

平成28年度

羽幌港フェリー岸壁の静穏度対策について —現地調査から対策工決定までのプロセス—

留萌開発建設部 築港課 ○仁田 敦
林 誉命
留萌港湾事務所 第1工務課 城 敏也

羽幌港のフェリーは、離島住民や観光客の天売・焼尻島と北海道を結ぶ唯一の交通手段として重要な役割を担っている。そのフェリーが発着するフェリーターミナルは、平成25年4月に移転・供用を開始した。しかし、フェリー岸壁では冬季風浪による係留障害が発生し、避難行動を繰り返している状況であったため、早急な静穏度対策を求められていた。

本稿では、係留障害の原因分析のための現地調査を実施し、港湾関係者が一堂に会した港湾関係者会議を通じて、避難状況、原因分析結果の共有、港湾関係者の意見を反映させた対策工決定までのプロセスについてとりまとめた。

キーワード：静穏度対策、海象変化、合意形成

1. はじめに

羽幌港は、天売・焼尻島への離島航路の玄関口として地域住民や観光客に利用され、生活・産業・観光を支える地域生活基盤として重要な役割を担っている。また、好漁場である武蔵堆に近接した立地条件を生かし、水産業の拠点としての役割を担っている。

離島フェリーが発着するフェリー岸壁は、平成25年4月に港奥の旧フェリー岸壁（以下、「旧岸壁」と称す。）から中央ふ頭の新フェリー岸壁（以下、「新岸壁」と称す。）に移転・供用開始した（写真-1）。しかし、近年、荒天時における港内擾乱によりフェリーが安全に係留出来ない事態が度々発生し、旧岸壁への避難を余儀なくされている。このことから、原因を究明するための現地調査を行い、港湾関係者が一堂に会した港湾関係者会議を通じて、避難状況、原因分析結果を共有し、

各機関の要請・意見を踏まえた利害調整を経て静穏度対策工を決定した。

本稿では、羽幌港フェリー岸壁の静穏度対策について、原因究明から対策工決定までのプロセスについてとりまとめた。

2. 原因分析

(1) フェリー会社へのヒアリング

フェリー会社へのヒアリングにより、新岸壁供用後の利用状況、荒天時におけるフェリーの避難行動について実態を調査した。

新岸壁供用後、荒天時において想定以上の港内擾乱によるフェリー船体の動揺で安全係留ができない状況が発生していた。このため、それまでの係留障害発生経験や波浪警報等の気象海象予報の情報をもとに旧岸壁への避難を判断していた（写真-2）。旧岸壁への避難では、船の移動や夜間の電源確保等のコストが発生していた。



写真-1 羽幌港の現況（航空写真）



写真-2 旧岸壁への避難状況

図-1は、中央ふ頭供用後にフェリーが旧岸壁へ避難した月毎の日数を示している。荒天時には旧岸壁へ避難しており、平成25年4月の供用開始から平成27年4月までの2年間で避難回数は30回、避難日数は合計109日間であった。これらの避難は、冬季季節風が来襲する10月から4月の期間に集中しており、特に12月から1月に多く見られ、109日間の稼働実績は運航45日、欠航64日となっていた。

(2) 現地調査

荒天時の波浪、風況、船体動揺状況を把握するため、

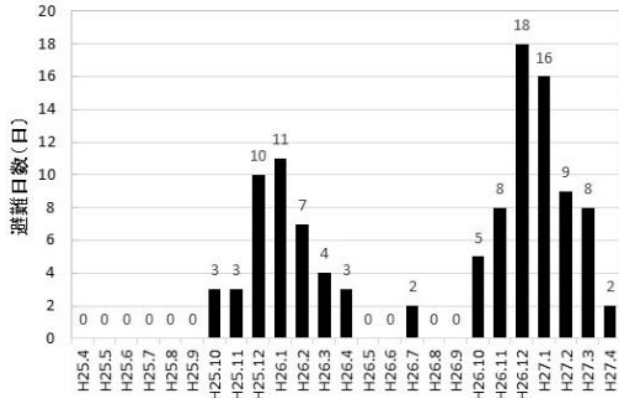


図-1 フェリー避難日数（中央ふ頭供用後）

波高計、風向風速計、インターネットカメラによる現地調査を実施した。図-2は、現地調査位置図である。波高計の設置地点は港口沖ST-1(水深11.5m)、新岸壁の前面ST-2(水深5.0m)の計2地点、風向風速計は中央ふ頭先端部(センサー高さ8.5m)の1地点、インターネットカメラはフェリーターミナル内に2台設置した。観測期間は、平成27年9月23日から10月26日(秋期)と平成27年12月14日から平成28年2月5日(冬期)である。

