

岩盤斜面の対策工の選定と最近の対策工について

Selection and recent trend of countermeasure for rock-slope.

神藤 健一

Kenichi KANTO

1. まえがき

本委員会では、「岩盤斜面の安定解析と計測」¹⁾の出版に続き、平成6年から4年間の委員会活動を通じて、「岩盤斜面の調査と対策工」²⁾を本年度中に発行する予定である。この内、対策工のワーキンググループでは、次のような6つの基本方針によって、対策工の検討を行ってきた。

- ①調査からメンテナンスまでの一連の流れで対策工を考えていく。
- ②対策工の必要性をどのように判断するかを調査との関係で評価していく。
- ③対策工の選定条件を斜面の破壊モード・施工性・環境条件・経済性を考慮し、計画安全率も含めて検討していく。
- ④対策工の効果を分析・評価していく。
- ⑤各種対策工の耐久性（杭の腐食、アンカーの金属疲労）やメンテナンスも含めて検討していく。
- ⑥情報化施工を取り入れてまとめていく。

これらの基本方針は、現在最も解決しなければいけない技術課題であるが、今回の委員会活動でも十分に検討できなかったのが現状である。特に、②、③が最も難しいもので、今後学官民が一体となって総合的に研究を進めていくことが不可欠である。

ここでは、「岩盤斜面の調査と対策工」²⁾のうち、特に対策工の選定と最近の対策工について紹介する。

2. 対策工の基本的な考え方

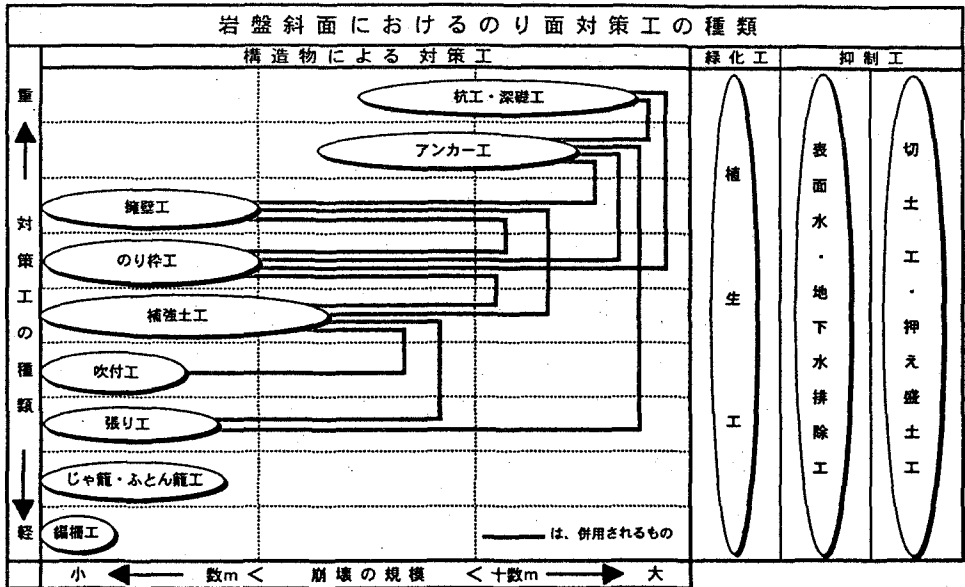
斜面防災対策は、設計・施工・維持管理の各段階において、種々の手法で斜面の安定性を評価し、不安定と判断された場合や災害発生時に施工されている。具体的には設計段階では、①標準勾配より急な勾配の切取り面の造成、②地すべり地での切取り面の造成、③不安定要因の潜在する地山での切取り面の造成、④岩盤斜面の安定解析結果で計画安全率が確保できない場合、⑤長大切取り面を縮小化する場合等には事前対策工が設計される。また施工段階や維持管理段階では、切取り面の計測値が管理基準値をこえ計測結果の再解析によるすべり安全率が設計基準値を満たさない場合や、切取り面及び周辺斜面の防災点検などにより崩壊の危険性が大きいと判定された場合や、切取り面及び周辺斜面で変状崩壊が発生した場合に対策工が施工される。しかし、岩盤斜面の安定性評価には不確実性があり、斜面崩壊の予知・予測は現状では困難である。とくに、豊浜トンネルのような大規模岩盤崩壊に対しては、従来の対策工の考え方だけでは十分な対応はできず、ハード及びソフト両面からの総合的な対策が必要となってきた。

