

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 1 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24560680

研究課題名(和文) 損傷低減・高靱性型袖壁付き鉄筋コンクリート柱部材の開発

研究課題名(英文) Development of RC Columns with One Sided Wing Wall having Damage Reduction and High Toughness

研究代表者

磯 雅人 (ISO, MASATO)

福井大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60377471

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では従来の袖壁付きRC柱に比較して損傷を軽減でき、高い靱性を有する片側袖壁付きRC柱を開発した。損傷を軽減させ、靱性を向上させるためのアイデアは、コンクリートの代替としてPVA繊維補強コンクリートを使用することである。圧縮側の袖壁の内・外端部を高強度の円形スパイラル筋で拘束することであり、その拘束範囲を柱頭・柱脚部より $2.5t$ (t ：袖壁の厚さ)以上とすることである。

本研究では上記アイデアを実証、確認するために6体の部材実験を実施し、そのアイデアの有効性を示した。また、その実験結果を分析、検討し、設計に必要な耐力および変形性能の評価手法ならびに荷重-変形のスケルトンモデルを提案した。

研究成果の概要(英文)：In this research, RC columns with one sided wing wall, which exhibits excellent properties in ductility and damage tolerance, were developed. The idea to reduce the damage and enhance the deformation are as follows. PVA fiber reinforced concrete is used as an alternate material of a conventional common concrete. It is to restrain the concrete in compressive zone of wing wall with high strength circular spiral reinforcement. The range is also zone of over $2.5t$ (t = thickness of wing wall) from the capital section and column base section.

A total of 6 specimens were tested to demonstrate and verify these ideas. Furthermore, the test results were analyzed and discussed. The evaluation method for the strength, the deformation and the skeleton model of between the shear force and the drift angle were proposed.

研究分野：鉄筋コンクリート構造

キーワード：片側袖壁付き柱 拘束筋 PVA-FRC 高靱性 損傷制御 荷重-変形スケルトンカーブ

1. 研究開始当初の背景

(1) 鉄筋コンクリート構造物の袖壁付き RC 柱部材は、独立柱に比べて剛性、耐力は高いものの、小さな変形で破壊してしまう。そのため、靱性能に乏しく、地震時のエネルギーを十分に吸収できない。また、柱に袖壁が付加するため、袖壁付き RC 柱全体のせいに対する柱高さの比が小さく、短柱化し、剛性の増加をもたらす。そのため、せん断力がそこに集中することとなり、損傷が甚大で、脆性的なせん断破壊を招くばかりでなく、被害をそこに集中させて建物全体の耐震性能を著しく低下させる可能性がある。

(2) 上記理由から現設計では、袖壁にスリットを設けて、独立柱の挙動となるようにして設計時のモデル化を明確にするとともに、せん断力が集中するのを回避し、脆性破壊を防止する設計が行われている。しかしながら、阪神淡路大震災ではスリットを切った新耐震設計法で設計された建物が地震により大きな変形が出てしまい、その後の使用ができずに解体したケースも見られ、変形や損傷を制御することの必要が喚起された。

(3) 2010年2月に袖壁付き RC 柱の設計法が RC 規準等に示されたことから、スリットを切るのではなく積極的に袖壁付き RC 柱を活かして設計を行うことの気運が徐々に高まっているが、その設計手法は十分に整備されているとは言い難い。

(4) 袖壁付き RC の挙動が解明され、損傷を軽減し、靱性を付与することが可能となれば、袖壁付き RC 柱がもつ高い剛性と耐力、そしてエネルギー吸収能力を活かした設計が可能となる。また、スリットを設けることによる施工の複雑化や施工コストの増大を解消できると同時に、耐火や止水についての配慮なども不要となる。

2. 研究の目的

(1) 以上の背景から本研究では、片側袖壁付き RC 柱に着目、地震時の損傷を軽減でき、高い修復性を有し、かつ、高い靱性とエネルギー吸収能力を付与させた片側袖壁付き RC 柱 (以下、「損傷低減・高靱性型片側袖壁付き RC 柱」)を開発し、その設計手法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 袖壁付き RC 柱を高靱性化させるためのアイデアは袖壁圧縮端部のコンクリートを拘束筋により拘束し、その形状を円形にすることである。

