

斜面对策工の設計に 必要な時間軸

令和7年4月25日

講師 三田和朗

土木学会西部支部 土砂災害シンポジウムアドバイザー
技術士 応用理学・総監 地質

ポイント

- ◆将来の風化
- ◆構造物の劣化
- ◆技術紹介

長寿補強土株式会社

将来の風化 工事後30年の斜面変状事例

島尻層群泥岩の物理・化学的な風化の実態と進行プロセスに関する
調査・分析的検討 津田涼太他3名 琉球大学 西日本高速道路(株)

土木学会論文集C(地圏工学), Vol. 75, No. 4, 386-397, 2019.

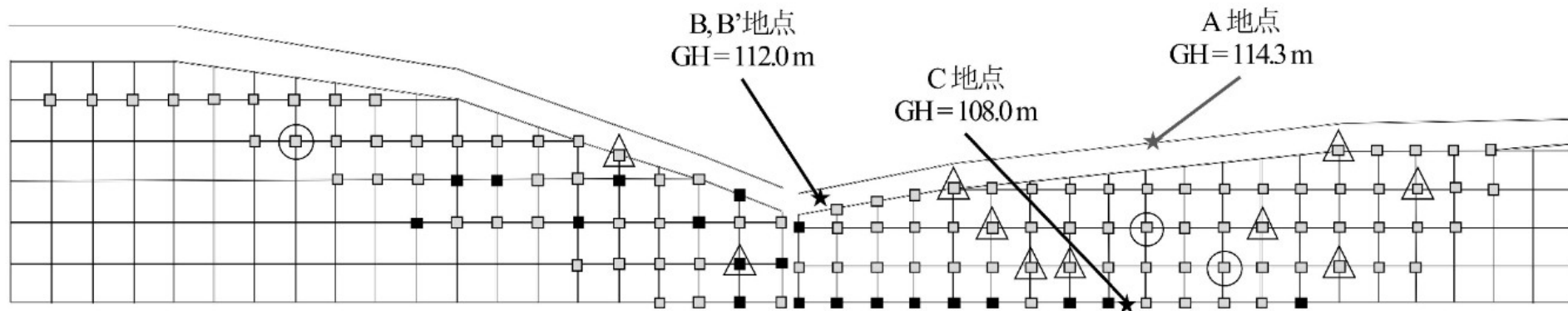
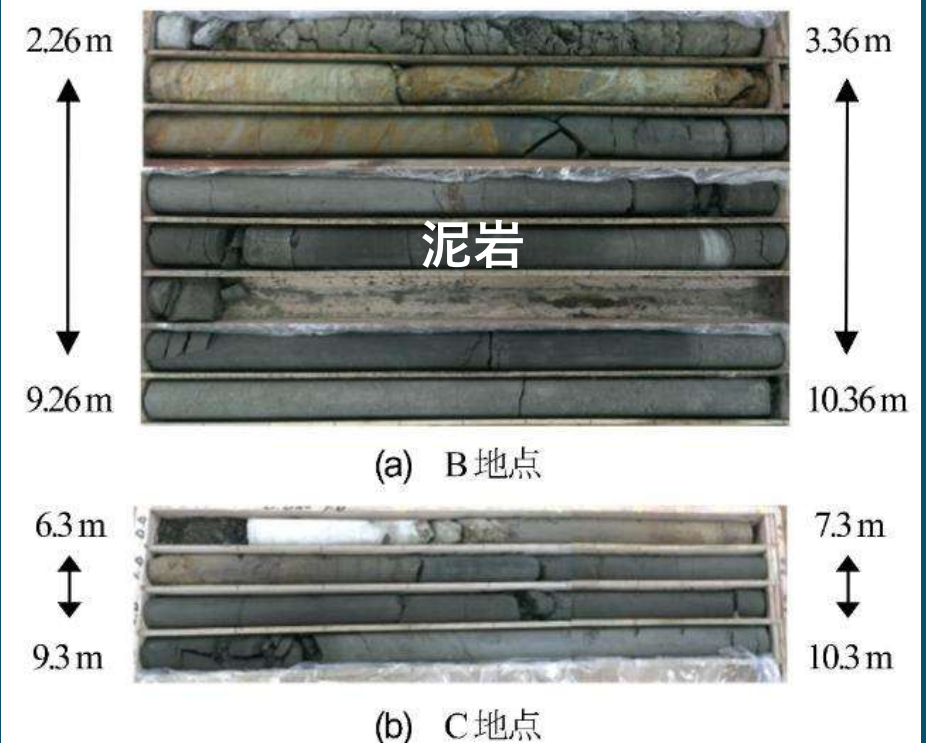


