

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	文献調査に基づく柱梁接合部の評価指標および載荷履歴の変遷
Title	
著者(和文)	中郡良, 佐藤利昭, 佐藤大樹, 北村春幸, 長江拓也
Authors	Ryo Chugun, Toshiaki Sato, daiki sato, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 740-741
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 740-741
発行日 / Pub. date	2014, 9
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: <a href="http://ci.nii.ac.jp/naid/110009851986">http://ci.nii.ac.jp/naid/110009851986</a>

## 文献調査に基づく柱梁接合部の評価指標および载荷履歴の変遷

鋼構造 柱梁接合部 累積塑性変形倍率 正会員○中郡 良<sup>\*1</sup> 同 佐藤 利昭<sup>\*2</sup> 同 佐藤 大樹<sup>\*3</sup>  
データベース 载荷履歴 同 北村 春幸<sup>\*2</sup> 同 長江 拓也<sup>\*4</sup>

## 1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震では、多数の鋼構造建物に被害が生じ、スカラップ底を起点とした梁下端フランジの破断が顕著に見られた<sup>1)</sup>。これを問題視し、その後、柱梁接合部の保有耐力に関する数多くの実験的検討が進められ、その成果は着実に蓄積されてきた。既往研究で得られた知見を今後も活用していく上では、蓄積された実験データを整理し直すことが必要不可欠である。筆者らは、過去に実施された柱梁接合部の载荷実験より、実験条件・実験結果が明記された文献を調査し、データベースを再構築した<sup>2)</sup>。その結果、柱梁接合部の評価指標および载荷条件は複数種存在し、偏りの大きな採用状況であることが明らかとなり、これは、地震被害などの変遷に起因しているものと思われる。

以上を背景に、本報では、作成したデータベースを基に、評価指標および载荷履歴の変遷を報告する。

## 2. 調査対象

本報では、柱梁接合部の塑性変形能力評価指標として梁端部の累積塑性変形倍率に着目する。調査対象は、鉄骨柱梁接合部の実験結果に累積塑性変形倍率の記載された文献 119 編、試験体数は 966 体である。本報では、部材の終局状態までの累積塑性変形倍率に着目し、終局後劣化域のエネルギー吸収能力は考慮しない。図 1 に、年代別の文献数と試験体数を示す。

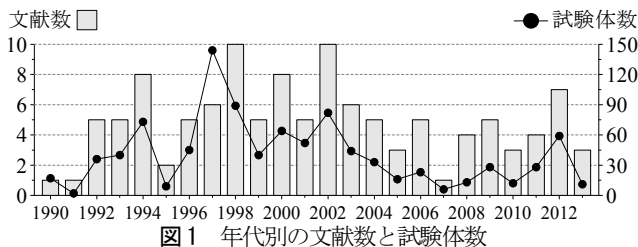


図 1 年代別の文献数と試験体数

図 1 より、1997年に文献数が著しく上昇していることがわかる。これは、1995年の兵庫県南部地震により、柱梁接合部の脆性破壊被害が顕著に見られたため、この被害を契機に、接合部に関する研究が盛んに行われたことが推察される。表 1 に、実験データベースの調査項目を示す。同表には、実験計画段階で決定される実験条件が示してある。表 1 より、試験体の仕様および载荷履歴の殆どが 9 割以上の記載がある一方で、溶接施工に関する記載は 6 割以下と少ない。これは、日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事<sup>3)</sup>」で、溶接施工に関する規定がされているためであると考えられる。実験条件の組合せは、柱・梁の寸法および記載状況の悪いダイアフラムの材種・溶接施工の項目を除いた場合でも、約 1400 万通りと膨大な組合せが存在する。

## 3. 実験に採用される評価指標および载荷履歴の変遷

累積塑性変形倍率は、履歴特性の評価方法に着目すると、主に、全履歴曲線評価と骨格曲線評価の 2 種類がある。図 2(a)に示すように、繰返し応力下の鋼部材の履歴曲線は、部材が初めて経験す

表 1 実験データベースの調査項目

		分類項目	記載状況(%)	
試験体仕様	柱	断面	3	100
		寸法	60	100
		材種	17	94
	梁	断面	2	100
		寸法	92	100
		材種	8	94
	接合形式		4	98
	ダイアフラム	種類	6	99
		材種	6	51
	スカラップ形状		5	90
エンドタブ種		2	78	
溶接施工	裏当金の組立溶接		2	12
	バスの積層方法		2	31
	バス間温度			44
	最大入熱量			55
	溶接ワイヤ		9	56
	溶接方法		4	46
载荷履歴	加力パターン		73	99

