

第6章 機械・架線装置の点検

安衛則により、使用機械と架線装置についての点検が義務付けられています。義務付けられた点検項目については、確実に実施する必要があります。

6-1 タワーヤードの点検

Point!

タワーヤードを安全に長期間使用するには、日々のメンテナンスが大事

タワーヤードは、人工支柱としてのタワーとウインチ等の集材装置が一体化した集材機械であり、トラックなどに搭載され自走できる機種は、架線集材機械とされ、車両系木材伐出機械に含まれます（用語の定義については、参考資料2を参照）。

タワーヤードは、故障すると生産上の損失を招くほか、場合によっては重大災害に結びつくおそれもあります。従って、日頃から機械の故障が発生しないように日常点検等を習慣づけて実施することが重要であり、その結果、修理コストの低減も期待できます。

点検・修理における留意事項

- ① 点検表を作成し、点検結果（修理を含む）を記録することで、故障や修理の傾向を把握
- ② メーカーの営業所等から離れた場所で使用することが多く、海外からの輸入機械では、パーツの調達にも長時間要することがあるため、簡単な修理はその場で直ぐにできるよう、摩耗や破損し易いスペアパーツはあらかじめ準備しておくことや、修理技術の習得・向上に努めることが重要
- ③ メーカーやディーラーが行う修理の際は、できるだけ立ち会って様々なプロの技術や知識を習得し、機械の構造を把握するとともに、修理技術を向上
- ④ 複数の作業員で修理など行うときは、不意の起動、重量物の落下等のおそれがあることから、当該作業の指揮者を定め、指揮者が作業手順を決定し、直接指揮をとる（安衛則第151条の104）



自社で林業機械を修理・整備

(1) 日常点検

毎日の作業開始前に、必ず始業点検を行います。安衛則で義務付けられた点検項目としては、制動装置及び操縦装置の機能、作業装置及び油圧装置の機能、ワイヤロープ及び履帯又は車輪の異常の有無、前照灯の機能についてです（安衛則第151条の110）。

このほかに、毎日の作業終了後に、終業点検を行うことが望まれます。終業点検は、義務付けられた点検ではありませんが、終業点検で不具合を発見した場合、部品調達等にかかる時間を短縮することが可能です。

日常点検の点検項目は、安衛則等で義務付けされた以外の一般的な点検項目も加えると以下ようになります。

【タワーヤードの始業・終業点検表《例》】

区分	点 検 事 項	年 月 日				
		○年○月				
		1	2	3	30	31
始業点検	機械各部（外観）に異常はないか（亀裂、緩み、配線等）					
	エンジン等各機構のオイル量・汚れ・漏れはないか					
	冷却水の量は充分か、漏れはないか					
	燃料の量は充分か					
	制動装置等各機構の操作機能は正常か					
	暖機運転中における各計器類の作動は適正か					
	警報装置、無線機、安全装置、遠隔操作装置等は正常か					
	油圧装置、配管に異常はないか					
	電気系統に異常はないか、前照灯の機能は正常か					
	ファンベルトの張りは適正か					
	バッテリー液は正常か、エアークリーナーは詰まっていないか					
	タワーの起伏装置の作動は正常か					
	リガー装置の作動状況は正常か					
	主索、作業索、タワーガイライン等のドラムの作動・制動は正常か					
	履帯又は車輪に異常はないか					
	搬器は正常か					
ワイヤロープに異常はないか						
取扱説明書の点検事項に異常はないか						
終業点検	機械各部（外観）の異常点検・清掃をしたか					
	燃料の補給はしたか					
	エアータンクの排気弁を開放したか					
	付属工具・部品類の整理及び員数点検したか					
	火気を使用した場合の後始末は完全か					

(2) 月例自主検査

法律上義務付けられている検査ではなく、努力義務規定ですが、使用時における機械の破損等による労働災害を防止するため、1月を超えない期間ごとに1回、定期的に、分解することなく検査が可能な事項について実施することとされています。検査項目としては、制動装置、クラッチ及び操縦装置、作業装置及び油圧装置、ヘッドガード及び飛来物防護設備について異常の有無を検査することになっています（安衛則第151条の109）。

具体的な検査内容は以下のような項目になります。

検査項目	内容
制動装置	主索、作業索、タワーガイラインの全てのドラムの制動装置（ドラムに巻いてあるワイヤロープを含む）、ブレーキ等の異常の有無
操縦装置	タワーの起伏装置、タワーガイライン装置、クラッチ、遠隔操作機器等の操作機能の異常の有無
作業装置	ドラム等の異常の有無
油圧装置	油圧ポンプ、油圧制御弁、油圧アクチュエーター、安全装置等の異常の有無
その他	リガー装置、ヘッドガード、飛来物防護柵等の異常の有無、取扱説明書の事項

(3) 年次自主検査

本検査も法律上義務付けられているものではなく、努力義務規定ですが、使用時における機械の破損等による労働災害を防止するため、1年を超えない期間ごとに1回、定期的に検査を行うことになっています。

検査項目は、原動機、動力伝達装置及び走行装置、制動装置及び操縦装置、作業装置及び油圧装置、車体、ヘッドガード、飛来物防護設備、リガー装置、電気系統、灯火装置及び計器の異常の有無とされています（安衛則第151条の108）。

故障の減少及び労働災害防止の観点からは、検査を完璧に行うことが望ましいですが、機械全体をオーバーホール（分解修理点検）して、膨大な経費を掛けることが、必ずしも経済的に得策とはいえない場合もあります。したがって、機械の稼働実績や経費も考慮しながら、本検査を実施することが肝要です。

具体的な検査内容は、以下のような項目になります。

検査項目	内容
原動機	エンジンの異常の有無
動力伝達装置	クラッチ、ミッション等の動力伝達装置の異常の有無
走行装置	履帯や車輪の異常の有無
制動装置	主索、作業索、タワーガイラインの全てのドラムの制動装置（ドラムに巻いてあるワイヤロープを含む）、ブレーキ等の異常の有無
操縦装置	タワー本体、その起伏装置、固定ピン、遠隔操作機器等の異常の有無
作業装置	ドラム等の異常の有無
油圧装置	油圧ポンプ、油圧制御弁、油圧アクチュエーター、安全装置等の異常の有無
車体	車体、ヘッドガード、飛来物防護柵の異常の有無
電気系統	電気系統全般の異常の有無
その他	リガー装置、灯火装置及び計器類の異常の有無、取扱説明書の事項

6-2 集材装置の点検

Point!

機械のみでなく、集材装置についても始業点検等を行うことが不可欠

タワーヤードを機械集材装置や簡易架線集材装置の集材機として使用する場合は、集材装置としての点検が必要になります。

(1) 架設後の点検

機械集材装置や簡易架線集材装置の組立て又は変更、試運転を行った場合には、支柱及びアンカーの状態、集材機及び制動機の異常の有無及びその据付けの状態、主索、作業索、ガイライン及び台付けロープの異常の有無及びその取付けの状態、搬器とワイヤロープとの緊結部の状態等について点検（点検と試運転については、第5章 5-6 (3) 参照）を行います（安衛則第151条の146、171）。

(2) 日常点検

作業開始前に日々行わなければならない点検で、機種により多少異なる部分があります。安衛則で義務付けられた点検項目としては、集材機及び制動機の機能、荷吊り索の異常の有無、搬器の異常の有無等についてです（安衛則第151条の146、171）。

日常点検の点検項目は、安衛則等で義務付けされた以外の一般的な点検項目も加えると以下ようになります。このほかに、タワー側のガイラインの固定状態等については、確認しながら作業します。

【集材装置の始業・終業点検表《例》】

区分	年月日 点検事項	〇年〇月				
		1	2	3	30	31
始業点検	主索の張りはよいか					
	搬器等に取り付けられた作業索等の連結部分に異常はないか					
	タワーの起立状態、ガイラインの固定状態、緊張状態はよいか					
	ガイラインを固定している根株の浮き上がり等はないか					
	巻上索に異常はないか					
	作業索、スリング等ワイヤロープに損傷等はないか					
	搬器は正常に動くか					
センター・アウトリガー装置の接地状態、台車の接地状態はよいか						
終業点検	搬器等に取り付けられた作業索等の連結部分に異常はないか					
	搬器やスリング等に損傷はないか					

(3) 随時点検

強風、大雨、大雪等の悪天候の後や中震以上の地震後に、以下の点検が義務付けられています（安衛則第151条の146、171）。

なお、「強風」とは、10分間の平均風速が毎秒10m以上の風、「大雨」とは、1回の降雨量が50mm以上の降雨、「大雪」とは、1回の降雪量が25cm以上の降雪、そして、「中震以上」の地震とは、震度4以上の地震のことと定義されています。

集材装置の随時点検項目

- ・支柱及びアンカーの状態
- ・集材機等の異常の有無及び据付けの状態
- ・主索、作業索、ガイライン及び台付けロープの異常の有無及び取り付けの状態
- ・搬器、ロージングブロックとワイヤロープとの緊結部の状態（試運転時）
- ・トランシーバー等通信装置の異常の有無

6-3 運転者の危険防止のための措置

Point!

運転者に危害を及ぼすおそれがある場合は、ヘッドガード等の危険防止対策が必要

平成26年の安衛則改正により、運転者に危害を及ぼすおそれがある場合について、車両系木材伐出機械は、原則として、前照灯、ヘッドガード、防護柵の備えたものを、機械集材装置の集材機（架線集材機械を使用した場合も含む）についてはヘッドガード、防護柵の備えたものを、簡易架線集材装置の集材機（架線集材機械を使用した場合も含む）については防護柵の備えたものを使用しなければならなくなりました。

(1) 前照灯の設置

必要な照度が保持されていない場所で、車両系木材伐出機械を運転し作業する場合は、前照灯を備えた機械を使用しなければならなくなりました。また、トラック搭載式タワーヤード等で、道路運送車両法の規定による前照灯の設置があれば前照灯の設置があるものと見做されます（安衛則第151条の84、85）。

なお、架線集材機械を機械集材装置又は簡易架線集材装置の集材機として使用する場合は前照灯の設備がなくても使用できます。

(2) ヘッドガードの設置

架線集材機械等を機械集材装置の集材機として使用し、原木等を空中に巻き上げて集材作業を行う等、運転者の頭上に原木等が落下するおそれがある場合は、堅固なヘッドガードの備えたものを使用しなければなりません。

ただし、原木等が落下するおそれのない箇所で遠隔操作する場合や原木等を運転者の頭上より高く吊り上げずに集材するなど、原木等の落下により運転者に危険を及ぼすおそれのないときは、ヘッドガードの設備がなくても使用できます(安衛則第151条の86、136)。

(3) 防護柵の設置

架線集材機械等を機械集材装置又は簡易架線集材装置の集材機として使用する場合は、原木等が飛来して運転者に激突する等の危険があることから、運転者席に危険を防止するための防護柵等の備えたものを使用しなければなりません。

ただし、原木等が飛来するおそれのない箇所に機械を設置する場合や遠隔操作する場合など、運転者に危害を及ぼすおそれのないときは、防護柵等の設備がなくても使用できます(安衛則第151条の87、137、162)。

なお、原木等の飛来の危険を防止するための設備には、防護柵のほか、運転席のガラス板の代わりにポリカーボネート板を用いたものや、運転席のガラスの内側に防護フィルムを張ったものも含まれますが、原木等の重量及び大きさに応じて危険を十分に防止できるものでなければなりません。

【平成26年 安衛則の改正による危険防止対策等】

区 分	機械集材装置	簡易架線集材装置	架線集材機械
一般的な措置 (前照灯・ヘッドガードの設置、地形などの調査、作業計画の作成、最大使用荷重などの厳守、制動装置などの点検と補修、作業指揮者他)	● (※1)	● (※1)	●
車両の転倒、逸走などの防止 (制限速度の設定、幅員の確保など、運転位置から離脱するときの逸走防止他)	● (※2)	● (※2)	●
機械との接触、飛来落下などの防止 (危険箇所への立入禁止、運転席の防護柵など、運転中の離脱の禁止他)	●	●	●
ウインチによる作業での危険の防止 (ワイヤロープの安全係数、不適格なワイヤロープの使用禁止、点検、合図)	○	●	●
集材装置による集材作業での危険の防止 (制動装置などの設置基準、最大使用荷重などの表示、架線集材機械を集材機として用いる場合の措置他)	○ 主索の 検定等	● 空中での 運搬の禁止	—

〔改正の内容〕 ●：新設（一部改正を含む） ○：既存

※1 機械集材装置の前照灯、簡易架線集材装置の前照灯、ヘッドガード設置は不該当

※2 運転位置から離脱するときの逸走防止のみ

6-4 故障と対策

故障が発生した場合は、その現象から原因を把握して適切な対策を講じる必要があります。一般的な不具合と、その原因及び対策の事例は、下表のとおりです。なお、これらの事項は、機種毎に構造が異なるため、原因や対策も異なることがあります。

故障の現象	原因	対策
①出力がない	タンクの油面が低い	作動油を補給して油面を上げる
	吸込み不良	吸込み管、フィルタの詰まり、空気侵入を点検
	ポンプの回転不良	ポンプの回転が正常か点検
	作動油の粘度が適正でない	作動油の粘度の点検、異物の有無の点検
	各種弁の調整不良	バルブ類の調整
	作動油の内部漏れが大きい	シリンダ・切換弁の点検、損傷パッキン・シールの交換、摩耗面の修理
	作動油の外部漏れが大きい	ポンプ、切換弁、配管の点検
②動作が不規則	摺動部の不良、異物侵入、空気の侵入	配管接続部、摺動部、軸受部のシール、パッキンの締め過ぎ、異物混入、摩耗、空気の侵入、摺動部の潤滑等の点検
③ポンプの騒音	キャビテーション	空気の侵入、フィルタ目詰まり、作動油の粘度の点検
	ポンプ部品の損傷緩み	異物の侵入、潤滑不良、取り付け不良等の点検
④作動油の過熱	作動油の粘度が高すぎる	粘度の適正化
	タンクの油量が少ない	油量の点検
	ポンプ・バルブ等のクリアランスの減少	異物が侵入していないか、潤滑が良いか点検
	リリーフバルブ圧力過大、吐出圧過大	点検調整
	冷却不良	クーラの能力、故障点検
⑤切換弁の作動不規則	局部過熱と沈殿物の生成、バルブの損傷	異物の混入、摩耗破損等の点検
⑥油漏れ	作動油の粘度、配管不良、パッキン・シールの破損	作動油粘度、配管の接続法、パッキン・シールの破損、材質の点検



