

건축구조용강재(SN490) 조립 H형강 기둥-보 접합부의 이력거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Hysteresis Behavior of WUF-B Beam-Column Connection using SN Steel

김 선 희¹⁾ · 이 성 희²⁾ · 김 진 호³⁾ · 김 대 중⁴⁾ · 최 성 모⁵⁾
Kim, Sun Hee Lee, Seong Hui Kim, Jin Ho Kim, Dae Jung Choi, Sung Mo

요 약 : 1994년 노스리지 지진 이전 우수한 연성능력을 보유한 내진상세로 생각되던 WUF-B 접합부의 기둥-보플랜지 용접위치에서 발생한 취성파괴는 WUF-B 접합부에 대한 새로운 고찰을 요구하였다. FEMA(Federal Emergency Management Agency)의 후원으로 SAC Steel Project에서는 WUF-B 접합부의 스캐립(Weld access holes) 형상, 용접과정, 용접재료 등을 개정한 내진상세를 FEMA-350에 제안하였다. AISC Seismic Provisions(2005)에서는 WUF-B 접합부를 OMF(Ordinary Moment Frames)로만 사용하도록 규정하고 있다. 본 연구에서는 SM490 및 SN490 조립형강을 이용하여 FEMA-350에 제시된 WUF-B 상세 규정을 따라 강종(SM, SN), 보플랜지두께, 보의 춤을 변수로 기둥-보 접합부 실험체 2개를 제작하여 실험을 수행하였으며, 내진성능 평가를 위한 가력 방법 및 내진성능을 평가하였다. JB-1, JB-2 실험체는 AISC Seismic Provisions(2005)에서 제시하고 있는 OMF와 SMF 내진성능을 만족하는 결과를 나타냈으며, 보플랜지 두께와 보의 춤에 따른 WUF-B 접합부의 내진성능이 재정의 될 필요가 있는 것으로 사료된다.

ABSTRACT : The brittle failure where is occurred the welding position of column-beam flange of WUF-B connection that consider about a seismic detail possess a superior ductility capacity before Northridge earthquake 1994, require newly study about WUF-B connection. SAC Steel Project suggests a seismic detail to FEMA-350 by supporting of FEMA. It revise shape of weld access holes of WUF-B connection, welding process and welding material etc. In spite of these revision, AISC Seismic Provisions (2005) prescribe WUF-B connection using an only OMF. Recently in Korea, as the earthquake of about seismic intensity 5 occur, the necessity of revision for connection seismic detail comes to the front in Korea and FEMA-350 connection seismic details are going to include in KBC-2008 as it is. In this study, two column-beam connection specimens were marked by using SM490, SN490 built-up H-section, and based on WUF-B detail prescription of FEMA350. The parameters of the specimens are types of steel (SM, SN), and evaluate the capacities of structure and seismic by experiment. Finally we confirm a superior ductility capacity about specimens JB-1 and JB-2, using SM490 and SN490, and these specimens had sufficient OMF and SMF seismic capacity, as indicated in AISC Seismic Provisions (2005).

핵심용어 : 모멘트 접합부, WUF-B 접합부, SN490, 반복가력, 내진성능

KEYWORD : Moment resistance frame, WUF-B Connection, SN490, Seismic Behavior

1. 서론

노스리지 지진(1994)과 고베지진(1995) 발생 이후 강구조 접합부의 내진상세와 내진성능에 대한 관심이 높아지면서

미국에서는 접합부 내진상세 제정을 위한 활동이 이루어져 왔다. 특히 1994년 노스리지 지진 이전 우수한 연성능력을 보유한 내진상세로 생각되던 pre-Northridge 접합부의 기둥-보플랜지 용접위치에서 발생한 취성파괴(Johnson, 2000)는 post-Northridge 접합부로서 WUF-B(Welded Unreinforced Flange

1) 서울시립대학교 석사과정(sun@uos.ac.kr)

2) 서울시립대학교 박사수료(lsh@uos.ac.kr)

3) 포항산업과학연구원 강구조연구소, 수석연구원, 공학박사(jinho@rist.re.kr)

4) 삼성물산건설부문 건축기술팀, 공학박사(dejoung@samsung.com)

5) 교신저자, 서울시립대학교 건축공학교수, 공학박사

(Tel. 02-2210-2396, Fax. 02-2248-0382, E-mail: smc@uos.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2009년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

- Bolted Web Connection) 접합부에 대한 새로운 고찰을 요구하였다. 따라서 FEMA(Federal Emergency Management Agency)의 후원으로 SAC Steel Project에서는 WUF-B 접합부 취성파괴의 원인과 대책이 연구되었다.(FEMA-355D) 이러한 노력의 결과로 새로운 WUF-B 접합부 내진상세 기준이 FEMA-350을 통해 그림 1 및 표 1과 같이 제정되었으며 WUF-B 접합부의 스킵(Weld access holes) 형상, 용접과정, 용접재료 등에 대한 개정이 이루어졌다. 그러나 이러한 개정에도 불구하고 AISC Seismic Provisions(2005)에서는 WUF-B 접합부를 OMF(Ordinary Moment Frames)로만 사용하도록 규정하고 있다.

최근 국내에서도 경북 울진지진(진도 5.2, 2004), 인천 백령도지진(진도 5.0, 2003), 전남 홍도지진(진도 4.9, 2003)과 강원 평창(진도 4.8, 2007)등 진도 5내외의 지진이 빈번하게 발생함에 따라 접합부 내진상세 제정의 필요성이 대두되었으며 향후 개정될 KBC-2008에는 9개의 FEMA-350 접합부 내진상세가 그대로 포함될 예정이다.

그러나 FEMA-350의 접합부 내진상세에 대한 국내 연구의 부족으로 국내에서 생산된 강재를 사용할 경우에 대한 문제점은 충분히 검증되지 못하고 있다. 특히 WUF-B 접합상세는 국내에서도 보편적으로 이용되고 있는 접합부 내진상세로서 접합부 구조성능 및 내진성능의 검증이 시급히 요구되는 상황이다.

