

台湾高雄地下鉄工におけるシールドトンネル施工時の影響検討 (その2) (オレンジライン CO2 工区 LU009 トンネル)

前田建設土木部海外施工G 高雄捷運 CO2 工区 フェロー会員 酒井 照夫
前田建設 土木部 設計 G 正会員 ○林 幹朗
前田建設 土木部 設計 G 正会員 山内 崇寛

1. はじめに

前報「台湾高雄地下鉄におけるシールドトンネル施工時の影響検討 (その1)」では、当工区 (CO2 工区) の LU009 トンネル施工影響検討のための工夫と施工結果を報告した。本報告では、トンネル施工時の影響検討方法と逆解析結果について報告する。

2. 施工概要

LU009 トンネル施工箇所の地盤は砂層が主体の粘性土との互層地盤であり、トンネル直上ほぼ 2/3 区間長には 2 連 BOX 型アンダーパス (以降中正地下道) があるためシールドトンネル施工時における中正地下道と PUMP 室 (以降 SUMP) への影響が懸念された (図-1、図-2 参照)。

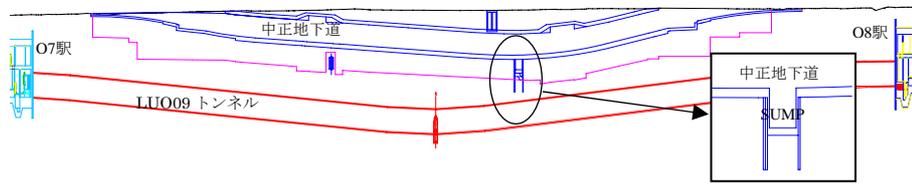


図-1 LU009 縦断面図

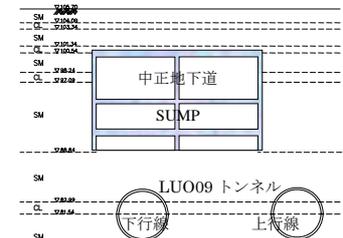


図-2 中正地下道 SUMP 部横断面図

3. 影響検討方法

(1) 台湾のシールド施工時沈下量算定方法

台湾では FEM 解析による影響検討は一般的ではなく、図-3 に示す Peck&Schmidt による方法で沈下量を算定するのが一般的である。また、発注者から高雄の施工実績より土量損失率 2% での影響検討を指示された。ただし、この方法では中正地下道を考慮した影響検討を行うことができない。

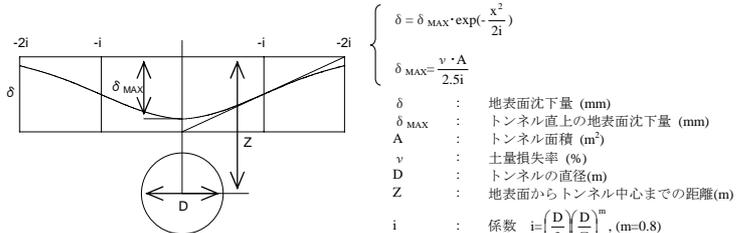


図-3 Peck&Schmidt による沈下量算定方法

(2) FEM 解析と Peck&Schmidt による方法との整合性

FEM 解析と土量損失率 2% との整合性をとるために、図-4 に示すように地盤だけのモデル化により両者の沈下量がほぼ等しくなるように FEM の応力開放率を決定した。表-1 に土質定数を示す。図-5 に示すように応力開放率を 70% にすると両者の沈下量はほぼ等しくなることがわかった。

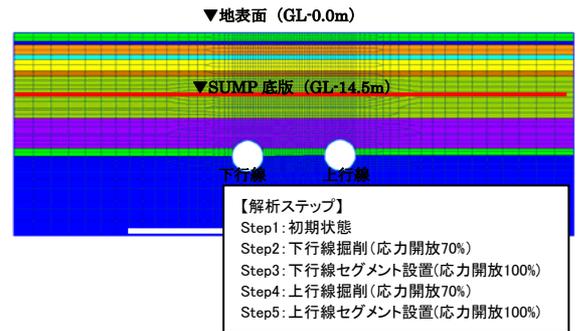


図-4 解析モデル図と解析ステップ

表-1 土質定数

土層	深度 (GL-m)	層厚 (m)	γ (kN/m ³)	E (kN/m ²)	ポアソン比 ν
SM1	1.61	1.61	19.0	3500	0.33
CL1	2.36	0.75	18.9	2222	0.49
SM2	4.36	2.00	17.6	3150	0.33
CL2	5.16	0.80	20.3	2879	0.49
SM3	7.46	2.30	18.2	5833	0.33
CL3	8.61	1.15	19.2	3656	0.49
SM4	16.86	8.25	19.5	7000	0.33
SM5	22.71	5.85	19.1	12133	0.33
CL4	24.16	1.45	19.1	7305	0.49
SM6	40.00	15.84	19.8	19688	0.33

