

# 小型プレキャストブロックを用いた増設耐震壁工法の開発 (その7 PCaブロックとFRPブロックを併用した補強壁)

耐震補強  
FRP

耐震壁  
ブロック

プレキャスト

正会員  
同  
同  
同

○栗田 康平\*  
増田 安彦\*  
木村 耕三\*  
萩尾 浩也\*

## 1. はじめに

騒音や振動を抑制できる耐震補強工法として、プレキャストブロック(以下PCaブロック)やガラス繊維強化プラスチックブロック(以下FRPブロック)を組積する耐震補強工法の開発を進めている<sup>1,2,3)</sup>。本報では、比較的大きな開口部をPCaブロック耐震壁の中央部に設け、その開口部にFRPブロックを組積したPCa-FRP複合補強壁(以下複合壁)の一層壁試験体によるせん断加力実験で確認した補強効果を報告する。

## 2. 実験計画および試験体形状

実験因子は、(1)FRP壁面積、(2)FRP壁厚さで、これらを組み合わせた試験体数は4体である。柱を含む周辺フレームは既試験体<sup>1)</sup>と共通で、縮尺は約1/3である。補強壁の両所で壁部にはPCaブロックを組積し<sup>1)</sup>、中央開口部にはFRPブロックを組積した<sup>2)</sup>。PCa壁の周囲には、壁筋と定着させる接合筋を溶接したガイドスチールを配し、周辺フレームに樹脂で接着した。FRP壁上部のガイドスチールは、周辺フレームに接着するカットTと、FRP壁に接着するアングル材で構成し、両者を高力ボルトで接合した。PCa壁とFRP壁の境界部は、PCa壁に接合筋で定着されたガイドスチールにFRPブロックを接着した。

## 3. 破壊性状および荷重-変形関係

試験体 H1, H2, H3 のひび割れは、ガイドスチールグラウト側界面の剥離ひび割れ、壁せん断ひび割れ、ガイドスチール躯体側接着面のひび割れの順に生じ、最大耐力は概ね  $R=6.67$ (部材角  $R$  の単位は  $\times 10^{-3} \text{rad.}$ )で生じた。 $R=13.3$  加力時には、引張側柱頭付近のパンチングシア破壊と、PCa壁上隅部の圧壊、複合壁上部の接着接合面のずれが顕著に進行し、耐力が低下した。3体の破壊モードは「接合面破壊」であり、無開口試験体<sup>1)</sup>で生じた破壊モードと同様である。試験体 H2b の初期ひび割れ発生状況は他の3体と同様だが、 $R=-1.8$ でPCa壁-FRP壁間の境界接着接合面でのひび割れおよびずれ破壊が発生した点で異なる。最大耐力は、その後の $R=13.3$ で生じ、PCa壁-FRP壁間のずれ破壊と、FRP壁のせん断破壊により耐力が低下した。試験体 H2b の破壊モードは、「分離型破壊」とする。

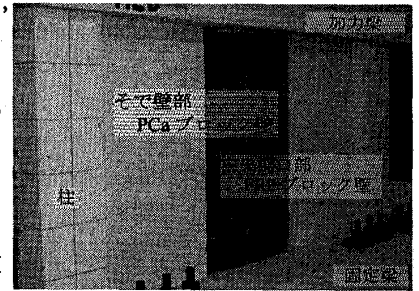


写真-1 工法概要

表-1 試験体諸元

試験体		H1	H2	H3	H2b
周辺フレーム	柱諸元	b×D×h=220×220×900(mm) 主筋12-D13( $\rho_g=3.15\%$ ) 帯筋D6@100( $\rho_w=0.29\%$ )			
	軸力N	$N/bD=3.0N/mm^2$			
FRP壁	コンクリート強度	$\sigma_c=23.7N/mm^2$			
	ブロック組積数	1列×6段×2層	2列×6段×2層	3列×6段×2層	2列×6段×1層
	FRP壁を開口とみなした等価開口周比 $\eta$	$\eta=0.34$ ( $\gamma=1-\eta=0.66$ )	$\eta=0.48$ ( $\gamma=0.52$ )	$\eta=0.59$ ( $\gamma=0.41$ )	$\eta=0.48$ ( $\gamma=0.52$ )
	ガイドスチール	CT100×80×8×12+2L100×36×7 M16(F10T)@120			
PCa壁	ブロック組積数	そで壁 4列×11段	そで壁 3列×11段	そで壁 2列×11段	そで壁 3列×11段
	ブロック強度	$\sigma_b=87.2N/mm^2$			
	壁配筋	D6シングル縦@120×横@72 ( $\rho_w=0.38\%$ )			
	ガイドスチール	PL4.5×70 接合筋D6 定着長さ30d付き			

