

외측 다이아프램을 사용한 현장 용접형 각형강관기둥-H형강보 접합부의 이력거동

Seismic Behavior of H shaped Beam to Square Column Connection with Outer Diaphragm Using Field Welding

서 성 연¹⁾ · 정 진 안²⁾ · 최 성 모³⁾ · 김 성 용⁴⁾
Seo, Seong Yeon · Jung, Jin Ahn · Choi, Sung Mo · Kim, Sung Young

요약: 본 연구는 외측 다이아프램을 사용하여 현장용접에 의한 각형강관 기둥과 H형강 보를 접합법의 개발에 목적을 둔다. 본 연구에서 제안하고 있는 것은 현장용접을 이용한 외측 보강재에 의한 특정 타입의 기둥-보 접합부이다. 이 접합부의 구조적 거동은 실험적으로 검토되었다. 두 가지 하중 유형 실험은 세부적으로 주어진 실험 변수 하에 수행되었다. 먼저 제안된 접합부의 기본적인 특성을 연구하기 위하여 양단부에서 보를 편 지지한 후 중앙점에서 기둥을 가력한 대칭 하중재하 실험을 기술하였다. 두 번째는 이 접합부의 구조적 성능을 연구하기 위하여 기둥의 양단은 단순지지로 하고 H형강 보 양단에서 하중을 제어하는 역대칭 하중재하 실험을 기술하였다. 실험 결과, 본 논문에서 제안한 외측 보강재 타입의 접합부는 정량적 평가 방법이라는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT: This study focuses on the development of a new method of H-shaped beam-to-square column connection with an outer diaphragm and a field welding. The specific type of beam-to-column connection with an external stiffener, using field welding, is proposed. The structural behavior of this connection was examined experimentally. Two loading type tests were conducted under the experimental parameters given as details. First described was the symmetrical loading test, which supported both ends or a beam simply and applied a load from the column to the pend (What does this mean?) to investigate a fundamental characteristic of this connection. Further described was the anti-symmetrical loading test, which carried out simple support of the column's top end and the column base, and applied a load from both ends of a beam to investigate the structural performance of this connection. From the results, it is clear that the external-stiffener-type connection proposed in this paper is the reliable connection method.

핵심용어: 반복가력실험, 외측다이아프램, 현장용접, 모살용접

KEYWORDS: Cyclic Loading Test, Outer Diaphragm, Field Welding, Fillet Welding

1. 서론

1.1 연구 배경

강구조 건축물은 지진에 강한 구조물로 일반적으로 인식되어 왔으나, 1994년 발생한 북부 노스리지(North Northridge) 지진 및 1995년 효고켄 남부지진(한신 대지진)에 피해사례가 보고되었으며, 철골모멘트저항골조(Steel Moment Resisting

Frame)로 불리는 철골골조의 보-기둥 접합부의 취성파괴가 가장 많이 발생하였다. 두 지진에서 발생한 "보-기둥 접합부의 파괴"는 일견 같아 보이지만, 북부 노스리지 지진의 경우, 기둥과 보는 항복하지 않고 접합부의 취성파괴의 빈도가 높은 반면, 효고켄 남부 지진에서는 골조에 국부좌굴 등이 발생하여 어느 정도 골조에 에너지가 흡수된 후에 접합부의 취성파괴로 이어졌다. 이러한 배경으로부터 북부 노스리지 지진 이후의 미국의 대응과 효고켄 지진후의 일본의 대응 또한 상이

1) 정회원, 한라대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
(Tel. 033-760-1275, Fax. 033-760-1261, E-mail: syseo@hit.halla.ac.kr)
2) 일본 후쿠오카대학 건축공학과 전임강사, 공학박사
3) 정회원, 서울시립대학교 건축공학과 조교수, 공학박사(sm@uos.ac.kr)
4) 정회원, ES구조엔지니어링, 공학박사(highbolt@dreamwiz.com)

본 논문에 대한 토의를 2006년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

하다고 할 수 있다. 북부 노스리지 지진이후의 대처 방안으로, 응력집중 및 열 영향을 받는 용접 접합부에서 부재를 항복 시키지 않고 이러한 영향이 적은 부위에서 부재의 항복을 유도하는 공법이 제안되었으며, 그 예로는 사이드플레이트타입(side plate type), 커버플레이트타입(cover plate type) 및 도그본타입(dog bone type) 등을 들 수 있다. 한편 효고켄 지진 이후 일본은 용접부 자체의 성능을 개량하여 취성과 파괴를 방지하기 위한 많은 연구들이 진행되었으며 그 내용으로는 접합부 성능에 온도가 미치는 영향(효고켄 지진의 경우 추운겨울의 새벽에 발생), 풀스케일 동적시험, 강재와 용접금속의 재료 물성치, 용접열의 영향, 스킨의 기하학적인 모양과 새로운 용접 상세, 그리고 논 스킨 용접 등 광범위하게 연구되어 오고 있다. 북부 노스리지 지진과 효고켄 남부 지진의 차이점으로는 첫째 강재 및 용접재료의 차이(미국은 셀프시트용접, 일본은 CO₂ 가스시트용접), 둘째 현장용접이 많은 미국과 공장용접이 많은 일본의 차이, 셋째 강접합의 일본과 최소한의 강접합 설계 후 핀접합 형식의 미국의 차이 등을 들 수 있으며 가장 근본적인 차이로는 기둥단면의 차이(기둥 부재가 각형강관의 일본과 H형 부재의 미국)를 꼽을 수 있다.