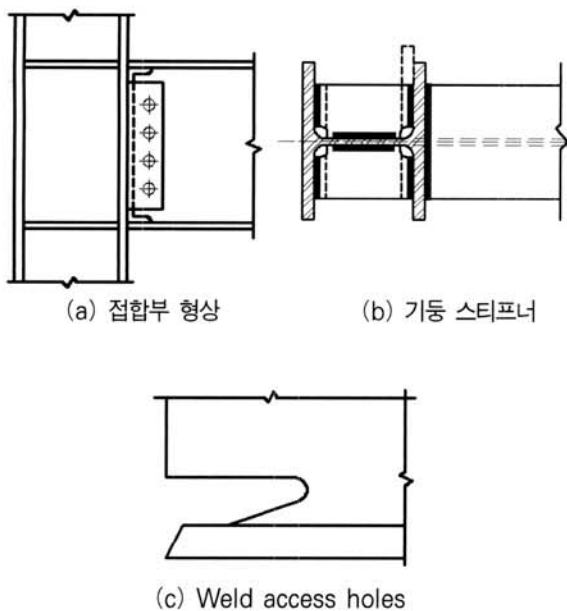


그림 1. WUF-B 접합부 내진상세(FEMA-350)

표 1. WUF-B 적용범위

	항목	적용범위
일반	시스템	OMF
	힌지 위치	기둥 춤/2 + 보 춤/2
보	춤	W36 이하
	최소 스패-춤 비	7
	플랜지 두께	최대 1in(약 25mm)
	강종	A572 Grade 50, A992, A913 Grade 50/S75
기둥	춤	W8, W10, W12, W14
	강종	A572 Grade 50, A913 Grade 50 and 65, A992

표 1에서 WUF-B 접합부의 보의 춤은 W36이하로 정의되어 있으며, FEMA350 제정시 수행된 Ricles(2000)의 실험체는 보의 춤이 W36(914mm)인 실험체를 대상으로 하였다. 또한 FEMA355D는 보의 춤 W24(610mm)-W36(914mm)인 비교적 큰 보의 춤을 갖는 실험결과만을 보고하고 있어 OMF 성능을 갖는 WUF-B 접합상세 제정시 보의 춤이 작은 경우에 대한 성능분석은 충분히 이루어지지 않았다. 또한 보의 춤이 큰 접합부의 연성능력 발휘를 위해 보플랜지 두께를 1in(25mm)이하로 규정하고 있어 보 춤이 작고 플랜지두께가 두꺼운 WUF-B 접합부의 성능평가가 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 SM490 및 SN490 조립형강을 이용하여 FEMA-350에 제시된 WUF-B 상세 규정 중 보의 춤이 작고 보플랜지두께가 제한치를 초과(40mm)하는 실험체를 제작하여 소성변형능력을 평가하였으며, 향후 철골 인증 접합부 내진상세로 WUF-B 접합부가 제시될 경우 성능제한의 기본 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험

본 연구에서는 국내에서 생산된 강재(SM490, SN490)를 이용한 WUF-B 접합부 내진상세의 구조성능 및 내진성능 평가를 위하여 2개의 기둥-보 접합부 실험체를 제작하고 AISC Seismic Provisions(2005)의 반복가력 방법을 이용하여 구조실험을 수행하였다.

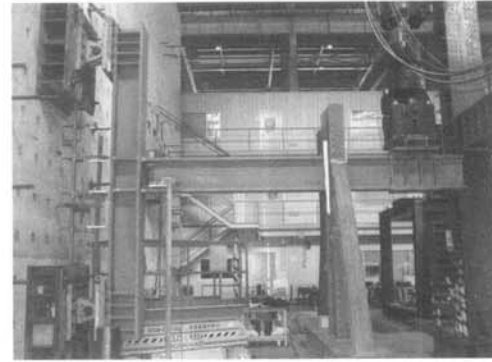
2.1 실험체의 개요

실험체는 표 2와 같이 SM490 강재와 SN490 강재의 플레이트를 조립한 용접조립 H-형강(기둥: BH-400X400X20X40, 보: BH-450X200X20X40)을 사용하였으며 접합부 상세는 그림 2와 같다. 실험체 명칭에서 J와 B는 각각 접합부(Joint

-connection)와 조립형강(Built-up)을 의미한다. JB-1과 JB-2실험체에 대한 기둥높이는 3,500mm이며 보의 길이는 3,800mm로 하였다. 실험체에서 보플랜지의 두께는 FEMA-350의 기준(25mm)을 넘는 40mm로 계획하였으며, 하부 백업 바는 그대로 존치하였다.

표 2. 실험체 일람

실험체명	기둥(3,500mm)	보(3,800mm)	강재	접합방법
JB-1	BH-400×400×20×40	BH-450×200×20×40	SM490	WUF-B
JB-2	BH-400×400×20×40	BH-450×200×20×40	SN490	WUF-B



(b) 설치전경

그림 3. 실험체 세팅

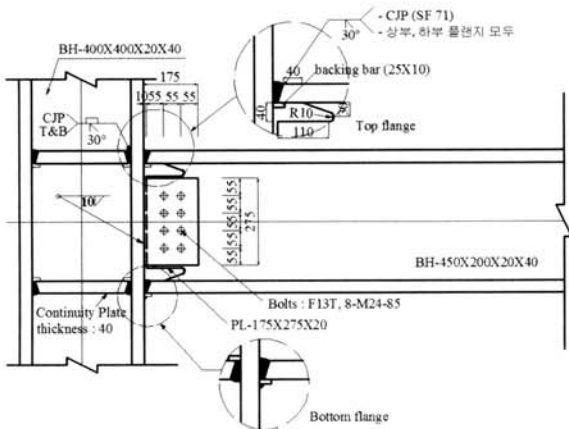
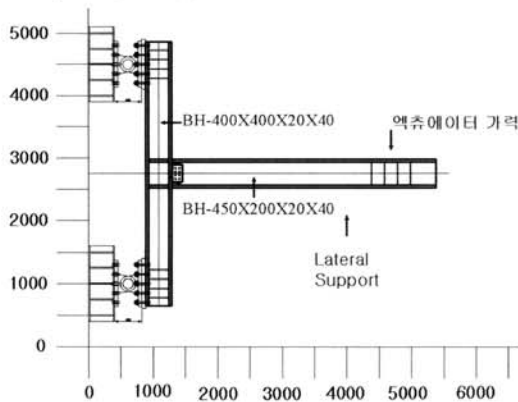


