

地盤と構造物の相互作用を考慮した土留め設計手法の妥当性検討

阪神高速道路 正会員 西岡 勉, 新名 勉
 金沢大学 正会員 小林俊一
 地域 地盤 環境 研究所 正会員 ○譽田孝宏, 長屋淳一

1. はじめに 現在, 我が国の深い土留め掘削に対する土留め設計には, 土留め弾塑性解析(梁ばねモデルを用いたフレーム解析)がよく用いられる。ただし, 土留め弾塑性法で予測した土留め壁水平変位量は, 実工事での実測変位量よりも大きくなる場合が多いことから, 阪神高速道路では, 従来の土留め弾塑性法の計算モデル¹⁾(以下, 「従来モデル」)に対して, 土留め壁の変位予測用の側圧に関する改良を実施しており²⁾, また, 地盤と構造物間の相互作用を考慮した土留め設計手法(以下, 「新モデル」)についても別途開発している³⁾。ここでは, 阪神高速道路と他事業者^{4), 5)}が施工した開削トンネル工事現場を対象に, 新モデルを用いた解析値と実測値を比較し, 地盤特性の違いによる新モデルの妥当性を評価するとともに, より精度の高い土留め設計法の確立を目指して検討をおこなう。

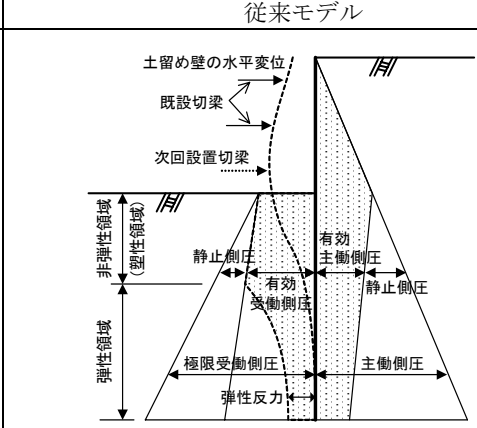
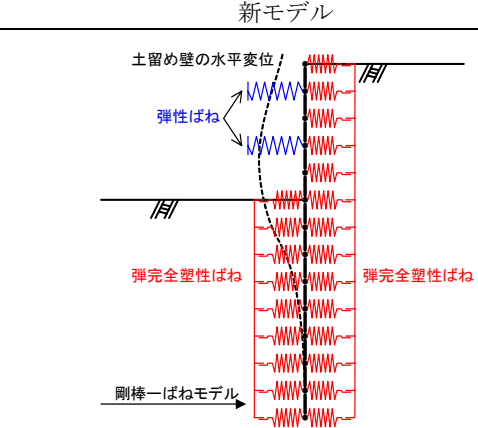
2. 新モデルの概要 従来モデルと新モデルの相違点を表-1に, 新モデルの特徴を以下に示す。なお, 新モデルの定式化については, 文献3)および6)を参照されたい。

- ①土留め壁の変形挙動の表現については, 梁-ばねモデルによる解析解を用いる代わりに, 剛棒-ばねモデルによって空間離散化して代数的に解ける近似解を用いる。
- ②土被り圧によって受働強度および主働強度が変化する弾完全塑性の地盤ばねを用いる。

3. 新モデルの妥当性評価 砂地盤が卓越した現場と沖積粘土地盤が卓越した現場の合計15現場を対象に, 実測値と原設計値(従来モデル採用)と新設計値(新モデル採用)を掘削段階毎に比較する。阪神高速道路の開削現場から, 砂卓越地盤の代表事例としてA現場を, 沖積粘土卓越地盤の代表事例としてB現場を選択し, 両現場の支保工諸元を表-2に, 土留め壁水平変位量に関する比較を図-1に示す。

砂地盤が卓越したA現場では, 掘削途中段階まで新設計値の方が原設計値よりも実測値を適切に評価しており, 最終掘削時の挙動については, 両解析結果とも実測値と異なった挙動を示した。これは, 掘削底面付近およびそれ以深の砂層において, 設計上は ϕ 材として砂地盤を評価することから, 大きな側圧(土圧+水圧)が作用することを

