

第4章 施工

切土補強土工法の施工に関する NEXCO の資料、「切土補強土工法設計・施工要領」・「土木施工管理要領 一切土工編— 3-5 切土補強土工」に本工法も準拠する。本章では、LL 補強土工法の特徴を考慮しその施工方法を示す。

4.1 施工計画

施工計画にあたっては、設計条件、地形・地質、現地の状況を事前に十分調査して、安全で合理的かつ周辺環境に配慮した施工方法を検討し、施工計画を作成しなければならない。

【解説】

施工計画に当たっては、特に次の事項に配慮し、施工計画を立案する。

- ①地盤の特徴（岩質・風化・割れ目・断層・地質の変化）
- ②地下水の有無の確認
- ③地盤と作業環境に適合した削孔機種を選定

特に、掘削孔の崩壊要因については留意し施工計画を立てる必要がある。一般的な地盤では不要であるが、崩壊性の地盤では LL 補強土工法の L 形の補強材をそのまま地盤に挿入すると崩壊防止用のケーシングを引抜くことが出来ない。したがって、崩壊性地盤に適用する場合は、補強材（直棒）の上部と主筋部分を分離して、地盤に補強材（直棒）を挿入後 LL カプラーで接続する必要がある。そのための、LL カプラーや樹脂グラウトの必要性について準備工段階で検討する必要がある。非崩壊性の地盤と見なされる場合でも、前記の処置が出来るように準備することが望ましい。

4.2 施工

本工法の施工においては、工法の特徴を把握し適正な施工を行わなければならない。

【解説】

本工法の施工法は、基本的には一般の補強土工と同じ手法である。その中で特に留意する点は、エポキシ樹脂塗装鉄筋の塗膜が損傷した場合の対処法と確認試験方法である。塗膜損傷への対応は「4.3.1 エポキシ樹脂塗装鉄筋の受け入れ検査と補修」に記載し、L 型に曲がっている補強材頭部での確認試験法は、「4.3.3 確認試験方法」に記載した。

4.2.1 施工手順

本工法の施工には準備工、掘削工、補強土工、のり面工等があり、施工箇所の状況を考慮しなければならない。

【解説】

補強材打設では、孔壁を安定させるために掘孔後速やかにセメントミルクなどの注入材を注入しなければならない。少なくとも、当日削孔したものはその日の内に注入し施工を完了させなければならない。

