

第7章 落石崩壊防止施設

この基準は道路防災事業の設計にあたり、特に問題となる点、計画で注意する点等を取り上げたものである。記述のない事項については表7-1 関係図書による。

表7-1 関係図書

No	関係図書	発行年月	発行元
1	落石対策便覧	H12年6月	(社)日本道路協会
2	道路土工一切土工・斜面安定工指針	H21年6月	(社)日本道路協会
3	道路震災対策便覧(震後対策編)	H18年9月	(社)日本道路協会
4	道路震災対策便覧(震前対策編)	H18年9月	(社)日本道路協会
5	道路震災対策便覧(震災危機管理編)	H23年1月	(社)日本道路協会
6	道路防災総点検要領(地震)	H8年8月	(財)道路保全技術センター
7	道路防災総点検要領(豪雨・豪雪等)	H8年8月	(財)道路保全技術センター
8	道路土工一擁壁工指針	H24年7月	(社)日本道路協会
9	道路構造令の解説と運用(改定版)	H16年2月	(社)日本道路協会
10	のり枠工の設計・施工指針	H25年10月	(社)全国特定法面保護協会
11	のり面保護工施工管理技術テキスト	H19年5月	(社)全国特定法面保護協会
12	のり面保護工に関する質疑応答集	H12年5月	(社)全国特定法面保護協会
13	改訂版フリーフレーム工法	H15年3月	フリーフレーム協会

注) 関係図書を使用する際には、最新版であることを確認して使用すること。

第1節 落石箇所(point)の点検と落石対策

落石発生箇所では斜面の浮石・転石状況を点検し、落石防護工が設置されていない箇所では適切な防護工の設置を検討する。また、落石防護工のある箇所では、落石防護工が適切な位置と高さにあるか確認し、必要に応じて追加対策を検討する。

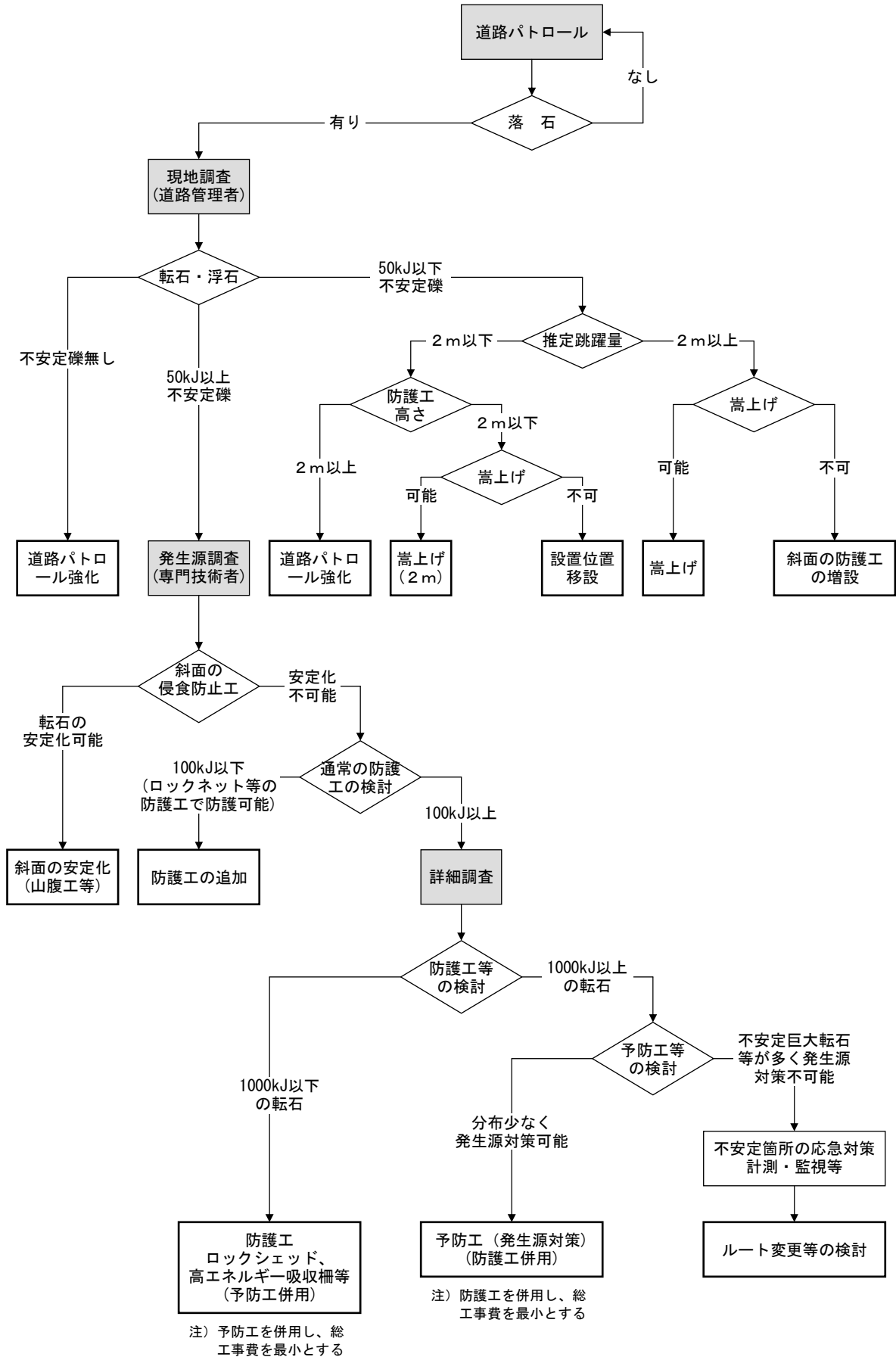
また、径数cm以下の落石の発生する箇所には、網目の細かいネットの併設なども必要に応じて採用する。

落石対策便覧では、落石の跳躍高2mを標準として設計することが示されているが、落下高(発生源から防護工までの高さ)が10mを超える場合は、跳躍高が2m以上になることがあり、必要に応じて設計跳躍高を上乗せすることが望ましい。

落石危険度の評価

落石防護施設が設置済の区間においても落石事故が発生している点を踏まえ、道路パトロールの強化、既設施設の補強又は補足などの対応が求められている。維持も含めた落石対策を図7-1-1に示す。

図 7-1-1 落石防護施設が設置済の区間における対策工の選定フロー



第2節 落石対策工法の選定

(1) 工法の選定フロー

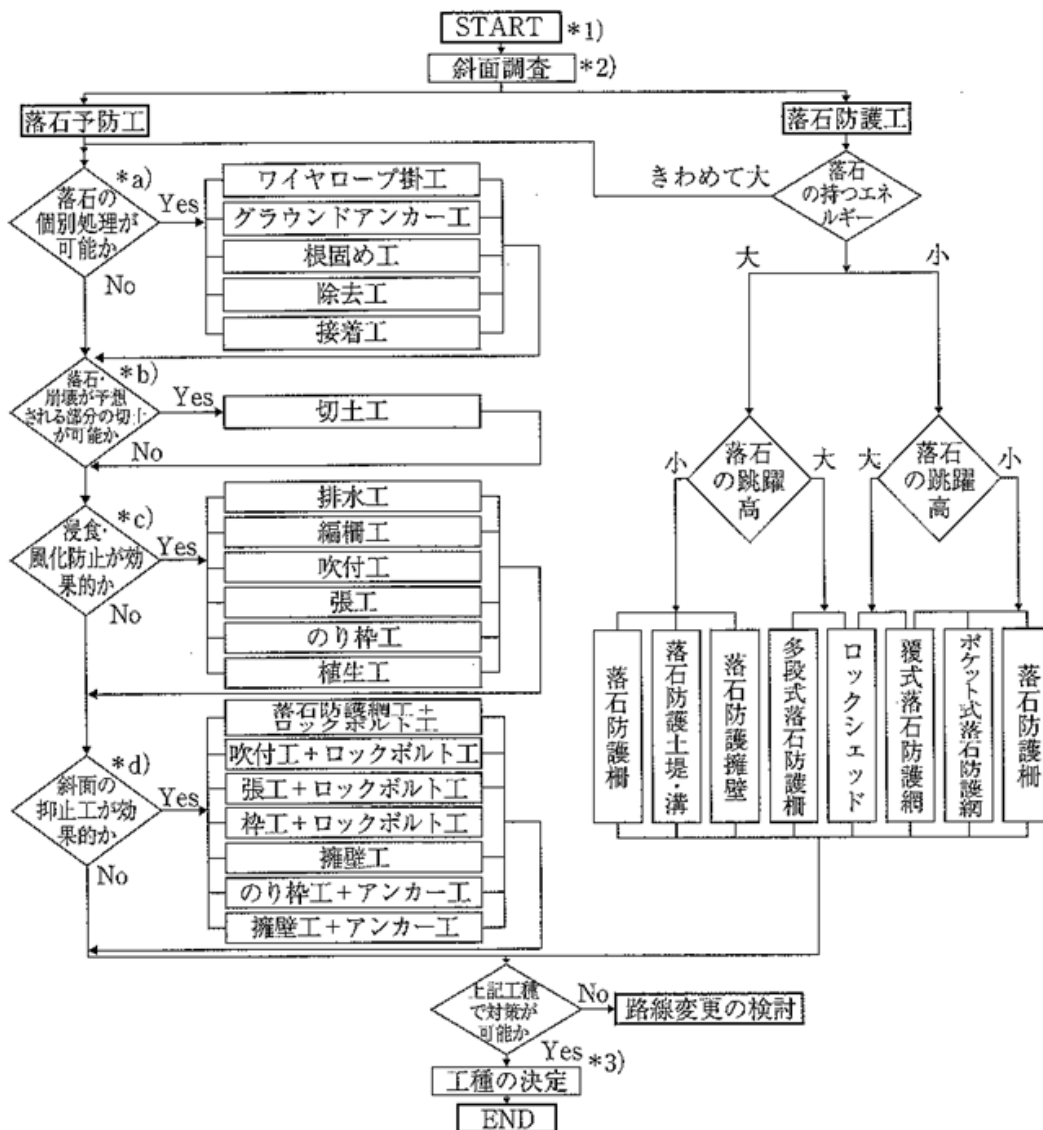
① 落石対策工には大別して次の2種類がある。

I 落石予防工 落石の直接発生源に対し浸食・風化の防止、落下の防止、除去などをおこなう。

II 落石防護工 落石発生源から道路までの間に設置し発生した落石から道路、通行者等を保護する。

② 落石対策工法は 図7-2-1、表7-2-1を参考に選定する。落石防護工については落石のエネルギーにより 図7-2-2に適用範囲の目安を示す。

図7-2-1 落石対策工選定フローチャート



*1) フローに従い適用可能な工種を並列的に抽出しその中から実際に施工する工種を決定する。

*2) 落石予防工と落石防護工は、並列的に比較することとし、必ず両者とも検討する。

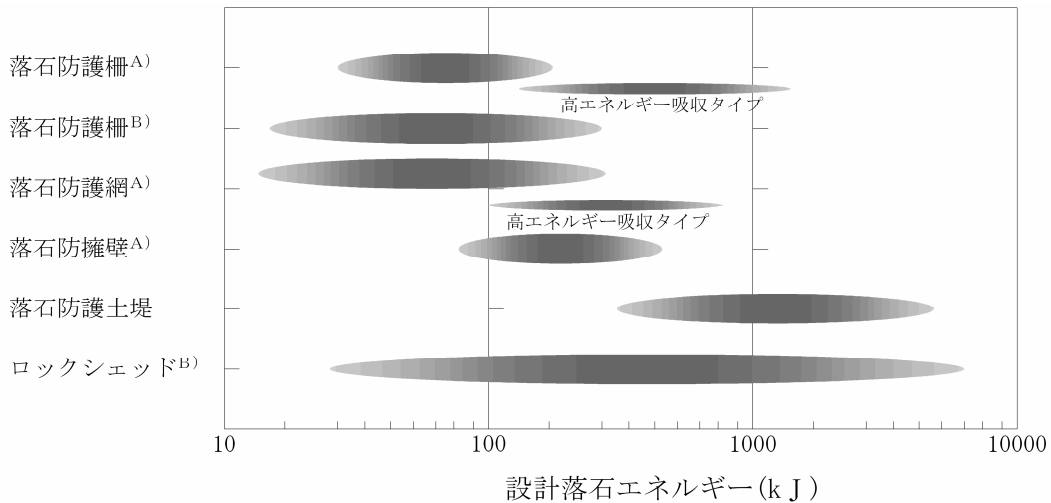
*3) 工種の決定には表7-2-1、図7-2-1を参考にするとよい。また、落石予防工間、落石防護工間、落石予防工と落石防護工間との組み合わせについても考慮する。

- *a) 落石崩壊が独立的に存在する斜面に適した工法である。
- *b) 勾配が緩く、除去した石・土砂の搬出が容易な斜面に適した工法である。
- *c) 比較的小規模な落石等が広範囲にわたり予想される斜面に適した工法である。
- *d) 落石予防工と落石防護工を組み合わせて用いることにより比較的大規模な落石・崩壊が広範囲にわたり予想される斜面に適用可能な工法である。

表7-2-1 落石対策の適用に関する参考表

分類	特徴	落石対策工の効果					耐久性	維持管理	施工の難易	信頼性	経済性
		風化侵食防止	発生防止	方向変更	エネルギー吸収	衝撃に抵抗					
凡例	◎	非常によい					非常によい	手がかからない	容易	非常によい	安い
	○	よい					よい	やや手がかかる	やや容易	よい	場合による
	△	場合によりよい					落石で破損	手がかかる	むずかしい	場合によりよい	高い
落石予防工	切土工		◎				◎	○	△	◎	○
	除去工		◎				○	○	△	○	○
	根固め工		◎				◎	○	○	◎	○
	接着工	○	○				△	○	◎	△	△
	アンカー工		◎				○	◎	○	◎	○
	ワイヤーロープ掛工		◎				○	○	△	○	◎
	排水工	◎					○	○	○	○	◎
	編柵工	○	○	△			○	○	◎	△	◎
	植生工	○	○				○	◎	◎	△	◎
	吹付工	◎	○				○	○	◎	○	◎
	張り工	◎	◎				◎	◎	○	○	◎
	のり枠工	◎	◎				◎	◎	◎	◎	○
	擁壁工	◎	◎	△			◎	◎	○	◎	○
	落石防護工+ロックボルト工		◎				○	○	◎	○	◎
	吹付工+ロックボルト工	◎	◎				○	○	○	◎	◎
張り工+ロックボルト工	◎	◎				◎	◎	○	◎	○	
のり枠工+ロックボルト工	◎	◎				◎	◎	○	◎	◎	
のり枠工+アンカー工	◎	◎				◎	◎	○	◎	○	
擁壁工+アンカー工	◎	◎				◎	◎	○	◎	△	
落石防護工	覆式落石防護網		○	○	◎		○	○	◎	○	◎
	ポケット式落石防護網			○	○	○	○	○	◎	○	◎
	落石防護柵			◎	○	△	○	○	◎	○	◎
	多段式落石防護柵		△	◎	◎		○	○	◎	○	◎
	落石防護棚			◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○
	落石防護擁壁			◎	○	△	◎	○	◎	○	◎
	ロックシェッド			◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	○
落石防護土堤・溝			◎	○	△	◎	○	◎	○	○	

