

緑化基礎工 - のり面緑化柵工・筋工用

緑 化 柵

【設計施工マニュアル】

平成16年

日本機械工業株式会社

目 次

§ 1	緑化柵の特徴と施工対象	
1.	特徴.....	1
2.	施工対象.....	1
3.	山腹工における緑化柵の位置づけ.....	2
§ 2	緑化柵の構造	
1.	標準型.....	3
2.	大型.....	4
3.	各部材の表面処理.....	5
4.	緑化マット.....	5
§ 3	各部材の機能	
1.	施工後の断面形状.....	6
2.	各部材の役割.....	6
§ 4	設計施工上の留意点	
1.	一般的な留意点.....	7
2.	埋戻し土締固めの必要性.....	7
3.	積雪地への対応.....	7
§ 5	緑化柵の設計要領	
1.	部材数量の算出方法.....	8
2.	緑化柵の選定.....	9
§ 6	緑化柵の安定計算（参考）.....	10
§ 7	緑化柵の施工要領	
1.	概略施工手順.....	12
2.	施工手順詳細.....	12
§ 8	積雪地の施工例（写真）.....	14

§ 1 緑化柵の特徴と施工対象

「緑化柵」は、のり面保護緑化基礎工用として長年、各方面で採用されていた当社の「鋼製筋工」を昭和61年に改良し、その後実用新案を取得して製品化したものです。近年は多用途の機能が期待されてきたことから、簡易的な土留としての機能や緑化性能を向上させて柵高の比較的低い柵工及び筋工用として積雪地も含めた広範囲の場所で使えるようにしております。

なお、この緑化柵の開発に際しては技術士（森林土木）の渡辺亀悦氏の指導、助言を戴いております。

1. 特徴

山腹の崩壊したのり面を早期に復旧できます。

1) 山腹地形への適応

比較的複雑なカーブや縦断にも対応できます。

2) 施工性、経済性

各部材は軽量で容易に人力で施工でき、部材の種類も少ないため施工性に優れ経済的です。

3) 柵面の緑化

3mm厚の緑化マット（種子付）により早期に確実に全面緑化できます。

4) 排水効果

主部材のエキスパンドメタル（鋼製金網）は比較的目的が細かく土砂の流出を防止し、排水効果に優れています。

5) 耐久性

各部材が塗装又は溶融亜鉛メッキ（ドブメッキ）されているので長期にわたり、のり面を安定させます。

2. 施工対象

1) 各種山腹緑化柵工・筋工基礎として使用され、網部、天端部、犬走部の緑化ができ、天端面には苗木植栽、種子実播ができます。

2) 道路林道等の切取のり面の勾配の緩和、のり面崩壊防止、盛土のり面の雨裂、土砂流出防止に効果的で切取、盛土のり面を早期緑化により保護補強できます。

3) 一般土木工事、鉄道、宅地造成、農地造成、水路、レクリエーションその他広場、施設工事等の緑化柵工、筋工用として施工できます。

4) 道路側溝、切取のり面脚に施工し、土砂の流入、堆積を防止するため施工され、維持管理に役立ちます。

5) 各種筋工（編柵、積苗、かや筋、丸太筋等）にかわって、効率のよい効果的緑化施工ができます。

6) 筋工を数段連続施工し、緑化土留として施工され、土留工のかさあげ用としても施工することができます。（のり面の傾斜が緩やかな場合）

7) その他早期緑化を必要とする地域の緑化基礎工として筋状緑化ができ、実播工と併用して施工できます。

3 . 山腹工における緑化柵の位置づけ

緑化柵は緑化基礎工の柵工及び筋工用として開発された製品です。

1) 山腹工の標準的な工種

1) 山腹基礎工
のり切工 土留工 埋設工 水路工 暗きょ工 張工
のり砕工 アンカー工 補強土工 モルタル(コンクリート)吹付工
2) 山腹緑化工
(1) 緑化基礎工
柵工 筋工 状工 軽量のり砕工
(2) 植生工
実播工 植栽工
3) 落石防止工
(1) 落石防止工
斜面切取工 転石整理工 被覆工 固定工 根固工
(2) 落石防護工
(3) 森林造成

