

第5章 道路のり面工・斜面安定工

目 次

第5章 道路のり面工・斜面安定工

5-1	総則	5-1
5-1-1	適用の範囲	5-1
5-1-2	参考図書	5-1
5-1-3	用語の定義	5-1
5-2	切土のり面工	5-4
5-2-1	のり面勾配	5-4
5-2-2	小段	5-5
5-3	盛土のり面工	5-6
5-3-1	のり面勾配	5-6
5-3-2	小段	5-6
5-4	切土盛土の接続部	5-7
5-5	擁壁工	5-8
5-5-1	擁壁工一般	5-8
5-5-2	コンクリート擁壁の設計	5-12
5-5-3	ブロック積擁壁	5-15
5-5-4	補強土壁工法	5-19
5-6	のり面保護工	5-23
5-6-1	のり面保護工の選定基準	5-24
5-6-2	のり面緑化工	5-29
5-6-3	構造物によるのり面保護工	5-44
5-7	落石対策工	5-49
5-7-1	落石対策の基本的考え方	5-49
5-7-2	落石予防工	5-49
5-7-3	落石防護工	5-50
5-8	のり面・斜面の応急対策	5-54

第5章 道路のり面工・斜面安定工

5-1 総則

5-1-1 適用の範囲

この章は、道路を維持し、道路交通の安全を確保することを目的として道路の切土、盛土のり面及びそれに続く自然斜面の安定対策を検討する場合に適用する。

5-1-2 参考図書

(擁壁工関係)

- ア) 道路土工－擁壁工指針 (平成24年7月) (公社) 日本道路協会
- イ) 土木構造物設計ガイドライン、土木構造物設計マニュアル(案)、土木構造物設計マニュアル(案)に係わる設計・施工の手引き(案) (平成11年12月) (一社) 建設技術協会
- ウ) 補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル(平成26年8月) (一財) 土木研究センター
- エ) 多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル(平成26年8月) (一財) 土木研究センター
- オ) ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル (平成25年12月) (一財) 土木研究センター

(のり面保護工関係)

- ア) 道路土工－切土工・斜面安定工指針 (平成21年6月) (公社) 日本道路協会
- イ) 道路土工－盛土工指針 (平成22年4月) (社公) 日本道路協会
- ウ) のり面保護工施工管理技術テキスト (平成30年5月) (一社) 全国特定法面保護協会
- エ) 新・斜面崩壊防止工事の設計と実例(本編、参考編)(令和元年5月) (一社) 全国治水砂防協会
- オ) のり砕工の設計・施工指針 (平成25年10月) (一社) 全国特定法面保護協会
- カ) のり面保護工に関する質疑応答集 (平成12年5月) (一社) 全国特定法面保護協会
- キ) グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」 (平成24年11月) (公社) 地盤工学会

(落石対策工関係)

- ア) 落石対策便覧 (平成29年12月) (公社) 日本道路協会

5-1-3 用語の定義

(1) ブロック積(石積)擁壁

ブロックあるいは石を積み重ねた簡易な擁壁。施工の省人化及び安定性の向上を図るためにブロックの大きさを従来のものより大きくした大型ブロックが用いられることもある。

(2) 重力式擁壁

躯体自重により土圧を支持する無筋コンクリート製の擁壁。

(3) もたれ式擁壁

地山あるいは裏込め土などに支えられながら自重によって土圧に抵抗する形式の擁壁。

(4) 片持ばり式擁壁

たて壁と底版とからなる鉄筋コンクリート製の擁壁。たて壁の位置により逆T型、L型、逆L型と呼ばれる。

(5) 控え壁式擁壁

たて壁の背面側に設けた控え壁によってたて壁と底版の間の剛性を補った擁壁。

(6) U型擁壁

掘割り道路や立体交差の取付け部等に用いる側壁と底版が一体となりU字型またはそれに類似の形状を有する擁壁。掘割り式と中詰め式がある。

(7) 井げた組擁壁

プレキャストコンクリート等の部材を井げた状に組んで積上げ、その内部に栗石等を詰め、一体となって土圧を支持する形式の擁壁。

(8) 補強土擁壁

裏込め部に敷設された補強材と裏込め材との間の摩擦抵抗力やアンカーの引抜力によって壁面の安定を保つ形式の擁壁。補強材に帯状の鋼材を用いる帯鋼補強土壁やアンカープレート付きの鋼棒を用いるアンカー補強土壁、高分子材の補強材を用いるジオテキスタイル補強土壁等がある。

(9) 山留め式擁壁

壁面の曲げ剛性と主に根入れ部の水平抵抗によって安定を保つ形式の擁壁。自立山留め式擁壁は、根入れ部の水平抵抗のみで安定を保つ形式の擁壁。アンカー付き山留め式擁壁は、地山に設けたアンカー体の抵抗を加味して安定を保つ擁壁。

(10) 繊維補強土擁壁

砂に繊維を混入してせん断抵抗力を改良した材料で躯体を構築した擁壁。擁壁としては砂に連続した長繊維を混入する連続繊維補強土擁壁がある。

(11) 軽量材による土圧軽減工法

発泡スチロールブロック（EPS）や発泡スチロールの粒子、気泡等を混練した軽量の土を裏込め材に用いて壁体に作用する土圧を少なくする工法。

(12) その他の擁壁

上記の分類に入らない形式の擁壁。例えば、重力式擁壁の躯体断面を減じ躯体内に生じる引張力を鉄筋によって抵抗させた半重力式擁壁、たて壁の前面側に設けた支え壁によってたて壁と底版の間の剛性を補った支え壁式擁壁、鋼製部材やプレキャストコンクリートで重力式擁壁の型枠を形成し土砂で中詰めを行った形式の擁壁、鋼材とタイロッドを組合わせた2重締切形式の擁壁、ジオテキスタイルを裏込め材に敷き込んで壁体に作用する土圧を軽減した擁壁等様々なものがある。

(13) のり面、のり面工、のり面保護工

盛土工または切土工によって人工的に形成された土または岩の斜面をそれぞれ盛土のり面および切土のり面といい、これらを総称してのり面という。

のり面を造成するための土工とのり面を保護するための種々の保護工とを合わせてのり面工といい、のり面の浸食や風化、崩壊を防止するために行う植生や構造物によるのり面被覆等をのり面保護工という。なお、落石対策工はのり面保護工には含めない。

(14) 斜面

斜面は、道路土工によって人工的に形成された斜面、即ち切土のり面及び盛土のり面と、地山のままの自然斜面の双方を含んだ広義な意味で使われる場合があるが、この基準では斜面という場合は自然斜面を指す。

(15) 崩壊

のり面あるいは斜面での土塊（岩塊）の移動は一般に崩壊と地滑りの2つに分けて考えられている。崩壊をさらに分類すると、のり面崩壊、斜面崩壊、落石に分けられる。崩壊と地滑りの境界は必ずしも明確ではないが、崩壊の特徴としては移動速度が急で、落石を除く崩壊では移動土（岩）塊の攪乱が激しいことが挙げられる。

(16) 斜面安定工

崩壊・地滑りによる道路の破損を防止し、または破損の徴候の現れたものを改善するためにのり面を含む大きな範囲の斜面の安定を図る工事をいう。

(17) 落石、落石対策工

落石とは岩盤の割れ目（岩盤中に発達する節理、片理、層理等の割れ目）が拡大し、岩塊またはレキがはく離したり、崖錐堆積物、火山碎屑物、固結度が低い砂レキ層等に含まれる岩塊、玉石、レキが表面に浮出して斜面より落下する現象をいう。落下した岩塊等も落石ということが多い。

岩石を主とする崩壊は、落石と類似しており確たる区分はないが、便宜上落石とは個数で表現できる少量のものをいい、岩盤崩壊とは、体積で表現される大量のものをいうことにする。

しかし、小規模な岩盤崩壊は対策の観点からは、落石と同じように取扱われることが多い。

また、落石の発生源での落石発生を防止する落石予防工と、発生した落石を待ち受けてその運動を止めたり、あるいは通行車両等に落石が当たらないように下方または側方へ誘導する落石防護工とを総称して落石対策工という。

(18) 地滑り、地滑り対策工

地滑りとは、地下深部のある面を境界として、その上部の土塊が徐々に下方へ移動する現象である。特定の地質や地質構造を有する地域に集中して分布する傾向が強く、崩壊に比較して緩勾配の斜面が大規模に移動し、特有の地形（地滑り地形）を形成する。

地滑り対策としては、地形・地下水位等の自然条件を変化させ、移動土塊が安定する方向に導く抑制工と、地滑りの滑動力に対抗する力を構造物によって与え、地滑りの活動を完全に止めようとする抑止工があり、これらを総称して地滑り対策工という。

(19) 土石流、土石流対策工

山間の溪流において、土砂及び巨レキが、地表水または地下水によって流動化し流下する現象をいい、通常強大なエネルギーと破壊力を持つ。

急勾配の溪流に多量の不安定な砂レキの堆積がある所や、流域内で豪雨に伴う斜面崩壊の危険性が大きい場合に起こりやすい。

また、土石流に対する道路の被害を軽減あるいは防止するために行う道路の改良、あるいは道路自体の回避等による対応が困難な場合に行う土石流発生区域、流下区域及び堆積区域での対策工を総称して土石流対策工という。

5-2 切土のり面工

5-2-1 のり面勾配

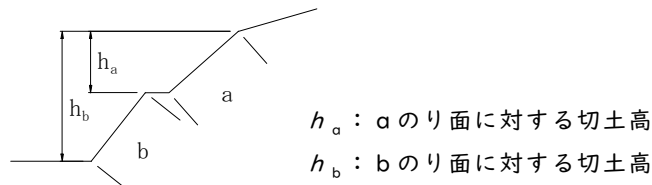
切土のり面勾配は、表 5-1 を標準とする。

表 5-1 切土に対する標準のり面勾配

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	密実でない粒土分布の悪いもの		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の砂質土	密実なもの、または粒度分布の良いもの	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

出典：日本道路協会「道路土工—切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P136 解表 6-2

注1) 土質構成等により単一勾配としないときの切土高及び勾配の考え方は下図のようにする。



- ・勾配は小段を含めない。
- ・勾配に対する切土高は当該切土のり面から上部の全切土高とする。

注2) シルトは粘性土に入れる。

注3) 上表以外の土質は別途考慮する。

注4) 上表は、のり面の浸食を防止する程度の保護工を施工することを前提とする。

ただし、次に述べる特殊な条件下において切土のり面を設計する場合は、道路土工—切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）に従い、十分な土質調査、地質調査を行ったうえで、計算の可能なものに対しては安定および変形の検討を行い、また、計算が困難な場合は過去の実例（例えば同一条件地域における施工例、崩壊事例）を検討したうえで、のり面勾配や有利なのり面保護工法を検討する必要がある。

(1) 地域・地盤条件

- 1) 地すべり地の場合
- 2) 崖錐、崩積土、強風化斜面の場合
- 3) 砂質土等、特に浸食の弱い土質の場合
- 4) 泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の風化が早い岩の場合
- 5) 割れ目の多い岩の場合
- 6) 割れ目が流れ盤となる場合
- 7) 地下水が多い場合
- 8) 積雪・寒冷地域の場合
- 9) 地震の被害を受けやすい地盤の場合

(2) 切土条件

- 1) 長大のり面となる場合（切土高が表 5-1 に示す高さを越える場合）
- 2) 用地等からの制約がある場合

(3) 切土の崩壊による影響

- 1) 万一崩壊すると隣接物に重大な損害を与える場合
- 2) 万一崩壊すると復旧に長時間を要し、道路機能を著しく阻害する場合（例えば代替道路のない山岳道路における切土）

5-2-2 小段

切土のり面では、原則として直高5～10m（標準7m）ごとに、幅1.0～2.0m（標準；岩1.0m、土砂1.5m）の小段を設けるものとする。

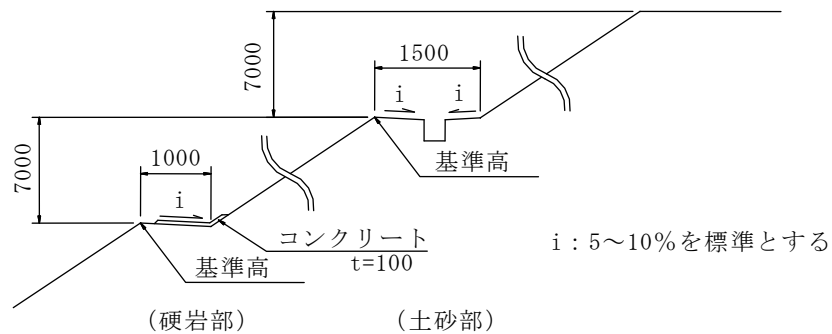


図5-1 切土小段の基準位置

5-3 盛土のり面工

5-3-1 のり面勾配

盛土のり面勾配は、表 5-2 を標準とする。

表 5-2 盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配

盛土材料	盛土高	勾配
粒度の良い砂、レキ及び細粒分混じりレキ	5m以下	1:1.5~1:1.8
	5~15m	1:1.8~1:2.0
粒度の悪い砂	10m以下	1:1.8~1:2.0
岩塊（ズリを含む）	10m以下	1:1.5~1:1.8
	10~20m	1:1.8~1:2.0
砂質土、硬い粘性土、硬い粘土 (洪積層の硬い粘質土、粘土、関東ローム等)	5m以下	1:1.5~1:1.8
	5~10m	1:1.8~1:2.0
火山灰質粘性土	5m以下	1:1.8~1:2.0

出典：日本道路協会「道路土工－盛土工指針（平成 22 年 4 月）」PI06 解表 4-3-2

ただし、次に述べる特殊な条件ののり面については、表 5-2 に示す標準勾配を使用すると安定上問題となることがあるので、「道路土工－盛土工指針」（平成 22 年 4 月）に従い、計算を主とした安定および変形の検討を行ってのり面勾配や保護工法を決定する必要がある。

(1) 盛土自体の条件

- 1) 盛土が、表 5-2 に示す標準値を越える場合（高盛土）。
- 2) 盛土材料の含水比が高く、特にせん断強度の弱い土からなる場合。
- 3) 盛土材料がシルトのような間隙水圧が増加しやすい土からなる場合。

(2) 外的条件

- 1) 地山からの湧水の影響を受けやすい場合。
- 2) 盛土のり面が洪水時等に冠水したり、のり尻付近が浸食されるような場合（例：池の中の盛土）
- 3) 万一破壊すると隣接物に多大な損害を与える場合。
- 4) 盛土の基盤が軟弱地盤や地滑り地のように不安定な場合。

5-3-2 小段

盛土のり面では、原則として直高 5~7m（標準 5m）ごとに、幅 1.0~2.0m（標準 1.5m）の小段を設けるものとする。

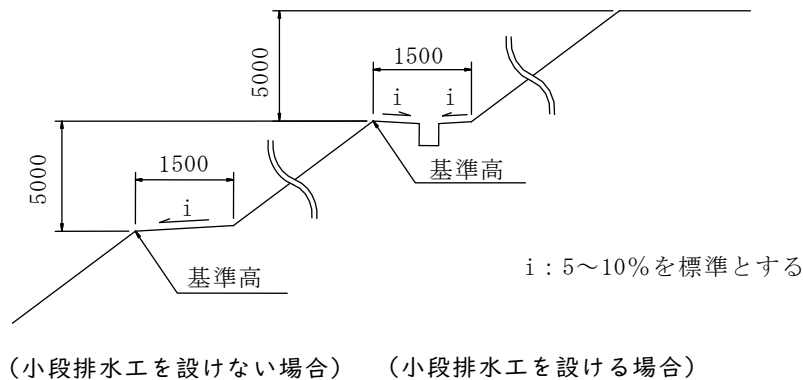


図 5-2 盛土小段の基準位置

5-4 土盛土の接続部

原地盤の勾配が道路横断方向で1:4程度より急な場合は、図5-3のように段切りを行い盛土を原地盤にくり込ませて滑動を防ぐようにしなければならない。

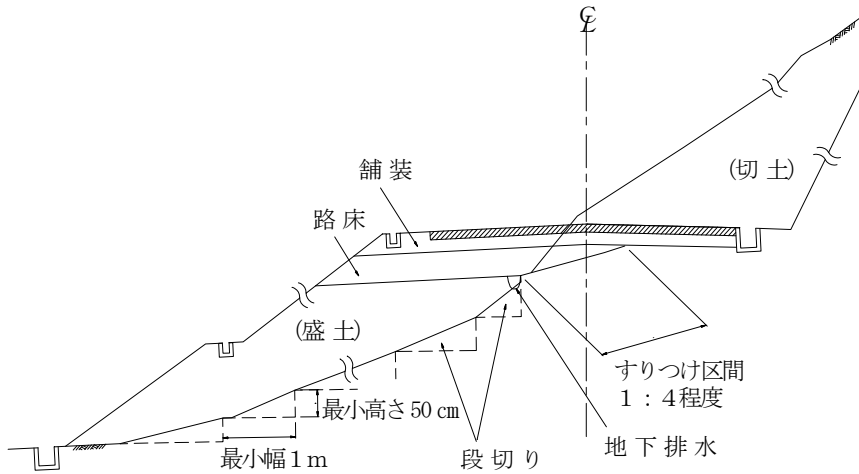
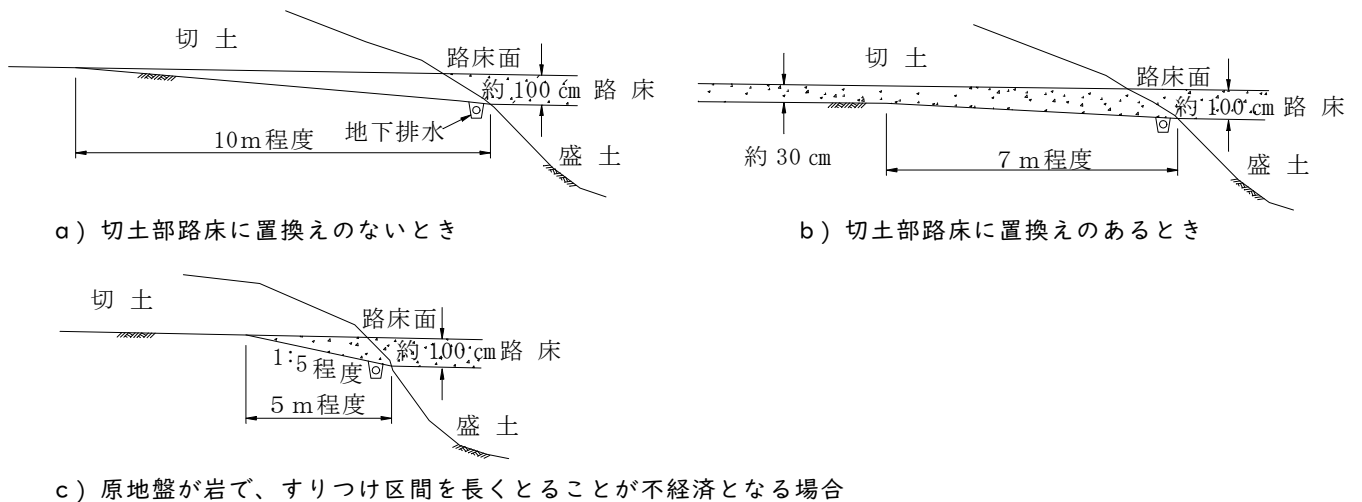


図5-3 盛土基礎地盤の段切り及び切土盛土の接続部（土砂地盤の例）

また、原地盤と盛土の境目の路床部分では地盤の急激な変化を避けるため、切土のすりつけを一定のすりつけ勾配で行い、同質の盛土材料で埋戻したのち、締固めを行うものとする。

切土盛土の縦断方向の接続部には、図5-4に示すようなすりつけ区間を設けて路床の支持力の不連続を避けるようにする。すりつけは4%程度の一定勾配で行い、同質の盛土材料で埋戻し、締固めを行うものとする。

この切土盛土の境界には必要に応じて地下排水を設けるとよい。



a) 切土部路床に置換えのないとき

b) 切土部路床に置換えのあるとき

c) 原地盤が岩で、すりつけ区間を長くすることが不経済となる場合

図5-4 切土盛土の接続部

5-5 擁壁工

5-5-1 擁壁工一般

擁壁を建設する場合、その地盤条件、施工条件、気象等の環境条件はそれぞれの現場で異なっているため、既存の施工事例等の経験を生かし適切に判断することによって、合理的な設計施工を行い、安定性・防災性の確保を図る必要がある。

(1) 擁壁の分類

擁壁は、主要部材の材料や形状、力学的な安定のメカニズム等により様々に分類されるが、本基準では主にその設計方法の相違により図5-5のように分類する。

なお、各擁壁の定義については、「5-1-3 用語の定義」を参照のこと。

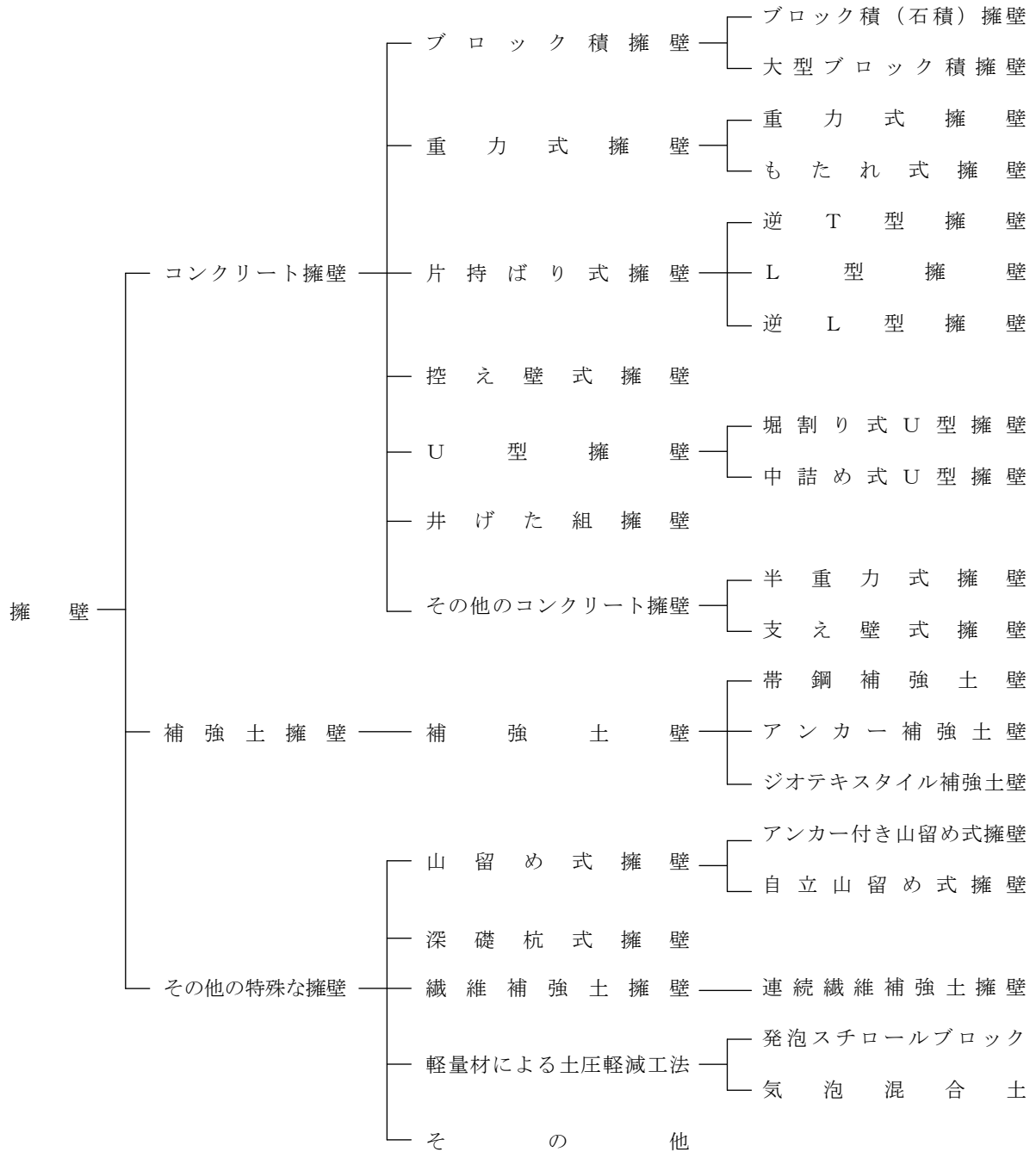


図5-5 擁壁の分類

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針（平成24年7月）」P7 解図1-3

(2) 構造形式の選定

擁壁の構造形式としては前項で示したように種々の形式がある。主な擁壁の適用高さ、特徴、採用上の留意点等、構造形式を選定するうえでの目安を表5-3に示す。ただし、山地部の擁壁、軟弱地盤上の擁壁、狭い用地で基礎幅が制限される箇所での擁壁等、表に記述された一般的な事項にあてはまらない場合があることに留意すること。

