

## 船舶事故調査報告書

令和5年2月15日  
 運輸安全委員会（海事部会）議決  
 委員長 武田 展 雄  
 委員 佐藤 雄 二（部会長）  
 委員 田村 兼 吉  
 委員 早田 久 子  
 委員 岡本 満喜子

<b>事故種類</b>	作業員死傷
<b>発生日時</b>	令和2年6月19日 11時50分ごろ
<b>発生場所</b>	京浜港横浜区本牧ふ頭A5岸壁 横浜本牧防波堤灯台から真方位296° 1,500m付近 （概位 北緯35° 27.0′ 東経139° 40.4′）
<b>事故の概要</b>	貨物船 <sup>ティム</sup> TIMUは、船長ほか17人が乗り組み、本牧ふ頭A5岸壁に係留中、2番船倉内の第二甲板上で荷役作業員3人が中古トラック等の積荷役作業を行い、溶接作業員3人が貨物固縛用のDリングを同甲板上に取り付ける溶接作業を行っていた際、溶接作業員2人が、クレーンで積荷役作業中に落下した中古トラックに当たって死傷した。
<b>事故調査の経過</b>	令和2年6月20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。 令和2年6月24日、7月8日、15日、17日、9月2日、令和3年4月19日口述聴取及び現場調査、令和2年6月25日、7月9日、令和3年4月27日、6月22日口述聴取 原因関係者から意見聴取を行った。 本船の旗国に対し、意見照会を行った。
<b>事実情報</b> 船種船名、総トン数 船舶番号、船舶所有者  船舶管理会社、船級 L×B×D、船質 機関、出力、進水等	貨物船 TIMU（パナマ共和国籍）、12,630トン 9333709（IMO番号）、BEAGLE WISDOM S.A（パナマ共和国） WEL SHIPMANAGEMENT & MARITIME、一般財団法人日本海事協会 129.90m×23.00m×16.00m、鋼 ディーゼル機関、5,180kW、2005年 （写真1 参照）



写真1 本船

貨物に関する情報

本船は、本事故時、船倉内に前の寄港地である茨城県鹿島港において積み込まれたスチールコイル約14,140tを積載し、ポンツーン型ハッチカバー<sup>\*1</sup>を閉鎖して第二甲板とし、同甲板上に中古トラック等の貨物を積み込んでいた。

本事故時積荷役作業中だった貨物は、長さ約12.3m、重量約13tのセミトレーラの上に、重量約9tのトラクタヘッド1台、重量約3tのボックス型トラック2台を積載し、ワイヤロープ及び番線（太い針金）で固定したもの（以下「本件貨物」という。）で、総重量は約28tであった。（図1、2参照）

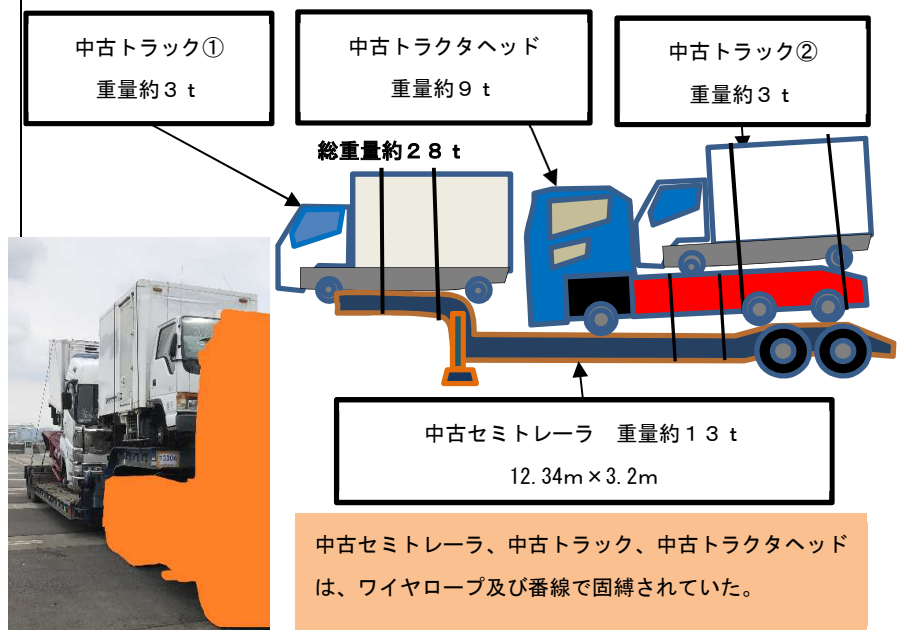


図1 本件貨物

<sup>\*1</sup> 「ポンツーン型ハッチカバー」とは、強度を持たせるためにそれぞれ薄い箱型に成型したパネルにより構成されるハッチカバーであり、自船又は陸上の荷役設備を用いて開閉する。

