

2-6 道路のり面斜面对策におけるアセットマネジメント技術に関する研究 (1)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：地質・地盤研究グループ（土質・振動）

研究担当者：佐々木哲也、加藤俊二

【要旨】

今後、維持・更新の時代に遷移していく中、道路斜面防災事業においても限られた予算を有効に活用するためには、アセットマネジメントの考え方を導入して、中長期的な展望を踏まえた上での効率的かつ効果的な防災対策を行い、斜面災害の減災を図ることが必要である。このため、本研究では、のり面・斜面の点検・診断技術、対策効果の評価手法・対策の考え方といった、道路のり面・斜面对策におけるアセットマネジメント手法の検討を行っている。平成 25 年度は、平成 24 年度に引き続きのり面のモルタル・コンクリート吹付工（以下、吹付工という）を代表例として劣化の考え方を整理するとともに、被災事例分析を踏まえて過去の設計・施工上の課題と対応の考え方について検討を行った。

キーワード：道路のり面・斜面、防災対策、維持管理、アセットマネジメント

1. はじめに

昭和 40 年代後半から昭和 50 年代の高度成長期に整備された社会資本は、現在約 30～40 年程度経過している。今後、これらが維持・更新の時代に遷移していく中、限られた予算を有効に活用しなければならない。道路のり面・斜面の防災対策においても同様であり、公共事業費の縮減に伴い防災対策に充てられる維持管理予算も年々減少しており、この時に構築されたのり面保護工や斜面安定工の維持・更新も含めたのり面・斜面の維持管理および防災対策を進めていく必要がある。

国土交通省で開催した「道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する委員会」では、2003 年 4 月の提言において「道路を資産としてとらえ、道路構造物の状態を客観的に把握・評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算的制約の中でいつどのような対策をどこに行うのが最適であるかを考慮して、道路構造物を計画的かつ効率的に管理すること」と、道路構造物のアセットマネジメントに関する大枠の方針を示している。道路のり面・斜面の防災対策においても、既設の防災対策工および自然斜面の災害危険箇所の状態を踏まえた中長期的な視点で、効率的かつ効果的に対策を実施し斜面災害の減少や災害規模の軽減を図っていくことが求められる。

実際の業務においては、上記の考え方に基づいて現場の実務レベルに合わせたアセットマネジメント手法を構

築して運用する必要がある。本研究は、道路のり面・斜面の防災対策工におけるアセットマネジメント手法について検討するものである。

平成 25 年度は、平成 24 年度に引き続き吹付工を代表例として、劣化の考え方を整理するとともに被災事例分析を踏まえて過去の設計・施工上の課題と対応の考え方について検討を行った。

2. 吹付工の劣化と設計・施工上の課題

吹付工は、主として水により風化・浸食しやすい岩の切土のり面の風化・浸食防止を目的として用いられる。したがって、吹付工単独で用いる場合は、のり面が安定していることが前提となる。一般に、土砂系のり面であれば植生工を実施するケースが多く、吹付工を実施しているケースは希であり、吹付工のほとんどが岩系のり面で施工されている。本研究においては、吹付工の劣化については吹付工の目的および機能の観点から、モルタル・コンクリート自体の劣化と地山の風化に伴う吹付工の損傷と定義し、吹付工の機能に不適合である地山の滑り・崩壊に伴う吹付工の損傷は区別して扱い、後者については実務では併行して防災点検および防災対策にて対応するものとして検討を行っている。この定義では、吹付工の劣化によって生じる被害は、①モルタル・コンクリートの劣化によるモルタル・コンクリートの崩落、②吹付工と地山との密着性の消失に伴う吹付面の滑落やはく離

2-6 道路のり面斜面对策におけるアセットマネジメント技術に関する研究

崩落および風化土砂を伴う崩落である¹⁾。前者のモルタル・コンクリートの劣化に関しては、(社)全国特定法面保護協会が吹付砕工の耐久性に関する実態調査を行っており、これは同じ設計基準強度のモルタル・コンクリートを用いている吹付工の維持管理にあたって参考となるものである。これによると、塩害および中性化による吹

