

固化改良体による地下構造物の耐震補強効果に関する検討

ハザマ 正会員 ○浦野 和彦 正会員 足立 有史
同上 正会員 西村 毅
豊橋技術科学大学 正会員 河邑 眞 学生員 長柄 真人

1. はじめに

既設の地下構造物については、施工上の制約などから構造物周辺地盤の地盤改良による耐震補強が最近行われるようになってきている。特に固化改良体を用いた耐震補強が有効であることは数値解析により報告されている^{1), 2)}。本報では、単ボックスカルバートを模擬した縮尺約 1/3 の模型試験体を作成し、構造物周辺に粘性土地盤を対象とした固化改良体を設置した場合としない場合の2 ケースについて正負交番载荷試験を実施した結果を示す。その試験結果より、固化改良体による補強効果と固化改良体の破壊挙動を確認する。また、弾塑性 FEM 解析を用いた载荷試験の数値シミュレーションにより、固化改良体の補強効果と破壊挙動の特徴について検討する。

2. 試験条件と試験方法

(1) 試験条件

図-1 に模型载荷試験の概要図を示す。構造物模型は壁厚 10cm、幅 1 m×高さ 1 mの単ボックスカルバートとし、主筋は D6 鉄筋を 150mm ピッチで配置した（奥行き 50cm、引張鉄筋比 0.25%程度）。また、構造物の補強として、幅 50cm の固化改良体を構造物模型両側に設置した。固化改良体は、高圧噴射攪拌工法により造成される地盤固化改良体を想定し、セメントミルク（高炉セメント B 種）に粘土（ジョージアカオリン）を添加し作製した。構造物模型及び固化改良体の材料物性を表-1 に示す。

(2) 試験方法

本载荷試験では地震によるせん断変形を模擬するため、構造物模型頂版位置に载荷板を配置し、油圧ジャッキにより水平に载荷する。構造物模型と固化改良体には、上部から鋼製インゴットによる拘束圧（18kN/m²：土被り 1 m相当）を作用させた。試験ケースは固化改良体の有無の2 ケースとした。

载荷方法は、鉄筋の降伏変位 δ_y を基準とした変位制御による正負交番载荷とし、図-2 に示すように δ_y から 10 δ_y まで実施した。ここで、6 δ_y までは同一変位に関し 2 回繰り返す、それ以降は 1 回の载荷とした。

3. 载荷試験結果の検討

(1) 载荷試験結果

図-3 の荷重-変位関係に示すように、改良体有りの場合は最大荷重約 65kN、改良体無しの場合は約 20kN であり、

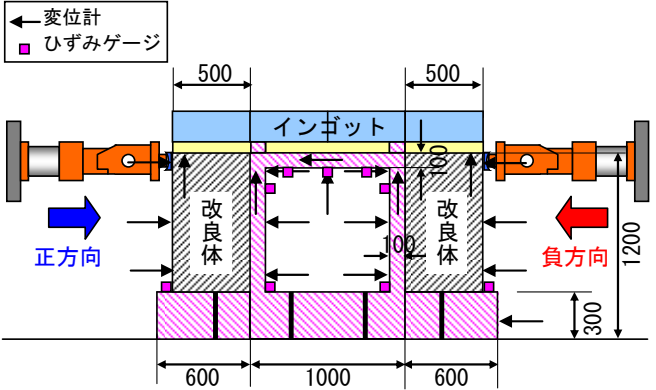


図-1 载荷試験概要

表-1 構造物模型及び固化改良体の材料物性

材料種別	構造物模型		固化改良体
	コンクリート	鉄筋	
単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	24.0	78.5	15.0
弾性係数 E (kN/m ²)	2.5E+07	2.0E+08	1.0E+06
圧縮強度 σ_c (MPa)	26.8	315*	1.85
引張強度 σ_t (MPa)	2.7	315*	0.21
ポアソン比 ν	0.2	0.2	0.35

※鉄筋については降伏強度を記載

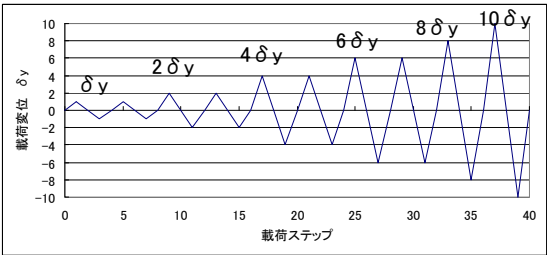


図-2 载荷パターン

改良体による補強効果が確認できた。ただ、改良体有りの場合は変位の増加とともに荷重は低下し、10 δy 載荷時では30kN程度まで低下した。

写真-1 に+10 δy 載荷時の改良体有りの場合の変形状況を示すが、左側の改良体は左下端に引張によるひび割れが発生し、浮き上がるように変形している。また、右側の改良体は斜めひび割れが発生し、右下端は膨れている。

図-4 に構造物模型のひび割れ図を示す。両ケースとも引張応力が集中する隅角部でひび割れが発生しているが、改良体有りの場合には側壁中央部にもひび割れが発生している。これは改良体の斜めひび割れによる応力集中の影響であると考えられる。

(2) 数値シミュレーションとの比較

図-5 に荷重－変位曲線の比較を示すが、本解析は最大荷重と破壊モードの再現を主目的としたため、解析における載荷条件は正方向の単調載荷とした。また、表-1 の物性値で解析を行ったが、解析に用いた引張軟化を考慮した弾塑性FEMについては文献3)を参照していただきたい。

