

船舶事故調査報告書

平成27年3月12日
 運輸安全委員会（海事部会）議決
 委員長 後藤昇弘
 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

事故種類	作業員負傷
発生日時	平成25年9月11日 17時00分ごろ
発生場所	兵庫県姫路市姫路港中島3号岸壁 姫路市所在の飾磨東第2防波堤灯台から真方位160°540m付近 （概位 北緯34°46.2′ 東経134°39.6′）
船舶事故の概要	貨物船GREEN HOPEは、船長ほか20人が乗り組み、姫路港中島3号岸壁で木材の揚げ荷役中、平成25年9月11日17時00分ごろ、1号デッキクレーンが倒れて操縦者が負傷した。
事故調査の経過	<p>(1) 調査組織 平成25年9月12日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか1人の船舶事故調査官を指名した。</p> <p>(2) 調査の実施時期 平成25年9月13日、14日現場調査及び口述聴取、9月19日、20日、11月5日、6日、20日、平成26年4月22日、5月26日、7月25日口述聴取、平成25年10月2日、8日、平成26年1月20日、4月25日、5月9日、27日、6月4日、7月2日、28日、8月6日、7日、22日回答書受領、5月30日口述聴取及び回答書受領</p> <p>(3) 本事故に関し、独立行政法人海上技術安全研究所に、ボルトの破断に関する解析調査を委託した。</p> <p>(4) 原因関係者から意見聴取を行った。</p> <p>(5) GREEN HOPE の旗国に対し、意見照会を行った。</p>
事実情報 船舶に関する情報 船種船名 IMO番号 総トン数 船籍港 船舶所有者 船舶管理会社	貨物船 GREEN HOPE（以下「本船」という。） 9261750 21,185トン パナマ共和国 パナマ TUI MARITIME S.A.（パナマ共和国） 双日マリン アンド エンジニアリング株式会社

<p>船級 L×B×D、船質 機関、出力、進水</p>	<p>NK 178.03m×28.00m×15.00m、鋼 ディーゼル機関、7,080kW、平成14年5月</p>
<p>デッキクレーンに関する 情報</p>	<p>(1) 本船は、4基のデッキクレーンを装備し、最も船首側の1番貨物倉とその後方にある2番貨物倉の間に1号デッキクレーン（以下「本件クレーン」という。）が、同様に2番～5番の各貨物倉の間に2号～4号デッキクレーンがそれぞれ設置されていた。（写真1参照）</p> <div data-bbox="794 595 1276 891" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">写真1 本船デッキクレーン外観</p> <p>(2) 本船のデッキクレーンの使用状況は、次のとおりであった。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 本船は、約36,000本の木材をニュージーランドの港で積み、日本の港で揚げる航海を平均年8～9回行っていた。 ② 荷役中にデッキクレーンのフックにかかる最大の荷重は、ワイヤロープを使用するニュージーランドでは約26t、グラブバケットを使用する日本では約22tであった。 ③ 荷役は、通常、右舷側で行われていた。 <p>(3) 本件クレーンの性能、構造等は、次のとおりであった。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 性能 本件クレーンは、最大旋回半径22m、制限荷重30.5tの能力があり、また、制限荷重を超えると運転が停止するようになっていた。 ② 構造 本件クレーンは、クレーンハウス、ジブ、ワイヤロープ、フック等から構成され、甲板上の円筒形状のポスト上に据付けられていた。 クレーンハウスは、内部に巻上げ及び俯仰用ウィンチ等が設置され、下部に旋回ベアリングが取り付けられていた。 旋回ベアリングは、外周部はクレーンハウス側の60本のボルト（以下「クレーン側ボルト」という。）でクレーンハウスに、内周部はポスト側の60本のボルト（以下「据付ボルト」という。）でポストに締結されていた。（図1、図2参照）