2) 設計施工にあたっての注意事項

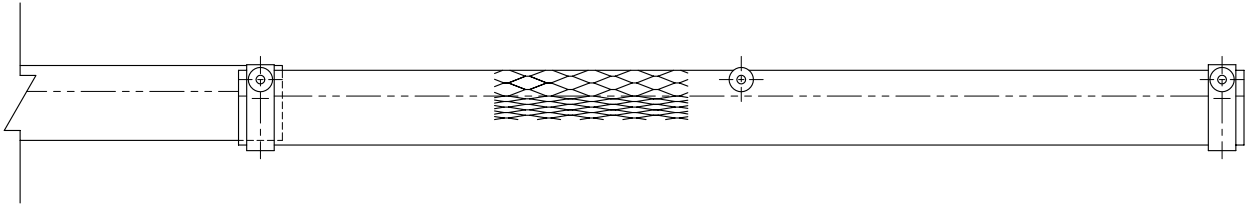
- (1) 緑化柵はなだれ防止柵ではありません。なだれのおそれのある箇所では別途なだれ防止柵を設置して下さい。
- (2) 柵工としての簡易的な土留機能を有していますが、山腹基礎用の土留工としての使用は避けて下さい。
- (3) 急傾斜地での多段積みは崩壊を招くおそれがありますので避けて下さい。

§2. 緑化柵の構造

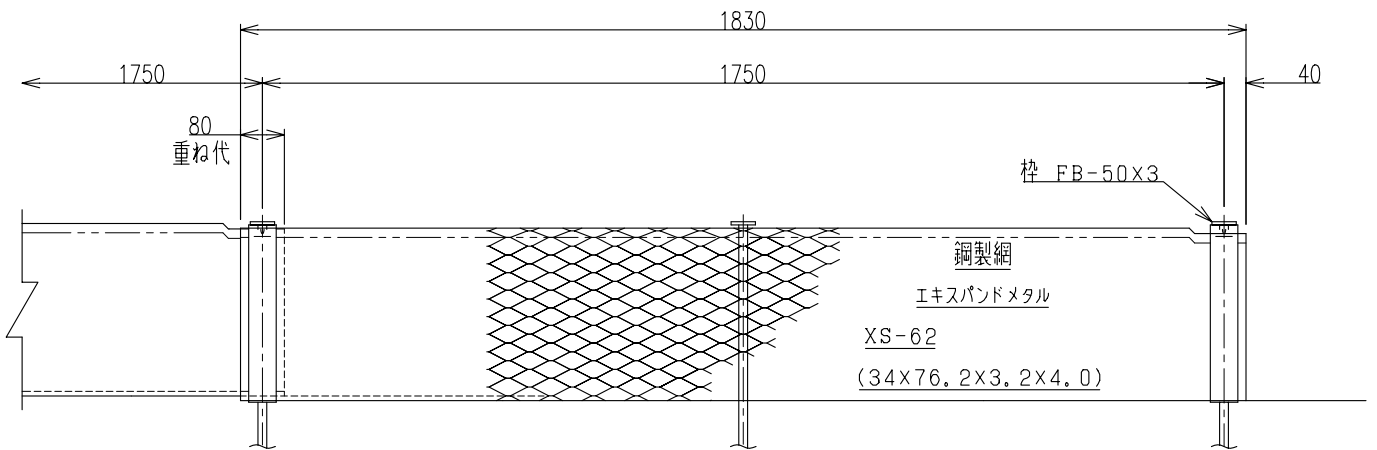
1. 標準型

組立図

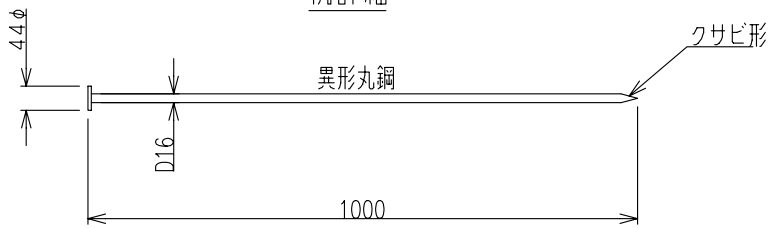
平面図



正面図

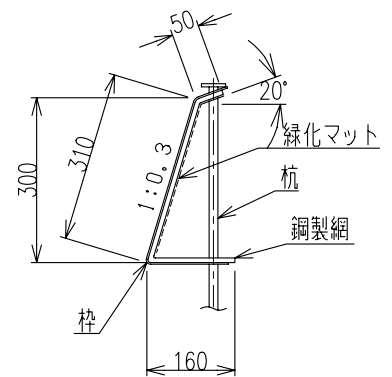


杭詳細



側面図

(寸法は鋼製網の外寸法)



