

2.7 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 23 年度は、道路のり面・斜面对策のアセットマネジメントを実施する上での実務上の流れおよび課題の整理を行うとともに、のり面・斜面の表層崩壊に対して段階的に補強して減災を図るために際に有効と考えられる地山補強工による部分補強実験を行い、その効果を確認した。

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 23 年度は、のり面・斜面对策のアセットマネジメントにおけるリスクと管理コストの考え方およびマネジメントフロー（素案）について整理するとともに、斜面の表層崩壊に対して段階的に補強していく際に有効と考えられる地山補強工（鉄筋挿入工）による部分補強効果に関する実験検討を行った。

2. のり面・斜面对策のマネジメントフローの検討

のり面・斜面对策工は、地盤調査結果を踏まえて想定される地山の変状（災害）に対して計画されており、のり面・斜面对策工が健全に機能している場合は地山の変状は発生しないことが基本である。しかしながら、地盤の不均質性に伴う地盤調査の不確実性があるため、設計当初では想定していない変状が発生することがあり、追加対策を行うことが多い。「道路土工一切土工・斜面安定工指針」（日本道路協会）においても、のり面・斜面安定工の基本方針のなかで、「維持管理の段階でも弱点を見つけて対応し、地盤の不均質性や風化等による経年変化等の不確実性に対応して段階的に性能を高めていく」ことが記述されている。したがって、のり面・斜面においては、同一ののり面・斜面の中で施工時期の異なる対策工が複数施されていることが想定される。

アセットマネジメントの考え方を導入する場合、ライフサイクルコスト（LCC）を考慮する必要があるが、のり面・斜面对策においては、上記の観点から地山の経年変化や調査の不確実性による地山の変状を踏まえて、実務におけるのり面・斜面对策のマネジメントフローおよびLCC評価の考え方を整理する必要がある。整理に先立ち「劣化」、「損傷」、「補修」、「補強」の用語について以下のように定義することとした。

