

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-17-0041_改1
提出年月日	2021年7月5日

VI-3-別添 2-1-4 鋼製ハッチの強度計算書

02 ② VI-3-別添 2-1-4 R2

2021年7月

東北電力株式会社

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	5
3.3 荷重及び荷重の組合せ	6
3.4 許容限界	7
3.5 評価方法	7
4. 評価条件	9
5. 強度評価結果	9

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の鋼製ハッチが降下火砕物等堆積時においても、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

鋼製ハッチは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山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、鋼製ハッチの「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

鋼製ハッチは、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山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、屋外の軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の頂版に設置する。鋼製ハッチが設置される軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の位置図及び概要図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。

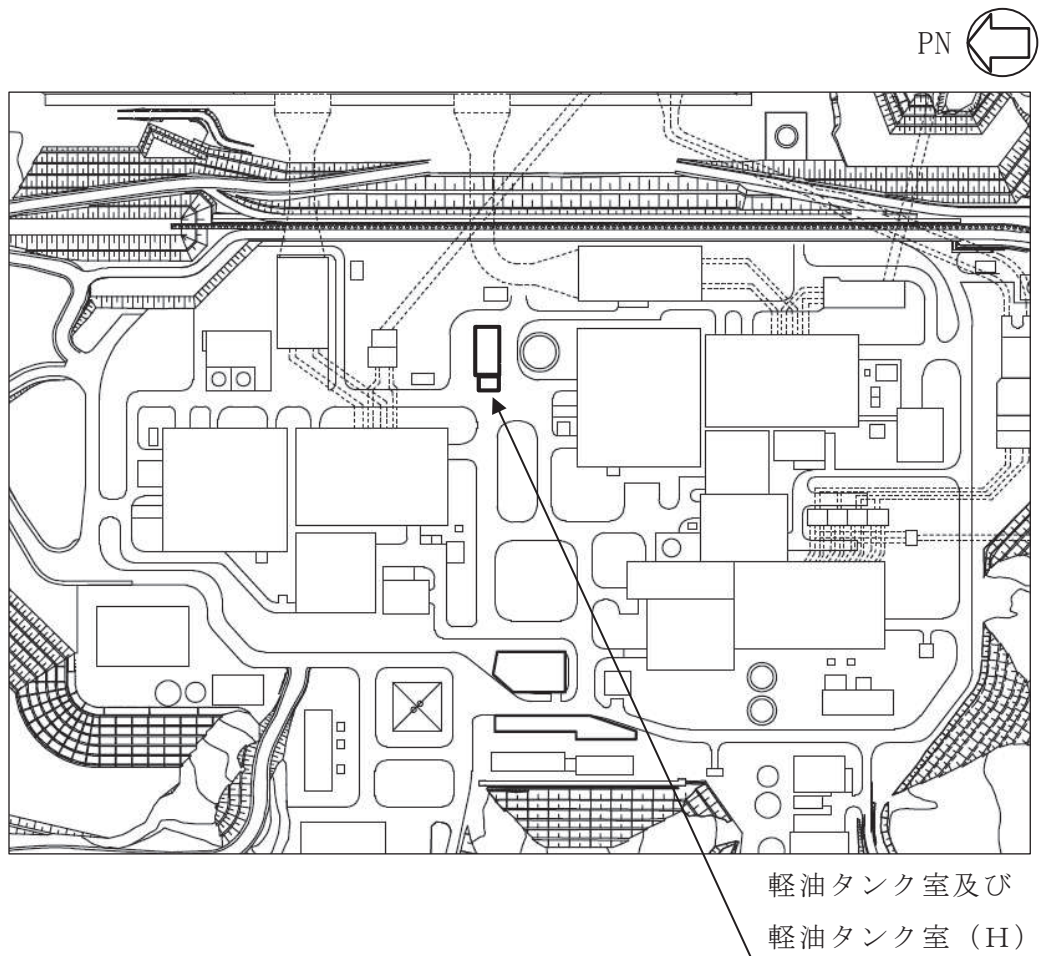
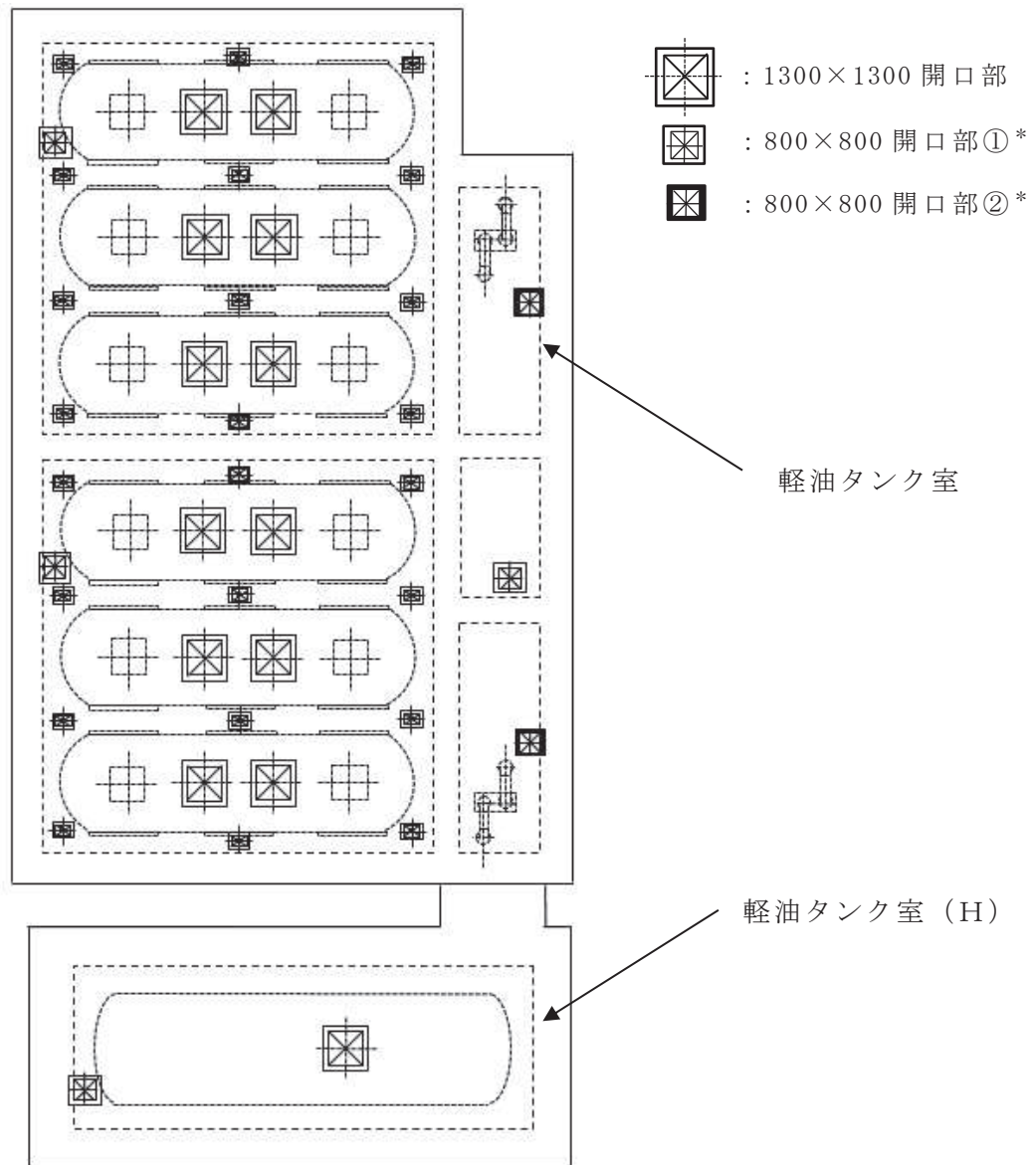


図 2-1 軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の位置図



注記 * : 800×800開口部には2種類の形状の上蓋の鋼製ハッチを適用

図2-2 軽油タンク室及び軽油タンク室 (H) の概要図

2.2 構造概要

鋼製ハッチは、添付書類「VI-3-別添2-1 火山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。

鋼製ハッチは、地下に埋設された軽油タンク室及び軽油タンク室 (H) のうち地上部に露出した頂版の開口部に設置されており、開口部の大きさに応じたハッチを適用する。鋼製ハッチは、降下火砕物等堆積による鉛直荷重の影響を直接受ける上蓋と、頂版に設置された上蓋を支持する取付枠で構成される。鋼製ハッチの概要図を図2-3に示す。また、開口部大きさ毎の上蓋の寸法及び重量について表2-1に示す。

