

社会資本の長寿命化を推進

# 長寿補強土®

植生型  
特許出願中



## 長寿補強土株式会社

主要資材は、大阪・東京・福岡・鹿児島・沖縄の工場や拠点から現場に直送します。

## はじめに

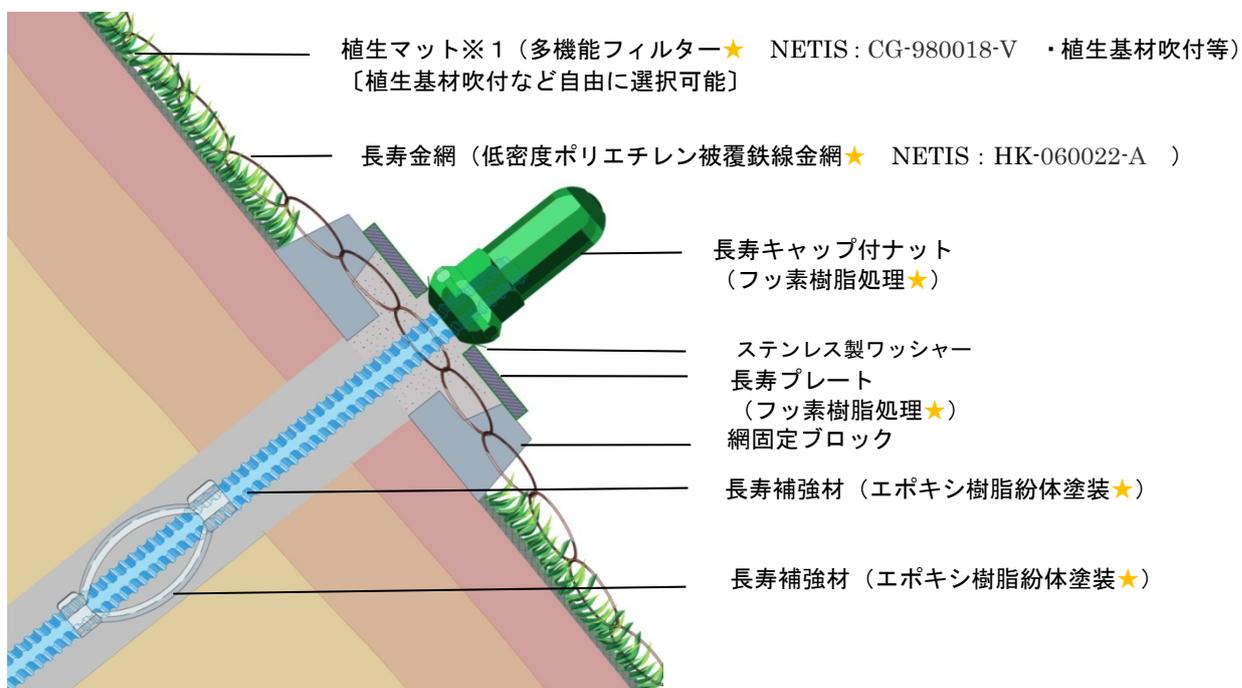
補強土工は、崩壊発生時期の予測が困難な個所で予防的工法として使用されることが多いため、建設直後のみならず、50年後、100年後、200年後も、一定の効果を発揮することが期待されます。「長寿補強土 植生型」は、主要部材に技術審査証明が得られている国内最高ランクの超耐久性技術を使用した部材を使用し、世紀を超えて機能することで長期間の斜面安定と景観の向上を果たすことが出来ます。

## 設計

設計手法は、NEXCO や地盤工学会などの既存指針をそのまま適用します。一般のソフトで、長寿補強土の設計計算を行えます。補強材は一般的には1.5m以下の格子状配置で、補強材の効果を重視した設計手法です。耐久性が高い金網の効果は、崩壊防止効果としては算定しない+ $\alpha$ の要素です。建設時点で低コスト、ライフサイクルコスト比較では圧倒的な低コスト工法です。補強土工独特の法面工低減係数については、最後の参考資料ページにNEXCO要領を本工法に適用した場合の値を記載します。

## 施工

のり面工は、軽量の金網を敷設し、主に補強土箇所において「網固定ブロック」で固定するので、従来の「法枠+補強土」工に比較し、大幅な工期短縮が可能です。施工設備と施工方法は、従来の手法を用います。



★印は、建設技術審査証明で性能が証明された製品ないし証明された高耐久性技術を適用した製品

※1: のり面の植生工は、長寿補強土工には含まれません。図の植生マットは選択例です。

## 使用部材一覧

長寿補強土〔植生型〕では、下記の部材を使用します。他に、グラウト注入材（通常はセメントミルク）と注入ホース（径 20mm 程度）が必要になります。使用する下記の部材は、一般土木分野で使用される耐久性に関する最高水準の製品です。

