

4.4 のり砕工

のり砕工はプレキャスト砕工、現場吹付のり砕工、現場打コンクリート砕工に大別できる。

【解 説】

のり砕の種類別に砕の材料、形状別の特徴をまとめると表4.4.1のようになる。

表4.4.1 のり砕工の種類

のり砕工の総称	施 工 性	砕の材料	砕の形状	備 考
プレキャスト砕工	工場製品の砕の部材をのり面上で組み立てる工法	プレキャスト コンクリート	格子、多角、円	
現場吹付のり砕工	のり面に型砕を設置しコンクリートで吹付け施工する工法	コンクリート	格子	型砕としては金網がよく用いられる。そのほか地山に掘り込んだ溝を利用したり、鋼板や耐水性ダンボールあるいは発砲プラスチックなどもある。
現場打コンクリート 砕 工	のり面に型砕を設置し、コンクリートポンプなどでコンクリートを打設する工法	コンクリート	格子	

4.4.1 のり砕工の選定と特徴

のり砕工を適用するにあたっては、各工種の特徴を理解し現地の条件に合った適切な工法を選定するものとする。

【解 説】

(1) のり砕工の選定 表4.4.2を参考とする。

表4.4.2 のり砕工の選定表

種 別		プ レ キ ャ ー ス ト 製	現 場 吹 付 の り 砕 工	砕 現 場 打 コ ン ク リ ー ト 工 ト	備 考
選 定 条 件					
使用頻度による のり勾配とのり 長の相関性	1:1.0以上15m以内			×	のり長の値は小段を考慮していない
	1:1.0以上20m以内			×	
	1:1.0以上30m以内			×	
	安定勾配 30m以上			×	
	1:1.5以下				
施工性	施工スピード			×	
	のり面の凹凸				
構造的性	排水性	×	×	×	
	組立の難易		×	×	
強度、安定性	凍 上				北斜面より南斜面のほうが凍上しやすい
	耐 久 性				
	耐 食 性				
経 済 性				×	
点 検 管 理					長期的な維持管理
美 観 上					自然斜面への還元度

(2) のり砕工の種類別の特徴をまとめると表4.4.3のようになる。

表4.4.3 のり砕工の選定表

工 種	長 所	短 所
プレキャスト砕工 〔プレキャスト〕 〔コンクリート製〕	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工期が短い。作業性がよい。 ・ 比較的工費が安い。 ・ 美観がよい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地山の整形に手間がかかる。また、枠と地山が密着しにくいいため、枠と地山の間に洗掘されて土が流出しやすい。 ・ 凹凸および曲面のあるのり面では施工が難しい。 ・ 一般に枠と枠の接点の強度が低いので、土圧に対して抵抗できない場合が多く、比較的ゆるい勾配ののり面にしか適用できない。 ・ コンクリート製では重量が大きく、高所での作業性が悪いため、高いのり面への適用が困難である。また、コンクリート製ではしっかりした基礎コンクリートが必要である。 ・ 耐凍上性は低い。
現場吹付のり砕工	<ul style="list-style-type: none"> ・ 枠の交点が一体化されているため、プレキャスト砕工に比較して曲げおよびせん断強さが大きい。従って、表面崩壊に対してある程度の抑止力が期待できる。 ・ 枠と地山との密着性がよいので洗掘等に強い。 ・ 高い斜面でも凹凸のあるのり面でも施工が可能である。 ・ 基礎コンクリートを必要としないため、工期がそれほどかからない。 ・ 耐凍上性は高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 品質管理に十分な注意を要する。 ・ 工費が少し高い。 ・ 沈下等に対する追従性が悪い。 ・ 排水性が劣る。
現場打コンクリート砕工	<ul style="list-style-type: none"> ・ 枠の交点が一体化されているため、プレキャスト砕工に比較して曲げおよびせん断強さが大きい。従って、表層崩壊に対してある程度の抑止力が期待できる。 ・ 枠と地山の密着性がよいので、洗掘等に強い。 ・ 高品質の強度が得られやすい。 ・ かなり急なのり面でも施工が可能である。 ・ 耐凍上性は高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高い斜面でかつ凹凸のあるのり面では施工が難しい。 ・ 基礎コンクリートを必要とするため、工期が長い。 ・ 小断面の枠は施工が困難である。 ・ 工費が高い。 ・ 沈下等に対する追従性が悪い。 ・ 排水性が劣る。

4.4.2 プレキャスト枠工

プレキャスト枠工は、のり面表面の侵食防止や緑化を目的として設置される土砂、土のう、石材などを安定保持する目的で選定し、土圧などに対して抵抗しないものとする。

【解説】

(1) プレキャスト枠工は、のり面の表層土が一般的な植生工では侵食されるおそれがある土質からなる場合や、表層土が沈下、移動などを生じるおそれがある場合、あるいは植生困難な硬質土表面への客土などを安定保持させるための基礎工として使用する。尚、枠高は、 $H = 10\text{cm}$ を標準とするが、凍上対策の観点からは $H = 15\text{cm}$ が望ましい。

(2) プレキャスト枠自体は、コンクリート製であるが、接点が連続した構造ではないので、土圧の働く箇所では使用してはならない。

プレキャスト枠工の適用箇所では、以上の条件のほか、一般にのり面勾配が $1:1.0$ より緩やかなのり面に使用する。

鋼製、金網製の軽量枠は、寒冷地では地山より浮き上がることがあることから、使用にあたっては十分な注意をおこなうものとする。

なお、プレキャスト枠工には、特殊なものとして接点構造が強固なものもあり、擁壁として取り扱われている場合もあるが、本要領からは除外した。

4.4.3 現場吹付のり枠工

現場吹付のり枠工は、プレキャスト枠工と同様の施工目的のほか、整形の困難な凹凸の多い長大のり面や岩質のり面における小規模な崩壊や、薄い表層の崩壊の防止を目的として選定し、土圧が作用する箇所に使用する場合には設計計算を行うものとする。

【解 説】

(1) 現場吹付のり枠工は、のり面の表層侵食の防止や緑化あるいはのり面表層部の薄い小崩壊の防止などを目的として用いられる。特に、長大のり面や風化しやすい軟岩あるいは節理やき裂の多い硬岩からなる切土のり面などで、整形の困難な凹凸の多い場合や早急に保護する必要のある場合、あるいはモルタル吹付工では長期的な安定に不安がある場合に用いる。ただし、完成後の地山が凍上、凍結や膨張によって持ち上がる地質のり面や沈下等が問題となる盛土のり面には用いないのが原則である。のり面の不陸が局部的に激しい場合は、枠高が極端に高くないよう、切土のり面整形や下地処理等の検討を行う。

また、土圧が作用する場合には設計計算を行うものとする。

のり面保護工法

のり面が安定しており、表面付近のみの落石・崩壊防止を考える場合、植生工法のみで対処するのが望ましいが、これが困難な時には、現場吹付のり枠工を採用しその枠内に植生等を行う。

のり面抑止工法

のり面において、表層すべりや円弧すべりが発生すると考えられ、抑止工法を実施する場合、すべり力に対する抵抗力としてアンカーあるいは、ロックボルトとの併用になることが多い。

フレーム枠は、この目的で使用される時は のり面保護の目的以外にアンカー引張り力により地山のすべり抵抗力を増大させる際の支持枠としての役割を受け持つことになる。

アンカーを設置する場合、周辺の応力状態が、その他の部分より大きくなる恐れがあるため、張出し部を設けることを標準とする。

但し、応力上問題がない事を確認の上省略することも可能とする。

ロックボルト併用の場合は、この限りでない。

参考文献

のり枠工の設計・施工指針（改訂版第3版）平成25年10月 （社）全国特定法面保護協会

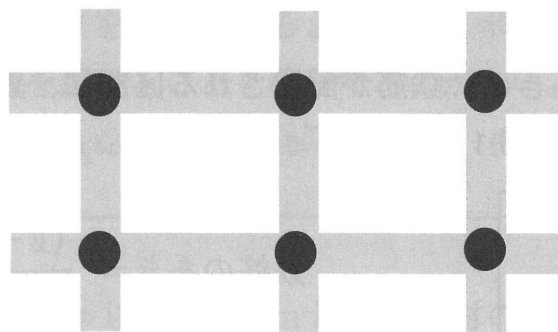


図4.4.1 グラウンドアンカー工と併用した場合ののり枠端部処理の例

(2) 設計

1) のり面保護工法

(a) 基本形状の決定

・ 断面の決定

のり面保護工法として現場吹付法枠工を採用する場合、一般に150×150および200×200の断面を用いる。寒冷地や凹凸の激しいのり面等で植生が不安定と思われる場合は、200×200を用いることになっている。当北海道地区では、寒冷地であるため200×200を標準断面として考える。

標準断面は200×200とする。

・ 枠中心間隔の決定

土圧が働かない箇所の、のり面防護工として採用する場合の枠中心間隔($l_1 \times l_2$)は、1.2m×1.2mを標準とする。この場合は設計計算を省くことができる。

