

半剛結接合に関するデータベースの更新

室蘭工業大学
University of Hawaii

正会員 ○小室 雅人
W. F. Chen

室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

我が国では、鋼骨組構造物の柱-はり接合部には溶接接合が使われている。一方、欧米諸国では、高力ボルトとアングル材やプレート材を併用する接合形式が広く採用されている。このような接合方法の場合には、溶接接合のような剛結接合とは異なり、はり材に曲げモーメント M が作用した場合、柱とはり材間に相対的な回転角 θ_r が生じ、かつそれらの関係が非線形となる特徴を有することが明らかになっている。一般にこのような特性を示す接合を半剛結接合と呼んでいる。

著者らは、既往の研究で上述の半剛結接合を対象に、その実験結果を収録した接合部データベースを構築してきた。本論文では、既往データベースに近年の実験結果を追加、更新を行ったので、その概要を報告する。

2. 接合部データベースの概要

接合部データベースは、1984年に Kishi と Chen によって構築され、その後定期的な更新が行われてきた。これまでに 1936 年から 1996 年までの計 399 データが収録されている。

表-1 には、接合部データベースに収録されている接合形式および今回の更新前後におけるデータ数を、また 図-1 には各接合形式の概形を一覧にして示している。図より、収録されている 7 種類の接合形式は、いずれも高力ボルト（またはリベット）とアングル材あるいはプレート材から構成されるものである。

データベースには、各実験データについて接合形式ごとに、(1) 実験者と実験 ID、(2) 部材および高力ボルトの種類、(3) アングル材あるいはプレート材の材料定数、(4) 接合部の形状寸法、および (5) 曲げモーメント-相対回転角 ($M-\theta_r$) 関係などが収録されている。

また、データベースを管理するプログラム (SCDB) には、実験データに関する形状寸法および材料定数などの情報をもとに、実験結果に対して最大 3 種類の接合部剛性評価モデル (Frye-Morris の多項式モデル、修正 exponential モデル、三要素パワーモデル) による解析値が自動的に提供される機能を有している。

表-2 には、新たに追加した実験データの内訳に関して、接合形式、実験者名および実験データ数を一覧にして示している。今回の更新では 1996 年以降に公表され

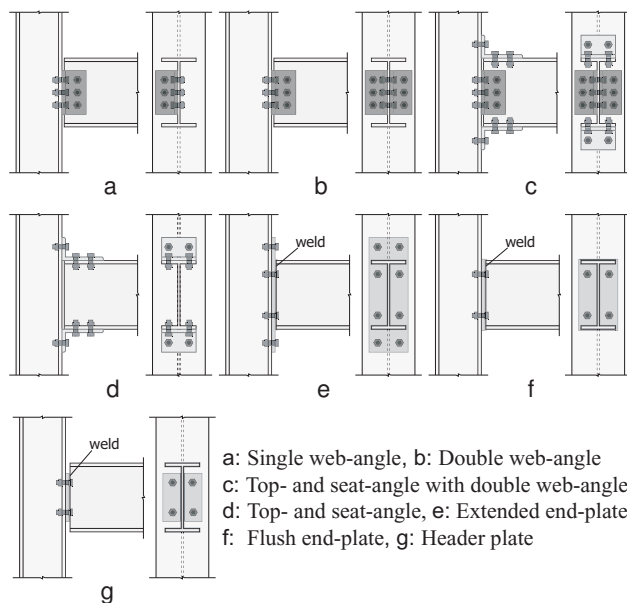


図-1 各接合形式の概形

表-1 収録接合形式と更新前後のデータ数

ID	接合形式	データ数	
		更新前	更新後
I	Single web-angle / Single plate (図-1 a 参照)	54	54 (0)
II	Double web-angle (図-1 b 参照)	72	75 (3)
III	Top- and seat-angle with double web-angle (図-1 c 参照)	22	33 (11)
IV	Top- and seat-angle (図-1 d 参照)	57	74 (17)
V	Extended end-plate (図-1 e 参照)	136	166 (30)
VI	Flush end-plate (図-1 f 参照)	32	58 (26)
VII	Header plate (図-1 g 参照)	26	26 (0)
計		399	486 (87)

た実験データを中心に 表-2 に示す 5 つの接合形式に対して計 87 データを追加した。

3. 実験データの一例

表-3 には、実験データの一例として IV-62 の場合を示している。表より、実験者名や実験年、使用部材やアングル材の寸法、接合部形状パラメータの他、モーメント-相対回転角関係が収録されていることが分かる。

また、図-2 には、表-3 に示した IV-62 および V-141 におけるモーメント-相対回転角関係をグラフ化して示している。図には、SCDB で提供される剛性評価モデルによる解析値も併せて示している。図より、(a) では

キーワード：半剛結接合、データベース、モーメント-相対回転角関係

連絡先：〒 050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5228 FAX 0143-46-5227