그림 2. JB1,2실험체 상세

2.2 실험체 세팅

크레인으로 양중하여 반력벽에 고정된 힌지와 기둥단부의 플레이트를 볼트로 체결하고 보의 가력점에 2,000kN급 액추에이터를 설치하였다. 가력 시 보의 횡좌굴 방지를 위하여 기둥면으로부터 2,200mm떨어진 위치에 횡지지대를 설치하고 횡지지대와 보 플랜지의 마찰을 최소화하기 위해 보와 횡지지대가 맞닿는 부위는 마찰계수가 작은 합성수지를 삽입하였다. 실험체 세팅 장면은 그림 3과 같다.

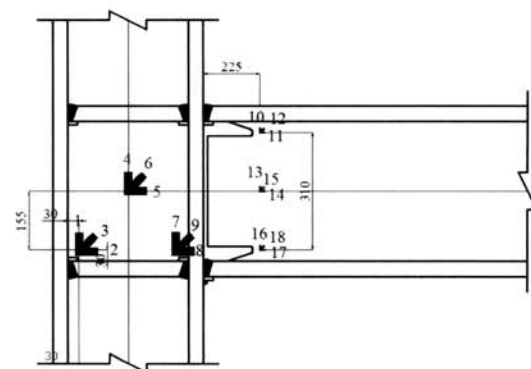


(a) 입면도

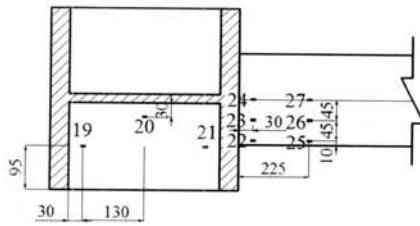
2.3 측정계획

실험체의 거동을 평가하기 위해 실험체에는 그림 4(a, b)와 같이 변형을 게이지 24개와 변위계 7개를 설치하였다. 변형률 게이지는 삼축게이지와 일축게이지를 사용하였다. 삼축게이지는 패널존 거동을 평가하기 위해 패널존에 3개를 부착하였고, 보의 소성거동을 평가하고자 보의 소성힌지가 예상되는 위치에 3개를 부착하였다. 일축게이지는 보플랜지의 상하부에 보의 길이 방향으로 각 6개씩 총 12개를 부착하였으며 기둥 스티프너의 상하에 각 3개씩 6개를 부착하였다.

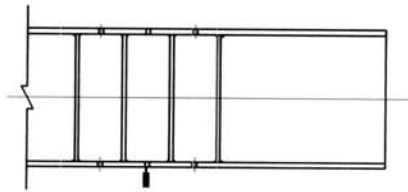
변위계는 그림 5(c, d)와 같이 총 8개를 설치하였다. 변위계 1은 액추에이터의 가력점의 연장선에 있는 실험체 하단부 지점에 설치한 줄변위계이고 변위계 2는 보의 길이에 의한 탄성회전각을 배제하고 접합부의 소성회전각을 평가하기 위해 기둥면에서 285mm 떨어진 지점에 하부플랜지 중앙점에 설치하였다. 또한 패널존의 변형성능을 평가하기 위해 패널존 좌측 모서리의 상하부에 스티드 볼트를 설치하고 변위계 2개(③, ④)를 설치하였으며 기둥의 회전각을 평가하기 위해 기둥에 420mm 간격으로 변위계 4개(⑤, ⑥, ⑦, ⑧)를 설치하였다.



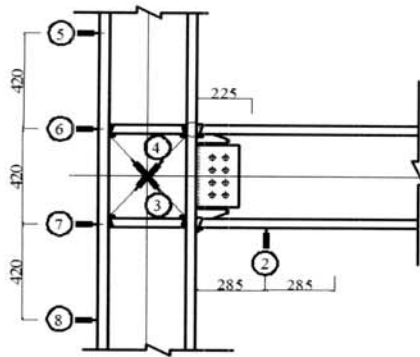
(a) 3축게이지 위치 (입면)



(b) 1층계이지 위치 플랜지 (상하부 동일)



(c) 1번 LVDT



(d) LVDT

그림 4. 변위계 및 변형률계이지 위치

2.4 가력방법

가력장비는 포항산업과학연구원(RIST) 기흥소재 2,000 kN용량의 액츄에이터를 사용하였고 가력프로그램은 그림 5 와 같이 AISC Seismic Provisions(2005)의 S6.2 Loading Sequence for Beam-to-Column Moment Connections 을 사용하였다. 하중가력은 변위 제어로 가력속도를 각 사이클 마다 0.1mm/sec씩 증가시켜 가력하였다.

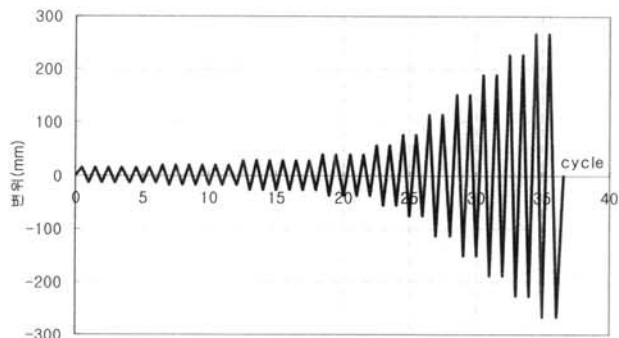


그림 5. 하중이력 (Seismic Provisions For Structural Steel Buildings 2005)

