강구조 H형강 기둥-보 접합부의 내진성능에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Seismic Performance of Steel H-Shaped Beam-to-Column Connections

서성연*

Seo, Seongyeon*

Abstract

In terms of the moment frame system of steel structures, early brittle fractures developed in the H-shaped beam-to-column connection during the Northridge and Kobe earthquakes, thereby indicating insufficient seismic performance of these components. In this study, experiments were conducted on two-side shear connections of web and rib plate reinforcements of the flanges on an H-shaped beam-to-column connection. According to the test results, the H-shaped beam-to-column connections with two-side shear connections of beam web and rib plate reinforcements of the flanges were superior to the existing connections in terms of initial stiffness, energy dissipation capacity, and plastic rotational capacity. The test values exceeded 4.2%, 0.027 rad, and 125% in terms of story drift ratio, total plastic rotation capacity, and full plastic moment of the beam, respectively. Accordingly, the proposed H-shaped beam-to-column connection showed better performance than that of the intermediate moment frame regarding seismic design.

Key words : Deformation Capacity, Plastic Rotation Capacity, Panel Zone Deformation, Connection Type

요 지

기존 강구조 모멘트골조시스템의 기둥-보 접합부는 노스리지 지진과 고베 지진시 충분한 내진성능을 발휘하지 못하고 접합부에서 조기 취성파괴가 발생하였다. 본 연구는 이러한 문제점을 고려하여 기존 접합부의 형상을 변화하여 H형강 보웨브의 고장력볼트 2면 전단접합과 보플랜지에 리브보강 유무를 변수로 한 실험을 실시하였다. 실험결과 기존 접합부보다 초기강성, 에너지흡수능력 및 소성회전능력이 각각 높게 나타났으며, 내력상승률 및 변형능력 또한 높게 나타나 비교적 우수한 내진성능을 나타냈다. 그리고 각 시험체가 중간변위비 4.2%, 총 소성회전능력 약 0.027 rad 이상 및 접합부 최대내력이 보의 전소성모멘트의 약 125% 이상을 상회하여 반응수정계수 R값 적용시 중간모멘트골조 이상의 내진설계가 가능하리라 사료된다.

핵심용어 : 변형능력, 소성회전능력, 패널존변형, 접합부분류

1. 연구배경 및 목적

최근 국내에 경제발전과 더불어 건축물의 고층화가 지속적으로 진행되어 이미 많은 고층 및 초고층 건축물이 건축되었다. 이와 같은 고층건물의 골조를 설계하는 경우, 구조물에 작용하는 외력으로서 연직하중과 수평하중의 두 종류로 크게 분류되며 이중 수평하중인 지진이나 바람과 같이 반복 작용하는 하중은 구조설계의 내용을 크게 좌우하는 중요한 설계하중이다. 종래 구조물의 설계시에는 수평하중으로 바

람에 의한 수평력이 주 대상이 되었으나 최근에는 우리나라에서 일정기간 동안에 발생 가능한 지진에 대해서도 구조물을 안전하게 설계하도록 하는 내진설계기준이 1988년 제정되었다. 내진설계의 일반개념은 구조물의 사용기간에 예상되는 지진중 규모가 작은 지진에 대해서는 전체 구조물에 전혀 피해가 없도록 하는 것이고(탄성거동), 중간 정도 규모의 지진에 대해서는 주요골조 및 인명에 피해가 없도록 하는 것이다. 그리고 구조물의 사용 기간 중 발생확률이 극히 적은 강진에 대해서는 주요골조 및 2차 부재의 피해를 어느 정도

*교신저자, 정회원, 한라대학교 건축학과 교수(Tel: +82-33-760-1275, Fax: +82-33-760-1271, E-mail: syseo@halla.ac.kr)
Corresponding Author, Member, Professor, Department of Architecture, Halla University