図 7-2-2 落石エネルギーと落石防護工の種類



A) エネルギー計算により設計される工法 B) 静的強度計算により設計される工

(2) 落石のメカニズム

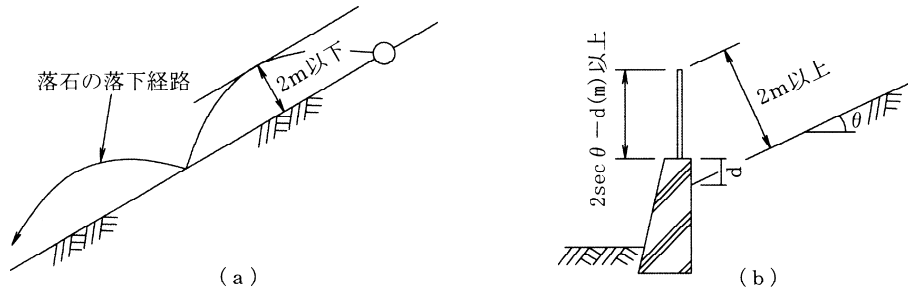
① 落石の到達位置と被害

「落石対策便覧」資料編 5. 落石防護工の被害の実態に平成 9 年度に実施した落石防護工の被害について調査した結果が整理されている。その結果によると高さ 3 m 以下の落石防護柵によって防ぎ得る落石エネルギーの最大値は 100 kJ であると推定され、100 kJ を越える落石は落石防護柵のところで必ずしも止まらないため他の対策工法を検討する必要がある。「落石対策便覧」(図 5-13 参照)

② 落石の跳躍量

既往の実験結果により標準の落石跳躍量は図 7-2-3 のとおり 2 m とする。

図 7-2-3 落石の落下経路と防護柵の高さ

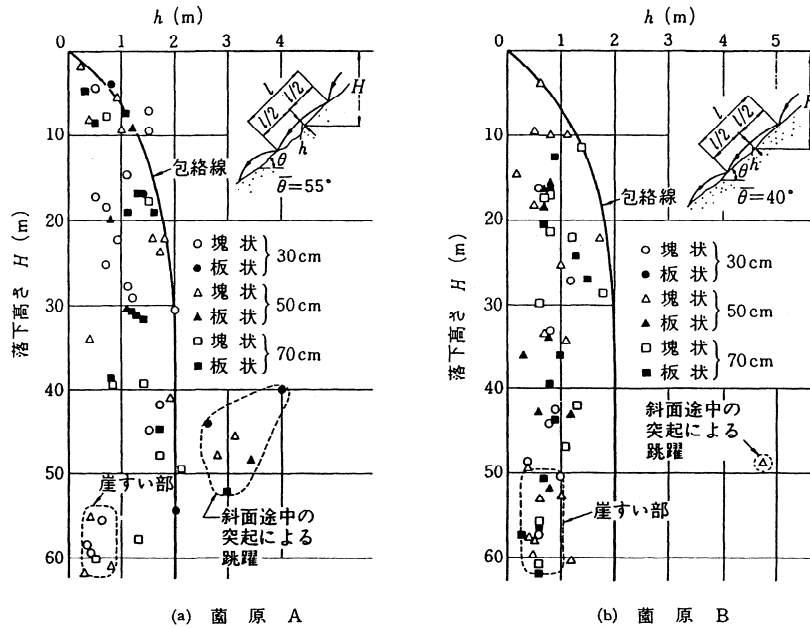


ただし、以下の場合には 2 m を越える跳躍量が予想されるので設計時に注意をする。

- I 斜面に突起があったり、凸凹が存在する場合。
- II 斜面勾配が変化する場合 (緩→急勾配)
- III 落下高さが大きい場合

2 m を越える参考事例が落石対策便覧に掲載されている。

図7-2-4 落石の跳躍量と落下高さ



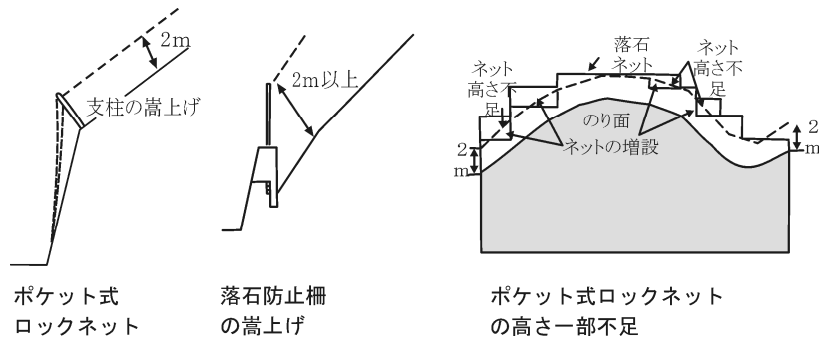
③ 落石の運動エネルギー

落石の運動エネルギーの計算では以下の点に考慮し「落石対策便覧」により設計する。

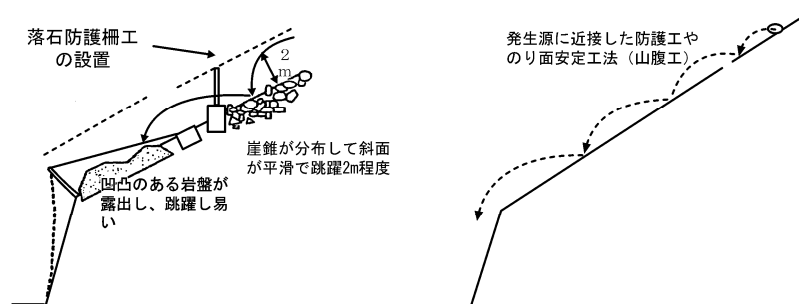
- I 落石の速度は落下高さ40mを越えると一定値に達する傾向がある。
- II 斜面の種類と等価摩擦係数 μ の値は「落石対策便覧」(表1-3)を使用する。
- III 冬期に積雪、雪崩により落石以上の荷重が作用する場合は「道路防雪便覧」により設計をする。

(4) 落石対策工の補強・補足

- ① 落石対策工が地形の形状の変化により規定の高さが確保できない部分は嵩上げの対応が有効



- ② 発生源の近くに落石防護柵工を設置



(5) 道路管理者と森林管理者の連携

主な落石は、道路法面より上方の山林を発生源としており、道路法面での防護工だけで対策するより、発生源近くに防護工を設け、落石エネルギーを減少させる対策を併せると効果的と考えられる。

したがって、今後の対策にあたっては発生源対策や斜面途中の落石防護柵工の設置と定期的な維持管理など、さらには森林づくりや治山事業などの対策を含め、山林などの管理者（所有者）と道路管理者が連携していくことが重要である。

第3節 落石防護柵（ロックフェンス）の設計

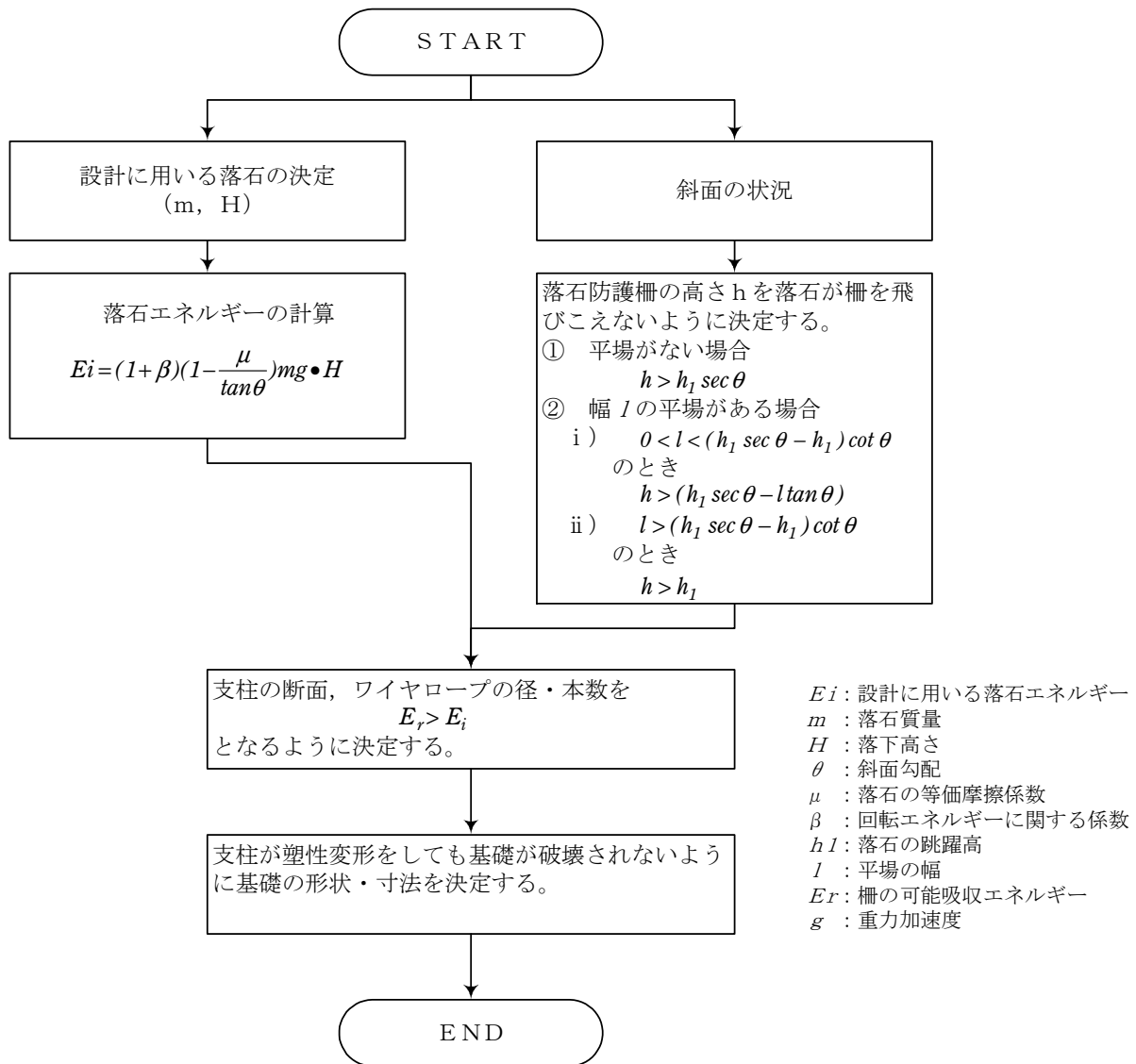
① 落石防護柵の適用範囲

図7-2-1から落石のエネルギーが100kJ以下で落石の跳躍高が高い場合に適用する。適用に当たってはポケット式ロックネットと比較検討し採用のこと。

② 落石防護柵の設計

設計フローチャートを図7-3-1に示す。

図7-3-1 設計フローチャート



③ 設計は「落石対策便覧」（5-4-2～4，5-4-4）によること。

④ 柵の吸収エネルギーの一覧を表7-3-1に示す。

適用荷重は柵高の2/3の位置に作用した場合である。

表 7-3-1 柵の吸収エネルギー： E_T

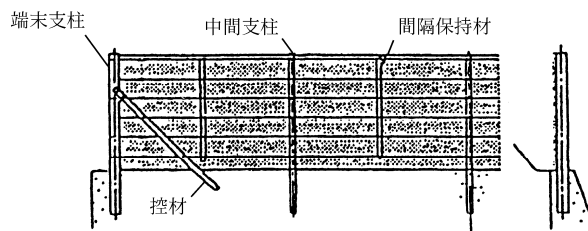
(落石対策便覧表 5-11の例による)

柵高(m)	柵の可能吸収エネルギー： E_T (kJ)					
	柵長 9 m	21m	30m	39m	51m	60m
1.5	54.7	57.2	58.5	59.5	60.8	61.6
2.0	52.5	54.1	55.0	55.7	56.5	57.1
2.5	51.2	52.4	53.0	53.6	54.1	54.5
3.0	50.5	51.4	61.9	52.3	52.7	53.0
3.5	50.0	50.7	51.1	51.4	51.8	52.0
4.0	91.2	93.5	94.8	95.8	97.0	97.8
4.5	90.2	92.2	93.2	94.1	95.1	95.8
5.0	89.4	91.1	92.0	92.8	93.7	94.2
5.5	88.8	90.3	91.1	91.7	92.5	93.0
6.0	88.3	89.6	90.3	90.9	91.6	92.0

⑤ 細部構造

I 落石形状が鋭角状や錘状の場合で災害履歴、斜面の状況により落石がワイヤーロープの間をすり抜ける場合は間隔保持材を設置する。

図 7-3-2



II 柵高さを超える積雪が予想される地域については天端補強材を施工すること。

図 7-3-3 (a) 補助中間支柱を使用する場合

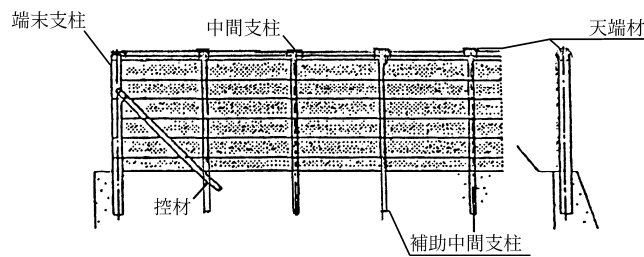
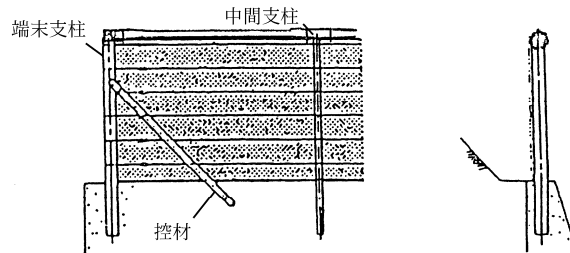


図 7-3-3 (b) 中間支柱間隔を狭める場合



(a) 直柱

第4節 落石防護網（ロックネット）の設計

① 設計は「落石対策便覧」（5-3-2, 5-3-3）によること。

ただし、ポケット式落石防止網の設計にあたっては、平成26年3月7日付国土交通省道路局からの通知により行うこと。

② 覆式ロックネットの構造諸元

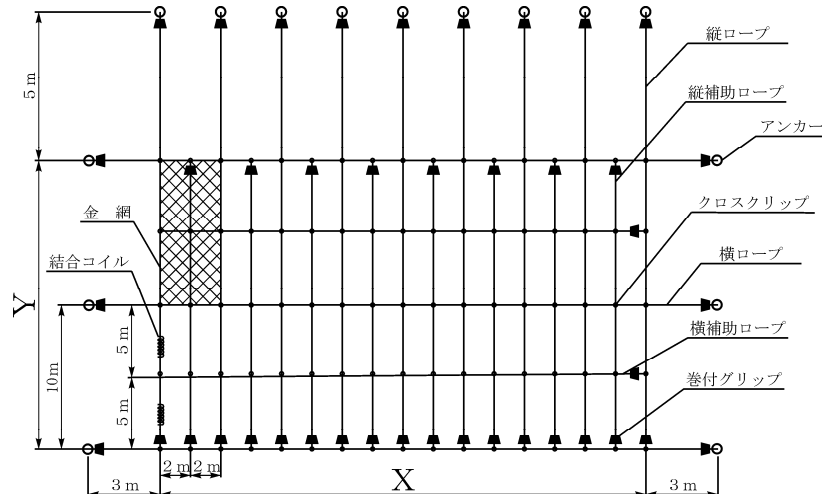
I 形式による主な使用材料の寸法は下表を下回ってはならない。

表7-4-1 覆式ロックネットの構造諸元

覆式ロックネット		A型	B型	C型
縦ロープ間隔		4.0m		
横ロープ間隔		10.0m		
縦・横ロープ		3×7G/O16φ		3×7G/O12φ
補助ロープ		3×7G/O12φ		
金網の径	亜鉛メッキ(Z-G3)	4.0φ	3.2φ	2.6φ
	ビニール被覆(V種)	5.0φ	4.0φ	3.2φ
	着色塗装	4.0φ	3.2φ	2.6φ
金網の網目		50×50		
結合コイル		4.0φ×70×300	3.2φ×50×300	