(2) 損傷を軽微にするためのアイデアはコンクリート代替としてポリビニルアルコール繊維補強コンクリート (以下、PVA-FRC) を使用することである。

上記(1)、(2)のアイデアの有効性とその設計法を開発するため、損傷低減・高靱性型片側袖壁付き RC 柱の構造性能を確認するための構造実験を行った。

表1 試験体一覧

No.	試験体名	PVA繊維 V(%)	袖壁端部拘束筋
6-1	RC-N-EW		無
6-2	RC-ONC-EW		円形スライバル筋 φ6@50(SR235) 全長650mmを袖壁内外端部に配置
6-3	RC-ONC250-EW		円形スライバル筋 φ6@50(SR235) 全長250mmを袖壁外端部のみに配置
6-4	RC-OHC-EW		円形スライバル筋 U5.1@50(SBPD1275/1420) 全長650mmを袖壁内外端部に配置
6-5	FRC0.5-OHC-EW	0.5	
6-6	RC-OHC250*2-EW		円形スライバル筋 U5.1@50(SBPD1275/1420) 全長250mmを袖壁内外端部のみに配置

■共通要因■
 柱断面: B×D=300mm×300mm 袖壁長さ: L_w=300mm
 柱内法高さ: h₀=700mm 袖壁厚さ: t=100mm
 コンクリート強度: F_c=24N/mm² 柱主筋: 12-D13(SD295A) ρ_g=1.69%
 普通21-18-13-H 帯筋比: ρ_{sh}=0.42%(2-D6(SD295A)@50)
 軸力: N=1/6F_c・B・D=360kN 壁横筋比: ρ_{sh}=1.27%(2-D6(SD295A)@50)
 破壊モード: FF 袖壁縦筋(端部および柱際): 4-D10(SD295A)
 (柱部分: 曲げ破壊先行型 袖壁付きRC柱: 曲げ破壊先行型)

■試験体名称■ 例: RC-OHC-EW
 ① ② ③
 ①コンクリートの種類 RC: 鉄筋コンクリート
 FRC0.5: V_F=0.50%のPVA繊維補強コンクリート
 ②袖壁端部拘束筋 N: 拘束筋無
 ONC: φ6@50(SR235)全長650mmを袖壁内外端部に配置
 ONC250: 円形スライバル筋φ6@50(SR235)全長250mmを袖壁外端部のみに配置
 OHC: 円形スライバル筋U5.1@50(SBPD1275/1420)全長650mmを袖壁内外端部に配置
 OHC250*2: 円形スライバル筋U5.1@50(SBPD1275/1420)全長250mmを袖壁内外端部のみに配置
 ③袖壁の配置 EW: 片側袖壁付きRC柱

表2 鉄筋の力学的特性

(a)No.6-1~No.6-5

■鉄筋■		降伏点	引張強さ	降伏ひずみ度	ヤング係数	伸び
使用部位	鉄筋の種類	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(μ)	×10 ⁵ (N/mm ²)	(%)
主筋	D13(SD295A)	367	532	1940	1.90	27.2
壁縦筋	D10(SD295A)	352	483	1960	1.84	27.9
帯筋・壁横筋	D6(SD295A)	394	544	2150	1.92	27.4
円形拘束筋	U5.1(丸ボロン)	1300*	1484	8630	1.96	8.3
円形拘束筋	φ6(SR235)	261	345	1550	1.78	27.5

*0.2% off-set法により算出

(b)No.6-6

■鉄筋■		降伏点	引張強さ	降伏ひずみ度	ヤング係数	伸び
使用部位	鉄筋の種類	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(μ)	×10 ⁵ (N/mm ²)	(%)
主筋	D13(SD295A)	364	516	1930	1.87	27.4
壁縦筋	D10(SD295A)	376	528	1960	1.87	27.3
帯筋・壁横筋	D6(SD295A)	433	566	2230	1.78	22.6
円形拘束筋	U5.1(丸ボロン)	1434	1495	7750	1.96	8.8

表3 コンクリートの力学的特性

	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度時の歪度(μ)	ヤング係数 ×10 ¹⁰ (N/mm ²)	ポアソン比
No.6-1	27	52.2	3.52	3060	2.75	0.207
No.6-2	35	43.7	2.90	2510	2.69	0.174
No.6-3	42	43.8	3.03	2400	2.84	0.184
No.6-4	39	54.9	3.54	3120	2.78	0.204
No.6-5*	50	45.5	3.49	3230	2.40	0.176
No.6-6	44	35.9	2.95	2390	2.43	0.177

養生: No.6-6は封緘養生。それ以外は1W現場水中後、現場気中
 ※: PVA繊維補強コンクリート(V_F=0.50%(外割))
 ベースコンクリートの種類: 普通21-18-13-H

