

Ⅲ－B 238 軟弱粘土地盤の掘削山留め挙動に関する遠心模型実験の数値解析的評価例

基礎地盤コンサルタンツ（株） 会員 神村 真，服部隆行，阪上最一
東京工業大学 会員 日下部治，竹村次郎

1 はじめに

本報告は、軟弱粘土地盤の掘削山留め挙動に関する遠心模型実験結果¹⁾を、粘性土の弾塑性構成モデル（関口・太田モデル²⁾）を用いた土・水連成FEM解析によりシミュレートし力学的観点より評価したものである。本数値シミュレーションでは、地盤定数をすべて室内要素力学試験結果に基づき設定し、実験手順を可能な限り忠実に再現するようにした。その結果、本数値解析手法が、掘削山留めの遠心模型実験の地盤挙動をかなり再現し得ることが明らかになった。

2 解析モデル、解析メッシュ及び解析ケース

解析に用いたモデル地盤と有限要素メッシュ図を図-1と図-2にそれぞれ示す。掘削領域は、図-2の斜線の部分である。最終掘削深度は、5(m)で掘削側面には、矢板が打設されている。土留め工は、深度0(m)と2.5(m)の2ヶ所で矢板背面に取付けたワイヤーを引っ張ることにより行われた。与えられたワイヤーの初期張力は、それぞれ、一段切梁：0.32(tf/m)；二段切梁：3.72(tf/m)であった。解析では、矢板はビーム要素でモデル化し、切梁は節点にワイヤー張力と同荷重を与えることによりモデル化した。また、矢板と地盤の間にはジョイント要素を設け変位の不連続性をモデル化した。地下水位は、実験よりやや上の地表面に設定した。掘削に伴う地下水位低下は、左側境界での掘削面で水圧 $u=0$ となるよう静水圧分布を与えモデル化した。

表-1に解析ケースを示す。解析は、二段切梁の設置深度が異なる2実験について2ケース行った。切梁設置時の掘削深度はEXT32が掘削深度3.2(m)、EXT25-1が掘削深度2.5(m)である。

表-1 解析ケース

解析ケース	解析手法	二段切梁設置時期
EXT32	弾塑性	掘削深度 3.2(m)
EXT25-1	弾塑性	掘削深度 2.5(m)

表-2 用いた地盤定数

3 地盤定数

用いた地盤定数を表-2に示す。粘性土層は弾塑性体、砂層は弾性体と仮定した。用いた定数は、室内土質試験から得られた結果を用いた。矢板の材料定数は、遠心場での寸法効果を考慮して設定した。ジョイント要素の材料定数は解析と実験結果（変位・水圧）とが一致するように同定した。

材料番号	深度	PI	γ (tf/m^3)	E (MPa)	ν	c	λ	κ	k (m/sec)	M_c
①, ②	0.0~1.0		1.58	7.50	0.31	0.67			1×10^{-5}	
③, ④	1.0~2.0	47.2	1.53	—	0.37	1.9	0.29	0.04	1×10^{-9}	1.04
⑤, ⑥	2.0~3.0	47.2	1.53	—	0.37	1.8	0.29	0.04	1×10^{-9}	1.04
⑦, ⑧	3.0~4.0	47.2	1.53	—	0.37	1.7	0.29	0.04	1×10^{-9}	1.04
⑨, ⑩	4.0~5.0	47.2	1.53	—	0.37	1.6	0.29	0.04	1×10^{-9}	1.04
⑪	5.0~7.0	47.2	1.53	—	0.37	1.5	0.29	0.04	1×10^{-9}	1.04
⑫	7.0~9.0	47.2	1.53	—	0.37	1.45	0.29	0.04	1×10^{-9}	1.04
⑬	9.0~12.5		1.99	42.0	0.31	0.67			1×10^{-7}	
⑭	12.5~13.5		1.99	300.0	0.31	0.67			1×10^{-7}	

4 実験結果と解析結果

①実験結果：掘削終了時の地表面沈下量と矢板の曲げモーメント分布を、図-2、図-3にそれぞれ示す。地表面沈下は、EXT32,25-1とも矢板から約9(m)の範囲で生じており、矢板付近で最大値を示すが、EXT32はEXT25-1よりも約60%大きな沈下が生じている。また、矢板の曲げモーメント分布は深度5(m)付近で最大値

