

地盤調査地点を考慮した土留め工の信頼性解析

岐阜大学 学生会員 ○草野友宏
 岐阜大学 正会員 本城勇介
 岐阜大学 正会員 大竹 雄

1. 研究目的

現在、国内外の設計コードが信頼性設計法（レベルⅠ，部分係数法）に書き換えられている．今後，信頼性設計法が設計実務に普及していくことにより，実務者自身がより直接的な信頼性設計法（レベルⅢ，確率分布に基づく方法）を実施することが求められると考える．

本研究は，土留め工の信頼性設計法の開発と，実構造物の設計例題を通じて，具体的な設計手順と方法を示し，不確実性に関する考察から土留め工における課題を明確にすることを目的としている．

2. 研究方法

対象構造物の設計作業に含まれる種々の不確実性を定量化し，信頼性解析（MCS）を行う．本研究では，**図1**に示すように不確実性を(a)空間的ばらつき，(b)統計的推定誤差，(c)変換誤差，(d)モデル化誤差に分類した上で，本城・大竹・加藤¹⁾，大竹・本城²⁾の手法を用い信頼性解析を行う．照査項目は，土留め壁の変位量，応力状態(曲げモーメント)，塑性率の3項目である．

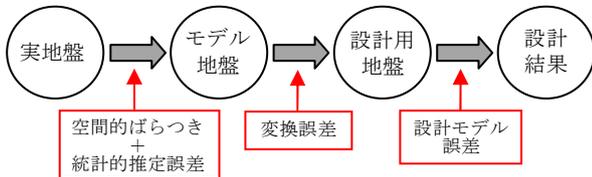


図1 不確実性の発生段階

3. モデル化誤差の定量化

(1) 使用データ

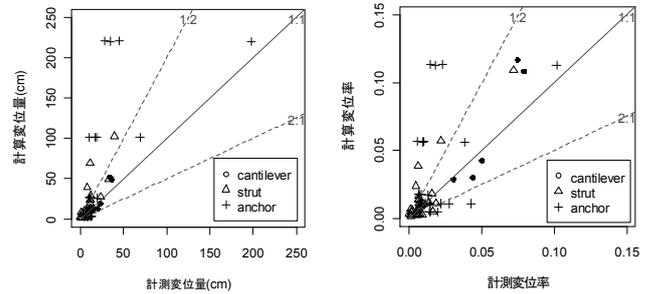
本研究では，設計手法に「弾塑性法」を用い，不確実性の中のモデル化誤差について定量化を行った．活用したデータは，実際の施工時における土留めの変位・曲げモーメントの計測記録と設計値³⁾⁴⁾⁵⁾(以後，施工時の観測データ)，模型実験による土留めの変位・曲げモーメントの計測記録⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾(以後，模型実験データ)の2つのデータである．施工時の観測データについては，掘削ステップごとに58データが得られ，模型実験データについては，掘削ステップごとに64データが得られている．ここでは，模型実験データについて詳細に述べる．

(2) データの選定

全64データは，アルミ棒によって地盤を模擬されている．これらを対象に，模型実験の結果から得

られた計測変位量と弾塑性法によって得られた計算変位量に着目して解析を行った．**図2(a)**は，計測変位量と計算変位量に着目して比較したものである．

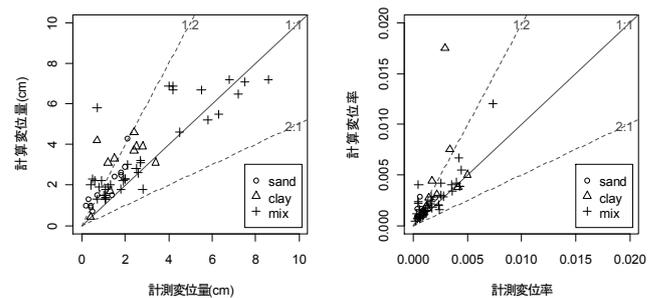
図2(b)は，変位量を掘削深度で正規化した値（以後，変位率と呼称）で両者を比較した図である．この図から，計測された変位量が0~200cmと範囲が大きく，支保形式にアンカーを用いている模型については，変位量を過大に評価する傾向がみられる．



