

# 論文 プレキャストコンクリートブロックと FRP ブロックを併用する 増設耐震壁工法の開発

栗田 康平\*1・増田 安彦\*1・木村 耕三\*1・萩尾 浩也\*1

**要旨**：プレキャストコンクリートブロックを用いる増設耐震壁に、RC 規準で定められた開口周比よりも大きな開口を設けるため、採光が可能な FRP ブロックを開口部に組積した複合型耐震壁を開発した。実験には、FRP ブロックの組積面積と、FRP 壁厚さを実験変数とした一層壁せん断試験体を用いた。その結果、FRP 壁の厚さにより異なる破壊性状が生じる事、終局耐力は、各構成要素の耐力の累加で評価できる事が明らかとなった。

**キーワード**：耐震補強，耐震壁，鉄筋コンクリート，プレキャストブロック，FRP ブロック

## 1. はじめに

近年の耐震補強工事では、建物を使用しながらの作業がしばしば求められる。しかし従来の耐震補強工法では対応が困難なため、騒音や振動を抑制でき、補強状況に柔軟に対応できる工法が求められた。こうした背景から筆者等は、プレキャストブロック(以下 PCa ブロックと記す)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を開発した<sup>1)~4)</sup>。しかし PCa 壁では設けられる開口の大きさには制限があり、FRP 壁では採光性には優れているものの剛性・耐力は PCa 壁には及ばない。そこで写真-1 の示すように、そで壁状に設けた耐震壁の中央開口部に FRP 壁をはめ込む事で、より大きな開口面積を実現する PCa-FRP 複合補強壁(以下複合壁)の開発を試みた。本報では、複合壁で補強した一層壁試験体のせん断加力実験で確認した補強効果を報告する。

た試験体数は 4 体、縮尺は約 1/3 とした。周辺フレームは共通で、せん断破壊型の柱を剛強な基礎梁と加力梁で挟み、基礎梁-加力梁間を供試部とした。両そで壁部は、小型の PCa ブロック相互をエポキシ系樹脂で接着して組積し、溝内部の壁筋と充填グラウトにより一体化する PCa 壁とした。PCa 壁の周囲には、壁筋と定着させる接合筋を溶接した調整用鋼製枠(以下ガイドスチール)を配し、周辺フレームと樹脂で接着した。中央部は、小型の FRP ブロック相互をエポキシ樹脂で接着して組積する FRP 壁とした。FRP 壁の周囲にもガイドスチールを配したが、FRP 壁上部では、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、アングル材でカット T を挟み込み高力ボルトで接合した。FRP 壁下部は、PL4.5 のみとした。PCa 壁と

## 2. 実験概要

### 2.1 実験計画および試験体形状

試験体概要および実験計画を表-1 に、使用材料を表-2 に、樹脂の接着強度を表-3 に、試験体形状を図-1 に示す。実験因子は、(1)FRP 壁面積(組積列数 1 列, 2 列, 3 列), (2)FRP 壁厚さ(貼り合わせ層数 1 層, 2 層)で、これらを組み合わせ



写真-1 補強状況

\*1 (株)大林組技術研究所 (正会員)

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。FRP 壁面積は、同部分を開口と見なした等価開口周比  $\eta$  で示した。試験体の製作は、中央の FRP 壁を組積したのち、左右の PCa 壁を組積し、溝内部へグラウトを充填して行った。

## 2.2 荷重方法

層せん断水平力  $Q$  は、圧縮力で加力梁に載荷した。載荷履歴は、層間変形角  $R$  の目標所定値(±1.0, 2.0, 4.0, 6.67, 13.3,  $20 \times 10^{-3}$  rad.)で2回の交番載荷と、正方向の単調載荷( $R=30 \times 10^{-3}$  rad.まで)とした。鉛直軸力は柱頂部から一定に載荷した。

