

第4章 のり面保護工

4.1 のり面保護工一般	1-4-1
4.1.1 適用範囲	1-4-1
4.1.2 設計の基本	1-4-1
4.1.3 工種と分類	1-4-2
4.2 のり面保護工の選定	1-4-3
4.2.1 切土のり面保護工の選定	1-4-3
4.2.2 盛土のり面保護工の選定	1-4-5
4.3 植生工	1-4-6
4.3.1 植生工の設計	1-4-6
4.3.2 植生工の種類と特徴	1-4-6
4.3.3 工法の選定	1-4-13
4.4 のり枠工	1-4-17
4.4.1 のり枠工の選定と特徴	1-4-18
4.4.2 プレキャスト枠工	1-4-20
4.4.3 現場吹付のり枠工	1-4-21
4.4.4 現場打コンクリート枠工	1-4-37
4.4.5 中詰工の種類	1-4-37
4.4.6 盛土のり面における中詰工	1-4-38
4.4.7 切土のり面における中詰工	1-4-39
4.5 のり枠工の基礎	1-4-40
4.6 アンカーピン	1-4-41
4.7 地下排水工	1-4-41
4.8 ふとんかご工	1-4-42

第4章 のり面保護工

4.1 のり面保護工一般

4.1.1 適用範囲

本章に記載される「のり面保護工」は、一般的な地質・土質条件におけるのり面を対象とする。

【解説】

大規模な岩盤斜面の処理等については、本設計の要領の適用外とするので注意すること。
これらの設計・施工にあたっては、別途考慮することとする。

4.1.2 設計の基本

のり面保護工は、植生工を優先的に採用するものとし、構造物による保護工は、植生に不適な土質条件、現地状況等で安定勾配が確保できないなどの場合に用いるものとする。

また、のり面保護工は、基本的に雨水浸食を防護するものであるからのり面が力学的に安定であることが前提である。

【解説】

- (1) のり面保護工は、原則として安定勾配で施工したのり面に実施するものであり、工種を大別すると、植生工と構造物による保護工とがある。
- (2) 保護工本来の目的は、表層変状等小規模なのり面変状を防止することであり、植生工で十分対処できる場合が多い。
- (3) 構造物による保護工は、一般に経済性や美観の点で植生工に劣る場合が多いので、安定性上問題がある場合等に限り使用するものとし、できるだけ植生工との併用を考えること。
- (4) 自然環境の豊かな地域を通過する道路等については、環境・景観に関する予備調査を行い、のり面の安定を図った上で、周辺の環境や景観への影響を抑えるための対策を必要に応じて講じること。

4.1.3 工種と分類

のり面保護工を目的および特徴で分類すると表4.1.1のとおりである。

表4.1.1 のり面保護工の標準的な分類

分類	工 種	目 的	
のり面緑化工 (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	のり面表層部の侵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 連続長繊維補強土工 (のり面保護タイプ) 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 井桁組擁壁工 コンクリート擁壁工 連続長繊維補強土工 (擁壁タイプ)		ある程度の土圧に対抗して崩壊を防止	
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壊を防止	

道路土工 切土工・斜面安定工指針 (P192) に加筆

【解 説】

ネット工は、合成繊維網利用と金網利用とがあり、植生工の補助工としての役割と雨水の洗掘などによる礫、岩片の落下防止、凍上によるのり面表層部の滑落防止に用いられる。

アンカー工は、一般的に切土のり面に単独で用いられることは少なく、現場打のり枠や、もたれ擁壁と併用されることが多い。

連続長繊維補強土工は、吹付枠工や擁壁工の代替として、吹付けによる連続長繊維を混入した補強土と、その表面を植生基材吹付工などで法面緑化することが可能である。

4.2 のり面保護工の選定

4.2.1 切土のり面保護工の選定

切土のり面保護工の選定は、のり面安定の検討結果をもとに行われる。施工時や維持管理時に行う検討の際には、のり面土質、湧水等に関する資料が得られていることが多いこと、また、崩落したのり面については、通常、崩落原因が明らかな場合が多いことから選定対策工は次の2つに分類される。

- (1) 新設切土のり面
- (2) 崩落切土のり面

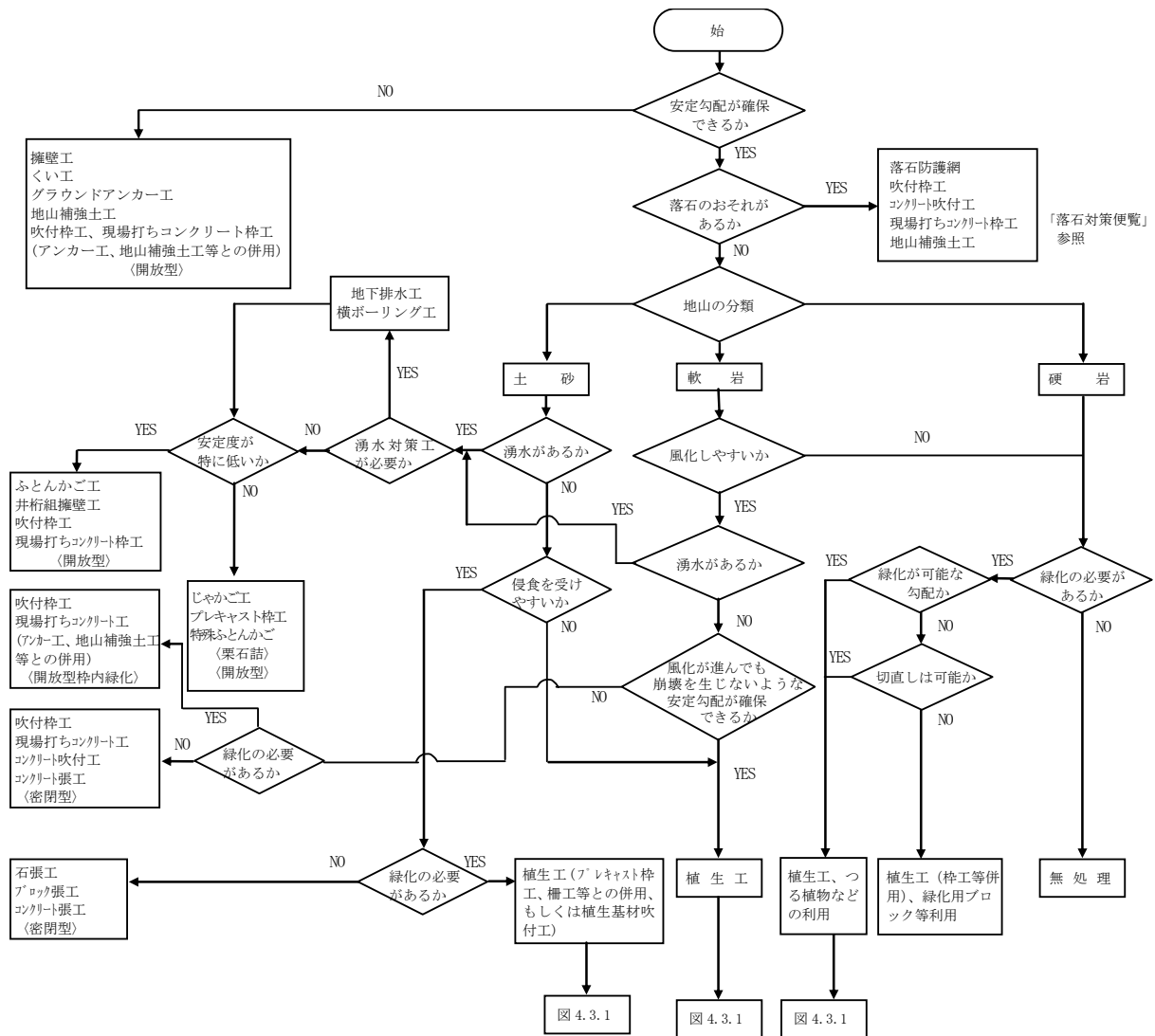
【解説】

(1) 新設切土のり面の対策工法

図4.2.1に新設のり面の保護工法選定フローを示すが、基本的な考え方のフローを示したものであり、一義的にこのフローにとらわれず現場の状況に応じて各ステップごとに十分な検討を加える必要がある。

(2) 崩落切土のり面の対策工法

既設のり面は、完成後時間を経過しているため地形、地質、気象等により影響を受けている。従って、その崩落原因の調査を十分に行っておくことが必要で、特に、凍結、凍上の影響の程度や水による影響の程度の把握に努め、工法選定にあたっては、図4.2.1を参考にこれらを考慮した対策工の選定が必要である。崩壊形態別の対策工法の例は、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」(P200-201)を参照すること。



