<u>鹿児島県土木部砂防課</u> 急傾斜地崩壊対策ご担当部署 御中

会議は砂防課関係者5名と5月16日に実施され下記の砂防課の回答でした。

- ① これまでは急傾斜事業で補強土工を使用する場合は「法枠+補強土」に限定していたが、今後は限定する事は無い。
- ② 今後はライフサイクルコストを重視して工法選定を行う方針である。

長寿補強土株式会社 鹿児島市皇徳寺台 4-51-7 電話 099-275-6234 er-info@bronze.ocn.ne.jp

担当 三田和朗

急傾斜対策事業でレッドゾーン解除できる工法についてのお願い

拝啓、平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。弊社は、鹿児島市を本社とする企業で、補強土の長寿命化技術開発に取り組んでおります。弊社が開発あるいは販売している 3 工法につきましても、急傾斜地崩壊対策工事で、レッドゾーンを解除できるように処置下さることをお願い致します。

現状

急傾斜地のレッドゾーン解除には補強土工を使用する場合には「法枠工+補強土」以外採用しない施 策と聞いております。しかし、東京都では、「法枠工+補強土」以外の工法でも、レッドゾーン解除を行 っているようです(別紙1)。また、「法枠工+補強土」は、長期の安定性には課題もあります(別紙2)。

お願い

現在、国内で汎用的に使用できる補強土工法で、補強土工に必要な本格的な耐久性を有しているのは、 鹿児島県内で研究開発された工法のみでございます。**長寿命・低コストで十分な保全機能がある工法も、** レッドゾーン解除できる工法に加えて下さいますようお願い申し上げます。

レッドゾーン解除を可能にして頂きたい工法は下記の 3 工法です。ご検討のほどよろしくお願い致します。

- ・L L 補強土 (別紙 3) 建設技術審査証明 1004 号 (2010~2015 年) 旧 NETIS: QS-20015
- ・長寿命補強土植生型(別紙 4) 旧 NETIS:QS-150043-A
- ・長寿命補強土モルタル吹付型 (別紙 5) NETIS:QS-210047-A

別氏の引用文献 1 によると、レッドゾーン解除できる工法を、砂防フロンティア整備推進機構では、「建設技術審査証明を取得した対策施設と同等以上の効力」と規定しています。参考までに、現在まで地山補強土工で建設技術審査証明を取得している工法は下記の3工法です。

- ①LL補強土 (一財) 土木研究センター証明 第1004号(期限切れ)
- ②スーパーダグシム (一財) 土木研究センター証明 第0305号
- ③パワーネット工法 (一財)砂防・地すべり技術センター (期限切れ)

敬具

引用文献1では、下記の記述があります。

東京都は、「開発行為においては、従前の急傾斜地崩壊防止施設(法枠+アンカー工)以外の工法(新工法等)によるレッド解除は可能か」との課題に対して、レッド解除に対応するための技術指針を定めた(平成29年10月)。新工法等については「(一財)砂防地すべり技術センターが実施する建設技術審査証明を取得した対策施設及びそれと同等以上の効力を有すると認められる施設」として規定し対応することした。

また、同文献には、対策例として「ユニットネット工法」が記載されています。当該工法を販売している株式会社ダイカは、当該工法によって「レッドゾーン解除」が行われたことを公表しています(下記)。「ユニットネット工法」は、建設技術審査証明を取得した技術では無いので、同等以上の効力を有すると認められて、「レッドゾーン解除」が行われているものと拝察されます。



引用文献 1 「開発許可等におけるレッド解除の技術的課題について」 (急傾斜地の崩壊対策を例に)

一般財団法人 砂防フロンティア整備推進機構 亀江 幸二 西 真佐人 〇内山 均志

防止上の技術的評価が明確でないものも多く、 けられる。このため、これら新工法等を活用 した対策計画への対応が課題となっている。

【新工法によるレッド解除の相談事例】

某県では、レッド解除のための斜面崩壊防止対策として、既存の樹木等を残すことができる、NETIS 掲載製品を活用した地山補強土工による相談があった【図-3】。法面保護工として活用する場合は大きな問題はないが、この製品に崩壊防止効果を期待するためには、当該箇所の条件に適合している工法か、要求性能について永続的な効力を有するものであるか等に関して審査に長期間を要した事例があった。

