

論文 袖壁付き RC 柱のせん断挙動に与える軸力, 袖壁の偏心, 壁横筋比の影響

上原 正敬*1・磯 雅人*2・福山 洋*3・田尻 清太郎*4

要旨: 本研究は, 袖壁付き RC 柱のせん断性状に与える軸力, 袖壁の偏心, 壁横筋比の影響を, 計 4 体のせん断実験により明らかにしたものである。実験の結果, 軸力, 壁横筋比 (せん断補強量) の上昇とともにせん断終局耐力は上昇する傾向が認められた。また, 袖壁が偏心して柱に取付く場合は, 袖壁が取付く側に応力が集中し, 袖壁を柱芯に設けた試験体に比較して耐力が低下する傾向が認められた。本試験体のせん断終局耐力は, 既往のせん断終局強度式 (RC 耐震診断基準式, 技術基準式, 修正 A 法による分割累加式) により安全側に評価できることを示した。

キーワード: 袖壁付き RC 柱, せん断挙動, 軸力, 偏心, 壁横筋比

1. はじめに

平成 19 年国土交通省告示第 594 号 (保有水平耐力計算及び許容応力度等計算の方法を定める件) では構造計算に用いる数値の設定方法について, 建築物の架構の寸法, 耐力, 剛性, 剛域その他の構造計算に用いる数値については, 当該建築物の実況に応じて適切に設定しなければならないとされている。しかしながら, 袖壁付き RC 柱の実験データは, 柱, 梁のデータ数に比較して十分とは言えず, さらに袖壁の取り付け方も多様であるため, その現象は複雑である。そのため, その構造性能を十分に評価できていないのが現状であり, その構造性能評価が急務とされている。

一方, その袖壁付き RC 柱の挙動を把握し, その構造性能を定量的に評価することが可能であれば, その高い剛性と耐力, 初期部分のエネルギー吸収能力を活かした設計も可能となる。さらには, 今まで構造計算上のモデル化を明確にするために, 袖壁に構造スリットを入れる試みがなされているが, それらを入れない設計も可能となり, 施工への負担も軽減されることになる。

以上のことから, 筆者らは継続的に袖壁付き RC 柱部材の実験^{1),2)}を行い, その構造性能評価を行ってきた。

本研究では, 袖壁付き RC 柱のせん断挙動 (破壊性状, 変形性状, 耐力) に与える軸力, 柱に対する袖壁の取付け位置, 壁横筋比の影響をせん断実験により明らかにするとともに, 既往の評価式との適合性について検討することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 試験体

表-1 に試験体一覧, 表-2 に使用材料の力学的特性, 図-1 に試験体配筋図を示す。共通要因は, 柱断面 $b \times D = 300\text{mm} \times 300\text{mm}$, 左右の袖壁の出幅 600mm, 袖壁厚さ $t = 50\text{mm}$, 柱内法高さ $h_0 = 900\text{mm}$, 袖壁を含めた全せい 1500mm, せん断スパン比 $a/D = 1.5$ である。柱部分の主筋は 12-D16 (SD685), 帯筋比 $p_w = 0.42\%$ (D6 (SD295A) @50) である。袖壁一般部分の壁縦筋比は $p_{sv} = 0.40\%$ (D6 (SD685A) @160), 袖壁端部は 2-D10 (SD685) である。コンクリート設計基準強度は $F_c = 24\text{N/mm}^2$ とした。

表-1 試験体一覧

No.	試験体名	柱に対する袖壁の配置	袖壁の出幅 D:柱せい		帯筋 $p_w(\%)$ 仕様	壁横筋 $p_{sh}(\%)$ 仕様	壁縦筋		軸力比 (柱) $\sigma_o/F_c = N/(b \cdot D \cdot F_c)$	破壊モード
			右	左			$p_{sv}(\%)$ 一般部仕様	端部仕様		
1	WRC-(R2D+L2D)-42/127-1/6F _c -SS	中央	2D	2D	0.42 D6 (SD295A) @50	1.27 D6 (SD295A) @50	0.40 D6 (SD685) @160	2-D10 (SD685)	1/6	SS
2	WRC-(R2D+L2D)-42/127-2/5F _c -SS								2/5	
3	EWRC-(R2D+L2D)-42/127-1/6F _c -SS	偏心						1/6		
4	WRC-(R2D+L2D)-42/32-1/6F _c -SS	中央			0.32 D6 (SD295A) @200					

■ 共通要因 ■
 柱断面: $b \times D = 300 \times 300(\text{mm})$
 袖壁厚さ: $t = 1/6D = 50(\text{mm})$
 柱内法高さ: $h_0 = 900(\text{mm})$
 主筋: 12-D16 (SD685)
 袖壁縦筋 (一般部): $p_{sv} = 0.40\%$ (D6 (SD685) @160)
 袖壁縦筋 (端部): 2-D10 (SD685)
 コンクリート設計基準強度: $F_c = 24\text{N/mm}^2$

