

PCLNG 地上式貯槽における T ヘッド工法鉄筋を用いた杭頭結合構造の合理化

清水建設 (株) 正会員 伊藤 健二  
 清水建設 (株) 正会員 滝本 和志  
 清水建設 (株) 正会員 ○塚本 晃平  
 東京ガス (株) 正会員 吉田 雄介

1. はじめに

東京ガス (株) は、2016年4月に日立LNG基地の運転を開始している。本稿は基地内の主要構造物である容量23万kLのPCLNG地上式貯槽 (図1) における杭頭結合構造の合理化について報告するものである。

2. PCLNG 地上式貯槽の杭頭結合構造

杭基礎に鋼管杭を使用し、基礎版との結合方法を道路橋基礎の方法Bとした場合、杭頭補強鉄筋がPC防液堤と基礎版の剛結部に配置されている鉄筋、円周PC tendon、鉛直PC鋼棒、ヒータ保護管、埋設金物と干渉することにより、施工性やコンクリート充填性の低下が課題となっていた (図2左)。そこで、杭頭補強鉄筋にTヘッド工法鉄筋を用いて機械的に定着することで、基礎版への定着長を干渉しない程度まで減じることとし (図2右)、その構造性能について実験および解析にて確認することとした。

目標性能は、「LNG地上式貯槽指針」(日本ガス協会、2012年)のレベル2耐震性能評価における応答塑性率の制限値1.5に相当する変位 (杭頭補強鉄筋が降伏した時点での水平変位 $\delta_y$ の2.5倍) に対して、(1)鉄筋の抜出しがない、(2)鉄筋が破断しない、(3)コンクリートがコーン破壊しないこととした。

3. 小型試験体による必要定着長の決定

杭頭補強鉄筋にTヘッド工法鉄筋を用いた場合の基礎版への必要定着長を決定するために、実物大の3/8スケールの小型試験体にて正負交番荷重実験<sup>1)</sup>を行った (図3)。実験ケースは基礎版への定着長を変化させた3ケース (鉄筋径 $d$ の14倍、20倍、22倍) とした。鉛直荷重は荷重せず、水平荷重は制御変位を $\delta_y$ の整数倍として漸増させながら交番荷重した。

全ケースとも5~6 $\delta_y$ まで荷重保持し、最終的に12 $\delta_y$ に至って鉄筋が破断した。全ケースとも目標性能を

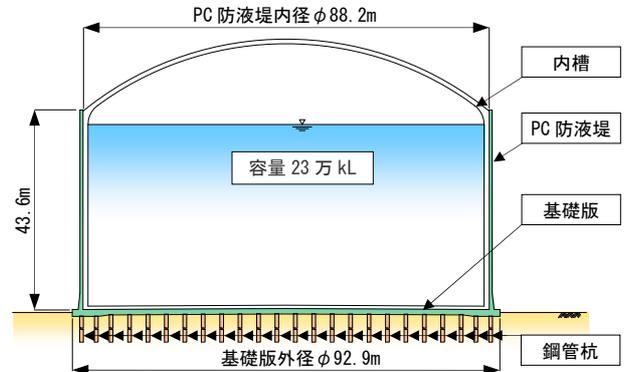


図1 PCLNG 地上式貯槽概要図

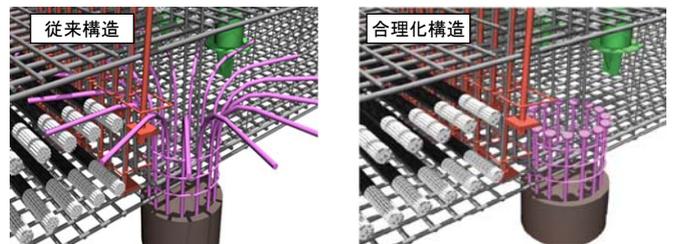
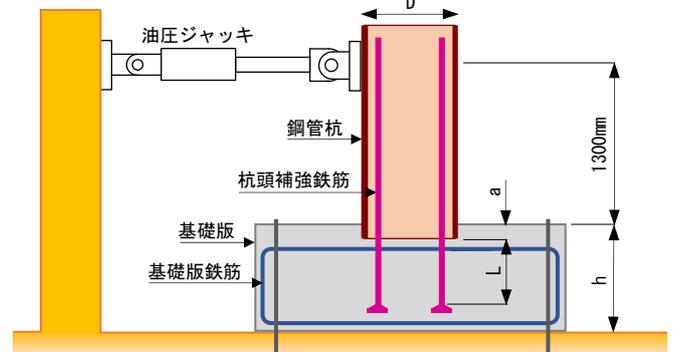


