

## 複合型露出柱脚のベースプレート降伏要素の強度上昇に関する実験的研究 An Experimental on Strength Increase of Base Plate Yield Elements in Composite Exposed-type Column Bases

○寺内将貴<sup>1</sup>, 柳田佳伸<sup>1</sup>, 新井佑一郎<sup>1</sup>, 石鍋雄一郎<sup>2</sup>

\*Masaki Terauchi<sup>1</sup>, Yoshinobu Yanagita<sup>1</sup>, Yuichiro Arai<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>

Abstract: The composite exposed-type column bases combine characteristics of anchor bolt yield type and base plate yield type to improve seismic performance. In this paper, the target is to clarify the yield mechanism and strength increase of the base plate of a composite exposed column base. The specimens were made by imitation the vicinity of the base plate yielding element and subjected to a loading test. As a result, and the knowledge about the strength increase after the yield could be obtained.

### 1. はじめに

複合型露出柱脚<sup>[1]</sup>は、鉄骨造建物を対象とした露出型柱脚である。特長として、アンカーボルト（以下、A. Bolt）降伏要素とベースプレート（以下、BPL）降伏要素を組み合わせた降伏機構を有する。しかし、BPLの降伏要素を取り入れた柱脚の設計は、回転剛性の確保が難しいことと、変形状が複雑なため耐力等の評価が難しいこと<sup>[2]</sup>から実施例は少ない。

そこで、複合型露出柱脚は、柱脚の構成および形状に工夫を加えることで、BPL の一部分を意図して降伏させる。Fig. 1に複合型露出柱脚の構成図を示す。BPLは塑性化させない内側のBPL（以下、内BPL）と、一部の領域が塑性化する額縁上に内BPLの部分がくり抜かれた外側のBPL（以下、外BPL）から構成される。これらを突合せ溶接により一体化し、凸型のBPLとする。これにより、A. Bolt 降伏要素と BPL 降伏要素がほぼ同時に降伏するように設計することが可能となっている。

また、Fig. 1 に示す弾塑性板を、単純化のため長方形板要素に置換し、Fig. 2 のように柱底を含む内 BPL を剛体が平行移動すると仮定することで、弾塑性板の耐荷機構を単純な梁モデルとして扱う<sup>[3]</sup>。

本報では、外 BPL の弾塑性挙動を詳細に確認するため、既往研究<sup>[4]</sup>を参考に、弾塑性板近傍の模擬試験体を製作し、履歴形状および最大荷重について、試験体の BPL 降伏要素の再現度および BPL 降伏後の強度上昇に関して検証を行う。

### 2. 実験概要

試験体諸元を Table. 1 に、試験体形状を Fig. 3 に示す。試験体は、文献<sup>[1]</sup>の試験体の弾塑性板近傍を再現し、試験体Bおよび試験体Cは、想定降伏線が明確化するよう外 A. Bolt 孔部分に 24mm の板を重ねている。試験体Bの弾塑性板の形状では、最大荷重到達までに A. Bolt が降伏することが考えられるため、試験体Cで

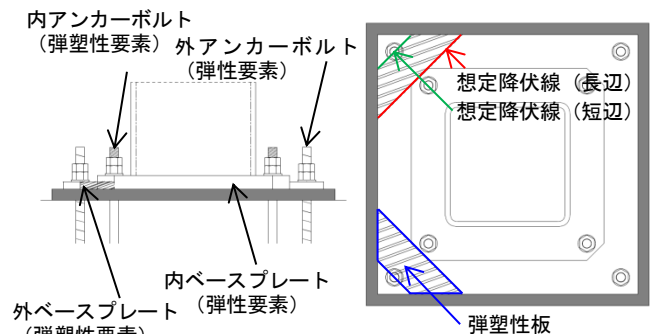


Fig. 1 Conceptual Diagram of Composite Exposed-type Column Bases

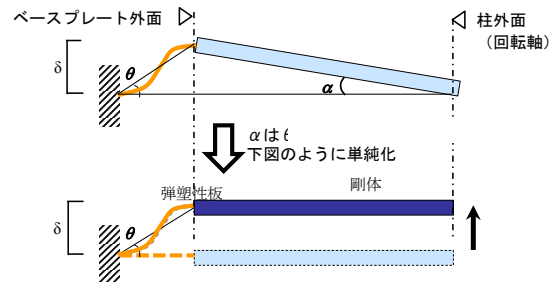


Fig. 2 Load bearing mechanism of elastic-plastic plate [3]