○劣化：地山の変状以外の自然作用による経年的な耐久性の低下等の性状の変化に伴う、のり面・斜面对策工の機能低下

○損傷：地山の変状による性状の変化に伴う、のり面・斜面对策工の機能低下

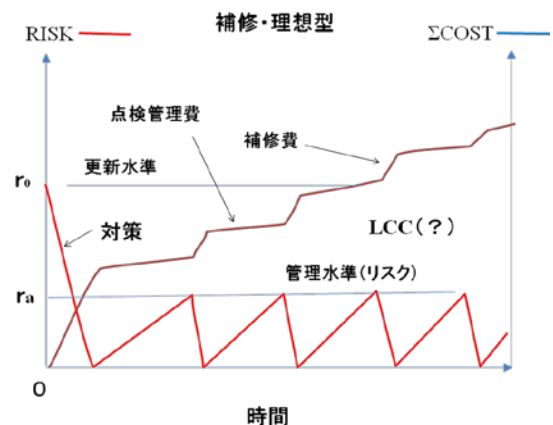
○補修：低下した機能を、おなじ構造体のままで機能を修復すること。

○補強：低下した機能を、新しい構造体を付加して複合構造として機能を修復すること。

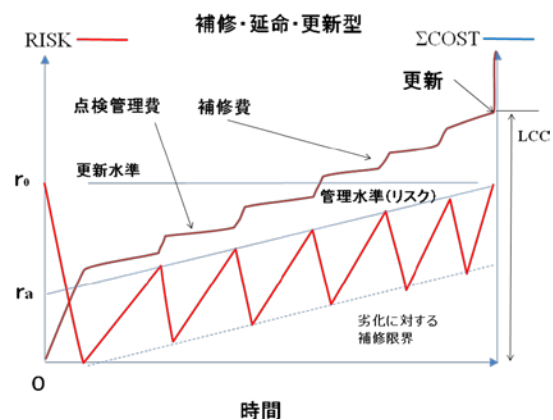
マネジメントフローを検討する上で、管理水準の設定やLCCの投資効果を評価する際の、補修・補強によるのり面・斜面のリスクの変化と維持管理コストの関係を整理する必要がある。図-1は、のり面・斜面のリスクと維持管理コストの関連を示したものである。(a)はのり面・斜面对策の劣化に対して常に一定の水準を保ちながら供用し続ける理想型を示したもので、補修を定期的に行うことが可能であれば、永遠に供用できる考え方で、施設の更新は発生しない。この場合のLCCは一定期間毎の「補修費用+日常の点検管理費」を無限期間で積算したものとなる。しかしながら、のり面・斜面对策の劣化に対し、繰り返し補修を行うことで補修効果を持続できる期間が年々減少することが想定されることから、補修頻度を考慮して更新時期を定める形になり、想定される更新時期までの「補修費用+日常の点検管理費」を積算したものがLCCとなる。

(b)は(a)の考え方に補修によるリスクの低減率が経年的に小さくなりリスクが残存することを想定したもので、補修の管理水準とするリスクも経年で増大し、更新が必要となるのり面・斜面のリスクの水準と交差する時点で更新を行うものである。現状では(b)の考え方を導入するにはのり面・斜面对策の劣化および補修に関しての性能が明確にできるデータが無いことから、当面は(a)の考え方で点検・管理を進め、データを蓄積・分析することで(b)の考え方を検討していくことが必要と考える。

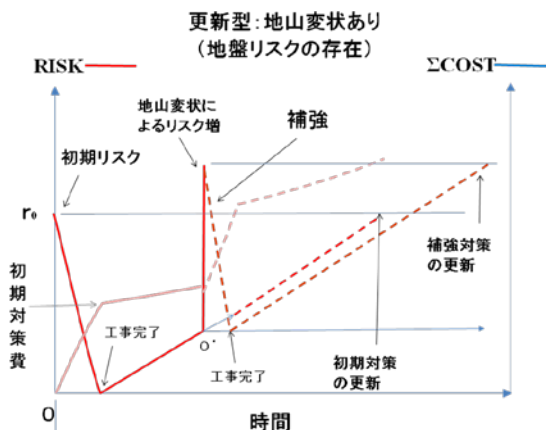
(c)は、のり面・斜面对策を行った後、地盤の不確



(a) 補修・理想型



(b) 補修・延命・更新型



(c) 上記で地山変状への補強を行う場合

図-1 リスクと維持管理コストの考え方

実性に伴い、地山の変状が発生し追加対策により補強を行った場合の考え方を示したものである。地山の不確実性による損傷に対して追加で補強対策工を行う場合、補強対策工はその時点が経年劣化に対する起算点となる。一方、当初施工した対策工は経年劣化に対する起算点は

