

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

| | |
|-------------------------|-----------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | KK7添-3-014-6 改1 |
| 提出年月日 | 2020年 6月 18日 |

V-3-別添 2-2-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の
強度計算の方針

K7 ① V-3-別添 2-2-1 R0

2020年6月
東京電力ホールディングス株式会社

目 次

| | |
|---------------------------|----|
| 1. 概要..... | 2 |
| 2. 強度評価の基本方針..... | 3 |
| 2.1 評価対象施設..... | 3 |
| 3. 構造強度設計..... | 4 |
| 3.1 構造強度の設計方針..... | 4 |
| 3.2 機能維持の方針..... | 4 |
| 4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界..... | 8 |
| 4.1 荷重及び荷重の組合せ..... | 8 |
| 4.2 許容限界..... | 13 |
| 5. 強度評価方法..... | 15 |
| 5.1 評価条件..... | 15 |
| 5.2 評価対象部位..... | 15 |
| 5.3 強度評価方法..... | 15 |
| 6. 適用規格..... | 23 |

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第7条及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に適合し、技術基準規則第54条及びその解釈に規定される「重大事故等対処設備」を踏まえた重大事故等対処設備に配慮する設計とするため、V-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちV-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」（以下「V-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針）」という。）の「4.1 構造物への荷重を考慮する施設」にて設定している非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板が、降下火砕物に対して構造健全性を維持することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

強度評価は、V-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちV-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」（以下「V-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針）」という。）に示す適用規格を用いて実施する。

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の具体的な計算の方法及び結果は、V-3-別添 2-8「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す降下火砕物による荷重と組み合わせすべき他の荷重による組合せ荷重により発生する応力等が、「4.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを、「5. 強度評価方法」で示す評価方法及び考え方を使用し、「6. 適用規格」で示す適用規格を用いて確認する。

2.1 評価対象施設

本資料における評価対象施設は、V-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」にて設定している構造物への荷重を考慮する施設のうち、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板を強度評価の対象施設とする。

3. 構造強度設計

V-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」で設定している降下火砕物特性に対し、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している構造物への荷重を考慮する施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するよう、V-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「5. 機能設計」で設定している非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

また、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構造強度を保持するよう構造設計と評価方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、V-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、地震及び積雪を考慮した荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、架構を軽油タンクのコンクリート基礎に柱脚で固定し、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の主要な構造部材が構造健全性を維持し、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないために、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。

3.2 機能維持の方針

V-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、V-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定している荷重条件を適切に考慮して、構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

(1) 構造設計

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプに降下火砕物が堆積することを防止する防護鋼板、防護鋼板を支持する架構及び架構をコンクリート基礎に固定する柱脚から構成される。

想定する降下火砕物及び積雪（以下「降下火砕物等」という。）の堆積による鉛直荷重に対しては、降下火砕物が堆積する防護鋼板に作用し、架構に伝達する構造とする。また、地震荷重に対しては、架構を介して柱脚に作用する構造とする。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構造計画を表 3-1 に示す。

(2) 評価方針

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の評価方針とする。

想定する降下火砕物、地震及び積雪を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板を構成する防護鋼板、架構及び柱脚が、「4.2 許容限界」で示す許容限界を超えないことを確認する。評価方法としては、等分布荷重による評価と3次元静的応力解析による評価を行う。

降下火砕物、地震及び積雪を考慮した荷重に対する強度評価を、V-3-別添2-8「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算書」に示す。

表 3-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構造計画 (1/2)

| 施設名称 (系統名) | 計画の概要 | | 説明図 |
|---|---------------------|-------------------|-----|
| | 主体構造 | 支持構造 | |
| <p>【位置】非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、屋外の軽油タンクエリアに設置する設計とする。</p> | | | |
| 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(A・C) | 防護鋼板、架構及び柱脚により構成する。 | コンクリート基礎に柱脚で固定する。 | |