また、枠内を植生基材吹付工などのように、施工厚さが薄く、地山と密着性のよい工法を用いる場合には、枠中心間隔は1.5m×1.5mを標準とする。

枠中心間隔が上記の値を上回る場合や、最大積雪深が3.5mを越える場合は原則として設計計算を行うものとする。

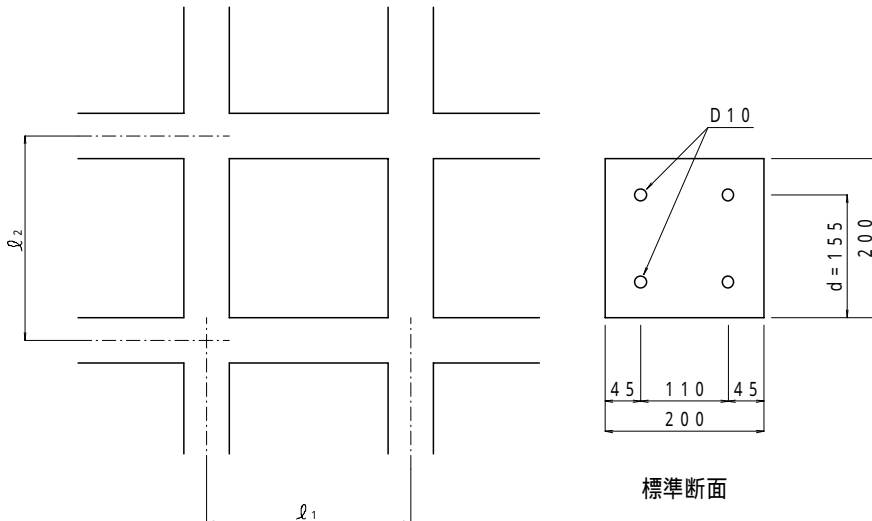


図4.4.2 のり枠隔と標準断面

・ 枠内の排水

枠内中詰工を植生土のうとする場合を除き、枠内排水は、水抜きパイプを設置することとする。ただし、現場条件によっては水切りコンクリートによる排水とすることができる。

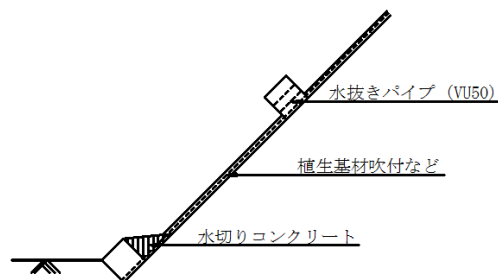


図4.4.3 枠内排水の設置例

設計計算を行う場合の基本的フローを以下に示す。

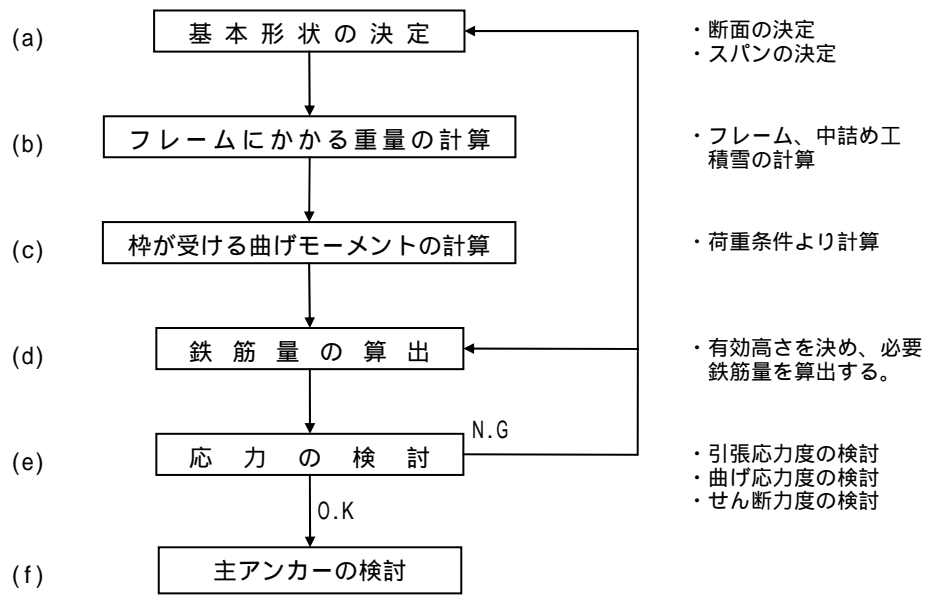


図4.4.4 のり面保護工法フロー

(b) フレームにかかる重量の計算

重量としては、以下のものを考える。

- ・ フレーム枠自体の重量
- ・ 中詰め(客土、土のう、吹き付け等)の重量
- ・ 積雪重量

これらの計算は、1スパン当たりで行う。

(注) 積雪荷重はのり勾配に応じ次のとおりとする。

1 : 0.6未満...積雪重量を考慮しない

1 : 0.6以上 ~ 1 : 1.0未満...通常の積雪深の1/2を考慮する

1 : 1.0以上...通常の積雪深100%を考慮する

ただし、雪崩予防柵を併設する場合は、勾配に関係なく積雪深の100%を考慮すること。

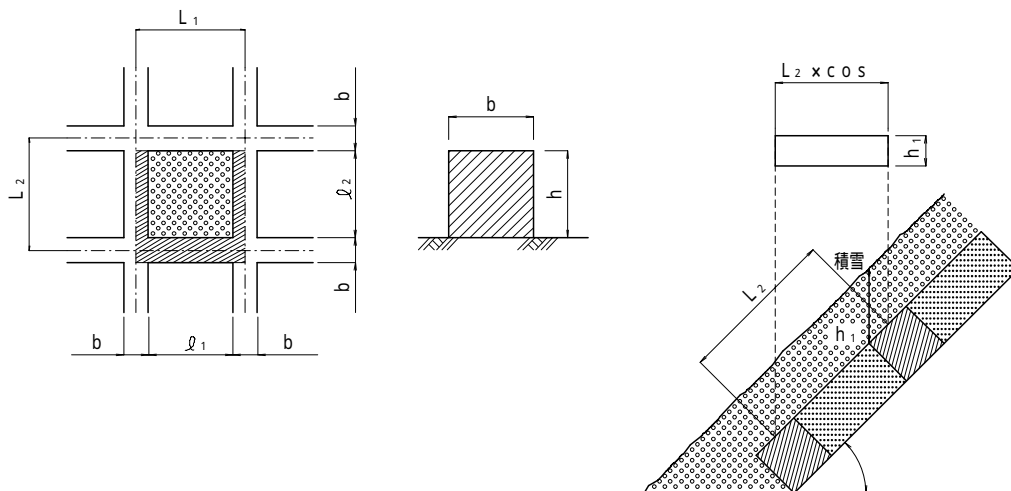


図4.4.5

求める1スパン当たりの荷重W(kN/スパン)は、

$$W = W_c + W_e + W_s$$

W_c : 1スパン当たりの枠重量 (kN/スパン)

W_e : 1スパン当たりの枠内中詰め重量 (kN/スパン)

W_s : 積雪重量 (kN/スパン)

$$W_c = (L_1 + l_2) \times b \times h \times c$$

$$W_e = l_1 \times l_2 \times h \times e$$

$$W_s = L_1 \times L_2 \times \cos \theta \times h_1 \times s$$

ここで、 c : フレーム枠の単位体積重量(鉄筋考慮)

モルタル 23.0kN/m³

コンクリート 24kN/m³

e : 中詰め(客土、土のう、モルタル、コンクリート等)の単位体積重量

客土(土のう) 16~18kN/m³

客土(植生基材) 12~14kN/m³

モルタル 21kN/m³

コンクリート 22.5kN/m³

h_1 : 設計積雪深

施工場所、のり勾配、のり方向等の条件を考慮して決定する。

30年確率最大積雪深を原則として用いる。

積雪の単位重量は、最大積雪深4.0mまでは3.5kN/m³とする。

(c) 枠が受けるモーメントの計算

横枠1スパン当たりにおいてのり面水平方向に作用する荷重Q(kN/スパン)は、

$$Q = W \cdot \sin \theta$$

枠と地山の付着力は、安全を見て無視する。

横枠が等分布荷重を受けると考えれば、

$$W = \frac{Q}{L_1} \text{ (kN/m)}$$

枠が受けるモーメント及びせん断力は、枠を等分布荷重を受ける連続梁と考えて算出する。

$$M = \frac{W \cdot L_1^2}{9} \text{ (kN} \cdot \text{m)} = \frac{W \cdot L_1^2}{9} \times 10^6 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

せん断力の照査位置は、支点より $\frac{H}{2}$ はなれた位置とする。

$$S = \frac{3}{5} \cdot W \cdot (L_1 - H) \text{ (kN)} = \frac{3}{5} \cdot W \cdot (L_1 - H) \times 10^3 \text{ (N)}$$

(d) 鉄筋量の算出

必要鉄筋量 A_s' (mm²)は、

$$A_s' = \frac{M}{\sigma_{sa} \cdot 7/8 \cdot d}$$

A_s' A_s となるようなASを左右に使用する。

d : 有効高さ(mm)

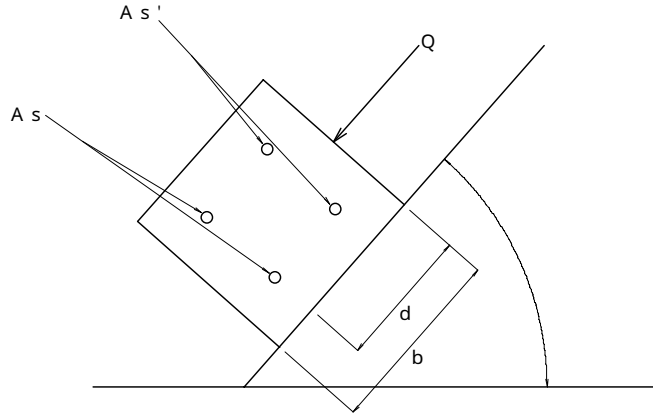


図4.4.6

鉄筋の純かぶりは4.0cm以上とする。

$$s_a : \text{鉄筋の許容引張応力度 (N/mm}^2\text{)} = 196 \text{ N/mm}^2$$

$$c_a : \text{吹付モルタルの許容曲げ圧縮応力度 (N/mm}^2\text{)} = 7 \text{ N/mm}^2$$

$$a : \text{吹付モルタルの許容せん断応力度 (N/mm}^2\text{)} = 0.4 \text{ N/mm}^2$$

(e) 応力度の検討

(d)で決定した鉄筋が応力の点で十分か検討を行う。

$$\text{鉄筋比 } p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

pより係数 j、mを算出する。

鉄筋の引張応力度 (s)

$$s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad s_a = 196 \text{ N/mm}^2 \text{ OK} \quad (M : \text{設計曲げモーメント})$$

