

鉄筋コンクリート造耐震壁に設けたひび割れ誘発目地に関する実験
(その3 FEMモデルによるせん断耐力評価)

正会員 ○松井亮夫*¹
同 佐藤尚隆*¹ 同 吉田敏之*²
同 中岡章郎*³ 同 石川直輝*⁴
同 坂下雅信*⁵ 会員外 高橋裕治*⁶

耐震壁 目地 ひび割れ
せん断耐力 乾燥収縮 異形鉄筋

1. はじめに

試験体に準じ、2次元有限要素プログラム「WCOMD」¹⁾を用いた数値解析を行い、非線形変位増分解析を実施して、目地による断面欠損が最大耐力に与える影響を検証した。

2. 耐震壁のFEM解析

2.1 解析モデル

図1に要素分割図を示す。各要素は、9つのガウス点を持つ8節点平面要素とした。壁厚は100mmとし、鉛直目地の要素厚さを変化させるため、目地部を10mmの要素で分割した。ひび割れ誘発材の入った目地部の特性は、鉄筋比率が高くなるため、コンクリート強度と鉄筋強度との面積比での累加強度とした。また、柱および梁は、柱主筋と梁主筋の位置と要素の重心の位置とが一致するように分割した。さらに、スタブや柱頭および梁端には弾性要素を、その他の部分には鉄筋コンクリート要素（以下、RC要素）を使用した。RC要素は、試験体と同様の鉄筋比となるよう調整した。解析モデルの各寸法は、図2に示す試験体寸法とほぼ同様になるようにした。

2.2 解析パラメータ

解析パラメータは、壁筋比（0.29, 0.65, 1.16%）、表面目地の有無と位置（深さ10mm, 幅10mm）、誘発材の有無（径は目地底間隔の20%）、コンクリートの圧縮強度（ $F_c=34, 41\text{N/mm}^2$ ）、軸力比（ $\eta=0.2$ ）とした（表1）。

2.3 载荷ルール

解析モデルに作用させる外力の作用点および水平方向の変位点を図3に示す。軸力は、実験と同じ大きさの軸力を作用させた。载荷は、最初に軸力を作用させ、その後水平変位を0.1mm刻みで与えた。なお、下スタブ底面の節点は、剛支持とした。

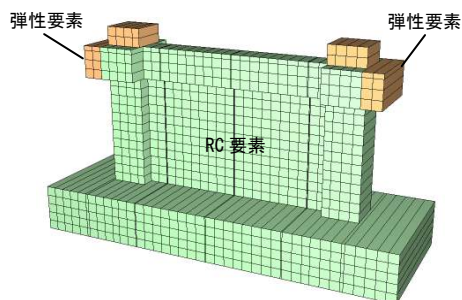


図1 要素分割図

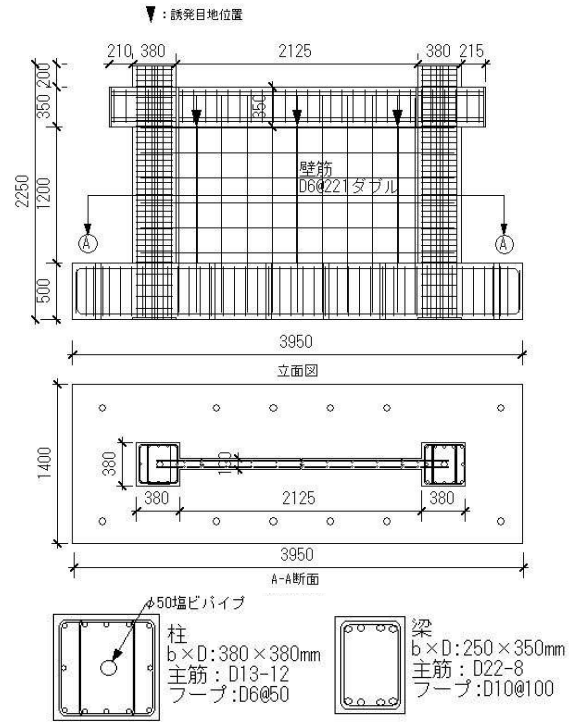


図2 試験体寸法図

表1 パラメータリスト

解析名	壁筋比 (%)	目地	柱際の目地位置 mm	誘発材率	コンクリート圧縮強度 (N/mm ²)	軸力比 η
3465muku	0.65	無	—	—	34	0.2
3465R20	0.65	有	205	0.2	34	
3465R00	0.65	有	205	0	34	
4129R20	0.29	有	205	0.2	41	
34116R20	1.16	有	205	0.2	34	
34116R20C	1.16	有	5	0.2	34	
34116R00C	1.16	有	5	0	34	

