

森林作業道作設の研修指導者のための

研修ガイド

研修ガイド目次

I	指導者・作設者の心得等	1
1	作設者・指導者として	1
2	森林作業道作設指針について	2
3	森林作業道の目的を理解する	6
II	森林作業道の作設	7
1	作設の概要	7
2	縦断勾配	8
3	土工の基本技術	10
4	斜面傾斜と土工の関係	18
5	切土の施工	20
6	盛土の施工	21
7	締固め	28
8	排水施設	34
9	構造物等	42

研修ガイドは、主に森林作業道作設オペレータの指導者向けに作成している。
頁の左側はテキスト、右側はテキストの説明で【話す内容】、【伝え方のポイント】、【技術的留意点等】を記載している。

研修ガイドの本文中、森林作業道作設指針ならびに指針の解説の該当箇所を次のとおり、表記している。また、初級者、中級～指導者向けの内容がわかるよう次のとおり、表記している。

○森林作業道作設指針の該当箇所は
「**作設指針 P.○○**」と表記した。

○森林作業道作設指針の解説の該当箇所は
「**作設指針の解説 P.○○**」と表記した。

○初級者にも理解して欲しい箇所は【**基礎**】と表記した。

○中級～指導者に理解して欲しい箇所は【**応用**】と表記した。

I 指導者・作設者の心得

1 作設者・指導者として

(1)責任を認識する【基礎】

- ①作業道作設者には責任が伴う。
責任を認識することが第一歩。
道を作るのは一時、使うのも一時、しかし、道が残っている限り責任は残る。
- ②作設者とは【作設技術者、森林所有者、施業の発注者、森林施業プランナー】など

(2)継続して学ぶ【基礎】

- ①人に教えるには、先ず自分が学ばなければならない
中途半端な知識や経験では人に教えることはできない
- ②新たな技術に興味を持ち、知識を得る
- ③自分で作設した道の状況を検証する
- ④継続的に学び、ステップアップする
初級者は、緩傾斜地から急傾斜地での作成、洗越やヘアピンカーブの作設ができるようステップアップ

【話す内容】指導者・作設者の心得

(例)作業道が原因で、土石流災害が発生し、下流の家屋倒壊や人的な被害を引き起こすことも十分ありうる。

(例)令和3年7月熱海の盛土による土石流災害では、管理者であり、施工者である不動産管理会社が業務上過失致死の疑いで家宅捜索を受けている。その他、熱海市で設置された特別委員会に施工者、市・県職員が説明者として呼ばれた。

(例)質問をされたときに説明できるように準備しておく必要がある。

(例)線形計画ではCS立体図、GPSによる現地踏査など

(例)作設後数年経過した道を自分の目で確認する。切土のり面の崩れ、盛土の亀裂、路面の洗掘などを確認にし、改善点を考える。
雨の日に作業道に行き、水の流れを確認する。

(例)作業道は作設費用を抑えて経済性を確保しつつ、繰り返しの使用に耐えるよう丈夫に作設することが必要である。これらの条件を満足するためには、十分な経験と技術が必要。そのため、継続的に学び、ステップアップする必要がある。

2 森林作業道作設指針について

(1)作設指針を理解する【基礎】

①作設指針を十分理解する。

(2)作設指針を遵守する【基礎】

①作設指針を守る者は守られる

②森林作業道は盛土規制法の許可不要工事「作設指針」等の指針に基づき整備される
森林作業道や土場

【参考】

盛土規制法

盛土等による災害から国民の生命・身体を守る観点から、盛土等を行う土地の用途やその目的にかかわらず、危険な盛土等を全国一律の基準で包括的に規制する「宅地造成及び特定盛土等規制法」(通称「盛土規制法」)が、令和5年5月26日に施行されました。

背景

令和3年7月に静岡県熱海市で大雨に伴って盛土が崩落し、大規模な土石流災害が発生したことや、危険な盛土等に関する法律による規制が必ずしも十分でないエリアが存在していること等を踏まえ、「宅地造成等規制法」を抜本的に改正して、土地の用途にかかわらず、危険な盛土等を包括的に規制する。

【話す内容】作設指針について

(例)作設指針に限らず、基準や指針は、事例や説明図等がなく、わかりにくい。作設指針の解説や既存の資料を読み込み、内容を良く理解することが必要。

(例)盛土の法勾配、高さ、材料等の規定を守らず崩壊が発生すると作設者の責任が大きく問われる。作設指針を守って作設したと客観的に説明できることが必要。
近年、異常な豪雨による森林災害が多発している。いつ、自分が作った作業道が被災するかわからない。
自分が作った作業道は、道として残っている限り、常に責任が伴っている。

作設指針に基づいていないものは、盛土規制法の対象となる。(森林作業道等は許可不要工事)

【伝え方のポイント】

説明の中で作設指針、指針の解説の該当箇所を開かせる。これら資料の該当箇所に下線を引かせたり、数値を見比べながら説明する。

【参考】

盛土規制法の規制対象外等について(森林・林業関係)

盛土規制法における土地の区分 【法律第2条関係】

宅地	(農地等及び公共施設用地以外の土地)	盛土規制法の規制対象
農地等	(農地、採草放牧地及び森林)	
公共施設用地	(道路、公園、河川その他政令で定める公共の用に供する施設の用に供されている土地)	盛土規制法の規制対象外

盛土規制法の許可不要工事 【法律第12条関係】

- ・災害の発生のおそれがないと認められる工事は、許可の対象から除外

(森林・林業関係)

林道施設 林道は、公共施設である道路に含まれるため、本法の規制対象外 【法律第2条】

治山施設 治山施設は、公共施設である林地荒廃防止施設として、本法の規制対象外 【省令第1条】

森林作業道等 森林作業道等は、森林の施業を実施するために必要な作業路網の整備に関する工事として、本法の許可不要工事に該当 【省令第8条】

※森林作業道等とは、「森林作業道作設指針」等の指針に基づき整備される森林作業道や土場等



(その他の許可不要工事)

- 国、地方公共団体、一定の国みなし法人が非常災害のために必要な応急措置として行う工事
- 工事の施行に付随して行われるものであって、当該工事に使用する土石又は当該工事で発生した土石を当該工事の現場又はその付近に一時的に堆積するもの
- 凸凹な土地の整正など規模が小さいもの など

林野庁HPより：<https://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/attach/pdf/morido-52.pdf>

(3)適切な施工が行われなければ、 崩壊につながる【基礎】

- ①作設指針については、適切に施工することを前提に定められている。
- ②作設指針に示された数値を守るだけでは、耐久性のある道を作ることはできない。
- ③現地の地形や地質、土質を見極め、それらに見合った切土のり勾配や盛土のり勾配で施工する。
- ④特に盛土は、土質、土の水分の違いにより、転圧回数を変えて締固めを行う。

【話す内容】作設指針について

(例)崩れにくく、耐久性のある森林作業道を作設するためには、作設指針に示された数値(例:盛土法勾配1割以上)を守るだけでは、できない。現地の地質、土質に見合った施工をすることが大切である。

切土や盛土ののり勾配、高さ、盛土の転圧回数などを土質や水分量等の条件にあわせて施工しなければならない。

また、作設指針の数値を無視し、適切な施工が行われなければ、崩壊につながる可能性が高まる。

次頁の例を説明。

【伝え方のポイント】

適切な施工が行われなければ、崩壊につながることを説明する。

下図は2019年～2022年までに作設された森林作業道について、調査した結果。

被災箇所数・作設事業体別と降雨イベントの関係を示した。調査結果から次のことが明らかになった。なお、降雨イベント回数は、日最大80mm以上の回数。

○イベント0回(赤線)の事業体-A(作業道10、11、14、16)、事業体-B、事業体-C(作業道26)、事業体-D(作業道34、集材路)は、地質または作設方法に崩壊等の要因がある可能性が高い。

○事業体-C(作業道18～23)(青線)は、イベント9回にもかかわらず、被災箇所が少ない。

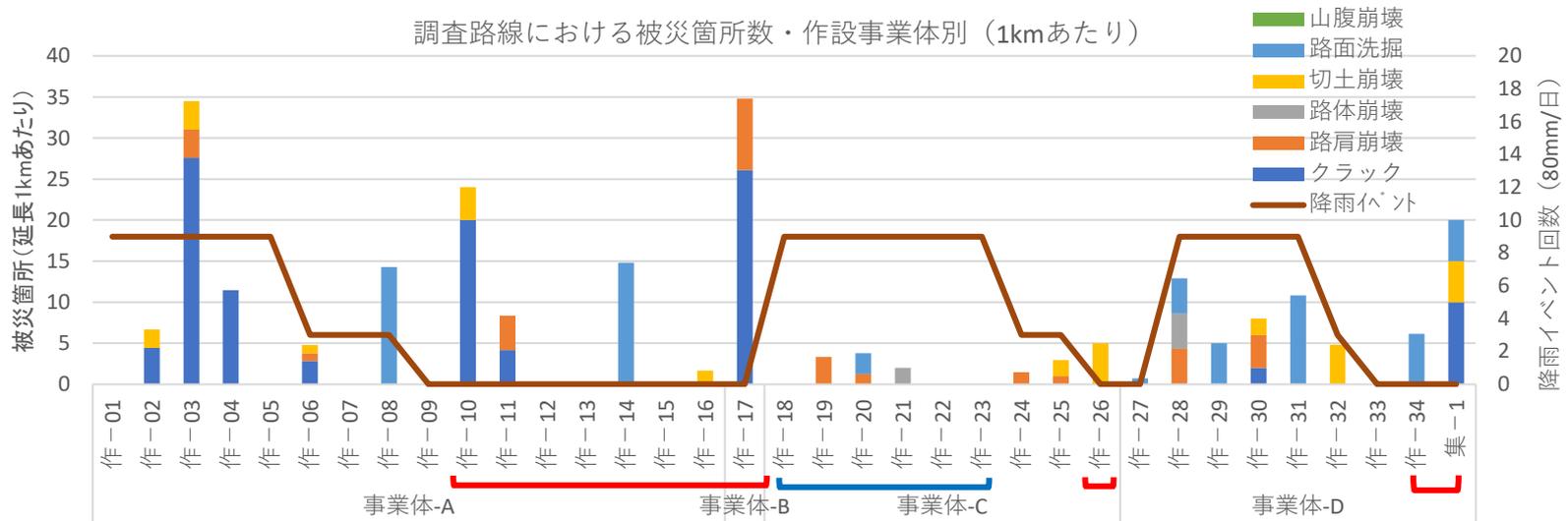
別途、行ったヒアリング調査で事業体A、Bは、盛土基礎部の施工 ⇒ “バケットの届く範囲で実施“

盛土の段切の施工 ⇒ “特に気にしていない“ と回答したのに対し、

事業体 C は、盛土基礎部の施工ならびに盛土の段切の施工 ⇒ “入念に実施“ と回答



※適切な施工が行われていれば、壊れにくく耐久性のある森林作、業道に作設につながる。



被災箇所数・作設事業体別と降雨イベントの関係の例

3 森林作業道の目的を理解する

(1)目的に見合った道を作る(計画)【基礎】

作設指針 P.1 第1 2

- ①導入する作業システムに対応し、森林整備を促進する道(路網)
- ②安全な箇所に、作業システムに対応する**必要最小限の規格で計画**する
- ③森林施業のために継続的に利用する道
- ④経済性を確保しつつ丈夫で簡易な構造とする

(2) 作業の効率性だけにとらわれない【基礎】

作設指針 P.2 第2 1

- ①傾斜に応じた幅員と作業システム
- ②効率性を重視するあまり、高密路網になりすぎないように注意する



無理な道作りは、崩壊につながる



設置間隔が10m未満の作業道

【話す内容】森林作業道の目的を理解する

路線は、伐木造材、集材、造林、保育等の作業に使用する林業機械等の種類、組合せ等に適合し、森林内での作業の効率性が最大となるよう配置する。

導入する作業システムに対応し、森林整備を促進することが目的であるため、**無理をして道を入れない**。架線集材やタワーヤーダーを使用する場合は、それに対応した道のみを作る。

特定の者が森林施業のために継続的に利用する道であり、主として林業機械(2トン積み程度のトラックを含む。)が走行する道。

トラックが走る道とフォワーダーが走る道は作り方が違う。

例:縦断勾配 トラックは急勾配では登れない。

安全対策 すべり止め対策 コンクリート路面工

集材等のために、より高密度な路網配置が必要であり、作設に当たっては、経済性を確保しつつ丈夫であることが特に求められる。

経済性、効率性を重視する余り、大きな機械を導入するために、幅員を広くすることや過度な路網密度になることがあってはならない。

無理な道作りは、崩壊につながる。

II 森林作業道の作設

1 作設の概要

(1)路体幅と幅員【基礎】

作設指針 P.3 第2 1 (2)

