

7 送電線建設工法等の整理

7.1 送電線整備に必要となる調査・設計項目の整理

一般的な送電線ルート選定で実施される作業工程を、調査・測量・設計、事業費の検討の視点から整理すると共に、本業務で実施した範囲を明確にした。

7.1.1 一般的な送電線ルート調査・設計の流れ

送電線のルートは、一般的に図 7-1 の流れで実施され、事業の熟度を高めていく。

ルート選定	調査	測量・設計	事業費
<p>ルートゾーン設定</p> <p>↓</p> <p>概略ルート選定</p> <p>↓</p> <p>複数ルート検討</p> <p>↓</p> <p>概略ルート絞込</p>	<p>【机上調査】 自然環境保全法、自然公園、森林法などの諸法規など選定に必要な情報の収集を行う。(1/20 万図レベル)</p> <p>【概略調査】 年計画図、土地利用図、詳細な法規制範囲、地質、気象、重要な自然環境・生物等に関する情報を収集する。(1/5 万図レベル)実情を確認するため概略ルートについて、重要な地点の現地踏査を行う。</p>	<p>【比較設計】 地形・地質及び施工条件を考慮して、鉄塔位置を決め、概略縦断図を作成して縦断検討を行い、線路概要と施工性、経済性について検討する。</p>	
<p>基本ルート選定</p> <p>↓</p> <p>詳細ルート選定</p> <p>↓</p> <p>工事施工調査へ</p>	<p>【現地調査】 平面図（縮尺 1/5000 または 1/2000）に、他工作物、主要河川、道路、鉄道、既設送電線を調査し記入する。</p> <p>【詳細調査】 基本ルート上の鉄塔予定地点及び線下接近物などの現地情報を踏査で得る。</p>	<p>【概略設計】 絞り込まれた候補ルートに関して概略線形計画、送電線設備の概略設計を行う。</p> <p>【基本測量・基本設計】 航空測量により平面・縦断図を作成する。最適縦断設計を行い、検討結果を仮線路台帳に集約して、線路概要と施工性、経済性について検討する。</p> <p>【詳細測量・詳細設計】 中心縦断測量と下線縦断測量を行い、これらの測量結果から詳細縦断設計を行う。</p>	<p>【事業費概算】 平面及び概略縦断図の検討結果を仮線路台帳に集約して概略の事業費を算出する。</p> <p>【基本事業費算定】 平面及び縦断図の検討結果を線路台帳に集約して概算事業費を算出する。</p> <p>【詳細事業費算定】 平面及び実測縦断図の最終検討結果から詳細な事業費を算出する。</p>

図 7-1 一般的なルート調査・設計の手順

7.1.2 送電線のルート選定に必要な調査

<調査範囲の設定>

発電所から変電所までの起終点を直線で結び、適当な幅を持った調査範囲を設定する。

<ルートゾーンの選定>

20 万分の 1 程度の地形図のレベルで、諸法規、自然・社会環境、地形・地質、気象などについて、机上並びに現地概況調査を行いある程度の幅をもった「ルートゾーン」を選定する。

<概略ルートの選定>

選定したルートゾーンを対象に、環境、用地、技術に関する主要な条件について、既存の資料（1 / 5 万図レベル）及び現地調査から現況の詳細な調査検討を行い、概略ルートを選定する。

机上ならびに現地調査の結果から、環境、用地、技術、経済性などを総合的に検討し、建設の合理性が高いルートを絞り込む。

概略ルートが 1 ルートに限定できない場合は代替え案を選定し基本ルート選定時に細部検討する。この段階で必要に応じ関係する自治体や地域住民などの意向を調査する。

<基本ルートの選定>

基本ルートの選定は空中写真測量などにより、対象地域の実測平面図（1/2000～1/5000）、仮縦断図、線路台帳を作成し、鉄塔位置（重角度、長径間箇所）、周辺の他工作物、建造物などとの位置関係、法令及び用地関係を含めて、机上にてさらに詳細かつ総合的な検討を行う。

机上での検討事項を踏まえ、現地において詳細な調査を行う。各鉄塔の位置における地形、地質、主要な横過物との接近、樹木の伐採の要否と地権者との関係などを調査する。また施工方法、資材の搬入方法などについても検討し確認する。

これまでの調査検討結果を総合的に点検し、基本ルートを選定する。選定されたルートは関係する官公庁、自治体、関係地権者に説明し、用地交渉を行いその了解を得て現地における中心線測量、鉄塔敷地測量、伐採範囲調査、搬入路やヘリポート等の工事施工調査を実施する。

なお、送電線、変電所等は、環境影響評価法の対象事業ではないが、環境影響評価条例が制定されている群馬県、東京都、神奈川県などでは、規模や地域の要件が該当した場合、条例に基づいた環境影響評価が必要になる。環境影響評価条例が策定されている地方公共団体については 7.1.3 で整理した。

概略ルート選定で必要な資料、調査項目は表 7-1 にまとめた。これらの項目の内容すべ

てを網羅するには、現地における詳細な調査・測量、長期間のモニタリング、自治体や地権者との交渉、大規模な航空測量等を実施する必要があるため、本業務において可能なもののみを実施した。詳細は巻末資料に収録した。

表 7-1 概略ルート選定に関して必要な調査項目

検討用ベースマップ	地形図
	標高データ(10m メッシュ)
回避エリアの検討基準	回避エリア・回避検討エリア
その他の検討基準	技術条件、環境条件(自然、生活、文化)
	法規制
	建設コスト
	行政の意向
概略ルート選定時の適用基準	電線弛度計算に用いる緒元
	電線地上高・離隔距離
	鉄塔・がいし
	用地調査
	保守管理の難易度
	現地調査
	詳細平面図・縦断図作成
概略ルートの選定	鉄塔の配置
	径間長・水平角度の検討
	地盤高低差の検討
	最低地上高の検討
	がいし型(耐張、懸垂)の検討
概略ルートの絞り込み	径間長の制限
	懸垂鉄塔の使用制限
	既設送電線との接近、交差
	その他工作物等との接近、交差
	河川横過について
	併架、共架
	耐張鉄塔の基数抑制
	重角度鉄塔の回避
	著しい短径間、長径間の回避
	その他詳細調査

7.1.3 環境アセスメント条例の制定状況

送電線の建設は環境影響評価法の対象事業には該当しないが、いくつかの自治体で条例対象の事業として位置づけられている。

対象事業に「送電線路の設置または変更」があげられている地方公共団体を表 7-2 に、変電所の設置または変更」があげられている地方公共団体を表 7-3 にまとめた。

対象事業の電気工作物に「送電線路の設置または変更」が挙げられている地方公共団体は 8 県 1 市である。このうち、17 万 V 以上の送電線路の設置または変更事業が条例の対象として位置づけられていたのは、群馬県、東京都、神奈川県、山梨県の 4 県である。また、対象事業の電気工作物に「変電所の設置または変更」があげられている地方公共団体は 5 県 3 市であった。

表 7-2 対象事業「送電線路の設置または変更」の要件

地方公共団体	選定の有無	規模要件 (第 2 種要件)	地域要件 (第 2 種要件)
岩手県	△		(特別地域： 電圧 50 万 V・2km)
群馬県	●	50 万 V (17 万 V・ 亘長 4km)	配慮地域： 17 万 V・亘長 4km (17 万 V・亘長 1~4km)
東京都	●	17 万 V、1km	
神奈川県	●	17 万 V、1km	
富山県	●		自然環境特別配慮地域 A 地域：17 万 V、1km
山梨県	●	新設：17 万 V 変更：3km	
岐阜県	●	25 万 V	
岡山県	●	50 万 V	
仙台市	●	25 万 V、10km	A 地域：25 万 V、7km B 地域：25 万 V、3km

●：条例の対象事業として選定。 △：簡易手続、又は条例スクリーニングの対象となる事業（表中「第 2 種」と略）のみを対象。（ ）内：条例上の第 2 種事業に関する要件。
平成 26 年 12 月 11 日現在（各県等の HP より情報収集した）

表 7-3 対象事業「変電所の設置または変更」の要件

地方公共団体	選定の有無	面積要件 (第2種要件)	地域要件 (第2種要件)	備考
宮城県	●			アセス法対象事業未満の規模で、かつ、規模工場・事業場の造成面積の規模及び地域要件に該当すれば対象
群馬県	●	50ha (20～50ha)	配慮地域：20ha (5～20ha)	開閉所も対象とする。
埼玉県	●	20ha		
神奈川県	●	3ha	甲地域：1ha 乙地域：3ha	
静岡県	●	5ha		
仙台市	●	20ha	A 地域：10ha B 地域：5ha	
横浜市	●	3ha (2.5～3ha)		
枚方市	●	3ha 開発行為を伴う事業の場合は該当		

●：条例の対象事業として選定。 () 内：条例上の第2種事業に関する要件。
平成26年12月11日現在（各県等のHPより情報収集した）

7.2 地形条件等に応じた建設工法等の整理

ルート検討にかかる測量技術等の応用に関して最新の情報を整理すると共に、送電線建設において一般的に用いられる建設手法について工法・仕様を地形条件と対応づけて整理した。

7.2.1 ルート検討にかかる、測量技術等の応用による手法の検討

近年の技術の進歩により、測量、環境調査等の分野では、航空写真測量・航空レーザー計測などを実施することにより、効率化、精度の向上が図られるようになっている。また GIS やルート選定専用のシステム等を利用することで、紙ベースの作業から PC を使用した作業に移行しつつあり、デジタル化された測量成果から各種図面作成、地形や環境情報等の解析、送電線建設のシミュレーション等を効率的に行うことが可能となっている。

本項では特にルート選定に係る測量技術の応用について述べる。

表 7-4 ルート検討に関して活用可能な新しい技術

段 階	調査内容	改善代替案等	No
ルートゾーン選定	法規制（広域）	電子化された配信データを利用し、GIS や専用システム上に表示することにより各種データ及び測量成果等の同時表示、重ね合わせ表示が可能となる。	
概略ルート選定	ベースマップ	数値地形図に標高データを重ね合わせることで、地形の起伏、傾斜度を平面図上で検討することができる。最近では国土地理院より全国の 10m メッシュの細密標高メッシュが配信されている。	①
	大縮尺地形図	航空写真測量により空中写真を撮影することで、同時期に均一な精度の現況を広範囲に把握することができ、現地に立ち入ることなく平面図や縦断図を作成することができる	②
	景観シミュレーション（自治体や住民への説明）	コンピュータグラフィック技術を用いて、鉄塔及び送電線の 3DCG を作成し、上記の空中写真データを 3次元モデリングすることにより、自由な視点から送電線建設後の景観をシミュレーションすることができる。	③
基本ルート選定	詳細地形図 敷地平面・縦断図	航空レーザー測量を行うことで高密度の 3次元点群データを取得することができ、空中写真で読み取りにくい山林内の地形を、現地に立ち入ることなく高精度に計測することができる。 また地盤面と表層（樹木など）の高さを同時に計測することができ、伐採計画、倒木離隔などを机上で検討することができる 50cm メッシュ程度の密度で計測することも可能であり、鉄塔建設地点の詳細な地形平面・縦断図を作成でき、建設工法等の机上検討に用いることができる。	④

表 7-4 では、送電線ルート選定に利用できる近年発展した測量等の技術を整理した。それぞれの技術の特徴等を以降で説明する。

① 法規制データ・マップ等の効率的な利用

国土地理院発行の数値地図をはじめとする地形図データ、送電線建設に係る法規制エリア情報、自然環境・社会環境を数値化した地理空間情報などは、送電線ルート選定に不可欠なものである。これらはインターネット等を通じて入手できるものが少なくないが、それぞれの情報を重ねて表示し、抽出や分類、演算等の解析をすることが必要となる。

