

III-287 超高压喷射搅拌工法による変位抑制対策 (その1, 設計)

首都高速道路公団 計画部
建設省 千葉国道工事事務所
三井建設(株)

加島 裕夫
堀内喜久雄
正会員○山本 信幸

1. はじめに

中佐久間トンネルは、高規格127号富津館山道路建設工事の一環として、千葉県安房郡鋸南町中佐久間～大六地先にかけて建設される延長428m、掘削断面積90～102㎡の道路トンネルである。¹⁾

当トンネルでは中央部付近に2箇所の破碎帯(断層)が予想されていたが、実際には右側脚部付近で連続した状態にあり、トンネル断面内に泥岩と軟質泥岩が混在した状態が続いた(図-1)。また、傾斜地形と相まって、右側脚部に偏圧が働き、トンネル右側のみ沈下、内空変位が増大した。

これに対してロックボルト増打ち、上半ウィングリブ支保工、上・下半の仮閉合、変形余裕量で対処してきたが、下半No.106+08を掘削中に上・下半仮閉合がせん断破壊され、一気に200mmを越える内空変位が広範囲にわたって発生した(図-2)。直ちに本設インバートコンクリートを打設することによって、変位は収束したものの、未閉合区間ℓ=30mの下半を如何に施工するかが問題となったが、上半脚部支持力対策として高压喷射搅拌工法(RJP工法=Rodin Jet Pile, 以下、RJP工と呼ぶ)²⁾を採用し、この区間を無事通過することができた。

本報では、RJP工採用までの経緯とRJP工の設計について報告する。

2. 地質

当該地域は、全般に著しい地殻変動を受けた嶺岡～葉山隆起帯の中軸部に当たり、千葉県の地すべり対策事業指定地区となっている。

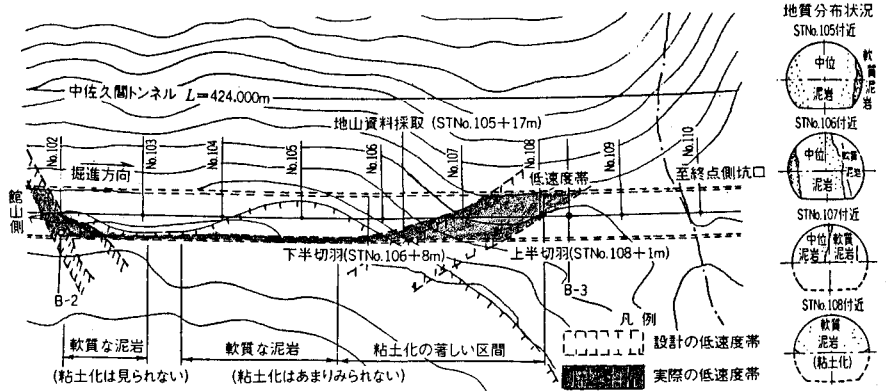


図-1 変状区間平面図

当トンネル区間の地質は保田層群の泥岩であり、基盤部は弾性波速度2.6km/s、一軸圧縮強度30～40kgf/cm²程度で、節理の発達した軟質な岩盤である。破碎帯部の地質は一軸圧縮強度3.6～7.3kgf/cm²で粘土化の著しい泥岩である。表-1に破碎帯部の主な地山試料試験結果を示す。

3. 変状の原因

表-1に示す試験結果、およびX線回折試験の結果からは、膨張性の可能性が高く、変状の原因について以下のように推察した。

軟質泥岩の一軸圧縮強度が3.6kgf/cm²、地山強度比では0.44と非常に小さく、トンネル周辺地山がせん断破壊され、トンネル内空に向かって塑性流動として押し出してきた。膨張性粘土鉱物(モンモリロナイト)を含む泥岩では、破壊されたせん断面で空隙中に含まれ

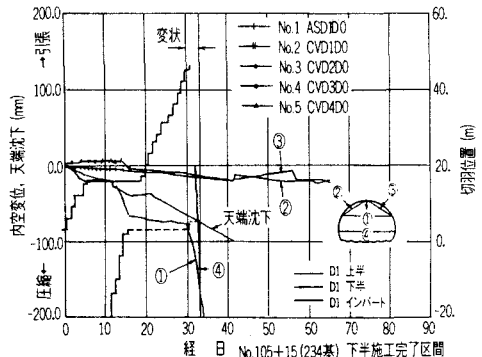


図-2 変位状況

ている僅かの水分によって吸水膨張し、破壊後の地山強度が極端に低下して土圧が著しく増大し、アーチ・側壁部に対して剛性、形状的にも弱い上・下半仮インバートで極限状態に達し、広範囲に亘って破壊された。

