

# 第4章 作業計画・架線計画

## 4-1 作業計画の必要性と手順

### (1) 作業計画の必要性

Point 1

安全を確保し、効率的な架線集材を実施するために作業計画を作成し周知

架線集材の現場は、伐倒や造材、集材といった作業工程が多岐にわたるだけでなく、使う機械も数種類に及びます。このため、各作業も同時並行や連携作業となることが多く、作業員全員が相互の作業内容を理解することが、安全を確保し効率的な架線集材を実施するために必要となります。このため、現地の状況に適応した作業計画や架線計画を作成し、関係者に周知することが重要です。

Point 1

簡易林業架線作業（架線・搬器・支柱等により構成された地曳き集材）でも作業計画が必要

労働安全衛生規則（以下、「安衛則」という。）では、林業架線作業だけでなく簡易林業架線作業についても、労働者の危険を防止するため、当該作業にかかる場所について、広さ、地形、地盤の状態及び運搬する原木などの形状を調査し、その結果を記録しておかなければならないことや、あらかじめ、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わなければならないとされています。また、それぞれの作業計画には、下記の事項が示されているものでなければならないことのほか、関係者に周知させなければならない事項について記載されています（安衛則第151条の124、125、152、153）。

【林業架線作業での作業計画記載事項と周知事項】

記載事項	周知事項
支柱及び主要機器の配置の場所	○
使用するワイヤロープの種類及びその直径	○
中央垂下比	
最大使用荷重	○
機械集材装置の集材機の種類及び最大牽引力	
林業架線作業の方法	○

【簡易林業架線作業での作業計画記載事項と周知事項】

記載事項	周知事項
支柱及び主要機器の配置の場所	○
使用するワイヤロープの種類及びその直径	○
最大使用荷重	○
機械集材装置の集材機の種類及び最大牽引力	
簡易林業架線作業の方法	○

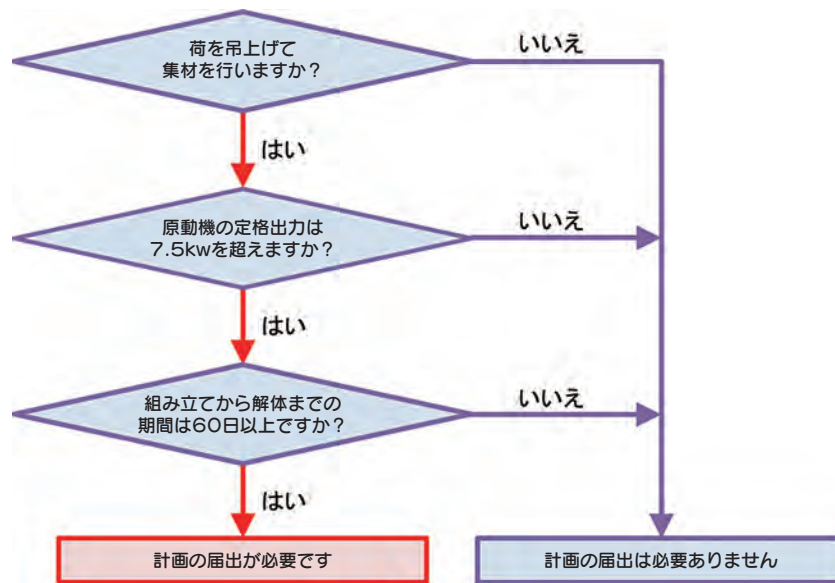
## (2) 労働基準監督署への届出

Point 1

機械などを設置する30日前までに労働基準監督署へ届出

労働安全衛生法第88条第1項により、計画について、機械等を設置する30日前までに所轄の労働基準監督署長に届出しなければなりません。

労働基準監督署への届出は、「荷を空中に吊り上げた集材方法（労働安全衛生法施行令第6条第3号）」で、「原動機の定格出力が7.5kw（約10馬力）を超える機械（安衛則第88条第1項）」により集材作業を行い、「組み立てから解体までの期間が60日以上（安衛則第89条第2号）」の場合に必要です。



届出するときは、安衛則第86条第1項により様式第20号による届書に、下記の事項を記載した書面及び位置図や縦断面図等の配置図を添えて提出します。

また、様式第20号以外の書面や図面については、決められた様式がありませんので、任意の様式を作成する必要があります。なお、様式20号等の書面は、集材架線設計計算ソフトを用いて容易に作成することができます。

様式第20号以外の書面に記載する事項	図面等
索張り方式	配置図 (位置図、縦断面図)
最大使用荷重	
支間の斜距離、傾斜角及び中央垂下比	
主索及び作業索の構造及び直径	
主索及び作業索の安全係数（強度計算書を添付すること）	
集材機の型式、定格出力及びけん引力	
設置期間	

※安衛則第86条第1項及び第88条第2項（別表第7の7）

### (3) 作業計画の作成手順

作業計画を作成するためには、最初に、地形図等の資料を収集し、対象地の現況を把握します。そして、作業システムや索張り方式を選定し、使用する林業機械や人員配置計画を立てると共に、支柱や土場、集材機械の設置場所といった架設計画を作成します。また、作業計画には決められた様式はありませんので、作業計画記載事項を記入する様式、及び周知事項を記載して現地に掲示する様式をそれぞれ作成して取りまとめます。このほかに、必要に応じて、労働基準監督署へ様式20号等の書面や配置図を提出します。

この作業計画により、架線集材の効率性や安全性が左右されますので、慎重に計画を立てます。作業計画の手順は、概ね次のとおりです。

#### 資料収集

- 地形図等の資料や効率的に架線計画を実施するためのソフト等を準備

#### 対象地の現況把握

- 対象地の位置、生産量、事業期間、現地の路網といった対象地の現況を把握
- 事故や災害などの緊急時の集合場所や連絡先等を把握

#### 作業計画の作成

- 対象地の現況等に対応した索張り方式や作業システムを検討
- 作業工程別の使用機械や人員配置等を検討
- 支柱や土場、集材機械の設置場所等の具体的な架線計画を検討し図面等にとりまとめ  
(架線計画に応じた必要資機材リストを作成)  
(必要資機材は、種類や数量の他に、必要に応じて重量や破断荷重等をとりまとめ)  
(必要に応じて労働基準監督署に様式20号等の書面や配置図を提出)
- その現場に対して、作業計画に応じた人工数、作業日数を検討

## 4-2 資料収集

### (1) 作業計画に関する主な資料

Point 1

資料は、ダウンロード可能なものもあるのでインターネットを有効利用

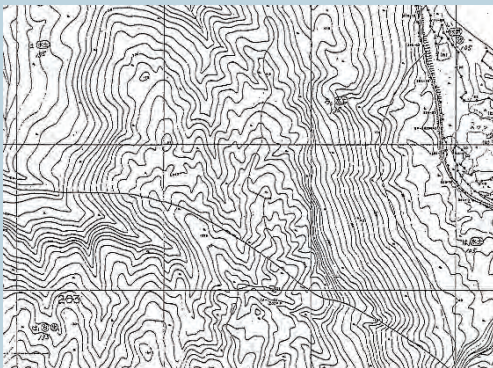
架線集材を安全に効率よく実施するためには、対象となる森林の地形や林況等について、十分に把握する必要があります。それらの状況を把握するために必要な資料の収集を行います。

資料によっては、閲覧やダウンロード可能なものもあることから、インターネットを有効利用します。

#### ア 森林基本図・地形図

森林基本図は、等高線間隔5mまたは10m、縮尺1/5,000の地図です。主に森林計画を立案する際などに使用されており、都道府県庁や市町村役場などで購入することができます。この図面により、具体的な架線計画を検討します。また、伐採現場や支柱の位置、土場の位置などを記入し、机上計画や現地踏査、森林所有者への説明等に利用します。

地形図は、国土交通省国土地理院発行の等高線間隔10m、縮尺1/25,000の地図です。地図専門店や書店で購入することができます。また、インターネットで閲覧することも可能です。この図面には、森林基本図よりも広範囲の地形や既設道が記載されており、これらを把握するため等に利用します。



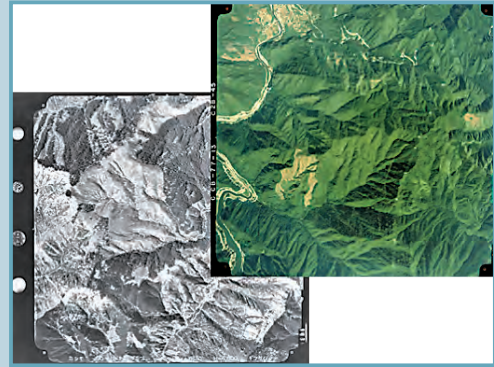
森林基本図 (1/5000)



地形図 (1/25000)

## イ 空中写真

林野庁や都道府県が森林計画を立案するために撮影しているものや、平野部を中心とした国土地理院撮影の空中写真があり、空中写真の取次店等から購入することができます。なお、カラーと白黒の空中写真があり、白黒写真しか撮影されていない地域もあります。衛星写真については、インターネット上のGoogle Earth等で閲覧できる場合があります。架線計画では、立木の状況や森林作業道等の図面に反映されていない路網等の把握に利用できます。

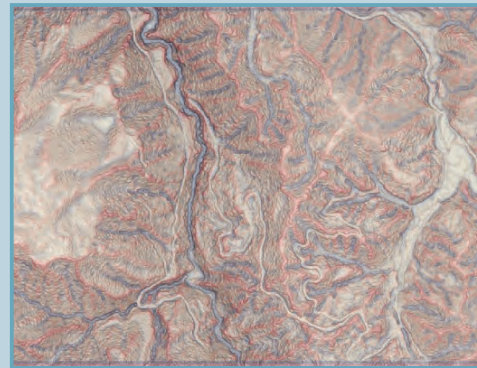


空中写真（モノクロ・カラー）

## ウ 数値標高モデル（DEM）

数値標高モデルは、一般的にDEM（Digital Elevation Model）と呼ばれており、建物や樹木などを取り除いた地面の形状や標高値等の情報を得ることができます。

国土地理院のホームページからダウンロードできる10mDEMは、主に1/25,000地形図の等高線データ等を基に作成したものであり、日本全国のDEMを入手できます。このほかに、実際の微地形を忠実に再現できる航空レーザー測量により計測した高解像度DEMもあります。また、長野県森林総合センターにより、これらのDEMによる地形判読を容易にできるように調整されたCS立体図が開発されています。



CS立体図のイメージ

## （2）作業計画に関するソフト等

Point 1

収集した資料と様々なソフトの組み合わせで効率的な架線計画を作成

収集した資料については、現地調査のほか集材架線設計計算や配置図の作成に利用しますが、様々なソフトと組み合わせて使用することで、効率的な架線計画を作成することができます。

## ア 地理情報システム（GIS）

地理情報システム、通称GIS（Geographic Information System）は、基本図や空中写真、DEM等の収集した資料と現地調査で得られた情報を組み合わせて表示するだけでなく、伐区の面積や作業状況の管理といった森林管理に利用するほか、支間距離や支柱の高低差等の算出や縦断図の作成等が可能であるため、設計計算の基礎情報の把握に効果的です。

インターネットから無料でダウンロードして使用できるフリーソフト・オープンソースやインターネット上で地形図や写真を表示できるwebGISもあります。

## イ GPS

GPSは、人工衛星から発信される情報から現在位置を把握するシステムです。GPSに地形図等の情報を取り込んで使用することで、初めての現地であっても、林内で自分の位置を把握できるだけでなく、踏査した結果を記憶させ、GISに挿入することができるので、伐区の境界確認や支柱の位置等を簡単に図面へ挿入することも可能です。

スマートフォンに搭載されたGPSでも位置情報を把握することはできますが、電波の届かない場所での使用が考えられることや位置情報の精度等から小型のGPSを uses。

