

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-59 改01
提出年月日	2023年4月21日

地震相対変位に対する伸縮継手を用いた配管設計について

2023年4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. 伸縮継手の構造について	3
3. 地震相対変位を吸収可能であることの確認	8
4. 変位に対する疲労評価	8

1. はじめに

建物間に跨る配管系には、地震時において両建物の地震応答に伴う相対変位（以下「地震相対変位」という。）が入力されるため、大きな変位が生じる箇所については、変形の緩和を目的として伸縮継手を設置している。

本資料は、伸縮継手が地震相対変位を吸収可能であることについて説明するものである。なお、本資料では、地震相対変位が最大となる格納容器フィルタベント系配管に設置の伸縮継手を代表とした。また、表 1-1 に対象箇所（原子炉建物—第 1 ベントフィルタ格納槽間）の地震相対変位を示し、図 1-1 に伸縮継手の設置箇所を示す。

なお、本資料が関連する図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-5-5-5-2 「管の耐震性についての計算書（低圧原子炉代替注水系）」
- ・ VI-2-9-4-7-1-1 「管の耐震性についての計算書（格納容器フィルタベント系）」
- ・ VI-2-10-1-2-3-6 「管の耐震性についての計算書（ガスタービン発電機）」
- ・ VI-2-10-2-11 「隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-11-2-8 「管の耐震性についての計算書（波及的影響）」

表 1-1 代表箇所の配管系に入力される地震相対変位（基準地震動 S s）

設置箇所			地震相対変位(mm)		
系統	エリア	鳥瞰図 番号	X 方向 (NS 方向)	Y 方向 (鉛直方向)	Z 方向 (EW 方向)
格納容器フィルタ ベント系	原子炉建物—第 1 ベントフィルタ格 納槽間	FCVS-F-6	25.0	4.3	11.4

注：本表記載の数値は、原子炉建物—第 1 ベントフィルタ格納槽間の地震相対変位に基づき設定される配管解析への入力変位量であり、入力変位量の計算方法の詳細については、NS2-補-027-10-35 「管の耐震評価における地震相対変位の考慮方法について」に示す。