すでに一般的にも普及している GIS (Geographic Information System) (図 7-2) を用いて、ルート選定に必要な情報を効率的に利用することが可能となっている。

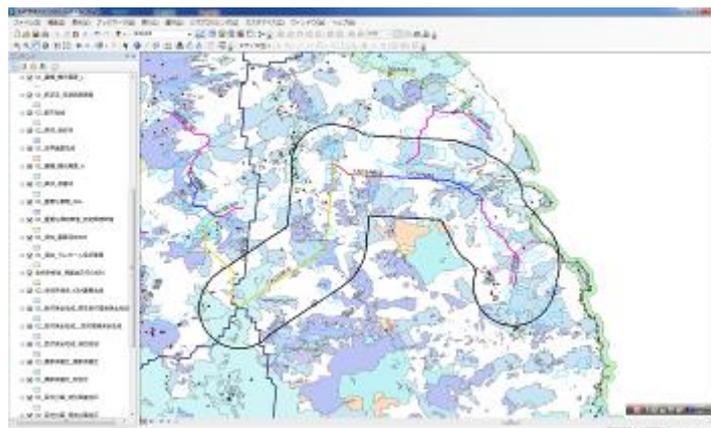


図 7-2 GIS ソフトの例 (ArcGIS ESRI 社)

さらに、ルート検討に特化した機能を付加及び集約し、より効率的に作業が行えるアプリケーションへのカスタマイズや、様々なシステム構築が期待される。

本業務においても GIS 及び送電線ルート検討システムを用いて作業の効率的化をはかっている。

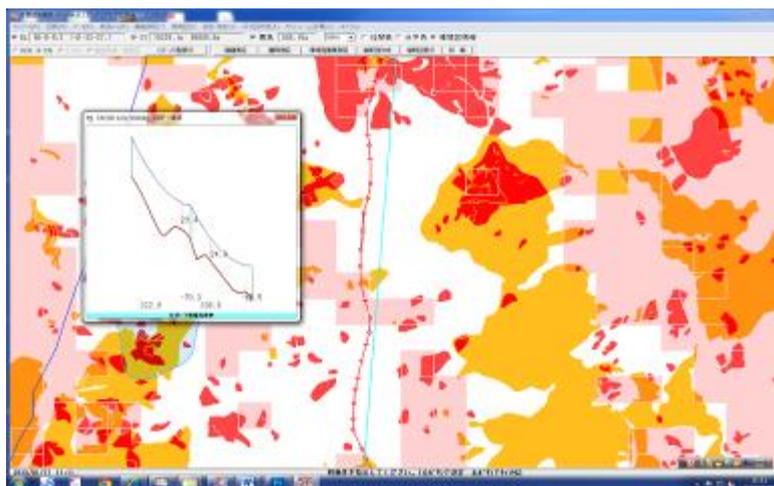


図 7-3 送電線ルート検討システムの例
(任意縦断検討システム アジア航測)

② デジタル航空写真測量

ルート選定から始まる送電線建設計画には、広範囲かつ均一な精度の地理情報が不可欠となる。その基本となる大縮尺地形図及び空中写真等を取得するためには航空写真測量を実施するのが一般的である。

近年デジタル化が進み、空中写真画像だけでなく様々な情報を取り出すことが可能となり、またデジタルデータの利点を活用した応用測量技術が発展している。



図 7-4 デジタル航空カメラ

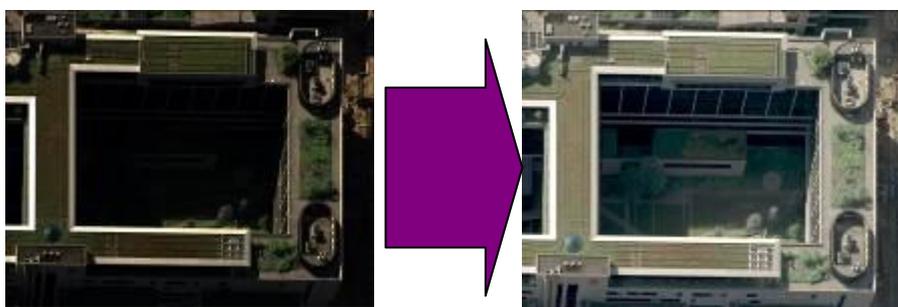


図 7-5 デジタル画像処理による陰影部の解析

③ 3DCG と景観シミュレーション

送電線を新設するにあたり、関係省庁・自治体等及び地域住民への説明を行う際、建設後の景観シミュレーションを行うことが必要となる。3DCG と空中写真画像等を組み合わせることでよりリアルなシミュレーションが可能となっている。

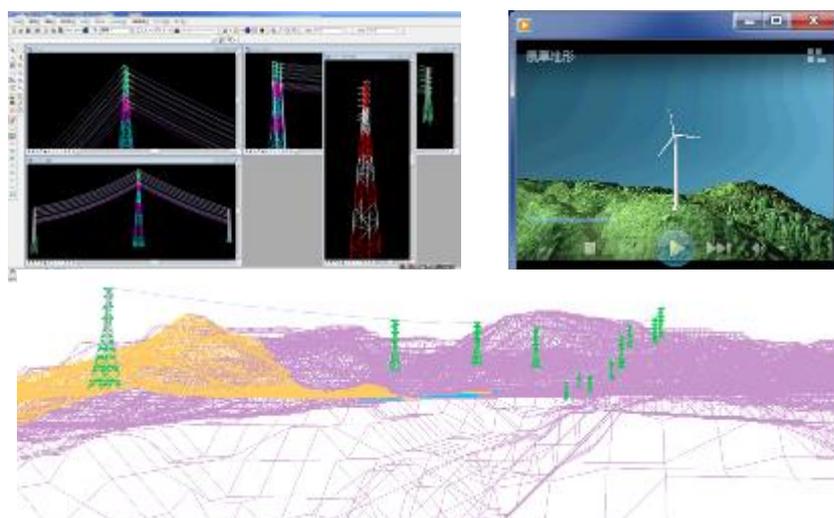


図 7-6 3DCG と景観シミュレーションの例

④ 航空レーザー測量

航空レーザー測量によって高密度な 3 次元点群データを取得することで、これを解析することで、等高線、縦横断面図の他、ルート選定に必要な様々な情報を得ることができる。

山地を通過することが多い送電線ルートにおける森林の地盤高の取得は、空中写真では樹木の陰になり計測が困難であることから、航空レーザー計測が有効である。

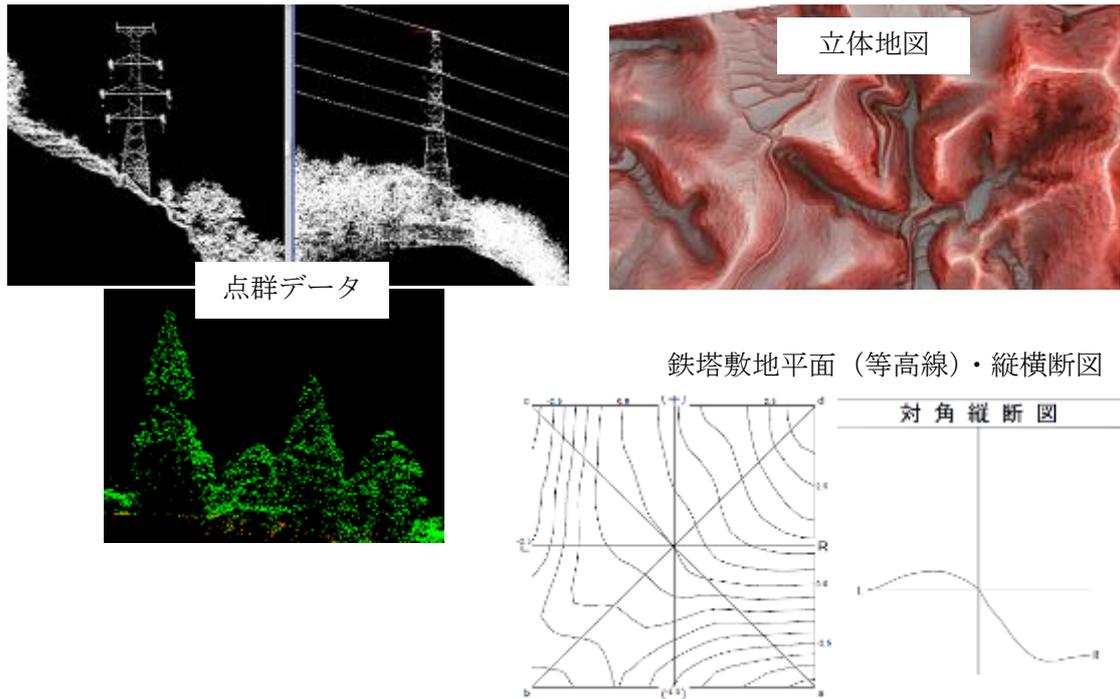


図 7-7 航空レーザー計測による解析例

1) ヘリコプターの機種

送電線工事に使用されている代表的なヘリコプターを図 7-11、その性能・諸元を表 7-5 に示す。

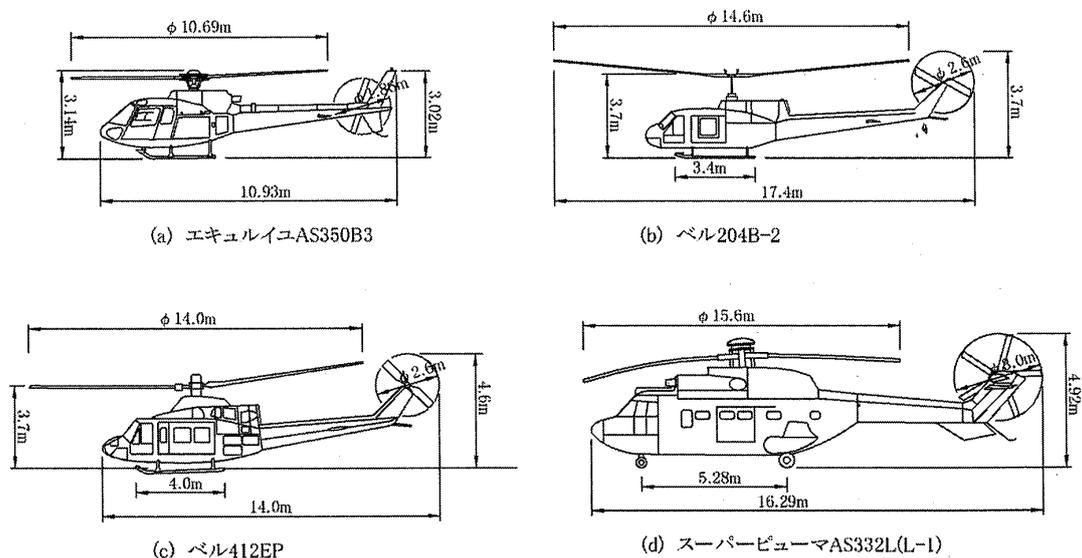


図 7-11 代表的なヘリコプター

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

表 7-5 代表的なヘリコプターの性能・諸元

形式名	エキュルイユ AS350B3	富士ベル 204B-2	ベル 412EP	スーパーピューマ AS332L(L-1)
メーカー(国産)	ユーロコプター (国際共同)	富士重工 (日)	ベル (米)	アエロスパシヤル(仏)
エンジン機種・基数	ツルボメカ アリエル2B×1	タービンライカミング T-53×1	P&Wエアクラフト・オブ・カナダ PT6T-3D×2	マキラ 1A×2
エンジン出力(最大)	847	1,400	1,800	1,819×2
〃 (常用)	728	1,100		1,585×2
最大速度 [km/時]	287	220		287
巡航速度 [km/時]	246(220)	150	243(220)	200
航続距離 [km]	662	400	783	650
航続時間 [Hr]	4	2	3.87	3.9
最大全装備質量 [kg]	2,250	4,000	5,398	8,350
自重 [kg]	1,174	2,200	3,080	4,800
実用積載質量 [kg]	500~700	800~1,300	800~1,300	2,800~3,300
乗員 [人]	1(2)	2	1(2)	2
最大乗客数 [人]	6	8	14	30
機陸着長(前後) [m]	スキッド式	スキッド式 3.4	スキッド式 4.0	スキッド式 5.3
〃 (左右) [m]	2.17	2.2	2.84	3
主ローターブレード数	3	2	4	4