部材内訳表

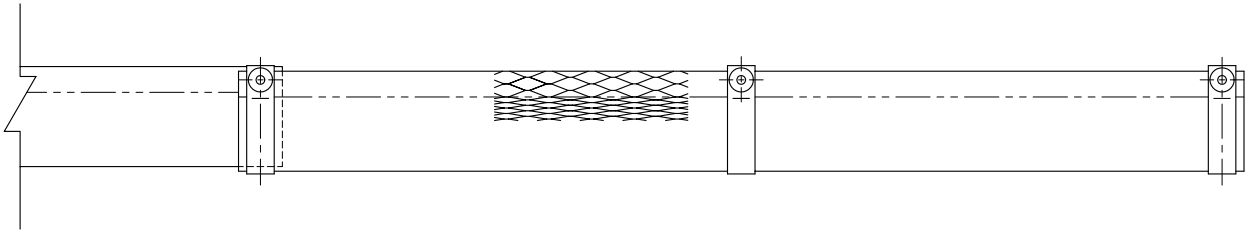
部品名	部材寸法	重量
鋼製網	XS-62 1830×510	5.0 kg
枠	FB-50×3×515	0.5
杭	D16 L=1000	1.5
緑化マット	KTマット 3mm×400	

※ 上記規格以外の部材については要望に応じて製作致します。

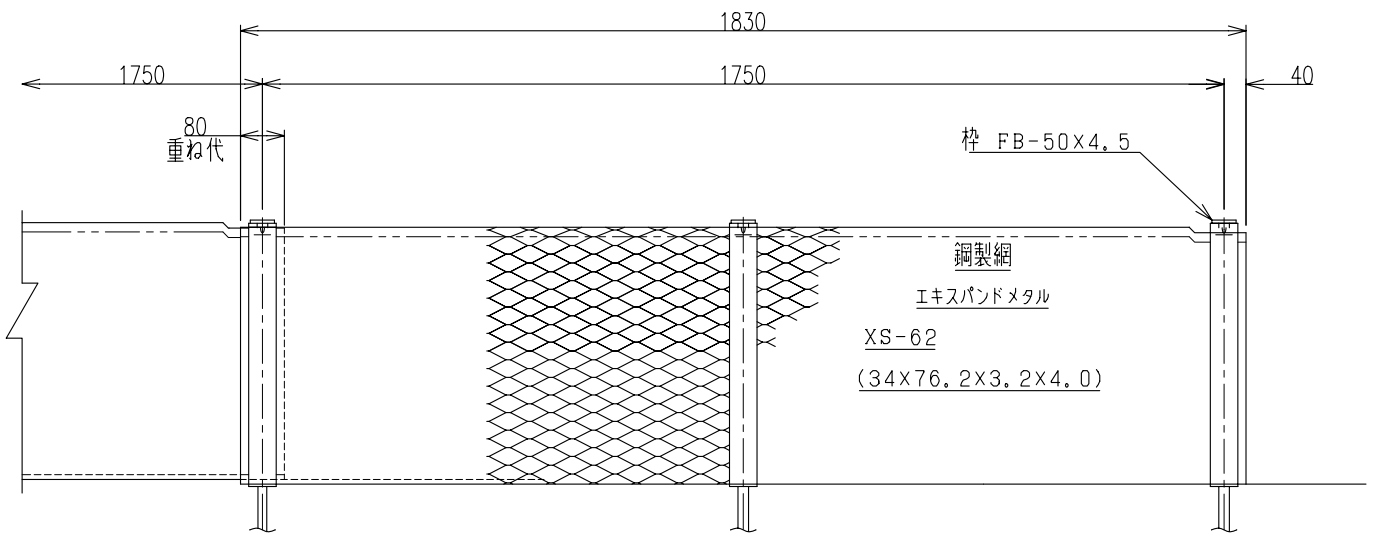
2. 大型

組立図

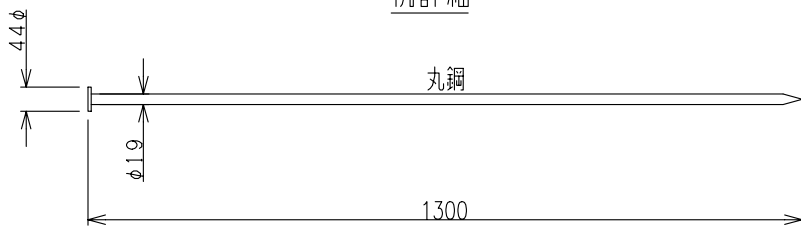
平面図



正面図

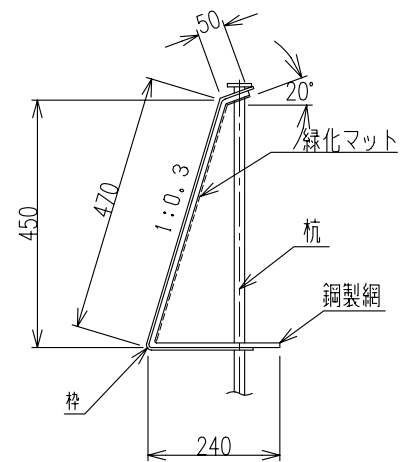


杭詳細



側面図

(寸法は鋼製網の外寸法)