4. 課題解決事例の紹介

東京都は、特定開発行為許可において課題 ②の新工法等よるレッド解除に対応するため の技術指針を定めた(平成29年10月)。擁壁 工は大臣認定擁壁(宅地造成等規制法施行令 第14条)によるものとし、それ以外の新工法 等については「(一財)砂防地すべり技術セン ターが実施する建設技術審査証明を取得した 対策施設及びそれと同等以上の効力を有する と認められる施設」として規定し対応するこ ととした。【図-4】

5. 考察

課題①の切土法面については、「技術指針」等に対策施設とレッド解除の考え方が整理・明記され、都道府県担当者がそれに基づき審査できるようにすることが望まれる。また課題②の新工法等についても同様に、一定の基準にもとづきその性能が詳細にチェックできるようにすることが望まれる。その上で、開



図-3 地山補強土工による対策例

3. 1準拠する技術基準等 (1)本則 (略) (2)その他の技術基準等(新工法等) 本則に基準のない特殊材料又は構法による擁壁等(以下、「新工法等」という。)を採用 する場合には、地形、地質、周辺環境への影響等の設置場所の諸条件を十分に調査した <u>うえで、調査結果に適合した工法</u>を選定する。また、要求される性能について<u>永続的な効力</u> を有することが確認できる工法を選定する 新工法等は、土砂災害防止法施行規則第8条第5項に基づく構造計算書の提出・審査を 受けることで採用可能となる。審査は以下の規定等による。 ①宅地造成等規制法施行令第14条による対策施設 (特殊の材料又は構法による擁壁) 構造材料又は構造方法が第6条第1項第2号及び第7条から第10条までの 規定によらない擁壁で、国土交通大臣がこれらの規定による擁壁と同等以上の 効力があると認めるものについては、これらの規定は適用しない。 ②一般財団法人砂防・地すべり技術センターが実施する建設技術審査証明を取得した を施設及びそれと同等以上の効力を有すると認められる施設(以下の建設技術審

- 図 4 特定開発行為に係る技術指針(平成29年10月)東京都HPより
- ●特定開発行為許可が必要であるにもかかわらず、ミニ開発等は建築確認申請時等でなければ把握困難

香証明の審査基準を参照のこと)

3. 対策施設の設計

「法枠工+補強土」工の課題

課題1 法枠内部の鉄筋は早期に錆びる。この重要な課題はほとんど研究発表されていません。このため、 永久構造物として使用されています。法枠が破壊した現場4箇所では、内部の鉄筋がさびている箇所が 相当程度の割合になることを全ての現場で確認しています。



建設後 17 年経過した現場 奄美大島 国道 58 号 道路法面 補強土工を施工したこの法枠はこの箇所で折れました。



建設後 12 年経過した現場 日置市 道路法面



建設後4年経過した現場 南大隅町 国道448号 道路法面

6年経過した法枠破断面の4断面に「フェノールフタレイン溶液」を塗布し、赤く染まらない既に中性 化した領域が多く、鉄筋も錆びていることを確認しました。









早期に中性化する原因は、吹付モルタル工事中にセメント分が少ない層が形成され、その部分での透気性が高いためと考えられます。吹付モルタルの梁が破壊された現場を見る機会は少ないのですが、遭遇した4箇所の現場ですべて鉄筋に錆が認められます。普遍的な現象と考えられます。