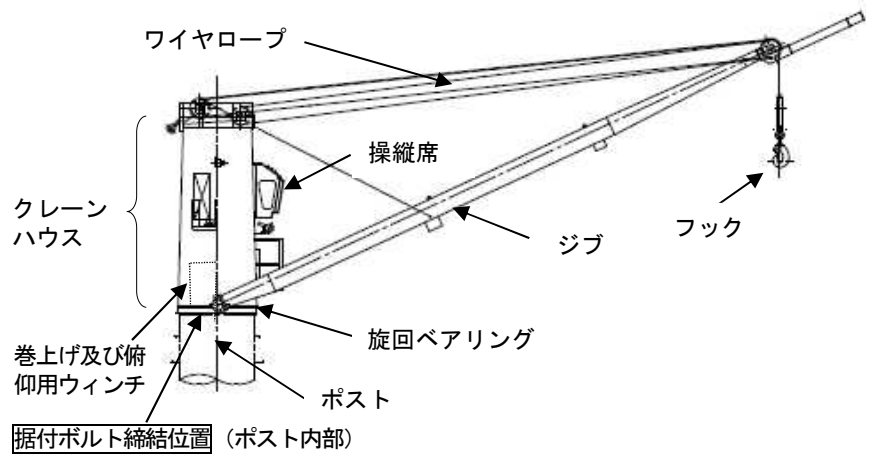


図1 本件クレーン側面図

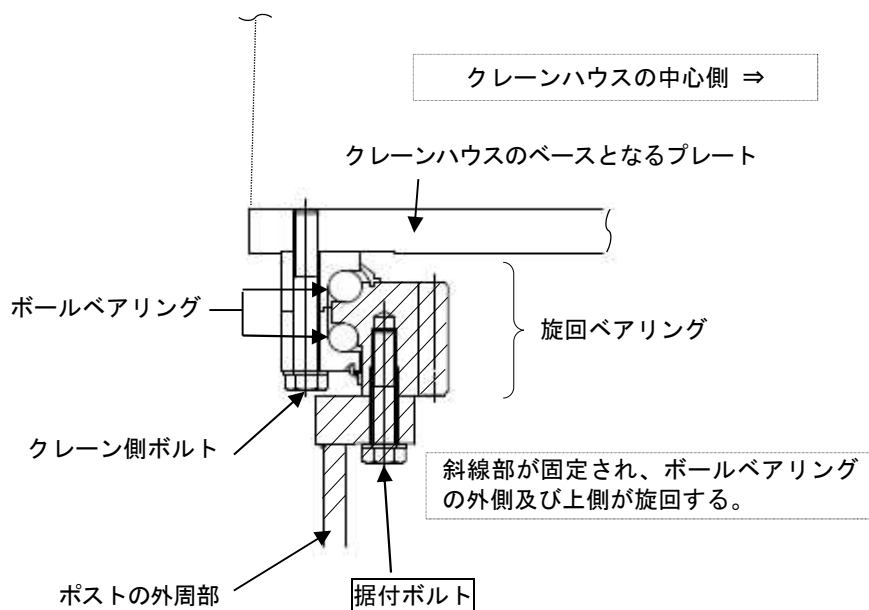


図2 据付ボルト周辺部の拡大図 (断面図)

③ 据付ボルトの概要等

規格、材質等は、製品検査証明書（平成13年9月4日発行）によれば、次のとおりであった。

- ・規格：JIS B 1180 附属書
- ・材質：SCM435H
- ・引張強さ：1,059 N/mm²
- ・主要寸法：外径33mm、長さ165mm、ピッチ1.5mm
- ・化学成分及び強度は、規格を満足していた。
- ・形状、寸法、ねじ精度及び外観は、良好であった。

(写真2参照)



写真2 据付ボルトと同型のボルト

なお、クレーン側ボルトは、長さが230mm、ピッチが2.0mmである点を除き、据付ボルトと同様の材質及び形状であった。

- (4) 本件クレーンは、販売を行った重機メーカー（以下「A社」という。）の設計で、船用機器メーカー（以下「B社」という。）が製造し、造船所（以下「C社」という。）が本船への据付工事を行った。

なお、A社設計のデッキクレーンは、平成16年からB社も販売を始め、平成19年からはB社単独で販売を行っている。

- (5) 本件クレーンと同型式のデッキクレーンの製造実績（平成25年9月時点）は、本件クレーンを含めて280基、A社設計の類似構造の他型式のものも合わせると1,591基あるが、クレーンハウスをポストに据付けるボルトが破断した事例はなく、また、同ボルトが緩んだという情報もなかった。