図-3は、冬の波浪観測データの時系列とフェリーの運航状況を表したもので、上段からST-1の有義波高・周期、ST-1の主波向、ST-2の有義波高・周期、ST-2の主波向、運航状況(運航、欠航、避難)の順に表示されている。また、船体動揺観測の対象時間(○)も示されている。

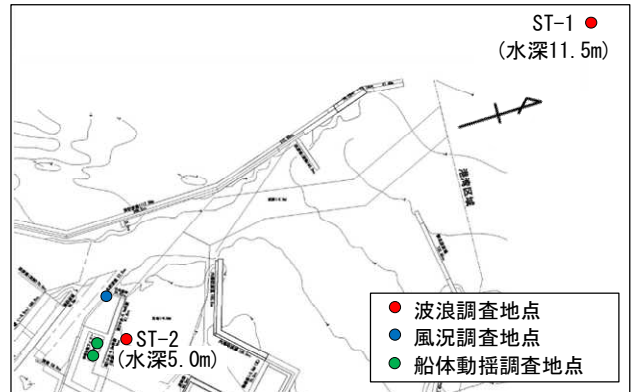


図-2 現地調査位置図

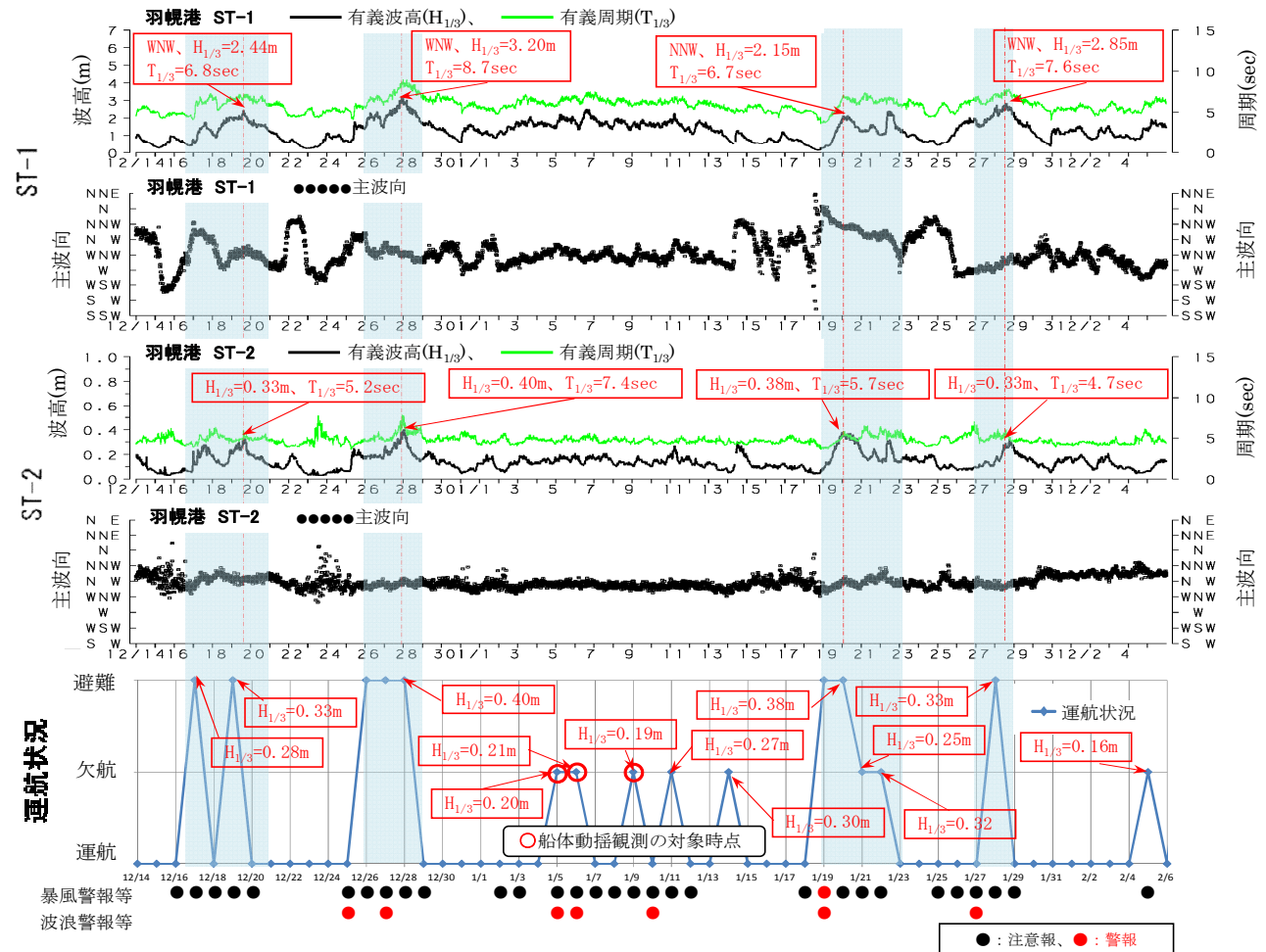


図-3 波浪観測データの時系列とフェリーの運航状況(運航、欠航、避難)

向、フェリーの運航状況、気象警報等の発令状況を示している。図中の水色ハッチング部分は、時化の期間を示しており、赤破線は時化期間で最大波高観測時点を示している。また図下段の欠航時の赤丸時点で、船体動揺観測を行った。

冬期の観測期間で4回の時化が来襲し、港外 (ST-1) では12月19日に波向WNW・波高2.44m、12月27日は波向WNW・波高3.20m、1月20日は波向NNW・波高2.15m、1月28日は波向WNW・波高2.85mであった。港内 (ST-2) では波向NWが卓越しており、12月19日は0.33m、12月28日は0.40m、1月20日は0.38m、1月28日は0.33mを記録し、周期は高波高時で7秒台、常時は5秒から6秒台であった。