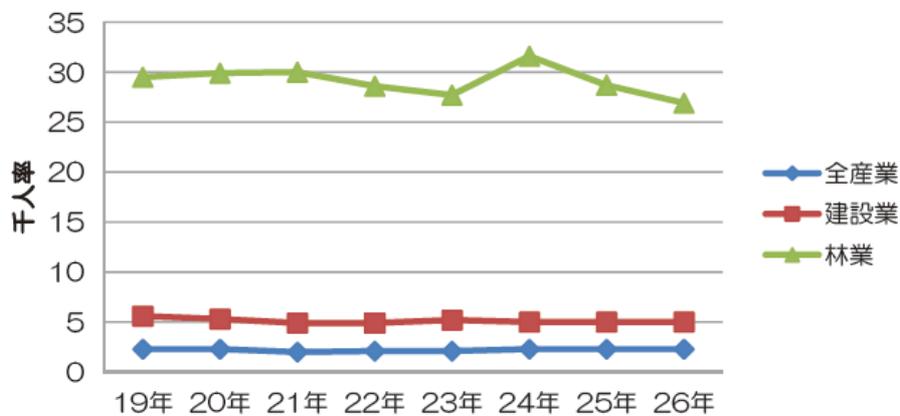
第7章 安全作業

7-1 災害発生状況

(1) 産業別死傷年千人率

林業における労働災害は、依然として他産業に比較して、非常に多く発生しています。

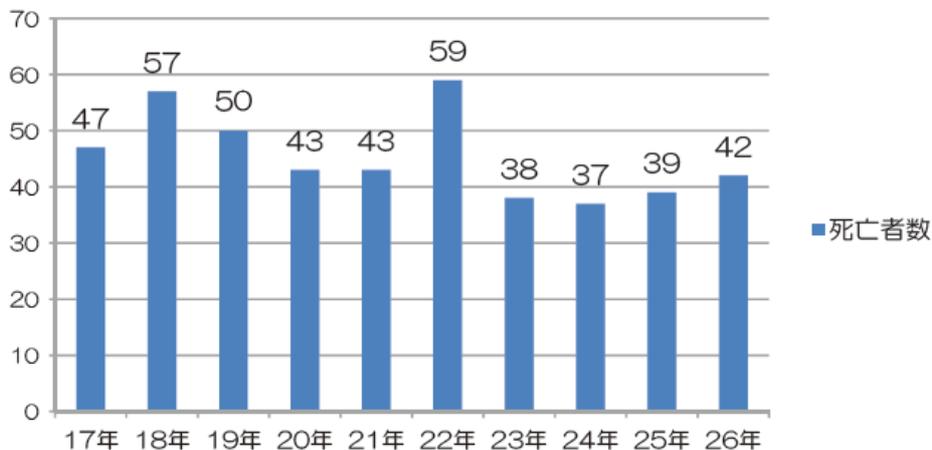
指標の一つである、労働者千人当たりの1年間に発生する休業4日以上死傷者数を表す産業別死傷年千人率によると、林業は全産業の10倍以上、建設業と比較しても、5~6倍となっています。これは、労働生産性や労働者災害補償保険の保険料率にも関係することであり、労働災害減少に向けたより一層の努力が急務です。



(2) 林業における死亡者数

林業における死亡者数の統計によれば、平成17年から26年の10年間で455人、年平均46人が死亡しています。

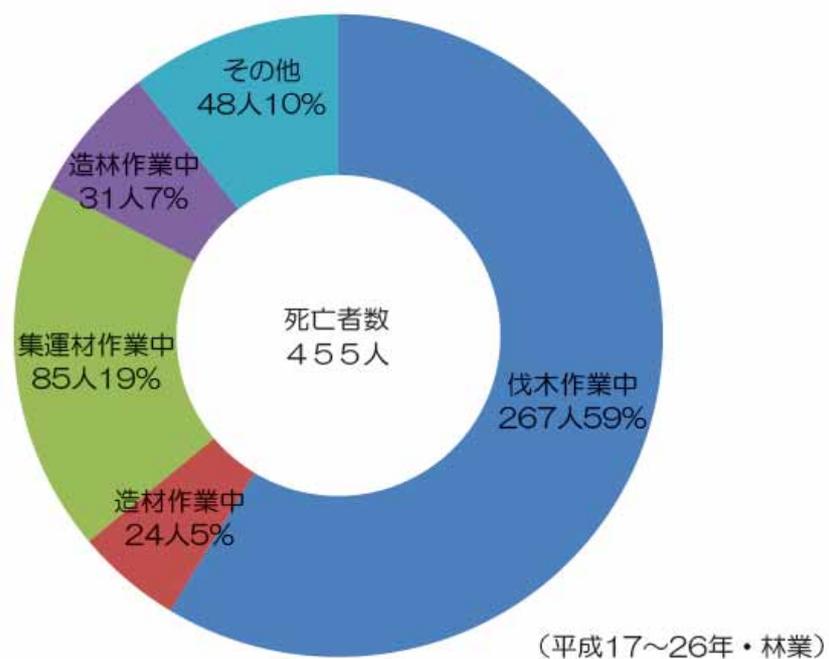
50年程前は年間300人以上が死亡しており、それに比べれば、労働者数の減少や、高性能林業機械の普及により減少はしたものの、死亡災害は大切な人を悲しませるばかりではなく、事業主にとっても非常に大きなリスクを負うこととなりますので、対岸の火事とは思わずに、死亡災害の絶滅に一層の努力を払うことが非常に重要です。



(3) 作業種別死亡災害発生状況

平成17～26年の10年間における作業種別死亡者数は、伐木造材作業が約6割を占め、集運材作業では約2割、そのうち架線系集材作業は約1割となっています。なお、タワーヤードによる集材作業での死亡事故は、過去に荷掛け作業で1件起きています。

タワーヤードの使用実績が少ないため、現段階で確たる結論を下すことはできませんが、タワーヤードによる集材作業は、安全性の高い集材システムといえます。



7-2 安全管理の基本

Point!

安衛則に基づき、力学を理解し機械の構造に応じた適切な作業を実施すること

タワーヤードで安全作業を行うためには、支柱の作設やガイラインの固定を含めたタワーヤードの設置等の適切な架設・集材・撤収作業を行うとともに、安衛則等に基づいた適切な作業を実施することが基本です。

基礎的な力学を理解し、ワイヤロープ等にかかる張力の大きさや方向を把握するとともに、機械や器具の構造に応じた作業を行うことが安全作業を行う上で大変重要です。

また、架設後の試運転や点検、毎日実施する始業点検等により、機械やワイヤロープ等の集材装置の異常を認めたときは直ちに補修又は取り替えを行うことで、事故を未然に防ぐことができます。

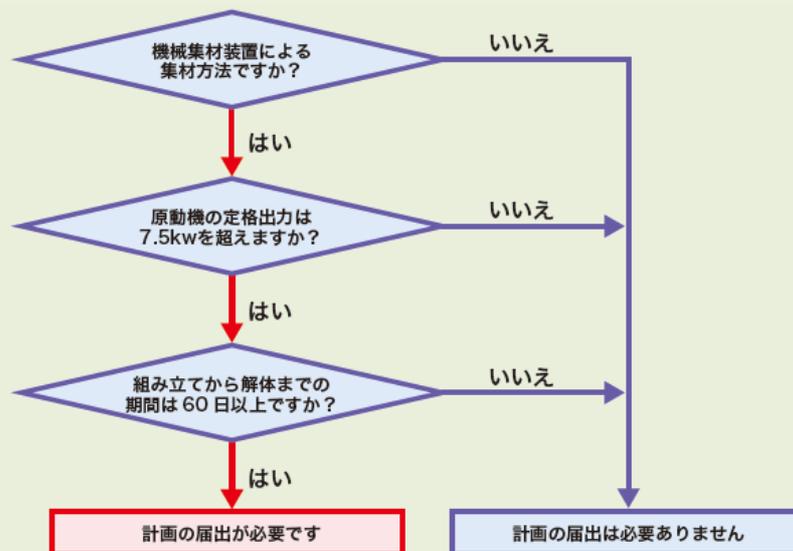
(1) 関係機関への届出等

集材装置が他人の所有地等を横断する場合や集材範囲外の立木等を用いて集材作業を行う場合は、事前に関係者から許可や了解を得ることが必要です。

また、機械集材装置により集材作業を行う場合は、条件によって労働基準監督署への届出が必要です。

労働基準監督署への届出

- 機械集材装置で、定格出力が 7.5kW を超える原動機を使用し、組み立てから解体までの期間が 60 日以上の場合は、事業開始の 30 日前までに、「機械等設置・移転・変更届（様式第 20 号）」に図面等を添えて労働基準監督署長に提出しなければならない（安衛則第 85 条、86 条）



(2) 表示及び標識の設置

作業員や第三者に対する架線作業中の注意喚起や作業員に対する作業計画内容の周知を図るために、表示や標識を設置します。

標識の設置

- ・ 架線集材区域内に侵入するおそれのある箇所（公道、林道、森林作業道、歩道、沢等）に「立入禁止」、「架線集材作業中」等の標識を設置するとともに、必要に応じてロープや丸太等により侵入できないような措置を講じる
- ・ 作業員の安全意識向上や第三者への注意喚起のために、「内角への立入禁止」等の標識を設置（特にワイヤロープ等の内角側は、ワイヤロープ又はガイドブロック等が反発したり飛来したりすることにより、作業員等に危険を及ぼすおそれがある）
- ・ 労働者に対して作業計画の内容や緊急連絡先等を周知するための標識を設置



第三者への注意喚起用標識



緊急連絡先等の表示

(3) 最大使用荷重の遵守

最大使用荷重を超えた集材作業は重大災害に結びつくことから、作業計画で決定した最大使用荷重を超えて荷掛けすることの無いよう、現場に応じた工夫を行い、周知を徹底します。

最大使用荷重の遵守

- ・ 架線集材を行うときは、労働者の危険を防止するため、最大使用荷重を見やすい箇所に表示するとともに、その荷重を超える使用をしてはならない（安衛則第151条の102、138、163）

(4) 架線作業地の調査

作業計画を作成するために行った架線作業地の地形等についての調査結果は、労働者の危険を防止するため、記録しなければなりません。

架線作業地の調査事項等

- ・ 車両系木材伐出機械を用いて作業を行うときは、機械の転落、地山の崩壊等による労働者の危険を防止するため、あらかじめ、当該作業に係る場所について地形、地盤の状態等並びに伐倒する立木及び取り扱う原木等の形状等を調査し、その結果を記録しておかなければならない（安衛則第151条の88）
- ・ 林業架線作業や簡易林業架線作業を行うときは、タワーヤード等の転落、地山の崩壊、支柱の倒壊等による労働者の危険を防止するため、あらかじめ、当該作業に係る場所についての広さ、地形、地盤の状態等、支柱とする立木の状態及び運搬する原木等の形状等を調査し、その結果を記録しておかなければならない（安衛則第151条の124、152）

(5) 作業計画の作成・周知

記録した架線作業地の調査結果をもとに作業計画を作成し、関係労働者に周知するとともに、その計画に則って作業を行わなければなりません。

作業計画内容等

- ・ 車両系木材伐出機械を用いて作業を行うときや林業架線作業、簡易林業架線作業を行うときは、架線作業地の調査により知り得たところに適応する作業計画を定め、かつ、当該作業計画により作業を行うと共に、その作業計画について関係労働者に周知しなければならない（安衛則第151条の89、125、153）
- ・ 車両系木材伐出機械を用いて作業を行うときの作業計画は、①その機械の種類及び能力、②その機械の運行経路、③その機械による作業の方法及び場所が示されているものでなければならない（安衛則第151条の89）
- ・ 林業架線作業を行うときの作業計画は、①支柱及び主要機器の配置の場所、②使用するワイヤロープの種類及びその直径、③中央垂下比、④最大使用荷重、⑤機械集材装置の集材機の種類及び最大牽引力、⑥林業架線作業の方法が示されているものとし、①②④⑥については関係労働者に周知しなければならない（安衛則第151条の125）
- ・ 簡易林業架線作業を行うときの作業計画は、①支柱及び主要機器の配置の場所、②使用するワイヤロープの種類及びその直径、③最大使用荷重、④タワーヤードの種類及び最大けん引力、⑤簡易林業架線作業の方法が示されているものとし、①②③⑤については関係労働者に周知しなければならない（安衛則第151条の153）

【タワーヤードによる作業箇所の調査事項及び調査内容の記録《記載例》】

調査事項	調査内容
作業地全体の状況	
植生等	植生はほとんどないが、南斜面に1m以下の転石があちこちに見られる。伐倒、集材の際に注意
傾斜	北斜面は25°～40°、南面から南西面は20°～30°である。
土質	礫質ロームで締め固めは良好である。
機械の設置箇所	
位置・広さ	設置場所は図面〇の位置であり、縦〇m×横〇mで使用可能面積は〇〇㎡である。山側を多少掘削して広げることが必要。
路盤の状況	選定箇所は砂礫混じりで水はけも良く、堅固であり、鉄板等の敷設の必要はない。
土場の状況	
位置・広さ	プロセッサによる造材箇所は、図面〇の位置であり、縦〇m×横〇mで面積は〇〇㎡であり狭いため、造材木は、A材、B材に分け、斜面下方に落下防止措置を講じて置き、運搬トラックと連携を図りながら搬出することとする。
支柱の状況	
先柱	南面から南西面には、胸高直径40cm、樹高25m程度のスギが相当あり、サドルブロック10m程度の高さで設置可能 沢筋部も、胸高直径40cm、樹高25m程度のスギが相当あり、サドルブロック10m程度の高さで設置可能 北面は南面等より成長が悪いが、補強してサドルブロックを5m高程度設置可能
アンカー	タワーのガイラインアンカーは、角度的にも問題なく取れる立木がある。 先柱のアンカーは、今回の集材区域内には確保できないことから、隣接所有者の了解を取って作設する必要がある。 隣接所有者の了解が得られない場合は、隣接地から10m程度集材区域内に先柱を設ける必要がある。
中間支柱	架線の張り替え3本のうち、2本は中間支柱の設置必要。 L型の設置で、現地の立木を活用して設置可能である。
作業道の状態	
幅員	3.5m幅で作設されており、タワーヤード搭載トラックの、車幅の1.2倍以上確保されている。
曲線部	〇〇箇所はRが8mで4mに拡幅されているが、移動に際し、路肩を踏み外すおそれがあることから、誘導する必要がある。
地盤の状態	砂礫混じりで堅固である。
路肩の状態	砂礫混じりで急傾斜地は丸太組されており、堅固に作設されている。
縦断勾配	図面の〇〇の位置が18%であるが砂利を敷いてあり、その外は10%程度で作設されており、通行上支障ない。
横断勾配	外カントのところはなく、どちらかといえば僅か内カントであり、通行上支障ない。
木橋等	木橋、片栈橋は設置されていない。
集材木等の状況	
主要樹種	スギ50～60年生の人工林であり、他樹種は殆ど存在しない。
立木の大きさ	最大で胸高直径50cm程度、樹高30m程度、平均はそれぞれ38cm、25m程度である。
重量	伐採後、数日で集材することから比重は危険度を見て1.0で良い。38cm×25m=1.29m ³ ⇒1本1.3t
その他	

