

# 補強筋法砕工

【地山補強・法面保護】

〔設計・施工マニュアル〕



補強筋法砕工協会

〒902-0078 沖縄県那覇市字識名 290 番地 21

TEL (098) 834-5143 FAX(098)853-3865

E-mail: kojibu@kyouwa-doken.co.jp

# 目 次

## 1 . 総 則

1.1 適用の範囲 .....	1
1.2 補強筋法枠工 .....	1
1.3 本工法の特長 .....	2

## 2 . 材 料

2.1 鋼製法枠 .....	3
2.2 補強筋及び法枠固定具 .....	4
2.3 スペーサー .....	5
2.4 保護・防錆キャップ .....	6
2.5 注入材 .....	7
2.6 法枠内保護材 .....	8

## 3 . 防 食

3.1 溶融亜鉛メッキによる防錆 .....	9
3.2 亜鉛塗料による防錆 .....	10

## 4 . 設 計

4.1 本工法の設計手順 .....	11
4.2 法面保護 .....	12
4.3 地山補強 .....	13
4.3.1 法面の安定度評価 .....	13
補強前の安全率の計算 .....	13
必要抑止力の計算 .....	14
補強筋の配置計画 .....	14
補強後の安全率の計算 .....	15
4.3.2 経験的設計手法 .....	19
4.4 鉄筋補強土工の耐震安定計算法 .....	20

## 5 . 施 工

5.1	施工フロー図	21
5.2	施工方法	22
5.2.1	法面形成	22
5.2.2	植生工の選定	23
5.2.3	削孔位置だし	23
5.2.4	削孔作業	24
5.2.5	セメントモルタル注入	25
5.2.6	補強鉄筋(ネジ節異形)挿入	26
5.2.7	注入セメントモルタル養生	27
5.2.8	押え板の設置	27
5.2.9	補強鉄筋頭部処理	28
5.2.10	現場確認試験	29
5.3	施工管理	30
5.4	写真管理	31
5.5	安全管理	32
5.6	施工実績	33
	参考文献	34

# 1 . 総 則

## 1.1 適用の範囲

この設計・施工マニュアルは、補強筋法枠工法を用いて各種法面保護工および補強土工事を行う場合の設計、施工および維持管理に関する一般事項を示すものである。

### 【解説】

本手引きは、補強筋法枠工法を実施する際の設計・施工に必要な基本的な事項を示したものである。本手引きで取り扱う補強筋法枠工とは、切土のり面を覆う「押え板」と、地盤の一体化を図るために打設した「鉄筋補強材」等によって構成された鉄筋補強土工法の一つである。本工法は地山自身の持つ強度を利用した工法であることから、斜面の安定は地山条件や施工方法に大きく影響を受けやすい<sup>1)</sup>。このため、本要領が意図するところを的確に把握し、地形・地盤特性などの現地状況を十分に考慮のうえ、合理的で経済的なものになるように努めることが重要である。また、関係するところの示方書・基準・法規などにも注意を払い、実施することが必要である。

本要領とあわせて、下記の要領等も参照されたい。

切土補強土工設計・施工指針（平成 10，14）	日本道路公団
土質地質調査要領	”
設計要領第一集	”
長大切土のり面の縮小化工法に関する手引き	”
道路土工 - のり面・斜面安定工指針	日本道路協会
補強土留め壁設計・施工の手引き	日本鉄道建設公団

## 1.2 補強筋法枠工

「補強筋法枠工」は、押え板により法面の土の緩みや抜け落ちを防止するとともに、格点の鉄筋を長尺化して地山表層域の補強を図るもので、法面保護工にいわゆるソイルネイリング工と同様な機能を備えたものである（図 1.1）。法枠を鋼製にすることで小型化・軽量化を実現している。また、法面全体を溶接金網および不織布で被覆し、小さな土塊の抜け落ちや法面の侵食を防止するとともに、不織布を種子入りとすることで植生の定着が速く、景観的にも優れている。

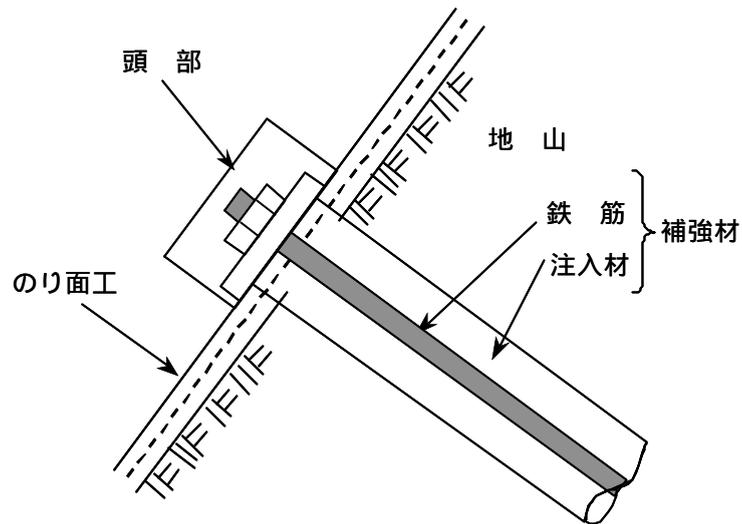


図1.1 鉄筋補強土工の基本構造

### 1.3 本工法の特長

「補強筋法枠工」の特長を以下に整理する。

#### 法面保護効果

- ・ 法枠および溶接金網により，小土塊の抜け落ちを防止する。
- ・ 不織布により法面を保護し，侵食（赤土流出等）を防止する。
- ・ 押え板は比較的軽量であるため，法面表層への負荷が小さい。

#### 地山補強効果

- ・ 補強筋による擁壁効果および締め付け・引き止め効果により，法面の小～中崩壊を防ぐことができる。ただし，適用にあたっては十分な調査・解析が必要である。

#### 景観改善効果

- ・ 不織布を種子入り（植生シート）とすることで法面の緑化が容易である。
- ・ 押え板はコンクリート法枠等に比べて小さいため目立たない。

#### 施工上の優位点

- ・ 二次製品（等辺山形鋼等）を加工して法枠等に使用するため，簡単で速い施工が可能である。
- ・ 押え板は軽量で，運搬・敷設が容易である。
- ・ 押え板の敷設に足場を要しない。
- ・ 削孔方法は水を使わないオーガ型式で，孔壁周辺の泥岩の弱화를最小限に止め，孔壁が自立し，鉄筋の挿入が容易である。

### 耐久性および維持管理上の優位点

- ・ 押え板は、補強筋と連結・固定され、軽量かつ弾性に優れており、高い耐震性を有する。
- ・ 押え板、溶接金網、補強筋頭部および法枠固定具（六角ナット）には、防錆処理が施され、耐久性に優れている。
- ・ 補強筋頭部および法枠固定具は、塩ビ管およびモルタルにより保護する。

## 2. 材 料

### 2.1 押え板

法枠鋼材は、JIS G3101 規格の等辺山形鋼（100mm×100mm，厚 7mm）を一般とする。

#### 【解説】

端部の溶接はスミ肉溶接とし、スラグ巻き込み、溶け込み不足等の発生を防ぐため、屋内で行う。法枠固定穴の間隔は、設計長さ±3mm 以内の精度とする。加工溶接終了後、スラグ剥離を行い充分洗浄する。加工溶接終了後の鋼材は、防錆のため溶融亜鉛メッキ加工を施す。

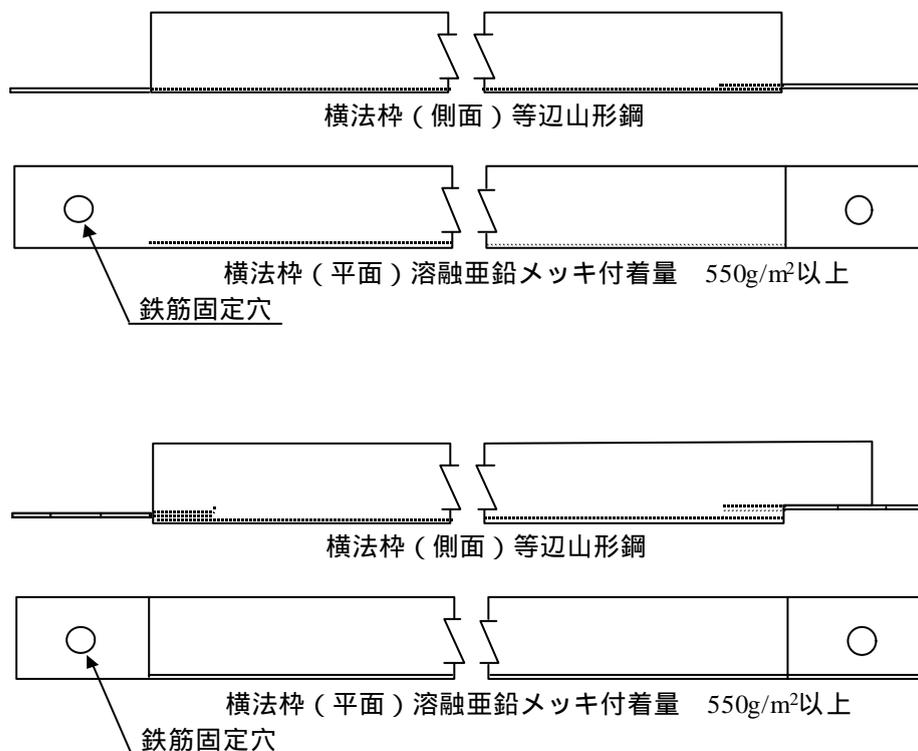


図2.1 鋼製法枠

## 2.2 補強筋および法枠固定具

- (1) 補強に用いる鉄筋は、JIS 規格の異形鉄筋（ネジ筋，D19～D25，六角ナット付き）とする。
- (2) 法枠固定具として六角ナットを用いる。
- (3) 六角ナットおよび鉄筋頭部約 50cm に防錆のため亜鉛塗料を塗布する。

### 【解説】

- (1) 異形鉄筋の規格および重量は、JIS G 3112 に準拠している。
- (2) 電動インパクトドリルを用いて六角ナットの本締めを行ない、押え板と補強筋を固定する。
- (3) 補強鉄筋は、現場搬入前に鉄筋頭部約 50cm に亜鉛塗料をハケ塗りして搬入し、法面に挿入施工します。また六角ナット本締め完了後に補強鉄筋切断・六角ナット等の防錆処置として亜鉛塗料を現場でハケ塗りして防錆措置を行なう。

表 2.1 異形鉄筋の重量

規格	3m	4m	5m	単位重量 (kg/m)
D19	6.75	9	11.25	2.25
D22	9.12	12.16	15.2	3.04
D25	11.94	15.92	19.9	3.98

