

船舶の係留施設への衝突事故に関する基礎的分析（その2）

松田 茂*・宮田正史**・中本 隆***

要 旨

国総研資料 No.1134（前報）では、運輸安全委員会の事故調査報告書を基に、船舶の係留施設への衝突事故について、主として事故に至る経緯や操船状況等に着眼した基礎的分析を行った。本資料では、国有港湾施設毀損事故報告書および復旧報告書に基づき、360件の係留施設の損傷事案を対象として、前報での基礎的分析の項目を続編として部分的に踏襲するとともに、係留施設側の損傷内容や復旧工期および復旧コストに着目した基礎的分析を加えた。

2017～2021年度に発生した国有係留施設の毀損事故を対象に分析を行った結果、係留施設本体および防舷材の損傷は、他の付帯設備と比較して復旧工費が高額となり、復旧工期も長期化しやすい傾向が確認された。特に防舷材については、在庫や予備品の有無、製作期間、施工条件等が復旧工期に大きく影響し、係留中のうねり等により複数基が同時に損傷するケースでは、港湾機能への影響が大きくなることが明らかとなった。また、事故発生時の船舶の状況（着岸時、離岸時、係留中等）や船体衝突箇所と、損傷を受ける係留施設の設備種別との間に、以下をはじめとするいくつかの傾向（関係性）が確認された。

- ・係留施設本体への衝突は着岸時の船首側の衝突に集中する。
- ・上部工、防舷材、係船柱への衝突は6割前後が着岸時に発生している。
- ・車止やコーナー材への衝突は着岸時と同じく離岸時においても4割程度が発生し、離岸時の船舶の接触箇所は船尾側が多い。

本資料で得られた知見により、係留施設の計画・設計・維持管理および事故防止や復旧、被害軽減の視点から、船舶衝突の実態や復旧負担の大きさを考慮した対策の検討を行うための基礎資料として活用されることが期待される。

キーワード：係留施設，船舶衝突，設備，防舷材，復旧コスト，復旧期間

* 港湾・沿岸海洋研究部 津波・高潮災害研究官

** 研究総務官

*** 元港湾・沿岸海洋研究部長（港湾空港技術研究所 特別研究主幹）

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所
電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail：ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

目 次

1. はじめに	1
1.1 背景	1
1.2 本資料の目的及び構成	1
2. 既往研究及び対象データ	1
2.1 既往研究	1
2.2 対象データ及び整理方法	2
3. 事故・損傷の全体像	3
3.1 はじめに	3
3.2 係留施設の水深・構造形式	3
3.3 係留施設損傷の原因	3
3.4 事故船舶の船型・船種	4
3.5 事故の発生地域	4
4. 船舶側の実態	5
4.1 はじめに	5
4.2 船舶起因の事故における発生のタイミング	5
4.3 船舶起因の事故における船種ごとの船体衝突箇所	7
4.4 船舶起因の事故における船種ごとの船体衝突箇所とタイミングの関係	8
5. 係留施設の損傷の実態	
5.1 はじめに	9
5.2 係留施設損傷の全体	9
5.3 各設備の損傷	11
5.4 各設備損傷と船舶の状況，船体衝突箇所の関係	18
5.5 特定要因による係留施設損傷	20
6. 復旧の実態	21
6.1 はじめに	21
6.2 復旧期間及び復旧工期	21
6.3 設備別の復旧工期及び平均損傷基数	22
6.4 設備別の復旧コスト	22
6.5 復旧工期と復旧コストの関係	23
6.6 特殊な設備の復旧コスト	24
6.7 損傷の状況や条件に応じた復旧コストの比較	24
6.8 防舷材損傷時の早期機能回復に向けた取り組み事例	25
7. まとめ及び今後に向けて	26
7.1 まとめ	26
7.2 今後に向けて	26
謝辞	27
参考文献	27

1. はじめに

1.1 背景

船舶の係留施設への衝突によって、係留施設本体、または、防舷材や荷役機械等の付帯設備が損傷し、港湾機能の低下により物流や人流に支障を来す事例が近年散見されるところであり、個別の事故事案については運輸安全委員会事故調査報告書¹⁾などでまとめられている他、各業界の報告書等において、事故案件数等についてテーマ別に整理されている事例²⁾等は存在する。

こうした衝突事故による港湾機能の低下を抑制するためには、港湾施設の整備・管理等の視点に基づく分析を行い、港湾施設の計画、設計、事故復旧、維持管理など、各ステージにおける対策につなげていくことが重要である。しかしながら、係留施設への船舶の衝突事故による損傷の実態を統計的に把握し、その分析を行った検討・研究事例は少ない。

国総研資料No.1134「船舶の係留施設への衝突事故に関する基礎的分析」（2020年12月発刊）³⁾（以下、前報とする）においては、運輸安全委員会（以下、安全委とする）の船舶部門の約12年分の報告書¹⁾を基とし、主に事故に至るまでの経緯等に着眼した船舶の係留施設への衝突事故等に関する基礎的分析を実施した。

これに続く続編として、本資料では、国の財産である港湾施設（国有港湾施設）のうち係留施設（国有係留施設）を主な対象とし、2017～2021年度の過去5年分の毀損事故に関する報告書（国有港湾施設毀損事故報告書及び復旧報告書）（以下、国有施設報告書とする）を基として、前報では対象とできなかった、係留施設側の復旧コストや復旧期間も対象とした基礎的分析を行うものである。

1.2 本資料の目的及び構成

本研究は船舶の係留施設への衝突事故が原因となり、国有係留施設が毀損した事故に関する基礎的分析を行い、港湾施設の計画、設計、事故復旧、維持管理等に関する施策検討の基礎資料とすることを目的としている。係留施設の対象が国有係留施設に限定される点と、船舶の衝突に起因する損傷案件に加え、荷役機械・車両等による係留施設付帯設備等への毀損事故や台風等自然災害等に起因する損傷案件も対象としている点は前報と異なるところであるが、船舶起因以外の損傷は全体の15%程度と分析の主体は船舶起因事案であり、前報の続編である意味合いが強いことから、タイトルは前報のものを踏襲した形で（その2）としている。

本資料の構成は以下に示すとおりである。まず第2章で、既往研究の紹介と今回対象とするデータとその整理方法の概要を説明する。第3章では、対象データから読み取れる基礎的な情報の全体像について、前報との比較を行う。第4章では船舶データ（船舶の衝突のタイミングや衝突箇所、船種）をもとにした船舶側の実態、第5章では係留施設の各設備（係留施設本体、上部工、防舷材、係船柱、車止、コーナー材（縁金物））ごとの損傷の実態について整理・分析を行うとともに、前章で扱った船舶情報と設備側損傷との関係や、係船索や舳（もやい）、ランプ部といった個別要素ごとの損傷の実態についても触れる。第4章及び第5章においては、本資料が前報の続編であり、基礎的分析を行う場であることから、国有施設報告書の分析の過程で得られたデータについては、事故の実態を把握する観点からなるべく掲載するように心がけている。そして、第6章では復旧期間や復旧コストを取り上げるとともに、さらには防舷材の損傷事案に対する早期復旧のための工夫事例を紹介する。最後に第7章「まとめ及び今後に向けて」において総括を行い締めくくる。

2. 既往研究及び対象データ

2.1 既往研究

前報は運輸安全委員会の船舶部門の2007年の発足以降、蓄積された十数年分の船舶の係留施設への衝突事故の報告書を基に船舶側、係留施設側のデータを横断的に整理し基礎的分析を行ったものである。船舶の港湾構造物との衝突事故に関する代表的な既往研究については、前報において取りまとめているため、参考とされたい。P&Iロスプリベンションガイド²⁾のように保険関係の団体等が、特定のテーマを対象として事故事例の紹介や分析を実施している例は存在するが、港湾施設の各設備に着目した船舶衝突事故の整理分析や個別設備の復旧に視点を当てた研究は確認されない。

詳細な説明は割愛するが、一部対象としている台風・高潮等の自然災害による係留施設の被害に関しては、国総研資料

No.1078「大阪湾沿岸の港湾地域における台風1821号に伴う高潮等の調査報告」⁴⁾など、個別の災害事案に着目した文献は散見されるところである。

2.2 対象データ及び整理方法

今回の資料では国有係留施設の毀損事故について、管理を実施している自治体等の港湾管理者等より地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局に提出された国有施設報告書のうち、2017～2021年度に提出された5年分の報告書（事故件数で360件）に基づいた分析を実施した。なお、本資料においては船舶衝突以外の埠頭荷役機械や車両等による損傷事故や台風等自然由来の損傷事案についても対象としている点は前報との相違点である。

本資料において整理を行う対象としたデータについて、前報と比較する形で表-2.1に具体的に示す。データの一部については、各事故案件ごとの報告書の段階で記載が無く、欠損しているものも存在している。また、今回対象とした国有係留施設の構造形式等の諸元については、国総研資料No.1019「係留施設における構造形式等の基礎的データに関する整理」⁵⁾のデータを活用し、係留施設の水深や構造形式等について報告書データとの結びつけを行った。

表-2.1 対象データ

報告・論文等	今回資料 船舶の係留施設への衝突事故に関する 基礎的分析（その2）	国総研資料No.1134（前報） 船舶の係留施設への衝突事故に関する基礎的分析
使用データ	国有港湾施設毀損事故報告書 （事故報告書・復旧報告書）	運輸安全委員会事故調査報告書
対象期間	2017～2021年度に整備局等に提出された 5年分の報告書（360事故）	2008年10月～2019年12月までに公表されたもの （618事故）
報告書に関する 法令	港湾法施行令第17条の5 （滅失又は損傷の場合の報告）	運輸安全委員会設置法25条 （報告書等）
研究対象とする際のメリット	<ul style="list-style-type: none"> 係留施設側の損傷状況に関するデータが豊富（写真等） 係留施設側の復旧コストや復旧期間、復旧工法等に関するデータが比較的豊富 	<ul style="list-style-type: none"> 船舶が係留施設に衝突するまでの経緯等が比較的詳細に記載 風向・風力、潮流等の自然条件に関する情報が比較的豊富
研究対象とする際のデメリット	<ul style="list-style-type: none"> 事故に至るまでの経緯や事故発生時の自然状況に関する情報が比較的少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 係留施設側の被害等情報等に関する情報は比較的少ない（写真等が掲載されているケースは少数）

併せて、使用報告書に記載されるデータの特徴を表-2.2に整理する。前報では、表-2.1の右欄に示すように、事故に至るまでの操船や自然条件等に関する情報が比較的豊富であったが、本資料で対象とした国有財産に関するデータ整理においては、係留施設側の被害状況に関するデータが毀損事故報告書に多く、係留施設側の復旧コストや復旧期間、復旧工法等に関する情報が復旧報告書において比較的豊富であることが特徴である。

表-2.2 使用報告書に記載されるデータの特徴

報告書	国有港湾施設毀損事故報告書 国有港湾施設毀損事故復旧報告書	運輸安全委員会事故調査報告書
事故発生施設	港湾名、発生施設名	
事故の内容	損傷の概要（原因）、船舶衝突事故発生のタイミング（着岸時、離岸時、係留中、荷役中）、その他要因（台風等自然災害、車両・荷役機械衝突・転倒等）	損傷の概要（原因）、船舶衝突事故発生のタイミング（着岸時、離岸時、係留中、荷役中）及び着岸方向（右舷着け・左舷着け等）、
損傷の内容	施設の損傷（種別（係留施設本体、上部工、防舷材、係船柱、車止、縁金物、SOLASフェンス、その他（照明等））、内容、損傷個数・範囲	船舶の損傷及び施設の損傷の概要
復旧の内容	修復内容、修復コスト	-
日時	事故発生日、損傷報告日、復旧完了日、復旧工事期間（工事開始日、終了日、検査日）	事故発生日時等

3. 事故・損傷の全体像

3.1 はじめに

本節では、損傷が発生した係留施設や事故船舶に関する基礎データについて紹介する。第1章で触れたとおり、前報では、事故に至るまでの操船等船舶側の状況や風速・風向等自然状況に着目した検討を中心に行っている。一方、本資料は損傷発生後のコストや復旧期間、事故の詳細等に着目した検討をおこなっている。前報及び本資料は補完関係にあり関連性が高いため、ここでは、前報と比較する形で基礎データを紹介する。

3.2 係留施設の水深・構造形式

事故が発生した係留施設の水深・構造形式の内訳を表-3.1に示す。また、比較のため、表-3.2に前報の結果を示す。

表-3.1 事故発生施設（国有係留施設）

岸壁水深	重力式	矢板式	杭式 (棧橋)	浮体式	合計	
15.0m以上	28	3	19	0	50	13.9%
13.0m以上15.0m未満	22	17	32	0	71	19.7%
11.0m以上13.0m未満	20	28	13	0	61	16.9%
9.0m以上11.0m未満	47	51	16	0	114	31.7%
7.5m以上9.0m未満	18	6	8	0	32	8.9%
6.0m以上7.5m未満	5	0	0	0	5	1.4%
4.5m以上6.0m未満	10	6	1	0	17	4.7%
4.5m未満	7	0	1	2	10	2.8%
合計	157	111	90	2	360	100.0%
	43.6%	30.8%	25.0%	0.6%	100.0%	100%

表-3.2 前報（国総研資料 No.1134）

における事故発生施設（公共のみ）

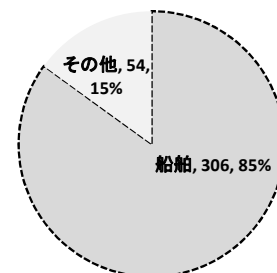
岸壁水深	重力式	矢板式	杭式		杭式計	浮体式	水深別合計	
			棧橋	ドルフィン			件数	%
15.0m以上	1	1	4	0	4	0	5	2.1%
13.0m以上15.0m未満	5	15	7	0	7	1	10	4.1%
11.0m以上13.0m未満	14	10	8	1	9	0	37	15.2%
9.0m以上11.0m未満	26	6	8	0	8	1	45	18.5%
7.5m以上9.0m未満	37	2	2	0	2	2	52	21.4%
6.0m以上7.5m未満	11	21	8	0	8	1	17	7.0%
4.5m以上6.0m未満	15	2	8	0	8	11	45	18.5%
4.5m未満	11	0	0	0	0	0	32	13.2%
合計（公共）	120	58	48	1	49	16	243	100.0%
	49.4%	23.9%	19.8%	0.4%	20.2%	6.6%		

