

地盤構造物の信頼性解析法の開発 その3：土留め工

岐阜大学 学生会員 清水 弦
 岐阜大学 正会員 大竹 雄
 岐阜大学 正正員 本城勇介

1. はじめに

本研究は、地盤構造物の実務的な信頼性解析法の開発を目的としている。実構造物の設計例題を通して具体的な設計方法を提示し、さらに、不確実性に関する考察を通じて橋梁基礎設計における課題を明確にする。その3では、仮設土留め工の具体的な計算方法と結果を示す。仮設土留め工の信頼性設計を考える時、橋梁の基礎と異なり、設計モデル化誤差を定量化に関する研究が乏しい。そこで、本研究は、土留め工のモデル化誤差の定量化を主題とした。

2. 土留め設計のモデル化誤差

やや掘削深度が深い場合や変形量を精度良く算定したい場合、土留め工の設計では、「弾塑性法」が用いられる。本研究では、この「弾塑性法」に着目し、(a)実際の施工時の土留め変位計測記録、(b)仮設土留めの模型実験記録の2種類のデータを統計解析することにより定量化を行う。

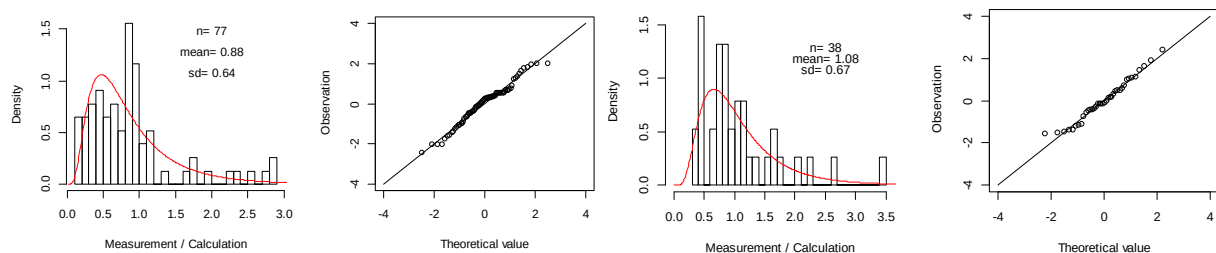
(a)施工時の観測データ

掘削ステップごとに土留めの変位量・曲げモーメントが計測された22か所の比較的大深度の施工事例を収集した^{1)~3)}。計測データを掘削ステップごとに整理すると、77データが得られた。なお、これらの事例では、いずれのケースも現場で標準貫入試験が行われ、得られたN値から設計用地盤パラメータ(γ , c , ϕ , E)に変換し、設計されている。

(b)模型実験データ

既往の模型実験事例を収集整理した^{4)~7)}。模型地盤は均質であり、地盤の物性値も把握できており、設計モデル化誤差以外の不確実性が無視できる点でモデル化誤差を考える上で重要な資料である。計測データを掘削ステップごとに整理すると、全78データを得た。土留めの変位量・曲げモーメントは、実験の相似則を考慮し計測値を実物大に換算し整理している。

模型実験では、破壊が生じるような大きな変位まで計算する事例が多い。従って、(a)施工時の計測データの整理結果を踏まえて、実際の現場で適用される程度の変位量の範囲として模型実験の観測データの変位率(変位量/掘削深度)が2%以下のデータのみを対象とした。また、この制限に加えて、切梁間隔が6m以上のデータは解析対象から外して解析した。以上の条件を満たすデータのみを整理すると、38データとなった。図1, 2は、計測値と計算値の比(以後、変位比)に着目して両者のヒストグラムと対数正規分布の当てはまりを表す、Q-Qplotを示したものである。両者とも当てはまりが良く、非常に類似しているため、両者のデータを統一的に扱い(以後、統一データ)モデル化誤差の定量化を行う。

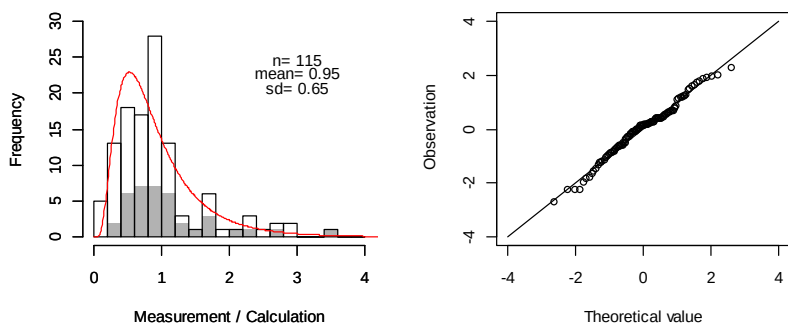


(a)変位比のヒストグラム (b)対数正規分布の Q-Qplot

(a)変位比のヒストグラム (b)対数正規分布の Q-Qplot

図1 施工時観測データ

図2 模型実験データ



(a)変位比のヒストグラム

(b)対数正規分布の Q-Qplot

図3 統一データ

図3は、統一データによる変位比のヒストグラムを示しているが、対数正規分布の当てはまりが良いことが確認できる。平均値は0.95、標準偏差は0.65であり、対数正規分布でモデル化できると考えられた。

