

雑誌名:Tunnelling and Underground Space Technology (No.3, May 2007)

表題 : *In situ TBM penetration tests and rock mass boreability analysis in hard rock tunnels (pp.303~316)*

硬岩トンネルにおける現位置 TBM 掘進試験と岩盤削孔強度

Boreability (削孔容易度) は、TBM における岩盤掘進の際の切削能力を判断するために用いられる指標である。岩盤の削孔容易度を解析するために、TBM 摩擦試験(Shield friction test)および掘進試験を TBM 施工サイトにおいて実施した。さらに掘進試験時に採取されたズリに対してふるい分析を行い、またズリ形状を確認することにより、様々な岩種におけるカッター推進力と切削能力の関係を分析した。TBM 摩擦試験は、マシン推進力、切羽押付け力、土圧およびマシン周辺摩擦の釣り合いを測定する目的で実施された。その結果、摩擦力は平均して 50kN であると評価できた。

また掘進試験では、掘進速度が 0.5~1.0mm/rev 以上の場合は、カッター推進力と掘進速度は比例し、速度が上がるほど、ズリの粒子サイズが大きくなり、また細長い形状となる傾向があった。

雑誌名:Tunnelling and Underground Space Technology (No.3, May 2007)

表題 : *Influence of rock brittleness on TBM penetration rate in Singapore granite (pp.317~324)*

シンガポール花崗岩における岩盤の脆性特性が TBM 掘進速度に与える影響

前論文との関係論文であり、TBM 施工時における岩盤の破壊プロセスや掘進速度に影響を与える岩盤の脆性特性の評価方法について述べたものである。対象岩盤としてシンガポール花崗岩(Bukit Timah granite)を取り上げている。

脆性指標としてはブラジリアンテストによる割裂引張り強度に対する一軸圧縮強度の比を採用し、100 以上のサンプルについて脆性指標データを得た。傾向として風化度が上がるほど、脆性指標は低下する。

UDEC により解析を行った結果、脆性指標が小さくなるほど、破壊ゾーンは縮小し、周辺に発生するひび割れの長さ、数ともに減少した。したがって脆性指標が大きいほど、推進力に対してひび割れが進展することになるため、掘進が容易となる。

雑誌名:Tunnelling and Underground Space Technology (No.3, May 2007)

表題 : *Influence zones for 2D pile-soil tunnelling interaction based on model test and numerical analysis (pp.325~342)*

モデル試験と数値解析に基づく 2 次元基礎杭—地盤—トンネルの相互作用に関する影響ゾーン

都市部の密集した地域では用地の不足から既設構造物に近接したトンネル工事が多く実施されてきており、トンネル掘削に起因する近接構造物への影響が問題となっている。

本研究では、杭—地盤—トンネルの相互作用に関する室内実験を実施し、これらに写真測量技術を応用し、また数値解析を行うことにより、実験結果の検証を行った。

実験設備においてトンネルを模擬するために Fig.5(a)に示すような収縮可能なトンネルデバイスをを用い、また Fig.5(b)に示すアルミニウムロッドで地盤を表現した。Fig.8 には実験概要図を示

す。

掘削に伴う変形はモデルに埋め込んだマーカーを写真撮影することにより評価した。

結論として

- ① 杭の軸力はトンネルと杭の距離に大きく影響する。
- ② 杭の水平変位および沈下に関して実験と解析は良い一致を見た。
- ③ 掘削影響範囲は杭位置・サイズ、トンネルサイズ、地盤強度、地盤のダイラタンシー効果等の影響を受ける

