

大型船舶の接岸速度に関する調査

青田 徹*・金正富雄**・藤木裕二***

* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員
 ** (一財) 沿岸技術研究センター 調査役
 *** 前 国土交通省 港湾局 技術企画課 技術監理室 係長

大型船舶の接岸速度について実測調査例が少ないため、約 200 の港湾にアンケート調査をして、実測データや関連資料を収集・整理した。その結果、接岸速度の頻度分布には、操船に対する国や地域による方針・考え方の相違が顕れることが分かった。接岸速度の頻度分布を適切にモデル化すれば、合理的な係留施設の設計が可能となるので、今後とも接岸速度のモデル化の検討を継続することが望まれる。

キーワード：大型船、船舶接岸速度、防舷材

1. はじめに

PIANC (国際航路協会) では、近年のコンテナ船、バルク貨物船等の急激な大型化の傾向を受けて、係留施設の防舷材の設計に関わる接岸速度の実態を把握し、接岸船舶及び係留施設の安全運航と施設の合理的設計法の確立に資するため、MarCom (海港委員会) WG145 の中で、Berthing Velocities and Fender Design (接岸速度と船舶接岸用防舷材の設計) についてのガイドラインの見直しの検討が行われている。今後、我が国の企業の国際競争力の強化につなげるため、船舶接岸速度と防舷材の性能を把握した上で、PIANC MarCom WG145 の枠組みを活用しながら、防舷材の設計にかかる国際標準について主導的に提案することを検討している。

本論文では、より合理的な防舷材の設計に資するため、接岸速度のアンケート調査並びにその情報を基に接岸速度のモデル化の検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 船舶接岸速度に関するデータの収集

2.1 調査対象

調査対象船舶を、表-1 に示す。船型は、あまりに大きな船舶に限定すると情報の収集が少ないと考え、船種毎に適当な大きさを設定した。

調査対象とする施設は、国内の公共及び専用バースで、

表-1 調査対象船舶

船種	船型	
	対象	アンケート回答中最大
大型コンテナ船	30,000 DWT級以上	141,334 DWT
大型バルク船	50,000 DWT級以上	330,000 DWT
原油タンカー	100,000 DWT級以上	500,000 DWT
LNG船(タンカー)	50,000 DWT級以上	147,000 DWT
クルーズ船	20,000 GT以上	150,000 GT

主に日本の港湾 (2010¹⁾) を基に、前述した対象船舶が接岸可能な設備を選定し、その管理者・保有者である機関・企業をアンケート調査先 (以下、調査先) とした。

2.2 調査結果

(1) アンケート調査 (第1段階)

193 の調査先に対して 156 箇所から回答があった。そのうち調査対象船舶が離接岸するのは 121 バース有るとの回答を得られた (図-1)。回答中の各対象船種の最大船型は、表-1 に示す通りである。

設計接岸速度は、合計 151 バースから提示された。船種別の回答数及びその速度の範囲を表-2 に示す。また、全船種の設計接岸速度と船種・船型との関係を図-2 に示す。設計接岸速度が 100mm/s 未満のバースがわずかにあるが、概ね 100~150mm/s であり、原油タンカーが接岸するバースでは、200mm/s のバースが数カ所ある。

接岸速度の計測は 68 バースが実施しており、その内 30 バースでデータの提供が可能であった。内訳を図-3 に示す。30 バースの接岸速度の計測手法は以下の通りである。

- ・ 常設の計測機器あり：23 バース
- ・ 移動用の計測機器を常備：2 バース
- ・ 必要時に移動用の計測機器使用：4 バース

回答があった 156 の調査先のうち 69 の調査先より接岸速度に関する情報を提供可能との回答があり、アンケート調査 (第2段階) の対象の調査先として選定した。

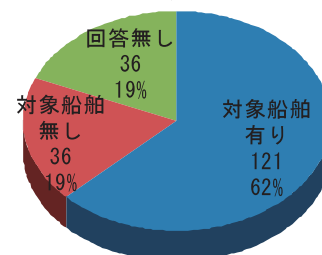


図-1 第1段階アンケート調査回答状況

表-2 設計接岸速度の船種別回答数及び範囲

船種	回答数	設計接岸速度の範囲
コンテナ船	37バース	100~150 mm/s
バルク船	54バース	50~150 mm/s
原油タンカー	33バース	50~200 mm/s
LNG船 (LPG船含む)	21バース	100~150 mm/s
クルーズ船	15バース	100~150 mm/s

