

# 반복하중을 받는 철골보 접합부의 거동

## Behavior of Steel Beam Connections under Cyclic Loading

이 승 준\*      김 상 배\*\*  
Lee, Seung Joon    Kim, Sang Bae

### 국문요약

본 연구에서는 반복하중을 받는 H형강보 접합부의 거동을 실험적인 방법으로 조사하였다. 본 연구의 목적은 H형강보 접합부의 이력거동에 강재의 특성과 스캐럽의 형태가 주는 영향을 조사하는 것이다. 5개의 접합부 시험체를 제작하여 반복하중을 재하하면서 실험을 수행하였다. 보 접합부에서의 하중-회전변형 곡선을 얻었으며 접합부의 변형능력과 에너지소산능력을 상호 비교하였다. 강재가 SS400인 시험체는 충분한 변형능력과 에너지 소산능력을 보였으나 강재가 SM490인 시험체는 취성적인 파괴를 보였으며 변형능력이 작았다. 접합부 스캐럽의 형태는 접합부의 거동에 영향을 주지 않았다.

주요어 : 보-기둥 접합부, 이력거동, 모멘트-회전변형 특성, 변형능력, 에너지소산능력

### ABSTRACT

Behavior of H-beam connections under cyclic loadings is investigated experimentally in this study. The purpose of this study is to study the effect of steel properties and coping shape on the hysteretic behavior of H-beam connections. Five beam-to-column connection specimens were fabricated and tested under cyclic loadings. The load-rotation curves of the beam connections were mainly obtained. Deformation capacity and energy dissipation capacity of the connections are compared each other. The connections fabricated from SS400 showed good deformability and energy dissipation capacity, but those from SM490 showed brittle fracture at the connection. The coping shape at the connections showed a little difference in cyclic behavior.

**Key words :** beam-to-column connection, hysteretic behavior, moment-rotation characteristics, deformation capacity, energy dissipation capacity

## 1. 서 론

철골 모멘트저항 골조는 내진성능이 매우 좋은 것으로 알려져 왔으며 일반적으로 건축 구조물의 설계에 이용되고 있다. 지진에 대비한 철골 모멘트저항 골조는 "약보-강기둥"의 내진설계개념으로 설계된다. 철골보의 충분한 변형능력과 에너지 소산능력을 이용하게되며 보 단부에 소성흔적을 발생하게 하여 골조의 안정적 소성메카니즘을 형성하게 된다. 다만

보-기둥 접합부는 보단면의 소성모멘트에 도달할 수 있어야 하며 큰 비탄성변형에 대해서도 강도가 유지되고 균열등의 파괴가 발생하지 않아야 한다. 그런데 1994년 Northridge 지진과 1995년 Kobe 지진에서 철골구조물의 많은 보-기둥 용접 접합부에 균열 또는 파괴가 발생하였다. 이러한 균열의 형태중 한가지는 용접 작업을 용이하게 하게 위하여 만든 보 접합부의 스캐럽 끝부분에서 시작되는 균열이다. 웨브의 일부분을 제거하여 만든 스캐럽은 응력 집중 현상을 초래하고 때로는 작은 노치를 형성하게 되기 때문이다.

양대 지진이후 접합부의 내진성능을 향상시키고자 접합부 상세에 대한 연구가 일본과 미국

\* 정희원 · 아주대학교 교수, 공학박사

\*\* 아주대학교 대학원 건축학과 석사과정

본 논문에 대한 토의를 2000년 3월 31일까지 학회로 보내 주시면 그 결과를 게재하겠습니다.

을 중심으로 활발히 진행되고 있다.<sup>(1)-(5)</sup> 기둥 면에서 다소 떨어진 보단면에 소성힌지를 의도적으로 발생하게 하여 접합부의 소성화를 방지하여 균열의 발생을 사전에 차단하고자 하는 연구도 진행되고 있다.<sup>(1),(2)</sup> 또한 스캘럽의 형태와 관련하여 스캘럽의 형태를 보다 완만한 곡선으로 만들어서 응력집중을 완화하고자 하는 연구가 진행중이다.<sup>(5)</sup>

본 연구과제의 목적은 반복하중을 받을 때 H-형강보 접합부(connection)의 이력거동을 실험적으로 조사하는 것이다. 현재 철골조의 보 부재로 이용되고 있는 강재 SS400과 SM490의 특성과 스캘럽의 형태가 보 접합부의 이력거동에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 본 연구는 보의 거동에 관한 내용에 국한하였으며 기둥 및 패널존의 거동에 관한 내용은 포함하지 않는다. 실험을 위한 보-기둥 접합부 시험체를 제작하여 반복하중을 재하하면서 실험을 실시하고 실험결과를 분석하여 내진성능을 비교하고자 하였다.