森林作業道の幅員は、**必要最小限**とする。

これは作業の安全性や作業性を確保する観点から決められています。実際には、作業ポイントや機械どうしのすれ違い、ヘアピンカーブ等の曲線部では内輪差を考慮して拡幅する必要があります。

作設指針 P.2~3 第2 1

傾斜、作業システムと幅員

傾斜	作業システムで使用するベースマシン		
	3~4t(0.2m ³)	6~8t(0.25m ³)	9~13t(0.45m ³)
25° 以下	—	3.0m	
25~35°	2.5m	3.0m	—
35° 以上	2.5m	—	—
付加できる必要最小限の余裕			+0.5m程度

【話す内容】路体幅と幅員

森林内に整備する道は、導入する林業機械に影響される。林業機械の大きさから、幅員や路体の強度を検討し、その役割や構造から、林道、林業専用道、森林作業道を効率的に配置する。機械の大きさを把握し、幅員や路盤強度を検討する。

急傾斜地の場合、切土高や盛土高を抑制することが重要となることから、**2.5~3.0mを基本**とする。特に傾斜が急になればなるほど、片切片盛とするために、切土量が増える傾向になるので、幅員の決定は慎重に行う。

森林作業道の作設に使用する機械は、幅員を考慮して決定する。幅員2.5m~3m程度の作業道を作設する場合、バケット容量0.18~0.25m³クラスが、使い易く、幅員3m程度の作業道の場合、バケット容量0.45m³クラスが使い易い。一般的に、幅員は車幅の1.3倍(車両・機械幅は幅員の7~8割)と言われている。また、曲線部での拡幅については、内輪差を考慮する必要がある。

【伝え方のポイント】

幅員を必要最小限とする理由を説明する。
森林整備等の作業効率を重視して、必要以上に大きい機械を導入することがあってはならない。

【技術的留意点等】

幅員は、路網配置や使用される林業機械の大きさ、地山傾斜の緩急により決定される。土工主体(片切片盛)で作設される森林作業道は、幅員の大きさが切土高や盛土高を左右する。**幅員が広くなれば、切土高や盛土高が高くなり、崩れやすくなる。**したがって、崩れ難い作業道を作るためには、**幅員を必要最小限にすることが重要となる。**

2 縦断勾配【基礎】

作設指針 P.4 第2 2(2)

縦断勾配は概ね**10度(18%)以下に抑える**。
短区間に限り概ね 14度(25%)程度

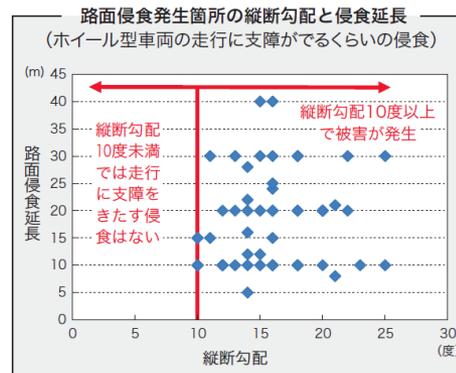
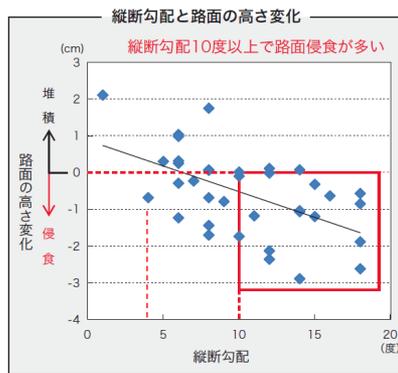
縦断勾配が10度以上の路線では、特に路面侵食が起こりやすくなる。**特に火山灰、軽石、スコリア、マサ土、粘性土等の土質**は、路面侵食や路体崩壊の防止を考慮して、上記より緩勾配とする。



路面が侵食された作業道



縦断勾配



縦断勾配と路面の高さ変化 路面侵食発生箇所の縦断勾配と侵食延長

【話す内容】縦断勾配

○縦断勾配と路面の高さ変化を調査した結果、**縦断勾配が4度(7%)を超えると路面が侵食される**ようになり、縦断勾配が大きくなるほど、侵食される量(侵食の深さ)が大きくなるのが分かった。

○ホイール型車両の走行に支障がでるほど路面が侵食された箇所の縦断勾配を調べた結果、**10度(18%)以上で被害が発生している**ことが分かった。

【伝え方のポイント】

○路線計画の段階で、作業道の縦断勾配を10度(18%)以下になるよう抑えることを強調。

【技術的留意点等】

マサ土などの侵食されやすい土質の場合はさらに緩くする必要がある。

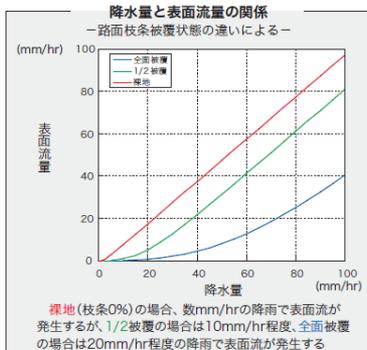
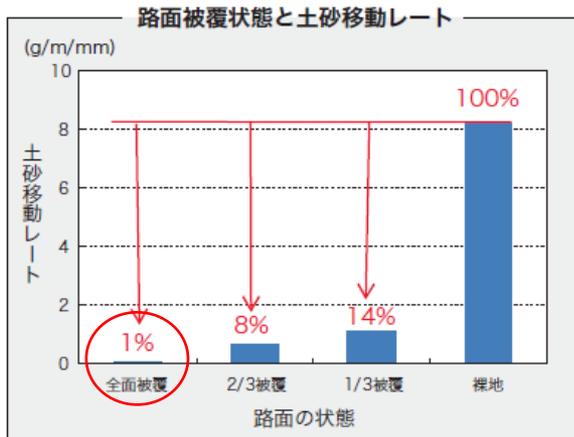
やむを得ず縦断勾配が大きくなる場合は、**敷砂利などの簡易な路盤工を行うと侵食を抑えることができる**。

また、こまめな横断排水溝の設置や波形勾配を採用することも重要。

施業終了後の作業道未使用期間は、枝条等の敷設が路面侵食に対して有効である。(次頁参照)

施業終了後の作業道未使用期間は、**枝条等の敷設が路面侵食に対して有効。**

作業道の路面を枝条等(枝条や葉)で覆うことが、路面水による侵食・濁水発生防止になる。



路面被覆状態と土砂移動レート
降水量と表面流量の関係

路面に枝条を敷設した作業道

【話す内容】枝条等の敷設

○使用後の作業道路面に枝条等を敷設すると、路面侵食・濁水の発生を防ぐことができる。

枝条等を敷設した場合の侵食量を調査した結果が左表。路面全面に枝条等を密に敷設すると、土砂の移動を裸地の1%程度に軽減させることができる。また、枝条を散布することで、表面流が発生しにくくなる。

作設指針の解説 P.15~16 ②

【伝え方のポイント】

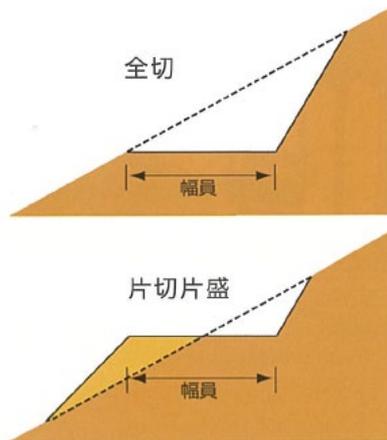
○左表を使い、数値的根拠を示すことで、枝条等の敷設が路面侵食に対して有効である事を説明する。
あわせて、指針の解説も参照する。

3 土工の基本技術

(1) 切土・盛土【基礎】

作設指針 P.5 第2 4

森林作業道の作設は、**切土又は盛土の量を調整するなど原則として残土処理が発生しないようにすること(片切片盛)**が基本となる。



道幅すべてを切土でつくる全切りの場合は、路体が地山のため、安定している。しかし、切土で生じた土砂を処理するため、土の運搬や残土処理場の確保が必要となる。

道のセンターから山側を切土に、谷側を盛土にすると切土ででた土を盛土で使うことができる。残土処理の問題を解決できる。

全切と片切片盛の違い

【話す内容】土工の基本技術 切土・盛土

全切

道幅すべてを切土でつくる全切りの場合は、路体が地山のため、安定している。しかし、切取で発生する土砂の量が多くなり、余った土砂を処理するため、残土処理場まで運搬する必要がある。また、地山の傾斜が急な場合、切土高が高くなり、のり面が崩れやすくなる。

片切片盛

地山の切取を全切より少ない片切片盛にすると、切取で発生した土を盛土に使うことができる。切土と盛土の土量をほぼ均等に調整することで残土をゼロに近づけ、残土処理の費用を抑えることが可能になる。また、切土高を低く抑えることで、のり面の崩れを抑制しやすくなる。

以上のことから、森林作業道の作設では、**切土・盛土の土量が均衡するよう施工すること(片切片盛)**が基本となる。

【伝え方のポイント】

全切、片切片盛の特徴(メリット、デメリット等)を説明して、森林作業道の土工の基本は、片切片盛による切土・盛土の土量が均衡するよう施工することを伝える。

【技術的留意点等】

片切片盛が基本ではあるが、現地の地質・土質、地形、地山傾斜等に応じて、部分的に全切の区間・箇所もある。

【作設指針で示す基本事項】

切土

- ・土砂:6分
- ・岩石:3分
- ・高さ1.5m程度以内
- ・直切も土質を踏まえ検討(可能な場合:高さ1.2m程度以内)

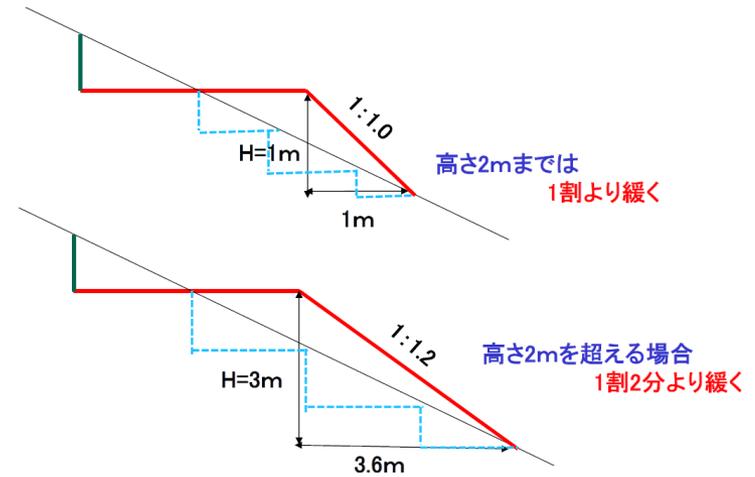
盛土

- ・概ね1割(2m以上:1割2分)
- ・強度のある土質:段切り後
- ・強度のない土質:全体を30cmの層ごとに締固め

作設指針 P.6 4(2)①ア、イ

横断排水は路面水がまとまった流量とならない間隔で設置する
排水先は安定した尾根・常水のある沢等
小溪流の横断は原則洗い越し工
伐開は必要最小限
表土、根株を用いる盛土のり面保護工

盛土高さ, のり面勾配

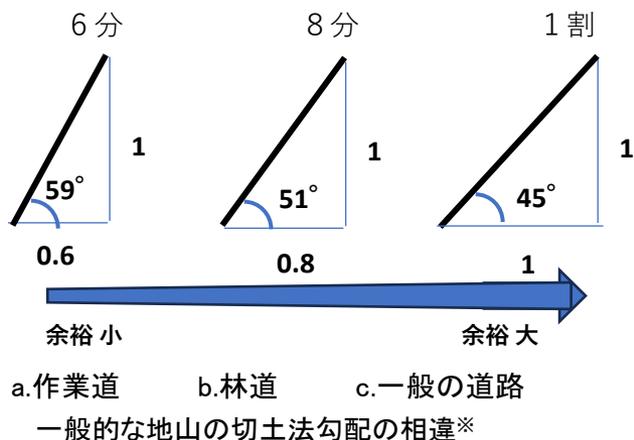


(2) 切土のり勾配【基礎】

作設指針 P.6 第2 4(1)