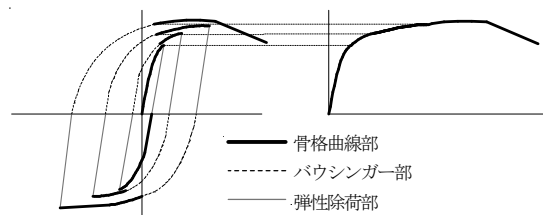


図 2 骨格曲線の生成

る荷重レベルの骨格曲線部、既に経験した荷重レベルのパウシंगाー部、除荷時の荷重レベルである弾性除荷部に分解でき<sup>3)</sup>、骨格曲線は、図 2(b)のように骨格曲線部を繋ぎ合わせたものである。式(1)、(2)に示すように、累積塑性変形倍率は算出方法によっても分類され、回転角(又は変形)に基づく算出方法(梁端部の累積塑性回転角 $\Sigma\theta_p$ を梁の全塑性モーメント $M_p$ に対応する弾性相対回転角 $\theta_p$ で除す)と履歴面積に基づく算出方法(梁端部の累積塑性歪エネルギー $\Sigma W_p$ を $M_p$ と $\theta_p$ で除す)がある。

$$\eta = \Sigma \theta_{pi} / \theta_p \quad (1)$$

$$\eta = \Sigma W_p / (M_p \cdot \theta_p) \quad (2)$$

载荷履歴は、変位制御の正負交番繰返し载荷と一方向に加力し続ける単調载荷に大別される。繰返し载荷は、さらに、変位振幅を徐々に増加させる漸増载荷、一定に保つ一定载荷、変動させる変動载荷、地震波を入力して振幅を与える振動台载荷に分類できる。表 2 に、各種载荷履歴の採用状況を示す。一定载荷後に変位振幅を変化させる载荷であっても、履歴中の多くを一定载荷履歴が占めている場合、一定载荷に分類した。表 2 より、採用される

載荷履歴の殆どは漸増載荷であり、次いで一定載荷となっている。

図 3 に、実験に採用される評価指標および載荷履歴の変遷を示す。図 3(a)に示す、累積塑性変形倍率の履歴特性の評価方法の変遷より、1995 年の兵庫県南部地震に着目すると、それ以降で、全履歴曲線の累積塑性変形倍率と骨格曲線の累積塑性変形倍率の両方を採用する割合が増加していることが分かる。これは、骨格曲線が、単調載荷下における部材の荷重-変形曲線と最大耐力に至るまでほぼ等価<sup>4)</sup>であることから、地震荷重のような不規則な外乱を受ける鋼部材の変形能力を評価する上で適切な指標とされているためであると考えられる。そのため、骨格曲線の累積塑性変形倍率のみを採用している場合も確認される。図 3(b)に示す、累積塑性変形倍率の算出方法の変遷においても、1995 年の兵庫県南部地震発生あたりまでは、履歴面積に基づく算出方法が主流であるが、1997 年以降では、回転角に基づく算出方法の割合が増加しつつある。次に、図 3(c)の載荷履歴の変遷に着目する。

図中に示す標準試験法とは、(独)建築研究所と(社)日本鉄鋼連盟が推奨する漸増載荷の一種である。表 2 より、漸増載荷の加力パターンは 35 通りと多いが、図 3(c)より、1994 年に標準試験法が提案されて以来、1995 年から 2007 年まで、漸増載荷に占める標準試験法の割合が大きい。その他、一定載荷の採用数が少ないことが分かる。これは、1995 年の兵庫県南部地震被害以降、接合部の脆性破壊に関する研究が盛んに行われたため、鋼部材の疲労破壊を決定づけるような一定載荷はあまり採用されなかったと考えられる。

図 3(d)に示す、研究開発プロジェクト「首都直下地震防災・減災プロジェクト」では、2008 年および 2009 年に長周期地震動に対する超高層建物の応答性上把握とした、E-ディフェンス震動台実験が実施された。図 3(c)より、2008 年以降、一定載荷が採用されつつあることが分かる。これは、長周期地震動に対する柱梁接合部の応答性状を確認するために、梁端部の多数の繰返し変形を想定した、小振幅の一定載荷実験が行われているためである。さらに、東北地方太平洋沖地震発生の翌年には、一定載荷の採用数が著しく上昇している。

4. まとめ

本報では、作成した鋼構造建物の柱梁接合部データベース<sup>1)</sup>を基に、接合部の評価指標と実験に用いられる載荷履歴の変遷を報告した。得られた知見を以下に示す。