## 2. 실 험

### 2.1 시험체의 설계 및 제작

철골 모멘트저항 골조의 대표적인 외부 접합부를 대상으로 실험을 계획하였다. 총 5개의 시험체를 설계, 제작하였다. 시험체는 H-형강 기둥에 캔틸레버보를 접합한 형태가 되도록 하였다. 기둥의 단면은 H-200×200×12×12로 하였으며 보의 단면은 H-300×150×6.5×9로 설계하였다. 기둥부재는 SM490을 이용하였고 보 부재는 SS400 또는 SM490의 강재를 사용하였으며 기둥면에서 하중점까지의 보의 길이는 1475mm가 되도록 결정하였다.

그림 1은 시험체의 형상을 보여주고 있으며 표 1은 시험체의 종류를 보여주고 있다. 그림 2는 접합부 스캘럽의 형태를 보여주고 있다. 표 1에서 기호 NC는 스캘럽이 없는 접합부 형태이고 AC는 기존에 이용되고 있는 1/4원형의 스캘럽 형태이며 BC는 스캘럽의 곡선을

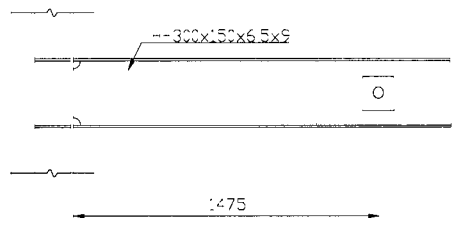
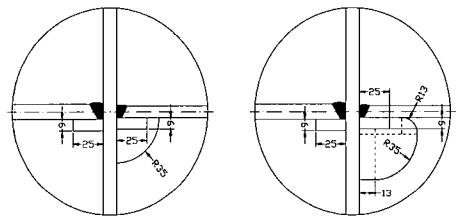


그림 1 시험체의 형상

표 1 시험체 일람표

시험체명	보 강재	스캘럽형상
NC-40	SS400	논스캘럽
AC-40	SS400	1/4원형
BC-40	SS400	타원형
AC-49	SM490	1/4원형
BC-49	SM490	타원형



(a) 1/4원형

(b) 타원형

그림 2 접합부 스캘럽의 종류

완만하게 만든 타원형 형태이다. 스캘럽의 형태에 변수를 둔 것은 스캘럽의 단부에서 집중응력이 발생하여 균열이 발생하게 되는데 이 점에 대한 개선을 통하여 구조물의 연성을 증가하고자 하는 목적이다. 시험체의 기둥부재는 두께 12mm의 판재를 절단하여 용접에 의해 제작하였으며 보의 압연 H형강을 사용하였다. 시험체는 공장에서 제작하였으며 용접의 결함이 없도록 세심한 주의를 하면서 용접하였다.

### 2.2 강재의 특성

시험체의 제작에 사용된 강재의 기계적 특성을 조사하기 위하여 인장시험편을 제작하여 인장시험을 실시하였다. SS400과 SM490의 강재를

이용한 보 부재의 플랜지와 웨브에서 각각 3개씩의 인장시험편을 제작하였다. 그림 3은 각 강재의 응력-변형도 곡선을 비교하여 보여주고 있다. 표 2는 각 인장시험편에 대해 실시된 실험결과와 평균값을 보여주고 있다.

표 2로부터 강재 SS400의 항복강도는 기준 항복강도  $2.4\text{ton/cm}^2$ 보다 28~43% 초과하는 것으로 나타났으며 웨브의 항복강도가 플랜지의 항복강도보다 12.4% 크게 나타났음을 알 수 있다. 강재 SM490의 항복강도도 기준항복강도  $3.3\text{ton/cm}^2$ 를 크게 초과하는 것을 볼 수 있다. 모든 강재의 항복비는 예상치와 비슷한 결과를 보이고 있다. 연신률은 비교적 큰 값을 보이고 있다.

