

Ⅲ-B14

小口径推進に伴う地盤変形挙動の3次元解析結果

大阪土質試験所 正会員 ○橋本 正 長屋淳一
 京都大学 防災研究所 正会員 三村 衛
 NTT インフラネット 正会員 水間敏明 木村和彦
 アイレック技建 正会員 今中利信

1. 概要 近年、小口径管を布設するために、非開削の小口径推進工法が多く用いられるようになってきた。軟弱地盤では無排土タイプの推進工法が採用される場合が多いが、施工に伴う近接構造物への影響に関する研究は非常に少ないのが現状である。そこで、無排土推進に伴う周辺地盤の大変形問題に対して、Eulerian 3D-FE モデルを導入して地盤変形解析を行った。また、兵庫県淡路島における推進工事において地盤変形計測を実施し、解析結果と比較・検討を行ったが、両者は良い対応が認められた。

2. 解析モデル 無排土タイプの推進は地盤中への水平貫入であり、貫入に伴って切羽部の地盤は周辺に押し広げられる。また、切羽周辺部の地盤変形は、重力場での3次元挙動を示す。そこで、ALE法(Arbitrary Lagrangean Eulerian)による3D-FE解析を適用することにより要素は変形せず、元の位置に停ったまま地盤が要素の中を3次元的に流れていく大変形挙動が表現できる(Huetink²⁾,1990, Van der Berg³⁾,1991)。解析は、兵庫県淡路島東北海岸の国道下でのNTT通信ケーブル配管に伴う推進工事を解析対象とした。小口径推進機は図1に示す様に、 $\phi 340\text{mm}$ の水平貫入無排土タイプのエースモール先端部をモデル化したものである。現場計測を実施した解析対象断面での土被り厚は6.81mである。有限要素メッシュについては、図2に示すように8節点の立方体要素とし、マイクロトンネルと地盤を含めて約8000節点のFEモデルを作成した。また、トンネルと周辺地盤の境界にはスリップ要素を導入して摩擦が働かないようにした。地盤構成及び解析に用いた地盤物性値を表1に示すが、GL-4.8mまで緩い砂層からなり、トンネル周辺は緩いシルト質砂層となっている。掘進スピードは約 $v=6(\text{cm}/\text{min})$ と非常に速いので非排水条件下の解析とし、非排水せん断強さ c_u 及び弾性係数 E とポアソン比 $\nu=0.49$ 、Von-Misesの破壊規準を用いて弾塑性解析を行った。

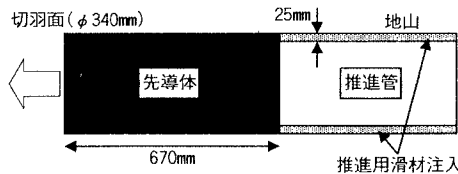


図1 推進機先端部及び推進管

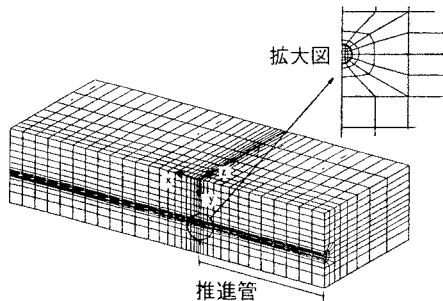


図2 解析に用いた有限要素メッシュ

表1 地盤条件と地盤物性値

No.	層名	深度(GL-m)	N値	E(MPa)	ν	$c_u(\text{kPa})$
1	砂, 砂礫	3.8	8	11.2	0.49	12.1
2	砂礫	4.8	40	56.0	0.49	30.2
3	シルト質砂	10.2	6	4.0	0.49	34.7

3. 解析結果と実測値との比較 地表面隆起分布について解析結果を図3, 4に示す。最大隆起量は切羽面通過後約8mの地点で3.4mm発生しており、それ以降は一定となっている。切羽前方では約10m手前から隆起が生じ始め、切羽到達付近($x=0\text{m}$)において隆起勾配は最大となっている。図5は地表面隆起量の横断面分布について実測値と解析値の比較を行ったものである。横断面隆起分布は切羽到達時($x=0\text{m}$)、切羽前方4.2m($x=4.2\text{m}$)、及び到達後4.2m後方($x=-4.2\text{m}$)の3断面について比較を行った。隆起量が数mm

