

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6添-3-013-13 改0
提出年月日	2023年11月15日

VI-3-別添 1-7 非常用ディーゼル発電設備吸気配管の強度計算書

K6 ① VI-3-別添 1-7 R0

2023年11月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格	4
3. 強度評価方法	5
3.1 記号の定義	5
3.2 評価対象部位	6
3.3 荷重及び荷重の組合せ	7
3.4 許容限界	8
3.5 評価方法	9
4. 評価条件	10
5. 強度評価結果	10

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、非常用ディーゼル発電設備吸気配管が竜巻時及び竜巻通過後においても、各配管の機能維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

非常用ディーゼル発電設備吸気配管について、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、非常用ディーゼル発電設備吸気配管の「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

非常用ディーゼル発電設備吸気配管は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、図 2-1 に示す位置に設置する。

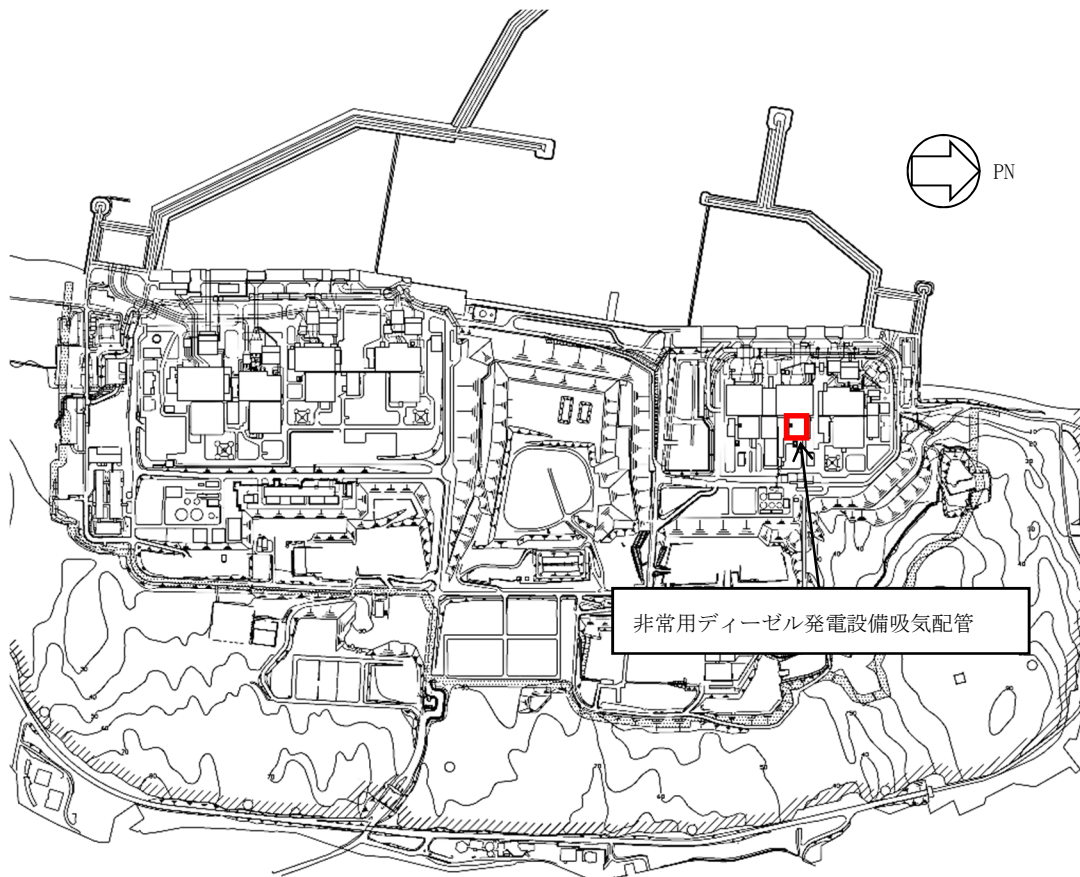


図 2-1 非常用ディーゼル発電設備吸気配管の位置図

2.2 構造概要

非常用ディーゼル発電設備吸気配管について、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

非常用ディーゼル発電設備吸気配管は鋼製の配管で構成される。非常用ディーゼル発電設備吸気配管は原子炉建屋の屋内に設置する設計とし、サポートによる支持構造物で床面等に支持する構造とする。非常用ディーゼル発電設備吸気配管の概要図を図 2-2 に示す。

