

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 13 根巻き補強を施した STKR 柱の補強効果に関する実験概要)

STKR 柱 補強 全塑性曲げ耐力
根巻き 載荷実験

正会員 ○ 伊藤 善三^{*1}, 同 髙橋 裕治^{*2},
同 長谷川 隆^{*3}, 同 中野 達也^{*4},
同 牧田 敏郎^{*5}, 同 伊藤 隆之^{*5},
同 園田 正雄^{*1}

1. はじめに

図 1 に示す根巻き補強とは、床スラブを除去せずに角形鋼管柱の下端部の全塑性曲げ耐力を増大させることを意図した補強方法である¹⁾。施工時には、角形鋼管柱の表面にシヤーコッターを溶接し、その周囲を鋼板型枠で覆った上で、無収縮モルタルを充填する。シヤーコッターは、柱フランジの曲げモーメントによる圧縮応力の一部を無収縮モルタルに伝達し、柱フランジとシヤーコッターのずれを抑制する役目を担っている。

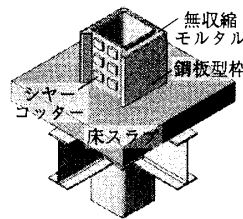
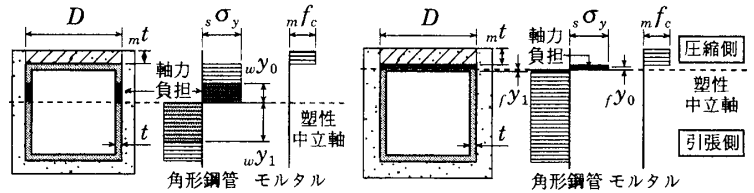


図 1 根巻き補強



(a) 塑性中立軸：鋼管ウェブ内 (b) 塑性中立軸：鋼管圧縮側フランジ内
図 2 終局状態における応力分布

本論その 13・14 では、根巻き補強を施した柱の全塑性曲げ耐力に及ぼすシヤーコッター・床スラブの影響や柱軸力の影響、および復元力特性に及ぼす載荷履歴の影響を、実験によって確認することを目的としている。

2. 軸力を考慮した全塑性曲げ耐力
根巻き補強を施した柱の下端部が終局状態に達したとき、角形鋼管と無収縮モルタルに平面保持の仮定が成立し、両者の中立軸(塑性中立軸)が一致するものとする²⁾。文献 1) と同様に、無収縮モルタルは角形鋼管圧縮側フランジの前面のみが曲げモーメントに抵抗するものと考えて、終局状態の応力分布を図 2 のように仮定する。この部分は角形鋼管と鋼板型枠によって拘束されているため、終局状態においては圧縮強度 $m f_c$ に到達した状態を想定する。また、全塑性曲げ耐力の算定を簡便にするため、角形鋼管の角部や鋼板型枠の角部の形状を直角とみなす。

2. 軸力を考慮した全塑性曲げ耐力

以下では、終局状態において角形鋼管が負担する曲げモーメント $s M_u$ と無収縮モルタルが負担する曲げモーメント $m M_u$ を、図 2 の応力状態に応じて求める²⁾。

塑性中立軸が角形鋼管ウェブ内に存在する場合、図 2 (a) を参照して $s M_u$ と $m M_u$ は次式で求められる。

$$s M_u = [Dt(D-t) + 0.5t\{(D-t)^2 - w_y0^2 - w_y1^2\}]_s \sigma_y \quad (1)$$

$$m M_u = 0.5 D m t (D + m t) m f_c \quad (2)$$

ここで、 w_y0 は柱に作用する軸力 N と釣り合っているウェブせい、 w_y1 は無収縮モルタルに作用している圧縮応力の合力と釣り合っているウェブせいである。