注) 湧水が比較的に少ない場合には、集水マットや地下排水工のみの対策も検討すること。

図4.2.1 新設切土のり面におけるのり面保護工選定フロー(参考)
道路土工 切土工・斜面安定工指針 (P198-199) に加筆

4.2.2 盛土のり面保護工の選定

盛土のり面保護工の選定は、地形、地質条件および気候条件を把握し経済性・施工性および環境・景観を考慮し、最適工法を選ぶ必要がある。

【解 説】

図4.2.2に盛土のり面の保護工法選定フローを示す。

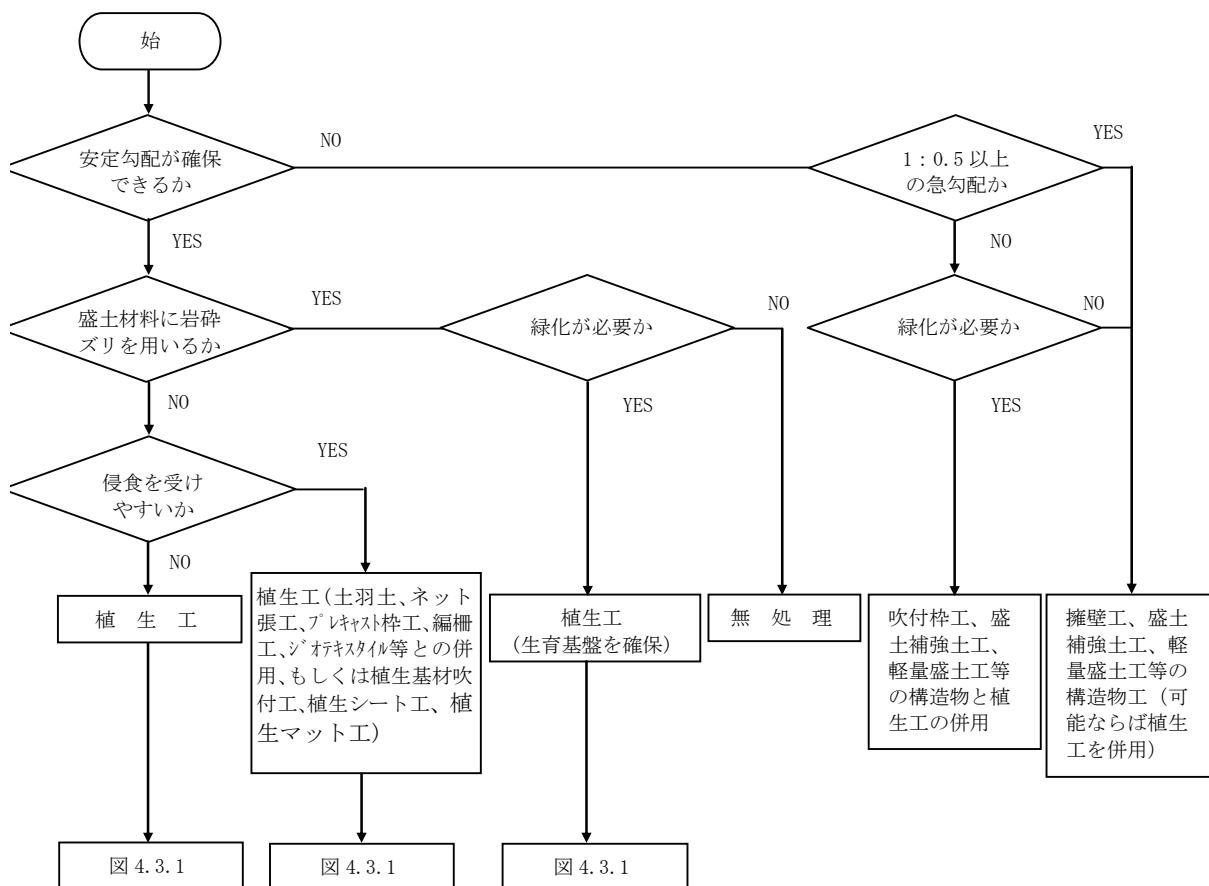


図4.2.2 盛土のり面による保護工法選定フロー(参考)
道路土工 盛土工指針 (P147) に加筆

4.3 植生工

4.3.1 植生工の設計

- (1) 植生工の設計に当たっては、緑化目的とする植物群落を形成することが可能な、立地条件等に適した植物等の材料及び工法を選定する。
- (2) 植生工に用いる材料は、次の点に留意して適切に選定する。
 - ①植物は、本来の生育地等の性質を理解するとともに、外来種、在来種等、緑化する地域の特性に適した種類のものを選定する。なお、自然環境の保全に一層配慮した緑化を行う場合は、現場及びその近隣由来の植物(地域性系統種)を用いることが望ましい。
 - ②生育基盤を形成する材料は、工種、使用植物に適したものをを用いる。
- (3) 樹木による植生を採用する場合は、調達方法及び目的とする性能を有する状態となるまでの生育期間や育成までの維持管理についても検討の上、実施すること。
- (4) 植生工は、のり面の維持管理に配慮して設計する。

【解 説】

- (1) 植生工の選定にあたっては、主構成種となる植物の発芽、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、施行時期等を考慮した上で工種を選定する。
- (2) 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の場合、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、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よい。
- (3) 在来種のうち、ある地域において遺伝子にある程度の共通性を有する集団を地域性系統といい、地域性系統から生産された種子や挿し穂、苗木等で、原産地が保障され、生産過程が明らかなものを地域性種苗と呼ぶ。一般には、緑化する現場の近隣で採取した在来種の種子や、その種子から育てた苗、現場で採取した苗、根株、表土中の在来種の種子等がこれに該当する。

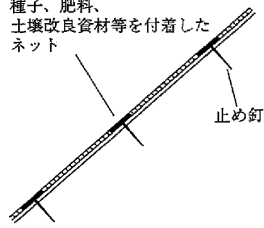
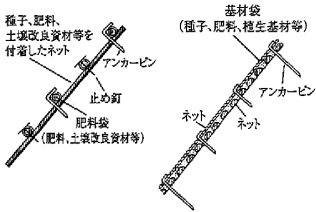
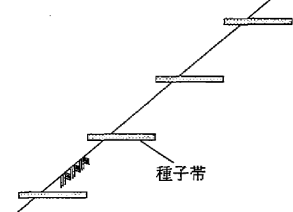
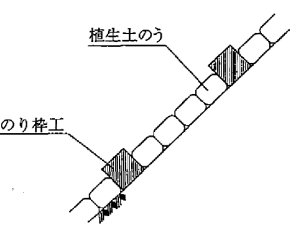
4.3.2 植生工の種類と特徴

各種の植生工の特徴をまとめると表4.3.1～4.3.4のとおりであり、これらを十分に把握して植生工法の選定に臨まなくてはならない。

【解 説】

人力施工および期間播種各々による植生工の特徴を表4.3.1～4.3.4に示す。

表4.3.1 植生工の種類と特徴(その1)

工 種	播 種 工		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付けたネット(合成繊維、ヤシ繊維等)に間隔をもたせて装着させたもの。 ・ネット(合成繊維、ヤシ繊維等)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マット状のもの。	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、在来草本類の種子	木本類の種子 外来、在来草本類の種子	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	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				溝切工、のり枠工	
耐 侵 食 性	高い	高い	低い	高い	
適 用 条 件	地 質	粘性土(土壤硬度23mm以下) 砂質土(土壤硬度27mm以下)	同左、及び硬質土砂、岩(植生基材入りのもの)	粘性土(土壤硬度23mm以下) 砂質土(土壤硬度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					

道路土工 切土工・斜面安定工指針 (P216-217)

表4.3.2 植生工の種類と特徴(その2)

工 種	播 種 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)
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レ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、ピートモス等	現地発生土砂、砂質土、バーク堆肥、ピートモス等
	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	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	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	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年～10年程度 (植生基材や接合材の種類と使用量により異なる。)
	地 質	土砂(土壌硬度23mm以下)で用いる。		同左、及び礫質土に用いる。
	勾 配	1:1.0より緩勾配 ^{注2}		1:0.5 [*] (木本類を用いる場合は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ある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。

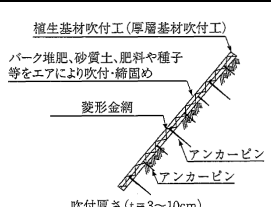
注2) 地質、気象、使用植物、浸食防止材等により適用範囲は多少の差異が生じる。

表4.3.3 新たな植生工の特徴 (1)

工 種		森林表土利用工 [※]	自然侵入促進工 [※]
施工方法		<p>施工方法の例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・植生基材吹付工を併用して施工する。植生基材に表土を体積比で10～30%程度混合して植生基材吹付工と同じ要領で施工する。 ・編柵を設けて森林表土を設置する。必要に応じて植生基材を混入する。 ・土のうに森林表土と肥料を詰めて植生土のう工の要領で施工する。必要に応じてパーク堆肥等の植生基材を混入する。 <p>留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表土の採取はいつでも可能であるが、秋期から冬期が種子量が多くてよい。 ・表土は大きな落葉落枝を取り除いた後に採取する。落葉落枝中にも多くの種子が存在するので、分解していない大きなもののみ 	<p>施工方法の例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・肥料袋を設置したネット系の資材を全面に張り付ける(人力施工)。 ・植生基材吹付工と同様な施工要領で植生基材を吹き付ける(機械施工)。 <p>留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・適用地域は、国立公園や自然公園等周辺環境の自然度が高く、周辺植生から種子が飛来・定着することが十分期待できる場所である。 ・植生基材を吹付ける場合は、植生率が低い状態が継続しても、植生基盤の耐浸食性が長期間に渡り高く保持できるように造成する必要がある。
材料	基 材 (素 材)	<ul style="list-style-type: none"> ・植生基材等(土、木質繊維、パーク堆肥、ピートモス等) ・浸食防止材(高分子系樹脂、繊維資材等) ・保水剤(高分子系樹脂等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・肥料袋を付けた繊維網(高い浸食防止機能を有するもの) ・植生基材等(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、繊維資材等)
	植 物	表土中の種子や再生可能な植物体	周囲の植生から飛来する種子
	肥 料	緩効性肥料	緩効性肥料(溶出期間が数年に及ぶものがよい)
補助材料		金網、編柵、土のう(先駆植物の生育を阻害しないもの)等	金網、繊維網(自然素材、合成素材等)
併 用 工		植生基材吹付工、植生土のう工、柵工等	植生シート工、植生マット工、植生基材吹付工等
適用条件	地 質	植生基材吹付工と併用する場合は粘性土が土壤硬度23mm以下で、砂質土が土壤硬度27mm以下。 柵工や植生土のう工を併用する場合は上記の数値以上でも施工可。	網を張り付ける工法は、浸食を受けにくいり面条件であることが必要である。 植生基材を吹き付ける工法の場合は同左。
	勾 配	1：0.8より緩勾配(併用する緑化基礎工や各種の工法による)。	網を張り付ける工法の場合は安定勾配。それ以外の場合は併用する緑化基礎工や各種工法による。
備 考		<ul style="list-style-type: none"> ・夏期から冬期に施工すると初期の被覆率が低いことがある。 ・施工地域の表土を用いる。 ・種子を混入する場合には、施工地域で採取したものをを用いる。 ・併用する工法によって材料は異なる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・緑化速度が遅く、施工後初期における植物の浸食防止効果はほとんどないため、浸食の恐れがないり面条件でのみ施工可能である。 ・工法によって材料は異なる。
断面図の例			

※ これらの工法は開発途上であるため、選定には注意と配慮を要する。

表4.3.4 新たな植生工の特徴(2)

