

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4 実大5層1スパン解析モデル

WPC 構造 既存集合住宅ストック 実大建物
耐震性能評価 数値解析モデル 静的増分解析

正会員 ○五味洵孝*1 同 高木次郎*2
同 北山和宏*3 同 見波進*4

1. はじめに

本報では、前報¹⁾で示した壁式プレキャスト鉄筋コンクリート (WPC) 構造耐震壁実験の数値解析モデルを、実建物に対応した5層1スパンの解析モデルに展開する。モデル化に必要な諸条件を整理すると共に、新設開口を設けた場合の影響を含めて耐震性能を評価する。

2. 検討対象建物

WPC 集合住宅のうち建設数が比較的多い「74-5PC-3DK (A9-3)」型式の3階段室型実在5階建建物 (1974年建設) を検討対象とする。計画的な検討から図1の基準階平面の5通りのA-B通り間の耐震壁に開口を設けることとし、同壁の耐震性能を開口新設前後で比較評価する。

3. 解析モデルの概要

図2に示すような5通りA-B通り間の5層1スパンの2次元数値解析モデルを作成した。モデルの基本的な構成は前報の耐震壁実験モデルと同じである。新設開口の設置に応じて、解析モデルを5種類作成した。新設開口の無い場合 (無開口モデル)、1階のみに幅950mmの開口を設けた場合 (1階開口モデル)、2階および3階のみに同様の開口を設けた場合 (2階開口モデルおよび3階開口モデル)、さらに1階から5階までの各階に開口を設けた場合 (連層開口モデル) である。実在建物のコンクリート強度については未調査であることから、耐震診断指針²⁾に準じて 27N/mm^2 と仮定し、コンクリート部材のヤング係数をそれより 25.7kN/mm^2 と算出した。

4. 接合部弾塑性ばねの概要

プレキャスト (PCa) 耐震壁板の接合部における弾塑性ばねの考え方は前報¹⁾における耐震壁実験モデルと同様である。SBばねの鉛直引張方向の復元力特性については、1/2スケールの実験モデルの復元力特性の耐力を4倍、変位を2倍として暫定的に設定した。SBばねの要素実験における鉛直引張方向の荷重変形関係は溶接部あるいは接合筋の降伏および破断による影響が大きく、接続筋径の影響については確認できていない。そのため本解析モデルではSBばねの復元力特性は各階等しく設定している。一方、CRばねの鉛直引張方向の復元力特性については、SBと鉛直接合筋の復元力特性の和として定義されているが、鉛直接合筋の寄与分についてのみ、各階の鉄筋径の違いによる耐力差を考慮している。鉛直接合筋は2階以下でD19、3階以上でD16であり、引張強度は 344N/mm^2 と

している²⁾。SBばねの水平方向の復元力特性については、直交壁を含む各階の耐震壁が負担する長期軸力を用いて、耐震診断指針²⁾に準じてせん断 (ずれ) 耐力を算出し、初期剛性の大きい完全弾塑性とした。長期軸力の算出方法については次節で述べる。さらに、耐震壁と直交壁の間の鉛直方向のずれ耐力を文献³⁾に準じて算出したところ、各階共通で 420kN であったことから、JQばねの耐力をその半分としてトリリニアの復元力特性を設定した。



図1 検討対象建物の平面図と新設開口位置

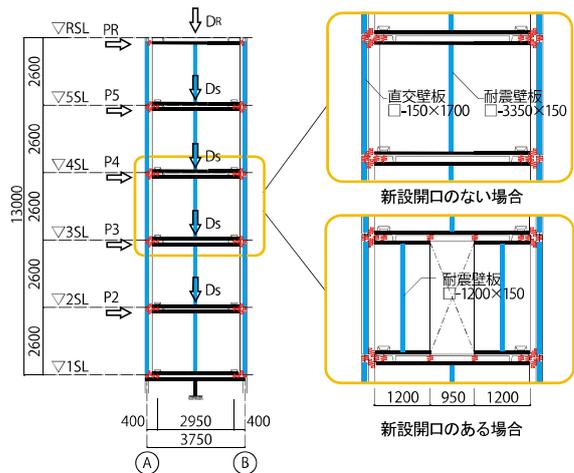


図2 5層1スパン解析モデル

5. 建物重量と地震荷重

表1に建物重量と地震荷重を示す。建物の耐震壁の厚さは妻壁 (1通りと13通り壁) のみ 180mm で、その他は 150mm である。床厚は一般階において 120mm 、屋上 (R) 階で $120\text{--}160\text{mm}$ である。積載荷重は、原設計時の計算書に準じて算出し、一般階で 600N/m^2 、R階で 300N/m^2 とした。また、仕上荷重は一般階で 400N/m^2 とし、水廻りの無筋コンクリート重量 (1000N/m^2) を見込んでいる。壁の重量については、階の中間で上下階重量に振り分けており、建物の単位面積あたりの重量は一般階で 8.2kN/m^2 、R階で 5.6kN/m^2 となっている。各階の建物重量 W_i を用い

表 1 建物重量と地震荷重

階	W _i (kN)	W _i /A (kN/m ²)	Σ W _i (kN)	α _i	A _i	C _i	Q _i (kN)	P _i (kN)
R	2228	5.58						748
5	2880	8.16	2228	0.162	1.68	0.34	748	652
4	2880	8.16	5108	0.372	1.37	0.27	1400	538
3	2880	8.16	7988	0.581	1.21	0.24	1939	447
2	2880	8.16	10868	0.791	1.10	0.22	2386	364
1			13748	1.000	1.00	0.20	2750	

