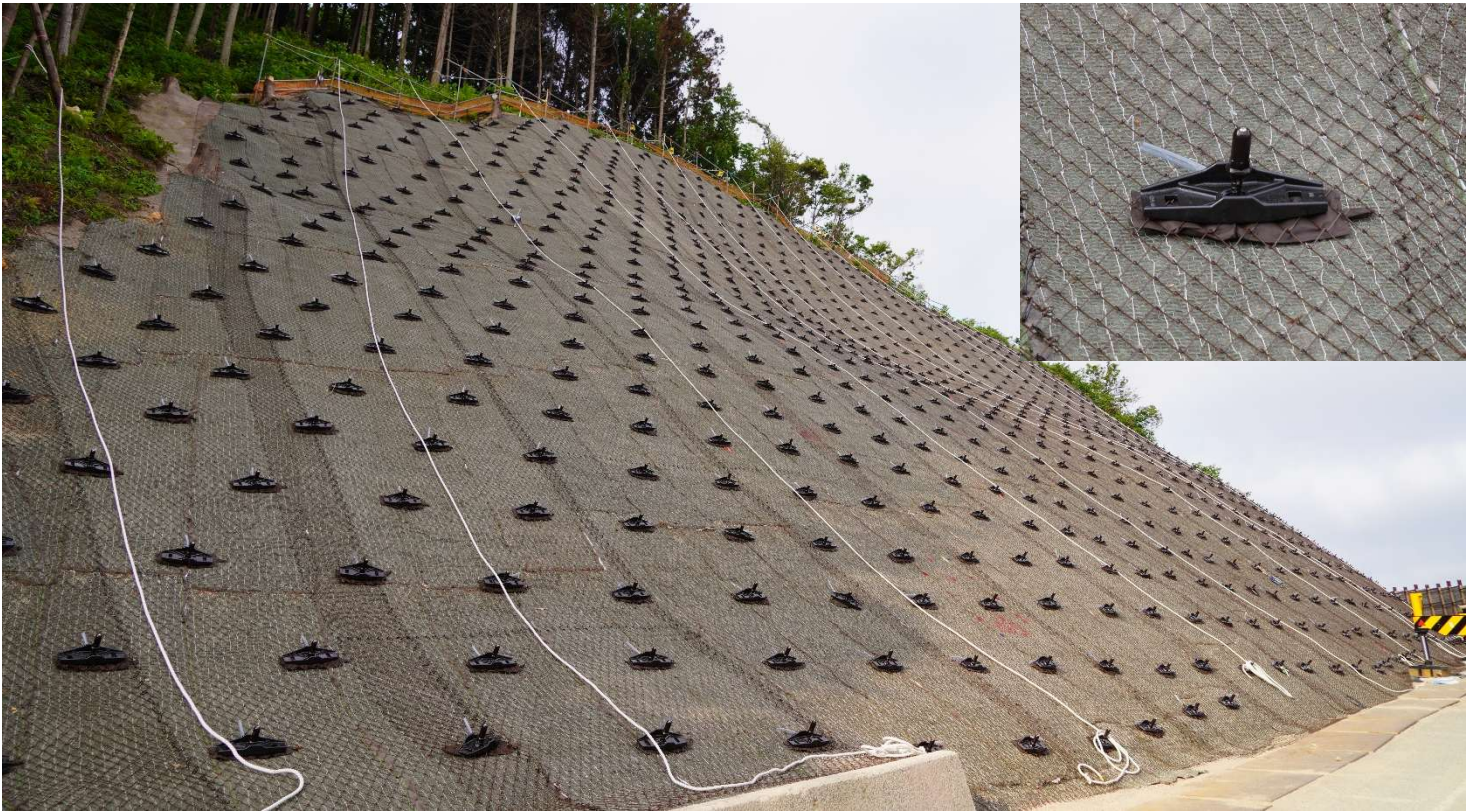


進みつつある切土補強土の長寿命化

2000 年頃に切土補強土工の長寿命化が必要と、長寿命工法である LL 補強土工を開発してから約四半世紀。切土・地山補強土工の本格的な長寿命化が始まりました。大変嬉しく感じます。