図2 杭頭結合構造



※試験体は実構造と上下逆さまの状態である。

		実構造	試験体	
			小型	実物大
鋼管杭	種類	SKK490	STK490	SKK490
	径 D (mm)	800	318.5	800
	厚さ t (mm)	18	10.3	18
	埋込み長 a (mm)	100	40	100
基礎版	部材高 h (mm)	1200	600	900
	圧縮強度 $f'_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	30	30	30
	配筋	D29@200 (SD345)	D16@100 (SD345)	D32@225 (SD490)
杭頭補強鉄筋	配筋	D35x14本 (SD390)	D13x16本 (SD490※)	D35x14本 (SD490※)
	定着長 L (mm)	14d	14d, 20d, 22d	14d

※適用範囲においてコーン破壊、鉄筋の抜出しがないことを確認するためSD490とした

図3 実験概要

キーワード LNG 地上式貯槽, Tヘッド工法鉄筋, 杭頭結合

〒104-8370 東京都中央区京橋2-16-1 清水建設 (株) TEL03-3561-3896

〒105-8527 東京都港区海岸1-5-20 東京ガス (株) TEL03-5400-7580

満足することを確認できたことから、Tヘッド工法鉄筋の基礎版への定着長は14dとした。定着長を14dとしたケースの水平荷重と変位の関係を図4に示す。

4. 実物大試験体による性能確認実験

Tヘッド工法鉄筋の基礎版への定着長14dとした実物大での構造性能を確認するために、小型試験体と同様に正負交番载荷実験を行った。

水平荷重と変位の関係を図5に示す。3~4 $\delta_y$ まで荷重保持し、最終的に基礎版支点周りの損傷進展により8 $\delta_y$ に至って荷重保持ができなくなり载荷終了した。小型試験体の履歴曲線と異なっているが、これは基礎版の曲げ耐力が相対的に小さく、基礎版損傷の影響によるものと考えられる。

2.5 $\delta_y$ において鉄筋の抜出し、鉄筋の破断、コンクリートのコーン破壊は確認されず、目標性能を満足することを確認した。

5. 解析による鉛直荷重作用状態での性能確認

(1) 解析概要

性能確認実験では鉛直荷重を载荷しなかったが、設計上は地震時に引抜き力が作用するため、鉛直荷重(軸引張力)が作用した場合の性能を解析により確認した。解析の妥当性は実物大試験体の性能確認実験に対する再現解析により事前に確認した。

解析にはATENAver.4を使用した。コンクリート構成則は、Rankine破壊基準、Menetrey-Willam塑性基準とした。杭頭補強鉄筋は埋込み鉄筋要素でモデル化し、構成則はBi-Linear型とし、CEB-FIP Model code 1990の付着モデルを考慮した。

(2) 解析の妥当性確認

実物大試験体の性能確認実験とその再現解析の結果としてひび割れ状況を図6に、水平荷重と変位の関係を図7に示す。概ね本解析により実験結果を再現できることを確認した。

(3) 鉛直荷重作用状態における性能確認

水平荷重と鉛直荷重を同時に漸増载荷した結果として水平荷重と変位の関係を図7に示す。2.5 $\delta_y$ において鉄筋の抜出し、鉄筋の破断、コンクリートのコーン破壊は確認されず、鉛直荷重が作用した場合も目標性能を満足できることを確認した。

