

石積擁壁の有限要素法による耐震安定性の検討

(株)新紀元総合コンサルタンツ 正会員 ○尹 元彪

(株)新紀元総合コンサルタンツ 非会員 小西 徹

1. 目的

近年の大規模な自然災害により、石積み構造物の崩壊が懸念されることから、それらの補強・補修対策が必要となっている。近年の実験⁽¹⁾により、地震時における石積み壁の崩壊メカニズムが明らかになったが、耐震補強効果の定量的な評価方法は現状、確立されていない。

本稿では、設計ツールとして広く用いられている有限要素法(FEM)を適用し、既往実験結果の再現解析を行うことで、FEMの有効性及び課題点の抽出を行った。

2. 実験再現解析

実験⁽¹⁾は、既設石積み壁を対象として、崩壊防止ネットと地山補強材を用いた耐震補強方法の開発に関する傾斜実験および振動台実験が実施された。特に、傾斜実験では補強メカニズムの把握とともに、背面地盤の安定性が対策効果に及ぼす影響について分析することが目的とされ、その結果、石積み壁の崩壊メカニズムが明らかとなった。

本稿では実験ケースのうち、背面地盤が盛土の場合及び切土の場合について、対策工なしのケースを対象に、二次元(2D)及び三次元(3D)FEMによる数値解析を行い、傾斜実験結果との比較を行った。地盤材料の物性値は参考文献⁽¹⁾を参照されたい。なお、地盤の材料構成則はMohr-Coulombを適用した。

また、解析モデルにおいて材料間の接触条件として、石と裏込めの摩擦角が 18.5° （裏込めの摩擦角/2と仮定）から摩擦係数 $\mu = \tan 18.5^\circ = 0.3346$ とし、材料とモデル境界間は摩擦係数 $\mu = 0.3$ を設定した。

実験モデルの概要及びFEM解析モデルを図1に示す。

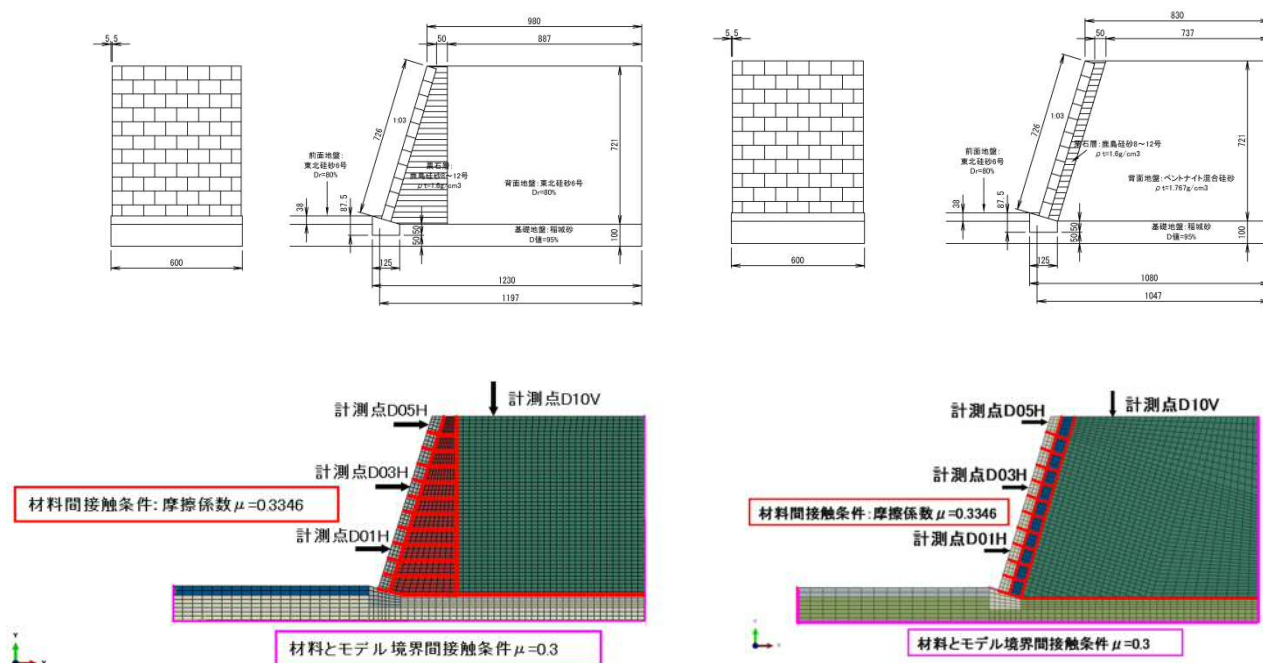


図1 実験モデル概要及びFEM解析モデル

キーワード 石積み構造物, 崩壊メカニズム, 有限要素法(FEM), 材料構成則, 接触条件

連絡先 〒120-0004 東京都足立区東綾瀬 3-7-1-401 TEL 03-6802-5548 FAX 03-6802-5549

3. 解析結果

傾斜角度と変位の関係について実験計測値と解析値の比較, 及び解析最終ステップにおける相当塑性ひずみ分布図を図2に示す。

Case1 盛土の最大傾斜角の計測値が 13.939° に対して 2D 解析結果は 12.784° であり, 8%程度の差である。一方, Case2 切土の最大傾斜角の計測値が 9.775° に対して 2D 解析結果は 16.664° , 3D 解析結果は 12.100° であり, 3D 解析結果は計測値に対し 24%程度の差となっている。

