

柱に STKR 材等を用いた既存不適格鋼構造建築物の地震応答と補強方法 (その9 設計資料に基づく中低層鋼構造建築物の構造特性に関する分析)

STKR 材 既存不適格建築物 柱梁耐力比
45 度方向入力 全塑性曲げ耐力 節点塑性モーメント

正会員 ○阿久津 英典^{*1} 同 中野 達也^{*2}
同 長谷川 隆^{*3} 同 髙橋 裕治^{*4}

1. はじめに

2007 年の建築基準法令の改正により, STKR 材を柱に用いた場合, 最上層の柱頭および最下層の柱脚を除く全ての節点について柱梁耐力比 1.5 以上を満足する規定が盛り込まれた¹⁾. 文献 2) では, 柱に STKR 材を用いた既存中低層鋼構造建築物を対象とし, 設計資料に基づいて, この規定に対する不適格レベルを整理・確認した²⁾ が, 節点を中柱とそれ以外の 2 種類に分類していた.

本報では, 図 1 に示すように, 節点をその立面形状と平面形状から, 中柱, 側柱 (十字形), 側柱 (ト字形), 隅柱の 4 種類に細分類し, 改めて STKR400 の柱と SS400 の梁から構成される柱梁接合部の構造特性を分析する.

2. 柱梁耐力比

柱梁耐力比 $c_b R_p$ は次式で算出した.

$$c_b R_p = \Sigma c M_p / \Sigma b M_p \quad (1)$$

$\Sigma c M_p$: 上下の柱の全塑性曲げ耐力の和

$\Sigma b M_p$: 左右の梁の全塑性曲げ耐力の和

$c M_p$ は柱のコーナー部を $R=2t$ として求め, 軸力の影響は無視した. $b M_p$ は H 形断面梁のフィレット部を無視した.

図 2 に柱梁耐力比 $c_b R_p$ の相対度数分布を示す. 相対度数の母数は全節点数であり, x 構面と y 構面があるため柱梁接合部数の 2 倍となる. 節点の立面形状が十字形接合部である中柱と側柱 (十字形), ト字形接合部である側柱 (ト字形) と隅柱は概ね同様の分布状況であり, 構面内の

部材間耐力比は節点の平面形状の影響は少ないと言える.

表 1 に柱梁耐力比の規定値との対応を示す. 数値は全節点数に対する比率である. 柱梁耐力比について, 中柱の 8 割以上が規定値 1.5 を満足しないことは前報でも報告した²⁾. 一方で, その中柱の比率は全節点のわずか 9% 程度足らずであり, 既存中低層鋼構造建築物のほとんどが側柱と隅柱で構成されていることがわかる. さらに, それらの 2~7 割程度の節点が規定値を満足していない.

3. 節点塑性モーメントによる塑性化部材の判定

各部材の節点塑性モーメント M_p ^{*3)} を比較することで節点毎に最初に塑性化する部材を求め, 大局的にその傾向を分析する. 節点塑性モーメントは, 構面内を想定した 0 度方向の値と, 斜め方向入力を想定した 45 度方向の値をそれぞれ算出した. 柱の反曲点位置は階高の中間, 梁の反曲点位置はスパン中央と仮定した. 柱とパネルは軸力の影響を無視しており, 45 度方向のパネルモーメントはアスペクト比の増加に伴う曲げの影響を無視している.

図 3 に全塑性曲げ耐力に対する節点塑性モーメントの比の相対度数分布を示す. 節点塑性モーメントはそれぞれの全塑性曲げ耐力に対して, 柱で 1.05~1.15 倍程度, 梁で 1.0~1.1 倍程度, パネルで 1.1~1.2 倍程度に増加していることがわかる.

図 4-a) にパネル耐力比 $p R_p$ と柱梁耐力比 $c_b R_p$ の関係を示す. $p R_p$ は次式で求めた.

