



技術賞
発明奨励賞
建設技術審査証明

土木学会西部支部
全国発明協会（九州地区）
（期間 2010～2015 年）

長寿命補強土

LL補強土工法



長寿補強土株式会社

製造販売拠点 大阪 東京 福岡 鹿児島 沖縄

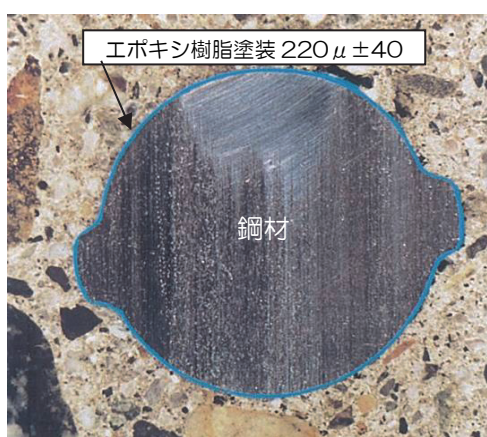
主要資材は、土木学会基準で製造し国内トップクラスの専門企業が現場に直送します。

LL 補強土工は、海岸地域でも 100 年以上、一般環境では 100 年を遥かに超える長期間、斜面を安定化させる長寿命補強土です。

(エポキシ樹脂塗装鉄筋と高品質コンクリートを使用し、300～500 年の耐久性を見込んでいる高速道路の橋脚もあります。LL 補強土工でも同じ品質のエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用します。)

LL 補強土工の設計計算手法は、「道路土工-のり面工・斜面安定工指針」や「NEXCO の設計・施工要領」に従います。同指針と異なる補強材の固定法については、建設技術審査証明書(2010～2015)で性能が証明されました。

エポキシ樹脂塗装鉄筋の塗装膜厚は、 $220\mu\pm40$ (土木学会基準) の厚い塗膜です。強い酸やアルカリあるいは塩分が多い環境でも容易には錆びません。塗装膜の厚さが一定(静電紛体塗装)で、コンクリートの付着強度も優れています(実験値は普通の異形鉄筋と同等です)。

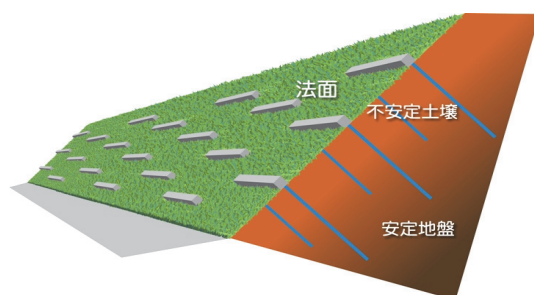


エポキシ樹脂塗装鉄筋の断面

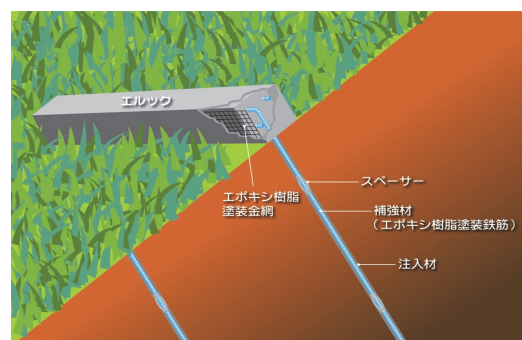


耐薬品性試験(1000時間)状況

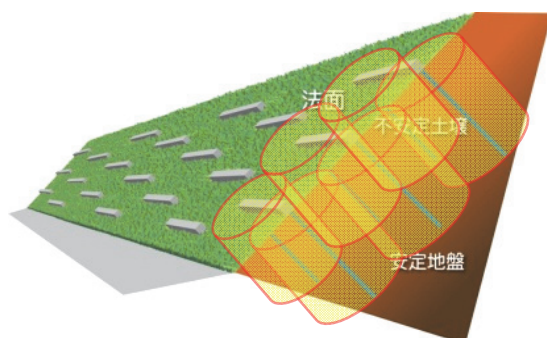
5%硫酸水溶液・水酸化ナトリウム溶液・水酸化カルシウム飽和溶液・塩化カルシウム溶液中でも健全



配置概念図 (L14)



模式図 (L14 基本型)