③ 覆式ロックネット標準施工図

図7-4-1 覆式ロックネット標準施工図



I 縦ロープの控え長さは5.0m、横ロープの控え長さは3.0mを標準とする。

II 金網の重ね長さは30cmを標準とし許容範囲は±10cm以内とする。ただし局部的に凸凹がある部分で許容範囲を上回る場合は補強を行う。

III ロープの両端部については巻き付けグリップを使用しロープの折り返しはしない。

IV 結合コイルの使用数は以下とする。

- 最下段横ロープ 3ヶ取付/m
- 縦・横ロープ 1ヶ取付/m
- 縦・横補助ロープ 1ヶ取付/m

V 設計面積は $A = X \times Y$ とする。

④ ポケット式ロックネットの構造諸元

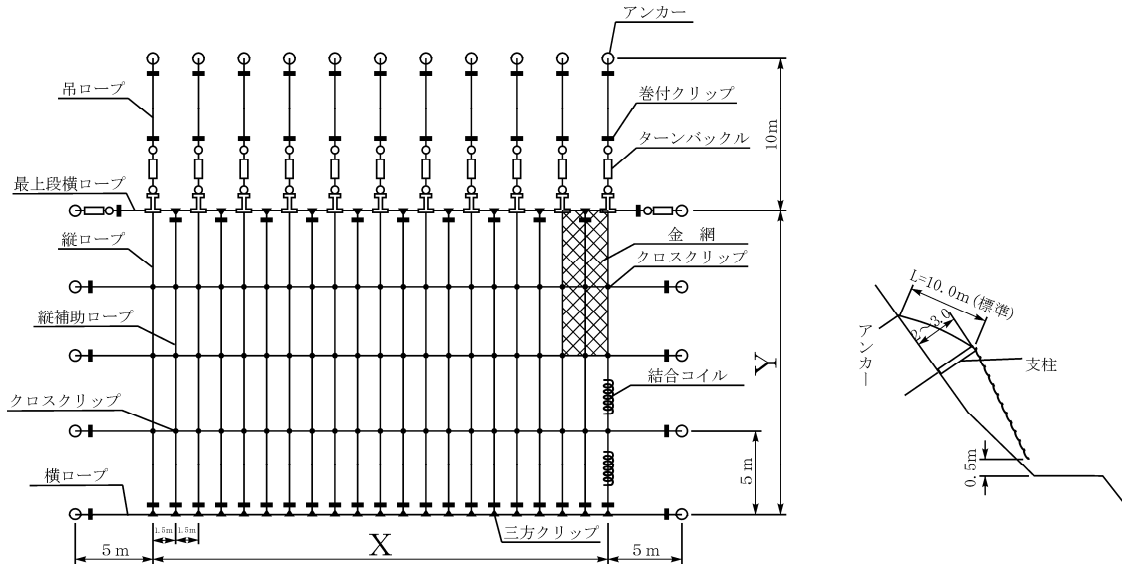
I 形式による主な使用材料の寸法は下表を下回ってはならない。

表 7-4-2 ポケット式ロックネットの構造諸元

ポケット式ロックネット		A型	B型	C型
縦ロープ間隔		3.0m		
横ロープ間隔		5.0m		
縦・横ロープ		3 × 7 G / O18 φ	3 × 7 G / O16 φ	3 × 7 G / O14 φ
補助ロープ		3 × 7 G / O14 φ	3 × 7 G / O12 φ	
の金 径網	亜鉛メッキ(Z-G3)	5.0 φ	4.0 φ	3.2 φ
	ビニール被覆(V種)		5.0 φ	4.0 φ
金網の網目		50 × 50		
結合コイル		4.0 φ × 70 × 300		3.2 φ × 50 × 300
支柱		H100 × 100 × 6 × 8 (SS400)		

⑤ ポケット式ロックネット標準施工図を図7-4-2に示す。

図 7-4-2 ポケット式ロックネット標準施工図



I 縦ロープの控え長さは10.0mを標準としているが現場状況によりアンカーのとれる位置に変更すること。また、横ロープの控え長さは5.0mを標準とする。

II 金網の重ね長さは30cmを標準とし許容範囲は±10cm以内とする。ただし局部的に凸凹がある部分で許容範囲を上回る場合は補強を行う。

III ロープの両端部については巻き付けグリップを使用しロープの折り返しはしない。

IV 結合コイルの使用数は以下とする。

最上段横ロープ	3 m当たり 8ヶ取付
縦主ロープ	5 m当たり 8ヶ取付
縦・横ロープ	3 m当たり 4ヶ取付
縦・横補助ロープ	5 m当たり 4ヶ取付

V バインド線は仮設に際し100㎡当たり 1kg使用のこと。

VI 設計面積は $A = X \times Y$ とする。

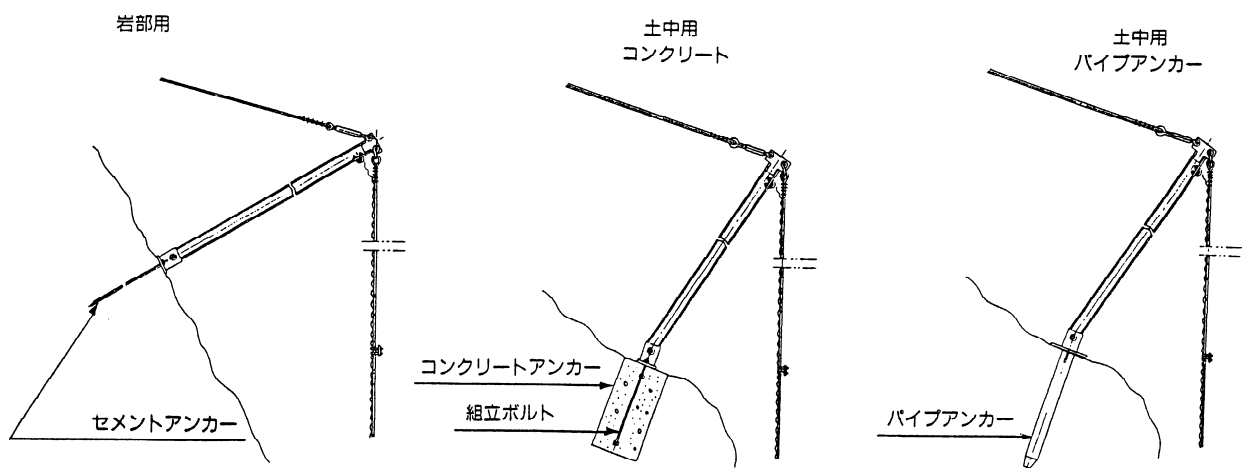
VII 網の下端部はポケットに入った落石を処理するのに必要なため、路面より50cm程度上げて設計する。

⑥ アンカーの設計

I アンカーの種類と特徴

落石防護工のアンカーは、土中用と岩部用アンカーの2種類に大きく分類される。初期の段階では、土中用としてはコンクリート基礎のみであり、岩部用アンカーとしてもルーフボルトアンカーのみであった。しかし、現在では、施工性、确实性の面を考慮し、その種類を増やしている。

図7-4-3 ポケット式ロックネットのアンカーの例



II アンカー工の設計に使用する岩の分類

表7-4-3に国土交通省の岩の分類に加筆したアンカー工に適用する岩の分類を示す。

表7-4-3 岩の分類（国土交通省の分類に加筆）

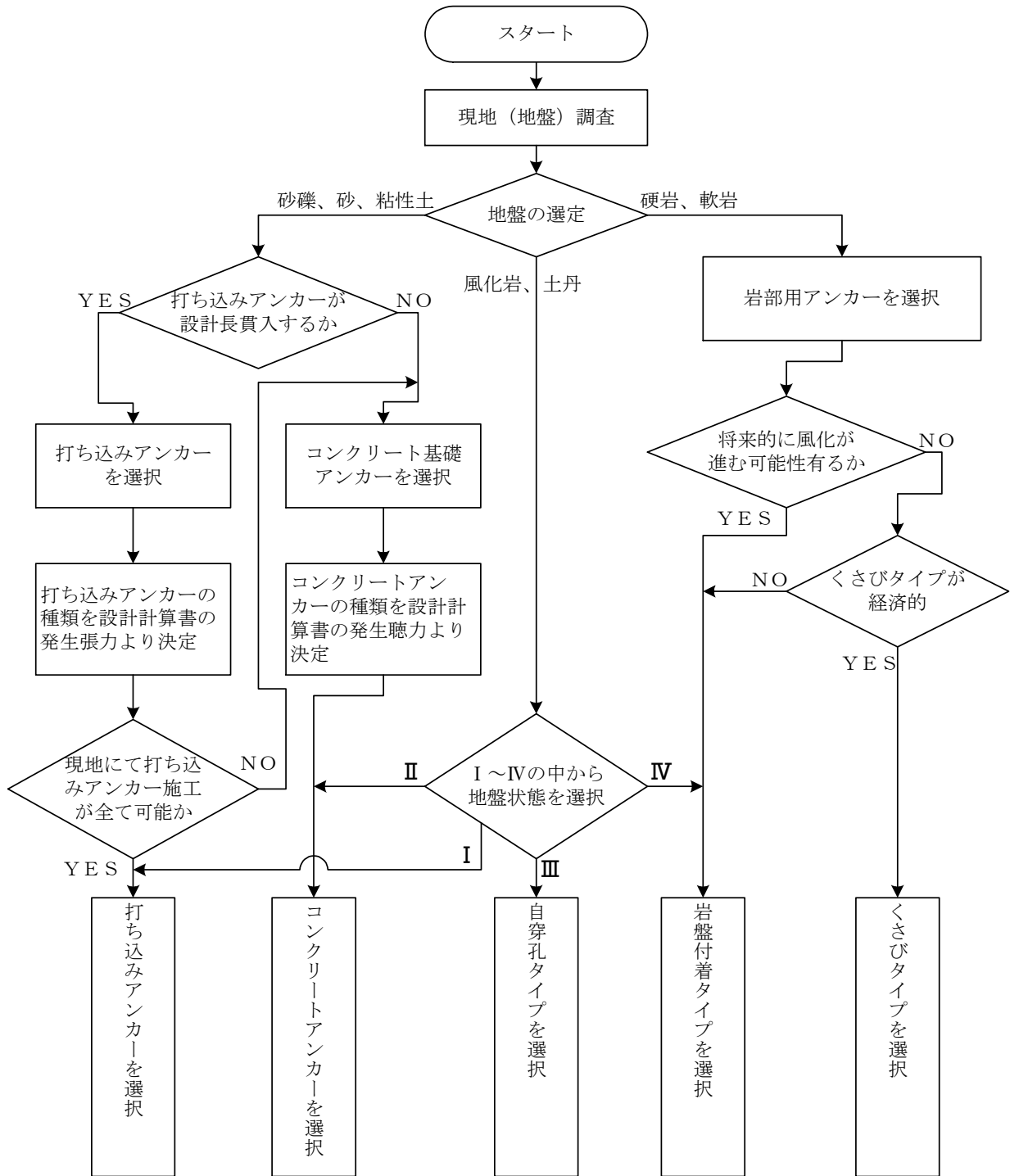
国土交通省における岩の分類		アンカー工に使用する岩の分類
名 称	岩 質 の 程 度	
硬 岩 II	けい岩，角岩など石英質に富んで岩質がかたいもの。風化していない新鮮な状態のもの。き裂が少なくよく密着しているもの。	硬 岩
硬 岩 I	花こう岩，結晶岩など全く変化していないもの。き裂間の間隔は1 m内外で相当密着しているもの。 かたい良好な石材を取り得るようなもの。	
中 硬 岩	石灰岩，多孔質安山岩のように特にち密でないが，相当の硬さを有するもの。風化の程度があまり進んでいないもの。かたい岩石での間隔が30～50cm程度のき裂を有するもの。	
軟 岩 II	凝灰質でかたく固結しているもの。風化は目に沿って相当進んでいるもの。き裂間の間隔は10～30cm程度で軽い打撃により離しうる程度、異種の岩がかたい互層をなしているもので層面を楽に離しうるもの。	軟 岩
軟 岩 I	第三世紀の岩石で固結の程度が良好なもの。風化は相当進み、多少変色を伴い、軽い打撃により容易に割り得るもの。離れやすいもの。き裂間の間隔は5～10cm程度のもの。	風 化 岩
	第三世紀の岩石で固結の程度が弱いもの。風化がはなはだしくもろいもの。指先で離し得る程度のもので、き裂間の間隔は1～5 cmぐらいのもの。	
風 化 岩	変質の可能性のある岩（将来土砂化が予想される岩）第三紀層、第四紀火山岩類	
土 丹	洪積層の硬質粘土層や、固結度の低い泥岩 （土質基礎工学ライブラリー10日本の特殊土より）	土 丹

表土層下に存在する岩盤を基礎とする場合は、事前に貫入試験等を行い表土層厚および岩盤に十分な強度があることを予め確認する。岩盤の強度はN値換算で50以上とする。

III アンカーの選定

落石防護網工に使用するアンカー工の選定フローを図7-4-4に示す。

図7-4-4 アンカー工の選定フロー図



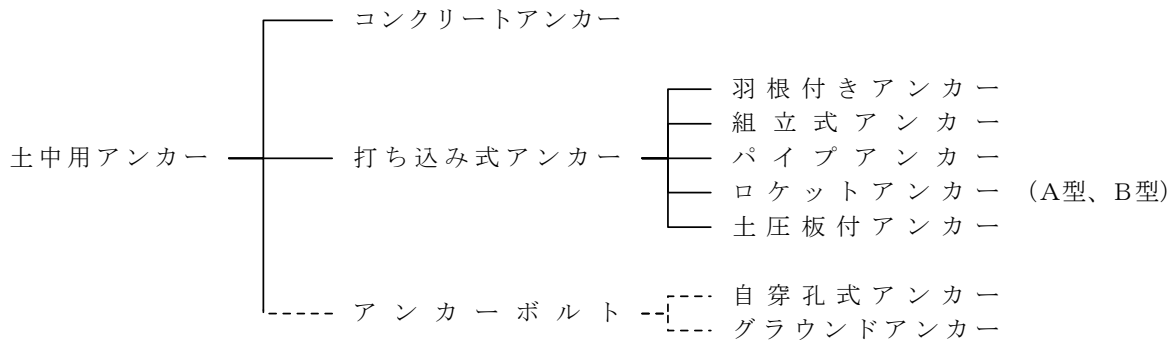
- I 地表から1m以内にN値50以上の岩盤が存在せず打ち込みアンカーが設計長貫入する。
- II Iの状態では打ち込みアンカーが設計長貫入しない。
- III 表土が被っているが地表から1m以内にN値50以上の岩盤が存在するが、孔壁は自立しない。
- IV IIIの状態では孔壁が自立する。

注) 表土を被った岩盤層において、表土を除去した場合、あるいは岩部用アンカーの頭部の変位を抑制する処置(コンクリート根固め、付属部材による補強)を施した場合、岩部用アンカー