図-1 リフトオフ試験の結果 (■: 損傷なし, □: 損傷あり, ○: 定着部の引き抜け, △: 鋼線すべり)



30年で最大で1.5m程度風化が進行

(沖縄県の島尻層群) 90年では4.5m近く風化？

法面を建設した1986年当時は、変色した風化岩は無し。

⇒2016年厚さ1.0～1.5mの赤褐色化した泥岩層を確認

【地下】

化学分析により考えられた風化要因
決してスメクタイトや黄鉄鉱が多い現場ではない。

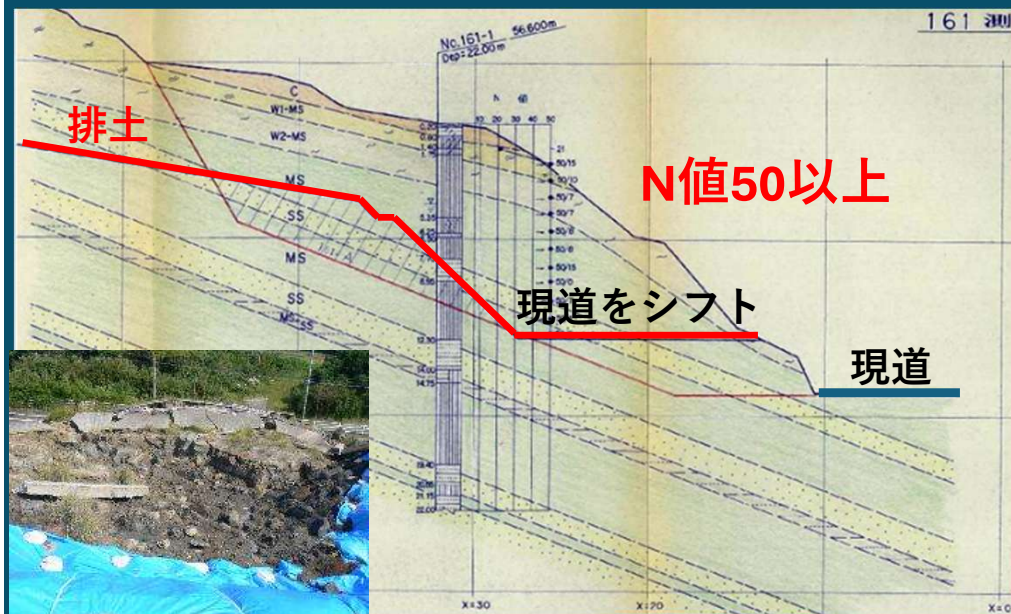
・ 鉱物類の溶出・スメクタイトの 吸水膨張

黄鉄鉱の酸化→硫酸生成→泥岩中の方解石が溶解→
→地盤の強度が低下の可能性

島尻層群泥岩を主体とする自然斜面や法面に対策工を施す場合は、**将来の風化状態を考慮**して算定する必要がある。

調査時点の地質調査結果のみを考慮した斜面对策工は不適！

工事後に風化が急激に進行（高スレーキング性&強酸性泥岩）



1回目の崩壊



1回目の崩壊後の切土

新鮮な泥岩の切土でその後崩壊が繰り返し起きた



切土後再崩壊



再対策

風化花崗岩斜面 1年目は変動なし