また, 解析最終ステップにおける相当塑性ひずみの最大値は赤丸の箇所で局所的に生じているが, 材料間を剛結とした解析では, 相当塑性ひずみ分布は背面地盤内部で帯状に分布し, 両ケース共に傾斜角は解析上の上限値 20° に達しても, 安定な解析結果が得られた。接触を考慮したケースは, 相当塑性ひずみの局所集中により, 数値計算上の不安定が生じたと考えられる。

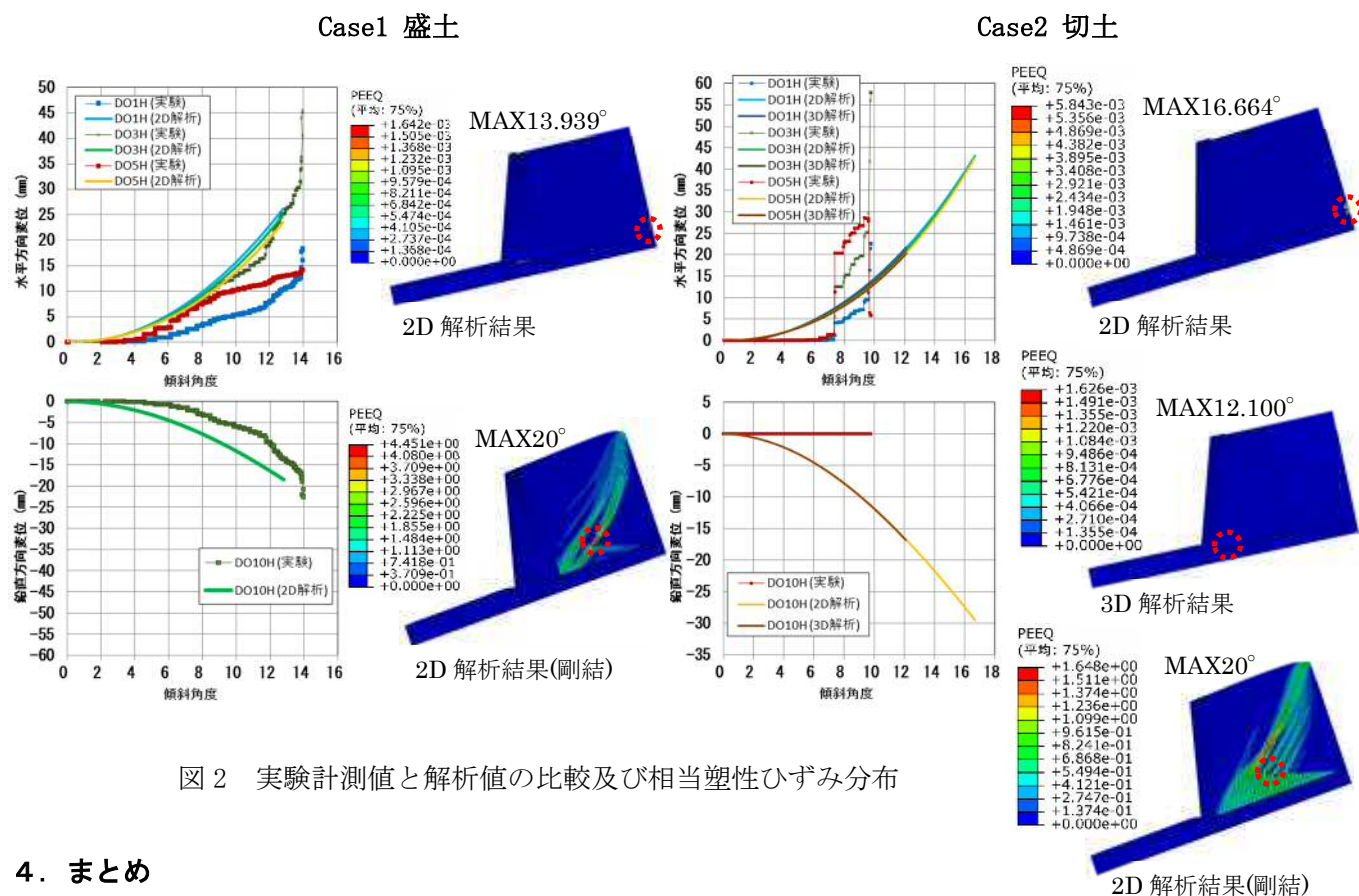


図2 実験計測値と解析値の比較及び相当塑性ひずみ分布

4. まとめ

FEM 解析により, 石積みのような不連続な構造物においても傾斜実験載荷時の挙動はある程度再現出来た。しかし, 崩壊までの挙動は FEM 解析手法に限界があったと思われる。また, FEM 解析手法を用いた石積み構造物の耐震性能の評価方法については, 今後の課題である。

最後に, 本検討は, 土木学会「石積擁壁の耐震補強対策に関する研究小委員会」WG 活動の一環として行われたが, 委員長をはじめとする委員各位のデータ提供やご助言に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 窪田, 中島, 佐々木, 渡辺, 藤原, 高崎, 橘内: 崩壊防止ネットと地山補強材による石積み壁の補強方法に関する傾斜実験および振動台実験, ジオシンセティックス論文集, 第 28 巻, p9~10, 2013. 12