の使用が可能である。ただし、所定の荷重で引張り試験を行なった際、アンカー頭部の変位は規定値内であることが必要である。

IV 土中用アンカー

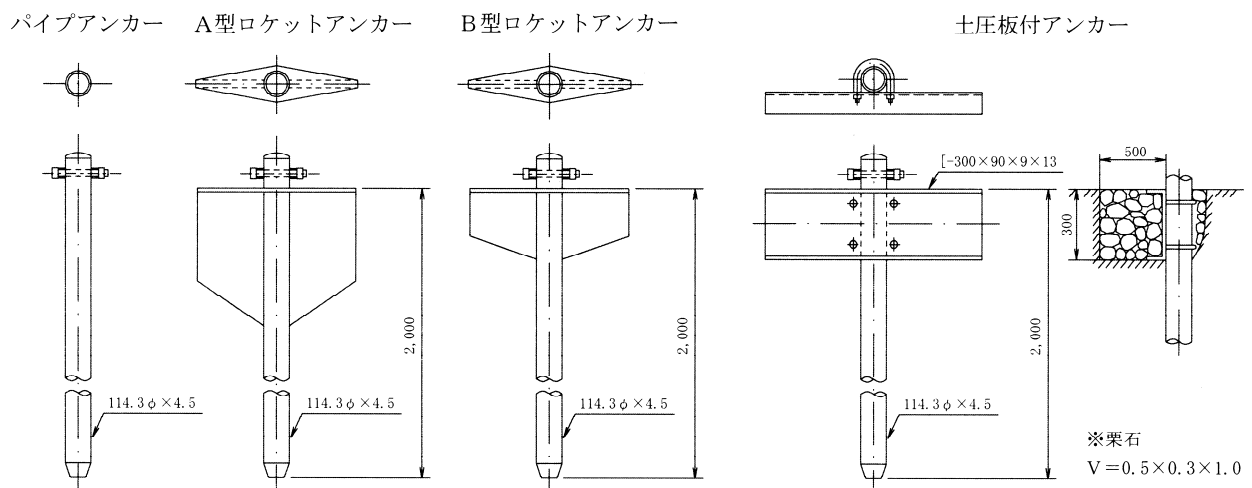
・土中用アンカーのタイプ



コンクリートアンカーは、落石対策便覧（道路協会発行）にその仕様が記載されている代表的なアンカーである。打ち込み式アンカーにおいて、組み立てアンカー，羽根付きアンカーはアンカーロッドを打ち込むタイプであるが、パイプアンカー，ロケットアンカー，土圧板付アンカーはφ114.3のパイプを打ち込むタイプである。ロケットアンカーはパイプの上部に2枚の羽根を取り付けており、土圧板付アンカーは、パイプ上部に溝型鋼をUボルトで固定したタイプである。（図7-4-5参照）

打ち込み式アンカーは、落石対策便覧には記載されていないが落石対策工法において多くの実績を有すアンカーである。自穿孔アンカー，グラウンドアンカーは、同工法において土中用アンカーとしては、殆ど実績が無い。

図7-4-5 打ち込み式アンカーの例



名 称	鋼 管	抵抗板・土圧板	重量 kg
パイプアンカー	φ 114.3×4.5-2,000 (2,130)		27
A型ロケットアンカー		2 P L 300×6×600	44
B型ロケットアンカー		2 P L 300×6×600	37
土圧板付アンカー		[300×90×9×13-1,000	66

・アンカーの耐力

コンクリートアンカー、および打ち込み式アンカーの耐力を表7-4-4に示す。

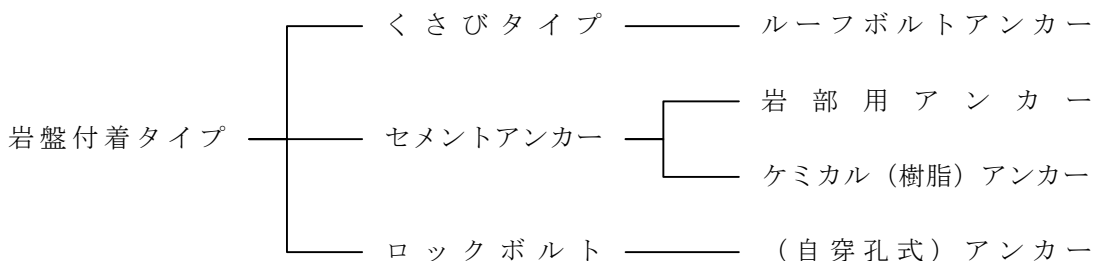
表7-4-4 土中用アンカーの耐力

タイプ	種別	サイズ 幅(b)×奥行(l)×深さ(d) ORパイプ径×長さ	アンカー耐力 (kN)
コンクリート	I	1.0×2.0×1.2(m)	60
	II	0.9×1.6×1.2(m)	40
	III	0.8×1.4×1.2(m)	30
	IV	0.7×1.3×1.2(m)	25
	V	0.8×1.2×1.0(m)	20
打ち込み式	土圧板付アンカー	φ 114.3×2000(mm)	80
	A型ロケットアンカー	φ 114.3×2000(mm)	50
	B型ロケットアンカー	φ 114.3×2000(mm)	35
	パイプアンカー	φ 114.3×2000(mm)	25
	組立式アンカー	3-φ 22×1000(mm)	20
	羽根付アンカー	1-φ 22×1000(mm)	8

コンクリートブロックのアンカー耐力は「落石対策便覧」より引用した値である。打ち込み式アンカーの耐力は、ローム質、N値≧3の地盤での試験値を示す。コンクリートタイプの耐力の確認は設計計算により行うが、打ち込み式アンカーの耐力確認は、架設現場での耐力テストにより行う。

III 岩部用アンカー

・岩部用アンカーのタイプ



ルーフボルトアンカーは、先端のくさび効果を期待したアンカーである。施工上セメントミルクを孔に流し込むが、孔壁との付着力は期待せず、あくまで充填を目的としている。

セメントアンカー、ケミカルアンカーは、孔壁と充填剤との付着力によりアンカーボルトを岩

盤に定着させる。穿孔後、セメントカプセルあるいは樹脂を孔に挿入した後アンカーボルトを打ち込むタイプである。

ロックボルトアンカーは、岩盤を穿孔した際、孔壁が自立せず穿孔後アンカーボルトあるいは充填剤を挿入できない場合に使用する自穿孔式タイプのアンカーである。

・アンカーの耐力

岩部用アンカーはいずれもアンカーの岩盤への定着方法が異なるだけでありアンカーの耐力は、アンカーボルトネジ径のせん断力により設定される。表7-4-5にアンカーボルト径と一般的な耐力を示す。

表7-4-5 アンカーボルト径と耐力

アンカーボルト径	ネジ部の有効断面積 (mm ²)	アンカー耐力 (kN)
M32	694	83.3
M27	459	55.1
M22	303	36.4

注) 許容せん断力 $\sigma_{ca} = 80 \times 1.5$ (短期の割増し) = 120N/mm²

・アンカーの引き抜き力

岩部用アンカーに引き抜き力が発生する場合は、アンカーボルトと岩盤の付着力、充填剤（セメント、樹脂）の強度等検討し、ロープの破断荷重に対して十分安全で有るかを検討する。表7-4-6に岩盤の種類と摩擦抵抗の関係を示す。

表7-4-6 岩盤の種類と摩擦抵抗

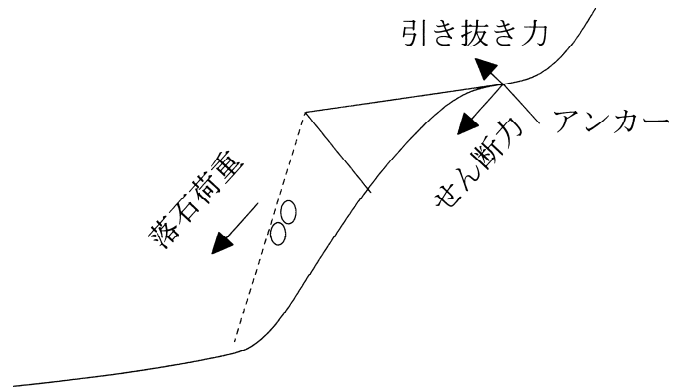
岩盤の種類	摩擦抵抗 (N/cm ²)
硬岩	150~250
軟岩	100~150
風化岩	60~100
土丹	60~120
泥岩	30以下*
蛇紋岩	10~30*

グラウンドアンカー設計・施工指針に加筆

* { JHグラウンドアンカー工設計指針
荷重分散型KTB永久アンカー工法設計・施工指針（案）を参照

ポケット式ロックネットの場合、最上段に支柱を建てポケット部を設けるため支柱高さ分ロープの引き方向は仰角となり、アンカーへ引き抜き方向の力が作用する。図7-4-6参照。

図 7-4-6 落石時のアンカーへの作用力



第5節 ロックシェッド

(1) シェッドの分類と定義

シェッドは対象とする荷重により以下のように分類する。

- ① スノーシェッド・・・対象荷重になだれ荷重を含むが、土砂及び落石荷重は含まない。
- ② ロックシェッド・・・対象荷重に落石荷重（大規模な岩盤崩落を除く）を含むが、土砂荷重は含まない。
- ③ アースシェッド・・・対象荷重に土砂荷重を含む。

シェッドは現地の状況により、なだれや落石など複数の種類の荷重を対象とすることが多い。このような場合には、それぞれの規定を満足しなければならない。

従来、シェッドは覆工や洞門等の呼称を用いていたが、ここではシェッドに統一する。また、シェッドの構造部分を表す名称は図7-5-1及び図7-5-2のとおりとする。

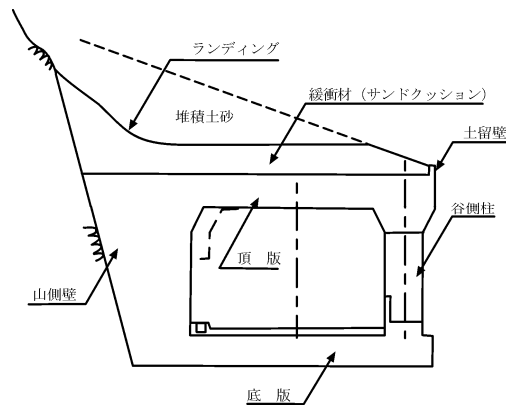


図7-5-1 RCシェッド各部の名称

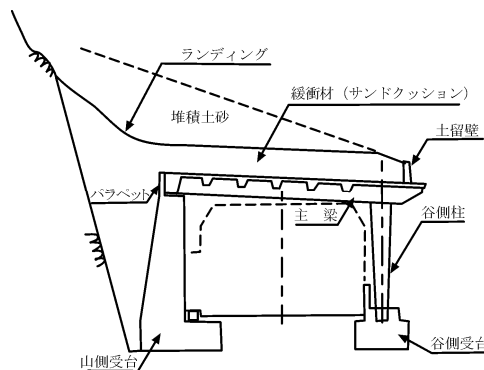


図7-5-2 PCシェッド各部の名称

シェッドの名称は現地に応じた荷重を設定することによって決定するものであって、対象荷重が不明確な状況でシェッドの名称が決まることはない。現地調査結果を検討した上で、最終的にシェッドに求められる機能とシェッドの名称が確定する。

- I スノーシェッドは主に雪崩の掃流力を対象としている。落石や土砂崩壊を対象としてはならない。小規模であっても、落石や土砂崩壊を対象荷重として考慮する場合は、ロックシェッドまたはアースシェッドとして取り扱うべきである。

II ロックシェッドは大規模な岩盤崩落に対して、安全を確保する防災工と考えるてはならない。設計可能な範囲にある比較的小規模な落石を対象とする防災工である。ロックシェッドが計画される現地の状況は多種多様なので、ここにいう設計可能な範囲を具体的に定義することは難しい。十分に、現地の状況を把握した上で、シェッドの計画・設計事例をもとに判断し、むやみに大規模な対象荷重を設定することは避けなければならない。

III アースシェッドは大規模な土砂崩落に対して、安全を確保する防災工と考えるてはならない。シェッド上に土砂等の堆積が予想される場合は、除去することを原則とする。ただし、除去作業が著しく危険な場合、または不可能な場合には、やむを得ずシェッド上に土砂等の堆積を長期に考える場合がある。このような場合には、綿密な現地調査を実施するとともに、適切な荷重を設定した上で、予防工等の併用を含めて、検討しなければならない。また、このような場合であっても、シェッド上に崩落する土砂の衝撃力が作用することは予防工等によって避けるのが原則である。

(2) 建築限界

シェッドの建築限界は以下のとおりとする。

- ① シェッド延長が50m未満の場合、前後の道路一般部の建築限界と同様とする。
- ② シェッド延長が50m以上の場合、図7-5-3の建築限界とする。

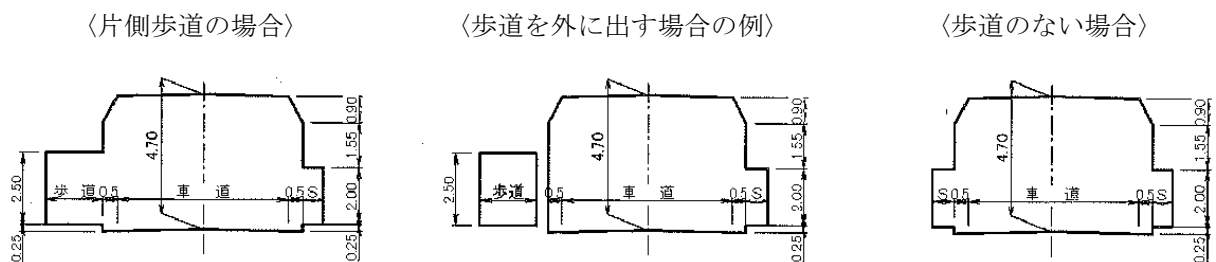


図7-5-3 シェッドの建築限界

I シェッド延長が50m未満の場合

50m未満のシェッドでは、幅員の連続性に配慮して、建築限界を前後の道路一般部の幅員と同じとする。なお、将来シェッドが延伸することがあるので、将来計画を踏まえて決定しなければならない。

また、建築限界には舗装のオーバーレイや冬期積雪による内空高減少等を考慮して、図7-5-4のように高さ4.7mを確保する。

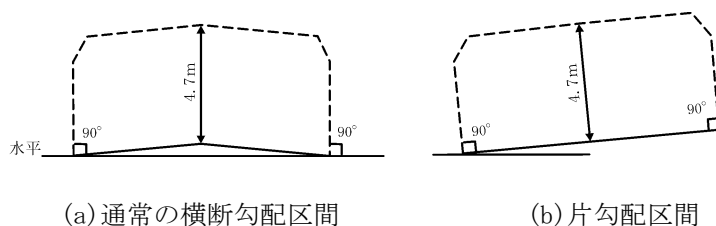


図7-5-4 建築限界線の考え方

II 延長が50m以上の場合

50m以上のシェッドでは、路肩を0.5mmに減少できる。一般部の路肩との摺付けには、次式のすりつけ長さを確保する。また、その際には、走行車両がシェッド入口の山側や谷側の受台側面に衝突することのないよう道路一般部との摺付け区間に、「防護柵の設置基準・同解説」(H16.3、(社)日本道路協会)に準拠して、車両用防護柵を設置しなければならない。

$$I_t = (V - \Delta W) / 6$$

単年度の計画におけるシェッド延長が50m未満であっても、将来計画では、50mを超えることがある。ここに、シェッド延長とは、将来計画を踏まえたシェッドの延長である。

ここに、 I_t ：摺付け長さ(m)

V ：設計速度(km/h)

ΔW ：幅員のズレ(m)

(3) 荷重

① 荷重の種類

シェッドの設計には、現地の状況に応じて、次の荷重を考慮する。

死荷重・・・自重、緩衝材(サンドクッション)

落石荷重・・・落石の衝撃力

土砂荷重・・・堆積土砂自重、流動土砂の掃流力、崩落土砂の衝撃性

雪荷重・・・積雪荷重、なだれの掃流力、なだれの衝撃力、デブリ、巻だれ、沈降力

その他・・・土圧・水圧、地震の影響、温度変化の影響、風荷重、衝突荷重、地盤の変動及び支点移動の影響、施工時の荷重

② ロックシェッド及びアースシェッドは表7-5-1に示す荷重を考慮する。

表7-5-1 シェッド種別ごとの対象とする荷重

荷重の種類			ロックシェッド	アースシェッド
死荷重	自重	P	○	○
	緩衝材(サンドクッション)		○	△
雪荷重	積雪荷重	PP	△	△
	なだれ荷重	PA	△	△
	なだれの衝撃力		△	△
	デブリ荷重		△	△
	巻だれ荷重		△	△
沈降力	△		△	
落石荷重	落石の衝撃力	PA	○	△
土砂荷重	堆積土砂荷重	PP	×	○
	流動土砂の掃流力	PA	×	△
	崩落土砂の衝撃力		×	△
その他	土圧・水圧	P	△	△
	地震の影響	S	○	○
	その他	PA	△	△