表4 PVA 繊維の力学的特性

名称	繊維体積混入率 V(%)	直径 (μm)	繊維長 (mm)	引張強度 (N/mm ²)	破断伸び (%)	ヤング係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)
PVA繊維	0.5(外割)	660	30	900	9.0	2.30

表1に試験体一覧、表2、表3、表4に鉄筋、コンクリート、PVA 繊維の力学的特性、図1に配筋図を示す。共通要因は柱断面 B×D=300mm×300mm、袖壁厚さ t=100mm、袖壁の張出長さ L_w=300mm であり縮尺は実大の 1/2 スケールとした。なお、袖壁は柱の片側に柱芯位置に配置した。柱内法高さ h₀=700mm、袖壁を含めた全せい 600mm、せん断スパン比(a/D=900/300=3.0)である。本試験体の軸力は N=1/6F_c・B・D=360kN とし、3層建物の連層袖壁付き柱の下層階の中柱を想定した。配筋は柱主筋が 12-D13(SD295A, ρ_g=1.69%)、帯筋が 2-D6@50(SD295A, ρ_{sh}=0.42%)、壁横筋が 2-D6@50(SD295A, ρ_{sh}=1.27%)、袖壁の外側端部および内側端部には縦筋がそれぞれ 4-D10(SD295A)で配筋されている。設計上の破壊モードは袖壁付き RC 柱を1つの部材としてとらえた場合と袖壁を無視して柱単体としてとらえた場合に両者がともに曲げ破壊先行型とな

