

土留め壁のH形鋼芯材を用いた合成壁と床版との隅角部に関する有限要素破壊解析

清水建設 技術研究所 正会員○吉武謙二 土木事業本部 正会員 前 孝一
土木事業本部 正会員 小川 晃 土木事業本部 正会員 大崎雄作

1. はじめに

地下利用空間の拡大や地下外壁工事の低減を目的として、土留め壁のH形鋼芯材を本設構造物として利用する地下外壁工法の開発を実施してきた^{1),2),3)}。本研究は隅角部構造合理化のためH形鋼への主鉄筋の定着量およびH形鋼の根入れ効果の有無をパラメータとして実施した隅角部の曲げ試験¹⁾を解析的に検討したものである。

2. 解析モデルおよび解析手法

試験体一覧を表-1に、有限要素メッシュを試験体L2を例として図-1に示す。試験体L1とL2、試験体L2とL3の結果を比較することにより、それぞれ根入れ効果、床版鉄筋の定着量の影響を検証する。RC壁部は定ひずみ三角形平面応力要素により、H形鋼は4節点四角形アイソパラメトリック要素によりモデル化した。スタッドおよび定着鉄筋はRC壁部とH形鋼間に水平および鉛直方向のバネを設置して、押抜き試験結果²⁾を基にモデル化した。コンクリートの圧縮軟化塑性モデルおよび引張軟化モデルは、CEB-FIP MODEL CODE 1990⁴⁾を参考に設定した。なお、ひび割れ帯幅はコンクリート部における代表的な二等辺三角形要素の最長辺を底辺とした高さと考えた。ひび割れ発生後、せん断剛性は1%に低減させた。主鉄筋の上下のコンクリートは、鉄筋とコンクリートの付着による引張硬化を考慮した。材料定数は材料試験結果を基に設定した。圧縮状態におけるコンクリートの降伏および破壊には、等2軸圧縮強度を $1.16f_c$ (f_c :一軸圧縮強度)として、関連流れ則を仮定したDrucker-Pragerの条件を用いた。引張-圧縮状態、二軸引張状態では、最大主応力 σ_{α} が引張強度 f_t を超えるとひび割れが発生すると仮定した。

3. 解析結果

図-2に載荷荷重と水平変位との関係を示す。最大荷重は試験体L1では117%、根入れを考慮した試験体L2, L3ではそれぞれ98%, 100%と良好に評価することができた。また、割線剛性も111%~125%と概ね良好に評価した。

試験体L1とL2のひび割れ発生状況を図-3に示す。実験では試験体L1は床版固定付近のコンクリートの圧縮破壊、試験体L2, L3では隅角部床版側のコンクリートの圧縮破壊で最大耐力に至った。解析では試験体L1は実験同様に床版固定部付近の鉄筋降伏により延性的な挙動を示したため床版部に曲げひび割れが多数発生した。一方、試験体L2では実験・解析ともに床版および側壁から隅角部に進展するひび割れが発生した。

図-1内のH形鋼のフランジひずみが最大となった位置での載荷荷重とひずみの関係を図-4に示す。H形鋼は実験では試験体L1は未降伏、試験体L2, L3は降伏とH形鋼下端の境界条件により異なったが、解析でも同様の結果が得られひずみ挙動を良好に再現した。

図-2内の荷重低下ステップにおける試験体L1, L2の

キーワード：隅角部、不完全合成壁、有限要素解析、本体利用、スタッド

〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-6974 FAX 03-3820-5959

表-1 試験体および結果一覧

試験体 No.	試験体概要		長期応力レベルに おける割線剛性 (kN/mm)		最大荷重 (kN)	
	床版鉄筋 定着量 (%) ^{*1}	根入れ の有無	実験	解析 ^{*2}	実験	解析 ^{*2}
L1	20	なし	12.6	14.0 (1.11)	552.3	648.1 (1.17)
L2	20	あり	30.5	38.2 (1.25)	879.5	865.5 (0.98)
L3	0	あり	30.5	35.9 (1.18)	834.4	838.0 (1.00)