岩盤斜面小委員会、対策工ワーキンググループリーダー（前田建設工業㈱技術研究所・研究第3グループ 部長）

3. 対策工の種類

岩盤斜面の変状や崩壊を防止するための対策工の種類はその目的と特徴から次のように区分できる。

- 植生工は最近では景観、周辺環境との調和に配慮して必ず検討もので雨水による浸食防止、凍土による崩落防止を期待する工法であり、緑化およびのり面表層の保護にとどまる。
- 構造物による対策工は植生工の安定を目的とした小規模なものからのり面表層の風化・浸食及び表層崩落の防止を目的としたものまでいろいろな種類があげられる。これらの構造物による対策工の種類および抑止力の大小と崩壊の規模などを含めた関係については、図－1のように整理できる。



図－1 対策工の種類と抑止力との関係²⁾

- 表面水・地下水排除工は、のり面崩壊の誘因となる表面水や浸透水などの処理対策で抑制工として効果が大きい場合が多い。

- 切土工・押え盛土工は、のり面に变状や崩壊が発生した場合の応急処置として検討される場合が多い。

これらは単独で用いられることもあるが、実際の現場では状況に応じて、それぞれの工法のもつ効果・特性を考慮し、組合わせて用いられることが多い。

4. 対策工の選定の考え方

対策工の選定フローは、斜面の地質性状、地形条件などの要素の他に、経済性・施工性・斜面の重要度・景観の面などを考慮して各機関で作成されており、標準的な流れが示されている。しかし、のり面、斜面の状況は変化にとみ、いかにそれに合った対策を行うかが、品質、経済性、維持管理の難易に大きく影響するため、現場の技術者の経験と適正な判断が必要となる。

特に当初の調査・設計段階で得られる地盤情報は、地質構成、掘削区分（土軟硬）、おおよその地質構造などであり、特殊な場合を除いて、各機関で定められた標準的なのり面勾配で設計されるのが一般的である。しかし、岩盤斜面などでは十分な調査のもとに設計されている場合は少なく、施工中に調査・設計段階で予測できなかった状況に遭遇することが多い。その場合、施工段階で出現した新しい地盤条件をよく調査し、設計時の条件を再検討していく必要がある。また、施工時には問題がなくても、地盤条件によっては完成後に雨水・地下水によって崩壊したり、時間の経過とともに乾湿、凍結・融解の繰返しで風化・劣化し、のり面の変状・崩壊を引き起こすことがしばしば見られ、時間の要素をも考慮した対策工を検討する必要がある。

一般的な選定の目安としては、採択するのり面勾配がそののり面における安定勾配を確保できる場合には、浸食や表層崩落の防止を主目的として植生工、厚層基材吹付工、プレキャスト枠工などとする。ただし、切土後の風化が速い岩では、風化が進んでも崩落を生じないようなのり面勾配を確保した上で植生工を行うか、風化の進行を抑えるため、表面水を浸透させない密閉型ののり面保護工（例えばモルタル・コンクリート吹付工、石張・ブロック張工、中詰めにブロック張等を用いたのり枠工、コンクリート張工等）を適用する。安定勾配より急なのり面勾配を採択する場合は土圧やすべり土塊の滑動力に対抗できる擁壁工、杭工、グラウンドアンカー工等を選定する。なお、崩壊形態とその規模や地盤条件と対策工との関係の概略を整理すると図－2の通りである。

5. 最近の新しい工法

(a)環境・景観に配慮した工法 最近の環境重視の観点から、なるべく現存の景観を保全し、周辺との調和を計る目的で、主として緑化工が施工されてきている。しかし岩盤などの場合直接には植物が生育できないのでプラスチックの繊維やバーク堆肥、ピートモスなどを主体として吹付機械等を用いて造成した植生基材で植生の育成を図る岩盤緑化工法が最近多く施工されている。

(b)新しい枠工（大型ブロックも含む） のり面に緑化が可能な工法で、さらにグラウンドアンカーなどとの組合せにより抑止力の期待度の高い工法として、各種ののり枠工が開発されている。大型ブロックの枠工は形状的に十字状のものが多く、一般には既製品が多いが、現場打コンクリートや、吹付コンクリートで現場にて製造するものもある。

