

횡하중을 받는 반강접 철골 골조의 유연도에 관한 연구(I)

- 접합부 해석모형을 중심으로 -

A Study on the Flexibility of Semi-Rigid Steel Frames under Lateral Loadings(I)

강 철 규¹⁾ · 한 영 철²⁾ · 이 갑 조²⁾
By *KANG, Cheol Kyu* *HAN, Young Cheol and LEE, Gag Jo*

ABSTRACT : Connections as basic elements and an integrated part of a steel frame has an effect on the frame's performance. Conventional analysis and design techniques are based on either idealized fixed or pinned conditions. In fact, the use of rigid or pinned connection model in steel frame analysis serves the purpose of simplifying the analysis and design processes, but all connections used in current practice possess stiffness and transfer moment which fall between the extreme cases of fully rigid and ideally pinned. To predict the behavior of the semi-rigid steel frames, it is necessary to predict the moment-rotation behavior of the beam-to-column connections. In this research, prediction equation for moment-rotation behavior of the beam-to-column connection is suggested and the effect of design parameters has investigated. Prediction model, in a nondimensional form, shows the moment-rotation characteristic for connections. It is composed of the curve fitting power function using standardization constant K and 4 parameter KM_0 , θ_0 , b , n based on the pretest result about moment-rotation behavior of connection.

1. 서 론

철골 골조를 이루는 보-기둥 접합방법은 하중에 의한 부재응력의 분포와 전달경로의 변화를 가

져오며, 구조체의 안정성과 경제성에 큰 영향을 미치게 된다. 경제적인 관점에서 접합부의 설계와 시공에 드는 비용은 전체 골조시공비에 있어서 상당한 부분을 차지하며, 구조적인 관점에서는 접합

1) 경기대학교 대학원 건축공학과 박사과정
2) 공학박사, 경기대학교 대학원 강사
3) 공학박사, 경기대학교 건축공학과 교수

부를 구성하고 있는 설계 변수들의 강성이 골조의 거동에 중요한 영향을 미친다. 현재 실험을 통한 강재 접합부의 거동에 대한 자료수집의 시도가 활발히 진행되고 회전강성을 반강접 골조의 해석알고리즘에다 반영시켜 실제 거동응답을 고려하는 연구가 진행중이지만 아직까지는 국부적인 부위의 회전강성이 전체 골조의 거동에 미치는 영향에 대한 분석이 미약하여 반강접 접합부의 형태에 따른 강성의 산정 역시 설계에 적용할 수 있을 정도의 수준으로 발전되고 있지는 않다. 또 반강접 보-기둥 접합부의 사용이 저층 철골골조에 있어 경제적인 골조설계방법이 될 수 있으나 접합부형태에 따른 구조적 거동자료가 부족한 실정이며 최근에 이르기까지 이러한 접합부의 거동을 규명하는 시험과 반강접 골조의 거동을 다루는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 철골접합부의 거동에 영향을 주는 설계변수들을 이용하여 모멘트-회전거동에 대한 회전강성을 예측모형식으로 제시하여 반강접 골조의 거동해석시 이용할 수 있도록 하며, 접합부 형태에 따른 설계 매개변수들이 모멘트-회전거동에 미치는 영향을 파악하였다.

2. 접합부 설계매개변수

2.1 접합부의 모형화

본 연구에서는 반강접 볼트접합부와 부분 용접된 접합부에 대해 모멘트-회전거동에 관한 예측 모형식을 실험데이터⁽³⁾로부터 구하고 그 예측모형식의 접선강성식으로 접합부 형태별 회전강성을 나타내었다. 보-기둥접합부 설계매개변수의 지수 a_j ⁽⁵⁾는 각 회전변형값에서 한쌍의 모멘트 곡선으로부터 구하기 때문에 불규칙적인 실험데이터값은 사용하기가 불편하다. 따라서 3차 스피라인(cubic spline)방법을 이용하여 회전변형 0.0005 라디안 구간에서의 모멘트값으로 데이터를 보간하였다.

1) 앵글 접합부

앵글을 사용한 접합부는 그림 2.1과 같이 대부분 등변 형강을 보의 웹 혹은 플랜지와 기둥 플랜지를 주로 현장에서 고력볼트로 접합하는 방법이다.

Double Web Angle 접합부(이하 DWA)는 보 웹 양쪽면에 앵글을 고력볼트, 용접등으로 접합하고 기둥 플랜지에도 고력볼트 혹은 용접으로 접합한 접합부이며, 지배적인 설계매개 변수는 보 웹앵글의 춤 L_p 와 앵글의 두께 T_a , 그리고, 기둥면 앵글 끝으로부터 보 웹 볼트 구멍 중심까지의 거리 G_b 로 결정하였다.

Top and Seat angle 접합부(이하 T&S)는 보 플랜지 위, 아래에 앵글을 고력볼트로 접합하고 기둥 플랜지에도 고력볼트를 접합한 접합부이다. AISC-ASD 지침서(1989)는 이 접합부에 대하여 하부앵글은 단지 수직 반력을 지지하고 보 단부의 모멘트에 대해서는 지지능력이 없으며, 상부앵글은 하중 지지능력은 없으며 보의 횡이동을 막는 접합방법으로 규정하고 있으나, 실험에 의하면 T&S 접합부는 보 단부의 모멘트를 어느정도 지지할 수 있는 것으로 나타났다. T&S 접합부의 주요 설계 매개 변수는 상부 앵글 두께 T_t , 보의춤 B_h , 긴결재의 지름 D_b , 상부 앵글의폭 L_t 로 결정하였다.