フェリーの運航状況については、冬期の観測期間中に16便 (16日間) の欠航があり、その内8日間は旧岸壁に避難した。これらの避難行動を取った時期は、羽幌地方に波浪注意報・警報、暴風警報が発表されていた。欠航時に旧岸壁に避難したときの港内 (ST-2) の波高は概ね0.3mを超え、新岸壁に係留している時は概ね0.3m以下であった (写真-3)。

表-1は、観測期間中の高波浪時における波向別波高比 (ST-2/ST-1) と港内の波向変化を示したものである。高波浪時では、港外 (ST-1) と港内 (ST-2) の波高比は、波向が北寄りの波が大きくなる傾向であった。また、港



写真-3 新岸壁における欠航時の係留状況 (平成28年1月22日12時 H1/3=0.32m 波向NW)

表-1 高波浪時の港内の波向変化と波向別波高比

港外(ST-1) 波向	港内(ST-2) 波向	平均 波高比
W	NW	0.12
WNW	NW	0.12
NW	NW	0.15
NNW	NW	0.19

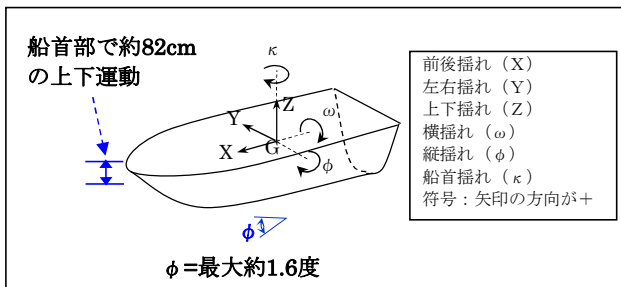


図-4 船体動揺量 (観測値)

外 (ST-1) で波向W~NNWの波が港内 (ST-2) では波向NWに変化していた。これは、北寄りの波浪の出現頻度が上がると港内静穏度の悪化につながることで、高波浪時にはほぼすべての波浪に係留中のフェリーの船首にあたることを示している。