DC ネット工法（他社製品） 能登国道 249 号



クモの巣ネット工法（他社製品） 能登国道 249 号

なぜ、長寿命化が必要？

斜面对策工は、道路や集落を数 10 年ではなく、何世紀も守り続ける必要が有るからです。斜面对策工にもとめられる機能は、いつまでも斜面崩壊を抑止する点だけです。



長寿命補強土植生型 & 長寿金網防護工（長寿補強土）

【説明】

- ・地下の補強材まで高耐久の**エポキシ樹脂塗装鉄筋**を使用しています。
- ・**金網の樹脂は 400 μ m の厚膜**で、酸・アルカリ・寒冷・紫外線にも強く、試験結果から算定される耐候性は 184 年です。
- ・高耐久性にも関わらず「法枠＋メッキ補強土」と同等ないし低コストです。
- ・長寿金網防護工は、**のり砕工より安全・低コスト・長寿命**です。

【長寿金網防護工の建設コスト】

長寿金網防護工の㎡単価（円） 令和8年6月					
横ピッチ(m)	縦ピッチ(m)	ロックボルト長			
		L=500	L=1000	L=1500	L=2000
2.0		現場条件Ⅰ 7,880円/㎡			
	2.0	13,835	15,082	16,329	17,576
	3.0	10,007	10,839	11,670	12,501
	4.0	9,577	10,200	10,824	11,447
2.0		現場条件Ⅲ 16,100円/㎡			
	2.0	14,863	17,137	19,412	21,686
	3.0	10,692	12,209	13,725	15,241
	4.0	10,090	11,228	12,365	13,502
2.0		現場条件Ⅲ 16,100円/㎡			
	2.0	14,863	17,137	19,412	21,686
	3.0	10,692	12,209	13,725	15,241
	4.0	10,090	11,228	12,365	13,502
2.0		現場条件Ⅲ 16,100円/㎡			
	2.0	14,863	17,137	19,412	21,686
	3.0	10,692	12,209	13,725	15,241
	4.0	10,090	11,228	12,365	13,502

補強土工の長寿命化が必要な理由

1. 補強材

① コンクリートの内部でメッキは溶解

コンクリート内部は、ph12.5 ～ 13.5 の強アルカリ性です。この環境では亜鉛メッキは溶解します（図-1）。このため、土木学会は、メッキ鉄筋を使用するにあたって設計耐用期間を設定することを条件づけています（亜鉛メッキ鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針（2019））。

協会の表明通り、実際の現場では、建設後 20 年経過した補強材のメッキは既に有りませんでした（図-2）。

② 孔曲がりと腐食

補強土工の施工現場では普通に孔曲がり起きています。特に現場条件 I では、削孔ツールが径 32 mmの鋼棒です。このため、鋼棒は、工事中に架かる力で曲がります。

ツールには、地上で 3～10 cmも曲がったものが見られます（図-5）。3 cmは一見少ない曲がりに思えますが、65 mmの孔の中央に D19 の補強材が配置されている場合（65-19）÷2＝23 mmしか片側にクリアランスは有りませんのでほんの少しだけの孔曲がりでも補強材は孔壁に密着します。

さらに、設計指針や設計図面に描かれているように、補強材を真っ直ぐな穴の中央に配置することは施工では困難です。孔は曲がるし、補強材は図面で記載される穴の中心位置には有りません。そのため図-2 に示したように、必ず被り不足が発生し、メッキの溶解と早期の腐食の進行が起きます。

日本溶融亜鉛鍍金協会は、昭和 50 年代に図-4 に引用した見解を公開しました。今でも「溶融亜鉛めっきの耐食性 亜鉛めっき構造物研究会」で検索するとレポートを PDF で入手できます。メッキ品の適正利用を喚起したものと考えられます。ここでは、土壌中のメッキの耐用年数を通常 24～25 年としてい

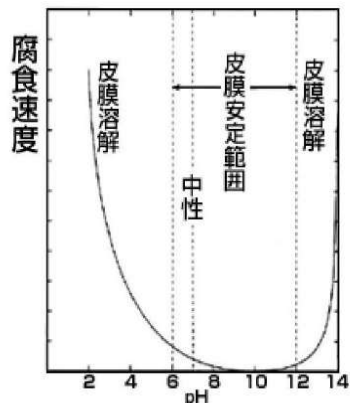


図-1 亜鉛鍍金と pH
出典 日本溶融亜鉛メッキ協会



図-2 補強材のメッキ溶解（20 年経過後）



図-3 孔曲がりにより腐食した補強材（無メッキ）

表13. 日本における土壌中の腐食速度				
土地の区分	腐 食 速 度 (g/m ² /年)			
	水平埋設	垂直埋設	平	均
HC	28.0	25.4		26.7
LiC	16.1	16.5		16.3
SCL	28.9	37.0		33.0
CL	17.3	16.1		16.7
SiCL	21.7	22.2		22.0
LS	24.5	25.3		24.9
L	17.7	26.6		22.2
SL	24.4	25.0		24.7