*1:床版鉄筋のH形鋼への定着の割合, *2:解析の()内は実験値との比較値

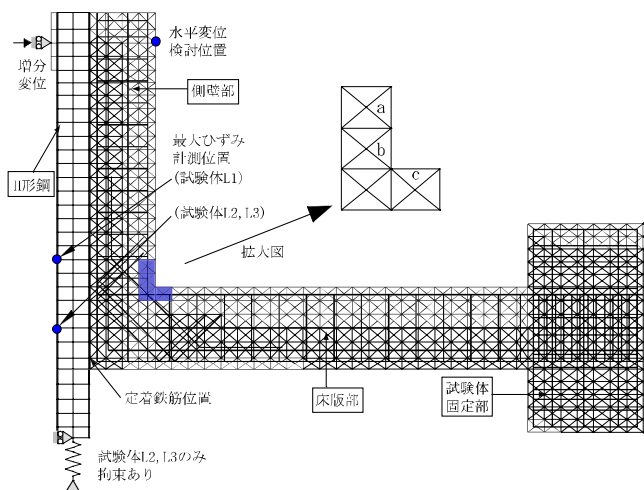


図-1 有限要素メッシュ (試験体L2)

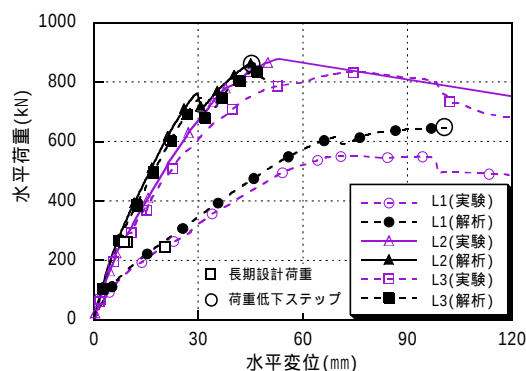


図-2 荷重-変位関係

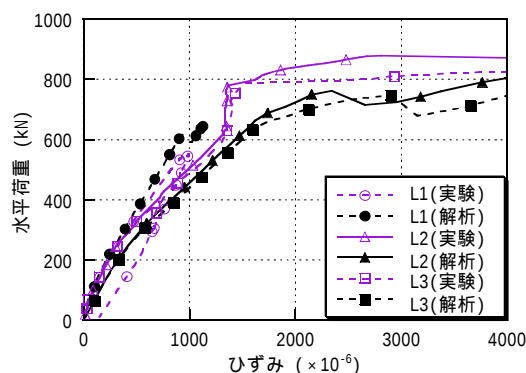


図-4 荷重-H形鋼ひずみ関係

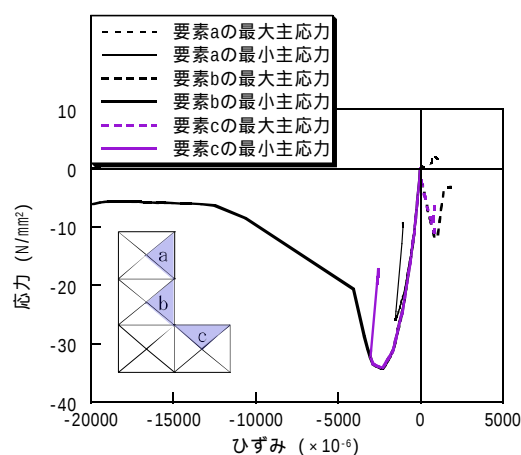


図-6 主応力履歴（試験体L1）

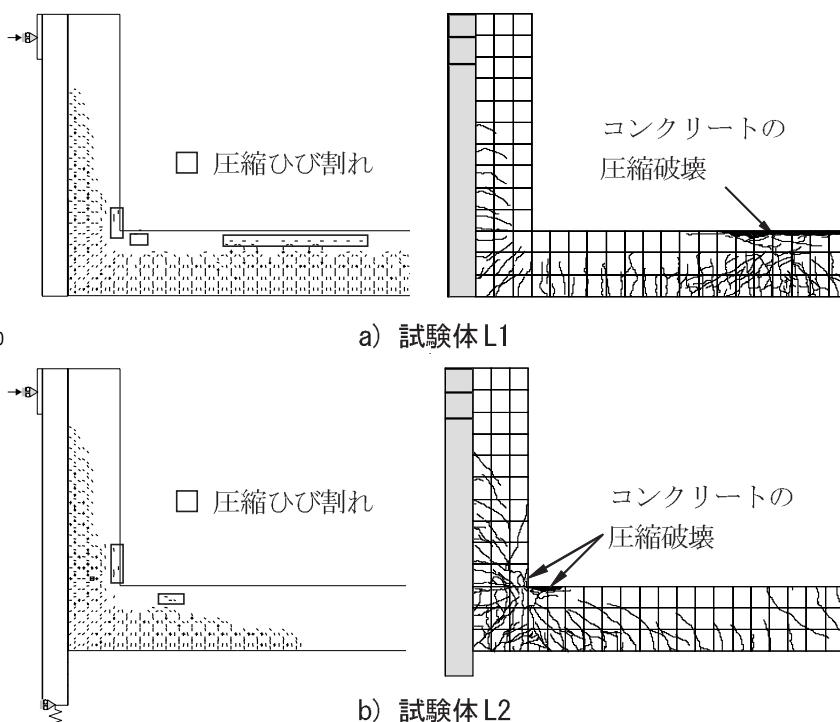


図-3 ひび割れ発生状況（左：解析，右：実験）

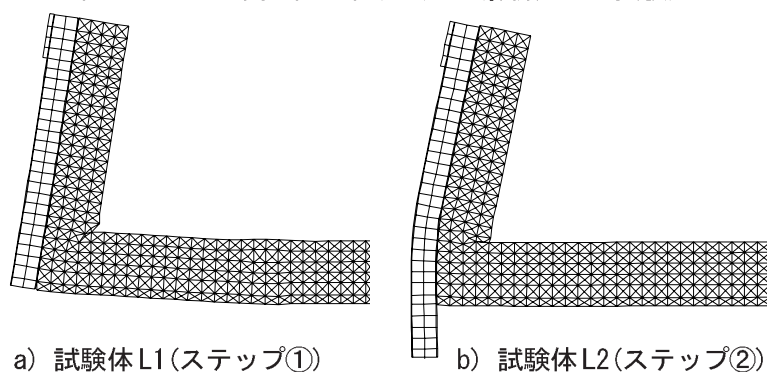


図-5 増分変形

増分変形を図-5に示す。これより試験体L1, L2のいずれも隅角部側壁側のコンクリートの圧縮破壊により最大荷重に至ったことが理解できる。図-1内の要素a～cの主応力履歴を試験体L1を例として図-6に示す。これからも試験体L1では隅角部床版側の要素

