

# 新設開口を伴う既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート構造耐震壁の性能評価

## その1 耐震壁実験における変形成分の分析

WPC 構造 既存建物 耐震壁実験  
変形成分 新設開口

正会員 ○長谷川俊一\*1 同 高木次郎\*3  
同 北山和宏\*2 同 見波進\*4

### 1. はじめに

壁式プレキャスト鉄筋コンクリート(WPC)構造集合住宅の既存ストックの活用にあたり、WPC 構造は PCa 板を接合して組み立てる特殊な構造形式であるため、その再生の鍵となる、界壁などの躯体への開口設置手法が未整備である。こうした背景から本研究では、著者らが実施した WPC 構造耐震壁の実験結果<sup>1)</sup>をもとに、無開口試験体 W5 および開口試験体 N5S の耐震壁の変形成分を分析した。

### 2. 実験概要および試験結果

#### 2.1 試験体概要

試験体(図1)は5階建てWPC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に縮小したものである。耐震壁板と上下階の壁板は、図1に示すセッティングベース(SB)と呼ばれる水平接合金物により接続される。また、耐震壁板と直交壁板の間には、鉛直接合筋が配され、SBと共に上下階の壁を一体化する。また、試験体N5Sの2階壁板の中央には開口を設けた。開口脇には補強は施さなかった。

#### 2.2 実験方法

水平荷重Qを正負交番繰り返し載荷した。それに比例した転倒モーメントを付加するために2基の鉛直ジャッキにより長期荷重Dが一定(=106kN)となるように力V1、V2を与えた(図1参照)。「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」<sup>2)</sup>の連層耐力壁の場合に則り建物頂部までの高さの2/3に反曲点を想定して転倒モーメントを作用させた。最初は荷重制御とし水平力20kNで繰返し載荷し、以後は変位制御とし、振幅を頂部変形角R=0.025%から2%までの漸増正負繰返し載荷とした。頂部変形角Rは上スタブ中央の水平変位を当該点から下スタブ上面までの距離(L=2160mm)で除した値とした。

#### 2.3 変形の測定方法

表1に設置した変位計の名称、測定方向、および測定の概要を、図1に変位計設置状況を示す。黒丸の箇所に基準点を設けた。白丸の箇所に変位計のターゲットを、矢印の箇所に変位計を、灰色の箇所に測定用治具をそれぞれ設け試験体各部の変形を測定した。本論ではこれらの変位計の測定結果から各変形成分を求めた。耐震壁の浮き上がり量は変位計Vを、耐震壁上部からスラブ下面までの変形量は変位計Bを、2階壁板の鉛直方向と対角線方向の伸縮は変位計G,Sを、それぞれ用いて測定した。水平変位は、レーザー変位計Hを用いて測定した。

### 2.4 実験結果

(その2)の図4に水平せん断力-2階の層間変形角関係を示す。2階の層間変形角R2は、変位計H5と変位計H2で測定した水平変位の差を標点間距離(L=1300mm)で除して求めた。開口試験体N5Sを無開口試験体W5と比較すると、最大耐力は同等であり最大耐力後もR2=1.4%までその耐力を維持した。初期剛性は試験体W5の32%に低下した。試験体N5Sの復元力特性は試験体W5に比べスリップ性状を呈し、エネルギー吸収能力が劣った。耐力低下の要因は、試験体W5は2階SBの破断、試験体N5Sは3階SBの破断であった。いずれもPCa壁板の損傷はわずかであった。

表1 変位計設置の概要

名称	方向	概要	設置箇所
V	鉛直	スラブと壁板の間の浮き上がり量を測定する。壁板に設けた基準点から鉛直下向きに変位計をスラブ上面に当たるように設置した。	スラブ上115mm
B		耐震壁上部の変形を測定する。壁板に設けた基準点から鉛直上向きに変位計をスラブ下面に当たるように設置した。	スラブ下50mm
G	対角線	耐震壁の鉛直方向の基準点間の伸縮を測定する。	2階耐震壁基準点間
S		耐震壁の対角線方向の基準点間の伸縮を測定する。	
H	水平	試験体の水平方向の変形を測定する。下スタブに固定した測定用治具に基準点を設けてレーザー変位計を設置し、壁板に設けたターゲットにレーザービームが当たるようにする。	スラブ上下50mm、上スタブ中央