補強土工の効果概念図

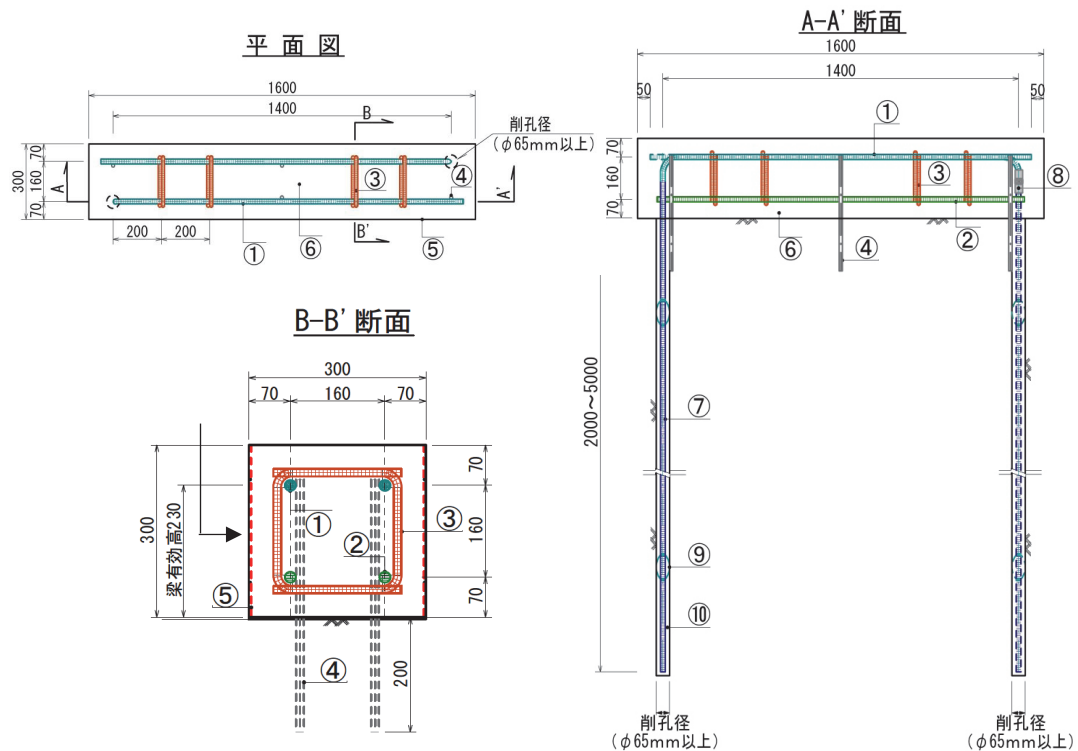
左図は、補強土工の効果を模式化したものです。1本/2㎡程度の補強材ピッチでは、黄色の円柱の範囲で変形抑制効果が発揮され、補強材のみでも高い効果が有ります。LL 補強土工を施工した超軟質斜面でものり面は安定です。

ＬＬ補強土工法の主要規格

型式	補強材の呼び径	補強材間隔 (m)	最大設計荷重 (kN/本)	基本型★	PN 型 (崩壊性地盤にも適用)
L12C	D19	1.2	40.1	○	○
L12D	D22	1.2	54.2	○	○
L13C	D19	1.3	40.1	-	○
L13D	D22	1.3	54.2	-	○
L14C	D19	1.4	40.1	○	○
L14D	D22	1.4	54.2	○	○
L14E	D25	1.4	54.2	○	○
L15C	D19	1.5	40.1	○	○
L15D	D22	1.5	54.2	○	○
H17C	D19	1.7	40.1	-	○
H17D	D22	1.7	54.2	-	○
H20D	D22	2.0	54.2	-	○
H20E	D25	2.0	70.9	-	○

★建設技術審査証明（2010～2015年）

ＬＬ補強土工法の構造例（L14C 基本型）



記号	(使用箇所)	名称	仕様または概要 (L14C 基本型)
①	エルック	主筋	JIS G 3112 SD345 D19
②	エルック	配力筋	JIS G 3112 SD345 D19
③	エルック	スターラップ	JIS G 3112 SD345 D13
④	エルック	補助アンカー	JIS G 3112 SD345 D13
⑤	エルック	金網型枠	JIS G 3547
⑥	エルック	吹付モルタル	18N/mm ²
⑦	地盤中	補強材	JIS G 3112 SD345 D19
⑧	エルック	ＬＬカプラー	JIS G 5503 SD490
	(崩壊性地盤で使用)	カプラー充填グラウト剤	有機グラウト剤（エポキシ樹脂）
⑨	地盤中	ＬＬスペーサー	JIS G 4401
⑩	地盤中	注入材	セメントミルク JIS R 5210

