

台湾高雄地下鉄工事にけるシールドトンネル施工時の影響検討（その1） （オレンジライン CO2 工区 LU009）

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

1. はじめに

本地下鉄工事は台湾高雄市から BOT 契約で請け負った高雄地下鉄株式会社を発注者とした設計・施工工事である。路線は紅線と橙線から構成されており、LOU09 トンネルは CO2 工区に位置し 07 駅と 08 駅を結ぶシールド工法で計画されたトンネルである。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）が存在し、特に中正地下道の PUMP 室(SUMP)への影響が懸念された（図 1 - LU009 縦断面図参照）。しかし影響検討でもっとも実績のある FEM 解析は、発注者コンサルの規範に無いため認められなかった。ここでは、海外での施工影響検討のための工夫と施工結果も簡単に報告する。

2. LU009 トンネルと中正地下道

LOU09 と中正地下道および SUMP の位置関係は図 1-LU009 縦断面図に示した通りである。特に中正地下道の SUMP 位置での横断面図は図 2-SUMP 部横断面図に示す通りである。

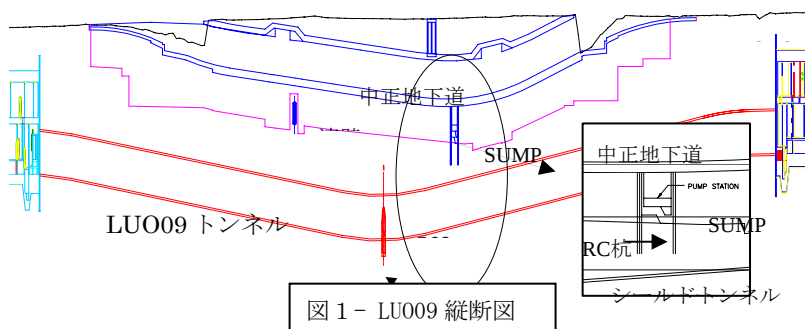


図 1 - LU009 縦断面図

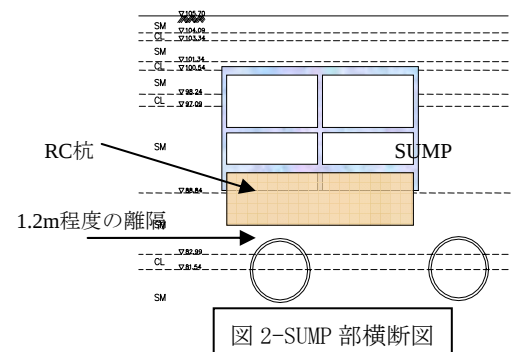


図 2-SUMP 部横断面図

3. 問題点とその対策

解析手法については、日本の FEM 解析による影響検討を提案した。しかし、台湾では理解を得られなかった。

(1) JV の提案：土質条件、既設構造物を考慮した影響検討を行うため FEM 解析を実施する。

- ・シールド通過の再現は、応力開放によりおこなう。（もっとも一般的）
- ・ FEM 解析(事前解析)に使用する応力開放率は、安全側に 30%（当社実績：泥土圧シールド 10～30%）として実施する（ただし、シールド発進後、地表面沈下計測結果より、応力開放率を再設定する）。

(2) 発注者の要求：台湾では、PECK の式を利用して、土量損失率による予測が一般的である（図-3）。

- ・日本の実績が、台湾の高雄に当てはまるか疑問である。
- ・応力開放では、実施工での管理できないとの理由で、土量損失率で影響検討を行うこと。
- ・高雄の実績で、土量損失率 2%となる場合があるので、影響検討は土量損失率 2%で行うこと。

(3) JV の主張と解決策

- ・ PECK の式では、土層、構造物を考慮した解析ができない。
- ・ FEM 解析により土量損失率 2%を模擬した結果、応力開放率は 70%相当である。（図-4）
- ・ 中正地下道(SUMP)への影響検討は FEM 解析を使用し、応力開放率を 70%とする。

