



JY(Ar)-5-1

**国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）の
原子炉施設（高速実験炉原子炉施設）の変更に係る
設計及び工事の計画の認可申請書の概要
（1次アルゴンガス系配管の一部改造）
（耐震計算の結果のみ抜粋）**

2024年1月25日

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部**

耐震計算の結果 (1/3)

設計方針

本配管は、口径が小さく、使用温度が低いため、振動数基準の定ピッチスパン法を採用する。本配管の支持間隔は、振動数基準の定ピッチスパン法により求めた最大支持点間距離以内であることから、最大支持点間距離の場合における発生応力を算出し、許容応力と比較し評価する。また、今回の一部変更のうち、既設配管を一部切断した後取付ける閉止キャップについては、取付近傍に支持点が設けられていることから既設配管の支持点間距離より短くなり、発生応力は低減されることが明らかであり、本変更に伴う耐震強度評価上の影響はない。

設計条件

名称	耐震クラス	水平方向 設計震度 [G]	材質	流体の 種類	最高使用圧力*1 [MPa] gage	最高使用温度*1 [°C]
配管	B	0.389	SUS304TP	アルゴンガス	0.15	60

*1：新しく設置する配管における最高使用圧力及び最高使用温度を用いる。

最大支持点間距離 (L₀) の計算に用いる値

呼び径	管外径 D ₀ [mm]	肉厚 t [mm]	単位長さ当たりの質量*1 w [kg/mm]	縦弾性係数 E*2 [N/mm ²]	断面二次モーメント*3 I [mm ⁴]
25A	34.0	3.4	2.60×10 ⁻³	1.922×10 ⁵	3.87×10 ⁴

*1：配管内ガス (アルゴン 1.784kg/m³(ntp)) 質量含む

*2：発電用原子力設備規格 材料規格 Part3 第2章 表1 材料の各温度における縦弾性係数 オーステナイトステンレス鋼

*3：機械工学便覧 基礎編 α3材料力学 第3章3・2 断面二次モーメント及び断面係数

$$L_0 = \sqrt{\frac{\pi}{2 \cdot f} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \times 10^3}{w}}}$$

最大支持点間距離となる固有振動数 f=20Hzの時の
支持点間距離 (L₀) の式

記号	記号の説明	単位
f	固有振動数	Hz
λ	振動数係数 (λ = π)	-
L	棒の全長	mm
L ₀	最大支持点間距離	mm
E	材料の縦弾性係数	N/mm ²
I	断面二次モーメント	mm ⁴
ρ	単位体積当たりの質量	kg/mm ³
A	棒の断面積	mm ²
w	配管の単位当たりの質量	kg/mm

耐震計算の結果 (2/3)

地震時に生じる応力 (S_0) の計算に用いる値

呼び径	管外径 D_0 [mm]	肉厚 t [mm]	最高使用圧力 P [MPa]	単位長さ当たりの質量*1 w [kg/mm]	断面係数*2 Z [mm ³]	応力係数*3 i
25A	34.0	3.4	0.15	2.60×10^{-3}	2.27×10^3	2.1

*1: 配管内ガス (アルゴン 1.784kg/m^3 (ntp)) 質量含む

*2: 機械工学便覧 基礎編 α3材料力学 第3章 表3・2

*3: 試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準 第39条第2項に定める最大値

$$S_0 = \frac{P \cdot D_0}{4 \cdot t} + \frac{0.75 \cdot i(M_a + M_b)}{Z}$$

最大支持点間距離 (L_0) における最高使用圧力、自重及び地震加速度により生じる一次応力 S_0 の式

$$M_a = \frac{w \cdot g \cdot L_0^2}{8}$$

管の機械的荷重 (自重その他の長期的荷重に限る) により生じるモーメントの式

$$M_b = C_h \cdot \frac{w \cdot g \cdot L_0^2}{8}$$

管の機械的荷重 (地震を含めた短期的荷重) により生じるモーメントの式

記号	記号の説明	単位
S_0	一次応力	N/mm ²
P	最高使用圧力	MPa
D_0	管の外径	mm
t	管の厚さ	mm
i	応力係数	-
M_a	管の機械的荷重 (自重その他の長期的荷重に限る) により生じるモーメント	N・mm
M_b	管の機械的荷重 (地震を含めた短期的荷重) により生じるモーメント	N・mm
C_h	水平方向設計震度 ($C_h=0.389$)	-
Z	管の断面係数	mm ³
w	配管の単位当たりの質量	kg/mm
g	重力加速度 ($g=9.80665$)	m/s ²
L_0	最大支持点間距離	mm

耐震計算の結果 (3/3)

計算結果

呼び径	材質	管外径 D_0 [mm]	肉厚 t [mm]	最大支持点間距離 L_0 [mm]	一次応力 S_0 [N/mm ²]	許容応力*1 1.2S [N/mm ²]
25A	SUS304TP	34.0	3.4	2049	13.23	164.4