6. まとめ

PCLNG地上式貯槽における杭頭結合部の杭頭補強筋に基礎版への定着長14dとしたTヘッド工法鉄筋を

適用できることを性能確認実験および解析により確認できた。この杭頭結合構造の容量23万kLのPCLNG地上式貯槽への採用により、施工性およびコンクリート充填性を向上することができた。

参考文献

- 1) 「杭基礎の大変形挙動後における支持力特性に関する共同研究報告書(杭頭結合部に関する研究)平成24年3月整理番号第433号」(独立行政法人 土木研究所)

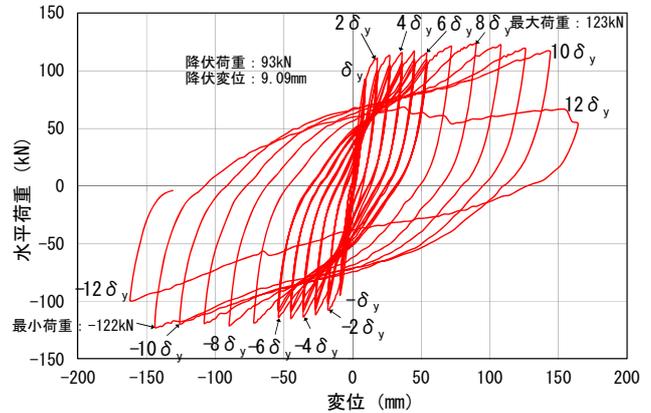


図4 水平荷重と変位の関係(小型試験体 定着長14d)

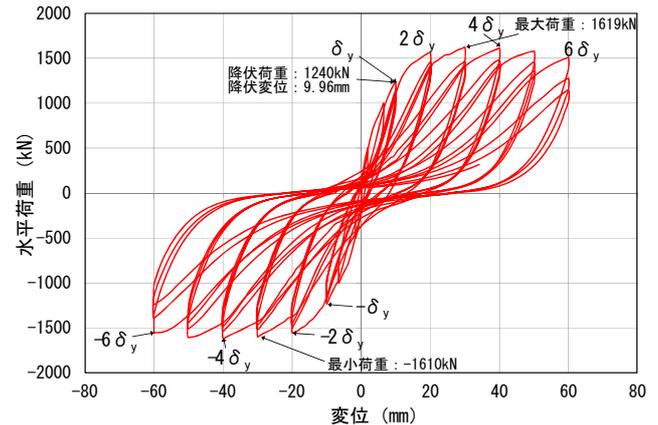


図5 水平荷重と変位の関係(実物大試験体)

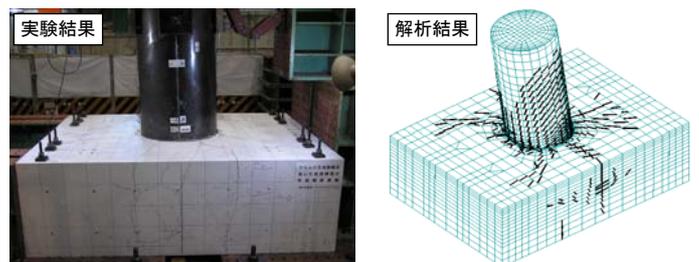


図6 ひび割れ状況(4 $\delta_y$ )

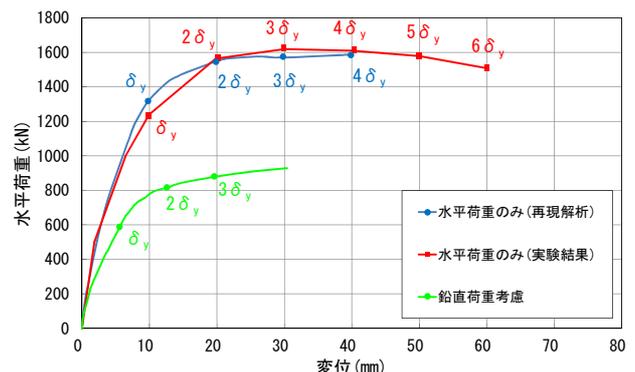


図7 水平荷重と変位の関係(解析結果)