

Tunnelling and Underground Space Technology
Nos.4, July 2010

- 1) A review of the Namntall Tunnel project with regard to grouting performance (pp.346~356)

グラウチング性能に着目した Namntall トンネルプロジェクトの概要

Authors: B. Stille, G. Gustafson

延長 6km の Namntall トンネルは北スウェーデン Botniabanan 鉄道の一部であり、2004 年から 2007 年にかけて NATM 工法で施工された。

本トンネルは、グレイワッケを主体とし、一部花崗岩が貫入岩体としてあらわれる地質となっているが、契約において環境上の理由から施工時の湧水を 20 l/min・100m、供用時 12l/min・100m に抑えることとなっており、そのため坑内からのグラウト工が工事に含まれている(Fig.2)。

まず発破掘削時（掘削長 4~5m）に岩種、亀裂状況（方向、間隔）、ブロックサイズ、亀裂内充填物を観察しマッピングを行った。さらにジャンボによるドリリングホールを使って水圧試験を行い、地盤内の透水性について分類した（0.5 ルジオン以下、0.5~2.0 ルジオン、2.0 ルジオン超）。これらのデータに基づいて、グラウト計画が立てられた。

実際のグラウト量は、地盤の亀裂状態や水圧試験結果と強い相関があることが明らかとなり、施工中の湧水量は Fig.13 のとおりとなり亀裂の多い南区間で大きい結果となった。

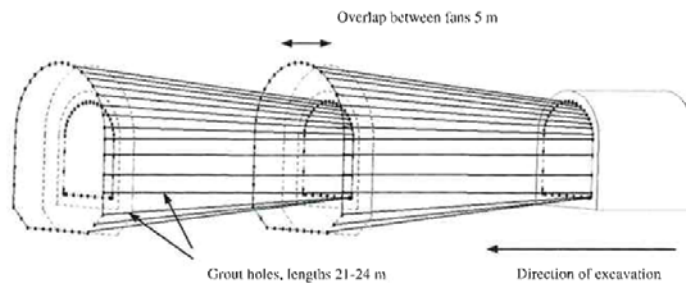


Fig. 2. Schematic illustration of two grout fans. Grouting class A had 10 holes whereas the B and C classes had 20 holes arranged around the tunnel periphery. (Adapted from Butrón 2009).

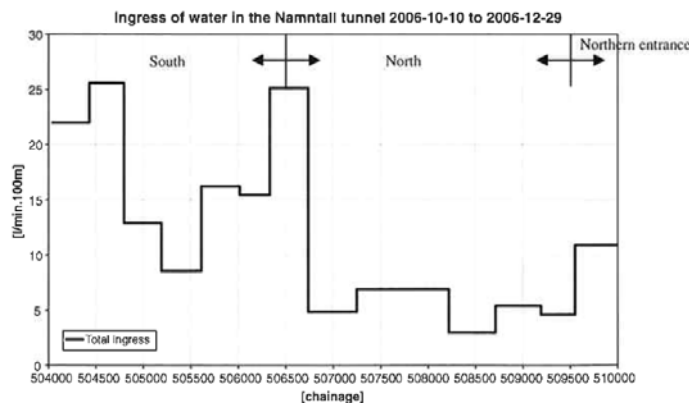


Fig. 13. Total ingress of water in the Namntall Tunnel, including track and service tunnels. The measurement took place on October 10, 2006 and December 29, 2006.

2) Analysis of the ventilation systems in the Dartford tunnels using a multi-scale modelling approach (pp.423~432)

マルチスケール解析手法を用いた Dartford トンネルにおける換気システムの解析

Author: F. Colella, G. Rein, R. Carvel, P. Reszka, J.L. Torero

Dartford トンネルは、ロンドンの東約 15 マイルに位置する延長約 1.5km の 2 本の道路トンネルであり、換気システムとして半横流換気システムが採用されている。換気のコントロールシステムのアップグレードを行うにあたって、非常時に換気システムがどの程度まで使用不能となっても全体として影響がないか検証するために膨大なパラメータ解析が必要となった。

しかしながら従来の CFD(Computational Fluid Dynamics)では膨大な計算時間を要するため、今回のパラメータスタディに適用するのは現実的ではない。そこで計算量を大幅に省力化できるマルチスケールモデル解析手法を採用した。

気体の流れは、ジェットファン付近では複雑な 3 次元挙動となるが、ファンから離れるに従い挙動はトンネル軸方向の 1 次元挙動として考えることができる。したがってファン付近で詳細な 3 次元解析を行い、この結果を縦断方向の 1 次元解析に取り入れることにより、計算量の大幅な低減を図ることができる。

