

付録

港湾工事の施工事例紹介

浮体関連の事例

- (浮体事例 1) 防波堤築造工事 ～ハイブリッドケーソンの長距離運搬～
- (浮体事例 2) 臨海道路橋梁上部築造工事
～台船運搬時の波浪による橋梁上部工の破損～
- (浮体事例 3) 臨港道路航路部下部工事 ～鋼殻ケーソンの安全な長距離運搬～
- (浮体事例 4) 係留施設築造他工事
～大型台船からの引き出し時の栈橋転覆～
- (浮体事例 5) トンネル沈埋部沈設等工事
～主要航路内での沈埋函の施工における安全対策～
- (浮体事例 6) 岸壁(-14m) 築造工事 ～ジャケットの運搬・据付時の計測施工の活用～

架設関連の事例

- (架設事例 1) 臨海道路橋梁上部築造工事 ～トラスブロックの架設～
- (架設事例 2) ケーソン据付 ～既設構造物と隣接する箇所のケーソンの据付～
- (架設事例 3) 岸壁(-16m) 栈橋築造工事 ～ジャケットの運搬・据付～
- (架設事例 4) 道路橋梁部 ～橋梁上部工の吊り曳航～
- (架設事例 5) 岸壁(-15m) (耐震) (改良) 鋼板セル及びアーク製作工事
～鋼板セルの転倒～

土留・基礎工関連の事例

- (土留・基礎工事例 1) 橋梁下部工事 ～井筒矢板の圧壊～
- (土留・基礎工事例 2) トンネルアプローチ部工事
～基礎杭の変形による安全性検討～
- (土留・基礎工事例 3) 道路トンネル左岸立坑仮設土留工事
～大規模・大深度仮設土留～
- (土留・基礎工事例 4) トンネルアプローチ部工事 ～長尺土留鋼管矢板の変形～
- (土留・基礎工事例 5) 堤防(改良) 本体及び防護矢板設置工事
～海岸防護上必要な仮設の二重矢板構造(指定仮設)～
- (土留・基礎工事例 6) 水門仮締切等工事 ～近接施工に配慮した鋼矢板の施工～
- (土留・基礎工事例 7) 鋼板セル式防波堤 ～施工途中のトラブル対応～

浮体関連事例

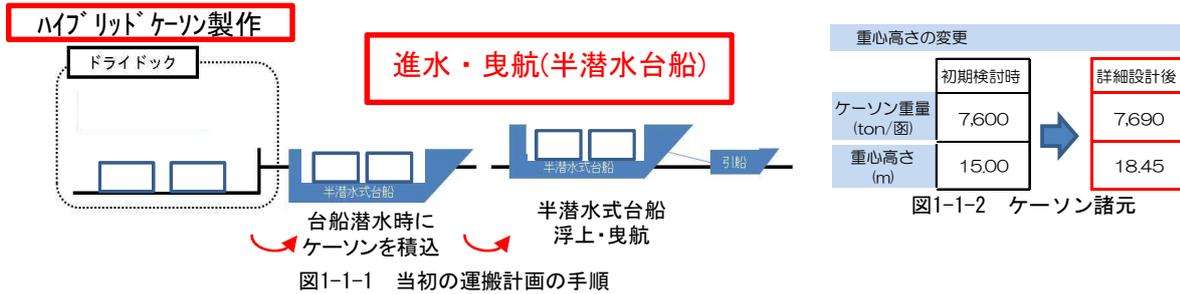
(浮体事例1) 防波堤築造工事 ～ハイブリッドケーソンの長距離運搬～

【概要】

防波堤の災害復旧工事において、早期に防波堤を復旧するために、延長50mのハイブリッドケーソンが計画された。

ハイブリッドケーソンは、専用のドライドックで製作されるが、対象地までの距離が遠い問題があった。さらに、数日を要する長距離運搬では、通常の浮遊曳航を行うと天候の変化を受けやすく、安全にケーソンを運搬するために、半潜水式台船によるハイブリッドケーソン(L=50m/函、2函)の運搬が計画された。

ハイブリッドケーソンを半潜水式台船に同時に2函積載し浮上したところ、浮上途中で半潜水式台船が右舷側に傾斜したため、浮上を断念した。



【課題】

当初検討時は、災害復旧の急速施工に対応するため、ケーソンの詳細な設計が未完了であった。浮上時の安定は、ケーソン積載時の重心位置で船底から15mであった。しかし、実際の施工では、スリット部材の重量増加、止水蓋・ポンプ等の付属品による重量が増加した。そのため、施工時の台船の傾斜を踏まえて、重心位置を照査したところ船底から18.45mに変更となった。

これによりメタセンター(M)より全体の重心(G)が上になる事で、復元力がなくなる状態となる。浮心Bが偏心してバランスを崩すことにより船体が傾斜する。

【対応及び解決方法】

<浮上時の検討の実施>

I. 台船を潜水～浮上させて貨物を積載する時の(チェック事項)

- ①積載貨物の重量
- ②貨物の形状による積載位置の検討(平面配置計画)
- ③浮上時の安定検討(貨物と台船を一体としてM、G、Bの関係)

II. 2函同時に積載できなくなった経緯

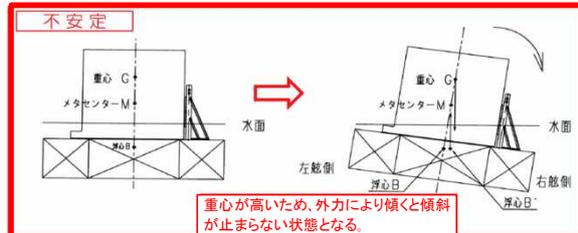
ケーソンを回航するための台船選定においてIの検討事項を実施。検討条件は、下記ケーソン諸元「初期検討時」が提示された。

<検討結果>

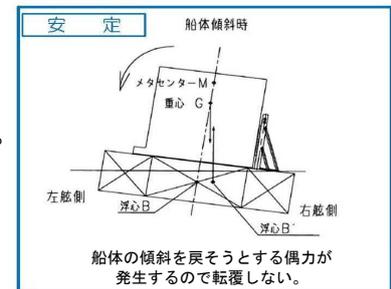
- ① $7,600 \times 2 = 15,200\text{ton} < 24,000\text{t積}$: OK
- ②台船フローター位置の改造等の検討が必要である
- ③最も不安定となる吃水10.5mで検討(デッキ先端が水面に出るとき)

<詳細(実施)設計後の検討結果>

- ①、②: OK
- ③重心高さが、18.45mと初期検討時より大きくなるためGoMの再計算を実施。結果(赤線)は、吃水12mで不安定となる。(浮上不可)



重心が高いため、外力により傾くと傾斜が止まらない状態となる。



船体の傾斜を戻そうとする偶力が発生するので転覆しない。

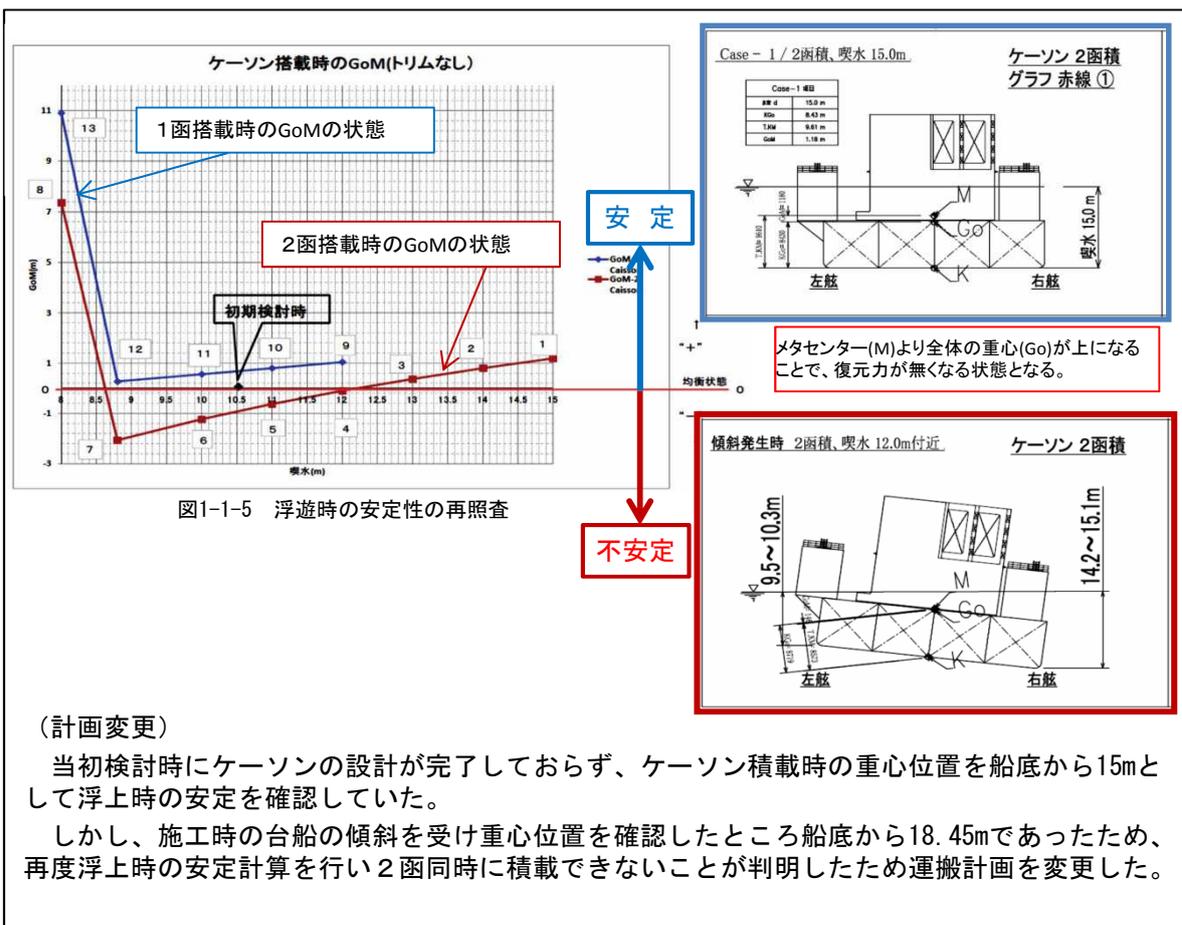


図1-1-5 浮遊時の安定性の再照査

(計画変更)

当初検討時にケーソンの設計が完了しておらず、ケーソン積載時の重心位置を船底から15mとして浮上時の安定を確認していた。

しかし、施工時の台船の傾斜を受け重心位置を確認したところ船底から18.45mであったため、再度浮上時の安定計算を行い2 函同時に積載できないことが判明したため運搬計画を変更した。

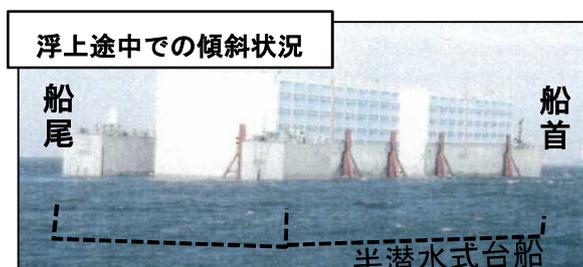


図1-1-6 運搬計画の変更

【再発防止対策】

- 設計時の再発防止対策
スリット部材の重量増加、止水蓋・ポンプ等の付属品による重量増加に配慮した安定性の照査を実施する。大型の半潜水式台船の場合、浮上時の安定性の照査を行う。
- 施工時の再発防止対策
設計で設定された重量と異なる場合は、施工段階で、再度、浮遊時の検討を行い安全性の確認を行う。特に、浮上途中に不安定になる可能性がある。

【留意事項】

- 浮体に関しては、その重量変化に十分留意が必要である。
- 浮体安定性の検討を行う場合、該当浮体の他運搬台船も含めた安全性の検証が必要である。

(浮体事例2) 臨海道路橋梁上部築造工事

～台船運搬時の波浪による橋梁上部工の破損～

【概要】

関西地方の工場で製作した中央径間トラスブロック（2800t）を大型台船に搭載し、関東地方まで長距離の海上輸送を行った。

トラス桁は台船より長く、22.5mオーバーハングした状態で輸送されるため、桁輸送作業の中止基準である有義波高2m（最大波高4m）を想定した動揺解析を行い、桁と海面が接触しない積付け高さとする事で運搬中の安全が確保できるものとして、輸送計画を作成した。

運搬当日は、途中の地点で、荒天から天候が回復しているという天気予報から運航を行ったが、西からの強風の影響で運航速度が上がったために、予定より早く荒天地に遭遇した。このとき、運搬中の目視観測では、有義波高は2mを若干超えていたものの、天候は回復傾向にあり、引き返すよりも運搬先に向かうことが安全であると判断し、航行を続行した。

台船が到着した際に塗装割れが多数確認されたため、損傷調査（溶接部の内部傷を対象に超音波探傷試験の非破壊調査、溶接部のきずの有無について磁粉探傷試験）を行った結果、下横リブと下フランジの溶接部及び下横リブと縦リブの溶接部にき裂が発見された。

FEM解析を行い、桁の補修範囲を決定し、19.5mの範囲の部材を再作成して、補修を行った。

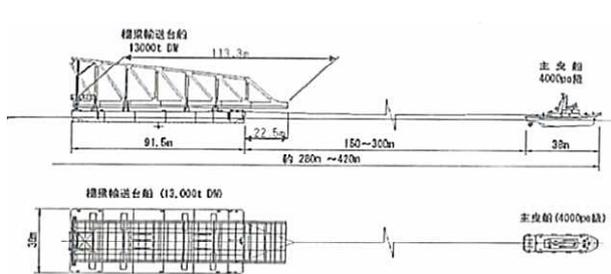


図1-2-1 曳航姿図(港外)

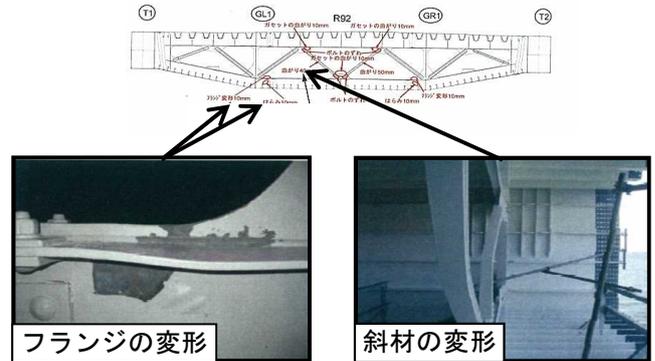


図1-2-2 変状の状況写真

【課題】

22.5mのオーバーハングの長さは、「鋼橋海上(水上)仮設工事マニュアル」に示されているオーバーハング量の目安の0.2L（ $\Rightarrow 0.2 \times 113.3\text{m} = 22.66\text{m}$ ）以下であり、基準は満足していた。

さらに、輸送計画で、有義波高2m（最大波高4m）としたところ、予期しない荒天（有義波高3m、最高波高5～6m）に遭遇したため、想定以上の揚圧力により損傷した。

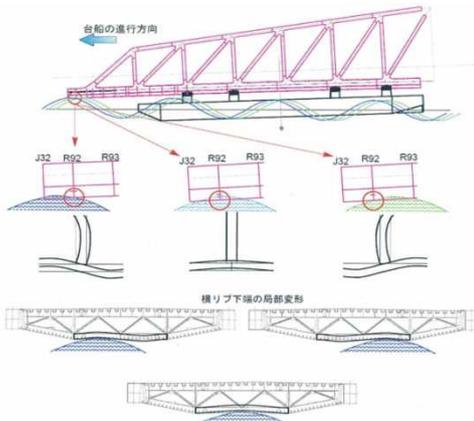


図1-2-3 波とトラスブロックの衝突イメージ

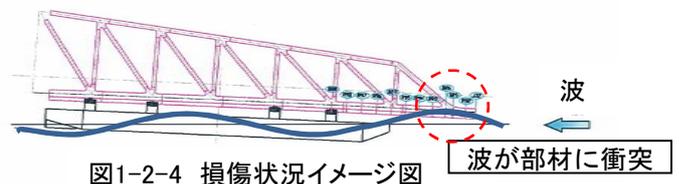


図1-2-4 損傷状況イメージ図

海域区分	オーバーハング量	
	前方・後方	幅方向
平水域	0.3L以下	0
沿海(外海)域	0.2L以下	0

図1-2-5 オーバーハング量の目安
「鋼橋海上(水上)仮設工事マニュアル」P.2-23

【対応及び解決方法】

損傷範囲に対して、FEM解析によりトラスの損傷箇所及び損傷度合いを分析し、支点部の19.5mの部材の取替え工事を実施した。

桁の補修は、以下の手順で進められた。

- ①取替え部材の製作
- ②撤去桁仮設材
(仮設桁、セッティングビーム等) 設置
- ③撤去桁のジョイント切断
- ④起重機船による撤去桁撤去
- ⑤撤去桁運搬
- ⑥新設桁運搬
- ⑦新設桁仮設
- ⑧新設桁ボルト締付け・塗装・仮設材撤去

