

現行の港湾基準に基づいた既設直杭式栈橋の耐震性評価の一例

大阪ガス (株) 正会員 ○大西 俊輔
大阪ガス (株) 正会員 西崎 丈能

1. 目的

昨今、構造物の設計に関する諸基準の性能規定化が進んでおり、港湾構造物についても平成19年に「港湾の施設の技術上の基準」¹⁾(以下、港湾基準)が性能規定化された。既設構造物に対しては、改良する場合を除き、新しい基準は適用されないが、LNG受入基地の設備のなかでも、栈橋は最重要構造物のひとつであることから、必要に応じて最新の知見を用いた構造性能を評価し、その信頼性を高めるよう努めている。本文は、LNG基地の栈橋のワーキングプラットフォームを対象に、現行の港湾基準に基づいた耐震性能照査を行い、構造耐力を評価した結果について報告するものである。

2. 栈橋概要

評価対象としたLNG基地の栈橋は、ワーキングプラットフォーム(以下、WP)、接岸ドルフィン、綱取ドルフィンで構成され、1978年に建設された。今回構造照査の対象としたWPは、LNGをタンカーから荷揚げするためのアンローディングアームやLNG配管が設置されている。下部工の構造は、直径914.4mm、長さ26.0m(一部30.0m)、板厚14.0mmの鋼管杭(SKK400)223本から成る直杭式で、各杭間はストラットで連結されている。また、上部工は鉄筋コンクリート製で、梁・柱構造となっている。(図-1)

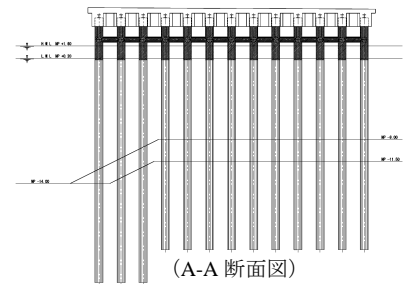
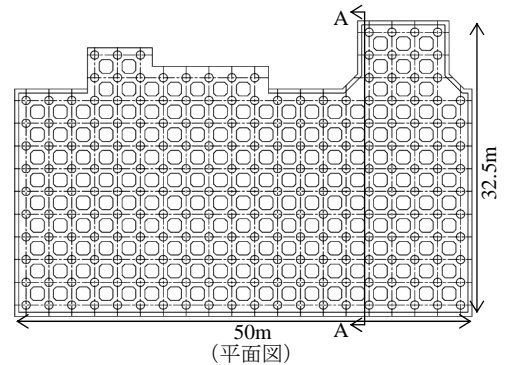


図-1 WP構造図

原設計は、設計水平震度0.3で許容応力度法にて設計されている。

3. 照査用震度の算定

(1) 工学的基盤面の設定

工学的基盤面は、当該地域の想定地質図やWP設置場所付近の地盤調査結果(図-2)を用いて設定した。当該地点では、表層から順に、沖積粘土層(Ac)、沖積砂礫層(Ag)、洪積砂礫層(Dg)が一様に分布しており、砂礫層ではせん断波速度400m/s以上であることが確認されていることから、洪積砂礫層の上面DL-16.5mを工学的基盤面とした。

(2) 地震波形

国土交通省国土技術政策総合研究所²⁾により公開されているレベル1地震動モデル波形を工学的基盤面に入力し、仮想地表面下1/β地点での加速度時刻歴波形を一次元地震応答解析により求めた。減衰定数を0.2として得られたWPの加速度応答スペクトルを図-3に示す。

一方、WPの固有周期は、法線方向および法線直角方向の2方向について、

一質点系モデルの骨組み解析により求めた。固有周期は0.90秒で、方向の違いは見られなかった。

これらから、WPの照査用震度の特性値は $k_{hk} = 0.09$ となり、原設計よりも小さい値となった。

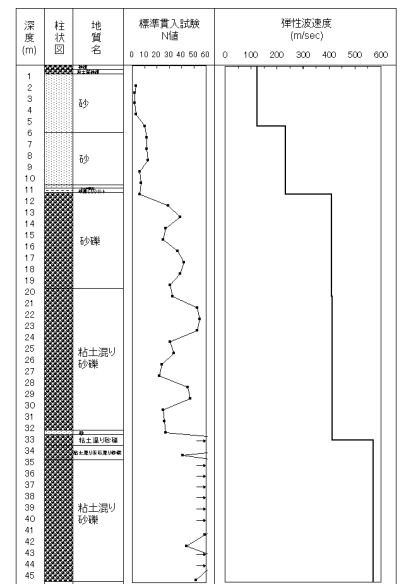


図-2 地盤調査結果・性状

キーワード LNG 栈橋, ワーキングプラットフォーム, 耐震性評価, 港湾基準, 性能規定

連絡先 〒541-0046 大阪市中央区平野町4丁目1-2 大阪ガス株式会社 エンジニアリング部 TEL06-6205-4592

なお、杭の応力照査については、部分係数 $\gamma_{k_h} = 1.23$ を考慮し、照査用震度の設計用値として $k_{h_d} = 0.11$ を採用した。