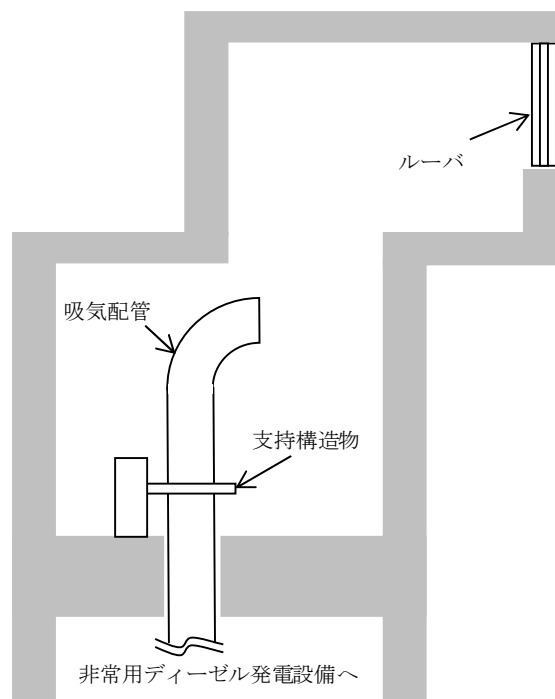


図 2-2 非常用ディーゼル発電設備吸気配管の概要図

2.3 評価方針

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の強度評価は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、非常用ディーゼル発電設備吸気配管の評価対象部位に作用する応力等が許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の構造強度評価においては、その構造を踏まえ、設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の構造強度評価フローを図 2-3 に示す。外気と繋がっている屋内の施設である非常用ディーゼル発電設備吸気配管は、建屋内に設置しているため風圧力による荷重及び飛来物による衝撃荷重は考慮しないが、外気と繋がっているため施設に作用する気圧差による荷重と常時作用する荷重の組合せを考慮する。構造強度評価においては、非常用ディーゼル発電設備吸気配管に対し、運転時に内圧が作用するため、運転時の状態で作用する内圧荷重及び気圧差による荷重により生じる応力が許容応力以下であることを確認する。構造強度評価では、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いる。非常用ディーゼル発電設備吸気配管の許容限界は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界である、「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984」（日本電気協会）、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987」（日本電気協会）及び「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」（日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）の許容応力状態Ⅲ_ASとする。

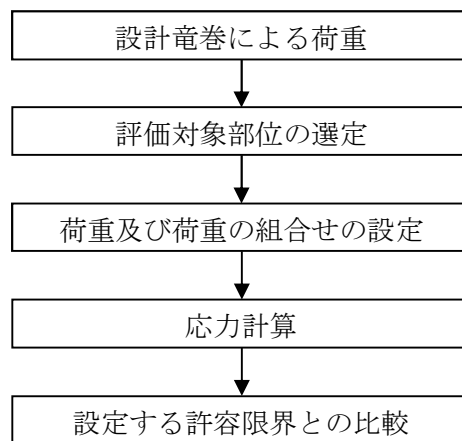


図 2-3 非常用ディーゼル発電設備吸気配管の構造強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984」
(日本電気協会)
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987」(日本電気協会)
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」(日本電気協会)
- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1-2005/2007」(日本機械学会)

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の構造強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
D	mm	管外径
P_1	Pa	運転圧
P_b	Pa	配管に作用する圧力
ΔP	N/m^2	設計竜巻の気圧低下量
r_m	mm	平均半径
S_y	MPa	J SME 付録材料図表Part5の表にて規定される設計降伏点
t	mm	管厚さ
σ_θ	MPa	周方向応力

3.2 評価対象部位

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の評価対象部位は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、「2.2 構造概要」にて設定している構造に基づき、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

非常用ディーゼル発電設備吸気配管は、建屋内に設置されていることから竜巻の風圧力による荷重は直接受けないが、竜巻の気圧差による荷重が考えられることから、配管本体を評価対象部位として選定する。

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の構造強度評価における評価対象部位を図 3-1 に示す。

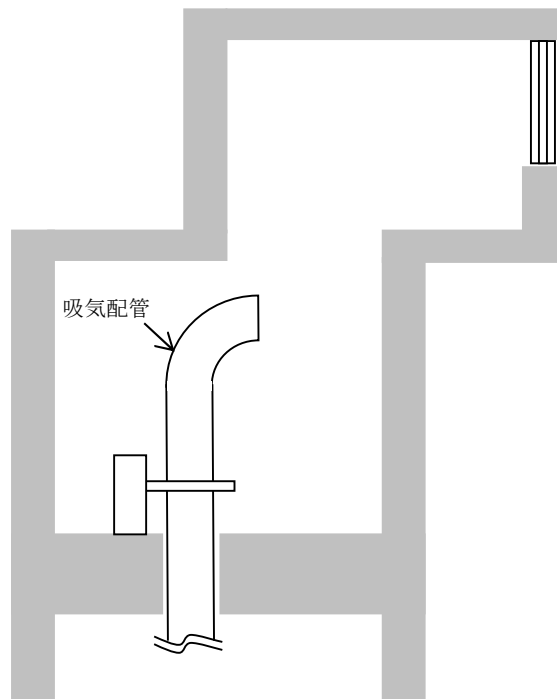


図 3-1 非常用ディーゼル発電設備吸気配管の評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の設定

構造強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 設計竜巻による荷重

外気と繋がっている屋内の施設である非常用ディーゼル発電設備吸気配管は、建屋内に設置しているため風圧力による荷重及び飛来物による衝撃荷重は考慮しないが、外気と繋がっているため施設に作用する気圧差による荷重と常時作用する荷重を考慮する。

