

モーダルシフトの一端を担う港湾整備 ～北九州港新門司地区複合一貫輸送ターミナル整備事業～

藤木 敏治¹・與田 幸輝²

¹九州地方整備局 北九州港湾・空港整備事務所 第一工務課（〒801-0841 福岡県北九州市門司区西海岸1-4-40）

港湾の背後には、製造業や物流関連産業など様々な産業集積が進展し、地域の雇用や経済を支える役割を担っている。

近年では、少子高齢化を背景にした将来的な労働人口減少に伴い、長時間労働・低賃金等の劣悪な労働条件の仕事から人が離れる傾向にある。インターネット取引の爆発的な普及により、需要増が見込まれるトラックドライバーについても慢性的な不足が生じており、労働環境の改善と国内物流網維持の観点から、トラック輸送からフェリー・RORO 船輸送へのモーダルシフトが期待されている。

本稿は、船舶航行の輸送効率性及び安全性の観点から、フェリー・RORO 船輸送に対応した北九州港新門司地区の複合一貫輸送ターミナルの機能強化について報告する。

Key Words: フェリー・RORO船, モーダルシフト, 岸壁, 複合一貫輸送, ケーソン, プロペラ

1. はじめに

北九州港新門司地区（図-1参照）は、九州自動車道新門司ICに近接しており、陸上輸送と海上輸送の結節点としての地理的優位性を活かし、関東・関西と結ぶ長距離フェリー及び完成自動車を輸送する自動車運搬船（PCC船）等が毎日就航しており、ものづくりの街北九州の産業・経済・生活を支えている。

2004年（平成16年）の新門司自動車物流センター開設以降、完成自動車取扱台数の増加に対応するためにPCC船の入出港隻数は増加しているものの、水深が足りないため大型船が就航できず、また航路幅が足りないことから長距離フェリーとの行き会い調整が生じ、非効率な輸

送が常態化している。また、2014年（平成26年）3月に中古自動車輸出業者が進出するとともに輸出を開始したが、水深が足りないため大型PCC船の入港ができず、他港を利用するなど非効率な輸送を余儀なくされている。さらに、全国的なモーダルシフトの進展で長距離フェリーの重要性は高まっているが、既設岸壁は既にフェリーやRORO船の利用が多く、新規受け入れが難しい状況である。

将来的なトラックドライバー不足への懸念払拭や、豪雨・地震災害時の機動力の観点から、国内物流における内航フェリー・RORO船の活用が期待されており、内航海運事業者においても、船舶更新に併せた大型化（図-2参照）・高質化、新規航路の開設など、意欲的な動きがみられる。



図-1 北九州港新門司地区



図-2 北九州港に3隻同時着岸する新造大型船

本稿では、2021年（令和3年）春に横須賀～新門司のフェリー航路新規就航が予定されている北九州港新門司地区国内複合一貫輸送ターミナルの一環としての新規フェリー岸壁整備について報告したい。

2. 背景

(1) 内航フェリー・RORO輸送の動向

海洋国家であるわが国では、多くの内航フェリー・RORO船航路が就航しており、地域の産業と深く結びついている。また近年、トラックドライバー不足が深刻化し、陸上輸送から海上輸送へのシフトが進むなど、国内物流を支えるフェリー・RORO船の役割が特に注目を集めている。こうした中、フェリー事業者は船舶の更新に合わせ輸送力強化を進めており、貨物需要の増大に伴うフェリー・RORO船の大型化や船舶の増加に対応したユニットロードターミナル整備等により、国内物流を将来にわたり安定的に支える内航フェリー・RORO船輸送網の構築を図っている。

2018年（平成30年）までの10年間のフェリー取扱貨物量の変動は、全国7%減に対し、北九州港は31%増と回復傾向（図3参照）にあり、フェリー航路は重要な手段として北部九州の物流を担っている。

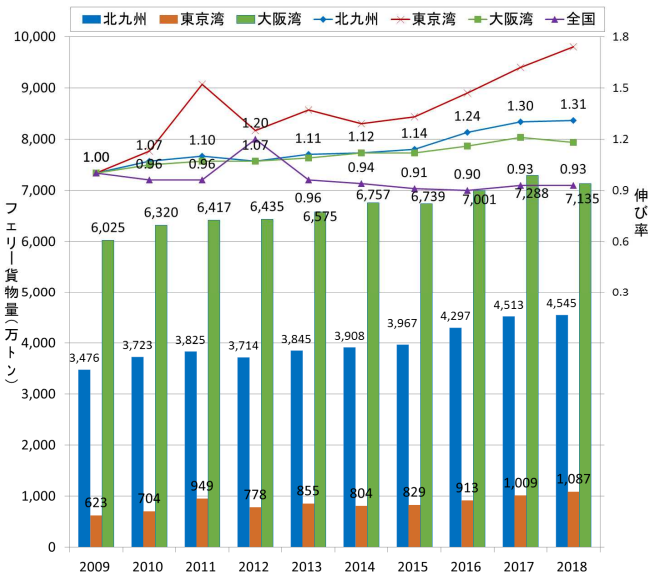


図3 フェリー取扱貨物量の全国・他地区との比較

(2) 北九州港の課題

国内有数の規模を誇る新門司地区国内複合一貫輸送ターミナルでは、港湾施設が不足していることから、増加する貨物需要に対応できず、新たなフェリー航路が就航できない状況である。

このような課題へ対応するため、既存の護岸を岸壁に改良することで新たなフェリー航路の就航に対応できるようターミナルを機能強化することとした。

2021年（令和3年）春の横須賀～新門司の新規フェリー就航は背後地域からも期待されており、就航予定に間に合うようターミナル整備を行う必要があった。

3. 国内複合一貫輸送ターミナル機能強化

(1) 基本断面の決定

基本断面検討の前提条件を表-1に記す。

表-1 前提条件

条件項目	岸壁（-10m）	
計画水深 (m)	D. L. -10m	
設計水深 (m)	D. L. -8m	
天端高 (m)	D. L. +5.5m	
延長 (m)	延長 230m、取付 26.8m	
エプロン形状	幅員 20.0m 勾配 1.0%	
上載荷重	永続状態	20kN/m ²
	変動状態	10kN/m ²
対象船舶	15,000GT 以上、20,000GT 未満	
設計供用年数	市整備後 50 年	

基本断面は、コスト縮減の観点から、既存護岸のケーソンを生かし、護岸を岸壁に改良することが求められたが、既設断面の安定性照査より、偏心傾斜荷重及び円形すべりが許容値を満足しないことが判明した。

これらを満足させるためには、背後土圧の低減や海側へのカウンター設置、ケーソン幅の増大等の対策が想定されたが、カウンター設置は水深確保と併せて検討する必要があり、ケーソン幅増大は対策規模が大きく、いずれも経済的に不利になると考えられた。このため、岸壁本体背後の土圧を軽減する対策から基本断面を抽出した。

土圧軽減方策として、事前混合処理工法、浅層混合処理工法、軽量混合改良工法の地盤改良工法について、比較検討（図4参照）を行った。

	標準断面	特徴	経済性	評価
事前混合処理工法		埋立地盤等に用いる土砂にセメント等の固化材及び分離防止材を事前に添加・混合した処理土を用いて埋立を行い、耐震性に優れた地盤を造成する。地盤を固化することによって、岸壁本体に作用する土圧を軽減することを目的とする。	比率 1.0 ○	○
浅層混合処理工法		軟弱地盤を対象に、浅層から中層の地盤にセメント等の固化材を供給し、強制的に攪拌混合する工法である。改良体を地中に築造するため改良範囲は他の2工法に比べ小規模になる。	比率 1.49 △	△
軽量混合改良工法		建設残土等に軽量化材（気泡または発泡ビーズ）とセメント等の固化材を混合し、軽量で安定した地盤を造成する工法である。重量が軽いため土圧低減とともに沈下対策に対しても有効である。	比率 1.72 △	×

