

壁脚部のみに水平スリットを有するRC袖壁付き柱を含む架構の解析的検討

Analytical Study of Frames with RC Wing-Wall Columns Having Horizontal Slits at the Base Only

○尾崎太亮<sup>1</sup>, 高橋孝二<sup>2</sup>, 郡司康浩<sup>3</sup>

\*Taisuke Ozaki<sup>1</sup>, Koji Takahashi<sup>2</sup>, Yasuhiro Gunji<sup>3</sup>

The authors proposed a new method for sleeve-wall columns, placing joints between the sleeve wall and column, and between the sleeve wall base and beam. In this study, an analytical model was developed to simulate the behavior of a frame incorporating the proposed sleeve-wall column method. The model showed good agreement with experimental results.

1. はじめに

著者らは、袖壁と柱の接続部には目地、袖壁脚部と梁の間には水平スリットを配置する鉄筋コンクリート造(RC造)袖壁付き柱(以降、本報では提案工法と称する)を提案し、既報<sup>[1]</sup>で基本的な性状を報告している。

また、文献<sup>[2]</sup>では提案工法の設計に必要なとされる簡易な解析モデルを構築し、実験結果を精度良く模擬できることを確認している。

文献<sup>[3]</sup>では提案工法を含む架構としての挙動や梁の弾塑性挙動への影響を報告している。一方、現状では提案工法を架構に取り込んだ場合の設計に関する検討は実施されていない。そこで本報では、提案工法を含む架構の弾塑性挙動を再現可能な解析モデルを構築し、実験結果との対応について検討をしたので報告する。

2. 文献<sup>[3]</sup>の概要

文献<sup>[3]</sup>では、これまで実施してきた提案工法を組み込んだ部分架構実験の概要および結果を報告している。層せん断力や梁せん断力の最大値、梁主筋のひずみ性状には柱せいに対する袖壁長さの比による影響があることを確認した。また、梁下に取付く袖壁が曲げ圧縮側になると梁の弾塑性挙動に与える影響が大きいことや、袖壁は一旦分離した後に柱と再接触して梁の弾塑性挙動に影響を与えることが分かった。

3. 解析モデルによる検討

3.1 対象試験体

試験体柱断面を Fig 1.に検討対象の概要を Table 1.に示す。試験体は、文献<sup>[3]</sup>を参考に概ね 15 階建て程度の RC 造建物を想定し、そのうち桁行方向の柱・梁・袖壁を含む一部分を十字型の部分架構として取り出した形状である。試験体スケールは実大の 1/2 で、パラメータは柱せいと袖壁長さの関係である。対象試験体は CBJ-1S-17, CBJ-1S-75 であり、それぞれ柱せい(D)に対する袖壁長さ(L)の比が 0.17, 0.75 である。各試験体の実験結果の詳細は、文献<sup>[3]</sup>を参照されたい。

3.2 検討モデルの概要

CBJ-1S-75 の解析モデル概念図を Fig 2.に、梁せん断力-相対変形角関係を Fig 3.に、検討モデル概要を Table 2.に示す。なお、本報では汎用プログラム SNAP Ver.8 を用いて検討を実施した。

Fig 3.から CBJ-1S-75 では、最大梁せん断力を示した後、荷重の低下が見られた。これは加力が進むにつれ、柱と袖壁が分離し、袖壁の梁に対する拘束が低下したことが影響していると考えられる。この挙動は加力方向毎に見られ、提案工法の部分架構は左右の梁が袖壁の影響で異なる挙動を示すことが確認できた。そこで本検討ではこの挙動を基に解析モデルの構築を行う。

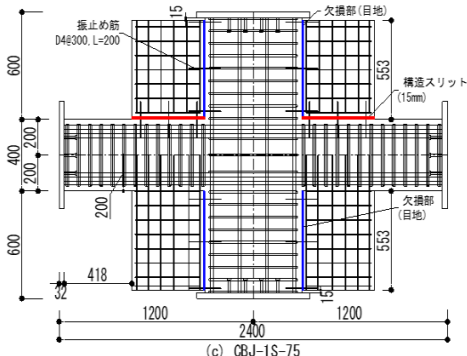


Fig 1. Specimen Column Cross-Section (CBJ-1S-75)