- (6) 操縦者は、本事故時、本件クレーンの作動に不具合を感じていなかった。

乗組員等に関する情報

- (1) 船長（中華人民共和国籍） 男性 51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 2012年1月10日
 （2016年6月24日まで有効）
- (2) 一等航海士（中華人民共和国籍） 男性 39歳
 締約国資格受有者承認証 一等航海士（パナマ共和国発給）
 交付年月日 2012年3月13日
 （2016年12月31日まで有効）
- (3) 操縦者 男性 38歳
 約3年前にクレーンの操縦資格を取得し、本船が姫路港に入港するときはほとんど本件クレーンを操縦しており、その操縦に慣れていた。本事故時の健康状態は良好であった。

死傷者等

重傷 1人（操縦者）

損傷

本件クレーンが全損、2番貨物倉ハッチカバーに曲損等

事故の経過

- (1) 本船の動静
 本船は、木材35,945本を積載し、船首及び船尾共に約10.85mの喫水で、平成25年9月5日06時50分ごろ、姫路港中島3号岸壁に右舷着けした後、木材をつかむためのグラブ

バケットをデッキクレーンのフックに取り付けた。

本船は、9月5日は08時00分ごろから18時00分ごろまでの間、9月6日から10日までの間は日曜日を除く毎日07時30分ごろから18時00分ごろまでの間、揚げ荷役を行った。

(2) 事故発生状況

① 本船は、平成25年9月11日07時30分ごろから荷役を開始した。

本件クレーンは、17時00分ごろ、図3に示す荷役作業者の配置で、2番貨物倉内の木材10本をグラブバケットでつかんで引き揚げ、左旋回しながら降下させ、グラブバケットが岸壁上の約2mの位置に来たとき、右舷船尾方に倒れ、操縦席が‘開放されて立てられた状態の2番貨物倉前側ハッチカバーの端面’（以下「本件ハッチカバー」という。）に当たって損壊した。（写真3、写真4参照）

