

複合型露出柱脚の実大実験に関する報告 Report on Full scale Experiment of Composite Exposed-type Column Bases

○寺内将貴¹, 柳田佳伸¹, 新井佑一郎¹, 石鍋雄一郎²

*Masaki Terauchi¹, Yoshinobu Yanagita¹, Yuichiro arai¹, Yuichiro Ishinabe²

Abstract: The composite exposed-type column bases can improve performance for earthquake resistant by addition of energy absorption of base plate hinge to that of yielding of anchor bolt. The composite exposed-type column bases are featured by combination of two types of anchor bolts and base plates. In this paper, the mechanical performance of composite exposed-type column bases was verified of mechanical performance through full-scale experiment.

1. はじめに

複合型露出柱脚は、2種のアンカーボルトとベースプレートから構成され、アンカーボルト降伏型にベースプレート降伏型の要素を付加することで繰り返し荷重におけるエネルギー吸収能力を高めた柱脚である。

複合型露出柱脚の構成と変形概念図を図1に示す。外側に配置された薄いベースプレートが、繰り返し荷重に対して安定的に塑性変形することが求められ、変形に必要な反力も基礎コンクリート部分を受ける。よって、複合型露出柱脚は一般的なアンカーボルト降伏型柱脚と比較して、基礎コンクリート部分により高い安定性が求められる。

本論では、実大建物を想定した鉄骨柱、柱脚、鉄筋コンクリート造基礎梁を模擬した試験体を2体製作し、既往の実験¹⁾で確認された柱脚の耐力・剛性式の適用可能性と、繰り返し加力時の基礎コンクリートの健全性を確認し、複合型露出柱脚を実用化する上での知見を得ることを目的としている。

2. 実験概要

試験体は、中低層鉄骨建物の柱下端・柱脚・基礎梁を想定したモデルとした。試験体諸元を表1示す。基礎コンクリートは、建物の側柱を想定し、伏図方向の形状をT形とした。荷重プログラムを表2に示す。柱部材角 $\theta = 1/33\text{rad}$ まで加力を行った後、内アンカーボルトのナット締直し作業を行い、再度加力を行った。

3. 実験結果

実験により得られた、脚部モーメント M - 柱部材角 θ 関係を図2、3に示す。予測降伏耐力は既報²⁾に示される算出方法による。算出式を式(1)に示す。ま

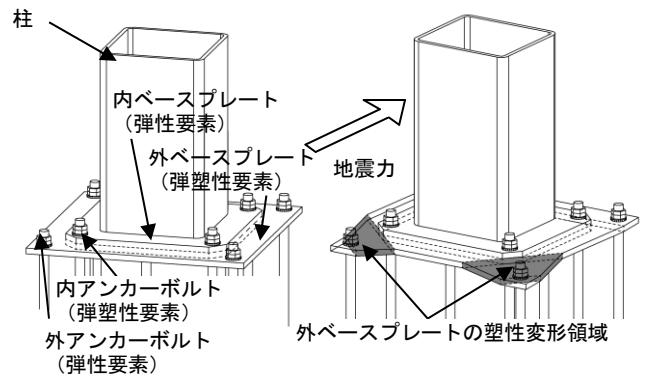


Figure 1 Component and Deformation area of composite exposed-type column bases

Table 2 Loading Cycle

サイクル数	No.1 軸力なし試験体	No.2 軸力あり試験体
1回	弾性範囲確認	水平荷重 240kN
	短期許容耐力	水平荷重 480kN
2回	柱部材角 $\theta = 1/100\text{rad}$	軸力導入=2640kN 柱部材角 $\theta = 1/133\text{rad}$
		軸力導入=2640kN 柱部材角 $\theta = 1/100\text{rad}$
		柱部材角 $\theta = 1/67\text{rad}$
		柱部材角 $\theta = 1/50\text{rad}$
		柱部材角 $\theta = 1/40\text{rad}$
3回	$\theta = 1/33\text{rad}$	$\theta = 1/33\text{rad}$
アンカーボルトの締直し補修		
2回	$\theta = 1/33\text{rad}$	$\theta = 1/33\text{rad}$
1回	$\theta = 1/25\text{rad}$	$\theta = 1/25\text{rad}$

$$M_y = \frac{\sigma_y b B t^2}{d c_{am}} + M_{ay} + M_n =_f M_{by} + M_{ay} + M_n \cdot \dots (1)$$

M_y : 複合型露出柱脚の降伏耐力
 M_{by} : 外ベースプレート降伏による耐力
 M_{ay} : 内アンカーボルト降伏による耐力
 M_n : 軸力による付加曲げモーメント
 σ_y : 外ベースプレート降伏点
 b : 外ベースプレート塑性化板要素 (長辺)
 d : 外ベースプレート塑性化板要素 (短辺)
 B : 外ベースプレート幅
 t : 外ベースプレート板厚
 c_{am} : 実験定数 (=2.3)

Table 1 Components of the specimen

試験体名	柱断面(mm)	柱型断面(mm)	コンクリート強度	BPL-内側(mm)	BPL-外側(mm)	A.bolt-内側	A.bolt-外側
No.1	□-550×550	1250×1250	Fc=24N/mm ²	PL60-850×850	PL32-1150×1150	M42-ABR490	D38-SD490
No.2	t=22 h=1188	l=1000		TMCP325B	SN400B	l=931mm	l=903mm

※BPL=ベースプレート A.bolt=アンカーボルト

1 : 青木あすなろ建設株式会社 2 : 日大理工・教員・建築

た、図中には柱脚の回転剛性の予測値も示した。柱脚の回転剛性予測式は既往のベースプレート降伏型柱脚の研究¹⁾をもとに、式(2)のように設定した。

$${}_{ab}K_y = \alpha_N \left(\frac{E \cdot b \cdot B^2 \cdot t}{d \cdot c_k} + {}_aK_{yi} \right) = \alpha_N ({}_bK_{by} + {}_aK_{yi}) \cdots (2)$$