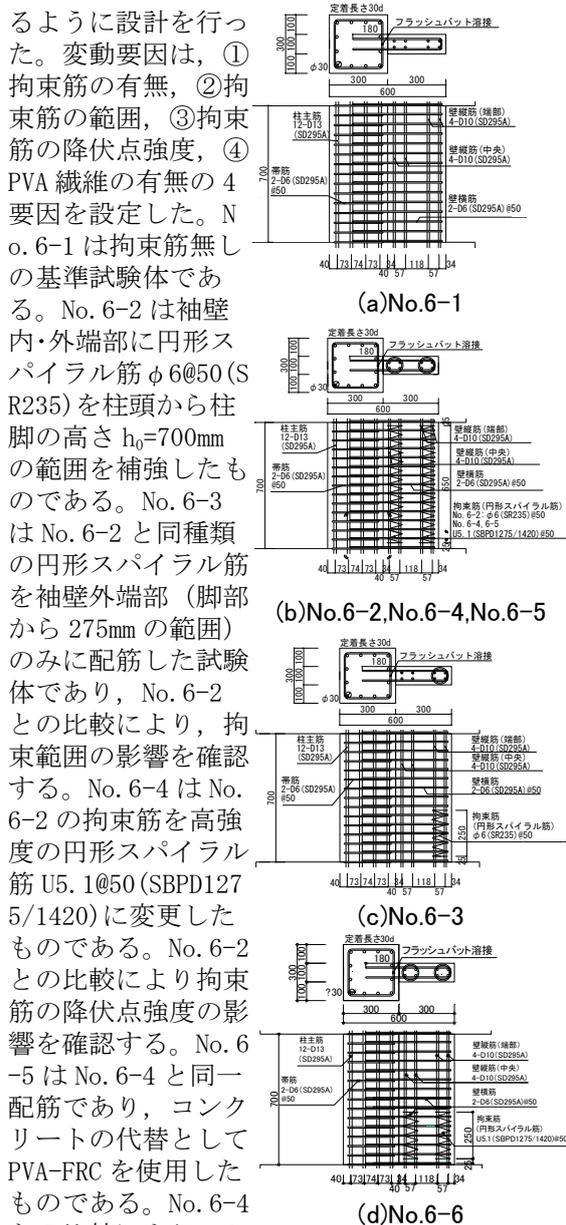


図1 配筋図

るよう設計を行った。変動要因は、①拘束筋の有無、②拘束筋の範囲、③拘束筋の降伏点強度、④PVA 繊維の有無の4要因を設定した。No. 6-1は拘束筋無し
の基準試験体である。No. 6-2は袖壁内・外端部に円形スパイラル筋φ6@50(SR235)を柱頭から柱脚の高さ $h_0=700\text{mm}$ の範囲を補強したものである。No. 6-3はNo. 6-2と同種類の円形スパイラル筋を袖壁外端部(脚部)のみに配筋した試験体であり、No. 6-2との比較により、拘束範囲の影響を確認する。No. 6-4はNo. 6-2の拘束筋を高強度の円形スパイラル筋U5.1@50(SBPD1275/1420)に変更したものである。No. 6-2との比較により拘束筋の降伏点強度の影響を確認する。No. 6-5はNo. 6-4と同一配筋であり、コンクリートの代替としてPVA-FRCを使用したものである。No. 6-4との比較により、PVA 繊維の有無による影響を確認する。No. 6-6は袖壁内・外端部に円形スパイラル筋U5.1@50(SBPD1275/1420)を柱脚から高さ275mmの範囲を補強したものである。No. 6-4との比較により、拘束筋の範囲による影響を確認する。加力はモーメント分布が三角形分布となるように片持ち型式とし、正負交番漸増繰り返し載荷とした。水平力は500kNの楕形の押し引きジャッキにより、軸力は1000kNセンターホールジャッキにより導入した。軸力は一定軸力とし、所定の軸力を常に保持するように制御を行った。加力履歴は±3サイクルまでは荷重制御とし、その後は部材角 $R(=\delta/h_0)$ ここに、 δ : $h_0=700\text{mm}$ 位置での相対変位 h_0 :柱脚から柱頭までの距離で700mm)で制御した。荷重制御の領域ではRC規準¹⁾に示されている壁部材の長期許容せん断力、短期許容せん断力の2/3倍、短期許容せん断力の各耐力で1サイクルずつ正負繰り返しした。なお、許容せん断力の計算に際しては補強筋の降伏点は規格値

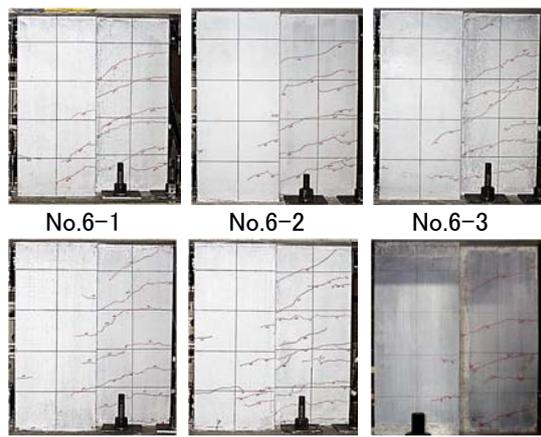


写真1 短期許容せん断力時のひび割れ状況

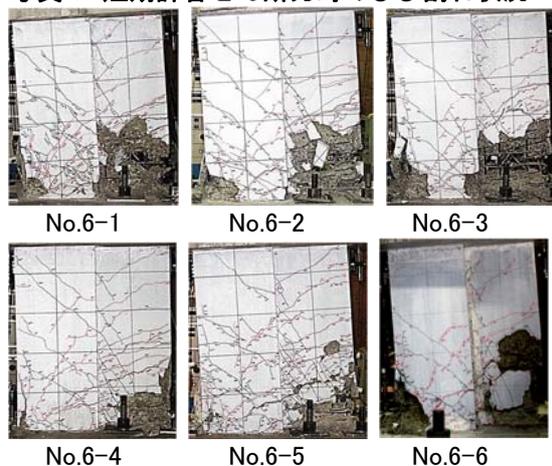


写真2 最終破壊状況

を、PVA-FRC およびコンクリート強度は実験時に行った圧縮強度試験の結果を用いて計算を行った。変位制御の領域では $R=1/200, 1/100, 1/67, 1/50\text{rad.}$ を各2サイクル、 $R=1/25, 1/15\text{rad.}$ を各1サイクル行い、加力を終了した。

4. 研究成果

(1)破壊性状 **写真1**に短期許容せん断力時のひび割れ状況を示す。長期許容せん断力時のひび割れ状況は柱脚部、袖壁脚部、袖壁部に曲げひび割れが生じる程度であった。短期許容せん断力の2/3倍時のひび割れ状況は上記に示した曲げひび割れが進展するとともに、袖壁部の曲げひび割れが新規に発生し、その数が増加する傾向が認められた。短期許容せん断力時のひび割れ状況は上記の曲げひび割れが進展するとともに、曲げせん断ひび割れが新たに発生し、柱部にも曲げひび割れが確認できた。短期許容せん断力を経験させ、せん断力を0に除荷した時の残留ひび割れ幅は、袖壁、柱ともに0mmもしくは0.03mm以下であり、損傷は軽微であった(**写真1**参照)。**写真2**に最終破壊状況を示す。全試験体ともに、袖壁圧縮側では袖壁端部コンクリートが圧壊・破砕するとともに、袖壁端部縦筋が座屈して終局を迎えた。一方、袖壁引張側では柱脚部のコンクリートが圧壊するとともに主筋が座屈し、袖壁端部縦筋が破断して終局を迎えた。