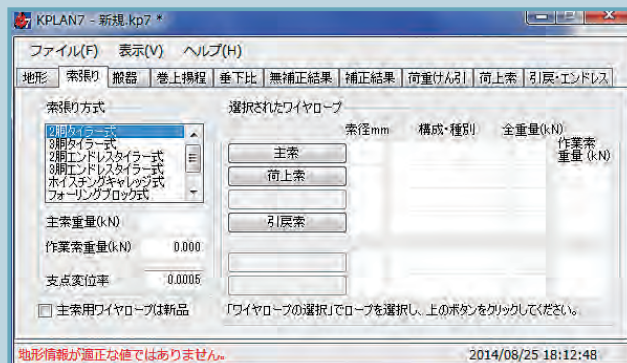


GPSを利用した現地調査

## ウ 集材架線設計支援ソフト

独立行政法人森林総合研究所で開発された「集材架線設計支援ソフトウェア」で、支間の水平距離や高低差、使用する搬器等の重量、ワイヤロープの種類等の基本的な情報を入力することで、集材架線設計計算による安全係数の算出が可能です。また、労働基準監督署に提出する書面の作成を行うことができます。

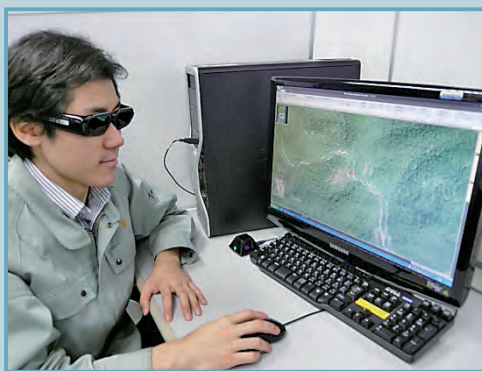
このソフトは、独立行政法人森林総合研究所のHP (<http://www.ffpri.affrc.go.jp>) からダウンロードできます（通常「KPLAN7」と呼ばれています）。



集材架線設計支援ソフト

## エ 空中写真立体視用ソフト

空中写真では、地形図等で把握できない地形や林況、既設道等が確認できますが、さらに、立体視することで現地の地形や樹種、立木の大きさ等を直感的に把握できるため、机上でより詳細な架線計画を検討することができます。また、立体視用ソフトを利用することで、簡単に複数の作業員が同時に立体視しながら作業計画を検討することも可能です。

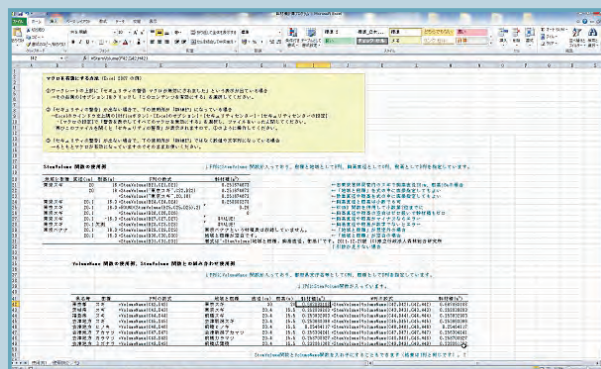


空中写真立体視用ソフト

## オ 幹材積計算プログラム

独立行政法人森林総合研究所で開発された「幹材積計算プログラム」で、林野庁計画課監修「立木幹材積表（東日本編・西日本編）」（1970年）に収録されている83種類の材積表に対応しており、地域・樹種・胸高直径・樹高から幹材積表の掲載値とほぼ同じ幹材積を算出できます。現地調査の結果から、出材量や重量を推定する時に利用できます。

このソフトは、独立行政法人森林総合研究所のHP（<http://www.ffpri.affrc.go.jp>）からダウンロードできます。



幹材積計算プログラム

## 4-3 対象地の現況把握

Point 1

安全で効率的な作業計画を検討するために事前調査を実施

対象地の状況把握では、伐区の境界や地形・傾斜を確認すると共に、立木の状況等を確認し目標とする出材量を設定します。この時に、伐区内の樹種や径級別の分布、既設道の状況や路網作設の可能性、岩石地等の障害物の有無といった作業システムを検討するための事前調査も同時に行います。この調査で得られた情報は、任意の作業計画書や森林基本図（1/5,000地形図）等に記入します。

把握した対象地の状況から、作業システムや索張り方式、人員配置等の作業計画を検討します（調査を実施するにあたって留意すべき事項は第3章を参照）。

区分	目的
伐区の境界	誤伐防止、横取り方法の検討
立木の状況	樹種別材積を把握し出材目標量を設定 樹種・樹高・直径から立木重量を推定 支柱として利用可能な立木の検討
伐区内の径級分布	径級別に荷掛量を検討 伐出方式（全木、全幹、短幹）の検討
地形・傾斜	路網作設の可能性把握 作業システム及び索張り方式の選定 中間サポートの必要性の検討
既設道等の状況	集材機械及び器材の搬入方法の検討 集材機械の設置場所の検討 土場の設置場所・規模等の検討 市場への運搬ルート・方法の検討 作業システム及び索張り方式の選定
障害物等の留意点確認	岩石地や沢の有無による架設・撤収方法の検討 砂防ダム等の構造物による集材注意箇所の検討



## 4-4 作業システム等の選定

### (1) 作業システムの選定

Point 1

路網整備の状況や集材距離により作業システムを検討

作業システムは、大型車両が走行できる路網整備の状況や集材距離により、以下のように大まかに区分されます。また、集材機械に搭載されているドラムの大きさにより、ワイヤロープの巻込量が異なるので、使用する機種種の諸元を確認し、必要な集材距離に対応可能か確認します。

大型車両の走行*	集材距離	作業システム	留意事項
○	600m以上	集材機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1回の架設で大量の材を搬出できる索張り方式を選定</li> <li>・1日の集材量を考慮した広い土場を確保</li> <li>・架設、撤収、集材作業の効率化を図るため森林作業道の作設を検討</li> <li>・高性能搬器や人工支柱の利用も検討</li> </ul>
○	100m ～600m	大型・中型タワーヤード (主索型)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大型タワーヤードの場合は搬入する一般道の状況を確認</li> <li>・道路敷を土場とした利用も検討</li> <li>・集材機を利用する場合は、600m以上と同様の考え方</li> </ul>
×	(樹高+ 10m程度) ～300m	小型タワーヤード (主索型・非主索型)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4tトラック程度が走行可能な路網を整備できれば効率的</li> <li>・非主索型のタワーヤードは最大集材距離を確認</li> <li>・フォワーダ等による小運搬が必要</li> </ul>
×	(樹高+ 10m程度) ～100m	スイングヤード	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フォワーダ等による小運搬が必要</li> <li>・作業ポイントを考慮した路網により機械設置や小運搬を効率化</li> </ul>
×	樹高+10m以下	グラップルや地曳ウインチ等 (車両系)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フォワーダの走行距離が長い場合は長距離架線と組み合わせを検討</li> </ul>

※ 大型車両とは10t積トラック程度を想定

※ タワーヤードは主索等の巻込量が異なることから集材距離に対応できる機種か検討が必要

Point 1

路網整備を含めた作業システムを選定するとともに、使用機械や人員配置を検討

集材距離が長くなると、長距離の索張りに対応できる大型の集材機械を使用することになるので、1回の架設での集材量も多くなります。このため、効率的な作業を行うためには、大きな土場を確保するとともに、大型車両の走行が可能な路網の整備が求められます。

集材距離が短い場合は、小型の集材機械を使用し、架設・撤収を繰り返しながらの作業となり、土場が分散することから、路網を土場として利用することや、フォワーダ等による小運搬を想定した路網の整備が求められます。

このように、対象地の状況に応じた路網整備を含めた作業システムを選定するとともに、使用機械や架設・撤収作業を含めた人員の配置も検討します。

## (2) 索張り方式の選定

Point 1

地域に合った索張り方式を選定するため、様々な架設・集材・撤収技術の習得が重要

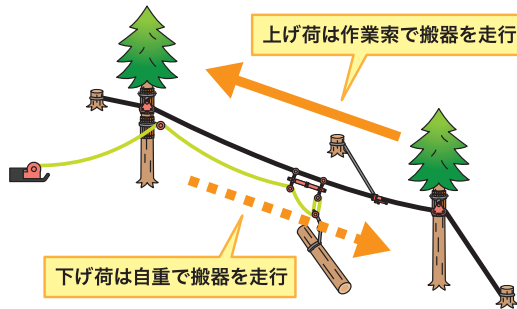
所有している集材機械が限られることや作業経験等から現地の状況等よりも得意な索張り方式を採用することが考えられます。しかし、効率的な架線集材を実施するためには、施業方法（間伐・皆伐）や集材機械の設置場所、集材方向（上げ荷・下げ荷）、使用する集材機械の性能等から、現地に適した索張り方式を選定しなければいけません。このため、様々な架設・集材・撤収技術の習得が必要となります。

Point 1

地形により採用できる搬器の走行方法が制約され、架設・撤収の手間が異なる

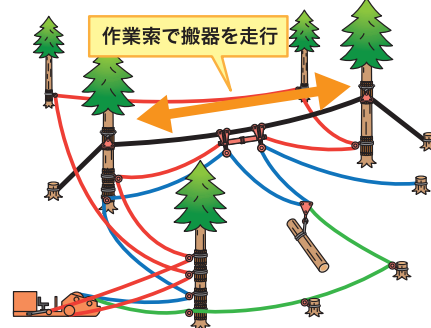
搬器の走行については、搬器の重さで走行させる自重型と集材機械等の動力で作業索を用い走行させる機械運行型に区分されます。自重型は、作業索の使用数が少なく架設・撤収が容易ですが、支間の傾斜角が急でなければ搬器の走行ができません。機械運行型は、地形を選ばず、いろいろな索張り方式を選択することが可能となりますが、作業索が多くなり、架設作業が複雑になるので架設・撤収に手間がかかります。

### 【自重型】



■主な索張り方式  
スナッピング方式、2胴式タイラー方式

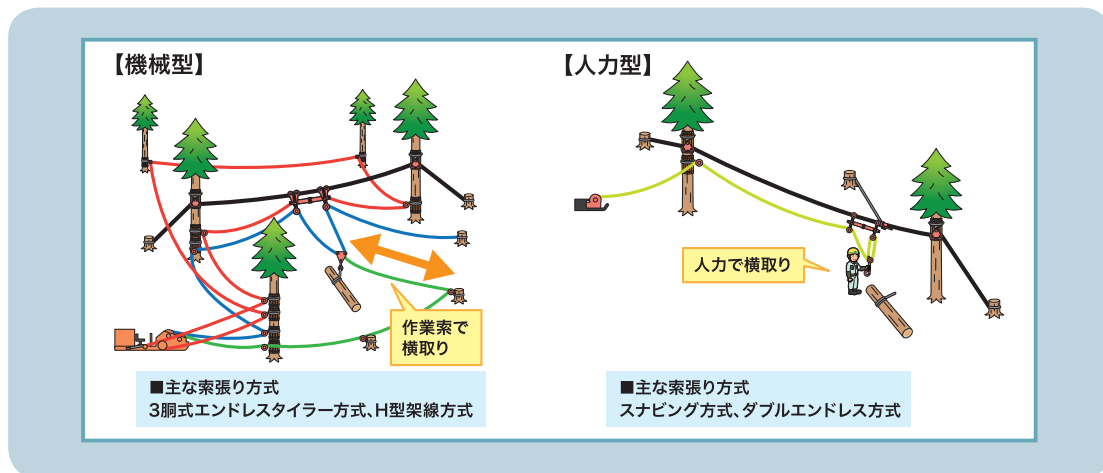
### 【機械運行型】



■主な索張り方式  
3胴式エンドレスタイラー方式、ダブルエンドレス方式

### 施業方法（間伐・皆伐）により横取り方式が異なり、労働強度にも影響

横取り方法には、作業索でロージングブロックを引き込む機械型と人力で引き込む人力型があります。機械型は、主に皆伐で用いられ、横取り距離が長くても急斜面を横に移動するという危険な重労働が必要なくなります。しかし、引き込むための作業索を架設するほか、ブロック（滑車）を架け替えるといった作業が必要になります。一方、人力型は、主に間伐で用いられることが多く、荷掛者の労働強度が高くなりますが、横取り距離が短くなり、残存木への影響を考慮した集材が可能となります。