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

2) ヘリポート

送電線工事に使用されるヘリポートは、航空法に定められている「場外離着陸場」に相当し、その設置にあたっては航空局に申請書を提出し許可を受けなければならない。

ヘリポートに必要な設備は、ヘリコプター駐機場、燃料置場、事務所、トイレ、倉庫、駐車場、吹流し、散水設備などである。ヘリポートの設置例を図 7-12 に示す。

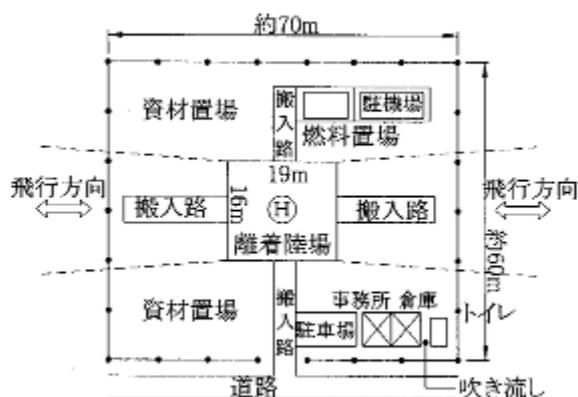


図 7-12 ヘリポートの設置例

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

3) 荷降ろし場

荷降ろし場は、鉄塔建設位置付近に設置し、物量に見合った広さの平坦な場所で、周囲が開けている箇所を選定する。荷降ろし場が傾斜地になる場合は、仮設ステージにより荷降ろし場を設置する。仮設ステージによる荷降ろし場の設置概要を図 7-13 に示す。

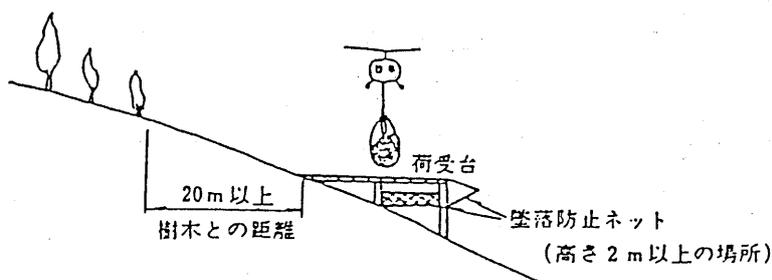


図 7-13 荷降ろし場

各運搬方法の特徴を表 7-6 に示す。

表 7-6 運搬方法の特徴

項目	運搬方法 車両 (運搬路)	索道	モノレール	ヘリコプター
運搬コスト	低	中	中	高
運搬距離	特に制限なし	亘長 最大 1km 程度	標準 300m 程度 最大 1km 程度	4km 程度 (HP～鉄塔間)
運搬経路 傾斜角	最大 6° ～9° 程度 (10～16%)	仰角 最大 30° 程度	最大 30° ～40° 程度	制限なし
運搬能力	車両と道路規格による	1t～3t 程度	0.5t～3.0t	1t～3t 程度
運搬速度	30km/h 以内	20～40m/分	15～30m/分	最大 80km/h
騒音	小	中	小	大
摘要	搬入する車両により幅員、道路構造を決定する。山地では盛切土量・伐採量が多くなる。	山地で、索道基地と鉄塔敷地の高低差が大きい場合や、谷を超える場合に有効な手段である。	モノレールルートを比較的自由に決められるため、急傾斜地や植林地などを回避できる。コンクリート運搬は別途検討する必要がある。	人家、国道、主要地方道上空を通過する場合は、関係各所へ確認の上計画する。

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

(2) 仮設備

送電線工事の仮設備には、塔内荷役設備や土止めしがら、作業構台などがあり、鉄塔作業敷地の地形や建設規模、工事期間などを考慮し適切に設置する。

① 塔内荷役設備

塔内荷役設備は、鉄塔作業敷地内で資材や機械工具を運搬する設備である。平地では移動式クレーンなどの移動式荷役設備を使用するが、山地では斜面傾斜があるためジブクレーンなどの固定式荷役設備及び小型の移動式クレーンを用いる。機種を選定にあたっては、作業半径や吊荷の質量などを考慮し、最適なものを選択する。山地で用いるジブクレーン及びカニクレーンの例を図 7-14 に示す。

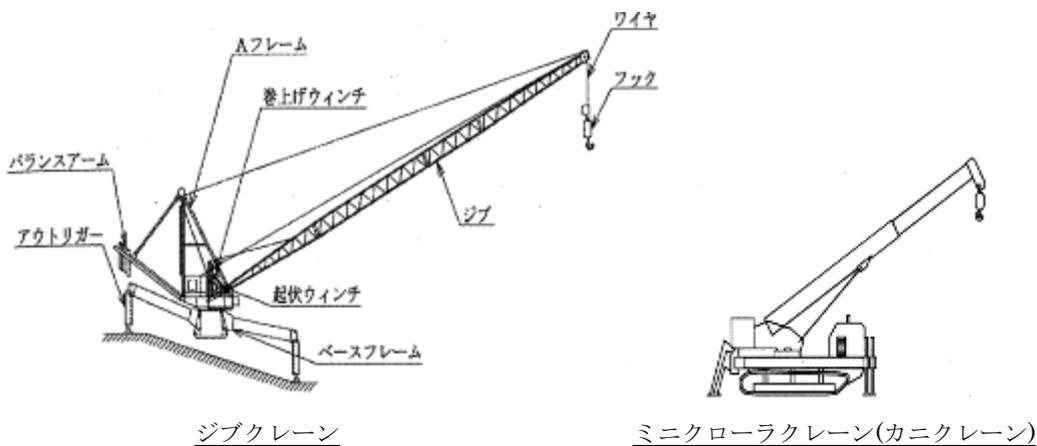


図 7-14 ジブクレーン及びミニクローラクレーンの概要

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

② 土止めしがら

土止めしがらは、鉄塔作業敷地内の傾斜地で施工上必要となる作業通路、重機通路などの造成及び掘削土の仮置き用として用いられる。工事完了後には撤去し、跡地は整地され元の地形に復旧する。土止めしがらの例を図 7-15 に示す。

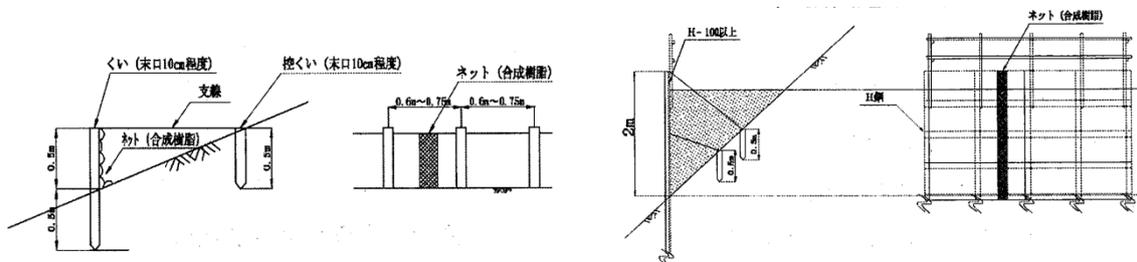


図 7-15 土止めシガラの例

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

③ 作業構台

作業構台は、傾斜地の鉄塔作業敷地で用いられ、作業場、資材置場、地組場、索道及びヘリコプターの荷降ろし場として使用される。一般的な作業構台は、鋼製ユニットのプレハブ式で、組み立てや解体の利便性、傾斜地への対応とユニット単位での面積を構築できる特徴を有しており、積載荷重は $0.5\text{t}/\text{m}^2 \sim 1\text{t}/\text{m}^2$ である。プレハブ式作業構台の概要を図 7-16 に示す。

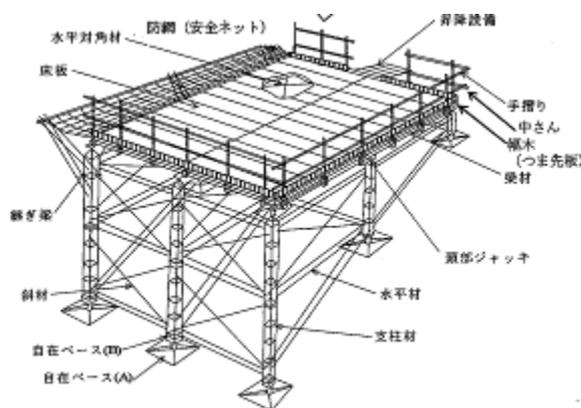


図 7-16 プレハブ式作業構台

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 関西支部 安全施工ポケットブック

(3) 鉄塔基礎工事

鉄塔の基礎は、直設基礎、くい基礎、ピア基礎、アンカー基礎に分類され、鉄塔建設地の地形・地質・運搬・鉄塔規模などを考慮して適切に選択される。

また基礎工事は、検測、杭打ち、掘削、据付け、配筋、コンクリート工、埋め戻し、整地、埋設地線などの作業がある。下記に各基礎型の概要を記す。

① 円形逆 T 字基礎

柱体部と円形床板部で構成された逆 T 字コンクリート基礎で、山地や丘陵地に適用される。掘削時の土止め材には、円形のライナープレートを使用し、施工性及び経済性に優れている。円形逆 T 字基礎の概略図を図 7-17 に示す。

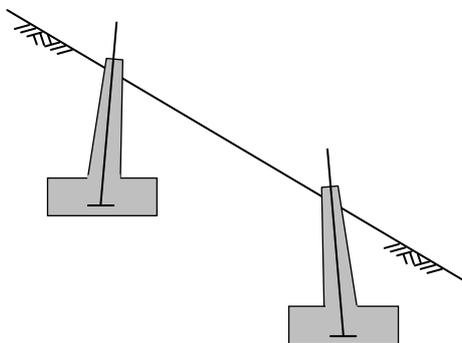


図 7-17 円形逆 T 字基礎

② 四角逆 T 字基礎

柱体部と四角床板部で構成された逆 T 字鉄筋コンクリート基礎で、地下水位は高いが比較的良質な支持地盤が浅いところに存在する平地の水田などに適用される。掘削時の土止め材には鋼矢板を使用し、鋼矢板の施工方法によって経済性に差がでる。四角逆 T 字基礎の概略図を図 7-18 に示す。

