

老朽化のり面工を対象とした 簡易背面地盤調査法および補修補強工法

防災技術研究部 地盤防災研究室

主任研究員 高柳 剛

本日の発表

- ◆ 老朽化のり面工の維持管理上の課題
- ◆ 切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法
(自由打撃簡易貫入試験)
- ◆ 風化岩盤等を対象とした簡易背面地山調査法
(V_p -SE試験)
- ◆ 老朽吹付のり面对策工の概要
- ◆ まとめ

■ 老朽化のり面工の維持管理上の課題

鉄道沿線の切土のり面には、のり面の侵食・風化防止を目的とした吹付工等ののり面工が多数施工

吹付工は比較的に軽微な設備で施工することができるため、1955～1975年頃に多用されてきた経緯があり残存数は多い

施工から数十年以上経過した老朽化のり面工の維持管理が問題



老朽化張コンクリート工の崩壊例

老朽化のり面工の維持管理上の課題

吹付工の主な劣化メカニズム

①吹付材自体の劣化



乾燥収縮・
凍害・植物



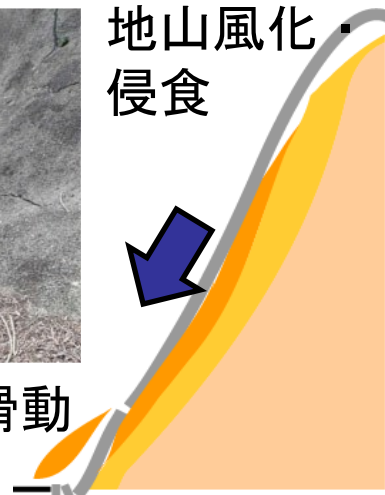
- ・ 保護機能の低下
- ・ 剥落片の落下

②吹付材と背面地山の密着性の低下



地山風化・
侵食

滑動



- ・ 保護機能の低下
- ・ 斜面の不安定化

特に危険な劣化

③背面地山の風化による不安定化



風化・
緩み



- ・ 剥落片の落下
- ・ 斜面崩壊

- ・ 老朽化のり面工の維持管理には低コストな背面地盤の状態評価が必要
- ・ 様々なのり面工背面の性状に対応するため、地盤用と風化岩用の評価法を開発

切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法

自由打撃簡易貫入試験I型(簡易・詳細試験)

試験目的

のり面工背面地盤(切土)の“緩み”の状態を把握する簡易試験

コンセプト

のり面工既設孔を利用して横方向に探査

試験の構成

取得情報: 地盤の貫入抵抗値(N_e 値)の深度分布

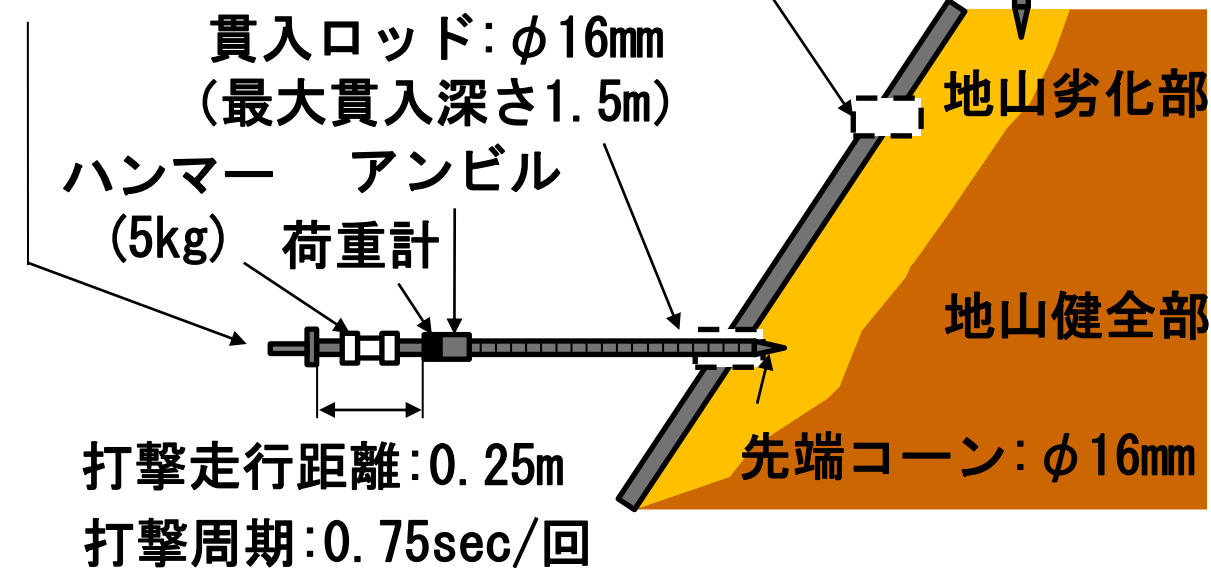
試験方法: 試験者がハンマーでロッドを往復打撃(所定ルール)、0.1m貫入に要する打撃回数を記録(= N_e 値)、簡易試験では打撃データ計測は行わない

特徴: 短時間で計測可能⇒約10分/箇所

概要

既往の簡易動的コーン貫入試験: 鉛直方向に貫入

自由打撃簡易貫入試験 I型:横方向に貫入



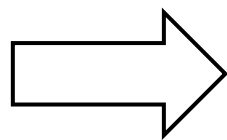
切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法

自由打撃簡易貫入試験I型(簡易・詳細試験)

試験機
(詳細用)



深度方向の
緩みの分布
を把握



実施状況

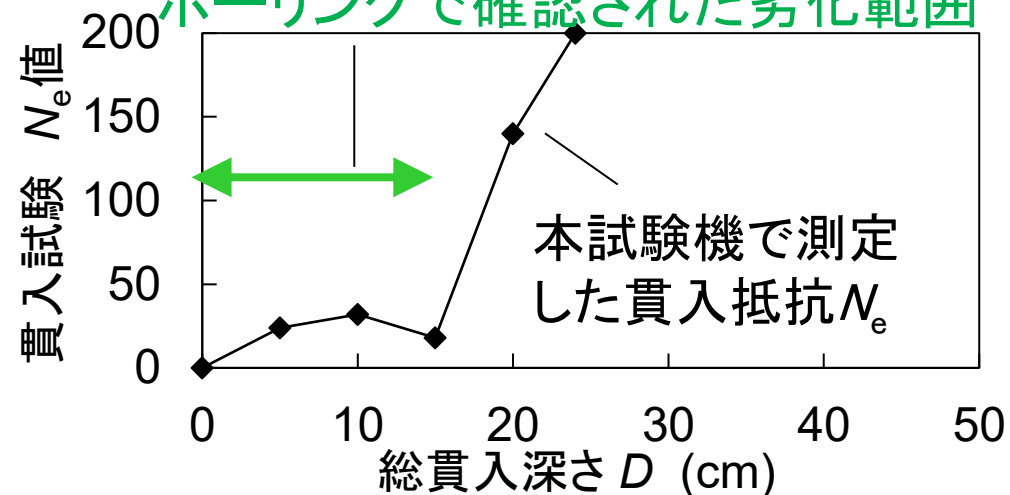


のり面工の排水孔

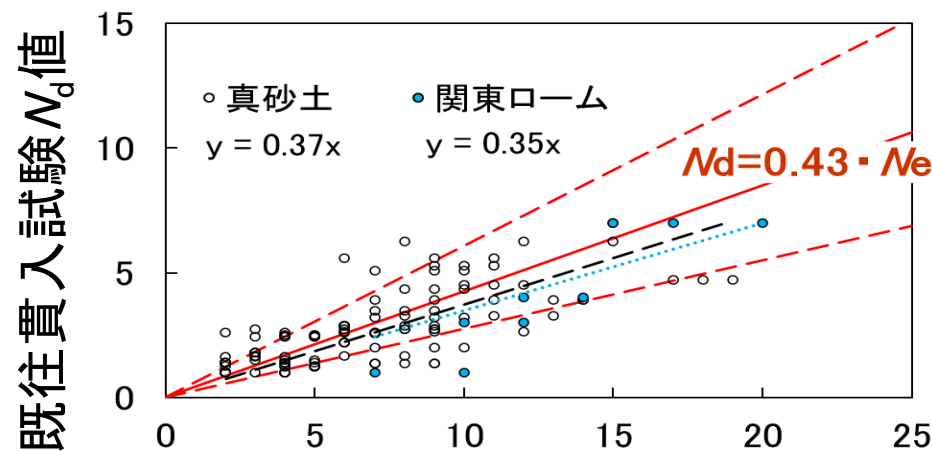
既往試験 N_d
値への変換

- ・既往貫入試験 N_d 値の深度分布を確認
- ・試験機の購入等については、鉄道総研にお問い合わせ下さい(特許第7190396号)

