

ソイルバットレス工法を用いた軟弱地盤における大規模掘削解析

ジェイアル西日本コンサルタンツ株式会社
 京都大学大学院
 京都大学大学院
 京都大学大学院

正会員 ○高田 直明
 フェロー会員 岡 二三生
 正会員 木元 小百合
 正会員 肥後 陽介

1. はじめに

軟弱地盤の開削工事において、土留壁の変形を抑制するために様々な地盤改良工法および補助工法が用いられている。その中でソイルバットレス工法は、土留め壁に直交した部分的な改良となるため、掘削領域が広く、掘削深度が深い場合は、工期の短縮、工事費の削減が期待できる。本研究では、弾-粘塑性構成式を用いた水-土連成三次元有限要素解析により、ソイルバットレス工法を用いた場合の土留壁の変形抑制効果および周辺地盤の挙動についての検討を行った。

2. 弾-粘塑性構成式を用いた有限要素解析法

本研究では、構成式として粘性土の時間依存性挙動(ひずみ速度依存性、クリープ、応力緩和等)と内部構造の劣化・形成によるひずみ軟化・硬化などが表現可能な弾粘塑性構成式¹⁾を用いる。また、解析法として有限変形理論に基づく水-土連成有限要素法²⁾を用いる。

3. 解析条件

(1) 解析モデル

本研究に用いた解析モデルを図2に示す。掘削幅60.0m、掘削深さ20.0mとし、土留壁は幅1.0m、深さ42.0mとする。ソイルバットレスは幅1.0m、延長15.0m、深さ28.0mとし、土留壁方向に5.0mピッチに設置する。解析では対称性を考慮し、半分の断面で解析を行う。変位に関する境界条件は、下面をxyz方向固定、上面を自由、前面および背面をy方向固定、左面および右面をx方向固定とする。また、水圧に関する境界条件は、上面を排水境界、上面以外を非排水境界とする。

(2) 掘削方法

掘削方法は7段切梁8段階掘削とし、0.2 m/dayで掘削し、20.0mの掘削を行う。また、掘削段階毎に切梁設置や養生期間として10日を設定する。なお、切梁は各掘削段階終了後、深度3.0m程度毎に設置する。具体的な掘削工程を図3に示す。

(3) 地盤定数

本研究に用いる地盤定数を表1に示す。粘性土は沖積粘土層(Ma12)を想定し、弾粘塑性材料とする。地盤定数は三軸圧縮試験、圧密試験および標準貫入試験の結果に基づき決定した。砂質土は弾性材料としN値により決定した。ソイルバットレス改良地盤は弾性材料とし、改良体の一軸圧縮試験結果等より決定した。

(4) 解析ケース

ソイルバットレスを設置しない場合を基本ケースとし、ソイルバットレスの設置長、設置間隔の違いにより4ケースの検討を行った(表2)。

表2 解析ケース

CASE	ソイルバットレス形状	
	延長(L)	間隔(B)
CASE0	—	—
CASE1	15.0m	5.0m
CASE2	5.0m	5.0m
CASE3	15.0m	10.0m

