

章 計画と設計

- 1 モルタル・コンクリート吹付工の目的

モルタル・コンクリート吹付工は、風化しやすい岩、風化してはげ落ちるおそれのある岩、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などで植生工が適用できない箇所に用いる。

* 「道路土工 のり面工・斜面安定工指針」平成 11 年 3 月：(社)日本道路協会：抜粋

モルタル・コンクリート吹付工は、不透水性材質で地山を覆うことにより、侵食や風化を抑制し、法面の安定を図り、上部斜面に波及が予想される荒廃を防止することを目的とする。したがって、岩石が露出し、緑化等が困難な法面で放置すれば上部斜面に崩壊が進行する恐れのある場合に用いる。

当工法は広い面積に効率よく施工でき、急勾配やオーバーハングした法面にも施工できる工法である。

- 2 計 画

- 2 - 1 計画地調査

現地調査に先立ち、既存の文献等を用いて計画地周辺の自然環境条件（地形・地質・気象・植生等）を調査し、現場条件を充分把握する。現場では法面状況（土質、岩質の硬軟 岩の風化の度合い 湧水の有無 安定勾配の確保の可否 緑化工の可能性等）を詳細に調査する。

- 2 - 2 工法の選定

工法の選定にあたっては、現地調査の結果をもとに長期的な安定確保を主目的として、経済性、施工条件、維持管理および景観・環境保全を考慮しなければならない。また、他の工種との比較検討を行う必要がある。（表 - 2・3、図 - 1）

検討の結果、崩壊法面の落石防止や雨水・凍上等による法面風化を防止する必要があると判断された場合に、モルタル・コンクリート吹付工を計画する。

また、モルタルとコンクリートの適用区分は経験則によるところが大きいが、表 - 1 を参考に検討する。

表 - 1 モルタル・コンクリート吹付工の区分

工 法	判定基準 1	判定基準 2
モ ル タ ル 吹 付	地盤が軟岩以上で、法面自体が十分安定している。 気象条件（寒暖の差）もよく、湧水処理が可能な場所に適用する。	硬岩、準硬岩で、小さな落石が多く発生し易い場合 雨水、凍上等により風化し易い地山の場合 地山のゆるみ厚が小さく落石規模も小さい場合
コンクリート 吹 付	地盤が軟岩以上であることを原則とするが、固結の高い砂質土や礫混じり土以上（土丹）にも計画できる。しかしこの場合、風化の程度や湧水、気象条件、法面勾配等を考慮して、他の工種との比較検討を行う。	軟岩及びくずれ易い準硬岩で法面全体が均一でなく風化の進んだ場合でモルタル吹付では適さない場合 湧水、雨水、凍上等により風化し易い地山の場合

判定基準 1：「最新斜面・土留め技術総覧 編集：最新斜面・土留め技術総覧編集委員会」発行：(株)産業技術サービスセンター

判定基準 2：「設計基準(1)(共通・道路) 監修：長野県土木部 平成 10 年」発行：(財)長野県建設技術センター

表 - 2 主な法面保護工の工種と目的

植生工	種子散布工 客土吹付工 植生基材吹付工 張芝工 植生マット工 植生シート工	浸食防止 凍上崩落抑制 全面植生(緑化)
	植生筋工 筋芝工	盛土のり面の浸食防止 部分植生
	植生土のう工	不良土 硬質土のり面の浸食防止
	苗木設置吹付工	浸食防止 景観形成
	植栽工	景観形成
	構造物によるのり面保護工	編柵工 じゃかご工
プレキャスト枠工		中詰が土砂やくり石の空詰めの場合は浸食防止
モルタル・コンクリート吹付工 石張工 ブロック積工		風化 浸食 表面水の浸透防止
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おそ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 ふとんかご工 井桁組擁壁工 コンクリート擁壁工		ある程度の土圧に対抗
補強土工(盛土補強土工 切土補強土工) ロックボルト工 グラウンドアンカー工 杭工		すべり土塊の活動力に対抗

