

地上設置型太陽光発電システムの 設計・施工ガイドライン 2024年版

構造関係

2025年2月12日（水）

一般社団法人 構造耐力評価機構

高森 浩治

背景

- 再生可能エネルギー推進、FIT制度の導入 → 太陽光発電設備が増加
- 太陽光発電設備の事故や不具合の増加 → 安全性に対する疑問視
- 業界としての対応が急務 → 「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン」2017年版、2019年版を策定
- その後「特殊な設置形態（傾斜地、農地、水上）の太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン」2021年版、2023年版を策定
- 新しい知見が得られたので2019年版の設計ガイドライン更新し「地上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン」2024年版を作成することになった。

ガイドラインの構成

- ・「2019年版 地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン」をベースとして、**電気設計および施工**の項目を加えるとともに、**構造設計の新しい知見**を盛り込んだ。

<ガイドライン目次>

1.総則

2.被災事例

3.構造設計・施工計画

4.電気設計・施工計画

5.事前調査

6.造成計画

7.太陽電池アレイ
の配置計画

8.設計荷重

9.使用材料

10.架台設計

11.基礎の設計

12.腐食防食

13.電気設備の設計

14.施工

15.維持管理計画

説明部分

注:ガイドライン2024年版については、2025年春～夏にアップデート
(マイナーバージョンアップ)を行う予定である。

1. 総則 ※最新の関連法令等との適合について追記

1.1 利用上の注意

- 本ガイドラインは、太陽光発電システムの構造および電気に関する設計・施工の要求事項について、建築、土木、電気設備などの各分野における 既往の基規準、指針などの文献をもとに取りまとめたものである。
- そのため、本ガイドラインでは多くの文献を引用しているが、全てについて詳述できないことから、その趣意、要点、概要についての記載にとどめている。
- **最新の関連法令等を参照して適合**する必要がある。
- これらについての詳細な内容や解説などについては、引用元の文献を参照されたい。これらを理解の上、本ガイドラインを利用して頂きたい。

NEDOの研究成果としてまとめられた本ガイドラインでの要求には法的拘束力はないが、各種法令での要求を満足させるための内容が盛り込まれている！

1. 総則

1.2 適用範囲

1. 本ガイドラインは地上設置型の太陽光発電システムの基礎と架台および電気設備の設計・施工に適用する。
2. 対象とする基礎は、鉄筋コンクリート造の直接基礎または杭基礎とする。
3. 架台の構造は、鋼構造またはアルミニウム構造とする。
4. 構造設計は、許容応力度設計法に基づいて行う。
5. 太陽電池アレイの最高高さが9mを超えるシステムおよび追尾型システムは除外する。
6. 対象とする電気設備は、太陽電池アレイの最大使用システム電圧が30 V以上1500V以下の太陽電池アレイの直流回路およびパワーコンディショナ、受変電設備の交流回路とする。

- 適用範囲に電気設備を追加し、電気設備の対象範囲を明記
- 追尾型のシステムの除外を明記

1. 総則

1.2 適用範囲

<解説>

- 適用範囲として平地(傾斜面に隣接した平地を除く)での地上設置型に限定
- 特殊な設置形態の場合は次のガイドラインを参照
 - 傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2023年版
 - 営農型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2023年版
 - 水上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2023年版
- 電気設備については、直流電気回路設計を中心とした記載とするが、交流電気回路、設備も重要な事項については記載する。

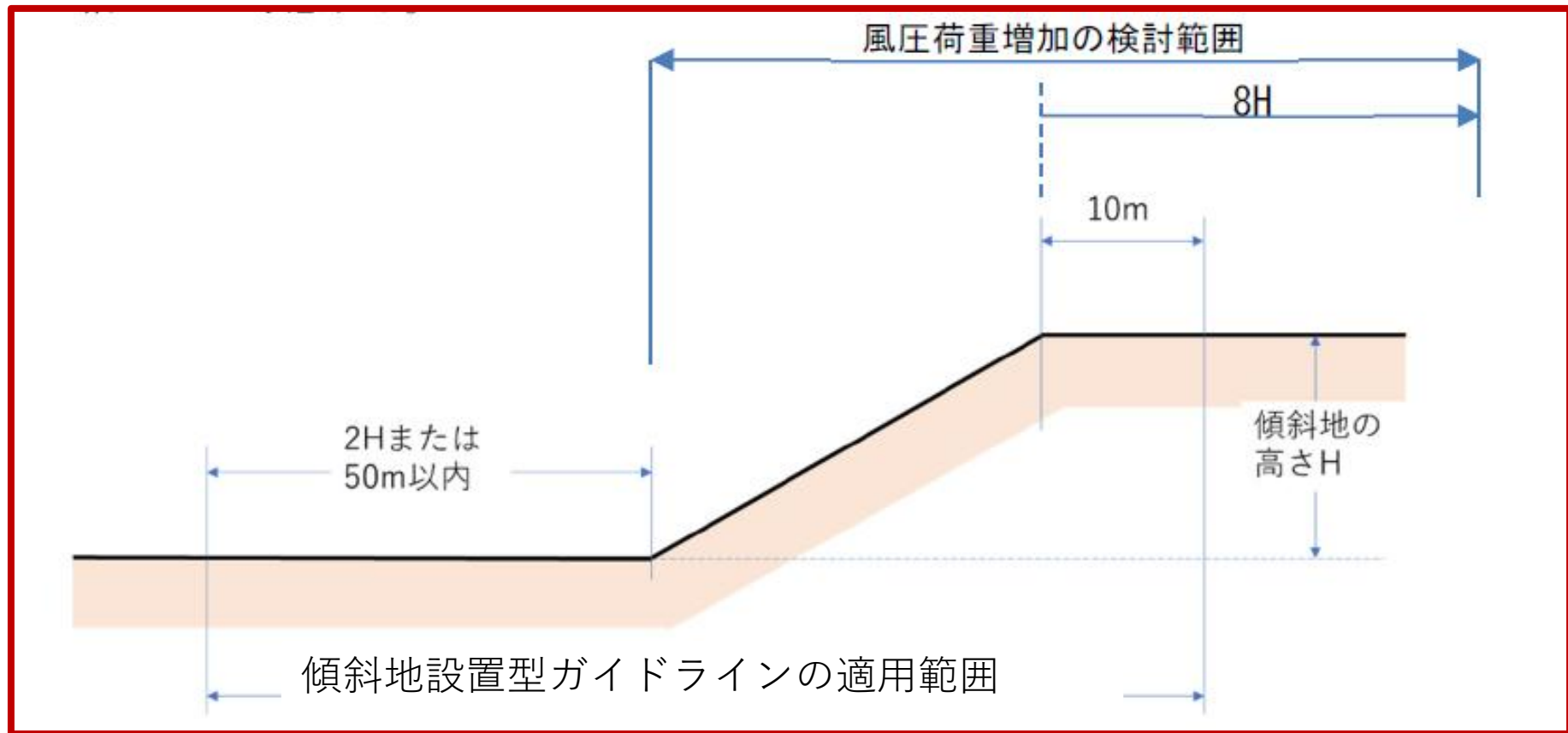
1. 総則

1.2 適用範囲

<解説>

- 適用範囲として平地(傾斜面に隣接した平地を除く)での地上設置型に限定
- 特殊な設置形態の場合は次のガイドラインを参照
 - 傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2023年版
 - 営農型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2023年版
 - 水上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2023年版
- 電気設備については、直流電気回路設計を中心とした記載とするが、交流電気回路、設備も重要な事項については記載する。

1. 総則



1. 総則

1.5 構造設計方針

1. 架台、基礎および部材間の各接合部は、稀に起こる地震・暴風・大雪に対して許容応力度設計を行うことを基本とする。
2. 地盤は、基礎および上部構造で想定された地震・暴風・大雪時の荷重（鉛直荷重、引抜き荷重、水平荷重）に対して十分な耐力を有し、かつ有害な沈下・傾斜などを起こさないことを確認する。
3. 架台および基礎の長期耐久性に関する要求性能は、目標を定めて設計・施工および保全がなされるよう設計時に配慮する。
4. 関係法令および各地方自治体による条例、施行規則およびこれらに基づく設置許可申請の手引きなどでの要求事項については、別途適合させる。
5. 設計図書を作成し、保管する。
6. 計画地の自然条件を適切に設計および維持管理に反映させる。
7. 供用期間の延長や自然条件の変化等により要求性能に変更が生じた場合は、最新の条件を踏まえ、適切に機能強化等の対策を行う。

1. 総則

1.7 施工管理方針

1. 労働安全衛生法などの関係法令を遵守する。
2. のり面工、斜面安定工、排水工、基礎および架台などの施工にあたっては、所要の機能が確保されるように施工する。施工中に明らかになった条件についても考慮を加え、より合理的な施工が行われるよう安全管理、品質管理、出来形管理、工程管理を行う。
3. 予め現地の状況を確認した上で、施工計画を立案し、安全性はもとより、周辺環境への悪影響が発生しないよう施工する。
4. 電気工事完了後、使用前の竣工試験により、計画に従って工事が行われたことおよび電気設備技術基準に適合するものであることを確認する。
5. 現地状況を踏まえた実際の施工結果を竣工図書としてとりまとめる。
図化できない範囲については写真にて記録する。
6. 施工中において、災害の発生防止、環境保全に努める。

ガイドラインの構成

<ガイドライン目次>

1.総則

2.被災事例

3.構造設計・施工計画

4.電気設計・施工計画

5.事前調査

6.造成計画

7.太陽電池アレイ
の配置計画

8.設計荷重

9.使用材料

10.架台設計

11.基礎の設計

12.腐食防食

13.電気設備の設計

14.施工

15.維持管理計画

説明部分

2. 被災事例

2.1 水害による基礎・架台の倒壊

- 堤防の決壊による水害
- 水圧で架台が倒壊
- 発電所の立地（ハザード）についての事前調査が重要



2.2 積雪による基礎沈下または架台損傷

- 積雪により基礎が傾き，架台が損傷
- 設計段階での基礎の安定性の確認が重要



2. 被災事例

2.3 強風による架台の損傷・飛散

- 突風によって架台が崩壊・飛散
- 部材の接合部の耐力不足、杭の抵抗力不足



2.4 地震による基礎・架台の損傷

- 地震によって架台が傾く
- 南北方法の荷重に対して1本の杭(兼支柱)で抵抗する構造
- 杭の支持力が不足していたことが被害原因



2. 被災事例

2.5 電気火災

- 太陽電池からの発火、焼損事例
- 構造事故からの電気設備発火、草への延焼

出典：西胆振行政事務組合



ガイドラインの構成

<ガイドライン目次>

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | |

 説明部分

3. 構造設計・施工計画

3.1 設計フロー(構造)

1. 設計の計画は図3-1節のフローを参考に進める。
2. 過去の被災事例を参考に、地域特性・環境特性を考慮して計画を進める。
3. 供用期間にわたって要求性能を満足するよう、設計段階において維持管理計画を作成する。

3. 構造設計・施工計画

3.1 設計フロー(構造)

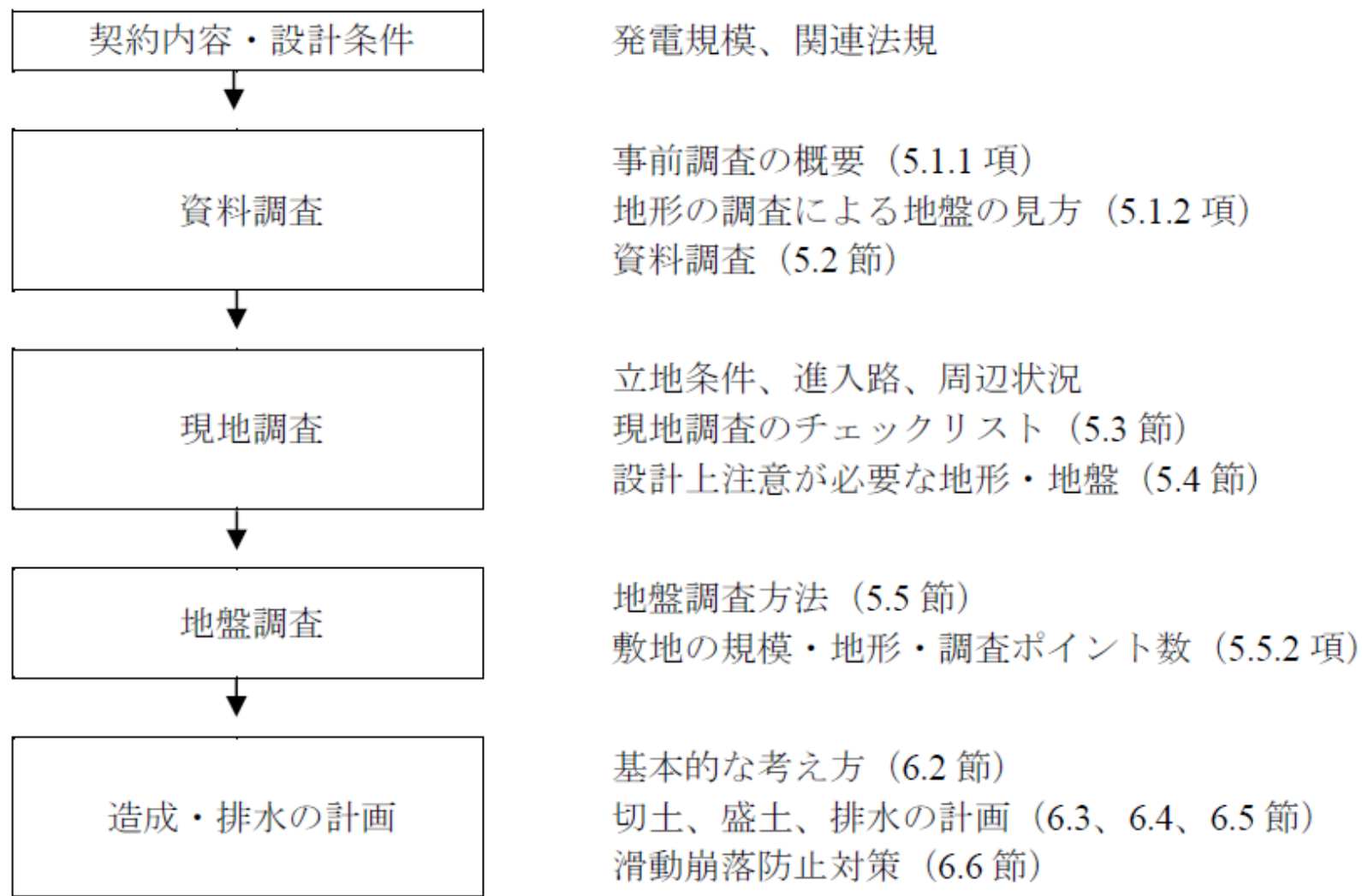


図3-1 構造設計フロー (前半)

3. 構造設計・施工計画

3.1 設計フロー(構造)

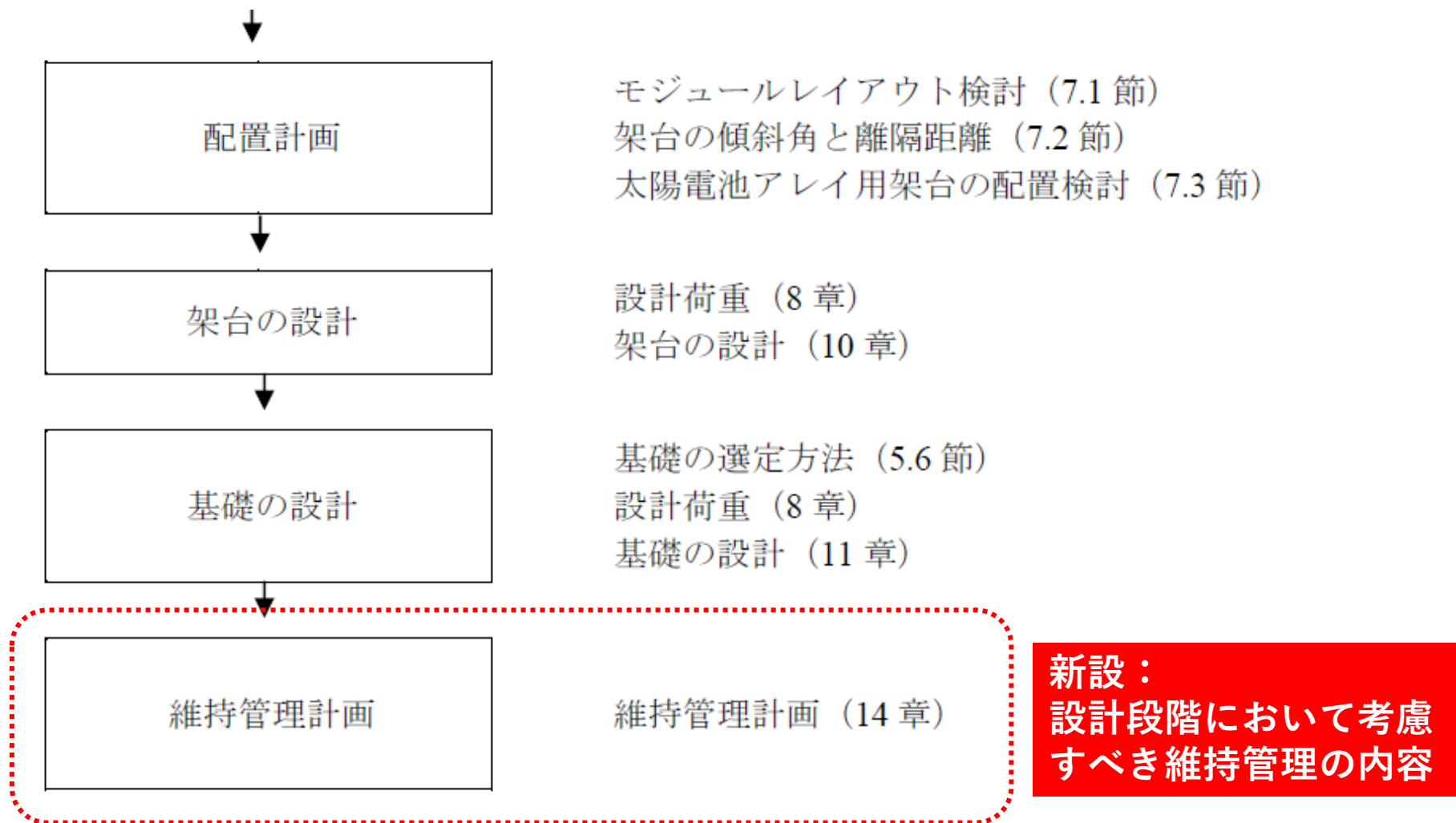


図3-1 構造設計フロー (後半)