工 種	その他の施工法	
	資源循環型緑化工	
施 工 方 法	植生基材吹付工を利用する標準的な資源循環型緑化工では、木質チップや発酵汚泥コンポスト等を基材として利用することで、厚みのある植生基盤を造成する。植生基材吹付工以外の工法は、材料に建設副産物や一般廃棄物等をそのまま、もしくは日サイクル資材として加工した後に主材として利用する。	
材 料	基 材	生チップ、堆肥化チップ、現場発生土砂、発酵汚泥コンポスト、貝殻粉砕物等
	植 物	木本類、草本類
	肥 料	緩効性肥料、高度化成肥料等
補 助 材 料	繊維網、金網等(のり面の安定度によっては、簡易な吹付のり枠を併用する場合がある)	
併 用 工	木本の植栽工	
耐 侵 食 性	標準的な植生基材吹付工での造成基盤は一般に高いが、使用する吹付機械、リサイクル資材や接合材の種類や使用量により異なる。	
適 用 条 件	地 質	砂質土、粘性土、礫質土、岩や岩砕盛土のり面等
	勾 配	1:0.5※より緩勾配
備 考	<ul style="list-style-type: none"> ・現地で発生する伐採木・抜根材を利用する場合には、伐採時期、処理(チップ化)時期、利用時期等を設計時に設定する。 ・生チップを植生基材吹付工の主材として使用する場合は、一般的な播種による植生工より、導入植物の初期の発芽・生育が緩慢となりやすい。 ・現場発生土砂を利用する場合は、粒径や含水率等物性値を確認する。 ・今後の適応性拡大と技術水準向上のため、チップとして利用した樹種、広葉樹、針葉樹の区分、現地発生土砂、汚泥利用の有無や材料の理化学的な分析値等の情報を保存することが望ましい。 	
断面図の例		

※植栽時期に留意した計画的な施工が必要である。

※勾配が1:0.8より急勾配の場合は協議すること。

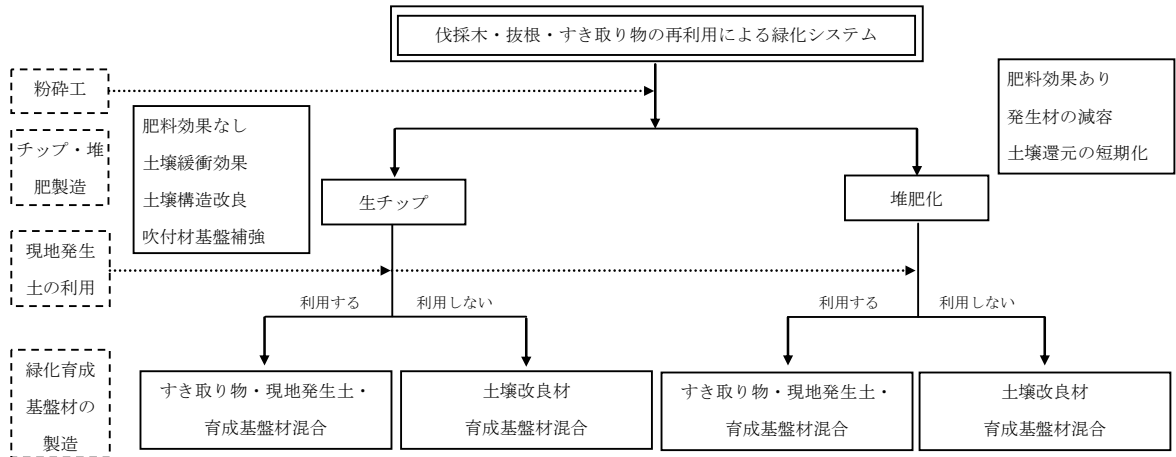
道路土工 切土工・斜面安定工指針(P262)に加筆

<参考>リサイクル型緑化システムの体系

近年道路建設工事により排出される「すき取り物」や「抜根」「伐採木」などの建設副産物を植生基盤に有効利用するリサイクル型緑化工法が実用化されつつあり、特に「自然共生社会への取り組み」、「循環型社会の取り組み」、「低炭素社会への取り組み」を目的として、積極的な導入が必要である。

抜根・伐採木の処理方法は下図のように分類される。

工法選定に際しては、「新技術情報提供システム (NETIS:New Technology Information System)」に登録されている新工法や推奨技術等を参考されたい。



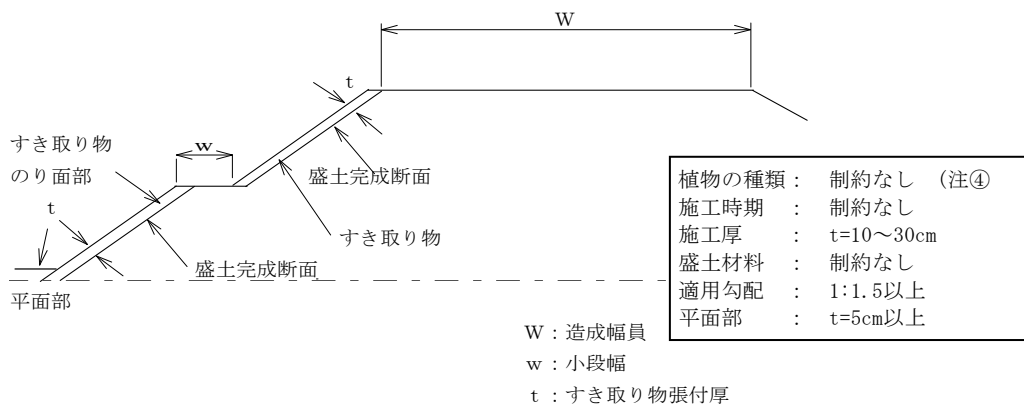
「抜根・伐採木」を利用したリサイクル型緑化システムの体系

<参考>すき取り物による盛土法面の緑化工

すき取り物による盛土法面の緑化工は、建設副産物の有効利用および環境負荷の低減を図ると共に近傍に自生する植物で緑化されるため自然環境にも優れた工法である。ただし、周辺環境・維持管理への影響等を考慮し、適用を検討すること。

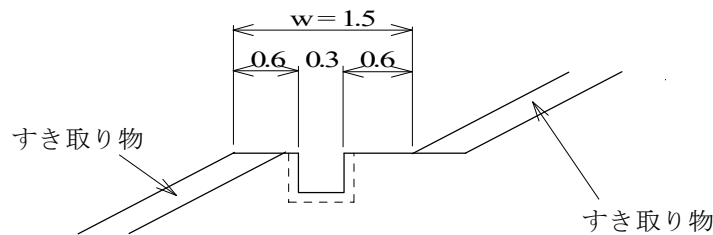
1. 設計

- ①盛土完成断面の外側に張り付けることを基本とする。
- ②張付厚(t)は10～30cmとし、決定にあたってはすき取り物の発生量を考慮するものとする。
- ③水が集中する箇所では、排水対策を十分行った上ですき取り物を施工すること。
- ④すき取り物が笹等の場合は、長さを30cm以下に切断して施工すること。
- ⑤平面部においても、張付厚(t)5cm以上で施工できることとする。
- ⑥すき取り物張り付けによる道路附属施設(道路標識等)の離れ(設置位置)は張付厚を考慮しないこと。
- ⑦適用内容と違う現場条件の場合は、寒地土木研究所寒地地盤チームと打ち合わせのうえ施工すること。



すき取り物による盛土法面緑化工の模式図

- ⑧側溝を設置する小段については、下図のようにすき取り物張り付け後の断面で設計小段幅を確保した上で、側溝の設置位置を決定する(側溝周辺の対処に関しては「6章 排水 6.6 法面排水」を参照)。



