

# LNG 船の防熱施工用船内足場

永田 康夫

LNG（液化天然ガス）はメタンを主成分とする天然ガスを超低温（ $-162^{\circ}\text{C}$ ）に冷却して出来る液体で、体積が約 600 分の 1 に減少するので輸送・貯蔵等の効率化を図ることが出来る。

LNG 船は、この LNG を輸送する船でタンク内殻に超低温用防熱工法を施している。

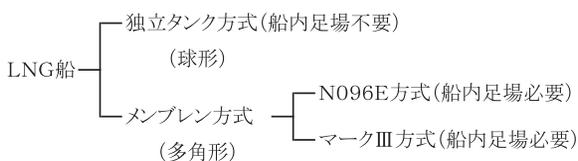
船内足場はこの防熱工法をタンク内殻に施工するための軽仮設構造による三次元多層多スパンタイプの足場である。本報は LNG 船 15 万 t クラスの巨大タンク防熱工法を施工する船内足場の事例を紹介する。

キーワード：船内足場，メンブレン方式，防熱工法

## 1. はじめに

### (1) LNG 船の現存方式

LNG 船はタンクの形状，防熱方法によって色々なタイプがあり，現在世界で最も適用しているタイプは次の 3 タイプである。



メンブレン：防熱箱の表面に張り付ける薄膜

LNG 船は現在・将来共信頼性・安全性を実証済みの現存方式，即ち独立タンク方式とメンブレン方式が当面競合して行くものと思われる。但し，メンブレン方式が球形方式に比べてスペース効率が良く同じ大きさの船でタンク容量を約 15% 増大できる事，又運行しやすい等，総合的に優れており，将来の需要は船内足場を必要とするメンブレン方式の LNG 船が支配的になるものと予測されている。

### (2) LNG 船の防熱工法

船内足場はメンブレン方式の防熱工法を施工する専用足場で，足場の設計条件は防熱工法に直接関係があるのでメンブレン方式の防熱工法の概要を紹介する。

尚，メンブレン方式にはマークⅢ方式と N096E 方式があるが，本報では N096E 方式について紹介し，マークⅢ方式の紹介は省略する。

N096E 方式は図-1 タンク防熱構造に示す様に熱収縮が殆ど無い厚さ 0.7 mm のインバー鋼（36% ニッケル鋼）を 1 次及び 2 次メンブレンとした二重構造となっている。防熱としては発泡パーライトが詰められた合板製防熱箱の二重構造としている。

特徴としてはメンブレンがフラットなため溶接がしやすく，又防熱材ユニットの形状構造がシンプルで施工性が良く大型化に対応しやすい断熱工法である。

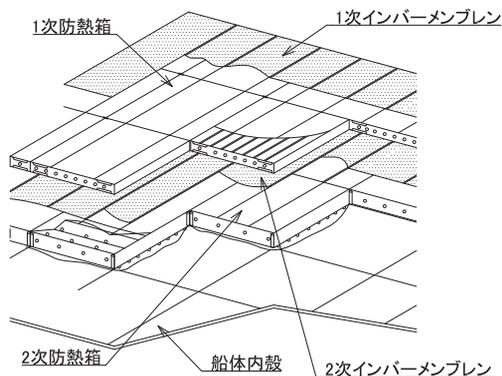


図-1 N096 防熱方式構造図

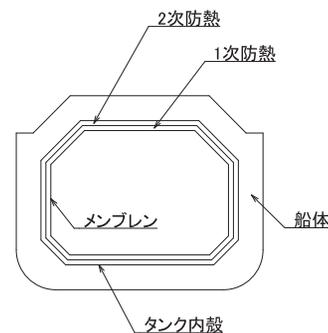


図-2 LNG 船タンク断面図

## 2. 船内足場

### (1) 概要

メンブレン船 15 万 t クラスのタンクサイズ、形状等を図-3 に示す。

4 つのタンクが分離独立していて標準タンクの断面は八角形となっている。

船内足場は八角形のタンク内部に写真-1 の様に内殻全面の防熱工事が出来る様に、軽仮設足場で多層多スパンに組立てる。次に船内足場の主な特徴を紹介する。

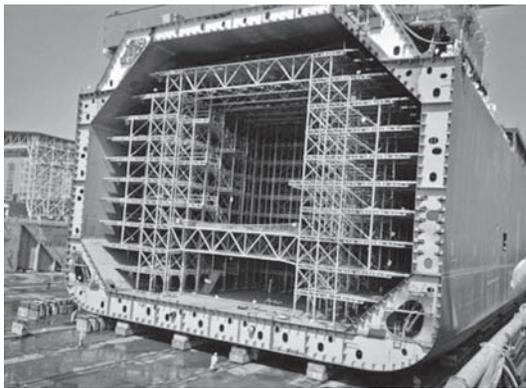


写真-1 組立完成風景 (中央部断面)