P：主荷重、S：従荷重、PP：主荷重に相当する特殊荷重、PA：従荷重に相当する特殊荷重

○考慮する、△現地の状況から特に影響のある場合に考慮する、×考慮する必要がない

I シェッドを設置する際に、検討すべき荷重を列挙した。シェッドの計画段階では、対象荷重を

設定することが最も重要なポイントのひとつである。現況状況により設計条件が大きく異なるので、現地を調査し、対象とする荷重の経路・形態及び規模等を的確に設定しなければならない。

II 表7-5-1には、シェッドが標準的に対象とする荷重を示した。原則として、ロックシェッドには土砂荷重を考慮しない。

荷重の種類欄には、参考として、道路橋示方書における荷重の分類を記載した。

堆積土砂を除去することを前提としている。除去できない場合は、死荷重(P)と同様に取り扱う。

流動土砂の掃流力はなだれ荷重と同様に取り扱う。なだれ衝撃力及び崩落土砂の衝撃力は落石の衝撃力と同様に取り扱う。

(4) 構造形式

シェッドには、安全性、施工性及び経済性等に優れた構造形式を選定しなければならない。

① シェッド各部の構造

- ・ロック及びアースシェッドの屋根（主梁）及び柱はPCまたはRC構造を原則とする。
- ・シェッド山側受台はRC壁構造とするのが望ましい。

② シェッドの屋根勾配は10%を標準とする。ただし、対象荷重になだれ荷重を含まないロックシェッドについては屋根勾配5%を標準としてよい。

③ 歩道の設置位置について、上部、下部構造及び基礎の経済性から、歩道は谷側柱の外に設けるのがよい。ただし、冬季における歩行者交通の安全性に配慮しなければならない。

④ なだれ、落石または土砂の到達が予想される範囲を包括するように、余裕をみて、シェッド延長を設定しなければならない。

I ロック及びアースシェッドの既往実績やその経済性、及び対象荷重を設定することの困難さや荷重の大きさ等から、剛性が高いPCまたはRC構造を原則とした。

シェッドに多用される構造形式には、RC箱形式及び門形式、PC逆L形式及び鋼逆L形式がある。その他に、PC門形式及び鋼門形式があるが、シェッドは山側構造部分への負担が大きいため、山側受台を剛性が高いRCの壁構造とするのがよい。なお、方杖式は大型車両による方杖部材の損傷事例があるので、特別な理由のない限りこれを採用しない。また、シェッドの出入口に雪庇が予想される場合は、道路上への落雪を防止する目的で雪庇防止柵等を設置する。

II 屋根上を流下する荷重を対象としない場合は、屋根上の排水に配慮して、屋根勾配は5%を標準とした。アースシェッドにおいては、屋根勾配と死荷重（堆積土砂）の関係から、屋根勾配を10°とする方が経済的に有利であるという検討結果が報告されている。

III 歩行者の安全性を考えれば、歩道はシェッド内（谷側柱の内側）に設けるのが望ましいが、施工性及び経済性等に配慮して、歩道を谷側柱の外側に設けるのを標準とした。なお、雪が歩道に堆雪し、冬期の歩行者交通に支障が予想される場合には、対象荷重を的確に設定した上で、谷側柱の内側に設けてもよい。

IV 落石経路を特定することは非常に難しく、未だ十分な知見は得られていない。斜面転石実験では、水平方向の拡散は最大で45°程度という報告がある。しかし、落石が飛散する方向は斜面上に突起があるだけ大きく変化する。計画設計に際しては、シェッド上の地形や植生等、斜面状況を広範囲に調査し、落石予備物質を特定した上で、その拡散範囲を判断しなければならない。な

お、砂を緩衝材として使用する場合、砂の側方への移動のために余長が必要となる。したがって、シェッドは落石の落下予想位置に、余裕を加えた延長が必要となる。砂の側方移動の挙動に対する明確な知見は得られていないが、余裕は静的載荷実験の手法等を考慮して、落石直径の5倍程度以上とする。

(5) 構造細目

① 排水対策

- ・谷側土砂留め壁内側には集水のための透水管を施設する。
- ・屋根上面の排水のため、谷側土留壁から配水管により排水する。
- ・山側裏込め部の下方には、透水管を設け、適当な位置で横断排水する。
- ・屋根下面谷側部には水切りを設ける。
- ・屋根上面と山側壁背面の目地表面には必ず防水工を施し、RC部分には止水板、スリップバーを設置する。

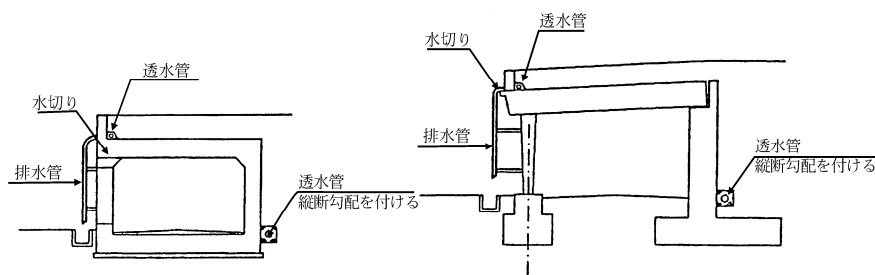


図 7-5-5 排水対策の例

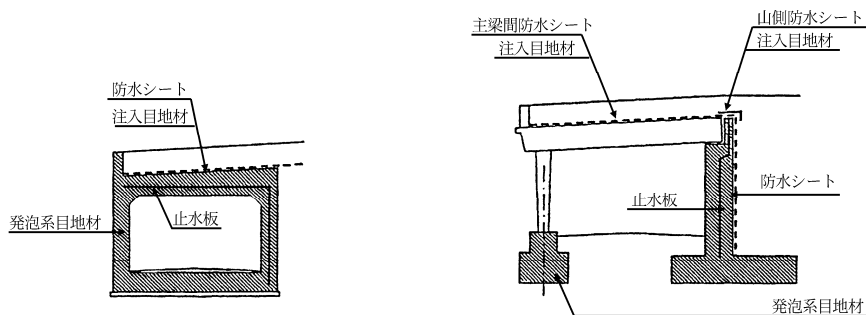
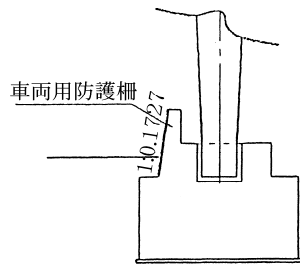


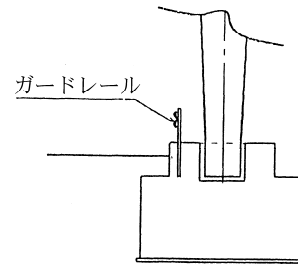
図 7-5-6 防水工、目地処理の例

② 車両防護柵

シェッドの谷側柱を自動車の衝突を考慮して設計すると不経済となるので、衝突荷重が作用しないように防護柵をもうける。各種防護柵については「車両用防護柵標準仕様・同解説」により設計する。ガードレールを用いる場合は自動車衝突によりガードレールが変形しても、谷側柱が損傷しないように、間隔を確保する。



(a)コンクリート剛性防護柵の場合



(b)ガードレールの場合

図 7-5-7 谷側柱の自動車用防護柵の例

③ 緩衝材

三層緩衝構造

ロックシェッドの緩衝材としては、従来敷き砂が一般的に用いられてきたが、敷き砂は敷き圧の増加とともに自重が大きくなり、また荷重の分散範囲も落石径程度でしかない。

これらの点を考慮し、より緩衝・分散効果の高い緩衝材として、砂に加え、発泡スチロール（EPS）とRC板を組み合わせた三層緩衝構造が開発されている。詳細については「落石対策便覧」資料編2-2-4に記載されているので設計の参考とすること。

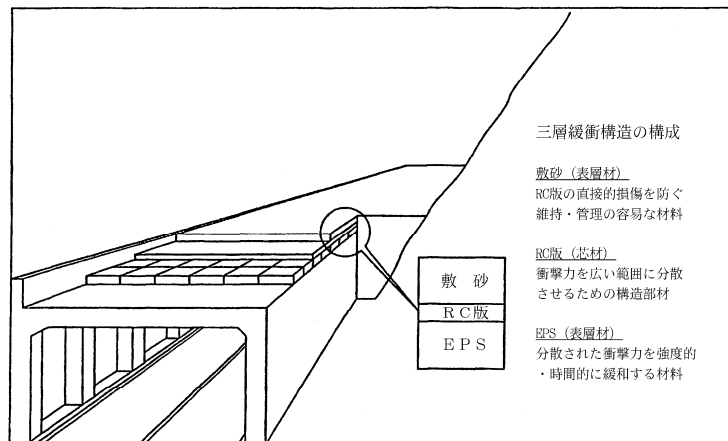


図 7-5-8 三層緩衝構造の例

第6節 のり面保護工

(1) のり面保護工の種類と目的

- ① のり面保護工は、植物または構造物でのり面を被覆し、のり面の安定の確保と自然環境の保全や修景を行うものである。
- ② のり面保護工は、植物によるのり面保護工（以下、のり面緑化工）と、構造物によるのり面保護工（以下、構造物工）とに大きく分けられ、のり面緑化工は、さらに植生工とその補助を目的とする緑化基礎工に分けられる。

のり面保護工の主な工種と目的については、表7-6-1のとおり。

分類	工 種	目 的	
のり面緑化工（植生工）	播種工	種子散布工 客土吹付工 植生基材吹付工（厚層基材吹付工） 植生シート工 植生マット工	浸食防止、凍上崩落抑制、植生による早期全面被覆
		植生筋工	盛土で植生を筋状に成立させることによる浸食防止、植物の侵入・定着の促進
		植生土のう工 植生基材注工	植生基盤の設置による植物の早期生育 厚い生育基盤の長期間安定を確保
	植栽工	張芝工	芝の全面張り付けによる浸食防止、凍上崩落抑制、早期全面被覆
		筋芝工	盛土で芝の筋状張り付けによる浸食防止、植物の侵入・定着の促進
		植栽工	樹木や草花による良好な景観の形成
		苗木設置吹付工	早期全面被覆と樹木等の生育による良好な景観の形成
構造物工	金網張工 繊維ネット張工	生育基板の保持や流下水によるのり面表層部のはく落の防止	
	柵工 じゃかご工	のり面表層部の浸食や湧水による土砂流出の抑制	
	プレキャスト枠工	中詰の保持と浸食防止	
	モルタル・コンクリート吹付工 石張工 ブロック張工	風化、浸食、表流水の浸透防止	
	コンクリート張工 吹付枠工 現場打ちコンクリート枠工	のり面表層部の崩落防止、多少の土圧を受ける恐れのある箇所土留め、岩盤はく落防止	
	石積、ブロック積擁壁工 かご工 井桁組擁壁工 コンクリート擁壁工 連続長繊維補強土工	ある程度の土圧に対抗して崩落を防止	
	地山補強土工 グラウンドアンカー工 杭工	すべり土塊の滑動力に対抗して崩落を防止	

表7-6-1 のり面保護工の主な工種と目的

(2) のり面保護工の選定基準

①のり面保護工の選定にあたっては、のり面の長期的な安定確保を第一に考え、現地の諸条件や周辺環境を把握し、各工種の特徴（機能）を十分理解した上で、経済性や施工性、施工後の維持管理を考慮して選定する。

(2) のり面保護工は、のり面の長期的な安定確保とともに自然環境の保全や修景も目的とする点から、その選定にあたっては、のり面緑化工もしくは構造土工との併用について検討することが望ましい。

I) 基本的な考え方

のり面保護工の選定にあたっては、のり面の長期的な安定確保を第一に考え、自然環境の保全、修景についても考慮する。のり面の岩質、土質、土壌硬度、pH等の地質・土質条件、湧水や集水の状況、気温や降水量等の立地条件や植生等の周辺環境について把握し、のり面の規模やのり面勾配等を考慮するとともに、経済性、施工性、施工後の維持管理のことまで考慮して選定する。

II) 選定にあたっての注意事項

のり面保護工の選定にあたって注意すべき事項は次のとおり。

i) 植物の生育に適したのり面勾配

のり面勾配は軟岩や粘性土で1:1.0~1.2、砂や砂質土で1:1.5より緩い場合は、一般には安定勾配とされ、植生工のみで対応可能。湧水や浸食が懸念される場合は、簡易な法枠や柵工との併用が必要である。安定勾配が確保できない場合や表層の不安定化が懸念される場合は、地山補強土工等との併用が必要になる。岩盤以外ののり面で1:0.8より急な場合は、構造土工の適用を検討し、可能ならば植生工の併用を検討すべきである。

ii) 砂質土等の浸食されやすい土砂からなるのり面

砂質土等の浸食されやすい切土のり面では、一般に植生工のみを適用する場合が多い。しかし、湧水や表流水による浸食の防止が必要な場合には、法枠工や柵工等の緑化基礎工と植生工を併用する。湧水の多少にかかわらず、のり肩部及び各小段に排水施設を設けることが望ましい。

iii) 湧水が多いのり面

湧水が多いのり面では、地下排水溝や水平排水孔等の地下排水施設を積極的に導入するとともに、のり面保護工としては井桁組擁壁、ふとんかご、じゃかご、中詰めにぐり石を用いた法枠等の開放型の保護工を適用するのがよい。

iv) 小規模な落石の恐れのある岩盤のり面

落石の恐れのあるのり面のうち、礫混じり土砂や風化した軟岩等では、小規模な落石が発生するので、植生工と併用して浮き石を押さえる落石防止網を設置したり、路面への落石防止のための落石防護柵を設置する。割れ目が多く、湧水のない軟岩の場合は、モルタル・コンクリート吹付工が適している。亀裂が多い軟岩からなるのり面のはく落型落石に対しては、落石予防工で抑え、のり面上部が急峻な場合は落石防護工も併せて行うことが望ましい。

v) 寒冷地域ののり面

寒冷地域において、シルト分の多い土質ののり面では、凍上や凍結融解作用によって植生がはく離したり滑落することが多いため、のり面勾配をできるだけ緩くしたり、のり面排水工を行うことが望ましい。

vi) 硬い土からなるのり面

硬いのり面に対して植物を導入する場合は、導入植物に適した土壤養分を有する材料で安定した植生基盤を造成できるのり面緑化工を採用する。

vii) 土壤酸度が問題となるのり面

土壌pHが4以下である場合や、湖沼の底泥が隆起した古い地層等で、切土によって空気さらされると短期間で極めて強い酸性に変わるような場所では植生の生育が困難であるため、植生工の基盤に中和剤や吸着剤を混入させるか、強酸性水が植生基盤に滲出しないように遮水対策を行う必要がある。場合によっては、植生工ではなくブロック張工等の密閉型の構造物を採用する。

viii) 土質や湧水の状況が一様でないのり面

連続するのり面でも土質や湧水の状況が必ずしも一様でない場合が多いので、条件に適合した耕種を選択しなければならない。

III) 一般的な選定の考え方

のり面保護工の選定にあたっては、I) 基本的な考え方とII) 注意事項に従うものとする。参考となる切土のり面におけるのり面保護工の選定フローを図7-6-1による。

