

船舶事故調査報告書

船種船名 貨物船 BBC ASIA

IMO番号 9266310

総トン数 7,014トン

事故種類 作業員死傷

発生日時 平成28年10月30日 11時31分ごろ

発生場所 阪神港神戸区新港東ふ頭T岸壁

神戸市所在の神戸第3防波堤東灯台から真方位283°
1,480m付近

(概位 北緯34°41.1' 東経135°12.4')

平成29年8月31日

運輸安全委員会(海事部会)議決

委員長 中橋和博

委員 庄司邦昭(部会長)

委員 小須田敏

委員 石川敏行

委員 根本美奈

要旨

<概要>

貨物船^{ビービーシー アジア}BBC ASIAは、阪神港神戸区新港東ふ頭T岸壁において、クレーンを使用してパイプの積荷役作業中、平成28年10月30日11時31分ごろ、貨物倉内で作業をしていた作業員3人が、クレーンで吊り上げられていたパイプの東と側壁との間に挟まり、2人が死亡し、1人が重傷を負った。

<原因>

本事故は、BBC ASIAが、阪神港神戸区の新港東ふ頭T岸壁において、右舷着けで積荷役中、1号クレーンで吊り上げて停止していた‘9本のステンレス製のパイプを結

束した貨物4束’（本件パイプ）が右舷方に振れたため、貨物倉内の右舷側壁側に積み付けられた貨物上で待機等していた荷役作業員2人及び固縛作業員1人が本件パイプと右舷側壁との間に挟まれたことにより発生したものと考えられる。

1号クレーンで吊り上げて停止していた本件パイプが右舷方に振れたのは、本事故時、着岸時より潮高が低くなったこと、また、BBC ASIAの喫水が増加したことなどによってBBC ASIAの右舷側のフェンダ下面が岸壁の防舷材上面に引っ掛かり、右舷傾斜が遮られた状態において、本件パイプを1号クレーンで吊り上げて‘貨物倉の右舷側壁から約3mの距離、内底板から約2.75mの高さの位置’（本件停止位置）で停止させた際、フェンダ下面が防舷材上面から外れ、船体の横揺れが生じて右舷側に傾斜したことによるものと考えられる。

作業員が貨物倉内の右舷側壁側に積み付けられた貨物上で待機等していたのは、同貨物上が本件パイプの運搬経路に該当しないことなどにより同貨物上への立入りが禁止されていなかったことに加え、これまで、クレーンの操作を停止している状態で吊り上げられた荷物が大幅に振れることがなかったことから、本事故時、本件パイプが本件停止位置から同貨物上まで振れることを予測できなかったことによるものと考えられる。

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

貨物船 ビービーシー アジア BBC ASIAは、阪神港神戸区新港東ふ頭T岸壁において、クレーンを使用してパイプの積荷役作業中、平成28年10月30日11時31分ごろ、貨物倉内で作業をしていた作業員3人が、クレーンで吊り上げられていたパイプの束と側壁との間に挟まり、2人が死亡し、1人が重傷を負った。

1.2 船舶事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成28年10月31日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2人の船舶事故調査官を指名した。

1.2.2 調査の実施時期

平成28年10月31日～11月4日 現場調査及び口述聴取

平成28年11月7日、11日、15日、12月5日、6日、9日、19日、20日、27日、平成29年1月17日、19日、20日、25日 回答書受領

平成28年11月30日、12月1日、平成29年2月14日、3月21日、27日、4月7日 口述聴取

1.2.3 調査の委託

本事故の調査に当たり、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所に対し、BBC ASIAの船体横傾斜の状況に関する調査を委託した。

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

1.2.5 旗国への意見照会

BBC ASIAの旗国に対し、意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 事故の経過

BBC ASIA（以下「A船」という。）の船長、一等航海士、三等航海士、A船の荷役

を請け負った株式会社上組^{かみぐみ}（以下「A社」という。）のフォアマン^{かみつ}*1、A社の協力会社で荷役作業を請け負った上津港運株式会社（以下「B社」という。）の荷役作業員13人、A社の協力会社で固縛作業を請け負った株式会社トーヨー・シーエス（以下「C社」という。）の固縛作業員5人、A船の運航者であるBBC Chartering（以下「D社」という。）の担当者及び一般社団法人日本海事検定協会の検査員の口述並びに船長の回答書によれば、次のとおりであった。

2.1.1 A船の運航の経過

A船は、船長ほか14人（ロシア連邦籍2人、フィリピン共和国籍8人、ウクライナ共和国籍3人、アゼルバイジャン共和国籍1人）が乗り組み、平成28年10月28日22時05分ごろ鉄道車両10台（合計340t）を積載して京浜港東京区を出港し、30日08時00分ごろ阪神港神戸区の新港東ふ頭T岸壁（以下「本件岸壁」という。）に右舷着けした。

2.1.2 積荷役開始前の状況

フォアマン、B社の荷役作業員及びC社の固縛作業員は、30日08時00分ごろ本件岸壁に到着した。

フォアマンは、A船の事務室で一等航海士及びD社の担当者と貨物の積付け位置、固縛方法などについての打合せを行った。

フォアマンは、08時20分ごろから、作業員全員と作業開始前の打合せを行い、積載予定貨物（6本又は9本の‘ステンレス製のパイプを強化プラスチック製の枠で結束して合成樹脂製のシートで包装した貨物’（以下「結束パイプ」という。）、予定積荷量、積付け位置、固縛方法などを説明し、B社の船内荷役作業責任者が、吊り上げられた荷物（以下「吊り荷」という。）の下及び運搬経路に入らないことなど安全面について注意を促した。（写真2.1-1参照）



写真2.1-1 9本の結束パイプ

A船に積載予定の結束パイプを積載したはしけSK1001（以下「B船」という。）は、08時30分ごろA船の左舷側に左舷着けした。（写真2.1-2参照）

*1 「フォアマン (Foreman)」とは、船社、代理店又は荷主と出入港日時及び作業予定の打合せを行うとともに、一等航海士と入港後の荷役手順、安全作業などの打合せを行い、荷役を監督する者をいう。



写真 2.1-2 B船の接舷状況（本事故後）

フォアマンは、積載予定貨物として本件岸壁に準備された結束パイプ30束を先に積み込むこととし、その旨を作業員全員に周知した。

A船の乗組員は、08時40分ごろ、2番貨物倉（2倉あるうちの船尾側）の上甲板用ハッチカバーを開放した後、第2甲板用ハッチカバー（ポンツーン型ハッチカバー）を開放して内底板上に結束パイプを積む準備を行った。

一等航海士及びD社の担当者は、上甲板から2番貨物倉内底板上の船首側に移動した。

フォアマン及び‘荷役作業を指揮する船内荷役作業主任者’（以下「デッキマン」という。）は、A船の上甲板右舷側通路に、荷役作業員7人及び固縛作業員4人は、2番貨物倉の内底板上に、クレーンを操作する荷役作業員（以下「ウインチマン」という。）は、1号クレーン（2基あるうちの船首側）の操縦席にそれぞれ移動した。

荷役作業員は、結束パイプを積み付ける2番貨物倉の内底板上にダンネージ（緩衝材としての角材）を並べ、固縛作業員は、両舷側壁にダンネージを立て、積荷役の準備を行った。

2.1.3 事故発生に至る状況

A船は、10時00分ごろ、1号クレーンを使用し、本件岸壁に準備していた結束パイプ30束の積込みを開始した。

荷役作業員は、ベルトスリング（吊り索）等の吊り上げ用具を介してクレーンで吊り上げられた結束パイプを積付け予定位置付近で位置調整を行って積み付け、結束パイプからベルトスリングを外す作業などを、固縛作業員は、結束パイプが航海中に移動しないようにワイヤロープ等を使用して固定する作業などをそれぞれ担当した。

荷役作業員は、9本の結束パイプ22束を2番貨物倉の内底板上（1段目）の左舷側から右舷側まで船横方向に並べて積み付けた後、その上（2段目）の左舷

側に7束を積み付け、9本の結束パイプと高さが異なる6本の結束パイプ1束は最後に積み付けることとして2番貨物倉の船首側に仮置きし、本件岸壁からの結束パイプの積み込みを終了した。

A船は、11時15分ごろ、1号クレーンを使用して左舷側に接舷していたB船に積載された結束パイプ153束の積み込みを開始した。

‘2番貨物倉内で荷役作業を指揮する荷役作業員’（以下「合図マン」という。）は、‘B船から吊り上げた最初の9本の結束パイプ2束’（以下「本件2束」という。）を2段目の右舷側に積み付けた。

ウインチマンは、1号クレーンを操作し、デッキマンからのトランシーバによる合図に従い、‘B船から吊り上げた9本の結束パイプ4束’（以下「本件パイプ」という。）を2番貨物倉の中央に向けて移動させた。（写真2.1-3参照）

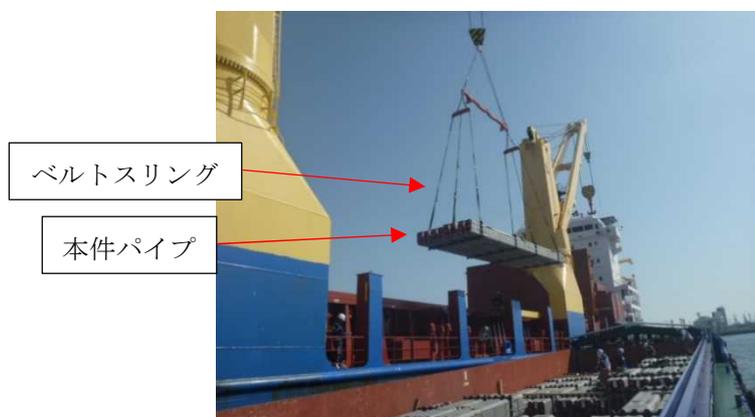


写真2.1-3 B船から吊り上げられた本件パイプ
（一般社団法人日本海事検定協会 提供）

合図マンは、本件パイプが2番貨物倉の左舷上方に見えたころ、トランシーバでウインチマンに、‘積み付け予定位置である本件2束の左舷側’（以下「本件積み付け位置」という。）に向けてクレーンのジブの旋回、ワイヤロープの巻き下げなどの指示を行って本件パイプを移動させた。

荷役作業員3人（以下「荷役作業員A」、「荷役作業員B」及び「荷役作業員C」という。）は、本件積み付け位置の右舷側から本件パイプの位置調整を行う目的で本件2束の上で待機し、固縛作業員3人（以下「固縛作業員A」、「固縛作業員B」及び「固縛作業員C」という。）は、本件2束の上で右舷側壁のダンネージを追加する作業を行っていた。

合図マンは、作業員の位置及び本件積み付け位置を確認するため、ウインチマンに対し、トランシーバでクレーンの操作を一旦止めるよう指示し、‘本件パイプの右舷側面が右舷側壁から約3mの距離、下面が結束パイプの1段目の上面から約2mの高さの位置’（以下「本件停止位置」という。）で本件パイプを停止させた。（写

真 2. 1 - 4 参照)

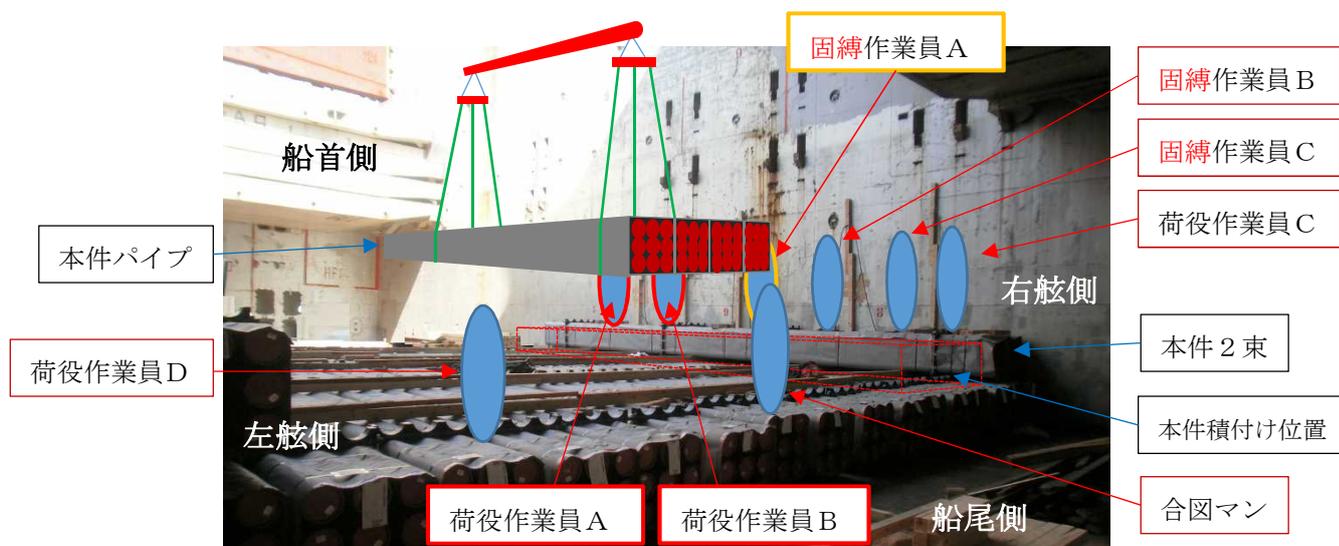


写真 2. 1 - 4 本事故当時の作業員の配置

ウインチマンは、クレーンの操作を止め、合図マンからの次の指示があるまで待機した。

合図マンは、本件パイプの船尾側から右舷船首方を目視し、本件パイプ下付近に作業員がいないことを確認した後、ウインチマンにクレーンのワイヤロープの巻き下げを指示しようとしたところ、停止していた本件パイプが右舷方の本件 2 束上の作業員 6 人に向けて動き出したのを認め、大声で危険を知らせるとともに、1 段目の結束パイプの上から左舷船尾方の内底板上に退避した。