部材内訳表

部品名	部材寸法	重量
鋼製網	XS-62 1830x748	7.6 kg
枠	FB-50x4.5x757	1.2
杭	φ19 L=1300	2.8
緑化マット	KTマット 3mmx550	

※ 上記規格以外の部材については要望に応じて製作致します。

3. 各部材の表面処理

1) 塗装仕上げ

施工後緑化柵が緑化するまでの間、緑の体裁を必要とする人目につきやすい箇所は緑色の塗装仕上げとします。

2) 熔融亜鉛メッキ(ドブメッキ)仕上げ

メッキ色は当初銀色になって光りをおびていますが、数ヶ月でネズミ色に変色します。部材の耐久年数を確保する必要がある場合はメッキ仕上げとします。

4. 緑化マット

1) 特徴

ヤシ繊維を厚さ3ミリのマット状に加工して、その表面に種子及び肥料・保水剤を付着させた製品で、施工地の早期緑化に威力を発揮します。

マットは天然植物繊維であり、数年後には腐蝕して表土に同化するので、自然環境の保全が守れます。

マットの優れた保水性と通気性により、種子の発芽を促進し、生育を安定させます。また、密着性や保温性、透水性が大きく、のり面の保護に優れています。

2) 種子、肥料の配合

1. 種子配合表(1m²当たり)

No.	品 名	数 量 (g)	摘 要
1	トールフェスク	11.5	外 来 種
2	クリーピングレッドフェスク	4.6	"
3	オーチャードグラス	4.8	"
4	ホワイトクローバー	1.0	"
5	ヨモギ	1.6	在 来 種
計		23.5	

2. 肥料配合表(1m²当たり)

品 名	成 分 量	数 量 (g)	摘 要
高度化成肥料	N-15 P-15 K-15	150	粒 状

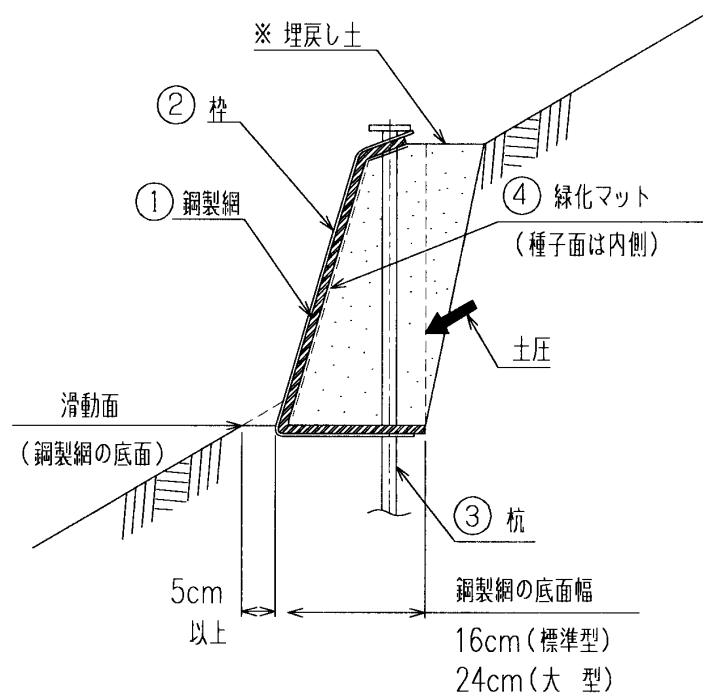
3) 現地保管方法

現地で保管する場合に当たっては、湿気や水分に接触すると発芽する誘因が生ずるため、**シート類をかけて高温、高湿、降雨等から避けることに留意し**、なるべく早く使用して下さい。時期によっても異なりますが納入後、**夏期では一週間、冬期では1月以上を経過した製品は**、発芽率が低下しますので使用を避けて下さい。

