

# 坑口地すべり対策

安部 俊夫\*  
Toshio Yasube

## 1. まえがき

山岳トンネルの坑口付近は、一般に地形、地質条件が悪く、地すべり、崩壊等の事故例も多いため、その位置の選定に当たっては種々の検討がなされている。しかし路線の全体計画の中での用地確保の問題、自然保護の問題等の多くの制約がある。ここに報告する津軽海峡線の建設にともなう在来江差線改良工事の新茂辺地トンネル(L=1,209m)は出口坑口付近が地すべり地帯をとおりするため、地すべり抑止対策として垂直縫地ボルトを採用した例である。

## 2. 抑止工法の検討

トンネル出口側坑口付近の地形、地質その他の条件は以下のようである。

- ① 急峻な地形と営業線に挟まれており、新設トンネルと営業線は約20mしか離れておらず、地すべりが発生すると大きな社会問題となる (Fig.1)。
- ② 施工箇所は防風雪林であり、杉が密生していて、現場に至る道路がない。
- ③ 地山の走行とトンネルセンターとは直行せず斜角を持っている。
- ④ 横断方向では地山が右下がりに傾斜しておりトンネルは偏荷重を受ける。
- ⑤ 35度程度の傾斜を有する亀裂の少ない基盤(泥岩)上に厚さ1~2.5m程度の崩積土が堆積しており、坑口はこの崩積土を貫く形となっている。
- ⑥ 崩積土は極めてルーズな状態であり、粘着力もあまり期待できない。

これらのことから、地すべり抑止工として下記の5つの工法について検討した。

- a) 地すべり土除去+人工地山工法
- b) 土留壁+人工地山工法
- c) 垂直縫地ボルト+人工地山工法
- d) 押え盛土+パイプルーフ工法

\*札幌(支)茂辺地(出)主任

e) 薬液注入+人工地山工法  
これらの工法を種々の観点から比較検討した結果c)の工法を採用した (Fig.2 および Table 1)。

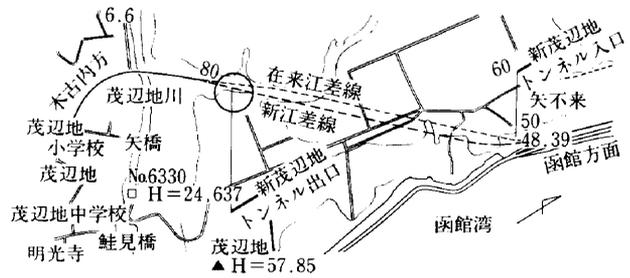


Fig.1 地形図

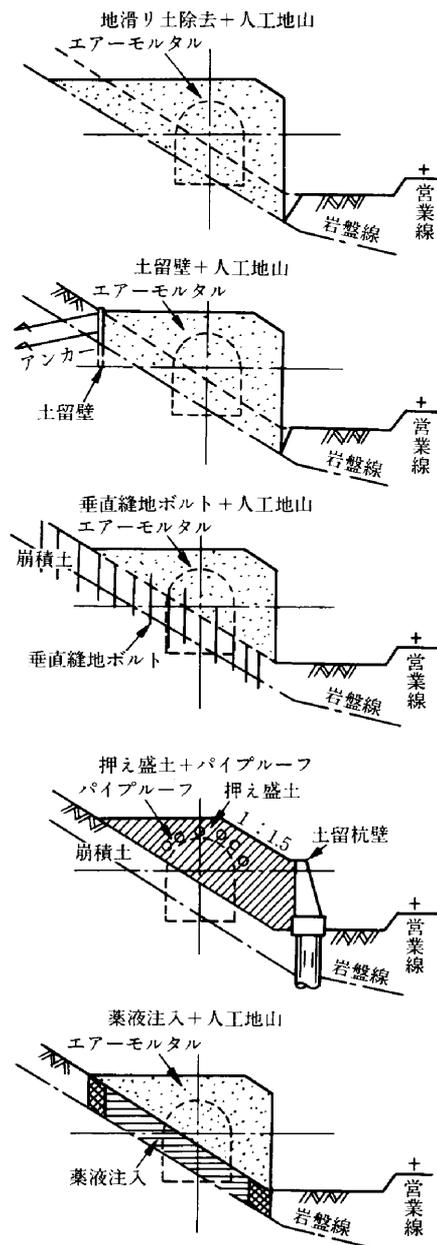


Fig.2 工法比較概略図

Table 1 工法の比較表

工法	現場条件	抑止効果	施工安全性	工期	工費	総合評価
地すべり土除去 + 人工地山	×	○	×	○	小	5
土留壁 + 人工地山	△	○	△	△	中	2
垂直縫地ボルト + 人工地山	○	○	○	△	中	1
押え盛土 + パイプルーフ	×	○	△	×	大	3
薬液注入 + 人工地山	○	△	○	△	中	4

### 3. 縫地ボルトの設計における考え方

現在の崩積土は基盤上で安全率1で安定を保っている  
と仮定し、縫地ボルトは崩積土下の基盤に打ち込んだ突  
出した杭と考えて、基盤表面と Chan の式によって求め  
た第一不動点の間の地盤がすべり力に抵抗すると考え  
た。なお崩積土の厚さは2.5mとした。