表5-3 構造形式選定上の目安(1)

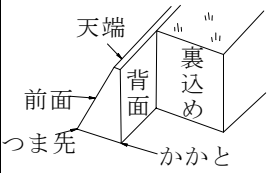
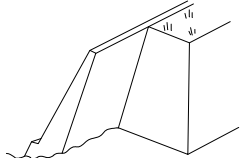
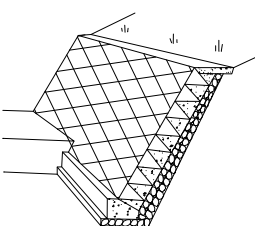
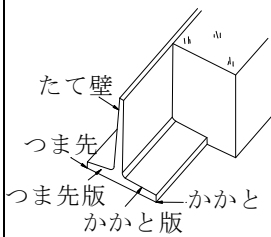
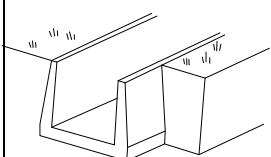
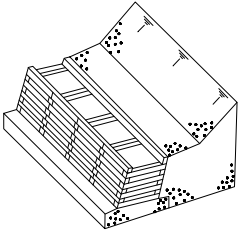
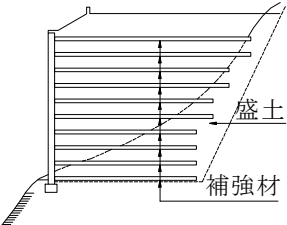
種類	形状	一般的な適用高さ	特徴	採用上の留意点
重力式擁壁		<ul style="list-style-type: none"> 5 m程度以下。 	<ul style="list-style-type: none"> 自重によって水平荷重を支持し、躯体断面には引張応力が生じないような断面とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 底版反力が大きいため支持地盤が良好な箇所に用いる。 小規模な擁壁として用いることが多い。 杭基礎となる場合は適していない。
もたれ式擁壁		<ul style="list-style-type: none"> 10m程度以下。 	<ul style="list-style-type: none"> 地山または切土部にもたれた状態で自重によって土圧に抵抗する。 	<ul style="list-style-type: none"> 支持地盤は岩盤等の堅固なものが望ましい。 比較的安定した地山や切土部に用いる。
ブロック積(石積)擁壁		<ul style="list-style-type: none"> 7 m以下。(直高により勾配や裏込め厚等が変わる) 大型ブロック積の場合は8 m以下。 	<ul style="list-style-type: none"> のり面下部の小規模な崩壊の防止、のり面の保護に用いる。 	<ul style="list-style-type: none"> 背面の地山が締まっている場合や背面土が良好である等土圧が小さい場合に用いる。 構造として比較的耐震性に劣る。
片持ばり式擁壁(逆T型、L型、逆L型)		<ul style="list-style-type: none"> 3～10m程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平荷重に対し、たて壁が片持ばりとして抵抗する。 かかと版上の土の重量を擁壁の安定に利用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 杭基礎が必要な場合にも用いられる。 プレキャスト製品も多くある。 控え擁壁の場合、躯体の施行および裏込め土の転圧が難しい。
U型擁壁		<p>—————</p>	<ul style="list-style-type: none"> 側壁と底版が一体となっており、掘割り道路等に用いられる。 側壁間にストラットを設ける場合がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位以下に適用する 경우가多く、水圧の影響を考慮したり、浮上がりに対する安定を検討する必要がある。

表5-3 構造形式選定上の目安(2)

種類	形状	一般的な適用高さ	特徴	採用上の留意点
井げた組擁壁		・15m程度以下。	<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャストコンクリート等の部材を井げた状に組み中詰め材を充填するもので、透水性に優れる。 ・部材及び中詰め材の重量により水平荷重に抵抗する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・もたれ式擁壁に準じた設計を行う。
補強土擁壁		・3m～18m程度。	<ul style="list-style-type: none"> ・補強材と土の摩擦やアンカープレートの支圧によって土を補強して壁体を形成するもので、さまざまな工法がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・補強効果を発揮するためある程度の変形が生じる。 ・コンクリート擁壁に比べ規模が大きくなる場合もあるため、詳細な地盤調査を行う必要がある。 ・安定性は、盛土材と補強材、壁面の総合の拘束効果によるため、良質な盛土材を用い、施工・施工管理を確実に行う必要がある。 ・盛土に比べて変更・返上に対する修復性に劣る。 ・水による影響を受けやすいため、十分な排水施設を設ける。
軽量材を用いた擁壁			<ul style="list-style-type: none"> ・軽量材の種類により、さまざまな工法がある。 ・軟弱ないし比較的不安定な地盤でも擁壁の構築が可能となる場合がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の浸入等による軽量材の強度低下や重量増加があるため、十分な排水処理を行う。
その他の擁壁	地形・地質・土質、施工条件、周辺環境その他、各種の制約条件等に応じて適宜採用される。			

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針（平成24年7月）」P27～28 解表3-1

(3) 擁壁の計画

擁壁の設計計画に当たっては、道路の全体計画、道路設計と合わせて検討し、設計・施工・維持管理に適し十分な安定性・防災性を有し、また良好な景観を保ち、かつ経済的に有利となるように計画を立てなければならない。

また擁壁は、設置される高さあるいは地盤条件等により、構造形式、基礎形式が変わる。従って、次の事項について調査、検討を行い、設計計画を進めることが必要である。

- ア) 設置の必要性
- イ) 設置箇所の地形、地質、土質
- ウ) 周辺構造物との相互影響
- エ) 施工条件
- オ) 安定性・防災性
- カ) 景観への配慮
- キ) 経済性

なお、擁壁を計画する場合の一般的な手順を図5-6に示す。

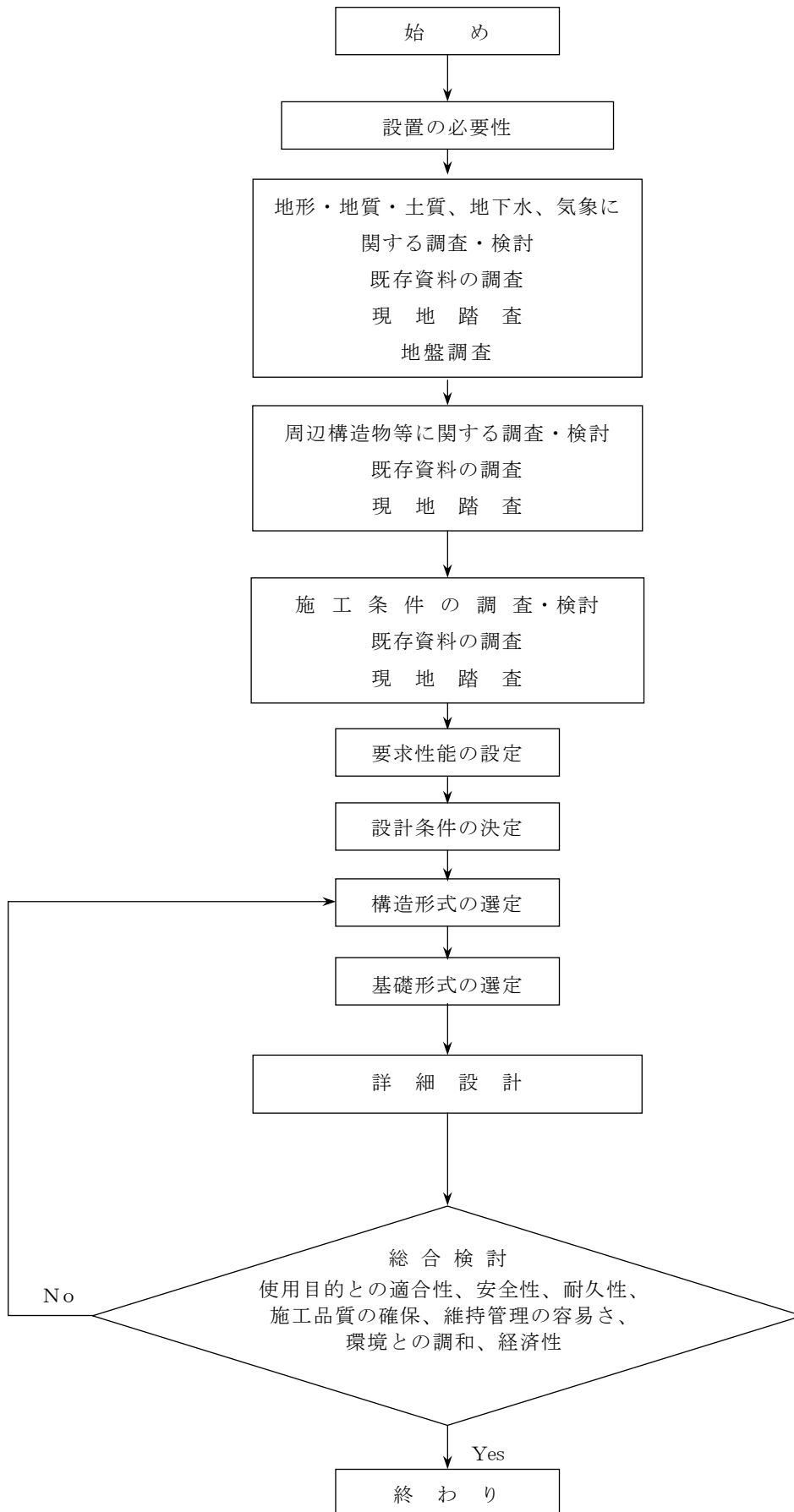


図5-6 擁壁計画の流れ

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針（平成24年7月）」P24 解図3-1

5-5-2 コンクリート擁壁の設計

(1) 設計諸定数の設定

1) 土の単位体積重量

表5-4 土の単位体積重量 (kN/m³)

地盤	土質	緩いもの	密なもの
自然地盤	砂及び砂レキ	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛土	砂及び砂レキ	20	
	砂質土	19	
	粘性土 (ただし $\omega_L < 50\%$)	18	

注1) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれ表中の値から、 9 kN/m^3 を差引いた値としてよい。

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針（平成24年7月）」P66 解表4-6

2) 裏込め土のせん断定数

高さが8m程度以下の擁壁で、土質試験を行うことが困難な場合には、下記の値を用いることができる。

表5-5 裏込め土のせん断定数

裏込め土の種類	せん断抵抗角 (ϕ)	粘着力 (C) 注2)
レキ質土 注1)	35°	—
砂質土	30°	—
粘性土 (ただし $\omega_L < 50\%$)	25°	—

注1) きれいな砂はレキ質土の値を用いてもよい。

注2) 土質定数をこの表から推定する場合、粘着力Cを無視する。

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針（平成24年7月）」P66 解表4-5

(2) 荷重

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針（平成24年7月）」P50

擁壁の設計に当たっては、一般に次の荷重を考慮するものとする。

- ア) 自重
- イ) 載荷重
- ウ) 土圧
- エ) 地震の影響
- オ) 水圧及び浮力
- カ) 雪荷重
- キ) 風荷重
- ク) 衝突荷重

このうち、一般的な荷重の組合せは次のとおりである。

ただし、設置される環境、構造形式、形状寸法等によっては、その他の荷重を下記の組合せに付加して設計しなければならない。

- ア) 自重+載荷重+土圧
- イ) 自重+土圧
- ウ) 自重+地震の影響

通常の場合、上記の組合せのうち、常時に対してはア)及びイ)、地震時に対してはウ)の組合せについて設計を行うものとする。

躯体自重の計算に用いる単位体積重量

- 鉄筋コンクリート 24.5 kN/m^3
- コンクリート 23 kN/m^3

(3) 使用材料

出典：日本道路協会「道路土工—擁壁工指針（平成24年7月）」P71

コンクリートは、原則として次に示す設計基準強度以上のものを用いる。

無筋コンクリート部材 18N/mm²

鉄筋コンクリート部材 24N/mm²

また、鉄筋コンクリート用棒鋼は、JIS G 3112 に規定されている種類のうち、異形棒鋼 SD295A、SD295B 及び SD345 を標準とする。鉄筋径は D16 以上とする。

なお、擁壁類のうち逆T型、L型については、平成11年10月28日付け建設省技調発171号の2で通知のあった「土木構造物設計マニュアル（案）—土工構造物・橋梁編—」により、コンクリートの設計基準強度は 24N/mm² を、また、鉄筋の材質は SD345 を標準とする。

(4) 安定に対する検討

出典：日本道路協会「道路土工—擁壁工指針（平成24年7月）」P110

擁壁の安定に関しては、一般に下記のア) イ) ウ) について検討すればよいが、擁壁が軟弱層を含む地盤上や斜面上に設置される場合はエ) について円弧滑り法等により検討を行い、対策工を選定する。

また、必要に応じて地震時における影響を考慮した安定性についても別途検討することとする。

ア) 滑動に対する安定

イ) 転倒に対する安定

ウ) 支持地盤の支持力に対する安定

エ) 背面盛土及び支持地盤を含む「全体としての安定」

(5) 壁高変化の取扱い方

橋の取付道路等のように天端の高さが変わったり、山地部のように底面の高さが異なる場所に擁壁を設ける場合には、使用断面及び底版の設置方法等は現地に合わせて決定する。

擁壁面の型枠のねじれを防ぐため原則として天端幅を一定とし、所定の勾配で下端を変化させる。(M、Nは、同一ブロック内においては一定とする。)

扶壁式擁壁では原則として側溝や舗装構成を考えて扶壁の頂部を擁壁の天端から 50 cm 下げて施工する。

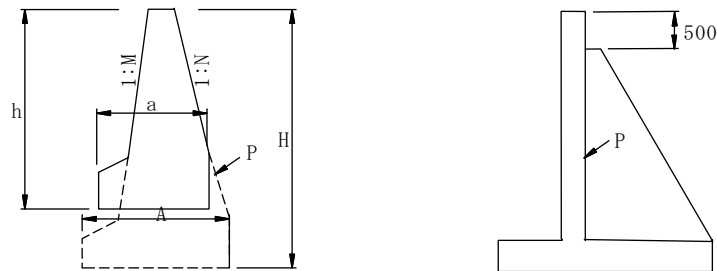


図 5 - 7

ア) 鉄筋コンクリート擁壁の場合は図 5-8 を標準とする。

イ) もたれ式、重力式、ブロック積擁壁等で地形が著しく変化し不経済となる場合は、1ブロックの長さを 5 m 程度まで縮小することができる。

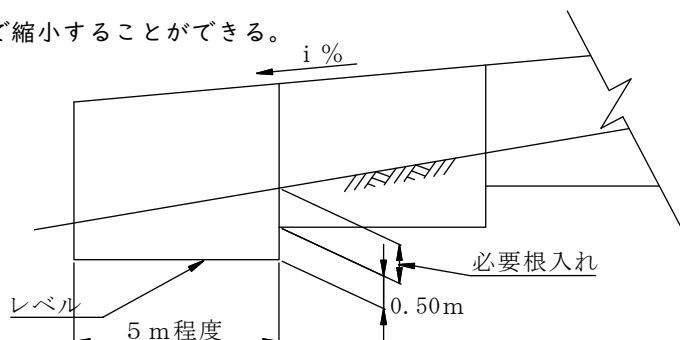


図 5 - 8

(6) 擁壁天端の小段計画

擁壁の天端に設ける小段は、躯体の背面に 30cm 以上の余裕幅を設けることを原則とし、擁壁前面が通るように余裕幅の調整を行う。

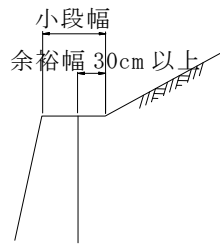


図 5-9

(7) 擁壁の構造細目

1) 伸縮目地

無筋コンクリート擁壁では 10m 以内の間隔で突合せ式の伸縮目地を設ける。

鉄筋コンクリート擁壁では、20m 以内に伸縮目地を設ける。

伸縮目地では鉄筋を切り、構造は無筋コンクリートに準ずる。

目地幅は 20 mm とし、目地材はエラストイトを使用する。

2) ひび割れ誘発目地

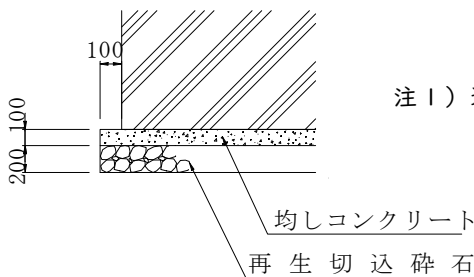
鉄筋コンクリート擁壁の場合は 10m 以内、無筋コンクリート擁壁の場合は 5 m 以内に設け、その構造は壁面鉛直方向両面に V 字型（断面欠損率は 20% 以上とするのがよい）とする。この場合鉄筋は切らないものとする。

3) 水平打継目

水平打継目（重力式、もたれ式擁壁等）は直高 2.5m を標準とし、打継目には滑止め用として段差を設け、打継目鉄筋を挿入するものとする。

4) 基礎

地形の構造は下図を標準とする。



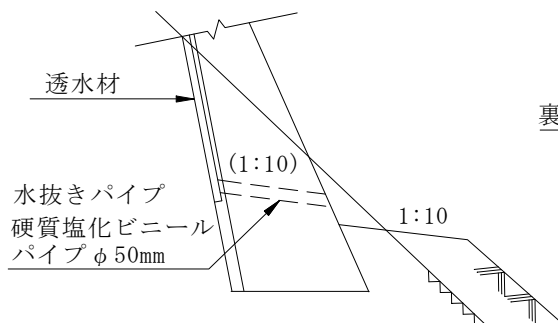
注 1) 逆 T 型及び L 型擁壁の基礎に関しては、原則として図のように、均しコンクリート ($\sigma_{ck} = 18\text{N/mm}^2$) を施工する。

図 5-10

5) 排水工

擁壁背面の排水を必要とする場合は、栗石または再生切込碎石層を設け $\phi 50$ mm 程度の排水孔を 2 m² に 1 箇所以上設けなければならない。

(湧水の多い軟岩の場合)



(土砂の場合)

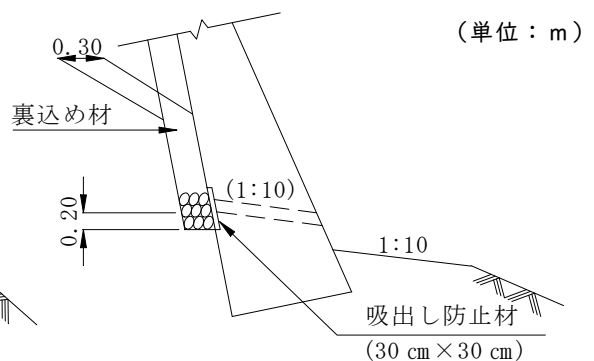


図 5-11

5-5-3 ブロック積擁壁

ブロック積擁壁は、のり面勾配が1：1より急なものである。主としてのり面の保護に用いられ、背面の地山が締まっている切土、比較的良質の裏込め土で十分な締固めがされている盛土等、土圧が小さい場合に適用される。

ブロック積擁壁は使用する材料によって、通常のブロック積擁壁、大型ブロック積擁壁、その他の形式のブロック積擁壁に分けられる。

(1) 経験に基づく設計法

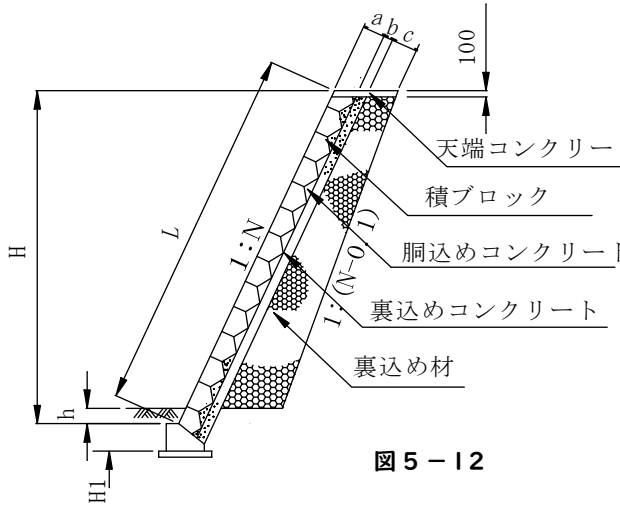


図5-12

出典：日本道路協会「道路土工—擁壁工指針
(平成24年7月)」P.169 解図5-35

(備考)

- 1) ブロック積擁壁の直高は一般には5m以下とする。
- 2) 裏込め材は擁壁ののり面勾配を1：Nとした場合に、地山と接する面の傾斜が1：(N-0.1)となるよう設置する。
ただし、切土部においては等厚に設置する。
- 3) ブロック圧縮強度は、 $\sigma_{ck} = 18\text{N/mm}^2$ 以上とする。
- 4) 擁壁背面の水抜きには特に注意し、 $\phi 50\text{mm}$ 程度の水抜きパイプを2.0~3.0㎡に1箇所設ける。
- 5) 起終点には必要に応じ、小口止めコンクリートを計上する。
- 6) 天端コンクリートは必要に応じ、厚さ0.10m程度を計上する。 $(\sigma_{ck} = 18\text{N/mm}^2)$
- 7) 裏込めコンクリート、胴込めコンクリート及び基礎コンクリートは $\sigma_{ck} = 18\text{N/mm}^2$ 以上とする。
- 8) 中間の設計条件に対しては、直近上位のものを使用する。
- 9) 鉛直方向の目地の間隔は、20m程度を標準とする。
- 10) 胴込めコンクリートは $0.19\text{m}^3/\text{m}^2$ として計上する。

ア) 裏込め材料計算一般式 (m当たり)

a) 擁壁前面に水位がない場合

$$A = \sqrt{1+N^2} \times (H-h-0.1) \times C \quad (\text{切土部})$$

$$A = \sqrt{1+N^2} \times (H-h-0.1) \times C + \frac{1}{2} \times (H-h-0.1)^2 \times 0.1 \quad (\text{盛土部})$$

b) 擁壁前面に水位がある場合

$$A = \sqrt{1+N^2} (H+H_1+0.1) \times C \quad (\text{切土部})$$

$$A = \sqrt{1+N^2} (H+H_1+0.1) \times C + \frac{1}{2} \times (H+H_1+0.1)^2 \times 0.1 \quad (\text{盛土部})$$