⑧の充填剤と⑩の注入材以外の製品は、エポキシ樹脂粉体塗装品〔JSCE-E 104：エポキシ樹脂塗装鉄筋用塗料の品質規格〕

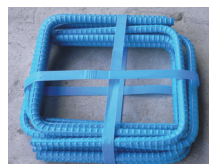
補強材の寸法諸元と耐力

補強材の種類	材質	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	補強材の呼び径	公称径 (mm)	単位重量 (kg/m)
ネジ節棒鋼	SD345	345 以上	490 以上	D19	19.1	2.25
				D22	22.2	3.04
				D25	25.4	3.98

使用部材写真例



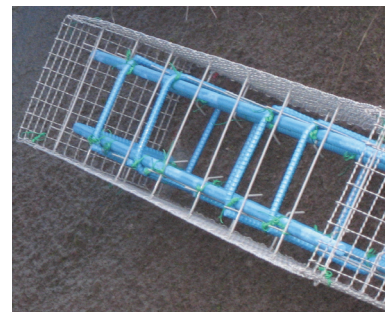
補強材（挿入直前の状況）



スターラップ



スペーサー

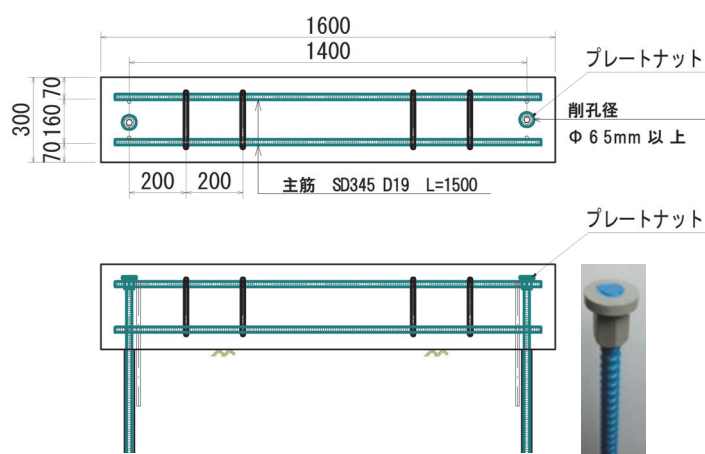


エルックの配筋例

設計上の留意点（五大開発㈱の設計プログラム「補強土」を使用すると便利です。）

- ①エポキシ樹脂塗装鉄筋は高い耐久性があるため、補強材の腐食しを考慮する必要はありません。
- ②注入材と補強材との許容付着応力度を、無塗装鉄筋の 85%とします。
- ③のり面工低減係数は、L 型については表-1 と表-2、H型については表-2 を採用出来ます。

L14C PN 型の構造



プレートナット（定着具）は、「鉄筋定着・継手指針 土木学会 2007 p65」で、標準フックと同等以上の性能を有するとされています。

PN 型の特徴

・施工性向上

補強材と主筋が連結していないため削孔方向の精度管理に余裕があります。
のり面工の鉄筋や吹付金網を、まとめてセット出来ます。
非崩壊性の地盤にも、崩壊性地盤の二重管削孔にも、適用出来ます。

・積算の簡易化

積算は、通常の補強土工の施工費用に、材料費をプラスするだけの単純な形になりました。

・強度の向上

梁のセンターに補強材が配置されるため、構造物の強度は向上しました。

名称	仕様 (L14C PN 型)	規格
補強材	補強鋼材 2本 D19 (EP 鉄筋) L=1500	JIS G 3112 SD345
主筋	D19 (EP 鉄筋) L=1500	JIS G 3112 SD345
配力筋	D19 (EP 鉄筋)	JIS G 3112 SD345
プレートナット	プレートナット (EP 塗装品) D19 用	JIS G 5502 FCD
スターラップ	スターラップ 4 組 (EP 鉄筋) SD345 D13 2 個×4 組	JIS G 3112 SD345
補助アンカー	補助アンカー 4 本 (EP 鉄筋) SD345 D13 44cm	JIS G 3112 SD345
吹付金網	金網型枠 (メッキ塗装と EP 樹脂塗装を選択)	JIS G 3547
スペーサー	LL スペーサー 掘削長 3.0m 以下は計 4 個 掘削長 3.5m 以上は計 6 個	JIS G 3112 SD345
継手固定材	補強材とプレートナットの固定樹脂・ダブルカートリッジ・専用注入ガン・ノズル	(エポキシ樹脂注入)
エルック	吹付モルタル (21N を確保するため、必要に応じ混和剤など使用)	21N/mm ²
(その他)	セメントミルク注入材 (注入ホース)	JIS R 5210

