

The effect of erosion voids on existing tunnel linings

トンネル覆工に存在する侵食空洞の影響

Tunnelling and Underground Space Technology 24 (2009) 278-286

トンネル周辺の侵食空洞は、岩盤亀裂からの水の浸透、カルスト地形における石灰岩の溶解、トンネル施工に起因する外荷重等が原因となり、徐々に大きくなる可能性がある。本文では、トンネル覆工に円周方向の応力が発生している状態において、トンネル背面の空洞が覆工コンクリートの応力状態に及ぼす影響を評価する。具体的にはFEM解析を用いて、空洞の位置や大きさをパラメータとしてケーススタディを実施した。

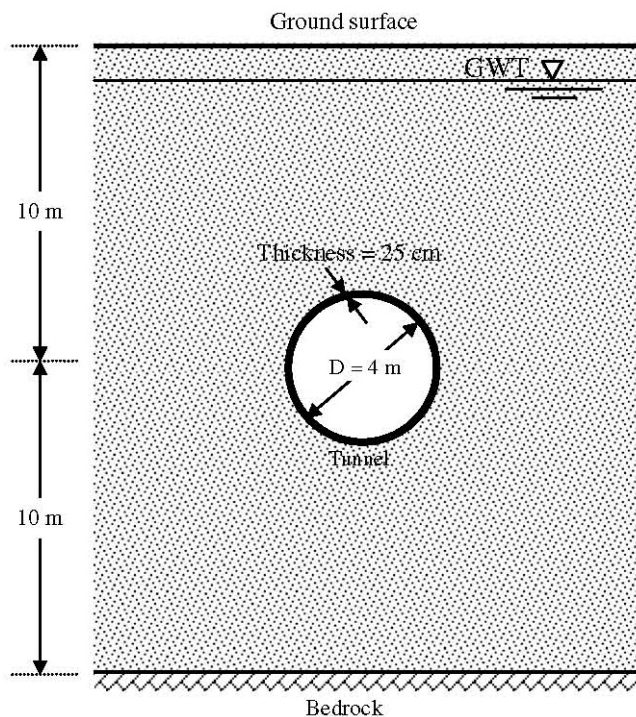


Fig. 3. Problem geometry used in the numerical analysis.

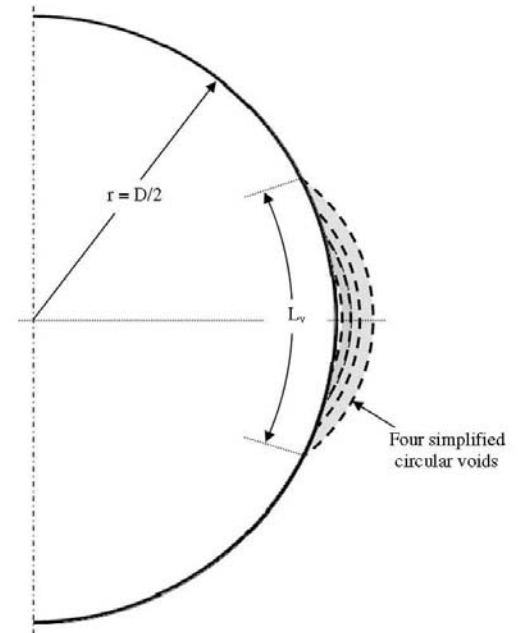


Fig. 5. Schematic of the simplified geometry of erosion voids located at the springline.

検討結果を以下にまとめる。

1. 既存トンネル覆工の挙動は、トンネル周辺に侵食空洞に影響を受ける。
2. 曲げモーメントと軸力の増加は、空隙の大きさと静止土圧係数による影響が大きい。空隙が大きく、静止土圧係数が大きいと、スプリングラインにおける曲げモーメントと軸力が増加する。また、インバートでは曲げモーメントの正負が逆転し、引張応力が覆工の引張強度を上回る可能性が高くなる。

