

急斜面上のトンネル (NATM) 坑口安定対策について

—付替県道2号トンネル工事—

| | | |
|-------|-----|------|
| 東日本支社 | 土木部 | 内海智之 |
| 東日本支社 | 土木部 | 国友勇武 |
| 東日本支社 | 土木部 | 宮崎智彦 |

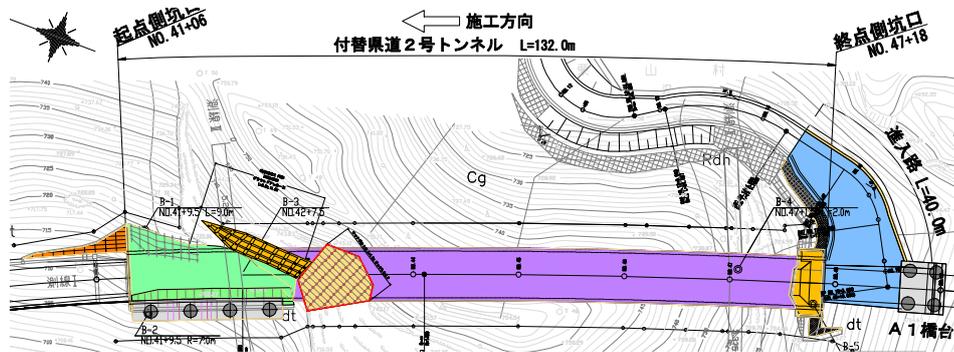


図-1 平面図

1. はじめに

本工事は、湯西川ダム建設に伴い水没する県道を付替える工事で延長 132mのトンネル工事である。しかし、起点側の坑口は急斜面上に計画され、その安定化を図るため、斜面上部にはアンカー工をはじめとする法面工、斜面下方には抑止杭としての深礎工・抱き擁壁、人工地山形成のエアモルタルと坑口安定化対策を実施する必要がある。ここではその施工時における留意点について述べる。

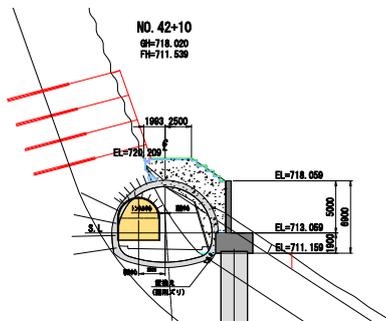


図-2 起点側縦断面図

2. 工事概要

2.1 全体概要

発注者：国土交通省関東地方整備局
 工事場所：栃木県日光市湯西川地先
 工期：平成 18 年 3 月 18 日～平成 20 年 9 月 15 日

2.2 工事諸元

トンネル

NATM 発破掘削 上半先進ベンチカット工法
 延長 132m 内空断面 59m²

明り工事

終点側) 橋台工・深礎工φ2.5
 起点側) 抱き擁壁 深礎工φ2.5 エアモルタル・グラ
 ンドアンカー工 法枠工 F-600 ほか

3. 斜面安定対策について

3.1 先進導坑を栈橋に変更

当初は終点側からトンネル着手を行い、地山の緩みを最小限に抑えるため先進導坑で貫通しその導坑を進入路として起点側坑口部の安定対策（法面工・深礎工・抱き擁壁・人工地山）を実施し、その後導坑を拡幅してトンネル本坑を掘削する計画であった。しかし、一度導坑掘削で緩みの生じた領域に対策を講じてもトンネル本坑掘削時の安定効果は期待できないと判断し、FEM 解析等行い導坑掘削による緩み領域を推定し、工法変更を目的に、栈橋による進入路の造成を提案した。このことで事前に坑口安定対策を実施した後、終点側から掘削を開始し起点側坑口を貫通することが可能となった。



(対策前)



(対策後-貫通)

写真-1 起点側坑口

3.2 坑口部斜面の情報化施工

トンネルが貫通する坑口斜面の対策工の考え方は、岩盤斜面に対しては「アンカー工」「ロックボルト工」、斜面下方の抑止工として「抱き擁壁工（抑止杭）」である。トンネル坑内

での通常の計測工に加え対策工の効果を検証するために以下の測定管理を行った。

- 1) 岩盤斜面の安定監視・・・グラウンドアンカー荷重測定
 - 2) 深礎杭（抑止杭）の安定性・・・深礎杭頭部傾斜測定
- また、計測管理を行う上で重要となる管理基準値については、上限値をレベルⅢ，レベルⅡは要注意体制，レベルⅠは通常体制として管理した。