Top and Seat angle with Double web angle

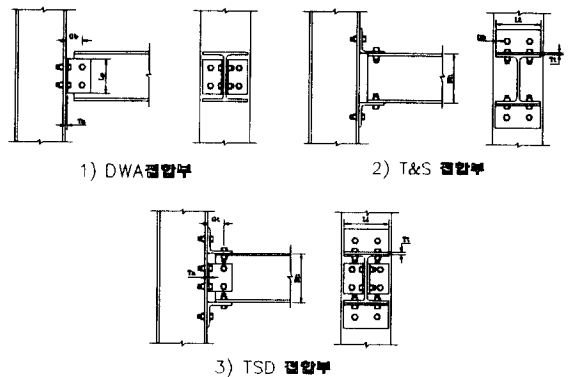


그림 2.1 앵글 접합부의 구성매개변수

접합부는(이하 TSD) 보의 플랜지에 Top and Seat angle을 사용하고 웨브에 Double web angle로 보강한 접합부이다. 설계매개 변수로서는 상부 앵글의 두께 T_t , 보춤 B_h , 보 웨브 앵글의 두께 T_a , 상부 앵글의 폭 L_t , 기둥면의 상부 앵글의 끝으로부터 가장 아래에 있는 볼트구멍 중심까지의 거리 G_t 로 결정하였다.

2) 플레이트 접합부

(1) End-plate 접합부

End-plate 접합부는 보 웨브와 플랜지는 공장에서 용접으로 접합하고 기둥 플랜지는 현장에서 고력볼트로 접합하는 접합 방법이다.

End-plate 접합부는 기둥 플랜지의 스티프너(stiffener) 보강여부가 접합부의 거동에 커다란 영향을 미치게 되며, 그림 2.2과 같이 플레이트의 길이에 따라 다음과 같이 분류된다.

Extended End-Plate 접합부(이하 EEP)는 플레이트의 확장여부에 따라 Extended End-Plate on Tension side(이하 EEP&T)와 Extended End-Plate on Tension and Compression side(이하 EEP&TC)로 나누어진다. 지배적인 설계 매개 변수는 스티프너 보강된 경우(이하 EEP 1), 상부 인장측 볼트 중심으로부터 하부 압축측 볼트 중심까지의 거리 L_p 와 플레이트의 두께 T_p 로 결정하였으며, 스티프너 보강되지 않은 경우(EEP2)는 EEP1의 설계 매개변수에 기둥플랜지의 두께 T_{fc} 를 추가하였다.

Flush End-Plate접합부(이하FEP)는 보춤과 같은 높이의 플레이트를 사용한 접합부이다. FEP의 설계매개 변수로 스티프너 보강된 경우(FEP1)는 보의 춤 B_h , 플레이트의 두께 T_p 로 결정하였으며, 스티프너 보강되지 않은 경우(FEP2)는 FEP1의 설계매개 변수에 기둥플랜지 두께 T_{fc} 를 추가하였다.

(2) Header plate 접합부

Header Plate 접합부(이하 HPC)는 End-Plate접합부의 일종으로 보 춤보다 짧은 End-Plate를 보의 웨브에는 공장에서 용접하고 기둥플

랜지는 고력볼트로 현장에서 접합하는 방법이다. HPC접합부의 모멘트-회전거동은 DWA접합부의 거동과 유사하며, 설계매개 변수는 플레이트 두께 T_p , 기둥플랜지의 볼트구멍 중심거리 G , 플레이트의 춤 L_p , 그리고 보 웨브의 두께 T_{bw} 로 결정하였다.

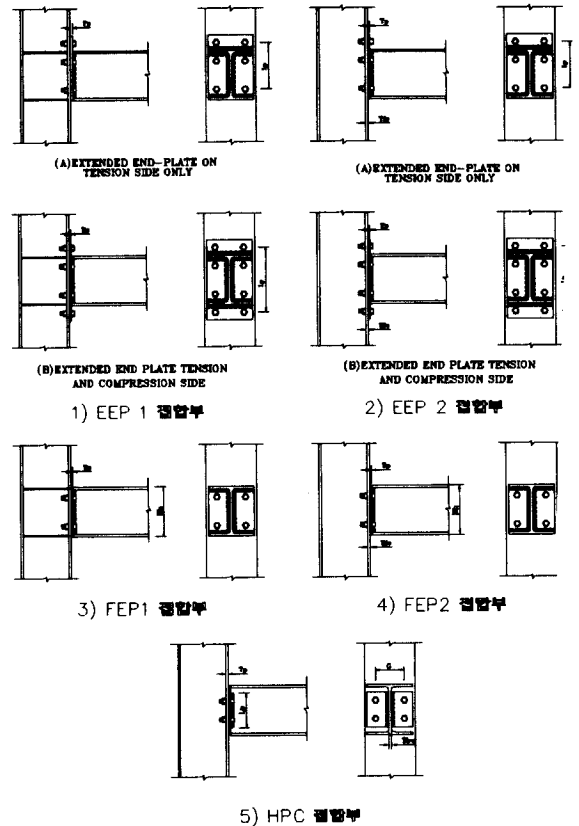


그림 2.2 플레이트 접합부의 구성매개변수

2.2. 표준화상수 K

반강접 보-기둥 접합부를 이루고 있는 구성부재의 영향을 고려하기 위해 모든 설계변수를 고려한 실험은 불가능하므로 현존하는 반강접 보-기둥 접합부의 실험자료를 근거로 모멘트-회전거동의 예측모형식을 구성한다. 따라서 접합부 형태별에 따

른 회전강성식을 예측모형식으로 부터 구해 이를 반강접 구조물의 거동해석시 고려 할 수 있도록 하여야 한다. 이 연구에서는 보-기둥 접합부의 모멘트-회전 예측모형식을 접합부를 구하고 있는 부재중 모멘트성능에 지배적인 부재요소를 설계변수로 하여 이를 예측모형식의 매개변수로 고려하였다. 따라서 실험데이터값으로 부터 설계매개변수들의 영향도를 나타내는 표준화 상수 $K^{(5)}$ 를 구하며 표준화 상수 K 는 접합부 구성부재들로 이루어진 식으로서 접합부 설계매개변수들의 모멘트-회전거동에 대한 영향도를 나타내고 있고, 결과적으로 표준화 상수 K 를 실험데이터의 모멘트값에 곱함으로써 접합부 종류별 모멘트-회전곡선을 얻게 되고 멱급수 형태의 함수식을 이용하여 최종적인 예측모형식을 얻게 된다.