表-3.2に示すとおり、前報では水深の分布の中心域は7.5m以上9m未満が最も多く、次いで、9.0m以上11m未満及び4.5m以上6m未満の水深が多かった。一方で、表-3.1に示すとおり、本資料で対象とした国有係留施設の事案では9m以上11m未満の分布が最も多く、次いで、13m以上15m未満、11m以上13m未満、15m以上の大水深の帯域の事故発生の分布が多かった。国有係留施設での損傷事案においては、相対的に水深13m以上の大水深の施設での事故発生の割合が高く、9m未満の水深での事故発生割合は少ない傾向にある。国が整備する国有係留施設については、港湾法第52条において「国際戦略港湾が長距離の国際海上コンテナ運送に係る国際海上貨物輸送網の拠点として機能するために必要な係留施設」などと定められており、その必要水深は省令で一定規模以上に規定されている。また、本資料において3.4で後述するが、船舶の船種としてもコンテナ船の割合が最も多くなっている。

係留施設の構造形式については、本資料で対象としている国有係留施設の場合、重力式が相対的に少なく、矢板式、棧橋（杭式）の割合が前報との比較において、相対的に高い結果となった。また、掘り込み式港湾等に多く見られる水深10m～12m程度の矢板式岸壁や水深12m以上の棧橋の割合は高い傾向を示している。

3.3 係留施設損傷の原因

前報では全案件が船舶の衝突による事故であった。一方、本資料で対象とした国有係留施設における損傷の原因について図-3.1に件数ベースでの割合を示す。損傷原因の85%は、船舶の離着岸時や係留中、荷役中に発生した船舶に起因するものであった。残りの15%は原因が船舶以外のものであり、台風等の自然災害や劣化によるものをはじめいくつかの要因によるものが存在した。詳細は後述する。



※以降、円グラフにおいては、対象、件数、全体に占める割合 (%) を示すことを基本とする

図-3.1 国有係留施設における損傷の原因（件数）

3.4 事故船舶の船型・船種

事故発生の係留施設の平均水深と事故船舶の平均総トン数を比較したものを表-3.3に示す。本資料で対象とした国有係留施設の場合、平均水深11.1m、平均総トン数は約15,000であった。表中に示すとおり、国有係留施設の方が、平均水深（37%増）および総トン数（約3.5倍）ともに前報より大きな値であるが、その理由は3.2で示したものと同じである。

表-3.3 事故発生係留施設の平均水深と事故船舶の平均総トン数

対象	本資料：国有港湾施設 (毀損事故・復旧報告書)	前報：国総研資料 No.1134 (運輸安全委員会事故調査報告書)
対象施設全体平均水深 (m)	11.1	8.0
対象船舶平均総トン数	14,572	4,124

次に、国有係留施設の事故船舶の船種内訳を図-3.2に、図-3.3に前報における事故船舶の船種を示す。本資料で対象とする国有係留施設における事故船舶の船種分類では、コンテナ船が占める割合が最も多く（約4割）、次いで貨物船（約3割）であった。前報では、コンテナ船の割合は僅かであり、この点は大きく異なる結果であった。これは、国有係留施設はコンテナ船用の大水深施設が多いことと対応しているためであると考えられる。

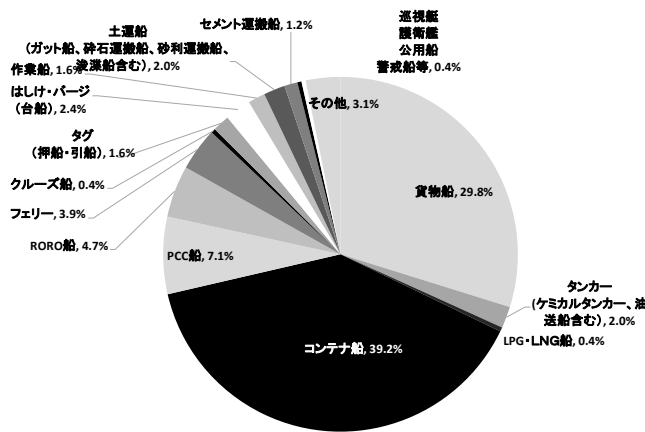


図-3.2 国有係留施設の事故船舶の船種

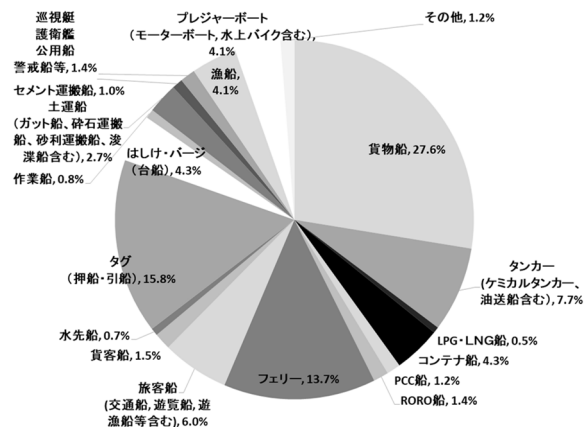


図-3.3 前報の事故船舶の船種

3.5 事故の発生地域

最後に、損傷の地域別の分布を示す。表-3.4に地域別に前報（安全委データ：資料No.1134号）との比較を行ったものを示す。国有係留施設での毀損事故は、安全委報告書のデータと比較して、関東、東北、中部での割合が相対的に大きく、また、関東での事案が全体の1/3を占めていることが特徴として挙げられる。

表-3.4 損傷発生の地域別分布（運輸安全委員会データは事故）

地域	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	計
国有港湾施設	2	66	121	23	48	29	23	13	20	15	360
割合 (%)	1%	18%	34%	6%	13%	8%	6%	4%	6%	4%	100%
前報 (運輸安全委)	28	33	74	17	32	119	115	75	89	32	614
割合 (%)	5%	5%	12%	3%	5%	19%	19%	12%	14%	5%	100%

4. 船舶側の実態

4.1 はじめに

船舶の係留施設への衝突事故を分析するにあたり、船舶側に関するデータとして、船舶の状況（離岸・着岸・係留などのタイミング）、船体衝突箇所、船種といった多様なデータが存在する。本章では、船舶側の実態について取りまとめる。

なお、船体の衝突箇所については安全委の報告書を基に分析を行った前報においては、船舶の衝突箇所として右舷側・左舷側、及び、船首・中央・船尾の組み合わせ（6通り、例えば「左舷船首」）に加え、一部バルバス・バウ等の具体的衝突箇所の情報が入っているものも散見されたが、今回対象とした国有施設報告書では写真付きで船舶衝突箇所が示されていることも多く、衝突部所が前報と比較してもより高い精度で特定できるデータが多かったという特徴がある。そこで、本資料においては、図-4.1に示す衝突箇所の分類を行い、整理を行った。具体的には、船首、船体前方、アンカー、バルバス・バウについては「船首側」、船尾・船体後方については「船尾側」と分類している。なお、船体については船体の中央部を指す場合に加え、単に船体全体を意図した表現として使われている可能性も排除しきれないところであるが、「船体」と報告書に記載されているもので写真等の情報により明らかに船首側や船尾側に該当すると判断できるものが見当たらなかったため、「船体」という分類をそのまま適用することとしている。

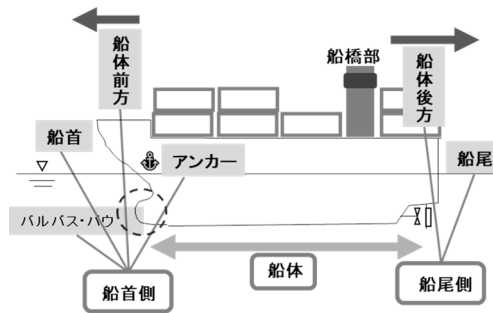


図-4.1 船体の接触箇所（イメージ）

4.2 船舶起因の事故における発生のタイミング

3.3の図-3.1において取り上げた国有係留施設における損傷の原因のうち、85%（306件）を占める船体起因の事故について、事故発生時の船舶の状況（タイミング）について表-4.1及び図-4.2に示す。船舶起因の事故発生のタイミングは、着岸時の発生は最も多く約半数の48%、次いで離岸時が25%、荷役時を含めた係留時において11%が発生している。

表-4.1 事故発生時の船舶の状況

事故発生時の船舶の状況 (タイミング)	船舶起因の損傷								
	係留中	荷役中	係留・荷役中	着岸時	離岸時	着・離岸時	航行中	その他 (操船支援時等)	不明
事案数	23	10	33	147	76	223	4	2	44
割合	7.5%	3.3%	10.8%	48.0%	24.8%	72.9%	1.3%	0.7%	14.4%
小計	306								
合計	360								
割合(小計)	85%								

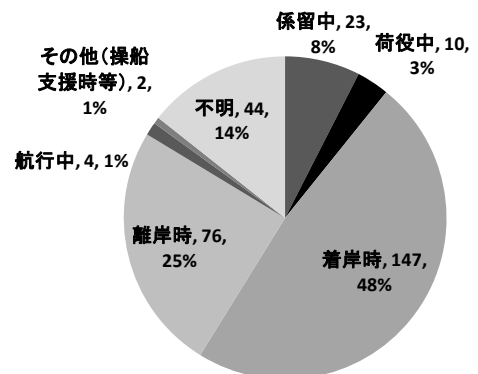


図-4.2 事故発生時の船舶の状況

つづいて、本資料で対象とした国有係留施設における事故発生のタイミングについて、前報との比較を行ったものを図-4.3に示す。ここでは、国有係留施設で見られた「不明」や安全委資料における「錨泊・漂泊中」の事案を除いた同じ条件で比較している。特徴としては、大型船の割合が比較的多かった国有係留施設のデータにおいて、着岸時（73→56%：前報→本資料（国有係留施設）、以下同様）、航行時（9→1%）の割合が低く、逆に、離岸時（14→29%）、係留中（4→9%）の割合が高くなっている傾向が確認された。特に、離岸時における衝突割合が高まるのは、国有係留施設における事故の場合、平均トン数が前報と比較して大きい事と、船種の割合が最も多く、全体の約4割を占めるコンテナ船において離岸時の衝突割合が大きいことが影響していると考えられるが、この点については4.4で詳しく述べる。

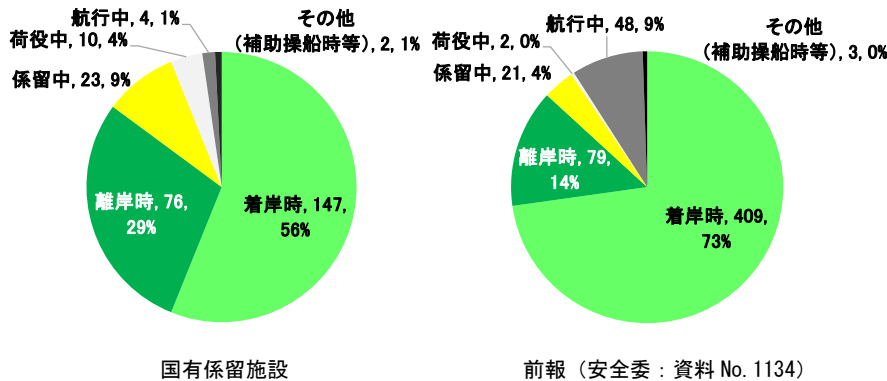
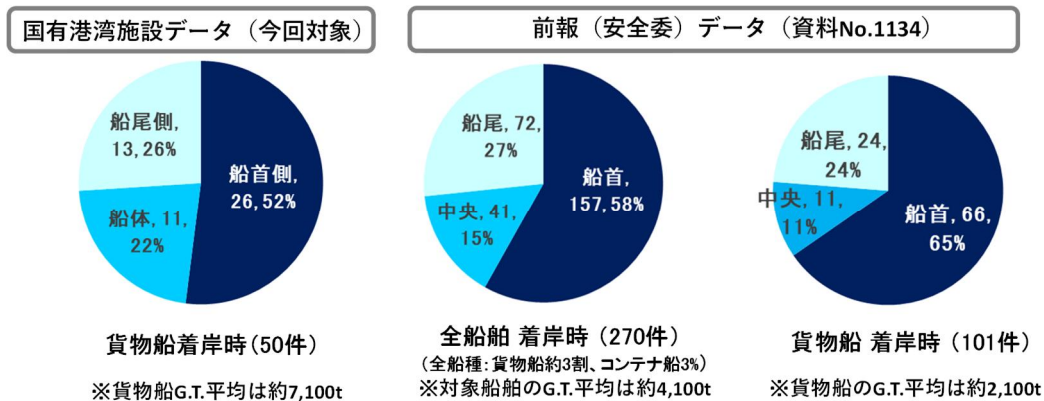


図-4.3 船舶起因事故発生時の船舶の状態（タイミング）

さらに、前報では着岸時に特化し、船体の衝突箇所について分析を行っている。前報では着岸時の左舷着けと右舷着けの違いとして、左舷着けの場合に相対的に船尾側の損傷する割合が高くなる傾向を明らかにしたが、本資料では左舷着け・右舷着けのデータが報告書から読み取ることが困難であるケースが多かったため、左舷着け、右舷着けの件数を合わせた着岸時の合計値で比較を行った。前報における着岸時の船舶の衝突箇所（船首側、船体、船尾側の3分類）について、全船種を対象としたデータと貨物船を対象としたデータについて、まとめたものを図-4.4に示す。図-4.4には併せて、本資料で得られたデータを基に、貨物船着岸時の船体衝突箇所について比較のためにまとめている。



※本図においては前報データとの整合性の確保のため、不明などの「その他」のデータは除外して整理している

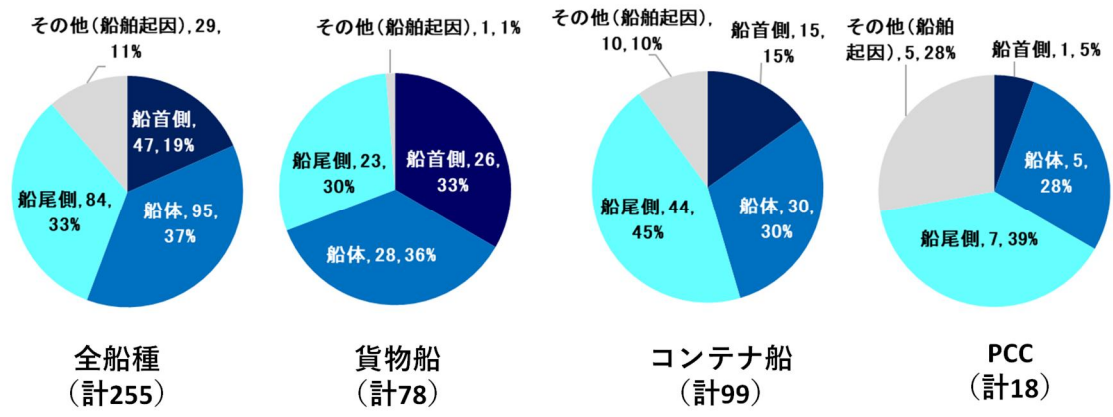
図-4.4 着岸時の船体衝突箇所

左側と右側の貨物船のグラフの比較では、平均総トン数が前報では約2,100、今回（国有係留施設）では約7,100であり船型は異なっているが、着岸時の衝突箇所では船首側が過半数、船尾側が1/4（25%）前後という点で同様の傾向を示していることがわかる。ここで、対象船舶の平均トン数の大きい国有係留施設のケースにおいて船首側の衝突の割合が若干低いのは、大型船の場合にタグボートの使用頻度が傾向として高くなること等が要因の一つとして推察されるが、国有施設報告書にタグの利用の有無に関する網羅的なデータは含まれていないため検証は困難である。

