長大吹付け法面の老朽化に伴う健全度調査と評価

国土交通省 近畿地方整備局　　的羽　正樹
協和設計（株）　正会員　西岡　孝尚
正会員　○南部　啓太

１．はじめに

高度経済成長期以降に斜面安定化対策工として多用されてきたコンクリートやモルタル吹付け工法は，施工後数 10 年以上経過した今日，老朽化・劣化が進行し，道路の維持管理上多くの問題を発生させている[1)]。一方，投資余力が減少する中，これらのストック効果を最大限発揮させるには，既設法面の防災機能を適切に評価することが大切であり，そのためにまず，高精度で効率的，客観的にその健全性を判定する必要がある。

本論文で示す吹付け法面は，太平洋に面する南向きの延長 50m，最大高さ 40m 以上に及ぶ道路切土法面である(図 1)。そのため，法面に接近して行う目視観察や打音調査は危険で効率が悪く，また，定量的な評価が難しい。そこでリモートセンシングの一種で，法面の健全度調査の新技術として導入が進んでいる「熱赤外線探査」を利用して，調査と評価を行った。本論文では，その結果と調査手法の有効性について検証を加え，既設法面の安定性に関する評価手法について述べる。

２．維持管理および補修面での課題

対象斜面下は，海岸までのわずかな間を一般国道と JR が併走し，代替の交通機能がなく，また全国有数の豪雨地域であるなど，斜面災害によるリスクは高く，その維持管理と補修が大きな課題であった。具体的には斜面対策工の選定や設計を目的とした，①法面の老朽化に伴う健全度判定と，②背面地山の安定性評価である。

ここで①については，現状で，吹付け面のひび割れ，剥離，コケの付着など老朽化・劣化の進行が認められることから，これらを面的かつ定量的に評価・判定する必要があった。対して，一般的な調査法として，目視観察やハンマー打音調査があるが，いずれも吹付け背面の状態と性状がわからない，定量的評価が難しい，高所危険作業を伴う，調査期間が長く効率が悪い，などの課題を有する。したがって，熱赤外線探査手法を用いて，吹付け法面の健全度判定を行った。一方，②の斜面安定では，コア抜き調査などに加え，従来より切土法面計画で一般的に用いられている地質調査法を実施し評価を行った。

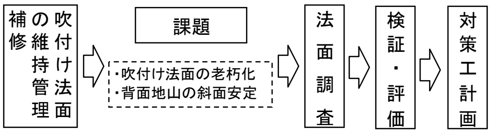

図 2　検討フロー

３．長大法面の健全度調査と結果

３．１．調査方法

（１）吹付け法面の老朽化に伴う健全度調査

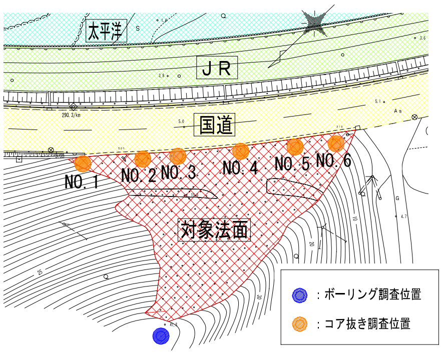

図 1　現地状況

熱赤外線探査は，①非接触で計測できる，②面的な測定が可能である，③応答速度が早く調査期間を短縮できる，④温度変化からに定量的な評価が可能である，などの特徴を有し，対象物を探査装置で撮影することで，表面の微小な温度差から物体の性質や内部の状況を映像化することが可能な手法である[2)]。本手法では，測定結果の物理量で法面の変状などとの直接の結びつきを求めることはできないため，具体的な法面変状と解析画像の特徴との対比が必要となる。よってここでは，目視観察，打音調査などの外観調査に加え，法面最下段部でのコア抜き調査を併用し，健全度の判定を行った。

（２）背面地山の安定性評価

背面地山の安定性評価，すなわち斜面安定は，周辺部の地形地質踏査，尾根部での調査ボーリングおよびコア抜き調査により，地山の風化度や地質構造を調べ，判定を行った。

キーワード　吹付け法面，斜面安定，維持管理，リモートセンシング，熱赤外線探査
連絡先　〒567-0877　大阪府茨木市丑寅 2-1-34　協和設計(株)　調査グループ　ＴＥＬ072-627-9351

３．２．調査結果

（１）吹付け法面の健全度調査（表 1）

①熱赤外線探査（図 3）：検出された温度差大となる部位は次のとおりである。a)最下段両端部(左右側)，b)2 段目法面左側部，c)最上段尾根部 d) V 字形状を呈する法面 2 段目中央部。(施工時くさび状崩壊の発生が推測される箇所)