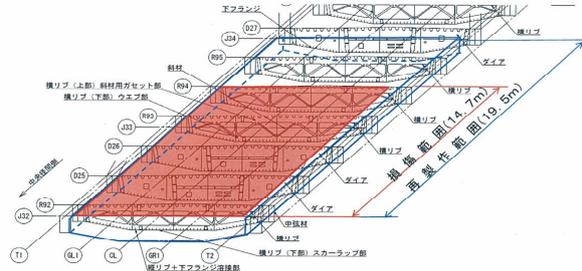


図1-2-6 損傷範囲と再製作範囲

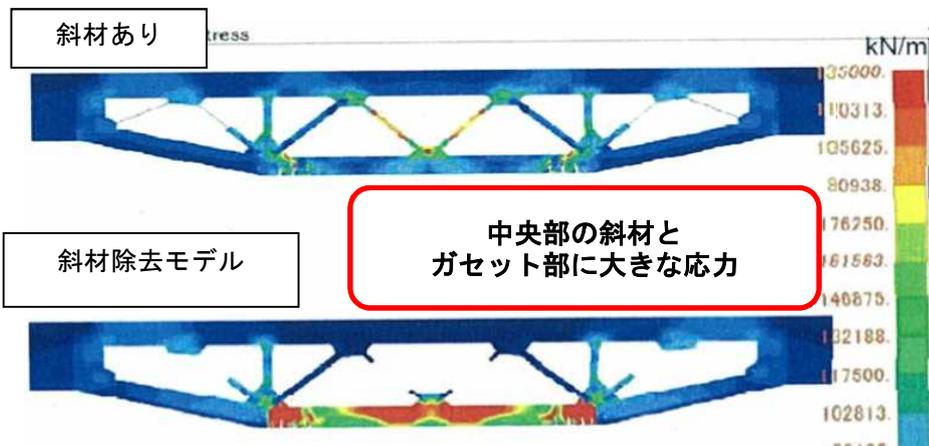


図1-2-7 損傷範囲と再製作範囲

【再発防止対策】

・設計時の再発防止対策

運搬時にオーバーハングする部材では、荒天による揚圧力作用時の部材の変形の照査を行い、部材損傷の限界波高の設定を行う等の対策が考えられる。

また、損傷しやすい部材が存在する場合には、養生や固定方法などにより事前にトラブルを回避する工夫を設計段階で記載する。

・施工時の再発防止対策

設計上の限界波高を参考とし運搬計画を立案し、荒天が想定される場合は、退避する限界波高をあらかじめ明確に設定するべきである。

【留意事項】

- ・天気予報による運搬計画では、天候の変化や運搬速度による予定通過地点の誤差を含めて計画する。
- ・目視による高波浪の状況が確認された場合、運航計画に従って、寄港地に避難する。

(浮体事例3) 臨港道路航路部下部工事 ～鋼殻ケーソンの安全な長距離運搬～

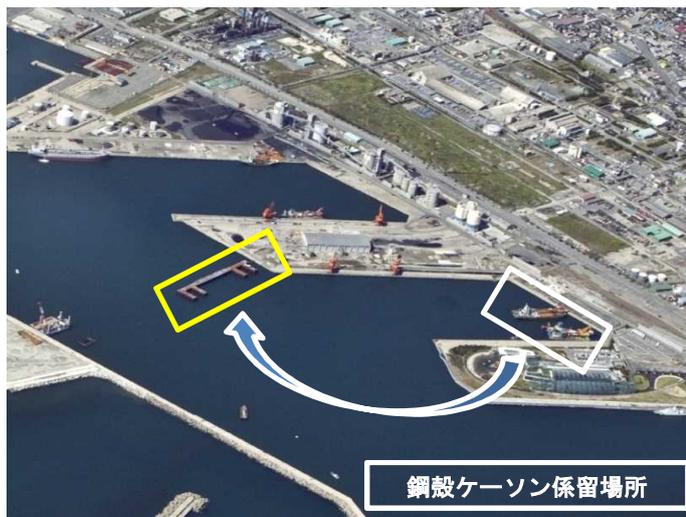
【概要】

ニューマチックケーソンの鋼殻を製作場所から、大型起重機船にて台船に積み込み、引船によりC港まで回航した。仮設棧橋を活用したガイドローラ取付け等により安定を確保し、所定の精度で沈設作業を実施した。

鋼殻ケーソン輸送時のローリングにより、刃口及び台板に不等な力がかかるため刃口を潰してしまう恐れがあるため、これらを解消する方法として台船上に敷材(H鋼)を置き、刃先には台座を取り付けることで均等に力が掛かるように、輸送時に生じる荷重(ローリング等)から台座取付間隔を検討し、鋼殻ケーソンの損傷防止と安全な輸送作業を実施した。



鋼殻ケーソン海上輸送状況



鋼殻ケーソン係留場所

図1-3-1 施工位置及び輸送状況写真

【課題】

鋼殻ケーソンの輸送時における損傷防止、鋼殻ケーソン据付作業における安定性確保を行う必要がある。

【対応及び解決方法】

鋼殻ケーソンの長距離搬送における安全作業、計測機器等を用いた安全で効率的な施工管理

①鋼殻ケーソンの安全な輸送作業(固縛における台座設置)

製作した鋼殻ケーソンは、艀装を含め約600tとなり、台船上に直接置くと甲板の不陸や輸送時のローリングにより、刃口及び台板に不等な力がかかるため刃口を潰してしまう恐れがある。

このため、これらを解消する方法として台船上に敷材(H鋼)を置き、刃先には台座を取り付けることで均等に力が掛かるように、輸送時に生じる荷重(ローリング等)から台座取付間隔を検討し、鋼殻ケーソンの損傷防止と安全な輸送作業を実施した。



図1-3-2 固縛状況

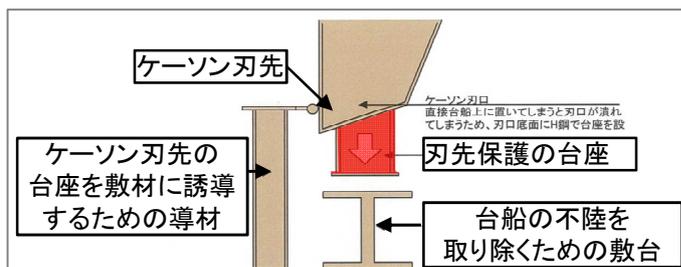


図1-3-3 台座設置状況

②鋼殻ケーソン据付作業における安定性確保(ガイドローラの取付)

ニューマチックケーソンの鋼殻ケーソン据付では、鉛直及び水平性の確保が重要であり、仮設棧橋を活用したガイドローラ取り付けによる、底着前鋼殻ケーソンの安定確保と沈設作業への水平性保持を図っている。

ガイドローラの取り付けは、棧台側の3面は鋼管杭に受金物を溶接しH鋼(H400×400×13×21)を取付け、棧台の無い開口部は鋼殻ケーソン引込み後にH鋼(400×400 L=18.0m)を打設し、筋交い用のチャンネルで変位を防止し、受け金具と水平繋ぎのH鋼を取付けた。その後、P5・P6それぞれの受け金具に16個のガイドローラ(チルトバンク+プレロードジャッキ 200t)を設置し、初期沈設時(2リフト目打設)には、着底位置の計測とガイドローラを操作しながら水平を確保し、所定の位置に着底させた。

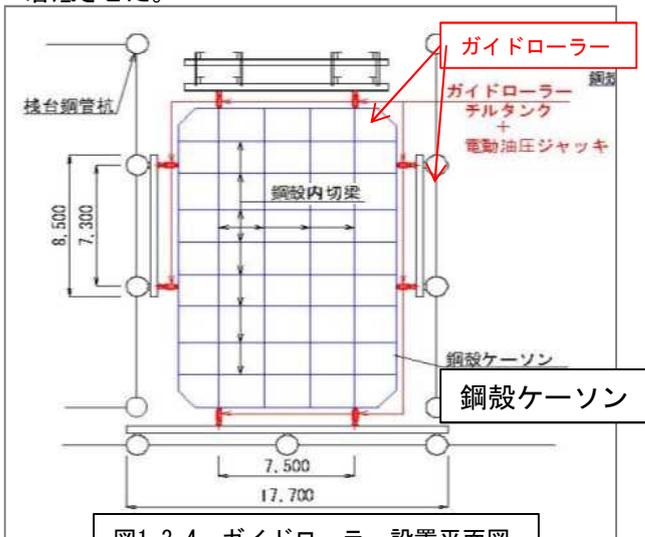


図1-3-4 ガイドローラ設置平面図

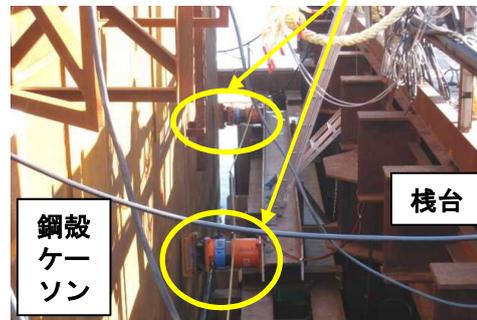


図1-3-5 ガイドローラ設置状況

③計測データの一括管理(自動計測システム)

ニューマチックケーソンは、密閉された高圧空気により、湧水を排除しながら作業を進めるものであり、送気・加減圧管理に留意し、安全で慎重な作業が求められる。ケーソン沈下掘削においては、地質の状態や掘削状況、不等沈下による水平変位や傾斜、それに伴う急激な気圧の変動を即座に把握する必要がある。そこでケーソン函内で計測された各種データを集中的に一括管理し、掘削時の異常を素早く察知することで安全且つ効率的な掘削作業が可能となる。測定は、パソコンを使用した自動測定を行い、ケーソン沈設時、自動計測システムを用いて24時間計測を行い、ケーソン沈下量、傾斜、刃口反力、周面摩擦力等の計測値を迅速に把握し、自主管理レベルによる早期偏心補正対策を実施することで、ケーソン基礎の水平性を確保した。

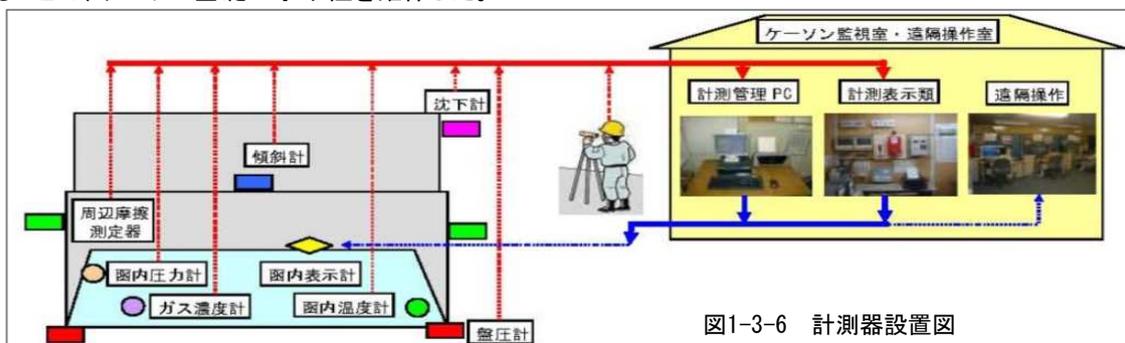


図1-3-6 計測器設置図

【留意事項】

- ・台船上の鋼殻ケーソンの損傷防止と安全な輸送作業を行うことが必要である。
- ・自動計測システムを用いて、ケーソン沈下量、傾斜、刃口反力、周面摩擦力等の計測値を迅速に把握し、早期偏心補正対策を実施することで、ケーソン基礎の水平性を確保する必要がある。

(浮体事例4) 係留施設築造他工事

～大型台船からの引き出し時の栈橋転覆～

【概要】

栈橋式係留施設の築造工事において、工場製作した栈橋を半潜水式台船で長距離運搬を行い、据付のため半潜水式台船を沈降させ、栈橋を浮上させて引き出す作業を行った。

台船から40m引き出した位置で栈橋が右舷側へ傾斜・転覆した。

栈橋の据付作業方法

①台船沈降前

栈橋を台船に固定するため、台船と栈橋の4本の触れ止めラインでつなぐ。また、栈橋を海上に引き出せるように2隻のタグと小型船1隻を栈橋につなぐ。

②台船沈降・栈橋浮上・引き出し

台船を沈降させることにより栈橋を浮上させる。栈橋を台船から引き出す際、台船と栈橋を繋いだ台船の左舷側の触れ止めラインを解除し、1隻の小型船で栈橋を保持しつつ、2隻のタグで栈橋を台船から引き出す。

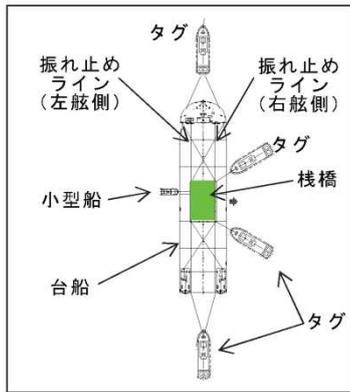


図1-4-1 大型台船の沈降前の状況

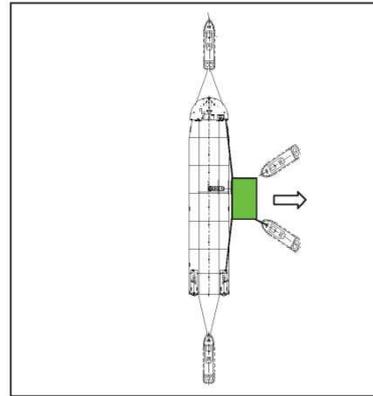


図1-4-2 大型台船から栈橋を引き出す状況

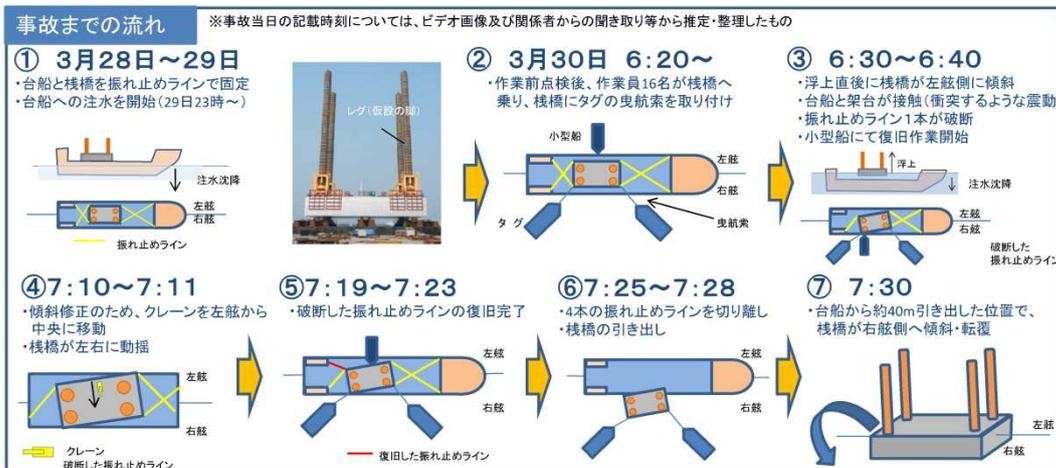


図1-4-3 大型台船の沈降前の状況

【課題】

- ① 台船の沈降により、棧橋が徐々に浮上したが、クレーンが左舷側にあったことにより重心が偏心して左舷側に約9度傾斜した。
- ② クレーンを左舷側に移動したことにより、偏心は緩和され、左右に回転する運動を誘起した。
- ③ 振れ止めラインの復旧以降、左側への傾斜を保持した。
- ④ しかし、左舷側に傾いた状態から、棧橋を台船から引き出したため、流れによる抗力により転倒方向への回転エネルギーが発生した。
- ⑤ 流れによる抗力、流れによる揚力、棧橋上に越波した水塊重量等の作用により転覆した。

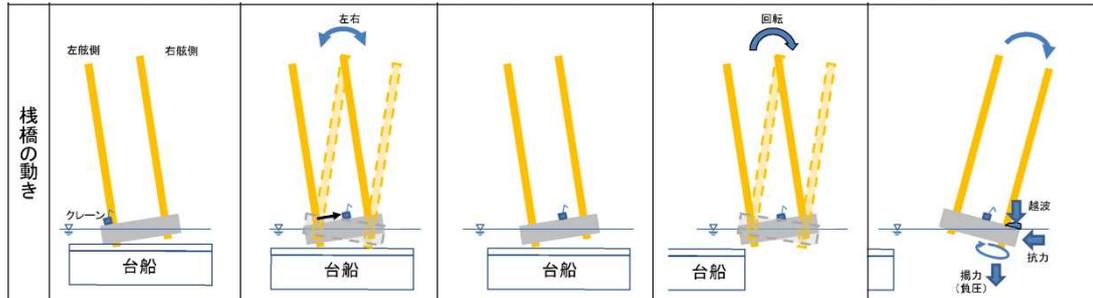


図1-4-4 棧橋の挙動(断面)

