

비보강 확장단부판 접합부의 에너지소산능력 평가

이수권¹ · 양재근^{2*}

¹교수, 동양미래대학교, 건축과, ²교수, 인하대학교, 건축공학과

Evaluation of the Energy Dissipation Capacity of an Unstiffened Extended End-plate Connection

Lee, Soo Kueon¹, Yang, Jae Guen^{2*}

¹Professor, Department of Architecture, Dongyang Mirae University, Seoul, 152-714, Korea

²Professor, Department of Architectural Engineering, Inha University, Incheon, 402-751, Korea

Abstract - An extended end-plate connection displays different behavioral properties and energy dissipation capacity based on the thickness and length of the end-plate comprising the connection in the form of a beam-to-column moment connection, the number and diameter of the high strength bolt, the gauge distance of the high strength bolt, and the size and length of the welds. Such extended end-plate is applied to beam-to-column connections in various geometric forms in the US and European regions. Currently in Korea, however, the extended end-plate beam-to-column connection is not actively applied due to the lack of proper design formulas, the evaluation of the energy dissipation capacity, and the provision of construction guidelines. Accordingly, this study was conducted to provide the basic data for the proposal of a prediction model of energy dissipation capacity by evaluating the energy dissipation capacity of unstiffened extended end-plate connections with relatively thin end plate thicknesses. To achieve this, a three-dimensional nonlinear finite element analysis has been conducted on unstiffened extended end-plate connections, with the thickness of the end plate as the set variable.

Keywords - Unstiffened extended end-plate connection, Energy dissipation capacity, Beam-to-column moment connection, Nonlinear finite element analysis, Moment-rotation hysteresis curve

1. 서론

단부판(end-plate) 접합부는 다양한 형태의 변단면 부재로 구성된 PEB 구조시스템(Pre-engineering Building System)에 널리 적용되고 있다. 현재 미국의 경우, AISC 강구조 설계지침서(Steel Design Guide)의 4권, 16권, 25권^{[1],[2],[3]}에 단부판(end-plate) 접합부와 단부판(end-plate)을 적용한 PEB 구조시스템에 대한 설계식, 설계절차, 시공

지침 등이 제공되고 있다. 또한, Srouji *et al.*^[4]은 단부판 접합부의 설계휨강도 식의 제안에 있어서 소성힌지항복선 이론을 적용하였고, Kennedy *et al.*^[5]이 제안한 고장력볼트의 지레작용(prying action)효과도 고려하였다.

우리나라에서는 강구조 보-기둥 접합부에 단부판 접합부가 적극적으로 적용되고 있지 못한 상황이다. 이러한 이유는 기하학적 형상변화에 따른 설계강도식 제안, 에너지소산능력 평가 및 시공지침의 제공이 적절하게 이루어지지 않고 있기 때문이다. 또한, 현재까지 우리나라에서 진행된 단부판 및 단부판을 적용한 PEB 구조시스템에 대한 연구도 부족한 상황이다. 우리나라에서 진행된 단부판 접합부와 PEB 구조시스템에 대한 대표적인 연구로 Lee *et al.*^[6]은 단부판 접합부에 대한 실험적 연구를 통하여 접합부의 에너지소산능력과 구조적 특성을 파악하였다. Chung *et al.*^[7]은 고장력볼트 밀착조임된 변단면 비확장형 단부판(flushed

Note.-Discussion open until October 31, 2015. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on January 17, 2015; revised February 17, 2015; approved on February 27, 2015.

Copyright © 2015 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-32-860-7588 Fax. +82-32-866-4624

E-mail. jyang@inha.ac.kr

end-plate)의 모멘트-회전각 관계 이력곡선 및 구조적 특성을 실험을 통하여 파악하였다. Lee^[8]는 단부판 접합부가 적용된 변단면 PEB 구조시스템의 시공상태에 따른 구조 성능을 실험을 통하여 평가하였다.