また、塑性中立軸が角形鋼管圧縮側フランジ内に存在する場合、無収縮モルタルが負担する終局曲げモーメント $m M_u$ は (2) 式で、角形鋼管が負担する終局曲げモーメント $s M_u$ は (3) 式でそれぞれ与えられる。

$$s M_u = D[t(D-t) - 0.5(f_y0 + 2f_y1)(D - 2t - f_y0) + (f_y0 + f_y1)^2]_s \sigma_y \quad (3)$$

ここで、 f_y0 は柱に作用する軸力 N と釣り合っているフランジ厚さ、 f_y1 は無収縮モルタルに作用している圧縮応力の合力と釣り合っているフランジ厚さである。

本論では、上述した $s M_u$ と $m M_u$ の和を全塑性曲げ耐力 M_p と定義する¹⁾。

3. 実験概要

試験体は表 1 に示す 18 体であり、実験パラメータは、(1) 補強断面の形状・寸法に関するものとして、鋼板型枠の形状・寸法、シヤーコッターの仕様(板厚・高さ方向の設置箇所数)、床スラブの有無、(2) 載荷方法に関するものとして、柱に作用する軸力の大きさ、載荷履歴(単調・漸増・漸減)である。

いずれの試験体も角形鋼管柱に $\square - 250 \times 250 \times 9$ (STKR400) を用いる。試験体 No.10 ~ 12 では、図 3 に示すように鋼板を溝形に曲げ加工した型枠を柱に取り付け、柱フランジ面だけに無収縮モルタルを充填している。また、試験体 No.18 では、柱の下端部にコンクリート床スラブを設置している(床スラブと梁は緊結していない)。試験体 No.13, 14, 16 ~ 18 の補強断面は、試験体 No.8 と同様である。使用した鋼材、無収縮モルタルの機械的性質を表 2、表 3 に示す。表 1 には、これらの値を用いた全塑性曲げ耐力 M_p の計算結果を併記している。

実験では、図 3 に示す柱反曲点位置に水平力を与え、試験体の終局状態が確認できるまで加力を継続する。ただし、試験体 No.13, 14 では、水平力を与える前に、角

Seismic response and reinforcement method of existing non-comformed steel buildings using STKR columns
(Part 13 : Testing method of STKR column with base-wrapping reinforcement)

ITOH Yoshimitsu, KOETAKA Yuji, HASEGAWA Takashi, NAKANO Tastyu, MAKITA Toshiro, ITOH Takayuki and SONODA Masao

表1 実験パラメータおよび結果一覧

試験体	実験パラメータ						実験結果						計算結果							
	試験体の形状・寸法					載荷方法		弾性剛性 K (kNm/rad)	全塑性 曲げ耐力 M_p (kNm)	最大 曲げ耐力 M_{max} (kNm)	M_{max} 時 の R (rad)	終局時 の R (rad)	終局 状態 *1	全塑性 曲げ耐力 M_p (kNm)	M_p (実験) M_p (計算)					
	型枠 形状	モルタル 厚さ (mm)	補強 高さ (mm)	シャ コッカー 厚さ (mm)	設置 箇所 数	床 スラブ	軸力 比									載荷 履歴				
1	無補強		-		-	0	単調	24.0×10^3	303	319	0.0266	0.0495	A	274	1.11					
2	箱形	41	750	-				28.9×10^3	352	392	0.0636	-	D	366	0.96					
3				9				5	33.3×10^3	413	464				0.0588	1.13				
4				1				30.5×10^3	385	440	0.0466				1.05					
5				3				33.6×10^3	428	475	0.0614				1.17					
6				5				33.2×10^3	433	480	0.0648				1.18					
7				-				36.5×10^3	379	419	0.0404				0.92					
8				66				850	12	-	42.4×10^3				467	522	0.0542	0.0869	B	412
9	22	41.9×10^3	495						537		0.0646	0.1102	1.20							
10	溝形	41	750	9				5	37.3×10^3		414	465	0.0340	0.0618	B	356	1.16			
11				66				850	12		44.1×10^3	444	493	0.0350			0.0534	1.11		
12				91				900	19		48.5×10^3	526	529	0.0494			0.0526	1.19		
13	箱形	66	850	12				5	0.2		65.9×10^3	438	515	0.0286	0.0628	A	384	1.14		
14									0.4		72.2×10^3	431	507	0.0267	0.0328	C	346	1.25		
15	無補強		-					0	漸増		27.3×10^3	301	320	0.0262	0.0275	A	274	1.10		
16	箱形	66	850	12							5	43.8×10^3	450	489	0.0293			0.0393	1.09	
17												漸減	45.4×10^3	451	520			0.0389	0.0390	1.09
18													単調	53.7×10^3	452			497	0.0332	0.0712