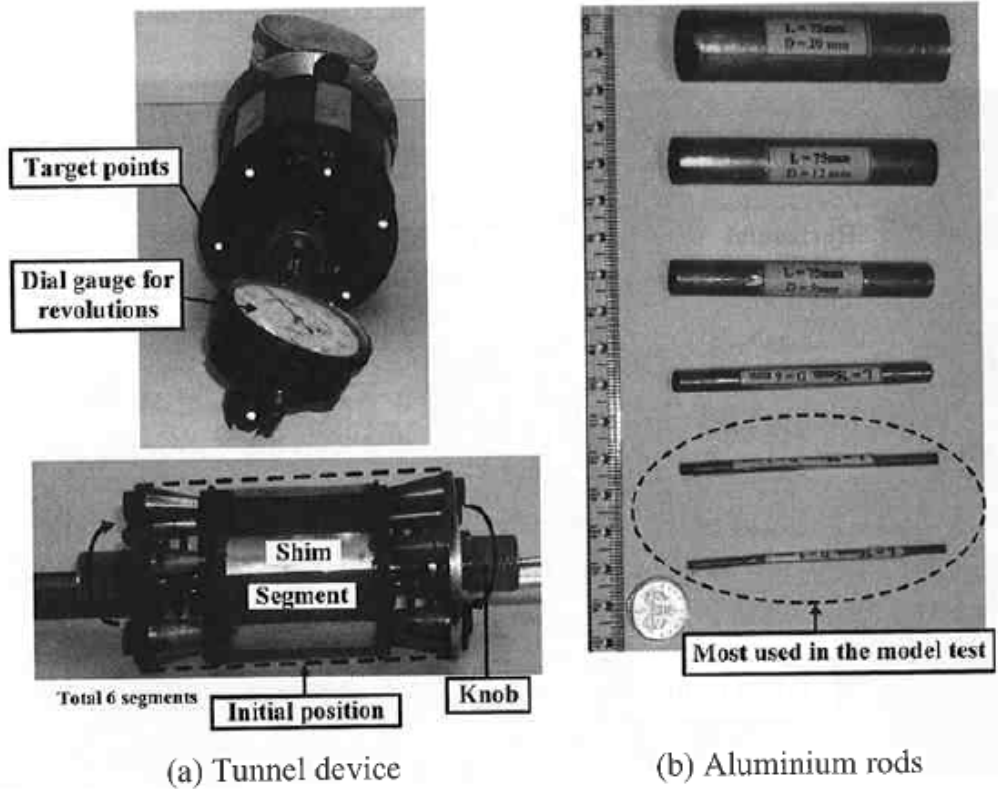


Fig. 5. 2D model tunnel device and aluminium rod materials.

