

- ①切土補強土工の長寿命化を進める理由
- ②長寿命補強土植生型
- ③長寿命補強土モルタル吹付型

講師 長寿補強土(株) 三田和朗

技術士[応用理学(地質) 総監]

土木学会西部支部 土砂災害シンポジウムアドバイザー

補強土工の長寿命化を進める理由

◆斜面对策工には

世紀を超える耐久性が必要

道路・民家などの保全対象がある限り
いつまでも機能して欲しい。

Pcは、ソフトの進化で5年ぐらいで機種変更が必要。
斜面对策工は、機能更新が不要で、とにかくいつまでも安全に機能するだけで良い。

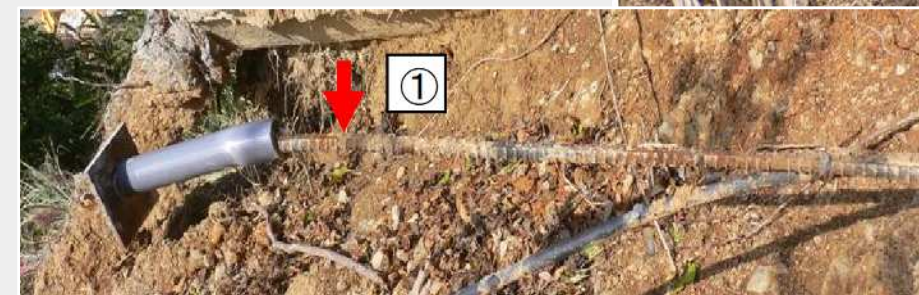
◆長寿命化が進むと

- ・安全な斜面を維持（維持管理コストの縮減）。
- ・日本の人口が将来減少しても斜面の安全を維持できる。

高耐久性の新素材を製造できる日本では、それが可能になってきた。

補強材の腐食事例

約50%の補強材区間が腐食
(旧規格の補強材 建設17年後)



減茶苦茶腐食している
補強材



孔曲がりの原因

- ① 削孔ツールが曲がっている
- ② 地層の硬軟や転石で曲がる

現場作業者の声

多くの現場で
孔曲がり発生



ツールが曲がっていた事例



ツールが曲がっているので

実際の現場では、
補強材が孔壁に密着している
区間が多い（スペーサー
が有っても）

設計図のとおり、
穴の真ん中に補強材は無い

穴は曲がっている。

メッキ補強材の20年後



錆び汁



メッキは
既に消耗

Ph12以上の高アルカリ性環境ではメッキは溶解する。
出所：日本溶融亜鉛鍍金協会

法枠内部の鉄筋腐食

建設後4年



17年



12年



6年

長寿命補強土植生型

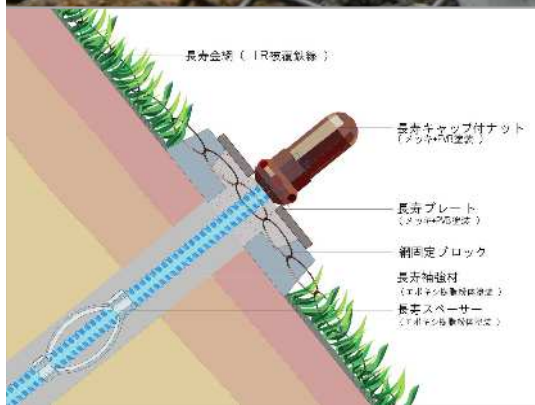
メッキ + PVB樹脂

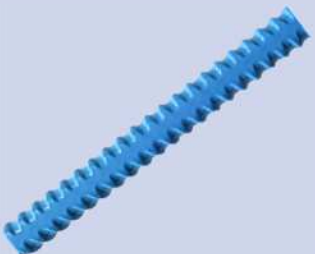
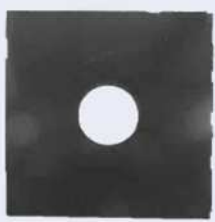
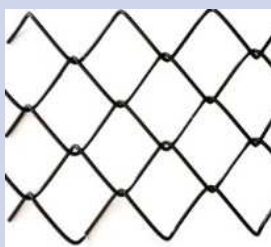
長寿金網（IR鉄線）