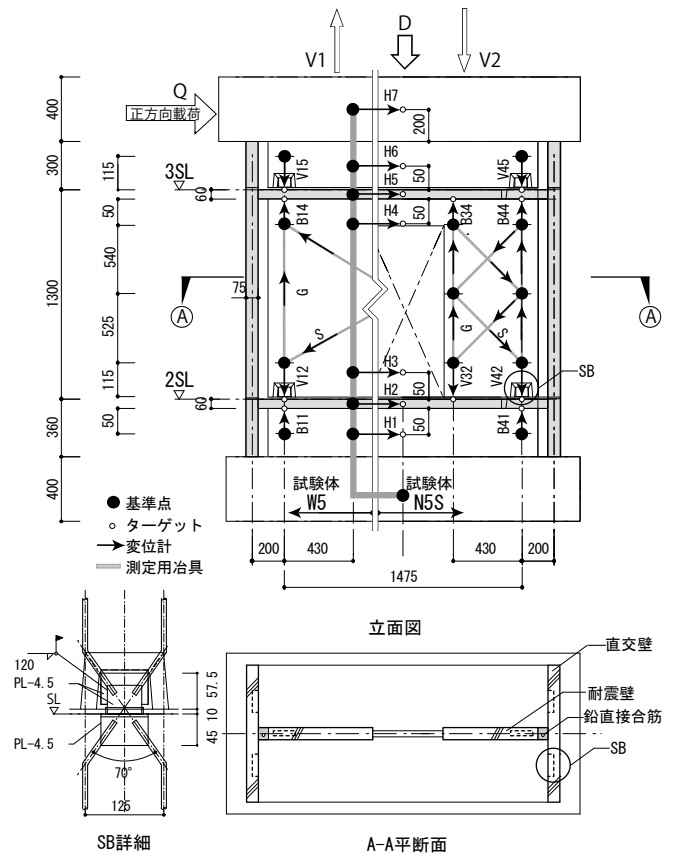


図1 試験体形状および変位計設置図

### 3.各変形成分の評価方法

2階の層間変形を、耐震壁のせん断変形、スウェイ、および浮き上がり回転と曲げ変形(図2参照)に分離した。

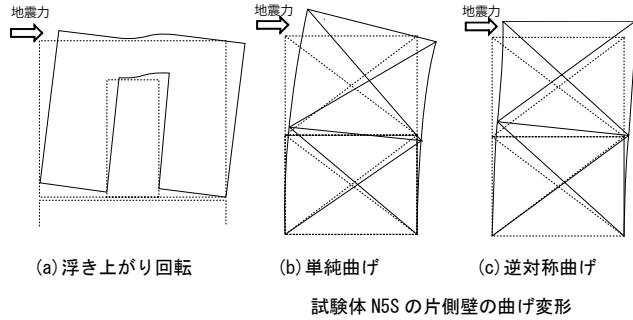


図2 変形成成分離の概念図

#### 3.1 各変形成分の算出方法

・曲げ変形 曲げ変形は、変位計Gを用い、壁板左右の鉛直変位の差から各区間の平均回転角を算出し、壁板の高さを乗じた値とした。開口試験体N5Sは2階壁板の測定区間を上下に二分割したため、PCa壁板の上下の曲げ変形をそれぞれ算出し合算した値とした。加力サイクルによっては図2(c)のように逆対称曲げの性状を示したため、図2(b)の単純曲げとあわせて考慮した。

・せん断変形 一般にせん断変形は、変位計Sを用い、耐震壁の対角線の伸縮量の差からせん断変形角を算出し、壁板高さを乗じた値である。しかし、この算出結果はモーメント勾配のために曲げ変形による影響を含む。そこで、平石<sup>3)</sup>の研究を参考に、曲げ変形による影響を除外してせん断変形量を求めた。

・浮き上がり回転 浮き上がり回転による水平変位は、変位計Vを用い、2階耐震壁と2階スラブの間の壁板左右の鉛直変位の差から、壁板脚部の回転角を求め、壁板高さを乗じた値とした。

・スウェイ 無開口試験体W5のスウェイは、2階スラブ上下の水平変位の差(変位計H3と変位計H1の出力の差)とした。開口試験体N5Sは2階スラブ上の水平変位を測定できないため、変位計H5とH2で測定した水平変位の差(すなわち2階の層間変形)から他の3成分を差し引いて評価した。