3. 構造設計・施工計画

3.2 施工フロー(構造)

新設

1. 基礎および架台の施工の計画は図3-2のフローを参考に進める。
2. 施工に先立ち、**設計意図を把握**するとともに、**現場条件を考慮した施工計画**を立案する。
3. 法令などを確認し、関係官公庁などへの**許認可申請手続き**を行う。
4. **供用後の撤去計画**を立案する。

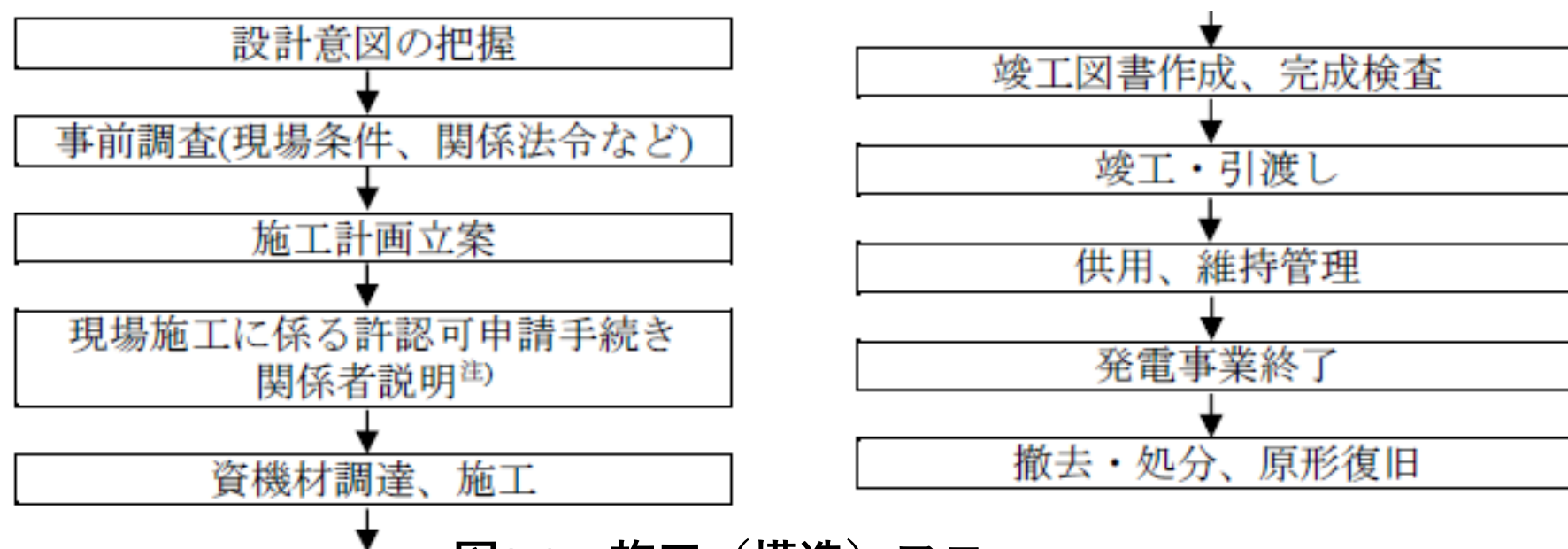


図3-2 施工（構造）フロー

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | |

 説明部分

5. 事前調査

事前調査は、**資料調査**、目視による**現地調査**、**地盤調査**、**土地利用状況**および**周辺環境の調査**を基本とする。

5.1 事前調査

1. 基本事項: 敷地調査は、事前調査(**資料調査・現地調査**)により、**設置する環境や周辺環境を適切に把握**する。

事前調査のチェックポイント

- ① 地形や地盤の特徴を把握する。
- ② 表層地質を判断し（沖積層や洪積層の区別など）、地層構成を想定する。
- ③ 地盤の特徴や既往資料から、特殊土層（取扱いに注意を要する土層）の有無を調べる。
- ④ 近隣の既往資料より、地盤状況（土質・地層・強度・地下水位）を調べる。
- ⑤ 過去に近隣で行われた地盤補強工事の有無や施工例について調べる。
- ⑥ 地名・植生などから、地域の特性を調べる。
- ⑦ 地震など、地盤災害の危険性について調べる。
- ⑧ 近隣住民からの聞き取り調査により、敷地の履歴などを調べる。
- ⑨ 周辺家屋や道路などの異常（不同沈下や変状など）の状況から、地盤沈下の危険性を調べる。
- ⑩ 切土・盛土など造成形態から、不同沈下の危険性を調べる。
- ⑪ 造成時期や今後の新たな盛土予定を調べる。
- ⑫ 排水計画を立てる。
- ⑬ 土砂の流入・流出の可能性を調べる。

5. 事前調査

5.2 資料調査

1. 国土地理院発行の**地形図**や**土地条件図**、**ハザードマップ**などの地図資料、既往地盤調査資料および各種文献などを用いて基礎設計に必要な**地盤の情報を収集**する。
2. 地域に固有な地盤条件を知る情報として、**地名や植生なども調査**する。
3. 小規模構造物の地震被害には、地盤条件に起因するものが多く、その危険性について調べる。
4. **排水施設の設計・施工**に必要な**降水量を調査**する。

<解説>

- 設置に適した場所を選定する。
- 地名は地歴を示していることがあり、設計に当たり参考にすると良い。
- 降水量の設定にあたり、道路土工要綱(平成21年度版)の「第2章 排水」を参考にすると良い。
- 自治体によっては、近年の観測データから独自に確率降雨強度を設定している事例もある。← 例：**宮崎県における確率降雨強度式**

5. 事前調査

5.2 資料調査

表 5-2 既存資料調査における資料の一例

	資料	発行機関	購入（入手）先*	資料内容と利用方法
地形 関 連	国土基本図 地勢図 地形図	国土地理院	・国土地理院ホームページ ・（一財）日本地図センター	・全ての調査の基本となるもの ・地形は長い年月における豪雨や地震等による斜面変動、地質的変動の影響を受けた状態を表しているため、建設工事における地質的な問題箇所の多くは地形的特徴として判読できることが多い
	都市計画図	都道府県、市町村	・所管部署に要問い合わせ	・都市計画の内容を記した地形図
	森林基本図	林野庁	・林野庁ホームページ ・（一社）日本森林技術協会	・地形と森林の境界を記した地形図
		都道府県	・所管部署に要問い合わせ	
	数値地図	国土地理院	・（一財）日本地図センター	・地表をメッシュに区切り、その中心点の標高データを数値化したもの ・鳥観図の作成、傾斜等地形を大局的に把握できる
	土地条件図	国土地理院	・国土地理院ホームページ ・（一財）日本地図センター	・崩壊や落石等の問題がある箇所の判断に有効である
	土地利用図	国土地理院、省庁、自	・国土地理院ホームページ	・国立公園、自然公園、特別史跡、名勝、天然記念物、林地の種類、伐開跡地な

5. 事前調査

5.2 資料調査

表 5-3 地形を表す地名の一例

	地名用例	地形の原意
あ	碧海、青野、青田	あお (=湿地・湖沼・水面)
	芥見、飽田 (あくた)、飽海、飽波、飽見、阿久田、明田、安久田、垢田、阿宮、飽包浦、阿久津	あく (=湿地) ・あくつ
	阿久戸、安久戸、悪土、開戸、明戸、肥戸	あくと (=水はけの悪い低地)
	浅田、浅井、阿佐	あさ (=浅い水)
	阿瀬、阿瀬部、汗入、畦田	あせ (=湿地)
	葦田、葦津、辛川	あし (=湿地)
	荒川、荒砥沢、荒沢	あれ、あら (=地すべり地)
	芦原、阿原、淙 (あわら)	あわ (=湿地・深泥の田)
い	井ノ頭、井上、井手、伊手、伊良、井野、飯野、稲生、入野	い (=水の集まる場所)
	池田、池辺、池上	いけ (=湿地・氾濫原)
	石山、石投、石谷、石原田	いし (=地すべり地)
	犬飼、犬養	いぬかい (=低い山の間の谷)
う	入谷、入沢、入江、入野	いり (=谷の奥、入り江)
	浮田、浮島、宇喜田	うき (=湿地)
	歌浜、宇田、宇多、大田、右田原、兎田、鶴田	うた (=泥田・湿地)
	浮津、宇津、宇都山、内海、宇津呂、太秦	うつ (=狭い谷・崖)
	右田 中森 中戸 中郷 中土	みし (=狭い、谷)

出典) 一般社団法人日本建築学会: 小規模建築物基礎設計指針, 2008

5. 事前調査

5.3 現地調査

1. 対象地を中心として周辺の観察を行い、資料調査の結果と照合しながら、敷地の地盤状況を把握する。
2. 地形や造成盛土などの状況から、地盤の安全性や不同沈下の危険性について評価する。

<解説>

- 現地調査の重要項目は、方角、傾斜度・向き、平坦度、陥没の有無、前面道路(幅員)、障害物の有無、隣地の利用状況、海岸からの距離、系統連系を行う地点であり、表5-4のチェックリストを参考に調査する。

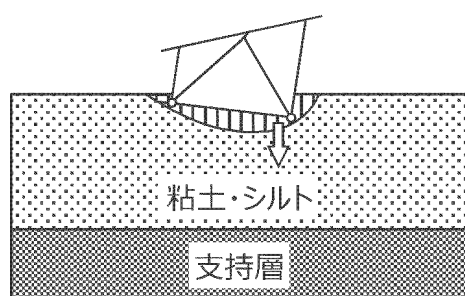
表 5-4 現地調査のチェックリストの例（調査地を含む周辺状況） 5-8)に加筆・修正

点検項目		点検細目
基本資料	既存資料	地形図・旧地形図・地盤図・地質図・土地条件図・ その他（ ）
地形観察	地形判別	山地・丘陵・崖錐・洪積台地・扇状地・自然堤防・後背湿地・ 谷底低地・おぼれ谷・旧河道・三角州・海岸砂州・砂丘・ 堤間低地・潟湖跡（干潟・干拓地）
	付近の水域からの高低差	敷地からみた川・池沼・湿地までの高さ (GL-) m
地表の傾斜	傾斜度	急傾斜地・接傾斜地・平坦地（斜度 15 度以上を急傾斜とする）
	主傾斜の方向	主傾斜が（南・北・西・東・北東・北西・南東・南西）

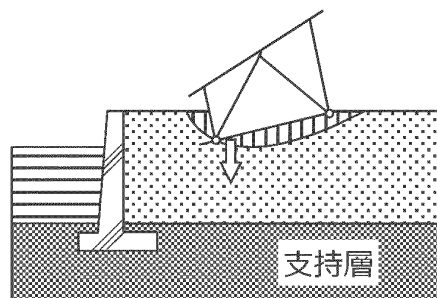
5. 事前調査

5.4 注意が必要な地形・地盤

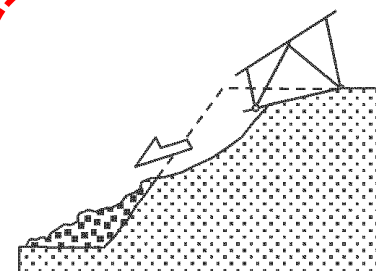
1. 事前調査および現地調査の結果から、太陽電池架台を設置する予定の用地が5.4 節の各項に該当するような地盤と考えられる場合には、基礎・架台の設計時に特に注意が必要である。



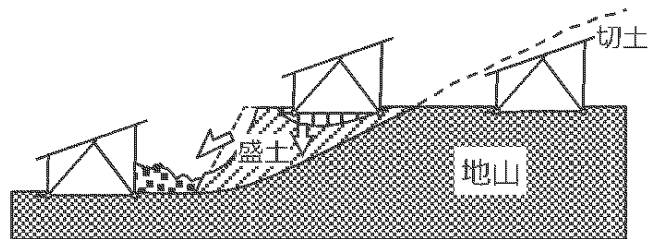
軟弱地盤



埋立地



崖・急斜面



造成地（山地・丘陵地）

その他

- ・ 地盤の液状化（3.4.8）
→ 水で飽和したゆるい砂層
- ・ 森林伐採地（3.4.9）
→ 雨水による地盤侵食

近年はこれらの事故が顕在化しており、社会的な問題になっている

5. 事前調査

5.5 地盤調査

1. 事前調査結果を踏まえて原位置試験を実施し、設計に必要な地盤工学的特性に関する情報を収集する。
2. 資料調査および現地調査の結果から、太陽光発電設備を設置する予定の用地が、軟弱地盤、埋立地、盛土地盤、造成地、傾斜地、谷底低地に該当するような地盤と考えられる場合、十分な基礎の支持力を得られないことが懸念されるため、より詳細な調査を行う。

<解説>

- 軽量の太陽電池架台といえども地盤の状況によっては不同沈下が生じる。
- 杭基礎を採用する場合には、十分な支持力(圧縮力・引抜力・水平力)が必要となる。
- 地盤調査に十分な費用がかけられない場合には、綿密な事前調査(5.1節)を実施し、その結果を踏まえて地盤調査や土質試験を効率的に実施する。
- 地盤調査方法には、表5-5に示すものがあり、計画地の地盤状況と検討目的に応じて適切に選択、組み合わせて調査を行う。

5. 事前調査

5.5 地盤調査

表 5 1 各地盤調査から得られる情報とその利用※1

調査方法	得られる情報	結果の利用
ボーリング	・地層構成（層序） ・地盤の固さ（N 値等の地盤定数） ・地下水環境	・採取された地盤試料を肉眼で確認して性状を把握 ・地盤構成、支持層の設定 ・ボーリング孔を利用した原位置試験の実施
サウンディング	・貫入抵抗値	・地盤定数の鉛直分布 ・ボーリングによる土層構成の補完 ・軟弱地盤、液状化判定 ・支持力の推定
物理探査	・地中における物理的性質（電気抵抗、弾性波速度等）の差異	・面的な地盤構造の把握 ・ボーリングによる地盤構成の補完 ・地下水の分布 ・地盤定数の水平分布
原位置試験※2	・変形特性 ・強度特性	・地盤の変形特性の把握 ・支持力の推定
サンプリング	・地盤試料採取	・室内土質試験のための試料採取
地下水調査	・地下水位 ・地下水流動状況	・排水工の設置計画、設計の条件設定
室内土質試験	・物理特性 ・力学特性 ・変形特性	・支持力の推定 ・杭の抵抗力（引き抜き、水平）の推定

※1 「社団法人日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針，2009」を参考に作成

※2 本表ではボーリング孔内水平載荷試験、平板載荷試験、現場 CBR 試験を想定

5. 事前調査

5.5 地盤調査

表 5 1 各地盤調査から得られる情報とその利用※1

調査方法	得られる情報	結果の利用
ボーリング	・地層構成（層序） ・地盤の固さ（N 値等の地盤定数） ・地下水環境	・採取された地盤試料を肉眼で確認して性状を把握 ・地盤構成、支持層の設定 ・ボーリング孔を利用した原位置試験の実施
サウンディング	・貫入抵抗値	・地盤定数の鉛直分布 ・ボーリングによる土層構成の補完 ・軟弱地盤、液状化判定 ・支持力の推定
物理探査	・地中における物理的性質（電気抵抗、弾性波速度等）の差異	・面的な地盤構造の把握 ・ボーリングによる地盤構成の補完 ・地下水の分布 ・地盤定数の水平分布
原位置試験※2	・変形特性 ・強度特性	・地盤の変形特性の把握 ・支持力の推定
サンプリング	・地盤試料採取	・室内土質試験のための試料採取
地下水調査	・地下水位 ・地下	・排水工の設置計画、設計の条件設定
室内土質試験	・物理 ・力学 ・変形特性	

