

(3) 伐木筋工

支障木として伐採した丸太を2~4m程度に玉切りして、千鳥状に配置して杭で固定します（図4-27）。この工法は、平成15年頃から県内の治山山腹工の緑化基礎工や保安林保育事業で発生した現地材を用いて林地の侵食防止補完手段として用いられています（写真4-26）。

この工法について、現在までの追跡調査結果等によると、以下の効果が示されています（平成22年度第50回全国治山研究発表会、長野県）。

- ◎ 千鳥状の配置による地表流分散で、リルやガリーの発達（侵食）防止に効果的
- ◎ 自然散布種子の捕獲と流失防止、水分環境の向上による発芽環境の整備による植生生育環境の創出

盛土法面への利用でもこれらの効果が十分期待できるため、比較的長くなった盛土法面に利用可能です。ポイントは、必ず千鳥配置とすることです。



写真4-26 伐木筋工の事例（岡谷市、平成18年7月豪雨災害復旧現場）
左：伐木筋工の千鳥配置状況、右：施工3年目の自然散布種子起源のコナラ発芽状況

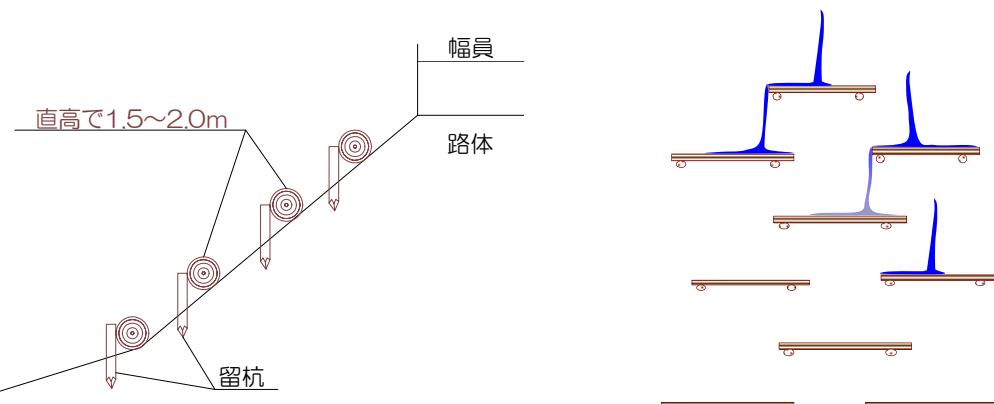


図4-27 伐木筋工の設置断面（左）と地表流分散効果による耐侵食性（右）模式図

4-18 排水対策（路面排水）

縦断波形線形による排水と併せ、水切工をこまめに設置して路面排水を行う。

林道、作業道等の破損事例のほとんどは、雨水等が誘引となって発生します。耐久性のある森林作業道を作設する際に最も重要な要因が水処理対策です。

路面侵食（写真4-27）は、走行の安定性に支障をきたすだけではなく、路面水の集中によって路肩決壊、盛土部の崩壊を発生させます。森林作業道では、側溝を設置して路面水を長い区間導水する場合はほとんどありません。したがって、路面の土質、縦断勾配によって異なりますが、侵食に対する強度により降雨時には侵食が発生します。

林道規程では、横断排水施設は50～100m間隔と示されていますが、森林作業道の場合、波形線形の縦断勾配を考慮して短い区間（20～50m程度以内）で路面排水工を設置することが理想的です。



写真4-27 路面侵食が発生した作業道

左：ガリーの発達した路面、右：地表流の集中流下による路肩結果

（1）波形線形と片勾配

縦断勾配を波形線形とすることで、路面水を短区間で分散排水させます。図4-28は波形線形の事例で、左はこまめに縦断勾配を変化させています。右は凹部を高くし表面水の凹部への集中を回避しています。

これに合わせて、盛土路体ではなく、谷側（川側）が内カーブとなる箇所では、横断勾配をフラットから若干、谷側勾配にして表面水を分散排水としています（写真4-28）。また、縦断勾配が弛むような変化点では、片勾配と併せて素掘り排水を行っています（写真4-29）



図4-28 波形線形の事例



写真 4-28 谷側片勾配による分散排水



写真 4-29 横断変化点の素掘り排水工

(2) 縦断勾配変化点の対策

波形線形の縦断勾配が弛むような変化点で、排水施設（素掘りまたは木製水切工）を用いない場合は、弛みに表面水が滞留する場合があります（写真 4-30）。

写真 4-30 の事例の場合には、勾配が変化する手前で水切工によって排水するようにします（図 4-29）。



写真 4-30 縦断勾配変化点での滞留事例

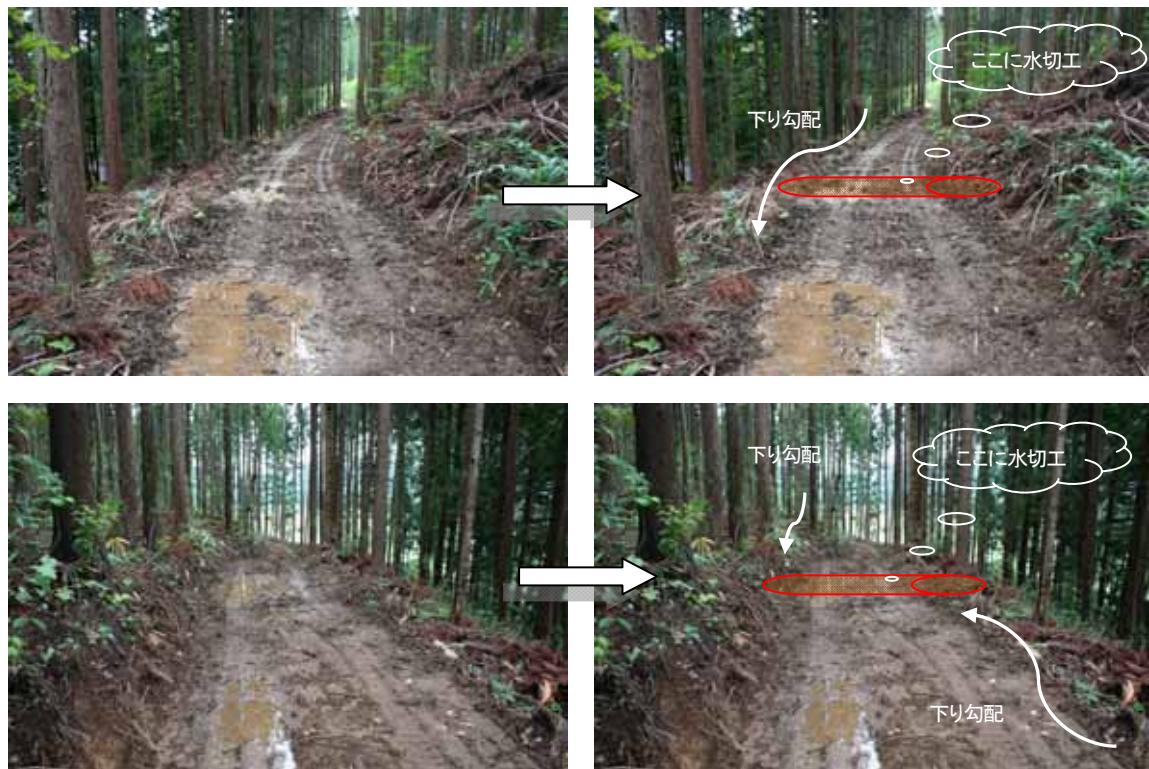


図 4-29 縦断勾配変化点への表面水集中防止対策 (滞留防止対策)

(3) 水切工

①水切工の種類

現在の既設森林作業道では路面排水工として、路面素掘り排水が多く用いられています（写真4-31左）。その他、木製二次製品の水切工（写真4-31右）や現場発生の丸太を用いた水切工が使用されています（図4-30、写真4-31中央）。また、丸太の端部材等（写真4-32）を敷設するもの、丸太による横断溝タイプ（写真4-33）などもあります。

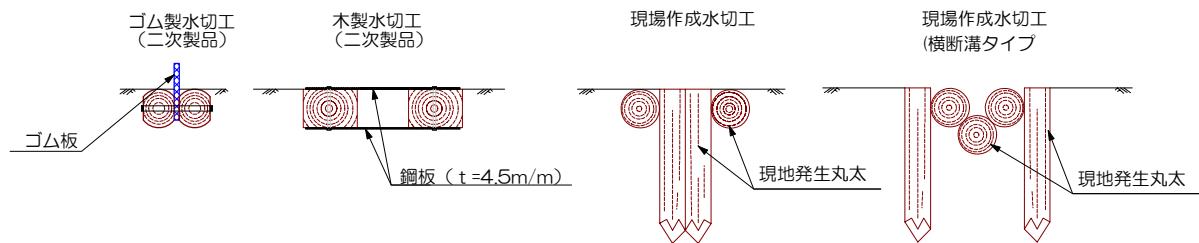


図4-30 森林作業道に使用される水切工（左・中は二次製品、右は現場発生材使用）



写真4-31 水切工の事例



写真4-32 丸太利用の水切工の設置事例



写真4-33 現場作成水切工（横断溝タイプ）の設置事例

②水切工の設置

既存の研究^{*}によると、素掘りは大雨の時の排水機能に限界が生じることや、ゴム製の水切工は傾斜角度（横断方向は水平）、森林作業道中心線に対する設置角度及び縦断勾配との関係で、土砂が堆積しにくいことなどが明らかとなっています。

ゴム製や現場発生の丸太水切工を設置する場合は、横断方向に対して斜めに設置する必要があります。前述の研究では、水が流下してくる方向（高い方向）に対し傾斜角度は6~7度とし、縦断勾配に応じて森林作業道の中心線に対する角度を55~65度にすることで排水効果と維持管理（土砂の堆積）効果があるとされています（図4-31）。

図4-31の右の表は、上記の研究結果を早見表にしてみました。ゴム製や現地発生丸太水切工を設置する場合は、縦断勾配が11度以下の場合、中心線に対する設置角度を57度以下にすることが理想的です。

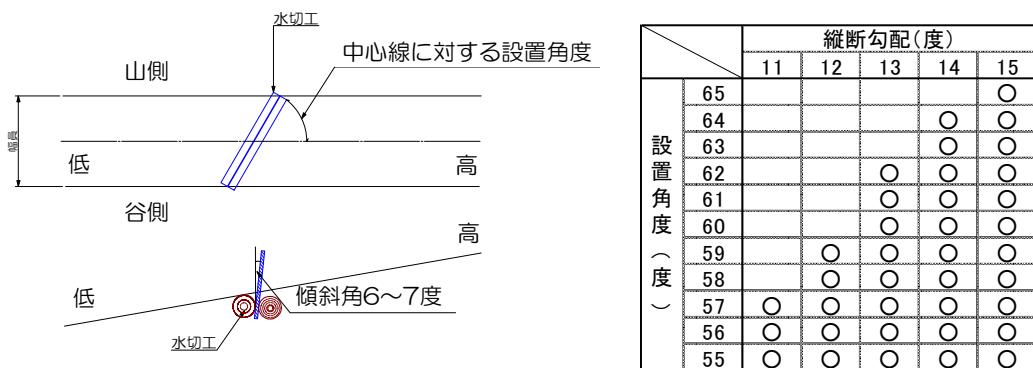


図4-31 水切工の設置模式図と設置角度と縦断勾配の関係

上表は鳥海春夫 「横断排水工の機能調査」表-3を参考に作成

③設置上の注意

水切工は、十分な長さが必要です。山側は切取法尻まで確実に接するようにします。谷側（流末側）は、幅員外の地山までの長さが必要です。中途半端な長さで設置すると、山側では法尻に侵食が発生します。谷側では路肩部が侵食を受け流路が形成されたり（写真4-34右）、路肩が決壊したりする恐れがあります。

現場発生材を用いる場合は、設置する場所を確認して作成するために、寸足らずの水切工にはなりにくいのですが、二次製品の水切工は、長さ（規格）が決まっています。上記の斜め設置をするとどうしても山側や谷側が足りなくなる場合がでかってしまいます。二次製品を用いる場合は、幅員と縦断勾配、設置箇所の状況を十分確認して、長尺の資材を購入するようにしてください。



写真4-34 排水効果を発揮しているゴム製水切工（左）と
寸足らずで路面侵食が発生している水切工（右）

* 鳥海春夫 「横断排水工の機能調査」、高密度作業道の低成本工法に関する研究、東京都農林総合研究センター緑化森林科

(4) 水切工の流末処理

流末処理は、現場で発生した根株、石碎等を積み、地山部の緩衝に努め、洗掘防止を図ります。なお、盛土部への流末処理は行わないようにします。特に侵食に弱い花崗岩風化のマサ土等などは、盛土が侵食を受け、路体決壊の原因となります（写真4-35）。



写真4-35 盛土に設置した水切工による盛土法面の侵食
右は花崗岩マサ土質の盛土法面への路面排水。施工後1ヶ月で侵食が発生した。

[参考] 「走行車両も考慮して！」

ゴム製水切工などの二次製品は、有効に路面水を排水します。ただし、森林作業道において走行する車両が全て、クローラタイプであったりすると、壊れてしまう場合もあります（右写真）。

クローラタイプの作業機種のみが走行する森林作業道の場合は、直ぐ取り換えができる現地発生材使用の丸太水切工などを用いることをお勧めします。

一方、主に軽トラックや2t トラックなどの車両が通行する路線（区間）では、排水能力が高い二次製品などを用いると、長期の路面安定が図られ、車両走行性にも支障をきたすことが少なくなります。