4.3 船舶起因の事故における船種ごとの船体衝突箇所

つづいて、船種ごとの事故発生時の船体衝突箇所（離着岸時に加え、係留中等も含む）について、貨物船、コンテナ船、PCC（自動車専用船：Pure Car Carrer）のデータを図-4.5に示す。まず、全船種では、船体の割合が最も多く（37%）、それに船尾側（33%）が続く、船首側は比較的割合が小さい（19%）ことがわかる。また、船種ごとに船首側と船尾側の割合を比較すると、貨物船においては、船首側と船尾側の衝突割合はほぼ同程度であるが、コンテナ船やPCCでは船尾側の割合が船首側の3倍以上あり、相対的に船尾側が衝突することが多いことがわかる。

さらに、船種ごとの船体衝突箇所（細分類）について、表-4.2に示す。貨物船の特徴としては、前述したように船首側の衝突割合が他船種との比較において相対的に高い（コンテナ船15%に対し、貨物船は33%）が、特にアンカー及びバルバス・バウ（9%）の衝突割合が全船種合計と比較して高くなっている（全船種ではアンカー、バルバス・バウそれぞれ5%ずつであるが、貨物船ではアンカー14%、バルバス・バウ9%）ことがわかる。また、データ数そのものは多くないものの、PCC、RORO船、フェリーの特徴として、ランプ部（船体側の設備で車両の船内外の移動の用に供し、船体の一部が開口部下端を軸として開口時に傾斜路として機能するもの）の衝突割合が全体の約2割程度と比較的高い割合を示していることが挙げられる。



※全船種の合計値 255 は図-3.1の船舶起因の 306 と異なるが、ここでは船種が判明しているもののみを対象としたため、合計値は異なっている

図-4.5 船種ごとの船体衝突箇所 (全体, 貨物船, コンテナ船, PCC の比較)

表-4.2 船種ごとの船体衝突箇所 (細分類)

係留施設全体	船首側					船体	船尾側			その他 (船舶起因)							合計 (件)	船種割合		
	アンカー	バルバス・バウ	船体前方	船首	計		船体後方	船尾	計	(船体突起)	(船体防舷材)	係船索	船橋部	ランプ部	船体火災	不明			計	
全船種	件	13	12	1	21	47	95	5	79	84	4	2	10	1	9	1	2	29	255	100%
	%	5%	5%	0%	8%	18%	37%	2%	31%	33%	2%	1%	4%	0%	4%	0%	1%	11%		
コンテナ船	件	1	5	1	8	15	30	2	42	44	3	0	7	0	0	0	0	10	99	39%
	%	1%	5%	1%	8%	15%	30%	2%	42%	44%	3%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	10%		
貨物船	件	11	7	0	8	26	28	2	21	23	0	0	0	0	0	0	1	1	78	31%
	%	14%	9%	0%	10%	33%	36%	3%	27%	29%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%		
PCC船	件	0	0	0	1	1	5	0	7	7	0	0	0	0	4	0	1	5	18	7%
	%	0%	0%	0%	6%	6%	28%	0%	39%	39%	0%	0%	0%	0%	22%	0%	6%	28%		
RORO船	件	0	0	0	0	0	7	0	1	1	0	0	2	1	2	0	0	5	13	5%
	%	0%	0%	0%	0%	0%	54%	0%	8%	8%	0%	0%	15%	8%	15%	0%	0%	38%		
フェリー	件	0	0	0	2	2	5	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	2	10	4%
	%	0%	0%	0%	20%	20%	50%	0%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	20%		

4.4 船舶起因の事故における船種ごとの船体衝突箇所とタイミングの関係

続いて、4.1で触れた船舶起因の事故における事故発生のタイミングについて、船種ごとに分類を行ったものを表-4.3に示す。船種ごとの船体衝突箇所（船首側、船体、船尾側、その他）について、それぞれどのタイミングの衝突であるのかについて細分化して示している。

この中から、船種ごとのデータ数の多い貨物船とコンテナ船について、離着岸時それぞれの船体衝突箇所について着目し、分析を行う。図-4.6に貨物船及びコンテナ船の離着岸時それぞれの衝突箇所について円グラフでまとめる。着岸時の船体衝突箇所は、貨物船では船首側が半数を超える。コンテナ船では船首側は2割程度で、貨物船との比較では船首側の衝突割合は低い一方、船尾側が約4割と最多である。一方、離岸時の船体衝突箇所は、貨物船、コンテナ船ともに船尾側が6割近くと卓越する結果となった。コンテナ船においては、着岸時、離岸時ともに船尾側が衝突する割合が最も多いことがわかる。

表-4.3 船舶起因事故発生時の船舶の状況及び船体衝突箇所（船種別）

船種	合計 (全体)	うち状況判明					船首側	うち状況判明					船体	うち状況判明					船尾側	その他 (不明含む)	うち状況判明									
		着岸時	離岸時	係留時	荷役時	その他		着岸時	離岸時	係留時	荷役時	その他		着岸時	離岸時	係留時	荷役時	その他			着岸時	離岸時	係留時	荷役時	その他					
全船種	255	243	146	70	22	4	47	46	41	4	1	0	95	85	45	25	15	0	84	83	45	36	2	0	29	28	15	5	4	4
コンテナ船	100	98	53	43	2	0	15	15	11	4	0	0	30	29	16	12	1	0	44	44	20	24	0	0	10	10	6	3	1	0
貨物船	76	71	51	16	4	0	26	26	26	0	0	0	28	22	11	7	4	0	23	22	13	9	0	0	1	1	1	0	0	0
PCC	18	17	14	0	0	3	1	1	1	0	0	0	5	5	5	0	0	0	7	7	7	0	0	0	5	4	1	0	0	3
RORO船	12	13	7	4	1	1	0	0	0	0	0	0	7	7	4	2	1	0	1	1	1	0	0	0	5	5	2	2	0	1
フェリー	10	10	10	0	0	0	2	2	2	0	0	0	5	5	5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	2	2	0	0	0

※1 事案で複数箇所の衝突が発生しているケースが存在するため左欄の合計値は船体各所の合計値と一致しない場合がある

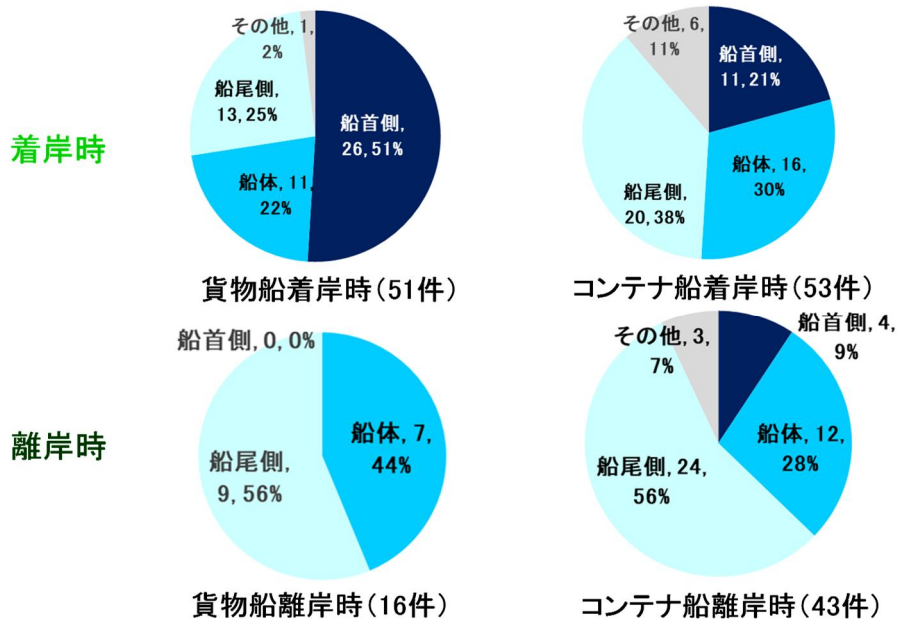


図-4.6 着岸時・離岸時の船体衝突箇所（貨物船とコンテナ船の比較）

PCC, RORO 船, フェリーについては件数がいずれも 20 隻未満であり, 貨物船やコンテナ船と比較すると大幅にデータ数が少ないため, 詳細な分析は行わないが, 要点について触れておく. 表-4.3 に示される通り, 衝突のタイミングについては 3 船種共に着岸時のものが半数を超えて最も多い (PCC82%, RORO 船 54%, フェリー100%) が, 着岸時の衝突箇所が最も多いのは PCC では船尾側 (82%のうちの 41%), RORO 船, フェリーでは船体 (それぞれ 54%のうちの 31%及び 100%のうちの 50%) となっている. 着岸時において船尾側の衝突が最も多いという点ではコンテナ船と PCC の傾向は一致する.

5. 係留施設の損傷の実態

5.1 はじめに

本章では, 係留施設側の損傷について, 図-5.1 に示したイメージ図での分類に基づき, 前半で係留施設本体及び付帯設備 (上部工, 防舷材, 係船柱, 車止, コーナー材 (縁金物)) ごとの損傷の特徴や整理を行うとともに, 各設備ごとの船舶事故発生のタイミングや船体衝突箇所について分析を行う. そして後半では係留施設本体を含んだ各設備ごとの船舶事故発生のタイミングや船体衝突箇所について整理し, 分析を行うとともに, 船舶起因以外の係留施設の損傷について取りまとめを行う. そして最後に, 係船索や舳, ランプ部が係留施設損傷の原因となった特定のケースや SOLAS フェンスの損傷についても対象とした整理・分析を行う.

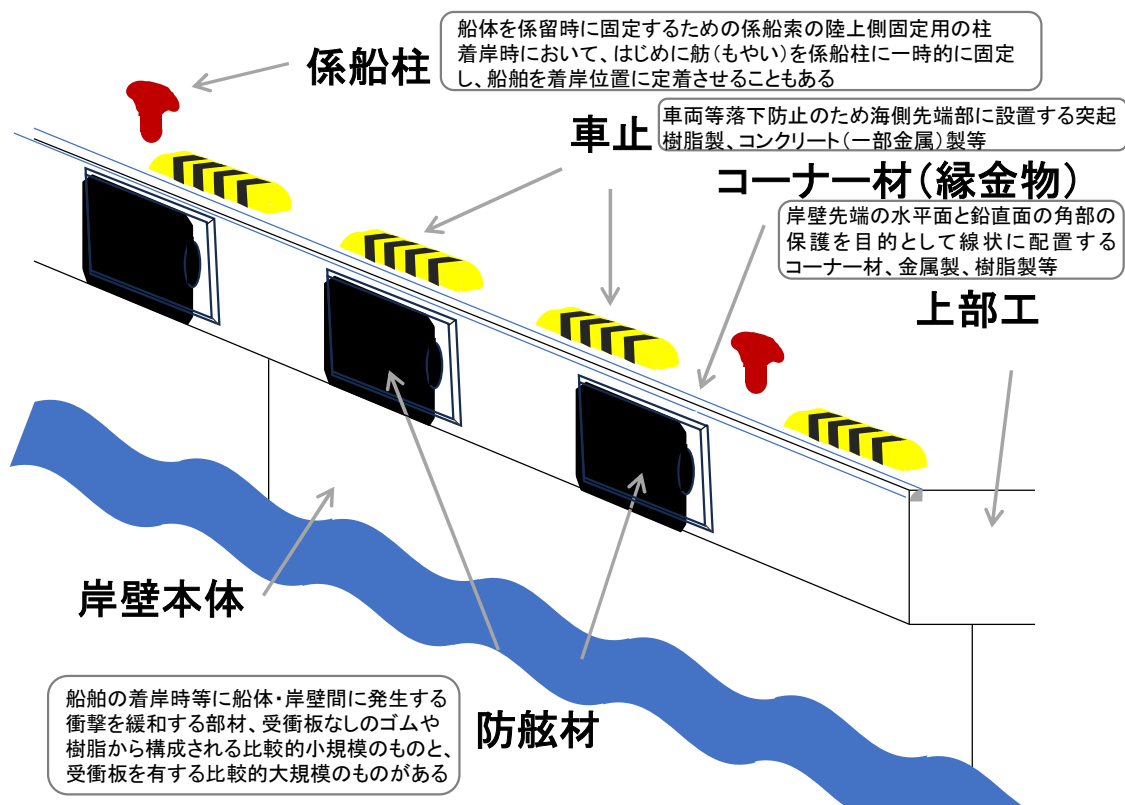


図-5.1 係留施設のイメージ

5.2 係留施設損傷の全体

本節では係留施設の損傷個所の全体像について説明する. 本分析において対象とした全360件の損傷事案のうち, 船舶に起因する306件及び船舶起因以外の54件を対象として, 係留施設本体及び付帯設備の損傷の具体的箇所及び件数について表

-5.1にまとめる。また、船体に起因する306件については、前報の分析結果と比較するため、表の下部に前報における損傷箇所及び損傷件数を合わせてまとめている。

表-5.1 係留施設側の損傷箇所一覧表

毀損箇所 (同時に複数項目毀損するケースも存在)		岸壁本体				上部工	防舷材	防舷材 台座	防舷材 +台座	係船柱	車止	(コーナ材 (鐵金物))	SOLAS フェンス	損傷 件数	
		重 力 式	矢 板 式	(棧橋 機式)	計										
今回資料 (国有施設)	全件	件数	7	5	1	13	122	107	43	16	14	147	88	5	360
		割合 (%)	1.9%	1.4%	0.3%	3.6%	33.9%	29.7%	11.9%	4.4%	3.9%	40.8%	24.4%	1.4%	
	船舶起因	件数	5	5	1	11	99	100	43	16	12	138	86	0	306
		割合 (%)	1.6%	1.6%	0.3%	3.6%	32.4%	32.7%	14.1%	5.2%	3.9%	45.1%	28.1%	0%	
船舶起因 以外	件数	2	0	0	2	27	7	0	0	2	13	2	5	54	
	割合 (%)	3.3%	0.0%	0.0%	3.3%	45.0%	11.7%	0.0%	0.0%	3.3%	21.7%	3.3%	8.3%		
前報 国総研資料No.1134		件数	37				174	79	-	-	7	49	-	-	558
		割合 (%)	6.6%				31.2%	14.2%	-	-	1.3%	8.8%	-	-	