- ①人力で組立・解体可能な軽仮設構造の足場。
- ② 2LEV 以上は全て同一部材で構成。
- ③各部材形状寸法は解体搬出口 1.5 m φ 以下で設計。
- ④各部材は二人で持ち運び出来る重量に制限。
- ⑤構成足場はタンク床面に置いただけで自立可能。
- ⑥柱脚部はボトム防熱作業時に柱高調整可能。
- ⑦テレスコビームは側面防熱作業時に床幅調整可能。
- ⑧柱脚部の最大強度は防熱箱の許容強度以下で設計。
- ⑨防熱箱に作用する荷重を常時監視出来る監視装置付足場。
- ⑩足場材の表面仕上げは耐久性抜群の溶融亜鉛メッキ製。

### ⑪安全第一をモットーに開発されたシステム構造。

船内足場は以上のように高度な技術を駆使したメンブレン方式の防熱工法を施工する専用足場である。

### (2) 船内足場の構造

#### (a) 船内足場の構成

用途上船内足場と名付けているが構造的には一般建築物の構造と同様に柱・梁・筋交及びベース等で構成している (図-4 参照)。

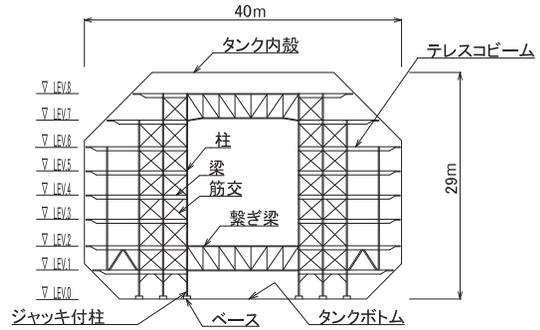


図-4 船内足場断面図

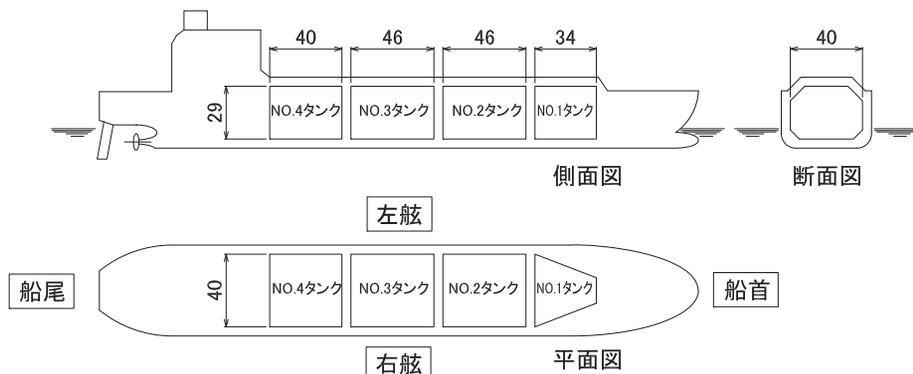
構造設計は各層のXY二方向ともブレース構造とし、1階は防熱箱の取付作業の効率性を特に配慮しXY二方向とも方杖付フレーム構造とした。

#### (b) 使用構造材

部材名	材質
梁・柱・ブレース・ベース	鉄骨造 SS400 STK400
床	構造用合板 厚さ 24 mm
階段	アルミ A6N01

#### (c) 設計条件

設計荷重 分布荷重—固定荷重・積載荷重・作業荷重  
 集中荷重—マニピュレーター、ホイスト、台車  
 水平荷重—地震力、風荷重



概略寸法(単位 m)