ゴム製水切工の破損
クローラタイプと大型ダンプ 10t級が走行して破損した。長尺型の抑木を用いないタイプで、荷重がかかる位置に抑木の継ぎ手がある水切工

[参考] 「雨上がり確認隊！」

作設後の路面水の流下状況、湧水の有無（後述4-19）、沢の渡河地点の状況（後述4-20）等の「水の挙動」を確認するには雨上がりが最適です。経験則として、崩壊地の調査などは以前から雨上がりに確認するのが最適と言われてきました。

森林作業道でも作設時点では、水の問題がないと思われた箇所でも、雨上がりに確認すると、路面水の滞留地点（写真4-30など）や流下方向が確認できます。思わぬところに湧水が確認できるかもしれません。また、洗い越し工を行った沢を確認すると、通水断面が適正であったか確認できます。

壊れにくい森林作業道として利用するためには、雨上がりの調査・確認をお勧めします。

4-19 排水対策（湧水処理）

切土法面や凹部微地形から湧水が発生した場合は、導水距離を短くして、湧水箇所付近で川側へ排水する。

盛土内に湧水が確認された場合は、粗朶暗渠工・丸太暗渠工等により、速やかに路体外へ排水する。

(1) 導水

掘削時に切土法面や凹部微地形から湧水が発生した場合は、なるべく導水距離を短くし、湧水箇所に近い場所で下流側に排水します。湧水の流路を人工的に遮断しないように努めることは、法面の安定に寄与するばかりでなく、下流側の野生動植物の生息環境を保全するうえでも重要です。

排水は水切工（前述図4-30）によりますが、湧水地点が切取法面下部や法尻と路面との境部などの場合は、伐採木の枝条（粗朶：そだ）、現地発生材等を暗渠として設置するなどの対策が必要です。

(2) 盛土や路体内の排水

盛土内に湧水がある場合は、粗朶暗渠工、丸太暗渠工等により速やかに盛土法尻の外に排水します。

①粗朶暗渠

粗朶（そだ）とは、直径数cm程度の細い木の枝を集めて束状にした資材のことです。古くからある工法で、冬季長野オリンピックの志賀高原会場の造成にも多自然型工法として用いられました。

広葉樹の比較柔軟性がある枝条を用いるのが理想的とされています。

一般的に暗渠材として用いる場合は約30~40cmに鉄線などを用いて束ねたものを敷設する方法が用いられます（図4-32）。敷設は、地山に多少の箱掘りをして敷設します（写真4-36）。敷設が長くなる場合は連結箇所に隙間があかないように重ねます。また、急勾配の箇所では敷設した粗朶に簡易な杭木を打ち込み埋め戻しによる移動が発生しないようにします。



写真4-36 粗朶暗渠の敷設

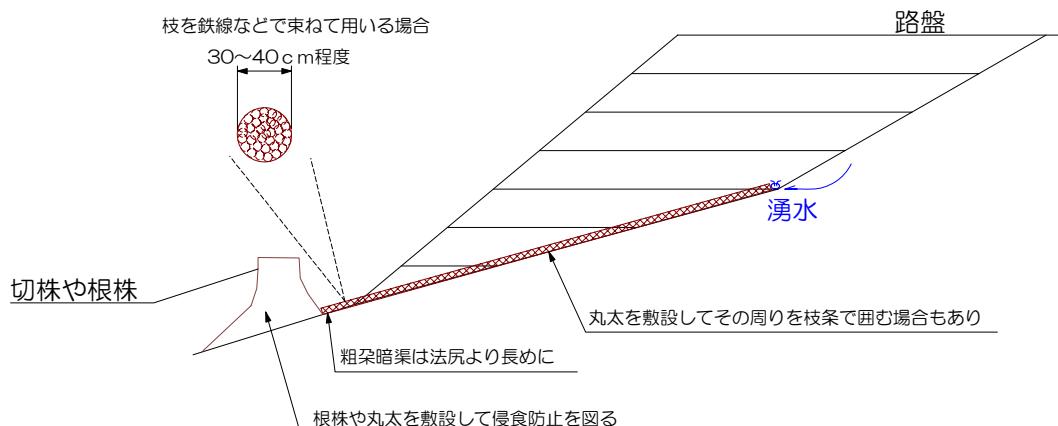


図4-32 盛土路体の粗朶暗渠工敷設模式図

②丸太暗渠

現場発生丸太を用いた暗渠工多く用いられています（写真4-37）。敷設は、湧水地点と排水したい方向に直線的に丸太を設置します。



敷設（重機※）

埋設

埋設

※重機バケットで吊り上げる場合は、専用のクレーンフック付のバケットで行ってください
写真4-37 丸太暗渠工の事例

（3）その他の工法と流末処理

その他、複合型として、現地発生丸太を敷設面に置き、その周りを粗朶で覆う場合などもあります。湧水量が多い場合は、粗朶暗渠と鉄線カゴ（蛇カゴ）暗渠などの複合型もあります。また、安価な二次製品もあり（写真4-38）、眼詰まりを発生させやすい粘性土等の場合は湧水量を確認して比較検討をしてください（図4-33）。

流末処理は、盛土法尻より長くし、切株や根株に据え付け、盛土法尻の侵食を防止します。



写真4-38 二次製品の暗渠資材
吸い出し防止材で作られた資材で、粘性土など目詰りし易い土質に有効。

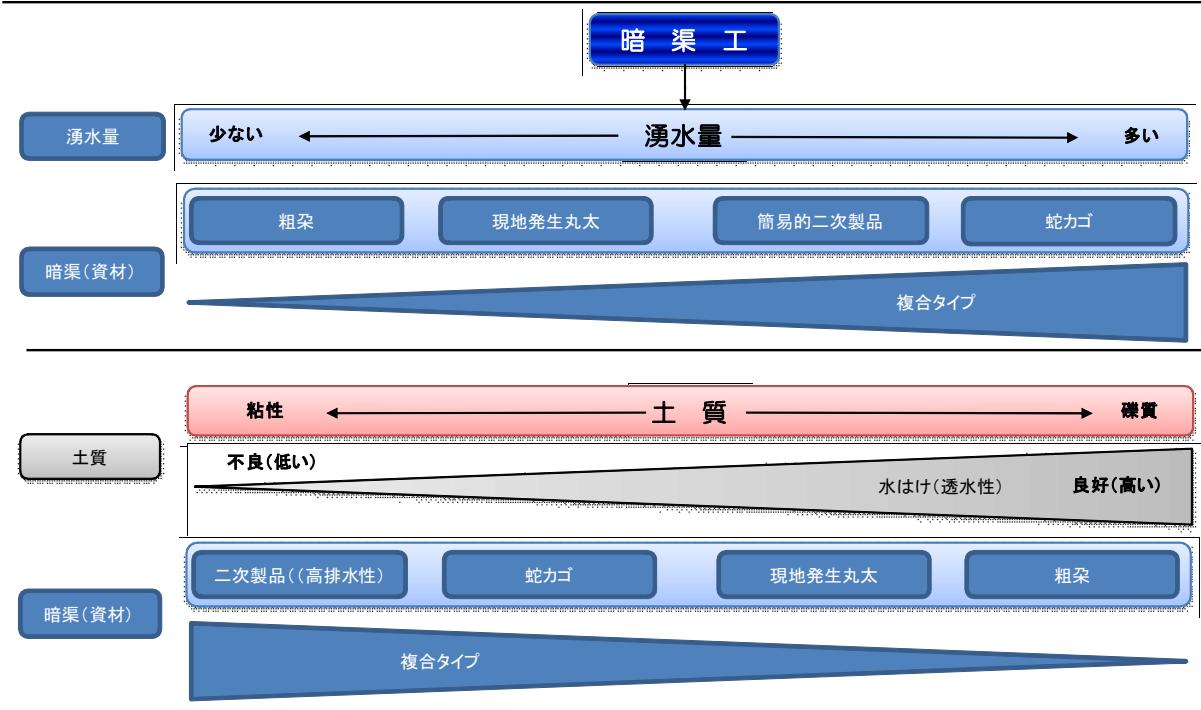


図4-33 暗渠工選定の比較検討の例（湧水量と土質条件からの比較）

4-20 渡河と排水

森林作業道では現場発生の丸太、枝条を用いた粗朶暗渠併用の洗い越しで渡河することを原則とする。ただし、法的規制がある渓流・河川においては、森林作業道であっても関係機関に協議して渡河方法を決定する。

林道は、流域面積から流出量を計算して、安全に通水させる暗渠工等で渡河します。ヒューム管等の管渠を埋設する場合は、土砂、枝条等による呑口部の閉塞が発生しないよう、必要に応じて土砂止工などを設置しますが、森林作業道では、現場発生の丸太、枝条を用いた粗朶暗渠併用の洗越しなどで渡河します。なお、渓流の規模（流量、流域）を十分確認し、場合によってはヒューム管等と併用の構造も検討します。

ただし、法的規制がある渓流・河川においては、森林作業道であっても関係機関に協議して渡河方法を決定する必要があります。

(1) 洗い越し工の路面高と縦断勾配

洗い越し工は極力、河床高と路面高との高低差を低くします（図4-34）。沢（河川）の流水方向に沿って道路に直角に設置するとともに、洗い越し工の上面は出来るだけ水平にし、沢部から路面上への流水を防ぐため前後の路面高よりも低くなるように調整します（図4-35）。

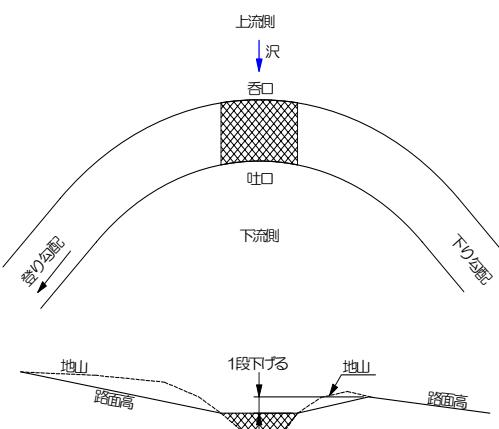


図4-34 洗い越し工の標準平面と縦断面

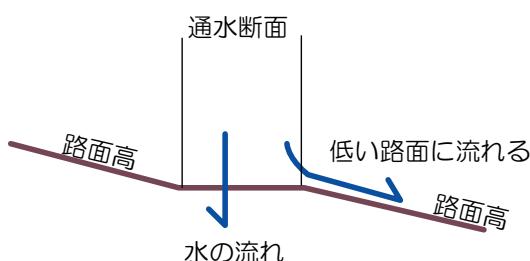


図4-35 洗い越し工の路面高

左図は通水断面だけを水平にした場合で、これでは表流水が縦断勾配に沿って低い路面に流入する。右図のように通水断面は縦断勾配が低い側も路面高よりも一段下げるようとする。



写真4-39 洗い越し工部の縦断勾配事例
通水部を低く、両側を高めにしている。写真手前が下り勾配。

(2) 洗い越し工の作設

洗い越し工の材料は、現地で発生した転石、伐採木等を利用して、浸透水を排する暗渠部を作設します。暗渠部は必ず現渓床（今、水が流れているとこ）から下に掘削し、十分に床を転圧します。そこに伐採木等と枝条を交互に積み上げます（図4-36 ①～⑤、写真4-40）。ポイントは以下の通りです。

- ❖ 丸太は流水方向に並行（路線線形に直角）
- ❖ 枝条は丸太に直角
- ❖ 積み上げるとき枝条を潰さない
- ❖ 可能な限り隙間がないように、丸太の太さや枝条を敷き詰める

暗渠部の上に越流させる路面を作設します（図4-36 ⑥～⑦）。一般的な土では、長期的にみて越流水によって侵食されて流亡するため、比較的大きめな礫を用いて敷き詰めましょう。前後の縦断勾配を考慮して一段下げた路面高を決定して十分に締固めます（写真4-40）。

最後に、上流側（呑口）と下流側（吐口）の処理として、転石を敷き並べます（図4-36 ⑧）。呑口側の転石敷き並べは、流下してくる水によって洗い越し工が侵食を受けないこと、暗渠部に集中的に浸透させないこと、さらに路体安定のための土留工的な役割を目的とします。吐口側も洗い越し工の侵食防止、路体安定のための土留工的な役割を目的としますが、必ず越流部の下にも転石を敷き並べて、洗掘防止を図るようにします（写真4-41）。