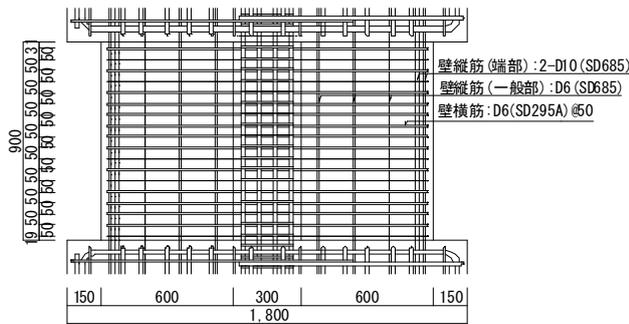
■ 試験体名称 ■
 WRC-(R2D+L2D)-42/127-1/6F_c-SS
 ① ② ③ ④ ⑤
 ① 袖壁の配置...WRC: 柱芯に袖壁を配置した袖壁付きRC柱
 EWRC: 柱芯からずらし袖壁を配置した袖壁付きRC柱
 ② 袖壁の出幅... (R2D+L2D): 右側の袖壁の出幅が2D, 左側の袖壁の出幅が2Dを意味する。
 ③ 帯筋比/壁横筋比... 42/127: $p_w(\%) \times 100 / p_{sh}(\%) \times 100$ を意味する。
 ④ 柱断面で求めた軸力比... 1/6F_c: 軸力比が1/6を意味する。 2/5F_c: 軸力比が2/5を意味する。
 ⑤ 破壊モード... SS: 袖壁を無視した柱部分と袖壁付きRC柱全体としての破壊モードがともにもせん断破壊先行型となるように設計したもの。

*1 福井大学大学院 工学研究科建築建設工学専攻 (正会員)

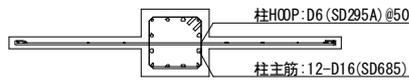
*2 福井大学大学院 工学研究科建築建設工学専攻 講師 博士 (工学) (正会員)

*3 独立行政法人建築研究所 構造研究グループ 上席研究員 工博 (正会員)

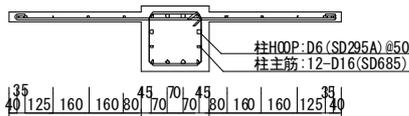
*4 独立行政法人建築研究所 構造研究グループ 研究員 博士 (工学) (正会員)



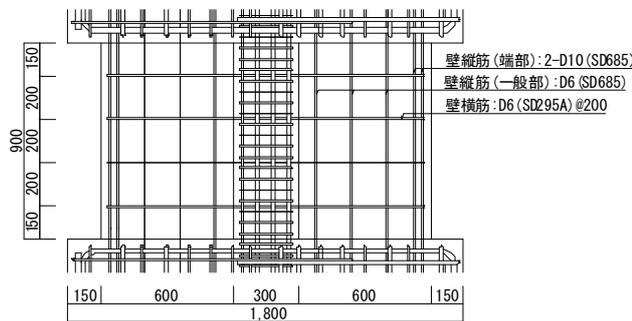
No. 1, No. 2, No. 3



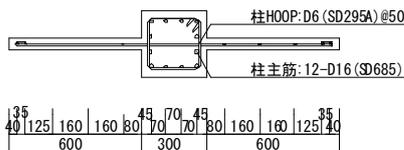
No. 1, No. 2



No. 3



No. 4



No. 4

[単位: mm]

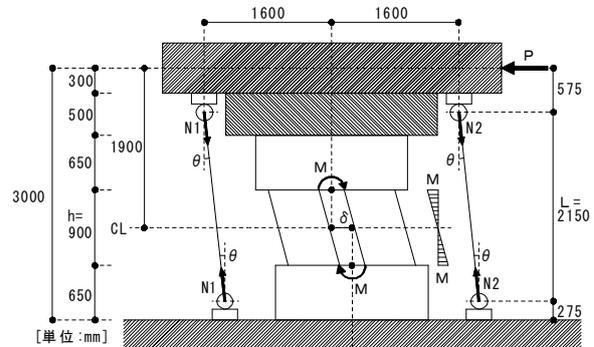
図一 試験体配筋図

一方、変動要因は、軸力、柱に対する袖壁の取付け位置、壁横筋比の3要因である。軸力は $N=360\text{kN}$ ($=1/6F_c \cdot b \cdot D$), $N=860\text{kN}$ ($=2/5F_c \cdot b \cdot D$) の2水準、柱に対する袖壁の配置は柱芯に袖壁を設けたもの、柱芯からずらして偏心させたものの2水準、壁横筋比は $p_{sh}=0.32\%$ ($D6(SD295A) @200$), 1.27% ($D6(SD295A) @50$) の2水準とした。以上、試験体総数は計4体であり、袖壁付きRC柱のせん断性状に与える軸力、袖壁の偏心、壁横筋比の影響を確認した。なお、本試験体の破壊モードは、曲げ破壊に先行してせん断破壊が生じるように、袖壁を無視して独立柱として評価した場合の破壊モードと袖壁付きRC柱として評価した場合の破壊モードが両者ともに、せん断破壊となるように設計を行った。そのため、主筋および壁縦筋のすべてに高強度鉄筋SD685を使用した。