(c)新素材等のグラウンドアンカー 最近、新素材を用いたグラウンドアンカーや引張鋼材に直接エポキシ樹脂などをコーティングして腐食しないようにしたものも開発されている。また、最近では定着部が地山と複数箇所て接する荷重分散型のアンカーも考案され、大きな耐力が期待できるようになってきている。

(d)落石対策工 岩盤接着工は、亀裂の多く発達した岩盤等で抜け落ち落石の可能性の高い部分や、のり枠やロックボルトなどで美観を損なうため施工できない場合などに用いられている。接着剤はセメント系やプラスチック（レジン）系などがあり、風化を防止する浸透性レジン等を用いて保護する工法も開発されている。また、EPS工法は落石による被害を軽減するために落石覆工にかかわる衝撃を軽減する方法として、使用される場合が増えている。

(e)施工に関する新工法 高所であっても足場の不要な施工方法として、ロボット式のモルタル、コンクリート吹付工やレッカーなどを用いてロックボルトを打設する工法や杭を打設する工法、さらにはバックホーのブームがレッカーのように伸縮するタイプで切土する方法などが開発されている。

6. あとがき

対策工の選定では岩盤崩壊が対象斜面のどこからどのような形態・規模で発生し、それがどのような運動形態で動くかを想定した上で、どのような対策工を選定するかが重要であるが、これを十分に評価することは難しいのが現状である。したがって、斜面の安定性評価に加えて、土木構造物の重要度や崩壊が生じた場合の影響度等も考慮し、対策工の選定や監視・観測態勢の必要性を総合的に判断する必要があると思われる。

以上のように斜面の規模傾斜角によって対策工が計画・実施されているのが現状であるが、特に長大斜面では対策工で対処できる限界もあるので、警戒避難体制を整備するなどのソフトの対策も必要になってくると思われる。

7. 参考文献

- 1) 社団法人土木学会：岩盤斜面の安定解析と計測。平成6年
- 2) 社団法人土木学会：岩盤斜面の調査と対策。平成11年出版予定

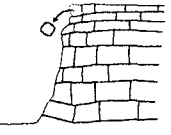
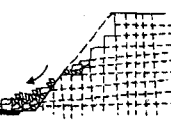
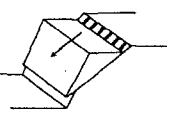
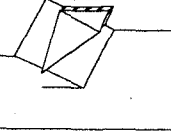
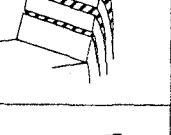
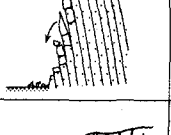
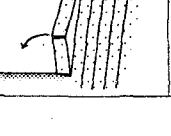
崩壊形態		破壊モデル	主な適用対策工	小←崩壊規模→大	し難い←風化→し易い	無←地下水→有
崩壊現象	落石		浮き石除去 吹付+ロックボルト 落石防止網 吹付枠工 ロックシェッド 岩盤接着工	←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→
	ブロック崩壊		吹付+ロックボルト 掘削除去(勾配変更)	←→ ←→	←→ ←→	←→ ←→
すべり等による崩壊	平面すべり		ロックボルト+吹付枠工 グラウトアンカー+反力盤 掘削除去(勾配変更) 押さえ盛土	←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→
	くさび崩壊		ロックボルト+吹付枠工 グラウトアンカー 掘削除去(勾配変更) 押さえ盛土	←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→
	円弧すべり		ロックボルト+吹付枠工 グラウトアンカー+反力盤 抑止杭 掘削除去(勾配変更) 押さえ盛土 擁壁工	←→ ←→ ←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→ ←→ ←→
	複合すべり		ロックボルト+吹付枠工 グラウトアンカー+反力盤 抑止杭 掘削除去(勾配変更) 押さえ盛土 擁壁工	←→ ←→ ←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→ ←→ ←→
トッブリング崩壊	たっわみり性トグ壊		ロックボルト+吹付枠工 グラウトアンカー+反力盤 掘削除去(勾配変更)	←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→
	ブッロブツクントグ壊		ロックボルト+吹付枠工 グラウトアンカー+反力盤 掘削除去(勾配変更) 落石防止網 ロックシェッド	←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→ ←→
バックリング壊			ロックボルト+吹付枠工 グラウトアンカー+反力盤 擁壁工	←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→	←→ ←→ ←→

図-2 崩壊形態・崩壊規模・地山条件と対策工の関係