

(III-93) 2次元 FEM によるシールドマシン到達時の地盤変状シミュレーション

千葉工業大学 学生会員 川上 拓

千葉工業大学 正会員 小宮 一仁 渡邊 勉 清水 英治

西松建設(株) 正会員 吉野 修

早稲田大学 正会員 赤木 寛一

1. まえがき

シールドマシンが到達立坑に接近すると、立坑の剛性により、地盤内には大きな応力が発生することが予測される。本研究は掘削要素を用いたシールド掘削の施工過程を考慮した FEM 解析によって、シールドマシン到達時の地盤の応力状態の変化について基礎的な考察を行ったものである。

2. 解析対象

解析対象は、大型土槽内におけるシールド掘進実験⁽¹⁾である。図1に実験装置の概略を示す。幅 1.4m、奥行き 1.4m、高さ 1.6m の土槽内飽和砂地盤に、カッター掘削・泥水圧力・地盤取り込み機構を備えた円筒形のシールド模型(直径 22.0cm)を掘進させて実験は行われた。シールド模型掘進位置は図1に示す通りである。飽和砂地盤内には到達立坑を模したセメント改良体(幅 38cm、奥行き 15cm、高さ 68cm)が置かれ、シールド模型は改良体に向かって水平に等速度(1.0cm/min)で進行する。シールドマシン推進開始時の切羽と改良体の距離は 65cm である。

解析はシールド中心線を通る縦断方向の平面ひずみ状態で実施した。地盤の排水は良好であるとして、弾性排水解析を行った。掘削過程は掘削要素を用いて連続的な掘削状況が再現できる小宮・赤木法⁽²⁾⁽³⁾によってモデル化した。解析に用いた入力パラメータは表1に示すとおりである。

解析では実験で用いた推進力をシールド模型に与え、シールド模型を水平に進行させた。掘削要素の剛性は実験のシールドマシン速度と解析の進行速度が一致するように設定した。図2は実験と解析のシールドマシンの進行速度を示したものであり、解析では実験におけるシールド推進が精度よく再現された。なお、シールドマシン要素と地盤要素の間には Goodman 型のジョイント要素を配置した。

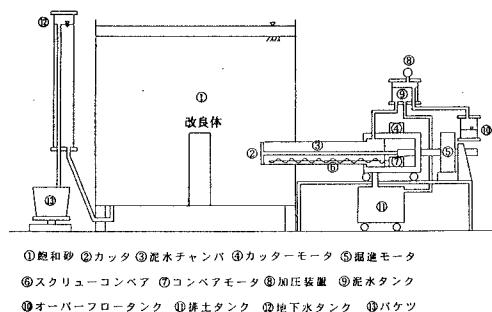


図1 実験装置図

表1 入力パラメータ

	ヤング率(kN/m ²)	ポアソン比
地盤要素	4.36×10^4	0.33
シールド機要素	1.00×10^{10}	0.49
掘削要素	1.04×10^2	0.10
改良体要素	4.36×10^6	0.33
ジョイント要素垂直方向剛性 (kN/m ²)		1.00×10^{10}
ジョイント要素接線方向剛性 (kN/m ²)		3.30×10^3

キーワード：シールドトンネル、有限要素法、応力、砂地盤

連絡先：(住所)〒275-8588 習志野市津田沼 2-17-1 TEL 047-478-0449 FAX 047-478-0474)

3. シールドマシン立坑接近時の地盤の応力変化

図3および図4は FEM 解析で得られた地盤内の水平方向の垂直応力のコンタの一例を描いたものである(圧縮正)。図3は立坑を模した改良体を設置しない場合、図4は実験のように改良体を置いた場合である。