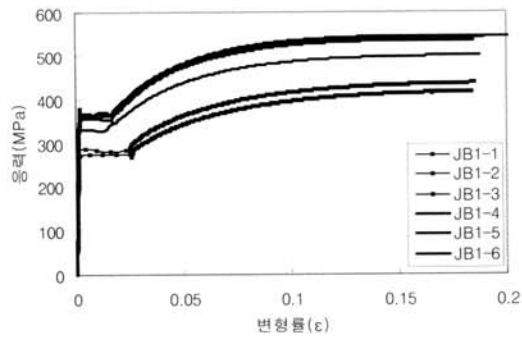
2.5 재료시험 결과

실험체에 사용된 강재의 재료시험을 위해 실험체 제작에 사용된 동일강판에서 KS D 0801의 1호 시험편의 형태로 SM 490(두께 20mm, 40mm)과 SN490(20mm, 40mm) 강재를 각 3 개씩 12개의 인장시험편을 채취하여 재료시험을 수행하였으며 재료시험결과를 표 3 및 그림 6에 나타내었다. 표 3에서 공칭20mm의 SM490강재시험편에서 실측된 두께는 18.6mm에서 20.3mm으로 편차가 심하였으며, 항복강도와 인장강도는 271MPa-366MPa과 417MPa-534MPa으로 큰 강도편차를 나타내었다. 또한 공칭40mm의 SM490강재시험편의 두께는 39.8mm에서 40.4mm으로 나타났으며, 항복강도와 인장강도는 325MPa-367MPa과 498MPa-545MPa으로 20mm 강재보다 편차는 적었으나 다소 큰 강도편차를 나타내었다.

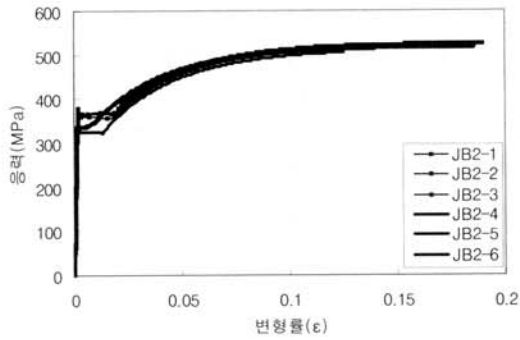
공칭20mm의 SN490 강재에서 실측된 두께는 20.4-20.5 mm으로 동일한 강재두께를 나타냈으며 항복강도와 인장강도는 357MPa-371MPa과 518-523MPa으로 낮은 강도편차를 나타내었다. 또한 공칭40mm의 SM490강재시험편에서 실측된 두께는 40.5mm로 모두 동일하게 나타났으며 항복강도와 인장강도는 321MPa-337MPa과 509MPa-517MPa으로 낮은 강도편차를 나타내었다.

표 3. 재료시험 결과

강재	재료명	표점 거리 (mm)	두께 (mm)	폭 (mm)	단면적 (mm ²)	탄성 계수 (GPa)	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)	항복 비	연신율 (%)
SM 490	JB-1.1	200	19.6	39.7	778	197.6	271.2	417.3	0.65	32
	JB-1.2	200	20.3	39.9	810	192.8	366.0	534.4	0.68	28
	JB-1.3	200	18.6	39.8	740	214.8	284.3	436.5	0.65	32
	평균	200	19.5	39.8	776	201.7	307.2	462.7	0.66	31
SN 490	JB-2.1	200	20.4	40.1	819	205.2	363.3	523.2	0.69	27
	JB-2.2	200	20.4	40.2	820	208.0	370.8	522.8	0.71	27
	JB-2.3	200	20.5	40.5	829	204.7	357.0	518.3	0.69	29
	평균	200	20.4	40.2	823	206.0	363.7	521.4	0.7	28
SM 490	JB-1.4	200	39.8	40	1,593	224.6	367.4	544.7	0.67	32
	JB-1.5	200	40.4	40.2	1,622	197.3	325.2	498.2	0.65	33
	JB-1.6	200	39.9	40.3	1,608	186.6	354.2	539.2	0.66	30
	평균	200	40.1	40.2	1,607	202.8	348.9	527.4	0.66	31
SN 490	JB-2.4	200	40.5	40	1,622	193.8	334.5	513.6	0.65	29
	JB-2.5	200	40.5	39.9	1,617	210.1	336.6	516.6	0.65	30
	JB-2.6	200	40.5	40.4	1,635	179.5	321.4	509.3	0.63	31
	평균	200	40.5	40	1,625	194.5	330.8	513.2	0.64	30

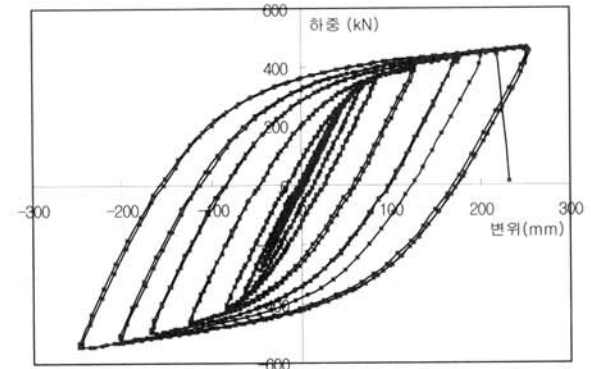


(a) JB-1

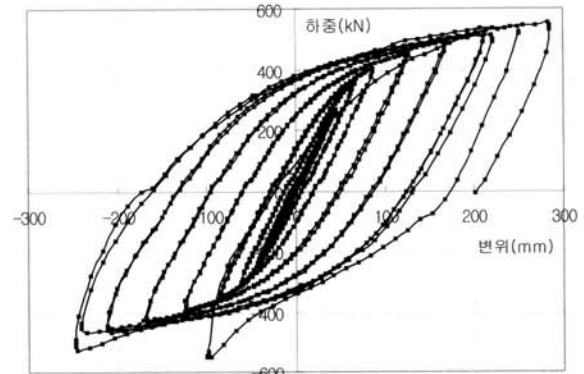


(b) JB-2

그림 6. 인장시편의 응력-변형률



(a) JB-1



(b) JB-2

그림 7. 가력점의 하중-변위 관계

3. 실험결과

보의 춤, 보플랜지 두께, 강종(SM490, SN490)을 변수로 WUF-B 내진상세의 형식으로 제작된 두 개의 기둥-보 접합부 실험체에 대한 실험을 수행하여 다음의 결과를 얻었다.

