

# 단부구속도에 따른 철골 접합부의 모멘트-회전각 관계에 관한 연구

Moment-Rotation Relation of Steel Connections with Fixed-End Restraint

안 형 준\*                      김 건 옥\*\*  
Ahn, Hyung-Joon              Kim, Keon-Ok

## Abstract

The actual behavior of joint is traditionally disregarded in steel frame design. In fact, the structural analysis of steel frames is generally carried out by assuming that joints fulfil the ideal condition of either a hinge or a fixed-end restraints. In this way, calculations are made somewhat simpler, but the structural model is not able to reflect the actual structural response. Therefore, steel frame classification system for estimation or analysis about behavior of steel frame should be established, and range that each connections belongs should be divided definitely. This research presents realistic and practical moment-rotation relation through investigation and analysis of steel frame beam-to-column classification system.

**keywords** : hinge, fixed-end restraints, classification system, moment-rotation relation.

## 1. 서 론

대부분의 철골 구조물의 접합부는 일반적으로 구조 설계시 완전 강접합 또는 이상적인 핀접합으로 가정하고 설계된다. 이는 계산상의 편의를 위한 것으로 실제의 구조적 거동을 나타내기에는 상당한 무리가 있다고 생각된다. 실제 거의 모든 구조물에서의 보-기둥 접합부는 작용하는 외력에 대하여 어느 정도의 모멘트 전달능력과 회전저항 능력을 갖고 있기 때문에 실제로는

반강접 접합부로서의 특성을 보이고 있다고 할 수 있다. 그러므로 철골구조물의 거동에 대한 정확한 평가나 해석을 위해서는 우선 철골 보-기둥 접합부에 대한 거동특성을 파악한 후 현실적인 분류체계를 수립하여 각각의 접합부가 속하는 영역을 명확히 구분하여야 한다. 따라서 본 연구는 철골 보-기둥 용접접합부의 거동특성에 관한 연구로서 기존의 접합부의 분류체계를 조사하고 분석을 함으로서 현실적이고 실용적인 철골 보-기둥 용접 접합부의 거동특성에 관한 기초자료를

\* 정회원, 건국대학교 건축공학부 교수  
\*\* 학생회원, 건국대학교 건축공학부 석사과정

E-mail : acacia16@komet.net 016-390-1316

• 본 논문에 대한 토의를 2002년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2003년 4월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

제공하는데 그 목적이 있다.

## 2. 접합부의 특성

강접합이란 부재에 외력이 작용하면 접합부에 대부분의 모멘트가 전달되고 접합되는 부재간에 상대적인 회전각이 발생하지 않고 연속성이 유지되는 접합형식이다. 그러나 핀접합은 부재에 외력이 작용하면 접합부에 모멘트가 거의 전달되지 않고 부재간의 상대적인 회전각이 발생하게 된다. 또한 반강접합은 부재에 외력이 작용하면 접합부에서 어느 정도의 모멘트가 전달되면서 부재간의 상대적인 회전각이 어느 정도 발생하는 접합이다. 그러나 실제의 철골 보-기둥 용접접합부의 거동특성을 나타내는 모멘트-회전각관계는 반강접합의 거동을 보이고 있다. 또한 이들의 거동은 Fig. 1 (a)와 같이 비선형적인 관계로 나타나기 때문에 정밀

한 해석 및 안정성 검토시 상당한 시간과 노력이 요구되어진다. 따라서 보다 실용적이고 근사적인 방법으로 Bi-linear, Tri-linear, 또는 Multi-linear 관계를 이용하기도 한다.<sup>(4)</sup>(Fig. 1 (b), (c), (d))

## 3. 접합부의 분류

### 3.1 강도에 의한 분류

AISC (American Institute of Steel Construction)는 사용하중 작용시 휨모멘트에 대한 접합부의 구속정도를 기준으로 접합부의 휨모멘트 구속정도가 90% 이상인 경우를 강접합, 접합부의 휨모멘트 구속정도가 20~90% 인 경우를 반강접합, 접합부의 휨모멘트 구속정도가 20%이하인 경우를 핀접합으로 분류하고 있다.<sup>(5),(6)</sup>(Fig. 2)

