大型 LNG タンクに対する杭頭半剛接合構法（F.T.Pile 構法）の採用

大成建設(株)　正会員　○市波　克洋
大成建設(株)　正会員　岡嶋　修一
大成建設(株)　正会員　小林　祐樹

1.はじめに

JX 日鉱日石エネルギー(株)が，2015 年の運転開始を目指して建設中の八戸 LNG ターミナルにおける主要構造物として 140,000*kl* の PCLNG タンクがある．（図 1）

PCLNG タンクは，現在主流となっている構造形式で建設実績が最も多いものである．本稿では，八戸 LNG ターミナルの PCLNG 貯槽において大型タンクとして初めて採用された杭頭半剛接合構法（F.T.Pile 構法）の優れた性能（設計面，施工面）について報告する．

2.大型 PCLNG タンクにおける杭頭結合方法

1995 年の兵庫県南部地震において，杭頭部を剛結合とした構造物に多数の被害が発生したことをきっかけに，杭頭結合部に対する研究開発が進むこととなった．

2001 年に改定された建築基礎構造設計指針では，杭頭の回転剛性を考慮することが記載され，多くの工法が実用化された．しかしながら，LNG タンクを含む多くの土木構造物では，依然として，剛結合が採用されることが多く，杭頭部に発生する最大モーメントに対して杭本体及び，杭頭接合部（杭頭補強筋）の仕様が決定され，その結果，過密な杭頭補強筋がコンクリートの充填性等に影響を及ぼすという二次的な課題も発生していた．

3.杭頭半剛接合構法（F.T.Pile 構法）の特徴

F.T.Pile 構法（図 2）は，杭頭半剛結とする構法で，杭の配置，荷重条件を考慮し，それぞれの杭における杭頭の剛度を考慮した曲げモーメントを算出することで，実際の状態をより忠実に再現し，合理的な設計を可能とする構法である．

本構法採用によるメリットには次のようなものがある．①地震時に杭頭部に発生する曲げモーメントを低減できるため，地震時の基礎の損傷を極めて小さく抑制できる，②杭頭補強筋の設置（溶接作業）が不要であるため，工事工程短縮および労務費および材料費のコストダウンが可能となる，③杭頭補強筋と基礎版鉄筋との干渉による過密配筋が解消できる．

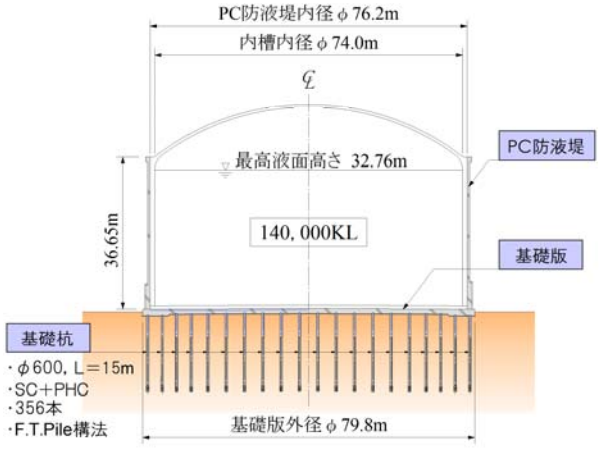

図 1　PCLNG 貯槽構造図

図 2　F.T.Pile 構造概要

本構法は，LNG 基地を含め，全国の建築・土木の構造物に適用されており，2013 年 12 月現在で，適用プロジェクト 1575 件，杭本数 108,650 本の実績がある．

4.F.T.Pile 構法を採用した基礎杭の設計

（1）設計方法

杭体の断面力は，F.T.Pile 構法の設計・施工指針 [1]に基づき算定する．本構法では，杭頭部の回転剛性の算定方法を定式化し，簡単に杭毎の曲げモーメントを算出できることとなっている．杭頭部の回転剛性を考慮した場合，図 3 に示すように，作用する軸力レベルによって，杭頭部に発生する曲げモーメントが異なる．杭体の評価は，LNG 地上式貯槽指針に従い，レベル 1 地震時では降伏以下，レベル 2 地震時では許容塑性率以下となるように杭仕様を決定した．

キーワード　LNG タンク，基礎杭，F.T.Pile，杭頭半剛接合，施工性，コストダウン
連絡先　〒163-0606　東京都新宿区西新宿 1-25-1　大成建設(株)土木本部土木設計部　TEL03-5381-5293

