

RC 造腰壁・垂れ壁付短柱の耐震性能に関する大変形繰返し加力実験
(その5: 軸力比が 0.2 の場合)

正会員 塚本 英司*¹ 正会員 小室 達也*³
同 澤口 祐樹*² 同 広沢 雅也*⁴

腰壁付柱 垂れ壁付柱 帯筋比
構造スリット 軸力比 偏心接合

1. はじめに

本報では、前報(その 1~4)の軸力比約 0.1 における RC 造両側腰壁・垂れ壁付短柱の耐震実験結果¹⁾に引き続き、表-1 に示す柱と二次壁が偏心接合した 4 体の試験体(スリット有、無各 2 体)について軸力比約 0.2 における大変形下に至るまでの挙動に関する実験結果を報告する。

2. 実験結果

鉄筋とコンクリートの材料特性を表-2 に示す。図-1 に各試験体のせん断力(Q)-部材角(R)の関係と水平加力終了後軸方向力を除荷した最終破壊状況のひび割れ図を示す。ひび割れ図は上図が北面(偏心側)、下図が南面(非偏心側)から観測したものである。

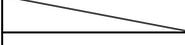
2.1 破壊経過

1) せん断破壊した試験体(No.1, 3)

せん断破壊した、スリットの無い試験体 No.1, 3 では、まず引張側の二次壁が柱と接合する隅角部位置に垂直方向に引張りひび割れが発生した。しかし、スリットがないため柱と壁は分離せず、圧縮側では二次壁が柱から作用する圧縮力により斜めせん断力をうけ、二次壁にせん断ひび割れが発生する。北面では、柱頭柱脚で曲げひび割れが発生する。その後、両面ではほぼ同時に対角線状せん断ひび割れが発生し、最大耐力に達した。最大耐力時には柱主筋の降伏は起こらず、コンクリートのせん断破壊が先行している。

せん断ひび割れの発生と同時に帯筋が降伏し、急激に

表-1 試験体一覧

No.	試験体名	変動因子		
		軸力比 (σ_0/σ_B)	帯筋間隔 (p_w : %)	スリット 幅(t_s)×深さ(t_d)
1	01C10EW -	0.2 ($\sigma_0=5.89$)	100mm (0.1%)	
2	02C10EW1/2			
3	03C04EW -		40mm (0.26%)	
4	04C04EW1/2			

【共通因子】柱断面: $b_c \times D_c=240\text{mm} \times 240\text{mm}$ (b_c : 柱幅, D_c : 柱せい)
柱主筋比: $p_g=1.24\%$ (10 - D10), 柱引張鉄筋比: $p_t=0.49\%$ (4 - D10)
壁厚: $t_w=50\text{mm}$, 二次壁付柱全長: $L_w=1200\text{mm}$
柱の内法高さ: $h_0=360\text{mm}$, $h_0/D=1.5$
腰壁高さ: $H_{sw}=400\text{mm}$, たれ壁高さ: $H_{hw}=240\text{mm}$
二次壁縦横筋比: 4 @100 シングル(縦筋, 補強筋比: $p_s=0.26\%$)
軸方向応力度 $\sigma_0=N/(b_c \cdot D_c)$ N/mm²

耐力が低下した。しかし、この時点では軸方向の崩壊まで至らず、繰返し载荷中に、せん断ひび割れ部分の変形及び損傷が集中し、急激に鉛直変位が縮み崩壊に至った。

2) 曲げ降伏後せん断破壊した試験体(No.2, 4)

曲げ降伏後せん断破壊した No.2, 4 では、初期段階でスリット部分にひび割れが発生し、その後、スリット部が圧潰をする。柱端部に曲げひび割れ、曲げせん断ひび割れと順に発生し、最大耐力に達した。最大耐力時に柱頭・柱脚の主筋降伏が見られた。以後、緩やかに耐力低下し、鉛直変位も徐々に縮んだ。そして、曲げせん断ひび割れ部分に変形及び損傷が集中し柱頭で滑るようにして崩壊に至った。

スリットを設けることで、二次壁と柱が分離し、短柱としてのせん断破壊が回避され、変形性能が改善されて靱性に富む挙動を示した。北面と南面では、ひび割れ状況に差はなく、やや南面ではコンクリートの剥落が多かった。また、主筋の座屈、帯筋の破断・フックの外れが見られた。 $p_w=0.26\%$ では、 $p_w=0.10\%$ よりもさらに耐力低下、鉛直変位の増加は緩やかであった。