キーワード：軟弱地盤，掘削，遠心力模型実験，数値解析，弾塑性，有限要素法

連絡先：東京都千代田区九段北1-11-5 技術開発部 地盤解析室；TEL：03-5276-6232, FAX：03-3234-7439

を示し、EXT32はEXT25-1より2倍程度大きな値を示した。このような、EXT32,25-1の実験結果の差は、矢板背面の土塊の変形性状の差によるものと推定される。

②解析結果： EXT32,25-1の実験結果の違いは、二段切梁設置時の掘削深度の違いにより矢板背面地盤の変形性状に差が生じ、ワイヤーの張力作用方向が水平でなくなるためと考えられる。非排水条件（ $c=3.3(\text{kPa})$ ）で、山留めを考慮しない場合のテンションクラックの生じる限界掘削深度が約2(m)であることから³⁾、EXT32では、この影響がより強いと考えられたので、二段切梁挿入前後の地表面沈下量から張力作用方向の回転角を同定し考慮している。

解析結果を図-3,4に示す。図-3より、矢板背面の地表面沈下量、および、全体の変形モードとも解析結果は、両実験ケースの違いをよく説明していることが分かる。また、図-4より、矢板の曲げモーメントについても、解析結果は、深度5(m)以浅の両実験ケースによる違いをよく説明していることが分かる。以上のことから、本析結果は、両実験ケースの地盤の変形挙動をよく再現できたと評価される。

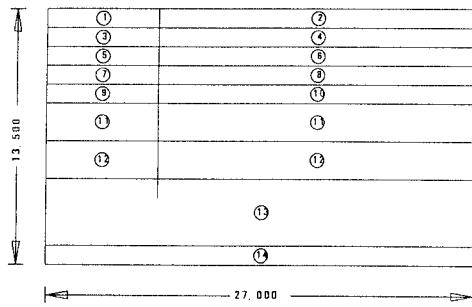


図-1 モデル地盤（単位：m）

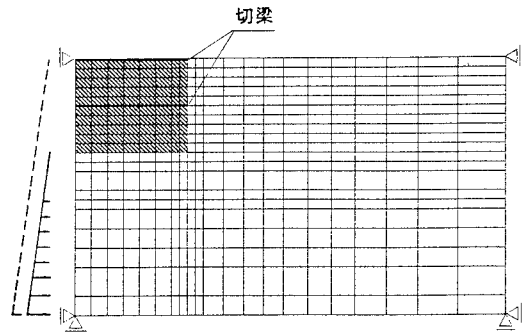


図-2 有限要素メッシュ（斜線部が掘削部）

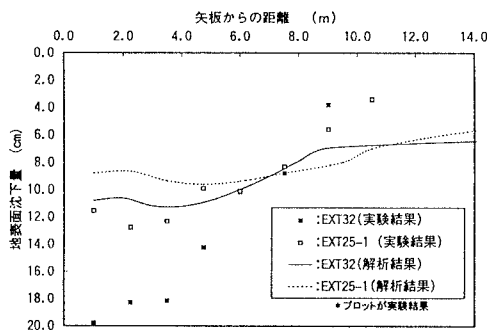


図-3 解析結果と実験結果（地表面沈下量）

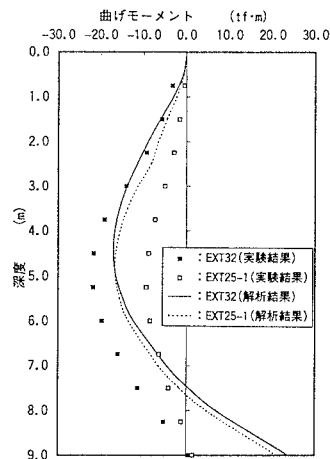


図-4 解析結果と実験結果（矢板の曲げモーメント）

<記>本論文は、東京工業大学土木工学科創造プロジェクト研究会・SIG7「山留めの挙動予測法」の研究成果の一部である。

<参考文献>

- 1) 江崎ら：軟弱粘土地盤中の2段支保鉛直土留掘削に関する遠心模型実験，地盤工学会研究発表会概要集，1998（投稿中）；
- 2) 例えば Sekiguchi, H. & Ohta, H.: Induced anisotropy and time dependency in clays, Proc. Speciality Session 9, 9th ICSMPF, Tokyo, pp. 229-239, 1977；
- 3) 鈴木音彦：新版例題演習土質工学改訂版，pp. 232-246