허용하더라도 구조물의 붕괴 및 인명의 피해는 없도록 하는 것이다. 이와 같은 지진에 대해 구조물의 내진성을 확보하기 위해서는 구조물에 반복 작용하는 지진하중에 대해 충분한 연성을 가지고 지진에너지를 흡수하여야 한다. 최근 한반도에 규모 5.8 이상의 강진이 발생함에 따라 우리나라도 결코 지진 안전지대가 아님이 확인됨에 따라 지진에 안전한 내진설계를 수행함은 필수불가결하다고 할 수 있겠다. 최근 이러한 상황을 고려하여 국내에서도 2층 이상 연면적 200 m^2 이상의 건축물은 내진설계를 의무화하고 있는 실정이다. 내진설계란 지진발생시 지반진동에 따른 관성력에 의한 수평하중에 대해서 안전하도록 설계한 것으로서, 설계강도가 소요강도 이상이 되도록 강도한계상태 검토와 더불어, 바람 및 지진 등 수평하중에 의한 변위 등 사용성한계상태를 검토하여 허용치 이내에 들도록 단면사이즈를 결정하는 것이다. 따라서 구조설계는 구조적 안정성과 더불어 사용성, 기능성, 경제성 그리고 공간성 등을 종합적으로 고려하여 설계하여야 최적설계라 할 수 있겠다. 일반적으로 내진설계는 탄성설계에 준하여 지진하중을 산정한 후 골조 및 재료의 잉여력 그리고 모멘트재분배를 고려한 시스템초과강도와 부재 및 접합부의 비탄성변형능력(소성회전능력)을 고려하여 구한 변위증폭계수를 고려한 반응수정계수 R 값을 적용하여 비탄성설계를 간접적으로 적용하고 있다. 따라서 반응수정계수 R 값을 보다 효율적이고 객관적으로 적용하기 위해서는 구조시스템이 적절한 연성능력 및 소성회전능력을 충분히 확보할 수 있어야 한다. 현행 Korean Building Code (AIK, 2016) 기준에서는 모멘트연성골조인 경우 보통, 중간, 특수모멘트골조로 분류하여 반응수정계수 R 값을 적용하여 비탄성설계를 간접적으로 사용하고 있다. 따라서 효율적이고 객관적인 반응수정계수 R 값을 적용하기 위해서는 그에 상응한 충분한 재료적 잉여력 및 연성능력 그리고 시스템초과강도가 확보되어야 하는데 접합부에서 연성능력 및 시스템초과강도는 기둥-보 접합부 디테일에 의해서 일반적으로 결정된다. 따라서 모멘트연성골조가 충분한 연성능력을 확보하기 위해서는 접합존에서의 조기 취성파괴가 아닌 보에서의 소성힌지를 유도발생 시킴으로서 충분한 에너지를 흡수할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 강구조 H형강 기둥-보 접합존에서의 충분한 에너지흡수에 따른 연성능력 및 소성회전능력 그리고 시스템초과강도를 확보할 수 있도록 실험대형 실험상 H형강 기둥-보 접합부 시험체를 제작후 실험하였으며, 실험결과를 중심으로 접합존에서의 변형능력, 소성회전능력, 판넬존에서의 전단변형 그리고 비탄성거동에 따른 이력거동 등을 분석하여 보다 효율적이고 경제성있는 내진설계를 위한 실험상 접합부 모델을 제시하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