図-4は船体動揺量 (観測値)、表-2は係留船舶の運動モードと復元力及び波浪・風況の関係を示したものである。船体動揺量は、縦揺れ及び横揺れが大きく、特に縦揺れが最大でφ=1.6度程度、船首部で約82cmの上下動を観測した。その原因は、既往の知見¹⁾ (表-2) から波浪によるものであり、主に港口から進入する波であると考えられる。

図-5は、羽幌港港口沖の現況港形計画時に用いた波浪 (H6~H10) と近年 (H23~H27) の波浪の波向別波浪出現率を比較したものである。現況港形計画時の波浪に比べ、WNWの出現率が11.7ポイント、NNWの出現率が4.8ポイント増加しており、港内波高が大きくなる傾向の北寄りの波浪出現率が増加している。

図-6は、近年出現率が増加しているWNW、NNWの波高ラ

表-2 係留船舶の運動モードと復元力及び波浪・風況の関係

運動モード	船自身の復元力		波浪		風況
	復元力	係留索	防舷材	風波	
前後揺れ	●	●	●	●	●
左右揺れ	●	●	●	●	●
上下揺れ	●	●	●	●	●
横揺れ	●	●	●	●	●
縦揺れ	●	●	●	●	●
船首揺れ	●	●	●	●	●

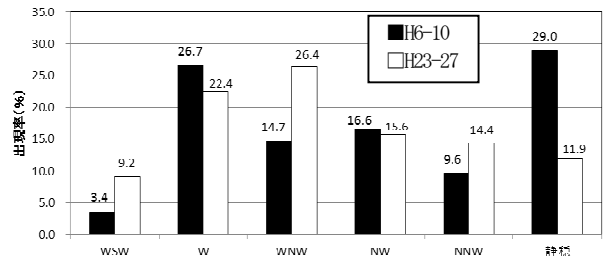


図-5 波向別波浪出現率の比較

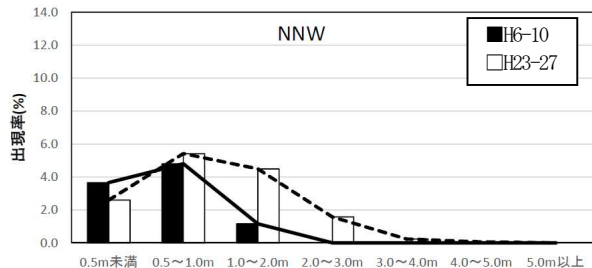
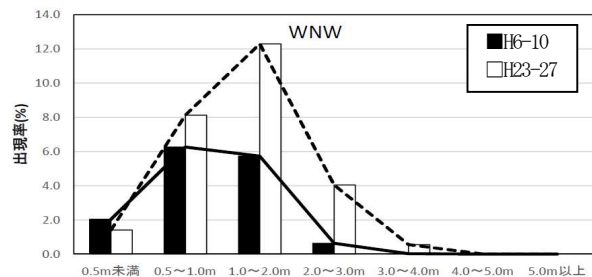


図-6 波高ランク別出現率の比較

ンク別波浪出現率を比較したものである。WNW、NNWともに近年の波浪では、1.0m以上の波高ランクで波浪出現率が大きく増加している。

以上のことから、静穏度悪化につながる北寄りの波浪出現率が増加していること、船体動揺の原因は波浪（風波）によるものと考えられるため、静穏度対策には近年の波浪条件をもとに検討する必要がある。

3. 静穏度対策を検討する上での課題と対応

(1) 静穏度対策を検討する上での課題

進入波に対する静穏度対策は、防波堤の延伸が基本となる。静穏度対策の検討にあたっては、フェリー会社は港口を狭めて静穏度対策を講じる方法を求めている一方で、漁業者は港口の航路幅を維持した静穏度対策を求めするなど、利用の違いによって相反する意見が存在していた（図-7）。このため、静穏度対策の検討にあたっては、相反する意見に対して合意形成を図ることが課題であった。