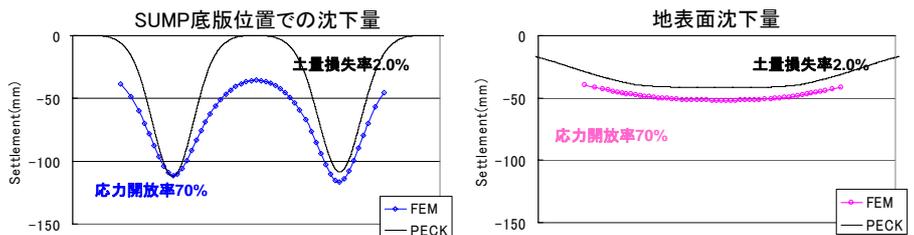


図-5 FEM 解析と Peck&Schmidt による沈下量

キーワード 影響検討、FEM 解析、土量損失率、台湾高雄、地下鉄

連絡先 〒179-8903 東京都練馬区高松 5-8 J. CITY TEL 03-5372-4745 FAX 03-5372-4766

4. 影響検討結果

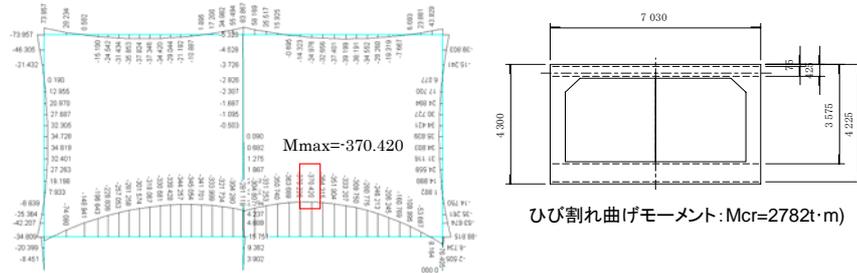
応力開放率を 70%とし中正地下道を考慮した FEM 解析を実施した。図-6、7 にモデル図と解析結果を示す。

$$\delta \max = 45.3\text{mm} \leq \delta a(=60\text{mm}) \quad \dots \text{OK}$$

$$\theta \max = 1/2215 \leq \theta a(=1/500) \quad \dots \text{OK}$$

沈下量 δ 、傾斜 θ とも発注者の基準値を満足する結果となった。また、中正地下道の曲げモーメント図を図-8 に示す。

図-8 より SUMP に発生する断面力はひび割れモーメント以下であること、増加断面力は初期状態と比較して約 2%の増加であることがわかり、土量損失率 2.0% (応力開放率 70%) に対して中正地下道の健全性を確認することができた。



$$370.42(\text{t}\cdot\text{m}/\text{m}) \times 7.03(\text{m}) = 2604 \leq M_{cr}(2782\text{t}\cdot\text{m}) \quad \dots \text{OK}$$

図-8 中正地下道の曲げモーメント図

5. 計測結果と逆解析

中正地下道がない箇所 (CH0+140m) とある箇所 (CH0+300m) で FEM 解析による逆解析を行った。図-9 に示す通り CH0+140m では、応力開放率 40% (土量損失率 0.90%) で実測沈下量を再現でき、当初の応力開放率 70% (土量損失率 2.0%) はかなり大きめな設定であることがわかった。また、FEM 解析の方が実測値沈下量の分布形状に近いことがわかった。図-10 より CH+300m での逆解析では、応力開放率 10% (土量損失率 0.25%) で実測沈下量を再現できることがわかった。今後の予測値は応力開放率 15% (土量損失率 0.35%) とし、これを管理値とした。地表面沈下の実測値を図-11 に示すが、すべて管理値以内に収まった。また、図-12 に示すように中正地下道の断面力を計測するために、曲率を直接計測できる EL ビームを設置した。中正地下道にほとんど増分断面力は発生しなかった。