전체 골조의 내진성은 접합부 및 주요 부재의 변형능력,

내력 및 강성의 평가로 정의되고 특히 연성은 구조물의 내진성을 확보하기 위해 중요한 기준이 된다. 그러나 골조해석 및 설계에서 단순히 기둥-보 접합부를 강점으로 가정하여 해석하는 것은 골조에서 접합부의 에너지 흡수능력 및 강성의 영향이 적절히 평가되지 못할 것으로 생각된다. 지진이 다발하는 미국과 일본의 경우 기둥-보 접합부에 대한 연구가 상당히 진전되어 골조설계시 구조물의 내진성을 확보하는데 기둥-보 접합부가 중요한 내진요소로 활용되고 있다. 기둥보다 약한 보를 갖는 강구조 기둥-보 접합부의 하중변위 응답에 관한 연구에서, 극심한 반복 수평하중이 골조에 작용할 경우, 기둥, 보, 판넬로 구성되는 접합부가 소성변형을 일으키므로 접합부가 유한변형요소로 해석되어야 한다고 제안하였다 (Yang et al., 2015). 또한 기둥이나 보와 같은 주요 부재가 최대내력을 발휘하고 전체 골조의 수평강성의 조기저하를 방지하기 위해서 접합부는 접합되는 보 부재의 최대강도에 대해 설계되어야 한다는 것을 제시하였으며, 기둥에 접합되는 보의 전 소성모멘트 능력에 대해 접합부가 설계될지라도, 기둥-보 접합부의 전단변형으로 인해 모멘트연성골조의 층간변위가 탄성범위에서 1.3배까지 증가될 수 있다는 것을 제시하였다(ANSI/AISC 340-10, 2010; ANSI/AISC 358-16, 2016). 그리고 H형강 강축+자교차형 기둥-보 접합부 판넬존의 전단변형과 그것이 골조의 탄소성 복원력특성에 미치는 영향에 관한 연구에서, 골조전체의 소성변형율에 대하여 판넬존의 기여도가 약 30% 이상임을 제시하였고, H형강 강축+자교차형 접합부의 판넬존에 적극적인 보강을 하지 않고 규모가 작은 약진에 대해서는 접합부가 탄성거동을 하고, 강진에 대해서는 판넬존의 소성변형에 의한 에너지 흡수능력을 발휘할 수 있도록 함으로써 구조물의 내진 안전성 확보를 도모하는 설계방법을 제시하였다(AISC, 2011, 2012). 또한 기둥-보 접합부에 관한 연구에서 지진하중이 구조설계를 지배하는 경우, 강구조 모멘트연성골조의 기둥-보 접합부에 대한 설계개념을 제시하고, 지진하중에 저항하기 위해서는 전체골조의 소성변형율에 대해 접합부 판넬이 뛰어난 전단변형능력을 발휘해야 한다는 것을 강조하였다(Oh et al., 2011).

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 연구는 H형강 기둥-보 접합부의 보플랜지에 리브보강을 통하여 접합부 회전능력에 따른 내진성능을 높이고 접합부 소성힌지를 기둥외부로 유도하여 H형강 기둥-보 용접접합부의 취성파괴를 방지하고자 한다. 그리고 소성변형이 기둥-보 용접부 주위에 집중되는 기존의 접합상세로는 큰 소성회전능력이 신뢰성 있게 확보될 수 없으므로 H형강 기둥-보 접합부 보플랜지에 리브를 보강함으로써 기둥 외주변이나 접합부 보경간 내부쪽으로 소성힌지를 유도함으로써 많은량의 에너지를 흡수할 수 있도록 계획하였다.

Table 1. Test Plans of H Beam to Column Connections

10 × 15의 SM355을 사용했다. H형강 기둥-보 접합부의 보플랜지는 완전용입 맞댐용접하였으며 쉬어탭은 모살용접하였다. 모든 시험체는 공장제작하였으며, 보웨브는 기둥플랜지에 양면 모살용접한후 접합한 쉬어탭에 F10T-M16 고장력볼트를 체결하였다.

3.2 실험방법

Fig 3은 H형강 기둥-보 접합부 시험체의 셋팅 및 실험전경으로, 가력 프로그램은 SAC Joint Venture (1997, 2000) USA의 내진실험 표준반복하중을 사용하며 변위제어하였다. 경계조건으로 접합부 시험체 기둥 양단부는 핀지점으로 하였으며, 보 양단부에 오일잭과 압력게이지를 설치하여 가력하였다. 변형은 보 양단부 및 판넬존 주변에 변위계를 설치하여 판넬존 대각선 길이의 변화를 가지고 판넬 플레이트의 전단변형각을 구했으며, 기둥 및 보의 회전각을 구하기 위해 접합부 수평스티프너 위치와 기둥 플랜지 위치에 변위계를 설치하여 변위량을 측정하였다. 그리고 판넬존 및 접합부 주위 요소의 변형도 분포를 파악하기 위해 스트레인 게이지를 부착하였고, 판넬존의 주응력을 찾기위해 판넬존

중앙에 3방향 스트레인 게이지를 부착하였다. 하중가력은 중간변위가 0.4%, 0.5%, 0.8%일 때 각각 6사이클, 1%일 때 4사이클, 1.5%, 2%, 3%, 4%는 2사이클 씩 각각 가력하였으며, 시험체가 파괴되지 않을 경우 변위계의 용량한도까지 최대한 하중을 가하여 시험체의 파괴를 관찰하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 최대내력

