

沿岸構造物：ケーソン，浮棧橋，沈埋函

Caisson, Floating Pontoon, Submerged Tunnel

広島製作所 上 平 悟*¹ 木原 一 禎*¹
 神戸造船所 嶋 田 利 一*²
 横浜製作所 宮 坂 政 司*³
 技術本部 田 村 一 美*⁴

当社では、ケーソン、浮棧橋、沈埋函（かん）など鋼のみならずコンクリートを使用した沿岸構造物の製作に取り組んでおり、これまでに高流動コンクリートの研究開発や、新係留技術の開発などを手掛けてきている。本報では、当社が施工した沿岸構造物工事の中から次の4工事につき、その概要を報告する。(1)RCハイブリッドケーソン：南本牧埋立用護岸構造物で、反射波低減スリット構造が特徴である。(2)鋼製ケーソン：出島地区埋立ての中仕切ケーソンで、SRC（鉄骨鉄筋コンクリート構造）底版構造が特徴である。(3)RCハイブリッド浮棧橋：沖縄県平良市（宮古島）で採用され、遠隔地での施工及び杭（くい）打設にJV工法（ウォータージェット併用パイロハンマ工法）を採用した点が特徴である。(4)沈埋函：当社初の沈埋函でフルサンドイッチ構造に高流動コンクリートを使用した点が特徴である。

We have developed new coastal structure technology such as high-performance concrete and new mooring for practical use floating pontoons, caissons, and submerged tunnels. This paper describes the main four coastal structures we developed in the last five years. (1) RC-hybrid caissons: RC-hybrid caissons with slits on the sea side reduce the amplitude of reflected waves and were constructed for reclaiming Minami-Honmoku in Yokohama. (2) Metal caissons: Metal caissons with a steel-frame reinforced concrete (SRC) base were constructed for reclaiming Dejima in Hiroshima. (3) RC-hybrid floating pontoon: An RC-hybrid floating pontoon was constructed in Hirara in Okinawa Prefecture (Miyakojima island). JV was applied to driving piles, at a site distant from our works. (4) submerged tunnel: High-performance concrete was applied to a full-sandwich submerged tunnel which was the first for us.

1. ケーソン

1.1 横浜市南本牧ハイブリッドケーソン

1.1.1 工事概要

本ケーソンは南本牧人工島の外周護岸となる国内最大級のRCハイブリッド構造物であり、水深40mの海底面に25m高さの捨石マウンドを構築し、その上に設置された、据付け直後に防波堤として機能し、人工島埋立て後には護岸として機能するように、ケーソン幅やフーチングの張出し寸法、重量が決められている。ケーソンの長さは25m、高さ19m、鋼材重量302t、全体重量は2820tである。

1.1.2 構造

構造形式は、8mmの鋼板を主体としたRCハイブリッド構造を主として、鋼構造、鉄筋コンクリート構造の3種の型式から成り、底面部には滑動抵抗増大マット（以下、マットと称する）が施されている。平成5年から平成8年にかけて合計16函を製作したので、その概要を報告する。

RCハイブリッド構造は、ケーソンの外壁や底版に用いられ、人工島埋立て後の土圧等に対して設計されている。鋼構造は、ケーソン内部の仕切壁を形成し、据付時の水圧に抵抗し中詰土圧を軽減させている。鉄筋コンクリート構造は、人工島前面を航行する小型船舶などへの返し波を低減する消波スリットを含めた遊水部に適用され、台風時の波浪等に耐えるよう設計されている。図1にケーソン全体像を進水状況写真で示す。