表-1 実験計画

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(p <sub>g</sub> =3.15%) 帯筋D6@100(p <sub>w</sub> =0.29%)			
	軸力	3.0N/mm <sup>2</sup> (柱断面220×220に対して)			
FRP壁	ブロック組積数	1列×6段×2層 240×760×80(mm)	2列×6段×2層 480×760×80(mm)	3列×6段×2層 720×760×80(mm)	2列×6段×1層 480×760×40(mm)
	等価開口周比 $\eta$ (開口低減率 $\gamma=1-\eta$ )	$\eta=0.34$ ( $\gamma=0.66$ )	$\eta=0.48$ ( $\gamma=0.52$ )	$\eta=0.59$ ( $\gamma=0.41$ )	$\eta=0.48$ ( $\gamma=0.52$ )
	周辺ガイドスチール	CT100×80×8×12+2L100×36×7 M16(F10T)@120			
		上部	PL4.5×80		
下部		PL4.5×80			PL4.5×40
PCa壁	ブロック組積数	そで壁 4列×11段 70×620×900(mm)	そで壁 3列×11段 70×500×900(mm)	そで壁 2列×11段 70×380×900(mm)	そで壁 3列×11段 70×500×900(mm)
	壁配筋	D6シングル縦@120×横@72 (p <sub>w</sub> =0.38%)			
	周辺ガイドスチール	PCa部	PL4.5×70		
	接合筋	D6 定着長さ30d			

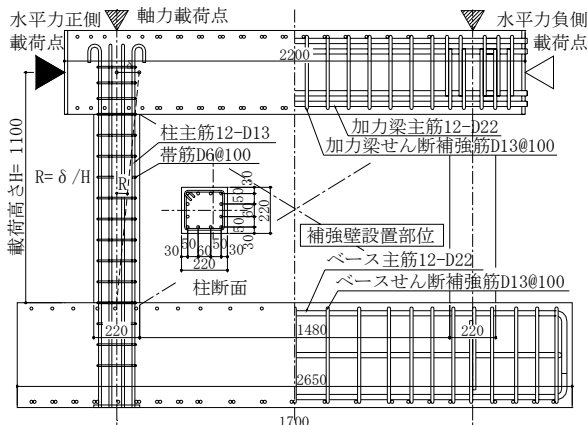


表-2 材料強度

鋼材	$\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_s$ (kN/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	
H1,H2,H3	368	575	190	23.4	
H2b	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
	CT100×80×8×12	331	462	202	26.7
	L100×36×7	312	449	205	29.7
H1,H2,H3	PL4.5	278	390	207	26.8
H2b	PL4.5	322	418	210	36.4

コンクリート		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_c$ (kN/mm <sup>2</sup> )
H1,H2,H3	柱・加力梁	23.7	1.81	19.5
	壁ブロック	87.2		30.4
	壁グラウト	89.1		31.1
H2b	柱・加力梁	25.0	2.42	19.2
	壁ブロック	80.7	3.90	29.7
	壁グラウト	86.1	5.56	30.5
FRPブロック		$F\sigma_C$ (N/mm <sup>2</sup> )	$F\sigma_T$ (N/mm <sup>2</sup> )	$fEc$ (kN/mm <sup>2</sup> )
H1,H2,H3,H2b	小型ブロック	319	335	16.0
		準拠する試験方法	JIS K7054	JIS K7056

表-3 接着強度

FRP接着時引張せん断強度		
試験片	(N/mm <sup>2</sup> )	破壊性状
No.1	7.98	母材破断
No.2	9.84	母材破断
No.3	9.7	母材破断
No.4	10.47	母材破断
No.5	7.03	母材破断
平均	9.00	

鋼材接着時引張せん断強度		
試験片	(N/mm <sup>2</sup> )	破壊性状
No.1	13.53	界面剥離
No.2	13.14	界面剥離
No.3	12.39	界面剥離
平均	13.02	