Table 2는 플랜지 및 웨브에서 채취한 재료의 인장시험결과이며, Table 3은 보웨브의 고장력볼트 전단접합과 보플랜지의 리브보강에 따른 H형강 기둥-보 접합부 각 시험체의 실험결과이다. 접합부 각 시험체의 항복강도 비교시, 리브보강한 S2RR시험체가 무보강한 S2RN시험체보다 약 12%정도 상승했으며, 최대하중 비교시 리브보강한 S2RR시험체가 무보강한 S2RN시험체보다 약 10% 정도 상승했다. 각 시험체의 내력상승률(Pu/Py)을 비교한 결과, 무보강 S2RN시험체는 평균 1.58, 리브보강한 S2RR시험체는 평균 1.55배 상승했다.

(a) Loading Protocol

(b) Loading Condition of the Specimen

(c) Test Setup View

Fig. 3. Experimental Panorama

Table 2. Test Results of Materials

Specimen	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	σ_y/σ_u	E_s (MPa)	ε (%)
Column (SM355)	385	527	0.73	203,868	18
Beam (SS275)	310	450	0.69	212,343	21

Table 3. Test Results of H Beam to Column Connections

Specimens	Yield Strength P_y (kN)	Yield Displacement δ_y (mm)	Maximum Strength P_u (kN)	Maximum Displacement δ_u (mm)
S2RN	136	30	215	190
S2RR	152	34	235	192

4.2 변형능력

Fig. 4는 H형강 기둥-보 접합부 S2RN시험체의 탄소성 이력거동에 따른 하중-변위 및 하중-스트레인 관계곡선으로, 층간변위비 1.3%까지 탄성거동을 보인후 1.7%에서 커버 플레이트에서 항복징후가 나타났다. 가력이 계속되는 동안 층간변위비 2.3%에서 커버플레이트의 국부좌굴이 발생했으며 4.2%까지 연성거동을 보인 후 접합부에 미세균열은 발생했으나 파괴는 일어나지 않았다. Fig. 4(d)는 S2RN 기둥-보 접합부 시험체의 항복후변형모드이다.

Fig. 5는 S2RR시험체 기둥-보 접합부 탄소성 이력거동에 따른 하중-변위 및 하중-스트레인 관계곡선으로, 층간변위

비 1.2%까지 안정적인 탄성거동을 보인후 소성역에 진입하였다. 층간변위비 2.3%에서 리브의 항복징후가 발생하였고 3.2%에서 리브와 기둥플랜지 사이의 용접부 주위에서 균열이 발생하였다. 층간변위비 4.3%에서 리브와 기둥플랜지 사이의 용접부 주위가 늘어나면서 파단이 발생함과 동시에 실험을 종료하였다. Fig. 5(d)는 S2RR 기둥-보 접합부 시험체의 항복후 변형모드로서, 플랜지 보강 리브 플레이트 파단후 판넬존에서 심한 전단변형을 보였다. 판넬존은 최대내력의 약 40%까지는 탄성거동을 보였으며, 비탄성역을 지나 최대내력의 약 85%에서 소성역에 진입하였다.

(a) Force-Displacement

(b) Adhesive Position of Strain Gauge

(c) Load-Strain Curve

(d) Deformation Mode of Specimen

Fig. 4. S2RN Specimen

(a) Force-Displacement

(b) Adhesive Position of Strain Gauge

(c) Load-Strain Curve

(d) Deformation Mode of Specimen

Fig. 5. S2RR Specimen

4.3 초기강성 및 에너지소산능력

탄성범위내에서 지진하중에 따른 구조물의 층간변위를 최소화하기 위해서는 접합부의 초기강성이 중요하다. Table 4는 접합부 실험결과로서, H형강 기둥-보 접합부 각 시험체의 단조화된 하중-변위 관계곡선에서 리브보강한 S2RR시험체가 무보강한 S2RN시험체보다 약 11% 정도 초기강성이 크게 나타났다.