ボーリングで確認された劣化範囲



自由打撃簡易貫入試験結果の例

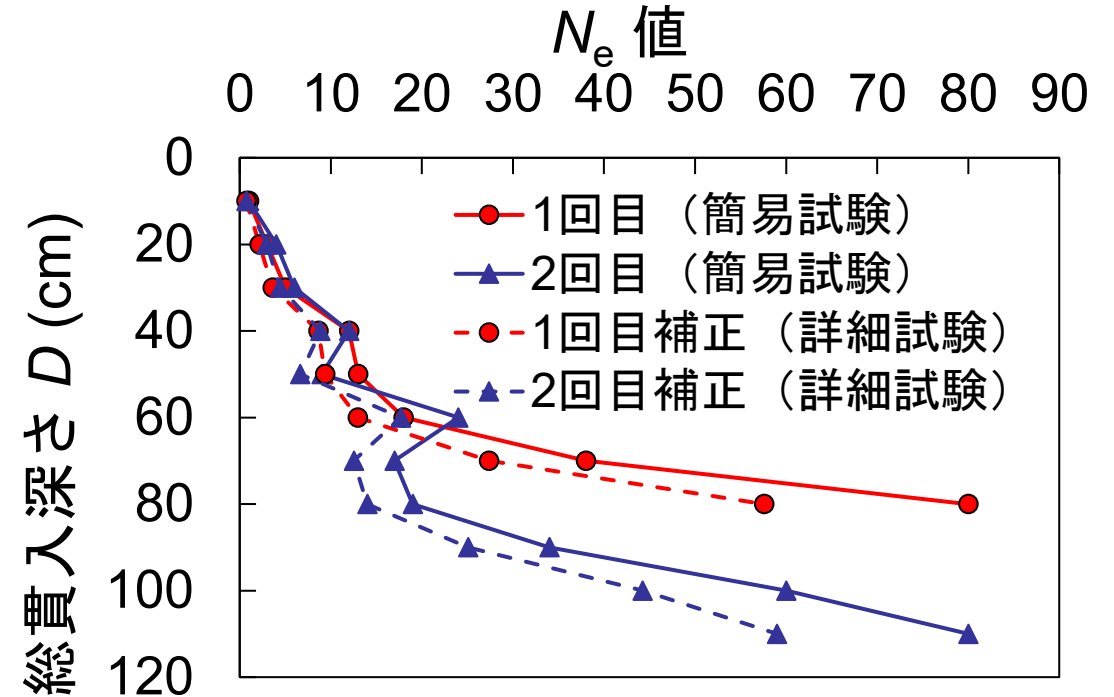
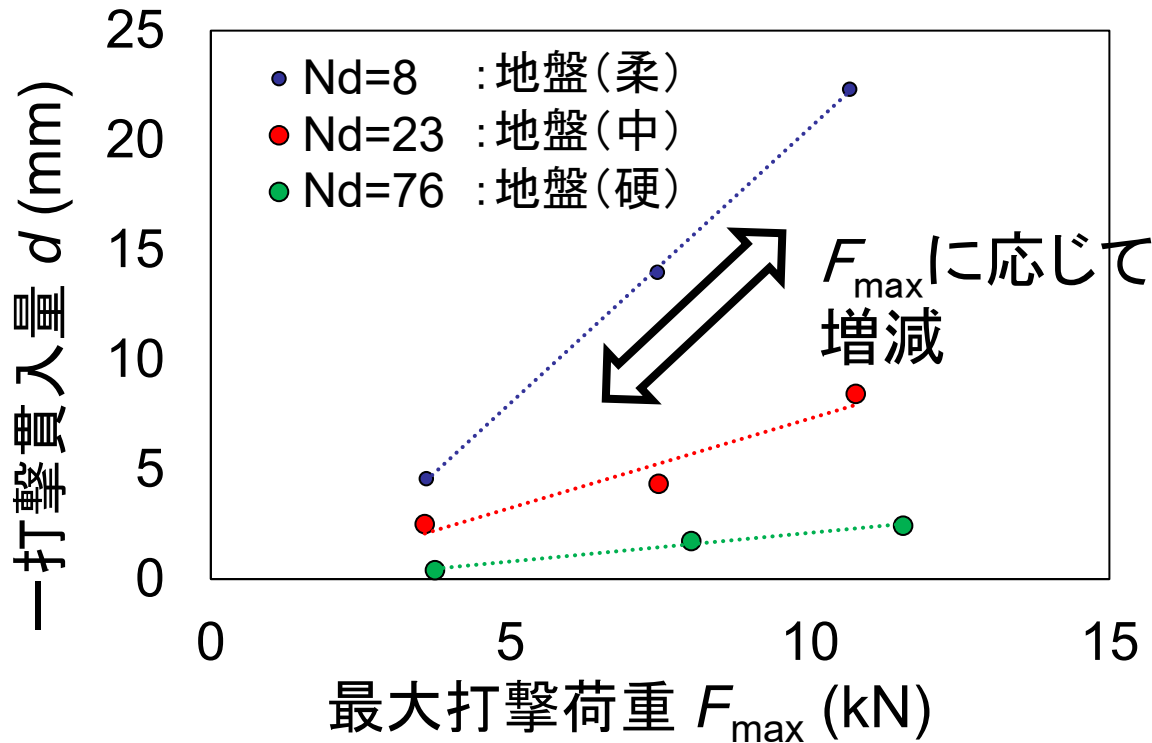


自由打撃簡易貫入試験 N_e 値
既往貫入試験 N_d 値との換算式



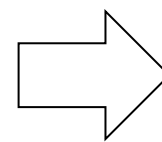
切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法

自由打撃簡易貫入試験I型(詳細試験) ⇒ 打撃荷重 F 計測による試験値 N_e の補正



試験結果の補正例

打撃荷重 F_{max} の標準値からのズレの倍率に応じて試験値 $N_e (=100/d)$ を補正



簡易試験と比較してより高い精度で試験値 N_e を取得

切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法

自由打撃簡易貫入試験II型(詳細試験)