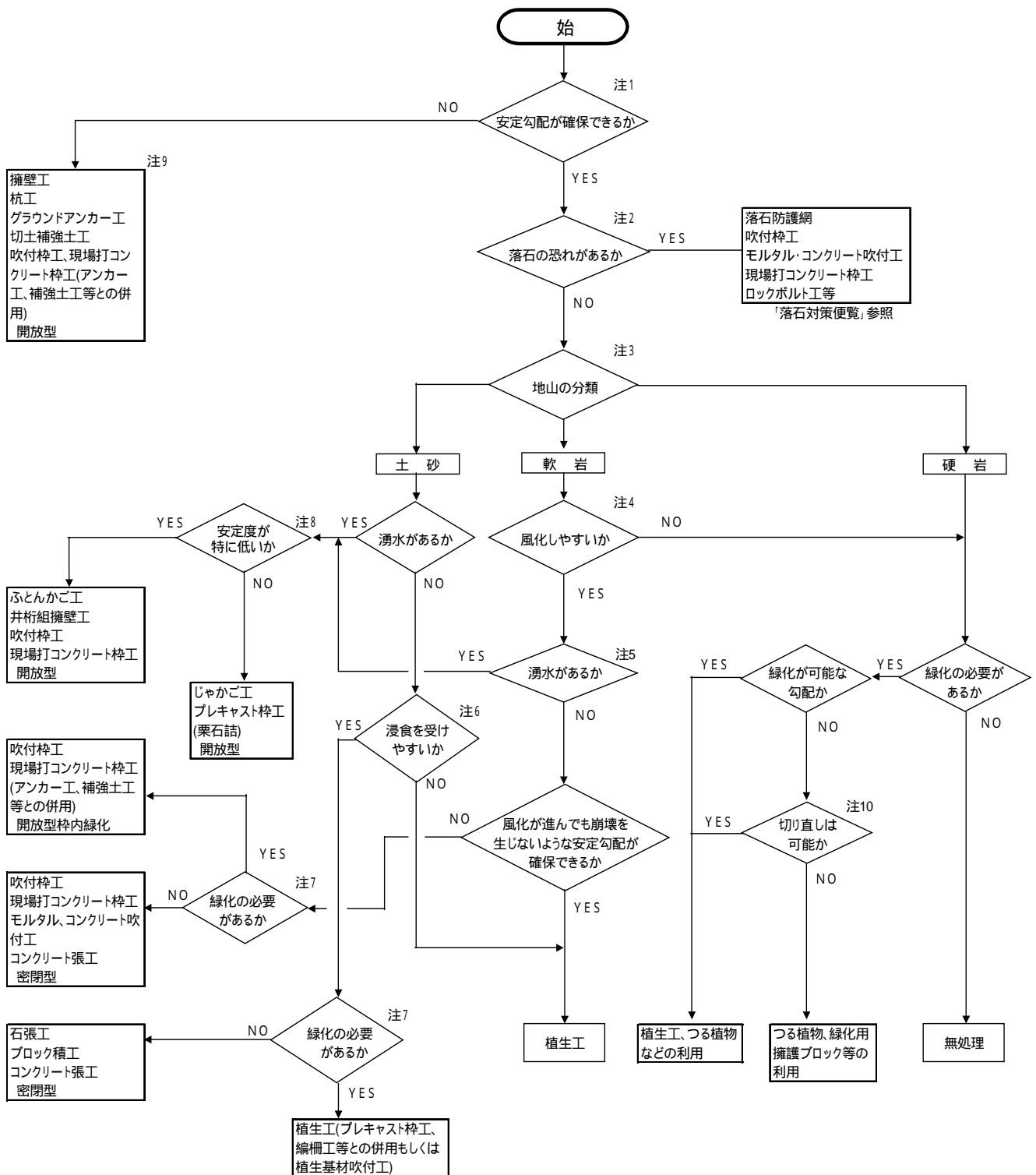
*「道路土工 のり面工・斜面安定工指針」平成11年3月:(社)日本道路協会

参考 1

経験を生かす

法面状態の調査では、計測器等は使用せず目視調査によって行うのが普通であり、その判定精度には限界が生じる。工種判定が困難な時は写真を撮影し野帳へ法面の特徴を記入して、他の技術者に相談するのがよい。

また、工法選定にあたっては、文献(道路土工・のり面工・斜面安定工指針-)等のフローを参考に決定する。(図 - 1)



