

既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート構造集合住宅の耐震壁への開口新設手法

その2 開口補強計画と性能評価実験概要

正会員 〇堀 富博*1 正会員 北山和宏*4
 同 見波 進*2 同 高木次郎*5
 同 和田芳宏*3

WPC 構造 耐震補強 壁開口
 静載荷実験 繰返し載荷

1. はじめに

本論では既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート(WPC)造の耐震壁に開口を設置することを想定し、設置前の耐震性能と同等以上の性能を確保することを目標として補強方法を検討する。また、その性能を評価するための実験計画を示す。

2. 補強計画

2.1 補強方針

一般的に WPC 構造耐震壁は図 1(a)に示すようにプレキャスト(PCa)板が上下 1 辺につき 2 箇所程度で接合され、水平接合部(セッティング・ベースと称す。以後 SB と略す)が引抜力を負担することで水平力により生じる転倒モーメントに抵抗している。既存壁に開口を設けると PCa 板が 2 つに分割され、同図(b)のように各々が 1 枚の壁として挙動することになるが、開口脇には SB が存在しないので、転倒モーメントへの抵抗力が低下する。さらに新設開口上部に残る梁状の壁は梁として機能するには配筋が不十分で耐力不足である。これらを補う目的で、以下の 2 通りの補強方法を考えた。

- 1) 新設開口脇の PCa 壁板に上下階壁との接合部を設け、転倒モーメントに対する耐力を向上させる。
- 2) 新設開口上部に補強梁を新設し、曲げ戻しの効果を確保する。

これら両方を行うことを基本とし、鉄筋コンクリート(RC)または鉄骨(S)を主体とした補強を行うことで、耐震要素としての機能を向上させる方針とした。

2.2 補強案

補強案を図 2 に示す。上下階に開口の無い場合と各階

に連続して開口がある場合に対し、それぞれ RC 補強と S 補強を提案した。

RC 補強は開口脇の縦方向の RC 補強柱に加え、開口上部の梁補強を行った。直交する壁と補強梁端は定着していない。上下に開口の無い場合では下階スラブ下に RC 梁を増設し、そこに開口脇の補強柱の主筋を定着させた。

S 補強は開口脇を壁厚と同じ断面せいを有する溝形鋼で補強した。上下階に開口が無いタイプでは溝形鋼を鉄筋を介し定着用鋼板と接合し、上下階の壁と定着用鋼板をボルト締めすることで接続した。開口上部に補強梁を設けずに上階壁に接続することで、無開口の上階壁に補強梁の役割を担わせ、曲げ戻しの効果が得られることを期待した。また補強部分を開口設置階のみに限定する S 梁補強法も計画した。この開口脇補強鋼材の上端は補強梁と剛接されているが下端は下階に接続していない。

3. 実験計画

3.1 試験体

対象建物の 2 階壁、上下階(1, 3 階)の壁の約 1/3, 2 階と 3 階のスラブおよび直交壁の一部を取り出して、1/2 に縮小したものを試験体とした。ここで、2 階の壁を対象としたのは、上下階に PCa 壁が存在する階(標準的な階)で最