乾燥しすぎると、種子の発芽率の低下や脱落の要因となるため、**直射日光を避けて保管**することが大切です。

§ 3 . 各部材の機能

1 . 施工後の断面形状



2 . 各部材の役割

鋼製網

柵本体としての機能を持ち、エキスパンドメタルを [型に形成したもので背面に緑化マットを貼ることで浸透水等による裏込め土の流出を防ぎます。

又、底面には埋戻し土の自重がかかって重量物となるため、水平方向の土圧（滑動）に抵抗する働きを受け持っています。（テールアルメの理論）

枠

鋼製のプレートを [型に成形し両端に杭用のアナがつけられて、鋼製網の杭が入る部分が損傷した場合も含めて鋼製網の補強の役割を果たしています。

杭

鋼製の異形丸鋼（標準型）、丸鋼（大型）で先端はくさび形にすることで杭打ち作業を容易にし鋼製網を結合する役割を果たしています。

又、柵自体の滑動及び転倒防止の役割を果たしていることから地山に杭を打つ必要性があります。

緑化マット

種子付のヤシ繊維で鋼製網の前面を緑化し、鋼製網の網目から裏込め土の流出を防いでいます。

埋戻し土

埋戻し土も柵の構成上、重要な役目を果たしているので、鋼製網が変形しない程度で突き固めることが必要です。

§ 4 . 設計施工上の留意点

1 . 一般的な留意点

- 1) のり面外からの流下水が予想される場合には、のり肩に沿って排水溝を設置し、必要に応じて集水面積に見合った排水断面を有する排水溝を設置して下さい。
- 2) のり面からの湧水や浸透水が多い場合、原則として、縦排水溝で処理し、幹線排水溝に排水して下さい。
- 3) のり長が 10m を越える場合には、雨水などを流化させる排水溝を設置することを原則とします。
- 4) 砂礫土壌等で地盤が悪く、杭の効果が少ない場合は、中間部の杭の本数を増やして下さい。又、大型の緑化柵より標準型(H=350)が土圧が小さくなるので効果的です。
- 5) 急傾斜地での多段積みは崩壊の招くおそれがありますので避けて下さい。
- 6) 緑化柵工の上、下間隔は直高で 2 ~ 3m 間隔とすることが望ましく、間隔には緑化マット張工、吹付工、むしろ張工等の緑化対策を要望します。
- 7) 緑化柵底面部は地山に完全に密着させて下さい。
- 8) 緑化柵工の設計、施工は等高線に沿って水平に設計、施工して下さい。
- 9) できればのり面の外線に 3m 前後巻込んで施工して下さい。

2 . 埋戻し土締固めの必要性

- 1) 水が通り難くなるので、雨水の浸入による土の軟化や膨張を防ぎます。
- 2) 緑化柵背面に荷重が載ったときの沈下を少なくします。
- 3) 土粒子相互のかみ合わせが良くなることで、せん断抵抗が高まり、必要な強さが得られます。

3 . 積雪地への対応

- 1) 積雪地帯では特に緑化柵背面埋戻し土は完全に上部迄つき固め、雪の移動による引張りがないように施工して下さい。
- 2) 東北、関東地方の積雪地帯に施工した標準型では現在まで破壊例はありません。対応策の一番大切なことは、埋戻し土の締固めと、設置地山の床拵を完全につき固めて施工することによって土圧に対する摩擦力が増大することになります。
- 3) 緑化柵はなだれ防止柵ではありません。なだれのおそれのある箇所では別途なだれ防止柵を設置して下さい。

§ 5 . 緑化柵の設計要領

1 . 部材数量の算出方法

1) 施工例

筋数 - 3

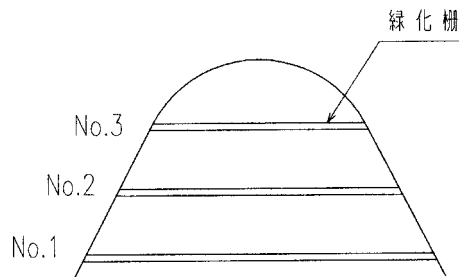
各筋工長

No.1 - 45.5 m

No.2 - 37.0 m

No.3 - 29.0 m

総延長 - 111.5 m



2) 標準型の数量算出

No.	筋長(m)	1 スパン長(m)	スパン数	網	枠(網 + 1)	杭(網+枠)	備考
1	45.5	÷ 1.75	= 26.0	26	27	53	
2	37.0	÷ 1.75	= 21.1	22	23	45 44	1
3	29.0	÷ 1.75	= 16.6	17	18	35	
計	111.5 m			65 枚	68 ケ	132 本	