写真4-40 洗い越し工の作設事例



写真4-41 洗い越し工の呑口・吐口と路面

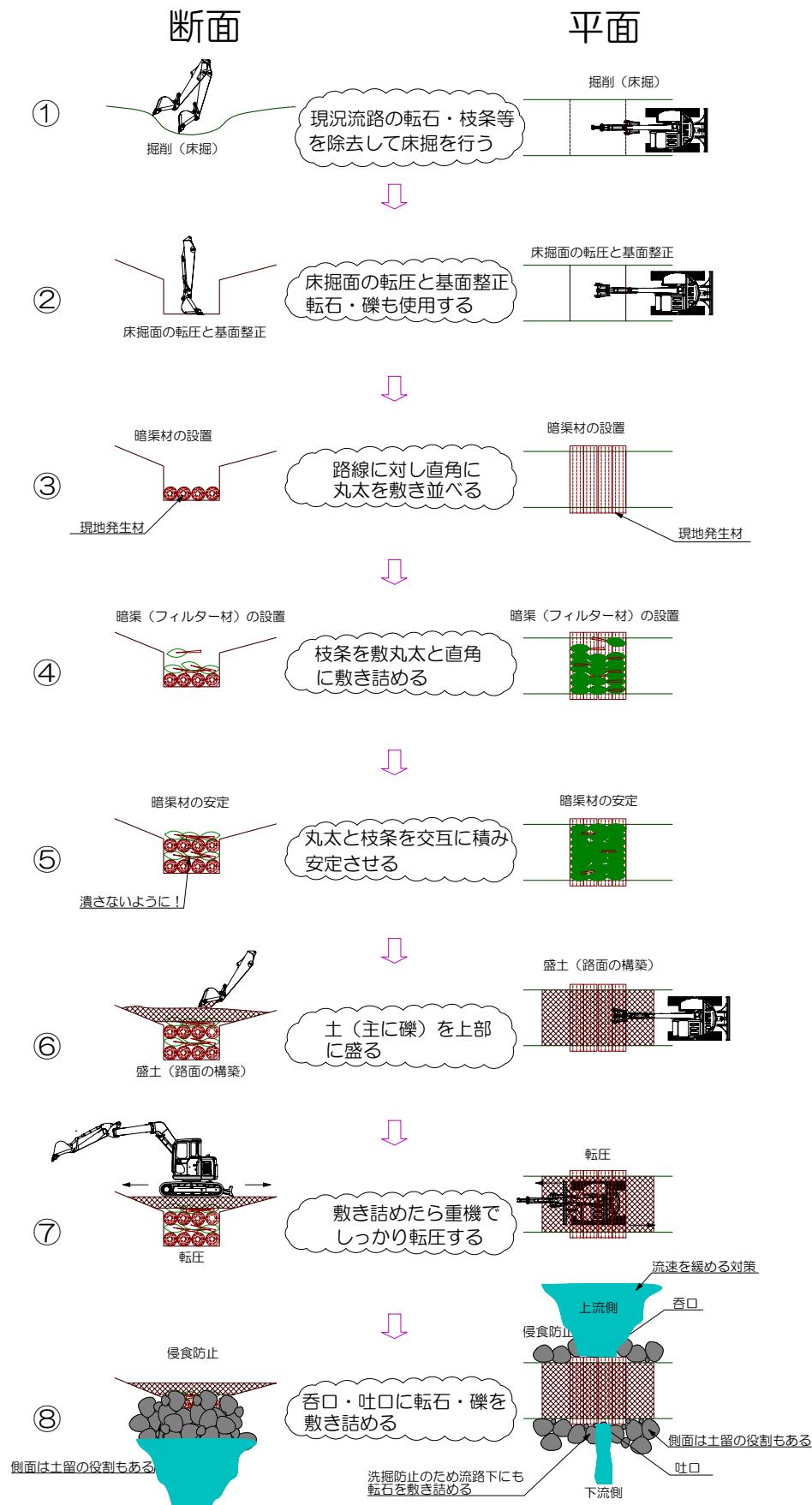


図 4-36 洗い越し工の作設模式図（比較的転石・礫がある場合）

(3) 土質条件による作設区分

礫が豊富にある現場では、丸太や枝条を用いらず礫や転石だけで洗い越し工を構築します。路面も礫だけで構築できますが、表流水を速やかに下方に流下させるために丸太を路面に敷くと流路規制効果が得られます（図4-37）。

転石や礫があまりない現場では、丸太組工（井桁工）などを用いた処理が必要となります（図4-38）。丸太の隙間には十分に土を充填して丸太が安定するようにします。また、丸太組（井桁）の下から2段目程度は必ず埋めるように床掘をし、上流側、下流側ともに粘性土で遮水層を作るよう埋め戻し転圧を行います。越流部となる路面の丸太は必ず流水方向に縦に並べ、幅員よりも長い材（1.2倍以上）とします。

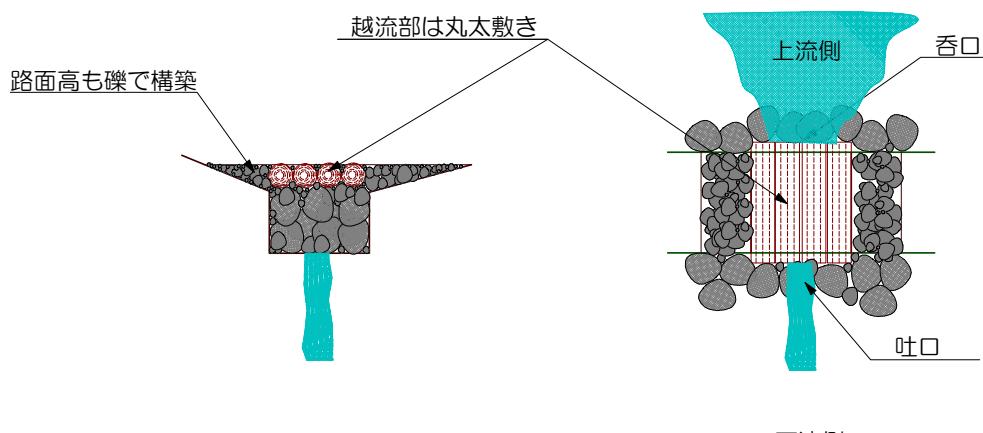


図4-37 洗い越し工の作設模式図（転石・礫が豊富にある場合）

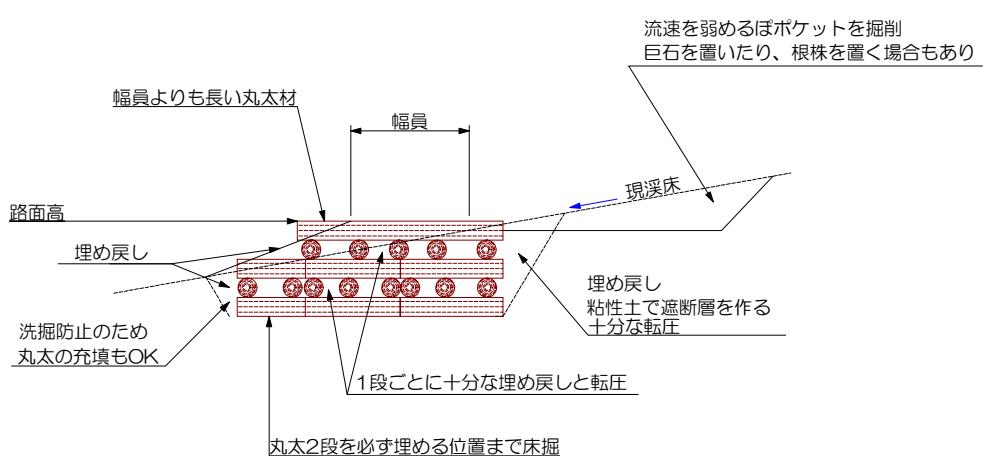


図4-38 丸太組（井桁工）の洗い越し工作設模式図（転石・礫がない場合）

(4) 洗い越し工の注意点

① 規模が大きい渓流

洗い越し工の規模が大きくなるときや渓流の流勢が強い箇所などでは、呑口側に流速を減速させるように、現渓床の流路を広げることや現渓床を下げるなどの流勢を弱めるような水溜を作る場合もあります（写真4-42）。また、吐口側も流路を広げることで沈砂効果が高まります。

大きな渓流では、ヒューム管、塩ビ有孔管、二次製品の暗渠資材等の暗渠工との併用構造を検討してください（写真4-43）。また、このような規模の大きくなる渓流では、河川法、砂防指定、保安林などの制限等がある場合が多く、仮設工として暗渠により横断し、作業終了後に撤去する渡河方法も検討してください。

洗い越し工では、吐口部は比較的大きな転石等を使用して丸太を固定するなど、使用した丸太、転石等が降雨時に下流に流出しないよう注意します。



呑口側は、流速を弱めるように現渓床を掘削して流路断面を広げている。1年間のうちに、数回路面を流水が越流したが、路面の損傷、縦断勾配下方への流下はなかった。



②吐口の処理（流末処理）

排水機能が良好でも、吐口が侵食を受けている洗い越し工があります。急勾配の流路で発生しやすく、敷設した丸太が浮き上がり、路体が不安定となります（写真4-44）。前述したとおり転石や枝条を用いた吐口処理を行うか、丸太を水叩として組み上げる、または伐根を積み上げるなどの対策を行ってください。



急傾斜地の洗い越し工
排水機能は良好だが、吐口側に侵食が発生している。
写真4-44 急勾配箇所に設置された洗い越し工

③耐食性に脆弱な土質

写真4-45は、花崗岩風化土（マサ土）に作設した丸太の洗い越し工ですが、降雨時の越流によって越流部の路面が荒れています。また、呑口の流水減速対策で、流水速度（押し出す水：縮流）は弱まっていますが、敷設した丸太の排水機能が劣り、路面に滯水しています（写真4-45中段）。通常時に滯水するような通水断面では、降雨時には通水断面を流下しきれず、路線の下方側（縦断勾配が低い側）に路面水として流下し、路面侵食を発生させています（写真4-45下段）。

この事例の問題点は、①洗い越し工箇所の路線縦断勾配、②通水断面の構造、③敷設丸太の排水機能の低下が考えられます。

花崗岩風化土（マサ土）のように侵食に対し脆弱な土質の場合は、降雨時に流下する流量を想定して、路面の縦断勾配を検討して余裕を持った通水断面を確保する越流部を作ってください。また、侵食に弱い土質であることから、路面構造を丸太敷きにするなどの対策が必要です。さらに、粘性土でなくても粒子の細かい砂質土なども通水用の丸太が詰りし、その機能を低下させることができます。路体の長期安定を図るために、このような現場では二次製品の暗渠材（前述p83）も検討して、通常水の流水（排水）機能も確保するようにしてください。



洗い越し工



洗い越し工



呑口（流水減速対策）



降雨時の越流で路面が荒れた越流部。排水機能が劣り、水流が路面上で滯水している。



越流水が路面下方に流出



流路が形成される



流路は侵食を拡大

写真4-45 侵食に対し脆弱な土質に作設された洗い越し工の事例

4-2-1 構造物

森林作業道は、現場発生材を用いるなど簡易な構造物とし、基本的に永久構造物を設置しない。

(1) 構造物

森林作業道は、原則的に土構造で構築しますが、局所的に急勾配の箇所などでは、構造物を用いて路体の安定を図ります。

林道などでは安定確保のために構造物を検討しますが、森林作業道は、コンクリート等の構造物は原則使用しません。森林作業道では、現場発生材を用いるなど簡易な構造物とします。基本的に永久構造物を設置しないことから、事前調査及び現地踏査時に路線計画（路面計画高等）を十分検討し、できるだけ構造物を作らない路体構築とします。

しかし、地山勾配が急な箇所や切土面の軟弱地盤（前述4-16）、盛土部路肩の補強が必要な箇所などは、開設時に丸太構造物を設置し、壊れにくい森林作業道の作設に努めます。その場合、使用する木材は支障木等の現地発生材を使用します。また、2t以下のトラックが頻繁に通過するような森林作業道では、局所的に急勾配の箇所にフトン籠等の簡易構造物を設置することができます（表4-2）。

表4-2 森林作業道における局所勾配と幅員に応じた簡易構造物適用例

局所勾配	幅員(m)		
	2.5~3.0	3.0~3.5	3.5
30度以下	土構造	土構造	土構造
30~35度	土構造	丸太構造等	フトン籠等
35~40度	丸太構造等	丸太構造等 フトン籠等	フトン籠等
45度以上	フトン籠等	(フトン籠等)	(フトン籠等)

※この表は、あくまでも適用例であり、基準ではない。

※局所的な対応であり、35度以上が連続する地形の箇所では、路線選定の見直しを行うこと。

※フトン籠については、作設費用等も検討すること。

(2) 丸太構造物

①路側構造物

盛土部路肩の補強が必要な箇所や急勾配箇所を通過するときには、現地発生の丸太構造物を設置します。この構造物は路肩に設置する場合（図4-39左）と盛土下部に設置することができ（図4-39右）、現場に即して設置することで十分な路体構築が可能となります。この工法は、従来林道工事などで用いられていた丸太積工の改良版または応用版と考えてください。ただし力学的効果（安定計算）は想定していませんし、木材が腐朽するまでの一次的施設で、木材の腐朽後はそれまでに侵入した自然植生で路体・盛土法面の保護が図られることが条件となります。

現場発生材（支障木）を用いて、縦木（桁木）と横木（控え木）を連結させて部材を固定します。まず基礎（土台木）となる縦木（桁木、L=2.0~4.0m）を敷設します。続いて横木（控え木、L=0.8~1.5m）を縦木（桁木）に直角に1.0m間隔で連結させます。この2段は可能な限り基礎地盤に設置します。

