

沈下予測と動態観測を行いながらの 段階的施工の潜堤構築

田中 大輔

近畿地方整備局 舞鶴港湾事務所 (〒624-0946京都府舞鶴市字下福井910)

舞鶴港前島地区航路・泊地(-9m)附帯施設は、新日本海フェリーの船型大型化に対応するため、前島地区で計画している航路・泊地浚渫工事で発生する浚渫土砂の受け入れ施設として潜堤形式の築堤を行うものである。潜堤の構築は経済性に配慮し、低置換サンドコンパクションパイル工法による現地盤の改良を行った上で、捨石による段階的な載荷により地盤の強度増加を図りながらの施工を行っている。本報告は、潜堤構築に先立つ沈下予測と予測に基づく施工天端高の設定、施工中の動態観測や観測結果に基づく沈下検討などについて報告するものである。

キーワード 土砂処分場、低置換SCP工法、沈下板測量、沈下検討

1. はじめに

舞鶴港（東港）前島埠頭は、北海道小樽港へ結ばれている新日本海フェリーが発着しており、舞鶴港国内貨物の約80%、外貿内貿併せ約45%の貨物が取り扱われ、舞鶴港の主要な岸壁になっている。

前島地区航路・泊地(-9m)附帯施設は、新日本海フェリーの船型大型化に伴い、現在整備をすすめている航路・泊地(-9m)で発生する浚渫土約18万m³を受け入れるため、舞鶴港（西港）和田地区北側エリアに、捨石を海底に投入する潜堤方式で囲いを作り、土砂処分場を築造するものである。



図-1 舞鶴港全景

2. 設計断面の検討

(1)地質条件

潜堤位置は、図-1のとおり舞鶴港（西港）の東側に位置し、水深6m～12mである。舞鶴湾には標高300m程度の五老岳を有する半島が舞鶴港を西港と東港に分けている。

表層の地質は、湾岸沿いの低地や海底面を構成する扇状地性や海水面の変動に伴って形成された洪積層や沖積層が堆積しており、沖積層は軟弱な粘性土が主体であり、層の厚さは、図-2に示すように5～10mで、基盤岩の起伏等により変化している。

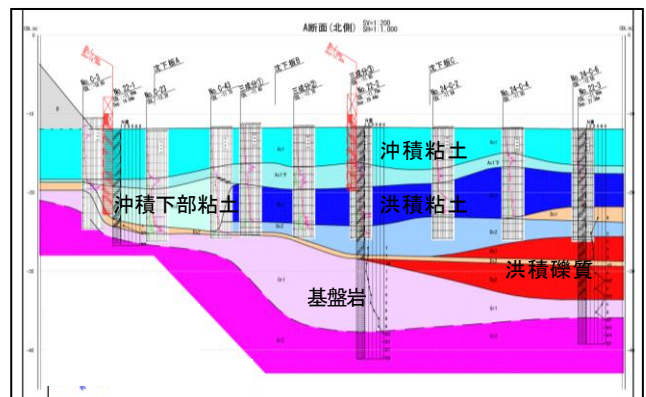


図-2 地層断面図

(2)施工条件

潜堤は、浚渫土受け入れ時に作業船を利用した施工を行うことから、作業船の喫水を考慮した天端高の設定

が必要となる。さらに日本海側では冬期風浪が発生するため、大阪港・神戸港等の在港船舶が多い瀬戸内海側からの作業船の回航が困難であるため、舞鶴港に在港している作業船を主に利用して施工することが必要である。また、舞鶴湾内においては、養殖業が盛んであることから、漁業関係者より施工時における汚濁防止の観点だけではなく、潜堤による土砂処分場が完成した後も環境に配慮した構造物であることを求められている。

(3)設計断面の検討

これらの前提条件から、捨石傾斜堤式案と自立矢板式案の比較検討を行った。(図-3)

舞鶴港に在港している作業船で経済的な施工が可能であること、SCP地盤改良25%の低改良率での施工が可能、且つ環境にも配慮できることから、捨石傾斜堤式案を採用した。