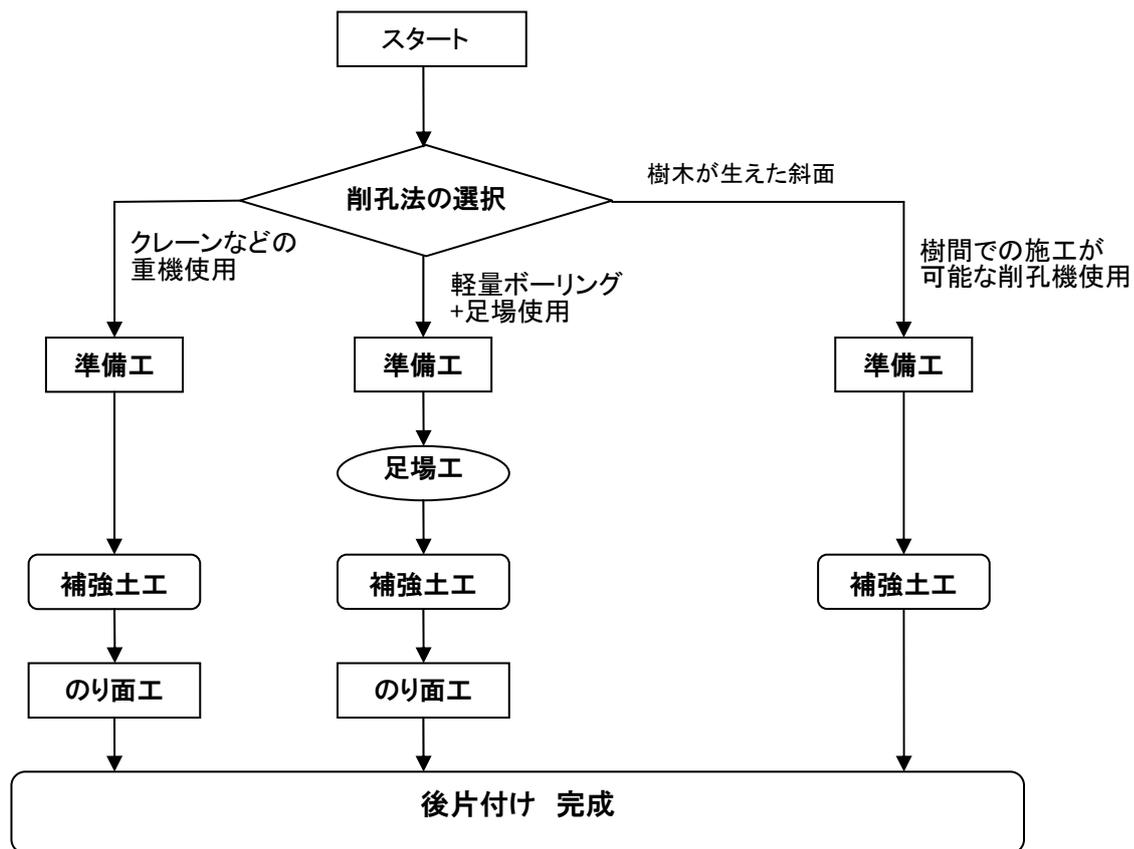


図-4.1 施工フローチャート

4.2.2 準備工

準備工は本工事に先立ち工事が円滑かつ安全に行えるよう、工事準備調査、測量、施工機械器具、材料、仮設備について検討し、適切な準備を行なうこととする。

【解説】

エルックの配置計画は、地形測量を実施した後、実際ののり面に格子状にテープを敷設し、全体の景観を考慮して作成する事を基本とする。特に、のり面に凹凸が有る場合は、現場での配置計画の作成が重要となる。

4.2.3 足場工

足場工は、削孔機重量、作業幅などを考慮し安全で円滑に施工できるよう十分検討しなければならない。

【解説】

軽量ボーリングマシンで削孔する場合は、幅 2.0m 程度の足場を必要とする。

4.2.4 削孔工

削孔工は、所定の位置、削孔径、長さ、方向を満足するよう地質、施工条件を考慮し適切な施工機械を選定の上、確実な削孔方式を採用しなければならない。

【解説】

削孔に当たっては、地盤に適合した機種を選定し、削孔径は 65mm を標準とする。クレーンを使用できる一般の現場では「クレーン式ドリル」が施工性に優れ、また「バックホウに取り付けた削孔機」を土足場で利用できる現場においても施工性に優れている。重機を使用できない高所や狭小な現場では軽量ボーリングマシンを使用する。樹木が生えている斜面現場では、SD 工法など樹木が支

障とならない掘削法を選定する。また、火成岩類など硬質岩では、ダウンザホールハンマーを使用しなくてはならない現場もあり、準備工段階での検討が重要となる。一方、通常レグドリル（削孔径 50mm 以下）の使用は仮設に限られるが、シラス地盤などレグドリルで径 65mm の削孔が可能な地盤では、レグドリルを使用しても良い。

主要な削孔法	
	
クレーン+削孔機	バックホウ+削孔機
	
軽量ボーリングマシン+足場	SD工法

図-4.2 主要な掘削法

4.2.5 注入工

セメントミルクの注入は孔底から削孔完了後速やかに行うものとする。ただし、地山の湧水や亀裂の状況によっては注入材の充填が困難な場合があるため、口元での注入材のリターンの確認などを確実にしなければならない。

【解説】

注入対象地盤によっては、注入した後セメントミルクの逸散量が多いため、口元からの2次注入を行う必要がある。特に亀裂性岩盤では、孔内へのセメントミルク充填が困難な場合もあるので、その際は、図-4.3 に示したように、補強材と鋼材を布製のパッカーに入れてパッカー内にセメントミルクを注入する。パッカーは破れにくい上質のものとし、風化岩程度以上の極限周面摩擦抵抗値が設計に使用されている場合は、施工前に引抜き試験で特性を確認するものとする。

注入材は、設計基準強度 $30\text{N}/\text{mm}^2$ 以上で流動性に優れたセメントミルクを使用することを標準とする。セメントミルクの配合は、一般に W/C40~50% で適宜混和剤を使用するものとする。



