

Ⅵ－3

傾斜地形におけるトンネル坑口部の計測結果について

北海道開発コンサルタント株式会社 正員 岡田 正之
 北海道旭川土木現業所富良野出張所 正員 渡邊 裕彰
 北海道開発コンサルタント株式会社 戸田 英明
 株式会社エーティック 正員 飯塚 哲善

1. はじめに

第2占冠トンネルは主要道道夕張新得線の内、占冠村とトマムとのほぼ中間に位置し、地すべり災害対策の一環として計画された、2車線道路トンネルである。延長約1.2kmのうち、約4/5は白亜紀エゾ層群中川層の頁岩・砂岩であり、残りの約1/5はジュラ紀空知層群の玄武岩溶岩である。トンネルの地山等級で評価すると、中央部に良好なCⅡ岩盤が分布するものの坑口部では軟質で剥離性に富むDⅡ～E岩盤が広く分布しており、トンネル地山条件としては必ずしも良くない。

特に起点側坑口部では、崖錐堆積物と強風化頁岩が厚く分布するとともに、土被りが4～7mと小さくまた傾斜地形となっていることから、トンネル掘削に伴う緩みが進展した場合、上部斜面の地すべりや偏土圧の発生などが懸念された。そこでトンネル掘削前に事前対策工として押え盛土工を採用した。

本稿では、起点側坑口部の押え盛土区間の計測結果について報告し、傾斜地形でのトンネル周辺の地山挙動について考察する。

2. 坑口部の概要

2.1 地質概要

起点側坑口部の地質縦断面図を図-1に示す。トンネル付近に分布する地質は中生代白亜紀のエゾ層群中川層の三点沢頁岩層(N4)を基盤として、崖錐堆積物(dt)、段丘堆積物(tr)などが覆う。トンネルは斜面に対して斜めに通過するため崖錐堆積物が坑口から100m程度奥まで分布する。

三点沢頁岩層は風化の程度により表層から順に、未固結な土砂状を呈する強風化部(N4(h))、ボーリングコアが主に礫状で岩片が褐色化した中風化部と棒状コアとなるが割れ目が褐色を呈する弱風化部(N4(w))、および新鮮な未風化部(N4)とに区分される。なお、各層におけるRQD(5)は、未風化部では20～30程度で局所的に60以上、中～弱風化部では0～20程度であった。またNATM地山分類の結果、強

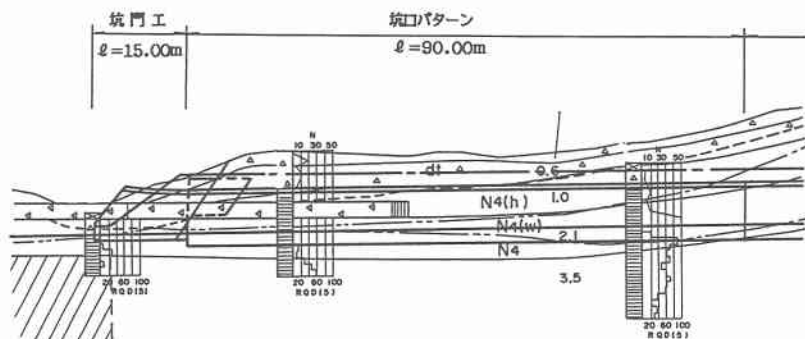


図-1 起点側坑口部地質縦断面図

風化部がE種、弱～中風化部がDⅡ種、未風化部がDⅠ種と評価された。

起点側坑口から約100m区間には、古い崩壊跡地が存在し、現在の活動度は低いものの、直下に崖錐堆積物や強風化帯が厚く分布しており、トンネル断面にこれらの不安定部が分布している。ボーリング調査の結果、強風化帯の中にN値が10以下となる箇所が存在し、トンネル掘削によりこの上部が不安定化するおそれのあることが判明した。

2.2 坑口対策工

起点側坑口部の斜面については前述したとおり、トンネル掘削の応力解放による緩みが発生し、地山の強度劣化が生じて不安定状態になることが考えられた。そこで対策工を検討するため、図-2に示す断面で、分割法による斜面安定解析を実施した。緩みゾーン中の地山については、粘着力を無視し、内部摩擦角を $2/3$ に低減して用いることとした。解析の結果、現況の安全率を1.05とするとトンネル掘削により地すべりの安全率は0.86に低下する結果となり、トンネル掘削に際し、適切な抑止対策が必要と考えられた。