2.2 耐力と変形性能

図-2 に各サイクルの耐力低下率を示す。この図に示すように、実験から以下の事項が明らかになった。

1) 最大耐力に及ぼすスリットの有無の影響は小さいが変形性能に大きな違いが見られた。スリットが無い場合(No.1, 3)には、 $R=1/400 \sim 1/200$ で最大耐力となり $p_w=0.10\%$ で最大耐力以降の繰返しによる耐力低下が大きく、 $R=1/200$ で最大耐力の約 20%以下に低下し、 $p_w=0.26\%$ でも $R=1/100$ で最大耐力の約 40%以下に低下している。一方、スリットが有る場合(No.2, 4)にはその傾向が小さく、 $R=1/100$ で最大

表-2 材料特性

コンクリート	圧縮強度 f_c (N/mm ²)	ヤング係数 E_c (N/mm ²)	
Fc21	28.4	2.61×10^4	
鉄筋	降伏強度 f_y (N/mm ²)	引張強度 f_t (N/mm ²)	降伏歪み ϵ_y (%)
D10	390.4	549.0	0.20
4	301.1	370.4	0.14

Experimental Study on Seismic Performance of Reinforced Concrete Columns with Spandrel- and Hanging-Walls under Large Deformation
Part5: Axial Force Ratio is the case of 0.2

TSUKAMOTO Eiji, SAWAGUCHI Yuuki, KOMURO Tatsuya, HIROSAWA Masaya

耐力に達し、直後の $R=1/67$ では最大耐力の約 80% 以上の耐力を保持している。

- 帯筋比の違いによる最大耐力への影響は小さい。しかし、耐力低下後への影響は大きく、 $p_w=0.10\%$ の No.1 では $R=1/200$ で最大耐力の約 20%以下に低下しているが、 $p_w=0.26\%$ の No.3 では最大耐力の約 80%以上を維持している。また、スリット有の $p_w=0.10\%$ の No.2 では $R=1/67$ で崩壊に至ったが、 $p_w=0.26\%$ の No.4 では $R=1/67$ 以降も最大耐力の約 80%以上を維持している。

2.3 軸力支持能力

図-3 に水平変位(δ_h) -鉛直変位(δ_v)関係を示す。図中の丸印は軸力支持限界を示す。これらの図から、以下の事項が明らかになった。

- スリットを設けることで軸力支持限界時部材角(R_u)が、スリット無に比べ 2~4 倍程度改善された。なお、 R_u は No.1, 2, 3, 4 = 5.3, 15.0, 10, 40 ($\times 10^{-3}$ rad.)となった。
- 軸方向崩壊は既に経験ずみの変形下での繰返し載荷中に生じることが多い。これは軸力が大きいために、繰返し加力中でのコンクリート破壊が進行するためと考えられる。

まとめ

軸力比 0.2 の腰壁・垂れ壁付短柱の大変形繰返し加力実験の結果、以下のことが明らかとなった。なお、軸力比の違いによる影響については次報(その 6)で報告する。

- スリットが無い場合、脆性的なせん断破壊となり、さらに帯筋比が小さいと急激に耐力低下した。スリットが有る場合には、部分スリット部の破壊が先行し、変形性能が大きく改善された。
- 部分スリットを設けることで、水平力に対する靱性が改善され、軸力支持能力も大幅に改善された。

参考文献

- 松井, 澤口, 瀧澤, 小室, 広沢: RC 造腰壁・垂れ壁付短柱の耐震性能に関する大変形繰返し実験(その 1~4), 日本建築学会大会学術講演梗概集 C 2(北海道), pp381~pp388, 2004.8

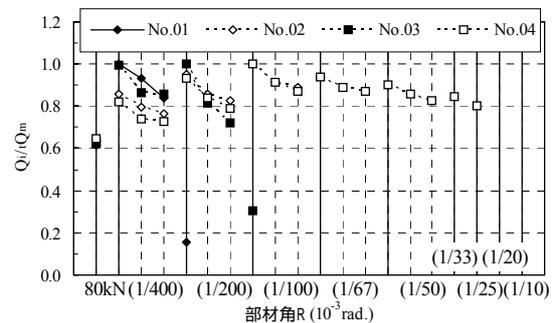


図-2 部材角(R)と耐力低下率(Q_i/Q_m)

