

## 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 24 年度は、のり面のモルタル・コンクリート吹付工 (以下、のり面吹付工という) を代表例として劣化の考え方を整理するとともにモデル路線を選定し劣化に関する事例調査を行った。また、昨年度に引き続きのり面・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度工に関して部分補強効果に関する実験的な試算を行い、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り、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 24 年度は、のり面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モデル路線を選定し劣化に関する事例調査を行った。また、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検討を行った。

### 2. のり面吹付工の劣化に関する検討

高度成長期に構築した社会資本が老朽化してきており、それらの更新時期を向かえている。のり面構造物についても効率的な維持・更新を進めていく上で導入をすることが求められている。アセットマネジメントにおいては、構造物の劣化過程を考慮しライフサイクルコストが最小となるような状態において、予防保全の観点から維持・補修・更新を行うことになる。構造物の劣化過程を考慮するためには、どのような条件でどのような劣化進行があるかをモデル化することが考えられるが、のり面構造物についてモデル化できるかあるいはモデル化することが適切であるかが検討課題としてある。のり面構造物の中でものり面吹付工については、特に力学的な構造設計

をしていない上、他の構造物と比して崩落等の災害が多く発生していることから、ここではり面吹付工を対象として、り面構造物の劣化および劣化モデルの考え方に関して整理することとした。

### 2.1 吹付工の劣化の定義について

劣化過程を考える上で、対象とする構造物の劣化とはどういうことを指すのか、すなわち元々想定している環境条件あるいは外力条件がどのようなもので、それによる作用がどのような変状を発生させて構造物の耐力・機能の低下を生じさせるかを明確にすることが必要である。例えば橋梁であれば、コンクリートの中酸化、塩害、交通荷重による疲労などが考えられる。ここでは、まずり面吹付工の劣化の定義を考えることとする。

現状の維持管理においては、斜面の滑動に伴う変状とり面構造物の劣化による変状を分離して考えてはいない。これはり面工・斜面安定工は地山に密着あるいは挿入されている構造物であり、地山の変状と連動して構造物の変状も発生するためである。り面・斜面安定工のアセットマネジメントを考える上で、ここでは構造物の管理に適用するものと考え、地山を含めたハザード全体の管理は斜面点検等によることとして、り面・斜面構造物自体の劣化に起因する変状を考えることとする。このため、まず始めに地山の変状とり面・斜面構造物の劣化についてどこまでマネジメントの対象とすべきか考える必要がある。本来設計で想定していない外力による変状すなわち設計で想定している規模以上の地山の滑動による変状については、構造上の不適格であることから別途扱うべきもので、構造物自体の劣化や地山の風化による構造物の機能低下（例えばアンカー工の周辺地山の風化など）までが構造物の劣化要因の範囲と考える。

吹付けのり面工の役割は切土のり面の岩の風化・浸食防止であり、地山の滑動を抑制することは本来の目的ではないため、上記の理由から吹付けのり面工の劣化の評価にあたっては地山の滑動に起因する変状を別途扱うものとする。一方、地山の経年変化による風化・浸食に伴う背面空洞化による変状は、吹付けのり面工に新たな外力として作用するものではなく、吹付けモルタル（コンクリート）の自重や温度変化に伴う膨張収縮等によるクラックの発生や崩落であると考えられることから、吹付けモルタル（コンクリート）の劣化要因の一つとして扱うものとする。このことを踏まえて、吹付けのり面工の劣化の要因（作用）と（劣化により生じる）変状を整理すると表-1のようなものが考えられる。

