

[別紙2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名

安部 昭 則

LNG船は、液温 -163°C かつ引火性の高い液化天然ガス(LNG)を運搬する船であるため、タンクから液が漏れたと船体が脆性破壊により破断したり、爆発を起こすなどの危険性がある。従って、LNG船の設計に関してはIMO(国際海事機関)によって厳しい統一安全基準がつけられている。この規則では設計法に応じてタンクタイプをA,B,Cに分類しており、その中で最も高度な応力解析・疲労破壊解析によってタンクの疲労損傷を防止し、万一が発生しても大破壊にならないことが証明されたタンクをType-Bタンクとしている。

SPBタンク(自立角型Type-Bタンク)は、アルミ合金製角型タンクをIMOの液化ガス運搬船規則のType-B基準に合致させることに成功した初の国産LNG船タンク技術である。大型LNG船のタンク方式としては、SPB方式のほかに海外技術として球形方式とメムレン方式があり、数多く建造されている。これらが特殊なタンク形状・支持方式とタンク材料を採用しているのに対し、SPB方式は自立型タンクを完全に上甲板下の船倉部へ格納することができ、船としての基本性能を一切損なわない。このように、SPB方式は操船性、ガスオペレーションなどに最も優れた技術であるが、タンクが板骨構造であるため複雑で他の方式に比べて設計・建造面では難易度の高いタンクであり、このことがSPBLNG船の普及を妨げるひとつの要因でもあった。

本論文は、著者がSPB方式タンクの設計・建造の難易度を下げることが目的として、自立角型タンク固有の設計・建造上の課題を分析し、課題解決法を検討し、SPBタンク構造設計法としてまとめ、さらに実船設計への適用しその評価結果を示したものである。

著者はSPBタンクの従来の構造設計法を分析し、解決すべき点として次の4つの課題を抽出した。

- 1) 作りやすく経済的なタンク構造設計のための最適設計法の確立
- 2) 非線形性の高い応力・支持台反力の高精度解析法の確立
- 3) 工作精度影響を考慮した高精度疲労強度評価法の確立
- 4) 座屈後挙動を考慮した弾性座屈強度評価法の確立

第3章で、作りやすく建造コストの少ないSPBタンク構造を設計するために著

者が開発した3つの新しい最適設計法について述べている。

1番目は、タンク形状、小骨・大骨の配置要領・間隔を、建造費を最適するように決定する手法である。実船の例で、タンク建造費に最大15%程度の減らせることがわかり、本システムの有効性が示された。

2番目は、トランスやガーダ等の大骨の形状をさらに最適設計するものである。許容応力を制約条件として、遺伝的アルゴリズムとFEM解析を組み合わせた最適設計手法である。

3番目は、溶接作業のやりやすさという視点から、局部構造配置を最適化するものである。狭隘個所の溶接工事が作業のやりにくさのため工数増加を引き起こすことがある。作業者の肉体負担を擬似する人間モデルのシミュレーションによって作業のやりにくさを定量的に評価し方法を開発した。定量化が難しい現象に対し人間モデルを導入して評価したことは非常に独創性がある。

第4章では、SPB方式タンクの支持台反力や大骨応力等の非線形構造解析法について述べている。タンクの横荷重は底部と頂部に設けられたチョック構造と底部支持台の摩擦力で支持されるが、支持台の摩擦力の評価法とチョック反力の非線形計算法を示した。各支持台の横荷重が摩擦力を上回った場合には、摩擦力を頭打ちさせて繰り返し計算を行う新しい方法を開発している。この解析法によって底部チョックの荷重が精度良く求められるようになり、タンク構造の大幅な合理化が達成できた。

第5章では、応力集中個所の多さや工作精度影響評価の困難さをもつSPBタンクのために開発した疲労強度自動評価システムについて述べている。これは発生応力データを格納するFEMモデル、溶接継ぎ手の位置情報、構造寸法などを格納する構造モデル、工作精度、完成品質に関するデータを格納する品質モデルという3つのモデルをコンピュータ上で合体させ、高速かつ高精度でタンク全体の疲労強度解析を実施するものである。このシステムは、1タンク数万mの溶接線全ての疲労強度を解析することが可能である。

第6章では、SPBタンクの新しい座屈解析法を提案している。骨板構造の板部分が弾性座屈した後の構造耐力の変化を、座屈した板に順次等価剛性要素を導入して線形FEM解析する方法である。この方法は、非線形大撓み直接解析法に劣らない精度を有するにもかかわらず、1/10以下の計算時間しか要しない。

本研究によって、Type-B疲労破壊解析をふくむSPBタンクの構造設計法が確立され、自立角型タンクの設計・建造上の問題点を合理的に解決できた。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。