Table 1 List of Test Specimen

試験体名	外 BPL (弾塑性板)	A. Bolt
試験体 A	t=16mm SS400	D29-SD345
試験体 B		D32-SBPD1080/1230 (PC 鋼棒)
試験体 C		

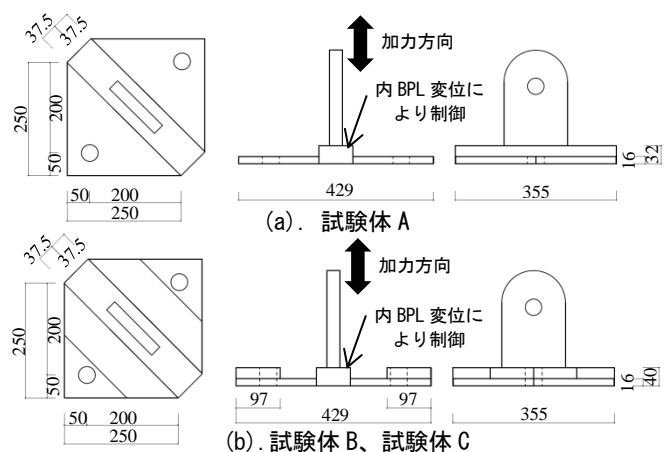


Fig. 3 Shape of Test Specimen

は A. Bolt に D32-SBPD1080/1230 (PC 鋼棒) を用いた。

載荷プログラムを Table. 2 に示す。加力は 500kN 疲労試験機を用いて行い、内 BPL を模擬した中央の板厚が 40mm の部分を所定の変位まで載荷する (Fig. 3)。変位量は筆者らの既往研究<sup>[1]</sup>を参考に柱部材角  $R=1/200\text{rad}$  相当から  $R=1/25\text{rad}$  相当に対応する値とした。

試験体の降伏耐力  $P_y$  の算出方法を (1) 式～(3) 式に示す。また、各パラメータを Fig. 4 に示す。

$$P_y = 2 \times (M_{p1} + M_{p2}) / L \quad (1)$$

$$M_{p1} = Z_{p1} \times \sigma_y = l_{e1} \times t^2 / 4 \times \sigma_y \quad (2)$$

$$M_{p2} = Z_{p2} \times \sigma_y = l_{e2} \times t^2 / 4 \times \sigma_y \quad (3)$$

$P_y$  : 模擬試験体降伏耐力  
 $L$  : 想定降伏線 (短辺) - 想定降伏線 (長辺) 間距離  
 $M_{p1}$  : 想定降伏線 (短辺) の外 BPL 全塑性モーメント  
 $M_{p2}$  : 想定降伏線 (長辺) の外 BPL 全塑性モーメント  
 $Z_{p1}$  : 想定降伏線 (短辺) の塑性断面係数  
 $Z_{p2}$  : 想定降伏線 (長辺) の塑性断面係数  
 $\sigma_y$  : 外 BPL 降伏応力  
 $l_{e1}$  : 想定降伏線 (短辺)  
 $l_{e2}$  : 想定降伏線 (長辺)  
 $t$  : 外 BPL 板厚

### 3. 実験結果

試験体 C の加力状況を Fig. 5 に、鉛直荷重 - 鉛直変位関係を Fig. 6 に示す。また、(1) 式より算出した試験体の降伏耐力を Fig. 6 中に示す。

Fig. 6 をみると文献<sup>[3]</sup>に示されるような BPL 降伏型特有の最大点指向型の履歴となっていることから、試験体が BPL 降伏要素を模擬できていると考えられる。しかし、試験体 B は、最大荷重が降伏耐力をわずかに上回る程度であり、A. Bolt が早期 (柱部材角  $R=1/67\text{rad}$  相当) に降伏したことが要因だと考えられる。

複合型露出柱脚の設計では、Fig. 2 に示す耐荷機構を形成するために、外 A. Bolt は終局まで降伏させないよう設定する。Fig. 6 より、BPL 降伏要素は降伏後も緩やかに強度が上昇するため、外 A. Bolt の設定にあたり BPL の強度上昇を考慮することが重要となる。

