

11. 補強材による斜面安定工法 (SW工法)の施工法例

住友建設(株) 則 武 邦 具・*印 南 修 三

1. まえがき

本工法(筆者らは *Soil Wall* 工法と略して *SWI* 法と呼んでいる)は、掘削壁面に長さ2~7m (一般的には3m前後)の伸張材を打設することと壁面保護工のみによって壁面を安定保持させる補強土工法である。この工法の適用範囲は急勾配で切土される斜面とか、自立しない根切り掘削面などで掘削によって生じるすべての掘削面である。また斜面上の基礎の支持力強化にも適用できる。

補強土工法は盛土を対象にした補強土と、自然地山を対象とした補強土に大別される。前者は盛土途中において順次補強材を埋め込み施工するのに対し、後者は地山を穿孔し補強材挿入そしてグラウトの順序で補強材を建て込み施工する。したがって後者の方は補強材打設においてそれなりの建設機械が必要となってくる。特に近年、道路や鉄道の建設工事が山岳地帯に計画される場合が多く、大型重機の搬入が難しく、十分な足場の確保が困難となる場合が多い。したがってできるかぎり使用機械、使用材料が小型であり、人刀処理が可能で能率のよいことが要求される。

以下に本工法の施工法と2つの施工例を述べる。

2. 施工方法

施工手順を図-1に示したが施工方法は次のとおりである。

- 1) 自立する高さか、補強材の打設が容易である高さまで掘削し法面整形を行う。この時土質、地層を詳細に観察する必要がある。この観察により増しボルトが必要か、あるいは次の段階の掘削高さをいくりにするかを検討する。この掘削高さを低くすれば垂直な補強土壁面を築造することができる。
- 2) 法面保護工として法面の肌落ち、小さな崩壊を防ぐために吹付けコンクリートを施す。斜面の安定自体は補強材のみで十分であるから土質によっては吹付けコンクリートでなく他の防護工でもよい。
- 3) 補強材を打設しグラウトを注入する。打設方法はアネホーリンクによるものと、直接打撃によるものがあるが土質によってどちらかを選定する。ただし肌落ちの少ない地盤等であれば施工性を著

