

# 防波堤開口部における整備について ～ケーソンの安定性に配慮した施工方法～

廣瀬 敦司

近畿地方整備局 和歌山港湾事務所 保全課 (〒640-8404和歌山県和歌山市湊葉種畑の坪1334)

和歌山下津港北港地区では港内の静穏度を確保するため、企業合理化促進法に基づいたエネルギー港湾制度による防波堤(1,000m)を整備中である。整備済み防波堤と既設護岸との間に位置した本防波堤の基部側は70mの開口部となっている。この開口部へのケーソン据付は不等沈下が生じないように基礎マウンド形成を行う必要がある。また、ケーソン据付時には潮流の影響を受ける恐れがあるため、ケーソンの安定性に配慮する必要がある。本稿では、防波堤基部側開口部に据付けるケーソンの安定性に配慮した施工方法に関する工夫及び既設構造物に損傷を与えないよう配慮した取り組みについて報告する。

キーワード 防波堤開口部, スリットケーソン, ケーソン安定性

## 1. はじめに

和歌山下津港は、和歌山市・海南市・有田市にまたがる港湾で、鉄鋼業、石油精製業など多数の企業が臨海部に立地し、これらの企業の原材料や製品の物流の拠点となっている。和歌山下津港のうち最も北に位置する北港地区では、公共埠頭岸壁(-10m)と関西電力(株)が建設予定のLNG火力発電所の燃料を搬入する専用施設の静穏度を確保するため、2000年から防波堤の整備を進めている。

本防波堤は-21mから-23mの大水深に延長1,000mにわたって計画されており、防波堤の天端高はC.DL+6.0m(T.P+7.1m)で和歌山下津港北港地区の第一線防波堤である。

防波堤の構造形式は周辺海域環境や経済性等を考慮し、2タイプの構造形式を採用している。

防波堤の基部側約360mについては、地元から海水交換の要望が出ていることから、防波堤としては我が国初となる透過機能がある「根入式鋼板セル」構造とし、中間部から先端部にかけての約640mは、地盤沈下に対する安定性がよく、施工実績がある「ハイブリッドスリットケーソン」構造により整備を進めている。

基部側の鋼板セル構造の防波堤と既設護岸との間は約70mの開口部となっており、その開口部へスリットケーソン3函を据付ける工事を2012年度に実施した。

本報告は、ケーソン据付工事におけるケーソン据付時の安定性確保と既設構造物への損傷防止についての取り組みを報告するものである。



図-1 和歌山下津港北港地区

## 2. 工事概要と施工位置の状況

### (1) 工事概要

本工事は、和歌山下津港北港地区防波堤の基部側において、別件工事で製作されたスリットケーソン3函を据付けるものである。据付にあたっては既設護岸の基礎マウンドの撤去、捨石による基礎工、ケーソン据付及び基礎捨石の防護となる被覆・根固工を実施するものである。

- a) 工事名：和歌山下津港北港地区防波堤(南)築造工事
- b) 工期：平成24年6月29日～平成25年1月31日
- c) 工事内容：撤去工60m, 基礎工60m, スリットケーソン(2,775t)据付3函, 被覆工66.9m, 根固ブロック据付477個

(2) ケーソン 据付現場の状況

ケーソンを据付ける施工現場は、図-2に示すとおり整備済み防波堤と既設護岸との間の開口部であり、図-2の下図に示すように防波堤と既設護岸の基礎マウンドの張り出しによりケーソンを据付ける地盤の高さが変化している。従って、新たに投入する捨石の位置によっては非常に薄い層厚となる箇所が発生する。

また、本防波堤は外洋に面していることから、開口部での潮流の速さは通常時でも20~30cm/s程度となっている。従って、据付中の海象条件によっては中止基準となる流速50cm/sに達することが想定され、潮流の影響を受けやすい現場条件である。