반강접 보-기둥 접합부의 설계매개변수들의 모멘트-회전거동에 나타내는 표준화 상수 K 는 다음 식(2-1)과 같이 나타낸다.

$$K = \prod_{j=1}^m P_j^{a_j} \quad (2-1)$$

여기서 P_j : 설계매개변수

a_j : 접합부의 회전변형에 대한 설계매개변수의 영향을 결정하는 무차원지수

m : 설계매개변수의 수

반강접 보-기둥 접합부의 모멘트-회전거동에 지배적인 설계매개변수들은 접합부의 형태별에 따라 다르며 식(2-1)에서의 무차원 지수를 구하기 위해 실험결과에서의 접합부의 모멘트-회전곡선을 이용한다. 무차원 지수 a_j 는 그림 2-3 과 같이 설계매개변수중 각각의 설계매개변수값에서 서로 다른 설계매개변수 P_1 과 P_2 한쌍의 수치값을 이용해서 다음과 같은 방법으로 구한다.

(1) 임의의 회전변형값에서 P_1 과 P_2 에 대응하는 M_1 과 M_2 값을 구한다.

(2) 지수 a_j 를 곱해서 각각의 설계매개변수에 의

해 곱해진 모멘트를 다음 식(2-2) 과 같이 나타낸다.

$$M_1(P_1)^{a_1} = M_2(P_2)^{a_1} \quad (2-2)$$

여기서 M_1 : 설계매개변수 P_1 의 회전변형 θ_1 대한 모멘트값

M_2 : 설계매개변수 P_2 의 회전변형 θ_2 대한 모멘트값

a_j : 설계매개변수의 영향을 결정하는 무차원지수

P : 접합부의 설계매개변수값

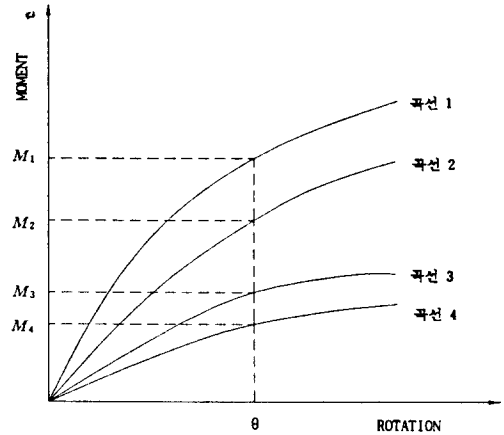


그림 2.3 설계매개변수의 지수 a_j

식(2-2)는 한쌍의 설계매개변수 P_1 과 P_2 의 모멘트값에 서로 등호를 성립시킴으로써 상관관계를 가지도록 하고 다시 로그를 사용하여 a_j 값을 구하며 접합부 구성부재들의 크기에 따른 모멘트값의 크기를 이용하여 선택된 구성부재의 모멘트에 대한 영향도를 지수값으로 나타내는 방법이다. 식(2-2)에서 로그를 취해 식(2-4)과 같이 설계매개변수의 지수 a_j 를 구하면 다음과 같다.

$$\log M_1 + a_j \log P_1 = \log M_2 + a_j \log P_2 \quad (2-3)$$

$$a_j = \frac{\log\left(\frac{M_1}{M_2}\right)}{\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)} \quad (2-4)$$

다른 회전변형값에서도 새로운 지수값 a_j 를 구해 산술평균하여 구하여 반강접 보-기동 접합부의 모멘트-회전거동에 지배적인 설계매개변수로 이루어진 저감계수가 구성된다. 이러한 저감계수를 이용하여 실험결과의 모멘트값에다 $K \times M$ 의 형태로 정리하고 모멘트-회전거동을 나타내는 단일의 함수식으로 구성하기 위해 곡선식으로 부터 함수의 매개변수를 구하게 된다.

이상에서 구한 반강접 접합부 형태에 따른 설계 매개변수의 지수값은 표 2.1과 같다.

표 2.1 접합부 표준화 상수 K

| 접합부 | K | | | | |
|------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|---------------|
| DWA | $L_p^{-1.907}$ | $T_a^{-1.127}$ | $G_b^{0.315}$ | | |
| T&S | $T_t^{-0.486}$ | $B_h^{-1.587}$ | $D_b^{-1.459}$ | $L_t^{-0.789}$ | |
| TSD | $T_t^{-1.226}$ | $B_h^{-1.487}$ | $T_a^{-0.548}$ | $L_t^{-0.877}$ | $G_t^{1.152}$ |
| EEP1 | $L_p^{-0.775}$ | $T_p^{-0.254}$ | | | |
| EEP2 | $L_p^{-1.448}$ | $T_p^{-0.633}$ | $T_{fc}^{-1.5}$ | | |
| FEP1 | $B_h^{-2.154}$ | $T_p^{-0.733}$ | | | |
| FEP2 | $B_h^{-1.136}$ | $T_p^{-0.470}$ | $T_{fc}^{-1.225}$ | | |
| HPC | $T_p^{-1.487}$ | $G^{1.815}$ | $L_p^{-2.411}$ | $T_{bw}^{-0.494}$ | |