改良体無しの場合は、変位の増加に関係なく荷重が20kN程度を維持している試験結果を良く再現している。また、改良体有りの場合は、改良体のひび割れによる損傷により荷重が大きく低減する試験結果を再現している。しかし、試験結果は変位の増加とともに荷重も徐々に低減しているが、解析では最初の大きな低減以降はほぼ一定の荷重40kN程度を保持している。

図-6 に解析による試験体の変形とひび割れを示す。改良体のひび割れは、最初に引張側となる左側改良体の下端で発生し、次に圧縮側となる右側改良体の斜めひび割れが発生しており、これは試験結果を良く再現している。

4. まとめ

地下構造物の模型試験体を用いた正負交番載荷試験を実施し、固化改良体による補強効果、及び固化改良体の破壊挙動について確認することができた。また、数値シミュレーションにより、載荷試験における補強効果と破壊挙動の特徴を再現することができた。

<参考文献>

- 1) 河村精一他：地中構造物周囲の地盤改良による耐震補強効果，第40回地盤工学研究発表会，2005.
- 2) 浦野和彦他：繊維混合改良土における地下構造物の耐震補強効果の検討，土木学会第65回年次学術講演会，2010.
- 3) 浦野和彦他：固化改良体の破壊挙動に関する基礎的検討（その2：数値シミュレーション），第45回地盤工学研究発表会，2010.

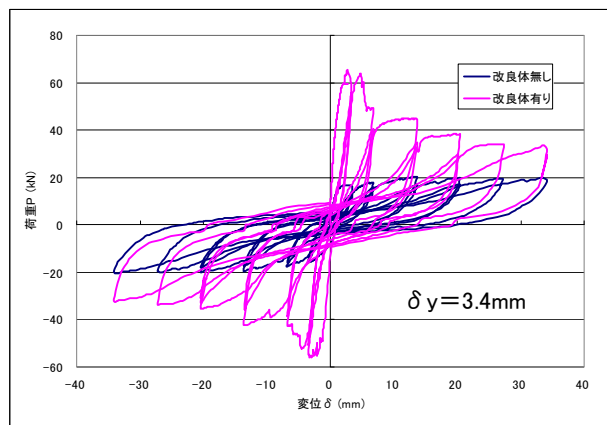


図-3 荷重－変位曲線

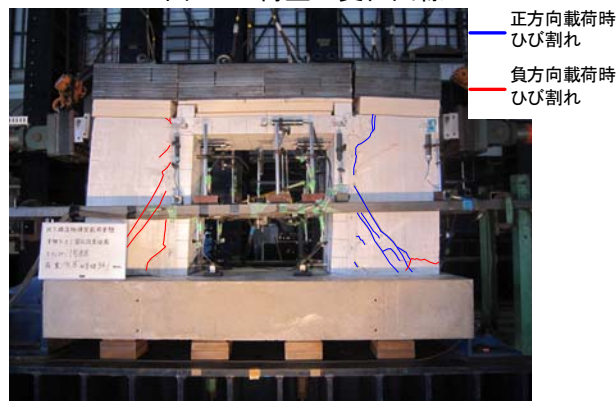


写真-1 試験体変形状況（+10 δy 載荷時，変形量 34mm）

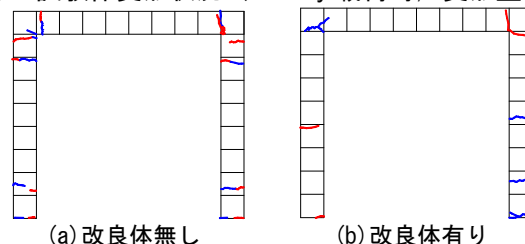


図-4 構造物模型のひび割れ図

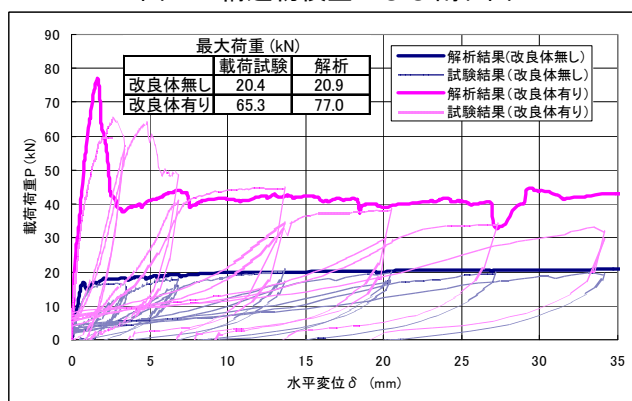


図-5 荷重－変位曲線の比較

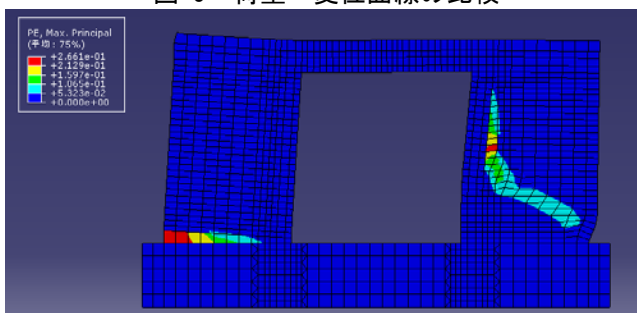


図-6 変形図（ひび割れコンタ表示）