モルタルおよびコンクリートの曲げ圧縮応力度 (c)

$$c = \frac{s}{m} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad c_a = 7 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

モルタルおよびコンクリートのせん断応力度 ()

$$= \frac{S}{b \cdot j \cdot d} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad a = 0.4 \text{ N/mm}^2 \text{ OK} \quad (s : \text{設計せん断力})$$

全て満たせばOK

もし、不十分であれば(d)において、 A_s を大きくする(使用鉄筋を太くする)。それでも不十分であればフレーム枠の断面を大きくする(表4.4.4参照)。

(f) 主アンカーの検討

主アンカーは、フレーム枠がその自重および枠内客土重量によってずり落ちないようにすることが目的であり、法枠1スパン分の荷重に対する主アンカーのせん断応力度の検討を行う。

主アンカーは、SS400、22mm、L = 1.0mが標準タイプとなっているので、 $A_s = 3.801 \text{ cm}^2$ 。

$$s = \frac{Q}{A_s} \quad s_a = 80 \text{ N/mm}^2$$

(注) - 1 補助アンカーは、フレーム枠施工時の変形を防ぐ目的で使用するが、打設ピッチは横梁の間隔で70~80cmを越えない範囲で配置する。また、縦梁には、横梁の半分程度の補助アンカーを配置する。

2) のり面抑止工法

(a) 断面及び形状の決定

グラウンドアンカー及びロックボルト等を併用した抑止工として現場吹付枠工を採用する場合の、枠断面及び枠中心間隔は、表4.4.4を参考とし、経済性を考慮して決定すること。ただしロックボルトを使用する場合は枠中心間隔は1.5m×1.5mを標準とする。

表4.4.4

のり枠工の諸元	断面 (cm)	20.0	30.0	40.0	50.0
	スパン (m)	1.2	2.0	2.5	3.0
	使用鉄筋	D10×4本 ~D13×4本	D13×4本 ~D16×4本	D16×4本 ~D19×8本	D16×8本 ~D25×8本

以下に設計の基本的フローを示す。

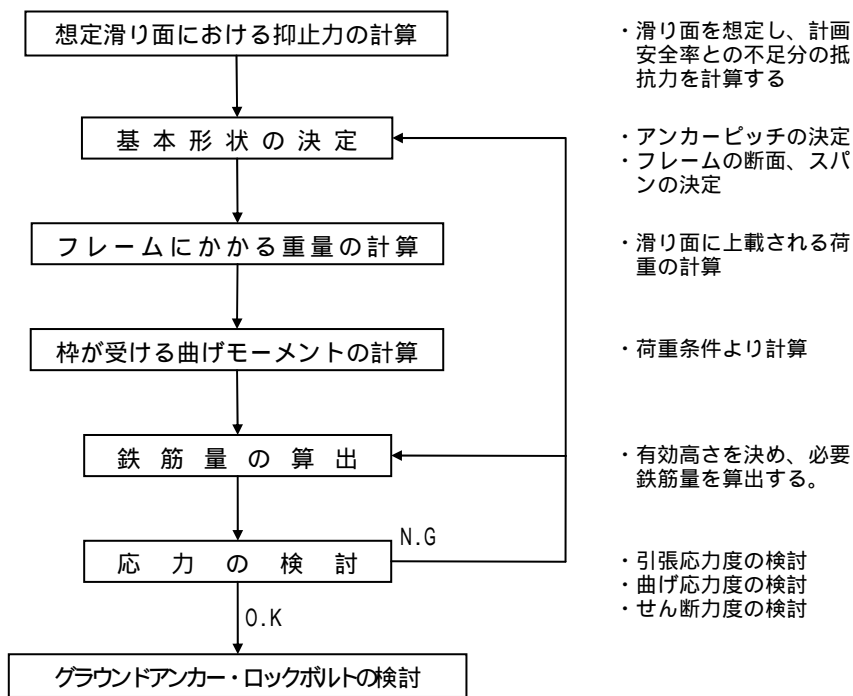


図4.4.7

(b) グラウンドアンカー併用工法

グラウンドアンカー工は、のり面において岩盤に節理、亀裂等があり、崩落または崩壊のおそれがある場合、比較的締まった土砂ののり面や斜面で崩壊のおそれがある場合等で、抑止力を付与する目的で用いられる。

想定すべり面における抑止力の計算

対象となるのり面において、すべりが考えられる場合、現場吹付法枠工+グラウンドアンカー、ロックボルト併用工法を採用する。

地すべりの安全率は次式で求められる。

$$F_s = \frac{W \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi + c \cdot \ell}{W \cdot \sin \theta}$$

- F_s : 安全率 ℓ : 滑り面の長さ(m)
 c : 粘着力(kN/m²(tf/m²)) θ : 滑り面の角度(°)
 ϕ : 内部摩擦角(°) W : 分割片の重量(kN/m(tf/m))

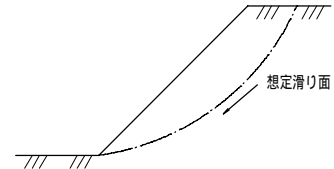


図4.4.8

- 地山の c 、既知の場合
地質調査により地山の c 、 ϕ が決定している場合や前設計等で既に c 、 ϕ が使用されている場合は、原則としてそれを用いて計算を行う。
- 地山の c 、未知の場合
現状の安全率を仮定して c 、 ϕ は逆算法により決定する。
滑動が見られる場合 現状の安全率0.95 ~ 1.00
- 現在安定している場合 現状の安全率1.00 ~ 1.15(第2集第3章参照)
計画安全率 F_{sp} を決め、必要抑止力 P_r を求める。

$$P_r = F_{sp} \cdot W \cdot \sin \theta - (W \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi + c \cdot \ell) \text{ (kN/m)}$$

- 計画安全率 F_{sp}
計画安全率 F_{sp} は、1.05 ~ 1.20とする。
 $F_{sp} = 1.20$ を標準とするが、対象構造物の重要度を考慮し、計画安全率を決定する。

基本形状の決定

で算出した必要抑止力 P_r より、必要アンカー力 T_r を求める。

$$T_r = \frac{P_r}{\sin \alpha \cdot \tan \beta + \cos \alpha} \text{ (kN/m)}$$

- α : アンカー方向と滑り面の成す角度
 β = すべり面角度() + アンカー傾角()

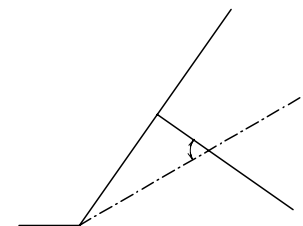
すべり面角度()は原則としてアンカー設置範囲の平均的な角度を使用する。

横方向アンカーピッチ@と段数 n を決定して1本当りの導入力 T_1 を求める。

$$T_1 = \frac{T_r \cdot @}{n} \text{ (kN/本)}$$

実際の設計荷重は、これにフレーム枠の重量による荷重も加えて求める。

- フレームのスパン
上で求めたアンカーピッチ、段数に合わせてフレーム枠の縦横スパンの長さを決定する。
- フレームの断面
導入力の大きさ、ピッチ等を考慮してフレームの断面を決定する。決定した断面を用いて鉄筋量および応力の検討を行い、十分なことを確認する。



フレームにかかる重量の計算

重量としては、以下のものを考える。

- ・フレーム枠の重量
- ・枠内中詰め工の重量
- ・積雪重量

これらは、右図のようにアンカーの横ピッチ@当りで考える。

それぞれの計算の方法は、のり面保護工法の時と同様である。

$$W = W_c + W_g + W_s \text{ (kN/@)}$$

この荷重により必要抑止力の増分は、

$$P_r = F_{sp} \cdot W \cdot \sin \theta - W \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi$$

アンカー設計荷重の増分は、

$$T_2 = \frac{P_r}{\sin \theta \cdot \tan \phi + \cos \theta} \cdot \frac{1}{n} \text{ (kN/本)}$$

これより、アンカー1本当りの設計荷重 T_p が求まる。

$$T_p = T_1 + T_2 \text{ (kN/本)}$$

この設計荷重 T_p を用いて、枠に加わるモーメントを求める。

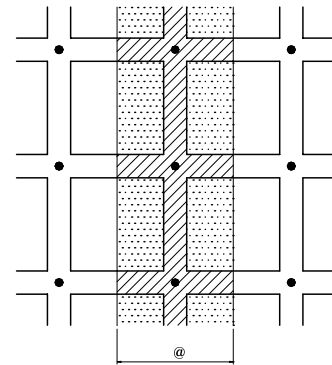


図4.4.9

枠が受ける曲げモーメントの計算

アンカーの引っ張り力に対して、縦横枠両方が有効であると考え、つまり、縦横の枠の剛性が等しい2方向連続梁と考える。

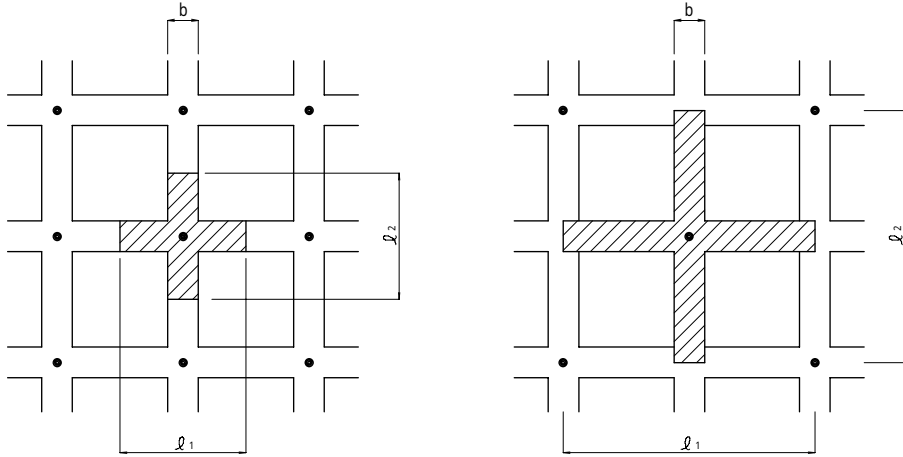


図4.4.10

上の図のようにアンカーの配置によって、 l_1 、 l_2 を求める
梁は、等分布荷重を受けると考える。

$$W = \frac{P_t}{l_1 + l_2 - b} \quad (\text{kN/m})$$

フレーム枠に作用する最大曲げモーメントおよび最大せん断力は、連続ばりと張出し部の応力を比較し大きい方とする。

連続ばりの最大曲げモーメント M_1 は l_1 、 l_2 のうち長い梁の方に生じる。

$$\begin{aligned} \text{よって、} M_1 &= \frac{W \cdot l^2}{9} \quad (\text{kN}\cdot\text{m}) \\ &= \frac{W \cdot l^2}{9} \times 10^6 \quad (\text{N}\cdot\text{mm}) \end{aligned}$$