付法枠の劣化予測を行ったところ、最小かぶり厚さが5cm～8cm程度と多少のバラツキはあるものの適切な施工がされていれば、いずれも鉄筋の腐食が始まるまで100年以上の期間があるという結果が得られている²⁾。吹付工の耐用年数は更新等の実態を踏まえると現状では50年未満と考えられ、また吹付工は安定したのり面に施



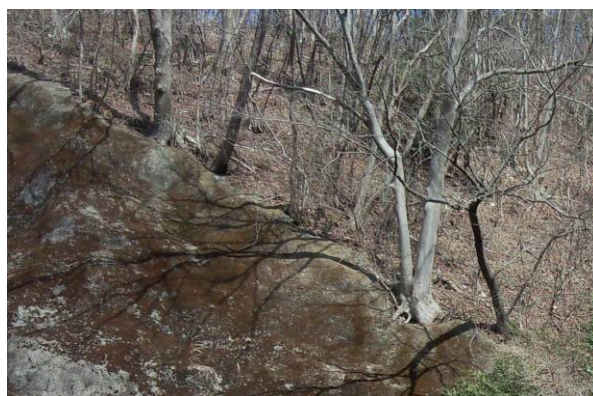
(a) 被災個所の全景



(b) 崩落部分の状況



(c) 崩落土砂の状況



(d) のり肩の状況



(e) 崩落したモルタルの断面

写真1 吹付工の崩落事例

されることから土圧が作用しないため、適切な設計・施工がなされている場合には、吹付工の供用期間中において塩害・中性化に関してはさほど問題がないものと考えられる。このため、吹付工本体の劣化に関して特に留意すべき事項は、乾燥収縮や温度膨張収縮によるクラックの進展および寒冷地における凍害によるはく落の2点と考えられる。

次に後者の主たる要因は、水の侵入に伴う地山の風化によるものであり、地山の風化に関しては水の侵入を防ぐことが必要である。吹付工の背面への水の侵入経路は、モルタル・コンクリートに生じた貫通亀裂からの侵入か、表流水や湧水による地山面からの侵入のどちらかである。モルタル・コンクリートに生じた亀裂に関しては、目視確認が容易であるため、必要に応じて適宜補修を行い侵入の防止が図られている。

一方、背面地山の表面水の侵入やのり面内の湧水が要因となるものは、表面からの目視確認が困難であるため、背面の状況によっては崩落等の災害が起こる可能性が高くなる。このため、被災事例を通じて点検や補修の考え方を整理すると共に、劣化を踏まえた維持管理を考える上でこれまでの設計・施工上の問題を整理することが必

要である。

写真1は、のり肩からの侵入水による地山の風化に伴い吹付工の凸部が崩落した事例である。写真(a)は当該箇所全景で、高さ約10mの吹付のり面の中腹にある凸部が崩落した。写真(b)に示すように抜け落ちた部分の上方まで空隙が続いており、さらに写真(c)に示すように崩落した土砂は吹付け内に残存している地山面の状況と比べるとかなりスレーキングした状態になっていたことがわかる。写真(d)は崩落位置の上方ののり肩部分であるが、巻き込み処理やのり肩排水は見られず、吹付け境界にも樹木が生育しており、表土から直接吹付工背面に水が侵入する状況となっている。さらに、写真(e)に示すように、崩落したモルタルの断面を見ると吹付け厚さにかかなりのムラがあり、写真(b)からもわかるように崩落した境界部の吹付けモルタルの断面を見ると極めて薄いのがわかる。

吹付け厚のムラに関しては、特に凸部の下の部分の吹付けはリバウンドの処理とともに適切な吹付け厚になるような施工が難しく、吹付けを行うノズルマンの技量によるところも大きい。また、密着不良や厚さ不足といった施工ムラが生じやすく、このような部分ではクラックも