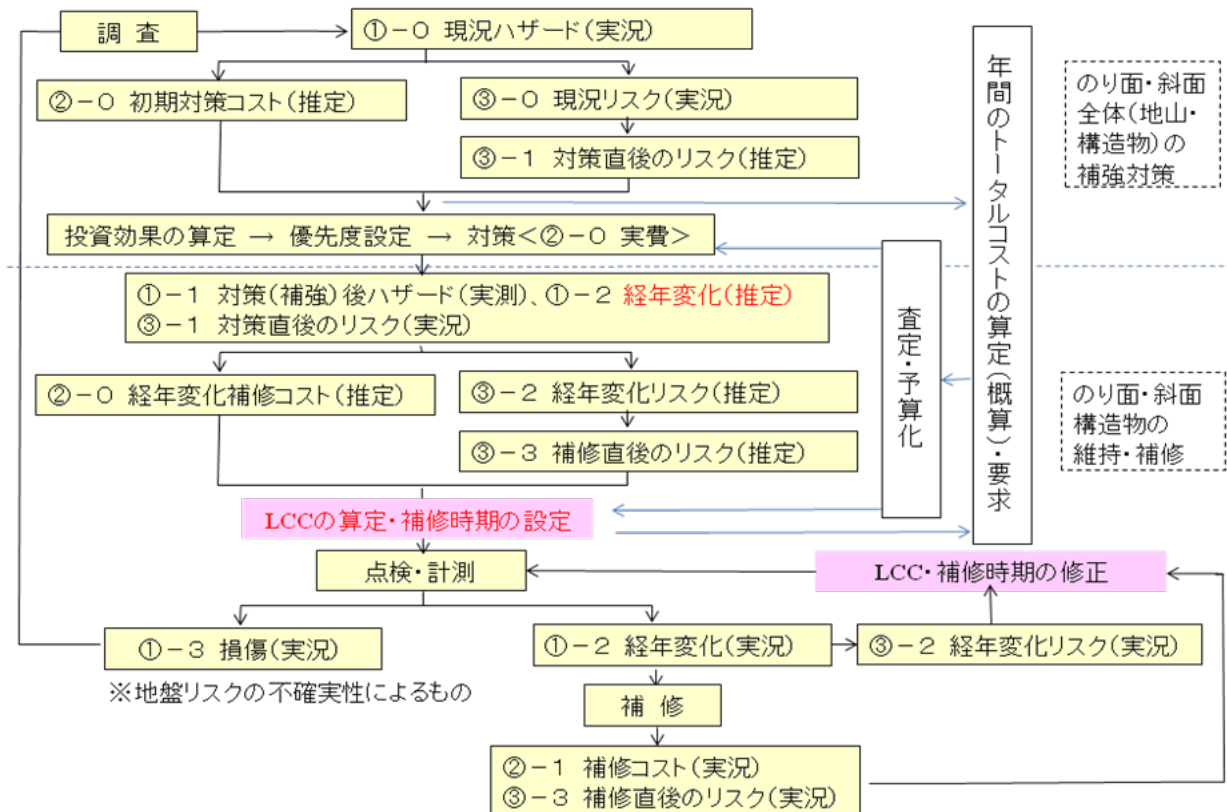


図-2 実務におけるのり面・斜面对策のアセットマネジメントフロー（素案）

変化しない。このため、補強時点で補修を実施したとしても、現実的には（b）のような劣化と補修の関係となることが想定される。例えば、吹付け工実施箇所にアンカー工による補強を実施した場合など、異なる工種のもが行われている場合には、それぞれ構造や劣化機構も異なるため分離して考えるべきことは容易に想像できる。また、同じ工種のものであったとしても、起算点が異なるため劣化の進行状況が異なることも容易に想像できるものである。したがって、図に示すように、当初の対策工と追加の対策工については別々のものとして評価したうえで、それぞれのリスクの変化状態を重ね合わせて管理することが必要と考える。なお、図では便宜的に初期の対策実施後に補強を行っているが、どの時期に変状が発生するかは不明であるので、部分的に抜き出したものと理解していただきたい。また、アンカー工など直接的に地山の安定性を向上させる工法を実施しているのり面・斜面では（c）の考え方が必要となるが、落石防護柵などの待ち受け対策に関しては地山の変状に伴う損傷の発生は想定されないため、（c）の考え方については不要なものもある。

実務においては、これらの考え方を踏まえ、①ハザード評価、②コスト評価、③リスク評価を行って、マネジ

メントを行うこととなる。図-2は上記①から③の評価について実務の各段階で実施する事項を踏まえてマネジメントフローを検討したものである。図では更新については示していないが、図中「LCCの算定・補修時期の設定」において当初の更新時期の予定を設定するとともに、供用中においては図中「LCC・補修時期の修正」において更新時期を見直ししながら、「点検・計測」を行い、実現局面で更新が必要と判断されるものについて、「損傷」と同じ流れで新規対策として検討をすることになる。

補修時期・更新時期の設定にあたっては、劣化モデルを構築して計算により設定する方法もあるが、前述のようにのり面・斜面对策の劣化および補修に関する性能を明確にし、実務においては点検・計測による状態評価を踏まえて、設定・判断できるような体制を構築することが必要である。このため、事例分析等により劣化状態とリスクに関するデータを蓄積・分析していくことが必要と考える。