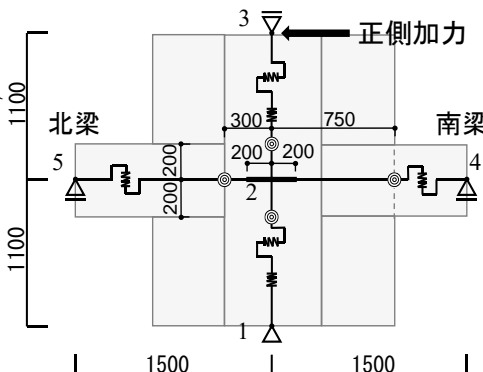


Fig 2. Conceptual Diagram of the Analytical Model

Table 1. Outline of the Target

試験体	CBJ-1S-17	CBJ-1S-75
パラメータ	$L_w / D_c = 0.17$	$L_w / D_c = 0.75$
柱	$B_c \times D_c$ (mm)	400×600
	主筋 ( $P_{tc}$ )	12-D16 ( $P_{tc} = 0.33\%$ )
	帯筋 ( $P_{wc}$ )	2-D10@70 ( $P_{wc} = 0.51\%$ )
梁	$B_b \times D_b$ (mm)	300×400
	主筋 ( $P_{tb}$ )	6-D19 ( $P_{tb} = 1.44\%$ )
	あばら筋 ( $P_{wc}$ )	3-S10@70 ( $P_{wc} = 1.00\%$ )
仕口部帯筋 ( $P_{ws}$ )	2-D10×3段 ( $P_{ws} = 0.27\%$ )	
袖壁	$t_w \times L_w$ (mm)	75×100 / 75×450
	壁筋 ( $P_s$ )	縦横共通 D4@80ダブル ( $P_s = 0.47$ )
スリット	鉛直	無 / 有
	水平	有 / 有
設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> )	30	
軸力(kN)(軸力比)	1,100 (0.15)	
D4 : SD345 D10 : SD295 D16, D19 : SD345 S10 : KSS785		

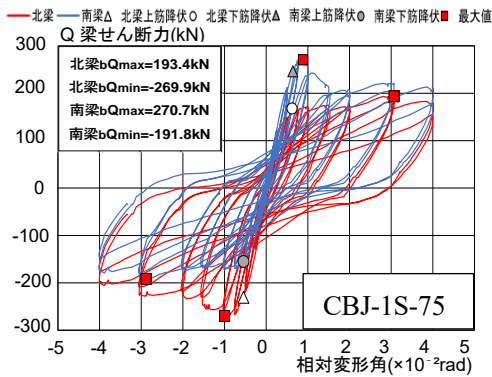


Fig. 3. Shear-Drift Relationship of Beam (CBJ-1S-75)

Table 2. Overview of the Analysis Model

	CBJ-1S-17	CBJ-1S-75
$I_{\text{袖壁付き柱}} (mm^2)$	9.62.E+09	2.75.E+10
$E (N/mm^2)$	27600	27800
$A (mm^2)$	255000	307500
せん断変形の形状係数 $\kappa$	1.15	1.24
$M_c$ 袖壁付き柱 (kNm)	160.7	231.9
$M_c$ 柱 (kNm)	176.4	176.9
$M_c$ 梁 (kNm)	32	
$M_u$ 袖壁付き柱 (kNm)	481.7	779.7
$M_u$ 柱 (kNm)	485.4	485.9
$M_u$ 梁 (kNm)	193.6	
$\alpha_y$ 柱	0.122	0.07
$\alpha_y$ 梁	0.161	

解析モデルは、一般的に設計で用いられる部材の端部に材端剛塑性ばね、せん断ばね、軸ばねを設置した。解析方法は Fig 2. の節点 3 に強制変位を与える変位制御による増分解析を行った。この時、図の矢印方向を正とする。本解析モデルでは実験結果を基に剛域・危険断面位置を設定した。境界条件は節点 1 をピン、節点 2 を自由、節点 3, 4, 5 をピンローラーとした。柱・梁の復元力特性の設定を材端剛塑性ばね及びせん断ばねはトリリニアモデル、軸ばねは弾性とした。材端剛塑性ばねは、曲げひび割れモーメント(柱頭: $M_c$ 袖壁付き柱, 柱脚: $M_c$ 柱), 曲げ終局モーメント(柱頭: $M_u$ 袖壁付き柱, 柱脚: $M_u$ 柱)を特異点とし、剛性低下は降伏点剛性低下率( $\alpha_y$ )で考慮した。また、断面形状の違いを考慮して柱頭では袖壁付き柱断面、柱脚では柱断面に対応する耐力式<sup>[4]</sup>を用いた。