正側・負側ともに曲げ圧縮破壊の様相を示した。各要因による損傷状況の違いであるが、拘束筋のない No. 6-1 は袖壁端部コンクリートが早期に破碎され、袖壁の断面が欠損していくのに対し、袖壁に拘束筋を配した No. 6-2, No. 6-3, No. 6-4, No. 6-6 は、その破碎が No. 6-1 に比べて遅延される傾向が認められた。拘束筋の補強範囲を袖壁外端部の脚部 (275mm) のみとした No. 6-3 および袖壁内外端部の脚部 (275mm) のみとした No. 6-6 は、柱脚から柱頭まで全範囲を拘束した No. 6-2, No. 6-4 と比べて損傷の範囲が大きく、No. 6-2, No. 6-4 の全範囲を拘束する配筋方法が損傷を軽減する傾向が認められた。No. 6-2 と同一配筋で、拘束筋の材種を高強度鉄筋とした No. 6-4 は、コンクリートの破碎が遅延し、コンクリートの剥落も No. 6-2 よりも軽減される傾向が認められた。次に、No. 6-4 と同一配筋とし、コンクリートの代替として PVA-FRC を使用した No. 6-5 は、PVA 繊維の架橋効果により、コンクリートの剥落が No. 6-4 よりも軽減される傾向が認められた。PVA-FRC を使用することにより損傷を軽減できることが示された。

(2) 変形性状 図 2 (a), (b), (c), (d) に各要因別に比較した水平力 (P) - 相対変位 (δ) 関係の包絡線の比較を示す。袖壁圧縮側の $R=+1/50\text{rad}$. 以前、袖壁引張側の $R=-1/25\text{rad}$. 以前の挙動は試験体の要因の違いによらずほぼ同様な性状を示した。袖壁圧縮側の $R=+1/50\text{rad}$. 以降は、袖壁圧縮端部コンクリートの圧壊・破碎が進行するとともに耐力を徐々に低下させる性状を示した。袖壁引張側の $R=-1/25\text{rad}$. 以降の挙動は袖壁端部縦筋が破断するとともに徐々に耐力を低下させる性状を示した。その耐力低下の割合は縦筋が破断した数に比例して大きくなる傾向が認められた。次に、(a) の降伏点強度の影響について考察する。袖壁が圧縮となる正側加力では、袖壁端部拘束筋の降伏点強度が高いほど、最大耐力後の耐力低下が少なく、靱性能が向上していることが分かる。一方、袖壁が引張となる負側加力では、高強度の拘束筋を使用した No. 6-4 は $R=-1/25\text{rad}$. 以降、壁縦筋の破断とともに徐々に耐力を低下させるが、No. 6-1, No. 6-2 の壁縦筋は破断せずに顕著な耐力低下は認められない。以上より、拘束筋の降伏点強度の違いによる変形性状への影響が認められる。(b) の $\Phi 6$ (SR235) の拘束筋を使用した場合の拘束範囲の影響では、袖壁が引張となる負側加力はほぼ同様な変形性状を示している。一方、袖壁が圧縮となる $R=+1/50\text{rad}$. 以降の正側加力では、袖壁端部および柱際の袖壁を全範囲拘束した No. 6-2 は、袖壁端部を脚部から 275mm の範囲のみを拘束した No. 6-3 に比べて耐力低下がやや軽減される傾向が認められた。これは最終破壊性状において No. 6-2 の柱際の袖壁脚部の損傷は、拘束筋の効果によりコンクリートが破碎されず残存している。一方、No. 6-3 はコンクリートが完全に破碎さ