本件パイプの左舷方にいた荷役作業員（以下「荷役作業員 D」という。）は、動き出した本件パイプの左舷船尾側の部分に手を添え、歩いて本件パイプに付いて行こうとしたが、本件パイプの移動速度に付いて行くことができず、本件パイプから手が離れた。

荷役作業員 C は、動き出した本件パイプを認め、自分の船首側で右舷側壁に向かって作業をしていた固縛作業員 B 及び固縛作業員 C に本件パイプが近づいてきている旨を伝え、本件パイプの方を向いて待機していたが、本件パイプが速度を増して近づいてきたので、しゃがみ込んで本件パイプをかわし、1 段目の結束パイプ上に退避した。

固縛作業員 B 及び固縛作業員 C は、荷役作業員 C からの警告を聞いて左舷方を振り返り、荷役作業員 C がしゃがみ込んで本件パイプをかわしたのを見て、とっさにしゃがみ込んで 1 段目の結束パイプ上に退避した。

固縛作業員 A は、本件 2 束の上での作業が終わり、左舷方を振り返ったところ、本件パイプが近づいてきたので、本件パイプを飛び越えようとしたものの、本件パ

イブと右舷側壁との間に腰部を挟まれた。

固縛作業員Aは、荷役作業員Aの頭部が本件パイプと右舷側壁との間に挟まれるのを、合図マン及び荷役作業員Dは、荷役作業員Bが本件パイプと右舷側壁との間に挟まれるのをそれぞれ目撃した。

A船の上甲板左舷側通路でB船に積載された結束パイプの荷姿を確認していたフォアマン、デッキマン及び上甲板右舷側通路にいた検査員は、A船の異状な右舷側への傾きを感じ、デッキマン及び検査員は、体勢を保持することができないと思い、近くの手すりをつかんだ後、右舷側壁に貨物が当たるような音を聞いた。

ウインチマンは、本件パイプが作業員に当たるのを目撃したので、とっさにクレーンの操作を行って本件パイプを巻き上げ、左舷側に積み付けられた結束パイプ上に仮置きした。(写真2.1-5参照)



写真2.1-5 本事故後の2番貨物倉内の状況

2.1.4 救助の状況

2番貨物倉内の船首側で結束パイプの損傷の有無等を目視で確認していた一等航海士は、本事故発生後、持運び式VHF無線電話装置で事故が発生して負傷者がいることを船長に連絡し、鎮痛剤等を準備するよう依頼した。

2番貨物倉内の船首側で待機していた荷役作業員（以下「荷役作業員E」という。）は、本事故発生から約2分が経過した11時33分ごろ119番通報し、11時38分ごろ救急車が本件岸壁に到着した。

荷役作業員Aは、本事故現場で医師により死亡が確認された。

荷役作業員Bは、救急隊及び医師により応急処置が行われ、病院に搬送されたが、死亡が確認された。

固縛作業員Aは、医療センターに搬送され、入院した。

本事故の発生日時は、平成28年10月30日11時31分ごろであり、発生場所

は、阪神港神戸区の本件岸壁（着岸中のA船の2番貨物倉内）であった。

（付図1 事故発生場所概略図 参照）

2.2 人の死傷に関する情報

(1) 荷役作業員A

死体検案書によれば、死因は、頭蓋骨粉碎骨折による脳挫滅であった。

(2) 荷役作業員B

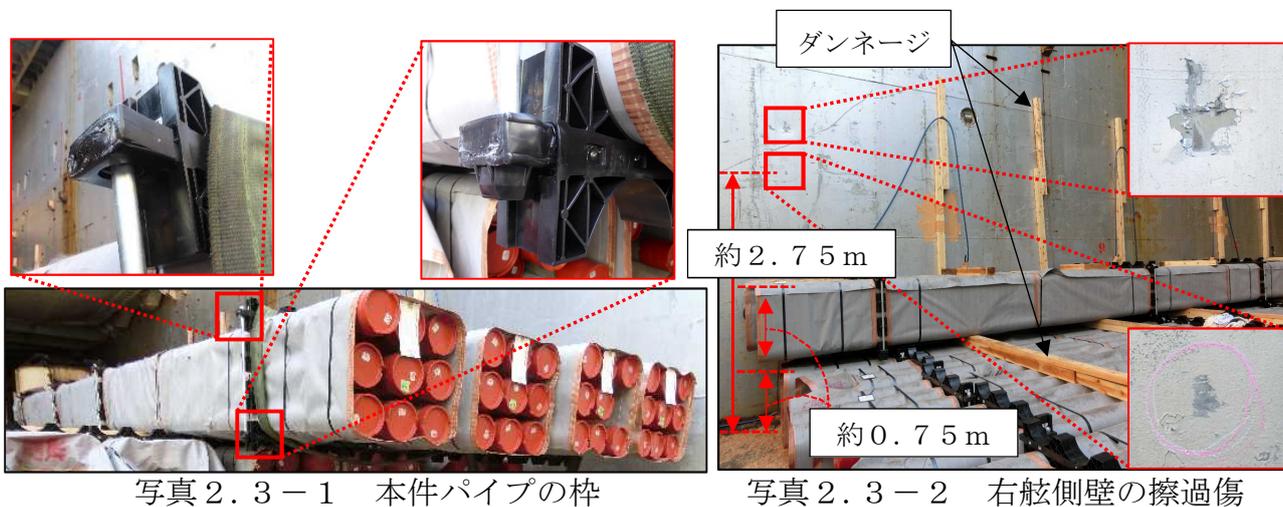
死体検案書によれば、死因は、肝臓挫傷及び左右肺挫傷による胸腹膜腔出血であった。

(3) 固縛作業員A

診断書によれば、骨盤骨折、右橈骨遠位端骨折及び右尺骨茎上突起骨折を負い、約3か月の入院加療を受けた後、通院加療を要した。

2.3 船舶等の損傷に関する情報

A船は、2番貨物倉の右舷側壁に擦過傷があり、また、本件パイプを含む結束パイプ8束に擦過傷等を生じていた。なお、2番貨物倉の右舷側壁の擦過傷の位置は、同貨物倉船首側隔壁からの距離が約15.82m、内底板からの高さが約2.75mであった。（写真2.3-1、写真2.3-2参照）



2.4 乗組員等に関する情報

2.4.1 A船の乗組員に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状等

① 船長 男性 48歳 国籍 ロシア連邦

締約国資格受有者承認証 船長（アンティグア・バーブーダ発給）

交付年月日 2014年7月3日

(2019年4月23日まで有効)

- ② 一等航海士 男性 29歳 国籍 ロシア連邦
締約国資格受有者承認証 船長 (アンティグア・バーブーダ発給)
交付年月日 2016年6月10日
(2021年2月2日まで有効)

(2) 主な乗船履歴等

船長及び一等航海士の口述によれば、次のとおりであった。

① 船長

2008年6月ごろから、BRIESE SCHIFFAHRTS GmbH & Co. KG (以下「E社」という。)の管理船舶に船長として乗船し、A船の姉妹船には、船長として約3年6か月間の乗船経験があり、A船には、2016年10月26日に初めて乗船した。

本事故当時、健康状態は良好であった。

② 一等航海士

2012年4月ごろから、E社の管理船舶に二等航海士として乗船し、2013年11月ごろから一等航海士の職をとるようになり、A船の姉妹船には、一等航海士として乗船した経験が何度もあり、A船には、2016年9月2日に初めて乗船した。

本事故当時、健康状態は良好であった。

2.4.2 荷役作業員等に関する情報

フォアマン、B社及びC社の安全担当者、船内荷役作業責任者、デッキマン、合図マン、ウインチマン並びに固縛作業員Aの口述によれば、荷役作業員等の主な社内履歴等は、次のとおりであった。

(1) フォアマン 男性 33歳

平成18年4月にA社に入社してフォアマンの職に就き、フォアマンとして約10年の経験があり、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を行った経験が何度もあった。

本事故当時、健康状態は良好であった。

(2) 船内荷役作業責任者 男性 58歳

昭和55年12月にB社に入社して荷役業務に携わり、平成7年に船内荷役作業主任者技能講習を受講し、平成20年ごろから船内荷役作業主任者の職に就き、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を行った経験が何度もあった。

本事故当時、健康状態は良好であった。

(3) デッキマン 男性 53歳

昭和56年3月にB社に入社して荷役業務に携わり、平成5年に船内荷役作業主任者技能講習を受講し、平成18年ごろから船内荷役作業主任者の職に就き、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を行った経験が何度もあった。

本事故当時、健康状態は良好であった。

(4) 合図マン 男性 52歳

昭和63年7月にB社に入社して荷役業務に携わり、平成17年に船内荷役作業主任者技能講習を受講し、平成23年ごろから貨物倉内責任者の職に就き、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を行った経験が何度もあった。

本事故当時、健康状態は良好であった。

(5) ウインチマン 男性 65歳

昭和48年に揚貨装置運転士の資格を取得し、昭和57年2月ごろB社に入社して荷役業務に携わり、クレーン運転手としての経験が約20年で、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を行った経験が何度もあった。

本事故当時、健康状態は良好であった。

(6) 荷役作業員A 男性 57歳

昭和56年に玉掛技能講習を受講して荷役業務に携わり、平成12年2月ごろB社に入社し、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を行った経験が何度もあった。

本事故当時、ヘルメット及び安全靴を着用し、健康状態は良好に見えた。

(7) 荷役作業員B 男性 19歳

平成27年4月にB社に入社して荷役業務に携わり、平成28年6月に玉掛技能講習を受講し、本事故当時と同様な荷役を何度も経験していた。

本事故当時、ヘルメット及び安全靴を着用し、健康状態は良好に見えた。

(8) 固縛作業員A 男性 32歳

平成17年3月にC社に入社して荷役業務に携わり、固縛作業の経験が約11年であり、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を行った経験が何度もあった。

本事故当時、ヘルメット及び安全靴を着用し、健康状態は良好であった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 A船の主要目

IMO 番号	9 2 6 6 3 1 0
船 籍 港	セントジョンズ (アンティグア・バーブーダ)
船舶所有者	BRIESE SCHIFFFAHRTS GmbH & Co. KG MS” Embse” (ドイツ連邦共和国)
船舶管理会社	E社 (ドイツ連邦共和国)
運 航 者	D社 (ドイツ連邦共和国)
船 級	Det Norske Veritas Germanischer Lloyd (ノルウェー王国)
総 ト ン 数	7, 0 1 4 トン
L × B × D	1 1 9. 7 8 m × 2 0. 2 0 m × 9. 8 0 m
船 質	鋼
機 関	ディーゼル機関1基
出 力	6, 3 0 0 kW
推 進 器	可変ピッチプロペラ1個
起 工 年 月	2 0 0 2 年 6 月

(写真2.5-1 参照)



写真2.5-1 A船

2.5.2 A船の船体構造

一般配置図によれば、次のとおりであった。

- (1) A船は、船尾船橋型の貨物船で、船首側から1番貨物倉、2番貨物倉の順に2つの貨物倉を有し、各貨物倉は第2甲板の開口部にポンツーン型ハッチカバーを配置することによって貨物倉を上下に分割できるようになっており、船体左舷側に船首側から1号クレーン、2号クレーンの順にクレーンが2基設置されていた。