## ア 集材機による長距離集材に適した索張り方式

Point 1

1回の架設で大量の材を搬出できる方式を選定

集材機による長距離集材では、架設・撤収に手間がかかることから1回の架設で大量の材を搬出できる方式を選定します。

比較的大面積な皆伐を行う場合には、1回の架設で大量の材を搬出することができ、引き込み用の作業索を用いることで機械的な横取り作業が可能となるような索張り方式を選定します。小規模皆伐や間伐では、人力型で横取りによる索張り方式が多くなります。

Point 1

コレクター方式やH型架線方式であれば、1回の架設で広範囲の間伐作業が可能か検討

皆伐では、3胴式エンドレスタイラー方式、小面積の皆伐や間伐では、ダブルエンドレス方式が主流となっていますが、コレクター方式やH型架線方式を取り入れることができれば、間伐での架線集材の選択肢も増え、1回の架設で広範囲の間伐作業も可能となります。

索張り方式	搬器走行	横取り	主な施業方法
2胴式タイラー方式	自重型	機械型	皆伐
3胴式タイラー方式	機械運行型	機械型	皆伐
3胴式エンドレスタイラー方式	機械運行型	機械型	皆伐
フォーリングブロック方式	機械運行型	機械型	皆伐
スナビング式	自重型	人力型	小規模皆伐・間伐
2胴式エンドレスタイラー方式	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐
ダブルエンドレス方式	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐
日本の自走式搬器、巻上索内蔵型搬器	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐
H型架線方式	機械運行型	機械型	定性（点状）間伐
コレクター方式	機械運行型	機械型	間伐

## イ 大・中型タワーヤードによる中距離集材に適した索張り方式

Point 1

架設・撤収の容易さと、タワーヤードの牽引力を考慮した主索型の索張り方式を選定

小面積皆伐や間伐を行う場合には、架設・撤収作業が容易で、タワーヤードの能力に応じた大きな荷重に耐えられる主索型の簡易な索張り方式を選定します。

日本では、皆伐や小面積皆伐及び間伐とともに、高性能搬器を利用した方式が普及してきています。

索張り方式	搬器走行	横取り	主な施業方法
5胴式タワーヤード方式	機械運行型	機械型	皆伐
スナビング式	自重型	人力型	小規模皆伐・間伐
高性能搬器	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐

## ウ 小型タワーヤードやスイングヤードによる短距離集材に適した索張り方式

### Point 1

架設・撤収の容易さを追求した索張り方式を選択

大型車両の走行ができるような路網の作設が困難な場所で、小面積な皆伐や間伐を行う場合は、森林作業道と組み合わせ、架設・撤収を繰り返しながら集材することが多くなることから、非主索型を含めた簡易な索張り方式を選択します。

小型タワーヤードは牽引力が低いので、高性能搬器を用いる場合は、軽量の機種を選定します。スイングヤードは、ランニングスカイライン等の索張り方式のほかに、日本の自走式搬器を組み合わせ利用している事例（主索の張り上げ及び搬器の移動補助にスイングヤードを利用）があります。

索張り方式	搬器走行	横取り	主な施業方法
スナビング式	自重型	人力型	小規模皆伐・間伐
ハイリード式	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐
高性能搬器	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐
信州式搬出法	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐
ランニングスカイライン	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐
3胴式ランニングスカイライン	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐
日本の自走式搬器	機械運行型	人力型	小規模皆伐・間伐

## 4-5 必要資機材の選定

Point 1

架設・集材・撤収作業に必要な資機材を選定し、効率的な資機材の運搬を実施

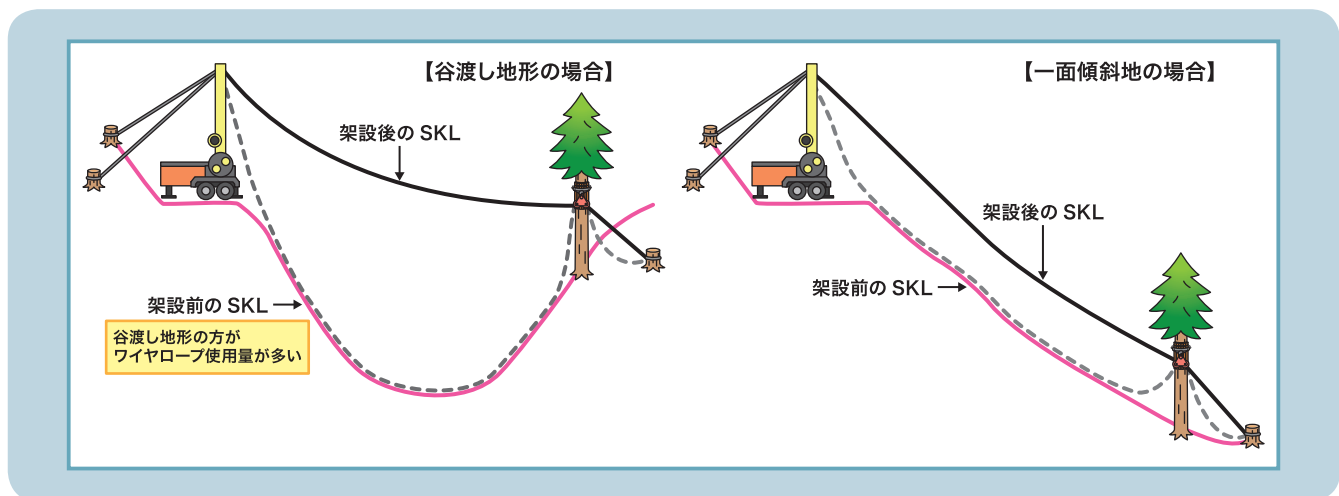
作業システムや索張り方式を選定したならば、架線計画を立案するための現地調査と同時に架設・集材・撤収作業に必要な資機材を選定します。

集材作業で用いる集材機械やプロセッサ等の重機、架線集材に用いる主索や作業索の規格や使用量、各支柱で用いるガイドブロックやクリップ、ガイライン等の器材、支柱の補強や盤台作設に必要な機械といった必要資機材を明確にし、作業班全員が共有することで、架線作業のうち重労働とされる器材の運搬作業を効率的に行うことができます。

Point 1

ワイヤロープの巻込量と現地の状況に応じた引き回しの距離から集材距離を検討

使用する集材機械の能力が、想定される集材距離に対応できるか判断するためには、集材機械のワイヤロープ巻込み量と引き回しで必要となる距離を比較して検討します。これは、架設時に主索や作業索は地面を這う状態から張り上げるからであり、谷渡し地形と一面傾斜地では集材距離が異なります。また、主索を固定するためのアンカーまでの距離や、タワーヤードの場合は、タワーの高さと張り上げに必要な長さも考慮しなければいけません。



## 4-6 架線計画の立案

### (1) 架線計画の留意点

#### ア 資機材の数量

Point 1

コスト面や安全面から使用するブロック等の資機材が少なくなるように計画

架線の架設・撤収の手間を最小限にし、労働強度を低下させるためには、資機材運搬にかかる手間を少なくすることが必要です。このため、架線計画の段階で、使用するガイドブロック等の資機材をできる限り少なくなるように計画を立てることが重要です。

また、作業索がガイドブロックの滑車を通しシーブと擦れることが少なくなるので、ワイヤロープの劣化も軽減されることから、コスト面だけでなく安全面でも効果的です。

#### イ 立木や根株の選定

Point 1

根株等の直径だけでなく、根張りの状況、経年変化等を考慮して選定

スギ・ヒノキの根株の直径から、その根株の強度を推定した結果を参考に、元柱等の支柱やアンカーとして利用する立木や根株は、できるだけ大径木を選定します。また、根の状況、樹種、地質、伐倒からの年数等により強度のばらつきが大きいため注意が必要です。なお、大径木を選定できない場合は、添え木による補強等を検討しましょう。

根株の直径 (cm)	根株強度の目安 (tf)
15	1.0
20	2.0
25	3.0
30	4.5
35	6.0
40	8.0

※根株強度 (tf) = 0.005 × 根株直径 (cm)<sup>2</sup>

根株は、伐採後の経過年数により枯損、腐朽し強度が低下します。根株を利用する場合は、伐採後の経過年数の状況を見極めて使用しますが、一般的に、伐倒後2年以上経過した根株は強度が著しく低下します。また、立木の場合は、腐朽していない立木を選定します。

根張りの状態によっては、太い立木であっても張力がかかったときに倒れてしまうことが考えられることから、支柱として利用する立木は、根張りが発達したものを選定します。一般的に支柱に適しているのは、アカマツ等の深根性の樹種です。反面、浅根性のヒノキは地際に根が張るため、十分に根張りの状況を確認する必要があります。また、山腹斜面の場合は、根張りが谷側に発達し、均等にならないため、根こそぎ倒れてしまう恐れがあるので、ガイライン等による対応が必要です。

## ウ 支柱の作設

Point 1

補強方法等を含めた支柱作設方法や首つり防止といった安全対策を検討

支柱として大径木を選定することができない場合は、添え木等により支柱を補強する必要があります。現地の状況により、グラップル等の重機が使用できる場合や人力での作業となる場合等がありますが、準備する資機材や作業の手間が異なるため、現地の状況を確認し、最適な方法を検討しなければいけません。また、支柱として利用できる立木等が見当たらない場合は、埋め込みアンカーや人工支柱を検討します。さらに、取り付ける作業索の内角やガイドブロック飛散防止、首つり防止対策といった安全対策についても検討します（安全対策などは第5章を参照）。



添え木による支柱の補強



人工支柱を用いた元柱

## エ ガイラインの設置

Point 1

支柱に対して張力がかかる方向を想定し、ガイラインを固定する根株等を選定

支柱にかかる張力は、サドルブロックで作る主索や作業索の内角の大小により異なり、内角が小さいほど大きい張力がかかります。

ガイラインを固定する方向は、サドルブロックで作る主索の内角（前方角・後方角）から元柱や先柱にかかる力の方向を見極めて決定します。このほかに、張力に対するガイラインの効果や横取り作業などで発生する横方向への揺れに対応するため、ガイラインと主索が作る角度やガイラインと支柱が作る角度にも注意してガイラインを固定するための根株等を選定します。また、横取りの方向や搬器の走行範囲、アンカーの位置等から、様々な方向に張力がかかると想定される場合は、ガイラインの追加を計画します。

なお、タワーヤードを用いる場合、先柱については、集材機を用いた場合と同様です。タワーのガイラインについては、機種により規定された主索とガイラインのなす角度の範囲内でガイラインを設置しなければいけません。（設置の角度や作設方法について、集材機の場合は第5章、タワーヤードの場合第6章を参照）