3.1 초기강성 및 내력

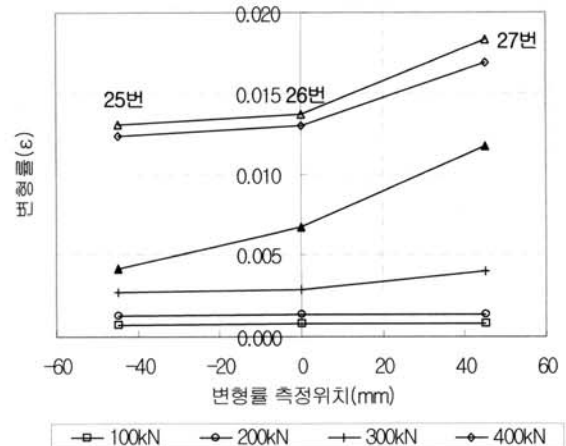
WUF-B 접합부 내진상세의 형식으로 강종(SM490, SN490)을 변수로 제작된 두 개의 기둥-보 접합부 실험체에 대하여 AISC Seismic provisions(2005)의 가력방법으로 수행한 실험결과를 표 4에 나타내고 가력점의 하중-변위 관계를 그림 7에 나타냈다. 표 4에서 두 실험체의 초기강성에는 큰 차이가 없었으나 항복내력과 최대내력은 각각 6-7%, 4% 정도의 차이를 나타내었다.

표 4. 실험결과

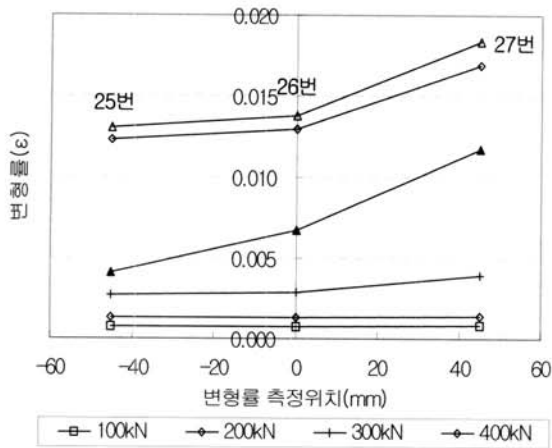
구분	초기강성 (kN/mm)	항복내력 (kN)	항복변위 (mm)	최대내력 (kN)	최대변위 (mm)	
JB-1	변위+	6.97	330	66	461	234
	변위-	6.98	390	81	520	242
JB-2	변위+	6.98	355	68	556	236
	변위-	6.99	414	75	550	261

3.2 변형률 측정결과

기둥-보 접합부의 파괴 메커니즘을 분석하기 위해 소성힌지의 발생위치로 예상되는 위치의 (그림 4(b)에서 보 플랜지 상부의 거동을 측정하기 위한 일축게이지 25,26,27) 보플랜지 변형률 측정결과를 100kN 간격으로 그림 8에 나타내었다. 가로축은 게이지의 측정위치(mm)이며, 세로축은 변형률 값이다.



(a) JB-1(25,26,27)

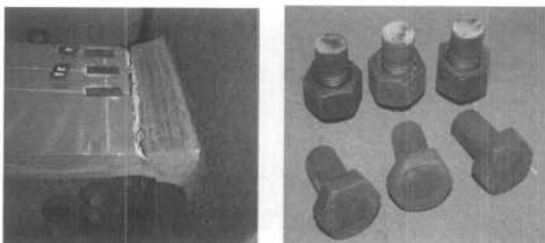


(b) JB-2(25,26,27)

그림 8. 상부 보 플랜지 변형을 측정결과

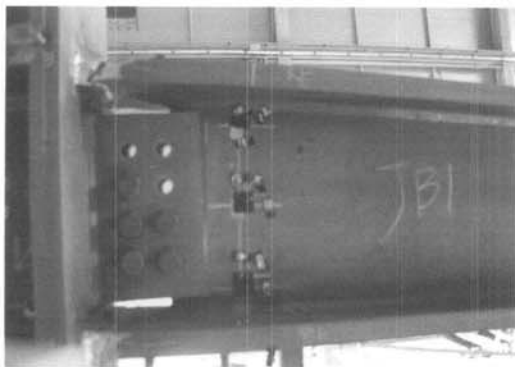
3.3 파괴거동

JB-1(SM490)은 Step 1 ~ Step 3까지 상하부 모두 동일한 하중과 변위를 나타내며 Step 5 (0.015rad)에서 접합부의 항복이 시작되었다. Step 9(0.05rad)에서 용접부 부근 상부 플랜지의 변형률이 크게 증가하기 시작하여 step 10(0.06rad)에서 큰소리와 함께 보 플랜지의 파괴가 발생하면서 웨브의 볼트가 전단파괴를 나타내었다. JB-1 실험체의 파괴형상을 그림 9에 나타내고 있으며, Step별에 따른 실험체의 거동을 표5에 나타내었다.