【対応及び解決方法】

棧橋に作用する外力による回転エネルギーを考慮した安定性の確認を行う。

表1-6-1 棧橋転覆に抗する 表1-6-2 棧橋に作用する外力による回転エネルギー

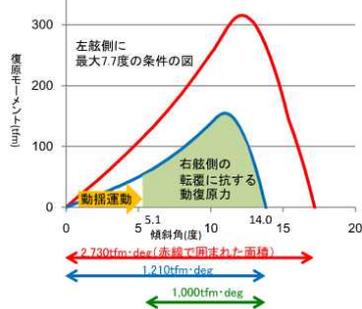


図1-4-5 棧橋引き出し時に作用する複合外力

	転覆に抗する動復元力 (tfm・deg)	
	動揺していない	動揺している (左舷側最大傾斜角9.8度~7.7度)
工事発注時	2,730	1,690~2,080
引出時	1,210	820~1,000

作用外力	回転エネルギー (tfm・deg)
流れによる抗力	320~360
流れによる揚力	460~660
棧橋上に越波した水塊重量	30~100
合計	810~1,120

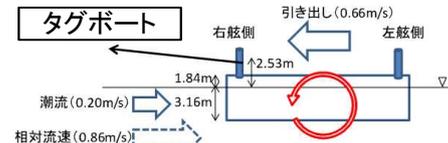


図1-4-6 棧橋引き出し時に作用する複合外力

【再発防止対策】

- ・ 設計時の再発防止対策
複合的、突発的な外力を検討し、設計時・施工時それぞれの段階で安全性の確認を行う。
- ・ 施工時の再発防止対策
設計時点と異なる艀装品や仮施設を追加する場合は、必ず施工時点での安定性等の確認を行う。

【留意事項】

- ① 工場製作から現地工事までの過程において、施工上の都合に応じて設けられている各種仮設工が施工の安全に及ぼす影響を把握することが重要である。
- ② 海上作業においては、種々の外力が重なりあって作業するため、その把握と、それらが施工の安全に及ぼす影響の把握が重要である。
- ③ より一層の機械化等、作業の場所や特性に応じたきめ細かな安全対策に取り組むことが重要である。

(浮体事例5) トンネル沈埋部沈設等工事

～主要航路内での沈埋函の施工における安全対策～

【概要】

主要航路内での設置が必要となる沈埋函の工事である。沈埋函は、製作場所で乾舷計測の後、一次道床コンクリートを打設して乾舷調整をし、一次曳航・仮置した。仮置場にて艀装を行い、沈設場所まで二次曳航した。主要航路での工事の場合、一般船舶の航行安全対策が最も重要な課題となり、据付作業は、短期間で行う必要があった。

迅速な沈埋函の据付方法として最終継手を省略するキーエレメント工法を採用して、従来工法に比べ工程短縮することができた。

《沈埋函》



図1-5-1 沈埋函の形状写真

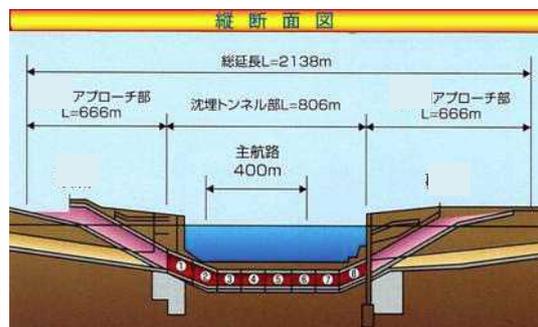


図1-5-2 沈埋トンネル縦断面図

《沈埋函の曳航と水圧接合状況》



1.基礎工
海底面の床掘後、トレミー台船で基礎砕石・基礎面均しを行い、仮支承台設置



2.一次艀装工
水圧接合装置・鉛直ストッパーなど、函外艀装品の設置



3.一次曳航
函体製作所から設置場所近くの仮置場所へ曳航



4.二次艀装工
沈設ポンツーン設置など海底沈設に必要な備品の設置



5.沈設工
既設沈埋函6号函と8号函の間に最終沈埋函7号函の設置および水圧接合



6.函内工
函外艀装品撤去・バルグヘッド撤去後、埋め戻し工を施し、完了

図1-5-3 沈埋函の施工手順

【課題】

主要航路での工事の場合、一般船舶の航行安全対策が最も重要な課題となる。

また、主要航路内での設置のため、主要航路幅の確保しながらの据付作業は、短期間で行う必要がある。そのため、施工精度及び安全性の確保が必要となる。

【対応及び解決方法】

- ・ 航路を船舶が航行可能となる可航幅を300m確保して、航路を供用しながらの施工を行った。
- ・ 乾舷調整により沈設時（一次艀装・二次艀装）の安定を考慮した道床コンクリートの打設を計画した。
- ・ 沈設作業には、サイドワントワー沈設方式（図1-5-4）を開発して実施し、良好な結果を得た。
- ・ 迅速な沈埋函の据付方法として、キーエレメント工法を採用し、実施することにより従来工法に比べ工程短縮することが可能となる。

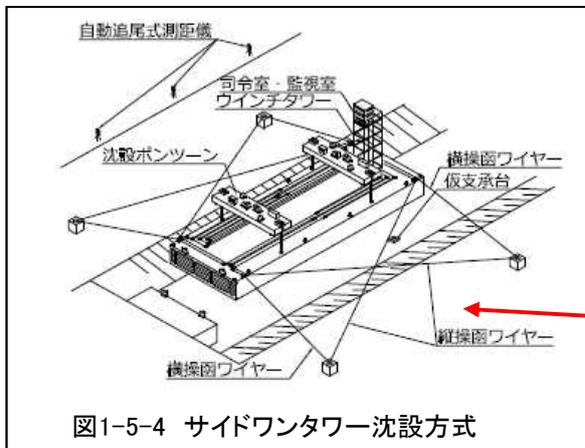


図1-5-4 サイドワントワー沈設方式

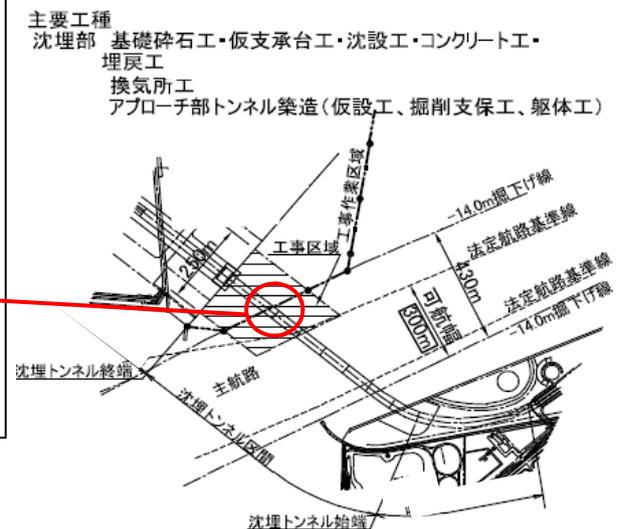


図1-5-5 沈埋トンネル施工箇所

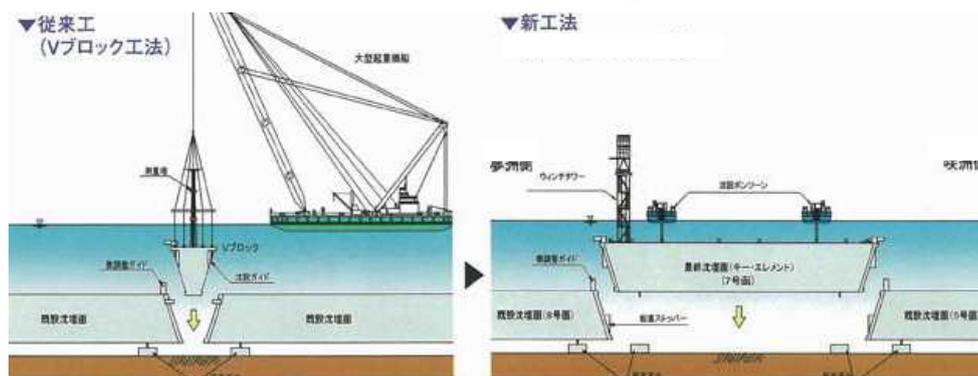


図1-5-5 新工法の施工状況図

【留意事項】

- ・ 航路の利用制限を行った場合においても、航路の船舶の運航状況に十分注意し、供用しながらの据付を行う必要がある。
- ・ 迅速な沈埋函の方向修正の方法として、クサビ式方向修正工法を採用して、航路内の作業期間の短縮を行うことが可能である。

(浮体事例6) 岸壁(-14m)築造工事 ～ジャケットの運搬・据付時の計測施工の活用～

【概要】

ジャケットは、製作場所の港から大型起重機船にて大型運搬船に積み込み、引船により回航し、目視困難な夜間に大型起重機船により据付を行っている。一連の施工の中で施工精度の向上と工期短縮を目的として使用した計測施工の事例について示す。

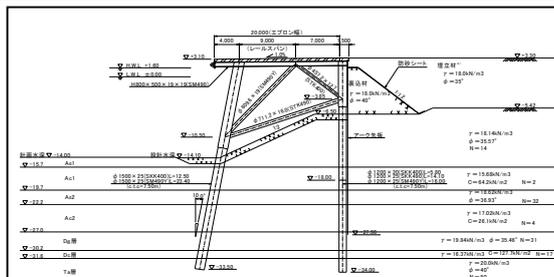


図1-6-1 標準断面図

【課題】

制約条件から、オペレーターが目視困難な夜間に精度が求められる据付を行う必要があり、さらに、夜間に作業を完了させるため、短期間の施工が要求される。

据付精度が求められることから、近隣の船舶航行の航走波の影響が懸念される。

【対応及び解決方法】

- ・ジャケット据付の施工にあたっては、①ジャケット水切り時の横ぶれ対策と②ジャケット据付時に「ゼロガイドナビ」を活用した。



図1-6-2 施工フロー

- ・斜杭打設作業時には、「可動ローラー付き鋼管杭ガイド」の設置を行った。

《施工上の工夫(現場状況に配慮した施工の安全方策)》

1. ジャケット運搬時

- ① ジャケット水切り時の横ぶれ防止対策として、ジャケット輸送台船上の固縛架台四隅に「横ぶれ防止ストッパー」を設置した。

2. ジャケット据付時

- ② ジャケットの据付は全て夜間工事のため、作業員が極力ジャケットに近づくことなく据付作業を行えるよう「ゼロガイドナビ」を用いて施工を行った。



図1-6-3 横ぶれ防止ストッパー

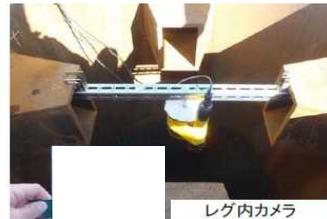


図1-6-4 ゼロガイドナビによる観測・誘導

3. 斜杭打設作業時

斜杭の安定・打設精度の向上と建込み時に作業員が極力近づかないよう「可動式ローラー付き鋼管杭ガイド」を設置し、斜杭の打設を行った。



図1-6-5 可動式ローラー付鋼管杭ガイド

4. 海上作業全般

航跡波の到達を早期に察知するため、「作業船航行支援・施工管理支援システム」と「通行船船監視システム」を用いて施工を行った。

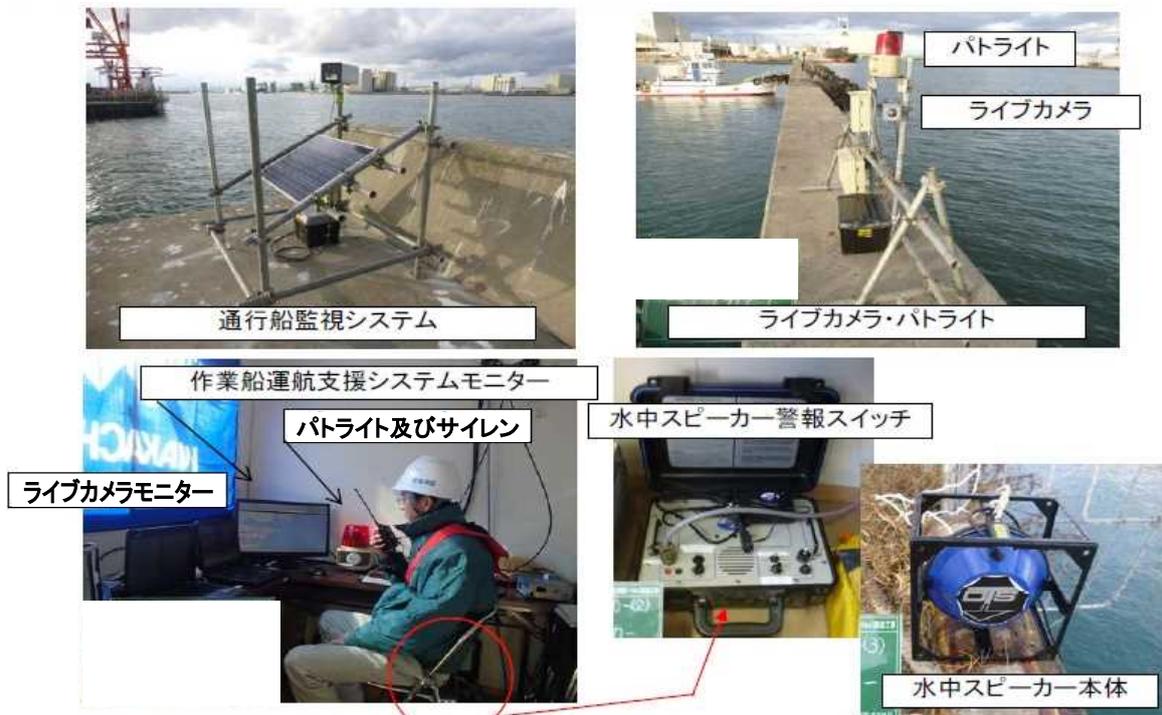


図1-6-6 作業船航行支援・施工管理支援システム・通行船監視システム

【対応】

- ・ 可動ローラー付鋼管ガイドや誘導システム等を用いた計測施工により、施工精度が向上する。
- ・ 作業船航行支援施工管理支援システムや通行船監視システムにより、航走波の到着を早期に察知することで安全性の対策を行うことが重要。

架設関連事例

(架設事例1) 臨海道路橋梁上部築造工事 ～トラスブロックの架設～

【概要】

橋梁の側径間トラス架設、上部トラス架設、中央径間トラス架設、中央径間箱桁架設の施工である。このうち、側径間トラスの大ブロック架設は、長さ232m、幅24m、高さ35m、吊上げ重量は約7,400tfとなり、国内最大能力の大型起重機船3隻相吊りによる浜出し・架設を行った。施工にあたっては、吊点数の見直しを行い、計測施工を活用して実施した事例である。