1年目の「変動なし」の観測結果で設計した場合は、将来崩壊する。
この斜面周辺で地すべりが多発していたので道路の重要度に応じて将来の風化に応じた設計が必要！

観測2年後から新しいすべり面の**変動が始まり深部に拡大**→アンカー工で対応

アンカーに予想外の大きな荷重が架かる原因

◆地すべり拡大

特に風化が進行する地質

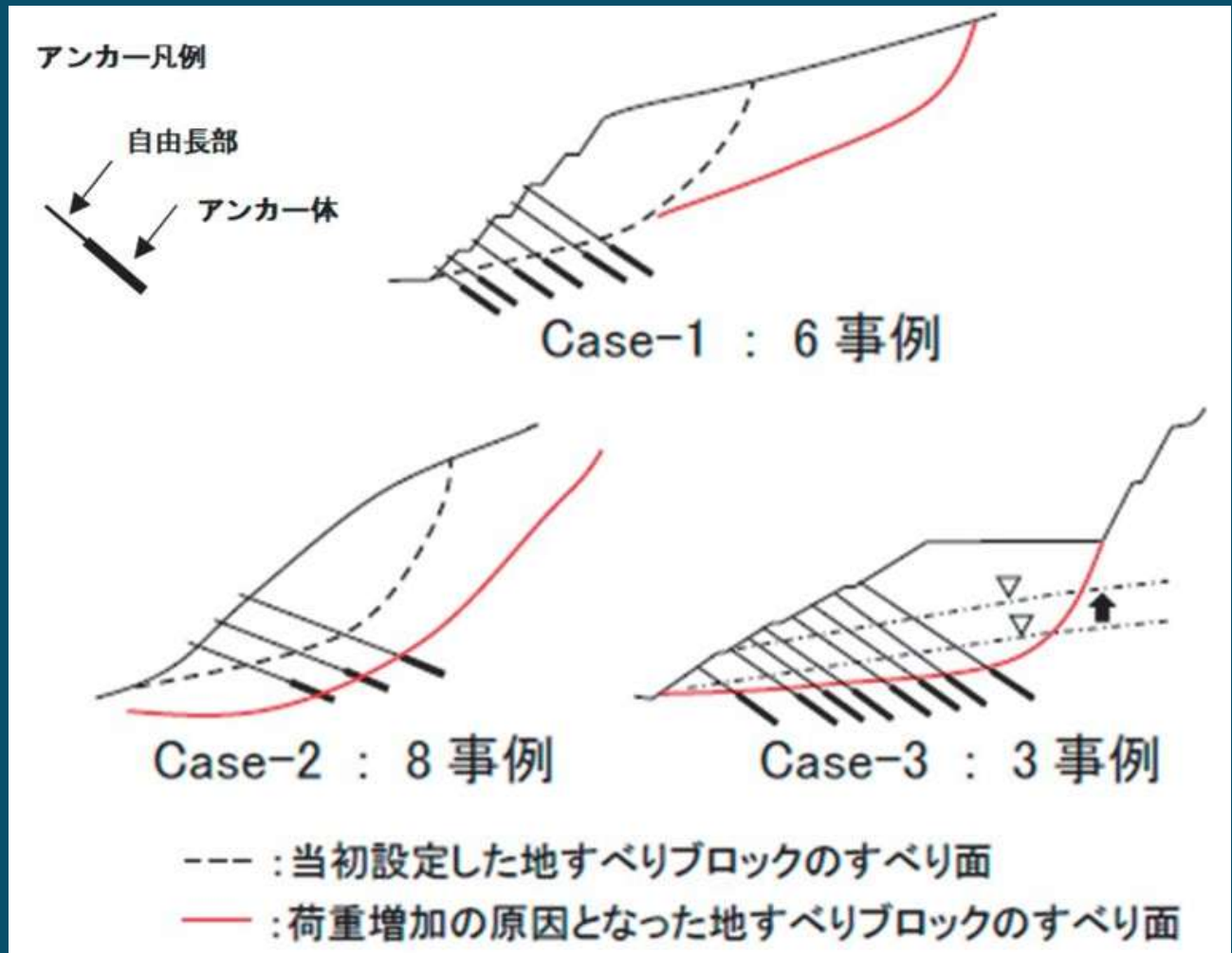
◆地盤膨張 (温泉地 変質帯)

◆鞍部地形 (断層が多い) の切土

◆泥岩の斜面

◆まさ土斜面 (崩壊輪廻 紫尾山で250年)

◆しらす (崩壊輪廻 概ね100年)



地すべりによって荷重が増加するグラウンドアンカーへの対応
杉本他 土木技術資料2019

【設計思想】

風化が進行する斜面では、
風化が進行した状態でも安全な対策工を設計する。

【現在の斜面对策工の指針は、将来起きる風化にはそのままでは対応できない】

（将来の風化進行まで含めて規準化することは困難）

⇒ 結論

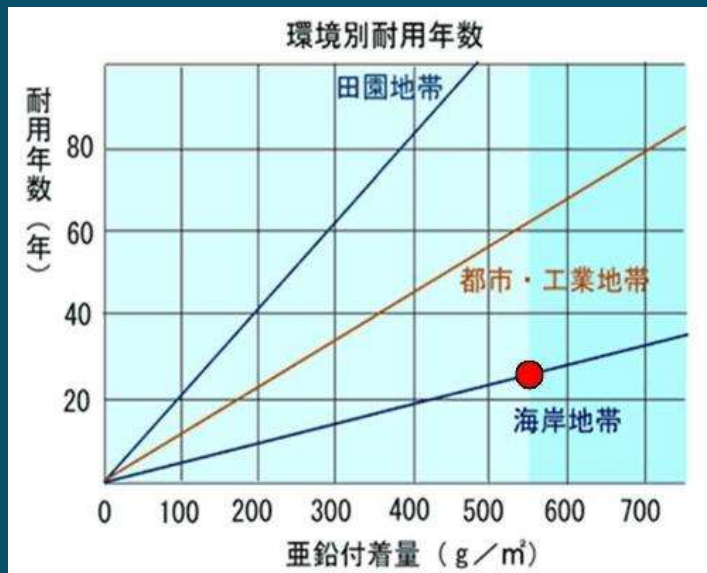
各現場（地質）で風化進行の速さは違うので
個別の現場で将来の風化進行を考慮し設計する。

