

東急建設(株)技術研究所 正会員 広井 恵二 鄭 光司
 同 上 シ 西岡 哲 福井 康
 岡部 株式会社 シ 佐藤 恭介
 東京都立大学 工学部 シ 山本 稔

1. はじめに

わが国は国土のほぼ80%が山岳、丘陵地帯で占められている。しかも、梅雨や台風などによる降雨量が多く、また、四季の変化による温度変化が大きいので、自然現象による土壌への侵食の程度が大きい。この点より、道路、鉄道、造成工事などに伴い造られる斜面は、その延長、面積が大きい場合(長大斜面)、自然災害を受けやすく、斜面の保守管理がむずかしくなる。また、長大斜面には用地や自然破壊という問題も含んでいる。したがって、斜面を補強して斜面の安定をはかるとともに、施工勾配を急勾配にすることにより、長大斜面を避ける工法も注目されるようになってきた。

TOP工法による斜面安定工は斜面の掘削を段階的に行ないながら、ロックボルトを地山に挿入し、大型ベアリングプレートや植生などにより法面を保護し、斜面の安定をはかる工法である。このたの本工法は、斜面を標準勾配より急勾配に施工できるため、経済的な工法であるとともに施工時の安全性も高く、完成後の景観も優れた斜面安定工法といえる。本報告では、TOP工法による斜面安定の理論的概要を紹介するとともに、すでにTOP工法により施工したトンネル坑口斜面補強工事について述べる。

2. TOP工法による斜面安定

TOP工法による斜面安定はロックボルトと大型ベアリングプレートを用いることにより、斜面を地山自身の強度によって安定させるということである。ロックボルトを斜面に打設すると図1に示すようにロックボルト周辺の地山が拘束されることにより一体化した土塊(ブロック化領域)が形成される。この一体化した土塊が積み重なって擬似擁壁が形成される。この補強された斜面は図2に示すように、ロックボルト打設後のすべり線は打設前のすべり線よりも奥へ移動し、一体化した部分を擁壁と考えた場合のすべり線に類似してくる。

ロックボルトが地山の変位を拘束するためには、ロックボルトと地山間に相対変位が生じ、ロックボルトに軸力が発生しなければならない。図3に斜面掘削により生ずる地山変位分布とロックボルト変位分布の一つの例を示す。ロックボルトと地山間の相対変位により、ロックボルトにせん断力が導入され軸力が発生する。ロックボルト頭部に剛性の高い大型ベアリングプレートを設置し、法面の変形を拘束するとロックボルトと地山の相対変位が法面付近で接近し、ロックボルトの軸力のピーク値が増大するとともに、軸力ピーク値の位置が法面側に移動する。このように、大型ベアリングプレートによりロックボルトの地山への拘束効果が有効に発揮される。

3. 施工例

施工場所は日本道路公団常磐自動車道小木津トンネル坑口斜面である。小木津トンネルの地質は主に風化花崗岩より構成されており、地表面付近は極風化土砂状化している。当初トンネル貫通の影響により坑口斜面の安定

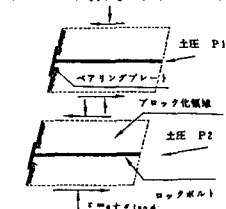


図1 ブロック化領域

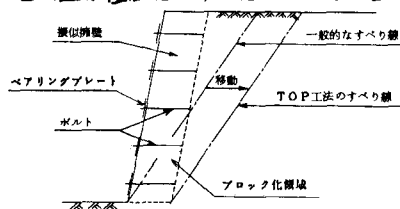


図2 擬似擁壁

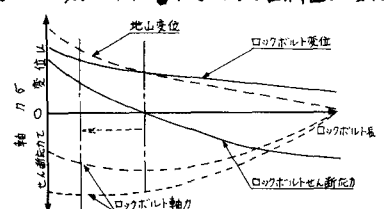


図3 ロックボルトと地山の相互挙動

がそこなわれると予想されるため、坑口斜面には石積擁壁が計画されていたが、擁壁形状が扇形で施工困難なこと、斜面掘削時における斜面安定が低下するための斜面掘削と同時に掘削部分を安定させる工法が必要なことよりTOP工法が採用された。