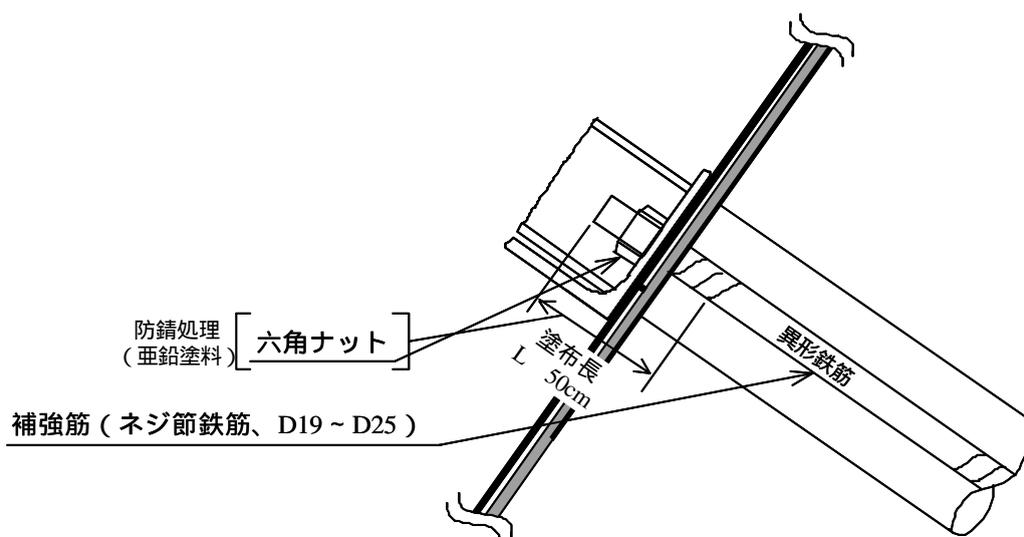


図2.2 補強筋及び法枠固定具

## 2.3 スペーサー

- (1) 鉄筋が孔の中心に位置するように，最大ピッチ 2.5m で最低 2 箇所以上，金属チョウチンスペーサーを設置することとする<sup>2)</sup>。
- (2) スペーサーは鉄筋用結束線により鉄筋に緊結する。

### 【解説】

地山と引っ張り芯材との土かぶりを確保するためのスペーサーは，坑口部付近と補強材中央付近より奥側(地山深部側)の二箇所以上とする。

金属チョウチンスペーサーの例を，図 2.3 に示す。

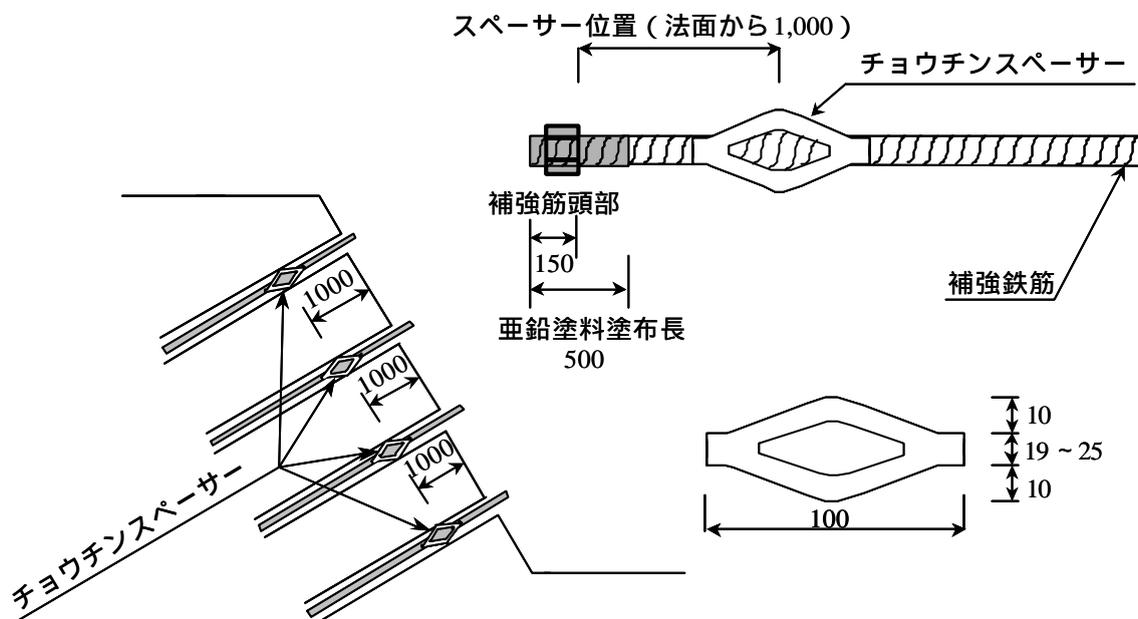


図2.3 スペーサー及び取り付け位置

## 2.4 保護・防錆キャップ

- (1) 補強筋頭部および法枠固定具は、保護および防錆のためモルタルによりキャップする。
- (2) モルタルキャップ型枠材として VU 塩ビ管（径 = 75mm）を使用する。

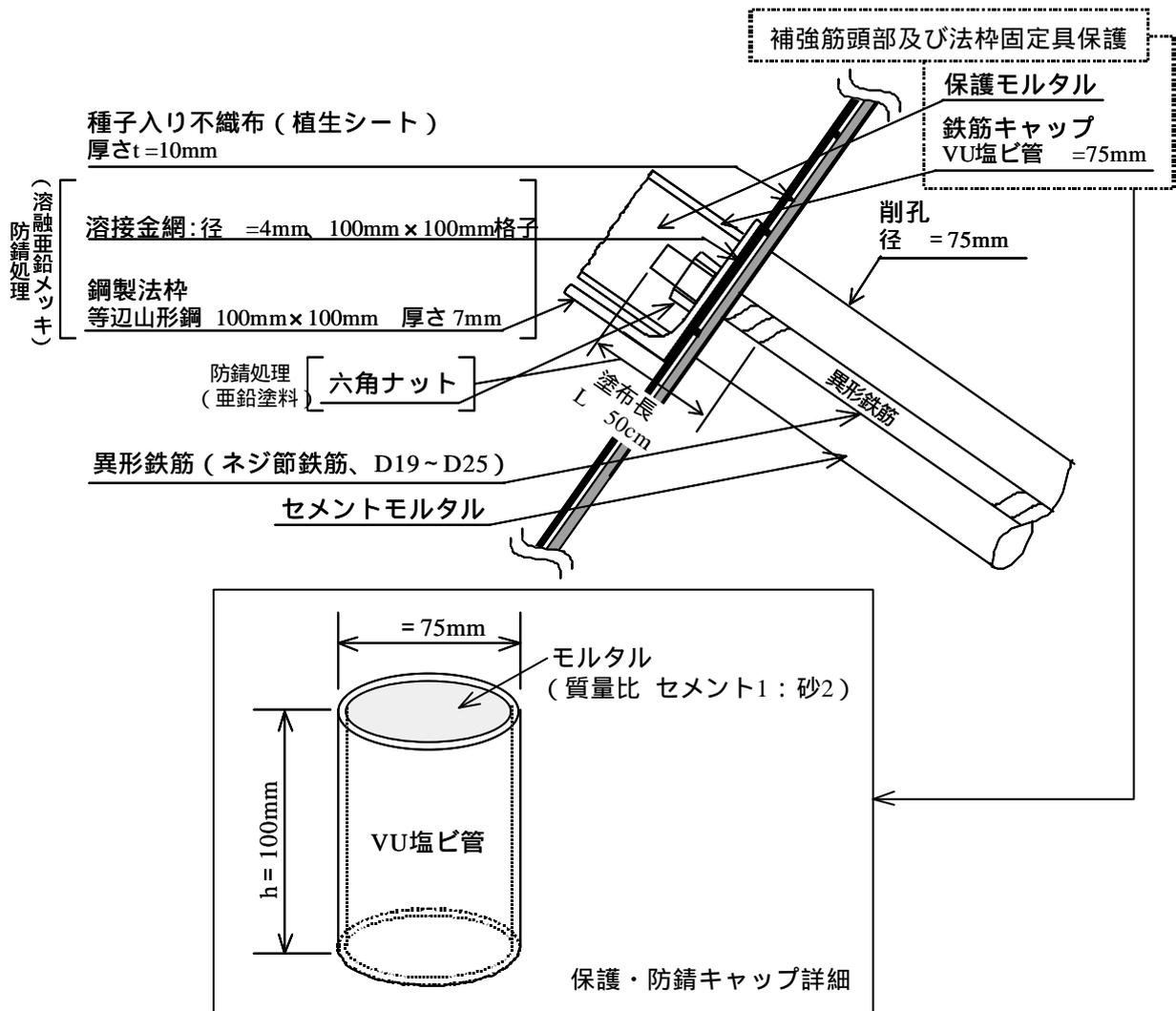


図2.4 補強筋頭部及び法枠固定具保護・防錆キャップ

## 2.5 注入材<sup>1)</sup>

- (1) セメントモルタルを標準とし，所要の強度，耐久性を有するものとする。  
また施工の面から流動性に優れているものを使用する。
- (2) 標準配合は，重量比でセメント 1 : 水 0.42 : 砂 1 とし，セメント重量の 0.1% の流動化材を加える。

### 【解説】

- (1) 注入材は，所要の強度，長期安定性を有し，補強材と地盤との間に密実に充填され，注入材が十分な強度を有することが要求される。そのため，地山の状況に応じて適当な注入材の配合を決定する必要がある。
- (2) 注入材の配合は表 2.2 を標準とする。

表 2.2 注入材の配合例

	セメント	重量比 水	砂
セメントミルク	1	: 0.40 ~ 0.50	
モルタル	1	: 0.42 ~ 0.45	: 1

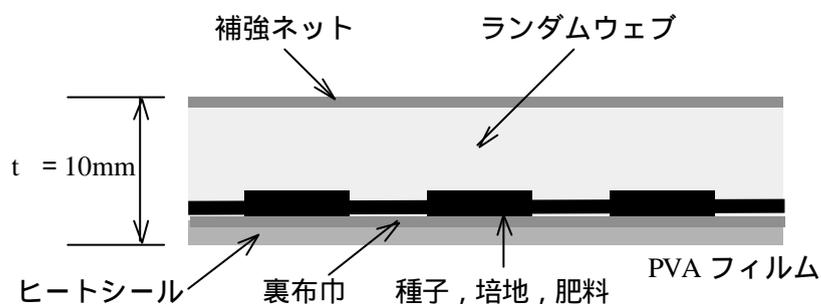
<sup>28</sup> 21N/mm<sup>2</sup> (仮設 <sup>28</sup> 18 N/mm<sup>2</sup>)  
流下時間 22 秒以下 (P ロート : JHS A313 - 1992 準用)