キーワード PECK, 土量損失率, FEM, 台湾高雄, 地下鉄

連絡先 高雄捷運 CO2 工区 前田-隆大 JV 事務所 台湾高雄市民権路二路 380 号 7F-3 tel. 07-332-0661

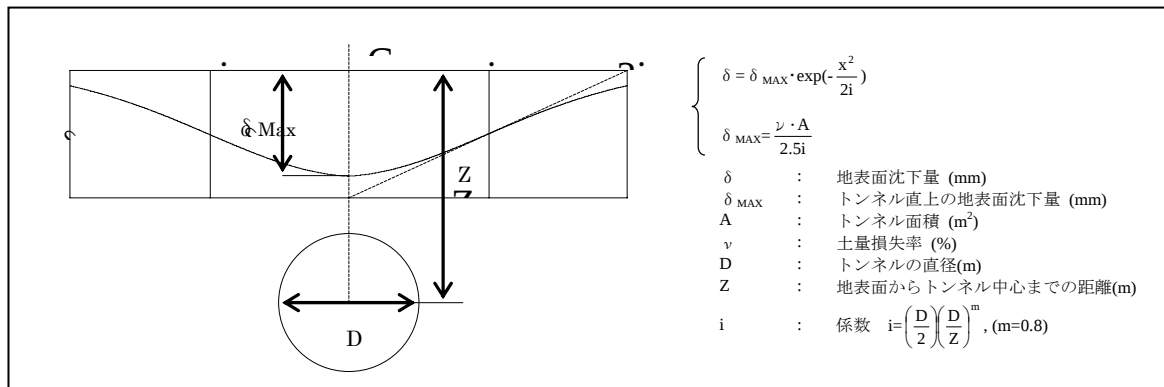
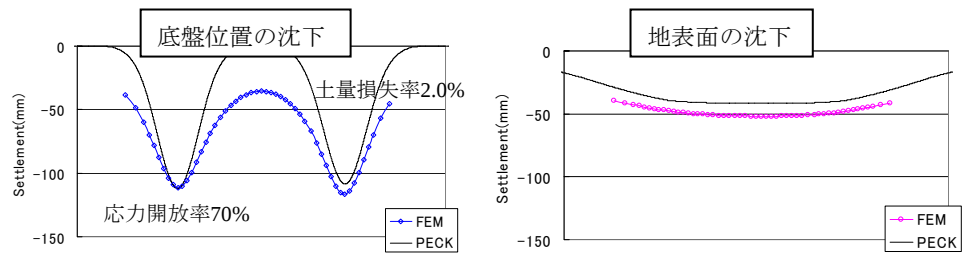
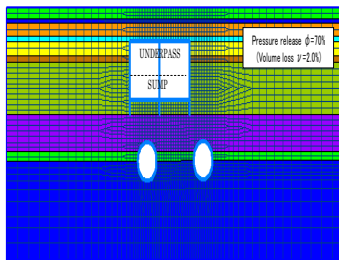


図3-PECKの土量損失率の考え方



SUMP底版位置での沈下量

FEMモデル（地盤のみ）

図4-PECKの考え方とFEMの考え方の整合（2%のロス＝FEM70%に相当）

4. 計算結果

計算の結果は図-5に示したとおりである。

非常事態を想定しても、中正地下道 SUMP 部は健全である。

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

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

SUMP のコンクリート応力の照査から

- ・ SUMP に発生する断面力は、ひび割れ曲げモーメント以下。
- ・ 増加断面力は、初期状態と比較して、約 2%程度である。

以上の検討から発注者を説得することができた。ただし

- ① SUMP 部の RC 杭の深度の確認を実施する
 - ② SUM 付近に断面力計測を設置する
- を追加し影響検討の確認をする事とした。

5. 施工結果とまとめ

施工結果は図-6に示す通りである。

トンネルセンターの地表面沈下は、我々の予測よりやや小さめの沈下であった（ロスに換算 $\nu=0.25\%$ 程度）。追加で設置した構造物の断面力計測の変化はなかった。

日本で数多く実績がある FEM による沈下予測は、日本の施工管理手法と相まって、信頼で

きる沈下予測手法であると言える。海外工事（東南アジア）のトンネル掘削時の地表面沈下予測は、前述のとおり Volume loss によるものが多い。しかし今後、今回のように FEM による検討も理解されていくものと思う。計算の詳細は同論文（その 2）を参照されたい。

以上

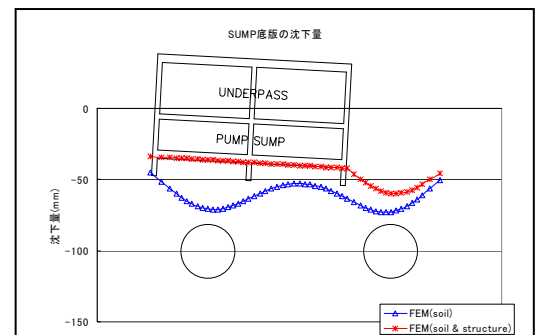


図5-FEMによる予測結果

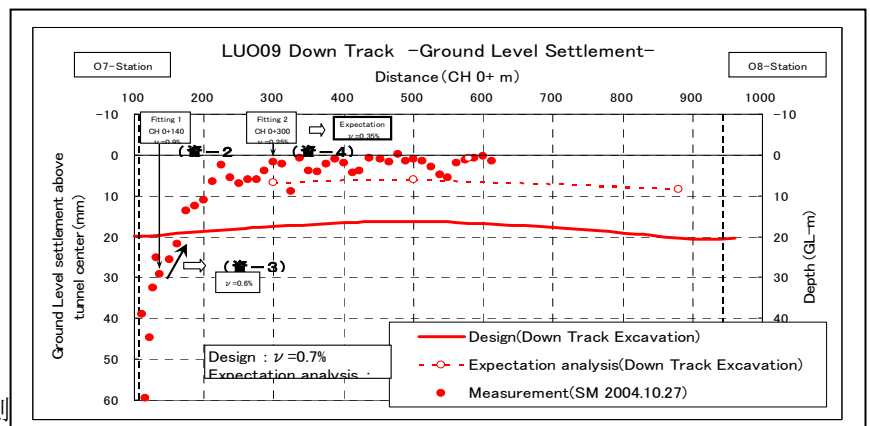


図6-FEMによる予測と沈下実績