

膨張性泥岩層における土留工の変状と対策工について（その4）

—対策工の検討と今後類似工事への提言—

鹿島建設(株)土木設計本部 正会員○萩原智寿、田中耕一
 神奈川県横須賀土木事務所 小山 滋、根岸 隆

1. はじめに

新沢隧道新設工事において発生した変状の原因究明のため、弾塑性山留め解析を用いた逆解析（以下逆解析と略す）から作用している側圧の推定を行うとともに、追加の室内土質試験を実施した。これらの結果から、当初設計を上回る過大な側圧が作用した主因は応力解放による地山の吸水劣化であると推定された。

ここでは、これらの結果を受けて実施した対策工と得られた知見を基に提案する設計法について報告する。

2. 吸水劣化後の地山強度評価

対策工の検討を行う上で重要な要因は最終側圧の予測である。つまり、吸水劣化後の最終的な地山強度の設定が必要となる。ここで、筆者らはスケンプトンら¹⁾が提唱した「完全軟化強度」を劣化後の地山強度の下限値とすることとした。これは、今回の地山及び変状の特徴として、変状発生位置（深度）が想定すべり面でなく、地すべりの痕跡が見られない工区内のほぼ全域（森戸泥岩層）で、同様の変状が発生していることから判断した。完全軟化強度はスラリー試料土の三軸圧縮C D試験結果から得られ、試験結果を表-1に示す。

表-1 スラリー試料土の三軸圧縮試験結果

| 粘着力 c_d (kN/m ²) | 内部摩擦角 ϕ (度) |
|--------------------------------|------------------|
| 0.0 | 19.7 |

今、逆解析（掘削レベル GL-12.6m）結果より、側圧は長方形分布で約 70kN/m² が作用していることが分かっており、表-1に示す値を用いて長方形分布の側圧を算出すると約 75kN/m² となる。これは、逆解析結果より若干大きい（地山強度としては低い）値となっている。つまり、現状地山は完全軟化強度まで劣化していないことを示しており、これらのことから、完全軟化強度を下限値と考えることは概ね妥当といえるため、この強度を用いて、今後の予測及び対策工の検討を実施した。

3. 今後の予測及び対策工の選定

当初計画レベルまで掘削した場合に作用する側圧を算出した。荷重形状については、逆解析の結果より得られた長方形分布としたが、一般的な土圧理論では3角形分布となるため、両形状について照査した。最終側圧は長方形分布とすると 100kN/m² 程度となったため、この側圧に対し対策工の検討を実施した。

対策工としては大きく以下の3種類が考えられた。

表-2 対策工の比較

| | アンカー補強案 | 切梁案 | 埋戻し案 |
|-----|---------|-----|------|
| 概要図 | | | |
| 評価 | ○ | △ | ○ |

キーワード：膨張性泥岩、完全軟化強度、流動化処理土

連絡先：〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 Tel(03)5561-2181 FAX(03)5561-2155

- ・アンカー補強案（当初設計補強案）
- ・切梁案
- ・埋戻し案

但し、対策工の検討・選定は以下の点に留意する必要がある。

- ・深礎杭の変位を増加させることにより地すべりを誘発しないこと
- ・偏圧地形で荷重バランスが悪いこと
- ・工程を含め経済的なものであること

対策工の比較検討表を表-2に示す。当初設計の方針を踏襲したアンカー工による対策工も可能であるが、地山が予想を上回る強度劣化を生じた場合に

対策が難しく工程に影響することと、地すべり抑制効果が高い理由から埋め戻し案を作用した。また、切梁式は偏圧に対して不安が残り、切梁のみで抵抗するためには十分な面内剛性が必要となること、また、切梁と干渉するため内セントルが使用できないため工程的に不利になる点から不採用とした。

図-1に対策工断面図を示す。具体的には現状の掘削盤より上部は所定の強度を持った流動化処理土により埋め戻すが、経済性及び環境を考慮して躯体施工部分については型枠兼用の鋼製支保工（H-250）＋スキンプレートにより設計内空を確保する工法とした。

また、現状掘削面から下部は、NATM（ショートベンチの多段掘削）により計画掘削面まで掘削することとした。この掘削時の周辺地山の安定性、鋼製支保工の発生応力及び埋め戻し材（流動化処理土）の強度等については2次元FEM解析を実施して決定した。

