

多数アンカー補強土壁の引抜き破壊モードに対する LRFD キャリブレーション

防衛大学校 正 宮田喜壽

Royal Military College of Canada R.J. Bathurst

岡三リビック 正 小浪岳治

1. はじめに

地盤構造物の設計法は世界的に信頼性ベースの限界状態設計法に移行している。本文では、多数アンカー補強土壁の引抜き破壊モードを対象に行った LRFD キャリブレーションの検討結果を報告する。

2. 設計モデルのバイアス解析に基づく LRFD キャリブレーション

LRFD フォーマットで、引抜き破壊モードの照査式を書けば以下のとおりとなる。

$$\phi_R R > \gamma_Q T_{max} \tag{1}$$

R : 補強材の引抜き強度, T_{max} : 土中に敷設した補強材に生じる引張り力 (補強材力), ϕ_R : 抵抗に関する部分安全係数 (抵抗係数), γ_Q : 荷重に関する部分安全係数 (荷重係数) である。

部分安全係数の算定にはいくつかの方法があるが、荷重・抵抗側とも実測値が準備できる限界状態の照査については、実測ベースの部分安全係数算定^{1),2)}が合理的と考えられる。著者らは補強土壁を対象に、既往の研究で報告されている補強材力の現場計測結果、引抜き試験結果をデータベース化し、部分安全係数を算定する取り組みを行っている。多数アンカー補強土壁に関する成果は文献 3),4)を参照いただきたい。提案法では実際の荷重・抵抗値の設計モデル予測値に対する比をバイアスとし、次式で部分安全係数を算定する。

$$\gamma_Q = \mu_Q (1 + n_\sigma COV_Q) \tag{2} \quad \phi_R = \gamma_Q M \sqrt{V} / \exp(\beta_T \sqrt{\ln V}) \tag{3}$$

μ_Q, μ_R : 荷重側・抵抗側それぞれのバイアスの平均, COV_Q, COV_R : 同じく変動係数, $M : M = \mu_R / \mu_Q, V : V = (1 + COV_Q^2)(1 + COV_R^2), \beta_T$: 目標信頼性指標, n_σ は荷重をどの程度安全側に見るかの定数である。

一連の検討では、数多くの実大実験の結果のデータベース化し、現行の設計モデル：式(4)、式(5)と、著者らが提案する修正モデル：式(6)、式(7)についてバイアス統計量を計算し、部分安全係数の試算を行った。

$$T_{max} = K_a \sigma_v S_v S_h \tag{4} \quad R_p = [cN_c + K_a \sigma_v (N_q - 1)] B^2 \tag{5}$$

$$T_{max} = \frac{1}{2} K_a \gamma H D_{tmax} \alpha \Phi_c S_v S_h \tag{6} \quad R_p = S_L [cN'_c + K_a S_d \sigma_v (N'_q - 1)] S_B B^2 \tag{7}$$

K_a : 壁面摩擦角を考慮した主働土圧係数, σ_v : 補強材を敷設する位置での鉛直土圧, S_v : 補強材の鉛直方向の敷設間隔, S_h : 強材の水平方向の敷設間隔, c : 盛土材の粘着力, N_c, N_q : Kottter 式をアンカーの引抜き問題を想定した境界条件のもとで数値的に解いた支持力係数, B : 正方形アンカープレートの一辺の長さ, D_{tmax} : 補強材力の分布関数, Φ_c : 粘着力の影響に関する修正係数 $\Phi_c = 1 - \lambda c / (\gamma H)$, $N'_c \cdot N'_q$: 修正した支持力係数, $S_L \cdot S_d \cdot S_B$: 補強材の長さ、敷設深さ (拘束圧)、アンカープレートの大きさに関する修正係数である。