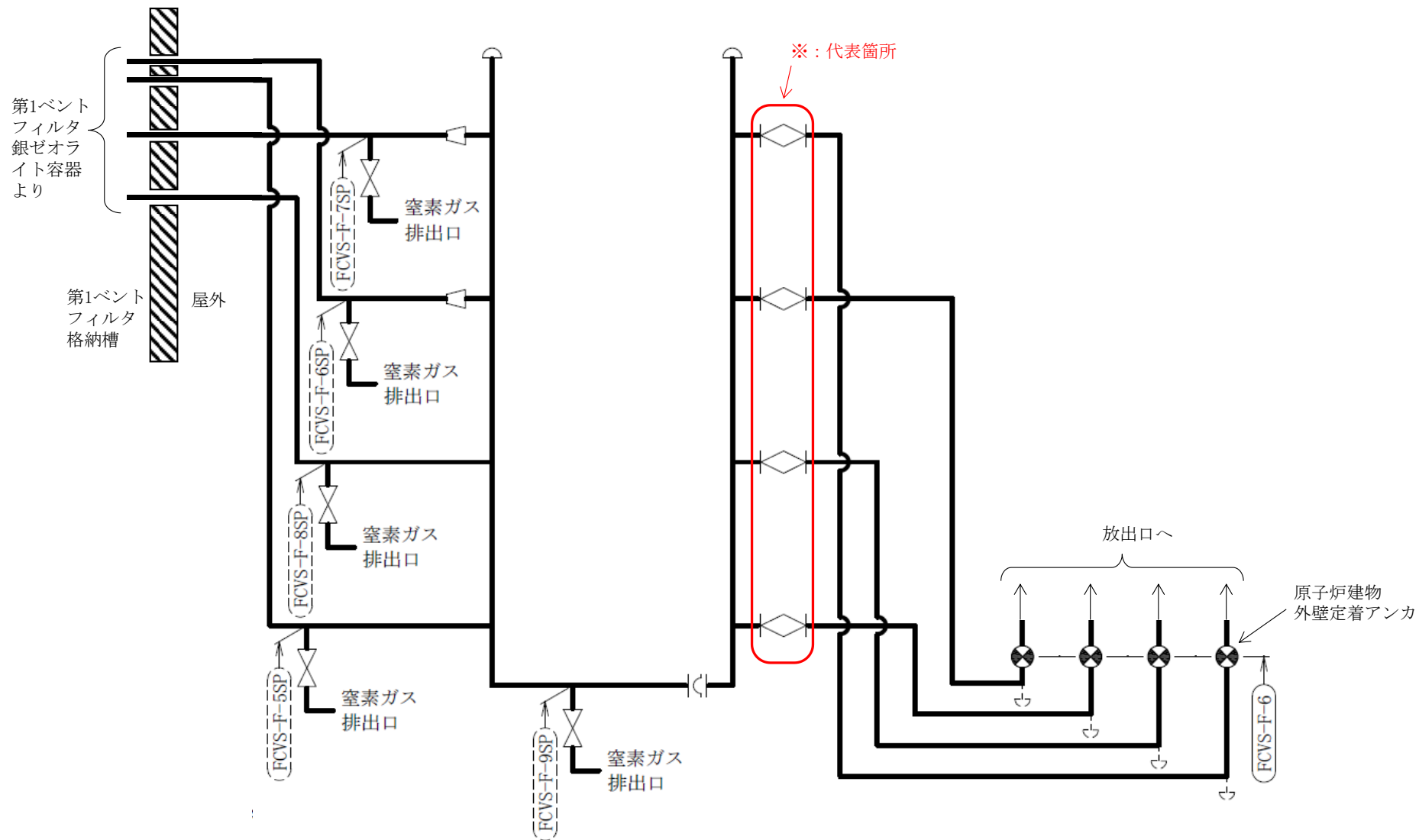


図1-1 代表箇所の伸縮継手が設置される箇所（格納容器フィルタベント系）

2. 伸縮継手の構造について

代表箇所伸縮継手の構造図を図 2-1、鳥瞰図を図 2-2、材質を表 2-1 示す。

伸縮継手は、図 2-1 のように端管とベローズから構成され、本体中央に備えられたベローズによって、軸方向及び軸直角方向の変位を吸収する構造である。代表箇所においては表 1-1 に示すとおり、X 方向（NS 方向）の地震相対変位が大きい傾向であることを踏まえ、図 2-2 に示すとおり、伸縮継手の軸方向を X 方向（NS 方向）に合わせて設置している。