1 スパン数の小数点が 0.5 以下になる場合、杭の数量は - 1 となります。

3) 大型の数量算出

No.	筋長(m)	1 スパン長(m)	スパン数	網	枠(網 × 2 + 1)	杭(枠と同数)	備考
1	45.5	÷ 1.75	= 26.0	26	53	53	
2	37.0	÷ 1.75	= 21.1	22	45 44	45 44	2
3	29.0	÷ 1.75	= 16.6	17	35	35	
計	111.5 m			65 枚	132 ケ	132 本	

2 スパン数の小数点が 0.5 以下になる場合、枠及び杭の数量は - 1 となります。

4) スパン数が整数にならない場合

スパン数が整数にならない場合は網を重ねるか、現地で大型の番線カッターで切断する必要がありますので、計画段階において、筋工長はスパン数が整数になる様にすれば経済的です。

現地での対処が無理な場合にはあらかじめ当社営業にご相談願います。

2. 緑化柵の選定

1) 比較表

種 別	標 準 型	大 型
有 効 直 高 mm	300	450
網 の 底 面 幅 mm	160	240
網 の り 長 mm	310	470
網 長 mm	1,830	1,830
1 ス パ ン 長 mm	1,750	1,750
枠(杭)中央部間隔 mm	875	875
杭 直 径 mm	D16	19
杭 長 mm	1,000	1,300
使用場所 法面勾配	普 通	急
浮土量	普 通	多
雨裂防止	最 適	最 適
土留効果	大	大
保水効果	大	大
土砂地盤	最 適	最 適
礫層地	最 適	最 適
類似工種	積苗, 石筋, 編柵, 丸太筋	積苗, 石筋, 編柵, 簡易土留
緑化期待	大	大
段積(緩傾斜)	適	適
実播工との併用	最 適	最 適
他工種との併用	適	適

2) 大型

大型は急斜地に施工し、勾配の是正によるのり面の安定をはかる箇所、浮土砂、基礎土工による移動土砂の多い箇所、土質悪く土質改良のため保水性、通気性、有機質の投入等をはかる必要のある箇所、露岩地などの客土量を多く必要とする箇所、堆積地等の簡易土留を必要とする箇所、段積として簡易な土留を必要とする箇所、側溝と併用してのり面土砂を貯留し側溝の埋没を防止する箇所、土留重工作物（コンクリート、ブロック、石積等）の高さを節約し上部 0.5～1.5m 程度段積として施工できる箇所等に使用されます。即ち各種条件より勘案し高さを必要とする箇所に使用します。

3) 標準型

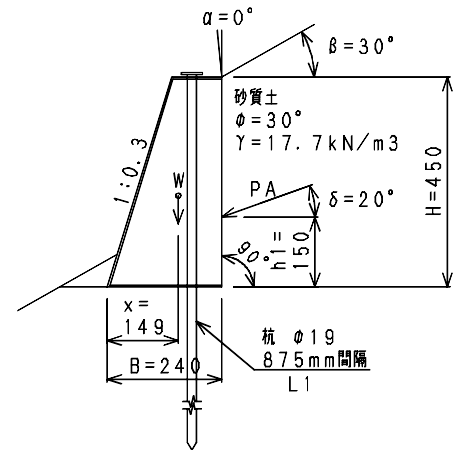
いずれの施工箇所にも適し、最も普遍的なものが標準型です。緑化期待は大きく土留効果も大きいものです。即ち各種条件より勘案して、施工の高さが 30cm 程度を必要とする箇所に使用すれば好適です。

積雪地に対しては大型と比較して高さが低いため、積雪及び土圧による影響が少なく東北、関東地方で施工されてきて破壊例が無いことから安全です。

§ 6 緑化柵の安定計算(参考)

1. 設計条件

・緑化柵のタイプ	...	大型
・背面土の土質	...	砂質土
・土の単位体積重量	...	$\gamma = 17.7 \text{ kN/m}^3$
・内部摩擦角	...	$\phi = 30^\circ$
・壁面と鉛直面との角度	...	$\alpha = 0^\circ$
・地表面の勾配	...	$\beta = 30^\circ$
・壁面と土との摩擦角	...	$\delta = 20^\circ$
・柵底面の摩擦係数	...	$\mu = 0.6$
・柵の断面積	...	$A = 0.0776 \text{ m}^2$
・柵の重心距離	...	$x = 0.149 \text{ m}$