- ⑨なお、これによりがたい場合は別途検討する。

2. 施工管理

道路・河川工事仕様書1-2-4-5法面整形工による。

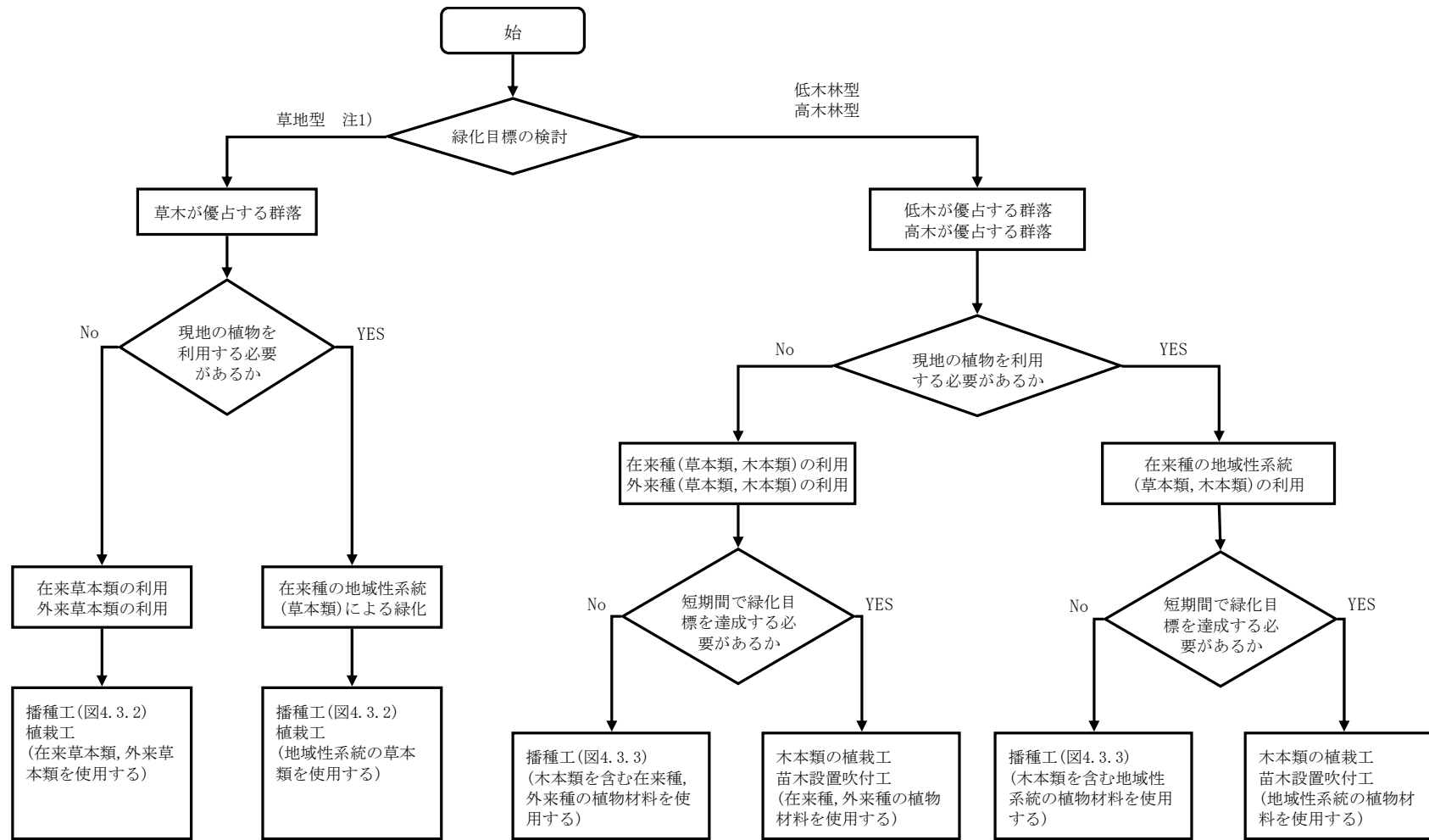
4.3.3 工法の選定

のり面を安定化させ、目標となる植物群落を将来的に造成することができる工法を、施工対象地の立地条件の十分な検討により選定する。

【解 説】

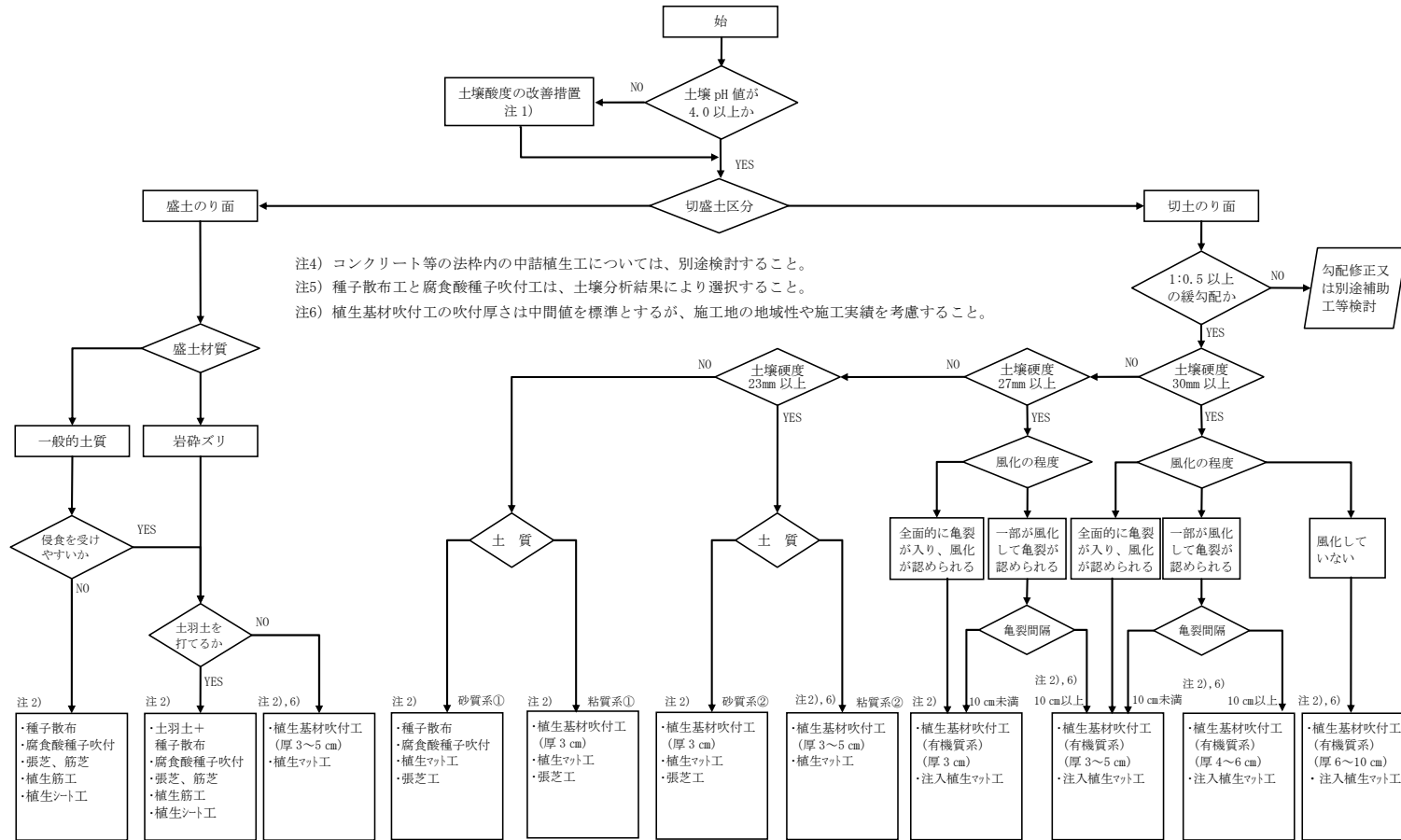
植物の発芽・育成は、温度、水分、肥料分、光などの条件によって異なるほか、木本類と草本類とでも大きく違う。そのため、施工対象地の立地条件を十分に検討した後、適する工法を選定することが重要である。また、将来の維持管理の軽減を考慮することも不可欠である。

植生工選定フローを図4.3.1～4.3.3に示す。



注1): 初期の目標を草本群落とし, 長期間かけて自然の遷移によって木本群落を形成する
場合を含む。

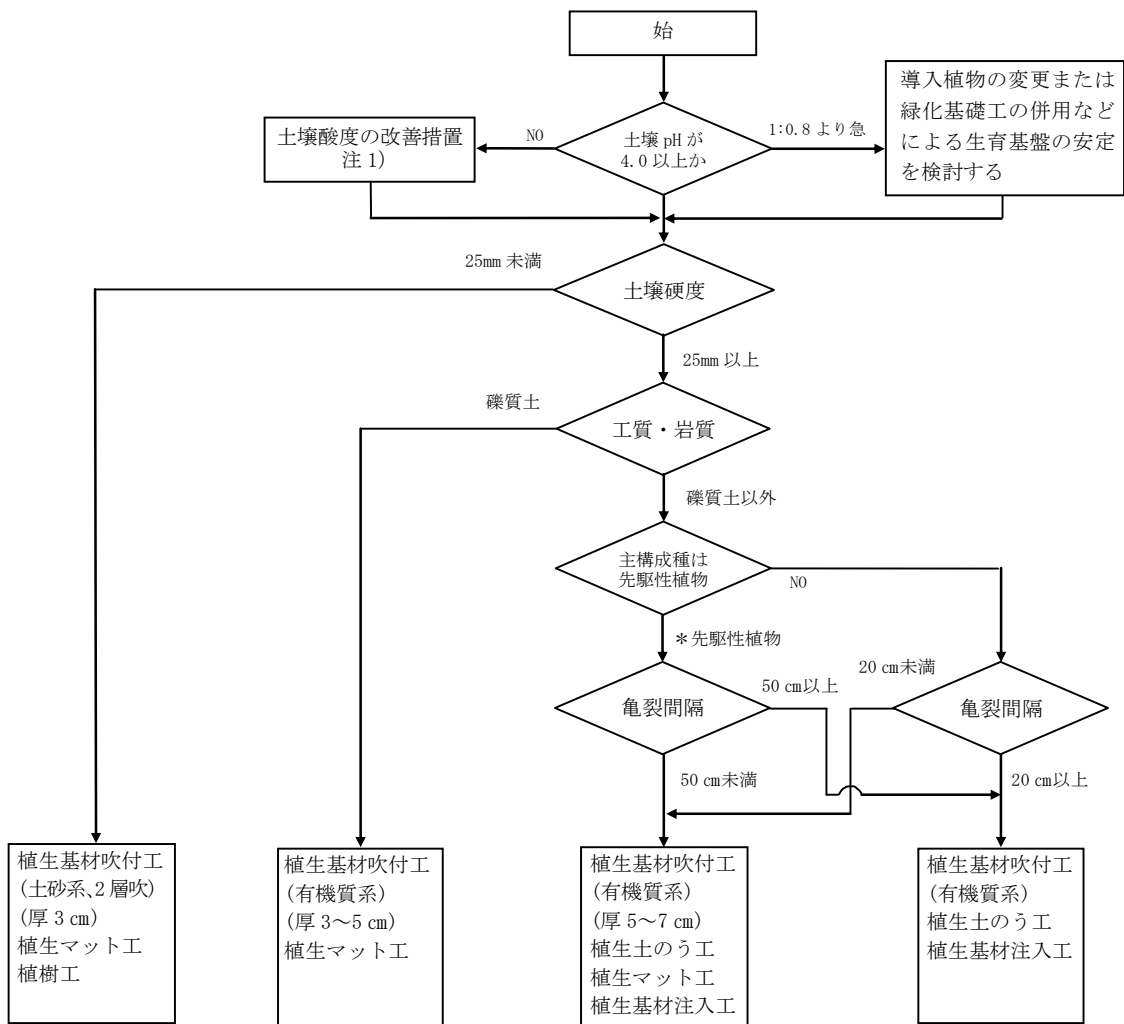
図4.3.1 植生工選定フロー(緑化目標及び植物材料からの選定)
道路土工 切土工・斜面安定工指針 (P226-227)



注4) コンクリート等の法枠内の中詰植生工については、別途検討すること。
 注5) 種子散布工と腐食酸種子吹付工は、土壤分析結果により選択すること。
 注6) 植生基材吹付工の吹付厚さは中間値を標準とするが、施工地の地域性や施工実績を考慮すること。

注1) 土壤酸性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こと。
 注2) 切土・盛土のり面では、施工時期・気象条件・施工規模・早期保護（現道）等の現場条件を勘案し、植生法を選定すること。
 注3) 亀裂のない岩盤やモルタル吹付面への施工については、枠工（現場吹付法枠工等）の併用も検討のこと。
 注4) コンクリート等の法枠内の中詰植生工については、別途検討すること。
 注5) 種子散布工と腐食酸種子吹付工は、土壤分析結果により選択すること。
 注6) 植生基材吹付工の吹付厚さは中間地を標準とするが、施工地の地域性や施工実績を考慮すること。
 注7) 植生マット類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こと。