表 3-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の構造計画 (2/2)

| 施設名称 (系統名) | 計画の概要 | | 説明図 |
|---|---------------------|-------------------|-----|
| | 主体構造 | 支持構造 | |
| <p>【位置】非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、屋外の軽油タンクエリアに設置する設計とする。</p> | | | |
| 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(B) | 防護鋼板、架構及び柱脚により構成する。 | コンクリート基礎に柱脚で固定する。 | |

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せを「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

強度評価にて考慮する荷重及び荷重の組合せは、V-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」を踏まえ、以下のとおり設定する。

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重(F_d)

常時作用する荷重は、V-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2)a. 荷重の種類」で設定している常時作用する荷重に従って、持続的に生じる荷重である**固定荷重**及び積載荷重とする。

b. 降下火砕物による荷重(F_a)

降下火砕物による荷重は、V-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちV-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」(以下「V-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」という。)の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って、主荷重として扱うこととし、V-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性」に示す降下火砕物の特性及び「2.1.3(2)a. 荷重の種類」に示す降下火砕物による荷重を踏まえて、湿潤密度 1.5g/cm^3 の降下火砕物が 35cm 堆積した場合の荷重として堆積量 1cm ごとに 147.1N/m^2 の降下火砕物による荷重が作用することを考慮し設定する。

c. 地震荷重(F_k)

地震荷重は、V-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って、従荷重として扱うこととし、V-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる地震を踏まえて、年超過確率 10^{-2} 相当の地震動を主荷重に組み合わせる地震荷重とする。年超過確率 10^{-2} 相当地震動は、V-2「耐震性に関する説明書」のうちV-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」の「7.4 基準地震動 S_s の超過確率参照」に基づき設定する。

d. 積雪荷重(F_s , F_{sb})

積雪荷重は、V-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って、従荷重として扱うこととし、V-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、柏崎市における1日当たりの積雪量の年超過確率 10^{-2} 規模の値84.3cmが堆積した場合の荷重を主荷重に組み合わせる積雪荷重(F_s)とする。更に、従荷重として扱う積雪荷重とは別に、ベース負荷として日最深積雪量の平均値に当たる積雪量31.1cmによる荷重を常時考慮する積雪荷重(F_{sb})として考慮する。積雪荷重については、新潟県建築基準法施行細則により、積雪量1cmごとに 29.4N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(2) 荷重の組合せ

a. 降下火砕物による荷重、地震荷重及び積雪荷重の組合せ

降下火砕物による荷重、地震荷重及び積雪荷重については、V-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」を踏まえて、それらの組合せを考慮し、自然現象の荷重として扱う。自然現象の荷重は短期荷重として扱う。

b. 荷重の組合せ

荷重の組合せについては、自然現象の荷重及び常時作用する荷重を組み合わせる。

なお、常時作用する荷重、地震荷重及び積雪荷重については、組み合わせることで降下火砕物による荷重の抗力となる場合には、評価結果が保守的となるよう荷重の算出において考慮しないこととする。

上記を踏まえ、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価における荷重の組合せの設定については、施設の設置状況及び構造等を考慮し設定する。非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板における荷重の組合せの考え方を表4-1に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

| 考慮する荷重 の組合せ | 荷 重 | | | | | |
|----------------|---------------------------|----------|-----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| | 常時作用 する荷重 (F_d) | | 主荷重 | 従荷重 | | ベース負荷 |
| | 固定 荷重 | 積載 荷重 | 降下火砕物 による荷重 (F_a) | 地震荷重 (F_k) | 積雪荷重 (F_s) | 常時考慮す る積雪荷重 (F_{sb}) |
| ケース 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ |
| ケース 2 | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ |

注：○は考慮する荷重を示す。

(3) 荷重の算定方法

「4.1(1) 荷重の種類」で設定している荷重のうち、「4.1(2)a. 降下火砕物による荷重, 地震荷重及び積雪荷重の組合せ」で設定している自然現象の荷重の鉛直荷重及び水平荷重の算出方法及び算出式を以下に示す。

a. 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の算出に用いる記号

| 記号 | 単位 | 定義 |
|----------|--------------------|--------------------------------------|
| C_H | — | 水平方向設計震度 |
| C_V | — | 鉛直方向設計震度 |
| F_a | N/m^2 | 湿潤状態の降下火砕物による荷重 |
| F_s | N/m^2 | 従荷重として組み合わせる積雪荷重 |
| F_{sb} | N/m^2 | ベース負荷として組み合わせる常時考慮する積雪荷重 |
| F_{vk} | N/m^2 | 従荷重として地震荷重を組み合わせたときの降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 |
| F_{vs} | N/m^2 | 従荷重として積雪荷重を組み合わせたときの降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 |
| f'_s | $N/(m^2 \cdot cm)$ | 建築基準法施行令に基づき設定する積雪の単位荷重 |
| g | m/s^2 | 重力加速度 |
| H_a | cm | 降下火砕物の層厚 |
| H_s | cm | 従荷重として考慮する積雪深 |
| H_{sb} | cm | ベース負荷として考慮する積雪深 |
| ρ | kg/m^3 | 降下火砕物の湿潤密度 |

b. 鉛直荷重

鉛直荷重については、降下火砕物、地震及び積雪を考慮する。

(a) 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重

湿潤状態の降下火砕物による荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_a = \rho \cdot g \cdot H_a \cdot 10^{-2}$$

積雪荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_s = f'_s \cdot H_s, \quad F_{sb} = f'_s \cdot H_{sb}$$

湿潤状態の降下火砕物に積雪を踏まえた鉛直荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_{vk} = F_a + F_{sb}, \quad F_{vs} = F_a + F_s + F_{sb}$$

表 4-3 に入力条件を示す。

表 4-3 入力条件

| ρ (kg/m ³) | g (m/s ²) | H_a (cm) | f'_s (N/(m ² ・cm)) | H_s (cm) | H_{sb} (cm) |
|--------------------------------|----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|------------------|
| 1500 | 9.80665 | 35 | 29.4 | 84.3 | 31.1 |

以上を踏まえ、降下火砕物及び積雪の堆積による鉛直荷重は、
 $F_{vk} = 6063\text{N/m}^2$ 、 $F_{vs} = 8542\text{N/m}^2$ とする。

(b) 地震による鉛直荷重

「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」の荷重条件を踏まえた軽油タンク基礎の2次元FEMモデルに対して、年超過確率 10^{-2} 相当地震動を入力して算出した軽油タンク基礎版上の加速度応答スペクトルと架構の固有周期より保守的に設定した設計震度 (C_v) により設定する。

c. 水平荷重

(a) 地震による水平荷重

地震による鉛直荷重と同様に、保守的に設定した設計震度 (C_H) により設定する。

4.2 許容限界

許容限界は、V-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、評価対象部位ごとの許容限界を表4-4に示す。

(1) 防護鋼板、架構及び柱脚

構造強度評価においては、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重、地震荷重及びその他の荷重に対し、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板を構成する防護鋼板、架構及び柱脚が構造健全性を維持することを性能目標としていることから、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（日本建築学会，2005改定）」（以下「S規準」という。）に基づく短期許容応力度を許容限界として設定する。

表 4-4 許容限界

| 施設名称 | 荷重の組合せ | 評価対象 部位 | 機能損傷モード | | 許容限界 |
|------------------------|-----------------------|------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | 応力等の状態 | 限界状態 | |
| 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板 | $F_d + F_{V_k} + F_k$ | 防護鋼板 | 組合せ | 部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態 | 「S 規準」に基づく短期許容応力度以下とする |
| | | 架構 | 引張, 圧縮, 曲げ, せん断, 組合せ | | |
| | | 柱脚 | 曲げ, 引張, せん断, 組合せ | | |
| | $F_d + F_{V_s}$ | 防護鋼板 | 組合せ | | |
| | | 架構 | 引張, 圧縮, 曲げ, せん断, 組合せ | | |
| | | 柱脚 | 曲げ | | |

