

10. 鋼船規則検査要領 GF 編及び N 編における改正点の解説 (管装置の熱応力解析)

1. はじめに

2024 年 12 月 26 日付一部改正により改正されている鋼船規則検査要領 GF 編及び N 編中、管装置の熱応力解析に関する事項について、その内容を解説する。なお、本改正は 2025 年 1 月 1 日以降に建造契約が行われる船舶に適用される。

2. 改正の背景

IGF コード（ガス又は低引火点燃料を使用する船舶の安全に関する国際規則）7 章では、高圧燃料管装置又は設計温度が -110°C 以下の燃料管装置に対する熱応力解析の実施を規定している。また、IGC コード（液化ガスのばら積運送のための船舶の構造及び設備に関する国際規則）5 章でも、プロダクト用及びプロセス用管装置に対する熱応力解析の実施を同様に規定している。

これらの規定については、本会鋼船規則 GF 編「低引火点燃料船」及び N 編「液化ガスばら積船」に既に取入れており、また、関連検査要領においては、当該熱応力解析で考慮すべき計算条件等を記載している。

このため、当該熱応力解析における本会での十分な審査実績に基づき、追加で考慮すべき事項を明確化すべく、関連規定を改めた。

3. 改正の内容

主な改正点は以下のとおりである。

(1) 鋼船規則検査要領 N 編 N5.11.5-1.

応力解析における計算条件、荷重条件、評価等について、下記事項を追加した。

(a) N5.11.5-1.(1)

オペレーションの段階ごとに配管の温度・圧力条件が異なる場合、想定されるすべてのケースについて解析を実施するか、すべてのケースを包括する計算条件を考慮して解析を実施する旨追記した。例えば、貨物管では、低温の貨物液が内部に存在する状態や、常温の N2 で貨物をパージした状態等、オペレーションの段階ごとに温度・圧力が異なる。配管の収縮により生じる応力のみを考慮すると、最も低温の状態が最も厳しい条件となるが、配置によっては高温側で応力集中が生じる可能性もある。つまり、最も厳しいと思われる 1 つの事象が、想定される全ての事象を包括しているとは限らないことに留意する必要がある。

(b) N5.11.5-1.(2)

荷重条件については、主に下記について規定した。

- i) 防熱材は、重量を考慮するものとするが、管の強度には全く寄与しないものとする旨規定した。管の強度に寄与しないことについては旧規定のままである。
- ii) 原則として、管装置及び内部流体の自重及び船体運動の加速度による慣性力についても考慮する旨規定した。なお、ここでいう船体運動とは、波浪により船全体にかかる加速度を主に想定しており、加速度の算出については、鋼船規則 N 編 4.28.2 の加速度算式を用いることで差し支えない。
- iii) 船体の許容サギング及びホギングモーメントによる変位を強制変位として考慮することについて、船体変形による影響を受けない区画に配置される場合は除く旨規定した。これは、船体変形による影響が小さい機関室などの区画にある管装置を想定したものであるが、船体変形の影響の程度は船ごとに異なるため、どの区画が対象となるかについては、船ごとに個別に検討を行う必要がある。
- iv) 管装置が接続される貨物タンクの荷役中の熱収縮による強制変位及び船体構造の変位（例えば、ラッキング変形など）による管装置支持部材を介しての強制変位については、無視できない場

合は考慮する旨規定した。船体構造の変位については、船体構造解析から得られた変位量を配管強度解析における強制変位として直接付加する対応となる。なお、前 iii)と同様に、これらの強制変位による影響の程度は船ごとに異なるため、詳細については、船ごとに個別に検討を行う必要がある。

- v) 外部荷重として、ローディングアーム等からマニホールドにかかる荷重を考慮する旨、また、本会が適当と認める規格等に表示される荷重を参考にすることができる旨規定した。当該荷重については、例えば、SIGTTO (The Society of International Gas Tanker and Terminal Operators)が発行する“Recommendations for Liquefied Gas Carrier Manifolds”や、SGMF (The Society for Gas as a Marine Fuel)が発行する“SGMF-Manifold arrangements for gas-fuelled vessels”で示されているマニホールド支持部に対する最大許容荷重を参考にすることで差し支えない。
- vi) 貨物タンク又は管に設ける安全弁の吹出しによるスラスト荷重が無視できない場合には、これも考慮する旨、また、ベローズ伸縮継手を設ける場合に、内圧によって生じる変位や、スラスト荷重が生じる構造の場合はこれについても考慮する旨規定した。
- vii) 二重管を設ける場合には、内管と外管との間における気体の圧力が内管に及ぼす荷重を考慮する旨規定した。これは、内管と外管との間を不活性ガスで加圧するケースを主に想定したものとなる。換気により大気圧となる場合には考慮する必要は特にはない。
- viii) 配管系統を複数のモデルに分ける場合、モデルの境界は原則として完全固定とする旨規定した。完全固定については、応力解析における拘束条件の1つであり（並進方向、回転方向の6自由度が固定された状態）、隣接するモデルの解析結果が互いに影響しあう反復計算を排除するために規定した。

(c) N5.11.5-1.(4)

管装置の健全性の評価として、応力及び支持部材から受ける反力について評価を行う旨明記した。二重管では、内管と外管との間に支持部材を設ける場合があり、この場合は、当該支持部材から受ける反力も評価対象とした。なお、応力解析をシェル要素によって作成する場合等、反力を応力として評価できる場合については応力による評価のみで差し支えないこととした。また、これらの応力又は反力によって生じる変形によって、内管と外管とが互いに接触しないことを変位から確認する旨も規定した。

(2) 鋼船規則検査要領 GF 編 GF7.3.4-2.

鋼船規則 GF 編 7.3.4-4.及び-5.では、高圧燃料管装置に対して、応力解析を行うことを規定しているが、当該応力解析における計算条件等についての明確な規定が無かったことから、前(1)に記す鋼船規則検査要領 N 編 N5.11.5-1.の規定に倣い新たに規定した。