試験目的

のり面工背面地盤(風化岩)の“土砂化部”の状態を把握する簡易試験

コンセプト

急傾斜の吹付工等で、背面地盤の状態を人力で調査できる小型試験機

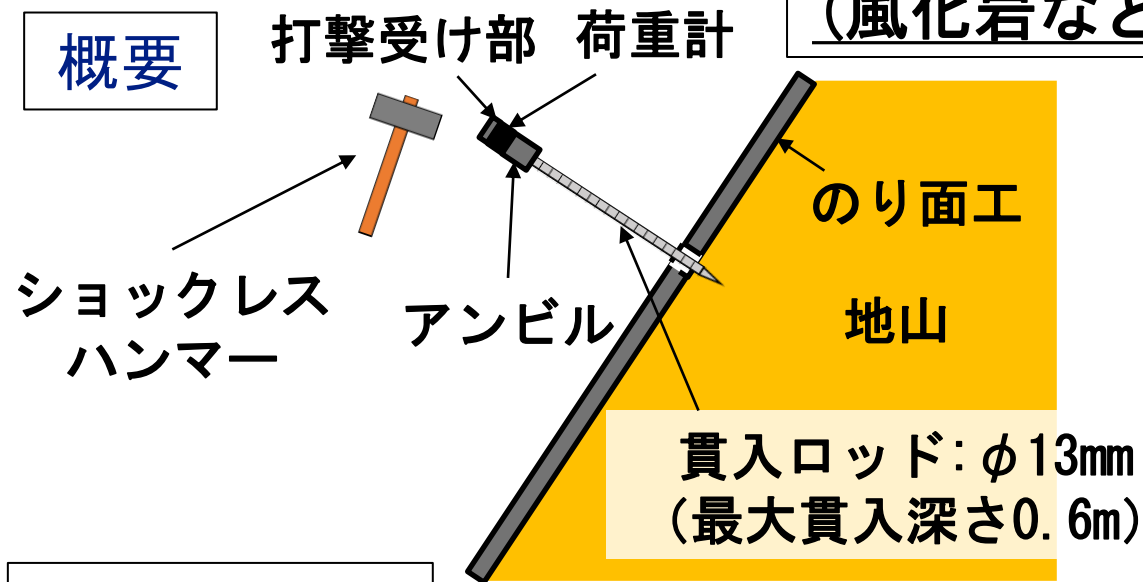
試験の構成

取得情報: **地盤の貫入抵抗値(N_f 値)**の深度分布

試験方法: ショックレスハンマー(1.15kg)でロッドを打撃、**0.1m貫入の打撃回数を記録**、打撃力計測による補正を前提

特徴: 小型軽量、小径な貫入ロッド

概要

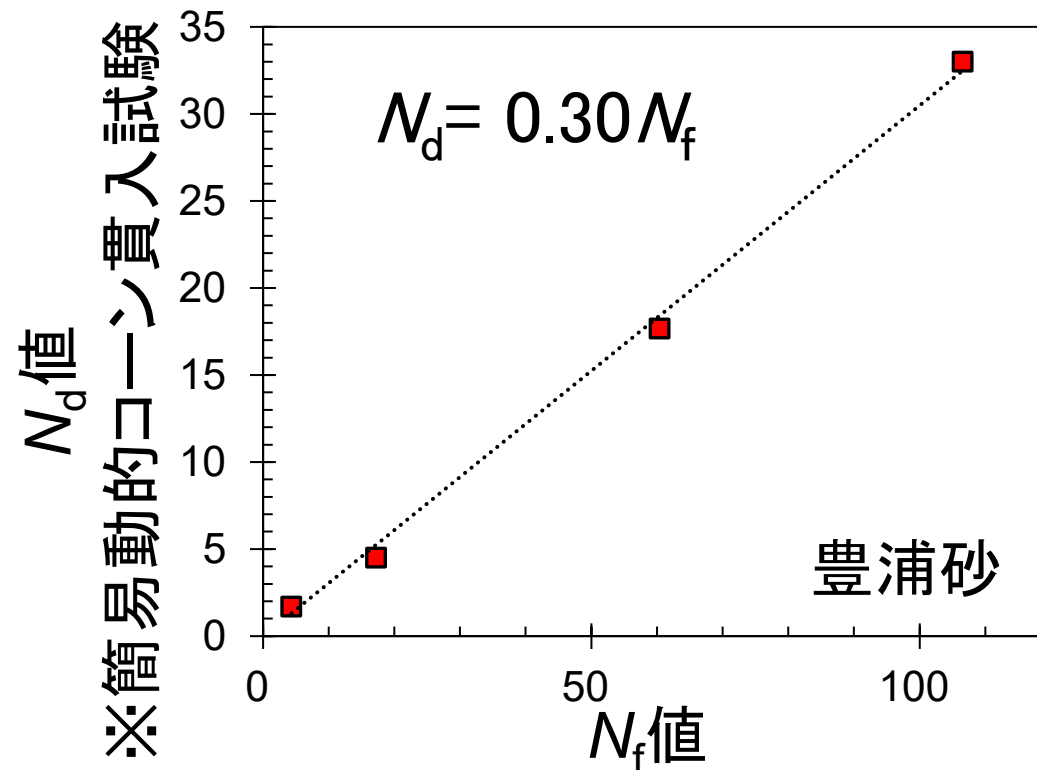
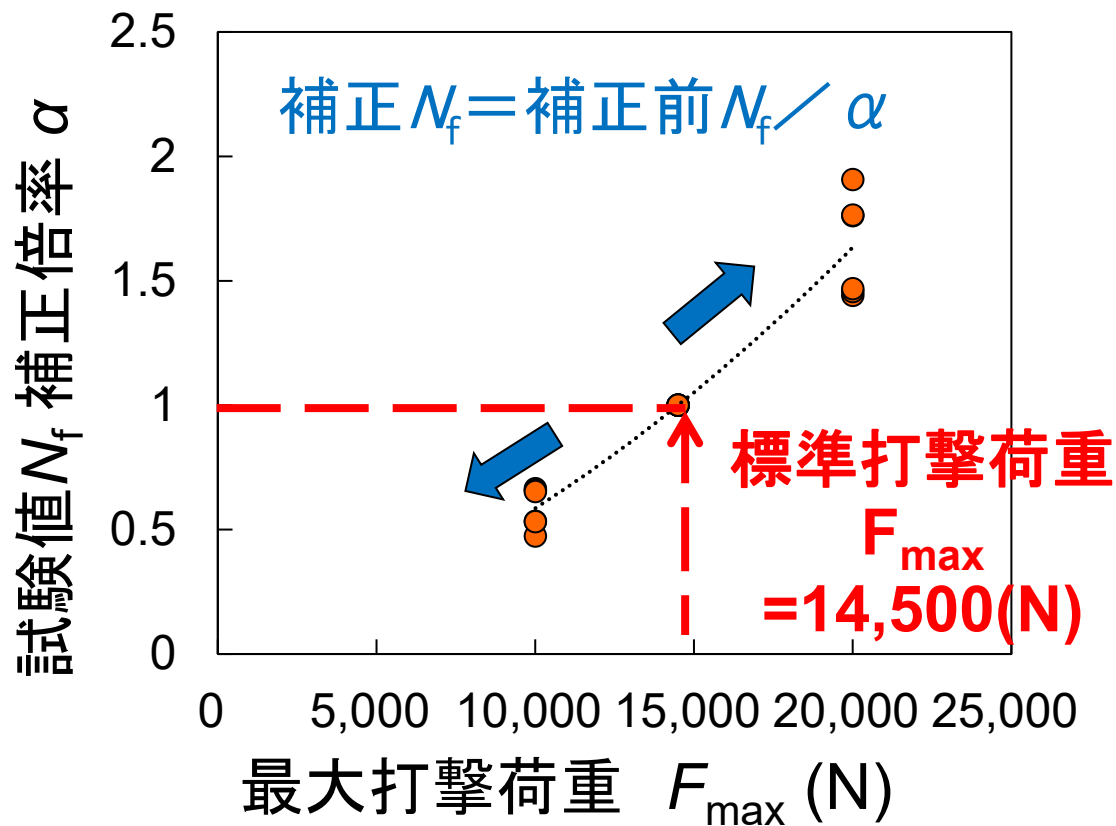


試験実施状況



切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法

自由打撃簡易貫入試験II型(詳細試験) ⇒ 室内試験による試験値 N_f 補正方法の検討



※自由打撃簡易貫入試験II型

最大打撃荷重 F_{\max} により試験値 N_f を補正

試験値 N_f から既往試験値 N_d に換算

切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法

自由打撃簡易貫入試験まとめ

自由打撃簡易貫入試験

自由打撃簡易貫入試験 (I型)