においてもコンクリートが圧縮強度付近に達しているものの側壁側が圧縮破壊していることが確認できる。解析では全ての試験体で隅角部側壁側のコンクリートの圧縮破壊により最大荷重に至り、実験と最終破壊位置は異なったが、最大荷重に至るひび割れの発生状況などは概ね再現できた。

4. まとめ

土留め壁のH形鋼芯材を用いた合成壁と床版との隅角部の曲げ試験を対象としてH形鋼とRC部とのずれを考慮した非線形有限要素解析を実施した。その結果、本解析手法により根入れ効果や床版鉄筋の定着量が荷重-変位関係やH形鋼のひずみ、ひび割れ発生状況に及ぼす影響を良好に再現することが確認できた。

参考文献

- 1) 古武謙二，前孝一，小川晃，大崎雄作：土留め壁のH形鋼芯材を用いた合成壁と床版との隅角部に関する実験，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，pp. 673～674，2004。
- 2) 古武謙二，前孝一，小川晃，磯田和彦，山野辺宏治：土留め壁のH形鋼芯材を用いた合成壁のシアコネクタに関する押抜き試験，構造工学論文集，Vol. 51A，pp. 1521～1530，2005。
- 3) 古武謙二，前孝一，小川晃，磯田和彦：土留め壁のH形鋼芯材を用いた合成壁の曲げ挙動に関する研究，コンクリート工学年次論文集，2005。（掲載予定）
- 4) “CEB-FIP MODEL CODE 1990”，CEB，pp. 2-11～2-14，1991。