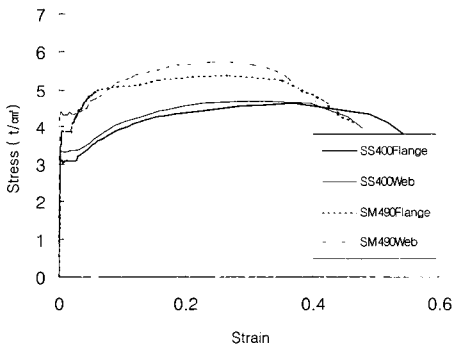


그림 3 강재의 응력-변형도 곡선

표 2 인장실험결과

강재		항복강도 ( $\text{ton/cm}^2$ )	인장강도 ( $\text{ton/cm}^2$ )	항복비	연신률 (%)
SS400	플랜지	3.06	4.56	0.66	37.1
	웨브	3.44	4.72	0.72	36.0
SM490	플랜지	3.79	5.42	0.69	34.8
	웨브	4.24	5.63	0.75	32.8

### 2.3 실험 및 측정방법

하중은 캔틸레버보 단부에 연결된 유압잭을 이용하여 재하하였다. 시험체에 대한 재하는 탄성영역에서는 하중제어방법을 적용하였으며 비탄성영역에서는 변위제어방법을 적용하였다.

탄성영역에서는 강재의 인장실험으로부터 구한 항복강도를 이용하여 보 단부의 소성모멘트를 예측하고 그 값에 상응하는 보 단부의 소성하중  $P_b$ 를 3 단계로 나눈 후  $1/3 P_b$ ,  $2/3 P_b$ 의 하중의 단계까지 하중제어에 의한 방법으로 각 단계별 3사이클(cycle)씩 재하하였다. 그 후 소성하중  $P_b$ 에 해당하는 탄성변위  $\Delta_p$ 를 구한 후 변위제어에 의해  $\Delta_p$ ,  $2\Delta_p$ ,  $3\Delta_p$ ,  $4\Delta_p$ ...의 방법으로 증가하면서 각 단계의 변위에서 3사이클씩 재하하였다. 최대하중에 도달한 후 하중의 감소가 발생하여  $P_b$ 이하로 감소하는 경우 실험을 종료하도록 하였으며 그 이전에 특별한 파괴가 발생하면 실험을 종료하도록 하였다.

보 접합부의 하중-회전변형관계로 표현하기 위해 보단부의 하중과 변위를 측정하고자 하였다. 보 단부의 총변위는 기둥, 패널존 및 보의 변형에 의한 변위로 구성된다. 따라서 총변위중에서 기둥과 패널존의 변형에 의한 부분을 측정하고 기둥에 접한 보 플랜지의 변위를 측정하여 보의 변위만을 얻고자 하였다. 하중의 크기는 유압잭에 연결된 20톤 용량의 load cell에 의해 측정하였고 보단부의 변위는 500mm 용량의 변위측정기를 설치하여 측정하였다. 패널존의 변형을 측정하고자 변위측정기를 설치하였다. 보의 접합부 근처에서 변형도를 측정하기 위하여 3곳의 플랜지와 웨브에 스트레인게이지를 부착하였고 스트레인게이지를 이용하여 측정된 변형도는 실험의 정확성을 확인하는데 이용하였다. 시험체에는 석회칠(whitewash)을 하였다. 강재가 탄성범위를 넘으면 석회칠이 탈락하여 시각적으로 비탄성변형의 정도를 볼 수 있다.

### 3. 실험결과

본 장에서는 5개의 보 접합부 시험체에 대한 실험으로부터 얻어진 결과와 실험동안에 관찰된 시험체의 거동과 파괴상태에 대하여

기술한다. 본 실험으로부터 얻은 가장 중요한 결과는 보의 하중-회전변형 곡선이다. 보 단부의 순변위를 캔틸레버 보의 길이로 나누어 회전변형의 값으로 표현하였다. 이 그림으로부터 보의 연성과 에너지 소산능력을 상대적으로 평가할 수 있다. 표 3은 각 시험체의 최대하중과 최대회전변형을 나타내고 있다. 여기서 최대회전변형은 각 시험체가 최대하중에 도달하였을 때의 회전변형이다. 시험체의 최대하중은 강재가 SS400인 보의 경우 소성하중  $P_b$ 의 약 1.3로 나타났으며 강재가 SM490인 경우는  $P_b$ 의 약 1.1배 값을 보이고 있다. 최대회전변형은 NC-40이 상대적으로 가장 크고 AC-49와 BC-49는 다소 적은 값을 보이고 있다.