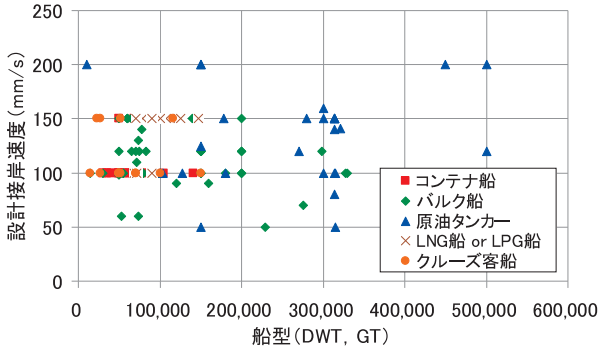


図-2 船種毎の設計接岸速度と船型の関係

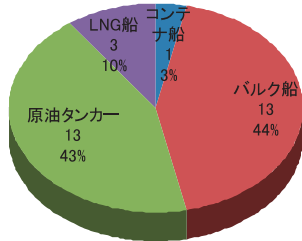


図-3 接岸速度計測データの提供可能な船種内訳

(2) アンケート調査 (第2段階)

接岸速度と接岸速度のモデル化に必要なデータ・図面等の資料について、69の調査先に提供を依頼した。

その結果、52の調査先から回答があり、15バース分の接岸速度の実測値を入手した。その中で、統計的な処理条件(データ数:30以上,計測ピッチ:1~2秒程度)を満足した2バースのデータを、頻度分布図・相関図の作成等の整理・分析の対象とした。

3. 接岸速度のモデル化の検討

3.1 接岸速度に関するデータの整理

港湾の施設の技術上の基準・同解説(2007)では、船舶接岸速度の特性値は、対象船舶の船型、載貨状態、係船施設の位置・構造、気象・海象状況、曳船の有無・大きさ等を考慮して、実測値又は既往の接岸速度の実測資料に基づいて定めることが望ましい²⁾とされている。接岸速度と船種・船型との間に関係があることは、一般によく知られており、接岸時の気象・海象条件、タグボートの使用、スラスターの有無によっても接岸速度は異なる。

そこで、精度が高くかつ合理的な接岸速度のモデル化を図るため、2.で得られた接岸速度と諸条件(船種・船型、波高・風速・風向、タグボートの使用、スラスターの有無等)の関係を相関図等の作成により整理し、接岸

速度のモデル化の検討に対して留意すべき事項として、接岸速度のバラツキに寄与する要因を抽出することとした。しかし、頻度分布図・相関図の作成の対象となるアンケート調査で得られた施設は2バースと少なかったため、既往の接岸速度データについても整理して、本調査により収集したデータと比較した(表-3)。

表-3 使用したデータ一覧

データ入手先	バース・港名	対象船種
アンケート調査による	Aバース(国内:民間専用岸壁)	バルク船
	Bバース(国内:民間専用岸壁)	LNGタンカー
既往の接岸速度データ	C港(国内:公共岸壁)	コンテナ船
	D港(国内:公共岸壁)	コンテナ船
	E港(海外)	コンテナ船
	F港(海外)	コンテナ船

各バース・港の接岸速度の頻度分布図を図-4~9に、全データを図-10に示す。本調査でデータを収集したA・Bバースは、限られた船舶が繰り返し入港しており、特にBバースは1種類であり、他のデータよりも接岸速度が小さく、操船に慣れている可能性が考えられる。同じ国内のC・D港も、海外のE・F港と比較して、小さい接岸速度にコントロールされていることが読み取れる。

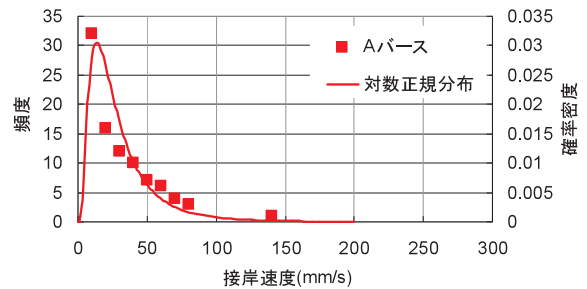


図-4 接岸速度の頻度分布 (Aバース)

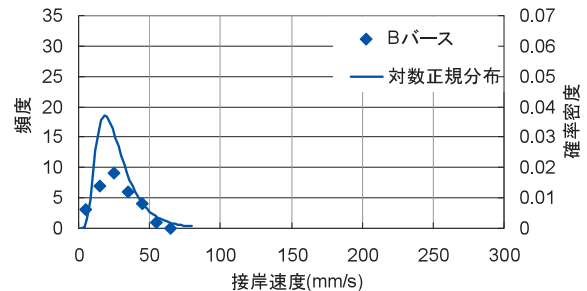


図-5 接岸速度の頻度分布 (Bバース)