ただし、 l ： l_1 と l_2 のうち長い方の値(m)

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{3}{5} \cdot W \cdot (l-b) \quad (\text{kN}) \\ &= \frac{3}{5} \cdot W \cdot (l-b) \times 10^3 \quad (\text{N}) \end{aligned}$$

張出し部は片持ちばりとして最大曲げモーメント M_2 、最大せん断力 S_2 を求める。

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{W \cdot l_3^2}{2} \quad (\text{kN}\cdot\text{m}) \\ &= \frac{W \cdot l_3^2}{2} \times 10^6 \quad (\text{N}\cdot\text{mm}) \end{aligned}$$

ただし、 l_3 ：張出し長(m)

$$\begin{aligned} S_2 &= W \cdot l_3 \quad (\text{kN}) \\ &= W \cdot l_3 \times 10^3 \quad (\text{N}) \end{aligned}$$

鉄筋量の算出

必要鉄筋量 A_s' (mm^2)は、

$$A_s = \frac{M}{s_a \cdot 7/8 \cdot d}$$

d : 有効高さ (mm)

h : 高さ (mm)

b : 幅 (mm)

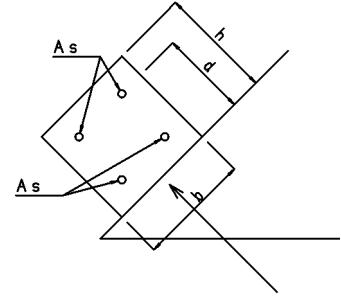


図4.4.11

鉄筋の純かぶり s は4.0cmを標準とする。

$$s_a = 196\text{N}/\text{mm}^2$$

A_s 、 A_s' となる鉄筋量を上下に配置する。

応力度の検討

のり面保護工法の場合と同じく検討を行う。

$$\text{鉄筋比 } p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

p より係数 j、m を求める。

$$s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \quad s_a = 196\text{N}/\text{mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$c = \frac{s}{m} \quad c_a = 7\text{N}/\text{mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$= \frac{s}{b \cdot j \cdot d} \quad a = 0.4\text{N}/\text{mm}^2 \quad \text{OK}$$

せん断応力 がNGの場合、または法枠にグラウンドアンカー工を併用する場合は、スターラップにより補強する。スターラップは梁軸に直角とし、次式より必要断面積を検討する。(ただし、鉄筋のかぶりが不足する場合があるため200×200断面にはスターラップを配置しないことを原則とする)

スターラップの間隔は、有効高さ程度以下とし、最小間隔は施工性・充填性を考慮して250mm程度とするのがよい。

$$A_w = \frac{S_v \cdot s}{s_a \cdot j \cdot d}$$

ここに、 A_w : スターラップの必要断面積 (cm^2)

s : スターラップ間隔 (mm)

S_v : スターラップが受けるせん断力 (N)

$$S_v = S - \frac{a \cdot b \cdot d \cdot j}{2}$$

他項がNGの場合は、において鉄筋量を増やすか、にもどってフレームの断面、スパンの変更を行い、十分なものになるよう検討する。

グラウンド・アンカーの検討

地盤工学会「グラウンド・アンカー設計施工基準・同解説」による。

注入材料の仕様

注入材料の仕様は「第2集 第5章グラウンドアンカー工 5.4.2注入材料」による。

(c) ロックボルト併用工法(切土補強土工としての計算)

地山に挿入された補強材によって斜面全体の安定性を高める工法で比較的小規模な崩壊防止対策、急勾配化のり面の補強対策、構造物掘削等の仮設のり面の補強対策等の目的で用いられる。

想定滑り面における抑止力の計算

安定計算式を次に示す。

$$F_{sp} = \frac{c \cdot \ell + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi + P_r}{W \cdot \sin \alpha}$$

ここに、 F_{sp} : 計画安全率(本設 = 1.2)

P_r : 補強材の抑止力

($= T_m \cdot \cos \alpha + T_m \cdot \sin \alpha \cdot \tan \phi$) (kN/m)

T_m : 補強材の設計引張り力(= $n \cdot T_{pa}$) (kN/m)

α : 補強材とすべり面となす角度 (°)

ϕ : すべり面の内部摩擦角 (°)

n : 補強材の引張り力の低減係数 (= 0.7)

T_{pa} : 補強材の許容引張り耐力(= $\min[T1_{pa}, T2_{pa}, T_{sa}]$) (kN/m)

$T1_{pa}$: 補強材(ロックボルト材)が移動土塊から受ける許容引抜き抵抗力

$T2_{pa}$: 補強材(ロックボルト材)が不動地山から受ける許容引抜き抵抗力

T_{sa} : 補強材(ロックボルト材)の許容引張り力

c : 粘着力 (kN/m²)

ℓ : 滑り面の長さ (m)

α : 滑り面の角度 (°)

計画安全率 F_{sp} を求め、必要抑止力 P_r を求める。

$$P_r = F_{sp} \cdot W \cdot \sin \alpha - (W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi + c \cdot \ell) \quad (\text{kN/m})$$

基本形状の決定

で算出した必要抑止力 P_r より、ロックボルトの設計引張力を求める。

斜面に設置されたロックボルトは T_m を一定化し、等価に外力を支える支持形式としてリスクを分散化するのが望ましい。従って、不安定な部分が出来ないように配慮しながら α を平均化し、 T_m を極力一定値となるように設計モデルを設定することが望ましい。(斜面状況、崩壊形態等の条件によっては α の平均化が困難なケースもあるため十分な検討の上、 α を設定すること)

$$T_m = \frac{P_r}{\sin \alpha \cdot \tan \phi + \cos \alpha} \quad (\text{kN/m})$$

ここで、 $T_m = T_{pa} = 0.7 \times T_{pa}$

横方向ロックボルトピッチ $@$ と段数 n を決定し、次式で1本当たりのロックボルト力 T_1 を求める。

$$T_1 = \frac{T_m @}{n} \quad (\text{kN/本})$$

ロックボルトの最低定着長

ロックボルトの最低定着長は1.0m以上とする。また1mを超える定着長は50cmラウンドとする。

ロックボルトの長さ

ロックボルトの長さは最低2.0m以上、5m以下(頭部余長含む)を標準とする。但し施工機械によっては7.0mまで可能である。

フレームにかかる重量の計算

重量としては、以下のものを考える。

- ・フレーム枠の重量
- ・枠内中詰め工の重量
- ・積雪重量

これらは、右図のようにロックボルトの横ピッチ@当りで考える。

それぞれの計算の方法は、のり面保護工法の時と同様である。

$$W = W_c + W_e + W_s \quad (\text{kN}/@)$$

この荷重により必要抑止力の増分は、

$$P_r = F_{sp} \cdot W \cdot \sin \theta - W \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi$$

ロックボルト設計荷重の増分は、

$$T_2 = \frac{P_r}{\sin \theta \cdot \tan \phi + \cos \theta} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{0.7} \quad (\text{kN}/\text{本})$$

これより、ロックボルト1本当りの設計荷重 T_p が求まる。

$$T_p = T_1 + T_2 \quad (\text{kN}/\text{本})$$

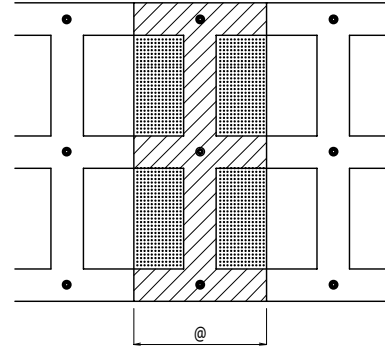


図4.4.12

ロックボルトの検討

- ・ロックボルトの必要断面積

$$A_s = \frac{T_p \times 10^3}{s_a} \quad (\text{m}^2)$$

ここに、 s_a = 補強材(ロックボルト材)の許容引張応力度 (kN)

ロックボルトの必要定着長(不動地山における定着長)

-) 地山と注入材による L_{pa}

$$L_{pa} = \frac{F_{sa} \cdot T_p}{D \cdot p} \quad (\text{m})$$

-) 補強材と注入材による L_{ca}

$$L_{ca} = \frac{T_p}{d \cdot c} \quad (\text{m})$$

ここに、 D : 削孔径 (m)

p : 地山と注入材の極限周面摩擦抵抗 (kN/m²)
(表4.4.5より)

d : 補強材径(m)

c : 補強材と注入材の許容付着力 (kN/m²)
(表4.4.6より)

F_{sa} : 極限周面摩擦抵抗の安全率 (本設 = 2)