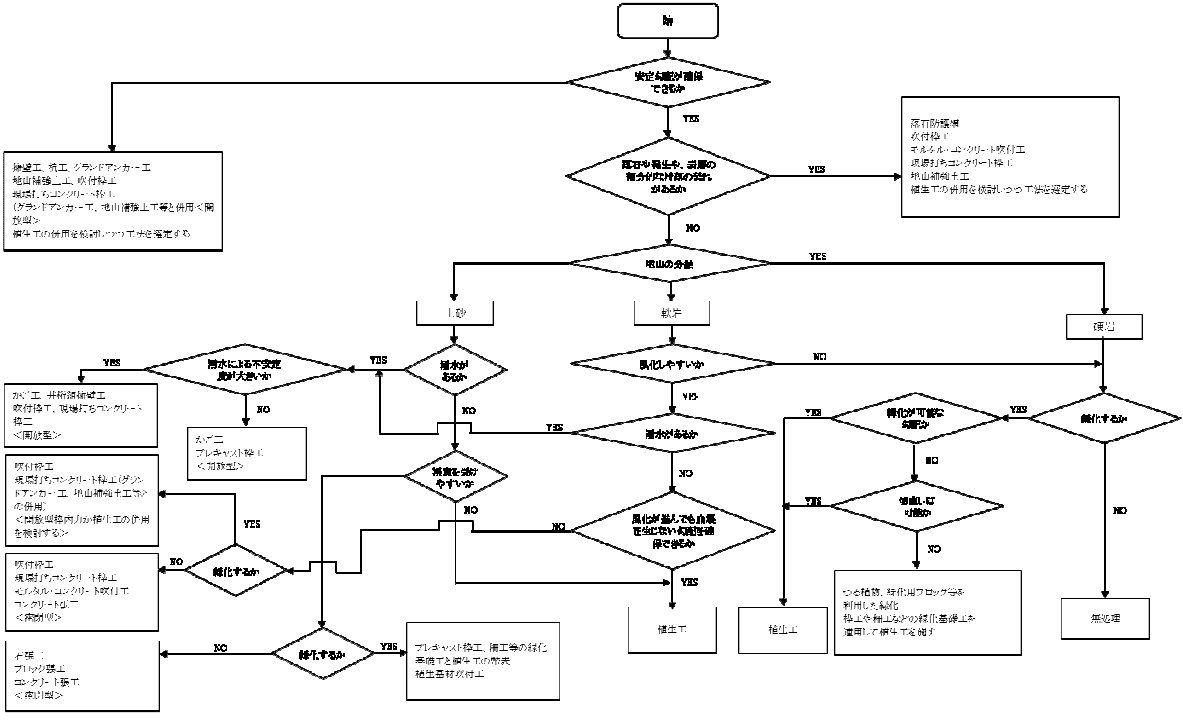


図7-6-1 切土のり面におけるのり面保護工の選定フロー

第7節 植 生 工

① 緑化目標の設定

植生工の第1の目的は、浸食を防止し表層崩落を防止することにあるが、併せて周辺環境との調和を図ることや維持管理を軽減する事を目的として、将来の植生の繁茂状況を考慮し植物の選定を行うことが重要である。

植生工の設計に際し、どのようなタイプの植物群落の形成を目指すのか、あらかじめ緑化目標を設定する。表7-7-1に斜面勾配と植物の生育状態を調査した表を参考にする。

表7-7-1 勾配と植物の生育状態

勾 配	植 物 の 生 育 状 態
1 : 1.4より緩 (35度以下)	高木が優先する植生の復元が可能。 周辺から在来種の進入が容易。 植物の生育が良好で、植物被覆が完成すれば表面浸食はほとんどなくなる。
1 : 1.4~1 : 1.0 (35~45度)	中・低木が優占し草本類が地表を覆う植物群落の造成が可能。
1 : 1.0~1 : 0.8 (45~50度)	低木や草本類からなる樹高や草丈の低い植物群落の造成が可能。
1 : 0.8より急 (50度以上)	のり面の安定度が高い場合、もしくは構造物で安定を確保した場合のみ植生工の適用が可能である。全面緑化の場合の限界勾配は、一般に1:0.5 (60度)程度である。

*植物群落：森林や草原等の一定の相観（外形）と種類構成を持つ植物の集合体を言う。植生を区分する際の単位であり、設計基準では草地型、低木林型などの緑化目標を示す。

また、周辺の条件による緑化目標を表7-7-2に示す。

表7-7-2 緑化目標の群落タイプ

緑化目標の型	目標の外観	適用箇所の条件
高木林型 (森林型)	高木性、樹木が主体の群落	・周辺が樹林地で、のり面勾配が緩く、厚い土壌の形成が見込める場所 ・自然公園内等
低木林型 (灌木林型)	低木性樹木が主体の群落	・周辺が樹林地で、急傾斜地等土壌が薄くしか形成されない場所 ・周辺が農地等
草地型 (草本型)	草本植物が主体の群落	・周辺が草地 ・周辺が農地 ・周辺が住宅地等
特殊型	特殊な群落、人為的群落	・都市部等の、のり面においても修景空間を創り出すことが必要な場所

② 計画時の調査項目と留意事項

緑化計画時は以下の点についてあらかじめ調査を行い計画する。

I 周辺環境、周辺植生

II 気象 降水量・気温・積雪量・風速、風向き

III 計画の法面勾配・土壌硬度・土壌酸度・岩盤の場合は亀裂の間隔大きさ・流下水の位置・湧水の位置

調査に対応した留意事項を表7-7-3に示す。

表7-7-3 調査と結果活用上の留意事項

調査項目	調査結果活用上の留意事項
周辺環境の観察と周辺植生調査	自然公園・風致地域・山林・原野：周辺の植生と調和する植物種の選定 都市・集落：沿道環境と調和する植物種の選定
気象の調査	<p>降水：年降水量1,000mm以下の場合は、具体的な基盤、植物及び施工時期等の乾燥対策を講ずる。1,200mm以下となる場合から対策を講じることが望ましい。 現地及び施工時期の降雨条件に適応した流亡しない植生工を選定する。 時間雨量20mmの降雨に耐える基盤を選択することが望ましい。</p> <p>気温：最高気温が30℃以上となる時期の施工は避け、日平均気温が10℃以上で2ヶ月以上続く事等を目安に施工時期を設定。</p> <p>積雪等：積雪強風地等では現地の特性に応じた使用植物、植生工を検討</p>
切り土時点の法面調査	<p>法面勾配：表7-7-1を参考に植物を選定し1:1.0より急勾配を目安に構造物との併用を検討。</p> <p>土壌硬度：表7-7-6を参考に使用植物や植生工を検討。</p> <p>土壌酸度：pH4～8以外では排水または遮水を十分行った上で使用植物と植生工を検討。</p> <p>岩盤法面：亀裂の間隔や間隙の大きさ等から植物の選定と流亡しにくい植生工を検討。</p>

③ 植生工の種類と特徴

植生工には植物の種類や地形、地質、気象等に応じた工法があり、工法の選定を誤ると目的、目標が達せられないので使用植物とその導入工法をよく検討する必要がある。各種植生工の特徴をまとめると以下のとおりである。各工法の詳細及び留意事項は「道路土工のり面工・斜面安定工指針」（表3-9、表3-10参照）

表7-7-4 植生工の種類と特徴（その1）

工種	播種工		
	種子散布工	客土吹付工	植生基材吹付工(厚層基材吹付工)
施工方法	主にトラック搭載型のハイドロシーダーと呼ばれる吹付機械を使用して、多量の用水を加えた低粘度スラリー状の材料を厚さ1cm未満に散布する。	主にポンプを用いて高粘度スラリー状の材料を厚さ1~3cmに吹付ける。	ポンプまたはモルタルガンを用いて材料を厚さ3~10cmに吹付ける。
材料	基材	木質繊維(ファイバー)	現地発生土、砂質土、バーク堆肥、ビートモス等
	浸食防止材または接合材	粘着材、被膜材、高分子系樹脂	高分子系樹脂、合成繊維等
	種子	草木類	草木類、金網等
	肥料	高度化成肥料	緩効性肥料(山型)注1)、PK化成肥料注1) 高度化成肥料(草木導入時)
補助材料	むしろ、繊維網(積雪寒冷地で使用)	繊維網、金網等	繊維網、金網、吹付枠、連続長繊維補強土工等
適用条件	耐降雨強度	10mm/hr程度	10~100mm/hr程度 (植生基材や接合材の種類と使用量により異なる。)
	期間	1~2ヶ月程度(この期間は、導入した植物が発芽・生育するまでを想定している。)	1~2ヶ月程度 (この期間は、導入した植物が発芽・生育するまでを想定している。)
	地質	土砂(土壌硬度23mm以下)に用いる。	同左、及び礫質土に用いる。
	勾配	1:1.0より緩勾配 ^{注2)}	1:0.8より緩勾配 ^{注2)}
備考	<ul style="list-style-type: none"> 一般には、材料に色粉を混入して、均一な散布の目安とする。 除伐・追肥が必要な場合がある。 緑化目標が草地型の場合では、定期的な草刈りが必要となる。 乾燥対策として表面被覆養生が必要な場合では、むしろ張り等を併用することがある。 主に盛土のり面に用いる。 	<ul style="list-style-type: none"> 緑化目標により、遷移を進めるための除伐や追肥等が必要となる場合がある。 吹付厚が、緑化目標や適用条件により設定する。 種子の代わりに森林表土を用いる表土利用工や、伐採木や抜根材等の建設副産物を有効利用することが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 緑化目標により、遷移を進めるための除伐や追肥等が必要となる場合がある。 吹付厚は、緑化目標や適用条件により設定する。 種子の代わりに森林表土を用いる表土利用工や、伐採木や抜根材等の建設副産物を有効利用することが可能である。
断面図の例			

注1) 山型肥料とはN:P:Kの配合がN<P>Kとなっているもので、PK化成肥料はNがほとんどないものをいう。

注2) 地質、気象、使用植物、浸食防止剤等により適用範囲は多少の差異が生じる。

表 7-7-4 植生工の種類と特徴 (その2)

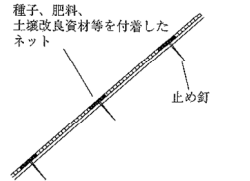
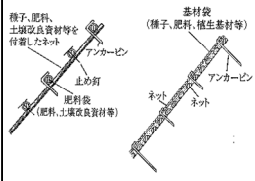
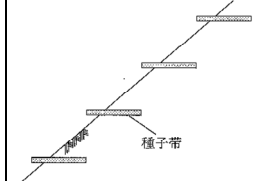
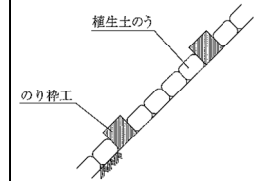
工 種	播 種 工				
	植生シート工	植生マット工	植生筋工	植生土のう工	
施工方法	全面に張り付け、目ぐし等で固定する。	のり面全体に展開し、アンカーピン、止め釘等で固定する。	種子帯を土羽打ちを行いながら施工	植生土のうまたは植生袋を固定する。	
材 料	形態	種子、肥料等を装着したシート状のもの	種子や肥料等を直接つけたネット(合成繊維、ヤン繊維等)に間隔をもたせて肥料袋を装着させたもの。 ネット(合成繊維、ヤン繊維等)に種子、肥料、植生基材等を封入した基材袋を間隔をできるだけ空けずに装着した厚みのある	繊維袋に土または改良土、種子等を詰めたもの	
	種子	外来、在来草木類の種子	大木類の種子 外来、在来草木類の種子	大木類の種子 外来、在来草木類の種子	
	肥料	化成肥料	化成肥料	化成肥料	堆肥、PK化成肥料、緩効性肥料
補助材料	目ぐし、止め釘、播土または目土	目ぐし、アンカーピン、止め釘		目ぐし、アンカーピン	
併用工				溝切り、のり枠工	
耐浸食性	高い	高い	低い	高い	
適 用 条 件	地 質	粘性土(土壌硬度23mm以下) 砂質土(土壌硬度27mm以下)	同左、及び硬質土砂、岩(植生基材入りのもの)	粘性土(土壌硬度23mm以下) 砂質土(土壌硬度27mm以下)	肥料分の少ない土砂、または硬質土砂、岩
	勾 配	1:1.5より緩勾配	1:0.8より緩勾配	1:1.5より緩勾配	1:0.8より緩勾配
備 考	・盛土に適用する。 シートをのり面に密着させる必要がある。 ・肥料分の少ない土質では追肥管理を要する 場合がある。	・マットをのり面にできるだけ密着させる必要がある。	・小面積の盛土に適用する。 砂質土には不適する。	・勾配が1:0.8より急なところでは落下すること がある。 ・草木種子を使用する場合には保肥性の優 れた土を用いる。	
断面図の例					

表 7-7-4 植生工の種類と特徴 (その3)

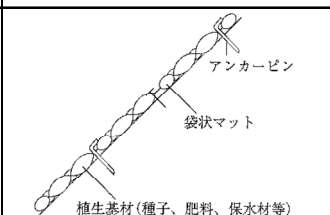
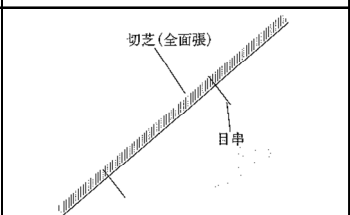
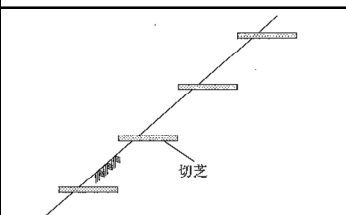
工 種	播 種 工		播 栽 工	
	植生基材注工	張芝工	張芝工	筋芝工
施工方法	布製の袋をのり面全体に展開してのり肩部をアンカーピンで固定し、植生基材を専用機械を用いて注入したのち、袋体がのり面に密着するように全体をアンカーピンで固定する。	全面に張り付ける。	全面に張り付ける。	切芝を一定間隔で張り付ける。
材 料	形態	種子、肥料、植生基材等を現場で注入した袋		
	植物	大木類の種子 外来、在来草木類の種子	切芝(ノシバ) ロール芝(外来草木、ノシバ)	切芝(ノシバ)
	肥料	緩効性(山型)注1)、PK化成注1) 化成肥料(草木適用)	化成肥料、緩効性肥料	化成肥料、緩効性肥料
補助材料	アンカーピン	目ぐし、播土、目土		
併用工				
耐浸食性	高い	比較的高い		低い
適 用 条 件	地 質	硬質土砂、礫質土、及び岩	粘性土(土壌硬度23mm以下) 砂質土(土壌硬度27mm以下)	粘性土(土壌硬度23mm以下) 砂質土(土壌硬度27mm以下)
	勾 配	1:0.8より緩勾配	1:1.0より緩勾配	1:1.5より緩勾配
備 考	・布製の袋に基材を注入した後、のり面にできるだけ密着させる必要がある。 ・客土注工、客土注入マット工ともいう。	・小面積で造園的效果が必要である場合に使用する。	・小面積の盛土に適用する。 砂質土には不適である。	
断面図の例				

表 7-7-4 植生工の種類と特徴 (その4)