そこで地すべり対策工として、①押え盛土工、②抑止抗工、③垂直縫地ボルト工の3案について比較検討したが、坑口付近の偏圧に対する効果も期待でき、現地条件に適合ししかも経済性に優れた、押え盛土工を採用することとした(図-3)。

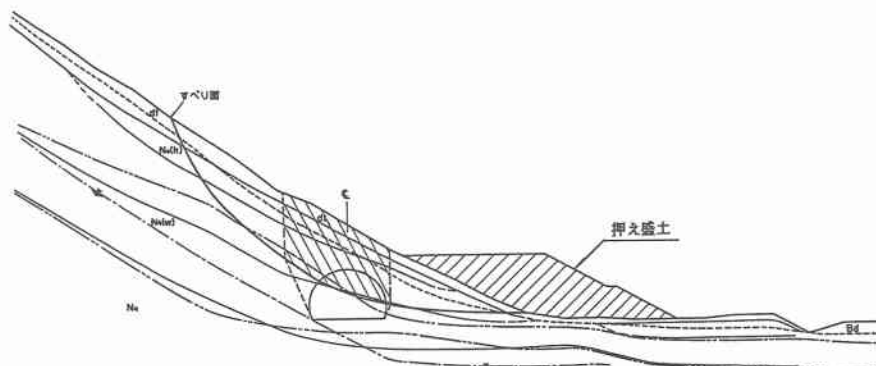


図-2 地すべり安定解析断面図

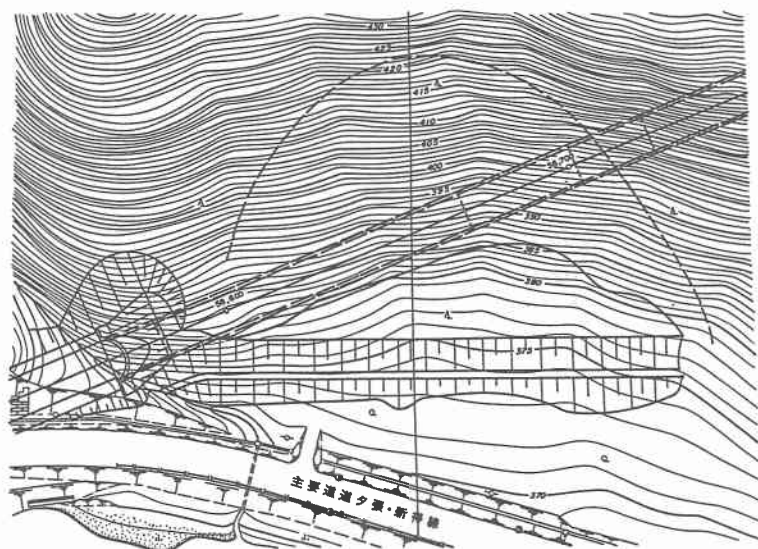


図-3 押え盛土工平面図

(2) 地表面の挙動

起点側坑口部におけるトンネル中心線上の地表面沈下の最終値を図-6に示す。各断面における地表面沈下量は、90～140mmである。これは半無限の均一弾性地山における沈下量の理論式として知られるLimanovの式¹⁾より大きく、約1.1～1.8倍の値となった。また、図より先行沈下の発生位置とトンネル切羽との離れは、おおむね0.4D～0.8D (D:トンネル掘削径≒10m)であることが分かる。

図-6中の④断面での地表面沈下の横断分布を図-7に示す。図より最大沈下量の範囲が谷側へずれていること、および沈下の発生領域としては山側の方がやや広く、左右非対称となっていることが分かる。このように地表面沈下はトンネル上部の地形が傾斜していることの影響を受け、特徴的な発生分布状況を示している。