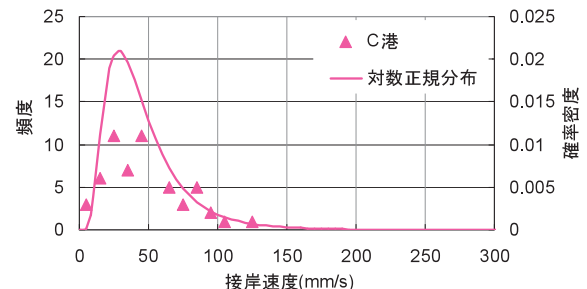


図-6 接岸速度の頻度分布 (C港)

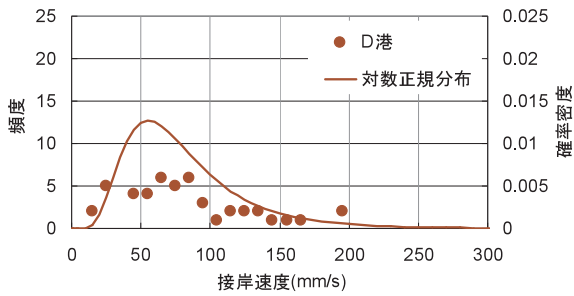


図-7 接岸速度の頻度分布 (D港)

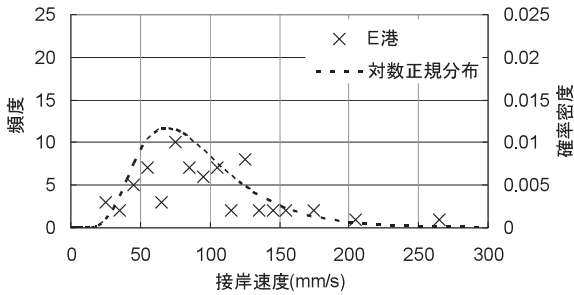


図-8 接岸速度の頻度分布 (E港)

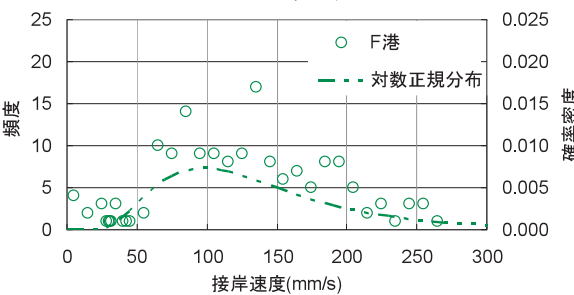


図-9 接岸速度の頻度分布 (F港)

また、接岸速度と船型 (DWT) , および計測時の環境の一例として風速と波高との相関例をそれぞれ図-11～13に示す。

図-11 を見ると、船型 (DWT) の違いによる接岸速度に大きな違いはない。Aバースは300,000DWTを越える大型船が接岸しているが、大型になるほど接岸速度は小さくなっており、慎重な操船がなされているものと思われる。C港についても同様な傾向が見られる。一方、海外のE港やF港は、船型が大型になるに従い接岸速度が大きくなり、慎重な操船が行われている傾向がみられず、特に、F港

は接岸速度の範囲が大きく、400mm/s を越える速度も測定されている。図-12 は、グラフ横軸の中央が風速 0m/s であり、それより右側が岸壁へ向かう風、左側が海側に向かう風を表している。風速の大きさの違い、および風向による接岸速度への影響は大きくないことが分かる。