3. 접합부 예측모형식

3.1 모멘트-회전거동의 예측모형식

반강접 접합부의 모멘트-회전거동에 대한 예측 모형식의 형태를 결정하기 위해 이 연구에서는 멱급수 형태로서 Menegotto-Pinto 응력도-변형도 관계식을 수정하여 다음식(3-1)⁽⁷⁾와 같이 제시한다. 이 모형식은 모멘트와 회전변형에 관한 함수식으로 4개의 매개변수로 구성되며 곡선의 비선형 구간을 잘 나타내고 있으며 초기구간에서의 회전 변형치를 잘 나타낼 수 있다.

$$\frac{K \times M}{K \cdot M_o} = b \left\{ \frac{\theta}{\theta_o} \right\} + \frac{(1-b) \cdot \left\{ \frac{\theta}{\theta_o} \right\}}{\left[1 + \left\{ \frac{\theta}{\theta_o} \right\}^n \right]^{\frac{1}{n}}} \quad (3-1)$$

여기서,

K, M_o, θ_o : 정규화시킨 곡선추적상수

n : 곡선의 형태를 결정하는 형태매개변수

b : R_{kp} / R_{ki}

R_{ki} : 모멘트-회전거동의 초기강성

K_{kp} : 비탄성구간의 접선강성

식(3-1)의 매개변수값들은 실험데이터를 대입하여 다음과 같은 과정을 통해 구한다.

가. 실험결과에서 주어진 회전변형 θ 에 대해 표준화상수 K 값을 이용하여 $K \times M$ 값을 구해 $K \times M$ 대 θ 의 곡선으로 나타낸다.

나. 곡선에서 원점부터 접선의 기울기로 초기회전강성을 구하고 비탄성부위에 대한 접선강성을 구한후 두 강성과의 교점을 θ_o 라 한다.

다. 곡선을 무차원화 기 위해 $\frac{K \times M}{K \cdot M_o}$ 와 $\frac{\theta}{\theta_o}$ 축으로써 정규화한다.

라. 그림 3-1로 부터 d 를 구하며 식(3-1)으로부터 계산의 편의상 $\frac{\theta}{\theta_o} = 1$ 로 하면 다음 식(3-2)와 같다.

$$\frac{K \times M}{K \cdot M_o} - b = \frac{1-b}{[1+1]^{\frac{1}{n}}} \quad (3-2)$$

양변에 로그를 취하여 아래 식(3-3)과 같이 구성한다.

$$\frac{1}{n} = \frac{\log\left(\frac{1-b}{d}\right)}{\log 2} \quad (3-3)$$

여기서 $d = \frac{1-b}{2^{\frac{1}{n}}}$

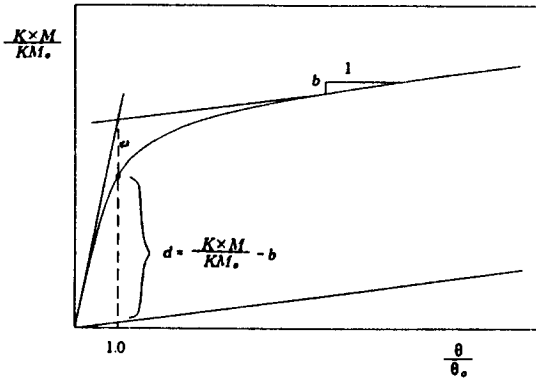


그림 3.1 형태대개 변수 n

따라서 정규화된 곡선에 있어서 곡선형태를 결정하는 기하학적 대개변수 n은 다음 식(3-4)이다.

$$n = \frac{\log 2}{\log(1-b) - \log d} \quad (3-4)$$

반강접 접합부의 형태별 예측모형식을 구성하기 위한 곡선추적상수의 값을 실험데이터값으로부터 표 3.1와 같이 결정하였다.

표 3.1 예측모형식의 곡선추적상수

| 접합부 | θ_0 | KM_0 | KM | b | d | n |
|------|------------|--------|------|--------|-------|-------|
| DWA | 0.23 | 7.5 | 4.8 | 0.0495 | 0.591 | 1.459 |
| T&S | 0.27 | 2.7 | 1.6 | 0.0343 | 0.559 | 1.268 |
| TSD | 0.21 | 44 | 26 | 0.0262 | 0.565 | 1.273 |
| EEP1 | 0.18 | 575 | 375 | 0.0078 | 0.644 | 1.603 |
| EEP2 | 0.19 | 45 | 31 | 0.0238 | 0.665 | 1.805 |
| FEP1 | 0.33 | 5.42 | 3.48 | 0.0283 | 0.614 | 1.509 |
| FEP2 | 0.39 | 114 | 72 | 0.0227 | 0.609 | 1.466 |
| HPC | 0.53 | 92 | 70 | 0.1607 | 0.600 | 2.065 |

표 3.1와 식(3-1)을 이용하여 반강접 보-기둥 접합부의 모멘트-회전거동에 대한 예측모형식을 식(3-5)과 같은 형태로 나타낼 수 있다. 식(3-5)은 모멘트와 회전변형의 관한 $M=f(\theta)$ 의 함수식이며 식(3-5)의 변수값은 표 3.2에 제시하였다.

$$M = \frac{1}{K} \left\{ \alpha \cdot \theta + \frac{\beta \cdot \theta}{1 + \left(\frac{\theta}{\theta_0} \right)^{\gamma_1}} \right\} \quad (3-5)$$

여기서 K는 접합부 형태별 표준화 상수

표 3.2 예측모형식의 대개변수

| 접합부 | α | β | γ_1 | γ_2 | γ_3 |
|------|----------|---------|------------|------------|------------|
| DWA | 1.614 | 30.995 | 0.23 | 1.459 | 0.685 |
| T&S | 0.343 | 9.657 | 0.27 | 1.268 | 0.789 |
| TSD | 5.489 | 204.03 | 0.21 | 1.273 | 0.785 |
| EEP1 | 24.917 | 3169.53 | 0.18 | 1.603 | 0.624 |
| EEP2 | 5.637 | 231.2 | 0.19 | 1.805 | 0.554 |
| FEP1 | 0.465 | 15.959 | 0.33 | 1.509 | 0.663 |
| FEP2 | 6.635 | 285.67 | 0.39 | 1.466 | 0.682 |
| HPC | 27.895 | 145.689 | 0.53 | 2.065 | 0.484 |

3.2. 기존예측식과의 비교

본 연구의 먹급수 예측모형식의 타당성을 검증하기 위하여 Frye 다항 모형식⁽²⁾과 실험값을 연구의 예측모형식과 각각 비교하였다.