## オ アンカーの選定

Point 1

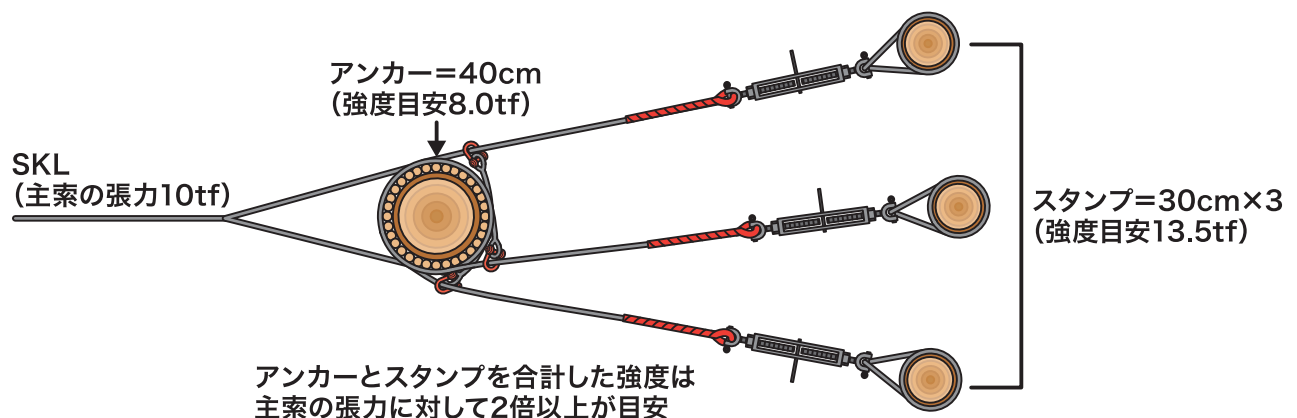
アンカーとスタンプの強度の合計が、主索の張力の2倍以上となることを目安に選定

主索型の索張り方式を用いた場合、主索は必ずアンカーに固定させるので、アンカーとして用いる立木や根株の選定には十分に注意しなければいけません。

補強が必要ない大径木をアンカーとして選定できる場所は少ないことから、添え木やアンカーライン等による補強を検討します。アンカーラインを用いる場合は、アンカーとアンカーラインを固定するスタンプ等の強度の合計が、主索の張力の2倍以上となることを目安に選定します。

また、アンカーに固定される主索の方向やアンカーラインと支柱が作る角度にも注意するほか、アンカーは、可能な限り主索の延長線上に設置します。

なお、アンカーラインがアンカーを上を引っ張るような形になるとアンカーラインの効果が少ないため、地形によっては、アンカーに立木を選定し、高い位置からアンカーラインを設置できるように計画します（アンカーの作設方法については第5章を参照）。



## (2) 架線計画の手順

Point 1

土場⇒支柱⇒集材機械の設置場所の順に計画

現地の状況に応じた索張り方式や作業システムが決まれば、次に架線計画を作成します。

架線計画では、まず現地踏査を行い、最初に既設道の状況などから土場の位置を決定し、次に支柱を選定、そして集材機械の設置場所を決定します。

### 土場の選定

- ・既設道の状況等により選定場所が制約させることから最初に決定
- ・荷外しやプロセッサ等の作業スペースを考慮して選定

### 支柱の選定

- ・張力に対応できる立木が無い場合は、添え木による補強や人工支柱の利用を計画
- ・荷外し場所を想定しながら元柱を選定
- ・集材範囲を想定しながら先柱を選定
- ・集材機械の設置場所を想定しながら向柱を選定
- ・必要に応じて中間支柱を選定

### 集材機械の設置場所の選定

- ・荷外し場所が見渡せ、集材機械の設置が可能な場所に計画

### (3) 集材機を用いた架線計画

Point 1

主索を高く張り上げ、1回の索張りで多くの出材量を確保

1回の索張りで、尾根や沢が入り組んだ複雑な地形での広範囲の横取り作業を安全かつ効率的に行い、多くの出材量を確保する必要があります。このため、主索をできるだけ高い位置に張り上げることを想定し、元柱や先柱はできるだけ尾根部分に選定します。



尾根部分に選定された支柱



先柱から見た土場

集材機を用いた索張り方式は多岐にわたりますが、基本的な計画手順は同じです。

最初に土場の位置、支柱の選定、集材機の設置場所の選定を行い、主索を張り上げる位置を計画し、必要に応じて、横取り作業のための支柱を計画します。そして、集材架線設計計算を行います。

#### 架設位置の計画

土場、支柱、集材機の位置を選定し、主索の張り上げ場所を選定

#### 横取り用の支柱を選定

作業索による横取り作業を行う場合は、横取り用の支柱やスタンプを選定

## ア 架設位置の計画

### (ア) 土場の選定

Point 1

1日の出材量を考慮した広い土場を確保

集材機による架線集材では、1日の出材量を考慮するとともに、プロセッサによる造材作業やトラックへの積み込み作業などを行うため、元柱と先柱の間に広く平坦な場所を選定します。また、林道端などで、土場が狭く、荷下ろしされた材が谷に滑り落ちてしまうことが想定される場合には、簡易な盤台の作設を検討します。なお、土場の位置は限られることから、一般的に、最初に土場の位置を選定した後に、支柱や集材機の設置場所を選定します。

### 土場選定のポイント

- ・元柱と先柱の間で荷下ろし可能か確認
- ・1日の出材量を考慮した広い場所
- ・プロセッサやグラップルによる安全作業が可能となる平坦な場所
- ・林道端などで土場が狭い場合は、簡易な盤台を作設



支柱間に設定された土場



狭い土場では盤台を作設

## (イ) 支柱の選定

Point 1

尾根などの主索を高い位置に張り上げられる場所に選定

元柱や先柱に使用する立木や根株は、1回の索張りで多くの出材量を確保するため、主索を高い位置に張り上げられる場所に選定します。また、元柱と集材機を正対させることが困難な場合には、集材機と元柱の間に向柱を選定します。

### 支柱選定のポイント

- ・ 根張りの状態、周囲の地形等に注意し、空洞、腐れ、傷等が無いことを確認
- ・ 索の張力を踏まえ、十分耐える大きさのものを選定
- ・ 支柱となる立木の周辺にガイラインやアンカーが固定できるか確認
- ・ アンカーとなる立木や根株の周辺にアンカーラインが固定できるか確認
- ・ 適当な立木や根株が無い場合は、人工支柱や埋め込みアンカーの作設を検討
- ・ 予備の立木や根株も併せて選定
- ・ 元柱や向柱は集材機と真正面に向い合せ、適当なフリートアングルを取れる場所に選定
- ・ 向柱は、集材機のドラムから作業索が真っ直ぐ出るようにブロックの位置を調整



丸太を組み合わせた向柱



人工アンカーにより直接主索を固定

## (ウ) 集材機の設置場所の選定

Point 1

集材作業の安全性と効率性を考慮して集材機を設置

土場周辺や林道端等において、集材作業の安全と効率性を考慮し、選定場所として、下記のポイントのような場所を選定します。

## 集材機設置場所の選定のポイント

- ・主索の下や作業索の内角は避ける
- ・水平に設置できる場所（丸太や敷板を使用、バックホウで整地）
- ・元柱又は向柱の真正面に向い合せ、フリートアングルを確保できる場所
- ・集材機の位置から前方に荷下ろし場所が見える場所（背面作業にならないように）
- ・立木や根株、人工アンカーによる集材機の固定が可能な場所
- ・河川の増水による浸水、落石等の飛来落下、土砂の流出等による被害の恐れが無い場所
- ・他の通行の支障にならない場所



林道端に設置された集材機



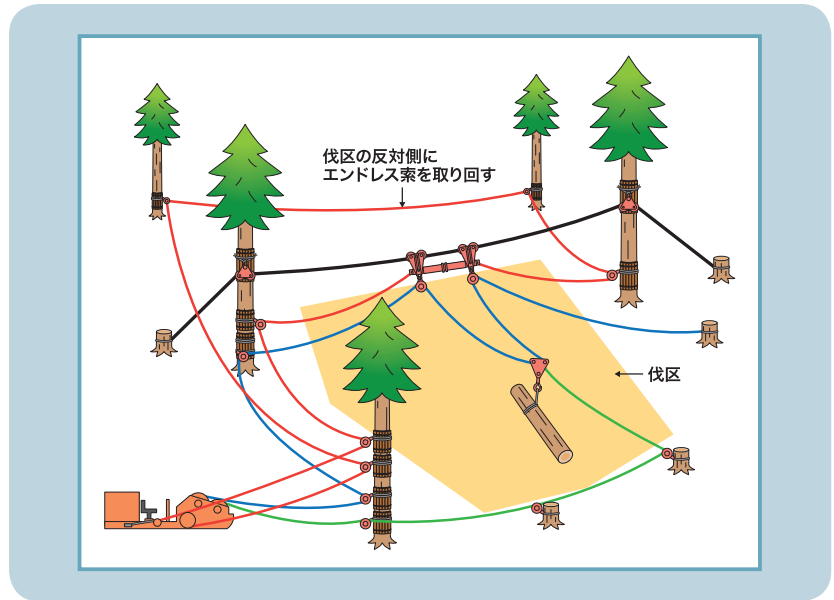
土場に設置された集材機

## (エ) エンドレス索用の支柱

Point 1

横取り方向（伐区）の反対側にエンドレス索の支柱を選定

エンドレスタイラー方式のようにエンドレス索を用いる場合、集材作業中にエンドレス索や荷上索等が絡まないようにするため、横取り方向（伐区）の反対側にエンドレス索を取り回すような位置に支柱を選定すると共に、必要に応じて、ガイラインを固定するためのスタンプや支柱を選定します。



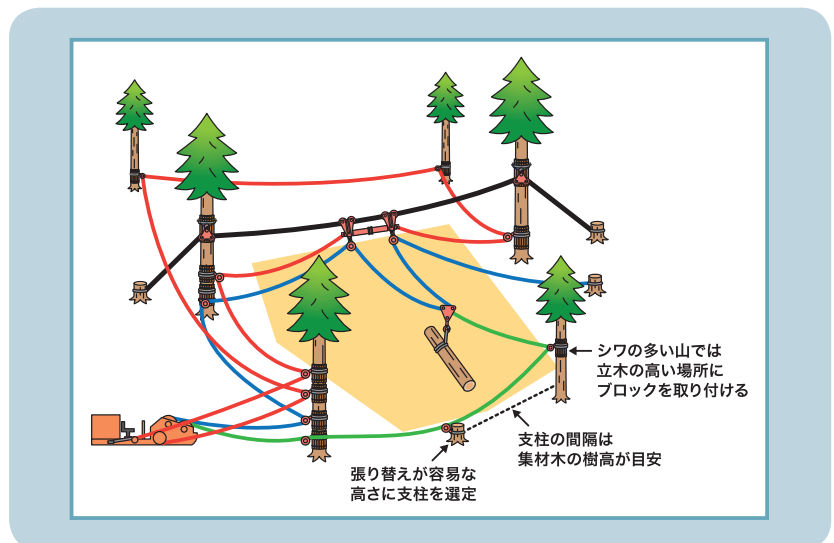
## イ 横取り用支柱の選定

Point 1

横取り用の支柱は、林縁部に樹高の間隔を目安に設置

3胴式エンドレスタイラー方式等のように機械型の横取り作業を行う場合は、横取りする方向の林縁部に、集材する立木の樹高を目安として設置間隔を検討しながら、横取り用のスタンプや支柱を選定します。

機械型の横取り作業は、作業索を架け替えながら行うため、作業しやすい高さにガイドブロックを固定しますが、横取りする区間にシワが多く、横取りする材が引っかかるような地形の場合は、高い場所にブロックを取り付けられる立木を選定します。なお、エンドレス索用の支柱と同様に、必要に応じて、ガイラインを固定するためのスタンプや支柱も選定します。



#### (4) タワーヤードを用いた架線計画

Point 1

架設の回数に応じた先柱、タワーヤードの設置場所、土場を選定

一般的にタワーヤードは、路網を移動しながら索張りを繰り返して集材します。このため、伐区と路網の状況から架設の回数に応じた複数の先柱、タワーヤードの設置場所及び土場の位置を選定します。