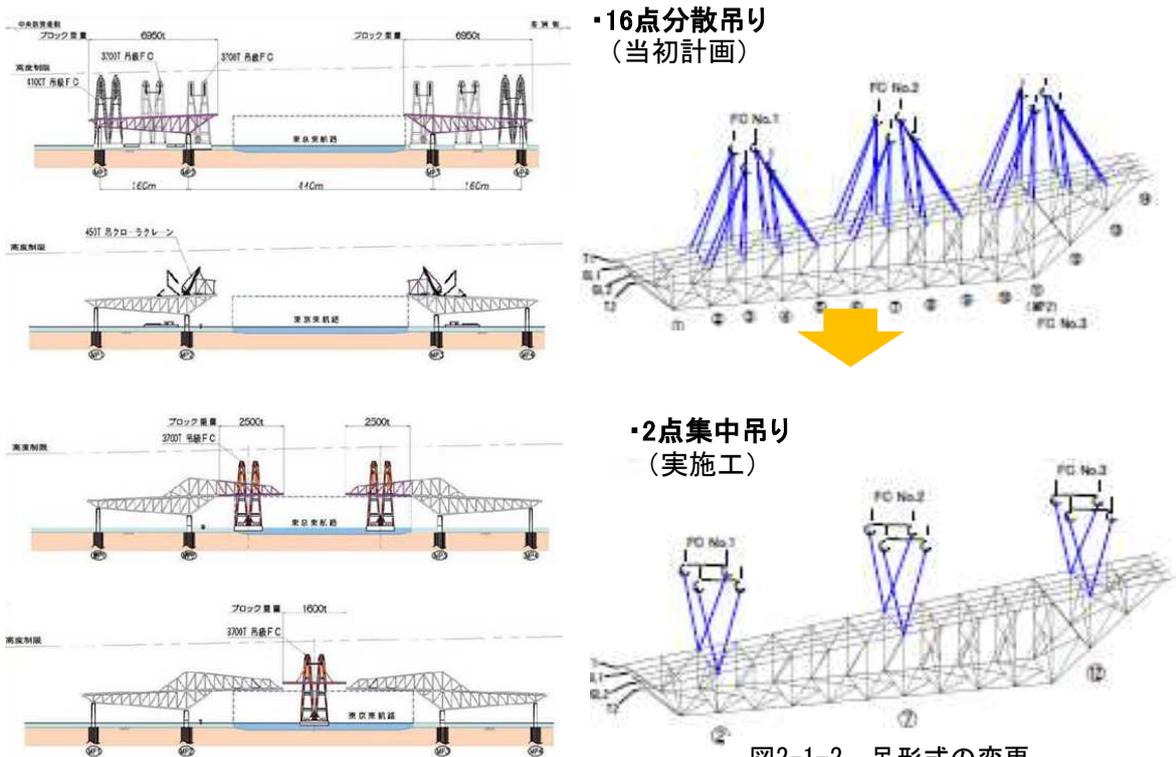


図2-1-1 施工状況図

図2-1-2 吊形式の変更

- 側径間トラスの大ブロック架設は、事前に起重機船3隻の相吊り時の吊り点数の検討を実施。
- 大ブロック架設は、基本計画の16点吊りを変更。
- 起重機船3隻の相吊りを想定すると、吊反力の均一化と3隻の荷重バランスの調整が困難となることや各部の構造の複雑化が予想され、吊点数を削減し構造を単純化した2点集中吊形式を採用。

【対応及び解決方法】

- ・4,000t吊級FC3隻の確保、空港滑走路進入表面下による高さ制限の厳守、航泊禁止区域内での工事作業の厳守と大型FC3隻の同調、また平面相対位置の管理等について苦労した。
- ・大型FC3隻相吊作業管理システムを構築し、架設を行った。
(吊荷重管理モニター、高度管理モニター、FC位置管理モニター、トラス吊上時姿勢管理モニター等)

- ・架設地点では東航路を一部閉鎖して、海上に航泊禁止区域として工事区域を設置し一連の作業が実施される。
- ・航路の一部閉鎖は、航路幅300m を最小190m に縮小しており、また、今回の輸送は航路側からの入域が出来ないこと、周辺堤防や護岸部の離隔距離が短いこと、これらを考慮し、安全最優先を遵守し、起重機船2隻、台船、起重機船1隻の順に入域させた。



図2-1-3 架設地点入域状況

- ・橋脚から約70m離れた位置に輸送台船を誘導した後、水切りを行い、約15m巻き上げた状態で起重機船3隻を同時に約45m後退させ、輸送台船を出域させた。
- ・その後、起重機船3隻同時に約115m前進し、所定の位置に架設した。径間トラス架設基準位置に対して2mm以内の精度で架設は完了した。



図2-1-4 水切状況(起重機船3隻)

起重機船3隻相吊時には、以下の管理が実施された。

- ①吊荷重管理
- ②高度管理
- ③起重機船 位置管理 (前後相対差)
- ④起重機船 位置確認 (平面位置)
- ⑤起重機船 揚程量確認
- ⑥側径間トラス 吊上時姿勢確認
- ⑦輸送台船 船体状況確認



図2-1-5 架設完了(起重機船3隻)

【留意事項】

- ・構造を単純化し、分散していた吊点数を削減 (2点集中吊形式を採用) することで、安全に施工を行う。
- ・吊棒、ワイヤリングに対する安全検討の実施が必要となる。
- ・吊荷重管理、起重機船の位置、揚程量の管理、吊上時の姿勢を確認する計測施工を実施することにより、安全に施工を行うことが可能である。

(架設事例2) ケーソン据付 ～既設構造物と隣接する箇所のケーソンの据付～

【概要】

施工箇所が既存の防波堤と近接するため、狭隘な場所での起重機船の操船に支障があるため、全26函の内4函のケーソンを岸壁法線に対して45°の角度を持たせた状態で吊り上げて、工夫して据付を行った事例である。

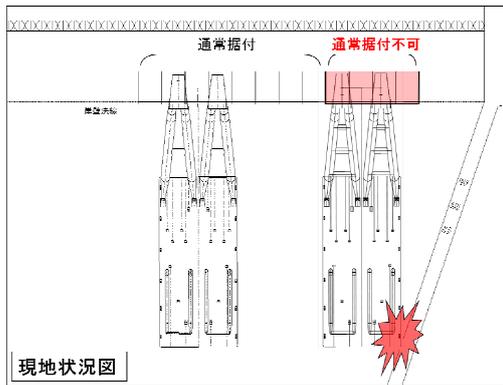


図2-2-1 現地状況図（通常据付が不可となる箇所）

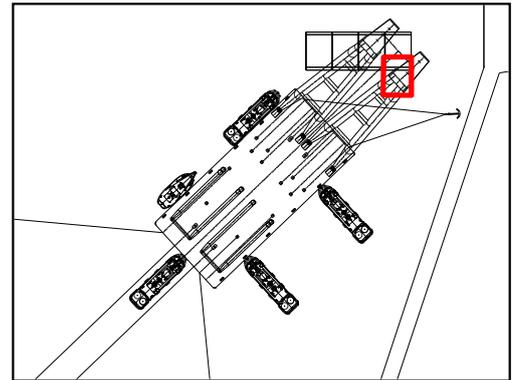


図2-2-2 岸壁法線に対して斜め45度で据付

【課題】

既設防波堤が施工済みであるため、起重機船が正面から侵入できないため、通常のケーソン据付が不可能な箇所がある。

また、通常の吊枠では、斜め吊りに対応不可である。

【対応及び解決方法】

- 起重機船の係留が困難な箇所については、吊上げ時に岸壁法線に対して45度の角度で吊り上げることにより、起重機船を斜めに入船して狭隘な施工箇所への据付が可能となった。
- 斜め吊りをするため通常の起重機船の吊り方と異なるため、以下に示す施工上の工夫や計測施工を行った。

吊上げ時の回転の考慮

吊枠・ワイヤリングの調整（通常時・斜め吊り時の両方に対応した吊枠を製作）

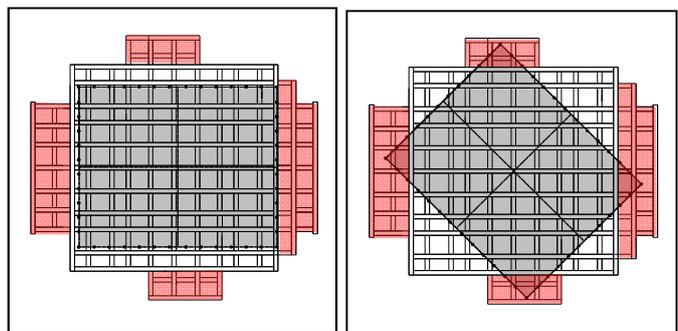
据付時の起重機船の固定

動態監視システム

注排水システムの活用）



図2-2-3 斜め45度での据付状況写真



通常時

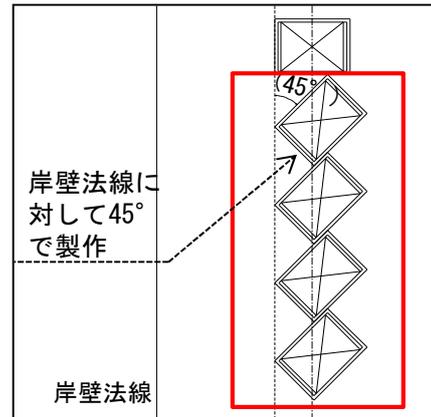
斜め吊り時

図2-2-3 通常・斜め吊りの両方に対応した吊枠を製作



図2-2-4 ケーソン陸上製作状況
(製作段階から斜めに製作している)

据付が困難と予想される斜め吊りの4箇所は、GPSによる3次元的な位置情報によりケーソンの位置と注水状況をリアルタイムに把握しながら作業を行う。



ケーソン据付は、防波堤の影響のある範囲は、起重機船が正面から侵入できない。したがって、ヤードからケーソンを斜めに吊り上げ運搬し、据え付ける。
ケーソン据付作業は、NEWCOMEINSによる気象海象情報を入手し、気象海象条件をよく確認して作業を行う。

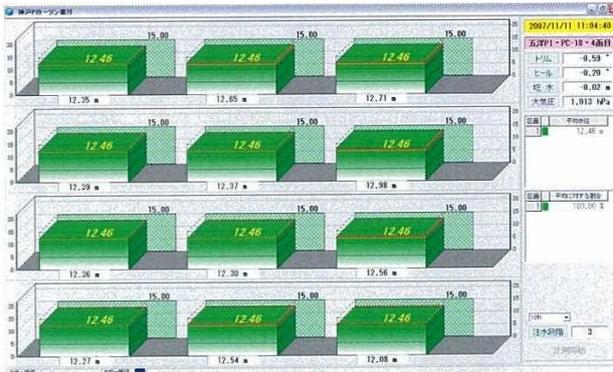


図2-2-5 水位センサーを設置し注水管理システム

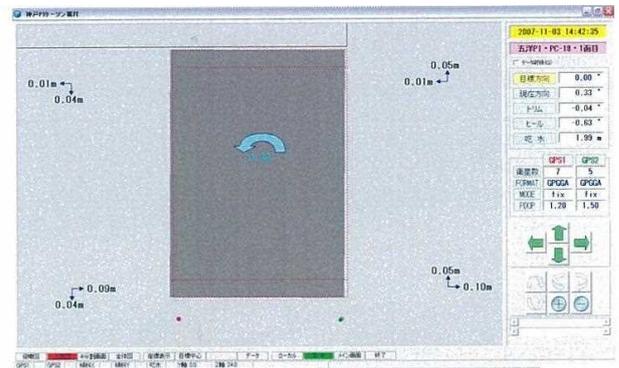


図2-2-6 動態監視システム

【施工の工夫】

・設計時の工夫

既設防波堤の配置に配慮して、施工が不可能な箇所がないかを確認し、施工手順を示す。
通常の施工が困難な箇所は、斜め吊りの荷重状態の照査を行う。

・施工時の工夫

吊枠・ワイヤリングの調整、起重機船の固定、動態監視システム等の安全対策を行う。

【留意事項】

・吊枠の安全性について荷重計算を行い、斜めに吊る場合の課題を確認する。

(架設事例3) 岸壁(-16m)棧橋築造工事 ～ジャケットの運搬・据付～

【概要】

限られた工程と隣接する主航路の航行船舶の影響を考慮してジャケット工法を採用した事例であり、現場での基礎工と同時並行でジャケットの工場製作を行い、工期の短縮を図っている。海上作業では、ジャケット部は現地の仮受杭に設置したあとに、鋼管杭を打設して一体化する施工を行って、現場の架設時間の短縮を図っている。



図2-3-1 台船での曳航状況写真



図2-3-2 台船からの吊上げ状況写真



図2-3-3 起重機船による吊上げ運搬状況写真



図2-3-4 仮受杭への据付状況写真



図2-3-5 ジャケット据付状況写真

作業手順

- ①台船によるジャケットの運搬 (図2-3-1)
- ②起重機船により台船から吊上げ (図2-3-2)
- ③起重機船による吊上げ運搬 (図2-3-3)
- ④起重機船による仮受杭への据付 (図2-3-4)
- ⑤仮受杭への固定 (図2-3-5)
- ⑥鋼管杭の打設、一体化

【課題】

主要航路等への影響により短期間の施工が必要であり、ジャケットの据付精度及び安全性の確保が求められる。

【対応及び解決方法】

- ・ ジャケット式栈橋にて工期の短縮を図ることができる。据付工事にあたっては、据付支援システムにより、施工精度及び安全性の向上を図る。また、ジャケット本設までの仮受杭の沈下対策や施工管理を行うことも必要である。
- ・ 施工時の主航路への影響を最小限に収めるため、限られた時間で地中障害物（転石等）の対応・対策、施工精度の向上を行うことにより、短期間の施工を実現した。
- ・ ジャケット据付作業にあたり、従来のトランシットによる法線管理に加えて、計画据付位置と現位置の離れや仮受杭に着座するまでの距離、ジャケットの傾斜をリアルタイムで計測し、表示できる位置傾斜管理装置を使用した施工を行った。
- ・ 位置傾斜管理装置は陸上基準点に設置された2台の自動追尾式光波計でジャケット上に設置した2台の光波プリズムを視準し、座標を測量するものであり、測量座標系（X、Y、Z）および傾斜はデータ伝送装置によって起重機船の操作室（または合図者）に無線伝送され、平面配置、高さ、傾斜情報として操作室内の画面にリアルタイムに表示される。



図2-3-6 据付支援システム概念図

【留意事項】

- ・ 航路に隣接する施工となるため、航行する船舶には十分留意する必要がある。
- ・ 精度を要するジャケットの据付では計測施工による精度管理を行うことが必要である。

(架設事例4) 道路橋梁部 ～橋梁上部工の吊り曳航～

【概要】

大型起重機船により、橋梁上部工1径間毎に大ブロック一括架設を実施し、地組ヤードから架設位置までは起重機船で吊り上げた状態で搬送した事例である。

架設する橋梁の近隣には漁港が隣接しており、施工時に留意が必要であった。



図2-4-1 臨港道路施工箇所

表2-4-1 臨港道路の設計仕様

橋種	鋼7径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋
橋長	710m
道路規格	第4種第1級
設計速度	60 km/h
車線数	2車線



図2-4-2 橋梁上部工運搬状況

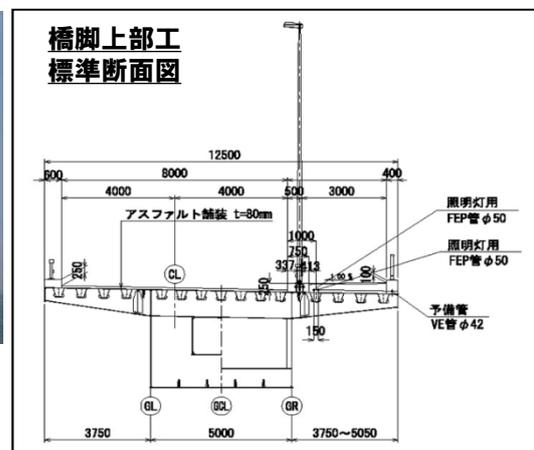


図2-4-3 橋梁上部工標準断面図

【課題】

近隣の漁港から出港する漁船の航路が隣接しており、橋梁上部工の架設時に大型起重機船を使用する場合、航路内での輻輳の危険がある。

また、橋梁上部工の据付箇所では、水深が浅い箇所があるため、吊り上げ運搬する場合の起重機船の進入できる水深を十分把握した上で、施工計画を立てる必要がある。

【対応及び解決方法】

- ・水深が浅いことから、起重機船の吊上げ時の吃水を考慮した施工を行った。
- ・漁船の航行があることから、綿密な架設計画、安全対策、事前調整を行った。

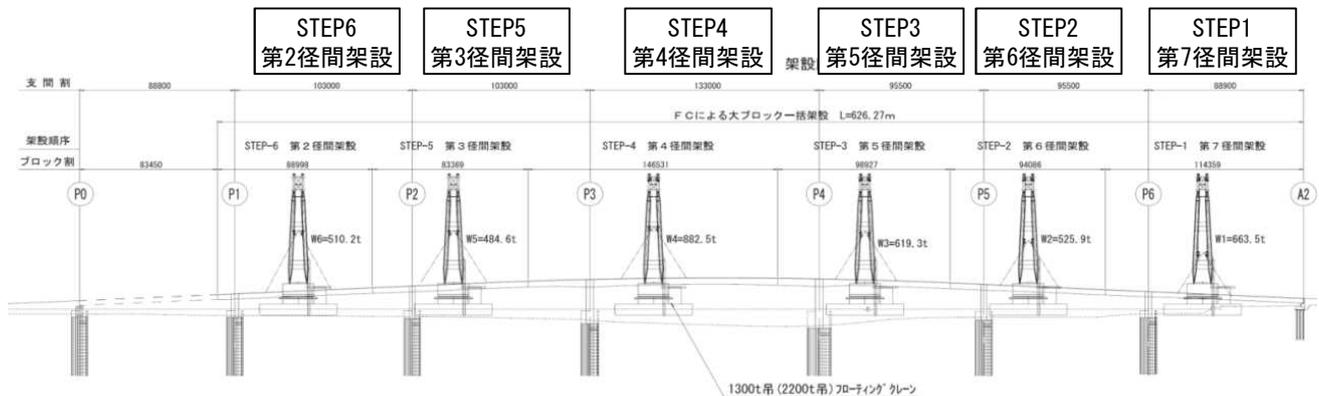


図2-4-4 橋梁上部工の大ブロック架設要領図

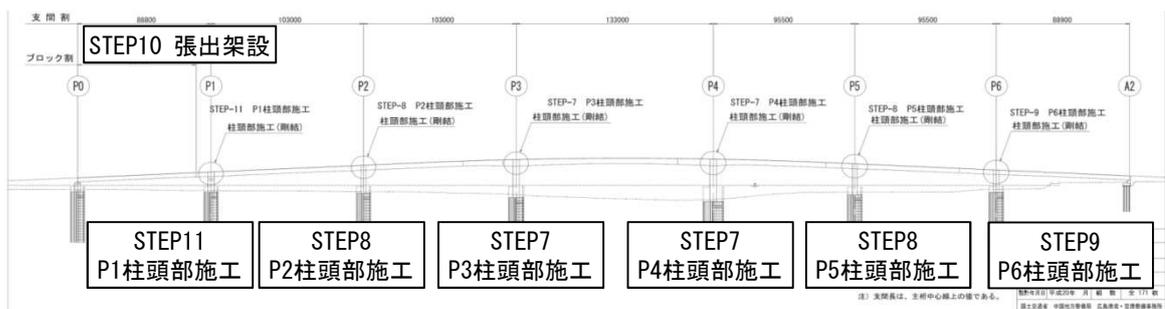


図2-4-5 柱頭部（剛結）及び第1径間の施工順序

【留意事項】

- ・橋梁上部工の架設にあたっては、近年、1径間毎の大型ブロックで工場製作し、大ブロック一括架設を実施する事例がある。その際、隣接する漁港の航路幅を十分に確保する必要がある。
- ・据付位置の水深が浅い箇所があるため、事前の深浅測量をおこない、据付作業を行う起重機船の吊上げ時の吃水に配慮した架設計画、吊曳航時の起重機船の安定性、安全対策、近隣の利用者との事前調整を行うことが必要である。