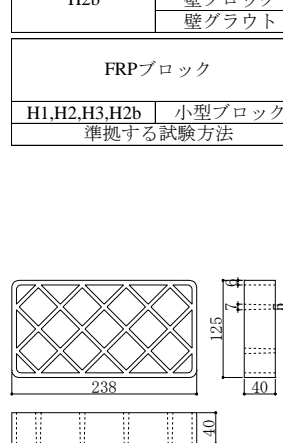
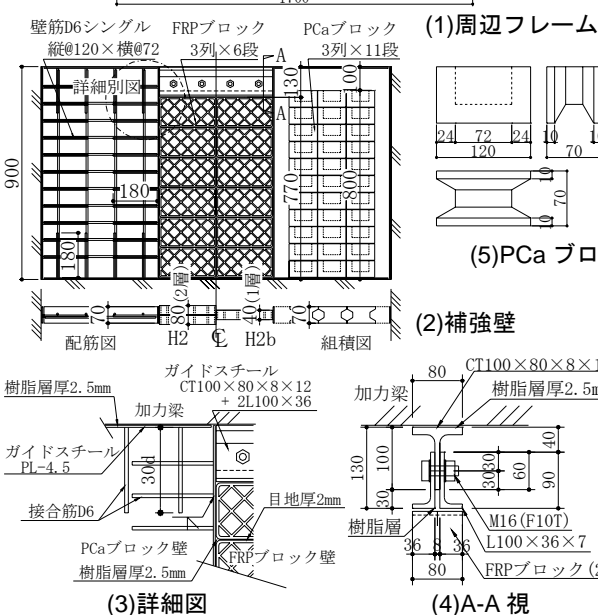


図-1 試験体形状

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 破壊性状および荷重-変形関係

荷重-変形関係を図-2に、最終破壊状況を写真-2に、実験により得られた各種耐力を表-4に、モデル化したひび割れ発生状況を図-3に示す。破壊状況は、FRP壁厚さが2層の試験体 H1, H2, H3 と、1層の試験体 H2b に大別される。

#### (1) 試験体 H1, H2, H3

初ひび割れは、ガイドスチールグラウト側界面の剥離ひび割れもしくは壁せん断ひび割れに、 $R=0.72\sim 0.9\times 10^{-3}\text{rad.}$ で生じた。ガイドスチール躯体側接着面のひび割れは、 $R=1.4\sim 4.0\times 10^{-3}\text{rad.}$ で断続的に生じ、接着接合部のひび割れパターン A を形成した。最大耐力は概ね  $R=6.67\times$