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 D19～D22 （コンクリート内部では圧倒的な高い防食性能）	ネジ節棒鋼 SD345 D19～D22 建設技術審査証明 1004 号 （財）土木研究センター
長寿プレート		特殊フッ素樹脂塗装品 （亜鉛メッキ・カドニウムメッキに比較し、広範囲の腐食環境で防食性能が優れている・・・審査証明結果）	150mm×150mm×9mm 特殊フッ素樹脂塗装の 建設技術審査証明 1992 号 （財）土木研究センター
長寿金網		低密度ポリエチレン被覆鉄線金網 一般環境では、100 年以上の耐久性（試験結果は 184 年）がある。	建設技術審査証明 1001 号 （財）土木研究センターカゴエで取得した長寿命化技術を菱型金網に適用
網固定ブロック		ガラス繊維補強コンクリートに長寿金網を固定するブロック（無筋）	200mm×200mm×50mm 穴径 100mm
長寿スペーサー		エポキシ樹脂紛体塗装品	JIS G 4401 削孔径 65mm 用
長寿キャップ付ナット		特殊フッ素樹脂塗装品 （ステンレス製ワッシャー付属）	FCD900-8 D19 D22 D25
エポキシ樹脂硬化剤セット		2 液混合型のエポキシ樹脂硬化剤の攪拌注入器 ・ダブルカートリッジ ・注入ガン ・注入ノズル	圧縮降伏強さ 700Kgf/cm <sup>2</sup> 以上 引張強さ 125Kgf/cm <sup>2</sup> 以上

## 主要部材の耐久性の概要

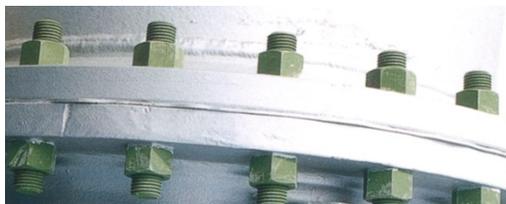
### □長寿補強材 [SD345 ネジフシ棒鋼 D19~D22]

土木学会基準 JSCE E102「エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質基準」の適合品です。エポキシ樹脂の紛体を 220±40μm の厚さで、鉄筋に焼き付けます。メッキが溶解する硫酸や水酸化ナトリウム溶液中に 1000 時間浸けても塗装の劣化は認められません。高品質なコンクリートを使用した条件では、300~500 年の耐久性も予想されています（日経コンストラクション 2001 年 10 月 26 日号）。

アルカリ溶液・酸性溶液中でのメッキとの比較例	エポキシ樹脂塗装鉄筋 (EP 鉄筋)	亜鉛メッキ鉄筋 (メッキ鉄筋)
水酸化ナトリウム (3mol/l濃度) 試験結果: EP 鉄筋は健全でメッキ鉄筋は、メッキがほとんど溶解		メッキは消失 
硫酸 (5%) 試験結果: EP 鉄筋の焼き付け塗装部は健全でメッキ鉄筋は、試験実施困難		硫酸に溶解し水素爆発するので、室内試験の実施は困難

### □長寿プレート 長寿キャップ付ナット [TAKECOAT-1000] で表面処理実施

金属の表面に 2~5μm の特殊な下地処理を行い、30μm 以上のフッ素樹脂を 150~200 度で加熱硬化処理しています。ステンレスも錆びる海水中や砂漠地帯で使用されています。下図は、フッ素樹脂処理塗装 [TAKECOAT-1000] を気温 50 度の砂漠で使用した例です。フッ素樹脂処理塗装した緑色のボルトとナットは、ステンレスが錆びる環境でも健全です。右図は、海水中に 2 年間浸漬した試料比較結果です。



フッ素樹脂塗装 [TAKECOAT-1000]



ステンレス (316L)

海水中に 2 年間浸漬後



フッ素樹脂  
処理塗装

継手金物 (FCD900A材)  
表面処理名: タケコード®-1000

ステンレス



ジャックル (SUS304材)  
ステンレス材単独使用

### □長寿金網 [高強度の低密度ポリエチレン(アイオノマー樹脂)被覆亜鉛めっき鉄線(芯線 SWMGGH-3) 鉄線 JIS G 3505]

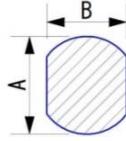
亜鉛メッキ鉄線に、耐久性を高めた高強度の低密度ポリエチレン被覆材を 0.4mm の厚さで完全接着しています。一般的に使用されている「亜鉛めっき鉄線 (SWGS-3)」の耐用年数は 10~15 年程度(環境条件により変動あり)ですが、高強度低密度ポリエチレン被覆鉄線の耐用年数は、100 年以上(耐候性試験結果 184 年)と考えられます。長寿金網の鉄線に使用する IR 被覆線は、2000 時間に及ぶ試験でも錆びていません。下図は、IR 被覆線の塩水噴霧試験の結果です。

