가하면 안전층의 값을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 말

이 논문은 1998년도 한국학술진흥재단의 공모 과제 연구비에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

- (1) 김 규석 외 2인, 콘크리트 충전각형강관 기둥·H형강보 접합부의 거동에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 12권 6호, 1996.6, pp. 151-160
- (2) 문 태섭 외 5인, 외부 다이어그램으로 보강한 콘크리트 충전각형강관 기둥-H형강보 접합부의 거동, 한국강구조학회 논문집, 제9권 2호, 1997.6, pp. 205-220

- (3) 박 정민, 콘크리트 충전강관 부재를 이용한 보-기둥 접합부의 거동 특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 14권 1호, 1998.1, pp. 327-334
- (4) 이 승조 외 2인, 이중 부재로 구성된 보-기둥 접합부의 역학적 거동 특성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 16권 2호, 2000.2, pp. 31-39
- (5) 이 승조 외 2인, 콘크리트 충전각형강관 기둥과 혼합보로 구성된보-기둥 접합부의 거동특성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 16권 4호, 2000.4, pp. 11-18
- (6) 최완철, 콘크리트 기둥/철골보 합성구조의 최근 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 17권 2호, 1997.10, pp. 1027-1212
- (7) 문태섭, 이명재 외 3인, 각형강관 기둥-H형강보 두께중복형 접합부에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 13권 2호, 1993.10, pp. 501-504
- (8) 일본건축학회, 철골철근콘크리트 구조계산규준·동해설, 1981.
- (9) 일본건축학회, 강관콘크리트구조계산규준·동해설, 1981.
- (10) 木村 衛 外 1人, 柱充填型鋼管コンクリート・梁鐵骨鐵筋コンクリート構造形式の力學性について, 日本建築學會論文集, 第467號, 1995. 1, pp. 139-145
- (11) 石川 裕次 外 3人, 端部S造中央RC造梁に關する 實驗的研究, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol 13, No 2, 1997, pp. 1389-1394
- (12) 村井義則, RC部材とS部材の組合せ, 콘크리트工學, Vol 33, No 1, 1995.1, pp. 44-54
- (13) 木村 衛 外 5人, 充填型鋼管コンクリート柱への SRC梁適用に關する 實驗的研究, 日本建築學會大會學術梗概集, 1989.10, pp. 1595-1596
- (14) 高力フンサイドボルト 用いた角形鋼管柱-H形はり接合部の構造特性, 日本建築學會論文集, 第495號, 1997. 5, pp. 121-128

(접수일자 : 2000년 3월 30일)