(a) 상부플랜지 인장파괴

(b) 파단된 볼트



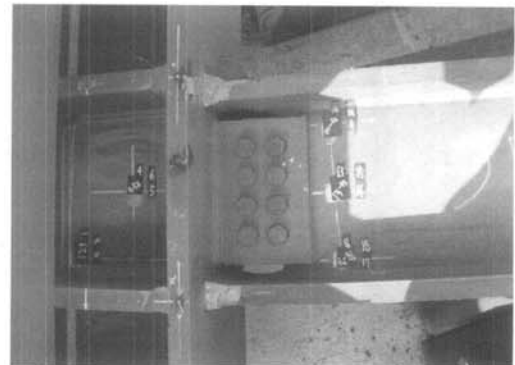
(c) 실험종료 후 접합부

그림 9. JB-1의 파괴형상

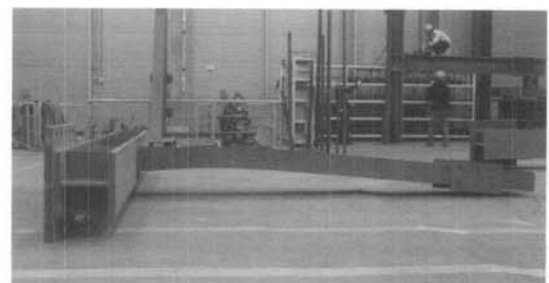
표 5. JB-1 실험체의 거동

Step	rad	가력방향변위(mm)	내력(kN)	거동변화
1	0.00375	14.25	100	없음
2	0.005	19	130	없음
3	0.0075	28.5	190	횡 좌굴 방지대에서 짜-익 하는 소리
4	0.01	38	250	항복조짐이 보임(그래프)
5	0.015	57	320	항복시작
6	0.02	76	420	용접부근에서 소리발생
7	0.03	114	480	횡좌굴 발생
8	0.04	152	500	횡 지지대 합성수지가 떨어짐
9	0.05	190	510	보 플랜지 파괴
10	0.06	228	-	볼트 절단

JB-2(SN490)는 JB-1 실험체와 동일하게 step 5 (0.015rad)에서 접합부의 항복이 시작되었으며 Step 10(0.06rad)에서 보가 항복하기 시작하였다. 이후 보 플랜지에 대한 하중의 불균등현상으로 횡좌굴이 발생하였으며 가력장치의 액츄에이터 스트로크제한으로 Step 11(0.07rad) 변위 266mm 까지 가력한 후 실험을 종료하였다. JB-2 실험체의 파괴형상을 그림 10에 나타내었으며, Step별에 따른 실험체의 거동을 표6에 나열하였다.



(a) 실험종료 후 접합부



(b) 보의 횡좌굴

그림 10. JB-2의 파괴형상

표 6. JB-2 실험체의 거동

Step	rad	가력방향변위(mm)	내력(ton)	거동변화
1	0.00375	14.25	100	없음
2	0.005	19	130	없음
3	0.0075	28.5	200	없음
4	0.01	38	270	없음
5	0.015	57	350	없음
6	0.02	76	400	없음
7	0.03	114	450	처음으로 소리발생
8	0.04	152	500	플랜지에서 소리발생
9	0.05	190	530	지지대에서 소리발생
10	0.06	228	520	형과굴 발생
11	0.07	266	530	플랜지 연성발휘
12	0.08	304	520	스트로크제한으로 실험종료

4. 분석 및 고찰

보의 춤, 보플랜지 두께, 강종(SM490, SN490)을 변수로 WUF-B 내진상세의 형식으로 제작된 두 개의 기둥-보 접합부 실험체에 대한 실험결과를 다음과 같이 분석하였다.

4.1 강종변화에 의한 구조성능 평가

항복하중을 결정하기 위해 그림 11와 같이 하중-변위 곡선의 초기 기울기와 그 각도를 1/3로 하여 얻은 접선과 만나는 점을 항복하중으로 하는 접선법을 사용하였으며 JB-1, JB-2 실험체의 실험결과에서 하중-변위 골격곡선을 추출하여 그림 12에 나타내었다. 각 실험체의 골격곡선은 실험체의 파괴 시 까지 거의 유사한 결과를 나타냈으며 초기강성과 최대내력도 거의 동일한 결과를 나타냈다.

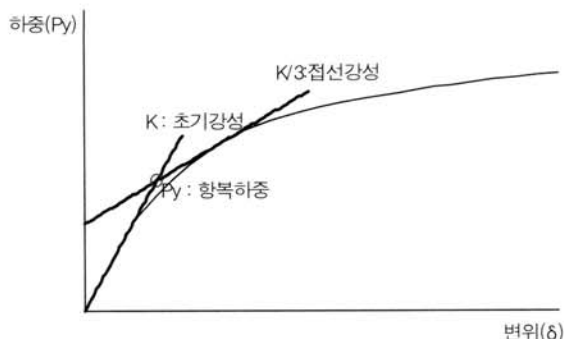


그림 11. 1/3 접선법에 의한 항복강도 산출

그러나 SN490 실험체인 JB-2는 0.06rad에서 가력장비의 스트로크 한계로 실험이 종료되었기 때문에 SM490 실험체

인 JB-1 보다 연성능력이 우수한 것으로 판단된다.

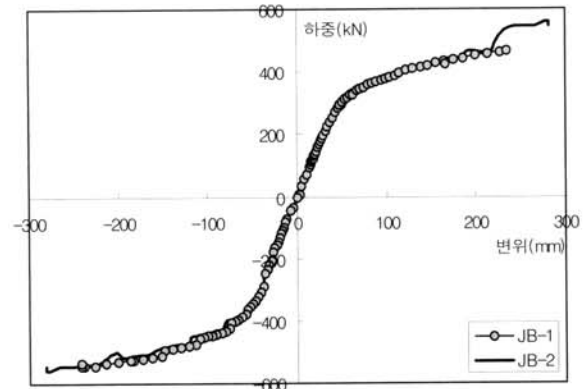
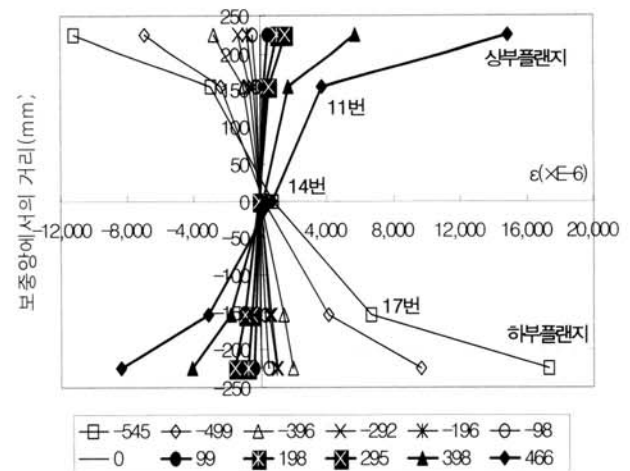