그림 4~11은 5개의 시험체에 대한 하중-회전변형 이력곡선과 파괴형태를 보여주고 있다. 스키텍의 형태 또는 유무와 강재의 종류가 접합부의 이력거동에 미치는 영향을 관찰할 수 있다.

표 3 각 시험체의 최대하중과 최대회전변형

시험체명	최대하중(ton)	최대회전변형(radian)
NC-40	14.12	0.02429
AC-40	14.11	0.02176
BC-40	14.14	0.02286
AC-49	15.27	0.01911
BC-49	15.13	0.02025

### 3.1 시험체 NC-40

이 시험체는 스키텍없이 보를 기둥에 용접 접합한 경우이다. 보 접합부의 스키텍이 지진시에 균열의 원인이 되므로 스키텍이 없는 경우 접합부의 거동이 향상되는지 여부를 확인하고자 하였다. 그림 4는 시험체 NC-40의 하중-회전변형 이력곡선을 보여주고 있다.

접합부에서 보의 소성모멘트  $M_p$ 에 해당하는 소성하중  $P_p$ 는 11.24ton으로 예측되었으며 실험중에 도달한 최대하중은 14.37ton이었다.

이 시험체는 반복하중을 받으면서 매우 안정된 거동을 보였다. 하중이 8.0ton을 넘으면서 곡선은 비선형적인 거동을 보였으며 약간의 에너지를 소산하게 되었다. 시험체는 3Δ<sub>p</sub> 단계의 2번째 사이클까지는 이력곡선이 일치하는 안전성을 보였으나 3번째 사이클에서 압축 플랜지의 국부좌굴이 발생하기 시작하였으며 다소 하중이 감소함을 보였다. 이 후 시험체에 대한 변위는 계속 증가하였으나 하중이 감소하므로 각 단계에서 1사이클씩 변위를 계속 증가하면서 실험은 계속되었다. 변위가 증가하면서 보 플랜지의 국부좌굴은 증가하고 하중은 지속적으로 감소함을 보였다. 이 시험체의 경우 압축을 받는 보 플랜지에 국부좌굴이 발생하였으나 균열은 보이지 않았다. 그림 5에서 보 플랜지의 국부좌굴을 볼 수 있으며 보의 웨브에도 국부좌굴이 발생하였음을 볼 수 있다.

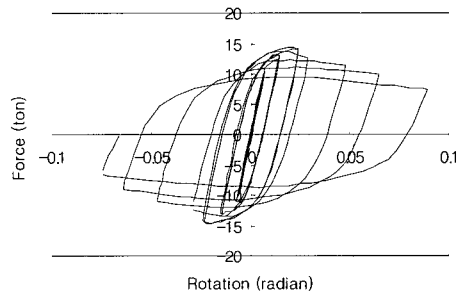


그림 4 시험체 NC-40의 하중-회전변형 이력곡선



그림 5 시험체 NC-40의 플랜지의 국부좌굴

### 3.2 시험체 AC-40

이 시험체는 보를 기둥에 용접접합하기 위

하여 스캐럽의 형태를 1/4원형(그림 2(a))으로 한 경우로서 일반적으로 시행되는 형태이다. 그림 6은 시험체의 하중-회전변형 이력곡선을 보여주고 있다.

이 시험체의 이력거동은  $3\Delta_p$  단계의 3번째 싸이클까지 시험체 NC-40의 거동과 매우 유사하였다. 이 시험체도  $3\Delta_p$  단계의 3번째 싸이클에서 보의 압축플랜지에 국부좌굴이 발생하기 시작하였다. 그러나 이 시험체는 국부좌굴이 발생한 후 강도가 시험체 NC-40보다 크게 감소함을 보였으며 반대방향으로 재하하면서 국부좌굴을 일으킨 플랜지는 인장응력에 의해 스캐럽의 끝부분에서 보 플랜지에 균열이 발생하였고 그 후 강도는 더욱 크게 감소하였다. 그림 7은 보 플랜지에 생긴 균열이 비교적 크게 벌어진 것을 보여주고 있다.