(架設事例5) 岸壁(-15m) (耐震) (改良) 鋼板セル及びアーチ製作工事
 ~鋼板セルの転倒~

【概要】

岸壁(-15m) 築造工事に使用する鋼板セル6基を製作する工事において、陸上で製作していた鋼板セルが台風により被災し、仮置台から脱落・転倒したため、設置間隔の見直しや強風対策を行った事例である。

観測地点	観測時刻	平均風向	平均風速	最大瞬間風速	備考
●●	16:00~17:00	南南西	32.8m/s	47.1m/s	瞬間最大は 16:54
	17:00~18:00	南南西	28.5m/s	44.6m/s	瞬間最大は 17:09
●●	17:04	南	32.3m/s	46.2m/s	瞬間最大は 17:41

図2-5-1 台風時の風速

《被災時状況》

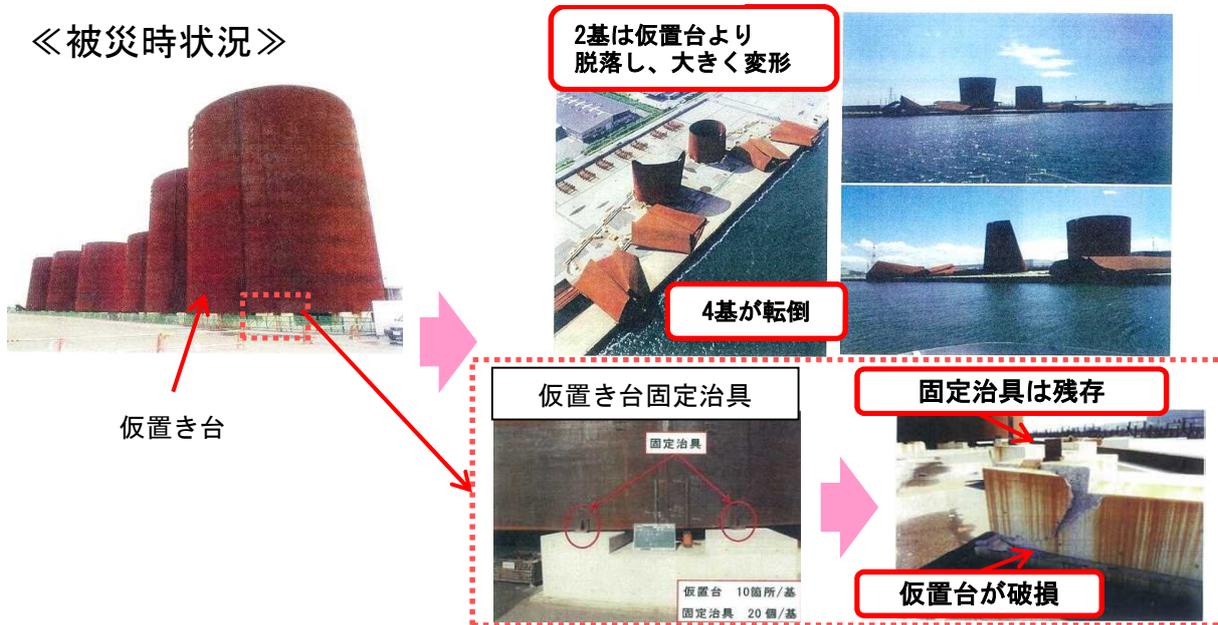


図2-5-2 被災状況

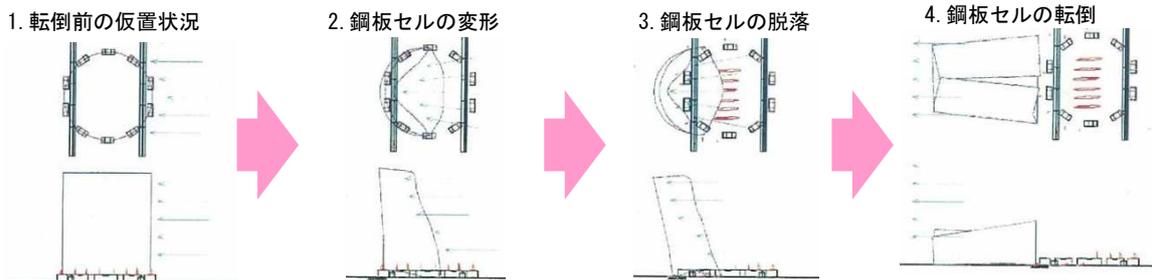
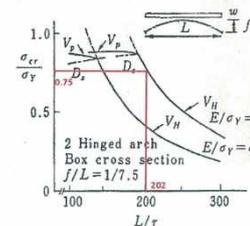


図2-5-3 鋼板セル転倒イメージ

【課題】

台風来襲時に観測された最大瞬間風速は、セル仮置き時に設定した風速(25年確率風速)と同程度であったが、セル頭部が座屈・変形したため転倒した。

セル間隔の影響により増大した風速を流体解析により求め、これを用いて「座屈設計ガイドライン(土木学会)」の鋼アーチセルの面内耐力を示す式に準じて座屈応力を算出したところ、セル頭部の座屈変形が原因であった。



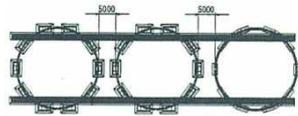
座屈応力 $\sigma_{cy} = 0.75\sigma_y = 0.75 \times 235 = 176 \text{ N/mm}^2$

図2-5-4 座屈応力の算出式

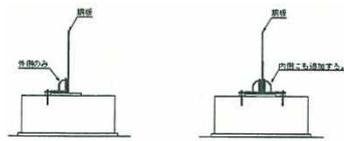
【対応及び解決方法】

強風対策の立案

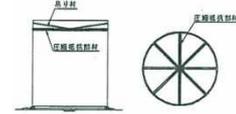
対策案1 セル仮置間隔の拡大



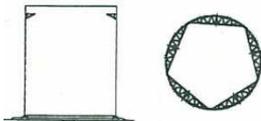
対策案2 セル下部の固定治具の補強



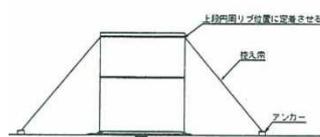
対策案3 セル頭部に圧縮抵抗部材の設置



対策案4 曲げ保持器の存置



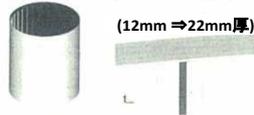
対策案5 セル外周に控え索を配置



対策案6 円周リブの追加



対策案7 円周リブの増厚



対策案8 円周リブのフランジ補強



図2-5-5 強風対策案

立案した強風対策より、3つの対策を実施

①セル間隔の拡大（対策案1）

鋼板セルの仮置き時の設置間隔を5m以上確保することによって、セル間に発生する負の圧力を低減する。

②セル下部の固定治具の補強（対策案2）

大組台および仮置台の固定治具をセルの内側両面に設置し、セル本体と同様の設計風速に対して抵抗できるように治具を補強する。

③円周リブのフランジ補強（対策案8）

円周リブを上・下段ともにフランジ（板厚16mm、幅100mm）で補強する。

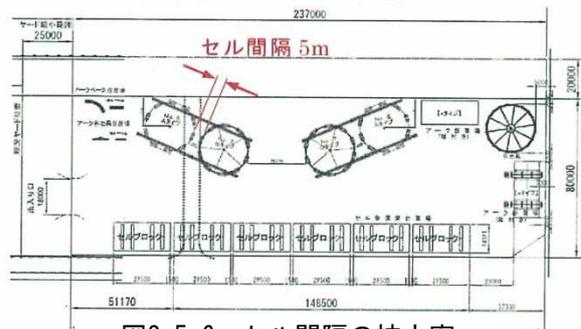


図2-5-6 セル間隔の拡大案

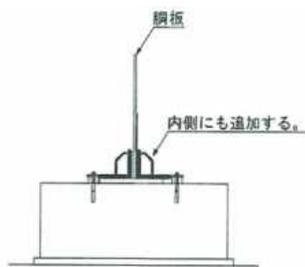


図2-5-7 セル下部の固定治具の補強案

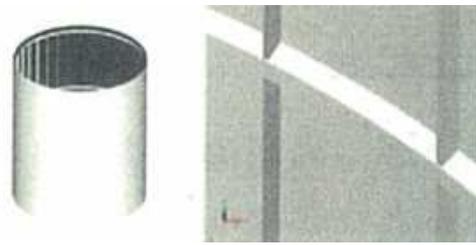


図2-5-8 円周リブのフランジ補強

【留意事項】

- ・ 仮置時のセルの配置間隔は、十分に広くする必要がある。
- ・ 仮置き時のセルの補強は、全体安定だけでなく、局部的な変形も十分に考慮しておく必要がある。

土留・基礎工関連事例

(土留・基礎工事例1) 橋梁下部工事 ～井筒矢板の圧壊～

【概要】

橋梁下部の仮設工、RC橋脚工（鋼管矢板基礎工、橋脚躯体工）を施工する。

橋脚の施工箇所が護岸近くであり、仮設栈橋を設置して橋脚を施工。指定仮設は通路部分と、任意仮設は施工ステージ部分を設置する施工である。

鋼管矢板の内部にコンクリートの中詰め後、土留め内を掘削する設計となっていたが、鋼管（矢板）内中詰め工を未実施のまま掘削したため、支保工に過大な応力が作用し、鋼管矢板本体が圧壊した事例である。

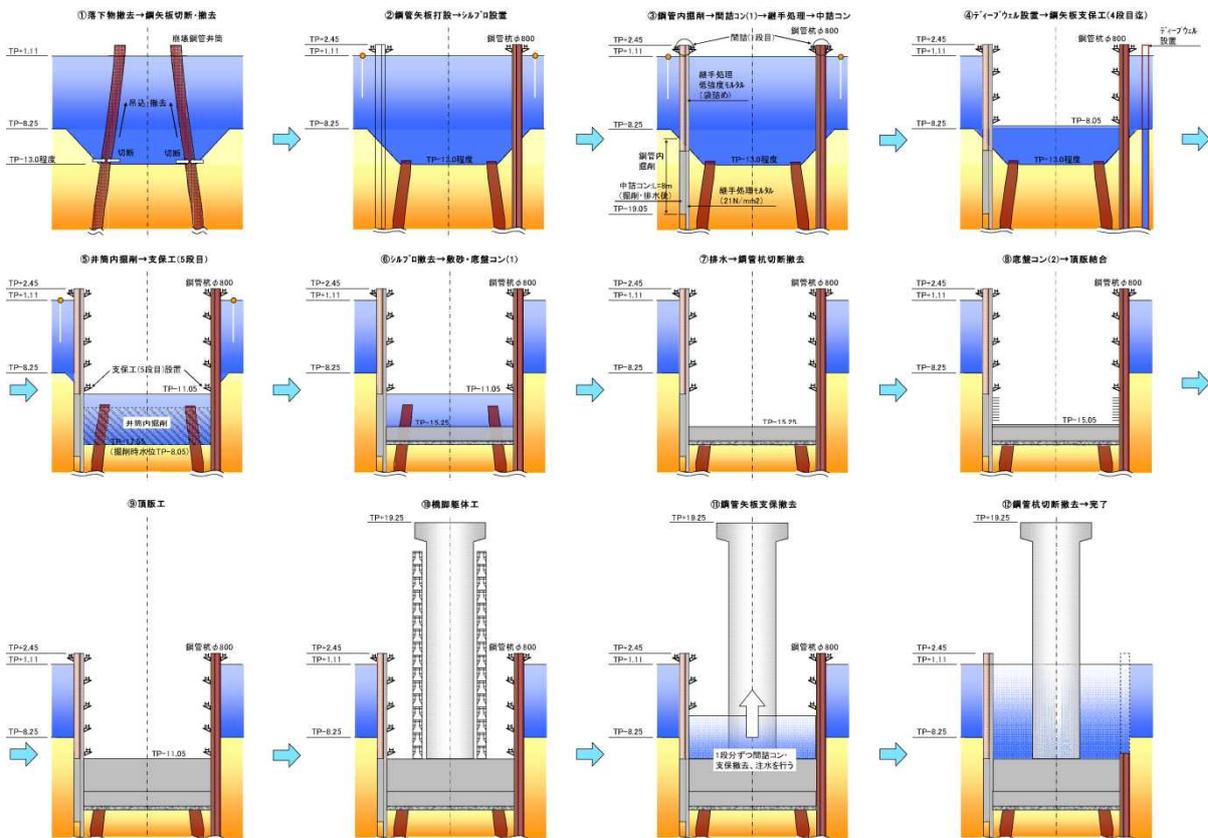


図3-1-1 施工フロー概要(井筒圧壊後の復旧・再施工)

【課題】

- ・ 鋼管の中詰めを施工しないまま矢板壁内部の掘削を行い、鋼管矢板本体の耐力が不足し圧壊
- ・ 施工手順の遵守が必要である。

【対応及び解決方法】

- ・ 詳細な施工手順の立案・確認することにより、他の地区の橋脚は、十分な対応を図りながら、設計のとおり安全に施工を行った。
- ・ 傾斜計・ひずみ計等の計測施工による危険予知の徹底を行った。

【原因究明とその後の対応】

- ・ 潜水士、水中カメラ、各種計測機器を使用して実態調査を実施し、崩壊原因及び崩壊メカニズムの解明を行う。
- ・ 上記結果から既設鋼管矢板の利用の可否を判定、復旧対策方法の検討を行う。
- ・ 復旧工事の実施にあたっては、傾斜計・ひずみ計等を設置し、確実な計測管理のもとに安全施工を図る。