表ー1 道路土工指針における吹付工の記述の変遷^{4)～7)}

書籍名	発刊時期	吹付工の記述内容
道路土工指針	昭和31年11月	(全文) モルタル吹付けによるのり面の保護は主として岩の切取り部分に行われる。吹付けを行う岩の表面はあらかじめよく清掃して浮石等をとり除いておかなければならない。吹付けモルタルが一律の厚さにつくように注意しなければならない。
同(改訂版)	昭和42年5月	配合: 一般にセメント砂比1:3~1:4(重量比)で水セメント比45~50% 金網: 3~5mmの太さの10~15cm間隔の鉄網をのり面に張り付け1~2m間隔でアンカーする。 吹付け厚: モルタルを5~10cm程度吹付ける。 湧水: 吹付面にわき水がある個所には適切な排水処理を行い水抜穴を作り、その上に吹き付けする。 地表水: 地表水が侵入しないようにのり肩のところで30cm程度土中に巻き込むか集水渠を設けるとよい。
のり面工と斜面安定工指針	昭和47年9月	配合: 一般にセメント砂比1:3~1:4(重量比)で水セメント比45~50% 金網: 凹凸がある場合は菱形金網、無い場合は溶接金網を張り付け1~2m間隔でアンカーする。 吹付け厚: 標準はモルタルは5~10cm、コンクリートは10~20cm。寒冷地等条件の悪い地域は10cm以上。 <u>湧水: 施工後の湧水は水平ボーリング等適切な排水を行う。</u> <u>滑落防止: 勾配が急な場合や吹付へ厚が厚い場合は、滑落防止のための杭を設置し、吹付けは地山まで巻き込む。</u>
のり面工・斜面安定工指針	昭和54年4月	配合: 一般にセメント砂比1:3~1:4(重量比)で水セメント比45~50% 金網: 凹凸がある場合は菱形金網、無い場合は溶接金網を張り付け1~2m間隔でアンカーする。 吹付け厚: 標準はモルタルは8~10cm、コンクリートは10~20cm。寒冷地等条件の悪い地域は10cm以上。 湧水: 原則として2~4m ² に1個以上水抜き孔を設ける。 地表水: 吹付のり肩処理は地山まで完全に巻き込む。

入りやすい。この事例では風化した背面土砂も含めて崩落したが、地山との密着不良の程度とひび割れの進行状況によってはモルタル単体での崩落や吹付工全体で滑落する恐れもある。ノズルマンの技量不足に関しては、比較的近年まで問題になっており、(社) 全国特定法面保護協会によりノズルマン技能講習会が平成 19 年度から³⁾、技能認定試験が平成 21 年度から毎年われるようになり、ノズルマンの技能不足についての改善は徐々に進められてきているが、比較的近年に施工されたものまで吹付工の凸部の状態については注意する必要がある。

背面地山の表面水の侵入やのり面内の湧水の処理に関しては、吹付工を行うのり面設計に関連するものであり、過去の設計・施工の考え方から、維持管理上留意すべき状況も把握しておく必要がある。吹付工の設計・施工に関する記述が行われている技術図書として代表的なものとしては、道路土工指針が挙げられる。表-1は、道路土工指針における吹付け工の設計・施工に関する記述の変遷を整理したものである。道路土工指針の初版は昭和 31 年 11 月に発刊され、この中で吹付工に関しての記述が行われたが、岩の表面に吹付けを行うことのみ記述であり、水処理等の具体的な記述は行われていなかった。その後、昭和 42 年 5 月に改訂版が発刊され、この中で吹付工における水処理や厚さ等について記述が行われた。考え方は、ほぼ現在の指針の原形となっており、のり面内の湧水処理と、のり肩からの侵入水へ対応するものとしてのり肩部の 30cm 程度の巻き込み施工あるいはのり肩排水を行う旨が示されている。しかしながら、昭和 47 年 9 月に道路土工指針の分冊として発刊された「のり面工と斜面安定工指針」では、湧水処理や地表水の処理の観点からの記述が消えており、のり肩部の巻き込みは地山まで行うように改訂されているものの、急勾配斜面や吹付け厚が厚い場合の滑落防止の観点で実施するものにとれるような記述に変わっている。その後昭和 54 年 4 月に「道路土工のり面工・斜面安定工指針」(以下、のり面工指針)として改訂が行われ、水処理の観点から水抜き孔の原則設置とのり肩の地山までの巻き込み施工が必須の記述となった。このため、昭和 54 年 4 月以降に設計・施工された吹付工については、指針の記述にしたがっているものであれば、地表面の土砂部を通じて吹付工背面へ水が侵入しないように処理が行われていることになる。逆に、昭和 54 年度以前に設計・施工された吹付工の水処理は不十分であることも推察される。