表 2-1 代表箇所伸縮継手材質

部品名称	材質
端管	SUS316LTP/SF440A
ベローズ	SUS316L



図 2-1 代表箇所伸縮継手構造図

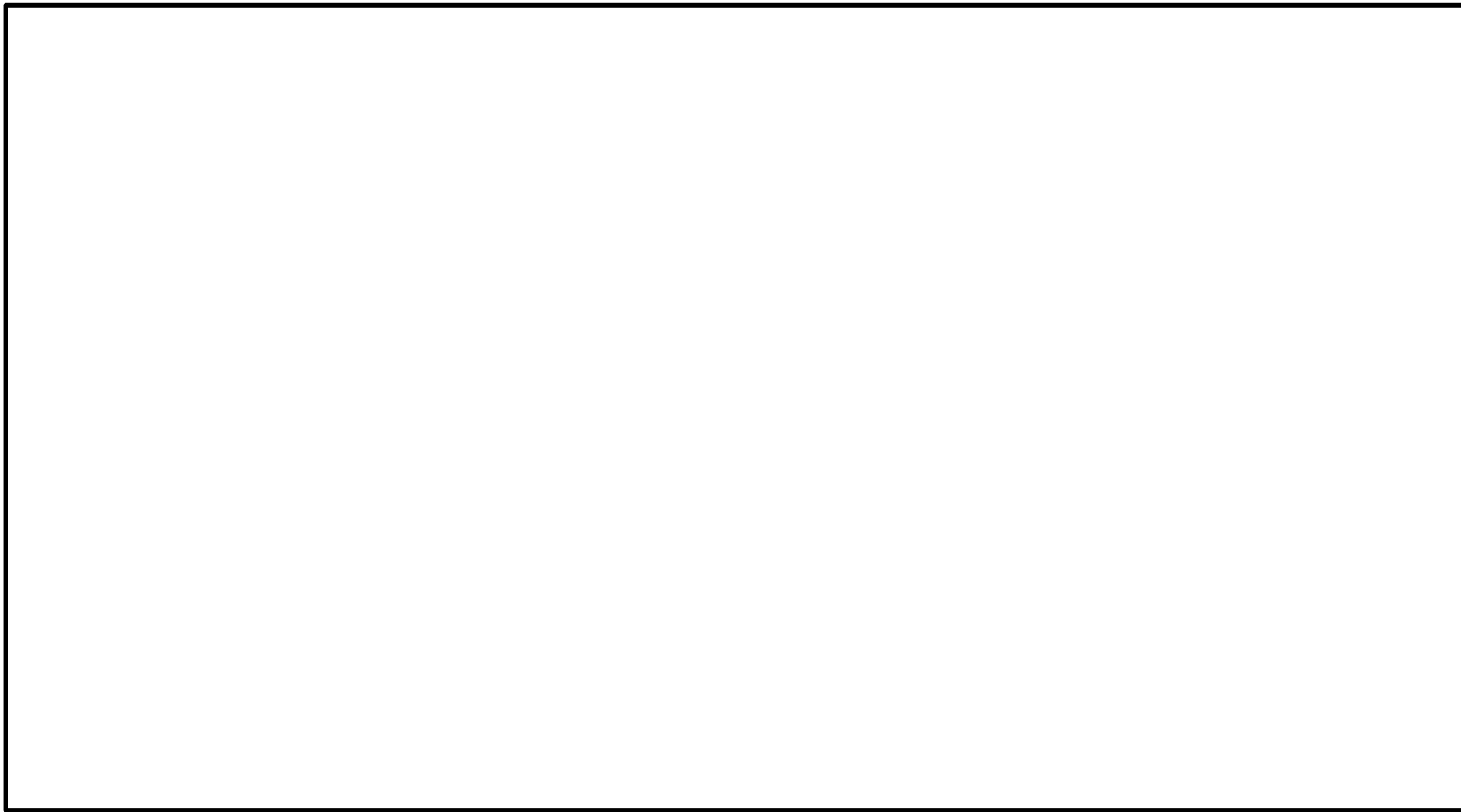


図 2-2 代表箇所伸縮継手が設置される鳥瞰図 (FCVS-F-6) (1/4)