※1件の事故で複数の設備が損傷しているケースも存在し、各欄の合計値は右側の件数とは一致しない

前報のデータとの比較のために、船体の衝突に起因するものの件数に着目して紹介すると、全事故案件に対して、係留施設本体では約4%、上部工は32%、防舷材は33%、係船柱4%、車止は45%の割合を占めている。これは、表-5.1の下欄に示す前報（運輸安全委）のデータと比較すると、上部工では約3割余りとほぼ同じ値であるが、防舷材や係船柱、車止では前報のデータよりも全事案に対する割合は2~5倍（防舷材2.3倍、係船柱3.0倍、車止5.1倍）の高い割合を示している。逆に、係留施設本体が損傷するものの割合は低い（0.5倍）ことが確認される。国有係留施設においては前報と比較して、相対的に防舷材や車止、係船柱といった設備の損傷割合が高いことが示された。3.4で触れたように、国有係留施設においては前報の対象施設と比較して水深が8.0mに対して11.1mと3mほど深くなっている点や、対象船舶の総トン数も約4,100に対して約15,000と3.5倍程度大きい船舶が対象となっている。利用船舶の船体及び施設水深が大きくなっていることが係留施設本体の損傷の割合が減少する一方、防舷材や車止、係船柱といった設備の損傷割合が増加することと関係している可能性がある。これは、船体全長に対する係船柱や車止、防舷材の凸部の大きさの比率が国有係留施設での事故案件では相対的に小さくなる一方で、船舶の船首側や特に船尾側に多く存在する船体曲面部がこうした凸部と衝突しやすくなるという見方ができるものの、メカニズムの詳細の解明は本分析で用いたデータからは困難であると思われる。

つづいて、船舶起因以外の設備の損傷としては、上部工が半数弱（45%）、それに続いて車止が約2割、防舷材が1割余り（12%）の損傷割合となっている。この船舶起因以外の損傷事案について、係留施設本体を含めた各設備と損傷の原因について、表-5.2に示す。船舶起因以外の損傷事案で割合の高い上部工や車止については、台風等自然に起因するものに加え、貨物落下や、クレーン、車両の接触や転倒など比較的多くの要因により発生していることがわかる。また、SOLASフェンスは全て船舶以外の台風や車両接触により損傷を受けていることが特徴的である。

表-5.2 船舶起因以外の係留施設側の損傷箇所及びその原因

各設備損傷の 要因 (船体以外)	台 風 等 自 然	ク レー ン	車 両	貨 物 衝 突 ・ 落 下	施 設 側 出 火	(施 設 側 劣 化)	(起 重 機 船 工 事 中)	そ の 他	(船 体 以 外 計 件 数)	全 事 案 数 (件)	要 因 以 外 の 割 合
岸壁本体	件	0	0	0	0	2	0	0	2	13	15%
	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	15.4%	0.0%	0.0%	3%		
上部工	件	6	3	2	4	0	12	0	27	122	22%
	%	22.2%	11.1%	7.4%	14.8%	0.0%	44.4%	0.0%	45%		
防舷材	件	0	0	0	0	0	7	0	7	107	7%
	%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0.0%	12%		
係船柱	件	0	0	0	0	1	1	0	2	14	14%
	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	7.1%	0.0%	3%		
車止	件	5	1	1	4	1	0	1	13	147	9%
	%	41.7%	8.3%	8.3%	33.3%	8.3%	0.0%	0.7%	22%		
コーナ材 (鐵金物)	件	0	0	1	1	0	0	0	2	88	2%
	%	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3%		
SOLAS フェンス	件	3	0	2	0	0	0	0	5	5	100%
	%	60.0%	0.0%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8%		
照明柱	件	0	0	0	0	0	0	1	1	1	100%
	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	2%		
合計	件	19	3	6	6	1	23	1	54(60)	360	17%
	%	31.7%	5.0%	10.0%	10.0%	1.7%	38.3%	1.7%	100%		

※同時に複数の設備が損傷しているケースがあるため、合計欄の数値は各欄の合計に一致しない場合がある

5.3 各設備の損傷

(1) 係留施設本体の損傷

係留施設本体に損傷が及んだものは13件（全体の約4%）確認されており、その損傷の内容や修復方法について構造形式ごとに原因船の船種や衝突部位、衝突のタイミングと併せてまとめたものを表-5.3に示す。なお、引用した報告書により記述内容に幅があるが、当表においてはなるべく報告書の情報を忠実に引用するため、そのまま転記するよう心掛けた。それを基に船舶による損傷のタイミングの判明している8件及び船舶側の衝突箇所の明らかになっている7件についてその具体的内容を図-5.2に示す。本節では、各設備ごとに船舶が衝突する状況（タイミング）や船舶の衝突箇所の傾向を把握するため、各設備ごとの衝突のタイミングと船舶側の衝突箇所について、全体のものと円グラフによる比較を併せて行っている。係留施設本体においては、船舶による衝突のタイミングが判明している8件のうち6件が着岸時の衝突によるものであり、船舶による衝突箇所が判明している7件のうち、6件が船首側からの衝突であり、着岸時の船首からの衝突が大半を占めることがわ

表-5.3 係留施設本体の損傷・復旧の内容

岸壁の構造形式	内容	船体衝突箇所等	操船のタイミング
重力式	船首のバルバス・パウがスリット柱に接触し、スリット部の断面の約半分が欠損 また、隣のスリットにも接触による角部の小規模な欠損が発生 このほか、破損したスリットと接続する頂板あるいは前側壁ではクラック等が見られず健全性が確保されていることが確認 また、船舶衝突に伴うケーソン本体の移動は認められなかった 以上により、スリット柱の機能は低下しているものの、その他隣接する部位については健全であると判断	船首 (バルバス・パウ)	着岸時
	岸壁コンクリート（スリット部）の損傷（L=2m）	船尾（右後方部）	係留中
	破損した上部コンクリートやセルラーブロック。中詰石等の撤去後、型枠を設置し、水中不分離性コンクリートをセルラーブロックの天端の高さまで打設した その後、上部工や係船柱、側溝、ガードレール等を復旧し、工事を完了	-	航行中
	ケーソンとケーソンの間の天端付近で約20cm程度の穴を確認 また、エプロンにおいて、舗装の沈下が認められたため、海側のケーソン間の目地に型枠を設置し、ケーソン天端の目地から流動性のコンクリートを打設することで、目地からの吸出し防止を行った	-	-
	陥没状況は、幅1.2m×0.6m、深さ1.0m程度 陥没箇所を幅3m×2m、深さ2mまで試掘した結果、上部工及び係船柱基礎コンクリート部に、海側上部工表面まで貫通した直径5cmの穴8ヶ所と係船柱基礎コンクリートにクラックを確認した 調査の結果、陥没の原因は、老朽化に伴い、裏込めの締固め土砂が緩み貫通穴から土砂が流出したものである	劣化	-
	ケーソン前面スリット部破損（水中部・陸上部） ケーソン前面スリット部大破（折損・破損・鉄筋露出：水中部・陸上部）	船首 錨	着岸時 着岸時
上部工、基礎杭、及び栈橋下面に損傷 (栈橋鋼管杭に幅40cm程度の凹部に鉛直方向に発生) ・損傷栈橋鋼管杭損傷 ・防舷材（受衝板付き1本足）損傷（10m以上） ・係船柱損傷（回転） ・栈橋上部工コンクリート損傷箇所撤去・復旧（上面・側面・下面） ・損傷栈橋鋼管杭撤去・新設 ・防舷材（受衝板付き1本足）新規交換 ・車止新規交換（10m以上） ・係船柱新規交換（アンカー・鉄筋処理含む）	-	着岸時	
矢板式	防食モルタルライニング部分の下部欠損（縦1150mm×横2600mm、D=120mm）と鋼管杭（鋼管矢板）1本に凹み（縦1800×横450、D=120mm） ・上部工の損傷箇所一部（あご下根元部分）に鉄筋の露出が確認されたが、鉄筋自体の損傷は見られなかった ・防食モルタルライニングについては、海中で型枠を組み水中不分離性コンクリートを注入 ・鋼管矢板については、ブラケットを水中溶接し、エポキシパテ充填により補修した	バルバス・パウ	着岸時
	防舷材の損傷、コンクリート損傷、電気防蝕（陽極1個）欠落	船首	-
	岸壁上部工（前面下部4箇所）及び岸壁鋼管矢板上部コンクリート部材（1箇所）のコンクリート欠損部の修復	-	-
	モルタルライニングに擦過傷1箇所（幅1,250mm 高さ1,500mm） 岸壁上部工下面、鋼管杭、陽極が損傷	バルバス・パウ -	着岸時 -

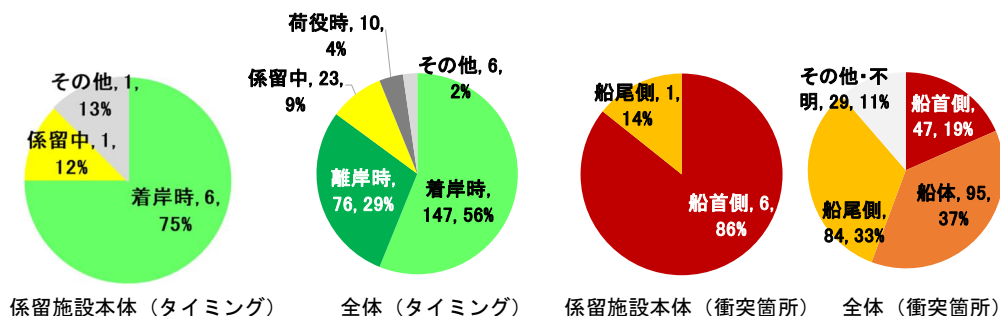


図-5.2 係留施設本体損傷事案における船舶の状態（タイミング）及び衝突箇所

かる。また、衝突船舶の船種が判明しているものが10件確認された。そのうちの6件が貨物船、コンテナ船が3件、セメント船が1件と貨物船の衝突が最も多い。また、係留施設本体の損傷は水中部で発生することが多く、被害の確認の段階からダイバーによる水中での調査等が必要となり、復旧の施工においても水中での施工となった事案が多かったことも特徴として挙げられる。

構造形式ごとの損傷事例について以下にまとめる。

a) 重力式

重力式では7件の損傷が確認され、うち4件がスリット損傷、2件が中詰材の流出である。この重力式岸壁の中詰材流出の2件については劣化を原因としており、5.2で取り上げた表-5.2における船舶起因以外の損傷に該当する。中詰材流出及びスリット部損傷の写真を写真-5.1及び写真-5.2に示す。



写真-5.1 ケーソン中詰材流出の事例

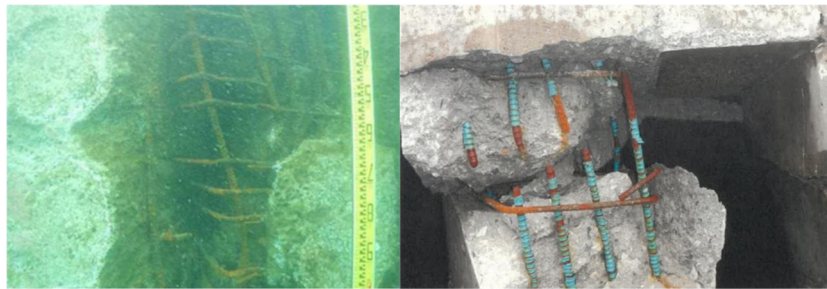


写真-5.2 重力式岸壁スリット部の損傷の事例

b) 栈橋

栈橋では鋼管杭の損傷（新規取換）事案が1件発生しており、その損傷直後の写真を写真-5.3に示す。具体的には上部工や係船柱などの設備の損傷とともに、栈橋鋼管杭に幅40cm程度の凹部が鉛直方向に発生した事案であり、当該鋼管杭は撤去後、新設されている。



写真-5.3 栈橋の事例（鋼管杭の損傷）

c) 矢板式

矢板式では5件の損傷が確認されたが、鋼管（矢板）部材の損傷が3件、モルタルライニング損傷が2件、電気防食部の欠落・損傷が2件（重複あり）発生している。鋼管部材（鋼管矢板）の損傷事例を写真-5.4に示す。船舶のバルバス・バウの衝突により、鋼管杭縦方向に2m程度の範囲にわたり、深さ10cm程度の陥没が発生した。鋼管矢板については、ブラケットを水中溶接し、エポキシパテ充填により補修する対応を図っている。

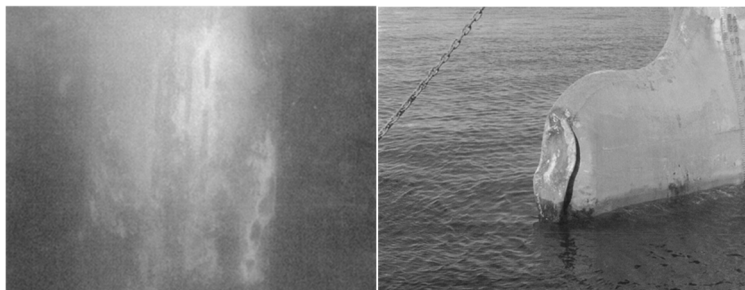


写真-5.4 鋼管矢板損傷の事例

(2) 上部工の損傷

上部工の損傷については、船舶起因のものは概ね上部工の上面や海側側面において発生していた。一方、船舶起因以外のものは上部工中央部を含め、上部工上の様々な個所で発生していた。5.2でも触れたが、原因が台風やクレーン、車両等多岐に渡っていることが特徴として挙げられる。船体衝突による上部工側面の損傷の事例を写真-5.5、また、船体起因以外のものとして台風による上部工表面部材の損傷の事例を写真-5.6、さらに、クレーン機材転倒による上部工表面部の損傷の事例を写真-5.7に示す。