本研究では、宮崎河川国道事務所の協力により、吹付工の点検・補修履歴等のデータ提供をいただき、吹付工

表-2 施工年代別の補修比率

	総数	補修歴	比率(%)
S-S44	27	11	40.7%
S45-49	33	13	39.4%
S50-54	0	0	0.0%
S55以降	14	1	7.1%

表-3 施工後の補修までの経過年数

経過年	件数	比率(%)
10年未満	6	24%
15年以下	4	16%
20年以下	5	20%
20年以上	9	36%
不明	1	4%

の劣化実態に関する調査・分析を進めている。宮崎河川国道管内の吹付工に関して、前述の観点から整理を行った結果として、表-2に施工年代別の補修歴のあるものの比率、表-3に補修までの施工後の経過年数を示す。昭和 54 年はのり面工指針が発刊された年であることから、設計の次年度に施工を行うものと仮定し、昭和 55 年前後での補修歴を整理した。吹付工の半数以上は昭和 40 年代に施工されており、昭和 55 年以降に施工されたものの件数は 14 件と少ないものの、補修歴の有無の比率に関してみると昭和 40 年代に施工されたものの約 40% は補修歴を有しており、昭和 55 年以降に施工された吹付工の補修歴はほとんど無い。昭和 55 年以降に施工されたものの経過年数は昭和 40 年代に施工されたものと比べると短いとその影響も疑われる。しかしながら、表-3に示すように補修歴のあるものの内 60%は施工後 20 年以下で補修が行われている。更に施工後 10 年未満で補修を行っているものも約 1/4 を占めている。この

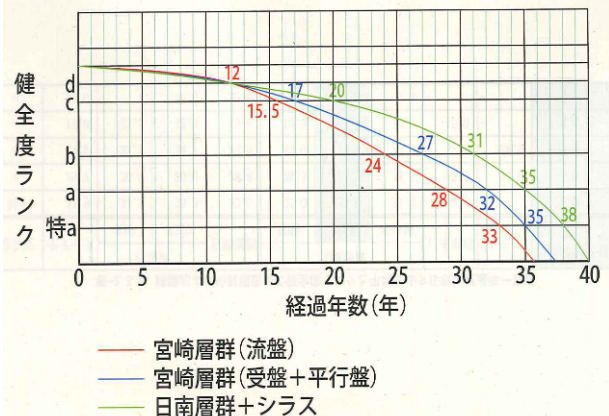


図-1 吹付工の劣化曲線の例

ように、実際の吹付工の補修実態から見ても設計・施工上の考え方の影響は大きいものと考えられる。

地山の風化に伴い生じた空隙や密着不良については充填工および地山補強工を併用することで対応することが可能である。特に局所的な凸部については根固め工のような考え方で部分補強を行う方法も考えられる。しかしながら、これらの対応はあくまでも暫定的な措置で補修・補強後も水の侵入による地山の風化による土砂化や空洞化に対する措置はなされていない。このため、最終的な対策としては、特にのり肩部を地山まで掘削をして吹付けを行うような措置を行うことが必要である。のり肩の措置に関しては、可能であれば前述の充填工や地山補強工と同時に実施することが望ましいが、諸事情によりやむを得ず対応時期を分け段階的に対応する場合には、地山の風化のしやすさを考慮して対応時期を検討する必要がある。