단부판 접합부는 강접의 보-기둥 모멘트 접합부의 한 형태로 분류된다. 일반적으로 Fig. 1과 같이 상·하부 확장단부판(extended end-plate) 접합부, 상부 혹은 하부 확장단부판(top side extended end-plate), 비확장형 단부판(flushed end-plate) 접합부 등으로 분류된다. 이러한 단부판 접합부는 단부판의 두께, 고장력볼트의 개수 및 직경, 고장력볼트의 게이지 거리, 보와 기둥의 강성비, 단부판의 상·하부 보강의 유무 등에 따라서 상이한 거동특성을 나타낸다. 단부판 접합부의 한계상태로는 인장 측 단부판(end-plate)의 휨항복, 지레작용력의 영향에 의한 인장 측 고장력볼트의 파단, 기둥 플랜지에 체결된 고장력볼트의 전단파단, 단부판의 전단항복, 단부판의 전단파단, 보 부재의 인장플랜지-단부판 용접부 파단 등이 있다. 따라서 단부판 접합부는 이러한 한계상태에 의하여 파괴되지 않도록 충분한 강도, 강성, 연성 능력을 발휘하도록 설계되어야 한다^{[9],[10],[11]}.

단부판 접합부는 충분한 에너지소산능력을 발휘하기 위하여 보 항복 형태 혹은 단부판 항복 형태로 설계한다. 이 연구는 상대적으로 단부판의 두께가 얇은 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부를 대상으로 선택하여 접합부의 에너지소산능력이 단부판의 휨항복 후 소성변형에 의하여 발휘되도록 하였다. 이 연구에서는 Fig. 1(b)의 상부 확장단부판 접합부(TEEPC; Top Side Extended End-plate Connection)에 대한 3차원 비선형 유한요소해석을 수행한 후 에너지 소산능력을 평가하였다. 유한요소 해석에 사용된 프로그램은 ABAQUS Ver 6.14이다.

2. 3차원 비선형 유한요소해석

2.1 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부 유한요소해석

반복하중을 받는 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 에너지소산능력은 식 (1)을 적용하여 구한 최대 단부판의 두께보다 작은 단부판 두께를 선택하여 파악하였다. 즉, 비보강 확장단부판 접합부의 에너지소산능력이 보 부재의 휨항복 후 소성변형보다 단부판의 휨항복 후

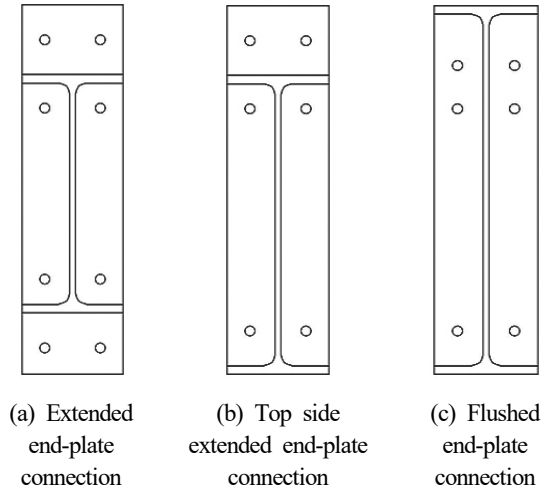


Fig. 1. Geometric shapes of unstiffened extended end-plate connections

소성변형에 의하여 발휘되도록 한 것이다. 식 (2)의 적용에 있어서 소요휨강도, M_u 는 보 부재의 공칭휨강도, $M_{p,beam}$ 의 0.8배에 해당하는 값이 최대 소요휨강도 값이 되도록 선택하였다. 상부 보 플랜지와 인장측 고장력볼트 사이의 간격인 $p_{f'i}$ 및 $p_{f'o}$ 는 각각 50mm 및 70mm로 선택하였다. 또한, 고장력볼트 게이지 거리, g 는 110mm, 단부판의 폭, b_p 는 200mm로 선택하였다. 고장력볼트는 F10T-M20을 선택하여 165kN의 축력이 발휘되도록 체결하였다. 접합부 해석모델의 기하학적 형상 및 변수는 Fig. 2과 Table 1에 정리하였다.

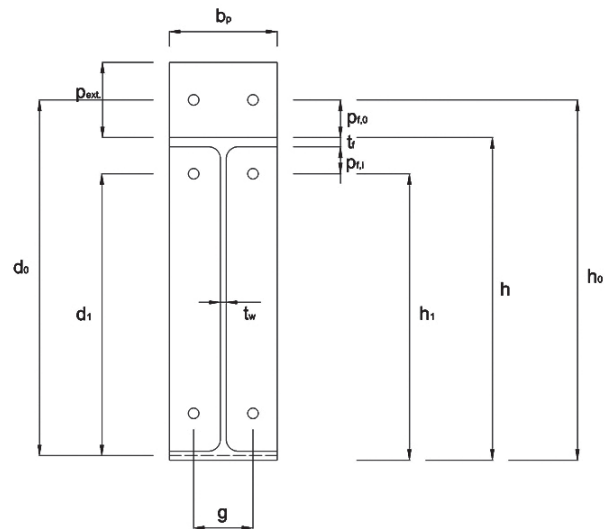
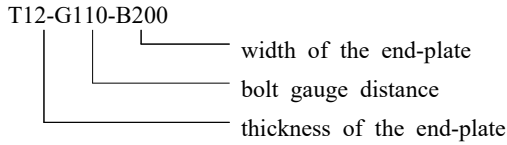