・ 変状の確認

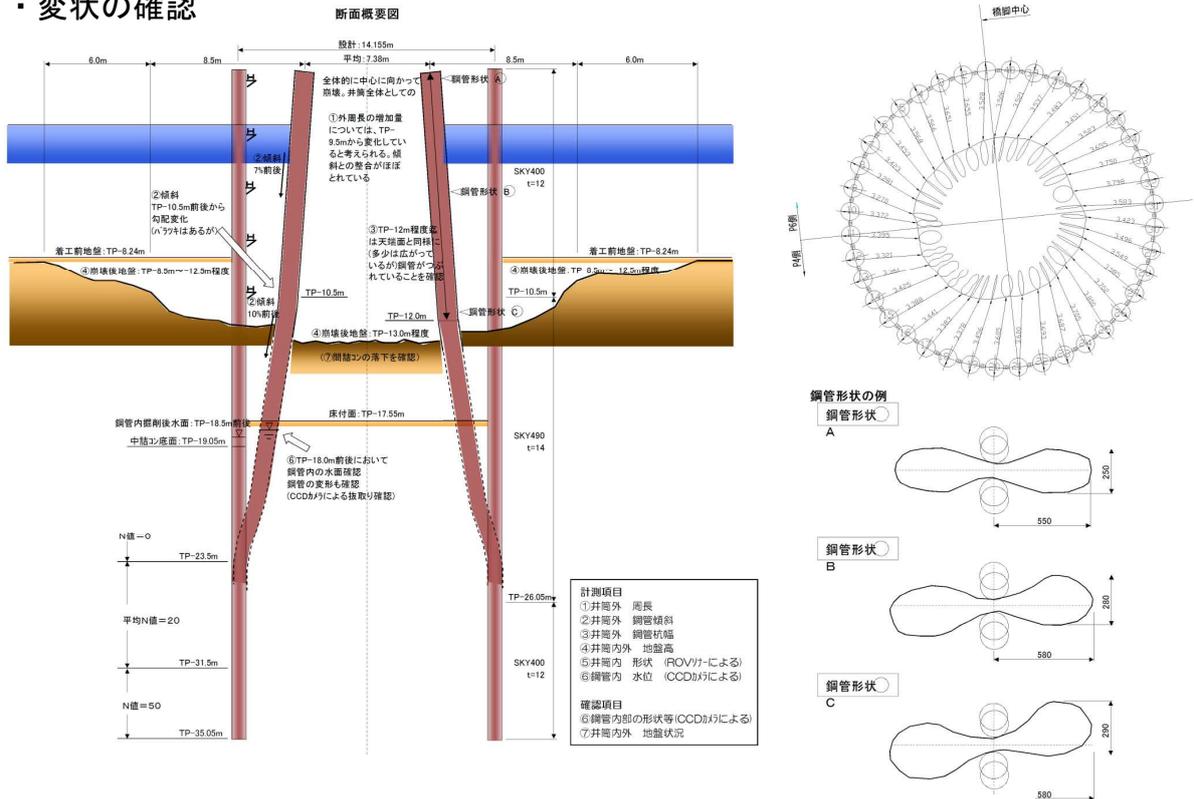


図3-1-2 圧壊した鋼管矢板の断面概要図

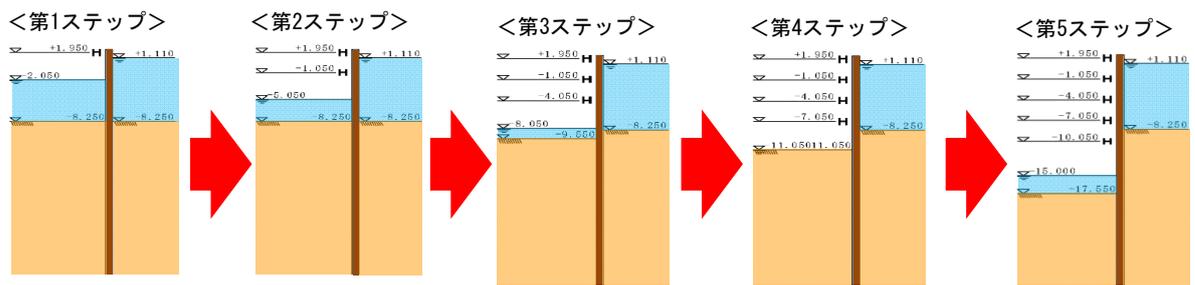


図3-1-3 施工手順

【再発防止】

- ・ 鋼管矢板及び支保工について、変位・傾斜などの現状調査を実施するとともに、構造計算により最大負荷時における発生応力、変位量を算出し、両データを比較検討することにより部材の健全度を評価する。
- ・ 上記結果を基に、仮設支保工計画及び工程計画を再検討し、安全・確実な施工計画を策定する。
- ・ 現地施工においては、ひずみ計等を設置し、確実な計測管理のもとに安全施工を図る。

(土留・基礎工事例2) トンネルアプローチ部工事 ～基礎杭の変形による安全性検討～

【概要】

沈埋トンネルのアプローチ部の函体設置及び沈埋函との接合のための土留壁として、鋼管矢板と支保工を施工する。

掘削時に打設した基礎杭の不等沈下で変形したことで、安全性の検討を行い、耐力が不足する杭にコンクリートを充填し安全性を確保して施工した事例である。

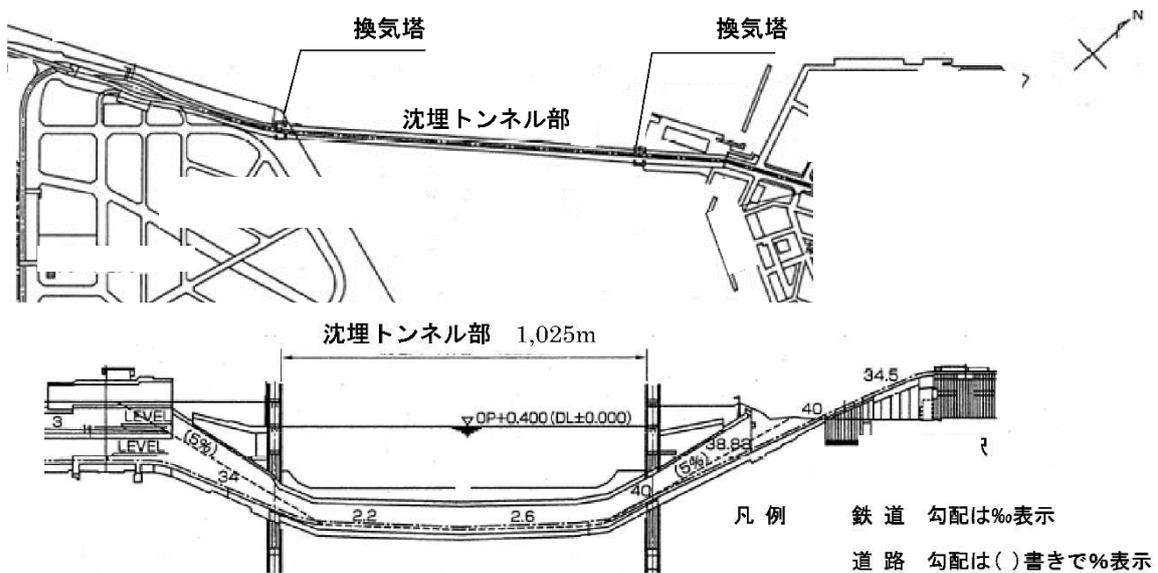


図3-2-1 沈埋トンネル平面図及び縦断図



図3-2-2 施工状況



図3-2-3 支保工の施工状況

【課題】

- ・陸上トンネル躯体の施工に先立ち施工した基礎杭が変形した。
- ・基礎杭と土留鋼管矢板等の施工順序、周辺の地盤沈下等の状況を把握し、原因を分析した。

《工法の比較》

基礎杭の変形による安全性検討

杭変状の原因推定の結果、掘削床付け以降、今後さらに変状が進行するとは考えにくいと判断された。また、最初に杭曲がり測定を実施以降、短期間ではあるが、再度孔壁測定装置にて杭の曲がりを測定した結果、変位の進行はなく、ほぼ同等の変位が確認された。これより、現状の変形に対して必要に応じた安全補強対策を実施することとした。

杭体の安全性検討は、下記の項目について実施した。

- (A) 変形（曲率）により生じる杭体の応力度に対する安全性
- (B) 躯体構築完成時（杭軸力作用時）の杭体耐力の安全性（常時および地震時について）

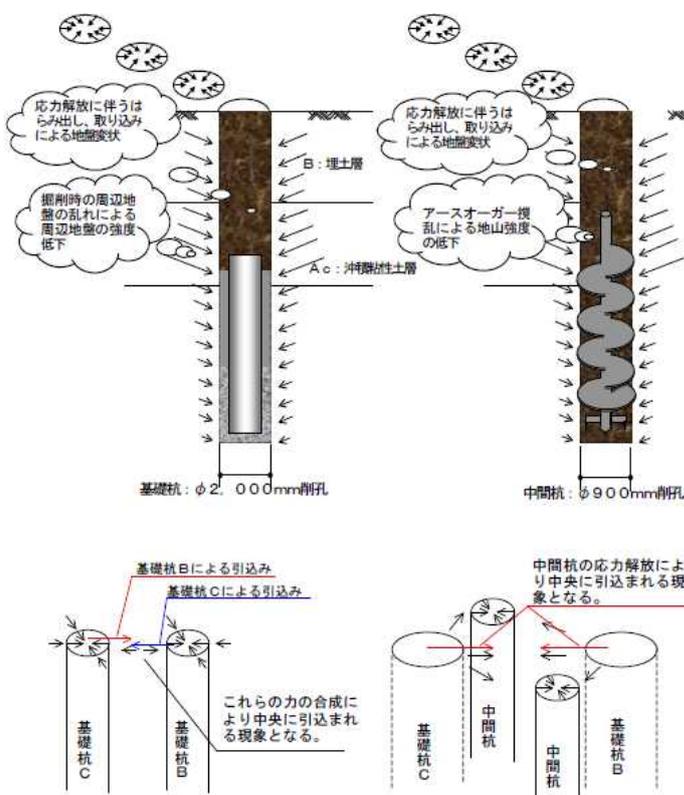


図3-2-4 基礎杭の変状要因イメージ図

構築完成時の地震時杭体の安全性得られた変形による曲げモーメントに、地震時に作用するモーメントおよび軸力を付加し、杭体の安全性を照査した。

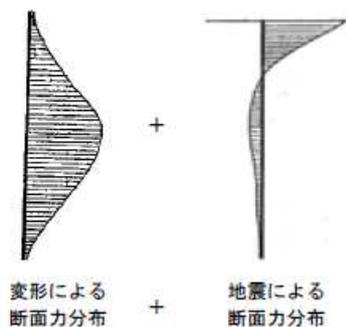


図3-2-5 照査する断面力のイメージ

【対応及び解決方法】

- ・ 陸上トンネル躯体の施工に先立ち施工した基礎杭が変形したため、基礎杭と土留鋼管矢板等の施工順序、周辺の地盤沈下等の状況を把握し、原因を分析した。
- ・ 躯体構築完成時の杭体耐力の安全性を検討し、耐力が不足する杭は、コンクリートを充填し、安定性等を確保する。
- ・ 杭曲がり、孔壁等の計測施工による危険予知を徹底することにより、安全な施工を行った。

(土留・基礎工事例3) 道路トンネル左岸立坑仮設土留工事

～大規模・大深度仮設土留～

【概要】

1級河川を横断する臨港道路を沈埋トンネルを整備する計画があり、沈埋トンネルの立坑工事にあたって、当時、我が国では殆ど実績がない、地下水位が高く細砂層での大規模・大深度掘削工事を行った。施工にあたっては、設計及び施工上の不確定要素を事前に知り、一般的な手法を実情に合わせて修正し、より精度の高い仮設設計及び工事を行う目的で試験工事を実施した。

対象地は、民家に近接しているとともに障害物が予測される施工区域であった。施工にあたっての懸念事項は、周辺構造物への影響、地下水位の影響、土留め工の挙動、盤膨れ・ボイリング等への対策を行った。

試験工事の目的は、「土留め工（鋼管矢板）の適用性」、「土留め工の歩掛の確認・見直し」、「施工方法、機械選定の確認・評価」、「土留め工（継ぎ手部）止水性能の確認」、「掘削底盤よりの排水施設規模の検証」、「土留め壁等の変形・応力、土・水圧の実測値と設計値を比較し、解析方法の妥当性の検証」、「土留め工の安全性の確認」、「各種計測による掘削底盤の安全性確認、周辺地盤の影響の確認」、「安全施工のための計測施工システムの確立」であった。

1級河川を横断する沈埋トンネル工事において、右岸側の立坑を施工するための仮設土留工事である。

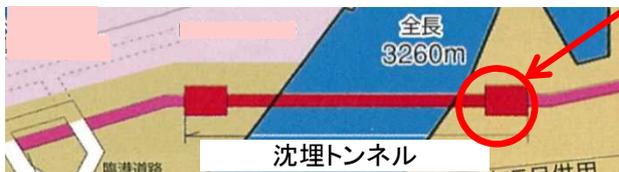


図3-3-1 施工場所



図3-3-2 施工状況写真

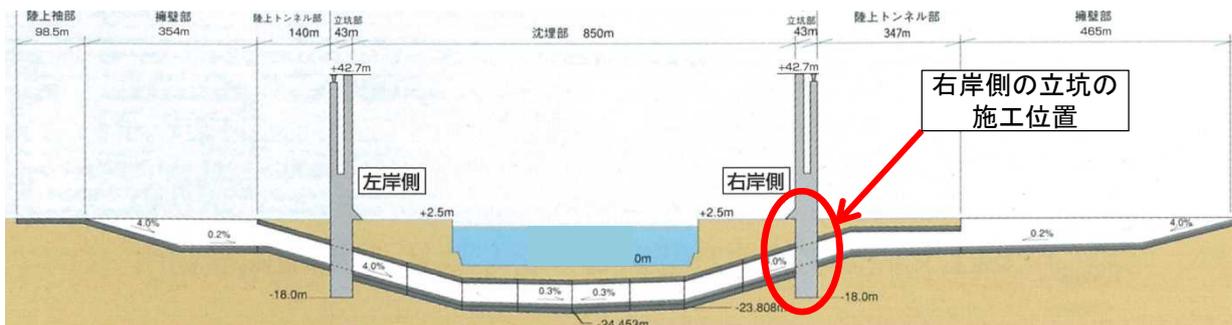


図3-3-3 沈埋トンネル縦断図における立坑の施工位置

【課題】

- ・ 民家に近接した場所での杭打設であるとともに、障害物が予測される施工区域
- ・ 地下水の影響による土留め壁、基礎杭の変形および盤膨れ、ボイリング等の対策
- ・ 土質条件の見直し ⇒ 止水壁の増深。
- ・ 土留め壁の施工法 ⇒ 連続式地中壁工法（SMW工法）。
- ・ 盤膨れ、ボイリング対策⇒ディープウェルの事前設置。
- ・ 土留め壁の変形抑制⇒プレロードの導入（切梁部に油圧ジャッキを設置）

【対応及び解決方法】

事前調査で磁気探査を実施し、工事施工方法を検討した。

陸上トンネル躯体の施工に先立ち施工した基礎杭が変形したため、基礎杭と土留鋼管矢板等の施工順序、周辺の地盤沈下等の状況を把握し、原因を分析した。

基礎杭及び躯体の安全性の検討を行い、耐力が不足する杭については、芯材となるH鋼とソイルセメントを充填するSMW（ソイルミキシングウォール）工法を併用し、地震時の安全性を確保した。

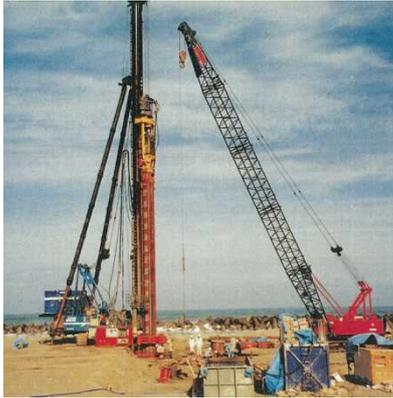


図3-3-4 鋼管矢板打設状況



図3-3-5 既設鋼管矢板にSMW工法を併用

表3-3-1 工法比較表

	形状	施工性・施工実績	発生応力・変位	施工時間	長所・短所
SMW連続地中壁	<p>ボア径 φ800(φ850内盛り) 芯材 H-700×300×14×23 L=40.0m φ600 (材質 SM490)</p>	<p>従来は比較的良質の地盤での掘削工事において用いられる工法であったが、近年は軟弱地盤・大規模掘削工事にも用いられるようになってきている。</p> <p>従来の標準タイプのφ600については多くの実績があるが、φ800については最近になって用いられるようになってきている。特にφ900のボーリングについては現在(平成4年5月)のところ1件のみとなっているため、実施にあたっては試験工事を踏まえた上で慎重な施工検討を行う必要がある。</p>	<p>最大断面力</p> <p>曲げモーメント:264.3(t・m) $\sigma_{max}/\sigma_a=0.95$</p> <p>変位:22.1(cm)</p>	218(min/m)	<p>近年、建築基礎での大規模掘削における山留め工法の主流となっており、実績という点では信頼性は高い。</p> <p>鋼管矢板に比べ変位が大きい。芯材は700×300×13×24と最も大きい者を用いるためφ900の特注のボーリングを用いるが、山留め長が長い(40.0m)ため施工誤差(1/150)を考えると建込みの際に慎重な施工が必要と考えられる。</p> <p>施工期間の面では、鋼管矢板工法に比べて優れている。</p>
鋼管矢板	<p>鋼管矢板 φ1000 t=19 L=38.5m (材質SKY490) 先端部 CIG L=2.5m(鋼管中1.0m)</p>	<p>大規模掘削における施工実績は多い。P-P継手にモルタルを注入することにより高い止水性を保つことが出来る。</p> <p>現地における施工実績があるので経験上有利であり、工法そのものに対する信頼性も高いと考えられる。また試験施工部は本工事の一部として用いるので無駄が少ない。</p> <p>しかし、施工性については試験工事の結果、打設速度の面で不利となった。</p>	<p>最大断面力</p> <p>曲げモーメント:300.0(t・m) $\sigma_{max}/\sigma_a=0.93$</p> <p>変位:17.2(cm)</p>	530(min/m)	<p>止水性、大規模掘削における施工実績、試験施工における施工実績を考えるとSMW工法に比べ信頼性は高いと考えられる。</p> <p>ただし試験施工により明らかなように壁長(鋼管矢板長さ)が長くなると打込み(パワージャッキによる圧入)が困難となり、施工中に鋼管を破損する恐れがある。従って、本設計のように先端部を地盤改良する事により鋼管矢板自体の長さを短くする必要がある。</p>