- 注1) 地山の土質に応じた安定勾配としては、「道路土工」のり面工・斜面安定工指針 表3-1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を行う。
- 注2) 落石のおそれの有無は、「道路土工」のり面工・斜面安定工指針 2-3-6 落石の調査、および「落石対策便覧」を参考にして判断する。
- 注3) 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4) 第三紀の泥岩、かつ岩、固結度の低い凝灰岩、蛇紋岩等は切土による応力解放、その他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、蜜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) しらす、まさ、山砂、段丘礫層等、主として砂質土からなる土砂は表面水による浸食には特に弱い。
- 注7) 自然環境への影響緩和、周辺景観との調和、目標植生の持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、井桁組擁壁工、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」のり面工・斜面安定工指針 3-5 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。

「道路土工」のり面工・斜面安定工指針、平成11年3月：(社)日本道路協会

図 - 1 切土法面における法面保護工の選定フロー

表 - 3 構造物による法面保護工選定の目安

区 分	使 用 目 的						地 山 条 件					備 考
	侵食防止	風化防止	落石防止	表面浸透対策	地下水湧水対策	多少の土圧対策	岩	土砂	破砕地	地すべり地	植生不良土	
プレキャストのり枠工	栗石詰め	x	x	x		x	x					寒冷地の適用には注意
	土砂詰め			x		x						1:1.0以上の急勾配...土砂落下に注意
	栗石、ブロック詰め				x	x	x					1:0.8以上の急勾配に最適
モルタル・コンクリート吹付工					x			x		x		湧水処理に配慮
石積・ブロック積工					x							美観上に問題あり
編柵工				x			x					侵食防止に限度あり
じゃかご・ふとんかご工				x			x					
井桁工				x			x					枠組み擁壁工も同じ
現場打のり枠工				x								中詰め材の選定に配慮
コンクリート張工					x							もたれ擁壁工も同じ
重力式擁壁					x							
のり面アンカー工					x			x				
抑止杭工												おもに復旧対策
落石防護柵スロープネット												侵食防止にも効果あり
表面排水工												
地下排水工												

(凡例) ...特に適していると思われるもの ...一部の例外を除いて適していると思われるもの
 ...適するケースと適さないケースがあるもの ...間接的な効果があるもの
 ...本来の目的ではないが効果があるもの x...適用しない方が好ましいもの

環境庁「自然公園におけるのり面緑化基準」1980年:(社)道路緑化保全協会

- 3 設 計

- 3 - 1 吹付厚の決定

吹付厚の設計は、岩質、法面形状、勾配等の地質・地形条件や凍結度合等の気象条件を考慮し、安全で経済的な吹付厚を決定する。一般に、モルタル吹付工の吹付厚は5～10cm、コンクリート吹付工は10～20cmを標準¹とする。

地山状態に対応する吹付厚及び補助材の基準の一例を図 - 1・2 に示す。

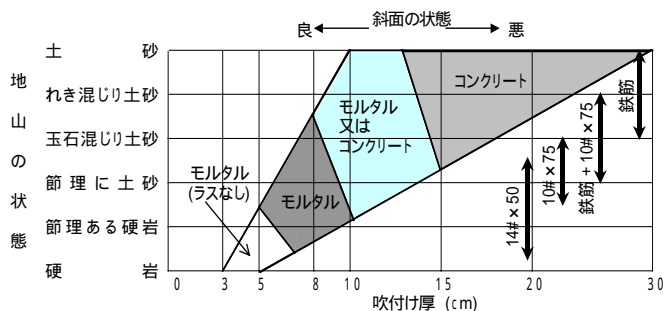


図 - 2 地山の状態と吹付厚

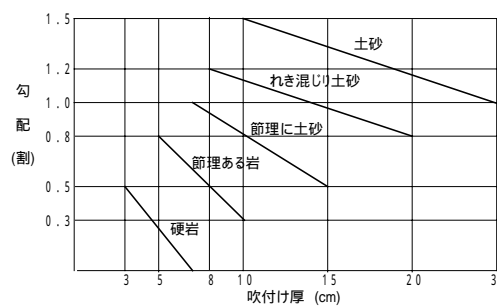


図 - 3 斜面勾配と吹付厚

(最新斜面・土留技術総覧 (株)産業技術サービスセンター)

参 考 2

吹付厚

「道路土工 のり面工・斜面安定工指針」では、モルタル吹付工の吹付厚は8～10cm、コンクリート吹付工は10～20cmを標準としている。

近年、ファイバー類の混合による補強吹付工の事例が増えてきており、この場合の吹付厚はこの限りではない。しかし、この工法に関しては耐久性等の点で未解決な面もあるため、使用にあ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、吹付厚を10cm以上にする必要がある。