Fig. 2. Geometric shape of the top side extended end-plate connection

Table 1. Geometric variables of the unstiffend extended end-plate connection (Unit: mm)

Analytical model	t_p	b_p	g	d_0	d_1	t_w	t_f
T12-G110-B200	12	200	110	661.5	524.5	11	17
T14-G110-B200	14	200	110	661.5	524.5	11	17
T16-G110-B200	16	200	110	661.5	524.5	11	17



단부판 항복형 접합부에 대한 단부판 두께 산정:

$$t_{p,req'd} = \sqrt{\frac{\gamma_r M_u}{\phi_b F_{py} Y}}, \quad \phi_b = 0.9 \quad (1)$$

여기서,

$$M_u = 0.8 M_{p,beam} = 0.8 \times (F_y Z_x) \quad (2)$$

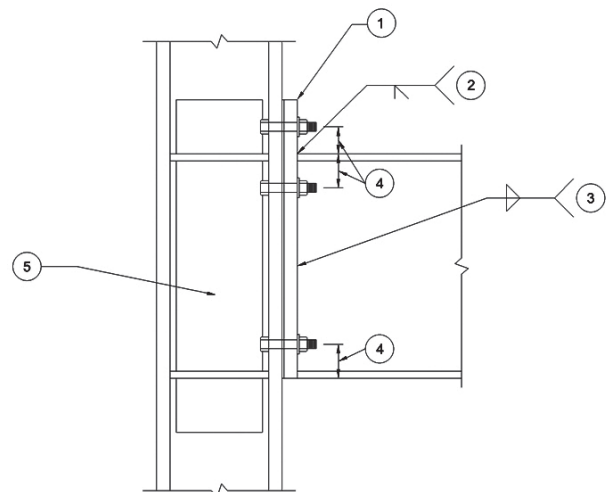
$$Y = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{p_{f,i}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{f,0}} \right) - \frac{1}{2} \right] + \frac{2}{g} [h_1(p_{f,i} + s)] \quad (3)$$

$$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g} \quad (4)$$

$$p_{f,i} = s, \quad \text{if } p_{f,i} > s \quad (5)$$

식 (1)의 적용에 있어서 γ_r 은 단부판 접합부의 회전각이 단순보 단부 회전각의 10%에 상응하도록 소요계수모멘트 값을 상향 조정할 때 적용하는 계수 값이다. 확장단부판 (extended end-plate) 접합부의 경우에 γ_r 값은 1.0이다.

비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate)의 설계휨강도는 식 (6), 식 (7), 식 (11)을 적용하여 산정하였다. 즉, 단부판의 휨항복 후 소성변형, 지레작용 영향을 고려한 인장측 고장력볼트의 인장파단, 지레작용 영향을 고려하지 않은 인장측 고장력볼트의 인장파단 등의 한계상태를 파악하였다^{[2],[3],[12]}. Fig. 3는 비보강 확장단부판(end-plate) 접합부의 한계상태에 따른 설계휨강도 검토 위치를 나타낸다. 비보강 확장단부판 접합부의 설계휨강도는 Fig. 4에 점선으로 나타난 것과 같이 소성힌지 항복선이 발생할 것으로 예측하여 산정한다. Table 2에 나타난 것과 같이 선택한 해



- ① : Flexural yielding of the end-plate
- ② : CJP weld ruptures
- ③ : PJP or Fillet weld ruptures
- ④ : Tension Rupture of HSB
- ⑤ : Flexural yielding of Panel Zones