イ) 天端コンクリート材料計算一般式 (m当たり)

$$A = 0.10 \times (a+b+c) \sqrt{1+N^2}$$

表5-6 寸法表 (切土部) ※建設省制定土木構造物標準設計2 擁壁類 2-1をもとに作成

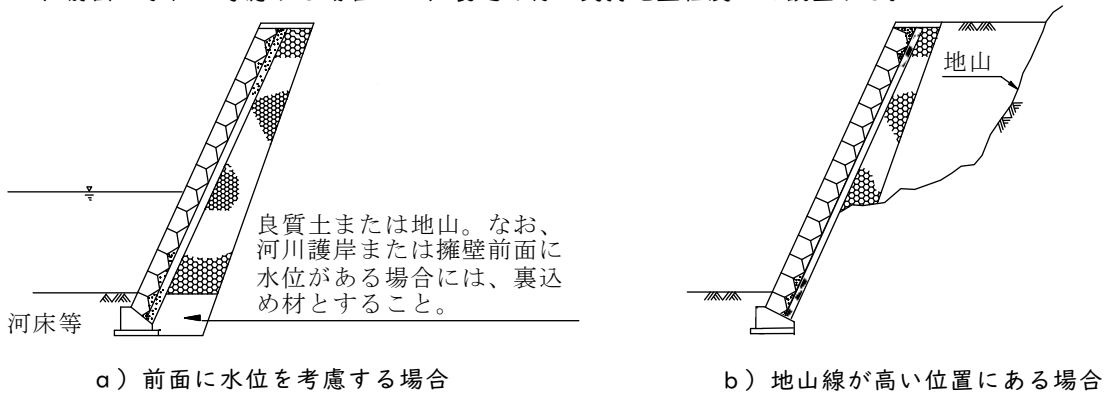
記号	H (直高) (m)	L (のり長)		a (控長)	裏込め コンク リート 厚さ	U (裏込め材厚さ)	
		N (前面勾配)				U ₁ (背面の土砂が 良好な場合)	U ₂ (通常の場合)
		1:0.3	1:0.4				
HB=1,000	1.00	1.044	1.077	350	100	300	300
HB=1,500	1.50	1.566	1.616		100		
HB=2,000	2.00	2.088	2.154		100		
HB=2,500	2.50	2.610	2.693		100		
HB=3,000	3.00	3.132	3.231		100		
HB=3,500	3.50	—	3.770		150		
HB=4,000	4.00	—	4.308		150		
HB=4,500	4.50	—	4.847		150		
HB=5,000	5.00	—	5.385		150		

表5-7 寸法表(盛土部) ※建設省制定土木構造物標準設計2擁壁類 2-1をもとに作成

記号	H (直高) (m)	L (のり長)			a (控長)	裏込めコ ンクリ ート厚さ	U (裏込め材厚さ)	
		N (前面勾配)					U ₁ (背面の土 砂が良好な 場合)	U ₂ (通常の 場合)
		1:0.3	1:0.4	1:0.5			c	c
HB=1,000	1.00	1.044	1.077	1.118	350	100	200	300
HB=1,500	1.50	1.566	1.616	1.677		100		
HB=2,000	2.00	—	2.154	2.236		100		
HB=2,500	2.50	—	2.693	2.795		100		
HB=3,000	3.00	—	3.231	3.354		100		
HB=3,500	3.50	—	—	3.913		150		
HB=4,000	4.00	—	—	4.472		150		
HB=4,500	4.50	—	—	5.031		150		
HB=5,000	5.00	—	—	5.590		150		

また、裏込め材は基礎周辺部に背面土からの水の浸透による悪影響を及ぼさないよう、擁壁前面の地盤線程度まで設置することを原則とする。裏込め材の直下、基礎底板高さまでの間には不透水層等を設け、背面を伝わった雨水等が基礎部に悪影響を及ぼすことのないようにするのが望ましい。

また、前面に水位を考慮する場合には、裏込め材は支持地盤程度まで設置する。



良質土または地山。なお、河川護岸または擁壁前面に水位がある場合には、裏込め材とすること。

a) 前面に水位を考慮する場合

b) 地山線が高い位置にある場合

図5-13 裏込め材の設置

出典：日本道路協会「道路土工—擁壁工指針(平成24年7月)」PI73 解図5-36

表5-8 裏込め材材料表(切土部)

※建設省制定土木構造物標準設計2擁壁類 2-1をもとに作成 (単位: m³)

記号	擁壁前面に水位がない場合				擁壁前面に水位がある場合			
	U ₁ (裏込め土が良 好な場合)		U ₂ (裏込め土が普 通な場合)		U ₁ (裏込め土が良 好な場合)		U ₂ (裏込め土が普 通な場合)	
	1:0.3	1:0.4	1:0.3	1:0.4	1:0.3	1:0.4	1:0.3	1:0.4
HB=1,000	0.188	0.194	0.188	0.194	0.438	0.452	0.438	0.452
HB=1,500	0.345	0.355	0.345	0.355	0.595	0.614	0.595	0.614
HB=2,000	0.501	0.517	0.501	0.517	0.752	0.775	0.752	0.775
HB=2,500	0.658	0.679	0.658	0.679	0.908	0.937	0.908	0.937
HB=3,000	0.814	0.840	0.814	0.840	1.065	1.099	1.065	1.099
HB=3,500	—	1.002	—	1.002	—	1.276	—	1.276
HB=4,000	—	1.163	—	1.163	—	1.438	—	1.438
HB=4,500	—	1.325	—	1.325	—	1.599	—	1.599
HB=5,000	—	1.486	—	1.486	—	1.761	—	1.761

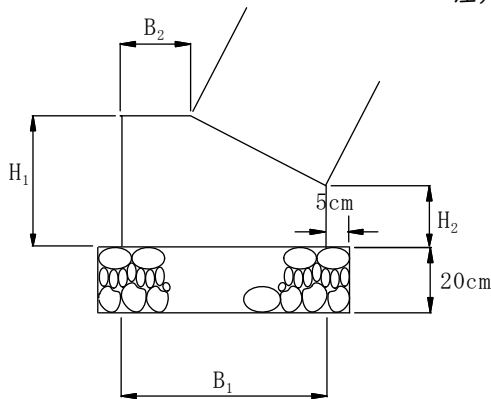
注) 上記数値は、基礎の根入れを30cmとして算出している。

表5-9 裏込め材材料表(盛土部)

※建設省制定土木構造物標準設計2擁壁類 2-1をもとに作成 (単位: m³)

記号	擁壁前面に水位がない場合						擁壁前面に水位がある場合					
	U ₁ (裏込め土が良好な場合)			U ₂ (裏込め土が普通な場合)			U ₁ (裏込め土が良好な場合)			U ₂ (裏込め土が普通な場合)		
	1:0.3	1:0.4	1:0.5	1:0.3	1:0.4	1:0.5	1:0.3	1:0.4	1:0.5	1:0.3	1:0.4	1:0.5
HB=1,000	0.143	0.147	0.152	0.206	0.212	0.219	0.390	0.400	0.411	0.536	0.550	0.568
HB=1,500	0.290	0.297	0.306	0.405	0.416	0.429	0.577	0.590	0.605	0.776	0.794	0.818
HB=2,000	—	0.473	0.486	—	0.645	0.665	—	0.805	0.825	—	1.063	1.093
HB=2,500	—	0.673	0.690	—	0.899	0.925	—	1.045	1.069	—	1.358	1.393
HB=3,000	—	0.898	0.919	—	1.178	1.210	—	1.310	1.338	—	1.677	1.718
HB=3,500	—	—	1.174	—	—	1.520	—	—	1.663	—	—	2.105
HB=4,000	—	—	1.453	—	—	1.855	—	—	1.985	—	—	2.483
HB=4,500	—	—	1.757	—	—	2.216	—	—	2.332	—	—	2.885
HB=5,000	—	—	2.087	—	—	2.601	—	—	2.704	—	—	3.313

注) 上記数値は、基礎の根入れを30cmとして算出している。



注1) 基礎材厚は20cmを標準とするが、基礎状況に応じ別途設計することができる。

図5-14 コンクリート基礎工(ブロック積用)

※建設省制定土木構造物標準設計2擁壁類 2-1をもとに作成

表5-10 基礎寸法及び材料表

※建設省制定土木構造物標準設計2擁壁類 2-1をもとに作成

a (控長) (mm)	b (裏込めコンクリート厚さ) (mm)	寸法表(mm)				材料表(1m当たり)		
		B ₁	B ₂	H ₁	H ₂	型枠 (m ²)	コンクリート (m ³)	基礎材 (m ³)
350	100	520	100	300	100	0.400	0.114	0.124
	150	550	100	350	100	0.450	0.136	0.130

(備考)

- ア) 本表はブロック積擁壁工の基礎工として用いる。
- イ) 岩盤に貫入するときは、均しコンクリート($\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$)を計上し、基礎工は設けない。
- ウ) 地盤が特に軟弱なときは、基盤杭等を考慮すること。
- エ) 基礎の根入れ深さは、「建設省制定土木構造物標準設計」を利用する場合には30cmとするが、現場条件により根入れ深さの異なる場合には別途計上する。

表5-11 裏込め土の種類および単位体積重量

裏込め土の種類	単位体積重量(KN/m ³)
レキ、レキ質土(良好)	20
砂、砂質土(普通)	19
シルト、粘性土(不良)	18

出典: 日本道路協会「道路土工-擁壁工指針(平成24年7月)」P66 解表4-6

(2) ブロック積擁壁の構造細目

目地間隔は20m以内で突き合わせ式の伸縮目地を設ける。目地幅は20mmとし、目地材はエラストロを使用する。

(3) 大型ブロック積擁壁

大型ブロック積擁壁には、ブロックの寸法、控長、ブロック間の結合構造等が異なる様々な形式のものがあり、擁壁の剛性はまちまちである。

大型ブロック積擁壁の設計に際しては、事前にブロックの強度及びせん断力や曲げモーメントが作用する場合のブロック間の結合部強度を検討しておく必要がある。大型ブロック積擁壁では、擁壁高さを8 m以下にすることを原則とする。8 mを越える場合は地震時の安定性を含めて、別途検討する。

大型ブロック積擁壁の設計に関しては、「道路土工—擁壁工指針（平成24年度版）」から、以下のよう
に引用する。

[173頁～175頁]より

大型ブロック積擁壁とは、主に省力化を目的として通常の積みブロックよりも大型の積みブロックを積み上げた擁壁である。

大型ブロック積擁壁には、大型積みブロックの寸法、控長、ブロック間の結合構造等が異なる様々な形式のものがあり、擁壁の全体剛性も様々である。

ブロック間の結合に、かみ合わせ構造や突起等を用いたり、胴込めコンクリートで練積にした形式等は、通常の練積に相当するブロック間の摩擦が確保されているとして、通常のブロック積擁壁に準じた構造と考えてよい。また、控長の大きい大型積みブロックで鉄筋コンクリートや中詰めコンクリート等を用いてブロック間の結合を強固にした形式のものは、ブロックが一体となって土圧に抵抗するために、もたれ式擁壁に準じた構造と考えてよい。

なお、ブロック間のかみ合わせ抵抗のない空積による大型ブロック積擁壁の構築は行ってはならない。

大型ブロック積擁壁は、良質な基礎地盤上に設置し、擁壁高を8 m以下にすることを原則とするが、8 mを越える場合には地震時の安定性を含めて綿密な検討をする必要がある。

通常のブロック積擁壁に準じた構造の大型ブロック積擁壁では、直高が5 m以上となる場合は支持力の照査を行わなければならない。なお、擁壁底面の鉛直地盤反力度は、式(解5—32)により求めてよい。

もたれ式擁壁に準じた構造の大型ブロック積擁壁では、控長を表5—13より定め、擁壁自体の安定性及び部材の安全性の照査を「5—7—3 もたれ式擁壁」に準じて行うものとする。

- 1) 大型積みブロックは、擁壁の要求性能を満足するための強度、施工性、耐久性等の性能を有していなければならない。このため、大型積みブロックの材料及び品質規格については、「4—4—2 (2) 積みブロックの材料及び製品規格」に示す事項に従うものとする。また、大型ブロック積擁壁の設計に際しては、事前に大型積みブロックの強度及びブロック間の結合部強度等を検討しておく必要がある。
- 2) 通常のブロック積擁壁に準じた構造の大型ブロック積擁壁では、控長に応じた背面勾配と直高について表5—12を参考に定めるのがよい。なお、控長は直高に対し等厚でなければならない。

表5—12 控長に応じた背面勾配と直高の関係 (m)

背面勾配		1 : 0.3	1 : 0.4	1 : 0.5
控長	50cm以上	—	～3.0	～5.0
	75cm以上	～4.0	～5.0	～7.0
	100cm以上	～5.0	～7.0	～8.0

注) 上表は、嵩上げ盛土高が直高の1/2程度以下まで適用できる。

- 3) もたれ式擁壁に準じた構造の大型ブロック積擁壁では、背面勾配と直高に応じて最小控長を表5—13より定めるのがよい。

表5—13 背面勾配に応じた直高と最小控長の関係

背面勾配	1 : 0.3	1 : 0.4	1 : 0.5
直高 H (m)	～5.0	～7.0	～8.0
最小控長 b (m)	$0.15H$ 以上	$0.12H$ 以上	$0.1H$ 以上

注1) 最小控長は50 cm以上とする。

注2) 岩盤等の切土部にのり面保護工として用いる場合は、上表によらなくてもよい。

5-5-4 補強土壁工法

(1) 定義

補強土壁は、盛土中に補強材を敷設することで垂直に近い壁面を構築する土留め構造物である。

補強土壁の補強メカニズムは、垂直に近い壁面工に作用する土圧力に対し、盛土内に敷設した引張補強材の引抜き抵抗力によって釣合いを保ち、土留め壁としての効果を発揮させるものであるが、補強材や壁面工の種類によって多種の工法が提案されている。(図5-15 参照)

補強土壁は、補強効果を発揮するために、ある程度の変形を要すること、全体が柔な構造であることが従来形式の擁壁とは異なる特性である。また、壁面材に植生ブロック等を用いることで修景に優れたものとすることができ、耐震性にも優れている。

従って、各種補強土壁の特徴ならびに留意点に配慮して、用途に適合する補強土壁を選定することが必要である。表5-14に代表的な補強土壁の分類と特徴を整理した。本工法の詳細については、「道路土工―擁壁工指針 第6章補強土擁壁」を参照のこと。

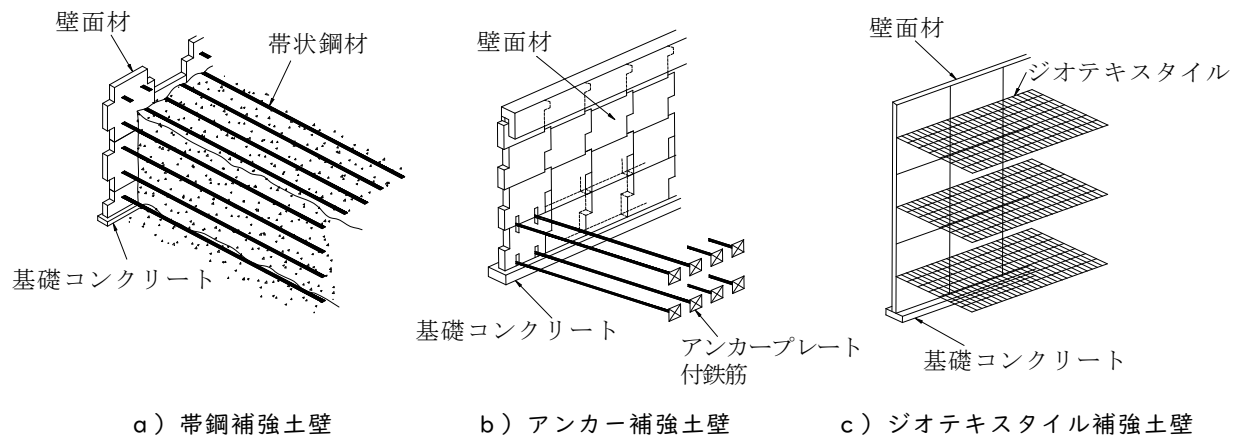


図5-15 代表的な補強土壁の模式図

出典：日本道路協会「道路土工―擁壁工指針（平成24年7月）」P225 解図6-3

表5-14 代表的な補強土壁の分類と特徴・留意点

分類	補強材	壁面工	特徴	留意点
帯鋼補強土壁 注1)	带状鋼材	コンクリートパネル (分割型)	带状補強材(リブ付き、平滑)の摩擦抵抗による引抜き抵抗力で土留め効果を発揮させる。	盛土材としては、摩擦力が十分にとれる砂質土系の土質材料を選定する必要がある。細粒分を多く含む土質材料については摩擦力を発揮させるための土質安定処理や粒度調整等の処理が必要である。 補強材として鋼製補強材を用いるため腐食対策が必要である。
アンカー補強土壁 注2)	アンカープレート付鉄筋	コンクリートパネル (分割型)	アンカー補強材の支圧抵抗による引抜き抵抗力で土留め効果を発揮させる。	盛土材としては支圧抵抗力を発揮できる砂質土系やレキ質土系の土質材料を選定する必要がある。細粒分を含む土質材料においても必要な支圧力の発揮の有無を検討して用いることができる。 補強材として鋼製の補強材を用いるため腐食対策が必要である。
ジオテキスタイル補強土壁 注3) 4)	ジオテキスタイル	コンクリートパネル(分割型、一体型)、コンクリートブロック、場所打ちコンクリート	ジオテキスタイルの摩擦抵抗による引抜き抵抗力で土留め効果を発揮させる。面状の補強材のため摩擦抵抗力が発揮しやすく、補強材長が短めにできる。 緑化対策として、ジオテキスタイルをのり面で巻込むタイプも使用されている。	角張った粗粒材を多く含む盛土材の場合は、補強材を損傷する可能性があり対策が必要である。補強材は多くの種類がある。 補強土壁の変形抑制のために剛性の高いジオテキスタイル(ジオグリッド等)が適する。クリープ特性や高温環境等補強材の引張り強度への影響等について設計の配慮が必要である。

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針(平成24年7月)」P226 解表6-1

注1)(財)土木研究センター：補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル改訂版 平成15年11月

注2)同：多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル第3版 平成14年10月

注3)同：ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル 平成12年2月

注4)運輸省監修、鉄道総合技術研究所編集、鉄道構造物設計標準・同解説(土構造物) 丸善 1992

(2) 適用範囲

道路構造物としての補強土壁は、図5-16に示すように従来のコンクリート擁壁と同様の用途として適用される。ただし、本工法のもつ種々の得失を考慮したうえで補強土壁を適用することが重要である。

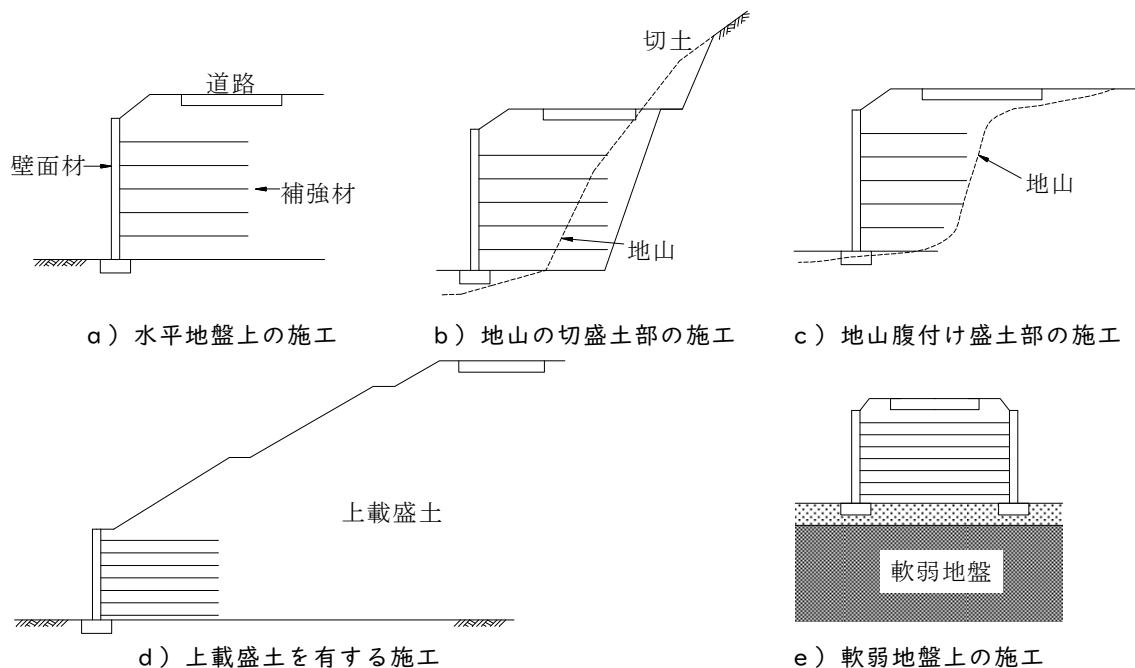


図5-16 補強土壁の適用例

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針(平成24年7月)」P227 解表6-4

(3) 設計の考え方

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針（平成24年7月）」P234

補強土壁の設計に当たっては、以下の照査・検討を行う。

- 1) 補強土壁を構成する部材の安全性
- 2) 補強土壁の安定性
 - ①補強土壁自体の安定性
 - ②補強土壁及び基礎地盤を含む全体としての安定性

2) 設計手順

補強土壁の設計は、図 5-17 に示す手順を基本とする。

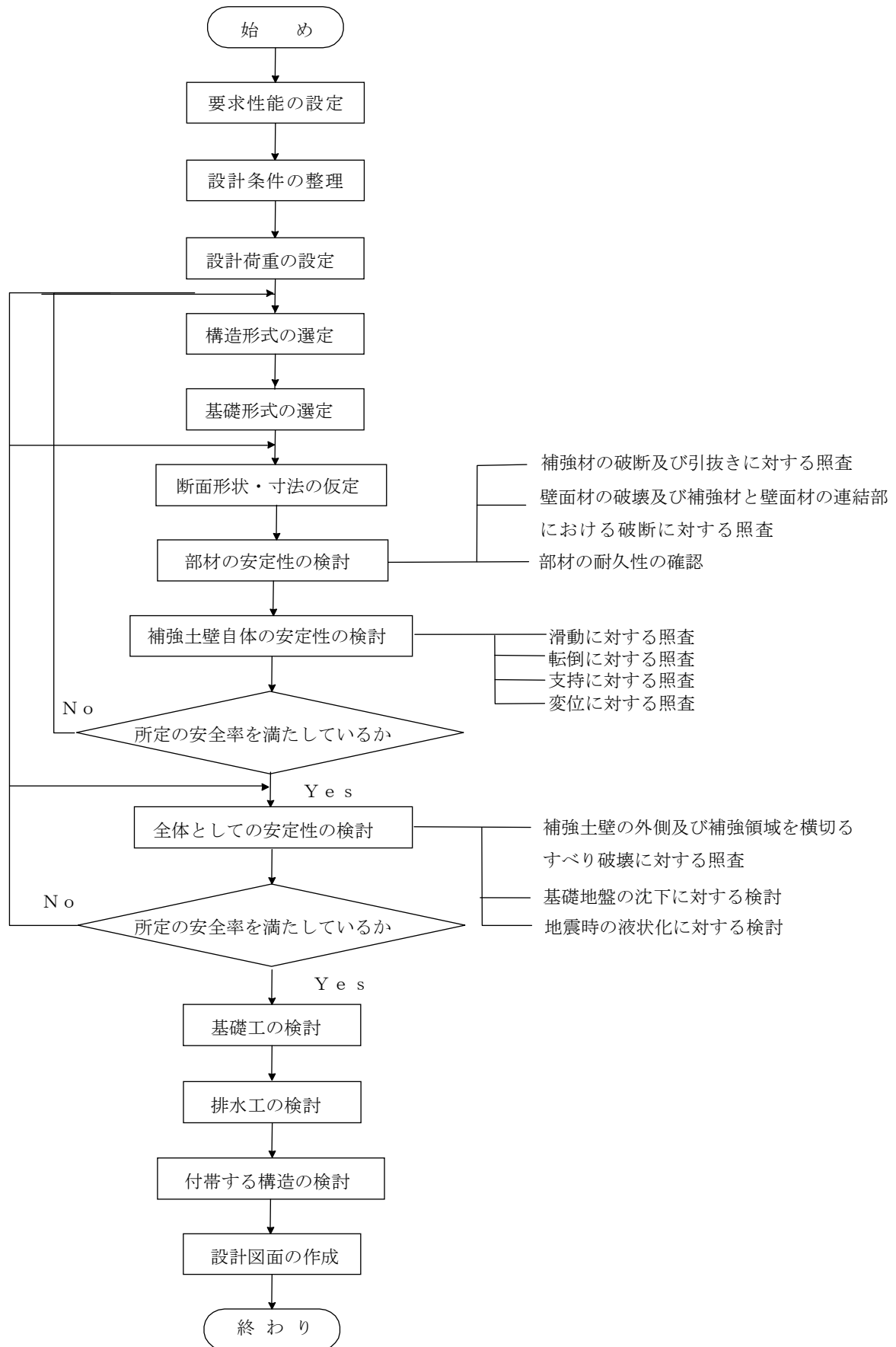


図 5-17 設計の基本手順

出典：日本道路協会「道路土工－擁壁工指針（平成 24 年 7 月）」P.237 解図 6-9

5-6 のり面保護工

のり面保護工の選定は、造成目的を設定し現場条件（地形、地質、気象、環境等）を勘案して最適な工法を選定し、材料、施工方法、施工時期等を決定する。一般的には、のり面の安定性、環境適性、経済性等を総合して工法を決定する。