調査方法ごとに得られる情報と結果の利用についてまとめている

※1 「社団法人日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針，2009」を参考に作成

※2 本表ではボーリング孔内水平載荷試験、平板載荷試験、現場 CBR 試験を想定

5. 事前調査

5.6 基礎の選定方法

1. 地盤調査の結果から、杭の打設が可能で十分な支持力（押込み力・引抜き力・水平力）が期待できる場合には摩擦杭あるいは支持杭とすることができる。杭基礎を採用する場合は、現地にて試験杭を打設し載荷試験を実施して安全を確認すること。ただし、採用する杭が大臣認定、技術認証等を取
得した工法である場合はこの限りではない。
2. 軟弱地盤で杭の支持力が期待できない場合や反対に地盤が固い場合、
あるいは地中に転石などが多くあり、杭の打設が困難な場合には直接基礎と
する。
3. 直接基礎を採用するときは、図5-24「SWS試験結果に基づく直接基礎の
選定」を目安に、基礎形式を決定する。この時、標準貫入試験以外の
試験結果はN値に換算して基礎選定の判断を行う。

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | 説明部分 |

6. 造成計画

6.1 造成・排水の計画

1. 斜面を伴う造成を行う場合、**侵食や崩壊・地すべり等**により土砂や太陽光発電設備が流出し**二次災害を生じさせないよう**、事前に十分な工学的検討を行い、安全性を確保する。
2. **自然の斜面地形を活かして**太陽光発電設備を設置する場合、**洗掘や雨裂による土砂流出**の恐れがあるため、**のり面保護工**を行う等、安全性を確保する。
3. 気象や地形、地質等の自然条件の適切な設定や造成設計等、多岐に亘る工学的知見をもって技術的判断を行う必要があるため、**必要に応じ専門家の協力を得る**ことが望ましい。



参考図書

- ・ 宅地防災マニュアル（国土交通省HP）
- ・ 宅地防災マニュアル（宅地防災研究会）
- ・ 道路土工要綱，道路土工 切土工・斜面安定港指針、盛土港指針（日本道路協会）

6. 造成計画

6.2 基本的な考え方

⇒盛土規制法について追記

- 「盛土等防災マニュアル」は、令和3年7月に熱海市において発生した土石流災害等を契機に「宅地造成及び特定盛土等規制法」(通称「盛土規制法」)が制定され、同法の政令において工事の技術的基準を規定し、これを受けて地方自治法(昭和22年法律第67号)第245条の4第1項の規定に基づく技術的助言として、国からの通知「宅地防災マニュアル」(令和元年6月28日版)を改正し、策定されたものである。
- 盛土規制法では、住宅用地等の造成の際に行われる盛土等だけではなく、残土処分場や太陽光発電施設等の多様な開発形態を考慮した規制を行うこととしている。計画箇所が位置する自治体によって規制の内容が異なるため、十分確認するとともに、規制内容への遵守が求められる。

遡及措置もあるので
ご注意ください！

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|--------------------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ
の配置計画 | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | 8.設計荷重 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 9.使用材料 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 10.架台設計 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 11.基礎の設計 | |
| 6.造成計画 | | |

 説明部分

7. 太陽電池アレイの配置計画(ラフプラン)

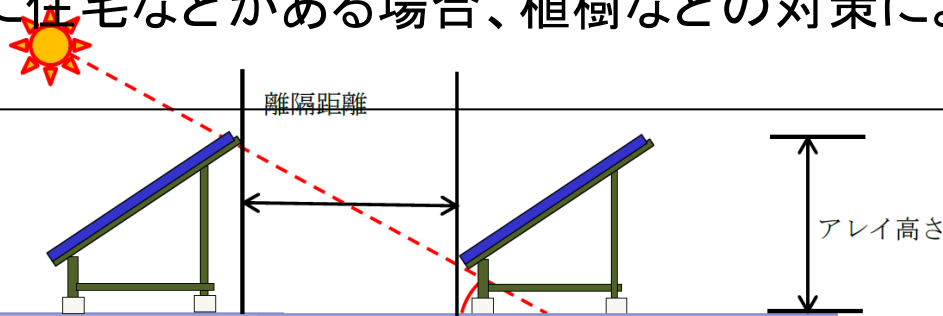
7.1 事前情報からのモジュールレイアウト検討

1. 年間最大発電電力量を得るための最適設置レイアウトでは、架台の方位と傾斜角度が重要となり、特に地上設置型ではアレイ配列が複数となるため、**アレイ間の離隔距離の確保が必要**となる。
2. **離隔距離**の検討は、設置場所の緯度によって太陽高度と日陰距離が異なるが、年間で最も日陰の長い、**冬至の9時、15時の日陰長さから推定すること**が**目安**となる。
3. 最終的なモジュールレイアウトは、風圧荷重や積雪荷重を考慮したモジュール強度に対する架台の傾斜角の検討に加え、面積制約と離隔距離、基礎など、諸条件を検討して決める必要があり、数種類のレイアウトを図面化し、コストを含めた検討を行うのが一般的である。
4. **風圧荷重が大きい地域**では、20度以下の架台の傾斜角を採用する例が多い。**架台の傾斜角を小さくすることで風圧荷重が軽減**でき、架台コストを下げる事が可能であるが、予め設置場所の緯度、経度から年間発電電力量への影響を確認する。
5. **多積雪地域**では**架台の傾斜角を大きくすることで積雪荷重を軽減**できるが、アレイ前部の落雪対策として、架台の脚部を嵩上する検討も必要となり架台コストへの影響も考慮する。

7. 太陽電池アレイの配置計画(ラフプラン)

7.2 太陽電池アレイ用架台の配置検討

1. 敷地に対するアレイ架台の配置検討では、発電電力量が最大となる南向きに配置することや架台の最適傾斜角を確保する。
2. 複数の太陽電池アレイを設置する場合は、陰の影響を最小化するための離隔距離を確保する。
3. 複数のパワーコンディショナを設置する場合、つなぎ込む太陽電池アレイは同一角度、同一方位を原則とする。
4. 敷地を有効活用するために、架台の傾斜角を小さくし離隔距離を短くする場合には、メンテナンススペースの確保に留意する。
5. 積雪地域などで架台の傾斜角を大きくすると、アレイの高さが高くなり離隔距離を大きくする。
6. 設置場所の周辺の建物や樹木の陰にならない位置に配置する。
7. 設置場所周辺に住宅などがある場合、植樹などの対策により光害の配慮を行う。



ガイドラインの構成

<ガイドライン目次>

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | |

 説明部分

8. 設計荷重

1. 設計荷重は、**JIS C 8955:2017**「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算定方法」に準じて算定する。ただし、公共工事標準仕様書などで指定があった場合にはそれに従う。

8.1 想定荷重と荷重の組合せ

1. 太陽電池架台および基礎の設計で想定する荷重は、上部構造に作用し基礎に伝達される**固定荷重・積載荷重・積雪荷重・風圧荷重・地震荷重**とする。
2. 前号に掲げる荷重のほか、**当該設置環境において想定される荷重を考慮**する。

<解説>

- 設計荷重は、JIS C 8955:2017に示された固定荷重、風圧荷重、積雪荷重、地震荷重を基本とする。
- **当該設置環境において考慮すべき荷重条件がある場合にはそれらについても適切に設定する。** ← **太技省令第4条第1項**

8. 設計荷重

8.2 固定荷重

1. 固定荷重は、太陽電池モジュールの重量と支持物の重量の総和とする。
2. 支持物にパワーコンディショナ、配線、その他の機器などが固定されている場合には、それらの重量も加算する。

<解説>

- 架台にパワーコンディショナや配線などが固定されている場合には固定荷重が増加するため、それらの重量を加算する必要がある。
- 特に、パワーコンディショナの固定荷重は局所的に作用するので、構造解析においては取付けられる支柱等への集中荷重として入力する。

8. 設計荷重

8.3 風圧荷重

8.3.1 設計用風圧荷重

1. 太陽電池アレイ用支持物の設計用風圧荷重は、式(8.1)に示すアレイに作用する風圧荷重 W_a と式(8.2)に示す支持物構成材などに作用する風圧荷重 W_b の両方を考慮するしなければならない。
2. 風圧荷重は、アレイの段方向(一般的には南北方向)だけでなく、列方向(一般的には東西方向)についても設定する。
3. アレイの風圧荷重は太陽電池モジュールの面に垂直に作用することとし、支持物構成材などの風圧荷重は地盤と平行に作用することとしてもよい。なお、支持物構成材などには、支持物に付帯するパワーコンディショナや接続箱なども含まれる。
4. アレイ面の受風面積は、太陽電池モジュールの周囲に付けられる部材を含む面積とする。

$$W_a = C_a \times q_p \times A_a \dots\dots\dots (8.1)$$

$$W_b = C_b \times q_p \times A_b \dots\dots\dots (8.2)$$

8. 設計荷重

8.3 風圧荷重

8.3.2 設計用風圧荷重

- ⇒ 傾斜地での風速割り増し係数を削除。
- 傾斜地設置型のガイドラインを参照する。

8. 設計荷重

8.3 風圧荷重

8.3.3 風力係数

a)アレイ面の風力係数

実証実験の結果をもとに
アレイ面の風力係数を更新

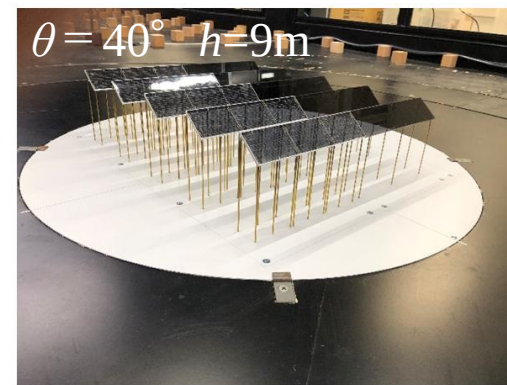
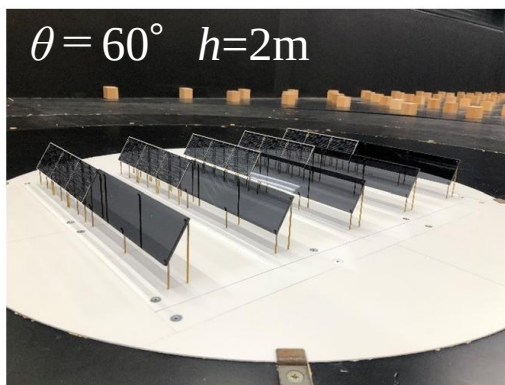
1. 太陽電池アレイ面の風力係数は、風洞実験によって定める。ただし、表8-5に示す設置形態の場合は、式(8.7)によって算出してもよい。この風力係数の適用範囲はアレイ面の高さが9mまでとする。

地上設置 順風(正圧)、逆風(負圧)ともに、式(8.7)による。

$$Ca = 0.9 + 0.045\theta - 0.0003\theta^2 \quad \dots\dots\dots (8.7)$$

← 風洞実験の結果から
JIS C 8955:2017から変更

ただし、 $5 \text{ 度} \leq \theta \leq 60 \text{ 度}$



8. 設計荷重

8.3 風圧荷重

8.3.3 風力係数

a)アレイ面の風力係数

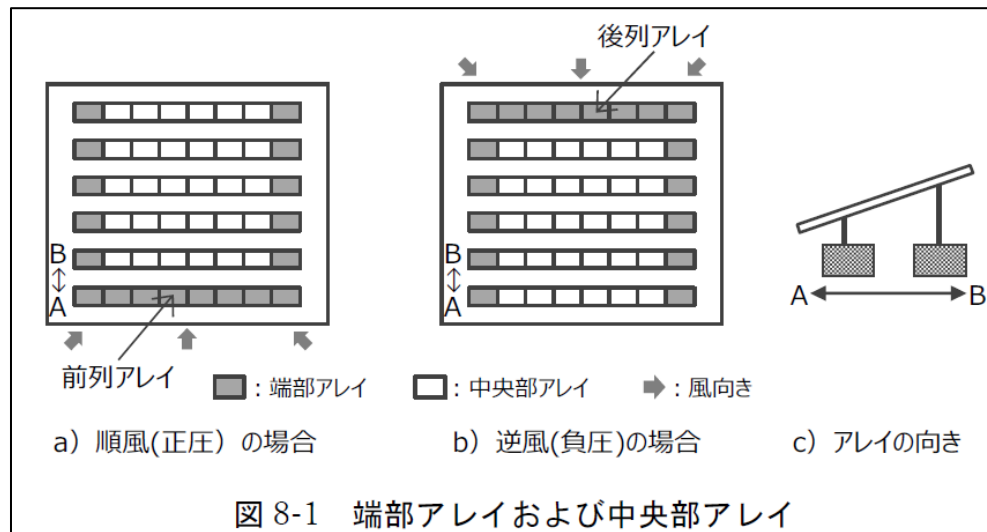


表 8-5 太陽電池アレイ面の風力係数 C_a の適用

風力係数 (C_a)		適用
順風 (正圧)	逆風 (負圧)	
		図 8-1 で定義する中央部アレイでは、近似式(8.7)の値を順風の場合は0.6倍、逆風の場合は0.7倍して使用してもよい。
注記 は風向、 $\rightarrow$ は風圧力の方角を表す。		

順風と逆風で中央部アレイの低減率を変更している！

8. 設計荷重

8.4 積雪荷重

8.4.1 設計用積雪荷重

変更なし

1. 設計用積雪荷重は、式(8.8)によって算出する。

$$S_p = C_s \times P \times Z_s \times A_s \times 100 \dots\dots\dots (8.8)$$

ここで S_p : 積雪荷重 (N)
 C_s : 勾配係数
 P : 雪の平均単位荷重 (積雪 1cm 当たり N/m²)
 Z_s : 地上垂直積雪量 (m)
 A_s : 積雪面積 (アレイ面の水平投影面積) (m²)
※ C_s 、 P 、 Z_s は JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾ による。

8. 設計荷重

8.4 積雪荷重

8.4.2 勾配係数

1. 勾配係数 C_s は、1.0とする。ただし、アレイ面の積雪の滑落を確実に保証できる場合には、式(8.9)あるいは式(8.10)によって算出することができる。

$$C_s = \sqrt{\cos(1.5\theta)} \dots\dots\dots (8.9)$$

ここに、 θ ：アレイ面の傾斜角度（度）

ただし、 $0 < \theta \leq 60$

$$C_s = 0 \dots\dots\dots (8.10)$$

ただし、 $\theta > 60$

8.4.3 雪の平均単位荷重

1. 式(8.8)において、雪の平均単位荷重(P)は、積雪1cmごとに1m²につき一般の地方では20N以上、多雪区域では30N以上とする。

8. 設計荷重

8.4 積雪荷重

8.4.4 地上垂直積雪量

1. 太陽電池アレイ面の設計用積雪量は、地上における垂直積雪量(Z_s)とし、原則として、式(8.11)によって計算した積雪量とする。ただし、太陽光発電設備の建設地において局所的地形要因による影響を考慮しなければならない場合や、当該建設地近傍における地上積雪深の観測資料に基づいて50年再現期待値を求めることができる場合、またはそれに相当する地上積雪深の推定が可能な場合はこの限りではない。

$$Z_s = \alpha \times l_s + \beta \times r_s + \gamma \dots\dots\dots (8.11)$$

ここに、	l_s :	区域の標準的な標高 (m)
	r_s :	区域の標準的な海率 [区域に応じて JIS C 8955:2017 の表 8 に示す R の欄に掲げる半径 (km)の円の面積に対する当該円内の海その他これに類するものの面積の割合]
	α, β, γ :	区域の積雪量を表すパラメータは省略 (JIS C 8955:2017 の表 8 参照)。

8. 設計荷重

8.4 積雪荷重

8.4.6 アレイ面の下端に作用する積雪荷重

1. アレイ面の下端に作用する積雪荷重(軒先荷重)は図8-3に示す軒下堆雪深さがアレイ軒先高さを超える場合、式(8.12)により算出する。なお、軒先荷重も設計で想定する荷重条件は表8-1に示す積雪荷重(S)と同様に設定する。

$$F_{S_{\max}} = 1.4 \times S_{\max} \times 2/3 = 0.93 \times S_{\max} \quad \dots\dots\dots (8.9)$$

ここで $F_{S_{\max}}$: 軒先荷重 (N/m)

$S_{\max}$: 最大積雪重量 $S_{\max} = P \times Z_s \times 100$ (N/m²)