※柵は土の詰まった台形の重量物と考え、1m幅に対しての計算を行う。

2. 柵の自重

$$W = A \cdot \gamma = 1.374 \text{ kN}$$

3. 壁面にかかる土圧

1) 主動土圧係数(クーロンの式より)

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2}$$

$$= 0.798$$

2) 土圧

$$P_A = \frac{1}{2} \gamma \cdot K_A \cdot H^2 = 1.430 \text{ kN}$$

3) 水平力

$$P_{AH} = P_A \cdot \cos \delta = 1.344 \text{ kN}$$

4) 鉛直力

$$P_{AV} = P_A \cdot \sin \delta = 0.489 \text{ kN}$$

4. モーメントの計算

1) 柵自重による抵抗モーメント

$$M_{r1} = W \cdot x = 0.205 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

2) 土圧によるモーメント

$$M_o = P_{AH} \cdot h_1 = 0.202 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{r2} = P_{AV} \cdot B = 0.117 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

3) 杭の抵抗力

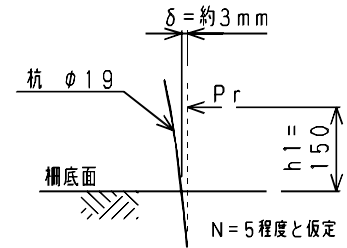
・杭1本当りの抵抗力

(杭の曲げ応力が長期許容応力 $\sigma = 160\text{N}/\text{mm}^2$ になる値)

$$P_r = 0.550 \text{ kN}$$

・1m幅に対する杭の抵抗力

$$P_{r1} = \frac{P_r}{L_1} = 0.629 \text{ kN}$$



5. 荷重・モーメント表

	荷重(kN)		モーメント(kN・m)	
	水平力 H	鉛直力 V	転倒 M _o	抵抗 M _r
P _{AH}	1.344		0.202	
W		1.374		0.205
P _{AV}		0.489		0.117
P _{r1}	-0.629		-0.094	
Σ	0.715	1.863	0.108	0.322

6. 照査

1) 滑動に対する検討

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{\mu \cdot \Sigma V}{\Sigma H} \\
 &= \frac{0.6 \times 1.863}{0.715} \\
 &= 1.6 \geq F_a = 1.5 \dots \text{O.K}
 \end{aligned}$$

2) 転倒に対する検討

・合力の作用点までの距離

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V} \\
 &= \frac{0.322 - 0.108}{1.863} \\
 &= 0.115 \text{ m}
 \end{aligned}$$

・偏心距離

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{B}{2} - x \\
 &= 0.005 \text{ m} \leq \frac{B}{6} = 0.040 \text{ m} \dots \text{O.K}
 \end{aligned}$$

§ 7 . 緑化柵の施工要領

1 . 概略施工手順

1) 床掘 (階段切付)

2) 緑化柵の組立

部材を準備 (標準型)



組立完了

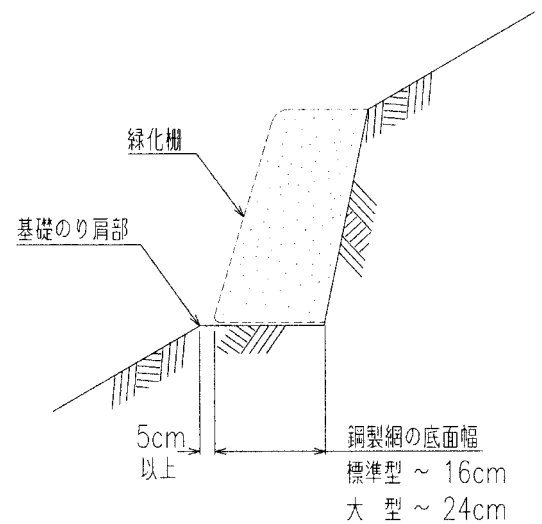


3) 埋戻し

2 . 施工手順詳細

1) 床掘 (階段切付)