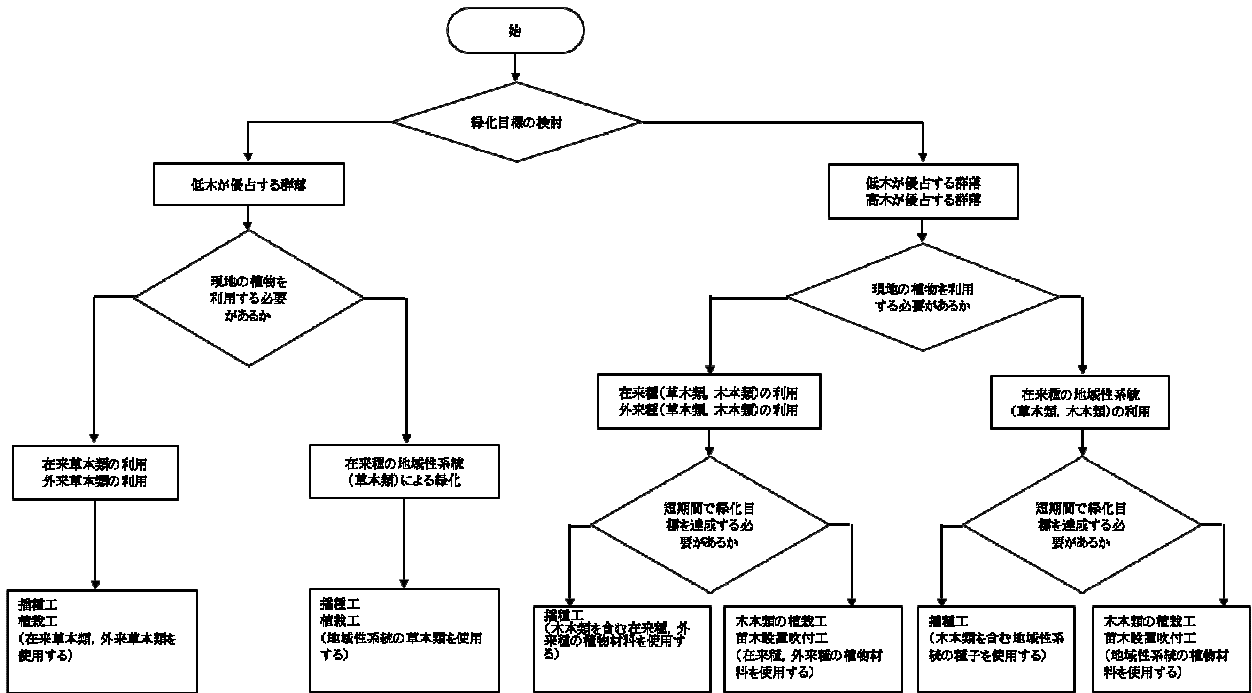
工 種	植栽工		苗木設置吹付工
	樹木植栽工(植穴利用)	樹木植栽工(編柵利用)	
施 工 方 法	のり面に植穴を掘削し、樹木を植える。必要に応じて土壌改良を施した土壌等で埋め戻す。	編柵を設けて客土して、樹木を植える。	コンテナ(ポット)苗木をのり面に固定し、その上から植生基材吹付工法を施工する。
材 料	基材	種子、肥料、植生基材等を現場で注入した袋	人工土壌または有機基材等(土、木質繊維、パーク堆肥、ピートモス等)、及び浸食防止材(高分子系樹脂、セメント、繊維資材等)
	植物	成木、苗木	苗木、草木種子
	肥 料	緩効性の化成肥料	緩効性の化成肥料
補助材料	支柱、マルチング	支柱、マルチング	金網
併用工	種子散布工	種子散布工	
耐浸食性	低い(種子散布工の併用により向上)	低い(種子散布工の併用により向上)	高い
適 用 条 件	地 質	粘性土(土壌硬度23mm以下) 砂質土(土壌硬度27mm以下)	粘性土(土壌硬度23mm以下) 砂質土(土壌硬度27mm以下)
	勾 配	1:1.5より緩勾配	1:1.2より緩勾配
備 考	・ のり肩やのり尻等の境界では、樹木の成長による交通視距の障害を防止するための維持管理が増大しないような配植とする。	・ のり肩やのり尻等の境界では、樹木の成長による交通視距の障害を防止するための維持管理が増大しないような配植とする。	・ のり肩やのり尻等の境界では、樹木の成長による交通視距の障害を防止するための維持管理が増大しないような配植とする。 植生基材は苗木の根鉢が覆われるまで吹付ける。 乾燥や貧栄養状態に耐性のある樹種を中心に選定する。
断面図の例			

④ 工法の選定

工法の選定は図7-7-1、図7-7-2、図7-7-3のフローチャートを用い選定する。また、必要に応じ緑化基礎工の検討を行う。緑化基礎工については「道路土工のり面工・斜面安定工指針」(表3-10)参照。

- I 緑化目標の検討 表7-7-2による
- II 木本類導入工法の選定 表7-7-5による

図7-7-1 植生工選定フロー



Ⅲ 土壌硬度の推定 表7-7-6に土壌硬度と植物の生育状態の関係を示す。また、土壌硬度の測定には土壌硬度計（山中式など）を使用する。「道路土工一切土工・斜面安定工指針」（付録6）参照

表7-7-5 土壌硬度から見た植物の生育状態

土 壌 硬 度	植 物 の 生 育 状 態
10mm未満	・乾燥のため発芽不良になる
粘性土10～23mm 砂質土10～27mm	・根系の伸長は良好となる。（草本類では肥沃な土である場合） ・樹木の植栽にも適用する。
粘性土23～30mm 砂質土27～30mm	・木本類の一部のものを除いて根系の伸長が妨げられる。
30mm以上	・根系の伸長がほとんど不可能
軟岩、硬岩	・岩に亀裂がある場合には、木本類の根系の伸長は可能である。

⑤ 配合等設計

種子の配合設計、肥料設計、その他の材料の設計については「道路土工一切土工・斜面安定工指針」（3-4-3(6)～(7)）を参考に設計する。

《参考》

使用が規制あるいは要注意とされている外来種（環境省）〔H19.8〕

特定外来生物は、外来生物法により生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすとされ、取扱いが規制されているもの。

要注意外来生物は、外来生物法に基づく飼養等の規制が課されるものではないが、生態系に悪影響を及ぼす恐れのあるもの。太字については、法面緑化等で用いられることがある外来種であるが、主体種子としてはそれ以外を使用することとし、出来る限り在来種（郷土種）を使用する。

【特定外来生物：植物】法により取扱いが規制されているもの		
アブラ・クリスタータ	アレチウリ	オオカワヂシャ
オオキンケイギク	オオハンゴンソウ	オオフサモ
スパルティナ・アングリカ	ナガエツルノゲイトウ	ナルトサワギク
ブラジルチドメグサ	ボタンウキクサ	ミズヒマワリ
【要注意外来生物：植物】生態系に悪影響を及ぼす恐れのあるもの		
イタチハギ	オオアワガエリ	オニウシノケグサ
カモガヤ	キシウスズメノヒエ	ギンネム
シナダレスズメガヤ	シバムギ	トウネズミモチ
ネズミムギ・ホソムギ	ハイイロヨモギ	ハリエンジュ
アカキナノキ	アメリカオニアザミ	アメリカクサノボタン
アメリカセンダングサ	アメリカネナシカズラ	アメリカハマグルマ
アメリカミズユキノシタ	イチビ	エゾノギシギシ
オオアレチノギク	オオアワダチソウ	オオオナモミ
オオカナダモ	オオサンショウモ	オオバノボタン
オオブタクサ	オオフタバムグラ	オトメアゼナ
オープンティア・ストリクタ	オランダガラシ	外来タンポポ种群
カエンボク	カミツレモドキ	カユブテ
ククイモ	キショウブ	キバナシュクシャ
キノノヒマラヤキイチゴ	コカナダモ	コセンダングサ
コマツヨイグサ	サンショウモドキ	シヨクヨウガヤツリ
セイタカアワダチソウ	セイヨウヒルガオ	セイロンマンリョウ
タチアワユキセンダングサ	タマリクス・ラモシッシマ	チョウセンアサガオ属
テリハバンジロウ	ドクニンジン	ナガバオモダカ
ネバリノギク	ノハカタカラクサ	ハゴロモモ
ハナガガブタ	ハリエニシダ	ハリビユ
ハルザキヤマガラシ	ハルジオン	ヒマワリヒヨドリ
ヒメジョオン	ヒメムカシヨモギ	ブタクサ
ブタナ	フランスカイガンショウ	プロソピス・グランドウロサ
ヘラオオバコ	ホテイアオイ	ミカニア・ミ克蘭サ
ミモザ・ピグラ	ムラサキカタバミ	メマツヨイグサ
メリケンガヤツリ	メリケンカルカヤ	モリシマアカシア
モレラ・ファヤ	ヤセウツボ	ヤツデグワ
ランタナ	リグストルム・ロブストウム	ワルナスビ

第8節 吹付法枠工の設計

吹付法枠工の設計は「のり枠工の設計・施工指針」による。概要を以下の項目に示すので設計に当たり指針を十分検討し計画のこと。

① 法枠工の適用範囲

- I 第6節で述べた植生工の緑化基礎工として使用し、植生の崩壊防止や植生基盤の客土の安定を図る必要がある場合で、他の工法より有利な場合。
- II 法面の小崩壊防止のために土圧に抵抗する抑止力が必要な箇所で設計計算をして用いる場合。
- III 法面崩壊の抑止が必要な箇所でアンカー工、ロックボルト工と併用し使用する場合で他の抑止工法より有利な場合。

② 吹付法枠工の設計

I 法面勾配が1：1.0より緩やかな場合

法面勾配が1：1.0より緩やかで法長が10m以下の箇所に、緑化基礎工や石張り工基礎として用いる場合には、枠断面が15cm×15cm～20cm×20cm程度で、枠スパンが1.2m程度を標準とする。なお、枠内をモルタル吹付工または植生基材吹付工とする場合には、枠スパンが1.5mまで拡大することができる。

II 法面勾配が1：1.0以下の急な場合

土圧の働く箇所や法面勾配が1：1.0より急な箇所に設置する吹付枠工の断面、形状の設定に当たっては、原則として設計計算を行う。

③ 梁断面と枠スパンの目安

計画に当たり梁断面と枠スパンの目安は表7-8-1のとおりとする。

表7-8-1 梁断面と枠スパンの目安

単位：mm

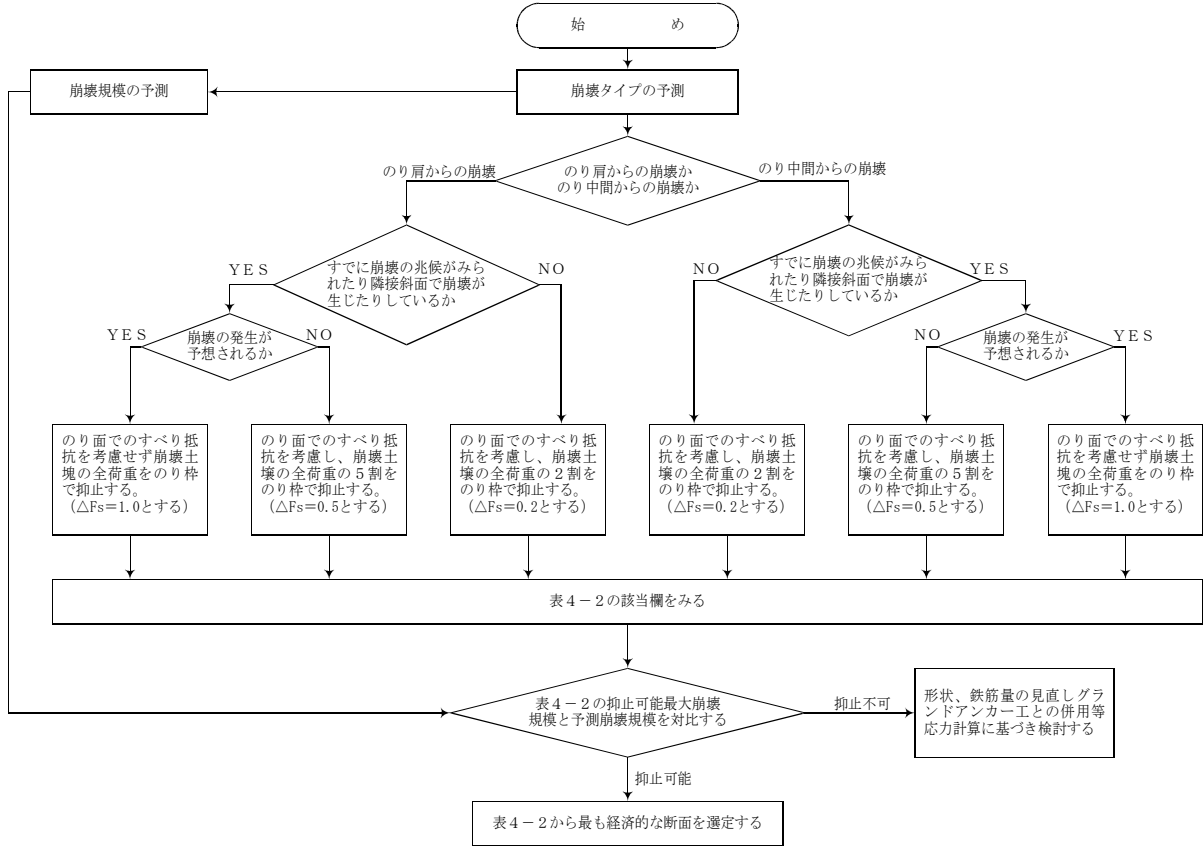
梁の断面	150×150	200×200	300×300	400×400	500×500
梁のスパン	1,200	1,200	2,000	2,500	3,000

④ 梁断面と枠スパンの選定

選定に当たっては「のり枠工の設計・施工指針」による。

指針による選定フローを図7-8-1に示す。

図7-8-1 梁断面と枠スパンの選定（表7-8-2の使い方）



標準的な吹付工で抑止可能な崩壊の規模の選定表を表7-8-2に示す。

表7-8-2 標準的な吹付工で抑止可能な崩壊の規模

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			
増加させる安全率	有効高(cm)	15.5		23.5		31.5		41.0			
	使用鉄筋	D10×上下各2本		D13×上下各2本		D13×上下各4本		D16×上下各4本			
△Fs=1.0の場合	のり肩からの崩壊(くさび形)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)		
		0.5	4.1	0.5	6.8	0.5	10.6	0.5	14.4		
		1.0	2.1	1.0	2.7	1.0	4.6	1.0	6.4		
		1.5	1.6	1.5	2.0	1.5	3.1	1.5	4.2		
	のり中間からの崩壊(円弧形)	0.5	1.5	0.5	2.1	0.5	4.1	0.5	6.8		
		1.0	—	1.0	—	1.0	—	1.0	2.6		
△Fs=0.5の場合	のり肩からの崩壊(くさび形)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)		
		0.5	8.4	0.5	10.9	0.5	17.4	0.5	23.2		
		1.0	3.4	1.0	4.6	1.0	8.1	1.0	12.1		
		1.5	2.4	1.5	3.1	1.5	5.0	1.5	7.3		
	のり中間からの崩壊(円弧形)	0.5	2.5	0.5	3.8	0.5	8.1	0.05	14.0		
		1.0	—	1.0	—	1.0	2.9	1.0	4.2		
△Fs=0.2の場合	のり肩からの崩壊(くさび形)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)	深さd(m)	長さl(m)		
		0.5	15.4	0.5	19.8	0.5	52.7	0.5	70.0		
		1.0	7.3	1.0	10.4	1.0	19.8	1.0	33.6		
		1.5	4.4	1.5	6.0	1.5	11.0	1.5	16.0		
	のり中間からの崩壊(円弧形)	0.5	5.8	0.5	8.9	0.5	19.5	0.5	34.8		
		1.0	2.3	1.0	3.2	1.0	5.8	1.0	9.1		
		1.5	—	1.5	—	1.5	3.6	1.5	5.2		

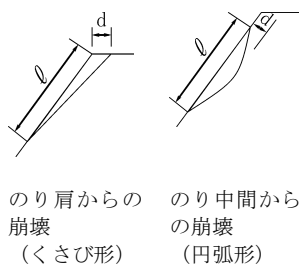
△Fs : すべりに対してのり枠で増加させる安全率

△Fs=1.0 : すべり面でのすべり抵抗を考慮せず崩壊土塊の全荷重をのり枠で抑止しようとする場合

△Fs=0.2 : すべり面でのすべり抵抗を考慮して崩壊土塊の全荷重の2割(5割)をのり枠で抑止しようとする場合
(0.5)

d : 崩壊の深さ

l : 崩壊の長さ



のり肩からの崩壊(くさび形)

のり中間からの崩壊(円弧形)

表4-2を導いたときの計算条件を次に示す。

- のり面勾配 1 : 0.8 (51.4°)
- コンクリートの許容圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 50 \text{ kgf/cm}^2$
- 鉄筋の許容引張応力度 $\sigma_{sa} = 1600 \text{ kgf/cm}^2$
- 土塊の単位体積重量 $\gamma_t = 2.00 \text{ tf/m}^3$
- 中詰材の単位体積重量 $\gamma_e = 2.00 \text{ tf/m}^3$

