

## LNG地下式貯槽へのNAPP工法の適用に関する定着性能確認実験

清水建設（株） 正会員 永島 三雄  
 清水建設（株） 正会員 土屋 雅徳  
 高周波熱錬（株） 田中 典男  
 オリエンタル白石（株） 正会員 ○大谷 悟司

### 1. はじめに

近年、LNG 地下式貯槽の外槽躯体は、側壁と底版の結合部に構造目地を設けたヒンジ結合タイプから、側壁と底版を一体的に構築する剛結合タイプに移行している。剛結合タイプの躯体の場合、結合部には大きな曲げが作用するため、ハンチ構造の採用、鉄筋の高強度化、鉛直プレストレスの導入等の対策が取られている。

今回、筆者らが設計・施工にあっている貯槽では、剛結部への鉛直プレストレス導入にあたり NAPP 工法を採用した。本稿は、NAPP 工法採用にあたって実施した定着性能確認実験について報告するものである。

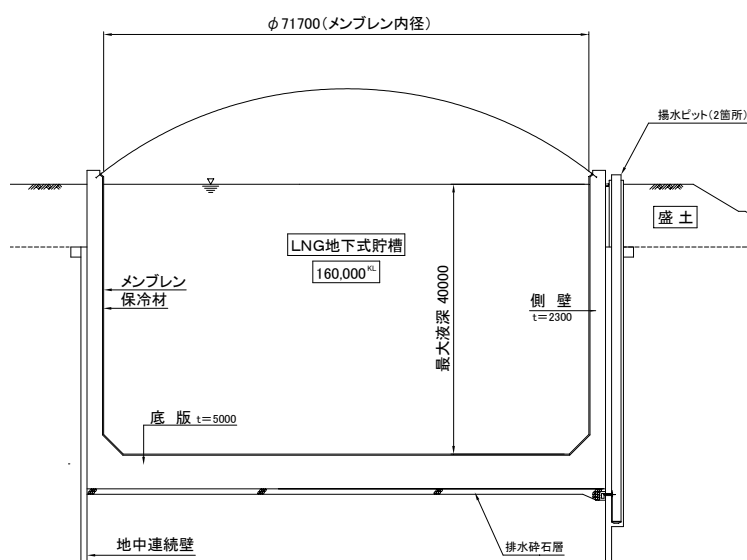
### 2. 実験の背景および目的

図－1 に、NAPP 工法を適用した LNG 地下式貯槽の主要構造寸法を示す。LNG 地下式貯槽は、主として土水圧に抵抗し、地下に大空間を保持するための鉄筋コンクリート製躯体と、貯液機能を担う鋼製メンブレンおよび鋼製屋根からなる。躯体は、側壁と底版を一体とした剛結合タイプとなっている。

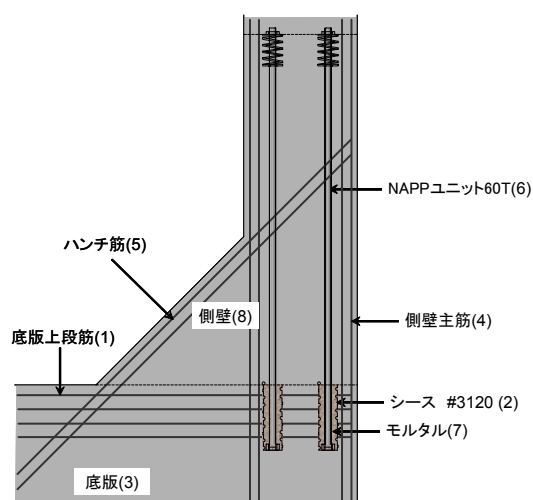
図－2 に結合部の構造概要を示す。結合部は、土水圧の作用による大きな曲げモーメントに耐える構造とするとともに、鉄筋組立て時の作業性やコンクリートの充填性を確保するため、内外に太径の主鉄筋を2段配置し、不足分は鉛直プレストレスの導入により補う設計とした。

プレストレスの導入は、1) 現場におけるプレストレス導入作業が容易で工期短縮が可能であること、2) 側壁の鉄筋組立に影響を与えないことから、プレテンション方式の NAPP 工法を採用し、側壁の鉄筋組立が完了した後に NAPP ユニットの配置することとした。このため、NAPP ユニット下端側の定着は、先行して構築される底版にシースを用いて定着に必要な長さの箱抜きを作っておき、その中に NAPP ユニットの建て込んだ後、無収縮モルタルを充填して固定する方法とした。

本実験の目的は、このようなモルタル、シースを介した定着方式における定着性能を、実機に用いるのと同じ材料を用いて確認することである。なお、NAPP 工法の低温タンクへの適用性については、事前に NAPP ユニットの中空 PC 鋼棒の低温切欠き引張試験（BS7777 準拠）を行って確認した。



図－1 主要構造寸法



( )内の数字は施工順序を表す。

図－2 結合部の構造概要

キーワード LNG 地下式貯槽, NAPP 工法, 引抜実験

連絡先 〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-1-1 オリエンタル白石(株)施工・技術本部 TEL03-3261-1176

### 3. 供試体概要および実験方法

供試体は、実構造物における NAPP ユニットの実際の配置間隔および定着長から、断面寸法  $400 \times 400 \text{mm}$ 、高さ  $880 \text{mm}$  の角柱とし、引拔用の中空 PC 鋼棒は、実際に用いる NAPP ユニット 60T の中空 PC 鋼棒（外径：43mm）とした。