表4.4.5 極限周面摩擦抵抗の推定値

地盤の種類		極限周面摩擦抵抗 (N/mm ²)
岩盤	硬岩	1.20
	軟岩	0.80
	風化岩	0.48
	土丹	0.48
砂礫	N 値	10
		20
		30
		40
		50
砂	N 値	10
		20
		30
		40
		50
粘性土		0.8 × c (cは粘着力)

出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針、平成21年6月

表4.4.6 注入材と異形鉄筋の許容付着応力度(N/mm²)

注入材の設計 基準強度 鉄筋の種類	18	24	30	40以上
異形鉄筋	1.4	1.6	1.8	2.0

出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針、平成21年6月

枠の設計

- ・枠の設計は、グラウンドアンカー併用工法に準ずる。ただし、枠の設計に用いる $T_p(T_1 + T_2)$ には、それぞれ $= 0.7$ (補強材の引張り力の低減係数)を考慮しない。
- ・二重管掘削が必要と判断される場合は、鉄筋のかぶり確保されるように留意すること。

ロックボルトの現場試験

ロックボルトの現場試験は設計定数等の事前確認のための「引抜き試験」と施工後の品質確認のための「確認試験」の2項目とし、詳細についてはNEXCOの「切土補強土工法設計・施工要領 H19.1」による。

引抜き試験

地盤の極限引抜き力や設計に使用した諸定数の妥当性を確認する目的で実施される極限状態までの試験とし、試験時期は調査計画段階や実施前の早い時期に行うことが望ましい。また試験のボルトは計画地点近傍に設置し、試験後は放棄する。

1) 試験本数

設計上の地質毎に3本を標準とする。

尚、これを最低本数として、必要に応じ、試験本数を増やすことが出来る。

2) 定着長

定着長は1m程度とする。

3) 自由長部の処理

自由長(滑り土魂内貫通部)周辺の注入材は引抜き抵抗として作用するので、注入後ただちに洗い流すか、若しくはシーす等によって孔壁と分離する。

4) 最大試験荷重

ボルト材降伏強度の90%以下とする。

極限引抜き力が大きいと想定される場合には、PC鋼棒を使用する等の措置を検討する。

5) 計測項目

最低として行う4項目(載荷荷重、試験時間、補強材変位、反力装置変位)

尚、試験結果のまとめ方等についてはNEXCOの「切土補強土工法設計・施工要領H19.1」を参考とされたい。

) 確認試験

施工後のボルト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。しかし、ロックボルトは全面定着式であり、鋼材を引張ることがそのまま設計耐力の確認になっているとは言えない。従って、ボルト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、その代わり日常の施工管理でこれを補うものとする。

1) 試験本数

全数の3%とし、最低試験本数は3本とする。

2) 最大試験荷重

施工後のボルト頭部に、過大に引張り荷重を与えると本来生じるところでない付着部の破損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) 計測項目

最低として行う4項目(載荷荷重、試験時間、補強材変位、反力装置変位)

尚、試験結果のまとめ方等についてはNEXCOの「切土補強土工法設計・施工要領H19.1」を参考とされたい。

ロックボルトの防食処理

) 通常腐食環境の補強材頭部(ナット、プレート)

亜鉛メッキ地肌処理を標準とする。

[ナット (JIS-H-8641の2種 HDZ35)、プレート (JIS-H-8641の2種 HDZ55)]

) 頭部キャップによる頭部処理(ナット、プレート)

下記に示す条件下では、ナット、プレートは前項の亜鉛メッキ処理としたうえ、頭部キャップの採用を検討する。

- ・ 海岸線に面する地域で潮風にさらされる等の場合
- ・ 重化学工業地帯で亜硫酸ガス濃度が高い等の地域
- ・ 国立公園、国定公園内など、景観に配慮する必要がある場合
- ・ 補強材が露出していることで第三者に危険を及ぼす恐れがある場合(歩道近接区間等)
- ・ 補強材頭部に破損を与えるような設置環境にある場合
- ・ 融雪剤による塩害を受ける恐れのある場合

) ボルト(鋼棒)の防食処理

亜鉛メッキ処理(JIS-H-8641の2種 HDZ55)を施し、設計にあたってはボルトに1mm(鉄筋公称径+2mm)の腐食代を考慮する

また、被りを片側10mm以上確保するため、2.5mピッチ以下の間隔でスペーサーを設置する。

) ボルト材孔口付近

注入材の充填が不完全になる場合が多いので、ボルト挿入後、硬練りモルタル等で入念に充填するものとする。

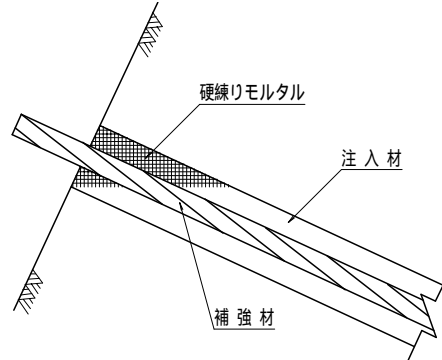


図4.4.13

のり面に施工するロックボルトの防食上で最も問題になるのは、大気や湿潤の影響を受けやすいボルト頭部やのり砕材(被覆材)と地山との接合部付近である。また、地中部についても注入材の被りが8mm程度のもに軽度の腐食が見られたことが報告されており、ボルト地中部の被り10mmが防食の目安となる。従って、地山とボルトとの被りを保つため、ボルトにはスペーサーを考慮することとした。

しかし、被りのみの防食には不確実性が伴うことから、下記に示す亜鉛メッキによる防食対策を施すこととし、また、設計においてはボルト1mm(鉄筋公称径+2mm)の腐食代を考慮することとした。

ロックボルトの注入工

) 注入材はセメントミルクを標準とし、所要強度、長期安定性を有し、施工面から流動性に優れているものを使用することとする。

また、地山の亀裂状況によってセメントミルクがリークする場合等にはセメントモルタルに変更するかセメントミルクの濃度変更等の対策を検討する。

) 注入材料の仕様

注入材料の仕様は「第2集 第5章グラウンドアンカー工 5.4.2注入材料」による。

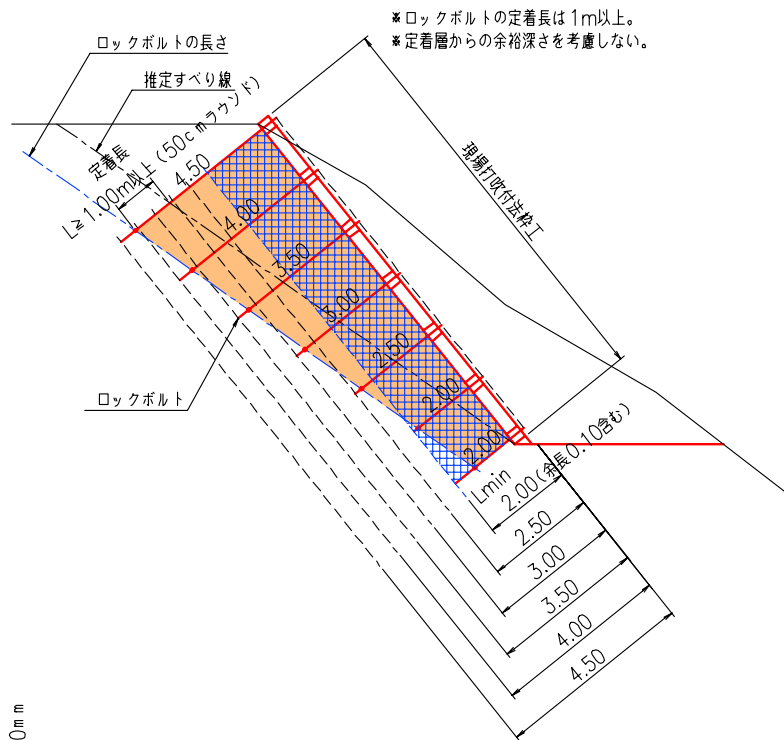
) 注入は削孔完了後、注入ホースによって孔底から速やかに行うものとする。ただし、地山の湧水や亀裂の状況によって注入材の充填が困難な場合があるため、口元で注入材のリターン確認や注入材の比重確認等を確実に行わなければならない。

) 削孔角度によっては、孔口上部にミルクの不充填部を生じる場合があるので、当該部分を硬練りモルタル等で確実に充填する。

ロックボルトの施工手順 (例)

法 枠 工 等 の 施 工	(吹付けのり枠、コンクリート吹付け他)
地 山 削 孔	(アースドリル、レッグハンマー)
グ ラ ウ ト 注 入	(ホースにより、孔底部から注入)
ボ ル ト (鋼 棒) 挿 入	(スペーサーを事前に取り付ける)
口 元 コ ー キ ン グ	(硬練りモルタル等を充填)
頭部プレート、ナット取付け	

ロックボルト長決定



ロックボルト工詳細図 (参考図)

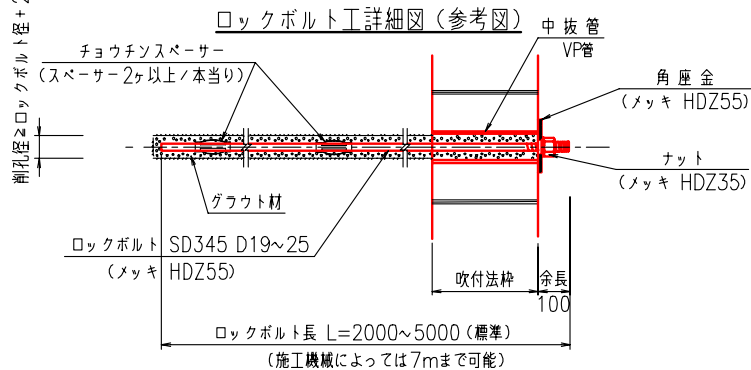


図4.4.14 ロックボルト標準図

4.4.4 現場打コンクリート枠工

現場打コンクリート枠工は、プレキャスト枠工と同様の施工目的のほか、比較的成型が容易なり面における小規模な崩壊などの防止を目的として選定し、土圧が作用する箇所には設計計算を行うものとする