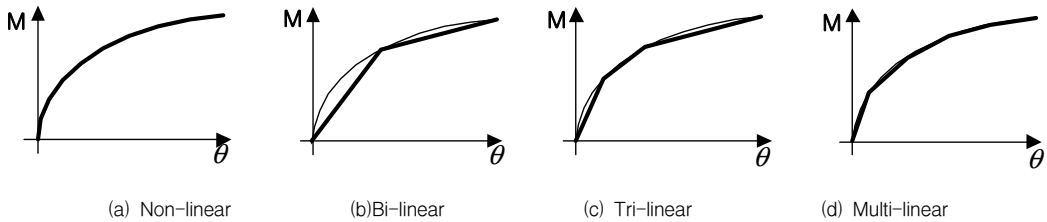


Fig. 1 보-기둥 접합부의 모멘트-회전각 관계

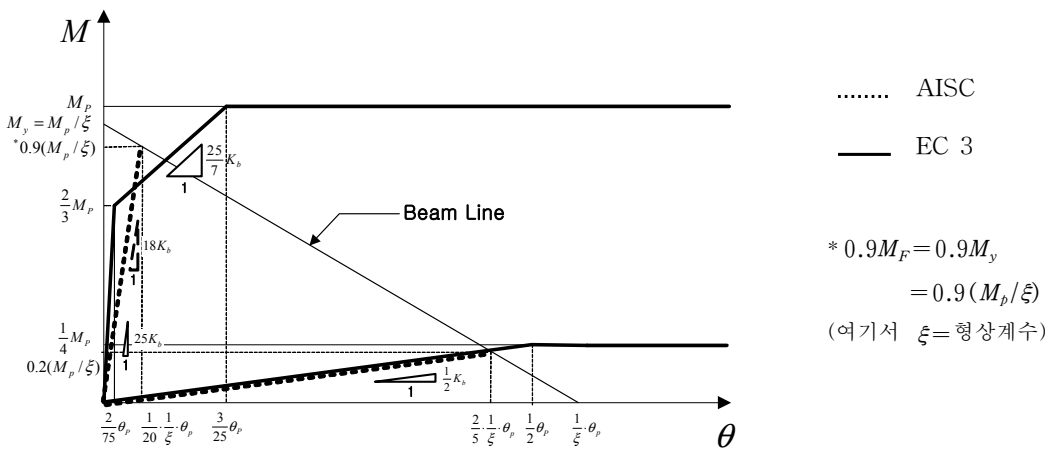


Fig. 2 AISC와 EC 3의 모멘트-회전각 관계곡선

여기서  $M_p = \frac{EI_b}{L_b} \theta_p$

$M_p$  : 보의 전소성모멘트 ,

$I_b$  : 보의단면2차모멘트,

$L_b$  : 보의 길이

EC 3에서는 접합부의 전달모멘트가 보의 전소성 모멘트 이상인 경우( $M \geq M_p$ )를 강접합, 접합부의 전달모멘트가 보의 전소성모멘트의 1/4이하인 경우( $M \leq \frac{1}{4} M_p$ )를 핀접합으로 강접합과 핀접합 사이의 전달모멘트를 갖는 경우( $\frac{1}{4} M_p < M < M_p$ )를 반강접합이라 한다.<sup>(7)</sup>(Fig. 2)

### 3.2 강성에 의한 분류

EC 3에서는 강성에 의한 접합부 분류를 Fig. 2와 같이 보의 전소성 모멘트를 기준으로 보의 강성과의 비로서 접합부를 분류하고 있다. 그러나 AISC에서는 강도에 의한 접합부 분류만을 제시하고 있다. 이때의 접합부 회전강성을 정의하기 위해 먼저 단부구속도와 회전각관계를 알아보고자 한다. 부재에 등분포하중이 작용하는 반강접합부의 A점에서의 회전각  $\theta_A$ 는 등분포하중이 작용하는 단순보의 회전각  $\theta_{A1}$ 과 단부구속모멘트에 의한 A점의 회전각  $\theta_{A2}$ 의 합으로 나타낼 수 있다. (Fig. 3)

여기서

$$K_b = \frac{EI_b}{L_b}$$

이때 단부구속도를  $\alpha$ 라 하면 단부구속도와 회전각 관계는 식(2)과 같으며 Fig. 4는 이를 그래프로 나타낸 것이다.