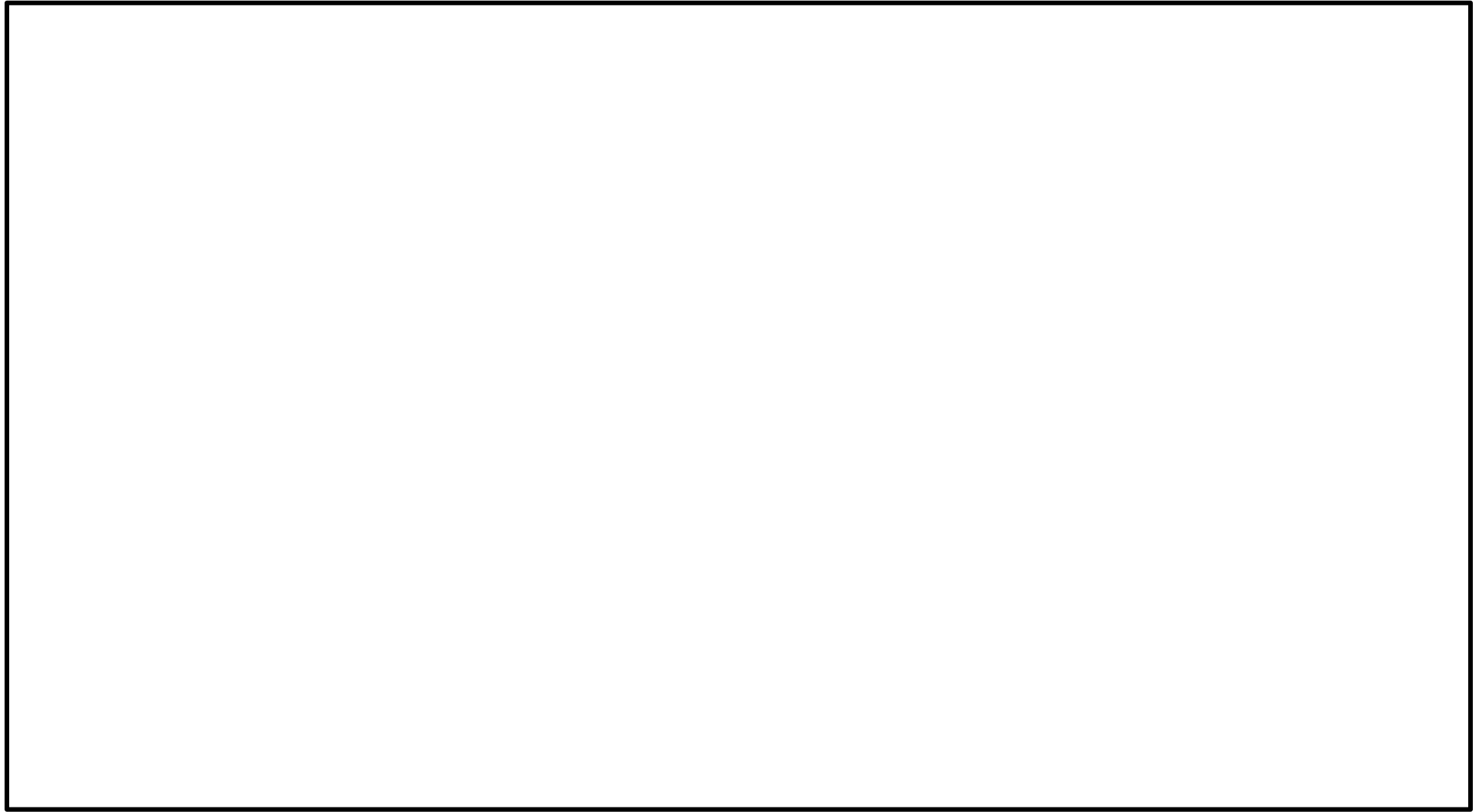


図 2-2 代表箇所伸縮継手が設置される鳥瞰図 (FCVS-F-6) (2/4)