일본과 같이 지진활동이 활발한 지역에서는 강관기둥과 H형 강보로 조합된 철골 모멘트접합 골조가 일반적으로 가장 많이 사용되어지며, 강관기둥과 H형강보 접합부는 다이아프램으로 불리는 부재를 이용하여 보플랜지에서 기둥으로 응력을 전달하는 방법이 일반적이다. 이러한 다이아프램의 사용방법에 따라 크게 관통형 다이아프램, 내측 다이아프램 및 외측 다이아프램으로 나뉘어지며 그 특징은 다음과 같다.

관통형 다이아프램형식은 강관기둥을 절단한 후 그 사이에 다이아프램을 투입하여 완전 흡용접으로 기둥과 다이아프램, 그리고 다이아프램과 보플랜지를 접합한다. 이 경우 기둥과 다이아프램의 용접은 용접위치를 확보하기 위하여 기둥을 상하 반전해야할 필요성이 있어 대부분의 경우 공장에서 로봇을 이용한 용접으로 이루어진다. 보플랜지와 다이아프램의 용접은 용접보조품으로 백킹스트립(Backing strip)과 엔드탭 등이 사용되어지며 이러한 용접부는 응력 상태가 복잡하여 응력이 집중되는 경우가 많으며 특히 용접잔류응력 및 용접변형 등이 발생하여 건축물의 피해 유무를 좌우하는 경우가 많다.

내측 다이아프램 형식은 강관기둥이 절단되지 않으며 다이아프램은 강관내부에 내접하도록 용접한다. 따라서 보플랜지와 기둥플랜지는 직접 용접되어진다. 미국 북부 노스리지 지진시 피해를 받은 용접부는 기둥이 H형인 차이를 제외하면 용접상세는 내측 다이아프램 형식과 비슷하다 할 수 있다. 내측 다이아프램 형식의 경우에도 용접보조품으로 백킹스트립과 엔드탭 등이 사용되어지며 용접 후 소거되지 않고 그대로 남

는다. 관통형 다이아프램 형식은 롤 성형강관 또는 프레스 성형강관 등 일반적으로 기성제품 강관을 기둥부재로 사용하는 경우가 대부분이며, 내측 다이아프램 형식의 경우 강관을 조립 제작하여 4면을 용접하여 사용하는 조립형강관을 기둥부재로 사용할 경우 주로 사용되어지며, 판 두께를 자유롭게 조절 가능하여 일반적으로 대규모 구조물에 적용되는 경우가 많다.

외측 다이아프램 형식 접합부는 강관기둥을 절단하지 않아 시공성이 뛰어나며 특히 강관에 콘크리트를 충전할 경우 다이아프램 사이의 공극발생에 대한 우려가 없어 구조적인 신뢰성이 높은 접합방법으로 최근 그 사용빈도가 점차 증가되고 있다. 그러나 외측 다이아프램의 사이즈가 관통형 다이아프램에 비하여 크며 특히 외측기둥의 경우 다이아프램이 돌출되어 설계의 자유도가 떨어진다. 또한 외측 다이아프램과 강관기둥과의 용접 역시 관통형 및 내측 다이아프램 형식과 마찬가지로 완전 흡용접을 원칙으로 하고 있어 용접부의 품질관리가 중요시 되고 있어 초음파 검사가 필수적이다. 따라서 국내에서도 외측 다이아프램형식의 접합부에 대해 항복선이론을 적용하여 접합부의 내력식을 평가하는 연구가 진행되었으며, 시공성을 개선한 직각관형 외다이아프램형식에 관한 연구가 진행되었다.

이러한 세 종류의 접합법은 모두 완전 흡용접을 원칙으로 하며, 특히 용접부의 응력 집중에 가장 큰 영향을 미치는 스킨 부분에 대해서는 효고켄 남부 지진이후 일본 건축공사 표준시방서(JASS6)에 지진이전의 종래형 스킨 부분의 각도를 완만하게 한 개량형 슬리트형과 스킨부분을 없앤 논 스킨형을 추천하고 있어 시공면에서 많은 시간과 노력이 필요한 실정이다.

1.2 연구목적 및 내용

전술한 바와 같이 종래의 각형강관에 H형강보를 접합하는 방법은 각각의 시공상의 단점을 가지고 있어 보다 경제적인 설계를 위해서 강관기둥을 절단하지 않는 접합법, 완전 흡용접에 의한 번거로움을 피할 수 있는 접합법, 스킨 부분의 시공이 간단한 접합법과 같은 항목이 요구된다. 본 논문은 이러한 조건을 충족하는 접합법을 제안하여 실용화를 목적으로 행하여진 연구이다. 본 연구는 1999년 구조 실무자등과 공동으로 기본적인 디테일을 제안한 후 실험을 통한 검증 결과를 토대로 2002년에 실제 건물에 적용 되었다. 본 논문에서 제안 하는 H형강보-각형강관기둥 접합디테일은 그림 1과 같으며, 제작 공정은 다음과 같다.

