

表-2 保護管の渦励振に関する強度計算手法比較

No.	適用規格	ASME PTC 19.3-1974 当社独自の手法を盛り込む	JSME S012-1998	ASME PTC 19.3 TW-2010
1	固有振動数 f_n 計算	<p>Power Test Code Thermometer Wells / J.W.Murdock 掲載の計算式 (テーパ保護管) $f_n = f$</p> $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{y}}$ $\frac{3E}{4\rho_s g} \left(\frac{A-B}{L}\right)^4 y = \frac{1}{2}(A-B)^2 + \frac{1}{4} \left[\frac{3B^4}{d^2} - 5d^2 - 6 \left\{ B + t \left(\frac{A-B}{L} \right) \right\}^2 \right] \left[\frac{B}{d} \log_e \frac{(B-d)(A+d)}{(B+d)(A-d)} + \log_e \frac{A^2 - d^2}{B^2 - d^2} \right]$ $+ \frac{1}{2} \left[6 \left\{ B + t \left(\frac{A-B}{L} \right) \right\}^2 - 7d^2 - \frac{3B^4}{d^2} \right] \left[\frac{B}{d} \tan^{-1} \frac{d(B-A)}{d^2 + AB} + \frac{1}{2} \log_e \frac{A^2 + d^2}{B^2 + d^2} \right]$ $+ 2 \left[\frac{B^3}{d^2} - 3 \left\{ B + t \left(\frac{A-B}{L} \right) \right\} \right] \left[\frac{B}{2} \log_e \frac{(B^2 + d^2)(A^2 - d^2)}{(B^2 - d^2)(A^2 + d^2)} + d \tan^{-1} \frac{d(B-A)}{d^2 + AB} + \frac{d}{2} \log_e \frac{(B-d)(A+d)}{(B+d)(A-d)} \right]$ <p>但し、発刊物である JSME S012 には、CD-ROM が付属しており、出版物の内容の PDF の他、EXCEL を用いて、固有振動数の計算を有限要素法で行えるプログラムが含まれている。</p>		<p>TW-2010 掲載の計算式 概算固有振動数に補正係数を乗じる</p> $f_a = \frac{1.875^2}{2\pi} \left(\frac{EI}{m} \right)^{1/2} \frac{1}{L^2}$ $f_n = H_f H_{df} H_{as} f_a$ <p>H: 補正係数</p> $H_f = \frac{0.99 \left[1 + (1 - B/A) + (1 - B/A)^2 \right]}{1 + 1.1 (D_a/L)^{3[1 - 0.8(d/D_a)]}}$ $H_{df} = 1 - \frac{\rho}{2\rho_m}$ $H_{as} = 1 - \frac{\rho_s}{2\rho_m} \left[\frac{1}{(D_a/d)^2 - 1} \right]$ $f_n^c = H_c f_n$ $H_c = 1 - (0.61) \frac{(A/L)}{[1 + 1.5(b/A)]^2}$
2	強制振動数 f_s 計算 または 換算流速 V_r と換算減衰率 C_n の計算	$f_s = St \times \frac{V}{D_A} \times 10^3$ <p>St: ストローハル数 V: 流速 ASME では D_A は先端外径で有るが、当社は実挿入長平均平均外径で計算</p>	<p>換算流速: $V_r = V / (f_n \cdot D_A)$ D_A: 実挿入長平均外径 換算減衰率: $C_n = 2 \cdot m \cdot \delta / (\rho \cdot D_{AV}^2)$ D_{AV}: 保護管平均外径 m: 保護管質量 δ: 対数減衰率</p>	$f_s = N_s \frac{V}{B}$ $N_s = 0.22(1 - 22/Re) \quad \text{for } 22 \leq Re < 1,300$ $N_s = 0.213 - 0.0248 [\log_{10}(Re / 1,300)]^2 + 0.0095 [\log_{10}(Re / 1,300)]^2 \quad \text{for } 1,300 \leq Re < 5 \times 10^5$ $N_s = 0.22 \quad \text{for } 5 \times 10^5 \leq Re < 5 \times 10^7$
3	共振の回避 または 同期振動発生の回避 又は抑制	<ol style="list-style-type: none"> 1) 使用可: $f_s/f_n < 0.8$ (ASME) 2) 使用不可: $0.8 \leq f_s/f_n \leq 1.4$ 3) 使用者の許可で使用可: $1.4 < f_s/f_n$ ($\sigma_r < \sigma_{ra}$) σ_r: 共振曲げ応力 σ_{ra}: 許容疲労限度応力 備考: 3) 項は軽い流体の場合に適用可能となる。 2)、3) 項は当社独自の手法である。 	<p>下記のいずれかを満たすこと。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $V_r < 1$ 2) $C_n > 64$ 3) $V_r < 3.3$ 及び $C_n > 2.5$ 	<p>下記のいずれか</p> $N_{sc} > 2.5 \text{ and } Re < 10^5 \quad f_s/f_n < 0.8$ $N_{sc} \leq 2.5 \text{ and } Re \geq 10^5 \quad S_{o,max} < F_T \cdot F_E \cdot S_f \quad f_s/f_n < 0.8$ <p>但し、$0.4 < f_s/f_n < 0.6$ の範囲は使用を推奨しない。</p> $N_{sc} \leq 2.5 \text{ and } Re \geq 10^5 \quad S_{o,max} \geq F_T \cdot F_E \cdot S_f \quad f_s/f_n < 0.4$ $N_{sc} = \pi^2 \zeta (\rho_m / \rho) \left[1 - (d/B)^2 \right]: \text{スクルトン数}$