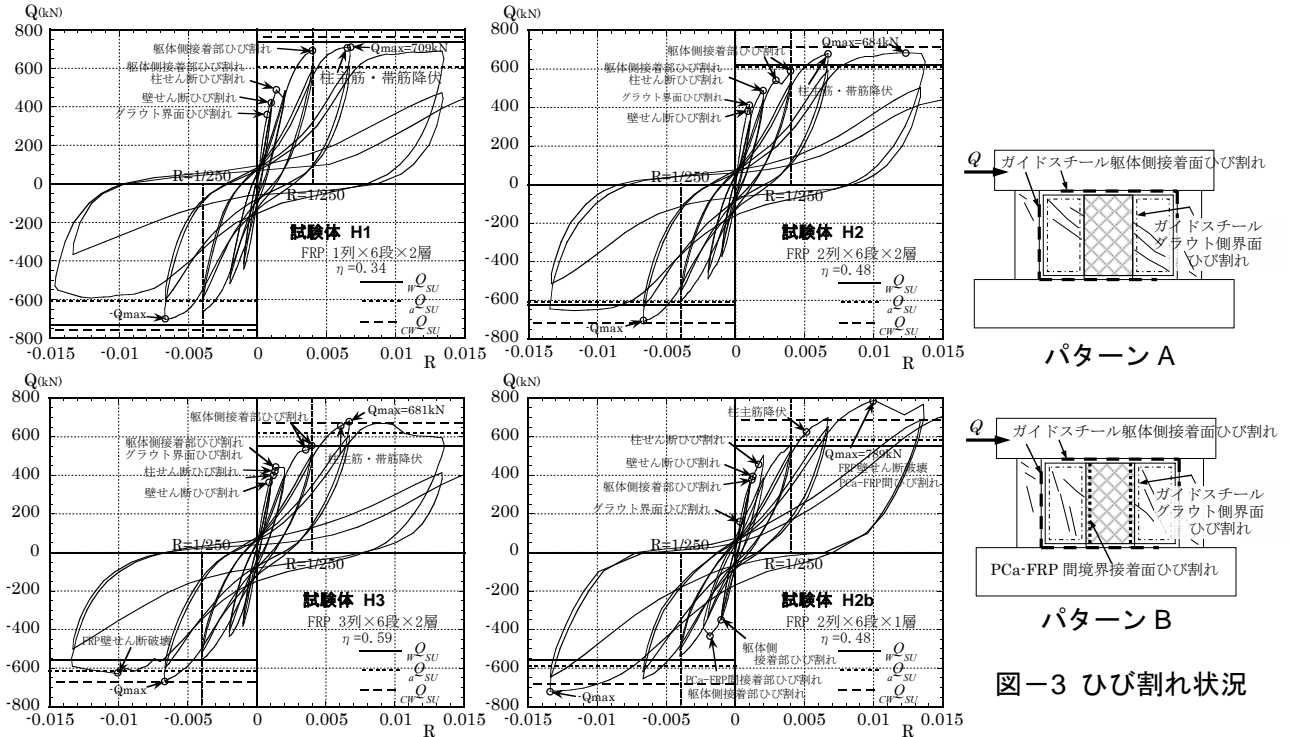


図-2 荷重-変形関係



試験体 H2

写真-2 最終破壊状況

試験体 H2b

表-4 実験結果

単位:kN

試験体名		H1	H2	H3	H2b
部材角	1/1000 (R=0.001)	430	414	392	359
	1/500 (R=0.002)	484	487	441	505
	1/250 (R=0.004)	696	587	549	564
	1/150 (R=0.0067)	709	680	681	700
	1/75 (R=0.0133)	689	680	594	767
	最大耐力(部材角)	709 (0.0067)	684 (0.0125)	681 (0.0067)	789 (0.0100)
破壊形式		接合面破壊	接合面破壊	接合面破壊	分離型破壊
ひび割れ	目視初ひび割れ(部位)	360 (ガイドスチールグラウト界面)	380 (壁せん断)	391 (壁せん断)	160 (ガイドスチールグラウト界面)
	ガイドスチール躯体側接着面(部位・部材角)	486 (PCa・FRP下,0.0014) 696 (PCa・FRP上,0.0040)	487 (PCa・FRP上,0.002) 538 (柱際,0.003) 586 (PCa・FRP下,0.004)	441(PCa上,0.0019) 534(PCa・FRP下,0.0037) 548(PCa・FRP上,0.0040)	-335 (柱際・PCa下,-0.001) 386 (FRP下,0.002) -433 (PCa・FRP上,-0.0018)
	PCa-FRP間境界接着接合面(部材角)	発生せず	発生せず	発生せず	-433 (-0.0018) 789 (0.0100)
	FRP壁せん断破壊(部材角)	発生せず	発生せず	-628 (-0.010)	789 (0.010)
	鉄筋降伏	柱主筋(部材角) 帯筋(部材角)	707 (0.0064) 707 (0.0064)	680 (0.0067) 680 (0.0067)	664 (0.0064) 654 (0.0079)

10<sup>3</sup>rad.で生じ、それ以降はガイドスチール躯体側接着面のひび割れの目開きやずれによって変形が進んだ。R=13.3×10<sup>3</sup>rad.加力サイクルでは、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。最終破壊時においてもPCa壁-FRP壁間の境界接着接合面のひび割れは軽微で、両者の一体性は保たれていた。これらの試験体の破壊モードは、複合壁上部の接着接合面のせん断すべり破壊と引張側柱頭パンチングシア破壊による「接合面破壊」(図-6)と考えられる。