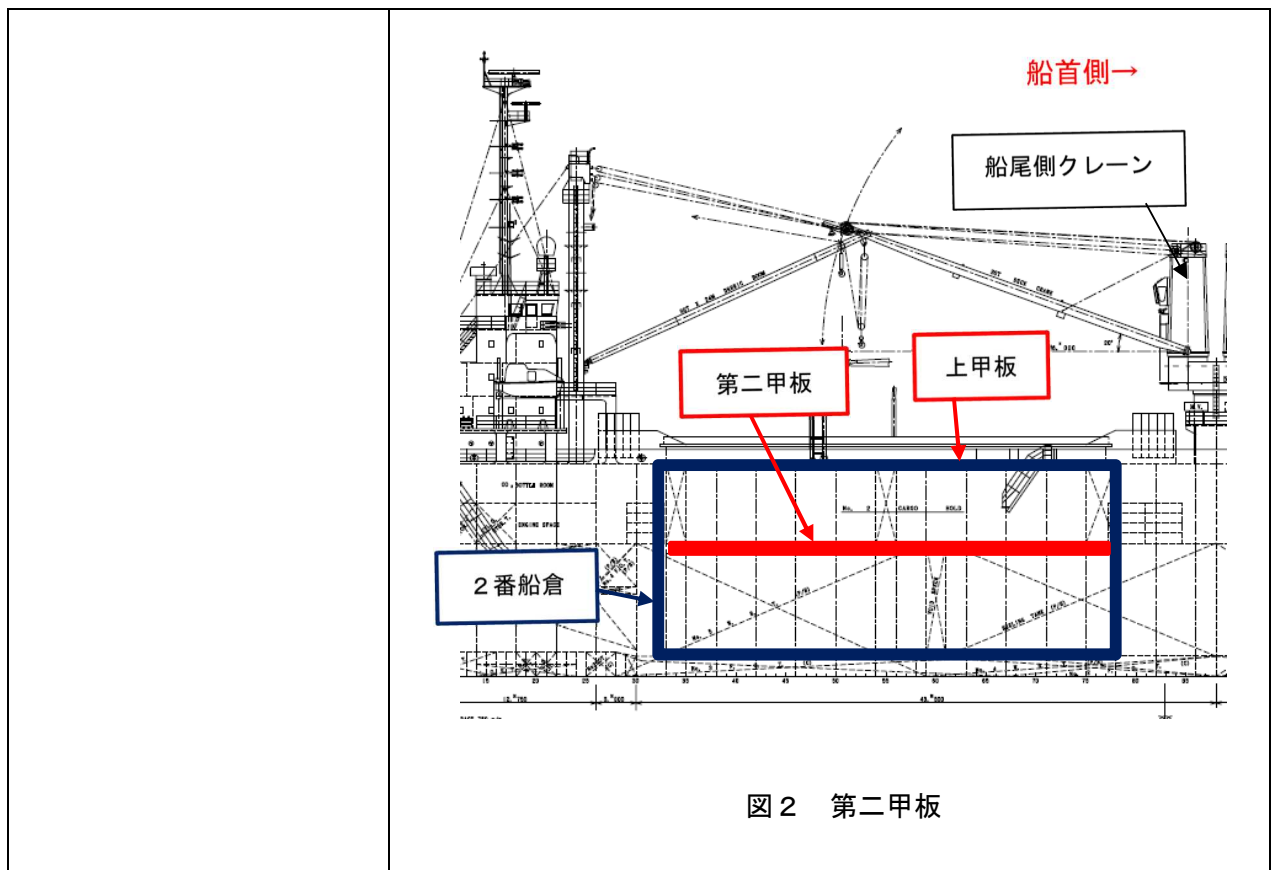


図2 第二甲板

<p>乗組員等に関する情報</p>	<p>船長（中華人民共和国籍） 48歳          締約国資格受有者承認証 船長（パナマ共和国発給）          交付年月日 2020年2月2日          （2024年4月9日まで有効）</p> <p>船内荷役作業主任者 54歳          船内荷役作業主任者技能講習修了証          交付日 平成5年7月19日</p> <p>艙内責任者 41歳          玉掛け技能講習修了証          交付日 平成20年2月7日</p> <p>溶接作業員A<sub>1</sub> 75歳          溶接作業員A<sub>2</sub> 70歳          溶接作業員A<sub>3</sub> 50歳</p>
<p>死傷者等</p>	<p>死亡 1人（溶接作業員A<sub>1</sub>）、重傷 1人（溶接作業員A<sub>2</sub>）</p>
<p>損傷</p>	<p>第二甲板のハッチカバーに凹損</p>
<p>気象・海象等</p>	<p>気象：天気 雨、風向 北北西、風速 約5.3m/s、気温 約19℃、視界 良好</p> <p>海象：潮高 約0.6m（横浜新港）、潮汐 上げ潮の初期、波高 1.0m以下</p>
<p>事故の経過</p>	<p>本船は、船長ほか17人（中華人民共和国籍12人、ミャンマー連邦共和国籍5人）が乗り組み、令和2年6月19日07時06分ごろ神奈川県横浜市本牧ふ頭A5岸壁（以下「本件岸壁」とい</p>

う。)に着岸した後、08時25分ごろから荷役会社(以下「A社」という。)の船内荷役作業主任者(以下「本件作業主任者」という。)及びA社の元請会社のフォアマンがA社の積荷役作業員に積荷役作業の内容等を説明する打合せを行い、08時30分ごろから中古トラック等の積荷役作業を開始した。

積荷役作業と並行して作業を行っていた溶接作業員3人は、A社とは別の会社の社長及び社員であり、A社が行った積荷役作業前の打合せに呼ばれておらず、積荷役作業の詳細を知らされていなかった。

積荷役作業は、本件作業主任者が2番船倉中央部より少し船尾方右舷側の上甲板上に立ち、本件岸壁上の玉掛け作業員に指示して玉掛け作業を終えた後、クレーンオペレータに指示して船尾側クレーンで上甲板から約3mの高さまで吊り上げ、同クレーンのジブ<sup>\*2</sup>を約90°右旋回させて本件貨物を船倉上方に水平移動をさせた後、上甲板から約7.8m下方にある第二甲板に降ろす方法で行われていた。

本船は、11時50分ごろ、2番船倉の最後の貨物である本件貨物の積荷役作業を開始した。

本件作業主任者は、玉掛け作業員に指示して玉掛け作業を終えた後、クレーンオペレータに指示して船尾側クレーンで一旦岸壁から約1mの高さまで吊り上げ、玉掛け作業員に本件貨物に取り付けられたヒービングライン<sup>\*3</sup>を引かせて本件貨物を約90°左回転させてから更に吊り上げた後、本件貨物を船倉上方に水平移動させた。

本件作業主任者は、本件貨物を船倉上方に移動させると同時に、船倉内の作業員に向け、大声(肉声)で「(貨物が)行くぞ」と連絡した。

本件貨物が2番船倉内の貨物の降ろし場所(以下「本件荷降ろし場所」という。)に本船右舷側から近づき、ほぼその真上に到着した際、セミトレーラ前方のグースネック部分(以下「本件前方部分」という。)を吊っていたチェーンスリング(以下「本件チェーンスリング」という。)のリンク(環)(以下「本件リンク」という。)が切断して本件貨物が左舷方へ傾き、トラック2台が落下した。

本件荷降ろし場所付近では、溶接作業員3人が第二甲板上に貨物固縛用のDリングを取り付ける目的で、左舷側に身体を向けて顔を下に向けた姿勢で溶接作業を行っていたところ、落下したトラック

\*2 「ジブ」とは、クレーンの上部旋回体の一端を支点とした腕のことをいう。

\*3 「ヒービングライン」とは、貨物に取り付けられたロープで、クレーンで吊り上げられた貨物の向きを変える際に、引っ張ることで向きを変える。

2台が、溶接作業員3人のうち、溶接作業員A<sub>1</sub>及びA<sub>2</sub>にそれぞれ当たった。(図3参照)