Characteristics of traffic accidents in Chinese freeway tunnels

中国の高速道路における交通事故の特徴

Tunnelling and Underground Space Technology 24 (2009) 350-355

高速道路で発生する事故の発生確率及び事故により負傷する確率は、道路屋外部よりもトンネル内の方が低い。しかしトンネル内で事故が発生した場合、その影響は非常に大きい。本文では、2003年、04年における4つ高速道路トンネルにおける事故について分析した。具体的には、時間分布と空間分布という観点から分析した。

【時間分布】

Table 1
Data on selected tunnels

Tunnel	Direction	Lane number	Length (m)
Baolinshan	Left	3	975
	Right	3	1014
Dabaoshan	Left	3	1585
	Right	3	1565
Kaoyishan	Left	3	2981
	Right	3	2949
Wulongling	Left	3	200
	Right	3	200

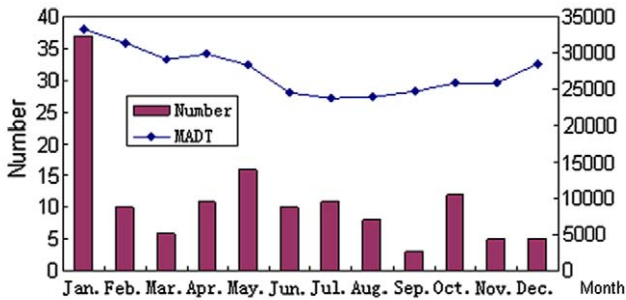


Fig. 3. Monthly distribution of traffic accidents in tunnels.

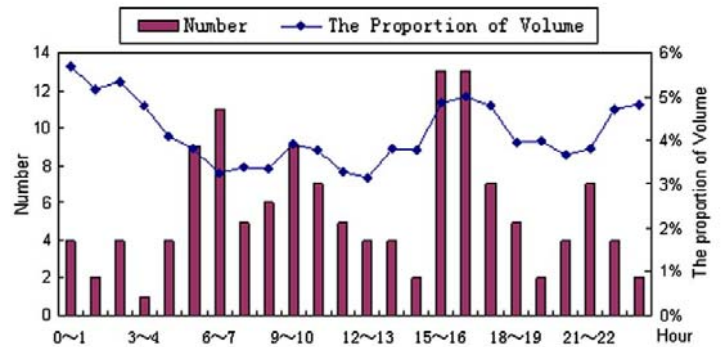


Fig. 4. Hourly distribution of traffic accidents in tunnels.

【空間分布】

- Zone1: トンネル入り口手前 100m
- Zone2: トンネル入り口から 100m
- Zone3: トンネル入り口から 100~400m
- Zone4: トンネル中心区間

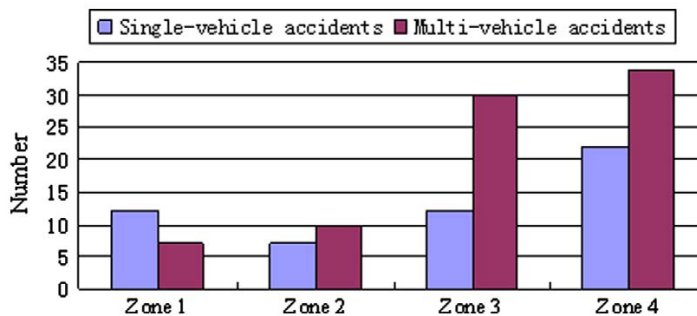
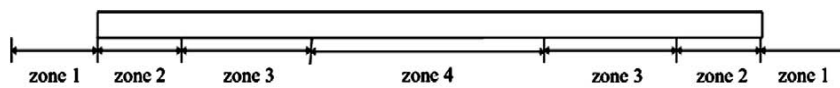


Fig. 5. Accident involved the number of vehicles in the various tunnel zones.