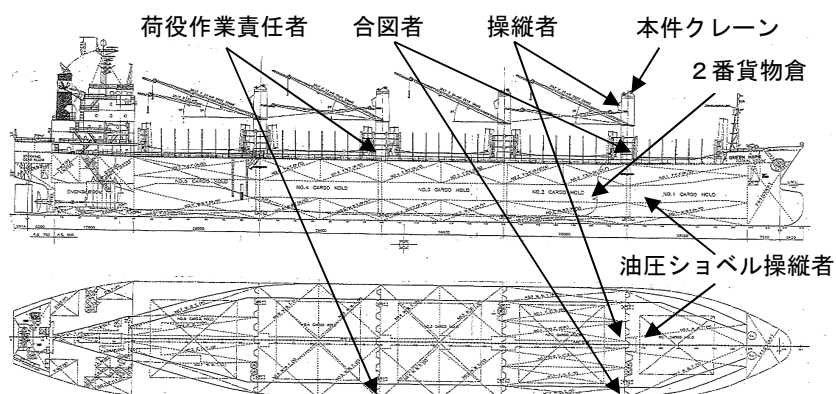


図3 本事故時の荷役作業者の配置状況（本件クレーン関係）

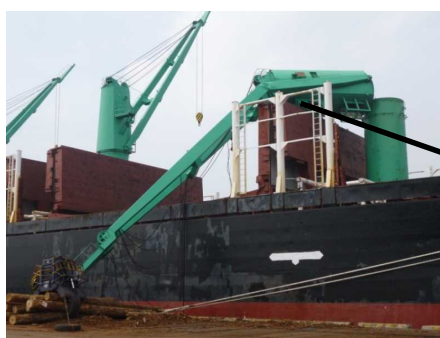


写真3 本件クレーンの倒壊状況

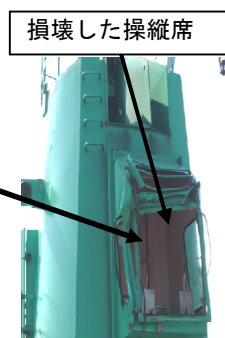


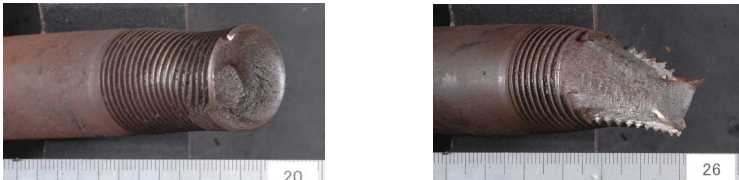


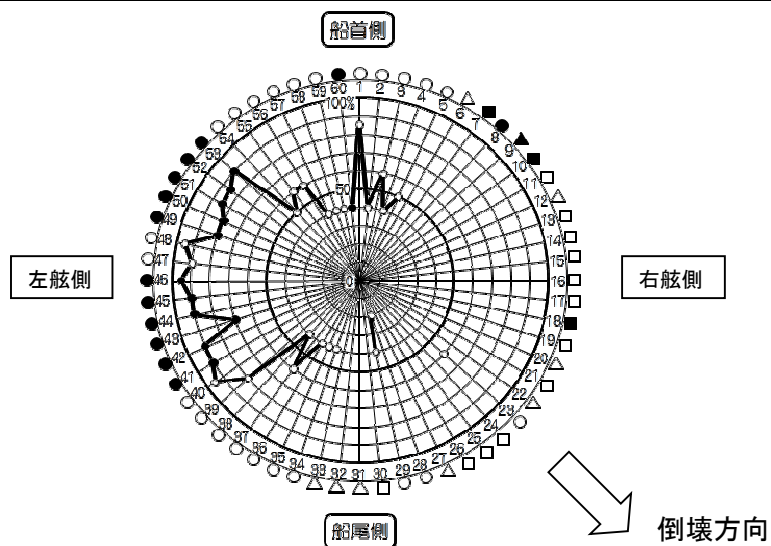
写真4 操縦席の損壊状況

本事故時の喫水は、船首約6.5m、船尾約7.7mであった。

② 本件クレーンが倒れた際、据付ボルトは全て破断し、ポスト上端は口が開いた状態となった。（写真5、写真6参照）

なお、据付ボルトのうち2本は、破面全面に錆が発生していた。

	 <p>写真5 本件クレーンの倒壊状況 (本件クレーン下部)</p> <p>写真6 本件クレーン下のポスト上端の状況</p> <p>(3) 本事故後の救助の状況 本件クレーンが倒れた後、操縦者は、操縦席に掛けられた^{はしご}梯子を使って本件クレーン下方にある甲板倉庫の屋根まで自力で降り、17時20分ごろ到着した救急車で病院に搬送され、約3か月の入院加療を要する多発性外傷（殿部挫傷、右下腿挫創、骨盤骨折）と診断された。</p>
<p>気象・海象</p>	<p>気象：天気 晴れ、風向 南、風速 約3m/s 海象：海上 平穏</p>
<p>独立行政法人海上技術安全研究所による据付ボルトの破断に関する解析調査</p>	<p>解析調査結果は、次のとおりであった。</p> <p>(1) ポスト左舷側を中心とする36本の据付ボルトに疲労破面（繰返し荷重を受けて生じた破面）が、また、ポスト右舷側を中心とする残りの24本の据付ボルトに延性破面（引張り強さ以上の荷重を受けて生じた破面）のみが生じていた。（写真7、写真8、図4参照）</p>  <p>写真7 据付ボルトに発生した疲労破面</p>  <p>(カップアンドコーン型) (カップアンドコーン型でないもの)</p> <p>写真8 据付ボルトに発生した延性破面</p>



●○：疲労破面を発生したボルト
 ■□：延性破面のみ発生したボルト
 ▲△：延性破面（カップアンドコーン型）のみ発生したボルト
 （図中の折れ線グラフは、疲労破面の面積割合を示す。）
 （上記黒印は、ボルトがボルト穴に残っていたことを、白印は、ボルトがボルト穴から抜け落ちていたことを示す。）
 位置8のボルト：取り外せなかった。（疲労破面の面積計測ができなかった。）
 白印のボルトの位置：400mm下の受皿に落ちていた位置から推定したものである。