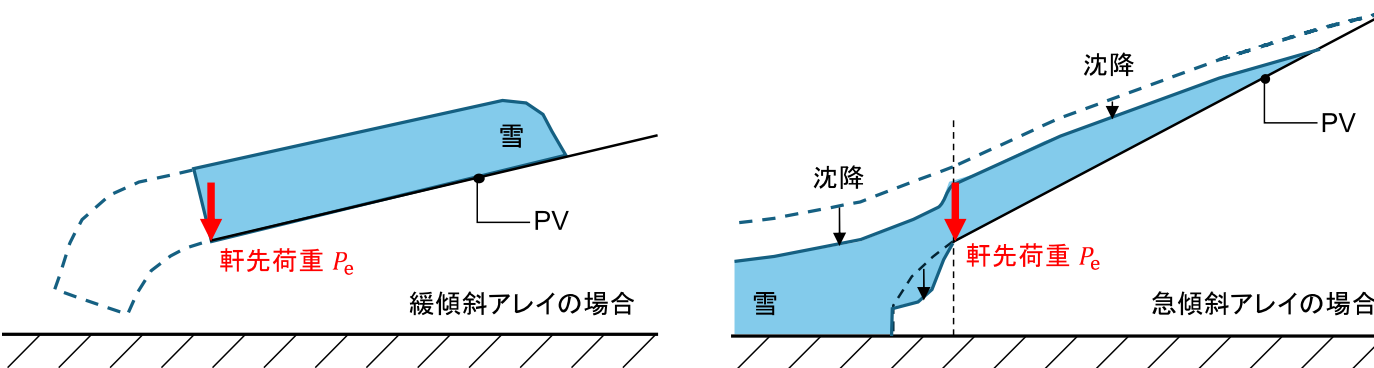


図8-3 軒先荷重のメカニズム



軒先荷重による被害

8. 設計荷重

8.4 積雪荷重

8.4.6 アレイ面の下端に作用する積雪荷重（つづき）

アレイ面上と
地上の雪が繋
がる条件

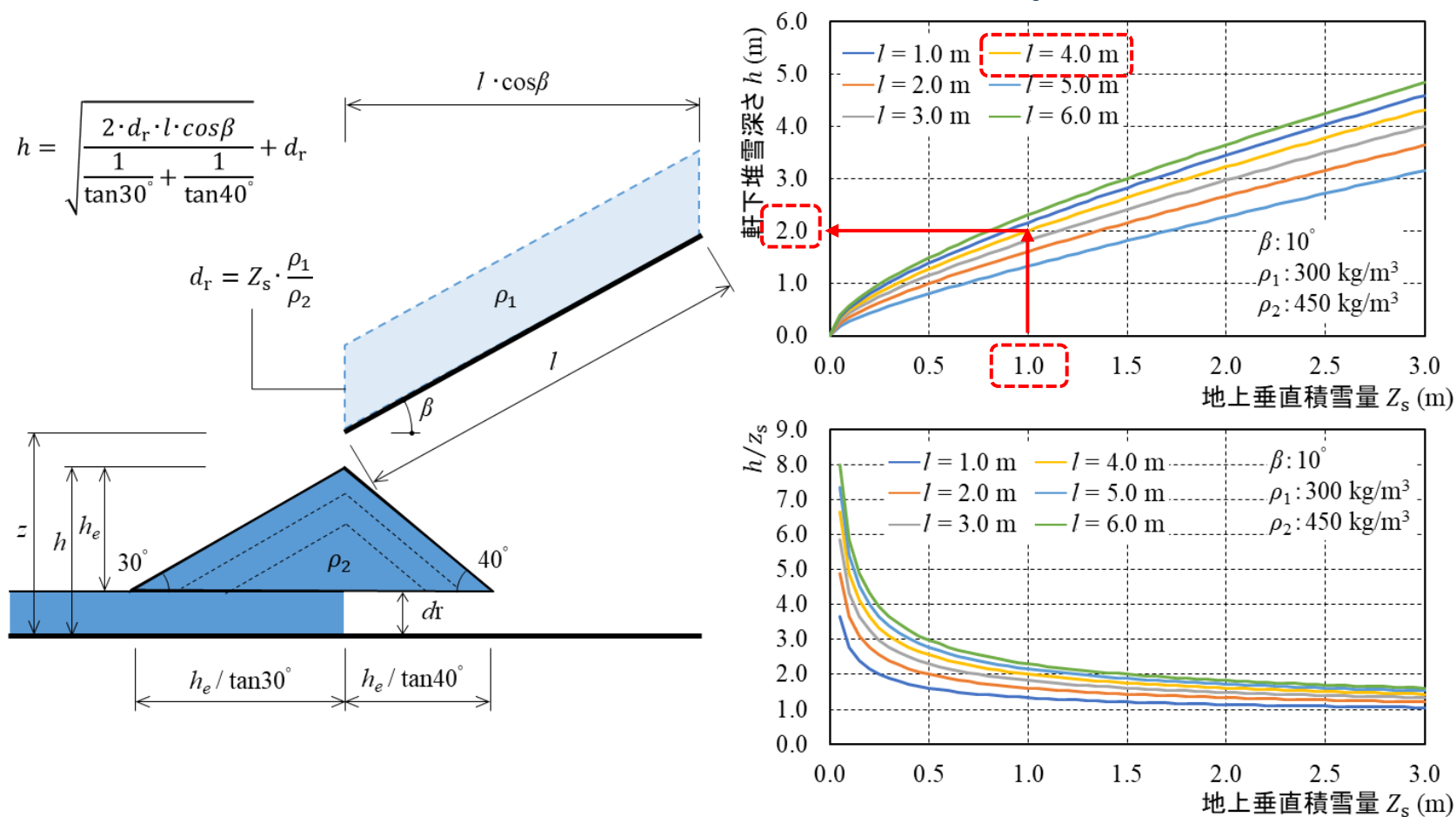


図8-2 軒高算定モデルと地上垂直積雪量と軒高との関係

8. 設計荷重

8.5 地震荷重

変更なし

8.5.1 設計用地震荷重

1. 設計用地震荷重は、一般の地方では式(8.15)、多雪区域では式(8.16)によって算出する。

$$K_p = k_p \times G \dots\dots\dots (8.15)$$

$$K_p = k_p \times (G + 0.35S) \dots\dots\dots (8.16)$$

ここに、
 K_p : 設計用地震荷重 (N)
 k_p : 設計用水平震度
 G : 固定荷重 (N)
 S : 積雪荷重 (N)

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | |

説明部分

9. 使用材料

9.1 鋼材

1. 支持物架台に使用する鋼材は、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料でなければならない。また、使用する目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して選定する。
2. 建築系、土木系の各種技術基準などに示されているJIS規格に基づく材料を使用する場合、技術基準などに示されている断面性能諸元などの特性値を使用することができる。

<解説>

- 鋼材の材質・形状・寸法は、原則として鋼構造設計規準—許容応力度設計法—および軽鋼構造設計施工指針・同解説に従い、適切に選定する。
- コンクリートの補強などに使用する鉄筋および金網は、JIS G 3112「鉄筋コンクリート用棒鋼」およびJIS G 3551「溶接金網及び異形鉄筋格子」に従い、適切に選定する。
- ステンレス鋼などの特殊鋼については、その強度特性、耐久性等を十分に考慮して、適切に選定する。
- 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—および軽鋼構造設計施工指針・同解説に記載がない、もしくは海外規格などの鋼材についてはその強度特性、耐久性などを十分に考慮して、適切に選定する。

9. 使用材料

9.2 アルミニウム合金材

変更なし

1. 支持物に使用するアルミニウム合金材は、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料とする。
2. アルミニウム合金材の材質は、使用する目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して選定する。

9. 使用材料

9.3 コンクリート

1. 支持物に使用する**コンクリート**および**コンクリート製品**は、**設計条件に耐え得る安定した品質**をもつ材料とする。
2. 使用する目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して、**コンクリートの規格・仕様を選定**する。

<解説>

- 支持物に使用される**コンクリート材料の種類および品質**は、原則として建築工事標準仕様書・同解説 **JASS5 鉄筋コンクリート工事**または**コンクリート標準示方書**に従い、適切に選定する。
- 使用する**コンクリート強度**については、**無筋コンクリートでは圧縮強度 18N/mm^2 、鉄筋コンクリートでは圧縮強度 24N/mm^2 以上**を使用することが望ましい。
- **コンクリート製品はJIS規格に準拠する製品を基本とし、強度特性が明確なものを使用**する。

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | 説明部分 |

10. 架台の設計

10.1 架台の構造形式と構造解析モデル

1. 架台はx方向、y方向（一般的には東西方向、南北方向）のいずれの構面についても安定構造とする。
2. 架台の構造解析モデルでは、部材、接合条件、柱脚部の支持条件を正しく設定し、架台の実情を正しく再現したものとする。
3. 接合部が偏心している場合、構造解析モデルにおいても、その偏心が考慮されていることを基本とする。接合部での偏心を反映できない場合、別途、構造計算により求めた応力を用いて偏心による付加応力を求め、部材の断面算定においてその応力を反映させる。
4. 杭基礎の場合、上部構造と杭を一体とした構造のモデル化を行う。ただし、杭の変位が微小であり、上部構造の応力状態への影響が軽微である場合は、この限りではない。



偏心した接合部

構造形式と解析モデルの内容を合わせて記載
大きな変更なし

10. 架台の設計

10.1.1 基本構造形式の安定原理

- 架台は安定構造を基本とする。

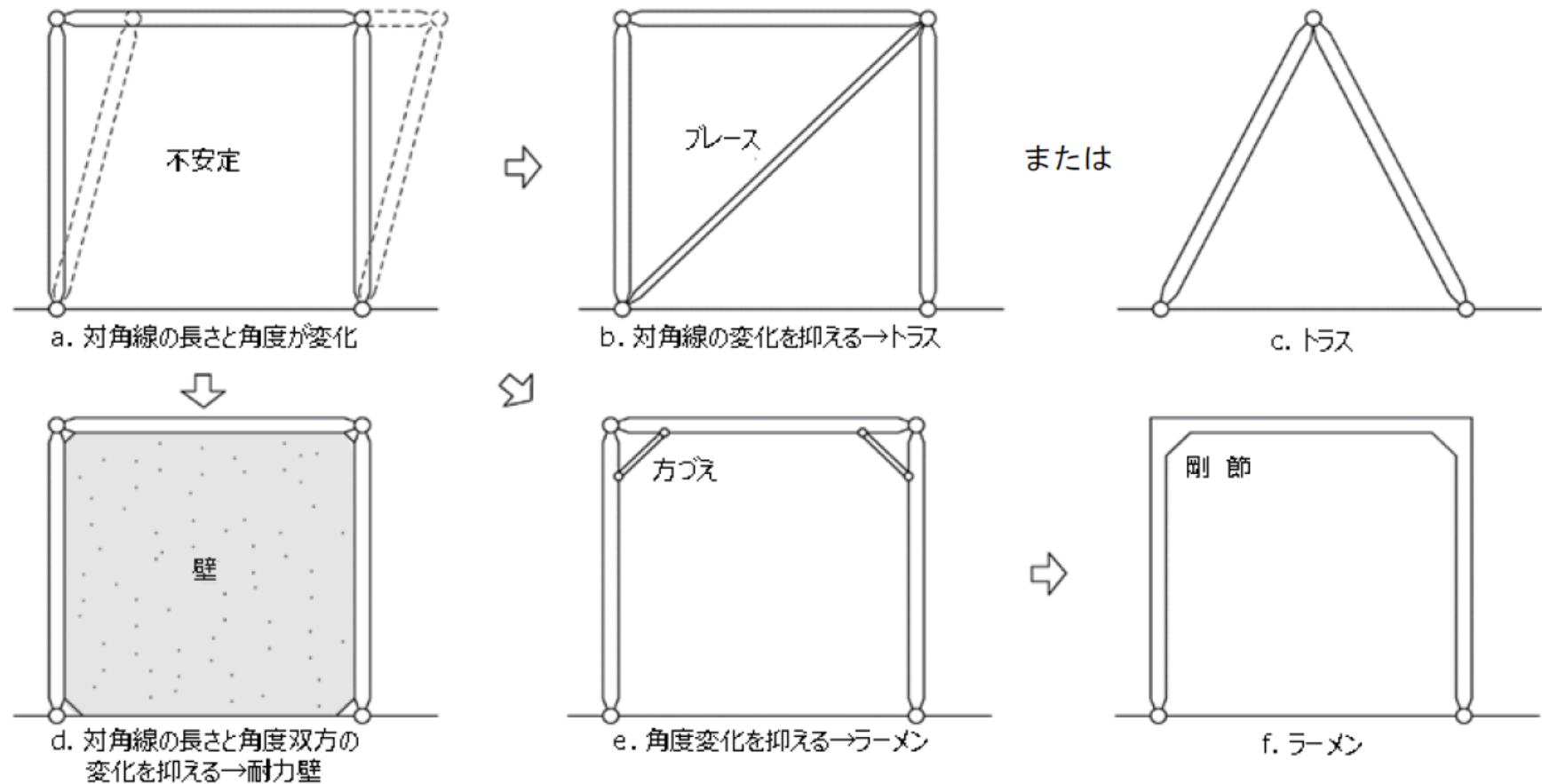


図 10-1 基本構造形式の安定原理

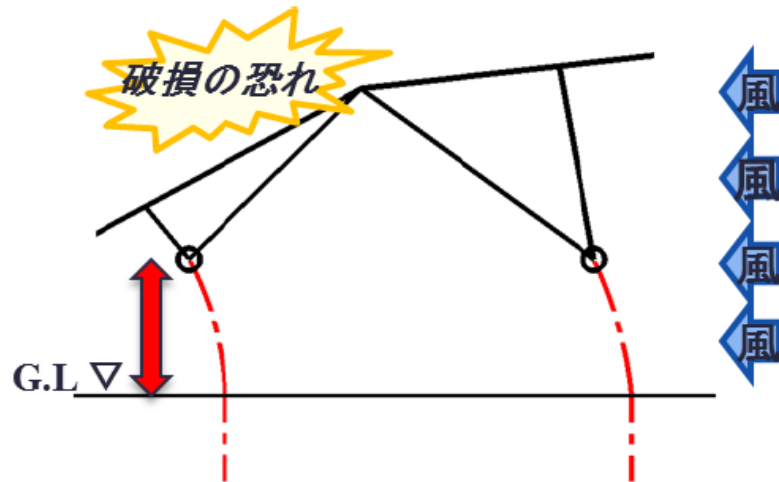
10. 架台の設計

10.1.3 柱脚部の支持条件（杭基礎）

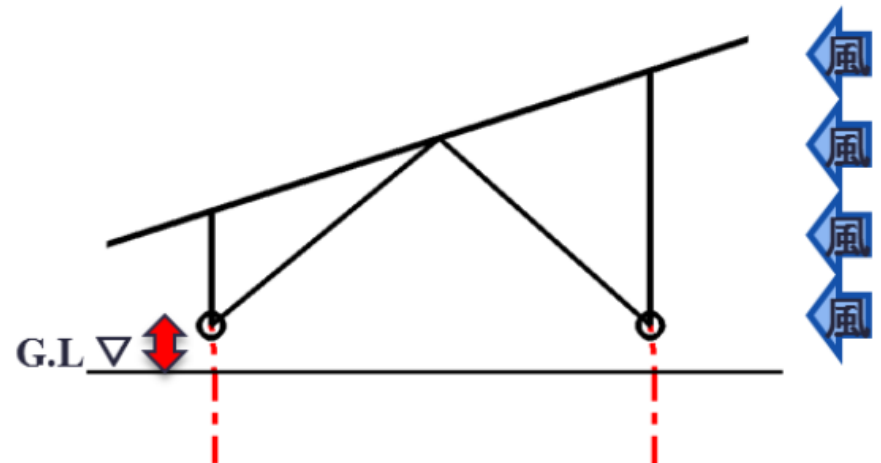
1. 架台の柱脚を杭基礎で支持するときは、柱脚部に作用する水平力により杭頭部に変位が生じる。この変位により上部の架台やアレイが損傷することのないよう注意が必要である。

■ 柱脚つなぎ材なしの場合

➤ 鋼杭突出高



➤ 鋼杭突出低い



10. 架台の設計

10.1.4 構造解析

1. 太陽電池アレイ架台の**実情を反映した構造モデル化**を行う。
2. 各部材および接合部の剛性を適切に評価する。
3. **接合部が偏心している場合は、構造モデルに考慮する**。構造モデルにその影響が**考慮されていない場合**には、構造解析から求めた応力を用いて偏心によって**付加される応力を求め**、断面算定にその応力を**反映させる**。
4. **杭基礎の場合は上部構造と杭を一体とした構造モデル化**を行う。
ただし、**杭の変位が微小**であり、上部構造の応力状態へ影響が軽微である場合は、**この限りではない**。