表-2 使用材料の力学的特性

■鉄筋■		鉄筋の種類	降伏点 (N/mm^2)	引張強さ (N/mm^2)	降伏ひずみ度 (μ)	ヤング係数 $\times 10^4(N/mm^2)$
使用部位						
主筋		D16(SD685)	729	929	4050	1.92
壁縦筋端部		D10(SD685)	736	917	4170	1.82
壁縦筋一般部		D6(SD685)	684*	943	5820*	1.79
帯筋・壁横筋		D6(SD295A)	337*	508	3940*	1.74
■コンクリート■		試験体	圧縮強度 (N/mm^2)	割裂引張強度 (N/mm^2)	ポアソン比	ヤング係数 $\times 10^4(N/mm^2)$
材料(養生)						
28日(封緘)	No.3 EWRC-(R2D+L2D)-42/127-1/6Fc-SS		29.7	2.17	0.160	2.20
	No.4 WRC-(R2D+L2D)-42/32-1/6Fc-SS					
34日(封緘)	No.1 WRC-(R2D+L2D)-42/127-1/6Fc-SS		26.5	2.36	0.173	2.32
	No.2 WRC-(R2D+L2D)-42/127-2/5Fc-SS					

*: 0.2%オフセット法により算出



■試験区間に生じるせん断力 Q■

$$Q = P - (N1 + N2) \sin \theta + (N1 + N2) \delta \cos \theta / h$$

ここに、

$$\sin \theta = \frac{\delta}{\sqrt{L^2 + \delta^2}} \quad \cos \theta = \frac{L}{\sqrt{L^2 + \delta^2}}$$

$$N1 + N2 = 360(\text{kN}) \quad \dots \text{No.1, 3, 4}$$

$$N1 + N2 = 860(\text{kN}) \quad \dots \text{No.2}$$

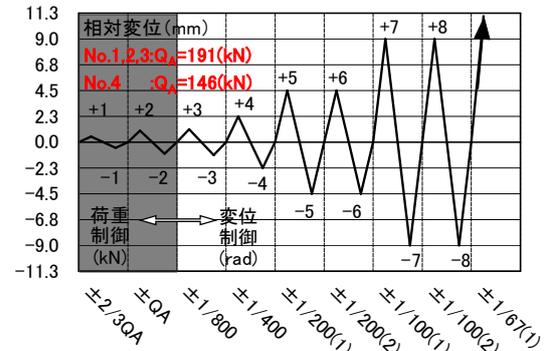
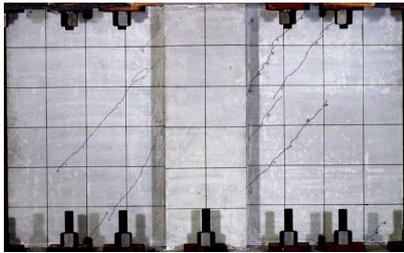


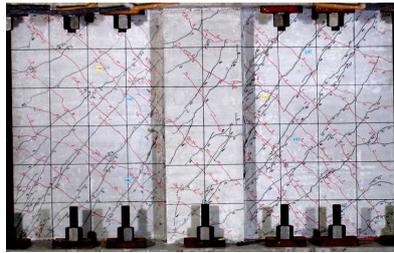
図-2 加力模式図および加力サイクル図

2.2 加力方法

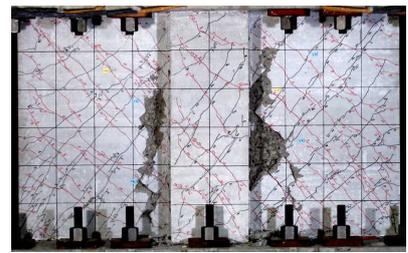
図-2に加力模式図および加力サイクル図を示す。加力は、正負交番漸増繰返し載荷とした。軸力は鉛直方向の2台の1000kN油圧ジャッキにより一定軸力 ($N=360\text{kN}$ (No.1, 3, 4試験体) または 860kN (No.2試験体)) を与えると同時に、水平力を生じさせた際に図心位置のモーメント分布が常に逆対称モーメントとなるように、N1およびN2の軸力をコンピュータにて制御した。一方、水平力は水平方向の鉄骨梁を介して、1台の2000kN油圧ジャッキにより与えた。加力プログラムは、 ± 2 サイクルまでは荷重制御とし、 ± 1 サイクル目は $2/3Q_A$ (ここに、 Q_A : RC 規準短期許容せん断力式³⁾による計算値 ($=191\text{kN}$ (No.1, 2, 3試験体) または 146kN (No.4試験体))), ± 2 サイクル目は Q_A とした。その後は、部材角で制御し、 $1/800(\text{rad})$, $1/400(\text{rad})$ を各1サイクル, $1/200(\text{rad})$,



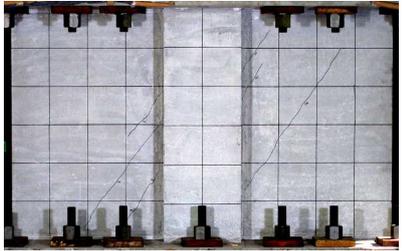
せん断ひび割れ発生サイクル (R=+1/800rad.)



