

大型ケーソンの海上浮遊接合実験

運輸省第二港湾建設局 横浜調査設計事務所 正会員○深海 正彦
 正会員 北沢 壮介
 太田 耕栄
 運輸省第二港湾建設局 小名浜港工事事務所 正会員 小島 朗史
 佐藤 勝
 阿保 克郎

1. はじめに

近年、港湾の外港展開への要請により、防波堤設置位置の大水深化、波浪条件の苛酷化が進行している。また、軟弱地盤上での防波堤建設工事も増加している。このような設計条件の苛酷化に対し、ケーソン形状で対応した場合、防波堤の滑動、転倒安定性を確保するためには、防波堤本体となるケーソンの大型化が必要とされる。

小名浜港の沖防波堤においても、上記の理由によりケーソンが大型化しているほか、すべり破壊防止のために幅の広い基礎捨石マウンドが必要とされ、工費の高いものとなっている。そこで、その対応策として、台形型のケーソンが提案された。台形ケーソンは、作用する波力の一部を鉛直下向きに利用できることから、従来型の矩形ケーソンに比べ、滑動、転倒安定上有利であるほか、接地圧が小さいことからすべり破壊に対しても有利であり、基礎捨石マウンド幅の縮小による工費削減も期待できる構造形式である。

しかし、当該ケーソンは従来型の矩形ケーソンより底面幅が広く、既存のケーソンヤードの大きさの制約から製作は不可能であった。この問題の解決策として提案されたのが、半断面のケーソンを二函製作し、一函ずつ海上に引出した後、浮遊状態にある二函を接合し、P C 鋼線を用いて緊結することにより一函の大型台形ケーソンとする過去に実施例のない「大型ケーソン海上浮遊接合法」である。

本報告は、当該工法の本施工に先立ち、施工技術の確立と二函接合部における一体性の確認を目的として実施された現地実物大実験の結果を報告するものである。

2. 実験の概要

実験全体の流れを図-2に示す。

実験は大きく二つの段階に分れ、各々の段階における試験を「接合試験」および「載荷試験」とした。各々の試験の概略内容と目的は以下の通りである。

第一段階の「接合試験」は、二函別々に浮遊した状態のケーソンが、ウインチと引き寄せジャッキにより一体化され、P C 鋼線により緊結されるまでであり、主に引き寄せ接合時の施工性の確認と引き寄せジャッキ等付帯設備の問題点の抽出を目的としている。

第二段階の「載荷試験」は、ケーソン接合後、一体化したケーソンの接合面に強制的に断面力を発生させ、その際の挙動観測を行うことにより、二函一体性の確認を行うことを目的としている。