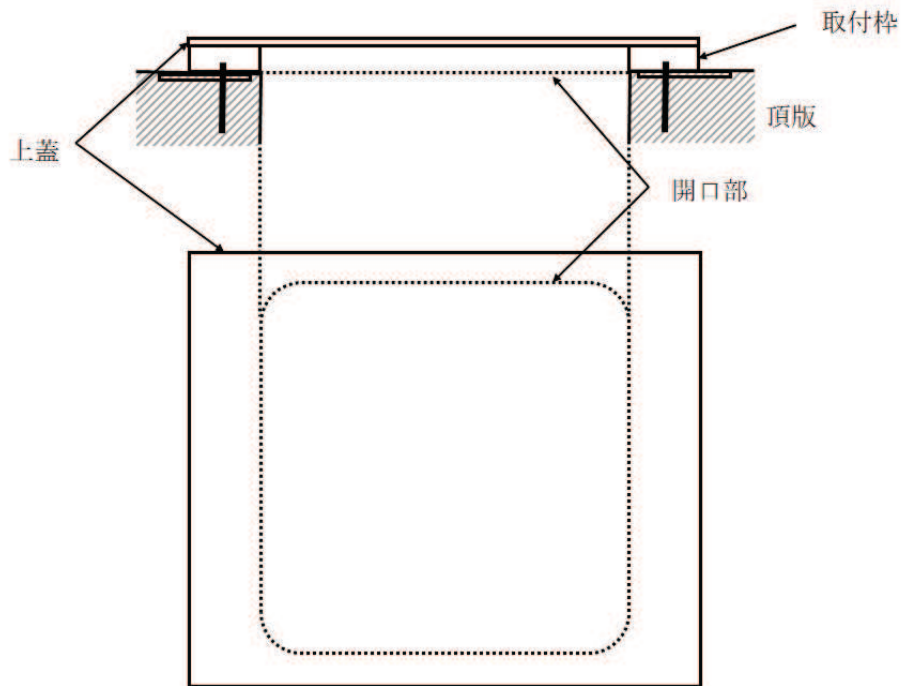


図2-3 鋼製ハッチの概要図

表2-1 開口部大きさ毎の上蓋の寸法及び重量

開口部大きさ	材質	長辺 (mm)	短辺 (mm)	厚さ (mm)	重量 (kg)
1300×1300	SUS304	1806	1530	16	500
800×800	① SUS304	1336	1030	16	260
	② SUS304	1336	1070	16	310

2.3 評価方針

鋼製ハッチの強度評価は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山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て、評価対象部位に作用する応力が、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。

鋼製ハッチの強度評価フローを図2-4に示す。鋼製ハッチの強度評価においては、その構造を踏まえ、降下火砕物等堆積による鉛直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。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重については、鋼製ハッチの上蓋に対し降下火砕物等が堆積した場合を設定する。鉛直荷重によって一様な応力が発生する上蓋に対して、機械工学便覧の計算方法に基づき、添付書類「VI-3-別添2-1 火山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。鋼製ハッチ

の許容限界は、添付書類「VI-3-別添2-1 火山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）」、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）」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）」（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。

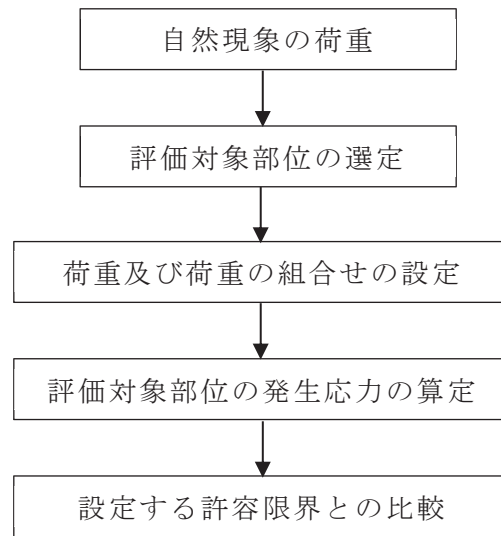


図2-4 鋼製ハッチの強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法（昭和25年5月24日法律第201号）
- (2) 建築基準法施行令（昭和25年11月16日政令第338号）
- (3) 宮城県 建築基準法施行細則（昭和46年3月30日 宮城県規則第21号）
- (4) 日本建築学会 2005年 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- (6) 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 A E G 4 6 0 1・補-1984）
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針（J A E G 4 6 0 1-1991 追補版）
- (8) J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下「設計・建設規格」という。）
- (9) 日本機械学会 1987年 新版機械工学便覧