②コア抜き調査：最下段の両端部で 3～11cm の背面空洞発生。モルタル厚は約 5cm 背面地山は総じて CM 級の堅岩。

③モルタル試料の一軸圧縮試験：湿潤密度 2.15g/cm^3 以上，圧縮強度 26N/mm^2 以上でモルタル自体は健全。

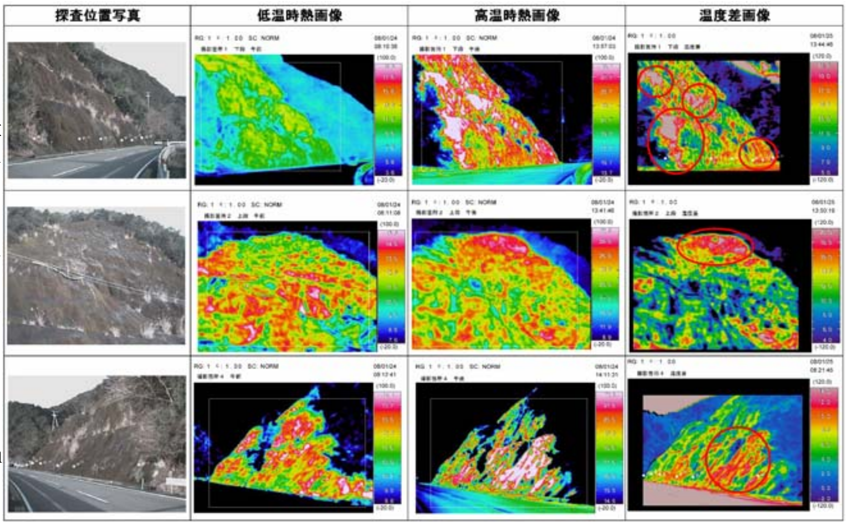

図 3　熱赤外線探査結果図

表 1　法面の健全度評価

測点	目視	打音調査	ﾓﾙﾀﾙ厚	空洞厚	背面地山	温度差	健全度
No. 1	開口亀裂	濁音	7cm	11cm	亀裂質	大	不良
No. 2	変状なし	金属音	7cm	なし	堅岩	小	良
No. 3	変状なし	鈍い反響音	3cm	なし	堅岩	小	良
No. 4	開口亀裂	濁音	7cm	なし	堅岩	小	やや不良
No. 5	変状なし	濁音	5cm	3cm	堅岩	大	不良
No. 6	開口亀裂	濁音	5cm	3cm	土砂	大	不良

（２）背面地山の安定性調査

対象斜面では，浅層より基盤岩である新第三系の泥岩・砂岩が分布し，法面最上段部は D 級の風化岩で，深部に向かって岩質は良好となり，中段部で CL 級，下段部では CM 級の堅岩層となる。

これら岩盤等級に従い，対象斜面のモデル化を図って地盤定数を決定し，円弧すべりによる斜面の安定計算を行った。結果，現況斜面の最小安全率は Fs=1.93 で，目標安全率 Fs=1.20 を上回る結果を得た(図 5)。これは当斜面や周辺では，崩壊や地すべり等の変状はなく，安定している現状と整合する。

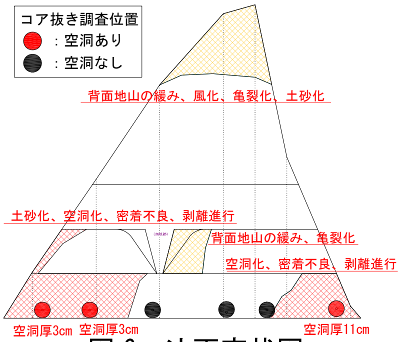

図 6　法面変状図

４．熱赤外線探査手法の検証

熱赤外線探査で確認された温度変化が大きい箇所では，いずれもコア抜き調査で背面に空洞の発生が認められた。また，地質調査から尾根部での岩盤の緩みや風化の進行，さらには施工時の崩壊履歴も検出される結果となり，探査の有効性と効果が検証されたと考える。(図 6)

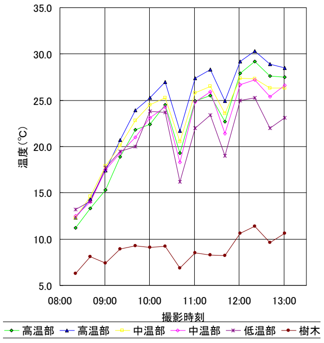

図 4　表面温度変化図

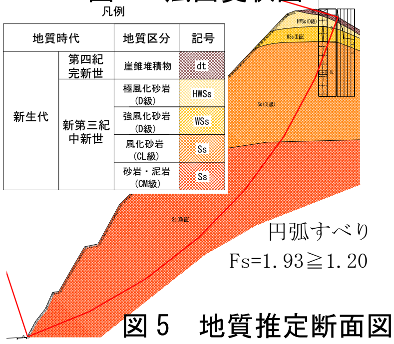

図 5　地質推定断面図

５．法面の安定性評価

本法面では斜面自体の安定に問題はなく，維持管理上の課題として，老朽化・劣化による吹付けモルタルの崩落防止と地山との密着状態の改善が必要と評価された。このように既設法面の健全度を評価するに際し，既設対策工の老朽化・劣化による機能低下を判定することはもちろん，本事例では本来その斜面が有する素因(地質など)についても再度，調査を行い斜面全体の安定について検証を加えることができた。

６．おわりに

今回は冬場の温度変化を捉えにくい時期の調査であったが，南向き斜面であること，当該地が比較的温暖な地域であることにより，高精度で有効な結果を得ることができた。また，現地作業期間も 2 日程度で，限られた予算と時間の中，長大な吹付け法面の調査を安全かつ効率的に行い，結果を対策工計画に反映できた。加えて，既設法面の安定性評価の手法として，我々がこれまで培ってきた従来からの地質調査法および評価法も，依然適用性が高い点を踏まえておきたい。

参考文献　1)(社)物理探査学会：老朽化吹付け法面の調査・対策の手引き，　pp.41-42，2006.
2)建設省土木研究所：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，p.1，1996.