(a) 計測変位量 vs 計算変位量 (b) 計測変位率 vs 計算変位率

図2 模型実験データの計測変位と計算変位の比較

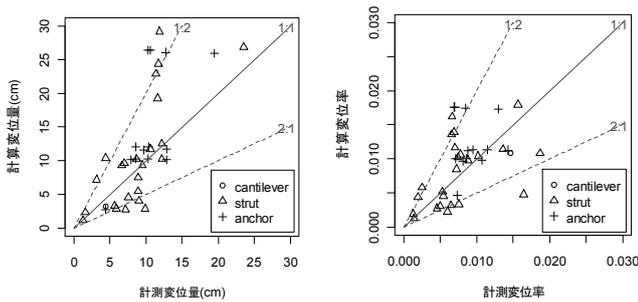
このような傾向がみられる理由として，模型実験では，支保工間隔を現実的ではない大きな配置間隔で行うことや，破壊が生じるような変位まで計測する事例が多いためである．しかし，**図3**で示す通り，施工時の計測データから，実際の現場ではこのような大きな変位量を許容することはなく，このデータについても，現実的な変位量の範囲のみを活用することが望ましい．従ってここでは，実際の現場で適用される程度の変位量として，模型実験データの変位率が2%以下のみのデータを対象とする．また，この制限に加えて，鉛直方向の切梁間隔についても，一般に3m程度とされているので，その2倍の6m以上のデータは解析対象から外すこととする．以上の条件を満たすデータを整理すると，38データとなった．このデータについて，計測変位量と計算変位量に着目して比較を行い，その結果を**図2**と同様に



(a) 計測変位量 vs 計算変位量 (b) 計測変位率 vs 計算変位率

図3 施工時の観測データの計測変位と計算変位の比較

して図4に示す。この図より、(a)について、計測変位量が大きくなるにつれ計算変位量が大きくなる傾向があることがわかる。

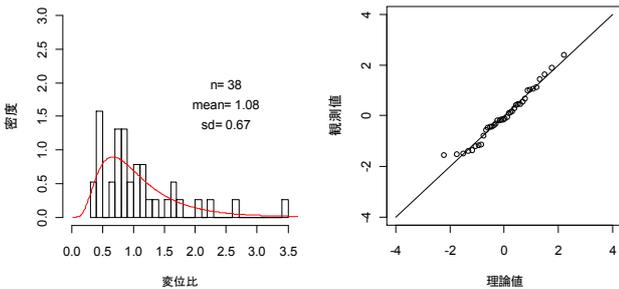


(a) 計測変位量 vs 計算変位量 (b) 計測変位率 vs 計算変位率

図4 模型実験データの計測変位と計算変位の比較

(3) 模型実験データ (変位量)

(2)で選定したデータについて、計測値と計算値の比(以後、変位比)に着目して解析を行い、図5にその結果の(a)ヒストグラムと(b)対数正規分布の当てはまりを表すQ-Qplotを示す。平均値は1.08、標準偏差は0.67であり、当てはまりが良いことから、モデル化誤差は対数正規分布に従うと仮定した。



(a) 変位比のヒストグラム (b) 対数正規分布のQ-Qplot

図5 模型実験データのヒストグラムとQ-Qplot

(4) 模型実験データ (曲げモーメント)

模型実験データの曲げモーメントについても、(2)で述べた2つの条件を満たすデータを整理すると、24データとなり、このデータについて計測曲げモーメントと計算曲げモーメントに着目して解析を行う。図6は、それらの値について比較したものである。図7は、横軸に掘削深度をとり、縦軸に計測値と計算値の比(=計測値/計算値、以後、曲げ比)をとったものになる。これらから、計測値に比べて計算値の方が大きい傾向にあることがわかる。