工法選定の手順について基本的な考え方を、図5-18に示す。

- (1) 植生工の適用を考え、植生工を適用した場合の安定性について検討する。
- (2) 植生工では安定に不安がある場合、あるいは植生不可能な条件ののり面では、構造物工等により、のり面自体の安定を図りつつ、植生可能な場所をのり面上に造成する方法を検討する。
- (3) 上記が不可能な場合には、コンクリート等の構造物工だけによる検討を行う。

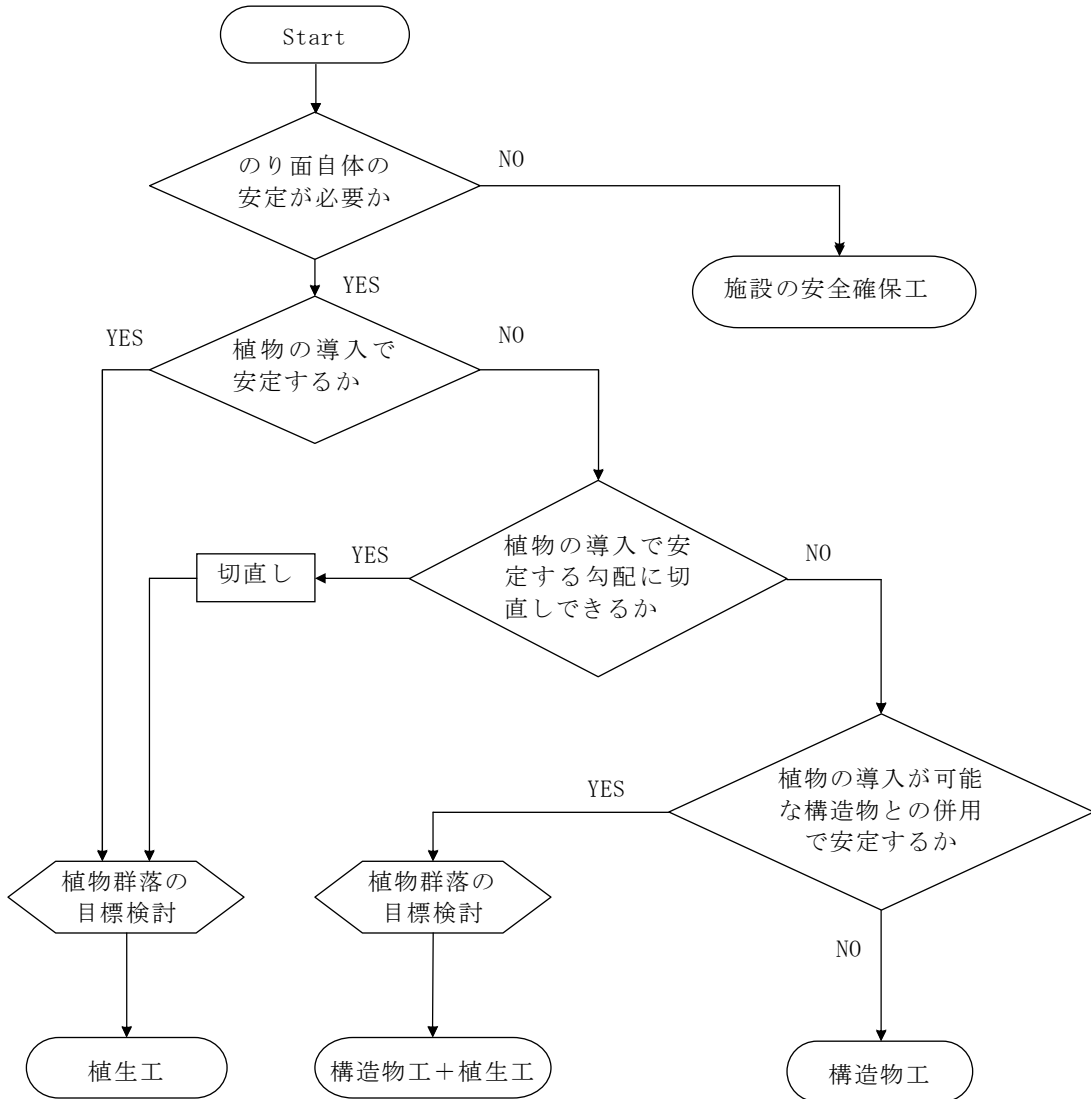


図5-18 のり面保護工の選定に関する基本的な考え方

また、のり面保護工はのり面の安定を第一の目的とするが、のり面の安定を確保できる工法が複数存在する場合は、単に工事費の経済比較のみで結論を出さないこと。

以下の項目を含め、総合的に検討して最適な工法を決定すること。

- ア) 耐久性
- イ) 永続性
- ウ) 施工の安全性
- エ) 環境保全や景観
- オ) その後の維持管理の有無、その費用

5-6-1 のり面保護工の選定基準

(1) のり面保護工の種類と目的

出典：日本道路協会「道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P191、192

のり面保護工は、のり面の浸食や風化を防止するため植生または構造物でのり面を被覆したり、排水工や土留構造物でのり面の安定を図るために行うもので、標準的な工種を表5-15に示す。

表5-15 主なのり面保護工の工種と目的

分類	工種	目的	
植生工	種子散布工 客土吹付工 植生基材吹付工（厚層基材吹付工） 植生マット工 植生シート工	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 植生基材注入工	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育成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	生育基盤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 の土留め、岩盤はく落防止	
石積、ブロック積擁壁工 かご工 井げた組擁壁工 コンクリート擁壁工 長繊維連続補強土工		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		滑り土塊の滑動力に対抗して崩落を防止	

注 構造物工を植生工の施工を補助する目的で用いる場合は緑化基礎工と定義される。緑化基礎工は植生工が単独で施工できない場合に用いるもので、植生工と緑化基礎工の組み合わせの例については、道路土工一切土工・斜面安定工指針のP.206を参照すること。

(2) のり面保護工の選定基準

出典：日本道路協会「道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P193～197

1) 基本的な考え方

のり面保護工の選定に当たっては、長期的な安定確保を主目的として現地のり面の岩質、土質、土壌硬度、pH等の地質・土質条件、湧水・集水の状況、寒冷地域かどうかといった気象条件、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、施工条件、維持管理、及び景観・環境保全のことも念頭に入れておく必要がある。

一般的な選定の目安としては、採択するのり面勾配がそののり面における安定勾配よりかなり緩い場合には、浸食や表層崩落の防止を主目的として植生工が落石防護網程度とし、安定勾配に近い場合にはそれよりも少し安定度の高いのり面保護工を選定する。そして、安定勾配より急なのり面勾配を採択する場合には、土圧や滑り土塊の滑動力に対抗できる擁壁工、杭工、グラウンドアンカー工等を選定する。なお、ここでいう安定勾配とは切土のり面及び盛土のり面の標準のり面勾配の平均値程度を一つの目安に考えている。

最近では比較的急勾配ののり面でも適用できる植生工が開発されてきているので、構造物によるのり面保護工を採用する場合でも、できるだけ植生工との併用を考えるのがよい。

ただし、切土後の風化が速い岩では、風化が進んでも崩壊を生じないようなのり面勾配を確保したうえで植生工を行うか、風化の進行を抑えるため表面水を浸透させない密閉型ののり面保護工（例えばモルタル・コンクリート吹付工、石張・ブロック張工、中詰めにブロック張り等を用いたのり枠工、コンクリート張工等）を適用する。また、シラス、マサ等の特殊土からなるのり面では、後で述べる注意事項を考慮したうえでその土の特性に応じたのり面勾配やのり面保護工を選定する必要がある。

2) 選定に当たっての注意事項

のり面保護工の選定に当たって注意すべき事項を列挙すると次のとおりである。

ア) 植物の生育に適したのり面勾配

造成する植物群落の形態や植物の導入方法にもよるが、一般的な切土の場合には、のり面勾配が軟岩や粘性土で1:1.0～1.2、砂や砂質土で1:1.5より緩い範囲にあれば、通常の場合は植生工のみでのり面の浸食や表層崩落をある程度防止できると考えてよい。のり面勾配がこれより急になると、植生工のみではのり面の安定を保つのが困難になり、のり枠工や編柵工等の併用が必要になる。さらにのり面勾配が急になって1:0.8より急になると、のり枠工や編柵工を併用してもものり面の浸食や表層崩落を防止することが困難になることが多いので、植生工以外ののり面保護工を検討しなければならない。

イ) 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土砂のり面は湧水や表面水によって浸食されたり、浸透水によってのり面表層が流失することが多い。このような土質の切土のり面で湧水が少ない場合には、一般に植生工のみの場合が多いが、表面水による浸食防止が必要な場合にはのり枠工や編柵工を併用する。湧水が多い場合は湧水の程度に応じてじゃかご工、中詰めに栗石を用いたのり枠工、編柵工等を用いるが、地下排水工を樹枝状に入れその上からブロック等で保護しておくこと保護工の裏側の洗掘防止に効果的である。また湧水の多少に係わらずのり肩及び各小段に排水設備を講じておくことが望ましい。

砂質土からなる盛土のり面は厚さ30～50cm程度の土羽土で保護することが望ましい。また高盛土となる場合のすそ部は洗掘されたり浸透水によって泥流状に崩壊することがある。このような場所では植生工だけでなく、排水層や地下排水工によって対処するか、あるいは編柵工やプレキャスト枠工、ブロック積擁壁工等を併用することが必要である。

ウ) 湧水が多いのり面

湧水が多いのり面では地下排水工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げた組擁壁工、ふとんかご工、じゃかご工、中詰めに栗石を用いたのり枠工等の開放型の保護工を適用するのがよい。

エ) 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、レキ混じり土砂や風化した軟岩等では小規模な落石があるので、植生工と併用して浮石の押さえとして落石防護網をかけたたり、路面への落石を防止する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、モルタル・コンクリート吹付工が適している。亀裂の多い硬岩よりなる斜面のはく離型落石に対しては落石予防工で抑えることが望ましいが、急峻な場合は落石防護工も併せて行うことが望ましい。

オ) 寒冷地域のり面

寒冷地域ではシルト分の多い土質のり面において、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。このような恐れのある場合は、のり面勾配をできるだけ緩くしたり地下排水工を行うことが望ましい。のり面勾配を緩くできない場合、早期の安定確保のため、ネット等で被覆してアンカーピン等で固定しておくとともに長期的な凍上はく離防止のため、木本を取り入れて植生を行うことが望ましい。

カ) 硬い土からなるのり面

密実な砂質土（土壌硬度が27 mmを越えるもの）、硬い粘質土（土壌硬度が23 mmを越えるもの）及び泥岩（土丹）のような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壌成分を有する材料で安定した生育基盤を造成する。

キ) 土壌酸度が問題となる土砂からなるのり面

のり面の土壌のpHが当初から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、切土によって急に空気にさらされると短時間で極めて強い酸性に変わるような場合には植物の生育は困難である。

そこで、客土による置換えや石灰による土壌の中和あるいはのり面の母岩に起因する強酸性水が生育基盤に浸出し、導入植物の生育に悪影響を及ぼさないよう現地条件に応じた排水または遮水対策を行うか、張工等の構造物によるのり面保護工の採用が望ましい。

ク) 土質や湧水の状態が一樣でないのり面

一つのり面でも土質や湧水の状態が必ずしも一樣でない場合が多いので、それぞれの条件に適合した工種を選択しなければならないが、小面積ごとに異なった工種を選択すると景観上見苦しいため、そういう場合には排水工等の地山の処理をしたうえで、なるべく類似した工種を選択するのが望ましい。

3) 一般的な選定の考え方

のり面保護工の選定に当たっては、以上に述べてきたような基本的な考え方と注意事項に従うものとするが、参考として切土のり面及び盛土のり面におけるのり面保護工の選定の目安をフローで示すと図5-19及び図5-20のようになる。なお、このフローの中で個々の判断を下す際の判断基準としては、下記の事項を参考にする。

注1) 地山の土質に応じた安定勾配としては、表5-1に示した地山の土質に対する標準のり面勾配の平均値程度を目安とする。また、安定勾配が確保できない場合の対策として、切直しが可能な場合は切直しを行う。

注2) 地山の分類は、「道路土工-土質調査指針」に従うものとする。

注3) 落石の恐れの有無は、「落石対策便覧 第2章調査」及び「道路土工-切土工・斜面安定工指針 10-2 落石・岩盤崩落の調査」を参考に判断する。

注4) 第三紀の泥岩、けつ岩、固結度の低い凝灰岩、じゃ紋岩等は切土による応力解放、その後の乾燥・湿潤の繰返しや凍結融解の繰返し作用等によって風化しやすい。

注5) 風化が進んでも崩壊を生じないような安定勾配としては、密実でない土砂の標準のり面勾配の平均値程度を目安とする。

注6) シラス、マサ、山砂、段丘レキ層等、主として砂質土からなる土砂は表面水による浸食に特に弱い。

注7) 自然環境への影響緩和、周辺景観との調和、目標植生の永続性等を勘案して判断する。

注8) 主として安定度の大小によって判断し、安定度が特に低い場合にふとんかご工、井げた組擁壁工、吹付砕工、現場打コンクリート砕工を用いる。

注9) 構造物による保護工が施工されたのり面において、環境・景観対策上必要な場合には緑化工を施す。具体的な工法については、「道路土工-切土工・斜面安定工指針 4章環境・景観対策」を参照する。

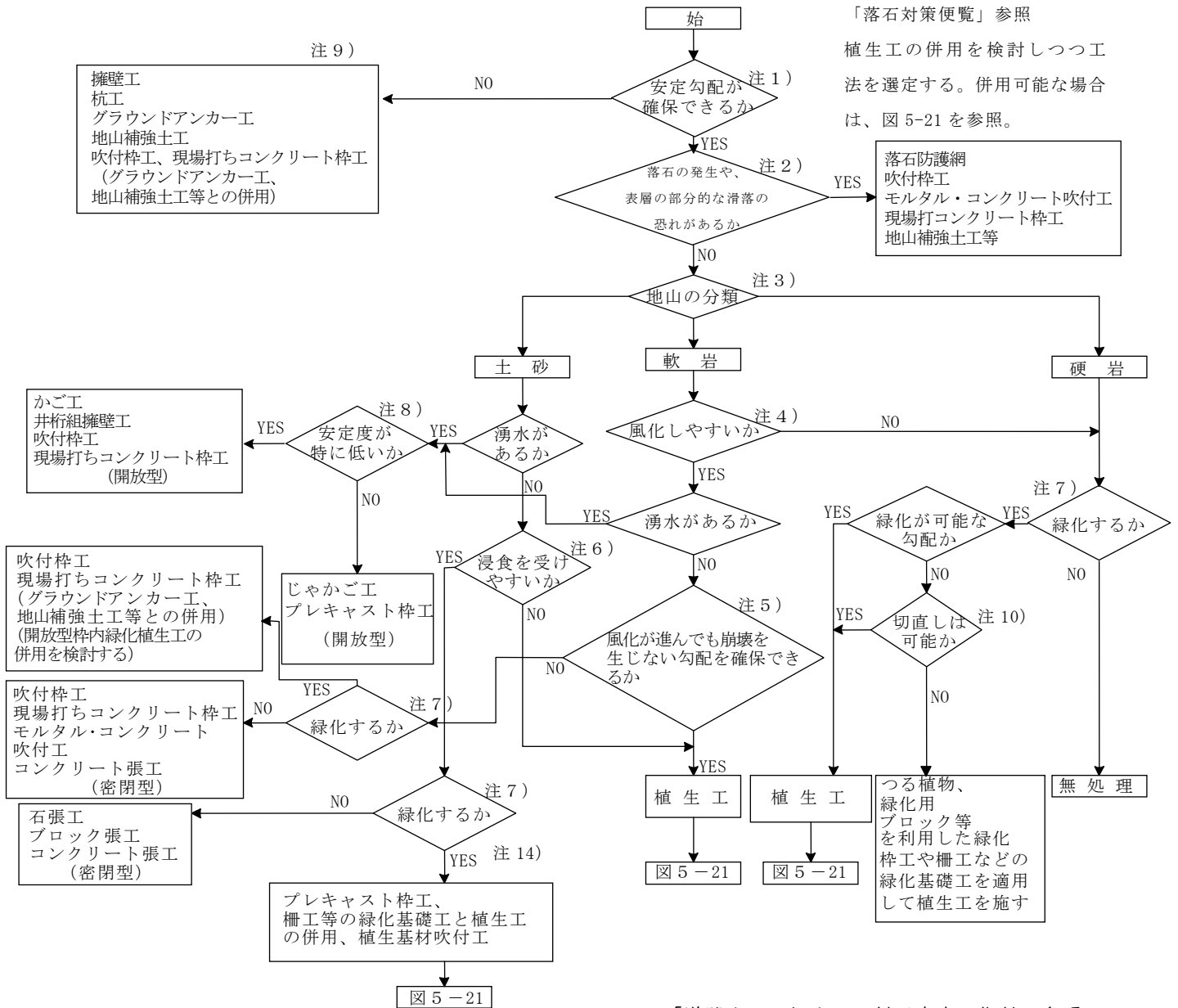
注10) ここでいう切直しとは、緑化のための切直しを意味する。

注11) 盛土のり面の安定勾配としては、表5-2に示した盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配の平均値程度を目安とする。

注12) ここでいう岩砕ズリは、主に風化によるぜい弱化が発生しにくいような堅固なものとし、それ以外は一般的な土質に準ずる。

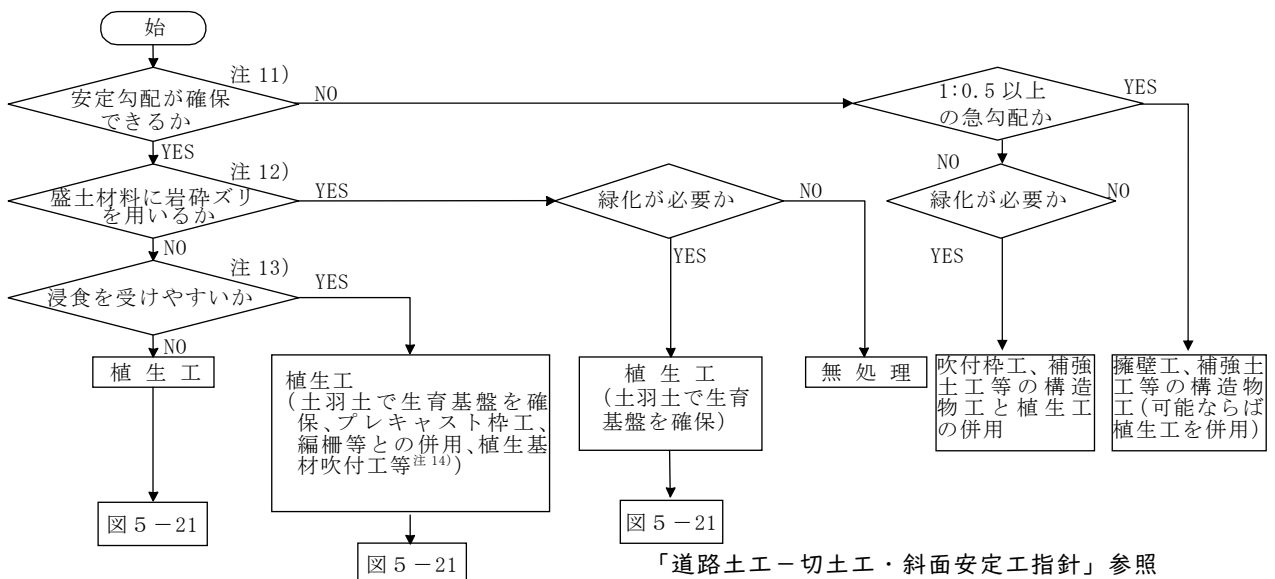
注13) 浸食を受けやすい盛土材料としては、砂や砂質土等が挙げられる。

注14) 降雨等の浸食に耐える工法を選択する。



「道路土工－切土工・斜面安定工指針」参照

図5-19 切土のり面におけるのり面保護工の選定フロー（参考）



「道路土工－切土工・斜面安定工指針」参照

図5-20 盛土のり面におけるのり面保護工の選定フロー（参考）

5-6-2 のり面緑化工

のり面緑化工は、植生工と緑化基礎工とからなり、緑化基礎工は必要な場合に適宜植生工と組合せて用いられる。

(1) 植生工の特徴

植生工は、のり面全体を植物で被覆し、表流水による浸食防止や凍土による表層崩壊の緩和等を期待して行うものである。さらに、植生工はそれらの効果に加えて自然環境の保全や修景の効果を期待している。

植生工は植物を材料として扱っていることから、生育基盤の状況、植物の適用範囲、施工方法、施工時期等の各種条件を満足させなければならず、そのためには、地球環境、周辺植生の調査、及び切土造成時点でののり面の調査が必要である。以下に植生工の前提条件について示す

- 1) のり面の状態：植物の生育基盤が浸食・崩壊に対して安定していること。
- 2) 植物の適用範囲：選定した植物がのり面の地質、勾配等と気象条件に適合していること。
- 3) 植物材料の性質：植物材料が、施工対象地域の環境条件に適合していること。
- 4) 目標との適合：緑化の目標に適合した植物の種類が選定されていること。
- 5) 施工方法：植物が定着し十分繁茂するまで浸食を受けず、植生が永続して成立することができる工法であること。
- 6) 施工時期：植物が生育し、のり面が浸食を受けない程度に成長することができる時期と期間が確保できること。