### (2)試験体 H2b

初ひび割れのガイドスチールグラウト側界面の剥離ひび割れや壁せん断ひび割れの発生は他の3体と同様だが、R=1.8×10<sup>3</sup>rad.でPCa壁-FRP壁間の境界接着接合面にひび割れが発生し、ひび割れパターンBを形成した。以後PCa壁とFRP壁間にずれが生じたが耐力は上昇し、R=13.3×10<sup>3</sup>rad.加力サイクルに最大耐力Q=789kNを示した後、FRP壁にせん断破壊が生じて耐力が低下した。この試験体の破壊モードは、PCa壁とFRP壁のせん断破壊と付帯柱破壊による「分離型破壊」(図-6)と考えられる。

### (3)実験変数による比較

実験因子毎の荷重-変形関係包絡線の比較を図-4に示す。FRP壁面積の相違は、R=4.0×10<sup>3</sup>rad.までの耐力と剛性に影響したが、R=6.67×10<sup>3</sup>rad.以降の履歴への影響は小さい。一方FRP壁厚の相違は、R=6.67×10<sup>3</sup>rad.までの履歴

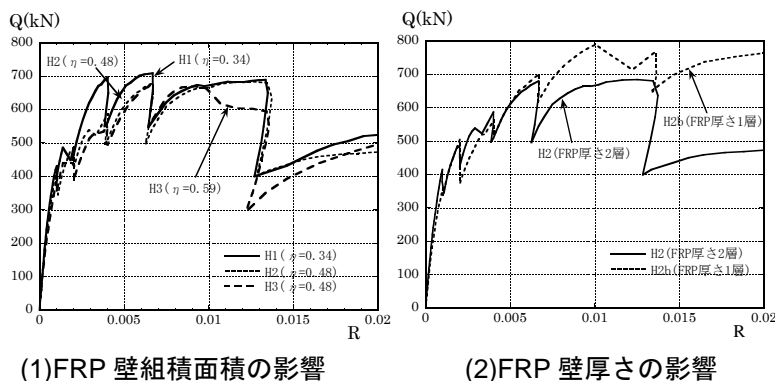


図-4 実験変数の影響

には殆ど影響を与えなかった。

### 3.2 初期剛性

等価開口周比ηと初期剛性実験値Keの関係を、無開口壁の剛性計算値Kcoで無次元化しKe/Kcoで図-5に示す。同図中には、これまでのPCaブロック補強壁実験で得られた結果<sup>1)</sup>も合わせて示す。図より複合壁の剛性は、FRP壁を開口とみなした既往の算定手法<sup>5)</sup>で概ね評価できた。

### 3.3 ひび割れ耐力

#### (1)壁せん断ひび割れ耐力

PCa壁に生じるせん断ひび割れ耐力 $wQ_{SC}$ は、周辺フレームとPCa壁、FRP壁が一体で挙動していると仮定し、式(1)で求めた。

$$wQ_{SC} = \frac{\tau_{sc} \cdot t_{PC} \cdot I_w}{S_y} \quad (1)$$

ここに、 $\tau_{sc} = \sqrt{c\sigma_i^2 + c\sigma_i \cdot \sigma_o}$ 、 $c\sigma_i = 0.33\sqrt{\sigma_B}$ 、 $\sigma_o$ : 軸応力度、 $S_y$ : 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、 $t_{PC}$ : PCa壁厚、 $I_w$ : 断面二次モーメント(FRP壁は密実な壁厚5.75mm/層として考慮)。実験結果と式(1)による $wQ_{SC}$ の比較を表-5に示す。計算値は、実験値を概ね評価できた。

#### (2)境界接着接合面のひび割れ耐力

複合壁の加力実験では、接着面破壊(H1, H2, H3)と、分離型破壊(H2b)が観察された。2つの破壊性状の相違は、PCa壁とFRP壁の境界接着接合面に生じたひび割れの有無によると考えられる。境界接着接合面のひび割れ耐力 $Q_{BJ}$ は式(2)で求めた。

