

鋼構造根巻き柱脚の大変形挙動と支圧破壊性状に関する実験的研究 (その2 要素実験)

212-085

田村佳一

1. はじめに

根巻き柱脚の既往の研究より、根巻き柱脚の破壊挙動は、曲げ破壊が生じた後、根巻き部上部の曲げ圧縮側における支圧破壊が曲げ引張側主筋の定着破壊を誘引して最大耐力が決定することがわかっている。本論その2の目的は、根巻き柱脚の支圧破壊する部分を抽出した要素試験体の載荷実験を行い、その結果に基づき、柱脚実験での支圧破壊の崩壊メカニズムを把握することである。

2. 実験計画

試験体は図1に示すような根巻き柱脚の上部を上下対称となるよう再現した要素試験体であり、試験体諸元一覧を表1、要素試験体の形状および寸法を図3に示す。材料試験結果はその1に示す。試験体は5体である。試験体 CR2510-T, CR3210-T は標準試験体となる既往実験²⁾の頂部と同じ設計であり、CR2510C-T はその1で載荷した CR2510C-0-C⁺の頂部と同じ設計である。CR2510-M, CR3210-M, は既往実験²⁾, CR2510C-M は CR2510C-0-C⁺の根巻き部分の等間隔に配置した帯筋部を抜き取った想定で設計している。

載荷装置を図2に示す。載荷前に、試験体には加力治具である角形鋼管がグラウトモルタルにより一体化されている。試験体から突出している帯筋(ねじ節鉄筋)をカップラーにより載荷治具に締め付けた状態で2000kN 万能試験機のベッド上に設置し、加力治具の角形鋼管上面からクロスヘッドにより圧縮力を単調に載荷する。

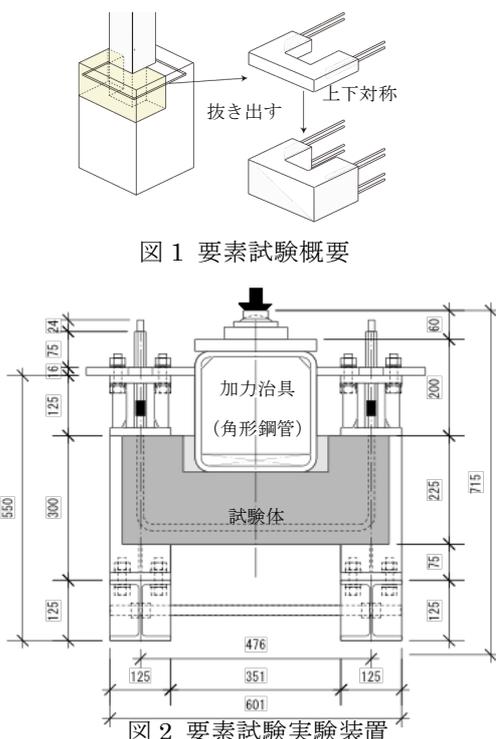


図1 要素試験概要

図2 要素試験実験装置

3. 実験結果と考察

3.1 柱脚実験との対応

荷重-変形関係を図4、要素試験体・柱脚実験試験体の実験終了後の破壊性状を写真1に示す。ただし、実験中に不具合が生じ、載荷を中断した CR2510C-T については割愛する。図4を確認すると、CR2510C-M は鉄筋が伸びたことで試験体の耐力が決まったため歪硬化域に入った時点で載荷を終了した。それ以外の3体はコンクリート破壊で耐力が決まり、耐力低下後の挙動を確認している。破壊性状を柱脚実験試験体と比較すると、コンクリート破壊が生じた3体の試験体では柱脚実験と違い破壊性状が非対称だが、片側は柱脚実験と同様になっている。すなわち、その1の図5(a)のように鋼管から45°方向にひび割れが入り、台形状のコンクリートが押し出されるように変形し、その後、その1の図5(c)のように台形状の鋭角部分が破壊され、帯筋に曲げ変形が生じている。また、破壊性状が非対称になった理由は、球座を用い載荷することで角形鋼管に回転が生じたためだと考えられる。これは柱脚実験のねじれに相当する。柱脚実験では、ねじれを拘束していたので、この違いが要素試験体には表れている。ただし、回転は最大耐力以降に大きくなるので、最大耐力までは、柱脚実験の再現ができたと考えられる。