## 2.6 法枠内法面保護材

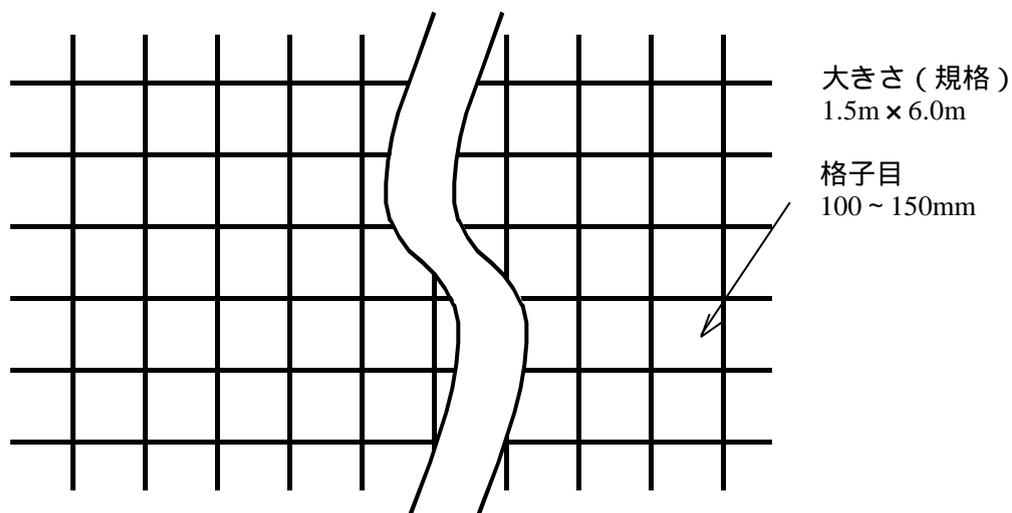
法面保護材として、不織布<sup>3)</sup> および溶接金網を用いる。

### 【解説】

- (1) 不織布は、厚さ 10mm，種子入りを使用する。
- (2) 溶接金網は、格子（縦横 100～150mm）状とし、熔融亜鉛メッキによる防錆処理を行ったものを使用する。



### a) 種子入り不織布の構造



### b) 溶接金網

図 2.5 不織布および溶接金網

### 3 . 防 食

#### 3.1 溶融亜鉛メッキによる防錆

(1) 押え板および溶接金網は、JIS H 8641 に準拠した溶融亜鉛メッキによる防錆処理を施す。  
 (2) 溶融亜鉛付着量は、押え板で 550g/m<sup>2</sup> 以上、溶接金網で 500g/m<sup>2</sup> とする。

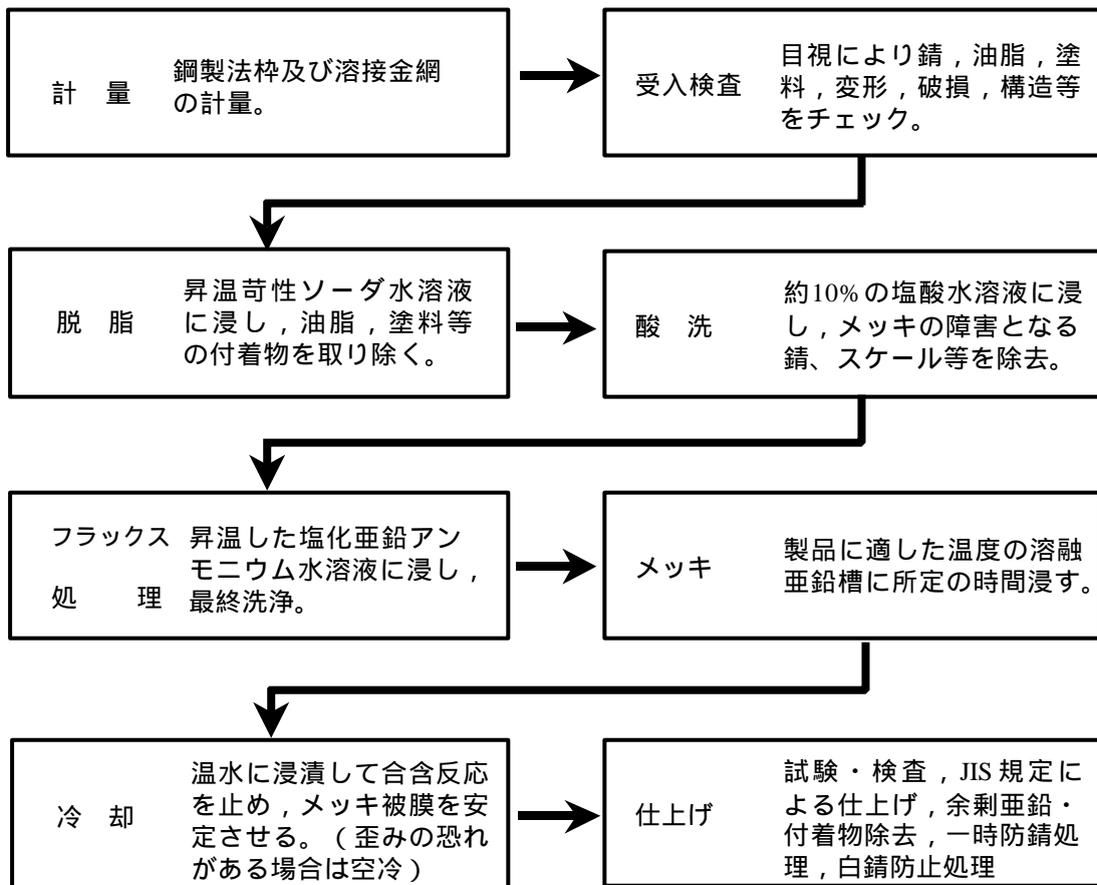


図3.1 溶融亜鉛メッキによる防錆処理

表 3.1 亜鉛の平均腐食速度と亜鉛付着量 550g/m<sup>2</sup> 鋼材の耐用年数<sup>4)</sup>

ばく露試験地域	平均腐食速度 (g/m <sup>2</sup> ・年)	亜鉛付着量550g/m <sup>2</sup> 鋼材の耐用年数 (年)
都市工業地帯	9.3	53
田園地帯	4.5	110
海岸地帯	11.1	45

### 3.2 亜鉛塗料による防錆

補強筋頭部 50cm および法枠固定具には亜鉛塗料による防錆処理を行い,法枠固定後の補強筋切断面についても同様な処理を行う。亜鉛塗料は,亜鉛含有量 96%以上を用いる。

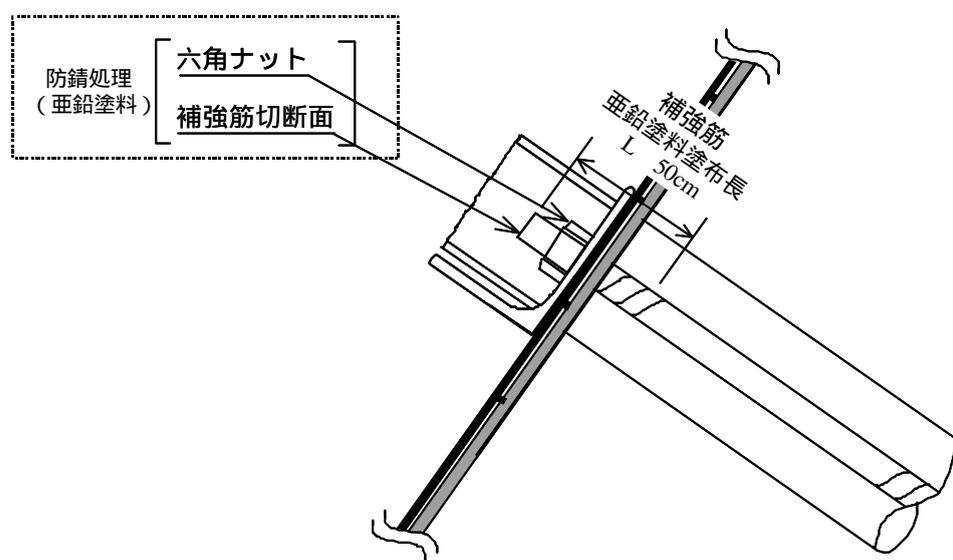


図3.2 亜鉛塗料による防錆処理

# 4 . 設 計

## 4.1 本工法の適用区分と設計手順

切土（または盛土）後の法面の安全率  $F_s$  が  $F_s \geq 1.20$  では法面保護的な適用とし、 $F_s < 1.20$  では地山補強としての適用となる。

法面の安定度評価においては、地盤特性（想定すべり面土の強度定数）が最も重要となる。

表 4.1 補強筋法枠工の適用区分

$F_s \geq 1.20$ 法面保護的な適用
$F_s < 1.20$ 地山補強としての適用

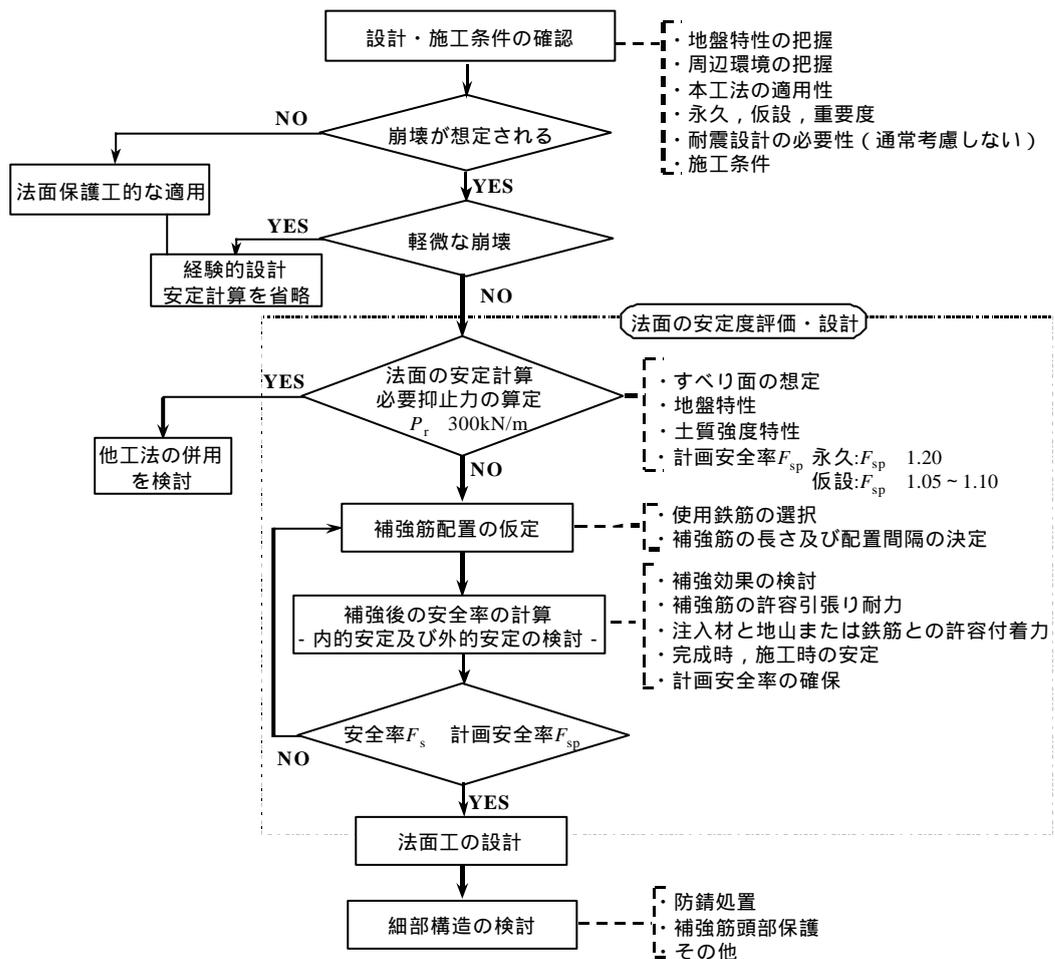


図 4.1 本工法を適用する際の設計手順

## 4.2 法面保護

詳細な調査の結果，法面崩壊の恐れがないと判断された場合，法面保護工的な適用となる。

### 【解説】

法面保護材（押え板，溶接金網，不織布）および植生で法面を被覆し，法面の侵食や風化を防止する。不織布は，原則として，植生が速やかに定着する種子入り（植生マット）とする。