Fig. 3. Limit states of the EEPC

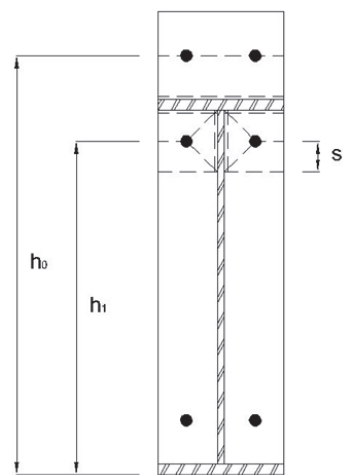


Fig. 4. Plastic hinge yield-lines of the UEEPC

Table 2. Design strengths of UEEPC

(Unit: kN·m)

Analytical model	Eg'n (6)	Eg'n (7)	Eg'n (11)	Design moment strength
T12-G110-B200	118.63	545.81	558.89	118.63
T14-G110-B200	161.47	541.08	558.89	161.47
T16-G110-B200	210.90	535.63	558.89	210.90

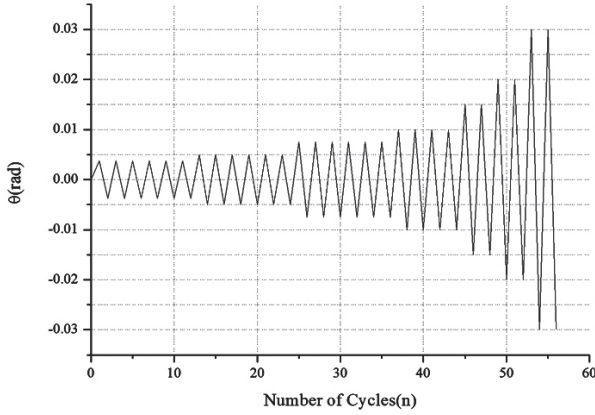


Fig. 5. Loading cycles of unstiffened extended end-plate connection.

Table 3. Material properties of steel

	F_y (MPa)	F_u (MPa)	ϵ_y	ϵ_u	E (MPa)	ν
SS400	235	400	0.001146	0.081146	205,000	0.3
SM490	325	490	0.001585	0.081585	205,000	0.3
Welding	357.5	539	0.001744	0.081744	205,000	0.3

Table 4. Material properties of F10T-M20

F_y (MPa)	F_u (MPa)	ϵ_y	ϵ_u	E (MPa)	ν
900	1,000	0.004390	0.014390	205,000	0.3

Table 5. ABAQUS options for finite element analysis

Contact surface	Command	Option		
Washer surface	Constraint	Tie		
Beam - Welding				
Welding - plate	Contact	Finite sliding	Allow separation after contact	Adjust only to remove over closure
Beam - Plate				
Plate - Column				
Plate - HSB		Small sliding		
Column - HSB				
Nuts - HSB				

석모델 접합부는 단부판의 휨항복 후 소성변형에 의하여 파단 되는 것으로 예측할 수 있다. 반복하중은 Fig. 5와 같이 작용하는 것으로 한다. 유한요소해석에 있어서 적용한 각 부재의 재료적 물성값은 Table 3과 Table 4에 정리하였다. 또한, 유한요소해석에 있어서 적용한 ABAQUS 옵션은 Table 5와 같다.

단부판의 휨항복 후 소성변형 한계상태:

$$\phi M_n = \phi_b M_{pl} = \phi_b F_y t_p^2 Y, \quad \phi_b = 0.90 \quad (6)$$

지레작용 효과를 포함한 인장축 고장력볼트의 인장파단 한계상태:

$$\phi M_n = \phi M_q = \max \begin{cases} \Phi [2(P_t - Q_{\max,0})d_0 + 2(P_t - Q_{\max,i})d_1] \\ \Phi [2(P_t - Q_{\max,0})d_0 + 2(T_b)(d_1)] \\ \Phi [2(P_t - Q_{\max,i})d_1 + 2(T_b)(d_0)] \\ \Phi [2(T_b)(d_0 + d_1)] \end{cases}, \quad \phi = 0.75 \quad (7)$$

여기서,

$$P_t = A_b F_t = \frac{\pi d_b^2}{4} F_t \quad (8)$$

$$Q_{\max,i} = Q_{\max,o} = Q_{\max} = \frac{w t_p^2}{4} F_{py} \left(\frac{\delta}{a} \right) \quad (9)$$

$$w' = \begin{cases} b_p/2 - (d_b + 2), & d_b < 24 \text{ mm} \\ b_p/2 - (d_b + 3), & d_b \geq 24 \text{ mm} \end{cases} \quad (10)$$

지레작용 효과를 포함하지 않은 인장축 고장력볼트의 인장파단 한계상태:

$$\phi M_n = \phi M_{np} = \phi [2P_t(d_0 + d_1)], \quad \phi = 0.75 \quad (11)$$