Case studies of groundwater flow into tunnels and an innovative water-gathering system for water drainage

トンネル湧水と新しい排水工の事例

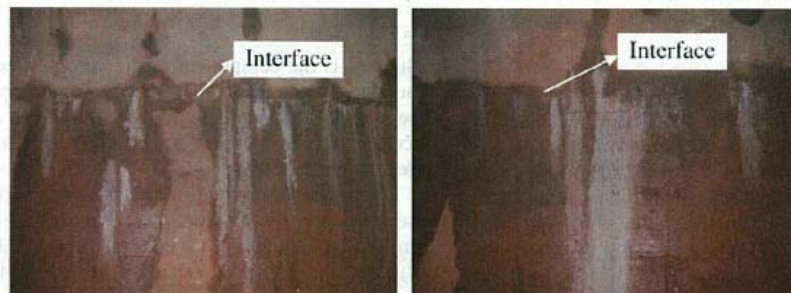
Tunnelling and Underground Space Technology 24 (2009) 260–268

中国南西部に建設されている ChangJi 高速道路 (from Changde to Jishou) で建設されたトンネルにおいて、施工中の湧水・漏水低減対策として新しい排水工が適用され、その効果が確認された。

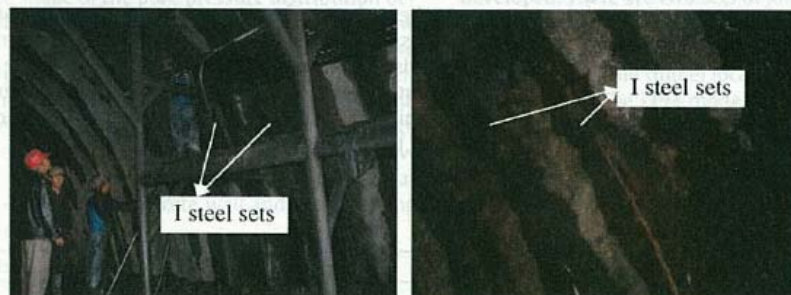
①ChangJi 高速道路の概要と施工中の湧水状況

ChngJi 高速道路は全長 224km でその内のトンネル区間は 40km 以上である。トンネルは 2 種類の形式で、延長が長いトンネル (1,000m 以上) は twin-tube tunnel (双設トンネル)、延長が短いトンネル (500m 以下) は double-arch tunnel (めがねトンネル) で施工されている。施工されたトンネルにおいて確認された湧水のタイプは以下の 4 タイプであった。

- 1) 突発湧水 (切羽・天端崩落)
- 2) めがねトンネルでのアーチ肩 (ピラーとの境界) からの漏水 (写真)
- 3) 鋼製支保工に沿う漏水 (写真)
- 4) 路盤からの湧水



a. Water leakage at the contact interface between the middle wall and overlying rock in a double-arch tunnel



b. Water leakage occurred at the "I" steel sets in a twin-tube tunnel

Fig. 3. Water leakage phenomena in tunnels by site investigation: (a) water leakage at the contact interface between the middle wall and overlying rock in a double-arch tunnel; and (b) water leakage occurred at the "I" steel sets in a twin-tube tunnel.

②浸透流解析

めがねトンネル・双設トンネルの両トンネルについて FLAC-3D を用いて浸透流解析を実施した。その結果、めがねトンネルではトンネルアーチ肩部 (ピラーとの境界) および路盤で流速ベクトルが大きくなっており、潜在的な漏水箇所である事を示している。また、双設トンネルでは、間隙水圧について両トンネルは互いに影響を及ぼしていないことがわかった。

③新しい排水工

新しい排水工は、掘削後の地山の湧水箇所に通を設置するものである。通は鋼線により補強されたプラスチック製で、通の設置は急結材とセメントをプレミックスした材料を通の設置面に仕込んでおき、湧水により地山に接着されるという仕組みである。これにより実施工において効果的に坑内湧水を集水・排水することができた。