エポキシ樹脂塗装鉄筋

網固定ブロック（ガラス
繊維混入）

固練りモルタル
皮膜を保護



品名	写真他	塗装種別等（性能の一部）	規格・性能評価・他
長寿補強材		エポキシ樹脂紛体塗装品 静電粉体塗装→焼き付け 塗膜はハンマーなどで強い衝撃を受けると部分的に損傷します。岩石で表面を擦る程度では極表面しか損傷しません。	ネジ節棒鋼 SD345 エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規格(JSCE-E 102-2003) 適合品
長寿プレート キャップ		亜鉛メッキHDZT49～77 +PVB樹脂塗装(200 μm以上)	SS400 150mm×150mm×9mm 耐酸性、耐アルカリ性、 耐候性最高水準
長寿金網		IR被覆鉄線金網 被覆層厚さ400 μm	日光が当たる環境で 耐候性184年(実験値から算定)
網固定ブロック		ガラス繊維補強 無筋コンクリート	200mm×200mm×50mm 穴径100mm 曲げ強度 平均14.9N(実測値)



施工例

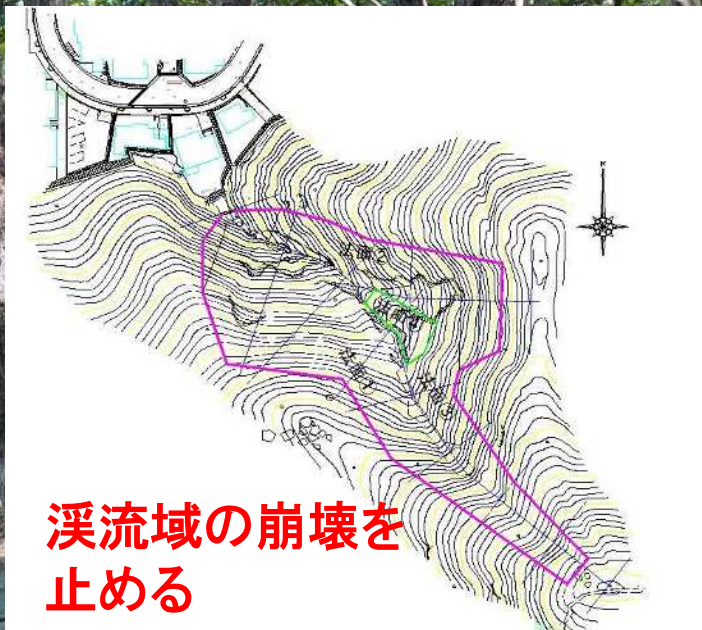
- ・ 補強材ピッチ1.5m
- ・ 現地植物導入のためヤシ繊維マット使用
- ・ 幅2.0mの長寿金網を重ねて固定