3. 解析結果と考察

現行の設計モデル、著者らが提案している修正モデルによる予測値と実測値の比較を図-1, 2 に示す。表-1 はこれらの結果より算定したバイアス統計量で、結果を全体、 ϕ 材、 $c-\phi$ 材ごとに示した。これより現行モデルは、荷重・抵抗とも安全側に見積もるモデルであり、修正モデルは現行モデルの推定精度を改善したものであることがわかる。この結果をもとに、抵抗係数の試算結果を図-3 に示す。ここで、荷重係数 $\gamma_Q = 2.0$ を仮定した。目標信頼性が高いときほど、計算される抵抗係数は修正モデルの方が大きくなる。このように提案する解析法は、設計モデルの精度に応じて部分安全係数を算定できる。このような解析的検討に旧来設計法が培ってきた設計ノウハウを組み合わせ、合理的な係数を算定するのが今後の課題である。

キーワード 補強土壁, LRFD, キャリブレーション, 多数アンカー
 連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 Tel. 046-841-3810 (3527)

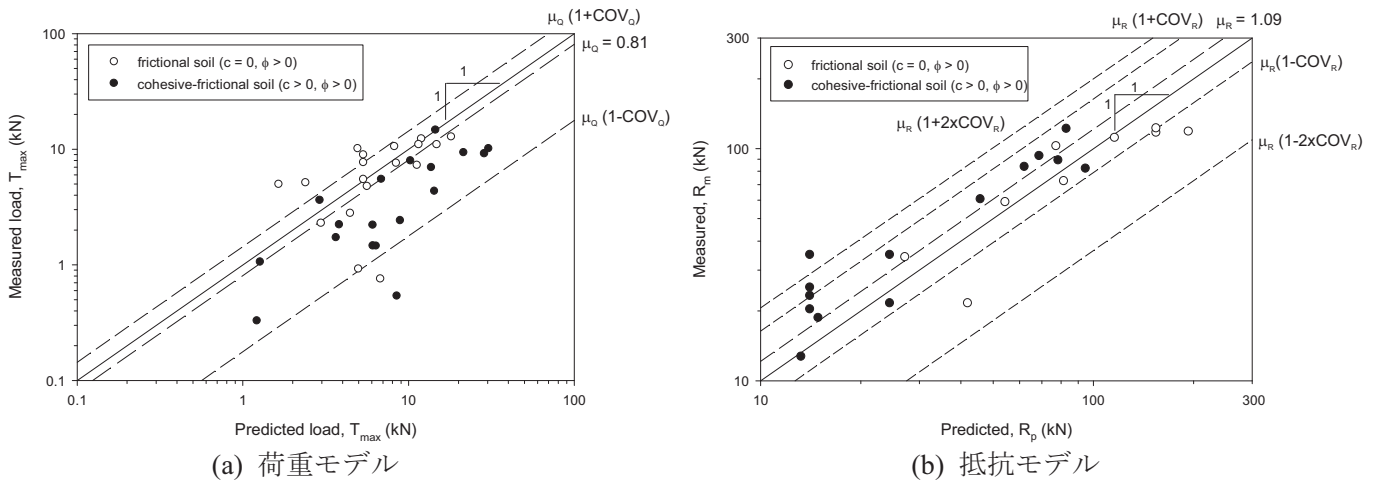


図-1 現行の設計モデルのバイアス解析結果

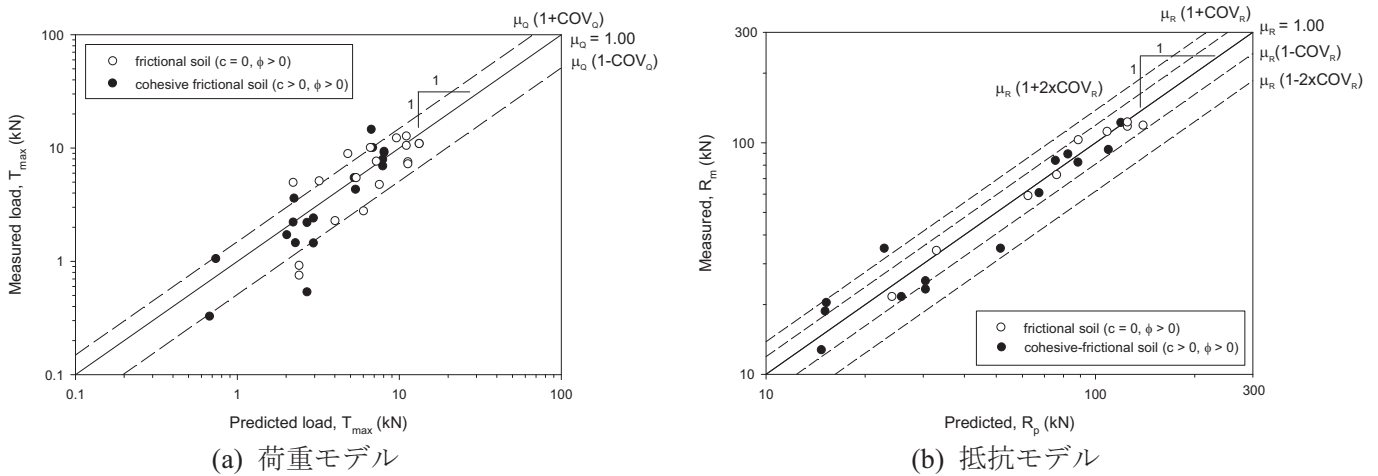


図-2 修正された設計モデルのバイアス解析結果

表-1 設計モデルのバイアス統計量の比較

		All	Granular soil (c=0)	c-φ soil (c>0)
Current model	μ_Q	0.81	1.14	0.50
	COV _Q (%)	79	65	62
	μ_R	1.21	0.96	1.39
	COV _R (%)	35	31	30
Modified model	μ_Q	1.00	1.00	1.00
	COV _Q (%)	50	53	46
	μ_R	1.00	1.00	1.00