表1 試験体諸元一覧

試験体名	使用鉄筋	頂部帯筋間隔 (mm)	※帯筋間隔 (mm)	試験体高さ (mm)	帯筋比 (%)	根巻き部想定断面 (mm)
CR2510C-T	D13 (SD295)	30	140	250	1.02	600×600
CR2510-T		30	80	225	1.51	550×550
CR3210-T		30	80	225	1.88	550×550
CR2510-M			80	225	1.06	550×550
CR2510C-M			140	250	0.52	600×600

※上下一方の帯筋重心位置から他方の内側帯筋までの間隔を指す

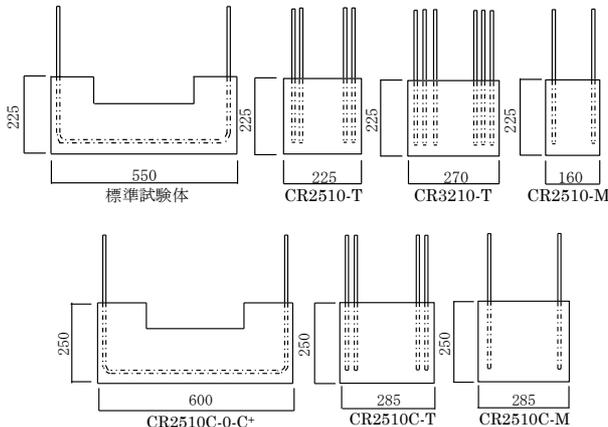


図3 要素試験体の形状および寸法

3.2 柱脚実験の支圧破壊に対する有効高さ

最大耐力と破壊性状が柱脚実験の再現ができたことを踏まえ、柱脚実験時に作用した最大支圧力と要素試験体の最大耐力実験値 P_{max} を比較したものを図 5 に示す。図 5 から支圧抵抗に寄与したと予測される有効高さを算出すると、CR2510 が 169mm、CR3210 が 168mm となった。さらにこの算出した値を使い柱せい D (250mm) に対する比を求めると、それぞれ 0.68 程度になっていることがわかった。

3.3 支圧耐力の評価

根巻き柱脚では、支圧力に対してコンクリートと鉄筋が同時に強度を發揮するとは限らないため、帯筋の引張降伏耐力とパンチングシア耐力のいずれか大きい値の方で、支圧耐力を決定する方法を採用することが多い。文献¹⁾では、根巻き部の支圧耐力式が提案されており、本論の要素実験に適用した場合、次式で表される。

$$cP_u = \max\{P_y, P_c\} \quad (1)$$

$$P_y = a_w \cdot \sigma_{wy} \quad (2)$$

$$P_c = A_c \cdot 0.31 \sqrt{\sigma_c} \quad (3)$$

a_w : 帯筋の断面積和, σ_{wy} : 帯筋の降伏強度, σ_c : コンクリートの圧縮強度, A_c : パンチングシア破壊面の鉛直投影面積

表 2 耐力の計算値および実験値

試験体名	計算値			実験値 (kN)	実験値/計算値
	P_y (kN)	P_c (kN)	cP_u (kN)		
CR2510-T	279	108	279	249	0.89
CR3210-T	419	130	419	377	0.90
CR2510-M	140	77	140	150	1.08
CR2510C-M	140	157	140	171	1.09