【留意事項】

- ・ 障害物把握のため、事前調査で磁気探査を実施し施工方法を検討する。
- ・ プレロード導入による土留め壁の変形抑制する。
- ・ 水位が高い場合、ディープウェル設置による盤膨れ、ボーリング対策が必要である。
- ・ 耐力が不足する杭は、コンクリートを充填し、安定性等の確保する。
- ・ 杭曲がり、孔壁等の計測施工による危険予知の徹底する。

(土留・基礎工事例4) トンネルアプローチ部工事

～長尺土留鋼管矢板の変形～

【概要】

アプローチ部の躯体築造及び沈埋函との接合のための土留壁として、鋼管矢板と最大7段の支保工を施工し、躯体の立ち上げに伴い支保工を撤去する盛り変え梁方式とした事例である。

しかし、躯体構築時の掘削開始前に埋立による偏土圧などの影響で鋼管矢板が大きな変形、大きな応力が発生したため、詳細な解析を行った事例である。



図3-4-1 施工場所及び施工状況写真



図3-4-2 盛り変え梁設置状況写真

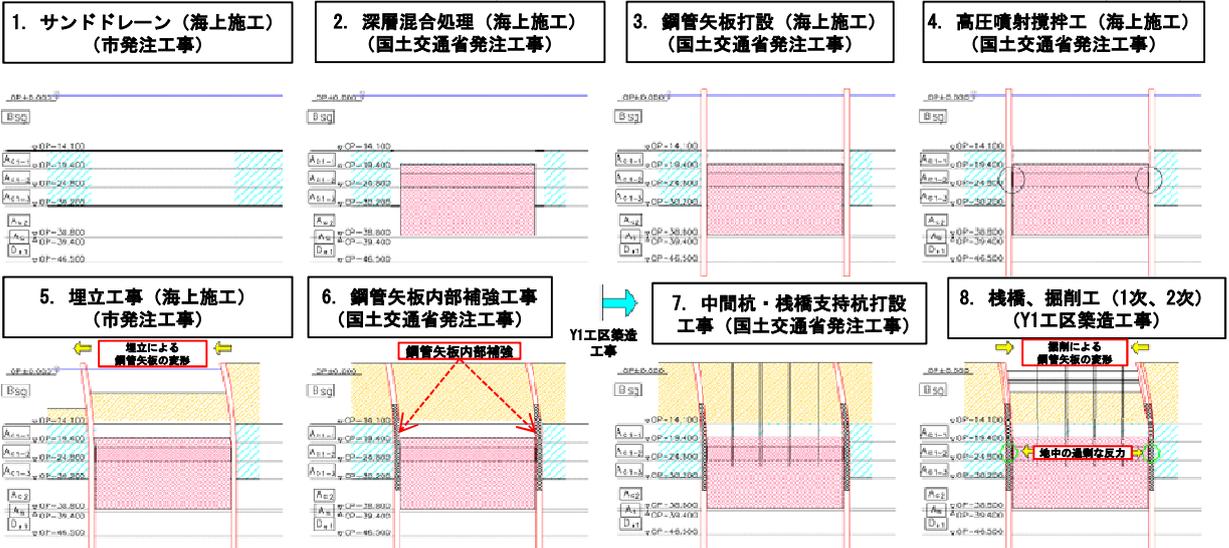


図3-4-3 鋼管矢板の建設履歴と変状のイメージ図

【課題】

- ・アプローチ部は躯体構築時の掘削開始前に埋立による偏土圧などの影響で鋼管矢板が大きな変形、大きな応力が発生していた。

【対応及び解決方法】

- ・ 駆体構築時の掘削開始前に埋立による偏土圧などの影響で鋼管矢板に大きな変形、大きな応力が発生ため、鋼管矢板内部を補強した。
- ・ 鋼管矢板に作用する側圧軽減のため、掘削背面に鋼矢板を打設して止水壁を設け、揚水による背面地下水位の低下の対策を行った。
- ・ 安全かつ進捗に遅延が生じないように施工するために、解析法の見直しおよび施工対策を講じて、安全性の確認をした。
- ・ 耐力が不足する杭は、コンクリートを充填し安定性等を確保する。(図3-4-4内部補強工断面)
- ・ CDM強度設定の違いにより発生曲げモーメントの値が大きな影響を受けるため、当初設計の線形モデルから現実の挙動に近い脆性破壊モデルでの計測管理を行い、杭曲がり、孔壁等の計測施工による危険予知の徹底を行った。(図3-4-6変位の計測結果)
- ・ 掘削開始前の段階から大きな先行応力を受けた鋼管矢板土留めによる開削工事を行う条件において、安全かつ進捗に遅延が生じないように施工するために、解析法の見直しおよび施工対策を講じた。

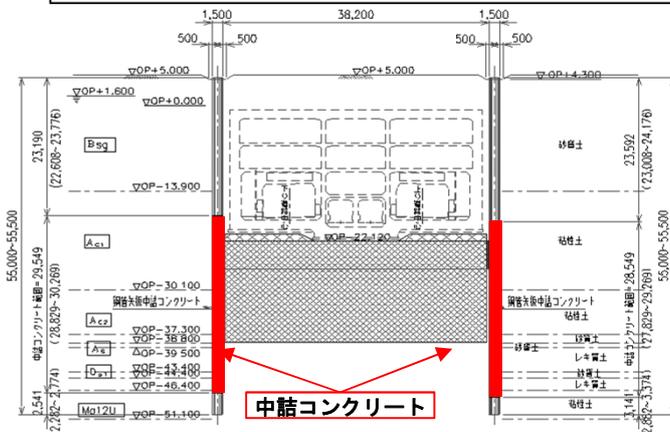


図3-4-4 鋼管矢板内部補強工断面図

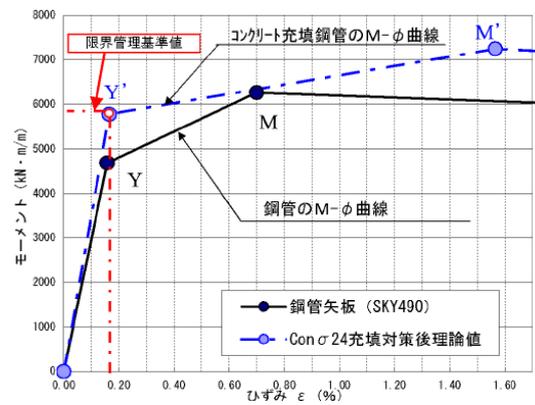


図3-4-5 中詰め鋼管矢板の耐力の向上

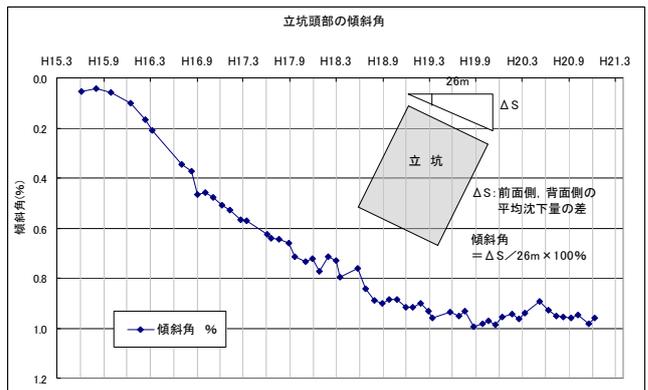
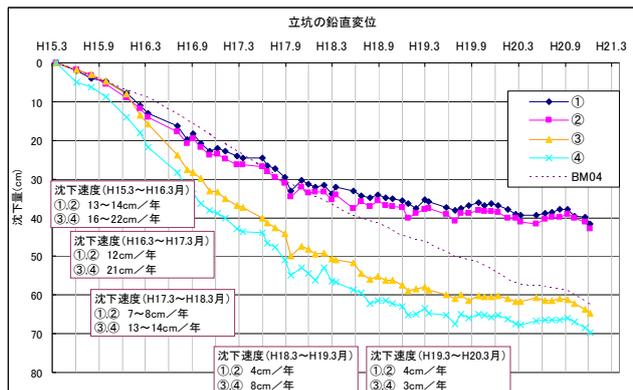


図3-4-6 立坑の鉛直変位と頭部の変形角の計測結果

【留意事項】

- ・ 施工の発注者が異なる場合、地盤改良工法として、異なる工法や強度で実施される場合がある。
- ・ その場合、強度設定の違いに矢板等の土留め工が変形する恐れがあるので、線形モデルの評価だけではなく、より現実に近い脆性破壊モデルにより確認することが望ましい。
- ・ 隣接する工区で発注者や施工者が異なる場合は、設計条件や施工工法等の情報共有を行い、適切な施工を行う必要がある。

(土留・基礎工事例5) 堤防(改良)本体及び防護矢板設置工事

～海岸防護上必要な仮設の二重矢板構造(指定仮設)～

【概要】

海岸堤防の改良工事に伴う、仮設防護矢板の施工である。

施工途中に高波浪が来襲する場合、仮設防護矢板の変形や転倒が発生する可能性があり、一重矢板構造では、背後住民に危険が及ぶ懸念があるため、二重矢板構造による防護機能を有する仮設工の設置を行った事例である。

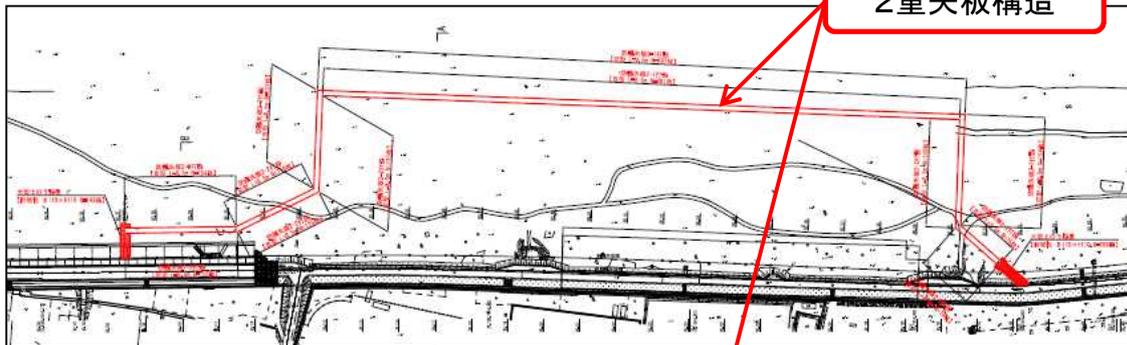


図3-5-1 海岸仮設工施工平面図

【課題】

- ・短時間で施工するために複数のクレーンで作業を行うため、施工時にクレーン同士が近接、運搬車両の輻輳が懸念される。
- ・既設堤防の改良施工期間中の背後地の安全性を確保するために、高波浪時の対策が必要である。

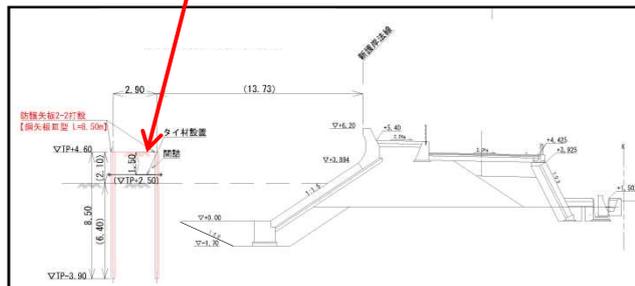


図3-5-2 海岸仮設工標準断面図

【施工時における配慮】

クレーン3台での施工を行うため、クレーン同士が接近しないよう十分な離隔をとりながら施工した。

矢板搬入枚数が多いため、現場搬入時に運搬車両が輻輳しないよう搬入計画を立てた。複数施工の3区分(①、②、③)は、図3-5-3の役割分担区域を受け持ち、二重矢板(海側・陸側)を仕上げていく。

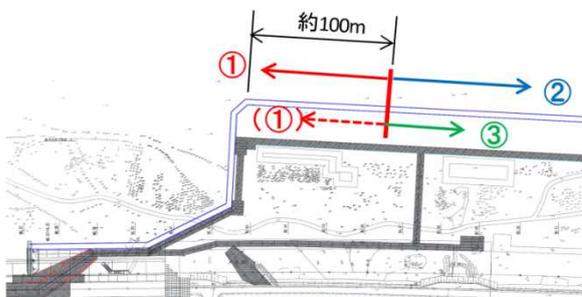


図3-5-3 役割分担区域

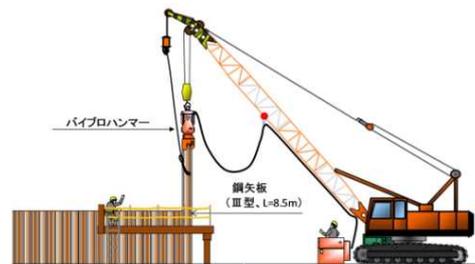
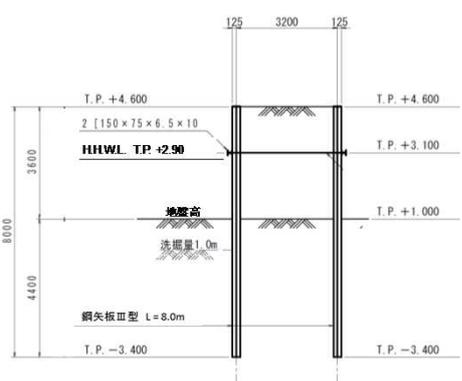
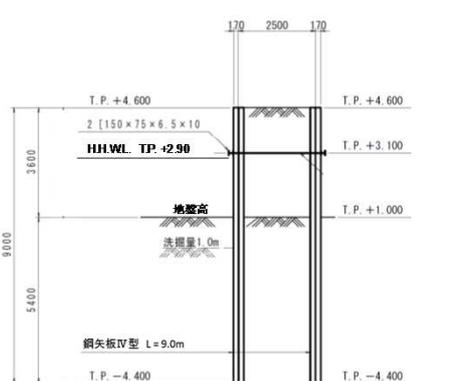


図3-5-4 鋼矢板打設状況図

【背後地の安全性の確保】

- ・「矢板前面の洗掘」や「矢板継手部（セクション部）の外れ」による「変形」もしくは「転倒」が発生しても、防護機能が直ちに損なわれない『二重矢板構造（指定仮設）』を採用した。
- ・二重矢板の設計は「鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル（財団法人国土技術研究センター編集）」に準拠し行い、経済的に優れた構造断面を選定した。（表3-5-1）
- ・「遮水効果の検討」については、港湾海岸堤防工事では要求しない効果であるため行わなかった。

表3-5-1 仮設工法の構造断面比較表

		今回設計											
		二重矢板（新規調達）〈タイプA〉	二重矢板（転用：IV型,L=9.00m）〈タイプB〉										
条件	矢板天端高	T.P. +4.60(仮設堤防高)	T.P. +4.60(仮設堤防高)										
	現地盤高	T.P. +1.00（矢板設置位置の前出しによる）	T.P. +1.00（矢板設置位置の前出しによる）										
	洗掘深	1.00mを考慮（堤外側地盤高T.P. ±0.00）	1.00mを考慮（堤外側地盤高T.P. ±0.00）										
	外水位	HH.W.L. T.P. +2.90	HH.W.L. T.P. +2.90										
	波力	50年確率波（堤前波H1/3=1.99mHmax=2.52m）	50年確率波（堤前波H1/3=1.99mHmax=2.52m）										
矢板の計算	根入長の算定	二重式仮締切設計マニュアル、フリー・アース・サポート法	二重式仮締切設計マニュアル、フリー・アース・サポート法										
	規格・全長	（地震時）Ⅲ型，L=8.000m〈安全率F=1.23≥1.20〉	（地震時）Ⅳ型，L=9.000m〈安全率F=1.60≥1.20〉										
	タイ材	φ32mm,SS400,1.600m間隔	φ36mm,SS400,1.600m間隔										
	覆起こし	[150×75×6.5×10,SS400	[150×75×6.5×10,SS400										
概要図													
		B=3.200m	B=2.500m										
構造 安定計算	堤体幅	B=3.200m				B=2.500m							
	二重矢板 ①	せん断変形		滑動		基礎地盤の支持力		せん断変形		滑動		基礎地盤の支持力	
		最小安全率	照査面 T.P.(m)	安全率	照査面 T.P.(m)	安全率	照査面 T.P.(m)	最小安全率	照査面 T.P.(m)	安全率	照査面 T.P.(m)	安全率	照査面 T.P.(m)
		異常時	1.24≥1.20	-2.400	2.64≥1.20	-3.400	3.41≥1.20	-3.400	異常時	1.25≥1.20	-3.500	2.94≥1.20	-4.400
地震時	12.00≥1.00	0.100	10.90≥1.00	-3.400	35.12≥1.00	-3.400	地震時	22.40≥1.00	0.100	11.66≥1.00	-4.400	35.94≥1.00	-4.400

