

Tunnelling and Underground Space Technology
Nos.4, July 2009

2010.2.24 海外文献ワーキング

1) Effect of drainage conditions on porewater pressure distributions and lining stresses in drained tunnels (pp.376~389)

排水型トンネルにおける排水条件が周辺地盤の間隙水圧とライニング応力に及ぼす影響

Authors: P. Arjnoi, J.H. Jeong, C.Y. Kim, K.H. Park

本報告は、トンネルの排水条件が周辺地盤の間隙水圧分布およびトンネルのライニング応力に及ぼす影響について、等角写像法を用いた定常浸透流理論解析およびケーススタディとしてタイのブルーライン地下鉄延伸プロジェクトをモデルとした数値解析的アプローチを行った結果について述べたものである。

理論解析においては、境界条件として 1) トンネル周辺での水圧を 0 とする、2) トンネル周辺の水頭を一定とする。の 2 ケースについて検討を行った。一方ブルーラインは、チャオプラヤ川の下を通過するトンネルであり、トンネルの排水状況や地下水状況を考慮したライニングの設計が必要となる。ここではケーススタディとして 4 つの排水条件（完全防水、完全排水、定水頭、インバートのみ排水）を設定し、これらの間隙水圧分布、ライニング応力について比較検討を行った。

定常理論解析からは以下の結論が得られた。

- (1) 間隙水圧分布は、2 つの境界条件で似通っているが、浅いトンネルにおいては、境界条件を正確に把握することが重要となる。
- (2) 2 つの境界条件は、トンネルライニングの応力解析においてはそれほどの差異を生じない。

一方数値解析からは以下の結論を得た。

- (1) 間隙水圧は、排水条件により大きく変化する。完全排水、低水頭などでは周辺間隙水圧が大幅に減少する。
- (2) 完全排水と低水頭を比較すると、ライニング応力を照査する上では大きな差異は発生しない。
- (3) 完全排水条件におけるライニングの断面力は完全防水あるいはインバートのみ排水の場合の 80%程度となる。
- (4) 完全排水の場合、最大圧縮応力は 30%減、最大引張応力は 55%減らすことができる

Chao Phraya River

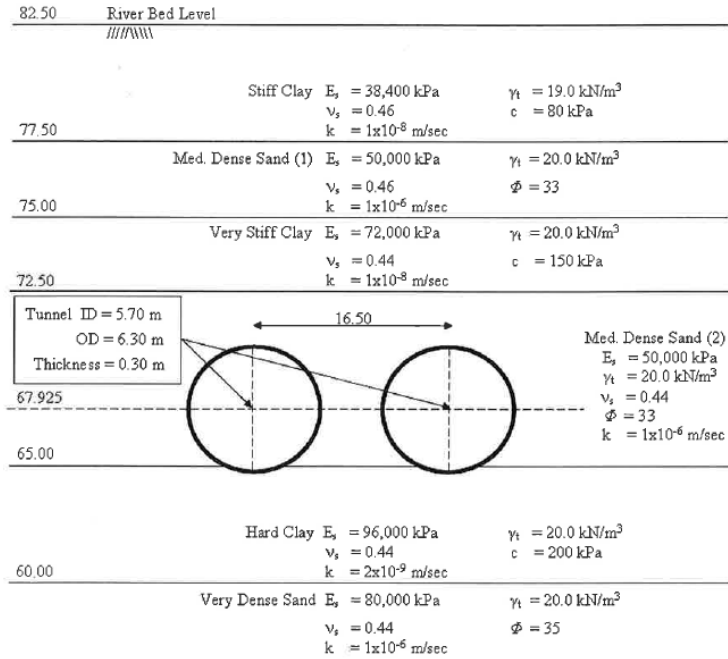


Fig. 2. General cross section and material properties.

Table 2

Percentage of maximum values in the fully-drained condition to those in the sealed condition.