- ${}_{ab}K_y$: 複合型露出柱脚の回転剛性
- α_N : 軸力効果の係数
- b : 外ベースプレート塑性化板要素 (長辺)
- d : 外ベースプレート塑性化板要素 (短辺)
- B : 外ベースプレート幅
- t : 外ベースプレート板厚
- c_k : 剛性に関する実験定数 (=345)
- ${}_bK_{by}$: 外ベースプレート要素の回転剛性
- ${}_aK_{yi}$: 内アンカーボルト要素の回転剛性

図2, 3より、一般的なアンカーボルト降伏型露出柱脚では、スリップ現象により応力を負担しなくなる領域³⁾でも、ベースプレートが荷重を負担し、履歴面積の累積が増大することが確認された。ベースプレートの耐荷力は安定しており、繰り返し載荷時でもほとんど低下が見られず、安定してエネルギー吸収が可能であることが示された。また、最終サイクルまで基礎コンクリートに割裂などの大きな外傷は発生しておらず健全性を確認することができた。

4. 試験体の耐力・剛性の評価

実験により得られた脚部モーメント - 部材角関係および脚部モーメント - 脚部回転角関係を用いて、複合型露出柱脚の曲げ耐力・回転剛性の実験値を求め、式(1), (2)で算出した予測値と比較した。部材の耐力は、軸力とせん断力の組み合わせにより変化するため、No.2 試験体では 2640kN の定軸力が作用した場合の値を予測値としている。

実験値と予測値の比較表を表3に示す。比較から、回転剛性は軸力なしの場合、実験値/予測値の比が 1.18 ~ 1.35 となった。軸力ありの場合でも比率は 1.13 ~ 1.17 であり、十分な精度で安全側の評価を行うことができることが分かった。降伏曲げ耐力の実験値/予測値の比は 1.06 ~ 1.17 の範囲に納まり、軸力の有無による傾向の違いも見られなかった。なお、No.2 試験体は無軸力で行った予備加力では柱脚を降伏させなかったため、曲げ耐力の実験値を求めている。

以上より、降伏曲げ耐力の評価でも、予測値は十分な精度かつ安全側の評価を行うことが可能であることが示された。

5. まとめ

本論では、ベースプレート降伏の効果を付加し、エネルギー吸収能力を改善した複合型露出柱脚について、基礎コンクリートを含む実大試験体を製作し加力実験を行った。得られた知見を以下に示す。

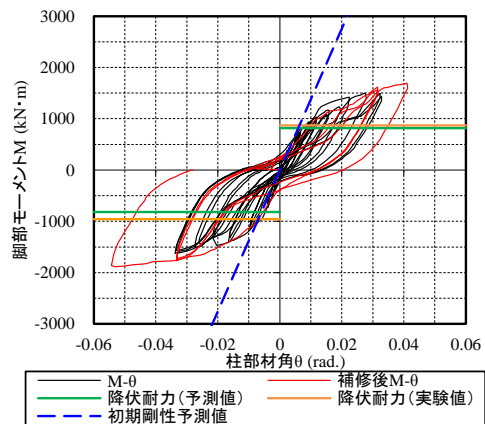


Figure 2 M-θgraph(No.1)

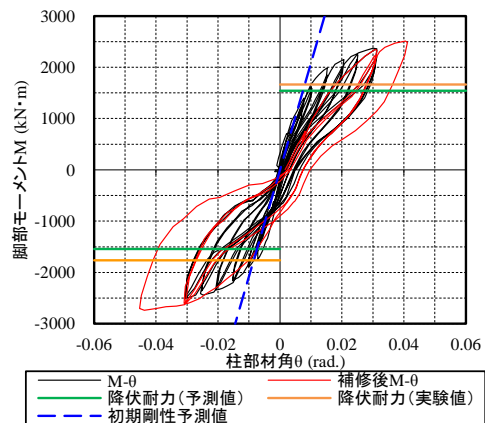


Figure 3 M-θgraph(No.2)

Table 3 List of Result

試験体	加力方向	軸力 (kN)	回転剛性 (×10 ⁵ ・kN・m/rad)		降伏荷重 (kN・m)		実験値 予測値
			予測値	実験値	予測値	実験値	
No.1	軸力なし	0	1.80	2.43	1.35	816.3	1.06
				2.12	1.18		1.17
No.2	軸力あり	0	1.80	2.24	1.24	1542	1666
				2.20	1.22		
	軸力なし	2640	3.40	3.97	1.17		
				3.83	1.13		

- 1) 加力実験により得られた脚部モーメント - 柱部材角関係から、既報の実験結果と同様にベースプレート降伏の効果によるスリップ現象の緩和が見られた。
- 2) 既往の実験³⁾をもとに設定した複合型露出柱脚の降伏曲げ耐力・回転剛性の設計式と、実験値を比較した結果、十分な精度かつ安全側の予測が可能であることが確認された。

[参考文献]

- 1) 柳田, 半貫, 秋山 : 露出型鉄骨柱脚の履歴特性に関する実験的研究, 日本建築学会構造工学論文集 vol.51B, pp.303-310, 2005.3
- 2) 新井, 柳田, 寺内, 石鍋 : 2種類の降伏機構を有する露出型柱脚の強度特性に関する研究, 日本鋼構造協会, 鋼構造年次論文集, 第24巻, 2016.11, pp.217-224
- 3) 秋山宏 : 露出柱脚の耐震設計, 技法堂出版, 1985.3, pp.73-82