表-2 新たに追加した実験データの内訳

接合形式	実験者	データ数
Double web-angle	J.G. Yang & G.Y. Lee ¹⁾ (2007)	3
Top- and seat-angle with double web-angle	C.W. Roeder et al. ²⁾ (1996)	1
	A.S. Elnashai et al. ³⁾ (1998)	1
	Z. Fu et al. ⁴⁾ (1998)	4
	L. Calado et al. ⁵⁾ (2000)	3
	M. Komuro et al. ⁶⁾ (2002)	2
Top- and seat-angle	J.B. Mander et al. ⁷⁾ (1994)	4
	C. Bernuzzi et al. ⁸⁾ (1996)	1
	N. Kubo et al. ⁹⁾ (1996)	5
	M. Komuro et al. ⁶⁾ (2002)	1
	Y. Sato et al. ¹⁰⁾ (2007)	6
Extended end-plate	B. Bose et al. ¹¹⁾ (1996)	9
	L.R.O. Lima ¹²⁾ (2003)	7
	A.M. Girão Coelho ¹³⁾ (2004)	8
	A.M. Girão Coelho ¹⁴⁾ (2007)	3
	J.M. Cabrero & E. Bayo ¹⁵⁾ (2007)	2
	J.G. Yang & G.Y. Lee ¹⁾ (2007)	1
Flush end-plate	P. Zoetemeijer ¹⁶⁾ (1981)	7
	C. Bernuzzi et al. ⁸⁾ (1996)	1
	B. Bose et al. ¹¹⁾ (1996)	9
	N.D. Brown & D. Anderson ¹⁷⁾ (2001)	1
	A.W. Thomson & B.M. Broderick ¹⁸⁾ (2002)	3
	A.M. Girão Coelho ¹⁴⁾ (2007)	4
	J.G. Yang & G.Y. Lee ¹⁾ (2007)	1

3 種類, (b) では 2 種類の評価モデルによる結果が示されている。いずれの場合においても, 修正 exponential モデル (黒実線) は実験結果 (○印) を正確に再現可能であることが分かる。従って, 同モデルを用いることによって離散データである実験結果を連続データとして扱うことができることから, 骨組解析プログラムに同モデルを組み込むことによって, 実 $M-\theta_r$ 関係を忠実に反映させた骨組解析が可能となることが分かる。

4. まとめ

半剛結接合に関するデータベースに新たに 87 データを追加した。また, 各実験データに対する接合部剛性評価モデルの各パラメータを計算した。

今後は, 定期的なデータベースの更新によって, より多くの実験データの収録を行うとともに, これらの成果を世界各国の研究者などに提供できるようにインターネット上での公開に向けた検討を行う予定である。

参考文献

- Yang, J.G. and Lee, G.Y. (2007) Analytical models for the initial stiffness and ultimate moment of a double angle connection, *Eng. Struct.*, 29(4), 542-551.
- Roeder, C.W., Knechtel, B., Thomas, E., Vaneaton, A., Leon, R.T., and Preece, F.R. (1996) Seismic behavior of older steel structures, *J. Struct. Eng.*, 122(4), 365-373.
- Elnashai, A.S., Elghazouli, A.Y., and Denesh-Ashtiani, F.A. (1998) Response of semirigid steel frames to cyclic and earthquake loads, *J. Struct. Eng.*, 124(8), 857-867.
- Fu, Z., Ohi, K., Takanashi, K., and Lin, X. (1998) Seismic behavior of steel frames with semi-rigid connections and braces, *J. Constr. Steel Res.*, 46(1-3), 440-441.
- Calado, L., De Matteis, G., and Landolfo, R. (2000) Experimental response of top and seat angle semi-rigid steel frame connections, *Mater. Struct.*, 33(8), 499-510.
- Komuro, M., Kishi, N., and Matsuoka, K. (2002) Static loading tests for moment-rotation relation of top- and seat-angle connections, *J. Constructional Steel, JSSC*, 10, 57-64 (in Japanese)

表-3 収録データの一例 (IV-62 の場合)

IV - 62

Connection type : Top-and seat-angle connections

Mode : All bolted

Tested by : C. Bernuzzi et al. (1996)

Italy

Test Id. : TSC/M

Column : --
 Beam : IPE300
 Angle : L120x120x12

Fasteners: G8.8- M20
 Material : A36
 Fy = 45.40 ksi
 Fu = 66.57 ksi

Major parameters

lt = 7.0866"	tt = 0.4646"	ls = 7.0866"	ts = 0.4646"
gt = 2.3622"	gt' = 2.3622"	gs = 2.3622"	gs' = 2.3622"
qt = --	rt = 4.1339"	qs = --	rs = 4.1339"
nt = 2 X 1	nt' = 2 X 1	ns = 2 X 1	ns' = 2 X 1