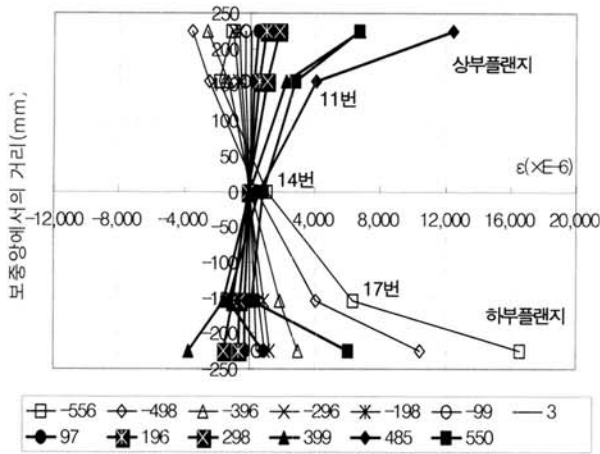
그림 12. JB-1, JB-2 스킴레톤 곡선

4.2 변형률 분포에 의한 거동분석

보에 소성힌지가 발생될 것으로 예상되는 기둥 플랜지로부터 보의 춤의 1/2 떨어진 보의 플랜지와 웨브에 변형률 게이지를 설치하였으며 앞에서 언급한 그림 4(a)에서 3층게이지 중 X축인 (11,14,17)게이지 점과 (b)에서 25번 위치의 게이지를 일렬로 평면으로 가정하였다. 따라서 플랜지 위치 점은 상하 동일하고 웨브 소성힌지점(3곳) 총 5부분의 가력하중 50kN 마다의 변형률 분포로 단순화시켜 변형률 분포의 변화를 그림 14에 나타내었다. 그림 13에서 보플랜지의 항복은 약 340kN에서 발생하는 것으로 나타났으며 보 웨브의 항복은 약 360kN에서 발생하는 것으로 나타나 모든 실험체에서 보의 항복내력은 공칭 강도 315kN 보다 약 7%높게 나타났다. 따라서 모든 실험체는 보에 소성힌지가 발생할 때까지 안정적인 구조거동을 나타내는 것으로 사료된다.



(a) JB -1



(b) JB -2

그림 13. 변형률 분포에 의한 거동 분석

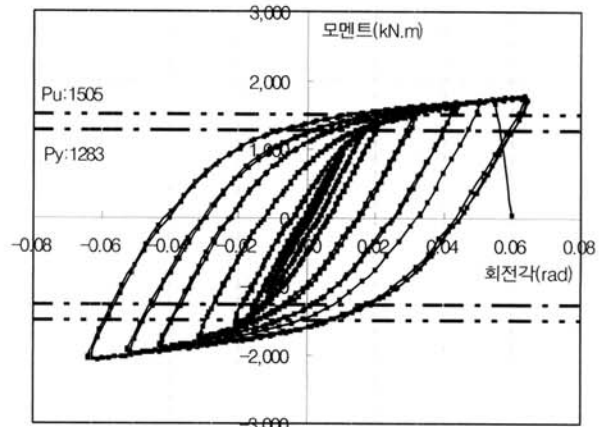
4.3 보플랜지 두께변화에 따른 연성능력 평가

FEMA-350는 WUF-B 접합부를 OMF 성능의 접합부로 사용하도록 하고 있으며 보플랜지 두께를 1in(25mm)이하의 경우에 사용하도록 하고 있다. 본 연구에서는 보플랜지 두께가 두꺼운 경우의 연성능력을 평가하기 위해 JB-1과 JB-2 실험체를 계획하였다. JB-1, 2 실험체는 WUF-B에 제시된 사항 중 플랜지 두께(기준 : 25mm 이하)와 하부 백업바 제거(본 연구의 실험체에서는 백업바 존치)를 제외한 용접홀, 기둥플랜지와 거더 또는 상부 보 플랜지의 용접, 전단탱, 기둥 Continuity Plate등 모두 FEMA-350에서 제시한 방법으로 제작되었다.

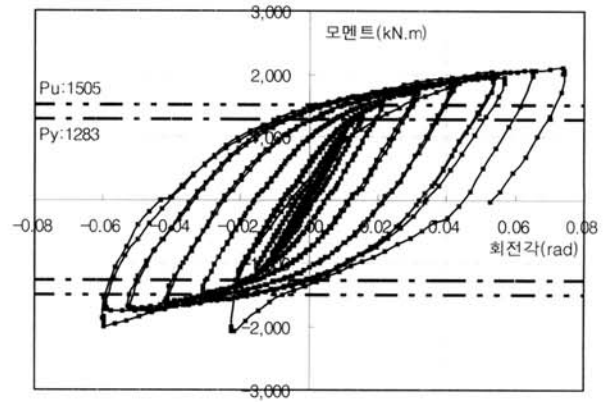
JB-1의 M-θ은 그림 14(a)에 나타냈으며, JB-1의 최대회전각은 0.06rad, 항복 모멘트는 1,254 kN·m, 소성 모멘트는 1,751 kN·m 로 나타나 공칭항복모멘트(1,283 kN·m) 및 공칭 소성모멘트(1,505 kN·m)보다 약 16% 높게 나타났다.

JB-2의 M-θ은 그래프는 14(b)에 다음과 같이 표현되었다. SN490의 모멘트 회전각 관계는 최대회전각은 0.07rad, 항복 모멘트는 1,349 kN·m, 소성 모멘트는 1,831kN·m로 나타나 공칭 항복모멘트(1,283 kN·m) 및 공칭 소성모멘트(1,505kN·m)보다 21% 높은 것으로 나타났다.

따라서 보 플랜지 두께가 FEMA-350의 제한값인 25mm 보다 두꺼운 40mm의 두께를 갖는 JB-1, JB-2 실험체의 내진성능은 AISC Seismic Provisions(2005)에서 제시하고 있는 SMF 내진성능을 만족할 수 있는 것으로 판단된다.



(a) JB -1 M-θ 관계



(b) JB -2 M-θ 관계

그림 14. 각 실험체의 M-θ 관계

4.4 보춤이 작은 WUF-B 기둥-보 접합부의 내진성능

FEMA-350는 WUF-B 접합부를 OMF 성능의 접합부로 사용하도록 하고 있으며 W36이하의 보의 춤을 갖는 접합부에 사용하도록 하고 있다. 본 연구에서는 보의 춤이 낮은 접합부의 내진성능을 평가하기 위해 JB-1과 JB-2 실험체를 계획하였다.