斜面構造物の劣化

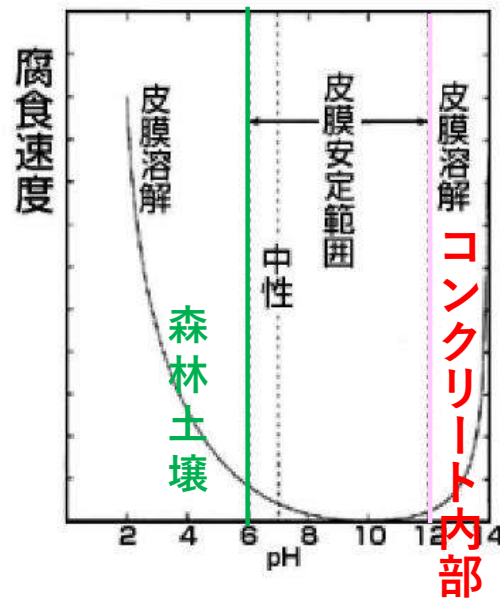
◆ 補強土工の補強材の腐食

◆ メッキの性質

- ・ 海岸地帯での耐用年数は**25年**
- ・ 土壌中でも耐用年数は**25年程度**
- ・ メッキはコンクリート内部と酸性環境では溶解する



出所：日本溶融亜鉛メッキ協会



PH と溶融亜鉛めっき

コンクリート内部では
メッキは溶解する。

施工後20年経過したメッキ補強材



土壌と接したロープ材
24年で規格値を下回る
地盤工学ジャーナルVoL,5 №3
藤田他 2009

メッキ補強材は錆びる！



削孔機材の曲がり事例
ツールが真っ直ぐでも 硬質な礫や地層で孔曲がり frequently 発生



17年経過したメッキ補強材



孔曲がりが発生した錆び区間 写真の補強材は無メッキ品

腐食発生！ 孔壁と補強材が接触

削孔径65mm 長さ3.0m 深度1mから1.5度孔曲がりした場合

17年経過した補強材(4本の合計653cm)の観察では40%区間が著しく腐食していた。

斜面構造物の劣化事例

- ◆ ランクAのグラウンドアンカー工にも あらゆる劣化要因がある。
NEXCO3社の更新計画（平成27年）
グラウンドアンカー・水抜きボーリングなど **2.7万箇所 4800億円**

- ◆ 集水井
土壌中のメッキ材なので腐食が速い
25 + α 年で補修が必要
（指針の直径は3.5～**4.0m** 4.0mなら補修後も工事可能）

- ◆ 現場打吹付法枠
吹付工のモルタルには**透気性**がある
- ◆ 地上メッキ材も錆びる（海岸地域25年 土壌中25年）



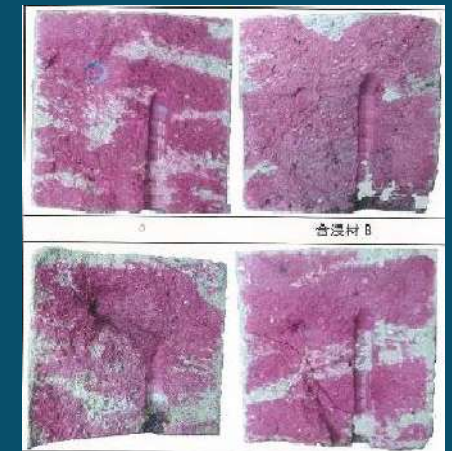
補修後小さな内径で
集水ボーリング工事不可



17年で鉄筋が錆びて法枠破断



6年で法枠内部まで中性化



大学の実験供試体

グラウンドアンカーの基本的な劣化要因

アンカー（引張型・圧縮型）では定着部の端部で応力が過大となり（図-1）、グラウト材と地盤との付着がしだいに切れてる**逐次破壊**が起きます（グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 p 158～159 （社）地盤工学会）。