1.1.3 製作

(1) マット無反転工法

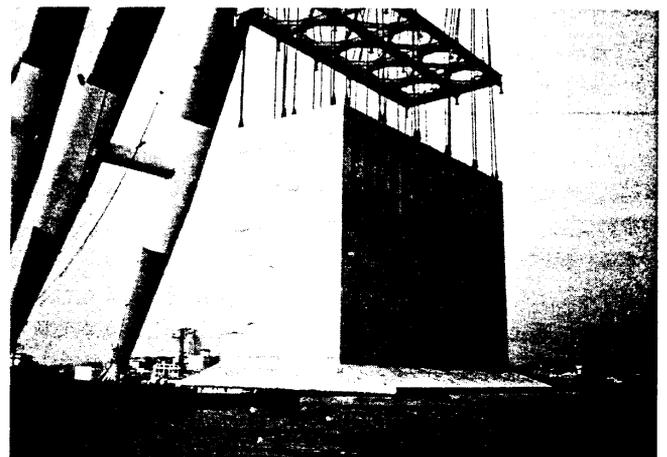


図1 ケーソン進水状況
Launching ceremony for caisson

従来、マットの施工は、分割製作した底部鋼殻ブロックを反転し、底面を上にしてマットを打設し、硬化後再反転を行う施工法が用いられていた。これに対して本ケーソンでは、あらかじめヤード定盤にマットを打設し、その上に底版ブロックを載せてボルト結合を行う無反転工法で製作した。この方法により、反転・再反転作業や高所作業をなくし、安全性の向上と工期短縮を達成した。

(2) 異形函鋼殻製作とコンクリート打設

本ケーソンは、図2に示すように消波スリットを含めた遊水部はRC構造で、複雑な形状となっている。また、本体鋼殻は、

*1 鉄構技術部橋梁設計課
*2 鉄構部営業課

*3 鉄構技術部主務
*4 広島研究所鉄構・土木研究室主務

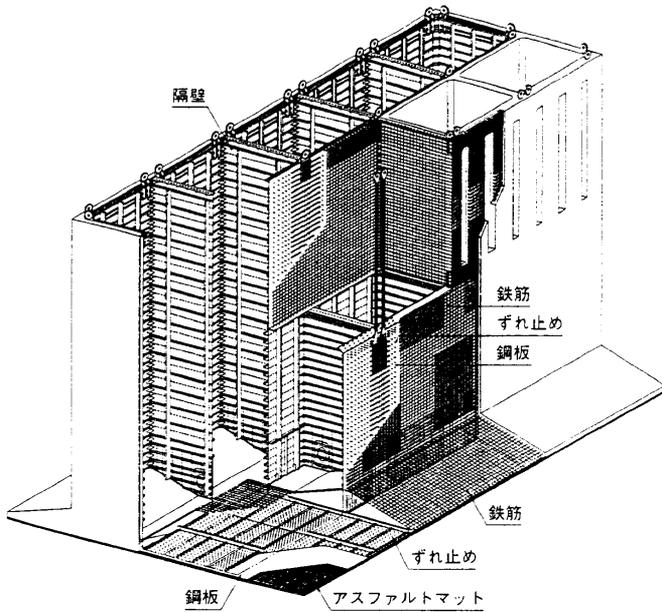


図2 RCハイブリッドケーソン構造図
Structure drawing of RC-hybrid caisson

コンクリート打設時の内型枠となるため、精度管理が重要である。そのため分割した鋼殻ブロックを接合する工程では、製品精度の向上や工期短縮を図るため、以下の4点の改善を行った。

- ① 鋼殻パネルやブロックを大型化し、誤差発生頻度を少なくした。
- ② 鉄筋の加工種低減、加工形状変更による組立効率改善を図った。
- ③ 足場工法をユニット化し、安全性向上と作業効率を改善した。
- ④ コンクリート打設回数を低減し、作業効率改善と工期短縮を図った。

(3) ケーソン移動装置

ケーソンの製作は、図1のように進水時に起重機船を用いて吊り上げるため、クレーンリーチ内の岸壁際で行う必要があった。しかし、岸壁際のヤードを効果良く運用するため、内陸部で製作したケーソンを岸壁際へ移動することとした。そのためケーソン移動装置を考案した。すなわちエアキャスタとケーソン全体を支持する大型パレットから成る装置を用い、あらかじめこれらの装置を平滑なコンクリート定盤に設置しておき、マット打設以降の製作を行った。移動時には圧縮空気を注入し浮上させ、摩擦係数が0.003程度となるようにしフォークリフト等の軽微な駆動力で移動を可能とした。

1.1.4 まとめ

RCハイブリッド大水深護岸ケーソンの先駆けとなる本製品は、南本牧人工島の重要施設であり、最終的には53函が設置される予定である。

このような大型RCハイブリッド構造物製作を通じて得られた技術を更に発展させ今後の製品に応用して行く予定である。

1.2 広島出島鋼製ケーソン

1.2.1 工事概要

鋼製ケーソンは、RCケーソンに比べ軽いため函割リピッチが大きくでき、また、底版フーチング幅を拡大し地盤反力を小さくできるので、地盤改良費の低減や工期短縮などのメリットがあるた