2.2 유한요소 해석결과

비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부 해석모델은 상부 단부판의 휨항복 후 소성변형에 의하여 파단 될 것으로 예측된다. 그러므로 이 연구에서는 응력집중 현상의 영향으로 인한 인장축 고장력볼트와 만나는

상부 단부판의 휨항복 후 소성변형과 고장력볼트의 인장파단을 증점적으로 파악하였다. 반복하중을 받는 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부 해석모델의 응력분포는 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8과 같다. T12-G110-B200, T14-G110-B200, T16-G110-B200 접합부 해석모델은 모두 상부 단부판(end-plate)과 고장력볼트가 만나는 부분의 응력집중 현상에 의하여 휨항복이 발생하였다. 또한, 상부 인장측에 체결된 고장력볼트도 응력집중 현상이 발생하여 고장력볼트의 공칭항복강도를 초과하였으므로 인장파단이 발생한 것으로 판단할 수 있다. Fig. 6, Fig. 7과 같이 예측한 각 접합부의 소성힌지항복은 단부판의 두께가 얇은

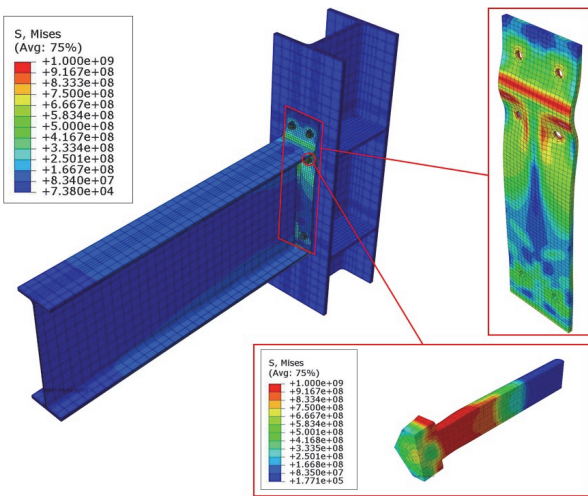


Fig. 6. Stress distribution and deformation aspect of the T12-G110-B200 connection model.

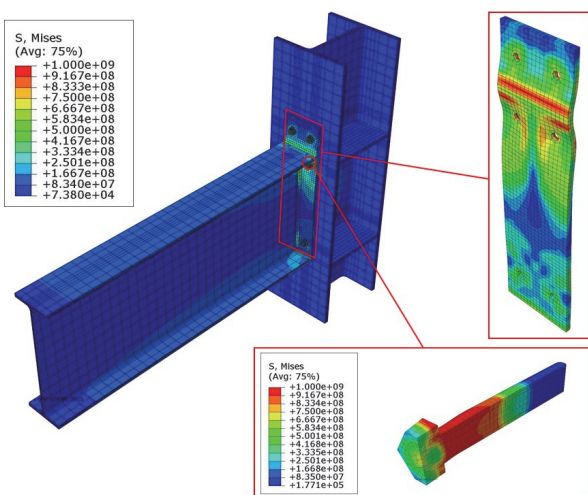


Fig. 7. Stress distribution and deformation aspect of the T14-G110-B200 connection model.

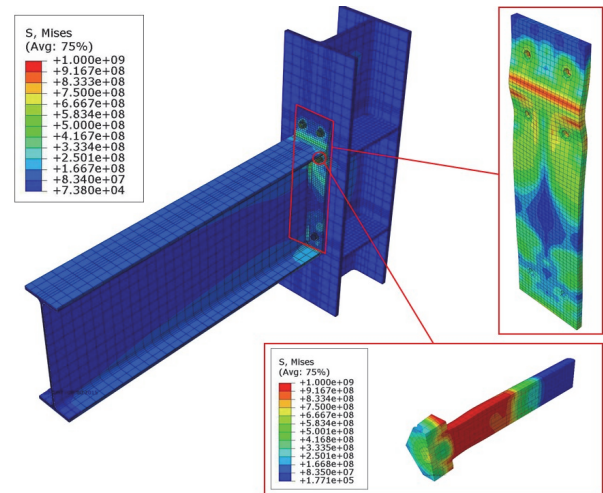


Fig. 8. Stress distribution and deformation aspect of the T16-G110-B200 connection model.