切土のり勾配は6分が目安。切土高、土質を踏まえ検討する。

切土のり面勾配は、のり面の安定確保から、よく締まった崩れにくい土砂の場合は6分(59度)、風化の進度又は節理の発達の違いの遅い岩石の場合は3分(73度)を標準とする。切土高が1.2m程度以内であるときは、直切が可能なが場合があり、土質を踏まえ検討する。



適切な施工が行わなければ、崩壊につながる

※ 林道は令和4年度 林道必携 技術編 p82、一般の道路は平成21年 道路土工一切土工・斜面安定工指針 p136を参照(土質、切土高により勾配が違う)

【話す内容】切土のり面勾配

(例) 森林作業道は作設費用を抑えて経済性を確保するため、切土・盛土の土工主体で作設する。故に切土の法勾配や盛土の法勾配には、安定に対する余裕が少ない。

左図は森林作業道、林道、一般の道路(例えば県道など)の地山が一般的な土砂の場合の切土のり勾配を示したものである。

同じ地山でも一般の道路は1割(45°)、林道8分(51°)、森林作業道6分(59°)で切土している。作業道の切土勾配は急であり、他の道路と比べ、余裕が少ない。作設指針で示されて切土高1.5mを超える場合は崩れやすくなる。

【伝え方のポイント】

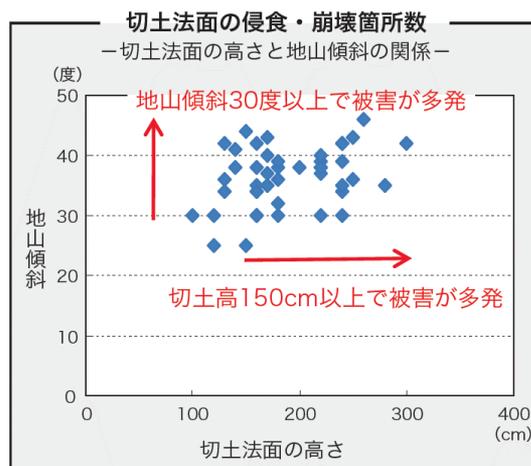
切土の6分がのり面の安定勾配として、決して余裕(安全率)のある数字でないことを説明する。余裕がないため、適切な施工が行わなければ、崩壊につながることを説明する。

(3) 切土高と地山傾斜【基礎】

作設指針 P.6 第2 4(1)

切土高は1.5m以上になると崩壊しやすい。
地山傾斜が30°を越えると崩壊が多く見られる。

切土高は、ヘアピンカーブの入口など局所的に1.5mを超えざるを得ない場合を除き、切土のり面の安定や機械の旋回を考慮し1.5m程度以内とすることとし、高い切土が連続しないようにすることが望ましい。



切土法面の高さ と 地山傾斜の関係



切土高は1.5m以上は、崩壊に注意

【話す内容】切土高と斜面傾斜

図は切土法面の崩壊箇所を調査した結果である。切土法面の高さ と 地山傾斜の関係を表したもの。崩壊の8割以上が切土高が150cm以上で起こっている。また、地山傾斜が30°を越えると崩壊が多く見られるようになる。

【伝え方のポイント】

切土高を極力、低く抑えること。切土が高くなると崩壊がふえる。切土高を150cm以下に抑えることの重要性を強調。

【技術的留意点等】

のり面が均一な材料で構成される場合には、その粘着力により垂直に近い勾配でも安定する。一方、不均質な材料で構成される場合には、のり面に露出する石礫の抜け落ちが発生しやすい。

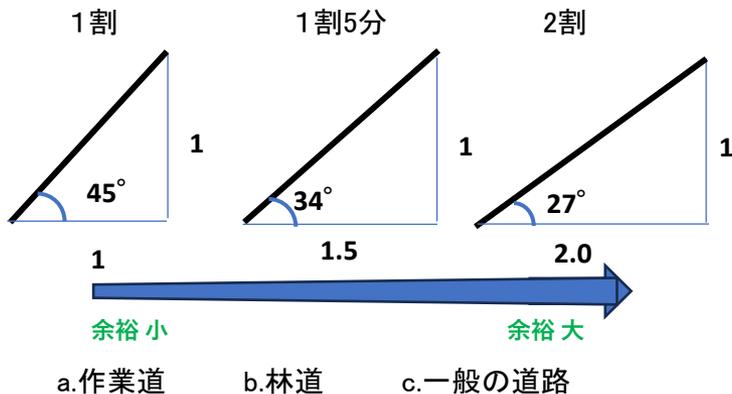
作設指針の解説 P.31～39 事例写真

(4) 盛土のり勾配と盛土高【基礎】

作設指針 P.6 第2 4(2) ②

盛土のり勾配は概ね1割より緩い勾配が基本
高さが2mを超える場合は、1割2分より緩い勾配

盛土のり面勾配は、のり面の安定確保から、原則として概ね1割(45度)より緩い勾配とする。盛土高が概ね2mを超える場合は、1割2分(39度)より緩い勾配とします。



一般的な盛土の法勾配の相違※



適切な施工が行わなければ、崩壊につながる

※ 林道は令和4年度 林道必携 技術編 p87、一般の道路は平成22年 道路土工—盛土工指針 p106を参照(土質、盛土高により勾配が違う)

【話す内容】のり勾配とのり高

左図は森林作業道、林道、一般の道路(例えば県道など)の一般的な土砂の場合の盛土のり勾配を示したものである。同じ盛土でも一般の道路は2割(27°)、林道1割5分(34°)、森林作業道1割(45°)で盛土している。作業道の盛土勾配は急であり、他の道路と比べ、余裕が少ない。適切な施工が行われることが重要となる。

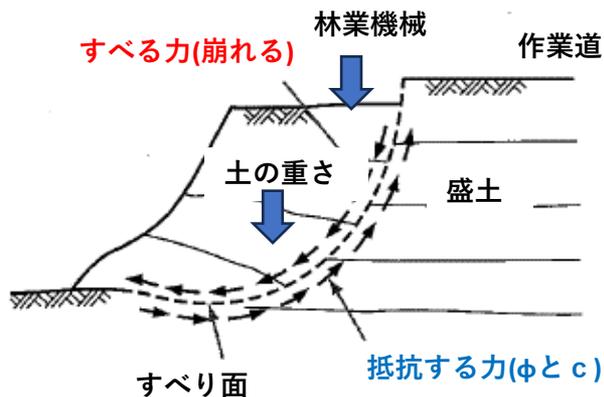
【伝え方のポイント】

盛土1割がのり面の安定勾配として、決して余裕(安全率)のある数字でないことを説明する。余裕がないため、適切な施工が行わなければ、崩壊につながることを説明する。

(5)盛土の安定と内部摩擦角、粘着力【応用】

盛土の安定は、土の内部摩擦角 ϕ と粘着力 c によって保たれている

作業道の盛土には常に盛土の土の重さ(力)が、かかっている。作業道を林業機械が通る時も機械の重さが、盛土にかかっている。盛土が崩壊せずに安定を保っているのは、これらの力に抵抗する力が、盛土内部に存在しているからである。この力は、盛土の土の「内部摩擦角(ϕ :ファイ)」と「粘着力(c :シー)」によって支えられている。

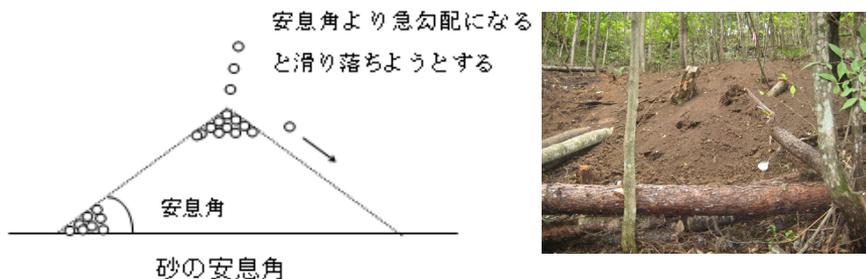


【伝え方のポイント】

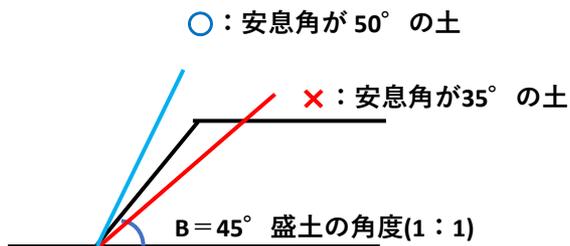
盛土の締固めは重要。締固めによって、強度定数の内部摩擦角と粘着力が働くようになり、盛土の安定が保たれるようになることを伝える。

①砂の安息角

粘着力のない砂などを水平面上に落下させると、ある斜面を持った円錐形をなして堆積する。(土が崩れないで安定する角度)⇒**掛け流し(締固めをしない)の盛土と同じ**
このとき、水平面と斜面のなす角度は安息角、自然勾配角などと呼ばれており、これを便宜上、内部摩擦角と考えることもある。
この状態では、**安定せず、機械の重さを支えられず、すぐ崩れてしまう。**



掛け流しの盛土のり面



安息角(内部摩擦角)が 50° の土は、45度(1割)の盛土より急な山ができる
安息角(内部摩擦角)が 35° の土は、45度(1割)の盛土より緩い山になる



安息角が盛土の角度(水平面と盛土斜面のなす角度:45度)より大きい土でなければ、1割の法勾配で盛土することはできない。



締固め

盛土の土の力は、適切な締固めを行うことで、安息角から内部摩擦角へと生まれ変わる。



**崩れ難くなる
重さを支えられる**

安息角より急な勾配で盛土をするためには、粘着力の力が必要となる。



一般的な土の場合、粘土のような粒子の細かい土(細粒土)も含んでいる。これらが粘着力として働く。
但し、粘着力は土の中に含まれる水分 含水比によって変化するため、粘着力を過度に評価してはならない。

斜面が安定するためには、盛土の角度 < 砂の安息角(内部摩擦角)

②内部摩擦角と粘着力の測定例

作設指針の解説 P.48

粘着力は土の中に含まれる水分 含水比によって変化するため、粘着力を過度に評価してはならない。

粘着力と内部摩擦角の測定例

土質	調査地	粘着力(kN/m ²)	内部摩擦角(度)
火山灰質粘性土+軽石	群馬県沼田市	59.7	34.8
火山灰質粘性土(ローム)	群馬県沼田市	63.9	29.8
火山灰質粘性土(礫多い) (東日本)	北海道下川町	48.6	34.8
	北海道足寄町	112	28
	青森県十和田市	30	31.6
	新潟県魚沼市	27.1	28
火山灰質粘性土(礫多い) (西日本)	熊本県芦北町	54.4	27.7

※ 指針の解説 P. 48から抜粋

指針の解説 P. 48の表中、内部摩擦角 ϕ が 45° を超えるものはまれである。

盛土材料となる土の内部摩擦角 ϕ が 45° (盛土勾配1割)より大きいものはほとんどない。盛土勾配1割で盛土する場合は、土の中に含まれる水分に影響される粘着力に依存しているところが大きい。

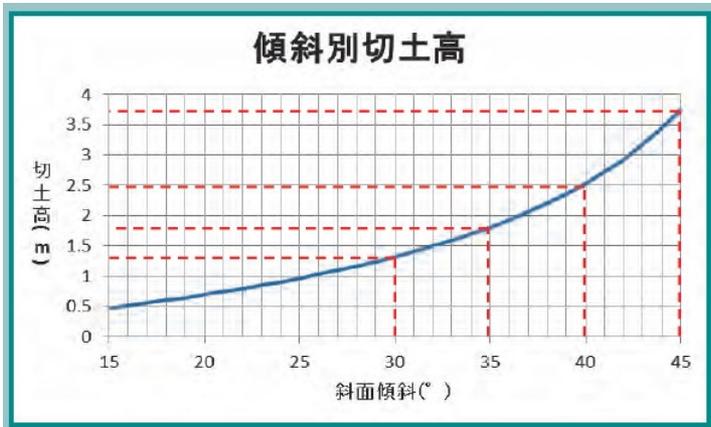
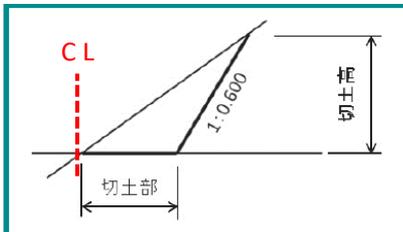
4 斜面傾斜と土工の関係