特徴：中型・最大探査深度1.5m程度
主な適用対象：切土のり面（地盤など）
主な試験条件：施工基面の周辺、犬走

詳細試験

特徴：高精度な試験値
制御：打撃力計測による
試験値の補正

簡易試験

特徴：より簡易な試験
（電子データ収録なし）
制御：打撃ルールへの順守

自由打撃簡易貫入試験 (II型)

特徴：小型・最大探査深度0.6m
主な適用対象：切土のり面（風化岩など）
主な試験条件：急こう配なのり面中腹

詳細試験

特徴：高精度な試験値
制御：打撃力計測による
試験値の補正

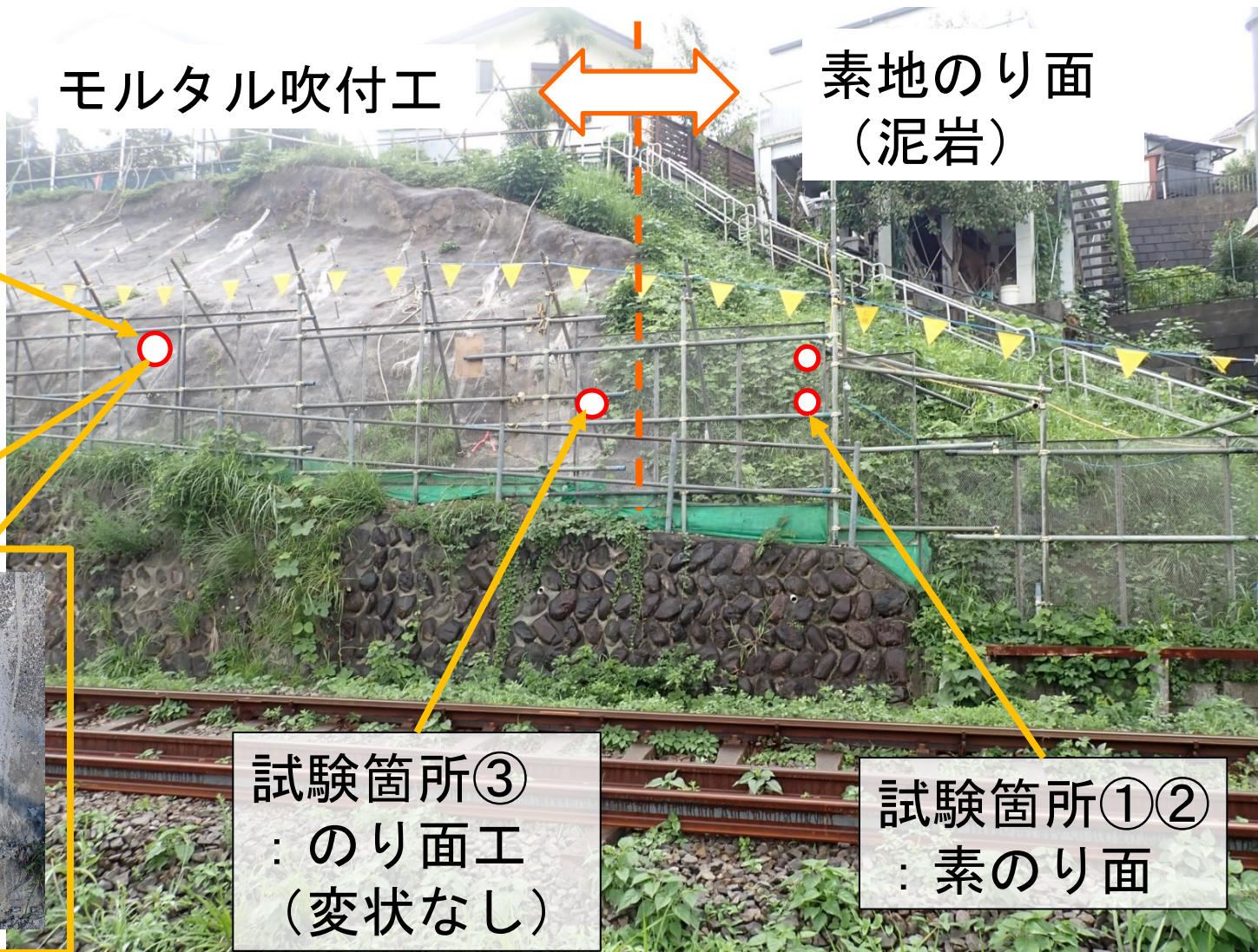
試験目的、適用対象、試験条件を踏まえて、適切な自由打撃簡易貫入試験を選定

切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法

現地試験

試験箇所④
：のり面工
(変状あり)

吹付工の亀裂



モルタル吹付工

素地のり面
(泥岩)

試験箇所③
：のり面工
(変状なし)