写真-5.5 船体衝突による上部工側面の損傷事例



写真-5.6 台風による上部工表面部材の損傷の事例

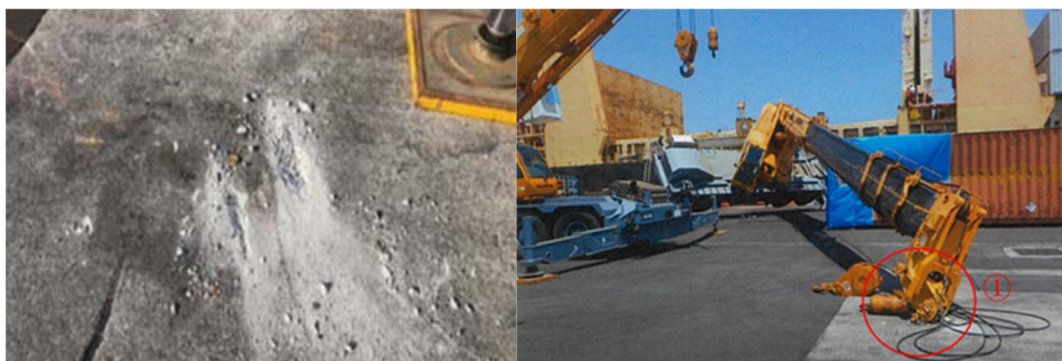


写真-5.7 クレーン機材転倒による上部工表面部の損傷の事例

つづいて、船舶の上部工への衝突事案について、タイミングや衝突箇所に関する分析を行う。上部工の損傷については、表-5.1で示したとおり、船舶起因のものが99件（船舶起因全体の32%）、船舶起因以外のものが27件（船舶起因以外全体の50%）で発生しており、損傷件数では126件と車止の151件に次いで多い。船舶による損傷のタイミングの判明している88件及び船舶側の衝突箇所の明らかになっている90件についてその具体的内容を図-5.3に示す。船体起因による上部工の損傷は着岸時に52件（衝突のタイミングが判明している88件のうちの約6割）が発生しており、船体の衝突箇所は船首側が27件（30%）、船体が33件（37%）、船尾側が22件（24%）といずれも2割台～3割台の分布となっている。グラフ右側の係留施設全体での船種の各設備への衝突箇所の分布と比較すると、船首側の比率が19%に対して30%と1割ほど高くなっている一方、船尾側の割合は33%に対して24%と1割ほど低くなっていることが伺える。つまり、上部工への船舶の衝突については着岸時に6割程度発生している点では上部工への衝突は係留施設全体への衝突と比較して大きな変化はないが、衝突箇所については船尾側の割合が相対的に少なくなる一方、船首側が3割程度にまで大きくなる傾向にある。

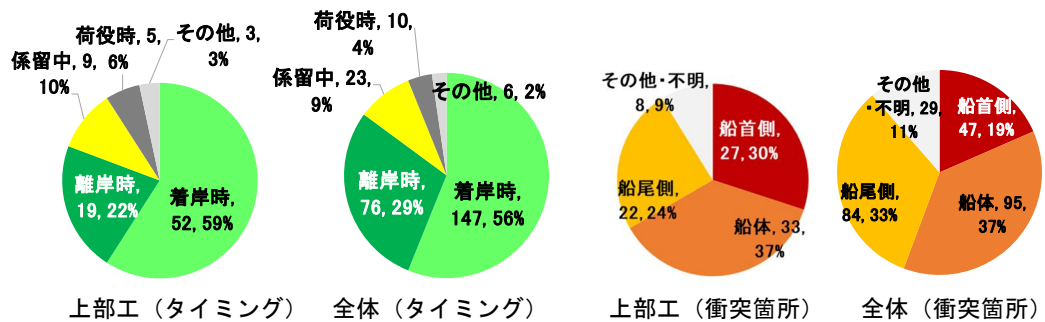


図-5.3 上部工損傷事案における船舶の状態（タイミング）及び衝突箇所

(3) 防舷材の損傷

防舷材が単独で損傷した事案については表-5.1で示したとおり、船舶起因のものが100件（船舶起因全体の33%）、船舶起因以外のものが7件（船舶起因以外全体の12%）で発生しており、損傷件数では車止、上部工に次いで多い。また、防舷材とその台座が併せて損傷しているものも表-5.1に併せて示したとおり、船舶起因のものが16件存在する。

また、防舷材の種類が多数確認されたため、表-5.4において防舷材を便宜的に分類し、種別ごとの損傷事案数及び防舷材損傷事案に占める割合について整理した。損傷した防舷材の形式については、横型が防舷材損傷全体の53%と半数以上で確認され、次いで、受衝板付1本脚型が22%、縦型が19%、受衝板付左右2線支持型が12%で確認された。また、受衝板付左右二本脚型、受衝板付上下二本脚型もそれぞれ7%、6%で確認されている。

表-5.4 防舷材の分類及び損傷件数

防舷材形式		横型	横型 2本設置	縦型	受衝板付 1本脚	一体型 上下2線 支持	一体型 左右2線 支持	一体型 W4本 支持	一体型W(変則)4本支持 (中央のV支持材が縦型)	受衝板 付左右2 本脚	受衝板 付上下2 本脚	受衝板付 4本脚 (2×2)	その他
構造	正面												
	上面												
	側面												
該当損傷事案数		57	5	20	23	1	13	2	2	7	6	1	2
防舷材損傷事案に占める割合		53.3%	4.7%	18.7%	21.5%	0.9%	12.1%	1.9%	1.9%	6.5%	5.6%	0.9%	1.9%

※1毀損事故で複数種の防舷材が損傷するケースもあるため、合計値は防舷材損傷事案数107とは一致しない
 ※横型、横型2本設置、縦型については単一衝撃吸収素材で形成されているものが多い

つづいて、防舷材損傷の事例を示した写真を写真-5.8に示す。損傷の形態としては、部分的に欠損が発生する事例、台座ごと脱落する事例、支持部材にクラックが発生する事例等様々であり、破壊時の応力については圧縮力だけではなく剪断応力も作用していると推察される事案も散見された。



写真-5.8 防舷材損傷の事例

一方、船舶起因以外の防舷材の損傷については、表-5.2に示されるとおり、7件全てが劣化が原因として損傷が確認された案件であった。

さらに、船舶による防舷材への衝突事案について、タイミングと衝突箇所を分析を行う。なお、本項冒頭で触れた防舷材と台座が併せて損傷したケースについては、防舷材と台座のそれぞれの損傷程度にばらつきがあり、ほぼ台座の損傷とみなせるもの等も存在するため、ここでの検討では防舷材が単独で損傷したのみを対象としている。衝突の船舶による損傷のタイミングの判明している77件及び船舶側の衝突箇所の明らかになっている78件についてその具体的内容を図-5.4に示す。船舶の状態が判明しているもののうち、その約6割（44件）が着岸時に発生しており、これは設備全体の割合とほぼ同じである。また、船舶衝突箇所については判明しているもののうち、船首の占める割合が設備全体での割合19%と比較すると防舷材では13%と低く、逆に船尾の占める割合が33%に対して36%であり、若干高くなっているものの、それぞれ差は数%程度であり、著しい差があるとまでは言えない。防舷材の衝突箇所については船首側の割合が若干小さくなる傾向があるものの、概して設備全体の衝突箇所の傾向と同様であるといえる。

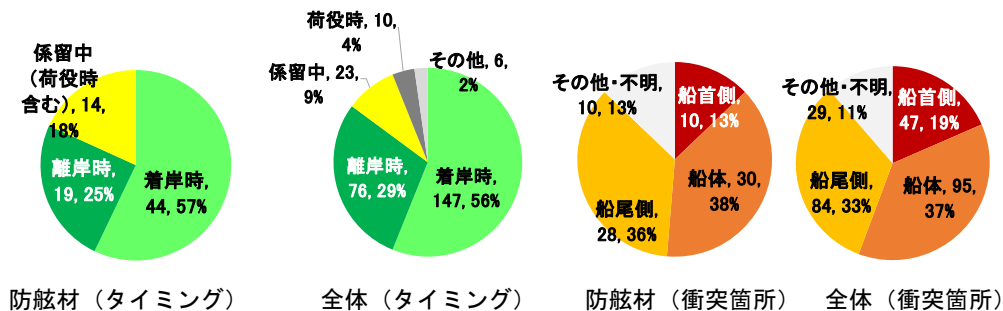


図-5.4 防舷材損傷事案における船舶の状態（タイミング）及び衝突箇所

(4) 係船柱の損傷

係船柱の損傷については表-5.1で示したとおり、船舶起因のものが12件（船舶起因全体の4%）、船舶起因以外のものが2件（工事中1件、劣化1件の計2件、船舶起因以外全体の3%）で発生している。また、損傷した12件のうち、少なくとも6件では係船柱の新規入れ替えを行っており、塗装のみの対応は2件にとどまっている。なお、係船柱の新規入れ替えを行ったうちの1件は、起重機船が係船索を係船柱に繋げたまま（本来係船索を外すべきところ）の状態でケーソンのつり出しを行う工事を進めてしまったため、係船柱の基礎ごと引き抜かれてしまった事案である。参考としてこの工事中の係船柱引抜き事案と船体衝突による係船柱損傷の事例の写真を写真-5.9に示す（本件は通常の船舶の離着岸時等の事案とは異なる特殊事案であり船舶起因として計上していない）。



起重機船による係船柱の引抜き事例

船舶衝突による係船柱の損傷事例

写真-5.9 係船柱損傷の事例

つづいて、船舶による係船柱への衝突事案について、タイミングと衝突箇所の分析を行う。船舶による損傷のタイミング及び船舶側の衝突箇所の明らかになっている12件について、設備全体を対象とした比較を図-5.5に示す。船体起因による係船柱損傷12件のうち、8件は着岸時に発生しておりその比率は67%である。全体での着岸時の発生割合56%と比較すると、係船柱の場合1割程度高くなっている。また、係船柱への船舶衝突箇所については船尾側が半数（6件）を占めており、船首側は1件のみ（8%）である。係船柱については、船尾側の衝突の割合が半数を占めていることがわかる。

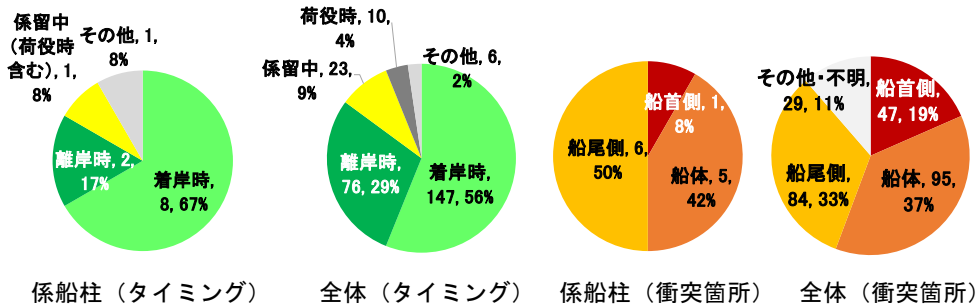


図-5.5 係船柱損傷事案における船舶の状態（タイミング）及び衝突箇所

(5) 車止の損傷

車止の損傷の事例を写真-5.10に示す。古い車止では金属製の型枠にコンクリートを流し込む形式のもの等が確認される



金属枠コンクリート製

船舶衝突により傾いた事例

写真-5.10 車止損傷の事例

が、最近では金属枠や樹脂製のものが多くなっている。車止については、対象とした設備の中では最も損傷のケースが多く、船体起因案件が138件（船舶起因案件の45%）、それ以外のものが13件（船舶起因案件以外の22%）となっている。

つづいて、船舶の車止への衝突事案について、タイミングや衝突箇所に関する分析を行う。船舶による損傷のタイミングの判明している126件及び船舶側の衝突箇所の明らかになっている117件について、全体のデータと比較したものを図-5.6に示す。船体起因による車止損傷事案で船舶衝突のタイミングが判明しているもののうち、着岸時は57件（45%）で離岸時の51件（40%）と大きな差がないことがわかる。また、船体起因による車止損傷事案で船舶衝突箇所が判明しているもののうち船尾側の占める割合は51件（44%）と最も大きい。車止の船舶による損傷の特徴として着岸時と同程度離岸時にも発生しており、また、衝突箇所としては船尾側の割合が最も多く半数近くを占めることが挙げられる。

船舶起因以外の車止の損傷については、5.2でも触れたが、表-5.2で示されるとおり台風等による5件に加え、貨物の落下等による4件も存在する。また、車両、クレーン等他の理由によるものも存在し、上部工同様、多岐に渡る原因により車止の損傷が発生していることが確認される。

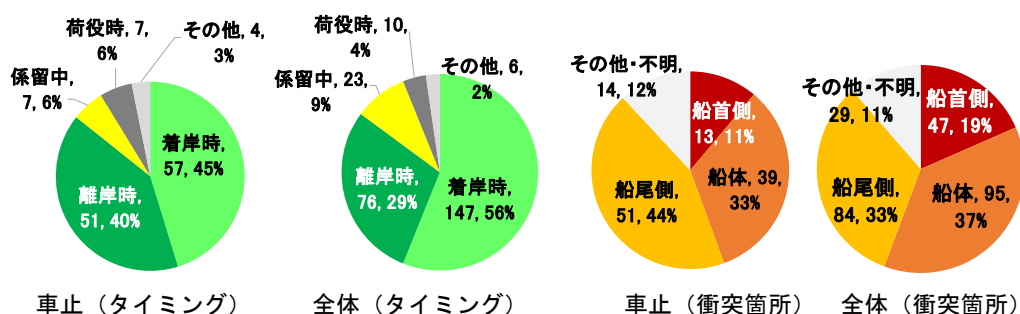


図-5.6 車止損傷事案における船舶の状態（タイミング）及び衝突箇所

(6) コーナー材の損傷

コーナー材は国有施設報告書では縁金物という名称で整理されていることが多かったが、作成時期が比較的新しいものでは樹脂製等のものが多くなっていることや、設備の目的が上部工角部の衝撃を和らげ、コンクリート等の部材に欠損等が発生するのを防止することであるため、コーナー材という表現を用いることとする。コーナー材の損傷の事例を写真-5.11に示す。損傷の特徴としては、連続部材であることから、一部がめくれ上がるような損傷事例が多く確認されたが、一旦、めくり上りが発生した個所に係船索等が引っ掛かるなどし、被害規模が拡大するような事例も確認された。



写真-5.11 コーナー材損傷の事例

つづいて、船舶によるコーナー材への衝突事案について、タイミング及び衝突箇所に関する分析を行う。タイミングの判明している81件及び船舶側の衝突箇所の明らかになっている76件について、全体との比較を行う形で図-5.7に示す。

船体によるコーナー材損傷事案で船舶衝突のタイミングが判明しているもの（81件）のうち、着岸時は35件（43%）で離

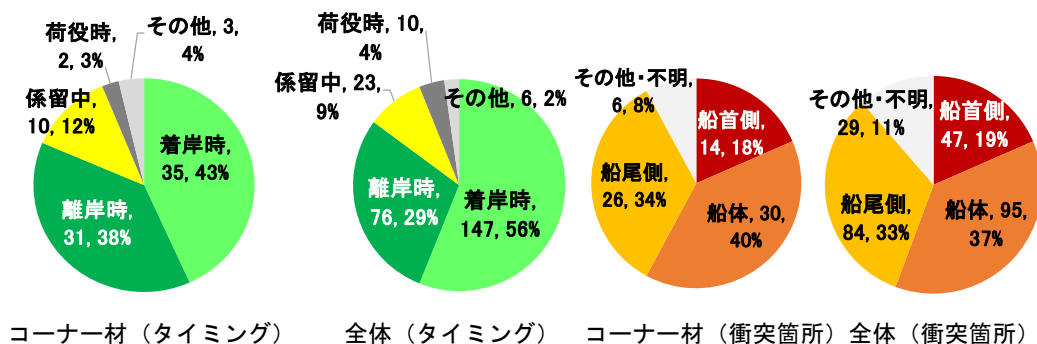


図-5.7 コーナー材損傷事案における船舶の状態（タイミング）及び衝突箇所

岸時の31件（38%）と大差はない。また、コーナー材への船舶衝突箇所については、右側の全体の衝突箇所を示したグラフとの対比において、特に顕著な差は見られない。つまり、コーナー材の衝突のタイミングとして、前述した車止と同様に、離岸時においても着岸時と同程度の割合で発生することが特徴であることがわかる。