表-1 従来モデルと新モデルを用いた土留め設計法の相違点 1), 3)に加筆

	従来モデル	新モデル
モデル		
土圧	Rankine 土圧や Coulomb 土圧により土圧分布を仮定	地盤と構造物の相互作用の結果の介して得られる。掘削進行に伴う土留め壁水平変位に依存して変化する。
地盤ばね	線形弾性ばね (掘削側のみ配置, 塑性挙動は外力に置換)	弾完全塑性ばね (掘削側と背面側の両側に配置)
土留め壁	梁-ばねモデル(1次元連続体)	剛棒-ばねモデル(1次元離散化)
切梁	線形弾性ばね(従来モデルも新モデルも同じ)	

キーワード: 土留め設計, 土留め弾塑性解析, 相互作用, 非線形地盤ばね
 連絡先: 地域 地盤 環境 研究所 大阪府大阪市西区立売堀 4-3-2 TEL: 06-6539-2971 FAX: 06-6578-6256

表-2 支保工条件

土留め壁芯材諸元				掘削幅 (m)	【A 現場】	土留め壁：ソイルセメント壁				掘削幅 (m)	【B 現場】	土留め壁：ソイルセメント壁						
寸法(規格) (mm)	間隔 (m)	長さ (m)	掘削条件			掘削深度 (GL-m)	設置深度 (GL-m)	寸法(規格) (mm)	スパン長 L (m)			間隔 S (m)	フレッド 荷重 (kN/m)	掘削条件	掘削深度 (GL-m)	設置深度 (GL-m)	寸法(規格) (mm)	スパン長 L (m)
H-488×300×11×18	0.60	21.500	23.34															
掘削条件				切梁諸元				掘削条件				切梁諸元						
覆工掘削	1.00	覆工桁	0.50	H-800×300×14×26	22.30	3.00	0											
1次掘削	3.96	1段目切梁	2.96	H-300×300×10×15	22.30	3.00	265											
2次掘削	7.46	2段目切梁	6.46	H-400×400×13×21	22.30	3.00	1097											
3次掘削	10.76	3段目切梁	9.76	H-400×400×13×21	22.30	3.00	1202											
4次掘削	13.16	4段目切梁	12.16	H-350×350×12×19	22.30	3.00	661											
最終掘削	15.77	—	—	—	—	—	—											