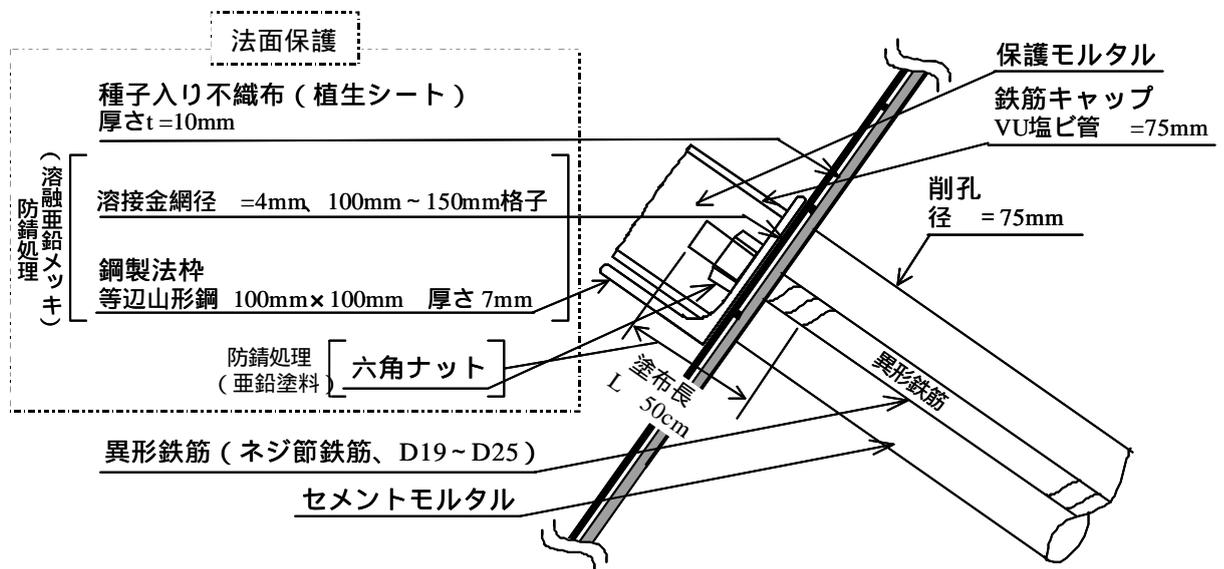


図4.2 補強筋法枠工の法面保護機能部

## 4.3 地山補強

### 4.3.1 法面の安定度評価・設計

#### 補強前の安全率の計算

本工法の施工対象法面について諸調査（地質，土質等）を行い，すべり面を想定して補強前の最小安全率を求める。安全率の計算はスライス分割法<sup>5)</sup>による極限つり合い安定解析によって行う。

$$F_s = \frac{[c \cdot l + (W - u \cdot b) \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi]}{(W \cdot \sin \theta)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに， $F_s$ ：安全率

$W$ ：スライス分割片の土塊重量 (kN/m)

$\theta$ ：水平面に対するすべり面の角度 (°)

$u$ ：すべり面上の間隙水圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$b$ ：スライス分割片の幅 (m)

$c$ ：すべり面土の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\phi$ ：すべり面土の内部摩擦角 (°)

$l$ ：スライス分割片のすべり面長さ (m)

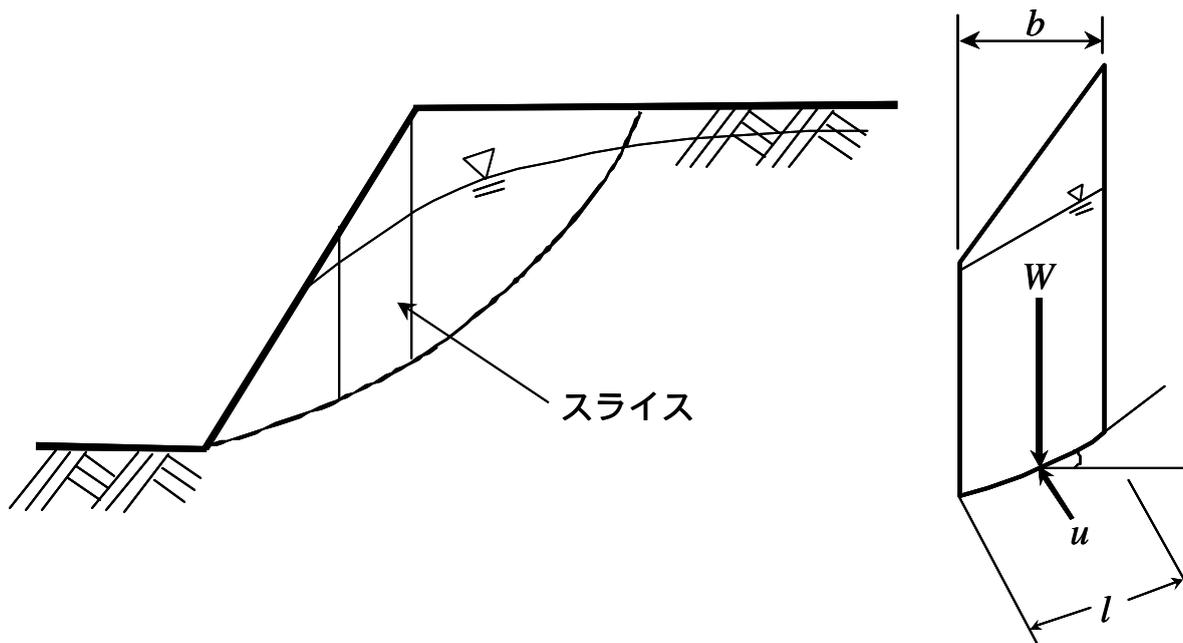


図4.3 スライス分割法（補強前）

## 必要抑止力の計算

補強斜面の計画安全率は、永久と仮設に分けて考え、それぞれ次を基本とする<sup>1)</sup>。

永久\*（長期）： $F_{sp}$  1.20

仮設\*\*（短期）： $F_{sp}$  1.05, 1.10

\*永久の計画安全率  $F_{sp}$  1.2 は、本線等の永久法面、埋め戻し後地表に残る永久法面、放置期間が2年以上の仮設法面などに適用する。

\*\*仮設の計画安全率は、掘削開始から最下段の補強材設置前までの施工時の計画安全率を  $F_{sp}$  1.05 とし、最下段の補強材設置後から埋め戻し前までの放置期間の計画安全率を  $F_{sp}$  1.10 とする。

ここでは、計画安全率 ( $F_{sp}$  1.20) に見合う必要抑止力  $P_R$  を次式より算出する。

$$P_R = F_{sp} \cdot (W \cdot \sin \alpha) - [c \cdot l + (W - u \cdot b) \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi] \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $F_{sp}$ ：計画安全率

$P_R$ ：必要抑止力

一般に、最小安全率を与えるすべり面と計画安全率に対して必要な最大抑止力を与えるすべり面とは異なる。そのため、必要抑止力が最大となるすべり面を求め、抑止計画を検討する。

## 補強材の配置計画

必要抑止力に見合うように補強筋の長さ、配置間隔、打設角度等を決定する。

- a. 補強筋の長さは2.0～8.0mとし、0.5mきざみで調整する。
- b. 補強材の配置間隔は1.0～1.5mとする。
- c. 補強材の最小配置密度は約2m<sup>2</sup>当たり1本(0.5本/m<sup>2</sup>)とする。
- d. 補強材の打設角度は通常に法面勾配に直角とするが、法面勾配が緩い場合や粘性土地盤では水平に近づける。
- e. 削孔径の大きさを適宜決定する。

## 補強後の安全率の計算

補強後の法面について，内的安定性および外的安定性を式（3）により検討する。内的安定性はすべり面が補強材を横切る場合の検討である。外的安定性は，すべり面が補強領域の外側にある場合と補強された領域を擬似擁壁とみなす場合についての検討である。JH 日本道路公団切土補強土工法設計・施工要領では，この検討にも含まれているとの考えからこのみでよいとしており，本マニュアルもこれに準ずる。

$$F_{sp} = \frac{[c \cdot l + (W - u \cdot b) \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi] + P_r}{(W \cdot \sin \theta)} \dots\dots\dots (3)$$

ここに， $P_r$ ：補強材の抑止力（kN/m）

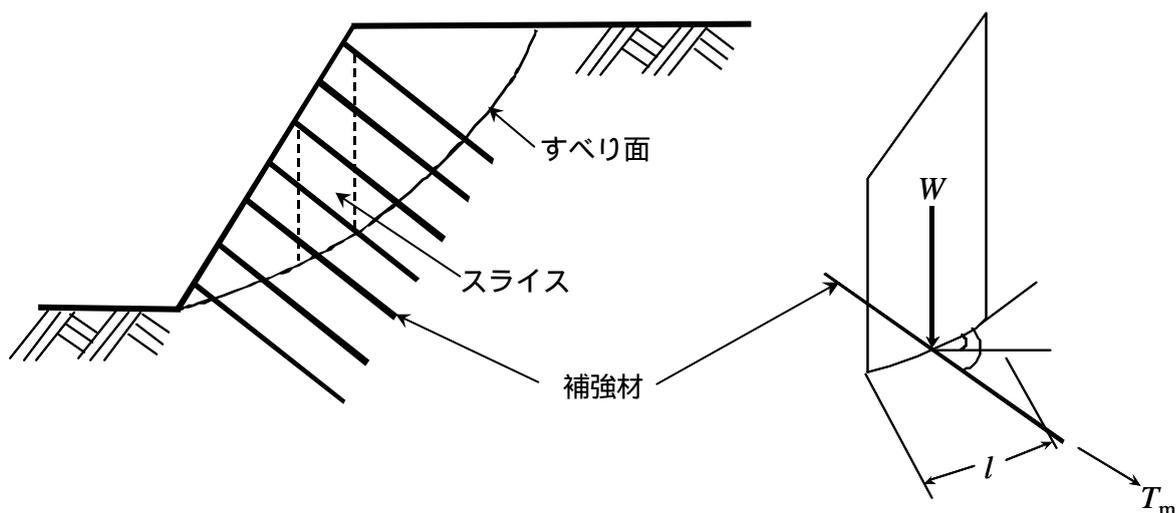


図 4.4 スライス分割法(補強後)

補強材の抑止力  $P_r$  は次式より得られる。

$$P_r = T_m (\cos \theta + \sin \theta \cdot \tan \phi) \dots\dots\dots (4)$$

ここに， $T_m$ ：補強材の設計引張り耐力（kN/m）  
 $\theta$ ：すべり面に対する補強材の角度（°）

なお、極限つり合い状態においても、すべての補強材の引張り力が許容される最大値に達することはないと考え、通常、次のように許容引張り耐力  $T_{pa}$  を低減している。

$$T_d = \alpha \cdot T_{pa} \quad T_m = T_d / Sh \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 $\alpha$ ：低減係数（0.7 本工法の標準値）