め、広島県出島地区埋立工事の中仕切り用ケーソンとして採用された。

本鋼製ケーソンは、主鋼殻幅5m、フーチング張出幅2.5m、長さ30~40mで、設置水深が13m以上では滑動抵抗増大マットが施されている。本報では、このケーソンの特徴として、廉価化を目指した底版構造及びドーリを用いた大型ユニットの一括組立について紹介する。

1.2.2 構造

本構造を図3に示す。上部スキンプレートとL型アングルで補強された構造である。底版部は、従来、下側鋼板にスタッドを施した合成構造が一般的であったが、SRC構造を採用し、鋼材重量を低減するとともに、スタッドを不要とし、工費低減を図っている。

1.2.3 製作

ケーソンの製作においては、5~10函の連続製作となる。このためフローティングクレーンでの荷取り可能な岸壁ヤードの使用効率を上げるため、内陸ヤードで組上げた鋼殻をドーリで運搬し定盤にあらかじめ配筋した鉄筋の上にセッティングし、組立てる工法を採用した。

図4にドーリによる運搬状況を示す。

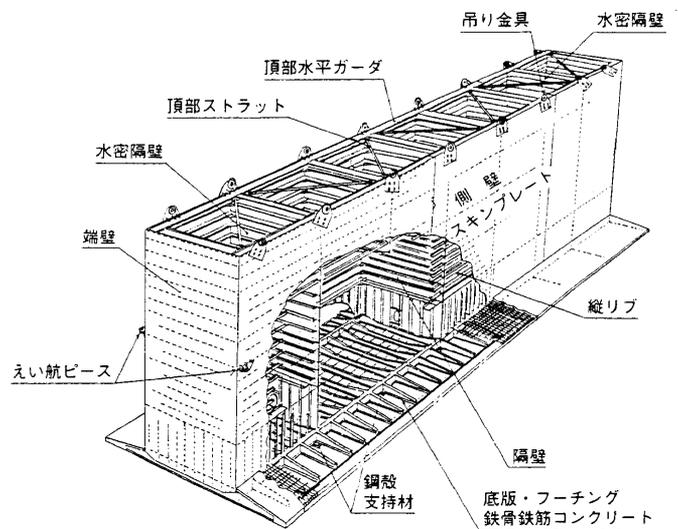


図3 鋼製ケーソン構造図
Structure drawing of metal caisson

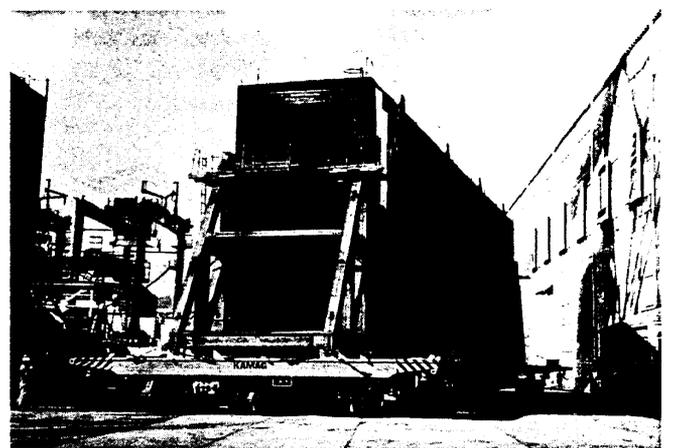


図4 ドーリによる運搬
Carrying caisson by dolly

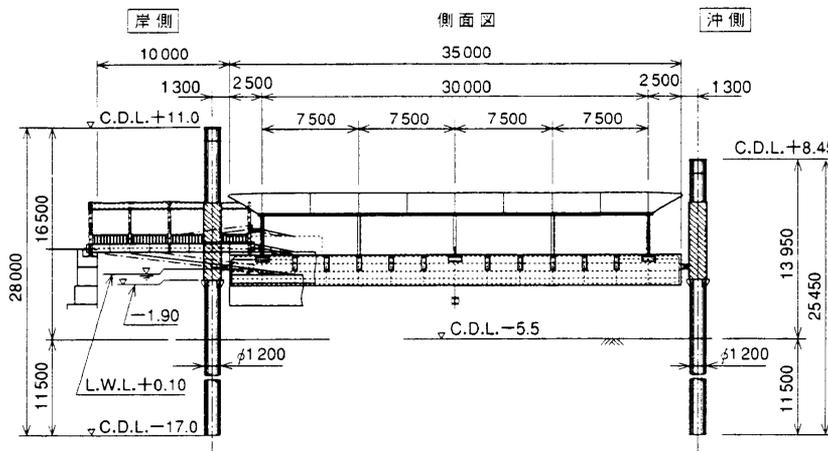


図5 浮棧橋一般図
General drawing of floating pontoon

1. 2. 4 ま と め

本出島鋼製ケーソンは、平成8年度より、平成12年度にかけて計画函数84函がすべて中仕切りとして設置される見込である。また、外周護岸としてRCハイブリッドケーソンも計画されている。今後、この鋼製ケーソンの製作技術を活用していく所存である。

2. 沖縄県平良港浮棧橋

2. 1 工 事 概 要

本工事は、沖縄県平良港と対岸の伊良部島の離島航路船舶からの乗降施設として建設された浮棧橋であり、長さ35m、幅10mで同時に2隻の船舶が係留可能である。

係留は、水深が浅く干満差が大きい海域に多く採用されている杭式である。

本棧橋の一般図を図5に、主要諸元を表1に示す。

2. 2 構 造

構造形式は、RCハイブリッド構造で、床版140mm、底板160mm、側壁140mmの版厚を有している。

設計条件は、内海条件としてこのクラスの浮棧橋では非常に過酷な有義波高0.9m、有義波周期12.3sであり、係留装置に国内最大級の35tダブルローラ付クッションローラを棧橋短手方向に8基、長手方向に4基配置している。

また、係留杭としては、宮古島では過去施工例のないφ1200の鋼管杭が使用されている。

上部屋根は、東京ドームなどに使用実績があり耐久性、造作に優れたA種膜材を使用した近代的なデザインとしている。

2. 3 製 作

本棧橋の設置場所は遠隔地である離島のため、製作機材の能力

表1 浮棧橋主要諸元

Main data of floating pontoon

用 途	離島高速船用浮棧橋
本体寸法	長さ35×幅10×高さ2.5m、乾舷1.1m
構造形式	RCハイブリッド
係留形式	杭式
上載荷重	群集荷重0.5kgf/m ² 、T-8荷重
付帯設備	屋根（A種膜構造）、照明
連絡橋	中路式鋼床版鉄桁（けた）（長さ10×幅4m）

を考慮し、当社広島製作所で鋼殻を製作、バージで輸送し、現地にてフローティングクレーン2隻の合い吊り進水後、フローティングドックですくい上げ、ドック内でコンクリート打設を行い、再度進水を行い据付を行った。えい航から進水までの施工フローを図6に示す。

2. 4 杭 施 工

本係留杭は、沖縄特有の琉球石灰岩層（N値 30~50）に10m程度根入れする必要があった。そのため、ウォータージェットカッタと偏心モーメント25000kg・cmを有する大型パイプロハンマ併用工法を採用し杭打設を行った。この工法は、導杭を使用するため、打設精度が極めて良く本工事でも打設誤差3cm以内で施工することができた。