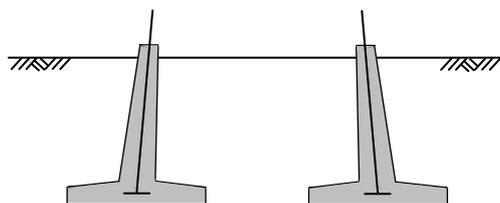


図 7-18 四角逆 T 字基礎

③ 深礎基礎

大型の重機搬入が困難で、支持層が深く、湧水の少ない山地や丘陵地に適用される。急傾斜地での施工も可能で、土止め材には円形ライナープレートが使用され、重機と人力による掘削となりコスト的には高くなる。深礎基礎の概略図を図 7-19 に示す。

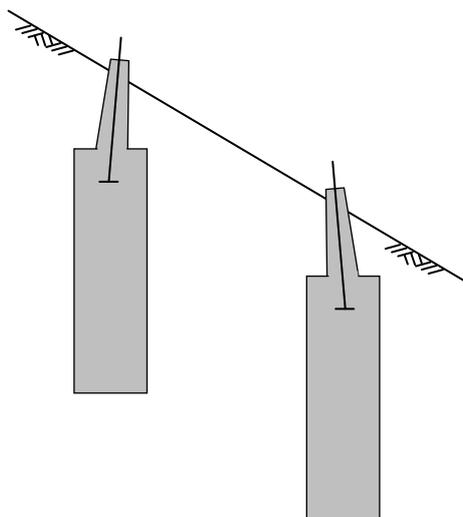


図 7-19 深礎基礎

④ 杭基礎

地下水位が高く、軟弱で支持層が深い場合に適用され、水田や河川敷、埋立地など主に平地部で用いられる。杭基礎は、支持機構により先端支持杭と摩擦支持杭に分けられ、また施工方法によって場所打ち杭と既製杭に分かれる。

1) 場所打ち杭

地盤を掘削した後、コンクリートを打設することで杭体を構築する工法である。この工法は適用地盤が広く、支持層が深い場合でも適用でき、大口径の杭を構築することも可能である。掘削方法により、オールケーシング工法、アースドリル工法及びリバース工法などに分類される。

a. オールケーシング工法

この工法は、掘削機によりケーシングチューブを揺動または回転圧入させながらハンマーグラブにより地盤の掘削と排土を行う。スライム処理を行った後、鉄筋籠を建て込み、トレミー管でコンクリートを打設しながらケーシングチューブを引き抜き、場所打ち杭を構築する。オールケーシング工法の機械設備概要を図 7-20 に示す。

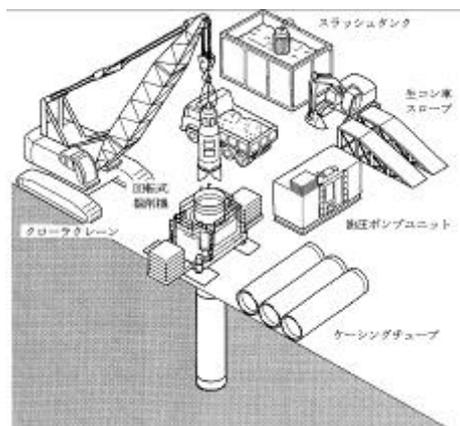


図 7-20 オールケーシング工法の機械設備

b. アースドリル工法

この工法は、アースドリル掘削機に取り付けられたケリーバの先端にドリリングバケットを装着し、ケリーバにより回転を与えられたドリリングバケットにより地盤を掘削し、バケット内部に収納される掘削土を地上に排出する。孔壁の保護は、表層部にケーシングを使用し、それ以深は安定液を注入し崩壊を防止する。掘削完了後、鉄筋籠を建て込み、トレミー管でコンクリートを打設しながら孔底の安定液を回収し、場所打ち杭を構築する。アースドリル工法の機械設備概要を図 7-21 に示す。

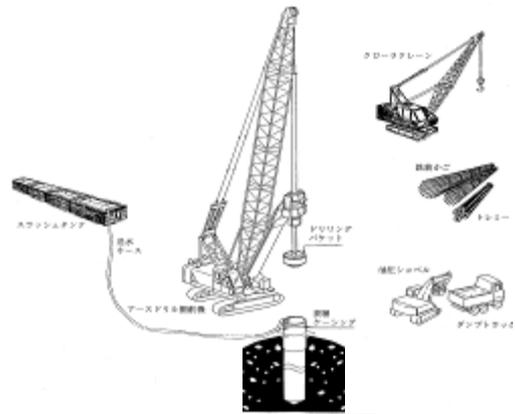


図 7-21 アースドリル工法の機械設備

c. リバース工法 (TBH 工法)

この工法は、表層部にスタンドパイプを設置した後、土質に適合したピットをロータリーテーブルにより回転させて地盤を掘削し、掘削土を孔内水とともにサクションポンプまたはエアリフト方式などにより地上へ吸い上げ排出する。その後、鉄筋籠を建て込み、トレミー管でコンクリートを打設しながら孔内の泥水を回収して、場所打ち杭を構築する。リバース工法の機械設備概要を図 7-22 に示す。

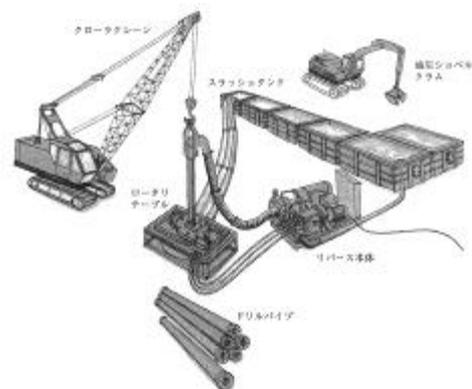


図 7-22 リバース工法の機械設備

2) 既製杭

a. 打込み杭

この工法は、既製杭の杭頭をパイルドライバーなどで打ち込むことにより杭体を構築する施工方法である。この施工方法は、杭の下方及び側面の周辺地盤を絞め固めながら所定の深さまで管入することから、信頼度が高く、施工速度も速いため、一般的に経済性に優れている。ただし、騒音や振動の発生が生じるため施工場所は限られた箇所になる。3点支持式杭打機による施工状況を図 7-23 に示す。

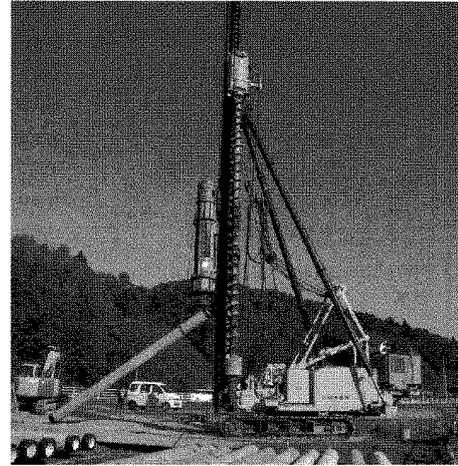


図 7-23 3点支持式杭打機による施工状況

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

b. 埋込み杭

埋め込み杭には、中掘り杭工法やプレボーリング工法などがあり、杭の先端支持力を得るため打撃方式や根固め方式など各種の方法がある。

・中掘り杭工法

この工法は、杭の中空部を利用して先端地盤を掘削し、掘削土を上部に排出しながら杭先端を所定の深さまで圧入する工法で、最終工程でハンマーにより打撃を加える中掘り最終打撃工法と、セメントミルクをスパイラルオーガー先端から噴出して根固めを行う中掘り根固め工法がある。中掘り杭工法の機械設備の概要を図 7-24 に示す。

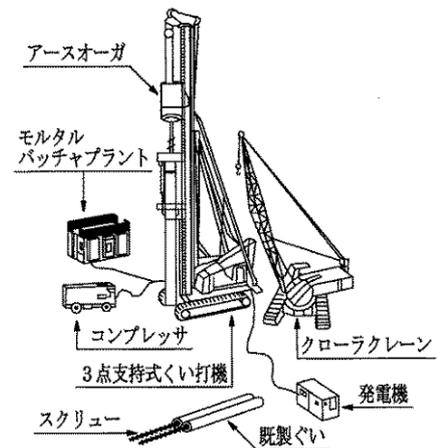


図 7-24 中掘り杭工法の機械設備

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

・プレボーリング工法

この工法は、あらかじめオーガなどで地盤を削孔した後、その中に既製杭を挿入する工法で、杭先端部の支持力を得るため、ハンマーなどで打撃を加えるプレボーリング最終打撃工法と、根固め液を注入した後に圧入するプレボーリング根固め工法がある。プレボーリング根固め工法の概要を図 7-25 に示す。

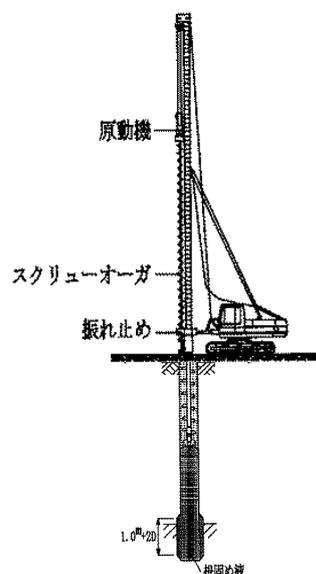


図 7-25 プレボーリング根固め工法の概要

c. 回転圧入杭

回転圧入杭は、既製鋼管の先端または外周にくい径の 1.5～2 倍程度の羽根を取り付けた羽根付鋼管ぐいを回転させながら圧入していく工法である。一般的に使用されている鋼管径は 0.1m～1.6m、羽根外径は 0.15m～2.4m であり、同じ径の既製杭より大きな支持力が得られる。また、低騒音・低振動で、排土が無いことが特徴である。回転圧入工法の施工状況を図 7-26 に示す。

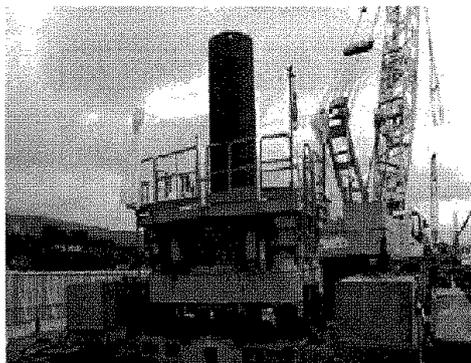


図 7-26 回転圧入工法の施工状況

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

⑤ マット基礎

基礎床板を 4 脚または 2 脚で一体化した鉄筋コンクリート基礎で、上部構造からの荷重を一体化した基礎床板により地盤に伝達する。これにより基礎体底面に生じる接地圧が減少するとともに、基礎の不同変位によって生じる上部構造への悪影響防止に有効となり、独立基礎が適用できない条件で採用される。主に平地の水田や畑地などに適用される。マット基礎の概略図を図 7-27 に示す

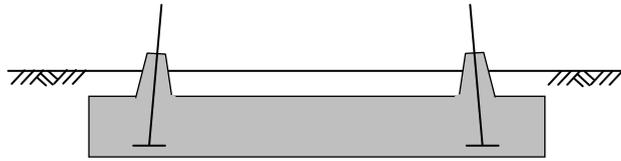


図 7-27 マット基礎

⑥ アンカー基礎

岩盤または良質な地盤に定着させたアンカー及び基礎体により荷重を地盤に伝達させる基礎である。適用にあたっては岩盤の種類や性状などを十分把握する必要がある。近年は適用実績が少なくなっている。

(4) 鉄塔組立工事

鉄塔組立工法には、移動式クレーン工法、クライミングクレーン工法、台棒工法及びその他工法がある。工法選定にあたっては、適用条件、鉄塔規模、運搬条件、地形、工程などを勘案し、最も効率的な工法を選択している。

