

【海外文献速報】

TUNNELS ET ESPACE SOUTERRAIN, AFTES, No. 222 - November/December 2010

トンネルと地下空間、フランス・トンネル地下空間協会、No. 222 - 2010年11月/12月号

- ① パリ地下鉄4号線延伸工事—複雑でデリケートな作業での様々な技術—, pp. 458~466
- 「プレライニング工法」が適用された小土被り都市 NATM の工事記録。
 - 延長 900m のトンネル直上 4.5m にパリ環状道路とマンションが隣立し、断面形状が順次変化するため種々のトンネルタイプを要した。
 - トンネル一般部（延長 440m）では「Perforex 社製のプレライニングマシン」を使用（写真-11）。カッタは長さ 4m、幅 22 cm の直線形状（写真-12）。カッタ動力は 120kW。切羽安定性の確保からシェルを 8 分割で全断面に施工し、10 分以内で 1 パネル分をコンクリート吹付けして仕上げる。シェルのラップ長は地山に応じて 0.67m~2m に変化（写真-13）。マシンは独立した前後の架台 2 基から成り、前側のスリット切削と後側のコンクリート吹付けが同時並行に作業。同区間には長尺鏡ボルト（長さ 15m、GFRP 製、ラップ長 5m）が施工。確実なプレライニングに必要な地山の粘着力が不足した Marl（泥灰土）に遭遇した際には地表面が沈下した。この対策として、切羽前方 6m 範囲の天端アーチ部にセメントグラウチング（400kg/m³）を実施。当初計画した 10m/週のトンネル進行が達成できたのは堅硬な石灰岩が分布した工事終了間際だった。
 - 上記以外の区間ではベンチカット工法により 21ton 級ブレーカと 60kW 級切削機で掘削。トンネル幅 14m 区間では長尺先受け（管径 177.8 mm、管厚 10 mm、管長 15m@50 cm）が適用。



Photo 11. The Perforex one cutting machine.

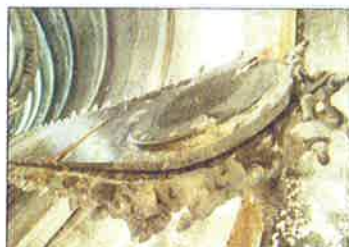


Photo 12. The one cutting blade.



Photo 13. Excavation bench in progress.

写真-11 Perforex 社製プレライニングマシン

写真-12 カッタ・プレート

写真-13 プレライニング下のブレイク掘削

② マジノ～レンヌ貯水用小口径トンネル—推進マシンによる長距離曲線掘進—、pp.477～484

- 容量 3,300m³ の汚水貯蔵用の内径 1.8m、延長 1,340m の推進トンネル工事記録。
- 技術的課題は、2本（565m と 775m）の長距離曲線部の推進技術として、ヘレンクニヒト社製の推進機（AVN 1600TC）を採用し、地山性状に適したスラスト機構とズリ処理計画を立案し実施。マシンに後続するテレスコ型スラスト基地には推力 125t のジャッキ4本を、中間基地には推力 77t のジャッキ 14 本を各々装備。この中間基地を 150m 間隔で計 7 基設置して推進。掘進速度は切羽延伸に従い 1.1m/h→0.6m/h に低減。
- 平均土被りは 7m。地質は風化片岩と砂岩。平均地下水位は 3m。
- φ 1.8m 級のガラス強化熱硬化性プラスチック（GRP）管を用いた 500m 超級の長距離推進はフランス国内記録。[日本での最大推進延長は、φ 1m（RC 管）×L1.45 km弱（中押併用）とのこと]
- 他の記事は、GRP 管の仕様、滑剤注入、ズリ処理方法（凝集・遠心分離機）、面板の修理、など。

Lowering the AVN 1600 TC microtunneling machine



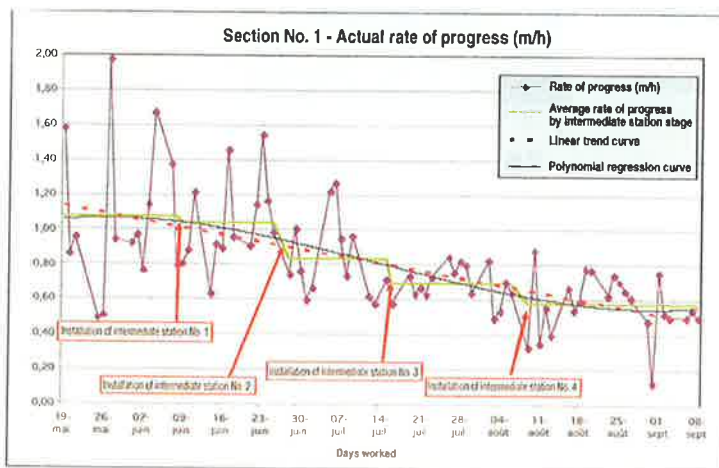
Telescopic thrust station



写真 ヘレンクニヒト社製推進機 (AVN 1600TC)