공장제작 과정

1) 2개로 분할된 하부 다이아프램을 강관에 모살용접

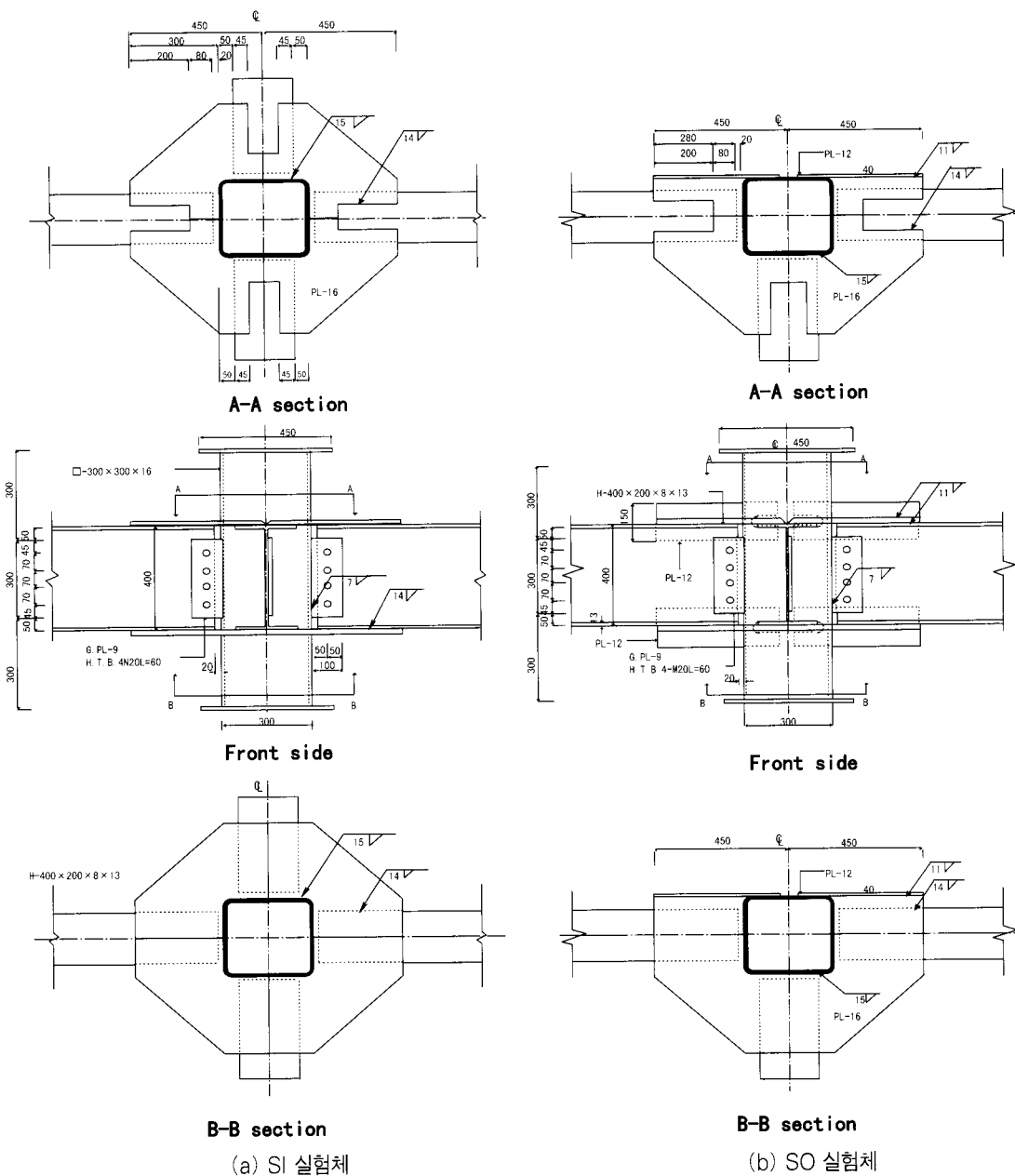


그림 2. 접합부 실험체 상세

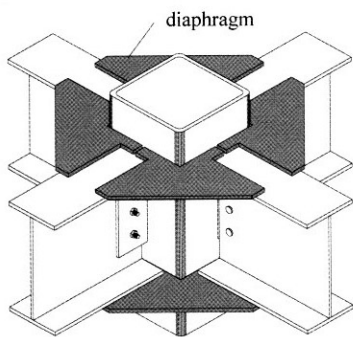


그림 1. 각형강관기둥-H형강보 접합 디테일

2) 보 웨브 접합용 가셋 플레이트를 강관기둥에 모살용접현장제작 과정

- 3) 하부 다이아프램 위에 보를 올려놓은 후 웨브를 고력볼트로 접합
- 4) 하부 보플랜지와 하부 다이아프램을 상부 모살용접
- 5) 4개로 분할된 상부 다이아프램을 상부 보 플랜지 위에 올려놓은 후 상부 다이아프램을 강관기둥과 보 플랜지에 용접

본 논문은 먼저 제안된 접합부의 구조성능 특히, 단기 하중시의 응력상태를 재현하기는 어렵지만 접합부에 대한 응력상태로서는 가장 불리한 조건이 되는 대칭 하중재하 실험(통칭 단순보 실험)을 기술한 후, 이 결과를 토대로 설계된 실험체에 단기 하중시의 응력을 재현할 수 있는 역대칭 하중재하를(통칭 십자형 실험) 한 실험결과를 기술하였다.

2. 대칭 하중재하 실험

2.1 실험개요

실험체 개수는 표 1과 같이 4개이며, 각 실험체의 접합상세는 그림 2와 같다. 실험체는 각각 폭 300mm 두께 16mm 각형강관 기둥과 H형강보 (H-400×200×8×13), 그리고 16mm 다이아프램 및 12mm 플레이트의 연속스티프너로 구성되어 있다. SI-F 및 SI-P 실험체는 내부기둥을 모델화 하였으며, SO-F 및 SO-P 실험체는 외측기둥을 모델화 하여 외측 다이아프램을 기둥면에서 절단한 후 연속스티프너를 이용하여 보강하였다. 또한 SI-F 및 SO-F 실험체는 외측 다이아프램과 H형강보를 모살용접으로 접합하였으며, SI-P 및 SO-P 실험체는 부분 홈용접으로 접합하였다. 용접당시의 조건은 기온 26℃, 습도 72%였으며 모살용접은 CO₂ 가스 실드 반자동 용접으로 용접재료는 YGW-11(JIS 규격)을 사용하였다. 다이아프램과 H형강보의 용접부는 용접길이를 확보하기 위하여 T자형으로 다이아프램을 절단한 후 용접하였다. 모든 실험체의 기둥은 STKR 400(JIS 규격)의 일반구조용 각형강관을, 보는 SS400(JIS 규격)의 압연 H형강을 사용하였으며, 고력볼트는 직경 20mm의 F10T(JIS 규격)를 사용하였다. 실험체에 사용한 재료의 기계적 특성은 표 2와 같다.

