

補強土壁の性能評価のための数値解析法

防衛大学校 学 ○田中賢樹 正 宮田喜壽 正 野々山栄人

1. 目的

補強土壁の性能設計を確立するためには、信頼性解析法と変形解析法の確立が必要である。このうち、変形解析法としては有限要素法（FEM）が最も普及しており、土、補強材、各種相互作用については様々なモデルが提案されている。しかし、解析の詳細は個々の技術者によって異なり、構造物の性能評価法として標準化はなされていない。本研究では、土木研究所での共同研究で実施された実大模型実験のデータ¹⁾を用いて、施工過程およびその後のモニタリング結果を用いた性能評価（変形解析）法について検討した。

2. 解析対象と解析方法

解析対象は壁高 6m の帯鋼補強土壁（図 1）である。この実大模型に図 2 に示す水理・载荷重の作用条件を作用させたときに生じる変形を数値解析で再現する方法を検討した。用いた解析法は二次元弾塑性 FEM で、モデルは最もシンプルなものとして、土はモール・クーロン規準に基づく弾完全塑性モデル、補強材と壁面材は弾性モデル、土-補強材、土-壁面材間の相互作用モデルは弾完全塑性モデル、壁面材間は弾性モデルを用いた。土の弾性変形特性（以後、変形係数）は、 $E_s = E_0 \sqrt{\sigma_v}$ （ E_0 ：初期剛性、 σ_v ：垂直応力）の拘束圧依存型関数で表されるとし、土-補強材間の相互作用モデルの変形係数は土の $1/m$ とした。水の流れは van Genuchten モデルで表し、土-水連成計算ではサクション項を無視した。以上の解析を汎用の有限要素法解析プログラム（SIGMA/W）を用いて計算した。

入力で特に注意を払う解析パラメータは、上記の E_0 と m に加え、土の強度定数 c 、 ϕ ということになる。これらの値は室内土質試験で定めることができるが、室内と現場では条件が異なるため、その値をそのまま用いて良いかは不明な部分がある。本研究では、上記パラメータを壁面変位、補強材ひずみのモニタリング結果で逆解析する方法について検討した。

3. 解析結果と考察

施工過程の壁面変位データで土および土-補強材間の変形係数を逆解析した結果を図 3 に示す。以後、コンター値は、実測値と解析値の差の二乗である。2つのパラメータを施工時の情報で合理的に同定できることが分かる。この時のパラメータを用いて、土の強度定数 c 、 ϕ の感度を調べた結果を図 4 に示す。誤差のコンター値は c 、 ϕ に関わらず 25～28% でほぼ一定であり、施工時の性能評価は土および相互作用の変形係数のみで推定可能という知見が得られた。

次に、水理・载荷重作用過程の逆解析結果を図 5 に示す。ここで変形係数は施工過程で逆解析した値を仮定した。挙動を再現するのに最も適した c と ϕ の唯一の組み合わせが存在することが分かる。なお、飽和供試体に対する三軸圧縮試験から算定された有効応力の c と ϕ は $c=6\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=20(^{\circ})$ であり、今回の解析対象において、それらを用いると安全側の結果を得ることになる。補強材力 $T_{\max}$ を目的関数とする逆解析の結果を図 6 に示す。同程度の解析精度を与える c と ϕ の唯一の組み合わせは無数にあり、今回の解析対象において、補強材ひずみだけをモニタリングしても、性能評価の精度は向上しないことになる。図 3 と図 5 の係数を用いて全過程の補強材力分布を解析した結果を図 7 に示す。幅広い応力状態で補強材の健全性を解析で推定可能という知見を得た。

参考文献

- 1) 土木研究所，補強土壁の維持管理法の開発に関する共同研究報告書，2016。
- 2) GEO-SLOPE International Ltd., Stress-Deformation Modeling with SIGMA/W, 2013。

キーワード 補強土壁，実大模型実験，有限要素法，逆解析

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 TEL. 046-841-3810 E-mail : miyamiya@nda.ac.jp