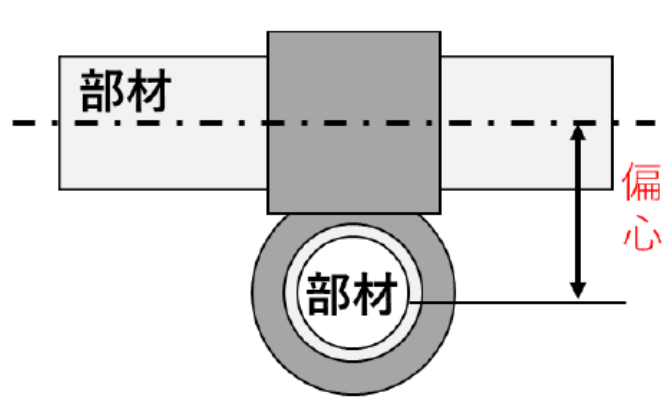


図 10-4 偏心している接合部の例

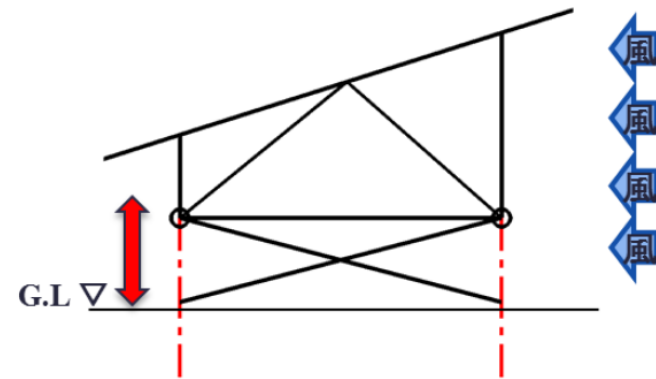


図 10-3 杭頭部の水平変位に対する補強例

10. 架台の設計

10.2.2 構造計算方針

1. 荷重の算定は「8. 設計荷重」に従う。
2. 応力と変形の算定には、力のつり合い式やマトリックス変位法などを用いる。
3. 架台部材および基礎設計は、許容応力度設計とする。
4. 部材の設計には、部材の材質・形状や板厚などの特徴に合った「法令・学会指針類」を適用する。
5. 許容応力度の算定では、補剛などを考慮した適切な支点間長さを用い、座屈などを考慮した評価式を用いる。
6. 部材の応力度検定には、幅厚比や突出部の控除を考慮した有効断面積を用いる。
7. 架台の変形量を確認し、変形量が大きくなる場合には必要に応じて動的効果の影響についても検討する。
8. 接合部の設計には、接合部の材質・形状などの特徴に合った「法令・学会指針類」を適用する。

10. 架台の設計

10.2.2 構造計算方針

<解説>

- 架台および基礎の許容応力度設計は、電気事業法関連法令での要求に対して学会指針等に準じて実施されることを基本とする。
- 架台および基礎の剛性が低く大きい変形が生じる場合には、動的効果(強風や地震の変動荷重による共振効果)によって荷重が増大することもあることから、必要に応じてその影響について検討する(図10-5参照)。
- ただし、これらの検討には振動応答解析が必要になることから、架台の変形量を小さく抑える(剛性を高くする)ことが望ましい。

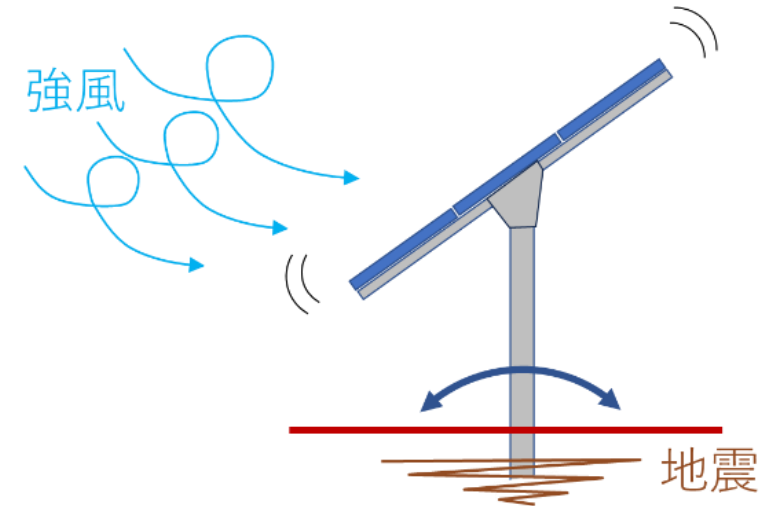


図10-5 強風や地震による動的効果のイメージ

10. 架台の設計

10.2.3 適用または参考にする関連法令・学会指針類

適用または参考にする 関連法令・学会指針名	関係省庁および出版元
電気事業法関係法令	経済産業省
建築基準法関係法令	国土交通省
電気設備の技術基準の解釈	経済産業省
電気設備の技術基準の解釈の解説	経済産業省
発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令	経済産業省
発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令 及びその解釈に関する逐条解説	経済産業省
JIS C 8955:2017 太陽電池アレイ用支持物の設計用荷 重算出方法	一般社団法人日本規格協会
軽鋼構造設計施工指針・同解説	一般社団法人日本建築学会
鋼構造設計規準—許容応力度設計法—	一般社団法人日本建築学会
薄板軽量形鋼造建築物設計の手引き	一般社団法人日本鉄鋼連盟
アルミニウム建築構造設計規準・同解説	アルミニウム建築構造協議会

10. 架台の設計

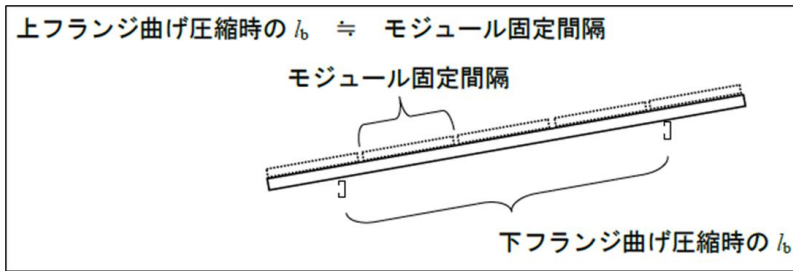
10.8.2 部材設計の考慮事項

1. 部材の設計で考慮すべき事項を表10-2に示す。

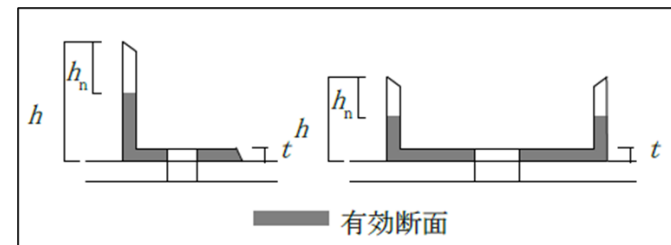
表 10-2 部材種類による考慮すべき項目

部材の種類	<u>曲げねじれ</u> <u>座屈・横座屈</u> の防止	<u>局部座屈</u> の防止	ねじり座屈の防止	溶接部の座屈
	圧縮フランジの支点間距離			
引張材			◎	◎
曲げ圧縮材		◎		◎
圧縮材	◎	◎		

座屈や有効断面積を考慮せずに設計されていることがある！



座屈検討における支点間距離の考え方

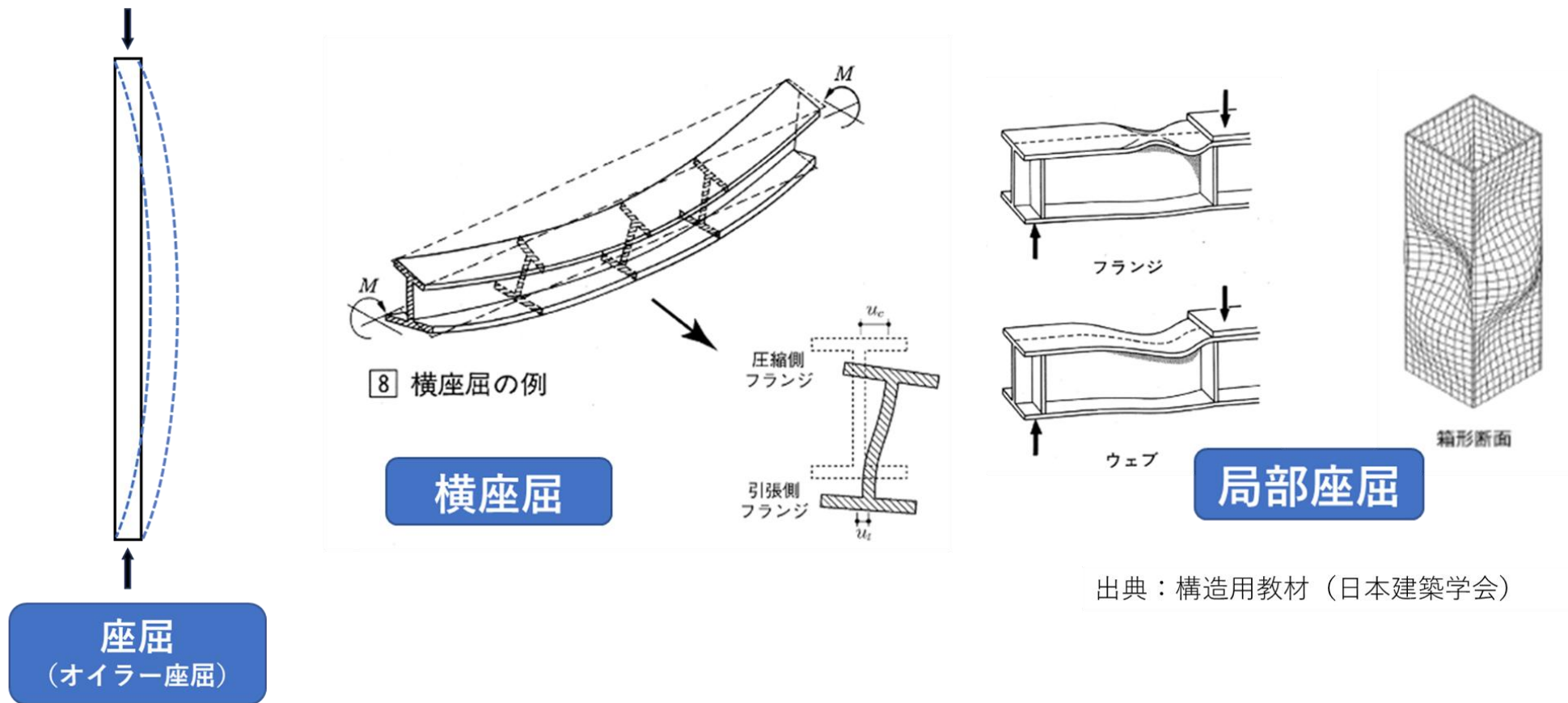


引張材の有効部分の取り方

10. 架台の設計

10.8.2 部材設計の考慮事項

(参考) 座屈現象の例



出典：構造用教材（日本建築学会）

10. 架台の設計

10.9 鋼製架台における接合部の設計

1. **接合部**は、同一部材を繋ぐ継手、部材を他の部材に固定する接合部、基礎に部材を固定する柱脚など様々あるが、**部材と同様に許容応力度設計を行い安全性の確認を行う。**
2. 接合部の納まりは、応力計算で節点のモデル化に沿った納まりとなるように設計する。
3. **架台の変形が大きい場合には、接合部でのずれや外れ等の不具合が生じないことを確認する。**

<解説>

- 架台の変形が大きくなる場合には接合部でのずれや外れ等の不具合が生じることがあるので、構造解析での変形量の計算結果をもとに問題のないことを確認する。

10. 架台の設計

10.9.1 ボルトの孔径について

1. ボルトの孔径は、10.2.3適用または参考にする**関連法令・学会指針類**による。

<解説>

- 「**軽鋼構造設計施工指針**」における中ボルトの孔径：**ボルト径0.5mm**
⇒加工や組立て精度を考慮して**ボルト径+2mm**まで許容してるのが実情

10.9.3 長孔などによる接合について

1. **長孔やTスロット、タッピング**などの接合部についても**許容応力度設計**を行い安全性の確認を行う。
2. **長孔等の接合方法**は、自重や台風、地震の外力によりズレが生じるなどの不具合が想定されるため、長期荷重および短期荷重に対して**ズレが生じないことも確認**する。

<解説>

- 長孔, Tスロット, タッピングなど：**許容応力度設計**
- 長孔などの接合：長期・短期の荷重に対して**ズレが生じないことを確認**

10. 架台の設計

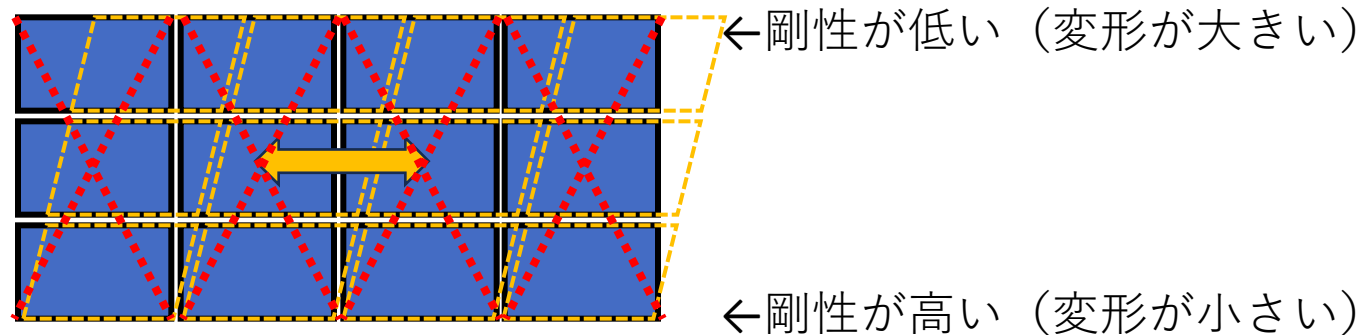
10.9.5 モジュールと架台の接合について

1. モジュールの**固定ボルト**や**固定金物**についても**許容応力度設計**を行い**安全性の確認**を行う。

<解説>

⇒次の内容を解説に追加

- アレイ面が長方形(正方形を含む)でない場合や**正対する構面**(北立面と南立面、あるいは西立面と東立面)**の剛性が大きく異なる場合**には、アレイ面には**面内変形**が生じ、モジュールには**面内せん断力**が作用する。通常、モジュールの面内せん断力に対する耐力は確認されていないため、このような場合には**水平ブレース等を配置して、モジュールに面内せん断力が生じないようにする必要がある**。



10. 架台の設計

10.11 アルミニウム合金製架台における接合部の設計

1. 接合部の設計は10.2.3適用または参考にする関連法令・学会指針類による。
2. 各部材および接合部の剛性や偏心等を適切に評価する。
3. 接合部の破断強度は、設計荷重により生ずる応力度の1.5倍程度以上とする。
4. 架台の変形が大きい場合には、接合部でのずれや外れ等の不具合が生じないことを確認する。

<解説>

- アルミ形材を用いた接合部では、接合部に生ずる応力度を正確に確認することが困難である。その場合、接合部を模した試験体を用いて載荷試験を行い、段階的な載荷で除荷時の残留変位や接合部の変形による緩みやがたつきがないことを確認し、接合部の設計を行うことが望ましい。
- 架台の変形が大きくなる場合には接合部でのずれや外れ等の不具合が生じることがあるので、構造解析での変形量の計算結果をもとに問題のないことを確認する。

10. 架台の設計

10.11.4 長孔などによる接合について

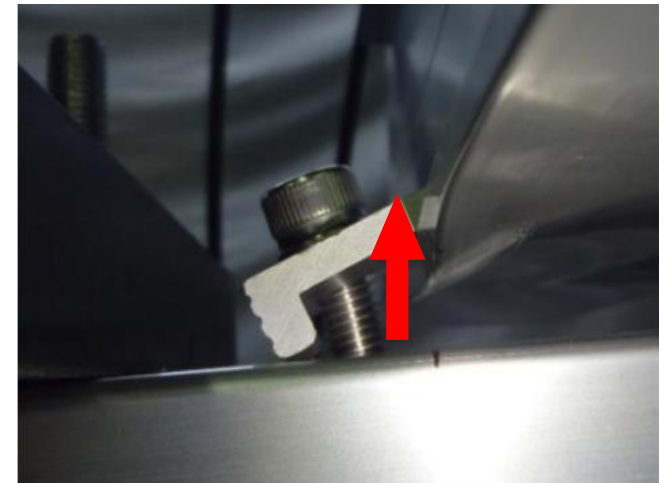
1. **摩擦を期待する**接合の場合には、所定の荷重が作用した時に当該部分にすべりが生じないようにする。
2. **タッピングねじによる接合**の場合には、**板厚の組合せ、先孔の規定の制限内**で使用する。
3. **凹凸を噛み合わせてせん断抵抗力に期待する接合**の場合には、荷重が作用しても**噛み合わせが維持される**ようにする。



T型溝(スロット)による接合
溝方向へのズレが生じた事例



ローレット加工と長孔の接合
のこぎり状の噛み合わせが外れ
長孔方向にズレた事例



押え金物による接合
押え金具が持ち上がった事例

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | 説明部分 |

11. 基礎の設計

11.3 基礎の形式

1. 基礎は鉄筋コンクリート造による**直接基礎**または**杭基礎**とし、上部構造が地盤に対して構造上支障のある**沈下・浮き上がり・転倒・横移動を生じないよう安全に支持できる構造形式とする。**