図からシールドマシン推進に伴い、シールドマシン切羽前方では圧縮応力が発生していることがわかる。改良体がない場合には、シールドマシン前方の圧縮応力の分布は広範囲に渡るが、圧縮応力の大きさは小さい。一方、改良体が設置されている場合には、シールドマシンと改良体に挟まれる領域で大きな圧縮応力が発生している。また、シールドマシンが改良体に接近し、シールドマシン切羽と改良体の間の離隔が小さくなるに従い、圧縮応力は大きくなる。シールドマシン切羽が 55cm 推進し、改良体との離隔が 10cm になった図3(c)、図4(c)を比較すると、改良体がある場合の切羽前方の圧縮応力は約 80kPa であり、改良体がない場合の約 1.6 倍になった。このことから、シールドマシンが到達立坑に接近すると、切羽と立坑の間に大きな応力が作用し、地盤変形等への注意が必要となる。また、図から改良体の後方地盤では改良体が防護壁の役目をし、シールドマシン推進による切羽全面圧力をシャットアウトしている。

水平方向の圧縮応力は切羽前方だけでなく、シールド模型の周面からシールドマシン前方に向かって延びている。これはシールド模型の周面と地盤との間の摩擦力に起因したものである。土槽壁面近くのシールド模型最後部ではいずれの推進距離においても引張応力が発生している。引張応力の生じる範囲はシールド模型の推進距離によらずほぼ一定であることから、この引張応力は土槽壁面近傍の地盤が周面摩擦によって引きずられたために生じたものと考えられる。

参考文献

- (1)高本・瀬谷・細川・赤木：第32回地盤工学研究発表会、pp.2055～2056、1997
- (2)赤木・小宮：土木学会論文集、第481号、Ⅲ—25、p.59～68、1993
- (3)Komiyama・Soga・Akagi・Hagiwara・Bolton : Soils and Foundations, Vol.39, No.4, p.37～52、1999

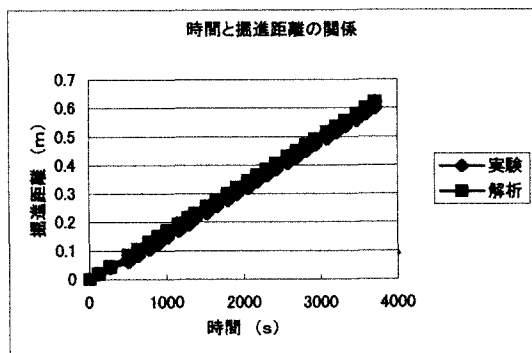
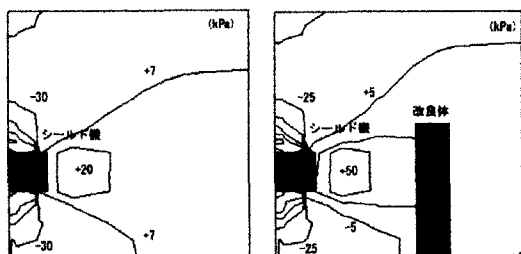
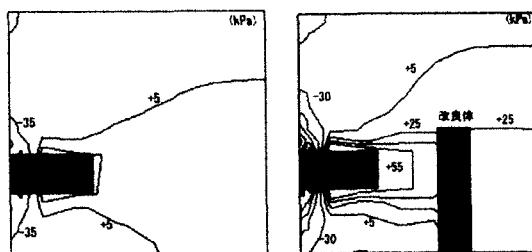


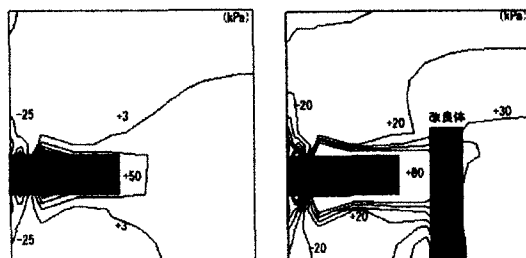
図2 シールド進行速度の実験値と解析値



(a)切羽掘進距離 1.8cm (a)切羽掘進距離 1.8cm



(b)切羽掘進距離 34cm (b)切羽掘進距離 34cm



(c)切羽掘進距離 55cm (c)切羽掘進距離 55cm

図3 応力コンタ
(改良体なし)

図4 応力コンタ
(改良体あり)