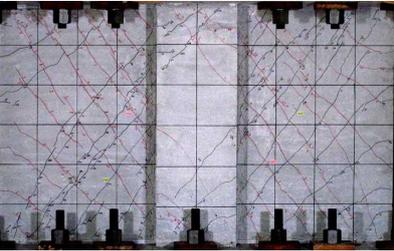
最大耐力時サイクル (R=+1/100rad. 1 回目)
No.1 WRC-(R2D+L2D)-42/127-1/6Fc-SS



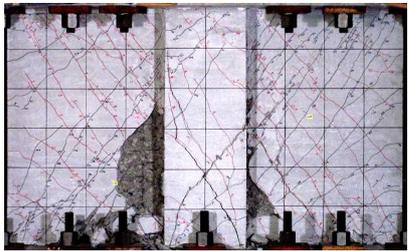
最終破壊状況 (R=-1/100rad. 2 回目)



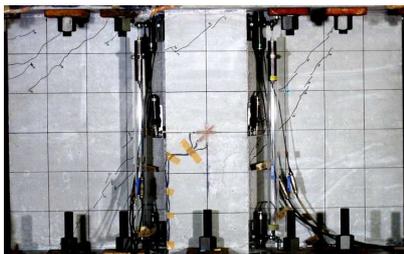
せん断ひび割れ発生サイクル (R=+1/800rad.)



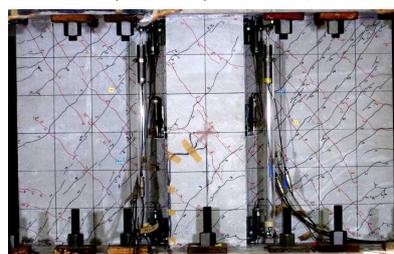
最大耐力時サイクル (R=-1/200rad. 1 回目)
No.2 WRC-(R2D+L2D)-42/127-2/5Fc-SS



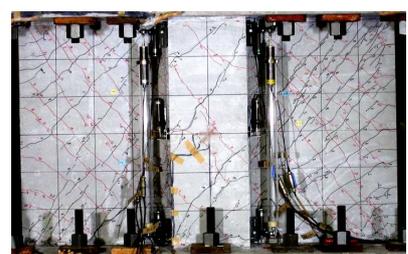
最終破壊状況 (R=-1/100rad. 2 回目)



せん断ひび割れ発生サイクル (R=+1/800rad.)



最大耐力時サイクル (R=+1/200rad. 1 回目)
No.3 EWRC-(R2D+L2D)-42/127-1/6Fc-SS



最終破壊状況 (R=+1/100rad. 1 回目)



せん断ひび割れ発生サイクル (R=+1/800rad.)



最大耐力時サイクル (R=+1/200rad. 1 回目)
No.4 WRC-(R2D+L2D)-42/32-1/6Fc-SS



最終破壊状況 (R=+1/100rad. 1 回目)

写真-1 破壊状況

1/100(rad.)を各2サイクル行うことを原則とした。なお、加力終了は、最大耐力確認後、耐力が最大耐力の80%まで低下した時点を加力終了の目安とした。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

写真-1に各試験体の破壊状況を示す。試験体のひび割れ発生順序は、引張側の袖壁より曲げひび割れが最初に発生する。その後は、柱と袖壁境界部にせん断ひび割れが発生し、次いで袖壁および柱部に単独にせん断ひび割れが発生した。また、最大耐力付近では袖壁圧縮端にコンクリートの圧縮破壊が観察され、とくに最大耐力以降では柱と袖壁境界部のコンクリートが剥落し、柱と袖壁が分離するような性状が見られた。また、短期許容せん断力時のひび割れ状況は、写真には示していないが、

No.1, 3, 4試験体は袖壁の引張側端部に曲げひび割れが生じる程度であり、損傷は軽

微であった。軸力の高いNo.2試験体は、ひび割れは発生せず無損傷であった。

写真-2に袖壁が偏心したNo.3試験体の裏面の最終破壊状況を示す。表面と裏面を比較すると、柱部分のひび割れ幅は裏面の方がやや大きい。また、柱裏面ではコンクリートの面外への浮きが生じているのに対して、表面は生じていない。

3.2 変形状

表-3に実験結果および計算結果一覧を、図-3にせ



写真-2 裏面の最終破壊状況 (No. 3)