図4.3.2 植生工選定フロー(草本類播種工等)
 道路土工 切土工・斜面安定工指針 (P228-229) に加筆



- 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等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4.3.3 植生工選定フロー(木本類播種工等)
 道路土工 切土工・斜面安定工指針 (P230) に加筆

4.4 のり砕工

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

【解説】

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

表4.4.1 のり砕工の種類

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

4.4.1 のり砕工の選定と特徴

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

【解 説】

(1) のり砕工の選定 表4.4.2を参考とする。

表4.4.2 のり砕工の選定表

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

(2) のり砕工の種類別の特徴をまとめると表4.4.3のようになる。

表4.4.3 のり砕工の選定表

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

4.4.2 プレキャスト枠工

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

【解説】

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

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

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

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

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

4.4.3 現場吹付のり砕工

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

【解 説】

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

また、土圧が作用する場合には設計計算を行うものとする。

① のり面保護工法

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

② のり面抑止工法

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

フレーム砕は、この目的で使用される時は①ののり面保護の目的以外にアンカー引張り力により地山のすべり抵抗力を増大させる際の支持砕としての役割を受け持つことになる。

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

但し、応力上問題がない事を確認の上省略することも可能とする。

ロックボルト併用の場合は、この限りでない。

参考文献

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

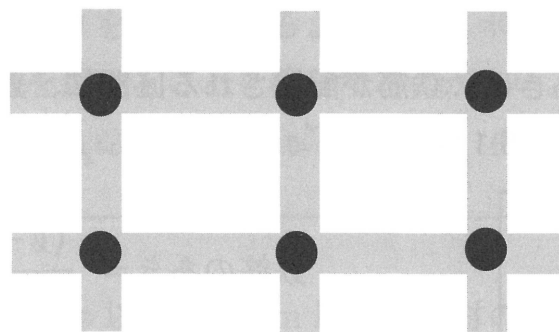


図4.4.1 グラウンドアンカー工と併用した場合ののり砕端部処理の例

(2) 設計

1) のり面保護工法

(a) 基本形状の決定

・ 断面の決定

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

標準断面は200×200とする。

・ 枠中心間隔の決定

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

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

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

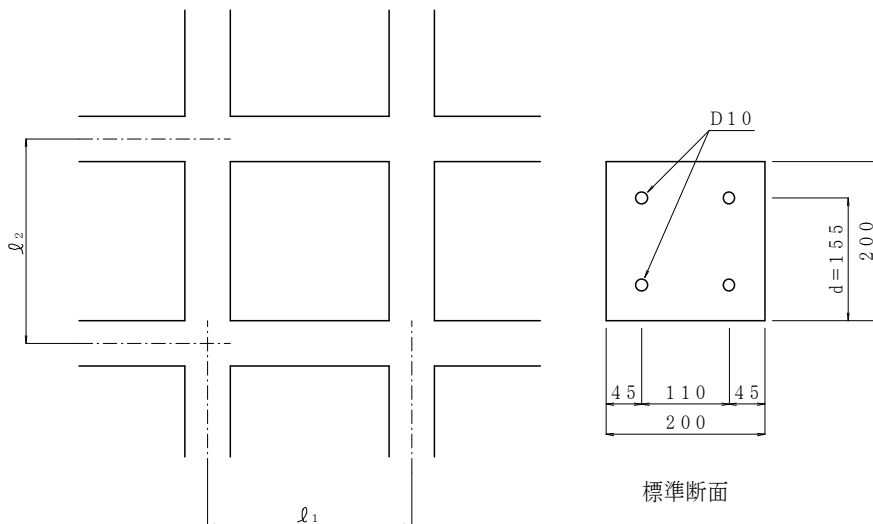


図4.4.2 のり枠隔と標準断面

・ 枠内の排水

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

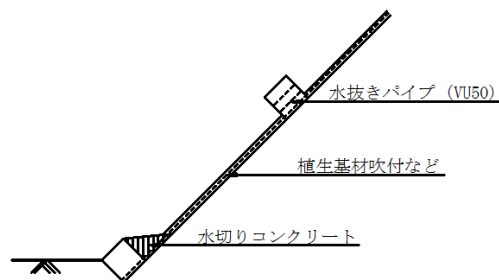


図4.4.3 枠内排水の設置例

設計計算を行う場合の基本的フローを以下に示す。

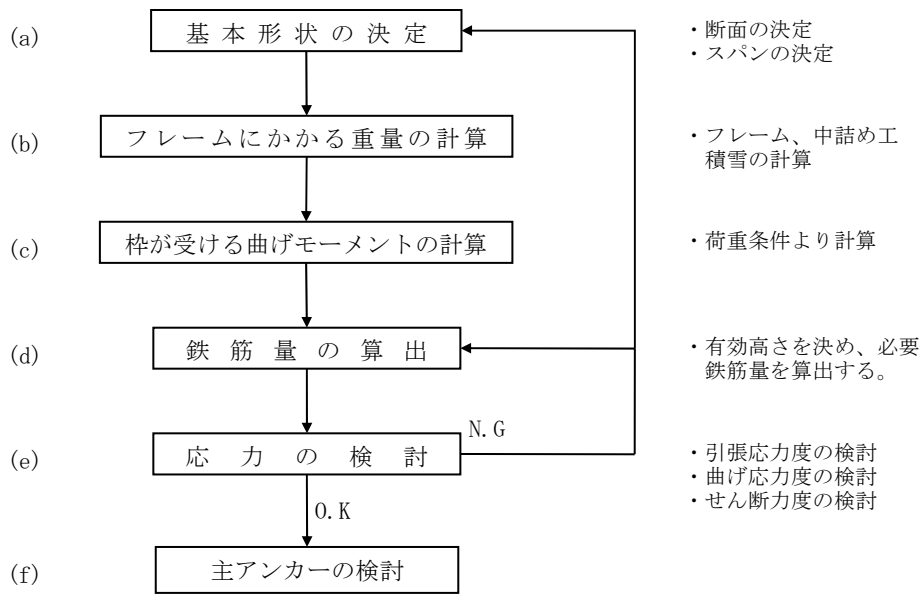


図4.4.4 のり面保護工法フロー

(b) フレームにかかる重量の計算

重量としては、以下のものを考える。

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

これらの計算は、1スパン当たりで行う。

(注) 積雪荷重はのり勾配に応じ次のとおりとする。

1 : 0.6未満…積雪重量を考慮しない

1 : 0.6以上～1 : 1.0未満…通常の積雪深の1/2を考慮する

1 : 1.0以上…通常の積雪深100%を考慮する

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

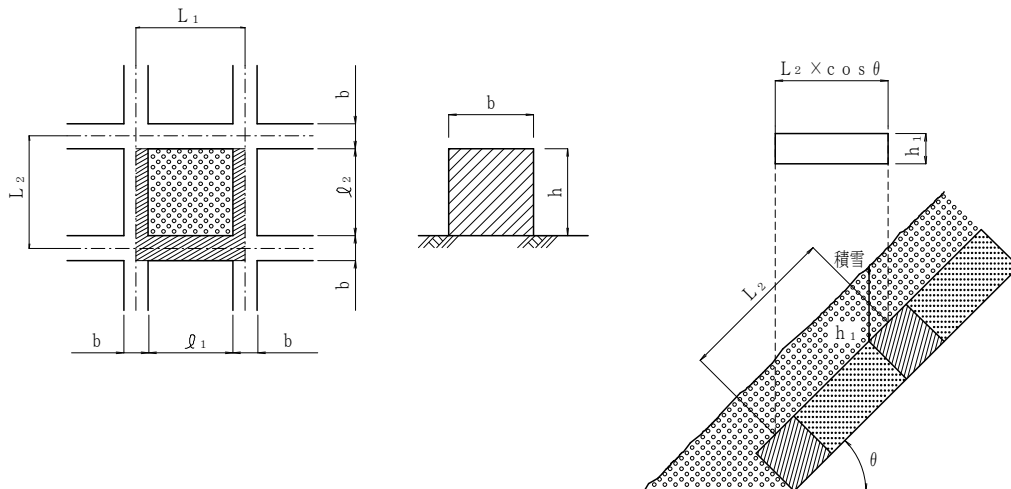


図4.4.5

求める1スパン当たりの荷重W(kN/スパン)は、

$$W = W_c + W_e + W_s$$

W_c : 1スパン当たりの枠重量 (kN/スパン)

W_e : 1スパン当たりの枠内中詰め重量 (kN/スパン)

W_s : 積雪重量 (kN/スパン)

$$W_c = (L_1 + \ell_2) \times b \times h \times \gamma_c$$

$$W_e = \ell_1 \times \ell_2 \times h \times \gamma_e$$

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

ここで、 γ_c : フレーム枠の単位体積重量(鉄筋考慮)

モルタル 23.0kN/m³

コンクリート 24kN/m³

γ_e : 中詰め(客土、土のう、モルタル、コンクリート等)の単位体積重量

客土(土のう) 16~18kN/m³

客土(植生基材) 12~14kN/m³

モルタル 21kN/m³

コンクリート 22.5kN/m³

h_1 : 設計積雪深

施工場所、のり勾配、のり方向等の条件を考慮して決定する。

30年確率最大積雪深を原則として用いる。

積雪の単位重量は、最大積雪深4.0mまでは3.5kN/m³とする。

(c) 枠が受けるモーメントの計算

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

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

枠と地山の付着力は、安全を見て無視する。

横枠が等分布荷重を受けると考えれば、

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

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

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

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

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

(d) 鉄筋量の算出

必要鉄筋量 A_s' (mm²)は、

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

$A_s' \leq A_s$ となるような A_s を左右に使用する。

d : 有効高さ(mm)

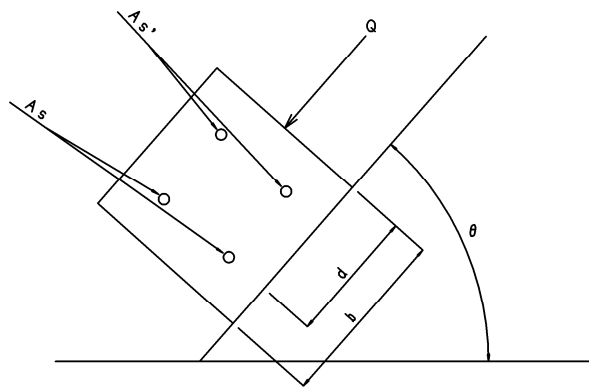


図4.4.6

鉄筋の純かぶりは4.0cm以上とする。

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

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

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

(e) 応力度の検討

(d)で決定した鉄筋が応力の点で十分か検討を行う。

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

pより係数 j、mを算出する。

鉄筋の引張応力度 (σ_s)