$T_d$ ：低減された補強材の許容引張り耐力（kN/本）

$T_{pa}$ ：補強材の許容引張り耐力（kN/本）

$Sh$ ：補強材の水平配置間隔（m）

[ 補強材の許容引張り耐力  $T_{pa}$  ]

補強材の引張り耐力  $T_{pa}$  は、補強材が移動土塊から受ける許容引抜き（抜け出し）抵抗力  $T_{1pa}$ 、不動地山から受ける許容引抜き抵抗力  $T_{2pa}$  および鉄筋の許容引張り力  $T_{sa}$  のうち、最小のものをを用いる（図 4.5）。

$$T_{pa} = \min [ T_{1pa} , T_{2pa} , T_{sa} ] \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 $T_{1pa}$ ：補強材の移動土塊から受ける引抜き抵抗力（kN/本）

$T_{2pa}$ ：補強材の不動地山から受ける引抜き抵抗力（kN/本）

$T_{sa}$ ：鉄筋の許容引張り耐力（kN/本）

吹付砕工相当以上の法面工の場合には、 $T_{1pa}$  は検討せず無視してよいとされており<sup>1),6)</sup>、本工法においても  $T_{1pa}$  を検討しなくてもよいとする。しかし、重要度が高い場合や調査により  $T_{1pa}$  の検討を必要とする場合は、定着の状況や法面工を考慮して適切な方法によりを評価し、 $T_{pa}$  を算出しなくてはならない。

$T_{1pa}$  の評価法については明確な基準はないが、次式を参考にできる。

$$T_{1pa} = 1/(1-\mu) \cdot L_1 \cdot t_a \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 $\mu$ ：法面工低減係数  
 $L_1$ ：移動土塊の有効定着長 (m)

$T_{2pa}$  は、次のように与えられる。

$$T_{2pa} = L_2 \cdot t_a \dots\dots\dots (8)$$

$$t_a = \min [ t_{pa}, t_{ca} ]$$

$$t_{pa} = ( \quad_p \cdot \quad \cdot D ) / F_{sa}$$

$$t_{ca} = \quad_c \cdot \quad \cdot d$$

ここに、 $L_2$ ：不動地山の有効定着長 (m)  
 $t_a$ ：許容付着力 (kN/m)  
 $t_{pa}$ ：地山と注入材の許容付着力 (kN/m)  
 $t_{ca}$ ：鉄筋と注入材の許容付着力 (kN/m)  
 $\quad_p$ ：地山と注入材の周面摩擦抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $D$ ：削孔の直径 (m)  
 $F_{sa}$ ：周辺摩擦抵抗の安全率\*  
 $\quad_c$ ：鉄筋と注入材の許容付着応力 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $d$ ：鉄筋の直径 (m)

\* $F_{sa}$  は永久と仮設に分けて考えそれぞれ次を基本とする。  
 永久（長期）： $F_{sa} = 2.0$   
 仮設（短期）： $F_{sa} = 1.5$

$T_{sa}$  は、次式で与えられる。

$$T_{sa} = \quad_{sa} \cdot A_s \dots\dots\dots (9)$$

ここに、 $\quad_{sa}$ ：鉄筋の許容引張り応力度 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $A_s$ ：鉄筋の断面積 (m<sup>2</sup>)

「補強材の配置計画」で設定した補強材配置で所定の計画安全率を満足しない場合は適宜補強材配置を変更し、計画安全率を満足するようにしなければならない。この時、計画安全率を下回った要因を明確にして配置計画を見直す。

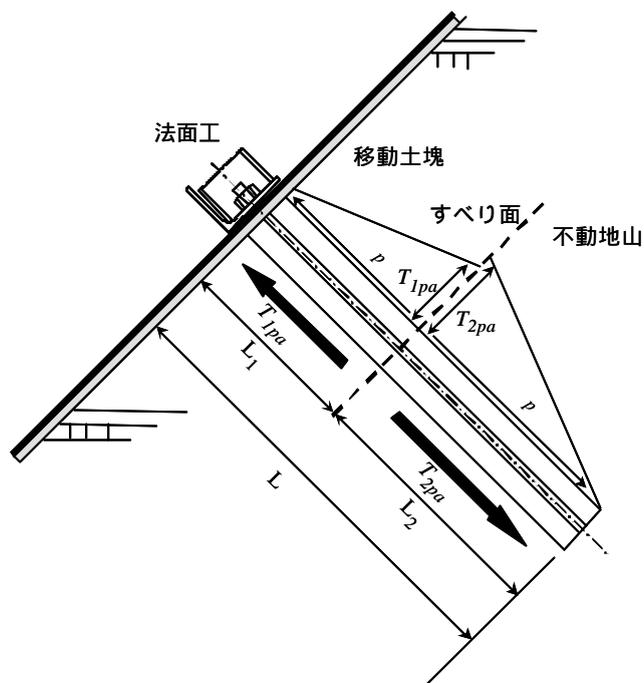


図 4.5 補強材の引張り耐力  $T_{pa}$

表 4.1 法面工低減係数  $\mu$  の目安<sup>1)</sup>

法面工	法面工低減係数 $\mu$	備考
植生工法面	0	補強材頭部が固定されていない場合
コンクリート吹き付け工	0.2-0.6	頭部プレート等で頭部が結合されている場合
法枠工	0.7-1.0	頭部が十分に結合されている場合
擁壁類	1	連続した板タイプ法面工

表 4.2 地山と注入材の周面摩擦抵抗  $p$  推定値<sup>1)</sup>

地盤の種類		周面摩擦抵抗 $p$
		N/mm <sup>2</sup>
岩盤	硬岩	1.18
	軟岩	0.78
	風化岩	0.49
	土丹	0.49
砂礫	10	0.08
	20	0.14
	N値 30	0.20
	40	0.27
	50	0.35
砂	10	0.08
	20	0.14
	N値 30	0.18
	40	0.23
	50	0.24
粘性土		$0.8 \times c / 1000$ $c$ は粘着力 ( kN/m <sup>2</sup> )

表 4.3 鉄筋と注入材の許容付着応力  $c$  (N/mm<sup>2</sup>)<sup>1)</sup>

注入材の設計基準強度	21	24	26	29
鉄筋と注入材の許容引張り応力 $c$	1.4	1.6	1.7	1.8

表 4.4 鉄筋の許容引張り応力度  $s_a$  (N/mm<sup>2</sup>)<sup>1)</sup>

鉄筋の種類	SD295A,B	SD345
鉄筋の許容引張り応力度 $s_a$	176	196

#### 4.3.2 経験的設計手法<sup>1)</sup>

経験的設計法は、崩壊対策として標準勾配で切土をしたときに、深さ 2m 程度の浅い崩壊または緩んだ岩塊の崩落が予測される場合に適用できるものとする。

経験的設計法が用いられるようになった主旨は、深さ 2m 程度の崩壊対策に対して、その都度設計を行うのは大変であることから設計を省略したいという点にあった。しかし、軽微な崩壊という表現は抽象的であり、その言葉が一人歩きしてしまうと安定計算が必要である法面においても、経験的設計法を適用し、その結果、十分に安定が保たれず、有害な変形が生じたときに、深さ 2m 程度の浅い崩壊または緩んだ岩塊の崩壊が予測される場合に限り適用することができるものとした。

過去の施工例から定めた設計諸元を表 4.5 に示すが、これより補強材の長さを短くし、間隔を広くしたい場合には、安定計算を行わなければならない。

表 4.5 経験的設計法諸元

項目	諸元
・削孔径	65 ~ 75
・補強材径	D19 ~ 25
・補強材長	2 ~ 3m <sup>*)</sup>
・打設密度	約2m <sup>2</sup> 当り1本
・角 度	水平下向き10° ~ 法面直角

<sup>\*)</sup>深さが 1m 以内であると予想される場合には 2m、深さが 2m であると予想される場合には 3m を目安とする。

#### 4.4 鉄筋補強土工の耐震安定計算法

耐震設計の基本的な考え方は、対象となる構造物の設計を規定する「道路土工 - のり面・斜面安定工指針<sup>7)</sup>」や「道路土工 - 擁壁工指針<sup>8)</sup>」などの基準類に従うものとし、構造物の重要度および復旧の難易度を考慮し、必要に応じて地震時の安定検討を行う。

##### (1) 設計引張り耐力の算定

無補強法面の安定性が満足されない場合は、補強材の引張り耐力の分布特性を仮定して、安全率が地震時の許容安全率を満足するのに必要な補強材引張り耐力の合計  $T_{req}$  の最大値  $T_{req(max)}$  を算定する。実際の補強材引張り耐力の分布は、補強領域の土と補強材の複合体がどのように変形して釣り合うかに帰するが、このことに関する明瞭な実験結果は未だ少ない。

円弧すべり安全率式は、常時のものを震度法により拡張した以下の式が用いられる。

$$F_s = \frac{R \sum \{ cl + (W \cdot \sin \theta - k_h W \cdot \cos \theta) \tan \phi \} + R \sum T (\sin \theta + \cos \theta \cdot \tan \phi)}{\sum (R \cdot W \cdot \cos \theta + k_h W \cdot y)}$$

$$= \frac{MR + MR}{MD}$$

ここに、 $T$ ：補強材による張力(図 4.6 参照)

$MR$ ：補強材による抵抗モーメントの増加

$R$ ：すべり円弧の半径

$l$ ：分割片のすべり線の長さ

$W$ ：分割片の重量

$k_h$ ：水平震度

$y$ 、 $\theta$ ：図 4.6 参照(注：図は補強時の場合を示している)

$MR$ ：土塊による抵抗モーメント

$MD$ ：土塊による滑動モーメント

##### (2) 設計地震力の設定

耐震設計を行う場合において設計に用いる地震力は、当該構造物の設計法を規定する「道路土工 - のり面・斜面安定工指針」や「道路土工 - 擁壁工指針」などの基準類に従って設定する。

