

Analysis of loading effects on reinforced shotcrete ribs caused by weakness zone containing swelling clay

膨張性の粘土を含む弱層部 鉄筋補強された吹付けコンクリートの荷重効果解析

1. はじめに

硬岩中に膨張性の粘土を含む弱層が出現するとトンネル掘削は困難を極める。このような地質に対処するための必要な支保構造はこれまで経験的に決められてきたが、本文ではノルウェーの海底トンネルを対象として現地の計測結果と数値解析結果との比較を行い、経験的に設定される支保構造の妥当性を考察した。

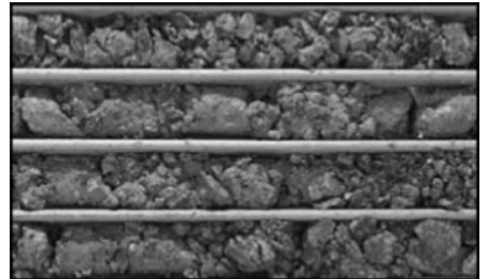


図1 弱層区間のコアサンプル

2. 対象トンネルの特徴

対象トンネルは土被り 80m、海水面より 140m 下方に位置しており、弱層区間は 10m 程度である。弱層部のコアサンプルを図-1 に示すが、Q システムで評価すると $Q=0.01\sim 0.02$ と極めて脆弱である。このため一次吹付けとして 15cm 厚の繊維補強吹付けコンクリートを施工するとともに、天端 3m、側壁 6m、切羽 4m のロックボルトを施工した後、2次吹付けとして鉄筋により補強した 30cm 厚の吹付けコンクリートを施工した。

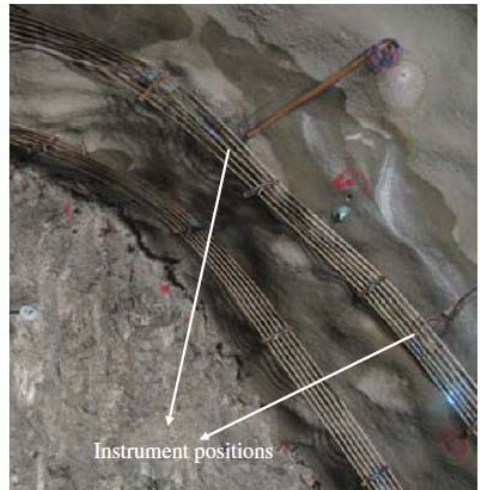


図2 吹付けコンクリートの鉄筋補強

3. 数値解析と実測値の比較結果

膨張性の粘土を含む弱層内に設置された支保工に作用する荷重に関して、現地計測結果と数値解析結果を比較した。この結果、膨張圧が僅かに増加しただけでも支保工への作用荷重著しく増加することが判明した。

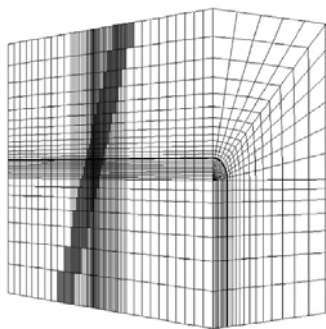


図3 解析モデル

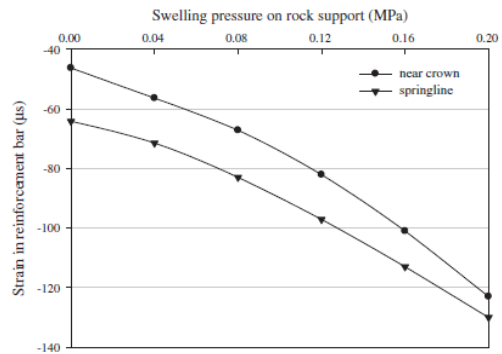


図4 膨張圧と補強鉄筋のひずみの関係

4. 結論

支保工の作用荷重は切羽に近いほど大きい結果が得られ、可能な限り切羽の近傍で支保を設置することが、トンネルの安定性を確保する上で重要であると考えられる。

実測結果と数値解析結果のいずれも、吹付けコンクリートに発生する応力はコンクリート強度以下となっており、膨張圧が小さい場合においては支保が過大設計であると思われる。

膨張性粘土を含む弱層における支保構造を決定する根拠は実際にトンネルが崩落した事例に基づいているが、問題なく掘削できた事例については無視されている。このため今回のように過大な支保が選定されたと考えられる。

1. はじめに

地下鉄駅の天井部分における火災による煙の影響を評価するために、天井付近の煙の最高温度を模型実験により計測するとともに、これまで用いられている Alpert の温度推定式との比較を行い、Alpert の推定式の有用性を検証した。

2. 温度推定式と模型実験

Alpert は火災源と側壁との距離が天井高の 1.8 倍以下であることを仮定した場合、煙の最高温度の推定式を以下のように提示している。

$$T_{\max} - T_a = 16.9 \frac{\dot{Q}^{2/3}}{H^{5/3}}$$

Q:火災時の熱量(kW) Ta:周辺の気温
H:炎と天井の距離(m)

この推定式の有用性を確認するため写真で示す模型実験を実施した。この結果、火災による温度上昇は以下の式により表現するのが妥当であるとの結論を得た。

$$\Delta T_d = (0.299e^{-0.793d/H} + 1) 16.9 \frac{\dot{Q}^{2/3}}{H^{5/3}}$$

d: 棲壁までの距離(m)



写真 1 火災模型実験装置

3. 結論

天井付近における火災風の流れは地下鉄駅のように延長が長くかつ幅が狭い条件下では、鉛直方法の壁の存在により制限される。この制約によりバックフローが発生し、天井付近の煙の温度を高める結果となる。本研究では、天井付近の煙の最高温度を求めるための簡便に理論式を既往の理論解法と模型実験から求めた。模型実験の結果から火災が棲壁から離れた位置で発生している場合では天井付近の最高温度は Alpert の公式により精度よく推定できるが、火災源が棲壁に近い場合では棲壁の跳ね返り（バックフロー）の影響を受けるため、天井付近の煙の温度は高くなる傾向がある。

近年における建物においては火災時の棲壁の存在を無視した設計が成されているため、本文で提示した数式を用いた再検討がなされるべきである。

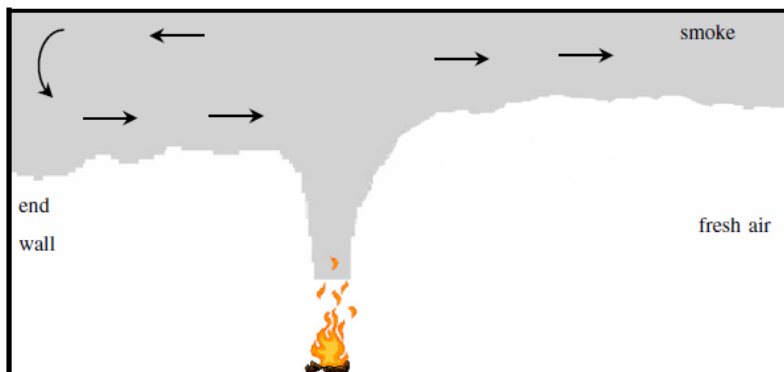


図 1 火災時の煙の拡散状況