$$\theta_A = \theta_{A1} + \theta_{A2}$$

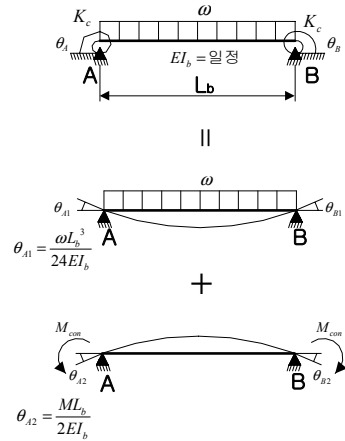


Fig. 3 접합부의 회전각

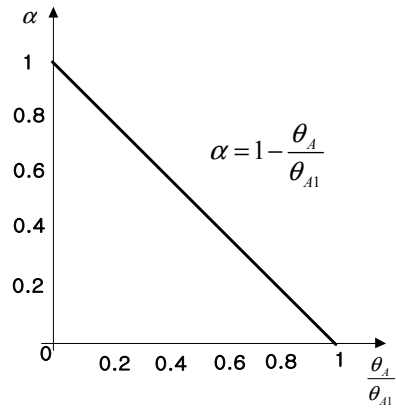


Fig. 4  $\alpha - \theta_A/\theta_{A1}$  관계

$$\begin{aligned} &= \frac{\omega L_b^3}{24EI_b} + \frac{ML_b}{2EI_b} \\ &= \frac{\omega L_b^3}{24EI_b} + \left( -\frac{\omega L_b^2}{12} \alpha L_b \right) / (2EI_b) \\ &= \frac{\omega L_b^3}{24EI_b} - \frac{\omega L_b^3}{24EI_b} \alpha \\ &= (1 - \alpha) \theta_{A1} \end{aligned} \tag{1}$$

여기서  $M = -\frac{\omega L_b^2}{12} \alpha$

$\alpha$  : 단부구속도,  $0 \leq \alpha \leq 1$

식 (1)을 단부구속도 ( $\alpha$ )에 대해 정리하면

$$\alpha = 1 - \frac{\theta_A}{\theta_{A1}} \quad (2)$$

또한  $M_{con} = K_c \theta_A$ 에서  $\alpha = 0.9$  일 때

$$M_{con} = 0.9M_F = \frac{3}{40} \omega L_b^2$$

식 (1)에서

$$\theta_A = (1 - 0.9)\theta_{A1} = \frac{\omega L_b^3}{240EI_b}$$

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{M_{con}}{\theta_A} \\ &= \frac{3\omega L_b^2}{40} / \frac{\omega L_b^3}{240EI_b} \\ &= 18 \frac{EI_b}{L_b} \\ &= 18K_b \end{aligned} \quad (3)$$

$\alpha = 0.2$  일 때

$$M_{con} = 0.2M_F = \frac{1}{60} \omega L_b^2$$

식(1)에서

$$\theta_A = (1 - 0.1)\theta_{A1} = \frac{\omega L_b^3}{30EI_b}$$

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{M_{con}}{\theta_A} \\ &= \frac{\omega L_b^2}{60} / \frac{\omega L_b^3}{30EI_b} \\ &= \frac{1}{2} \frac{EI_b}{L_b} \\ &= \frac{1}{2} K_b \end{aligned} \quad (4)$$

위와 같이 AISC에서는 접합부의 회전강성이 보의 강성의 18배 이상인 경우를 강접합으로 보의 강성의 1/2배 이하인 경우를 편접합으로 그리고 이 사이의 강성을 갖는 경우를 반강접합 이라고 볼 수 있다.

#### 4. 모멘트-회전각 관계

접합부 거동은 EC 3의 경우 보의 전소성 모멘트를 기준으로 소성역을 포함한 보의 전 거동을 평가할 수 있는 반면 AISC에서는 탄성역에서의 거동에 국한하고 있다. (Fig. 2)

Fig. 5를 보면 단부구속도 ( $\alpha$ )에 따라 보단면의 모멘트 분포가 달라짐을 알 수 있는데 보 설계시 보 단면을 결정하는 모멘트 ( $M_{ct}$ )는 Fig. 6과 같고 또한 다음과 같은 보설계식을 제안할 수 있다. (식 (5), (6))

