

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-64 改 01
提出年月日	2022年10月13日

主排気ダクトの座屈評価で用いる
許容座屈曲げモーメント係数の設定根拠についての説明書

2022年10月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. はじめに	1
2. 矩形ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 (K_S) の設定根拠について	1
3. 円形ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 (K_R) の設定根拠について	2
4. 引用文献	3

1. はじめに

主排気ダクトの耐震計算においては、ダクトの発生曲げモーメントが許容座屈曲げモーメントを満足するものとしている。

本資料はこのうち、**矩形**ダクト及び**円形**ダクトの許容座屈曲げモーメントの評価の際に用いる以下の係数の設定根拠について、補足説明するものである。

矩形ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 (K_s) (=)

円形ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 (K_R) (=)

なお、本資料が関連する図書は以下のとおり。

- ・VI-2-11-2-7-13「主排気ダクトの耐震性についての計算書」

2. **矩形**ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 (K_s) の設定根拠について

矩形ダクトの許容座屈曲げモーメントは以下に示すとおりである。

本式は、**鶴戸口の式**⁽¹⁾を基に**安全裕度を考慮して定めたものである。**

$$M = K_s \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot S_y}{1 - \nu^2}} \cdot b \cdot t^2$$

ここで、記号は以下のとおりである。

M : 許容座屈曲げモーメント (kN・m)

K_s : **矩形**ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 () (—)

E : 縦弾性係数 (MPa)

S_y : 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値 (MPa)

ν : ポアソン比 (—)

b : **矩形**ダクトの短辺長 (mm)

t : ダクト板厚 (mm)

本式の K_s は であり、導出過程は以下に示すとおりである。

矩形ダクトの最大座屈モーメントは、メーカーにて実施した曲げ試験の結果に基づき以下の式で算出できる⁽²⁾。

$$\text{} \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot S_y}{1 - \nu^2}} \cdot b \cdot t^2$$

矩形ダクトの座屈モーメント式の安全率として、クラスMC容器の地震時の座屈評価に対する安全率1.5を準用すると以下の式となる。

$$\frac{1}{1.5} \cdot \text{} \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot S_y}{1 - \nu^2}} \cdot b \cdot t^2 = \text{} \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot S_y}{1 - \nu^2}} \cdot b \cdot t^2$$

上記より、 $K_s = \text{}$ となる。

3. 円形ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 (K_R) の設定根拠について
 円形ダクトの許容座屈曲げモーメントは以下に示すとおりである。

$$M = K_R \cdot \frac{E}{1-\nu} \cdot \frac{D}{2} \cdot t^2$$

ここで、記号は以下のとおりである。

- M : 許容座屈曲げモーメント (kN・m)
 K_R : 円形ダクトの許容座屈曲げモーメント係数() (—)
 E : 縦弾性係数 (MPa)
 ν : ポアソン比 (MPa)
 D : 円形ダクト口径 (mm)
 t : ダクト板厚 (mm)

円形ダクトの許容座屈曲げモーメントは、円筒かくの屈服座屈の式⁽³⁾を基に安全裕度を考慮して定めたものである。

本式は、下記に示す機械工学便覧の薄肉円筒かくの座屈における曲げモーメントの最大値より設定している。

$$M = \beta \cdot \frac{E}{1-\nu} \cdot R \cdot t^2$$

ここで、 β と R は以下のとおりである。

- β : 円筒かくの屈服座屈における曲げモーメントの係数
 理論値 : 0.99
 実験値 : 平均値1.14 最小値0.72
 R : 円形ダクト半径 (mm)

R は円形ダクト半径であるため、円形ダクト口径 D に書き直すと以下のとおりである。

$$M = \beta \cdot \frac{E}{1-\nu} \cdot \frac{D}{2} \cdot t^2$$

β は実験値の最小値0.72を用い、メーカーにて設定した安全率()*を考慮している。 β と安全率を考慮すると以下の式となる。

$$M = \frac{0.72}{()} \cdot \frac{E}{1-\nu} \cdot \frac{D}{2} \cdot t^2$$

上記より、 $K_R = ()$ となる。

注記* : メーカーにて実施した曲げ試験や施工実績に基づき、設定している。

なお、座屈応力の設計式によると、安全率 S は以下の式で定義される⁽⁴⁾。

$$S = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda'}{\Delta} \right)^2$$

ここで主排気ダクトにおける λ' 及び Δ は以下のとおりである。

λ' : 相当細長比 (= 25.8) (—)

Δ : オイラー式との境界の細長比 (= 119.9) (—)

以上より安全率 S は1.53となるため、3次元はりモデルでの主排気ダクト及び支持構造物の連成評価で安全率 \square を設定することは妥当である。

4. 引用文献

- (1) 「薄肉長方形および箱形はりの座屈と強度」 (1963年8月日本機械学会 journal of the J. S. M. E. Vol. 66, No. 535)
- (2) T. Kato, T. Nakatogawa, I. Ichihashi, M. Takenaka and T. Nomura, Limit Strength of Rectangular Air Ventilation Ducts Under-Seismic Design Condition, 10th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology(1989)
- (3) 「新版機械工学便覧」 (1987年4月 日本機械学会編) A4-7. 5. 3a. iv項
- (4) 「新版機械工学便覧」 (1984年6月 日本機械学会編) A4-4. 2. 2c項