課題2 メッキ品の補強材は、実際の現場では腐食しやすいと考えられます。理由は以下の通りです。 理由1 実際の現場では、図面に記載したように削孔の中央部に補強材があることは少なく、削孔中の穴 曲がり、や孔壁崩壊で、補強材は、土と接する環境にあると見られます。平成22年に壊れた「法枠+補 強土」の現場で調査した結果を、表-1に示します。地表に露出した4本の補強材の実に40%の区間に著 しい錆びや断面欠損が観察されました。これは、補強材挿入後の孔壁崩壊や、穴曲がりのために補強材 が土と密着していたものと考えられます。

表-1 補強材の腐食箇所割合(補強材は旧基準で無メッキ品)

	補強材名	全長 (cm)	頭部側からと推定される腐食				食区間(cm)			著しく腐	芝 / 府会
			腐食区間①	腐食区間長①	腐食区間②	腐食区間長②	腐食区間③	腐食区間長④	腐食区間の 長さ(cm)		著しく腐食した区間の割合(%)
	1	152	0~38	38	140~198	58	_	J	96	96	63
	2	204	20~28	8	60~65	5	122~204	82	95	82	40
	3	70	0~30	30	J	_	_	_	30	0	0
	4	227	0~65	65	94~109	15	207~227	20	100	80	35
	計	653	_	141	J	78	_	102	321	258	40
			赤く錆た区間								
			著しく赤く錆びた区間ないし断面欠損								



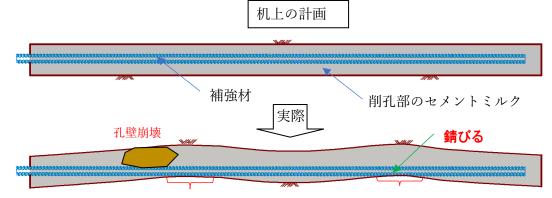




推定孔壁崩壊箇

孔壁に補強材が接触していたと推定される区間

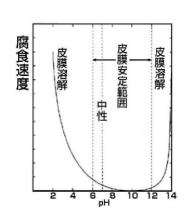
- ・孔壁崩壊は、補強材挿入後やセメントミルク注入で地盤が浸水した段階で発生すると推定されます。
- ・穴曲がりは、礫や転石及び地層の傾きなどで発生しやすい現象です。特に硬い転石や傾斜した層理面があると、穴曲がりの発生は必然的です。机上で想定した穴の中央に補強材があり、セメントミルク(コンクリート)の被りがある設計図と実際の施工結果は異なります。



孔曲がりで補強材と土が接触する区間→錆びる(メッキ補強材でも 25 年後から錆び始める)。 巨礫や地層の硬軟があると特に曲がりやすい。

現場で起きやすい穴曲がりと補強材配置図

理由 2 コンクリートは、pH が 12~13 の強アルカリ性を示します。日本溶融亜鉛メッキ協会は、PH12 以上の高アルカリ性環境ではメッキは溶解すると公開しています。土壌と触れたメッキも 25 年程度で消耗すると述べています。このように、土壌と接しやすいメッキ補強材は、旧型アンカーと同じように数十年で必要とされる機能を消失すると考えられます。



PH と溶融亜鉛めっき

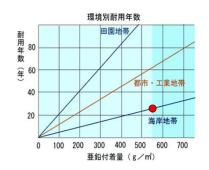


20年でメッキが消耗した補強材

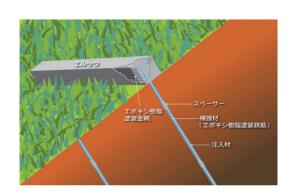
LL補強土

本工法は、国内で初めて切土補強土工の長寿命化を実現した工法です。建設技術審査証明(第 1004)を土木研究センターから 2010 年に認可されました(2015 年で認可切れ)。53 件の施工実績があります。 工事中に円弧型崩壊を繰り返したシラス斜面で利用された現場も 16 年経過していますが結果は良好です。