スクリュー杭



コンクリート杭

直接基礎

杭基礎

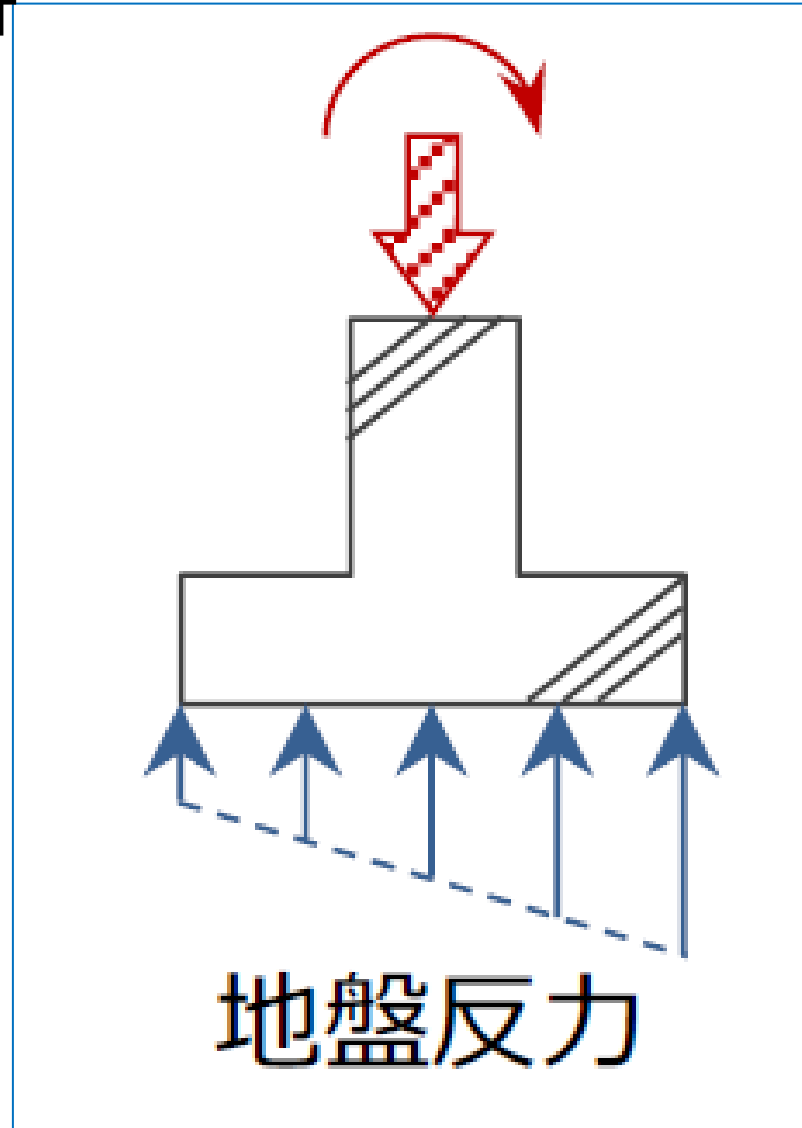
11. 基礎の設計

11.4 直接基礎の設計

1. **直接基礎の設計**は、架台と同様に**許容応力度設計**とする。
2. 直接基礎の基礎底面の大きさは、不同沈下を避けるため、**長期荷重時に生じる地盤の最大接地圧が長期許容応力度**（**極限支持力度を安全率3で除した値**）以下となるようにし、かつ、接地圧はできる限り等分布で、同じアレイの基礎は同程度の接地圧になるようにすることが望ましい。特に、地盤が軟弱なあるいは一様でない場合には、注意して計画する。また、短期荷重時に生じる地盤の最大接地圧が、地盤の**短期許容応力度**（**極限支持力度を安全率1.5で除した値**）を超過しないようにする。
3. **短期荷重時には柱脚部に上部構造からの圧縮力と水平力が同時に働くため、基礎底面では圧縮力に加えてモーメントが作用する。このため接地圧は台形あるいは三角形分布となるが、その最大値が地盤の短期許容応力度を超えないようにする。**また、水平力による転倒および滑動について検討を行う。さらに、基礎の中心と支柱の中心にずれがある（偏心している）場合には、偏心モーメントによる影響も考慮する。
4. **偏土圧を受ける基礎の場合は、長期および短期のいずれの荷重時においても接地圧が台形あるいは三角形分布となるので、それぞれの最大値が地盤の長期及び短期許容応力度を超えないようにする。**また、水平力による転倒および滑動について検討を行う。

11. 基礎の設計

11.4 直接基礎の設計



11. 基礎の設計

11.4 直接基礎の設計

5. 基礎と上部構造との固定は、基礎に設置されたアンカーボルトなどによって架台の土台あるいは柱脚を堅固に緊結する。あと施工アンカーなどの定着に特殊な方法を用いる場合、力の作用方向によって基礎に割裂破損が生じないことを確認する。
6. 風の負圧による浮き上がり力に対し、アレイ全体の自重により十分に抵抗できるような基礎自重とする。この時の安全率は1.5以上とする。
7. 基礎の水平抵抗力（地盤の摩擦抵抗力と受働土圧の合計）は、風圧荷重または地震荷重により柱脚に働く水平力に対して十分に抵抗できるように設定する。この時の安全率は1.5以上とする。
8. 基礎底面での摩擦抵抗力は基礎底盤下面における鉛直力に地盤の摩擦係数(μ)を乗じて求める。この時の鉛直力は全鉛直荷重から柱脚部に働く引抜き力を減じたものとする。
9. 地盤の摩擦係数(μ)は、地盤条件とともに、基礎底面の形状・施工条件を考慮して決める。土質試験などを実施しない場合、表11-2などを参考に μ の値を設定する。
10. 受働土圧は建築基礎構造設計指針の5.4節を参考に設定する。

11. 基礎の設計

11.4 直接基礎の設計

11. 基礎および架台の自重による安定モーメントは架台から伝達される荷重による転倒モーメントを上回るように決定する。このときの安全率を1.5以上とする。
12. 地盤の凍結が想定される地域では凍上対策を検討する。

11. 基礎の設計

11.4.6 凍上対策(凍結震度対策)

1. 冬期に地盤が凍結する寒冷地において太陽電池アレイ架台を設置する際、直接基礎を用いる場合にはその底面が「最大凍結深さ」よりも浅いと凍結と融解の繰り返しで、基礎そのものや架台が歪んだり、変位したりする懸念がある。このため、寒冷地では布基礎や独立基礎を用い、埋設時には基礎底板(フーチング)の上面が最大凍結深さよりも深い位置となるように埋設する。または、その他の凍上を防止するための有効な措置を講じなければならない。

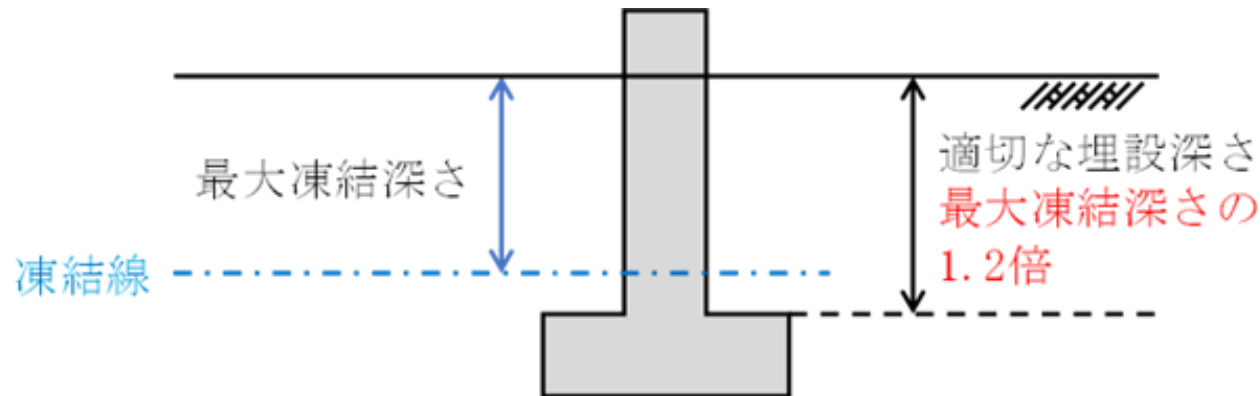


図11-5 独立基礎および布基礎の適切な埋設方法

11. 基礎の設計

11.4.6 凍上対策(凍結震度対策)

詳細は技術資料

<解説>

- 寒冷地において、**地盤が凍上性を有する土質の場合**には(凍上性の確認は5.3.10を参照)、凍結深さまで凍上を起こしにくい材料で置き換える**置換工法を実施するか、凍上を発生させない対策を講じる**必要がある。凍上対策の選定にあたっては、**経済性、施工性、耐久性等を勘案して、適切な対策工法を選定する**。
- 架台の基礎として、**独立基礎、布基礎を用いることは凍上対策として有効である**。これは、**基礎底板(フーチング)の上面に、土圧が作用して、凍上による鉛直上方への変位を抑制**するためである。**ただし、フーチングの上面に凍結線が達した時点で凍上が発生してしまうため、フーチングの上面が最大凍結深さよりも深い位置となるよう埋設する**。また、**フーチング幅は土圧が作用するように、十分に広くする必要もある**。
- **べた基礎**については**対凍上性を有していないため、寒冷地で使用する基礎としては不適切**である。また、フーチングを有さない独立基礎についても、埋設深さを深くしても凍上してしまうことが実証実験により明らかとなっているため、これを寒冷地で用いるのは不適切である。

11. 基礎の設計

11.5 杭基礎の設計

11.5.1 一般事項

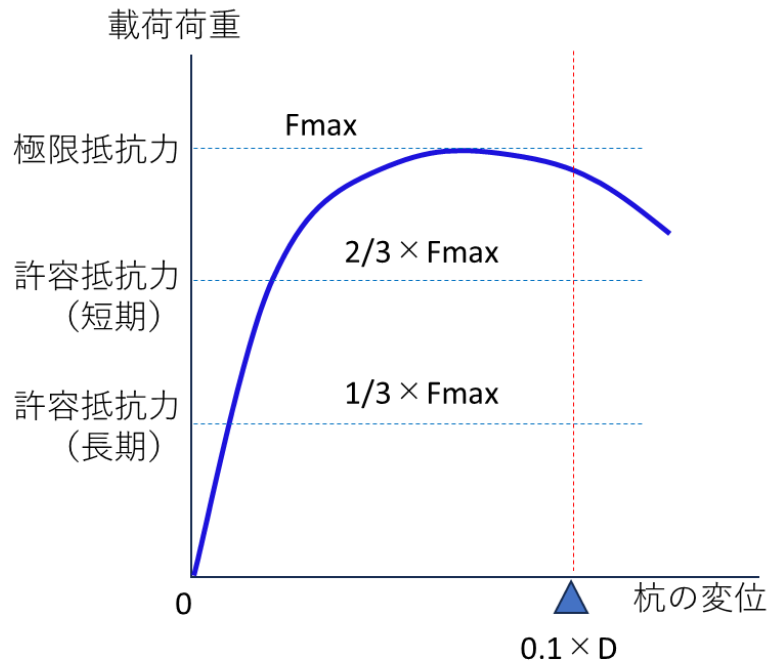
1. 杭基礎の杭体の設計は、架台と同様に許容応力度設計とする。
2. 杭基礎に使用する材料は、使用目的や地盤条件に適したものを選定する。
3. 杭基礎の杭芯と上部構造柱芯に偏心がある場合は、これを考慮した緊結に使う金具などをボルト等で緊結する。
4. 杭の長期許容支持力は、地盤から定まる長期許容支持力と杭体の長期許容耐力のうち、小さい方の値とする。
5. 杭の短期の許容支持力および許容引抜き抵抗力は、地盤から定まる短期の許容支持力および許容引抜き抵抗力と杭体の短期許容耐力のうち、小さい値とする。
6. 杭の許容支持力および許容引抜き抵抗力は、載荷試験を行って求める。
7. 杭の長期許容支持力は極限支持力の1/3、杭の短期許容支持力は極限支持力の2/3とする。杭の短期許容引抜き抵抗力は、極限引抜き抵抗力の2/3とする。

11. 基礎の設計

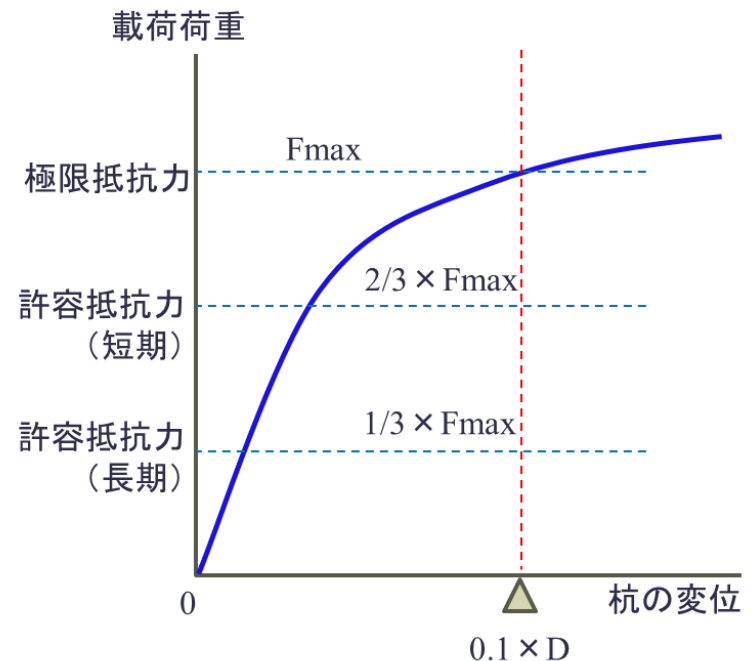
11.5 杭基礎の設計

11.5.1 一般事項

参考: 杭の載荷試験による許容抵抗力(支持力)の評価方法



【0.1Dまでに極限值が発生した場合】



【0.1Dで極限值が発生しなかった場合】

11. 基礎の設計

11.5 杭基礎の設計

11.5.1 一般事項

8. 杭の水平抵抗力および水平変位は、水平載荷試験によって求められた水平地盤反力係数をもとに、建築基礎構造設計指針に示されている水平抵抗算定式を用いて求める。
9. 地盤の凍結が想定される地域では凍上対策を検討する。
10. 杭の高止まりなどの施工不良を考慮し、事前に対策方法を検討する

11. 基礎の設計

11.5 杭基礎の設計

11.5.1 一般事項

<解説>

杭の抵抗力のばらつき
の影響

- 太陽光発電システムに使用する杭は建築物用と比較して短いものが多い。
そのため杭の抵抗力は、地表面近くの不均質な地盤性状の影響を受けやすく、打設位置によって異なる傾向を示す場合が多い。
- また、太陽光発電システムの杭は架台の支柱に直接接合されることが多く、アレイの中のひとつの杭の抵抗力不足がアレイ全体の強度を大幅に低下させることが想定されるので、杭の載荷試験によって必要な抵抗力があることを確実にすることが重要である。
- アレイの中のひとつの杭の抵抗力が不足した場合の架台の強度低下への影響については、技術資料に示したので参照されたい。

11. 基礎の設計

11.5 杭基礎の設計

11.5.1 一般事項

杭の凍上対策

<解説>

- 寒冷地において、地盤が凍上性を有する土質の場合には(凍上性の確認は5.3.10を参照)、凍結深さまで凍上を起こしにくい材料で置き換える置換工法を実施するか、凍上を発生させない対策を講じる必要がある。凍上対策の選定にあたっては、経済性、施工性、耐久性等を勘案して、適切な対策工法を選定する。
- 架台の基礎として、スパイラル杭(スクリュー杭)を用いることは凍上対策として有効である。これは、スパイラル杭の羽根の上面に、土圧が作用して、凍上による鉛直上方への変位を抑制するためである。
- 図11-6(次頁)にスパイラル杭の適切な埋設方法について示す。実証実験の結果から、図11-6 (a)のようにスパイラル杭を最大凍結深さの2倍から3倍程度深く埋設することで、凍上対策として高い効果が得られることが明らかとなっている。

11. 基礎の設計

11.5 杭基礎の設計

11.5.1 一般事項

<解説>

杭の凍上対策

- 実証実験では、スパイラル杭の引抜抵抗の低下は羽根のない円筒型の杭に比べて小さかったことから、本ガイドラインでは**スパイラル杭の使用を推奨**する。
- 詳細は技術資料参照