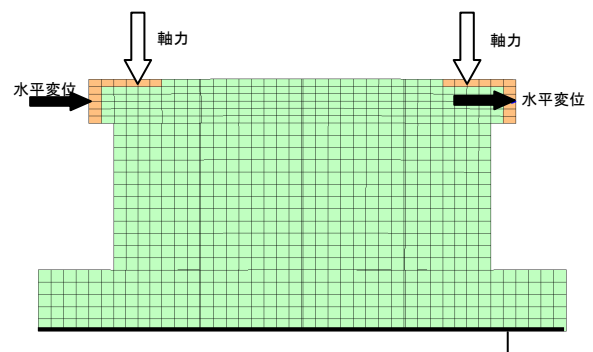


図3 作用点と変位点

2.4 解析結果

解析による荷重—変形関係を図4に、最大耐力と破壊モードを表2に示す。層間変形角 (R) が 1.5×10^{-3} rad.程度までは、耐力と剛性は各モデルとも一致した。しかし、層間変形角が 1.5×10^{-3} rad.以降は、荷重—変形関係に各モデルとも差異が生じ、3465R00 と 3465R20 の比較では、3465R20 の方の破壊が早かったが、耐力は上回った。3465muku と 3465R20 の比較では、3465R20 の方が耐力で上回ったが、3465muku より早く破壊した。

解析における試験体破壊時の主応力分布例を図5に示す。いずれも、左柱の柱頭から右柱の柱脚にかけて圧縮応力が生じ、目地の無い 3465muku は目地が有る他のモデルと比較して応力の流れが滑らかであった。また、壁筋比が高いほど柱梁フレームから壁への応力の流れが広い範囲となった。目地が有るモデルは、図中の左上から右下への圧縮応力の流れに応じて、目地部で引張応力が生じた。

解析の破壊モードは、目地が無いモデル (3465muku) や目地部に鉄筋挿入のモデル (R20) では、右柱の柱脚部でのコンクリートの圧壊であった。表面目地のモデル (R00) および入隅に表面目地のモデル (R00C) では、いずれも左側の目地に沿って目地部で圧壊が生じた。

2.5 考察

2次元有限要素プログラムを用いた数値解析を行い、非線形変位増分解析を実施して、目地の断面欠損が最大耐力に与える影響を検証した。目地の無いおよび鉄筋が挿入された目地の耐震壁では、柱の圧壊で最大耐力を迎えた。3465 シリーズの最大耐力は、鉄筋が挿入された目地の耐震壁が最も高く、続いて目地の無い耐震壁、表面目地の耐震壁の順となった。荷重—変形関係は、鉄筋挿入の有無による差異は最大耐力の近傍で見られたが、変形量が小さな段階では両者に差異がなかった。

2.6 実験との比較

実験での荷重—変形関係図に解析結果をプロットしたものを図6に示す。それぞれの実験値に対し、数値解析で耐力や変形性能を安全側に評価できることがわかった。

3. まとめ

今回、耐震壁に設けた目地が、耐力に影響を与えることが数値解析により明らかとなった。また、目地部に鉄筋を挿入することで、目地部の破壊を先行させずに、目地の無い壁と同様の破壊モードにできるため、目地の有る耐震壁でも目地の無い耐震壁と同等の耐力や変形性能を与えることが可能と考えられる。

以上により、目地部に異形鉄筋を挿入して鋼材量を増加させた鉄筋挿入型ひび割れ制御工法を適用することで、目地が無く増し打ちを伴わない耐震壁と同等の性能を有する耐震壁の実現性を示すことができた。