표 1. 대칭 하중재하 실험체의 구성

실험체명	기둥의 종류	용접종류
SI-F	내부기둥	모살용접
SI-P		부분 홈용접
SO-F	외측기둥	모살용접
SO-P		부분 홈용접

표 2. 강재의 기계적 특성

	항복점(MPa)	인장강도(MPa)
각형강관	400	473
H형강보	263	447
	320	472
12mm 플레이트	394	550
16mm 플레이트	248	423

실험체의 재하방법은 그림 3과 같이 단순보 형식으로 양단부에서 보를 핀지정한 후 중앙점에서 반복 가력 하였다. 부재 각 R은 기둥하단과 보 지점간의 상대변위를 보의 길이로 나눈 값이며 재하 프로그램은 그림 4와 같다. 하중의 측정은 5000kN 만능 시험기의 계측 제어장치로 측정하였으며, 변위는 각형강관 하단과 보 양단 지점에서 측정하였다.

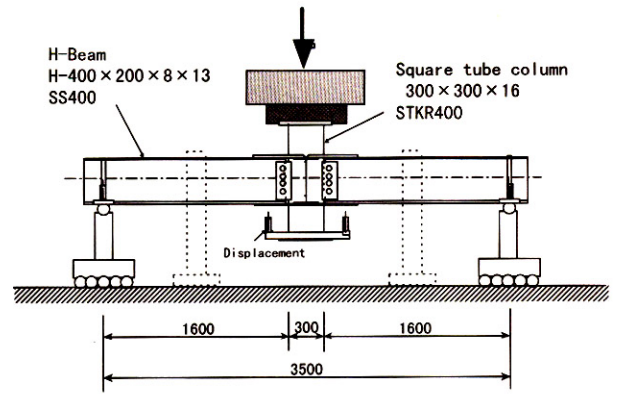


그림 3. 대칭 하중재하 설치 전경

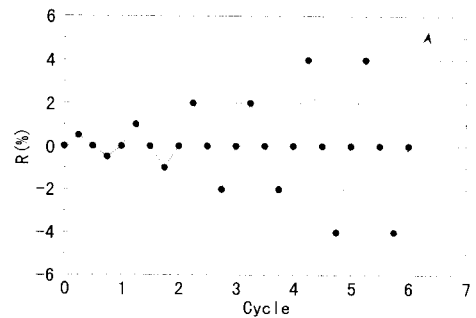


그림 4. 대칭 하중재하 프로그램

2.2 대칭하중 실험결과 및 고찰

하중 P와 부재각 R의 관계는 그림 5와 같다. 그림 중 파선은 접합부를 강철점으로 가정하여 휨모멘트와 전단력을 고려하여 산출한 탄성직선이며, P_p는 기둥면에서 보의 휨모멘트가 전소성내력에 도달 했을 때를 산정한 값이며, P_{pd}는 다이아프램의 연단부에서 보의 휨모멘트가 전소성내력에 도달하였다고 가정한 값이다.

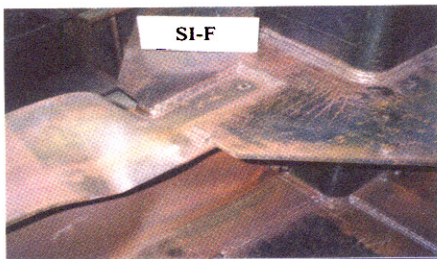
SI-F 실험체는 부재각 0.5%의 초기 재하시 탄성 직선상에 거동하였으며 부재각 1% 재하시 항복하였고 부재각 3% 부근에서 최대하중에 도달하였다. 최대하중 도달 후 보 단부에서 국부좌굴이 발생하였으며 국부좌굴 발생 후 하중의 저하를 나타냈다. 다이아프램과 강관기둥과의 용접부는 육안으로 판단시 균열이 발생하지 않았으며, 다이아프램과 보의 용접부에 부재각 4% 이후 토오크랙(Toe crack)이 발생하였다. 최대내력은 표 3과 같이 실험값이 이론 값 P_{pd}의 1.56배 그리고 P_p의 1.27배를 기록하였다. 그림 6(a)에 실험 후 보의 변형 사진을 나타내었다. SI-P 실험체는 SI-F 실험체의 모살용접부를 부분 홈용접한 실험체로, 각 사이클 별 두 번째 재하 시 잔류변형이 SI-F 실험체에 비하여 약간 증가 하였으나 전체적인 거동은 매우 유사하였다. 다이아프램과 보용접부의 토오

크랙 또한 부재각 4% 이후 발생하였으며, 보의 국부 좌굴 또한 SI-F 실험체와 동일한 양상을 보여 주었다.