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

モルタルおよびコンクリートの曲げ圧縮応力度 (σ_c)

$$\sigma_c = \frac{\sigma_s}{m} \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_{ca} = 7 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

モルタルおよびコンクリートのせん断応力度 (τ)

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

全て満たせばOK

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

(f) 主アンカーの検討

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

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

$$\tau_s = \frac{Q}{A_s} \leq \tau_{sa} = 80 \text{ N/mm}^2$$

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

2) のり面抑止工法

(a) 断面及び形状の決定

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

表4.4.4

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

以下に設計の基本的フローを示す。

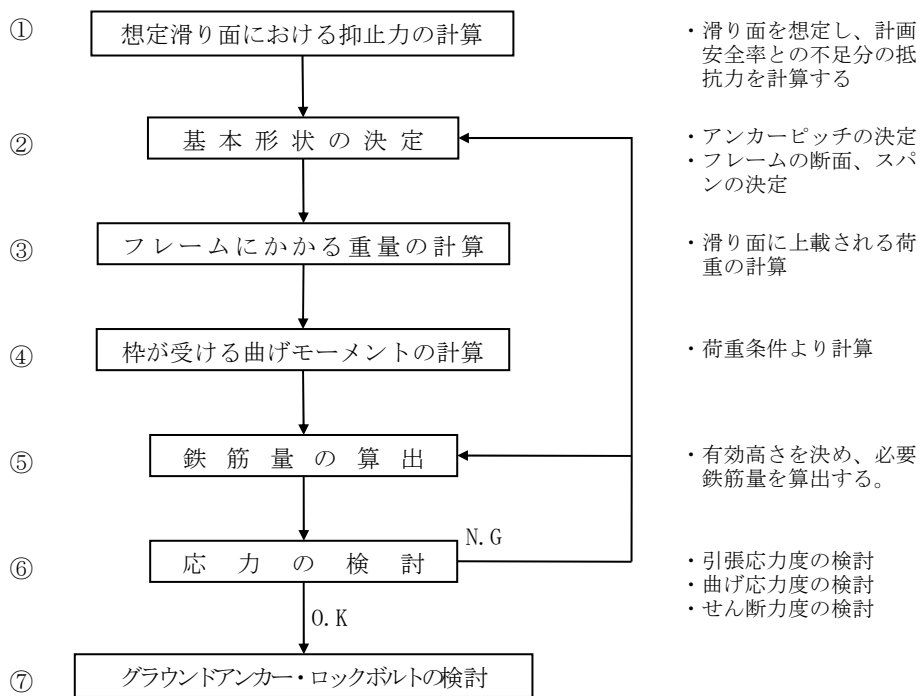


図4.4.7

(b) グラウンドアンカー併用工法

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

① 想定すべり面における抑止力の計算

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

地すべりの安全率は次式で求められる。

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

F_s : 安全率 ℓ : 滑り面の長さ (m)

c : 粘着力 (kN/m²(tf/m²)) θ : 滑り面の角度 (°)

ϕ : 内部摩擦角 (°) W : 分割片の重量 (kN/m(tf/m))

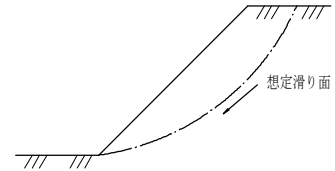


図4.4.8

・地山の c 、 ϕ 既知の場合

地質調査により地山の c 、 ϕ が決定している場合や前設計等で既に c 、 ϕ が使用されている場合は、原則としてそれを用いて計算を行う。

・地山の c 、 ϕ 未知の場合

現状の安全率を仮定して c 、 ϕ は逆算法により決定する。

滑動が見られる場合 現状の安全率 0.95~1.00

・現在安定している場合 現状の安全率 1.00~1.15 (第2集第3章参照)

計画安全率 F_{sp} を決め、必要抑止力 Pr を求める。

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

・計画安全率 F_{sp}

計画安全率 F_{sp} は、1.05~1.20 とする。

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

② 基本形状の決定

①で算出した必要抑止力 Pr より、必要アンカー力 Tr を求める。

$$Tr = \frac{Pr}{\sin \beta \cdot \tan \phi + \cos \beta} \text{ (kN/m)}$$

β : アンカー方向と滑り面の成す角度

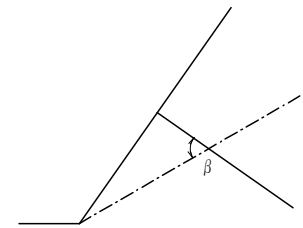
$\beta = \text{すべり面角度} (\alpha) + \text{アンカー傾角} (\theta)$

すべり面角度 (θ) は原則としてアンカー設置範囲の平均的な角度を使用する。

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

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

実際の設計荷重は、これにフレーム枠の重量による荷重も加えて求める。



・フレームのスパン

上で求めたアンカーピッチ、段数に合わせてフレーム枠の縦横スパンの長さを決定する。

・フレームの断面

導入力の大きさ、ピッチ等を考慮してフレームの断面を決定する。決定した断面を用いて鉄筋量および応力の検討を行い、十分なことを確認する。

③ フレームにかかる重量の計算

重量としては、以下のものを考える。

- ・ フレーム枠の重量
- ・ 枠内中詰め工の重量
- ・ 積雪重量

これらは、右図のようにアンカーの横ピッチ@当りで考える。

それぞれの計算の方法は、のり面保護工法の時と同様である。

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

この荷重により必要抑止力の増分は、

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

アンカー設計荷重の増分は、

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

これより、アンカー1本当りの設計荷重 T_p が求まる。

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

この設計荷重 T_p を用いて、枠に加わるモーメントを求める。

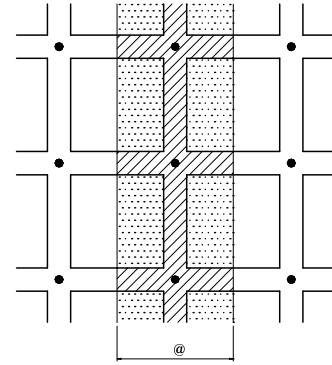


図4.4.9

④ 枠が受ける曲げモーメントの計算

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

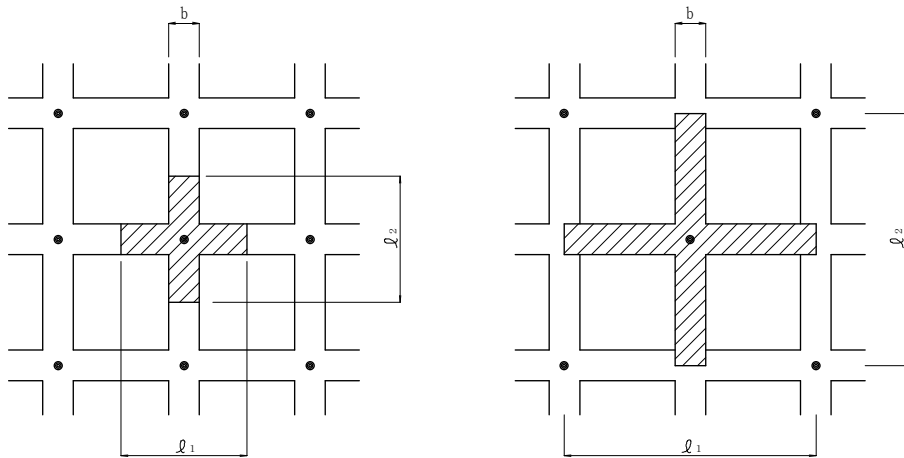


図4.4.10

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

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

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

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

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

ただし、 l ： l_1 と l_2 のうち長い方の値(m)

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

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

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

ただし、 l_3 ：張出し長(m)

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

⑤ 鉄筋量の算出

必要鉄筋量 A_s' (mm^2)は、

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

d : 有効高さ (mm)

h : 高さ (mm)

b : 幅 (mm)

鉄筋の純かぶり は 4.0cm を標準とする。

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

$A_s \geq A_s'$ となる鉄筋量を上下に配置する。

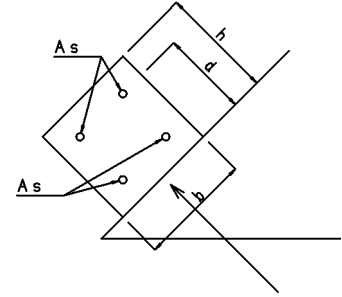


図4.4.11

⑥ 応力度の検討

のり面保護工法の場合と同じく検討を行う。

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

p より係数 j、m を求める。

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \leq \sigma_{sa} = 196 \text{N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\sigma_c = \frac{\sigma_s}{m} \leq \sigma_{ca} = 7 \text{N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d} \leq \tau_a = 0.4 \text{N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

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

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

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

ここに、 A_w : スターラップの必要断面積 (cm^2)

s : スターラップ間隔 (mm)

S_v : スターラップが受けるせん断力 (N)

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

他項が NG の場合は、⑤において鉄筋量を増やすか、②にもどってフレームの断面、スパンの変更を行い、十分なものになるよう検討する。

⑦ グラウンド・アンカーの検討

地盤工学会「グラウンド・アンカー設計施工基準・同解説」による。

⑧ 注入材料の仕様

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

(c) ロックボルト併用工法(切土補強土工としての計算)

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

① 想定滑り面における抑止力の計算

安定計算式を次に示す。

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

ここに、 F_{sp} : 計画安全率(本設=1.2)

P_r : 補強材の抑止力

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

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

β : 補強材とすべり面となす角度 (°)

ϕ : すべり面の内部摩擦角 (°)

λ : 補強材の引張り力の低減係数 (=0.7)

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

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

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

T_{sa} : 補強材(ロックボルト材)の許容引張り力

c : 粘着力 (kN/m²)

ℓ : 滑り面の長さ (m)