1) DWA 접합부

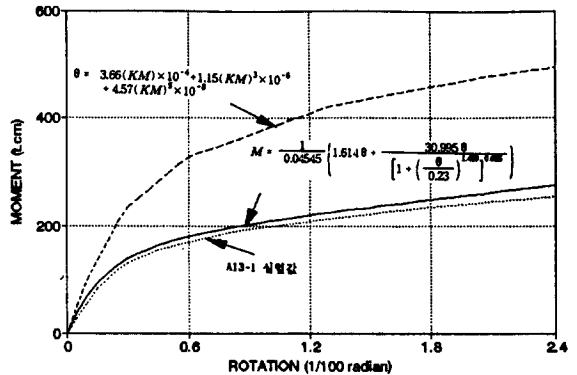


그림 3.2 DWA접합부의 예측모형식

예측식과 실험값의 비교에서, 예측식은 10%이내의 오차를 보여 비교적 안정된 값을 나타내는 반면, Frye의 다항식 모형은 85~95% 사이의 큰 오차를 나타내고 있다.

2) HPC 접합부

Test 5와 예측식의 비교에서 초기 변형구간인 0.5×10^{-3} 라디안에서 예측식은 18%의 오차를 보이고 있으며 Frye의 다항식은 23%의 오차를 보이고 있다.

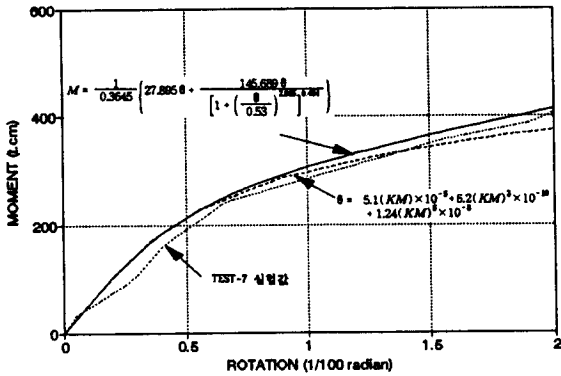


그림 3.3 HPC 접합부의 예측모형식

Test 7의 경우는 초기 변형구간인 0.5×10^{-3} 라디안에서 예측식과 Frye의 다항식은 모두 11%의 오차를 보이고 있으며 나머지 구간에서는 모두가 2~8% 사이의 비교적 안정된 값을 보이고 있다.

4. 분석 및 고찰

접합부의 모멘트-회전거동에 영향을 미치는 변수들은 크게 접합부를 구성하고 있는 부재들의 재료적인 성질과 기하학적인 성질로 나눌 수가 있다. 철골구조물에서 구조용 강재는 일반적으로 압연강재이므로 뚜렷한 항복강도를 가지고 있어 재료적인 성질은 비교적 일정하지만 기하학적인 성질은 접합부 형태에 따른 여러가지 접합방식과 구성부재들의 다양성으로 인해 모멘트-회전거동에 차이를 가진다. 실제 반강접 접합부를 해석하는데는 이들 기하학적 특성을 모두 고려하는 것이 바람직하지만 한계성을 가지고 있어 본 연구에서는 접합부를 구성하는 주요 설계매개 변수들의 영향에 대해서 다루고자 한다.

4.1 해석모형의 설정

반강접 접합부의 주요 매개변수들이 모멘트-회전 거동에 미치는 영향을 파악하고 접합부의 유연도를 분석하기 위하여 해석모형을 설정하였다.

앵글 접합부에 있어 매개변수들의 영향과 유연도 분석을 위하여 반강접의 성격이 강한 Top and Seat Angle with Double Web Angle 접합부 (TSD접합부)를 해석모형으로 설정하였으며, 플레이트 접합부는 Flush End-Plate 접합부(FEP접합부)를 해석모형으로 설정하였다.