F_d : 常時作用する荷重

F_{V_k} : 従荷重として地震荷重を組み合わせるときの降下火砕物等の堆積による鉛直荷重

F_k : 従荷重として組み合わせる地震荷重

F_{V_s} : 従荷重として積雪荷重を組み合わせるときの降下火砕物等の堆積による鉛直荷重

5. 強度評価方法

防護鋼板に対しては等分布荷重による評価，架構及び柱脚に対しては3次元静的応力解析による評価を行う。

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重，地震による荷重が作用する場合に強度評価を行う施設の強度評価方法として，非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価方法を以下に示す。

5.1 評価条件

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- (1) 防護鋼板は，等分布荷重時の長方形版（四辺単純支持）における発生応力を算定し評価を行う。
- (2) 架構及び柱脚は，3次元静的応力解析により構成部材における発生応力を算定し評価を行う。
- (3) 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重については，防護鋼板の水平投影面積に対し降下火砕物等の層厚より上載質量を算出し，入力荷重として設定する。
- (4) 地震荷重は，軽油タンク基礎の2次元FEMモデルに対して，年超過確率 10^{-2} 相当地震動を入力して算出した軽油タンク基礎版上の加速度応答スペクトルと架構の固有周期より保守的に設定した静的震度により設定する。
- (5) 地震荷重は，水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし，作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。

5.2 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表5-1に示す。

表 5-1 評価対象部位及び評価内容

| 評価対象部位 | | 応力等の状態 |
|--------|---------|---------------|
| 防護鋼板 | | 組合せ |
| 架構 | はり | 圧縮，曲げ，せん断，組合せ |
| | 柱 | 圧縮，曲げ，せん断，組合せ |
| | ブレース | 引張，圧縮 |
| 柱脚 | ベースプレート | 曲げ |
| | 基礎ボルト | 引張，せん断，組合せ |

5.3 強度評価方法

(1) 記号の定義

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価に用いる記号を表5-2に示す。

表 5-2 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価に用いる記号

| 記号 | 単位 | 定義 |
|----------------------|-------------------|--|
| A | mm ² | 単位面積当たりの断面積 |
| A _g | mm ² | 部材の断面積 |
| A _w | mm ² | 部材のウェブ断面積 |
| A _F | mm ² | 部材のフランジ断面積 |
| F | N/mm ² | 鋼材の基準強度 |
| a _s | mm ² | 基礎ボルトの断面積 |
| f _b | N/mm ² | 短期許容曲げ応力度 |
| f _{b x (y)} | N/mm ² | X(Y)方向の短期許容曲げ応力度 |
| f _{c (t)} | N/mm ² | 短期許容圧縮（引張）応力度 |
| f _{t s} | N/mm ² | 基礎ボルトの短期許容引張応力度 |
| f _s | N/mm ² | 短期許容せん断応力度 |
| L _{x (y)} | M | 防護鋼板の短辺（長辺）の長さ |
| M | N・mm | 曲げモーメント |
| M _{1 (2)} | N・mm | 図 5-1 に基づく M _x (M _y) の値 |
| M _{x (y)} | N・mm | X(Y)方向の曲げモーメント |
| N | N | 軸力 |
| p | N/m ² | 等分布荷重 |
| Q | N | せん断力 |
| Q _{x (y)} | N | X(Y)方向のせん断力 |
| Q _{DS} | N | 基礎ボルト 1 本に負担させる設計用せん断力 |
| Q _{ac} | kN | 基礎ボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 |
| t | Mm | 部材の厚さ |
| T _{DS} | N | 基礎ボルト 1 本に負担させる引張力 |
| Z | mm ³ | 断面係数 |
| Z _{x (y)} | mm ³ | X(Y)方向の断面係数 |
| σ _b | N/mm ² | 曲げ応力度 |
| σ _{b x (y)} | N/mm ² | X(Y)方向の曲げ応力度 |
| σ _{c (t)} | N/mm ² | 圧縮（引張）応力度 |
| σ _{t s} | N/mm ² | 基礎ボルトの設計用引張応力度 |
| σ _{x (y)} | N/mm ² | X(Y)方向に作用する曲げ応力度 |
| τ | N/mm ² | せん断応力度 |
| τ _{1 (2)} | N/mm ² | X(Y)方向のせん断応力度 |
| τ _{t s} | N/mm ² | 基礎ボルトの設計用せん断応力度 |