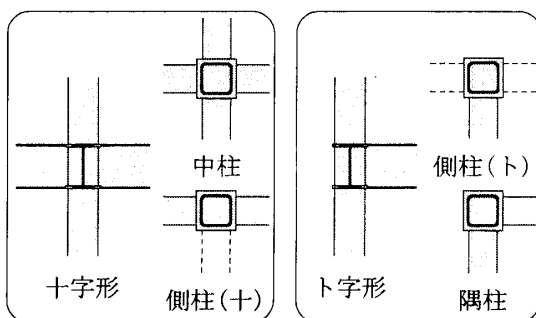


図1 節点形状による分類

表1 柱梁耐力比規定値との対応 (%)

	十字形		ト字形		計
	中柱	側柱	側柱	隅柱	
$c_b R_p \geq 1.5$	1.3	7.4	15.0	32.1	55.8
$c_b R_p < 1.5$	7.2	17.9	9.8	9.3	44.2
計	8.5	25.3	24.8	41.4	100

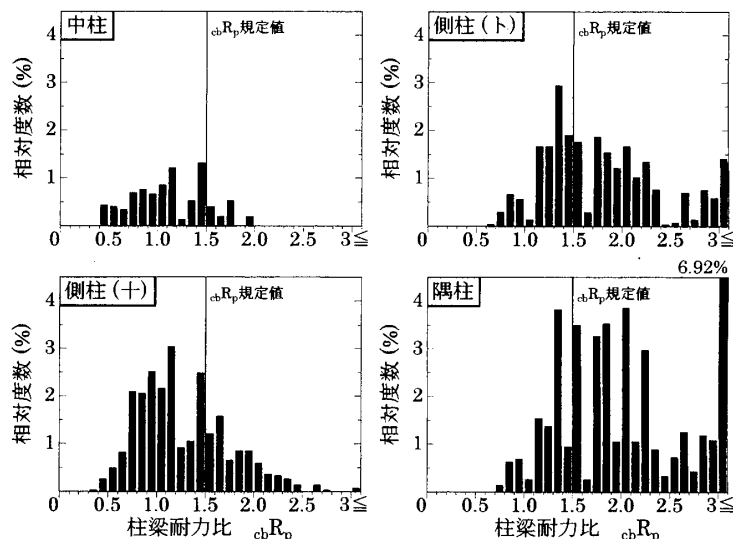


図2 柱梁耐力比 $c_b R_p$ の分布

Seismic response and reinforcement method of existing non-conformed steel buildings using STKR columns
(Part 9 Practical investigation on STKR columns and existing low and middle rise steel buildings)

AKUTSU Hidenori, NAKANO Tatsuya, HASWAGAWA Takashi, KOETAKA Yuji

$$pR_p = pM_p / \min(\sum cM_p, \sum bM_p) \quad (2)$$

pM_p : パネルの全塑性曲げ耐力

また、図 4-b) に 0 度方向の節点塑性モーメントに基づくパネル耐力比 pR_p^* と柱梁耐力比 cbR_p^* の関係を、図 4-c) に 45 度方向の節点塑性モーメントに基づくパネル耐力比 $45pR_p^*$ と柱梁耐力比 $45cbR_p^*$ の関係を示す。これらの図の特徴は、プロットの座標で塑性化する部材を判別することができることである。すなわち、 $pR_p^* < 1$ の領域ではパネルが、 $pR_p^* \geq 1$ かつ $cbR_p^* < 1$ の領域では柱が、 $pR_p^* \geq 1$ かつ $cbR_p^* \geq 1$ の領域では梁が、それぞれ最初に塑性化することを表しており、45 度方向の場合も同様である。また、横軸が 1 より小さい領域の縦軸はパネル柱耐力比、横軸が 1 より大きい領域の縦軸はパネル梁耐力比を示しており、そのため横軸が 1 より小さい範囲では右下がり、1 以上の範囲では右上がりの傾向が確認できる。なお、図中のプロットは、図 4-a) の全塑性曲げ耐力による柱梁耐力比 cbR_p が規定値 1.5 を満足しているかどうかの判定で色分けしている。

表 2 に最初に塑性化する部材の比率を示す。それぞれ 0 度方向と 45 度方向の結果である。図 4 と表 2 から、0 度方向の場合、 cbR_p^* が 1 以下でも、そのほとんどの節点でパネルが塑性化し、柱が塑性化する節点は 1% に満たないことがわかる。一方で、45 度方向の場合、梁が塑性化する節点が 15% 程度減り、その代わりに柱が塑性化する節

点が 15% 程度に増加している。その 2/3 が側柱であるが、3 本の梁が全て同時に塑性化した場合、柱への入力方向が 45 度方向になるとは限らないため、実際にはもう少し柱が塑性化する比率が減少してパネルが塑性化する比率が増加すると考えられる。

柱梁耐力比の規定値 1.5 との対応は、0 度方向の場合、規定値を満足している節点に柱が最初に塑性化するものは見られなかった。45 度方向の場合、中柱では規定値を満足している節点に柱が最初に塑性化するものは見られなかったが、側柱と隅柱では、規定値を満足している節点でも柱が最初に塑性化するものが多く存在した。

