

国P J「蒸気発生器信頼性実証試験」(財)発電用熱機関協会、昭和50年度～昭和55年度)では、局部減肉を有する伝熱管の内圧強度評価手法を確立するため、内圧による高温破壊試験を実施している。その試験結果から導出された内圧破断評価式※を用いて、運転中および事故時を包絡する内外差圧による破断圧力を算出した。

得られた破断圧力について、通常運転時および事故時の最大内外差圧に対する裕度を確認することにより、減肉管の強度を評価した。

減肉深さ (%) (注1)	破断圧力 P_B (MPa)	事故時を包絡する作用内外差圧 (MPa) (注2)	裕度
63	28.17	17.31	1.6

(注1) 最大減肉深さのC-SG (X45, Y5) で代表

(注2) 設計基準事故時および重大事故等時を包絡する内外差圧

※本評価式は、過去の高浜3, 4号機 蒸気発生器伝熱管の旧振止め金具による局部減肉の特殊設計施設認可申請においても用いられており、下式にて表される。

$$P_B = \sigma_f \frac{t}{R} \left(\frac{1 - a/t}{1 - a/t \cdot 1/m} \right)$$

<今回の計算条件>

P_B : 局部減肉を有する伝熱管の破断圧力 (MPa)

σ_f : インコネル600合金の流動応力 (MPa)

t : 板厚 (mm) (最小板厚を考慮)

R : 平均半径 (mm)

a : 減肉深さ (mm)

m : Foliasのバルジ係数 (= $(1 + 1.05 \cdot c^2/R/t)^{1/2}$)

$2c$: 減肉幅 (mm)

破断圧力は**28.17MPa**であり、通常運転時および事故時の最大内外差圧**17.31MPa**に対し、十分な裕度があることを確認した。

⇒減肉した伝熱管が運転中および事故時の内外差圧により破断することはない。

減肉を有する伝熱管の耐震性について、次のとおり評価した。

- ・ 既工認※¹の基準地震動 S_s による地震力および伝熱管全長モデル（施栓管の評価と同様）※²から、伝熱管直管部（管支持板部）に作用する力（部材力）を算出
- ・ 保守的に一様外面減肉と仮定し、伝熱管の断面積を減じた上で部材力から発生応力および疲労累積係数を算出し、許容値に対する裕度を確認

※¹：既工認添付資料13-17-3-2-2「蒸気発生器内部構造物の耐震計算書」（原規規発第1510091号、平成27年10月9日認可）

※²：高浜3, 4号機既工認（新規制基準工認）補足説明資料「高浜発電所第4号機 耐震性に関する説明書に係る補足説明資料 蒸気発生器伝熱管の評価について 関西電力株式会社 平成27年9月」

表 減肉を有する伝熱管の耐震性評価結果

応力分類	発生応力※ ³ および疲労累積係数	許容値	裕度
一次一般膜応力	267 MPa	334 MPa	1.2
膜応力+曲げ応力	271 MPa	434 MPa	1.6
一次+二次応力	202 MPa	492 MPa	2.4
疲労累積係数	0.033	1	—

※³：最大減肉深さのC-SG（X45, Y5）で代表

今回認められた減肉を考慮しても、発生応力および疲労累積係数に十分な裕度があること確認した。

⇒減肉した伝熱管が地震により損壊することはない。