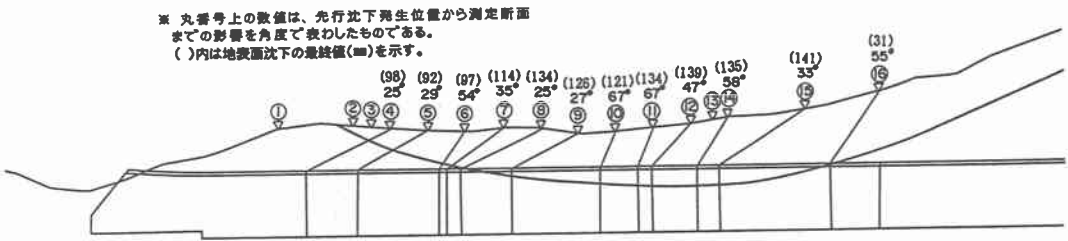


図-6 地表面沈下と先行沈下発生の影響範囲

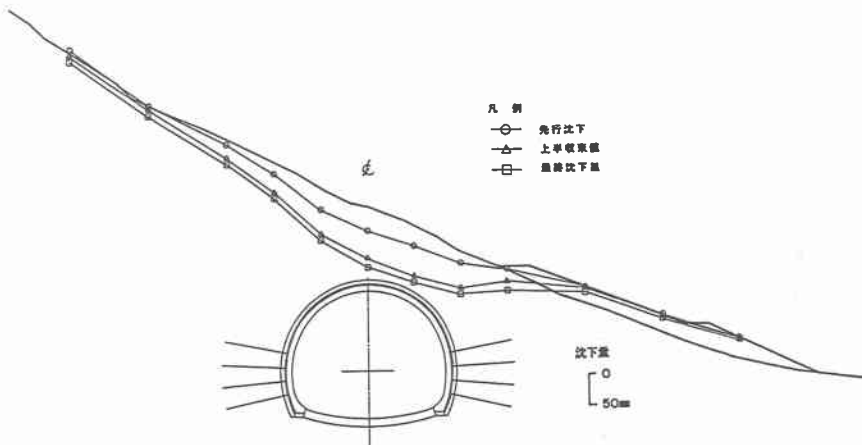


図-7 地表面沈下横断分布図

(3) 坑内変位と補助工法

上半での坑内変位の縦断分布状況を模式的に示すと図-8のとおりである。図中の計測断面⑦～⑪までの区間では、沈下および偏圧挙動(水平移動)がともに大きい傾向にあり、特に断面⑩では、沈下量が上半1D掘削時点で管理基準値を超過した。このため、その後の下半掘削においてさらに沈下が増大することが予想されたため、断面⑧～⑭の区間の上半左右脚部に補強ボルトを打設した(図-9)。

坑内各変位と地表沈下の縦断分布およびB計測の代表値を図-10に示す。縦断的に地表面沈下と天端沈下を比較すると、類似した発生傾向を示しており、地表面沈下から先行沈下を差引くと、ほとんどの断面で共下り現象を示していることが分かる。