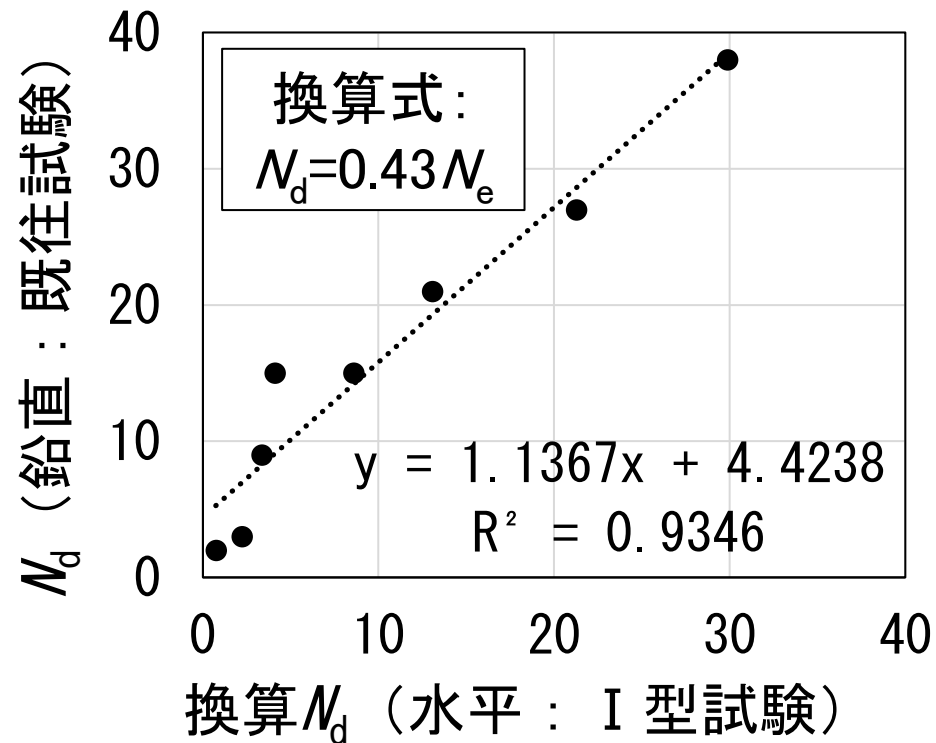
試験箇所①②
：素のり面

現地試験を通じて自由打撃簡易貫入試験の適用性を検証

切土地盤等を対象とした簡易背面地山調査法

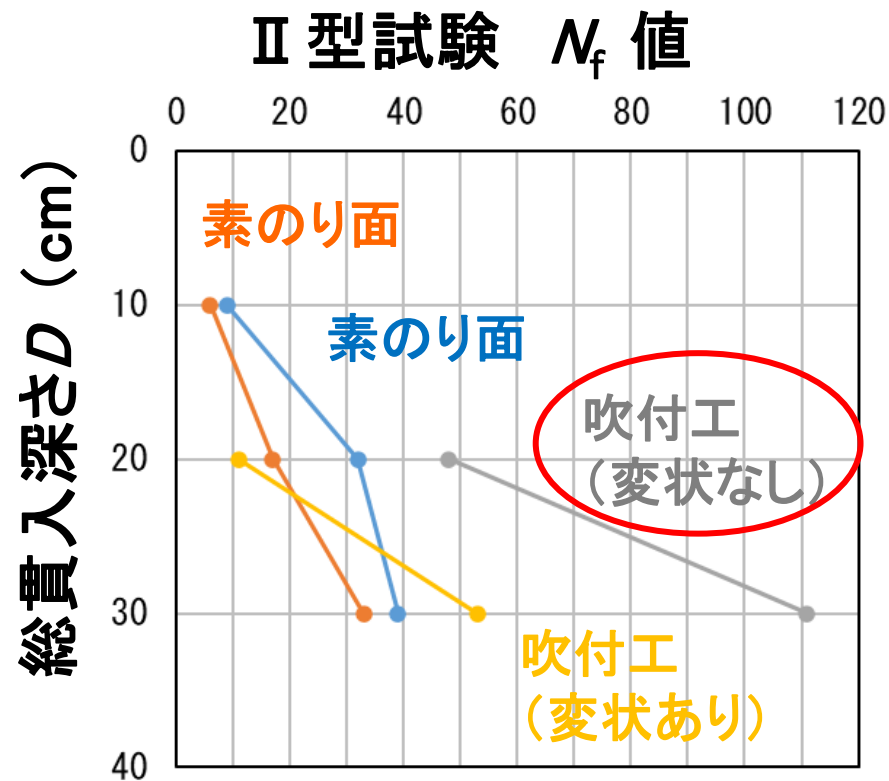
現地試験

既往試験（鉛直）と I 型試験の比較



I 型試験の試験値 N_e は適切に既往試験の換算値 N_d に換算

変状の有無による II 型試験結果の比較



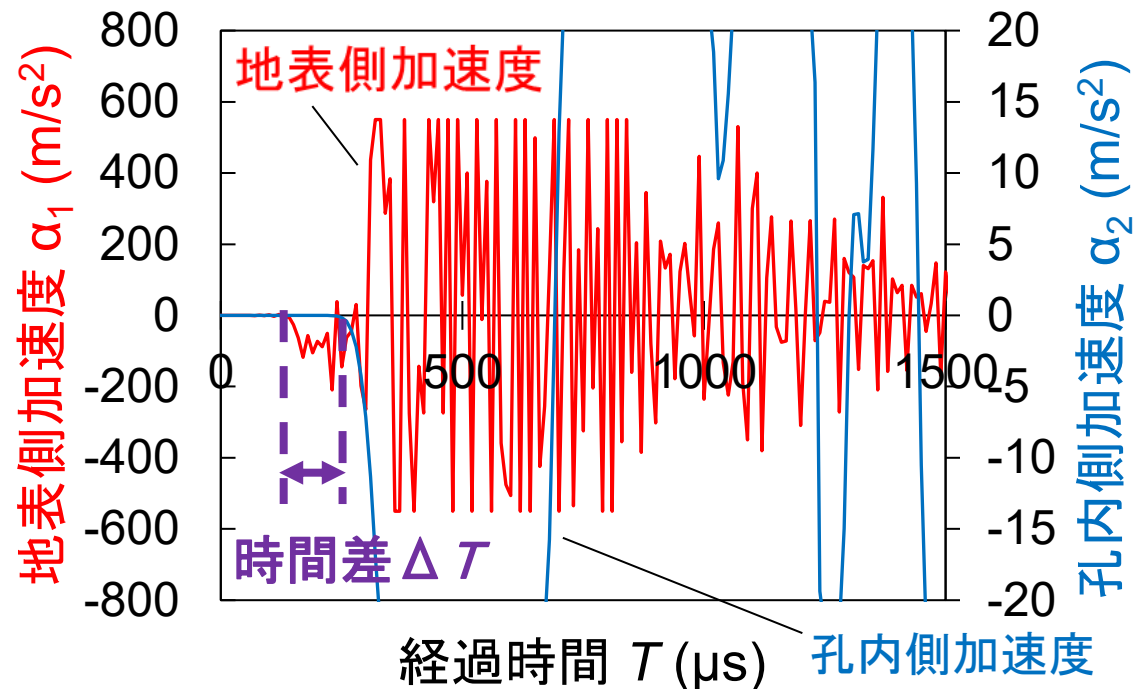
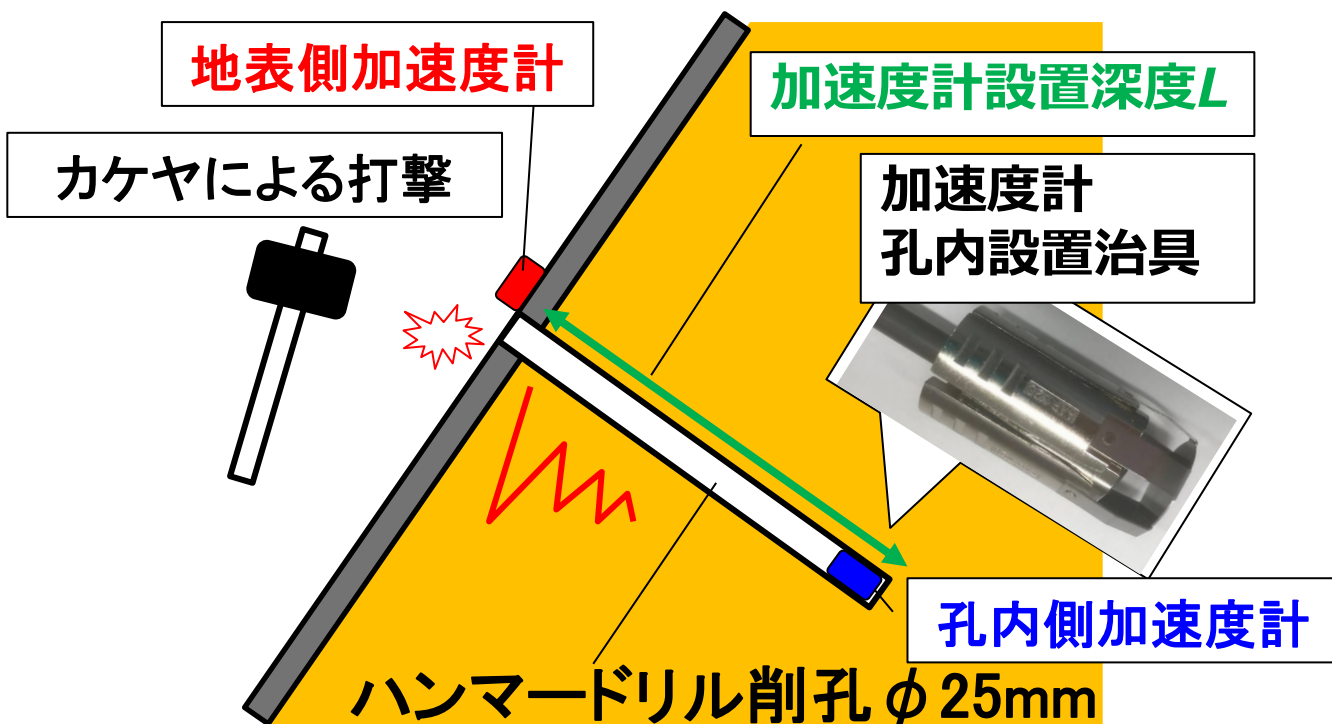
吹付工 (変状なし) の背面地盤は硬質であり、背面状態の相対的な評価が可能であることを確認