設計計算結果から縫地ボルトの基盤への定着長を1.0  
m以上として、1.0m×2.0mの千鳥配置とした (Fig.  
3)。

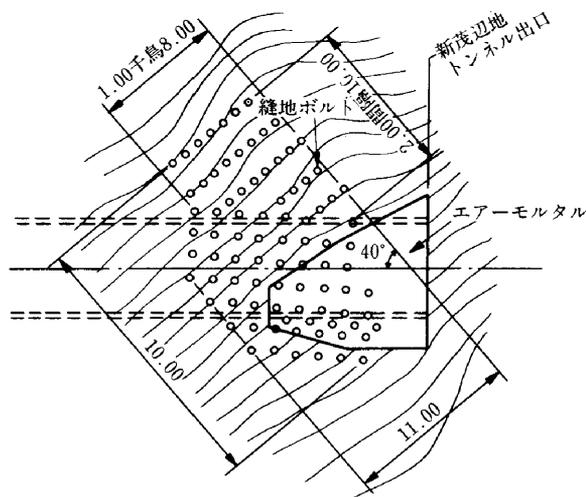


Fig.3 縫地ボルト配置全体図

### 4. 施工

施工にあたっては傾斜面に一般構造用鋼管 (STK51,  
φ48.6) でボーリングマシン, モルタルミキサおよびモル  
タルポンプを置ける作業ステージを組立てた。

ボーリングはロータリオイルフィード型の機械 (UD-  
5) を用い、φ86mmのオールケーシングによる有水掘りによ  
っておこなった。有水掘りによる新たな地すべりの誘

発が懸念されるので、給水は極力少なくするとともに、  
地すべり計を設置して地山の挙動を計測しながら穿孔を  
おこなった。φ66mmで中さらいボーリングをおこなった  
後、異形鉄筋 D32を建て込み、モルタル充填をおこない  
ながらケーシングパイプを引き抜いて縫地ボルトを形成  
した。

使用したモルタルは、崩積土に浸透し縫地ボルト径が  
20cm程度になるように配合試験によって Table 2 のよ  
うに決定した。

人工地山であるエアームルタルの施工範囲内のボルト  
にはプレート (150×150×9) を溶接したものをを用いて  
人工地山内に定着し、トンネル掘削時の地山に対する吊  
り下げ効果を期待した (Fig.4)。

人工地山の築造は縫地ボルト施工後に、一回の打設高  
さを1.2mとして6回に分割施工した。使用したエアーム  
ルタルの配合および仕様は Table 3 に示したもので  
ある。

Table 2 縫地ボルトモルタル配合

C:S=1:0.5 W/C=50%			1m <sup>3</sup> 当り
セメント	砂	水	
988kg	494kg	494kg	

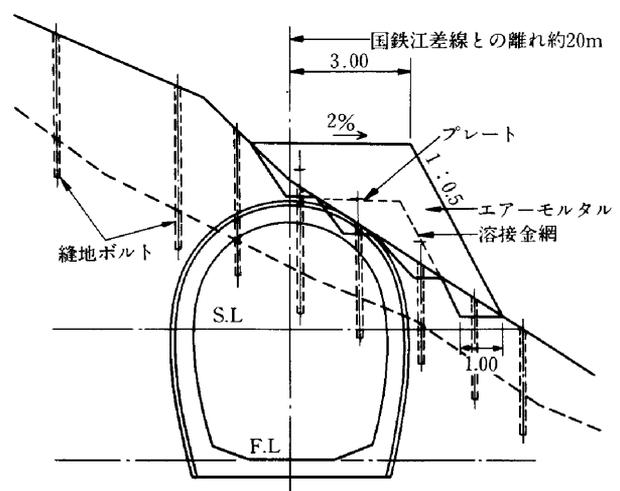


Fig.4 縫地ボルト及びエアームルタル施工断面図

Table 3 エアームルタルの配合及び仕様

C:S=1:3 W/C=93%				1m <sup>3</sup> 当り
セメント	砂	水	発泡液	
200kg	600kg	186ℓ	1.3ℓ	
圧縮強度	空気量	フロー値	生比重	
σ <sub>ca</sub> 15kgf/cm <sup>2</sup>	49±3%	180±20	1.02±0.03	

トンネルは NATM 工法で施工したが、崩積土は予想

以上にルーズな状態であり、吊り下げ効果は期待したようには発揮されず、わずかであったが天端からの崩落が発生した。しかし、切羽鏡の押し出しは無く、トンネル掘削中には地表面の沈下測定結果および崩積土の地すべり計測結果にも異状は見られなかった。



Photo 1 トンネル出口側坑口完成写真

## 5. あとがき

垂直縫地ボルトの施工例は他にも報告されているが、理論的には未解決な点も多くある。しかし仮設的な短期的補助工法としてとらえるならば、現在の考え方でも十分対処できると思われる。また、異径鉄筋が機械掘削の支障となりその切断に手間を要するので、ファイバーボルトのような部材を使用することも考えられる。

施工にあたって、企業先の諸氏にご指導いただいたことに謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 鶴田五八男, 武藤好一: 地すべり抑止を考慮したトンネル坑口付近の施工について, 土木学会北海道支部論文報告集
- 2) 村上 良丸, 瀬崎 満弘, 横田 高良: 縫地 RC ボルト工の地山安定に及ぼす効果, 土木学会論文集, 第 367号/VI-4, 1986, 3