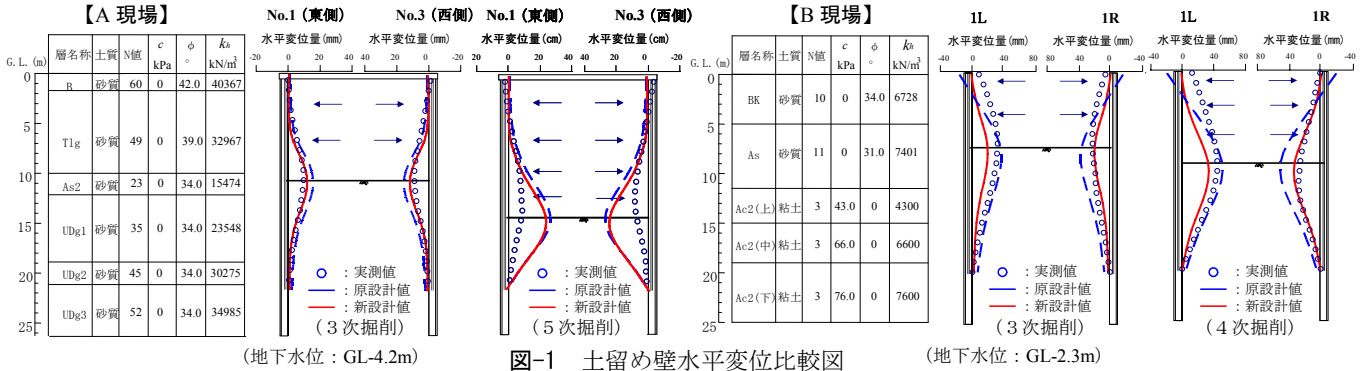


図-1 土留め壁水平変位比較図

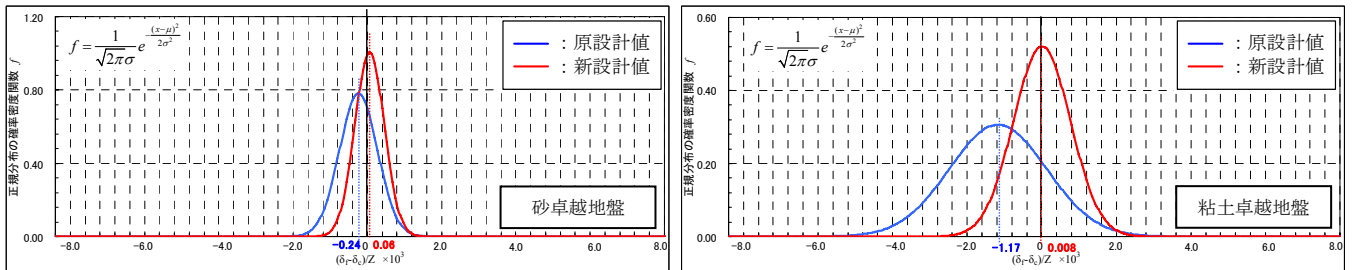


図-2 $(\delta_f - \delta_c) / Z$ の正規分布統計処理結果

仮定しているが、実際には細粒分の存在および砂粒子の噛み合せによってみかけ上の粘着力が発揮され、土圧がほとんど作用しない水圧卓越の自立状態にあり、両設計値が実挙動を適切に評価できていないことが原因の一つとして考えられる。一方、沖積粘性土地盤が卓越したB現場については、最大土留め壁水平変位量および水平変位分布について、新設計値の方が原設計値よりもより実測値を妥当に表現していることが確認できる。

15現場の土留め壁水平変位量に関する実測値 δ_f と両設計値 δ_c の差を各掘削深度 Z で無次元化した $(\delta_f - \delta_c) / Z$ の正規分布統計処理結果を図-2に示す。正規分布曲線のピーク位置が $(\delta_f - \delta_c) / Z = 0$ に近いほど、実測値と設計値のフィッティング状況が良いことになり、 $(\delta_f - \delta_c) / Z < 0$ は実測値よりも設計値の方が大きいことを示している。正規分布図からもわかるように、新設計値(赤実線)の方が原設計値(青実線)よりも実測値との合致度が明らかに良好であり、この傾向は砂卓越地盤よりも粘土卓越地盤の方で顕著である。

4. おわりに 全体を通じて実測値よりも設計値の方が大きい傾向にあったが、その程度については新設計値の方が原設計値よりも実挙動を適切に表現できていることがわかった。また、この傾向は、砂卓越地盤よりも粘土卓越地盤の方で顕著であることも確認できた。以上のことから、土留め壁の変形に連動して側圧が変化することを表現できる新モデルは、実挙動をより適切に表現できる可能性があることが判明した。今後、土留め設計法の改良を視野に入れて、さらにデータを蓄積し、新設計法の妥当性確認、信頼性の向上に努める予定である。

参考文献 1) 阪神高速道路株式会社：開削トンネル設計指針，第3編 仮設構造物編，pp.89-90，2008. 2) 金治英貞，國富和真，志村敦，木村亮：軟弱地盤における大規模土留め壁の変位予測用側圧の提案とその検証，基礎工，Vol.36，No.2，pp.63-68，2008. 3) 篠原聖二，志村敦，小林俊一，木村亮：地盤-構造物間の相互作用を考慮した土留め壁設計手法の検討，土木学会第62回年次学術講演会講演概要集，3-462，pp.921-922，2007. 4) 太田拓，伊藤博幸，柳川知道，響田孝宏，橋本正：現場計測結果に基づいた山留め設計法に関する一考察，第42回地盤工学研究発表会講演概要集，pp.1451-1452，2007. 5) 橋本正，太田拓，向井寛行：関西の地盤特性に応じた開削工事事例，基礎工，Vol.36，No.2，pp.58-62，2008. 6) (財)防災研究協会：開削トンネルの新設計手法検討(その2)，2005.