설계하중 이상의 규모가 큰 지진발생시 구조물이 탄성범위를 넘어 비탄성역에서 조기에 붕괴되는 취성과파괴를 방지하기 위해서는 항복이후에 있어서의 에너지흡수능력이 대단히 중요하다. Table 4는 접합부 각 시험체의 에너지소산능력으로, 본 연구에서 에너지흡수능력은 각 시험체의 층간변위비 4%까지의 각 사이클별 누적에너지의 총합으로서, 각 시험체가 패널존에서 가장 많은 에너지소산능력을 보였으며 기둥에서 가장 작은 에너지소산능력을 보여주었다. 그리고 H형강 기둥-보 접합부 실험결과, 리브보강한 S2RR시험

체가 무보강한 S2RN시험체보다 약 13% 에너지소산능력이 크게 나타났다.

5. 접합부 이력거동

5.1 소성회전능력

지진하중 및 풍하중과 같은 수평력에 저항하기 위해 건축 구조물은 충분한 탄성거동과 함께 적절한 비탄성거동을 보인후 지진하중이 작용하는 동안 취성과파괴없이 큰 에너지소산능력을 확보할 수 있도록 충분한 소성회전능력이 요구된다. Fig. 6은 모멘트-소성회전각 관계곡선으로, H형강 기둥-보 접합부 이력거동에 따른 각 시험체의 소성회전능력(θ_p)을 Eq. (1)에 준하여 구했다. 실험결과 S2RN 및 S2RR시험체는 0.027 rad 이상의 소성회전능력을 보여주었으며, 총 소성회전값 중 패널존이 차지하는 비율이 68~71%로 각각 나타났다. 또한 논스캘럽으로 인한 응력부담이 줄었으며

Table 4. Strength Ratio, Initial Stiffness, and Ductility Capacity of Specimens

Specimen	Y.D. δ_y (mm)	M.D. δ_u (mm)	Pu/Py	I.S. K_i	D.C. μ
S2RN	30	190	1.58	6.2	6.3
S2RR	34	192	1.55	6.9	5.7

Note) Y.D.: Yield Displacement, M.D.: Maximum Displacement, I.S.: Initial Stiffness, D.C.: Ductility Capacity (δ_u/δ_y)

플랜지 용접부주위의 취성파괴는 발생하지 않았고 안정적인 이력거동을 보여주었다.

$$\theta_p = \frac{\Delta - P/K_i}{L_{cb}} \quad (1)$$

여기서, θ_p : 소성회전능력

P : 실험체에 가해진 하중

K_i : 각 실험체의 초기강성

L_{cb} : 기둥 중심에서 가력점까지 보의 길이

5.2 패널존 전단변형

골조가 지진과 같은 횡력을 받게 되면 기둥-보 접합부 주위 및 판넬존에는 전단력 및 휨모멘트가 동시에 작용하게 되며 기둥-보 접합부 및 판넬존은 최종 항복하게 된다. 일반적으로 기둥-보 접합부 및 판넬존은 탄성범위내에서 초기강성이 좋아야 하며 항복이후에는 비탄성변형능력 및 소성변형능력이 확보되어 많은량의 에너지를 흡수할 수 있어야 지진에 대한 안정성을 확보할 수 있다. 본 연구에서 H형강 기둥-보 접합부 이력거동에 따른 각 시험체 패널존의 전단변형(γ)은 Eq. (2)와 같이 구했다.

$$\gamma = \frac{\sqrt{b^2 + h^2}}{2bh} (\Delta 1 + \Delta 2) \quad (2)$$

여기서, b : 패널존 측정점의 폭

h : 패널존 측정점의 높이

$\Delta 1, \Delta 2$: 패널존의 대각선 변위

Fig. 7은 H형강 기둥-보 접합부 패널존의 전단변형능력으로 미국강구조학회(American Institute Steel Construction, AISC) 골조별 접합부 소성회전능력[중간변위비에 따른 내진성능 요구값으로 보통모멘트연성골조 0.01 rad (2%), 중간모멘트연성골조 0.02 rad (3%), 특수모멘트연성골조 0.03 rad (4%)]과의 비교시 중간모멘트연성골조의 요구값 0.02 rad를 충분히 만족시키고 있다. 그리고 특수모멘트연성골조의 접합부로서 인정되기 위해서는 중간 변위비 4%, 총 소성회전능력 0.03 rad 이상 및 파괴시까지 원단면보 전소성모멘트의 80% 이상의 내력을 유지하여야 하는데, 본 실험의 경우 각각의 시험체가 중간 변위비 4.2% 및 총 소성회전능력 약 0.027 rad 이상 그리고 접합부 최대내력이 원단면보 전소성모멘트의 약 125% 이상을 상회하여 본 연구의 신형상 접합부 상세는 지진하중에 따른 반응수정계수 R값 적용시