表-1 L型の概略のり面工低減係数(μ)値

補強材長（地盤中）(m)	のり面工低減係数 (μ)
	L12~L15
2.0 以上~2.5 以下	0.9
2.5 超 ~3.5 以下	0.8
3.5 超 ~4.5 以下	0.7
4.5 超 ~5.0 以下	0.6

表-2 NEXCO 要領に従った厳密なりのり面工低減係数(μ)値

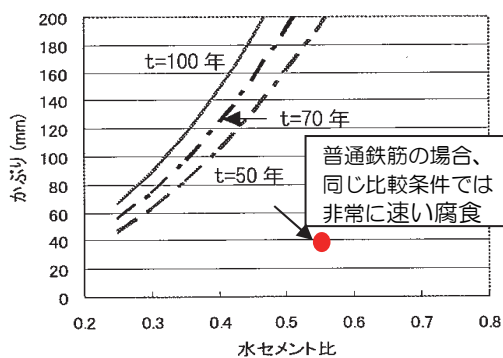
掘削深度 (m)	L12	L13	L14	L15	H17	H20
2.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.0	1.0
2.5	0.92	0.94	0.96	0.98	1.0	1.0
3.0	0.85	0.87	0.89	0.91	1.0	1.0
3.5	0.79	0.81	0.83	0.85	0.94	0.98
4.0	0.73	0.76	0.78	0.80	0.89	0.93
4.5	0.69	0.71	0.73	0.75	0.84	0.88
5.0	0.65	0.67	0.69	0.71	0.80	0.84

標準積算法

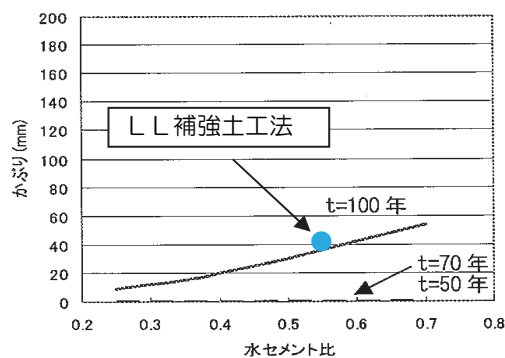
一般的な積算法です。標準積算法・積算例・積算サンプルは、「L L 補強土工法」のホームページをご参照下さい。

腐食に強いエポキシ樹脂塗装鉄筋の根拠例

E P 鉄筋は、薬品や塩分に対する耐久性が高いものですが、モデル計算で海岸から 0.1km の塩害地帯でさえ、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した L L 補強土工法は、100 年以上の耐久性を有することになります。さらに、塗膜内の拡散係数の設計値を下記の図より少し小さな $1.5 \times 10^{-6} (\text{cm}^2/\text{年})$ とした場合では、塩害地域でも数世紀の耐久性を有する可能性が土木学会指針では示されています。当然の一般的な環境では、非常に長期の耐久性を有しています。また、エルックの凍害に対する抵抗性は、セメント使用量が多い点と、適度な空気量含有率の観点から、非常に高い抵抗力があります。



c) 無塗装鉄筋, $C_0=4.5 \text{ kg/m}^3$ の場合



f) エポキシ樹脂塗装鉄筋, $C_0=4.5 \text{ kg/m}^3$ の場合

耐用年数と水セメント比(無塗装鉄筋とエポキシ樹脂塗装鉄筋の比較 劣化速度大きめにした数値解析結果)

必要算定かぶりの関係は、[エポキシ樹脂塗装鉄筋では、拡散係数設計用値 $2.0 \times 10^{-6} (\text{cm}^2/\text{年})$ (設計用値)]を使用した場合
出展:土木学会指針「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針[改訂版]」

補強材の実態

斜面変動で、地中から引き抜かれた4本の補強材(計 653cm)には、著しく錆びた区間が全体の 40%も認められています。白い鉄筋部分には、施工時に注入したセメントミルクが付着しており健全ですが、特に断面欠損箇所では将来、著しい機能低下が予想されます。