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

砂防ダム建設が困難
除石のメンテナンス不要



施工性が良い金網

工事名	一般河川 本田川治水 横川本川より橋
工種	砂防ダム等の施設整備工事
工事内容	長寿金網敷設状況
図 号	160-4



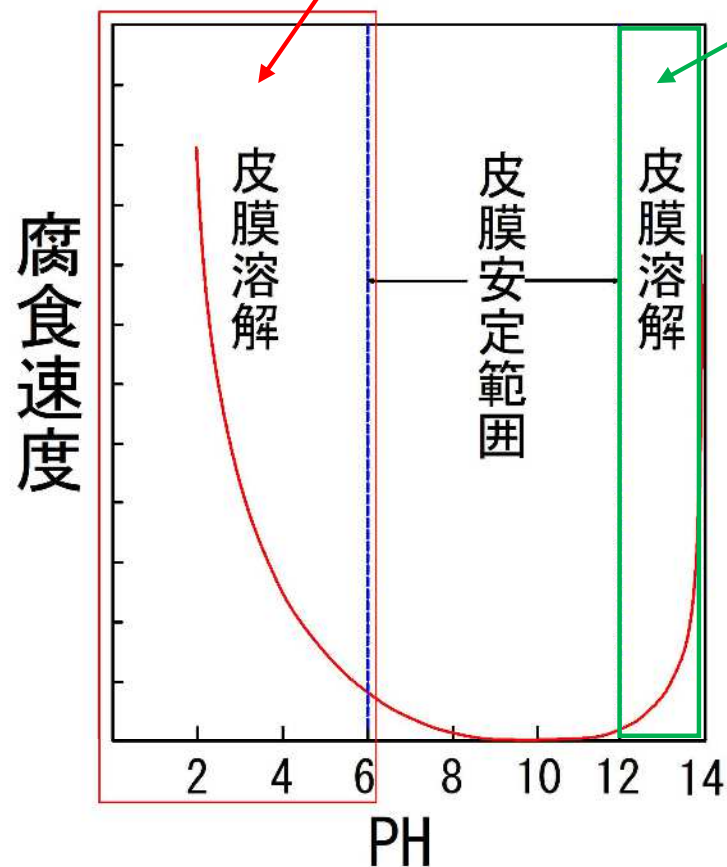
この現場では、100年間で2億円のコスト削減効果
広島県の「革新技術」資料参照（下記） 参考資料とし巻末に添付
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/528267.pdf>