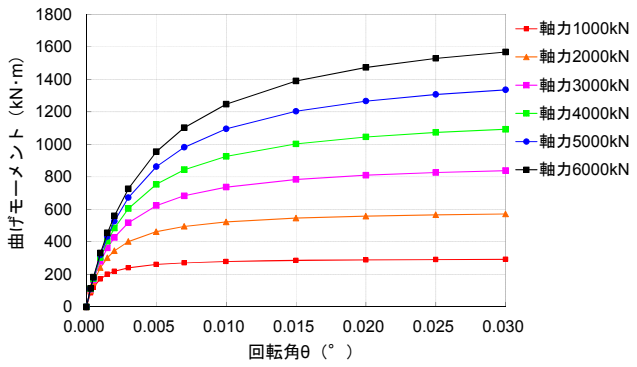

図３　杭頭部の回転剛性と曲げモーメント

（2）剛結合の場合との比較

図４に，今回採用した F.T.Pile 構法にて設計した場合と杭頭剛結合とした場合の曲げモーメントを示す．回転剛性を考慮した設計により，杭に発生する最大曲げモーメントは，剛結合に対して最大軸力下で 75%，最小軸力下では 38%となった．これにより，図５に示す通り，杭の仕様（SC 杭の鋼管肉厚）も，剛結合に対して 40%（t=12mm→5mm）に低減することが可能となった．また，剛結合として設計した場合，杭頭補強筋は 13-D35 となるが，F.T.Pile 構法の場合には，「F.T.キャップ」と呼ばれるテーパーのついた鋼製型枠を設置するだけで良いため，その施工性についても大きく異なるものとなる．

3.F.T.Pile 構法の施工方法

F.T.Pile 構法の施工は，杭頭剛結合の場合の杭頭補強筋を溶接する場合に比べて非常にシンプルであり，施工管理も，溶接の品質・検査と比べた場合，とても合理的である．施工手順を以下に示す．

① 砕石敷均し完了後，FT ｷｬｯﾌﾟを設置，ﾎﾞﾙﾄ 2 本を使用し杭の端板のﾎﾞﾙﾄ穴を用いて仮固定する．

② 均しｺﾝｸﾘｰﾄを打設し，FT ｷｬｯﾌﾟをｺﾝｸﾘｰﾄで固定する．

③ ｺﾝｸﾘｰﾄ硬化後に仮固定用のﾎﾞﾙﾄを撤去し完了．

（写真 1）

上記の施工手順において，品質管理上の要点は以下の 2 項目となる．

a）杭頭部の回転角を担保するための角度（F.T.ｷｬｯﾌﾟのﾃｰﾊﾟｰ部）を確保するために，F.T.ｷｬｯﾌﾟと杭側面の隙間に，異物が入らないようにする．

b）上記の杭頭部回転角が，どの方向にも均一に担保されるよう，FT ｷｬｯﾌﾟと杭の端板とが密着して設置されるよう，杭ようかんの撤去等付着物を除去する．

4.結論

杭頭剛・ピンの両方で設計を行い，杭体の仕様を決定することは，設計の簡便性という観点から，合理的であることは間違いないが，杭頭部の過密配筋による充填性や配筋作業の簡易（写真 2）さ，安全性を考えた場合，今後，土木の分野においても，設計・施工面で合理性の高い F.T.Pile 構法の採用が増えることが考えられることから，本稿がその参考になれば幸いである．

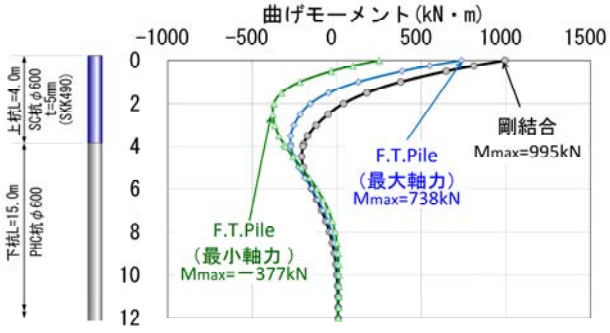

図４　剛結合との曲げモーメント比較

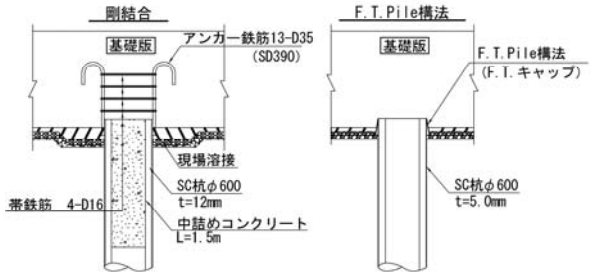

図５　剛結合との杭仕様比較

写真１　F.T.キャップ設置状況

写真２　下筋配筋状況

参考文献

1)大成式杭頭半剛接合構法（F.T.Pile 構法）既製コンクリート杭　設計・施工指針，2005，大成建設株式会社