表-3 実験結果および計算結果一覧

No.	試験体名	実験値(上段の数値:正側 下段の数値:負側)					破壊モード	計算値			比較値(=実験値/計算値)		
		eS (kN/rad.)	ePmc (kN)	ePsc (kN)	Pmax (kN)	ePmax (kN)		Qsu1 (kN)	Qsu2 (kN)	Qsu3 (kN)	ePmax Qsu1	ePmax Qsu2	ePmax Qsu3
1	WRC-(R2D+L2D)- 42/127-1/6Fc-SS	578200	51.5 -128.5	250.5 -190.5	758.5 -736.5	758.5	せん断破壊	556.8	429.2	601.5	1.36	1.77	1.26
2	WRC-(R2D+L2D)- 42/127-2/5Fc-SS	766080	301.0 -191.0	500.0 -400.0	845.0 -850.0	850.0	せん断破壊	606.8	479.2	601.5	1.39	1.76	1.40
3	EWRC-(R2D+L2D)- 42/127-1/6Fc-SS	675550	191.0 -192.0	349.0 -351.0	749.0 -743.0	749.0	せん断破壊	580.9	448.2	638.1	1.29	1.67	1.17
4	WRC-(R2D+L2D)- 42/32-1/6Fc-SS	676200	148.0 -146.0	301.0 -251.0	688.0 -658.0	688.0	せん断破壊	556.0	448.2	546.8	1.24	1.53	1.26

■記号の説明■
 eS:弾性剛性(実験値 正負の平均値)
 ePmc:曲げひび割れ耐力(実験値)
 ePsc:せん断ひび割れ耐力(実験値)
 Pmax:最大耐力(正負最大)
 ePmax:最大耐力(実験値 正負の絶対値のうち大きいもの)
 Qsu1:RC耐震診断基準式による計算値(式(1))
 Qsu2:技術基準式による計算値(式(2))
 Qsu3:文献(1)の式による計算値(式(3))

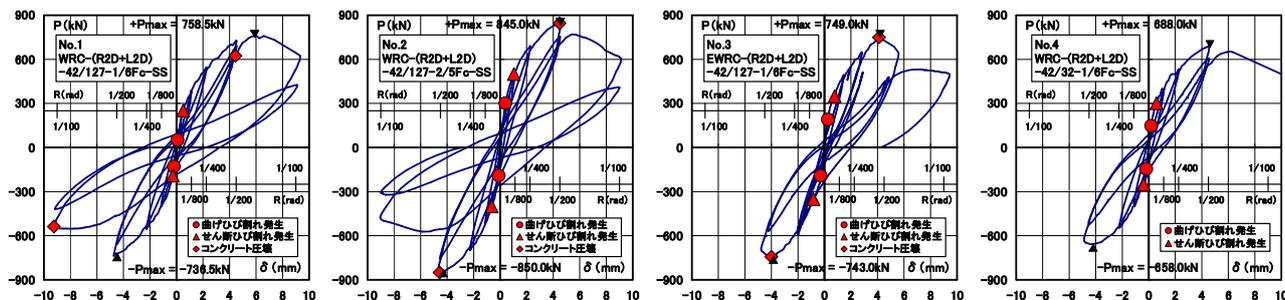


図-3 せん断力(P)－相対変位(δ)関係図

せん断力 (P)－相対変位 (δ) 関係を示す。各試験体の性状を以下に示す。No.1 試験体の曲げひび割れ発生以前の弾性剛性は、乾燥収縮ひび割れの影響のため他の試験体と比べてやや低い。No.2 試験体は軸力が大きいため、その他の試験体に比べ剛性がやや高い。No.3 と No.4 試験体の剛性はほぼ等しく、偏心および壁横筋比による影響は認められない。その後、柱と袖壁との境界にせん断ひび割れ (▲印) が生じると、剛性が低下する傾向が認められた。最大耐力時の部材角は、おおむね $R=1/200(\text{rad})$ 前後である。最大耐力後の変形性能は、いずれの試験体も急激に耐力低下させる性状を示し、せん断破壊型の変形性状を示している。

3.3 袖壁付き RC 柱のせん断終局耐力

図-4 に各要因別にまとめた最大耐力実験値 (ePmax) の比較を、図-5 にコンクリートの強度が耐力に与える影響を除外するために最大耐力実験値を $\sqrt{\sigma_B}$ で除した値による比較を示す。軸力および袖壁横筋比によるせん断終局耐力への影響では、軸力および袖壁横筋比の上昇とともに最大耐力は上昇する傾向が認められた。