以上の前提条件が満たされないのり面で植生工を導入する場合は、緑化基礎工の併用や、永続的な植生の成立を可能にする植生管理方法の適用等を検討する。

また、上記2)における勾配と植物の生育状態の関係を参考として表5-16に挙げておく。

表5-16 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度未満)	高木が優占する植物群落の成立が、1 : 1.7 より緩勾配であれば可能であり、1 : 1.7 ~ 1.4 ではのり面の土質 ^{注1)} や周辺環境の状況によっては可能である。周辺からの在来種の侵入が容易である。植物の生育が良好で、植生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、草本類が下層を覆う植物群落 ^{注2)} 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群落高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に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。

注1) 強風が吹くようなことがないといった条件や、周辺植生からの高木種の種子散布の状況にもよる。

注2) 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いう。

植生を区分する際の単位であり、本指針では緑化の目標を草地型、低木林型といった群落タイプにより表している。

出典：日本道路協会「道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P210 参表8-2

(2) 植生工と緑化基礎工の種類と特徴

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、設計の時点でよく検討する必要がある。

基本的には、使用植物の発芽条件と生育条件を満たす植生基盤が造成可能な工法を選定することになるが、植生基盤の種類と造成する厚さは、使用植物の肥料要求度や種子の発芽特性、のり面の土質や勾配によって決定される。また、吹付工を行う場合は植物が定着するまでの期間、降雨等によって流亡しない基盤でなければならない。

各種の植生工の特徴をまとめると表5-17、18、19のようになる。

また、植生工と併用して使用される緑化基礎工の主な種類と特徴、適用上の留意事項については「道路土工一切土工・斜面安定工指針 解表8-2」を参照のこと。

表5-17 植生工の種類と特性(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土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3~10cmに吹付ける。
使用材料	基盤材	・木質繊維(ファイバー)	・現地発生土、砂質土、パーク堆肥、ピートモス等	・現地発生土、砂質土、パーク堆肥、ピートモス等
	浸食防止剤または接合材	粘着剤、被膜剤、高分子系樹脂等	高分子系樹脂、合成繊維等	高分子系樹脂、セメント、合成繊維等
	種子	草本類	草本類、木本類	草本類、木本類
	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(草本導入時)	緩効性肥料(山型) ^{注1)} 、PK化成肥料 ^{注1)} 、高度化成肥料(草本導入時)
補助材料		繊維網(積雪寒冷地で使用)むしろ	繊維網、金網	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	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って異なる)
	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)	1~10年程度 (植生基材や接合材の種類と使用量によって異なる)
	地質	土砂(土壌硬度23mm以下)で用いる	同左及びレキ質土で用いる	同左及び岩等に用いる
	勾配	1:1.0より緩勾配 ^{注2)}	1:0.8より緩勾配 ^{注2)}	1:0.5(木本類に用いる場合は1:0.6)より緩勾配 ^{注2)}
備考		<ul style="list-style-type: none"> ・主に盛土のり面で用いる。 ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・吹付厚は、緑化目標や適用条件により設定する。 ・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。 ・種子の代わりに森林表土を用いる表土利用工や、伐採木や伐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"> ・吹付厚は、緑化目標や適用条件により設定する。 ・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。 ・種子の代わりに森林表土を用いる表土利用工や、伐採木や伐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。

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P214~215 解表8-4

表5-18 植生工の種類と特徴(その2)

工 種	播種工				
	植生マット工	植生シート工	植 生 筋 工	植生土のう工	
施工方法	のり面全体に展開し、アンカーピン、止め釘等で固定する。	全面に張り付け、目ぐし等で固定する。	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。	
使用材料	形態	種子、肥料等を装着したシート状のもの	種子、肥料等を装着した繊維帯	繊維袋に土または改良土、種子等を詰めたもの	
	植 物	外来、在来草本種子	外来、在来草本類の種子	木 本類の種 子 外来、在来草本類の種子	
	肥 料	高度化成肥料	化成肥料	堆肥、PK化成肥料 緩 効 性 肥 料	
補助材料	目ぐし、アンカーピン	目ぐし、止め釘、 播土または目土		目ぐし、アンカーピン	
併用工				溝切工、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	同 左	肥料分の少ない土砂、 または硬質土砂、岩
	勾 配	1:1.0より緩勾配	1:1.5より緩勾配	1:1.5より緩勾配	1:0.8より緩勾配
備 考	・マットをのり面に密着させる必要がある。	・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。	・小面積の盛土に適用。 ・砂質土には不適。	・勾配が1:0.8より急なところでは落下することがある。 ・草本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					

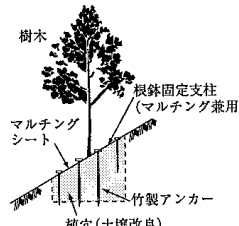
出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P216~217 解表8-4

表5-19 植生工の種類と特徴(その3)

工 種	播種工		植栽工	
	植生基材注入工		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。	切芝を一定間隔で張り付ける。
使用材料	形 態	種子、肥料、植生基材等を現場で注入した袋		
	植 物	木本類の種子 外来、在来草本類の種子	切り芝(ノシバ) ロール芝(外来草本、ノシバ)	切り芝(ノシバ)
	肥 料	緩効性(山型) ^{注1)} PK化成 ^{注1)} 化成肥料(草本適用)	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(硬度23mm以下) 砂質土(硬度27mm以下)	同 左
	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	<ul style="list-style-type: none"> 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。 客土注入工、客土注入マット工ともいう。 		<ul style="list-style-type: none"> 小面積で造園の効果が必要である場合に使用。 	<ul style="list-style-type: none"> 小面積の盛土に適用。 砂質土には不適。
断面図の例				

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P218~219 解表8-4

表5-20 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。
使用材料	形態	客土（表土利用や土壌改良資材の混入）	人工土壌または有機基材等（土、木質繊維、バーク堆肥、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 草本種子
	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き付ける。 ・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	（支柱の形状は、道路土工-切土工・斜面安定工指針 P.252 参図 8-7 を参照） 	（支柱の形状は、道路土工-切土工・斜面安定工指針 P.252 参図 8-7 を参照） 	

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P220～221 解表 8-4

（3）工法の選定

のり面を安定化させ、目標とする植物群落を形成することができる工法を選定する。

工法の選定に当たっては、主構成となる植物の発芽、生育性等、植物材料に関する特性を十分に理解し、地域の気象、のり面の土質、のり面勾配、施工時期等を考慮した上で工種を決定する。また、地域の気象、のり面の土質、のり面勾配、緑化目標等から緑化基礎工の必要性を検討し、緑化基礎工が必要な場合には、その種類及び構造を設定する。

1) 植生工の検討

ア) 使用する植物の性質と形態

植物材料の選定に際しては、使用する植物の種類と形態（種子・切芝・苗木等）の検討が必要となる。植物の種類は、その性質を理解して緑化目標が達成可能な種類を選定する。

目標とする群落が草地型のときは、草本類のみを使用する。植物の形態としては種子、切芝等を用いる。

目標とする群落が低木林型・高木林型のときは、木本類を主に導入する場合と、草本類を主に導入してまず草地群落を形成し、周辺からの木本の侵入による遷移を期待する場合がある。樹種の性質は先駆性樹種と極相樹種に大別され、先駆性樹種と呼ばれるものは一般に日照条件の良いところで初期成長が早く、土壌条件が劣悪な場所でも旺盛に生育可能なものが多い。一方、シイ類やカシ類等の極相樹種と呼ばれるものは一般に初期成長が遅く、肥沃で厚い土壌を好み、日照条件の悪い環境でも生育できるが、

土壌条件が劣悪な場所では生育困難なものが多い。導入する際の形態は、種子、苗木等に分けられ、施工適期、導入方法等が異なる。

木本類を用いるときは、樹種の性質と導入形態の長所短所を工法と共に勘案して決定する。一方、草本類を主に導入する場合は、周辺植生からの樹木の侵入が容易となるように、草丈の低い種類を選定したり、発生期待本数を低減するなどの調整を、表面浸食の懸念が生じない程度に調整を行う。

木本群落形成のための留意点は「道路土工-切土工・斜面安定工指針 P.223～224」を参考にすること。

イ) 植物材料に関する留意点

播種工に使用する種子は外来緑化植物が一般に多く流通しており多用されている。外来緑化植物は、施工後の発芽・生育の速さや、発芽率の高さ等の点で優れた植物材料である。特にトールフェスク等の草本類は、発芽・生育速度が非常に速く、早期ののり面被覆が可能である。

一方、国立公園や国定公園等のような自然環境の保全に配慮を要する地域では外来種の使用は控えることが望ましく、可能であれば在来種の産地を適切に指定して用いることが望ましい。また、市場で在来種として流通しているものには外国産のものが見られるが、外国産在来種の使用は地域生態系の遺伝的攪乱を招く可能性が指摘されていることから、植物材料の入手の際には注意が必要である。また、自然環境の保全に一層配慮する上では地域性種苗や、在来種の種子を含んだ森林表土、周辺から飛来する種子を使用するのが良い。これらを利用する工法については「道路土工-切土工・斜面安定工指針 8-3-8 植生工における新技術の活用 P.259～」を参考にすること。在来種や地域性種苗を利用する際には、事前の調査項目に植物材料確保の可能性の項目を盛り込み、場合によっては造成工事の前の段階で材料の確保、保存等の必要な手段を講じる。また、発芽率等、施工時まで不確定な事項に関しては、施工段階で種子配合等の設計の変更を検討する。

ウ) 植生工の種類を検討

植物の発芽・生育は、温度、水分、光量、肥料分等の影響を大きく受けるほか、木本類と草本類とでも性質が大きく違う。そのため、施工対象地の立地条件を十分に検討した後、最適な工種を選定することが重要である。

2) 緑化基礎工の検討

緑化基礎工は、目的や現場の状況に応じて表 5-16 を参考に、上記で選定した植生工に適したものを選定する。その際、目標とする植生群落が成立した後も生育基盤を長期に渡り健全に保持できるものを選定するのが望ましい。緑化目標及び植物材料を設定した上で植生工を選定する際のフローを図 5-21 に示す。また、のり面条件を基にした植生工の選定フローを図 5-17～20 に示す。各工法の詳しい説明は表 5-15～18 を参照すること。必要に応じ、工法を組み合わせることも検討する。その他、地域性系統を植物材料として使用する森林表土利用工等に関しては「道路土工-切土工・斜面安定工指針 8-3-8 植生工における新技術の活用 P.259～」を参照すること。

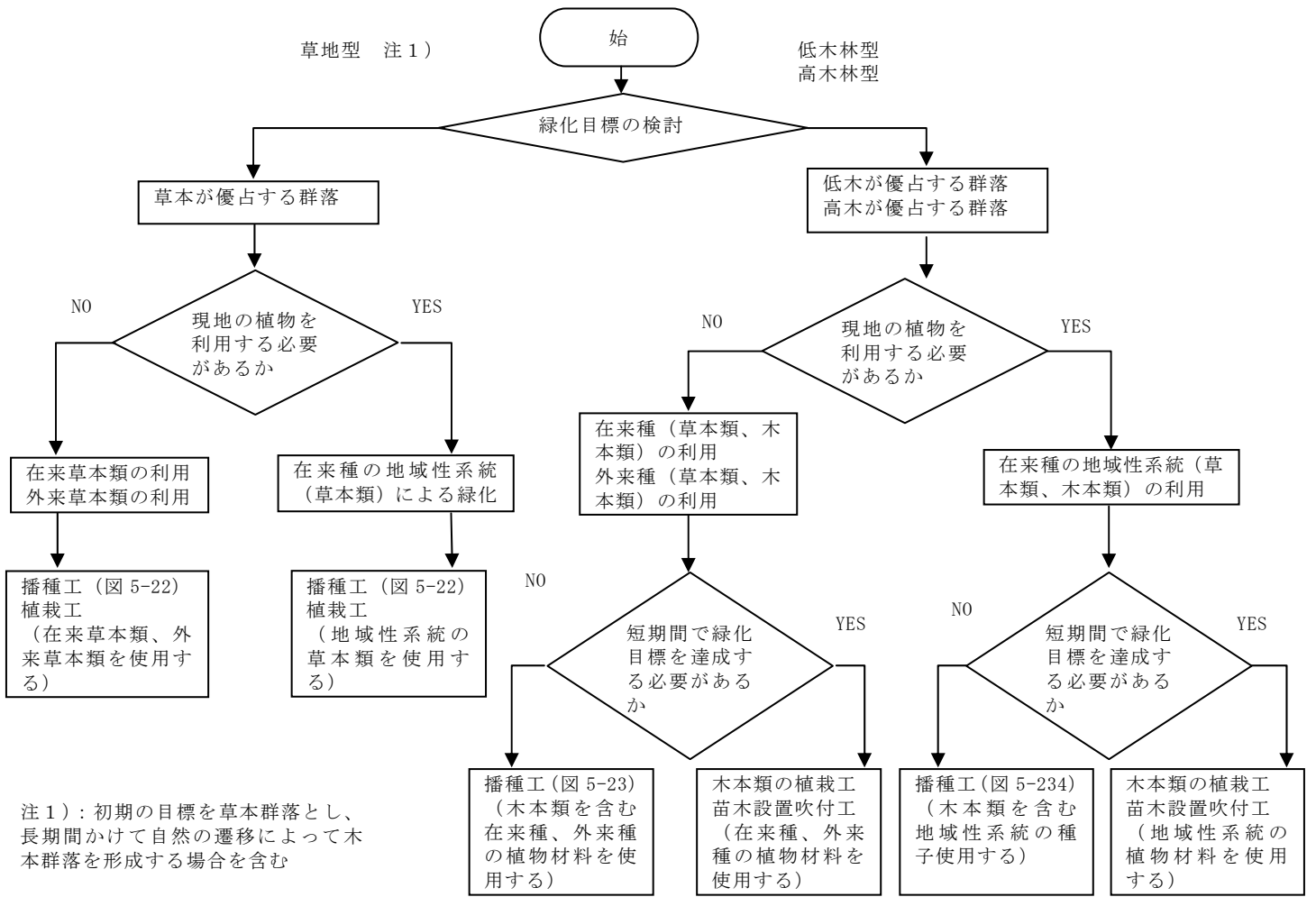
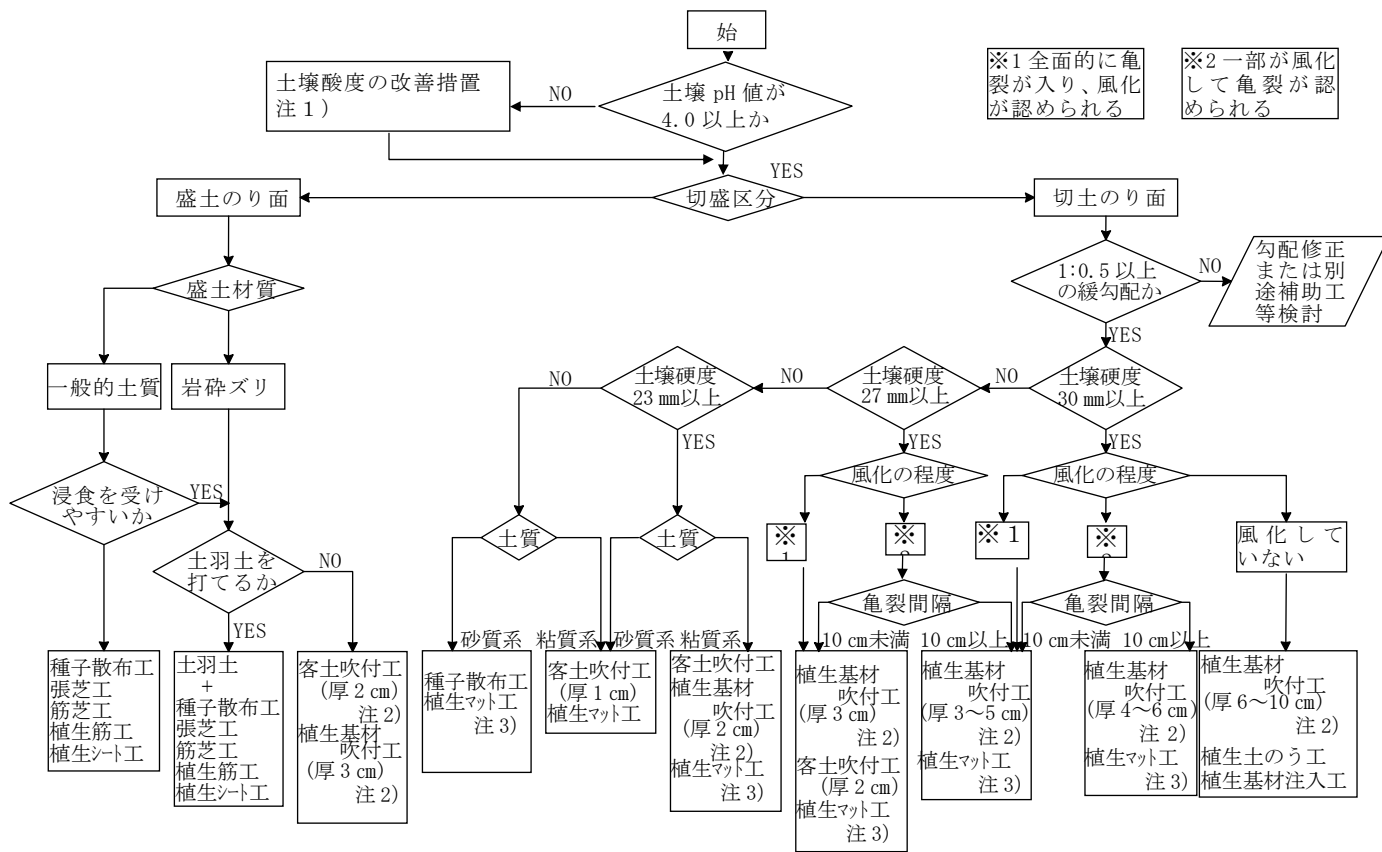


図5-21 植生工選定フロー（緑化目標及び植物材料からの選定）

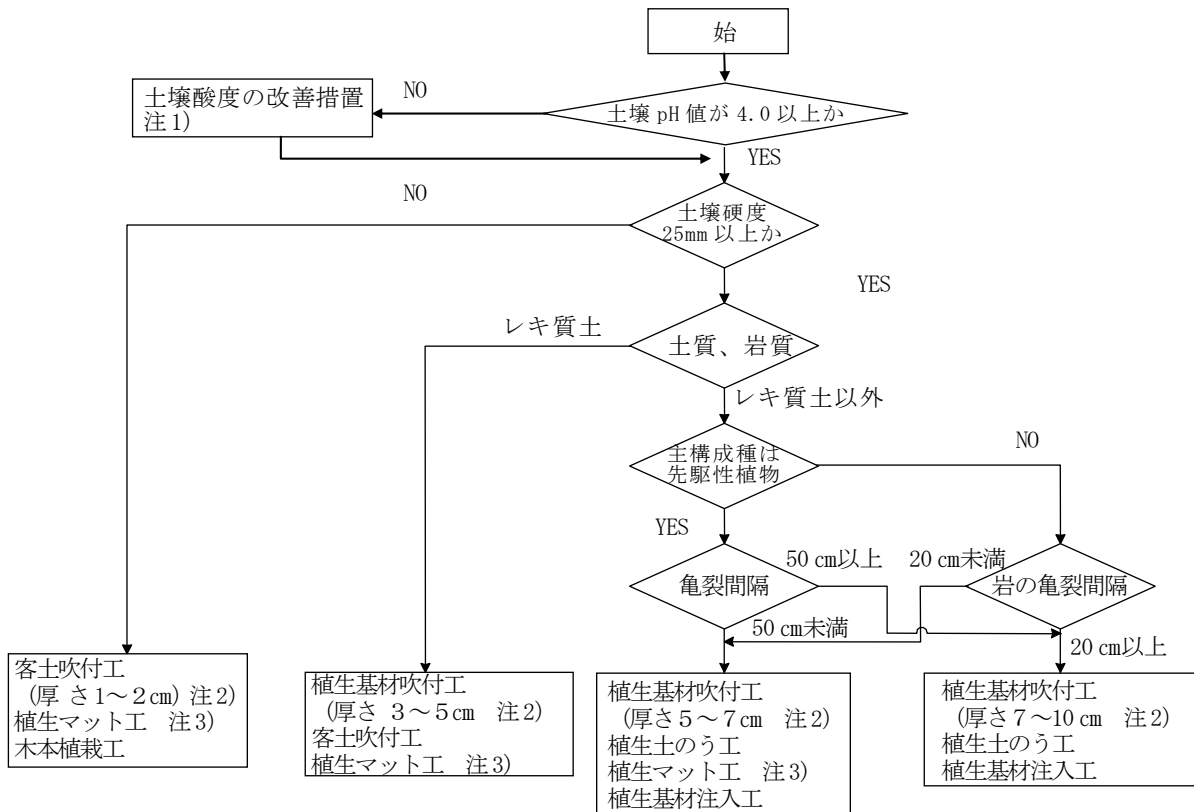
出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P226・227 参図8-2



注 1) : 土壤酸度の改善措置が不可能な場合はブロック張工などの構造物工のみの適用を検討する。
 注 2) : 吹付厚さは緑化目標も考慮して決定する。
 注 3) : 植生マットを適用する場合には、植生基材が封入されたもので、その機能が同条件での植生基材吹付工の吹付厚さに対応した製品を使用する。

図 5-22 のり面条件を基にした植生工選定フロー（草本類播種工等）

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月）」P228・229 参図 8-3



注 1)：土壌酸度の改善措置が不可能な場合はブロック張工などの構造物工のみの適用を検討する。
 注 2)：吹付厚さは緑化目標も考慮して決定する。
 注 3)：植生マットを適用する場合には、のり面条件に対応した厚さの植生基材が封入されたもので、その機能が同条件での植生基材吹付工の吹付厚さに対応した製品を使用する。

図 5-23 植生工選定フロー（木本類播種工等）

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月）」P230 参図 8-4

(4) 種子の配合及び肥料設計

播種用植物の性状等を表 5-21、22、23 に、主な種子配合と播種植物の発生期待本数の目安を表 5-24、25、26 に示す。

また播種量の算出に関しては「道路土工-切土工・斜面安定工指針 P232~233」、肥料設計に関しては「道路土工-切土工・斜面安定工指針 P249」を参照のこと。

表5-21 播種工に用いる主な植物の性状の目安(その1)

