

LNG地下式貯槽へのNAPP工法の適用に関する低温性能確認実験

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

LNG 地下式貯槽は-164℃の低温液体を貯蔵する設備であり、建設にあたっては、使用する材料の性能をその使用される温度条件下にて確認する必要がある。本稿は、LNG 地下式貯槽に初めて NAPP 工法を採用するにあたって実施した低温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、今回 NAPP 工法を使用した LNG 地下式貯槽の主要構造寸法を示す。本貯槽は、側壁と底版を一体とした剛結合タイプとなっている。

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ため相当量の鉄筋を配置する必要があるが、本貯槽では鉄筋組立て時の作業性やコンクリートの充填性を考慮して、図-2に示すように、主鉄筋は2段までとし、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。ここで、緊張材に NAPP 工法を選定した理由は、通常の PC 鋼棒を用いる工法に比べて現場での作業が容易であり、結果として工期の短縮が図れるためである。

貯槽の運用が開始されると、LNG の冷熱により躯体の温度は低下する。図-3は、軸対称熱伝導解析により求めた定常運転時の結合部付近の温度分布である。NAPP ユニットの-40℃～-10℃の低温下に置かれることがわかる。本実験の目的は、このような低温下における NAPP ユニット用中空 PC 鋼棒の機械的性質（引張強さ、靱性）を引張試験により確認することである。なお、靱性の評価には、BS7777 : Part3 : 1997¹⁾ に規定されている、塑性伸びおよび切欠き感受性比を指標とする評価基準を適用した。

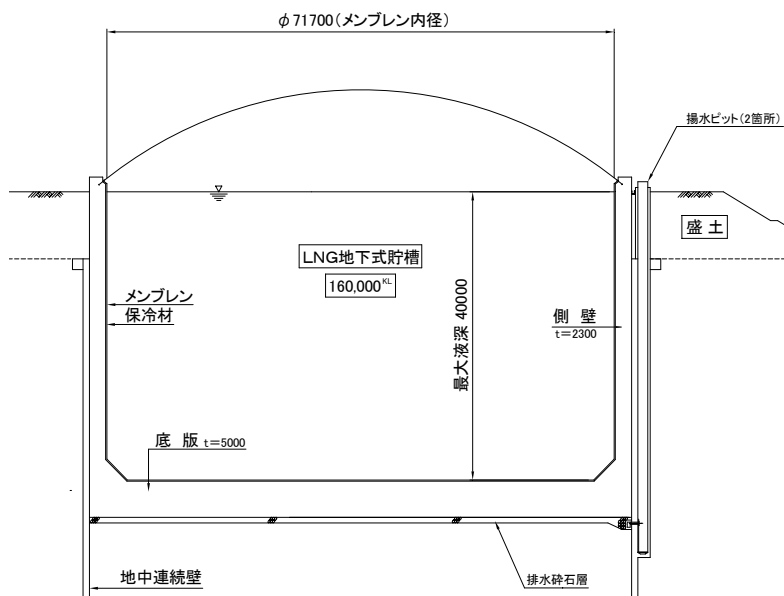


図-1 貯槽の主要構造寸法

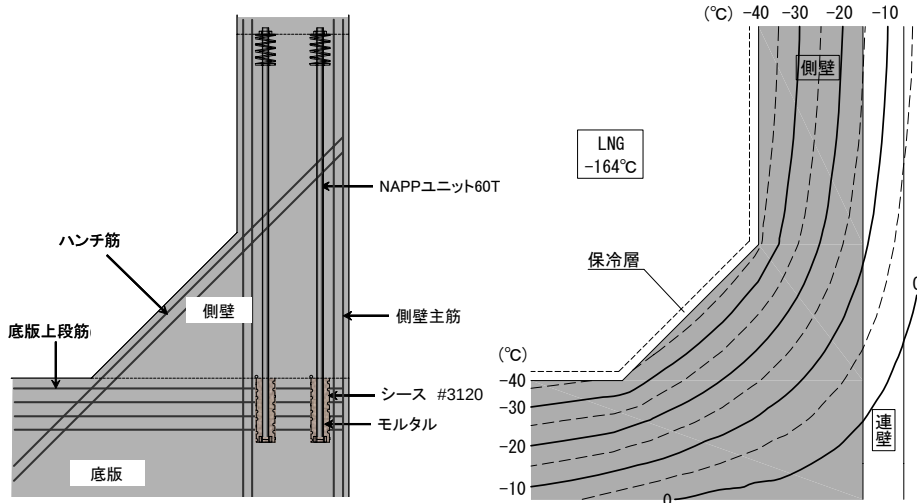


図-2 結合部の構造概要

図-3 結合部の温度分布

キーワード LNG 地下式貯槽, NAPP 工法, 低温, 中空 PC 鋼棒

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 清水建設（株）土木技術本部 TEL 03-5441-0595

