

開口亀裂のある岩盤でのロックアンカーの設計、施工

大成建設（株）北信越支店	正会員	○玉村 良
大成建設（株）北信越支店		館 克彦
大成建設（株）技術センター	正会員	青木 智幸
大成建設（株）土木設計部	正会員	桑田 尚史

1. 工事の概要

白岩砂防堰堤は、常願寺川河口より 42.5km 上流の崩壊土砂の多い立山カルデラ出口に位置し、上流砂防ダムの基幹となるものであり、本堤の高さは 63m で日本一を誇る。副堰堤は 7 基からなり、総落差は 108m 貯砂容量 100 万 m^3 と日本有数の規模の構造物であり、平成 11 年には国の有形文化財としても認定された。

当堰堤は完成から約 60 年が経過し、白岩砂防ダムの老朽化と右岸の花崗岩岩盤の表層の風化が進んでいる。この岩盤の崩壊が生じると通水障害を生じ、砂防機能を害する可能性があるため、ロックアンカー等による岩盤補強対策工事を実施することになった。工法の選定に当たっては、国立公園内の景観の保全を考慮し、岩盤内部に設けたトンネルからのアンカー施工が採用された。

2. 工法の特徴

本工事の特徴を以下に述べる。

1) トンネルからのロックアンカー施工

右岸岩盤面が急峻で高低差があることと、国立公園内の景観の保護、施工の安全性、工程の確保のため、2 本のトンネルを掘り、その中から、アンカーの施工を行った。(図-1 参照)

2) グラウトジャケット(布パッカー)を用いた定着

崩壊の可能性がある亀裂の多い岩盤にアンカーを定着させるため、布パッカーを使用してグラウトの流出量をできるだけ少なくした。今回採用したパッカーには、付着性能を向上させるため、グラウトのセメント粒子が、パッカーと孔壁との間に残留しやすい様、パッカー外部に導水線を配置する方法を採用した。この方法は、導水線に沿って加圧脱水された水分が逃げるため、パッカーから滲み出たセメント粒子が流出しづらくなるという特徴を有している。

3) 薄肉ケーシング(保孔管)を使用したアンカーの挿入定着

岩盤内に亀裂が多いため、削孔後及びテンドン挿入時に孔壁が崩壊するため、削孔後に薄肉のケーシング(保孔管)を挿入した後、管内にテンドンの挿入を行い、ケーシングを引き抜きながらグラウトを注入し、アンカーを施工する方法を採用した。(図-2)

4) アンカーの配置角度と施工方法

通常アンカーは、 -5° 程度から -45° までの下向き施工が多いが、本施工では $+60^{\circ}$ から -40° と上向きのアンカーから下向きアンカーまで種類が多様である。そのため、上向き・下向き専用機の作製等、ボーリング機械、アンカー挿入機、作業架台等を改良した。

3. アンカー設計方法

アンカー設計に当たり、基本方針を以下に示す。

1) 「引き止め効果」と「締め付け効果」の考え方

通常アンカーの設計にあたっては、「引き止め効果」(滑り滑動力を減殺する効果)と「締め付け効果」(滑り面の垂直力を増加させ、せん断抵抗力を増大させる効果)の二つの効果があると考えられている。

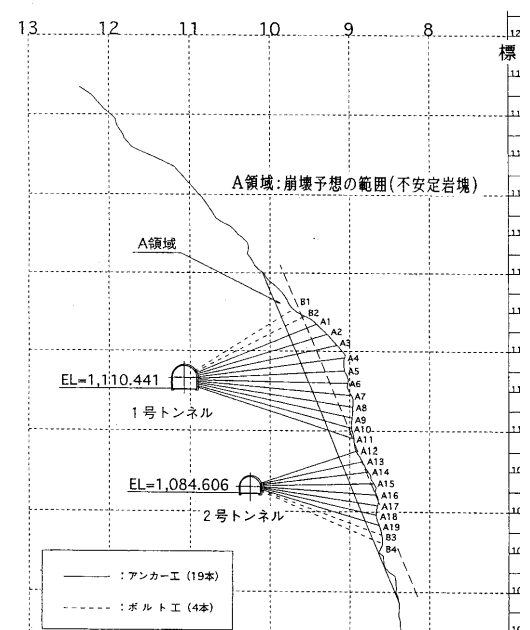


図-1 横断図

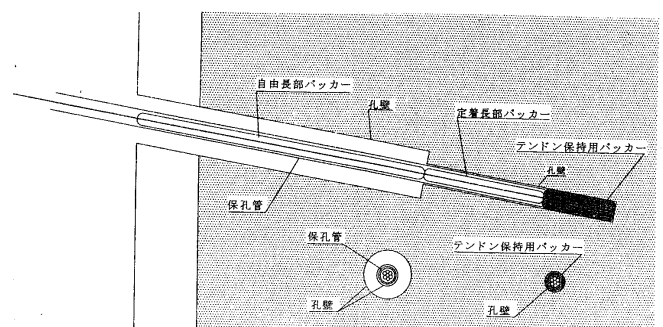


図-2 ケーシング(保孔管)を使用したアンカー挿入

本工事においては、何れか一方の効果のみを優先させたアンカー配置は、アンカー延長や設計力の増大を招き、崩壊を防ごうとしている A 領域（崩壊可能性領域：岩盤表面から厚さ 3～8m で、岩盤は硬質であるが、割れ目が密に発達し、割れ目の開口も著しく、1m 当たりの総開口幅約 100mm）全体を包括することが困難になることが懸念された。