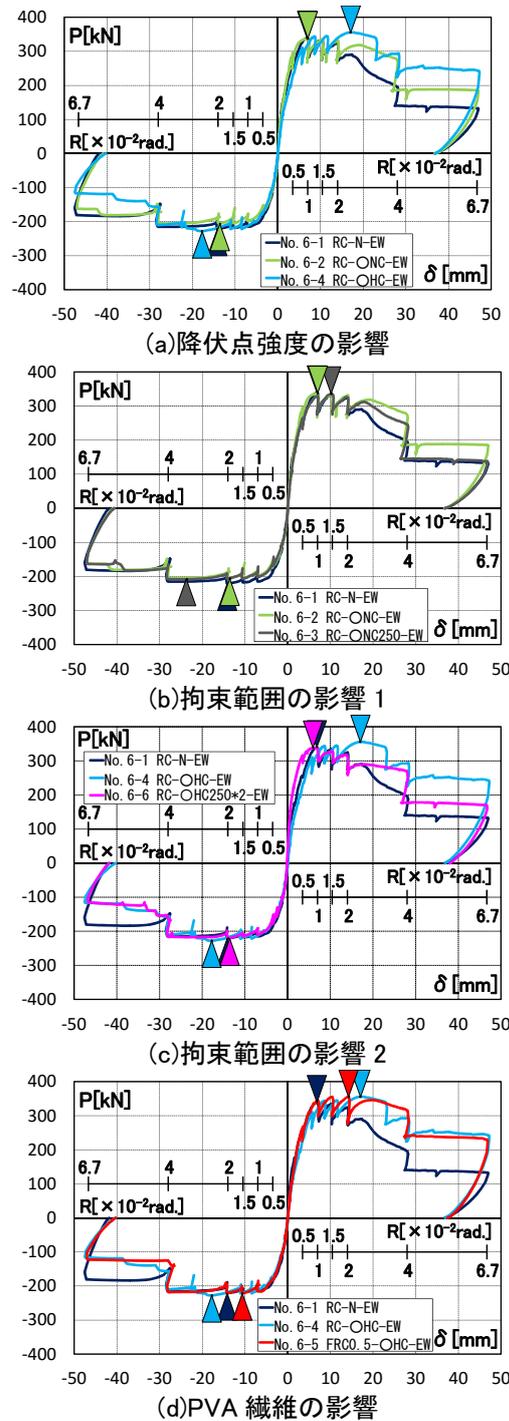
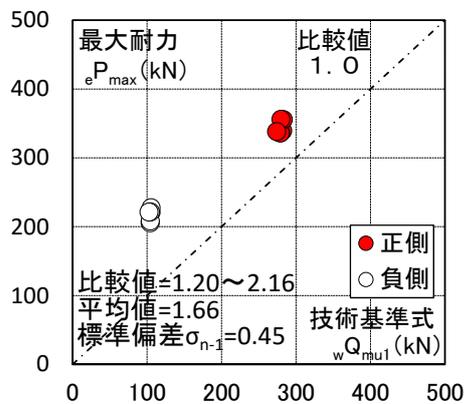


図 2 水平力 (P) - 相対変位 (δ) 包絡線の比較

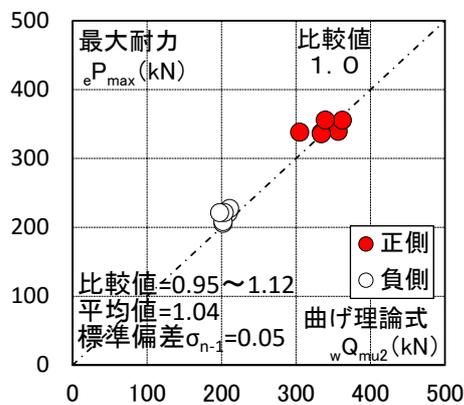
れ隙間があいている状況であった。柱際の袖壁に配筋された拘束筋の有無が大きく影響したと推察される。

(c) の U5.1 の高強度鉄筋を使用した場合の拘束範囲の影響では、袖壁が引張となる負側加力はほぼ同様な変形性状を示している。一方、袖壁が圧縮となる $R=+1/50\text{rad}$. 以降の正側加力では、袖壁内・外端部を脚部から 275mm の範囲のみを拘束した No. 6-6 は、袖壁内・外端部の袖壁を全範囲拘束した No. 6-4 に比べて耐力低下する傾向が認められた。これは、No. 6-4 のコンクリートの圧縮強度が 54.9N/mm^2 に対して、No. 6-6 は 35.9N/mm^2 と低く、そのことが大きく影響したと推察される。

ほぼ同等のコンクリート強度であれば、ほぼ同様な変形状であったと推察される。最後に、(d)のPVA繊維の有無による影響では正側、負側ともに同様な変形状を示しており、PVA繊維の有無による影響は認められない。