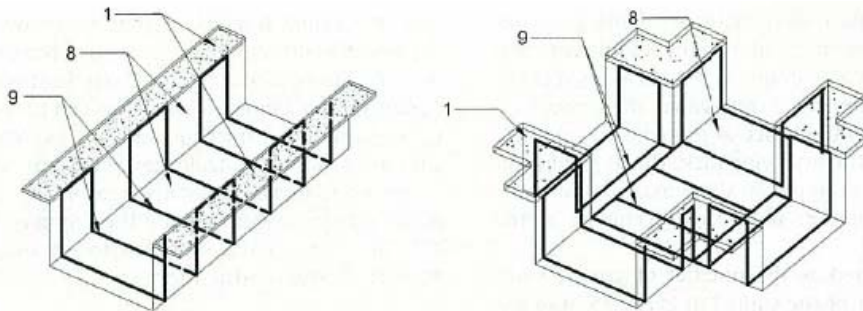


Fig. 10. Schematic illustrations of the water-gathering trench and the four-way adapter: (1) self-gluing wings of the trench; (8) 1-mm-thick plastic membrane; and (9) 3-mm steel wires.

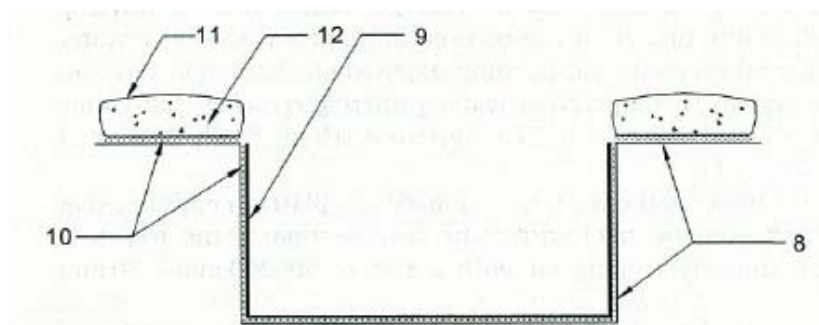


Fig. 11. Cross-section view of the new water-gathering system: (8) 1-mm-thick plastic membrane; (9) 3-mm steel wires; (10) epoxy resin; (11) fiber paper; and (12) gluing agent.



Fig. 12. The new water-gathering system installed in site.

Swelling rock behaviour in a tunnel: NATM-support vs. Q-support - A comparison

トンネルにおける膨張性地山の挙動; NATMとQシステムの比較

Tunnelling and Underground Space Technology 24 (2009) 356-362

過去に NATM よって施工されたトンネルについて、Q システムを適用した場合の支保と、NATM を適用した支保（実施支保）とを比較した。なお、NATM を適用した支保は、事前にオーストリアの指針に基づいた支保パターンを決定し、実施工の地質状況に応じて若干修正を加えたものである。比較表を以下に示す。

セクション	支保工の種類	NATM を適用した支保工 (実施支保)	Q システムを適用した場合	
			支保工	岩盤等級
(A) 0~70m 石灰岩	吹付けコン 補強吹付け 鋼アーチ ロックボルト	— — — スエレックスを局所的に施工	支保工不要 — — —	A きわめて良好
(B) 70~190m 542~570m 石灰岩	吹付けコン 補強吹付け 鋼アーチ ロックボルト	5cm、局所的に施工 — — スエレックスを局所的に施工	支保工不要 — — —	C 普通
(C) 190~292m 石灰岩	吹付けコン 補強吹付け 鋼アーチ ロックボルト	5~10cm、上部 局部 — スエレックスを局所的に施工	4~5cm — — システムボルト1.4m間隔	D 不良
(D) 370~390m 膨張性地山 区間	吹付けコン 補強吹付け 鋼アーチ ロックボルト	— 側壁; 10cm、上部; 最大15cm 1.3m間隔 —	5~9cm — システムボルト2.4m間隔	E きわめて不良
(D) 292~542m 泥灰岩及び 頁岩	吹付けコン 補強吹付け 鋼アーチ ロックボルト	— 側壁; 10cm、上部; 最大15cm 1.3m間隔 SN ボルトを局所的に施工	5~9cm — システムボルト2.4m間隔	E きわめて不良

良好な地山においては NATM 支保と Q システム支保に大きな違いはないが、膨張性地山では大きな違いとなる。筆者の意見としては、NATM のほうがより広範囲な地質に適用ができると考える。