(上記の補強材は、17 年経過した旧基準の無塗装の補強材です。断面欠損箇所は土壌と接触していたと考えられます。土壌と鍍金が接触した場合は、JIS 規格最大の鍍金量でも 25 年程度の耐久性と考えられています。)

施工法

切土補強土工の一般的な施工法と基本的には同じ手法で施工します。



① 削孔

補強材の打設位置を決定し、径 65mm 以上で通常深さ 2～5 m 掘削します。掘削方法は、現場条件に合わせて下記に示した種々の方法から選択します。

- ・ クレーンを利用した掘削
- ・ 仮設足場を設置して掘削
- ・ SD 工法（足場を利用せず高所作業が可能）
- ・ ハングドリル工法（足場を利用せず高所作業が可能）



② 鋼材挿入→グラウト

補強材に注入パイプをセットして、掘削孔に補強材を挿入後グラウトします。グラウト注入材の設計基準強度は、24 (N/mm²) とします。

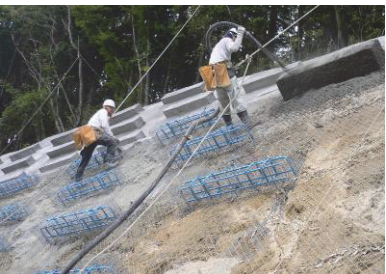


③ 鋼材セット

補強材、配力筋、スターラップ、吹付金網などをセットします。

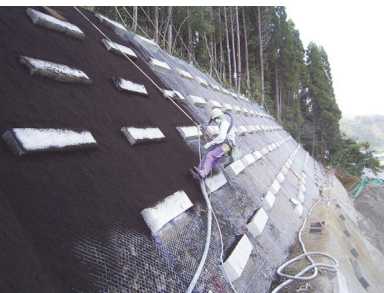
写真は、斜めにセットした事例です。写真中央部の灰色の機材は、補強材を切断することなく曲がった状態で確認試験が出来る専用装置です。PN 型では専用装置は不要です。

（この現場では、変状が発生した斜面を、L L 補強土工法で補強しています。）



④ エルックの造成（モルタル吹付）

のり面工造成のため、吹付金網の内部にモルタル吹付を行います。モルタル吹付工は、（社）全国特定法面保護協会の「のり枠工の設計・施工指針」に従い、基本型・PN 型とも 18 (N/mm²) の基準強度とします。



⑤ エルック周囲の法面工（L L 補強土工法に含まれません）

エルック周囲の法面工は、植生基材吹付工やモルタル吹付工で行います。



⑥ 植生の成長（L L 補強土工法に含まれません）

本現場では、この後、構造物は植生に被覆されて目立たなくなっています。自然斜面では、樹木を避けてエルックを配置し、樹木を活かした施工も可能です。

施工例



工事前に3回も円弧型の崩壊が発生した非常に軟質な斜面です。中腹より上の土質は $N=1$ 程度の砂質土（シラス）です。建設後8年経過していますが、豪雨が多い地方にも関わらず、のり面に変形・浸食などは発生していません。この斜面では、崩壊輪廻により約100年後に発生すると考えられる崩壊にも、LL補強土工法は機能し、崩壊を抑止出来ると考えられます。



既設の現場打吹付法枠に変状が発生し、法枠の一部が破断した現場に、LL補強土工法を適用した事例です。LL補強土工を施工すると安定計算上、法枠は不要ですが、撤去費などを縮減するため併用しています。この現場では、植生が茂り、その後構造物は見えなくなっています。



吹付モルタルが老朽化し、クラックが発生した斜面の補強にLL補強土工法を採用した事例です。モルタルを剥がさずに施工できるため、斜面下部の道路を交通開放した状態でも施工可能です。

資材現場搬送例

エポキシ樹脂塗装鉄筋の運搬は、エポキシ樹脂塗膜を保護するため、シートなどで保護して現場に搬送します。工事中に 1 mm^2 以上の損傷が発生した場合は、付属の補修用塗料で補修します。





20190912

長寿補強土株式会社（長寿命補強土の開発販売専門企業）

製造販売拠点 大阪 東京 福岡 鹿児島 沖縄
〒891-0103 鹿児島市皇徳寺台4丁目51番7号
Tel 099-275-9234 Fax 099-275-9235
ホームページ：<http://www2.synapse.ne.jp/~11h/>

パンフレット掲載内容は、改良のため予告無しで変更する場合があります。最新の情報は、ホームページをご覧ください。