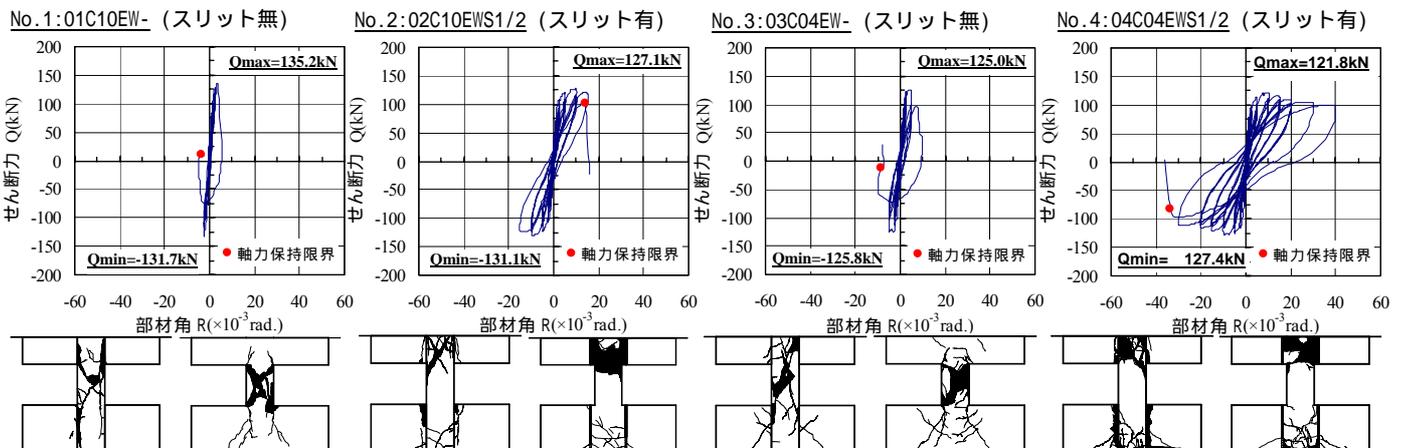


図-1 せん断力(Q)-部材角(R)曲線及び最終ひび割れ図

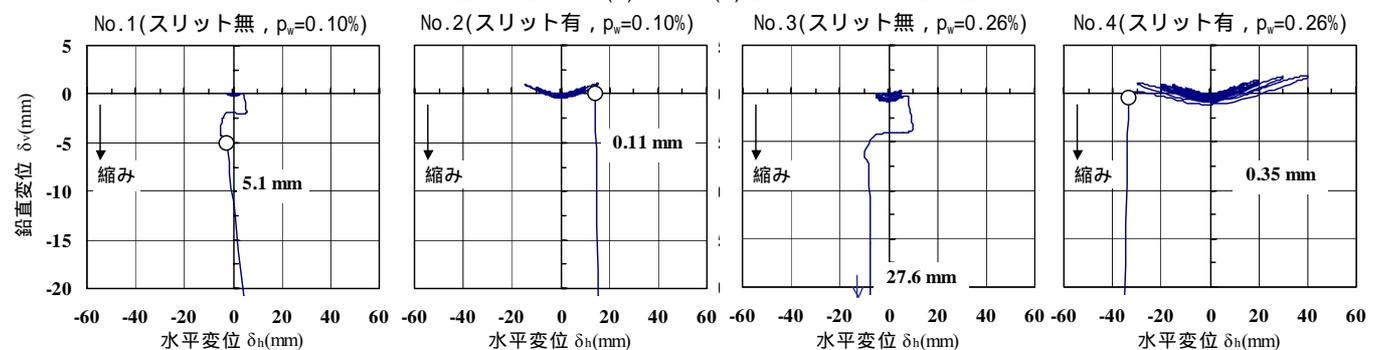


図-3 水平変位(δ_h) -鉛直変位(δ_v) (軸力支持限界)

*1 工学院大学大学院修士課程

*2 広沢研究室 修士(工学)

*3 東京理科大学理工学部 助手・博士(工学)

*4 工学院大学工学部 教授・工博

*1 Graduate Student, Kogakuin Univ.

*2 Hirosawa Laboratory, M. Eng.

*3 Research Associate, Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.

*4 Professor, Faculty of Engineering, Kogakuin University, Dr. Eng.