3. 実構造の信頼性設計

(1)不確実性の分析

2.により定量化を行ったモデル化誤差を実構造物の設計例題に適用し、ある代表断面の信頼性解析(MCS)を行い、各不確実性の影響程度を分析した。本研究では、不確実性を(a)空間的バラツキ、(b)統計的推定誤差、(c)変換誤差、(d)モデル化誤差の4つに分類し定量化した上で信頼性解析を行う、本城・大竹・加藤⁸⁾、大竹・本城⁹⁾の手法を用いた。図4は代表断面の概要を示したものである。土留め壁は、SMWで400×200×8×13のH鋼材を使用している。最大掘削深度は11.5mでその際の根入れ長は3mとなる。支保形式は切梁形式で鉛直方向に約3.5m間隔で3段配置され、4段階の掘削ステップで計画された。また、照査項目は、周辺に与える影響の指標となる土留め壁の変位量、土留め壁の応力状態を制限するための曲げモーメント、地盤の塑性化に伴う土留めの転倒に影響する地盤の塑性率の3項目である。

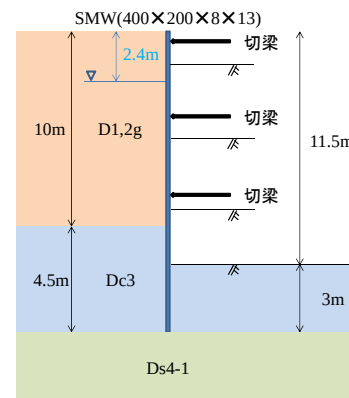


図4 代表断面の概要

(2)信頼性解析(MCS)

3つの照査項目に対して信頼性解析を行った。図5は、その結果を基に、各不確実性の影響程度を示したものである。変位量においてはモデル化誤差、塑性率においては空間的バラツキと変換誤差(c, tan φ)、曲げモーメントについては変換誤差(c, tan φ)とモデル化誤差が支配的であることがわかった。

また、変換誤差のみに着目すると、粘着力cが支配的であることがわかる。これは、図4からわかるとおり、土留めの根入れ部分が粘性土であり、影響度が大きいことが原因であると考えられる。

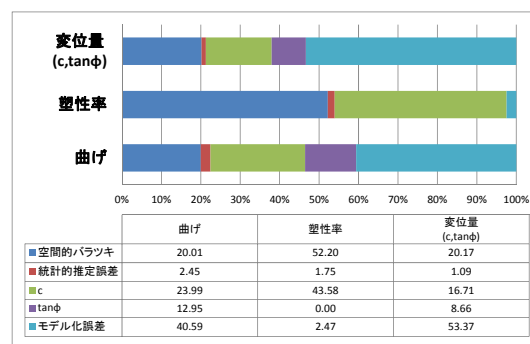


図5 各不確実性の影響程度

4. 結論

- (1)得られたモデル化誤差は、計測値/計算値で表現され、平均値0.95、標準偏差0.65の対数正規分布でモデル化した。この誤差の大きさは、載荷試験データを収集整理して定量化された橋梁の浅い基礎や杭基礎の支持力のモデル化誤差と概ね同程度であった。これより、土留め工の設計(弾塑性法)は、橋梁基礎同程度の不確実性を有する設計法であることが示された。
- (2)信頼性解析(MCS)を行い、各不確実性の影響程度を分析した結果、変位量においてはモデル化誤差およびN値から地盤のせん断強度定数へ変換する時の誤差(変換誤差)が支配的であることを示した。設計精度を向上させるためには、これらの不確実性を低減する必要があるため、土質材料毎に適した地盤調査の実施や設計手法の改良が優先課題であることを示した。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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, No108, pp27-60, 1998
- 4) 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
- 5) Teruo Nakai, Marcio M Farias, Daniel Bastos, Yasuharu Sato: Simulation of onventional and Inverted Braced Excavations Using Subloading tij Model, Soils and Foundations, VOL.47 No.3, pp597-612, 2007
- 6) 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, pp77-83, 2007
- 7) 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
- 8) 本城勇介, 大竹雄, 加藤榮和: 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
- 9) 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