(1) 斜面傾斜と切土高【基礎】

斜面傾斜は作業システムに影響するほかに、切土、盛土の土工にも大きな影響を与える。斜面傾斜が 35° を超えると、切土高、盛土高は、影響が大きくなる。

下の図は、作業道幅員3mの場合に、センターから1.5mまでを切土、切土勾配を6分に設定した場合の斜面傾斜と切土高の関係を表したものです。

斜面傾斜が 35° を超えると、切土高を表す曲線も、さらに大きく曲がります。



傾斜別切土高

【話す内容】斜面傾斜と切土高

作業計画地で、どの程度の森林作業道を作設できるかを見極めるためには、路線選定に影響する、斜面傾斜、地形、地質、土壌等の自然条件を把握することが必要。

斜面傾斜は作業システムに影響するほかに、切土や盛土の土工にも大きな影響を与えます。傾斜別の切土高、盛土高は、斜面傾斜が 35° を超えると、大きくなる割合がさらに高くなる。

図は、作業道幅員3mの場合に、センターから1.5mまでを切土、切土勾配を6分に設定した場合の斜面傾斜と切土高の関係を表したものの。

具体的には、傾斜 30° のとき、切土高は1.3m、傾斜 35° では切土高1.8m、 40° では2.5m、 45° では3.8mとなる。

【伝え方のポイント】

- ① 斜面傾斜が $35^\circ \sim 40^\circ$ 以上となる箇所での路線計画はできるだけ避けることが重要
- ② 斜面傾斜が急になるほど、切土高は高くなることで崩壊の危険性が高まることを伝えます。

(2) 斜面傾斜と盛土高【基礎】

下の図は、作業道幅員3mの場合に、センターから1.5mまでを盛土、盛土勾配を1割に設定した場合の斜面傾斜と盛土高の関係を表したものです。

盛土高も傾斜35° 付近から盛土高を表す曲線が上昇します。

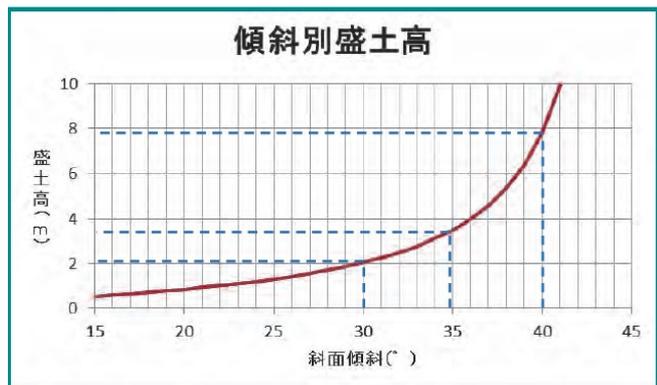
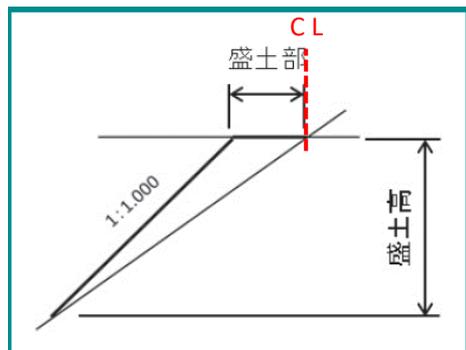


図4-4 傾斜別盛土高

【話す内容】斜面傾斜と盛土高

図は、作業道幅員3mの場合に、センターから1.5mまでを盛土、盛土勾配を1割に設定した場合の斜面傾斜と盛土高の関係を表したものです。

盛土高も傾斜35° 付近から盛土高を表す曲線が上昇する。
傾斜30° のときに盛土高は2.1mですが、傾斜35° では盛土高は3.5m、40° では7.9mになる。

【伝え方のポイント】

- ① 斜面傾斜が35° ~ 40° 以上となる箇所での路線計画はできるだけ避けることが重要
- ② 斜面傾斜が急になるほど、盛土高は高くなることで崩壊の危険性が高まることを伝えます。

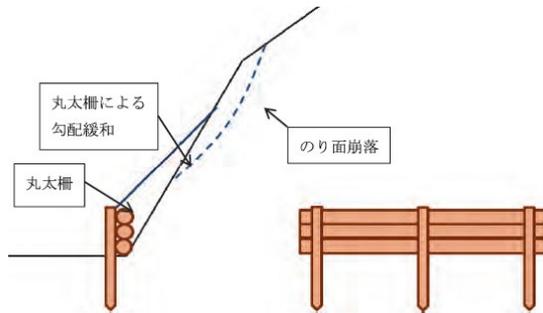
5 切土の施工【基礎】

作設指針 P.6 第2 4(1)

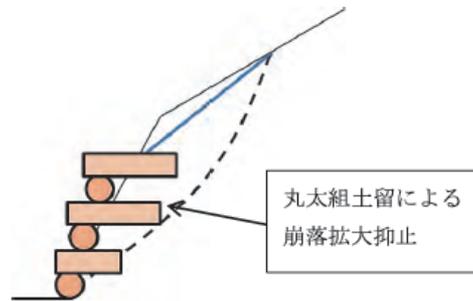
切土高は、のり面の安定や機械の旋回を考慮し 1.5m程度以内とすることとし、高い切土が連続しないようにすることが望ましい。

切土のり面に構造物が必要な場合

急傾斜地では、斜面傾斜や切土勾配によって切土高が高くなり、切土のり面が崩落することがあります。そのような場合には、切土のり面や上部斜面の安定を図るため、構造物を施工します。



切土のり面の丸太柵



切土のり面の丸太組土留

【話す内容】切土の施工

切土高

森林作業道作設時には地形や土質条件を十分に考慮し、幅員やのり勾配を決める必要がある。切土高が高くなれば、のり面も崩落しやすくなり、構造物の設置も必要となる。ヘアピンカーブの入口など局所的に1.5mを超えざるを得ない場合を除き、1.5m程度以内とする。

切土のり頭の整形

切土のり頭は、のり面の侵食等により不安定になることがある。そのため、あらかじめ、のり頭上部斜面の表層部を1m程度、バケットで落とししたり、叩いて締め固める等して安定させる。

構造物が必要な場合

急傾斜地では、斜面傾斜や切土勾配によって切土高が高くなり、切土のり面が崩落することがある。そのような場合には、切土のり面や上部斜面の安定を図るため、構造物を施工する。



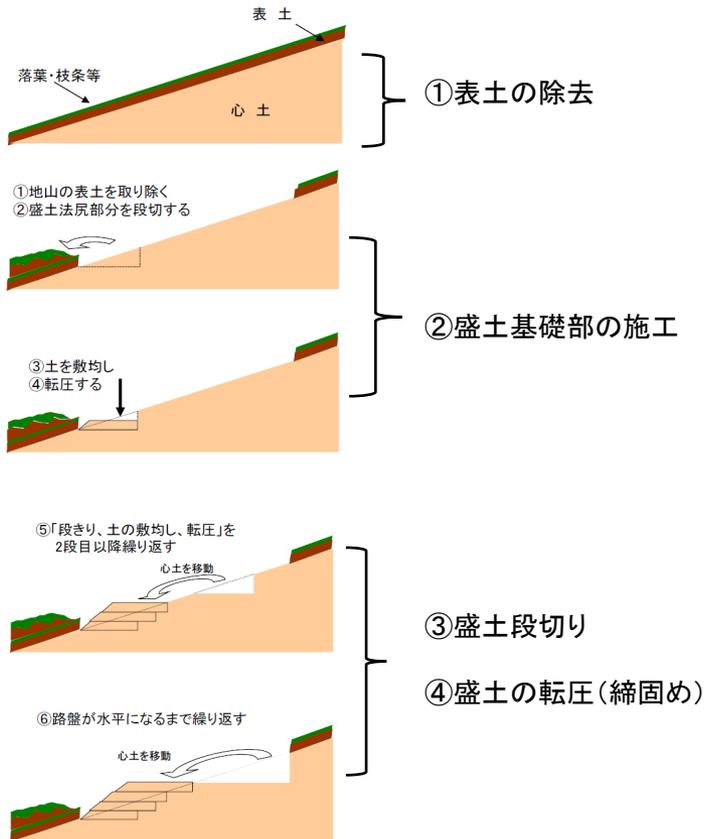
切土斜面の丸太組土留

6 盛土の施工【基礎】

作設指針 P.6 第2 4(2)

盛土の施工のポイント

- ①表土の除去
- ②盛土基礎部の位置
- ③盛土基礎部の施工
- ④盛土段切り
- ⑤盛土の転圧(締固め)
- ⑥路面の転圧、仕上げ



盛土の施工の流れ

【話す内容】盛土の施工

盛土は、現場の地山の地形・地質、土質、気象条件や作業道の幅員、林業機械等の重量などを考慮し、路体が支持力を有し安定するよう適切に行う必要がある。堅固な路体をつくるため、盛土は複数層に区分し、各層ごとに30cm程度の厚さとなるよう十分に締固めて仕上げるものとし、施工に当たっては、地山の土質に応じて行う必要がある。

盛土の施工の基本は、基礎部、段切り、締固め。この中の1つでも不十分だと盛土は壊れる。

【伝え方のポイント】

盛土の施工の概略の流れを図を見ながら説明。詳しくは次頁以降で説明。

【技術的留意点等】

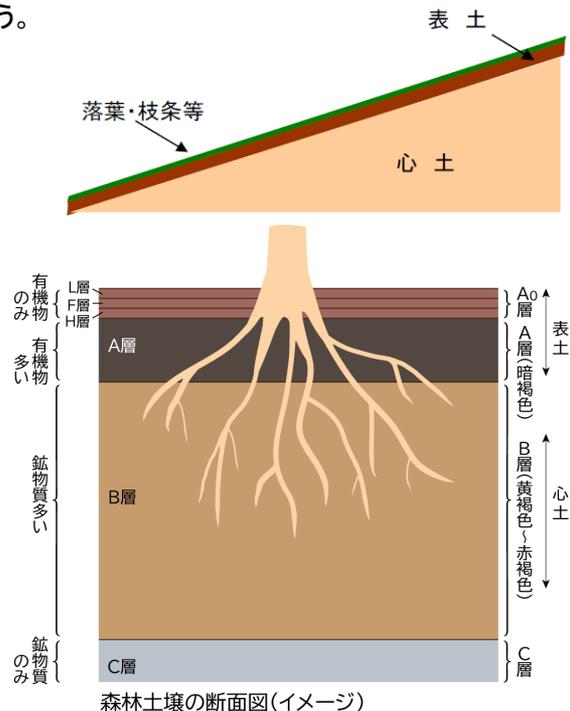
盛土を避けるべき場合

小渓流や沢、湧水が見られる箇所、地形的な条件による地表水の局所的な流入がある箇所では、盛土を避け、土場は設置しない。やむを得ずそのような場所に盛土する場合には、「作設指針 第2 3 排水施設」に留意して排水施設を設置するものとします。

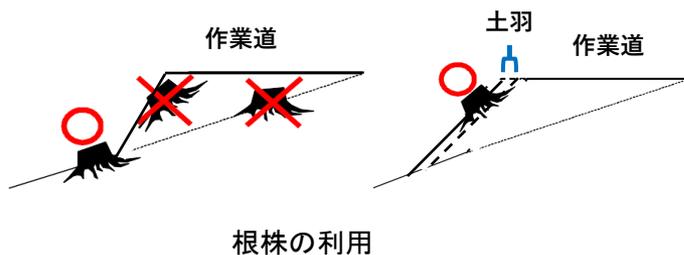
(1) 表土の除去【基礎】

盛土の施工に当たっては、表土を取り除き、心土のみで行わなければならない。

【表土とは】草本類の根が達している深さまでの 黒い土の部分
をいう。



森林土壌の断面図(イメージ)