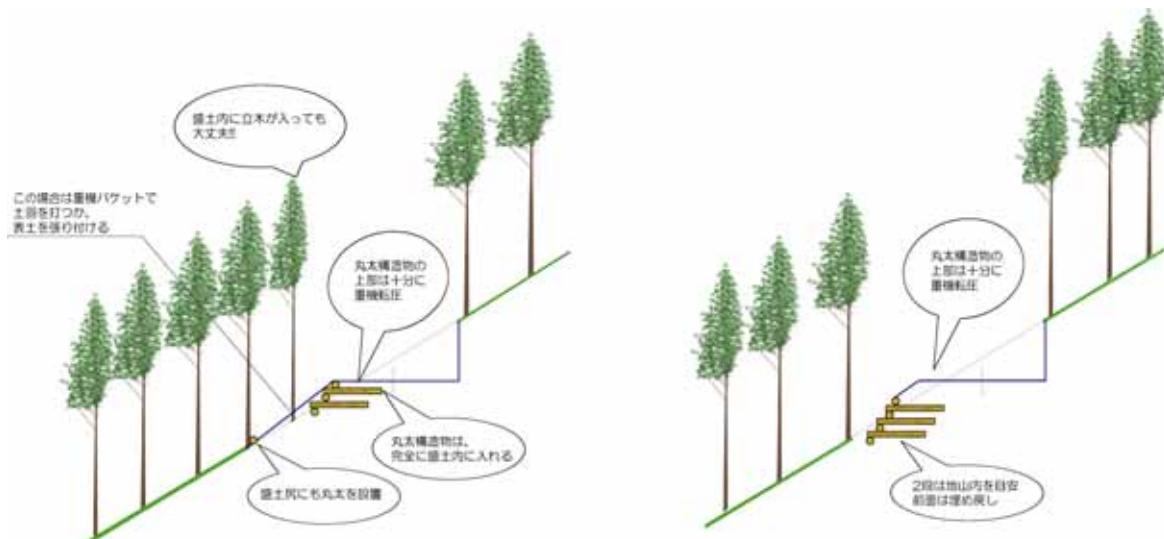


図 4-39 路側構造物設置例（左：肩に設置する場合、右：盛土下部への設置）

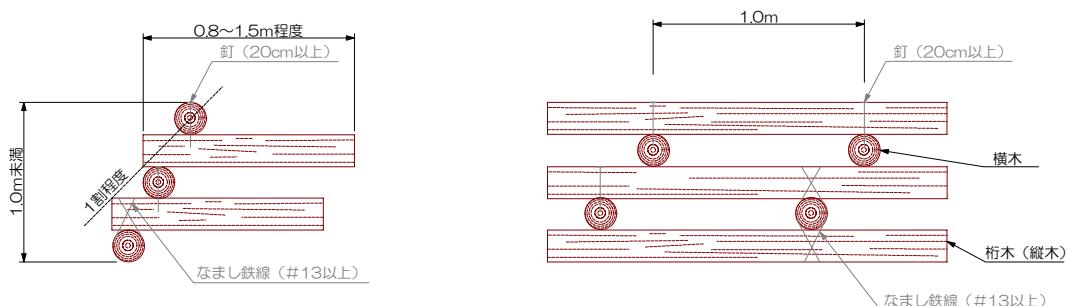


図 4-40 路側構造物の標準図

構造物表面（前面）の出来型勾配は、3分～1割程度の事例が多いのですが、可能な限り1割程度が有効であると考えられます。構造物の高さはおおよそ1.0m未満とします（図4-40）。1.0m以上の構造物もありますが、構造物を高くする場合は、下段の横（控え木）を長くし、背面にも縦木を連結してください。均一の横木では、構造物の変状や路肩決壊が発生します（写真4-46）。

連結は釘、鉄線、鉄筋を用いて固定します。構造物の中詰には、重機で十分な土砂を投入し、固定した組立て構造を壊さないように、まずバケットで埋め戻し、次いで重機走行転圧を行います。



写真 4-46 高さ 2m (7段) の丸太積工法破損した事例

横木背面が滑り面となって連結したまま滑落した構造物。全ての段の横（控え）木が同じ長さで積み上げられている。



写真 4-47 盛土部路肩の補強丸太構造物の作設の流れ

②盛土下部

盛土下部に設置する場合の留意点は以下のとおりです。

- ・ 路体を補強する構造である
 - ・ 重機による掘削・埋め戻し及び盛土構築ができない場合がある（人力施工による効率化の低下）

③切土側構造物

切土側の構造物としては、丸太組構造による法留工や、丸太を法面に立て掛けするタイプの法面保護構造物が用いられています（図4-41）。

丸太組構造物の構造は、横木（控え木）を水平または若干奥を高くする傾斜タイプとします（図4-42の水平、傾斜タイプ）。作業道の横木（控え木）は、1.0m程度の長さで、地山に突き刺します。構造物の高さも1.0m以内にします。連結鉄線や釘等を用いて十分な連結を行うと法留効果が高まります（図4-42）。また、最下段の横木の前面に止め杭を設置（打設）する場合もあります。

法面保護構造物の立て掛けタイプは、最下部に抑え縦木を据え置き、転倒防止を図るなど、変状が発生しないようにします。

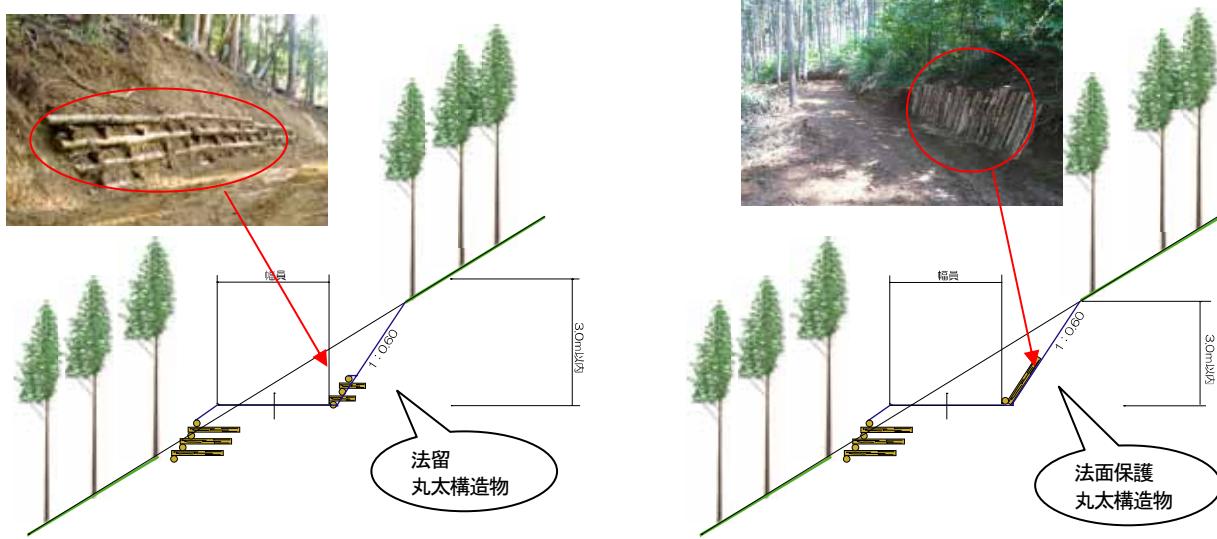


図4-41 切土側構造物設置例

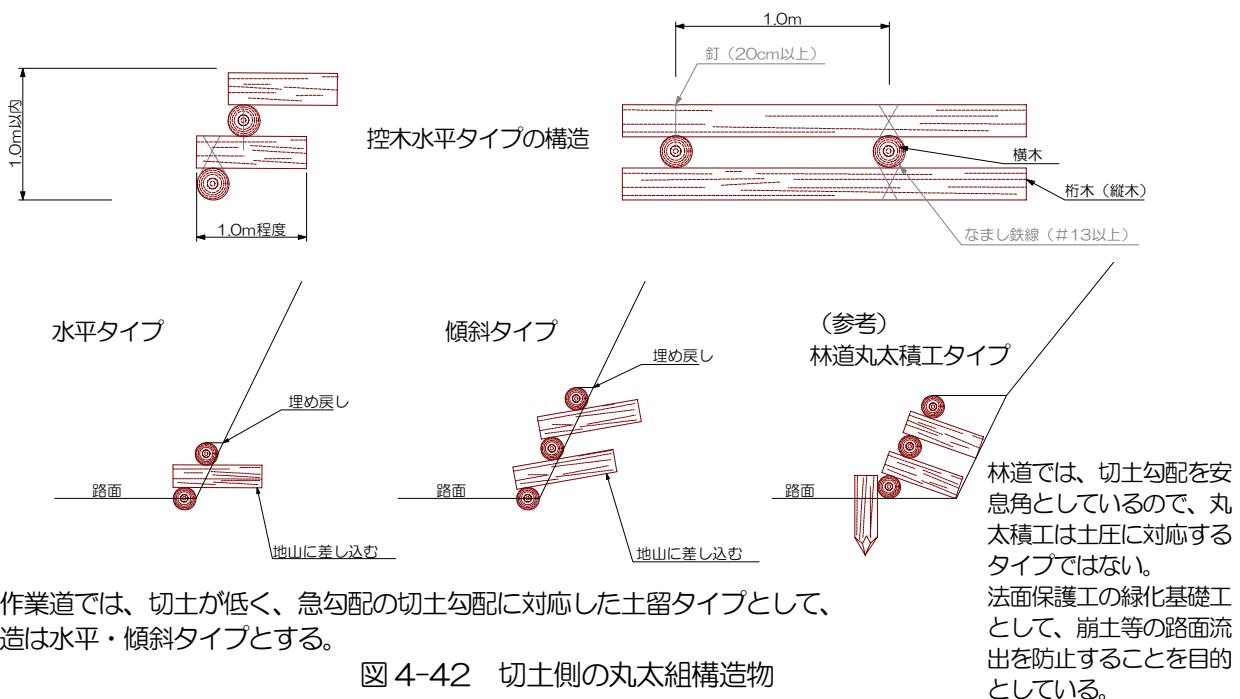


図4-42 切土側の丸太組構造物

(3) 丸太構造物設置の注意

①土質条件による適用

花崗岩地帯や砂礫層等の土質の場合、中詰土（風化粗粒土）が枠組みから流出、流亡し、路体が変状、決壊している作業道が認められます（写真4-48）。このような土質の場所では、路線選定にも留意して、構造物を設置しない路体構築を行うとともに、土質条件を十分検討して丸太構造物を適用してください。



写真4-48 花崗岩マサ土地の構造物破損状況

写真左は路肩決壊による構造物の破損、写真右はマサ土の中詰土の流出による変状

②構造物連続の注意点

森林作業道全線に丸太構造物を設置している路線があります（写真4-49）。路体の安定と現地発生材を有効に利用する目的を併せての施工ですが、緩地形の箇所も積み段数を変えて連続させています。

かなりの労力を掛けた作設した路線ですが、路面排水の視点からは問題があります。これらの路線では、全て構造物の上で路面排水をしています。その結果、水切工を設置できず、縦断勾配凸型箇所に水が滞留して軟弱化している事例（写真4-50左）や、水切工を設置した結果、構造物の基礎部に洗掘が発生したり、丸太構造物の天端に侵食が発生している場合が多く認められます（写真4-50右）。

丸太構造物は「必要な箇所に必要なだけ」設置するように、平面線形や縦断勾配を検討してください。



写真4-49 連続した丸太構造物

起点から終点まで路肩側に全て丸太構造物を設置した森林作業道（写真左右は別路線）



写真 4-50 丸太構造物と路面排水の関係

写真左は構造物があるため路面排水ができない縦断勾配の凹型箇所（路面が軟弱化している）。写真右は構造物上に設置した現場発生材利用の水切工。丸太構造物基礎部が洗掘削を受け、構造物天端が侵食されている。

③据え付け（床付け）

丸太構造物を設置する場合は、最下段の横（控え）丸太は十分な長さのものとし、しっかり床掘りした地山に据え付けてください。

写真 4-51 は、丸太構造物を設置した路面に亀裂が発生しています。このような変状は丸太構造物が迫り出したことによります。この事例の場合、上部の地山線を延長してみると、旧地山線上に亀裂が発生していることが分かります。地山線をあまり掘削せずに控え木を据え付けたものと推察され、車両の荷重等によって構造物が迫り出したものです。

このような変状を発生させないためには、十分な掘削（根入れ）と最下段の横木（控え木）を長くするなどの対策を行う必要があります（図 4-43）。



写真 4-51 丸太構造物設置箇所の路肩変状

下段丸太の据え付けが地山まで達しておらず、旧地山線上（写真上の赤点線）で路面にクラックが発生した事例。左の事例では、路面水が浸入して、クラックが拡大を続けている。

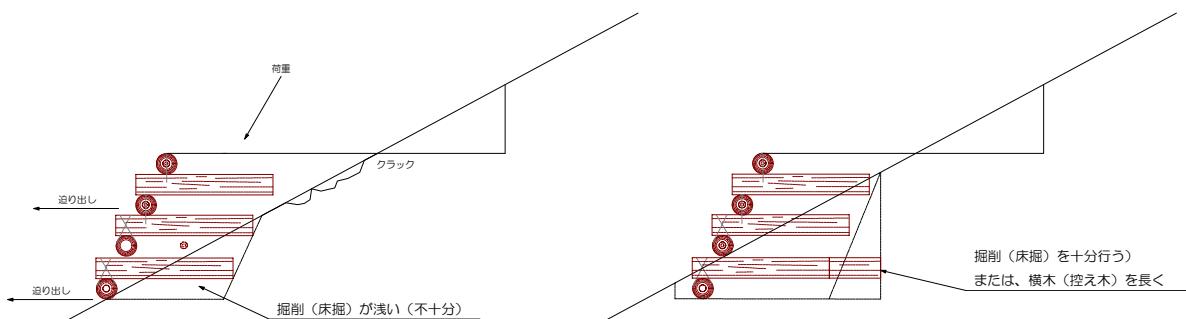


図 4-43 路肩構造物の変状発生（左）と対策（右）

④転圧と中詰め

転圧と、中詰めが十分にできていない構造物は、路面水の浸入と中詰め材の中抜けが発生して、構造物の変状や崩壊が発生し易くなります（写真 4-52）。



写真 4-52 中詰め土砂の流出による路肩変状

丸太構造物を積み上げた箇所では、天端の転圧を十分しない場合があります。構造物を埋めた場合は履帯による転圧もし易いのですが、路面高まで構造物がある場合は、構造物を破壊する恐れがあることと、履帯による転圧への恐怖感から十分な転圧ができません。路面高まで構造物を積み上げた場合は、バケットで叩くのではなく、じっくりと油圧転圧（押さえつけ）をするようにします（写真 4-53）。