次に、柱に対する袖壁の取付け位置の影響を検討する。袖壁を柱芯に設けた No.1 試験体の最大耐力は 758.5(kN)、

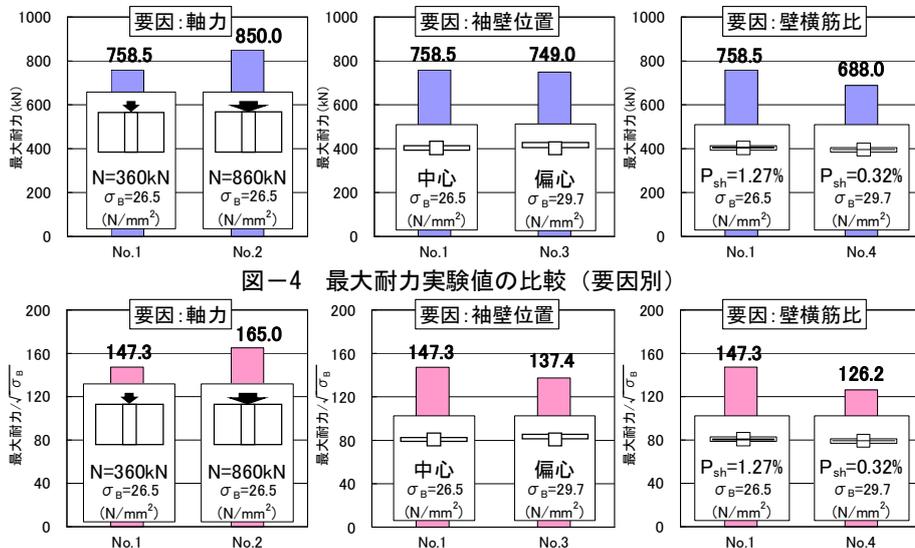


図-4 最大耐力実験値の比較 (要因別)

図-5 最大耐力実験値/ $\sqrt{\sigma_B}$ の比較 (要因別)

袖壁を偏心して取付けた No.3 試験体の最大耐力は 749.0(kN)となり、袖壁の偏心により、若干低い値となった。偏心した No.3 試験体のコンクリート強度が No.1 試験体に比べてやや高いため、その影響を取り除いた図-5 の方で比較すると、偏心した試験体 No.3 の値が、柱芯に袖壁を設けた試験体 No.1 の値よりも低いとともに、その低下割合は図-4 の低下割合に比較して大きく、袖壁が偏心して取り付くことにより最大耐力は低下する傾向が認められた。

図-6 に最大耐力実験値 (ePmax) と既往のせん断終局強度式による計算値との比較を示す。既往のせん断終局強度式は、以下に示す式(1)の RC 耐震診断基準式⁴⁾、式(2)の技術基準式⁵⁾、および式(3)の修正 A 法による分割

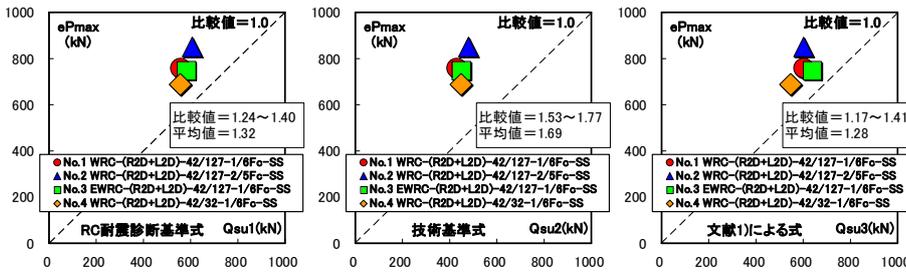


図-6 最大耐力実験値 (ePmax) と既往のせん断終局強度式による計算値との比較

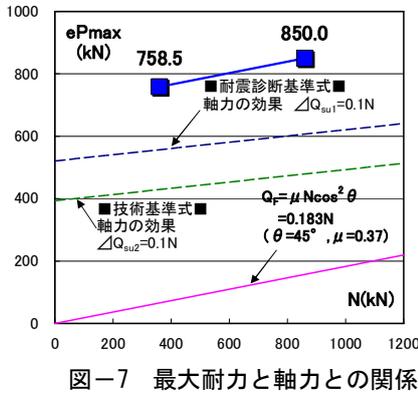


図-7 最大耐力と軸力との関係

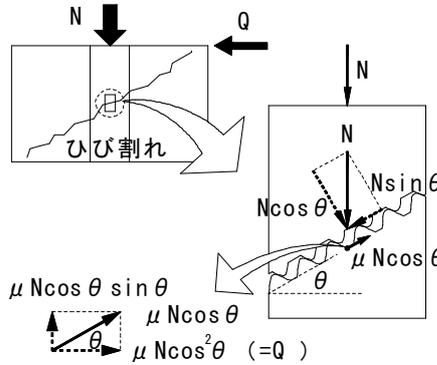


図-8 摩擦抵抗機構の概念図

$$\beta_w = \left\{ (1 + \cot^2 \varphi) p_{sh} \cdot \sigma_{shy} \right\} / (v \cdot \sigma_B)$$

$$\tan \theta_c = \left\{ \sqrt{(h_0/D)^2 + 1} \right\} - h_0/D$$

$$\tan \theta_w = \left\{ \sqrt{(h_0/l_w)^2 + 1} \right\} - h_0/l_w$$

σ_B : コンクリート圧縮強度
 σ_{wy} : 帯筋の降伏強度
 σ_{shy} : 壁横筋の降伏強度
 b : 柱幅 t : 袖壁厚さ
 j_c : 最外主筋間距離
 j_w : 最外壁縦筋間距離
 D : 柱せい h_0 : 柱内法長さ
 l_w : 袖壁を含んだ全せい
 a_w : 帯筋1組の断面積
 x : 帯筋間隔
 p_{we} : 換算帯筋比 ($a_w / \{(b-t) \cdot x\}$)
 p_{sh} : 壁横筋比
 v : コンクリート圧縮強度の有効係数 ($0.7 - \sigma_B/200$)
 φ : トラス機構のコンクリート圧縮束の角度, $\varphi=45^\circ, \cot \varphi=1.0$