写真 テレスコ型スラスト基地

写真 中間基地 (鋼管)



Actual rate of progress in section No. 1

図 第1セクションでの掘進速度

③ 将来のトンネルプロジェクトの動向とTBM 設計への影響、pp.490～494

- TBM の歴史的背景と題して、幾つかの代表的な TBM トンネルを紹介。水底トンネル（英仏海峡、東京湾アクアライン、ボスポラス海峡など5件）、陸上トンネル（3件）、山岳トンネル。水底トンネルと陸上トンネルの施工難易度と施工年の関係（図1）より、時代とともに難易度が增大している。
- 以下の TBM 設計要件の動向に言及。トンネル径はシングルチューブで十分な 14～17m が TBM の標準。トンネル深さは水圧 20bars（水深 200m）が扱われるほど年々増大している。これはスラスト力・トルクの増大に繋がるし、直径の増大はスラスト力・トルクに直結する。結局は、所要剛性を得られる構造やカッターヘッドにかかる強大な推力・トルクに耐える駆動部など、主要 TBM 部品の再考が必要。マシン重量増によりステアリングが問題化する可能性がある。新しいシーリング材の開発も必要。地質地形では、マルチモード TBM（オープン→泥水、土圧→泥水→土圧など）、地質予測システム、単一方式での地山改良技術の開発が必要。

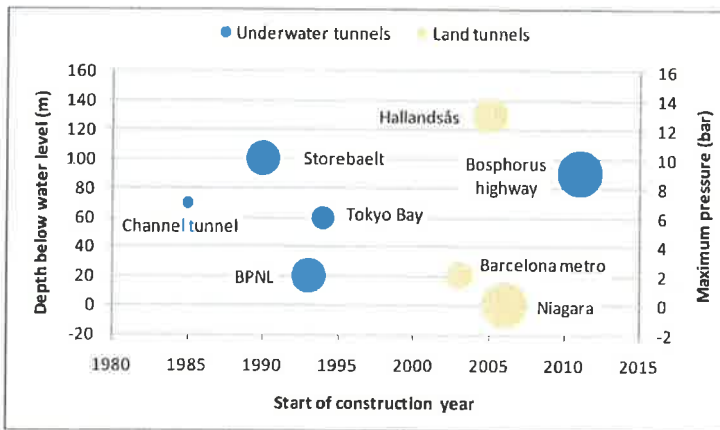


Figure 1 Overview of "difficult" tunnels history

図1 水底トンネルと陸上トンネルの施工難易度と施工年の関係

④ フランスの地下構造物に使用するジオシンセティクス・クレイライナーGCLs の仕様変更、pp.502～506

- GCLs の経緯（北米で 1939 年にベントナイト系のシーリング材が適用以来、2007 年の欧州基準書の見直しまで）に言及。
- 新基準のベースとなる室内試験として、3つの部位（浮き基礎面、側壁面、スラブ面）で3段階（圧力 20kPa 下、非拘束下の水和前、圧力 20kPa 下の湿潤前）で4タイプの GCLs を対象に実施。
- 2010 年以降の公共工事でフランスの地下構造物に使用可能な GCLs は、新基準で定めた要件（物理・水理・力学特性、設置条件、耐久性、耐火性など）を満足する2種類（針埋込型か縫合型によるベントナイト系のジオテキスタイルとジオフィルム）と定められた。
- 最後に、開削工事の止水工での両種 GCLs の使用例を3部位別に紹介。

⑤ 道路トンネルの安全におけるヒューマンファクターの考察、pp.513～518

- トンネル設計研究センターが 2004 年から 2009 年に行った道路トンネルの安全におけるヒューマンファクターの研究成果に言及。
- これにより、構造物設計、運転組織、訓練、利用者情報での非常に具体的な行動が提案された。

- 本考察の目的は、利用者、運転者（その仲介役と救助隊）、トンネル（土木構造物と機械設備の設計、詳細な運転方法の定義）に対する措置を講ずるために人間の行動を理解すること。正確には、安全に関与する様々なプレイヤー（利用者、運転者、救助隊）のための構造物設計、コミュニケーション、訓練を最適化するために、彼等の行動とその行動を規定する要因に関する知識を向上すること。
- 「経験のフィードバック」の観点から、インターネット上のデータベースにトンネル重大事故の発端と経過に関する情報を収集し、分析が行われた。この「経験のフィードバック」をツールとして展開するため、トンネルを観念的に表現することに関する全関係者へのインタビューと分析も行われた。トンネルの認知度が人により異なると重大事に予期しない行動が取られるからである。
- 最後に、利用者、運転者、基盤設備に対して主な成果と教訓に言及。

以上