風化岩盤等を対象とした簡易背面地山調査法

V_p (弾性波速度) — SE (掘削体積比エネルギー) 試験

簡易弾性波探査 (V_p 試験)

$$V_p \text{ (m/s)} = \frac{\text{加速度感知の時間差 } \Delta T}{\text{加速度計設置深度 } L}$$



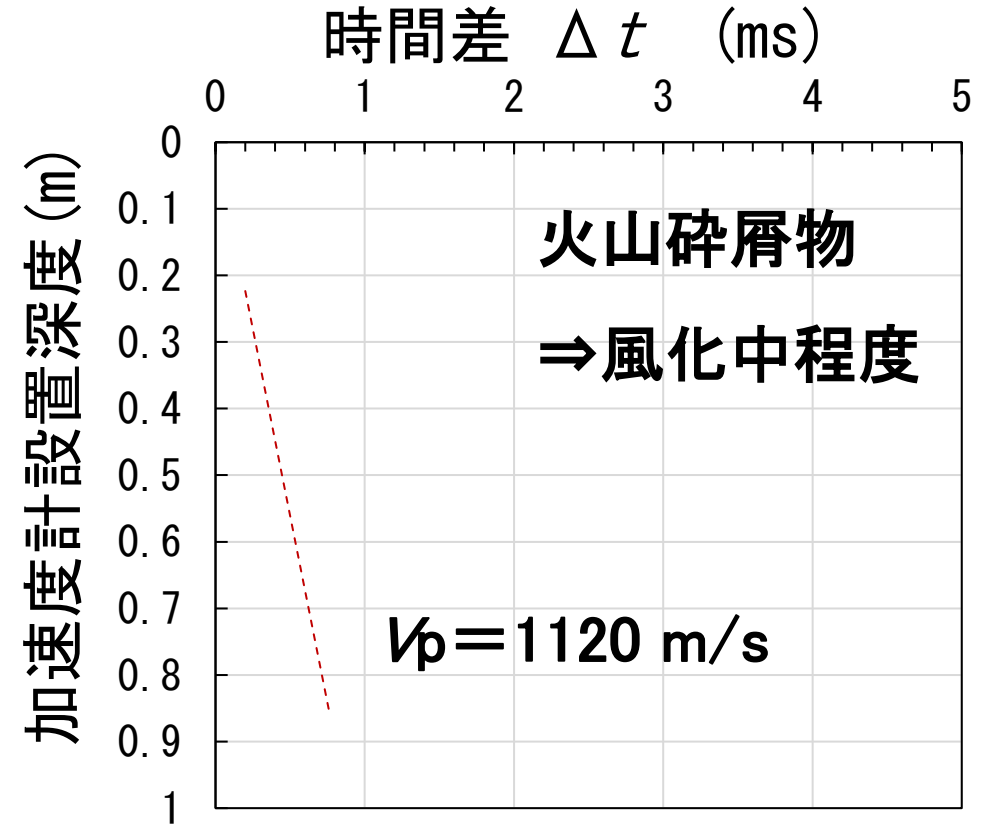
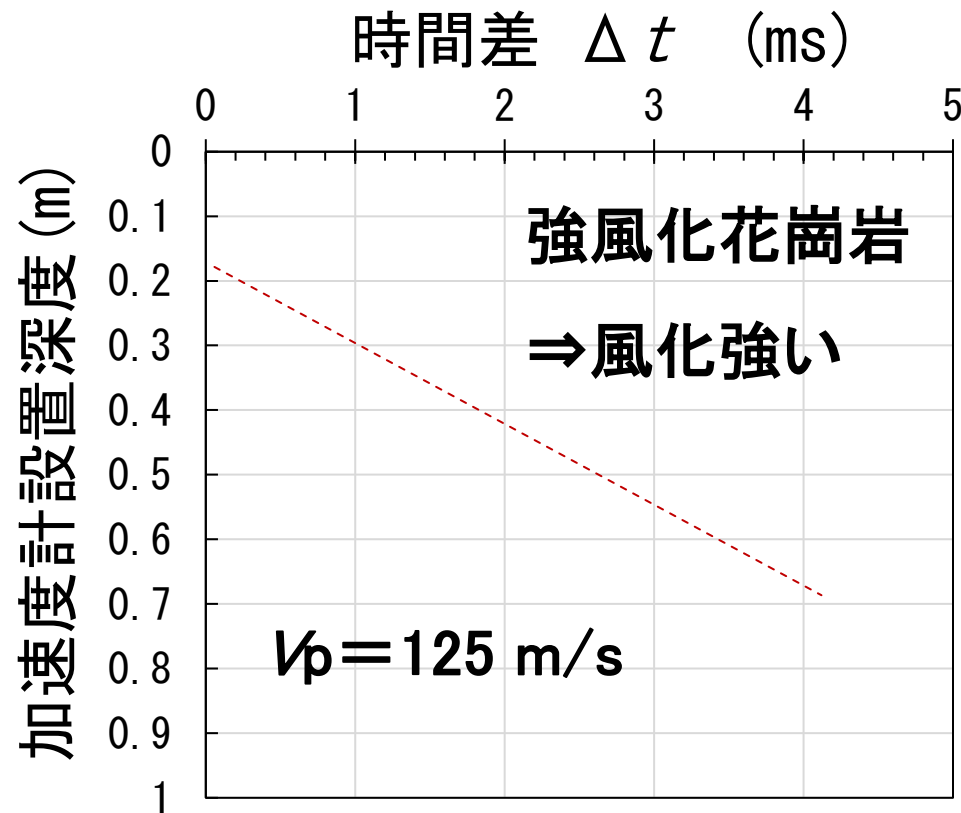
収録加速度波形の例

地盤の風化や亀裂の程度が大きいほど弾性波速度 V_p は低下
 ⇒ 弾性波速度 V_p をベンチマークとして背面地盤の劣化度 (主に亀裂) を評価

風化岩盤等を対象とした簡易背面地山調査法

V_p (弾性波速度) — SE (掘削体積比エネルギー) 試験

簡易弾性波探査 (V_p 試験)



- ・地質条件に応じて V_p に差異を生じることを確認
- ・のり面の現地試験では 1000 m/s 以下になる場合が多い

風化岩盤等を対象とした簡易背面地山調査法

V_p (弾性波速度) — SE (掘削体積比エネルギー)試験

掘削体積比エネルギー試験 (SE 試験)

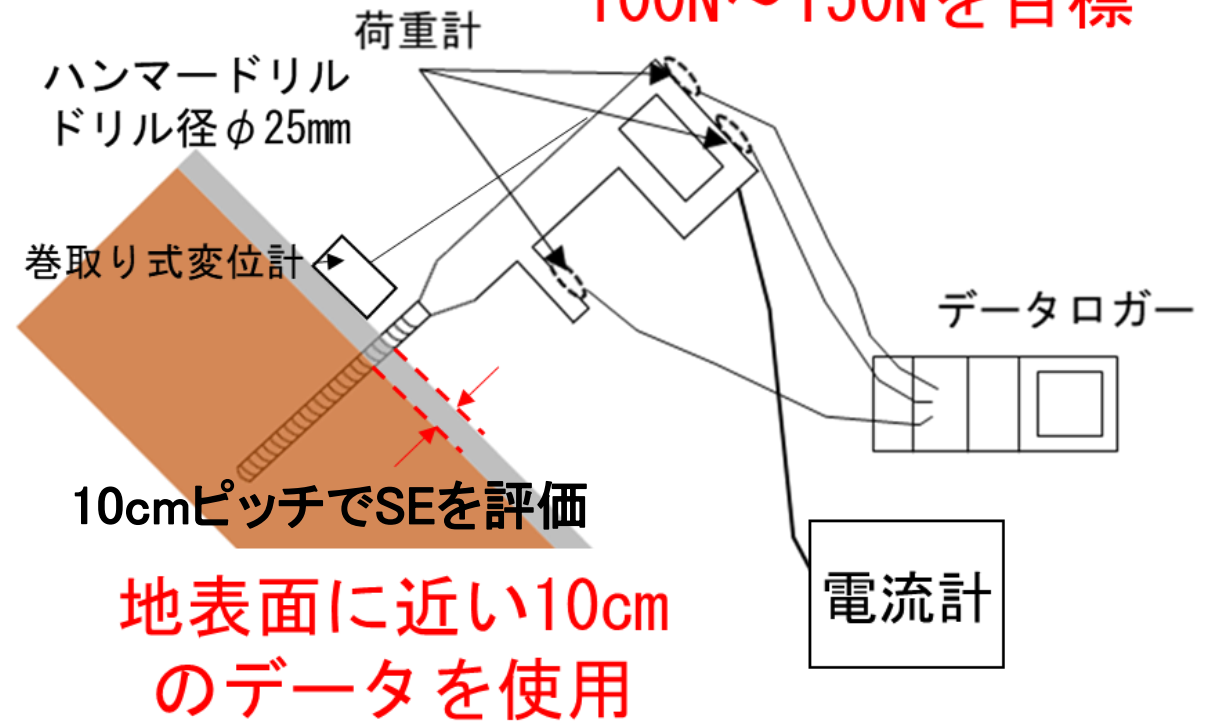
SE は単位体積あたり岩の掘削するに要するエネルギー (MJ/m^3)