鉄塔作業敷地まで運搬路がある場合は、移動式クレーン工法が一般的にコスト、施工性、工期等の面で最も優れている。ただし鉄塔が高くなり、周辺環境などによっては他の工法が有利な場合もでてくる。

また運搬路を設置できない山地では、クライミングクレーン工法や台棒工法が主に使われている。

① 台棒工法

台棒工法は、台棒、支線、起伏用ワイヤロープ、吊り上げ用ワイヤロープ、部材吊り上げ用滑車、ウインチを組み合わせ構成される。鉄塔の支柱材へ台棒を取り付け、この台棒により部材を吊り上げ、鉄塔を組み立てていく工法である。

台棒の材料には木製及び鋼製（鋼管ラチス構造など）があるが、一般的には強度が明確で安全性が高く、分割構造になっている鋼管ラチス型台棒が使われている。鋼管ラチス型台棒の構造を図 7-28 に示し、台棒工法の概要を図 7-29 に示す。

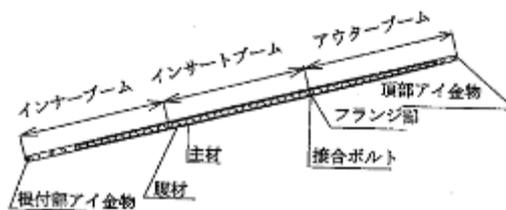


図 7-28 鋼管ラチス型台棒の構造

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 関西支部 安全ポケットブック

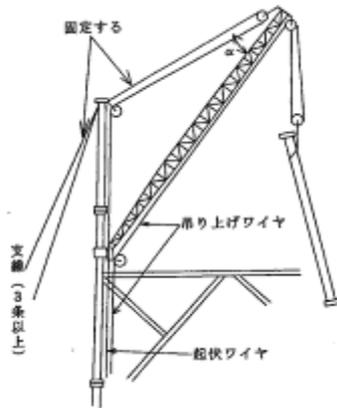


図 7-29 台棒工法の概要

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 関西支部 安全ポケットブック

② クライミングクレーン工法

クライミングクレーン工法は、マストをせり上げるせり上げ装置を鉄塔中心に据え付け、旋回または起伏するジブで荷を吊り、鉄塔の高さに応じてマストを継ぎ足し、鉄塔を組み立てる工法である。

クライミングクレーンの構造は、架台支持部・マスト部・ウインチ・旋回装置・ジブ起伏装置・操作部からなり、旋回体とジブは水平に 360 度の旋回が可能である。クライミングクレーンの構造を図 7-30 に示す。

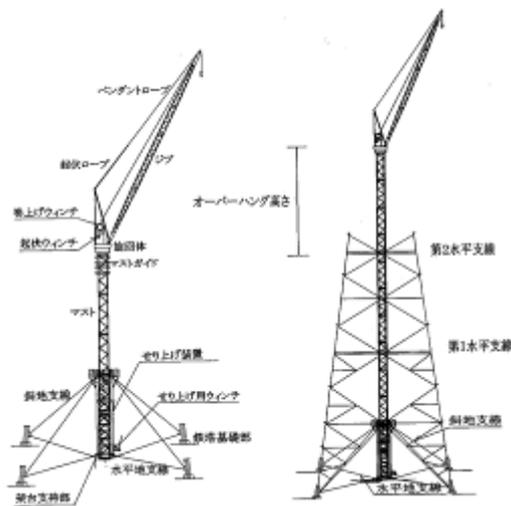


図 7-30 クライミングクレーン工法

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 関西支部 安全施工ポケットブック

③ 移動式クレーン工法

移動式クレーン工法は、トラッククレーン、ラフテレーンクレーン及びオールテレーンクレーンを用いて鉄塔を組み立てる工法で、作業効率、安全性とも高い。ただし、搬入路の幅員や回転半径、舗装状況などの条件により機種が限定されるため、塔頂まで組み立てられない場合は、他の工法と併用する。

クレーン能力と鉄塔組立高さの関係を表 7-7、移動式クレーン工法の概要を図 7-31 に示す。

表 7-7 クレーン能力と鉄塔組立高さ

クレーン能力	形式	鉄塔組立高さ
25t	ラフテレーンクレーン	40m 以内
50t	ラフテレーンクレーン	50m 以内
70t	ラフテレーンクレーン	60m 以内
100t	トラッククレーン	70m 以内
160t	オールテレーンクレーン	95m 以内

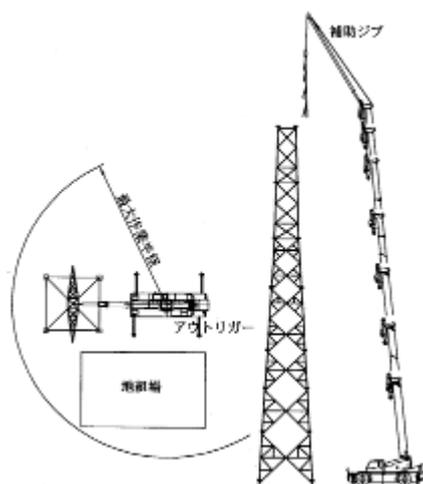


図 7-31 移動式クレーン工法の概要

一般的に使われている組立工法の概要を表 7-8 に示す。

表 7-8 組立工法の概要

組立工法 項目	台棒工法	クライミングクレーン工法	移動式クレーン工法
概要	主に山地で使われている最も簡便な工法である。移動式クレーンが頂部まで届かない場合にも併用される。	鉄塔中心部にマストの架台を構築し、マスト頂部に 360 度旋回可能なタワークレーン装置を取り付け、鉄塔の組み立てを行う。	移動式クレーンを使用して組み立てる工法で、効率がよく安全性が高いため、最も一般的に使用されている。
鉄塔規模	移動式クレーンの搬入が困難である山地で、小規模な鉄塔の組み立てに適している。	山地で根開きの広い大型鉄塔に使用する。鉄塔規模に見合った機種を選定する。	移動式クレーンは、搬入路・作業場所の条件、鉄塔の高さ、最大部材質量を検討し最も適した機種を選定する。
仮設条件	鉄塔敷地が傾斜地であっても施工可能である。ただし、支線を設置する広さが必要となる。	せり上げ装置などを設置する際にジブクレーンなどのクレーンが必要である。	選定したクレーンの仕様条件に合う搬入路、作業環境、地耐力を事前に検討する必要がある。
敷地条件	なし	盛土箇所不可	平坦で堅固な場所
基礎条件	なし	地耐力確認	なし
用地条件	支線設置用の一時使用地確保が必要である。	工事敷地内にマストの仮置場、設置用のクレーンを据え付けるための敷地が必要である。	クレーンの搬入、組み立て場（地組場）クレーン据え付け場所などの一時使用地確保が必要である。
吊上質量	使用する台棒（木製・鋼管）の仕様による。	定格荷重などの仕様は、使用するクライミングクレーンによる。	鉄塔高、根開き、腕金長さ、吊上最大質量を考慮し定格総荷重表、性能曲線図から条件に合った機種を選定する。

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

(5) 架線工事

架線工事は、送電線工事の最終工程であり、鉄塔間に電線を敷設する工事である。架線工事の主な工種は、電線を延線する延線工事、延線した電線を鉄塔に取り付ける緊線工事となる。架線工事の一般的なフローを図 7-32 に示す。

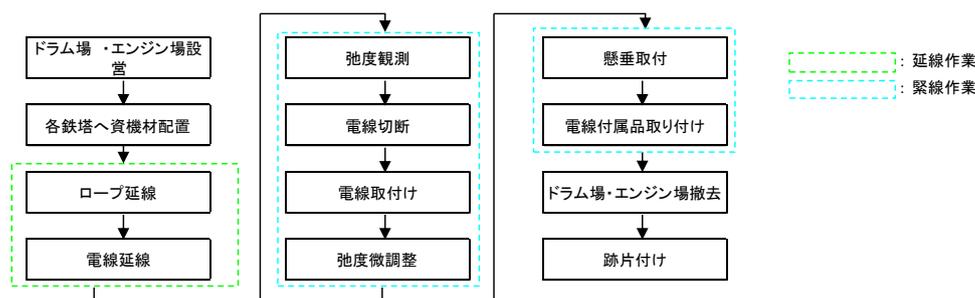


図 7-32 架線工事の一般的なフロー

① ドラム場・エンジン場設営

ドラム場やエンジン場の広さは、工事規模や延線方法によって異なるが、場所の選定に当たっては電線ドラムや架線機械工具の搬入が可能な位置を選定することが重要であり、延線環境の鉄塔との位置関係も考慮して計画する必要がある。

② 延線工事

延線工事は電線を鉄塔間に引延ばす工事で、延線区間の片端をドラム場、他端をエンジン場とし、ドラム場から電線を繰出し、エンジン場で巻き取ることにより、電線を引延ばす作業である。

延線工事の手順は、まず手延線やヘリコプター延線で鉄塔間に細径ワイヤロープ(または繊維ロープ)を延線し、その後順次、高強度の太径ワイヤロープへ引き換えていき、最後の太径ワイヤロープ(メッセンジャワイヤ)で電線をけん引し、各鉄塔に電線を引延ばすものである。ヘリコプター延線の概要を図 7-33 に示す。

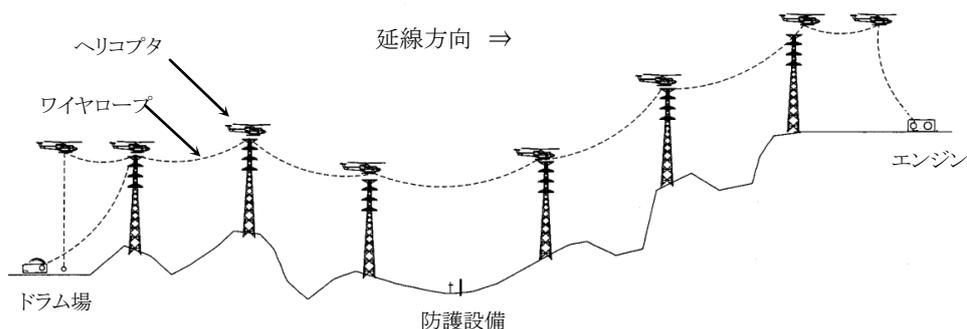


図 7-33 ヘリコプター延線の概要

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 架線工事施工技術解説書

延線工法には、一般的に引抜延線工法、吊金延線工法、搬送延線工法などがあり、電線の種類や横過物件に対する防護設備の設置可否などを勘案して選択される。

1) 引抜延線工法

引抜延線工法は、鉄塔に金車を取り付け、ドラム場から各鉄塔を經由しエンジン場まで張り渡したメッセンジャワイヤを、エンジン場のウインチで巻き取り、ワイヤの端部で接続した電線をけん引する工法である。延線中の地上高は、ワイヤロープと電線の張力管理により行うため、重要な横過物がある場合は防護設備を設置し電線の垂下に対する防護を行う。引抜延線工法の概要を図 7-34 に示す。