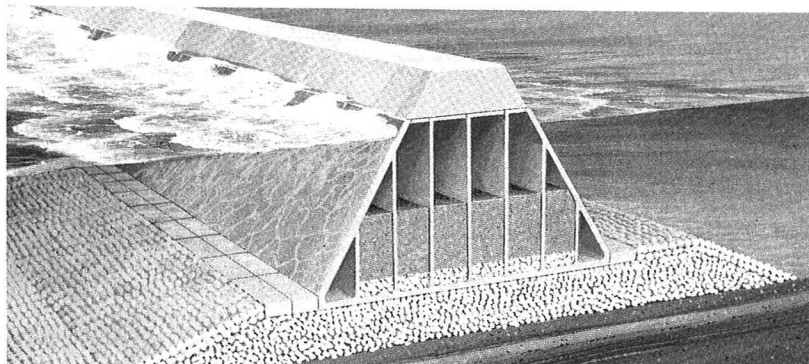


図-1 “台形ケーソン”イメージパース

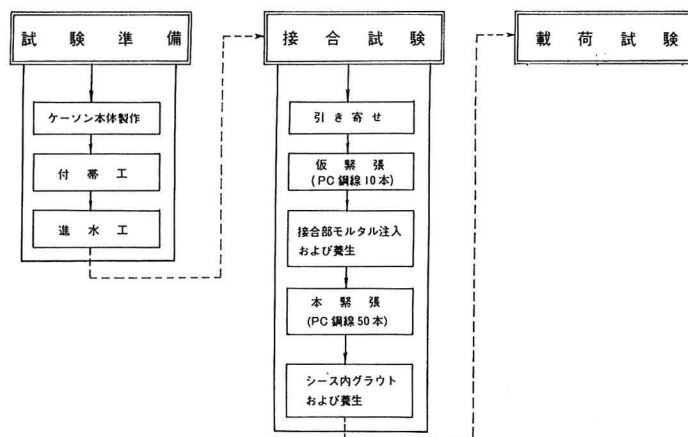


図-2 実験全体の流れ

3. 実験函の形状寸法

今回の実験では、当該工法確立に向けての第一ステップということもあり、将来採用される台形ケーソンではなく、現在沖防波堤に使用されている矩形ケーソンを用いて行った。このケーソンの寸法は、L14.0m×B24.0m×H12.5m、重量2,100tfである。また、上述の載荷試験時に接合部付近に発生するひずみや変位等の観測を目的として各種の計器を配置した。実験函の詳細な形状寸法ならびに接合用PC鋼線の配置と接合部ガスケットの形状を図-3に、計器の配置を図-4に示す。また、配置した計器の詳細は表-1の通りである。