【解説】

- (1) 現場打コンクリート枠工は、プレキャスト枠工と同様、のり面の表面侵食の防止や緑化を主目的とするが、プレキャスト枠工と異なり、枠の交点が一体化されているため、土圧に対して限られた範囲ではあるが、ある程度の抑止力が期待できる。従って、のり面表層部の薄い小崩壊を防止する目的で現場打コンクリート枠工が使用される場合もある。一般には、長大のり面や風化しやすい軟岩あるいは節理や、き裂の多い軟岩からなる切土のり面などで長期にわたる安定が若干疑問と思われる箇所、あるいはプレキャスト枠工などでは崩壊のおそれがある場合に用いられる。また、整形の困難な凹凸の多いのり面には不適である。
- (2) 土圧が作用する箇所には、設計計算を行うものとする。

4.4.5 中詰工の種類

のり枠工の中詰工には、次に示すような種類がある。

- (1) 土砂詰工
- (2) 土のう積工(植生土のう)
- (3) 植生基材吹付工(土砂系)
- (4) 空石張工
- (5) 平板ブロック張工
- (6) 練石張工
- (7) コンクリート張工(コンクリート吹付工を含む)
- (8) 植生基材吹付工(有機質系)

【解説】

中詰工の種類別の概要を示すと次のとおりである。

- (1) 土砂詰工
枠内に直接土砂を詰める工法。
のり長の大きくない場合は、機械を利用して土砂の中詰が可能であり、施工性がよい。
土砂詰め後に行う植生工は、一般に種子散布工などが用いられている。

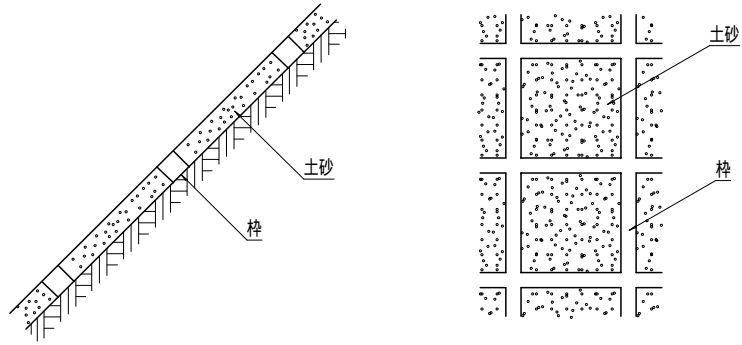


図4.4.15 土砂詰工

(2) 土のう積工(植生土のう)

土のうに土砂を詰め枠内に敷きならべる工法。

土のう上に種散布などによって緑化する方法と種肥付の土のうによって緑化する方法とがある。後者は、施工当初から雨水による種子流失のおそれはない。土のう内への土砂詰め作業は人力に頼らざるを得ないことまた土のうの材料費の分だけ施工費は高くなる。植生のための客土厚は必要上の最小限確保すれば良い。

ただし、次のような場合には、のり枠上面まで土のうを設置すべきである。

植生によりのり枠を隠す場合。(公園協議で必要になった場合)

のり枠背面(山地側)から湧水・浸透水が多く、枠内を安定させなければならない場合。

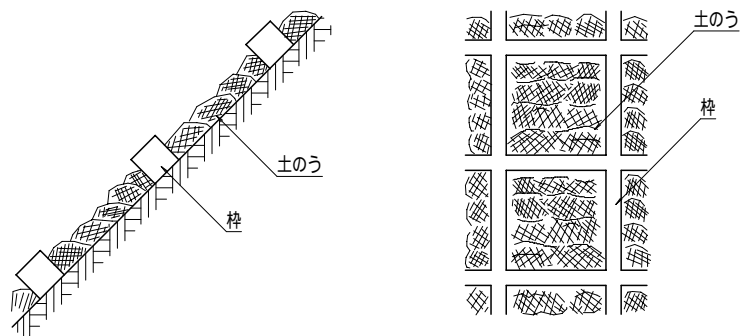


図4.4.16 土のう積工

(3) 植生基材吹付工(土砂系)

枠内に土砂系の緑化用基材を3~5cm程度の厚さで吹付ける工法。

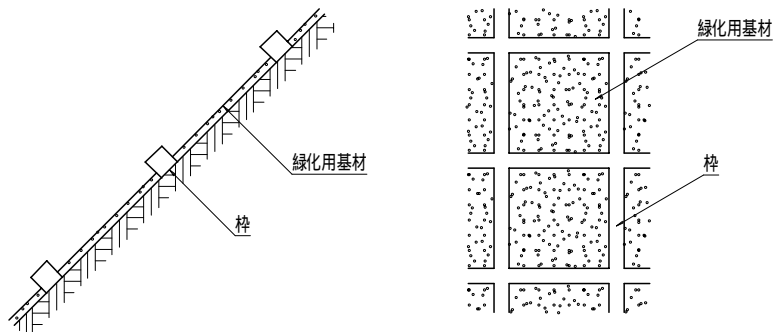


図4.4.17 植生基材吹付工

(4) 空石張工

枠内に栗石、粗石等を詰める工法。

地山から浸出水のある場合、これらの処理のために用いられ、勾配の急なり面では上部にネットを併用する。

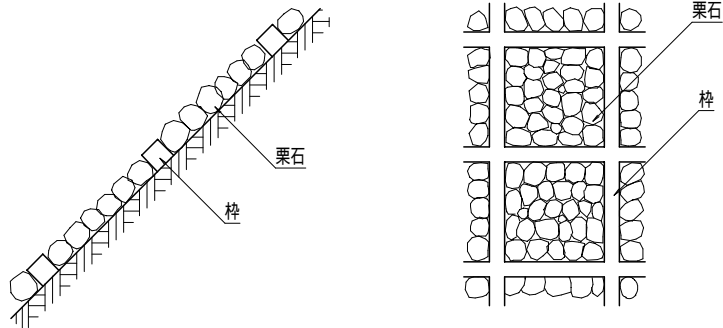


図4.4.18 空石張工

(5) 平板ブロック張工

枠内にプレキャストコンクリート板を敷きならべる工法。

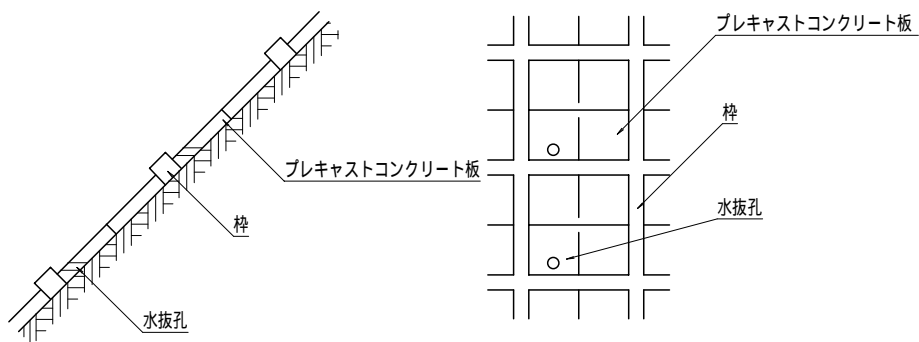


図4.4.19 平板ブロック張工

(6) 練石張工

枠内に栗石、粗石等を詰め隙間をコンクリートで充填する工法。

凍上の恐れのあるところでは、注意を要する。

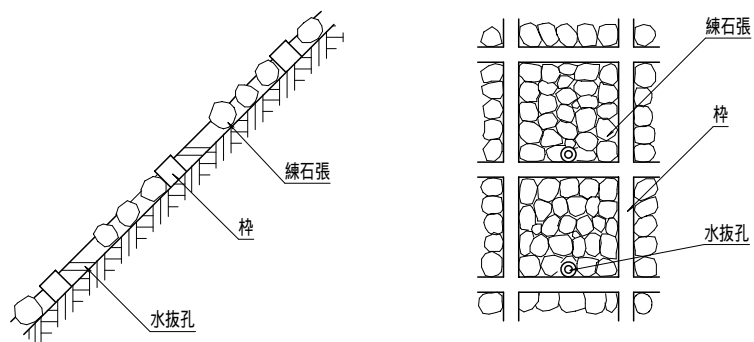


図4.4.20 練石張工

(7) コンクリート張工(コンクリート吹付を含む)

枠内に現場打コンクリート(またはコンクリート吹付)を打設する工法。

凍上の恐れのあるところでは、注意を要する。なお、コンクリート吹付工の場合、吹付厚は、10cmを標準とする。

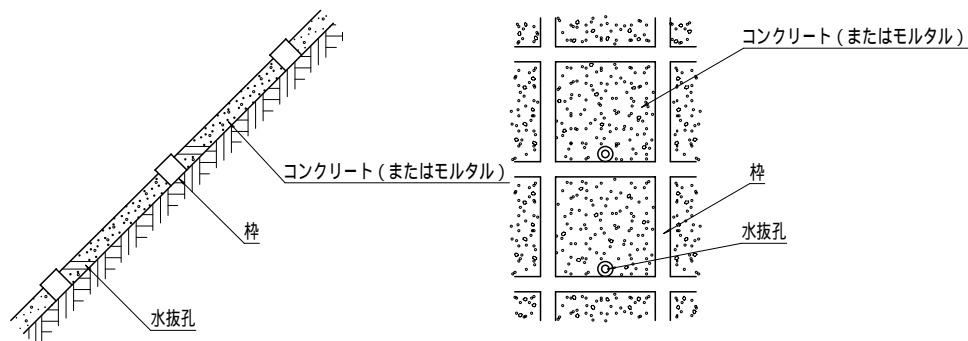


図4.4.21 コンクリート張工

(8) 植生基材吹付工(有機質系)