図-4.3 パッカーを使用した注入(右側2本がパッカーセット後)

4.2.6 挿入工

補強材の挿入は所定の位置に正確に行い、注入材が硬化するまで補強材が動かないように保持する必要がある。

【解説】

LL補強土工法の場合、補強材の挿入後、補強材を地上と地中に固定する必要がある。地中ではスペーサーを用いて掘削孔の中央付近に補強材を設置する。地上部では現場毎にエルックの鋼材の位置を確認しやすい施工定規を活用すると施工性が良い。



図-4.4 足場からの補強材挿入



図-4.5 足場が無い場合の鋼材挿入

4.2.7 エルックへのモルタル吹付

エルックを造成する吹付モルタルの設計基準強度(f'_{ck})は、 $18(N/mm^2)$ を標準とする。吹付モルタルの施工は、熟練した管理者のもとで所定の技能を有するノズルマンが施工しなければならない。

【解説】

一般に、鉄筋コンクリートが中性化すると普通鉄筋の場合は錆びて膨張しコンクリートを破壊するが、本工法では非常に長期間錆びにくいエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用しているため、吹付モルタルの中性化が、エルックを破壊する有害なものとはならない。しかし、長寿命構造物の観点からは吹付モルタルの中性化が遅いことが望まれる。このような観点から、吹付モルタルの品質を確保するためには「のり面施工管理技術者（全国特定法面保護協会認定）の資格を有する技術者の管理のもとで「のり面ノズルマン技能講習会（全国特定法面保護協会認定）」を受講したノズルマンが施工することが品質的観点から望ましいとした。

吹付モルタルの配合例を表-4.1に示す。本工法では、「国土交通省 共通仕様書」を参考に水セメント比 55%の条件で配合を設計するものとする。

表-4.1 吹付モルタルの配合例

水セメント比 ¹⁾ (%)	m ³ 当り		
	セメント ²⁾ (kg)	水 (kg)	細骨材 (kg)
55	420	231	1,550

- 1) 水セメント比を60%以下を標準とする。
- 2) 単位セメント量を400 (kg) 以上とする。
- 3) 空気量を4%として計算

(出典:全国特定法面保護協会指針 2006)



図-4.6 吹付モルタルによるエルックの造成

4.3 施工管理

本工法の施工管理は、各発注機関の管理要領に従って行わなければならない。各機関に関係規定がない場合や、エポキシ樹脂塗装鉄筋の取り扱いないし確認試験手法については本マニュアルを用いるものとする。

【解説】

切土補強土工の施工管理法は、各発注機関の指針に従って行う。発注機関に該当する規定が無い場合は、下記の資料を参考にする。

- ①「LL補強土工法設計・施工マニュアル（表-4.5 LL補強土工法の品質管理 表-4.6 LL補強土工法の出来形管理）」
- ②「切土補強土工法設計・施工要領」：(株)高速道路総合技術研究所 2007
- ③「のり枠工の設計・施工指針」：(社)全国特定法面保護協会 2006
- ④「土木施工管理要領」一切土工編— 3-5 切土補強土工：(株)高速道路総合技術研究所 2007

4.3.1 エポキシ樹脂塗装鉄筋の受け入れ検査と補修

エポキシ樹脂塗装鉄筋の皮膜損傷検査は、目視確認により行う。目視確認により塗膜損傷面積が 1mm^2 以上の箇所は、補修用塗料を筆やハケを使用して補修し、皮膜損傷検査は、受け入れ検査時点と、補強材立て込み前の2回行なわなければならない。

【解説】

エポキシ樹脂の皮膜を補修する塗料は、JSCE-E 105「エポキシ樹脂塗装鉄筋補修用塗料の品質規格」に適合した補修用塗料を用いる。これは、素地に対する密着性、塗装鉄筋に対する密着性が良好で、かつ耐薬品性、防食性に優れており、他の材料に比べて品質が十分に確認されている。補修