図4に設計フローを示す。作用する土圧に対してロックボルト、大型ベアリングプレート等の施工パターンを決め、ロックボルト打設部分が擬似擁壁化するとして斜面全体の安定計算を行なった。

施工は図5に示すように、一段毎に掘削し削孔、ロックボルト打設、型枠設置、脱枠の工程を実施し、7段まで行ない、施工斜面高さは8mである。写真1に施工完了、植生後の状況を示す。

4. 計測と解析結果

施工時の安全管理および施工後の斜面変位を確認するため、地すべり計により斜面頂部の地表面変位を計測した。また、本斜面をロックボルトと大型ベアリングプレートをビーム要素でモデル化し、有限要素法により解析した。図6に解析モデルを示す。計測と解析による変位および施工工程との関係を図7に示す。

地すべり計による変位は、掘削段数の増加とともに増加し、3段掘削時に最大伸びが 1.8mm となり、その後減少し安定している。解析による変位は徐々に増加し7段掘削完了時に最大伸びが 1.2mm となった。掘削開始より3～4段掘削まで計測と解析の変位が増大するのは、図5に示すように風化岩盤B層の掘削による応力解放の影響であり、5段以降変位がほとんど増加しないのは、5段以深に良質な岩盤C層があるためと考えられる。このように計測と解析による変位は両方とも小さな値で安定していること、解析では斜面内に破壊領域が発生しなかったこと、本斜面はトンネル貫通後現在にいたるまで変化がないことより、安定した構造物が構築できたものと思われる。

5. おわりに

比較的短いロックボルトと大型ベアリングプレートを用いて、トンネル坑口岩盤斜面を補強安定させることができた。今後は他の地質の斜面に対しても施工実績を上げる必要がある。また、ロックボルトと地山間の相互メカニズムを明確にすることにより、短いロックボルトの適用範囲について研究を進める必要がある。なお、本施工を進めるにあたり、御理解をいただいた日本道路公団東京第一建設局日立工事事務所の関係各位に感謝します。

参考文献

1). 西村、山本、山崎：ロックボルトを用いた斜面の摩擦円法を拡張した安定解析。第38回土木学会全国大会1983

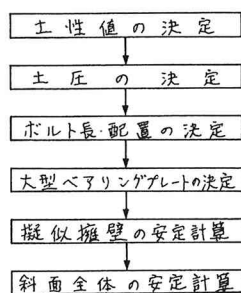


図4 設計フローチャート

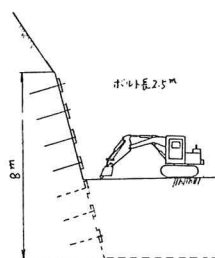


図5 施工順序



写真1 完成斜面(植生後)

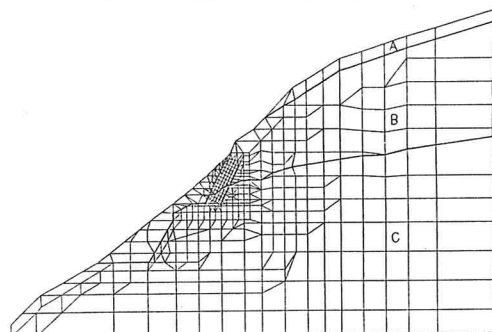


図6 解析モデル

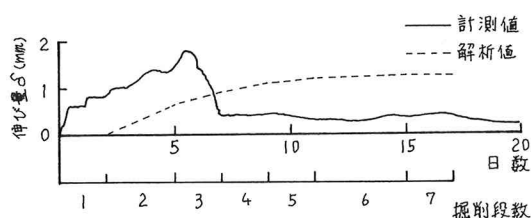


図7 計測と解析による変位と施工工程との関係