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

鋼製ハッチの強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 鋼製ハッチの強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
a	mm	鋼製ハッチ上蓋の短辺の長さ
A_2	m^2	降下火砕物等の堆積面積
b	mm	鋼製ハッチ上蓋の長辺の長さ
F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
f_b	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容曲げ応力
F_d	N	鋼製ハッチ上蓋の自重による鉛直荷重
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重
g	m/s^2	重力加速度
m	kg	鋼製ハッチ上蓋質量
p	MPa	鋼製ハッチ上蓋評価時の等分布荷重
S_u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
S_y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
t	mm	鋼製ハッチ上蓋の厚さ
β_1	—	長方形板の最大応力係数
σ_b	MPa	鋼製ハッチ上蓋に発生する最大曲げ応力

3.2 評価対象部位

鋼製ハッチの評価対象部位は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山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、降下火砕物等堆積による鉛直荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、地上に露出した鋼製ハッチの上蓋に作用し、鉄筋コンクリート造の頂版に伝達する構造とする。

このことから、降下火砕物等堆積による鉛直荷重に対しては、鋼製ハッチの上蓋を評価対象部位として設定する。評価対象部位及び降下火砕物等が上蓋に最も多く堆積することが想定される状態について、図 3-1 に示す。

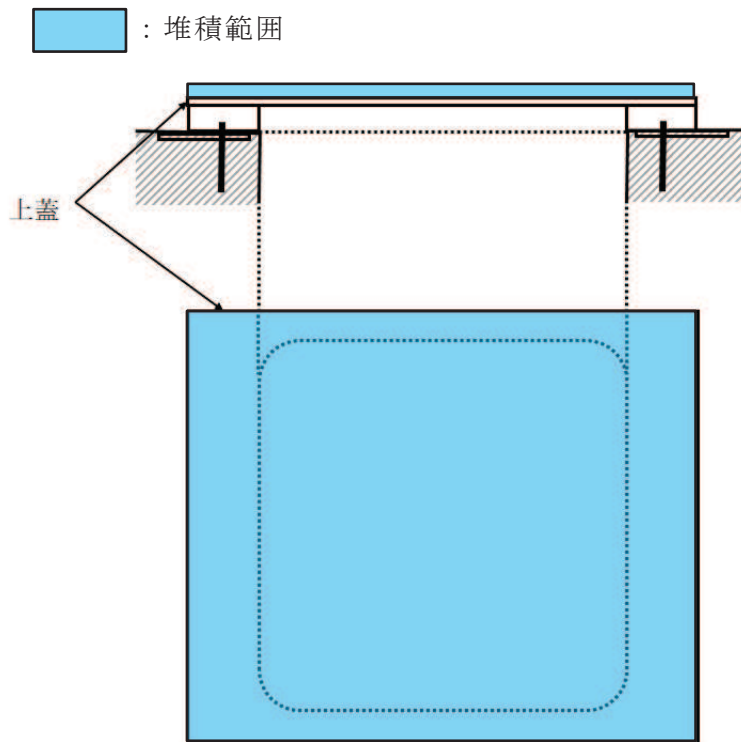


図 3-1 評価対象部位及び降下火砕物等の堆積状態図

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、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山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

鋼製ハッチの強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、鋼製ハッチ上蓋の自重を考慮する。

b. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重 (F_v')

降下火砕物等の堆積による単位面積当たりの鉛直荷重は、 3067N/m^2 とする。

(2) 荷重の組合せ

鋼製ハッチには、自重及び降下火砕物堆積による鉛直荷重が作用する。

鋼製ハッチの強度評価にて考慮する荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重
鋼製ハッチ	上蓋	①自重 ②降下火砕物による鉛直荷重

