地盤改良体を用いた斜め土留め工法の解析検証

(株)	大林組	技術本部	フェロー	○杉江 茂彦	Æ	高橋 真一	Æ	鈴木 和明
		土木本部	正会員	嶋田 洋一	Æ	坂平 佳久	正	青木 峻二
		名古屋支店	正会員	平山浩司				

1. はじめに

土留め壁を斜めに設ける「斜め土留め工法」の利点は大きい。掘削時に壁の背面 に働く土圧を低減できるため、切梁やアンカーの工数を減らすことができる。自立 土留め壁で掘削できる機会も増す。オープンな空間での躯体構築は効率と安全の両 面で有利性が高く、中間杭なしで施工されたRC躯体には防水性に優れた高い品質 が期待できる。「斜め土留め工法」の利点を活かして、これまで鋼矢板形式で3件、 親杭横矢板形式で2件の施工実績を積んできている。本研究ではソイルセメントに よる地盤改良体を土留め壁に用いた「斜め土留め工法」の事例¹⁾について、土留め め壁の変位・応力挙動を有限要素法 GRASP3D²⁾で検証したので報告する。



写真-1 斜め土留め工法でのソイルセメント壁

2. 施工事例の概要と解析モデル

「斜め土留め工法」による施工断面と地盤構成を図-1に示す。最終掘削時の施工状況を写真-1に示す。当地の地盤は流紋 岩の風化帯にあり、N値が2~3の軟弱な粘性土から成っている。シンウォールサンプリング(TWS)と孔内水平載荷試験(LLT) の実施深度を同図に示す。三軸圧縮試験(UU)の結果においても粘着力Cが20Kpa以下と低強度の地盤であることが確認された。

解析に用いた有限要素メッシュ(掘削後の形状)と境界条件を図-2に示す。地盤の定数値を表-1に示す。変形係数について は、N値や孔内水平載荷試験の結果を用いて設計で慣用されている補正係数を乗じて複数設定した。原位置機械攪伴によるソイ ルセメント改良体の壁の定数値については、現場採取のコア試料の強度試験より設定した。表-2にソイルセメント壁の28日強 度と変形係数 E50 を示す。設計での目標改良強度は qu=500kPa であったが、これを上回る強度発現が確認された。変形係数 E50 は平均で E50=280×qu と、斉藤(1985)³による室内改良土での幅の E50=350~1000×qu に比べて小さい値が得られた。掘削の 施工過程のモデル化については、初期応力計算の後に掘削部の地盤要素を逐次削除し、削除された要素の地盤応力を解放して模 擬した。



図-1 掘削施工の断面概要と地盤構成

表-1 地盤の定数値

豆	NG	変形係数 (kPa)							
眉	IN1但	* (1) Eps	Ellt	② Eps*0.125	3 Ellt*4	④ 2800N			
上層	2~3	64000	1200	8000	4800	5600			
中層	2~3	64000	1000	8000	4000	5600			
下層	10以上	189000	-	24000	(28000)	28000			
* (1): ($G \sim \gamma \pm \tilde{\tau}$	ルの初期	变形係数	ポアソン 0.45,静止土圧係数 0.85					

表-2 ソイルセメント壁の28日強度(現場コア試料)

	一軸圧	縮強度	変形係数		引張強度(割裂)		粘着力	
ソイルセ	qu (kPa)		E50 (kPa)		σt (kPa)		C=qu/3 (kPa)	
メント壁	1434~2644		177~383qu		168~371		478~881	
	平均	2039	平均	280qu	平均	270	平均	680



図-2 有限要素メッシュと境界条件(掘削後の形状で表示)





キーワード: 斜め土留め工法、ソイルセメント壁、現場計測、有限要素法解析 連絡先:〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 地盤技術研究部 042-495-1097



(a) ソイルセメント壁の変形係数による比較
 (b) 地域
 (b) セクタント壁の水平変位

3. ソイルセメント壁の水平変位と発生応力 図-4 に壁の水平変位を示す。同図(a)では ソイルセメント壁の変形係数に現場コアのE50
=280quを与えた場合と斉藤³⁾によるE50=350~
1000quを与えた場合を比較している。ここで地 盤の変形係数については、龍岡ら(1922)⁴⁾によ る図-3の実測値の分布の中程に加筆した緑の直 線の式を用いて掘削時のひずみの発生に応じて 低減(G~yモデル)させた。変形係数の初期値 は、今井・殿内(1982)⁵⁾の式を用いてN値から S 波速度を推定して、PS 検層で得られるレベルの 値(Eps)を設定した。壁変位の計算値は実測値 よりも大きめであるが良い整合が得られている。 また壁の変形係数の振り幅による変位の差は僅か であるが、変形モードには差が生じている。同図







図-6 ソイルセメント壁の鉛直方向応力・最大せん断応

(b) では地盤の変形係数を変えて比較している。(a) の G~γ モデルでの計算結果に加えて、設計で慣用されている表-2 の② ~④の値で弾性解析を行った結果をプロットしている。ここで壁の変形係数は E50=280qu としている。変形係数に②~④の値を 用いた計算では実測値の 3~4 倍程大きな値が得られている。本件での変形係数の設定には②~④の値は過小と言える。

図-5 に掘削過程で生じたソイルセメント壁の曲げ応力の増分値を示す。実測値は壁の掘削側と背面側で計測されたひずみ値 に現場コアで得られた E=280qu を乗じて、両側の値の差をプロットしたものである。ソイルセメント壁に E=280qu、地盤に G~ γ モデルを用いた計算結果では実測値と同程度の値が得られている。

図-6(a) にソイルセメント壁の自重を考慮した鉛直方向応力の計算値コンターを示す。圧縮・引張応力ともに、現場コアの 一軸圧縮・割裂強度に比べて十分に小さな値が得られている。同図(b) にソイルセメント壁の最大せん応力(軸差応力の最大 値の半分の値)を示す。現場コアのせん断強度の1/6以下の値が得られている。「斜め土留工法」の当該施工例ではソイルセメ ント壁の変位が10mm以下と安全に施工できたが、解析においても同工法の土留め挙動の再現と壁の安全性が確認できた。

4. おわりに

「斜め土留め工法」の当該施工例では、自立のソイルセメント壁で4mの掘削を10mm以下の変位に抑えて完了することができた。壁体面でのクラックの発生も観察されなかった。解析による検証においても、壁の変位・応力を概ね再現することができ、 変位・応力の両面で施工が安定性を確保して実施されたことが確認できた。「斜め土留め工法」の設計では弾塑性解析(はりば ねモデル)に加えて有限要素法解析を用いた検討を行ってきている。今後も同工法の安全性を高めて適用を図っていきたい。

「参考文献」

1) 青木峻二他: 地盤改良体を用いた斜め土留め工法, 土木学会第70回年次学術講演会, 2015(掲載予定)

- 2) 杉江茂彦: 3次元地盤/地下水連成解析プログラムGRASP3Dの解析理論と粘土の力学挙動解析への応用,大林組技術研究所 報, No. 51, pp. 15-22, 1995
 3) 斉藤 聡: 深層混合工法による改良土の調査と工学的性質,基礎工 Vol. 13, No. 2, pp. 108-114, 1985
- 4) 龍岡文夫,木幡行宏,金有生,澁谷 啓: 原位置試験・室内試験・逆解析による土と岩の変形係数(その1), 東京大学生産研究所,生産研究,第44巻,第10号,pp.36-50,1992 5) 今井常雄,殿内啓司:N値とS波速度の関係およびその利用例,基礎工,pp.70-76,1982