

PC鋼より線及びPCテンドンシステムの常温・低温性能確認試験

- 清水建設（株） 正会員 若林 雅樹\*1
- 清水建設（株） 山本 康之\*1
- 堺LNG（株） 蒲池 孝夫\*2
- 堺LNG（株） 村上 岳彦\*2
- 三菱重工業（株） 正会員 出口 明雄

1. はじめに

現在、堺LNG（株）堺LNGセンター建設工事においてPCLNG地上式貯槽（容量14万kl×3基）が建設中である。PCLNG地上式貯槽の設計評価項目の一つとして漏液後性能評価が挙げられる。

本貯槽の設計温度は、熱伝導解析結果より-40℃とした。基礎版及びPC防液堤に配置されるPC鋼より線及びPCテンドンシステムの極低温に至るまでの温度変化による特性を確認することは、漏液後性能評価に加えて、今後性能設計へ展開していく上で有用な資料となる。そこで本稿では温度をパラメータとし、常温及び低温時のPC鋼より線とPCテンドンシステムの性能確認試験結果を報告する。

2. 試験概要

2.1 試験条件

試験条件を表-1に示す。PC定着具はフレシナーモノグループシステム19K15N、PC鋼より線は7本よりφ15.2mm(SWPR7BL)である。

2.2 試験装置

PC鋼より線の引張試験は全体を断熱材で覆い、低温状態にして通常の引張試験を行った。

PCテンドンシステム試験の試験装置を図-1に示す。試験装置はガイドを埋込んだコンクリートブロックを固定端にし、PC鋼より線を定着ブロック（低温用）で定着する。緊張側はカプラー内にホワイトメタルを鑄込んで定着し、テンションロッドを

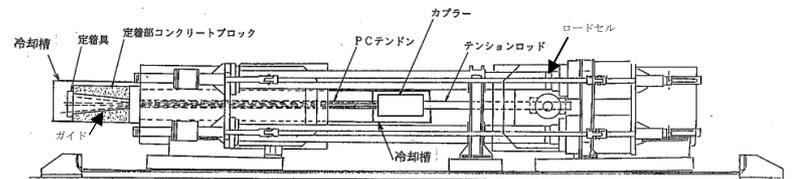


図-1 PCテンドンシステム試験装置（3000tf引張試験機）

介して荷重を加えた。低温状態のときは全体を断熱材で覆い、15cmピッチに設けた上部ノズルから液化窒素を噴霧した。その際、液化窒素がPC鋼より線に直接掛かり、局部冷却状態になるのを避けるためにPCテンドン上を鋼板で覆った。載荷方法は、図-2に示すFIPの提案する方法\*3に基づいて低温状態にして引張試験を行った。

2.3 評価基準

PCテンドンシステムの性能評価基準はFIPの提案\*3に基づいて以下のとおりとした。

	定着効率 η	破断時のひずみ
常温	$\frac{PCテンドンシステムの引張荷重}{PC鋼材（母材）の規格引張荷重} = \frac{F_{su}}{F_{puk}} \geq 0.97$	2.3%以上
低温	$\frac{PCテンドンシステムの低温引張荷重}{PC鋼材（母材）の低温降伏荷重} = \frac{F_{su}}{F_{py}} \geq 1.0$	$\epsilon \geq \epsilon_{po}$ （使用状態の許容プレストレス荷重時の伸び=0.66%）+2.0%、かつPC鋼材の降伏点以降の塑性ひずみ領域に入って破断すること。

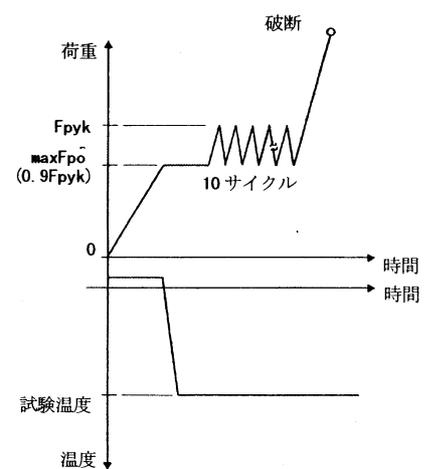


図-2 PCテンドンシステム試験の載荷方法

キーワード：LNG、低温試験、PCタンク

\*1 〒541-8520 大阪府 大阪市 中央区 本町3丁目5-7 御堂筋本町ビル TEL 06-6263-2814

\*2 〒592-8331 大阪府 堺市 築港新町3丁1番10号 TEL 070-5781-5176

### 3. 試験結果と考察

#### 3.1 PC鋼より線の常温・低温引張試験

##### (1) 引張試験結果

図-3にPC鋼より線の低温引張試験結果を示す。

引張応力、降伏応力とも-178℃までは温度が低下するにつれて高くなった。

伸びについては-178℃までは緩やかに減少し、-178℃→-196℃では急激に減少した。絞りについても同様であった。

なお、PC鋼より線の-196℃については試験を実施しなかったため、PCテンドンシステム試験の結果を示す。これは本試験におけるPC鋼より線の破断位置がガイドの絞り部に影響されない中央部であったことから引張試験のデータとして取り扱うことができると判断した。

