

Slope Doctor

老朽化したモルタル吹付法面の維持管理マネジメントシステム



所属名：社団法人全国特定法面保護協会
日特建設株式会社
発表者：山西 霜野子

1 背景

法面保護工としてのモルタル吹付工は、高度経済成長期とともに昭和 40 年代に非常に多く施工された工法で、40 年代後半には 800 万㎡/年もの施工量があったといわれている。現在は緑化可能な工法(法粹工・緑化工)に置き換わる形で施工割合が大幅に減じているが、それでも 440 万㎡/年(平成 13 年度時点)もの施工量がある。

最盛期に施工されたモルタル吹付法面(以下吹付法面)は、現在 30~40 年が経過し老朽化が深刻となっており、補修・補強が必要な時期を迎えている。また、補修・補強が必要な吹付法面は、今後も途切れることなく存在し続けていくことになる。膨大な量の吹付法面の維持管理を、効率的かつ効果的に進めていくためには、診断や補修・補強に関する要素技術の開発だけでなく、コスト面や景観・環境面といった社会的ニーズも取り入れる形でのシステム化が必要と考え、Slope Doctor の開発に取り組んだ。

2 概要

Slope Doctor は、測定原理の異なる 3 つの手法を組合せシステム化し、効率面・安全面・精度面・客観性に優れた診断を行う『老朽化診断システム』を、既設モルタル吹付法面のライフサイクルに着目し診断から補修・補強、自然環境復元までを対象にマネジメントを行う『マネジメントシステム』に組み入れる形で構成されている(図 2-1 参照)。モルタル吹付法面の老朽化診断、補修・補強、修景緑化技術を一連のものとして運用することにより、

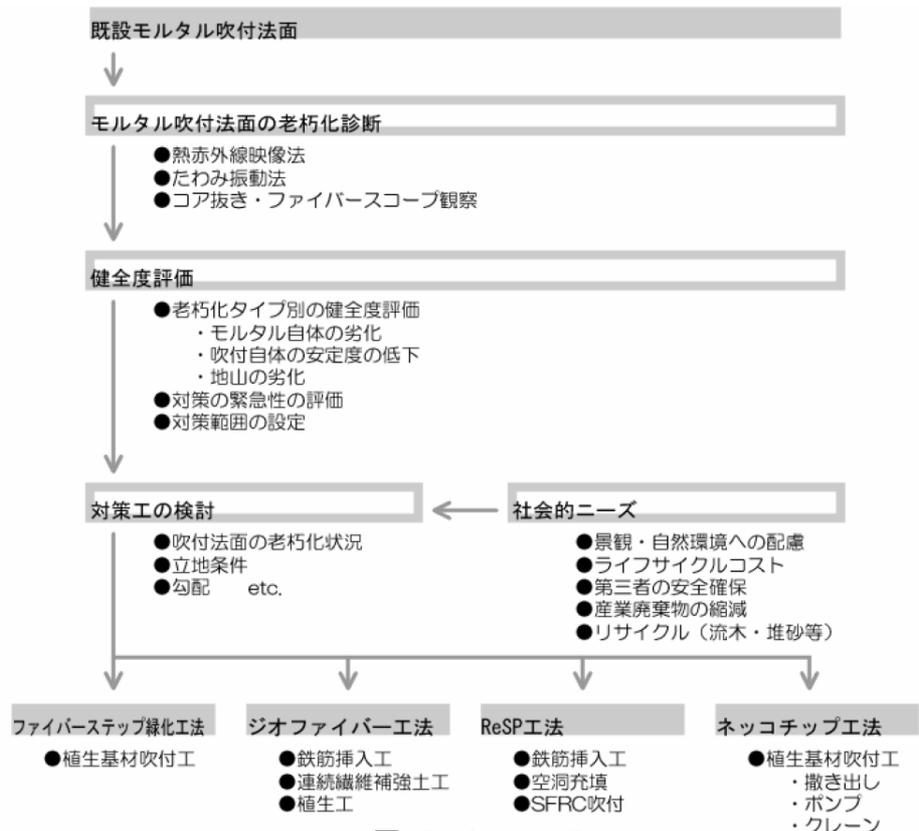


図 2-1 Slope Doctor

現況の健全度と社会的ニーズ(安全・ライフサイクル・景観・自然環境等)を反映した最適設計(工法および施工範囲)を提案するものである。なお、Slope Doctor は国土交通省「テーマ設定募集システム」2003 年度選定技術である。

