

地すべりを抱えた坑口でのトンネル掘削

～地すべり力の受け替えと導坑掘削の考え方～

| | | | |
|----------------------|-------|-----|---------|
| 神奈川県横須賀土木事務所 | 道路都市課 | 主査 | 佐藤 映 |
| 前田・日産・イワキ特定建設工事共同企業体 | | 副所長 | 正員 酒井照夫 |
| 同 上 | 工事担当 | | 安江泰紀 |
| 同 上 | 計測担当 | 正員 | 古沢 剛 |

1. はじめに

阿部倉トンネルは地すべり地帯に計画されたためがねトンネルで、坑口部アーチカルバート(L=27m)築造のための法面掘削工事において2度にわたる地すべりの兆候が現れ、アンカーの施工(計115本)にて地山の動きを抑え、掘削を完了した。しかしながらアーチカルバート施工完了後の導坑掘削開始に伴い、アンカーの切断が必要となる。本稿では、抑止構造物となるアーチカルバートの地すべり力の受け換え方、さらに導坑掘削の考え方および導坑掘削時の地山挙動について述べる。

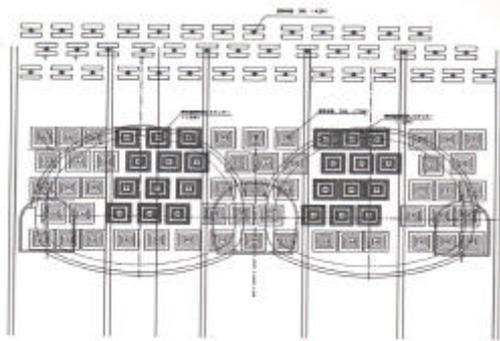


図-1 アンカー正面図

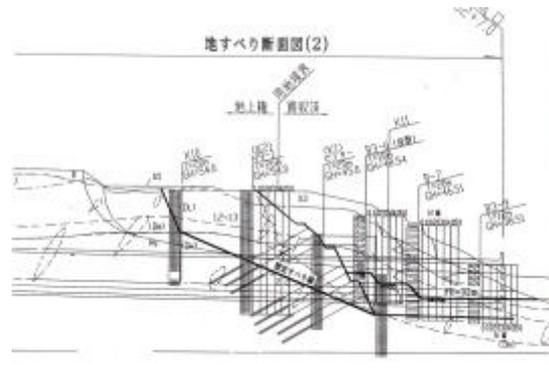


図-2 坑口付近縦断面図

2. 地すべり力の受け換えの考え方

地すべり力は、想定すべり面の形状から、すべり面上に埋戻し荷重が加わると、増大することが予想された。アースアンカー除荷に伴う地すべり力の受け換えの基本的な考え方は整理すると以下の通りとなる。

地すべり力を受けるアーチカルバートが安定なら斜面は安定である。

導坑掘削時の地すべり力は、斜面部(すべり面上)の埋戻し材料が軽い方が小さい。

アーチカルバートの安定は、滑動、回転、沈下について安定であることである。

アーチカルバートの埋戻しは重い材料の方が良いが地耐力の検討が必要である。

トンネル掘削の安全上アースアンカーヘッドが切羽に現れないアンカーは全て除荷する。

実際に実施された対策は以下のとおりである。

1) 地すべり力の低減対策

地すべり力の低減のため斜面側(すべり面上)の埋戻し材はエアミルク($\rho=0.65\text{t/m}^3$)の軽い材料を用いトンネル上部5mまで埋戻すこととした。なお、本坑掘削時まで本埋戻しは行わない。

2) アーチカルバートの滑動対策

アーチカルバート上部は、重くして滑動の安全率を確保するため埋戻し、コンクリート($\rho=2.3\text{t/m}^3$)を打設した。導坑3本同時掘削したときのアーチカルバートの滑動安全率は $F_s=1.1$ 以上を確保した。

3) アーチカルバートの地耐力対策と転倒の照査

平板載荷試験を実施し地山物性の把握に努め、強度劣化を考慮した2層地盤での支持力の検討、さらには円弧すべりによる支持力の検討等を実施した。全体を一体構造とし底盤を長く考えることで、地すべり力で生じる地盤反力を小さくするように検討した。尚、アーチカルバートの埋戻しで生じる地盤反力は、地すべり力で

キーワード：導坑、地すべり、地耐力、アンカー、坑口

連絡先：横須賀市池上5-8-16 前田・日産・イワキ特定建設工事共同企業体 TEL.0468-54-0212

：横須賀市公郷町1-56-5 横須賀土木事務所道路都市部道路都市課 TEL.0468-53-8800 ex.423

生じる地盤反力分布とは相殺するように働くため地すべり力は安全側の荷重となる。導坑掘削時、 $e < B/3$ 、最終形状で $e < B/6$ を満足するものとした。