JIS Z 2371 塩水噴霧試験による。 35°C 5% NaCl 水溶液					
経過時間	IR被覆線(茶色)	IR被覆線(透明)	着色塗装亜鉛めっき鉄線	亜鉛めっき鉄線 (3種)	亜鉛アルミ合金めっき鉄線 (10%アルミ)
0時間					
400時間					
800時間					
1200時間					
1600時間					
2000時間					

## 主要部材の形状寸法

**長寿補強材** SD345 エポキシ樹脂紛体塗装ネジフシ棒鋼 降伏点又は0.2%耐力 345~440 (N/mm<sup>2</sup>)

許容引張応力度 200 (N/mm<sup>2</sup>) [NEXCO 要領]



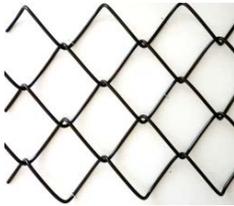
呼び名	寸法A	寸法B	公称断面積 (cm <sup>2</sup> )	単位重量 (Kg/m)
D19	21.5	17.5	2.865	2.25
D22	24.8	20.5	3.871	3.04
D25	28.2	23.6	5.067	3.98

**長寿プレート** SS400 材

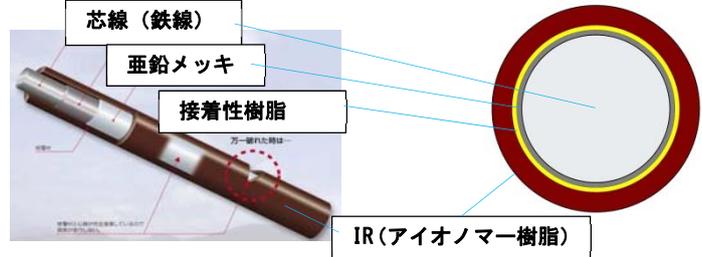


寸法 : 150mm × 150mm × 9mm  
 穴径 : 45mm (D19・D22・D25 テーパーワッシャー利用)

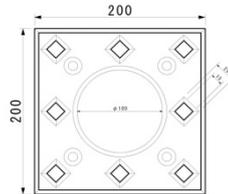
**長寿金網** JIS 規格 : 亜鉛めっき鉄線 (H) 3 種 2.0 mm (SWMGH-3 2.0 mm) 引張り強度 590~880N/m<sup>2</sup>に、  
 アイオノマー樹脂 (金属イオン架橋ポリエチレン系樹脂) を接着性樹脂で被覆した線材  
 線径外形 : 2.8mm 鉄線径 2.0mm アイオノマー樹脂厚さ 0.4mm



網目 50mm  
 織幅 2000 (標準)  
 ~3000mm



**網固定ブロック** ガラス繊維混入コンクリート



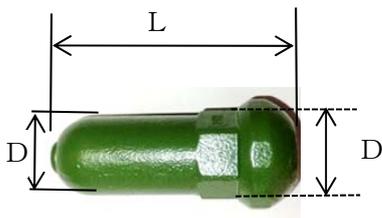
**長寿スペーサー** JIS 規格 JIS G 4401 削孔径 65~90mm 用



使用補強材呼び径	適用削孔径 (mm)	スペーサー外径 (mm)	スペーサー長さ (mm)
D19	65~90 (二重管掘)	65	127
D22	65~90 (二重管掘)	65	127
D25	65~90 (二重管掘)	65	130