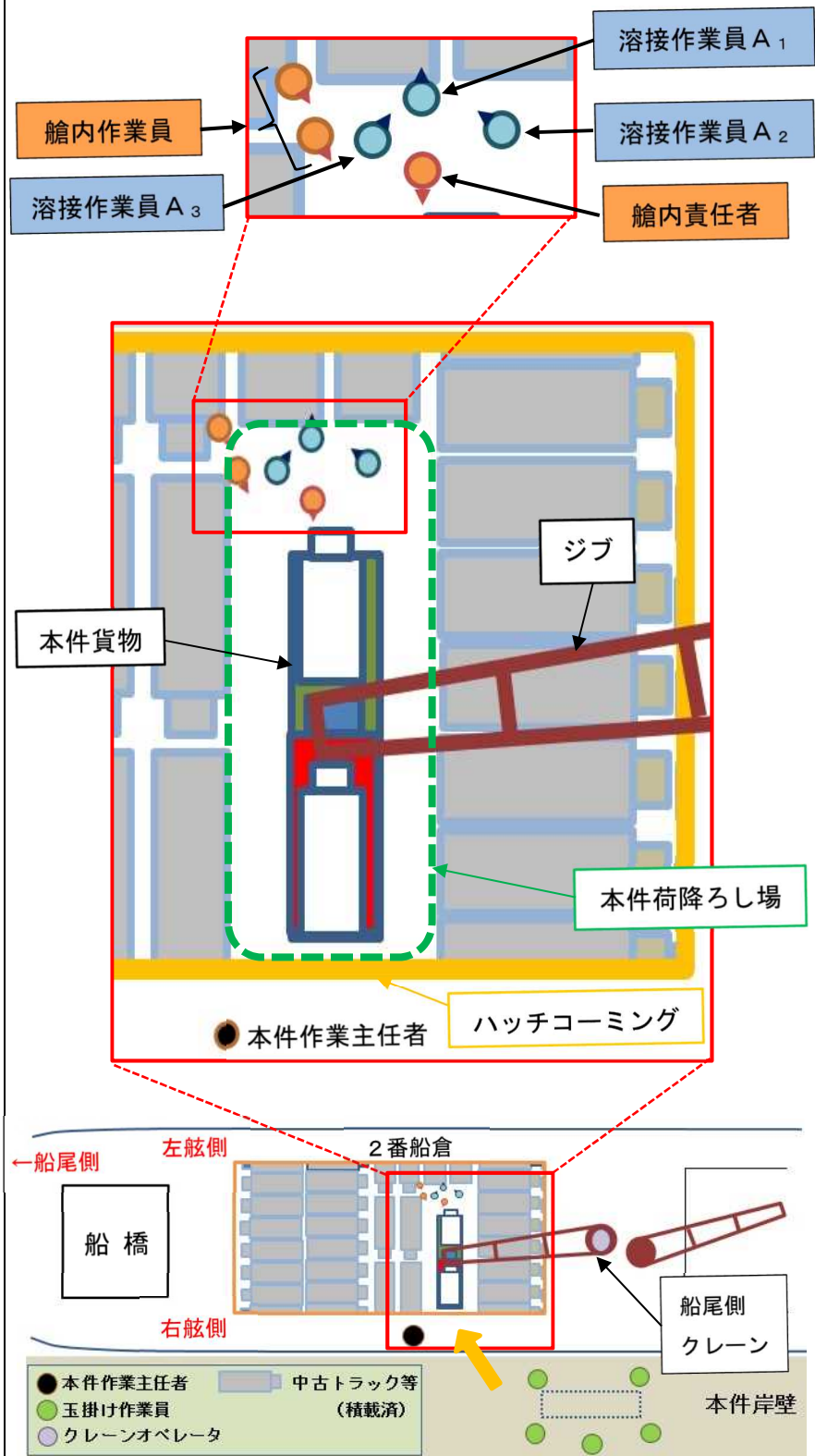


図3 本事故発生時の本船船倉内の作業員配置

溶接作業員A<sub>1</sub>及び溶接作業員A<sub>2</sub>は救助され、病院に救急車で搬送されたが、溶接作業員A<sub>1</sub>は13時37分ごろ医師によって外傷

	<p>性ショックによる死亡が確認された。</p> <p>溶接作業員A<sub>2</sub>は、左右肋骨骨折、左脚打撲、左肩甲骨骨折の重傷を負った。</p> <p>(付図1 事故発生場所概略図 参照)</p>
<p>その他の事項</p>	<p>(1) 本船船体の状態</p> <p>本事故時、本船には、船体動揺はなかった。</p> <p>本船の喫水は、船首が約9.2m、船尾が約9.8mであった。</p> <p>(2) 本件貨物吊り上げ時の状況</p> <p>本事故時、本件貨物は、チェーンスリングを本件前方部分に1か所、セミトレーラの最後輪車軸左右2か所の計3か所に掛け、チェーンスリングにシャックル、ワイヤロープ、天秤(つりビーム)等を接続して吊り上げる非対称つりの一種である三点調整つりという方法で玉掛けされ、本船のデッキクレーン(制限荷重<sup>*4</sup>30t)で吊り上げられていた。(図4参照)</p> <div data-bbox="587 875 1422 1496" data-label="Diagram"> </div> <p>図4 三点調整つり概略図</p> <p>本事故時に使用していたチェーンスリングの全長は、全て同じ約4.4mであったが、半掛けにした状態において、本件前方部分を吊り上げていた方が約1.2m、セミトレーラの最後輪車軸部分を吊り上げていた方が約2.2mと、吊り上げ長さに違いがあった。(図5、図6参照)</p>

<sup>\*4</sup> 「制限荷重」とは、クレーンを安全に使用することができる最大荷重をいい、SWL (Safe Working Load) と略され、制限半径(制限荷重で使用することができる最大の旋回半径)と組み合わせて表される。

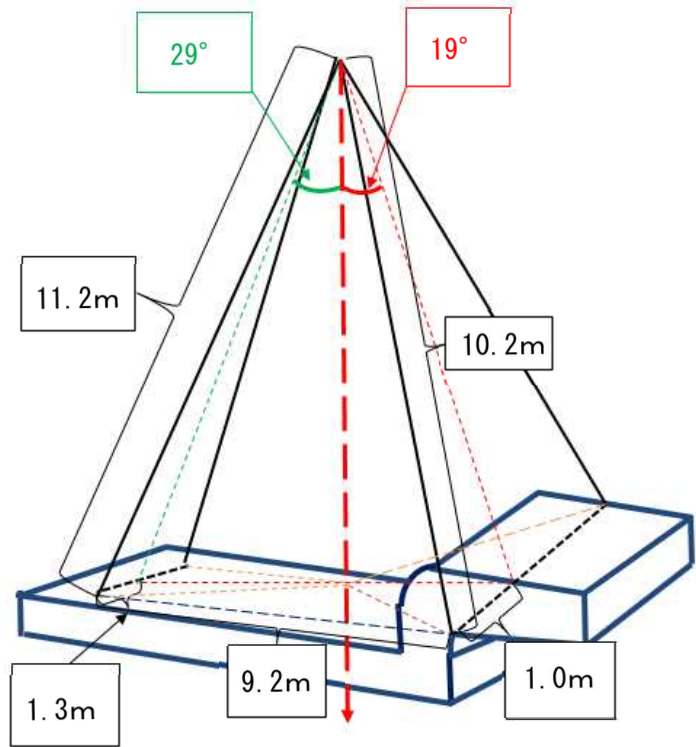


図5 非対称つりでの本件貨物吊り上げ状態立体概略図

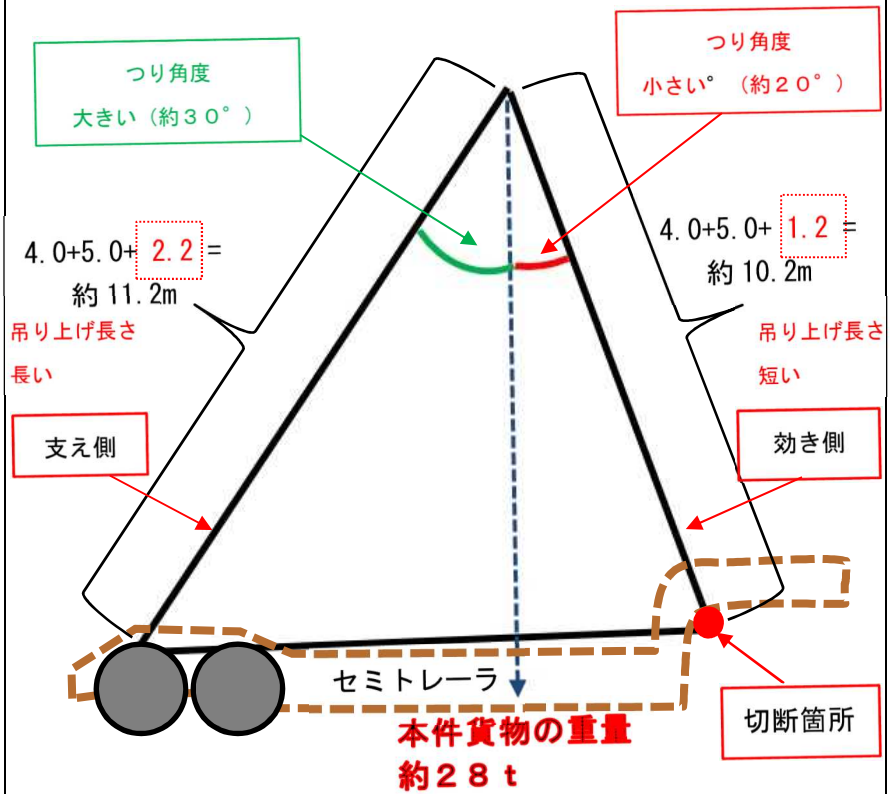


図6 非対称つりでの本件貨物吊り上げ状態概略図

本件リンクは、本件チェーンリング製造会社の仕様によれば、断面形状は円でその直径（線径）は19mmであり、リンク内径の長手方向長さ（ピッチ）は、54.9mmであった。（図7参照）