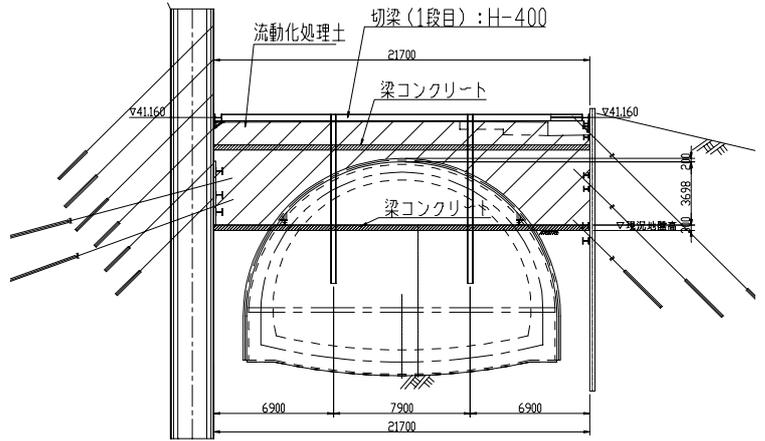


図-1 対策工断面図

4. 設計法の提案

通常、岩盤は開削工事が対象とする地山としては、全く問題のない地山である。しかし、今回の泥岩のようにスレーキングを起こしやすい場合には、応力解放に伴い吸水劣化する可能性があるため、十分留意して設計する必要があると思われる。

今回の変状に対する原因究明及び対策工検討を実施してきた中で得られた知見を基に提案する設計法の一手法を図-2のフロー図に示す。

5. まとめ

今回対象とした第3紀中新世泥岩層は、山岳トンネルの分野では膨張性泥岩として問題になることが多い地山である。しかし、開削工事の山留め設計の観点から見ると、沖積層や洪積層を対象に設計することが多いため、泥岩は十分強固なため問題にならないことが多い。そのため、通常は経済性を考慮して地質調査では一般的な室内試験しか実施せず、今回のような変状に至ったと考えられる。

従って、スレーキングを起こしやすい地山の場合は、ここで提案した手法を参考として、開削工事においても十分留意して設計する必要があると思われる。今回のこの報告が、類似した岩盤での工事の参考になれば幸いである。

従って、スレーキングを起こしやすい地山の場合は、ここで提案した手法を参考として、開削工事においても十分留意して設計する必要があると思われる。今回のこの報告が、類似した岩盤での工事の参考になれば幸いである。

参考文献 1) Skempton A.W.: Slope Stability of Cuttings in Brown London Clay, Proc. of Int. Conf. of Soil Mechs. & Found., Eng., Vol.3

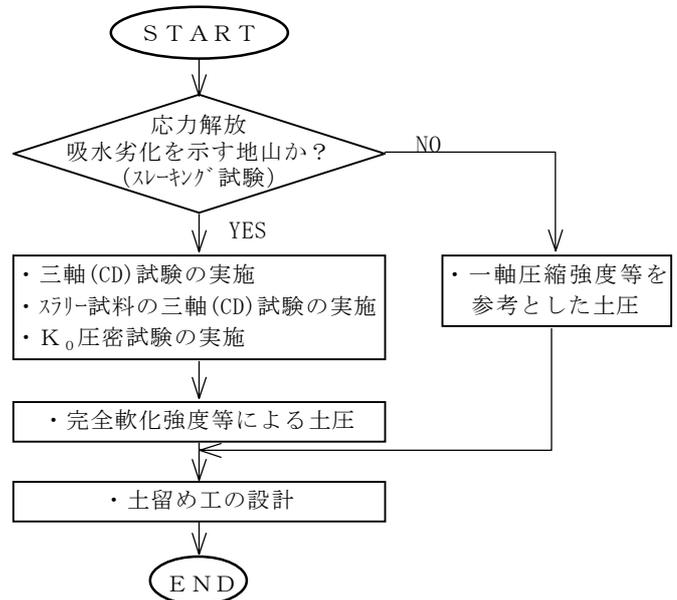


図-2 設計フロー図