*「道路土工 のり面工・斜面安定工指針」平成11年3月:(社)日本道路協会

¹ 「モルタル・コンクリート吹付工 設計・施工の手引き」平成6年9月 長野県林務部

- 3 - 2 湧水対策

計画法面に湧水がある場合は、湧水の位置、量、湧水箇所から下部斜面にかけての侵食状況を充分調査し排水処理を検討する。排水処理の方法は地下排水工（暗渠工）が有効である。法面の湧水状況により排水工をW形状や枝状などに配置し、法尻の排水溝まで誘導する。なお、広範囲に及ぶ集水マットの一面張は、モルタル・コンクリートと地山との接着面積を減少させてしまうため注意が必要である。

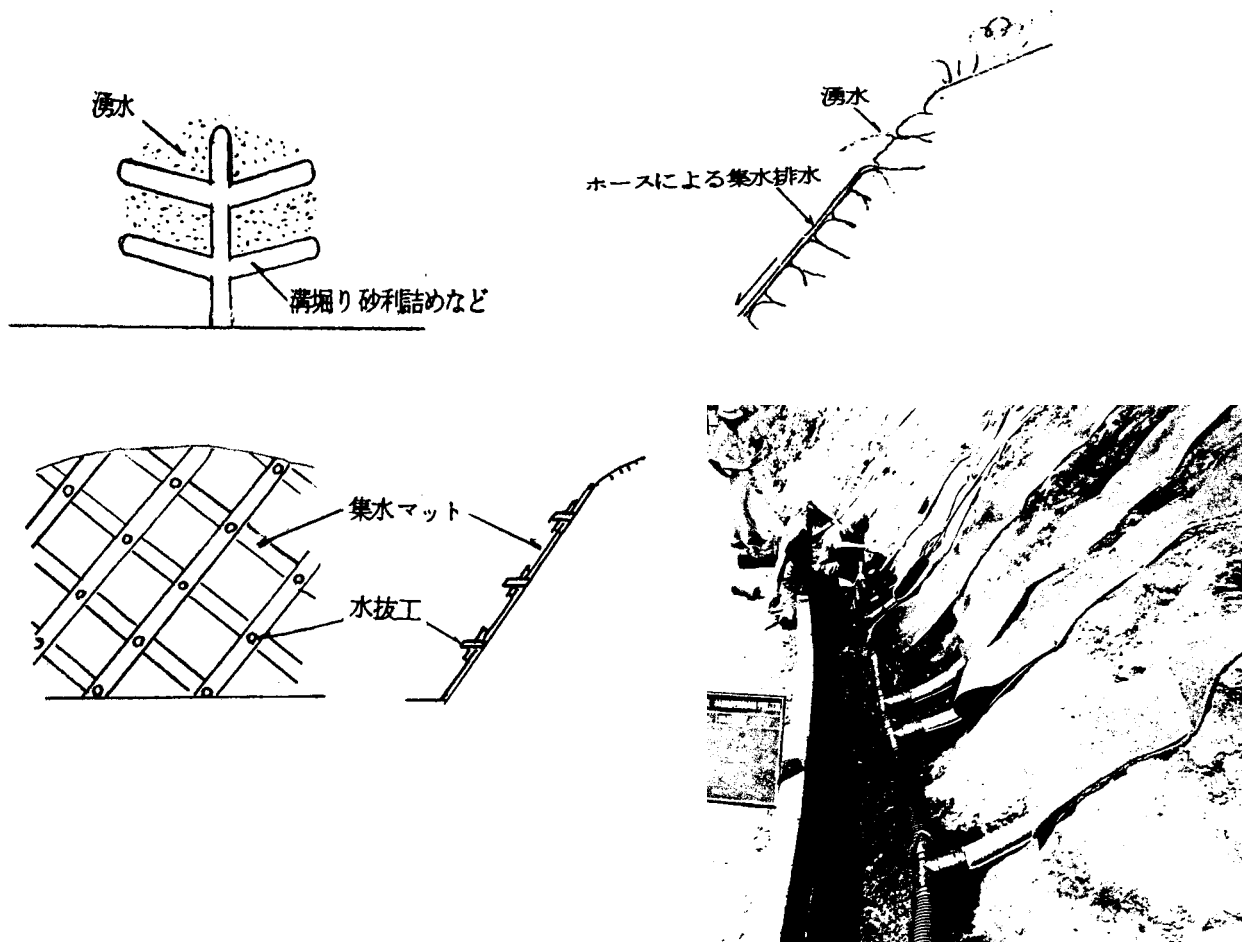


図 - 4 湧水処理の例 ²

参考 3

吹付地山の凍結

東北大学工学部今野教授の実験報告によると、モルタルの厚さが15cm であっても、-12.5 の温度が連続15時間以上継続する場合は、深度15cm のところで0 を記録し、それ以上連続すればマイナスとなっていく。林道法面や治山山腹現場などは高地や山岳地帯に位置するため気象条件が厳しい。このような箇所では凍結が必ず発生すると考えてよい。

また、凍結融解現象は斜面方位北向き斜面だけが厳しい条件下におかれている訳ではない。南向き斜面で日中ひあたりが良好な箇所は凍結融解現象の差が大きくなる。南向き斜面においても排水処理や補強鉄筋の挿入について十分検討する必要がある。

² 「法面保護工 設計・施工の手引き」平成2年9月 (社)農業土木事業協会 他

- 3 - 3 補強材の検討

当工法における金網(ラス)張りは、セメント硬化体に発生する亀裂の分散と剥離防止等を目的としている。次に該当する法面については、金網(ラス)とともに補強鉄筋を計上することができる。

法長が長く、勾配が急峻な法面

冬期凍結、融解現象が激しい法面

湧水等を伴い、岩質が不均質で節理や割目に土砂が狭在した法面