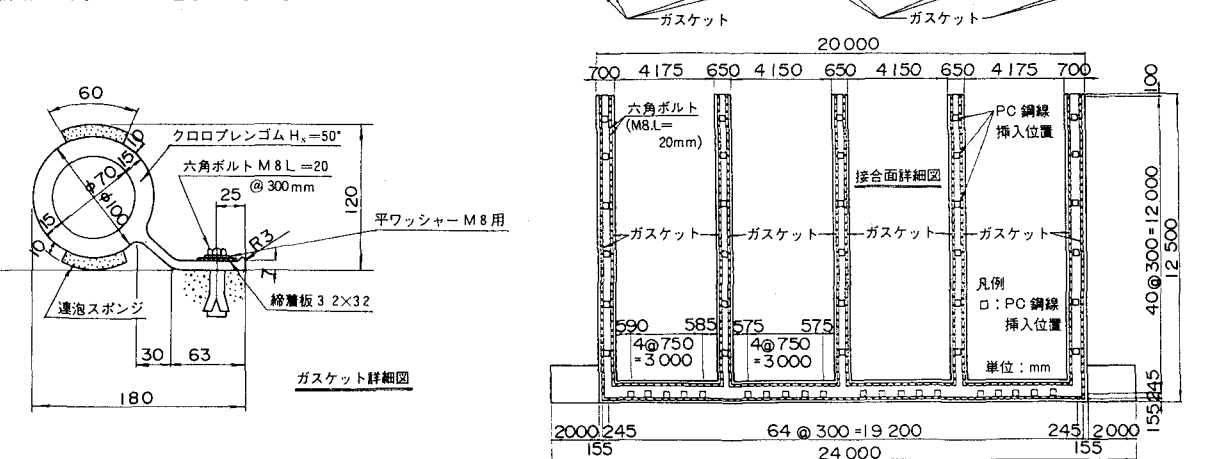


図-3 実験函の形状寸法

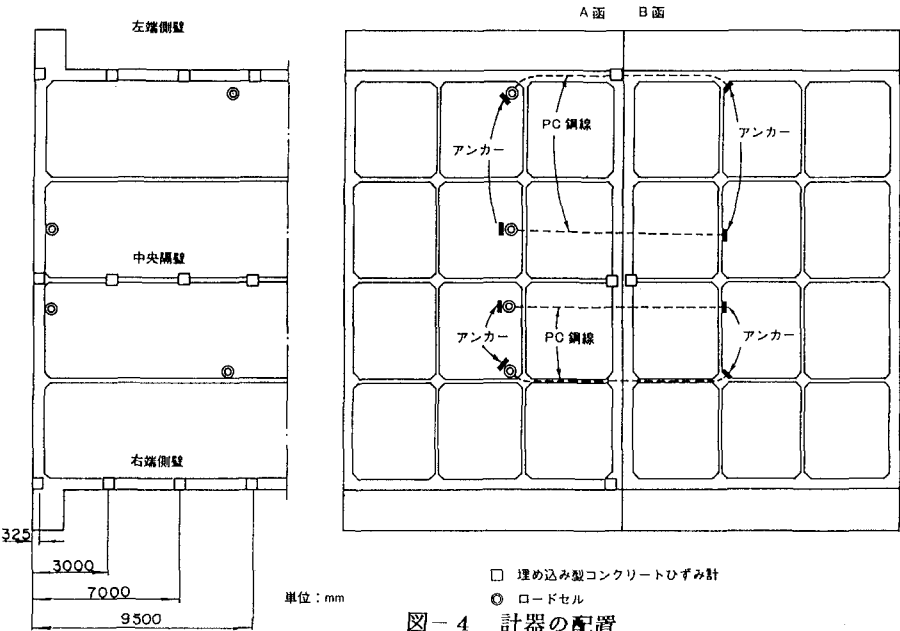


図-4 計器の配置

表-1 使用計器

計 器 名	計 測 内 容	規 格
埋め込み型コンクリートひずみ計	コンクリート内部に発生するひずみ	容量±5000×10 ⁻⁴ , 測温機能付き 見かけの弾性係数: 約10000 kgf/cm ²
ロ ー ド セ ル	PC 鋼線の緊張力	センターホール型 容 量 30 tf

4. 接合試験

4. 1 試験施工手順

ケーソン引出しから、引き寄せジャッキ等により二函密着させるまでの試験施工の手順を以下に示す。

図-5が一連の作業の流れを示すものであり、この中の最終手順の詳細を示したものが図-6である。

これらの作業終了後、予めケーソン側壁、隔壁、底版に設置してあるシース管にP C鋼線を挿入し、仮緊張（10本, 10tf/本）を行うことにより、二函の一体性を概ね確保した。その後、接合部のガスケットに囲まれた櫛歯状の空隙（図-3参照）にモルタルを充填養生し、剛性の高い櫛歯状の接合面を形成した後、P C鋼線の本緊張（50本, 20tf/本）を行い、最終的な二函の一体化を図った。