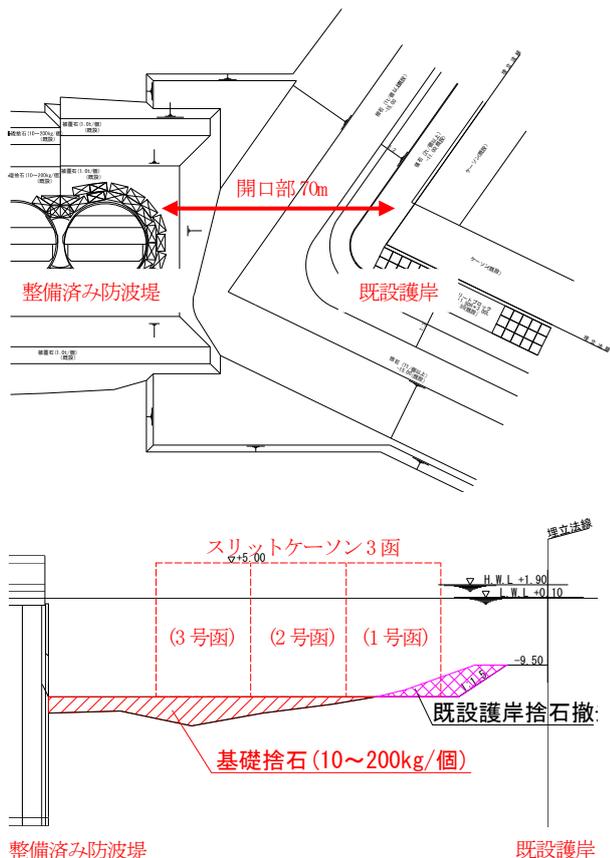


図-2 据付現場の状況(上：平面図，下：断面図)

3. ケーソンの安定確保に関する留意事項

(1) ケーソン据付後の傾きの低減

ケーソン据付時の傾きや据付後の不等沈下は供用後の防波堤の安定に大きな影響を及ぼす要因になる。そこで、ケーソンの据付にあたっては均一で堅固な基礎マウンドを構築するとともに、ケーソンの据付高さや傾きなどの諸情報をリアルタイムに管理し、高い精度によるケーソンの据付が必要となる。

ケーソン据付後の傾き低減にあたっては下記の点に留意し施工を行った。

- a) 突き固め等による均一で堅固な基礎マウンドの築造

- b) 新旧基礎マウンドの一体化
- c) ケーソン函体位置のリアルタイム管理
- d) 中詰砂の投入におけるリアルタイム管理

(2) 据付精度の向上及び既設構造物の損傷防止

潮流の影響を受けやすい施工現場では据付精度や安全性に特に留意する必要がある。海象の変化を予め予測し、ケーソン据付中の函体位置を把握することで、既設護岸や整備済み防波堤とのクリアランスを十分に確保することができる。据付精度の向上及び既設護岸等の損傷防止にあたっては下記の点に留意し施工を行った。

- a) ケーソン据付中の潮流変化への予測と対応
- b) ケーソン函体位置のリアルタイム管理

4. 施工方法の検討

ケーソンが傾く要因としては、ケーソン据付時の荷重により新旧基礎マウンドの捨石のかみ合わせに差が生じ不等沈下が発生することやケーソン据付時に傾いた状態で据付けられることが考えられる。また、潮流の影響を受けやすい施工現場ではケーソン据付時に函体が動揺し、隣接構造物と衝突し損傷を与えることが考えられる。

そこで本施工では、ケーソンの傾きの低減及びケーソン据付中の施工管理の観点から安全性と据付精度に配慮した施工方法について検討した。

(1) 突き固め等による均一で堅固な基礎マウンドの築造

基礎マウンドをより均一で堅固に締め固めるためには、基礎マウンドの個々の捨石のかみ合わせを向上させる必要がある。特に本防波堤は既設護岸等の基礎マウンドの上に新たに基礎マウンドを構築することになるため、新旧基礎マウンド境界部の捨石のかみ合わせを均一にすることがケーソンの安定につながる。そこで本施工では、より堅固な基礎マウンドを構築するため、新たに投入する捨石に対し約50 tの重錘を高さ5mから落下させ基礎マウンドの突き固めを実施(図-3)し、個々の捨石のかみ合わせの均一化を図った。また、突き固め箇所に偏りを生じさせないように突き固め箇所をモニターにマーキングし施工管理を行うこととした。

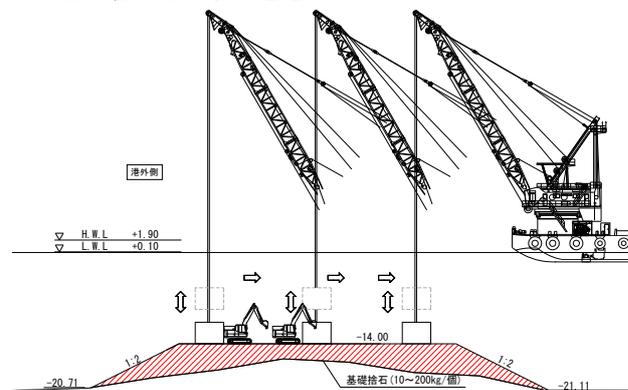


図-3 重錘を用いた捨石突き固め概要図

(2) 新旧基礎マウンドの一体化

新旧基礎マウンドそれぞれの均し面が均一な状態になることがケーソン据付時の傾きの防止につながる。そこで本施工では、新旧基礎マウンドを連続的で高い精度の均しを実施するため、新たな基礎マウンドの均しに必要な層厚を確保することに配慮し、施工を行うこととした。特にケーソン1号函直下では既設護岸の基礎マウンドが高く、均しに必要な層厚が確保できず、新たに構築する基礎マウンドの均しができない。そのため、既設護岸の捨石を予め撤去し、その後新たに捨石を投入することで均しが可能な基礎マウンドの層厚を確保することとした。既設護岸の捨石撤去にあたっては大水深であること及び潮流の影響を受けやすい現場条件であることから、水中バックホウで撤去を実施することとした。