【土羽とは】盛土のり面の仕上げ面(表面)のことで、路面を通る車両等の荷重が直接作用しないところ。

【話す内容】表土の除去

【表土の確認方法】

既設道の切土のり面を見て確認ができる

- ・地形や地質等の条件により、表土の厚さや色等は変わる
- ・土質は、局所的に変わるので、表土の厚さや色等の変化に気を付ける

【表土の除去の理由】

表土が盛土に混ざり締固めが十分にできない。
盛土に表土が混ざると、路体の崩壊につながる

除去する際は、**枝条等が盛土の中に入らないよう**に、盛土基礎部より下方に取り除く
また、根株も盛土の中には入れない。

【伝え方のポイント】

①表土の確認方法、表土を盛土に混ぜてはいけない理由を説明し、表土の除去が重要である事を伝える。

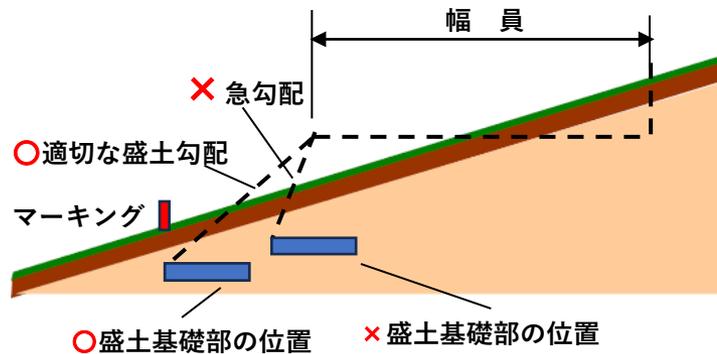
【技術的留意点等】

根株を利用する際は、路体でなく、土羽に配置し、盛土のり面の保護に利用する。(左図)
この工法を採用する場合は、路肩上部の根株が集材又は運材作業の支障とならないよう留意する。

(2) 盛土基礎部の位置決め【基礎】

盛土の施工は、**基礎部の位置決めが重要**

盛土の完成形をイメージして、盛土基礎部の位置を決める。
適正な法勾配になることが重要。



【話す内容】盛土の基礎部の施工

① 盛土基礎部の位置決め

盛土基礎部の位置を間違えると盛土の法勾配が作設指針で示された1割、1割2分よりも急勾配になる。これらの勾配は安定に対して、決して余裕があるものではないため、盛土の崩壊の危険性が高くなる。

位置を決めたら、基礎部の施工の前に**マーキング**すると良い

【伝え方のポイント】

① 盛土基礎部の位置を間違えると盛土法勾配が急となり、その後の盛土の施工の良し悪しにかかわらず、不安定になり、崩壊の可能性が高まることを強調する。

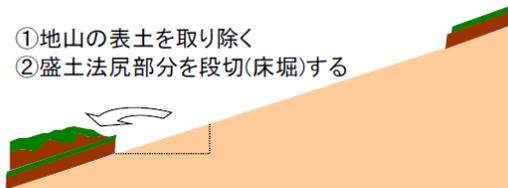
(3) 盛土基礎部の施工【基礎】

盛土基礎部の施工は、水平な基礎を作ること、十分に締め固めることがポイント

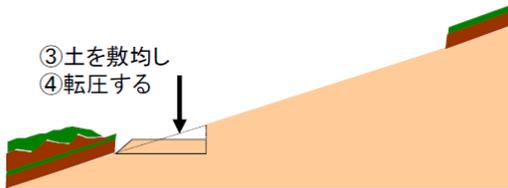
基礎部には盛土ならびに作業道を走行する機械の重さも加わるため、これらの荷重を支えられるよう、十分に締め固めを行わなければならない。

水平に段切り(床堀)⇒ **盛土の滑り出しを防ぐ**
十分な転圧(締め固め)⇒ **路体の強度を高める**
(盛土、機械の重さを支える)

- ①地山の表土を取り除く
- ②盛土法尻部分を段切(床堀)する



- ③土を敷均し
- ④転圧する



【話す内容】盛土の基礎部の施工

①盛土基礎部の施工

盛土の基礎部を**バケットで水平に床堀**し、その後を均してバケットの背面で十分に締め固めを行い、**水平な基礎を作ります**。水平にすることで盛土のすべり出しを防止する。

※基礎部には盛土ならびに作業道を走行する機械の重さも加わるため、これらの荷重を支えられるよう、十分に締め固めを行わなければならない。

※盛土基礎部の施工は、**アームが届く位置まで機械底面を下げて施工する必要があります**。機械底面を下げれば、基礎から段切で盛土で積み上げて路体を構築でき、丈夫な道となる。

【伝え方のポイント】

①盛土基礎部の施工については、水平な基礎を作ること、十分に締め固めることで、盛土のすべり出しを防止することを強調する

【技術的留意点等】

盛土基礎部の施工は、アームが届く位置まで機械底面を下げて施工する必要がある。機械底面を下げれば、基礎から段切で盛土で積み上げて路体を構築でき、丈夫な道を作ることができる。



林道の盛土基礎部に構造物(擁壁)を設置した例
基礎部の支持する力が不足した場合、写真のような構造物を設置
しても、盛土は崩れる。(大きなクラックが発生)

(4) 盛土段切り【基礎】

(5) 盛土の転圧(締め固め)【基礎】

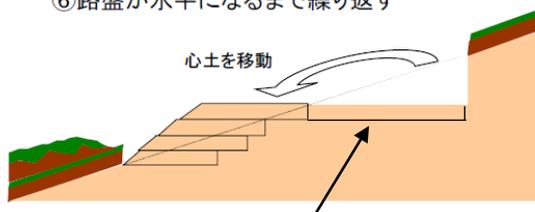
盛土は、必ず段切りを行い、十分に締め固めを行わなければなら
ない。

盛土には、盛土ならびに作業道を走行する機械の重さも加わ
るため、これらの荷重を支えられるよう、十分に締め固めを行う。

⑤「段きり、土の敷均し、転圧」を
2段目以降繰り返す



⑥路盤が水平になるまで繰り返す



仕上がり面の地山部は、不同沈下を防止するため、
ほぐして転圧する

【話す内容】概ね30 cmの層ごとに締め固める

①盛土の段切り

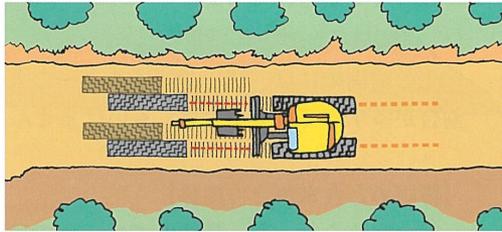
地山をバケットで水平に床堀し、その後を均してバケットの背
面で十分に締め固めを行い、水平な基礎を作る。

②盛土の転圧(締め固め)

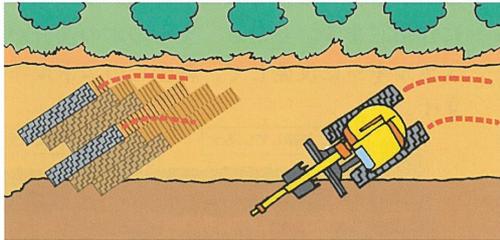
盛土は表土層を剥いだ心土を利用し、一層当たり30cm程度
毎に盛り立て、履帯やバケットにて十分に転圧し、締め固めを
行う。

【伝え方のポイント】

①盛土の施工については、段切りにより水平基礎を作ること、
十分に締め固めることで、強い盛土を作ることができることを強
調する。



履帯による転圧（平行）



履帯による転圧（斜め）

(6) 路面の転圧、仕上げ【基礎】

路面全体が均一になるように履帯で転圧する。履帯で転圧できない路体中心部は、バケットの背で確実に締め固める。

作設延長 20～30m 程の区間で、前後の縦断勾配を考慮しながら調整する。

切土からの崩土を路面にならず際は、排土板やバケットで土を移動させ、履帯やバケットでしっかりと締め固める。

立木や根株の根が切土のり面から飛び出ている場合は、切り取る。

【話す内容】履帯による転圧

履帯により転圧する場合は、路肩部分についても安全に配慮しつつ履帯の向きを路線方向に斜めに向けて転圧する。履帯で転圧できない路体中心部は、バケットの背で確実に締め固める。

このとき、路面全体が均一になるよう転圧を行う。

【伝え方のポイント】

指導の際は、十分な締め固めがどの程度かを実演する。

【技術的留意点等】

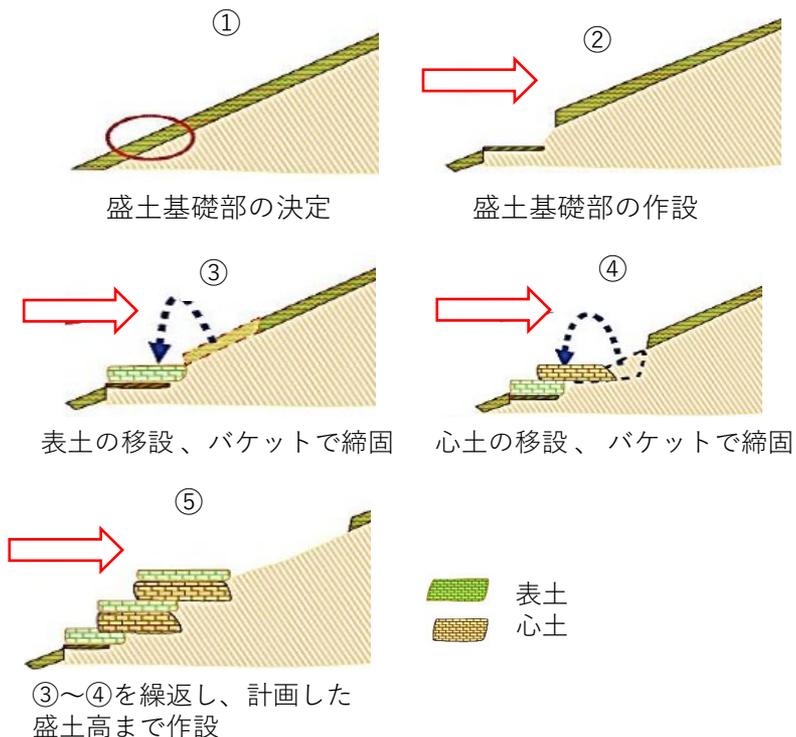
盛土の土量が不足する場合は、安易に切土を高くして山側から谷側への横方向での土量調整を行って補うのではなく、当該盛土の前後の路床高の調整など縦方向での土量調整を行う。

【応用】

作設指針 P.9 (参考)

表土の活用方法:表土を用いるのり面保護工法

表土と心土を交互に重ねて置き、こまめに転圧することで、盛土法面のすべりをなくし移動を防ぐ。法面の表面に表土があることで草本類等の発芽を促進し緑化を早め、長期使用に耐える作業道となる。



※ 表土を用いるのり面保護工法は、あくまでも土羽の一部として行うこと。

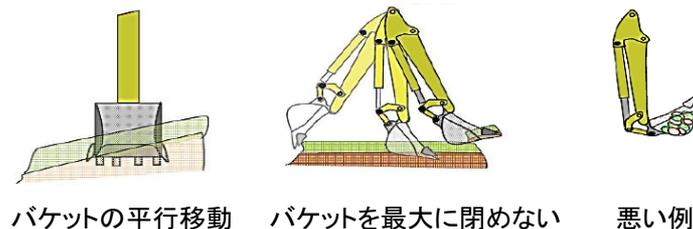
【話す内容】表土を用いるのり面保護工法

【表土を用いるのり面保護工法の手順】
手順は、

盛土基礎部位置決定→基礎部の作設→表土移設→バケットで締固め→心土の移設→バケットで締固め→表土移設→バケットで締固め→心土の移設→バケットで締固めの順に積み上げていく。

【表土を用いるのり面保護工法の留意点】

表土をはがす時は、バケットの平行移動が基本となる。すくい上げる時は、バケットを「ガチャン」というところまでバケットを最大に閉めてしまうと、表土と心土が攪拌されそれぞれの層が壊れるので注意する。(下図参照)



7 締固め

(1)締固めの効果【応用】

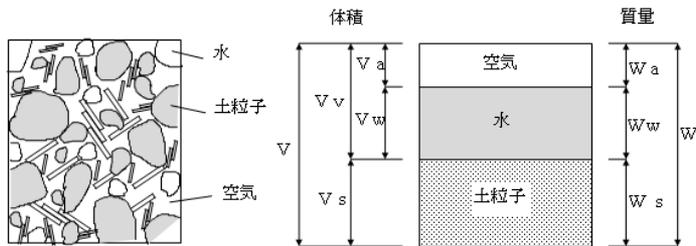
作設指針 P.5 第2 4

締固めは、土の間隙から空気を追い出し、間隙を減少させることで土の密度を高める

締固めを行うことで、次の効果が得られる。

- ①土粒子相互の間隔が小さくなり、**間隙が減少**する
(密度が大きくなる)
- ②**沈下が少なくなる**
- ③**水が通りにくくなる**
(雨水の浸入による土の軟弱化や膨脹を防ぐ)
- ④土粒子どうしのかみ合わせが良くなることで、**せん断抵抗が高まる**
(盛土として必要な強さを与えることができる)