3.4 許容限界

鋼製ハッチの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位に対し、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山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及び機能損傷モードを踏まえて、J E A G 4 6 0 1 に基づき許容応力状態Ⅲ_AS の許容応力を用いる。

鋼製ハッチの許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「クラス 2,3 支持構造物」の許容限界を適用する。設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、許容応力状態Ⅲ_AS から算出した以下の許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1 に従い、設計・建設規格 付録材料図表 Part5,6 の表にて許容応力を評価する際は、評価対象部位の周囲環境温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて評価する。ただし、設計・建設規格 付録材料図表 Part5,6 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。

鋼製ハッチの許容限界を表 3-3、許容応力を表 3-4 に示す。

表 3-3 鋼製ハッチの許容限界

評価対象部位	許容応力状態	応力の種類		許容限界
		一次応力	曲げ	
上蓋	Ⅲ _A S			1.5 f _b

表 3-4 鋼製ハッチの許容応力

評価対象部位	材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	1.5 f _b (MPa)
上蓋	SUS304	40*	205	520	205	236

注記 * : 周囲環境温度

3.5 評価方法

鋼製ハッチの応力評価は、添付書類「VI-3-別添 2-1 火山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) 評価モデル

降下火砕物等堆積による鉛直荷重によって一様な応力が発生する鋼製ハッチ上蓋を四辺支持の平板として、機械工学便覧の計算方法を用いて評価を行う。評価モデル図を図 3-2 に示す。

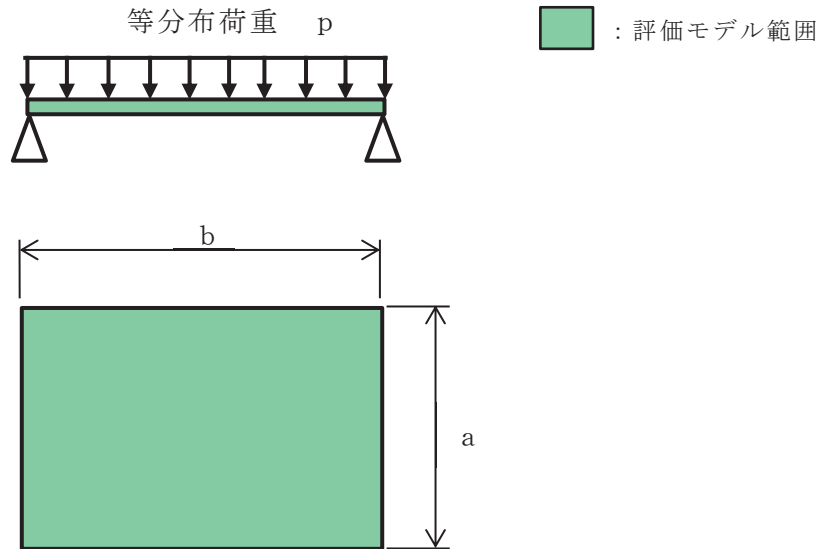


図 3-2 鋼製ハッチ上蓋の応力評価モデル図

(2) 評価方法

a. 鉛直方向荷重

(a) 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

$$F_v = F_v' \cdot A_2$$

ここで、

$$A_2 = a \cdot b$$

(b) 鋼製ハッチ上蓋質量による鉛直方向荷重

$$F_d = m \cdot g$$

b. 応力評価

(a) 曲げ応力

$$\sigma_b = \beta_1 \cdot \frac{p \cdot a^2}{t^2}$$

ここで、

$$p = \frac{F_d + F_v}{A_2}$$

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

開口部大きさ		F_v' (N/m ²)	g (m/s ²)	m (kg)	b (mm)	a (mm)	t (mm)	β_1 (-)
1300×1300		3067	9.80665	500	1806	1530	16	0.38
800×800	①			260	1336	1030	16	0.42
	②			310	1336	1070	16	0.40

5. 強度評価結果

降下火砕物等堆積時の強度評価結果を表 5-1 に示す。

鋼製ハッチに発生する応力は、許容応力以下である。

表 5-1 鋼製ハッチの評価結果

評価対象部位	開口部大きさ	材質	応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
上蓋	1300×1300	SUS304	曲げ	17	236	
	800×800	①	SUS304	曲げ	9	236
		②	SUS304	曲げ	10	236