一般には、D9～22mmを20～100cmの間隔に格子状に配筋し、D16～22mm、長さ50cm～100cmのアンカーを1本/m²設置して固定する。県下の事例(土木部基準)では吹付厚20cmの場合、D13mmを50×50cmに配置する場合が多い。

また、補強材としてファイバー類(スチール・ビニロン等)を混合する事例が増えてきている。これらを使用する場合は、製品特性や施工事例等を充分検討する必要がある。

- 3 - 4 伸縮目地

法面の面積が大きく、平滑な場合、縦目地を20m程度の間隔に設けることが望ましい。

- 3 - 5 使用材料

(1) セメント

セメントは、JIS R5210に適合した普通ポルトランドセメントを用いる。

(2) 細・粗骨材

骨材は、清浄・堅硬・耐久的で吹付工に適したものをを用いる。細骨材はJIS A1102に規定された粒度範囲を有し、粗粒率が2.5～3.1程度のものが望ましい。粗骨材は、その最大寸法が大きすぎると、施工時にはね返りあるいはホース内の閉塞が発生し易いため、最大寸法として10～15mmを用いる場合が多い。

(3) 使用水

上水道を使用することが望ましいが、付近の沢、河川、井戸水を使用する場合はモルタル及びコンクリートに影響を及ぼす有害物質が含まれていないことを確認する必要がある。

(4) 混和剤

混和剤には急結剤、減水剤等があるが、使用する場合には必要性やその特性を確認する。また、現場特性に合わせて試験を行い適量を決定する。

参考 4

補強鉄筋の径は?

吹付厚15cmに補強鉄筋D13を用いた場合を検討すると、最小の被覆かぶり(Cmin)は

$C_{min} = \dots \times C_o$ となる。

C_{min} : 最小かぶり (mm)

: 設計強度 15 N/mm²の場合... = 1.2

C_o : 基本かぶり値(mm) ... 一般の環境(25)、腐食性環境(40)、特に厳しい腐食環境(50)

一般の環境の場合では最小の被覆かぶりは30mm(1.2×25=30)となる。

被覆かぶり 30mm

地 山 30mm (被覆かぶりと同程度)

ラス自体の厚さ..... 4mm (2mm重なり)