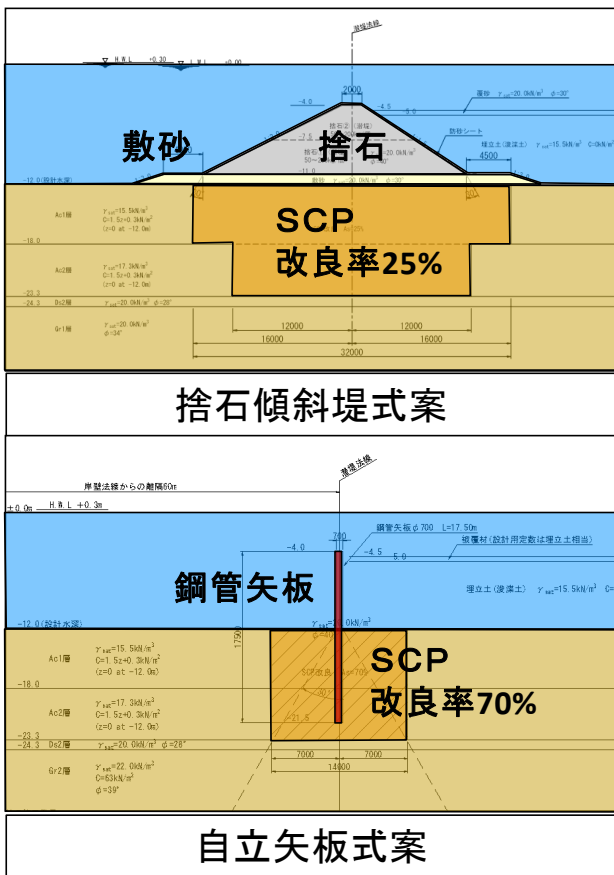


図-3 比較検討断面

潜堤断面の天端高は作業船の航行が可能となる4.0mとし、天端幅は施工性を考慮して2.0mとした。法勾配については安定性の観点から堤内側を1:1.5、堤外側を1:2.0とした。SCP地盤改良に先立ち、海底の地盤面には敷砂層を1m造成し、SCP25%改良を行う。次に捨石を-7.5mまで1次投入し、圧密放置期間を設け、捨石の自重による圧密及び地盤の強度増加を図ることで経済性に配慮を行

った。施工は圧密度70%到達を確認した後、完成断面の天端高4.0mまで捨石を投入する2段階施工とすることとした。

設計区間については土質状況に応じてA~Dの4つの区間を設定した。(図-4)

SCP改良により生じる盛り上がり土については、通常であれば撤去しなければならないが、土砂処分場が必要となるため、有効利用を行うべく盛り上がり土自体にもSCP改良を行う断面とした。

堤内側法面には浚渫土砂受け入れ時にシルト分が流出しないよう防砂シートを敷設することとした。

投入された浚渫土の上には覆砂を敷均すため、捨石傾斜堤形式とともに生物が育成しやすい構造とした。

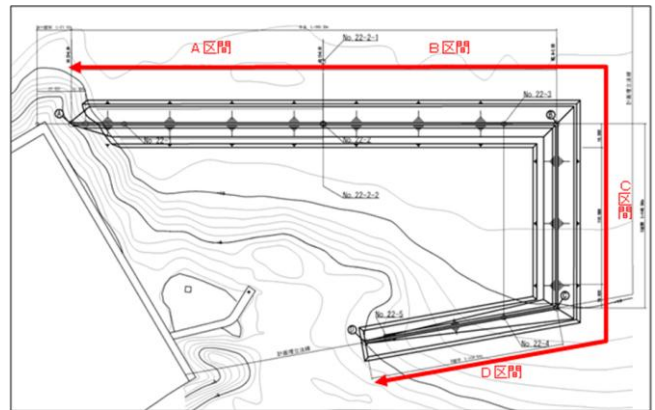


図-4 設計区間割り平面図

3. 施工中の動態観測結果に応じた断面変更

(1)潜堤の施工

平成24年度より、軟弱層が厚く土質状態の悪いA区間から工事着手し、平成25年度末までにC区間の途中までの敷砂、SCP25%改良及び1層目の捨石投入を実施した。

敷砂の施工に当たっては、汚濁拡散をさせないよう汚濁防止シートを取り付けた汚濁防止柵を利用し、ガットバージ船で静かに砂を投入し、均しを実施した。(図-5)



図-5 敷砂投入状況

SCP改良は、SCP船による海上打設を行った。(図-6)

