

苫小牧港における耐震強化岸壁（鋼矢板式）の設計事例について

北海道開発局苫小牧港湾事務所（正会員） ○高橋 哲美
 北日本港湾コンサルタント(株) 西 浩吾樹
 北海道開発局苫小牧港湾事務所 高橋 重男

北日本港湾コンサルタント(株) 谷口 史一
 北海道開発局苫小牧港湾事務所（正会員） 梅沢 信敏
 北海道開発局苫小牧港湾事務所 坂下 勲

1. まえがき

苫小牧港は東西2つの港区を持つ港であり、北海道における取扱い貨物のうち約5割の取扱貨物量を誇りながら、これまで大規模地震災害時にも利用できる耐震強化岸壁の整備が行われていなかった。このため東港区の中央ふ頭に平成18年度の港湾計画一部変更において、苫小牧市を含めた1市3町に対する緊急物資輸送等の確保として、「耐震強化施設（特定（緊急物資輸送対応）」が位置付けられた。その後、平成19年の港湾計画の改訂において同ふ頭に国際物流機能の維持を目的として「耐震強化施設（特定（幹線貨物輸送対応）」が追加されたことで、国際コンテナ荷役機能を西港区からシフトし、西港区の狭隘化を解消すると共に、大規模地震発生後、速やかにコンテナの利用を可能とする機能が付加されることとなった。本報文は、苫小牧港における「コンテナ荷役機能を有する耐震強化岸壁」の設計について、レベル1地震動により鋼矢板式岸壁の基本断面を設定し、レベル2地震動を用いたF L I Pによる変形照査に至る断面決定までの経過について報告するものである。



2. 耐震強化岸壁としての必要な機能

本設計では、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（以下、基準）」に記載されている分類¹⁾とその性能規定及び設計状態に基づき、苫小牧港における耐震岸壁の要求性能、許容される修復の程度、整備水準を以下のように設定した。

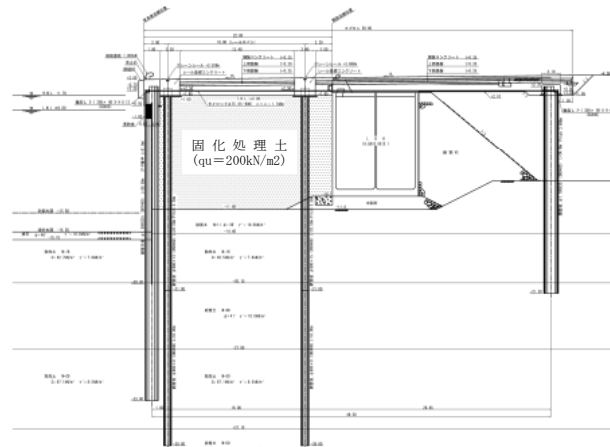
- ① 要求性能：緊急物資の輸送船舶として12,000DWT級の一般貨物船及びR0-R0船やフェリーを想定すると共に、国際コンテナ貨物30,000DWTの利用を可能し、ガントリークレーンが稼働できることを条件とした。
- ② 許容される修復の程度：兵庫県南部地震の事例²⁾より、3日程度で修復可能であることを目標とし、その修復の程度は、「エプロンの傾斜は砂利等により平坦化する」、「ガントリークレーンは脚部の調整等により稼働できるようにする」等の簡易的な手法を想定した。
- ③ 整備水準：本岸壁の要求性能を確保するため、使用性限界、修復性限界の観点から次のように設定した。

緊急物資輸送時、速やかに供せられる岸壁前面上の水平変位量：100 cm、岸壁の許容傾斜角：3度

国際物流機能維持としてのガントリークレーンの許容レール間変動量：50 cm、許容レール前後高低差：30 cm

3. 基本断面の設定

苫小牧港の耐震強化岸壁は、既設重力式岸壁(−10m)を約22m前出しして−12mに増深改良するものである。既設岸壁は、安定性照査の結果、滑動と円弧すべりにおいて許容値を下回っており、栈橋構造の土留壁や矢板式構造の控え版としての流用は実質的に困難と判断した。また本体を重力式構造にした場合は堤体幅が最低20m必要となっており、拡幅や嵩上げが必要となる重力式岸壁の本体としての流用も断念した。なお、ガントリークレーンによる荷役作業を可能とするのが条件となっていることから、本体構造の変形が直接クレーン基礎の変形に影響を与える重力式構造や栈橋式構造ではなく、クレーン基礎の許容値と本体構造の許容値を独立して考慮できる控え直杭式鋼管矢板構造を基本として検討を進めることとした。当該岸壁の照査用震度（レベル1地震動）は、基盤



図ー1 岸壁(中央12m) (レベル1地震動による基本断面)

キーワード：耐震強化岸壁，鋼矢板式岸壁，F L I P

連絡先：〒053-0011 苫小牧市末広町1丁目1-1，TEL 0144-33-9111，FAX 0144-33-7392

基盤加速度 $\max 147.881\text{Gal}$ から地表面加速度を $\max 115.13\text{Gal}$ と求めた結果、 $K_{hk}=0.23$ となった。図-1の断面は、この照査用震度により鋼管矢板の根入れを決定し、その矢板にかかる応力から控え鋼管杭やタイロッド等の諸元を決定している。なお既設岸壁の背後は埋め立て地盤であり、液状化判定の結果、対策工が必要となったものである。