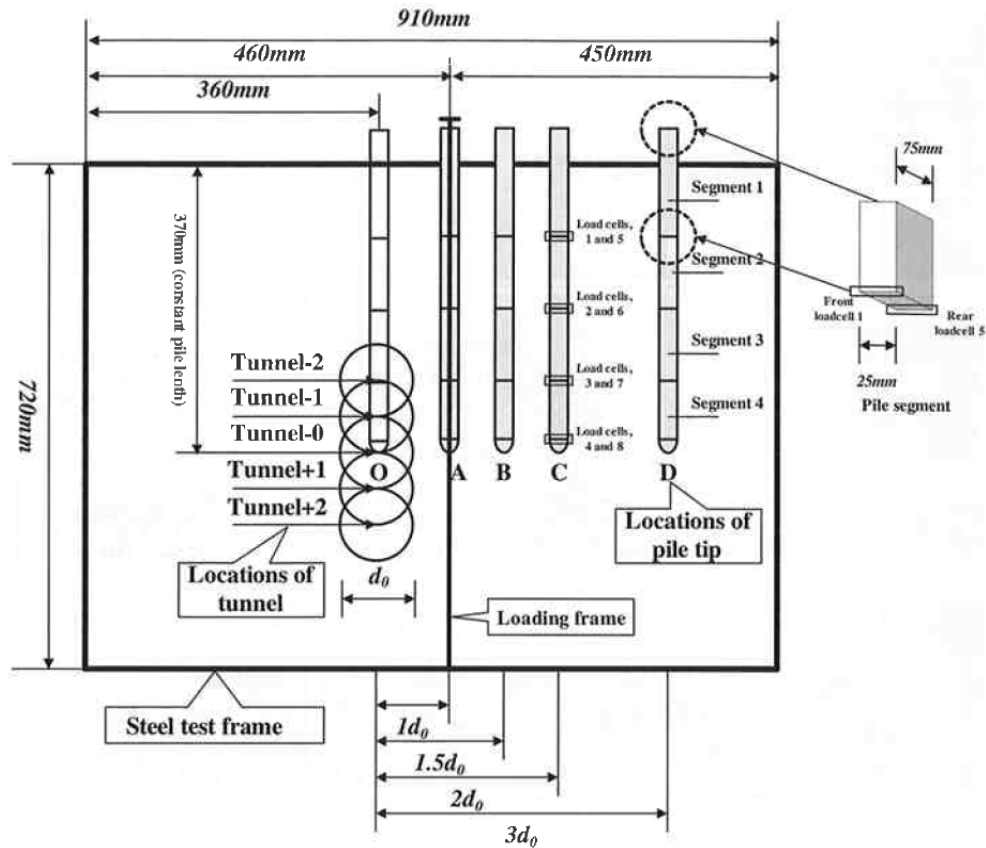


Fig. 8. Schematic diagram for the pile-soil-tunnelling interaction model test.

雑誌名: **Tunnelling and Underground Space Technology (No.3, May 2007)**

表 題 : **Critical strain and squeezing of rock mass in tunnels (pp.343~350)**

トンネルにおける岩盤の限界ひずみおよび押し出し

トンネルの押し出し現象は高応力下での低強度岩盤ではよく発生する現象である。地盤の限界ひずみパラメータは押し出し性地山を判定するための指標となり、一般的には1%程度と考えられている。

本論文では、限界ひずみは異方性があり、供試体レベルの物性と岩盤の不連続特性あるいは現位置の変形特性に依存することを示す。もし現位置における変形特性が得られない場合は、その代わりに Q 値を用いた限界ひずみの推定方法もあわせて示した。限界ひずみに対する実際のひずみの比を押し出し性指標と定義し、実際の30のトンネル現場に対して同指標を求めた結果、実現象と良い相関を示し、Table 3に示すように判定指標として有用であることが示された。

Table 3
Proposed classification for squeezing potential in tunnels

Class number	Squeezing Level	SI
1	No squeezing (NS)	$SI < 1.0$
2	Light squeezing (LS)	$1.0 < SI \leq 2.0$
3	Fair squeezing (FS)	$2.0 < SI \leq 3.0$
4	Heavy squeezing (HS)	$3.0 < SI \leq 5.0$
5	Very heavy squeezing (VHS)	$5.0 < SI$

雑誌名: **Tunnelling and Underground Space Technology (No.3, May 2007)**

表 題 : **Mechanical behavior of a twin-tunnel in multi-layered formations (pp.351~362)**

多層地盤における双設トンネルの力学的挙動

2層あるいは3層の地盤に構築される双設トンネルを模擬した室内実験および仮想応力法 (Fictitious stress method) をベースとした2次元数値解析を実施した。

室内実験装置は Fig.4 および Fig.7 に示すとおりである。

本解析手法は境界要素法の一つであり、フック&ブラウンの破壊理論に基づいてひび割れの発生を判定した結果、最小主応力に沿ってひび割れは発生し、またトンネル周辺の発生応力に関して、実験の計測結果と解析値では2~4%の誤差に収まった。

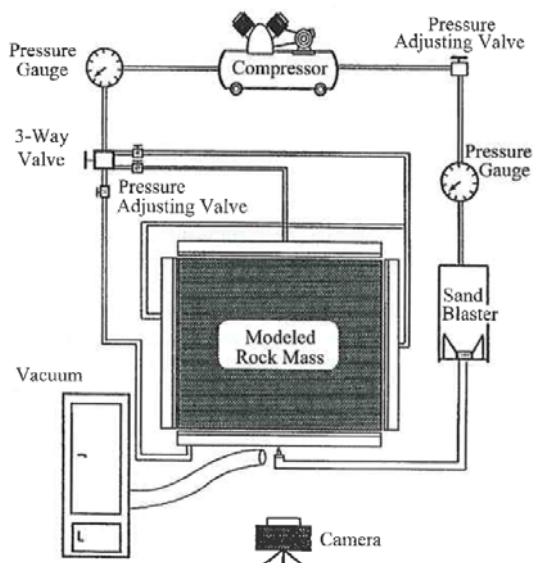


Fig. 4. The equipments and setup of the tunnel model test.