なお、本件リンクの現物は、切断時に紛失し、以後発見されていない。

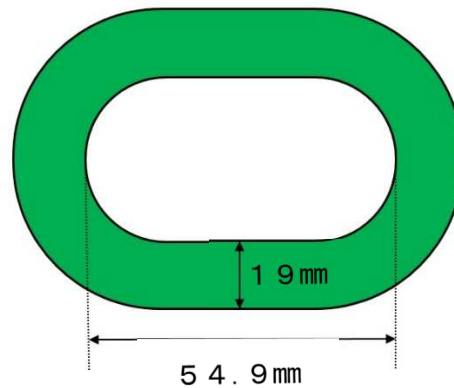


図7 本件リンクの仕様

本件貨物は、1台ずつ積荷役作業が行われていた他のトラック等に比べて重く、他のトラック等を吊り上げる際に使用していたチェーンリングとは異なる、大きな荷重に耐えられるチェーンリングへの交換が必要となり、玉掛け作業を開始してから吊り上げるまでに時間を要した。

本事故当日は、最大使用荷重<sup>\*5</sup>10tのチェーンリングと最大使用荷重7.5tのチェーンリングが4本ずつ用意されており、本件貨物の吊り上げ時、本件前方部分には最大使用荷重10tの本件チェーンリング1本が、セミトレーラ後方の最後輪車軸部分2か所には最大使用荷重7.5tのチェーンリング各1本がそれぞれ使用されていた。（図8、写真2、3、4、5参照）

\*5 「最大使用荷重」とは、1本のチェーンリングに使用上負荷することができる最大質量のことをいう。



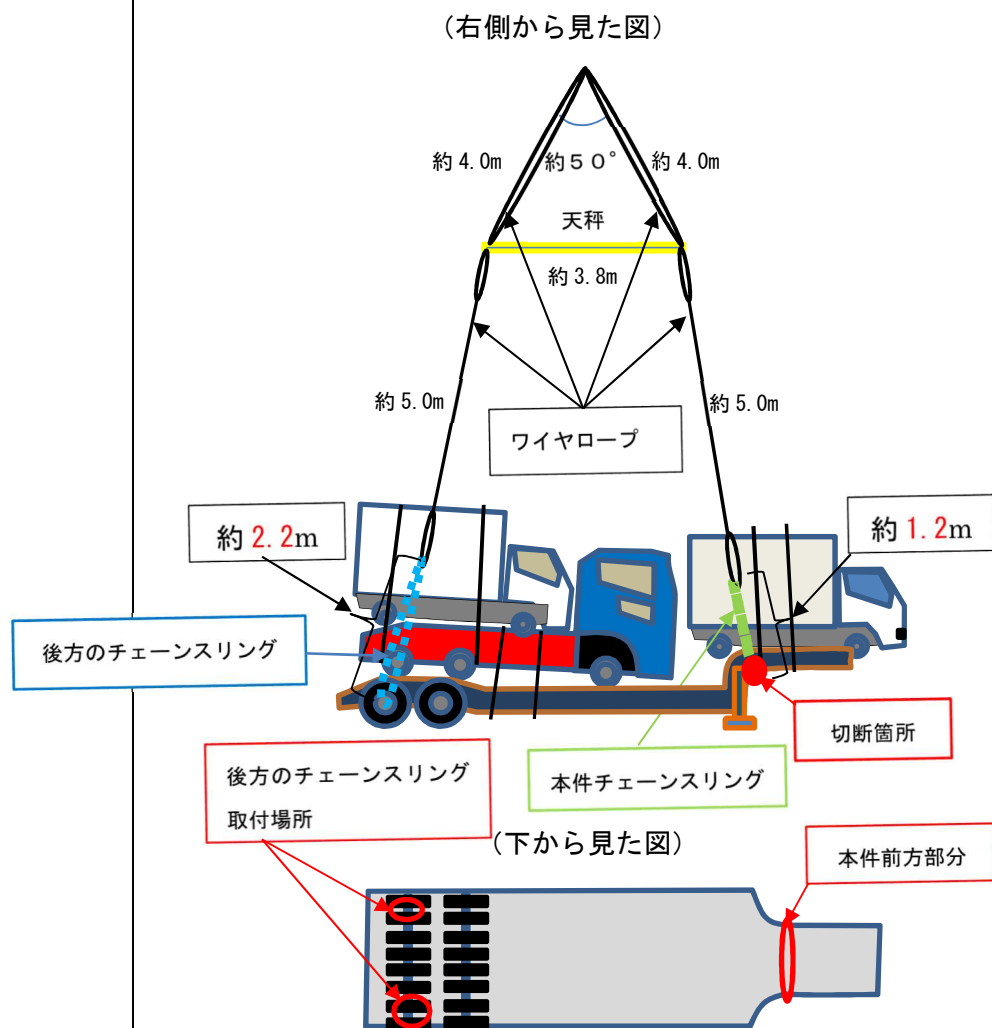


図8 本件貨物の吊り上げの状況概略図



写真2 セミトレーラ全体写真 (再現)



写真3 本件前方部分から見たセミトレーラ（再現）



写真4 本件前方部分拡大（右側）



写真5 セミトレーラの最後輪車軸部分拡大（右側）

- (3) 本件貨物吊り上げ時の本件チェーンリングの最大使用荷重及び切断荷重について

本件チェーンリングは、チェーンリングの製造会社の販売

代理会社のカタログによれば、仕様において最大使用荷重が10tであり、安全係数<sup>\*6</sup>が5であるので、切断荷重<sup>\*7</sup>は、切断荷重=最大使用荷重×安全係数より、10×5=50tであった。

本件チェーンスリングは、ASTM（米国材料試験協会規格）におけるチェーンの規格においてGRADE80という規格に相当し、同GRADEにおけるリンクの最小破断応力は800N/mm<sup>2</sup>以上と定められていた。

本件貨物の吊り上げ時、チェーンスリングは、3本とも“半掛け（じか吊り、ダブル）”という方法（チェーンスリングを吊り上げる荷物の下に回して掛ける方法）で使用されており、この吊り方でのそれぞれのチェーンスリングの最大使用荷重は、本件前方部分が18t、セミトレーラ後方の最後輪車軸部分が各13tの合計44tであった。（図9参照）

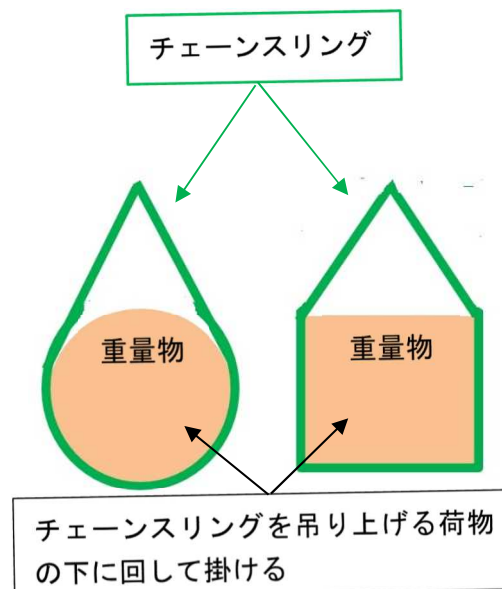


図9 “半掛け（じか吊り、ダブル）”による吊り上げ方法

本件貨物吊り上げ時において、本件チェーンスリングは、半掛けという吊り方で最大使用荷重が18tであり、安全係数が5であるので、切断荷重は、切断荷重=最大使用荷重×安全係数より、18×5=90tであった。