そこで、本工事では、不連続面の発達した岩盤斜面であることを考慮しつつ、より経済的にかつ合理的な対策工とするため、「引き止め効果」と「締め付け効果」の両者を期待する設計とした。（図-3、4）

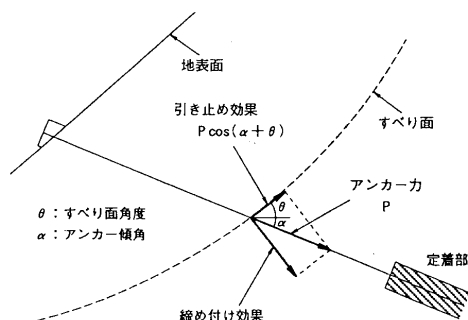
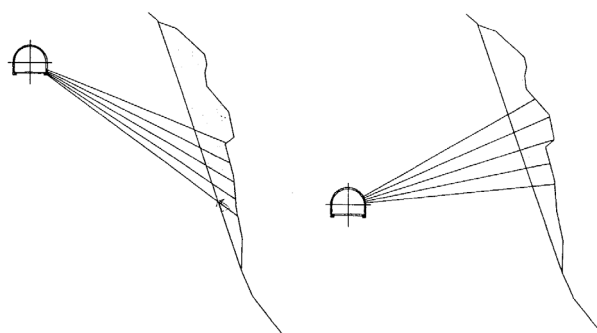


図-3 「引き止め効果」と「締め付け効果」



(a) 引き止め効果を期待する場合 (b) 締め付け効果を期待する場合

2) 「引き止め効果」が負になる場合の考え方

図-4 トンネル内からのアンカー施工

アンカー角度が滑り面より上向きになるときは、引き止め力が負の方向（滑りを助長する方向）に働くためアンカーを配置しない。（図-5）

3) 定着長が3m以下となる場合の考え方

アンカーの設計基準に定着長が3m以上という規定があるため、A 領域内で3mの定着長を確保できないアンカーを配置しない。（図-6）

4) ロックボルトの併用

2) 3) の方針でアンカーを配置しない場合はロックボルトを配置する。2) 3) の基本姿勢に従うと、アンカーの配置が出来ない部分が出て来る。A 領域の崩壊すべりを剛体滑りとすれば、必要抑止力を満足するアンカー配置がなされていれば良いが、当岩盤の様に不連続面の多い岩盤では、アンカーの配置できない部分にロックボルトを配置し縫い付け効果により、A 領域全体の岩盤の一体化を図り、局所的な崩壊の引っ張りの抵抗部材として期待するものとした。

5) 3×3mのパターンボーリングの採用

事前の地質調査により、当該岩盤斜面には、3～5m間隔で亀裂が発達していることが分かった。そこで、亀裂分布の不均一性も考慮して、A 領域を均等にカバーする3×3mピッチのパターンボーリングを基本にする設計とした。（図-6）

4. 結論

本工事において、以下の点が明らかになった。

1) トンネル内からのアンカー施工により、自然景観を保全しながら、急峻で崩壊の可能性のある岩盤斜面の補強方法を確立した。

2) 亀裂の多い岩盤には、布パッカーと導水線を用いることで、グラウトの流出が少なく経済的かつ品質に優れた、アンカー施工が可能となった

3) 「引き止め効果」と「締め付け効果」の両者を考慮することで経済的にかつ合理的な法面对策設計法を確立できた。

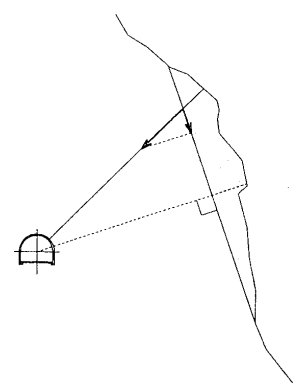


図-5 負の引き止め効果

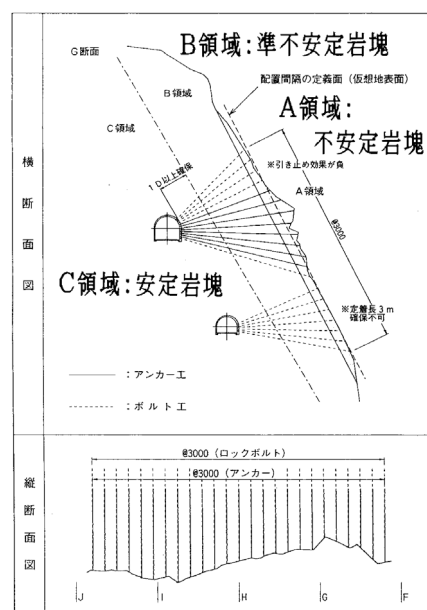


図-6 アンカー施工基本方針