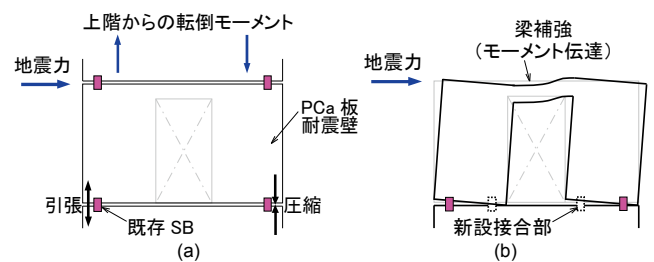


図 1 補強の概念

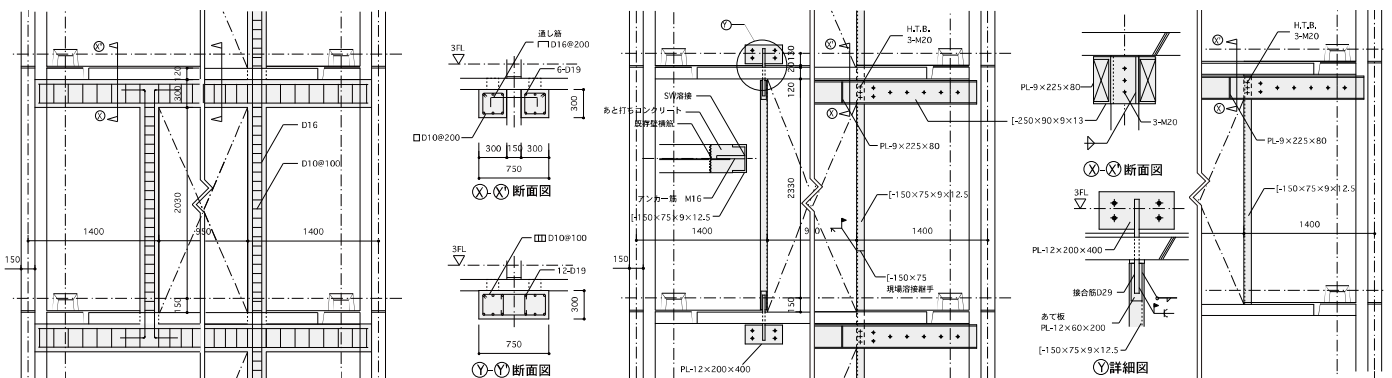


図 2 補強案

も層せん断力が大きくなるためである。

試験体一覧を表 1 に示す。それぞれの補強方法ならびに比較検討用の無補強試験体に対応する記号は表に示すとおりである。無開口試験体 W5 および試験体名の末尾に S を付した上下階に開口の無い 4 体(連層開口無)と、末尾に M を付した各階に連続して開口を有する 3 体(連層開口有)の全 8 体である。製作は実建物と同様に上下階の PCa 壁板を接続金物(SB)の隅肉溶接によって接合し、間を敷きモルタルで充填一体化した。試験体のセットアップを図 3 に示す。図中の網掛け部分が試験体である。試験体形状は上下に加力用のスタブを有し、階高は 1300mm, 直交壁(壁長 850mm)の芯々間距離は 1875mm とした。PCa 壁板は厚さ 75mm, スラブは厚さ 60mm である。開口幅は 475mm, 高さは補強方法によって異なり 1075~1240mm である。表 2 に使用した材料特性を、実験日コンクリート圧縮強度を表 1 中に示す。設計基準強度は PCa 板が 33N/mm², 接合部と RC 補強部が 27N/mm² とした。

3.2 加力方法

(1)加力装置 図 3 に示すように、試験体のねじれを防ぐために水平ジャッキを試験体の左右 1 機ずつ取り付け、一方を変位制御(作用水平力 Q1), 他方を変位制御ジャッキの荷重と同値となるように荷重制御(Q2≒Q1)とした。鉛直荷重については初期状態(水平荷重 Q=Q1+Q2=0)時に長期荷重(D=106kN)を導入し、それに付加させる形で水平荷重 Q に比例させて転倒モーメントに相当する圧縮および引張の付加鉛直力 V を 2 基の鉛直ジャッキによって載荷した。無開口および上下に開口の無い試験体では「既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断指針」¹⁾の連層耐力壁の場合に則り建物頂部までの高さの 2/3 に反曲点があると想定した転倒モーメントが作用するものとした。各階に連続して開口の有る試験体ではこれらに比べ反曲点高さを低くし水平せん断力に対する転倒モーメントの割合を小さくした。ここで、転倒モーメントを小さくしたのは、開口上部の梁のせん断力の累積によって生じる耐震壁への曲げ戻し作用が梁の剛性と耐力に依存することを考慮したためである。しかし、補強効果の比較の観点からは、試験体により加力形式が異なることは望ましくないと判断し、補強無しおよび補強あり(RC 補強 S 補強)の平均的な値とした。図 3 の右図に試験体に作用するモーメント分布を示す。(A)が無開口および連層開口無試験体に、(B)が連層開口有試験体に対するものであり、2SL からの反曲点高さ(H)がそれぞれ 3.47m および 2.2m の位置に相当する。H の W(水平加力方向の耐震壁長さ)に対する比 H/W(せん断スパン比)はそれぞれ 1.85, 1.17 となる。