の際の塗装厚は、200～300 μ m程度とする。

- ① 運搬、加工、組立ての過程において生じた有害な傷等の損傷部と切断による塗膜欠落部については、溶剤を含ませたウエス等で油、汚れ等の異物を拭き取り清浄にした後、補修用塗料を塗る。
- ② 損傷部に錆が認められた場合は、サンドペーパー等で、上記①に先だつて錆を取り除く必要がある。
- ③ エポキシ樹脂塗装鉄筋の切断は、濡らした布を切断箇所巻き、温度上昇対策を講じてディスクグラインダーや高速切断機で切断する。ガス切断した場合は、塗膜が熱により劣化変質しているため、それらの塗膜をサンダーなどのパワーツールやワイヤーブラシなどを用いて完全に除去した後に補修用塗料を塗る。

4.3.2 エポキシ樹脂塗装鉄筋の組立

エポキシ樹脂塗装鉄筋の塗膜は、衝撃に対して弱いので塗膜が損傷しないように注意する必要がある。また、塗膜の損傷部は、専用塗料で補修するとともに、エポキシ樹脂塗装鉄筋を長期間直接日光にさらしてはならない。

【解説】

エポキシ樹脂塗装鉄筋の取り扱い上の留意点を「1.4.2 使用材料の特徴」の表-1.4 に示したが、本項でも主な留意点を示す。

- ① 運搬時の留意点
 - ・ 玉掛け作業は、ナイロンスリングを用いる。
 - ・ 厚さ1cmのゴムマットで保護したワイヤーロープを使用する。
- ② 梱包した塗装鉄筋の束をクレーンで吊るときの留意事項
 - ・ 塗装鉄筋がたわむと鉄筋素地に達する塗膜損傷を生じることがあるので、1点吊りは避け、2点吊りないし3点吊りとする。
- ③ 小運搬時の留意事項
 - ・ 塗装鉄筋同士が接触したり、地面と直接接触するような状態で引きずらない。
- ④ 塗装鉄筋の束を積み重ねて貯蔵するときの留意事項
 - ・ 塗装鉄筋を梱包するときは、平行に配列する。重ねてよい段数は5段までとする。
- ⑤ 塗装鉄筋加工時の留意事項
 - ・ 配筋した塗装鉄筋を足場として使用してはならない。
 - ・ 塗装鉄筋をコンクリート上に落下させてはならない。
 - ・ 塗装鉄筋は、普通鉄筋より慎重に取り扱う。

エポキシ樹脂塗装鉄筋を引きずったり投げ落としたりした場合や、長い補強材をまとめて1点吊りして鋼材が大きく撓むと素地に達するような損傷を受けやすいので、鋼材は損傷を受けないように丁寧に取り扱い、鋼材をまとめてクレーンで吊るす場合は2点吊り以上として、塗膜の損傷を防止する。塗膜が損傷した場合は、専用補修剤で補修する。

本工法の施工で1ヶ月以上エポキシ樹脂塗装鉄筋を直射日光にさらすケースは少ないと考えられるが、エポキシ樹脂塗装鉄筋を3ヶ月以上の長期間直射日光さらすと、塗膜の曲げ加工性が低下することがある。

4.3.3 確認試験方法

本工法の確認試験は、NEXCO 要領に従って行い、準備段階で非切断法と仮切断法のうちから現場に適した手法を選択可能である。

【解説】

1) 確認試験の準備方法

LL補強土工法の確認試験を行うため、補強材と主筋がL字型に曲がっている頭部に、センターホールジャッキを取り付けなければならない。このため、センターホールジャッキを取り付ける方法としては、非切断法と仮切断法があり、それぞれについて説明する。

①非切断法

非切断法は、LLホルダーでネジ節棒鋼を保持し、センターホールジャッキでLLホルダーと連結したテンションバーを引っ張る方法であり、LL補強土工法の補強材を切断することなく作業を実施出来る。非切断法による試験中の状況と使用機材の写真を示す。



図-4.7 エポキシ樹脂塗装鉄筋をつかむLLホルダー(灰色)とテンションバー(銀色)



図-4.8 LLホルダーを内蔵するラムチェア一般のセンターホールジャッキで試験可能

② 仮切断法

仮切断法は、補強鋼材の頭部を切断し、一般のセンターホールジャッキで試験を行い、試験終了後に専用カップラーで接合する方法である。

i 補強鋼材の切断方法

エポキシ樹脂塗装鉄筋は、200℃程度の一時的な加熱を受けても塗装性能への影響はないが、長時間 100℃以上の加熱を受けると、樹脂の軟化等が進行し、塗膜性能が大幅に低下する。したがって、切断時の加工温度が80℃以上になることは避けた方がよい。したがって、切断にあたっては、切断箇所周辺に濡れたウエスを巻き温度上昇の抑制に留意する必要がある。