- LL補強土工の長寿命化の特徴は次の点にあります。
- ①耐久性上の課題となるメッキ製品の頭部部品がありません。補強材は法枠状のエルックの内部の固定されているため、経年変化による消耗が少ない環境にあります。
 - (補足:最も厚いメッキの JIS 規格 HDZ55 でも海岸地域の耐久性は 25 年程度としています。)
- ②補強材もエルック内部の主筋も帯筋も、型枠金網もエポキシ樹脂塗装されています。(参考:良質なコンクリートとの組み合わせで、 NEXCO の栗東橋の橋脚では、300~500年の耐久性と見ています。)
- ③設計計算は、汎用的に使用されている NEXCO 要領の計算式を使用します。
- ④シラスの様に軟質な地盤では、法面工(エルック)を地中に 15 cm程度 埋め込む施工が実施されています。
- ⑤一般的には、「法枠+補強土」と同等か若干低コストです。







模式図(L14 基本型)



実施例(直後 上半部のシラスは N 値=1~3)



左記の実施例 14 年後

長寿命補強土植生型 旧 NETIS QS-150043-A (工法掲載期間終了)

長寿命補強土植生型の長寿命化の特徴は次の点にあります。

- ①錆が発生しやすい部材を排除し、高耐久性部材にしています。
 - ・プレート メッキ+PVB 樹脂 (現在主流のメッキ製品より遥かに高耐久)
 - ・キャップ メッキ+PVB 樹脂 (現在主流のメッキ製品より遥かに高耐久)
 - ・補強材 エポキシ樹脂塗装鉄筋 (現在主流のメッキ製品より遥かに高耐久)
 - ・金網 耐久性が非常に高い IR 樹脂被覆鉄線 (現在主流のメッキ製品より遥かに高耐久)
 - ・網の固定具 錆びないガラス繊維混入コンクリート



地山にマットを敷き、現地植物の導入を図った事例(佐多)

塩水嗅務迅融 綠材丘牧 亜鉛アルミ合金 IR被覆線 IR被覆線 着色塗装亜鉛 亜鉛めっき鉄線 めっき鉄線 経過時間 (透明) (3種) (10%アルミ) 0時間 400時間 800時間 1200時間 1600時間 2000時間

IR 被覆鉄線の塩水噴霧試験結果

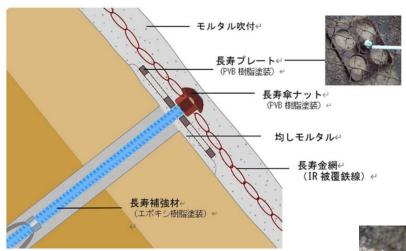
- ②法面工に使用する IR 被覆鉄線金網は、日光が当たる環境でも 100 年以上の耐久性があると考えられます。
- ③設計計算は、汎用的に使用されている NEXCO 要領の計算式を使用します。
- ④施工性が良く、「法枠+補強土」より若干低コストです。

長寿命補強土モルタル吹付型 NETIS QS-210047-A

長寿命補強土モルタル吹付型の長寿命化の特徴は次の点にあります。

- ①錆が発生しやすい部材を排除し、高耐久性部材にしています。
 - ・プレート メッキ+PVB 樹脂 (現在主流のメッキ製品より遥かに高耐久)
 - ・頭部のナット PVB 樹脂塗装 (コンクリーと内部ではメッキ製品より遥かに高耐久)
 - ・補強材 エポキシ樹脂塗装鉄筋 (現在主流のメッキ製品より遥かに高耐久)
 - ・金網 耐久性が非常に高い IR 樹脂被覆鉄線 (現在主流のメッキ製品より遥かに高耐久)

最大の特徴は、金属部材がすべてコンクリートの内部に包含される点です。このため、劣化要因となる 紫外線や塩害・酸性雨の影響を受けません。このため、非常に長い耐久性があると考えらます。



②モルタルの割れ目が開口しません。

現在のモルタル吹付に使用されているラス金網は、メッキが薄いうえにコンクリートの強アルカリ性のために<u>建設後2年程度で錆びています。</u>このため、モルタルに小さなクラックが入ると雨水の侵入で金網は錆びて破断するはずです。酸やアルカリや塩水にも強い IR 樹脂被覆鉄線の金網は、クラックが生じても容易には破断しない耐久性があります。