	Single tunnel (%)	Twin-tunnel (%)
Bending moment	75.1	61.5
Axial force	94.2	91.9
Stress	81.7 (compressive) 62 (tensile)	71.6 (compressive) 45 (tensile)

2) Effect of adverse geological condition on TBM operation in Ghomroud tunnel conveyance project (pp.436~446)

Ghomroud 水路トンネルにおいて予期しない地質に遭遇した場合の TBM 掘進への影響

Author: E. Farrokh, J. Rostami

イランの Ghomroud トンネルは 36km の水路トンネルであり、そのうち 18km についてはすでに双設 TBM で掘削されている。掘削中には、スキュージング地山や切羽の崩壊などいくつかの予期せぬ地質に遭遇し、TBM 掘進が遅れた経緯がある。

本報告は、掘進時の観測データや地質調査結果に基づいて、地山条件が TBM の掘進能力に与える影響について検討を行ったものである。

本トンネルの地質は、石灰岩や頁岩、粘板岩などからなり、一部、片理や再晶出などの変成作用を受けている。しかしながら様々な事前地質調査を行ったが、スキュージングゾーンや破碎帯の位置を事前に予知することは非常に困難であると判断され、最も有効な方法は切羽に向けて水平ドリリングを行い、削孔速度、湧水状況などを確認することである。

このような地山状況と TBM 掘進状況を関連付けるために以下のパラメータを導入する。

$$SP = p / (RPM \cdot Fn)$$

$$CC = Tq / Th$$

p: 貫入速度、RPM: 回転速度、Fn: ディスクカッターへの作用力

Tq: カッターヘッドトルク、Th: 推進力

Fig.14 に示すように、トンネルの最初の 5 km における掘進データと今回定義したパラメータを比較すると、ジャーミングを起こした位置で推進力が大きな値となっているが、ここで CC が低くなっている。ただし SP は CC ほどの感度を持たない。