3 既設モルタル吹付法面の老朽化診断システム

近年、吹付法面の診断手法が多く開発されているが、一つの診断手法のみで診断しようとすると精度面もしくは効率面で何らかの問題が発生するのが現状である。そこで、作業性に優れた熱赤外線映像法により概略の調査を行い、熱赤外線映像法で診断が不可能な条件の法面や、誤認要因が存在しデータ精度が低いと推定される法面では、たわみ振動法により補完・確認を行う(図 3-1)。このように、測定原理の異なる手法を必要に応じて選択したり併用したりすることで、適用可能範囲が広がり、重要な部分においては高精度な診断結果を得ることが可能となる。

3.1 熱赤外線映像法

吹付表面の温度変化に着目すると、背面に空洞がある部分は、空気層により熱移動が妨げられ、地山と密着している部分に比べ熱しやすく冷めやすい性質を持っている。そこで高温時(日中)と低温時(夜間・早朝)に、吹付表面温度を熱赤外線カメラで測定し、2 時刻間での温度差が大きく、高温時により高温、低温時により低温という温度変化パターンを持つ部分を抽出することで、吹付背面の劣化範囲を推定する(図 3-2)。

3.2 たわみ振動法

吹付コンクリートを一枚の薄板とみなし、これに数百~数千 Hz のたわみ振動を与え、その応答波形を測定・解析するこ

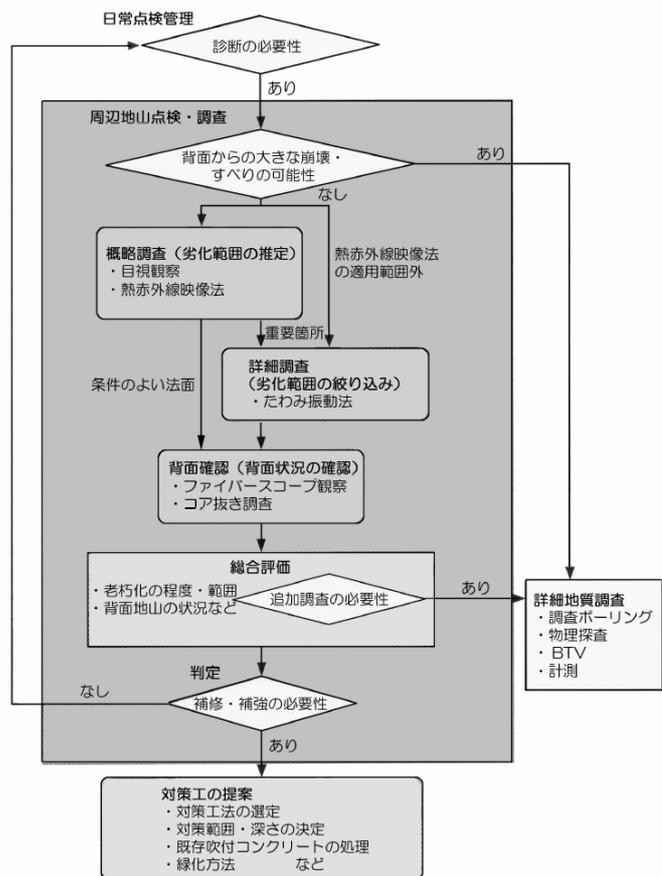


図 3-1 老朽化診断システム

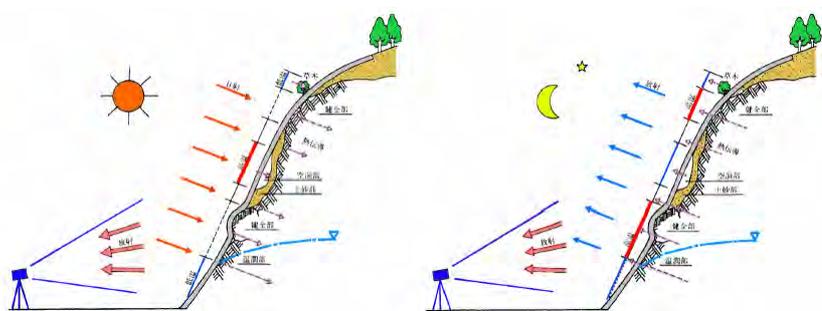


図 3-2 熱赤外線映像法の原理¹⁾

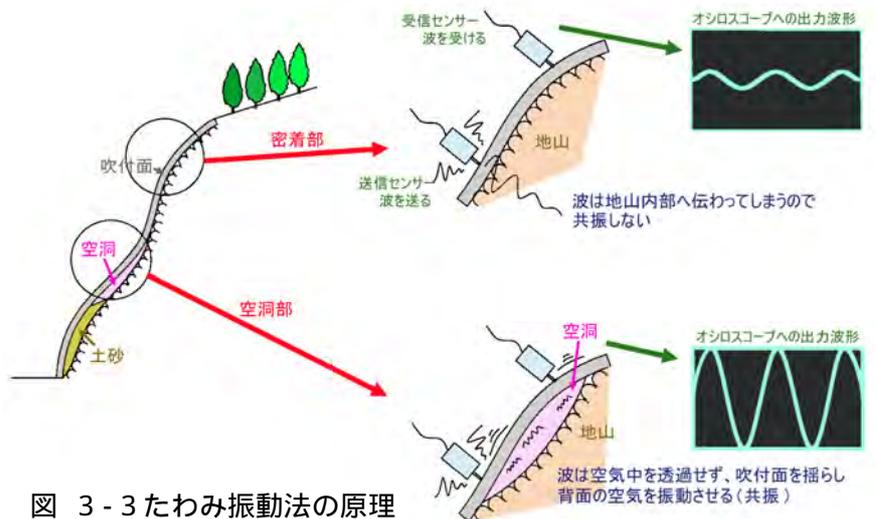