図-4.9 補強鋼材切断状況

ii 切断面の補修

損傷したエポキシ樹脂塗装鉄筋の塗膜はワイヤブラシで除去し、鉄筋の損傷面にエポキシ樹脂塗料を塗る。補修塗りにあたっては、膜厚が 200～300 μm となるように塗るものとする。この膜厚は、通常の筆塗りで形成される厚さである。



図-4.10 仮切断法での試験状況

iii 補強鋼材の接合方法

確認試験を実施した箇所の接合は、接合部分の固定と腐食防止のために、エポキシ系樹脂グラウトを行うネジテツコン有機グラウト継手（エポックジョイント）を使用する。（なお、補強材の長さを延長する場合や補強材とエルック内のネジ節棒鋼を連結する場合も同じ手法で実施する。）

継手施工の標準作業手順を以下に示す。

- ① 施工技術確認
- ② 材料及び施工器具の準備
- ③ 鉄筋端部形状の確認と鉄筋のマーク確認
- ④ 鉄筋の接合（かん合検査）
（グラウト混練状況の確認）
- ⑤ グラウト剤の混練と充填
（充填完了検査・外気温計測）
- ⑥ 養生

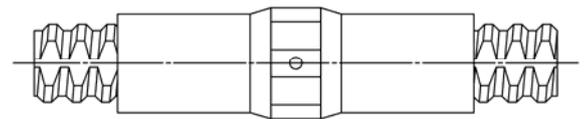


図-4.11 ネジテツコン有機グラウト継手の外観

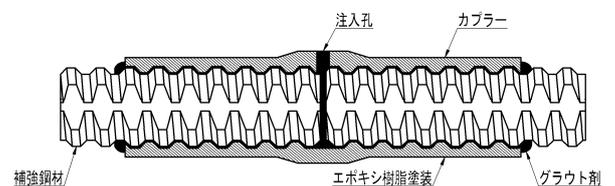


図-4.12 ネジテツコン有機グラウト継手の断面



図-4.13 ダブルカートリッジ方式による専用注入ガンの使用状況



図-4.14 注入完了状態

本継手に使用する樹脂グラウト剤は、表-4.2 に示す物性を満足するエポキシ系樹脂とする。

表-4.2 グラウト剤の物性

品質項目		単位	品質規格	試験方法
未 固 結 時	外観	—	有害と認められる異物の混入が無く 材料分離が発生していないこと	目視
	比重	—	1.3~1.5	JIS K 7232
	混合粘度	CP	$2 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4$	JIS K 7117 に準じる
	ポットライフ	Min	25以上	JIS K 7117 に準じる
	SVI 値	—	1.6以上	JIS K 7117 に準じる
硬 化 後	引張り強さ	Kgf/cm ²	125以上	JIS K 7113
	圧縮降伏強さ	Kgf/cm ²	700以上	JIS K 7208
	圧縮弾性係数	Kgf/cm ²	1×10^4 以上	JIS K 7208

固定はダブルカートリッジ（DC）方式で行う。DC方式とは、主剤と硬化剤が別々のカートリッジに充填されており、グラウト剤はノズルを兼ねたスタティックミキサーにより簡便かつ確実に混練されて同時に注入できるものである。DC方式のグラウト作業は、上記の写真に示した専用注入ガンを使用するものとする。

ダブルカートリッジ方式のグラウト作業要領

- ① グラウト作業は、資格者が行うものとする。
- ② 充填作業にあたり、空き缶などに空打ちをしてノズルの先端から吐出されるグラウト剤の混合状態を目視で確認する。
- ③ 充填作業は、ノズル先端をカプラー中央の注入孔に挿入してグラウト剤を注入し、カプラー両端の隙間からグラウト剤が溢出したことを確認後、完了する。
- ④ 気温が5℃以下の場合でも充填作業は可能であるが、累積養生時間（気温5℃以上の時間で24時間以上を標準とする）を確保するものとする。
- ⑤ グラウト剤の粘度が高く、充填作業に支障を来す場合（低温時等）は40℃程度にカートリッジごと暖めることにより注入施工が良好になる。
- ⑥ 1セットのカートリッジには主剤約470g、硬化剤約250g、計720gが充填されている。1セッ