したがってこれらのパラメータが、事前対策を講じるうえで有効な数値となりえることが分かった。

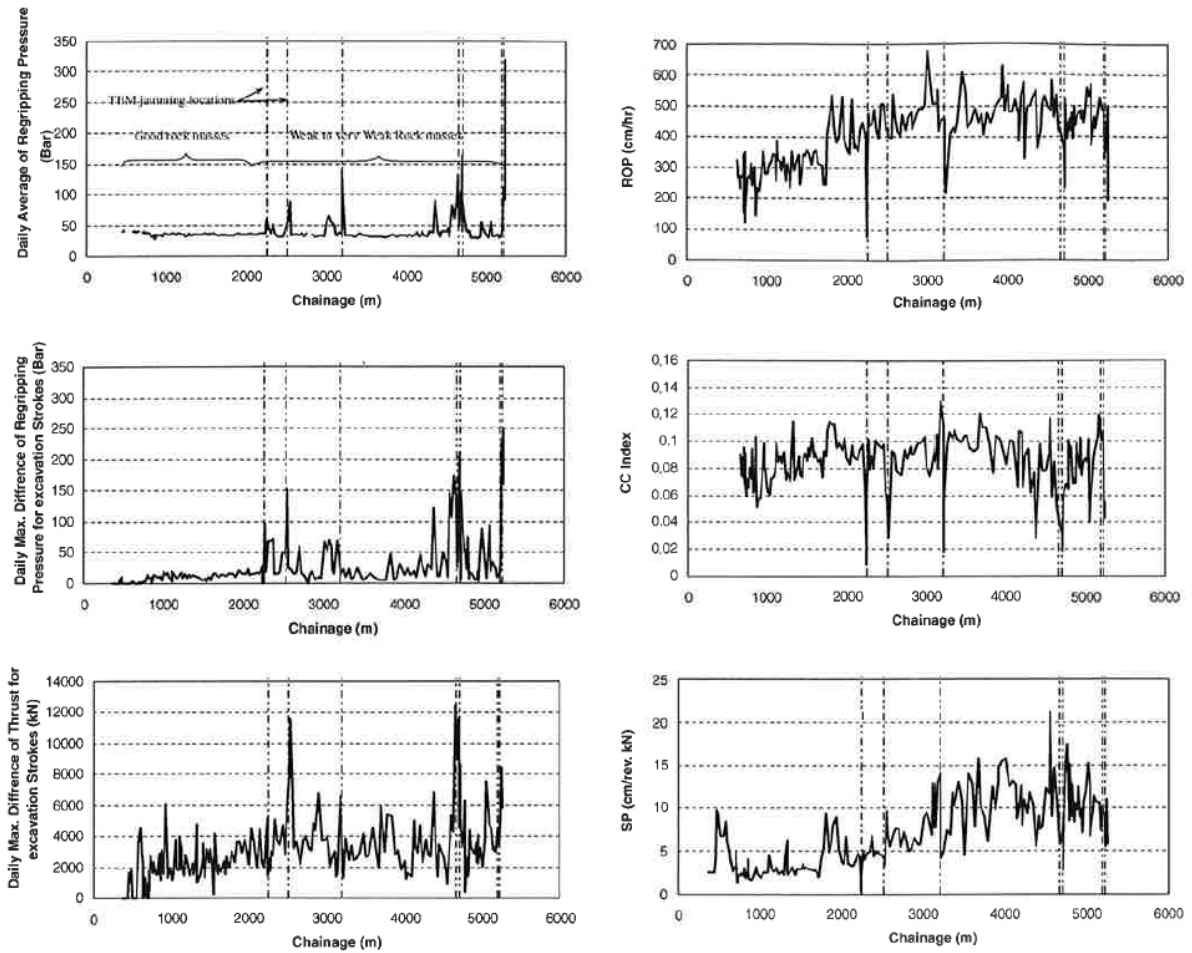


Fig. 14. Variations of different parameters for 5 km of tunnel including squeezing ground as well as good rock mass.

3) Shield tunneling and environment protection in Shanghai soft ground (pp.454~465)

上海の軟弱地盤におけるシールド掘削および環境保護

Authors: S.M. Liao, J.H. Liu, R.L.Wang, Z.M.Li

上海では過去 20 年間に於いて 8 路線(230km)の地下鉄が建設されており、2010 年の EXPO までに 11 路線(400km)まで整備される予定である。そのうち 9 路線は都市中心部を通過する。

また一方では、Huangpu 川の下部を横断する道路トンネルが 14 本計画されており、そのうち 8 本がすでに完成、4 本が建設中である。このように都市部において急ピッチで進められる地下鉄等の整備により、近接施工あるいは周辺環境への影響などが問題となってきている。上海の地質は非常に鋭敏かつ低強度の粘性土層であるため、トンネル掘削による周辺への影響が大きい。

ここでは上海地下鉄における 3 つの近接施工ケースについて検証した。

- (1) 既設シールドの上を離隔 1m で通過するケース(SCTA)
- (2) 既設シールドの下を離隔 1m で通過するケース(SCTB)
- (3) 傾いた古いビルの下を離隔 8m で通過するケース(STBA)

まず(1)では上部通過による既設シールドの浮き上がりが問題となるが、3次元弾塑性 FEM 事前解析による挙動予測を行ったうえで、対策工を選定した。浮き上がりの原因として掘削解放力のみではなく、荷重軽減効果もあげられる。したがって対策工として既設トンネルのバラスト重量を増すこと、さらに縦断剛性を上げるために、セグメントを溝形鋼で縦断方向に縫い付けるなどの対策が取られた。

(2)については、シールド掘進による上部既設トンネルの沈下が問題となる。当該区間に到達する前に、シールド掘進による地表面沈下および既設シールドインバート位置に相当する地盤の沈下を計測し、交差時の予測解析を行った。

(3)については、まず 3次元掘削解析により切羽土圧をパラメータとする沈下解析を行い、切羽土圧の変化による建物およびパイプラインへの影響を評価した。その結果、切羽土圧を 0.04MPa とすることにより、構造物への影響を最小限にすることができるとの結果を得た。

さらにグラウトホールも解析により最適化を図り、これらの条件に基づき施工を行った。

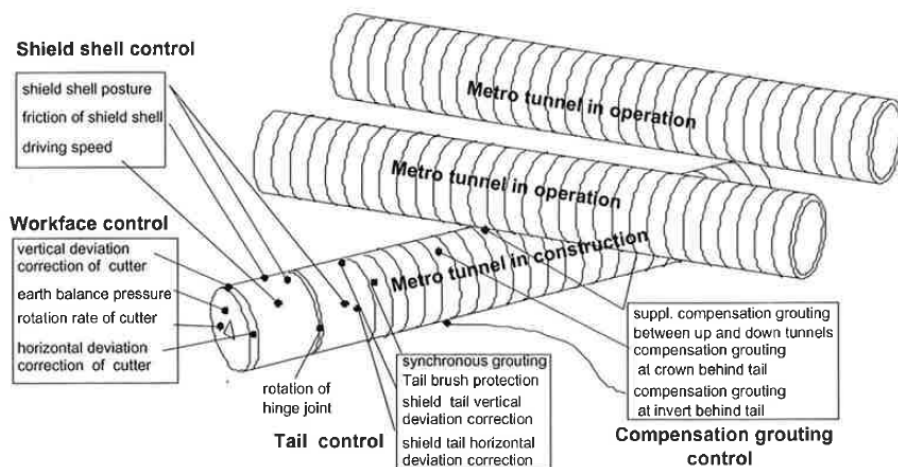


Fig. 13. Shield disturbance control strategy in close tunneling through subway (case SCTB).