高性能搬器と組み合わせた索張り方式



中間サポート

タワーヤードは、地形に合わせて索張りし、集材するため、地曳き集材となることが想定されます。このため、地形の凹凸に対応できる中間サポートの選定が重要となります。また、タワーヤードは、林道端に設置されることが多く、日本は沢沿いに林道が整備されていることが多いこと等から、ガイラインを固定できる場所の確保が重要となります。

#### 架設位置の計画

土場、支柱、タワーヤードの位置を選定し、主索の張り上げ場所を選定

#### 中間サポートの選定

中間サポートの位置や作設方法を選定



## ア 架線位置の計画

### (ア) 土場の選定

Point 1

集材作業の内容により土場の場所が異なる

タワーヤードによる架線集材についても、集材機の場合と同様に、1日の出材量や土場での作業を考慮し、タワーヤードと先柱の間に広く平坦な場所を選定します。

林道端にタワーヤードを繰り返し設置しながら集材する場合と、タワーヤードから放射状に架設を繰り返し集材する場合により、1箇所の土場で処理する作業量が異なるため、土場の場所も異なります。



架設を繰り返すため路網を土場として選定

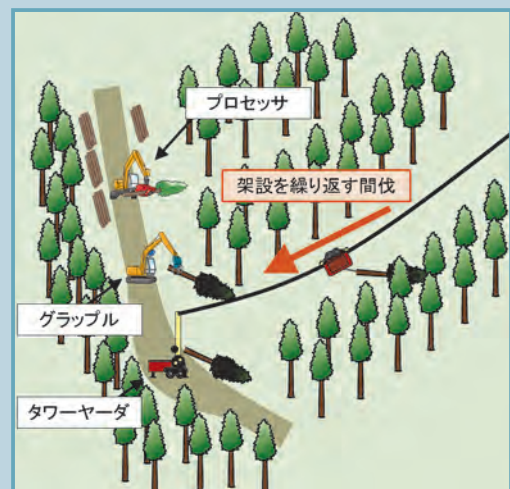


放射状に架設するため広い土場を選定

Point 1

路網を土場とする場合は、グラップルによる小運搬等も検討

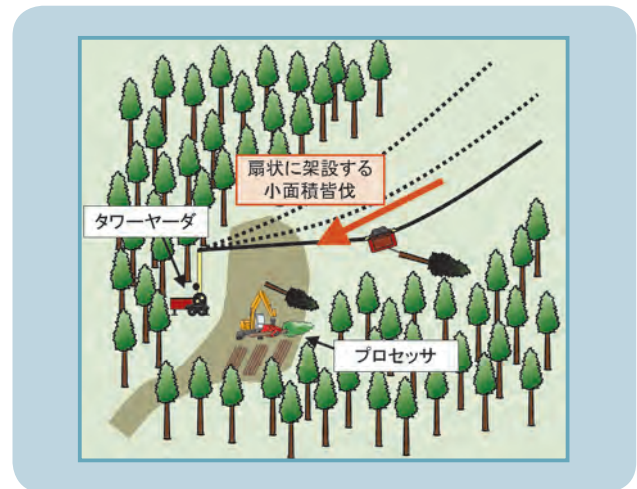
間伐などで、路網端にタワーヤードを繰り返し設置しながら集材する場合は、路網を土場としても利用し、プロセッサにより造材します。しかし、プロセッサの作業範囲が狭くなる場合は、タワーヤードを設置する作業ポイントの準備やプロセッサで作業できる場所までグラップル等で小運搬することも検討します。また、荷下ろしされた材が谷に滑落してしまうことが想定される場合には、材の滑落防止柵の利用を検討します。



## Point 1

広い土場を確保する場合は、タワーヤードを高い場所に設置

小面積皆伐等でタワーヤードから放射状に架設を繰り返し集材する場合は、出材量に応じた広い土場を確保しますが、タワーヤードのタワーは10m程度と低いため、土場での作業が窮屈になり、主索下に材がたまってしまうと作業効率が低下することが考えられます。このため、土場を整地する時に発生する土砂等を用いるなどして、タワーヤードはできるだけ高い位置に設置します。



## (イ) 支柱の選定

## Point 1

架設の回数に応じて複数の先柱とガイラインの設置場所を選定

支柱の選定については、タワーヤードの設置場所を選定する時と同時に確認します。タワーヤードの場合は、林道端に設置されることが多く、ガイラインを設置できる場所を確保する必要があります。

また、架設を繰り返しながら集材するので、架設の回数に合わせてガイラインの設置場所や先柱を多く必要とします。タワーのガイラインについては、主索とガイラインの成す角度やガイラインの角度を機種により規定された範囲内で設置しなければいけません（第6章を参照）。

なお、先柱の選定については、集材機の場合と同様に行います。



タワーのガイライン設置状況

## (ウ) タワーヤーダの設置場所の選定

Point 1

### タワーヤーダのガイラインを固定できる場所に設置

基本的に集材機と同様に平坦な場所に設置しますが、タワーヤーダは、アウトリガーを機能させることができる広さと、ガイラインを固定できる場所に設置します。また、沢筋の林道端に設置する場合など、ガイラインを固定できない場合は、別途、支柱を設けることを検討します。

### タワーヤーダ設置場所の選定のポイント

- ・ガイラインを固定するアンカーを確保できる場所
- ・十分な架線高を確保するため、できるだけ高い場所
- ・地盤は水平で機体重量を支える十分な支持力があること
- ・アウトリガーを機能させるだけの広さ
- ・道路上に設置する場合は、占有できるか確認が必要



道路上に設置された中型タワーヤーダ



道路上に設置された大型タワーヤーダ

## イ 中間サポートの選定

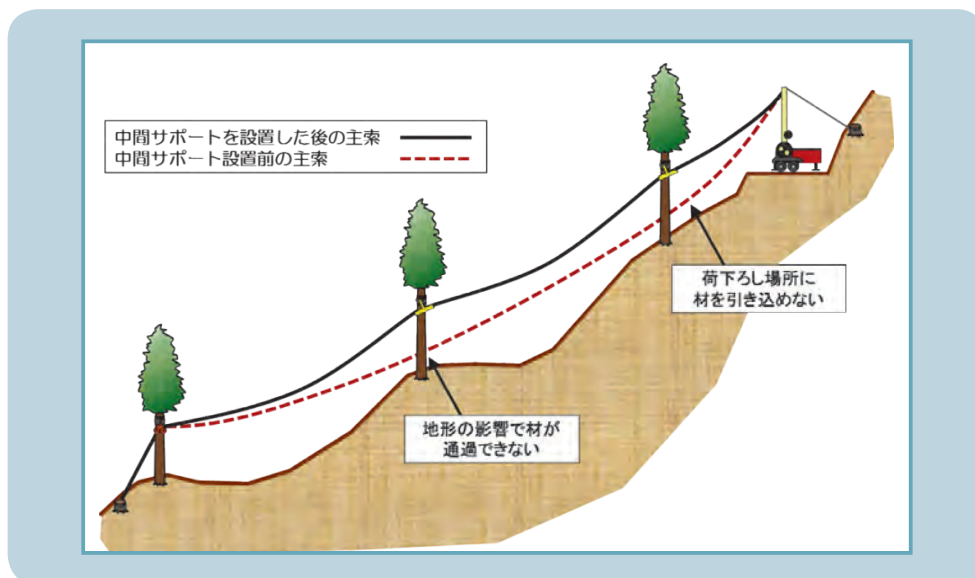
Point 1

タワーヤードの性能を最大限に生かすためには、中間サポートの設置が必須

タワーヤードは、設置場所が林道端に制限されることやタワーの高さが10m程度であり、立木を利用した場合よりも低くなることから、架線下の地形の影響を受け、搬器や吊上げた材が通過するのに必要な索の高さが確保できないことが考えられます。

このため、地形の凹凸や上げ荷集材で林道端に材が接触し、荷下ろし場所まで材を引き込めない場合等に対応するため、中間サポートを設置します。

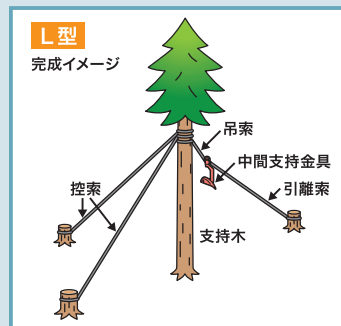
搬器の移動速度が速く、牽引力が大きいといったタワーヤードが持つ本来の性能を発揮させるとともに、スイングヤードが集材不可能な場所まで集材距離を伸ばし、1線当たりの出材量を増加させるためにも中間サポートの設置が必須です。



## 中間サポートに必要な立木は伐採しないよう注意

中間サポートを設置する場合は、支間の縦断図から中間サポートの数と位置及び高さを検討します。そして、主索と支柱の位置から中間サポートの種類を選択します。中間サポートは、L型、M型、N型（ガルゲン）、I型の4種類があり、それぞれの特徴を考え、地形に応じて中間サポートを設置します。

### L型（架設が簡単で資材を少なくしたいときに利用するが、制約多い）

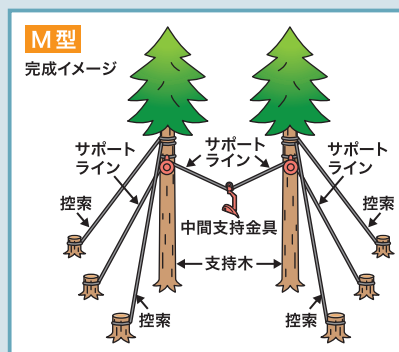


長所	資材が少なく、高所作業が1ヶ所
短所	中間支柱から主索までの距離が短い 主索中間支持金具の取り付け位置が高いわりに、主索の高さが低い 主索を後から主索中間支持金具にのせる

#### 留意事項

- ・ 中間支柱の中心から主索までの距離は0.8～1.5mまで
- ・ 吊索の角度は中間支柱の中心に対して30度
- ・ 吊索の長さは中間支柱の中心から主索までの距離の2倍必要
- ・ 吊索と引離索の角度は150度まで

### M型（中間支柱と主索の距離が離れているときに利用）

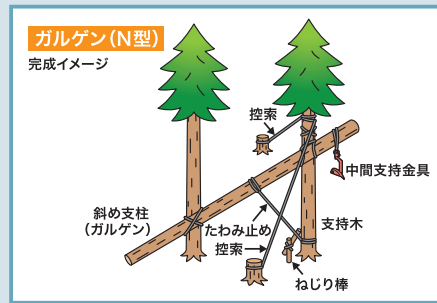


長所	主索位置の自由度が高い
短所	資材が多い、高所作業が2箇所必要

#### 留意事項

- ・ 主索に対してほぼ直角な2本の中間支柱が必要
- ・ 主索の位置と立木の中心は最大3m（立木の間隔は最大6m）
- ・ サポートラインの角度は120度とし、主索の高さが決まると滑車の高さも決まる

## N型（手間と時間がかかるが、主索の高さを上げたいときに利用）



**特長** 手間と時間がかかるが、主索の高さを上げたいときに利用

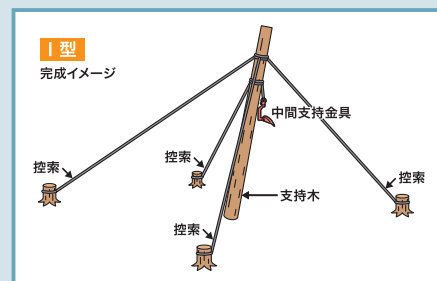
**長所** 主索を高く取り付けできる

**短所** 資材が多い、設置に時間がかかる

## 留意事項

- ・ 中間支柱の中心から主索までの距離は2mまで
- ・ 主索中間支持金具にかかる力をもとに、斜め支柱の太さを決定
- ・ 斜め支柱のたわみ止めは、必要に応じて設置

