

多いが、ある区間では8mを越えると推定された。

覆工背面空洞については、一箇所のみ図-4に示す程度の空洞が推定された。なお、ボーリングはクラウン鉛直上向きのみに行ったため、横断方向の範囲は不明であった。図中の（2000年）は本工事でのボーリング、（1979年）は1979年のボーリング調査資料によることを示す。80cmの空洞が確認された上部のボーリングコアは新鮮堅硬であり、図-3には縮尺上示していないが深度2mで1882N/mm²を示した。また、既設覆工の変状は比較的軽微であったが、左右肩部には縦断方向に連続する二条の割れ目が観察されている。このような割れ目は天端覆工背面に空洞が存在する場合に発生すると考えられている。

3. 施工時の地山状況

施工においては、既設覆工の変状が著しく、比較的深部まで土砂化している区間や湧水の比較的多い区間では薬液注入工法を適用した。また、既設覆工の変状が比較的軽微であり、拡幅断面の天端付近は土砂化するが比較的浅い深度で強度増加が見られる区間では充填式フォアポーリングと注入式フォアポーリングを適宜単独もしくは併用した。空洞部に関しては、空洞周辺岩盤が堅硬であり、掘削範囲内でもあることから無対策とした。

図-5に平均的な地山状況を示す。既設覆工クラウン背面部はほぼ全区間にわたって土砂化しているが、肩部では高密度に亀裂が発達した状態となる。側壁部では亀裂密度も低下し比較的安定し、下半部はかなり堅硬な花崗岩が分布する。このため、補助工法としてはクラウン部の30~60度範囲に注入式フォアポーリング（以下IFPと言う）、その外側に充填式フォアポーリングを併用する区間が多くを占めた。既設覆工クラウン背面には10cm程度の空隙が確認されたが、規模の大きい空洞は確認されなかった。図-4に推定した空洞も掘削時には石積み状態となっており、掘削の影響によって施工時に埋没したものと考えられる。湧水は変状調査時に確認された区間においても無いか切羽に滲む程度であり、薬液注入による止水効果によるものと考えられる。

A計測では、両坑口部を除いて水平変位、天端沈下とも10mm以下であった。図-5にロックボルト軸力、図-6に地中変位分布の一例を示す。No.11+25は薬液注入区間、No.10+95はIFP区間である。地中変位、ロックボルト軸力の最大値は40kN程度であり十分な安全性が確保できた。IFP区間の左側では地中変位の最深部に移動が生じており、緩み範囲が7m以深であった可能性がある。

4. おわりに

本トンネルでは4~8m以上の深部に至る緩み領域が推定されたが、事前の薬液注入による地盤改良を最低限に留め、補助工法には地山状況に応じた先受け工の組み合わせを採用した。このため、補助工法も含めた支保パターンは全15種類に及んだが、工期短縮に貢献できた。末尾ながら関係各位に御礼申し上げる。

表-1 地山変形係数とコア状況

変形係数 Esb	適用
700N/mm ² 以上	概ね新鮮な堅硬岩
400~700N/mm ²	弱風化岩（岩片~礫状）
100~400N/mm ²	風化岩（指圧で碎ける）
40~100N/mm ²	強風化岩（指圧で容易に碎ける）
20~40N/mm ²	著しい土砂化

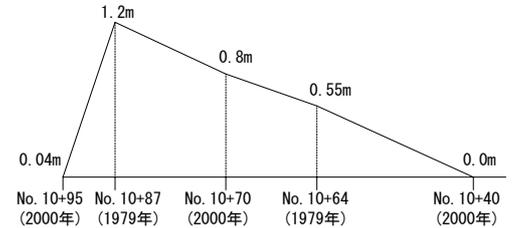


図-4 覆工背面空洞の推定分布範囲

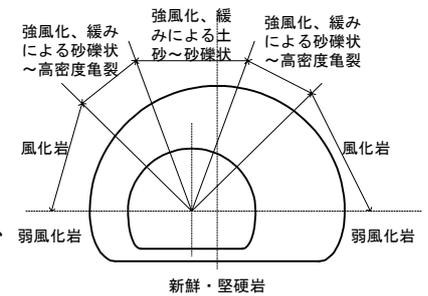


図-5 トンネル周辺地山概況

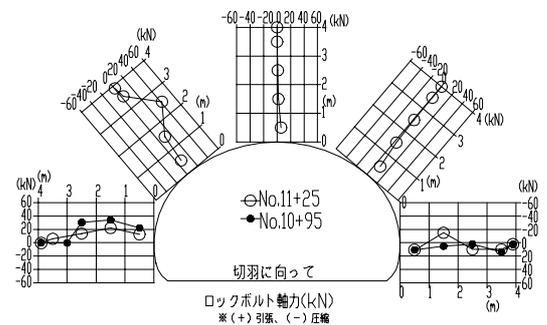


図-5 ロックボルト軸力分布

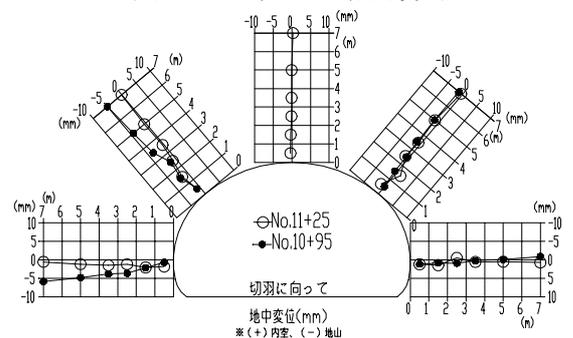


図-6 地中変位分布