タワーヤーダによる作業計画書(例)

事業地	〇〇地区 〇〇氏所有林		
作業場所	〇〇市〇〇町字〇〇〇〇林班〇小五		
作業地面積	〇〇HA		
伐採種	皆伐		
集材材積	〇〇〇m ³		
現場責任者名	販売頭班長 〇〇〇〇		
作業期間	平成27年10月～平成27年11月		
労基署への届出年月日	60日未満、地曳き集材につき不要		
区分	機械名称	能力	台数
伐木運材	チェーンソー	45CC	2
集材	タワーヤーダ(〇〇社)Y-430	320KW, HAL直引力:38kN	1
"	搬器(〇〇社)	重量:950kg, 積載量:40kN	1
集材・仕分け	プロセッサ(〇〇社)CT500	GP532	1
運搬	トラック	8t	1
運任・氏名	林業架線作業主任者 森林二郎		
作業指揮者	機械誘導者 山林二郎		
地形	伐倒・集材地傾斜:25度～40度		
TY設置箇所地形	作業道上で平坦地、路肩は堅固、作業面は狭い		
TY索張り方式	スナビング式(上げ荷)主要索、搬器索、張り替え3本、中間支柱2箇所		
索長	200～250m		
最大積算荷重	1000kg		
集材・運材方法	地曳集材		
土場地形	平坦地、作業面は狭い		
地盤の状況	砂礫混じりの土壌で堅固に締め固められている		
構築物等の有無	なし		
構築物等保護措置	-		
機械転倒危険箇所・同対策措置	曲線部各側:トラロープ設置、誘導者配置		
合図の方法	伐倒:笛、集材:無線機		
立入禁止措置	第三者:標識設置、作業者:KY等で徹底		
作業システム	チェーンソー伐倒 ⇒ タワーヤーダ集材 ⇒ プロセッサ選材 ⇒ プセッサ仕分け ⇒ トラック運材		
安全対策	現場での始・終業時打ち合わせ及び点検事項 ①海期、作業班で作業内容・連絡体制・作業時間等確認、KY活動実施 各人が業務に応じた機械・架線装置の点検励行 ②作業終業時に、ヒヤリハットの共有、翌日の作業内容等確認		

作業区分	機械名	従事者	資格
伐木運材	チェーンソー	森林一郎	伐木運材等特別教育受講修了者(8号、8号の2)
"	"	森林三郎	伐木運材等特別教育受講修了者(8号、8号の2)
荷掛け	"	森林一郎	
集材	タワーヤーダ	森林二郎	林業架線作業主任者免許取得者 機械集材装置の運転業務に係る特別教育修了者
機械			簡易架線集材装置の運転業務に係る特別教育修了者
集材・仕分け	プロセッサ	森林二郎	伐木等機械の運転業務に係る特別教育修了者
資格			車両高建設致機械(整地・運搬・積込・掘削)運転機械 技能講習修了者(3t以上)
誘導者		山林二郎	大型車両運転免許取得者
運材	トラック	山林二郎	〇 〇 運送株式会社へ委託
その他			
作業場所及び運行経路図			
タワーヤーダ設置箇所、土場、集材架線、制限速度、標識設置箇所、転落危険箇所等について記入			

事業者名 〇〇 森林組合
 作成日 平成 年 月 日
 計画作成者 〇〇 課長 〇〇〇〇
 周知日 平成 年 月 日

(6) 林業架線作業主任者・作業指揮者の選任

タローヤーダ等の架線集材機械を使用して作業を行う場合、その索張り方式や機械の出力等により、林業架線作業主任者や作業指揮者を選任します。選任された林業架線作業主任者の氏名及びその者に行わせる事項を、作業場の見やすい箇所に掲示する等により関係労働者に周知します。

区 分	林業架線作業主任者の選任	作業指揮者の選任
① 機械集材装置での作業で次のいずれかに該当する場合 ・定格出力 7.5kW 超 ・支間距離 350m以上 ・最大使用荷重 200 kg以上	○	
② 機械集材装置での作業で、①に該当しない場合		○
③ 簡易架線集材装置での作業		○
④ 走行集材機械又は架線集材機械での作業		○
⑤ 車両系木材伐出機械の修理等の作業		○

※林業架線作業主任者又は作業指揮者の選任は、単独作業の場合は必要ない。

※林業架線作業主任者、作業指揮者の指揮を受ける作業は、機械集材装置等の組立て、解体、変更若しくは修理の作業又はこれらの設備による集材作業等である。

※区分については参考資料2を参照

林業架線作業主任者等の職務

- ・ 林業架線作業主任者には、①作業の方法及び労働者の配置を決定し、作業を直接指揮する、②材料の欠点の有無並びに器具及び工具の機能を点検し、不良品を取り除く、③作業中の安全带等及び保護帽の使用状況を監視することを行わせなければならない（安衛則第151条の127）
- ・ 作業指揮者には、作業計画に基づき作業の指揮を行わせなければならない（安衛則第151条の90、128、154）
- ・ 車両系木材伐出機械の修理等を行う場合の作業指揮者には、作業手順を決めるとともに作業の指揮等を行わせなければならない（安衛則第151条の104）

(7) 制限速度の設定

車両系木材伐出機械を運転する際、適正な速度を超えて作業を行うと、転落や作業員への接触等のおそれがあることから、適正な速度を機種別及び使用場所別に決め、それにより作業を行わなければいけません。

【制限速度の設定《設定例》】

作業場所	機種名	林道の現況等	制限速度
〇〇林道流域	〇〇〇	地盤が軟弱、曲線半径8mのS字カーブ及び縦断勾配20%の箇所あり	12 km/時速
△△林道流域	△△△	幅員3m、制限荷重20トンの木橋3箇所あり	15 km/時速

制限速度の設定

- ・ 車両系木材伐出機械（最高速度が毎時10km以下のものを除く）を用いて作業を行うときは、あらかじめ、当該作業に係る場所の地形、地盤、作業場所の広さ及び勾配、木橋、片栈橋等の状態に応じた適正な制限速度を定め、運転者はその制限速度を超えて運転してはならない（安衛則第151条の91）

(8) 転落等の防止

タワーヤードの移動中等の転倒又は転落による危険を防止するため、運行経路についての安全が確保できるよう、次のような措置をする必要があります。

転落等の防止

- ・ 車両系木材伐出機械の運行経路について、必要な幅員の保持や路肩の崩壊を防止、岩石・枯損木・根株等の障害物を除去等の必要な措置を講じなければならない（安衛則第151条の92）なお、車両系木材伐出機械が安全に走行できるよう、運行経路の幅員は接地幅の1.2倍以上とし、曲線部は必要に応じて幅員を拡幅することが望ましい
- ・ 車両系木材伐出機械の転倒又は転落により労働者に危険が生ずるおそれのあるときは、誘導者を配置し、その者に当該車両系木材伐出機械を誘導させなければならない（安衛則第151条の92）
- ・ 車両系木材伐出機械の転倒又は転落により運転者に危険が生ずるおそれのある場所においては、転倒時保護構造を有し、かつ、シートベルトを備えたもの以外の車両系木材伐出機械を使用しないよう努めるとともに、運転者にシートベルトを使用させるように努めなければならない（安衛則第151条の93）
- ・ 車両系木材伐出機械について誘導者を置くときは、一定の合図を定め、誘導者に当該合図を行わせなければならない（安衛則第151条の94）

(9) 立入禁止区域

法令等により立入禁止とされている以下の箇所に、作業者を立ち入らせてはなりません。また、立入禁止区域内で点検や修理等の作業を行う場合は、原動機を止める等の措置を取らなければなりません。

立入禁止区域

- ・ 運転中の機械や取り扱う原木等に接触することにより、労働者に危険が生じるおそれのある箇所（安衛則第 151 条の 95、140、164）
- ・ 車両系木材伐出機械を用いて作業を行うときは、物体の飛来等により、労働者に危険が生ずるおそれのある箇所（集材されている原木等が斜面を転落又は滑落、或いは集材されている原木等が地表の岩石を掘り出し、岩石が滑落することにより危害を受ける恐れのある箇所等）（安衛則第 151 条の 96）
- ・ 車両系木材伐出機械（構造上、ブーム、アーム等が不意に降下することを防止する装置が組み込まれているものを除く。）のブーム、アーム等又はこれらにより支持されている原木等の下（修理、点検等の作業を行う場合において、ブーム、アーム等が不意に降下することによる労働者の危険を防止する対策を講じているときは、この限りでない）（安衛則第 151 条の 97）
- ・ 主索の下で、原木等の落下又は降下により労働者に危険を及ぼすおそれのある箇所（安衛則第 151 条の 142）
- ・ 作業索の内角側で、索又はガイドブロック等が反発し、又は飛来することにより労働者に危険を及ぼすおそれのある箇所（安衛則第 151 条の 142、166）
- ・ 原木等を荷掛けし、又は集材している場所の下方で、原木等が転落し、又は滑ることにより労働者に危険を及ぼすおそれのある箇所（安衛則第 151 条の 142、166）
- ・ 高所作業中の支柱の周辺箇所

(10) 運転位置から離れる場合の措置

タワーヤードの運転者が、走行のための運転位置から離れるときは、逸走を防止する措置を取る必要があります。また、タワーヤードが運転されている間は、当該作業装置の運転位置を離れてはなりません。

運転位置から離れる場合の措置

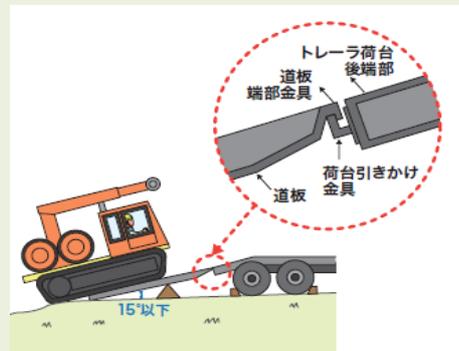
- ・ 運転者が走行のための運転位置から離れるときは、原動機を止め、かつ、停止の状態を保持するためのブレーキを確実にかける等の車両系木材伐出機械の逸走を防止する措置を講じなければならない（安衛則第 151 条の 98）
- ・ 運転者は、車両系木材伐出機械の作業装置が運転されている間は、当該作業装置の運転のための運転位置を離れてはならない（安衛則第 151 条の 99）

(11) 機械移送時の措置

タワーヤダを移送するため、自走又は牽引により貨物自動車に積み降ろしを行う場合に、盛土や道板などを使用するときは、機械の転倒、転落等による危険を防止するため、次のような措置を取る必要があります。

移設時の措置

- ・ 積み降ろしは、平坦で堅固な場所において行うこと（安衛則第151条の100）
- ・ 道板を使用するときは、十分な長さ、幅及び強度を有する道板を用い、適当な勾配で確実に取り付けること（安衛則第151条の100）
- ・ 盛土、仮設台等を使用するときは、十分な幅及び強度並びに適当な勾配を確保すること（安衛則第151条の100）



(12) 適格なワイヤロープの使用

安全係数を満たすワイヤロープを使用するとともに、不適格なワイヤロープを使用してはなりません。

ワイヤロープの使用基準

- ・ 架線集材機械のウインチ又はスリングに用いるワイヤロープについては、①ワイヤロープの一よりの間において素線数の10%以上の素線が切断したもの、②摩耗による直径の減少が公称径の7%を超えるもの、③キンクしたもの、④著しい形崩れ又は腐食のあるものを使用してはならない（安衛則第151条の121）
- ・ 機械集材装置で用いるワイヤロープは、その用途によって、安全係数が、主索は2.7以上、荷上索・スリングは6.0以上、作業索（荷上索を除く）・ガイライン・台付けロープは4.0以上のものを使用しなければならない（安衛則第151条の130）
- ・ 簡易架線集材装置のウインチ又はスリング等に用いるワイヤロープは、原木等の一部が地面に接した状態で運搬することを考慮し、安全係数が4以上のものを使用しなければならない（安衛則第151条の156）

(13) 緊急連絡体制の周知

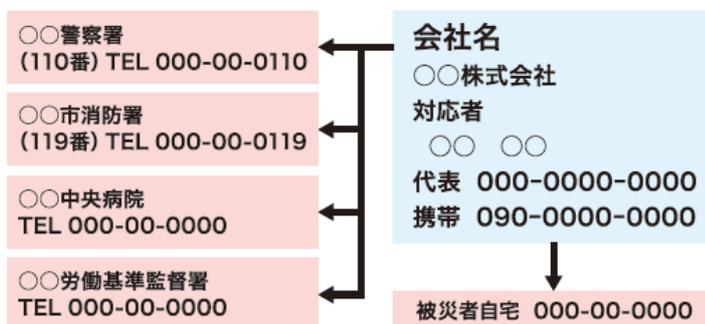
労働災害の発生など緊急時に適切に対処するため、次の事項について、あらかじめ定め、その内容を作業員全員に周知させることが大切です。

特に、緊急時には気が動転することが多いため、即座に適切に対処できるように、下図のような緊急連絡先等を休憩場所やタワーヤード等に取り付けておくことも有効な方法といえます。

緊急連絡体制の周知事項

- ・ 作業場所における作業中の労働者相互の連絡方法
- ・ 労働災害等発生時における作業場所から事業場の事務所、消防機関・救急機関等への連絡方法
- ・ 労働災害発生時における被災者の災害発生場所から医療機関までの移送方法
- ・ 電話の通信可能な場所の事前確認、周知
- ・ 現場における負傷者の手当てに必要な救急用具、救急薬品の内容及び保管場所等

緊急連絡系統図



災害発生時の連絡事項(現場から救急車要請)

- 連絡者の氏名 1. 私は〇〇です。
- 災害の状況 (いつ) 2. 〇時〇分頃
(どこで) 3. 〇において
(だれが) 4. 〇(誰)が
(どんな) 5. 〇作業中〇でケガをしました。
- 被災者の状況 6. ケガの状況は〇です。
(意識)ある・ない (呼吸)ある・ない (出血)ある・ない (骨折)ある・ない
- 救急車の要否 7. 救急車は 必要・不要 です。
8. 救急車の合流地点は〇です。
9. 血液は 必要・不要 です。

(14) 架線集材作業全般の注意事項

林業架線作業は、林業架線作業主任者又は作業指揮者の指揮に従って、他の作業者と緊密な連携をとって行う必要があります。特に架設・撤収作業は、作業者が分散して作業するので、互いの合図、連絡を確実にし、状況を確認しながら進めることが重要です。