$$Q_{BJ} = \frac{\tau_{BJ} \cdot t_{BJ} \cdot I_w}{S_y} \quad (2)$$

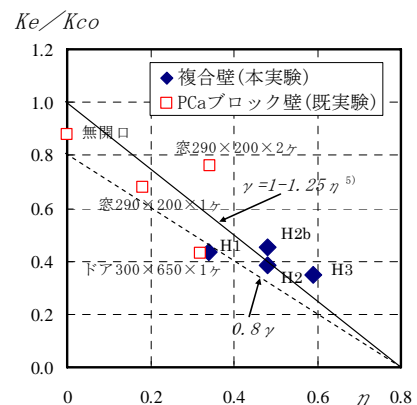


図-5 初期剛性

ここに、 $\tau_{BJ}$ : 樹脂の引張せん断強度、 $t_{BJ}$ : 境界接着面の幅で  $\min(\text{PCa 壁厚}, \text{FRP 壁厚})$ 。境界接着接合面のせん断強度には、接着樹脂の FRP ブロックおよび鋼材に対する引張せん断強度を期待できると考え、表-3 から最小値  $\tau_{BJ}=7.0 \text{ N/mm}^2$  を用いる。実験結果と式(2)による  $Q_{BJ}$  の比較を表-6 に示す。計算値は、ひび割れの有無を含めて実験結果を概ね評価できた。

### 3.4 最大耐力の評価

3.1 節に示した 2 つの破壊モードの他に、PCa 壁と FRP 壁が一体で破壊する一体型破壊を含め、図 6 に示す 3 つの破壊モードを想定し、各破壊モードの終局せん断耐力を次のように仮定した。

#### (1) 一体型破壊

一体型破壊による終局せん断耐力  ${}_w Q_{SU}$  は、開口による耐力低減率を用いた有開口壁として求められるせん断耐力に、FRP 壁のせん断耐力寄与分を累加できると仮定し、式(3)で求めた。

$${}_w Q_{SU} = {}_w Q_{SU1} + Q_B \quad (3)$$

ここに、 ${}_w Q_{SU1}$ : 有開口 PCa 壁の耐力で

$${}_w Q_{SU1} = \gamma \left\{ \frac{0.068 Pte^{0.23}(18 + Fc)}{\sqrt{M/Qd + 0.12}} + 0.85 \sqrt{Pse \cdot \sigma sy} + 0.1 \sigma o \right\} be \cdot je$$

表-5 壁せん断ひび割れ耐力

	H1	H2	H3	H2b
実験値 (部材角)	419 (0.0009)	380 (0.0009)	391 (0.0010)	399 (0.0013)
計算値 ${}_w Q_{SC}$	394.6	408.1	426.7	396.2
実/計	1.06	0.93	0.92	1.01

表-6 境界接着接合面のひび割れ耐力

	H1	H2	H3	H2b
実験値 (部材角)	発生せず	発生せず	発生せず	$Q=505\text{kN}$ 経験後 負側 $Q=-433\text{kN}$ (-0.0018)
計算値 $Q_{BJ}$	734	749	771	428
実/計	いずれも実験最大耐力値以上			1.01