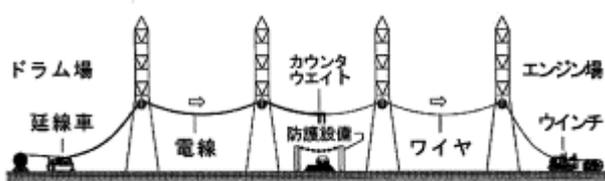


図 7-34 引抜延線工法の概要

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 架線工事施工技術解説書

引抜延線工法の適用範囲は、通常、亘長 4～5km (最大 7km 程度)、1 延線区間の金車通

過回数は 20 回以下とし、延線張力は最大使用張力の 1/3～1/2（山岳弛太線電線は 35kN 以下）、金車抱角は 60 度以下である。

2) 吊金延線工法

吊金延線工法は、新たに架設したワイヤロープまたは、既設電線や延線が終了した電線を支持線とし、その支持線から吊下げた吊金車で径間内の電線及び延線用ワイヤロープを支持することにより、これらの垂下防止を図り延線する工法である。この工法の優れた点は、横過物件がある場合でも防護設備の設置が必要なく延線できる点である。吊金延線工法の概要を図 7-35 に示す。

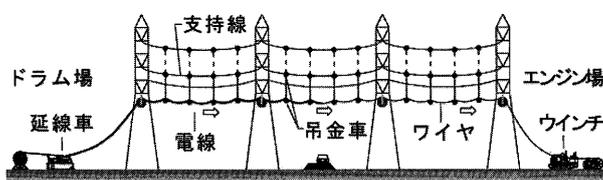


図 7-35 吊金延線工法の概要

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 架線工事施工技術解説書

吊金延線工法の適用範囲は、通常、亘長 1～2km（最大 4km 程度）、1 延線区間の金車通過回数は制限なしとし、吊金車間隔は 20～30m、延線張力は 0.5kN 程度、金車抱角は 60 度以下である。

3) 搬送延線工法

搬送延線工法は、吊金延線工法と同様に支持線を設置し、支持線上を走行する搬器により電線を搬送する工法である。この工法の特徴は、電線と搬器が同時に移動することにより、電線を直接けん引しないため、延線張力が小さくなり、また電線が金車上を通過することがないため、電線の回転をきわめて少なくできる。搬送延線工法の概要を図 7-36 に示す。

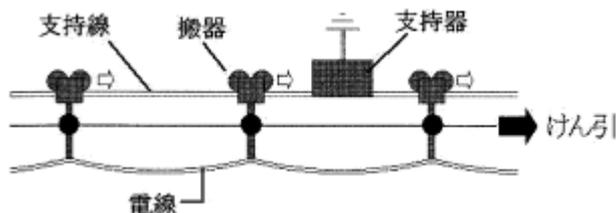


図 7-36 搬送延線工法の概要

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 架線工事施工技術解説書

搬送延線工法の適用範囲は、吊金延線工法とほぼ同様となり、通常、亘長 1～2km（最大 4km 程度）、1 延線区間の金車通過回数は制限なしとし、吊金車間隔は 20～30m、延線張力

は 0.5kN 程度、支持器の抱角は 60 度以下である。

③ 緊線工事

緊線工事は、延線された電線を設計張力で張るための工事であり、径間ごとに算出された規定張力で緊張し、がいし装置に取り付いたクランプで把持する。

一般に耐張鉄塔におけるクランプイン作業の方法を緊線工法と呼んでおり、緊線工法には、切り分け工法、相取り工法、送込み工法及びプレハブ架線工法がある。また懸垂鉄塔において電線を金車から懸垂クランプへ移す作業を懸垂緊線工法と呼んでいる。

1) 切り分け工法

この工法は、耐張鉄塔間の電線の一方を鉄塔に固定するために最初にクランプインする作業で、電線を引留クランプに納めてがいし連に取り付ける作業である。切り分け工法の例を図 7-37 に示す。

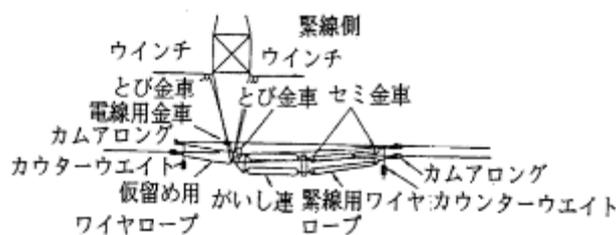


図 7-37 切り分け工法の例

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

2) 送込み工法

緊張によって生じる電線余長を次の径間へ送込みながら、一方の延線境鉄塔から 1 径間ずつ順次緊張し、他方の延線境鉄塔まで繰り返して行う方法である。送込み工法の例を図 7-38 に示す。

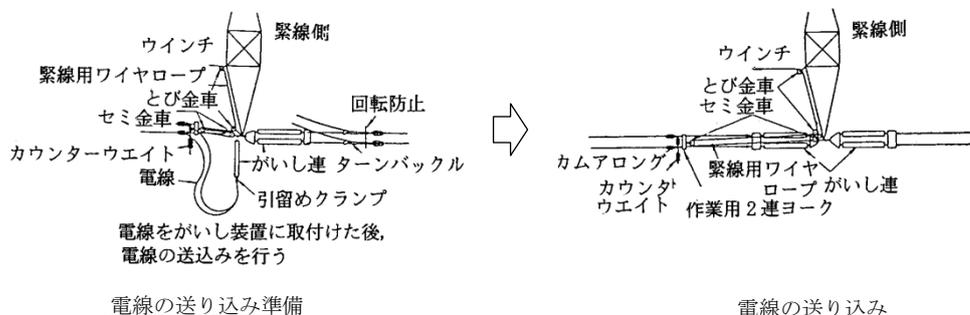


図 7-38 送込み工法の例

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 鉄塔工事施工技術解説書

3) 相取り工法

この工法は、延線した電線の仮上げ終了後、連続する 2 つの耐張区間の中央の耐張鉄塔において、若老同時に弛度観測をしながら電線を規定の張力で緊張し、クランプインする方法である。この工法の特徴は、多数の緊線班が同時に作業でき、2 径間の緊線作業が 1 箇所で行えることから、工期短縮や安全管理面で有効である。相取り工法の例を図 7-39 に示す。

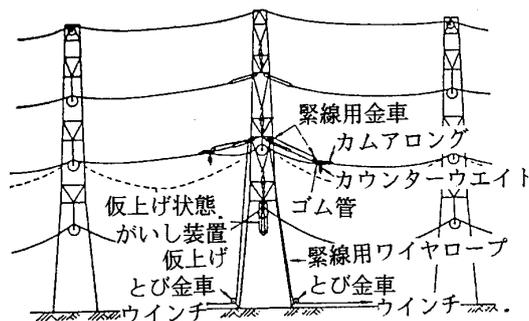


図 7-39 相取り工法の例

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 架線工事施工技術解説書

4) プレハブ架線工法

この工法は、工場で精密に計尺されたプレハブ電線を用いて、耐張鉄塔や懸垂鉄塔の電線クランプ位置を表示することで、緊線時の高所作業を大幅に減少させることが可能である。ただし、電線クランプ位置や切断位置を正確に把握する必要があるため、鉄塔支持点間の距離を正確に測量し、電線の計尺精度を上げるなどの事前準備が増えることになる。くさび形クランプによるプレハブ架線工法の概要を図 7-40 に示す。

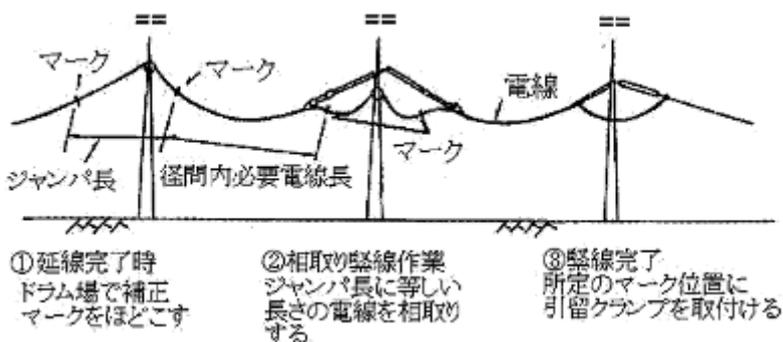


図 7-40 プレハブ架線工法の概要

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 架線工事施工技術解説書

5) 懸垂緊線工法

この工法は、懸垂鉄塔における緊線工事で、耐張鉄塔間の電線を規定の張力で緊張した後、

金車に乗った電線を吊り上げ、電線にアーマロッドを巻き、それを懸垂クランプへ移す作業となる。懸垂緊線工法の例を図 7-41 に示す。

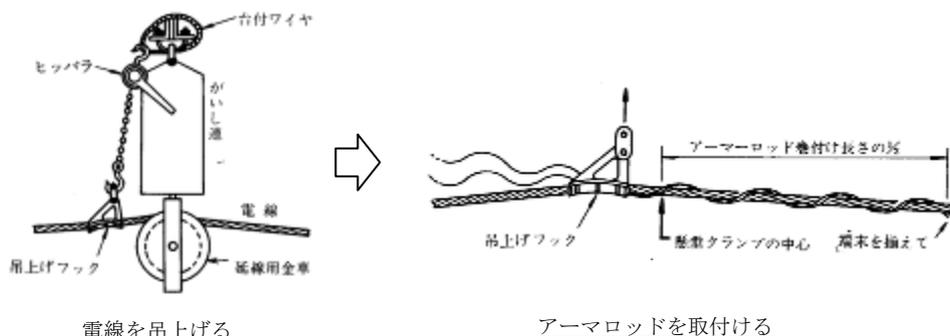


図 7-41 懸垂緊線工法の例

出典：一般社団法人 送電線建設技術研究会 架線工事施工技術解説書

(6) 送電線建設工法の整理

一般的な建設工法の工法・仕様を整理し、地形区分ごとに施工性や効率性、経済性などを考慮し、適用性の検討を行った。鉄塔建設工事の結果を表 7-9 に示し、架線工事に関する結果を表 7-10 に示す。

表 7-9 鉄塔建設工事の地形区分による適用性

大項目	小項目	仕様	地形区分		
			平地	丘陵地	山地
運搬設備	仮設道路	盛土+鉄板敷	○		
		切土・盛土+鉄板敷		○	
		切土・盛土+砂利敷		○	○
		切土・盛土+舗装(アスファルト等)			○
		拡幅整備(切盛+鉄板敷)	○	○	○
		仮設橋梁設置(H鋼+覆行板)	○	○	○
	索道	循環索道方式		○	○
	ケーブルクレーン方式		○	○	
	モノレール	積載量 2t、3t	○	○	
	ヘリコプター	204B-2, 412EP, AS332L	○	○	
仮設備	塔内荷役設備	ジブクレーン		○	○
		小型クレーン (カニクレーン)		○	○
	土止めシガラ	H鋼+単管+ネット		○	○
	作業構台	1t/m ² (作業用)		○	○
1t/m ² (ヘリ荷降し用)			○	○	
基礎工事	円形逆T字基礎	ライナープレートφ2.0~4.5		○	○
	四角逆T字基礎	鋼矢板	○		
	深礎基礎	ライナープレートφ2.5~3.5		○	○
	杭基礎	場所打ち杭		○	
		既製杭		○	
	マット基礎	鋼矢板	○		
	アンカー基礎	ライナープレートφ2.5~3.5			○
接地工事	接地シート		○	○	
組立工事	鉄塔組立	植生工、張り芝等		○	○
		台棒工法		○	○
		クライミングクレーン工法		○	○
		移動式クレーン工法	○	○	