図4 据付ボルト全体の破損分布状況

- (2) 前記(1)の36本のボルト（以下「本件ボルト」という。）に疲労破面が発生した要因に関し、次のとおり確認及び推定した。
- ① 疲労破面は、第1ねじ山（図2の据付ボルト締結状態においては、めねじと噛み合っているねじ山の下端）付近に発生していた。
 - ② ねじ部の硬さは、規格値を満足していた。（熱処理に不具合はなかった。）
 - ③ ねじ底に加工傷、その痕跡等は認められなかった。
 - ④ 錆は、2本のボルトの破面に薄く発生しているが、ねじ部にはほとんど認められず、疲労破面の発生因子となった可能性は極めて低い。

その他の事項

- (1) 本船は、安全管理マニュアル中のデッキクレーンの点検表によれば、毎月、油圧モータ及び油圧ポンプの音及び油漏れ、潤滑油の量、可動部のグリース、塗装、鋼板部材、ワイヤロープ等を目視等により点検することになっていた。
- (2) 本船のデッキクレーン取扱説明書によれば、据付ボルトについて、3か月ごとの保守及び点検として‘ボルトが緩んでいないことを確認すること’（以下「緩み点検」という。）、及び運転前確認としてボルトの状態をチェックし、必要に応じて増締めを行うことが求められていた。
- (3) 船舶管理会社（以下「D社」という。）は、据付ボルトの緩み状態の点検としてはボルトの脱落の有無を確認すればよいと考え、

	<p>本船に緩み点検を実施するよう指示していなかった。</p> <p>(4) C社による本船新造時の据付ボルトの締付け作業は、A社作成の艤装要領書指定の締付トルク等を基にした手順により、作業長が各工程を確認しながら行われた。</p> <p>(5) 本件クレーンには、本事故の直近の整備（平成24年7月及び8月実施）まで損傷の発生はなく、また、その後も本事故時まで、本船からD社に損傷発生があったとの報告はなかった。</p> <p>(6) クレーン側ボルトに亀裂は発生していなかった。</p> <p>(7) 本船の2～4号デッキクレーンのポスト側の60本のボルトには亀裂及び緩みは発生していなかったことを磁粉探傷検査及びトルクレンチにより確認した。</p> <p>(8) 文献「材料力学上巻」（中原一郎著、平成22年株式会社養賢堂発行）によれば、材料の疲労（疲れ）は、次のとおり解説されている。</p> <p>13.11 材料の疲れ</p> <p>（略）</p> <p>荷重が繰返し作用すれば材料は疲れて弱くなると考えられ、これを材料の疲れという。</p> <p>（略）</p> <p>応力が繰返し生ずる場合にはほとんど塑性変形を生じないで、材料中の最も弱い部分、たとえば集中応力が生じている部分にまず微細な亀裂を生ずる。一度亀裂を生ずれば、亀裂の両端の応力はきわめて大きいため、その後の荷重によって益々亀裂は進展し、荷重を負担する断面積が次第に減少し、破壊応力に等しい応力を生ずるようになった瞬間に破壊する。</p>
<p>分析</p> <p>乗組員等の関与</p> <p>船体・機関等の関与</p> <p>気象・海象等の関与</p> <p>判明した事項の解析</p>	<p>あり</p> <p>あり</p> <p>なし</p> <p>(1) 操縦者は、多発性外傷（殿部挫傷、右下腿挫創、骨盤骨折）を負った。</p> <p>(2) 本船は、姫路港中島3号岸壁において木材の揚げ荷役中、据付ボルトが全て破断して本件クレーンが倒れ、操縦席が本件ハッチカバーに当たって損壊したものと推定される。</p> <p>(3) 据付ボルトは、次の経過により全て破断したものと考えられる。</p> <p>① 本船の荷役が、通常、右舷側で行われていたことから、比較的負荷の大きかったポスト左舷側の据付ボルトを中心とする本件ボルトの第1ねじ山付近に疲労破面が発生し、進展した。</p> <p>② 前記①の本件ボルトのうち2本（図4の40及び47の位置</p>