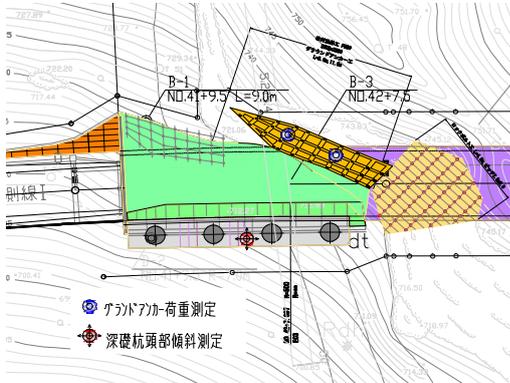


図-3 計測工配置図

【グラウンドアンカー荷重測定】

起点側の斜面へのグラウンドアンカーの設計荷重は 560.6 kN, テンドン降伏荷重は 1098 kN であることから管理基準値はこれらの値を目安に定めた。

【深礎杭頭部傾斜測定】

深礎杭は地すべり抑止として設計されている。ここで問題となるのは、深礎杭自体の斜面下方への傾斜と移動である。そこで、一般的な 180 秒を上限の管理レベルⅢとして、レベルⅠを 50%，レベルⅡを 75%とした。

表-1 管理基準値

| 測定項目 | 単位 | 管理基準値 | | | 備考 |
|---------------|--------|-------|-----|-----|------------|
| | | I | II | III | |
| グラウンドアンカー荷重測定 | 荷重(kN) | 700 | 840 | 990 | 降伏荷重の90%上限 |
| 深礎杭頭部傾斜測定 | 傾斜角(秒) | 90 | 135 | 180 | |

3.2.1 測定結果

図-4および図-5に各測定結果を示す。切羽の進行にともないグラウンドアンカー荷重、深礎杭傾斜角は微小な増加傾向にあるが管理レベルⅠの範囲内と判断してよく、トンネル掘削による地山のゆるみに対して効果的に作用しているものと判断できる。

3.3 発破振動の抑制と管理（斉発薬量の低減）

斜面への発破振動を低減するには斉発薬量を減らす必要がある。雷管の起爆時間のばらつきは段当りの斉発薬量低下につながり発破振動の低減に貢献する。そこでばらつきの少ない瞬発雷管を除外し、雷管#2から使用する発破パターンを土被り 1D を境に適用した。その結果離隔距離 2m程度で 5kine 以内の測定結果となり 10m 離隔の斜面部には 0.2kine の結果を得た。図-6に測定結果を示す。

4. まとめ

先進導坑による坑口部の安定対策は、大きなリスクを抱えていた。栈橋で進入路を確保し、事前に対策工が実施できたことはその難問を一掃でき、斜面安定に大きく貢献できた。また対策工の効果を情報化施工により確認しながらトンネルを掘削したことやトンネル発破において雷管のもつ起爆時間のばらつきを利用して斉発薬量を減らし、斜面への影響を低減させたことも安定化の要因として挙げられる。その結果、大きな変位もなく先日無事上半を貫通することができた。ただ今後の作業も残されているので引き続き慎重に監視したい。

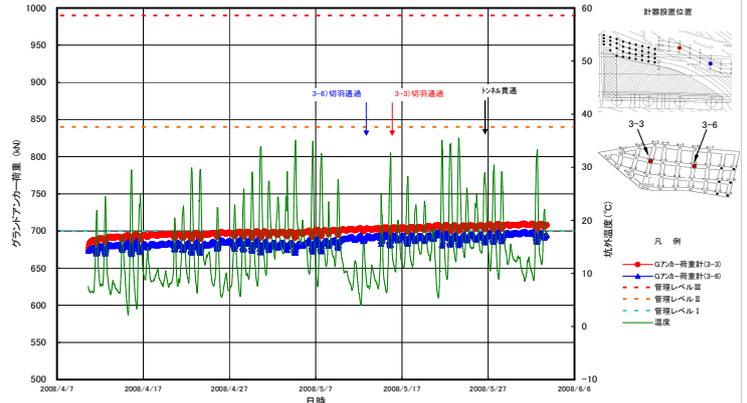


図-4 グラウンドアンカー荷重測定

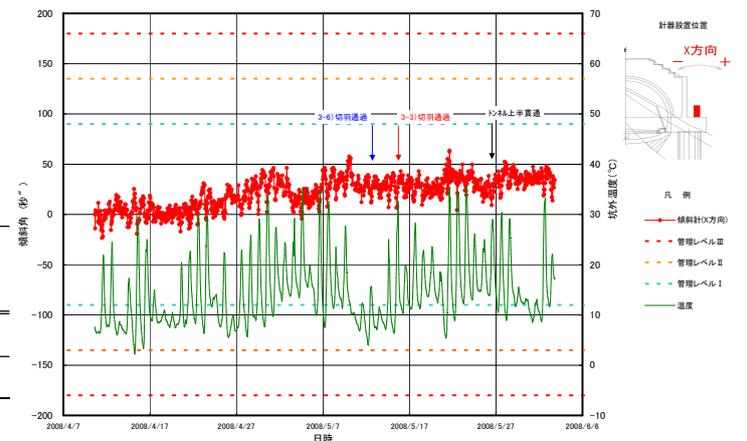


図-5 深礎杭傾斜計測定

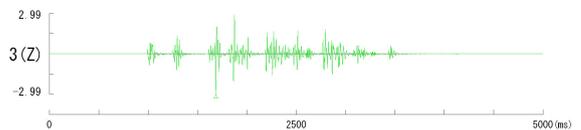


図-6 発破振動測定

Key Words : NATM, 斜面安定, 情報化施工, 発破振動



内海智之 国友勇武 宮崎智彦