表 7-10 架線建設工事の地形区分による適用性

項目	小項目	仕様	地形区分		
			平地	丘陵地	山地
運搬設備	仮設道路		○	○	
	索道	循環索道方式		○	○
		ケーブルクレーン方式			○
	モノレール	積載量 2t、3t		○	○
	ヘリコプター	204B-2, 412EP, AS332L			○
仮設備	塔内荷役設備	ジブクレーン			○
		小型クレーン (カニクレーン)			○
	作業構台	1t/m ² (作業用)			○
		1t/m ² (ヘリ荷降し用)			○
架線工事	ドラム場設営	1.5 箇所/6km	○	○	○
	エンジン場設営	1.5 箇所/6km	○	○	○
	延線工事	引抜延線工法 (ヘリ延線)	○	○	○
		吊金延線工法	○		
		搬送延線工法	○		
	緊線工事	切り分け・送り込み・相取り工法	○	○	○
		ブレハブ架線工法	○	○	○
		懸垂緊線工法	○	○	○

7.3 コスト原単位の検討

8.2 で基本送電線配置パターンを検討する際に参考とする送電線建設コストの原単位(1kmあたりのコスト)を、電圧階級毎、地形区分毎、送電線種類毎に算出した。

7.3.1 コスト算定の基本的な考え方

本事業の新設送電線の電圧階級(154kV及び110kV)の2回線(2cct)送電線建設に伴う1kmあたりの費用を算定する。送電線建設費用を大きく分けると、調査費、設計費、建設費、用地費となるが、用地費は諸条件により大きく変わるため、費用の算定から除くこととする。各項目に計上する費用を下記に記す。

(1) 調査費

① 航空測量

航空写真測量は、決定されたルートを中心として航空写真測量を行い、実測平面図を作成するもので、その費用を計上する。

② 環境影響調査

環境影響調査は、想定される環境要素に対し、どのような環境影響が生じるかを整理し、工事による影響と送電線設備による影響を抽出し、その影響を予測し評価するもので、その費用を計上する。

③ 地上測量

地上測量は、決定されたルートに対して、線路の設計に必要な資料を得るために実施するもので、中心測量、縦断測量、サイド測量及び鉄塔敷地測量の費用を計上する。

④ 地質調査

地質調査は、鉄塔基礎の詳細設計を行うために必要となる土質状況や、土質定数等を明らかにするために実施するもので、運搬費、足場仮設、機器据付、給水、土質ボーリング(ϕ 66mm)、標準貫入試験などを計上する。

⑤ 工事計画調査

工事計画調査は、十分な現地調査を行い、経済的で効率的な工事計画を立案し、工事に必要な用地資料や施工資料を確保するために実施するもので、その費用には運搬関係、鉄塔工事仮設関係、架線工事関係の調査費及び伐採調査費等を計上する。

⑥ 各種申請手続き

送電線建設においては、横過箇所や接近等により関係箇所へ個別に申請手続きを行う必要

がある。申請手続きが必要な主な横過箇所は、道路、河川及び海峡・港湾、鉄道、特別高圧架空送電線路、国有林、自然公園などで、接近に関するものは通信線電磁誘導障害、通信線静電誘導障害、マイクロ波通信回線障害であり、その概算費用を計上する。

(2) 設計費

① ルート選定及び線路設計

ルート選定は、概略ルートの選定、基本ルートの選定の手順にて実施し、その費用を計上する。概略ルートの選定には地質図・地形図、50m メッシュ等の地図情報システムなどを活用して実施する。基本ルートは、選定された概略ルートについて現地詳細調査を行い、鉄塔位置及び線路中心線を決定する。

線路設計は、実施ルートの地形縦断図から、電線弛度、鉄塔高、伐採範囲などを検討し、架線設計、絶縁設計、支持物形状など基本設計の実施費を計上する。

② 鉄塔設計

鉄塔設計には、鉄塔設計及び鉄塔基礎設計を計上する。鉄塔設計では高温季・低温季荷重に対する設計に加えて着雪時、強風時荷重も考慮する。また基礎設計は一般的に使用されている逆 T 字基礎、深礎基礎、杭基礎などの設計を行う。

③ その他

その他として、鉄塔敷地の緑化工、擁壁工、排水工などの付帯工事に関する設計費を計上する。

(3) 建設費

① 送電線資材費

鉄塔関係の資材費は、鉄塔材とその他付属設備の費用となる。鉄塔材の費用は一般的に、質量に比例するが、高さ・水平角・荷重などの設計条件によって質量が異なるため、154kV 及び 110kV の 2 回線鉄塔における標準的な質量を想定し、計上する。

1km あたりの鉄塔資材費は、亘長 6km あたりの鉄塔基数に資材単価を乗じて合計金額を算出し、その後 1km あたりの数量へ割り戻して算出する。この場合、鉄塔基数は平均径間長 300m より 21 基とする。鉄塔 1 基あたりの鉄塔関係資材数量を表 7-11 に示す。

表 7-11 鉄塔関係資材数量 (1 基当たり)

品名	仕様	単位	数量	備考
鉄塔材	154kV×2cct 山形鋼鉄塔	t	15~23	
鉄塔材	110kV×2cct 山形鋼鉄塔	t	14~22	
昇降用設備	ステップボルト	脚	4	
昇降用安全設備	セフティーワイヤー	条	1	
昇塔防止装置		脚	4	

架線関係の資材費は、電線、がいし、がいし装置、架空地線、架線装置及びその付属品の費用となる。

がいしの個数は内部過電圧、汚損区分、耐雷設計により総合的に判断して決定されるが、標準的な個数を採用し、154kV では懸垂がいし 10 個、110kV では 8 個として計上する。がいし装置は、がいし装置に加わる最大張力により決定されるが、TACSR160mm² 及び 330mm² では 120kN 系の 1 連懸垂装置及び 1 連耐張装置を適用し、TACSR610mm² では 120kN 系に加えて 165kN 系の 2 連耐張装置を適用することで計上する。

また架空地線は光ファイバケーブルを内蔵した OPGW を用い、それを鉄塔で支持する架空地線装置や光ケーブルを鉄塔で接続するための接続箱を計上する

1km あたりの架線資材費は、亘長 6km あたりの数量に資材単価を乗じて合計金額を算出し、その後 1km あたりの数量へ割り戻す。この場合、鉄塔基数は平均径間長 300m より 21 基とし、懸垂 14 基、耐張 7 基とする。亘長 6km あたりの架線関係資材数量を表 7-12 に示す。

表 7-12 架線関係資材数量(6km あたり)

品名	仕様	単位	数量	備考
電線	TACSR160, 330, 610	km	40.0	各種
がいし装置	1 連懸垂装置 120kN 160, 330, 610	組	84	
	254mm 懸垂がいし 10 ケ/連	個	840	154kV
	254mm 懸垂がいし 8 ケ/連	個	672	110kV
	1 連耐張装置 120kN 160, 330	組	72	
	254mm 懸垂がいし 10 ケ/連	個	720	154kV
	254mm 懸垂がいし 8 ケ/連	個	576	110kV
	2 連耐張装置 165kN 610	組	72	
	254mm 懸垂がいし 10 ケ/連	個	720	154kV
	254mm 懸垂がいし 8 ケ/連	個	576	110kV
長幹支持がいし	SL-80172	組	24	154kV
	SL-80132	組	24	110kV
アーマロッド	プレホームドアーマロッド 160, 330, 610 用	組	14	各種
ダンパ	ダブルトーションショナルダンパ 10, 14, 16 号	組	40	各種
架空地線	OPGW97	km	7.0	1 条分
架空地線装置	OPGW 懸垂クランプ	組	14	
	OPGW 耐張クランプ	組	12	
アーマロッド	プレホームドアーマロッド OPGW97 用	組	14	
ダンパ	クリスマスツリー型	組	40	
クリート	OPGW クリート	箇所	8	
接続箱	OPGW 用	組	5	
埋設地線	接地シート	条	84	4 条/基

② 送電線鉄塔工事費

鉄塔工事は、運搬設備、仮設備、基礎工事、組立工事からなり、その費用を計上する。工事費の算出に際しては、地形区分ごとに工事仕様を設定し、電線サイズごとにそれぞれ算出する。

鉄塔工事費は、鉄塔 1 基あたりの平均工事費を算出し、その平均工事費に、亘長 6km あたりの鉄塔基数を乗じて算出する。この場合、鉄塔基数は平均径間長 300m より 21 基とす

る。算出に用いた工事仕様と地形区分ごとの数量を表 7-13 に示す。

表 7-13 鉄塔工事費算出に用いた地形区分ごとの数量

大項目	小項目	仕様	単位	地形区分		
				平地	丘陵地	山地
運搬設備	仮設道路	盛土+鉄板敷	基	21		
		切土・盛土+鉄板敷	基		9	
		切土・盛土+砂利敷	基			
		切土・盛土+舗装(アスファルト等)	基		12	
		拡幅整備(切盛+鉄板敷)	基			
	仮設橋梁設置(H鋼+覆行板)	基	10	4		
	索道	循環索道 2t	基			13
	モノレール	積載量 3t	基		4	
	ヘリコプター	AS332L	基			8
仮設備	塔内荷役設備	ジブクレーン	基			21
		小型クレーン(カニクレーン)	基		21	21
	土止めシガラ	H鋼+単管+ネット	基		21	21
	作業構台	1t/m ² (作業用)	基			21
		1t/m ² (ヘリ荷降し用)	基			8
基礎工事	円形逆T字基礎	ライナープレートφ2.0~4.5	基	19	17	21
	四角逆T字基礎	鋼矢板	基			
	深礎基礎	ライナープレートφ2.5~3.5	基			
	杭基礎	場所打ち杭	基	2		
	接地工事	接地シート	基		21	21
	敷地緑化	植生工、張り芝等	基			21
組立工事	鉄塔組立	クライミングクレーン工法	基		21	21
		移動式クレーン工法	基	21		

③ 送電線架線工事費

架線工事は、運搬設備、仮設備、架線工事からなり、その費用を計上する。工事費の算出には、地形区分ごとに工事仕様を設定し、電線サイズごとにそれぞれ算出する。

1kmあたりの架線工事費は、亘長6kmあたりの合計数量を算出し、その後1kmあたりの数量へ割り戻して算出する。この場合、鉄塔基数は平均径間長300mより21基とし、懸垂14基、耐張7基とする。算出に用いた工事仕様と地形区分ごとの数量を表7-14に示す。

表 7-14 架線工事費算出に用いた地形区分ごとの数量

項目	小項目	仕様	単位	地形区分		
				平地	丘陵地	山地
運搬設備	仮設道路		基	21	17	
	索道	循環索道 2t	基			13
	モノレール	積載量 2t	基		4	
	ヘリコプター	AS332L	基			8
仮設備	塔内荷役設備	ジブクレーン	基			
		小型クレーン(カニクレーン)	基			
	作業構台	1t/m ² (作業用)	基			8
		1t/m ² (ヘリ荷降し用)	基			8
架線工事	ドラム場設営	造成+仮設	箇所	1.5	1.5	1.5
	エンジン場設営	造成+仮設	箇所	1.5	1.5	1.5
	延線工事	亘長3km/延線、ヘリ延線	km	6	6	6
	緊線工事	鉄塔11基/延線	km	6	6	6

④ 送電線工事の間接工費費

送電線工事に関する間接工事費には、下記の費用を計上した。費用の計上にあたり、送電線工事の施工規模は、通常実施している1工区20基程度の規模を想定し平均径間長300mから、亘長6kmにおける直接工事費に対する間接工事費を算出する。