- △Fs=1.0をとるのは、すでに崩壊の兆候を示していたり、隣接斜面で実際に崩壊が生じているような場合、かつ切り取り工事中に崩壊が予想される場合などで、すべり面の滑り抵抗を考慮せず崩壊土塊の全荷重を抑止する設計とする場合。
- △Fs=0.5をとるのは、すでに崩壊の発生の兆候を示していたり、あるいは隣接斜面で実際崩壊が生じている場合、切り取り中は崩壊の発生がないと判断される場合。
- △Fs=0.2をとるのは、現在は安定していても将来風化などによって不安が生じる場合、滑り面での崩壊を考慮し、崩壊土塊の全荷重の2割を法枠で抑止する目的の場合

第9節 モルタル吹付工及びコンクリート吹付工

① 吹付工の選定

吹付工を選定する場合は以下の条件すべてに該当する場合とする。ただし、仮設に使用する場合はこの限りではない。

- I 1 : 0.8より急な法面で勾配修正できない。
- II 地山が岩盤（将来風化が予想される岩盤を除く、特殊な泥岩など）
- III 緑化基礎工法と併用しても植生が不可能な場合。
- IV 地山自体が安定しており抑止力等必要ないこと。

② 吹付厚さの設計

I 吹付厚さ決定の留意事項

法面岩盤部を自然浸食から保護することを目的とするので、吹付厚さは力学的に決定しがたく、岩質、法面形状、勾配、気象条件及び施工条件からの制約等を検討し、かつ過去の経験をもとに安全で経済的な厚さを決定する。

II 凍結、凍上の影響について

凍上現象は基岩の湧水や表面からの浸透水が摂氏0度以下の外気の影響によって凍結し発生するものであるから、湧水箇所には排水処理を必ず計画するとともに、厳寒地の吹付厚さはできるだけ厚くする。

III 施工上からの吹付最小厚

吹付には中間に金網（ラス）を挿入するので施工面からの吹付厚さは、

ラスの腐食防止のための被覆厚 …… 30mm

地山との離れ …………… 25mm

ラス自体の厚さ …………… 10mm

計 65mm

地山の凸凹を考慮して仕上げ厚に対する変動係数を（10～30）とする。

最小必要厚さは $65 \div \{1 - (0.1 \sim 0.3)\} = 72 \sim 93\text{mm}$

平均仕上げ厚は80mmとする。

IV 吹付厚さの基準

防災事業の施工に当たっての吹付厚の標準は表7-9-1のとおりとする。

表 7-9-1 吹付厚さの適用表

吹付厚	種 類	適 用
100mm～ 200mm	コンクリート吹付	・ 標 準
80mm ～ 100mm	モルタル吹付	・ 吹付工法の他に落石対策工がある箇所（ポケット式ロックネットの内側など）で、小規模な岩盤の風化による法面の流出防止、凍上による浮石の落下防止などが予測される箇所 ・ 寒冷地域等気象条件の厳しい地域は10cm以上
150mm 以上	コンクリート吹付補強鉄筋 図を参考	・ 法長が長く、またオーバーハング等勾配が特に急な箇所 ・ 山地の北向き斜面等で冬期の凍結、融解現象が激しい箇所 ・ 湧水等を伴い、岩質が均質でなく、風化の進んだ部分、既に土砂となっている部分などを挟んでいる箇所

注) 吹付厚は1工区統一厚さとはせず、斜面の状況により変化させて適用する。

③ 細部の基準

I 吹付の基礎

モルタル吹付、コンクリート吹付の基礎構造（路側構造物のない場合）は右図を標準とする。側溝類がある場合は側溝にすりつける。図 7-9-1 参照

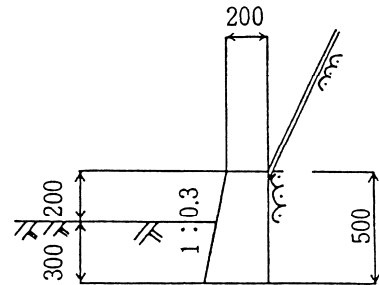


図 7-9-1

II のり肩処理

ラウンディングを行い、地山まで完全に巻き込むものとする。図 7-9-2 参照

III 伸縮目地

斜面の縦方向に、延長方向10～20m以下に1箇所設置する。

IV 水抜き工

標準としてφ40～50mmの水抜きパイプを2～4㎡に1箇所以上設置する。湧水がある場合には、集水マット等を利用して排水する。

V 吹付断面 コンクリート吹付 t=200mmの例
ラスはスペイサーにより吹付厚の中間に配置されるようにする。

アンカーピンはラスの位置まで確実に地山に貫入させる。

(ラウンディング)

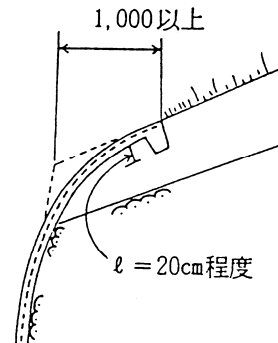
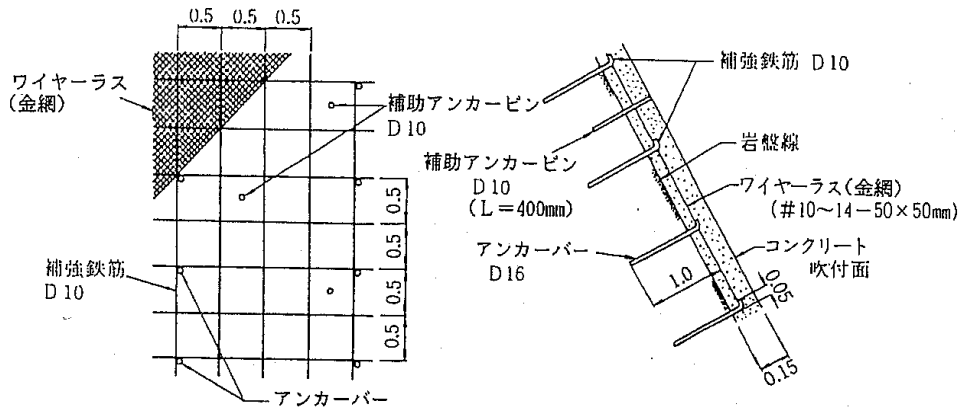


図 7-9-2

VI 吹付コンクリート（モルタル）の強度

圧縮基準強度15 N/m²以上

図 7-9-3 吹付工詳細図 (コンクリート吹付 t = 15cm の場合)



④ 吹付工施工時期の記録

吹付工について、新たに施工もしくは補修を行った場合、

I 施工年月日

II 工事概要 (吹付種類、施工面積、吹付厚)

を記載した記録板を設置すること。

⑤ 吹付法面長寿命化修繕計画

吹付法面の管理は、表 7-9-2 の吹付法面の長寿命化取組フローにより管理を行っていくこととする。

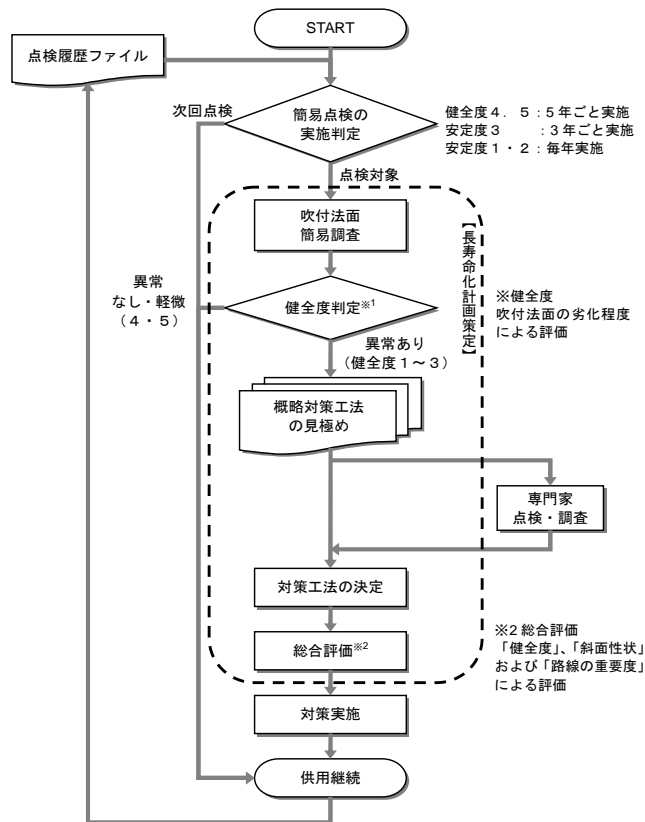


表 7-9-2 吹付法面長寿命化取組フロー図

I 吹付法面の劣化度ランク

吹付法面の劣化度ランクとは、吹付法面の状態を評価するものであり、変状状況の判定は、「吹付法面簡易点検マニュアル」平成24年8月長野県（以下マニュアルという）の「吹付法面の劣化度ランク」（表7-9-3）により行うこととし、変状の程度をa～eの5段階に区分し、最も危険と判断されるランクを対象法面の劣化度ランク1～5の5段階で劣化度を区分する。

着目点	区 分	評価
ひび割れ	ひび割れ無し	a
	垂直方向のひび割れ	b
	横断方向のひび割れ	b
	横断方向のひび割れがあり、ひび割れ幅が5mm以上20mm未満	c
	ひび割れが連続し、囲まれた部分がある。ひび割れ幅は5mm以上20mm未満	c
	ひび割れが大きく開口(20mm以上)している。もしくは段差を有している	d
	ひび割れが開口し、法面が崩落している	e
剥離・剥落	表面の剥離・剥落が無い	a
	単層で10～20cm角の部分的な剥離・剥落がある	b
	複層で全面的には剥離・剥落が生じている部分がある	c
	ひび割れに囲まれた部分が剥離し、地山が露出している(20cm角未満)	c
	吹付けモルタルが大きく崩落して地山が露出している	e
表面の植生	表面の植生が無い	a
	苔が表面に繁茂している	a
	ひび割れに草本類が繁茂している	b
	ひび割れに木本類が繁茂している	c
水抜き孔からの土砂や湧水	特筆事項が無い	a
	水抜き孔から水が流出している	b
	水抜き孔から土砂が流出している	c
打音による空洞・剥離の確認	・打音によりカンカン、キンキンと高い音がでる(健全な吹付材と地山が密着している状態)	a
	・打音によりバコバコ、ポコポコと軽い音がでる(吹付材が多層化し剥離が生じている状態) ・打音した箇所1割未満で確認	b
	・打音によりゴンゴン、ボンボンと低い音がでる(吹付法面の地山が吸出され空洞が生じている状態) ・打音した箇所1割未満で確認	b
	・打音によりバコバコ、ポコポコと軽い音がでる(吹付材が多層化し剥離が生じている状態) ・打音した箇所1割以上で確認	c
	・打音によりゴンゴン、ボンボンと低い音がでる(吹付法面の地山が吸出され空洞が生じている状態) ・打音した箇所1割以上で確認	c

表7-9-3 吹付法面の劣化度ランク

II 斜面ランク

斜面ランクとは、個々の吹付法面における「災害や事故の起こりやすさ」、「災害や事故が起こった場合の被害の大きさ」を評価するものであり、評価方法は、マニュアルの「斜面ランク」（表7-9-4）により i～iii の3段階で区分する。

III 路線の重要度

路線の重要度とは、「法面災害や事故が発生した場合の影響の大きさ」を評価したもので、評価方法は、マニュアルの「路線の重要度」（表7-9-5）により $\alpha \sim \gamma$ の3段階で区分する。

項目	区分	評価
経過年数	19年以下	i
	20～39年	ii
	40年以上	iii
法面の高さ	9m以下	i
	10～29m	ii
	30m以上	iii
法面の勾配	1:1.0未満(45°未満)	i
	1:0.5～1:1.0(45～63°)	ii
	1:0.5より急(64°以上)	iii
	オーバーハング有り	iii
路肩幅	2m以上	i
	2m以下	ii
別種対策工	ロックシェッド	評価を補正 (1ランク下げる)
	ネット工	
	落石防護柵	
	その他(工種)	

表 7-9-4 斜面ランク

項目	区分	評価
車線数	1車線	4
	2車線以上(片側1車線以上)	0
緊急輸送道路指定	一次指定	4
	二次指定	2
	指定なし	0
交通量	20,000台以上	2
	4,000台以上～20,000台未満	1
	4,000台未満	0
迂回路	なし(孤立集落の発生)	4
	あり	0
バス路線	バス路線	1
	指定なし	0
総合点 (=評価値の合計)		

ランクγ	9点～15点
ランクβ	5点～8点
ランクα	0～4点

表 7-9-5 路線の重要度

IV 総合評価

吹付法面の評価は、I～Vの5段階評価とする。

上記I～IIIの各評価項目でランク分けされた施設を、表7-9-6評価フロー図に沿って総合評価を行うものとする。

評価された吹付法面について、ランク毎の概ねの補修期間を設定しており、評価された内容によって計画的に補修を行っていくものとし、「ランクIは5年」、「ランクIIは10年」、「ランクIIIは15年」とするが、簡易点検を行う中で評価はその都度変更していくものとする。

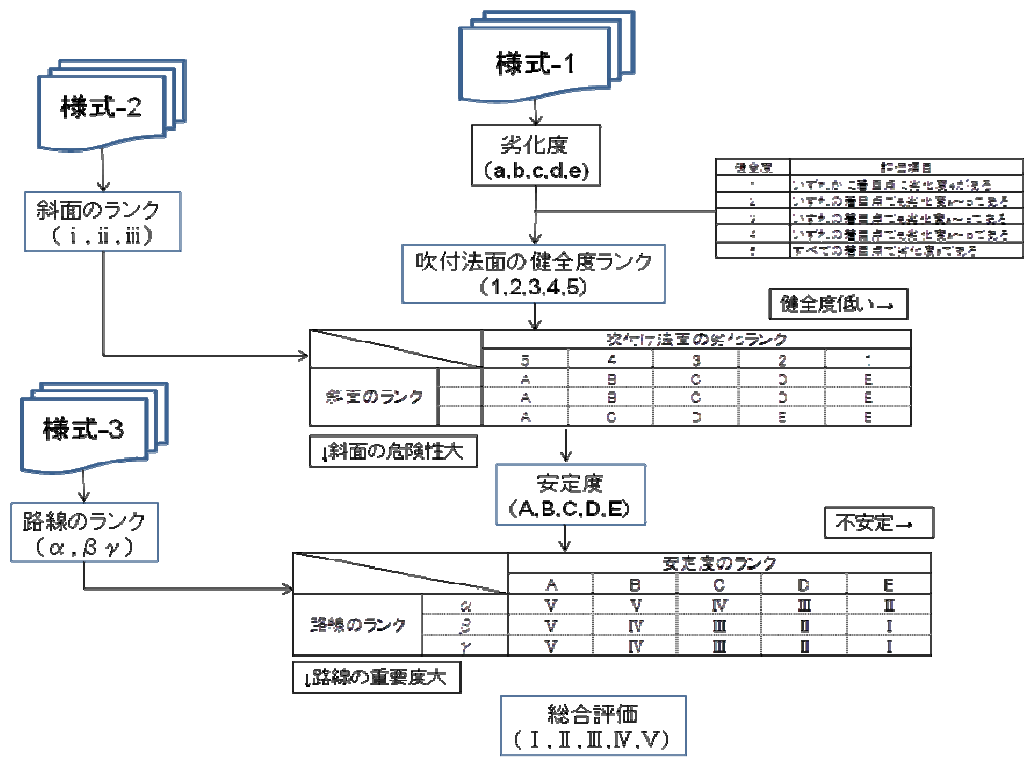


表 7-9-6 評価フロー図