##### (3) 設計に用いる安全率

本指針における安全率は他のマニュアル<sup>9)</sup>の例、道路土工指針の例等を参考にした。

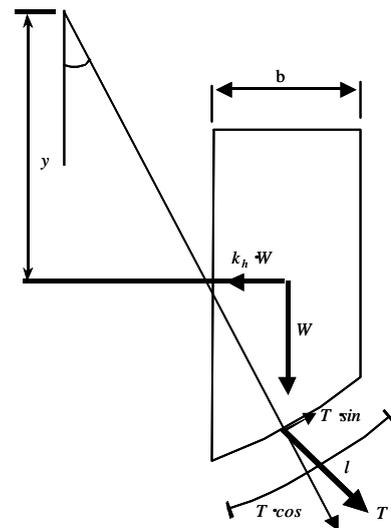


図 - 4.6 円弧すべり面を用いた地震時安定

## 5 . 施 工

### 5.1 施工手順

本工法の施工を円滑，確実に実施するために，下記の手順を定める(標準)。

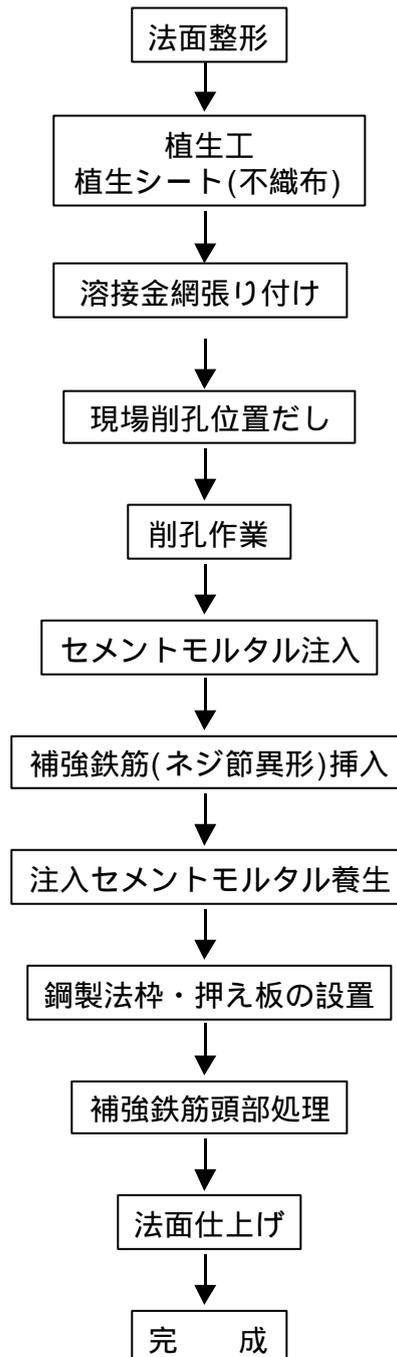


図 5.1 施工フロー図

## 5.2 施工方法

### 5.2.1 法面整形<sup>7)</sup>

一般的に法面勾配は、表 5.1 の標準値を参考として、調査結果および用地条件等を総合的に判断して計画法勾配を決定し、法面整形を行う。

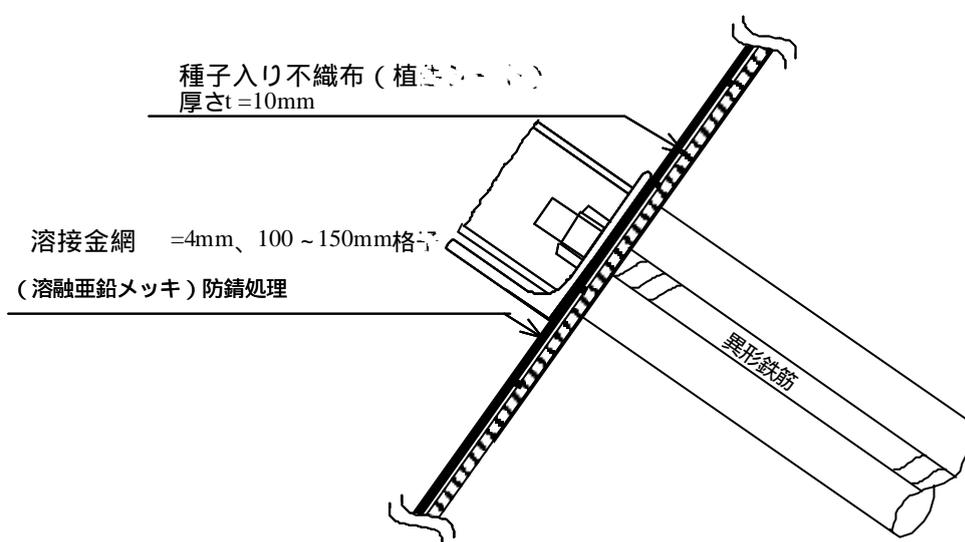
掘削前の地下水位より大幅に深く切り下げる場合、地下水のバランスを崩し崩壊の原因となることがあるので、地下水排水工を施工しながら何段階かに分けて切り下げて行くことが望ましい。

表 5.1 切土に対する標準法面勾配<sup>7)</sup>

地山の土質		切土高	勾配
硬岩			1 : 0.3 ~ 1 : 0.8
軟岩			1 : 0.5 ~ 1 : 1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1 : 1.5 ~
砂質土	密実なもの	5m 以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		5 ~ 10m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの	5m 以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
砂利または岩塊混じり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m 以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		10 ~ 15m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m 以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		10 ~ 15m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
粘性土		10m 以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.2
岩塊または玉石混じりの粘性土		5m 以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5

### 5.2.2 植生工

- 1.植生シート（厚さ=10mm，幅=1.0m）は，法面上部から敷設する。敷設に際してはシートに張り付けた種子を散逸しないよう気をつける。シートの重ね幅は約1cm程度とし，約10cmの釘で約1.5mピッチで止める。
- 2.溶接金網（ $a=4\text{mm}$ ， $b=1.5\text{m}$ ， $l=6.0\text{m}$ ，溶融亜鉛メッキ）は，植生シートの上に人力で敷設する。溶接金網の重ね幅は1マスとし，必要に応じて鉄線で固定する。

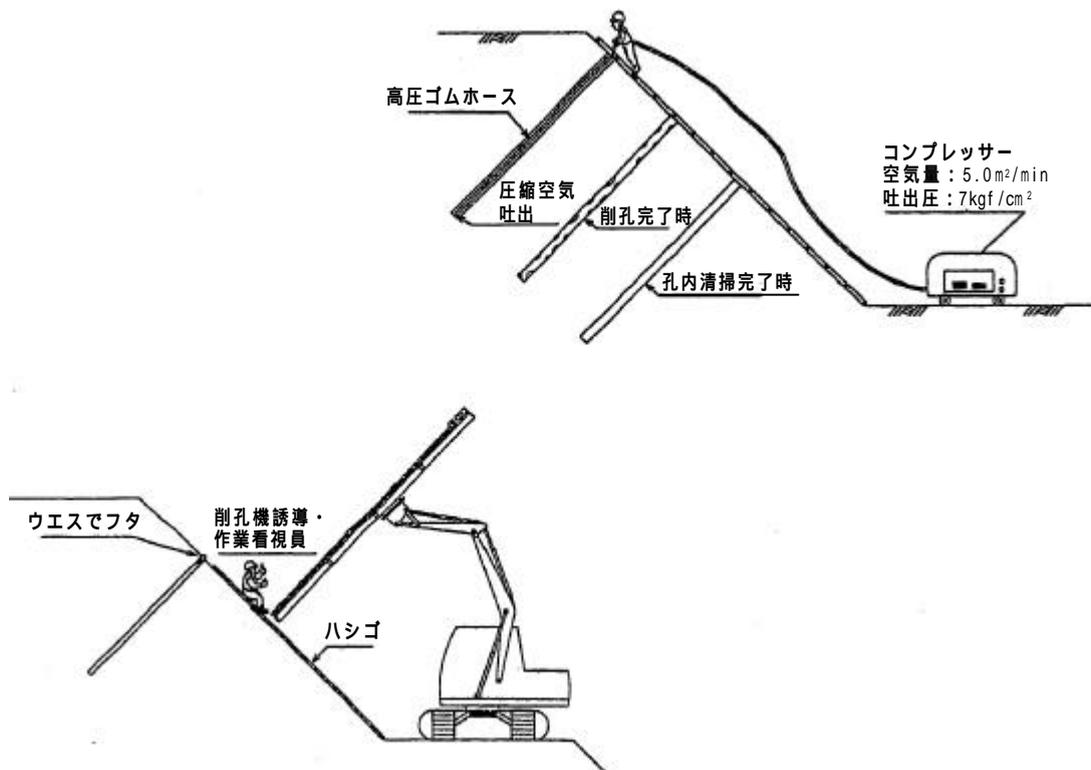


### 5.2.3 現場削孔位置だし

測量器具等を用いて，設計図面に従い正確に削孔位置を決める。ただし，図面と現場の差違が生じた場合，適宜対応する。

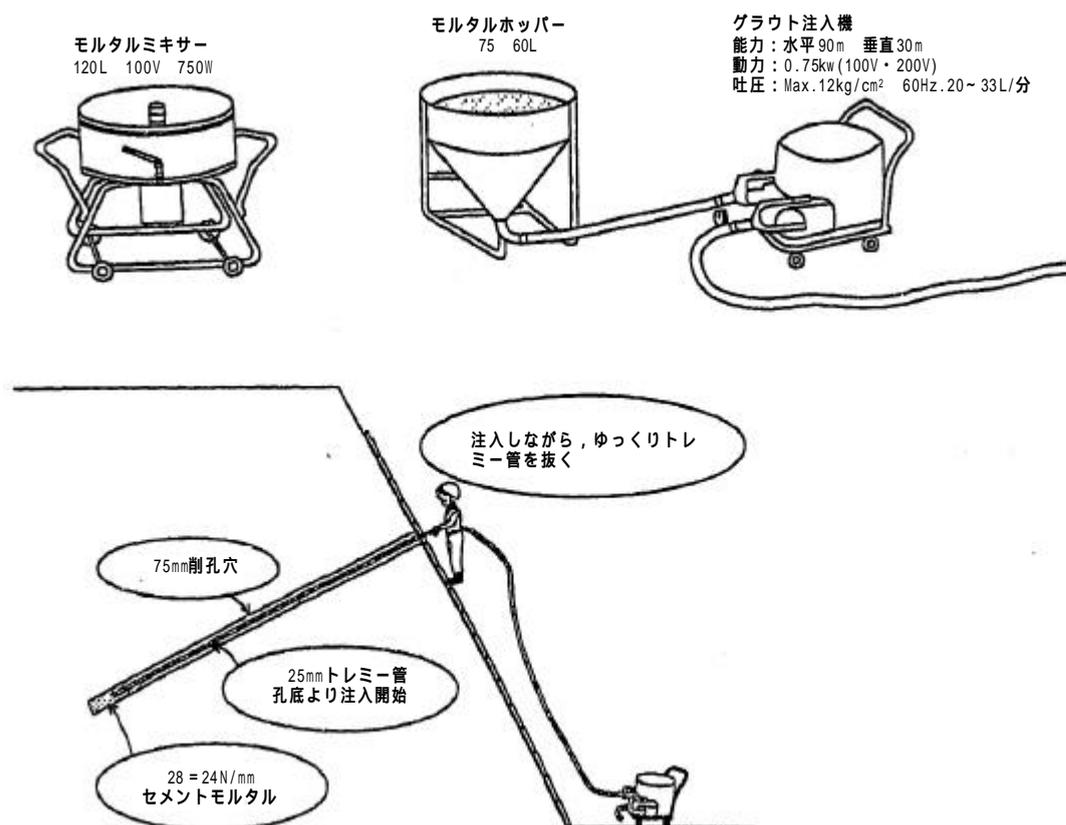
## 5.2.4 削孔作業

- 1.削孔機のオペレーターは、誘導員の指示に従いビット(刃先)の位置・方向を固定する。
- 2.オペレーターは、地盤状況に応じて削孔速度と回転数を決定する。
- 3.削孔時は、土質をチェックし設計土質との差違、定着地盤を確認する。
- 4.削孔スライムは、オーガーで排除し孔内に残ったスライムをコンプレッサーで孔底から排除する。
- 5.法面に残った削孔スライムは撤去する。
- 6.スライム排出作業が完了したら、ウエス等を用いて孔蓋をする。