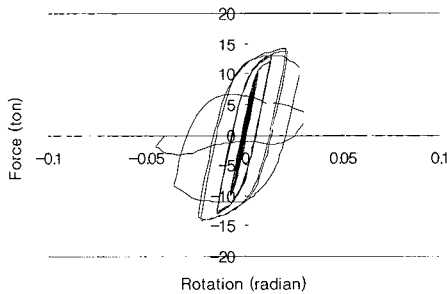


그림 6 시험체 AC-40의 하중-회전변형 이력곡선

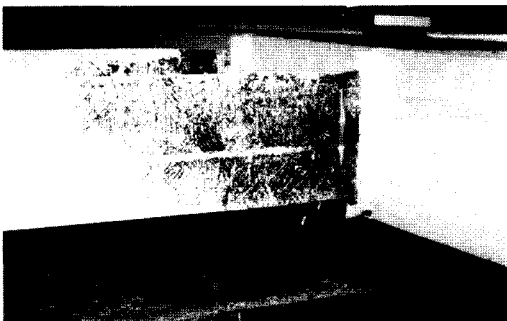


그림 7 시험체 AC-40의 플랜지의 파괴 형태

### 3.3 시험체 BC-40

이 시험체는 시험체 AC-40과 동일하다. 다만, 보를 기둥에 용접하기 위하여 스캐럽의 형태를

타원형(그림 2(b))으로 한 경우이다. 그림 8은 시험체 BC-40의 하중-회전변형 이력곡선을 보여주고 있다.

이 시험체의 거동은 시험체 AC-40과 비교하여 타원형의 스캐럽이 접합부의 거동에 미치는 변화를 분석할 필요가 있다. 그런데 이 시험체의 거동은 스캐럽의 형태가 다름에도 불구하고 시험체 AC-40의 거동과 거의 동일하였다. 그림 8은 그림 6과 거의 동일함을 볼 수 있다. AC-40과의 차이점으로는 국부좌굴이 발생한 플랜지가 인장응력에 의해 균열을 일으키게 되는데 균열의 확대속도가 다소 늦게됨을 알 수 있었다. 타원형의 스캐럽이 응력의 집중을 막아서 보 플랜지의 균열을 방지할 수 있을 것이라는 예측과는 전혀 다른 실험결과를 얻었다. 보 플랜지의 국부좌굴 발생과정과 균열의 발생형태도 시험체 AC-40과 동일하게 나타났다. 타원형의 스캐럽에 의한 개선점은 확인할 수 없었다. 추후 보완연구를 할 필요가 있다고 판단된다.

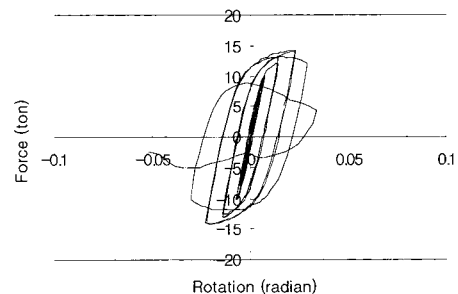


그림 8 시험체 BC-40의 하중-회전변형 이력곡선

### 3.4 시험체 AC-49

이 시험체는 강재가 SM490인 보의 경우이며 스캐럽의 형태는 1/4원형이다. 보 단부의 소성 모멘트  $M_p$ 에 해당하는 소성하중  $P_p$ 는 13.93ton으로 예측되었으며 실험중에 도달한 최대하중은 15.8ton이었다. 그림 9는 시험체 AC-49의 하중-회전변형 이력곡선을 보여주고 있다.

이 시험체도 반복하중을 받으면서 매우 안정된 이력거동을 보였으며 하중이 10.0ton을 넘으

면서 곡선은 비선형적인 거동을 보이기 시작하였다. 시험체는 2 $\Delta_b$  단계의 3번째 사이클까지는 매우 안정된 거동을 보였으며 다만 스캘럽의 끝부분에서 보 플랜지에 매우 미세한 균열의 시작을 확인할 수 있었다. 그러나 3 $\Delta_b$  단계로 변위를 증가하면서 시험체는 매우 갑작스런 파괴에 도달하였다. 인장응력을 받은 플랜지가 갑자기 파열하였다.(fracture) 파열은 매우 취성적으로 발생하였으며 매우 큰 파열음을 들을 수 있었다. 이때의 하중은 15.8ton이었다. 그림 10은 파열된 인장플랜지를 보여주고 있다.