3. 段階的対策のための部分補強に関する検討

平成 22 年度に引き続き表層崩壊対策として地山補強土工（鉄筋挿入工）による部分補強を行った際に、適切な補強効果が得られるかを実験的に確認するための模型

実験を行った。

3. 1 概要

図－3に斜面の表層を模擬した実験土槽の概要を示す。土槽は、幅 100cm×奥行 150cm×深さ 40cm の木製で、崩壊実験で下端となる壁面に土圧計を設置し、また崩壊の誘発およびはらみ出しなどの状況の観察を目的として 10cm の切欠きを設けている。

図－4に模型の作製および実験手順の概要を示す。図は実験土槽を側面から見た状況である。まず基盤層 10cm を整形し、その上に補強材を所定の配置で定着した厚さ 10mm の有孔板をのせた後、土槽の形状に整形する。この際の締固め度は、崖錐や風化斜面を想定して締固め度を 85%とし、降雨実験は表層崩壊の発生を想定して斜面勾配 40 度とし、急激な勾配の変化による影響を避けるため、勾配 20 度までリフトアップした後 24 時間放置、さらに勾配 30 度までリフトアップし 24 時間放置、最後に勾配 40 度までリフトアップして 5 日間の放置を行った後、時間雨量 30mm の降雨を与えることとした。

試験に用いた土は、細粒分含有率 10%の山砂で、主な物性値は表－1 の通りである。また、補強材には $\phi 1\text{cm}$ のねじ綱棒を用いた。

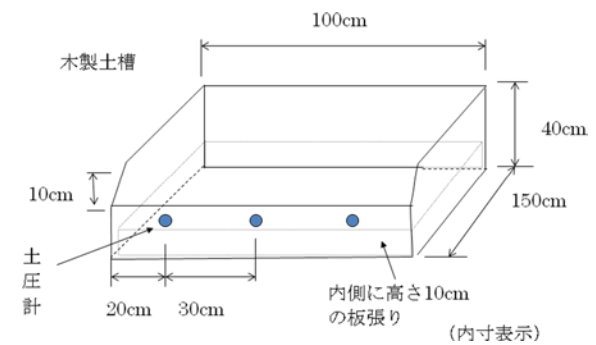
実験ケースは、①斜面中央部の 2 点補強、②斜面中央分の 1 点補強、③斜面下部の 1 点補強、の 3 ケースを行い、昨年度実施した、無補強、斜面上部の 2 点補強、のケース²⁾ との比較検討を行った。また、崩壊の判断は、斜面全体の半分以上の土砂が崩落した場合とし、のり尻部の部分的な崩落は、崩壊と見なせずに降雨を継続した。

3. 2 実験結果

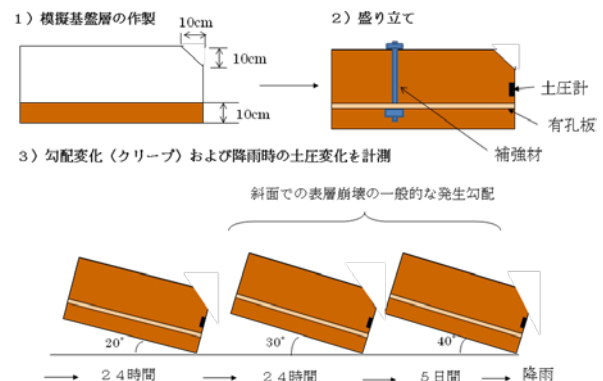
表－2に、各ケースの崩壊に至るまでの累積雨量および崩壊直前の土槽上部の開口幅を示す。時間雨量 30mm を連続して与えていることから、累積降雨量を除いた値が崩壊時間となる。斜面上部を補強した場合にも若干ではあるが補強による遅延効果は見られるが、中央部あるいは下部に比するほどの効果は見られない。また、補強効果は下部の方が崩壊に対する遅延効果が高いことが確認できた。