(4) 本件作業主任者及び玉掛け作業者のチェーンスリングの強度に対する認識について

本件作業主任者及び玉掛け作業者は、玉掛け技能講習を修了して玉掛け技能講習修了証を取得しており、非対称つりについて知

\*6 「安全係数」とは、チェーンスリングの切断荷重と、使用するときにかかる最大荷重との比のことをいう。

\*7 「切断荷重」とは、1本のチェーンスリングが引張試験において耐えた最大荷重のことをいう。

識を有していたが、本事故時、本件貨物の重量が約28tであるのに対し、本件貨物を吊るチェーンリング3本の合計最大使用荷重が44tであるので、十分余裕があると思っていた。

(5) 切断箇所の状況について

本件前方部分の断面形状は、両側がH型鋼である下に開いた門形であり、本件チェーンリングが掛かる下2か所の角形部には下端に幅約140mm、厚さ約25mmのフランジがあった。

本件チェーンリングは、フランジ端部において集中荷重を受けており、この集中荷重を分散させるのに適当な材質と形状であるが強度については明らかでない厚さ約20mmのゴム製の当てものを本件チェーンリングと本件貨物との間に挟んでいたものの、本件チェーンリングはほぼ直角に曲げられて局所的に大きな応力を受けていた。

また、本件リンクは、下記のように引張力によって両端を反対方向に引っ張られた状態で固定され、同リンクに対して側面、あるいは、垂直のいずれかの状態でリンクの中央部に本件貨物の荷重がかかっていた。(図10、図11、写真6参照)

