一次元表面波探査を用いたモルタル吹付背面の地山強度測定

美馬　健二、川浪　聖志（有限会社太田ジオリサーチ）
Kenji MIMA,Seishi KAWANAMI (Ohta Geo Research Co.,Ltd.)

１．はじめに

佐々木ら[1)]も指摘しているとおり、モルタル吹付は、風化防止を目的に岩盤斜面に適用する工法であるが、地山の風化が進行するにつれて、今後経年とともにモルタル吹付斜面の崩落が増加する可能性がある。道路の維持管理上、事前に崩落懸念箇所を把握しておくことは重要である。

そこで、モルタル吹付の崩落メカニズムを明らかにするため、地山がどれほどの強度まで風化（低下）すると崩落に至るのかを調査することとした。調査には、一次元表面波探査を用い、崩落斜面の S 波速度を測定したので結果を報告する。

２．一次元表面波探査の概要

モルタル吹付崩落斜面のすぐ横で、図-1、図-2 のように地震計 4 個を一列に配置し、軽量のハンマー1 回の打撃により、一次元表面波探査を行った。測定器に記録された表面波の波形を解析し、S 波速度構造図を作成することで、地山の強度を評価した。

３．一次元表面波探査結果

一次元表面波探査による S 波速度構造図を図-3 に示す。その結果、深度 0.8m 付近が最低の S 波速度 Vs＝309m/s（換算 N 値 40 相当）となった。Vs=300m/s 程度（土砂相当）で崩壊する可能性があることが分かった。

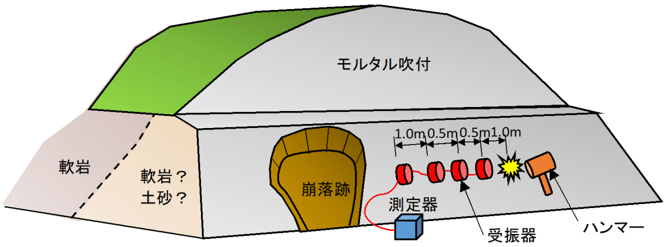


図-1　一次元表面波探査の測定模式図

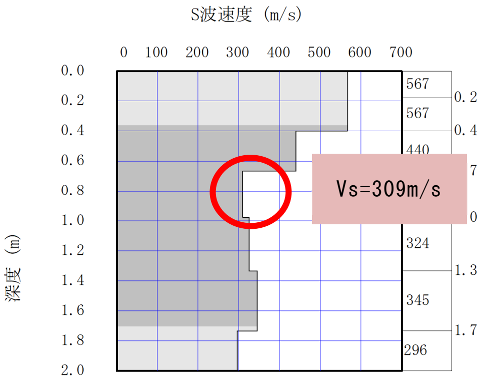


図-3　一次元表面波探査結果

図-2　一次元表面波探査状況

1) 佐々木ら（2015）: 道路のり面斜面対策におけるアセットマネジメント手法に関する研究（1），土木研究所平成 27 年度プロジェクト研究・重点研究報告書，pp.1.

一次元表面波探査を用いたモルタル吹付背面の地山強度測定

太田ジオリサーチ　美馬　健二、川浪　聖志

発表概要

1. 研究背景
・近年、モルタル吹付斜面が崩れている。
・モルタル背面の地山強度はどうなっているのか？

2. モルタル吹付の目的と効果
・モルタル吹付は岩盤の風化抑制が目的である。
・モルタル吹付をしてもいずれは岩盤は風化する。

3. モルタル吹付斜面の崩壊メカニズム

4. 一次元表面波探査による地山強度測定
・膨大な数のモルタル吹付斜面をいかに迅速に地山の強度を測定するか。
・一次元表面波探査を紹介。

5. モルタル吹付斜面のすぐ横で、一次元表面波探査を実施した結果
・モルタル吹付斜面は、S波速度（地山強度）がいくらになると崩壊するのか。

1. 研究背景

昭和40年＝1965年
施工後約50年を超える

モルタル吹付は、「昭和40～50 年代に多数施工された。近年、その後の地山の風化等の経年劣化により、場所によっては吹付工の背面が著しく土砂化・空洞化し、それらが要因で吹付工が部分崩落する等の問題も多数生じており、維持管理が課題となっている」
※佐々木ら（2015）：道路のり面斜面対策におけるアセットマネジメント手法に関する研究（1），土木研究所平成27年度プロジェクト研究・重点研究報告書，pp.1. 引用