本手法を用いて 4 通りのシナリオについて解析を行った結果、どの結果についても必要換気速度を下回ることはないという結果が得られた。

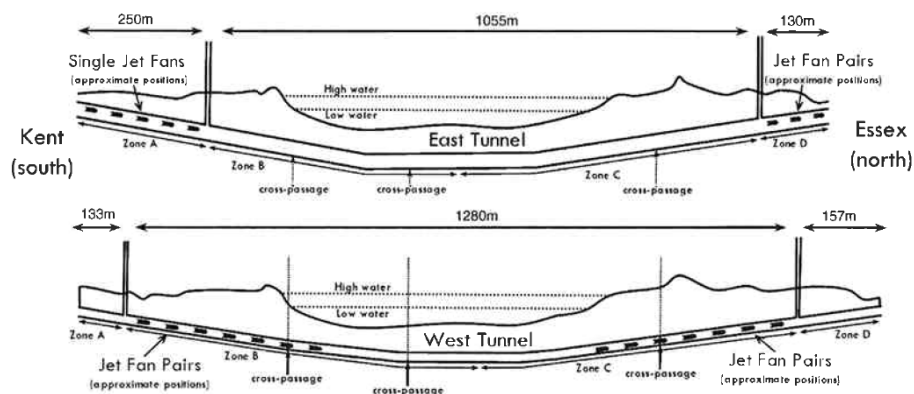


Fig. 1. Diagram of the East and West tunnels showing the relative positions of the jet fans and extract shafts. (Drawn approximately to scale but with vertical distances five times larger.)

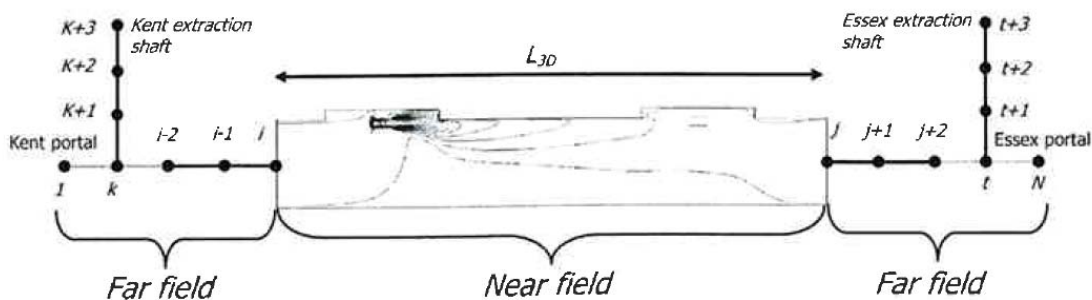


Fig. 2. Schematic of multi-scale coupling between mono-dimensional and CFD models.

3) Thrust force requirements for TBMs in squeezing ground (pp.433~455)

押し出し性地山におけるトンネルボーリングマシンの必要推進力

Authors: M. Ramoni, G. Anagnostou

押し出し性地山における TBM 掘進では、しばしば地山の押し出し圧のために推進力が地山とマシンの摩擦力に負けジャミングを起こすことがある。

本研究では、押し出し性地山におけるこのようなトラブルを回避するため 3次元軸対称 FEM によるパラメータ解析を行うことによって、必要推進力を推定するためのノモグラムを提案する。

パラメータは、地山物性値(E、 ϕ)、初期地圧、マシン外径・長さやオーバーカットサイズ、マシンと地山の摩擦係数などである。グリッパーTBMにおけるノモグラムを Fig.8 に示す。