#### 4. 検討結果

実験結果と解析結果の比較(各梁)を Fig 4. に、実験結果と解析結果の比較(層)を Fig 5. 示す。なお、Fig 5. 中には検討モデルの危険断面位置を柱面および袖壁面に設定した場合の結果も併記している。まず、初期剛性(原点と弾性領域の勾配)について、CBJ-1S-17 では解析値/実験値が 0.92, CBJ-1S-75 では 1.02 となり、いずれも実験結果を概ね模擬していることを確認した。

終局耐力に関しては、危険断面位置を左右で適切に設定したモデルの解析値が実験値をわずかに上回っており(CBJ-1S-17 で 1.03 倍, CBJ-1S-75 で 1.02 倍), 設計

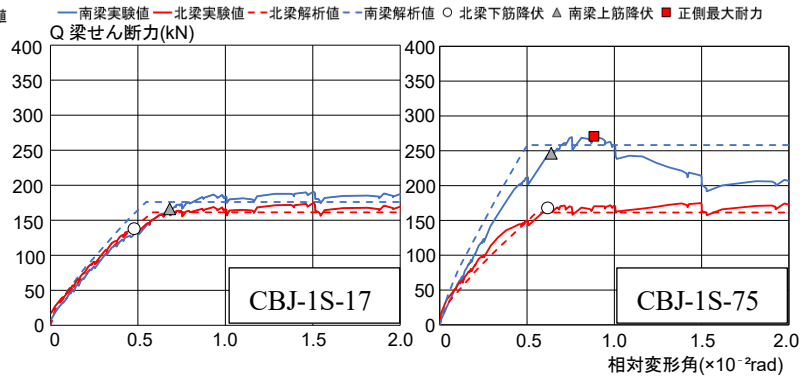


Fig. 4. Comparison of Test and Analysis Results (Each Beam)

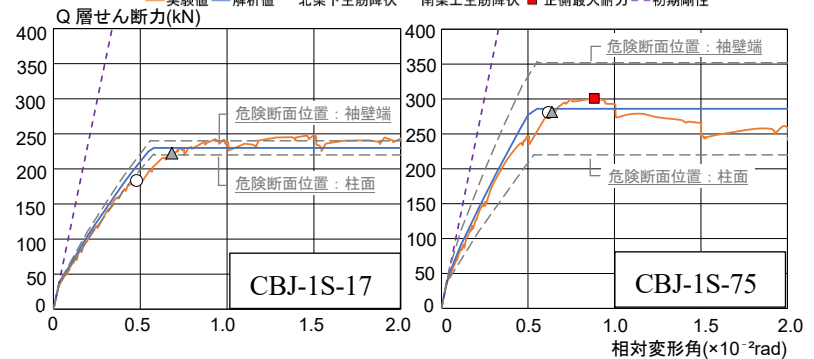


Fig. 5. Comparison of Test and Analysis Results (Story Level)

上安全側に評価できる結果となった。一方で、危険断面位置を柱面または袖壁端の一方にのみ設定した場合は、終局耐力の模擬精度が低下しているため、左右異なる位置での設定が精度向上に寄与していると考えられる。

また、主筋の降伏タイミングについては解析結果が実験結果よりやや早く最大耐力に達しているが(CBJ-1S-17 で 0.84 倍, CBJ-1S-75 で 0.87 倍), 全体の挙動を概ね再現していることがわかる。CBJ-1S-17 の実験結果では、北梁下主筋が相対変形角 1/200rad 付近で先行して降伏しており、この時点でコンクリート損傷が既に進行していた。その結果、梁全体の剛性が低下し、北梁上主筋の降伏はより大きな相対変形角が生じたと考えられる。CBJ-1S-75 においては柱と袖壁が分離するという挙動を示し、曲げ圧縮側の袖壁に応力が集中したため、コンクリートの損傷が進行し、梁剛性が低下し、相対変形角が大きくなったと推察される。

#### 5. まとめ

本報より、提案工法を含む架構の弾塑性挙動を再現可能な解析モデルを構築し、実験結果との対応について検討をした。

#### 参考文献

- [1] 郡司, 高橋他: 壁脚部だけに水平スリットを有する RC 袖壁付き柱の力学性状に関する検討, コンクリート工学年次論文集 44(2), pp.373-378, 2022.
- [2] 尾崎, 高橋他: 壁脚部だけに水平スリットを有する RC 袖壁付き柱の設計法に関する研究, 日本大学理工学部学術講演会, 2024.12.
- [3] 郡司 康浩, 高橋 孝二他: 壁脚部だけに水平スリットを有する RC 袖壁付き柱の部分架構実験, コンクリート工学年次論文集 45(2), pp.481-486, 2023
- [4] 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算基準・同解説, 2021.2.