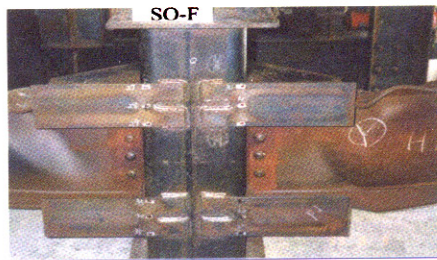
SO-F 실험체는 다이아프램과 연직스티프너로 H형강보를 각형강관에 용접한 실험체로(그림 6(b) 참조) 연직스티프너의 보강효과로 최대내력이 SI-F 실험체에 비하여 크게 상승하였다(표 3 참조). 최대하중은 부재각 2% 부근에서 기록 되었으며 최대내력 이후의 보단부의 국부좌굴이 발생하였다. 다이아프램과 기둥과의 용접부의 균열 등은 발생하지 않았으며 연직스티프너와 보의 접합부에서 부재각 3% 이후 최초 토오크랙이 발생한 후 다이아프램과 보의 용접부에도 토오크랙이 발생하였다. SO-P 실험체는 SO-F 실험체와 동일한 거동을 보여주었으나 최대하중 후 보단부의 국부좌굴이 발생한 후 토오크랙이 SO-P 실험체 보다 약간 빠른 시점에서 발생하였다.

표 3에 부재각 4%까지의 에너지 흡수량을 나타내었다. 구조부재의 변형능력을 나타내는 에너지 흡수량은 접합부의 면적변형능력이 에너지 흡수량에 해당한다. 각 실험체의 에너지 흡수량은 거의 비슷한 값을 나타내었다.

본 실험결과 각 실험체의 초기강성은 이론치인 탄성곡선에 거의 일치하고 있음을 보여 주었으며 각 실험체의 최대하중은 이론치 P_p 의 경우 1.27-1.39배, 그리고 P_{pd} 의 경우 1.56-1.71배 높은 값을 보여주었다. 또한 모살용접 실험체 및 부분흡용접 실험체 모두 용접부의 취성과괴는 발생하지 않았으며, 본 실험결과 다이아프램과 보 부분을 모살용접한 실험체와 부분흡용접을 한 실험체의 거동은 커다란 차이를 발견 할 수는 없었다.

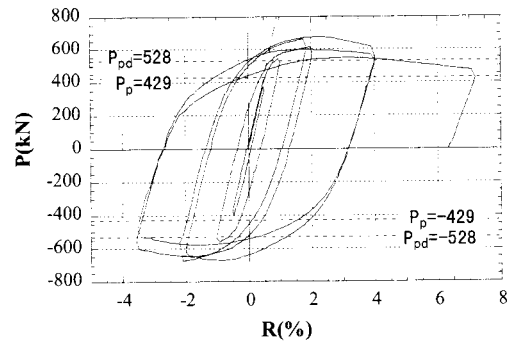


(a) 최대내력후 접합부 변형형상

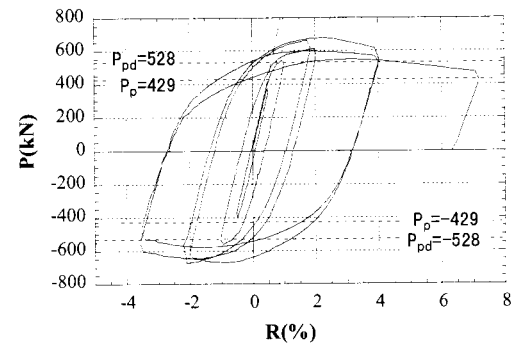


(b) 연직스티프너 보강

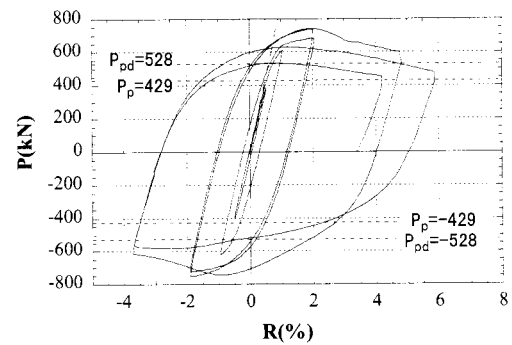
그림 6. 각형강관기둥-H형강보 접합부



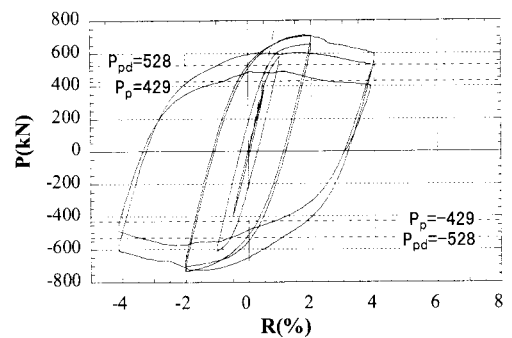
(a) SI-F 실험체



(b) SI-P 실험체



(c) SO-F 실험체



(d) SO-P 실험체

그림 5. 하중-부재각 관계곡선

표 3. 대칭 하중재하 실험결과

실험체명	최대내력(kN)	최대내력 /Ppd	최대내력 /Pp	에너지 흡수량W(J)
SI-F	672	1.27	1.56	12.7104
SI-P	676	1.28	1.57	13.1104
SO-F	736	1.39	1.71	13.7104
SO-P	710	1.34	1.65	13.4104

3. 역대칭 하중재하 실험

3.1 실험 개요

본 장에서는 단기하중시의 응력을 재현할 수 있는 역대칭 하중재하 실험계획으로, 실험체는 대칭재하 실험결과를 토대로 다이아프램과 보부분의 용접은 모살 용접으로 가능하다고 판단되어 그림 7과 같은 십자형 실험체를 준비하였다. 실험체는 총 2개로 두개의 실험체 모두 다이아프램과 보부분은 모살용접하였다. 특히 용접부가 중요한 구조인자로 판단되어 두 곳의 철구조 회사에 의뢰하여 제작하였다. AS-CN 실험체는 용접재료를 지정하지 않았으며, 특히 용접부에 대한 특기사항을 기입하지 않고 제작 의뢰하였다. AS-CY 실험체의 경우 용접봉은 SS400의 강