て、A_i 分布により 1 階の層せん断力係数 C₀=0.2 の場合の地震荷重 Q_i を算出した。

5 通りの A-B 通り間の耐震壁の壁量は層の張間方向の全壁量の 5.9% であり、壁量に応じて各壁が地震力を負担すると仮定して解析モデルに水平力を載荷した。なお、開口新設によって、当該壁の壁量は減少するが、その影響は無視している。解析モデルに作用させる長期鉛直荷重については、当該耐震壁の負担軸力のほか、耐震診断指針²⁾に準じて直交壁の軸力も考慮している。その結果、一般階と R 階に作用する鉛直軸力 (図 2 中の D_s および D_r) はそれぞれ 379kN と 343kN となった。長期鉛直荷重を載荷したうえでの変位制御による静的弾塑性増分解析を汎用ソフト⁴⁾を用いて実施した。

6. 解析結果

図 3 に各モデルの水平荷重と変形の関係を示す。ここでの変形角は、最上階の水平変位の建物高さに対する割合である。無開口、2 階開口、3 階開口モデルではほぼ同様の荷重-変形関係が確認されており、変形角 0.6-0.8% で水平耐力が最大となった。各モデルの最大水平耐力の差は 1.0% 以下であり、最大耐力時の 1 階の層せん断係数は 0.79 である。1 階開口および連層開口モデルの最大水平耐力時の 1 階の層せん断力係数はそれぞれ 0.72 および 0.33 で、無開口モデルの 91% および 41% である。また、最大耐力時変形角はそれぞれ 0.9% および 2.1% である。

最大水平耐力後の図 3 の○印における変形の様子を図 4 に示す。無開口、2 階開口、3 階開口モデルでは 1 階耐震壁脚部の加力側の SB おおび CR ばねの破断が確認できた。1 階開口モデルは 1 階耐震壁上下の加力側の引張ばねが破断している。これは、耐震壁実験モデルにおいても確認された破壊形式である。連層開口モデルでは開口脇の耐震壁がそれぞれ独立して曲げ変形しており、1 階壁脚部の加力側の引張ばねの破断が確認できた。

7. まとめ

本研究で得られた知見は以下の通りである。

(1) 既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート (WPC) 構造集合住宅の耐震性能評価を目的として、1/2 スケールの耐震壁実験に対応した数値解析モデルを実建物に拡張した。新設開口の位置をパラメータとし 5 層 1 スパンの解析モデルを 5 種類作成した。また、接合部の弾塑性ばねの復元力特性を整理した。

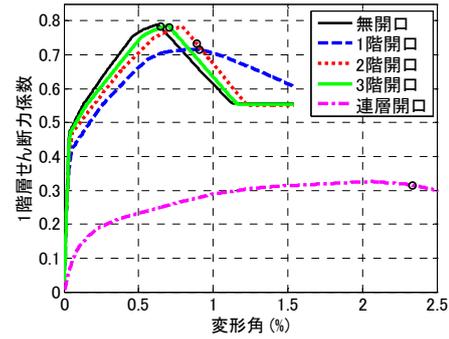


図 3 解析結果比較

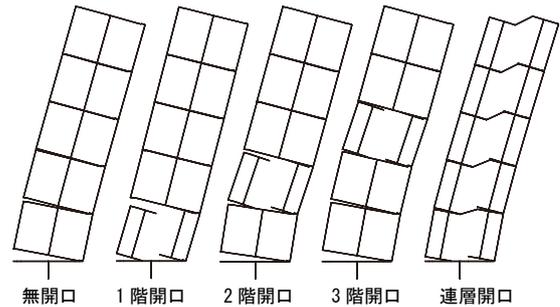


図 4 各解析モデルの崩壊形

(2) 2 階および 3 階のみに新設開口を設けた場合、荷重-変形関係は無開口の場合に近く、最大水平耐力の差は 1.0% 以下であった。また、壁量に応じて地震力を負担すると仮定した場合、最大水平耐力時の 1 階の層せん断力係数は 0.79 であった。

(3) 連層開口を設けた場合の最大水平耐力は無開口の場合の 41% であるが、最大耐力を与える変形角は無開口の場合の 3.3 倍であった。

(4) 無開口、2 階開口、3 階開口の場合は 1 階耐震壁脚部の加力側の引張ばねが破断したのに対し、1 階開口の場合は、1 階耐震壁頂部の加力側の引張ばねも破断した。さらに、連層開口を設けた場合は開口脇の耐震壁がそれぞれ独立して曲げ変形すると共に 1 階耐震壁脚部の加力側の引張ばねの破断が確認できた。

8. 今後の課題

壁量に応じて地震時水平力を負担すると仮定して建物の耐震性能を評価したことの妥当性について、今後検討する必要がある。

謝辞

本研究は、国土交通省「建設技術研究開発助成制度」(研究代表者:小泉雅生)による助成を受けて実施した実験成果に基づいたものである。研究の実施にあたっては、(財)住宅総合研究財団、(社)プレハブ建築協会に多大なご協力をいただいた。ここに記すと同時に関係諸氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 高木次郎他: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 3, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2011
- 2) 日本建築防災学会: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
- 3) 中野克彦, 松崎育弘:プレキャストRC部材接合面におけるせん断抵抗要素の耐力累加方法, 日本建築学会構造系論文集第550号, pp151-158, 2001
- 4) Midas GEN Ver. 761, MIDAS Information Technology Co., LTD.

*1 大東建託株式会社

*2 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 准教授・Ph.D.

*3 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 教授・工博

*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 Daito Trust Construction Co., LTD.

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

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

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