図-3 LNG船 (メンブレン方式) 概要図

岸壁工事の場合はピッチング・ローリングによる動荷重を考慮する。

以上の設計条件に加え、船内足場は更に防熱箱の安全確保のため次の3項を必須条件として反映させる。

#### ①部材の設計支持力

船内足場の防熱箱に直接作用する柱ベース・テレスコ梁の設計支持力を防熱箱の許容支持力以下とする。

#### ②ベースの構造設計

柱脚ベースは柱集中力を防熱箱に平均面圧として作用させる構造とする（テストによる確認要）。

#### ③荷重検出装置の設置

柱脚部に荷重検出装置を設け、防熱箱にかかる荷重を常時監視出来る様にする。

#### (d) 軽仮設構造で設計

防熱工法完了後の足場解体材タンク外搬出口の大きさが直径1.5mのため各部材の形状寸法が制約される事、又重機使用不可につき全て人力作業による部材の重量制限(2~3人で持ち運び出来る重量)があるため、軽仮設構造で設計する。

#### (e) 設計のシステム化と合理化

船内足場は大規模な構造物で部材数が多く、しかも組立・解体及び移動頻度が高く膨大な人工数を要する。

従って構造システム化・合理化・作業の効率化等を行い、極力人工数の削減とコスト削減を計る事が当面の重要な設計課題である。

### (3) 防熱工法作業内容 (N096E タイプ)

船内足場はタンク内殻に防熱箱を取り付ける作業足場で作業内容を図-5に示す。

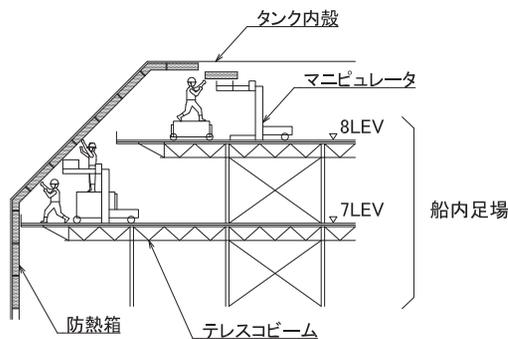


図-5 防熱箱取付作業

次にN096Eタイプ防熱工事の作業順序と作業内容を紹介する。

#### (a) スミ出し及び金具取り付け

足場完成後先ず最初に防熱箱取付用スミ出しを行い、続いて防熱箱固定金具の溶接作業を行う。

#### (b) 防熱箱調整及び移動

作業口(2階)より防熱箱を搬入し2階ワークスペースで調整を行い、台車・人力・ホイスト(2LEV)で所定位置に移動する。

各層への移動は昇降装置を利用する。

#### (c) 側面防熱箱取付

防熱箱の取付可能位置迄テレスコビームで床幅を調整し、マンビュレータ又は人力で防熱箱を取り付ける。

#### (d) タンクボトム防熱箱取付作業

脚部のジャッキアップを行い周辺柱に荷重を分散させ、防熱箱の取り付けを行う。取付完了後ジャッキアップした柱を下し、ボトム防熱箱で支持させる。支持力はジャッキアップ前と同荷重となる様に荷重調整を行い、荷重検出装置にて確認する。

#### (e) インバー現場自動溶接と養生

防熱箱取付完了後インバーを自動溶接し、ガス漏れのチェックを行う。次にインバー養生工事を行い、足場と完全に分離させる(インバー溶接作業前のテレスコ、ジャッキベース作業は防熱箱取付作業時に同様とする)。