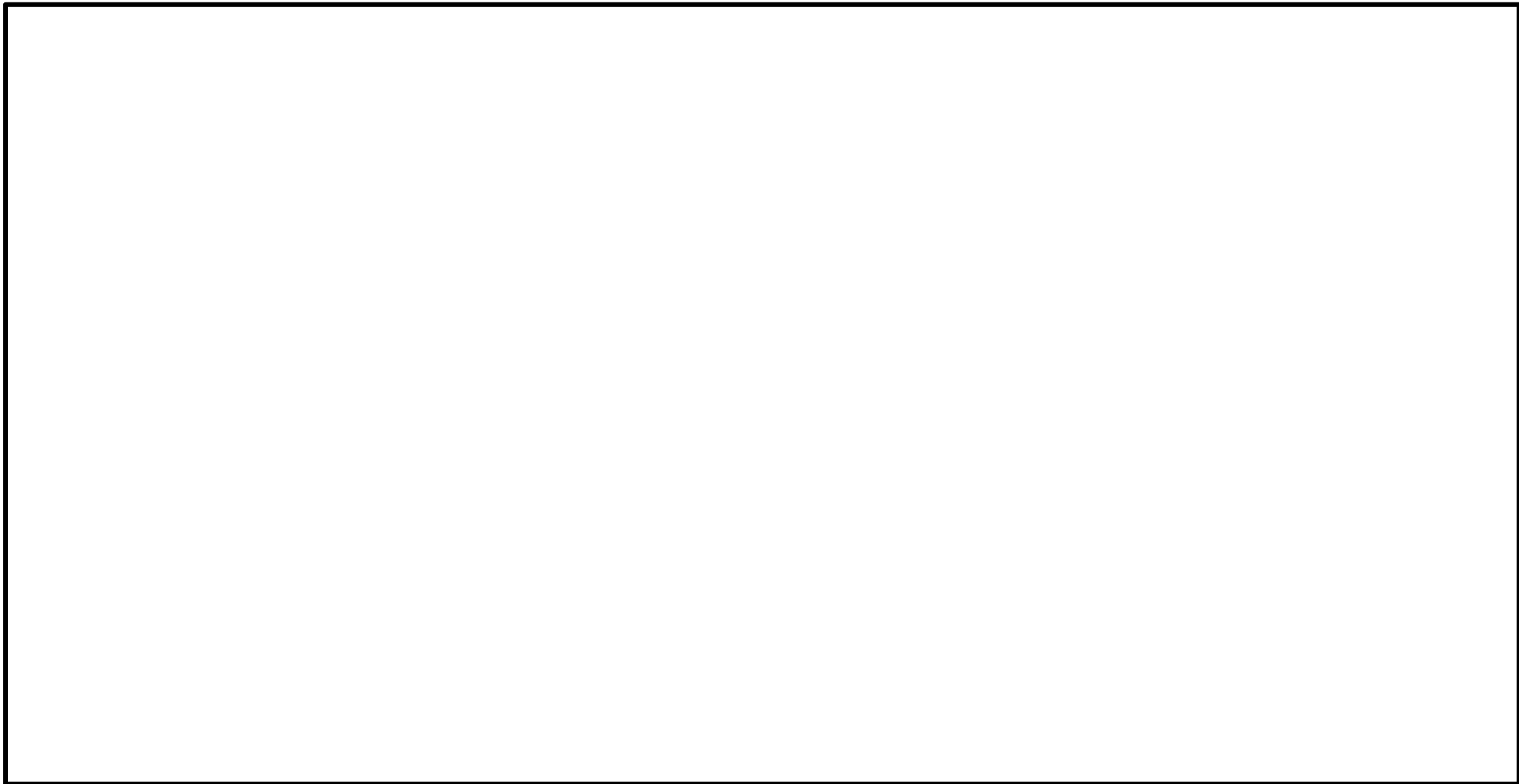


図 2-2 代表箇所伸縮継手が設置される鳥瞰図 (FCVS-F-6) (3/4)

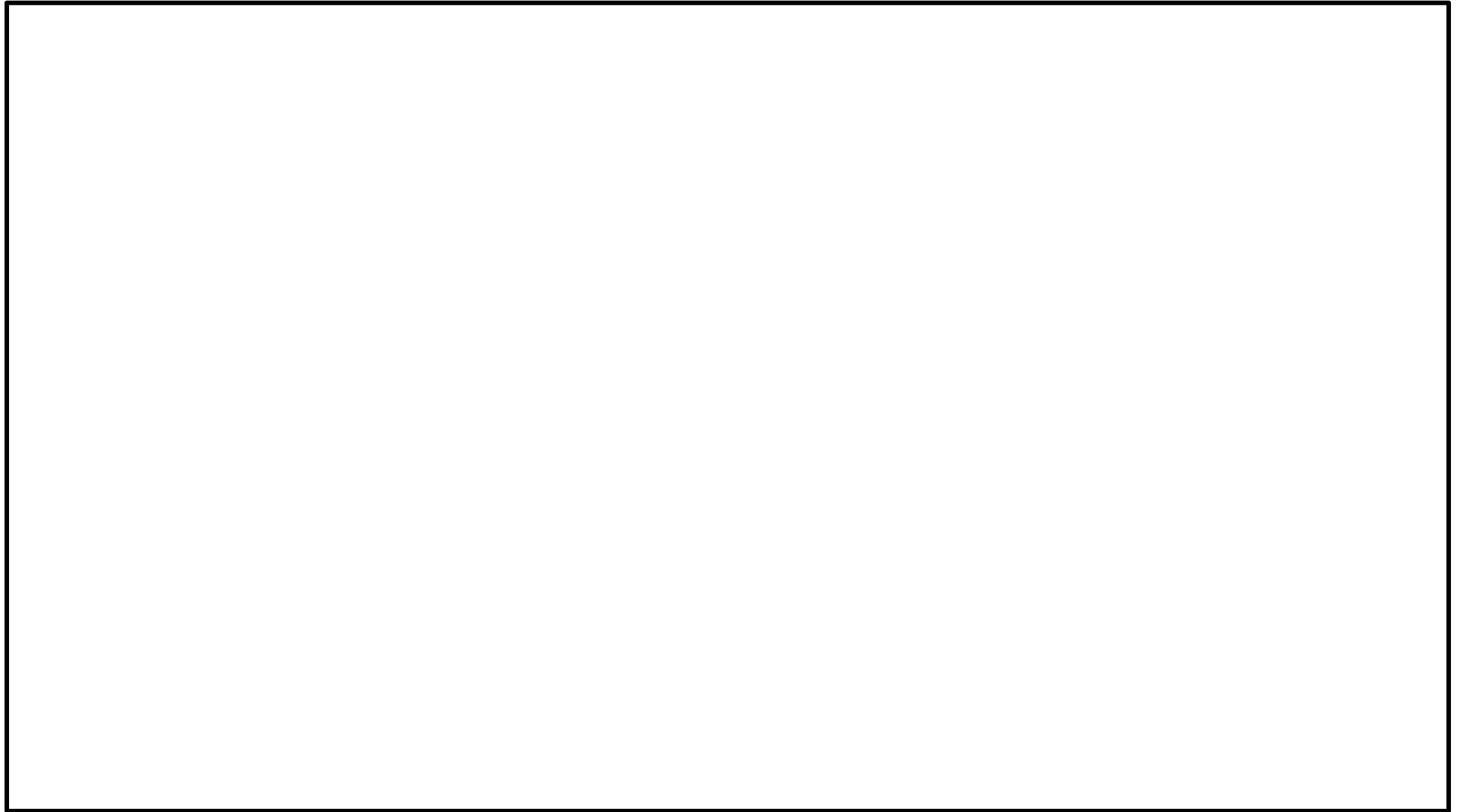


図 2-2 代表箇所伸縮継手が設置される鳥瞰図 (FCVS-F-6) (4/4)