森林では、メッキの皮膜は溶解する

コンクリート中では、メッキの皮膜は溶解する

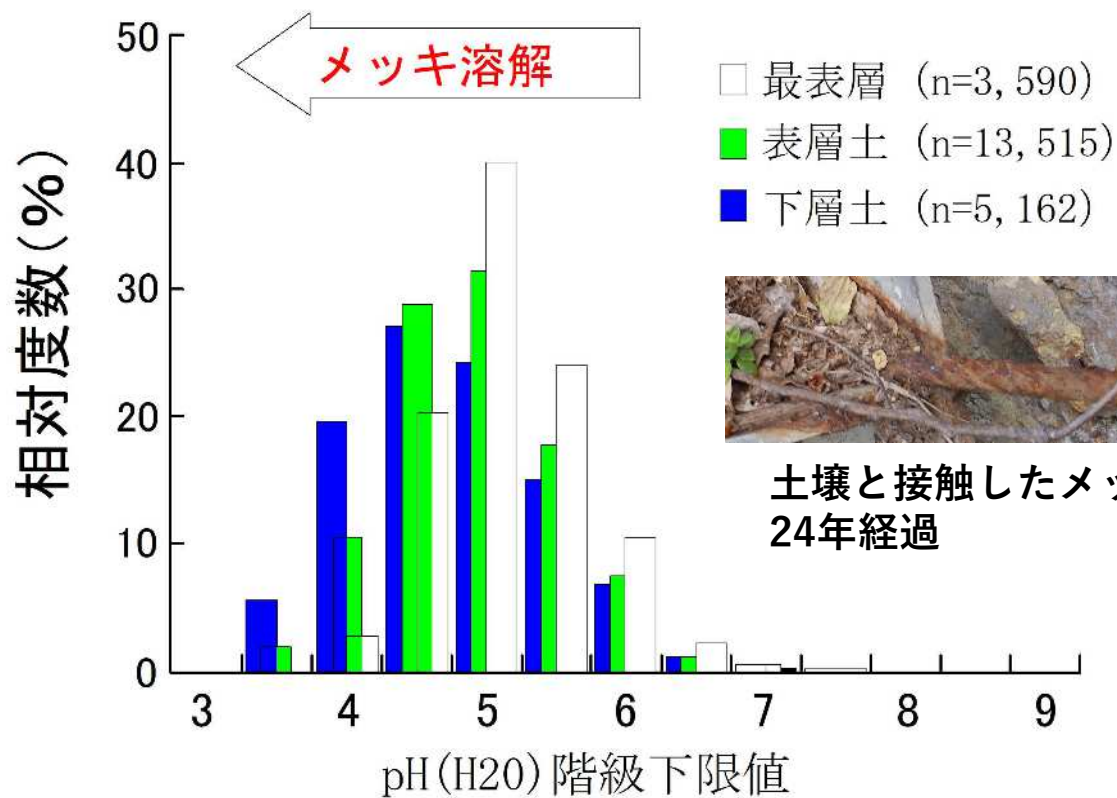
森林土壌ほぼPH3~6

コンクリート
アルカリ性PH12~13



PHと溶融亜鉛メッキ

出所：日本溶融亜鉛鍍金協会



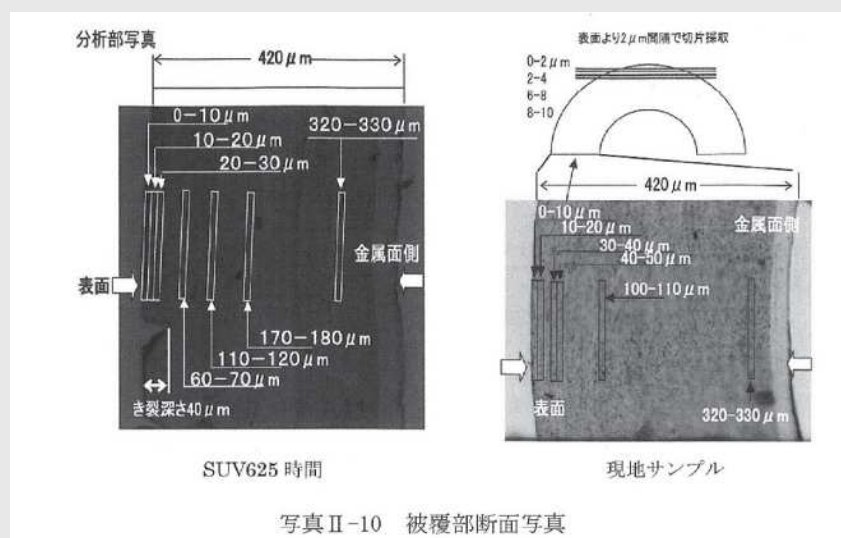
日本全国の森林土壌pHの出現頻度

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
防災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/>