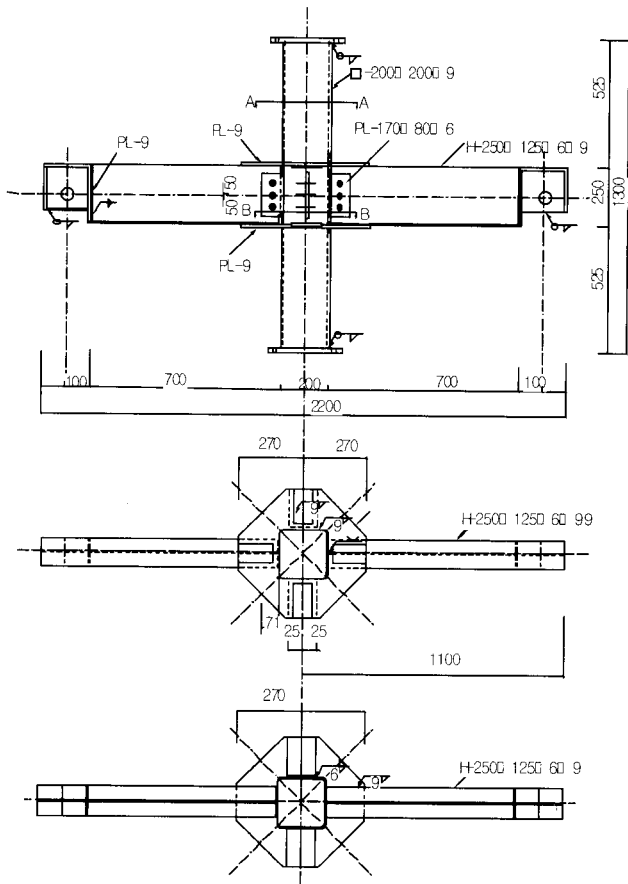


그림 7. 접합부 실험체 상세

도에 대응하는 JIS Z 3211(항복점: 35MPa, 최대강도: 45MPa)을 지정한 후, 다이아프램과 보부분의 용접에 주의 할 것과 모살사이즈가 9mm를 초과하지 않도록 특기사항에 기입 후 제작 의뢰하였다. 용접 제작된 실험체를 검사한 결과, 표 4와 같이 모살용접 사이즈에 차이를 나타내었으며 육안으로 검사한 결과 AS-CY 실험체는 용접결합부가 4-5곳 관찰 되었다.

그림 8은 역대칭 하중재하 설치전경이다. 실험은 강관기둥에 20%의 축력을 가한 후 H형강 보 양단에서 유압잭으로부터 역대칭 연직하중을 제어하였다. 그림 9는 역대칭 하중재하 가력 조건으로서, 재하는 부재각 R을 0.5% 씩 증가 시키면서 2회 반복 재하하였다. 사용된 재료의 기계적 특성은 표 5와 같다.

표 4. 역대칭 하중재하 실험체

실험체명	용접재료	모살 사이즈	
		다이아프램과 강관	다이아프램과 보
AS-CN	미지정	10mm	7mm
AS-CY	JIS Z 3211	9mm	8mm

표 5. 강재의 기계적 특성

		항복점(MPa)	인장강도(MPa)
각형강관	AS-CN	385	450
	AS-CY	382	455
보 플랜지	AS-CN	243	409
	AS-CY	320	465
보 웨브	AS-CN	306	437
	AS-CY	360	477
9mm 강판	AS-CN	272	422
	AS-CY	279	447
6mm 강판	AS-CN	309	441
	AS-CY	378	450