花崗岩地帯のマサ土や砂岩風化土に多くみられる砂礫質では、構造物内に充填される土砂の空隙が大きいため、経年変化で路面水が浸透するとマトリックスが流亡してさらに空隙が大きくなる場合や、砂礫そのものが洗いだされる場合があります（写真 4-54）。



写真 4-53 設置、埋め戻し転圧状況

この事例では、縦（桁）木の長さ分だけしか地山掘削せず、1 スパンごとに掘削、組み上げを行っている。転圧は 1 段（30 cm）ずつの履帯転圧。履帯で 1 段ずつ転圧すると、設置箇所より重機の重みで若干谷側に張り出しが、鉄線による二重連結で組み丸太は変状しない。



写真 4-54 丸太構造物の中詰め材の状態 (礫質土)

⑤使用材料の統一

構造物には現地発生材を用いますが、構造物を組み立てる際は、縦木（桁木）は上下ともほぼ同一規格（太さ）のものを用いるようにします。横木（控え木）も同様に太さを統一することが作業効率を高めます。

⑥組立・連結の注意事項

近年、現場発生材は中目材が多く、現場発生材を利用する場合は、規格を整えると15~25cm程度の材となります。構造物を組立て、連結させる場合、縦木（桁木）と横木（控え木）を釘、鉄線（なまし鉄線）等で固定する必要があります。

近年の事例の多くは連結に釘を使う場合が多くなっていますが（写真4-55）、日本工業規格の釘は150mmまで、それ以上は特別注文製品の釘となります。現在の主な規格は200mm、250mm、300mmで、中目材の連結には250mm程度（旧称：ハ寸釘）が必要となります。また、経年変化で丸太構造物が腐朽した場合、釘だけが腐食せず森林作業道内や林内に散乱残置される可能性があります。

自社林や個人所有者自ら実施する場合を除き、木材の連結には釘が定石と考えず、多少行程は劣りますが、従来の丸太積工に用いられる連結鉄線（なまし鉄線#10-13程度）を使用することを推奨します。鉄線を用いる場合は、従来の丸太積工の2重結線（巻き）を用いる必要はなく、固定できる程度の1重結線で十分です（写真4-56左）。

その他、連結には縦木（桁木）と横木（控え木）にドリルで削穴して鉄筋を差し込む方法も見られます（写真4-56右）。



写真4-55 丸太構造物部材連結に用いる釘の状況
(左:釘を用いた連結、右:この現場に用いた規格外特注釘)



写真4-56 鉄線を用いた1重連結（左:なまし鉄線#10）と鉄筋を差し込んだ事例（右）

⑦構造物の安定

構造物に使用した木材の腐朽までに、自然植生が侵入することが必要です。そこで、作設現場にヤナギ類などがある場合は、その枝を切って丸太構造物の側面に挿し木をすることをお勧めします。

また、路肩構造物の場合は、地山との境（構造物前面の埋め戻し部）に支障木となった小径の広葉樹根株やストックしておいた表土を用いると早期緑化が期待できます（写真4-57）。

（4）その他の構造物

①フトン籠

丸太以外の構造物としては、表4-2に示したフトン籠があります。

フトン籠の設置について特に注意すべきことは積み段数です。路側部に接して設置する場合も、盛土下に設置する場合も最大3段（直高1.5m）以内としてください（図4-44）。

その他、詳細については、森林土木仕様書（長野県）に従って施工してください。

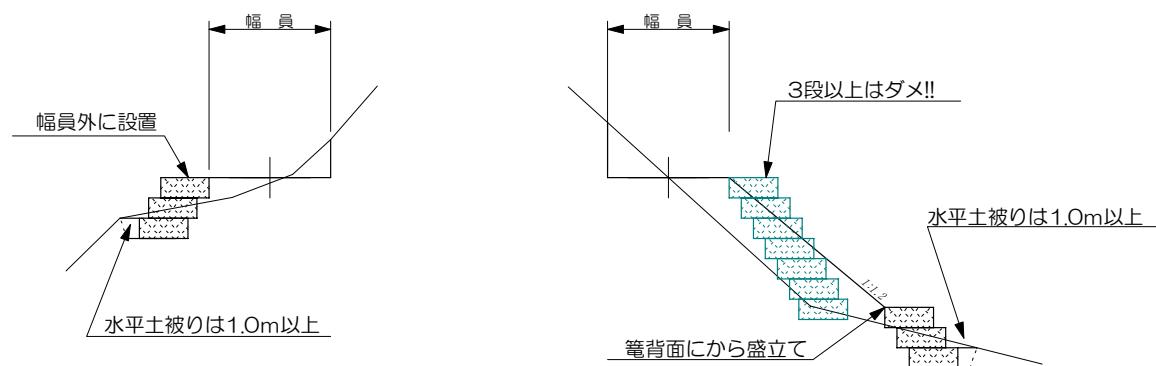


図4-44 フトン籠設置の模式図（左：路側構造、右：盛土下構造）

②鋼製L型擁壁

盛土高が高くなり、丸太構造物やフトン籠工では路体の安定が確保できない箇所に、鋼製L型擁壁が用いられる場合があります（写真4-58）。これは、軽量で組立て易く、構造物として力学的（安定計算）に高さを変化させられる資材です。森林作業道ではありませんが、常に2t トラックを走行車両とする場合などは、この構造物を用いると路体の安定が確保されます。

ただし、作設費用等も含め、適用の可否については、十分に検討してください。



写真4-58 鋼製L型擁壁が設置された作業道（事例は路網旧区分の作業道）

③その他の事例

その他の構造物として、大型土のう（通称トンパック）を用いる事例があります（写真4-59）。近年は、耐光性の劣化（紫外線等による劣化）しにくい資材もあり、応急処置（仮設工）以外にも使用することができます。

さらに、路体構造物ではありませんが、局所的に急勾配の地山を通過する箇所や盛土が大きくなってしまった箇所などでは、走行の安全確保のため、現地発生材を杭として用いた視線誘導柱などがあります（図4-45）。



写真4-59 大型土のう設置事例
事例は路網旧区分の作業道（暗渠吞口）

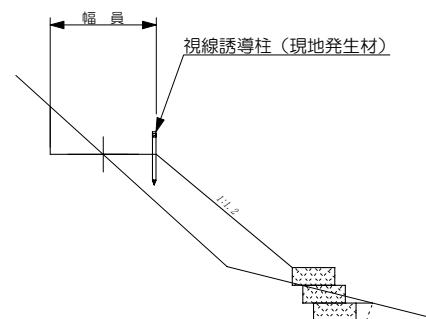


図4-45 現地発生材使用の視線誘導
(安全施設)

4-2-2 路面工構造物

森林作業道の路面処理は、設計車両の通行に支障がある場合に、土質（局地的な軟弱地盤を含む）及び過去の施工事例を参考に必要最小限の範囲で行う。

森林作業道の路面処理は、設計車両の通行に支障がある場合（写真4-60）に、土質（局地的な軟弱地盤を含む）及び過去の施工事例を参考に必要最小限の範囲で行います。

また、これ以外の箇所についても、切土によって発生した岩碎、礫等をバックホウ等により走行転圧して路面の保全に努めます。その際、川側への岩碎の転落（盛溢し）には十分注意します。この場合、使用する岩碎等は、雨水等により流出しないよう粒径の比較的大きいものを用います。



侵食が発生している路面



花崗岩風化土の路面



上層路盤工（敷き砂利）をしても急勾配の区間は、路面水が走り、侵食を発達させる。森林作業道は、土側溝は作らず、敷き砂利を行う場合は、全幅に敷き詰めることが理想的。

写真4-60 路面洗掘の事例

(1) 路盤

路面侵食防止を考慮した場合、急勾配(7%以上)路面には大きい粒径(5—15cm)の碎石(岩碎)等を用いると路面侵食に有効です(写真4-61)。

上層路盤材として用いられる石礫の限界摩擦速度(限界掃流力)と林道の勾配、路面流の水深等から求められる摩擦速度(掃流力)との関係から、急勾配箇所等では、限界摩擦速度>摩擦速度(流失しない)の条件を満たすことが必要です(図4-46)。

また、直に路体による木寄せ・集材作業を実施する場合は、作業車両も12t級以上の機種が多いため、路面(路体)の損傷が軽減されます。さらに、資材費としても調製された礫材よりも安価となります。

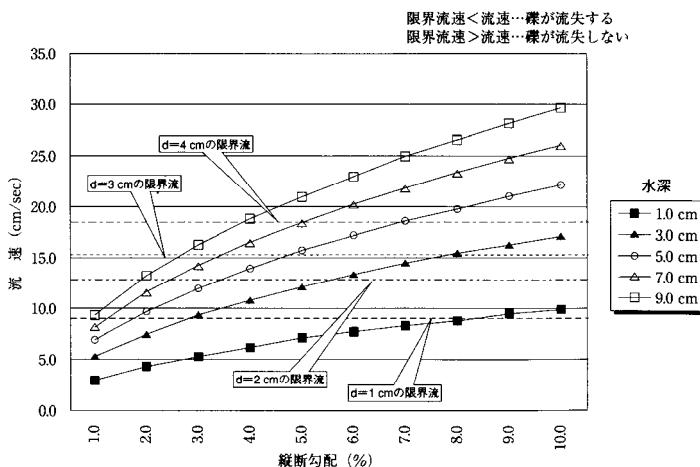


図4-46 摩擦速度と限界摩擦速度の関係
林道規程運用と解説 p175 (2008)



写真4-61 現場発生材を用いた路面工(左)と破石(切込み破石・栗石)を用いた路面工(右)
写真右は12t級ハーベスターによる路上作業後。路面の損傷は発生していない。

(2) 丸太構造物による補強

水分状況が安定している路体にも丸太構造物を敷き均したりする場合があります。軟弱地盤対策(参照p72)と同様に、丸太敷き均しや井桁組を行う場合があります。水切工などの路面排水処理をこまめに設置しても、縦断勾配が凸型に弛んで水が集中し易い箇所や、湧水が滲み出る程度の箇所に、局所的に丸太構造物路床工として用いられます。

路床工として用いる場合は、軟弱地盤対策と同様に完全に路面下部に埋め戻すことが重要で、路肩外まで飛び出す形状を用いると、逆効果として侵食を発生させる場合があります(写真4-62)。



写真 4-62 路面補強丸太が路面侵食を発生させている事例

写真左は花崗岩地域の設置事例で、花崗岩風化土（マサ土）の侵食が発生。写真右は第三紀泥岩砂岩互層地域。両事例とも路面補強材が路肩部に露出しているため、土砂と丸太との粗度係数の差によって、丸太と土砂との境に侵食が発生している。

(3) その他の路面補強

支障木の枝条や根株を移動式木材粉碎機でチップ化して敷き均す事例があります（写真 4-63）。

チップ敷きは、発生材の処理としても有効です。また、チップの敷き均しにはマルチ効果があり、路面への植生侵入を抑制する働きがあります。

ただし、チップ敷きを用いる場合は、以下について注意してください。

- ・チップ敷きは路面の支持力は期待できない。
- ・急勾配の箇所では、雨水等により流出し易い。
- ・植生侵入を抑制する働きがあるため、林地へ流出した場合には、林床植生に影響を与える可能性がある（特に針葉樹のチップ）。



写真 4-63 路面へのチップ敷き事例

(4) 路肩の保護

路盤保護と同様に、路肩保護として丸太を並べる事例や現場発生の石礫を敷き並べる事例があります（写真 4-64・65）。

盛土部路肩の補強の場合では、最上部の縦木（桁木）は視線誘導も兼ねた露出とする場合と、完全に埋め戻す場合があります。視線誘導として露出させておくことは、森林作業道の路肩（幅員）を明確に示すことで有効です。ただし、路面よりも比較的高くなっている場合は、路面と縦木（桁木）との境目に路面水による侵食が発生する可能性がありますので注意してください。

一方、丸太構造物を完全に埋め戻すことは、丸太の腐朽を抑制することになります（木材の腐朽の要因を簡単に言うと、空気に常に接していないこと）。この場合は路体工の一部となります。

森林作業道は、搬出等の作業に直結します（写真 4-65）。路肩が強固でないと作業の安全確保や作業効率が劣ることになります。軟弱な場合や作業機械が路肩で作業する場合などは、強固な路肩とするために、丸太や石礫を用いた保護路肩を行ってください。



写真 4-64 現場発生丸太による保護路肩



写真 4-65 石礫を路肩に並べた事例



写真 4-66 森林作業道上でのロギングトラクタによる集材とグラップルによる木寄せ作業
ロギングトラクタは路肩部までタイヤが張り出す。強固な路肩でないと安全に作業ができない。



【参考】「割栗石を投入」

県内のある地域では、森林作業道であってもフォワーダ運材はどうしても車の入らない所のみとして、走行車両をトラックに定めて森林作業道を作設している事例があります。トラックを走行させるため、路面に割栗石を全面に敷き詰めて、強固な路面を築いています（右写真）。