(a) S2RN Specimen

(b) S2RR Specimen

Fig. 6. Plastic Rotation Capacity

(a) S2RN Specimen

(b) S2RR Specimen

Fig. 7. Shear Deformation Capacity of Panel Zone

중간모멘트연성골조 이상의 내진상세를 적용할 수 있을 것으로 사료된다. Fig. 8은 S2RN 및 S2RR H형강 기둥-보 접합부 시험체 각 부위의 파괴형상이다.

Fig. 8. Failure Shapes of Specimens

5.3 접합부 분류

구조해석 및 모델링시 접합부 조건은 해석결과 및 구조물의 변형모드에 많은 영향을 미친다. 일반적으로 강구조물 해석시 지점은 핀지점으로 그리고 기둥-보 접합부는 강절점으로 가정하여 해석하고 있으나, 실구조물은 핀절점에서 강절점에 이르기까지 다양한 절점구속조건을 형성하게 된다. 따라서 구조물 시공시에는 해석시 구속조건을 가정한 설계조건과 실구조물의 거동이 최대한 유사한 조건이 될 수 있도록 하여야 한다.

강구조 접합부는 구조체의 거동 및 응력전달과 같은 구조적인 문제와, 제작 및 설치 등의 시공적인 문제에 큰 영향을

미치는 중요한 요소이다. 따라서 구조설계시에는 이러한 응력 전달방법 및 건축물의 형태나 규모 그리고 시공성 및 경제성 등을 종합적으로 고려하여 설계하여야 한다. 강구조의 접합부는 접합방법이나 접합요소들의 형상 및 치수등에 따라 접합부의 모멘트-회전관계가 변화되는데, 구조설계시에는 접합부의 거동을 고려하여 설계목적에 적당한 접합형식의 선택이 중요하다. 일반적으로 강구조 접합부의 접합형식은 접합부의 회전에 대한 구속정도에 따라 단순접합(Simple), 반강접합(Semirigid) 그리고 강접합(Rigid)으로 분류된다. 단순접합은 접합부 회전이 자유롭고 유연(Flexible)하여 모멘트 저항없이 전단력만을 저항하는 접합방법으로 전단접합(Shear Connection)이라고도 한다. 강접합은 접합부에 회전이 발생하지 않거나, 완전한 모멘트 저항을 갖는 접합으로 모멘트접합(Moment Connection)이라고도 한다. 그리고 반강접합은 접합부 모멘트 저항이 강접합과 단순접합의 중간형태인 접합을 의미한다. 실제 구조물에서는 완전강성 또는 완전유연인 접합은 없기 때문에 접합부 형식은 완전강성 또는 완전모멘트 저항이 발휘할 수 있는 모멘트에 대한 비율에 따라 분류하는 것이 일반적인 관례인데, 완전모멘트 저항이 발휘될 수 있는 고정도에 따라 EURO CODE (유럽기준)에서는 단순접합은 0~20%, 반강접합은 20~90% 그리고 강접합은 90~100%의 모멘트에 대한 저항을 갖는 것으로 분류한다. 참고로 미국 AISC-LRFD 기준에서는 접합형식을 두가지 형식으로 나누고 있는데, 접합부 저항강성에 따라 완전접합(Fully Restrained Type, FR)과 부분접합(Partially Restrained Type, PR)으로 분류하고 있다. 여기서 완전접합은 강접합을 가정한 것이고, 부분접합은 반강접이나 단순접합을 가정한 것이다. 강구조의 전단접합은 접합방법이 간단하여 구조물의 공작 및 설치가 용이한 시공적인 특성과 보의 단부에 발생하는 휨모멘트를 기둥과 같은 지지부재에 전달하지 않는 구조적 특성으로 고층건물의 튜브구조형식에서 기둥-보 접합부 및 큰보와 작은보의 접합에 적용되며, 공장 건물 등과 같은 간단한 구조물에 많이 이용되고 있다.