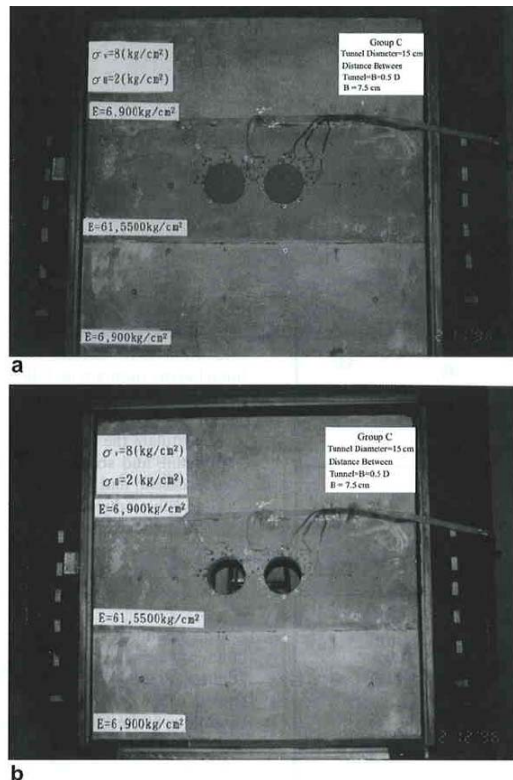


Fig. 7. Model test of twin tunnels with instrumentations before (a) and after (b) excavation.

Tunnelling and Underground Space Technology

Nos.5~6, September-November 2007

本編は非開削工法に関する特集号である。

1) Research needs for new construction using trenchless technologies (pp.491~502)

非開削工法による管敷設技術に関する開発ニーズ

本論文では、推進工法や HDD 工法など、非開削による管敷設技術に関する技術開発ニーズ調査を行っている。以下にニーズの多かった項目を列挙する。

一般的な問題

- ①開削工法と非開削工法のライフサイクルコスト評価手法
- ②連結部の取り扱い
- ③長期的な環境問題（土壌汚染、ズリ処理等）
- ④地中埋設施設の位置図
- ⑤共同溝

地盤と機械の相互作用

- ①マシン誘導システム
- ②地盤調査結果の 3D マッピング技術
- ③地盤パラメータの同定および計測
- ④掘削泥水の再利用
- ⑤掘削に伴う地盤変状の評価技術の向上
- ⑥前方探査技術

管体、ジョイント等

- ①地盤との摩擦による管体の損傷
- ②経済的なひずみ、応力、ひび割れリモートセンサーの開発

2) Research needs for on-line pipeline replacement techniques (pp.503~514)

非開削工法による管取替技術に関する開発ニーズ

本論文では、パイプバースト工法やパイプスプリッタ工法に代表される、非開削での管取替工法に関する技術開発のニーズ調査を行っている。以下にニーズの多かった項目を列挙する。

一般的な問題

- ①工法選定までのプロセスのデータベース化
- ②開削工法に対してより優位な工法の開発
- ③近接構造物への影響軽減方法の開発

パイプバースト(burst)あるいはパイプスプリッタ(splitting)工法に関して

- ①振動時の周辺地盤・構造物への影響評価
- ②既設管破壊時における地盤変状に関する現位置データの収集
- ③より幅広い地盤種別への対応方法

パイプイーティング(eating)あるいはパイプリーミング(reaming)工法に関して

- ①施工データベースの構築

パイプイジェクション(ejection)あるいはパイプイクストラクション(extraction)工法に関して

- ①既存のパイプを引き抜くより合理的な方法

3) Research requirements in support of the renovation of pressure and non-pressure pipes (pp.515~523)

圧力管あるいは非圧力管の更正技術に関する開発ニーズ

本論文では、圧力管と非圧力管に分けて今後の開発ニーズを総括している。

圧力管

- ①鋳鉄管およびダクタイル管の腐食速度および性能低下に関する情報
- ②取替前の既設管の遠隔診断システムおよび取替後の新設管の遠隔評価システム
- ③周辺地盤変位の季節変動およびそれに起因して管に作用する荷重の評価
- ④管の横断面破壊に対するせん断強度
- ⑤新素材の耐久性評価