運転者の注意事項

- ・ シートベルトを備えた車両系木材伐出機械を運転するときは、シートベルトを使用するように努めなければならない（安衛則第 151 条の 93）
- ・ 車両系木材伐出機械の運転中は、墜落による労働者の危険を防止するための措置が講じられた機械を除き、乗車席又は荷台以外の箇所には労働者を乗せない（安衛則第 151 条の 101）
- ・ 走行のための運転位置と荷台やウインチ等の作業装置の運転のための運転位置が異なる車両系木材伐出機械を走行するときは、当該車両系木材伐出機械の作業装置の運転のための運転位置には労働者を乗せない（安衛則第 151 条の 105）
- ・ 電話、無線機等の通信装置や決められた合図により、荷掛け又は荷外しをする者との連絡をとり、安全を確かめてから運転する（安衛則第 151 条の 123、141、165）
- ・ 荷上索の巻き過ぎ防止措置を守って運転する（安衛則第 151 条の 133、159）
- ・ 急激な発進又は制動をしない
- ・ 負荷した搬器の走行速度は、勾配、負荷荷重等に応じ適正な速度とする
- ・ 運転中は諸計器に注意し、警報装置が作動した場合や異常音等を発したときは、直ちに運転を中止し、機体を点検する
- ・ 荷上索に異常を感じた場合は、無理に引寄せないで荷上索を緩め、吊り荷を接地させた上で運転を中止し、点検する
- ・ 作業索の巻き取りは、不整巻きにならないように注意する

荷掛け者の注意事項

- ・ 伐倒木が重なりあっている場合は、上側の伐倒木から荷掛けする
- ・ 不安定な状態にある丸太及び伐倒木は、あらかじめ安全な状態にしてから荷掛けする
- ・ 荷掛けは、スリングがローリングフックやチョーカフックから外れたり、スリングから材が抜け落ちたりしないようにする
- ・ 常に材の材積と重量との関係を知り、重量目測に努め、最大使用荷重を超えて荷掛けをしない（安衛則第151条の138、163）
- ・ 荷掛け終了後の合図は、あらかじめ決めた安全な退避場所に退避してから行うこととし、退避しながらの合図は絶対に行わない
- ・ 横取り作業に当たっては、吊り荷状態に注意し、伐根等の障害物に掛かるなどした場合は直ちに運転者と連絡を取り、適切に処理する
- ・ ローリングブロックやガイドブロックなどの位置や向きを直すため、作業索を持って手直す場合に、ブロック近くで作業索を握るときは、ブロックから必ず1m以上離れたところを握る

荷下ろし作業の注意事項

- ・ 材が降下してくる間は、退避場所で待機する
- ・ 材が完全に接地し、スリングが十分に緩んだことを確認してから荷外しする
- ・ 運転手に合図し、ローリングフックを巻き上げさせてから、木直し作業や造材作業にかかる

架設・撤収作業の注意事項

- ・ 下げ荷集材で原木等の滑落や落石の危険があるときは、向柱を設ける等により、タワーヤードを安全な場所に設置する
- ・ センターリガーやアウトリガーは、強度のある鉄板の上などに張り出し、その機能が十分発揮できるように設置する
- ・ タワーのガイラインは、取扱説明書に記載されている本数、方向、角度等を確実に守って設置する
- ・ タワーヤードは、浮き上がり、ずれ、振れが生じないように設置する
- ・ 主索の緊張を緩和し、接地後、搬器など主索に組み込んであるものを取り外す際、搬器の重みで主索が接地している状態になっていることが多く、外した途端に反発することがあるので十分注意しながら行う
- ・ 主索の一部が完全に接地しない状態で先柱の主索の固定を解くと、主索の重みで張力がかかり、主索が移動することがあるので、このようなことが予想される場合は、主索に連結用バイスを取り付け、手動ウインチ等で仮止めしてから主索の固定を解き、徐々に緩めて接地させる
- ・ 高所作業（2m以上）を行うときは、安全帯のほかに、昇降には、梯子や木登り器等の専用の器具を使用する等の墜落による労働者の危険を防止するための措置を講じる（安衛則第518条）

その他の注意事項

- ・ 搬器、吊り荷等の物で、吊り下げられているものに搭乗させてはならない（安衛則第151条の144、168）
- ・ エンドレス索を除く作業索については、これを最大に使用した場合において、集材機の巻胴に二巻以上を残すことができる長さとする（安衛則第151条の132、158）
- ・ 作業索の端部は、集材機の巻胴にクランプ、クリップ等の緊結具を用いて確実に取り付ける（安衛則第151条の132、158）
- ・ 搬器、ワイヤロープ等の器材の点検・補修等を行う場合には、主索等を下ろし、地上で行うことを原則とするが、やむを得ない場合は、林業架線作業主任者等の指示を受けて、十分点検・整備された安全帯等墜落防止のための保護具を使用して行う。
- ・ スリングは作業開始前に点検し、異常を認めたときは、直ちに補修し、又は、取り替えなければならない（安衛則第151条の122）
- ・ 強風、大雨、雷、大雪等の悪天候のため、危険が予想されるときは作業を中止する（安衛則第151条の106、145、170）
- ・ タワーヤード等を用いて架線作業を行うときは、保護帽を着用する（安衛則第151条の107、150、174）

(15) 特別教育等の受講

機械集材装置により集材作業を行う場合に、架線集材機械等を操作する者は架線集材機械であるタワーヤードの走行（一般公道を走行させる場合を除く）及び集材作業については、その運転者に「簡易架線集材装置等の運転の業務に係る特別教育」を受けさせることが必要であり、機械集材装置の集材機としてタワーヤードを使用する場合には、さらに「機械集材装置の運転の業務に係る特別教育」も追加が必要となります。

この他に、架線集材機械を用いて、直径 20 cm 以上のかかり木処理を行う場合は、「伐木造材等の業務に係る特別教育（第 8 号）」の受講が必要です。なお、直径 20 cm 未満のかかり木処理を行う場合には「伐木造材等の業務に係る特別教育（第 8 号又は第 8 号の 2）」の受講が努力義務とされています（安衛則第 36 条～第 39 条）。

【タワーヤードの運転に必要な特別教育】

区分	機械集材装置の運転	簡易架線集材装置の運転
機械集材装置の運転の業務に係る特別教育	○	
簡易架線集材装置等の運転の業務に係る特別教育	○	○
伐木造材等の業務にかかる特別教育（第 8 号）	○ ^{※1}	○ ^{※1}
伐木造材等の業務にかかる特別教育（第 8 号又は第 8 号の 2）	△ ^{※2}	△ ^{※2}

※1 集材機や架線集材機械を用いて、かかっている木が胸高直径 20 cm 以上であるものの処理を行う場合

※2 集材機や架線集材機械を用いて、かかっている木が胸高直径 20 cm 未満であるものの処理を行う場合

※3 区分については、参考資料 2 を参照

ハーベスタやプロセッサ、グラップル等の伐木等機械を運転する際は、「伐木等機械の運転の業務にかかる特別教育」、フォワーダ等の走行集材機械を運転する際は、「走行集材機械の運転の業務にかかる特別教育」を受講する必要があります。また、これらの機械を用いてかかり木処理を行う場合にも「伐木造材等の業務に係る特別教育」の受講が必要な場合があります（安衛則第 36 条～第 39 条）。

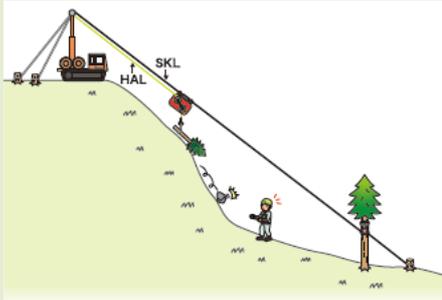
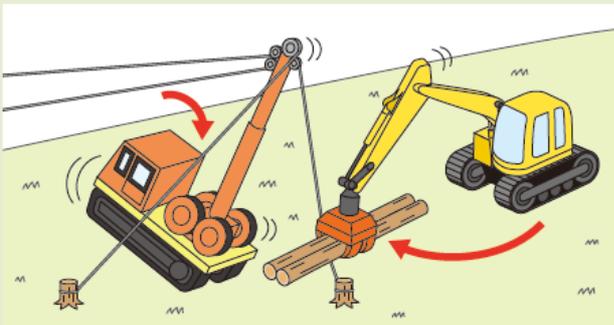
【伐木等機械、走行集材機械の運転に必要な特別教育】

区分	伐木等機械の運転	走行集材機械の運転
伐木等機械の運転の業務に係る特別教育	○	
走行集材機械の運転の業務に係る特別教育		○
伐木造材等の業務にかかる特別教育（第 8 号）	△ ^{※1}	○ ^{※1}
伐木造材等の業務にかかる特別教育（第 8 号又は第 8 号の 2）	△ ^{※2}	△ ^{※2}

※1 伐木・走行集材機械を用いて、かかっている木が胸高直径 20 cm 以上であるものの処理を行う場合

※2 伐木・走行集材機械を用いて、かかっている木が胸高直径 20 cm 未満であるものの処理を行う場合

(16) ヒヤリ・ハット事例

番号	内 容
①	<p>《発生状況》 上げ荷集材中、地曳きした材により浮石が掘り起こされて滑落し、斜面下方で荷掛け準備中の荷掛け者が被災しそうになった</p> <p>《考えられる原因》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事前に浮石が滑落するおそれのあることを把握していなかった ・ 滑落するおそれのある岩石を、事前に処置していなかった ・ 立ち入り禁止区域で作業を行っていた <p>《対策》</p> <ul style="list-style-type: none"> ☆ 設定した退避場所に確実に退避してから合図や操作を行うこと ☆ 集材木が滑落するおそれのある岩石等の場所を通過するまで、安全な場所に退避すること ☆ 事前に滑落するおそれのある岩石を処理しておくこと 
②	<p>《発生状況》 撤収作業中、近くで作業していたプロセッサが、玉切りした丸太を掴んで旋回したところ、タワーヤードのガイラインを引っ掛け、タワーヤードが傾いた</p> <p>《考えられる原因》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ プロセッサの運転者が周囲を十分確認せずに、機械を旋回させた <p>《対策》</p> <ul style="list-style-type: none"> ☆ 複数の機械での作業は、間隔を開けて、周囲の安全を十分に確認して行うこと 

③ <<発生状況>>

下げ荷で地曳き集材していたところ、全木材の先端が折れてタワーヤードに向かって滑り落ちてきた

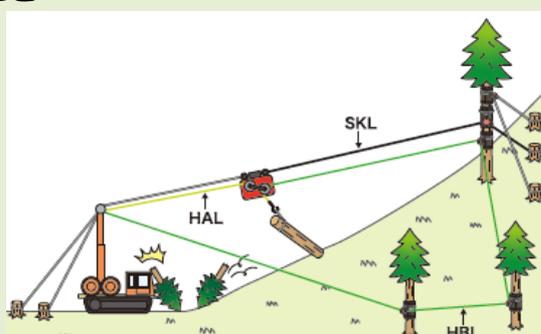
<<考えられる原因>>

- 全木材を無理に引き寄せて材が折れた
- タワーヤードの設置位置が適切でなかった

<<対策>>

☆材が引っ掛かったときは、無理に引き寄せないこと

☆支柱を設けるなどして、材や石等が滑落してきても、当たらない位置にタワーヤードを設置すること



④ <<発生状況>>

集材作業中に主索が切断して、タワーヤードが転倒した

<<考えられる原因>>

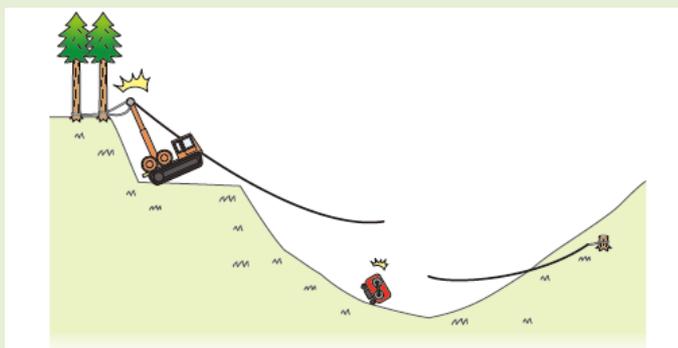
- タワーヤードに掛かる張力の方向が正しく認識されていなかった
- ガイラインの本数及び角度が規定どおりに張られていなかった
- 主索の切断により、後方のガイラインの張力のみがタワーに負荷される状態になった

<<対策>>

☆主索とガイラインのなす角度や水平角を把握し適切な方向に固定すること

☆必要に応じて、主索側にセーフティラインを設置すること

☆ガイラインの本数、方向、角度、張力については、機械の取扱説明書等に基づいて正しく設置すること



《発生状況》

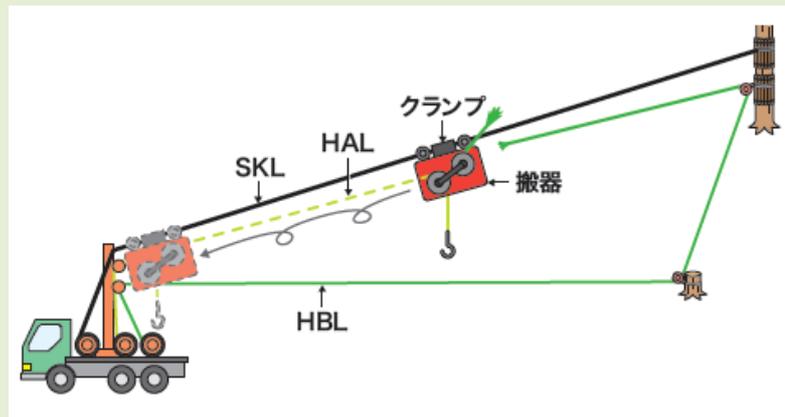
下げ荷集材で空搬器を先山へ送る途中、主索にかかっていたスギの枝が搬器にかかり、引戻索が切断し、搬器がタワーヤダまで滑り落ちた

《考えられる原因》

- 主索にかかった枝条を取り除かずに作業を続行した
- 不適格なワイヤロープを使用していた
- 引戻索の搬器への取り付け方法が不十分であった
- 伐開幅が狭かった

《対策》

- ☆架設後の試運転や始業点検を確実に実施すること
- ☆搬器や支柱等の架線装置の状態に注意しながら作業すること
- ⑤ ☆搬器に枝条等が絡んだのを確認したら取り外すこと
- ☆ワイヤロープは安全係数等を満たす適格なものを使用すること
- ☆伐開幅は、搬器が枝等に接触しない程度とすること



7-3 労働安全衛生管理の推進

労働安全衛生管理とは、作業の安全衛生の確保に必要な組織と運営の方法です。具体的には、作業現場の危険要因を洗い出し、それを取り除くことで、本来のあるべき作業能力を発揮させる動きといえます。

この安全衛生管理の進め方は、事業場の規模や内容、形態によっても様々ですが、林業の職場では小規模の事業者がほとんどであることから、事業者、安全衛生推進者、作業者が一体感と連帯感をもって推進することが重要です。

現在多くの職場で実施されている指差し呼称及び危険予知活動と、安衛法で努力義務とされたリスクアセスメントによる労働安全衛生対策の進め方については、以下のとおりです。

(1) 指差し呼称

Point!