(2)載荷履歴 最初のサイクルは水平荷重制御とし水平力 20kN で正負 1 回、以後は変位制御とした。2 サイクル目

表 1 試験体一覧

試験体	連層開口	H (H/W)	補強	$f_c \sigma_B$ (N/mm ²)	$f_c \sigma_B$ (N/mm ²)	$f_c \sigma_B$ (N/mm ²)
W5 (無開口)	—	3.47m (1.85)	無	58.6	44.8	—
N5S (無補強上下開口無)	無		RC	67.0	48.0	—
C5S (RC 補強上下開口無)			S	58.0	55.2	74.4
S5S (S 補強上下開口無)			無	66.3	45.7	—
B5S (S 梁補強上下開口無)			S	50.2	59.5	—
N5M (無補強上下開口有)	有	2.2m (1.17)	無	60.8	57.8	—
C5M (RC 補強上下開口有)			RC	52.8	78.8	74.3
S5M (S 補強上下開口有)			S	51.1	52.4	—

H: 2SL からの反曲点高さ W: 耐震壁長さ(部材寸法) H/W: 耐震壁のせん断スパン比
 $f_c \sigma_B$: 実験日 PCa 板コンクリート圧縮強度 $f_c \sigma_B$: 実験日接合部コンクリート圧縮強度
 $f_c \sigma_B$: 実験日補強部材コンクリート圧縮強度

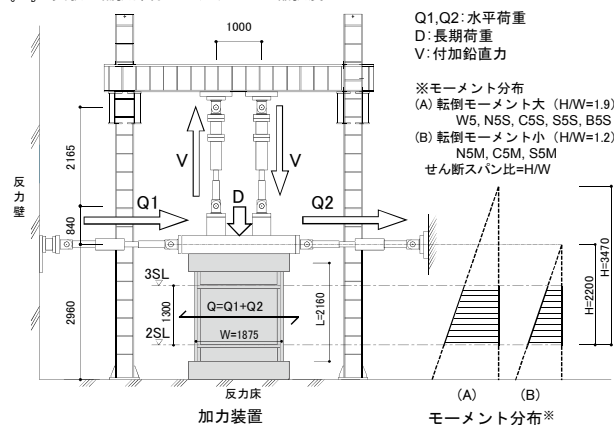


図 3 加力装置および曲げモーメント分布

表 2 材料特性

鋼材	規格	使用箇所	σ_y	σ_u
4φ	SWMB	PCa 壁板(縦横筋)	503	544
6φ	SWMB	PCa 壁板(縦横筋)・スラブ	527	586
D10	SD295	PCa 壁板(外周部)	362	502
D6	SD295	SB 接合筋・鉛直接合筋	335	509
D10	SD345	補強柱・梁のせん断補強筋	392	576
D16	SD295	補強柱・梁の主筋	340	514
PL-3.2*	SM490	S5S 補強接続筋	322	429
PL-4.5	SM490	SB 鋼板	329	492
PL-6*	SM490	補強梁スチフナ・S5S 定着 PL	344	462
PL-12*	SM490	補強梁柱接合部鋼板	299	454
[-75x40x5x7*]	SS400	開口脇溝形鋼	304	461
[-125x65x6x8*]	SS400	開口上部梁	334	475

σ_y : 降伏応力度(N/mm²) σ_u : 最大応力度(N/mm²) ※: ミルシート値

以降の水平変位履歴は層間変形角を R とし、振幅が R = 0.025%, 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.33%, 0.5%, 0.67%, 1%, 2% となるような漸増正負繰返しとした。R = 0.025% のみ 1 回、以後各 2 回ずつ繰返した。層間変形角 R は上スタブ中央の水平変位を下スタブ上面からの距離(L=2160mm)で除した値とした。

4. まとめ

既存 WPC 構造建物の PCa 耐震壁に開口を新設する場合の補強方法について開口設置パターンおよび補強部材の材料(RC および鉄骨)に応じて考案した。さらに、その耐震性能を評価するための静的繰返し載荷実験の計画を示した。試験体の詳細と実験結果については続報で述べる。

参考文献 1) 日本建築防災協会: 既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断指針, 第2版3刷, 2008

*1 住宅総合研究財団

*2 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 助教・博士(工学)

*3 清水建設(株) 修士(工学)

*4 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 教授・工博

*5 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 准教授・Ph.D.

*1 Housing Research Foundation

*2 Assistant Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.

*3 Shimizu Corporation, M.Eng.

*4 Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.

*5 Associate Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Ph.D.