累加式¹⁾の3式により検討する。

■RC 耐震診断基準式⁴⁾

$$Q_{su1} = \left\{ \frac{0.053 p_{te}^{0.23} (18 + F_c)}{M / (Q \cdot d_c) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_{we} \cdot \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_{oe} \right\} b_e \cdot j_e \quad (1)$$

ここに、 $P_{te} : a_t / (b_e \cdot d_e) [\%]$ F_c : コンクリート圧縮強度
 $M / (Q \cdot d_c)$: 袖壁付き柱のせん断スパン比 h_{cw} / L
 $P_{we} \cdot \sigma_{wy} : P_w \cdot \sigma_{wy} (b/b_e) + P_{sh} \cdot \sigma_{sy} (t/b_e)$
 $P_w \cdot \sigma_{wy}$: 柱帯筋比とその降伏点強度の積
 $P_{sh} \cdot \sigma_{sy}$: 袖壁横筋比とその降伏点強度の積
 σ_{oe} : 置換断面の軸力比 $N / (b_e \cdot j_e)$ $j_e : 7d_e/8$
 b_e と d_e の決め方および記号の意味は、文献3)を参照

■技術基準式⁵⁾

$$Q_{su2} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{0.23} (18 + F_c)}{M / (Q \cdot d_c) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_{we} \cdot \sigma_{wy}} \right\} b_e \cdot j_e + 0.1N \quad (2)$$

ここに、 $P_t : a_t / (b \cdot D) [\%]$
 $P_{we} : P_w (b/b_e) + P_{sh} (t/b_e)$ N : 軸力 $j_e : 7d_e/8$
 他の記号は式(1)に準ずる。 b_e と d_e は文献5)を参照

■修正 A 法による分割累加式¹⁾

$$Q_{su3} = Q_c + Q_w \quad (3)$$

$$Q_c = (b-t) \cdot j_c \cdot p_{we} \cdot \sigma_{wy} \cdot \cot \varphi + \tan \theta_c (1 - \beta_c) D \cdot (b-t) \cdot v \cdot \sigma_B / 2$$

$$Q_w = t \cdot j_w \cdot p_{sh} \cdot \sigma_{shy} \cdot \cot \varphi + \tan \theta_w (1 - \beta_w) l_w \cdot t \cdot v \cdot \sigma_B / 2$$

ただし、
 $p_{we} \cdot \sigma_{wy} > v \cdot \sigma_B / 2$ の場合、 $p_{we} \cdot \sigma_{wy} = v \cdot \sigma_B / 2$ として計算。
 $p_{sh} \cdot \sigma_{shy} > v \cdot \sigma_B / 2$ の場合、 $p_{sh} \cdot \sigma_{shy} = v \cdot \sigma_B / 2$ として計算。
 ここに、 Q_c : 柱部のせん断終局強度

$$Q_w : \text{袖壁部のせん断終局強度}$$

$$\beta_c = \left\{ (1 + \cot^2 \varphi) p_{we} \cdot \sigma_{wy} \right\} / (v \cdot \sigma_B)$$

同図より実験値を各せん断終局強度式で除した比較値は、RC 耐震診断基準式では 1.24~1.40 (平均値 1.32)、技術基準式では 1.53~1.77 (平均値 1.69)、修正 A 法による分割累加式では 1.17~1.41 (平均値 1.28) であり、各式ともに安全側に評価される結果となった。

4. 各種要因が与えるせん断終局耐力への影響

4.1 軸力の影響

図-7に最大耐力 (ePmax) と軸力 (N) との関係を示す。比較のため同図中に、RC 耐震診断基準式および技術基準式によるせん断終局強度計算値と軸力との関係を1点鎖線で示す。実験値は、軸力の増加とともに上昇する傾向が認められ、おおむね既往の評価式による傾向と一致する。しかし、実験値の上昇勾配は、既往の評価式に比べてやや高い傾向にある。

そこで、図-8に示す抵抗モデルを考える。部材に軸力が生じる場合、ひび割れ面には摩擦力により抵抗力が生じる。ここで、ひび割れたコンクリート面の摩擦係数を μ 、軸力を N 、そのすべり角度を θ とした場合、摩擦による抵抗力 Q_F は下式(4)で表すことができる。

$$Q_F = \mu \cdot N \cdot \cos^2 \theta \quad (4)$$

ここで、ひび割れ角度がほぼ 45 度であることから $\theta=45^\circ$ と仮定し、実験値より μ を逆算すると $\mu=0.37$ を得た。以上、式(4)にそれらを代入すると、軸力によるせん断耐力の上昇分の評価式として下式(5)を得る。また、式(5)の直線を図-7中に実線で示しておく。

$$Q_F = 0.183 \cdot N \quad (5)$$

4.2 袖壁偏心による影響

袖壁が偏心した No.3 試験体の最大耐力は、袖壁を柱芯に設けた No.1 試験体に比べて低下した。その低下原因を探るため、図-9 に柱部中央の表・裏面 45°方向（圧縮となる方向）に貼付したひずみゲージにより計測されたコンクリートの圧縮ひずみ度 (ϵ) とせん断力 (P) との関係を示す。貼付したひずみゲージは 3 軸ゲージであり、検長 60mm のものを使用した。プロット