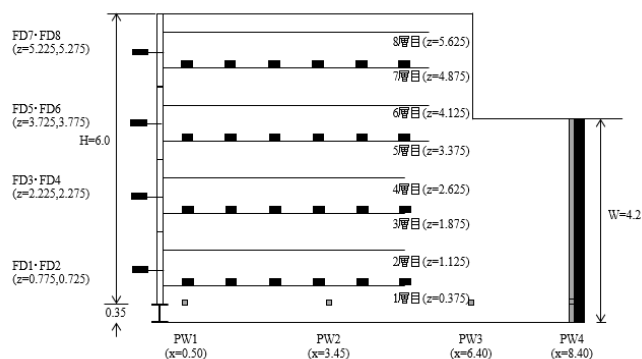


図1 実大実験の概要

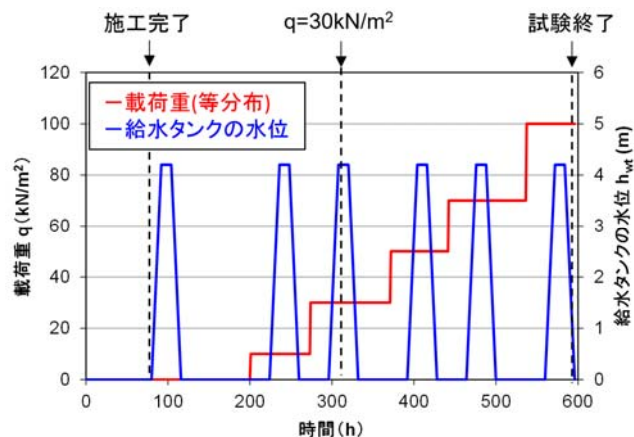


図2 水理・載荷重の作用条件

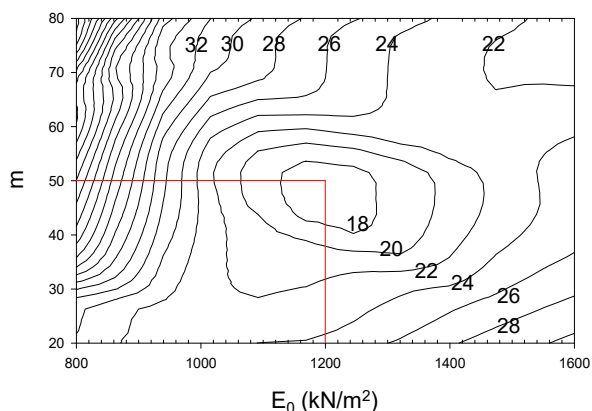


図3 施工過程の逆解析（土の剛性と土一補強材間の相互作用）

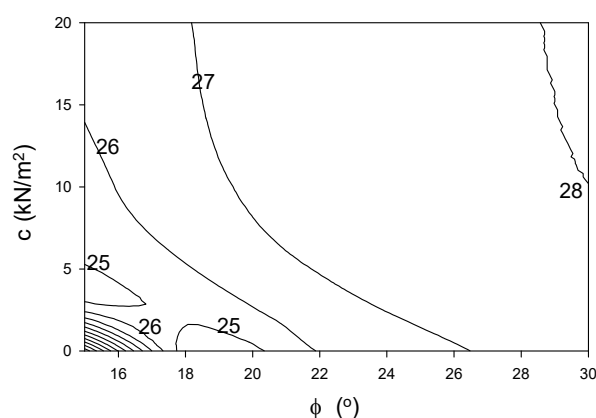


図4 施工過程の変形推定誤差と土の強度定数

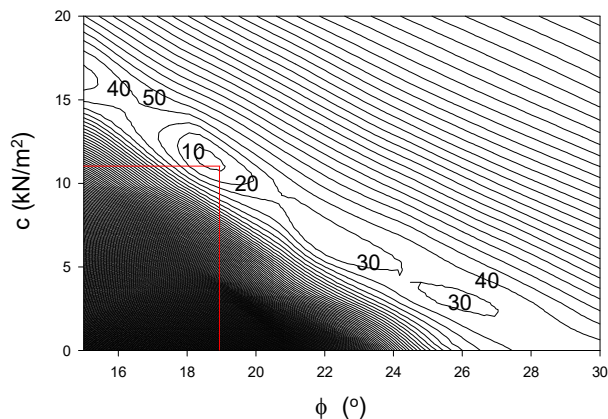


図5 水理・載荷重作用過程の逆解析（土の強度定数）

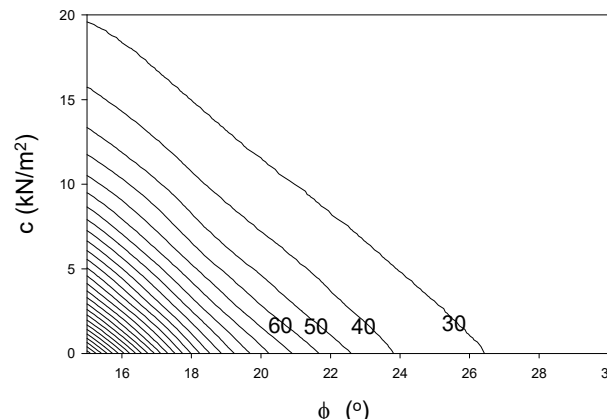
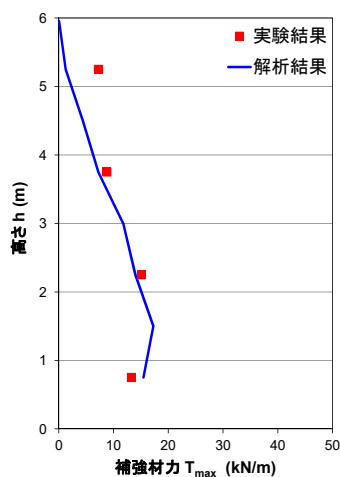
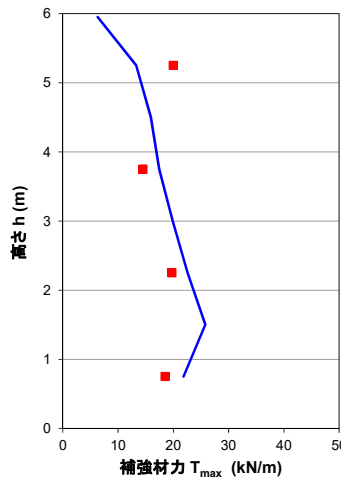
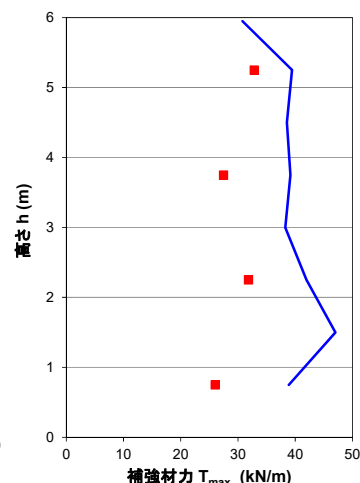


図6 水理・載荷重作用過程の補強材力推定誤差と土の強度定数



(a) 施工終了時

(b) $q=30\text{kN/m}^2$ 

(c) 試験終了時

図7 補強材力分布の予測結果