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

海中のかごマット 東京港 平成27年



長寿命補強土モルタル吹付型

施工中



完成后

頭部が見えない



補強材の頭部と吹付モルタルが一体化する

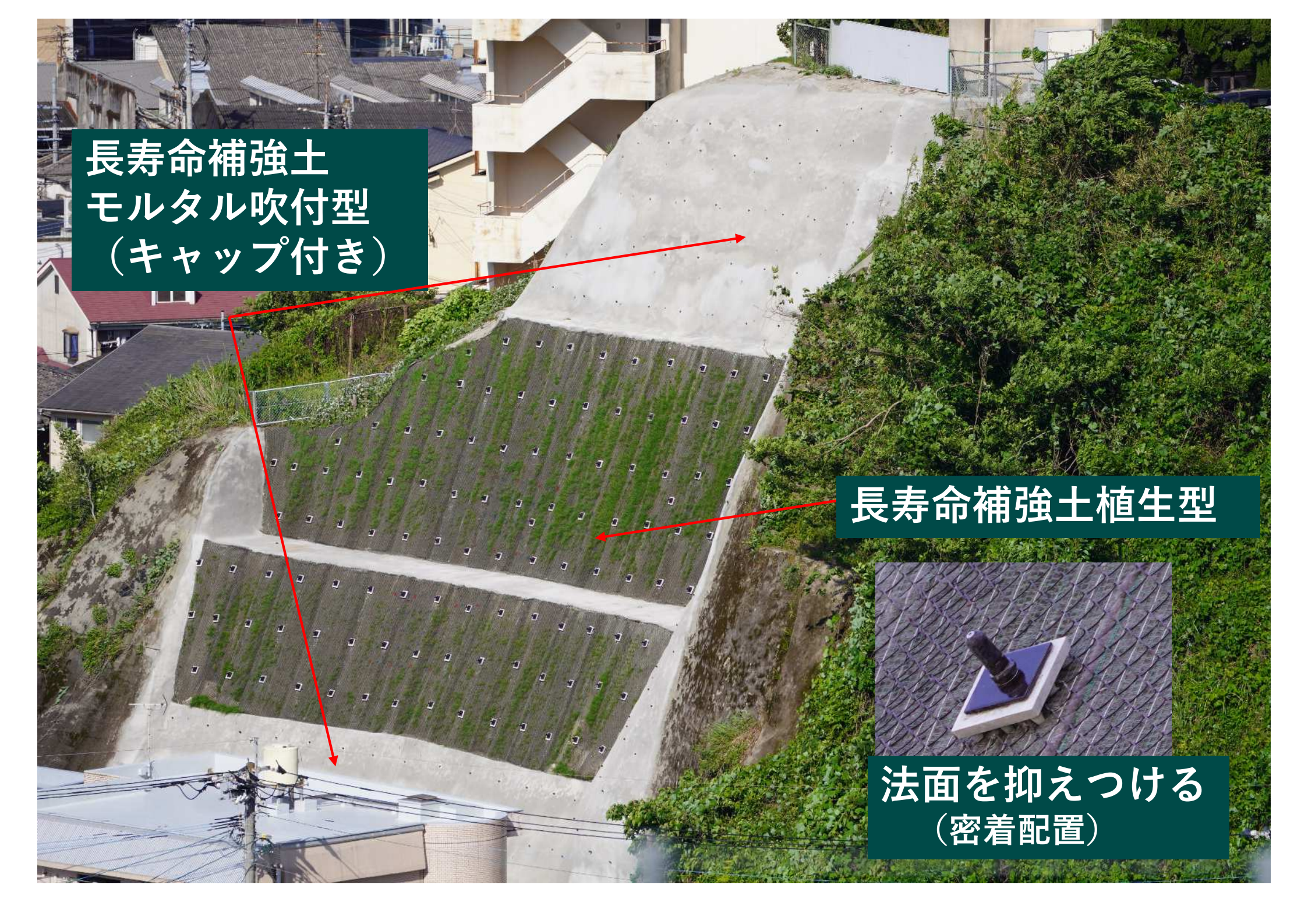
吹付けモルタルの 開口クラックの原因

建設後2年経過したクラックが
無い部分のメッキ金網

既に錆びている！



クラックから雨水が浸透→金網が錆びて断線→クラックの拡大



長寿命補強土
モルタル吹付型
(キャップ付き)

長寿命補強土植生型



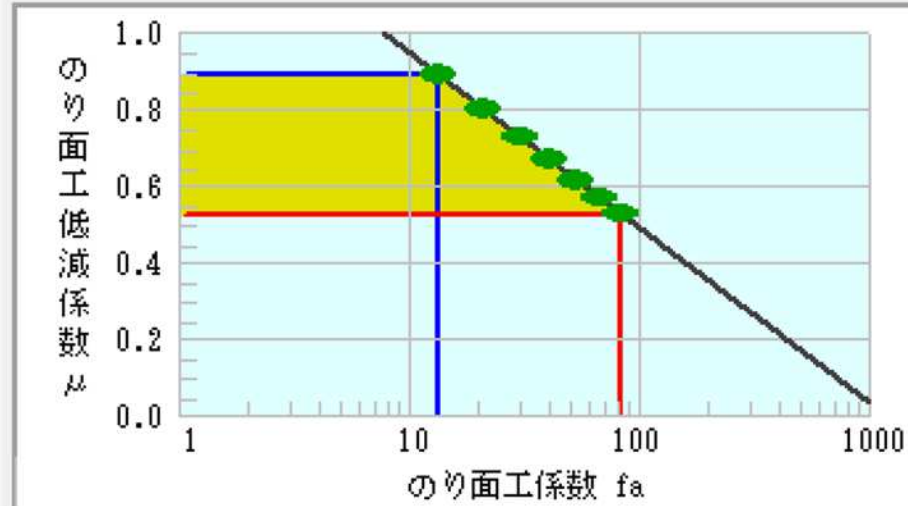
法面を抑えつける
(密着配置)

補強材長 (m)	法面工低減係数 (τ) 1.5mピッチの場合			
	植生型標準	植生型密着	モルタル吹付型	根拠
2.0	0.89	0.89	0.89	NEXCO要領で算定 ソフト「補強土」で算 定可能 補強材条件>法面工低減係 数の横の参考値>のり面工 係数faと低減係数
2.5	0.80	0.80	0.80	
3.0	0.73	0.73	0.73	
3.5	0.67	0.70	0.70	金網の効果考慮
4.0	0.62	0.70	0.70	
4.5	0.57	0.70	0.70	
5.0	0.53	0.70	0.70	