図 3-3 たわみ振動法の原理

とにより、吹付と地山との密着度を判定する。吹付が地山に密着し拘束されていると、大きな振幅の波は発生しないが、地山と分離し板として挙動する場合には、大きなたわみ振動が生じる(図 3-3)。特に、板の厚さと大きさにより決まる固有振動数に一致したときは板に共振現象が発生し、非常に大きな振幅の波が発生する。

3.3 吹付背面状況確認

実際にモルタル吹付面に孔をあけることによって、他の手法では調査不能な吹付厚、背面空洞厚、地山の風化状況を直接観察する。

4 既設モルタル吹付法面のマネジメントシステム

4.1 健全性評価

これまでの熱赤外線映像法もしくはたわみ振動法による診断作業によって、モルタル吹付背後の劣化部の面的分布が推定されたが、その分布図が一体どのような変状を意味しているのか、読み解く必要がある。劣化部の面的分布パターンから発生している(あるいは発生が予想される)変状形態を把握した上で、どの劣化・老朽化のタイプに区分されるのかを相関付けることで、対策工選定に必要な判断材料を作成する。

4.2 防災面から見た対策工

モルタル吹付工の機能は、法面の風化進行の抑制、浸食、小落石の防止、地山の内部応力低下の防止にある。一方、機能を低下させる老朽化の形態は、吹付自体の劣化(図 4-1 左・左)、吹付自体の安定性の低下(同左・中)、地山の劣化(同左・右)に分けられる。各々機能回復に要する対策工が異なり、吹付自体の劣化に対しては更新もしくは増吹き、密着性の低下には空隙充填、地山の劣化には鉄筋挿入が行われることが一般的である(図 4-1 右)。

