

スクィーズング地山における二次覆工の設計事例

日本道路公団東京建設局佐久工事事務所
住友建設（株）

廣田政矢

正 小出孝明

正 高橋 浩

正 釜谷薫幸

正 松原 博

1. はじめに

スクィーズング地山ではクリープ挙動などにより一次支保の段階での変位収束に長時間を要するため、二次覆工に力学的機能を付加して施工する場合がある。この際、二次覆工への作用荷重を適切に評価し、設計に反映させることが重要な課題となる。

上信越自動車道日暮山トンネルが建設される新第三紀の泥岩は、著しいスクィーズング地山であったため、閉合後の鋼アーチに発生する応力計測値は、降伏応力を越える値を示した（図 - 1）。

日暮山トンネル（期線）では、同様の地質であった期線完成後の二次覆工の変状状況、応力の計測結果、及び期線施工中における一次支保の計測結果を二次覆工の設計に反映させ、完成後にトンネルに作用する荷重を二次覆工のみで受け持つとし、覆工仕様を決定した。本稿では今回採用した設計外力の設定方法及び設計方法の概要を紹介する。

2. 設計外力及び荷重分担（一次支保の取り扱い）

スクィーズング地山での二次覆工の設計で考慮される荷重は、主に一次支保の計測結果より算出される土圧と、計測結果より推定される将来的な二次荷重（クリープ荷重）であり、今回は、図 - 2 に示す方法により設計外力を設定した。また、一次支保と二次覆工の荷重分担についてこれまでの事例では、分担を考慮している場合と、二次覆工のみで荷重を負担するとした場合の2つの考え方が採用されている。本トンネルでは、次のように考え、すべての荷重（土圧及びクリープ荷重）を二次覆工のみで負担することとした。

期線の二次覆工には供用後も土圧が作用し応力、変位が増加し続けていることから、期線においても、将来二次覆工に大きな荷重が作用すると予想される。

鋼アーチ支保工は、腐食による材料の劣化等が考えられ、吹付けコンクリートも施工時の品質管理や維持管理等を考慮した場合、長期の信頼性に問題が残る。

施工中の一次支保（期線）に発生する応力が高く、一次支保の残留耐力には期待するのは難しい。

キーワード：二次覆工、スクィーズング地山、SFRC コンクリート、限界状態設計法

連絡先：〒160-8577 東京都新宿区荒木町 13-4 住友建設(株)土木設計部 TEL03-3225-5133 FAX03-3225-5317

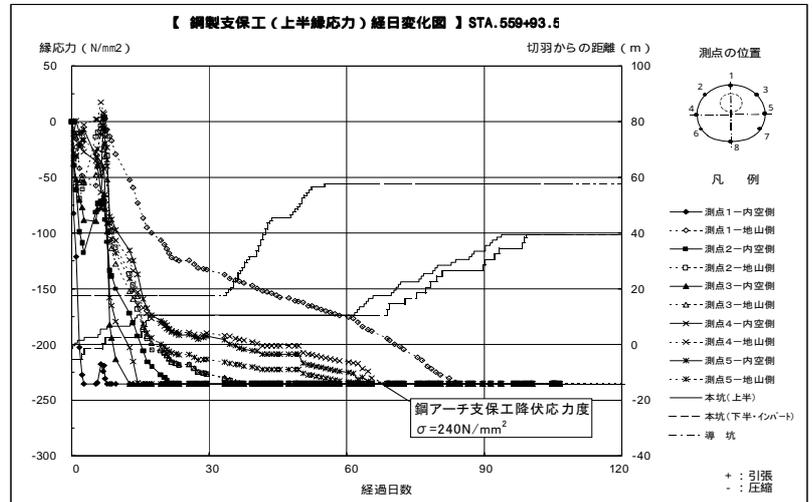


図 - 1 鋼アーチ支保応力測定結果（期線）

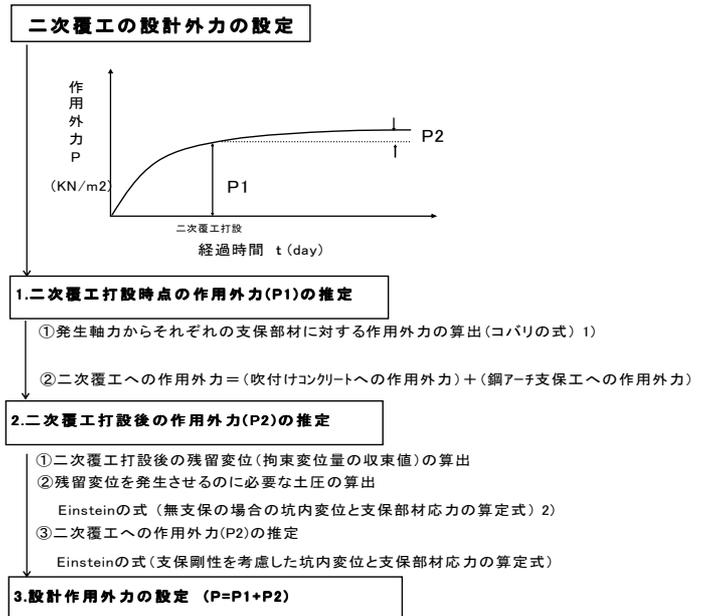


図 - 2 設計外力設定フロー図

3. 設計外力の荷重パターン

期線トンネルの応力計測結果より、覆工に作用している軸力及び曲げモーメントを推定した結果、覆工断面に対する左右の側圧比で最大1：2の偏圧が作用していることが判明した。期線においても、将来同様な偏圧が作用することが予想されたため、期線の応力発生状況をもとに、等圧荷重に加え、設定した設計外力を最大とした偏圧荷重を作用した場合（全6ケース）についても検討を行うこととした。また、設定した作用外力及び荷重パターンを断面の決定に直接反映させることができるよう、検討は覆工を線形弾性体とした地盤ばね梁モデルにより行った。検討モデル及び荷重パターンを図-3に示す。

