

Q

支持構造物に疲労解析が規定されていない理由はなぜですか。また、支持構造物の疲労解析を実施する場合はどうすればよいでしょうか。

A

日本機械学会 設計・建設規格⁽¹⁾で支持構造物に疲労解析を要求していないのは、(一次+二次)応力の変動範囲をシェークダウン条件に制限することで、疲労解析を不要としていると考えられる。日本機械学会 設計・建設規格のSSB-3122および解説表SSB-3010-1では、支持構造物に(一次+二次)応力の変動範囲がSSB-3121.1に示す f 値の3倍の値を超えないことを規定しており、それ以上の疲労解析は要求していない。例えば、フェライト鋼の場合は、 F 値は $\text{Min}(S_y, 0.7S_u)$ 、引張応力に対する f_t 値は $F/1.5$ である。したがって、(一次+二次)応力の変動範囲を $2S_y$ 以下に制限している。

設計・建設規格の支持構造物の規定は、鋼構造設計基準⁽²⁾を参照している。鋼構造設計基準では、「建築構造物の通常の部材および接合部は、疲労の検討を必要としない。クレーンの走行桁、機械または設備を支持する部材などの繰返し応力を受ける構造要素またはそれに隣接する部材は、疲労の検討を行う。」としている。

ASME B&PV 規格 Sec.III の支持構造物のピーク応力に関する規定(NF-3121.4)でも、ピーク応力は、疲労き裂または脆性破壊の起点になる可能性があるのが好ましくないが、顕著な変形は生じないので、その評価(疲労解析)は要求していない。

支持構造物は、流体振動または温度変動による高サイクル疲労を想定する必要はなく、熱変形の繰返し回数も限定的である。したがって、構造不連続による応力集中があっても、(一次+二次)応力の変動範囲をシェークダウン条件に制限することで、疲労解析を不要としていると考えられる。

また、設計者が支持構造物に対して疲労解析を行う場合、鋼構造設計基準⁽²⁾に疲労解析手法が規定されており、参考になる。ただし、適用鋼種が制限され、 1×10^4 回以下の低サイクル疲労には適用できない。また、腐食環境および 150°C を超える高温状態にも適用できない。

鋼構造設計基準での支持構造物に対する疲労解析手法の概要は、以下のとおりである。

- (1) 1×10^4 回を超える繰返し応力を受ける部材および接合部を対象とし、その部位に発生する応力が、許容疲労強さ以下となるように設定する。
- (2) 許容疲労強さは、鋼種、継手の形式などにより決定される。

ここで、設計・建設規格のGNR-1230 機器等の範囲では、機器と支持構造物の境界は、以下で定義されている。「機器と支持構造物または付属機器が溶接にて接続されている場合、溶接金属と支持構造物または付属機器との境界を当該機器の境界とする。ただし、この境界が機器の外表面から機器の公称厚さ t の2倍を超えた距離にある場合は、機器の外表面から $2t$ の位置を境界とする。」支持構造物または付属機器が機器に溶接にて接続されている場合の機器の境界の例を図1に示す。図1で、 $2t$ の範囲にある部位においては容器としての疲労解析が要求されるので、注意する必要がある。

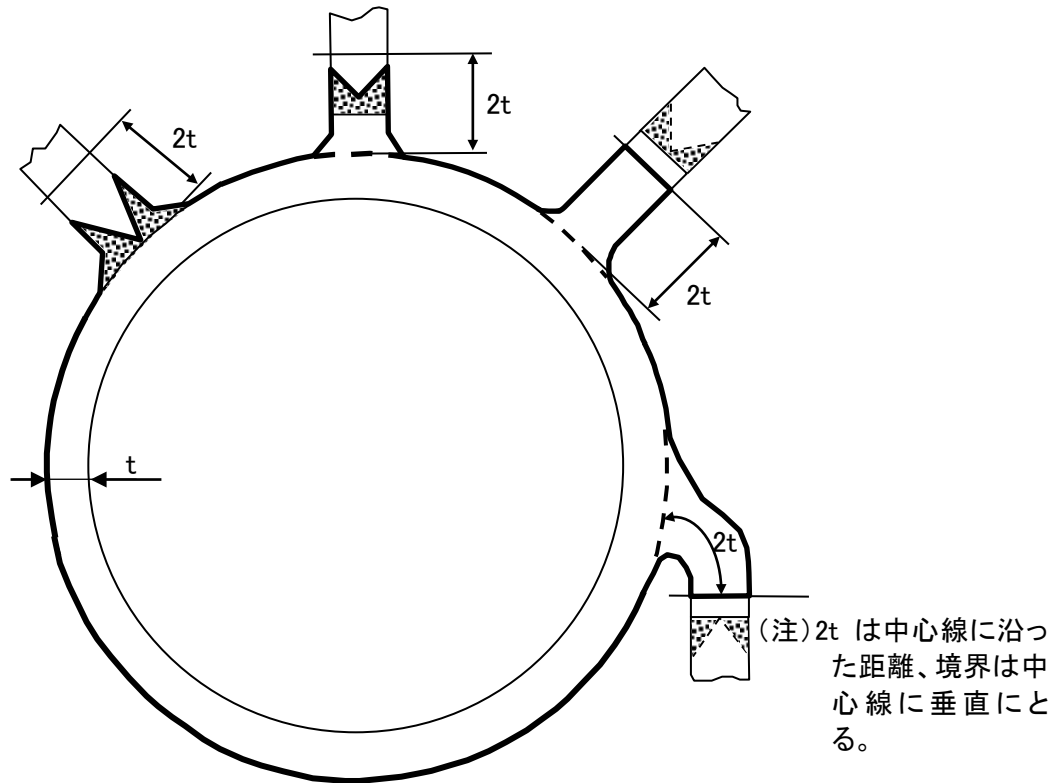


図1 支持構造物または付属機器が機器に溶接にて接続されている場合の機器の境界

[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) 鋼構造設計基準—許容応力度設計法—, 日本建築学会, (2005)
- (3) Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, 'Rules for Construction of Nuclear Power Plant Components', ASME, (2013)