適切な締固めを行うことで、**強く壊れにくい盛土を作ることができる。**



(a) 土塊の断面

(b) 三相モデル

図は、土塊の断面をモデル化したものを示している。
土は土粒子の集合体であるが、実際には水や空気も含まれており、固体、液体、気体の三相で構成されている。

【話す内容】締固めの効果

締固めの効果

図は、土塊の断面をモデル化したものを示している。
土は土粒子の集合体であるが、実際には水や空気も含まれており、固体、液体、気体の三相で構成されている。
締固めを行うことで、この中の気体(間隙)を外に追い出す。
これにより、①～④のような効果が期待できる。

【伝え方のポイント】

作設指針 P.5 第2 4 に記されている締固めの効果について、詳しく理由を説明する。

(2)締固めの留意事項【応用】

盛土の施工においては、次の4項目について、留意しておく必要がある。

- ①締固めのやり方
- ②土質の違い
- ③土の含水比(水分量)の違い
- ④自然含水比と最適含水比の差

①締固めのやり方

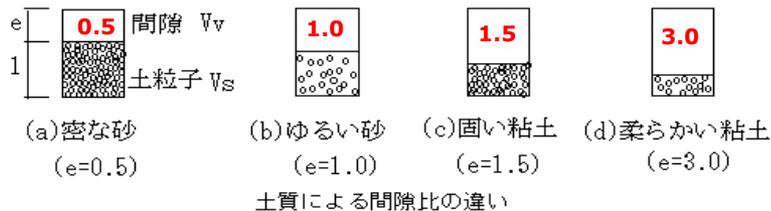
締固めが、適切(十分)に行われた盛土と不十分に行われた盛土では、でき上がりに違いがでます。

図は、室内の実験により、締固めを行った結果を示したものです。

(前ページ図の水を除く、土粒子、空気のみを考えた状態)

砂の粒子を規則正しく積み重ねた場合、最も密に詰めると $e=0.5$ 、最もゆるい場合でも $e=1.0$ となる。粘土の粒子も砂と同様に積み重ねた場合、最も密に詰める(固い)と $e=1.5$ 、最もゆるい(柔らかい)場合でも $e=3.0$ となる。

このように締固めのやり方により、**間隙に大きな違いがでる**。また、**砂と粘土を比べた場合、粘土の方が間隙が多い**ことがわかります。



【話す内容】締固めのやり方による違い

締固めの良し悪し

密な砂(固い粘土)は適切に締固めを行ったもの
ゆるい砂(やわらかい粘土)は不十分な締固めを行ったもの
と考えることができる。適切な締固めを行ったものは、隙間が小さく、不十分なものは隙間が大きくなっている。不十分な締固めでは、盛土の中の隙間(空気)を排除することができないため、強い盛土は作れない。

また、砂と粘土を比べた場合、粘土の方が間隙が多いことがわかる。→ 次頁で説明

【伝え方のポイント】

締固め良し悪しは、単に締固めのやり方だけではなく、土質条件、土の含水比等が大きく影響することを説明します。

②土質による違い

作設指針の解説 P.3~5

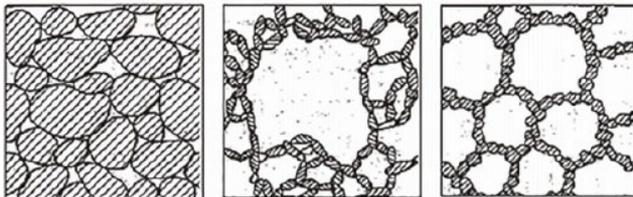
砂と粘土を比べた場合、粘土の方が間隙(すき間)が多い。
土質により、盛土の強さが異なる

粒子の粒径と呼び名を日本統一土質分類(地盤工学会)では、
 下図のように示しています。土は、様々な大きさの粒子で構成
 されています。



土粒子の粒度区分とその呼び名

- 細粒土(さいりゅうど) : (間隙が大きい)
 粗粒分が50%以下の土(粘土やシルトを多く含む土)
- 粗粒土(そりゅうど) : (間隙が小さい)
 粗粒分が50%超の土(砂や礫を多く含む土)



単粒構造 (礫・砂など) 間隙 小
 綿毛構造 (粘性土など) 間隙 大
 蜂の巣構造 (ロームなど) 間隙 大

【話す内容】土質による違い

細粒土と粗粒土の違い

粘土やシルトなど土粒子の小さいものを多く含む土を細粒土、
 砂や礫など土粒子の大きいものを多く含む土を粗粒土と言う。

細粒土は間隙が元々多いため、締固めを十分に行っても強い盛土を作るのは、困難。一方、**粗粒土は間隙が少ないため、締固めを十分に行えば、強い盛土を作ることができる。**

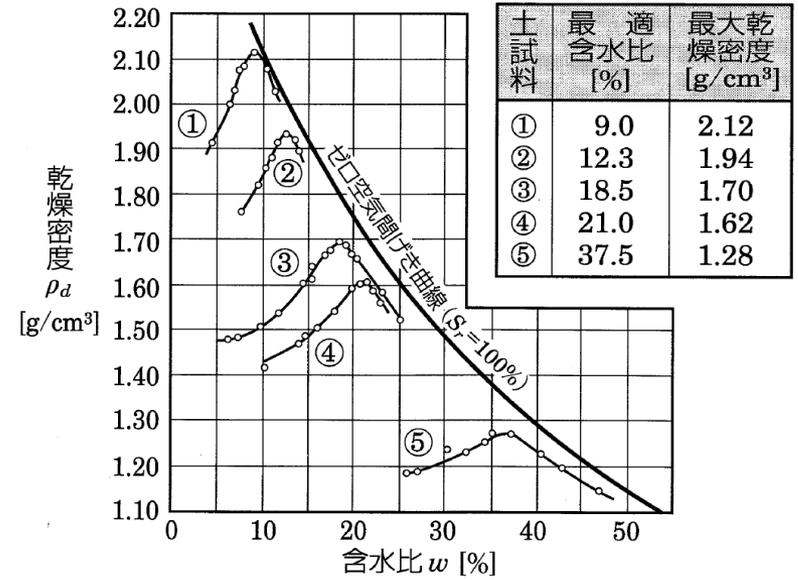
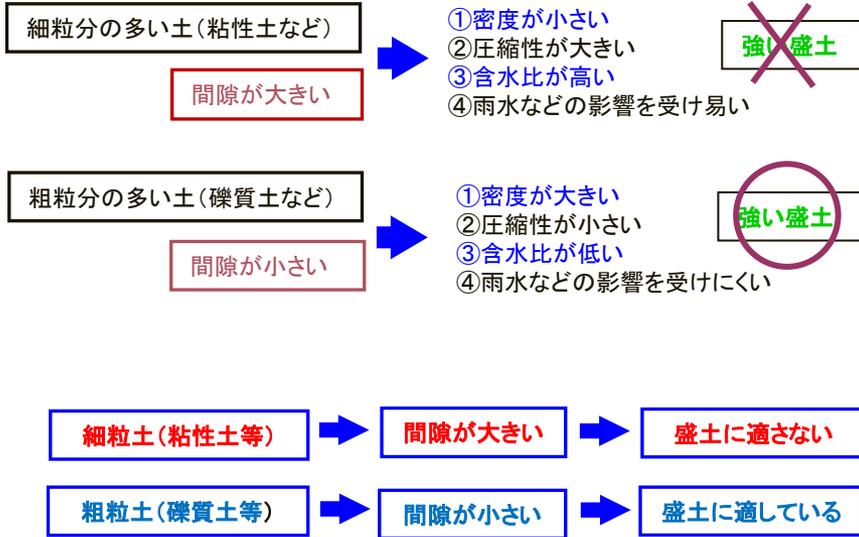
このように締固めを十分に行っても、土質が異なると盛土の強さが異なる。

細粒土の盛土、特にロームや黒ボクなどは注意が必要。

【伝え方のポイント】

- ①現地の土質条件により、盛土の強度が変わることは、作業道を作る上で知っておくべき、重要な情報です。強さが変わる理由を左図の土粒子の構造の間隙の違いから説明します。

作設指針の解説 P.42~58 第2 4(2)解説②



- ①、②: 粒度の良い粗粒土ー最適含水比は低く、最大乾燥密度は高い
- ⑤: 細粒土分が多い土 : 最適含水比は高く、最大乾燥密度は低い

土質による最適含水比、極限支持力の違い(例)※

土質	最大乾燥密度 (g/cm³)	極限支持力 (kN/m²)
火山灰質粘性土 (ローム) (群馬県沼田市)	1.0	34
堆積岩質礫質土 (宮崎県西都市)	1.9	1196

約2倍

※ 数値は試験で得られた最大値



ロームの盛土



礫質土の盛土

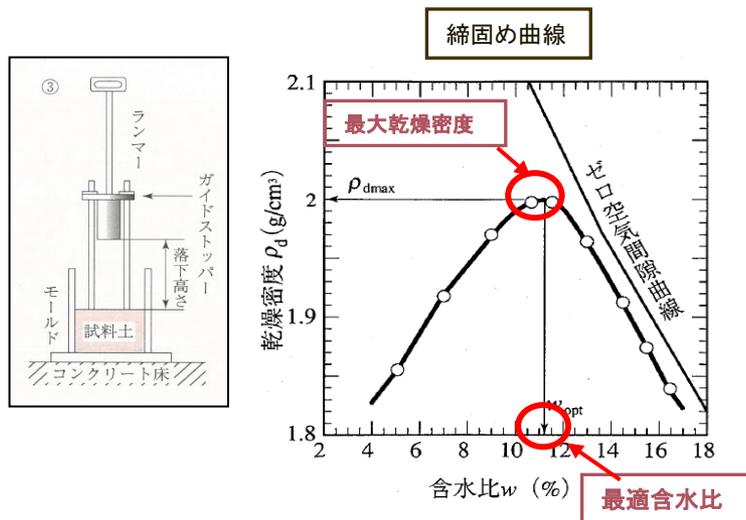
※ ロームのような盛土に適さない土で作業道を作設すると支持力が弱く、林業機械の走行により路面が沈下してしまうことがあります。

9 構造物等 (2)路面・路肩補強工を参照

③土の含水比(水分量)の違い

最適含水比で締固められた盛土は、強さや圧縮性・透水性の面でよい状態となる。耐久性のある丈夫な路体をつくることができます。

室内試験において、含水比を変えながら同一方法で締固めを行うと乾燥密度の最も高い含水比が見つかる。この含水比を最適含水比といい、このときの密度を最大乾燥密度という。



※現場での応用例

雨の直後と晴天が続いたあとの施工では、土の含水比が異なるため、転圧回数を変えることで、盛土の強度を均一に近づけることができる。

【話す内容】土の含水比(水分量)の違い

含水比を変えながら同一方法で締固めを行うと乾燥密度の最も高い含水比が見つかる。この含水比を最適含水比といい、このときの密度を最大乾燥密度という。

最適含水比および最大乾燥密度は、締固め曲線により得られる。縦軸に乾燥密度、横軸に含水比をとったグラフを締固め曲線と言う。締固め曲線は、締固め試験を行い、試料の含水比を変化させて乾燥密度を算定することで得られる。

突き固め試験(参考)

ランマー(重り2.5kg又は4.5kg)をモールド内の試料に自由落下(30cm又は45cm)させ突き固めを行う。この際、試料土の含水比を6~8段階変化させて、締固め土と含水比の関係を調べる。

盛土に使う土が、最適含水比に近い水分量の状態で締固めを行うことができれば、最大乾燥密度に近い盛土を作ることができる。⇒ 次頁で説明

④自然含水比と最適含水比の差

作設指針の解説 P.43～44

自然含水比と最適含水比の差が小さいほど、最大乾燥密度に近い盛土ができる。(施工が容易)

自然含水比: 土が自然状態の時に保持している含水量のこと。掘削した土砂はこれに近い状態にある。

最適含水比: ある土を一定の仕事量で締め固めた場合に、最も良く締め固まる時の含水比。この状態で締め固められた土は、強さや圧縮性・透水性の面でよい状態となる。耐久性のある丈夫な路体をつくることができる。