5.4 各設備損傷と船舶の状況、船体衝突箇所の関係

(1) 各設備損傷と船舶の状況の関係

5.3においては、係留施設本体及び各設備ごとに船舶による損傷のタイミング、船舶側の衝突箇所について、個別に分析を行った。当節では各設備ごとの損傷のタイミング及び船舶側の衝突箇所について、横断的な分析を行う。はじめに、船舶衝突のタイミングについて横断的分析を行う。各設備ごとの船舶衝突のタイミング（船体の状況）について、円グラフで図-5.8に示すとともに基となるデータについて表-5.5に示す。

まず、全体でみると着岸時が6割弱、離岸時が約3割、係留中は9%、また荷役中のものも4%存在する。

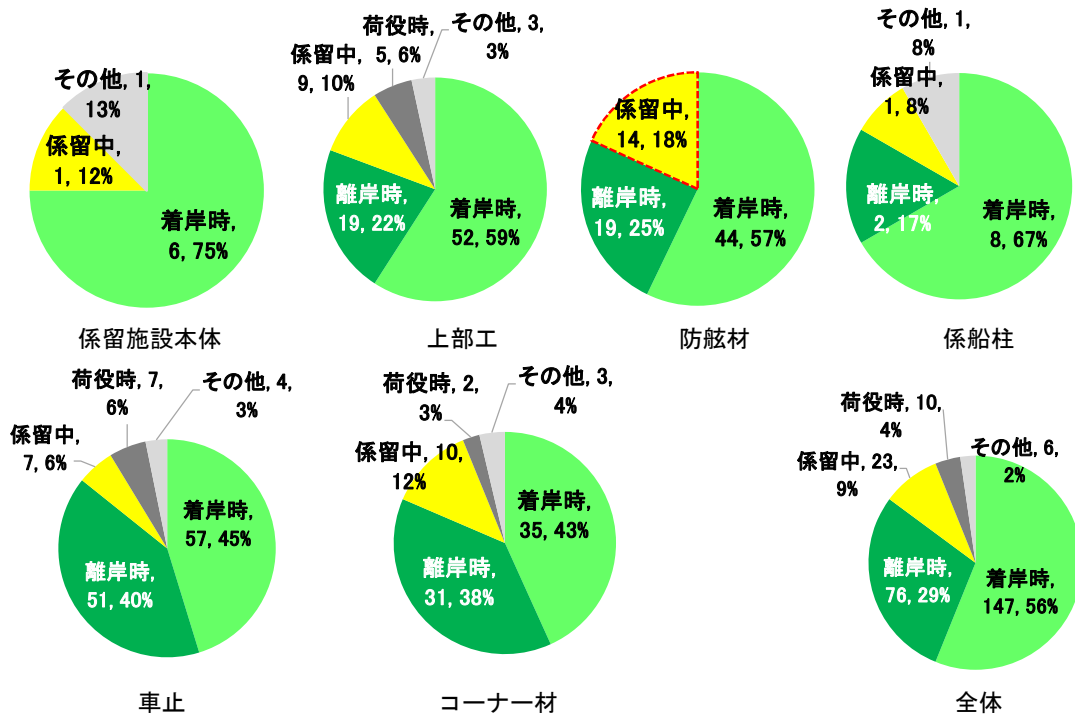


図-5.8 各設備ごとの船舶による損傷発生タイミング（船体の状況）

衝突のタイミングについては、係留施設本体、上部工、防舷材、係船柱でいずれの設備でも着岸時が6割程度以上であり、特に本体では75%、係船柱では67%と特に高いことがわかる。一方、車止やコーナー材では離岸時の発生割合も4割程度確認され、概ね着岸時と同程度の比率を示している。また、係留中の割合に着目すると、多くの設備では概ね数パーセントから1割程度であるのに対し、最も比率が大きい防舷材では2割程度を示しているのが特徴として挙げられる。

表-5.5 各設備ごとの船舶による損傷発生タイミング（船体の状況）

各設備損傷の タイミング (船舶由来) ※タイミング不明 ものは除く		係留 中	荷役 時	着岸 時	離岸 時	航行 中	(操 船支 援等) その他	合計 (件)
岸壁 本体	件	1	0	6	0	1	0	8
	%	12.5%	0.0%	75.0%	0.0%	12.5%	0%	
上部工	件	9	5	52	19	2	1	88
	%	10.2%	5.7%	59.1%	21.6%	2.3%	1%	
防舷材	件	14	0	44	19	0	0	77
	%	18.2%	0.0%	57.1%	24.7%	0.0%	0%	
係船柱	件	1	0	8	2	1	0	12
	%	8.3%	0.0%	66.7%	16.7%	8.3%	0%	
車止	件	7	7	57	51	3	1	126
	%	5.6%	5.6%	45.2%	40.5%	2.4%	1%	
コーナー材 (縁金物)	件	10	2	35	31	2	1	81
	%	12.3%	2.5%	43.2%	38.3%	2.5%	1%	
合計	件	23	10	147	76	4	2	262
	%	8.8%	3.8%	56.1%	29.0%	1.5%	1%	

※同時に複数の設備が損傷しているケースがあるため、最下欄の合計の数値は各欄の合計に一致しない場合がある

(2) 各設備損傷と船舶衝突箇所の関係

本節では各設備ごとの船舶側の衝突箇所について、横断的な分析を行う。各設備ごとの船舶衝突箇所について図-5.9に円グラフで示すとともに、基となるデータについて表-5.6に示す。

まず、設備全体では船体、船尾側が概ね1/3程度ずつを占め、船首側が約2割であり、船首側の衝突は船体や船尾側の割合と比較して小さい結果となった。また、船首側の衝突割合が最も高かったのは係留施設本体で、1件を除きすべて船首側からの衝突であった。次いで船首側の衝突割合が比較的高かったのは上部工で30%を占めている。つづいて、船尾側の衝突比率が高かったのは係船柱（50%）と車止（44%）であった。また、残りの防舷材やコーナー材については、船尾側の衝突は1/3程度であった。

まとめると、各設備の船舶衝突の船舶の衝突箇所について、係留施設本体では、ほとんどが船首側の衝突であり、係船柱や車止においては、船尾側の衝突が約半数を占めることが特徴といえる。

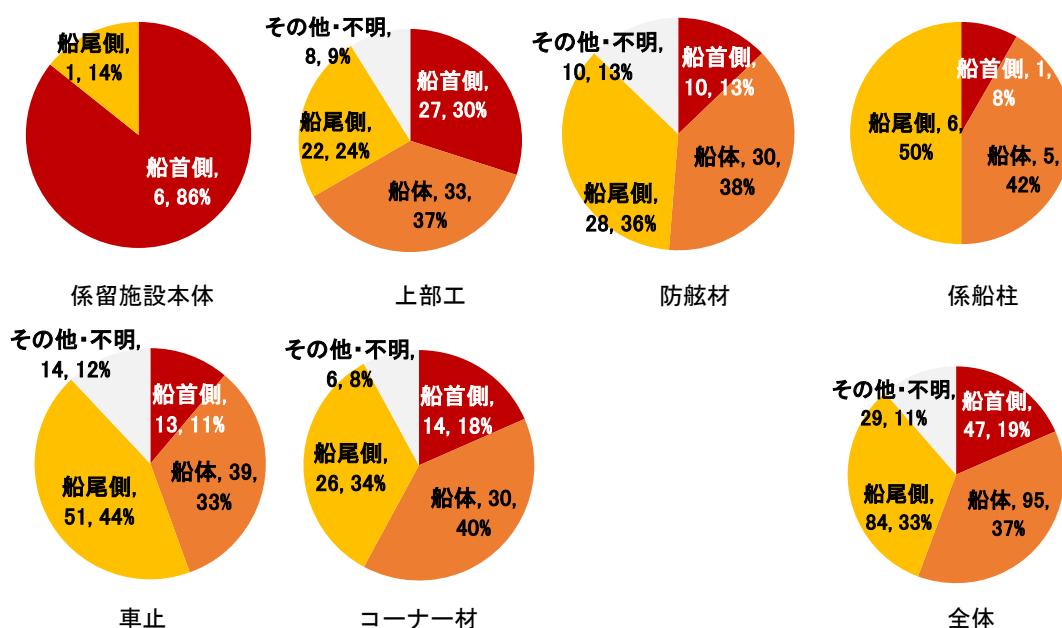


図-5.9 各設備ごとの船舶衝突箇所

表-5.6 各設備ごとの船舶衝突箇所

各設備損傷時の船体衝突箇所		船首側	船体	船尾側	その他・不明	計
		件	件	件	件	
岸壁本体	件	6	0	1	0	7
	%	85.7%	0.0%	14.3%	0.0%	
上部工	件	27	33	22	8	90
	%	30.0%	36.7%	24.4%	8.9%	
防舷材	件	10	30	28	10	78
	%	12.8%	38.5%	35.9%	12.8%	
係船柱	件	1	5	6	0	12
	%	8.3%	41.7%	50.0%	0.0%	
車止	件	13	39	51	14	117
	%	11.1%	33.3%	43.6%	12.0%	
コーナー材 (縁金物)	件	14	30	26	6	76
	%	18.4%	39.5%	34.2%	7.9%	
全体	件	47	95	84	29	255
	%	18.4%	37.3%	32.9%	11.4%	

※同時に複数の設備が損傷しているケースがあるため、最下欄の合計の数値は各欄の合計に一致しない場合がある

(3) 各設備損傷と船舶の状況、船体衝突箇所の関係

本項では5.4 (1) 及び5.4 (2) で行った各設備別の船舶による損傷発生のタイミング及び船体衝突箇所について総合的な分析を行う。表-5.7は5.4 (1) において各設備ごとの船舶による損傷発生のタイミング（船体の状況）を示した表-5.5について、着岸時及び離岸時における船体衝突箇所データを加えて示したものである。係留施設本体については着岸時に船首側が衝突しているケースが全体の62.5%を占めていることがわかる。上部工については全体の6割（59.1%）を占める着岸時において、その約半数（28.4%）が船首側からの衝突で最も多く、この着岸時の船首側からの衝突が全体の約3割を占めている。防舷材についても着岸時の衝突が全体の約6割（57.1%）を占める点では上部工と類似する傾向であるが、その際の船体衝突箇所は船首側が最多であった上部工とは異なり、防舷材の場合には船体や船尾側の比率が相対的に高く、着岸時の船体衝突が全体の1/4（24.7%）、着岸時の船尾側衝突が全体の約2割（20.8%）を占めることが確認される。係船柱については着岸時の衝突が全体の66.7%を占め、そのうち船尾側（33.3%）及び船体（25.0%）が衝突する割合が多く、防舷材と係船柱は着岸時において船尾側及び船体の衝突比率が高い点で同じ傾向を示している。一方、車止やコーナー材については、離岸時と着岸時の割合に大きな差はなく、着岸時、離岸時ともに船体衝突箇所は特定の箇所に集中していないものの、いずれも離岸時の船尾側の衝突が全体の中では発生割合が最も高く、車止では全体の23%、コーナー材では全体の20%を占めている。

以上を集約すると、以下の3つの傾向が示される。

- ・係留施設本体への衝突は着岸時の船首側の衝突に集中する。
- ・上部工、防舷材、係船柱へ衝突は6割前後が着岸時に発生するが上部工は船首側、防舷材や係船柱は船尾側や船体部の衝突が衝突箇所の割合として卓越する。
- ・車止やコーナー材への衝突は着岸時と同じく離岸時においても4割程度発生し、中でも離岸時の船尾側の接触の割合が最も高く、全体の2割以上を占めた。

表-5.7 各設備ごとの船舶による損傷発生のタイミング（着岸時・離岸時詳細版）

各設備損傷の タイミング (船舶由来) ※タイミング不明の ものは除く	係留中	荷役時	着岸時	着岸時					離岸時	離岸時					航行中	(他船支障等) その他	合計(件)
				船首側	船体	船尾側	(不明含む) その他	船首側		船体	船尾側	(不明含む) その他					
岸壁 本体	件	1	0	6	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	8
	%	12.5%	0.0%	75.0%	62.5%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	0%		
上部工	件	9	5	52	25	14	12	1	19	1	8	10	0	2	1	88	
	%	10.2%	5.7%	59.1%	28.4%	15.9%	13.6%	1.1%	21.6%	1.1%	9.1%	11.4%	0.0%	2.3%	1%		
防舷材	件	14	0	44	9	19	16	0	19	1	6	10	2	0	0	77	
	%	18.2%	0.0%	57.1%	11.7%	24.7%	20.8%	0.0%	24.7%	1.3%	7.8%	13.0%	2.6%	0.0%	0%		
係船柱	件	1	0	8	1	3	4	0	2	0	0	2	0	1	0	12	
	%	8.3%	0.0%	66.7%	8.3%	25.0%	33.3%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%	8.3%	0%		
車止	件	7	7	57	13	17	22	5	51	1	19	29	2	3	1	126	
	%	5.6%	5.6%	45.2%	10.3%	13.5%	17.5%	4.0%	40.5%	0.8%	15.1%	23.0%	1.6%	2.4%	1%		
コーナー材 (縁金物)	件	10	2	35	14	10	11	0	31	0	14	16	1	2	1	81	
	%	12.3%	2.5%	43.2%	17.3%	12.3%	13.6%	0.0%	38.3%	0.0%	17.3%	19.8%	1.2%	2.5%	1%		
合計	件	23	10	147	41	47	47	12	76	4	30	37	5	4	2	262	
	%	8.8%	3.8%	56.1%	15.6%	17.9%	17.9%	4.6%	29.0%	1.5%	11.5%	14.1%	1.9%	1.5%	0.8%		

※同時に複数の設備が損傷しているケースがあるため、最下欄の合計の数値は各欄の合計に一致しない場合がある

5.5 特定要因による係留施設損傷

(1) 係船索や舳による損傷

今回対象とした国有係留施設の損傷事案360件において、係船索や舳（もやい）が原因として関連しているものが11件（損傷施設数は12）確認された。それら事案の具体的損傷設備や原因として係船索、舳のどちらが関連していたのかについて、表-5.8に示す。ここで、舳とは船舶が係留施設に着岸する際、係留の前段階としてあらかじめ船舶側から係留施設側に発射

表-5.8 係船索や舳を原因とする損傷事案一覧

毀損の対象	車止	防舷材	係船柱	縁金物
係船索	2 1件離岸時 1件工事中	2 いずれも離岸時	1 工事中	1 離岸時
舳（もやい）	6 全て着岸時	0	0	0

※ 係船索による縁金物の毀損事案(1件)は、当初より剥離によりむき出し(0.5m)となった縁金物の凸部に係船索が引っ掛かり、さらに3.1m縁金物が剥離したものの

器等により送り込む先端に錘のついた索のことを指す。参考として写真-5.12に船舶着岸時の舳銃（舳銃射装置）発射の様子を示す。船舶の着岸，係留を行う過程において，舳索にある程度の張力がかかった状態で係船柱から船体への舳索の角度や張力が変化しながら（場合によっては緩んで垂れ下がる状況も想定される）係留に至るといった特徴が挙げられるが，その角度の変化量や張力，弛み具合などは風向・風速や船舶の状況等などによって様々に変化することとなる。舳による設備の損傷は6件発生しているが，それら全てが着岸時における車止の損傷であった。船舶着岸時に舳索の係船柱からの角度が変化するか，緩んだ状態から緊張状態に移行する際に車止に引っかけて損傷させたものと推察される。また，防舷材の係船索による損傷は2件発生しており，いずれも離岸時に係船索が防舷材の受衝板に引っ掛かり，受衝板の落下や受衝板パットの落下に至ったものであった。



※北陸地方整備局 新潟港湾・空港整備事務所提供

写真-5.12 舳銃発射の様子

(2) 船舶ランプ部による損傷

今回対象とした国有係留施設の損傷事案 360 件において，ランプ部が係留施設側と接触した事案が 8 件存在した。ここでは，ランプ部による設備損傷の実態について整理する。表-5.9 に船種，事故発生時のランプ部の状況，施設側の損傷箇所をまとめる。船種別では，PCC（自動車専用船）が 4 件と半数を占め，フェリーと RORO 船が 2 件ずつであった。事故発生時のランプ部の状態については，ランプ展開時（係留施設側に下げている際）が 4 件と半数を占め，荷役中（ランプ使用時），格納状態にある際に船体の一部として施設に接触させたものがそれぞれ 2 件ずつ確認された。また，施設側の損傷箇所については全 8 件のうち上部工が 5 件で発生，車止及びコーナー材は 4 件ずつで損傷が発生していた。一度に複数設備が損傷した事案としては，車止，上部工，コーナー材のすべてが損傷したケースが 1 件，上部工とコーナー材が併せて損傷したケースは 3 件の計 4 件であった。

表-5.9 船舶ランプ部による損傷事案一覧

船種	ランプ部の状態	施設側の損傷箇所		
		車止	上部工	コーナー材
RORO船	格納状態	○		
PCC	展開時（下ろし中）	○		
PCC	展開時（下ろし中）	○		
PCC	荷役中		○	
PCC	格納状態		○	○
フェリー	展開時（下ろし中）		○	○
フェリー	展開時（下ろし中）		○	○
RORO船	荷役中	○	○	○

6. 復旧の実態

6.1 はじめに

本章では，復旧の実態について整理し分析を行う。国有係留施設を対象とした本資料の前報との最も大きな違いは，前報が事故に至るまでの経緯としての操船や風向・風速等の自然条件等の情報を基にした分析を行っていたのに対し，本資料では，施設損傷後の復旧に関する情報も対象とした分析を行う点にある。6.2～6.4においては，復旧期間や復旧コストについて各設備ごとの特徴も含めた整理・分析を行うとともに，6.5においては損傷の特徴や損傷時の条件に応じて復旧コストがどのように変わってくるのか，条件等の有無による復旧コストの比較を試みた。そして，本章最後に防舷材損傷時における早期機能回復に向けて，港湾管理者等が行っている具体的な取り組み事例を紹介する。

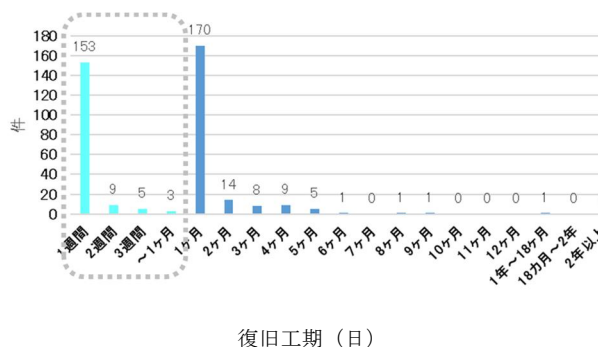
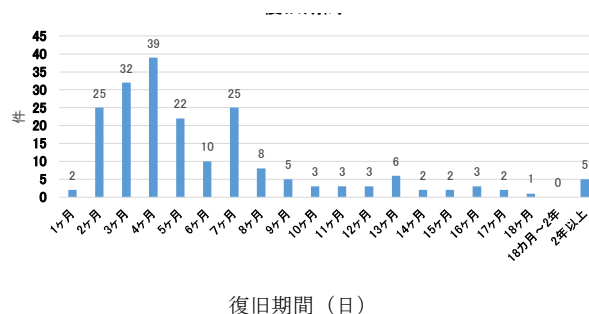


図-6.1 事故発生からの復旧期間及び復旧工期

6.2 復旧期間及び復旧工期

本節では，事故発生から復旧工事が完了し機能が回復するまでの復旧期間及び復旧工事期間（実際に工事着手してから工事が完了するまでの期間，以下復旧工期とする）について図-6.1に整理した結果を示す。基本的に期間は1ヶ月単位で区切

っているが（復旧期間は18ヶ月まで、工期は12ヶ月まで）、工期については初めの1ヶ月については週単位で整理している。なお、工期については、明確に期間が記載されていないものも存在したが、擦過傷のモルタル等による修復や車止やコーナ材（縁金物）等の既製品の交換については、他の事例等を参考としたところ、ほとんどのケースで工期が1週間以内に収まっていたため（さらにその多くが1日以内）、こうしたケースで工期が記載されていないものについても「みなし1週間」としてデータを整理している。ちなみに、みなし1週間の案件は57件存在する。

復旧期間については平均値は193日となっており、1ヶ月以内で復旧しているものの割合は3%と僅かであるが、3ヶ月以内では32%、6ヶ月以内では67%、9ヶ月以内では85%、1年以内では90%が復旧する。一方、工期については全体の平均値は20.3日と1ヶ月弱であるが、工期が1週間以内ものも約7割（73%）を占め、工期が1ヶ月以内のものは81%、3ヶ月以内のものは91%で6ヶ月以内のものだと98%が該当する。

6.3 設備別の復旧工期及び平均損傷基数

損傷設備別の復旧コストと復旧工期を示したものを表-6.1に示す。復旧工期については、上部工、防舷材、車止、コーナ材について、それぞれが単独で損傷したケースを抽出して復旧工期の平均値を算出した。復旧工期の全体平均値は前節で述べた通り約20日であるが、表-6.1に示す通り、車止では11.6日、コーナ材では12.8日と相対的に短い平均復旧工期となっている。一方、上部工や防舷材ではそれぞれ36.9日及び28.4日と全体の平均復旧工期を上回る結果が示された。また、フェリー用防舷材については、損傷時にダメージが防舷材を介して上部に突出したコンクリート製の受け台にまで及ぶケースが多かったためか、平均復旧工期は52.8日と長期間であった。また、表-6.1においては、各設備の1事案当たりの平均損傷基数についてもまとめている。車止では1.79、防舷材では1.31という数字が示されるが、車止は比較的短スパンのものも存在するため、一回の船舶接触で複数基が同時に損傷することは珍しくなく、また、防舷材の場合は通常離着岸時の損傷においては1基のみが損傷することが多く、係留中のうねり発生時以外のケースでの平均損傷基数は1.16と1に近い。一方、係留中にうねりが発生する状況下では複数の防舷材が同時に損傷するケースが多く平均損傷基数も2.70と高くなる。防舷材で損傷基数が判明している99件のうち、係留中にうねりの発生する事案は10件と少ないが、防舷材全体での平均損傷基数を押し上げているといえる。

6.4 設備別の復旧コスト

損傷設備別復旧コストについて、表-6.1に併せて示している。今回、対象とした国有施設報告書において、復旧コストの額が記載されていたものは165ケースであり、その復旧コストの平均値は365万円であった。なお、復旧コストについては基本的に消費税込みの額であるが、報告書において約を付したうえで概数で表記しているものも存在し、そうしたケースでは

表-6.1 設備別復旧コスト一覧（復旧工期、平均損傷基数含む）

損傷・復旧の対象	対象 ケース 数	うち、対象 箇所のみ が単独で 損傷	うち、修 復金額が 記載され た件数	復旧コスト(万円)			工期(日)	1件当たりの 平均損傷基数	
				平均	最大	最小			
岸壁本体	重力式	7	0	3	1,877	5,000	130	-	-
	矢板式	5	0	4	496	800	35	-	-
	棧橋	1	0	0	-	-	-	-	-
	全体	0	0	0	1,088	5,000	35	-	-
岸壁上部工	123	38	9	245	1,236	14	34.4	-	
防舷材※※※	防舷材形式	107	70	26	727	2,500	23	19.4	1.31(全体)
			受衝板型以外	12	587	1,335	200	-	2.70(係留中うねり有)
			受衝板型	14	847	2,500	23	-	1.16(係留中うねり有以外)
防舷材台座	43	12	2	51	52	50	-	1.00	
防舷材+台座	16	9	7	655	1,700	53	-	-	
係船柱	14	2	2	213	360	67	2.0	1.00	
車止	147	69	34	52	112	3	11.6	1.79	
コーナー材(縁金物)	88	7	6	68	107	26	12.8	-	
SOLASフェンス	5	5	4	1,036	3,000	12	-	-	
フェリー用防舷材※※※ 上部工上に防舷材及びその台座が設置されているケースについては、金額、工期共に防舷材・台座以外の部分の復旧金額、復旧期間を含むケースも対象	6	3	6	1,362	2,871	53	52.8	1.00	

※復旧コストの全体平均値は365万円

※※復旧工事期間(工期)の全体平均値は20.3日

※※※岸壁本体、防舷材、フェリー用防舷材の復旧コストについては、他設備の復旧コストとの合計値を示しているものも一部存在する

報告書に記載されている額をそのまま活用している。また、表-6.1に記載される各設備ごとの復旧コストについては、基本的には表の左欄に示される対象ごとにまとめているが、計算にあたっては表左欄単位での対象設備のみが単独で損傷を受けた事案を抽出し、コストを引用している。これは複数の対象が同時に損傷した場合においては、復旧コストは複数設備の復旧コストの合計値のみが報告書に記載されていることがほとんどで、複数の対象それぞれの復旧費用が不明であったためである。各設備ごとの個別の復旧費用に着目するため、複数の設備が同時に損傷したケースについては原則的に除外しており、その結果、表-6.1で対象となった復旧コストのデータ数は103データとなっている。ただし、表中の注釈にあるように、係留施設本体の損傷を含む事案やフェリー用防舷材を含む事案については、複数設備が損傷を受けている場合でもその他の設備の復旧コストが相対的に小さくなるケースが多かったことから、例外的に他設備の復旧費用も含めたコスト合計値を対象復旧コストとして利用している。

設備別の復旧コストについて、まず、表-6.1に記載された各設備ごとの復旧額の平均値について、全復旧費用の平均値365万円と比較すると、係留施設本体（1,088万円）や防舷材（727万円）の復旧コストは相対的に大きい値を示している。一方、車止（52万円）やコーナー材（68万円）の修復コストは低く抑えられる傾向にある。上部工の損傷については、その損傷の規模に応じてコストは幅広く分布（14万円～1,236万円）しているが、平均値は約245万円と係留施設本体や防舷材の復旧コストと比較すると、概して、低く抑えられる傾向にある。SOLASフェンス及びフェリー用防舷材については表-6.1においても一部記述があるが、詳細と併せて後述する。

6.5 復旧工期と復旧コストの関係

本節では、復旧工期に加え、復旧コストも含めた分析を行う。各設備ごとの復旧コスト及び復旧工期を整理したものを図-6.2に示す。この図では、横軸を復旧工期、縦軸を復旧コストとして整理しており、係留施設本体を含めた各設備ごとに、凡例の記号でプロットしている。なお、本図では復旧コストに加え、復旧工期も併せて揃っているデータのみがプロット可能となるため、データ数は6.4冒頭で説明したデータ数165と比較すると133と少なくなっている。

係留施設本体や上部工、防舷材の一部は復旧コストが1,000万円を超える事案については、復旧工期も100日を超えるものも多く存在することがわかる。一方、車止やコーナー材（緑金物）については比較的復旧工期が長くなるものも一部存在するが、復旧コストは低く抑えられているケースがほとんどである。

ここで、図-6.2で確認される特徴として、防舷材の修復を含む事案の復旧工期は20日程度以内で収まるものと、100日余りを要するものに二分されることが挙げられる。防舷材は規模の大きいものの場合、製品コスト自体が比較的高額で、復旧工期が20日程度までのエリアにも比較的高額な領域まで幅を持った形で防舷材のデータがプロットされているが（左側の点線囲い）、防舷材データの集中域が期間100日余りの箇所においても復旧コストが若干上がった帯域で再度縦方向（コスト）の幅を持って出現していることがわかる（右側の点線囲い）。この理由としては、メーカー側の在庫が無く、防舷材を製作するために要する日数等が影響しているものと推察される。

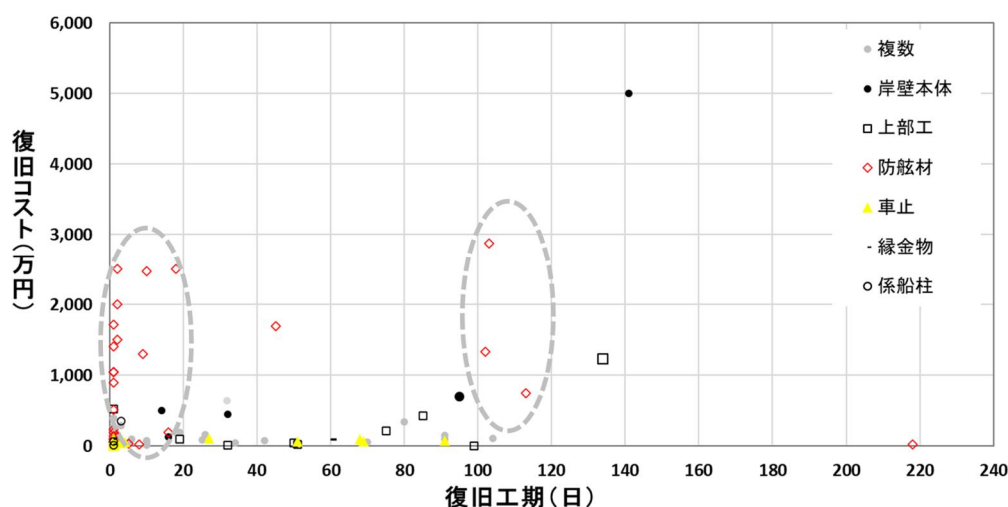


図-6.2 復旧工期と復旧コストの関係

6.6 特殊な設備の復旧コスト

(1) フェリー用防舷材の復旧コスト

フェリー用防舷材とは写真-6.1に示すような防舷材の接置面が高く、防舷材本体の支持台が防舷材とともに係留施設上面から上部に突出している形状のものである。これは、フェリーの特徴として重心が高く、防舷材による支持位置も一般的に高い位置に設定することが必要となるためである。6.4で用いた表-6.1の最下段において、フェリー防舷材の復旧工事期間と復旧コストについて示しているが、復旧工期については全体での平均値が20.3日であるのに対し、フェリー用防舷材の平均値は52.8日と長期間であった。これは3件の平均値であり、1件は部分的な受衝板のパットの取り換えで1日で終了していた。残りの2件においては復旧工期が121、113日と長く、いずれも防舷材のみならず台座部の修復も伴う大規模な復旧工事であった。復旧コストについても、フェリー用の防舷材での平均値は表-6.1に示されるように約1,400万円であり、これも全施設の平均値の365万円と比較すると大きい。6.5において図-6.2で示される防舷材の修復コストの最高額は約2,900万円とフェリー用防舷材の事案である。



写真-6.1 フェリー用防舷材の一例

(2) SOLASフェンスの復旧コスト

ここではSOLASフェンスの損傷及び復旧コストについて整理する。SOLASフェンスの損傷は5件で確認されており、その概要を表-6.2に示す。

5.2でも触れたが（表-5.2参照）SOLASフェンスの損傷については、いずれも船体起因以外の案件であり、台風によるものが3件で車両等衝突によるものが2件発生していた。台風によるものでは平均140m（50m～280m）のフェンス倒壊で比較的規模は大きい。一方車両等による損傷は支柱等一部の損傷にとどまる傾向がみられる。復旧コストにおいてもその差は現れており、車両による局所的な損傷の場合、復旧コストは約12万円の事例が確認されるが、台風による損傷事案3件の復旧コストは3,000万円のものを筆頭に、平均値も約1,380万円と高額であった。

表-6.2 SOLAS フェンスの損傷一覧

原因	損傷形態	損傷箇所 数値表記は長さ(m)		復旧金額
車両等衝突	よじれ	一部		-
	曲損	フェンス支柱下部		11.88万円
台風	倒壊等		90	1,000万円
			280	3,000万円
			50	131.1万円

6.7 損傷の状況や条件に応じた復旧コストの比較

(1) 船舶係留中のうねりを伴う状況で損傷した防舷材の復旧コスト

6.3で触れたように、防舷材の損傷事案のうち18%（14件）は係留中に発生しているが、その中の7割余り（10件）においては係留中にうねりを伴った事案であった。うねりを伴う係留中の事案について表-6.3にまとめる。

うねりの原因や船体の衝突箇所の情報から、台風襲来時や冬季擾乱発生時等において、係留中の船体が防舷材と接触していることがわかる。ここで、6.3の表-6.1にも示したが、防舷材の損傷事案全体における防舷材の平均損傷個数は1.31基であり、これからうねりの伴う係留中の事案を除いたデータの平均値では平均損傷基数は1.16とさらに小さく1に近い。一方、本表で取り上げたうねりの伴う係留中のケースにおける平均損傷基数は2.70と全体平均値の2倍以上の損傷基数が確認された。うねりが発生している状態で、うねりの長周期成分により船体全体が上下方向等に移動しやすくなり、その際、係船索以外に直接船体と接している防舷材に船体重量あるいは浮力による鉛直方向の応力が長期間繰り返作

表-6.3 うねりを伴う船舶係留中の事案一覧

地域名	うねりの原因	船体衝突箇所	毀損の内容	防舷材の形式
東北	台風	船体	滅失(1基)	縦型
	不明	船体	脱落(1基)	横型
	春季(4月)	船体	大規模損壊(1基) 損傷(1基)	横型 タイヤ型(代替型)
	冬季(2月)	船尾	3基損傷	受衝板付1本脚
関東	冬季(3月)	船体	ゴム部断裂脱落(1基)	受衝板付左右2本脚
北陸	台風	船体	防舷材(4基)の損傷 ・脱落 ・部分欠損 ・ゴム部部分欠損 ・下部ボルトはずれ	横型
	冬季(1月)波浪発生時	船体	2基落下 3基損傷	横型
中部	急な天候悪化	船体	防舷材1基破損 (ゴム部のクラック(3箇所))	一体型左右2線支持
九州	台風	船体後方	脱落(1基) 損傷(1基)	縦型
沖縄	台風	防舷材(船体)	損傷(4基)	横型
			損傷(2基)	縦型

※1事案での防舷材の平均破損個数は1.26であるが、「うねり」を原因とする事案では2.6と2倍以上の平均損傷個数

用することにより、防舷材が損傷に至るケースが発生しているものと推察される。

また、復旧コストについても防舷材全体復旧コストは727万円であるところ、船舶係留中のうねりを伴うケースでの復旧コスト平均値は1,202万と1.7倍であった。復旧コストについても船舶係留中のうねりを伴うケースにおいては増大する傾向にあることが確認された。

(2) 防舷材において部材の落下を伴うケースでの復旧コスト

防舷材のみが損傷したケースを対象として、防舷材の形式（受衝板の有無）及び損傷時の部材落下の有無による復旧コストの比較を行った。表-6.4に各分類ごとの件数及び平均修復コストを示す。

まず、受衝板の有無による比較を行う。受衝板型の14件の平均復旧コストは847万円であったが、非受衝板型の12件の平均復旧コストは587万円であった。受衝板型は非受衝板型と比較して修復コストは約1.4倍と相対的に高額であった。

つづいて防舷材の落下の有無による復旧コストの比較を行う。受衝板型で脱落・落下のあったケースで復旧コストが記載された報告書がなかったため、ここでは非受衝板型における防舷材本体の落下の有無による比較を行う。ただし、防舷材の本体が部分的に落下しているものは落下案件として対象とするが、固定用のボルト等のみの落下で本体の一部が落下していない場合には落下なしの扱いとして比較を行っている。非受衝板型において落下が確認されたケース6件の平均復旧コストは672万円、一方、非受衝板型において落下が確認されないケース6件での平均復旧コストは501万円であった。落下が伴うケースにおいては落下を伴わないケースの約1.3倍の復旧コストであった。

(3) 上部工において鉄筋の露出を伴うケースでの復旧コスト

上部工のみが損傷したケースを対象として、損傷時の鉄筋の露出の有無による復旧コストの比較を行った。上部工のみが損傷した9ケースの復旧コストの平均値は245万円であったが、鉄筋の露出を伴う損傷事案（1件のみ）においては、復旧額は528万円で全体平均の2.2倍と高額であった。

6.8 防舷材損傷時の早期機能回復に向けた取り組み事例

防舷材が損傷した際には、通常、損傷後に修復することとなるが、今回対象とした事案の中には、係留施設の機能低下を防ぐため、港湾管理者等が主体となり、事前、あるいは損傷発生直後に運用面で迅速な対応を図った事案があった。表-6.4に具体的対応事例を示す。大きく以下の3つの方式に大別される。

(1) ストックによる予備品の活用

まずは、ストックによる予備品の活用である。ストックの確保により迅速な機能回復が期待できる一方、事前の購入（準備）コストの他、蔵置場の確保にもコスト等がかかると想定される。

(2) 暫定的な簡易式防舷材の活用

次に暫定的な簡易式防舷材の活用である。本表においてはタイヤそのものを防舷材として代用する事例等が紹介されている。機能に限界があるとともに、既存の周辺防舷材と面（出張高さ）を合わせるなど、適用上の工夫等が必要となることが想定される。一方コスト的にはそもそも安価である可能性が高く、メリットも大きいと思われる。

表-6.4 防舷材の形式や損傷時の落下の有無による復旧コストの比較

復旧費用平均値 (金額:万円)	防舷材全体					
	受衝板型		非受衝板型			
	件	平均	件	平均	件	平均
防舷材全体	26	727	14	847	12	587
脱落・落下あり	6	672	0	-	6	672
脱落・落下なし	20	743	14	847	6	501

表-6.4 防舷材損傷時の早期機能回復事例

事例	概要	対策種別
1	コンテナ船のバルバスバウに押し上げられてゴム部に亀裂の入った受衝板式防舷材(一体型上下2線支持)を予めストックされていた同型の代替用防舷材に交換	ストック品の活用
2	予めストックされていた同型の代替用防舷材(縦型受衝板付)と交換	
3	損傷防舷材(受衝板付1本脚型)撤去後に、タイヤ式簡易防舷材を代用して機能維持を図った	暫定的な簡易式(タイヤ等)防舷材の活用
4	防衝板の代替となるタイヤを脱落した防舷材替わりとして台座(フェリー用台座;上部工場に設置)上部に設置し、岸壁を本復旧までの間も含め使用可能とした	
5	損傷した防舷材(一体型左右二線支持防舷材)は撤去し、あらかじめ仮置場にストックされていた受衝板付1本足防舷材を運搬・設置 撤去した防舷材は、修理後、比較的使用頻度の低い岸壁端部の空気式防舷材と交換し、撤去された空気式防舷材を別の箇所の仮置場で蔵置	使用頻度や重要度に応じた防舷材の配置換えによる対応
6	破損した防舷材(横型)は使用頻度が高く、また、防舷材の製作に時間を要することから、同施設の西端部にある使用頻度の低い防舷材を復旧箇所に移設し、新しい防舷材は西端部に設置	

(3) 防舷材の配置換えによる対応

もう一つの対応手法としては、使用頻度や重要度に応じた防舷材の配置換えによる対応である。具体的な配置替えのイメージ図を図-6.3に示す。船舶と実際に接触する頻度が低いなど、使用頻度の低い箇所の比較的健全な防舷材を接触頻度が高く、損傷に至った防舷材と暫定的に交換して対応する手法である。メリットとしては、必要な同型の防舷材を迅速に用意できる点があげられる。一方で移設可能な防舷材を基にした配置や手順の組み合わせ等、事前の計画的な検討が効果的な機能回復には不可欠であると思われる。

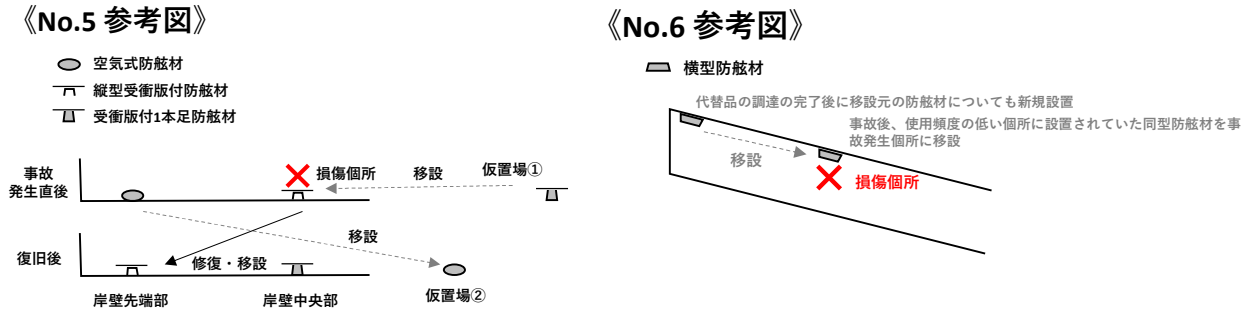


図-6.3 防舷材損傷時の早期機能回復事例

7. まとめ及び今後に向けて

7.1 まとめ

国総研資料 No.1134（前報）では、運輸安全委員会の事故調査報告書を基に、船舶の係留施設への衝突事故について、主として事故に至る経緯や操船状況等に着目した基礎的分析を行った。本資料では、国有港湾施設毀損事故報告書および復旧報告書を対象として、前報での基礎的分析の項目を部分的に踏襲するとともに、係留施設側の損傷内容や復旧工期および復旧工費に着目した基礎的分析を行った。

2017～2021年度に発生した国有係留施設の毀損事故を対象に分析を行った結果、係留施設本体および防舷材の損傷は、他の付帯設備と比較して復旧工費が高額となり、復旧工期も長期化しやすい傾向が確認された。特に防舷材については、在庫や予備品の有無、製作期間、施工条件等が復旧工期に大きく影響し、係留中のうねり等により複数基が同時に損傷するケースでは、港湾機能への影響が大きくなることが想定される。

また、事故発生時の船舶の状況（着岸時、離岸時、係留中等）や船舶側の衝突箇所と、損傷を受ける係留施設の設備種別との間に、以下の傾向（関係性）が確認された。

- ・離着岸時の船舶側の衝突箇所についてコンテナ船と貨物船の比較では、離岸時にはコンテナ船及び貨物船ともに船尾側の衝突割合が半数を超えるが、着岸時の貨物船は逆に船首側が衝突箇所の半数を超える。
- ・係留施設本体への衝突は着岸時の船首側に集中する。
- ・上部工、防舷材、係船柱への衝突は6割前後が着岸時に発生する。船体衝突箇所としては上部工では船首側、防舷材や係船柱では船尾側や船体の衝突が卓越する。
- ・車止や防舷材への衝突は着岸時と同じく離岸時においても4割程度発生し、中でも離岸時の船尾側の接触の割合が衝突箇所としては最も高く、全体の2割前後を占める。

7.2 今後に向けて

本資料で得られた知見により、係留施設の計画・設計・維持管理および事故復旧や抑止の視点から、船舶衝突の実態や復旧負担の大きさを考慮した対策の検討を行うための基礎資料として活用されることが期待される。

(2026年2月12日受付)

謝辞

本資料の作成にあたり，国有施設報告書の利用にご協力いただきました，国土交通省港湾局技術企画課技術監理室（現港湾局参事官室），各地方整備局，北海道開発局，沖縄総合事務局のご担当の皆様には，深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 運輸安全委員会：船舶部門事故調査報告書，<https://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/ship/index.php>
- 2) 日本船主責任相互保険組合：P&I ロスプリベンションガイド第31号（港湾設備損傷防止と港内操船 Part 1），第32号（港湾設備損傷防止と港内操船 Part 2），2014.
- 3) 松田茂，宮田正史：船舶の係留施設への衝突事故に関する基礎的分析，国総研資料No.1134，2020.
- 4) 辻澤伊吹，里村大樹，本多和彦，鮫島和範，菅原法城：大阪湾沿岸の港湾地域における台風1821号に伴う高潮等の調査報告，国総研資料No.1078，2019.
- 5) 岡元渉，竹信正寛，宮田正史，井山繁，菅原法城，川原洋，藤井一弘：係留施設における構造形式等の基礎的データに関する整理，国総研資料No.1019，2018.