**長寿キャップ付ナット** 本体 : FCAD900-8 頂部ネジ : ステンレス

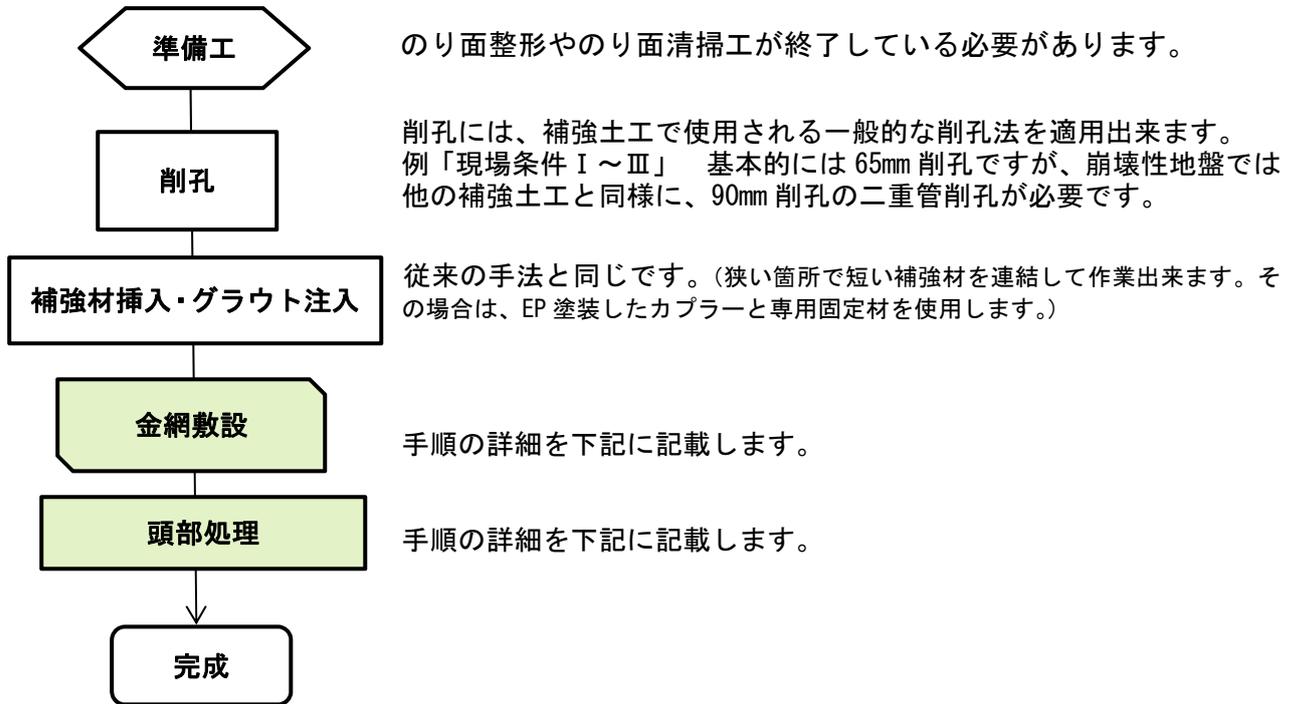
テーパワッシャー : ステンレス



補強材呼び径	L (mm)	B (mm)	D寸法 (mm) (ネジ部最小径)
D19	120	41	41
D22	120	41	41
D25	120	48	48

## 施工法

施工法は、従来から使用されている国・各県の施工管理手法を適用します。NEXCOの「土木施工管理要領」や（社）地盤工学会の「地山補強土工法設計・施工マニュアル」も参考資料として適用できます。施工手順のフローチャートは下記の通りです。



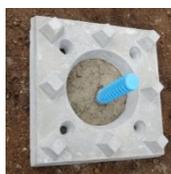
### 金網敷設

植生基材吹付工の実施は金網敷設後に行いますが、植生マット工などの場合は、金網敷設の前に実施します。植生が回復しやすいのり面や風化岩の場合で、長寿金網敷設工のみとする場合もあります。

### 頭部処理

下記の手順で頭部処理を行います。

- ①削孔工の孔口に「固練りモルタルを充填」し、下図⑦の状態に「網固定ブロック」を固定します。  
（4箇所穴のうち2箇所に五寸釘を挿入し、仮固定することも可能です。）
- ②「長寿金網」を「網固定ブロック」の突起の隙間に配置します。「網固定ブロック」は、突起の隙間が広いので、①のように金網の位置に合わせて位置を調整出来ます。
- ③「網固定ブロック」の上に⑧のように突起が隠れる程度まで固練りモルタルで覆います。
- ④「長寿補強材」を中心に「長寿プレート」をセットし⑨の状態にします（プレートが必ずしも網固定ブロックの中心に位置する必要はありません。削孔位置と網目の位置関係で5cm以内の位置のずれは構いません。）。
- ⑤ 補強材頭部にエポキシ樹脂硬化剤を塗布し、テーパワッシャーと「長寿キャップ付ナット」を頭部に⑩の状態に手で軽く締めます（樹脂の硬化で強固に固定されるため、それ以上の処置は不要です）。