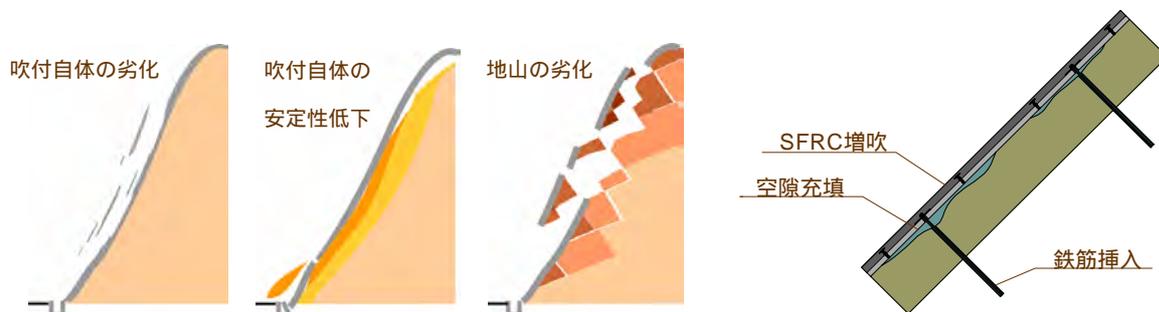


図 4-1 既設モルタル吹付法面の老朽化形態(左)と機能回復に要する対策例(右、ReSP 工法)

4.3 社会的ニーズを反映した対策工

一方で、法面の状況によらず、景観面から既設モルタル吹付面を修景緑化したいという要望も多く聞かれる。そこで、機能面、環境・景観面ともに満足した対策工こそが最善であるとの考えの下に対策工選定を行う。実際の設計業務においては、管理者の意向を汲みながらいくつかの可能性を検討していく。

図 4-2 に既設モルタル吹付面の修景緑化工法の例を示す。

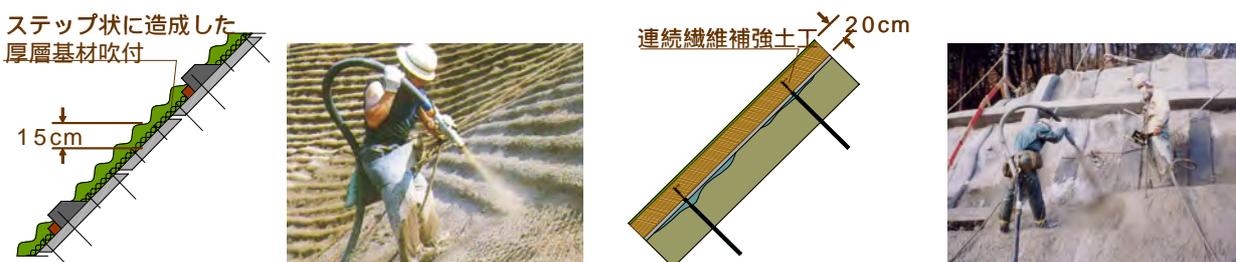


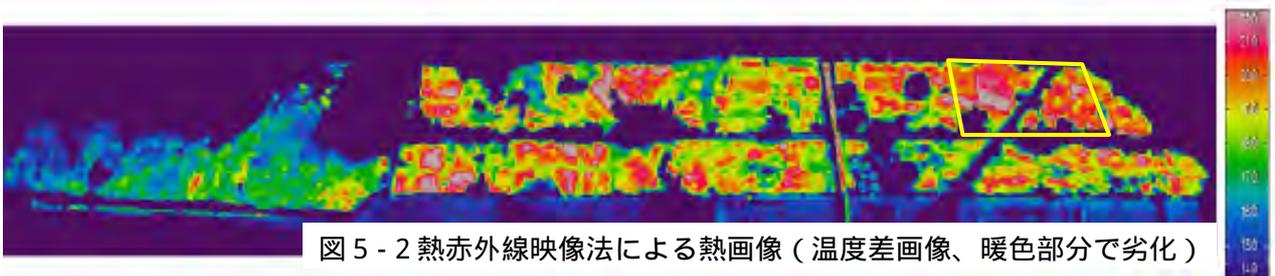
図 4-2 モルタル吹付面の緑化例(左: ファイバーソイル緑化ステップ工法、右: ジオファイバー工法)