枠内に緑化用基材を3~10cm程度の厚さで吹付ける工法。緑化用基材とは、パーク堆肥やピートモスなどの有機質材料等に、種子・肥料などを入れ、セメントや合成樹脂などの接合材で定着しやすくしたものを用いる。

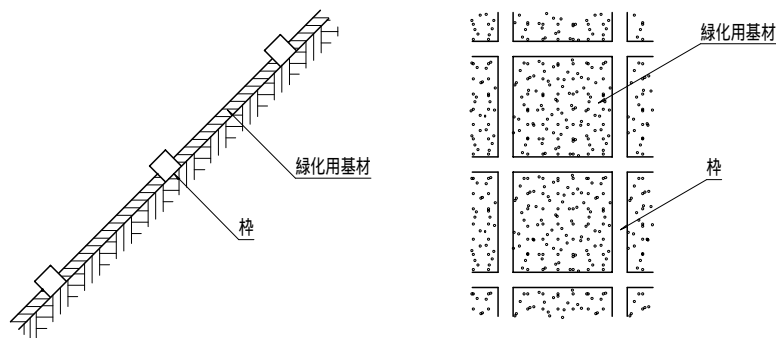


図4.4.22 植生基材吹付工

その他、透水性コンクリート張工などもある。

4.4.6 盛土のり面における中詰工

盛土のり面における中詰工の選定の目安は次のとおりである。

- (1) 緑化を必要とする場合は、土砂詰工・植生基材吹付工などを施工して緑化を行う。
- (2) 浸出水が予想される箇所では地下排水施設などを設置して緑化工とするか空石張工とする。

【解説】

- (1) 枠内を緑化する場合には、肥沃な客土を使用し、十分に締め固めて仕上げたのち、ただちに種子散布工などを施工することが望ましい。浸出水が予想される場合には、空石張工とする。

夏期施工や乾燥期の施工直後の豪雨による客土の侵食、あるいは冬期における客土の凍上が予想される場合にはむしろ張工などを併用する。

緑化の使用植物に木本類の導入を必要とする場合には、植生基材吹付工とするのがよい。

- (2) 片切・片盛区間のように浸出水が盛土のり面に出る箇所で、その水量が多く、枠内に土砂詰工を行うと侵食や流出が予想される場合には、あらかじめのり面に地下排水施設などを設置して浸潤線がのり面上にでないようにして緑化工を施工するか、空石張工によって湧水をのり面外に出すようにする。とくに凍上現象が予想されるのり面では排水に十分留意する。

盛土材が侵食を受けやすい砂質土の場合には、枠の下部などに空洞ができ、枠自体の破壊につながりやすいので、張石の間詰材として粒度のよい切込砂利を使用するのがよい。

4.4.7 切土のり面における中詰工

切土のり面における中詰工の選定の目安は次のとおりである。

- (1) のり面勾配が1:1.2より緩い土砂のり面では、一般に土砂詰工を施工して緑化をおこなうのがよい。
- (2) のり面勾配が1:1.2~1:1.0の締まった土砂や節理の多い岩などでは、植生基材吹付工(土砂系)や土のう積工によって緑化を図る。
- (3) のり面勾配が1:1.0より急な岩質のり面などでは、植生基材吹付工(有機系)により、緑化を図ることも可能である。また、コンクリート吹付工を行うこともある。
- (4) 風化しやすい軟岩などのように浸透水によってのり面の安定が低下するおそれのある場合には、コンクリート吹付などの不透水性材料で被覆する。
- (5) のり面からの湧水が多い場合には、地下排水施設を設置したのち、中詰工を施工する。

【解説】

- (1) 客土は肥沃なものを使用し、十分に締固めて仕上げたのち、ただちに種子吹付工を施工するものとする。

枠の跨度が1.5m以上となる場合には、客土の移動や沈下を防ぐために、枠内を更にプレキャスト枠で区切るなど客土の移動防止の処置を施すことが望ましい。

施工期間が適期をはずれる場合には、金網張工またはむしろ張工を利用する。緑化の使用植物に木本類の導入を必要とする場合には植生基材吹付工とするのがよい。

なお、強酸性土壌の場合で緑化を必要とする場合には過去に実績のある植生基材吹付工(有機系)を行うこともある。

- (2) 土のうに使用する土砂には肥沃なものを使用する。また、土のうは植物の発芽や生育に支障がなく、かつ土砂の流出のない織目のもので、植物が十分生育するまでの期間破損しないものでなければならない。

枠内へ土のうを設置するときには、土のうの沈下や移動のないように密に施工し、のり面から15~20cm程度以上の厚みが保てるように施工する。

- (3) 急勾配の岩質のり面に緑化を行うときには、流下水の速度が増すので、のり面への接着性が強く、かつ肥料分の含有量の多い植生基材吹付工(有機系)などを用いる。

1) 公園協議等でのり枠を含めて緑化が必要とされる場合は、土のう積工を用いる。

2) 枠内植生安定をはかるための土のう止金網については、1:0.8から急なのり面に設置するのを標準とする。

4.5 のり枠工の基礎

のり枠工の基礎は、のり枠部材が一定の平面になるように天端は水平に仕上げ、かつ上方からの荷重に対して安定している断面とする。

【解説】

- (1) 基礎工は、設計基準強度 $c_k = 18\text{N/mm}^2$ とし特別な場合を除いて無筋構造物とする。
- (2) 一般に現場吹付のり枠工には基礎工を設けない。
また、プレキャストのり枠工は荷重(自重、中詰工、雪)は一般にアンカーピンで受けもたせるため基礎工には、かからないが、枠工の形状によっては最下段の部分だけかかるものもある。

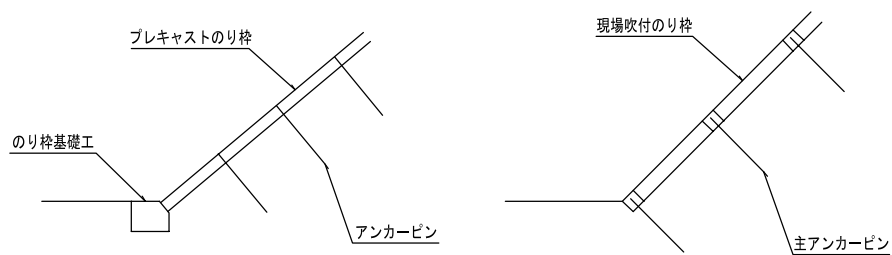


図4.5.1

- (3) 基礎工の形状は土質(土砂類、岩)によって次のようにする。

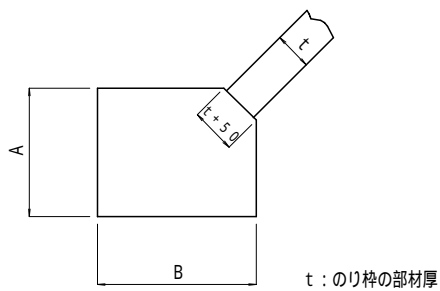


図4.5.2 基礎の形状

表4.5.1

土質	寸法	
	A(mm)	B(mm)
土砂	400	500
軟岩	300	400

- (4) 現場打コンクリート枠工については別途考慮するものとする。

4.6 アンカーピン

アンカーピンについては、枠工のズレ防止、凍上の浮上がりによる誘導効果、地盤への緊結など枠工部材と一体化を図ることを目的としているため必要に応じて設けるものとする。

【解説】

(1) アンカーピンの材質は丸鋼とし、径は22mm、長さは土砂類で1.00m、岩で0.6mとする。

(2) のり枠部材とアンカーピンの結合方法は一般に図4.6.1のような方法がある。A、B法については、のり枠工を設置した後アンカーピンを打ち込み、C、D法については、のり枠工を布設する前、あるいは布設と同時にアンカーピンを打ち込む方法である。アンカーピンの打ち込みは一般に土砂、レキ質土では、ハンマーで打撃し、地山の硬い軟盤系では、穴もみ機(レックドリル)で穿孔しモルタルを注入する工法がとられている。

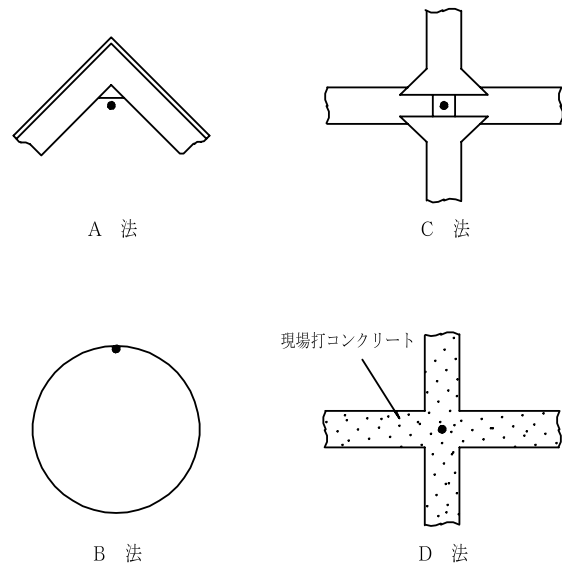


図4.6.1 アンカーピンと部材の結合方法

4.7 地下排水工

のり面に湧水などの流下水がある場合には必要に応じて地下排水工を設ける。

【解説】

のり面の湧水や地表面近くの地下水を集めて排水するためには、地下排水工が有効である。地下水排水工に関する詳細は、「6章 排水 6.6 のり面排水」を参照すること。

4.8 ふとんかご工

湧水が多いのり面においては、必要に応じてのり面保護工として、特殊ふとんかご工を使用する。採用にあたっては、湧水状況・地山の浸食などを考慮する必要がある。
また、特殊ふとんかご工は、のり面崩壊後の復旧対策工等としても用いることができる。