また、図-13 は、Aバースのみであるが波高による接岸速度への影響は大きくないことが分かる。

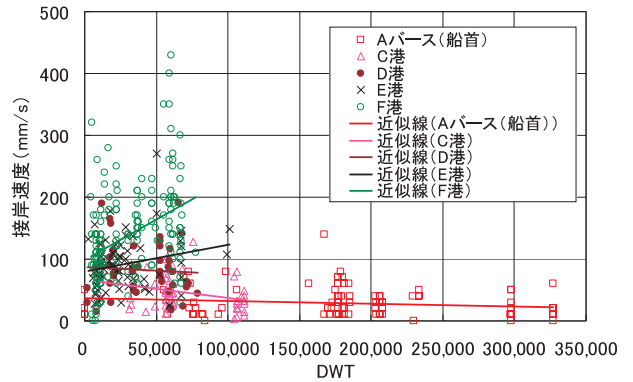


図-11 接岸速度と船型 (DWT) との相関図

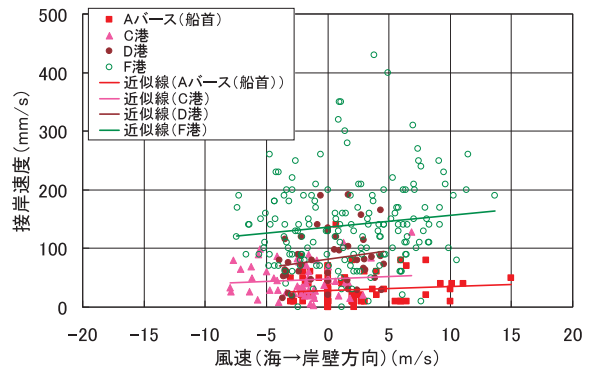


図-12 接岸速度と計測時の風速との相関図

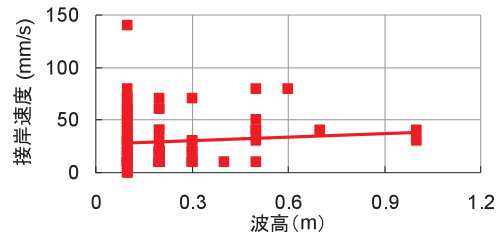


図-13 接岸速度と計測時の波高との相関図 (Aバース)

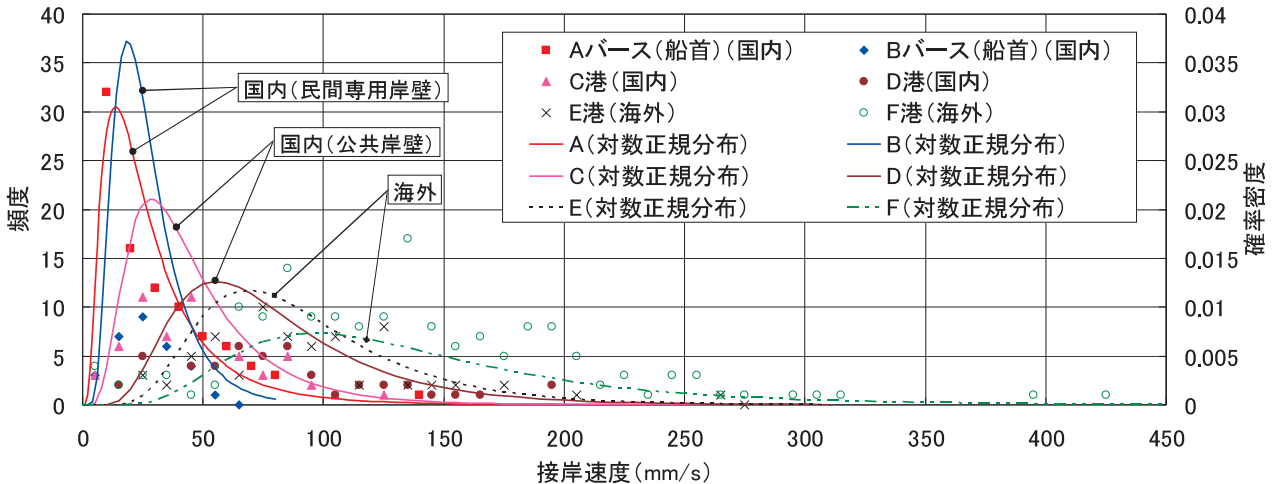


図-10 全バースの接岸速度の頻度分布

図-14は、山瀬³⁾により、波高が大きいほど接岸速度が大きくなるBrolsmaの提案曲線 (navigation conditions difficult, exposed (Brolsma)) にスペイン基準 (3種)、英国基準 (1種)、守屋ら⁴⁾の実測値の平均値を示したグラフであり、これにAバースの1データ (波高1.0m, 接岸速度 40mm/s, 船型: 177,000 DWT) を加筆した。Aバースの結果は、これらに合致する傾向とはならなかった。

この他に、接岸速度に対して、接岸時の補助船であるタグボートの隻数との相関の有無を確認したが、風速・波高と同様に相関は低かった。

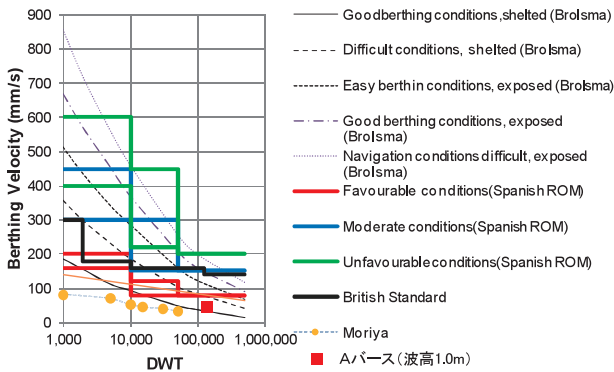


図-14 世界各国の既往の接岸速度と船型の相関図 (山瀬³⁾の図に加筆)