3. 試験片および引張試験方法

引張試験の対象は、中空 PC 鋼棒の母材部およびねじ部とした。母材部の試験片は、母材部において確実に破断するように、NAPP ユニット 60T に用いる中空 PC 鋼棒（外径 43mm，肉厚 7.2mm）を外径 37mm，肉厚 4.2mm に加工して用いた。また、切欠きありの試験片は、加工後に深さ 1.0mm，角度 45 度の V ノッチを設けた。ねじ部試験片は、外径 43mm の中空 PC 鋼棒に M45×3 のねじを転造加工したものとした。

引張試験は、試験開始時の温度条件を約-50℃に設定し、熱電対にて試験片の温度を測定しながら実施した。試験片の冷却は、-30℃の低温庫で 20 時間冷却した後、中空部にドライアイス（昇華温度-79℃）を充填することで温度を保つこととした。図－4 に、試験時の温度履歴の一例を示す。

4. 試験結果および考察

中空 PC 鋼棒の破断形態は、母材部（切欠きなし）、母材部（切欠きあり）、ねじ部とも常温と同じように伸びと絞りをともなった延性破壊を示した。写真－1 に破断後の試験片の状況を示す。

引張強さについては、鋼材の一般的な低温特性と同様、低温下では常温に比べて増加する傾向が見られ、JIS 規格値を問題なく満足した。

靱性は、以下に示す BS7777：Part3：1997 の基準により評価することとした。

- 1) 切欠きなし試験片における塑性伸び（破断位置より 2d 以上離れた 100mm 以上の標点間距離における伸び）が 3%以上であること
- 2) 切欠き感受性比（NSR）が 1.0 以上であること

$$NSR = \frac{\text{切欠きあり試験片の引張強度}}{\text{切欠きなし試験片の 0.2\%耐力あるいは降伏強度}}$$

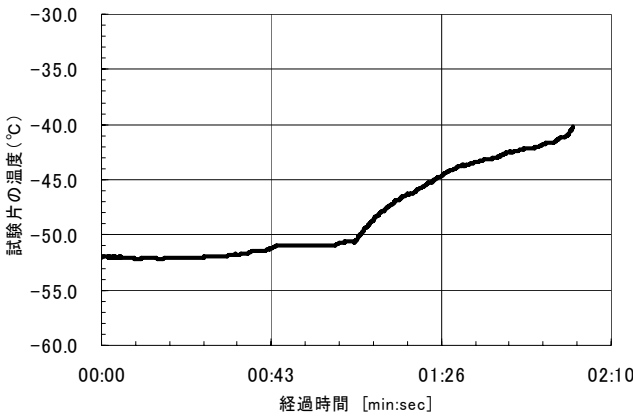
- 3) 切欠きあり試験片における塑性伸びが 1% 以上であること

上記による評価結果を、母材部は表－1 に、ねじ部は表－2 に示す。ここで、ねじ部については、それ自体が切欠きありの試験片であるとみなし、2) および 3) による評価のみを行った。母材部、ねじ部とも、結果は全て BS7777 の靱性評価基準を満足した。

以上より、NAPP ユニット用中空 PC 鋼棒は、LNG 地下式貯槽の躯体に使用する PC 鋼材として、低温下においても十分な強度ならびに靱性を有するものと判断できる。

5. 参考文献

- 1) BRITISH STANDARD, Flat-bottomed, vertical, cylindrical storage tanks for low temperature service (British Standards Institution, 1993)



図－4 試験時の温度履歴の一例



写真－1 破断状況

表－1 母材部の評価結果

試験体 No.	塑性伸び		引張強さ		0.2%耐力	NSR
	切欠きなし	切欠きあり	切欠きなし	切欠きあり	切欠きなし	
	%		N/mm ²			
No.1	4.8	2.2	1303	1293	1222	1.06
No.2	4.2	2.1	1297	1288	1204	
No.3	5.0	2.1	1299	1293	1206	
平均値	—	—	—	1291	1210	
基準値	≥3.0	≥1.0	≥1080	—	—	≥1.0

表－2 ねじ部の評価結果

試験体 No.	塑性伸び	引張強さ	0.2%耐力	NSR
	%	N/mm ²		
No.1	3.2	1218	1222	
No.2	4.1	1220	1204	
No.3	4.8	1238	1206	
平均値	—	1225	1210	1.01
基準値	≧1.0	—	—	≧1.0

注) 表中の「0.2%耐力」は、表－1 の「切欠きなし」の値を用いた。