(2) 応力の計算方法

a. 防護鋼板の応力

降下火砕物及び積雪が堆積する防護鋼板は、等分布荷重が作用する長方形板として応力を算定する。

(a) 等分布荷重の計算モデル

等分布荷重による評価を行う防護鋼板の強度評価は、長方形版（四辺単純支持）モデルとする。応力計算においては「建築構造学大系 11 巻，平板構造（彰国社，1970）」における等分布荷重時四辺単純支持スラブの曲げモーメントとたわみの図表を用いる。等分布荷重による評価に用いるモデル図を図 5-1 に示す。

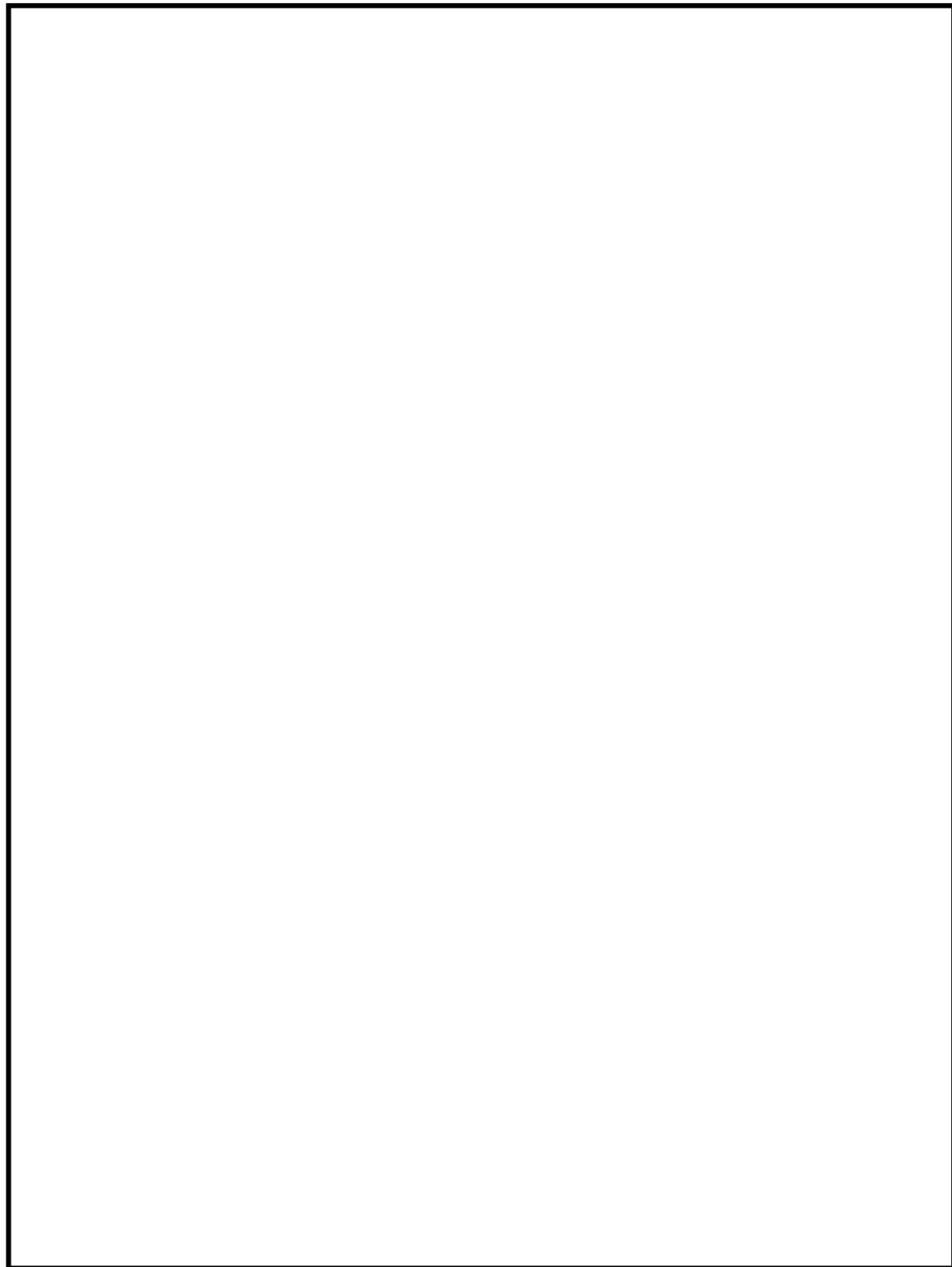


図 5-1 等分布荷重による評価に用いる計算モデル図（長方形版（四辺単純支持）モデル）
（建築構造学大系 11 巻，平板構造（彰国社，1970）に追記）

(b) 組合せによる応力度

イ. 曲げ応力度

$$\sigma_x = \frac{M_x}{Z_x}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{Z_y}$$

$$M_x = M_1 \cdot p \cdot L_x^2$$

$$M_y = M_2 \cdot p \cdot L_y^2$$

ロ. 曲げ+せん断

$$\tau = \frac{Q_y}{A}$$

b. 架構の応力

架構ははり、柱、ブレースで構成されており、3次元静的応力解析を用いて各構成部材に発生する応力を算定する。なお、応力算定においては水平2方向の地震力を考慮する。水平2方向の地震力を組み合わせる際は、簡便で保守的な手法である「絶対値の和」を用いた評価とする。