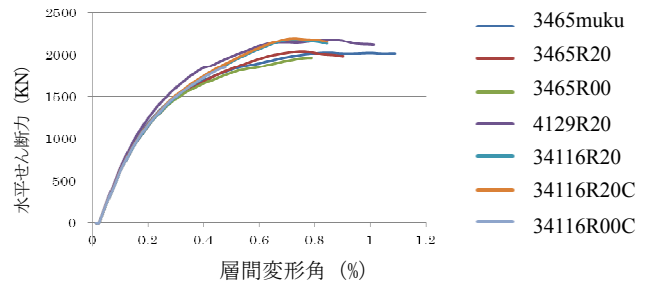


図4 荷重—変形関係

表2 最大耐力と破壊モード

解析名	最大耐力 (kN)	最大耐力時変位 ($\times 10^{-3}$ rad.)	破壊モード
3465muku	2021	9.8	柱の圧壊
3465R20	2037	7.5	柱の圧壊
3465R00	1962	7.7	目地の圧壊
4129R20	2183	8.5	柱の圧壊
34116R20	2181	7.2	柱の圧壊
34116R20C	2196	7.2	柱の圧壊
34116R00C	1855	4.7	目地の圧壊

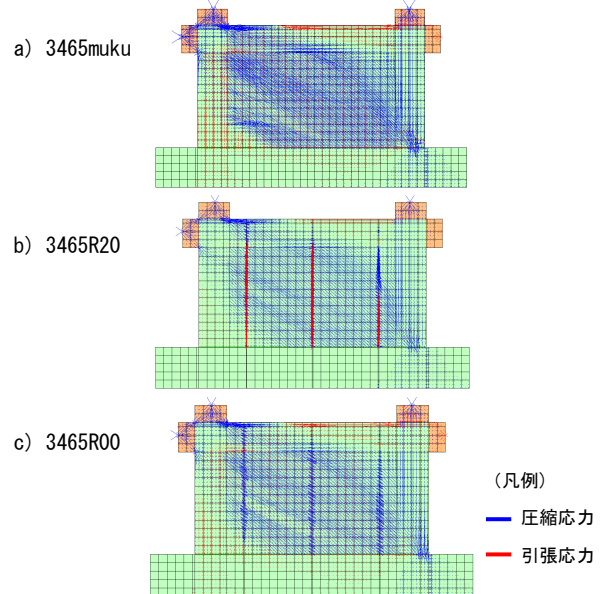


図5 3465 シリーズの主応力図

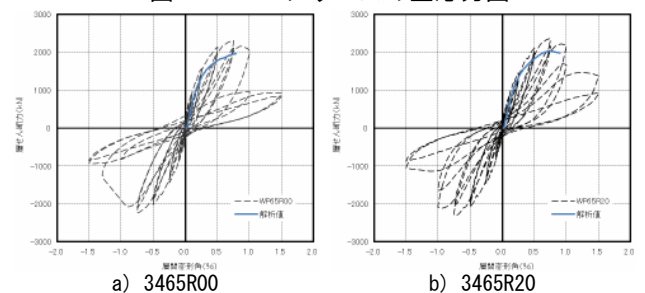


図6 荷重—変形関係 (解析と実験値の比較)

謝辞

本研究は民間企業 10 社 (浅沼組, 熊谷組, 五洋建設, 大日本土木, 東亜建設工業, 東急建設, 飛鳥建設, 西松建設, NIPPO, 長谷工コーポレーション) で実施した成果の一部をまとめたものである。関係者に謝意を表します。

参考文献

- 1) 株式会社フォーラムエイト: 「UC-win/WCOMD Ver.2 電子マニュアル」 2006.11

*1 浅沼組 *4 東急建設
 *2 大日本土木 *5 京都大学大学院工学研究科
 *3 長谷工コーポレーション *6 NIPPO

*1 Asanuma Corporation *4 Tokyu Construction
 *2 Dai Nippon Construction *5 Kyoto Univ.
 *3 HASEKO Corporation *6 NIPPO Corporation