### 2.2 のり面吹付工の劣化モデルについて

要因	変状
凍結融解	はく離
乾・湿繰り返し	はく離
温度膨張・収縮	亀裂
中性化	ラス腐食
塩害	ラス腐食
背面地山の風化・空洞化	亀裂・崩落

劣化モデルでは、表-1に示すような劣化要因による健全度の経年低下を、一般に劣化曲線と呼ばれている関数として表現する。ここでは、健全度の低下であることから、便宜的に単純な引き算の形で関数表示することとすると、次式のようなイメージのものになる。

$$\text{健全度 } S = 100 - a \cdot F_a(t) - b \cdot F_b(t) - c \cdot F_c(t) \dots$$

ここで、

$$F_a(t), F_b(t), F_c(t), \dots :$$

各要因による代表的な劣化関数

a, b, c, ... : 各条件下における補正係数

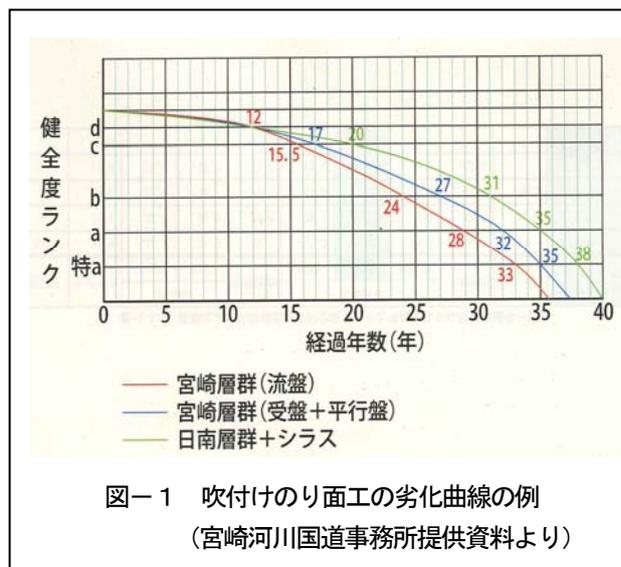
ただし、この式は一般的なモデル化ができるという前提に立ってのイメージであることを断っておく。このような時間関数でモデル化をするためには、各要因によりどのような劣化過程をとるかを考えなければならない。また、「代表的な劣化関数」としているが、全国レベルでの代表的な劣化関数を定めることが可能であるかという点、平均的なものは設定できるかもしれないがほぼ非現実的であると考えられる。温度変化や乾燥・湿潤など気象に関連する要因は地域性が大きいため一律での設定は適切ではない。特に凍結融解や塩害などは地域性が強いものである。地域補正係数といった考え方もあるが、後述する内容とも関連することで、環境条件を踏まえてきめ細かく設定することが必要と考える。

上述のように代表的な劣化関数を仮に設定できたとする。実際に評価・管理を行うのは個々のり面吹付工であり、り面形状（勾配や凹凸）、元地形（沢地形、尾根地形）、地質・土質条件、斜面の向きや場所、吹付け厚さなど様々で、100%同一で評価できるものはほとんど無いといえる。例えば、劣化要因の一つとしてあげている背面の空洞化について考えると、密着している部分と空洞部分の温度差で膨張・収縮の差が生じることや自重の影響などにより亀裂が入ることなどが想定されるが、空洞自体が発生する場所や大きさおよび進行速度につい

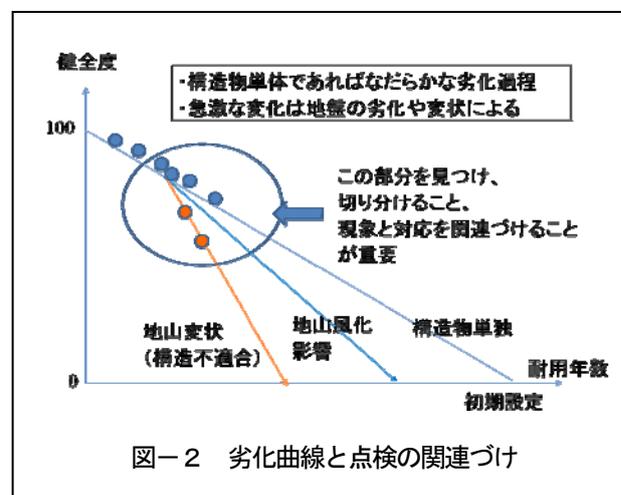
でも、地山条件や降雨等の気象条件などによって異なるものである。これらは前述の式では「各条件下での補正係数」として与えられる条件であるが、様相が様々なのり面において係数化は困難であり、また劣化曲線は個々ののり面構造物毎にモデル化して与えられるべきものである認識が必要である。しかしながら、合理性・効率性の面からできるだけ類似するもので細分類して目安となるものを作ることも必要と考える。これについては、今後被災事例や補修・補強・更新事例などのデータを積み重ねて分析していくことが重要である。

