

Q

圧力容器の維持規格と航空機の損傷許容設計の違いを教えてください。

参照 Q No.: FC-11

A

圧力容器の設備は、設計し、製作し、使用する。設備の設計及び建設規格(以降、設計規格という)の対象は、設備の設計と製作であり、英語では、construction code という。設計規格には、ASME B&PV Code では Section III<sup>(1)</sup>、Section VIII<sup>(2)</sup>、日本機械学会発電用設備規格では設計・建設規格<sup>(3)</sup>、日本産業規格の JIS B 8266<sup>(4)</sup>がある。

一方、設備は製作後の使用に際して、健全な状態を維持する必要がある。設備の維持を対象とする規格が、維持規格である。英語では、維持規格を post construction code という。同じ設備を対象として、設計規格と維持規格を適用することによって、設備の健全な使用を可能にしている。維持規格には、ASME B&PV Code では Section XI<sup>(5)</sup>、API 579-1/ASME FFS-1<sup>(6)</sup>、日本機械学会発電用設備規格では維持規格<sup>(7)</sup>、日本高圧力技術協会の HPIS Z 101<sup>(8,9)</sup>がある。

損傷許容設計<sup>(10)</sup>は、設計規格の 1 つの考え方であり、維持規格ではない。両者の違いが誤解されるのは、両者に「損傷」(具体的には疲労き裂)の評価があることに起因している。圧力容器の設計規格では、損傷が生じる寿命を予測し、裕度をもって設計寿命を設定する。すなわち、損傷は許容しない。しかし、現実には、設計寿命の前に、損傷が生じる場合がある。維持規格は、計画的な検査で損傷を検出し、評価と補修/取替えによって損傷に対処し、寿命の延伸を図る。

一方、損傷許容設計は航空機に適用され、設計時に損傷の進行を予測し、部分的には損傷の進行を許容する。損傷許容設計には計画的な検査も含まれており、検査によって予測結果を検証する。これは、維持規格と同様である。ただし、圧力容器の設計規格では損傷は許容しない。

なぜ、損傷許容設計は航空機に適用され、圧力容器設計に適用されないのか。両者は、対象とする構造がまったく異なる。航空機は薄肉で、剛性が低い接合構造であり、加えてフェールセーフ構造(多径路荷重構造など)を採用している。フェールセーフ構造は、取替えが容易で、取替えの実行を前提としている。他方、圧力容器設計は厚肉で、剛性が高い溶接構造である。フェールセーフ構造を採用していないし、取替えの実行を前提としていない。

航空機では、複数のリベット孔で確定的に疲労き裂が発生するが、き裂進展の阻止機能があり、許容される貫通き裂の寸法は大きい。圧力容器設計では、溶接止端の局所で確率的に疲労き裂が発生し、表面き裂がわずかに進展して肉厚を貫通すれば、内部流体が漏洩して寿命となる。

したがって、圧力容器設計では、損傷を許容しない。ただし、設計時に損傷は許容しないが、使用時に計画的な検査を行い、損傷がないことを確認し、ある場合には維持規格を適用してこれに対処する。

#### 参考文献

(1) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. III, (2021).

- (2) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. VIII, (2021).
- (3) (一社)日本機械学会, 発電用原子力設備規格 設計・建設規格<第 I 編 軽水炉規格> (2020 年版), JSME S NC1-2020, (2020).
- (4) (財)日本規格協会, 圧力容器の構造—特定規格, JIS B 8266: 2003, (2003).
- (5) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. XI, (2021).
- (6) API 579-1/ASME FFS-1, Fitness-for-Service, (2016)
- (7) (一社)日本機械学会, 発電用原子力設備規格 維持規格(2020 年版), JSME S NA1-2020, (2020).
- (8) (一社)日本高圧力技術協会, 圧力機器のき裂状欠陥評価方法—第1段階評価, HPIS Z 101-2008, (2008)
- (9) (一社)日本高圧力技術協会, 圧力機器のき裂状欠陥評価方法—第2段階評価, HPIS Z 101-2011, (2011)
- (10) 小林英男, 破壊力学, pp.151-156, 共立出版, (1993).