実験要因は、定着部の補強仕様とし、NAPP 工法の標準であるスパイラル筋を配置した場合、シーすを取り囲んで配置されている底版上段筋（図－2 参照）相当の補強鉄筋を配置した場合の 2 種類とした。また、NAPP 施工から側壁コンクリート打設までに NAPP ユニットの発錆を防止するため防錆剤を塗布することを想定して、前述の後者に防錆剤を塗布した NAPP ユニットを用いた場合についても定着性能の確認を行った。表－1 に供試体の種類および実験要因を、写真－1 に供試体の配筋状況を示す。

引抜実験は単調載荷とし、供試体に反力プレートを設置し、シーす部の周辺を拘束して、油圧ジャッキにて中空 PC 鋼棒に鉛直方向に荷重を与えた（載荷速度は毎分  $50 \text{N/mm}^2$ ）。引抜荷重は、定着部に配置したロードセルによって管理し、変位はエンドホルダーに接触させた変位計によって計測した。

### 4. 実験結果および考察

NAPP ユニットの定着性能は、NAPP ユニット 60T に用いる中空 PC 鋼棒のねじ部の引張荷重（830.9kN、NAPP 工法設計・施工マニュアルより）を作用させた場合に、定着部が抜け出さないことを確認することにより行うこととした。図－3 に引抜荷重－変位の関係を示す。

図－3 より、いずれの供試体とも NAPP ユニット 60T に用いる中空 PC 鋼棒のねじ部の引張荷重（830.9kN）まで、急激な変位の増加はなく、モルタルおよびコンクリートの破壊、モルタルとシーすの界面およびシーすとコンクリートの界面の大きなずれは生じなかった。また、いずれの供試体とも、ねじ部引張荷重における変位は同じ結果であった。

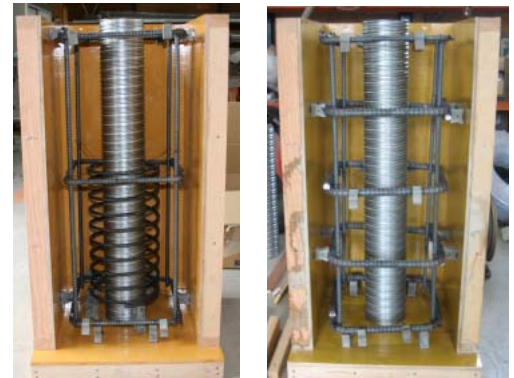
S1（スパイラル筋を配置した供試体）と T1（底版上段筋相当の鉄筋を配置した供試体）は同じ挙動を示しており、底版上段に配置された鉄筋のみでスパイラル筋を用いる場合と同等の定着性能を確保できることがわかる。T1 と T2（防錆剤を塗布した中空 PC 鋼棒を用いた供試体）を比較すると、変位が始まる荷重は T2 の方が小さくなっている。このことから、防錆剤の塗布により中空 PC 鋼棒とモルタルの付着力は低下すると考えられるが、変位量  $0.025 \text{mm}$  以降の挙動は同じであり、終局的な定着性能は防錆剤を塗布しない場合と同等になる。

### 5. まとめ

- 1) 全ての供試体において、十分な定着性能を有することが確認できた。
- 2) 定着部の補強仕様は、底版上段筋のみで十分であることがわかった。このため、実機ではスパイラル筋を配置しないこととした。
- 3) 防錆剤により中空 PC 鋼棒とモルタルの付着力は低下するが、定着性能への影響はないことがわかった。

表－1 供試体の種類と実験要因

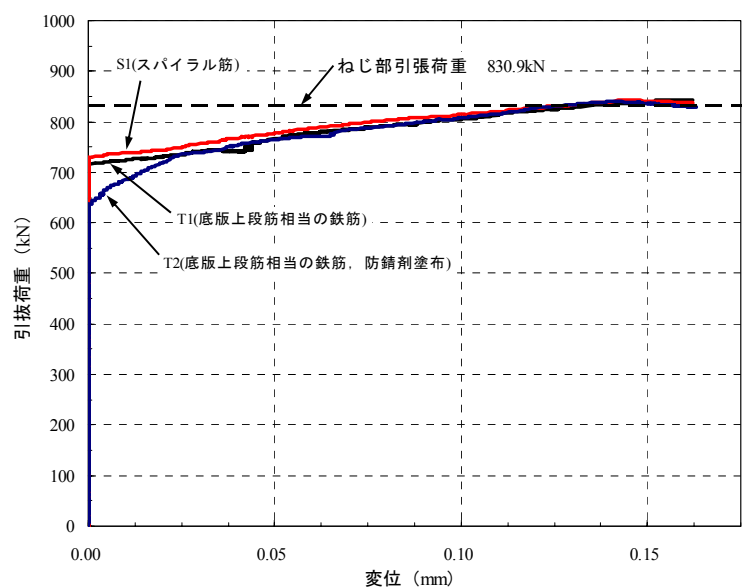
| 供試体<br>No. | 定着部の<br>補強仕様     | 設計基準強度            |      | 備考    |
|------------|------------------|-------------------|------|-------|
|            |                  | コンクリート            | モルタル |       |
|            |                  | N/mm <sup>2</sup> |      |       |
| S1         | スパイラル筋<br>(標準工法) | 24                | 50   | —     |
| T1         | 底版上段筋            |                   |      | —     |
| T2         | 相当の鉄筋            |                   |      | 防錆剤塗布 |



(S1)

(T1&T2)

写真－1 供試体



図－3 引抜荷重－変位の関係