①近年、モルタル吹付斜面の部分崩落が多数生じている。
②その原因は、地山の風化等の経年劣化である。

今後、モルタル吹付斜面の崩落が懸念される。

したがって

地山の強度を調査すべきであると考えた。

モルタル吹付の崩壊状況

2. モルタル吹付の目的と効果

モルタル吹付施工状況
（高速道路技術センター：現場のチェックポイント,平成11年3月より引用）

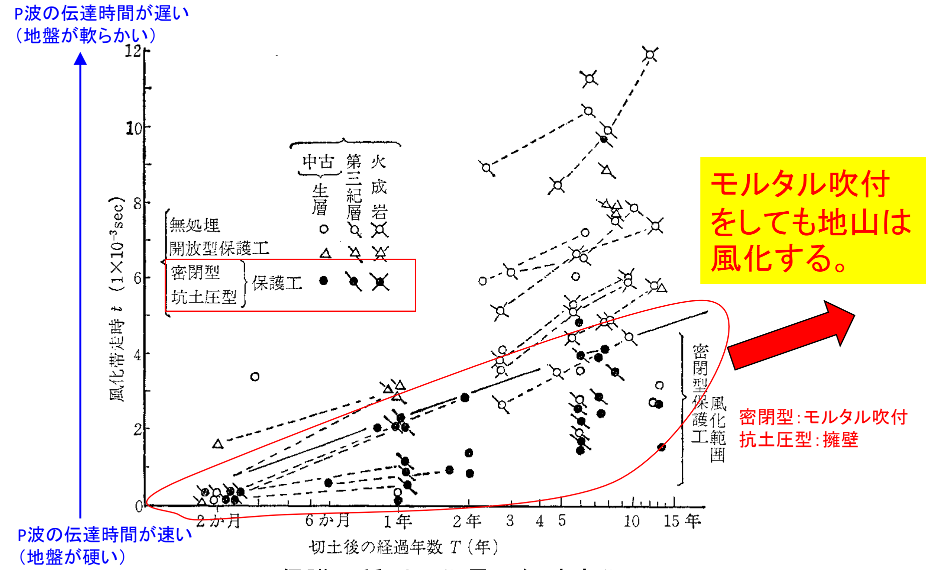
モルタル吹付斜面の崩壊

斜面やのり面に湧水が少なく、当面崩壊の危険性は少ないが、亀裂が多く風化しやすい岩、風化してはげ落ちるおそれのある岩等の風化を抑制する目的で用いる	平成29年12月版 日本道路協会：落石対策便覧P127

モルタル吹付をしたら、岩盤は永久に風化しないという意味なのか？

⇒いいえ。次ページの文献参照

2. モルタル吹付の目的と効果

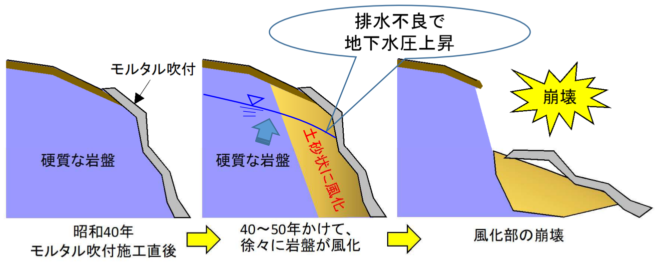


保護工種別風化量の経時変化

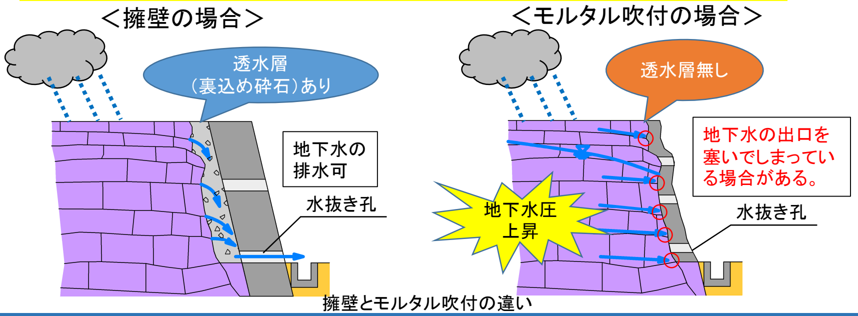
奥園誠之：切取斜面の設計から維持管理まで，鹿島出版，1983.引用

5

3. モルタル吹付斜面の崩壊メカニズム（推定）



維持管理において、モルタル背面の地山が岩盤なのか土砂なのかを把握することが重要である。



擁壁とモルタル吹付の違い

6

4．一次元表面波探査による地山強度測定

モルタル吹付の数は膨大である。

ボーリング等の破壊を伴う方法で地山の風化度を調査していたのでは，時間がかかって対策が進まない。

解決策として、

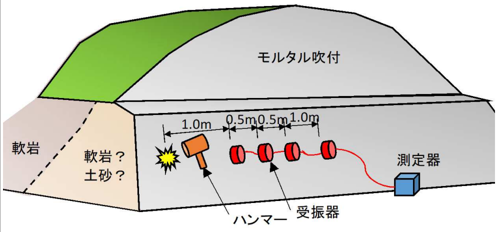
迅速に調査することが必要であり、非破壊探査である一次元表面波探査を紹介する。

一次元表面波探査のメリット

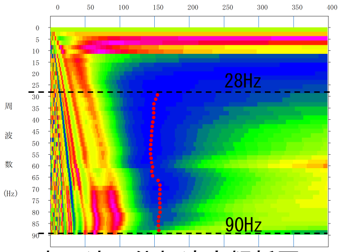
①非破壊探査である。
②深度2m程度の地山のS波速度（換算N値）が測定可能である。
③迅速な調査手法である。測定時間は，10分～数十分。
④探査機材は、10kg程度（分解も可）であり、人力運搬可。