崩壊形態を見ると、補強を行ったケースのすべてにおいて補強材位置まで遷移的に崩落しているが、降雨が継続して土砂が飽和状態に近づく土塊としての形状を保持できず補強材周辺で流動的な状態となり補強材上部が崩壊に至っている。

特に、下部補強を行った場合には遅延効果が高いが、支持している土塊の量も多く、補強部付近の土砂が流亡すると同時に上方の全体もまとまって崩壊する形態とな



図－3 実験土槽の概要



図－4 模型の作製および実験手順の概要

表－1 試料の主な物性値

最大乾燥密度 (g/cm^3)	最適含水比 (%)	土粒子の密度 (g/cm^3)
1.685	18.6	2.689

表－2 崩壊時の累積降雨量と崩壊直前の開口幅

	累積降雨量 (mm)	上部開口幅 (mm)
無補強	49	16
上部 2 点	93	22
中央 2 点	405.5	65
中央 1 点	240	60
下部 1 点	310.5	110

った。(写真－1)

一方、中央 2 点補強を行った場合には、補強部を境界として下部がゆっくりと崩壊し、その後も降雨を継続したところ上部も細分化しながらゆっくりと崩壊した。(写真－2)

中央1点補強は、中央2点補強と同様に補強部を境界として下部がゆっくりと崩壊したが、上部は下部1点補強のように土塊の間を補強材がすり抜けるような流動的な崩壊となり、中央2点補強と下部1点補強の複合的な崩壊形態となった。

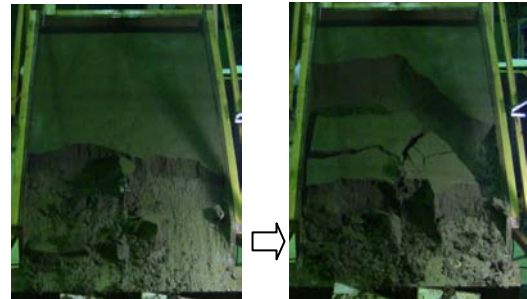
なお、上部2点補強については、規模および崩壊速度は小さくなったが、無補強に近い全体的な崩壊となった。

(写真－3)

今後の課題として斜面を面的に補強する際の複合的な配置を検討する必要があるが、上記の実験結果から考察すると、補強材の定着位置を越える範囲まで崩壊が進行した場合の崩壊規模や崩壊土砂が持つエネルギーを踏まえながら、段階的な補強を行う上では、斜面中央部の補強を行い、将来実施することが想定される対策として下部に規模の小さい擁壁などを配置することが効率的であると推察される。

4. 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、補修・補強の考え方とLCC算定における基本的考え方および実務におけるマネジメントフロー（素案）を整理した。また、地山補強土工による部分補強による実験では、実施した実験は小型の斜面モデルでの局所的な補強であるが、崩壊が想定される斜面の中間部における補強のみでも良好な補強効果が得られることが確認できた。また、今後の課題として面的に補強する際の複合的な配置を検討する必要があるが、今回の実験結果から考察すると、斜面中央部の補強と斜面下部の小規模な補強の組合せが効果的であると思われる。今後は、さらに災害事例や補修事例等から対策工の劣化と補修時期についての分析を進めるとともに、効果的な補強配置や対策効果の検討を行い、アセットマネジメント手法の要素技術に関する検討・整理を行う予定である。



写真－1 下部1点補強の崩壊状況



写真－2 中央2点補強の崩壊状況



写真－3 上部2点補強の崩壊状況

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針、2009
- 2) 加藤俊二・佐々木哲也・榎本忠夫：表層崩壊対策における部分補強効果に関する実験的検討（その1）、第66回土木学会年次学術講演会講演概要集、2011

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 2011FY, it was arranged a asset management flow and the problem on the road slope maintenance. In addition, it was confirmed the effect of part reinforcement using rods into the slope to surface failure by the model experiment.

Key words : asset management, road slopes, countermeasures