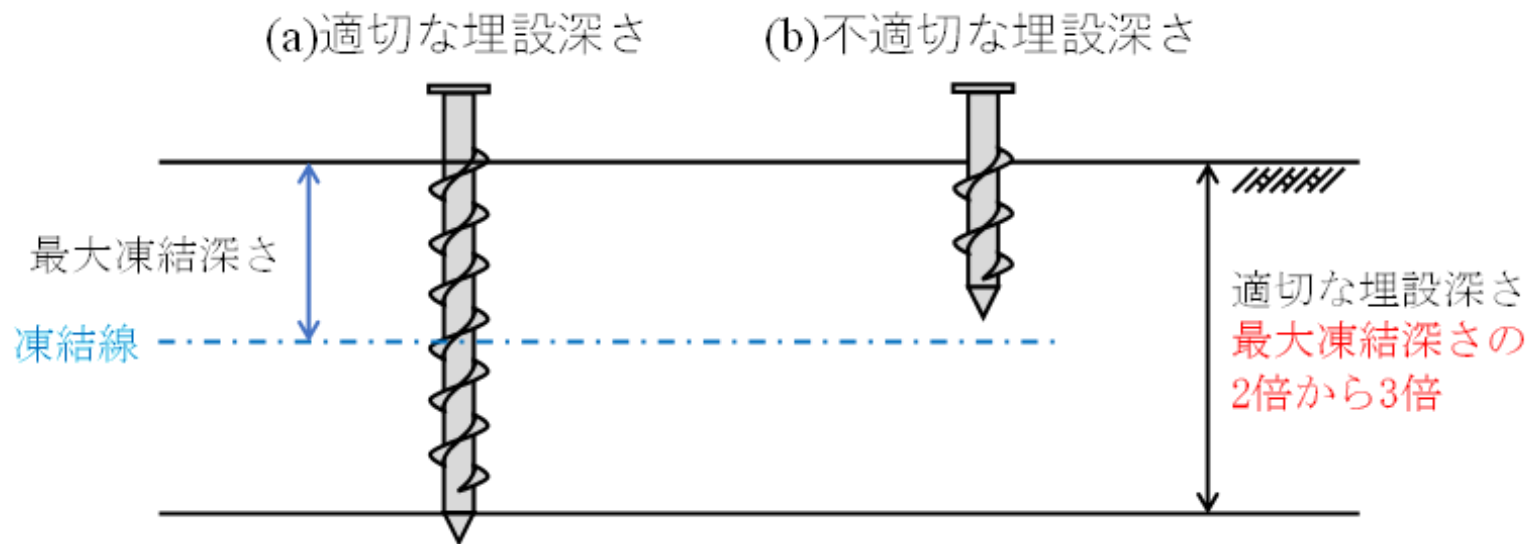


図11-6 杭基礎の適切な埋設方法

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | 説明部分 |

12. 腐食防食

12.1 適用範囲

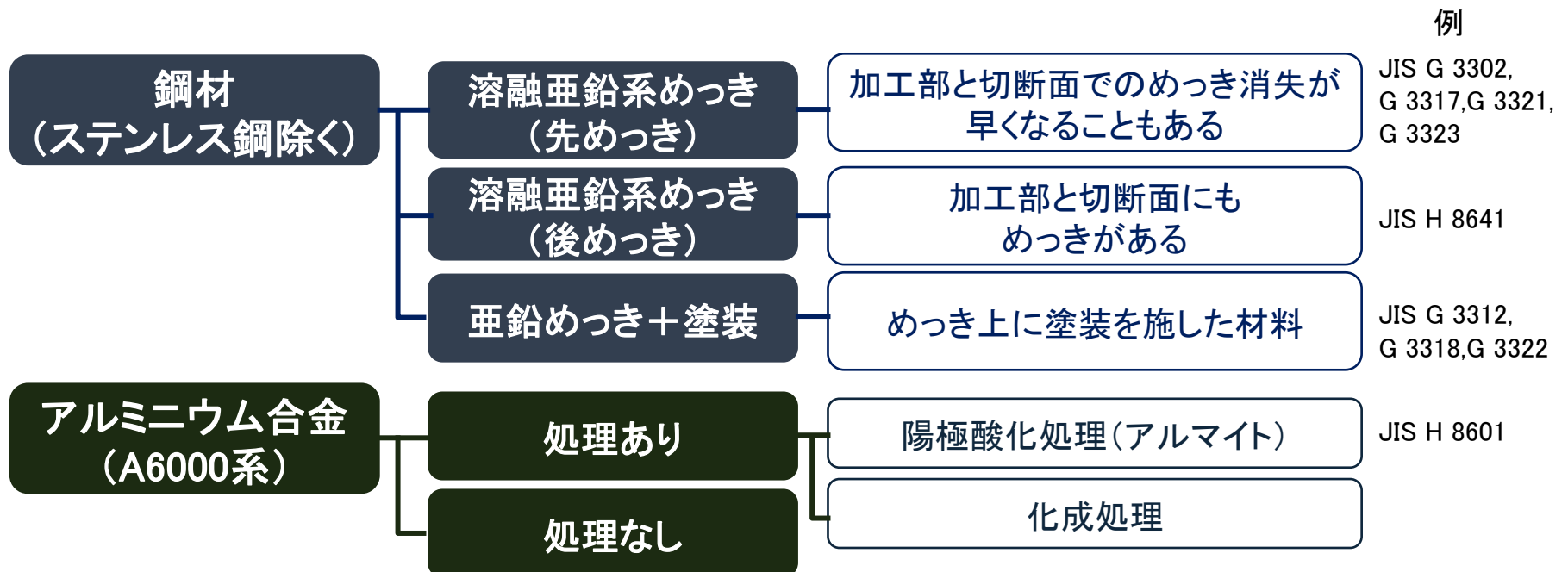
1. 本章で対象とする運用期間は、適切な点検、メンテナンスにより
20年以上の動作に耐える期間とする。動作に耐えるとは
太陽光発電システムが腐食により動作異常を起こさない状態のことである。
2. 本章で対象とする架台の主要な部材は、鋼材、アルミニウム合金材とする。
3. 本章で対象とする基礎の主要な部材は、鋼材とする。

12. 腐食防食

12.3 大気中における架台の腐食と対策

12.3.1 表面処理の種類

1. 架台に用いられる代表的な表面処理は、表12-1(下図)などである。
2. 材料は鋼材とアルミニウム合金材とする。それ以外の材料を用いる場合または耐食性が不明の場合は、耐食性に問題がないことを確認して用いる。

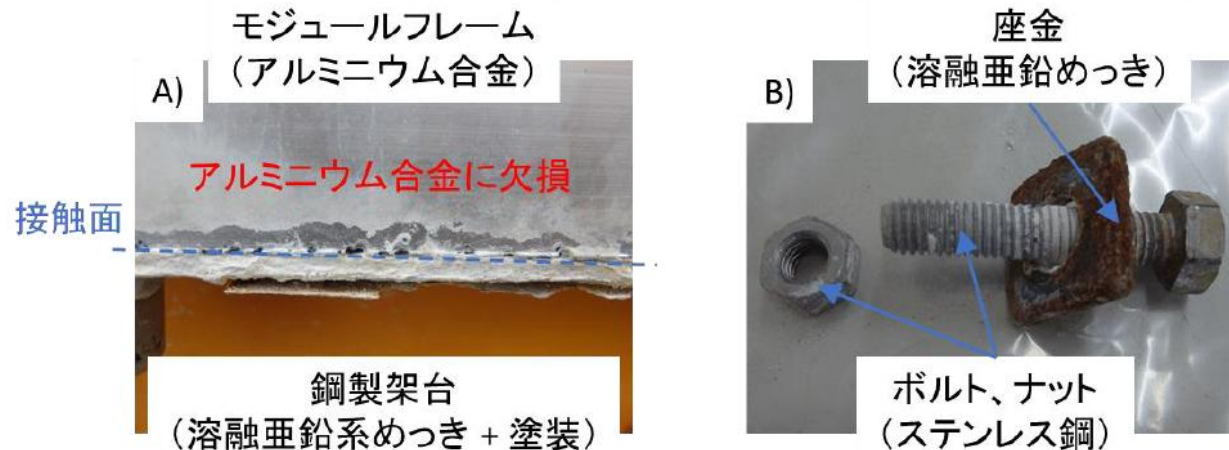


12. 腐食防食

12.3 大気中における架台の腐食と対策

12.3.3 異種金属接触腐食

- 異なる金属を組合せて用いると異種金属接触腐食の原因となるので、可能な限り同じ金属を用いる。
ここでの金属は、主要な部材だけでなく、締結材であるボルト、ナット等も含む。
ただし、有効な防食処置を講じて用いる場合、または対策の必要がないことを確認し、適切なメンテナンス期間を定めている場合はこの限りではない。



異種金属接触腐食の例

対策：

- 絶縁処置
⇒ 絶縁物を挟む
- 防水処置
⇒ 塗装

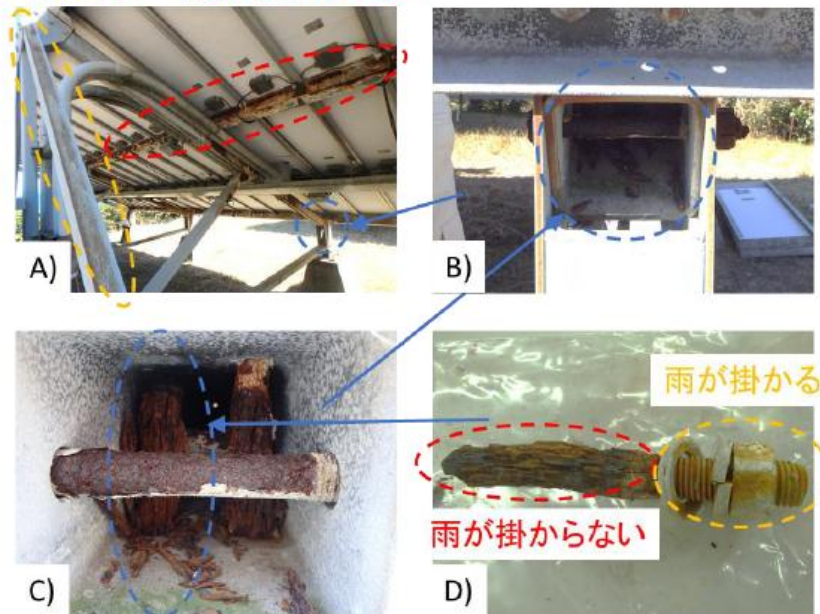
12. 腐食防食

12.3 大気中における架台の腐食と対策

12.3.4 雨掛かりのない環境中での腐食

1. **架台**は、太陽電池モジュールが屋根として機能し大部分が雨に掛からないため、8.3.2 一般的な腐食(均一腐食)で考えられる腐食より、腐食が促進される可能性がある。このことに留意し、材料の選択、表面処理の決定を行うことが望ましい。

雨が掛かりやすい 雨が掛かりにくい



- ・飛来塩分や工場の排気ガスなどが洗い流されにくいいため、腐食が進行
- ・特に沿岸部では腐食の進行が顕著

対策：
一般的な均一腐食と同様
a) めっき
b) 塗装

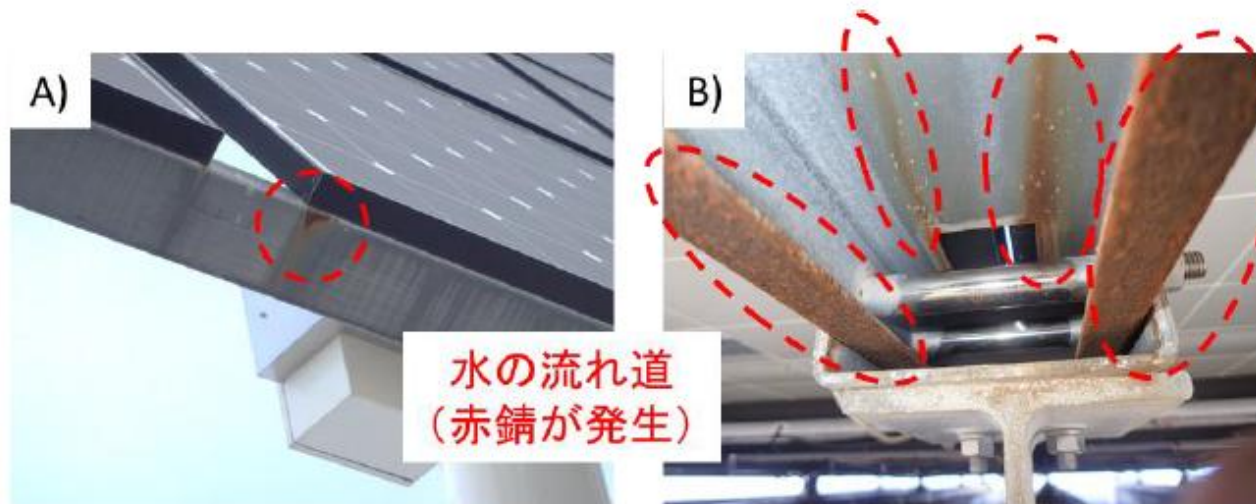
雨掛かりのない環境中での均一腐食の例

12. 腐食防食

12.3 大気中における架台の腐食と対策

12.3.5 流水部の腐食

1. 架台では、その構造上、雨水等の流れ道は決まっており、**いつも同じ場所を流れている**。一般的に水があるほうが腐食は発生し易いため、金属表面に**水の流れ道が可能な限りできないような設計**とし、流水部となる箇所は点検、**メンテナンスを定期的に行う**ことが望ましい。ただし、有効な防食処置を講じている場合はこの限りではない。



対策:

- a) 防食塗装
- b) 腐食テープ

架台に発生した流水部の腐食例

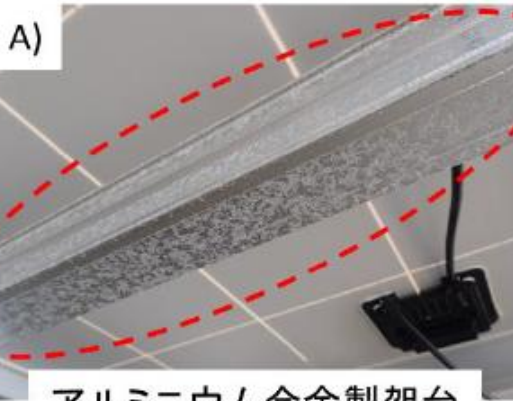
12. 腐食防食

12.3 大気中における架台の腐食と対策

12.3.6 孔食

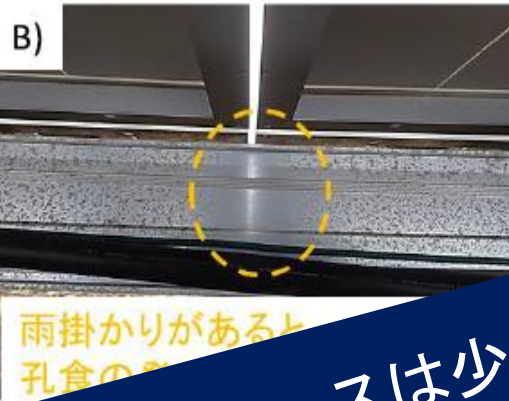
1. 材料表面にできる**孔状の腐食**で、架台の主要な部材が**アルミニウム合金材**の場合に見られる**局部腐食**である。
金属や合金により腐食形態が異なり、発生により強度に影響を与える可能性があるため、**問題が生じないことを確認してから用いる**ことが望ましい。

無数の孔食が発生



アルミニウム合金製架台
(陽極酸化皮膜 なし)

アルミ架



問題になるケースは少ない！

アルミ架台において貫通損傷などの**事例は少ない**。

対策:

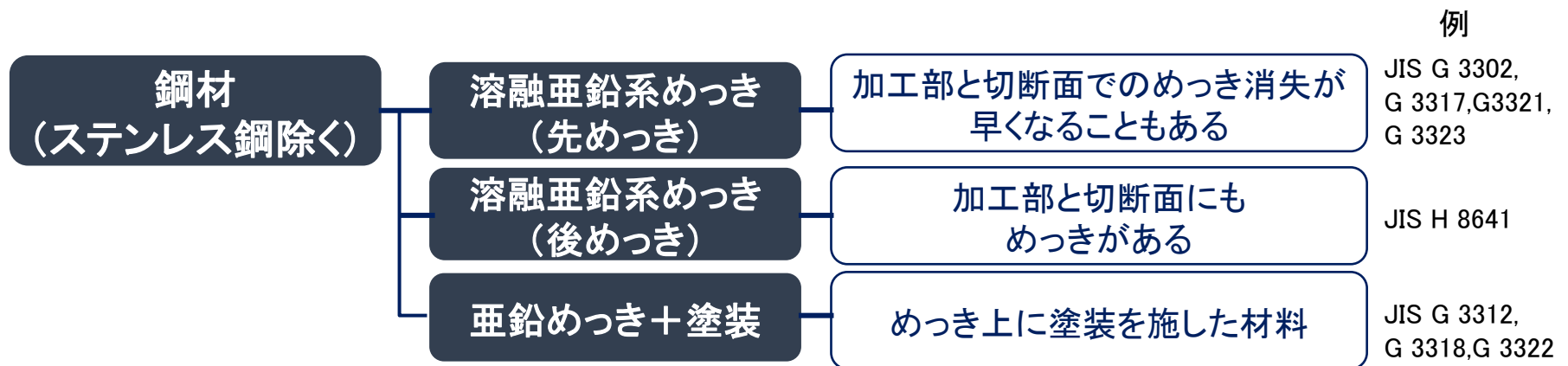
→ サンス時の経過観

12. 腐食防食

12.4 鋼製杭基礎の地中部での腐食と対策

12.4.1 表面処理の種類

1. 材料は**鋼材**とする。**それ以外の材料**を用いる場合または**耐食性が不明**の場合は、**耐食性に問題ないことを確認**して用いる。
2. 基礎に用いられる代表的な表面処理は、表12-3(下図)などである。

