

Q

日本機械学会の設計疲労線図は、安全率を応力に対して 1/2 に、繰返し数に対して 1/20 に設定していますが、その妥当性は何をもって確認しているのでしょうか。

参照 QNo.: FC-03, FC-07, FC-19

A

安全率(安全係数, 設計係数ともいう)の設定に関しては、種々の考え方がある。また、現在、疲労寿命の統計解析などによって、安全率を見直す機運がある。ここでは、従来の主要な考え方を紹介する。

日本機械学会設計・建設規格⁽¹⁾に記載されている設計疲労線図は、米国機械学会(ASME)規格 Section III を引用しており、ひずみ制御完全両振り疲労試験結果の仮想弾性応力振幅と破壊繰返し数の関係(最適曲線)に、応力振幅に対して 1/2, 繰返し数に対して 1/20 の安全率を設定して作成している。

設計疲労線図の根拠を示す文献⁽²⁾によれば、「安全率は環境効果、寸法効果およびデータのばらつきをカバーすることを意図しており、圧力容器が実際に設定した寿命の 20 倍の期間、安全に運転できることを期待した数値ではない」と記述されているが、2 と 20 の数値の具体的な内訳までは示されていない。安全率の数値の妥当性は、Pressure Vessel Research Committee (PVRC)が実施した 12 インチ(304.8mm)径の圧力容器モデルと 3 フィート(914.4mm)径のフルサイズの圧力容器に対する内圧による疲労試験結果の比較で、確認している(図 1 参照)。

その後、繰返し回数に対する安全率 20 の内訳は、データのばらつきの効果が 2、寸法が 2.5、表面仕上げ、環境、その他の効果が 4 として、それらの積で 20 という考え方が示された⁽³⁾。

ASME 規格の解説である Companion Guide⁽⁴⁾では、安全率は小型平滑試験片で得られた疲労試験データを、大型機器の疲労評価に適用することを認識した工学的判断に基づく数値で、これまでの研究の結果から安全率は保守的な設定としている。

なお、NUREG/CR-6260⁽⁵⁾に記載されている過去の安全率の内訳の考え方を、まとめて表 1 に示す。疲労強度に及ぼす影響因子としては、データ(材料)のばらつきの効果、寸法効果、表面粗さ(表面仕上げ)効果、環境効果及び残留応力の効果が想定され、それらの積算が応力振幅で 2 倍、繰返し数で 20 倍の安全率となっている。

[参考文献]

- (1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 第 I 編 軽水炉規格, JSME S NC1, 日本機械学会, (2012).
- (2) 'Criteria of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code for Design by Analysis in Sections III and VIII, Division 2', White Paper, ASME, (1963).
- (3) Cooper, W. E., 'The Initial Scope and Intent of the Section III Fatigue Design Procedure', Welding Research Council, Inc., Technical Information from Workshop on Cyclic Life and Environmental Effects in Nuclear Applications, Clearwater, Florida, (Jan. 22-21, 1992).

- (4) Rao, K., 'Companion Guide to the ASME Boiler and Pressure Vessel and Piping Codes', Fourth Edition, Volume 1&2, ASME, (2012).
- (5) 'Application of NUREG/CR-5999 Interim Fatigue Curves to Selected Nuclear Power Plant Components', NUREG/CR-6260 (INEL-95/045), (1995).

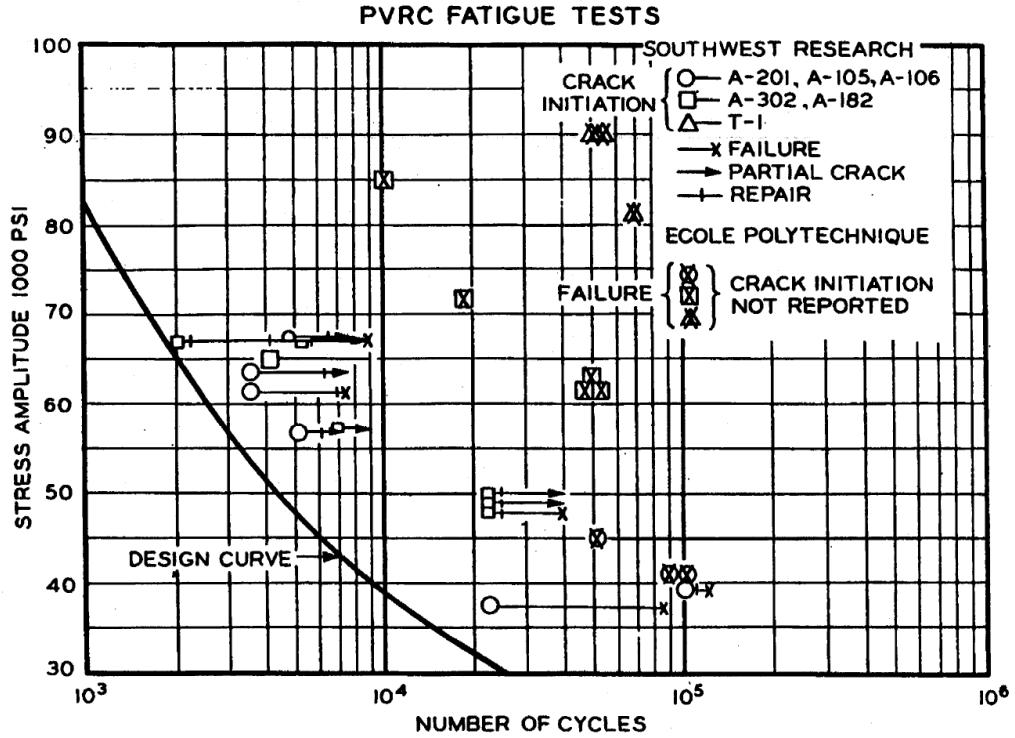


図1 PVRC 圧力容器疲労試験結果と設計疲労線図の比較⁽¹⁾

表1 設計疲労線図の安全率の考え方⁽⁵⁾

	疲労強度に及ぼす 影響因子	応力振幅		繰返し数	
		①	③	②	③
1	データ(材料)のばらつき効果	1.15	1.19	2.0	2.11
2	寸法効果	1.15	1.19	2.5	2.11
3	表面粗さ(表面仕上げ)効果	1.15	1.19	4.0	2.11
4	環境効果	1.15	1.19		2.11
5	残留応力効果	1.15	—	—	—
現行規格の安全率(積算)		2.0	2.0	20	19.8

①: Manjoine and Tome の考え方

②: Harvey の考え方

③: Porowski らの考え方