

LNG地上タンク向けPCテンドンシステムの低温性能確認試験

清水建設（株）	正会員	○田中	大輔
清水建設（株）	正会員	坂井	康伸
国際石油開発帝石（株）		工藤	恭平
極東鋼弦コンクリート振興（株）		岡田	稔
神鋼鋼線工業（株）		鴨井	智也

1. はじめに

現在、国際石油開発帝石（株）は直江津LNG受入基地においてPC LNG地上式貯槽（容量18万kL×2基）を建設中である。ここでは、本貯槽に採用された通常仕様のPCテンドンシステムの低温性能確認試験を行った結果について報告する。

「LNG 地上式貯槽指針」（日本ガス協会、2002 年）に示される PC 定着具及び接続具に求められる性能は、一般的に常温時に求められる性能に加え、1) 設計温度（低温下）において十分なじん性を有すること、2) PC 鋼材を含めたテンドンシステムとしても設計温度（低温下）において脆性的に破壊したり有害な変形を生じることがなく、かつ PC 鋼材が十分な伸びを示すことができるような構造、強さを有すること、である。

従って、上記要求性能を確認することを目的に、-40℃以下において PC テンドンシステム試験を実施し、定着具の低温性能を確認することとした。

試験方法及び試験項目は、国内の基準類に明確な規

定がないため、「LNG 地上式貯槽指針」に示される性能を満足するように、「EOTA ETAG 013Edition June 2002」に従い定めることとした（表-1）。なお、PC 鋼材の伸びについては、「ETAG」での常温性能の規定「常温下で 2.0%以上の伸び」を参考に、常温時よりも伸びの小さくなる-40℃以下においても 2.0%以上の伸びを有することを合否判定基準とした。

2. 使用材料および試験数量

緊張材は JIS G 3536-2008 を満足する神鋼鋼線工業（株）製の PC 鋼より線（SWPR7BL）を用いる。表-2 に緊張材の機械的性質を示す。表-2 に示す緊張材の -40℃での実引張荷重は、事前に-40℃での低温引張試験を実施した 5 体の供試体の試験結果の平均値である。

定着具は、FKK 工法 LNG タンク用定着具（27K15M，19K15M，12V15M）を使用した。

緊張材および定着具の材質は特殊な低温仕様品ではなく常温仕様品と同じものであるが、定着具ガイド内面に旋削精密加工を施して緊張材との接触面を滑らか

表-1 試験項目および合格判定基準

試験項目	合格判定基準
低温における最大引張荷重	低温下での PC 鋼材の実測引張荷重に対する定着率が 95%以上であること。
低温における破断箇所	破壊は緊張材の破断によるものであること。緊張材の破壊が定着具の破損によって誘発されないこと。
低温試験後の定着具の変形	試験後の定着具に有害な変形がないこと。
ウェッジのめり込み量	常温時のウェッジのめり込み量の変化量が荷重の増加とともに低下すること。
最大引張荷重時の緊張材の伸び	緊張材の伸び $\geq$ 2%

表-2 PC鋼より線の機械的性質

緊張材呼び名	規格降伏荷重(kN)	規格引張荷重(kN)	-40℃での実引張荷重(kN)
7本より15.2mm	222	261	289

表-3 定着具の材質

定着具	材 質		
	定着ブロック	ウェッジ	ガイド
27K15M	S55C	SNCM420H	FCD450
19K15M	S55C	SNCM420H	FCD450
12V15M	S55C	SNCM420H	FCD450

キーワード LNGタンク、PC LNG地上タンク、低温引張試験、PCテンドンシステム

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目 2-3 シーパンス S 館 清水建設（株） TEL 03-5441-0595

にし、緊張材の低温性能を向上させている。

表-3 に低温試験を実施した定着具の材質を示す。PC テンドンシステムの低温試験は、表-3 に示す 3 種類の定着具に対して、それぞれ 3 回 (合計 9 回) 実施した。

3. 試験概要

載荷は 10MN 試験装置の固定端に試験体となる定着具と PC 鋼材を組立て、緊張端に設置したジャッキにより片引き緊張で荷重を導入する方法で行う。試験概要図を図-1 に、定着具詳細図を図-2 に示す。