#### 3.2 算出結果

図3に加力サイクルピーク時における各変形成分量の推移を示す。試験体N5Sは左右のPCa壁板の結果を示す。グラフは積み上げ形式とし、塗りつぶした箇所が各変形成分の大きさを表す。また、2階の層間変形を破線で示す。

#### 3.3 考察

・無開口試験体W5 正・負荷時共に浮き上がり回転とスウェイが変形のほぼすべてを占め、曲げ変形およびせん断変形は微小であった。最大耐力時R=±0.2(%)の全変形に占めるスウェイの割合を正・負荷時と比較すると、正荷時が30%なのに対し、負荷時は60%と多かった。その

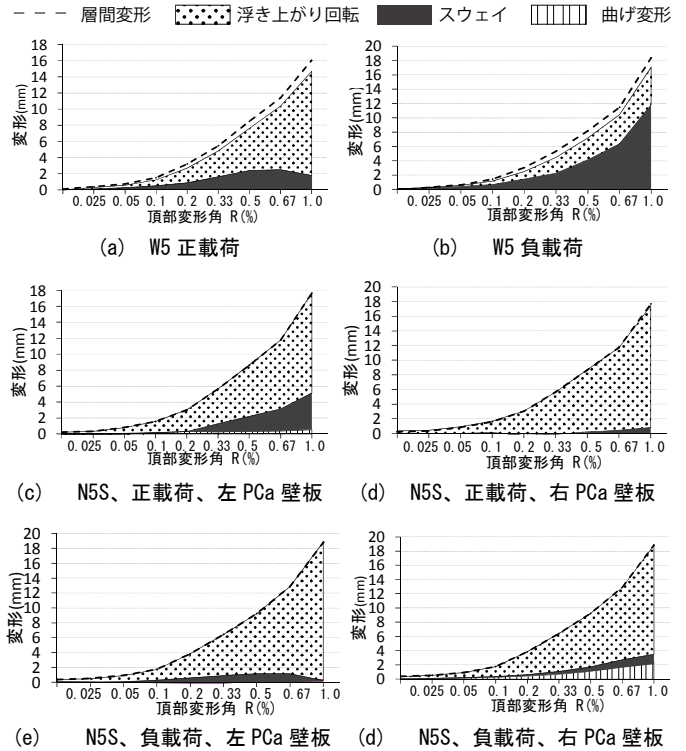


図3 2階耐震壁の水平変形の算出結果と頂部変形角の関係

後、正載荷ではスウェイは最大2.4mmでそれ以上増加しないのに対し、負載荷では頂部変形角の増加とともに最大で11.8mm(全変形に占める割合は70%)まで増加した。正・負載荷共に各変形成分の合計値は層間変形とほぼ等しく、変形成分の評価が適切であることを確認した。

・開口を設けた試験体N5S 正載荷時、左PCa板では浮き上がり回転とスウェイが変形のほぼすべてを占め、最大耐力時R=1.0(%)の全変形に占めるスウェイの割合は30%であった。負載荷の左PCa板および、正載荷の右PCa板では浮き上がり回転がほぼすべてを占めた。負載荷時の右PCa板では、最大耐力時R=1.0(%)時の全変形に占めるスウェイと曲げ変形の合計の割合は20%であった。また、いずれの場合もせん断変形はほとんど生じなかった。

### 4. まとめ

壁式プレキャスト鉄筋コンクリート構造耐震壁実験の結果をもとに、無開口試験体W5と開口試験体N5Sの2階耐震壁の各変形成分を算出した。全変形に占める浮き上がり回転による水平変位の割合は、頂部変形角R=1.0(%)の時に、試験体W5の負載荷時を除いて、70%から95%と大きかった。全変形に占めるスウェイの割合が10%から30%と浮き上がり回転に次いで大きかった。

2階壁板の浮き上がり回転とスウェイによる変形挙動は(その2)で詳述する。参考文献は(その2)に記す。

\*1 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域 大学院生  
\*2 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 教授・工博  
\*3 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 准教授・Ph.D.  
\*4 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)

\*1 Graduate Student, Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ.  
\*2 Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.  
\*3 Associate Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Ph.D.  
\*4 Assistant Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.