参考値： のり面工の低減係数

低減係数 μ の目安 のり面工係数 f_a と低減係数

のり面工係数 f_a ($f_a = L^2 / BS$) と低減係数 μ ($\mu = T_0 / T_{max}$)



条件設定

- ☒ 打設間隔を固定し、長さから μ の値を算出する
☐ 補強材長さを固定し、平均打設間隔から μ の値を算出する

補強材長さ $L =$ ~ (m)

計算ピッチ (m)

補強材平均打設間隔 $S =$ ~ (m)

計算ピッチ (m)

補強材1本あたりの受圧面積 $A =$ (m²)

B : のり面工有効幅 ($B = A^{1/2}$)

$S = (SV \times SH)^{1/2}$, SV : 縦間隔 (m), SH : 水平間隔 (m)

計算結果

μ の 最大値 0.8891

最小値 0.5270

計算結果一覧

長さ L	f_a	μ
2.0	13.3333	0.8891
2.5	20.8333	0.8009
3.0	30.0000	0.7289
3.5	40.8333	0.6679
4.0	53.3333	0.6152
4.5	67.5000	0.5686
5.0	83.3333	0.5270

ソフト「補強土」

補強材条件 > 法面工低減係数の横の参考値 > のり面工係数 f_a と低減係数

この値は、金網の効果や、モルタル吹付と補強材頭部および金網が一体化した効果は未考慮である。

工法比較表 延長10m当たり

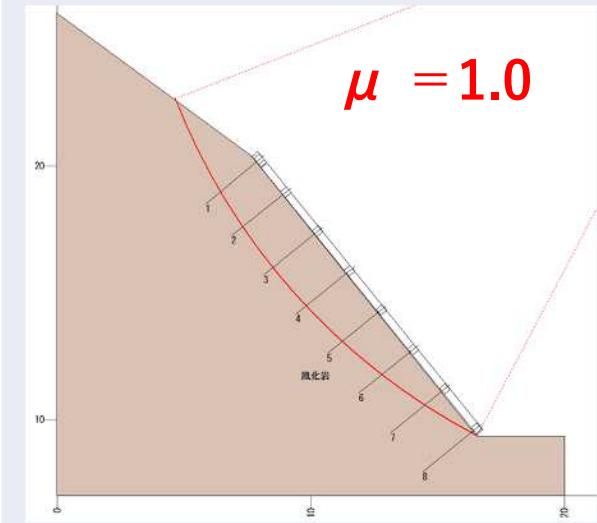
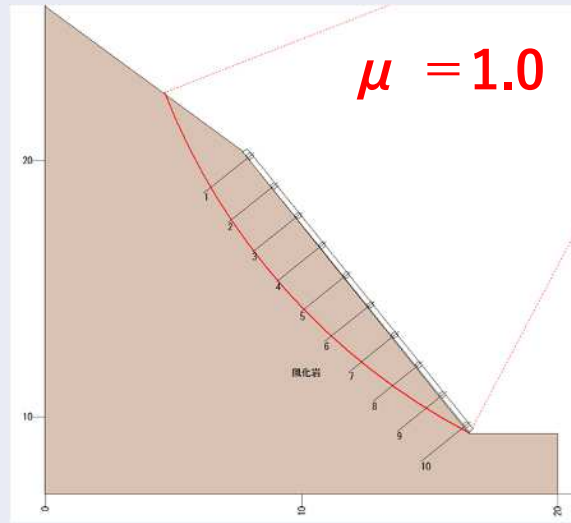
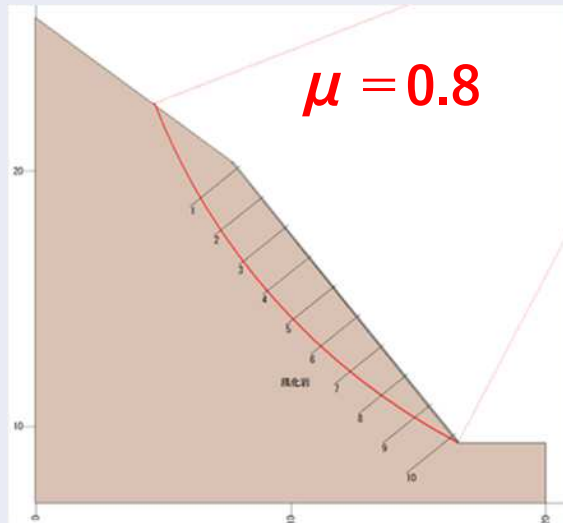
ソフト補強土ver14