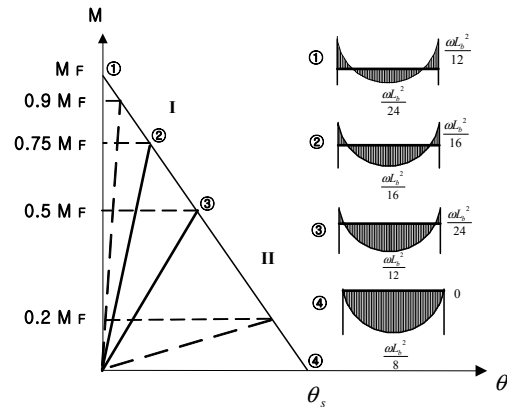


Fig. 5 단부구속도에 따른 모멘트 분포

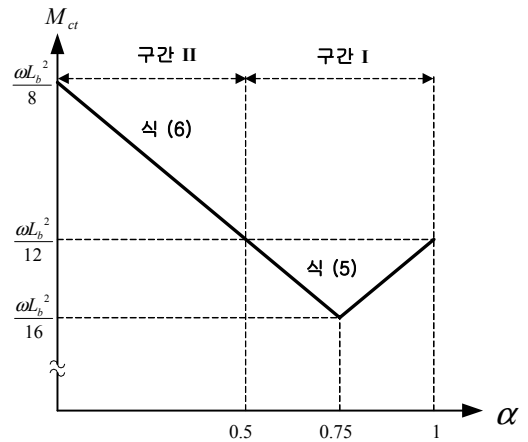


Fig. 6 보 단면의 크기를 결정하는 모멘트

$$M_{ct} = |\alpha - 0.75| \cdot M_F + \frac{\omega L_b^2}{16}, \quad (0.5 \leq \alpha \leq 1) \quad (5)$$

$$M_{ct} = \frac{\omega L_b^2}{8} - \alpha \cdot M_F, \quad (0 \leq \alpha < 0.5) \quad (6)$$

Fig. 6의 구간 I에서는 단부구속도  $\alpha = 0.75$ 를 기준으로 보 단면을 결정하는 모멘트 ( $M_{ct}$ )는 좌우측이 같으며 우측을 기준으로 보면 단부구속도의 감소에 따라 보 단면은 상대적으로 작아지며 Fig. 6의 구간 II에서는 단부구속도 ( $\alpha$ )의 감소에 따라 보 단면을 결정하는 모멘트 ( $M_{ct}$ )는 증가하므로 보 단면은 상대적으로 커진다. 즉 저항모멘트 측면에서는 보의 변형능력을 고려하여 모멘트 구속도가 0.9까지를 강접합으로 인정하고 있으나 설계측면에서는 식 (5)와 같이 보 단면의 감소로 부재력을 과소평가할 우려가 있으며 변형능력 또한 과소평가할 여지가 있다. 따라서 일반적으로 강접합으로 인정되는 철골 용접 보-기둥 접합부라 하여도 실제 구조물의 거동을 설계에 반영하기 위해서는 실험에 의한 접합부의 평가가 최상의 방법이지만 현실적으로 어려우므로 적절한 유한요소 모델링 기법을 이용하여 이에 대한 평가가 필요할 것이라 생각된다.

## 5. 결론

1) AISC의 경우 접합부의 거동은 보가 탄성범위내에서의 거동을 전제로 분류하고 있으며 EC 3의 경우 접합부의 거동을 보의 전소성모멘트를 기준으로 분류하고 있음을 알 수 있다.

- 2) 모든 접합부의 실제 거동은 반강접 거동을 한다고 사료되어 접합부의 거동은 모멘트-회전각의 관계로 표현되어야 한다고 판단된다.
- 3) 단부구속도 ( $\alpha$ )의 변화에 따른 보 단면의 크기를 결정하는 모멘트 ( $M_{ct}$ )를 제안하였다. (식 (5), (6))
- 4) 접합부의 모멘트-회전각 관계에 대한 보다 적극적인 해석적 방법을 통한 실용적인 분류체계가 수립되어야 한다.

## 참고문헌

1. 안형준, 김건옥, "철골 보-기둥 용접접합부의 모멘트-회전각관계에 대한 연구", 학술발표논문집, 제6권 1호, 2002, 5월, pp 329~334.
2. 강구조한계상태설계기준, 건설교통부 고시 제 1997-375호, 1997.
3. 대한건축학회, "철골구조", 기문당, 1999.
4. C. Faella et al., "Structural Steel Semirigid Connections : Theory, Design and Software", CRC Press, 1999.
5. AISC, "Allowable Stress Design", 9th Edition, 1989.
6. AISC, "Load and Resistance Factor Design Specification", 1999.
7. CEN, "Eurocode 3", 1990.
8. Charles G. S. & John E. J., "Steel Structures - Design and Behavior", Harper Collins, 1996.

(접수일자 : 2002년 9월 4일)