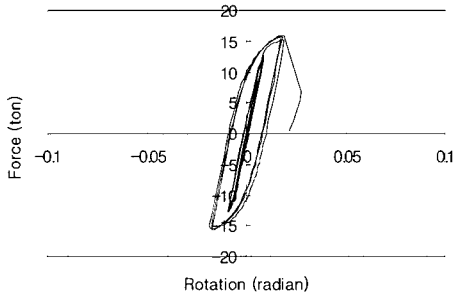


그림 9 시험체 AC-49의 하중-회전변형 이력곡선

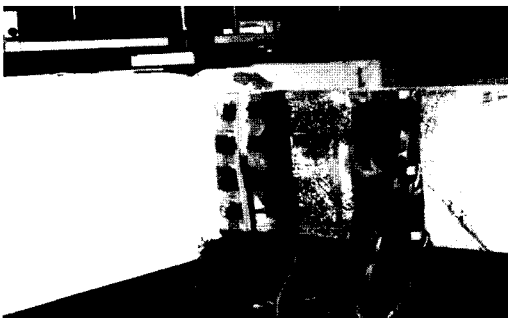


그림 10 시험체 AC-49의 플랜지의 파괴 형태

### 3.5 시험체 BC-49

이 시험체의 보 강재는 SM490이고 스캘럽의 형태를 타원형으로 한 경우이다. 그림 11은 시험체 BC-49의 하중-회전변형 이력곡선을 보여주고 있다.

이 시험체의 거동은 시험체 AC-49의 거동과 비교할 필요가 있다. 이 시험체의 거동은 시험체

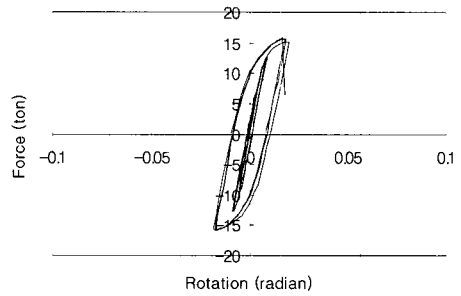


그림 11 시험체 BC-49의 하중-회전변형 이력곡선

AC-49의 거동과 매우 유사하였다. 타원형 스캘럽에 의해 스캘럽부분에서 응력의 집중을 방지하여 비탄성 변형능력을 증가시키고자 하는 예측은 시험체 BC-40의 경우와 마찬가지로 그 효과를 얻을 수 없었다. 보 플랜지의 파열된 형태는 시험체 AC-49의 그림 10과 거의 동일하였다.

## 4. 실험결과와 분석

접합부의 하중(또는 모멘트)-회전변형 이력곡선은 지진하중에 저항하는 “약보-강기둥”으로 설계된 모멘트 저항 골조의 내진성능을 나타내는 의미를 갖는다. 이력곡선의 특성은 접합부가 최대강도에 도달하는지 여부와 골조의 비탄성 변형능력 및 에너지 소산능력을 평가하는 자료가 된다.

### 4.1 시험체의 비탄성 변형능력

휨재인 경우 비탄성 변형능력을 나타내는 연성비는 일반적으로 회전변형에 대해 정의한다. 비탄성 변형능력을 나타내는 연성비를 표현하는 방법으로서 반복하중에 의한 누적소성연성비를 구하는 방법을 택하였다. 이 방법은 지진하중을 받을 때 보가 파괴에 도달할 때까지의 소성변형능력을 의미한다. 지진하중이 일정한 반복하중이 아닌 다양한 반복하중이기 때문에 소성변형능력의 누적으로 비교하는 방법이다. 그런데 이 비교는 절대적 정량적인 의미보다는 상대적인 성능을 비교하는데 이용된다.

그림 12는 각 시험체의 하중-회전변형 이력곡선으로부터 산출한 누적소성연성비 곡선을 나타내고 있다. 표 4는 산정된 누적소성연성비를 보여주고 있다. 누적소성연성비는 각 싸이클의 이력곡선으로부터 양(+)의 하중을 받을 때의 회전변형 중에서 소성회전변형을 누적한 후 보의 소성모멘트에 해당하는 탄성회전변형으로 나누어 산정하였다.