- (2) A船は、船体両舷側の船尾端から船首方約95.4mにかけて直径0.3mの半丸鋼のフェンダ（以下「フェンダ」という。）が溶接されており、船体中央部には、同フェンダが上下に溶接され、その下側のフェンダの中心は、船底からの高さが7.25mであった。（図2.5参照）

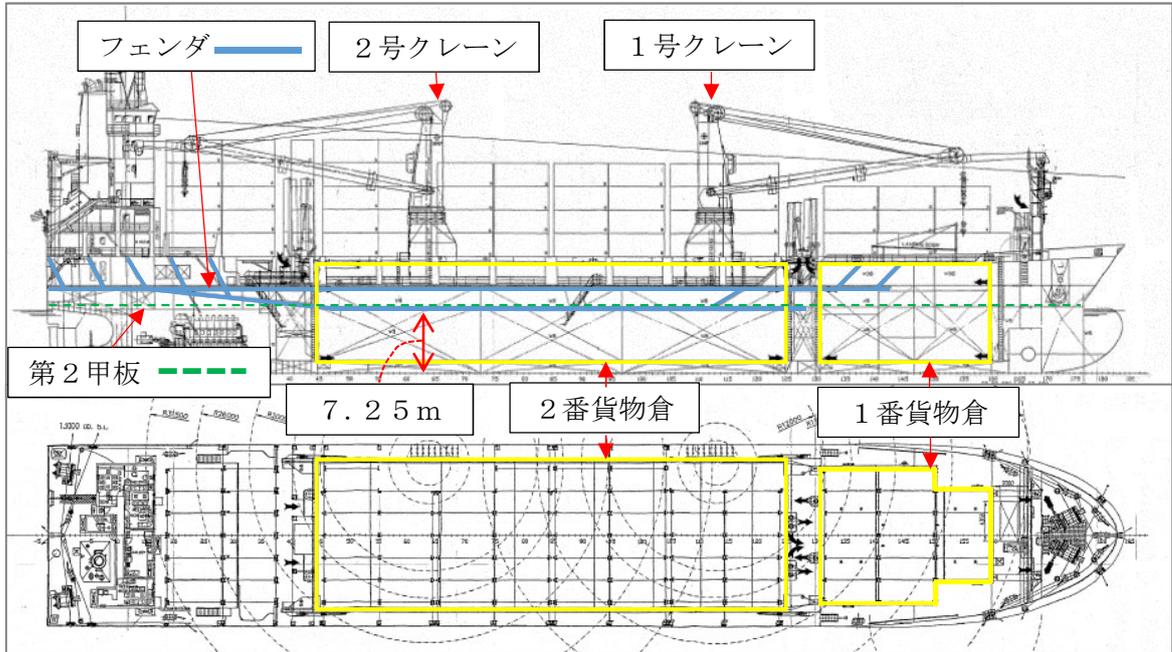


図2.5 一般配置図

2.5.3 A船の揚貨装置

クレーンの取扱説明書によれば、A船に装備されたクレーンは、旋回式ジブ型油圧クレーンで、制限荷重、制限半径及び旋回角度がそれぞれ25～250t、2.5～2.6m及び360°であった。

一等航海士、ウインチマン及び本事故後にA船の立入検査を行った外国船舶監督官の口述によれば、本事故当時、1号クレーンに不具合又は故障はなかった。

2.5.4 A船の積載状態等

A船の積荷記録及び復原性計算書によれば、本事故時の積載状態、喫水、メタセンタ高さ*2（ G_0M ）等は、次のとおりであった。

*2 「メタセンタ高さ」とは、船体重心Gと船舶が傾斜したときの浮力中心を通る浮力作用線と船体中心線との交点であるメタセンタMとの距離（GM）をいい、ここでは、自由水影響を考慮したメタセンタ高さ（ G_0M ）を表している。

積載物	重量 (t)	喫水	
鉄道車両	340.0	船首	5.24 m
結束パイプ	140.0	中央	5.61 m
バラスト水	2,499.6	船尾	5.99 m
清水	81.0	排水量	8,703 t
燃料油	194.1	G ₀ M	1.41 m
潤滑油	32.5		

なお、A船の本件岸壁着岸時の喫水は、船首が5.05m、中央が5.53m、船尾が6.03mであった。

2.5.5 A船の貨物に関する情報

(1) 結束パイプ

9本の結束パイプは、長さが10.00～12.00m、1束の高さ及び幅が約0.62mで、重量が4.40～4.50tであった。

(2) 本件パイプ

本件パイプは、9本の結束パイプ4束で構成され、長さが約11.50m、高さが約0.62m、幅が約2.80mで、重量が約17.93tであった。

2.5.6 本件岸壁等に関する情報

本件岸壁の岸壁構造詳細図によれば、次のとおりであった。

(1) 本件岸壁の防舷材

本件岸壁には、高さ0.60m、長さ2.30mのV型のゴム製防舷材11基が20m間隔で岸壁壁面に水平に設置されていた。

(2) 本件岸壁の車止め

車止めの高さは、0.20mであった。

(3) 本件岸壁の高さ等

本件岸壁の天端高^{*3}は、4.00mであり、基本水準面からの潮位観測基準面の高さは、0.12mであった。

2.5.7 本件岸壁の防舷材とフェンダとの引っ掛かりの状況等

A船は、11月1日13時00分ごろ、本事故時と同じ潮高（下げ潮の末期）及びA船の喫水において、A船の船尾端から船首方に30.0m、49.6m及び69.4m付近の右舷側のフェンダ下面がそれぞれ本件岸壁の3箇所の防舷材上面に接触して引っ掛かり、フェンダ下面が防舷材上面から外れた際、A船船体が右舷

^{*3} 「天端高」とは、基本水準面から岸壁、防波堤、護岸などの頂部までの高さをいう。

側に傾斜して横揺れを数回繰り返した。また、本件岸壁の防舷材上面には、A船のフェンダ下面のさびが付着していた。（写真2.5-2参照）

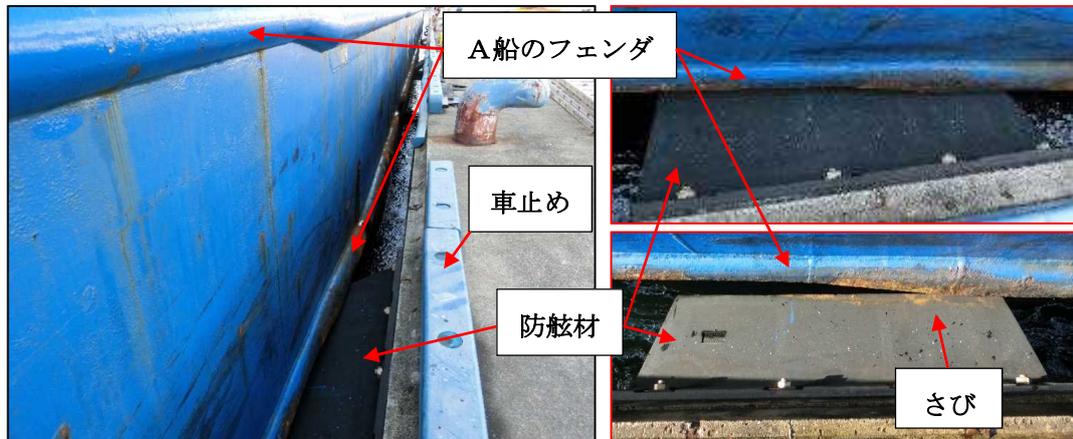


写真2.5-2 本件岸壁の防舷材

2.6 気象及び海象に関する情報

2.6.1 気象及び波浪観測値等

(1) 気象観測値

本事故現場の北北東約1.4kmに位置する神戸地方気象台による本事故当時の観測値は、次のとおりであった。

- 11時20分 風向 東南東、風速 2.2m/s（最大瞬間3.0m/s）
- 11時30分 風向 東南東、風速 2.0m/s（最大瞬間2.9m/s）
- 11時40分 風向 東南東、風速 1.7m/s（最大瞬間3.0m/s）

(2) 波浪観測値

本事故現場の東南東方約4.1海里（M）に位置するナウファス^{*4}の観測地点「神戸」における本事故当時の観測値は、次のとおりであった。

- 11時20分 波高 0.22m、周期 3.4秒
- 11時40分 波高 0.23m、周期 3.3秒

(3) 潮汐

海上保安庁刊行の潮汐表によれば、阪神港神戸区における本事故当時の潮汐は、次のとおりであった。

- 08時00分 下げ潮の初期 潮高 137cm
- 11時31分 下げ潮の末期 潮高 90cm

^{*4} 「ナウファス」（国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網）とは、国土交通省港湾局、各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局、国土技術政策総合研究所及び港湾空港技術研究所の相互協力の下に構築され、運営されている日本沿岸の波浪情報網をいう。

2.6.2 乗組員等の観測

- (1) A船の航海日誌によれば、次のとおりであった。
30日 12時00分 天気 晴れ、風力 1、気温 17.0℃、
波高 0.00～0.10m
- (2) 荷役作業員Eの口述によれば、本事故当時、風、波及びうねりはなかった。

2.7 A船の船体動揺等に関する情報

- (1) 合図マンの口述によれば、本件2束を積み込んだ後、A船は、少し左舷側に傾いていた。
- (2) 船長の回答書によれば、A船は、本事故当時、下げ潮により岸壁上のビットに係止した係船索にたるみが生じれば、三等航海士及び甲板手が適宜係船機を操作して係船索を均等に張り合わせていた。
- (3) 一等航海士の口述によれば、A船は、本事故当時、バラスト水の注排水、補油及び補水作業を行っておらず、船体動揺及び傾斜はふだんの荷役時と同じであった。
- (4) 三等航海士の口述によれば、本事故時、船橋の左舷側で書類を作成していたところ、ふだんの荷役中の船体横傾斜と異なり、傾斜角3°以上の右舷側への傾きを感じた後、鉄製の物が壁に当たるような音を聞き、その約1分後に持運び式VHF無線電話装置で担架を持ってくるよう要請する一等航海士の声を聞いた。
- (5) 本件岸壁上で荷役資材を片付けようとしていた荷役作業員（以下「荷役作業員F」という。）の口述によれば、A船は、本事故時、1号クレーンのジブの動きが止まった数秒後、右舷側に傾き、約8秒かけてA船の上甲板の右舷側に設置された手すりの下段の横棒が岸壁の車止めと同じ高さになるまで横傾斜した。
- (6) B船で作業をしていた荷役作業員4人の口述によれば、A船は、本事故時、右舷側に大きく傾き、その後横揺れを数回繰り返した。
- (7) フォアマン及びB船で作業をしていた荷役作業員1人の口述によれば、本事故時、A船付近を航行していた船舶はなく、航走波などはなかった。
- (8) A社、B社及びC社の安全担当者並びに荷役作業員6人の口述によれば、クレーン2基で複数の貨物倉の荷役を行っている時には、クレーンのジブの動きにより生じた横揺れの影響で、もう一方のクレーンで吊られた貨物が多少振れることはあるものの、本事故時のように、1号及び2号クレーンのジブが停止した状態で、吊り荷が大幅に振れたことはなかった。

2.8 安全管理に関する情報

2.8.1 安全衛生管理規程

A社及びB社は、労働安全衛生法、同法に基づく規則、指針等に基づき、安全衛生管理規程を定め、同規程には、港湾貨物運送事業労働災害防止規程（以下「災防規程」という。）の遵守事項（2.8.3参照）を厳守し、作業を安全に遂行するため、吊り荷の運搬経路への立入り禁止及び同経路から退避することなどが記載されていた。

2.8.2 安全作業に関する教育等

- (1) A社、B社及びC社の各安全担当者の口述及び回答書によれば、A社、B社及びC社は、作業員に対し、船内荷役等の作業ごとに作業手順、作業分掌、遵守事項などを定めた作業標準書を周知し、ふだんから、吊り荷の下及び吊り荷の運搬経路に入らないよう教育をしていた。
- (2) A社、B社及びC社の各安全担当者、フォアマン、荷役作業員6人並びに固縛作業員3人の口述によれば、通常、吊り荷の下面を着地面から20～30cmの高さまで下げた後に積付け位置の方向に移動させる荷役手順であり、本事故当時も同手順で行っていたので、本件パイプが振れた場合でも着地面から約75cmの高さがある本件2束上の作業員に当たることはなく、また、本件2束上が本件パイプの運搬経路には該当しないので、A社、B社及びC社は、本事故時、本件2束上への立入りを禁止していなかった。

2.8.3 災防規程

A社、B社及びC社は、港湾貨物運送事業者の会員で組織されている港湾貨物運送事業労働災害防止協会に加盟しており、同協会が港湾貨物運送事業における労働災害の防止を図ることを目的として定めた災防規程には、次のとおり定められていた。

第2章 船内荷役作業の災害防止

第3節 船内荷役作業

(作業計画)

第29条 会員は、船内荷役作業を行うときは、あらかじめ、当該作業の行われる船舶等の構造、作業場所及び設備の状況並びに荷役される荷の種類、形状、荷姿等の条件に対応し、安全な作業を行うための作業計画を定め、かつ、当該作業計画に従って作業を行わなければならない。

(船内荷役作業主任者)

第30条 会員は、船内荷役作業を行うときは、船内荷役作業主任者を選

任し、その者に次の事項を行わせなければならない。

二 関係作業員に対し、作業手順、作業の合図方法、非常の場合における退避場所及び退避方法、相互の連絡方法等安全に作業を行うための必要事項について周知し、直接作業の指揮を行うこと。

三及び四 (略)

第4節 揚貨装置の運転業務

(通行及び立入りの禁止)

第57条 会員は、運転中の揚貨装置の下、当該揚貨装置につられている荷の移動する方向又はつられている荷の下を作業員に通行させ、又は立ち入らせてはならない。

(揚貨装置の運転の合図)

第61条 会員は、揚貨装置の運転について一定の合図の方法を定め、合図を行う者を揚貨装置ごとに指名して、その者に運転の合図を行わせなければならない。

2 会員は、船内荷役作業主任者に前項の合図（運転の中継の合図を除く。）を行わせるものとする。ただし、作業の都合により必要があるときは、船内荷役作業主任者講習を修了した者を指名して揚貨装置の運転の合図の業務を行わせることができる。（後略）

3 会員は、揚貨装置の運転の合図を行う者に、第1項により定めた合図の方法に基づき、次の要領により合図の業務を行わせ、かつ、関係作業員に、その合図に従って作業を行わせなければならない。

一 揚貨装置運転士、玉掛け作業員及びつり荷の状態を常に見通すことができる位置において、明確に合図を行うこと。

二～四 (略)

五 つり荷の下又はつり荷を移動させる方向に、作業員その他の者がいないことを確認し、かつ、運転作業中監視を続けること。

2.9 事故発生要因に関する解析調査

A船の本事故時における船体横傾斜の状況に関する国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所の解析調査結果の概要は、次のとおりであった。

2.9.1 本事故時の復原性等

A船の復原性計算書によれば、本事故時の喫水、 G_0M 等は表2.9のとおりであり、A船のクレーン取扱説明書によれば、1号クレーンのジブは、長さが37.185m、重量が56.20tで、同ジブの小フック及び大フックの重量は、それぞれ1.03t、6.30tであった。また、B社の回答書によれば、本事故当時、ジブ先端の小フック

クを使用して積荷役を行っており、本件パイプの重量に吊り資材を含めた重量は、約19.01tであった。

表 2.9 本事故時の喫水、G₀M等

船首喫水	中央喫水	船尾喫水	排水量	G ₀ M	重心高さ* ⁵ (KG ₀)
5.24m	5.61m	5.99m	8703.20t	1.41m	7.10m

なお、本件停止位置については、作業員の口述による結束パイプの1段目（内底板からの高さ約0.75m）からの高さが約2mであるので、内底板からの高さを2.75mとし、船首側隔壁からの距離を右舷側壁の擦過傷の位置から推算して14.9mとした。

2.9.2 本事故時の船体横傾斜角等の推定

1号クレーンで本件パイプを本件停止位置に吊り上げた場合におけるジブの旋回角及び仰角を特定し、同ジブの仰角等に伴う復原性を修正した上で、船体横傾斜角等を次のとおり推定した。

- (1) A船のフェンダ下面が本件岸壁の防舷材上面に引っ掛かっていない場合
船体横傾斜角 θ_1 は、右舷側に約 2.08° である。
- (2) A船の右舷側のフェンダ下面が本件岸壁の防舷材上面に引っ掛かっている場合

① 船体と岸壁との位置関係

船体と岸壁との位置関係は、図2.9-1のとおりであり、船体横傾斜角 θ_2 は、左舷側に約 1.79° である。

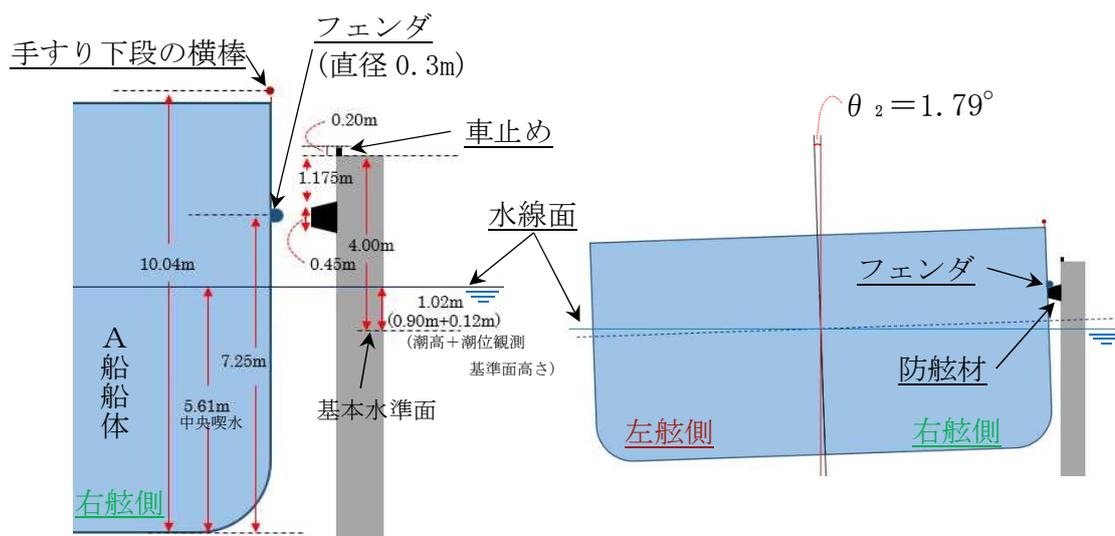


図 2.9-1 船体と岸壁との位置関係

*5 「重心高さ」とは、船底外板上から船体の重心までの高さをいう。

- ② 本件停止位置に本件パイプを吊り上げた場合における船体に作用する傾斜モーメント

前記①の状態では、1号クレーンで本件パイプを本件停止位置に吊り上げた場合でもA船のフェンダ下面が岸壁の防舷材上面に引っ掛かっていることにより右舷側への傾斜が遮られるので、船体傾斜角は、左舷側に約 1.79° (θ_2)の状態であり、この左舷側への傾斜により右舷側に約 2.44° (θ_3)に相当する傾斜モーメントがA船に作用している。

- ③ フェンダ下面が防舷材上面から外れた場合に生じる船体横傾斜角

A船は、前記②の状態で、フェンダ下面が防舷材上面から外れた場合、横傾斜角 θ_3 を中心に、 θ_2 から右舷側への最大傾斜角(θ_4)まで傾斜して横揺れをする。この時、 θ_2 から θ_3 と θ_3 から θ_4 のそれぞれの復原力が成す仕事量が等しくなると仮定して算出した横傾斜角 θ_4 は、右舷側に約 6.93° となる。

- (3) 口述による船体横傾斜角

荷役作業員Fの口述による本事故時の船体横傾斜は、A船の右舷上甲板に設置された手すり下段の横棒が本件岸壁の車止めと同じ高さになる状況であり、その時の船体横傾斜角 θ_5 は、右舷側に約 7° となり、横傾斜角 θ_4 とほぼ一致する。(図2.9-2参照)

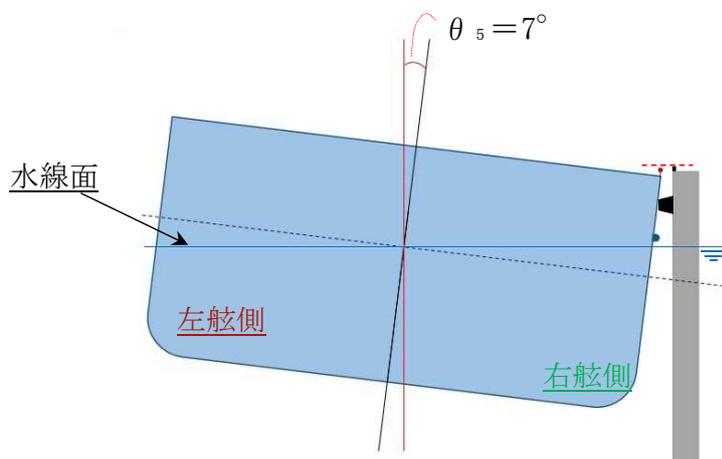


図2.9-2 本事故時の船体横傾斜の状況

- (4) 本件パイプが2番貨物倉の右舷側壁に接触する船体横傾斜角

本件パイプは、前記(2)②の場合、2番貨物倉の右舷側壁からの距離が約3mの位置で停止した状態であるので、船体が右舷側に約 1.81° 傾斜すれば、クレーンのジブ先端を中心とする振り子の運動経路上の同側壁に接触する状態となる。(図2.9-3参照)

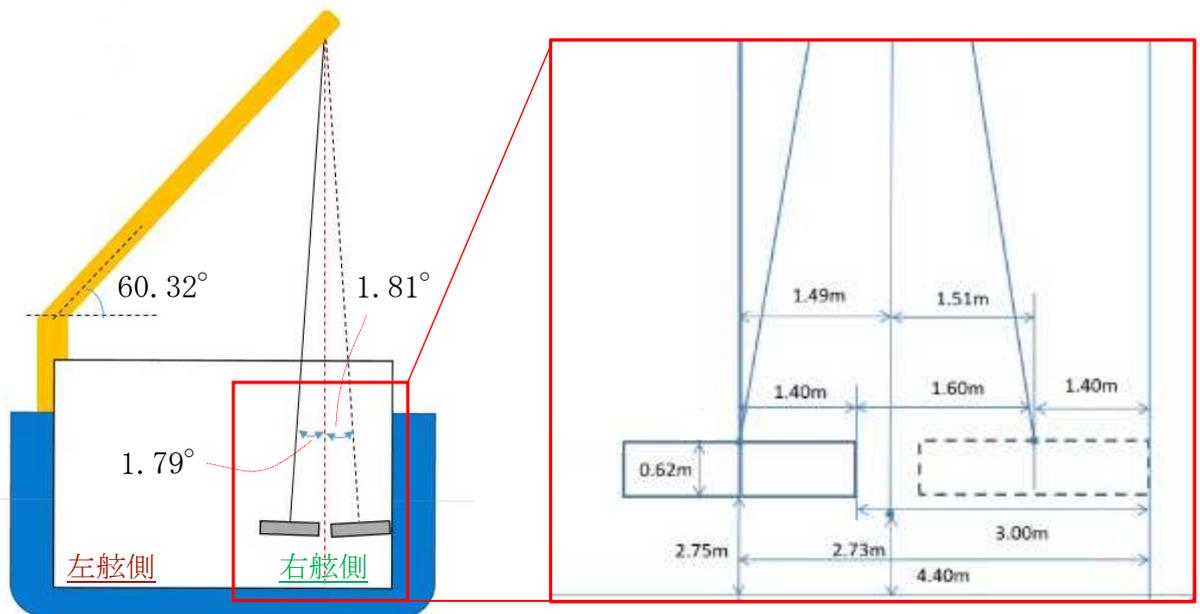


図 2.9-3 本件パイプと右舷側壁との位置関係

2.9.3 本事故時の船体横傾斜等の状況に関するまとめ

A船の本事故時の船体横傾斜等の状況は、右舷側のフェンダ下面が岸壁の防舷材上面に引っ掛かり、A船の右舷傾斜が遮られた状態において、本件パイプを1号クレーンで吊り上げて本件停止位置で停止させた際、フェンダ下面が防舷材上面から外れることによって説明でき、また、本件停止位置に吊り上げた本件パイプは、船体が 1.81° 以上右舷側に傾斜した場合、2番貨物倉の右舷側壁に衝突するものと考えられる。

3 分析

3.1 事故発生状況

3.1.1 事故発生に至る経過

2.1、2.3及び2.7から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) A船は、平成28年10月30日08時00分ごろ阪神港神戸区の本件岸壁に右舷着けした。
- (2) A船は、10時00分ごろ、1号クレーンを使用し、2番貨物倉の内底板上に本件岸壁に準備された結束パイプの積込みを開始し、荷役作業員は、9本の結束パイプ22束を2番貨物倉の内底板上（1段目）の左舷舷側から右舷舷側まで船横方向に並べて積み付けた後、2段目の左舷側に7束を積み付け、6本の結束パイプ1束を2番貨物倉の船首側に仮置きし、本件岸壁から

の結束パイプの積込みを終了した。

- (3) A船は、11時15分ごろ、1号クレーンを使用し、左舷側に接舷したB船に積載された結束パイプの積込みを開始し、2段目の右舷側に本件2束を積み付けた。
- (4) デッキマンは、トランシーバでウインチマンに、本件パイプをB船から吊り上げ、2番貨物倉の中央に向けて移動させるよう指示を行い、本件パイプを移動させた。
- (5) 合図マンは、トランシーバでウインチマンに、本件積付け位置に向けてクレーンのジブの旋回、ワイヤロープの巻き下げなどの指示を行って本件パイプを移動させた後、作業員の位置等を確認する目的で、クレーンの操作を一旦止めるよう指示し、ウインチマンは、クレーンの操作を止めて本件パイプを本件停止位置で停止させた。
- (6) A船は、1号クレーンのジブが停止した後、右舷側に傾き、右舷上甲板に設置された手すりの下段の横棒が岸壁の車止めと同じ高さになるまで横傾斜した。
- (7) 本件パイプは、右舷方に向けて動き出した。
- (8) 本件2束上で待機等していた荷役作業員A、荷役作業員B及び固縛作業員Aは、本件パイプと右舷側壁との間に挟まれた。

3.1.2 事故発生日時及び場所

2.1.1、2.1.3及び2.1.4から、本事故の発生日時は、平成28年10月30日11時31分ごろであり、発生場所は、阪神港神戸区の本件岸壁（着岸中のA船の2番貨物倉内）であったものと考えられる。

3.1.3 死傷者の状況

2.2から、荷役作業員Aは、頭蓋骨粉碎骨折による脳挫滅で、荷役作業員Bは、肝臓挫傷及び左右肺挫傷による胸腹膜腔出血でそれぞれ死亡し、固縛作業員Aは、骨盤骨折、右橈骨遠位端骨折及び右尺骨茎上突起骨折を負った。

3.1.4 損傷の状況

2.3から、A船は、2番貨物倉の右舷側壁に擦過傷を生じ、本件パイプを含む結束パイプ8束に擦過傷等を生じたものと推定される。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員等の状況

2.4から、次のとおりであった。

(1) 船長及び一等航海士

船長及び一等航海士は、適法で有効な海技免状を有しており、本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。

(2) 荷役作業員等

フォアマン、デッキマン、合図マン、ウインチマン及び固縛作業員Aは、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を何度も経験し、本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。

荷役作業員Aは、A船及びA船と同種の構造を有する船舶で本事故当時と同様な荷役を何度も経験し、本事故当時、健康状態は良好であった可能性があると考えられる。

荷役作業員Bは、本事故当時と同様な荷役を何度も経験し、本事故当時、健康状態は良好であった可能性があると考えられる。

3.2.2 船舶の状況

2.5.3から、A船の1号クレーンに不具合又は故障はなかったものと考えられる。

3.2.3 気象及び海象の状況

2.6から、本事故時、天気は晴れ、平均風速2.0m/s、最大瞬間風速2.9m/sの東南東の風が吹き、波高約0.2mの西南西～南からの波があり、潮汐は、下げ潮の末期で、潮高が90cmであり、A船が着岸した08時00分ごろとの潮位差が47cmであったものと考えられる。

3.2.4 A船のフェンダと本件岸壁の防舷材との引っ掛かりに関する解析

2.5、2.6.1、2.7、2.9及び3.2.3から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) A船は、着岸した08時00分ごろ、潮高が137cmで、船体右舷中央部のフェンダ下面から本件岸壁の防舷材上面までの鉛直距離が約23.5cmであり、同フェンダ下面が同防舷材上面に接触する状況ではなかった。

(2) A船は、着岸時からの潮高の下降量と積荷役に伴う喫水の増加量との合計値が約23.5cmより大きく、船体外板と本件岸壁の防舷材が接触している場合、船体右舷中央部のフェンダ下面が本件岸壁の防舷材上面に引っ掛かる状況になる。

- (3) A船は、本事故時、潮高が約90cmで、着岸時からの潮高の下降量が47cm、船体中央における喫水の増加量が約8cmであり、これらの合計値が約55cmであること、また、適宜係船索を均等に張り合わせており、船体外板と本件岸壁の防舷材が接触していたと考えられることから、船体右舷中央部のフェンダ下面が本件岸壁の防舷材上面に引っ掛かる状況になっていた。
(図3.2参照)

3.2.5 船体横傾斜に関する解析

2.5、2.7、2.9、3.1.1、3.2.3及び3.2.4から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) A船は、本事故時の G_0M において、右舷側のフェンダ下面が本件岸壁の防舷材上面に引っ掛かっていないと仮定し、1号クレーンのジブを本事故時に停止させた位置まで旋回させて本件パイプを吊り上げた場合、右舷側に約 2.08° 傾斜する。
- (2) A船は、本事故時、船体が右舷側に約 7° 傾斜した後、横揺れを数回繰り返した。
- (3) A船は、本事故時、船体横傾斜を生じさせるようなクレーンのジブ操作、バラスト水の注排水操作などを行っておらず、また、強風、波浪、航走波などもなかった。
- (4) A船は、本事故時、右舷側のフェンダ下面と本件岸壁の防舷材上面との引っ掛かりによりA船の右舷傾斜が遮られていたと仮定し、本件パイプを1号クレーンで吊り上げて本件停止位置に停止させた際にフェンダ下面が本防舷材上面から外れた場合、船体横揺れが生じて右舷側に約 6.93° 傾斜し、この状況は、上記(2)の横傾斜の状況とほぼ一致する。
- (5) 上記(1)～(4)から、A船は、本事故時、右舷側のフェンダ下面が本件岸壁の防舷材上面に引っ掛かり、右舷傾斜が遮られた状態において、本件パイプを1号クレーンで吊り上げて本件停止位置で停止させた際、フェンダ下面が防舷材上面から外れたことから、船体の横揺れが生じて右舷側に約 7° 傾斜した。

3.2.6 本件パイプの振れに関する解析

2.1、2.3、2.9及び3.2.5から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) A船は、本事故発生前、1号クレーンの操作を止めて本件パイプを本件停止位置で停止させた。
- (2) 上記(1)の状態において、A船の船体が右舷側に約 1.81° 以上傾斜した

場合、本件パイプは、2番貨物倉の右舷側壁に衝突する状態になる。

- (3) A船は、本事故時、船体の横揺れが生じて右舷側に約7°傾斜したことから、停止していた本件パイプが右舷方に振れ、クレーンのジブ先端を中心とする振り子の運動を行って2番貨物倉の右舷側壁に衝突した。(図3.2参照)

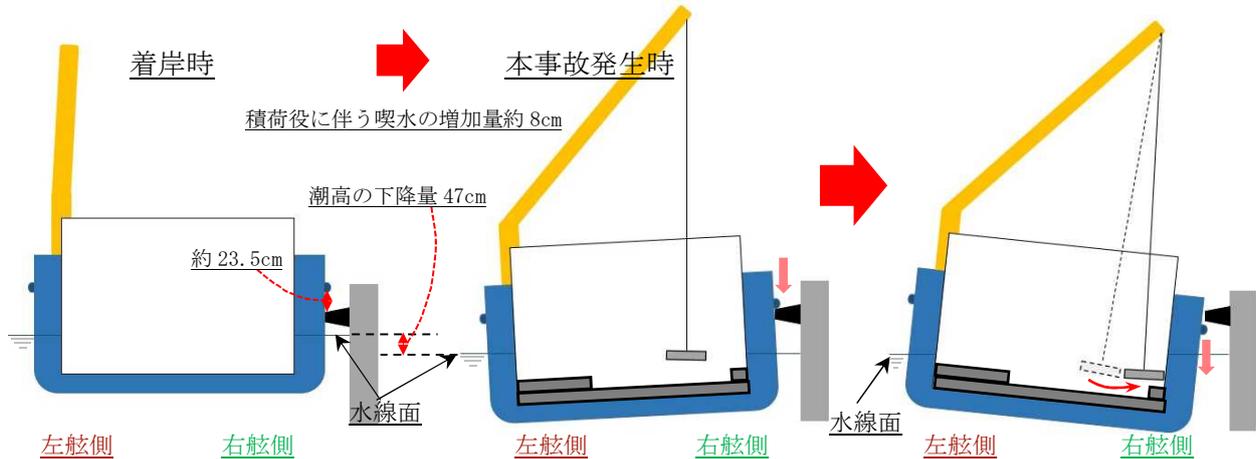


図3.2 本事故発生時の状況

3.2.7 安全管理に関する解析

2.7、2.8、3.2.5及び3.2.6から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) A社、B社及びC社は、安全衛生管理規程及び防災規程の定めに従い、作業員に対し、作業標準書を周知し、吊り荷の下及び吊り荷の運搬経路に立ち入らないよう教育をしていた。
- (2) A社、B社及びC社は、通常の荷役手順では、本件パイプが振れた場合でも本件2束上の作業員に当たることはなく、また、本件2束上が本件パイプの運搬経路に該当しないので、本件2束上への作業員の立入りを禁止していなかった。
- (3) 作業員は、上記(2)に加え、これまで、クレーンの操作を停止している状態で吊り荷が大幅に振れることがなかったことから、本事故時、本件パイプが本件停止位置から本件2束上まで振れることを予測できず、本件2束上で待機等していた。

3.2.8 事故発生に関する解析

3.1.1及び3.2.4～3.2.7から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) A船は、本件岸壁において、右舷着けで積荷役中、合図マンがウインチマンに指示し、本件パイプを1号クレーンで吊り上げて本件停止位置で停止させた。

- (2) A船は、本事故時、着岸時より潮高が低くなったこと、また、喫水が増加したことなどによって船体右舷中央部のフェンダ下面が本件岸壁の防舷材上面に引っ掛かり、A船の右舷傾斜が遮られた状態において、本件パイプを1号クレーンで吊り上げて本件停止位置で停止させた際、フェンダ下面が防舷材上面から外れたことにより、船体の横揺れが生じて右舷側に約7°傾斜した。
- (3) A船は、船体が右舷側に傾斜し、停止していた本件パイプが右舷方に振れたことから、本件2束上で待機等していた荷役作業員A、荷役作業員B及び固縛作業員Aが本件パイプと右舷側壁との間に挟まれ、荷役作業員A及び荷役作業員Bが死亡し、固縛作業員Aが重傷を負った。

4 原因

本事故は、A船が、本件岸壁において、右舷着けで積荷役中、1号クレーンで吊り上げて停止していた本件パイプが右舷方に振れたため、本件2束上で待機等していた荷役作業員A、荷役作業員B及び固縛作業員Aが本件パイプと右舷側壁との間に挟まれたことにより発生したものと考えられる。

1号クレーンで吊り上げて停止していた本件パイプが右舷方に振れたのは、本事故時、着岸時より潮高が低くなったこと、また、A船の喫水が増加したことなどによってA船の右舷側のフェンダ下面が岸壁の防舷材上面に引っ掛かり、右舷傾斜が遮られた状態において、本件パイプを1号クレーンで吊り上げて本件停止位置で停止させた際、フェンダ下面が防舷材上面から外れ、船体の横揺れが生じて右舷側に傾斜したことによるものと考えられる。

作業員が本件2束上で待機等していたのは、本件2束上が本件パイプの運搬経路に該当しないことなどにより本件2束上への立入りが禁止されていなかったことに加え、これまで、クレーンの操作を停止している状態で吊り荷が大幅に振れることがなかったことから、本事故時、本件パイプが本件停止位置から本件2束上まで振れることを予測できなかったことによるものと考えられる。

5 再発防止策

本事故は、A船が、本件岸壁において、右舷着けで積荷役中、右舷側のフェンダ下面が岸壁の防舷材上面に引っ掛かり、右舷傾斜が遮られた状態において、フェンダ下

面が防舷材上面から外れ、船体の横揺れが生じて右舷側に傾斜したことにより、クレーンで吊り上げて停止していたパイプが振れたため、荷役作業員等がパイプと側壁との間に挟まれたことにより発生したものと考えられる。

したがって、A社、B社及びC社は、同種事故の再発防止を図るため、次の措置を講じる必要がある。

- (1) 船体舷側にフェンダを設置している船舶において、デッキクレーンを使用して荷役を行う場合、フェンダと岸壁の防舷材との引っ掛かりの有無を適宜監視し、引っ掛かりの有無を貨物倉内の作業員が把握できる体制を構築すること。その際、フェンダ下面の防舷材上面への引っ掛かりに加え、フェンダ上面の防舷材下面への引っ掛かりについても留意すること。
- (2) 船体舷側にフェンダを設置している船舶の乗組員に対し、フェンダと防舷材の引っ掛かりによる船体横揺れ防止について、荷役開始前に打合せを行い、引っ掛かりが生じないように潮汐に応じた喫水調整を行うなどの協力を要請すること。
- (3) 船舶の構造、貨物の種類等に応じ、船体動揺等により吊り荷が振れることを想定した退避場所、退避方法、及び吊り荷を一旦着地させて作業員の安全を確保してから積付け予定位置に作業員を立ち入らせるなどの作業手順を検討し、作業員に周知すること。
- (4) 船体動揺等により吊り荷が大幅に振れる場合があることを踏まえ、吊り荷を常時監視して時々刻々変化する荷役状況を把握し、事前に検討した退避場所へ移動できる体勢を取っておくなど、非常時に対応できる状態で作業に従事するよう作業員を指導すること。
- (5) 本事故の教訓を取り入れた作業員の教育を定期的に行うこと。

5.1 事故後に講じられた事故等防止策

A社、B社及びC社は、全作業員に対し、本事故の概要を周知するとともに、次の措置を講じた。

5.1.1 A社及びB社により講じられた措置

- (1) 入港船舶の船体舷側のフェンダ設置の有無を入港前に確認し、フェンダを設置している場合には、同フェンダが既設の岸壁の防舷材に引っ掛からないよう空気式の大型防舷材を仮設することとした。(写真5.1参照)
- (2) 上記(1)の船舶で荷役を行う際、トランシーバを携帯させた監視員を岸壁に配置し、貨物倉内の荷役作業員にフェンダと防舷材の状況を連絡することとし、同状況の監視について、乗組員にも協力を依頼することとした。
- (3) 急激な船体の横揺れが発生することを前提とした作業計画を立て、非常時における作業員の退避場所を設定し、作業員に周知することとした。

(4) 船舶ごとにリスクアセスメントを実施し、リスクの軽減を行うこととした。



写真 5.1 空気式の大型防舷材

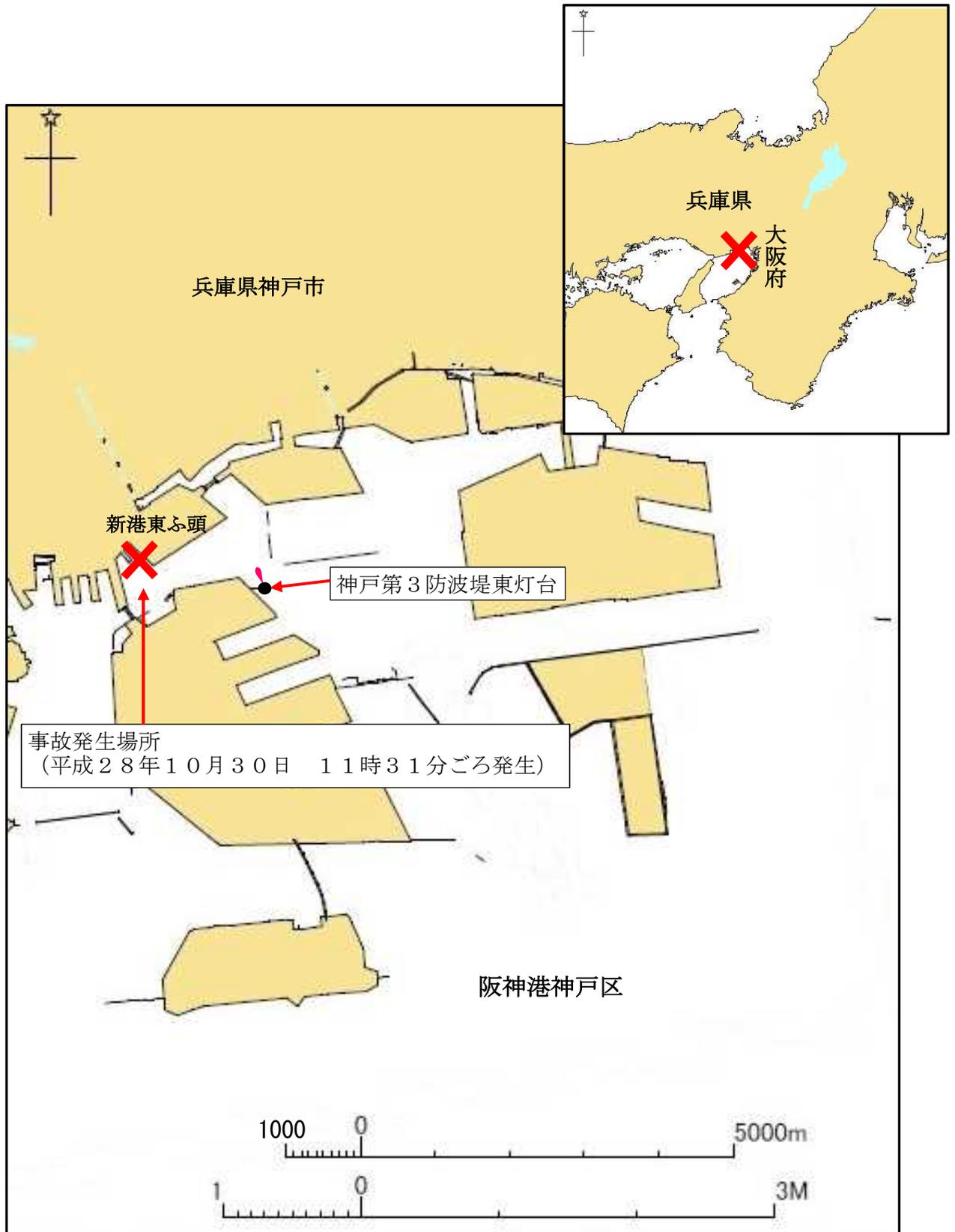
5.1.2 C社により講じられた措置

- (1) 非常時における退避場所を確認し、吊り荷が着地するまで吊り荷の近くで作業をしないこととした。
- (2) リスクアセスメントを実施し、リスクの軽減を行うこととした。

5.2 今後必要とされる事故等防止策

A社、B社及びC社は、本事故の教訓を取り入れた作業員の教育を定期的に行うことによって同種事故の防止に努めなければならない。

付図1 事故発生場所概略図



船体傾斜に係る解析調査
(貨物船A作業員死傷事故)
報告書

平成 29 年 3 月

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

目次

1. 解析調査の目的	1
2. 解析調査の内容	1
3. 解析調査の前提条件	1
4. 解析調査結果	1
(1) <u>防舷材が引っ掛かっている場合</u> 、1号クレーンで貨物を設定位置に吊り下げた時の船体横傾斜角	1
(2) <u>防舷材が引っ掛かっている場合</u> 、1号クレーンで貨物を設定位置に吊り下げ、引っ掛かりが外れたときに生じる最大船体横傾斜角	4
(3) 口述による本事故時の船体横傾斜角	8
(4) 吊り荷が2番貨物倉の右舷側壁に衝突する船体横傾斜角	9
5. まとめ	10
参考文献	10

1. 解析調査の目的

本件は、平成28年10月30日、阪神港神戸区新港東ふ頭T岸壁に停泊（右舷着け）していた貨物船Aの貨物倉内で発生した作業員死傷事故調査に資するため、次の解析を行うことを目的とする。

- (1) 船体横傾斜角の推定
- (2) 船体横傾斜による吊り荷の状況の推定

2. 解析調査の内容

貨物船Aの復原性関係資料からデッキクレーンのジブの角度の影響を修正して事故発生時の復原性を推定した上で次の事項を推定する。

- (1) デッキクレーンにより貨物（パイプ）を所定の位置に吊り下げた場合における船体横傾斜角
- (2) 貨物船Aの防舷材下部が岸壁の防舷材上部に引っ掛かって（1）の船体横傾斜が遮られた状態から、同防舷材の引っ掛かりが外れて船体が横傾斜する場合における最大横傾斜角
- (3) 口述による本事故時の貨物船Aの船体横傾斜角
- (4) (1)で吊り下げた貨物が船体横傾斜により2番貨物倉の右舷側壁に衝突する船体横傾斜角

なお、解析に必要な詳細データに関しては、運輸安全委員会から提供を受けた。

3. 解析調査の前提条件

提供された復原性関係資料の計算値には、本事故時の積載された全ての貨物の重量、1号クレーンのジブの状態（仰角約60°）が含まれており、貨物等は吊っていない値である。また、ジブ先端が船尾方向を向いた状態（ジブが船首尾線に対し平行）をジブの旋回角0°とし、初期状態（復原性関係資料の計算が行われた状態）では、旋回角がジブの格納状態である180°（ジブ先端が船首方向を向いた状態）で、船体の横傾斜がないと仮定して解析を行った。

なお、調査で判明している事故発生前に貨物をクレーンで吊り下げた位置（これ以降、設定位置と称する）は、2番貨物倉底から貨物下面までが2.75m、貨物倉右舷側壁から、貨物の中心までが4.40m、貨物の右舷側までが3.00m、貨物倉船首側隔壁から貨物の船首側までが14.90mである（図1参照）。

4. 解析調査結果

（解析上、各数値は小数第3位を四捨五入した値である。）

(1) 防舷材が引っ掛かっていない場合、1号クレーンで貨物を設定位置に吊り下げた時の船体横傾斜角 θ_1

防舷材が引っ掛かっていない場合の横傾斜角は、船内重量物の吊り下げ時の横傾斜角として求めれば良い。ここでは、吊り下げた貨物（吊り荷）とクレーンのジブの重心の移動の影響を別々に見るため、それぞれの影響による横傾斜角を求めた。

なお、船の主要目と本事故時の喫水等を表1に示す。表中 G_0 は、自由水の影響を考慮した見かけ上の重心位置を表している。

表1 船の主要目と本事故時の喫水

L(m)	113.50
B(m)	20.20
DESIGN DRAUGHT(m)	7.00
df(m)	5.24
dm(m)	5.61
da(m)	5.99
trim by stern(m)	0.75
displacement(t)	8703.20
G ₀ M(m)	1.41
KG ₀ (m)	7.10

参考文献[1]によると、船内重量物 $w(t)$ の吊り下げを行った場合の横傾斜角 θ_1 は、重量物がはじめ船の重心位置（船体中心線上）にあるとして次式で与えられる。

$$\tan \theta_1 = \frac{wb}{GM \cdot W - wh} \quad (1)$$

ここで、 w : 吊り荷の総重量(t)

b : 船体中心から、吊り索の根元までの水平距離(m)

h : 船体の重心から、吊り索の根元までの鉛直距離(m)

GM : 吊り下げ前のメタセンタ高さ(m)

また、ここでの GM は表1中の G_0M のことを表しているが、これ以降 GM と表す。

今、運輸安全委員会から提供された資料（これ以降、資料と称する）の値を用いて、ジブの仰角 φ 及び旋回角 ψ （船尾方から）を求める。ジブの長さは $l=37.185(m)$ であり、本事故当時ジブ先端の小フック（重量 1.03t）を使用していたので、2番貨物倉内での吊り荷と1号クレーンとの位置関係は図1の様になる。

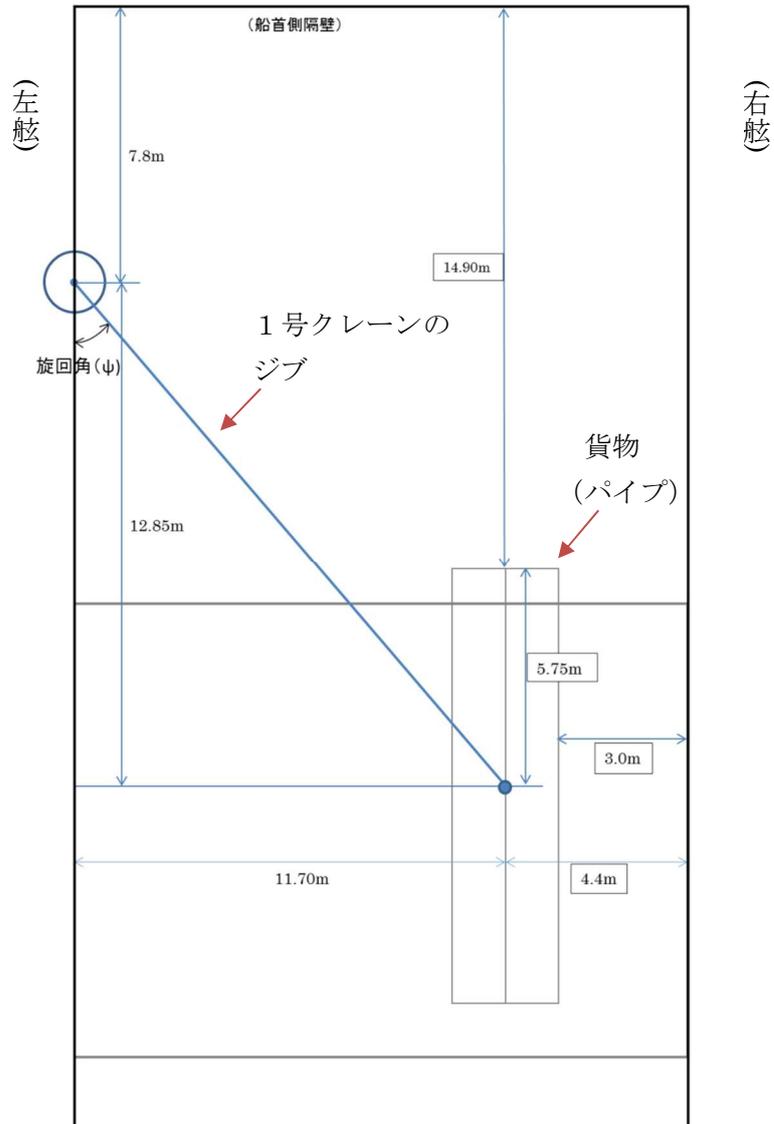


図1 吊り荷と1号クレーンとの位置関係1 (2番貨物倉平面図)

図1より

$$l \cos \varphi = \sqrt{11.70^2 + 12.85^2} = 17.38 \text{ (m)}$$

$$l \cos \varphi \sin \psi = 11.70 \text{ (m)}$$

これから、

$$\varphi = 62.14 \text{ (deg)}$$

$$\psi = 42.32 \text{ (deg)}$$

重量物 (貨物、吊り具及び小フック) の総重量は、

$$w = 17.93 + 1.08 + 1.03 = 20.04 \text{ (t)}$$

重量物の移動距離 (b, h) は、図1、図7及び求めたジブの仰角から、

$$b = B/2 - 2.05 - 4.40 = 3.65 \text{ (m)}$$

$$h = 20.25 + 32.87 - KG = 46.02 \text{ (m)}$$

この時、ジブの重心の移動による影響を無視すると、(1)式から横傾斜角 θ_1 は

$$\tan \theta_1 = 0.0064$$

$\theta_1 = 0.37(\text{deg})$ となる。

次に、ジブの重心の移動による影響を求める。

ここで、ジブの重量は、大フックの重量 (6.30t) を含めると、

$$w' = 56.20 + 6.30 = 62.50(\text{t})$$

その重心はアームの長さの 1/2 にあると仮定すると、ジブの初期状態からの重心の移動量は、

$$b' = l/2 \times \cos \varphi \sin \psi = 5.85(\text{m})$$

$$h' = l/2 \times (\sin \varphi - \sin 60^\circ) = 0.34(\text{m})$$

この時、ジブの重心の移動による横傾斜角 θ'_1 は(2)式から

$$\tan \theta'_1 = \frac{w'b'}{GM \cdot W - w'h'} \quad (2)$$

$$\theta'_1 = 1.71(\text{deg})$$

結局、防舷材が引っ掛かっていない場合、1号クレーンで貨物を設定位置に吊り下げた時の右舷側への横傾斜角は $\theta_1'' = \theta_1 + \theta'_1 = 2.08(\text{deg})$ となる。

(2) 防舷材が引っ掛かっている場合、1号クレーンで貨物を設定位置に吊り下げ、引っ掛かりが外れたときに生じる最大船体横傾斜角 θ_3

船体と岸壁との位置関係は、資料から図2の様になる。

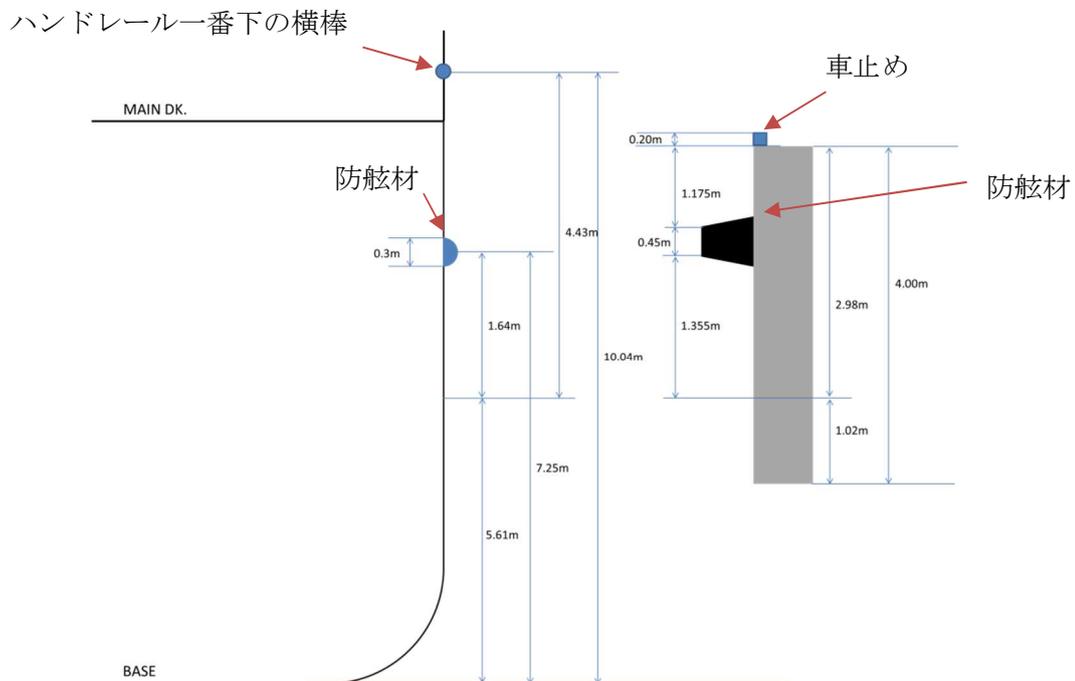


図2 船体と岸壁との位置関係

① 防舷材が引っ掛かっている場合の船体横傾斜角 θ_2

防舷材が引っ掛かっている場合の船体横傾斜角 θ_2 は幾何学的に求められる。即ち、貨物船 A の防舷材下部が、岸壁の防舷材上部にある時の船体横傾斜角が θ_2 となる。

資料より船体防舷材の上昇量（引っ掛かっていない状態からの変位量）は図 3 に示すように 0.315(m) となる。従って、船幅を B とすると θ_2 は微小角として、

$$\tan \theta_2 = 0.315 / (B/2) = 0.0312$$

$$\theta_2 = 1.79(\text{deg})$$

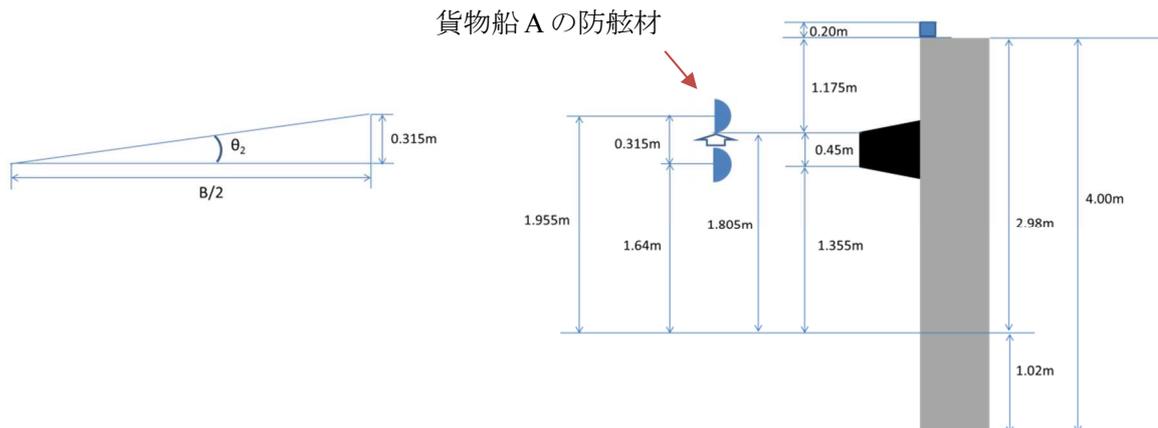


図 3 船体防舷材の上方変位量

② 防舷材が引っ掛かっている場合に貨物を設定位置に吊り下げた時の船体横傾斜角 θ''_a

左舷側に 1.79deg 傾斜したときに、吊り荷が設定位置に位置するように 1 号クレーンのジブ先端が①で求めた 1.79deg 分だけ右舷側に移動しなければならない（図 4、図 7）。従って、この時のジブの仰角、旋回角を改めて求め、さらにこのジブの位置で、貨物を設定位置に吊り下げた場合の横傾斜角を求める。

資料より吊り荷上面とジブ先端までの高さは 48.35m (=32.87+15.48(m))（図 7）となる。しかし、ジブの長さは一定のため、船体横断面内でジブの先端を貨物倉底に平行に移動させることはできない。これは、ジブを横方向に移動させるために旋回角を大きくすると、ジブ先端は船首方向にも移動するので、この分を補正するために仰角を小さくしてジブ先端を船尾方向に移動させる必要がある。この結果、図 4 に示すように上方から見るとジブ先端を横に 1.49m 移動させると同時に、図 7 に示すように傾斜角 1.79deg の線と交叉する様に下方に 0.58m 動かす必要がある。

この時のジブの仰角 φ と旋回角 ψ は、ジブの長さが $l = 37.185(m)$ だから、

$$l \cos \varphi = \sqrt{(11.70 + 1.49)^2 + 12.85^2} = 18.41(m)$$

$$\varphi = \cos^{-1}(18.41/l) = 60.32(\text{deg})$$

$$\psi = \cos^{-1}(12.85/18.41) = 45.75(\text{deg})$$

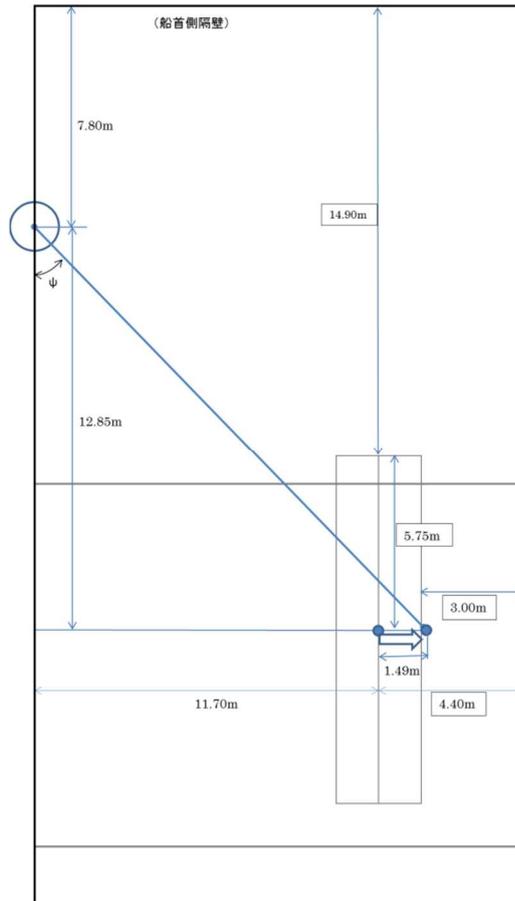


図4 吊り荷と1号クレーンとの位置関係2 (2番貨物倉平面図)