(a)技術基準式



(b)曲げ理論式

図3 最大耐力の実験値と曲げ終局強度計算値との比較

(3) 耐力 図3 (a), (b)に最大耐力の実験値 (eP_{max})と曲げ終局強度計算値との比較を示す。(a)は技術基準解説書²⁾による曲げ終局強度式(以下、技術基準式)による計算値 $wQ_{\mu 1}$ との比較である。なお、袖壁が圧縮側となる場合の曲げ終局強度は下式(1)の曲げ終局モーメントの式を用いて算出した。一方、袖壁が引張側となる場合の曲げ終局強度は下式(2)の独立柱の曲げ終局モーメントの式を用いて算出した。

$$wM_u = (0.9 + \beta) \cdot a_i \cdot \sigma_y \cdot D + 0.5N \cdot D \left[1 + 2\beta - \frac{N}{b_c \cdot D \cdot F_c} \left(1 + \frac{a_i \cdot \sigma_y}{N} \right)^2 \right] \quad (1)$$

$$M_u = 0.8 \cdot a_i \cdot \sigma_y \cdot D + 0.5N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot F_c} \right) \quad (2)$$

(b)は下式(3)による曲げ理論に基づいた曲げ終局強度式(以下、曲げ理論式)²⁾による計算値 $wQ_{\mu 2}$ との比較である。

$$M_0 = \sum a_{ti} \cdot \sigma_{yi} (d_i - L_{cc}) + N(d_N - L_{cc}) \quad (3)$$

(a)の式(1)、式(2)の技術基準式との比較では、正負全体の比較値(=実験値/計算値)は1.20~

2.16、平均値1.66、標準偏差0.45であった。正側のみと比較値は1.20~1.27、平均値1.23、標準偏差0.03、負側のみと比較値は1.98~2.16、平均値2.09、標準偏差0.08であった。計算値は実験値に対して過少に評価する傾向が認められ、とくに、その傾向は袖壁が引張となる負側で顕著であった。負側の耐力を検証した式(2)は、引張側の袖壁縦筋を考慮していない独立柱の曲げ終局モーメントの式であり、当然の結果と言える。そのため、袖壁端部に引張に抵抗する有効な壁縦筋が配置された場合には、その効果を考慮した式を適用する必要がある。一方、(b)の曲げ理論式との比較では比較値は0.95~1.12、平均値1.04、標準偏差0.05であった。精度は技術基準式に比較して良好であり、実験値に近似する傾向が認められた。これは式(1)、(2)とは異なり、袖壁部に配置された壁縦筋も考慮した評価式となっているためである。

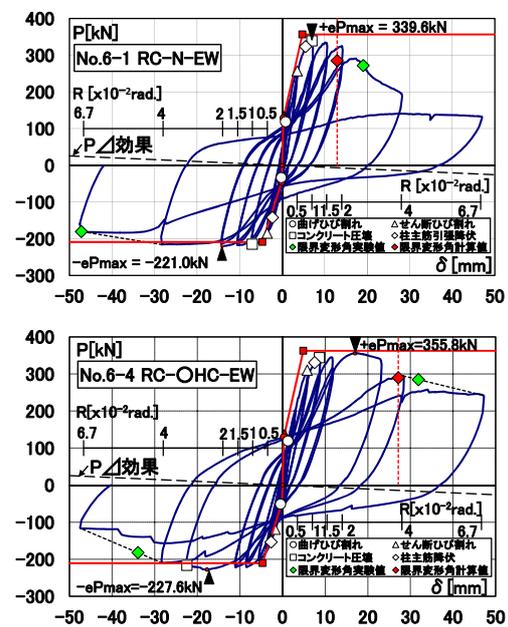


図4 実験値のP-δ関係とスケルトンカーブモデルとの比較の一例

(4) スケルトンカーブの比較 図4に実験値の水平力(P)ー相対変位(δ)関係とスケルトンカーブモデルとの比較の一例を示す。赤実線で示したスケルトンカーブモデルは3折れ線で表現し、第一折れ点は曲げひび割れ発生の点(●印)を、第二折れ点は部材降伏の点(■印)を意味する。それ以降は、その耐力を維持して変形が進む3直線モデルとした。ここで、スケルトンカーブの弾性剛性は曲げ変形とせん断変形を考慮したRC規準の式¹⁾に準じて評価した。なお、せん断変形を算出する際のせん断形状係数 κ はエネルギー法の値を採用した。●印の曲げひび割れ強度は技術基準²⁾に示された曲げひび割れモーメントの式に偏心曲げを考慮した下式(4)により行った。

$$wM_{mc} = 0.56\sqrt{\sigma_B} \cdot Z + N \cdot l_w / 6 + N \cdot e \quad (4)$$