1) TSD 접합부

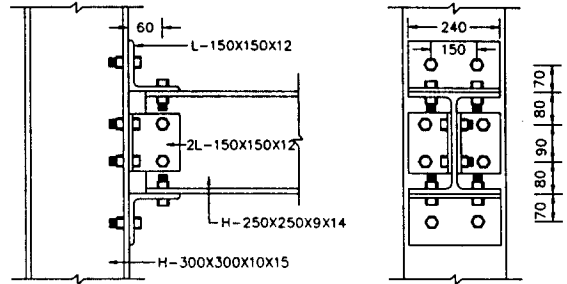


그림 4.1 TSD접합부의 기준모형

표 4.1 TSD 접합부의 구성매개변수 변화에 대한 모형

| 모형에 대한 매개 변수값(단위 : mm) | | | | | | | |
|------------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 모형 | 변수 (Tt) | 모형 | 변수 (Tt) | 모형 | 변수 (Tt) | 모형 | 변수 (Tt) |
| Tt-1 | 5 | Lt-1 | 150 | Bh-1 | 150 | Ta-1 | 5 |
| Tt-2 | 7 | Lt-2 | 180 | Bh-2 | 175 | Ta-2 | 7 |
| Tt-3 | 10 | Lt-3 | 200 | Bh-3 | 200 | Ta-3 | 10 |
| Tt-4 | 12 | Lt-4 | 240 | Bh-4 | 250 | Ta-4 | 12 |
| Tt-5 | 15 | Lt-5 | 280 | Bh-5 | 300 | Ta-5 | 15 |
| Tt-6 | 20 | Lt-6 | 320 | Bh-6 | 350 | Ta-6 | 20 |
| Tt-7 | 25 | Lt-7 | 350 | Bh-7 | 400 | Ta-7 | 25 |
| | | | | | | Gt-1 | 30 |
| | | | | | | Gt-2 | 40 |
| | | | | | | Gt-3 | 50 |
| | | | | | | Gt-4 | 60 |
| | | | | | | Gt-5 | 70 |
| | | | | | | Gt-6 | 80 |
| | | | | | | Gt-7 | 90 |

TSD 해석모형은 그림 4.1을 기준모형으로 설정하고 접합부 구성매개변수는 상부 앵글의 두께 Tt, 보 춤 Bh, 보 웨브 앵글의 두께 Ta, 상부 앵글의 폭 Lt, 기동면의 상부 앵글로부터 보 웨브의 가장아래에 있는 볼트중심까지의 거리 Gt로 정하였다.

2) FEP접합부

FEP접합부의 모멘트-회전거동은 스티프너의 보강여부에 따라 구성매개변수의 차이로 인하여 접합부 거동에도 변화를 가지게되므로 기준모형

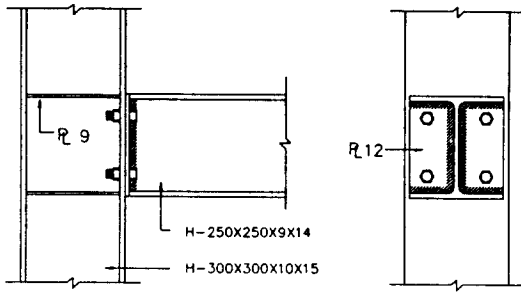


그림 4.2 FEP1접합부의 기준모형

표 4.2 FEP1 접합부의 구성매개변수 변화에 대한 모형

| 모형에 대한 매개 변수값(단위 : mm) | | | |
|------------------------|---------|------|---------|
| 모형명 | 변수값(Lp) | 모형명 | 변수값(Tp) |
| Bh-1 | 150 | Tp-1 | 4 |
| Bh-2 | 175 | Tp-2 | 6 |
| Bh-3 | 200 | Tp-3 | 9 |
| Bh-4 | 250 | Tp-4 | 12 |
| Bh-5 | 300 | Tp-5 | 15 |
| Bh-6 | 350 | Tp-6 | 16 |
| Bh-7 | 400 | Tp-7 | 19 |

은 다음과 같이 정하였다. FEP1(스티프너 보강된 경우)접합부 해석모형은 그림 4.2를 기준모형으로 설정하고 접합부 구성매개변수는 보의 춤 Bh, 플레이트의 두께 Tp 로 정하였다.

FEP2(스티프너 보강되지 않은 경우)접합부의 해석모형은 그림 4.3을 기준모형으로 정하고 접합부 구성매개변수는 보의 춤 Bh, 플레이트의 두께 Tp, 기동플랜지의 두께 Tfc로 정하였다.

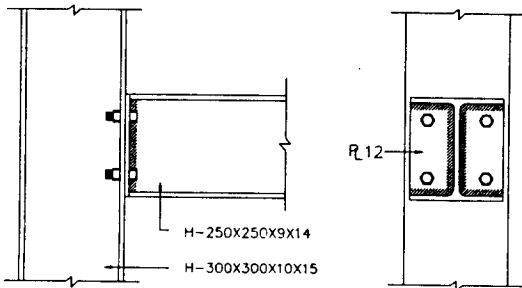


그림 4.3 FEP2접합부의 기준모형

표 4.3 FEP 2 접합부의 구성매개변수에 대한 모형

| 모형에 대한 변수값(단위 : mm) | | | | | |
|---------------------|---------|------|---------|-------|---------|
| 모형명 | 변수값(Lp) | 모형명 | 변수값(Lp) | 모형명 | 변수값(Lp) |
| Bh-1 | 150 | Tp-1 | 4 | Tfc-1 | 4 |
| Bh-2 | 175 | Tp-2 | 6 | Tfc-2 | 6 |
| Bh-3 | 200 | Tp-3 | 9 | Tfc-3 | 8 |
| Bh-4 | 250 | Tp-4 | 12 | Tfc-4 | 9 |
| Bh-5 | 300 | Tp-5 | 15 | Tfc-5 | 10 |
| Bh-6 | 350 | Tp-6 | 16 | Tfc-6 | 13 |
| Bh-7 | 400 | Tp-7 | 19 | Tfc-7 | 15 |

이러한 구성매개변수들을 표 4.1, 4.2, 4.3에서와 같이 일정비율로 증감시켜 각 구성매개 변수들의 변화에 따른 영향을 예측모형식으로 부터 분석하고 기준모형을 중심으로 무차원화한다.

4.2 접합부 거동에 미치는 설계매개변수의 영향

반강접 접합부 주요 매개변수들이 모멘트-회전 거동에 미치는 영향을 파악하고 철골 반강접 접합부가 가지는 유연도의 영향을 규명하기 위하여 각 접합부 형태별 기준모형을 중심으로 분석한다. 분석방법은 보와 기둥사이의 회전변형값이 초기 변형구간인 10^{-4} 라디안과 10^{-3} 라디안 그리고 대변형 구간인 2.0×10^{-3} 라디안에서 작용하는 접합부 모멘트를 구하여 기준모형 접합부의 10^{-4} 라디안 값에서 발생하는 모멘트로 나누어 주요 매개변수의 영향을 고찰하였다. 접합부의 구성매개변수에 대한 비율에 따라 기준모형과의 모멘트비의 변화가 크게 바뀌는 경우 매개변수가 접합부 모멘트-회전거동에 미치는 영향이 큰 것으로 한다.