トのカートリッジにおける標準施工数を表-4.3に示す。

表-4.3 カートリッジ1セット(約720g)あたりの標準継ぎ手施工可能数

サイズ	D19	D22
継手箇所数(箇所)	40.0	35.0
1箇所のグラウト使用量(g)	18	21

- ⑦ グラウト剤の養生時間は、表-4.4に示すとおりである。したがって、グラウト剤の充填後はこの必要養生時間を経過するまで継手部に衝撃を加えないように静置しなければならない。

表-4.4 養生時間

温度	5℃	15℃	20℃	25℃	30℃	40℃
養生時間	24時間	9時間30分	6時間40分	4時間	1時間30分	35分

2) 確認試験本数

試験頻度：任意抽出で全本数の3%かつ最低試験本数を3本以上とする。

3) 確認試験の試験荷重

最大試験加重：①設計荷重とする。

②経験的手法で設計を行った現場は、下記の試験荷重とする。(ただし、これにより難しい場合は、別途設定できる。)

砂および砂礫の場合 10.0 kN

軟岩の場合 50.0 kN

硬岩の場合 70.0 kN

(仮切断法での試験方法は従来から一般的に行われている確認方法と同じである。)

(補足) 確認試験と異なり「引抜き試験」を設計前および施工前に実施する時は、本マニュアルの3)引抜き試験(P15)に記載したように、無塗装の異形鉄筋直棒を用いて実施してよい。

表-4.5 LL補強土工法の品質管理

種別(※1)		品質管理項目	品質管理方法	品質管理の頻度	品質管理基準
A・B	補強材などの鋼材類	補強材などのエポキシ樹脂塗装製品の検査	①製造工場の規格証明書 ②塗膜は目視検査し、塗膜の損傷が見つかった場合は補修塗料で補修する。補修を要する塗膜損傷許容値は1mm ² を標準とする	製品納入時、全数加工後、組み立て途中及び組み立て後、補修後に目視検査実施	土木学会基準 2003
A・B	グラウト	水セメント比	重量	1) 施行開始前に1回 2) 施行条件変更がある場合ごとに1回	W/C=40~50%
		練混ぜ水温度	温度計		25° C 以下
		◎流動性	JSCE F521		P 漏斗 9~22 秒
		◎圧縮強度	JSCE G505	<div style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"> 施工中は、 1回/週の頻度 供試体 3本 </div>	材齢 28 日 24(N/mm ²)以上の設計値
A・B	エルックのモルタル吹付工	のり砕工の品質管理規準および規格値-p68・・・(社)全国特定法面保護協会の「のり砕工の設計・施工指針」参照。ただし「国土交通省 共通仕様書」を参考に水セメント比 55%の条件を満足すること。			
A	引抜き試験	土工施工管理要領 一切土工編-p23・・・(株)高速道路総合技術研究所 2007 参照 (補強鋼材は、エポキシ樹脂塗装品以外の製品でも使用可)			
C	確認試験	土工施工管理要領 一切土工編-p24・・・(株)高速道路総合技術研究所 2007 参照			

(※1)種別欄のA記載事項は施工前に実施、Bは施工中、Cは施工後に実施する。

表-4.6 LL補強土工法の出来形管理

種別	項目	計測方法	管理頻度	規定値
削孔	削孔位置	スケール使用	全孔	軸心の誤差±75mm 以下
	削孔角度	スラント定規使用		ロッドの傾き±2.5 度以下
	削孔径	ビット径を検尺	新規ビット取り付け時	設計径以上
	削孔長	ロッド残尺	全孔	設計長以上
資材の寸法	補強材・鋼材類	スケール使用	全数	規定値+0~3cm
組み立て	鋼材位置	スケール使用	全数	スペーサーは最大ピッチ 2.5m
エルックの寸法	エルックの寸法	スケール使用	全数	設計長以上+0~5cm
グラウト注入量	注入量	バッチ数	注入日毎	(孔口からのリターン確認)