5年間の調査結果より、今後も等速で腐食していくとし、亜鉛付着量600g/m²でその90%が消耗するまでの期間をめっき皮膜の寿命として耐用年数を計算すれば、最も短い場合で16.4年、長い場合で33年となり、通常24～25年耐用が期待できます。また外国の例として、米国における土質による高純度亜鉛の腐食量を表14に、また土壌の電気抵抗と腐食の関係を表15に示します。

図-4 土壌中の耐用年数は 25 年前後 出所：日本溶融亜鉛鍍金協会



図-5 曲がっている掘削ツール

ますが、20 年を下回る耐用年数も見られます。結局、メッキした補強材は孔曲がりなどで必ず被りが薄くなると同時に孔壁に密着する箇所も数多く発生します。メッキはコンクリート中で溶解し、さらに地盤との接触箇所では早期に溶解し、その後は無メッキの鋼棒として腐食が進みます。このため、メッキ補強材の使用は慎重に検討される必要があります。

2. 地上のメッキ材

メッキを行えば、「防蝕対策は万全だ」とでも言うような誤った風潮が国内に蔓延しています。

確かに、田園地帯では 100 年を超えるメッキの防蝕効果も考えられます（図-6）。一方、海岸部では、JIS 規格で最も厚いメッキ量で25年程度の耐久性しか有りません。そのために、一番厚いメッキ品でも25年程度で錆が進行しています（図-7）。

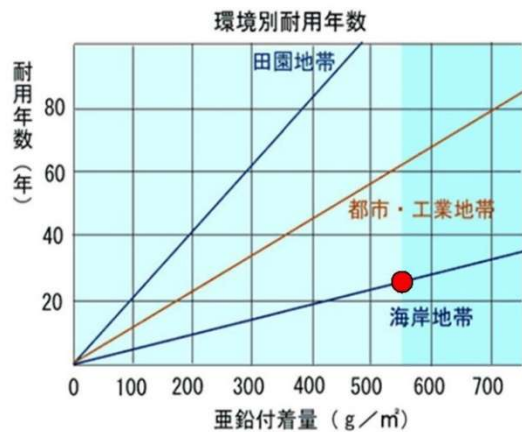


図-6 環境別のメッキの耐用年



図-7 約 25 年経過したメッキ材
海岸から 50m 地点

2. 合金メッキ

最近では、耐久性を向上させた亜鉛アルミニウム合金メッキ（以後合金メッキと呼びます）が使用されるようになりました。亜鉛-10%Al 合金メッキは、空気中では表面にアルミニウム由来の極めて緻密で強固な不動態被膜が形成されるため、通常の亜鉛メッキに比べて圧倒的な耐久性、通常の溶融亜鉛メッキの約 3 倍～5 倍以上を発揮します。

一方、土中における 10%Al 合金メッキの耐用年数は、亜鉛メッキの 2～3 倍にすぎません。[旧建設省土木研究所と三井金属鉱業等による「土中用金属材料の腐食および防食に関する研究」土木研究所との共同研究報告書（第 255 号・第 276 号）]



図-8 亜鉛アルミニウム合金メッキロープの腐食 25 年経過

この事は、合金メッキした場合でも、植生基材に埋没する環境やロープと土が接触する環境では、耐久性が短いことを示しています。図-8 の現場では、合金メッキのロープが錆びて膨張性しています。ロープの柔軟性を確保するためには、素線に付着させるメッキ量は少ないものになります。このため、合金メッキを使用しても土と接触する環境で長い耐久性が期待できる訳ではありません。

3. 法枠内部の鉄筋の腐食

補強土工と併用されることが多い法枠は、吹付モルタルに透気性があるためモルタルの中性化が非常に早く進みます。その結果、法枠内部の鉄筋は急速に錆びます。図-9 はその事例ですが、補強土工が打設されていた法枠の交点で破壊されています。この他に異なる環境 4 箇所で見察した破断した法枠現場では、鉄筋に急速な錆びの進行がすべての現場で認められました。

すでに、国土交通省の一部の現場では、法枠内部の鉄筋と補強材をエポキシ樹脂塗装鉄筋とする工事発注が行われています。僅かなコスト上昇で、長期的に安定を確保できる構造物が出来るでしょう。



図-9 建設後 17 年で折れた
吹付法枠箇所