그림 12로부터 강재의 종류(SS400과 SM490)와 스캘럽의 형태(NC, AC 및 BC)에 따른 보의 변형능력을 상대적으로 잘 비교할 수 있다. 시험체 NC-40이 가장 우수한 성능을 갖고 있음을 볼 수 있고 강재가 SM490인 시험체가 가장 성능이 낮은 시험체임을 볼 수 있다. 그러나 스캘럽의 형태는 시험체의 성능에 크게 영향을 주지는 않는다. 보의 강재가 SS400인 시험체의 성능이 보의 강재가 SM490인 시험체보다 누적소성연성비가 2.5배정도 우수하게 나타났다.

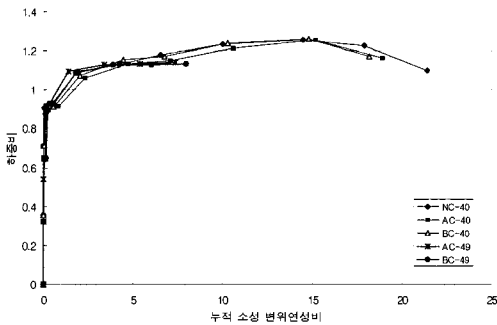


그림 12 시험체의 누적 소성 연성비

표 4 누적 소성 연성비와 에너지 소산비

시험체명	누적소성 연성비	누적에너지 소산비
NC-40	21.39	56.9
AC-40	18.89	45.7
BC-40	18.16	46.5
AC-49	7.37	19.7
BC-49	7.96	18.3

#### 4.2 에너지 소산능력

지진이 발생하였을 때 구조물이 지진에 의한 에너지를 소산할 수 있는 능력은 구조물의

안정된 거동을 확보할 수 있음을 나타낸다.

그림 13은 각 시험체의 하중-회전변형 이력곡선으로부터 산출한 누적 에너지 소산능력을 그림으로 비교하여 보여주고 있으며, 표 4는 누적 에너지 소산비를 나타낸다. 누적 에너지 소산비는 각 싸이클의 이력곡선으로부터 양(+)의 하중을 받을 때의 에너지 소산을 누적한 후  $1/2\Delta_p P_p$ 로 나누어 산정하였다.

그림 13과 표 4로부터 각시험체의 성능을 상대적으로 잘 비교할 수 있다. 시험체 NC-40이 가장 우수한 성능을 갖고 있음을 볼 수 있으며 강재가 SM490인 시험체가 가장 성능이 작음을 볼 수 있다. 그러나 스캘럽의 형태는 시험체의 성능에 크게 영향을 주지는 않는다. 보의 강재가 SS400인 시험체의 누적 에너지 소산비가 보의 강재가 SM490인 시험체보다 2.3배정도 우수하게 나타났다. 이 결과는 그림 12의 누적소성 연성비와 동일한 경향을 보여서 2가지의 내진성능을 나타내는 비교방법이 신뢰성이 있음을 의미한다.

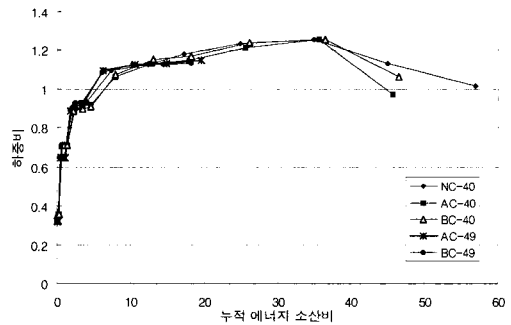


그림 13 시험체의 누적 에너지 소산비

#### 4.3 파괴모드

파괴모드는 시험체에 따라 3가지로 분류할 수 있다. 스캘럽이 없는 시험체 NC-40(그림 5)은 압축응력은 받을 때 플랜지의 국부좌굴이 시작되었고 변위가 증가하면서 웨브의 국부좌굴이 동반되고 국부좌굴은 더욱 심하게 발전하여 점차 하중이 감소하는 현상이 지속되었으며 접합부에 균열은 발생하지 않았다.

스캘럽이 1/4원형인 시험체 AC-40와 타원형인 시험체 BC-40의 파괴모드(그림 7)는 강재의 종류에 따라 매우 유사하게 나타났다. 압축 응력을 받는 플랜지가 국부좌굴을 일으킨 후 인장응력을 받을 때 스캘럽 끝나는 부분에서 플랜지에 인장균열이 발생하였고 변위를 증가하면서 균열은 점차 확대되어 하중은 크게 감소하였으며 결국 인장파괴되는 현상을 보였다.