改善方法 等付着型アンカー

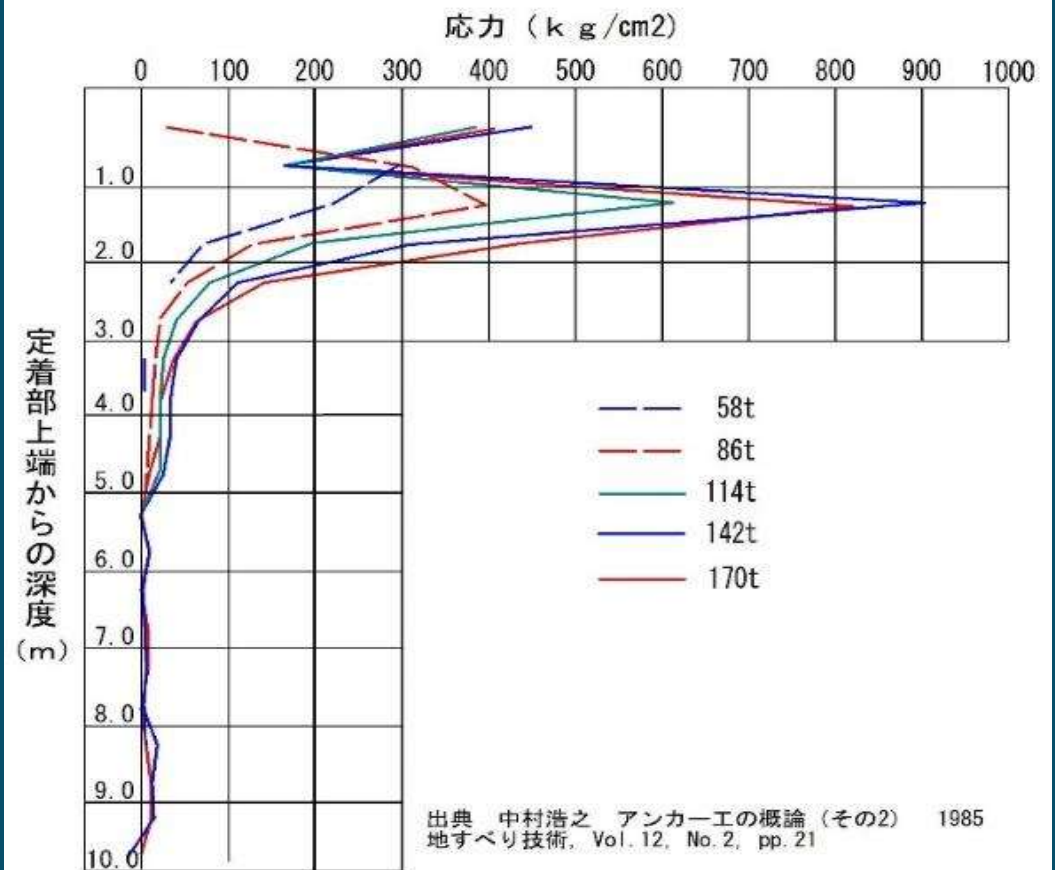
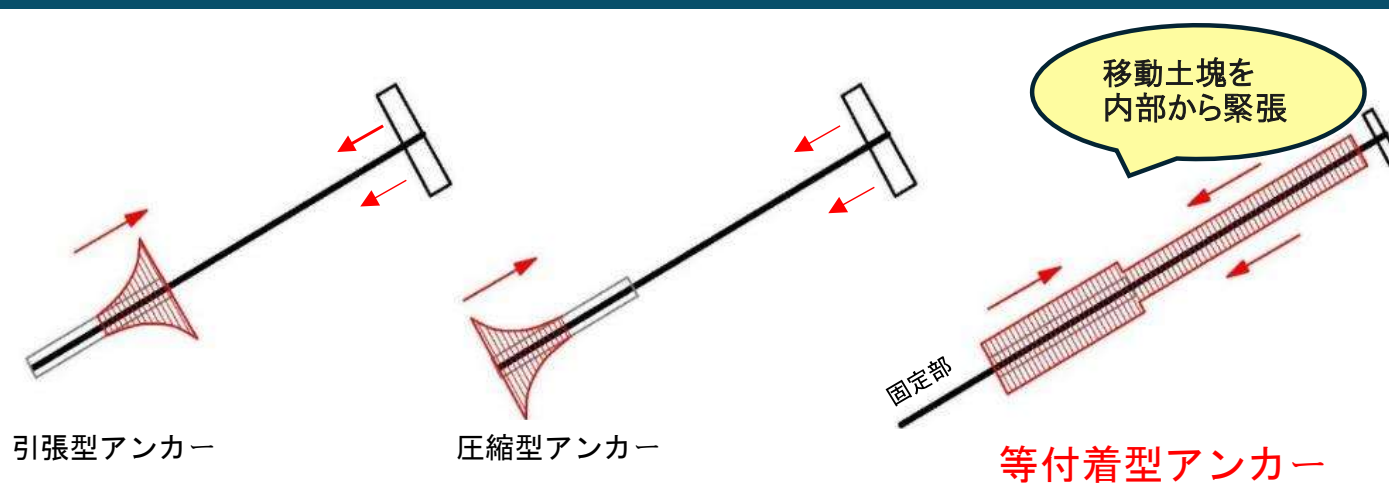