非圧力管

- ①粘性土地盤における管劣化をシミュレートするための遠心分離モデル
- ②季節変動する水位の影響
- ③3次元的地盤変動の影響をやわらげるライニングの利用

4) Underground asset location and condition assessment technologies (pp.524~542)

地下施設の位置特定と状態評価技術

都市の地下部には都市生活を支える管やケーブルなど種々のネットワークが張りめぐらされている。さらに旧埋設施設の劣化や新施設の必要性から、既設埋設施設の位置特定やその健全性診断が重要となってきた。

本論文では主に地下施設の位置特定技術についてその適用性および限界に重点を置いて説明するとともに、その状態評価技術についても言及している。さらに今後の開発ニーズについても言及している。以下が取り上げられた主な技術である。

位置特定技術

- ①磁気探査
- ②電磁波探査
- ③地中レーダー
- ④赤外線サーモグラフィ
- ⑤音波探査

状態評価技術

- ①CCTV カメラ
- ②管路診断カメラ(SSET)
- ③音波・レーザー探査
- ④管体診断技術

(Pirat, Fig.6)

- ⑤電磁波探査
- ⑥超音波探査
- ⑦漏洩検知システム

(Fig.9)

- ⑧地中レーダー&赤外線サーモグラフィ

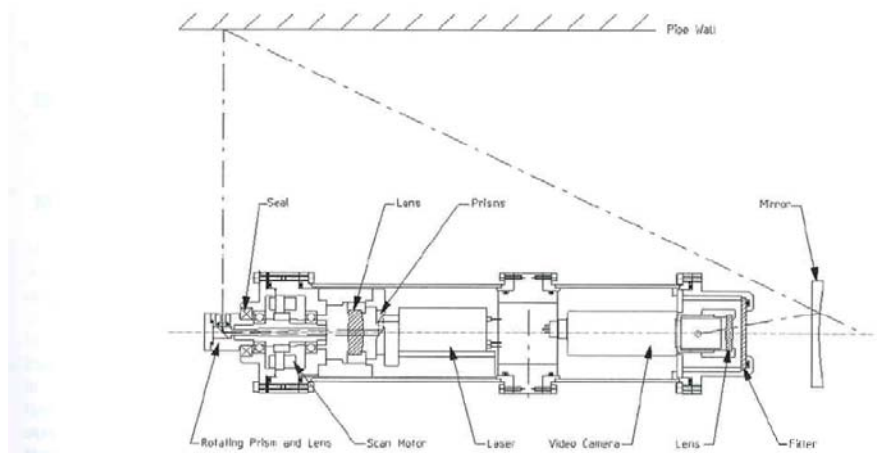


Fig. 6. Laser (left) and sonar (right) maps (from Kirkham et al., 2000). Reproduced with permission from Kirkham et al. (2000), by permission of SAGE Publications Ltd.

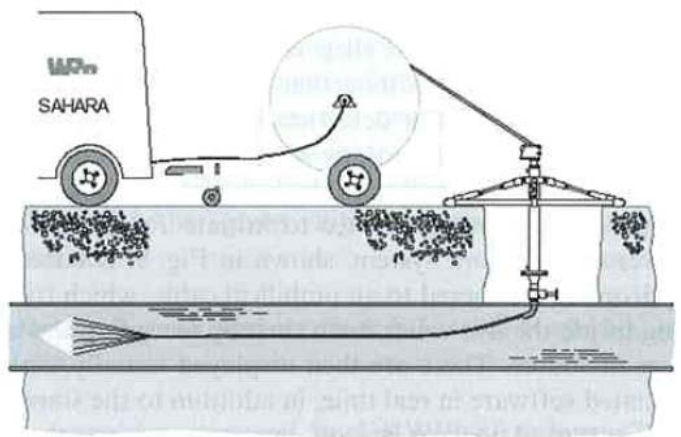


Fig. 9. Schematic of the operation of the Sahara system (from Clarke, 2000). Reproduced with permission of Mining Communications Ltd.