集中力を高めて、ヒューマンエラーによる事故を防ぐための手法

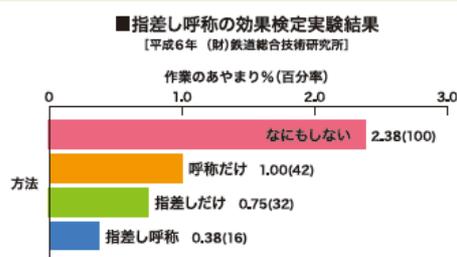
人間は錯覚（錯誤）、不注意（うっかり・ぼんやり）、近道行為、省略行為の4つの行動特性をもっており、これらを人間特性といいます。この人間特性によって引き起こされる誤操作・誤判断・誤作業等によるエラーをヒューマンエラーといいます。機械化が進んだ現代では、このヒューマンエラーによって起きる事故や災害の率は、全体の80~90%ともいわれており、如何にしてヒューマンエラーを未然に防ぐかが重大な課題となっています。

このヒューマンエラーを減少させる活動の一環として、「指差し呼称」があります。この指差し呼称は、危険を伴う要所所で確認すべき対象物をしっかりと見つめ、その名称と状態を声に出して確認することで、集中力を高めて、「うっかり」、「ぼんやり」等の人間のエラーによる事故を防ぐ効果があります。

指差し呼称の効果

平成6年に、(財)鉄道総合技術研究所が行った、指差し呼称の効果検定実験結果によると、その効果は、何もしない場合と比較して、指差し呼称する場合には、作業誤りの発生率が1/6以下になるという結果が示されています。

林業の現場でも、一人作業では「指差し呼称」を、複数の作業では「指差し唱和」を定着させることが事故、労働災害を減少させる上で重要であり、安全推進の立場にある人は、積極的に進めるようにしましょう。



(2) 危険予知 (KY) 活動

Point!

作業に従事する一人一人が、作業に潜む危険を、危険なこととして気付くための手法

危険予知とは、作業に従事する一人が、あるいは仲間同士が、作業に潜む危険を、危険なこととして気付くことです。

危険予知活動は、自分及び仲間が怪我をしないために行うものです。そのために、皆が本音で話し合い、自らの問題だと自覚することが大切です。そして、管理監督者（指導者）は、適切な作業指示を行うとともに、この危険予知活動が適切に行われているか強い関心を持ち、それを支援することが重要です。

危険予知活動には様々な進め方がありますが、例えば、「林材業ゼロ災運動」では、毎朝、作業現場において、危険予知ミーティングを行って、その日の作業において、想定される危険な事項等を出し合い、お互いに確認し合って、注意喚起する行動を推進しています。

具体的には、現状把握、本質追及、対策樹立、目標設定、目標実施という流れで進めます。危険予知活動を定期的に行うことにより、日常の作業をただ流すだけでなく、常に、何か危険が潜んでいないか、各自に考える習慣を持たせることが可能です。

(3) リスクアセスメント

Point!

職場における潜在的な危険性等を見つけ出し、事前に対策を講じるための手法

ア リスクアセスメントの必要性

従来 of 労働災害防止対策は、発生した労働災害の原因を調査して、類似災害の再発防止対策を確立し、各職場に徹底していくという手法が基本でした。

しかしながら、災害が発生していない職場であっても、潜在的な危険性や有害性は存在しており、これが放置されると、いつかは労働災害が発生する可能性があります。林業の現場でも、科学技術の進展等により、多種多様な機械設備や作業方法等が用いられるようになったため、その危険性が多様化してきています。

したがって、これからの労働災害防止対策は、職場の潜在的な危険性や有害性を自主的に見つけ出し、事前 to 的確な対策を講ずることが不可欠となっており、これに答えるのが職場のリスクアセスメントです。

イ 林業におけるリスクアセスメントの進め方

林業事業体の規模にもよりますが、一般的に素材生産や造林等の実作業は、それぞれの各現場（班）で行われ、それらを管轄する事業所（管理部署）があります。したがって、事業所における安全衛生計画、作業標準、社内基準等は、管轄する全ての現場における安全衛生を確保するための、共通のものが必要になります。

このため、事業所では、各現場での災害情報、ヒヤリ・ハットや現場パトロールでの指摘事項等の情報を蓄積しておき、これらの情報を基に、定期的（年に2～3回程度）に安全衛生計画、作業標準、社内基準等を作成します。

一方、各現場では、事業所が定めた安全衛生計画等に基づいて、現場ごとの作業計画を作成した上で、作業種別に作業手順等を定めて作業を行います。作業計画を立てるときに、その現場での危険性と起こり得る事故を予測し、その対策を検討するためのリスクアセスメントを行うのが有効であると考えられます。

ウ 危険予知活動とリスクアセスメント

危険予知活動の目的は、当日の作業開始前に危険を再認識して、作業員全員の注意力を喚起し合い、作業行動の留意点を定めることに主眼があります。

これに対し、リスクアセスメントは、これから実施しようとする作業の開始前の段階で、事故によるリスクを低減するための一連の措置であり、作業実施前に危険な状況等を把握し、対策を講じることが目的です。

先に述べたように、以前の安全対策は災害が起きてから、その対策を行ってききましたが、リスクアセスメントは、災害が起きる前に危険を洗い出し、事前の対策措置を講じることによって、「災害ゼロから危険ゼロ」とすることを目標とした、予防原則の考え方です。

日々の危険予知活動で蓄積された危険予知をリスクアセスメントに活かすことにより、より現実的で効果的な安全対策となることから、危険予知活動とリスクアセスメントは車の両輪に例えられます。

参考資料

参考資料 1 架線作業に関する用語と用途

架線集材を理解するためには、最初に機械集材装置に含まれる主要な装置、器具の標準用語と用途を覚えることが必要です。なお、地域や索張り方式等により用語が異なる場合や、ここに記載されていない用語もありますので注意しましょう。

【用語と用途】

用語	略号	用途
集材機（ヤード）	YD	エンジン（原動機）・動力伝達装置（エンジンの動力をドラムに伝達する一連の装置の組み合わせ）・ドラム（鋼索巻き取り胴）などを備えたウインチ
タワーヤード	TYD	支柱となるタワーとウインチ等を組み合わせた装置で自走式や牽引型の機種がある。このような構造であることから架設・撤収にかかる作業時間を短縮できる
スイングヤード	SYD	バックホウに集材用ウインチを架装し、アームに作業索を引き込むための滑車を取り付けた林業機械。簡易索張り方式（ランニングスカイライン方式等）に対応した機種が多い
搬器（キャレジ）	CR	材を吊って主索上を走行するものの総称
自走式搬器	ACR	エンジンと走行装置及び巻上索用ドラムを内蔵し、無線を用いて走行と材の昇降を行う搬器の総称
元柱（ヘッドツリー）	HT	集材機側の主となる支柱
先柱（テールツリー）	TT	集材機から遠い側の主となる支柱
向柱（ガイドツリー）	GT	集材機を元柱に正対して置けない場合に、作業索を張り巡らすための支柱
中間支柱 （スカイラインサポートツリー）	SST	尾根越し集材や長距離集材で、途中で荷が地物等に接触する場合等に、元柱と先柱の間に設置し、主索中間支持金具を設置するための支柱
人工支柱	AT	元柱や先柱として十分な負荷力を持つ生立木が無く、支柱に高さや強度が要求される場合に使用する人工的な支柱
スタンプ（根株）	ST	主索や作業索、ガイライン等の固定に用いられる根株
主索（スカイライン）	SKL	空中に張上げて、搬器走行のレールとし、運搬材の重量を負荷するワイヤロープ
作業索 （オペレーティングライン）	OPL	荷上索やエンドレス索等の動索の総称
荷上索 （リフティングライン）	LFL	タイラー方式等の索張りに使われ、ロージングブロックを抱え、材の昇降や側方からの曳き寄せを行う作業索
巻上索（ホイストライン）	HOL	高性能搬器等に搭載されている巻上ドラム用の作業索

引寄索（ホールライン）	HAL	搬器と材を元柱方向に曳き集めるための作業索 タワーヤードでは、メインラインと呼ばれることがある
引戻索 （ホールバックライン）	HBL	空搬器の走行やロージングブロック等を荷掛け場所へ曳き込むための作業索
エンドレス索 （エンドレスライン）	ELL	集材機のエンドレスドラムで駆動され、搬器の走行等の動作を行う環状無端の作業索
ヒールライン（引締索）	HEL	ヒールブロックの間に幾重にも掛けまわして集材機に巻き取り、主索を強く張り上げるためのワイヤロープ
コントロールライン （調整索）	CLL	エンドレス索の一部をたぐり込んだり、緩めたりしてエンドレス索の張力を調整するための作業索
アンカーライン （固定索）	ANL	主索の張力を負担するためのアンカーに結ばれたワイヤロープ 1本～数本を使う場合がある
ガイライン （控索）	GYL	支柱等をしっかり支えるために必要な方向に設けられた張り索
ガイドブロック （並滑車）	GB	台付けロープでスタンプ等に取り付け、作業索を支えたり、方向を変えたりする滑車
サドルブロック （三角滑車）	SB	一般的に三角形の鋼板に2個の滑車を設けたものであり、これを通して主索を元柱、先柱に吊るす
ロージングブロック （荷掛滑車）	LB	搬器の下に荷上索等により抱えられて吊られた滑車。それらの索の緊張に応じて昇降し、材を吊り上げたり降ろしたりする
ヒールブロック （引締滑車）	HB	何枚かのシーブを持った2個1組の滑車で、幾重にもヒールラインを掛けて主索を強力に緊張する
スリング（荷吊索）	SL	材を縛ってロージングフックに掛けるための短いワイヤロープ 一端は蛇口（アイ）、他端にチョーカフックを取り付けたものが多い
チョーカフック（荷縛鉤）	CH	スリングの一端につけてある <small>なび</small> 鉤 これでスリングのループを絞って材を縛る
ラジコン式 自動荷外しフック	ACH	無線により、荷外しを自動で行うことができるフック
ロージングフック （荷掛鉤）	LH	ロージングブロックに取り付けた大型のフック スリングで縛った材を吊るすためのフック
主索クランプ （スカイラインクランプ）	SCP	主索とヒールブロック等を連結する場合等に使う金具
ワイヤクリップ	CL	Uボルトと2個のナット及び丈夫な鞍金からなり、ワイヤロープの端末を固定する場合に使用
連結用バイス	BS	架設作業等で主索と作業索等を一時的に連結する金具
主索中間支持金具 （スカイラインサポート）	SS	尾根越し集材や長距離集材において、途中で荷が地物等に接触する場合等に、搬器の通過に支障が無いように主索を吊る器具
作業索受滑車 （オペレーティングラインサポート）	OS	主索中間支持金具と同様な場合に用い、作業索が地面に接触しないようにするための滑車

参考資料2 安衛則における用語の定義

安衛則の記載事項を理解するためには、安衛則における用語を理解することが必要です。

[タワーヤード]

- ・ 架線集材機械に該当するもので、支柱及び二以上のドラムを有するウインチを備え、当該支柱を用いて原木等を当該ウインチのワイヤロープにより巻き上げて集材を行う機械（安衛則第151条の84、平成26年1月15日付け基発0115第4号厚生労働省労働基準局長通達(以下「関係通達」という)）

[機械集材装置]

- ・ 集材機、架線、搬器、支柱及びこれらに附属する物により構成され、動力を用いて原木等を巻き上げ、かつ、空中において運搬する設備（安衛則第36条7）
- ・ 主索を張って原木等を運搬する場合には、原木等の一部が地面に接した状態で運搬する場合であっても、機械集材装置に該当（関係通達）
- ・ 主索を張らずに原木等を運搬する場合であっても、集材機に控え索を取り付け、作業索に生じる張力による集材機の移動を防止する等の措置を講ずることにより、原木等を巻き上げ、かつ、空中において運搬する場合は、機械集材装置に該当（関係通達）

[簡易架線集材装置]

- ・ 集材機、架線、搬器、支柱及びこれらに附属する物により構成され、動力を用いて原木等を巻き上げ、かつ、原木等の一部が地面に接した状態で運搬する設備（安衛則第36条7の2）

[林業架線作業]

- ・ 機械集材装置等の組立て、解体、変更若しくは修理の作業又はこれらの設備による集材若しくは運材の作業（安衛則第151条124）

[簡易林業架線作業]

- ・ 簡易架線集材装置の組立て、解体、変更若しくは修理の作業又はこれらの設備による集材の作業（安衛則第151条152）

[車両系木材伐出機械]

- ・ 伐木等機械、走行集材機械及び架線集材機械（機械集材装置又は簡易架線集材装置の集材機として用いている場合を除く。）（安衛則第151条84）

[架線集材機械]

- ・ 動力を用いて原木等を巻き上げるにより当該原木等を運搬するための機械であって、動力を用い、かつ、不特定の場所に自走できるもので、タワーヤーダ、スイングヤーダ、集材ウインチ等が該当（安衛則第 36 条 7 の 2、関係通達）

[伐木等機械]

- ・ 伐木、造材又は原木若しくは薪炭材の集積を行うための機械であって、動力を用い、かつ、不特定の場所に自走できるもの、フェラバンチャ、ハーベスタ、プロセッサ、木材グラップル機、グラップルソー等が該当（安衛則第 36 条 6 の 2、関係通達）

[走行集材機械]

- ・ 車両の走行により集材を行うための機械であって、動力を用い、かつ、不特定の場所に自走できるもの、フォワーダ、スキッド、集材車、集材用トラクタ等が該当（安衛則第 36 条 6 の 3、関係通達）

参考資料3 基礎力学と三角関数

架線作業における集材架線設計書の計算や、作業要領などに示されている内容の多くは、力学的な理論に基づいて定められています。したがって、正しく理解し実践するためには、基礎力学や三角関数を身につけることが重要です。

なお、集材架線設計書においても計量単位に、国際単位系が用いられるようになりました。そのため、これらで使用する質量、重量、力、荷重など用語の意味を正しく理解することが必要です。

(1) 力の用語と単位

ア 質量

質量とは、物質の量を表し、地球上はもちろん、宇宙のどこであっても変化しない、その物体の固有の量です。質量の単位は、**kg** (キログラム) や **t** (トン) が使用され、木材やワイヤロープの質量を表す単位は **kg** です。