### (4) 組立解体工事

#### (a) 組立工事

船内足場の組立工事は全て船体外のヤードで行う。ヤードでの組立ては船内足場を予め計画したブロックごとに組立てる(写真-2参照)。

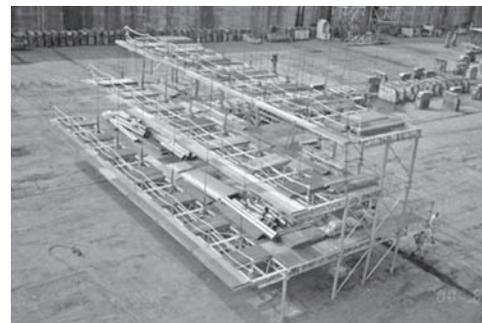
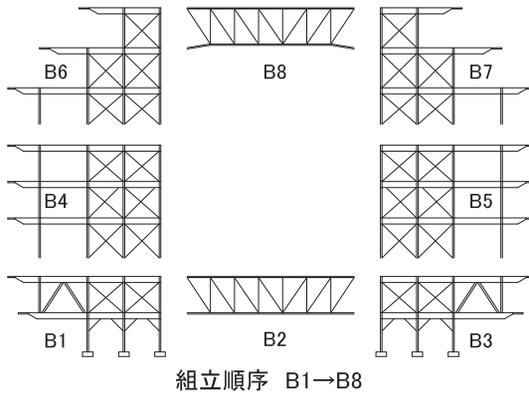


写真-2 ヤード内ブロック組立例

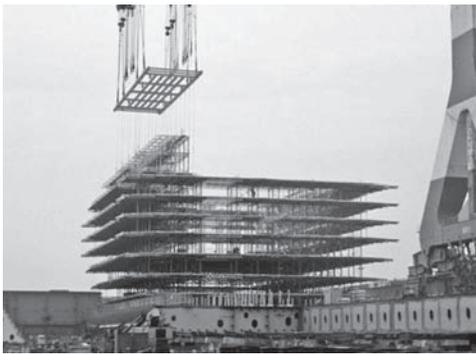
各ブロックの形状及び組立順序を図-6に示す。

各ブロックの大きさは高さ3層、幅3スパン、桁5スパン程度とし床・階段その他全ての部材を組み込む。又、各ブロックは自立出来る構成とし、偏心荷重等大きい場合は一時補強を行う。

船体への上載は船体の製造工程に順じてドックのゴライヤスクレーンにて吊り込み移動する。ブロック吊り込みはブロックが変形しない様に専用天秤(荷重調整可能)を使用し、船上移動後ブロック同士をドッキ



図一六 ブロック形状と組立順序



写真一三 船上組立作業風景

ングさせる（写真一三参照）。

船体上のブロック組立順序は船内足場の母体である2LEV以下の下部構造を先ず固めてから、上部ブロックを固める事を原則とする。

組立完了後は荷重監視装置の設置、足場全体の安全点検を行う。

尚、密閉に近いタンク内で作業する場合は給気設備を設け作業者の安全を図る。

#### (b) 解体工事

防熱工事の検査終了後上層部から防熱養生材撤去を開始し、同時に8LEVの足場より全て人力で解体する（写真一四、五参照）。解体部材は、甲板搬出口真下に台車で集結し、品種ごと所定の大きさに梱包し、甲板搬出口のリフトによりタンク外に吊り込み搬出する。但し、2LEV作業口が閉塞される迄は解体材の70%位をタイミング的に作業口から搬出出来るので、極力作業口から搬出する段取りをするのが良策である。解体工事で細心の注意を払う事は、部材及び部品等を絶対に落下させない事が鉄則である。特に8LEVの解体は天井防熱の養生がなされていないため、解体材の取扱いには特別な配慮が必要である。万一誤って防熱インバーに損傷を与えた場合は溶接補強及び一連の防熱箱のガス漏れチェック等が発生し、工程の遅延

と多大な損害を被る恐れがある。従って、作業者の安全管理のみならず作業者自身が全神経を集中して取り組める現場の環境作りをする事も肝要である。

### 3. おわりに

世界のエネルギー需要が益々増加する中でCO<sub>2</sub>排出量の少ない天然ガスがクリーンエネルギーとして特に注目され、今後LNG貿易量の大幅な需要増大が見込まれている。

これに比例してLNG新造船の需要増も予測され、船内足場の必要性も益々高まるものと思料する。

船内足場は2000年の第1号の実績を手始めに今日まで無事故無災害で顧客のニーズに応じて来たが、技術的にも経済的にも改善すべき課題が多い。今後とも今までの貴重な体験と実績を生かし、更に仮設技術の粋を結集して船内足場の技術向上に尽力したい。



写真一四 最上階足場解体風景



写真一五 養生材撤去後の風景（7LEV）

JICMA

#### 【筆者紹介】

永田 康夫（ながた やすお）  
 (社)軽仮設リース業協会 技術安全部会、  
 中央ビルト工業(株) 管理本部  
 建設技術顧問