4. 性能照査

(1) 荷重条件

性能照査にあたり考慮すべき上載設備は、アンローディングアーム、配管、架構、配管橋、連絡橋、棧橋管理棟があり、図-4 に示す位置に支柱基礎や支承が配置されている。これらの荷重を、図-5 に示す3次元骨組みモデルに載荷した。地震荷重は、法線方向(+X, -X)および法線直角方向(+Y, -Y)の計4ケースで作用させた。

動水圧は、WP の構造を考慮し、「道路橋示方書」³⁾に基づき算出した。

(2) 照査方法

下部工（杭）および上部工に発生する断面力を算定し、表-1 に示す項目について照査を行った。

表-1 照査項目と照査内容

照査項目	照査内容
杭の応力	杭の発生応力度が降伏応力度以下であること
杭の支持力	杭の軸方向力が地盤抵抗力以下であること
上部工部材の断面破壊	各部材の断面力が断面耐力以下であること

(3) 照査結果

a. 杭の照査結果（応力）

地震動の向きが+Y方向の場合に、図-6 に示す位置で杭の発生応力が最大となり、作用応力比（軸力および曲げモーメントによる降伏応力度に対する発生応力度の比）が0.25で、限界値以下であることを確認した。

b. 杭の照査結果（支持力）

杭の支持力に関しては、全ての杭が押し込み杭となった。地震動の向きが+Y方向の場合に、図-6 に示す位置で軸方向力が最大となり、地盤抵抗力に対する軸方向力の比は0.2で、すべて極限支持力以下であることを確認した。

c. 上部工の照査結果

部材耐力に対する発生曲げモーメントおよび発生せん断力の比は、それぞれ0.36、0.59となり、上部工に生じる設計断面力が断面耐力以下であることを確認した。

また、杭頭モーメントおよび杭頭軸力に対する杭頭部の埋込み長が十分であることも確認した。

5. おわりに

今回実施した、現行の港湾基準に基づいた耐震性評価により、既設LNG棧橋が十分な耐力を有していることが確認できた。

参考文献

- 1) 港湾の施設の技術上の基準・同解説，社団法人日本港湾協会，平成19年7月
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所：<http://www.nilim.go.jp/index.html>
- 3) 道路橋示方書・同解説，社団法人日本道路協会，平成14年3月

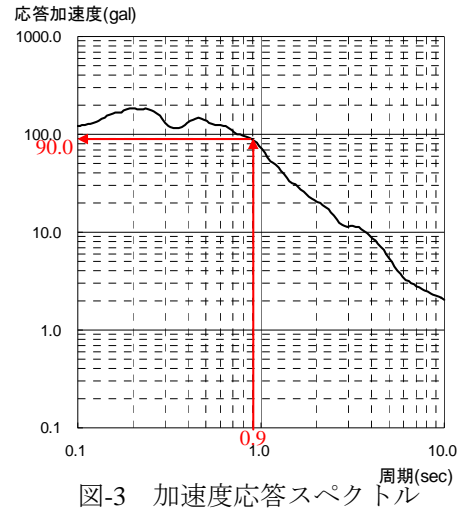


図-3 加速度応答スペクトル

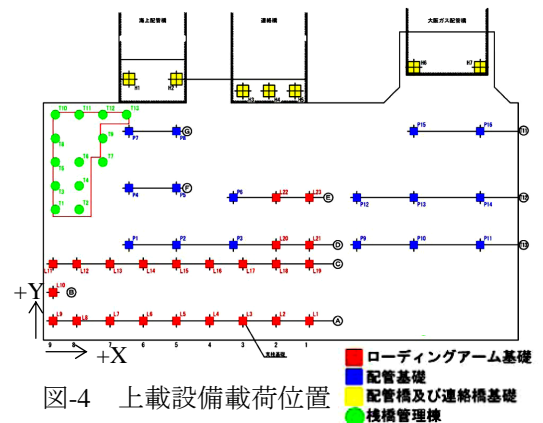


図-4 上載設備載荷位置

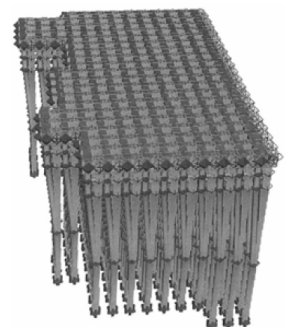


図-5 解析モデル

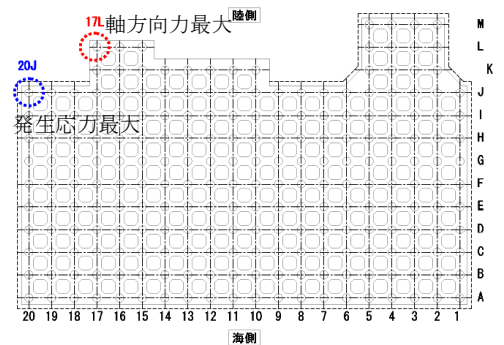


図-6 最大応力・軸力発生位置