##### (2) 破面観察結果

PC鋼より線破断後の断面を目視で観察した結果、-178℃までは延性破面であった。-196℃では付合せ伸びがほとんどなく、脆性破壊を示した。更に走査型電子顕微鏡（SEM）により、-196℃の破面を観察した（図-4）。その結果、鋼材の組織に異常はなく、脆性破面によく見られる擬へき開破面が認められた。

#### 3.2 PCテンドンシステムの常温・低温性能確認試験

表-2に試験結果を示す。

-164℃までは定着効率、伸びとも評価基準を満足した。なお、

全ての温度において降伏点以降の塑性ひずみ領域に入って破断した。常温と-60℃の破断位置はガイド入口から27cmの位置であった。この位置はガイドの絞り部にあたり、PC鋼より線とガイドが接触するため、曲げ応力が発生する部分である。その影響により、一般部に比べて発生応力度が高くなり、この位置で破断したものと考えられる。

-164℃ではガイド入口から2cmの位置で破断した。これはガイド下部に溜まった液化窒素にPC鋼より線が接触していたため、局部的に-196℃になりガイド入口で脆性破壊したと考えられる。

-196℃の定着効率は評価基準を満足したが、伸び、絞りとも脆性破断であり評価基準を満足していなかった。これらの結果より、-196℃ではPC鋼より線は脆性破壊すると考えられる。

#### 4. まとめ

本試験結果から、本工事に用いたPCテンドンシステムは、設計温度（-40℃）以下において十分に適用可能であることが確認できた。また、PC鋼より線は-178℃より低温では脆性破壊する可能性が認められ、極低温下では延性破壊から脆性破壊に移行する遷移温度があると考えられる。

最後に本試験に協力して頂いた極東鋼弦コンクリート振興（株）殿に、ここに感謝の意を表します。

（参考文献）\*3 FIP Special Report: Assessment of mechanical properties of structural materials for cryogenic applications (June 1988)

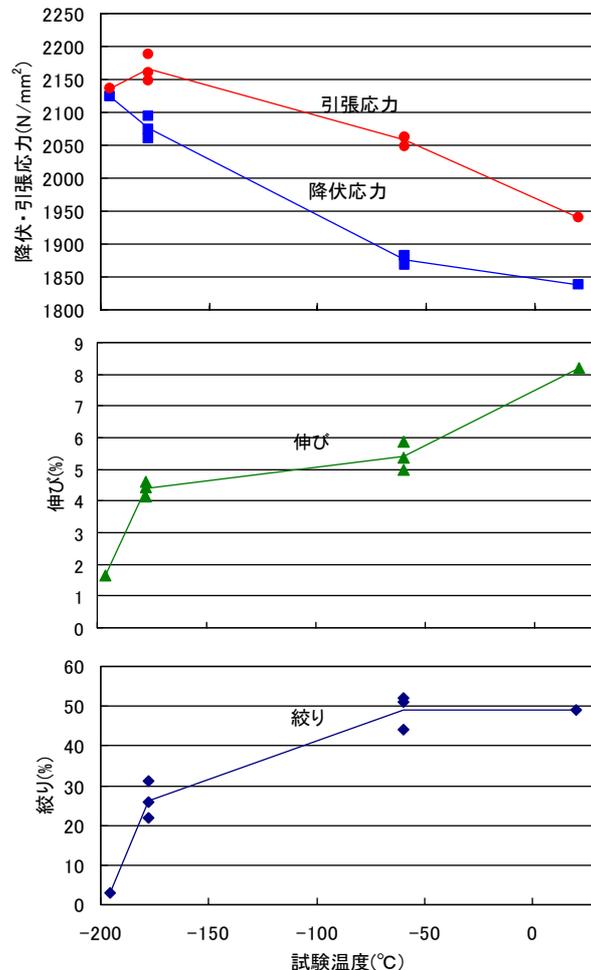


図-3 引張試験結果

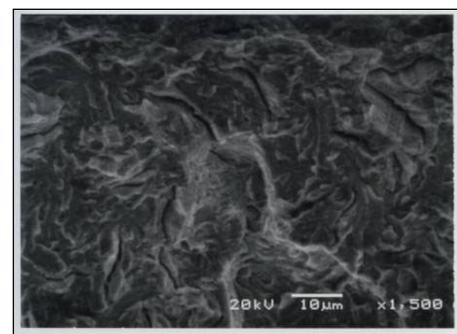


図-4 破面観察結果（×1500）  
（-196℃、擬へき開破面）

表-2 PCテンドンシステムの常温・低温性能確認試験結果

試験温度 (°C)	定着効率 $\eta$	伸び (%)	絞り (%)	破断位置
常温	1.007 ≥0.97	4.06 ≥2.3	52	ガイド入口から27cm
-60	1.063 ≥1.00	4.15 ≥2.66	48	ガイド入口から27cm
-164	1.009 ≥1.00	3.11 ≥2.66	3	ガイド入口から2cm
-196	1.005 ≥1.00	1.65 ≥2.66	3	中央付近