(3) ケーソン函体位置のリアルタイム管理

ケーソンの据付にあたっては、開口部が70mと狭く潮流の影響を受けやすい現場条件であることから、据付時のケーソンの動揺防止及び既設構造物への衝突防止のために、ケーソンの挙動を正確に把握し据付けを実施する必要がある。そこで本施工では、ケーソン据付時に3次元誘導システムを活用(図-4、5)し、リアルタイムでケーソンの平面位置、高さ、傾き等を計測した。計測されたデータは、起重機船の操作室に設置されたモニターに表示され、オペレータは操作室のモニターによりケーソンの挙動を確認しながら据付作業を実施することとした。

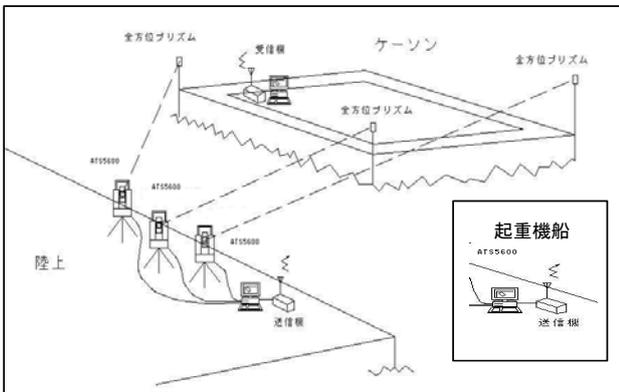


図-4 3次元誘導システム概念図

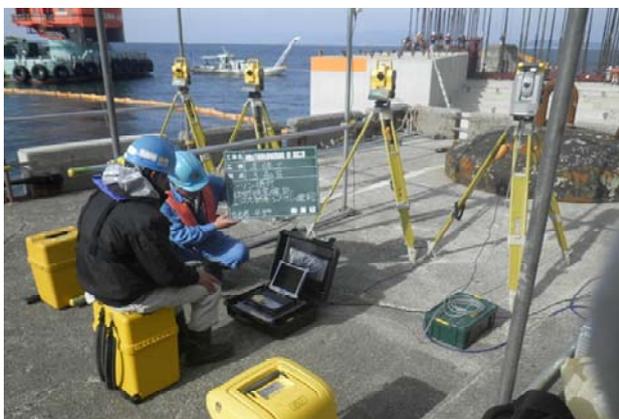


図-5 3次元誘導システムによる誘導状況

5. 施工上の工夫

(1) 突き固め等による均一で堅固な基礎マウンドの築造

本工事で使用する捨石の規格は10kg~200kgという大小様々な大きさの捨石を投入することとしており、重錐を落下させ突き固めを行うことで、捨石のかみ合わせが良くなり、新たに投入した捨石が一体化され堅固な基礎マウンドを構築することができた(図-6)。また、GPSによる施工管理システムを活用することで、高精度の基礎マウンドの高さ管理ときめ細かな施工が可能となり、無転圧箇所がなく均等に突き固めることができた。これにより、捨石のかみ合わせが均一で堅固な基礎マウンドが形成でき、ケーソンの荷重を均等に分散され、ケーソン据付後の不等沈下量を抑制することができた。



図-6 重錐による突き固め状況

(2) 新旧基礎マウンドの一体化

ケーソン1号函直下では基礎マウンドの均しに必要な層厚を確保するため、既設護岸の基礎マウンドを一部撤去した。撤去した箇所へは新たに捨石を投入し、均しのための層厚を確保することで新旧基礎マウンドの連続的な均しを実施した。新旧基礎マウンドを均一で平坦な基礎マウンドの均し面を確保することができ均し精度が向上した。これにより、新旧基礎マウンドが一体となり、据付直後の港内と港外の据付高さの差が3cmに抑えることができ、ケーソンの傾きを低減することができた。