- ・溶接施工に関する記載は 6 割以下と少なく、試験体仕様および載荷履歴に関しては、多くの項目で 9 割以上の記載であった。
- ・累積塑性変形倍率の履歴特性は、兵庫県南部地震までは、実験結果の全履歴曲線が主であったが、兵庫県南部地震以降では、全履歴曲線と骨格曲線の両方を用いる場合が増加した。
- ・累積塑性変形倍率の算出方法は、兵庫県南部地震あたりまでは、履歴面積による算出が主であったが、兵庫県南部地震以降では、回転角による算出が増加した。
- ・標準試験法が提案されてから 2007 年までは、一定載荷があまり採用されておらず、標準試験法の採用例が増加している。首都直下防災・減災プロジェクトが推進されて以来、一定載荷が採用されつつあり、2011 年の東北地方太平洋沖地震の翌年には、一定載荷の採用数が特に上昇した。

表 2 各種載荷履歴の採用状況

		加力パターン	文献数	試験体数
正負交番繰返し	漸増載荷	35	91	711
	一定載荷	29	24	182
	変動載荷	7	5	23
	振動台載荷	1	6	25
単調載荷		1	6	25

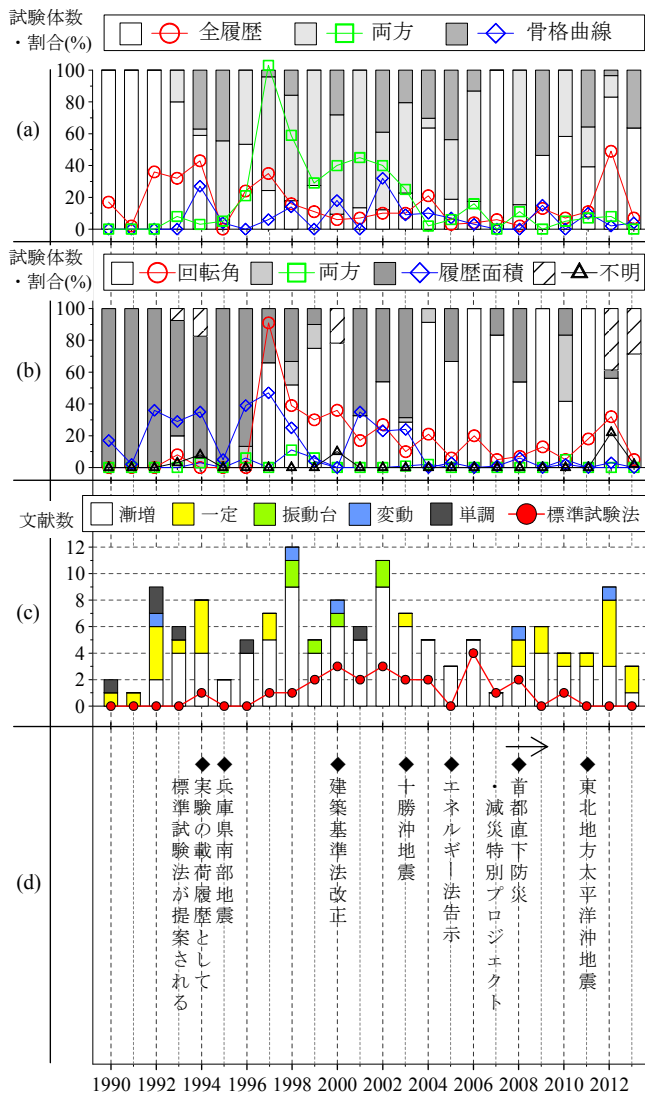


図 3 評価指標および載荷履歴の変遷

- ・実験に採用される載荷履歴および接合部の評価指標は、歴史的背景に起因し、年代ごとに採用状況が異なる。

謝辞

本研究成果は、防災科学技術研究所と東京理科大学の共同研究の一部です。検討を進めるにあたり、(株)日建設計 石井正人氏、吉江慶祐氏、オイレス工業(株) 宮崎充氏、佐々木和彦氏、岩崎雄一氏に貴重な助言を頂きました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会近畿支部鉄骨構造部会：1995 年兵庫県南部地震
- 2) 中郡良，加藤翼，佐藤利昭，佐藤大樹，北村春幸，長江拓也：文献調査に基づく柱梁接合部の累積塑性変形倍率の分析，関東支部研究報告集 その 1～2，2014.2
- 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事，1996
- 4) 加藤勉，秋山宏：鋼構造部材の耐力（その 4），日本建築学会論文報告集，pp.15-20，1968.9

\*1 東京工業大学大学院(元東京理科大学)  
 \*2 東京理科大学 \*3 東京工業大学  
 \*4 独立行政法人 防災科学技術研究所

\*1 Tokyo Institute of Technology  
 \*2 Tokyo University of Science \*3 Tokyo Institute of Technology  
 \*4 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention