

「沖ノ鳥島港湾工事事故原因究明・再発防止検討委員会」中間とりまとめの公表について

記者発表資料

平成26年3月30日に発生した沖ノ鳥島における栈橋の引出し作業中の転覆事故について、「沖ノ鳥島港湾工事事故原因究明・再発防止検討委員会」を設置し、同委員会において調査・検討が進められて参りました。

この度、同委員会による「沖ノ鳥島港湾工事事故についての調査・検討に関する中間とりまとめ」が公表されましたので、お知らせします。

資料1 中間とりまとめ概要

資料2 「沖ノ鳥島港湾工事事故についての調査・検討に関する中間とりまとめ」

発表記者クラブ

竹芝記者クラブ、神奈川建設記者会、横浜海事記者クラブ
東京都庁記者クラブ、埼玉県政記者クラブ

※本資料は関東地方整備局HPにも掲載されております。

<http://www.ktr.mlit.go.jp/kisha/index00000003.html>

問い合わせ先

所属 国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部
担当 阿部（あべ）、小笠原（おがさわら）
電話：045-211-7422 FAX：045-211-0204

沖ノ鳥島港湾工事事故についての調査・検討に関する中間とりまとめ概要 ①

中間とりまとめの目次

1. 委員会の調査・検討経過

- 1-1 委員会の設置
- 1-2 委員会の概要

2. 沖ノ鳥島港湾係留施設築造他工事における棧橋転覆事故の概要

- 2-1 沖ノ鳥島特定離島港湾施設整備事業の概要
- 2-2 工事の概要
- 2-3 事故の概要
- 2-4 作業員の安全管理と被害状況

3. 現時点で想定される転覆原因

- 3-1 棧橋の浮体としての安定性の概要
- 3-2 事故発生当時の気象・海象状況
- 3-3 転覆に至る現象の検証
- 3-4 棧橋の転覆要因のまとめ

4. 事故の再発防止に向けて

5. より一層の安全・技術の向上に向けて

事故の概要

- 発生日時：平成26年3月30日 午前7時30分
- 発生場所：東京都小笠原村沖ノ鳥島沖
- 工事概要：沖ノ鳥島港湾係留施設築造他工事
- 工期：平成25年8月21日～平成26年9月30日
- 受注者：五洋・新日鉄住金エンジ・東亜特定建設工事共同企業体
- 事故概要：棧橋を台船から引き出す作業中に棧橋が転覆した。この際、棧橋上で作業を行っていた16名の作業員が海に投げ出され、7名が死亡、4名が負傷した。



委員会の設置

1) 委員会の概要

事故原因の究明及び再発防止に向けた検討を行うため、有識者で構成する「沖ノ鳥島港湾工事事故原因究明・再発防止検討委員会」を国土交通省関東地方整備局が平成26年4月4日に設置。

- (委員長) 間瀬 肇 京都大学防災研究所沿岸災害研究分野教授
 鈴木英之 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
 依田照彦 早稲田大学大学院創造理工学研究科教授
 高橋重雄 (独) 港湾空港技術研究所理事長
 小泉哲也 国土技術政策総合研究所港湾研究部長

2) 委員会の検討経緯

- 第1回(平成26年4月8日(火))
 - ・委員長選出、規約の確認、委員会の位置づけ
 - ・事業の位置づけと概要、事故状況、設計、施工計画のレビュー
 - ・事故原因究明に向けた今後の進め方
- 第2回(平成26年4月25日(金))
 - ・調査結果の報告
 - ・事故原因に関する仮説の検討
- 第3回(平成26年5月29日(木))
 - ・棧橋の現地調査、事故のメカニズムの検討

- 現地調査(平成26年6月1日(日)、6日(金))
 - ・浸水状況、損傷状況等の確認、試験等

- 第4回(平成26年6月23日(月))
 - ・棧橋の現地試験結果の報告
 - ・事故原因の推定、工事の安全対策の検討
 - ・中間とりまとめ(案)の検討



委員会の開催状況



棧橋の現地調査

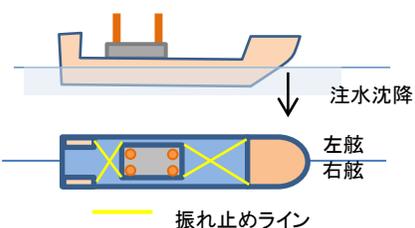
沖ノ鳥島港湾工事事故についての調査・検討に関する中間とりまとめ概要 ②

事故までの流れ

※事故当日の記載時刻については、ビデオ画像及び関係者からの聞き取り等から推定・整理したもの

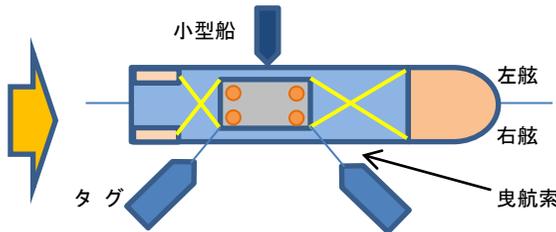
① 3月28日～29日

- ・台船と栈橋を振れ止めラインで固定
- ・台船への注水を開始(29日23時～)



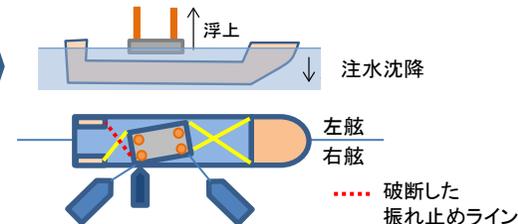
② 3月30日 6:20～

- ・作業前点検後、作業員16名が栈橋へ乗り、栈橋にタグの曳航索を取り付け



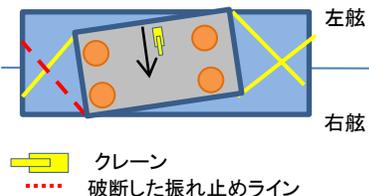
③ 6:30～6:40

- ・浮上直後に栈橋が左舷側に傾斜
- ・台船と架台が接触(衝突するような震動)
- ・振れ止めライン1本が破断
- ・小型船にて復旧作業開始



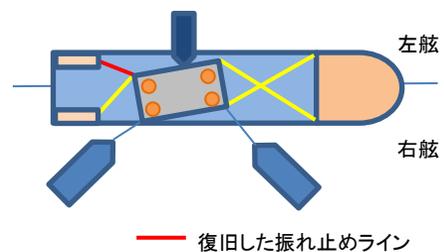
④ 7:10～7:11

- ・傾斜修正のため、クレーンを左舷から中央に移動
- ・栈橋が左右に動揺



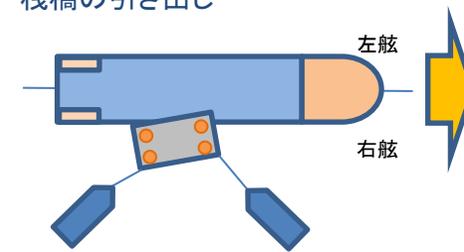
⑤ 7:19～7:23

- ・破断した振れ止めラインの復旧完了



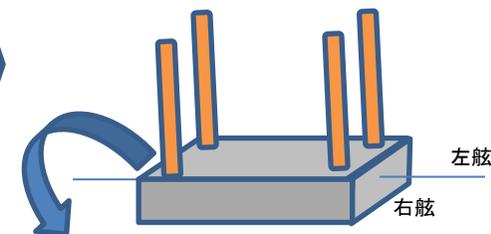
⑥ 7:25～7:28

- ・4本の振れ止めラインを切り離し
- ・栈橋の引き出し



⑦ 7:30

- ・台船から約40m引き出した位置で、栈橋が右舷側へ傾斜・転覆



人的被害状況

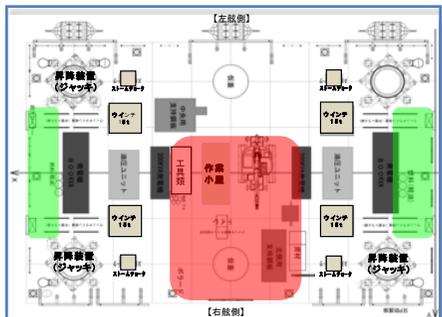
＜栈橋上の作業員所在位置、安全管理状況＞

＜作業員の収容状況＞

＜搭載物の落下＞

- ・作業員は、進水・据付時の作業のため、栈橋に乗っていた。

- ・作業員は全員、救命胴衣を着用していた。



- ・事故直後、転覆した栈橋下面からダイバーが収容(4名)
- ・事故直後、海上浮遊状態のところを作業船で収容(1名)
- ・海底(水深約400m)から収容(2名)

● 負傷・死亡者 ● 生存者

- ・栈橋の転覆に伴い、据付作業に必要なとなる栈橋上の搭載物が海底へ落下。



クレーン・発電機の一部 (水深83m)



発電機800KVA (水深903m)

沖ノ鳥島港湾工事事故についての調査・検討に関する中間とりまとめ概要 ③

時刻	6:40~7:10	7:11~7:22	7:23~7:24	7:25~7:29	7:30
作業	<ul style="list-style-type: none"> 6:30頃、台船沈降開始 6:40頃までに、台船からの振れ止めライン破断 	<ul style="list-style-type: none"> 7:10、クレーンを右舷側に移動 	<ul style="list-style-type: none"> 7:23までに、小型船により、振れ止めラインを復旧 	<ul style="list-style-type: none"> 7:25以降、振れ止めラインを解除、棧橋引き出し作業を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 引き出し作業を継続
棧橋の動き					
棧橋の状態	<ul style="list-style-type: none"> 台船の沈降により、棧橋が徐々に浮上 クレーンが左舷側6.5m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 	<ul style="list-style-type: none"> クレーンを右舷側約2.5m(推定)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 	<ul style="list-style-type: none"> 振れ止めラインの復旧以降、左側への傾斜を保持 	<ul style="list-style-type: none"> 左舷側に傾いた状態から、棧橋を引き出したため、流れによる抗力による転倒方向への回転エネルギーが発生 	<ul style="list-style-type: none"> 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

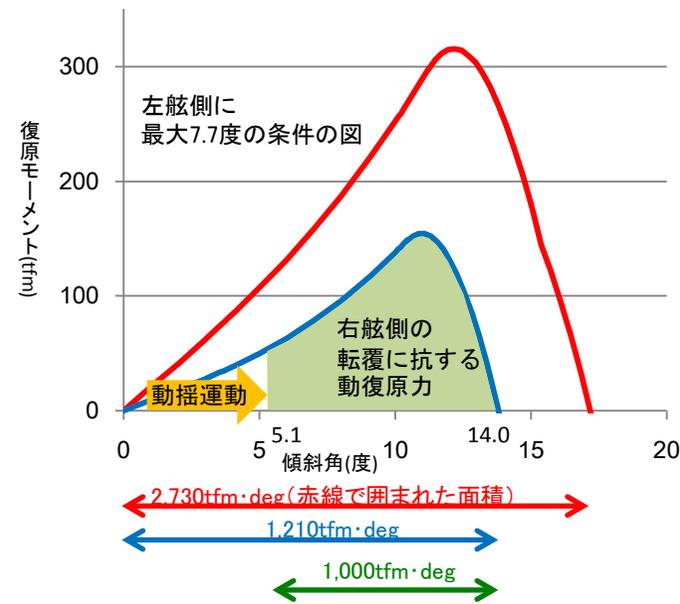


図1 動復原力のイメージ図

棧橋の安定性の低下 (表1参照)

- 棧橋に仮設物を搭載するための棧橋本体の補強やレグの引き上げの作業等によって、棧橋の安定性が低下し、棧橋の転覆に抗する動復原力は、2,730 → 1,210tfm·degに減少
- 棧橋浮上後、棧橋が左右に動揺するようになったため、動揺していない状態と比較して、棧橋の安定性がさらに低下(転覆に抗する動復原力は820~1,000tfm·degと推定)

複数の作用外力による影響 (表2参照)

- 棧橋が左舷側に傾斜した状況下において、台船から棧橋を引き出す作業が行われたことにより、現時点で定量化できた棧橋に作用する外力による回転エネルギーは810~1,120tfm·degと推定され、転覆に抗する動復原力以上となったことから、転覆したものと推定される。
- 作用外力としては、流れによる抗力及び揚力、棧橋上に越波した水塊重量等が考えられ、複数の外力が重なり合って作用したことが棧橋が転覆に至った要因と推定される。

表1 棧橋の転覆に抗する動復原力(エネルギー)

	転覆に抗する動復原力 (tfm·deg)	
	動揺していない	動揺している (左舷側最大傾斜角9.6度~7.7度)
工事発注時	2,730	1,690~2,080
引出時	1,210	820~1,000

表2 棧橋に作用する外力による回転エネルギー

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

～事故の再発防止に向けて～

(1) 工事事故の防止

- 海洋土木工事では、工場やヤードでの大型部材の製作、現地への運搬、据え付け、組み立て過程で、作業のための設備や装置の設置等、各種の仮設工が設けられる。
- 各種仮設工が施工の安全に及ぼす影響について、工学的な理解、細心の注意が、安全確保のために重要・不可欠。
- また、作業環境の安全について、作業の場所や特性に応じた配慮が必要。

本委員会では、海洋土木工事一般の事故防止について、施工において改めて留意すべきと考えられる重要事項として以下を取りまとめ。

- ✓ 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こと
- ✓ 海上の作業においては、種々の外力が重なり合って作用するため、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こと
- ✓ より一層の機械化等、作業の場所や特性に応じたきめ細やかな安全対策に取り組むことが重要であること

(2) 工事再開に向けた安全確保

工事の再開に向けた安全確保のため、上記(1)に留意した施工計画の再策定及び施工管理の実施を改めて指摘。

工事の再開に向けて、施工者において、以下の事項を実施することを提案。

- ✓ 本中間とりまとめを踏まえた、今回の施工方法を総点検すること
- ✓ 総点検を踏まえた施工計画を立案・提出すること
- ✓ 施工計画の立案に当たって、有識者から意見聴取等、十分な検討を実施すること

(3) より一層の安全・技術の向上に向けて

- 大規模で複雑な仮設を伴う工事では、今回の事故に見られるように、ひとたび事故が発生すると、深刻で重大な損害が生じる。
- 工事事故は、あつてはならないものであり、その被害を受ける個人及びその家族に計り知れない損害をもたらす、社会的にも多大な損害を及ぼす。

本委員会としては、このような厳しい施工条件で大規模な仮設を伴う工事については、今後のより一層の安全、技術の向上に向けて、国の行政機関が中心となって、汎用性のある知見や技術の蓄積を図ることが重要と考えられ、その実行を関係当局に期待する。⁴

沖ノ鳥島港湾工事事故についての調査・検討
に関する中間とりまとめ

平成 26 年 7 月 2 日

沖ノ鳥島港湾工事事故原因究明・再発防止検討委員会

目 次

はじめに

1. 委員会の調査・検討経過
 - 1-1 委員会の設置
 - 1-2 委員会の概要

2. 沖ノ鳥島港湾係留施設築造他工事における栈橋転覆事故の概要
 - 2-1 沖ノ鳥島特定離島港湾施設整備事業の概要
 - 2-2 工事の概要
 - 2-3 事故の概要
 - 2-4 作業員の安全管理と被害状況

3. 現時点で想定される転覆要因
 - 3-1 栈橋の浮体としての安定性の概要
 - 3-2 事故発生当時の気象・海象状況
 - 3-3 転覆に至る現象の検証
 - 3-4 栈橋の転覆要因のまとめ

4. 事故の再発防止に向けて

5. より一層の安全・技術の向上に向けて

はじめに

沖ノ鳥島で進められている特定離島港湾施設整備事業において、平成 26 年 3 月 30 日、北九州の工場で作られた棧橋を台船に搭載して運搬し、棧橋を台船から引き出す作業中、棧橋が転覆する事故が発生した。棧橋には 16 名の方が搭乗しており、全員が海に投げ出され、5 名の方は無事救助されたものの、7 名の方がお亡くなりになり、4 名の方が負傷された。

このような重大な事故発生を受け、事故原因の究明及び再発防止に向けた技術的検討を行うことを目的として、「沖ノ鳥島港湾工事事故原因究明・再発防止検討委員会」は、事業主体である国土交通省関東地方整備局によって、平成 26 年 4 月 4 日に設置された。

委員は 5 名の専門家からなり、これまで 4 回の委員会と 1 回の現地調査を行った。委員会は、関係者から提供された資料をもとに設計及び施工計画のレビュー、事故発生当時の作業状況を把握した上で、数値シミュレーションを含め各種計算等を実施することによって、棧橋の転覆要因の検討を行ってきた。さらに、その検討をもとに、事故の再発防止、工事再開に向けた安全対策を検討した。

本報告は、本委員会として本件事故に関して現時点までに得られた情報を分析・検討した結果を「中間とりまとめ」としてまとめ、海洋土木工事一般における事故の防止及び沖ノ鳥島における港湾工事の再開に向けた安全対策を提言するものである。

本委員会としては、二度とこのような事故を起こさないことを心から願うとともに、本中間とりまとめの趣旨を踏まえ、必要な再発防止策を確実に講じ、何より工事における安全確保を第一とする関係者の意識と行動の徹底を強く望むものである。

1. 委員会の調査・検討経過

1-1 委員会の設置

事故原因の究明及び再発防止に向けた検討を行うため、有識者で構成する「沖ノ鳥島港湾工事事故原因究明・再発防止検討委員会」が平成26年4月4日に設置された。

【委員名簿】

委員長	間瀬 肇	京都大学防災研究所気象・水象災害研究部門 沿岸災害研究分野教授 (海岸防災工学)
委員	鈴木英之	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 (造船工学)
	依田照彦	早稲田大学大学院創造理工学研究科教授 (構造工学)
	高橋重雄	(独) 港湾空港技術研究所理事長 (海岸工学)
	小泉哲也	国土技術政策総合研究所港湾研究部長 (港湾設計)

事務局 国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部

1-2 委員会の概要

(1) 第1回委員会 (平成26年4月8日(火) 13:30~17:30)

○ 議 事

- ・ 規約の確認
- ・ 委員会の位置づけ
- ・ 事業の位置づけと概要
- ・ 事故状況について
- ・ 施工計画のレビュー
- ・ 設計のレビュー
- ・ 事故原因究明に向けた今後の進め方

○ 議事概要

- ・ 沖ノ鳥島港湾工事事業の位置づけと概要、事故の状況、施工計画のレビュー、設計のレビュー、事故原因究明に向けた今後の進め方について質疑を行った。
- ・ 2~3ヶ月後を目途に中間とりまとめを行うことが了承された。

(2) 第2回委員会（平成26年4月25日（金） 13:30～17:30）

○ 議 事

- ・ 第1回委員会の議事概要の確認
- ・ 調査結果の報告
- ・ 事故原因に関する仮説の検討
- ・ 今後の進め方

○ 議事概要

- ・ 棧橋や台船の損傷状況等の調査結果について質疑を行った。
- ・ 棧橋の製作、棧橋の輸送、進水・浮上・引き出しの状況について質疑を行った。
- ・ これまでの調査結果から推定される仮説について審議を行った。
- ・ 棧橋を内地に回航し、調査を行うことを要請した。

(3) 第3回委員会（平成26年5月29日（木） 13:30～17:30）

○ 議 事

- ・ 第2回委員会の議事概要の確認
- ・ 棧橋の現地調査
- ・ 事故のメカニズムの検討
- ・ 今後の予定

○ 議事概要

- ・ 風、波、潮流の自然外力に関する調査結果について、事務局が説明し、質疑を行った。
- ・ 転覆メカニズムを検討するための作用外力の評価方法等について、事務局が説明し、審議を行った。

(4) 現地調査（平成26年6月1日（日）、平成26年6月6日（金））

- 鹿児島県鹿児島湾において、棧橋の現地調査を実施し、浸水状況、損傷状況の確認、乾舷計測、傾斜試験等を行った。

(5) 第4回委員会（平成26年6月23日（月） 13:30～17:30）

○ 議 事

- ・ 第3回委員会の議事概要の確認
- ・ 棧橋の現地試験結果の報告
- ・ 事故原因の推定、工事の安全対策の検討
- ・ 中間とりまとめ（案）の検討
- ・ 今後の予定

○ 議事概要

- ・ 第3回委員会の指摘を踏まえた作用外力の評価方法等により、転覆の要因を推定した結果について審議を行った。
- ・ 転覆の要因を踏まえ、工事安全対策について審議を行った。
- ・ 推定される転覆の要因及び工事の安全対策を踏まえ、中間とりまとめ（案）について審議を行った。

2. 沖ノ鳥島港湾係留施設築造他工事における棧橋転覆事故の概要

2-1 沖ノ鳥島特定離島港湾施設整備事業の概要

(1) 事業の目的

沖ノ鳥島は、東京から約1,740km離れた日本最南端の島で、東京都小笠原村に属しており、南北約1.7km、東西約4.5kmの環礁で構成されている(写真2-1)。

沖ノ鳥島の低潮線¹は、我が国の国土面積(約38万km²)を上回る約42万km²の排他的経済水域の基点となっている。その周辺海域には、鉱物資源等の天然資源が豊富に存在するとされ、その確保は、我が国の国益にとって極めて重要とされている(図2-1)。

平成22年6月、排他的経済水域及び大陸棚の保全及び利用の促進を図るため、「排他的経済水域及び大陸棚の保全及び利用の促進のための低潮線の保全及び拠点施設の整備等に関する法律」が施行され、沖ノ鳥島は、排他的経済水域の保全及び利用に関する重要な活動拠点として、南鳥島とともに「特定離島」²に指定された。

さらに、同法及び同法に基づく基本計画において、沖ノ鳥島及びその周辺海域で活動する船舶による係留、停泊、荷さばき、北小島等への円滑なアクセス等が可能となるよう、沖ノ鳥島西側に「特定離島港湾施設」を整備することが位置づけられ、平成23年度より、国土交通省関東地方整備局が、沖ノ鳥島において「特定離島港湾施設」の整備に着手している。

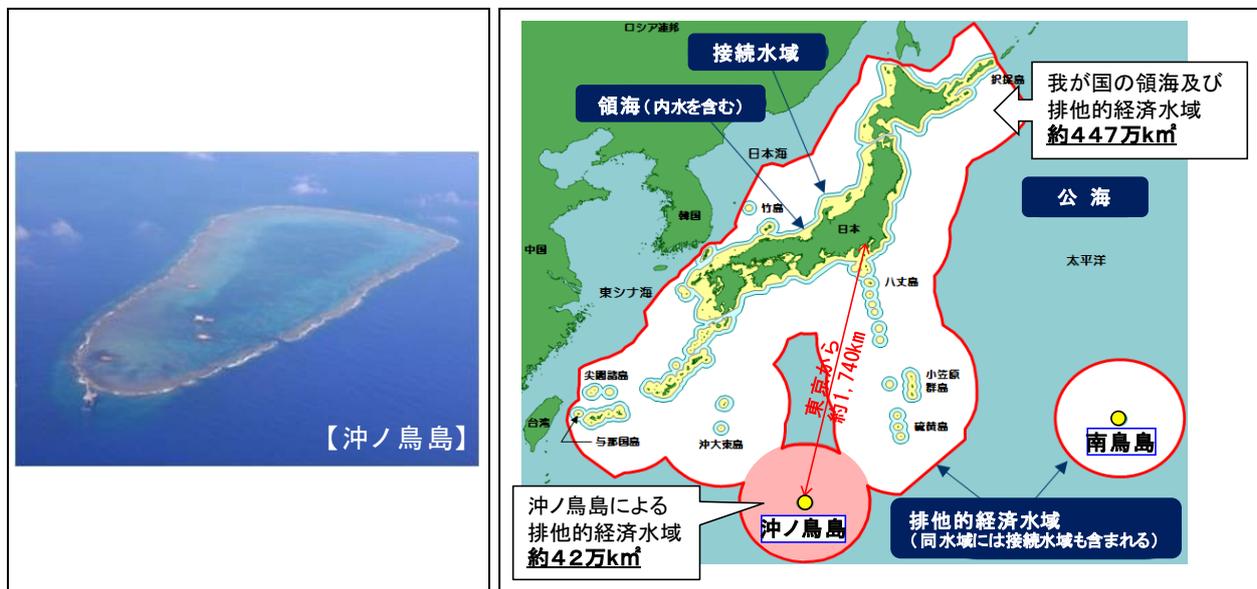


写真2-1 沖ノ鳥島

図2-1 沖ノ鳥島の位置と日本の排他的経済水域

¹ 低潮線とは、排他的経済水域の限界を画する基礎となる基線をいう。

² 特定離島とは、本土から遠隔の地にある離島で、天然資源の存在状況その他当該離島の周辺の排他的経済水域等の状況に照らして、排他的経済水域等の保全及び利用に関する活動の拠点として重要であり、かつ、活動の拠点となる施設の整備を図ることが特に必要なものとして政令で定めるものをいう。

(2) 事業の内容

沖ノ鳥島における特定離島港湾施設整備事業の概要は、以下のとおりである。

- 事業着手：平成 23 年度
- 事業内容：係留施設（延長 160m、水深 8m）荷さばき施設、泊地（水深 8m）、臨港道路等

平成 25 年 8 月、荷さばき施設が完成した。

特定離島港湾施設（係留施設及び荷さばき施設）の平面図を図 2-2、完成イメージを図 2-3 に示す。

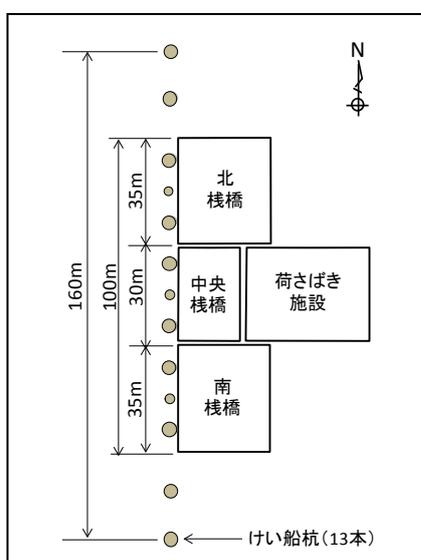


図 2-2

特定離島港湾施設※の平面図

※係留施設及び荷さばき施設

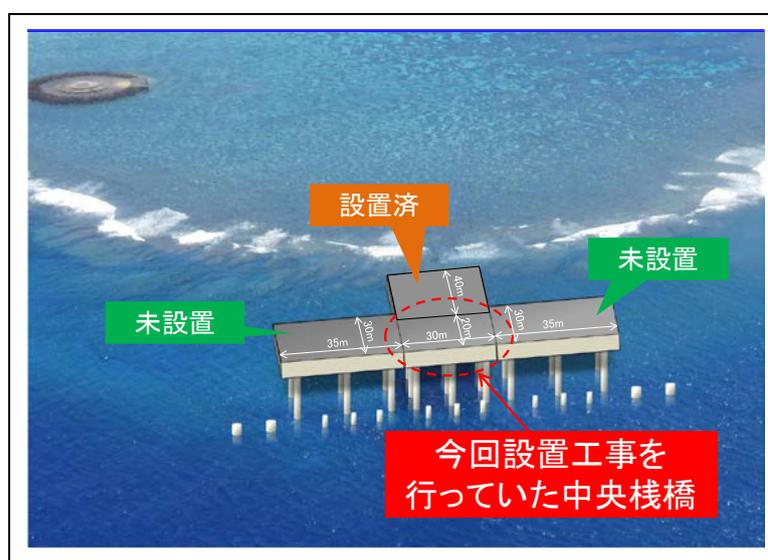


図 2-3

特定離島港湾施設※の完成イメージ

2-2 工事の概要

本工事は、特定離島港湾施設を構成する棧橋の据付工事を行うものである。工事の概要は、以下のとおりである。

(1) 工事内容

- 工事件名：沖ノ鳥島港湾係留施設築造他工事
- 受注者：五洋・新日鉄住金エンジ・東亜特定建設工事共同企業体
- 発注者：国土交通省関東地方整備局
- 工期：平成 25 年 8 月 21 日～平成 26 年 9 月 30 日
- 内容：中央棧橋製作・据付 1 基（長さ 30m×幅 20m×高さ 5m）
北棧橋製作・据付 1 基（長さ 33.5m×幅 30m×高さ 4.2m）
- 据付場所：東京都小笠原村沖ノ鳥島

(2) 棧橋の諸元と各部材の名称

棧橋の諸元と各部材の名称を図2-4に示す。

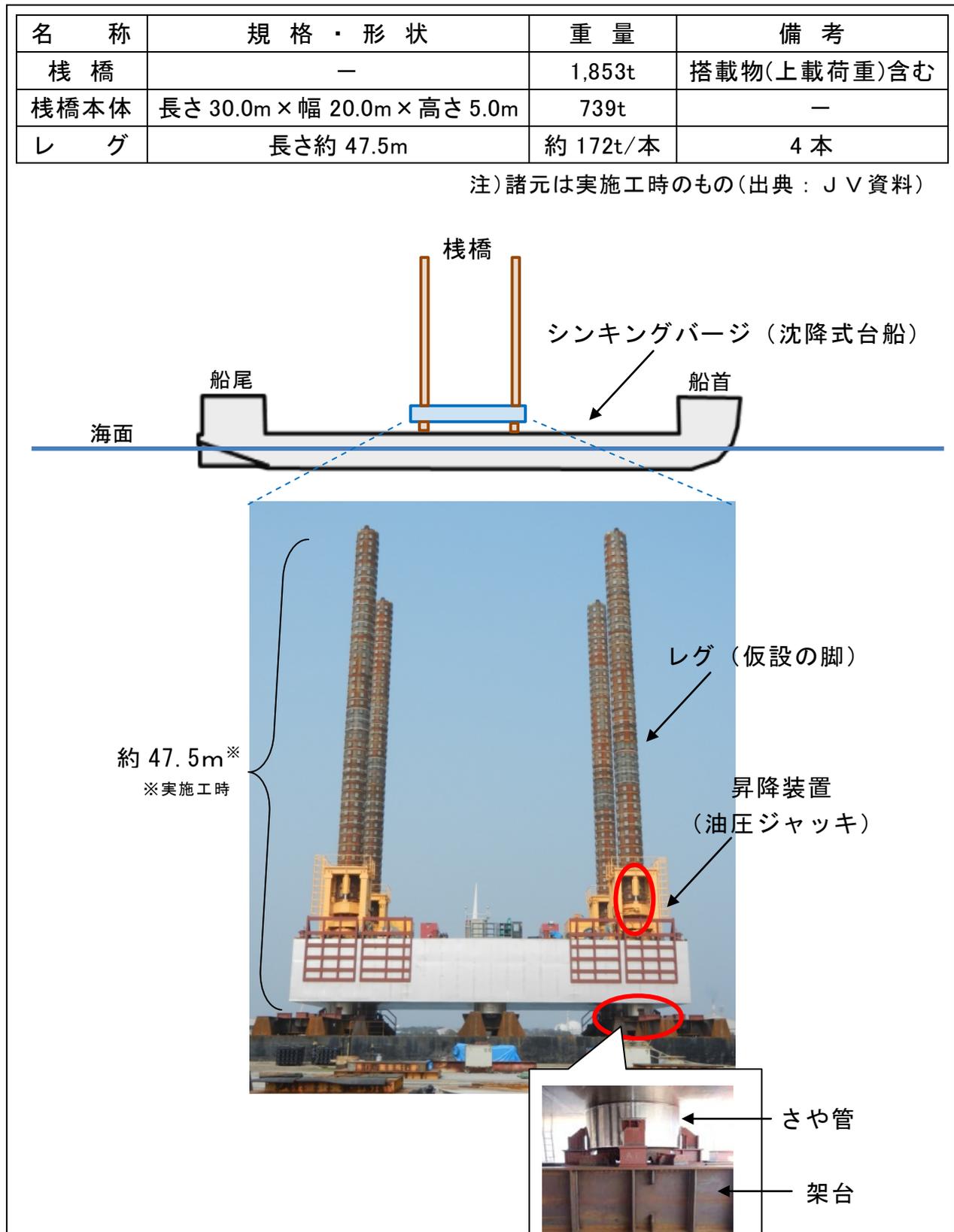


図2-4 棧橋の諸元と各部材の名称

(3) 本とりまとめで使用する用語の定義

本とりまとめでは、以下のとおり用語を用いる。

① 棧橋関係の用語

- a) 棧橋本体・・・棧橋上部（長さ 30.0m×幅 20.0m×高さ 5.0m）
- b) 棧橋・・・施工中の棧橋（棧橋本体にレグ（仮設の脚）や搭載物が積載された状態）
- c) 中央棧橋・・・完成形（棧橋が所定の位置に据付られた状態）

② 棧橋及び台船の位置関係を表す用語

棧橋及び台船の位置関係を示す言葉として、台船の船首方向に向かって左側を「左舷側」、右側を「右舷側」と称する。

また、棧橋の長手を「長軸」、棧橋の短手を「短軸」と称する（図 2-5）。

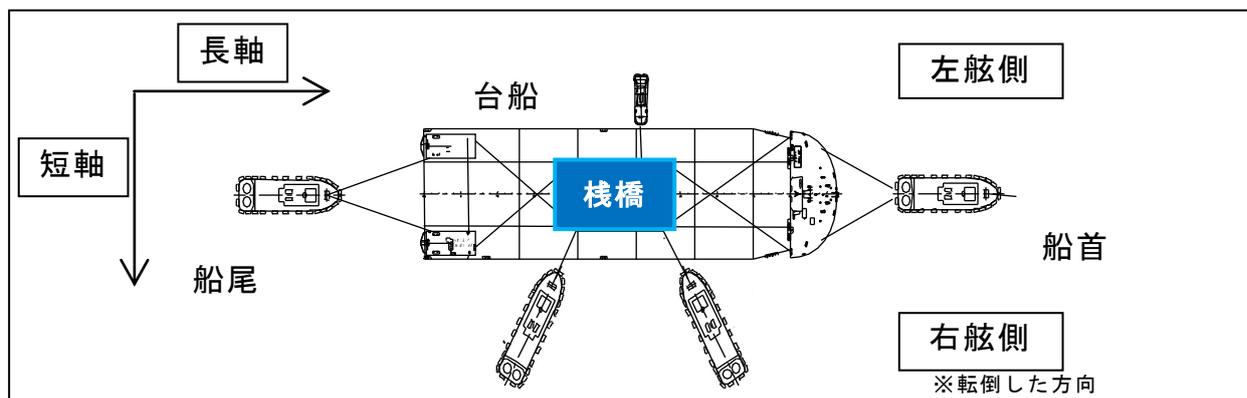


図 2-5 棧橋及び台船の位置関係を表す言葉

(4) 工事施工手順の概要（製作・輸送・据付）

施工計画書における本工事の施工手順を以下に示す。事故は、シンキングバージ³（沈降式台船、以下「台船」という。）から棧橋を引き出す作業中（2-2（4）③2）に発生した。

① 棧橋本体の製作

鋼材を切断・加工して部材を製作し、部材を組み合わせて棧橋本体を製作する（図2-6）。

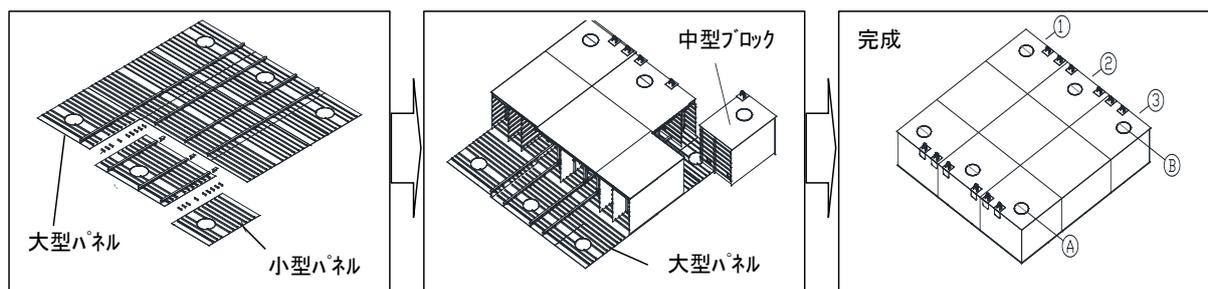


図2-6 棧橋本体製作フロー

② 棧橋の輸送

1) 艀装

製作工場において、据付に必要な昇降装置（以下「ジャッキ」という。）及びレグ等の艀装品を棧橋本体に設置し、台船に積載する（写真2-2）。



写真2-2

棧橋を台船に積載

2) 輸送

棧橋を積載した台船を、タグボート（以下「タグ」という。）で沖ノ鳥島まで回航する（写真2-3）。



写真2-3 棧橋の回航

³ シンキングバージ（沈降式台船）とは、注排水設備を有する作業台船のことで、船内の水槽（バラストタンク）の水量を調整することにより、船自体を沈降・浮上させる。船体を所定の深度まで沈め、船上の棧橋が浮上したところで引き出して進水させる。

4) 棧橋の据付

台船移動後、起重機船(海上クレーン船)を棧橋横に回航して、棧橋を起重機船で固定(横抱き)し、据付位置まで移動する(図2-10)。

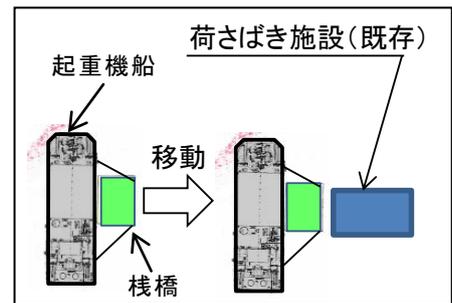


図2-10

棧橋の据付位置への移動

5) レグ降下及びジャッキアップ

据付位置において、棧橋の四隅に搭載している4本のレグ(仮設の脚)を降下させ、海底地盤まで貫入させる(図2-11の①)。

その後、棧橋に搭載しているジャッキで棧橋を上昇させる(図2-11の②)。

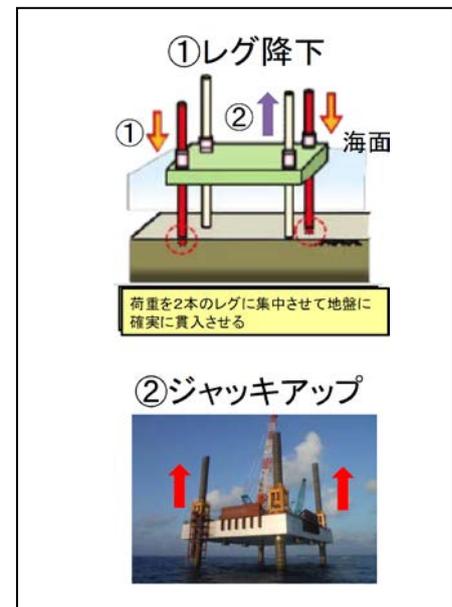


図2-11 レグ降下及び
棧橋のジャッキアップ

6) ケーシング設置

施工する鋼管杭のうち、レグが設置されていない箇所(図2-11の①の箇所)に、ケーシング(大きな鋼製のパイプ)を設置する。ケーシングが海底地盤まで着底したら、ケーシングを回転させ、所定の位置まで地盤に貫入させる(図2-12)。

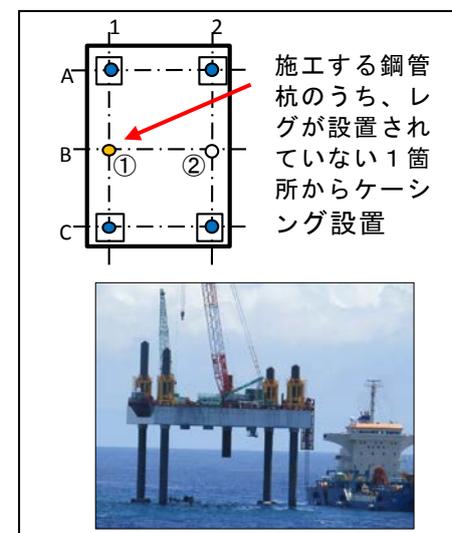


図2-12 ケーシング設置

7) ケーシング内掘削

ケーシング内の土砂を、ハンマーグラブ（クレーンで土をつかむ装置）で掘削し、栈橋上部まで引き上げる（図2-13）。

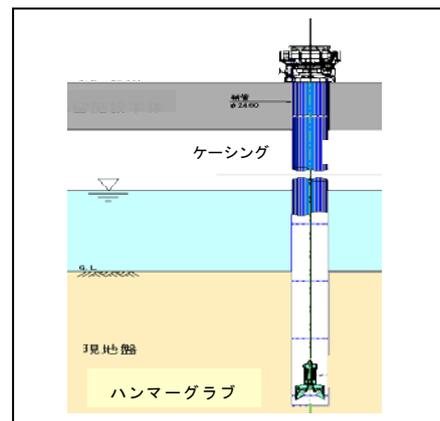


図2-13 ケーシング内掘削

8) 鋼管杭建込み

掘削が完了したら、ケーシング内に鋼管杭を挿入して、7)で掘削した地盤孔内に建て込む（図2-14）。

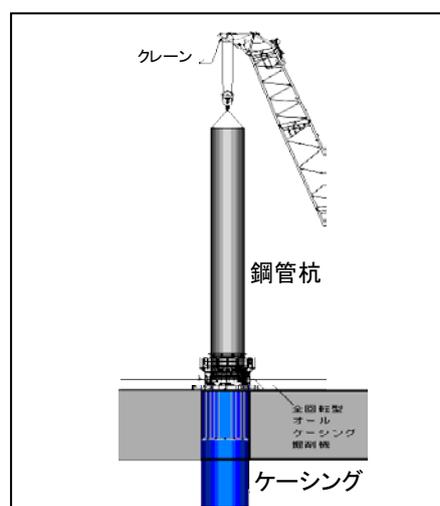


図2-14 鋼管杭建込み

9) グラウト注入

8)で建て込んだ鋼管杭を地盤に固定するために、グラウト（セメントと砂を水で練り混ぜたモルタル）を鋼管杭内の所定の位置まで打設する（図2-15）。

なお、グラウト注入に当たっては、事前にケーシングを所定の高さまで引き抜いておく。

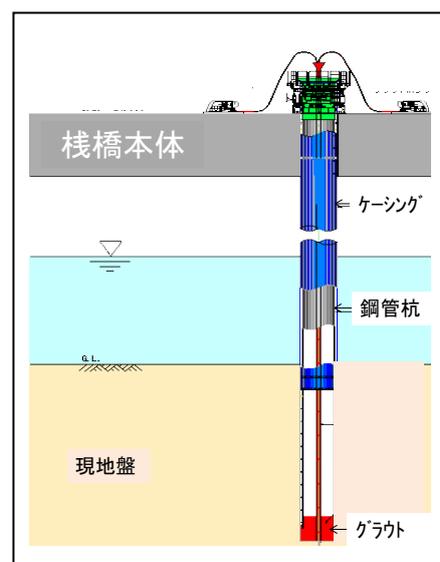


図2-15 グラウト注入

10) ケーシング引抜

グラウトが固化した後、ケーシングを引き抜き、杭と地盤の隙間にグラウトを注入して杭と地盤を一体化させる。その後、レグが設置されていない2箇所目(図2-16の②の箇所)について、同様の作業(作業6)~10))を実施する(図2-16)。

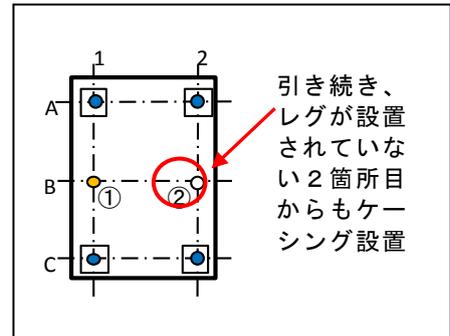


図2-16 ケーシング引抜

11) レグ撤去

4本のレグを中央棧橋上のクレーンで引き上げ(写真2-4)、残りの4箇所について、同様の作業(作業6)~10))により、鋼管杭を順次設置して完成させる(写真2-5)。



写真2-4 レグ撤去

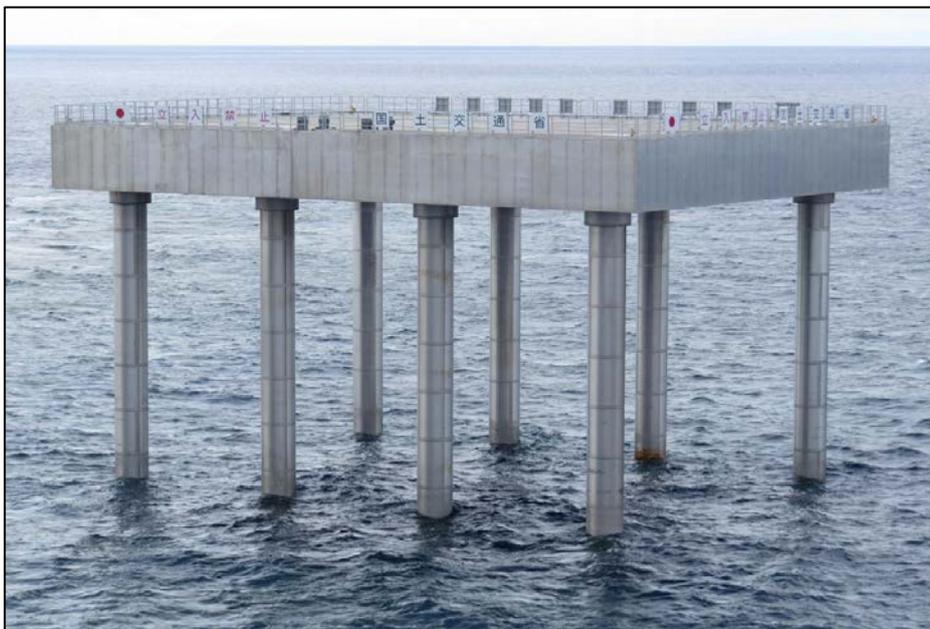


写真2-5 荷さばき施設(平成25年8月完成)

2-3 事故の概要

(1) 事故の概要

平成26年3月30日午前7時30分頃、沖ノ鳥島西側の荷さばき施設（設置済棧橋）から南側へ約600m地点（図2-17）において、据付のために台船で海上輸送してきた棧橋を台船から引き出す作業中に棧橋が転覆した（2-2（4）③2）「台船沈降・棧橋浮上・引き出し」作業）。

この際、棧橋上で作業を行っていた16名の作業員が海に投げ出され、7名が死亡、4名が負傷した。



図2-17 事故の位置図

(2) 実施作業の時系列整理

転覆した棧橋が、製作されてから転覆に至るまでの作業実施状況について、工事受注者（以下「JV」という。）から得られた情報をもとに、時系列に沿って整理すると以下のとおりである。

事故当日の記載時刻については、ビデオ画像及び関係者からの聞き取り等から推定・整理したものである。括弧書きは、施工計画書の情報を整理したものである。

3月12日（水） 製作工場で棧橋の進水試験を実施

- ・JVが進水時の棧橋の傾きを確認するため、進水試験を独自に実施。棧橋の四隅の喫水⁵は3.25m、3.25m、3.00m、3.00mであることを確認。JVが試験時に計算した棧橋重量は1,812t（船積後に搭載される搭載物⁶を除く）、喫水は3.1m。この情報から計算すると、重心位置は左舷側へ12mm偏心。

⁵ 船体の最下端から水面までの垂直距離。

⁶ 高さ調整版、支持鋼板、起重機船接舷用防護版。

- 3月20日（木） 棧橋を積載した台船が北九州港を出港
- ・北九州港で棧橋を台船に積み込み、据付作業に必要な搭載物を棧橋上に搭載・固縛。その後、出港（図2-18）。

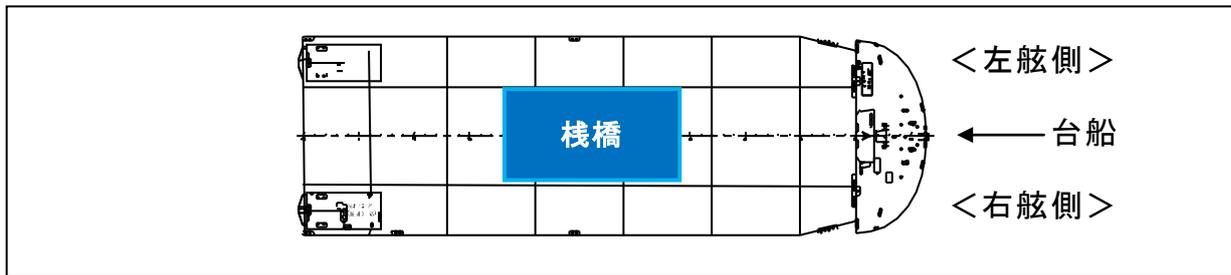


図2-18 棧橋を載せた台船

- 3月28日（金） 棧橋を積載した台船が沖ノ島島に到着
- ・レグは、棧橋下面から135cmの位置で台船上の架台に固縛されていた（図2-19）。

〔※波、風の影響を考慮し、進水場所は、施工計画書での計画位置より約600m南側に変更になった。〕

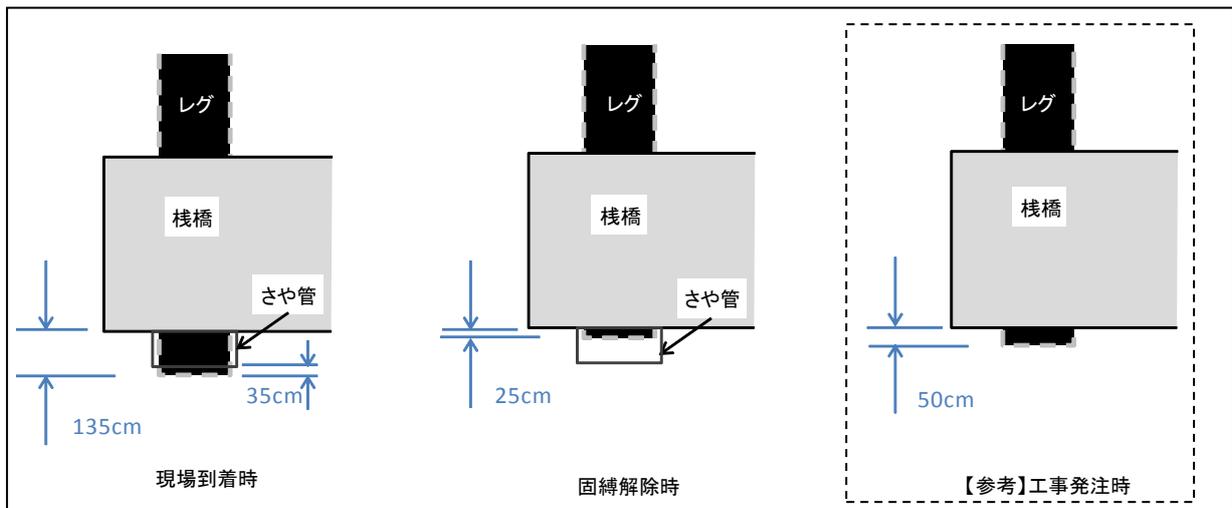


図2-19 レグの下端位置

- 3月28日（金） - 29日（土） 進水準備
- ・棧橋の固縛解除後、棧橋を台船に固定させるため、棧橋と台船とを4本の振れ止めラインで繋いだ（図2-20）。
 - ・台船から棧橋を引き出すための準備作業として、レグを棧橋下面から25cmの位置まで引き上げ（図2-19）。

- ・実重量 12.0t の 4.9t 吊クレーン（以下「クレーン」という。）により空気式防舷材の固縛解除作業を行った後、クレーンを棧橋長軸方向の中心線より左舷側 6.5m の位置に配置(図 2 - 2 1)(*施工計画書*では棧橋中央線上に配置)。

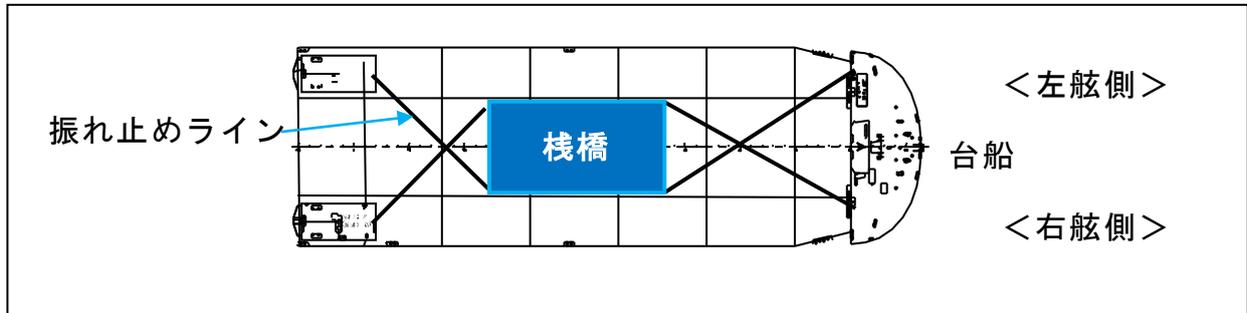


図 2 - 2 0 振れ止めラインで固定された棧橋

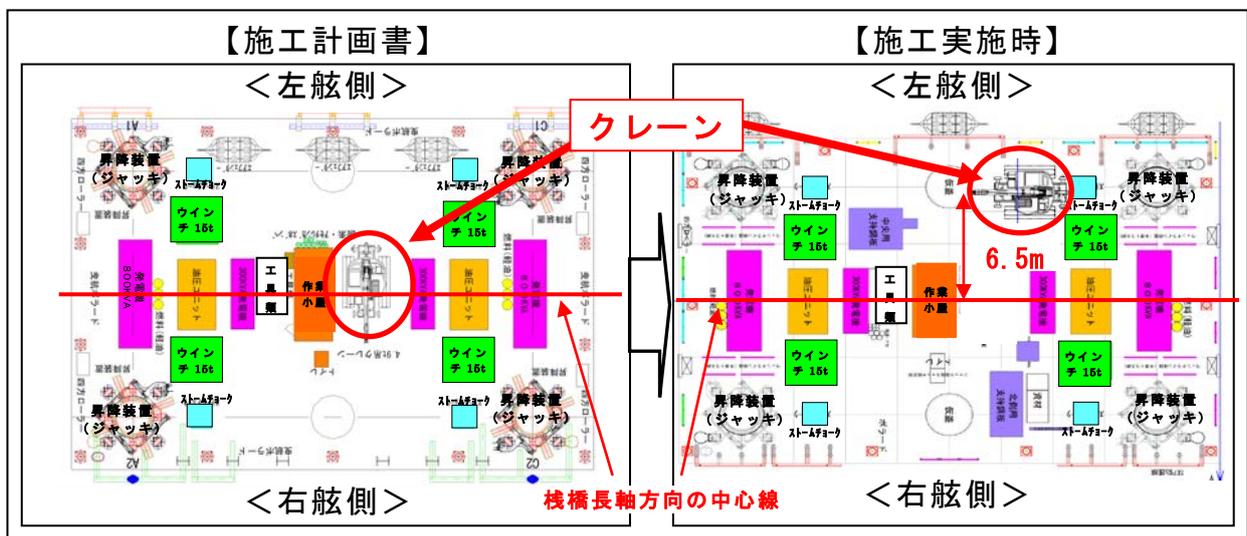


図 2 - 2 1 棧橋上の搭載物の配置（施工計画書と施工実施時との違い）

3月29日（土）

23：00 ・台船を進水させて棧橋を引き出すため、台船への注水を開始。

3月30日（日）（事故当日の作業）

6：00 ・気象・海象観測の結果、有義波高 0.8m（目視観測）、風速は東南東の風 4.6m/s。JV は作業可能と判断し、作業を続行。

6：20 ・作業員 16 名が棧橋へ乗り移った。

・棧橋にタグとの曳航索⁷を取り付け。

・右舷船首側にタグ「たけ丸」、右舷船尾側にタグ「挑洋丸」の 2 船に曳航索を取り付け。

⁷ 曳航用のロープのこと。

※施工計画書では、小型船「もみじ」は、左舷側から係留ロープを取ることにより、栈橋の位置保持をすとされていた（図2-22）。

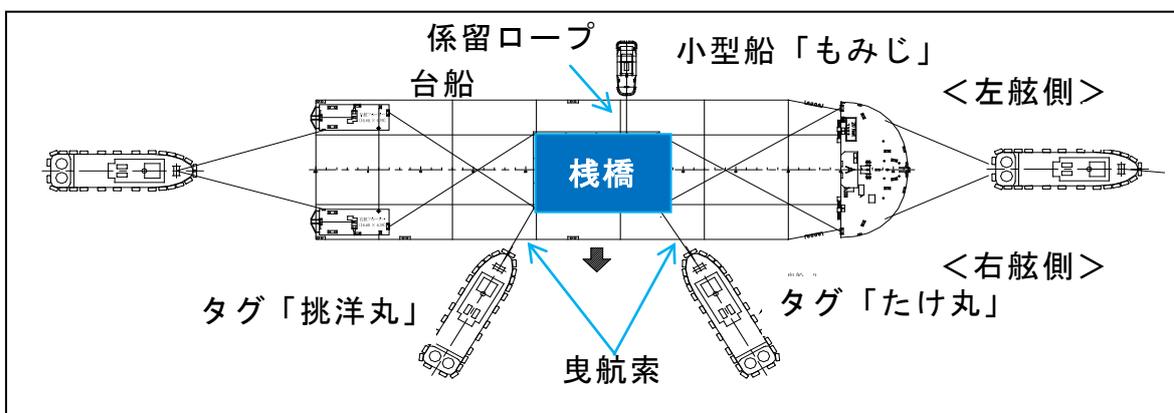


図2-22 栈橋の引き出し時の作業配置（施工計画書より）

- 6 : 30
- ・ 栈橋が浮上。
 - ・ 栈橋浮上当初より、栈橋が左舷側に約9度傾斜（写真2-6）。



写真2-6 浮上中に傾斜した栈橋(6:39時点)

6 : 40頃まで

- ・ 栈橋と台船船尾左舷側とを結ぶ振れ止めラインが破断。
- ・ 小型船「もみじ」は、栈橋の姿勢の修正作業（栈橋を押し作業）及び振れ止めラインの復旧作業を開始。

※小型船「もみじ」は、施工計画書と異なる位置に配置（図2-23）。
（施工計画書では図2-22の位置に配置。）

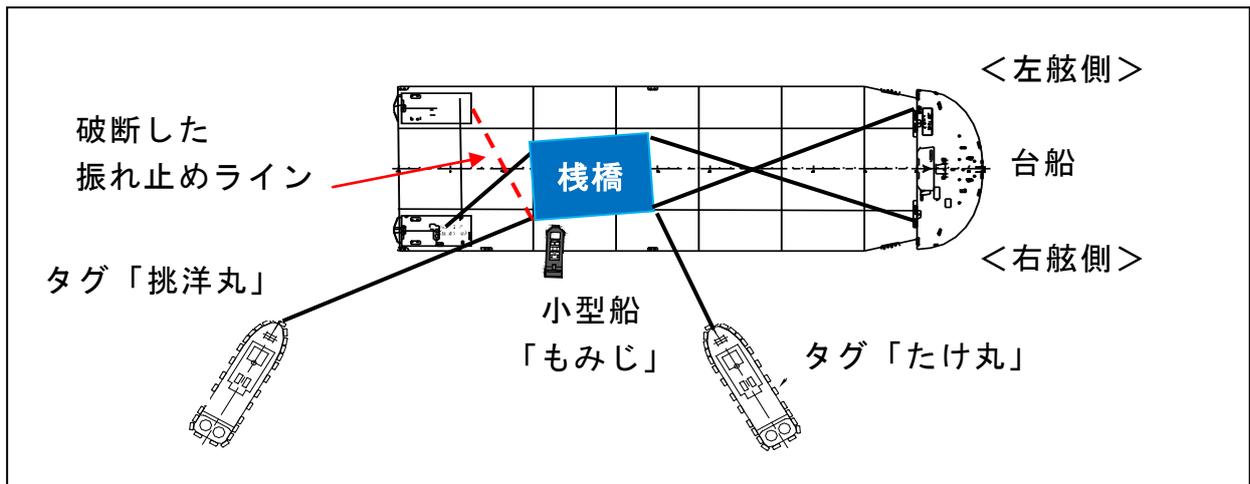


図 2 - 2 3 振れ止めラインの破断状況

7 : 0 0 ・ 台船への注水完了。

～

7 : 1 5

7 : 1 0 ・ 棧橋長軸方向の中心線より左舷側 6.5m の位置に配置されていた
～ クレーンを、傾斜修正のため、中心線より右舷側 2.5m 程度の位
7 : 1 1 置（推定）に移動（図 2 - 2 1）。

7 : 1 9 ・ 小型船「もみじ」により、破断した振れ止めラインを復旧。
～ ・ 振れ止めラインは、台船船尾左舷側と棧橋左舷側を結ぶ（図 2
7 : 2 3 - 2 4）。

〔 ※施工計画書では、台船船尾側左舷側と棧橋右舷側を結ぶことになっていた
（図 2 - 2 2）。 〕

・ 小型船「もみじ」は、振れ止めラインを接続後、次の指示を待つ
ため図 2 - 2 4 の位置で待機。

〔 ※施工計画書では、小型船「もみじ」は、図 2 - 2 2 の位置に配置すること
になっていた。 〕

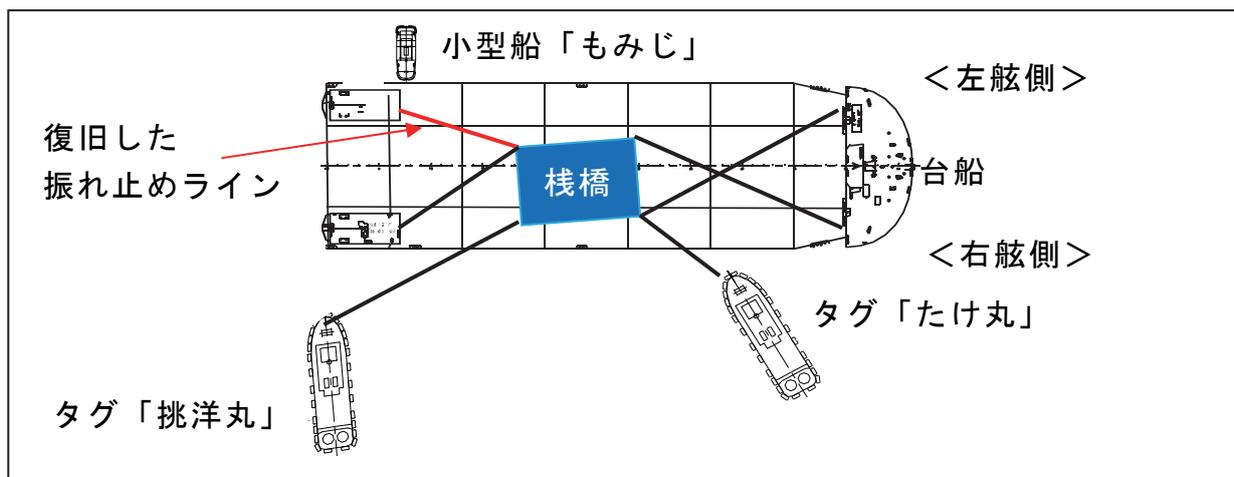


図 2 - 2 4 振れ止めラインの復旧状況

7 : 2 5 ・復旧したラインも含め 4 つの振れ止めラインを切り離し、タグ 2 隻により栈橋の引き出しを開始 (図 2 - 2 5)。

7 : 2 8

※施工計画書では、タグ 2 隻及び小型船の計 3 隻で引き出すこととしていた (図 2 - 2 5)。

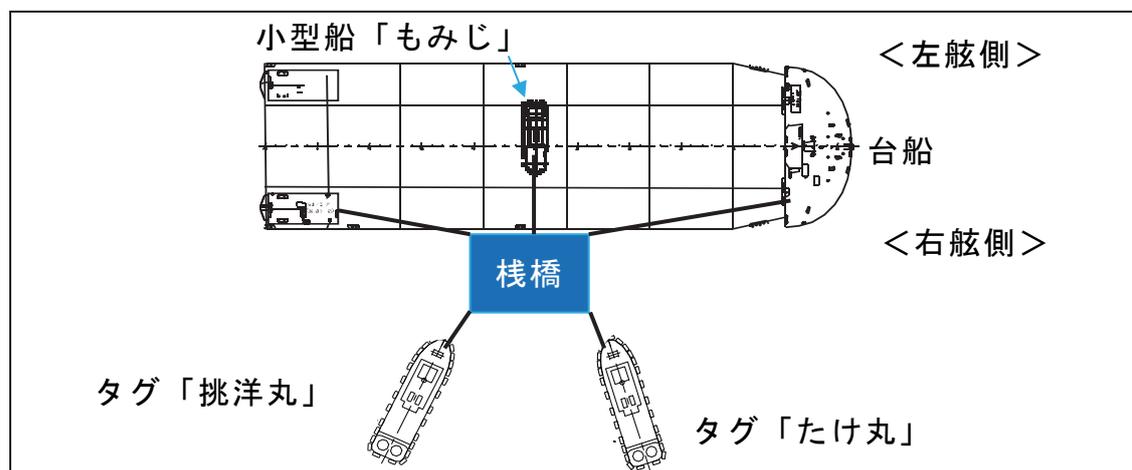


図 2 - 2 5 栈橋の引き出し時の作業配置 (施工計画書を参考に作図)

7 : 3 0 ・台船の中心から右舷側約 40m の位置で、棧橋が右舷側へ傾斜・転覆（図 2 - 2 6）（写真 2 - 7）。

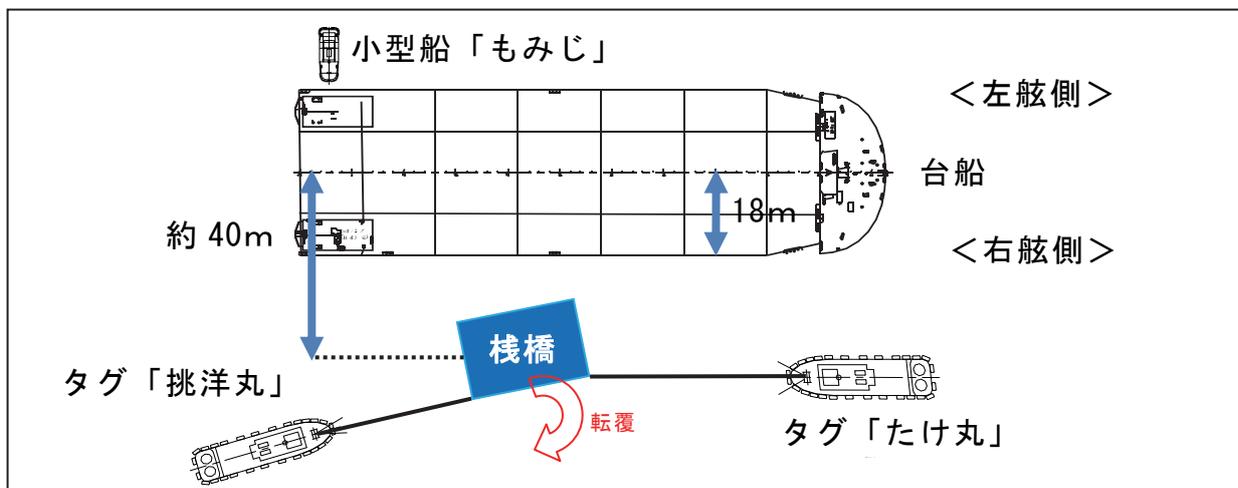


図 2 - 2 6 棧橋の転覆



写真 2 - 7 転覆し裏返しになった棧橋

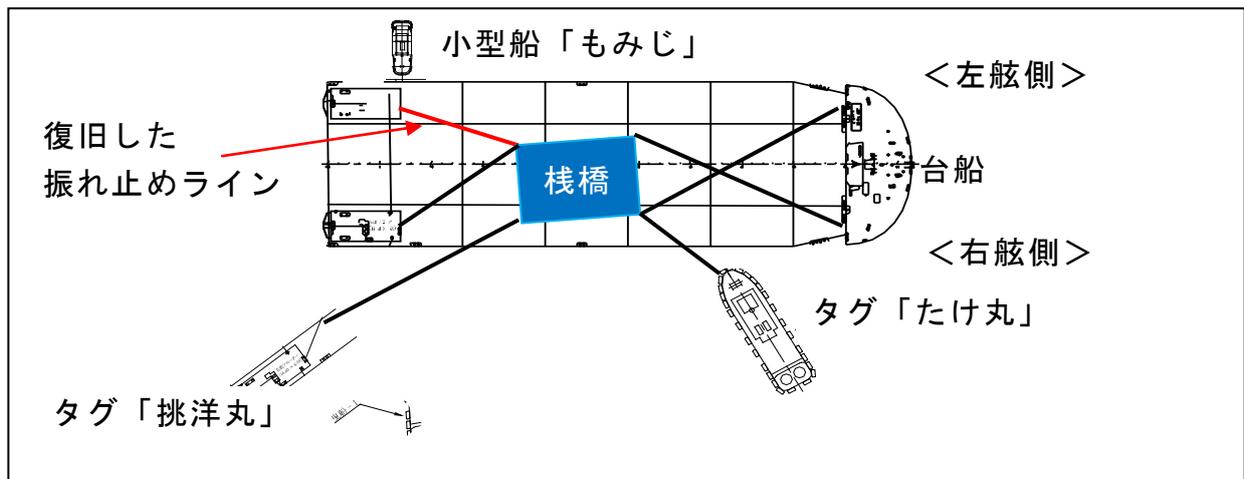


図 2 - 2 4 振れ止めラインの復旧状況

7 : 2 5 ・復旧したラインも含め 4 つの振れ止めラインを切り離し、タグ 2 隻により栈橋の引き出しを開始 (図 2 - 2 5)。

7 : 2 8

※施工計画書では、タグ 2 隻及び小型船の計 3 隻で引き出すこととしていた (図 2 - 2 5)。

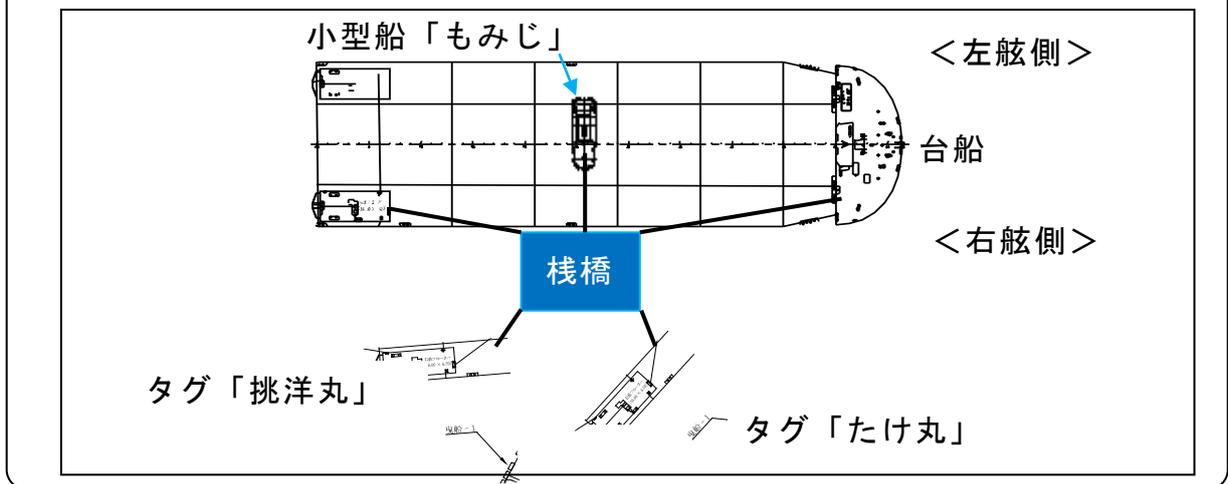


図 2 - 2 5 栈橋の引き出し時の作業配置 (施工計画書を参考に作図)

7 : 3 0 ・台船の中心から右舷側約 40m の位置で、棧橋が右舷側へ傾斜・転覆（図 2 - 2 6）（写真 2 - 7）。

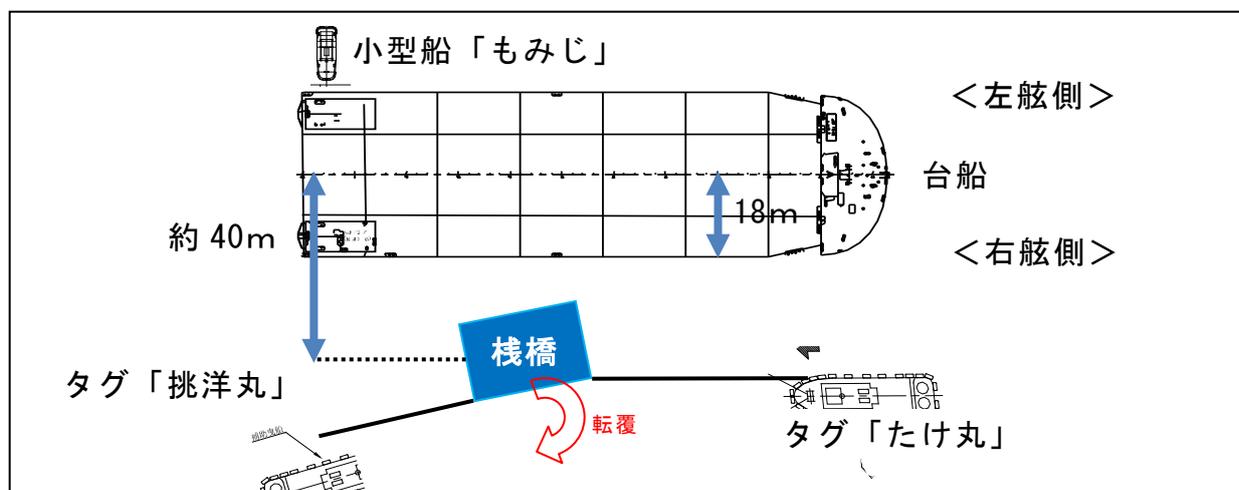


図 2 - 2 6 棧橋の転覆



写真 2 - 7 転覆し裏返しになった棧橋

2-4 作業員の安全管理と被害状況

本事故においては、栈橋上の16名の作業員のうち、7名が死亡、4名が負傷した。作業の安全管理の状況と海に投げ出された作業員の収容状況等は、以下のとおりである。

(1) 安全管理の状況

JVは、事故発生の前日(3月29日)に、翌日(事故発生日30日)の作業打合せを行い、作業の連絡調整事項の確認及び機械の作業前点検を周知していた。

JVは、事故発生の当日(3月30日)の作業開始前の朝5:30から作業母船⁸(沖鳥丸)において朝礼を行い、作業前点検として、作業員二人一組で向き合ってお互いの安全保護具を指差し確認し、救命胴衣、安全带等の着用を確認していた。

(2) 事故発生直前の作業員の所在位置

JVが関係者の証言に基づき、事故発生直前の作業員の所在位置を再現したものを図2-27に示す。

栈橋中央部、並びに右舷中央部に位置していた作業員に死亡者や負傷者が集中している。

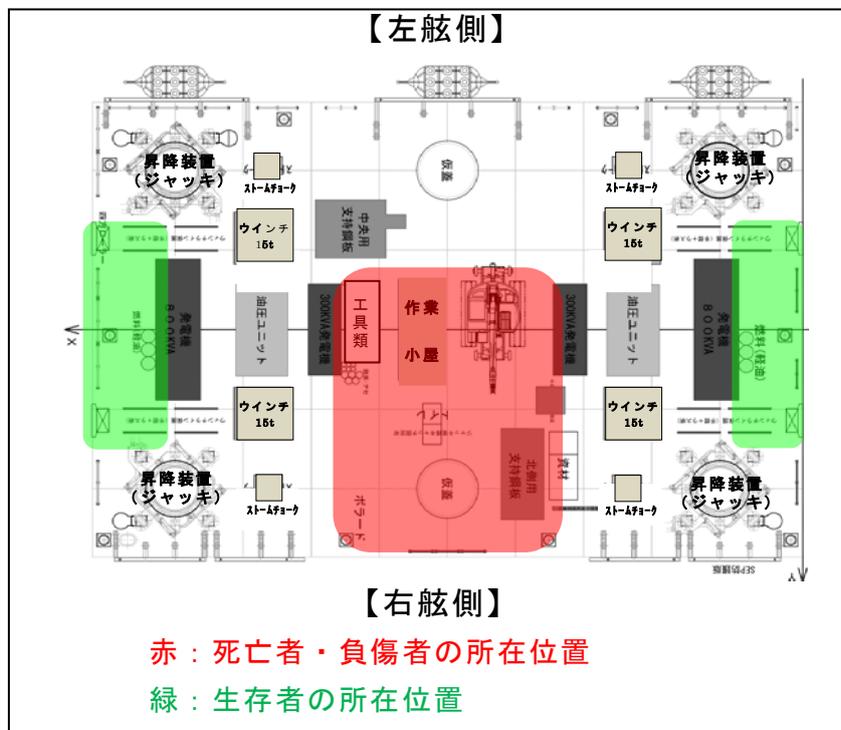


図2-27 栈橋上の作業員の所在位置

⁸ 作業母船とは、洋上で長期間の工事を行う際に中核となる船をいう。本工事の作業母船である「沖鳥丸」は、作業員宿舎、現地事務所、医務室、食堂、資材置き場、小型船舶の保管等の機能を持つ。

(3) 作業員の救命胴衣の着用状況

栈橋で作業していた作業員 16 名は、全員が救命胴衣を着用していた（写真 2-8）。

死亡した作業員 7 名のうち、6 名は救命胴衣を着用した状態で発見、収容された。

残り 1 名については、事故後、海面上に当該作業員が着用していたと見られる救命胴衣が発見、回収された。

救命胴衣は、破損していなかった。



写真 2-8 作業員が着用していた救命胴衣

(4) 作業員の収容状況

救助された作業員 9 名は、栈橋の引き出しに携わっていた小型船やタグ等の作業船により救出された。

死亡した作業員 7 名の収容状況は以下のとおりであるが、その死因は、事故後の検視により、全員溺死と判明した。

- | | |
|---------------------------------------|-----|
| ① 事故直後、転覆した栈橋下面からダイバーが収容 | 4 名 |
| ② 事故直後、海上浮遊状態のところを作業船で収容 | 1 名 |
| ③ 海底（水深約 400m）から ROV ⁹ で収容 | 2 名 |

救命胴衣を着用したにもかかわらず死亡に至った要因としては、詳細については不明であるが、栈橋上に搭載されていた搭載物（発電機、作業小屋、クレーン等の資機材）に接触または巻き込まれた可能性、そのまま海底まで搭載物に引きずられていた可能性、栈橋が海面に蓋をするような状況に陥った可能性などが考えられる。

⁹ ROV (Remotely operated vehicle) : 遠隔操作無人探査機

※（参考）棧橋から落下した搭載物

棧橋の転覆に伴い、据付作業に必要となる棧橋上の搭載物が海底へ落下した。

海底へ落下した搭載物の棧橋上での位置を図2-28に、写真（一部）を写真2-9に示す。

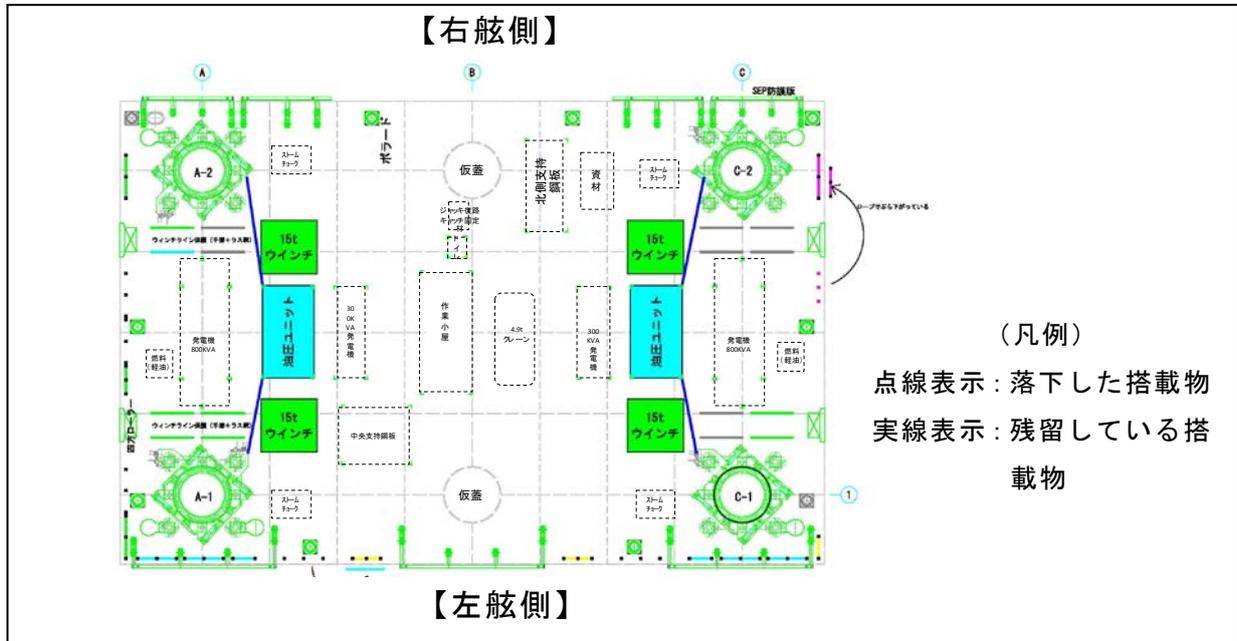


図2-28 海底へ落下した搭載物の棧橋上の位置

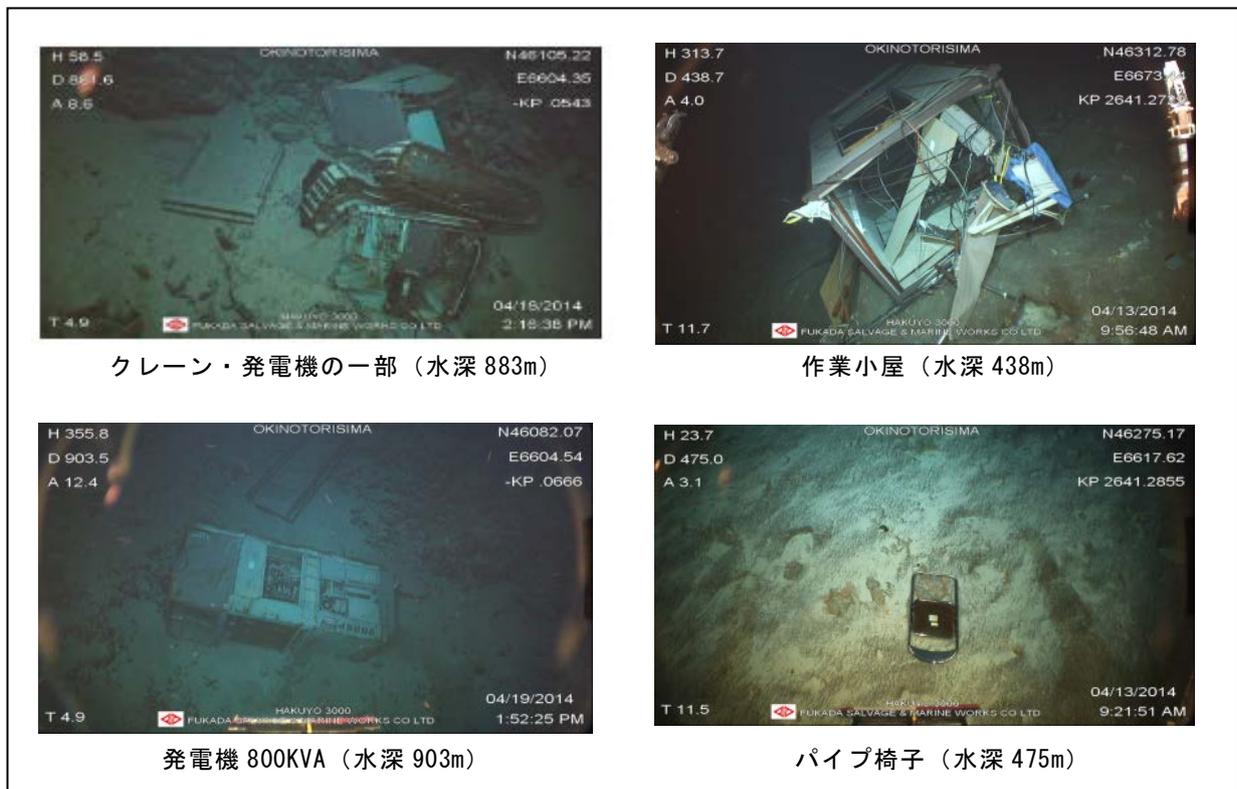


写真2-9 海底で発見された搭載物（一部）

3. 現時点で想定される転覆要因

3-1 棧橋の浮体としての安定性の概要

(1) 基本設計時の安定性

関東地方整備局が実施した中央棧橋の基本設計においては、棧橋の浮体としての安定性（以下「棧橋の安定性」という。）を検討しており、設計条件である平均風速10m/s及び有義波高0.8mによる棧橋の動揺が生じた場合も、棧橋側面での水面から棧橋上面までの高さ（以下「乾舷」という。）がゼロとならないように諸元が決められている。棧橋の高さが4.8m以上であれば棧橋の安定性を満足する結果となったが、外力及び重量の変動などを勘案し、棧橋の高さは5.0mに設定された。

(2) 工事発注時から事故当日に至るまでの棧橋の安定性の変化

工事発注時から事故当日に至るまでの棧橋の安定性の変化を検証するため、事故後に精査した棧橋本体や搭載物の重量及び重心位置等を確認の上、各段階での安定性について統一的な考え方で再計算を実施した（棧橋の復原力曲線は図3-1）。

① 工事発注時

工事発注時における棧橋の復原モーメントの最大値は、316tfm（傾斜角12.2度）であった（図3-1中の赤線）。棧橋の静的な釣り合いを考える場合、この最大復原モーメントを上回る外力が棧橋に作用すると、棧橋が転覆すると判定される。

また、棧橋が平衡状態（水平状態として傾斜角0度）から、復原力がゼロとなる傾斜角（以下「復原力消失角」という。）17.2度まで復原力に反して傾けようとするときに必要なエネルギー（以下「動復原力¹⁰」という。）は、2,726tfm・degと算定される。棧橋が運動している場合、棧橋に作用する外力による回転エネルギーが、棧橋の転覆に抗する動復原力を上回れば転覆することになる。

¹⁰ 動復原力とは、棧橋（浮体）をある傾斜角から別の傾斜角まで復原力に反して傾けようとするときに必要な仕事量（エネルギー）のことをいい、復原力曲線（傾斜角と復原モーメントの関係図）のある傾斜角から別の傾斜角までの間の面積となる。一般に傾斜角は無次元量のラジアンを用いることから、動復原力の単位としては「tfm」となるが、本中間とりまとめにおいては、モーメントと混同しないように角度の単位に度(deg)を用い「tfm・deg」と記載している。

② 沖ノ鳥島現場到着時

JVは、受注してから工場製作段階で、工場製作や現地への輸送、据付等の作業の都合を踏まえて、栈橋に仮設物を搭載するための栈橋本体の補強等各種の仮設工を施した。これにより、現場到着時点における栈橋は、重量増加・重心位置の変化が生じていた。これらにより、沖ノ鳥島現場到着時点の栈橋の安定性は、最大復原モーメントは254tfm(傾斜角11.2度)、動復原力は1,956tfm・deg(復原力消失角15.3度)に低下していたと推定される(図3-1中の黄線)¹¹。

③ 固縛解除時

栈橋と台船との固縛を解除した後、台船から栈橋を引き出すための準備作業として、レグを引き上げたことにより、最終的な栈橋の安定性は最大復原モーメントが155tfm(傾斜角10.9度)、動復原力が997tfm・deg(復原力消失角13.8度)に低下していたと推定される(図3-1中の青線)¹¹。

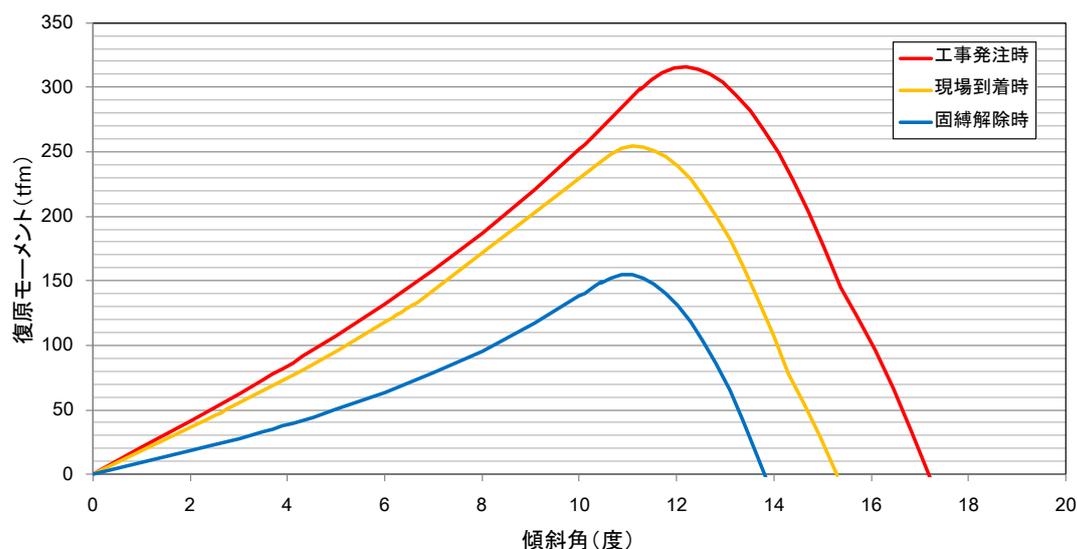


図3-1 栈橋の復原力曲線¹¹

(3) クレーンの位置変更による影響

施工計画書によれば、栈橋上に搭載したクレーンは栈橋の長軸方向の中心線上に配置する計画となっていた。しかしながら、2-3(2)で述べた実施作業の時系列整理のとおり、栈橋の浮上時は、栈橋の長軸方向の中心線より左舷側6.5mの場所にクレーンが配置されていた(前掲図2-2-1)。事故当日の状況として、栈橋が浮上

¹¹ 現場到着時及び固縛解除時の栈橋は、重心は左舷側に24mm偏心していたと推定されているが、偏心がないと仮定した場合の値である。

すると同時に左舷側に傾斜し、その後、クレーンは棧橋の中央方向に移動している。そこで、クレーンの位置による棧橋の重心の偏心量及びそれに伴う棧橋の傾斜角を検証した。

クレーンが棧橋の長軸方向の中心線から左舷側6.5mに配置された場合の棧橋は、全体の重心位置が棧橋の長軸方向の中心線より67mm左舷側に偏心し、左舷側に9.3度傾斜した状態で力が均衡することが推定される。

その後、棧橋の傾斜を修正するため、クレーンの位置を移動する作業が行われた。その際のクレーンの移動先は、棧橋上の搭載物等の配置による制約から棧橋の長軸方向の中心線より右舷側に2.5mの位置（推定）であったことから、棧橋の重心は8mm左舷側に偏心し、これにより左舷側に1.6度傾斜した状態で力が均衡することが推定される。

棧橋の重心が左舷側に8mm偏心し、1.6度傾斜して平衡状態にある場合、棧橋を右舷側に回転させるための最大復原モーメントは、169tfm(傾斜角10.9度)、右舷側への棧橋の転覆に抗する動復原力は1,208tfm・deg(復原力消失角14.0度)と計算される。棧橋の静的な安定性を考える場合、この最大復原モーメントを上回る外力が棧橋に作用すると、棧橋は転覆すると判定され、棧橋の動的な安定性を考える場合、棧橋に作用する回転エネルギーが、この動復原力を上回れば転覆すると判定される。

(4) 棧橋と台船との接触による損傷の影響

事故後に行った沖ノ鳥島での現地調査（損傷箇所確認、乾舷確認）では、棧橋の凹み部分の一箇所に亀裂が発生し、内部に貫通していることが確認された（写真3-1）。

棧橋を鹿児島湾内の喜入沖に回航した後、浸水の有無を調査するため、小型カメラ等を用いて棧橋本体内部への浸水痕跡を確認したところ、浸水は確認されず、クラック幅も微小であることから、亀裂箇所からの浸水は無かったものと推定される（写真3-2）。

このことから、棧橋と台船との接触による損傷が棧橋の安定性を低下させたことは確認されなかった。

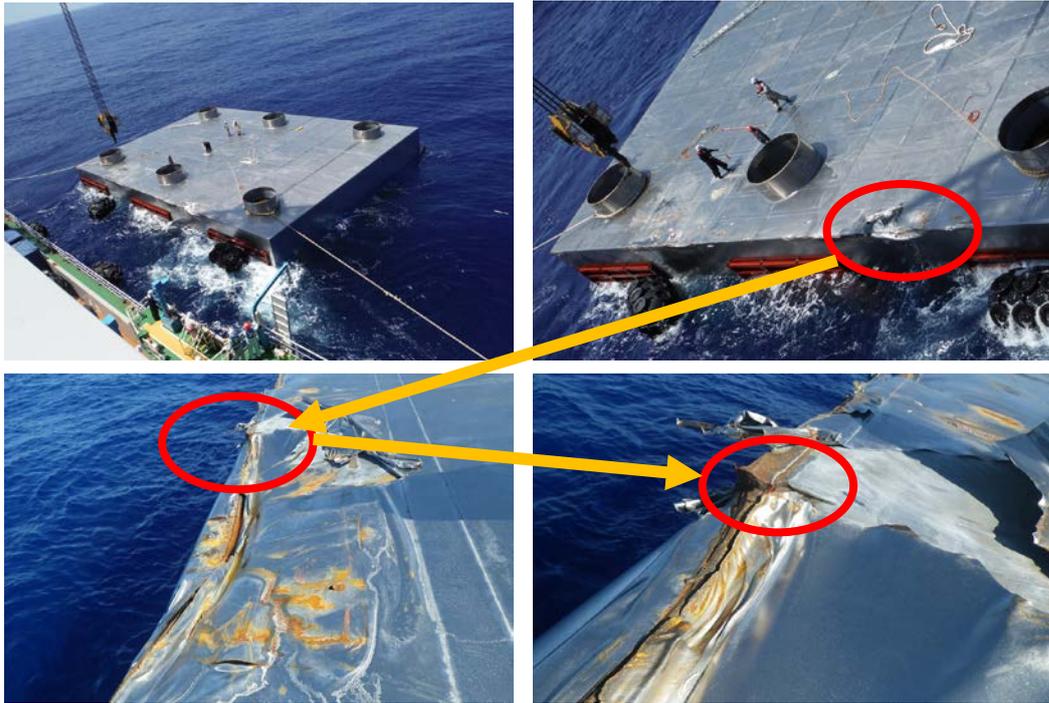


写真 3 - 1 棧橋の損傷状況（現地調査）



(1) 浸水調査箇所

(2) 浸水調査の状況

写真 3 - 2 棧橋の浸水調査状況（鹿児島湾）

(5) 鹿児島湾における傾斜試験結果

平成26年6月6日、事故発生後に棧橋を回航した鹿児島湾喜入沖において、棧橋の重心（鉛直方向）を調査するため、棧橋の傾斜試験¹²が実施された。傾斜試験の結果から、レグや潜水調査で確認した残留している搭載物（図2-28中の実線表示）の浮力の影響を補正して、棧橋の重量及び重心を算出した（図3-2）。この結果と、

¹² 棧橋上にあらかじめ重量を測定した錘を載せ、錘の位置を決められた手順で動かし、棧橋の傾斜等を測定することによって、棧橋の鉛直方向の重心を推定する試験。

上記（２）の復原力の計算に使用した栈橋の重量や重心位置（鉛直方向）を比較したところ、概ね一致（誤差は1%以下）したことから、上記（２）で推定した最大復原モーメント及び動復原力は、概ね妥当であることが推定される。



- ・ 4つの錘を決められた手順で動かしたときの傾斜や乾舷の計測結果から、栈橋の重量及び重心を算出。
- ・ 潜水調査により、搭載物の残留状況を確認。
- ・ 上記で求めた重量から残留していた搭載物に働く浮力の影響を補正すると、転覆状態の栈橋の重量及び重心が計算可能。

図 3 - 2 傾斜試験から重量及び重心を算出する方法

3 - 2 事故発生当時の気象・海象状況

(1) 風況

事故現場から南西に2.6km離れた作業母船の風向・風速計では、事故当日6:00の平均風速は4.6m/s、平均風向は113度（東南東）であった。また、事故現場から東に5km離れた場所の風向・風速計（図3-3、図3-4）では、平均風速は4.5m/s（6:00～7:35）であり、風向も一定となっていることから、事故発生当時の風況としては、事故現場により近い作業母船で観測された平均風速4.6m/s、風向113度（東南東）と推定した。

事故当時の風況は穏やかで、突風も観測されておらず、風向は、栈橋の転覆方向と直交方向であったことから、風況の変動性（風の息）を考慮しても、栈橋の転覆への直接的な影響はほとんど無かったものと推定される。