4. 対策工の選定

未閉合の上半区間 $l=30\text{m}$ については、下半掘削時の変状の影響を受け、地山強度が劣化していること、また、設計巻厚確保に対しても余裕が少ないことから、掘削を再開すれば巻厚欠損による縫い返し、最悪の場合には同様の変状が発生することが懸念された。これに対する対策工を検討した結果、上半脚部の支持力を増加させること、すなわち、脚部の地山の強度増加を図ることが有効であるとの結論に至った。

一般的に地山の強度増加を図る工法としては、

- ① 薬液注入工法
- ② ジェットグラウト工法 (フラムジェット工法, JSG工法)
- ③ サイロット工法 (一種の地山置換工法として)
- ④ 超高压噴射攪拌工法

がある。①については粘土地山では脈状にしか注入できず、改良効果が期待できない。②についてはこれまで適用は主に、軟弱地盤、未固結な砂質系地山までである。③については既に上半の掘削は完了しており、不可能である。④については、噴射圧が $400\sim 700\text{kgf/cm}^2$ と高く、改良範囲の拡大、対象地盤も洪積地盤、第三紀風化泥岩まで拡大することができる利点があり、最近土砂地山における天端安定対策として施工された実績がある。本変位抑制対策への適用については、諸条件を考慮し、試験施工により確認することとした。(試験施工結果は、その2に示す。)

5. RJP工の設計

これまで我国では、脚部支持力対策を目的とした垂直RJP工の施工例はなく、設計法も確立したものはない。当対策工ではRJP工の効果については、

- ① 脚部付近の支持力を増加させ、上半仮インバートの破壊を防ぎ、閉合効果を保たせる。
- ② 下半掘削時にもトンネルに働く荷重を支持し、変位、緩みの拡大を抑える。

と考えた。また、RJP杭の設計は上半脚部に働く荷重を支持する摩擦杭として考えた。上半脚部に働く荷重については上半で実施したB計測の吹付コンクリート、鋼支保工応力測定から得られた荷重の合力とし、この水平成分については仮インバートで分担させるものとし、鉛直成分のみを用いた。

杭径 $\phi 1,000\text{mm}$ 、改良強度 16kgf/cm^2 から図-3~4に示すように杭長 3.7m 、2本/m (2列) の千鳥配置とした。

[参考文献]

1) 加島裕夫, 堀内喜久雄, 宮崎今朝男: 超高压噴射攪拌工法でトンネル変位を克服, トンネルと地下, vol. 22, no. 2, 1991
 2) 木嶋康雄, 青木高臣, 竹林亜夫 他: 市街地の成田砂層をNATMで掘る, トンネルと地下, vol. 20, no. 7, 1989

表-1 地山試料試験結果

地質名	緑色泥岩	泥岩
土被り(m)	40	40
弾性波(設計)(km/sec)	0.9	2.0
一軸圧縮強度(kgf/cm ²)	3.62	7.25
地山強度比	0.44	0.76
密度(g/cm ³)	2.05	2.39
変形係数(kgf/cm ²)	421	1,050
陽付置換容量(meq/100g)	75	14
浸水崩壊度(A~D)	D	D

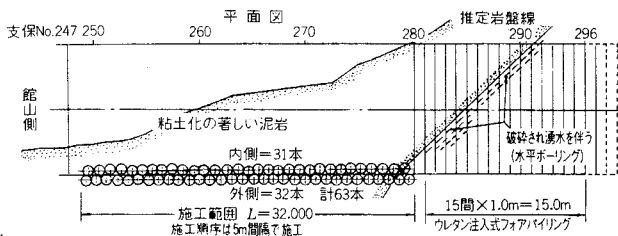


図-3 対策工平面図

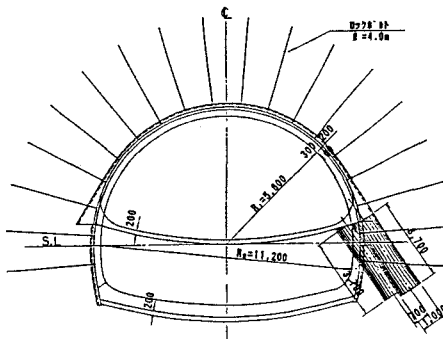


図-4 対策工断面図