新鮮なモルタルの内部で錆びている ラス金網 (建設後2年)

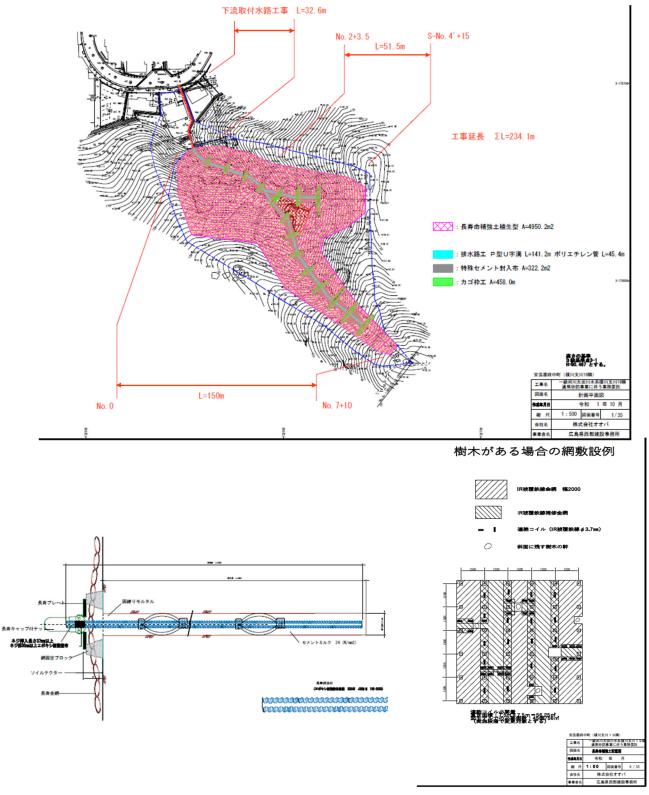


災害復旧対策事業で適用した事例(日置市)法面に補強材の頭部が突出しません。

長寿命補強土植生型 旧 NETIS QS-150043-A (工法掲載期間終了) の森林斜面適用

(補強材密度 2.25 m に 1 本以上)

長寿命補強土植生型は、樹木を残して施工する目的で森林斜面に適用されています(広島県)。砂防ダムを建設し難いので、土石流発生源となる斜面崩壊を防止する計画です。課題となるのは、地山補強土工の効果が保たれる期間、各工法で唯一100年を超えて機能する本工法が選定されました。本工法を、鹿児島県内の森林急傾斜斜面に適用することをお認め下さいますようお願い申し上げます。



国内の森林斜面に適用する工法は「長寿命補強土植生型」以外は、すべてメッキ品が主体です。



ノンフレーム工法 補強材密度3㎡に1本



ユニットネット 補強材密度4㎡に1本

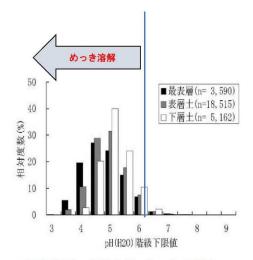


プレスネット工法 補強材密度 2.25~4 ㎡に 1 本



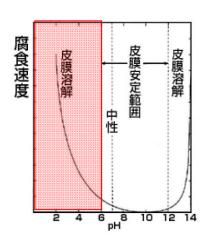
○○工法 補強材密度 4 m³に 1 本

日本の森林土壌はほとんど PH6 以下 (PH4~5 台が多い)ので、メッキ皮膜は溶解します。土壌中のメッキの耐用年数を日本溶融亜鉛鍍金協会は、25 年程度としてます。このため、メッキ品を主体とした工法は、短期間で老朽化します。森林斜面の崩壊周期は非常に長いので、長期耐久性を有する工法が適しています。



日本全国の森林土壌 pH の出現頻度

出所:森林総合研究所



PH と溶融亜鉛めっき

出所:日本溶融亜鉛鍍金協会