一次元表面波探査の方法

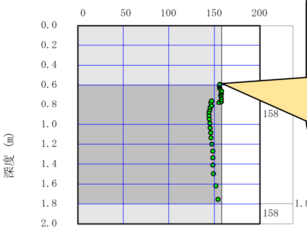
1．受振器4個を0.5～1.0mの間隔で一直線に配置する。
2．受信器の端部で、ハンマーを用いて1回起振する。
3．測定器により表面波が受信器を通過する時間を測定し、周波数ごとの表面波の位相速度を解析する。
4．3分の1波長則より、S波速度構造図を作成する。
5．S波速度（または換算N値）より岩質を判定する。



モルタル吹付斜面における一次元表面波探査の測定模式図



表面波の位相速度解析図
（縦軸：周波数，横軸：表面波の位相速度）



S波速度構造図
（縦軸：深度，横軸：S波速度）

Vs=158m/s
換算N値5相当
土砂と判定

換算式
$Vs \fallingdotseq 97.0N^{0.314}$

5. モルタル吹付斜面のすぐ横で、一次元表面波探査を実施した結果

斜面勾配：1:0.5(63.4°)
地質：溶結凝灰岩・凝灰岩など
（地質図による）

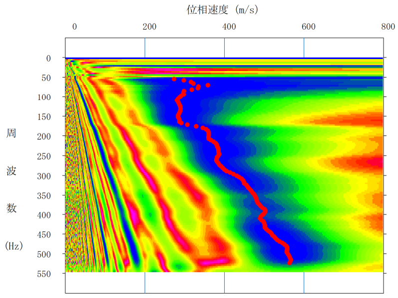
現在のモルタル吹付斜面の状況

では、地山は、S波速度がいくらになったら崩壊するのか？

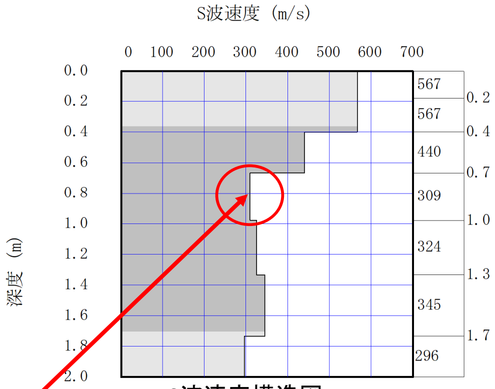
崩壊したモルタル吹付斜面のすぐ横で、一次元表面波探査を実施した。

一次元表面波探査実施状況

5. モルタル吹付斜面のすぐ横で、一次元表面波探査を実施した結果



表面波の位相速度解析図



S波速度構造図

S波速度Vs=309m/s

換算式
Vs≒97.0N$^{0.314}$

岩級区分に換算すると、

DL級

N値に換算すると、

換算N値40

土砂相当と判断できる。

S波速度Vs=300m/s程度（土砂相当）で崩壊する可能性があることが分かった。

5. モルタル吹付斜面のすぐ横で、一次元表面波探査を実施した結果

なぜ選択的に崩壊したのか？

よく観察すると、

崩壊箇所は特に湧水跡が多い。

①S波速度Vs=300m/s程度でかつ、
②湧水跡が多い箇所は相対的に崩壊しやすい可能性がある。

5. モルタル吹付斜面のすぐ横で、一次元表面波探査を実施した結果

風化が速い岩（土木学会：岩盤斜面の調査と対策，P27，1999引用）

崩壊性要因を持つ地質	代 表 地 質 等
風化が速い岩	泥岩，凝灰岩，頁岩，粘板岩，蛇紋岩，片岩類等
割れ目の多い岩	片岩類，頁岩，蛇紋岩，花崗岩，安山岩，チャート等
割れ目が流れ盤となる岩	層理，節理が斜面の傾斜方向と一致している片岩類，粘板岩等
構造的弱線をもつ地質	断層破砕帯，旧地すべり地，崩壊跡地等

対策の優先順位は、地質を考慮して検討する方法もある（参考）。

まとめ

・近年、地山の風化等でモルタル吹付斜面が崩れている。

・岩盤の風化を抑制するモルタル吹付をしても、いずれは岩盤は土砂に風化する。

・地山の強度測定は、一次元表面波探査が有効である。

・実際に崩壊したモルタル吹付斜面のすぐ横で調査したところ、①地山はS波速度Vs=300m/s程度（土砂相当）でかつ、②湧水跡が多い箇所で相対的に崩壊しやすい可能性があることがわかった。