最大乾燥密度: 土の締め固めにより得られる乾燥密度の最大値。締め固めの効果(密度の向上効果)は含水比や締め固め方法(転圧の仕方や回数:エネルギー量)に依存します。最大乾燥密度を目指して締め固めを行うことが耐久性のある作業道の作設につながる。

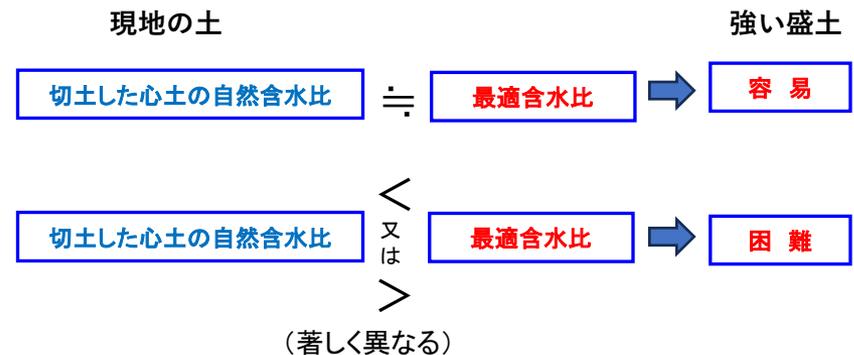
土質による自然含水比、最適含水比、最大乾燥密度の違い

土質	①自然含水比 (%)	②最適含水比 (%)	①/②	最大乾燥密度 (g/cm ³)
火山灰質粘性土 (ローム) (群馬県沼田市)	89.0～95.6	51.8～54.3	1.72～1.76	1.0
まさ土 (佐賀県佐賀市)	19.4～22.8	17.8～18.7	1.09～1.22	1.626～1.661
変成岩質礫質土 (長野県伊那市)	12.0～14.7	8.7～9.6	1.38～1.22	1.976～1.981
堆積岩質礫質土 (宮崎県西都市)	13.4～16.3	12.4	1.08～1.31	1.9

【話す内容】自然含水比と最適含水比の差

現地で切土した心土の自然含水比と、その土の最適含水比が近い場合は、水分調整もせず、最大乾燥密度を得られるので、施工は容易と言える。しかし、自然含水比と、その土の最適含水比の差が大きい場合は、密度が小さくなり、強い盛土を作ることは困難になる。

下図を参照



8 排水施設

作設指針 P.1 第1 2 (4)

作設指針 P.4~5 第2 3

沢の横断箇所の選定は重要。

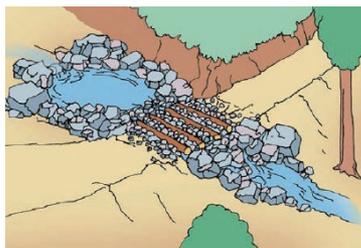
下流に人家や取水施設等がある場合は、**路線の迂回等も検討し、保全対象にも十分留意**する。

沢を横断する際は、維持管理や補修作業が容易な**洗越し**を作設する。

(1) 沢の横断箇所【基礎】

沢の横断箇所

- ・**沢の傾斜が緩く、兩岸の高低差が少ない箇所**を選定
(大きすぎると走行が困難となる)
- ・沢は出来るだけ**直角に渡る**
(なるべく距離を短くして、流水の影響を避ける)
- ・岩盤などの**固いところ**
(軟弱地盤は避ける)
- ・侵食が顕著な箇所、**水深が深い箇所は避ける**



洗い越しの例

【話す内容】沢の横断箇所

○どこで沢を渡るかを定めることが、コストや安全性等からも大変重要。渓床勾配が緩く、沢の前後の地形が緩い箇所を通過することが、耐久性のある森林作業道の作設につながる。

○適地が見つからない場合や下流に人家や取水施設がある場合等には、**路線の迂回等も検討し、保全対象にも十分留意**。

○沢を横断する際は、維持管理や補修作業が容易な洗越しを作設する。

○常水がある沢は「洗越し」+「暗きよ」で水を流す。

○暗渠は、塩ビ管やコンクリート管等を利用。車両通行時の荷重で損傷ないように埋設する。暗渠は枝条や礫等も流入し、放置すれば閉塞の原因となるため、維持管理が必要。

集水面積の大きい沢では、枯れ沢でも洪水痕等から集水量を推定できる。

【伝え方のポイント】

沢の横断箇所の選定、洗越しの作設は重要。作設方法の良し悪しが、豪雨時に大きな災害につながることを強調する。

【技術的留意点等】

沢の横断箇所は、路線計画の重要なポイント。ルート計画の段階で沢の横断箇所の目安をつけておく。

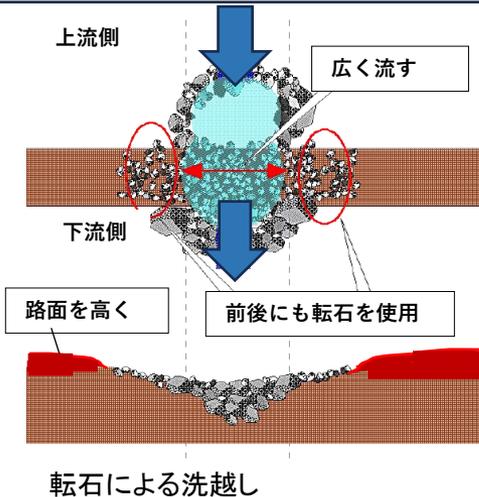
(2) 洗越しの作設方法と構造【基礎】

作設指針 P.5 第2 3 (4) (5)

作設方法

洗越しの越流部は低く、前後の路面は高くすることで、作業道への水の流下を防ぐ。

洗越しは、沢の流水方向に対し直角に、「弱く、広く、浅く」流れるようにする。



①越流前



②水が洗越しを広がって流れる様子

【話す内容】洗越しの作設

○洗越しは、沢の流水方向に対して必ず直角に設置するとともに、沢前後の路体への水流入を防ぐため、洗越しの上面は出来るだけ水平にする。

○洗越し部分は前後の路面高より下げる。

○吐口は比較的大きな転石等を使用する。その際、洗越し基礎部の地盤の確認を行う(洗越し沈下防止のため)。

○路面の流水を広く流すことで、流速を緩和する(緩く、広く、浅く)。

○路面の転石は比較的小さなものを使用して、通行しやすいようにする。

○洗越しの前後5~6mは路面に転石を敷く。履帯が水を引っ張ってぬかるんでしまうのを防ぐ。

【伝え方のポイント】

水の流速を抑えるポイントを図で説明

【技術的留意点等】

沢を横断する場合は最短距離で直角に、水の侵食を防ぐため、水流を弱く、広く、浅くする。



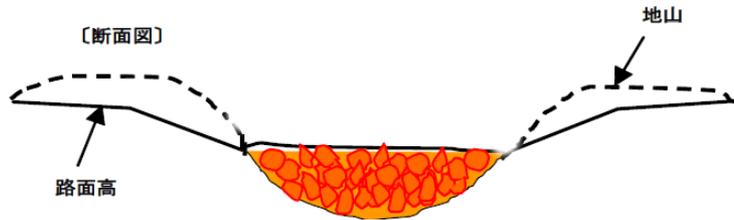
③越流水の状況



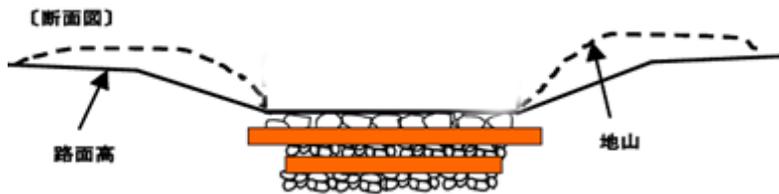
④その後
(上流から下流方向を望む)

構造

- ・石や砂利を積み上げたり
- ・丸太を井桁に組んで石と一体化させたりする方法



現場発生の転石等を利用した洗い越し



丸太組工による洗い越し

流速を弱める工夫は

- ・沢の上流側は流速や土砂流入を抑止する
- ・下流側は洗堀を抑止する



流速を抑えるための水溜



洗堀防止のための石

(洗い越し上流から下流方向を望む) (洗い越し下流から上流方向を望む)

【話す内容】流速を弱める工夫

上流側には、大石を置いたり水溜を設けたりして流速を弱める。土砂等が多いところでは、フトン籠や丸太組等で土砂止めを講じる。

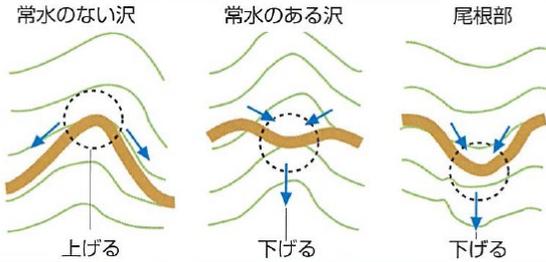
上流側の土砂止工等で弱めた流速も、下流側では再び速まる。洗堀を防ぐため、下流側に根株や大石を設置して洗堀を防止する。

(3) 路面水の処理

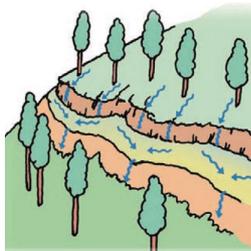
①路面水の処理のポイント【基礎】

作設指針 P.4～5 第2 3

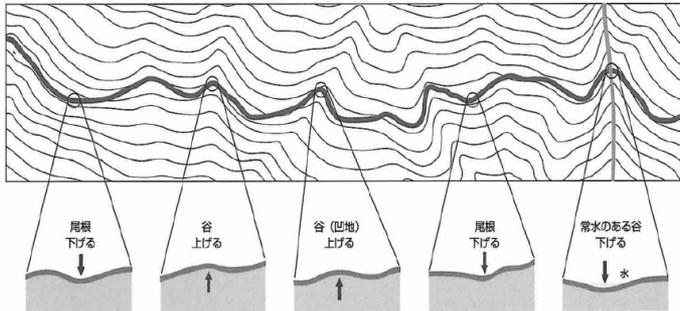
排水が集中する場合は、安全に排水できる沢、尾根等の箇所を**予め決めておく**。



波形勾配による分散排水



波形勾配による分散排水



波形勾配による分散排水

【話す内容】路面水の処理

○森林作業道は、波形勾配による分散排水を基本としている。路面洗掘の原因となる雨水の流下水量等は、集水面積、流下延長、縦断勾配及び土質(路盤)等に左右される。このことから、波形勾配を利用した排水を基本とし、素掘りの横断排水や間伐材を利用した排水工等を設置する。