図4 土圧軽減方策の比較

検討した結果、経済性の観点から、裏埋土を掘削し、セメント材等の固化材を掘削した土砂に混合して埋め戻す「事前混合処理工法」を採用した。

(2) 洗掘防止対策

a) 前提条件

新規フェリー岸壁は重力式系船岸であり、船舶の係留によって、基礎捨石が洗掘されると岸壁の安定性が損なわれる可能性があるため、洗掘防止対策について検討を行った。対象船舶のイメージは図-5に示した。

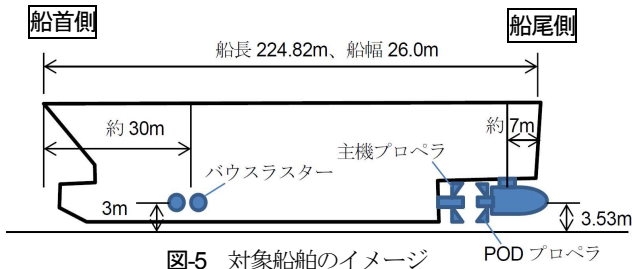


図-5 対象船舶のイメージ

主機プロペラ、PODプロペラ、バウスラスタから生じる後流流速は表-2の上段に示すとおりであり、離着岸作業時にはPODプロペラの後流流速が最も大きい。これは、離着岸作業時における機関出力が最も大きいこと、プロペラ径が主機プロペラより小さいこと、プロペラ下端と海底面の離隔が1.13mと小さいことなどによる。

主機プロペラ、PODプロペラ、バウスラスタから生じる後流流速に対する被覆工の所要質量は表-2に示すとおりであり、被覆工の所要質量は、船尾側は660kg以上、船首側は127kg以上となり、現況の基礎捨石の質量(5~100kg)はプロペラ後流に対して洗掘される可能性が高いと判断された。

表-2 被覆工の所要質量

		主機	POD	スラスタ
水の流れの速度(=後流流速)	U_b (m/s)	3.48	4.17	3.16
被覆工等の密度	ρ_r (t/m ³)	2.6	2.6	2.6
重力加速度	g (m/s ²)	9.81	9.81	9.81
イッシュ定数	y_d	0.86	0.86	0.86
捨石等の水に対する比重	S_r	2.524	2.524	2.524
水路床の軸方向の斜面勾配	θ (°)	0.00	0.00	0.00
被覆工の安定質量	M (t)	0.222096	0.659305	0.126511
	M (kg)	222.096	659.305	126.511

b) 設置範囲の検討

船首側、船尾側のプロペラ後流に対して被覆工の所要質量を満足させるため、対策工法を検討した。

本施設では設計水深を維持して被覆工を設置する必要があるため、図-6に示すように、既設基礎捨石および原地盤を掘削し、その範囲に被覆工を設置することとした。

なお、フーチング端部は、掘削勾配により被覆石の設置が困難であるため、フーチング端部において被覆工の所要質量を満足させる手法として、水中不分離コンクリ

ート打設を考慮した。

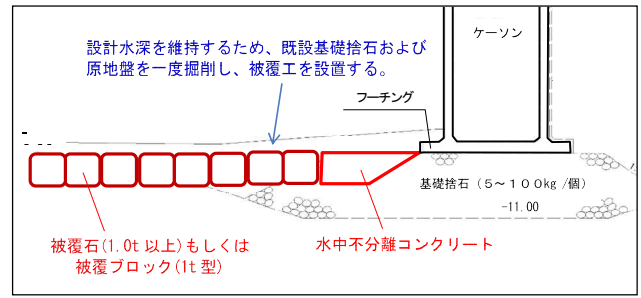


図-6 被覆石もしくは被覆ブロックによる洗掘防止対策

法線平行方向の設置範囲については、国総研資料No.921「港湾施設の点検診断結果を踏まえた維持管理における配慮事項に関する検討(2016)」では、船舶プロペラ位置と洗掘位置の収集事例を示している。当該資料の収集事例は、対象船舶の規模やスクリュー軸と海底面との離隔などが示されていないが、図-7に示すフェリーを対象とした事例(I岸壁、R岸壁)では、バウスラスタは40~70m程度、船尾スクリューは50~70m程度の範囲に洗掘が生じることが示されている。従って、法線平行方向における洗掘対策工の設置範囲は、プロペラ位置を中心に概ね70m程度の範囲とすることが既往事例からは判断される。