【解説】

(1) のり面被覆用特殊ふとんかごの仕様及び使用区分を表4.8.1に規格・寸法を図4.8.1～図4.8.2示す。

表4.8.1 特殊ふとんかご仕様及び使用区分(1)

線径	規格・形状・寸法						80mm級 (m ³)	標準使用区分
	網目 (mm)	高さ H (mm)	長さ L (m)	幅 W (m)	骨線径 (mm)	骨線間隔 (m)		
3.2mm	50	250	2.0	1.0	4.0	1.0	0.60	のり面被覆用
	50	250	1.0	1.0	4.0	-	0.30	

注)1. かごに用いる亜鉛メッキ鉄線は、JIS G 3532(鉄線)に規定する亜鉛メッキ鉄線の3種以上の材料を用意し、JIS G 3552(ひし形金網)により製作したものである。

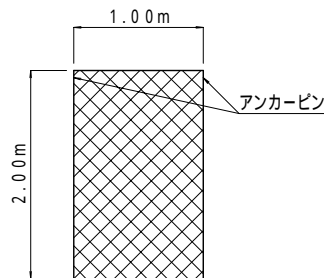


図4.8.1

- アンカーピンは1m²当たり1本を標準とする。又アンカーピンの規格はSS400 = 22mmL = 1.0m 先端は4面加工でフックなしとする。
- かごは、(2.0×1.0)の縦張りを標準とする。

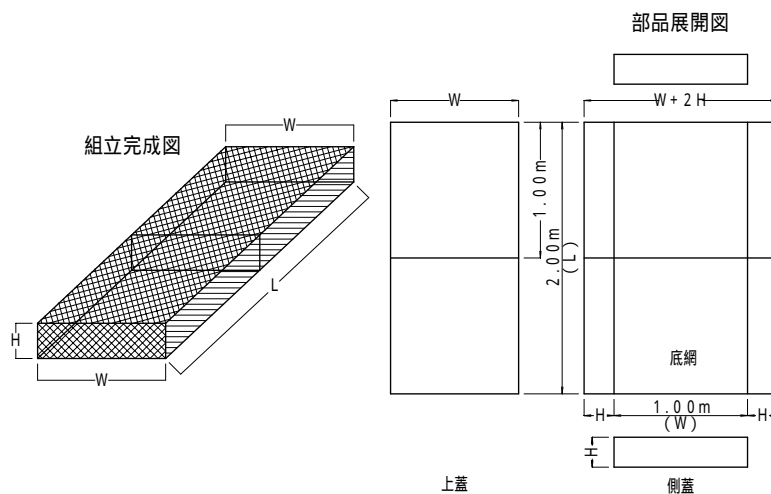


図4.8.2 のり面被覆用特殊ふとんかごの規格

- 中詰材料は、砕石及び再生骨材も使用可能とする。ただし、施工性・環境面に支障のない材料を選定すること。

(2) のり面被覆用（階段式）・流水処理箇所用特殊ふとんかごの仕様及び使用区分を表4.8.2～表4.8.3に規格・寸法を図4.8.3示す。

表4.8.2 特殊ふとんかご仕様及び使用区分（2）

線径	規格・形状・寸法						80mm級 (m^3)	標準使用区分
	網目 (mm)	高さ H (mm)	長さ L (m)	幅 W (m)	骨線径 (mm)	骨線間隔 (m)		
3.2mm	50	400	2.0	1.5	5.0	0.5	1.44	のり面被覆用 (階段式)
	50	400	2.0	1.2	5.0	0.5	1.15	

表4.8.3 特殊ふとんかご仕様及び使用区分（3）

線径	規格・形状・寸法						栗石 玉石 (m^3)	標準使用区分
	網目 (mm)	高さ H (mm)	長さ L (m)	幅 W (m)	骨線径 (mm)	骨線間隔 (m)		
4.0mm	100	400	2.0	1.2	5.0	0.5	0.91	流水処理箇所用

- 1.ふとんかごについては、仮設用及び小作工物吞吐口用を標準とする。
- 2.使用区分については標準であるので、現場状況を勘案し決定のこと。
- 3.ふとんかごの組立、隣接かごの緊結は、かご用と同一規格の鉄線を使用すること。
- 4.中詰材料は、碎石及び再生骨材も使用可能とする。ただし、施工性・環境面に支障のない材料を選定すること。

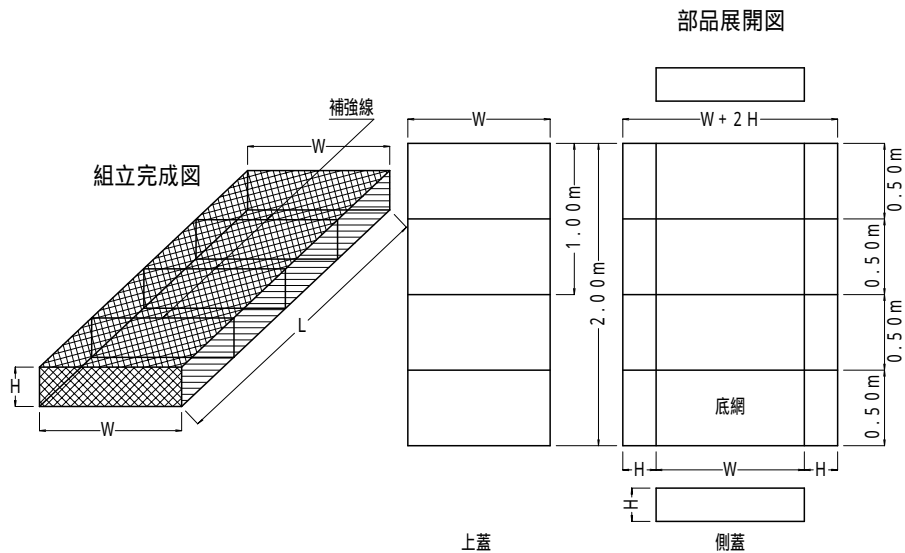


図4.8.3 のり面被覆用（階段式）および流水処理箇所用 ふとんかごの規格・寸法

(3) ふとんかご砂利流出防止装置(プラスチック網または合成繊維シート系入)を、図4.8.4に示す。

階段式

(単位mm)

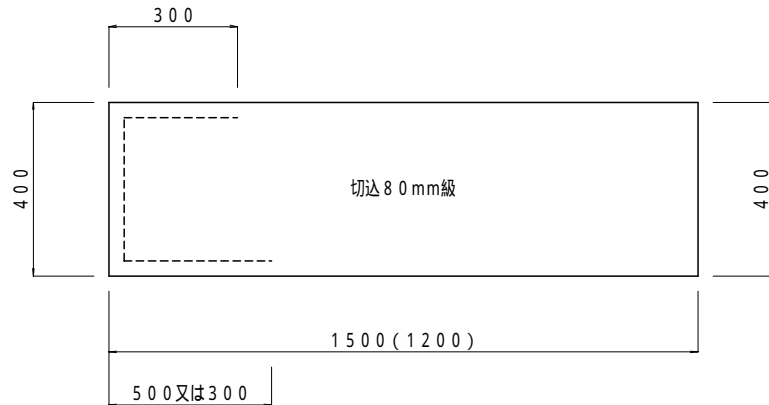


図4.8.4

注)1.設置位置は、ふとんかご前面及び端部両小口とする。

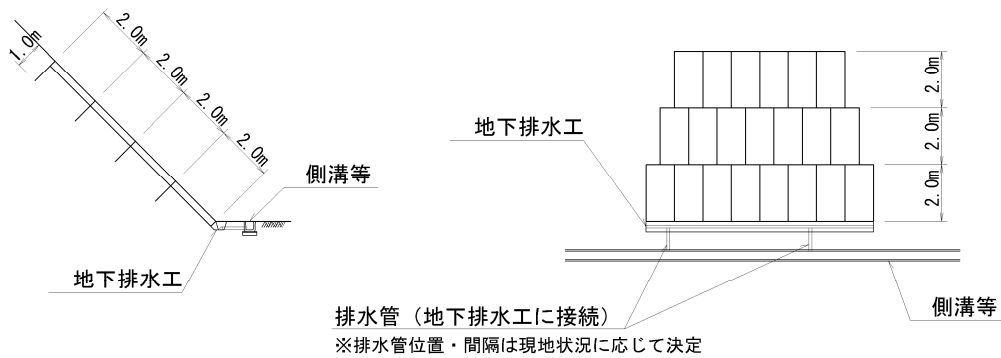
2.公示方法は、プラスチック網 網目6mm×6mm幅 1.20mかご下端取付幅50cmまたは合成繊維シート系 入厚4.0mm以上下端取付幅30cmとして公示する。

3.積算は、ふとんかご前面延長で計上しているが、端部両小口も取付すること。

特殊ふとんかご及びふとんかご工の設置参考図を図4.8.5に示す。

ふとんかご裏面への吸出し防止材の採用にあたっては、湧水状況・地山の地質性状などを考慮する必要がある。

特殊ふとんかご(のり面被覆用)



ふとんかご(階段式)

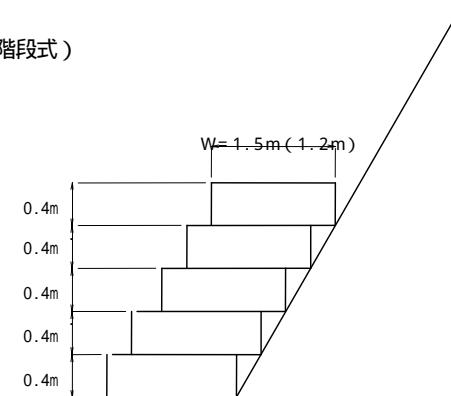


図4.8.5