区分	植物名 (英文字記号 和名)	草丈・ 樹高 (cm)	生育可域 (温度指数)	形態等	耐 瘦 地	耐 乾 性	耐 陰 性	耐 暑 性	耐 寒 性	耐 酸 性	播種 適 期 (月)	単 位 粒 数 (粒/g)	発 芽 率 (%)	純 度 (%)	休眠性	備 考
外 来 草 本 類	グリフィンゲレド フェスク (CRF ハツ シノグサ)	30~80	亜寒帯~ 暖温帯 (20~140)	多年草	○	○	○	△	○	◎	3~6 9~10	1,000	50~80	80	-	耐寒性が高い。酸性に強い。発芽・初期生育が少し遅い。単純植生になりやすい。寿命が長い。根系密度が高く土壌形成力が優れる。
	ケタキブルグラス (KBG カ ハグサ)	30~40	寒帯~ 冷温帯 (30~100)	多年草	○	△	○	×	◎	○	3~6 9~10	3,500	50~70	85	-	寒さに強い。発芽・初期生育が少し遅い。暑さと乾燥に弱い。
	オチャドグラス (OG カモ ガ)	60~100	亜寒帯~ 暖温帯 (45~140)	多年草	○	△	◎	○	◎	○	3~6 9~10	1,300	50~80	80	-	耐陰性が高い。木本類との混播に適し、樹林の林床として好ましい。耐寒性が高い。霧が発生する地帯での育成が旺盛である。
	トルフェスク (TF ホウソ クサ)	80~120	亜寒帯~ 暖温帯 (45~140)	多年草	○	○	○	○	◎	○	3~6 9~10	400	60~90	85	-	各種の立地条件に対し適応性が高い。土壌を選ばない。耐寒性が高い。
	ペレニアググラス (PRG ホム ギ)	40~60	冷温帯~ 暖温帯 (50~100)	多年草	△	△	○	×	○	○	3~6 9~10	500	70~90	90	-	乾燥地や瘦地では生育不良となる。発芽・初期生育が速い。寿命が短い。
	初イトクローバー (WC シロツ クサ)	15~30	冷温帯~ 暖温帯 (50~130)	多年草	○	○	△	△	○	△	3~6 9~10	1,500	70~90	80	-	瘦地でも良好に生育。湿潤地で旺盛な生育を示す。発芽が速い。乾燥に弱い。根系の土壌緊縛力が弱い。日陰の急斜面に用いると表層土滑落の原因になる。
	バミューダグラス (BG)	10~40	暖温帯~ 亜熱帯 (110~240)	多年草	◎	◎	×	◎	×	◎	3~6	4,000	60~80	80	-	暑さや乾燥に特に強い。海岸砂地でも良好に生育する。日陰には不適。寒さに弱い。ギョウギシバの名を便宜的に和名として当てることがある。
在 来 草 本 類	バヒアグラス (BAH ア カズメノヒ)	30~60	暖温帯~ 亜熱帯 (110~240)	多年草	○	◎	○	◎	×	○	3~6	300	50~80	90	-	暑さや乾燥に特に強い。日陰にも比較的良好に生育する。発芽率が低いことが多い。寒さに弱い。
	ススキ	80~200	冷温帯~ 亜熱帯 (46~240)	多年草	◎	◎	△	◎	◎	◎	3~6	2,000	20~50	90	-	根系の土壌緊縛力が強い。強酸性地でも生育する。瘦地や乾燥地に強い。発芽率にむらがあり、ほとんど生えないことがあるので事前にチェックする。
	イタドリ	50~150	冷温帯~ 亜寒帯 (46~240)	多年草	◎	○	△	○	◎	◎	3~6	800	40~70	85	-	耐寒性が高い。強酸性地に育つ。種類が少ない単純な植生になりやすい。土壌緊縛力は強い。冬期は枯れ、裸地状になる。
	メドハギ	50~100	冷温帯~ 亜熱帯 (46~240)	多年草 肥料草	◎	◎	△	○	△	○	3~6	600	60~90	95	-	瘦地、乾燥地でも生育する。硬質地でも良好に生育する。初期生育がやや遅い。土壌緊縛力が高い。表土層形成力が大きい。木本植物との混播に適する。
	ヤハズソウ	15~20	冷温帯~ 亜熱帯 (46~240)	一年草	◎	◎	△	○	△	○	3~6	470	60~70	90	-	痩せ地、乾燥地に強く、土壌形成力が高い。
ヨモギ	50~150	暖温帯~ 冷温帯 (70~180)	多年草	○	○	○	○	○	○	3~6	3,000	70~80	85	-	気象条件、土壌条件に対する適応性が高い。単純植生になりやすい。土壌緊縛力が弱い。	
ノシバ	15~25	冷温帯~ 亜熱帯 (70~200)	多年草	○	○	×	○	×	○	3~6	2,800	50~70	98	-	乾燥に強いが、発芽に高温を要するので播種適期が短い。初期成長が遅い。	

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P234~235 解表8-5

表5-22 播種工に用いる主な植物の性状の目安(その2)

区分	植物名 (英文字記号 和名)	草丈・ 樹高 (cm)	生育可域 (温帯指数)	形態等	耐 瘦 地	耐 乾 性	耐 陰 性	耐 暑 性	耐 寒 性	耐 酸 性	播種 適期 (月)	単位 粒数 (粒/g)	発芽率 (%)	純度 (%)	休眠性	備 考
在来木本類 低木林型対応	ヤマハギ	~250	冷温帯~ 暖温帯 (46~160)	落葉 肥料木	◎	◎	△	○	△	△	3~6	130	70	90	—	瘦地、乾燥地、硬質地でも良好に生育する。3~4年に一度刈り取ると毎年花を鑑賞できる。
	ノイバラ	~200	冷温帯~ 暖温帯 (46~160)	落葉	○	△	△	○	○	○	3~6	120	80	95	B	痩せ地でも良好に生育する。湿地でも生育する。
	イボタノキ	~300	冷温帯~ 暖温帯 (46~160)	落葉	◎	△	△	○	○	○	3~6	10(果 肉付)	70	100	—	痩せ地でも生育する。大気汚染に耐性がある。
	タニウツギ	~500	冷温帯~ 暖温帯 (65~120)	落葉 先駆性	◎	△	○	△	○	○	3~6	5200	80	90	—	先駆性で成長が早い。幹は根元からよく分かれて株立ちになる。
	アキグミ	~300	冷温帯~ 暖温帯 (65~180)	落葉	◎	○	△	◎	○	○	3~6	80	85	100	—	痩せ地、砂地でも良好に生育する。潮風にも耐性がある。
	コマツナギ	50~90	冷温帯~ 暖温帯 (70~160)	落葉 肥料木	◎	◎	△	○	△	△	3~6	240	80	90	—	瘦地、乾燥地に強い。硬質地でも良好に生育する。外国産と国産では、種が同じでも形質が異なり、外国産は樹高が2m以上に達する。
	フジウツギ	~150	暖温帯 (90~140)	落葉 先駆性	○	△	△	○	○	○	3~6	29,000	55	100	—	先駆性で成長が早い。
	シャリンバイ	~400	暖温帯~ 亜熱帯 (90~240)	常緑	○	○	△	◎	×	○	3~6	1.2 (果肉 付)	85	100	—	耐陰性が高い。発芽・生育に安定性がある。有機質成分を多く含んだ植生基材吹付工での導入が容易である。潮風に強い。
	ネズミモチ	~500	暖温帯~ 亜熱帯 (100~200)	常緑	○	○	◎	◎	△	◎	3~6	6(果 肉付)	85	100	—	耐陰性は高いが初期成長は遅く、養分の要求量が大い。
在来木本類 高木林型対応	シラカンバ	~2500	寒帯~冷温 帯 (~100)	落葉	○	△	△	×	○	○	3~6	2,300	40	85	—	冷温地のブナ群団やミズナラ群集地域において良好に生育する。草本植物との混播は熟練した技術を要する。
	ケヤマハシノ キ	~2000	寒帯~ 暖温帯 (~160)	落葉 肥料木	◎	○	△	△	○	○	3~6	1,200	40	85	—	瘦地、崖錐地、岩ズリ地でも良好に生育する。寒冷地を好む。播種当年の生育は極めて遅いが2年目からは急速に成長する。
	ヌルデ	~600	冷温帯~ 亜熱帯 (46~240)	落葉 先駆性	◎	◎	×	◎	◎	◎	3~6	90	70	100	B	かぶれる場合がある。先駆性で成長が早く、土壌を肥沃にする。乾燥地、痩せ地でも良好に生育、湿地でも生育する。
	コナラ	~2000	冷温帯~ 暖温帯 (65~160)	落葉	○	○	△	○	○	○	2~3	0.5	70	100	—	適潤な肥沃地で良好に生育する。
	エノキ	~2000	冷温帯~ 暖温帯 (70~160)	落葉	○	○	○	○	△	○	3~5	20	70	100	—	適潤な肥沃地でも良好に生育する。
	イタヤカエデ	~2000	冷温帯~ 暖温帯 (70~160)	落葉	○	△	○	△	○	○	3~6	30(翼 無し)	45	100	A	適潤な肥沃地でも良好に生育する。

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P236~237 解表8-5

表5-23 播種工に用いる主な植物の性状の目安(その3)

区分	植物名 (英文字記号 和名)	草丈・ 樹高 (cm)	生育可域 (温量指数)	形態等	耐 瘦 地	耐 乾 性	耐 陰 性	耐 暑 性	耐 寒 性	耐 酸 性	播種 適 期 (月)	単 位 粒 数 (粒/g)	発 芽 率 (%)	純 度 (%)	休 眠 性	備 考
在 来 木 本 類 高 木 林 型 対 応	ヤブツバキ	~1500	冷温帯~ 亜熱帯 (70~240)	常緑	△	△	◎	○	△	○	3~6	0.6	70	100	—	耐陰性が高い。各種の立地条件に対し適用性がある。成長は遅い。
	ヤマザクラ	~2000	冷温帯~ 暖温帯 (85~160)	落葉	△	○	△	○	○	○	3~5	15	70	100	B	適潤かやや乾燥した肥沃地で良好に生育する。
	アカメガシワ	~1500	冷温帯~ 暖温帯 (85~240)	落葉 先駆性	○	○	×	○	△	○	3~6	40	75	100	—	先駆性で成長が早く、土壌を肥沃にする。
	シラカシ	~2000	暖温帯 (90~160)	常緑	△	○	◎	○	×	○	3~6	0.8	55	100	—	耐陰性が高い。養分の要求量は多く厚い肥沃な生育基盤を必要とする。
	ヤシヤブシ	~1500	暖温帯 (90~180)	落葉 肥料木	◎	◎	△	○	○	○	3~6	900	45	85	—	瘦地、乾燥地、急斜面地、岩石地等で良好に生育する。初期成長は遅いが、2年目から急速に成長する。近縁種にヒメヤシヤブシとオオバヤシヤブシがある。
	スダジイ	~2000	暖温帯~ 暖温帯 (90~180)	常緑	○	○	○	○	×	○	3~5	1.5	60	100	—	暖温帯林を構成する代表的な樹種である。適湿な肥沃地を好む。
	ハゼノキ	~1000	暖温帯~ 亜熱帯 (110~240)	落葉 先駆性	○	○	△	◎	×	○	3~6	15	55	100	B	先駆性樹種であり、成長が早い。かぶれやすい。
	ヤマモモ	~1000	暖温帯~ 亜熱帯 (110~240)	常緑	◎	○	○	◎	×	○	3~6	7.5	85	100	B	砂礫地、荒廃地でも良好に生育する。
センダン	~1000	暖温帯~ 亜熱帯 (120~240)	落葉	○	△	×	◎	×	△	3~6	2.3	90	100	B	温暖な地域の海岸近くに自生し、成長が早い。	

注)：・播種適期は、関東地方の平野部を標準としたものである。
 ・休眠性のAは施工当年の春にはほとんど発芽せず、施工後2回目の春以降から3回目の春以降に発芽するタイプ。Bは施工当年の春から施工後2回目の春に発芽するもの。
 ・樹高の数値は、自然環境において成長しうる値の目安を示す。選定の際には、高木林型対応の在来木本類に関しては、地域やのり面条件によっては樹高が低くなりうることに留意する。
 ・種子の発芽率、純度、単位粒数は採取地、採取年度によって多少変化する。特に樹木の種子の実際の単位粒数はばらつきが大きいため、適宜修正すること。
 ・在来種の種類によっては、外国産が流通しているものがあることに注意する。

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P238~239 解表8-5

表5-24 主な種子配合と播種植物の発生活期待本数の目安(その1)

(単位:本/m²)

緑化の目標 地域		高木林型		低木林型		草原型		備考 (自然分布域等)
		寒冷地	温暖地	寒冷地	温暖地	寒冷地	温暖地	
在来木本類 高木林型対応	シラカンバ	~60		~30				使用に際しては、種子の流通が少ないことを留意する。自然分布域は本州中部地方以北。
	ケヤマハンノキ	~60	~60	~30	~30			自然分布域は九州以北。生態系の早期回復に有効。
	ヌルデ	~50	~50	~50	~50			自然分布域は日本全土
	コナラ	~10	~10	~7	~5			自然分布域は北海道から九州まで。
	エノキ	~50	~50	~10	~10			自然分布域は本州以南から九州まで。近縁のエゾエノキは北海道にも分布。
	イタヤカエデ	~40	~40	~20	~20			自然分布域は本州、四国、九州の太平洋側。分布域を異にするエゾイタヤやアカイタヤ等の変種がある。
	ヤブツバキ		~15		~5			自然分布は本州以南。
	ヤマザクラ		~30		~15			自然分布域は宮城県・新潟県以西から九州まで。
	アカメガシワ		~40		~20			自然分布域は宮城県・秋田県以南。
	シラカシ		~10		~5			自然分布域は福島県・新潟以西から九州まで。
	ヤシャブシ		~60		~30			自然分布域は福島県以南の太平洋側から屋久島まで。近縁のオオバヤシャブシは福島県以南の太平洋側から紀伊半島まで。
	ヒメヤシャブシ	~60	~80	~30	~40			自然分布域は、北海道、本州、四国。
	スダジイ		~10		~5			自然分布域は福島県・新潟県以西から屋久島まで。
	ハゼノキ		~70		~10			自然分布域は関東地方南部以西。
	ヤマモモ		~10		~5			自然分布域は関東地方南部以西。
センダン		~10		~5			自然分布域は四国、九州以南。本州ではよく栽培されている。	

出典:日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P240~241 解表8-5

表5-25 主な種子配合と播种植物の発生活期待本数の目安(その2)

緑化の目標 地域		高木林型		低木林型		草原型		備考 (自然分布域等)
		寒冷地	温暖地	寒冷地	温暖地	寒冷地	温暖地	
植物								
在来木本類 低木林型対応	ヤマハギ	~20	~20	~60	~60			自然分布域は北海道から九州。
	ノイバラ	~15	~15	~40	~40			自然分布域は北海道西南部から九州まで。
	イボタノキ	~15	~15	~40	~40			自然分布域は北海道から九州まで。
	タニウツギ	~50	~50	~70	~70			自然分布域は北海道西部から本州日本海側。
	アキグミ	~15	~20	~30	~40			自然分布域は渡島半島から屋久島まで。
	コマツナギ		~20		~60			自然分布域は本州から九州。
	フジウツギ	~100	~70	~150	~100			自然分布域は東北から兵庫県までの太平洋側と四国。
	シャリンバイ		~15		~30			自然分布域は宮城県・山形県以南
	ネズミモチ		~15		~30			自然分布域は関東地方以西。
外来草本類	クリーピングレッドフェスク CRF	~20	~40	~20	~40	~500	~500	芝生としても利用されている。
	ケンタッキーブルーグラス KBG	~20		~20		~500	~500	北半球の温帯に広く分布する。芝生としても利用されている。
	オーチャードグラス OG	~20	~40	~20	~40	~500	~500	世界の温帯に広く分布し(日本を除く)、飼料としても利用されている。
	トールフェスク TF	~20	~40	~20	~40	~500	~500	世界の亜寒帯から温帯に広く分布する(日本を除く)。
	ホワイトクローパー WC		~40		~40		~200	ヨーロッパ、北アフリカ原産。世界中で飼料として栽培されている。
	バミューダグラス BG		~40		~40		~200	世界の温帯から暖帯に10種ほどが分布し、日本にはギョウギシバ1種が自生している。通常の販売品は交配したものであり、芝生としても利用されている。
	バヒアグラス BAH		~40		~40		~500	南アメリカ原産。飼料としても利用されている。

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P242~243 解表8-5

表5-26 主な種子配合と播种植物の発生期待本数の目安(その3)

植物		緑化の目標		高木林型		低木林型		草原型		備考 (自然分布域等)
		地域		寒冷地	温暖地	寒冷地	温暖地	寒冷地	温暖地	
在来草本類	ススキ	~100	~100	~100	~100	~500	~500	自然分布域は日本全土。		
	イタドリ	~100	~100	~100	~100	~200	~200	自然分布域は日本全土。		
	メドハギ	~20	~20	~20	~20	~300	~300	自然分布域は日本全土。		
	ヤハズソウ	~40	~40	~40	~40	~500	~500	自然分布域は日本全土。		
	ヨモギ	~50	~50	~50	~50	~200	~200	自然分布域は本州から九州。		
	ノシバ		~1000		~1000			自然分布域は日本全土。近縁のコウシュンシバやコウライシバの自然分布は九州以南。		

- 注：・本表は植生基材吹付工の標準的な発生期待本数の目安であり、配合計画はのり面緑化工における植物の特性に関する地域を有する技術者が立案することが望ましく、他の播種工の計画においては適宜修正する。
- ・樹木種子の種類と必要量の確認、確保は事前に行うことを基本とする。
 - ・発芽率等の特性は、採取場所や採取時期、保管方法によって違いが生じうることに十分留意する。
 - ・高木林型、低木林型の配合計画では、一般に緑化目標の主構成種となる樹木種子を2~3種類、補完する樹木種子を3~5種類、および草本種子を1~2種類程度選定する。
 - ・草地型の配合計画では、一般に草本種子を3~5種程度選定する。
 - ・在来種の種類によっては、外国産が流通しているものがあることに注意する。

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P244~245 解表8-5

5-6-3 構造物によるのり面保護工

構造物によるのり面保護工は、無処理で安定が確保できないのり面で植生が不適なのり面、植生だけでは浸食に対し長期安定が確保できないと考えられるのり面、あるいは崩壊、落石、凍結等の恐れのあるのり面に対して行うものである。

各工法について以下に示すとともに、詳細に関しては、「道路土工-切土工・斜面安定工指針 P275~307」を参照のこと。

(1) 石張り工、ブロック張り工

石張り工、ブロック張り工（コンクリート版張り工を含む）は、のり面の風化及び浸食等の防止を主目的とし、1:1.0以下の緩勾配で粘着力のない土砂、泥岩等の軟岩ならびに崩れやすい粘土等ののり面に用いる。また、のり面勾配を標準より急にする必要がある場合や、オーバブリッジの埋戻し部、盛りこぼし橋台の前面の保護等にも用いられる。石張り、ブロック張りに用いる石材、ブロックの控長はのり面勾配と使用目的に応じて定めるが、標準値は表5-27に示すとおりである。

一般に直高は5m以内、のり長は7m以内が多い。

石張り工の場合は石材の組立てが難しいため、できる限り緩勾配で用いることが望ましい。特に、雑石張りを行う場合は、勾配は1:1.5より緩やかにし、直高5m程度までが好ましい。

水抜き孔は直径50mm程度で、標準的には2~4㎡に1個の割合で設け、湧水の多い箇所には数を増す。

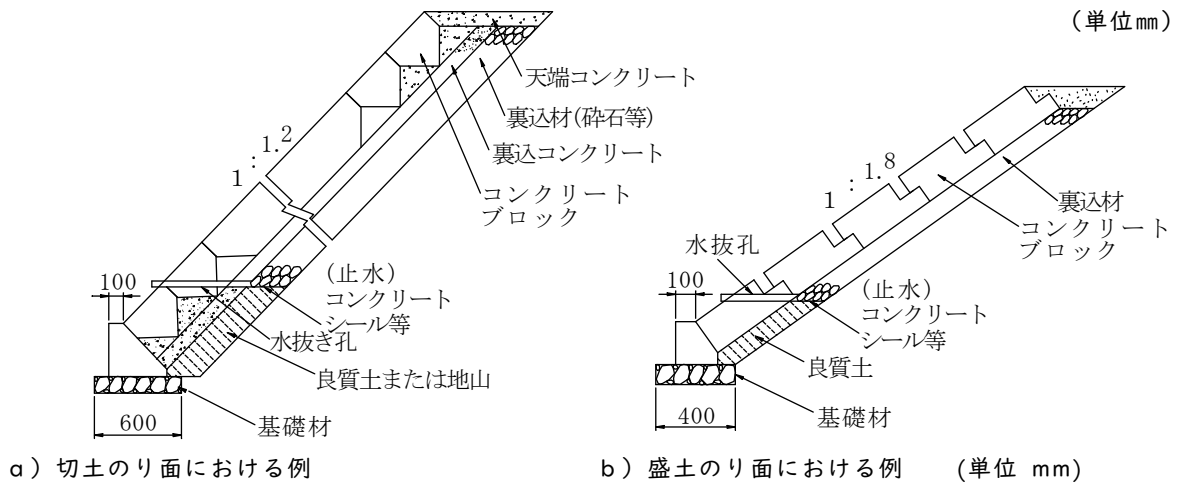


図5-24 コンクリートブロック張り工の例

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P305 解図8-14

表5-27 のり面勾配と控長

(単位：cm)

箇所 種別 のり面勾配	一般ののり面保護			特殊箇所ののり面保護 (オーバブリッジの埋戻し、盛りこぼし、橋台前面等)		
	石張り	ブロック張り	コンクリート版張り	石張り	ブロック張り	コンクリート版張り
1.0~1.2	35~25 注2)	35	20以下	35	35	20以下
1.2~1.5	35~25 注2)	35	20以下	—	25	20以下
1.5~1.8	25以下	12以下	20以下	—	18以下	20以下

注1) 勾配が1:1.5より急な場合は直高5m以下ののり面に適用する。

注2) 石張りの控長25cmは玉石を用い、直高3m以下ののり面に適用する。

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P304 解表8-14

(2) コンクリート張工

コンクリート張工はコンクリート擁壁工とモルタル吹付工との中間に位置付けられ、原則として土圧の作用しない箇所に用いられ、節理の多い岩盤や緩い崖すい層等で、のり砕工やモルタル吹付工ではのり面の安定が確保できないと考えられる場合に用いられる。長大のり面、急勾配のり面では金網または鉄筋を入れるとともに、滑り止めのアンカーピンまたはアンカーバーをつけることが望ましい。

一般に1:1.0程度の勾配のり面には無筋コンクリート張工が用いられ、1:0.5程度の勾配のり面には鉄筋コンクリート張工やH鋼等で補強したコンクリート張工が用いられる。一般に等厚とした場合、20~80 cmが多く用いられている。コンクリート張工は、最小20 cm程度の厚さが必要である。滑り止めのアンカーピンもしくはアンカーバーは1~2 m²に1本の割合で設置し、打込み深さはコンクリート厚さの1.5~2.0倍が多く施工されているが、地質状態により崩壊や抜落ちを防止する等、目的に応じて適宜に長さを決定することが重要である。

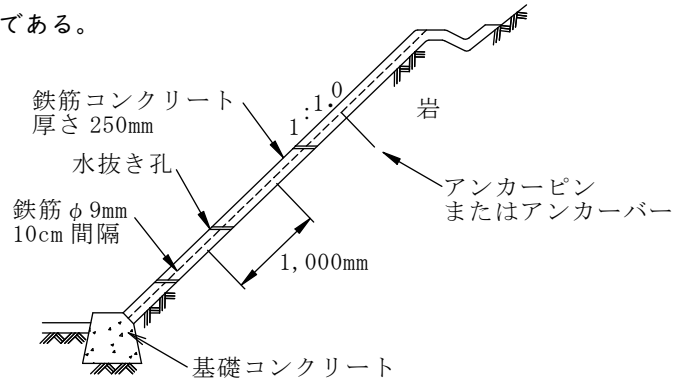


図5-25 コンクリート張工の例

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P306 解図8-15

(3) モルタル及びコンクリート吹付工

モルタル及びコンクリート吹付工は、当面の危険は少ないが、風化しやすい岩、風化してはげ落ちる恐れのある岩、切土した直後は固くてしっかりしていても、表面からの浸透水により不安定になりやすい土質ならびに固結シルト等で植生工が適用できない箇所に用いる。土圧等を受ける箇所に用いる場合は、補強土工等を併用し、厚さ・配筋等の構造計算が必要である。