⑦



①



⑧



⑨



⑩

## 参考資料

### 1 のり面工低減係数（長寿補強土 植生型）

#### NEXCO 要領

「長寿補強土 植生型」ののり面工低減係数を、NEXCO の「切土補強土工法設計・施工要領」にしたがって算定したのり面工低減係数  $\mu$  は表-1 の値です（網固定ブロックの受圧面積を考慮済みです）。

#### 地盤工学会マニュアル

（社）地盤工学会の「地山補強土工法設計・施工マニュアル p89～90」では、のり面工低減係数を用いず、補強材の許容引張り力  $T_a$  を下記の式で算出します。 $T_a$  に 0.7 を乗じない算定式ですので、大きな設計力が得られる場合が多くなります。

$T_a = \min(T_{sa}, T_{1pa+Toa}, T_{2pa})$

ここに、 $T_a$ ：補強材の許容引張り力

$T_{sa}$ ：芯材の許容引張り強さ

$T_{1pa+Toa}$ ：移動土塊側の全許容引き抜き抵抗力

（ $T_{1pa}$  は NEXCO 要領と同じ、 $T_{oa}$  はのり面における表面材の許容支圧抵抗力）

$T_{2pa}$ ：不動土塊側の許容引き抜き抵抗力

表-1 NEXCO 設計要領によるのり面低減係数

補強材挿入長 (m)	のり面工低減係数	
	1.5m 間隔	1.4m 間隔
2.0	0.89	0.88
2.5	0.80	0.79
3.0	0.73	0.72
3.5	0.67	0.65
4.0	0.62	0.60
4.5	0.57	0.56
5.0	0.53	0.51

### 2 極限周面摩擦抵抗の推定値

前記 NEXCO 要領と道路土工指針では同じ値を使用していますが、NEXCO 要領では、設計段階の前に引き抜き試験を実施することが望ましいとしています。

表-2 極限周面摩擦抵抗の推定値

### 3 補強土工の確認試験

NEXCO の「土工施工管理要領」の（3-5 切土補強土工）から、〔3-5-4 確認試験 p25〕から試験方法の主要部分を略記します。

表-3 確認試験方法

項目	試験頻度 規格値など
試験本数	任意抽出で全本数の 3% 以上かつ最低本数 3 本以上
最大試験荷重	・設計荷重とする。 ・経験的設計法の場合は下記を目安と出来る（別途設定可）。 砂および砂礫の場合 10.0kN 軟岩 50.0kN 硬岩 70.0kN
载荷サイクル	単サイクル
载荷方法	原点荷重 5.0kN 増加荷重のきざみ 10.0kN 鋼材
試験結果	荷重-変位量曲線でまとめる。

地盤の種類		周辺摩擦抵抗の推定値 (N/mm <sup>2</sup> )	
岩盤	硬岩	1.20	
	軟岩	0.80	
	風化岩	0.48	
	土丹	0.48	
砂礫	N 値	10	0.08
		20	0.14
		30	0.20
		40	0.28
		50	0.36
砂	N 値	10	0.08
		20	0.14
		30	0.18
		40	0.23
		50	0.24
粘性土		0.8×C	

### 4 「長寿補強土 植生型」の施工時の特記事項

- ① EP 鉄筋は塗膜に傷がつかないように現場内でも運搬する。吊り下げるときは 2 点～3 点吊りとする。
- ② 塗膜に 1 mm<sup>2</sup>以上の面積の傷が発生した場合は、専用補修塗料を用いて刷毛で塗り補修する。
- ③ 直射日光を避けるため EP 鉄筋にシートなどで覆う。

memo

長寿補強土株式会社は、下記の製品の開発販売など、補強土工の超耐久性化に取り組んでいます。

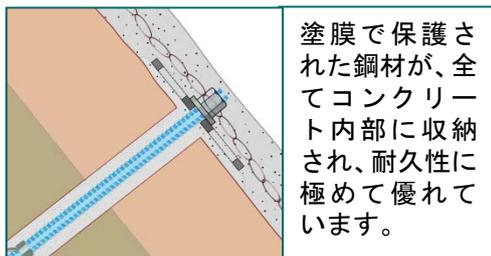


建設技術審査証明  
技術賞  
発明奨励賞

第1004号 財団法人 土木研究センター  
土木学会西部支部  
全国発明協会（九州地区）



## LL補強土工法



## 長寿補強土 モルタル型

### 長寿補強土株式会社（旧社名エル防災技術）

〒891-0103 鹿児島市皇徳寺台 4-51-7

TEL: 099-275-9234 FAX: 099-275-9235

HP: <http://www2.synapse.ne.jp/~llh/>

本パンフレットの内容は、改良のために予告なく変更することがあります。最新情報は、HPなどでご確認出来ます。