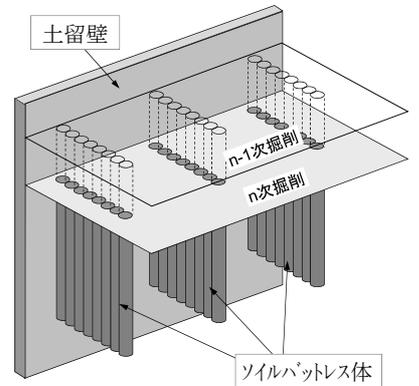


図1 ソイルバットレス工法

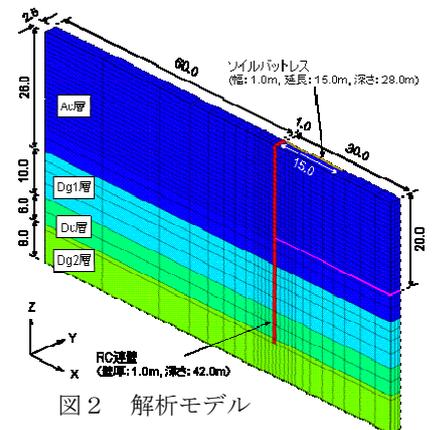


図2 解析モデル

表1 地盤定数

	Ac層	Dc層	Dg1層	Dg2層	連壁	ソイルバットレス
単位体積重量 (kN/m ³)	γ 17.0	16.0	20.0	20.0	24.5	—
ヤング率 (kPa)	E	—	150000	150000	2.45×10^7	233000
ポアソン比	ν	—	0.27	0.28	0.200	0.298
せん断弾性係数 (kPa)	G	6180	7200	—	—	—
透水係数 (m/s)	k	1.08×10^{-7}	3.46×10^{-3}	3.05×10^{-3}	4.54×10^{-6}	1.0×10^{-11}
圧縮指数	λ	0.295	0.402	—	—	—
影響指数	κ	0.0384	0.0400	—	—	—
初期間隙比	e_0	1.26	1.50	—	—	—
過圧密比	OCR	1.22	1.76	—	—	—
ダイレイタンス係数	M_{cr}^*	1.102	0.776	—	—	—
破壊応力比	M_{cr}^*	1.102	0.776	—	—	—
粘塑性パラメータ	m^*	20.38	15.00	—	—	—
粘塑性パラメータ (1/s)	C	5.0×10^{-14}	1.6×10^{-15}	—	—	—
内部構造パラメータ (kPa)	σ_{mb}^*	$\sigma_{mb}^* \times OCR$	$\sigma_{mb}^* \times OCR$	—	—	—
内部構造パラメータ	β	5.5	5.5	—	—	—

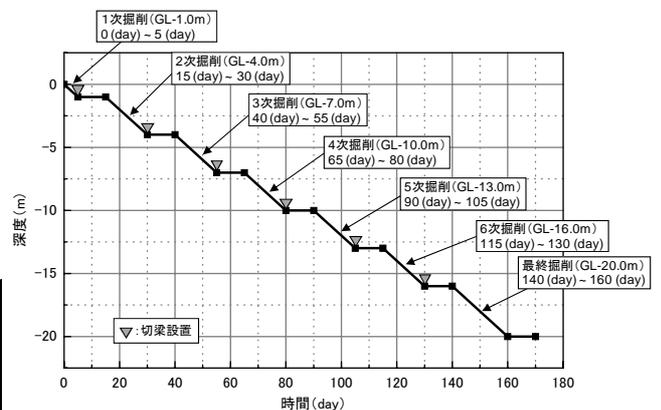


図3 掘削工程

キーワード ソイルバットレス、掘削、弾-粘塑性

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 9F ジェイアル西日本コンサルタンツ(株) TEL 06-6303-1446

4. 解析結果

(1) 土留壁変位量

最終掘削終了時における土留壁の変位量を図4に示す。ソイルバットレス工法を適用することにより、土留め壁の変形が低減されていることがわかる。さらに CASE2, CASE3 の結果より、改良体の設置延長が長いほど、また、改良体の設置間隔が小さいほど土留め壁の変形量の低減効果が大きい。ただし、すべてのケースにおいて、改良体が設置されていない GL-28.0m 以深の土留め壁の変形が同程度であることから、ソイルバットレス工法は、改良体以深の土留め壁の変形抑制効果は期待できないと考えられる。

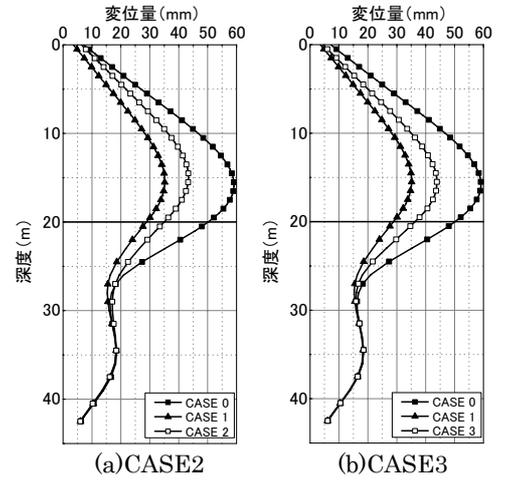


図4 土留め壁の変位量

(2) 蓄積粘塑性偏差ひずみ

各ケースの蓄積粘塑性偏差ひずみ(γ^{vp})の分布図を図5に示す。蓄積粘塑性偏差ひずみは以下の式で表され、地盤の損傷度を示す。

$$\gamma^{vp} = \int (de_{ij}^{vp} de_{ij}^{vp})^{1/2} dt \quad de_{ij}^{vp} : \text{粘塑性偏差ひずみ増分テンソル}$$