## I型（適切な場所に立木がないときに利用）



**長所** 場所を選ばない、主索を高く取り付けできる

**短所** 資材が多く、設置に最低3名必要となり、手間と時間がかかる

## 留意事項

- ・ 中間支柱の根元から主索までの距離は中間支柱の高さの3割まで
- ・ 主索中間支持金具にかかる力をもとに中間支柱の太さを決定
- ・ 設置場所の地形傾斜によって架設の方法が変わる

## 4-7 集材架線設計計算

### (1) 集材架線設計計算の必要性

Point 1

架線計画が安全か判断するために、集材架線設計計算を実施

架線計画では、材を吊上げるときにかかる荷重を想定し、その荷重に対して、主索や作業索として使用するワイヤロープが切断しないか考えて設計します。このためには、ワイヤロープの強度が安全範囲に入っているか集材架線設計計算により判断する必要があります。また、労働基準監督署長への届出が必要な場合には、集材架線設計計算の結果を添付しなければいけません。

### (2) 集材架線設計計算の手順

Point 1

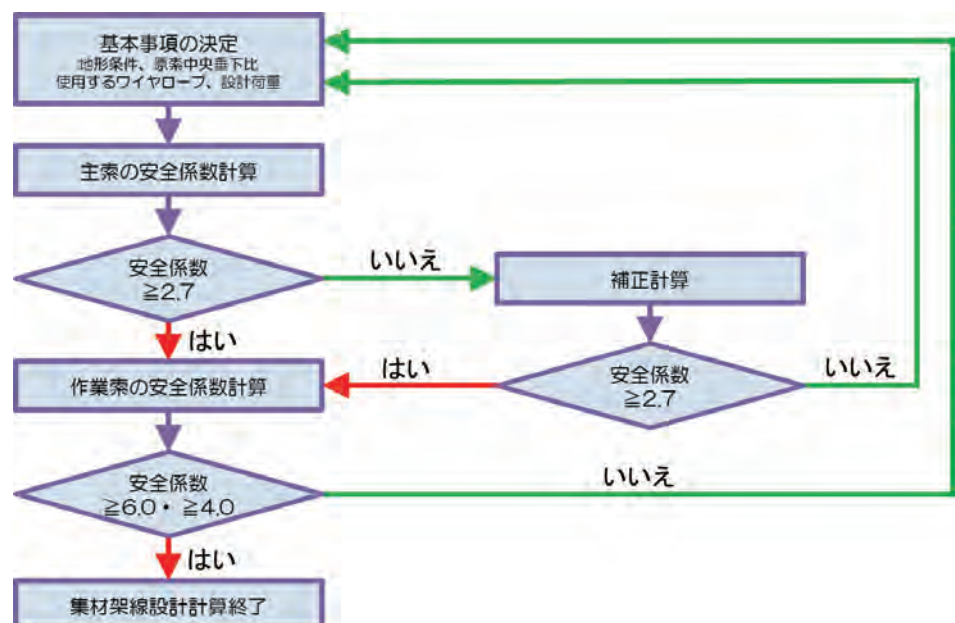
基本事項を決定し、主索・作業索の順に安全係数を求める

集材架線設計計算を行うためには、最初に、作業計画で検討した地形条件や原索中央垂下比、使用するワイヤロープ、設計荷重（作業索重量、空搬器重量、積荷重量）といった基本事項を決定し、主索の安全係数を計算します。このとき、安全係数を下回った場合は、衝撃係数や支点変位量（支点変位率）、ワイヤロープの弾性伸長を考慮した補正計算を行います。主索の安全係数が規定値を上回れば、索張り方式に応じた作業索の安全係数を計算し、規定値と比較します。主索及び作業索の安全係数が規定値よりも上回れば、集材架線設計計算は終了です。

Point 1

安全係数が低い場合は、原索中央垂下比や積荷重量、ワイヤロープの種類を変更

主索及び作業索の安全係数が規定値よりも下回る場合は、基本事項のうち、原索中央垂下比の変更や積荷重量を下げて最大張力を下げるほか、ワイヤロープを太くするなど、種類を変更し、破断荷重（保証破断力）が高いものを用いて、再計算します。



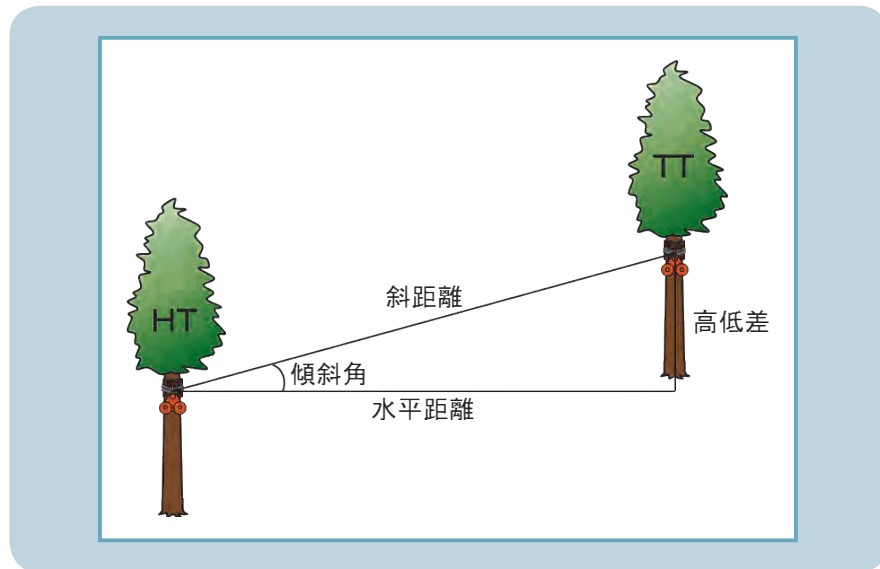
### (3) 基本事項の決定

#### ア 地形条件

Point 1

地形図から、水平距離と高低差を求めれば、斜距離や傾斜角を計算で求めることが可能

測量結果や元柱や先柱といった支柱の位置等を記入した森林基本図等の地形図を基に、支間の斜距離や水平距離、傾斜角及び支柱の高低差を求めます。なお、斜距離や傾斜角については、水平距離と支柱の高低差から計算で求めることができます。



#### 水平距離と支柱の高低差から斜距離と傾斜角を算出

【計算式】 傾斜角 =  $\arctan$  (高低差/水平距離)、斜距離 =  $\sqrt{(\text{高低差}^2 + \text{水平距離}^2)}$

【計算例】 高低差30m 水平距離500mの場合

傾斜角 =  $\arctan(30/500) = 3.4336 \approx 3$ 度

斜距離 =  $\sqrt{30^2 + 500^2} = 500.8991 \approx 501$ m



## イ 原索中央垂下比

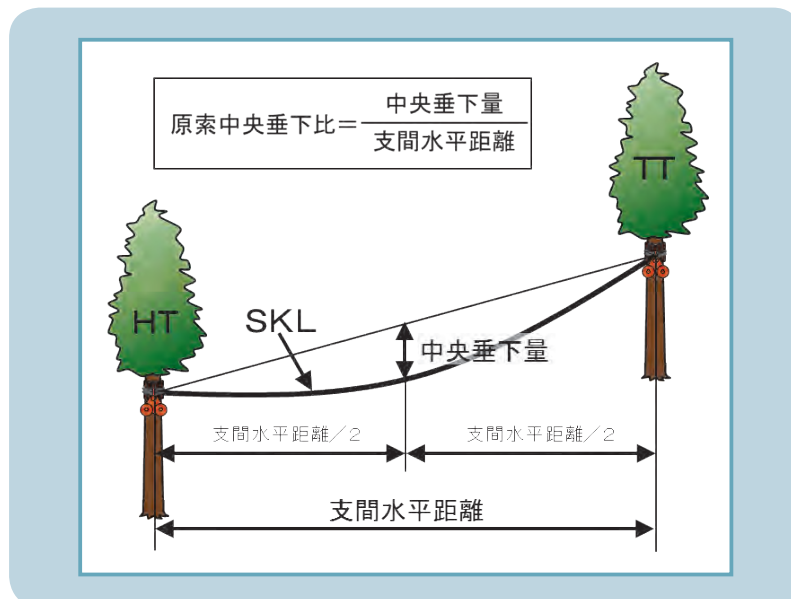
Point 1

計画者が現場の状況等を考慮して、適切な原索中央垂下比を設定

元柱と先柱の間に主索を張り上げると、主索はその自重でたわみ曲線を描きます。索のたわみ量は、索を強く張ると小さくなり、弱く張ると大きくなります。そこで、索の支間中央のたわみ量（中央垂下量）と支間の水平距離との比率を「中央垂下比」と称して、索の緊張度を示します。負荷のかかっていない索（無負荷索）の値を、特に「原索中央垂下比」と呼び、索の緊張度を示す基本の数値としています。

索の緊張度が強いと、搬器の走行抵抗は減少しますが、積荷重量も少なくなります。逆に緊張度が弱いと、搬器の走行がスムーズでなくなり、主索の疲労が大きくなります。

架線集材では、原索中央垂下比は0.02～0.06（0.03～0.05が望ましい）を用いることが多いですが、現場に応じた適切な値を選定することが重要です。長期間架設したままにしますと、ワイヤロープの伸び等により原索中央垂下比が計算よりも緩くなることもあり、その場合、集材架線設計計算で算出された安全係数と異なる状態で作業を行うことになるため、架線の使用においてもその値をたえず確認し、適切な値を維持することが重要です。



## ウ 使用するワイヤロープの規格

Point 1

使用するワイヤロープの破断荷重や単位重量といった規格を確認

作業計画で選定した索張り方式に応じて、使用するワイヤロープの構成種別や直径、破断荷重（保証破断力）、単位重量（1m当たりの重量）を求めます。また、破断荷重、単位重量は、カタログやワイヤロープの購入時に附属している試験成績表等から求めます。なお、単位重量がkgの場合、集材架線設計計算では、質量（kg）から重量（kN）に変換が必要です。（ワイヤロープの規格等は第7章を参照）

## 工 設計荷重

設計荷重は、使用する作業索重量、空搬器重量及び積荷重量の合計です。また、作業計画によってそれぞれの重量が異なりますので注意します。

$$\text{設計重量} = \text{作業索重量} + \text{空搬器重量} + \text{積荷重量}$$

(索張り方式や支間斜距離で異なる) (搬器やブロックの個数などで異なる) (立木の大きさや伐出方式により異なる)

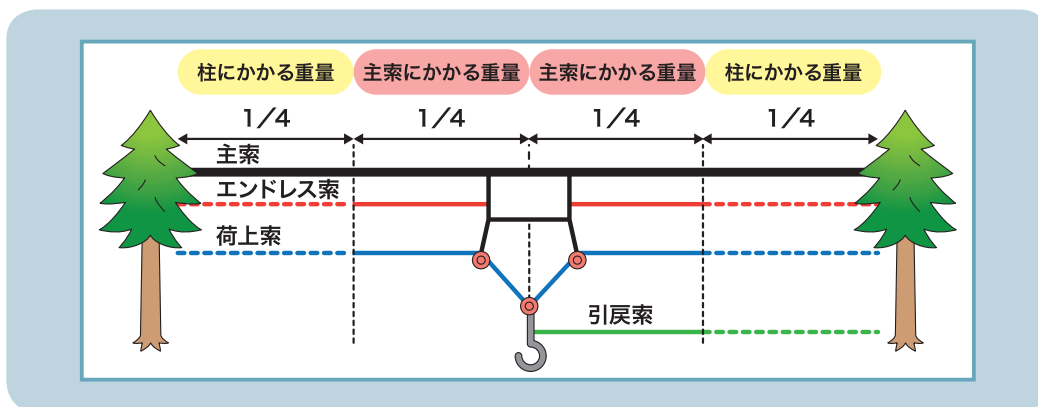
### (ア) 作業索重量

Point 1

索張り方式により、主索にかかる作業索の重量は異なる

索張り方式に応じた主索にかかる作業索重量は、各索の単位重量（1m当たりの重量）に、張り上げたときに主索に重量がかかる、支間長内の見込量を乗じて求めます。

搬器が支間の中央にあるとき、エンドレス索や荷上索のように支間に張られている索は斜距離の1/2、引戻索のように支間の片側に張られている索は斜距離の1/4を乗じます。