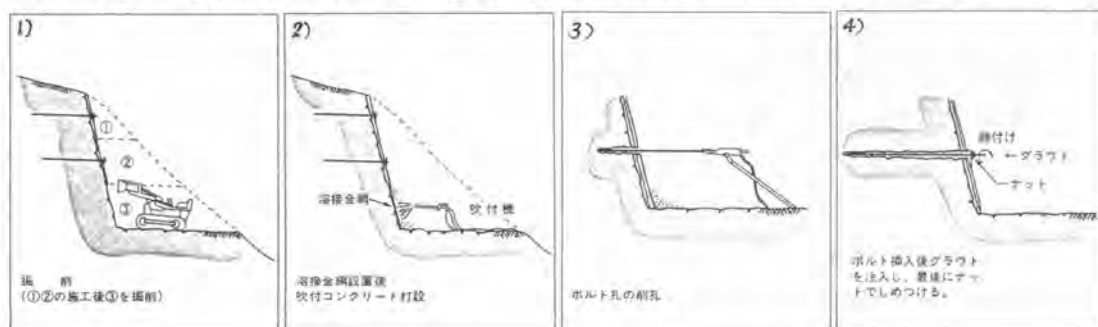


図1. 施工順序



写真-1 吹付けコンクリート施工



写真-2 レッグハンマーによる穿孔

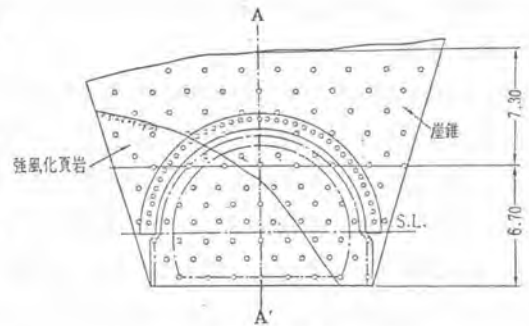
慮し2). 3). を前後してよい。

4) ホルト頭部にプレートをあてナットで締める。これはプレストレスを与えるためでないのでプレートが法面に密着する程度でよい。

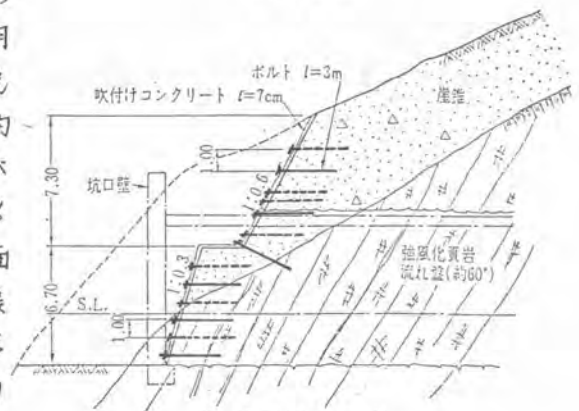
これらを1サイクルの作業とし、順次作業を繰り返して行い、補強土斜面を築造する。なお写真1は吹付けコンクリート施工、そして写真2はレッグハンマーによる穿孔状況を示したものである。

3. 施工例

現在までに本工法による施工例は15件である。適用範囲はトンネル坑口部の切土斜面、構造物構築のための根切り掘削面、すでに切土すべり補強の必要な斜面などであるが、特に大型重機等の搬入が不可能であり従来の工法を用いるためには立地条件の悪くなる場所、あるいは道路や線路に隣接しており掘削作業により有害な変形をうけやすい場所に非常に有効であった。適用土質は崖錐層、風化岩、ゆるい砂質土層、粘性土層など多種にわたる。図-2はトンネル坑口部の切土斜面に適用した例を示したものである。また写真3は施工完了時のものである。地質断面は図に示すように約60°の流水盤である強風化頁岩層の上に崖錐層が厚く堆積した状態である。この層を1:0.3と1:0.6の2段の法切りで計画したが、この時無補強斜面だと安全率が $F_s = 0.85$ であった。この法面に長さ3.0mの補強材を崖錐部1.5m²:1本、頁岩部には2.0m²に1本の割合で打設することにより安定を維持することができた。全法高は13.0mであり施工面積は350m²である。



(a) 正面図



(b) 断面図 (A-A')

図-2 トンネル坑口斜面補強計画図

当現場の崖錐層は穿孔が難しく穿孔時あるいは穿孔後孔壁が乱れる等の問題があり、フルボーリング型式だと非常に能率が悪かった。したがってブリーダーを用いて補強材を直接打ち込む方法とした。この時用いた補強材は中空型ボルトであり、打設後、中空孔からグラウト注入を行った。この方法によってもボルトの引抜き耐力は設計値を十分満足している。

トンネル坑口部はこのように補強した法面をトンネル掘進に伴って半円状にくりぬくこととなるわけであるが法面の变形計測結果、ボルトの応力測定結果から次のようなことがわかった。

- 1). 補強ゾーンを掘削している時(坑口から奥3.0m)においてはほとんど变形が発生せずトンネル支保工にも荷重が作用していない。
- 2). 補強ゾーンを通過した時(補強ゾーンは一体化した形で補強ゾーンより背面側に倒れ込むように变形している。

このことから補強ゾーンより奥でゆるみが発生し、ゾーン自体は一体化してゆるんだ部分へ倒れる形態が推定できる。このような傾向、特性は、室内実験でも確認されている。

図-3は橋脚施工に伴う根切り掘削面の安定に適用したものである。地層は風化花崗岩であり、表土の下には真砂土化した層が厚く分布している。その下には風化花崗岩層があり、粘土化した層が脈状に走った状態であった。掘削時にはこの粘土層を境に土塊がくずれ落ちる所もあった。当現場は東北本線に非常に隣接した場所であり、大型重機を用いた従来の止留工法では万全をませない条件下であった。

この根切り掘削においては1:0.5の2段法切りで計画したが、無補強斜面だと安全率が $F_s=1.0$ であった。この法面に2~7mの鉄筋D25を約 $1/m^2$ に1本の割合で打設することにより安全率 $F_s=1.2$ を確保するものとした。