吹付け厚はのり面の地質状況や凍結度合い等の気象条件を考慮して決定するが、一般に、モルタル吹付工の場合は8~10 cm、コンクリート吹付工の場合は10~20 cmを標準とする。ただし、ファイバー類の混合により補強された吹付工の吹付け厚はこの限りではないが、本工法は施工実績が少なく、耐久性等の点で未解決な面もあるので使用に当たっては十分な検討が必要である。なお、寒冷地域や気象条件の悪い地域においては吹付け厚は10 cm以上必要である。吹付け面に湧水のある場合は排水処理を十分に行う。

アンカーピンの数は1 m²に1~2本を標準とする。勾配が急で吹付け厚が厚い場合、のり面の凹凸が著しい場合等は必要に応じアンカーピン、アンカーバーの本数を増やすことが望ましい。

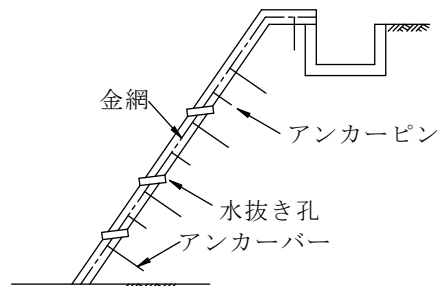


図5-26 モルタル及びコンクリート吹付工の例

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P302 解図8-13

吹付けには原則として水抜き孔を設ける。水抜き孔は標準として2~4 m²に1箇所以上の割合で設置するものとする。のり肩の処理は地山まで完全に巻込むように吹付けるものとする。また、施工面積が広く平滑な場合には、10~20 mに1本の割合を目安として縦伸縮目地を設けることが望ましい。また、

吹付け厚が15cm以上で施工高が高く、ずり落ちが懸念される場合には、必要に応じ適切な基礎を設けることが望ましい。

(4) プレキャスト枠工

プレキャスト枠工は、浸食されやすい切土のり面や標準のり面勾配でも状況によって植生が適さない箇所、あるいは植生を行っても表面が崩落する恐れのある場合に用いられ、1:1.0より緩やかな勾配のり面に適用される。プレキャスト枠にはプラスチック製、鉄製及びコンクリートブロック製等があるが、耐久性等の観点からコンクリートブロックが多く用いられている。最近では大型プレキャスト枠も開発され、グラウンドアンカー工等を用いて抑止力を期待するものもある。次に、コンクリートブロック枠工について述べる。

枠の交点部分には滑り止めのため、長さ50~100cm程度のアンカーピンを設置し(図5-27参照)、枠内は良質土で埋戻し、植生で保護することが望ましい。

枠内は、勾配が1:1.2より急な場合、かなりの湧水がある場合、枠内が土砂詰めで良質土が得られない場合、植生では流出する恐れのある場合等には石張りやコンクリートブロック張り等を行う。なお、寒冷地域等で凍上によるのり枠の浮上りが懸念される場合には、プレキャスト枠を使用しないことが望ましい。

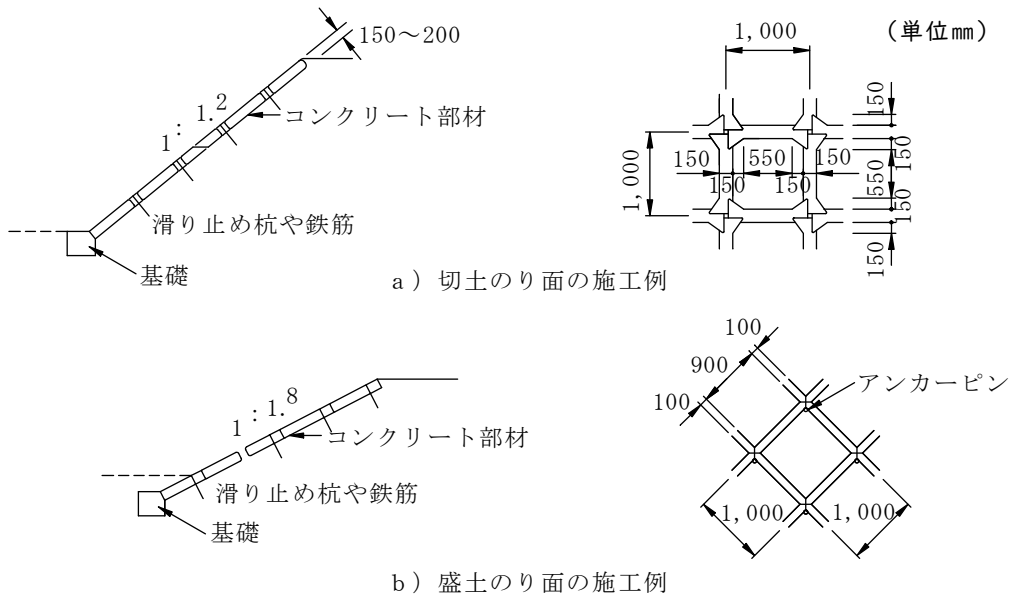


図5-27 コンクリートブロック枠工の例

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成21年6月)」P279 解図8-3

(5) 現場打コンクリート枠工

現場打コンクリート枠工は湧水を伴う風化岩や長大のり面等でのり面の長期にわたる安定が若干疑問と思われる箇所、あるいはコンクリートブロック枠工等では崩落の恐れがある場合に用いる。また節理、亀裂等のある岩盤で、コンクリート吹付工等では浮石を止めることができない場合にも、支保工的機能を期待して適用されることがある。さらに、単独あるいはグラウンドアンカー工と併用して崩壊の抑止機能を期待して適用されることがある。

枠は鉄筋コンクリートの現場打ちとし、枠内は状況に応じて石張り、ブロック張り、コンクリート張り、モルタル吹付けあるいは植生等により保護する。

現場打コンクリート枠工は、コンクリートブロック枠工に比べ鉄筋が入って梁構造となっているため、曲げに対しても強い。

のり面の状況に応じて、枠の交点部分には滑り止めのアンカーバーを設置する（図5-28参照）。

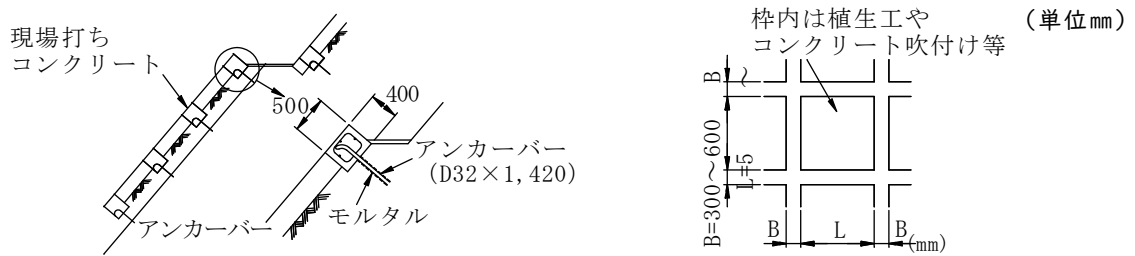


図5-28 現場打コンクリート枠工の例

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P284 解図8-6

(6) 吹付枠工

吹付枠工は亀裂の多い岩盤のり面や、早期に保護する必要があるのり面等に用いる。

本工法の標準的な機能は現場打コンクリート枠工と同様であるが、施工性が良く、凹凸のあるのり面でも施工でき、のり面状況に合わせて各種形状の枠の設置が可能であること等に特色がある。吹付枠工は数種の工法があり、部材寸法を変えたりグラウンドアンカーの併用等により種々の現地条件に適合できるが、各々の特徴及び他工種との経済性、施工性等を比較検討して工種を決定しなければならない。

(7) 編柵工

編柵工は植物が十分に生育するまでの間、のり面表面の土砂流出を防ぐために用いられることが多く、のり面に木杭等を打込み、これにそだ、竹または高分子材料、ネット等を編んで土留めを行うものである（図5-29参照）。最近では、風倒木や間伐材も利用されている。

木杭の長さは50~150cm、太さは9~15cm、間隔は50~90cm程度、編柵の間隔は1.5~3.0m程度が一般に用いられている。杭の角度は鉛直かまたはのり面に対しての垂線と鉛直線との中間角度までが良い。

盛土に編柵を設置する場合は図に示すように規定の断面まで十分締固めた後、盛土下部より段切りを行いながら施工し、編柵を設置した後は土羽土を埋戻し、ランマ等で十分締固める。

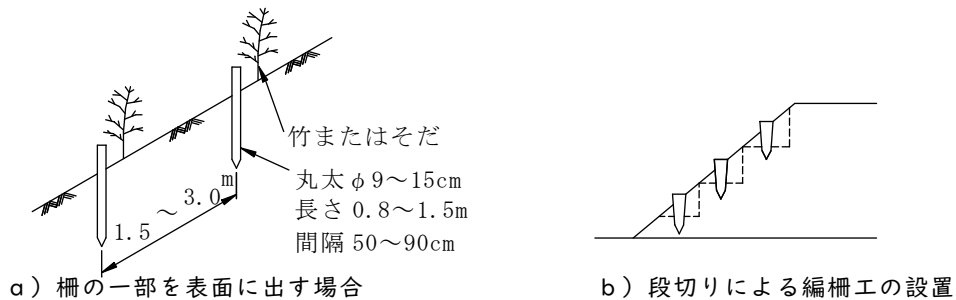


図5-29 柵工の例

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P278 解図8-2

(8) ジャかご工

ジャかご工はのり面に湧水があって土砂が流出する恐れのある場合、または崩壊した箇所を復旧する場合、あるいは凍上によりのり面がはく離する恐れのある場合等に用いる。

ジャかごには鉄線型のジャかごとふとんかごとがあり、ジャかごは主としてのり面表層部の湧水処理、表面排水ならびに凍上防止等に用いられる。

ふとんかごは湧水箇所や地滑り地帯における崩壊後の復旧対策工等に用いられ、のり面工というよりはむしろ土留め用として使用される場合が多い。(図5-30参照)

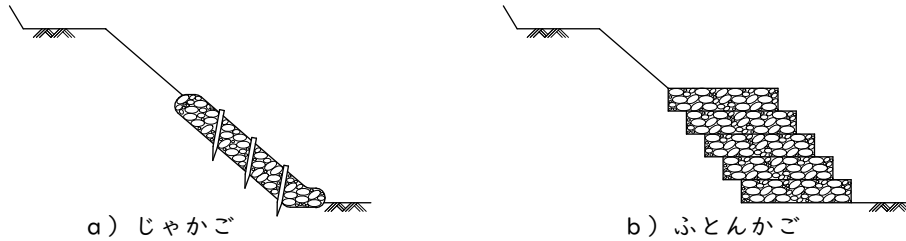


図5-30 ジャかごの例

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P301 解図8-12

湧水の多い場合はジャかごで集めた水を速やかに排水できるように留意するとともに、のり面からの流出土砂によってジャかごが目詰まりを起こす恐れのある場合に周囲を砂利等で保護する。

鉄線ジャかごの形状及び寸法の例を図5-31に示す。

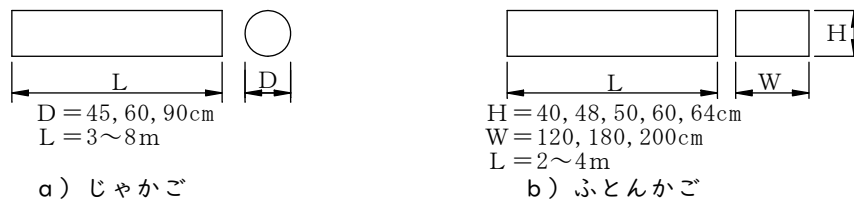


図5-31 鉄線ジャかごの形状寸法

(9) グラウンドアンカー工

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、崩落または崩壊する恐れがある場合、比較的締った土砂ののり面や斜面で崩壊の恐れがある場合等に抑止力を付与する目的で用いられる。また、グラウンドアンカー工は仮設土留め壁の支保工として用いられることもある。グラウンドアンカー工は、現場打コンクリート枠工、吹付枠工、コンクリート張工、擁壁工等他の工法と組合せて使用される(図5-32参照)。最近では独立大型支圧板を使用する場合もある。グラウンドアンカーは一般に図5-32に示すように、アンカー体、引張り部及びアンカー頭部から構成される。

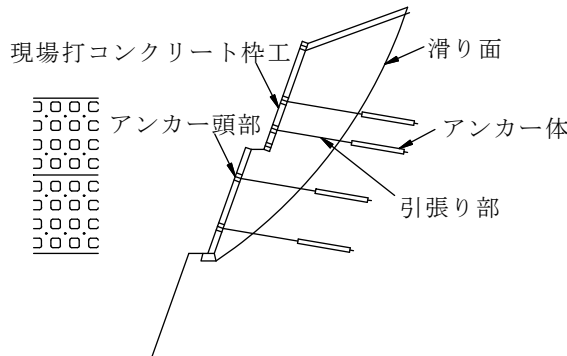


図5-32 グラウンドアンカー工の例（現場打コンクリート枠工との組合せの例）

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P287 解図8-9

また、グラウンドアンカーはアンカー体と基盤との支持方式により次の3種に大別される。

- 1) 摩擦型アンカー：アンカー体周面と基盤との摩擦抵抗により、アンカー引抜力を基盤に伝達する。
- 2) 支圧型アンカー：アンカー体の一部あるいは大部分を大きく拡孔する等し、アンカー体の支圧効果でアンカー引抜力に抵抗する。

3) 複合型アンカー：1) 及び2) の複合型

摩擦型アンカーの基本的な構造と各部の名称を図5-33に示す。

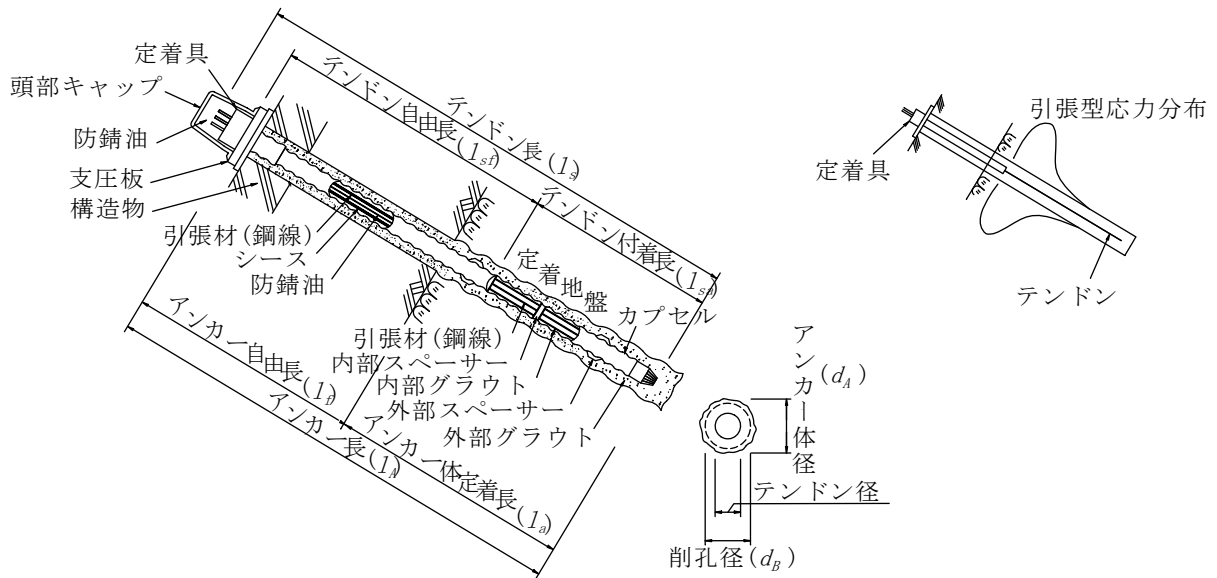


図5-33 グラウンドアンカー（摩擦型）の基本的な構造と各部の名称

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P289 参図8-8

アンカー引張り部材には高張力が作用することから、鋼材のリラクゼーションを少なくする等の理由により、一般にPC鋼材（PC鋼棒、PC鋼より線、多重PC鋼より線等）が用いられる。引張り材として使用するPC鋼材には多くの種類があり、それぞれに適した定着具がある。

のり面にグラウンドアンカー工を用いる場合の安定計算には円弧滑りや直線滑り、複合滑り等を仮定した安定計算法を用いて必要アンカー力を求めなければならない。

必要アンカー力の計算方法については、「道路土工-切土工・斜面安定工指針8-4 構造物工(8)グラウンドアンカー」及び「グラウンドアンカー設計・施工基準・同解説」を参照すること。

5-7 落石対策工

5-7-1 落石対策の基本的考え方

落石対策工には、落石の発生が予測される斜面内の浮石や転石を取り除いたり、斜面に固定する落石予防工と、斜面から転落あるいは落下してくる落石を、道路際あるいは道路上に設置した施設で防護する落石防護工とがある。

落石対策の基本的な考え方としては、路線の性格や予想される落石の規模、落石発生の可能性、被災の頻度やその状況等を考慮して、落石予防工や落石防護工を設置して落石による災害を最小限に抑えるよう努めるとともに、通行規制等の手段も活用し、道路交通の安全確保に努めることが重要であると考えられる。

なお、落石対策施設の維持管理に際しての点検項目や着眼点については、落石対策便覧「6-4-2」～「6-4-7」を参照のこと。

5-7-2 落石予防工

落石予防工は主として落石予備物質を対象としてとられる工法であり、落石対策としては直接発生源に対して効果を期待して実施される。

これらの効果を単独または複合したものとして各種予防工を示したものが図5-34である。

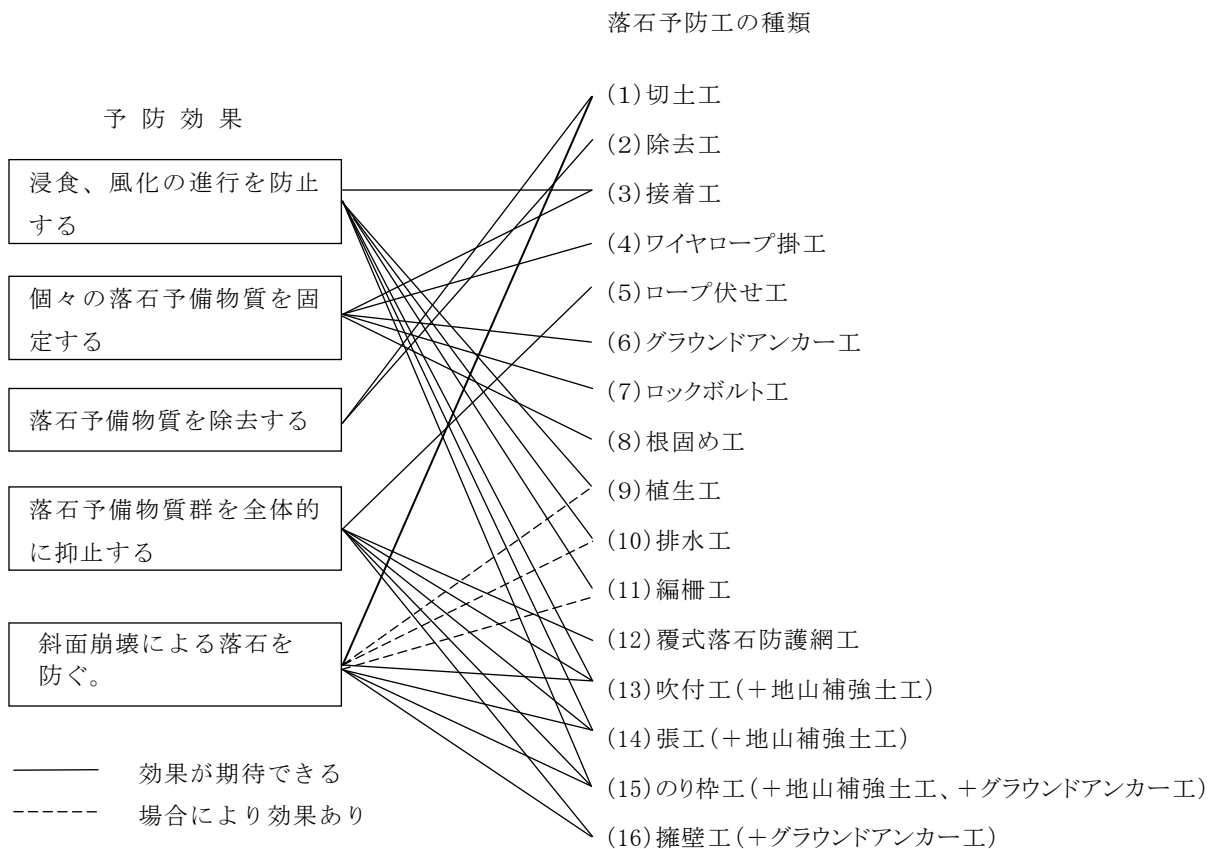


図5-34 落石予防工の種類と効果

出典：日本道路協会「落石対策便覧（平成29年12月）」P83 図3-4

各工種の詳細については、道路土工一切土工・斜面安定工指針 P344～349 及び落石対策便覧 P82～90、107～137

5-7-3 落石防護工

落石防護工の設計に当たっては、まず構造物が受け持つべき外力を想定することが必要である。外力は、予想される落石等の重量、落下速度及び落石防護工への作用方向、作用位置等は各現場ごとの地形、地質、斜面の風化度、植生及び他の落石予防工または落石防護工との併用の有無等によって著しく異なる。従って、落石防護工の設計に当たっては、現場における調査や過去の落石等の経験を基に最も妥当と思われる、これらの値を推定しなければならない。また、落石以外の荷重、例えば積雪、雪崩等についても必要に応じて考慮する必要がある。

落石防護工の種類は設置する位置によって次のように分類される。

- 1) 発生源から道路に至る中間地帯（斜面中）に設けるものには、落石防護網、落石防護柵、落石防護擁壁がある。
- 2) 道路際（斜面下部）に設けるものには落石防護網、落石防護柵、落石防護棚、落石防護擁壁、ロックシェッド、落石防護土堤等がある。

以下に、落石防護工の概要を述べるが、各設計方法等の詳細については「道路土工一切土工・斜面安定工指針 P349～361」及び「落石対策便覧 P91～97、139～247」を参照のこと。

(1) 落石防護網

落石防護網は金網、ワイヤーロープ等の軽量部材を使用して、落石発生の恐れのある斜面全面を覆い、落石に対処するもので、現在市販されているものを用途別に分類すれば次の2種類となる。