表-2 材料強度

鋼材		$\sigma_y$ ( $N/mm^2$ )	$\sigma_u$ ( $N/mm^2$ )	$E_s$ ( $kN/mm^2$ )	伸び (%)
H1, H2, H3	D13(柱主筋)	368	575	190	23.4
H2b	D13(柱主筋)	353	520	186	20.1
H1, H2, H3, H2b	D6(帯筋)	371	472	195	14.6
	D6(壁筋)	292	379	200	20.9
H1, H2, H3	PL4.5	278	390	207	26.8
	H2b	322	418	210	36.4

FRPブロック		$F\sigma_C$ 圧縮強度 ( $N/mm^2$ )	$F\sigma_T$ 引張強度 ( $N/mm^2$ )	$E_F$ ヤング係数 ( $kN/mm^2$ )	樹脂引張せん断強度 鋼材接着時 FRP接着時 ( $N/mm^2$ )   ( $N/mm^2$ )
H1, H2, H3, H2b	小型ブロック	319	335	16.0	13.02   9.00

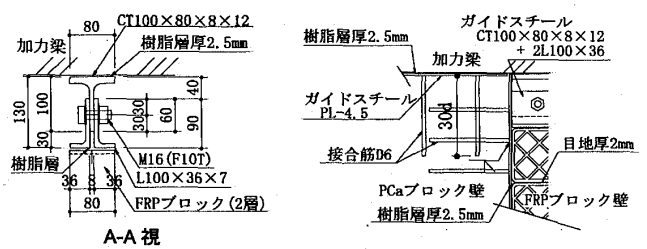
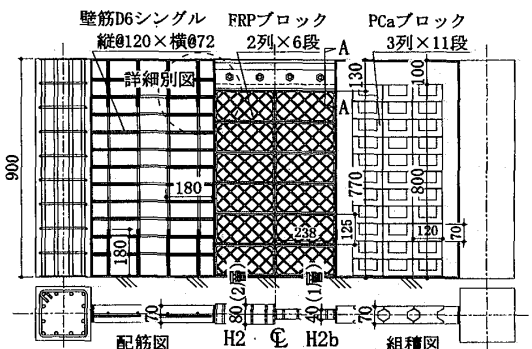


図-1 試験体形状

Development of Seismic Strengthening Methods by Shear Walls using Small Precast Concrete Blocks. (Part.7)

KURITA Kohei, MASUDA Yasuhiko  
KIMURA Kohzo, HAGIO Hiroya

#### 4. 最大耐力の評価

(1) 接合面破壊による終局せん断耐力  ${}_w Q_{SU}$  は、周辺フレームとの接着接合面の終局耐力に、引張側柱のパンチング耐力および圧縮側柱の耐力を累加して、式(1)で求めた。

$${}_w Q_{SU} = (Q_{jw}, \Delta Q_{WU}) + {}_p Q_C + \alpha Q_C \quad \text{式(1)}$$

$Q_{jw}$ : 水平接着接合面の終局せん断耐力  $Q_{jw} = 0.12 F_c (A_{PC} + A_F)$ ,  $A_{PC}$ ,  $A_F$ : PCa壁, FRP壁の水平接着断面積,  $\Delta Q_{WU}$ : 壁板の圧縮ストラットによるせん断耐力,  ${}_p Q_C$ : 引張側柱頭部パンチング耐力<sup>4)</sup>,  ${}_c Q_C = k_w \cdot \tau_o \cdot b \cdot D$ ,  $\alpha$ : 変形状況を考慮した低減係数,  $Q_C$ : 圧縮柱の終局曲げせん断強度<sup>4)</sup>。