各ケースとも、解析終了時に土留め壁付近の床付面で最大の粘塑性偏差ひずみを示し、改良体を設置することにより、ひずみの発生量が抑制されていることがわかる。また、その値は、CASE0で約7.5%、CASE1で約4.2%、CASE2で約4.6%、CASE3で約6.5%となり、改良体の設置長が長いほど、また、設置間隔が小さいほどひずみの発生量が小さい。図6に各位置における蓄積粘塑性偏差ひずみの時系列変化を示す。土留め壁前面部は改良体を設置することにより、ひずみの発生量が低減されているのに対して、改良体前面部では改良体設置により、ひずみの発生量が増加している。また、土留め前面部のひずみを低減するには、改良体間隔を小さくするのが効果的であり、改良体間のひずみを低減するには、改良体設置長を長くするのが効果的であることがわかる。さらに、改良体を設置したケースでは7次掘削以降($t=140$ 日以降)急激にひずみが増加している。7次掘削以降は改良体の残存量が減少し、抵抗が減少したためだと考えられる。つまり、改良体の残存量が減少すると、地盤の変形が急激に進行するため、実施工では改良体の変形抑制効果が減少する最終掘削段階において、計測器等を用いて周辺地盤の挙動を計測し、その挙動を十分に把握した上で工事を進めことが重要である。

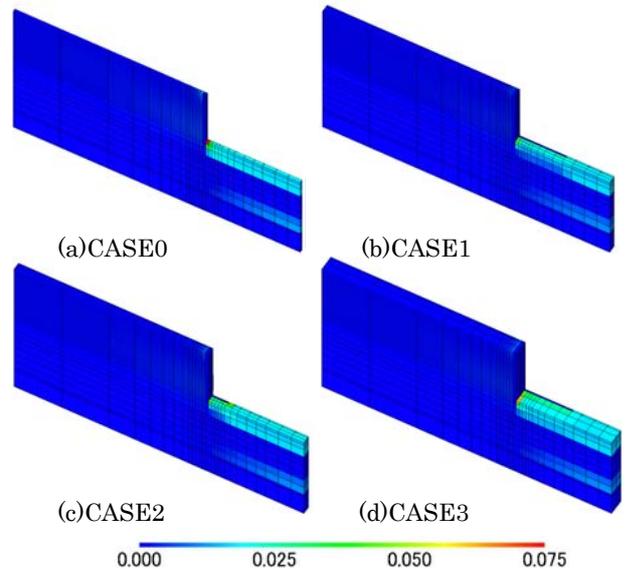
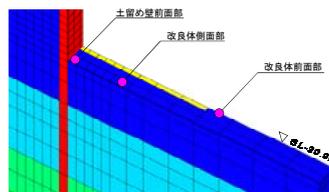


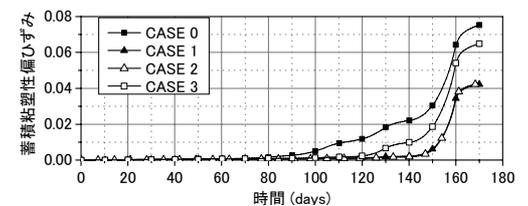
図5 蓄積粘塑性偏差ひずみ分布

5. まとめ

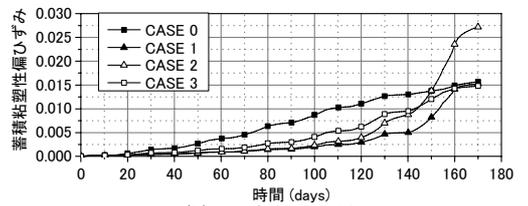
土留壁変位に対してソイルバットレスによる効果が確認できた。また、切梁や補助工法が不十分な場合は、掘削に伴い、掘削構内側地盤のひずみ量が急増するため、計測器などを用いて周辺地盤の挙動を確実に把握することが重要である。



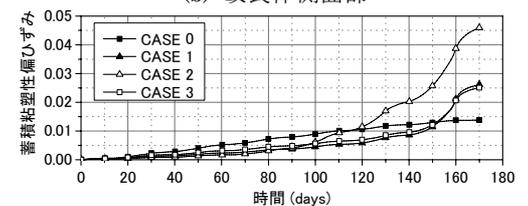
(d) 出力位置



(a) 土留め壁前面部



(b) 改良体側面部



(c) 改良体前面部

図6 蓄積粘塑性偏差ひずみの時系列変化

【参考文献】

1) Kimoto, S. and Oka, F.(2005), *Soils and Foundations*, **45**, 2, pp.29-42.
 2) Higo, Y., Oka, F., Kodaka, T. and Kimoto, S.(2006), *Philosophical Magazine*, **86**, 21-22, pp.3205-3240.