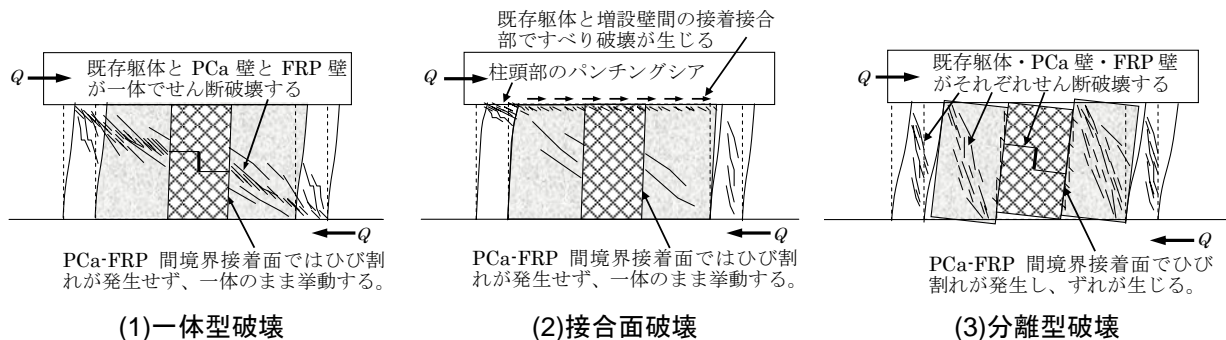


図-6 破壊モード

$\gamma$ : 耐力低減率  $\gamma = 1 - \eta$ ,  $Fc$ : 柱と PCa 壁の平均圧縮強度  $Fc = Fc_1 \cdot A_c / \Sigma A + Fc_2 \cdot A_{PC} / \Sigma A$ ,  $Fc_1$ : 柱の圧縮強度,  $Fc_2$ : PCa ブロックとグラウト圧縮強度の小さい方,  $A_c, A_{PC}$ : 柱, PCa 壁の水平断面積,  $Q_B$ : FRP 壁のせん断強度  $Q_B = \tau_F \cdot A_F$ ,  $\tau_F$ : 破壊モード形成時の小型 FRP ブロックのせん断強度で  $\tau_F = 3.0 \text{ N/mm}^2$  とした。

#### (2) 接合面破壊

接合面破壊による終局せん断耐力  ${}_a Q_{SU}$  は、周辺フレームとの接着接合面の終局耐力に、引張柱側のパンチング耐力および圧縮柱側のせん断耐力を累加して、式(4)で求めた<sup>1)</sup>。

$${}_a Q_{SU} = Q_{ju1} + {}_p Q_C + \alpha Q_C \quad (4)$$

ここに、 $Q_{ju1}$ : 水平接着接合面の終局せん断耐力平均式<sup>4)</sup>  $Q_{ju1} = 0.12 Fc_1 (A_{PC} + A_F)$ ,  $A_{PC}, A_F$ : PCa 壁, FRP 壁の水平接着断面積,  ${}_p Q_C$ : 引張側柱頭部パンチングシア耐力平均式<sup>6)</sup>  ${}_p Q_C = k_{av} \cdot \tau_o \cdot b \cdot D$ ,  $\alpha$ : 変形状況を考慮した低減係数,  $Q_C$ : 圧縮柱の終局強度でせん断強度は荒川平均式, 曲げ強度は耐震改修指針による<sup>6)</sup>。

#### (3) 分離型破壊

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、柱のせん断耐力を累加して式(5)で求めた<sup>2)</sup>。

$${}_{cw} Q_{SU} = Q_T + Q_B + \alpha_1 Q_{C1} + \alpha_2 Q_{C2} \quad (5)$$

ここに、 $Q_T$ : 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,  $Q_{T1} = 2 \alpha_B \cdot t^2 \cdot fc (L_1/L_2) \leq 2(N + ag \cdot \sigma y)(L_1/H)$ ,  $\alpha_B$ : 圧縮斜材置換時の斜材の有効幅  $\alpha_B = 2.0$ ,  $Q_{T2}$ : そで壁上下端接合部の摩擦耐力  $Q_{T2} = lc \cdot t_{pc} \cdot fc'$ ,  $lc = 0.3(L_1 - Dc/2)$ ,  $Q_{T3}$ : そで壁

のせん断耐力  $Q_{T3} = \Sigma A_{PC}(fs + 0.5Psh \cdot \sigma_{sy})$ ,  $N$ : 柱の長期軸力,  $ag \cdot \sigma_y$ : 柱主筋の断面積と降伏点強度の積,  $H$ : 階高,  $L_1$ : 柱芯からそで壁端部までの長さ,  $L_2: L_1$ ,  $H$ を一辺とする直角三角形の斜辺の長さ,  $fc = 0.85Fc_2$ ,  $fc' = 0.85Fc_1$ ,  $Psh \cdot \sigma_{sy}$ : そで壁の壁筋比と横筋降伏点強度の積,  $fs$ : PCa 壁の許容せん断強度  $= Fc_2/20$ .