1) 共通費

工事に共通して使用する仮建物、車両経費、燃料費、水道、光熱費、借地料等に要する費用を計上する。

a. 仮建物費

工事現場で必要とする事務所、会議室、倉庫、作業員宿舎等の建物、備品関係の設置撤去労務費、仮設資材、運搬費ならびに仮建物に使用する電気、水道、電話等の仮設工事費用等を計上する。

b. 共通機械経費

工事に共通して使用する車両、作業員用車両、運転手の費用、燃料費等を計上する。

c. 共通経費

工事に共通して使用する水道料、光熱費、借地料、作業員宿舎の賄い費等の諸費用を計上する。また労務者用宿舎を設置しない場合における労務者の宿泊費または通勤費、駐車料等を計上する。

2) 安全衛生対策費

工事現場の安全衛生対策に必要な費用として、直接工事費、共通費に含まれない費用を計上する。

a. 安全衛生管理費

工事現場の安全衛生管理に必要な人の人件費のうち、安全衛生会議、衛生管理に要する費用を計上する。

b. 安全衛生施設装備費

工事現場の安全衛生対策上必要な施設装備を計上する。

c. 安全衛生教育費

工事期間中に現場で行う教育に要する人件費、講師費用、資料代等を計上する。

3) 現場管理費

工事現場の管理に必要な費用のうち、安全衛生対策費に含まれない費用を計上する。

a. 現場管理人件費

現場従事者の給料、諸手当及び賞与を計上する。

b. その他現場管理費

その他費用として、労務管理費、租税公課、保険料、法定福利費、福利厚生費、事務用

品費、通信交通費、交際費、補償費、雑費等を計上する。

4) 一般管理費

工事を行うために必要なすべての費用のうち、上記各項目に含まれない一切の費用を計上する

7.3.2 コスト原単位の算定

(1) 送電線建設コスト

送電線建設コストの算定にあたっては、以下の条件を考慮した。

- ・送電線建設地の地形を平地、丘陵地、山地の 3 区分に分け、平地は平坦部に位置する水田や畑地を想定し、山地は傾斜が 30 度以上となる山間部を想定する。また、丘陵地は平地部と山間部の中間に位置する緩やかな斜面に位置する畑地、原野等を想定する。
- ・工事規模は、一般的に施工している 1 工区あたりの規模から、亘長 6km、鉄塔 21 基、平均径間長 300m 程度を想定する。
- ・運搬設備は、平地では仮設道路 100m 程度を想定し、丘陵地も仮設道路 100m 程度またはモノレールを想定する。また、山地は索道及びヘリコプターとする。
- ・電線の種類は TACSR160mm²、TACSR330mm²、TACSR610mm² の 3 種類とし（標準的な線種のうち送電容量が最小、中間、最大のものを選択）、導体数は単導体とする。
- ・架空地線は OPGW97mm² を 1 条設置する。
- ・用地に関する調査費、地権者との交渉費、土地取得費、土地借地費等は除くこととする。

154kV の 2 回線の送電線建設コストを表 7-15 に、110kV の 2 回線の送電線建設コストを表 7-16 に示す。

表 7-15 154kV×2cct の送電線建設コスト

[単位：百万円]

項目	単位	数量	地形区分					
			平地		丘陵地		山地	
			単価	金額	単価	金額	単価	金額
■調査費								
航空測量	km	6	1.20	7.2	1.00	6.0	1.50	9.0
環境影響調査	km	6	4.11	24.7	4.94	29.6	5.76	34.2
地上測量	km	6	0.80	4.8	1.30	7.8	1.70	10.2
地質調査	km	6	4.20	25.2	6.30	37.8	10.50	63.0
工事計画調査	km	6	2.60	15.6	2.80	16.8	3.00	18.0
各種申請手続き	km	6	0.60	3.6	0.60	3.6	0.60	3.6
<小計>				81.1		101.6		138.4
1km 当り				13.5		16.9		23.1
■設計費								
ルート選定・線路設計	km	6	2.40	14.4	2.40	14.4	2.40	14.4
鉄塔設計(上部・基礎)	km	6	6.96	41.8	6.96	41.8	6.96	41.8
その他	km	6	1.80	10.8	1.80	10.8	1.80	10.8
<小計>				67.0		67.0		67.0
1km 当り				11.2		11.2		11.2
■建設工事費(TACSR160)								
送電線資材費	km	6	40.87	245.2	40.87	245.2	40.87	245.2
鉄塔工事費	基	21	38.19	802.0	31.94	670.7	45.72	960.1
架線工事費	km	6	24.05	144.3	22.74	136.4	28.28	169.7
間接工事費	式	1		630.3		602.7		692.1
<小計>				1821.8		1655.1		2067.1
1km 当り				303.6		275.9		344.5
■建設工事費(TACSR330)								
送電線資材費	km	6	45.81	274.9	45.81	274.9	45.81	274.9
鉄塔工事費	基	21	39.80	835.8	32.82	689.2	46.81	983.0
架線工事費	km	6	24.66	148.0	23.35	140.1	28.91	173.5
間接工事費	式	1		637.2		606.9		698.1
<小計>				1895.8		1711.1		2129.5
1km 当り				316.0		285.2		354.9
■建設工事費(TACSR610)								
送電線資材費	km	6	56.58	339.5	56.58	339.5	56.58	339.5
鉄塔工事費	基	21	41.21	865.4	33.82	710.2	48.32	1014.7
架線工事費	km	6	25.97	155.8	24.66	148.0	30.28	181.7
間接工事費	式	1		644.9		613.0		706.3
<小計>				2005.6		1810.7		2242.2
1km 当り				334.3		301.8		373.7
◆1km 当りの送電線建設費								
154kV×2cct TACSR160				328.3		304.0		378.7
154kV×2cct TACSR330				340.6		313.3		389.1
154kV×2cct TACSR610				358.9		329.9		407.9
<平均値>				350.1				

※ 2014 年現在の単価を適用

表 7-16 110kV×2cct の送電線建設コスト

[単位：百万円]

項目	単位	数量	地形区分					
			平地		丘陵地		山地	
			単価	金額	単価	金額	単価	金額
■調査費								
航空測量	km	6	1.20	7.2	1.00	6.0	1.50	9.0
環境影響調査	km	6	4.11	24.7	4.94	29.6	5.76	34.6
地上測量	km	6	0.80	4.8	1.30	7.8	1.70	10.2
地質調査	km	6	4.20	25.2	6.30	37.8	10.50	63.0
工事計画調査	km	6	2.60	15.6	2.80	16.8	3.00	18.0
各種申請手続き	km	6	0.60	3.6	0.60	3.6	0.60	3.6
<小計>				81.1		101.6		138.4
1km 当り				13.5		16.9		23.1
■設計費								
ルート選定・線路設計	km	6	2.40	14.4	2.40	14.4	2.40	14.4
鉄塔設計(上部・基礎)	km	6	6.96	41.8	6.96	41.8	6.96	41.8
その他	km	6	1.80	10.8	1.80	10.8	1.80	10.8
<小計>				67.0		67.0		67.0
1km 当り				11.2		11.2		11.2
■建設工事費(TACSR160)								
送電線資材費	km	6	39.33	236.0	39.33	236.0	39.33	236.0
鉄塔工事費	基	21	34.26	719.5	28.34	595.1	41.26	866.5
架線工事費	km	6	22.58	135.5	21.27	127.6	26.81	160.9
間接工事費	式	1		612.0		588.0		678.0
<小計>				1702.9		1546.7		1941.3
1km 当り				283.8		257.8		323.6
■建設工事費(TACSR330)								
送電線資材費	km	6	43.40	260.4	43.40	260.4	43.40	260.4
鉄塔工事費	基	21	35.71	749.9	29.12	611.5	42.75	897.8
架線工事費	km	6	23.19	139.1	21.88	131.3	27.44	164.6
間接工事費	式	1		619.0		592.0		685.0
<小計>				1768.5		1595.2		2007.8
1km 当り				294.7		265.9		334.6
■建設工事費(TACSR610)								
送電線資材費	km	6	53.19	319.1	53.19	319.1	53.19	319.1
鉄塔工事費	基	21	36.99	776.8	29.95	629.0	44.18	927.8
架線工事費	km	6	24.36	146.2	23.05	138.3	28.67	172.0
間接工事費	式	1		627.0		596.0		699.0
<小計>				1869.1		1682.4		2117.9
1km 当り				311.5		280.4		353.0
◆1km 当りの送電線建設費								
110kV×2cct TACSR160				308.5		285.9		357.8
110kV×2cct TACSR330				319.4		294.0		368.9
110kV×2cct TACSR610				336.2		308.5		387.2
<平均値>				329.6				

※ 2014 年現在の単価を適用

(2) 送電線建設コストの比較

今回算出した送電線建設コストについて、公開資料（※）との比較を行った。

※「総合資源エネルギー調査会総合部会 電力システム改革専門委員会地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会（第3回） - 参考資料 1 送電線工事費用と期間に関する考察」（有限責任監査法人トーマツ）

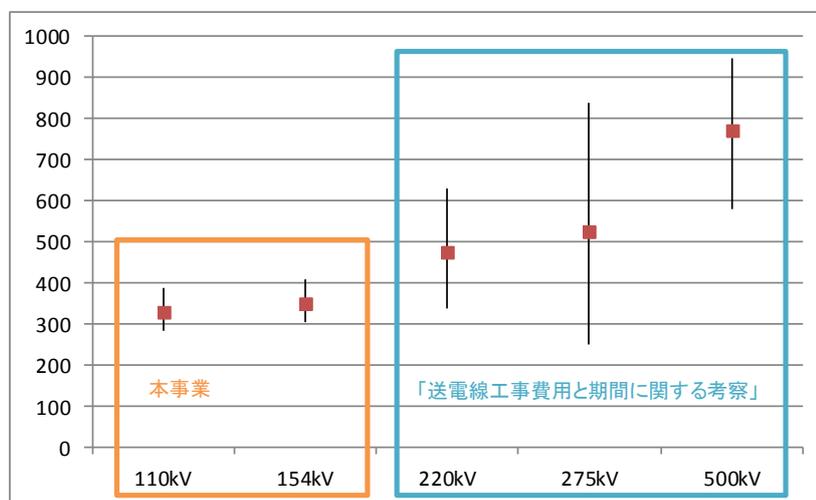
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/sougou/chiikikanrenkeisen/003_s01_00.pdf

当公開資料において、過去の送電線計画調査による送電線建設コストの分析として、「電圧別、架空送電線単価（百万円/km）の分布」のグラフが記載されている。

送電線建設コストにはばらつきがあるが、220Vの送電線コストは中央値で4.75億円/km、275kVは中央値で5.26億円/kmとなっている。

一方、本事業において算出した送電線建設コストは154kVで平均3.5億円/km、110kVで平均3.3億円/kmであった。

図7-42に、ばらつきも含めた電圧別の送電線建設コストの分布を示す。なお、本図は、当公開資料に掲載されているグラフを基に、本事業で算出した154kVと110kVの建設コストを併記する形で作成し直したものである。ただし、当公開資料のデータが「中央値」「75パーセンタイル値」「25パーセンタイル値」であるのに対し、本事業のデータは電線種類毎、地形区分毎に算出した値の「平均値」「最大値」「最小値」であることに注意を要する。



本事業で算出した建設コスト(百万円/km)			「送電線工事費用と期間に関する考察」のコスト(百万円/km)			
電圧	110kV	154kV	220kV	275kV	500kV	電圧
最大値	387	408	630	837	947	75%il
最小値	286	304	339	250	580	25%il
■平均値	330	350	475	526	771	■中央値

図 7-42 電圧別送電線建設コストの分布

本事業の算定結果（橙）と有限責任監査法人トーマツ「送電線工事費用と期間に関する考察」のグラフ（青）を基に作成