イ 重量

重量とは、物体がその場所で受ける地球の引力による重力の大きさです。したがって、同じ物体でも場所によって重量は変わり、物体の質量に重力加速度 (地球上では約 9.8m/s^2) を乗じた値が重量となります。重量の単位は、**N** (ニュートン) や **kN** (キロニュートン) が用いられます。質量と重量の換算は次の式で行います。

計算例

- 地球上での物体の重量「N」(ニュートン) = $9.8 \times$ 物体の質量「kg」
- 地球上での物体の重量「kN」(キロニュートン) = $9.8 \times$ 物体の質量「kg」 / 1,000
- 物体の質量「kg」 = 地球上での物体の重量「N」 / 9.8

ウ 力

力とは、静止している物体を動かし、あるいは動いている物体の速度を変えたり、止めたり、物体を変形させたりする作用をいいます。重りを紐でつるして紐の先端を指で支えていると、おもりに働く重力で指が下に引かれますが、このように指に感ずる強さが力です。力の単位は「N」や「kN」が用いられます。

エ 荷重

荷重とは、物体に外部から作用する「力」をいいます。単位は力の単位である「N」や「kN」が用いられます。ワイヤロープの破断荷重は力であり、「kN」が用いられています。

例えば、「最大使用荷重が 1,100kg 以下のもの」とは、力学的には $10,780\text{N}$ ($1,100 \times 9.8$)、または 10.78kN ($1,100 \times 9.8 / 1,000$) 以下のものということです。

(2) 力学の基礎

ア 力の合成

1つの作用点に作用する2つ以上の力をまとめて、1つの力(合力)にすることを力の合成といいます。

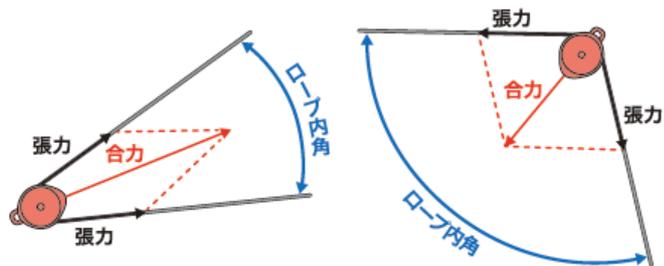
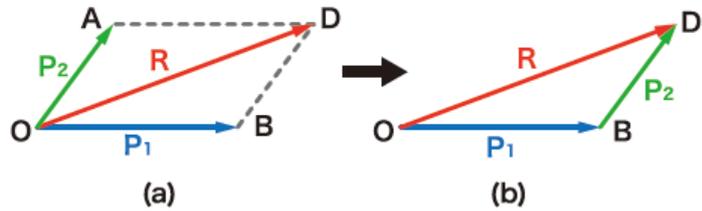
2つの力の合力を求めるには、図の(a)にあるように作用点Oから2つの力OA(P₂)、OB(P₁)がある場合、2つの矢線の先端から、互いに他の力と平行に線を引き、その交点Dと作用点Oを結べば、これが2つの力の合力Rの大きさです。方向は作用点Oから平行線の交点Dに向かうものをいい、これを「力の平行四辺形」といいます。

また、(b)のように力P₁を表す矢線OBの先端の点Bから力P₂を表す矢線BDを引き、その終点へOから矢線ODを引けば、これが合力Rの大きさ方向となります。

力が3つ以上ある場合にも、力の合成の方法を同様に繰り返して、全体の合力を求めることができます。

なお、合力Rは、P₁とP₂がなす角が小さいほど大きく、内角が大きくなるにしたがって小さくなります。

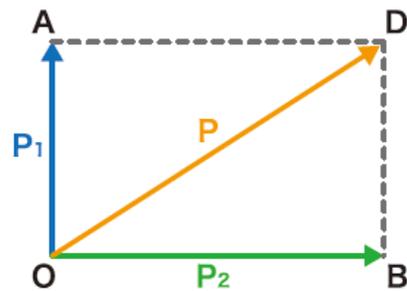
これらのことから、サドルブロックでの主索の内角や、ガイドブロックでの作業索の内角は、できるだけ大きな角度になるように心掛けることが重要です。



イ 力の分解

1つの力を、方向の異なる2つの力に分けることを力の分解といいます。力の分解は、力の合成の反対であり、力の平行四辺形を適用して解くことができます。

例えば、力Pを直交する2つの方向へ分解すると、右図のようになります。



ウ 力のつり合い

1つの物体の1点に2つの力が働いたとき、力の大きさが同じで、方向が反対であれば物体は動きません。この状態を「力がつりあっている」といい、作用、反作用の法則が成り立ちます。

力の働きは、「大きさ」、「方向」、「作用点」の3つ(力の三要素)で表し、図で表す時は→(矢印)と線の長さで表現します。



(3) 三角関数の基礎

ア 三角法

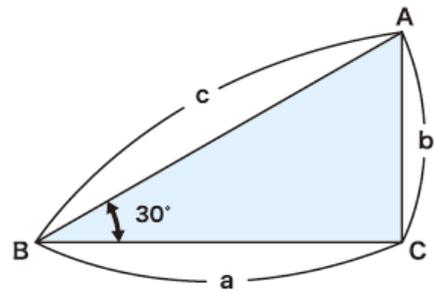
直角三角形では、直角以外の一つの角が決まれば、三角形の形が決まります。つまり、三つの辺の長さの比率が決まります。

例えば、 $\angle B$ が 30 度の直角三角形は、三角形の大きさをいろいろ変化させても三辺 a 、 b 、 c の間の比率は一定です。すなわち、この場合 b の長さを 1 とすれば、 c は常に 2 となり、 a は $\sqrt{3}$ となります。このよう

な三角形の角と辺の関係を基礎として、直接に測ることの難しい角度や長さを求める手法を、一般的に三角法といいます。

$\angle B$ の大きさをいろいろ変化させた場合における、三辺 a 、 b 、 c の長さの比率を求めるために用いるのが三角関数です。

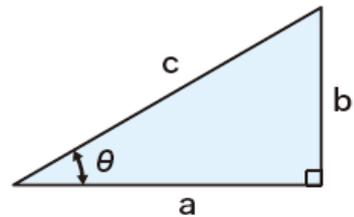
三角関数は、 a 、 b 、 c の間の比率を表すのに一つの約束が定められており、 b 対 c の値 b/c を $\angle B$ に対する \sin (サイン：正弦) と呼び、同様に a 対 c の値 a/c を $\angle B$ の \cos (コサイン：余弦) といい、 b 対 a の値 b/a を \tan (タンジェント：正接) と呼ぶことにしています。



$$\sin \theta = \frac{b}{c}$$

$$\cos \theta = \frac{a}{c}$$

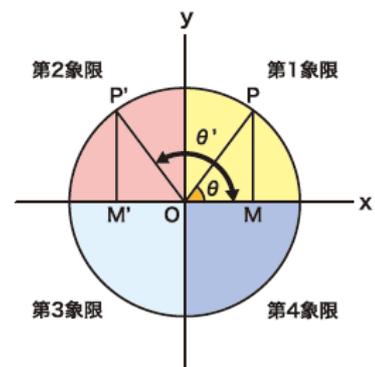
$$\tan \theta = \frac{b}{a}$$



イ 三角関数の符号

三角関数は、直角三角形での角と辺の関係を基礎とした関数ですが、 θ が 90° を超える場合でも、角度によって計算結果の符号を変えることで計算可能です。

図の OP を動径といい、 PM は X 軸より上の方であれば (+)、 X 軸より下であれば (-) とします。また、 Y 軸より右であれば (+)、左であれば (-) とします。 θ が「 0 度 $< \theta < 90$ 度」であれば、 P 点は第一象限にあり、 $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ 、 $\tan \theta$ の値は (+) になりますが、 θ が「 90 度 $< \theta < 180$ 度」の場合は、 P 点は第二象限にあります。この点を P' とすれば、 $\sin \theta'$ は (+)、 $\cos \theta'$ 、 $\tan \theta'$ の値は (-) となります。このように、一般角の三角関数の符号を象限別に取りまとめると次の表のようになります。



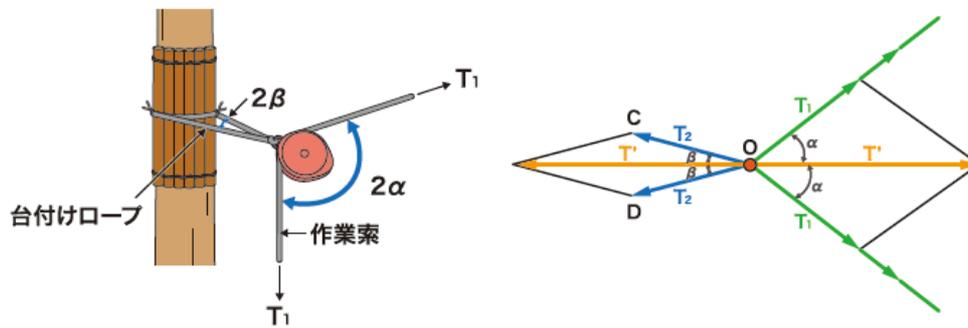
	$0^\circ \sim 90^\circ$	$90^\circ \sim 180^\circ$	$180^\circ \sim 270^\circ$	$270^\circ \sim 360^\circ$
$\sin \theta$	+	+	-	-
$\cos \theta$	+	-	-	+
$\tan \theta$	+	-	+	-

参考資料 4 林業架線作業に必要な力学と三角関数

林業架線作業主任者は、力学の知識から支柱等にかかる力の考え方を理解することが重要です。そして、集材架線設計計算のほか三角関数を使って、主索や作業索だけでなく、台付けロープやスリング、ガイライン等にかかる力を推定することにより、使用器材の選定や支柱の配置等の架線計画の作成に当たり、作業内容や支柱の選定理由等について感覚ではなく根拠をもって指揮することができ、架線技術の継承にもつながります。

(1) 台付けロープにかかる力の推定

ガイドブロックにかかる力は、作業索の最大張力と作業索がガイドブロックを通過して折り曲げられたときの内角の大きさから求めた合力です。台付けロープにかかる力はその合力とつりあう力であり、設置方法によって力のかかり方が異なります。



作業索の内角を 2α 、台付けロープの内角を 2β 、作業索の張力を T_1 、台付けロープにかかる張力を T_2 、ガイドブロックにかかる力を T' とした場合、 $T' = 2 \times T_1 \times \cos\alpha$ で求めることができます。また、 T' が台付けロープに働く張力であることから、両アイでガイドブロックを取り付けた場合は、 T' を OC、OD の二方向に分解すれば良いので、台付けロープにかかる力は、 $T_2 = T' / 2 \times 1 / \cos\beta$ 又は $T_1 \times \cos\alpha / \cos\beta$ により求めることができます。

安全係数を満たした台付けロープを使用するためには、この計算で求められた力の 4 倍以上の破断荷重を有するワイヤロープを選定します（台付けロープの安全係数は 4）。

計算例

$$\alpha = 40^\circ \quad \beta = 15^\circ \quad T_1 = 9.8 \text{ kN (1,000 kg)}$$

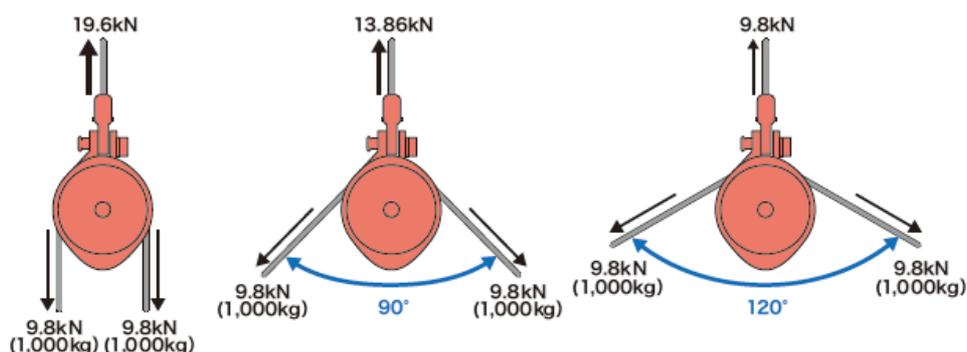
$$\cos 40^\circ = 0.7660 \quad \cos 15^\circ = 0.9659$$

$$T' = 2 \times 9.8 \times 0.7660 = 15.01 \text{ kN (1,532 kg)}$$

$$T_2 = 9.8 \times 0.7660 / 0.9659 = 7.77 \text{ kN (793 kg)}$$

- ・内角 (2α) 80 度で、張力 (T_1) が 9.8 kN (1,000 kg) の場合、合力が 15.01 kN (1,532 kg) で、この合力がガイドブロックに掛かる張力となる
- ・台付けロープに掛かる張力は、ガイドブロックに掛かる張力を、台付けロープの角度 (2β) 30 度で取り付けた場合に、その分力 7.77 kN (793 kg) が張力となる

この計算から、 α が 60 度のとき、すなわち作業索の内角が 120 度のとき、 T_1 と T' は同じ大きさになり、内角が小さくなると T' は大きくなり、最大で T_1 の 2 倍になります。また、ガイドブロックに掛かる張力は、作業索の張力×張力指数で算出することもでき、その張力指数は $2 \times \cos(\text{作業索内角}/2)$ で求めることができます（張力指数については、第 5 章 5-5 エ（ウ）を参照）。

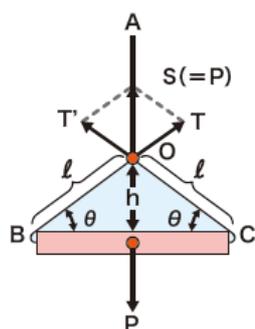


これらのことから、作業索の内角が大きくなるように計画すること、台付けロープは両アイでガイドブロックを取り付けること、台付けロープの内角が小さくなるように、余裕を持った長さで準備することに留意して計画します。また、台付けロープが片効きになると、台付けロープに大きな力がかかることになるので注意が必要です。

（２）スリングにかかる力の推定

1 本のスリングで荷掛けする場合は、積荷の重量がスリングにかかる力となります。

2 点吊りする場合は、スリングが左右対称の形で、丸太との角度が θ である時、吊り荷の質量とスリングにかかる力は、吊り荷の重量とスリングの内角から計算されます。



$$T = P/2 \times 1/\sin \theta \quad \text{又は} \quad T = P/2 \times \ell / h$$

ただし、 T : スリングの張力
 ℓ : スリングの長さ

P : 吊り荷の重量
 θ : スリングと吊り荷の角度
 h : スリングの交点と吊り荷の距離

図のように木材にスリング OBC を掛け、点 O においてロープ OA で支えています。ロープにかかる力 S は、作用・反作用の関係から丸太の重量 P とつり合います。スリングにかかる力は方向が OB 及び OC で、力の大きさを T と T' とすれば、 T と T' の合力が $S (= P)$ となります。逆に言えば、力 S が力 T と T' に分解されているといえます。