○路面水の処理が適切に行われないと、路面侵食や路肩崩壊が発生する。

○盛土のり面に水を集めない、走らせないことも重要。

○こまめな分散排水を行い、路面に雨水を流下させない

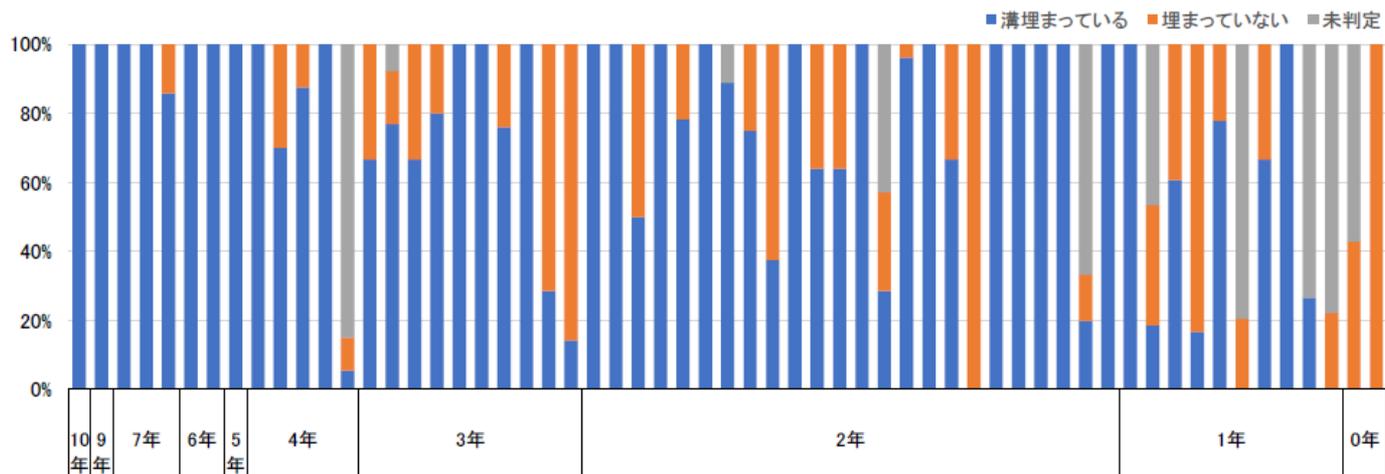
【伝え方のポイント】

森林作業道の作設では、水処理が重要となります。**水を集めない、こまめな分散排水**することを強調します。**短い間隔で水の流れを断つ**がポイントです。

【技術的留意点等】

○横断排水は集水量、縦断勾配、土質等を考慮した設置箇所ならびに設置間隔の選定が重要です。

○経年により横断排水が土砂で埋没します。森林作業道を長く使うためには、こまめな清掃が必要となる。⇒次頁



横断溝の土砂堆積状況と経過年数の一例

作設後の経過年数が多い路線で、土砂で埋まっている横断溝が多い傾向にある。
特に作設後4年以上経過した路線では、横断溝の60～100%で土砂堆積が確認されている。

○作設後4年以上経過した路線では、6割～10割がで土砂堆積が確認されている。土砂を取り除くなどの維持管理が重要となる。



路面洗掘



路肩崩壊の事例

(4) 排水先の確認【基礎】

作設指針の解説 P.25

排水箇所は、谷側（排水側）に**崩落等がない箇所**を設定する。また、盛土箇所に排水すると侵食を受け、崩壊につながるため、**盛土には排水しない**。



崩落危険箇所を考慮した排水の例

排水箇所の横断勾配は、**原則として水平**とする。
横断排水施設や**カーブ**を利用して分散排水

曲線部は、雨水を極力流入させないよう、**曲線部上部入り口手前で排水**する



写真 曲線部手前での排水の例

【話す内容】排水先の確認

○横断排水工により排水する尾根に崩壊、クラック等がないことを現地踏査の段階で確認しておくことが重要。これらの箇所への排水をすることで、崩壊が発生または崩壊の拡大につながる。排水先に道があると、排水先での崩壊につながるため選ばない。

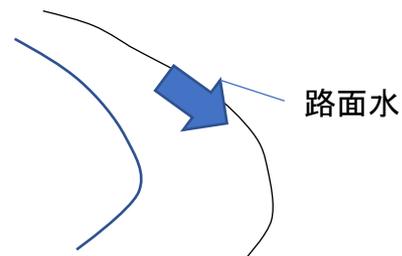
○特に震度5弱以上の地震が生じた地域では、要確認。

【伝え方のポイント】

図で排水先と崩壊位置を説明する。

【技術的留意点等】

作業道の計画ルート近くに、崩壊地が存在する場合は、ルートそのものを変更する必要もある。

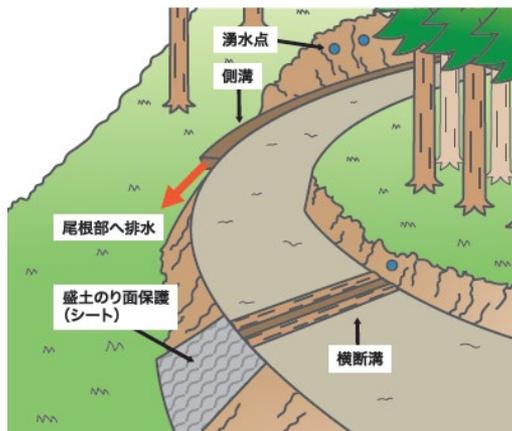


曲線部手前での排水

(5)切土法面等からの湧水等がある場合【基礎】

作設指針 P.5 第2 3 (8)

切土法面等からの湧水、地表水の局所的な流入又は滞水等が認められる場合は、側溝や横断排水施設を設置し排水する。



(6)流末処理

作設指針 P.5 第2 3(10)

横断排水施設の排水先には、岩や石で水たたきを設置し、植生マットで覆う等の処理を行う



写真 流末処理をしなかったため、のり面侵食が発生した例

【話す内容】湧水等がある場合の処理

- 横断排水施設の設置が可能な場合は、湧水箇所に横断排水を設置し、直接尾根部に排水する。この時、水を集めやすいよう受け口を広げるような工夫すると良い。
- また、湧水箇所が広く連続しているのり面や堀割箇所など横断排水で直接尾根部に排水できない場合は、側溝を設けて導水し、直接尾根部に排水する。
- やむを得ず、盛土箇所に排水する場合は、盛土のり面にシートなどのを設置し、侵食防止を図る。

【伝え方のポイント】

左図で説明する。

【話す内容】流末処理

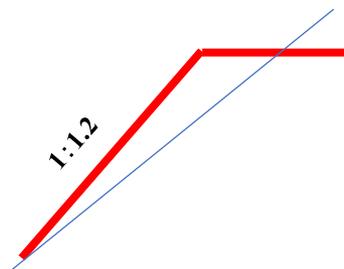
- 横断排水の排水先には、流末を処理する必要がある。流末処理を誤ると盛土部や林地の侵食が発生する。
- やむなく盛土箇所に横断排水施設を設ける場合は、盛土部には必ず導水するための施設を設ける必要がある。流末処理には、現地で発生した石礫のほか、土のう、根株、丸太の利用例がある。必要に応じ植生マットで覆う等の処理を行うこともある。

9 構造物等

(1)盛土土留工【基礎】

作設指針 P.6 第2 4 (2) ②

急傾斜地では盛土高が高く、長大なり面になってしまいます。このような場所では、簡易な構造物により補強を行い、盛土が長大にならないようにします。

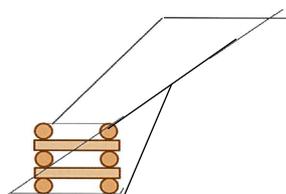


①丸太組

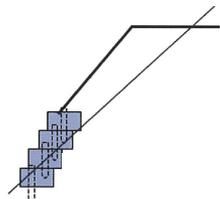
丸太組は、盛土勾配を1割あるいは1割2分に確保できるように設置します。盛土のり面が長大になる場合には、丸太組を2段とすることもあります。

②ふとん籠

ふとん籠は、現地傾斜や幅員に応じて、丸太組よりも高さや強度が必要な場合に使用します



丸太組



ふとん籠

【話す内容】盛土土留工

○森林作業道は、土構造を基本としている。しかし、地形・地質、土質の条件、幅員の制約等から、林業機械等の走行における安全の確保や路体を維持する必要がある場合に簡易な構造物を設置する。

○急傾斜地で長大な盛土のり面になる場合は、簡易な構造物により補強を行う。

丸太組

丸太組は、盛土勾配を1割あるいは1割2分に確保できるように設置する。盛土のり面が長大になる場合には、丸太組を2段とすることもある。

ふとん籠

ふとん籠は、現地傾斜や幅員に応じて、丸太組よりも高さや強度が必要な場合に使用する。

○ふとん籠は、設置する基礎部を十分に締め固めてから積み上げるようにする。

○積み上げる高さは、4段積(2m)程度までとし、千鳥配置で積み上げる。また、ふとん籠のズレを防止するため、木杭等で固定する。中詰材は、現地採取による礫を利用し、隙間なく詰めることが必要。

○礫が入手できない場合は、土砂を利用するが、その際は、籠内にシート(中詰材の流亡防止)などを張り、網目から中詰材が流出しないように詰めるなどの方法を検討する。

NG

不適切な事例：

立木を利用した土留

立木を杭の代わりとして、支障木等の丸太をそのまま横置きして擁壁のように利用するものです。
この方法は、簡便で容易に高さも得られるため作設しがちですが、**横置きした丸太が腐朽したり、杭代わりの立木が倒伏した場合には、路体自体が崩壊**します。
使用するのを避けましょう。



立木を利用した土留

【話す内容】立木を利用した土留

安定した盛土とするため、堅固な構造物を正しい方法で作設することが重要。
また、このような使い方をすることで、立木を痛めることになる。森林施業のための道としての目的からも外れることになる。

【伝え方のポイント】

路体自体が崩壊すると、作り直すのに時間とお金がかかります。作業道開設時に丸太組やふとん籠の設置することを進めません。

(2)路面・路肩補強工【応用】

粘性土等のぜい弱地では、林業機械の走行による路面の沈下や路肩の崩壊を防ぐため、石礫や丸太等による構造物を施工します。

①石礫による補強

石や礫を路面に敷設し、埋め込むことで、路面の侵食防止や路肩の補強を行うことができます。勾配のある路面においては、小径の礫では流出してしまうため、栗石を使用することも有効です。

②丸太敷設による補強

丸太を敷設することで、路面の沈下防止や路肩の補強を行うことができます。現地の状況によっては、丸太組や土木シートを使用することもあります。



石礫による路肩の補強



丸太組と土木シートによる路面沈下の抑止

【話す内容】路面・路肩補強工

ぜい弱地では、締固めが十分に行えず、林業機械の走行により路面が沈下してしまう場合や、雨水による侵食を受けやすい場合等があるため、路面支持力の確保が重要となる。

丸太敷設は幅員と並行に敷設するが、特に水分が多く粘性の高い土質条件では、丸太を格子状に組んでいく。また、路体に有孔管や土木シートを敷設することもある。

主な脆弱な土質の種類と特徴は以下の表のとおり。

名称	特徴
関東ローム	関東地方に広く分布する火山降下堆積物が粘土化したもの。ロームは、関東のほか、東北、長野、山陰、九州にも分布する。
黒ボク土	火山放出物が風化堆積し、上部に腐植が集積したもの。全国に分布する。
まさ土	花崗岩質岩石が風化した残積土。全国に分布し、中国、近畿、中部、東北地方の一部に多い。豪雨に対する侵食に弱く、崩壊や土石流が発生するおそれがある。
シラス	火砕流堆積物を起源とする。大雨等によって表面侵食を受けやすく、崩壊し易い。南九州に多く分布する。

名称	土质的特性	作設時の留意点
火山灰質粘性土 (関東ローム 黒ボク土)	<ul style="list-style-type: none"> 締固めにくい こね返しにより土の強度が低下する 降雨時の作設や走行により路面は泥濘化する 団粒構造が崩されると侵食を受けやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 礫や砂質土等と混ぜて盛土を作設する 局部的に切土を主体に作設する 礫や丸太等の現地発生材を敷き固める 腐植層が薄い場合は、排除したり、腐植層と心土を入れ替える こまめな排水で、雨水の滞留を防ぐ
まさ土	<ul style="list-style-type: none"> 侵食を受けやすい 締固めにくい 植生が侵入しにくい 風化して崩れやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂等と混ぜて、盛土をする 表土を利用して盛土のり面を緑化する のり面勾配を緩くして、不安定な場所には丸太組を施工する こまめな排水と、横断溝の排水先には水たたきを設置する
シラス	<ul style="list-style-type: none"> ある程度の雨水は排出するが、激しい雨には弱い 掘削された土は水に流れやすい 複雑な形状の土粒子が混在する 植生が侵入しにくい 	<ul style="list-style-type: none"> 丸太組の間にしっかり土を充填したり、根株を盛土のり面に設置したりする 切土高は低く、切土のり面勾配は直切りにする 表土で盛土のり面の緑化を図る 路面を平らにして、滞留水を防ぐ 激しい雨に弱いため、こまめに排水をする

※関東ロームと黒ボク土は、作設に関する特性や留意点が記されているため、火山灰質粘性土としてまとめた。

参考・引用文献

1. 研修補助教材2014 急傾斜地やぜい弱地等での森林作業道づくり 林野庁
2. 研修教材 2010 森林作業道づくり 一般社団法人フォレスト・サーベイ
3. 災害に強い森林作業道開設の手引き 宮城県 集約化施業取組推進プロジェクトチーム
4. 森林作業道開設の手引きー土砂を流出させない道づくりー 独立行政法人 森林総合研究所
石川県農林総合研究センター 林業試験場
岐阜県森林研究所
5. 平成31年度 基礎A「森林の見方」 森林作業道 森林技術・支援センター
6. わかりやすい土の力学 鹿島出版 今井五郎著
7. 地盤材料の工学的分類法」地盤工学会基準
8. 「森林総合監理士(フォレスター)基本テキスト」 林野庁
9. 森林作業道作設指針、同解説 林野庁

森林作業道作設指針の解説: [itakukouhyou-5.pdf \(maff.go.jp\)](#)