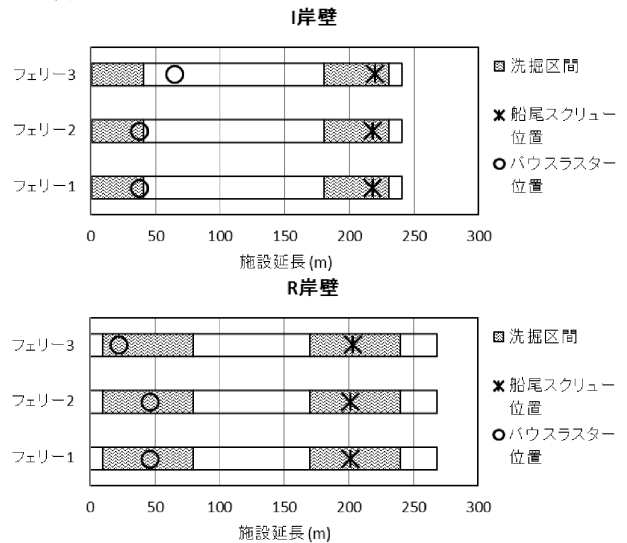


図-7 フェリーにおける洗掘位置と船舶プロペラ位置の事例 (I岸壁, R岸壁)

図-9より、洗掘対策工の法線直角方向の設置の検討範囲は以下のとおりと仮定する。

- ・船首側(B工区) : 13.07m
- ・船尾側(A工区) : 13.15m

なお、本施設においては、構造安定上必要な範囲(13.07m, 13.15m)より、対象船舶の船幅(26m)の方が大きい。フェリーの離岸作業時は、プロペラ後流が船体に拘束されて拡散しないため、船幅の範囲までは比較的プロペラ後流に伴う海底面における流速が低減されない可能性がある。この場合、洗掘対策工の法先から洗掘が生じ

る可能性があり、留意する必要がある。

c) 洗掘対策工の設置範囲

前述の検討を取り纏めると、洗掘対策工の設置範囲は以下のとおりとなった。また、平面図を図8、標準断面図を図9に示した。

【船首側(バウスラスター側)】

- ・法線直角方向：13.07m
(岸壁前面の構造安定に必要な範囲より設定)
- ・法線平行方向：70m
(船舶プロペラ位置と洗掘位置の収集事例より設定)
- ・被覆工所要質量：被覆石 300~500kg 程度

【船尾側(主機プロペラ・POD プロペラ側)】

- ・法線直角方向：13.15m
(岸壁前面の構造安定に必要な範囲より設定)
- ・法線平行方向：70m
(船舶プロペラ位置と洗掘位置の収集事例より設定)
- ・被覆工所要質量：被覆石 1t 型程度

なお、上述の範囲は、プロペラ後流に対する洗掘対策として、必要最低限の設置範囲を想定したものである。

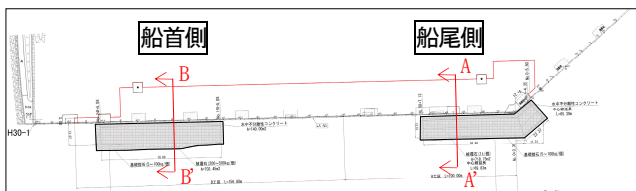


図8 平面図(洗掘防止対策)