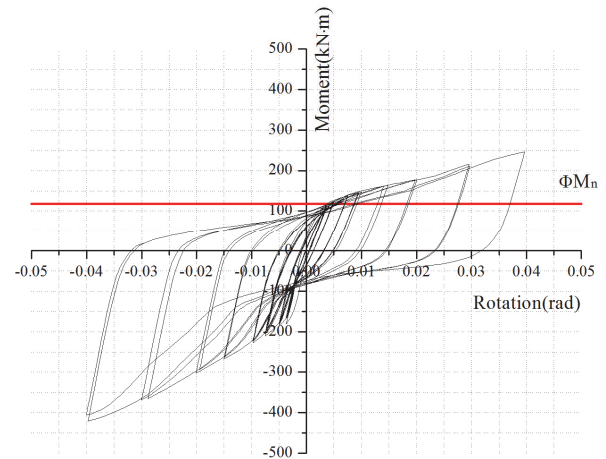


Fig. 9. Moment-rotation curve of the T12-G110-B200

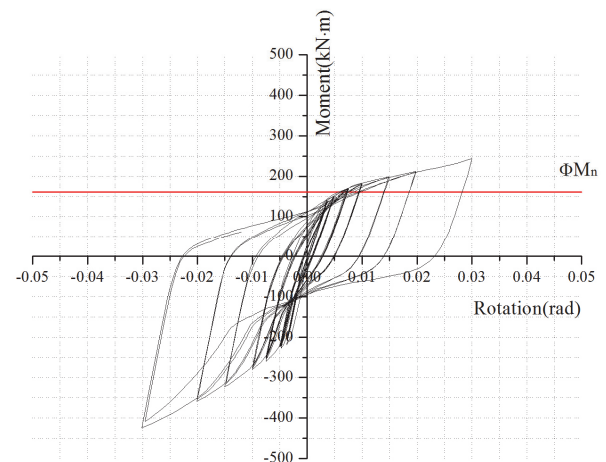


Fig. 10. Moment-rotation curve of the T14-G110-B200

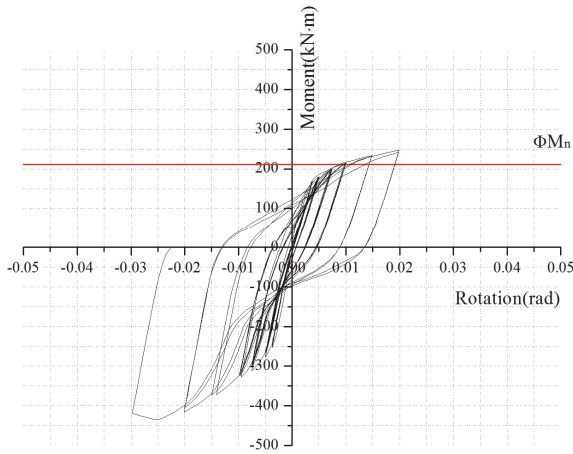


Fig. 11. Moment-Rotation curve of the T16-G110-B200

경우는 비교적 잘 일치하였으나 단부판의 두께가 증가할수록 상대적으로 불일치하였다. 따라서 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

반복하중 작용에 따른 각 비보강 단부판(unstiffened end-plate) 접합부 해석모델의 모멘트-회전각 관계 이력곡선은 Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11과 같다. 유한요소해석을 통하여 얻은 각 접합부 해석모델의 휨모멘트 저항능력은 설계휨강도를 초과하였고, 회전각도 각각 0.04 rad, 0.03 rad, 0.02 rad 이상 발생하였다. 따라서 각각의 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부는 적합한 휨강도 지지능력 및 회전각 변형능력을 가지는 접합부로 판단할 수 있다. 모멘트-회전각 관계 이력곡선의 내부면적으로 표시되는 에너지소산능력은 Table 6에 정리하였다. Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11 및 Table 6에 나타난 것과 같이 단부판

Table 6. Comparison of the energy dissipation capacities of each UEEPC (Unit: kN·m)

Cycle	T12-G110-B200	T14-G110-B200	T16-G110-B200
1~5	696	487	314
6~10	1,645	1,320	1,043
11~15	4,163	3,987	3,711
16~20	7,178	7,613	7,182
21~25	17,502	19,734	20,234
26	6,501	7,609	8,072
27	9,666	11,486	10,716
28	11,547	12,263	-
29	14,819	-	-
30	14,405	-	-
E_D total	88,122	64,498	51,272

(end-plate)의 두께가 증가할수록 접합부의 휨모멘트 지지능력은 증가하나 에너지소산능력은 E_D 값이 감소하므로 감소하는 것을 알 수 있다.