この現場周辺は、厚い黒色土で覆われていて、冬季には積雪も多いため、局所的ではなく、ほぼ全線に渡って軟弱な路体であると想定されますが、かなりの厚みで割栗石を敷き詰めているので、路面の沈下などがほとんど発生していません。

局所的に軟弱な場合は、割栗石を大量に投入する方法も有効です。



森林作業道に割栗石を全面敷きつめている事例（左上は森林作業道が分岐する幹線）

[参考] 改築技術と維持管理技術

県内の比較的緩やかな地形の森林内には、多くの古い作業路（ブル道）があります。これらの作業路や歩道などの中には、少し手直ししただけで使用できるものがあります。これらを改築して、森林作業道として整備する場合、路体があるので改築することは容易と思いがちですが、旧路体があるために盛土を張り付けるような作設をしている事例が見受けられます。また、簡易な柵工などで幅員を確保しているものもあります（写真-1）。

このような盛土をすると旧路体と盛土の境にクラックが発生することがあり、改築によってかえって路体が不安定になったりします（図-1）。このようなことが発生しないためには、路体をもう一度掘り起こして、路体を構築する必要があります。手間を惜しまず、もう一度構築するつもりで路体を構築してください。



写真-1 旧作業路を改築した路線

盛土ではなく路側を柵で構築している。作設機械が旧路体に乗っていると安心して作業ができるが、この写真的路体構築では、柵の下に空隙ができるなど十分な土の締固めができていない。

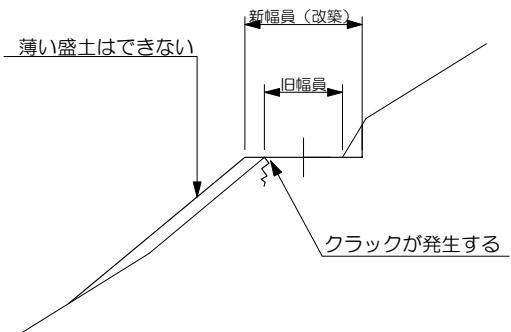


図-1 改築路体の模式図

森林路網は、森林の多面的な機能を維持発揮していくための基盤となります。これから森林作業道は、長期にわたって使用していくことを前提に作設しますが、維持管理の技術の構築も必要となってきます。しかしながら、森林作業道は、その目的が森林施業・林業活動のみに使用されるものなので、林業関係者が自ら整備する必要があります。維持管理のための費用負担等の制度や処置は、現時点では定まっていません。これらを考えると、地域に即した合理的な維持管理を検討していかなければなりません。

維持管理には課題もあり、またその基準も定まっていませんが、作設時にしっかりした道づくりをすると、維持管理も容易になることは事実です。そのためにもただ作設するだけではなく、作設した路線、工法をチェックすることが重要です。本書巻末に簡易なチェックリストを添付します。作設した森林作業道のチェックに使用してください。

さらに、管理技術としては、頻繁に使用することが最も重要と考えます。継続的に使用できる森林作業道は、継続的に森林整備ができる森林（団地）に作設することが重要です。

5 作業の安全対策

5-1 林業労働災害の現状

安全は、能率に優先する。

林業は全産業中、最も労働災害が発生しているため、林業に携わる者は、その現状を把握し、労働災害発生の防止に努めなければならない。

安全は、能率に優先します。全ての産業活動において、安全が第一です。

急峻かつ足場の悪い山の中で、重量物を取り扱う林業は、他産業に比べて労働災害の発生が多く、危険な業種です。林業に携わる皆さんには、労働災害発生の現状を十分把握してください。

(1) 全国的な林業労働災害の現状

厚生労働省と林野庁による全国の林業における労働災害の発生状況は、表5-1 のとおりです。近年の林業労働災害の発生は、各種災害防止活動の展開等、関係者の努力により減少傾向で推移していますが、平成21年には43名の死亡事故が発生しています。

足場の悪い山の中で、伐採木等重量物を取り扱う林業の労働災害の発生率は、災害の発生度合を表す「千人率」で他産業と比べると、全産業の中で最も高くなっています（表5-1 下）。

表5-1 林業労働災害の発生状況（上）と労働災害発生率（下）

労働災害（林業）の発生推移 （単位：人）

区分		平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年
死傷災害 (休業4日以上)	全産業	120,354	121,378	121,356	119,291	105,718
	林業	2,171	1,972	2,080	2,073	2,128
死亡災害	全産業	1,514	1,472	1,357	1,268	1,075
	林業	47	57	50	43	43

産業別労働災害の発生率 （単位：年千人率）

区分	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年
全産業	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3
林業	27.7	26.8	26.3	29.5	29.9
鉱業	18.3	18.8	16.9	16.3	14
建設業	6	5.8	5.7	5.6	5.3
製造業	3.4	3.3	3.2	3.2	3
木材製造業	10.1	9.9	9.3	9.2	8.3

資料：厚生労働省「労働者災害補償保険事業年報」及び「労災保険給付データ」

注：年千人率とは、労働者1,000人あたり1年間に発生する死傷者数を示すもので、千人率=1年間の死傷者数÷1年間の平均労働者数×1,000で表されます。

林業における年齢別死亡災害発生状況は、50歳以上が32人で74%を占めており(図5-1左)、作業の起因別の死亡災害では、伐木時作業中の災害が21人で49%を占めています(図5-2右)。

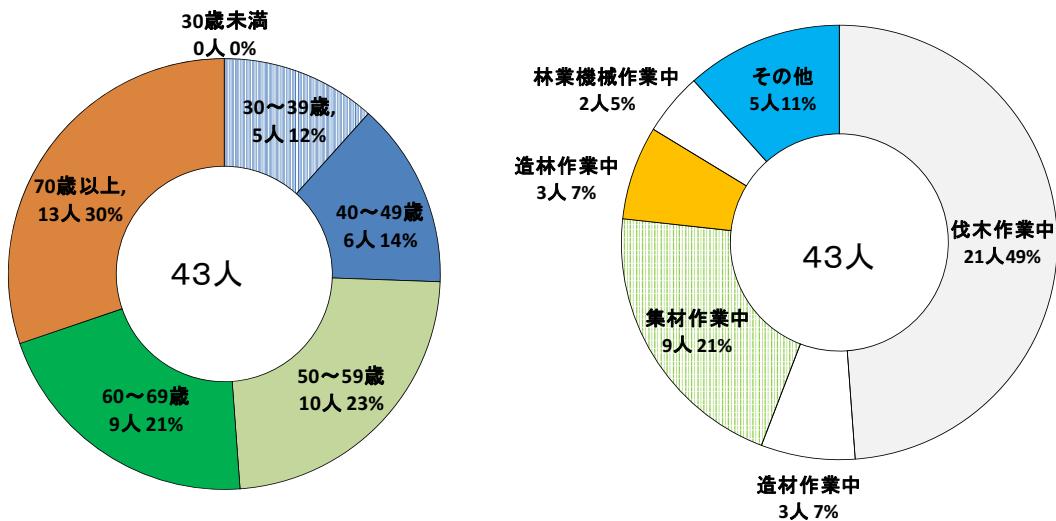


図5-1 全国の林業労働災害の状況（資料：厚生労働省「死亡災害報告」）

（2）長野県の林業労働災害の状況

長野県内の林業における死傷災害件数は、ここ数年は60～100件程度で推移していますが、県内でも死亡災害が発生しています。また、災害の発生頻度を表す「年千人率」は、建設業と比較した場合、高い水準にあります。

表5-2 長野県の林業労働災害の発生状況（上）と労働災害発生率（下）
労働災害（林業）の発生推移
(単位：人)

区分	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年
死傷災害	全産業	2,046	2,133	2,096
(休業4日以上)	林業	60	84	63
死亡災害	全産業	24	23	20
	林業	0	4	0
				3

長野県産業別労働災害の発生率
(単位：年千人率)

区分	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年
林業	83.3	60.2	84.3	61.8	64.7
建設業	5.4	5.3	5.0	6.8	6.0

（資料：長野県信州の木振興課業務資料）

5-2 林業労働災害の防止

林業に携わる者は、安全教育、安全対策を十分行い、労働災害の発生を防止する。

林業・森林整備に携わる皆さんは、安全教育、安全対策を十分に行い、労働災害の発生を防止しなければなりません。労働災害の撲滅を図るためにには、今後とも安全衛生対策の確実な実行を推進することが必要です。

5-3 森林作業道作設における労働災害

森林作業道作設は、林業作業と建設業作業の複合型であり、危険を回避し、労働災害を未然に防ぐため、作設現場で発生する可能性のある事項を把握する必要がある。

安全は能率に優先します。

森林作業道作設は、伐採作業等の林業作業と作設重機を用いる建設業作業の複合型です。前述（表5-1）の労働災害の発生状況でも林業と建設業は、災害発生率が高い業種となっています。そのため、危険を回避し、労働災害を未然に防ぐために、作設現場で発生する可能性のある事項（危険）を把握する必要があります。

以下に、作設重機を用いた建設現場で発生した事故の事例や危険な事項等について記載します。作設の経験が浅く、また、従来の林業作業から建設重機を用いて森林作業道を作設しようとする皆さんには参考にしてください。

（1）作設重機による事故の概要

最近の建設業においては、工事の大型化、新工法の開発、省力化等に伴い、工事の機械化が進み、なかでも森林作業道の作設重機として用いられるショベル系掘削機械に代表される車両系建設機械は、様々な工事現場で使用されています。工事の機械化は、工期の短縮、省力化等に寄与するとともに、労働災害の面でもメリットがあり、掘削作業における斜面下方での人力作業が少なくなることによる土砂崩壊等による災害の減少が挙げられます。

しかし、急峻な山地などの作設現場に、大きなエネルギーを有する建設機械を導入することによる災害の増加も考えられます。

建設現場における車両系建設機械による災害は、機械の機種別では、ショベル系掘削機械やブルドーザーなどによるものが圧倒的に多く、また、事故発生型では路肩や傾斜地から転落したり、運転中転倒したりする事故やバケット等に激突されたり、はさまれたり、巻き込まれる人身事故が多く発生しています。

（2）作設重機の事故

①傾斜地の転倒

履帶（クローラ）式の建設機械では、比較的急な傾斜地も走行できると考えられますが、急傾斜地での転倒事故も発生しています。特に掘削機械が傾斜している状態で、早い傾斜走行や、掘削したり、急激なアームの旋回を行った場合など、安定性を失い転倒（横転）します。

車両や車両系の建設機械は、機種ごとに、重量や車幅などから安定傾斜角が計算されています。ただし、実際の現場では片輪が根株や石に乗り上げたりすることもあり、理論上の角度よりも緩い勾配で走行したり、作業する必要があります（図5-2）。

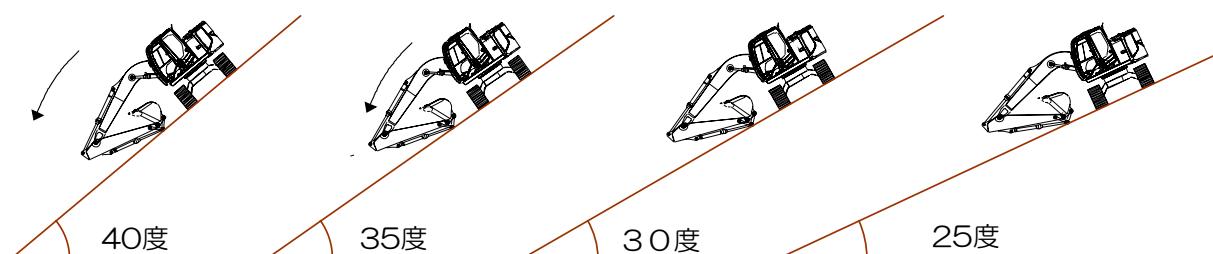


図5-2 傾斜角別の掘削機械の接地模式図

②登りと降りによる転倒

前述の傾斜地の転倒と同様に、急傾斜の登坂や降り時に転倒事故が発生します。この場合も掘削機械が傾斜している状態で、掘削したり、急激なアームの旋回を行った場合など、安定性を失い転倒します（図5-3）。

履帶（クローラ）式の建設機械では、最大登坂能力は30度となっていますが、これは安定した斜面で、シューのスリップが無く、無負荷、全装備状態で登坂、降坂及び停止が出来る能力です。現場の条件は均一ではないため、最大登坂能力よりも緩い勾配で走行や作業をする必要があります。