### 2. 3 劣化曲線の作成および運用について

劣化モデルの構築に当たり、要因（素因・誘因）を分析し個別に解析的にモデル化を行うか、要因（素因・誘因）をある程度分類して統計的に劣化曲線を作成するか、2つの選択肢がある。個々の斜面の評価を行うのであれば前者が理想ではあるが、個々の詳細データがほとんど無い現状ではのり面・斜面の維持管理の合理化・効率化を踏まえると後者が適当であると考えられる。統計的な考え方の一例として、宮崎河川国道事務所での検討例（図一1）を簡単に紹介する。宮崎河川国道管内の地質は大きく日南層群と宮崎層群とに大別される。吹付けのり面工の健全度を5つに分類し（詳細は割愛する）、個々の吹付けのり面工の過去の点検結果から、次の健全度ランクに移行するまでの経過年数を平均しプロットして、地質という素因をベースに統計的に劣化曲線を作成している。この事例は地質以外の表一1で示したような他の要因を考慮して分類していないため、個々の経過年数には大きなばらつきがあることを断っておく。このばらつきを小さくするためには、前述のように他の素因・誘因による細分化を行う必要があり、これについては今後の検討課題であり、後述するように宮崎河川国道事務所の協力のもと国道10号線（山間部道路）および国道220号沿線（海岸部道路）をモデル路線として引き続き検討を進めることとしている。劣化モデル（劣化曲線）の運用においては、劣化曲線はあくまでも想定のみであり、絶対ではないという認識が必要である。図一1のように劣化曲線を作成する段階で大きなばらつきを含んでおり、実際の点検結果では個々の斜面毎に劣化曲線の上下にばらついてプロットされることになる。したがって、実プロットに基づいて個々の劣化曲線を修正するとともに、点検の頻度や補修等の優先度などを見直すことが重要である。また、様々な要因が複合しており、図一2に示すように健全度の低下の度合いが要因毎に異なることを認識し、点検で確認された変状を踏まえ、どのような現象で



図一1 吹付けのり面工の劣化曲線の例  
(宮崎河川国道事務所提供資料より)



図一2 劣化曲線と点検の関連づけ

ありそれに対する適切な対応を判断することも必要であると考えられる。

### 2. 4 モデル路線における調査

のり面吹付工を代表例として劣化曲線の検討を行う上で、個々の劣化要因による劣化の進行に関する影響を把握することが今後の課題であり、宮崎河川国道事務所の協力のもと国道10号線および国道220線をモデル路線として検討を行うこととした。詳細の調査分析については今後進めていくところで、以下にこれら2路線の概要を述べる。

図一3は宮崎河川国道事務所の管轄を示したものであるが、国道10号線は宮崎県の中北部の海岸線および宮崎市と都城市を結ぶ県南内陸部を通る路線で、国道220号は宮崎研南部の海岸線を通り鹿児島県につながる道路である。国道10号線の海岸線部は平地を通りのり面は少ないが、国道10号線の内陸部および国道220号線は山間部あるいは山際を通り斜面と隣接しており、のり面