(2) 分離型破壊による終局せん断耐力  ${}_{cw} Q_{SU}$  は、そで壁とみなした PCa 壁のせん断耐力と FRP 壁のせん断耐力に、柱の耐力を累加して式(2)で求めた。分離型破壊に至る主因となった接着接合面のひび割れ耐力は式(3)で求めた。

$${}_{cw} Q_{SU} = Q_T + Q_B + \alpha_1 Q_{C1} + \alpha_2 Q_{C2} \quad \text{式(2)}$$

$$Q_{Bj} = \frac{\tau_{Bj} \cdot t_{Bj} \cdot I_w}{S_y} \quad \text{式(3)}$$

$Q_T$ : PCa そで壁が負担するせん断耐力  $Q_T = \min(Q_{T1}, Q_{T2}, Q_{T3})$ ,  $Q_{T1}$ : 斜材の圧縮耐力に基づくせん断耐力,  $Q_{T2}$ : そで壁上下端接合部の摩擦耐力,  $Q_{T3}$ : そで壁のせん断耐力, その他記号は文献3)による。 $Q_B$ : FRP 壁のせん断強度<sup>2)</sup>  $Q_B = \tau_F \cdot A_F$ ,  $\tau_F$ : 破壊モード形成時の小型 FRP ブロックのせん断強度で  $\tau_F = 3.0 \text{ N/mm}^2$ 。樹脂の引張せん断強度の最小値で  $\tau_{Bj} = 7.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $t_{Bj}$ : 界接着面の幅で  $\min(\text{PCa 壁厚}, \text{FRP 壁厚})$ ,  $S_y$ : 複合壁の境界接着面よりも外側(PCa 壁)の全断面図心に対する断面一次モーメント,  $I_w$ : 断面二次モーメントで, FRP 壁は密実な壁厚 5.75mm/層として考慮

(3) 本実験では生じなかったが、両者が一体で破壊するモードを想定し、有開口の PCa 壁耐力に FRP 壁耐力寄与分を累加して式(4)で求めた。

$${}_w Q_{SU} = {}_w Q_{SU1} + Q_B \quad \text{式(4)}$$

$${}_w Q_{SU1} = \gamma \left\{ \frac{0.068 P t_e^{2.2} (18 + F_c)}{\sqrt{M/Qd + 0.12}} + 0.85 \sqrt{P s_e \cdot \sigma_{sy} + 0.1 \sigma_o} \right\} \cdot b_e \cdot j_e$$

${}_w Q_{SU}$ : PCa 有開口壁のせん断耐力。記号は文献<sup>1)</sup>

以上の式(1)~(4)から複合壁の破壊モードを、境界接着接合面にひび割れが生じる場合は分離型破壊、ひび割れが生じない場合は一体型破壊と接合面破壊の何れか耐力の小さな方と考慮して、終局せん断耐力  ${}_w Q_{SU0}$  を式(5)で求めた。

$$\begin{cases} \min({}_w Q_{SU}, {}_w Q_{SU0}) < Q_{Bj} \text{ なら } {}_w Q_{SU0} = \min({}_w Q_{SU}, {}_w Q_{SU0}) \\ \min({}_w Q_{SU}, {}_w Q_{SU0}) \geq Q_{Bj} \text{ なら } {}_w Q_{SU0} = {}_{cw} Q_{SU} \end{cases} \quad \text{式(5)}$$

実験値と計算値の比較を表-3に示す。2つの破壊モードによる計算値は、実験値を概ね評価できたが、式(4)の計算値が計算値(1)を下回り、破壊モードが合わない点など課題である。また分離型破壊では、梁の強度がフレーム全体の強度に大きく影響すると考えられ、梁強度を含めた検討が必要である。

#### 5. まとめ

PCa 壁と FRP 壁を併用して用いる複合壁による一層壁せん断実験から次の知見を得た。

(1) 中央開口部に FRP ブロックを組積する事で、無開口試験体と同様な破壊モードを生じさせる事ができた。

(2) 破壊モードをモデル化した構成要素の耐力を累加することで、複合壁の終局せん断耐力を評価できた。

参考文献:

- 1) 増田安彦他: 小型プレキャストブロックを用いた増設耐震壁工法の開発(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2 分冊, pp.689-690, 2002
- 2) 萩尾浩也他: FRP ブロックを用いた増設耐震壁工法の開発(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2 分冊, pp.631-632, 2004
- 3) 増田安彦他: プレキャストブロックを用いたそで壁増設柱の力学的性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集 Vol.26 No.2, p1243-1248, 2004
- 4) (財)日本建築防災協会: 既存鉄筋コンクリート造建物の耐震改修指針・同解説, 2001 年版