2.3 에너지소산능력 평가

비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 모멘트-회전각 관계 이력곡선의 내부면적에 해당하는 에너지소산능력은 식 (12)와 같은 등가점성감쇠계수(equivalent viscous damping factor)를 적용하여 무차원화 하였다. Table 7에 정리한 것과 같이 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 등가점성감쇠계수는 단부판의 두께가 증가할 때 감소하였다. 단부판의 두께 변화에 따른 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 에너지소산능력은 회귀분석을 통하여 식 (13)과 같이 정리할 수 있다.

$$\xi_{eq} = \frac{E_D}{4\pi \times E_{so}} \quad (12)$$

$$(\xi_{eq})_{endplate} = -0.1565t_p + 3.4321, \quad R^2 = 0.997 \quad (13)$$

3. 결론

이 연구는 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 거동특성과 에너지소산능력을 파악하기 위하여 3차원 비선형 유한요소 해석을 수행하였다. 이 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

Table 7. Comparison of the equivalent viscous damping coefficients of each UEEPC connection

Cycle	T12-G110-B200	T14-G110-B200	T16-G110-B200
1~5	0.182032	0.103112	0.056054
6~10	0.301650	0.200408	0.132018
11~15	0.495620	0.372109	0.284284
16~20	0.641341	0.545211	0.432560
21~25	0.758285	0.698747	0.610618
26	0.181425	0.170612	0.159111
27	0.145671	0.143083	0.137186
28	0.166019	0.161653	-
29	0.141119	-	-
30	0.141359	-	-
ξ_{eq} total	3.154523	2.394934	1.81183

- (1) 단부판(end-plate)의 두께가 얇은 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부는 단부판의 휨항복 후 소성변형에 의하여 파괴되었다. 또한, 단부판의 두께가 증가할수록 고장력볼트의 축부에 발생하는 응력도 증가하였다.
- (2) 단부판의 두께가 증가할수록 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 휨모멘트 지지능력은 증가하였으나 에너지소산능력은 감소하였다.
- (3) 단부판(end-plate)의 두께가 증가할수록 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 소성인장항복선 형태는 기존의 연구에서 예측한 소성인장항복선과는 차이가 있었다. 따라서 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.
- (4) 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 등가점성감쇠계수 값 예측식은 R^2 값이 0.997이므로 적절한 것으로 판단한다. 그러나 소성인장항복선 형태 변화의 영향을 고려한 추가적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2014학년도 동양미래대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어 졌으며 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌(References)

- [1] Kaehler, R.C., White, D.W., and Kim, Y.D. (2011) *Frame Design Using Web-Tapered Members (Steel Design Guide 25)*, American Institute of Steel Construction, USA.
- [2] Murray, T.M. (1990) *Extended End-Plate Moment Connections (Steel Design Guide 4)*, American Institute of Steel Construction, USA.
- [3] Murray, T.M., and Shoemaker, W.L. (2002) *Flush and Extended Multiple-Row Moment End-Plate Connections (Steel Design Guide 16)*, American Institute of Steel Construction, USA.
- [4] Srouji, R., Kukreti, A.R., and Murray, T.M. (1983) *Yield-Line Analysis of End-Plate Connections with Bolt Force Predictions*, Research Report No. FSEL/MBMA 83-05, Fears Structural Engineering Laboratory (University of Oklahoma), USA.
- [5] Kennedy, N.A., Vinnakota, S., and Sherbourne, A.N. (1981) *The Split-Tee Analogy in Bolted Splices and Beam-Column Connections, Proceedings of the International Conference on Joints in Structural Steelwork*, Teesside Polytechnic, UK, pp.2.138-2.157.
- [6] 이성희, 이세정, 양일승, 김진호, 최성모(2009) 엔드플레이트 항복형 보-기둥 접합부의 구조특성에 관한 실험적 연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제21권, 제6호, pp.585-596.
Lee, S.H., Lee, S.J., Yang, I.S., Kim, J.H., and Choi, S.M. (2009) An Experimental Study on Structural Characteristics of Beam-to-Column Connections with Plastic Deformation in the End-Plate, *Journal of Korean Society of Steel Constructions*, KSSC, Vol.21, No.6, pp.585-596 (in Korean).
- [7] 정경수, 김우식, 박만우, 도병호(2010) 밀착조임 볼트체결 방법에 따른 엔드플레이트 접합부의 구조성능평가, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제22권, 제2호, pp.121-128.
Chung, K.S., Kim, W.S., Park, M.W., and Do, B.H. (2010) Evaluation of Structural Behavior of Tapered Member with Snug-Tightened Flush End-plate Connection, *Journal of Korean Society of Steel Constructions*, KSSC, Vol. 22, No.2, pp.121-128 (in Korean).
- [8] 이은택(2012) P.E.B 시스템에서 시공상태에 따른 엔드플레이트 접합부의 구조성능평가, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제4호, pp.461-468.
Lee, E.T. (2012) Structural Performance Evaluation of End-Plate Connections According to Constructional Quality in P.E.B System, *Journal of Korean Society of Steel Constructions*, KSSC, Vol.24, No.4, pp.461-468 (in Korean).
- [9] 대한건축학회(2009) 건축구조기준 (KBC 2009) 및 해설, 제7장 강구조, 기문당.
Architectural Institute of Korea (2009) *Korean Building Code (KBC 2009) and Commentary*, Chapter 7: Steel Structure, Kimoon dang, Korea (in Korean).
- [10] American Institute of Steel Construction (2010) *Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10)*, USA.
- [11] Salmon, C.G., Johnson, J.E., and Malhas, F.A. (2008) *Steel Structures, Design and Behavior* (5th Ed.), Harper & Row, USA.
- [12] 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 (FEMA-350)*, Federal Emergency Man-