■印の部材降伏の点は、菅野式を袖壁付き柱に拡張した下式(5)の降伏点剛性低下率²⁾に弾性剛性を乗じた二次剛性と式(3)により求めた曲げ終局強度を用いて算出した。

$$\alpha_y = (0.043 + 1.64n \cdot p_i + 0.043a/D + 0.33\eta_0)(d/D)^2 \quad (5)$$

また、スケルトンカーブ上の▲印はせん断ひび割れ強度を意味し、技術基準²⁾に示された下式(6)により算出した。なお、▲印のせん断ひび割れ発生点では、剛性が低下すると考えられるが、ここでは剛性の低下は無いものとして3直線のスケルトンカーブ上にプロットした。

$$w_{Q_{sc}} = (1 + \frac{\sigma_0}{150}) \left\{ \frac{0.085k_c(500 + F_c)}{M/(Q \cdot d_c)} + 1.7 \right\} b_c \cdot j_c \quad (6)$$

また、同図中、赤破線上の◆は限界変形角計算値を意味しており、文献3)で示された下式(7)により算出した。

$$R_u = c \cdot l_h \cdot \phi_u \quad (7)$$

なお、計算に際してNo. 6-1は、袖壁端部無拘束として扱い、その他の試験体は袖壁端部拘束として扱い曲率 ϕ_u を計算した。なお、◆の縦軸の位置は実験値との比較を考慮して、式(3)の曲げ理論式を用いて算出される曲げ終局強度の0.8倍の位置にプロットした。一方、同図中の◆は限界変形角実験値を意味しており、最大耐力以降の耐力が最大耐力の80%に低下した時の変形角と定義した。これより、実験値の荷重-変形角関係の外郭曲線を本スケルトンモデルでおおむね評価できている。また、限界変形角実験値(◆)は、計算値(◆)にほぼ近似している状況であった。袖壁端部を拘束することにより、限界変形角実験値および計算値の両者が向上していることがわかる。袖壁端部の拘束が変形性能の向上に極めて有効であることが理解できる。

(5) まとめ

- ・短期許容せん断力時のひび割れ状況は曲げひび割れ、曲げせん断ひび割れが生じる程度であった。短期許容せん断力を経験させ、せん断力を0に除荷した時のひび割れ幅は0mmもしくは0.03mm以下であり損傷は軽微であった。
- ・終局時の損傷状況は、円形スパイラル筋を袖壁に配置することにより、コンクリートの圧壊および破砕が遅延する傾向が認められた。また、コンクリート代替としてPVA-FRCを使用することにより、コンクリートの剥落を遅延し、損傷を軽微にできることが示された。
- ・袖壁端部拘束筋の降伏点強度の上昇により、袖壁が圧縮となる加力側の靱性能が向上する傾向が認められた。
- ・袖壁端部拘束筋の補強範囲は脚部より2.5t (t: 袖壁厚さ)程度でおおむね問題はないと推察される。さらに、柱際の袖壁部にも拘束筋を配置することにより、最大耐力後

の耐力低下が軽減される傾向が認められた。

- ・PVA繊維による変形性能の向上は、本研究の範囲内では認められないが、損傷を軽減する効果が認められた。
- ・提案したスケルトンモデルは、実験値の荷重-変形関係の外郭曲線をおおむね捉えることができた。

<参考文献>

- 1) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2010, 2010. 2
- 2) 国土交通省住宅局建築指導課: 2015年版建築物の構造関係技術基準解説書, 2015. 6
- 3) 壁谷澤寿海他: 鉄筋コンクリート造袖壁付き柱の変形性能に関する実験的研究 その3・曲げ理論による変形性能の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp. 139~140, 2011. 8

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計3件)

- ①磯雅人, 河南孝典, 「片側袖壁付き RC 柱の限界変形性能評価」, 日本建築学会北陸支部大会, 2016年7月24日, 福井大学
- ②山田貴大, 磯雅人, 河南孝典, 小川敦久, 「袖壁付き RC 柱の高靱性化に関する研究 その3 片側袖壁付き RC 柱の場合 実験概要・破壊性状」, 日本建築学会大会(近畿), 2014年9月12日, 神戸大学
- ③河南孝典, 磯雅人, 山田貴大, 小川敦久, 「袖壁付き RC 柱の高靱性化に関する研究 その4 片側袖壁付き RC 柱の場合 結果・検討」, 日本建築学会大会(近畿), 2014年9月12日, 神戸大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

磯 雅人 (ISO MASATO)

福井大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号: 60377471