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 縦1.5m 横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 縦1.5m 横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 縦2.0m 横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

415万円

464万円

455万円

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



長寿命でも低コスト

長寿命補強土植生型

モルタル吹付型

社内通し 番号	発注機関	工事名	形式	本数	竣工
36	国土交通省 大隅河川工事事務所	春松川4号堰堤切土補強土	長寿命モルタル	100	2015年2月
38	(民間) 鹿児島県 串木野市	金山法面補強工事	長寿命植生型	42	2015年7月
40	(民間)関西電力	熊ヶ岳反射板基礎部地盤擁壁工事	長寿命植生型	169	2016年11月
41	岩手県 盛岡広域振興局	安代防災ダム群荒沢3号ダム	長寿命モルタル	12	2016年11月
42	国土交通省 大隅河川工事事務所	春松川4号堰堤切土補強土	長寿命モルタル	49	2016年12月
44	広島市役所	南4区743号線(金輪島)道路防災工事(28-1)	長寿命植生型	59	2017年6月
46	鹿児島県 熊毛支庁	第2号県単道路整備(災害防除)工事(荃永工区)	長寿命モルタル	24	2017年11月
49	広島市役所	安佐南2区361号線法面防災工事(29-1)	長寿命植生型	21	2018年6月
50	鹿児島県 熊毛支庁 屋久島事務所	総合流域防災(砂防)工事(熊太郎川工区)	長寿命植生型	59	2018年9月
52	広島市役所	(急)山本8丁目26地区 外 急傾斜施設管理年間委託	長寿命植生型	59	2019年5月
54	鹿児島県 日置市	元災第637号市道中伊作田山ノ頭線道路災害復旧工事(1工区)	長寿命モルタル	109	2020年12月
55	鹿児島県 日置市	元災第637号市道中伊作田山ノ頭線道路災害復旧工事(2工区)	長寿命モルタル	135	2020年12月
56	鹿児島県 日置市	元災第637号市道中伊作田山ノ頭線道路災害復旧工事(3工区)	長寿命モルタル	114	2020年12月
57	鹿児島県 日置市	元災第637号市道中伊作田山ノ頭線道路災害復旧工事(4工区)	長寿命モルタル	93	2020年12月
58	鹿児島県 日置市	元災第637号市道中伊作田山ノ頭線道路災害復旧工事(5工区)	長寿命モルタル	56	2020年12月
59	鹿児島県 大隅地域振興局	道路災害防除(交付金)工事(大泊補正1-1工区)	長寿命植生型	226	2020年12月
60	広島県農林水産	農村漁村地域整備交付金 林道太田川林業基幹線(吉和2工区)	長寿命植生型	572	2021年6月
61	鹿児島県北薩地域振興局	第1号県単道路整備(災害防除・通常)工事(里R2-1工区)	長寿命モルタル	100	2021年8月
62	鹿児島県 大隅地域振興局	道路災害防除(交付金)工事(佐多馬籠補正R3-1工区)	長寿命植生型	131	2022年11月
64	広島県西部建設事務所	一級河川 太田川水系 榎川支川19隣 砂防激甚災害対策特別緊急工事	長寿命植生型	2870	2023年5月
66	日立市役所都市建設部都市整備課	工第都整公2号(国)いわき児童公園法面对策工事	長寿命モルタル	163	2024年2月
67	兵庫県加古川流域土地改良事務所	R5年度 三木4期地区 第1工区工事	長寿命植生型	166	2024年3月
68	郷土開発株式会社	純心学園急傾斜地法面对策工事	長寿命植生型	141	2024年3月
69	郷土開発株式会社	純心学園急傾斜地法面对策工事	長寿命モルタル	133	2024年3月
70	鹿児島県 大隅地域振興局	森林管理道開設事業 万九郎中央線3工区(農山漁村地域整備交付金)	長寿命植生型	77	2024年5月