1) TSD 접합부

(1) 상부 앵글면의 매개변수 변화

TSD 접합부의 모멘트-회전거동에 대한 상부 앵글면의 가장 지배적인 변수는 상부 앵글의 두께 변화(Tt 모형)로 나타났다.

그림 4.4 에서와 같이 상부앵글의 두께변화는 TSD 접합부의 모멘트-회전 거동에 큰 영향을 미쳐 초기 변형구간인 10^{-4} 라디안에서 0.34배에서

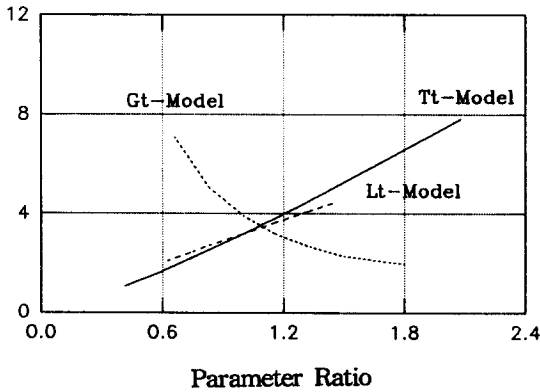


그림 4.4 TSD접합부의 상부 앵글면 매개변수모형에 따른 모멘트비

2.46배로 약 7.2배의 모멘트비 변화를 보였다.

기동면의 상부앵글로 부터 보웨브의 가장 아래에 있는 볼트 중심까지의 거리변화(Gt 모형)는 모멘트비의 감소를 보여, 초기 변형 구간인 10^{-4} 라디안에서 2.2배에서 0.6배로의 감소를 나타내었다.

상부앵글 폭의 변화(Lt 모형)는 TSD접합부의 모멘트-회전 거동에 미치는 변화가 적어 그림 4.4와 같이 완만한 직선 변화를 보여주고 있다.

(2) 보웨브면의 매개변수 변화

TSD 접합부의 모멘트-회전 거동에 대한 보웨브면의 매개변수 변화를 초기 회전변형 구간인 10^{-4}

라디안값에서 그림 4.5에 나타내었다.

그림 4.5에서와 같이 보춤의 변화(Bh 모형)는 TSD 접합부의 모멘트-회전 거동에 크게 영향을 미쳐 0.46에서 2.01배로 모멘트비의 변화를 보였다. 보웨브 앵글의 두께 변화(Ta 모형)는 TSD 접합부의 모멘트-회전 거동에 미치는 영향이 적어 그림 4.5에서와 같이 완만한 변화를 보여주었다.

따라서, TSD 접합부의 회전 변형에 대한 모멘트를 증가시키기 위해서는 상부 앵글의 두께(Tt 모형)와 보춤(Bh 모형)을 증가시키는 것이 유리함을 알 수 있다.

2) FEP1 접합부

FEP1 접합부의 모멘트-회전 거동에 대해 보춤의 변화(Bh 모형)가 미치는 영향은 그림 4.6에서와 같이 매우 큰 것으로 나타났다. 보춤의 변화를 0.6 배에서 1.6배로 하였을때 모멘트 비의 변화는 초기 변형 구간인 10^{-4} 라디안에서는 0.33배에서 2.75배로 변화하였으며, 대변형구간인 2×10^{-3} 라디안에서는 모멘트비의 변화가 1.33배에서 11.04 배에 이르는 분포를 보여 주었다.

플레이트의 두께 변화(Tp 모형)에 대한 모멘트비의 변화는 약 3배정도의 증가를 보여 초기변형 구간인 10^{-4} 라디안에서는 0.44배에서 1.4배 사이의 분포를 나타내고 있으며, 대변형 구간인 2×10^{-3} 라디안에서는 1.79배에서 5.62배 사이의 분포를

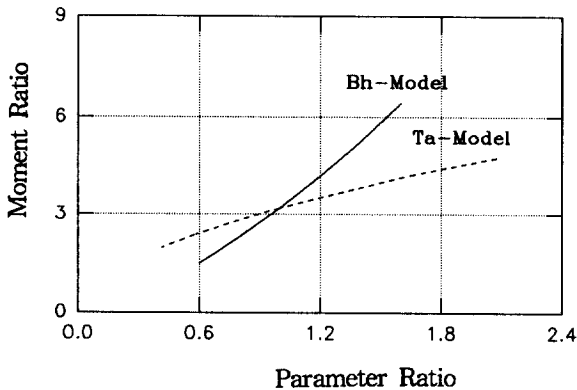


그림 4.5 TSD 접합부의 보웨브면 매개변수 모형에 따른 모멘트비

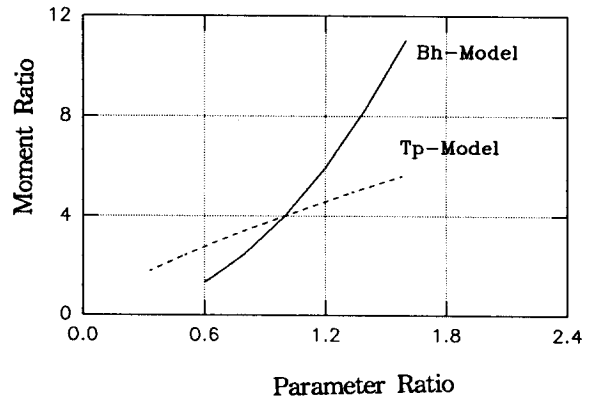


그림 4.6 FEP1 접합부의 매개변수모형에 따른 모멘트비

나타내고 있다.