キーワード：小口径推進工法、シルト質砂層、3次元FEM解析、貫入、大変形問題

連絡先：大阪市西区立売堀4-3-2 (財)大阪土質試験所 TEL:06-6539-2973 FAX:06-6578-6256

以内と非常に小さいため、レベル測量による実測値は測量精度から考えて正確ではないが、絶対量は $-1\sim 2\text{mm}$ を示し、相対的にトンネルセンターから離れるに従って隆起量は減少していることや、切羽通過に伴って隆起量が増大している事などの傾向は、解析結果と良い対応を示している。図6は推進管周辺地盤の水平変位量の深度分布に関して、実測値と解析値との比較を示したものである。水平変位量は推進深度付近で最大となっており、切羽通過後4.2mで実測値が34mm、解析値が約40mmと近い結果が得られている。水平変形分布の形状についても実測と解析とが殆ど合致しており、推進管より上下1m間で非常にシャープな変形形状を示すことが分かった。また、トンネル周辺から約2m以上離れた地盤では、変形量は非常に小さな量となっている。

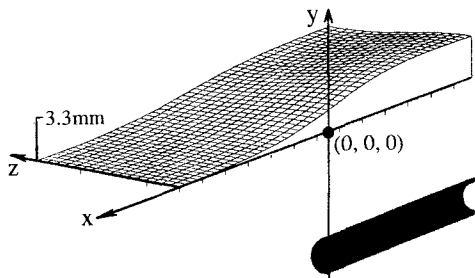


図3 地表面隆起量分布(解析結果)

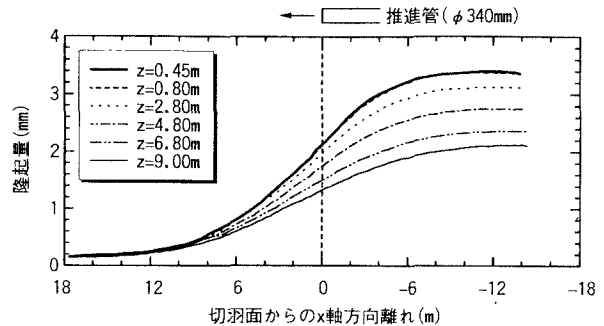


図4 推進方向の地表面隆起分布(解析結果)

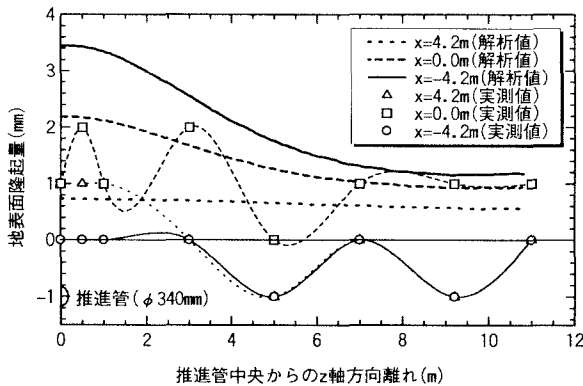


図5 地表面隆起量の実測値と解析値の比較(横断面)

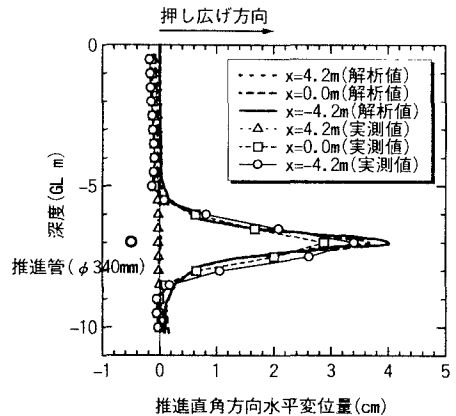


図6 推進管周辺地盤の水平変形

4. 結論 無排土タイプの小口径推進トンネル施工時における周辺地盤の変形挙動は3次元大変形問題であるが、Eulerian 3D-FEモデルを用いて解析することにより、ある程度実際の地盤変形挙動をシミュレートできることが分かった。解析及び実測の変位は切羽が近づくに従って隆起現象を示し、隆起量は切羽通過とともに増大する。地中の水平変形はトンネル($\phi 340\text{mm}$)の周辺地盤上下約1m間で局所的に発生し、トンネル中心深度で最大34mmとなった。また、トンネルから約2m以上離れた地盤では、変形量は非常に小さな量となっていることがわかった。

参考文献 1)鎌田敏正, 山崎弘, 川上敏仁, 松本隆志, 譽田孝宏: 小口径推進に伴う地盤挙動の計測結果, 土木学会第54回年次学術講演会, 1999.(投稿中) 2)Huetink,J., Vreede,P.T. and van der Lugt,J.: Progress in mixed Eulerian-Lagrangian finite element simulation of forming processes, *Int. J. Num. Meth Eng.*, Vol.30, pp.1441-1457, 1990. 3)Van den Berg, P.: Numerical model for cone penetration, *Proc. Int. Conf. on Computer Methods and Advances in Geomechanics*, Cairns, Australia, Vol.3, pp.1777-1782, 1991.