보의 강재가 SM490인 시험체는 스캘럽의 형태와 상관없이 동일한 파괴모드(그림 10)를 보였다.  $2\Delta_b$ 의 단계에서 3번째 싸이클의 반복하중에도 하중의 저하를 보이지는 않았지만 스캘럽의 끝부분에서 보 플랜지는 매우 미세한 균열이 발생하였고  $3\Delta_b$ 의 단계로 변위를 증가할 때 갑자기 보의 플랜지가 취성적으로 파열하였다. 강재의 기계적 특성을 나타내는 인장실험결과는 정상적으로 나타났으며 추후 연구된 노치인성실험에서도 특이한 현상을 찾을 수 없었다.

## 5. 연구결과의 요약 및 결론

강재의 종류와 스캘럽의 형태가 보 접합부의 거동에 주는 영향을 조사하기 위하여 5개의 시험체를 제작하여 실험연구를 실시하였다. 실험적으로 수행된 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 접합부의 비탄성 이력거동을 나타내는 누적 소성연성비와 누적 에너지소산능력을 비교한 결과 상호 유사한 결과를 얻었으며 스캘럽없이 보를 기둥에 용접접합한 경우가 스캘럽을 만든 경우보다 내진성능이 크게 나타났다. 따라서 철골 모멘트저항 구조물의 내진성능을 향상시키기 위해서 스캘럽이 없이 용접하면서 용접에 하자가 발생하지 않는 용접방법에 대한 연구가 필요하다.
- 2) 접합부의 비탄성 이력거동은 1/4원형과 타원형의 스캘럽 형태에 따른 변화는 보이지 않았다. 보다 개선된 형태의 스캘럽에 대한

연구가 필요하며 실제크기의 시험체에 대한 실험연구도 필요하다.

- 3) 강재의 종류와 관련하여 보의 강재가 SS400인 경우가 SM490인 경우보다 내진성능이 크게 증가함을 보였다. 강재가 SM490인 시험체의 경우 매우 미세한 균열(노치)을 보이면 곧 취성적으로 파괴되는 현상을 보여 비탄성변형능력이 작게되었다. 2가지 강재의 기계적인 성질을 조사하기 위한 인장실험의 결과를 보면 항복비와 연신률이 비슷함을 보였기 때문에 강재의 조직등에 대한 원인분석이 필요하다고 판단되며 국내외의 생산되는 전기로 형강에 대하여 성능을 조사할 필요가 있다.

## 참고 문헌

1. Iwankiw, N., "Ultimate strength considerations for seismic design of the reduced beam section (internal plastic hinge)," *Engineering Journal*, AISC, Vol. 33, No. 1, 1997, pp. 3-10.
2. Chen, S. J., Yeh, C. H., and Chu, J. M., "Ductile steel beam-to-column connections for seismic resistance," *J. of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 122, No. 11, 1996, pp. 1292-1299.
3. Ksai, K. C., Wu, S., and Popov, E. P., "Experimental performance of seismic steel beam-to-column moment joints," *J. of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 121, No. 6, 1995, pp. 925-931.
4. SSDA, *SSDA Beam Slot Connection Design Manual*, Seismic Structural Design Associates, Inc., Laguna Niguel, California, March, 1998.
5. 일본건축학회, "Damage and lessons of steel structures in the Hyogoken-nanbu earthquake," 일본건축학회 보고서, 1996. 7.



6. Engelhardt, M. D. and Husain, A. S., "Cyclic-loading performance of welded flange-bolted web connections," *J. of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 119, No. 12, 1993, pp. 3537-3550.
7. Popov, E. P., Amin, N. R., and Louie, J. C., "Cyclic behavior of large beam-column assemblies," *Engineering Journal, AISC*, Vol. 22, No. 1, 1986, pp. 9-23.
8. Tsai, K. C. and Popov, E. P., "Steel beam-column joints in seismic moment resisting frames," Rep. No. UCB/EERC-88/19, EERC, University of California, Berkeley. 1988.
9. AISC, *Manual of Steel Construction, Load and Resistance Factor Design, 2nd Ed.*, AISC, Chicago, 1994.
10. Lukey, A. F. and Adams, P. F., "Rotational capacity of beams under moment gradient," *Journal of the Structural Division, ASCE*, Vol. 95, No. ST6, June, 1969.