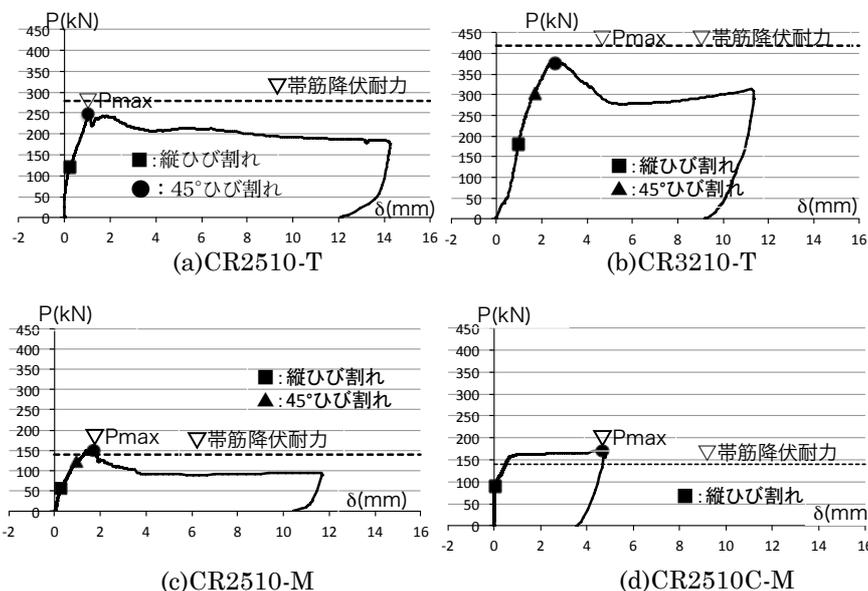


図 4 荷重-変形関係

このことを踏まえ表 2、耐力の計算値および実験値を比較する。表 2 を確認すると CR2510-T、CR3210-T の 2 つの試験体では 1.00 を下回る結果に CR2510-M、CR2510C-M では 1.00 を少しだけ上回る結果になった。これは支圧耐力を過大評価してしまったことを意味する。要素実験ではその 1 の図 6 (c) のような支圧破壊モードを想定しておらず、 P_{max}/cP_u で 1.00 を下回る結果となった。この場合の支圧耐力を適切に把握するためには、評価式が必要になるが、それは今後の課題にしたい。

4. まとめ

支圧部要素実験の実験結果について、本報より得られた知見を以下に列挙する。

- 最大耐力以降の劣化域に関しては柱脚実験の再現はできなかったが、最大耐力や破壊性状については柱脚実験の再現をすることができた。
- その 1 の図 6 (c) のような支圧破壊モードを想定しておらず、支圧耐力を過大評価していたため、想定していた実験値は計算値を下回った結果となった。

参考文献

- 高田啓一, 加藤勉, 大竹章夫: 「鋼構造根巻き形式柱脚における RC 部のせん断耐力」, 日本建築学会構造工学論文集, pp211-219
- 向出静司, 佐武莉沙, 多田元英: 「鋼構造根巻き柱脚の大変形域載荷実験 その 1 標準試験体」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 分冊, pp.623-624, 2015.9
- 向出静司, 中川顕輔, 佐武莉沙, 多田元英: 「鋼構造根巻き柱脚の大変形域載荷実験 その 2 追加試験体」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 分冊, pp.1151-1152, 2016.8



(a)要素試験体 CR2510-T (b)柱脚実験試験体 CR2510S-0-C+

写真 1 要素試験体・柱脚実験試験体写真

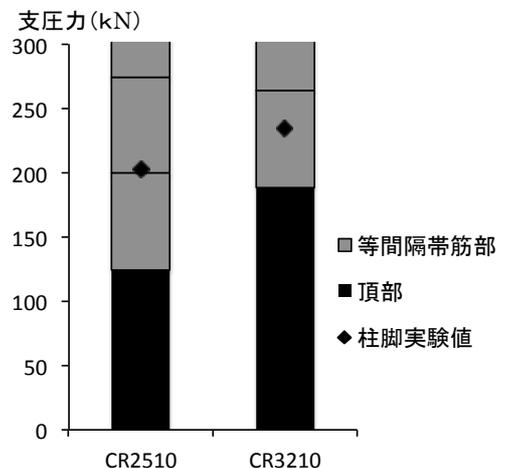


図 5 要素試験体帯筋耐力比較図

(向出研究室)