表一 国道10号および国道220号のり面吹付工の補修・補強状況

●国道10号線						●国道220号線					
<施工時期と防災点検結果>						<施工時期と防災点検結果>					
施工年	全数	要対策	カルテ	対策不要	対象外	施工年	全数	要対策	カルテ	対策不要	対象外
S-S44	11		3	7	1	S-S44	16	3	8	3	2
S45-49	6	1	3	2		S45-49	27	4	12	4	7
S50-54	0					S50-54	0				
S55-59	8			8		S55-59	2			1	1
S60-H1	1		1			S60-H1	0				
H2-H6	0					H2-H6	2	1	1		
H7-H11	0					H7-H11	1	1			
計	26	1	7	17	1	計	48	9	21	8	10
<補修・補強履歴のあったもの>						<補修・補強履歴のあったもの>					
施工年	全数	要対策	カルテ	対策不要	対象外	施工年	全数	要対策	カルテ	対策不要	対象外
S-S44	1			1		S-S44	10	2	5	2	1
S45-49	1	1				S45-49	12	2	6	2	2
S50-54						S50-54					
S55-59	1			1		S55-59					
S60-H1						S60-H1					
H2-H6						H2-H6					
H7-H11						H7-H11					
計	3	1		2		計	22	4	11	4	3
<施工後から最初の補修・補強までの経過年数>						<施工後から最初の補修・補強までの経過年数>					
補修・補強年数	国道10号	要対策	カルテ	対策不要	対象外	補修・補強年数	国道220号	要対策	カルテ	対策不要	対象外
1-5年						1-5年					
6-10年						6-10年	6	2	4		
11-15年						11-15年	4		2	2	
16-20年						16-20年	5		2	1	2
21-25年	1			1		21-25年	6	1	3	1	1
25-30年	1			1		25-30年					
31-35年						31-35年	1	1			
不明	1()	1				不明					
計	3	1		2		計	22	4	11	4	3

吹付工が比較的多く施工されており、所在する地域も県南の内陸部と海岸線で近接しており、劣化傾向を比較するのに適しているものと考えられる。地質分類では国道10号線は日南層群が主体、国道220号線は宮崎層群が主体で、前述の図-1で示した劣化曲線では12年程度経過すると何らかの変状の進行が早まる傾向があり、若干ではあるが宮崎層群に位置するのり面の方が早い。

表-1は、施工後から最初の補修あるいは補強対策を行うまでの経過年数を整理したものである。左側が国道10号線、右側が国道220号線のもので、上段は各路線にあるのり面吹付工の施工時期と現時点の防災点検の評価結果を、中段はそれらの中で施工後に補修があった箇所数を、下段はそれらの施工後から最初の補修までの経過年数をまとめたものである。全箇所を見ると、施工時期のほとんどが昭和40年代に施工されたものである。また、これらのうちで補修を行った履歴があるものの件数を見ると、内陸部の国道10号線では3箇所（約1割）に対し、沿岸部の国道220号線では2箇所（約5割）で補修・補強履歴がある。さらに、施工後からの経過年数を見ると、国道10号線の3件は20年以上経過しているのに対し、国道220号線では15件が20年以下でさら