3. 地震相対変位を吸収可能であることの確認

代表箇所の伸縮継手は、原子炉建物と第 1 ベントフィルタ格納槽との間に生じる地震相対変位を吸収するために設置しており、表 1-1 に示す変位が伸縮継手を含む配管系に入力される。このため、地震相対変位により、伸縮継手に生じる変位については、表 1-1 を入力値とした地震応答解析により算定する。

また、耐震評価においては、地震相対変位に加えて地震慣性力により伸縮継手に生じる変位を、設計用地震力（設計用床応答スペクトル及び設計用震度）を入力した地震応答解析により算定して加算している。このため、本評価においても、地震慣性力変位としてこの変位を加算して考慮する。

伸縮継手に生じる変位量及び変位可能量を表 3-1 に示す。表 3-1 に示すとおり、伸縮継手が地震相対変位を十分に吸収可能であることを確認した。なお、代表箇所の伸縮継手については、軸直角方向の変位可能量を踏まえ、軸直角方向変位の入力を緩和する目的から、図 2-2 に示すような、伸縮継手前後への軸直角方向拘束を設けている。

表 3-1 伸縮継手に生じる変位量（基準地震動 S_s）及び変位可能量

種類	計算変位(mm)		変位可能量(mm)	
	軸方向*	軸直角方向*	軸方向	軸直角方向
①地震相対変位	25.8	1.9	83.8	21.2
②地震慣性力変位	1.1	3.0		
③合計変位（①+②）	26.9	4.9		

注記*：伸縮継手を基準とした方向であり、図 2-2 に示すとおり、当該伸縮継手の軸方向は X 方向、軸直角方向は Y 及び Z 方向に対応している。軸直角方向変位については、Y 方向変位と Z 方向変位をベクトル和にて算出した値

4. 変位に対する疲労評価

代表箇所の伸縮継手は重大事故等クラス 2 管に区分されることから、疲労評価については、VI-3-2-9「重大事故等クラス 2 管の強度計算方法」に記載のとおり、設計・建設規格 PPC-3416 に基づき実施する。疲労評価に使用する記号の説明を表 4-1 に示し、評価結果を表 4-2 に示す。

評価の結果、実際の繰返し回数（N_r）と許容繰返し回数（N）の比（ $U = N_r / N$ ）は 1 以下であり、伸縮継手の強度は十分であることを確認した。

表 4-1 記号の説明

記号	内 容	単 位
b	継手部の波のピッチの 2 分の 1	mm
c	継手部の層数	—
E	材料の縦弾性係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 による。	MPa
h	継手部の波の高さ	mm
N	許容繰返し回数	—
N _r	実際の繰返し回数	—
n	継手部の波数の 2 倍の値	—
t	継手部の板の厚さ	mm
U	実際の繰返し回数 (N _r) / 許容繰返し回数 (N) より 計算される値	—
δ	全伸縮量	mm
σ	継手部応力	MPa

表 4-2 伸縮継手の疲労評価結果

対象	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	材料	E (MPa)	t (mm)	δ^{*1} (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	σ^{*2} (MPa)	N $\times 10^{3*3}$	N r $\times 10^3$	U
格納容器フィ ルタベント系 伸縮継手	0.427	200	SUS316L	183000	1.20	38.00	25.00	53.00	20	2	334	207.0	0.15	0.0008

注記*1：伸縮継手の疲労評価に用いる全伸縮量 δ は表 3-1 に記載の軸方向及び軸直角方向変位を用い NS2-補-028-10 「重大事故等クラス 2 管のうち、伸縮継手の全伸縮量算出について」に基づき算定した値である。

*2：継手部応力 σ は以下の計算式による。

$$\sigma = \frac{1.5 \cdot E \cdot t \cdot \delta}{n \cdot \sqrt{b \cdot h^3}} + \frac{P \cdot h}{t \cdot c}$$

*3：許容繰返し回数は以下の計算式による。

$$N = \left(\frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

評価：U ≤ 1, よって十分である。