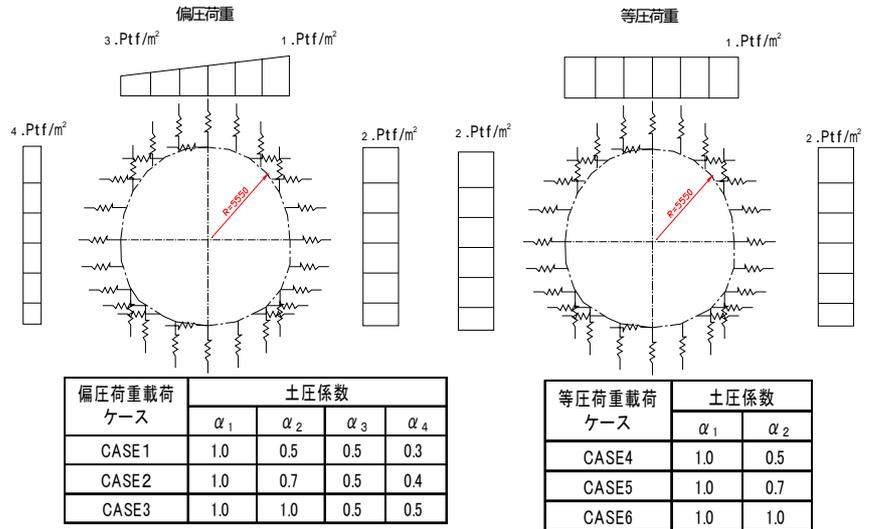


図-3 検討モデル及び荷重パターン

また、設定した作用外力及び荷重パターンを断面の決定に直接反映させることができるよう、検討は覆工を線形弾性体とした地盤ばね梁モデルにより行った。検討モデル及び荷重パターンを図-3に示す。

4. 決定断面

トンネル断面形状は、期線の施工実績から設定した。また、一次支保の残留耐力に余裕が無く、掘削断面を大きくすることは危険であったこと、及び経済性を考慮し、覆工厚を当初計画と同様80cmとして検討した。検討の結果、設定された設計外力が $P=1700\text{KN/m}^2$ 以下の断面（全面泥岩部）については、SFR C構造（コンクリート設計基準強度 $ck=40\text{N/mm}^2$ SF（スチールファイバ）混入率1.0%）とした。また、過去の地すべりによる高い潜在応力をトンネル掘削で解放したことで著しい変状が発生した区間（上位泥岩、下位安山岩）では、設計外力が $P=1700\text{KN/m}^2$ を越えたため、RC構造（コンクリート設計基準強度 $ck=40\text{N/mm}^2$ 複鉄筋 $D22@125$ ）を適用し、局所的な荷重により発生するひび割れを防止する目的でSFを0.5%混入することとした。尚、覆工部材の照査は、限界状態設計法により行った。決定断面を図-4、覆工の施工状況を写真-1に示す。

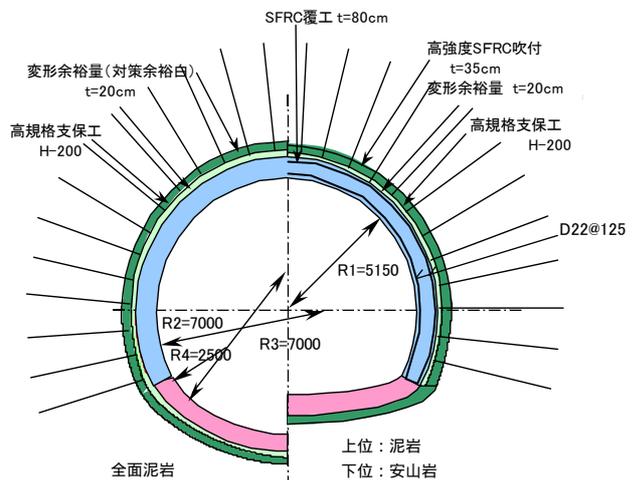


図-4 トンネル標準断面



写真-1 インバートコンクリート全景

5. おわりに

スキューズィング地山においては、設計段階で将来作用する土圧をできるだけ正確に予測し、一次支保と二次覆工をトータルに捉え、荷重分担を考慮した上で二次覆工の断面決定を行うことが経済的である。しかしながら、現段階では、スキューズィングによる土圧を将来にわたって予測することは非常に困難であるとともに、本トンネルのように予想を上回る土圧が発生することもあるため、施工段階において計画の見直しを余儀なくされるケースは少なくない。本稿が類似例として参考になれば幸いである。

参考文献

- 1)桜井春輔：トンネルのコンクリート構造物に作用する土圧の推定法に関する研究 第13回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，1982
- 2)土山茂希、入川誠、河田孝志、熊坂博夫：NATMの設計における理解論の適用 - 372, 1986