*1: 「原子力発電所耐震設計技術指針」2.2.3 第4種管の許容応力

S: 発電用原子力設備規格 材料規格Part3 第1章 表3鉄鋼材料 (ボルト材を除く。) の各温度における許容引張応力

評価

一部改造する1次アルゴンガス系配管は、全て上記最大支持点間距離以内の間隔で支持することから、地震時に生じる応力は上記の値を上回ることなく、許容応力に対して十分な余裕を有する。

参考：耐震計算における水平方向設計震度の設定について

耐震クラス：Bとして設計するものであり、耐震計算にあつては、水平方向の静的震度を想定する。水平方向の静的震度は、基本的に、「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1991追補版）に基づき、下記により算定する。

$$\text{算出式 } 1.5C_1 = Rt' \cdot Ai \cdot Co \cdot n = 0.248 (G)$$

Rt' ：振動特性係数（補正係数 β を考慮）（0.7）*1

Ai ：層せん断力係数の高さ方向の分布係数（当該機器の据付位置）（1.179）*2

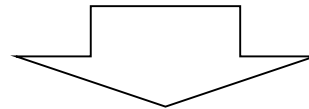
Co ：標準せん断力係数（0.2）

n ：重要度に応じた係数（Bクラス：1.5）

→ 機器の静的震度は、 $1.5C_1$ を1.2倍とし、 $1.5C_1 \cdot 1.2 = 0.298 (G)$ となる見込み

*1：JEAG4601-1991追補版の表1-1により設定。原子炉建物・原子炉附属建物の建屋支持地盤のせん断波速度 V_s は500m/s以下、埋込深さは31.8mであることから0.7。この値は、JEAG4601-1991追補版の1.3.3「振動特性係数 Rt' 」の(2)の動的相互作用による応答の補正係数 β_2 を考慮した値。

*2：原子炉建物BM1F (GL-3.40m) での S_d -D, S_d -1~6のNS方向、EW方向の包絡値のうち、最も大きい値を使用。



既認可（昭和63年）では、当初設置許可における静的震度の算定方法（「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-1970）を参考に設定）を用いて、下記により算定している。

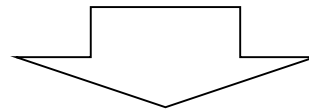
$$\text{算出式 } 1.5C_1 = (Co + (H-16)/4 \cdot 0.01) \cdot n \cdot 0.9 = 0.324 (G)$$

Co ：標準せん断力係数（0.2）

H ：基礎下部からの高さ（32m）

n ：重要度に応じた係数（Bクラス：1.5）

→ 機器の静的震度は、 $1.5C_1$ を1.2倍とし、 $1.5C_1 \cdot 1.2 = 0.389 (G)$

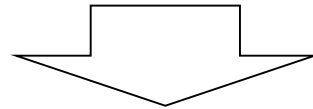


既認可の設計震度は、現在の知見に基づき算定した設計震度（新規基準適合に係る今後の設工認申請において想定される静的震度）に対して、約30%の安全裕度を有する。ここでは、既認可の設計震度を耐震計算のインプットに用いるものとし、地震時に生じる一次応力 S_0 を保守的に評価する。

参考：「JEAG4601-1987、1991追補版」に基づく計算における A_i の設定について

- A_i は、弾性設計用地震動 S_d を用いた地盤の地震応答解析、建物入力地震動の設定、地盤-建屋連成系の応答解析モデルの設定（地盤ばね、建物の質量・剛性）、地盤-建屋連成系の固有値解析を実施し、固有値解析結果に基づきa.「モーダル解析による方法」に示す式から求めている。
- A_i は、弾性設計用地震動 S_d （7波のEW、NS方向）を使用し、それぞれ*1の地震波に対して、地盤-建屋連成系の応答解析モデルを設定し、固有値解析を行って算定する。その結果得られた各層の最も大きい A_i の値を今回の設工認申請の耐震計算に使用している。

*1： 「常陽」の原子炉建物・原子炉附属建物は、約1/2が地盤内に埋め込まれ、地盤-建屋連成系の応答解析モデルの設定には、地盤と建屋の動的相互作用による効果を考慮する必要がある。地盤ばね定数は、JEAG4601-1991追補版の3.「建屋埋込み効果の評価法」に基づき、基礎下の底面地盤ばねを振動アドミッタンス理論、埋込み部分の側面地盤ばねをNovakの方法により算定しており、地盤ばね定数の設定には、解放基盤表面から地表面までの地盤変形特性を考慮した地盤内応答解析（等価線形解析）を実施し、得られた収束物性値（等価せん断波速度）を用いている。これらは、弾性設計用地震動 S_d （7波のEW、NS方向）のそれぞれの地震波の応答特性より設定されるため、最終的に、地盤-建屋連成系の固有値は、各地震波で多少異なる。



原子炉建物BM1F (GL-3.40m)での S_d -D, S_d -1~6
のNS方向、EW方向の包絡値のうち、最も大きい値を使用