次に、ジブの先端が図4の位置にあり、防舷材が引っ掛かっていない（船体に初期傾斜がない）場合の横傾斜角を求める。(2)式よりジブによる横傾斜角は、

$$b = l/2 \times \cos \varphi \sin \psi = 6.60(m)$$

$$h' = l/2 \times (\sin \varphi - \sin 60^\circ) = 0.051(m)$$

$$\theta'_{1a} = 1.92(\text{deg})$$

結局、(1)と同様の手法で求めた吊り荷による横傾斜角 0.52(deg)を合わせると、右舷側への横傾斜角 θ''_{1a} は、

$$\theta''_{1a} = 2.44(\text{deg})$$

となる。従って、防舷材が引っ掛かっていなければ、この傾斜角を中心に横揺れを行うものと考えられる。

なお、船が θ''_{1a} だけ定傾斜して浮いているときの復原てこ G_0Z' は文献[1]より、

$$G_0Z' = GZ - GG'_b \sin \theta - GG'_b \cos \theta \quad (3)$$

である。

ここに、 GG'_b は重量物（貨物、吊り具及び小フック）とジブ（大フックを含む）による船の重心の横移動量であり、

$$GG'_b = \frac{(wb + w'b')}{W} \quad (4)$$

また、 GG'_0 は船の重心の上下移動量である。すなわち、重量物の吊り下げとジブ仰角の 60° からの変化による船体重心の上下移動量であり、次式で表される。

$$GG'_0 = \frac{(wh + w'h')}{W} \quad (5)$$

③ 防舷材の引っ掛かりが外れた時に生じる最大船体横傾斜角 θ_3

今、 θ''_{1a} だけ定傾斜して浮いている船体が一時的に左舷に θ_2 横傾斜した後に右舷側に最大 θ_3 まで横傾斜する場合、復原力が成す仕事量が等しくなると仮定して横傾斜角 θ_3 を求める。

$$A_p = \int_{\theta_2}^{\theta''_{1a}} G_0 Z' d\theta \quad (6)$$

$$A_s = \int_{\theta''_{1a}}^{\theta_3} G_0 Z' d\theta \quad (7)$$

$$A_s = |A_p| \quad (8)$$

ここで、

A_p : 左舷に θ_2 横傾斜した後、右舷に θ''_{1a} まで横傾斜した時の復原力が成す仕事

A_s : 右舷に θ''_{1a} まで横傾斜した後、右舷に θ_3 まで横傾斜した時の復原力が成す仕事

今、右舷への横傾斜角を正とすると、

$$\theta''_{1a} = 2.44(\text{deg})$$

$$\theta_2 = -1.79(\text{deg})$$

であり、復原性関係資料に示された復原てこを(3)式で修正して求めた $G_0 Z'$ 及びその近似式を図5に示す。この近似式の $G_0 Z'$ 及び横傾斜角 θ''_{1a} 、 θ_2 を用い、(6)~(8)式から、防舷材の引っ掛かりが外れた時に生じる最大船体横傾斜角 θ_3 は、

$$\theta_3 = 6.93(\text{deg})$$

と求まる。

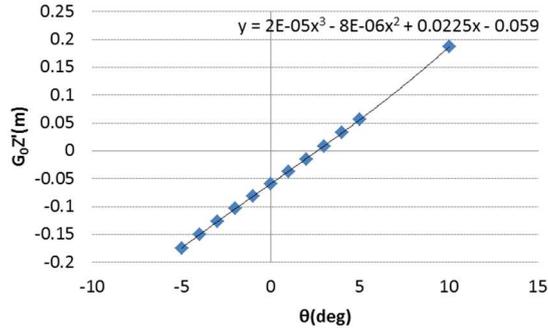


図5 復原てこ G_0Z' とその近似式

(3) 口述による本事故時の船体横傾斜角 θ_3'

口述による本事故時の貨物船 A の傾斜の状況は、ハンドレールの一番下の横棒が岸壁の車止めと同じ高さになるまで船体傾斜したとのことであり、その横傾斜角 θ_3' を求める。

船底からハンドレールの該当位置までの高さは資料より与えられており、この高さと岸壁の車止めの最上部との差は、1.25m となる (図6)。従って、船幅を B とすると θ_3' は微小角として、

$$\tan \theta_3' = 1.25 / (B/2) = 0.124$$

$$\theta_3' = 7.06(\text{deg})$$

と求まる。この値は、(2) で求めた防舷材の引っ掛かりが外れた時に生じる最大横傾斜角 θ_3 とほぼ一致する。

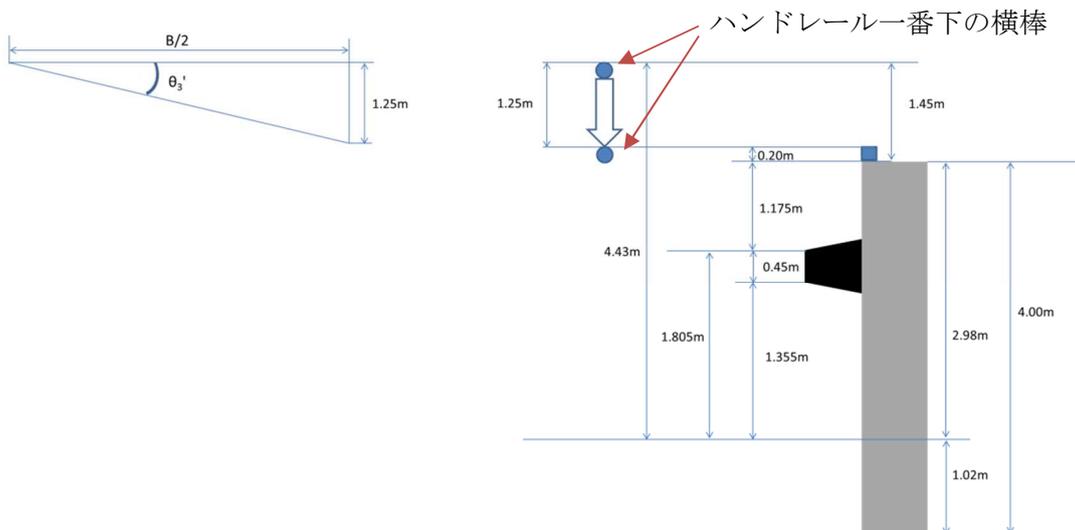


図6 ハンドレールの下方変位量

(4) 吊り荷が2番貨物倉の右舷側壁に衝突する船体横傾斜角 θ_4

設定位置に吊り下げた貨物が2番貨物倉の右舷側壁に衝突する船体横傾斜角は、吊り荷が右舷側壁に衝突する時の吊り索の傾斜角と等しいとして取り扱う。吊り索の傾斜角は、船体横傾斜に伴う吊り荷の運動が(2)で求めたジブ先端の位置を中心とする振り子の運動と同じになると仮定して求める。さらに、この時、吊り荷は左右方向に運動すると仮定する。

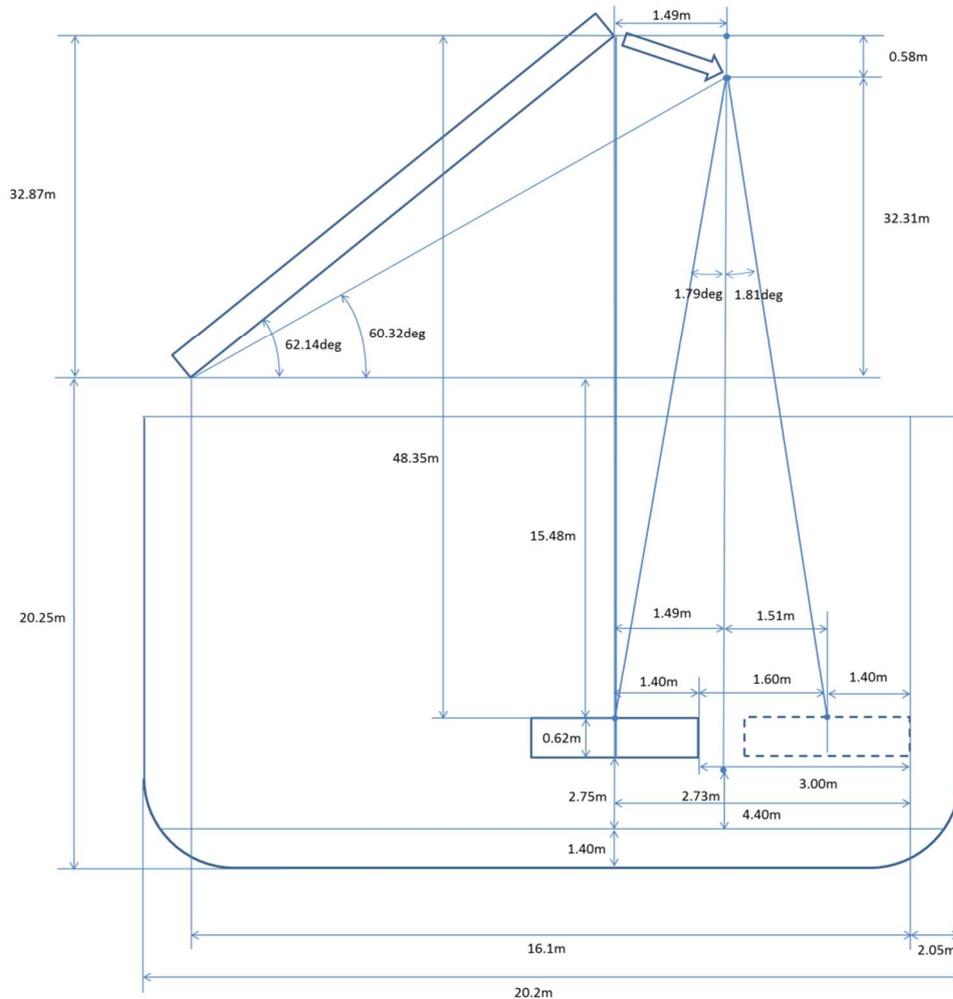


図7 吊り荷の衝突時の位置関係

ジブ先端と吊り荷上面までの吊り索の長さ l_w は、ジブの移動により変化するので、資料(図7)より改めて求めると、

$$l_w = \sqrt{(32.31 + 15.48)^2 + 1.49^2} = 47.81(m)$$

となる。図7に示すように吊り荷が右舷方向に移動可能な距離は3.00mであるから、ジブ先端から貨物倉底に下ろした垂線から吊り荷が右舷側壁に衝突するまでの右舷方向への移動距離 s_w は、

$$s_w = 3.00 - 1.49 = 1.51(m)$$

となる。これから、吊り荷が2番貨物倉の右舷側壁に衝突する吊り索の右舷側への傾斜角 θ_4 は、

$$\theta_4 = \sin^{-1}(s_w / l_w) = 1.81(\text{deg})$$

と求まる。従って、吊り荷が2番貨物倉の右舷側壁に衝突する船体横傾斜角は、1.81deg となる。

なお、この時の吊り荷下面の貨物倉底からの高さ h_c は、船体傾斜がない場合における吊り荷下面の貨物倉底からの高さ h_l が、

$$h_l = 2.75 - l_w(1 - \cos \theta_2) = 2.73(m)$$

であるから、高さ h_c は、

$$h_c = h_l + l_w(1 - \cos \theta_4) = 2.75(m)$$

となる。つまり、船体が左舷に 1.79deg 傾斜した状態で貨物倉底からの高さが 2.75m の位置にある吊り荷は、貨物倉底からの高さ 2.75m の位置で右舷側壁に衝突する。

5. まとめ

貨物船 A の作業員死傷事故調査に資するため、本事故時の船体横傾斜角を推定し、船体横傾斜による吊り荷の状況の推定を行った。その結果、貨物船 A の本事故発生時の船体横傾斜の状況は、貨物船 A の防舷材下部が岸壁の防舷材上部に引っ掛かって右舷傾斜が遮られた状態において、デッキクレーンで貨物を設定位置に吊り下げた際に防舷材の引っ掛かりが外れて船体横揺れが生じることによって説明できると考えられる。また、船体が 1.81deg 以上右舷傾斜した場合、設定位置に吊り下げた貨物は、2番貨物倉の右舷側壁に衝突する状態になると考えられる。

参考文献

- [1]森田知治：船舶復原論－基礎と応用－（海文堂），pp.97-100， 3.2 自由水による復原力の減少 (f)
自由水に似た性質を持つ貨物