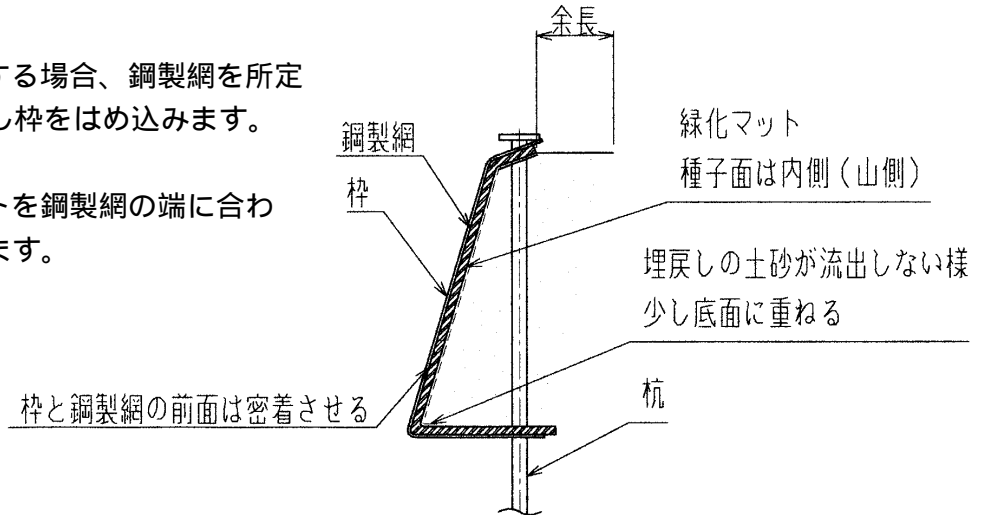
床掘の基礎幅は鋼製網の幅に 5 cm 以上を
プラスした寸法で水平に均します。
基礎のり肩部の崩壊が進むと緑化柵が転倒す
る可能性もあるのでその影響を避けるために
余裕をとります。



2) 緑化柵の組立

端部から施工する場合、鋼製網を所定の位置に配置し枠をはめ込みます。

次に緑化マットを鋼製網の端に合わせ内側に貼ります。



杭の打ち込み、杭の先端を枠上部のアナと鋼製網の網目を通し、緑化マットを貫通させ押し込みます。

- ・鋼製網の底面は杭先端を網目と枠下部のアナを貫通させ、杭が鉛直になる様にして打ち込みます。
- ・杭は頭部が枠に密着するまで打ち込みます。その際、打ちすぎると枠や網が変形するので注意して下さい。

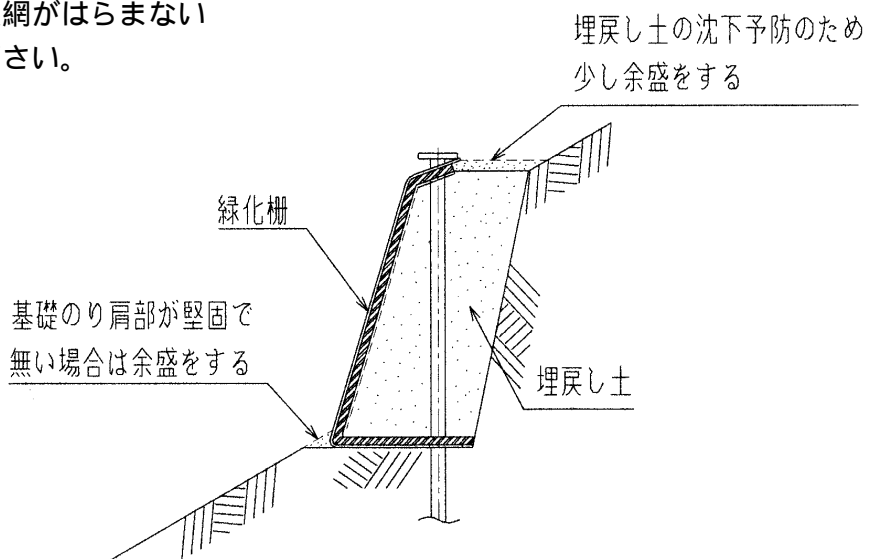
ジョイント部は鋼製網を所定の寸法に重ね上記手順で作業を行います。

(重ね代は8 cm で網目が合う様になっています。)

中間部の杭も上記手順で行いますが標準型の場合、枠は付きませんので注意して下さい。

3) 埋戻し

埋戻しの際は鋼製網がはらまない様に突き固めて下さい。



§ 8 . 積雪地の施工例 (写真)

現 場 - 秋田県仙北農林西木村地内
施 工 年 月 - 昭和61年9月
積 雪 深 - 0.5 ~ 1m
のり面斜度 - 30 ~ 40°
緑化柵タイプ - 標準型

施工後約2ヶ月(11月)



施工後約8ヶ月(翌年の5月)



施工状況



植生状況



緑化柵の緑化状況



緑化柵の緑化状況



施工後約20年が経過しましたが、その間緑化柵は破壊されることなく現地はほぼ復旧しております。