6. おわりに

土量損失率を用いた Peck & Schmidt の方法と FEM 解析の整合性をとり、沈下量の予測、中正地下道の発生断面力の予測を行うことができた。また、逆解析を行いながら施工を進めていくことで、沈下量予測を高い精度で行うことができ施工管理に役立てることができた。

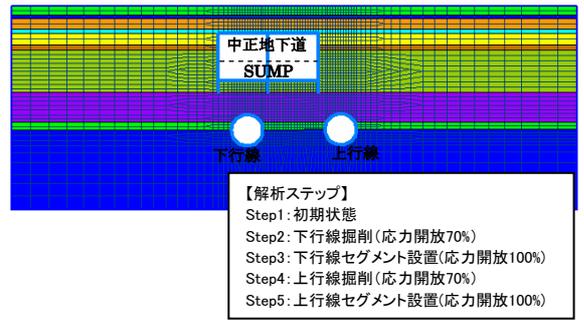


図-6 解析モデル図と解析ステップ

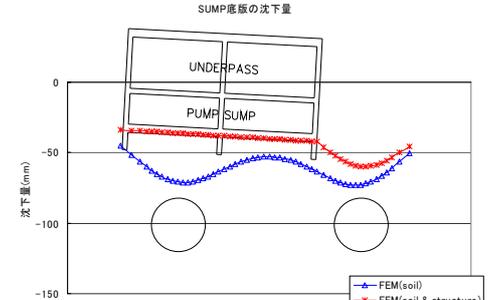


図-7 FEM 解析結果 (SUMP 底版沈下量)

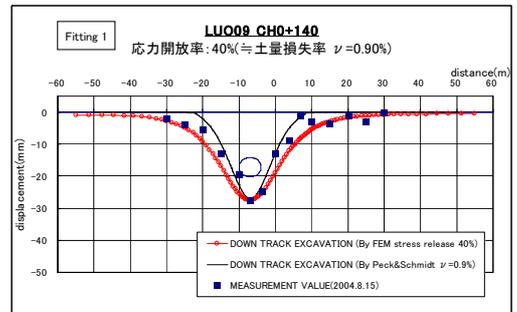


図-9 逆解析結果 1 (CH0+140)

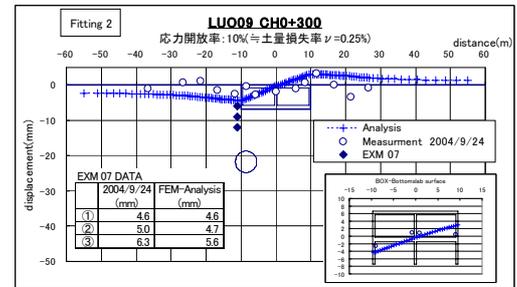


図-10 逆解析結果 2 (CH0+300)

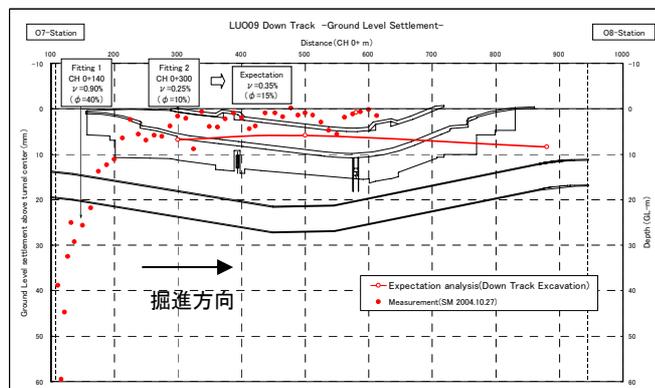


図-11 計測結果と予測値

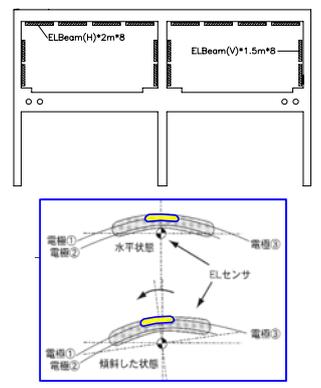


図-12 EL ビームの設置位置