計算例

①吊り荷の重量=9.8kN (1,000kg)

吊り角度 90° ($\theta=45^\circ$) $\sin 45^\circ = 0.7071$

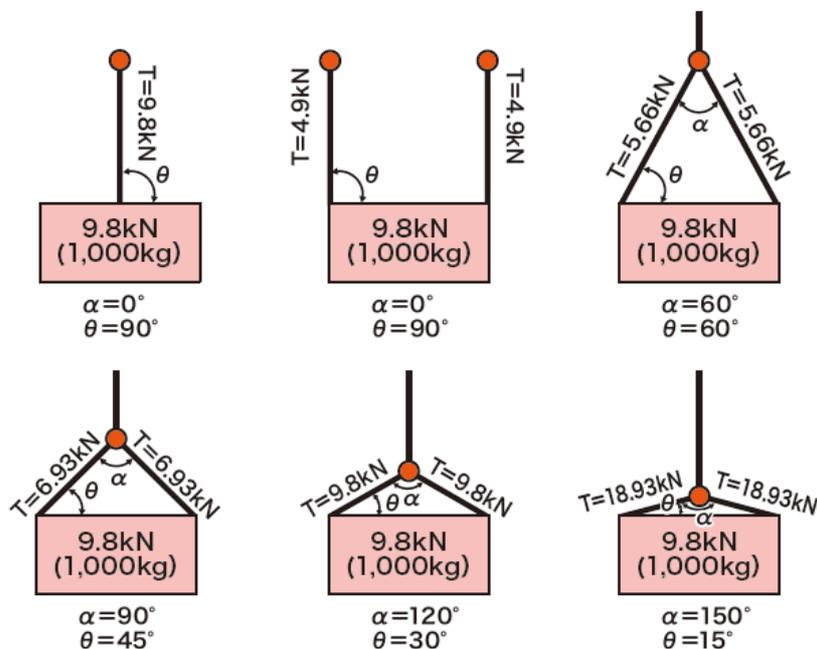
$T=9.8/2 \times 1/0.7071=4.9 \times 1.414=6.93\text{kN}$ (707kg)

②吊り荷の重量=9.8kN (1,000kg)

吊り角度 150° ($\theta=15^\circ$) $\sin 15^\circ = 0.2588$

$T=9.8/2 \times 1/0.2588=4.9 \times 3.864=18.93\text{kN}$ (1,932kg)

スリングにかかる張力 T は、スリングの吊り角度によって変わり、この計算から、吊り角度 α が 120 度的时候は、吊り荷の重量と同じ張力になり、 120 度より吊り角度が大きくなると、張力 T は吊り荷の重量を1本で吊り下げる場合より大きくなります。



安全係数を満たしたスリングを使用するためには、この計算等で求められた力の6倍以上（簡易架線集材装置の場合は4倍）の破断荷重を有するワイヤロープを選定します。また、目通し（チョーク吊り）で荷掛けする際は、ワイヤロープの破断荷重を0.8倍した値を用います。

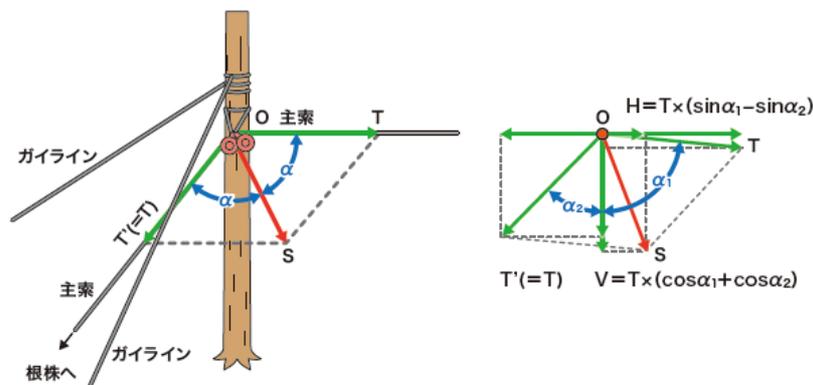
(3) 支柱やガイラインにかかる力の推定

支柱にかかる力は、主索の最大張力と支柱に取り付けられたサドルブロックで折り曲げられた主索の内角（前方角と後方角の合計）の大きさから求めた合力です。

主索がサドルブロックに載った点を作用点 O とし、主索の内角を 2α 、主索の張力を T 、支柱にかかる力を S とすると、 $S=2\times T\times\cos(\alpha/2)$ で求めることができます。

ガイラインにかかる力は、支柱にかかる力 S を、支柱を押し潰そうとする力 V と支柱を倒そうとする力 H に分解したときの、支柱を倒そうとする力 H とつり合う力であり、設置位置や本数によって力のかかり方が異なります。

主索と支柱とが作る前方角を α_1 、後方角を α_2 とすると、支柱を押しつぶす方向にかかる力である $V=T\times(\cos\alpha_1+\cos\alpha_2)$ 、支柱を倒す方向にかかる力である $H=T\times(\sin\alpha_1-\sin\alpha_2)$ となります。



主索の張力が支柱に及ぼす力

計算例

$$\alpha_1 = 100^\circ \quad \alpha_2 = 40^\circ \quad T = 147\text{kN} \quad (15,000\text{kg})$$

$$\cos 100^\circ = -\sin 10^\circ = -0.1736 \quad \cos 40^\circ = 0.7660$$

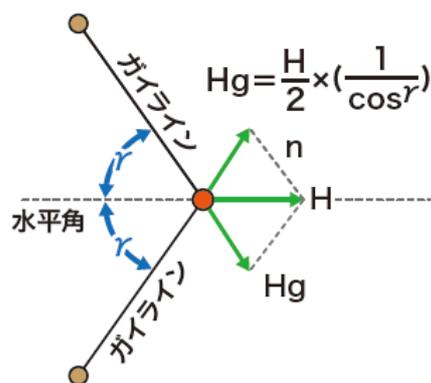
$$\sin 100^\circ = +\cos 10^\circ = 0.9848 \quad \sin 40^\circ = 0.6428$$

$$V = 147 \times (-0.1736 + 0.7660) = 147 \times 0.5924 = 87.08\text{kN} \quad (8,886\text{kg})$$

$$H = 147 \times (0.9848 - 0.6428) = 147 \times 0.342 = 50.27\text{kN} \quad (5,130\text{kg})$$

支柱を主索の方に引き倒そうという力が 50.27kN (5,130kg) で、支柱を押しつぶそうとする力が 87.08kN (8,886kg) 掛かるということになる

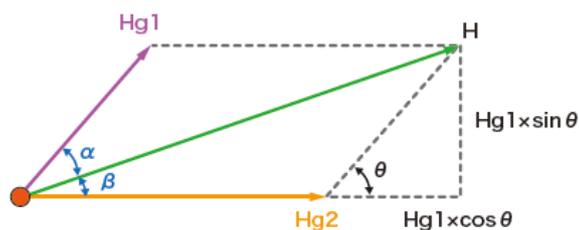
支柱を倒す方向にかかる力である H が作用する場合に、2本のガイラインで支えられているときの、1本当たりのガイラインが受け持つ力である H_g は、 $H_g = H/2 \times 1/\cos \gamma$ で求められます。



計算例

$\gamma = 30^\circ$ 支柱を倒す方向にかかる力 $H = 50.27\text{kN}$ (5,130kg)
 $\cos 30^\circ = 0.8660$ ガイライン = 2本
 $H_g = 50.27/2 \times 1/0.8660 = 29.02\text{kN}$ (2,962kg)

また、ガイラインの角度が均等でない場合は、支柱を引き倒そうとする力である H とそれをガイライン方向に分解した力を H_{g1} 、 H_{g2} 、 H と H_{g1} のなす角度を α 、 H と H_{g2} のなす角を β 、 H_{g1} と H_{g2} のなす角を θ ($\alpha + \beta$) とすると、 $H_{g1} = H \times \sin \beta / \sin \theta$ 、 $H_{g2} = H \times \cos \beta - H \times \sin \beta / \tan \theta$ で求めることができます。

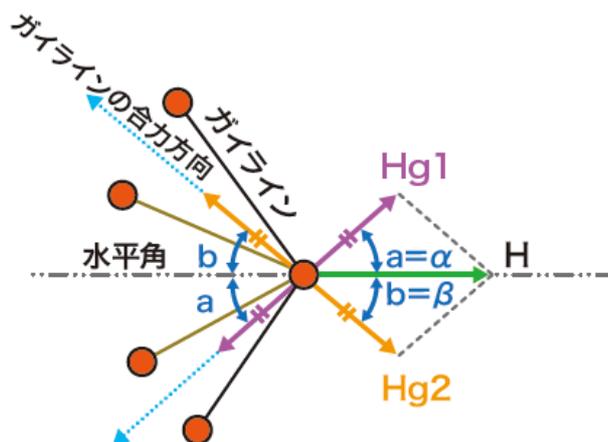


$$\begin{aligned} H \times \cos \beta &= H_{g2} + H_{g1} \times \cos \theta \\ H \times \sin \beta &= H_{g1} \times \sin \theta \\ H_{g1} &= H \times \sin \beta / \sin \theta \\ H_{g2} &= H \times \cos \beta - H \times \sin \beta / \tan \theta \end{aligned}$$

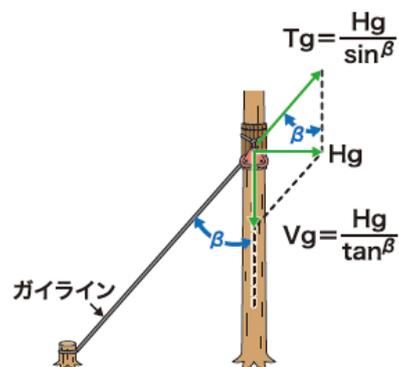
計算例

$\alpha = 30^\circ$ $\beta = 20^\circ$ $\theta = \alpha + \beta = 50^\circ$
 支柱を倒す方向にかかる力 $H = 50.27\text{kN}$ (5,130kg)
 $\sin 20^\circ = 0.3420$ $\sin 50^\circ = 0.7660$
 $\cos 20^\circ = 0.9397$ $\tan 50^\circ = 1.1918$
 角度が均等でない2本のガイラインが受け持つ力 = H_{g1} 、 H_{g2}
 $H_{g1} = 50.27 \times 0.3420 / 0.7660 = 22.44\text{kN}$ (2,290kg)
 $H_{g2} = 50.27 \times 0.9397 - 50.27 \times 0.3420 / 1.1918 = 32.81\text{kN}$ (3,348kg)

なお、ガイラインの本数が多い場合は、主索に対して左右にあるそれぞれのガイラインの合力方向である a 、 b を求めます。その角度で支柱を倒す方向にかかる力である H を分解すると、それぞれの合力方向にかかる力である $Hg1$ 、 $Hg2$ を求めることができます。そして、その力を 1 本当りのガイライン方向にかかる力となるまで分解を繰り返すことにより、 Hg を求めることができます。



1 本当りのガイラインが受け持つ力である Hg を、ガイラインの方向と支柱の方向に分解することで、ガイラインにかかる力を求めることができます。ガイライン方向にかかる力を Tg 、支柱の方向にかかる力を Vg 、ガイラインと支柱のなす角度を β とすると、 $Tg = Hg / \sin \beta$ 、 $Vg = Hg / \tan \beta$ で求めることができます。



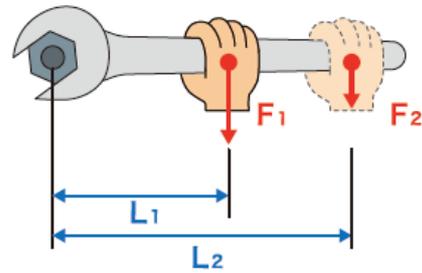
計算例

$$\begin{aligned} \beta &= 60^\circ & HG &= 29.02 \text{ kN} \quad (2,962 \text{ kg}) \\ \tan 60^\circ &= 1.7321 & \sin 60^\circ &= 0.8660 \\ Tg &= 29.02 / 0.8660 = 33.51 \text{ kN} \quad (3,420 \text{ kg}) \\ Vg &= 29.02 / 1.7321 = 16.75 \text{ kN} \quad (1,709 \text{ kg}) \end{aligned}$$

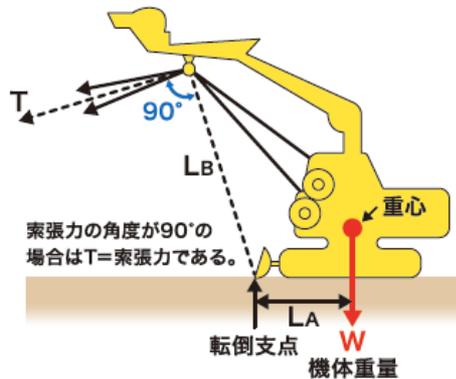
以上の計算から、安全係数を満たしたガイラインを使用するためには、ガイライン方向の力である Tg の 4 倍以上の破断荷重を有するワイヤロープを選定します。また、支柱については、ガイラインの本数分の支柱の方向にかかる力である Vg と先柱や支柱にかかる力である V を合計した力に耐える強度を有する立木を選定します。

(4) モーメント

物体を回転させようとする力の働きのことをモーメントといいます。モーメントは、力 F と長さ L の積（図の $F_1 \times L_1$ あるいは $F_2 \times L_2$ ）で表すことができ、単位は「 $N \cdot m$ 」などで表します。トルクもモーメントと同じ概念であり、特にエンジン等の性能を表す場合に用います。



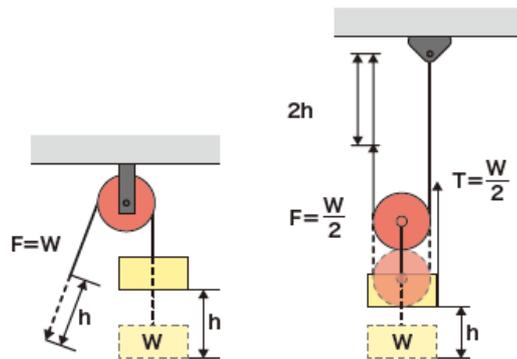
アンカーとなる立木の高い位置にワイヤロープの末端を固定すると、モーメントが大きくなるため、立木が倒れやすくなります。このため、一般的に、主索や作業索は立木の根元に固定します。また、ガイラインの取り付け位置が主索や作業索の取り付け位置と同じであれば、主索や作業索の合力と同じ力がガイライン側にも必要となり、ガイラインの取り付け位置が高くなると主索や作業索の合力より小さい力で支えることができるため、ガイラインは主索や作業索の取り付け位置よりも高い位置に取り付けます。しかし、極端に高く取り付けると細い支柱では折損の危険があります。