그림 15에 나타낸 바와 같이 JB-1, 2 실험체는 보의 춤이 450mm로 Ricles(2000)과 FEMA-355D에서 제안한 WUF-B 기둥-보 접합부의 보춤(W24(610mm)-W36(914mm))에 비해 낮은 보 춤을 갖는다. JB-1, JB-2는 0.06rad 이상의 내진성능을 나타냄으로써 보의 춤이 낮은 WUF-B 접합부는 SMF(최대내력의 80%이상에서 0.04 rad 이상)의 내진성능을 발휘할 수 있는 접합부로 판단된다.

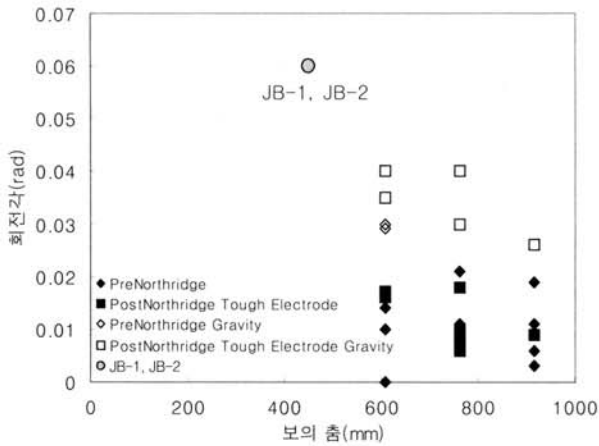


그림 15. WUF-B 접합부의 보춤-회전각 관계

5. 결론

본 연구는 SM490과 SN490 강재를 이용한 조립형강 기둥-보 WUF-B 접합부의 내진성능 검증하기 위해 강종(SM490, SN490)을 변수로 하여 실험체를 제작하여 구조실험을 수행하였으며 도출된 결론은 다음과 같다.

- (1) JB-1, JB2의 항복내력은 공칭 강도 315kN 보다 약 9%높게 나타났으며, 초기강성은 6.98kN/mm로 나타났다. 또한 두실험체의 회전각은 0.06rad으로 SMF이상의 우수한 연성능력을 나타내었다.
- (2) SM490실험체인 JB-1은 0.06rad에서 보 플랜지가 끊어지며 전단볼트가 파괴되었으며, SN490 실험체인 JB-2 는 0.06rad의 성능을 발휘하고 0.07rad로 가는중에 실험을 종료하였다. 따라서 SN490 강재를 이용한 JB-2실험체의 연성능력이 더 우수한 것으로 판단된다.
- (3) 보 플랜지 두께가 FEMA-350의 제한값인 25mm보다 두꺼운 40mm인 실험체 JB-1, JB-2의 내진성능은 AISC Seismic Provisions(2005)에서 제시하고 있는 SMF(최대내력의 80%에서 0.04rad의 회전각 성능 발휘)이상의 성능을 발휘하였다. 따라서 동일한 WUF-B 기둥-보 접합부에서 보플랜지 두께가 두꺼울 경우 OMF 접합부에 비해 우수한 연성능력을 갖는 것으로 판단된다.
- (4) 보의 춤이 450mm로 낮은 실험체 JB-1, JB-2는 0.06rad 이상의 내진성능을 나타내었으며 WUF-B 기둥-보 접합부에서 보의 춤이 낮을 경우 회전각 성능이 향상되는 것으로 나타났다. 따라서 동일한 WUF-B 기둥-보 접합부에서 보의 춤이 낮을 경우 OMF 접합

부에 비해 우수한 연성능력을 갖는 것으로 판단된다.

이상에서와 같이 플랜지 두께 제한치를 초과하는 경우와 보의 춤이 낮은 경우 동일한 접합상세를 갖는 기둥-보 접합부에서 우수한 내진성능을 발휘하는 것으로 나타나고 있으므로 향후 플레이트 두께와 보의 춤 변화에 따른 추가적인 해석 및 실험을 통하여 접합부 디테일 개발과 시공성 향상방안에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 현대건설과 포스코의 연구비지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다. 또한 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R0A-2007 -000-10047-0)

참고 문헌

- 강구조내진기준(2008 안) 한국강구조학회 2007. 06.
- 권기업, 한상완 WUF-B접합부의 내진성능 평가, 대한건축학회, 2003.
- 김선희, 이성희, 채홍석, 김용환, 최성모(2007), 고연성 엔드플레이트 항복형 철골기둥-보 접합부의 설계 개념과 철차, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp.13-16.
- 이성희, 이세정, 채홍석, 김진호, 최성모(2008), SN 강재를 이용한 엔드플레이트 항복형 보-기둥 접합부의 구조 거동, 강구조학회발표대회.
- 이세정, 이성희, 김진호, 채홍석, 최성모, (2007) 삼각판으로 보강된 엔드플레이트 기둥-보 접합부의 연성능력과 구조내력 개선 연구, 강구조학회학술발표대회.
- 한상완, 권기업(2003), WUF-B 접합부의 내진성능 평가, 대한건축학회논문집 구조계, v.19 n.11, pp.33-40.
- 한상완, 문기훈, 정지훈, 이기학(2007), Post-Northridge WUF-B 접합부 골조의 내진 성능 평가, v.19 n.6, pp. 751-760.
- 한상완, 정지은, 문기훈(2007), 지진 하중에 대한 WUF-B 접합부 골조의 성능평가, 대한건축학회논문집 구조계, v.23 no.9, pp.115-123.
- AISC(2005), Seismic provisions for structural steel buildings, American Institute of Steel Construction Ins.
- FEMA(2000), Recommended seismic design criteria for new steel moment-frame buildings; FEMA-350, SAC Joint Venture
- FEMA(2000), State of the Art Report on Connection Performance; FEMA-355D, SAC Joint Venture
(접수일자 : 2008. 9. 2 / 심사일 2008. 9. 19 / 게재확정일 2008. 12. 10)