	COV _R (%)	19	11	24

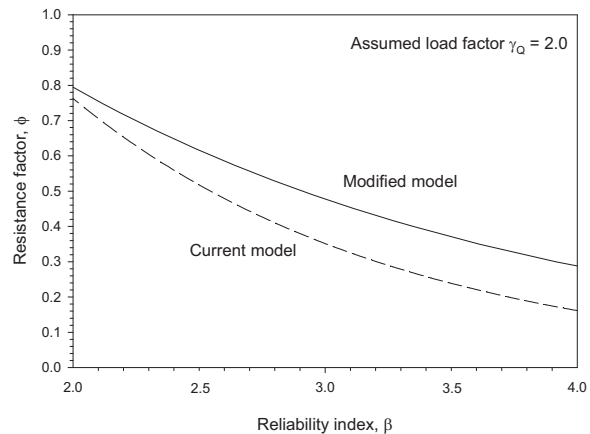


図-3 現行モデルと修正モデルに対する抵抗係数

謝辞：本研究は科学研究補助金(21360229, 研究代表者：宮田喜壽)の研究成果である。

参考文献：1) Allen TM, Nowak AS and Bathurst RJ. 2005. Calibration to Determine Load and Resistance Factors for Geotechnical and Structural Design. Transportation Research Board, Circular E-C079. 2) Bathurst RJ, Allen TM and Nowak AS. 2008. Calibration concepts for load and resistance factor design (LRFD) of reinforced soil walls, Canadian Geotechnical Journal, 45-10, 1377-1392. 3) Miyata Y, Bathurst RJ and Konami T. 2009. Measured and predicted loads in multi-anchor reinforced soil walls in Japan, Soils and Foundations, 49-1, 1-10. 4) Miyata Y, Bathurst RJ and Konami T. 2011. Influence of Model Accuracy on Load and Resistance Factor Calibration of Multi-anchor Walls, Proc. on 3rd Int. Symp. on Geotechnical Safety and Risk, Munich.