Remark 1) Elastic and Plastic moments of beam are $M_{e,b} = 144$ kNm, $M_{p,b} = 172$ kNm.
 2)

No	Moment (k-in)	Rotation (radians) X 1/1000	No	Moment (k-in)	Rotation (radians) X 1/1000
1	0.00	0.00	26	455.07	34.13
2	123.40	1.00	27	477.45	36.14
3	187.93	1.52	28	497.74	38.14
4	216.87	2.01	29	494.68	40.15
5	235.48	3.01	30	511.72	42.16
6	242.66	4.02	31	527.41	44.17
7	241.67	5.02	32	548.07	46.17
8	247.71	6.02	33	550.44	48.18
9	261.92	7.03	34	552.04	50.19
10	298.71	8.03	35	566.49	52.20
11	317.86	9.03	36	568.47	54.21
12	330.12	10.04	37	586.98	56.21
13	350.55	11.04	38	585.53	58.22
14	368.06	12.05	39	604.42	60.23
15	375.10	13.05	40	605.13	62.24
16	376.44	14.05	41	613.93	64.24
17	381.03	16.06	42	629.74	66.25
18	385.43	18.07	43	637.30	68.26
19	392.19	20.08	44	634.23	70.27
20	400.70	22.08	45	644.67	72.27
21	405.31	24.09	46	666.13	74.28
22	406.86	26.10	47	666.01	76.29
23	408.26	28.11	48	673.40	78.30
24	426.35	30.11	49	674.34	79.30
25	451.37	32.12			

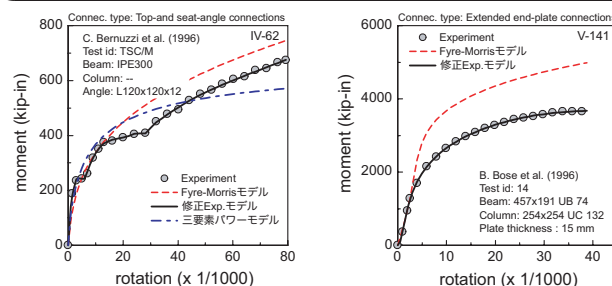


図-2 モーメント-相対回転角関係の一例

- Mander, J.B., Chen, S.S., and Pekcan, G. (1994) Low-cycle fatigue behavior of semi-rigid top-and-seat angle connections, *AISC Eng. J.*, 31(3), 111-122.
- Bernuzzi C., Zandonini R., Zanon P. (1996) Experimental analysis and modelling of semi-rigid steel joints under cyclic reversal loading, *J. Constr. Steel Res.*, 38(2), 95-123.
- Kubo, N., Yoshida, T., Hashimoto, K., and Tanuma, Y. (1999) Column influence on the moment-rotation behaviour of semirigid angle connections, *J. of Constructional Steel, JSSC*, 7, 427-434 (in Japanese)
- Sato, Y., Komuro, M., and Kishi, N. (2007) Experimental study on moment-rotation of top- and seat-angle connections, *J. Constructional Steel, JSSC*, 121-128 (in Japanese)
- Bose, B., Youngson, G.K., and Wang, Z.M. (1996) An appraisal of the design rules in Eurocode 3 for bolted end-plate joints by comparison with experimental results, *Proc. Inst. Civ. Eng. Struct. Build.*, 116(2), 221-234.
- Lima, L.R.O. de (2003) *Behaviour of structural steel endplate joints subjected to bending moment and axial force*, Ph. D. Thesis - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. (in Portuguese)
- Girão Coelho, A.M., Bijlaard, F.S.K., Simões da Silva, L. (2004) Experimental assessment of the ductility of extended end plate connections, *Eng. Struct.*, 26(9), 1185-1206.
- Girão Coelho, A.M. and Bijlaard, F.S.K. (2007) Experimental behaviour of high strength steel end-plate connections, *J. Constr. Steel Res.*, 63(9), 1228-1240.
- Cabrero, J.M. and Bayo, E. (2007) The semi-rigid behaviour of three-dimensional steel beam-to-column joints subjected to proportional loading. Part I. Experimental evaluation, *J. Constr. Steel Res.*, 63(9), 1241-1253.
- Zoetemeijer, P. (1981) Semi-rigid bolted beam-to-column connections with stiffened column flanges and flush-end plates, *In Joints in Structural Steelwork*, Pentech Press, 2.99-2.118.
- Brown, N.D. and Anderson, D. (2001) Structural properties of composite major axis end plate connections, *J. Constr. Steel Res.*, 57(3), 327-349.
- Thomson, A.W. and Broderick, B.M. (2002) Earthquake resistance of flush end-plate steel joints for moment frames, *Proc. Inst. Civ. Eng. Struct. Build.*, 152(2), 157-165.