このノモグラムを既に施工の終わった7つの現場に適用し、推進力の実績と照らし合わせたところ、提案手法の有用性を示すことができた。

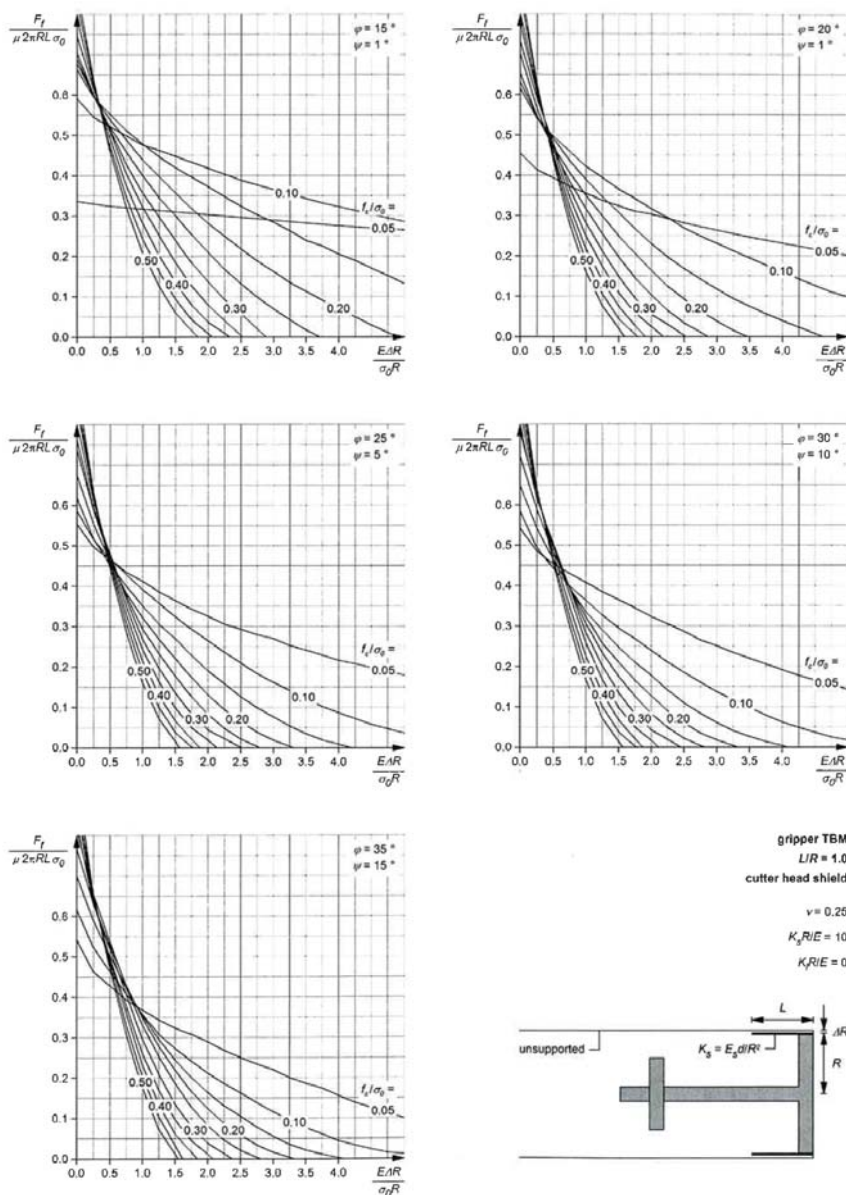


Fig. 8. Nomograms for gripper TBM (normalized shield length $L/R = 1.0$).

4) Analysis of methane emissions in a tunnel excavated through Carboniferous strata based on underground coal mining experience (pp.456~468)

地下炭鉱掘削実績に基づいた石炭層掘削時のメタン排出解析

Authors: R. Rodriguez, C. Lombardia

本研究ではトンネル掘削におけるメタン排出状況が炭鉱掘削の状況と類似しているという事実に基づいて炭鉱実績を利用して石炭層掘削時のメタン排出量(掘削土量 1ton 当たりのメタン排出量および 1 日当たりの土量に対するメタン排出量)の予測手法を提案することを目的としている。

炭鉱における実績からそれぞれの排出量は Fig.3, Fig.4 に示すとおりであり、またこれを式に示すと次の通りとなる。

掘削土量 1ton 当たりのメタン排出量 S (m³/ton)

$$S(P)_{up} = 12 + 100 \times (0.998)^P$$

$$S(P)_{low} = 8 + 80 \times (0.996)^P$$

1 日当たりの掘削土量に対するメタン排出量 q(m³/day)

$$q(P)_{up} = P \times (11 + 89 \times (0.998)^P)$$

$$q(P)_{low} = P \times (9 + 90 \times (0.996)^P)$$

またこれはスペインの鉄道トンネルである Variante de Pajares トンネルでも同様の傾向となっており、炭鉱の実績が土木トンネルにも適用可能なことを示している。

これらの予測値からガスを希釈するために必要な送気量を求めることができ、換気計画に適用することができる。

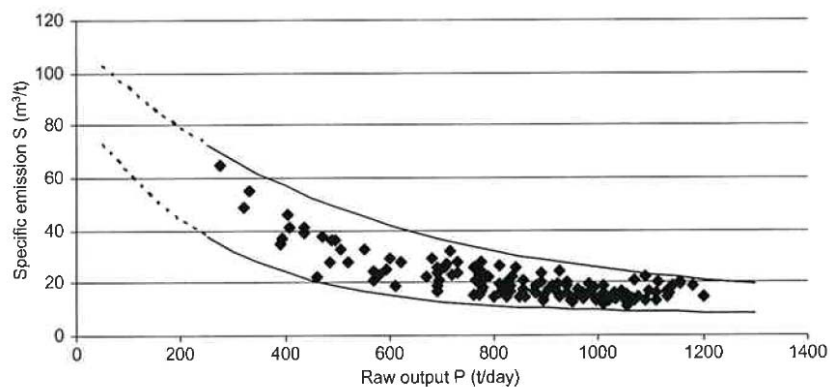


Fig. 3. Specific emission S versus coal raw output P.

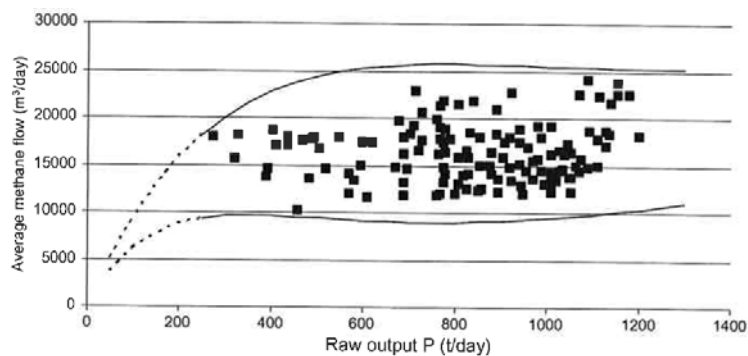


Fig. 4. Average methane flow q versus daily raw production P.