4) アーチカルバート構造の見直し

山留め壁の変形や平板載荷試験から、地盤パネを見直し、鉄筋量を増ふやし、底盤を厚くし曲率を付けた。

3. 導坑掘削の考え方

導坑掘削順序は地すべりを再発しない目的で以下のように考えた。

右側壁導坑(下り線)より掘削開始する。想定すべり面は横断しない。

想定地すべり面を超えたところで分岐し中央導坑を掘削する。

中央部砂岩優勢区間に達した付近でさらに分岐し左側壁導坑(上り線)を掘削する。

つぎに、左側壁導坑および中央導坑を坑口方向に向かい逆方向に掘削する。

導坑坑口を1つとして先進させることで、本坑掘削のための調査坑を兼ねられること。すべり面が確認されている様な地すべりが危惧される地山においては、図-3 に示す様にトンネルを地山奥から坑口に向かって掘削することにより掘削時の法面安定性が向上するとされていることを期待した。しかしながら工程上から、左側壁導坑(上り線側)は地山挙動の計測を条件に、坑口からの掘削を余儀なくされた。

4. 導坑掘削に伴う地表面変位

上記のとおり中央導坑はすべり面奥から坑口に向かっての掘削となり、左側壁導坑は坑口から地山奥に向かっての掘削となった。このためそれぞれの導坑掘削時で地表面変位状況は極めて異なるものとなっている。図-4 はそれぞれの導坑の中間点の沈下量(代表値)と、切羽からの距離との関係をグラフに示したものである。それぞれの導坑掘削による沈下状況は、切羽前方で沈下が始まり、切羽が近づくに連れて沈下量が大きくなり切羽付近で変位率が減少し始め切羽後方で収束するという一般的なS字曲線となる。中央導坑と左側壁導坑では掘削方向が逆のため、中央導坑の場合は最初に地すべり頭部に沈下が始まり、その沈下による地表面の変位は地すべりを抑止する方向の成分を持つ。一方で左側壁導坑では最初に地すべりの下端部に大きな沈下が始まる、この沈下による地表面の変位は、地すべりを誘発する方向の成分を持つ。左側壁導坑掘削時の地表面沈下量は中央導坑掘削時の沈下量の約1.3~1.6倍に達した。しかしながらトンネル縦断方向の変位には顕著な差は認められなかった。これは、坑口部がアーチカルバートで押さえられていたことによるためとも考えられる。

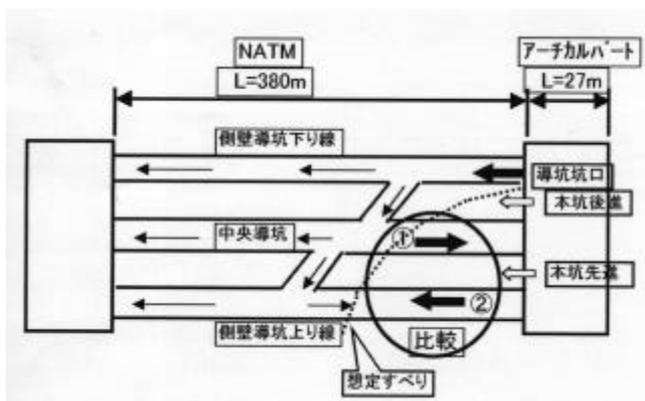


図-3 導坑平面図(掘削順序)

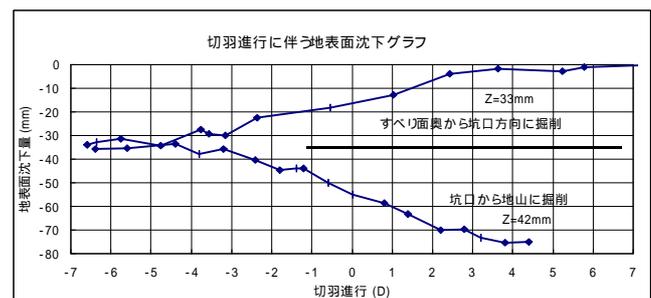


図-4 地表面変位図(沈下)

5. まとめ

左側壁導坑は坑口からの掘削を60m程度で中止し、結局地山奥側からの掘削により貫通することとした。導坑掘削が無事完了したところで、カルバートの上に最終押さえ盛土をして本坑掘削を予定通り開始した。現在は坑口付近の本坑2次覆工も完了し地表面沈下も落ち着き始め、地山は再び幾百万年の安定を取り戻そうとしている。この段階において、坑口に地すべりに抱えた当トンネルの坑口対策は有効であったものと考えている。最後に、本トンネルの坑口対策に関係した各位に改めて心からお礼を申し上げる次第です。

以上