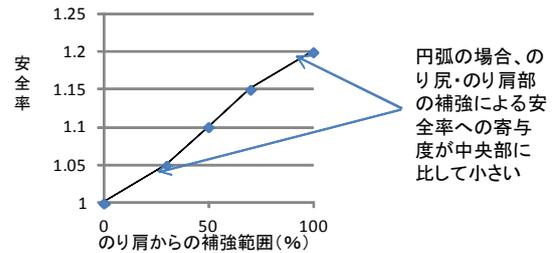
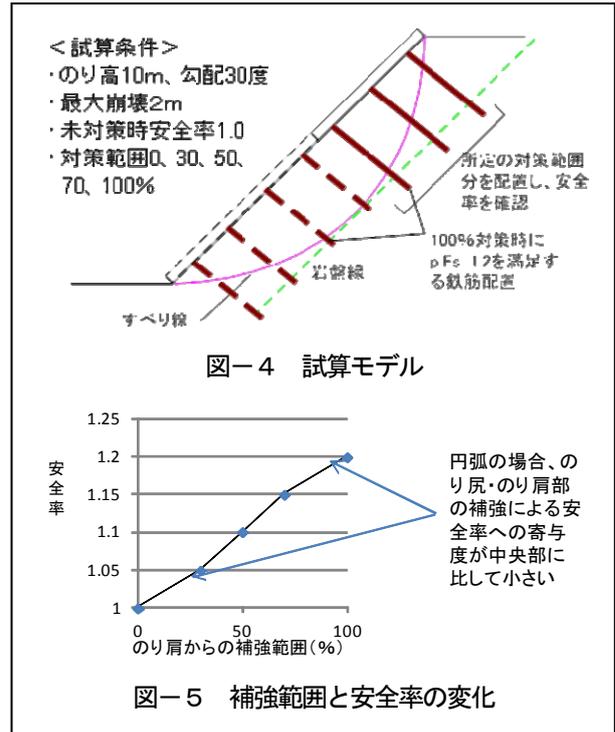
図-3 国道10号線および国道220号線の位置  
(宮崎河川国道HPより)

に10年以下も6件と比較的短期間で多くの箇所でも補修・補強が必要な状況にあり、ほぼ同時期に施工されたのり面吹付工であっても、路線の地域性の影響が大きいことがわかる。このように、図-1で示した地質区分のみの劣化曲線で全のり面吹付工の劣化を判断することは危険であり、より詳細な分析を行い個々の斜面に適した劣化曲線を検討するとともに、定期的な経過観察が重要であることがわかる。

### 3. 段階的対策のための部分補強に関する検討

部分補強による段階的な補修・補強を考える上で、対策工自体の安全性に対する寄与度を把握し、部分対策の考え方を整理することが必要である。これまで部分補強効果に関する模型実験を行ってきた<sup>1)</sup>が、ここでは、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補強効果に関する試算を行った。

図-4に試算を行ったモデル図を示す。試算条件は、のり高10m、勾配30度ののり面とし、崩壊形状は表層部の崩壊を想定して滑り線がのり肩およびのり尻を通り最大崩壊深2mとなる円弧とした。対策工の設計については未対策時における安全率が1.0となるように地盤条件を設定し、100%対策時に安全率が1.2となるように補強工を配置した。これについて、のり肩からの対策範囲を限定し、その際の安全率の変化から部分対策の効果を確認した。図-5にのり肩からの対策範囲を0、30、50、70、100%とした際の安全率の変化状況を示す。円弧滑りの場合、崩壊層厚の厚い中央部分では補強による安全率の向上が大きく、崩壊層厚の小さいのり尻部およびのり肩部の補強材の安全率への寄与度は小さいのがわかる。この点から、段階的に対策を進めて行く際の部分対策では、被災規模およびエネルギーを減少させる考え方からも、中央部より上方を先行して対策を行うことが適当と考えられる。この結果は、これまで行ってきた部分補強模型実験でも斜面中間部および上部でも補強効果が認められており、また、実際ののり面・斜面对策についても基本は上方から対策を進めて行くことから、段階的なのり面・斜面对策によるマネジメントの考え方が適用できるものと考えられる。



### 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・補強を考える上で必要な劣化モデルに関して、のり面吹付工を代表例として考え方を整理するとともに、モデル路線を選定してのり面吹付工の劣化要因と影響に関する検討に着手した。また、段階的な防災対策については、地山補強土工による部分補強に関して実験的に補強効果に関する試算を行い、これまで実施してきている模型実験で確認された補強効果や実際ののり面・斜面对策の進め方を踏まえて、段階的なのり面・斜面对策によるマネジメントの考え方が適用できることが確認できた。今後は、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、補修時期等の効果的な補修・補強の考え方に関する検討を行い、アセットマネジメント手法の要素技術に関する検討・整理を進めていく予定である。

### 参考文献

- 1) 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 2012FY, it was arranged the deterioration model of shotcrete 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