以上の式(3)~(5)と式(2)を合わせて, 複合壁の破壊モードを, 境界接着接合面にひび割れの発生する場合は分離型破壊, ひび割れが発生しない場合は, 一体型破壊と接合面破壊の何れか耐力の小さな方と考えて, 終局せん断耐力  ${}_w Q_{SU0}$  を式(6)で求める。

$$\begin{cases} {}_w Q_{SU0} = \min({}_w Q_{SU,a}, Q_{SU}) & \min({}_w Q_{SU,a}, Q_{SU}) < Q_{BJ} \\ {}_w Q_{SU0} = {}_{cw} Q_{SU} & \min({}_w Q_{SU,a}, Q_{SU}) \geq Q_{BJ} \end{cases} \quad (6)$$

実験値と式(6)による計算値  ${}_w Q_{SU0}$  の比較を表-7に示す。試験体 H2, H3 は, 一体型破壊による式(3)の計算値となるが, 実験による破壊モードとは異なり, 複合壁の耐力評価には課題がある。実験と同じ破壊モード間を比較すると, 接合面破壊の式(4)では実験値/計算値  $= 0.94 \sim 1.00$ , 分離型破壊の式(5)では実験値/計算値  $= 1.15$  となり, 実験結果を概ね評価できた。なお本実験は, 剛強な加力梁を有した一層壁せん断実験であるため, 式(5)による評価には梁強度を考慮した検討が必要である。

#### 4.まとめ

PCa 壁と FRP 壁を併用して補強す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) 複合壁には2つの破壊モードが生じた。

- 1.PCa 壁と FRP 壁は一体のまま, 複合壁上部の接着接合面がすべり破壊を起す場合。
- 2.PCa 壁と FRP 壁の境界接着接合面に生じるひび割れからすべりが生じ, 各々がせん断破壊を起す場合。

(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。

[謝辞] 試験体の製作にあたり FRP ブロックと接着剤の提供に協力して頂きました旭硝子マテックス(株)田澤仁氏, 日本シーカ(株)藤井洋宣氏に厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献:

- 1) 増田安彦他: プレキャストブロックを組積して構築した耐震壁のせん断耐力性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集 Vol.25, No.2, p1459-1464, 2003
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 栗田康平他: 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6), 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2 分冊, pp.567-568, 2005
- 5) 武藤清: 耐震設計シリーズ I 耐震設計法, 9.開口のある壁, 丸善, pp.189-198, 昭和 38 年
- 6) (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-7 実験結果と計算値の比較

単位: kN

実験値	PCa壁とFRP壁の境界接着部ひび割れ			
	H1	H2	H3	H2b
	—	—	—	-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)一体型破壊 ${}_w Q_{SU} = {}_w Q_{SU1} + Q_B$ 式(3)	732	<b>625</b>	<b>555</b>	554
(実計)	(0.97)	(1.10)	(1.23)	(1.42)
(2)接合面破壊 ${}_a Q_{SU} = \min(Q_{j01}, Q_{j02}) + {}_p Q_C + {}_a Q_C$ 式(4)	<b>708</b>	715	722	677
(実計)	(1.00)	(0.96)	(0.94)	(1.16)
(3)分離型破壊 ${}_{cw} Q_{SU} = Q_{T2} + Q_B + \alpha_1 Q_{C1} + \alpha_2 Q_{C2}$ 式(5)	762	717	673	<b>684</b>
(実計)	(0.93)	(0.95)	(1.01)	(1.15)
境界接着接合面ひび割れ耐力 $Q_{BJ} = \tau_{BJ} \cdot t_{BJ} \cdot I_w / S_y$ 式(2)	734	749	771	428
(実計)	(—)	(—)	(—)	(1.02)
$\min({}_w Q_{SU}, {}_a Q_{SU}) < Q_{JU}$ なら ${}_w Q_{SU0} = \min({}_w Q_{SU}, {}_a Q_{SU})$	708	625	555	684
$\min({}_w Q_{SU}, {}_a Q_{SU}) \geq Q_{JU}$ なら ${}_w Q_{SU0} = {}_{cw} Q_{SU}$ (実計)	(1.00)	(1.10)	(1.23)	(1.15)