

ソイルバットレス工法による土留壁変形効果および周辺地盤の変形挙動に関する検討

ジェイアー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
フェロー会員
正会員
正会員

○高田 直明
岡 二三生
木元 小百合
肥後 陽介

1. はじめに

地盤掘削において、土留壁の変形を抑え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。対象地盤が軟弱地盤の場合や掘削領域が広範囲かつ深度が深い場合は経済性に優れた補助工法の選定が重要となる。本研究では、ソイルバットレス工法（ソイルセメント壁を控え壁として施工する工法）を用いた場合の土留壁の変形抑制メカニズム、効果および周辺地盤の挙動について、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 40m、掘削深さ 15m を想定し、対称性を考慮し半分の断面で解析を行う。土留壁は幅 1.0m、深さ 30m とする。ソイルバットレスは幅 1.0m、延長 5.0m とし、土留壁方向に 5.0m ピッチに設置する。変位に関する境界条件は、下面を xyz 方向固定、上面を自由、前面背面を y 方向固定、左面右面を 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、1 段階あたり 2.0m 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 5 日を設定する。なお、切梁は深度 2.0m 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) を対象とし、三軸圧縮試験、圧密試験およびPS 検層の結果を基に決定した。砂質土は弾性体とし N 値により決定した。ソイルバットレス改良地盤は弾性体とし設計基準強度を 10kg/cm² とし各定数を決定した。

(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深度の違いにより 4 ケースの検討を行った(表2)。

表2 解析ケース	
	ソイルバットレス深度
CASE1	なし
CASE2	5.0m
CASE3	10m
CASE4	17m

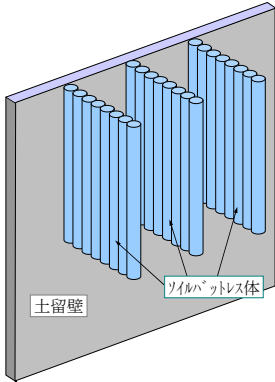


図1 ソイルバットレス工法

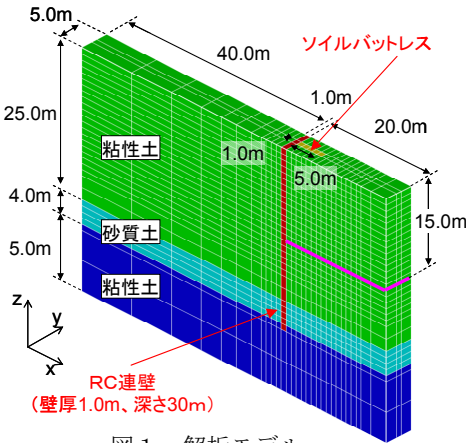


図1 解析モデル

表1 地盤定数

		粘土層	砂層	連壁	ソイルバットレス
単位体積重量 (kN/m ³)	γ	17.0	20.0	24.5	23.0
ヤング率 (kPa)	E	－	943000	2.45×10 ⁷	944000
ポアソン比	ν	－	0.280	0.200	0.298
体積弾性係数 (kPa)	K	8600	－	－	－
せん断弾性係数 (kPa)	G	27000	－	－	－
透水係数 (m/s)	k	5.0×10 ⁻⁷	4.54×10 ⁻⁶	1.0×10 ⁻¹⁶	1.0×10 ⁻¹⁰
圧縮指数	λ	0.359	－	－	－
膨張指数	κ	0.0403	－	－	－
初期間隙比	e ₀	1.77	－	－	－
過圧密比	OCR	1.22	－	－	－
ダイレイタンス係数	M _m	1.102	－	－	－
破壊応力比	M _f	1.102	－	－	－
粘塑性パラメータ	m'	20.38	－	－	－
粘塑性パラメータ (1/s)	C	5.0×10 ⁻¹⁴	－	－	－
内部構造パラメータ (kPa)	σ' _{mbi}	σ' _{m0} ×OCR	－	－	－
内部構造パラメータ	β	5.5	－	－	－

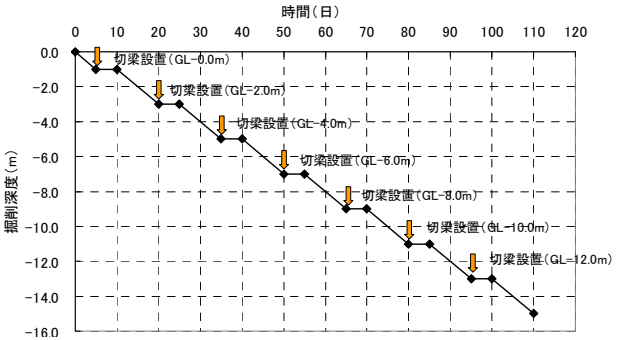


図3 掘削工程

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 ジェイアー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