SCP改良の範囲については、圧密及び強度増加が見込める沖積層を改良をするものであるが、SCP打設中に明確には、沖積層と洪積層の成層の違いを判断することができないため、事前に三成分コーン貫入試験を実施し、改良する範囲の必要長を細かく設定した。

SCP造成による盛上り土については、予測では0.8m程度盛り上がるとされていたが、平均1.3m程度と予測を超えた盛り上がりが生じた。このため、想定していた断面と比較すると、1段目の捨石量が少なくなり上載荷重が減少することから、捨石断面形状を変更し、安定計算を確認するとともに圧密放置期間の見直しを行った。断面変更の流れを図-7に示した。

なお、この予測を超えた盛り上がりが発生した原因については、技術提案によるSCPの品質向上等が推定される。



図-6 SCP船による地盤改良状況

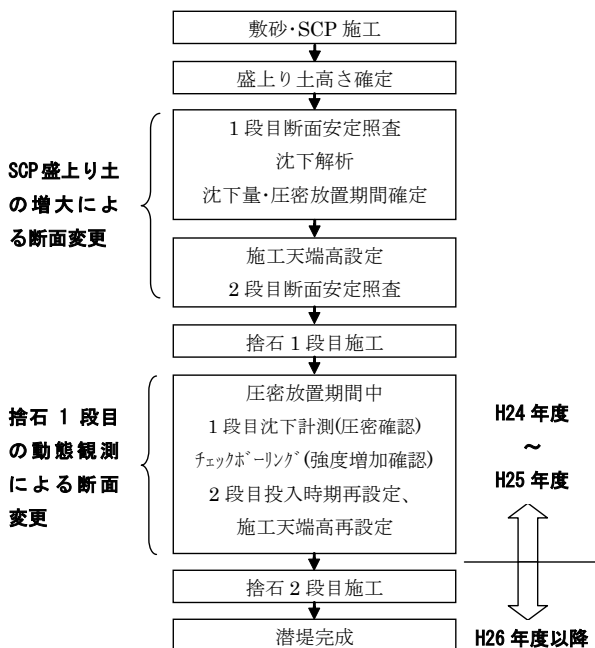


図-7 施工に即した断面変更の流れ

(2)動態観測の方法

a)沈下板の観測

動態観測は、捨石1段目の施工前に沈下板を設置し、次に捨石1段目の施工。1段目の継続的に観測を行った。(図-8)(図-9)



図-8 沈下板設置状況

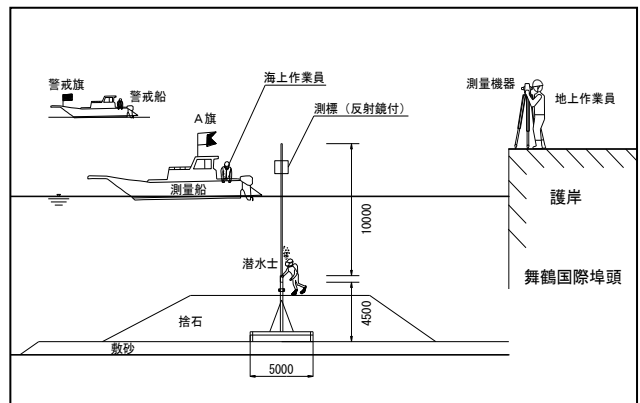


図-9 沈下板観測状況図

沈下板は、工事や船舶の航行の支障とならないように、捨石天端付近の深さに継手を設け、測定時には潜水士により鋼管を立ち上げる構造とした。

沈下板の観測頻度は、捨石の設置直後から沈下量が多い200日目までは1週間に1回、その後は1カ月に1回とした。

沈下板の観測では、ロッドの継ぎ足し部に異物が挟まりロッド長が変化しないように注意するとともに、2名の潜水士と船上作業員及び陸上作業員が協力し、継ぎ足しロッドの鉛直を確保した。

観測の結果については、当初予測より初期の沈下が大きく、観測結果やチェックボーリング結果に基づき図-12のように沈下解析結果を見直した。

b)チェックボーリングの実施

2段目捨石の施工可否について詳細に検討するため、

沈下板観測の結果，2段目施工に必要な強度増加が期待できる圧密度(70%)を超えていることが確認出来た場所に対してチェックボーリングを実施し，強度増加の確認及び沈下予測解析結果を見直す為の土質定数の確認を行った。(図-11)