表-3 実験結果および計算値

実験値	単位: kN			
	H1	H2	H3	H2b
	360 (2'外界面)	380 (壁せん断)	391 (壁せん断)	160 (2'外界面)
PCa壁とFRP壁の境界接着面ひび割れ	—	—	—	-434
最大耐力	709	684	681	789
破壊形式	接合面破壊	接合面破壊	接合面破壊	分離型破壊
(1)接合面破壊 ${}_w Q_{SU} = \min(Q_{jw}, \Delta Q_{WU}) + {}_p Q_C + \alpha Q_C$	式(1) (実計)	715 (0.96)	722 (0.94)	677 (1.16)
(2)分離型破壊 ${}_{cw} Q_{SU} = Q_T + Q_B + \alpha_1 Q_{C1} + \alpha_2 Q_{C2}$	式(2) (実計)	762 (0.93)	717 (0.95)	684 (1.01)
境界接着面ひび割れ耐力 $Q_{Bj} = \tau_{Bj} \cdot t_{Bj} \cdot I_w / S_y$	式(3) (実計)	734 (—)	749 (—)	428 (—)
(3)一体型破壊 ${}_w Q_{SU} = {}_w Q_{SU1} + Q_B$	式(4) (実計)	732 (0.97)	625 (1.10)	555 (1.23)
$\min({}_w Q_{SU}, {}_w Q_{SU0}) < Q_{Bj}$ なら ${}_w Q_{SU0} = \min({}_w Q_{SU}, {}_w Q_{SU0})$	式(5)	708	625	555
$\min({}_w Q_{SU}, {}_w Q_{SU0}) \geq Q_{Bj}$ なら ${}_w Q_{SU0} = {}_{cw} Q_{SU}$	(実計)	1,000	1,100	1,230

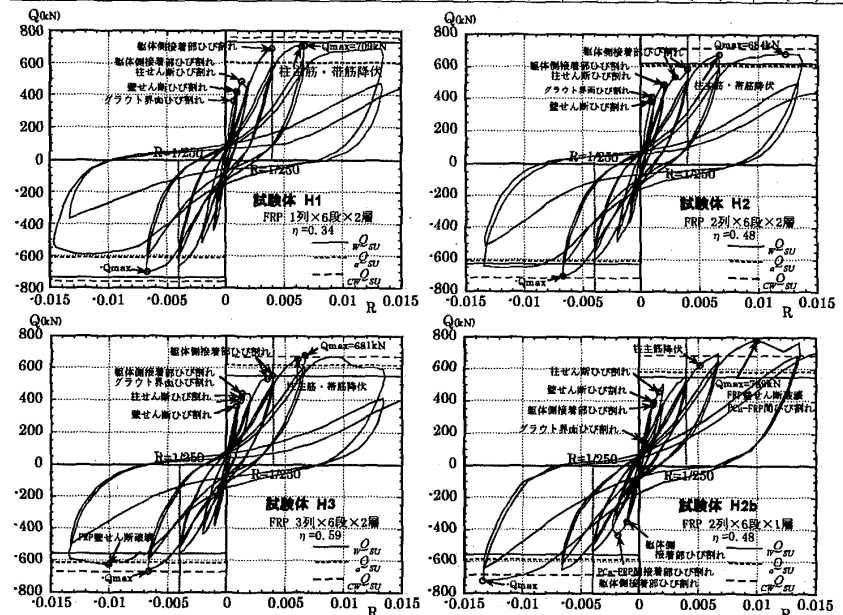


図-2 荷重-変形関係

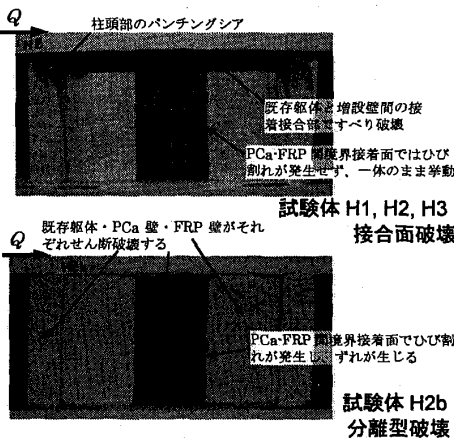


写真-2 破壊状況