Fig. 9는 EURO CODE (Design of Steel Structure, 유럽기

Fig. 9. Types of H Beam to Column Connection

준)에 의한 접합부 분류법에 따른 비교로서, θ 는 회전각, θ_p 는 $M_p/(EI/L_b)$ 로 정의 되며, EI 및 L_b 는 보의 휨강성 및 보의 길이이다. 본 실험에서 강접합을 100%로 했을 때 S2RN시험체는 91% 그리고 S2RR시험체는 93%의 접합부 강성을 보였으며, 작용모멘트/보전소성모멘트의 비가 1.48 정도로 나타났다. 따라서 보웨브의 고장력볼트 2면 전단접합과 보플랜지의 리브보강에 따른 신형상 접합부의 실험결과 강접합의 범주에 근접하게 나타났다.

6. 결 론

강구조 H형강 기둥-보 접합부가 연성능력 및 소성회전능력에 따른 충분한 에너지를 흡수하고, 시스템초과강도를 확보할 수 있도록 신행상 H형강 기둥-보 접합부 시험체를 제작 실험하였다. 실험결과를 중심으로 접합존에서의 변형능력, 소성회전능력, 판넬존에서의 전단변형 그리고 비탄성거동에 따른 이력거동 등을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

강구조 H형강 기둥-보 접합부 각 시험체의 최대하중 비교시, 리브보강한 S2RR시험체가 무보강 S2RN시험체보다 약 10% 정도 상승했으며, 초기강성 비교에서 리브보강한 S2RR 시험체가 무보강 S2RN시험체보다 약 11% 정도 초기강성이 크게 나타났다. 또한 H형강 기둥-보 접합부 각 시험체의 에너지소산능력비교시, 리브보강한 S2RR시험체가 무보강한 S2RN시험체보다 약 13% 크게 나타났으며, 대부분 패넬존에서 가장 많은 에너지소산능력을 보였고 기둥에서 가장 작은 에너지소산능력을 나타냈다. 그리고 H형강 기둥-보 접합부 각 시험체는 중간 변위비 42% 및 총 소성회전 능력 약 0.027 rad 이상 나타났으며, 접합부 최대내력이 원단면 보전소성모멘트의 약 125% 이상을 상회하여 지진 하중에 따른 반응수정계수 R값 적용시 중간모멘트연성골조 이상의 내진상세를 적용할 수 있을 것으로 사료되며, EURO CODE에 의한 접합부 분류시 강접합의 범주에 근접하게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한라대학교 2020년도 학술연구조성비의 지원을 받아 수행된 연구이며, 이에 감사드립니다.

References

- American Institute of Steel Construction (AISC). (2011). *Steel construction manual* (14th ed.). Chicago IL, USA: AISC.
- American Institute of Steel Construction (AISC). (2012). *Seismic design manual* (2nd ed.). Chicago IL, USA: AISC.
- ANSI/AISC 341-10. (2010). *Seismic provisions for structural steel buildings*. American Institute of Steel Construction.
- ANSI/AISC 358-16. (2016). *Prequalified connections for special and intermediate steel moment frames for seismic applications*. American Institute of Steel Construction.
- Architectural Institute of Korea (AIK). (2016). *Korean building code (KBC 2016) and commentary*. Seoul: Kimmoondang.
- Oh, S.H., Oh, Y.S., Hong, S.J., and Lee, J.W. (2011). The suggestion of seismic performance values on connections for performance based design of steel structures. *Journal of Korean Society of Steel Construction*, Vol. 23, No. 2, pp. 147-158.
- SAC Joint Venture. (1997). *Protocol for fabrication, inspection, testing, and documentation of beam-column connection tests and other experimental specimens*. SAC Steel Project, Report No. SAC/BD-97/02.
- SAC Joint Venture. (2000). *Recommended seismic design criteria for new steel moment - Frame buildings*. Program to Reduce the Earthquake Hazards of Steel Moment Frame Structures, Federal Emergency Management Agency, USA.
- Yang, J.G., Lee, H.D., Kim, Y.B., and Pae, D.S. (2015). Proposal of connection details for a double split tee connection without a shear tab. *Journal of Korean Society of Steel Construction*, Vol. 27, No. 5, pp. 423-433.

Received	June 22, 2020
Revised	June 23, 2020
Accepted	July 8, 2020