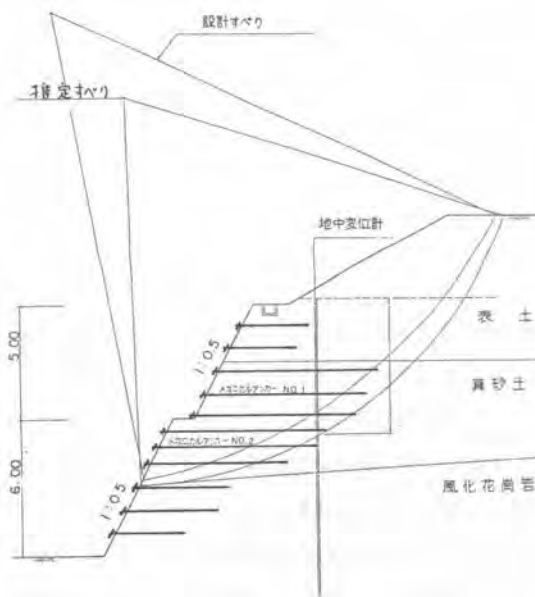


図3. 根切り掘削斜面補強計画図



写真3. トンネル坑口斜面施工状況



写真4. 根切り掘削施工状況

法高は10~12mであり、全法面積は450m²である。

鉄筋の打設は、ロックハンマーでφ45mm径のアレボーリングを行い、その孔内に鉄筋を挿入し、グラウト注入する方式とした。このような風化花崗岩層(真砂土を含む)では穿孔時に適量の水を使用することにより穿孔をスムーズに行うことができた。また孔壁も安定させることができた。

ここでは鉄筋張力と地中変位および地表沈下を測定したが、測定結果より図3に示した無補強時の設計すべり線付近からすべり線が推定すべり線方向へ移行する傾向にあった。なおここでいうすべり線とは地中内での変形の小さい所と大きい所の境目という意味合いのものであり、すべりが生じるとすればこの線であろうと推定されるものである。したがって實際上、補強したことによりすべりを押えることができたとは断言することは無理であるが、補強することによりすべろうとする線を奥へおいやる傾向を示したことは結果から言うことができる。

4. あとがき

以上述べたとおり本工法は、従来の工法では施工が困難であり不経済となる切土斜面、あるいは崖削壁の安定対策工としてその威力を発揮する。それは従来工法が土本来の有している性質を無視し、強制力をもって地盤を安定させるのを基本としているのに対し、本工法が土の自然な変形を許し、その変形によって補強材に張力を発生させ、その張力を安定の中にくみいれることを基本としている点による。したがって安定させるのに必要な材料は最小限のものでよいことになり使用材料、使用機械はごく軽量のものでよいこととなる。しかし軽量でよいという特徴が人力に頼りすぎる傾向をもたらししているとも思われ、現在、本工法をさらに効率化するためにこれらの特徴を生かすことを前提として機械化の研究にとりくんでいる。また設計法の標準化を推進するとともに永く構造物としての適用性の研究も進めている。

最後に本工法の実施にあたりご指導いただいた静岡県土木事務所、国鉄福島工事事務所の方々にこの紙面を借りて感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 奥園寺島、則武、舟川：鉄筋による斜面補強の模型実験と施工例、土と基礎、Vol. 31, No. 9, 55~62 (1983)
- 2) 山本、佐味、佐藤：木川による斜面安定工法(SWI法)について、土木学会第87回年次学術会議、1982、255~256
- 3) 三木、龍岡、松尾、見玉：鉄筋補強土の模型支持力実験、第11回土質工学研究発表会、1981、1865~1868
- 4) 則武、印南、佐味、松井：補強材による斜面安定工法に関する実験、第18回土質工学研究発表会、1983、1261~1262
- 5) 奥園、長尾、則武、印南、山内：鉄筋による補強斜面の載荷実験、第19回土質工学研究発表会、1984、1163~1166
- 6) 則武、小決、佐味：補強材による斜面安定工法-SWI法-の施工(第1)、第18回土質工学研究発表会、1983、1265~1266
- 7) 須田、則武、瀬川、佐味：補強材による斜面安定工法-SWI法-の施工(第2)、第19回土質工学研究発表会、1984、1319~1320
- 8) 龍岡、三木、松尾、見玉：鉄筋による補強土の砂地盤の支持力特性I~VIII、生産研究、1981、10、33巻、10号