スイングヤードは、架線にかかる張力を機体の重量で支える構造になっているため、転倒モーメントよりも安定モーメントの大きいことが、転倒しないための条件になります ($T \times LB < W \times LA$)。

(5) 滑車

滑車は物体を吊り上げたり、移動したり、張力の方向を変えたりするために使用される器具であり、使い方の違いによって定滑車と動滑車があります。

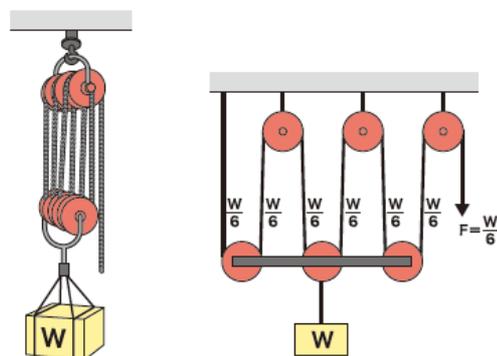


定滑車とは、つるべに使用される滑車のことで、滑車の軸が固定されているものをいい、滑車を通るロープの片方に重さ W の物体を吊

るし、他方に力 F を加えてロープを h だけ引き下げると、 W は h だけ上がります。この場合、力のなした仕事と物体の移動した仕事は等しいことから、 $F \times h = W \times h$ となり、 $F = W$ となります。このように、定滑車は力の方向を変えているだけで、力の得失はありません。

これに対し、動滑車は、滑車を通るロープの片方が固定され、滑車自体固定されていないものをいい、滑車の軸に吊るされた W の物体に、力 F を加えて W を滑車とともに h だけ引き上げるには、 F の力でロープの長さを $2h$ だけ移動しなければならないことから、 $F \times 2h = W \times h$ となり、 $F = W/2$ となります。このように、動滑車では、力 F は物体 W の半分

一般的に、動滑車が n 個あると $F=W/2n$ となるので力は非常に得することになります。ヒールブロックはこの原理を用いたものであり、動滑車数が多く用いられているヒールブロックほど、小さな力で主索を張上げることができます。また、搬器に滑車を取り付ける荷上索用の滑車や動滑車となるロージングブロックのシーブ数を増やす等により、少ない力で重い荷を吊上げることができます。



計算例

- 動滑車 3 個のヒールブロックを使用 吊り荷=29.4kN (3,000kg)
- $29.4 / (2 \times 3) = 4.9\text{kN}$ (500kg)
- 引き上げる力は 4.9kN (500kg) となる

参考資料 5 立木重量の推定

架線計画で最大使用荷重を設定して安全な集材作業を実施するためには、吊り荷重量を把握する必要があります。

集材作業で吊り荷となる立木の重量は、幹材積に比重を掛けた数値が目安となります。また、架線集材では、一般的に比重は 1 として考え、全木での集材を行う場合は、枝葉の重量を考慮し、幹材積の 1.3 倍とします。

(1) 材積と体積

木材の体積を材積といいます。材積は吊り荷の重量を知るうえで重要であり、短幹材などの丸太材積は、「末口自乗法」で求めます。その計算式は、丸太の末口直径 (m) × 丸太の末口直径 (m) × 丸太の長さ (m) で求めます。

また、立木材積は地域によって立木幹材積表が作成されていますので、胸高直径と樹高から求めることができます。

(2) 比重と密度

比重とは、標準物質 (通常は温度 4 度の水) の密度に対するその物質の密度の比です。水の密度を 1 とした場合に、その物質が何倍になるかを示す値です。

木材の比重は、含水率、樹種、辺材率によって大きく変わります。よく乾燥したスギ、ヒノキ材では、比重が 0.4 程度ですが、伐倒直後の生材の比重は、スギで 0.89、ヒノキで 0.98、カラマツ・アカマツで 0.95 程度であり、比重 0.9 の木材 1 m^3 当りの質量は 0.9t になります。また、密度とは、単位体積当たりの質量です。単位は「 kg/m^3 」などで表します。

主な引用文献・参考資料

- ・ 伊藤ほか (2009)「タワーヤードの現状と今後の普及に関する一考察」『関東森林研究』64-1. pp. 93-96. 関東森林学会
- ・ 伊藤ほか (2015)「合成繊維素材を使用した集材架線架設手法の開発と評価」『協議会会報』10. pp. 13-14. 林業機械化推進研修・研究協議会
- ・ イワフジ工業 (2016)『ラジキヤリー』
- ・ 上村巧・山崎敏彦 (2014)『架線作業者のための中間サポート架設の手引き』森林総合研究所 林業工学研究領域
- ・ 建設荷役車両安全技術協会 (2011)『建荷協の災害防止活動「KY活動」実施ガイド』
http://www.sacl.or.jp/ra/ra001002_2.pdf (閲覧日: 2016年1月28日)
- ・ 後藤純一 (2015)『次世代林業に向けた新たな架線集材その展望と課題』
<http://ri-nc.co.jp/uploads/01_%E3%80%90%E5%BE%8C%E8%97%A4%E7%B4%94%E4%B8%80%E6%B0%8F%E3%80%9120150309GotouWakayama_Ref.pdf> (閲覧日: 2016年1月28日)
- ・ 酒井秀夫 (2014)「酒井秀夫東大院教授に聞く 架線系新時代へ システム林業での架線集材の位置付けとは」『現代林業』577. pp. 12-29. 全国林業改良普及協会
- ・ 酒井秀夫 (2015)「酒井秀夫東大院教授に聞く 技術総点検 林業生産技術はどこまで進化したか」『現代林業』589. pp. 12-29. 全国林業改良普及協会
- ・ ジェイ・ワイテックス (n.d.)『ジェイ・ワイテックスの林業用特殊ワイヤロープ』
- ・ 自然産業研究所 (2014)『平成24年度林野庁補助事業 先進的林業機械緊急実証・普及事業 取組み概要 資料集』
- ・ 白井漸 (2014)「先進的林業機械緊急実証・普及事業に取り組んで」『機械化林業』727. pp. 21-24. 林業機械化協会
- ・ 白井裕子 (2007)「オーストリアの林業機械化と伐出作業システム」『森林利用学会誌』22. pp. 197-204. 森林利用学会
- ・ 白井裕子 (2007)「オーストリアの林道整備」『森林利用学会誌』22(3). pp. 205-210. 森林利用学会
- ・ 森林総合研究所 (2015)『林業新技術 2015 現場への普及に向けて』
- ・ スカイキャリージャパン (2007)『スカイキャリー架設方法』
<<http://www.ds-sakudou.co.jp/skykasetu.htm>> (閲覧日: 2016年1月28日)
- ・ 全国林業改良普及協会 (2001)『機械化のマネジメント・地域の経営力アップのために 高性能林業機械をどう生かすか』

- ・ 全国林業改良普及協会（2012）『林業現場人 道具と技 6』
- ・ 全国林業改良普及協会（2012）『林業現場人 道具と技 7』
- ・ 全国ロープ加工組合連合会（2013）『ロープ加工技能士必携』
- ・ 双日マシナリー（2015）『カラー林業機械』
- ・ 田中良明（2015）「タワーヤーダによる架線集材システム」『協議会会報』10. pp. 3-5. 林業機械化推進研修・研究協議会
- ・ 東京製綱（2013）『ワイヤロープ No.20』
- ・ 徳島県立農林水産総合技術支援センター森林林業研究所（2012）「繊維ロープのアイ加工による強度について」『技術情報カード』138. 1-2.
- ・ 中尾友一（2012）「先進林業機械による日本林業のブレークスルー」『機械化林業』702. pp. 9-31. 林業機械化協会
- ・ 中澤昌彦（2013）「高知県香美森林組合に導入されたけん引式タワーヤーダの生産性—架線下における上げ荷集材作業—」『機械化林業』717. pp. 1-7. 林業機械化協会
- ・ 中澤ほか（2012）「先進林業機械として導入されたタワーヤーダによる間伐作業システムの開発—架線下における上げ荷集材作業の生産性」『森林利用学会誌』27(3). pp. 175-178. 森林利用学会
- ・ 並木勝義（2014）「架線系システムの作業時の注意点」『森林技術』866. pp. 8-11. 日本森林技術協会
- ・ 福井ほか（2009）「集材作業における繊維ロープの利用可能性」『森林利用学会誌』23(4). pp. 255-258. 森林利用学会
- ・ 前田商行（2013）『平成 24 年度補正 林野庁補助事業 先進的林業機械緊急実証・普及事業 事業計画』
<<http://www.maedashoko.com/pdf/rinnyatyou24.pdf>>（閲覧日：2016 年 1 月 28 日）
- ・ 前田商行（2014）「MAN YARDER 4000-JAPAN LIFTLINER 4000 WOODLINER 3000 による集材の効率化」『先進的林業機械緊急実証・普及事業取組み説明資料』
<http://www.maedashoko.com/pdf/rinnyatyou24_11.pdf>（閲覧日：2016 年 1 月 28 日）
- ・ 松本武（2014）「わが国の架線系技術」『森林技術』866. pp. 12-15. 日本森林技術協会
- ・ 山崎敏彦（2012）「高知県香美森林組合に導入されたけん引式タワーヤーダの特徴—スイングヤーダシステムと比較して—」『機械化林業』706. pp. 8-17. 林業機械化協会
- ・ 與儀兼三（2013）「架線系集材機械（タワーヤーダ）の作業システムを見直す！」『森林技術』854. pp. 9-13. 日本森林技術協会

- ・ 林業機械化協会（1991）『林業機械シリーズ No80 タワーヤーダとその作業』
- ・ 林業機械化協会（1994）『林業機械シリーズ No84 高性能林業機械メンテナンスの基本』
- ・ 林業機械化協会（1996）『林業機械シリーズ No86 タワーヤーダの考え方と作業マニュアル』
- ・ 林業・木材製造業労働災害防止協会（2008）『林業架線作業主任者必携—能力向上教育用テキスト—』
- ・ 林業・木材製造業労働災害防止協会（2009）『スイングヤーダ・タワーヤーダによる安全な作業』
- ・ 林業・木材製造業労働災害防止協会（2013）『車両系林業機械安全マニュアル』
- ・ 林業・木材製造業労働災害防止協会（2013）『林業架線作業主任者テキスト』
- ・ 林業・木材製造業労働災害防止協会（2013）『林業における安全衛生推進者必携初任時能力向上テキスト』
- ・ 林野庁（2010）『森林・林業白書 平成 21 年度版』
- ・ 林野庁（2015）『森林・林業白書 平成 26 年度版』
- ・ 林野庁（2014）『高性能林業機械等の都道府県別保有台数』
<<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/pdf/hyo2.pdf>>（閲覧日：2016 年 1 月 27 日）
- ・ 林野庁（2014）『高性能林業機械の稼働状況』
<<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/pdf/hyo5.pdf>>（閲覧日：2016 年 1 月 27 日）
- ・ Cornell, J. L. & Kellogg L. (2004). *Practical Methodology for Operational Layout of Commercial Skyline Thinning Systems*. OR, USA: Forest Research Laboratory, Oregon State University.
- ・ FAO (1981). *Cable Logging Systems*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- ・ FAO/ECE/ILO Committee on Forest Technology, Management and Training (2001). *Workshop Proceedings: New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains*.
<<http://www.fao.org/docrep/004/y9351e/Y9351E00.htm#TOC>> [Accessed 28 January 2016]
- ・ FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier (2011). *Holzernte im Seilgelände Organisation 3*. Vienna, Austria.
- ・ FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier (2013). *Holzernte im Seilgelände Planung 2*. Vienna, Austria.

- FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier (2014). *Holzernte im Seilgelände Methodische Arbeit 4*. Vienna, Austria.
- Forest Engineering Southern Africa (2001). *South African Cable Yarding Safety and Operating Handbook*. Pietermaritzburg, South Africa.
- Heinmann, H. R. et al. (2001). Perspectives on Central European Cable Yarding Systems. WA, USA: International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium 2001.
- Hoffmann, S. et al. (2014). *Manual for Cable Yarding Operations -Practical Guidelines for the Planning and Management of a Cable Yarding Operation with Special Focus on the Koller K303H Tower Yarder* (索道集材作业技术手册). Nanning, China: Guangxi Science & Technology Publishing House Co. Ltd..
- Konrad Forsttechnik GmbH(n.d.). Liftliner Skyline Crane System Technical Data. <<http://www.forsttechnik.at/en/products/liftliner-skyline-crane-system/technical-data.html>> [Accessed on 28 January 2016]
- Konrad Forsttechnik GmbH(n.d.). WOODLINER Cable Crane Technical Data. <<http://www.forsttechnik.at/en/products/woodliner-cable-crane/technical-data.html>> [Accessed on 28 January 2016]
- MM FORSTTECHNIK GmbH (n.d.). Laufwagenautomat SHERPA.
- Oregon Occupational Safety and Health Administration (1993). *Yarding and Loading Handbook*. OR, USA.
- Pentek, T. et al. (2008). Environmentally Sound Harvesting Technologies in Commercial Forests in the Area of Northern Velebit -Functional Terrain Classification. *Periodicum Biologorum*, 110, 127-135.
- Pilkerton, S. J., et al. (n.d.). Synthetic Rope End Connections and Terminations in Timber Harvesting Applications. OR, USA. Oregon Occupational Safety & Health Division.
- Sakai, H., & Kamiizaka, M. (1980). Statistical Analysis of Cable-yarding Operations in Japan Present Status of Cable-yarding Operations. *Journal of Japanese Forest Society*, 62, 254-263.
- Stampfer, K., Leitner, T., & Visser, R. (2010). Efficiency and Ergonomic Benefits of Using Radio Controlled Chokers in Cable Yarding. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 31, 1-9.
- Studier, D. (1993). *Carriages for Skylines*. OR, USA: Forest Research Laboratory, Oregon State University.
- Workers' Compensation Board of British Columbia (2006). *Cable Yarding Systems Handbook*. B.C., Canada: Work Safe BC.

写真提供

- ・ 高知県立森林技術センター
- ・ 静岡県森林組合連合会
- ・ 前田商行株式会社
- ・ 一般社団法人 日本森林技術協会

平成 28 年度
林業技術革新プロジェクトのうち
森林作業システム高度化推進事業
(架線作業システム高度技能者育成)

高度架線技能者技術マニュアル 2016
【タワーヤーダ編】

平成 29 年 3 月発行

林 野 庁

受託者 一般社団法人 フォレスト・サーベイ

問い合わせ先：森林技能者育成事務局
〒102-0085 東京都千代田区六番町 7 日林協会館
TEL：03-6737-1297 FAX：03-6737-1298
メールアドレス：romou@f-survey.jp

無断転載・複製を禁ず