のボルト)の破面全面に錆が発生していたことから、本件ボルトのうち少なくとも2本が本事故以前に破断し、本事故時に残りが破断した。

③ 前記②の本件ボルトの破断(以下「疲労破断」という。)により、疲労破面を生じていなかったポスト右舷側の据付ボルトを中心とする24本に荷役による負荷がかかることとなり、これらボルトが破断した。

(4) 次の推論により、本件ボルトの疲労破断は、一部のボルト(前記(3)②の2本のボルトを含む。)が緩んだ状態で荷役が繰り返されたことから、発生した可能性があると考えられる。

一般に、ボルトが疲労破断するのは、①ボルトに過大な外力が繰り返し働く場合、又は②微小な亀裂等による応力集中が発生した状態でボルトに外力が繰り返し働く場合のいずれかである。

このことから、本件ボルトのねじ部が疲労破断する要因は、次表のとおり、a～cの事象が想定されるが、本船の実際の荷役等では、a及びcの事象は生じておらず、bの事象が生じていたものと考えられる。

一方、一部のボルトが緩むに至った状況を明らかにすること、及び緩んでいたことの確認はできなかった。

	① ボルトに過大な外力が繰り返し働く場合		② 微小な亀裂等による応力集中が発生した状態でボルトに外力が繰り返し働く場合
想定事象	a 制限荷重を超えた荷役が繰り返された。	b 一部のボルトが緩んだ状態で荷役が繰り返された。	c 衝撃等でねじ部に微小な亀裂が発生した状態で荷役が繰り返された。
実際の荷役等	荷役による実荷重が制限荷重未満であった。また、仮に制限荷重を超える負荷がかかるとクレーンは停止する。	本件ボルトの緩み点検が実施されていなかったことから、増締めが実施されず、bの事象は、発生する余地があった。	本件クレーン及びクレーン側ボルトに衝撃等による損傷がなかったことから、本件ボルトへの衝撃等によって亀裂が生じることはなかった。

(5) D社が、取扱説明書に記載されていた緩み点検を実施するよう本船に指示しなかったことから、一部のボルトが緩んだ状態で荷役が繰り返された可能性があると考えられる。

原因

本事故は、本船が姫路港中島3号岸壁において、木材の揚げ荷役中、本件ボルトが疲労破断したため、全負荷を受けた残りの据付ボルトも全て破断して本件クレーンが倒れ、操縦席が本件ハッチカバーに当たったことにより発生したものと考えられる。

本件ボルトが疲労破断したのは、一部のボルトが緩んだ状態で荷役が繰り返されたことによる可能性があると考えられる。

一部のボルトが緩んだ状態で荷役が繰り返されたのは、D社が取扱説明書に記載されていた緩み点検の実施を本船に指示しなかったことによる可能性があると考えられる。

再発防止策	<p>A社は、本事故後に、平成25年10月23日付けで、同社が設計及び販売したデッキクレーンを搭載した船舶の船舶所有者及び船舶管理会社に対して、据付ボルト折損に伴う緊急点検、緩みが認められた場合の増締め等の措置及び船舶を転売した場合の関係先への情報周知を要請する旨の文書を発出した。</p> <p>B社は、平成25年12月から、販売したデッキクレーンを搭載した船舶の引渡しの際、乗組員に対して緩み点検の必要性について説明を行うこととした。また、B社は、平成26年11月及び12月に、A社設計のデッキクレーンを搭載する船舶の船舶所有者及び船舶管理会社のうちA社が既に周知した者以外の者に対し、前記A社発出文書と同様の内容の要請を行った。</p> <p>C社は、平成26年1月20日から、据付ボルトの締付け作業時の締付トルク等を記録し、複数の者により確認することを内容とするチェックリストを使って同作業を実施することとした。</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"> ・ D社は、デッキクレーンの倒壊事故を防止するための緩み点検について、取扱説明書、メーカー情報等の適切な技術情報に基づき、点検表を活用するなど確実な実施方法を整備して船長及び点検担当乗組員を指導すること。
-------	---