

耐震強化岸壁における棚式構造の適用に関して

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○寺島 彰人
 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 正会員 伊藤 春樹
 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 政岡 和宏
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 田中 美帆

1. はじめに

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」は平成 19 年の改訂に引き続き、平成 30 年の改訂¹⁾でも性能設計を実施することとなっている。同基準に基づく設計では、施設の目的及び要求される性能を踏まえた性能照査が必要となり、基準に記載されている永続・変動・偶発状態の性能規定を参考に要求性能に基づく性能規定の項目及び規定値を設定する。

本論文は高松港朝日地区において計画されている複合一貫輸送を担うフェリー岸壁の船首尾部で検討を実施した棚式構造の岸壁設計において、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」(平成 30 年 5 月、以降「港湾基準」と称す)に詳細が示されていない棚式構造に対する耐震強化施設としての性能規定の設定や性能照査における留意事項をまとめたものである。

2. 設計条件

岸壁の計画水深が-7.5m の船首尾部を有する延長 200m (標準部 170m+船首尾部 30m) の耐震強化施設 (標準-緊急物資輸送対応) で、船首尾部が設計対象である。レベル 1 地震動は高松港朝日地区が属するゾーニングの地震動とし、レベル 2 地震動は海溝型地震として南海トラフ巨大地震、断層直下型地震として中央構造線断層帯地震と M6.5 直下型地震を抽出した。土質は表層が沖積砂質土及び粘性土層で以下砂質土と粘性土の互層で構成された

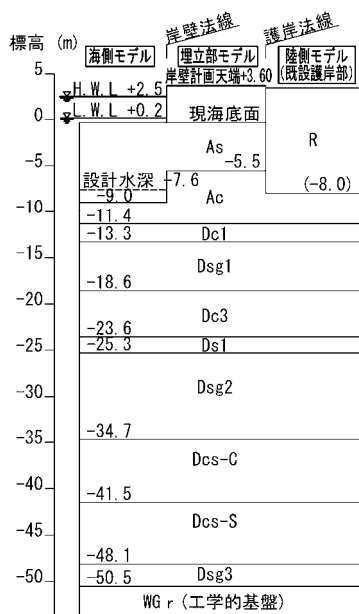


図1 土層モデル図

地盤となっており、沖積粘性土は埋立による荷重載荷により圧密沈下が発生し、レベル 1 地震時に液状化は発生しない地盤となっている。また、偶発状態の FLIP による地震応答解析の液状化パラメータ適用層の確認のため、SHAKE によるレベル 2 地震時の液状化判定も実施しており As 層、Dsg1 層、Ds1 層、埋立土層が液状化する判定結果となった。

3. 性能規定の設定

本岸壁は標準-緊急物資輸送対応の耐震強化岸壁として、永続・変動状態では使用性の要求性能に基づき港湾基準に示される部分係数法にて性能照査を実施することとした。一方、棚式構造の偶発状態の性能規定は港湾基準に記載のとおり重力式及び矢板式係船岸に準じることとしたが、矢板式係船岸の控え工は静定構造であるのに対して棚杭は不静定構造となるため、複数の杭で構成される棚杭は控え工よりも構造に余裕があると考え、同様に複数の杭で構成される栈橋構造の鋼管杭の性能規定を準用して複数箇所で限界曲率に達することを許容した。

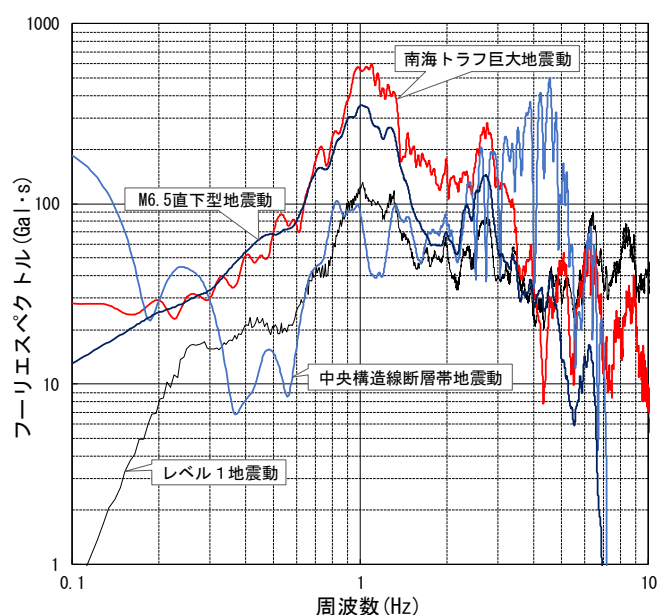


図2 対象地震動のフーリエスペクトル

キーワード 岸壁、棚式構造、耐震強化施設、耐震性能照査、性能規定

連絡先 〒530-0004 大阪市北区堂島浜 1-2-1 新ダイビル パシフィックコンサルタンツ(株)大阪本社 TEL06-4799-7352

4. 永続状態・変動状態の安定性照査

永続・変動状態の安定性の照査に当たり、港湾基準の安定性照査項目に加え、以下の検討を別途実施した。

(1) 棚杭の横抵抗範囲の変更

棚杭の照査は、矢板に主働土圧が作用する際の主働崩壊面よりも上部の地盤の横抵抗を考慮せずに実施される。通常、設計海底面と矢板が交わる箇所から主働崩壊面を設定するが、実現象としてこの位置が下がると考えられるため、矢板に作用する主働土圧と受働土圧のつり合い位置から引いた主働崩壊面より棚杭の横抵抗範囲を設定して棚杭の照査を実施した。