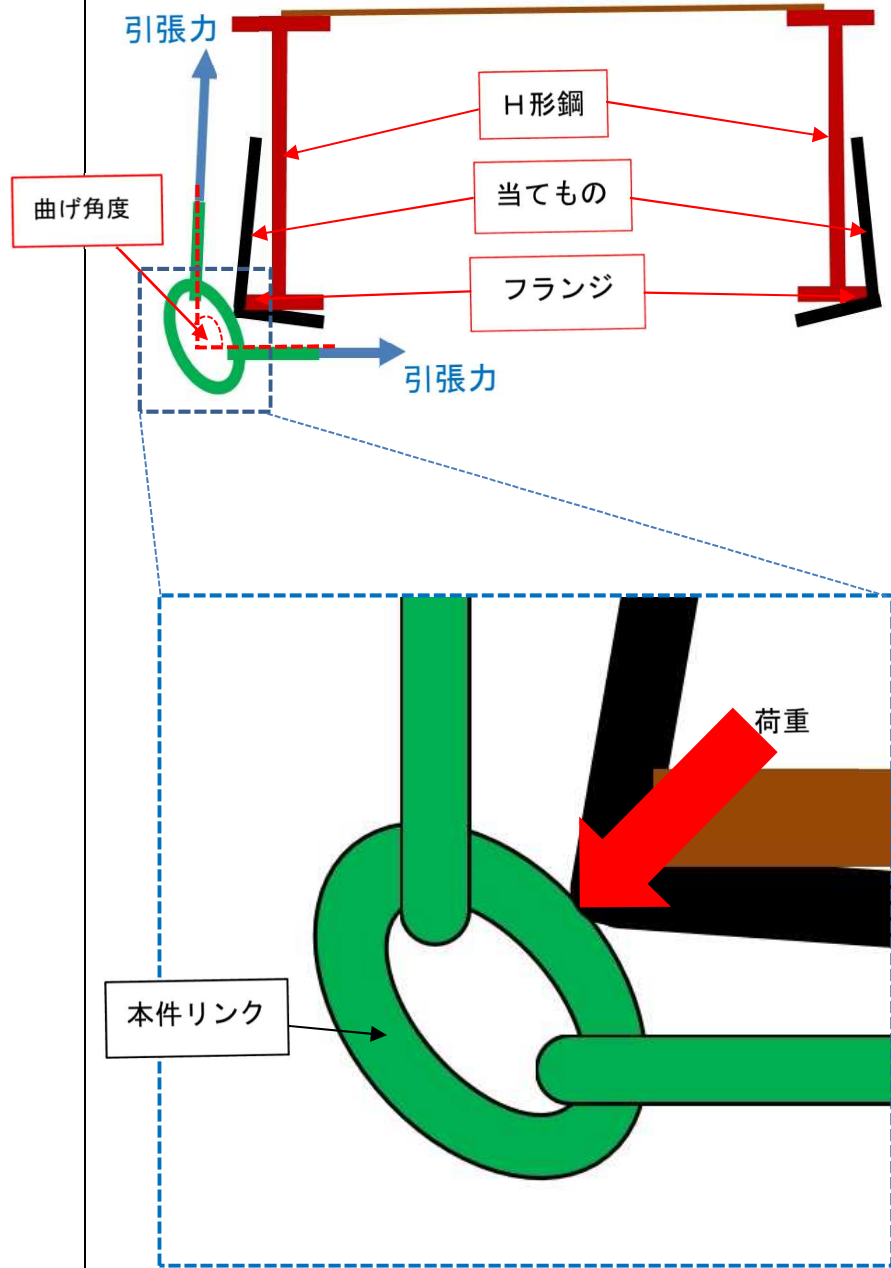


図 10 本件リンクに対して側面に荷重がかかっている場合の状況

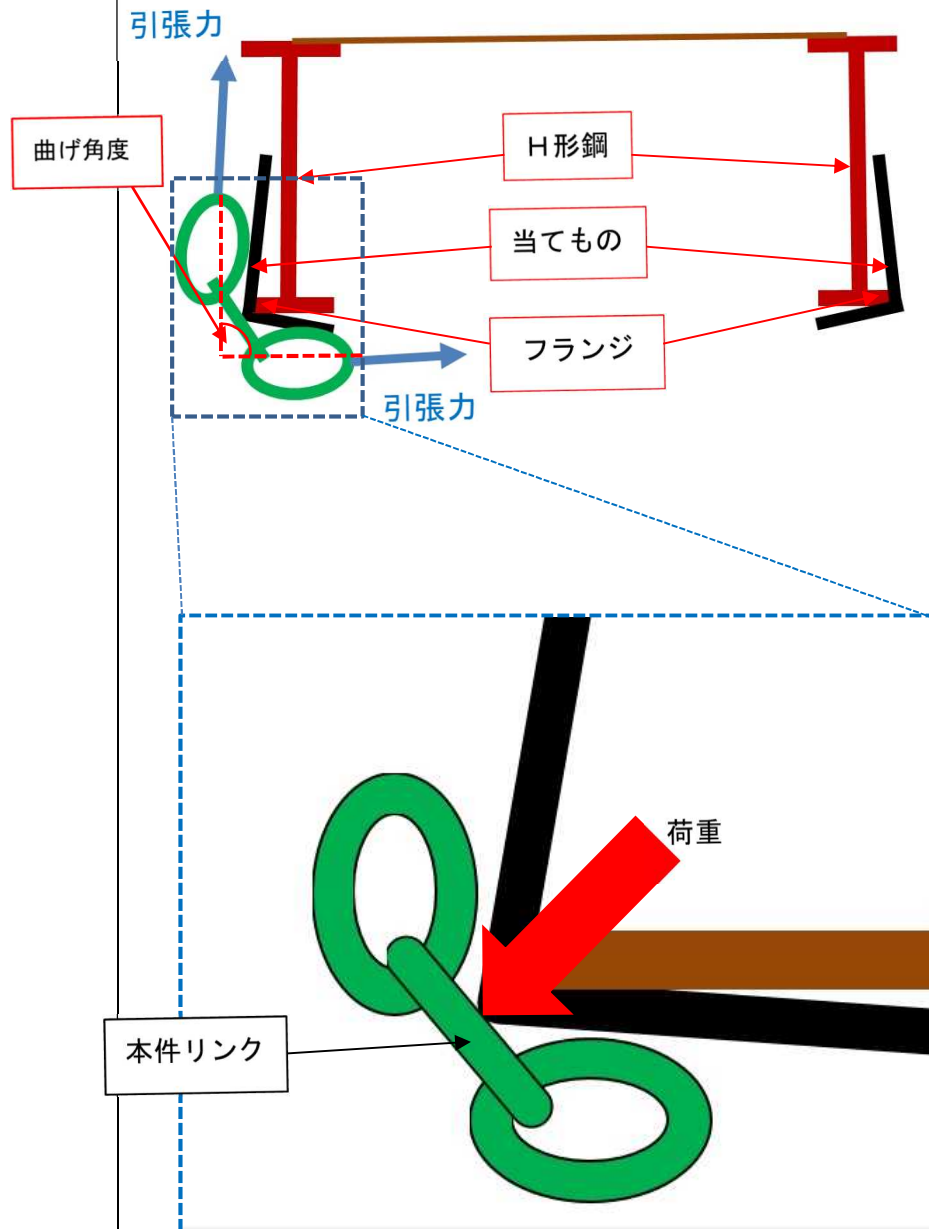


図 1 1 本件リンクに対して垂直に荷重がかかっている場合の状況



写真6 本件チェーンリングの状態（再現）

(6) チェーンリング製造会社の販売代理会社からの注意事項

本件チェーンリング製造会社の販売代理会社のカタログには、次の注意書きが記載されていた。

じか吊りで角形物を角あてなしで吊る場合は、上記最大使用荷重から25%レスしてください。

特に鋭利な物を吊る場合は、上記最大使用荷重から50%レスしてください。

(7) 非対称つりにおける玉掛け作業の注意事項について

一般社団法人日本クレーン協会が主として玉掛け作業者に向け、玉掛け技能講習用テキストとして発行した「玉掛け作業者必携」（以下「本件必携」という。）には、次のとおり記載されている。

非対称つり

左右に長さの違った玉掛け用ワイヤロープを用い、重心の真上にフックがくるようにしてつると安全につることができる。このときには、左側と右側に長さの違った玉掛け用ワイヤロープを用いなければならない。さらに、左右の玉掛け用ワイヤロープの張力が異なり、つり角度の小さい側の玉掛け用ワイヤロープ（効きロープ）に大きな力が掛かるので、全重量がつることができる程度の玉掛け用ワイヤロープが必要である。

本件チェーンリングは、本件貨物を吊り上げる際、吊り上げ長さが短いので非対称つりにおける効き側に当たり、本件貨物の全重量を吊り上げることができる最大使用荷重28t以上が必要であったが、実際には半掛けという吊り方で最大使用荷重が18tであった。

(8) 本事故における作業員相互の連絡状況について

本事故当日、A社は、ポータブル無線機を4台用意していた

が、2番船倉と並行して1番船倉でも積荷役作業をしていたので、2番船倉ではポータブル無線機は2台しか使えなかった。

本件作業主任者は、ポータブル無線機2台を使って玉掛け責任者と吊り上げるトラック等貨物についての連絡を行っていたが、それ以外の作業員への連絡は、大声で行っていた。

本件作業主任者は、本件貨物が上甲板から約3mの高さまで吊り上げられた後、船尾側クレーンによって水平移動を始めた際、2番船倉内の本件荷降ろし場所に接近していることを、同船倉内の作業員等に大声で連絡したが、本件作業主任者の大声による連絡は、艙内責任者に届いていなかった。

また、船倉は上甲板からの高さ約1.4mのハッチコーミングに囲まれており、上甲板から船倉内を見ることが困難な状況だったので、本件作業主任者は、船倉内に連絡が伝わったかを確認できていなかった。（写真7参照）



写真7 2番船倉ハッチコーミング

艙内責任者は、玉掛け作業員が本件貨物を吊り上げる目的で大きな荷重に耐えられるチェーンリングに交換する必要があり、他のトラックを積み込む際と異なって本件貨物が吊り上げられるまでに時間を要していたので、右舷側を向いて艙内作業員と業務等について会話をしており、また、本事故発生までトラック等を船倉に移動させる際に聞こえていた本件作業主任者の大声による連絡が聞こえなかったため、本件貨物が本件荷降ろし場所に接近していることに気付くのが遅れた。

艙内責任者は、本件貨物が接近していることに気付いたものの、溶接作業員に対し、本件荷降ろし場所から離れるように言ったかどうかについて、明確な記憶がなかった。



	<p>溶接作業員A<sub>1</sub>は、本件貨物が吊り上げられるまでに時間を要していたので、本件荷降ろし場所付近で左舷側を向いて貨物固縛用のDリングを第二甲板上に取り付ける溶接作業を行い、溶接作業員A<sub>3</sub>は溶接作業員A<sub>1</sub>が行う溶接作業に従ってその補助作業を行っていた。</p> <p>溶接作業員A<sub>2</sub>は、本事故時の記憶が定かでなかった。</p> <p>溶接作業員A<sub>3</sub>は、本件貨物が接近する前に艙内責任者から、本件荷降ろし場所から離れるように言われたかどうかについての記憶がなかった。</p>
<p><b>分析</b></p> <p>乗組員等の関与 船体・機関等の関与 気象・海象等の関与 判明した事項の解析</p>	<p>あり</p> <p>なし</p> <p>なし</p> <p>(1) 死傷者の状況</p> <p>溶接作業員A<sub>1</sub>の死因は、頭蓋骨骨折、脳、心臓、肺及び肝臓挫滅等による外傷性ショックであった。</p> <p>溶接作業員A<sub>2</sub>は、左右肋骨骨折、左脚打撲、左肩甲骨骨折と診断された。</p> <p>(2) 本事故直前の溶接作業員に関する状況</p> <p>溶接作業員は本事故直前、右舷側から接近する本件貨物に気付かなかったものと考えられる。</p> <p>溶接作業員が右舷側から接近する本件貨物に気付かなかったのは、A社から本事故当日の積荷役作業前の打合せに呼ばれておらず、積荷役作業の詳細を知らされていなかったこと、また、艙内責任者が本件貨物の接近に気付くのが遅れて連絡できなかったことから、左舷側を向いて溶接作業を行っていたことによるものと考えられる。</p> <p>(3) 作業員間の連絡の状況</p> <p>本件作業主任者は、2番船倉中央部より少し船尾方右舷側の上甲板上に立ち、ハッチコーミングに囲まれた2番船倉内を見ることが困難な状況で、艙内責任者を含め船倉内の作業員等への連絡を大声によって行っており、本事故時、本件貨物が本件荷降ろし場所に接近する旨を同船倉内の作業員等に大声で連絡したが、艙内責任者に連絡が伝わらなかったものと考えられる。</p> <p>(4) A社と溶接作業員との連絡の状況</p> <p>A社は、積荷役作業前に積荷役作業の打合せを行っていたが、A社とは別会社である溶接会社の社長及び社員との積荷役作業前の打合せを行っておらず、溶接作業員は積荷役作業の詳細を知らされていなかったことから、積荷役作業時の工程を把握していなかった可能性があると考えられる。</p>