θ : 滑り面の角度 (°)

計画安全率 F_{sp} を求め、必要抑止力 P_r を求める。

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

② 基本形状の決定

①で算出した必要抑止力 P_r より、ロックボルトの設計引張り力を求める。

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

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

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

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

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

③ ロックボルトの最低定着長

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

④ ロックボルトの長さ

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

⑤ フレームにかかる重量の計算

重量としては、以下のものを考える。

- ・フレーム枠の重量
- ・枠内中詰め工の重量
- ・積雪重量

これらは、右図のようにロックボルトの横ピッチ@で考える。

それぞれの計算の方法は、のり面保護工法の時と同様である。

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

この荷重により必要抑止力の増分は、

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

ロックボルト設計荷重の増分は、

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

これより、ロックボルト1本当りの設計荷重 T_p が求まる。

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

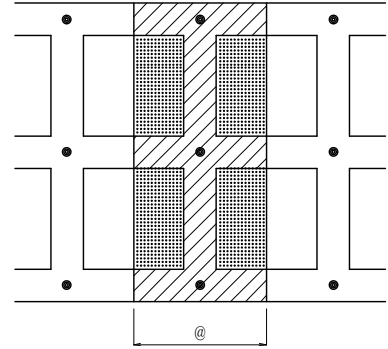


図4.4.12

⑥ ロックボルトの検討

- ・ロックボルトの必要断面積

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

ここに、 σ_{sa} = 補強材(ロックボルト材)の許容引張応力度 (kN)

ロックボルトの必要定着長(不動地山における定着長)

i) 地山と注入材による L_{pa}

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

ii) 補強材と注入材による L_{ca}

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

ここに、 D : 削孔径 (m)

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

d : 補強材径 (m)

τ_c : 補強材と注入材の許容付着力 (kN/m²)
(表4.4.6より)

F_{sa} : 極限周面摩擦抵抗の安全率 (本設=2)

表4.4.5 極限周面摩擦抵抗の推定値

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

出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針、平成21年6月

表4.4.6 注入材と異形鉄筋の許容付着応力度(N/mm²)

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

出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針、平成21年6月

⑦ 枠の設計

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

⑧ ロックボルトの現場試験

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

i) 引抜き試験

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

1) 試験本数

設計上の地質毎に3本を標準とする。

尚、これを最低本数として、必要に応じ、試験本数を増やすことが出来る。

2) 定着長

定着長は1m程度とする。

3) 自由長部の処理

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

4) 最大試験荷重

ボルト材降伏強度の90%以下とする。

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

5) 計測項目

最低として行う4項目(載荷荷重、試験時間、補強材変位、反力装置変位)

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

ii) 確認試験

施工後のボルトが設計を満足するものであるかどうかを確認することを目的としている。しかし、ロックボルトは全面定着式であり、鋼材を引張ることがそのまま設計耐力の確認になっているとは言えない。従って、ボルト全数について試験を実施することは、いたずらに現場作業を増やし、工費を増大させるだけであるので、これを全数の3%程度にとどめ、その代わり日常の施工管理でこれを補うものとする。

1) 試験本数

全数の3%とし、最低試験本数は3本とする。

2) 最大試験荷重

施工後のボルト頭部に、過大に引張り荷重を与えると本来生じるところでない付着部の破損を引き起こす恐れがある。従って、最大試験荷重は設計荷重とする。

3) 計測項目

最低として行う4項目(載荷荷重、試験時間、補強材変位、反力装置変位)

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

⑨ ロックボルトの防食処理

i) 通常腐食環境の補強材頭部(ナット、プレート)

亜鉛メッキ地肌処理を標準とする。

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

ii) 頭部キャップによる頭部処理(ナット、プレート)

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

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

iii) ボルト(鋼棒)の防食処理

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

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

iv) ボルト材孔口付近

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

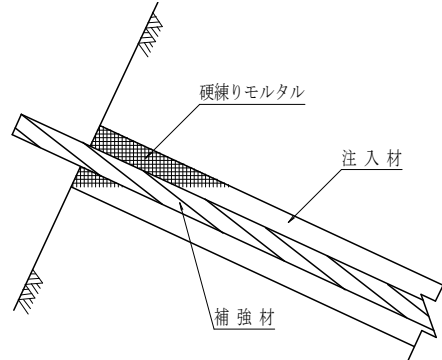


図4.4.13

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

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

⑩ ロックボルトの注施工

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

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

ii) 注入材料の仕様

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

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

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

⑪ ロックボルトの施工手順 (例)

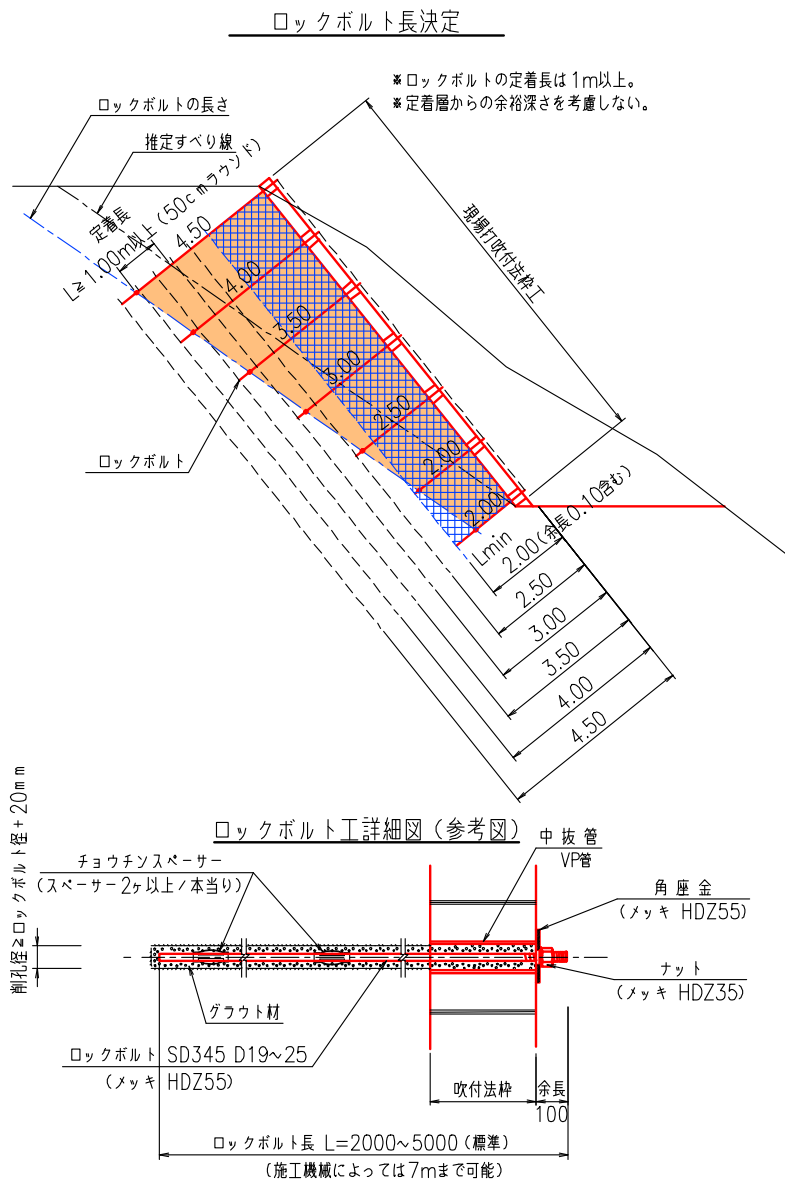
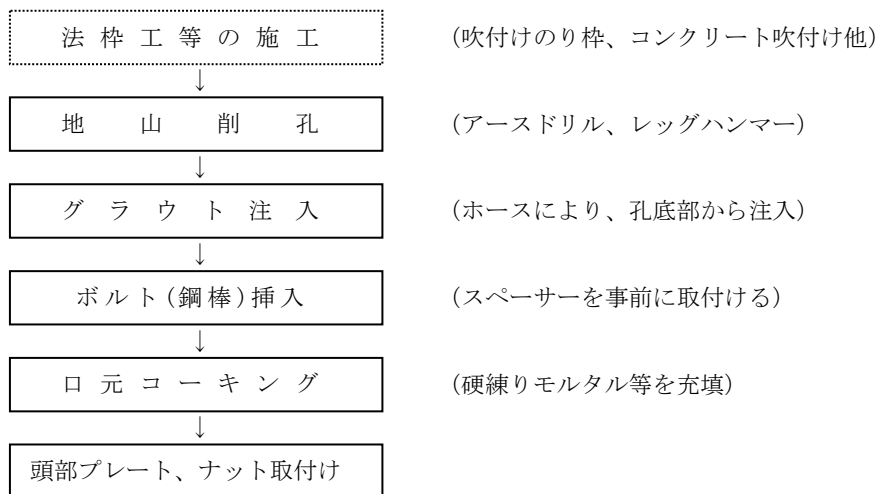


図4.4.14 ロックボルト標準図

4.4.4 現場打コンクリート枠工

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

【解説】

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

4.4.5 中詰工の種類

のり枠工の中詰工には、次に示すような種類がある。

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

【解説】

中詰工の種類別の概要は、「のり枠工の設計・施工指針(改訂版第3版)」(P22-23)を参考とすること。その他、透水性コンクリート工もあるが、適用の際は凍上の問題を検討すること。

4.4.6 盛土のり面における中詰工

盛土のり面における中詰工の選定の目安は次のとおりである。

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

【解 説】

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

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

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

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

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

4.4.7 切土のり面における中詰工

切土のり面における中詰工の選定の目安は次のとおりである。

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

【解説】

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

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

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

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

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

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

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

- 1) 公園協議等でのり枠を含めて緑化が必要とされる場合は、土のう積工を用いる。
- 2) 枠内植生安定をはかるための土のう止金網については、1:0.8から急なのり面に設置するのを標準とする。