5) Probabilistic based integrated pipeline management system (pp.543~552)

確率論的パイプライン管理システム

パイプラインの構造的および機能的な劣化の予測手法はパイプラインの管理プロセスにおいて重要な役割を有する。

本論文で提案されるパイプライン管理システムは確率論をベースとしており、主に事業者内技術者がパイプラインの新設あるいは維持管理を行う際に、適切な計画策定を支援することを目的とするものである。本システムはまだ構想段階であるが、以下の3つのコンポーネントから成り立っている。

- ①パイプラインの状況判定システム
- ②劣化予測のためのマルコビアン (Markovian) 予測モデル
- ③対投資効果を考慮した投資優先順位決定プログラム

システムの概要を Fig.1 に示す。

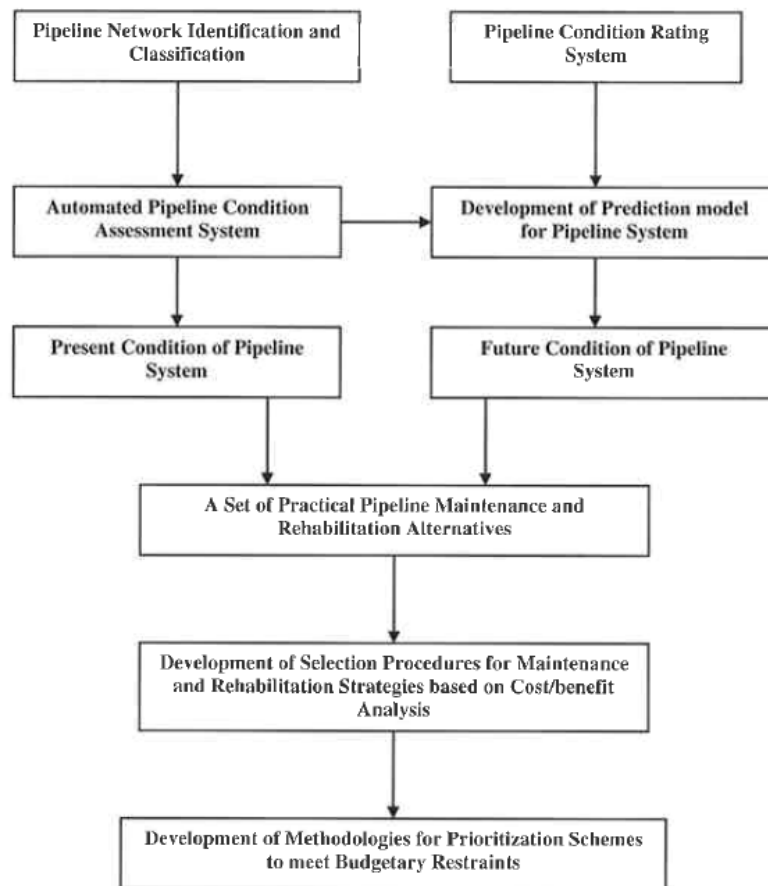


Fig. 1. Framework for the integrated pipeline management system.

6) Simulation modeling techniques for underground infrastructure construction processes (pp.553~567)

地下施設構築のための数値解析シミュレーション技術

数値解析シミュレーションは、実現象の解析に用いられ、それに基づいて意思決定などが行われる。特にトンネル工法あるいは非開削工法による施工過程を再現するには最適な手法である。

本論文で提案されるシステムは、地下施設に関する施工過程を解析するための以下の6つのツールから成る。

- Tool no.1 トンネル進捗、工期・工費を決めるツール（トンネル延長、立坑深さ、ズリ台車容量、地盤物性等を考慮）
- Tool no.2 トンネル線形に沿った地盤の地層構成を決めるツール（トンネル線形沿いのボーリングデータを考慮）
- Tool no.3 地下に敷設された管体の健全度判定および劣化診断を行うツール
- Tool no.4 パイプラインの最適ルートを選定するツール
- Tool no.5 HDD 工法(Horizontal directional drilling)をモデル化するツール
- Tool no.6 非開削パイプ置換え工法をモデル化するツール

7) Mapping the Underground – State-of-the-art review (pp.568~586)

4)の論文とラップする部分が多く省略