따라서, FEP1 접합부의 모멘트-회전거동에 가장 큰 영향을 미치는 설계매개변수는 보의 춤 임을 알 수 있다.

3) FEP2 접합부

기둥 플랜지의 두께 변화(Tfc모형)가 FEP2접합부의 모멘트-회전 거동에 미치는 영향이 가장 지배적인 것으로 나타났다.

기둥 플랜지의 두께변화에 대한 모멘트 비의 변화를 보면 초기 변형 구간인 10^{-4} 라디안에서는 0.37배에서 1.86배 사이의 분포를 나타내고 있으며, 대변형 구간인 2×10^{-3} 라디안 에서는 1.63배에서 8.23 배의 분포를 나타내고 있다.

보춤의 변화(Bh 모형)를 0.6배에서 1.6배로 증가 시켰을때 모멘트비의 변화는 그림 3.7에서와 같이 초기 회전변형 구간인 10^{-4} 라디안 에서는 0.56배에서 1.7배 사이의 분포를 나타내며 대변형 구간인 2×10^{-3} 라디안 에서는 2.46배에서 7.51배 사이의 분포를 나타내었다.

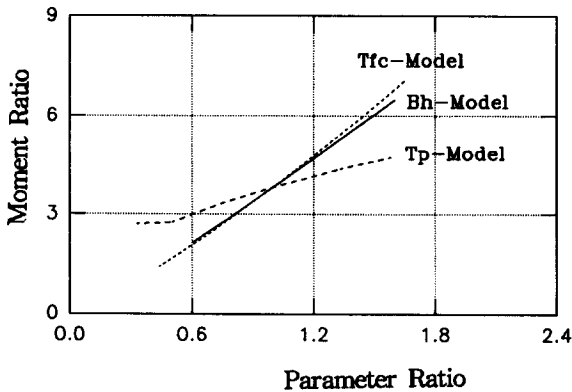


그림 4.7 FEP2 접합부의 매개변수모형에 따른 모멘트비

플레이트의 두께변화(Tp 모형)가 FEP2접합부의 모멘트-회전거동에 미치는 영향은 미약한 것으로 나타났다. 그림 4.7에서와 같이 모멘트비의 변화는 완만한 경사를 가진 곡선으로 대변형 구간인 2×10^{-3} 라디안에서 2.63배에서 5.46배 사이의 분

포를 나타내어 약2배정도의 증가를 보였다.

5. 결 론

이 연구에서는 철판 보-기둥 접합부 거동에 영향을 미치는 설계변수들을 이용하여 모멘트성능에 대한 모형식을 제시하고 설계매개변수들의 영향을 파악하였다.

해석방법으로 반강접 보-기둥 접합부의 모멘트-회전거동에 관한 예측모형식은 기존의 실험결과를 토대로 표준화 상수 K와 매개변수 KM_0 , θ_0 , b, n을 이용한 멱급수 함수식으로 제시하였다. 철판 접합부의 유연도 분석은 기준 모형을 설정하고, 설계 매개변수비를 일정비율로 증감시켜 기준모형에 대하여 무차원화시켜 설계 매개변수들의 영향을 고찰하였다.

이와 같은 해석방법에 의한 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실제 실험식과 비교해볼 때 Double Web Angle 접합부의 경우 4.7%(평균)의 오차를 보였고, Head Plate 접합부는 6.6%(평균)의 오차를 나타내어 연구에서 제시한 예측 모형식의 신뢰성을 나타내었다.

2. Top and Seat with Double Web Angle 접합부의 모멘트-회전거동에 영향을 미치는 유연도 분석에서는 보춤의 변화가 가장 큰 영향을 미쳐 7.85배의 강성의 증가를 보였으며 상부 앵글의 두께 변화는 5.5배의 강성의 증가를 보인 반면, 기둥면의 상부 앵글로부터 보웨브의 가장아래에 있는 볼트 중심까지의 거리변화는 4.9배의 강성의 감소를 보였다.

3. Flush End-plate with Stiffener 접합부의 모멘트-회전거동에 영향을 미치는 지배적인 설계변수는 보의 춤으로 나타났으며, Flush End-plate without Stiffener 접합부의 지배적인 설계변수는 기둥플랜지의 두께로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 1994년도 포항종합제철주식회사의 철강분야 대학 연구비 지원(No.94056)에 의하여 수행되었으며, 연구비를 지원해 주신 포항종합제철주식회사에 진심으로 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Chen, W. F. and Lui, E. M., Stability Design of Steel Frames, CRC Press, 1991.
2. Frye, M. J. and Morris, G. A., "Analysis of Flexibly Connected Steel Frames", Canadian Journal of Civil Engineers, Vol. 2, No. 3, Sept. 1975, pp.280-291
3. Kishi, N and Chen, W. F., "Data Base of Steel Beam-to-Column Connections", Vol.I and II, Structural Engineering Report No. CE-STR-86-26, School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN. Aug.1986.
4. Ramberg, W. and Osgood, W. R., "Description of Stess-Strain Curves by Three Parameters", Technical Note No. 902, National Advisory Committee for Aeronautics, Washington, D. C., 1943.
5. Sommer, W. H., "Behaviour of Welded Header Plate Connections", M. S. Thesis, University of Toronto, Ontario, Canada, 1969
6. 강철규, "반강접 집합부 구성매개변수의 유연도 해석에 관한 연구", 경기대학교 대학원 석사학위논문, 1994
7. 한영철, "반강접 철골구조물의 구조적거동에 관한 연구", 연세대학교 대학원 박사학위논문, 1993