(3) ケーソン函体位置のリアルタイム管理

通常のケーソン据付ではトランシット等を用い作業員の指示により据付誘導を行うため、起重機船で設計据付位置1m程度手前まで誘導し、押船等で位置決めを行い据付けていた。本施工では3次元誘導システムを活用することにより、ケーソンの据付状況をモニター上の数値で管理したため、据付位置の5cm付近まで起重機船で誘導(図-7)することができた。これにより、通常の施工方法では1函当りの位置決め回数が10~15回程度生じるところを、3回程度と少なくできたため、据付時間の短縮およびケーソンや基礎マウンド均し面の損傷防止に努めることができた。



図-7 ケーソン据付状況

(2) ケーソン据付後の不等沈下の状況

本施工は既設構造物の基礎マウンドと新たな基礎マウンドとに跨る位置へのケーソン据付となるため、即時沈下の状況確認と合わせて据付後の不等沈下の状況確認を実施した。

ケーソン据付後の不等沈下が最も懸念されるのが、既設護岸基礎マウンドと新たな基礎マウンドの両方に跨る1号函のケーソンであり、1号函の据付後約80日間の不等沈下の状況を図-10に示す。

ケーソン角部4点の挙動はそれぞれほぼ同様の沈下傾向を示しており、80日目における角部4点の沈下差(不等沈下量)は2.5cmとほぼ水平に沈下していることがわかる。

また、同グラフから40日目以降においては角部4点の沈下量は収束する傾向が見て取れる。以上の沈下状況から、ケーソン据付後はほぼ水平を保っており、ケーソン据付後の安定性は十分に確保できたと判断できる。

6. ケーソンの安定性確保の効果

(1) ケーソンの据付精度の確認

1号函の据付は既設のケーソンをガイドとすることができないため、据付精度の確保が困難である。しかし、本施工方法では設計据付位置との距離やケーソンの傾きなどを数値で管理しながら施工したため、図-8に示すような高い精度で施工(図-9)することができた。

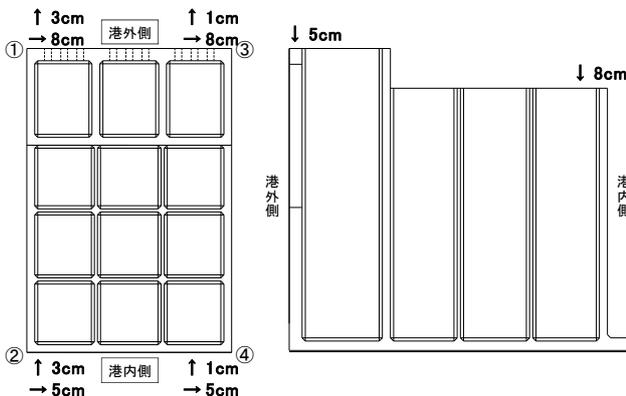


図-8 据付直後における設計据付位置とのズレ(1号函)  
(左図:平面的なズレ, 右図:据付高のズレ)



図-9 ケーソン据付後の状況

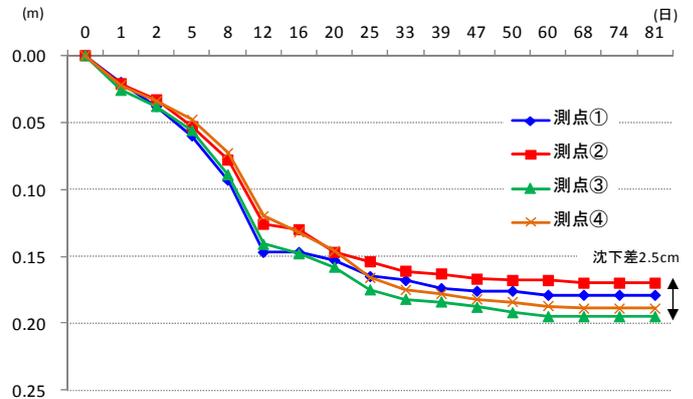


図-10 ケーソンの沈下量(1号函)

7. おわりに

今回の施工にあたっては、既設護岸の荷重により十分に締め固めされた基礎マウンドと、新たに構築する基礎マウンドの一体性を確保するとともに、潮流が速い施工現場において安全かつ高い精度でケーソンを据付けることができた。

今後の和歌山下津港では北港地区の南に位置する本港地区において、すでにケーソンが据付けられた防波堤の開口部に新たにケーソンを据付ける計画がある。本港地区の防波堤でも本据付現場と同様に既設防波堤の基礎マウンド上に新たに基礎マウンドを構築し、ケーソンを据付ける必要がある。このため、新旧基礎マウンドの一体化や堅固なマウンドの構築について工夫が必要となる。

また、本港地区の防波堤も外洋に面した第一線防波堤であり、開口部での施工は本施工と同様に潮流の流速変化により施工精度の確保が困難となることが想定される。

このような諸課題に対し、本施工で培った技術や知見を生かし、より安全でより高い施工精度の確保に寄与できれば幸いである。