### 主索にかかる作業索の見込量（3胴式エンドレスタイラー方式の場合）

【計算式】 各作業索の重量 = 斜距離 × 見込量 × 単位重量（1m当たりの重量）

作業索重量 = 各作業索の重量の合計

【計算例】 斜距離 500mの場合

エンドレス索重量 = 500m × 0.5 × 単位重量

荷上索重量 = 500m × 0.5 × 単位重量

引戻索重量 = 500m × 0.25 × 単位重量

作業索重量 = エンドレス索重量 + 荷上索重量 + 引戻索重量

## (イ) 空搬器重量

Point i

搬器の構造や使用する機器により重量は異なる

空搬器重量は、作業計画で選定した索張り方式に合わせて、使用する搬器やガイドブロック、ロージングフック、ロージングブロック、重錘、スリングなどの重量を合計して求めます。また、荷上索の安全係数を求める場合は、ロージングブロック、ロージングフック、重錘、スリング等の荷上索にかかる機器の重量となります。

なお、一般的な3胴式エンドレスタイラー方式では、搬器、ガイドブロック（2個）、ロージングブロック、ロージングフック、重錘、スリング等が考えられ、個別の重量は、カタログ等から求めることができます。

【搬器】

常用荷重	シーブ径	重量	備考
2t	5インチ	43kg	2輪
2t	5インチ	65kg	4輪
3t	6インチ	91kg	4輪
5t	8インチ	180kg	4輪

【ガイドブロック】

常用荷重	シーブ径	使用索径	重量	備考
2t	6インチ	8~12mm	5kg	
3t	7インチ	8~14mm	7kg	
3t	9インチ	12~14mm	10kg	

【ロージングブロック】

常用荷重	シーブ径	重量	備考
2t	5インチ	21kg	2車
3t	6インチ	36kg	2車
5t	8インチ	62kg	2車

## (ウ) 積荷重量

Point 1

積荷となる材の重さは、材積から推定

積荷重量は、立木の大きさや樹種、伐出方法（全木、全幹、短幹）により異なります。集材架線設計計算では、その架線で利用される最大の重量とします。

積荷となる材の重量は、搬出対象となる立木の材積に比重を掛けたものになりますが、現場で簡単に重量を想定する場合は、全木の場合は比重を1.3、短幹及び全幹の場合は比重を1とします。

短幹の材積は、末口自乗法（丸太の末口の直径（m）×丸太の末口の直径（m）×丸太の長さ（m））、全幹の材積は、胸高直径と樹高から立木幹材積表や幹材積計算プログラムによって求めることができます（第4章4-2を参照）。

**【参考】 伐倒直後の生材の比重**

- ・ 伐倒直後の生材の比重は、スギで0.89、ヒノキで0.94、カラマツで0.88、アカマツで0.90程度
- ・ 比重0.9の原木の1m<sup>3</sup>当たりの質量は0.9tとなる。

## オ 補正計算に必要な項目

Point 1

補正計算では、設計荷重と主索原索垂下比に対する補正を行う

主索の最大張力を求める際に、補正計算を行う場合は、衝撃係数や弾性伸長及び支点変位についての補正值を決定します。衝撃係数は、設計荷重に対する補正で、弾性伸長と支間変位は、主索原索垂下比に対する補正です。

### (ア) 衝撃係数

Point 1

材を吊り上げて搬器を走行させる等の作業で発生する衝撃の補正

衝撃係数は、材を吊り上げて搬器を走行させる等の作業で発生する衝撃を、設計荷重の重量増加に換算して計算するものです。補正計算を行う場合は、設計荷重のうち、空搬器重量と積荷重量の合計に衝撃係数を掛けます。その係数は、通常0.2~0.3の値を使用します。なお、補正計算を行わない場合は、主索の張力を減少させる現象についての補正を行わないため、安全側に計算することになるので、衝撃計算を0として計算しても構いません。

$$\text{設計重量} = \left[ \begin{array}{c} \text{空搬器重量} \\ + \\ \text{積荷重量} \end{array} \right] \times \underset{(1+0.2\sim 0.3)}{\text{衝撃係数}} + \text{作業索重量}$$

### (イ) 弾性伸長

Point 1

ワイヤロープに張力を加えた場合の伸びを補正

弾性伸長は、ワイヤロープに張力を加えた場合に、ワイヤロープが伸びて垂下比が大きくなることで、負荷時のワイヤロープの弾性伸長率から補正係数を求めて補正します。

最初に、使用するワイヤロープの弾力係数及び断面積から、張力1kN当たりの弾性伸長率を求めます。そして、無負荷時と負荷時の最大張力差と張力1kN当たりの弾性伸長率から負荷時のワイヤロープの弾性伸長率を求めます。なお、弾力係数は、6×7のワイヤロープの場合、新品で98～、中古品で137を利用します。

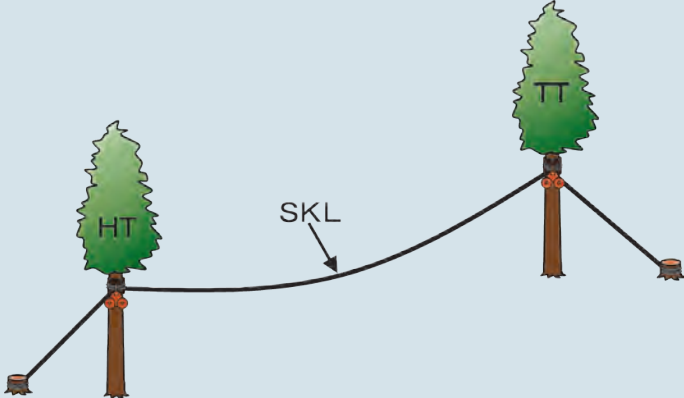
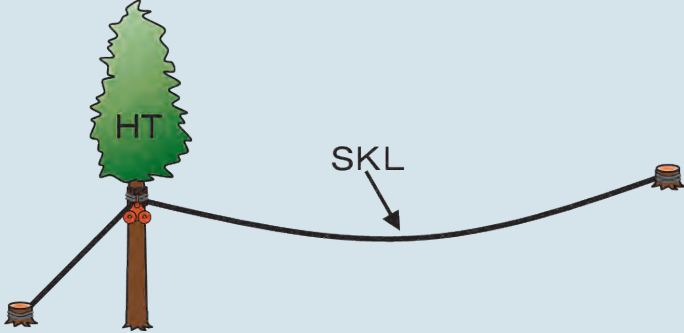

(ウ) 支点変位

Point 1

負荷時にサドルブロックの位置が支間の内側に移動する量を補正

負荷時にサドルブロックの位置が支間の内側に移動することにより、垂下比が大きくなるので、支点変位率から補正係数を求めて補正します。

負荷時にサドルブロックの位置が支間の内側に移動する量（支点変位量）と斜距離から支点変位率を求めますが、実際には、支点変位量の測定は困難なため、支点の状況により0.001～0.0005の支点変位率を定めます。なお、支点変位率は支点の状態により異なります。

支点の状態	略図	支点変位率
<p>元柱・先柱ともにサドルブロックを使用し、両方の支点に変位がある場合</p>		<p>0.001～0.0005</p>
<p>元柱・先柱のどちらか一方にサドルブロック、他はスタンプや埋め込みアンカー等を使用し、1支点に変位がある場合</p>		<p>0.0005</p>
<p>両支点ともスタンプや埋め込みアンカー等を使用し、支点変位が無い場合</p>		<p>0</p>

## 力 最大巻上揚程

Point 1

地形と負荷時の主索の垂下量から最大巻上揚程を求める

荷上索の安全係数を求めるためには、主索より地表までの最大距離（最大巻上揚程）を求めなければいけません。これは、森林基本図等から支間の地形を読み取ると共に、支間距離や原索中央垂下比及び主索の安全係数を求めるために算出する荷重比を用いて、負荷時の垂下量を推定し最大巻上揚程を求めます。なお、ここで推定される垂下量から労働基準監督署に提出する設計図を作成します。

### (4) 安全係数

架線集材で使用する各ワイヤロープの強度が安全範囲に入っているか確認するためには、安全係数を求め安衛則で規定されているワイヤロープの安全係数と比較します。

$$\text{安全係数} = \frac{\text{ワイヤロープの破断荷重}}{\text{集材架線設計計算で求めたワイヤロープにかかる最大張力}}$$

安衛則で規定されているワイヤロープの安全係数は下記のとおりで、その用途に応じて、規定された安全係数以上の値となるワイヤロープを使用しなければならないとされています。

ワイヤロープの用途	安衛則で規定された安全係数
主索	2.7
作業索（荷上索を除く）	4.0
荷上索	6.0（簡易架線集材装置の場合は4.0）
ガイドライン	4.0
台付けロープ	4.0
スリング	6.0（簡易架線集材装置の場合は4.0）

### (5) 集材架線設計計算

#### ア 主索の安全係数

Point 1

設定した原索中央垂下比まで張上げるために必要な張力を推定し安全係数を求める

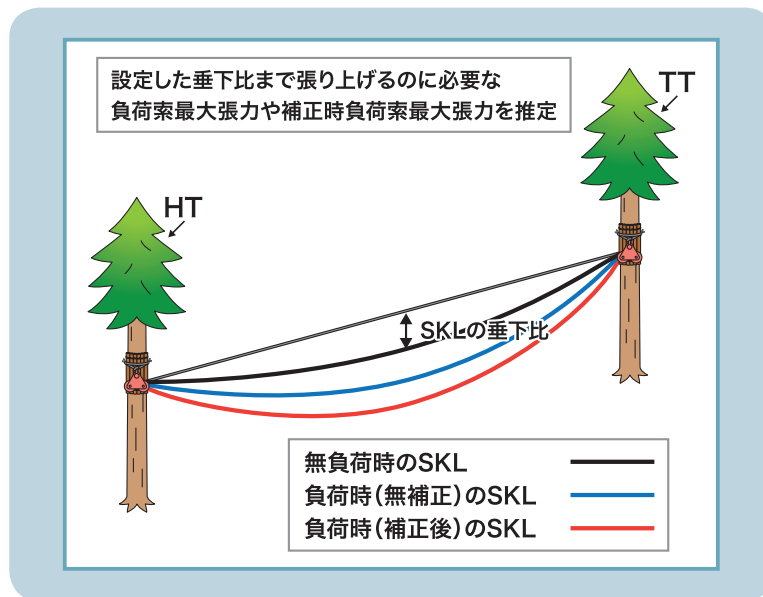
主索を張り上げると、主索は、その自重や空搬器重量及び作業索重量、積荷重量によりたわみ、曲線を描きます。

集材架線設計計算では、原索中央垂下比を設定し、その状態まで張り上げるために必要な張力（負荷索最大張力）を推定することで、架線計画での主索の安全係数を求めることができます。

Point 1

補正計算により、実際の状態に近い張力（補正時負荷索最大張力）を求めることができる

実際には、作業中に搬器や積荷に衝撃が加わること（衝撃係数）や荷重をかけた場合にワイヤロープが伸びる（弾性伸長）こと、主索に負荷した場合に支柱が若干内側に移動（支点変位）することから、主に主索の張力を減少させる現象が発生し、主索のたわみ量が変わります。このため、これらの要因について補正した後の、主索のたわみ量を求め、この時にかかる最大張力（補正時負荷索最大張力）から安全係数を求めることで、現実に近い状態の安全係数を求めることができます。