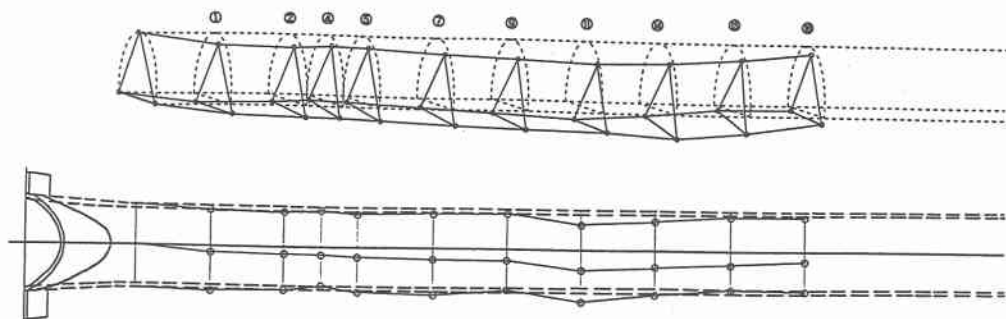


図-8 内空変位の縦断分布状況図

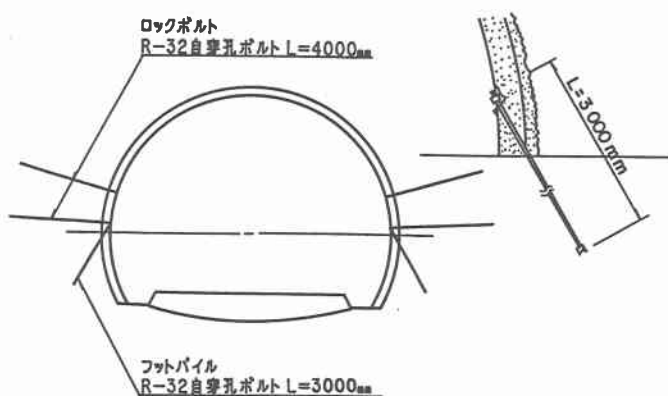


図-9 脚部補強ボルト施工状況図

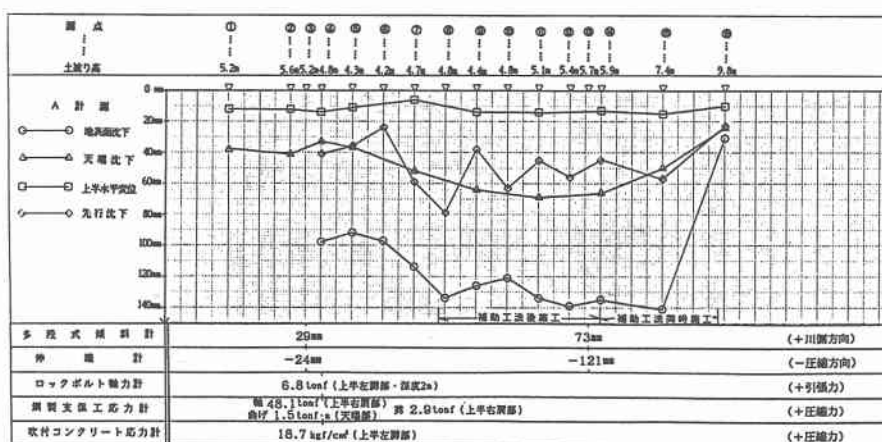


図-10 坑内変位および地表面沈下縦断分布図

(4) 支保工に作用する外力

図-11 に断面④で実施した坑内B計測の鋼製支保工応力測定結果から算出されたトンネルの作用外力を示す。図より、当計測断面は偏圧的挙動はそれ程大きくなく低土被りによる影響を顕著に現している。また、算出された各外力を平均化するとほぼ土被り圧に相当する土圧となり、共下りの現象を裏付けていることが分かる。

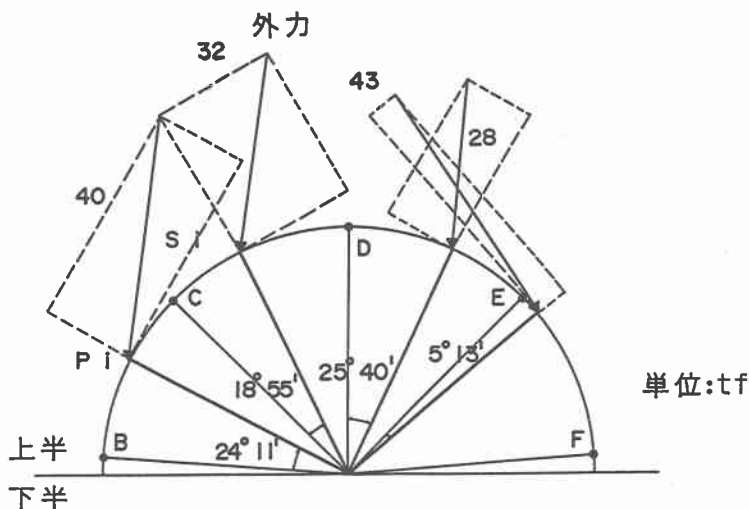


図-11 鋼製支保工への作用外力推定図

4.まとめ

起点坑口部での計測結果を検討し、以下の点が明らかとなった。

- ①トンネル掘削に伴い比較的大きな地表面沈下が発生したが、地すべり挙動は認められず押え盛土による対策工が有効であったものと考えられる。
- ②地表面沈下の発生状況は、地表が水平面の場合とは異なり、傾斜地形の影響を受け、特徴的な傾向を示していた。
- ③脚部補強バルトは天端沈下の増大や水平移動に対して有効な補強工法であることが分かった。

本計測で得られた知見に加え、今後は数値解析も含め総合的な見地から検討を加えてゆく必要があると考えている。

最後に、本稿をまとめるにあたり、ご協力頂いた、荒井・大成・三井工事共同企業体の関係各位に対し謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) K.チェツキー著、島田隆夫訳：トンネル工学、鹿島出版会、1971.