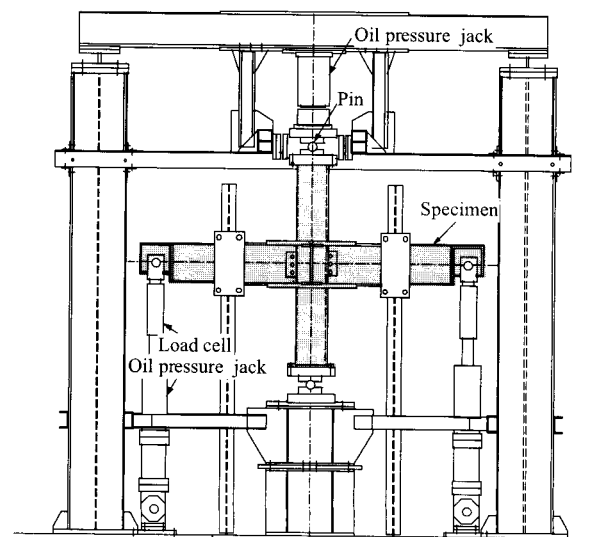


그림 8. 역대칭 하중재하 설치 전경

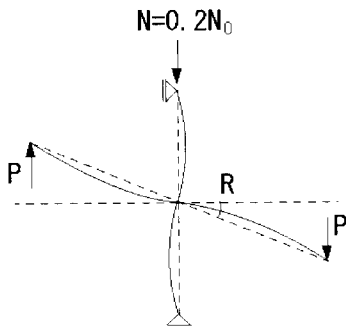
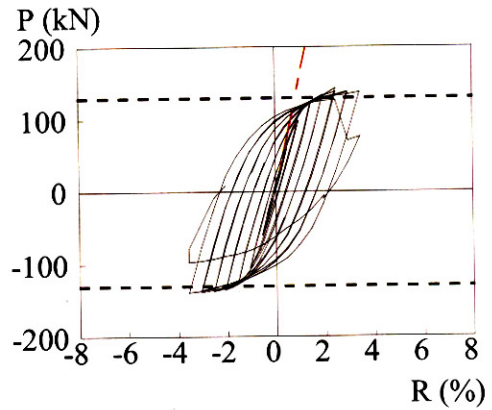
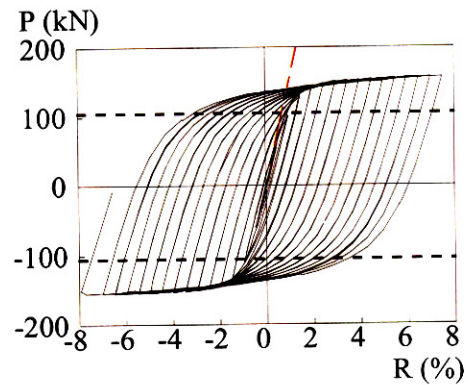


그림 9. 역대칭 하중재하 가력조건



(a) AS-CN 실험체



(b) AS-CY 실험체

그림 10. 하중-부재각 관계곡선

3.2 실험 결과

그림 10에 역대칭 하중재하 실험결과를 나타냈다. 그림 중 파선은 기둥면에서 보의 휨모멘트가 전소성내력에 도달했을 때를 산정한 값이며(P_p), 일점쇄선은 접합부를 강 절점으로 가정하여 휨모멘트와 전단력을 고려하여 탄성해석에 의하여 산출한 직선이다.

AS-CN 실험체는 부재각 0.5%의 초기 재하시 탄성직선과 거의 일치 하였으며 부재각 1.5%의 첫 번째 재하시에 P_p 에 도달하였다. 부재각 2% 초기 재하시 최대하중을 나타내었으며 부재각 2% 두 번째 재하에서 내력의 감소를 나타낸 후 부재각 3% 첫 번째 재하시에 상부 다이아프램과 보단부의 용접부에서 육안으로 확인 가능한 균열이 발생하였으며, 부재각 3% 두 번째 재하시 상부 다이아프램과 보 단부 플랜지 부분의 용접이 파단된 후 내력이 급격히 감소하였으며, 하부 다이아프램과 하부 보플랜지 부분의 용접부의 균열이 발생하여 안정상의 이유로 하중재하를 멈추었다.

AS-CY 실험체는 부재각 0.5% 초기재하시 이론치인 탄성 직선상을 따라 거동한 후 부재각 1%의 첫 번째 재하시 P_p 에 도달하였다. 그 후 내력의 감소는 보이지 않았으며, 부재각 4% 이후 판넬부분의 변형이 육안으로 확인 가능하였으며, 5% 이후 다이아프램과 용접된 기둥면에서 국부좌굴이 발생하였다. 그 후 육안으로 확인 가능한 보 플랜지의 국부좌굴이 발생하였으며, 부재각 -8% 재하 후 실험장치의 한계에 달하여 재하를 멈추었다. 다이아프램과 기둥과의 용접부 및 다이아프램과 보 단부와와의 용접부의 균열은 발생하지 않았으며 내력의 저하 또한 발생하지 않았다.

역대칭 하중재하 실험결과, 본 접합부는 상부 다이아프램과 보단부 용접부가 실험체의 이력거동에 중요한 영향을 미침을 알 수 있었으며, 다이아프램과 보의 용접부에 대하여 검토 할 필요가 있는 것으로 사료 되었다.

3.3 용접부 검토

다이아프램과 보단부의 용접부의 내력을 명확하게 하기 위하여 용접부 인장실험을 실시하였다. 그림 11은 기본형 실험체로서, 실험체는 표 6과 같이 총 6개로 측면모살 유효용접길이(l_s)와 전면모살 유효용접길이(l_f)를 실험변수로 하여 인장 실험을 행하였다. 모재는 모두 12mm 플레이트로 모재간의 각도는 직각 방향만을 고려하였다. 용접당시의 조건은 기온 29℃, 습도 68%였으며 모살용접은 CO₂ 가스 실드 반 자동 용접으로 용접재료는 YGW-11(JIS 규격)을 사용하였다. 실험변수 및 실험결과는 표 6과 같다.

표 6의 내력 증가율은 최대내력을 최대내력 이론치(P_w)로 나눈 값으로 이론치, P_w 는 식(1)과 같다.

$$P_w = 0.7S \times (l_s + l_f) \times \sigma_w / \sqrt{3} \quad (1)$$

표 6와 같이 측면 모살용접은 내력 증가율이 1.45배를 나타내었으며, 전면 모살용접의 경우엔 1.72배를 나타내었다.

또한 병용용접의 경우 1.92에서 2.11배의 내력증가를 보여 주었으며, 온두리용접의 경우 2.19배의 내력증가를 보여 주었다. 이상의 결과로 부터 본 접합부의 다이아프램과 보 플랜지의 접합에 사용되어지는 용접부는 모살용접으로도 충분히 가능하리라 사료된다.