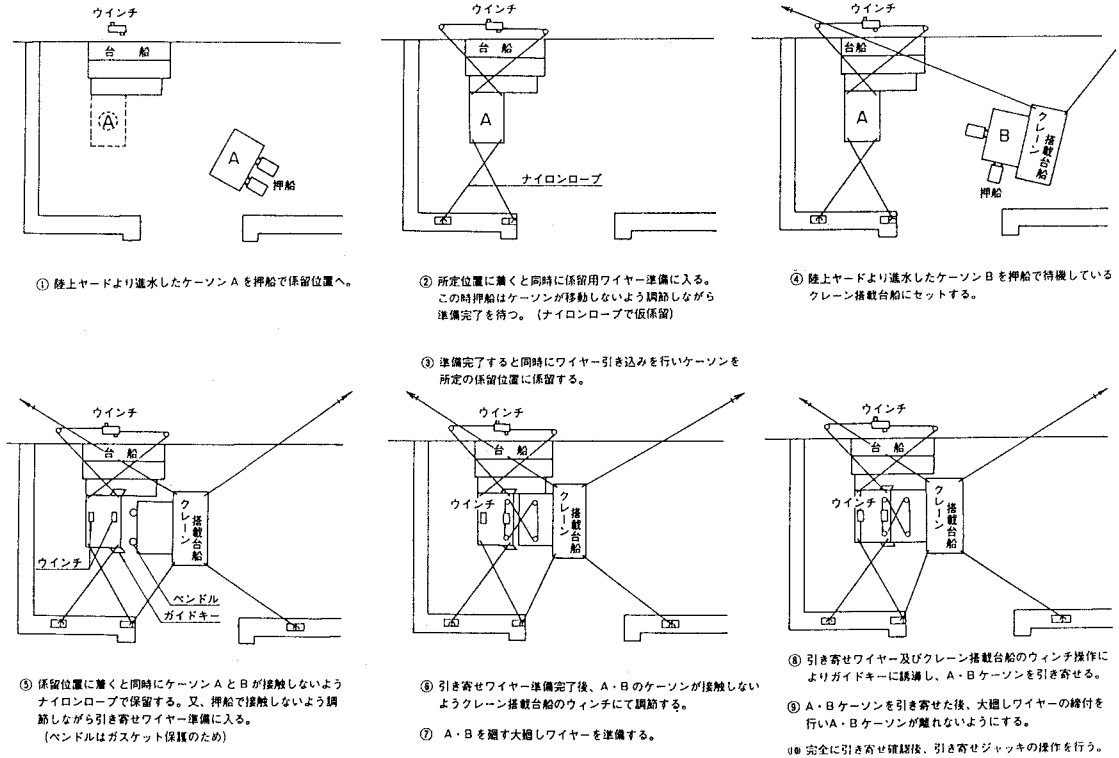


図-5 接合試験の流れ

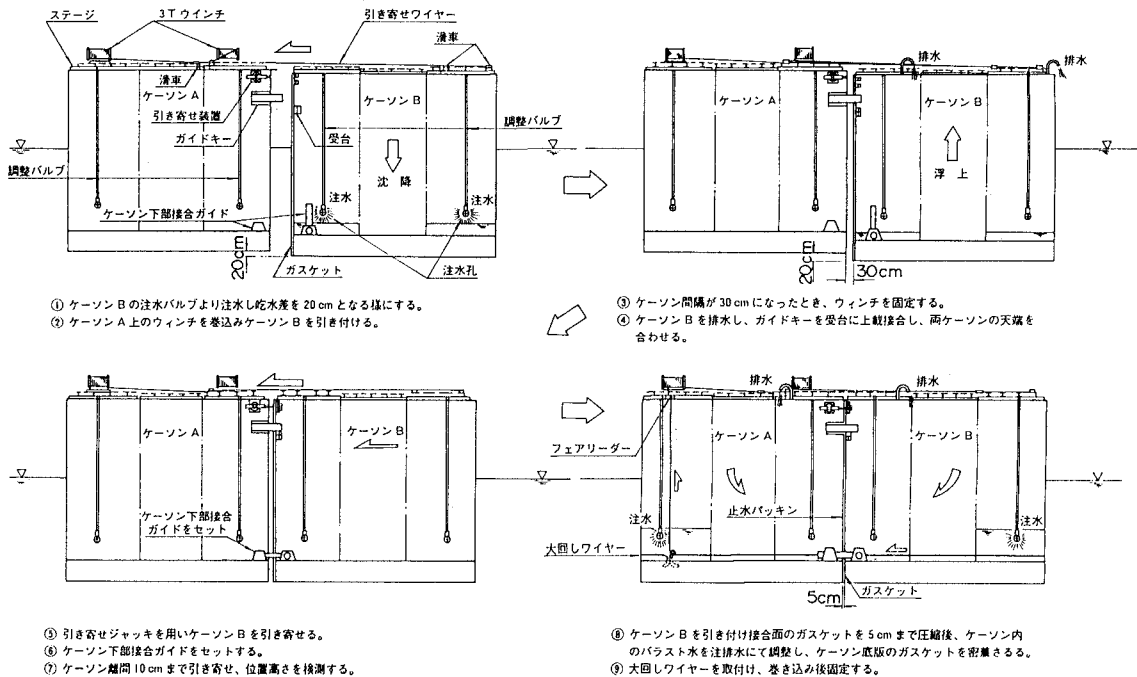


図-6 最終接合作業の詳細

4. 2 結果と考察

接合試験当日の波浪条件は $H_{1/3}=15\text{cm}$ 、 $T_{1/3}=7\text{sec}$ 程度と比較的静穏であったが、周期がやや大きかったためか、ケーソンの動揺は接合前で $20\text{cm}\sim 30\text{cm}$ であった。この為、単独浮遊時における二函の上下方向相対変位量は最大で 60cm 程度であったが、ウインチによる引き寄せ作業が開始されると、さらに回転（ピッチング）が促進され、動揺の形態が複雑になると同時に、接合面の相対変位量の最大値も、やや大きくなる傾向があった（写真－1 参照）。