5 事例

1969年に竣工した面積約6,000㎡のダム道路法面(図5-1)で、竣工後約30年が経過しクラックや表面剥離といった劣化が目視で確認されたため、老朽化診断を行うこととなった。

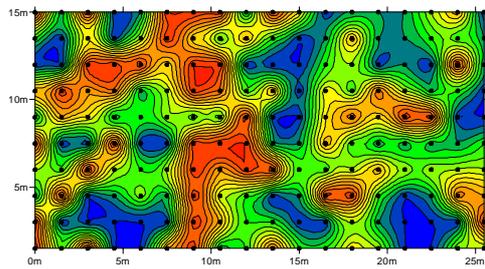


5.1 老朽化診断



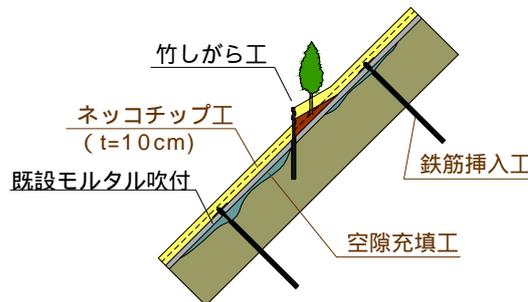
熱赤外線映像法による熱画像(図5-2)を見ると、左側では劣化がほとんどみられない反面、右側では著しいことが分かる。次に、構造物の陰となって熱赤外線映像法が適用できない範囲(図5-2黄枠内)

についてたわみ振動法を行い(図5-3)データ補完を行った。精度確認と背後状況観察のため実施したコア抜きでは、吹付背後が空洞化しており、背後地山が強風化していることが確認された。



5.2 対策工の選定

向かって左側の範囲ではジオファイバー工法(図4-2右)を、右側の範囲では鉄筋挿入と空隙充填により斜面安定を図った上で、堆砂と流木を材料に植生基盤材を作製し緑化を行った(ネッコチップ工法、図5-5)。



5.3 Slope Doctor 適用の効果

モルタル吹付法面においては、調査のステップを経ずに更新工事が発注されることが比較的多いことから、本事例と調査をせず更新を行った場合のコスト比較を行った（表 5-1）。更新する場合、既設モルタルの剥ぎ取り作業や剥ぎ取ったコンクリートがらの処理（運搬・廃棄）に費用がかかる。一方、当事例では老朽化診断の結果を反映させ、既設吹付を残して補修・補強を行ったため、緑化工を加えてもコストが低下するという結果となった。対象法面の状況にもよるが、劣化状況を診断によって把握した上で、法面ごとに最適な工法を選定することが、コスト面でもよい結果を導くようである。

表 5 - 1 コスト縮減率（1,000 m²当たりで比較）

対策工法	従来工法	本事例	
	老朽化診断を実施せずに更新(既設吹付剥ぎ取り後、再び吹付)	老朽化診断+ ジオファイバー工法	老朽化診断+補修補強+ ネッコチップ工法
コスト縮減率	-	7.0%	18.6%

6 今後の課題

維持管理の問題は今後も続くことであり、竣工当初の資料やその後の診断・補修履歴を残すことが重要になってくると思われる。しかし、管理者も請負者である我々民間業者も、人事異動等のために施工当初のことを知る人がおらず、施工年代すら分からないことも少なくない。今後は、診断・施工履歴の効率的な管理方法について検討を進めていきたい。

7 参考・引用文献

- 1) 建設省土木研究所（1996）：熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル
- 2) 浜子正、宇次原雅之、山西霜野子、榎園正義（2001）：共振現象を利用した吹付コンクリート法面の老朽化診断、土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集
- 3) 宇次原雅之、山西霜野子、池永清人、榎園正義（2002）：老朽化した吹付コンクリート法面の診断手法、日本構造物診断技術協会構造物の診断と補修に関する第 14 回技術・研究発表会論文集
- 4) NETIS 登録 No.TS-030005