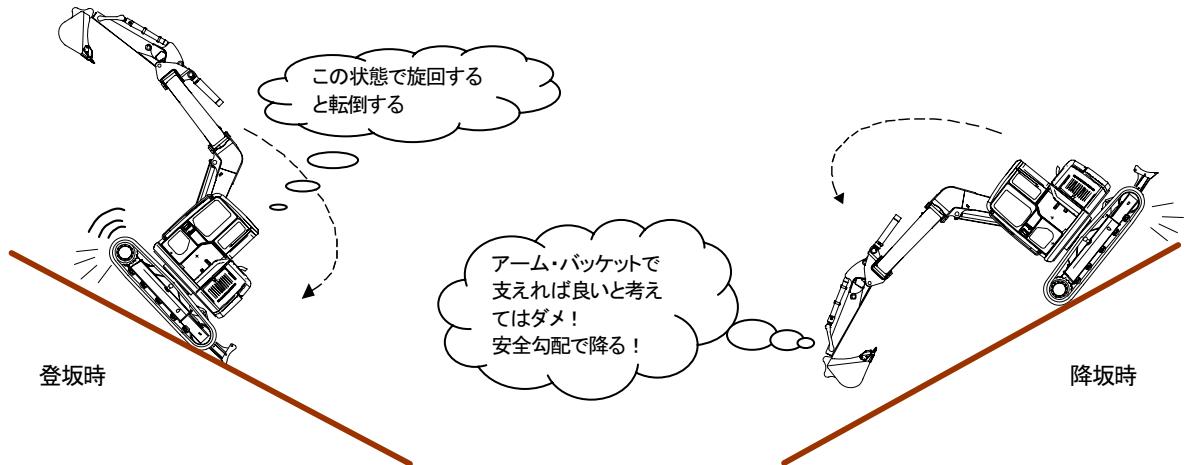


図5-3 登坂、降坂による事故発生の模式図

③地盤の崩落による転倒と転落

既存の道での走行や不安定な地盤で作業を行っている時、路肩部や谷側の地山が崩落して転倒・転落したりする事故が発生します（図5-4左）。また、後方に移動する際に、十分に後方を確認せず移動し、不安定な地山や路肩部に荷重を掛け、地山が崩落して転倒・転落したりする事故が発生します（図5-4右）。

走行・作業時は、走行する路肩を十分に確認する必要があります。また、後進する場合も後方の確認を十分に行うとともに、後進を頻繁に行う場合は、監視員を配置するほか、ポールや杭などにより、視線誘導をするなどの安全対策が必要です。

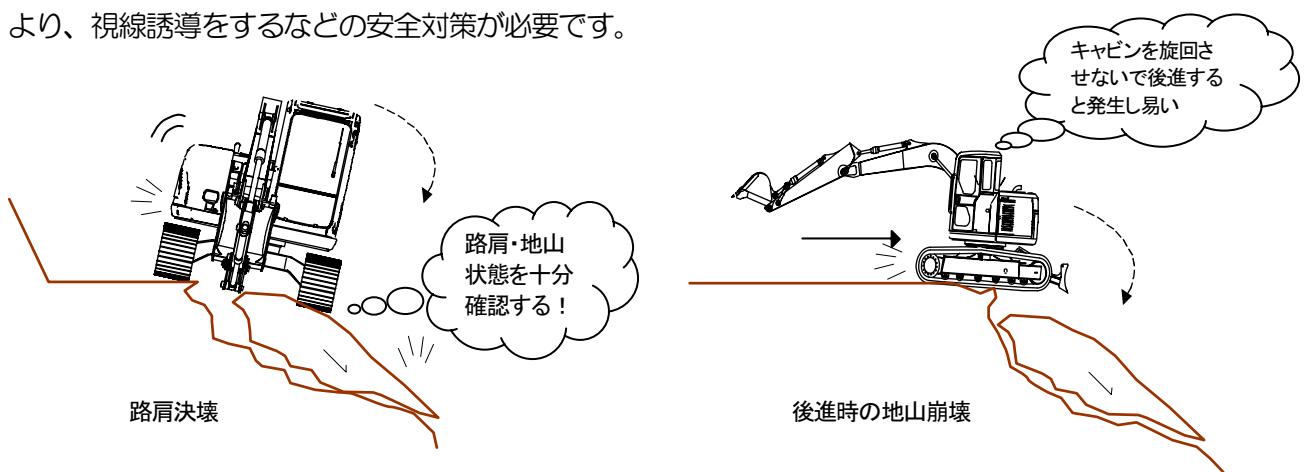


図5-4 地盤の崩落による転倒と転落の模式図

④資材吊り上げによる横転

ショベル系掘削機械のバケットやアームで資材等を吊り上げて走行や旋回した時に、安定性を失って転倒（横転）する事故です。特に小型機種で重量物を取り扱う場合に発生し易くなります（図5-5）。

吊り上げ作業には、クレーン機能付の装置を装着したショベル系掘削機械を使用しなければなりません。また、吊り下げる重量は機械の許容値以内にする必要があります。

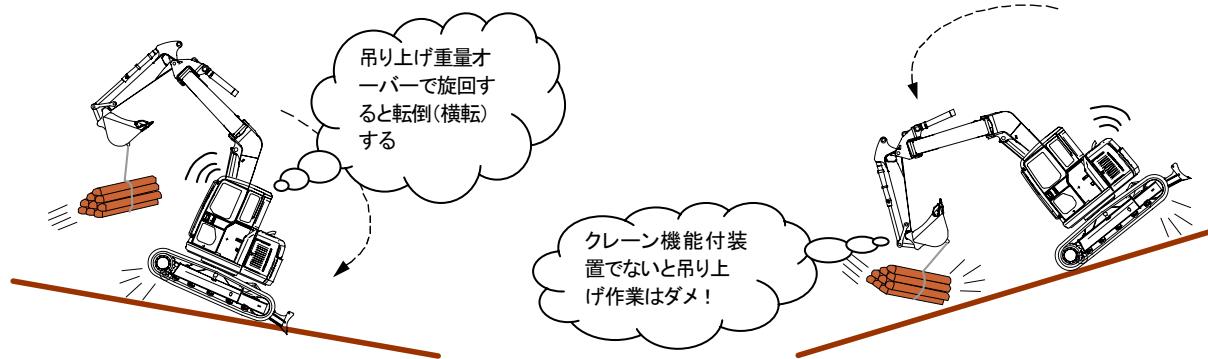


図5-5 吊り上げ作業における転倒事故模式図

(3) 作設重機による人身事故

①作業（旋回）範囲内の接触事故

ショベル系掘削機械と作業員が同じ場所で、共同作業をしているときに、重機の本体やアーム・バケットと作業員が接触する事故で、建設機械を使用する中では、危険の確率が非常に高く、発生確率が高い代表的な事例です。

作業道作設においても、先行伐採を行う作業員と掘削機械とが共同作業をしたりするため（前述p49）、発生確率が高くなります。

この中で多い事例は、掘削機械稼動中に作業範囲内に立ち入り、掘削バケットに接触するもの、同じく作業範囲内に立ち入り、掘削機械旋回時にバケットやアーム、本体に接触するものです（図5-6）。

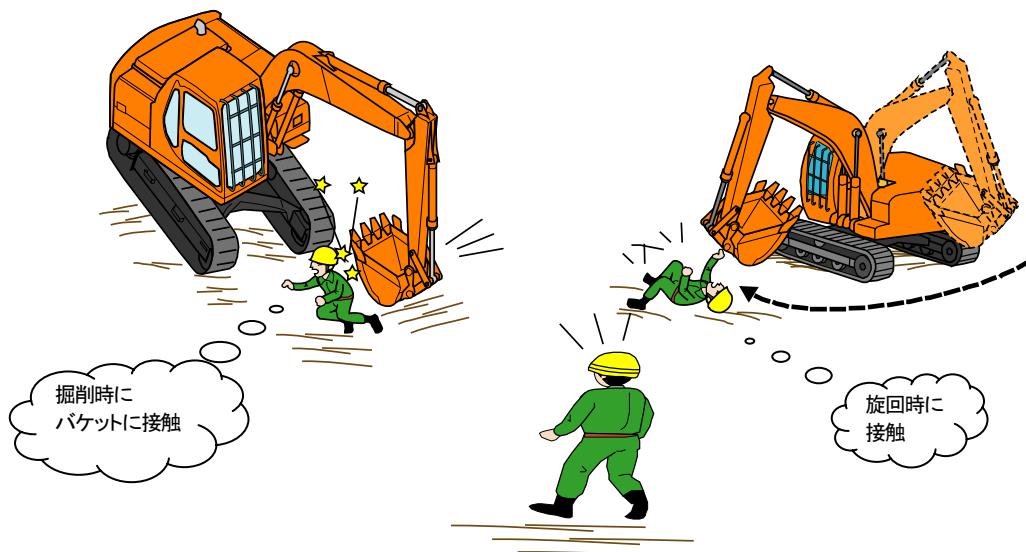


図5-6 ショベル系掘削機械と作業員の接触事故

その他、切取法面や構造物と掘削機械との間に挟まれてしまう事故などがあります（図5-7）。従来型の掘削機械に多く、後方小旋回型や超小旋回型の機種では、このような事故は少なくなっていますが、狭い箇所での共同作業時に発生し易くなります。

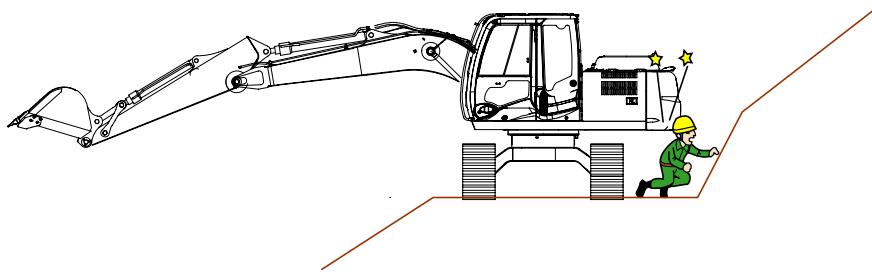


図5-7 掘削機械旋回による掘削機械と切取法面との挟まれ事故

これらの事故は、主に掘削機械の作業範囲内に立ち入ったため発生するものであるため、機械稼動中は作業範囲内に立ち入らない、誘導員を配置する、指差し呼称の励行など、作業員もオペレータも安全確認が必要です。

森林作業道作設で主に使用されるショベル系掘削機械の危険（旋回作業）範囲は、0.25級（6t級）で機械中心から半径約6m、0.45級（12t級）で機械中心から半径約7.5m程度となります（図5-8）。なお、使用機種ごとにこの範囲は異なるので、使用する機械の性能等を十分に確認する必要があります。

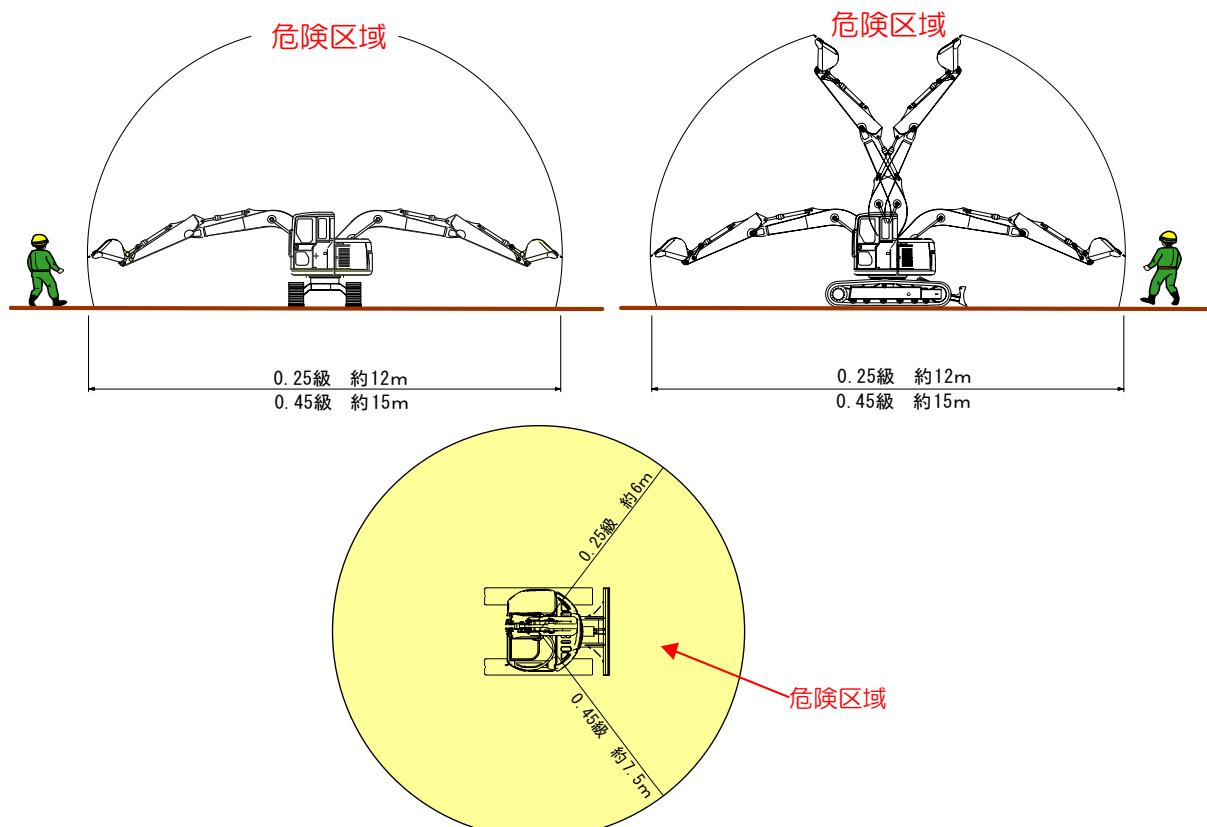


図5-8 森林作業道作設に用いられる掘削機械の作業範囲

②急発進、後進時の接触事故

掘削機械等の操作ミスによる急発進や周囲確認を怠った後進時に接触事故が発生します（図5-9）。

旋回による事故も旋回レバーの操作ミスがありますが、走行中の接触事故では、機械搬入時や作業開始・作業再開時の急発進による事故が発生します。

また、後方確認をせず、急な後進などで作業員に接触する事故が発生します。

これらは、オペレータの操作ミスの防止や、作業開始時の合図（呼称）、機械移動時には誘導員を配置するなどの対策が必要です。

③吊り荷資材の下敷きになる事故

荷吊り作業時に吊り下げた荷の落下によって荷の下敷きになったり、機械の不安定化による荷の揺れによって吊り荷に衝突する事故です（図5-10）。

これらは、機械の作業範囲内に作業員が立ち入ったため発生しますが、吊り荷の落下は、連結や玉掛けが不十分であったり、クレーン機能付の装置を装着していない機械による作業時に発生します。