鉄筋自体の厚さ..... 26mm (13mm重なり) 計 90mm

地山凹凸を考慮して仕上がり厚に対する変動係数を最大0.3と仮定すると

$90 \times 1 / 0.7 = 128\text{mm}$

したがって、吹付厚150mm > 128mm.....OK

ただし、コンクリート吹付は一般コンクリート構造物と違い立地環境が厳しい箇所に施工される。現地在腐食性の環境にある場合は、補強鉄筋の径の検討が必要である。

- 3 - 6 設計配合

法面保護工の場合のモルタル・コンクリート吹付の強度は、17～28N/m²の範囲内にあることが多い(コンクリート示方書)。設計強度は15N/m²以上を目安に試験練を行って決定する。以下にモルタル・コンクリート吹付工の標準配合を示す。

(1) 吹付材料配合比

、 は「最新斜面・土留め技術総覧」からの抜粋であり、 は森林整備必携からの抜粋である。

吹付けモルタル標準配合表(1m³当り)

材料 区分	普通ポルトランドセメント	細骨材	用 水
重 量	420 kg	1,680 kg	231 kg
配合比	1	4	0.55

本配合の算式は一般に下式による

$$\text{セメント量(kg/m}^3\text{)} = \frac{1000 \times \text{セメントの配合比}}{\frac{\text{セメントの配合比}}{\text{セメントの比重}} + \frac{\text{細骨材の配合比}}{\text{細骨材の比重}} + \text{水セメント比}}$$

上式よりその計算例を示すと、配合比 1 : 4 : 0.55で

セメントの比重 3.16、細骨材の比重 2.62の場合には

$$\text{セメント量} = 1000 \times 1 / (1/3.16 + 4/2.62 + 0.55) = 420 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{細骨材量} = 420 \times 4 = 1,680 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{使用水量} = 420 \times 0.55 = 231 \text{ kg/m}^3$$

吹付けコンクリート標準配合表(1m³当り)

材料 区分	普通ポルトランドセメント	細骨材	粗骨材	用 水
重 量	360 kg	1,440 kg	360 kg	198 kg
配合比	1	4	1	0.55

本配合の算式は一般に下式による

$$\text{セメント量(kg/m}^3\text{)} = \frac{1000 \times \text{セメントの配合比}}{\frac{\text{セメントの配合比}}{\text{セメントの比重}} + \frac{\text{細骨材の配合比}}{\text{細骨材の比重}} + \frac{\text{粗骨材の配合比}}{\text{粗骨材の比重}} + \text{水セメント比}}$$

上式よりその計算例を示すと、配合比 1 : 4 : 1 : 0.55で

セメントの比重 3.16、細骨材の比重 2.62、粗骨材の比重 2.62の場合には

$$\text{セメント量} = 1000 \times 1 / (1/3.16 + 4/2.62 + 1/2.62 + 0.55) = 360 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{細骨材量} = 360 \times 4 = 1,440 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{粗骨材量} = 360 \times 1 = 360 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{使用水量} = 360 \times 0.55 = 198 \text{ kg/m}^3$$

森林整備必携(治山・林道設計編)

(1m³当り)

区 分	セメント	砂	砕 石	水セメント比	摘 要	補正係数 (吹付材料)
モルタル吹付工	420 kg	(1,680 kg) 1.24m ³	—	45～55%	C:S = 1:4	+0.27
コンクリート吹付工	360 kg	(1,440 kg) 1.07m ³	(360 kg) 0.25m ³	45～55%	C:S:G = 1:4:1	+0.22

参 考 5

骨 材

ピリ砂利(通称)は、JIS A1102の粒度範囲に適合したものではないため使用してはならない。粗骨材は最大粒径10～15mmの骨材が多く用いられる。粒度調整された採石(JIS K5001)の6号(粒度13～5mm)の使用例が増加している。