したデータは最大耐力を含むサイクルのデータであり、No.3 試験体は +1/200(rad.)1 回目、No.1 試験体は +1/100(rad.)1 回目のデータである。同図より、表面および裏面のひずみ度は、荷重の増加とともに上昇する。しかし、裏面のひずみ度は、表面に比べて大きく、袖壁が寄った裏面に応力が集中していることがわかる。これが、耐力を低下させた 1 つの要因と推察される。また、応力が集中する推定メカニズムとして、トラス機構およびアーチ機構の抵抗機構を考えるならば、柱裏面では、柱部のアーチ・トラス機構により生じる圧縮束応力と袖壁部のトラス・アーチ機構により生じる圧縮束応力が重なるためと推察される。

4.3 せん断補強量による影響

図-10 に最大せん断応力度 ($\tau_{su} = Q_{max}/b_e \cdot j_e$) と壁横筋比 ($p_w \cdot \sigma_{wy}(b/b_e) + p_{sh} \cdot \sigma_{sy}(t/b_e)$) との関係を示す。比較のため同図中に、RC 耐震診断基準式によるせん断終局強度計算値とせん断補強量との関係を一点鎖線で示す。また、参考のため、筆者らによる既往の実験データ (◆印)^{1),2)} も併せて示しておく。

本実験データ (■印) は、せん断補強量の増加とともに最大耐力が上昇する傾向が認められた。しかし、筆者らの既往の実験データ (◆印) では補強量増加に伴う上昇割合が本実験データと比べて幾分緩やかであった。また、既往の評価式では、式(1)の第 2 項からもわかるように、補強量増加に伴い耐力が指数関数的に上昇しており、おおむね本実験値の性状と同様の傾向を示した。

本実験データ (■印) および筆者らの既往の実験データ (◆印) をそれぞれ線形回帰し求めた傾きの範囲は 0.144~0.592 であり、平均値は 0.294 であった。求めた平均勾配の直線 ($\tau_{su} = 0.294 \{ p_w \cdot \sigma_{wy}(b/b_e) + p_{sh} \cdot \sigma_{sy}(t/b_e) \}$) を図-10 の下部に示す。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

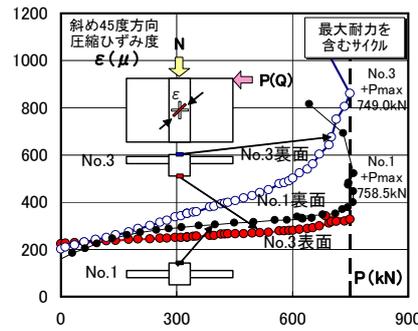


図-9 柱部表・裏面 45° 方向のコンクリート圧縮ひずみ度 (No. 3 試験体)

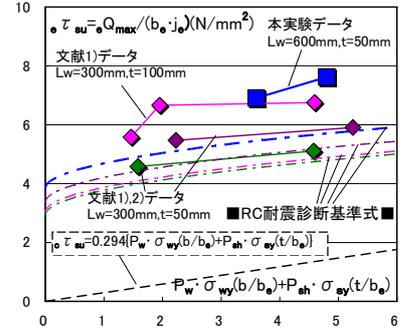


図-10 最大耐力とせん断補強量の関係

- ・軸力、壁横筋比（せん断補強量）の上昇とともにせん断終局耐力は上昇する傾向が認められた。
- ・袖壁が偏心して柱に取付く場合は、袖壁が取付く側に応力が集中し、袖壁を柱芯に設けた試験体に比較して耐力が低下する傾向が認められた。
- ・本試験体のせん断終局耐力は、既往のせん断終局強度式（RC 耐震診断基準式、技術基準式、修正 A 法による分割累加式）により安全側に評価できることを示した。

謝辞

本研究は、平成 21 年度国土交通省建築基準整備促進補助金事業の一部（研究代表者：壁谷澤寿海 東京大学地震研究所教授）として行われた。平成 21 年度福井大学磯研究室卒研生：蒲池俊輔君、独立行政法人建築研究所構造研究グループ：飯場正紀氏、諏訪田晴彦氏、向井智久氏に多大な協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 澤井謙彰，磯 雅人，田尻清太郎，福山洋，向井智久：袖壁付き RC 柱の構造性能に関する研究 - 壁厚・補強量を変化させた場合 - その 1,2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.263~266, 2009.8
- 2) 澤井謙彰，磯 雅人，田尻清太郎：破壊モードを変化させた場合の袖壁付 RC 柱の曲げせん断性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.133~138, 2008
- 3) 日本建築学会：2010 年改訂 鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, pp.274~282, 2007.8
- 4) 日本建築防災協会：2001 年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準 同解説, pp.229~244-2, 2001.10
- 5) 建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会：2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書，全国官報販売協同組合, pp.641~646, 2007.8