(2) 非液状化層を液状化層とした検討

レベル1地震時の液状化判定ではAs層は液状化しないが、レベル1地震時のFLIP解析の結果、As層の過剰間隙水圧比が0.9程度と高い値を示した(図3)。このため、変動状態の安定性照査の際に、As層の地盤バネと周面摩擦を考慮せずに棚杭を照査した。

(3) 棚杭の合成応力の確認

岸壁隅角部に適用された棚式構造であるため、合力方向の照査を実施した。棚杭の杭頭部で最も大きい曲げモーメントが発生したため、直交する各断面にお

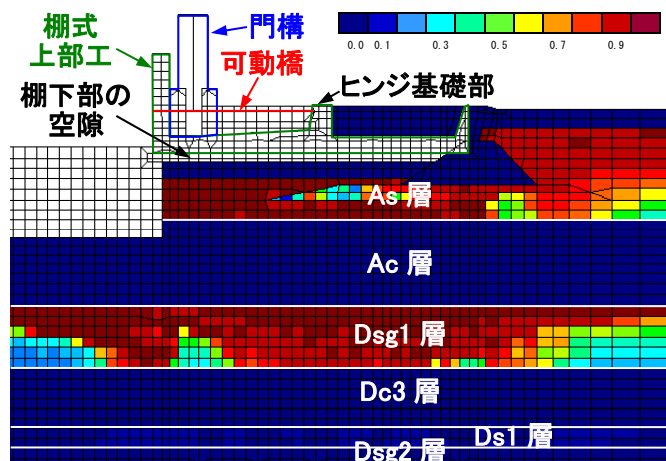


図3 過剰間隙水圧比分布図(レベル1地震時)

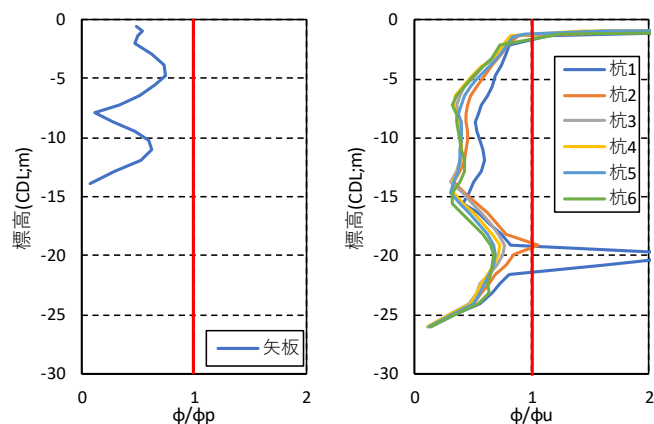


図4 最大応答曲率比(南海トラフ巨大地震時)

ける杭頭部の曲げモーメントの二乗和平方根と着目する杭に発生する最大軸力から杭に発生する曲げ引張・圧縮応力を算出して、合成応力の評価を実施した。

(4) 圧密沈下の配慮

沖積粘性土層の圧密沈下により、棚下部に圧密沈下量分の空隙が発生する条件として、空隙箇所の棚杭の地盤バネ、周面摩擦を設定せずに設計を実施した。

(5) 施工時の照査

前面矢板打設直後の自立時、仮設タイ材設置時等の施工時の構造照査を実施した。

5. 偶発状態の地震応答解析

(1) 解析モデルの設定

門構基礎と可動橋のヒンジ部基礎が分離構造の場合、大規模地震発生後に有害な相対変形が発生し可動橋の利用が不可能となるため、可動橋ヒンジ部及び門構基礎は棚式上部工と一体構造とした。可動橋部の地震時の影響を考慮するため概略設計を実施し、可動橋は主桁と縦桁を線形梁要素、横桁や吊り桁を質量要素、門構造は支柱・梁を線形梁要素でレーレー減衰を全体系と同じ0.001としてモデル化した。また、圧密沈下による棚下部の空隙についてもモデル化を行った。

(2) 解析結果の評価

前面矢板がSP-25H(SYW295)、棚杭が $\phi 1300 \times t15$ (SKK490)の条件でのレベル2地震時のFLIP解析の結果、岸壁法線天端での残留水平変形量は50cm程度となり性能規定値を満足した。また、前面矢板は全塑性曲率(ϕ_p)以下、棚杭は陸側の4列の杭(杭3~6)で限界曲率(ϕ_u)に達する箇所が1箇所以下の杭が1本以上確保される結果となった(図4)。なお、棚杭に均等に外力を伝達するため棚杭は同規格(剛性)を採用した。

6. まとめ

耐震強化岸壁に棚式構造を適用する事例は全国的に少ないため、港湾基準の不足箇所を補足しつつ設計を実施し、要求性能を満足する岸壁を設計した。

謝辞

本業務の実施にあたり、国土技術政策総合研究所の宮田室長、港湾空港技術研究所の野津領域長、水谷グループ長、小濱グループ長、大矢主任研究官の助言をいただいた。この場を借りて謝意を表す。

参考文献

- 1) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、2018。