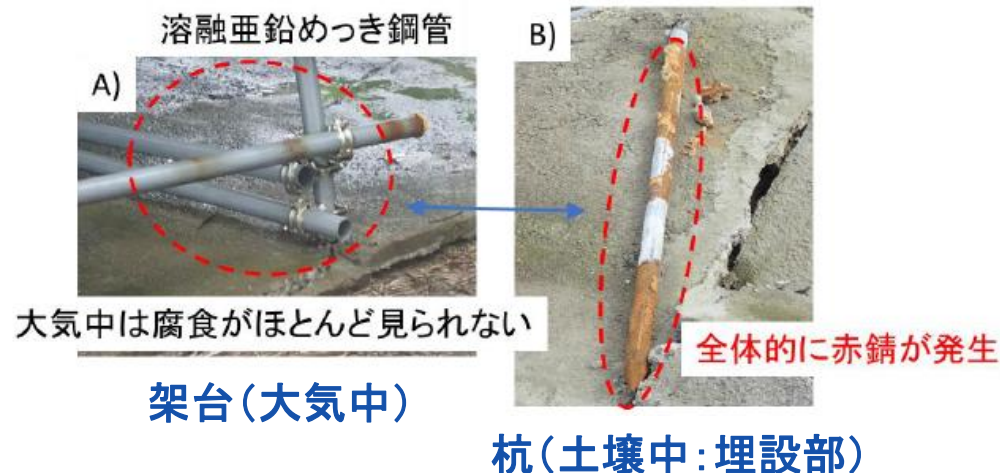


12. 腐食防食

12.4 鋼製杭基礎の地中部での腐食と対策

12.4.2 埋設部の腐食

1. 鋼製杭基礎の埋設部は腐食しやすい環境に曝され、一般的に大気中と同等かそれ以上に腐食が進行し易いため、材料に有効な防食処置を施して使用する。
特に埋設部の腐食は点検、メンテナンスが容易でないことに留意し、防食処置を施すことが望ましい。



大気中と土壤中の腐食の比較例
(いずれも溶融亜鉛メッキ鋼管)

対策:

- a) 腐食しろの確保
⇒片面につき1mm以上(推奨)
- b) めっき
⇒防食効果は小さい
- c) 塗装
⇒施工時の塗装の剥がれ・傷に注意
- d) 電気防食
⇒外部電源法方式、
流電犠牲陽極方式

12. 腐食防食

12.4 鋼製杭基礎の地中部での腐食と対策

12.4.3 地際部の腐食

1. 鋼製杭基礎は、金属表面の触れている環境が著しく変化する境目付近（**地際部**など）で**著しい腐食が生じやすく**、より有効な防食処置を講じることが望ましい。



対策：
腐食が予見される箇所
に対して
a) 塗装
b) 防食テープ

地際部の腐食の例

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | |

説明部分

14. 施工

傾斜地GLから反映

14.1 一般事項

1. 自然条件など当該施設が置かれる諸条件を勘案して、当該施設の要求性能を満足するような方法により施工する。
2. 設計の意図するところを理解し、設計者が求める要求性能が満足されるよう施工する。
3. 対象施設を正確、円滑かつ安全に施工するために、予め施工計画を定める。また、工事の進捗や現場状況の変化により必要が生じたときは、施工計画を変更する。
4. 設計者が要求する性能を満たしていることを確認するため、施工管理を行う。また、施工管理により取得した記録・情報を維持管理計画などに反映させる。
5. 実際の施工管理結果を竣工図書としてとりまとめる。図化できない範囲については写真にて記録する。
6. 安全に関する関係法令などにもとづき、安全確保上必要となる措置について検討を行った上で適切に安全管理を行い、事故および災害の防止に努める。

14. 施工

14.1 一般事項

＜解説＞ 施工計画

➤ 対象施設を正確、円滑かつ安全に施工するために作成する**施工計画書**には、**工事概要、計画工程表、現場組織表、主要機械、主要資材、主要工種の施工方法、施工管理、安全管理、緊急時の体制および対応、環境保全対策などを取りまとめることが望ましい。施工計画における主な項目は次のとおりである。**

● 土量の配分計画

- 各工種の施工法、建設機械の使用計画、施工速度および所要時間
- 各工種の施工順序、施工時期、全体工程計画
- 労務計画、資材計画
- 現場施工体制、仮設備計画
- 工事用道路、その他準備工の計画
- 事故防止、安全衛生に関する計画
- 周辺環境の保全計画

14. 施工

14.1 一般事項

＜解説＞ 計画変更

- 現場での施工において、図面どおりの施工が困難あるいは不可の場合、どの程度の施工誤差が許容できるか、あるいは工法変更が可能かなど、設計内容を把握した上で判断することが要求される。
- これらのことから、設計者と施工者が異なる場合、施工者は設計者の設計意図の把握に努めることが重要である。この対応として、設計者～施工者間で設計意図伝達会議を開催することが有効である。
- 他方、設計の見直しや工法変更が生じた場合は、変更の理由、経緯、意図などを設計者等と共有するとともに要求性能を満足しているか確認する必要がある。
- 太陽光発電設備の供用中に、点検診断や維持補修を行う場合、実際に施工された状況を把握しておくことが重要である。このことから、施工時点において設計から変更した内容についてでき得る限り詳細に記録するとともに、変更した理由を併せて記録することが望ましい。

14. 施工

14.1 一般事項

<解説 施工管理

安全管理が正しく行
われていない現場も
散見される

- 太陽光発電設備の設置工事においては、**労働災害などの発生防止**のため、**施工方法や仮設計画**の検討、**安全教育の実施**など安全対策を講じるものとする。
- また、**土砂の流出などの災害を防止**するため、**気象条件の良い施工時期の選定**、**リスクの少ない施工方法・施工手順**の検討などを行うことが必要である。
- 施工段階では、施工状況を把握するための**施工管理を行う**。特に、**地中埋設物**は工事完成時の出来形や品質等の**目視確認が困難**であるため、**工事中における記録を書類にまとめておく**ことが重要となる。近年では情報技術の進展とともに、電子データによる管理・監督が可能となってきたことから、良質な目的物を完成させるため、**予め施工管理方法を検討して適切に実施**する。

使用前自主検査・自
己確認等でも要求さ
れている

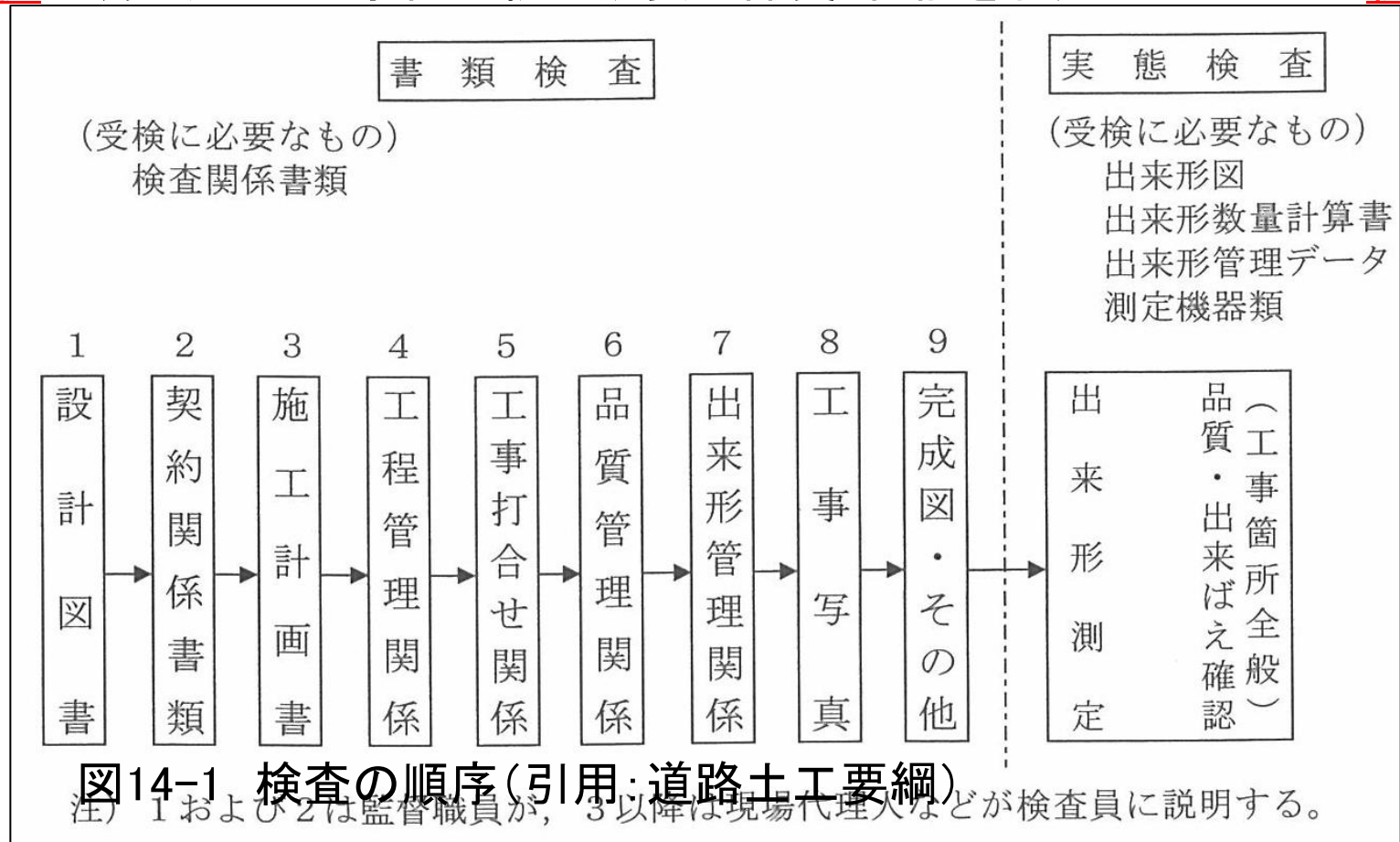
14. 施工

14.1 一般事項

<解説>

検査

- 施工終了後は、完成した工事目的物が所要の品質・性能を満足しているかの検査を行う。



14. 施工

14.1 一般事項

＜解説 環境配慮・対策＞

- 建設工事に当たっては特定建設作業の指定があり(くい打ち機、さく岩機、バックホウ等)、都道府県知事が定める指定地域内で実施する場合に対して騒音・振動それぞれの規制に関する基準が定められている。
一部の地方自治体ではこれらの工種以外にも規制を定めているところもある。
- このほか、土砂の飛散、地盤沈下、水の枯渇等、工事に伴う公害現象についても事前調査および対策の検討が必要である。
- 林地開発許可制度の対象となる場合には、主要な防災施設の先行設置、仮設防災施設を設置する場合に本設に準じて設計することなどの許可基準を満足させる必要がある。

14. 施工

14.1 一般事項

＜解説＞ 環境配慮・対策

➤ 施工上の諸対策として、以下示す方法がある。

- 土砂流出および水質汚濁等の防止については、盛土、切土の安定勾配確保、防護柵の設置、洪水調整池や沈砂池等の防災施設の先行設置等
- 土砂飛散については、運搬車への過大積載防止や荷台のシート掛け励行、盛土表面への散水、乳剤散布、種子吹付等による防塵処理
- 水の枯渇防止については、事前調査による対策実施
- 低騒音、低振動の工法や機械の採用
- 現場内の機械、設備の配置、作業時間帯の検討
- 遮音施設の設置

14. 施工

14.2 基礎工事

14.2.1 直接基礎工事

1. 基礎は、設計図書とおりの平面的な位置および高さとなるように設置する。
2. 根入れをするために地盤を掘削した場合には転圧などを行い、
所定の地盤強度を確保したうえで直接基礎を設置する。
3. 場所打ちコンクリートの場合は、設計図書に示された強度の生コンクリートを打設する。また、強度試験用の供試体を作成し、所定の養生方法、
養生期間後に試験を行い強度が確保できていることを確認する。
4. 場所打ちコンクリートの基礎の場合は、架台の施工開始までに
必要な養生期間を確保する。
5. 設計で想定した土質条件と現地が異なる場合には、直接基礎の
要求性能が確保できる基礎形状に変更するか、杭基礎等
別の基礎形式に変更する。

14. 施工

14.2 基礎工事

14.2.2 杭基礎工事

1. 基礎は設計図書とおりに平面的な位置および高さとなるように設置する。
2. 固い地盤または転石等によって杭を所定の深さまで打設できない、あるいは杭の高止まりが発生した場合は、基礎の要求性能が確保できる別の基礎の形式に変更する。
3. 打撃貫入による施工の場合は騒音等の影響を考慮して、施工の時間帯を配慮するとともに、必要に応じて防音措置を施す。
4. 回転貫入による施工の場合には、回転数と貫入量を適切に管理して打設する。
5. 打設後、杭の載荷検査を実施し、必要な抵抗力が確保できていることを確認する。
6. 設計で想定した土質条件と現地が異なる場合には、杭基礎の要求性能が確保できる杭種および諸元に変更するか、直接基礎等別の基礎形式に変更する。

14. 施工

14.2 架台工事

14.1一般事項と同じ

1. 自然条件など当該施設が置かれる諸条件を勘案して、当該施設の要求性能を満足するような方法により施工する。
2. 設計の意図するところを理解し、設計者が求める要求性能が満足されるよう施工する。
3. 対象施設を正確、円滑かつ安全に施工するために、予め施工計画、施工要領を定める。また、工事の進捗や現場状況の変化により必要が生じたときは、施工計画、施工要領を変更する。
4. 設計者が要求する性能を満たしていることを確認するため、施工管理を行う。また、施工管理により取得した記録・情報を維持管理計画などに反映させる。
5. 実際の施工管理結果を竣工図書としてとりまとめる。図化できない範囲については写真にて記録する。
6. 安全に関する関係法令などにもとづき、安全確保上必要となる措置について検討を行った上で適切に安全管理を行い、事故および災害の防止に努める。

ガイドラインの構成

＜ガイドライン目次＞

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| 1.総則 | 7.太陽電池アレイ | 12.腐食防食 |
| 2.被災事例 | の配置計画 | 13.電気設備の設計 |
| 3.構造設計・施工計画 | 8.設計荷重 | 14.施工 |
| 4.電気設計・施工計画 | 9.使用材料 | 15.維持管理計画 |
| 5.事前調査 | 10.架台設計 | |
| 6.造成計画 | 11.基礎の設計 | |

説明部分

15. 維持管理計画

傾斜地GLから反映

15.1 一般事項

1. 太陽光発電設備全体について、供用期間にわたってその設置目的・機能、要求性能が維持されるよう、予め維持管理計画を作成した上で維持する。
2. **維持管理計画書**は、施設の所有者が作成することを原則とし、設計者、施工者のほか、維持管理に関する専門的知識・技術を有する者の意見を反映させる。
3. **維持管理計画書**は、対象施設の損傷、劣化その他の変状についての計画的かつ適切な点検診断の時期、対象とする部位および方法などについて定める。
4. 太陽光発電設備の**維持管理計画書の作成および維持**においては、設置箇所の自然条件、設計条件、構造特性、材料特性などを勘案する。
5. 点検および診断の結果にもとづき維持補修に関する対策を行った場合は、その内容を記録し、供用期間に亘って保存する。
6. **維持管理計画の作成および点検診断の方法**などにおいては、民間のガイドラインなどを参考にする。

15. 維持管理計画

15.1 一般項目

<解説>

- 発電規模にかかわらず、再エネ特措法施行規則(第5条第1項第3号など) ならびに事業計画策定ガイドライン(太陽光発電)に記載の「再生可能エネルギー発電設備の適切な保守点検及び維持管理」に係る 趣旨を踏まえて、設計段階に維持管理計画を作成することが望ましい。
- 維持管理計画作成に当っては、太陽光発電システム保守点検ガイドライン、自家用電気工作物保安管理規程、道路土工構造物点検必携、太陽光発電アセットマネジメントガイドライン(案)などの技術指針などを参考にと良い。
- 昨今、自然災害の規模拡大が進んでいる。このため、供用期間中に、供用期間の延長や自然条件の変化(降雨強度や降雨量の増大、異常気象時の風速の増大)などが生じた場合は、最新の条件を維持管理計画に反映させる。

15. 維持管理計画

傾斜地GLから反映

15.2 架台・基礎

1. **基礎・架台の維持管理計画**は、以下の内容を参考に作成する。
 - 基礎および架台は、点検診断を行うとともに、点検診断結果をもとに健全度評価を行い、必要に応じ維持補修工事を実施する。
 - 基礎に係る点検診断は、直接基礎、杭基礎の劣化・損傷、移動・変状の有無、その周辺地盤の侵食などに着目し、外観目視調査により行う。
 - 架台に係る点検診断は、架台の変形、腐食、基礎との結合部分の変形、ボルトなどの結合部材の緩み、腐食などに着目し、外観目視調査により行う。

2024年版では下記の技術資料が追加された

- 杭基礎支持力の実証試験(2024改訂版)
- 地上設置型太陽光発電システム用架台の風洞実験
- 海外の法規制・ガイドライン調査
- 太陽光発電設備に用いられる杭および基礎の凍上融解挙動の解明に関する研究
- 凍結融解履歴が杭の引抜き抵抗に与える影響の解明に関する研究

ありがとうございました。