4.5 のり枠工の基礎

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

【解説】

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

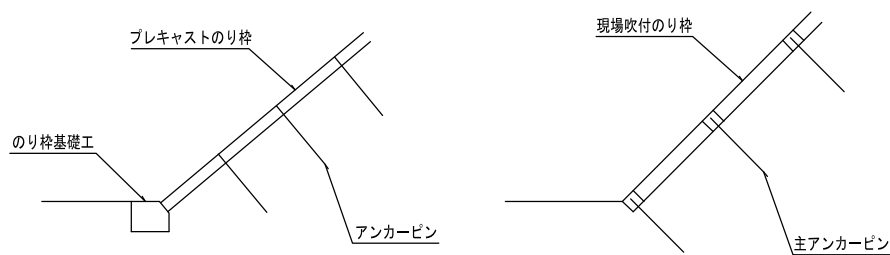


図4.5.1

- (3) 基礎工の形状は土質(土砂類、岩)によって次のようにする。

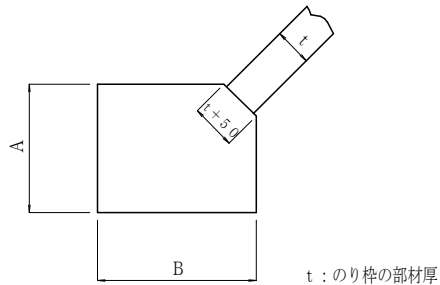


図4.5.2 基礎の形状

表4.5.1

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

- (4) 現場打コンクリート枠工については別途考慮するものとする。

4.6 アンカーピン

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

【解説】

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

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

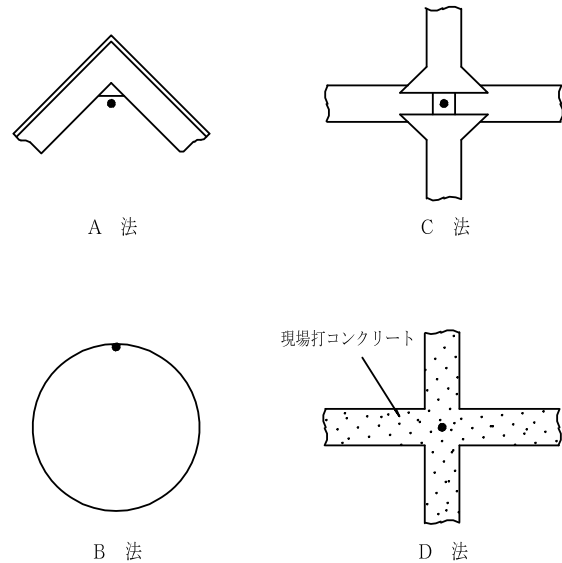


図4.6.1 アンカーピンと部材の結合方法

4.7 地下排水工

のり面に湧水などの流下水がある場合には必要に応じて地下排水工を設ける。

【解説】

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

4.8 ふとんかご工

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

【解 説】

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

表4.8.1 特殊ふとんかご仕様及び使用区分 (1)

線 径	規 格・形 状・寸 法						中詰材 80mm級 (m^3)	標準使用区分
	網 目 (mm)	高 さ H (mm)	長 さ L (m)	幅 W (m)	骨線径 (mm)	骨線間隔 (m)		
3.2mm	50	250	2.0	1.0	4.0	1.0	0.60	のり面被覆用
	50	250	1.0	1.0	4.0	—	0.30	

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

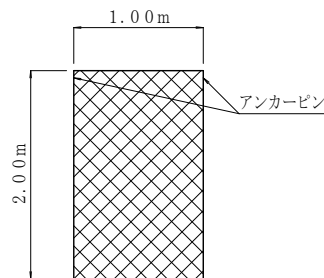


図4.8.1

2. アンカーピンは1m²当たり1本を標準とする。又アンカーピンの規格はSS400 $\phi = 22\text{mm}$ L=1.0m 先端は4面加工でフックなしとする。
3. かごは、(2.0×1.0)の縦張りを標準とするが、現地状況を勘案し、適切な配置とする。

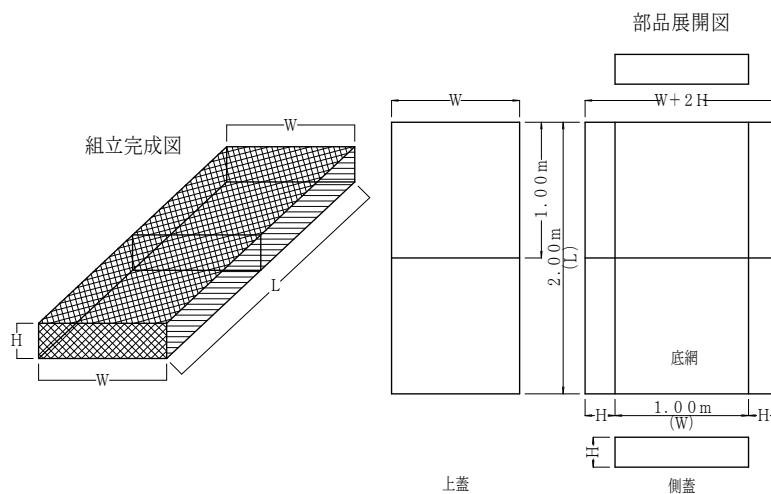


図4.8.2 のり面被覆用特殊ふとんかごの規格

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

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

表4.8.2 ふとんかご仕様及び使用区分（2）

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

表4.8.3 ふとんかご仕様及び使用区分（3）

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

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

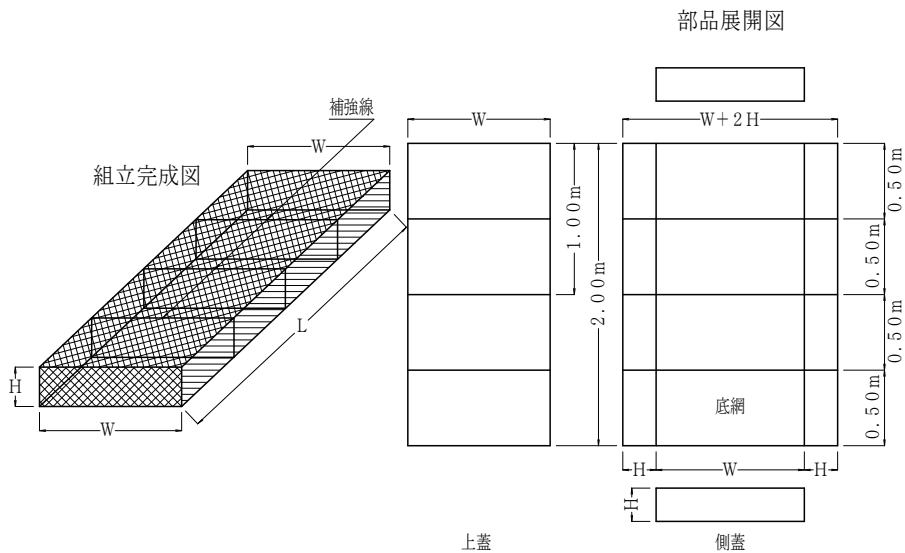


図4.8.3 のり面被覆用（階段式）および流水処理箇所用 ふとんかごの規格・寸法

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

階段式

(単位mm)

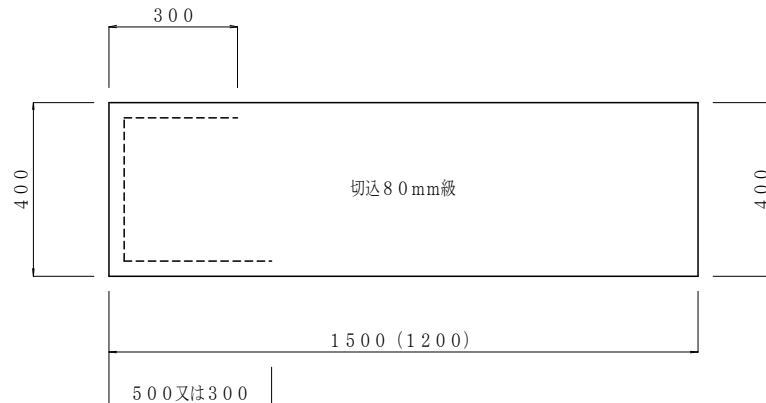


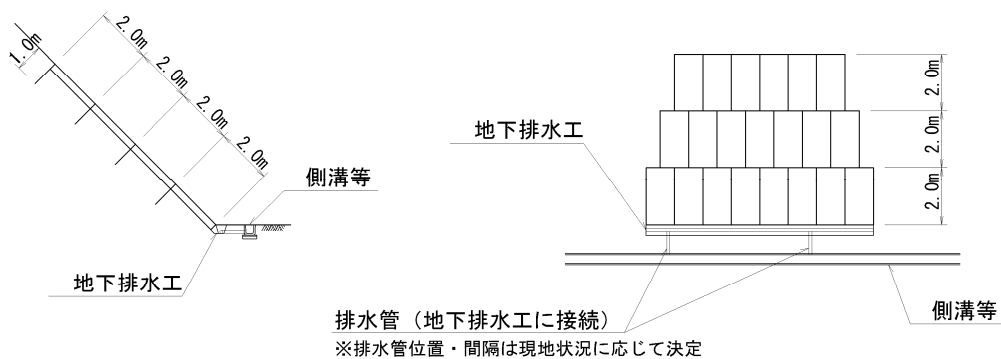
図4.8.4

- 注) 1. 設置位置は、ふとんかご前面及び端部両小口とする。
 2. 公示方法は、プラスチック網 網目6mm×6mm幅 1.20mかご下端取付幅50cmまたは合成繊維シート系 入厚4.0mm以上下端取付幅30cmとして公示する。
 3. 積算は、ふとんかご前面延長で計上しているが、端部両小口も取付すること。

特殊ふとんかご及びふとんかご工の設置参考図を図4.8.5に示す。

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

特殊ふとんかご (のり面被覆用)



ふとんかご (階段式)

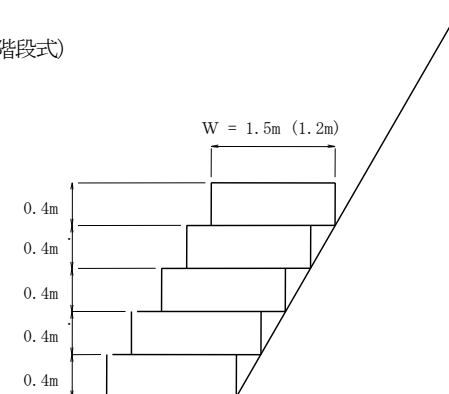


図4.8.5