⇒ 岩の母材の一軸圧縮強度と相関性あり



SE試験の実施状況

押付荷重管理:
100N~150Nを目標



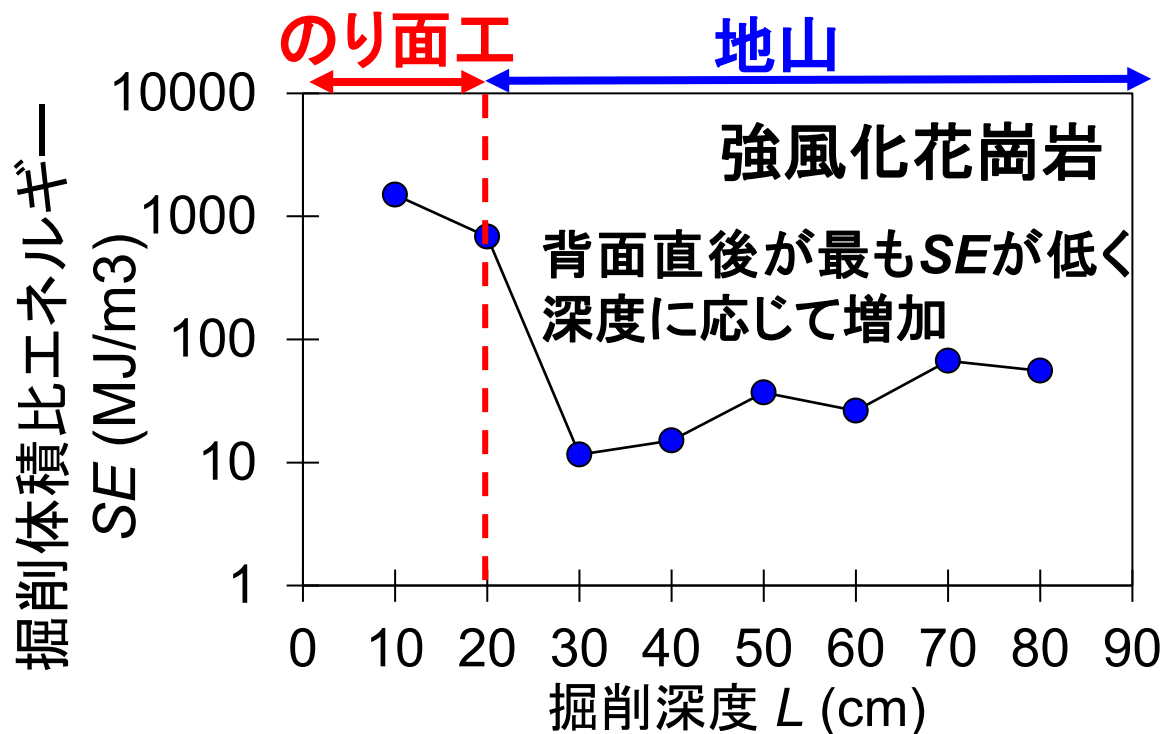
SE試験の実施概要

$$\begin{aligned} \text{掘削体積比エネルギー } SE \text{ (MJ/m}^3\text{)} \\ &= \frac{t \cdot W}{V} = \frac{\text{削孔時間} \times \text{消費電力 (MJ)}}{\text{ビット径} \times \text{削孔長 (m}^3\text{)}} \end{aligned}$$

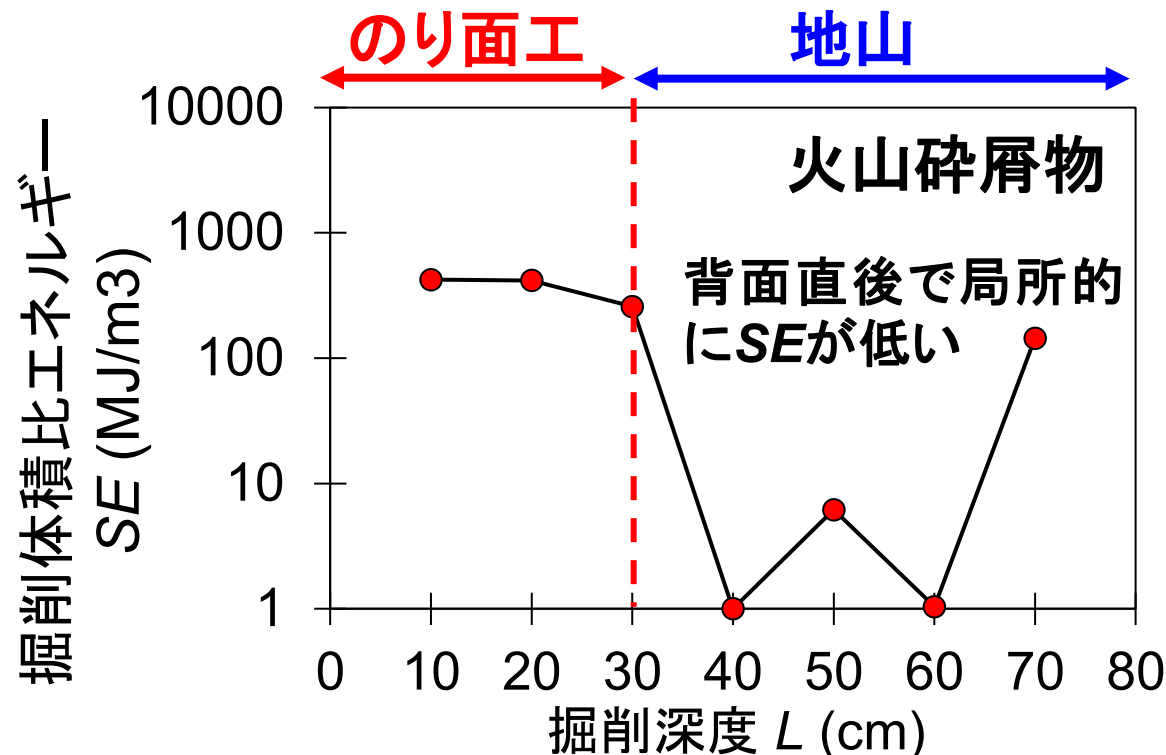
風化岩盤等を対象とした簡易背面地山調査法

V_p (弾性波速度) — SE(掘削体積比エネルギー)試験

掘削体積比エネルギー試験(SE試験)



掘削深度に応じたSEの変化 その1



掘削深度に応じたSEの変化 その2

地質条件に応じてSE分布に差異を生じることを確認

⇒ V_p 試験とSE試験の結果を組み合わせ、現地のり面の劣化状態を判断

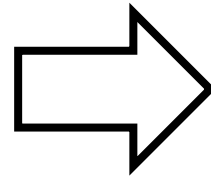
老朽吹付のり面対策工の概要

既往の補修工法の概要と課題

- ①線路への剥落片の落下防止を目的とした網の敷設
→吹付材自体の補修は行わないため劣化が進行する
- ②劣化した既設吹付材をはつり取った後、背面の風化した地山を整形した上で格子枠工などを新設
→斜面安定性は大きく回復するが、作業性・安全性・経済性・環境負荷に課題