【対応及び解決方法】

- ・背後地の防護ラインが必要となり、指定仮設として二重矢板構造を設置して、安全性を確保した。
- ・詳細な施工手順、搬入計画の立案・確認を行った。

【留意事項】

- ・施工中に発生する波浪を適切に設定し、高波浪時の背後地の安全性を確保する。
- ・短期間で施工を行う場合に、複数の施工業者が輻輳することが懸念されるので、対象地の工事だけでなく、資材等の運搬の経路についても現実的な施工計画を立案する必要がある。

(土留・基礎工事例6) 水門仮締切等工事 ～近接施工に配慮した鋼矢板の施工～

【概要】

水門仮締切工事等の現地施工で、自立式鋼管矢板及び二重矢板により仮締切後、排水を行ったところ、自立式鋼管矢板の頭部変位が現場管理値を超過したため、応急的な対策として仮締切内に盛土を実施する対応を行った。

水門本体の築造にあたり、鋼管矢板による自立式仮締切と鋼矢板・タイドによる二重矢板式仮締切から成る仮締切堤を築造した事例である。

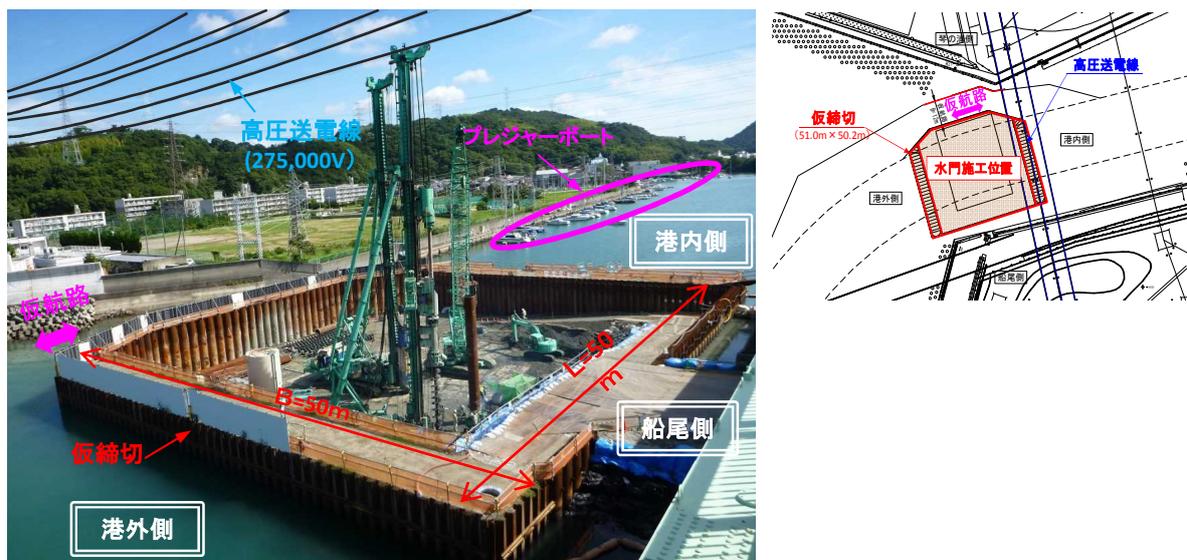


図3-6-1 施工状況写真

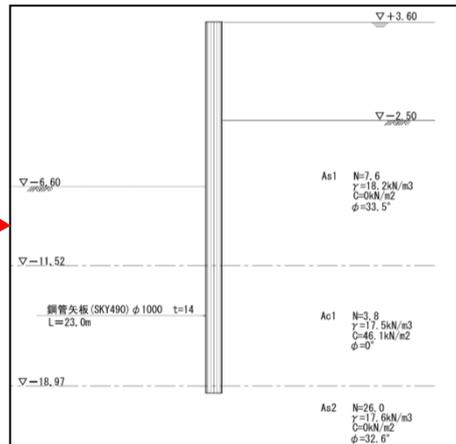
【課題】

- ・住宅や病院等と近接する施工における騒音や振動への配慮
- ・高圧電線下の施工の適切な保安距離を確保
- ・排水作業を行ったところ自立式鋼管矢板の頭部変位が発生したため、対策工の検討を行った。

【対応及び解決方法】

- ・近隣の施設に配慮した低騒音・低振動の矢板打設工法（油圧圧入工法）を採用した。
- ・高圧送電線下での矢板打設となるため、継ぎ杭による分割施工で保安距離を確保した。
- ・鋼矢板及び盛土を行い、切梁を入れて変位を押さえる工法に変更した。

【原設計】 施工中に杭頭変位量が現場管理値を超過



【鋼管矢板照査結果】

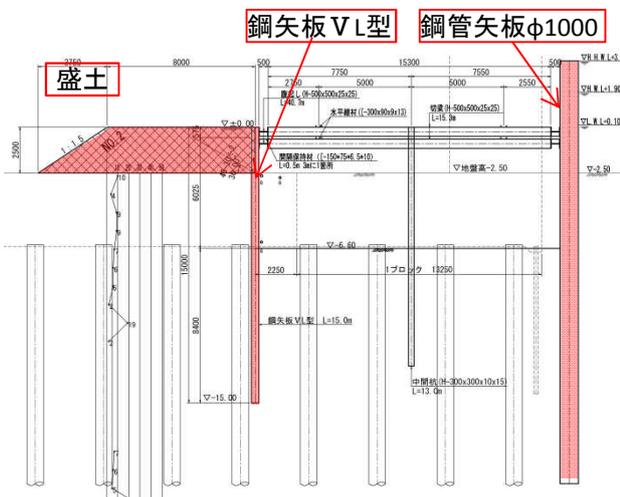
鋼管矢板 φ 1000mm、t=14mm (設計時)

照査項目	計算結果		
	計算値	許容値	判定
曲げ応力度 (N/mm ²)	269.5	≦ 280.0	OK
変位 (mm)	278.1	≦ 306.0	OK
必要長 (m)	21.94	≦ 22.0	OK

鋼管矢板 φ 1000mm、t=14mm (排水後)

照査項目	計算結果		
	計算値	許容値	判定
曲げ応力度 (N/mm ²)	276.6	≦ 280.0	OK
せん断応力度 (N/mm ²)	15.8	≦ 160.0	OK
変位 (mm)	313.2	≧ 306.0	NG
必要長 (m)	22.9	≧ 22.0	NG

【対策工断面】 鋼矢板により切梁と抑え盛土の施工



【対策後】鋼管矢板 φ 1000mm、t=14mm

照査項目	慣用法			弾塑性法		
	計算値	許容値	判定	計算値	許容値	判定
曲げ応力度 (N/mm ²)	119.6	≦ 280.0	...OK	153.6	≦ 280.0	OK
せん断応力度 (N/mm ²)	10.4	≦ 160.0	...OK	6.8	≦ 160.0	OK
変位 (mm)	14.1	≦ 300.0	...OK	195.4	≦ 300.0	OK
必要長 (m)	17.2	≦ 22.0	...OK	20.1	≦ 22.0	OK

【対策後】鋼矢板 V型

照査項目	慣用法			弾塑性法		
	計算値	許容値	判定	計算値	許容値	判定
曲げ応力度 (N/mm ²)	208.0	≦ 270.0	...OK	227.4	≦ 270.0	OK
せん断応力度 (N/mm ²)	5.4	≦ 150.0	...OK	8.5	≦ 150.0	OK
変位 (mm)	34.4	≦ 300.0	...OK	83.3	≦ 300.0	OK
必要長 (m)	11.8	≦ 15.0	...OK	12.4	≦ 15.0	OK

【留意事項】

- ・病院や住宅等と近隣する地区の施工にあたっては、騒音、振動の問題があることから、十分に留意する。
- ・高圧電線と近接する施工を行う場合は、重大な事故になる場合があるので、余裕をもった保安距離を確保し、安全に施工を行う。
- ・変位や傾斜が現場管理値を超過した場合、工事を休止して、原因の究明、対策工の実施を検討する必要がある。

(土留・基礎工事例7) 鋼板セル式防波堤 ～施工途中のトラブル対応～

【概要】

根入れ式鋼板セル式防波堤の施工途中に鋼板セル打設作業において、所要の根入れ深さに届かない高止まりが発生した。(課題1)

別の工区の工事では、船舶の衝突によりセルが損傷し、被災したため、応急措置及び復旧他の対策が行われた。(課題2)

その際、被覆セルの沈下について詳細に検討したところ、完成後、被覆セルが中詰を残して単独で沈下する可能性が出てきたので、その沈下対策が行われた。

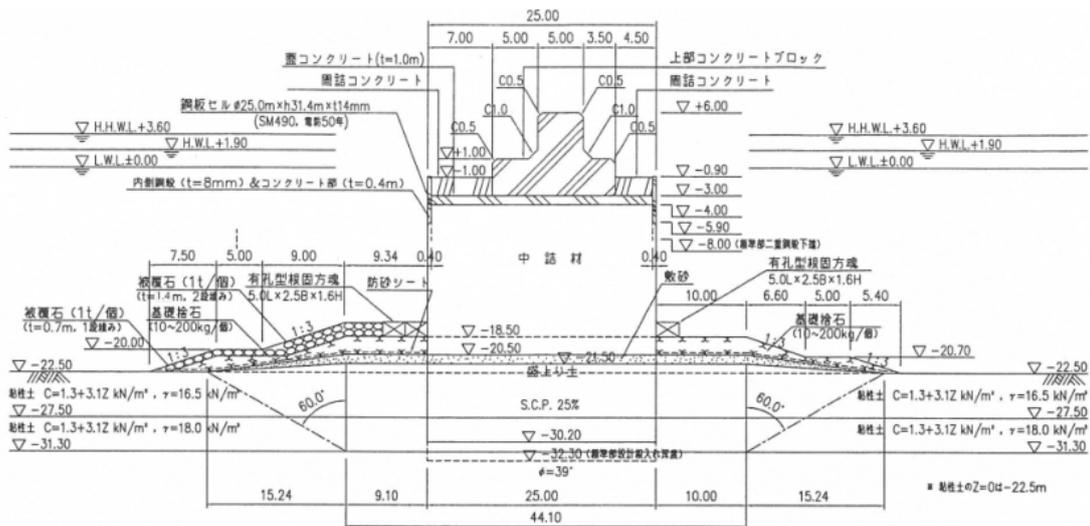


図3-7-1 根入れ式鋼板矢板セル標準断面図

【課題1】

- ・ 鋼板セルの高止まりによる安定性の低下
- ・ 打設時に防蝕用の陽極が剥離離脱し、鋼板セル上部の2重鋼殻部の内側鋼板すべてに剥離等による破損が生じた。

【課題2】

- ・ 船舶衝突したため被災し、セルの部材の損傷が発生し、復旧が必要となる。

課題1



図3-7-2 鋼板セルの高止まり状況

課題2

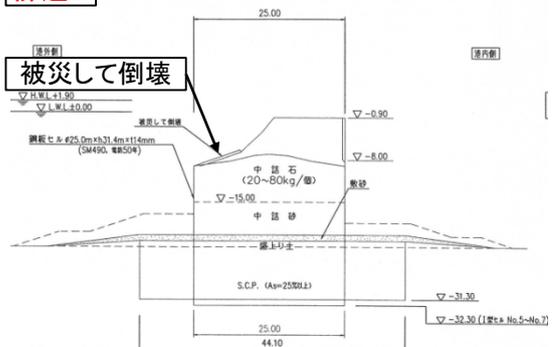


図3-7-3 現況被災断面

【対応及び解決方法 1】

- ・ 根入れ不足による断面の安定性の照査を行い、二重鋼殻上部の処理として隣接鋼板セルと同じ天端高さで水中切断し、鋼板セル内の鋼板付近に漏洩防止シートを敷設して水中コンクリートを打設する。

【対応及び解決方法 2】

- ・ 既設の鋼板セルに被覆セルを設置して、一体化して所要の天端高を確保するが、完成後、波浪が繰り返し作用することにより充填した碎石・水中コンクリートの摩擦を考慮することは危険であり、詳細に検討したところ、被覆セルが中詰を残して、単独で沈下する可能性があった。沈下対策として、被覆セルの内側に沈下防止材を取り付け、被覆セルの重量を受け持たせる対策を実施した。

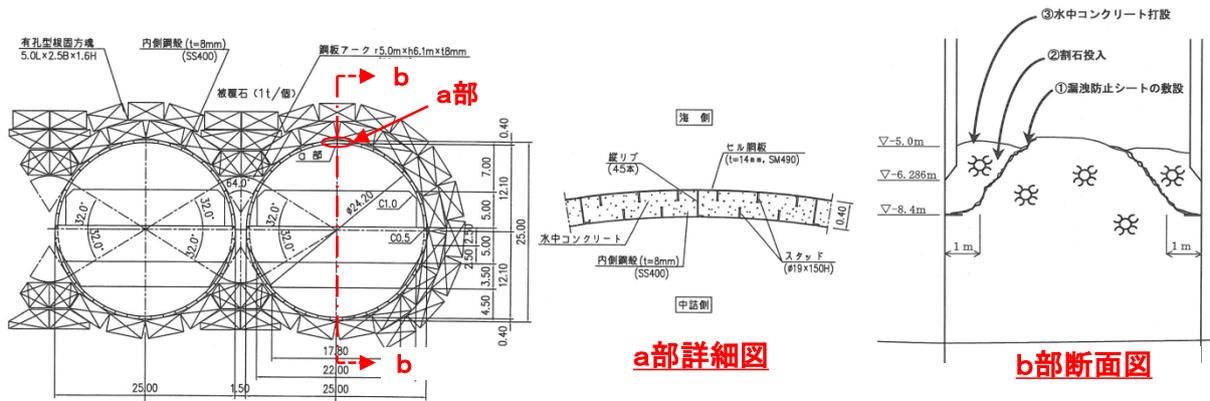


図3-7-4 水中コンクリート対策図面（課題1）

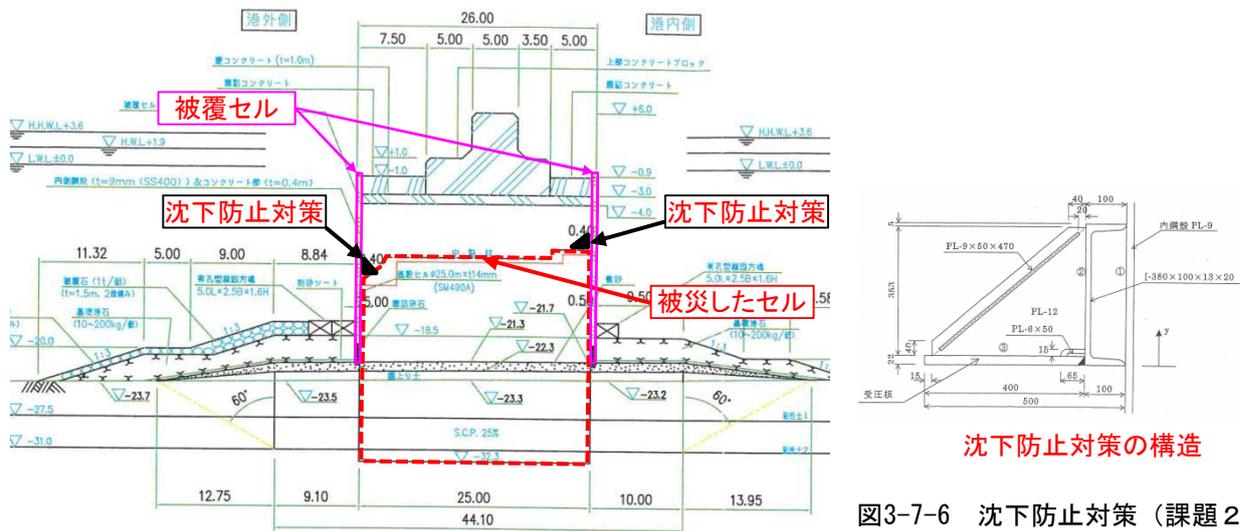


図3-7-5 復旧断面（課題2）

【留意事項】

- ・ 事前の土質調査を十分に行うことにより、根入れの確保を行う。
- ・ 施工途中に設計時と異なる状態となる場合は、堤体の安定性の照査を行い、構造の安定性を確保する。
- ・ 施工途中に被災しやすい構造においては、台風時期等の想定される外力による安定性の照査を十分に行う。