掘削深度 3.0m および 8.0m における土留壁の変位量を図 4 に示す。どちらの場合もソイルバットレスの設置深度が深くなるに従い、土留壁の変形が抑制されている。掘削深度 3.0m 時点において、CASE1 の土留壁天端の変位量が CASE2 および CASE3 と比較して小さい。CASE1 はソイルバットレスが設置されておらず、土留壁天端に設置された切梁がピン支承となり土留壁の変形が進行するのに対して、その他の CASE では、切梁の他にソイルバットレスが面的な支承となり土留壁の変形が進行したためと考えられる。

8.0m 掘削時点では、ソイルバットレスの設置深度の違いによる土

留壁の変形抑制効果が CASE2-CASE3 間よりも CASE3-CASE4 間の方が小さい。CASE2 の場合、8.0m 掘削時点でソイルバットレスが撤去されていることから、土留壁の変形を抑制するには、掘削底よりも深い位置までソイルバットレスを設置することが効果的であるが、掘削底からの根入れ長の違いによる変形抑制の効果は小さいと考えられる。

(2) 有効応力径路

ソイルバットレス前面要素の有効応力径路を図 5 に示す。CASE1, CASE4 とともに掘削とともに偏差応力が増加しているが、CASE4 の方が偏差応力の増分が小さい。ソイルバットレスにより土留壁の変形に伴う掘削側の応力変化が分散されたためと考えられる。

(3) 蓄積粘塑性偏差ひずみ

掘削深度 8.0m における蓄積粘塑性偏差ひずみ(γ^p)の分布図を図 6 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。

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

CASE1 は掘削底全体にひずみが分布し、土留壁付近のひずみが多いのに対して、CASE3 および CASE4 では土留壁付近でのひずみが小さく、ソイルバットレス前面にひずみが集中している。ソイルバットレスを含む周辺地盤が土塊となり土留壁の変形に対して抵抗していると考えられる。また、CASE2 では掘削開始当初はソイルバットレス前面にひずみが発生するが、掘削の進行と共にソイルバットレスが撤去されるため、土留壁付近にもひずみが発生している。

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、掘削初期段階での土留壁の変形モードが変わることが分かった。地盤のひずみはソイルバットレスの有無により発生領域が大きく異なることが分かった。今後はソイルバットレスのピッチや延長を変化させ、より合理的かつ経済的な設計手法の確立を目指す。

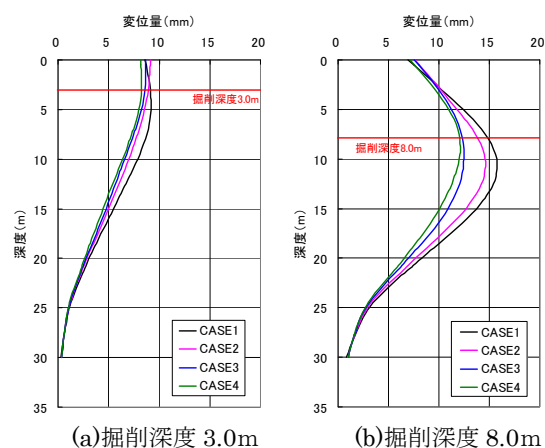


図 4 土留壁変位量

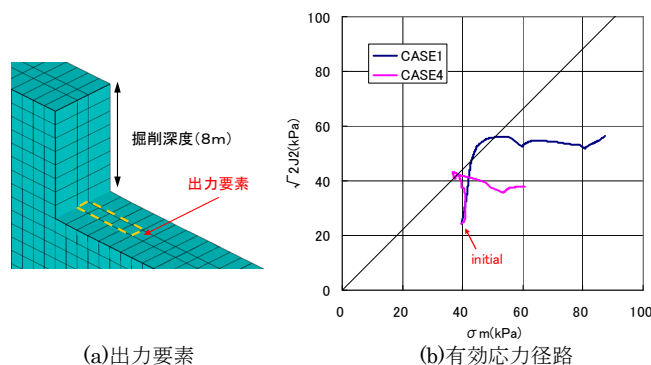


図 5 有効応力径路

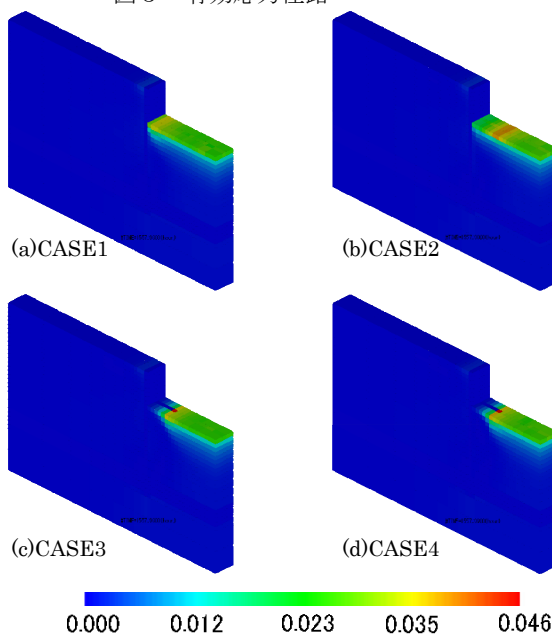


図 6 蓄積粘塑性偏差ひずみ

【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.