長寿命補強土

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 長寿命金網防護工法 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性工法
建設技術審査証明 2010-2015年

長寿命補強土 植生型 NETIS QS-150043-AG

超耐久性工法

長寿命補強土 モルタル吹付型 NETIS QS-210047-A

超耐久性工法

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・摩耗・衝撃・寒冷気温・酸・アルカリ・塩害に強い金網

ロック

対（エポキシ樹脂樹脂体塗装）

ーサー
（樹脂体塗装）

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

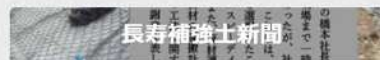
LL補強土工



頭部構造



長寿命補強土新聞



長寿命補強土新聞

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



いさぼうネット内
ホームページ

① 設計・施工等の概要

項目	概要
年 度	令和4年度
発注機関	広島県西部建設事務所
事業名	一級河川 太田川水系 榎川支流19隣 砂防激甚災害対策特別緊急工事
対象地	安芸郡府中町瀬戸ハイム三丁目
工 期	令和4年5月16日～令和5年3月31日
数 量	

② 活用に至った現場条件や経緯

◆現場条件

土石流対策が必要な渓流で、砂防ダムを建設することが困難であったので、土石流の発生原因となる渓流の斜面崩壊を本工法で抑止することとした。

◆工法選定理由

- ①樹木を残した施工が出来る。
- ②長寿命工法（100年以上）である。
- ③従来工法より建設時点でも低コストであり、ライフサイクルコストではさらに低コストとなる。

参考資料

◆経緯

予備設計段階では、「パネル＋補強土」が選定されていたが、初期建設コストを25%縮減できる点と、使用する部材が下記のように長寿命を期待できるので、長寿命補強土植生型に変更になった。

長寿命補強土植生型の部材

- ・補強材 エポキシ樹脂塗装鉄筋
- ・金網 IR被覆鉄線金網（塩水噴霧試験10000時間変化なし）
- ・キャップ メッキの上にPVB樹脂を焼き付けた製品
- ・網固定部材 ガラス繊維コンクリートで劣化しにくい

③ 活用効果（本事例における定量的・定性的な効果）

定量的な効果

◆コスト 従来工法（法枠＋補強土）に比較し、建設時点で43%コスト縮減できた。100年間のライフサイクルコストでは、約63%コスト縮減できる。**施工した5900㎡では、約100年間で従来工法に比較し、約2億円コスト縮減できる。**

定性的な効果

◆施工は樹木が生えた斜面であるが、雑木を伐採した結果短期間で施工できた。
◆前面に敷設した金網の下に浸食防止マットを敷いた結果、施工中に降雨があっても渓流の水が澄んだ状態に変化した。

④ 活用状況写真



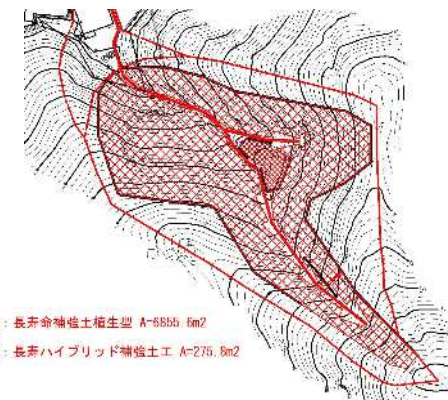
削孔と補強材挿入



金網敷設中 1名の人力で敷設可能



金網敷設後 樹木を残した施工後の状況



平面図 ハッチ部分に施工

設計検討や図面化と積算のご支援を 喜んで致します。

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

ご支援は、地質・補強土工の設計で1000件以上の経験があるベテランが行います。

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（全物件）。