2. 5 ま と め

本工事により製作~現地据付~完成までの難しい遠隔地でのRCハイブリッド浮棧橋の施工法を確立した。

本浮棧橋は、平成11年4月より離島航路の重要な港湾施設として供用されている。

施工フロー図

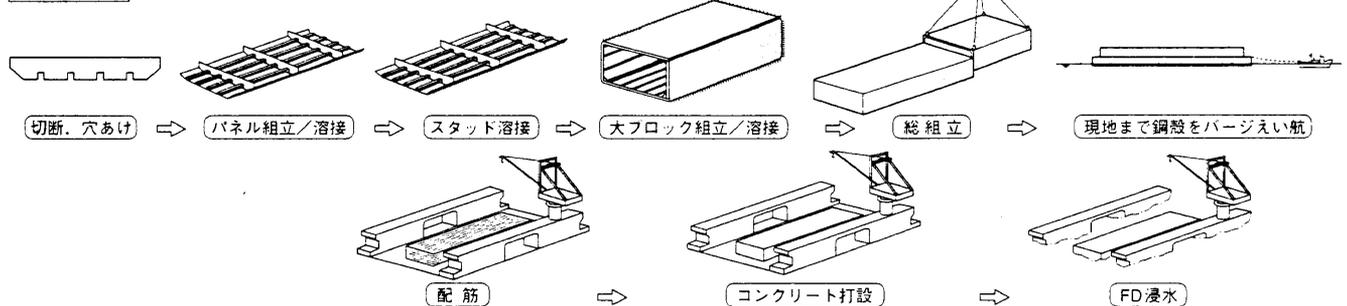


図6 浮棧橋施工フロー図
Figure of structure method of floating pontoon

表2 沈埋函各部位の構造形式
Structure of section of submerged tunnel

部位	上床版・側壁・隔壁・中壁	下床版
構造形式	フルサンドイッチ構造	オープンサンドイッチ構造
構造概要		
鋼板の役割	部材・型枠・防水	

3. 神戸港島沈埋函

3.1 工事概要

神戸港島トンネルは、市街地と海上都市ポートアイランドを結ぶ、往復分離6車線、延長約1.8kmの道路トンネルで、防災面を含めたポートアイランドの利用の進展及びポートアイランド第2期の整備の進捗に伴い、唯一連結、接続されている神戸大橋に続く新たな交通ネットワークの一環として整備されるものである。

沈埋函は、船舶の航行への影響等から海中部（延長約520m、全6函）に採用され、1函の寸法は長さ約90m、幅約35m、高さ約9mである。

沈埋函の構造形式は中壁、隔壁も含めた鋼コンクリート合成構造（フルサンドイッチ構造）である。

3.2 構造

沈埋函各部位の構造形式は表2に示すとおりである。

フルサンドイッチ構造とは、上下鋼板及び函軸方向及び函軸直角方向に約3m間隔で配置したせん断補強鋼板から成る鋼殻構造と鋼殻内部に充てんされた無筋コンクリートが一体化して、曲げモーメント・軸力・せん断力に抵抗する構造であり、鋼殻を構成する各鋼板は鉄筋の替りとしての引張補強材やコンクリートの型枠・防水膜といった役割も兼ねる。

3.3 製作

鋼殻は各部位ごとにブロック分割され、工場にて製作後、海上輸送で大組立用ドックに搬入し、各ブロックの溶接組立、軋（ぎ）装品取付け及び下床版コンクリートの配筋、型枠組立を行った。

鋼殻大組立終了後、コンクリート打設用ドックに移動し、下床版コンクリート、高流動コンクリート及び保護コンクリートの打設と上床版上面の軋装品取付け等を行った。

全体施工フローを図7に示す。

3.4 まとめ

本工事では、経済性・施工性に優れたフルサンドイッチ構造が採用された。そのため、これまでの沈埋函製作工事とは異なった新たな試みが取入れられ、約13箇月の短期間で、所定の要求品質を高いレベルで満足し、無事故で工事をしゅん工することができ

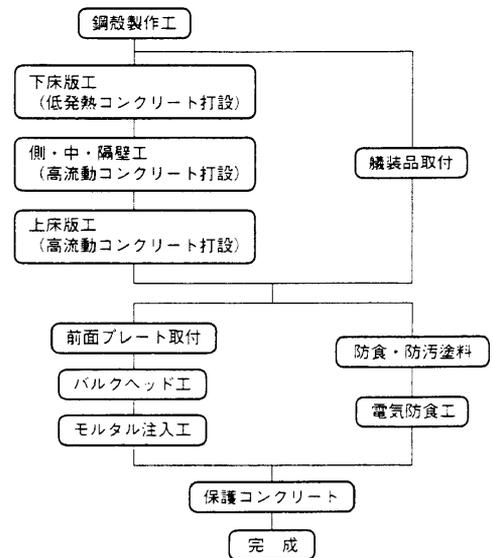


図7 沈埋函施工フロー図
Figure of structure method of submerged tunnel

た。今後も本工事の経験を生かし、鋼殻製作及び高流動コンクリート施工技術において、更なる進展を図っていく予定である。

4. おわりに

沿岸構造物は、風、地盤、波浪等を考慮し、適切な構造を選定するなど陸上構造物とは異った観点での配慮が必要である。

またコスト低減のため、より一層の構造改善や施工改善も必要となっている。

今後も人工島などの沖合展開、外海に対応した沿岸構造物などの計画が予想されるが、これらに対応していくためには、経験と実績をベースに沿岸構造物としての視点で新しい技術の開発に取り組むことが重要であり、一層の努力を重ねていく所存である。

最後にこれらの工事の遂行に当り、適切な助言を頂いた各工事の客先である横浜市、広島県広島港湾振興局、平良市、運輸省第三港湾建設局の関係各位に深謝いたします。