降伏荷重  $P_y$  および最大荷重  $P_{max}$  を Table. 3 に示す。本実験では、BPL の強度上昇率が柱部材角  $R=1/25\text{rad}$  相当で 1.23～1.57 となった。

### 4. まとめ

本実験で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 模擬試験体の履歴形状は最大点指向型となりベースプレート降伏部分エネルギー吸収性能を再現できた。
- 2) 試験体 A および試験体 C は、想定降伏線を形成したが、柱部材角  $R=1/67\text{rad}$  相当で A. Bolt が降伏した試験体 B では、外 BPL と内 BPL が一緒に持ち上がるような BPL 全体での変形となった。
- 3) BPL 降伏後の強度上昇率は、試験体 C において柱部材角  $R=1/25\text{rad}$  相当で 1.57 であった。

Table2 Loading Protocol

	柱部材角 R	鉛直変位
2回	R=1/200rad相当	1.6 mm
	R=1/100rad相当	3.2 mm
	R=1/67rad相当	5.2 mm
	R=1/50rad相当	7.9 mm
	R=1/33rad相当	11.7 mm
	R=1/25rad相当	15.4 mm

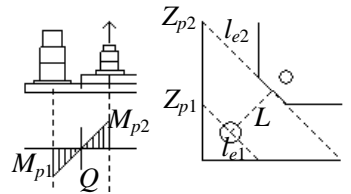


Fig. 4 Load bearing parameters

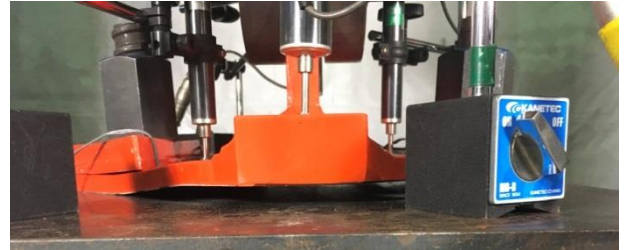


Fig. 4 Experiment Progress (Specimen TypeC)

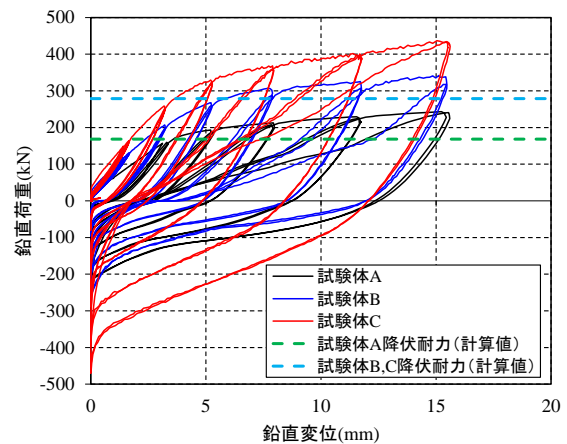


Fig. 6 Load displacement relationship diagram

Table3 Comparative of Test Result

試験体名	降伏耐力 $P_y$ [kN]	最大荷重 $P_{max}$ [kN]	$P_{max}/P_y$
試験体 A	168.6	243.3	1.44
試験体 B	278.7	342.0	1.23
試験体 C		436.7	1.57

### 5. 参考文献

- [1] 寺内将貴, 柳田佳伸, 新井佑一郎, 石鍋雄一郎: 「複合型露出柱脚の耐力・回転剛性の累加要素に関する実験的研究」, 日本建築学会 2018 年度大会 (東北) 学術講演概要集, 構造Ⅲ, pp. 1331-1332, 2018. 7
- [2] 山西央朗, 高松隆夫, 玉井宏章: 「ベースプレート降伏先行型露出柱脚の復元力特性モデルに関する研究」, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第 27 巻, pp. 233-236, 2004. 3
- [3] 柳田佳伸, 半貫敏夫, 秋山宏: 「露出型鉄骨柱脚の履歴特性に関する実験的研究 耐力式、回転剛性評価式の提案」, 日本建築学会, 構造工学論文集, Vol. 51B, pp. 303-310, 2005. 4
- [4] 山田哲, 岡田健, 國岡恭子, 薩川恵一: 「アングルを用いた露出型柱脚の実験的研究」, 日本建築学会構造系論文集, vol. 572, pp. 163-170, 2003. 10