図-1 アンカー定着部における引張力分布
（亀の瀬地すべり地における試験結果）



斜面对策工には世紀を超える耐久性が必要である。保全対象がある限り！

炭素繊維ケーブルのアンカー材

数世紀以上の耐久性があるアンカー

◆等付着型アンカー

◆受圧板が沈下しにくい(岩盤では受圧板不要)

◆素材

・炭素繊維ケーブルやECFストランド等

・錆びない頭部金具(ステンレス)



あるいはPC鋼線 ECFストランド等

(長寿補強土株式会社)



炭素繊維ケーブル
長尺の補強土(20m)の施工例有り



ジャパン
レジリエンス
アワード
2025

強靱な国づくり、
地域づくり、
人づくり、
産業づくり

強靱化大賞

取り組んでいる先進的な
企業・団体を評価、表彰する制度です。



2024年の授賞式

最優秀賞を頂きました 4月22日
長寿補強土(株) 審査製品 長寿命補強土植生型

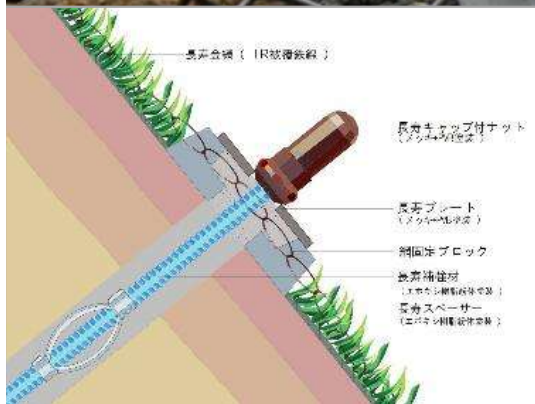
長寿命補強土植生型

メッキ + PVB樹脂

長寿金網 (IR鉄線)

エポキシ樹脂塗装鉄筋

網固定ブロック (ガラス
繊維混入)



(長寿補強土株式会社)