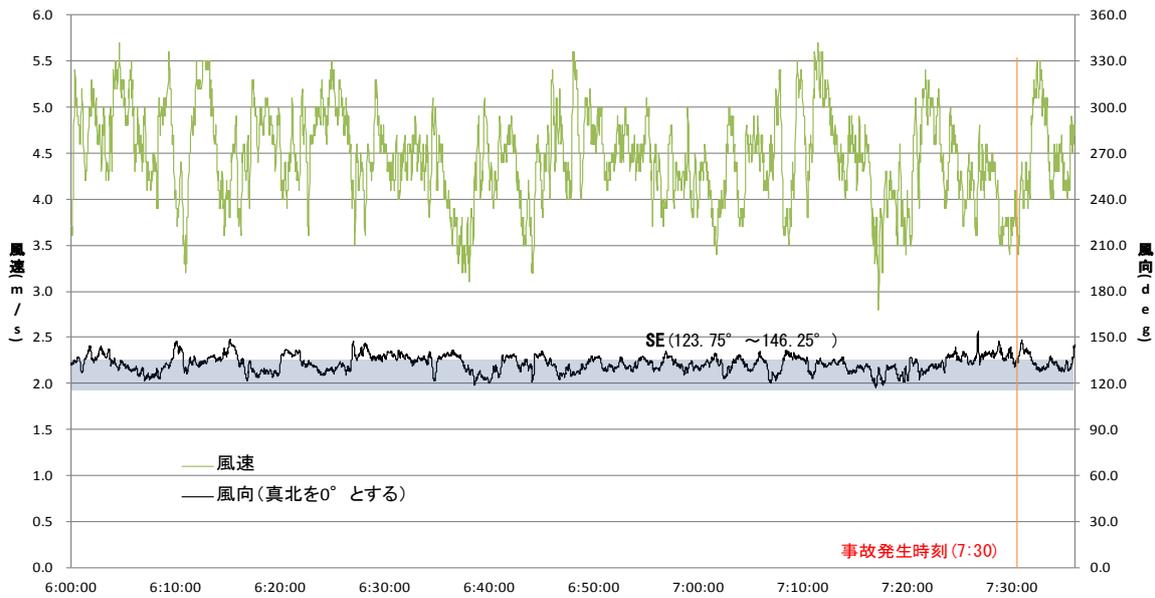


図 3 - 3 風向・風速データ（3月30日6:00～7:35）
（事故現場から東約5kmに設置されている風向・風速計）

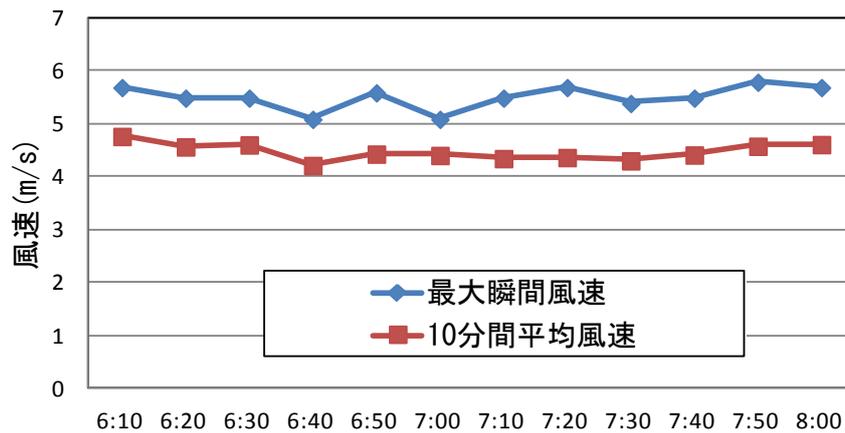


図 3 - 4 最大瞬間風速と10分間平均風速
（事故現場から東約5kmに設置されている風向・風速計）

（2）波浪

海底設置型の波高計（観測位置：荷さばき施設の西約150m、水深約20m、データレコーダ方式、事故後に回収した記憶媒体から解析）で観測した事故発生時点（7:30頃）の有義波高は、1.03mであった（表3-1）。事故現場と観測地点では、海底地形が異なることから、この観測値から、事故現場の波浪を推算した結果、7:30時点の事故現場の有義波高は0.95m（周期：8秒）と推定される。

また、観測波浪のスペクトル解析を行った結果（図3-5）、図中の7:31データ、8:31のデータについては、周期20秒以上の成分が若干現れているが、これは波形データに一部ノイズが含まれている

ために計算されたものと推察される。これら以外の時間帯ではこのような成分は現れていないことから、事故当時において周期20秒（0.05Hz）以上の長周期成分の波浪のエネルギーはほとんど存在しないと考えられる。

波高計では、波向は観測できないが、事故当時の目視観測によると波向は113度（東南東）で、長軸方向となっており、栈橋の転覆への直接的な影響はほとんど無かったものと推定される。

表 3 - 1 波浪観測データ

3月30日	3:31~ 3:51	4:31~ 4:51	5:31~ 5:51	6:31~ 6:51	7:31~ 7:51	8:31~ 8:51	9:31~ 9:51	10:31~ 10:51	11:31~ 11:51
有義波高 (m)	0.88	0.85	0.92	0.94	1.03	0.89	0.88	1.05	0.87
最大波高 (m)	1.51	1.20	1.62	1.63	1.82	1.47	1.38	2.36	1.76

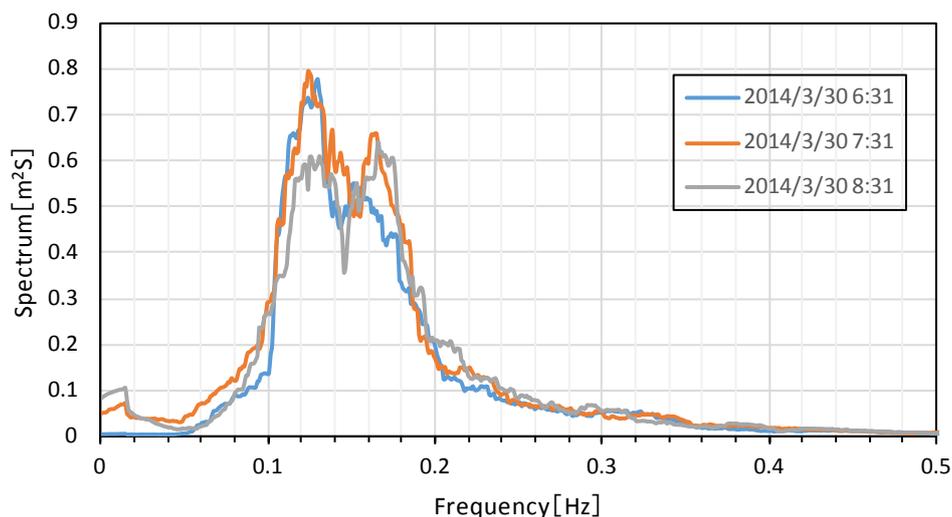


図 3 - 5 波高計データのスペクトル解析

(3) 潮流

事故当時の潮流については、台船を回航していた船舶（新潮丸）に設置されていた超音波ドップラー流向流速計による水深15mの観測値（6:00及び7:00の観測値）によると、流向は南南東方向、流速は0.3～0.5ノットであった（表3-2）。すなわち、流向には、栈橋の右舷側から左舷側への流速成分が含まれ、右舷側に転覆させる方向のモーメントが作用する向きとなる。なお、この船舶はGPSで位置を計測し、船舶の位置を保持するように自動制御がされていたことから、船舶の動きによる潮流観測への影響は軽微であったと推測される。

作用外力の計算で用いる潮流は、6:00及び7:00の時点の観測値から、流速と流向が棧橋の転覆に最も大きく影響する0.5ノット(0.26m/s)、170度(南南東)と仮定した。その場合、棧橋の引出方向の潮流成分は0.2m/sとなる(図3-6)。

表3-2 潮流観測データ

3月30日	0:00	4:00	5:00	6:00	7:00	12:00
流速(ノット) [流速(m/s)]	0.3 [0.15]	0.6 [0.31]	0.5 [0.26]	0.5 [0.26]	0.3 [0.15]	0.9 [0.46]
流向(角度)	110	135	135	155	170	125

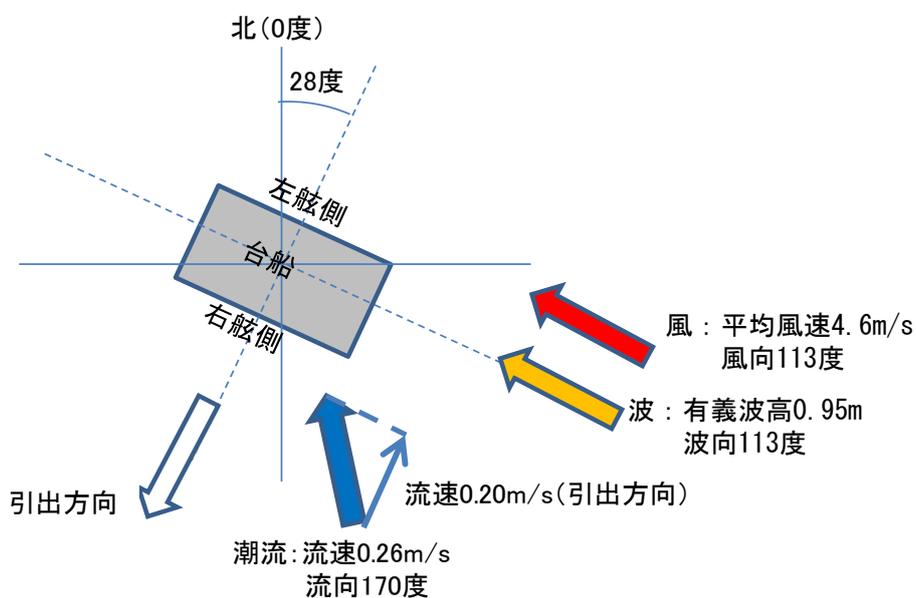


図3-6 事故当時の風、波浪、潮流の状況

3-3 転覆に至る現象の検証

(1) 棧橋浮上後から転覆に至るまでの棧橋の挙動

JVが荷さばき施設及び起重機船（事故現場より約600m、ほぼ真北方向の位置）から撮影していたビデオ画像から、5秒間隔で読み取った棧橋の傾斜角や、関係者の聞き取り等をもとに、棧橋浮上後から転覆に至るまでの棧橋の挙動を時系列に沿って検証した（図3-7、図3-8）。なお、ビデオ画像は、棧橋浮上後から転覆に至る全ての時間帯を撮影したのではなく（図3-7は、棧橋の挙動を把握するため、代表的な時間帯を抽出した）、また画像の読み取りにはある程度の誤差が含まれることに留意する必要がある。

棧橋の挙動は、7:10から7:11の間の棧橋上でのクレーンの移動、7:19から7:23の間の振れ止めラインの復旧、7:25以降の引き出し作業によって特徴が異なるため、次の①から④の時間帯に大きく区分して検証した。

① 棧橋浮上後からクレーン移動前までの状況（6:40～7:09）

棧橋浮上当初より、棧橋は、左舷側に傾斜（6:40で約9度傾斜）していた。クレーンが棧橋の長軸方向の中心線から左舷側6.5mの位置に配置されたという条件では、左舷側に9.3度傾斜する状態で力が均衡すると算定されることから、クレーンの位置も影響し、棧橋が左舷側に傾斜していたことが推定される。

6:40頃には、棧橋右舷側と台船船尾左舷側とを結ぶ1本の振れ止めラインが破断した。この振れ止めラインの破断は、棧橋が浮上時に左舷側に傾斜したことにより生じたものと推定される。

6:40から7:09のビデオ画像による棧橋の傾斜角は、左舷側に平均9.2度、最大14.8度であった。

波が無い条件での計算では、棧橋が約7度傾斜すると、棧橋下面のさや管と台船上の架台が接触し、約12度傾斜すると棧橋本体と架台が接触するものと計算されることから、6:40から7:09の間、棧橋と台船上の架台は接触していたものと推定される。

なお、事故当時に棧橋上にいた関係者によると、浮上当初から棧橋と台船とが衝突するような震動を感じたとの証言がある。また、事故後の棧橋と台船の調査において、台船の左舷側が大きく損傷していたことがわかっている。これらのことから、棧橋等の損傷は、浮上後左舷側に傾斜した際に生じたものと推定される。

ビデオ画像から、6:40から7:09の間に、例えば6:53頃に、一時的に棧橋の左舷側への傾斜角が小さくなる状況が確認されている。ビデオ画像では、棧橋の姿勢を修正するため、小型船が右舷側か

ら棧橋を押しするような作業を行っていたことが確認できる。棧橋の左舷側への傾斜角が一時的に小さくなったのは、小型船が行った作業の影響か、棧橋と台船上の架台が接触したことによって台船から反力が作用した影響の可能性が考えられる。

②クレーン移動以降の状況（7:10～7:18）

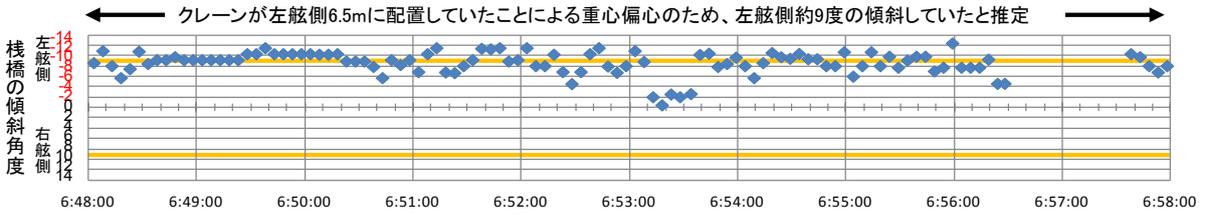
3-1(3)で述べたとおり、7:10から7:11の間に、棧橋上のクレーンを棧橋の長軸中心線から左舷側6.5mの位置から右舷側2.5mの位置に移動させたと推定される。

ビデオ画像から棧橋の傾斜角は、クレーンの移動中(7:10～7:11)は、平均8.7度左舷側に傾いた状態であった。7:12から7:14の間は、ビデオ画像が無いが、ビデオ画像がある7:14から7:18の間は、棧橋が長軸方向を回転軸として90秒から100秒程度の周期で、振幅約9度の回転運動（以下「ローリング」という。）をしていたことが推定される。

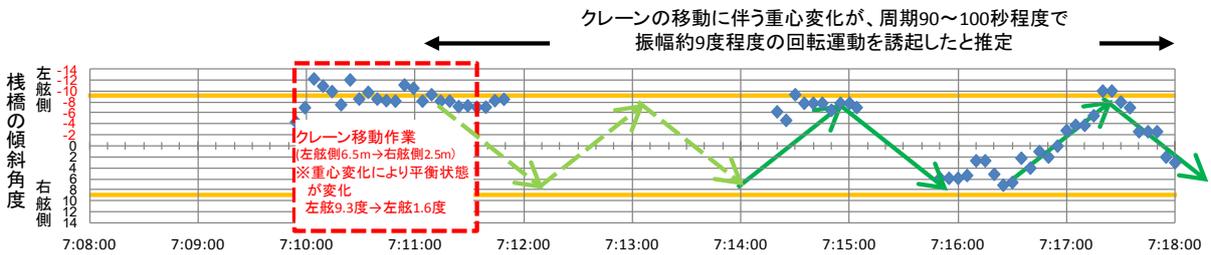
このことから、クレーン移動に伴う重心の変化が一因となり、棧橋は長周期のローリングをしていたものと考えられる。

一方、棧橋上にいた関係者によると、棧橋上ではローリングは感じなかったという証言もある。ローリングの周期が90秒から100秒程度と長かったため、動揺として体感されなかった可能性も考えられる。

① 棧橋浮上後からクレーン移動前までの状況 (6:40~7:09)



② クレーン移動後以降の状況 (7:10~7:18)



③ 振れ止めライン復旧後 (7:19~7:24)

④ 引き出し作業から転覆するまでの状況 (7:23~7:30)

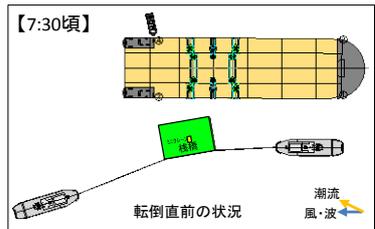
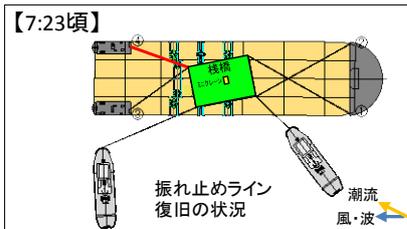
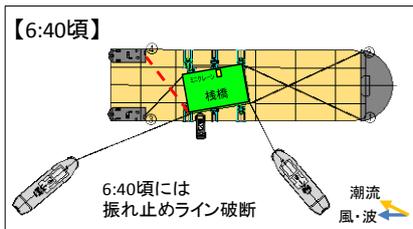
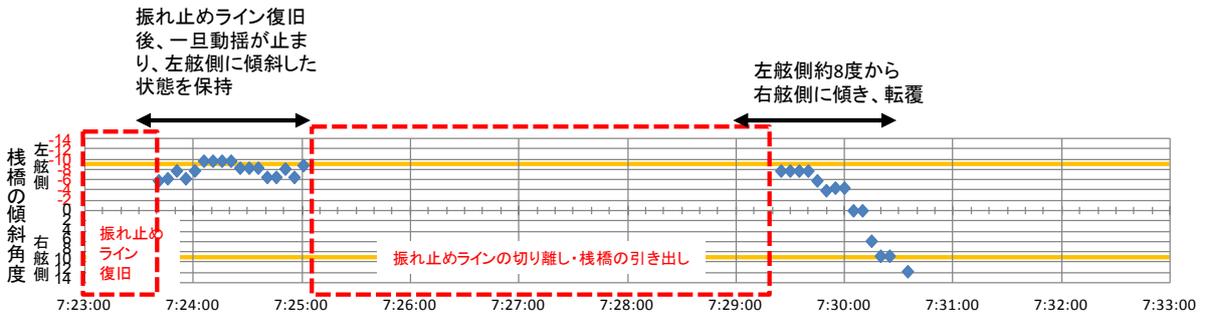


図 3 - 7 棧橋の傾斜角と作業状況

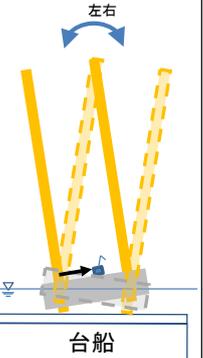
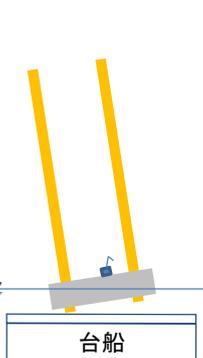
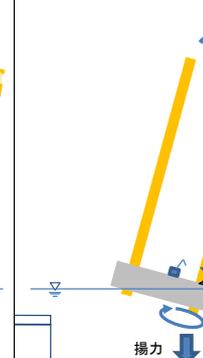
時刻	6:40～7:10	7:11～7:22	7:23～7:24	7:25～7:29	7:30
作業	<ul style="list-style-type: none"> ・6:30頃、台船沈降開始 ・6:40頃までに、台船からの振れ止めライン破断 	<ul style="list-style-type: none"> ・7:10、クレーンを右舷側に移動 	<ul style="list-style-type: none"> ・7:23までに、小型船により、振れ止めラインを復旧 	<ul style="list-style-type: none"> ・7:25以降、振れ止めラインを解除、棧橋引き出し作業を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・引き出し作業を継続
棧橋の動き					
棧橋の状態	<ul style="list-style-type: none"> ・台船の沈降により、棧橋が徐々に浮上 ・クレーンが左舷側6.5m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 	<ul style="list-style-type: none"> ・クレーンを右舷側約2.5m(推定)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 	<ul style="list-style-type: none"> ・振れ止めラインの復旧以降、左側への傾斜を保持 	<ul style="list-style-type: none"> ・左舷側に傾いた状態から、棧橋を引き出したため、流れによる抗力による転倒方向への回転エネルギーが発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・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

図 3 - 8 棧橋の挙動（断面）

③振れ止めライン復旧後（7:19～7:24）

振れ止めラインの復旧は、ビデオ画像の無い7:19から7:23の間に行われている。振れ止めラインを復旧させた後、ビデオ画像のある7:23:41から7:25:01の約80秒間は、棧橋のローリングが一旦収まり、左舷側に、最大9.6度、平均7.8度傾斜した状態を保っている。

この時点の棧橋の重心位置（左舷側8mm）からすると、左舷側に1.6度傾斜した状態が平衡であることから、何らかの要因が作用し左舷側に傾斜した状態が保持されていたものと考えられるが、その要因の特定には至っていない。なお、6:40頃までに破断した振れ止めラインは、当初は、台船船尾左舷側と棧橋右舷側を結んでいたが、当初のとおり復旧することができず、台船船尾左舷側と棧橋左舷側とを結ぶこととなった。この結果、復旧された船尾側の振れ止めラインは、船首側と非対称になっており、これが棧橋の傾斜の一因となった可能性も考えられる。

④引き出し作業から転覆するまでの状況（7:25～7:30）

7:25から7:28の間に、振れ止めラインの切り離し作業及び棧橋の台船からの引き出し作業が行われている。その間、ビデオ画像は無く、棧橋の傾斜角等は不明である。

ビデオ画像から、振れ止めライン復旧後の7:23:41から7:25:01までの80秒間は、左舷側に約8～9度傾斜した状態が保持され、7:29:25には左舷側に約8度傾斜していたことが確認されている。振れ止めラインが解除された時間は不明ではあるが、解除されて以降に、左舷側約8～9度傾斜した状態から、周期90から100秒程度のローリングが始まり、一旦右舷側に傾斜した後、7:29:25に再び左舷側に約8～9度傾斜した可能性が考えられる。

その後、画像がある7:29:25から7:29:40までの約15秒間、棧橋の左舷側に約8度傾斜した状態となり、その後、右舷側に回転しはじめ、7:30:38までに復原力消失角に達し、そのまま転覆したものと推定される。

なお、ビデオ画像がある7:29:25から7:30:20までの少なくとも55秒間は、棧橋とタグをつなぐ曳航索は緊張状態となっていることが確認されている（図3-9）。ビデオ画像からの読み取りでは、7:29:35から7:30:00の25秒間に、棧橋は右舷側に16.6m引き出されたと推定されることから、棧橋の平均引出速度は0.66m/sであったと推定される。一方、その後の7:30:20からビデオ画像が残っている7:30:38までは、タグの曳航索は緊張していないことが確認された。

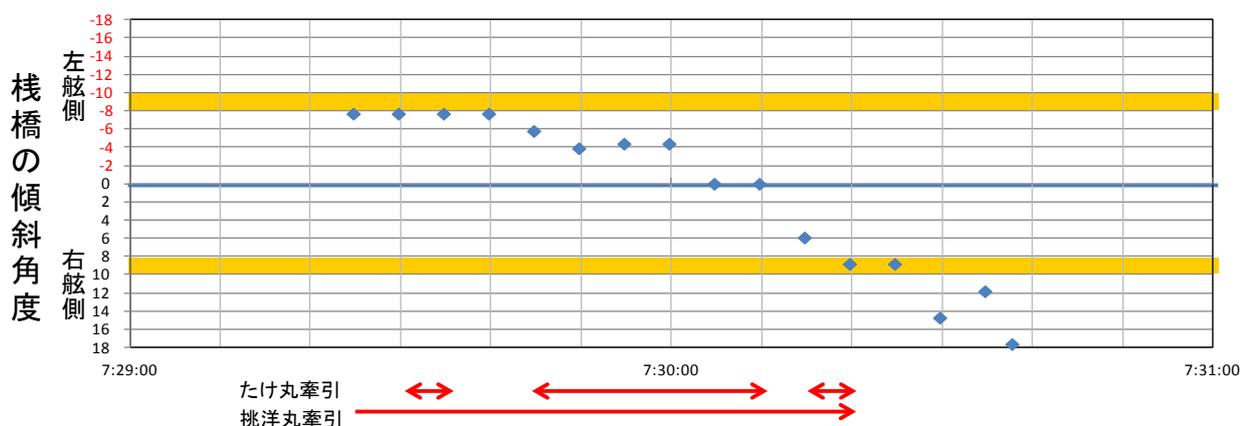


図3-9 転覆直前の棧橋の傾斜角とタグの曳航索の状態
 （赤矢印の範囲は、タグの曳航索が緊張していた時間を示す）

(2) 作用外力の推定

① 風及び波浪による棧橋への直接的な作用

事故当時、風と波が作用していた方向は、棧橋が転覆した方向とは直交していたとの観測結果があることから、風と波によって棧橋を転覆させる回転エネルギーは作用していないと推定される。

② 流れによる抗力

流れが棧橋側面に作用する力は、抗力として計算できる（図3-10）。抗力係数については、数値シミュレーションによる検証から1.29（没水部の形状を考慮して長方形板と想定した場合の抗力係数）を用いることとした。

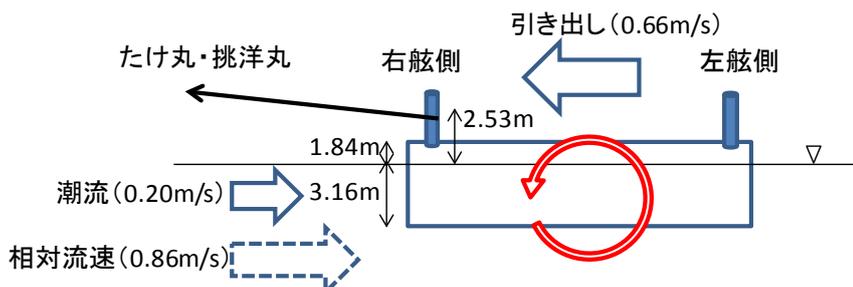
棧橋の側面には、棧橋の転覆方向の潮流成分0.2m/sと、ビデオ画像から読み取った棧橋の引出速度0.66m/sを足し合わせた相対速度0.86m/sの流れが作用していたと推定される。

関係者からはタグで牽引していないという証言もあるが、実際に、棧橋は台船から引き出されていること、また、棧橋を引き出す方向が潮流と逆方向であることから、少なくとも相対速度0.86m/sの流れに対して棧橋の位置を保持するだけの牽引力は作用していたと仮定した。

上述の通り、流れに関しては、棧橋の引出成分（牽引力に相当する流れ成分：0.66m/s）による抗力と、潮流成分（0.2m/s）による抗力の2成分が作用することとなる。これら2成分が合わさった流れの抗力による回転モーメントは19tfmと計算される。この回転モーメントは、タグの曳航索が緊張している状態で作用すると仮定すると、ビデオ画像からタグの曳航索が緊張状態にあった、左舷側7.7～9.6度傾斜した状態から右舷側8.8度まで作用することとなり、回転エネルギーは314～350tfm・degとなる。

また、潮流による抗力については、タグの曳航索が緊張状態にない状態でも作用すると仮定すると、抗力による回転モーメントは1.1tfmと計算される。その回転モーメントが、タグの曳航索が緊張を止めた、右舷側8.8度傾斜した状態から復原力消失角14.0度まで作用し、回転エネルギーは6tfm・degと計算される。

以上より、流れによる抗力に起因する回転エネルギーは、320～356tfm・degと推定される。



① 流れによる抗力は、海水密度 $\rho: 1.023 [\text{t/m}^3]$ 、抗力係数 $C_D: 1.29$ 、相対流速 $u: 0.86 [\text{m/s}]$ 、
 棧橋奥行 $W: 30 [\text{m}]$ 、喫水 $h: 3.16 [\text{m}]$ とし、次式により計算した。

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D u^2 W h$$

② 曳航索の張力は不明のため、流れ抗力と曳航索の張力が釣り合っている状態を想定。
 流れによる抗力に等しい大きさの力が曳航索に作用するため、偶力による転倒モーメントの
 この長さは、 $4.11 \text{m} (= 2.53 \text{m} + 3.16 \text{m} / 2)$ となる。

③ 引出速度 0.66m/s と潮流 0.20m/s が作用する場合、回転モーメントは $19 [\text{tfm}]$ 。潮流のみ
 の場合は $1.1 [\text{tfm}]$ となる。

図 3 - 1 0 流れによる抗力に起因する回転モーメントの計算方法

③ 流れによる揚力

棧橋に作用する流速は、引出前の 0.2m/s (潮流成分) から、引出作業中の相対速度 0.86m/s に変化したと推定される。この相対速度を棧橋に作用する流れとして考えた場合、棧橋下面の水圧分布が変化し、左舷側と右舷側で棧橋下面の水圧に差が生じ、棧橋下面に鉛直方向の力（以下「流れによる揚力」という。）が生じることから、その影響について検討した。

数値シミュレーションの結果、この流れによる揚力は、台船と棧橋が近接している状況では台船の影響によって、棧橋を左舷側に回転させるモーメントを生じさせるが、台船との離隔距離がある程度離れると、棧橋下面の水圧分布が変化して、逆に右舷側に回転させるモーメントを生じさせる。

また、この流れによる揚力は流速が変化してから一定時間（数分間）だけ大きな力が作用し、一定時間を経過すると大きな力は作用しなくなるという特徴が見られたことから、定常的な潮流成分 (0.2m/s) の流れによる揚力は既に消散していると考え、引出成分 (0.66m/s) の流れが棧橋に作用する条件で数値シミュレーションを行った (図 3 - 1 1)。

数値シミュレーションの結果 (図 3 - 1 2)、流れの揚力による回転モーメントは、図 3 - 9 に示すタグの牽引継続時間 55 秒の

平均値28tfmとし、回転モーメントが作用した傾斜角については、以下の2つのケースを想定して回転エネルギーを計算した。

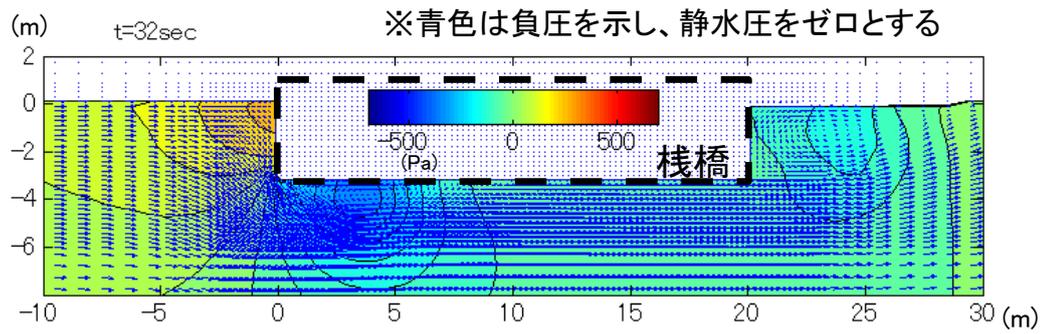
ケースⅠ

タグの曳航索が緊張状態にあり、左舷側に7.7～9.6度傾斜した状態から右舷側に8.8度まで、回転モーメントが作用（栈橋の移動速度がゼロになると流れによる揚力は消散すると仮定）したものとして計算を行った。このような設定の下、計算を行うと、流れによる揚力に起因する回転モーメントは28tfm、回転エネルギーは462～608tfm・degとなった。

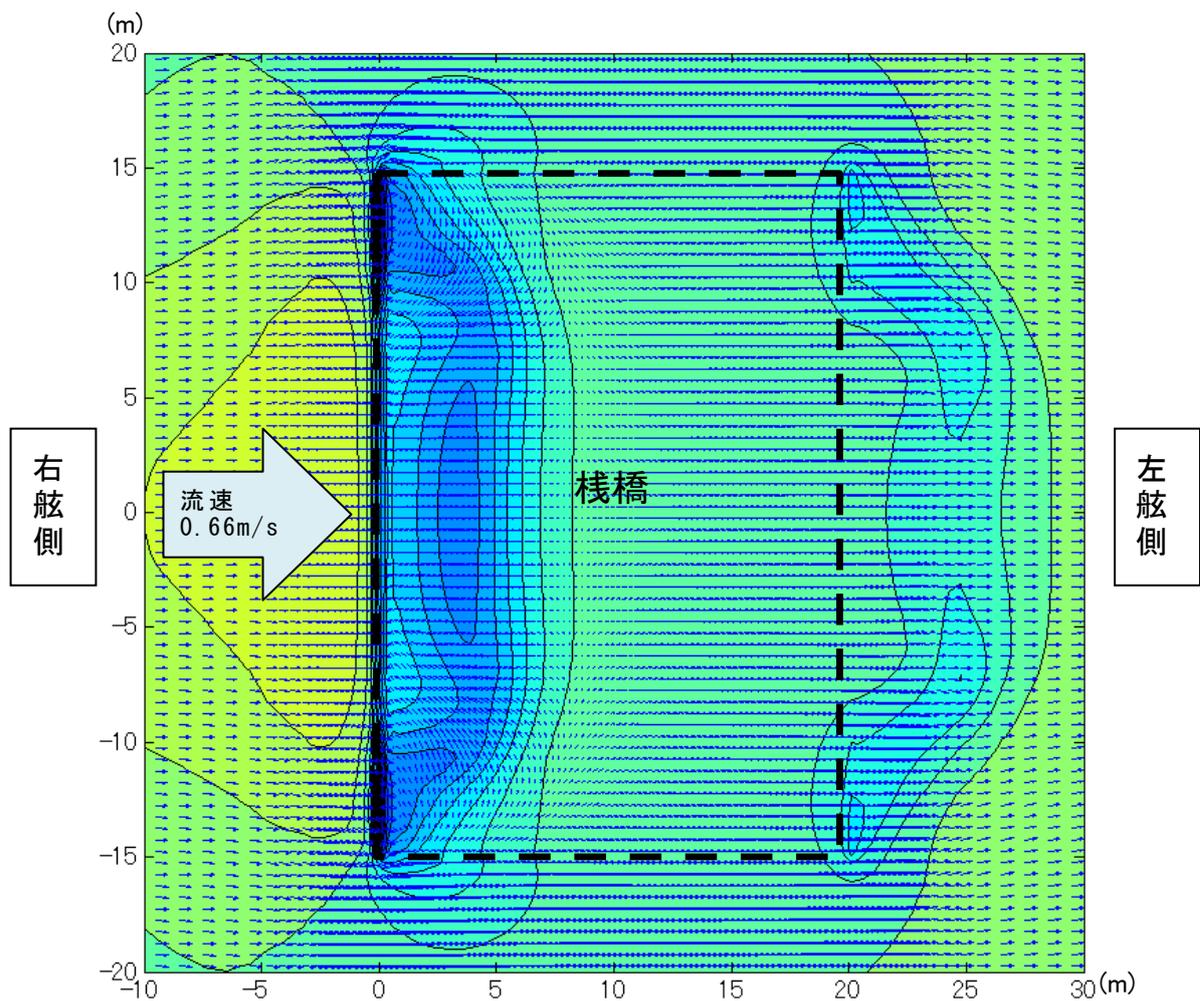
ケースⅡ

栈橋の引き出し作業を開始した左舷側7.7～9.6度傾斜した状態から、栈橋の復原力消失角14.0度まで、回転モーメントが作用したものとして計算を行った。このような設定の下、計算を行うと、流れによる揚力に起因する回転モーメントは28tfm、回転エネルギーは515～661tfm・degとなった。

ケースⅠ及びケースⅡから、流れによる揚力に起因する回転エネルギーは、462tfm・deg～661tfm・degと推定される。



断面図（栈橋中央線）



平面図（栈橋下端面）

- ・ 数値波動水槽（CADMAS-SURF/3D）により 3 次元数値シミュレーションを実施
- ・ 栈橋は水平状態で固定した条件で計算
- ・ 栈橋下面に流れによる揚力（負圧）が発生

図 3 - 1 1 栈橋に流れが作用した場合の水圧分布（ $t=32\text{sec}$ ）の例

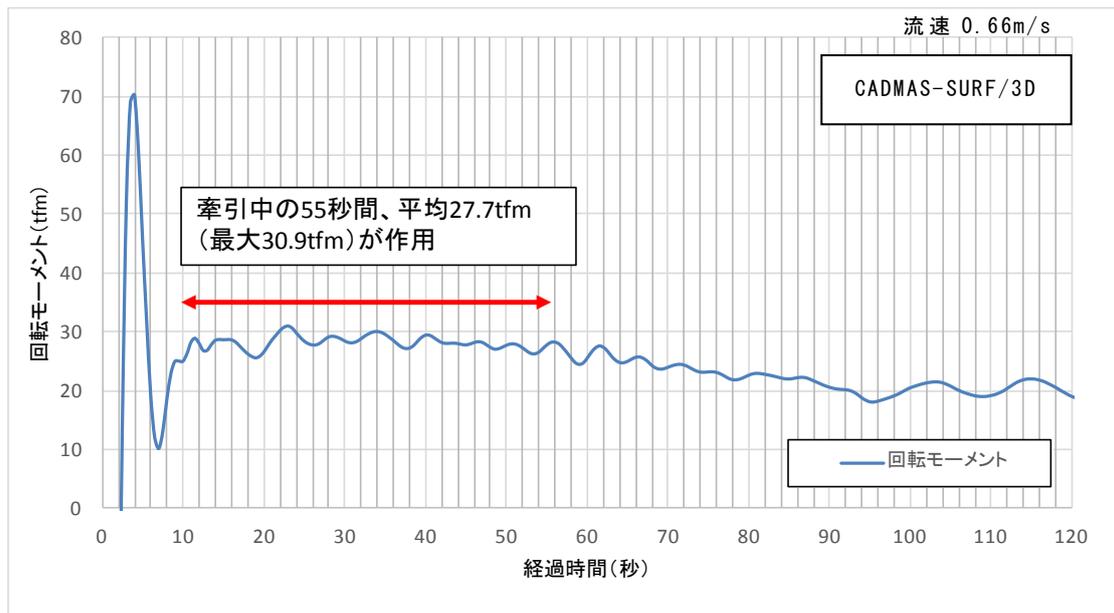


図 3 - 1 2 流れによる揚力に起因する回転モーメント

④ 棧橋上への越波

振れ止めラインを切り離し、棧橋を引き出し後の7:30:25には、棧橋は右舷側に約9度まで傾斜していたことから、棧橋の右舷側の乾舷は0.24mまで減少していたと推定される。事故当時の有義波高は0.95mと推定され、転覆直前に転覆方向である右舷側に傾斜した際、棧橋上に越波する可能性があることから、越波した水塊の重量による回転モーメントについて検討した。

棧橋上への越波の影響は、正弦波を仮定した沿い波を考え、沿い波の波高と同じ高さの水塊が棧橋上に乗り上げるものとして簡易的に評価した。越波量は、波の峰が棧橋の中心位置と重なる時に最大となるので、この時の越波量をもとに、波長を考慮して1周期平均の越波量を算出した。対象波を最大波（1.7m）と仮定した場合、棧橋が右舷側に9度傾斜した状態における棧橋上に越波した水塊の重量による回転モーメントは72tfmと計算される。棧橋上の越波は右舷側9度の傾斜角より乾舷がゼロとなる10.4度まで作用すると仮定すると、棧橋上に越波した水塊の重量による回転エネルギーは101tfm・degと計算される。

また、棧橋の右舷側の傾斜角が8度及び7度の場合に、最大波が作用したと仮定すると、それぞれ、棧橋上に越波した水塊の重量による回転エネルギーは、76tfm・deg、31tfm・degと計算される。

以上より、棧橋上に越波した水塊の重量による回転エネルギーは、31～101tfm・degと推定される。

⑤ レグのクリアランスの影響

レグとさや管のスペーサー及び油圧ジャッキの間には、クリアランス幅（設計値は片側10mm）が設けられている（図3-13）。現地調査での測定結果及び製作時の出来形を考慮すると、クリアランス幅は片側8.5mm以下であったと推定される。片側8.5mmのクリアランス幅があったと仮定すると、レグは0.08度傾斜することになる。レグが4本とも栈橋の同じ方向に傾斜すると仮定すると、栈橋の重心位置は9mm偏心し、これによる栈橋の傾斜角は2.0度と計算される。

また、栈橋のローリングに合わせて、クリアランス幅の中でレグが傾斜し、さや管に衝突することにより、レグの傾斜によるエネルギーが衝突エネルギーとして栈橋に作用する可能性も考えられる。レグとさや管の衝突時の歪みによるエネルギー吸収を考慮すると、レグが0.08度傾斜した時に栈橋へ作用する回転エネルギーは $14\text{tfm} \cdot \text{deg}$ と計算される。

なお、レグのクリアランスが、栈橋の安定性に影響を及ぼした可能性はあるが、レグの傾斜は、栈橋のローリングに合わせて複雑に変動し、重心の移動や衝突状況も一様ではないと考えられる。このため、栈橋に作用する回転エネルギーの計算結果については、影響のオーダーを確認するための参考値として扱うものとする。

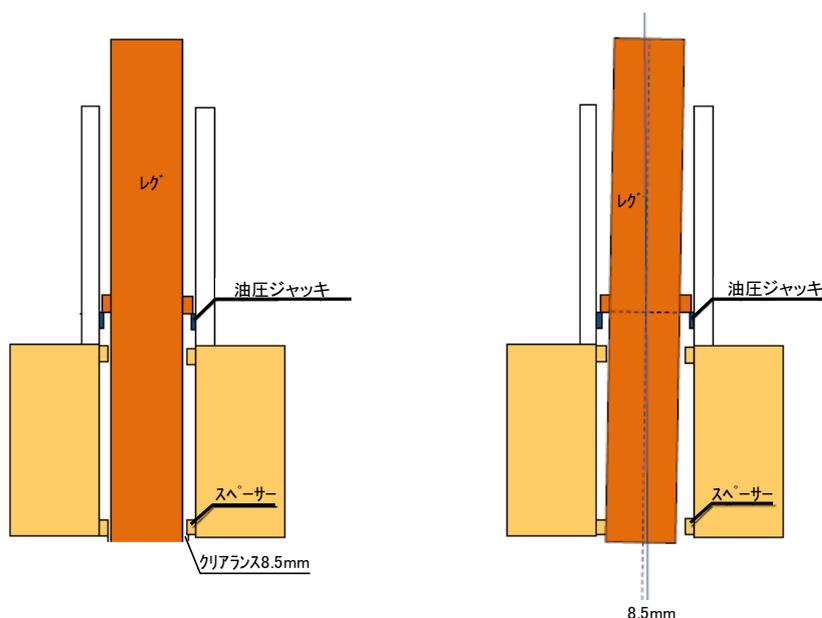


図3-13 レグのクリアランス

表 3-3 作用外力による転覆方向の回転エネルギー

作用外力	外力が作用する傾斜角 (度) - : 左舷側、+ : 右舷側	回転 モーメント (tfm)	回転 エネルギー (tfm・deg)	備考 (図 3-15 より)
風の作用	—	—	—	—
波の作用	—	—	—	—
流れによる 抗力	引出+潮流 -7.7~-9.6 → +8.8	19	314~350	B+C
	潮流のみ +8.8 → +14.0	1	6	D2
	計	—	320~356	B+C+D2
流れによる 揚力	I -7.7~-9.6 → +8.8	28	I 462~608	A~ (A+D1)
	II -7.7~-9.6 → +14.0		II 515~661	
棧橋上に越 波した水塊 の重量	+9 → +10.4	72	101	—
	+8 → +10.4	32	76	—
	+7 → +10.4	9	31	—
レグクリア ランスの影 響	—	—	14 (参考値)	—
合計	—	—	813~1,118	—

備考：計算結果は、ビデオ画像からの読み取った傾斜角等から、計算条件を仮定しており、誤差が含まれることに留意する必要がある。

(3) 転覆に至る現象の推定

棧橋の転覆場所での作用外力として、(2)項で考察したとおり、現存する当時のデータ等から算定し、流れによる抗力、流れによる揚力、棧橋上に越波した水塊の重量の三つの主要な外力によって棧橋の転覆に至る現象を推定する。

① 静的な釣り合いによる評価

棧橋の転覆に至る現象の推定にあたって、まず、棧橋が静止していると仮定して、静的な釣り合い状態を検証する。3-1(3)項で示したとおり、クレーン位置変更時の右舷側への最大復原モーメ

ントは169tfm（右舷側）となる。これに対し、三つの主要な外力による転覆方向への回転モーメントのうち流れによる抗力及び揚力による回転モーメントは、それぞれ19tfmと28tfmとなり、合計の回転モーメント47tfmによって棧橋は右舷側3.5度の傾斜となる。この傾斜角では、当時の波浪条件で棧橋上に越波しないことから、越波した水塊による回転モーメントは作用しない。このため、棧橋に作用する外力による回転モーメントは、最大復原モーメントを上回るような外力とはならず、棧橋が静止している場合、棧橋を転覆に至らしめるような大きさの外力は作用していなかったと推定される。

② 棧橋の動揺を考慮した評価

（1）に示したとおり、棧橋が動揺（ローリング）していた状況であったことから、棧橋の安定性の評価については、作用外力が棧橋に及ぼす回転エネルギーと棧橋の転覆に抗する動復原力とを比較することとする。すなわち、外力による回転エネルギーの総和が棧橋の転覆に抗する動復原力を上回れば転覆すると評価する。

1) 転覆に抗する動復原力の推定

転覆する直前のビデオ画像は7:25:06～7:29:21までが無いことから、棧橋のローリングの状態を正確に推定することは困難であるが、存在するビデオ画像から、振れ止めラインを復旧した後の7:23:41～7:25:01の間の左舷側の最大傾斜角9.6度の場合と、転覆直前のビデオ画像からの読み取り値の左舷側の傾斜角7.7度（7:29:25）の場合の2つ傾斜角を、棧橋の左舷側の最大傾斜角と仮定した。左舷側の最大傾斜角9.6度及び7.7度に対し、棧橋が非減衰なローリングをしているとすると、棧橋の重心位置が左舷側に1.6度偏心していたため、右舷側の最大傾斜角は、PとQの面積が等しくなる傾斜角、それぞれ7.3度及び5.1度となる（図3-14）。

以上より、ローリングした状態、すなわち右舷側に7.3度又は5.1度傾斜した状態から、棧橋を右舷側の転覆に抗する動復原力は、それぞれ818tfm・deg、998tfm・deg（図3-14中のRの面積）と計算される（表3-4）。

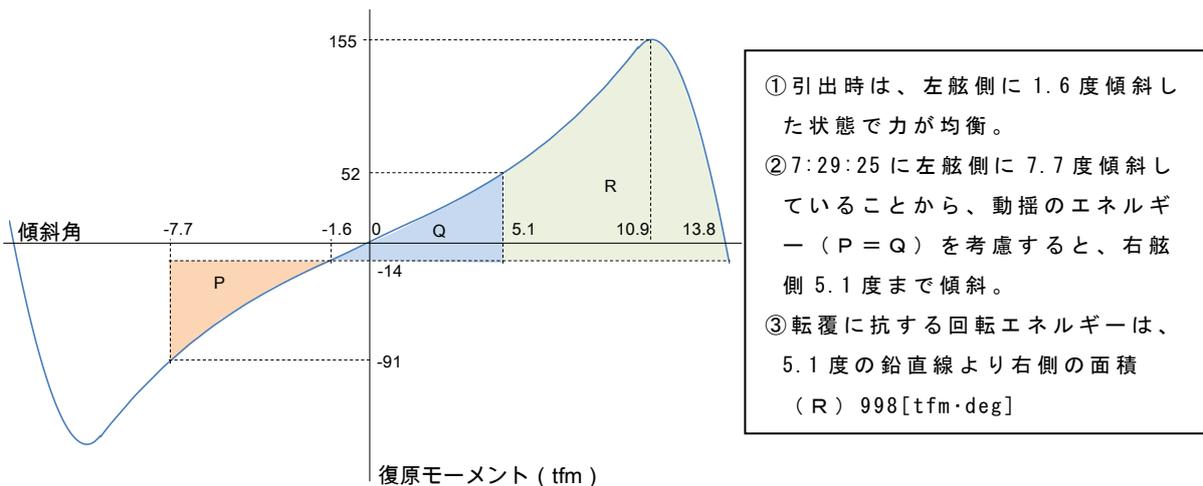


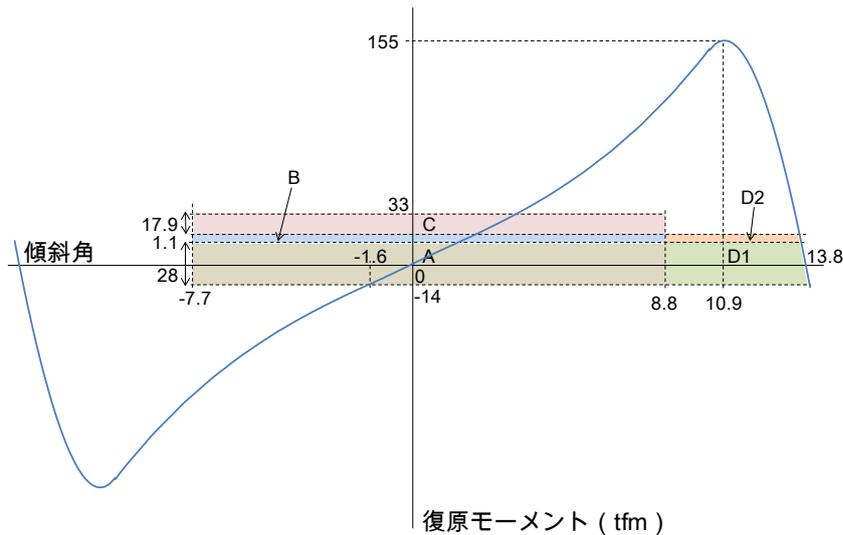
図 3 - 1 4 栈橋の転覆に抗する動復原力の計算方法

表 3 - 4 栈橋の転覆に抗する動復原力

栈橋を均衡状態 (左舷側1.6度傾斜) から右舷側への転覆に抗する動復原力		1,208tfm·deg
ローリング (非減衰) している条件下での栈橋の転覆に抗する動復原力	左舷側9.6度から右舷側7.3度を振幅の場合	818tfm·deg
	左舷側7.7度から右舷側5.1度を振幅の場合	998tfm·deg

2) 転覆状況の推定

栈橋が長軸方向を回転角としてローリングしている状況での栈橋の転覆に抗する動復原力は、818tfm·deg (左舷側最大傾斜角9.6度) ~ 998tfm·deg (左舷側最大傾斜角7.7度) と推定される (表 3 - 4) 。これに対し、流れによる抗力の回転エネルギーは320~356tfm·deg、流れによる揚力の回転エネルギーは462~661tfm·deg、栈橋上に越波した水塊の重量の回転エネルギーは31~101tfm·degと計算される (表 3 - 3、図 3 - 1 5) 。これらの作用外力は単体では栈橋を転覆させるのに十分な作用外力とならないが、これら三つの作用外力が重なり合って作用したと仮定すると、その回転エネルギーの総和は、813~1,118tfm·degとなり (表 3 - 3) 、オーダー的には、これら三つの外力による回転エネルギーを足し合わせたものが転覆に至らせる要因になったと推定される。



○ 流れによる揚力	
引出終了と同時に揚力が消失 (A)	$28[\text{tfm}] \times 16.5[\text{deg}] = 462[\text{tfm} \cdot \text{deg}]$
引出終了後も揚力が継続して作用 (A + D 1)	$28[\text{tfm}] \times 21.7[\text{deg}] = 608[\text{tfm} \cdot \text{deg}]$
○ 流れによる抗力	
引出 + 潮流 (引出中、-7.7 度 → +8.8 度、B + C)	$19[\text{tfm}] \times 16.5[\text{deg}] = 314[\text{tfm} \cdot \text{deg}]$
潮流のみ (引出終了後、+8.8 度 → +14.0 度、D 2)	$1.1[\text{tfm}] \times 5.2[\text{deg}] = 6[\text{tfm} \cdot \text{deg}]$

図 3 - 1 5 外力による回転モーメントの作用

③ 工事発注時の栈橋の安定性

工事発注時の栈橋の状態について、栈橋が転覆するかどうか試算して検証した。

事故時と同様に、栈橋が左舷側に9.6度傾斜から右舷側に9.6度傾斜する非減衰のローリングをしているものと仮定すると、栈橋の転覆に抗する動復原力を計算すると1,686tfm・degとなる。また、ローリングの最大傾斜角が左右に7.7度とすると、栈橋の転覆に抗する動復原力を計算すると2,081tfm・degとなる。なお、栈橋のローリング状態（動揺の傾斜角）は復原力の大きさ（強さ）により小さくなると考えられ、工事発注時の復原力の場合には、初期状態としての栈橋のローリング状態も小さくなったものと推定され、その場合、栈橋の転覆に抗する動復原力は上記の動復原力よりもさらに大きくなるものと推定される。

同様の作用外力（流れによる抗力、流れによる揚力、栈橋上に越波した水塊の重量）による回転エネルギーは、工事発注時の栈橋の復原力消失角等に基づき計算すると、最大でも1,197tfm・degと考えられる。この状態であれば、栈橋は転覆に至らなかったと推定される。

3-4 棧橋の転覆要因のまとめ

前節までに示した現存するデータや情報の分析等から推定される転覆要因を以下にとりまとめる。

(1) 棧橋の安定性の低下

① 施工段階における仮設工の影響

施工者によって、棧橋に仮設物を搭載するための棧橋本体の補強やレグの引き上げの作業等が行われている。こうした仮設工を行った作業の結果、実際に施工する時点では棧橋の転覆に抗する動復原力は、工事発注時の状態よりも小さくなり、棧橋の安定性は、(2)で述べる作用外力で転覆に至る程度まで低下していたものと推定される(図3-16に示す赤線が青線に低下)。

② 棧橋浮上後のローリングの影響

棧橋の転覆前、棧橋は比較的長い周期でローリングしている状態となっていたものと考えられる。このため、棧橋が動揺していない平衡状態と比較して、転覆に抗する動復原力は、さらに減少していたものと推定される。

これまでの調査から、棧橋には長周期のローリングを励起させるような外力は作用していなかったと推察されることから、通常の状態であれば、棧橋がローリングする状況には陥らなかったものと考えられる。しかしながら、初期段階では、3-3(1)②で述べた仮設物であるクレーンの移動等が棧橋を大きく傾けたことがローリングの要因となった可能性が考えられる。さらに、最終的には、同(1)③で述べたように、左右非対称に振れ止めラインが復旧したため、棧橋が左舷側に傾斜した状態を保ち、ライン解放後、再びローリングし始めた可能性が考えられる。

このように、棧橋の安定性が施工段階の様々な理由によって低下していたこと、そして、棧橋がローリングすることによって棧橋の転覆に抗する動復原力が低下していたことが、転覆に至った要因と推定される(図3-16に示す青線が緑線に低下)。

なお、上述の仮設工による安定性の低下が無ければ、(2)で後述する複数の作用外力による影響があった場合でも、転覆には至らなかったと考えられる。

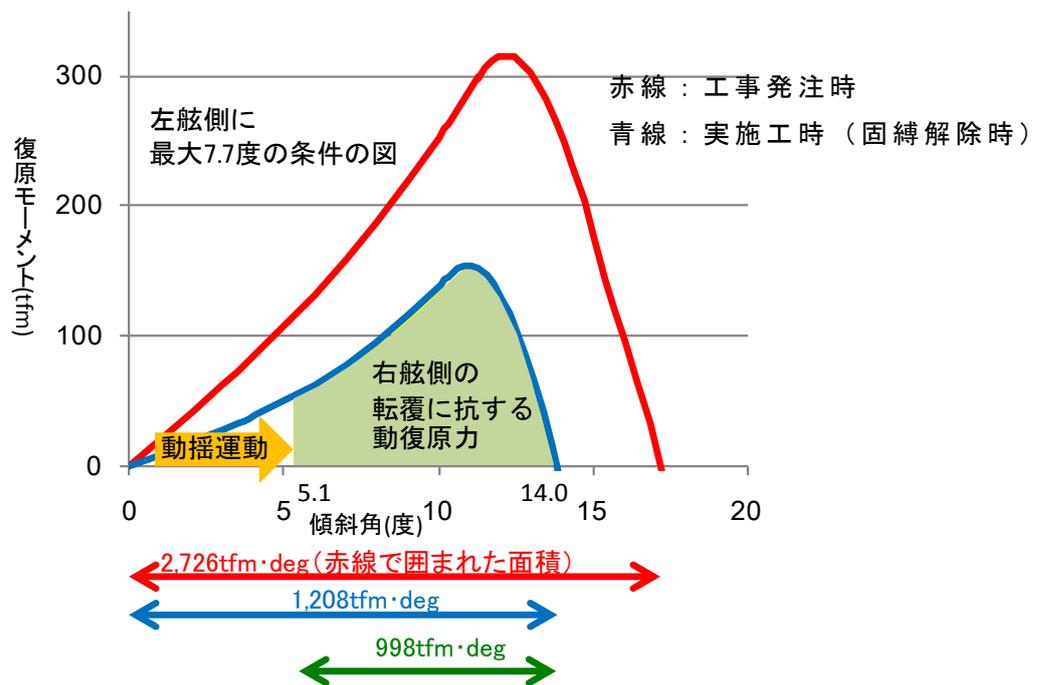


図 3 - 1 6 栈橋の安定性の低下イメージ
(ローリング時の左舷側最大傾斜角7.7度の場合)

(2) 複数の作用外力による影響

(1) で述べた要因によって安定性が低下していた栈橋に、複数の外力による転覆方向の回転エネルギーが作用し、転覆に抗する動復原力以上となったことから、栈橋は転覆したものと推定される。

栈橋に作用した外力としては、3-3(2)で示したように、「流れによる抗力」、「流れによる揚力」、「栈橋上に越波した水塊の重量」等が考えられ、複数の外力が重なり合って作用したことが栈橋を転覆させた要因と推定される。

4. 事故の再発防止に向けて

本章では、本委員会での検討を踏まえ、海洋土木工事一般についての工事事故の防止に関する事項と、本件工事の再開に向けた安全確保に関する事項について述べる。

なお、これらは、現時点で得られた情報を基にしたものであり、今後新たな情報等が判明すれば、追加、変更の検討が必要となるものである。

(1) 工事事故の防止に関する事項

海洋土木工事は、時々刻々と変化する波浪や潮流等の影響を受けやすく、揺れ動く海上での作業を余儀なくされるという特徴がある。また、海洋土木工事では、工場やヤードで大型の部材を製作し、これを作業船で現地に輸送して、据え付け、組立てる工法が広く行われている。その過程では、施工上の制約条件や作業効率化等の都合に応じて、部材に治具を付加したり、作業のための設備、装置を設置したりする等、各種の仮設工が設けられることも多い。従って、安全を確保するためには、種々の外力が作用するメカニズムや各種仮設工が施工の安全に及ぼす影響について、工学的な理解に努めるとともに、細心の注意を払うことが、重要・不可欠である。

また、作業者の安全は、施工中の構築物の安定性や安全性を確保することによって図られるべきものであるが、海洋土木工事の特徴を踏まえると、作業者の作業環境の安全については、作業の場所や特性に応じた配慮も求められるべきものである。

今回の工事事故は、改めてこれらのことの再認識を迫るものと言える。

本委員会としては、海洋土木工事一般の事故防止について、施工において改めて留意すべきと考えられる重要事項として以下をとりまとめた。

- 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こと
- ② 海上の作業においては、種々の外力が重なり合って作用するため、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こと
- 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こと

(2) 工事再開に向けた安全確保に関する事項

本委員会としては、工事の再開に向けた安全確保のために、上記(1)で述べた事項に留意した施工計画の再策定及び施工管理の実施を改めて指摘するものである。そのため、工事の再開に向けて、施工者において、以下の事項を実施することを提案する。

- ① 本中間とりまとめを踏まえて今回の施工方法を総点検すること
- ② 総点検を踏まえた施工計画を立案・提出すること
- ③ 施工計画の立案に当たって、有識者からの意見聴取等、十分な検討を実施すること

5. より一層の安全・技術の向上に向けて

一般に、工事の施工は受注した民間企業に委ねられ、施工者は自らの技術を磨き、主体的に施工方法を選択して、安全を確保しつつ施工を実施する。他方、近年の海洋土木工事においては、気象、海象等の厳しい施工条件の下、構造物の大型化への対応や、施工効率向上のため、大規模で複雑な仮設を伴う工事が増加しつつある。

このような大規模で複雑な仮設を伴う工事では、本事故に見られるように、ひとたび事故が発生すると、深刻で重大な損害が生じる。工事事故は、あってはならないものであり、その被害を受ける個人及びその家族に計り知れない損害をもたらし、社会的にも多大な損害を及ぼす。

そこで、本委員会としては、このような厳しい施工条件で大規模な仮設を伴う工事については、今後のより一層の安全、技術の向上に向けて、国の行政機関が中心となって、汎用性のある知見や技術の蓄積を図ることが重要と考えられ、その実行を関係当局に期待する。