部分補強等の段階的対策を計画する際には、地域の地質状況に応じた劣化曲線を作成して検討することが考えられる。図-1は宮崎における吹付工の劣化曲線の検討例である。この図は当該地域の地山の地質毎に劣化曲線を整理したもので、図中の健全度ランクについては、特aは地山の変状に伴う吹付工の損傷であることから、本研究における定義の観点からは除外して考えるものである。健全度ランクdおよびcは、吹付工自体の劣化や施工不良に伴う損傷で進展の有無で区分しているものである。地山の風化に伴うものとしては、健全度ランクbと健全度ランクaである。健全度ランクbは、地山の風化に影響を及ぼすような事象が確認されたもので、例えば排水孔から泥水が確認されたり、クラックや目地に植生が入り込み水の侵入を助長するような状態が確認されたものである。また健全度ランクaは、地山の風化が要因で吹付工自体に損傷が確認されたもので、例えばのり肩部の水平クラックや段差やずれをとまなうようなクラックである。健全度ランクbは初期症状とともれるが、排水孔からの泥水が確認される場合には、明らかに吹付け背面に水が侵入しているものである。当事例をもとに、段階的に対策を行う時期の計画検討を行ってみた。健全度ランクbが確認されるまでののり肩部の措置を行うまでの猶予期間とするとこの劣化曲線では20~30年程度となる。しかしながら、bからaに至るまでの期間が数年と短期間であり、健全度ランクbの段階では既にかんがりの風化が進んでいる可能性が高い。また、施工当初から徐々に水の影響により風化・浸食は進行していくこと

も踏まえる必要がある。さらに健全度ランクcではモルタル自体の劣化と判断はしているものの、モルタル自体にクラック等の何らかの進行性の変状が確認されている時期でもある。ここで示している経過年数は平均値であり前後に数年の幅もあることも踏まえると、できる限り健全度cに至るまでの間で措置を施すことが望ましく、劣化曲線のみで検討した場合には10年程度が一つの目安になるものとする。ただし、実務で実施する場合には、さらに維持管理費用や更新を行った場合の費用などライフサイクルコストを考慮した上で設定する必要がある。その際には現地状況や工事範囲や工法比較などより詳細な検討を行う必要がある。

3. まとめ

今年度は、のり面・斜面对策のアセットマネジメントを検討する上で、平成24年度に引き続きのり面吹付工を代表例として、被災事例分析により吹付工の構造上の問題として考えられる点を抽出するとともに、それを踏まえて過去の設計・施工の考え方を整理し、維持管理を行う上での留意すべき施工年代を分析した。また、吹付工の劣化に対する補修・補強に関して、地山の劣化を踏まえた段階的な措置を行う上での対応の考え方を整理した。今後も、災害事例や補修事例等およびモデル路線でののり面吹付工の劣化に関する詳細分析や点検方法の検討を進めるとともに、アセットマネジメント手法の要素技術に関する検討・整理を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 加藤、佐々木：「吹付けのり面工の劣化モデルに関する一考察」、第48回地盤工学研究発表会、2013
- 2) (社)全国特定法面保護協会：のり枠工の設計・施工指針（改訂版）平成18年11月
- 3) (社)全国特定法面保護協会：ノズルマン技能講習会テキスト、平成19年4月
- 4) (社)日本道路協会：道路土工指針、昭和31年11月
- 5) (社)日本道路協会：道路土工指針、昭和42年5月
- 6) (社)日本道路協会：のり面工と斜面安定工指針、昭和47年9月
- 7) (社)日本道路協会：道路土工のり面工・斜面安定工指針、昭和54年4月

RESEARCH ON THE ASSET MANAGEMENT FOR THE ROAD SLOPE DISASTER PREVENTION MEASURES (1)

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Geology and Geotechnical
Engineering Research Group
(Soil Mechanics and Dynamics)

Author : Tetsuya SASAKI

Shunji KATO

Abstract : In this study, it is examined the asset management for countermeasures on road slopes, such as inspection, evaluation of countermeasures effect, maintenance and etc. In 2013FY, it was arranged the deterioration model of shotcrete on the road slope maintenance. In addition, it was examined the proper time for part reinforcement to deteriorated shotcrete using deterioration curve on shotcrete.

Key words : asset management, road slopes, countermeasures