4. まとめ

設計資料に基づいて柱に STKR 材を用いた既存中低層鋼構造建築物における柱梁接合部の構造特性を分析した。

【謝辞】本報告（その 9～その 14）は、国土交通省平成 22 年度建築基準整備促進補助金事業の「5. 鉄骨造建築物の基準の整備に資する検討」における研究の一環として、（独）建築研究所との共同研究により実施したものです。

【参考文献】1) 日本建築センター：建築物の構造関係技術基準解説書、2007、2) 園田正雄、長谷川隆、中野達也、阿久津英典：柱に STKR 材等を用いた既存不適格鋼構造建築物の地震応答と補強方法（その 1）、日本建築学会大会（北陸）、学術講演梗概集、C-1 構造Ⅲ、pp.1193-1194、2010.9、3) 桑原進、井上一朗：パネルを考慮した長方形ラーメンの保有水平耐力、構造工学論文集、vol.42B、pp.441-449、1996.3

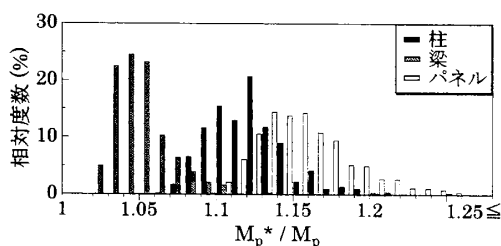


図 3 全塑性曲げ耐力に対する節点塑性モーメントの比の分布

表 2 最初に塑性化する部材の比率 (%)
a) 0 度方向

塑性化部材	十字形		ト字形		計
	中柱	側柱	隅柱		
柱	0.3	0.1	0.3	0.0	0.7
梁	1.2	5.4	20.1	36.3	62.9
パネル	7.1	19.4	4.6	5.3	36.4
計	8.5	25.3	24.8	41.4	100

b) 45 度方向

塑性化部材	十字形		ト字形		計
	中柱	側柱	隅柱		
柱	2.5	9.8	2.2		14.5
梁	0.0	13.2	33.8		47.0
パネル	6.1	26.8	5.6		38.5
計	8.5	49.8	41.4		100

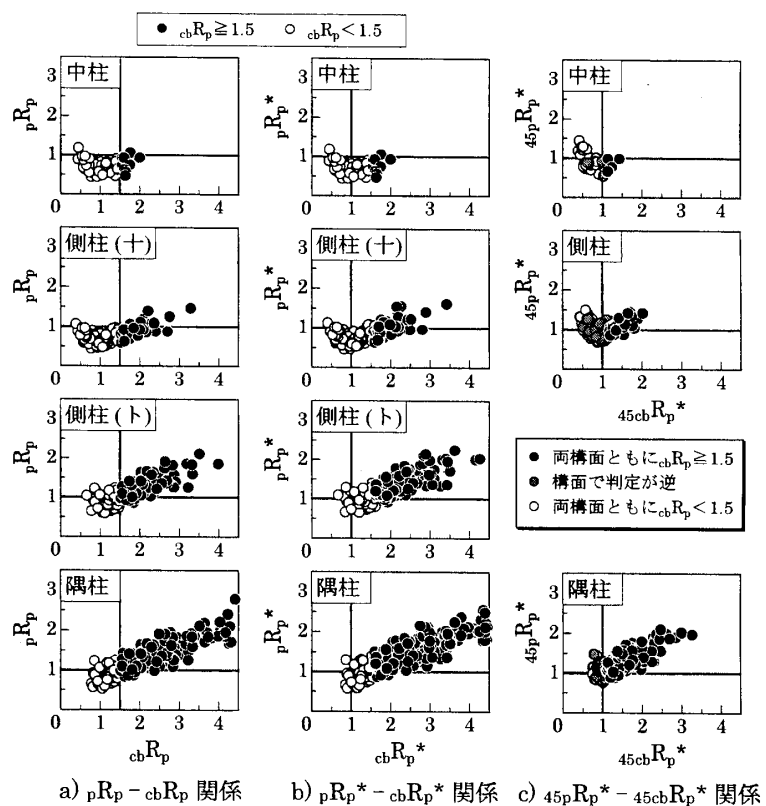


図 4 部材間耐力比の分布

*1 JFE シビル（元宇都宮大学大学院生）、*2 宇都宮大学
*3（独）建築研究所、*4 京都大学

*1 JFE Civil Corporation、*2 Utsunomiya University、
*3 Building Research Institute、*4 Kyoto University