4. レベル2地震動とF L I Pを用いた動的解析

レベル2地震動の設定は、基準に記載されている想定地震³⁾及び苫小牧における既往の地震や苫小牧市地域防災計画を踏まえ、「内陸型地震：活断層」「M6.5の直下型地震」の2種類とした。苫小牧市内の強震観測地点における加速度波形から、本設計にて作用させる基盤加速度は、『M6.5直下型地震：327Gal』『活断層地震：508Gal』となったものである。

F L I Pの解析にて必要となるパラメータの詳細は、参考文献⁴⁾に基づき設定している。なおモデルの作成において、既設ケーソンは地盤と一緒に変位する構造体であるが、歪みを生じない個体としてモデルに組み込むこととした。また、ガントリークレーンの基礎杭は、独立した構造体でありながら地盤と共に変位するものと考え、モデルの中では構造体として見込まないものとした。図-2は、基本断面において裏埋土を固化処理土 ($q_u=200\text{kN/m}^2$) とし、液状化対策工をサンドコンパクションパイルとして解析した結果である。

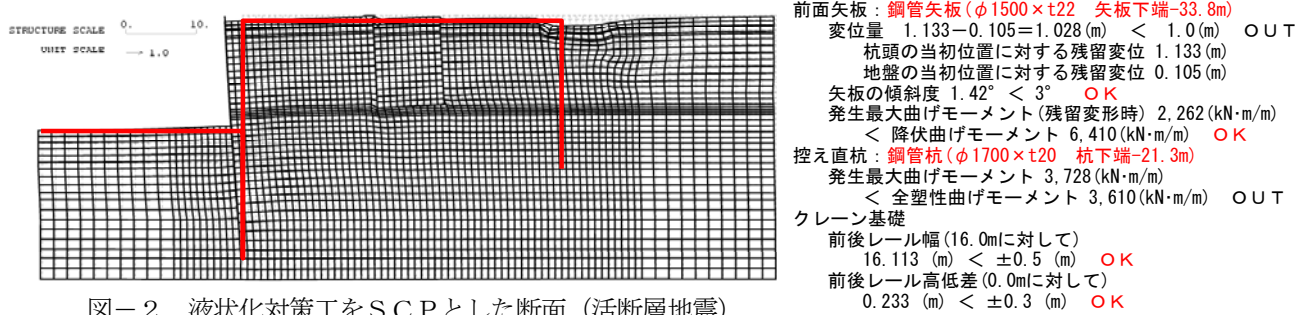


図-2 液状化対策工をSCPとした断面(活断層地震)

解析結果では岸壁前面の変位量が 100 cm の許容範囲を超えていることと、控え鋼管杭に生じる曲げモーメントが塑性限界を超えたことから、液状化対策工の工法の変更や部材の剛性を上げるなどの見直しが必要となった。なお、地盤の残留変位が、底面粘性境界と岸壁法線下端との交点において約 10 cm 生じており、周辺地盤全体が動いていることが示された。

図-3は、上記結果を踏まえ、液状化対策工を固化改良 ($q_u=200\text{kN/m}^2$) としたものである。この結果、控え工周辺の地盤の変形量を抑えることができ、結果として施設全体の変位を抑制する効果につながり、所要の許容値内に収めることができた。

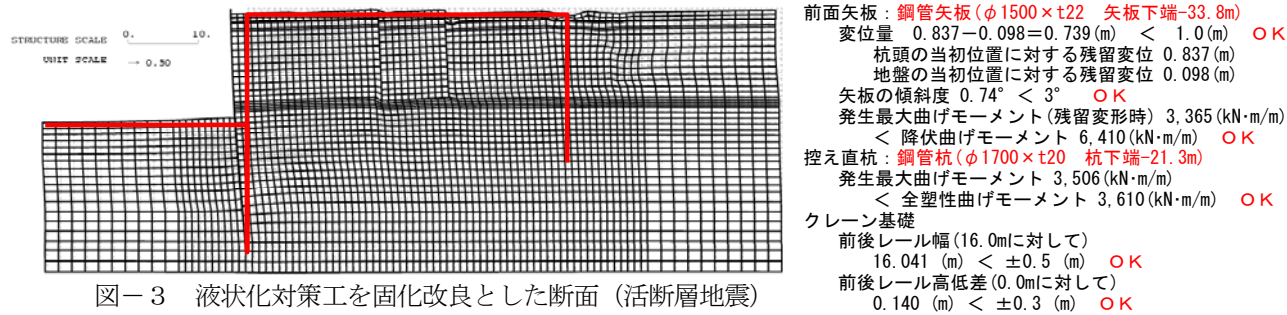


図-3 液状化対策工を固化改良とした断面(活断層地震)

5. おわりに

本施設の設計では事前検討を行った後、レベル1地震動にて基本断面を設定し、最終的にはレベル2地震動を用いたF L I Pにて決定することとなり、最適な断面を求めるためには解析ケースとして地盤における固化改良の有無や部材の種類・根入れの違いによる発生最大曲げモーメントの確認等、繰り返し作業が生じる結果となった。新基準による耐震設計の事例が少ないため、この決定方法が苫小牧港特有の結果かどうかは断定できない。しかし、F L I Pにおけるモデルの作成や解析に多大な時間が必要となったことから、より利用しやすいプログラムへの改良を望むと共に、本報文における検討経過が今後の検討において参考となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007年，下巻p937.
- 2) 高橋ら：兵庫県南部地震時の震災直後における海上輸送モードの対応状況に関する分析，港湾技研資料No. 861
- 3) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007年，上巻p330.
- 4) 森田ら：液状化による構造物被害予測プログラムF L I Pにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法，港湾技研資料，No. 869，1997年.