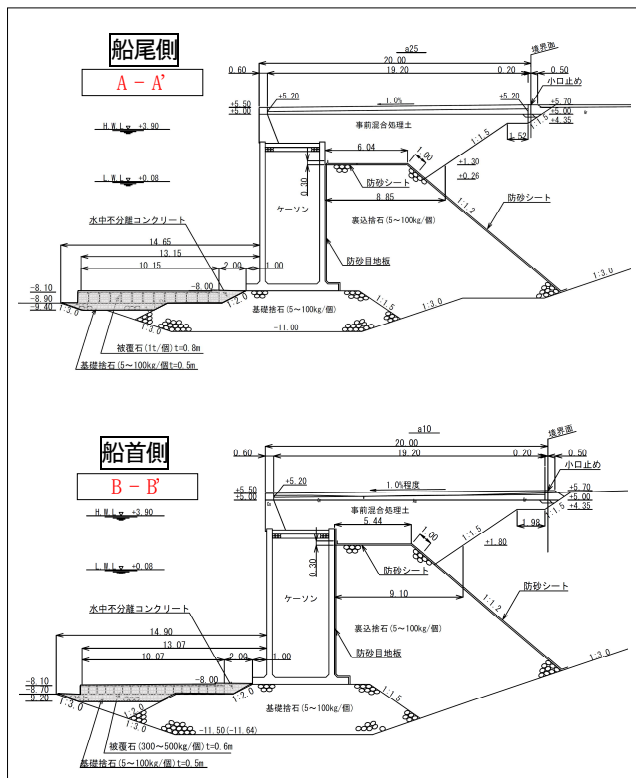


図9 標準断面図(洗掘防止対策)

(3) 関係者調整と工程管理

岸壁をフェリーターミナルとして供用開始するまでに、国、市、事業者の工事を完了させる必要がある。国の岸壁施工とともに市及び事業者のフェリー荷役関連設備の施工が求められた。整備範囲は図-10 に示す通り区分された。

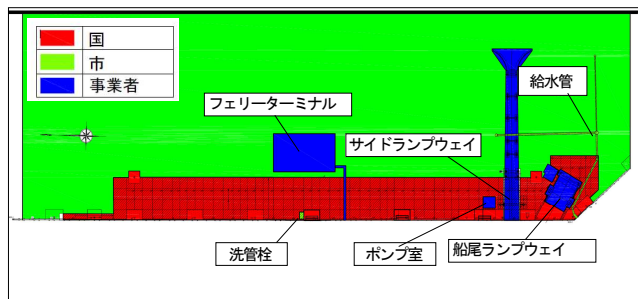


図-10 施工平面図(国, 市, 事業者)

このため、国が既設護岸改良を行い、事業者が整備する荷役機械(人道橋、サイドランプウェイ、船尾ランプウェイ)等、各々の施工期間を合わせると、2021年(令和3年)春の供用が厳しくなるため、全体プロジェクトの工程計画を可能な限り同時施工とするよう見直し、工期を短縮することとした。

全体では、国(コンクリート舗装、付帯設備、給水管の撤去・復旧、船尾ランプの擁壁等)、市(アスファルト舗装、雨水管、洗管栓等)、事業者(ターミナルビル、油圧ポンプ室等)の施工が必要であり、狭隘な現場に複数の施工者が輻輳しないよう協議会を発足させ、より円滑な調整を行うとともにクリティカルパスを選定した。

4. おわりに

本稿では、総合物流施策大綱(2017年度~2020年度)に基づいたフェリー・RORO船等航路網の充実に対応した岸壁等の施設整備という視点から、国内長距離フェリーの一大拠点である北九州港新門司地区の複合一貫輸送ターミナル機能の強化について、問題点と解決策について記した。

新規フェリー岸壁は現在鋭意施工中であり、今後も関係者調整と工事が進むが、関係者ともにお互い協力し合い、フェリー就航までに完成できるよう取り組んでいきたい。

これからもモーダルシフトの一端を担うフェリー・RORO船輸送は物流の大動脈として、国内輸送の担い手となることが期待されており、今回報告した事例が、フェリー・RORO船輸送に対応した他港の整備の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所資料No.921：港湾施設の点検診断結果を踏まえた維持管理における配慮事項に関する検討