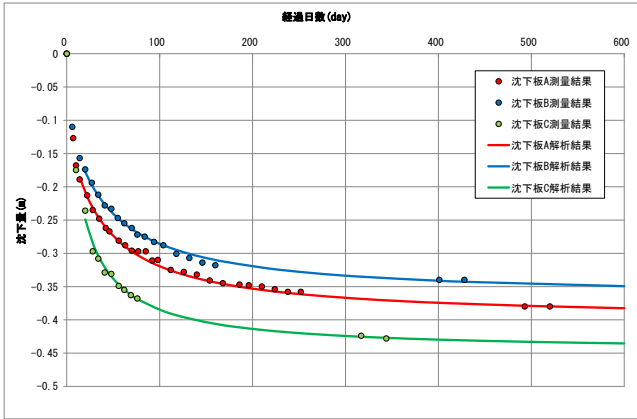


図-10 沈下解析結果(双曲線法)及び沈下板観測結果



図-11 チェックボーリング状況

4. 2段目施工の検討

捨石2段目施工の可否を検討するため，動態観測及びチェックボーリングを実施した結果を用いて再度沈下解析を実施した。この沈下解析では，これまでの圧密沈下解析結果と沈下板の観測による実測沈下量のフィッティング解析を行った。(図-12)

結果としては，初期の沈下傾向にずれが生じるものの最終沈下量の予測値は，実測値に基づく予測値とほぼ一致させることが出来た。

この沈下解析結果と施工時の安定計算により，潜堤の必要天端高さを確保するための余盛り高さの設定と捨石2段目の施工時期の決定を行った。(図-13)

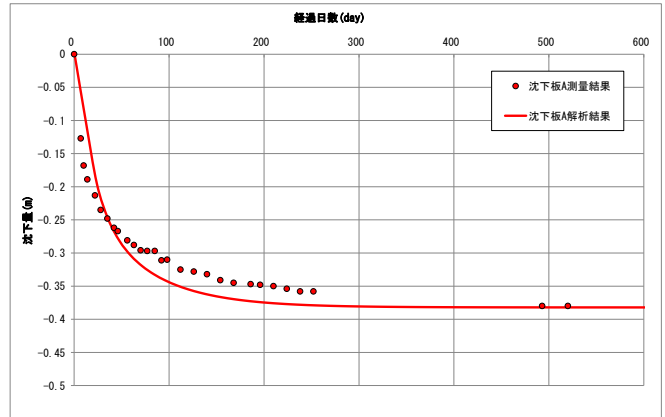


図-12 沈下解析結果(フィッティング)及び沈下板観測結果

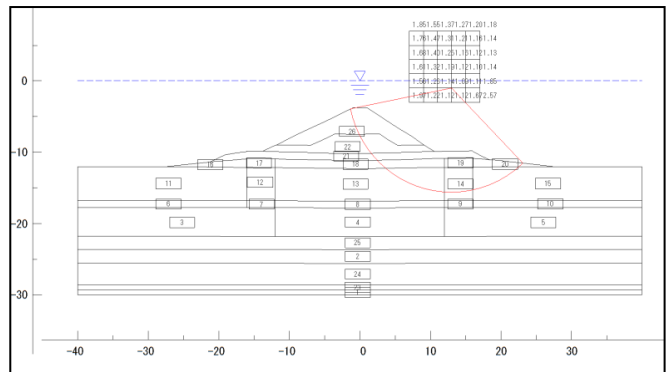


図-13 捨石2段目施工時の安定計算

5. まとめ

現在，平成26年度に潜堤2段目と残る堤体の施工を予定しており，今年度中には潜堤が概成する見込みとなっている。先に示したこれまでの検討結果を用いて，さらに精度の高い現地の施工を行っていくこととしたい。

なお，近年土砂処分場が限られていることもあり港湾事業で発生する土砂処分についてはコストがかかる傾向であり，事業を進めることが難しい部分が出ているが，今回のケースをモデルとして，これらの問題の解決に役立てられれば幸いである。

最後に，論文作成に当たり多くの関係者の方々にご指導，ご協力いただきました。ここに深く謝意を表します。