(5) 本件チェーンスリングにかかっていた荷重の状況

本事故時、本件貨物は、非対称つりの一種である三点調整つりで吊り上げられており、本件チェーンスリングは吊り上げ長さが短いので非対称つりにおける効き側に当たり、本件必携によれば本件チェーンスリングの最大使用荷重は本件貨物の全重量約28t以上である必要があった。

しかし、実際に使用されていた本件チェーンスリングは、半掛けという吊り方で最大使用荷重が18tとなっていた。

次のとおり、本事故時に効き側にかかる荷重は18tを超過していたことから、本件チェーンスリングで吊り上げるには不安全な状態であったものと考えられる。

本事故時における本件チェーンスリングにかかっていた荷重は、効き側のつり角度が約20°、支え側のつり角度が約30°であったことから、以下の数式で算出することができる。

非対称つりにおける効き側にかかる荷重＝

$$\frac{\sin(\text{支え側のつり角度})}{\sin(\text{効き側のつり角度} + \text{支え側のつり角度})} \times \text{荷重}$$

効き側のつり角度：約20°、支え側のつり角度：約30°及び本件貨物の荷重28tより、効き側にかかっていた荷重は、

$$\sin 30^\circ / \sin 50^\circ \times 28 = (0.500 / 0.766) \times 28 \\ \approx 18.3 \text{ t}$$

(6) 本事故時の本件リンクに作用した外力の状況

本件チェーンスリングは、本事故時、本件前方部分の下端にフランジがある角形部に掛けられており、当てものを本件チェーンスリングと本件貨物との間に挟んでいたものの、同箇所において、本件リンクの両端がそれぞれ反対の方向に引張力によって引っ張られる形で固定され、フランジによって本件リンクに対して側面に、あるいは、垂直に本件リンクの中央部に本件貨物の荷重がかかる形で曲げ応力が作用していたものと考えられる。(図12、図13参照)

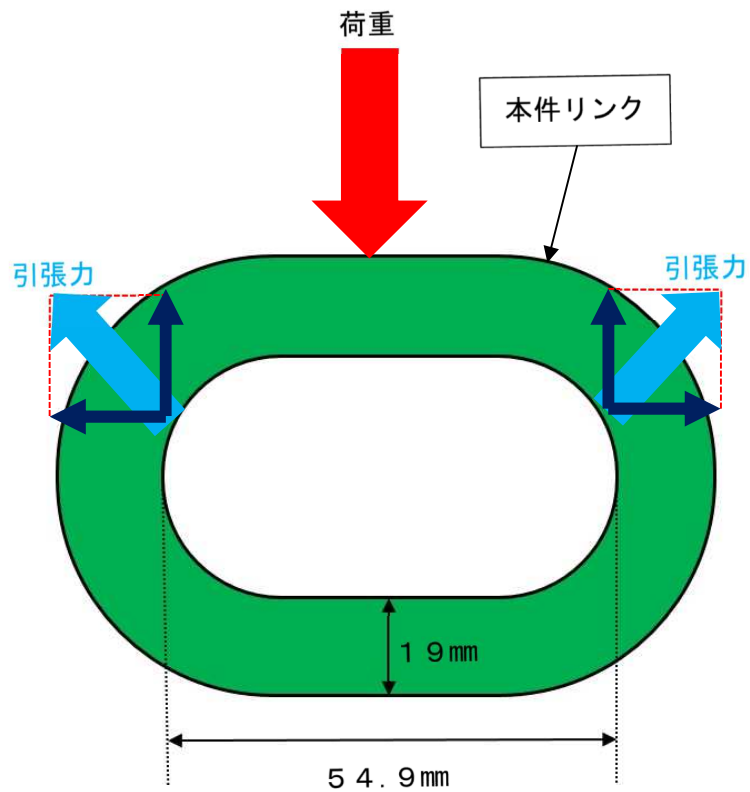


図12 本件リンクに対して側面に荷重が作用している場合の外力の状況

本事故時において、本件リンクに対して側面に荷重が作用していた場合における曲げ応力は、以下の数式で算出することができる。

$$\text{曲げ応力 } \sigma \text{ (N/mm}^2\text{)} = \text{曲げモーメント } M \text{ (Nmm/断面係数 } Z \text{ (mm}^3\text{))}$$

本件リンクは、断面形状は円なので、断面係数  $Z$  は、以下の数式で算出される。

$$Z = \pi D^3 / 32$$

ここで、 $D$  は断面形状である円の直径 (mm) であり、本件リンクの断面形状である円の直径が 19mm であるので、本件リンクの断面係数を算出すると、

$$Z = 19^3 \pi / 32 \doteq 673.04 \text{ mm}^3$$

本件リンクに作用していた曲げモーメント  $M$  は、両端が固定さ

れて、中央部に荷重がかかっていた状態であったので、以下の数式で算出される。

$$M = PL/8$$

ここで、Pは本件リンクの中央部にかかっていた荷重（N）、Lは両端固定点間の距離（mm）である。

本件チェーンリングの仕様によれば本件リンクのピッチは54.9mmであり、本件リンクの中央部にかかっていた荷重は、本件前方部分の下端にフランジがある角形部が左右2か所あり、本件チェーンリングにかかっていた荷重が左右ほぼ均等に配分されていたので、 $18.3 \div 2 = 9.15 \text{ t}$ となり、これをNに換算すると、 $1 \text{ kg} = 9.8 \text{ N}$ より $9.15 \times 1,000 \times 9.8 = 89,670 \text{ N}$ である。

したがって、本件リンクに作用していた曲げモーメントMを算出すると、

$$M = (89,670 \times 54.9) / 8 \doteq 615,360 \text{ Nmm}$$

となる。

以上より、本事故時、本件リンクに対して側面に荷重が作用していた場合における曲げ応力 $\sigma$ は、

$$\sigma = 615,360 / 673.04 \doteq 914 \text{ N/mm}^2$$

であったと考えられる。

一方、本事故時において、本件リンクに対して垂直に荷重が作用していた場合における曲げ応力は、以下の数式で算出することができる。

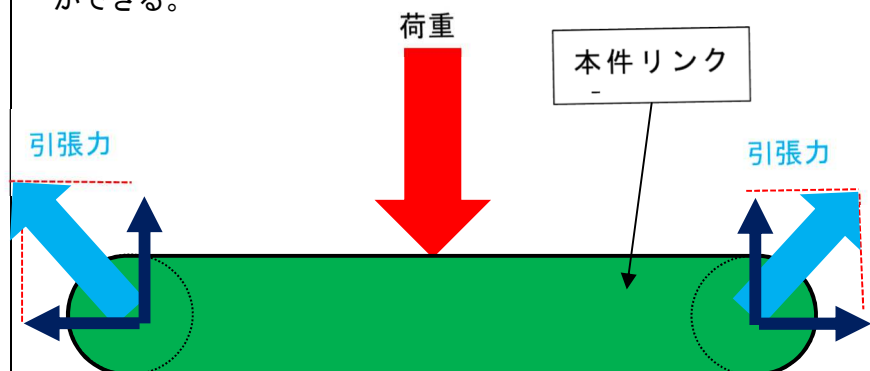


図13 本件リンクに対して垂直に荷重が作用している場合の外力の状況

この場合において、荷重は、本件前方部分の下端にフランジがある左右各角形部でそれぞれにかかっていた89,670Nであり、これをリンクの平行部分2か所で受けているので、リンクの中央部にかかっていた荷重は、半分である44,835Nとなり、これより本件リンクに作用していた曲げモーメントMを算出すると、