(a) 気圧差による荷重

VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している気圧差による荷重により、竜巻による最大気圧低下量 (ΔP_{max}) は圧力ポアソン方程式から、 $\Delta P_{max} = 6400 \text{ N/m}^2$ とする。

b. 運転時の状態で作用する荷重

運転時の状態で作用する荷重としては、配管に作用する内圧を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合せを踏まえ、非常用ディーゼル発電設備吸気配管の評価対象部位に対して設定する。

配管本体には、気圧差による荷重及び内圧が作用する。

構造強度評価の荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

施設分類	施設名称	評価対象部位	荷重
外気と繋がっている屋内の 外部事象防護対象施設	非常用ディーゼル発電 設備吸気配管	配管本体	①気圧差による荷重 ②内圧

3.4 許容限界

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の許容限界値は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮し、J E A G 4 6 0 1 に基づく許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力の許容荷重を用いる。

許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「クラス 2, 3 配管」の許容限界を適用し、許容応力状態Ⅲ_ASから算出した許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1 に従い、J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて許容応力を計算する際は、評価対象部位の最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度が J S M E 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、J S M E 付録材料図表 Part5 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の配管本体の許容限界を表 3-3 に、許容応力を表 3-4 に示す。

表 3-3 吸気配管本体の許容限界

許容応力状態	許容限界
	一次応力 (膜+曲げ)
Ⅲ _A S	S _y

表 3-4 配管の許容応力

評価対象配管	管外径 D (mm)	材料	温度条件* (°C)	S _y (MPa)
非常用ディーゼル発電設備吸気配管	609.6	SM400B	45	243
	457.2	SM400B	45	243
	406.4	SM400B	45	243

注記*：最高使用温度

3.5 評価方法

非常用ディーゼル発電設備吸気配管の構造強度評価は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している評価式を用いる。

(1) 計算モデル

吸気配管は建屋内に設置されているため、気圧差による荷重を配管内部に受けるものとして計算を行う。非常用ディーゼル発電設備吸気配管のモデル図を図 3-2 に示す。

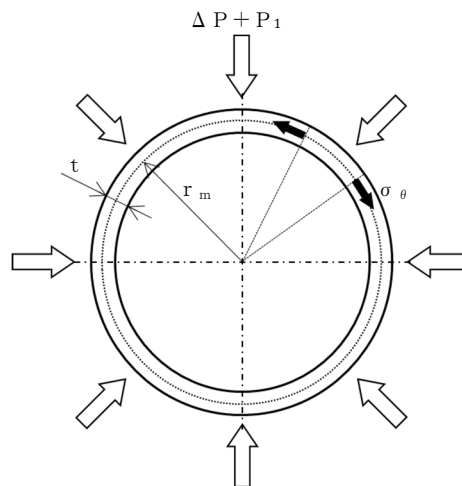


図 3-2 非常用ディーゼル発電設備吸気配管のモデル図

(2) 計算方法

配管にかかる外圧は、設計竜巻により発生する気圧差及び運転圧が影響するので、

$$P_b = \Delta P + P_1$$

a. 外圧により生じる周方向応力

$$\sigma_\theta = \frac{P_b \cdot r_m}{t}$$

$$\text{ただし } r_m = \frac{D - t}{2}$$

なお、非常用ディーゼル発電設備吸気配管の自重は内圧荷重に比べて十分小さいことから、自重を考慮しない。

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 評価条件

管外径 D (mm)	材料	t (mm)	r _m (mm)	P ₁ (Pa)	ΔP (N/m ²)
609.6	SM400B	6.4	301.6	1961.33	6400
457.2	SM400B	6	225.6	1961.33	6400
457.2	SM400B	6.5	225.35	1961.33	6400
406.4	SM400B	6	200.2	1961.33	6400

5. 強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

非常用ディーゼル発電設備吸気配管に発生する応力は、許容応力以下である。

表 5-1 強度評価結果

管外径 D (mm)	材料	σ _θ (MPa)	許容応力 (MPa)
609.6	SM400B	1	243
457.2 ^{*1}	SM400B	1	243
457.2 ^{*2}	SM400B	1	243
406.4	SM400B	1	243

注記*1：管厚さ 6mm

*2：管厚さ 6.5mm