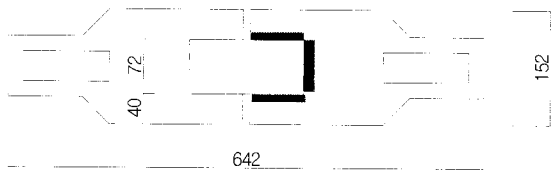


그림 11. 용접부 기본형 실험체

표 6. 용접부 시험체 및 실험결과

실험체명	l_s	l_f	내력증가율(β)
FWT-1	12S	0	1.45
FWT-2	0	12S	1.72
FWT-3	6S	6S	2.11
FWT-4	12S	6S	1.92
FWT-5	12S	12S	2.08
FWT-6(온두리용접)	12S	12S	2.19

여기서 S 모살 사이즈

4. 결론

본 논문에서 제안된 현장 용접형 강관기둥-H형강보 접합부의 기본적인 용접성능을 검토하기 위하여 대칭 및 역대칭 하중재하 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

대칭 하중재하 기둥-보 접합부 실험체의 실험결과,

- (1) 본 논문에서 제안된 현장 용접형 각형강관기둥-H형강보 접합부의 모든 실험체는 보-기둥 접합부의 항복보다 보의 항복이 선행하였으며 예상된 내력에 도달하였다.
- (2) 다이아프램과 보 플랜지 용접부의 경우, 모살용접부는 변형각 3% 이후 토오크랙이 발생하였으나 용접부의 파단은 발생하지 않았으며 부분용접과 비교하여 거의 동일한 이력거동을 보였다.
- (3) 접합부 모든 실험체에서 각형강관기둥과 다이아프램의 모살용접부에서 균열 및 취성파괴는 발생하지 않았다. 역대칭 하중재하 기둥-보 접합부 실험체의 실험결과,
- (4) 본 논문에서 제안된 현장 용접형 각형강관기둥-H형강보 접합부의 경우 상부 다이아프램과 보 플랜지와의 용접부가 실험체의 이력거동에 중요한 영향을 미쳤다.
- (5) 다이아프램과 보 플랜지와의 용접부에 결함이 발견된 실험체는 변형각 3%에서 용접부가 파단하였으며, 용접

부에 결함이 발견되지 않은 실험체는 용접부의 파단 및 접합부의 취성파괴는 발생하지 않았다.

- 6) 다이아프램과 보플랜지와의 모살용접부의 인장실험결과, 본 접합부의 용접에 이용되어지는 병용용접의 경우 충분한 내력확보가 가능함을 알 수 있었다.

이상의 결과를 토대로 본 논문에서 제안된 현장 용접형 각형강관기둥-H형강보 접합부는 현장 용접부의 세심한 용접관리가 이루어 질 경우 충분한 내력확보가 가능할 것으로 사료된다.

참고 문헌

유영찬, 이승준, 문태섭(1997), 외부다이아프램으로 보강한 콘크리트충전 각형강관 기둥-H형강보 접합부의 거동, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 9권 2호

채용수, 최성모, 김동규(2001), 직각판 외다이아프램형식 각형강관기둥-H형강보 반강접접합부를 가진 골조의 탄소성거동에 관한 해석적 연구, 대한건축학회논문집, 대한건축학회, 17권 2호

Skiles, J.L. and Campbell III, H.H. (1994), *Why steel fractured in the Northridge earthquake* *Welding journal*, Vol. 73, No. 11, pp. 21-27

Japanese Society of steel construction (1997), Kobe Earthquake Damage to steel moment connection and suggested improvement., JSSC technical report, No. 39

Houghton, D.L (1998) The side plate™ moment connection system: Meeting the steel frame challenges of the 21st century with simplicity and reliability at low cost, *Fifth Pacific Structural Steel Conference*, Vol. 2, pp. 13-16

Engehardh, M. D, and Sabol, T.A. (1998), Reinforced steel moment connections with cover plate Benefits and limitations, *Struct. Eng.*, 20(4-6), pp. 510-520.

Zekioglu, A., Mozaffarian, H., and Uang, C. (1997) Moment frame connection development and testing for the city of Hope National Medical Center Buildings to Last: Proc., Structures Congress XV ASCE Portland, Ore pp. 100-104.

Plumier, A. (1997) The dogbone: back to the future, *Eng. J.*, 34(2), pp. 61-67

- Akiyama, H., Yamada S., Matsumoto, Y., Matsuoka, s., Ohtake, F., and Sugimoto, H. (2002), Transition from ductile to brittle fracture of full scale beam-to-column connections caused by temperature, Trans. AIJ, No. 522, pp. 105-112
- Akiyama, H., Yamada S., Matsumoto, Y., Takeuchi, T., and Sugimoto, H. (2002), Full scale shaking table test on ultimate resistance of advanced type of beam-to-column connections, Trans. AIJ, No. 551, pp. 141-148
- Nakagomi, T., Arimochi, K., Konda, N., and Matoba, K., (2002), Fracture mechanics of beam-to-column connections under dynamic loading, Trans. AIJ, No. 551, pp. 119-124
- Harada, H., Morita, K., Yamakuchi, D., and Ishii, T. (2000), Experimental study on brittle fracture in beam-to-column connections (Influence of connection detail and material properties), Trans. AIJ, No. 535, pp. 141-148
- Tanuma, Y., Fukasawa, T., and Kobayashi, H., (2000), Study on fatigue characteristics of cross welded joints of high strength steel, Trans. AIJ, No. 531, pp. 149-156
- Kuwamura, H., Takagi, N., and Matsui, K., (2000), Effects of welding heat input on brittle fracture of steel members, Trans. AIJ, No. 531, pp. 157-164
- Nakagomi, T., Fujita, T., Minami, K., Lee, K., and Murai, M., (2002), Study on beam-end details for the method of non-scallop on beam-to-column welded joints, Trans. AIJ, No. 498, pp. 145-151
- (접수일자 : 2005. 5. 2 / 심사일 2005. 5. 23 / 심사완료일 2005. 8. 10)