## 5.2.5 セメントモルタル注入

- 1.セメントモルタルは，目盛り付き容器を用いて配合設計通りに資材（セメント・砂・水・流動化剤）の重量を計量し，モルタルミキサー（100V）にて練り混ぜ製造する。
- 2.資材の配合は，孔内注入への流下速度，孔内充填，補強鉄筋への付着および孔壁への馴染みに大きく影響するので慎重に行う。
- 3.現場で製造したセメントモルタルは，ポンプ（100～200V）を用いて，無加圧の状態です孔底から注入する。
- 4.注入は，目盛をマーキングしたトレミー管（内径 25mm，外径 35mm）を挿入し確実に着床するように確認し，孔底から開始する。その後，ゆっくりとトレミー管を引き抜きながら孔内全体にセメントモルタルが確実に行き渡るように注入作業を行う。

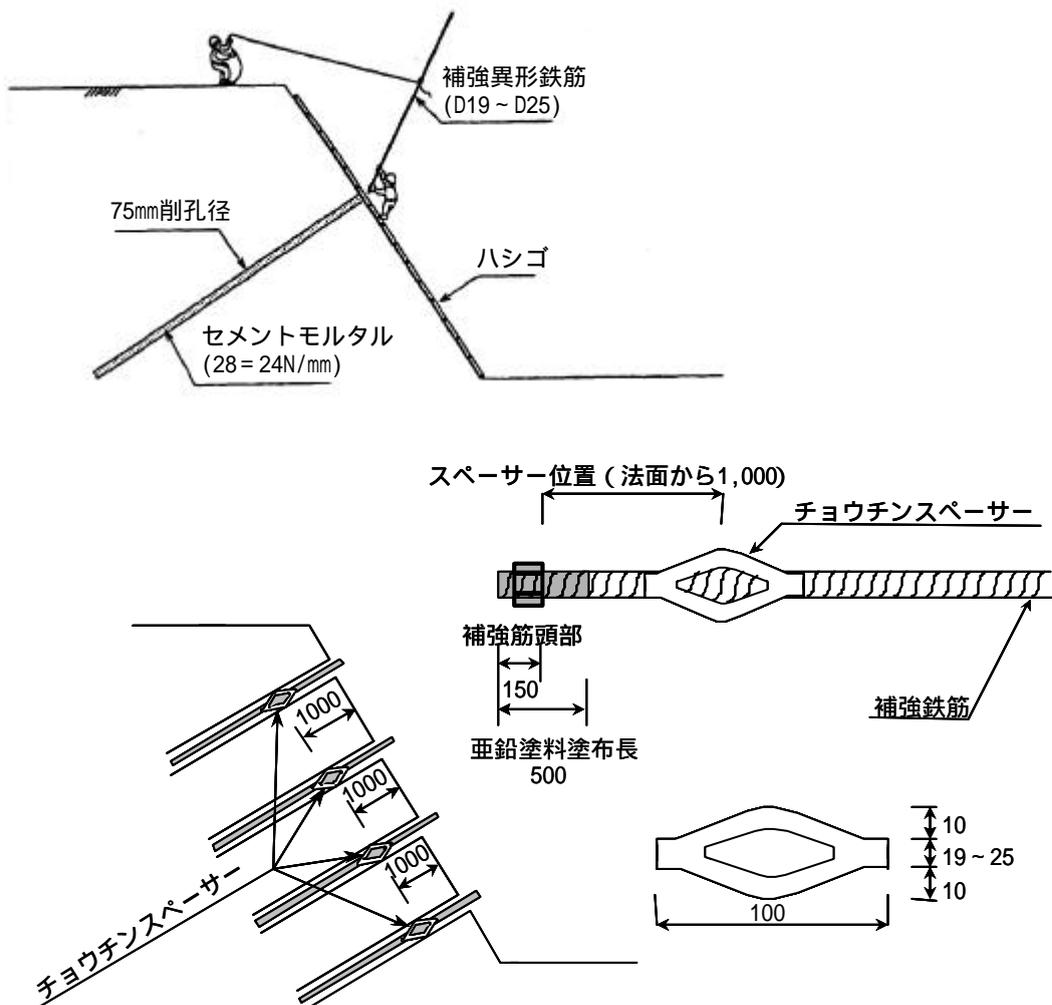


### 5.2.6 補強鉄筋(ネジ節異形)挿入

- 1.補強鉄筋の長さは、押え板よりネジとの取り合い長さ（10cm 程度）が必要で、それを加えた長さとする。施工前に補強鉄筋頭部約 50cm を亜鉛塗料(亜鉛含有量 96%) でハケ塗りし防錆措置を行う。
- 2.金属製チョウチンスパッサーを補強鉄筋頭部から約 1.0m 下、約 2.5m ピッチで取り付ける。
- 3.補強鉄筋の挿入は、セメントモルタル注入後、速やかに行う。

補強鉄筋の重量は以下に示す。（参考）

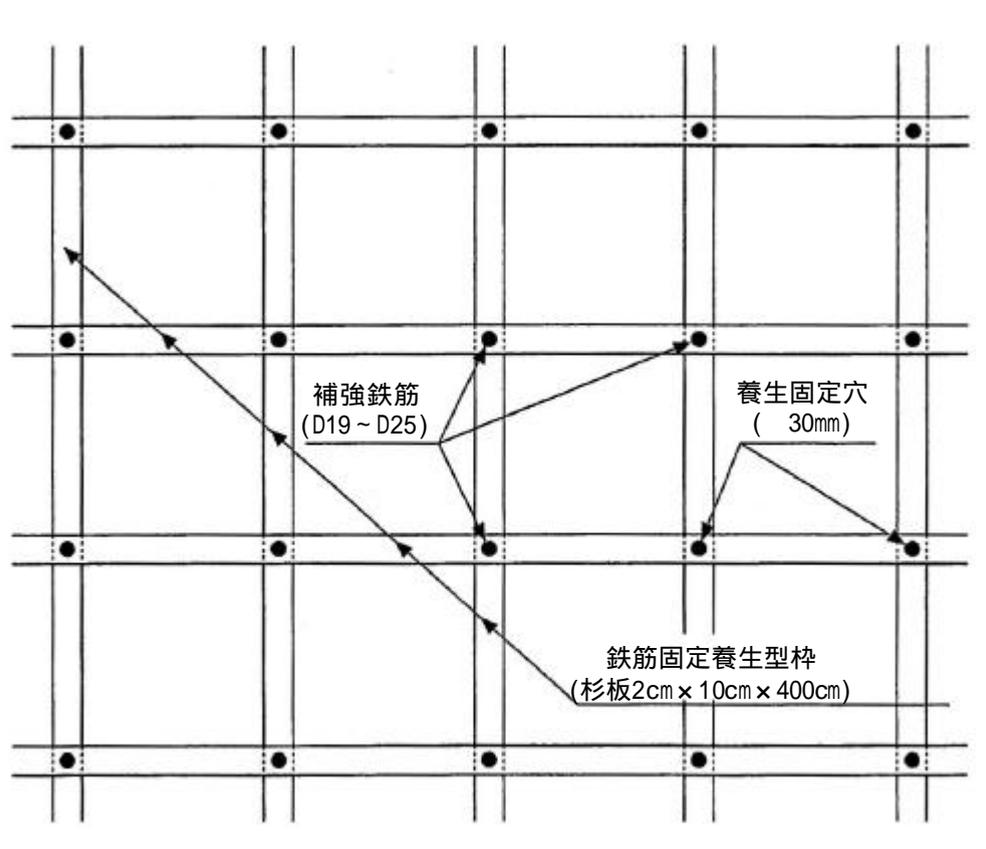
規格	3m	4m	5m	単位重量
D19	6.75kg	9.00kg	11.25kg	2.25kg/m
D22	9.12kg	12.16kg	15.20kg	3.04kg/m
D25	11.94kg	15.92kg <td 19.90kg	3.98kg/m	



### 5.2.7 注入セメントモルタル養生

1.セメントモルタルの養生時間は，24 時間以上とする。

補強鉄筋の法面への挿入が完了し，セメントモルタルが固化するまえに，板型枠を使用し補強鉄筋の位置固定を行う。

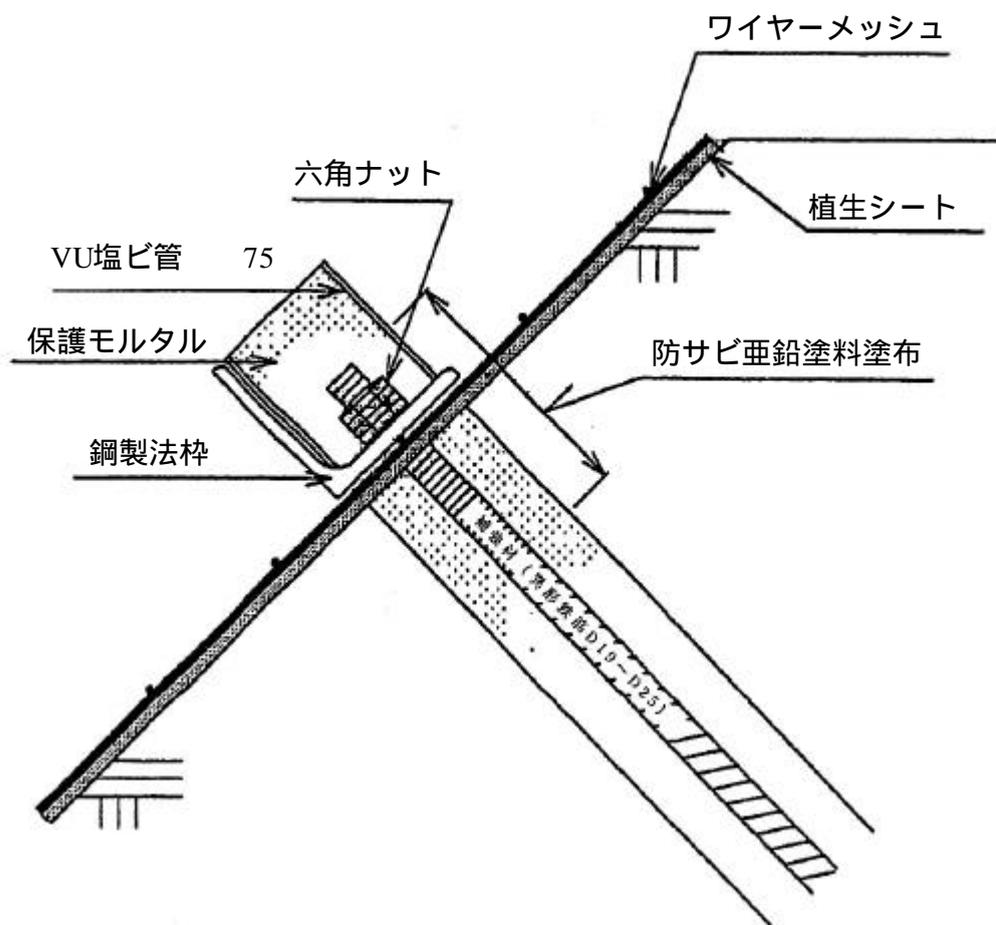


### 5.2.8 押え板の設置

押え板で，溶接金網を効率よく法面に密着させるように押える。十分な密着が出来ない場合は補助アンカーで対処する。

### 5.2.9 補強鉄筋頭部処理

- 1.補強鉄筋は、法面から約 10cm 頭出しして施工しており、押え板を設置して六角ナットで仮締めした後、六角ナットの頭部と同じ高さで補強鉄筋の余長部分を電動カッターで切断し除去する。
- 2.六角ナットは、インパクトドリル等を使用して締め付け、トルクゲージを用いて補強筋頭部の締め付け力（ $200\text{kN/m}^2$ ）を確認する。
- 3.締め付け完了後、六角ナット等を亜鉛塗装し、防錆措置を行う。
- 4.六角ナットを逸脱防止するため、モルタルをつめたキャップで保護する。