- a) 覆式落石防護網
- b) ポケット式落石防護網

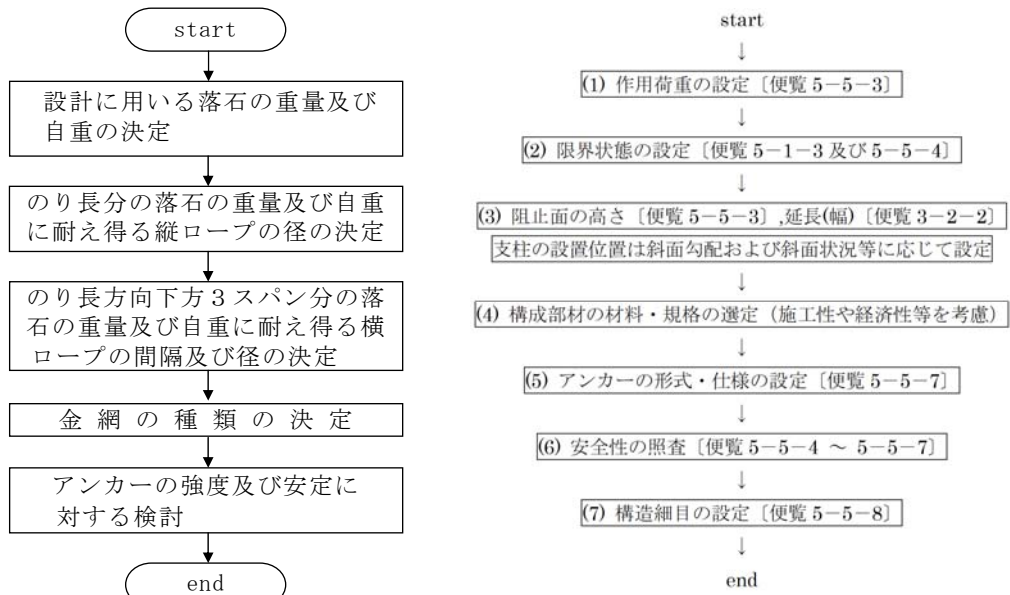
このうち、a)の覆式落石防護網とは地山との結合力を失った岩石を金網と地山の摩擦及び金網の張力によって拘束するもので落石予防工に準じた機能を持つものである。

b)のポケット式落石防護網とは吊ロープ、支柱、金網、ワイヤーロープ等からなり、上部に落石の入口を設け、金網に落石が衝突することにより、落石の持つエネルギーを吸収する機能を持つ落石防護網である。

これらの落石防護網に関する設計の考え方の手順を図5-35に示す。

なお、ポケット式落石防護網の設計については、便覧の「5-5 ポケット式落石防護網」(p.153-170)に示されている構造形式かつ例示の各部材の仕様の範囲のものは便覧に示す計算式によるものとする。(慣用設計法の適用範囲については、「落石対策便覧 5-5-6」を参照)

これ以外の製品等については、メーカー等による実験等のデータにより適用範囲を確認したうえで採用するものとする。(H25.1.22 国土交通省道路局国道・防災課道路防災対策室課長補佐 事務連絡)



a) 覆式落石防護網の場合※P.132

b) ポケット式落石防護網の場合※P.155～156

図5-35 設計の考え方の手順

出典：日本道路協会「落石対策便覧（平成29年12月）」

(2) 落石防護柵

落石防護柵は、たわみ性の網状部材とワイヤロープ類で構成された阻止面、そして阻止面からの荷重を地盤に伝達する支持部材と基礎から構成されている。

落石防護柵の構造形式としては、①自立支柱式、②ワイヤロープ支持式、③H鋼式に分類される。(図5-36)

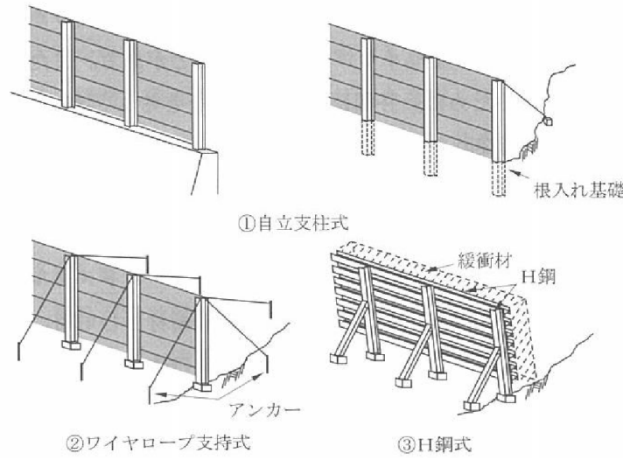


図5-36 落石防護柵の種類

出典：日本道路協会「落石対策便覧（平成29年12月）」P171 図5-9

下図(a)の落石跳躍高は、斜面の凹凸が大きい場合を除いて一般に2m以下といわれており、同図(b),(c)は高さdの基礎の突出高がある場合であり、最低柵高は $h_2 - d = h_1 \sec \theta - d$ となる。ただし、同図(d)のように斜面勾配が斜面の途中で変化している場合には、落石が飛び越える可能性があるため、設置位置や柵高の設定には注意を要する。(落石対策便覧「5-6-3」参照)

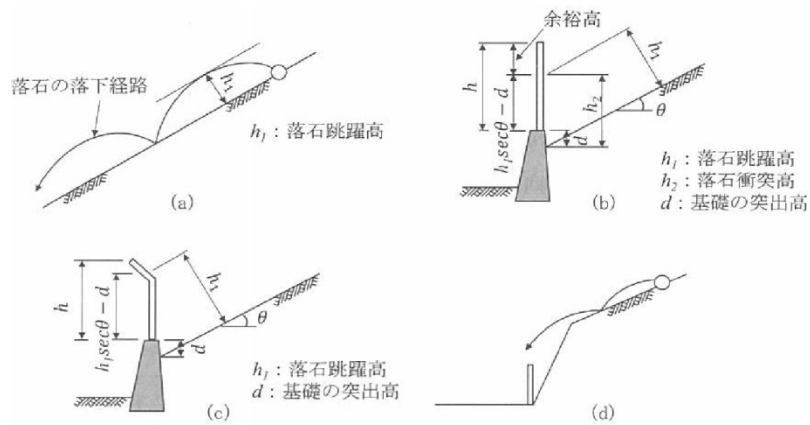


図5-37 落石の落下経路と防護柵の高さ

出典：日本道路協会「落石対策便覧（平成29年12月）」P177 図5-12

基礎の設計に関しては、以下に記す。

- 1) 落石防護柵は、道路沿いにあるのり留擁壁または落石防護擁壁の上に建込む場合と路肩に直接基礎を設けて建込む場合とがある。
- 2) 落石防護柵を石積・ブロック積擁壁の上に設ける場合は石積・ブロック積擁壁の耐力がコンクリート擁壁に比べて小さいので基礎の耐力について十分な配慮が必要である。
- 3) 落石防護柵の慣用設計法については、落石対策便覧「5-6-7(防護柵)、5-6-8(基礎)」を参照。

(3) 落石防護柵

落石防護柵は、落石の重量あるいは落下高さが落石防護柵では対応できない大きさで、飛散範囲が道路幅員の一部に限られるような場所に適用される防護工である。

ロックシェッドに比べ経済性、施工性に優れるが、落石の跳躍高さ、重量、落下高さ等の適用範囲は限られる。

(4) 落石防護擁壁

落石防護擁壁は、落石が道路に落下することを防止する防護工として、主として道路の側近に設置されるものである。

また、落石防護擁壁はその背後にポケット部を設け、ある程度の落石を堆積させることができる構造とすることが望ましいことから、対象とする背面地形の斜面勾配が緩やかな場所や、道路の側方に余裕のある場所に作られることが多い。

落石防護擁壁は、通常重力式コンクリート擁壁として作られる。その設置長さは、地形及びこれまでの落石実態等を勘案して定める必要があり、十分な安全性が確保できる範囲を考えなければならない。

また、図5-38に示すように、落石防護擁壁と落石防護柵を併用する場合も考えられる。

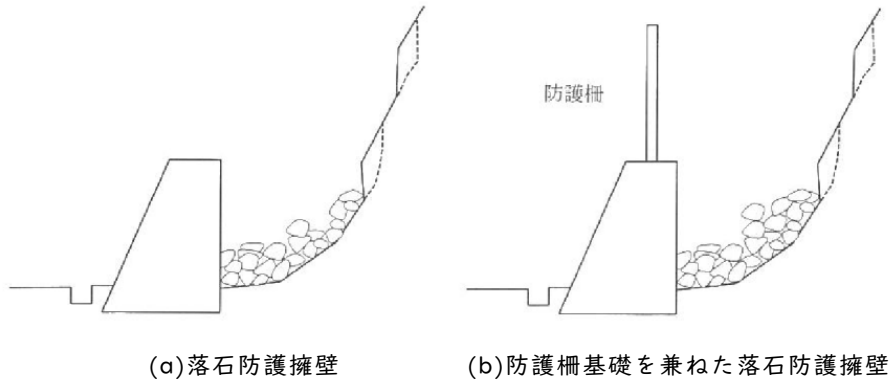


図5-38 組合せ型の落石防護擁壁

出典：日本道路協会「落石対策便覧（平成29年12月）」P196 図5-21

(5) ロックシェッド

ロックシェッドは、一般に道路の側方に余裕がなく、落石の発生しやすい急斜面がある場合、落石の規模が大きい場合あるいは、落石防護柵等ではその上を飛び越す恐れのある場合等に使用される。

ただし、ロックシェッドは落石防護工としては最も高価であり、永久構造物としての使用が期待される傾向にあり、安易に変形を許す設計を行うことは問題が多い。

ロックシェッドの上面には落石により発生する衝撃力の緩和を図るために、緩衝材を敷くものとする。

これまで緩衝材としては主に砂が用いられてきたが、近年、新しい緩衝材として、砂・RC版・EPS（発泡スチロール）を組合せた三層緩衝構造やEPS積層構造等の開発が行われている。

設計上の留意事項を以下に示す。

- 1) 場周辺の斜面の地質、風化状態により堆積土荷重を考慮しなければならない場合には、図5-39に示すように30度の土砂を見込む。(但し、便覧5-9-3 作用荷重 参照)

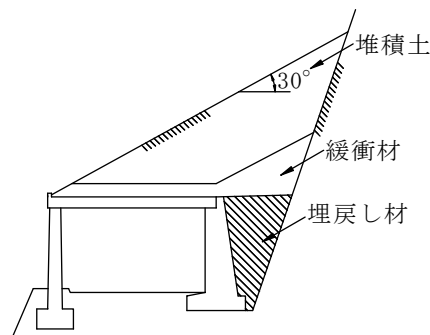


図5-39 堆積土荷重

出典：日本道路協会「落石対策便覧（平成29年12月）」P222

- 2) 今後新設するPC製落石覆工の設計については、当分の間、平成2年6月22日、建設省道路局有料道路課、国道第1課、国道第2課、地方道路課、各課長補佐事務連絡によるものとし、以下の点に留意されたい。

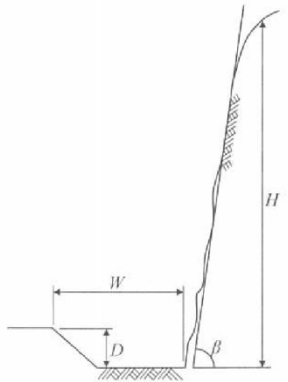
- ア) 山側擁壁裏側については、埋戻しを十分に行い、地山斜面と緩衝材とのすりつけを行うこと。
- イ) 上部桁については、落下しないように山側擁壁支承部及び柱との水平方向の連結を十分確保すること。
- ウ) 柱と谷側受け台との接合部においても、水平方向の十分な強度の確保を図ること。

(6) 落石防止土堤及び溝

落石防止土堤及び溝は地形・地質等の現場条件を利用して、落石のエネルギー（線運動エネルギー及び回転運動エネルギー）の吸収・消散を図ろうとするものであり、現場条件によっては施工が容易であり、また経済的な対策となる場合がある。

落石防止土堤及び溝の高さ（深さ）及びポケット（溝）の幅に関する形状寸法については、1つの研究例として、表 5-26 に示す資料がある。

表 5-28 落石止溝の寸法 (Ritchie による)

斜面の勾配 β	斜面高 H (m)	溝の幅 W (m)	溝の深さ D (m)	備 考
ほぼ鉛直 90°	5 ~ 10	4	1.0	
	10 ~ 20	5	1.5	
	20 ~	6	1.5	
1:0.25 ~ 0.3 $76^\circ \sim 73^\circ$	5 ~ 10	4	1.0	
	10 ~ 20	5	1.5	
	20 ~ 30	6	2.0	
	30 ~	8	2.0	
1:0.5 63°	5 ~ 10	4	1.0	
	10 ~ 20	5	2.0	
	20 ~ 30	6	2.0	
1:0.75 53°	5 ~ 10	4	1.0	
	10 ~ 20	5	1.5	
	20 ~	5	2.0	
1:1.0 45°	5 ~ 10	4	1.0	
	10 ~ 20	4	1.5	
	20 ~	5	2.0	

出典：日本道路協会「落石対策便覧（平成 29 年 12 月）」P245 表 5-20

5-8 のり面・斜面の応急対策

のり面・斜面の応急対策は、被害等を受けた箇所に対する当面の速やかな機能回復が目的であるから、現場の復旧条件を満たす対策で臨むことが肝要である。詳細については、「道路土工一切土工・斜面安定工指針 5-3-3 応急対策工の検討」を参照のこと。

(1) のり面上部に亀裂または崩壊が生じた場合

切土上部に亀裂が発生したり崩壊が生じた場合は、崩壊の規模から考えて崩壊が局所的で当面破壊の恐れがない場合は編柵工が最も簡単である。崩壊部を排土しても崩壊の拡大等がない場合は、一般交通の安全を考慮して崩壊箇所や崩壊の恐れのある箇所の土砂排除を行う。

これに対して崩壊の規模が大きく局所的な対策工では図 5-40 に示すように、のり面を切直し勾配を緩くする等の恒久対策を採らざるを得ない。

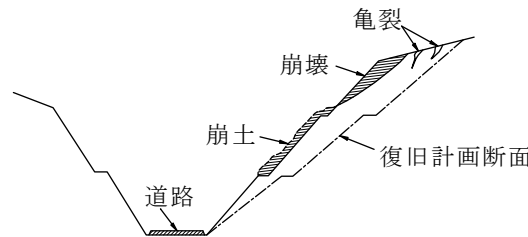


図 5-40 のり面上部に崩壊が生じた場合

出典：日本道路協会「道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月）」P120 解図 5-5

(2) のり面上部に亀裂または崩壊が生じ、かつ湧水を伴う場合

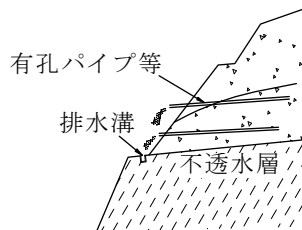


図 5-41 横ボーリングによる排水

出典：日本道路協会「道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月）」P120 解図 5-6

(3) のり面下部に亀裂または崩壊を生じた場合



図 5-42 土のう工による応急措置

出典：日本道路協会「道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成 21 年 6 月）」P121 解図 5-7

(4) のり面・斜面に転石または浮石のある場合

のり面・斜面に転石または浮石があり落石の恐れがある場合には、直ちに転石または浮石の除去を行うが、それが不可能な場合には落石防護工を設置しなければならない。応急的な落石防護工としては落石防護網工が適切である。

(5) モルタル・コンクリート吹付工における排水不良、風化による場合

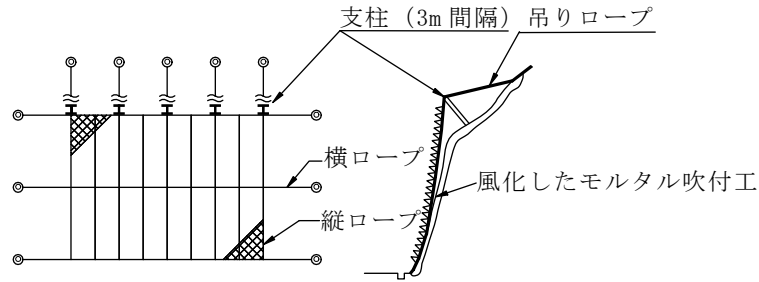


図5-43 ポケット式落石防護網工による応急対策例

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P122 解図5-8

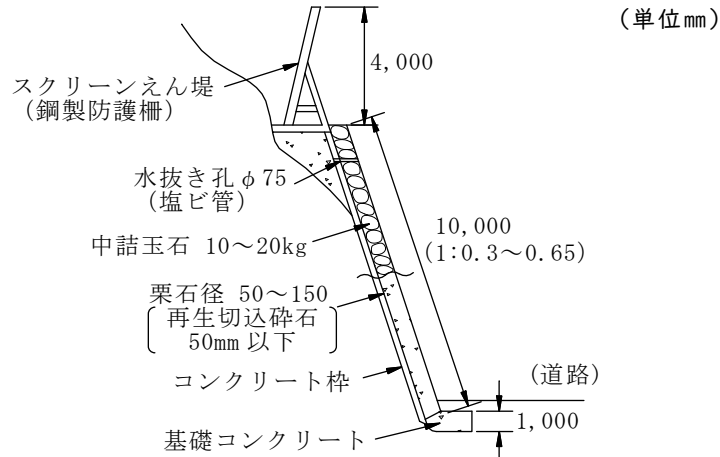


図5-44 現場打コンクリート枠工による復旧の例

(6) 路面水が盛土のり面に集中流入し、のり面が崩壊した場合

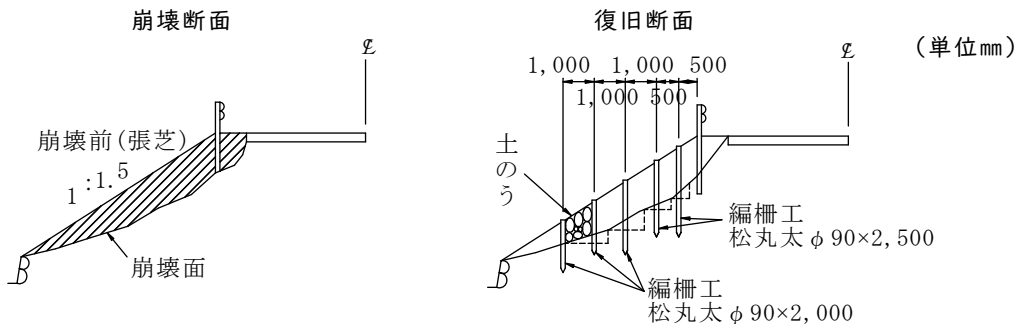


図5-45 路面水によるのり面崩壊と復旧の例

斜面は、地形、地質、気象等によって様々な崩壊が発生するが、一般に降雨が続いた後に集中豪雨を受けると崩壊の被害が増大する。この場合の応急対策工については、上述のそれぞれの崩壊形態に合致した対策を行うものとする。

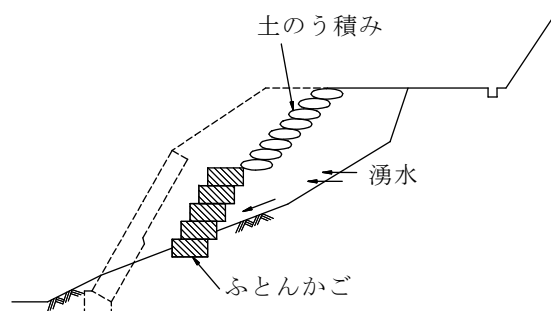


図5-46 ふとんかご、土のう積による応急復旧の例

(7) 地滑りの場合（応急工事）

地滑りの応急工事においては、「建設省河川砂防技術基準（案）」に準じて計画を行うこととする。

1) 排土工

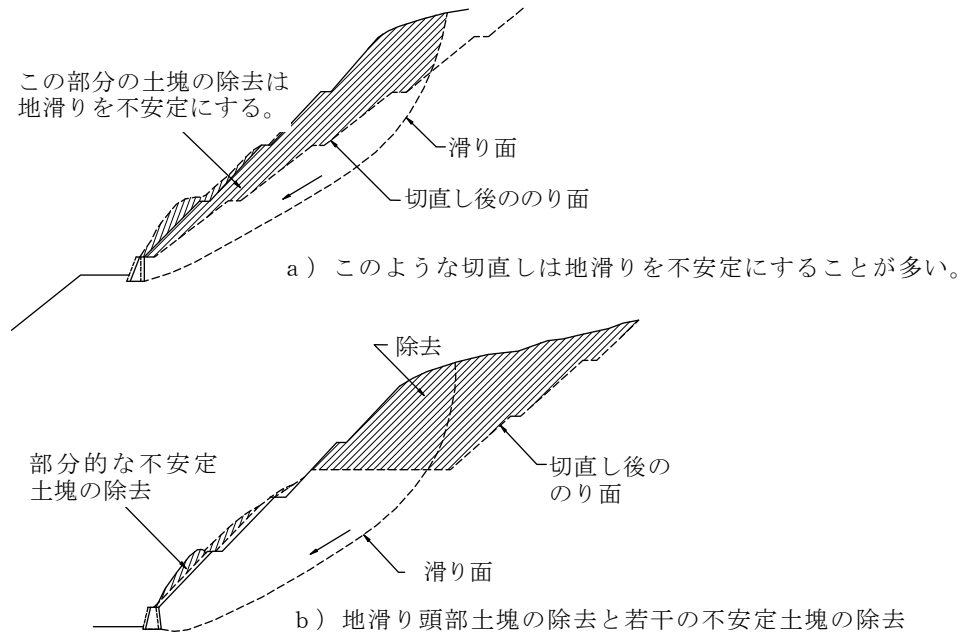


図5-47 不安定土塊の除去及び頭部土塊の除去

出典：日本道路協会「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成21年6月）」P435 解図11-36

2) 押え盛土工

地滑り斜面の下部に著しい隆起がある場合に押え盛土工は非常に有効な工法であるが、地滑り末端部の土は特にかく乱されて軟弱なため盛土の基礎破壊の起こる可能性や、盛土部の下方に潜在性地滑りがある場合には、これの誘発の可能性があり十分に注意を要する。また盛土の流失を防ぐため、ふとんかごやじゃかご等で盛土表面を十分に処置するものとする。

3) 表面水の排除

斜面上部に池沼、湿地等がある場合は、できるだけ開削し沼水等を排除する。亀裂等はビニールで被覆して浸透水を防止し、湧水や水路、沢等も浸透水防止のため、木樋、ビニール管等で応急的に排水する。

4) 地下水の排除

地滑り運動がなお活発な場合は、斜面に発生している亀裂のうち、運動方向に直角である程度の長さに連続した主なものを選び（陥没を伴っているものには必ず）、地表面から調査により推定した深さの亀裂を切り、さらにすべり面から5m以上の余裕長をもった長さの横ボーリング排水工を亀裂方向で5~10mの間隔になるように行う。

ボーリングの孔口はなるべく地滑り地域外に求めることが望ましいが、やむを得ず地滑り地域内に求めるときは、なるべく堅固な地盤を選ぶべきである。

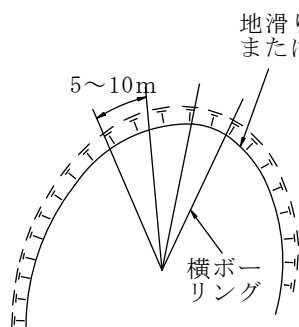


図5-48 横ボーリングの位置

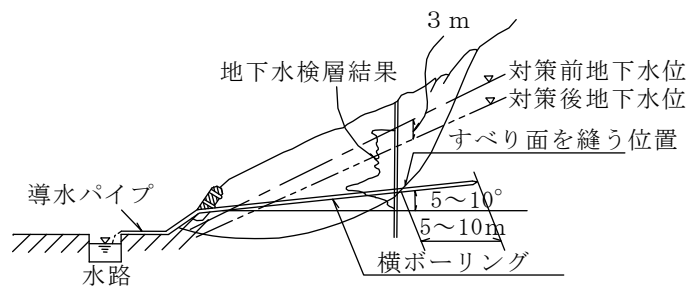


図5-49 横ボーリング排水工