3.2 接岸速度のモデル化の検討

計測時の諸条件の接岸速度への寄与については、以下のことが分かった。

- ①本調査で対象とした接岸速度データにおいては、接岸速度の頻度分布を計測時の諸条件 (船型、風速、波高、接岸方法) により分類する必要性は見出せなかった。
- ②接岸速度の頻度分布に国・地域的な違いが見られた。

以上より、接岸速度の頻度分布は、操船に対する国や地域による方針・考え方の相違が顕れる可能性が高いことが推察される。従って、バース (港) 毎の接岸速度の頻度分布を、接岸速度の確率分布のモデルの1例として設定することが可能であると思われる。

4. まとめ

既往の防舷材の設計法では、設計接岸速度を決定し、そこから算定される船舶の接岸エネルギー以上の吸収エネルギーをもった防舷材を選定している。本調査では、大型バルク船の設計接岸速度は 50~150mm/s であり、図-15 にAバースの接岸速度の頻度分布に設計接岸速度を示す。既往の設計手法の適用では、設計接岸速度に 150mm/s を用いるのは安全側の設計であるが過大になり、一方 50mm/s を用いると安全上好ましくないと考えられる。つまり、具体的に採用すべき設計接岸速度の判断が困難である。そのため、船舶接岸速度の確率分布を把握し、それを用いた設計手法を確立することで、より合理的な設計が可能となると考えられる。

図-16 にドルフィンバースの杭の性能設計フローの例を示す。本検討では統計的な処理条件を満足したのは2バースのみであるが、引き続き調査を行い、多くのデータを収集して接岸速度の確率分布の精度を高め、フロー中の「船舶の接岸エネルギーの確率変動特性の設定」で使用するため、適切なモデル化を行えるように検討を続けることが重要である。

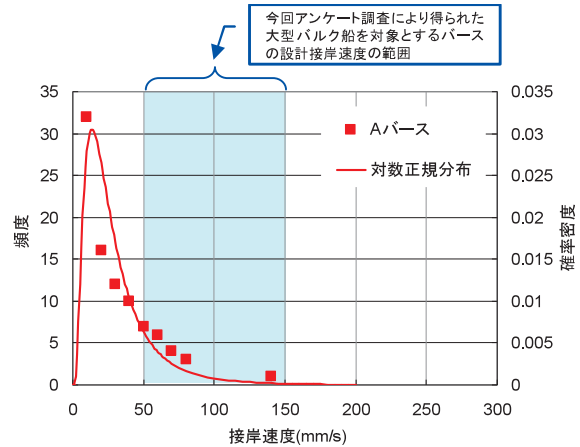


図-15 設計接岸速度と計測された接岸速度

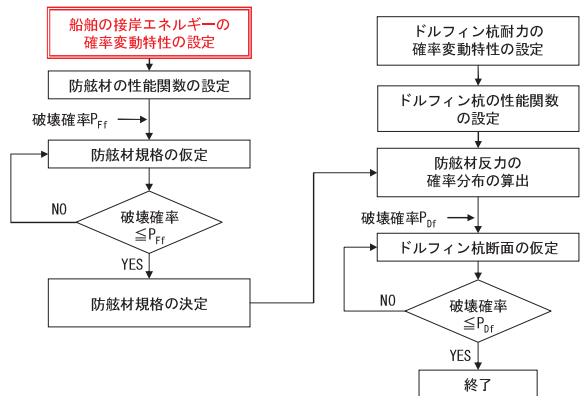


図-16 ドルフィンバースの杭の性能設計フローの例

謝辞

本調査では、上田茂鳥取大学名誉教授に貴重なご意見・ご指導をいただきました。ここに記して、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) (社)日本港湾協会：日本の港湾 2010, (社)日本港湾協会, 966p, 2010.
- 2) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説 2007, (社)日本港湾協会, p. 400, 2007.
- 3) 山瀬清義：超大型コンテナ船用防舷材システムの設計に関する研究, 鳥取大学大学院修士論文, 2007.
- 4) 守屋ら：船舶の接岸速度に関する現地調査, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 751-755.