## 5.2.10 現場確認試験

確認試験は、施工された本工法が、設計を満足するものであるかどうかを確認することを目的としている。本工法は、全面接着式であり、鋼材を引っ張る事がそのまま設計耐力の確認になっているとはいえない。従って、全数について試験を実施することは、いたずらに現場作業を増やし、工費を増大させるだけであるので、これを全数の3%程度にとどめ、その代わり日常管理でこれを補うものとする。

標準試験方法を次に示す。

### 1) 試験本数

任意抽出で全体の3%について実施する。

### 2) 最大試験荷重

本工法は全面接着式であり、過大に引張荷重を頭部に与えると本来生じるところでない付着部の破壊を引き起こす恐れがある。従って、最大試験荷重は設計荷重とする。

### 3) 載荷サイクル

設計耐力の確認が目的であるので単サイクルで最大試験荷重まで載荷する。

### 4) 載荷方法

ジャッキの精度等を考慮して原点荷重を5.0kNとし各段階の載荷荷重にきざみを10.0kNとする。また各段階での荷重保持時間は5分とし、載荷速度については10.0kN/min.とする。

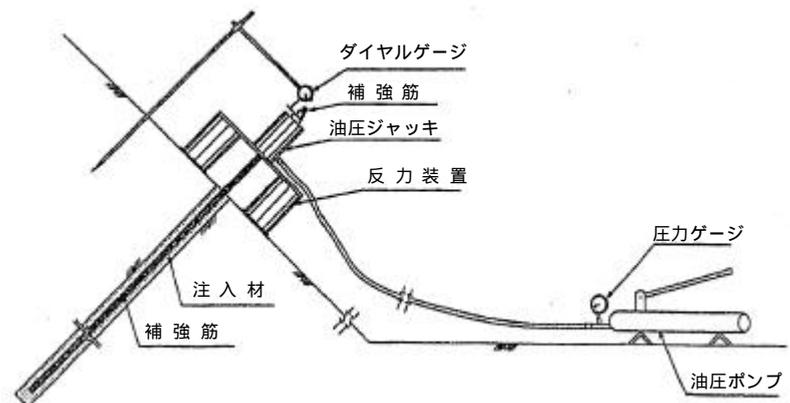
### 5) 反力装置

反力装置としては、最大試験荷重載荷時においても壊れず、また、法面工や地盤に有害な影響を与えないもので、鋼材等を組み立てた反力装置を使用する。

### 6) 計測項目

計測は、最低次に示す項目について行う。

- ・ 載荷荷重
- ・ 試験時間
- ・ 補強材変位



### 5.3 施工管理

施工にあたっては、管理項目を決め、それにしたがって、設計図書どおりの品質を確保するように勤める。

#### 施工管理項目

		項目	方法	頻度	基準値
補強材	補強材 押え板	外觀検査	目視	材料入荷時	欠陥がないこと
		寸法検査	測定	材料入荷時	寸法誤差がJISの規定に合致していること
	押え板のみ	品質検査	製造工場の規格 証明書と材料の ミルシート	材料入荷時	JISの規定による
		溶融亜鉛メッキの付着量	工場の結果報告書	材料入荷時	JISの規定による
注入材	材料	品質	ミルシート	材料入荷時	JISの規定による
	配合	コンスタン-	フロ-値	試験練り時	流下時間22sec.以下 (P 口-ト
	強度	圧縮強度	圧縮強度試験	試験練り時	永久 28 24N/mm <sup>2</sup> 仮設 28 18N/mm <sup>2</sup>
施工全般	削孔	位置・間隔 角度 深度	測定 スラントル-ル 検尺か補強材 長さの測定	全孔 全孔 全孔	75mm以内 ±2.5°以内 0 ~ +100mm
		孔径	ピット検査	新規ピット 使用時	設計孔径よりピット径が大きいこと
	注入	注入材の性状 塩分含有量 注入の完了	フロ-値 塩分測定試験 圧縮強度試験 濃度・比重を目視 確認	毎日 毎日 全孔	流下時間22sec.以下 (P 口-ト 0.3kg/m <sup>3</sup> 以下 設計基準強度を満足 リタ-ンのミルクが同じ 濃度で帰ってくる
確認試験		設計耐力	設計荷重での引張り試験	全数の3%か 最低3本	設計荷重の確認ができること

## 5.4 写真管理

工 種	撮 影 項 目	撮 影 時 期	撮 影 頻 度	
着手前及び完成	着手前 崩壊状況、又は切土完了	全景及び代表部分	法面整形前	着手前、完成後各1回
使用機械	削孔機・モルタルミキサ - ポンプ	全景及び代表部分 (キリ径、長さ)	着 手 前	1回
使用資材	補強鉄筋、押え板 ワ-メッシュ、植生シート、キャップ	形状、寸法	搬 入 時	各品目毎
施 工 状 況	削 孔	全景及び代表部分	施 工 中	100m <sup>2</sup> /1回
	注入材(モルタル)	"	"	"
	補強鉄筋挿入	"	"	"
	植生シート張付け	"	"	"
	押え板設置	"	"	"
	水抜き管挿入	"	"	100本/1回
品 質 管 理	注入材(モルタル)	配合、フロ-試験 塩分試験、供試体採取	モルタル製造時	打設日毎
	補強鉄筋引張確認試験	引張り試験状況	現場試験時	試験箇所
	補強鉄筋引張り	トルクゲージ使用状況	補強鉄筋締付け時	100m <sup>2</sup> /1回
出 来 形 管 理	削 孔	削孔深確認状況	削孔完了後	100m <sup>2</sup> /1回
	注入材(モルタル)	モルタル注入状況	モルタル注入時	100m <sup>2</sup> /1回
	補強鉄筋挿入	頭部頭出し状況	補強鉄筋固定後	100m <sup>2</sup> /1回

## 5.5 安全管理

本施工時の災害は、機械作業による巻き込み事故、高所作業時の転落事故、削孔時の法面の崩落事故等が想定されるため、下記に十分留意する。

### 1.削孔機械を主とした機械の始業前点検

### 2.削孔時の誘導員とオペレ - タ - との合図の確認

穿孔装置の位置決めの際、バックハウオペレ - タ - からの死角をカバ - し、安全に削孔位置へ穿孔装置を誘導（予めマ - キングされた位置へ穿孔装置のドリル先端を誘導）する目的で誘導員を配置しますが、この場合穿孔装置先端より 2m以上離れバックハウオペレ - タ - からの見通しの効く位置から誘導する。

位置決めが完了（穿孔装置押付け完了）後、法面との角度を確認し削孔を開始すると誘導員は削孔状態と排出ズリの状態を監視しますがこの場合、削孔位置から 1m以上離れた位置から監視する。

### 3.法面整形の段階施工、法面の安定状態の目視確認

### 4.作業足場（土足場・単管足場）がある場合の視認による確認

### 5.高所作業時の安全帯の着用、梯子等の器具の点検

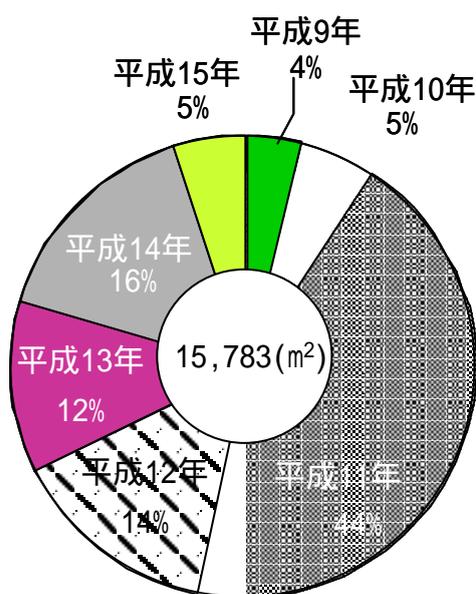
### 6.作業現場の、機材・資材等の整理整頓

## 5.6 施工実績

沖縄中南部に広く分布する島尻層群泥岩は、海性粘土で風化が早く、亀裂の多い性質の地盤特性を有している。

補強筋法砕工は、島尻層群泥岩の地盤特性に有効な法面保護工法である。施工実績は以下の通りである。

施工年月	工事名	施工面積(m <sup>2</sup> )	発注者
12月	南星中学校法面災害復旧工事	1,347	南風原町
H12年3月	玉城那覇自転車道法面補修工事(1工区)	819	南部土木事務所
4月	那覇系満線道路改良工事	411	南部土木事務所
5月	西原運動公園整備工事(1工区)	105	西原町
10月	黄金森公園整備工事(その4)	550	南風原町
11月	豊見城村道40号線舗装新設工事(2工区)	327	豊見城村
12月	那覇系満線道路改良工事	43	南部土木事務所
H13年1月	垣花地区法面防災外1件工事	752	南部国道事務所
5月	大里コミュニティ広場敷地造成工事(災害)	225	大里村
7月	那覇市識名1102番地災害応急工事	496	那覇市
9月	キャンプシュワブ法面安定工事	395	米軍基地
10月	町道7号線災害防止工事	5m×38本	南風原町
H14年2月	キャンプシュワブ法面安定工事	322	米軍基地
4月	渡名喜林道施設災害復旧工事(2工区)	1,468	渡名喜村
6月	新中頭幹線増設工事(第4期)	300	沖縄電力(株)
7月	キャンプシュワブ&フォスター法面安定工事	357	米軍基地
12月	地域ネットワーク道路整備工事(町道8号線)	5m×15本	南風原町
H15年1月	県営知念団地土砂崩落改修工事	5m×17本	沖縄県住宅公社
2月	市道40号線舗装新設工事	70	豊見城市
2月	那覇系満線道路改良工事(1工区)	48	沖縄県



補 強 筋 法 枠 工 研 究 会

(株)京和土建

(株)南城技術開発

下関菱重エンジニアリング(株)

(株)清光研究所

琉球大学農学部農地及び防災工学研究室

補 強 筋 法 枠 工

【地山補強・法面保護】

〔設計・施工マニュアル〕

---

発 効 日 平成 16 年 月 日 初版

編集・発行 補強筋法枠工協会  
事務局 沖縄県那覇市字識名 290 番地 21  
(株)京和土建  
TEL (098) - 834 - 5143  
FAX (098) - 858 - 3865