機械の作業範囲内に作業員が立ち入らないことや正確な玉掛け、荷吊りには、クレーン機能付の装置を装着した機械を使用しなければなりません。

④掘削時の人身事故

掘削機械が掘削作業を一時中断した直後に掘削面の下に作業員が入った時、地山が崩壊して作業員が土砂の下敷きになったり、掘削機械に接触したりする事例があります（図5-11）。また、路側の構造物の基礎部を掘削後、作業員が床掘面に入ったりした時、掘削機械の移動に伴う振動や脆弱な土質の影響で、崩壊が発生して作業員が土砂の下敷きになったりします。

掘削を一時中断するときなどは、掘削機械は後方や広いスペースに移動させ、作業員の緊急退避空間を作る必要があります。また、作業員が掘削機械よりも下方に移動する場合などは、掘削機械は静止して、地山への振動を与えないよう注意する必要があります。

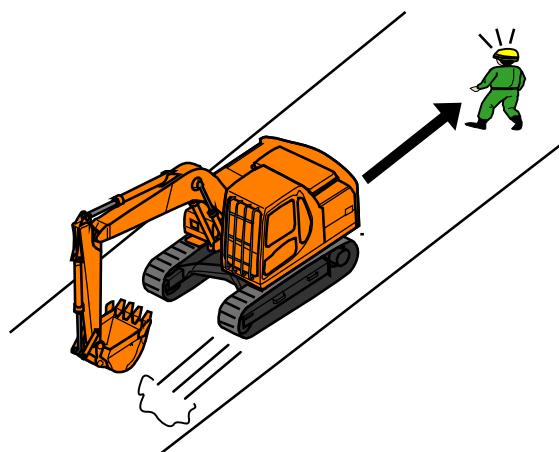


図5-9 急発進・後進時の接触事故

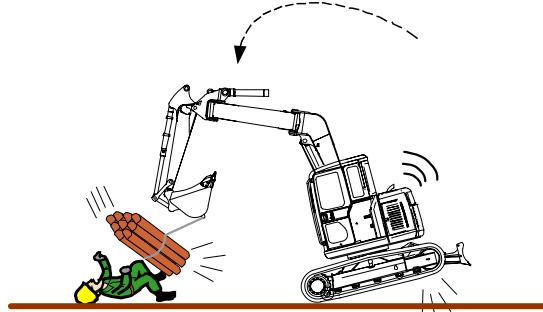


図5-10 吊り下げ作業時の落下物にいる事故

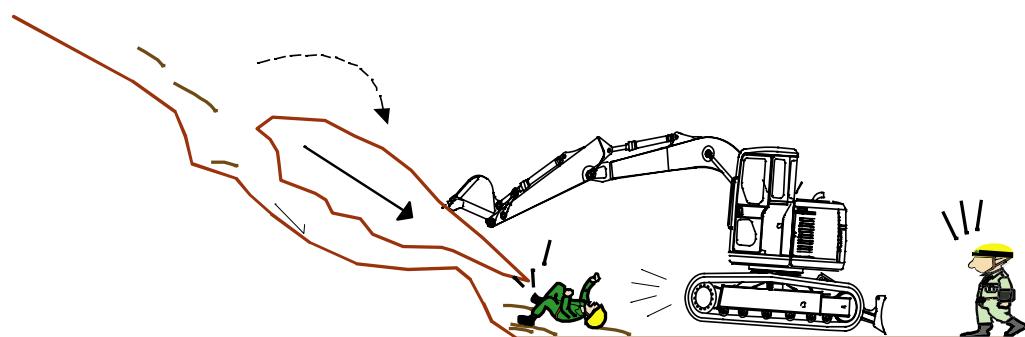


図5-11 掘削地山崩壊による事故

(4) 人為的・組織的な災害要因

掘削機械オペレータや同時作業を行う作業員等の人為的災害原因について以下の事項が考えられます。

①個人に起因する原因

個人に起因する災害要因として、知識不足、理解不足、注意・用心不足、疲労・体調不良、連絡不足、誤判断、誤った理解、状況に対する誤判断、事前検討不足、環境調査不足などが考えられます。

②組織に起因する原因

事業体などの組織的には、企画不良、安全意識不良、組織運営不良、運営の硬直化などが考えられます。

③不可抗力に起因する原因

異常事象（気象害）の発生などが考えられます。

5-4 森林作業道作設災害の基本的対策

森林作業道作設は、作設機械の災害防止対策、個人・組織的な災害防止対策等の安全衛生対策の確実な実行を推進することを基本とする。

森林作業道作設は、使用する作設機械の取り扱い等の災害防止対策と、個人に起因する災害要因に対する対策や組織が実施する安全教育など、総合的に災害防止対策等を実行する必要があります。

5-5 作設機械の災害防止対策

作設機械の取り扱い等に起因する災害を防止するため、使用機械の取り扱いについて、個人・組織を問わず、安全衛生対策を十分に行う。

作設機械の取り扱い等に起因する災害を防止するために、使用機械の取り扱いについて、個人・組織を問わず、安全衛生対策を十分に行う必要があります。

(1) 作設機械の災害防止対策

建設用機械を用いる森林作業道の車両系建設機械災害を防止するための基本的対策は、以下のとおりです。

①作業計画の樹立

- ★ 作業場の地形、地質の状態などに適応した具体的な作業計画をたてること。
- ★ 作業計画には、機械の種類・能力、運行経路、作業の方法等が示されていること。
- ★ 立木の状況を事前に十分調査すること。
- ★ 各種の作業が混在して行われる現場では、作業間の連絡および調整を十分に行うこと。

②運転時の安全対策

- ★ 運転は、技能講習を修了した者など、それぞれの機械に応じて一定の資格を有する者に行わせること。
- ★ 定められた制限速度および作業方法を守ること。
- ★ 機械の作業装置や荷吊装置の下などの危険箇所に作業者を立ち入らせないこと。

- ★ 軟弱な路肩等には近づかないこと。やむを得ず近づくときは、必ず誘導者の誘導のもとに運行すること。
 - ★ 機械の構造上定められている能力の範囲内で作業を行うこと。また、機械は、原則として、その主たる用途以外の用途に使用しないこと。
 - ★ 合図および誘導の励行
 - ★ 機械を用いる作業は、原則として合図者の合図および誘導により行うこと。
- ③機械の移送時における安全対策**
- ★ 機械を移送するときは、十分な長さ、幅および強度を有し、平坦で堅固な場所で行い、貨物自動車に確実に取り付けること。

④機械本体の安全対策

- ★ 機械を安全に使用するためには、十分に整備されたものを使用すること。
- ★ 年次検査、月例検査および作業開始前の点検において異常が発見されたときは、ただちに補修すること。

(2) 運転技能講習

作設機械を使用するためには「車両系建設機械(整地・運搬・積込・掘削) 運転技能講習」を受講する必要があります。

車両系(整地)建設機械の運転資格には、機体質量によって特別教育(3t未満)、技能講習(3t以上)を修了する必要があります(労働安全衛生法施行令)。油圧ショベル(掘削)とホイールローダ(積込)は(図5-17)、目的が異なる車両ですが、車両系(整地)の資格で共に運転できます。

なお、油圧ショベルのフロントアタッチメントを取り替えることにより、様々な作業目的の車両に変化します。高性能林業機械のハーベスター、プロセッサーもアタッチメントの取り換えを基本としています。建設現場では、ブレーカを装備すれば解体用車両になりますが、この操作を行うためには別の資格(解体用機械ブレーカ技能講習)が必要となります。

また、吊り荷フック付きのクレーン付油圧ショベルは、移動式クレーンに相当するので、その操作には車両系整地ではなく、移動式クレーンの講習(吊り上げ5t未満なら小型移動式クレーンの免許)が必要となります。クレーン作業を行うにはモードを切り替える安全装置や旋回スピードを減速する装置、取り外しができない格納式フックや過負荷制限装置、水準器など構造的に安全が確保できる仕組が定められています。さらに、玉掛け、吊り上げ作業には、「玉掛け技能講習」の受講が必要です。

さらに、建設機械の公道走行には「大型特殊運転免許」、現場までの搬送には「大型運転免許」等が必要となります。



図5-17 ホイールローダ

5-6 組織・人為的な災害防止対策

個人・組織的な災害防止に資する安全衛生対策の確実な実行を推進する。

(1) 作業に対する準備

作設機械のオペレータも林業作業を実施する一員です。伐木作業をする作業員とともに、十分な服装・装備による作業を行ってください。

林業作業には、作業に耐えられる十分な服装（防護服）と装備が必要です。林業作業と土木的作業の両方を効率良くかつ安全に行うためには、以下の服装・装備を参考にしてください（図5-18、写真5-1）。

ヘルメット：可能な限り「フェイスガード付・防音装置付ヘルメット」

服装：可能な限り「林業用防護服」

足周り：可能な限り「防護地下足袋またはスパイク付安全靴」



図5-18 服装・装備の模式図



写真5-1 先行伐採時の服装（左）とオペレータの服装・装備（右）

この作業者はヘルメット装着のフェイスガードではなく防護眼鏡を着用し、切創防止用の作業着を着用している。オペレータは伐木作業にも耐え得る服装を着用している。

(2) 安全教育や救急体制の整備

労働災害を減少させるためには上記の服装・装備の整備と、安全意識の高揚、勤務体制や組織の改善、事故発生時の救急体制の整備などが必要です。

①作業時

現場ごと、さらに作業班（チーム）ごとに朝礼を行い、作業内容や安全対策の確認を必ず行います。

②悪天候時の作業回避

降雨・降雪や雷がなったら、作業を中止するなど、気象条件に影響を受ける作業は回避します。詳細は前述p47を参考にしてください。

悪天候の作業を中止することで、災害の誘因となる危険も回避することができます。悪天候では危険度が高まることを全員で認識することも重要です。また、悪天候を避け、晴天時に作業をすると気持ちも良く、作業効率も向上します。

③安全教育・技術向上

公共団体や公的機関が実施している資格取得研修、林業技術研修、救急救命法の研修等の技術講習会への参加・派遣による技術向上と安全意識の高揚を図ってください。

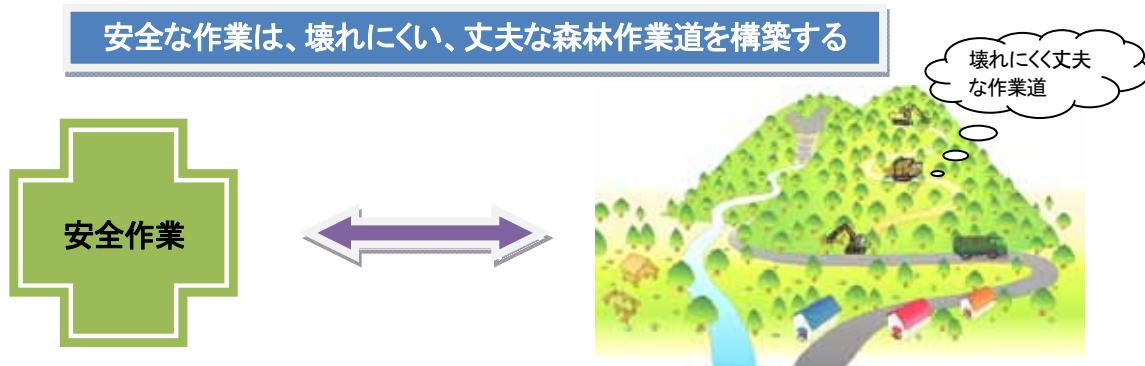
④緊急時の体制づくり

作業現場では携帯電話で通信ができる場所を予め調べ、無線の通信範囲を確認し、迅速に連絡できるよう通信網を確保します消防署、救急施設、関係機関との連絡体制（連絡網）を事前に定め、業務に携わる全員に周知（記載用紙を携帯）するようにしましょう。

5-7 安全な作業・丈夫な森林作業道

労働災害を発生させないための安全な作業は、慎重にかつ丁寧な作業となり、壊れにくく、丈夫な森林作業道を構築する大切な事項である。

労働災害を発生させないための安全な作業は、慎重にかつ丁寧な作業となります。作業において無理をせず、しっかりととした作業工程を踏むことになり、これは、壊れにくい、丈夫な森林作業道を構築する上でも大切な事項です。



【参考】安全な作業のためのテキスト！

林業関係の安全対策としての参考文献やテキストは、「林業・木材製造業労働災害防止協会」が出版している「技能講習・特別教育・能力向上等教育用テキスト」があります。これらの書籍は、同協会のホームページ (<http://www.rinsaibou.or.jp>) で確認することができます。

また、掘削工や積込・運搬、敷均し・締固めなどの建設機械による安全対策は、国土交通省総合政策局建設施工企画課の「建設機械施工安全マニュアル」があり、同省政策のホームページ (<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kensetsusekou/safety/safety.htm>) で確認することができます。

安全対策のため、法令や上記の参考図書を活用して、安全な作業を行ってください。