agement Agency, USA.

색 인(Symbols)

- | | |
|--|--|
| <p>A_b : 고장력볼트의 단면적</p> <p>E_D : 하중-변위 관계 곡선의 내부 면적에 해당하는 특정 사이클의 소산된 에너지</p> <p>E_{so} : 특정 사이클의 최대 변형에너지</p> <p>F_t : 고장력볼트의 공칭인장강도</p> <p>T_b : 고장력볼트의 도입장력</p> <p>a : 단부판(end-plate) 단부로부터 고장력볼트의 중심</p> | <p>축까지의 거리</p> <p>b_p : 단부판(end-plate)의 폭</p> <p>d_b : 고장력볼트의 축부 직경</p> <p>d_0 : 보 하부 플랜지 중심점에서 인장축 상부 고장력볼트 중심까지의 거리</p> <p>d_1 : 보 하부 플랜지 중심점에서 인장축 하부 고장력볼트 중심까지의 거리</p> <p>t_p : 단부판(end-plate)의 두께</p> <p>δ : 단부판(end-plate) 순단면적 대 총단면적의 비</p> <p>γ_r : 소요계수모멘트 보정계수(확장단부판(unstiffened extended end-plate)인 경우, $\gamma_r = 1.0$ 적용)</p> |
|--|--|

요 약 : 확장단부판(extended end-plate) 접합부는 보-기둥 모멘트 접합부의 한 형태로 접합부를 구성하는 단부판(end-plate)의 두께 및 길이, 고장력볼트의 개수 및 직경, 고장력볼트의 게이지 거리, 용접부의 치수 및 길이 등에 따라서 상이한 거동특성과 에너지소산능력을 발현한다. 이러한 확장단부판(extended end-plate)는 미국 및 유럽 등지에서는 다양한 기하학적 형상으로 기둥-보 접합부에 적용되고 있다. 그러나 현재 우리나라에서는 강구조 보-기둥 접합부에 적극적으로 적용되고 있지 못한 상황이다. 이렇게 적용성이 높지 않은 이유로는 기하학적 형상변화에 따른 설계강도식 제안, 에너지소산능력 평가 및 시공지침의 제공이 적절하게 이루어지지 못하고 있기 때문이다. 따라서 이 연구에서는 단부판(end-plate) 두께가 상대적으로 얇은 기하학적 형상을 갖는 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부의 에너지소산능력을 평가하여 에너지소산능력 예측모델을 제안하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 진행하였다. 이를 위하여 비보강 확장단부판(unstiffened extended end-plate) 접합부에 대한 3차원 비선형 유한요소해석을 단부판(end-plate)의 두께를 변수로 하여 수행하였다.

핵심용어 : 비보강 확장 단부판(unstiffened extended end-plate) 접합, 에너지소산능력, 보-기둥 모멘트접합, 비선형유한요소해석, 모멘트회전각곡선