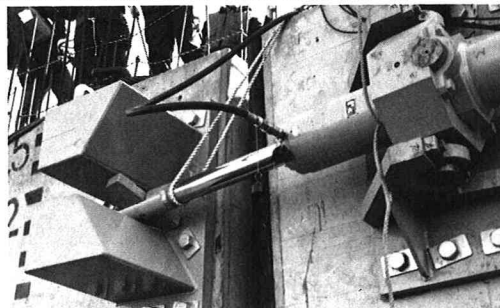
以上のような動揺状態のなかでの接合作業ではあったが、図－6 に示したような手順に従い、ケーソンへの注排水による喫水調整と、ガイドキーの利用により、徐々に両ケーソンの動揺の位相を一致させ、相対変位量を小さく押えることができた。従って、今回採用した接合手順の有効性が確認できたものと考えられる。

ただし、二函密着作業の最終段階において、引き寄せジャッキを用いた作業が行われたが、その際、ケーソンのピッチング等起因するジャッキピストン部への応力集中の危惧と、若干の作業性の悪さが指摘された。今後これらの点に対する検討の余地が残されたものと考えられる（写真－2 参照）。

また、P C 鋼線の緊張作業は、緊張ジャッキの指示値と鋼線の伸び量により管理した。その際、4 本の P C 鋼線において、ロードセルにより実際に導入された緊張力を計測した結果、所要の値が確認できた。



写真－1 試験時のケーソン動揺状況



写真－2 試験時の引き寄せジャッキの状況

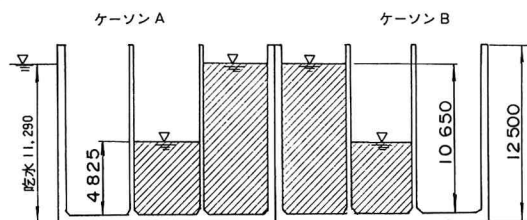
5. 載荷試験

5. 1 試験方法

接合したケーソンを浮遊状態に保ち、中央部隔室に注水することによって、接合部に正の曲げモーメントを発生させ、その際接合面付近に発生するコンクリートのひずみを計測する。注水の状況は図－7 に示す通りであり計算上、二函が一体性を保つ状態である。なお計測の初期状態は無注水の状態とした。

5. 2 試験結果

目視によれば、モーメント作用時に接合面の開きはなく、一体として挙動していることが認められた。また、載荷時におけるひずみ発生量は、図－8 のとおりである。図中○印が実測値、点線が二函一体であることを仮定した場合の計算値である。この結果によれば、ケーソン底面から3 m の位置のひずみゲージが、若干大きめの値を示しているものの、傾向としては、実測値と計算値は一致しており、ひずみ実測値からも、二函の一体性が概ね認められたものと思われる。



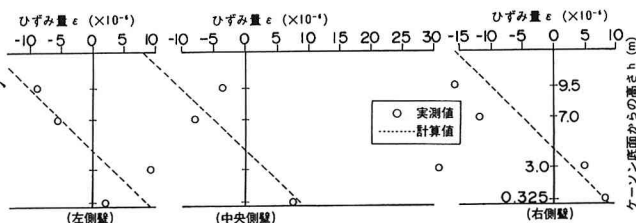
単位：mm

6. まとめ

今回の現地実験により、1 函 2,100tf という大型ケーソンの海上浮遊接合でも、日常の作業として十分対応可能であることが確認でき、本施工に向けての前進が見られたものと思われる。

今後は、台形ケーソンを用いた本工事に向けて、ケーソン引き寄せジャッキ等の改良、施工手順の確立、工期の短縮化などさらに洗練された工法とするための課題を検討すると同時に、本実験で用いた矩形ケーソンと本工事で用いる台形ケーソンの違いに起因して発生するであろう数々の問題点の抽出、検討を進めていく予定である。

図－7 載荷試験時の載荷（注水）状況



図－8 載荷試験時のひずみ発生量