老朽化吹付工のはつり取り作業

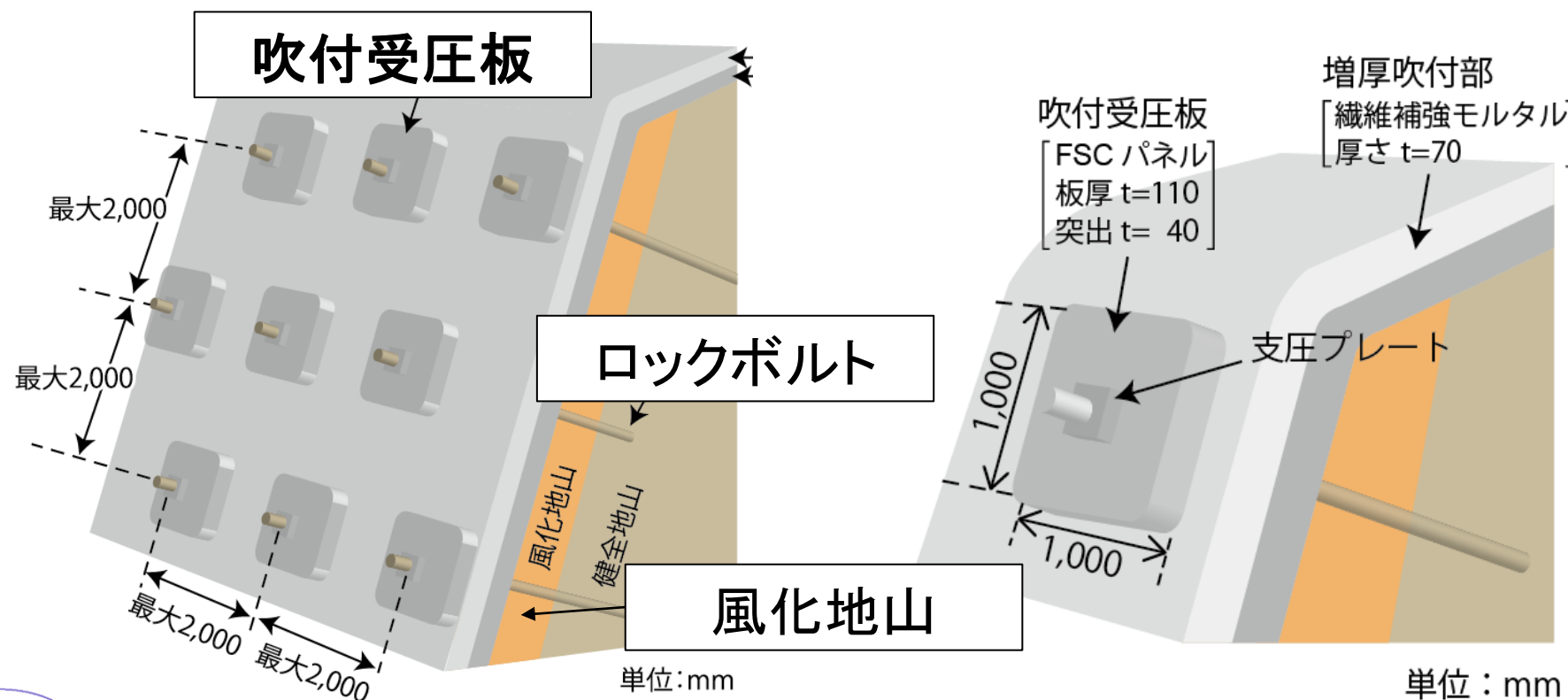


老朽化吹付工撤去後に新設した格子枠工

老朽吹付のり面対策工の概要

新たに開発した対策工の特徴

- ・既設吹付材をはつり取ることなく吹付材表面の**被覆補修**を図る
- ・**吹付受圧板**と**地山補強土工**を組み合わせでのり面を補強する
- ・**繊維補強モルタル**と**補強部材**を組合せて**吹付受圧板**を構築

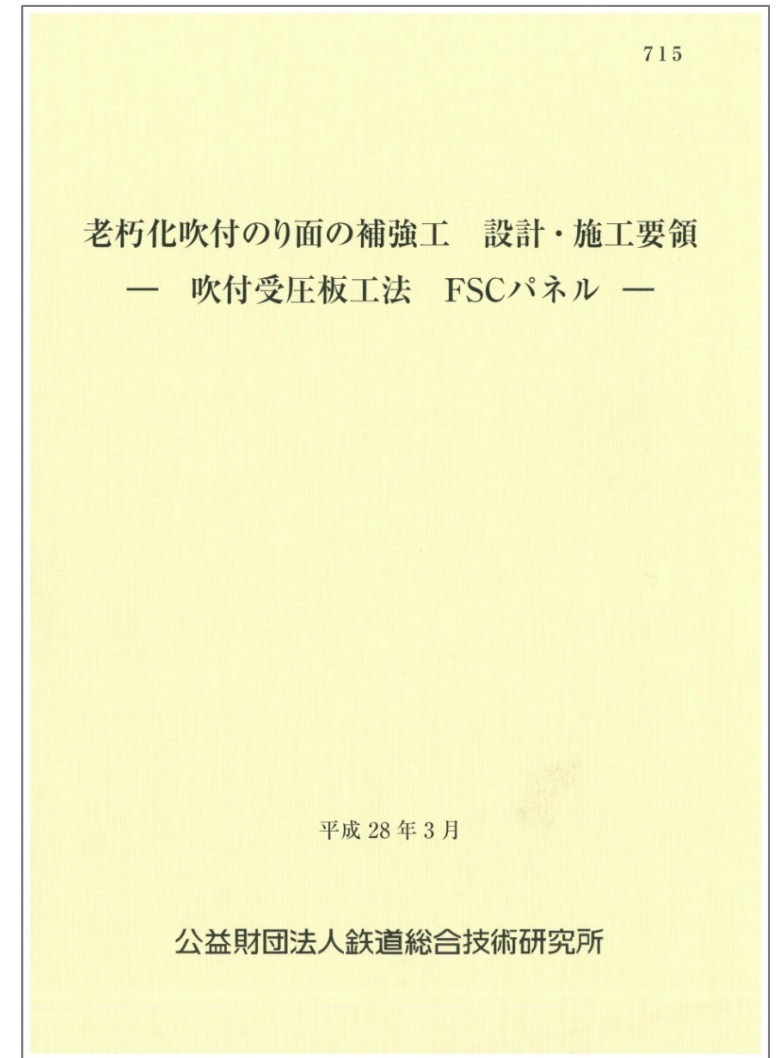


老朽吹付のり面対策工の概要

施工完了後の状況



地山の状態に応じて適切な対策工を選定



マニュアル「老朽化吹付のり面の補強工設計・施工要領」を発行

■まとめと成果の活用

- 老朽化のり面工の背面地盤に風化を伴う場合には、崩壊の危険性もあるため留意が必要
- 背面地盤調査を目的として既往のボーリング調査等を実施することはコスト面で課題があるため、個別検査等で活用できる低コストな背面地盤調査法として自由打撃簡易貫入試験（Ⅰ型、Ⅱ型）を開発
- 貫入試験が不適なのり面工背面岩斜面等を対象として、個別検査等で活用できる簡易な劣化度調査法として V_p -SE試験を開発
- 背面地盤の風化を伴う老朽化のり面工の補修・補強に活用できる対策工としてFSCパネル工法を開発
- ご質問等ございましたら、鉄道総研までお問い合わせください

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所:老朽化吹付のり面の補強工 設計・施工要領 ～吹付受
圧板工法 FSCパネル～, 研友社, 平成28年

老朽化のり面工を対象とした 簡易背面地盤調査法および補修補強工法

防災技術研究部 地盤防災研究室

主任研究員 高柳 剛