$$M = (44,835 \times 54.9) / 8 \doteq 307,680 \text{ Nmm}$$

となる。

以上より、本事故時、本件リンクに対して垂直に荷重が作用していた場合における曲げ応力 $\sigma$ は、

$$\sigma = 307,680 / 673.04 \doteq 457 \text{ N/mm}^2$$

であったと考えられる。

(7) 本件チェーンリングの仕様上の破断応力に関する解析

本件チェーンリングの仕様上の破断応力は、以下の数式で算出することができる。

$$\text{破断応力} = \text{切断荷重} / (2 \times \pi / 4 \times D^2)$$

Dは本件リンクの断面形状の円の直径19mm、本件チェーンリングの切断荷重が50tであり、これをNに換算すると、 $50 \times 1,000 \times 9.8 = 490,000 \text{ N}$ であるので、本件チェーンリングの破断応力は、

$$\begin{aligned} \text{破断応力} &= 490,000 / (2 \times \pi / 4 \times 19^2) \\ &\doteq 864.55 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

となる。

(8) 本件チェーンリングの切断に関する解析

(5)のとおり、本件チェーンリングの最大使用荷重は、非対称つりの効き側で本件貨物を吊るのに必要な最大使用荷重に不足していたと考えられる。

また(6)のとおり、本事故時、本件前方部分において本件チェーンリングの本件リンクに対して側面に荷重がかかっていた場合は約914 N/mm<sup>2</sup>の曲げ応力が作用した状態で使用されており、一方、本件リンクに対して垂直に荷重がかかっていた場合は約457 N/mm<sup>2</sup>の曲げ応力が作用していたと考えられるところ、前

	<p>者の場合には、仕様上の破断応力（(7)のとおり約864.55N/mm<sup>2</sup>）及びGRADE80という規格における最小破断応力（その他の事項(3)のとおり800N/mm<sup>2</sup>）を超過する曲げ応力が作用することになる。</p> <p>このことから、本事故時、本件リンクに対して側面に荷重がかかっていたとすれば、切断荷重（90t）より小さい荷重（約18.3t）で切断した可能性があると考えられる。（本分析における曲げ応力計算は単純な材料力学によるものであるが、荷重点近傍では応力集中により、荷重点付近で局所的に大きく、かつ複雑な応力状態となっていることから、高い安全係数を必要とすると考えられる。）</p> <p>(9) 事故発生に関する解析</p> <p>本事故は、本件貨物の積荷役作業中、本件チェーンリングが切断したことから、本件貨物のセミトレーラに乗せられていたトラック2台が落下し、本件荷降ろし場所付近で左舷側を向いて溶接作業を行っていた溶接作業員2人にそれぞれ当たったことにより発生したものと考えられる。</p>
<p>原因</p>	<p>本事故は、本船が本件岸壁に係留中、溶接作業員が、本件荷降ろし場所付近で溶接作業を続けている状況下、本件貨物が本件荷降ろし場所に接近した際に本件チェーンリングが切断したため、左舷方に傾いてトラック2台が落下し、溶接作業員2人にそれぞれ当たったことにより発生したものと考えられる。</p> <p>本件チェーンリングは、最大使用荷重が非対称つりの効き側で本件貨物を吊るのに必要な最大使用荷重に不足していたと考えられ、また、本件前方部分において、本件リンクに対して側面に荷重がかかっていた場合には、仕様上の破断応力及びASTMにおけるチェーンの規格においてGRADE80という規格に相当する本件チェーンリングに定められたリンクの最小破断応力を超過する曲げ応力が作用した状態となったことから、切断荷重より小さい荷重で切断した可能性があると考えられる。</p> <p>溶接作業員2人は、A社から本事故当日の積荷役作業前の打合せに呼ばれておらず、積荷役作業の詳細を知らなかったこと、また、艙内責任者が本件貨物の接近に気付くのが遅れて連絡できなかったことから、右舷側から本件貨物が来ていることに気付かないまま、左舷側を向いて溶接作業を行っていたものと考えられる。</p> <p>本件作業主任者は、ハッチコーミングに囲まれた2番船倉内を見ることが困難な状況下、本件貨物を本件荷降ろし場所に接近させる際、大声で連絡すれば艙内責任者に伝わり、艙内責任者が本件荷降ろし場所付近の作業員を退避させることができると思い、本件貨物が本件荷降ろし場所に接近する旨を同船倉内の作業員等に大声で連</p>

	<p>絡したが、艙内責任者に連絡が伝わらなかったことから、本件貨物が本件荷降ろし場所に接近したものと考えられる。</p> <p>艙内責任者は、本件貨物が本件岸壁から吊り上げられるまでに時間を要していたので、艙内作業員と業務等について会話し、また、本件貨物の接近を知らせる本件作業主任者の大声による連絡が聞こえなかったことから、本件貨物が本件荷降ろし場所に接近していることに気付くのが遅れ、本件荷降ろし場所付近の作業員を本件荷降ろし場所から退避させることができなかったものと考えられる。</p>
<p><b>再発防止策</b></p>	<p>A社は、本事故後、同じ場所で作業する溶接作業員と、荷役作業前の打合せを行い、当日の荷役作業の詳細を伝えることとし、また、ポータブル無線機を購入し、常に作業主任者、艙内責任者、クレーンオペレータ、玉掛け責任者の4人が無線機で連絡を取り合うことができるようにした。</p> <p>今後の同種事故等の再発防止に役立つ事項として、次のことが考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・荷役会社は、玉掛け用具の選定について、吊り上げる貨物の重量に対して十分余裕のある用具を使用し、特に非対称つりの場合、効き側においては吊り上げる貨物の全重量を吊ることができる玉掛け用具を使用すること。</li> <li>・荷役会社は、玉掛け用具でH形鋼等角形部を有する貨物に対して下から回して吊り上げる場合、角形部端部において集中荷重を受けて局所的に大きな応力がかかるので、玉掛け用具と貨物との間に適切な弾性の素材で十分な硬さと厚みを有し、かつ外力に対して十分な耐破断性、耐摩耗性を有するよう加工された補強布入りゴム等を当てものとして使用することで応力分散を図ること。</li> <li>・荷役会社は、荷役作業開始前において、荷役作業を行う場所で従事する作業主任者及び作業員と打合せを行い、以下のことについて説明すること。 <ul style="list-style-type: none"> <li>① 作業計画（タイムスケジュール）</li> <li>② 作業段取り</li> <li>③ 作業方法</li> <li>④ 連絡方法の確認</li> </ul> </li> <li>・荷役作業中の作業員間の連絡は、ポータブル無線機等を使用して、確実に言い、また、手振りや旗等の視覚による合図も併用すること。</li> <li>・作業主任者は、貨物の進行方向に作業員がいないことを確認してから、クレーンオペレータに貨物の移動を指示すること。</li> </ul>

付図1 事故発生場所概略図