骨材は、適切な粒度範囲内にあるものを使用しなくてはならない。

吹付配合と付着配合

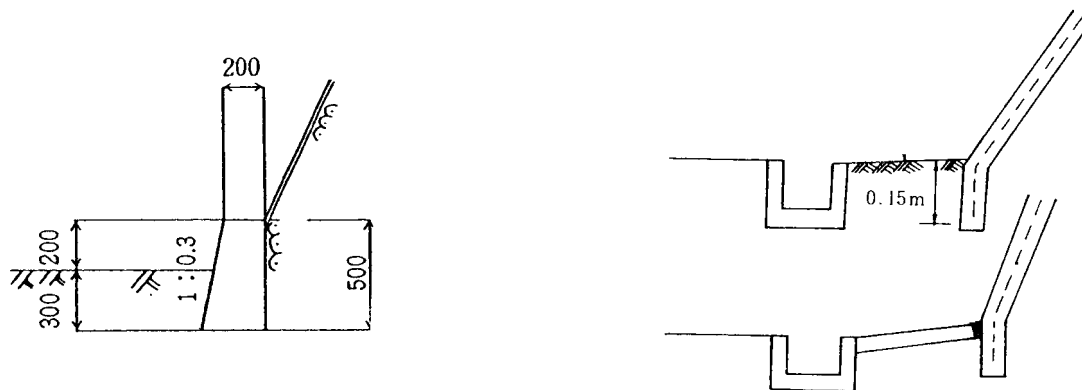
吹付工法は必ずはね返りが生じるので、吹付配合と付着配合は異なる。分析試験の結果では、吹付配合1:3(セメント:細骨材)の場合に付着配合は1:2.8となり、若干富配合となる。

- 3 - 7 細部の設計

(1) 吹付の基礎

モルタル・コンクリート吹付の基礎部には、洗掘を防止するために基礎工を設ける。吹付法面の端部に山留構造物がある場合は、その構造物にすりつける。側溝等がある場合には、側溝の基面付近まで掘下げ吹付けを行い、側溝との隙間を吹付け若しくはコンクリートで充填することが望ましい。(図 - 5)

また、吹付厚が15cm以上で施工高が高く、ずり落ちが懸念される場合も必要に応じて適切な基礎工を設けることが望ましい。



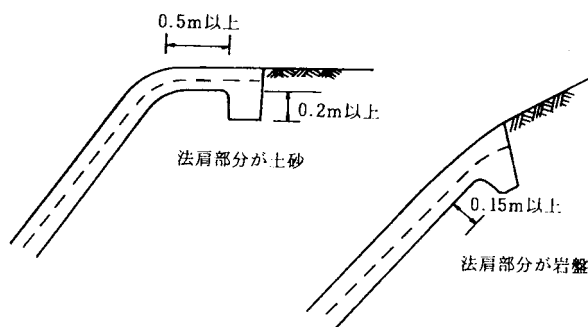
* 長野県土木部基準

* 東北法面保護協会技術委員会

図 - 5 基礎部の処理 (例)

(2) 法肩の処理

法肩は、地山からの雨水の侵入を防止し法肩の安定を図るため、十分なラウンディングを行い、地山まで巻き込むものとする。



* 東北法面保護協会技術委員会

図 - 6 法肩部の処理 (例)

参考 6

ラウンディングは設計数量か？

ラウンディングは吹付工において必ず行わなくてはならない。当然ラウンディングは設計数量に計上する必要がある。

(3) 水抜

モルタル・コンクリート吹付工で水の処理は重要な要素である。標準として 50 mm の水抜パイプを 2 ~ 4 m² に 1 箇所以上設置するが、法面の節理や割目の調査、湧水箇所の確認及び降雨時の状況を十分確認し、必要に応じて設置数を増やすものとする。

- 3 - 8 設計図書及び積算

設計図書には、ラス、スペーサ、アンカー等の標準図を添付することとし、原則として補強材の施工位置についても表示することとする。また、設計図面上に使用材料の規格、数量を表示してもよい。なお、数量表に割増数量を記入する場合は、公表されている割増し率を記入する。

積算は、森林整備必携(治山・林道設計編)により積算するものとする。ただし混和材等を用いる場合は、設計数量、積算根拠等を整理し積算資料として必ず添付する。

参 考 7**水抜パイプの長さは？**

水抜パイプは排水の目的のほかに、吹付厚の確認にも用いられる。水抜パイプは排水を目的として 2 % 程度の勾配を設けて設置するため、吹付面が垂直であっても吹付設計厚と同じ長さでは不足となる。法面に凹凸が激しく、緩勾配が存在する場合などはパイプの長さを十分注意する必要がある。一般に水抜パイプの長さは、吹付厚の 1.3 から 1.5 倍程度に設定するのがよい。

砂か細骨材か？

森林整備必携(治山・林道設計編)では細骨材を砂、粗骨材を砕石と表示している。また、配合表には C : S : G と表示されるが、C は CEMENT (セメント)、S は SAND (砂)、G は GRAVEL (砂利) である。

設計図書に示す場合は、「コンクリート示方書 - 土木学会 - 」に基づき、細骨材・粗骨材と表示するほうがよい。