施工例

- ・補強材ピッチ1.5m
- ・現地植物導入のためヤシ繊維マット使用
- ・幅2.0mの長寿金網を重ねて固定

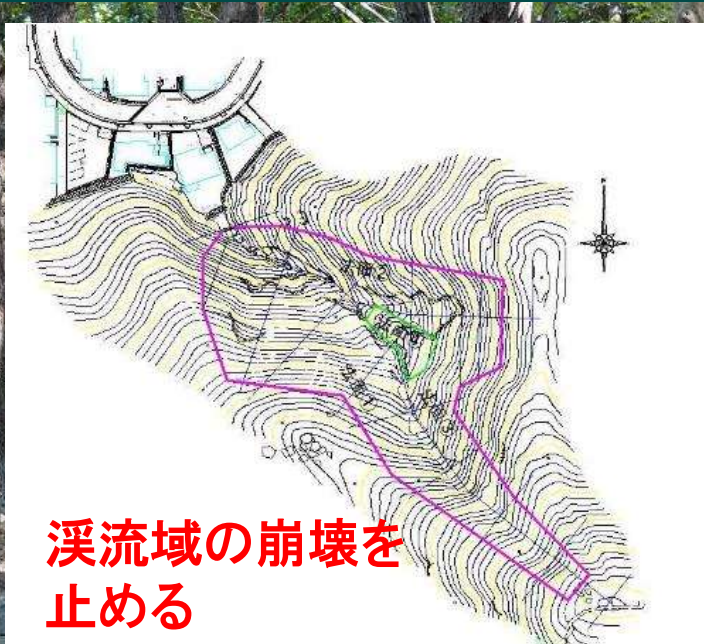
2年後 南九州



- ・補強材ピッチ1.5m
- ・植物基材吹付け 3 cm



木を残して斜面に補強土工施工



渓流域の崩壊を止める

防ダム建設が困難
石のメンテナンス不要



施工性が良い金網

100年間で2億円のコスト縮減効果

広島県の「革新技術HP」で活用事例として公開中

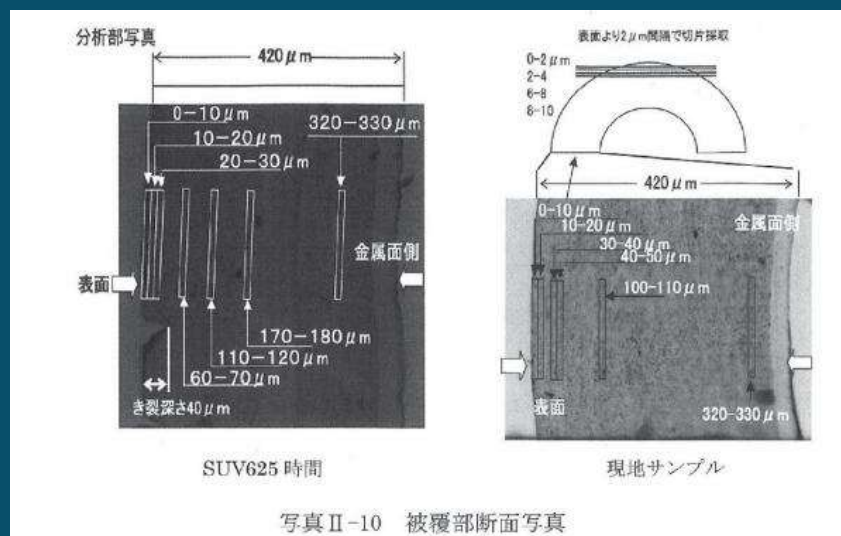
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/528267.pdf>

IR被覆鉄線の実力 塩水噴霧試験10000時間でも変化なし

経過時間	IR 被覆鉄線 (茶色) Φ3.2-2.6(GH3)	IR 被覆鉄線 (透明) Φ3.2-2.6(GH3)	3種 亜鉛めっき鉄線 Φ3.2(GS3)	7種 亜鉛めっき鉄線 Φ3.2(GS7)
0時間	 新品	 新品	 新品	 新品
1,000時間	 変化なし	 変化なし	 赤錆	 白錆 赤錆
3,000時間	 変化なし	 変化なし	 腐食	 赤錆
4,000時間	 変化なし	 変化なし	 破断	 腐食
10,000時間	 変化なし	※IR茶色の評価画像は、内部確認のため暴露時間経過毎に被覆を剥離して撮影したもの		

- ◎ 塩水噴霧試験
- ◎ 耐候性試験
促進試験結果で60年以上
- ◎ 耐薬品性試験
- ◎ 砂落とし摩擦試験
メッキの18倍優れる
- ◎ 耐摩耗試験
メッキの19倍優れる
- ◎ 燃焼性試験
防火性能試験基準クリア
- ◎ 耐寒衝撃性試験
温度による衝撃強度の差無し

<https://www.towaron.co.jp/ir/test01/>



$$400(\mu\text{m}) \div 65(\mu\text{m}) \times 30(\text{年以上}) = 184 \text{ 年}$$



長寿命補強土モルタル吹付型

施工中

完成后



補強材の頭部が露出しない

高耐久性部材がすべてコンクリートの内部
100年以上の耐久性あり
地山が良ければそれ以上の耐久性

補強材の頭部と吹付モルタルが一体化する

(長寿補強土株式会社)

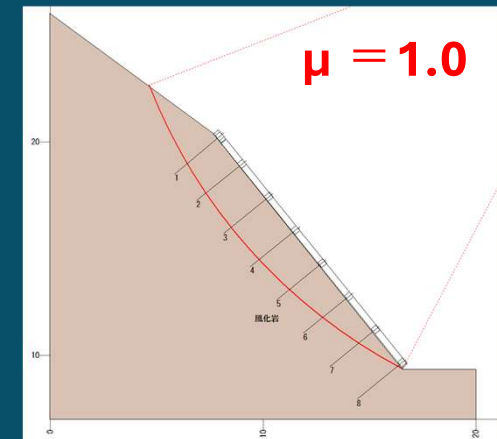
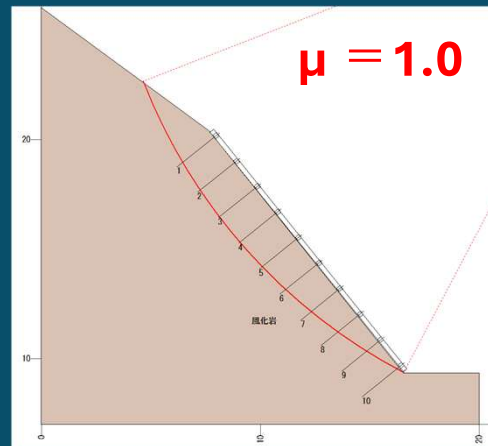
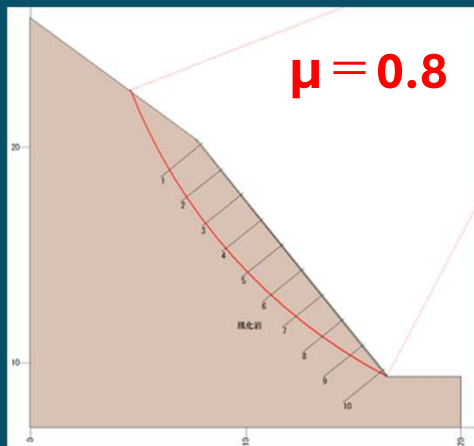
工法比較表 延長10m当たり