載荷ステップの詳細は、1) ジャッキ圧力 5Mpa (FP0.1k の約 15%) まで載荷し、伸びの測定点をセットする。2) 毎分約 100MPa の載荷速度で、FP0.1k の 20%, 40%, 60%, 80% と段階的に荷重を与える。3) FP0.1k の 80% の荷重で 1 時間一定に保つ。4) 荷重を一定に保ちながら、 -40°C まで温度を下げる。5) FP0.1k とその 80% の荷重の間のサイクル載荷 (10 サイクル) を行う。6) 毎分 0.002 の最大ひずみ率で破損するまで荷重を与え、試験終了となる。図-3 に載荷ステップを示すが、ここで、FP0.1k とは 0.1% 永久ひずみを生じる荷重の規格値 ($229\text{kN} \times \text{ストランド数}$) を示す。

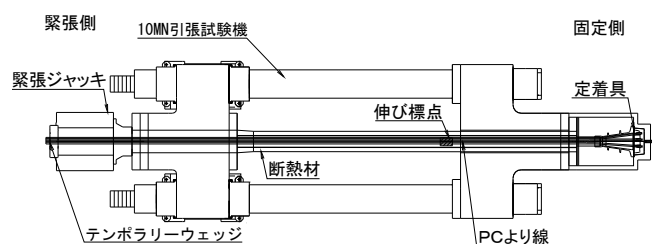


図-1 試験概要図

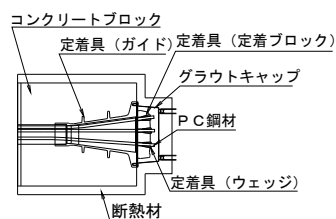


図-2 定着具詳細図

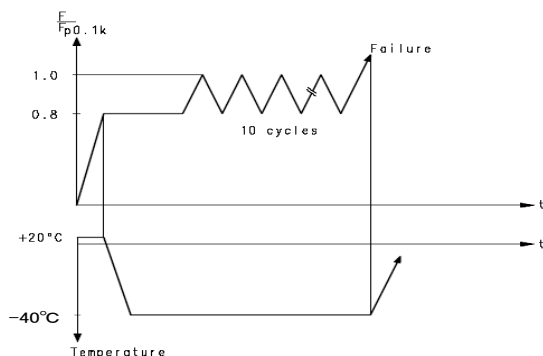


図-3 載荷ステップ

4. 試験結果

試験結果を表-4 に示す。低温における最大引張荷重については、緊張材の -40°C における実測引張荷重に対しての定着効率は 95%以上を満足する結果であった。ここで、定着効率とは緊張材の -40°C における実測引張荷重に対する最大引張荷重の比を百分率で示した値である。低温における破断箇所については、いずれの場合においても破壊は PC 鋼材の破断であり、その位置はテンポラリーウェッジ先端、PC 鋼材の定着具ガイドとの接触面又はその両方であった。低温試験後の定着具の変形については、有害な変形が無いことを確認し、ウェッジのめり込み量の変化量についても各荷重段階で荷重の増加にともないめり込み量が減少した。低温試験の最大引張荷重時の緊張材の伸びについては、図-1 に示す定着具～伸び標点間、PC 鋼材全長のいずれの場合においても、合格判定基準 2.0%以上を示す結果であった。

5. まとめ

FKK 工法 LNG タンク用定着具 (27K15M, 19K15M, 12V15M) について、「LNG 地上式貯槽指針」の要求性能を満たすことを確認するために、PC テンドンシステム低温試験を実施し、設定した全ての合格判定基準を満足する結果が得られた。

【参考文献】

- 1) コンクリート標準示方書 (規準編), 土木学会
- 2) LNG 地上式貯槽指針, 日本ガス協会, 2002 年
- 3) EOTA EATG 013 Edition June 2002

表-4 試験結果のまとめ

試験項目	試験結果
低温における最大引張荷重	27K15M 定着効率 97.4~97.8% 19K15M 定着効率 97.8~99.4% 12K15M 定着効率 99.2~99.6%
低温における破断箇所	破壊は全て PC 鋼材の破断によるものであった。
低温試験後の定着具の変形	試験後の定着具に有害な変形はなかった。
ウェッジのめり込み量	ウェッジのめり込み量の変化量は荷重の増加とともに低下した。
最大引張荷重時の緊張材の伸び	27K15M 伸び 2.07~2.85% 19K15M 伸び 2.36~3.12% 12K15M 伸び 2.08~2.46%