(a) はりに生じる応力度

イ. 引張応力度又は圧縮応力度

$$\sigma_t = \frac{N}{A_g}, \quad \sigma_c = \frac{N}{A_g}$$

ロ. せん断応力度

$$\tau = \frac{Q}{A_w}$$

ハ. 曲げ応力度

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

(b) 柱に生じる応力度

イ. 引張応力度又は圧縮応力度

$$\sigma_t = \frac{N}{A_g}, \quad \sigma_c = \frac{N}{A_g}$$

ロ. せん断応力度

$$\tau_1 = \frac{Q_x}{A_w}, \quad \tau_2 = \frac{Q_y}{A_w}$$

ハ. 曲げ応力度

$$\sigma_{bx} = \frac{M}{Z_x}, \quad \sigma_{by} = \frac{M}{Z_y}$$

(c) ブレースに生じる応力度

イ. 引張応力度

$$\sigma_t = \frac{N}{A_g}$$

ロ. 圧縮応力度

$$\sigma_c = \frac{N}{A_g}$$

c. 柱脚の応力

柱脚はベースプレート及び基礎ボルトで構成されており、架構の応力算定に用いた3次元静的線形応力解析結果における柱脚部の支点反力、及び基礎ボルトと柱軸芯間の距離から計算される曲げモーメントを用いて、各構成部材に発生する応力を算定する。