長寿命補強土植生型

F200法枠＋メッキ補強材

F300法枠＋メッキ補強材

断面図



詳細仕様

補強材ピッチ **1.5m**
補強材長 2.5m
補強材段数 **10段**
植生基材吹付 3 cm
施工後安全率 $F_s=1.38$

補強材ピッチ **1.5m**
補強材長 2.5m
補強材段数 **10段**
植生基材吹付 3 cm
施工後安全率 $F_s=1.32$

補強材ピッチ **2.0m**
補強材長 **3.0m**
補強材段数 **8段**
植生基材吹付 3 cm
施工後安全率 $F_s=1.29$

工事費

412万円
最経済

452万円

430万円

施工性

工期短縮可能
金網の施工は非常に速い

法枠の施工に工期が必要

判定



長寿補強土

社会資本の長寿命化に貢献します。

Home 切土補強土 LL補強土工 長寿命補強土 植生型 植生型の森林斜面適用 長寿命補強土 モルタル吹付型 長寿命ハイブリッド補強土
NIPPONアンカー工法 長寿命金網防護工 IR 金網 技術資料 パンフレット 会社概要 お問い合わせ 事例&コメント サイトマップ

切土補強土工法・地山補強土工法は、維持管理費削減と長寿命化に向けて技術革新が続いています。



LL補強土工

世紀を超えて機能する超耐久工法
建設技術審議会証明 2010-2015年

長寿命補強土 植生型 NETIS QS-150043-AG

超耐久工法

長寿命補強土 モルタル吹付型 NETIS QS-210047-A

超耐久工法

NIPPONアンカー

定着部が破壊しないアンカー工法

IR被覆鉄線金網

紫外線・厚氷・衝撃・寒冷気温・酸・アルカリ・塩害に強い金網

ロック

岩（エボキシ樹脂接着体塗装）

ロープ（樹脂接着体塗装）

切土・地山

企業方針
斜面構造物の
低コストの帯
い。

ニュー

長寿命補
長寿命モ
す。
LL補強
長寿命補
定着部に



頭部構造

トピック

NIPPONアンカーが実施可能になりました。

森林斜面への適用

設計・施工資料

標準積算資料・価格表

D19 CADデータダウンロード（SFCファイル）

長寿命金網の耐久性

施工実績

2.1億円のコスト削減

計算ソフト「補強土ver14」などの案内

長寿命補強土 植生型

長寿命補強土 モルタル吹付型

長寿命ハイブリッド補強土

長寿命金網防護工

長寿命モルタル補修工法

LL補強土工

長寿補強土新聞

令和6年04月26日

長寿補強土新聞

ホームページ 本日紹介できな かった工法

「長寿補強土新聞」

- ・炭素繊維ケーブル
- ・自由長部があり緊張できる補強土

https://tyoju.co.jp/_shinbun/180501.pdf



長寿補強土(株)
ホームページ



さぼうネット内
ホームページ

（長寿補強土株式会社）

過去の事にしたい！（これまでの考え）

安い道路を建設して住民の利便性向上→崩壊や維持管理費多大

これから！

数世紀以上も安全なLCCに優れた道路を建設する。

**設計検討や図面化と積算の
ご支援を致します。**

お気軽に下記までお問い合わせ下さい。

・ 099-275-9234

・ er-info@bronze.ocn.ne.jp



長寿命補強土は、**各県の法面専門業者が、施工できます。**

万が一、役所が「法枠＋補強土」を選んだ場合も、最後まで設計計算をご支援致しております。