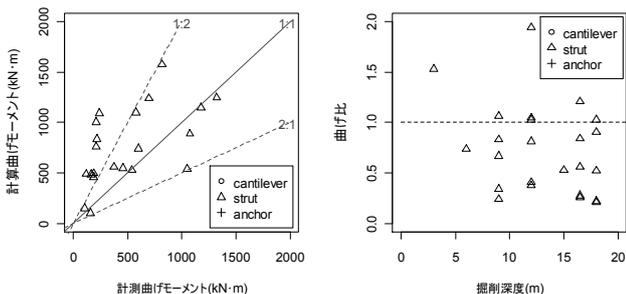
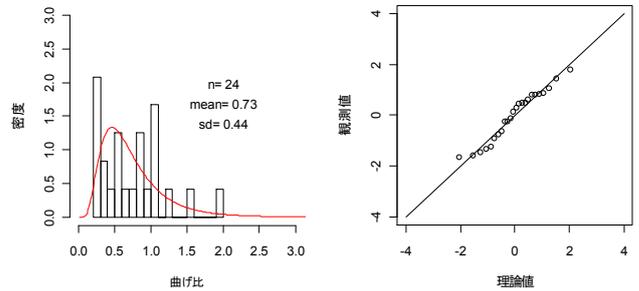


図6 計測値 vs 計算値 図7 掘削深度 vs 曲げ比

次に、曲げ比に着目して解析を行い、図7にその結果の(a)ヒストグラムと(b)対数正規分布の当てはまりを表すQ-Qplotを示す。平均値は0.73、標準偏差は0.44であり、当てはまりが良いことから、モデル化誤差は対数正規分布に従うと仮定した。



(a) 曲げ比のヒストグラム (b) 対数正規分布のQ-Qplot

図7 模型実験データのヒストグラムとQ-Qplot

4 まとめ

(1) 現段階での成果

- 1) 模型実験データによるモデル化誤差は、その他の不確実性を含まない純粋なモデル化誤差を定量化しており、それについて定量化を行った。
- 2) 施工時の観測データによるモデル化誤差は、地盤パラメータの変換誤差(小さめに定数を決める)の効果が含まれている。

(2) 今後の展望

今後は、信頼性解析に必要な残りの不確実性の定量化を行うとともに、土留め工の特性や地盤調査地点を考慮した適切な信頼性設計法の開発を進める。

参考文献

- 1) 本城勇介, 大竹雄, 加藤栄和: 地盤パラメータ局所平均の空間的ばらつきと統計的推定誤差の簡易評価理論, Vol.68, No.1, 2012
- 2) 大竹雄, 本城勇介: 応答局面を用いた実用的な地盤構造物の信頼性設計法, Vol.68, No.1, 2012
- 3) 社団法人 日本鉄道技術協会: 付属資料-6 試設計結果, 深い掘削土留工設計法, pp208-224, 1993
- 4) 財団法人 先端技術センター: 参考資料-3 本指針(案)による試設計, 大深度土留め設計・施工指針(案), pp237-244, 1994
- 5) 社団法人 地盤工学会: 根切り・山留めの設計・施工に関するシンポジウム, 委員会主催シンポジウム, No.108, pp27-60, 1998
- 6) 財団法人 先端技術センター: 施工過程の影響を考慮した鋼矢板擁壁の実験及び数値解, 自立式鋼矢板擁壁設計マニュアル, pp110-116, 2007
- 7) Teru Nakai, Marcio M. Farias, Daniela Bastos, Yasuhara Sato: Simulation of Conventional and Inverted Braced Excavations Using Subloading t_{ij} Model, Soils and Foundations, VOL.47 No.3, pp597-612, 2007
- 8) 岩田尚之: 掘削時の地盤の変形・土圧特性および近接構造物への影響〜切梁式土留めの実験〜, 岩田尚之 学位論文, p77-83, 2007
- 9) 加藤盛大, 菊本純, 中井照夫, Hossain Md.Shahin, 上谷奉高: グラウンドアンカーによる山留め支保メカニズムに関する2次元モデル実験, 中部地盤工学シンポジウム, 2010