*1 A: 柱下端部の局部座屈, B: 柱下端部の引張側フランジの破断, C: 柱無補強部の局部座屈, D: 終局状態に至らず (載荷装置の限界)

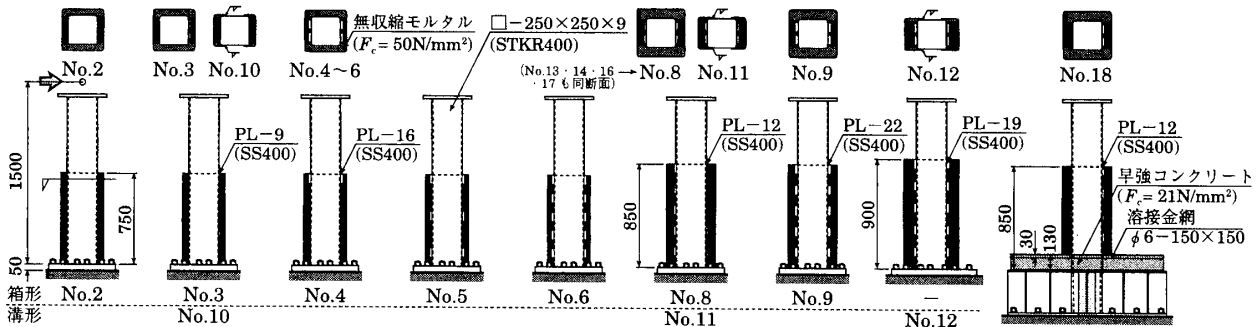


図3 試験体 (単位: mm)

表2 鋼材の機械的性質

使用部位	鋼種	板厚 (mm)	降伏点*1 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び*2 (%)
角形鋼管	STKR400	8.55	378	455	27

*1: 0.2% オフセット耐力に基づく. *2: JIS 1A 号試験片による.

表3 無収縮モルタルおよびコンクリートの機械的性質

種類	使用試験体	材齢 (日)	気乾単位 体積重量 (kN/m ³)	ヤング 係数 (kN/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)
無収縮 モルタル	No.2 ~ 9	28	21.5	21.0	68.8
	No.10 ~ 14	18	21.5	21.2	58.8
	No.16 ~ 17	27	21.6	21.2	61.1
コンクリート	No.18	14	21.8	21.6	64.2
		21	21.6	27.1	30.1

- *1 日鐵住金建材 (株)
- *2 京都大学
- *3 (独) 建築研究所
- *4 宇都宮大学
- *5 (株) 間組

形鋼管柱の降伏軸力 N_y (= 3050 kN) に対して表1中の軸力比に相当する圧縮軸力を負荷させる.

4. まとめ

本論その13では, 根巻き補強を施したSTKR柱の全塑性曲げ耐力の算定法と実験の概要について述べた.

参考文献

- 1) 伊藤隆之, 聲高裕治, 園田正雄, 長谷川隆, 中野達也, 牧田敏郎: 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5 コンクリート充填および根巻きによるSTKR柱の補強効果に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 構造 III, pp.1201-1202, 2010.9
- 2) 日本建築学会: コンクリート充填鋼管構造設計施工指針, 2008.10

Nippon Steel & Sumikin Metal Products Co., Ltd.
Kyoto University
Building Research Institute
Utsunomiya University
HAZAMA CORPORATION