(a) ベースプレートに生じる応力度

イ. 曲げ応力度

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

(b) 基礎ボルトに生じる応力度

イ. せん断応力度

$$\tau_{ts} = \frac{Q_{DS}}{a_s}$$

ロ. 引張応力度

$$\sigma_{ts} = \frac{T_{DS}}{a_s}$$

(3) 強度評価方法

a. 防護鋼板の応力評価

「(2)a. 防護鋼板の応力」で定めた組合せ応力度が、表5-3に示す評価条件を満たすこと。

表5-3 防護鋼板の評価条件

| 評価部位 | 応力 | 単位 | 評価条件 |
|------|-----|-------------------|---|
| 防護鋼板 | 組合せ | N/mm ² | $\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 3\tau^2} \leq f_t$ |

b. 架構の応力評価

「(2)b. 架構の応力」で求めたはり、柱及びブレースに生じる応力度及び検定比が、表 5-4 に示す評価条件を満たすこと。

表 5-4 架構の評価条件

| 評価部位 | 応力 | 単位 | 評価条件 |
|------|------------------------|-------------------|--|
| はり | 曲げ | N/mm ² | $\sigma_b \leq f_b$ |
| | 圧縮 | N/mm ² | $\sigma_c \leq f_c$ |
| | せん断 | N/mm ² | $\tau \leq f_s$ |
| | 組合せ (曲げ+軸力) | — | $\frac{\sigma_b}{f_b} + \frac{\sigma_{c(t)}}{f_{c(t)}} \leq 1.0$ |
| | 組合せ (曲げ+せん断 +軸力) | N/mm ² | $\sqrt{(\sigma_b + \sigma_t)^2 + 3\tau^2} \leq f_t$ |
| 柱 | 曲げ | N/mm ² | $\sigma_b \leq f_b$ |
| | 引張/圧縮 | N/mm ² | $\sigma_c \leq f_c$ (圧縮時) $\sigma_t \leq f_t$ (引張時) |
| | せん断 | N/mm ² | $\tau_{1(2)} \leq f_s$ |
| | 組合せ (曲げ+軸力) | — | $\frac{\sigma_{bx}}{f_{bx}} + \frac{\sigma_{by}}{f_{by}} + \frac{\sigma_{c(t)}}{f_{c(t)}} \leq 1.0$ |
| | 組合せ (曲げ+せん断 +軸力) | N/mm ² | $\max \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{(\sigma_{bx} + \sigma_c)^2 + 3\tau_1^2} \\ \sqrt{(\sigma_{by} + \sigma_c)^2 + 3\tau_2^2} \end{array} \right\} \leq f_t$ |
| ブレース | 引張/圧縮 | N/mm ² | $\sigma_c \leq f_c$ (圧縮時) $\sigma_t \leq f_t$ (引張時) |

c. 柱脚の応力評価

「(2)c. 柱脚の応力」で求めたベースプレート及び基礎ボルトの応力度が、表 5-5 に示す評価条件を満たすこと。

表 5-5 柱脚の評価条件

| 評価部位 | 応力 | 単位 | 評価条件 |
|---------|----------------|-------------------|--|
| ベースプレート | 曲げ | N/mm ² | $\sigma_b \leq f_b$ |
| 基礎ボルト | 引張 | N/mm ² | $\sigma_{ts} \leq f_{ts}$ |
| | せん断応力度 | N/mm ² | $\tau_{ts} \leq f_{ts}/\sqrt{3}$ |
| | せん断力 | kN | $Q_{DS} \leq Q_{ac}$ |
| | 組合せ (引張応力度) | N/mm ² | $\sigma_{ts} \leq 1.2 \cdot f_{ts} - \sqrt{3} \cdot \tau_{ts}$ |
| | 組合せ (せん断力) | kN | $Q_{DS} \leq (1.2 - \sigma_{ts}/f_{ts}) \cdot Q_{ac}$ |

6. 適用規格

V-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」においては、降下火砕物の影響を考慮する施設的设计に係る適用規格を示している。

これらのうち、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価に用いる規格、規準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法及び同施行令
- ・ 新潟県建築基準法施行細則（昭和 35 年 12 月 30 日新潟県規則第 82 号）
- ・ 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 —（日本建築学会，2005 年改定）
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）
- ・ 挿入型鉄筋定着工法「Post-Head-Anchor 工法」（BCJ 評定-SS0030-03）（日本建築センター）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2010 年）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 年）