Point 1

張力検定を行い、計算で求められた張力で主索を張り上げて計算した安全係数を確保

この計算で求められた安全係数が安衛則の規定値以上であれば、使用する主索の強度が十分であると判断することができます。なお、実際の架設作業において、張力検定を行い、設計計算で求めた張力で主索を張り上げることにより、計算で求めた安全係数を確保できます。



## イ 作業索の安全係数

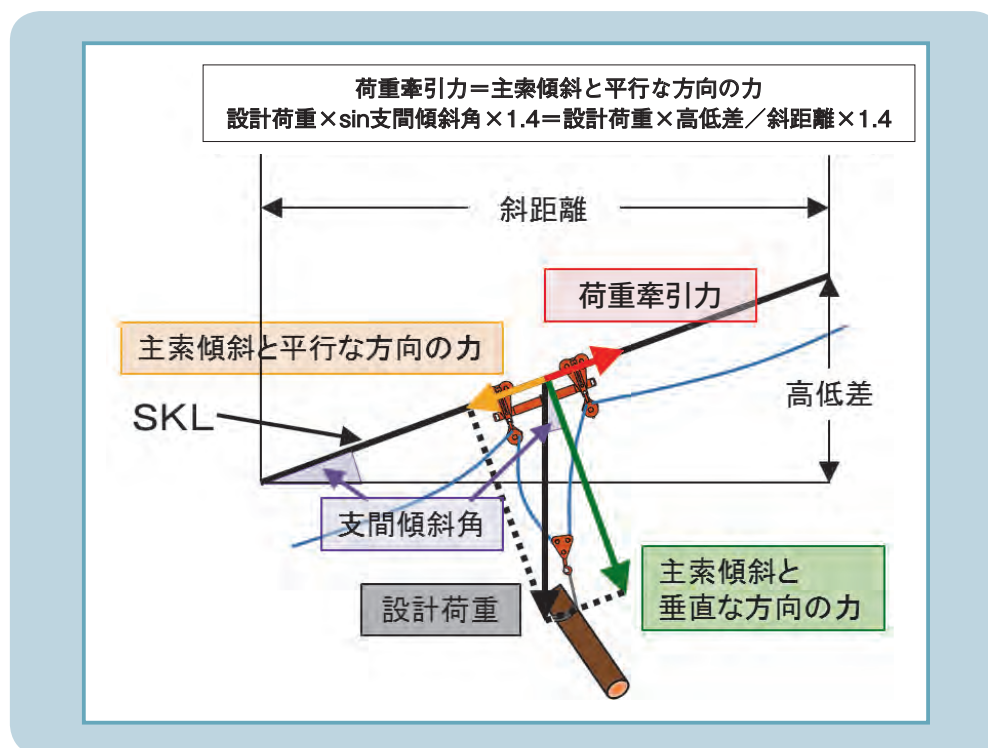
### (ア) 引戻索やエンドレス索の安全係数

Point 1

各作業索の安全係数を求めるためには、最初に荷重牽引力を求める

索張り方式に応じた各作業索の張力を計算し、安全係数を求めるためには、最初に搬器を主索上において走行と停止させるために必要な荷重牽引力を求めます。

搬器や積荷荷重といった重量（設計荷重）を主索傾斜と並行な方向の力（搬器等を引きおろそうとする働き）と主索傾斜に垂直な方向の力（搬器を押しつける働き）に分解します。搬器等を主索上において停止させるためには、主索傾斜と並行な方向の力につりあう牽引力を加えます。この牽引力が荷重牽引力のことで、これを求めるためには、支間傾斜角を用いた簡易な計算方法があります。



Point 1

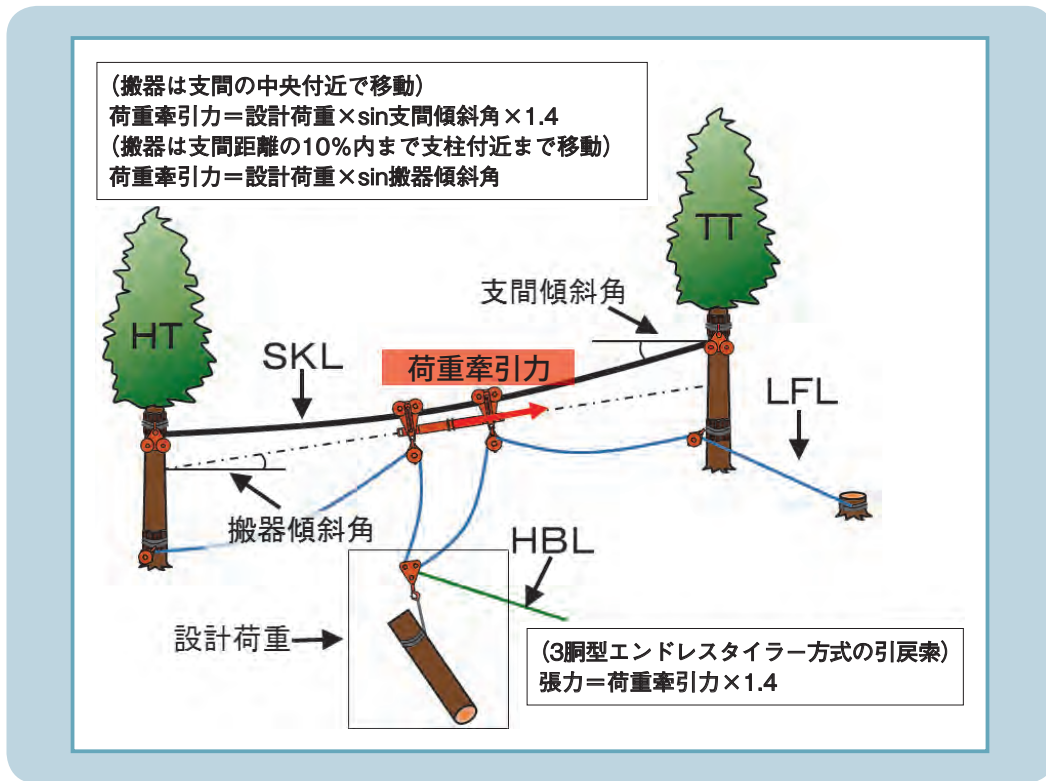
搬器が上部支柱の支間長10%以内に接近する場合は、別途計算で荷重牽引力を求める

荷重牽引力は、支間傾斜角を用いた簡易な計算方法で求めることができますが、搬器が上部支柱の支間長10%以内に接近する場合は、支間傾斜角より搬器の傾斜角が大きくなることから、荷重牽引力も大きくなるので、別途、搬器の傾斜角を用いた計算により求めます。

Point 1

引戻索が搬器の傾斜方向とは異なる方向に引く場合の張力は、荷重牽引力の1.4倍

引戻索による横取りを行う場合等では、引戻索は搬器の傾斜方向とは異なる方向に引っ張られます。このため、引き込まれる角度による張力増加量を1.4倍程度と見なして張力を求めます。タイラー式やエンドレスタイラー式の引戻索の安全係数はこの値から求めます。



Point 1

エンドレス索は基礎垂下比から垂下量を求めて張力を算出

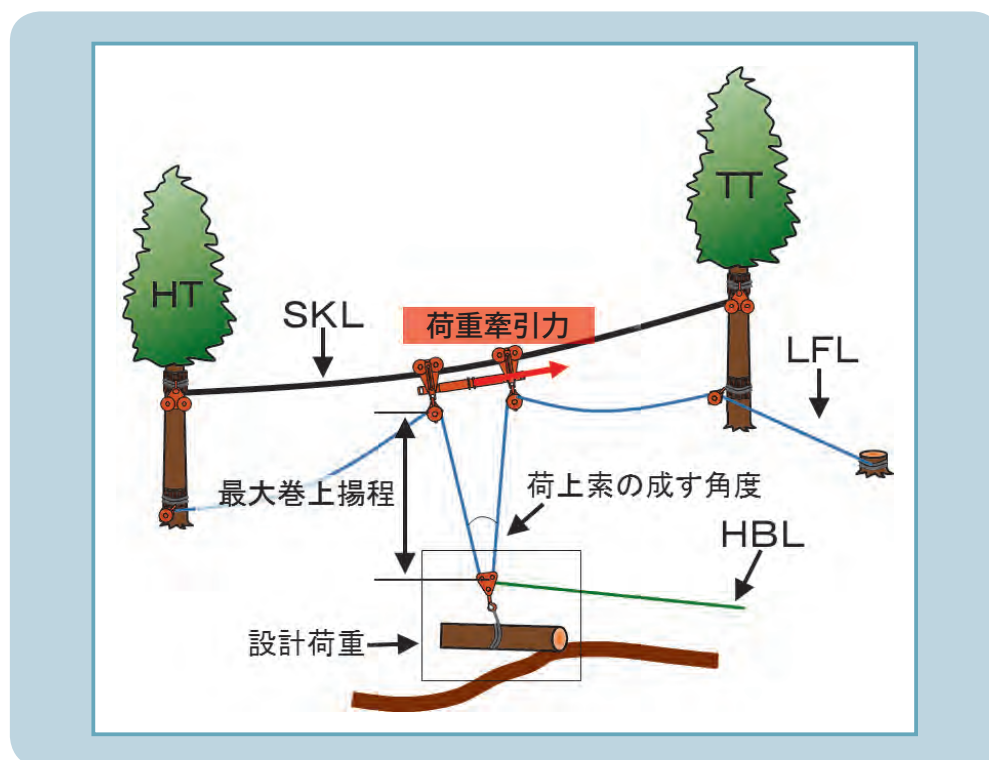
エンドレス索を主索に沿って張り上げる場合では、すでにワイヤロープを引き締めているので、荷重がかからなくても張力は生じています。このため、主索の最大張力を求める場合と同様に、エンドレス索の基礎垂下比から、エンドレス索がたわむ量を求め、エンドレス索の支間長分の重量を掛けて張力を求めます。なお、エンドレス索の基礎垂下比は、空搬器を支柱に近づけた場合に、その垂下比が主索の1.2~1.3倍程度に緊張させるのが良いとされています。エンドレスタイラー式のエンドレス索等の安全係数はこの値から求めます。

## (イ) 荷上索の安全係数

Point 1

ロージングブロックの個数や吊上げる高さ等により張力が異なる

荷上索には、ロージングブロックや重錘、スリング、積荷荷重等の他に、引戻索の張力（荷重牽引力）や主索より地表までの最大距離（最大巻上揚程）が必要になります。



エンドレスタイラー方式等で、ロージングブロックを用いて2本のワイヤロープを使って引き上げる場合の荷上索の張力は、ロージングブロックが動滑車となるので、通常の半分の張力となり、これに、最大巻上揚程（引き上げる高さ）を掛けることで求めることができます。したがって、横取りする場合の最大巻上揚程は、横取り距離を考慮した値とします。また、荷重牽引力については、引戻索やエンドレス索の安全係数を求めたときと同様に作業する搬器の位置により値が異なります。

なお、厳密には荷上索の成す角度により、求めた張力の $1/\cos$ （荷上索の角度/2）倍の力がかかる（荷上索の角度が $90^\circ$ の場合は、約1.4倍の張力となる）ことになります。このため、荷上索を巻きすぎないように注意します。

## (6) 計算方法

Point 1

面倒な設計計算も、計算ソフトを利用すれば10～20分で終了

集材架線設計計算には決められた様式はありません。エンドレスタイラー方式やダブルエンドレス方式等の主な索張り方式については、集材架線設計計算ソフトに基本事項を入力するだけで、容易に主索及び作業索の安全係数を計算することができます（第4章4-2を参照）。なお、計算結果は集材架線設計書として印刷できますが、この他に、労働基準監督署に提出する書類も作成可能です。