(2) 羽幌港港湾関係者会議の開催

相反する意見に対し各機関個別の調整では、関係者相互の議論とならず、合意形成が図られるまでに時間を要することが懸念される。このため、各機関の実務担当者が一堂に会した羽幌港港湾関係者会議（以下、「関係者会議」と称す。）を開催し合意形成を図ることとした（写真-4）。参加機関は、北るもい漁業協同組合、羽幌

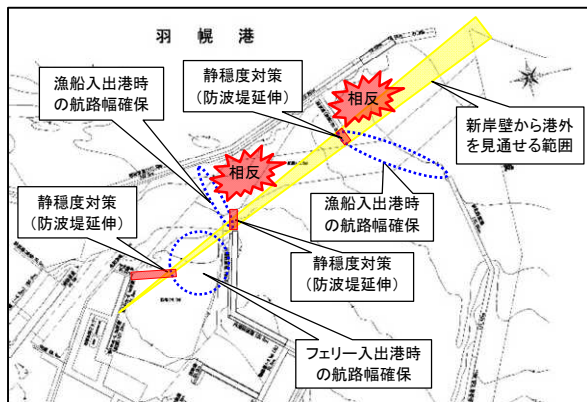


図-7 静穏度対策検討における各機関の意見



写真-4 羽幌港港湾関係者会議開催状況

沿海フェリー（株）、羽幌町商工会（地方港湾審議会委員）、羽幌町観光協会（地方港湾審議会委員）、留萌海上保安部、留萌開発建設部、羽幌町である。この会議では、港内擾乱の現状・原因、対策工を検討する上での問題点、課題の共有を図った。さらに、港湾関係者が互いの意見を尊重しつつより良い結論が得られるよう議論が重ねられ、開催回数は5回に上った。表-3に関係者会議の主要議事を示す。

(3) 課題解決に向けたアプローチ

a) フェリーの避難実態の説明・情報共有

関係者会議において、フェリー会社ヒアリングに基づく供用開始から平成27年4月までの避難実績（図-1）、荒天時の船体動揺状況の動画、港内擾乱状況写真（写真-5）、避難時点の気象・海象状況を説明し、静穏度対策の必要性、静穏度対策への関係者の協力を求めた。

b) 原因分析結果の説明・情報共有

現地における波浪・風況・船体動揺調査に基づく港内擾乱の原因分析結果（前述2.(2)）を関係者会議において説明した。現地調査の結果、静穏度悪化につながる北寄

表-3 羽幌港港湾関係者会議の主要議事

主要議事	
第1回 (H27.10.6)	・フェリー避難原因の分析結果の報告 ・防波堤延伸検討のための仮想防波堤による入出港トライアルの提案
第2回 (H27.11.10)	・荒天時(H27年10月)の擾乱状況の報告 ・関係者会議提案港形の静穏度解析結果の報告 ・仮想防波堤の設置位置、期間の確認
第3回 (H27.12.15)	・波浪・風況・船体動揺調査(秋期)の結果報告 ・入出港トライアルの結果報告
第4回 (H28.3.1)	・関係者会議提案港形に対する漁業者意見の報告 ・波浪・風況・船体動揺調査(冬期)の結果報告
第5回 (H28.3.31)	・波浪・風況・船体動揺調査の結果に基づく提案港形の静穏度改善効果の提示 ・静穏度対策の合意



写真-5 台風23号の接近に伴う港内擾乱状況
(平成27年10月8日15時 $H_{1/3}=0.46m$ 波向NW)

りの波浪出現率増加、波高ランク別出現率では現況港形計画時の波浪より高波浪側の出現率が増加していることが静穏度悪化の原因であることを説明し、静穏度向上のため防波堤延伸の必要性を説明した。その結果、関係者会議参加者から実際に船舶航行に支障となる防波堤の延伸長を把握するため、仮想防波堤（ボンデン）設置による入出港のトライアル実施の提案があった。

c) 防波堤延伸による船舶航行への影響把握

防波堤延伸による船舶航行への影響把握のため、関係者会議で提案された仮想防波堤（ボンデン）設置による入出港トライアルを実施した。ボンデン設置位置は、フェリー会社から出された案に基づき設置を行った（平成27年11月10日～12月2日）。図-8にボンデン設置位置を示す。図-8に示す岸壁端部のボンデンは、設置期間中に①、②、③の順に移設をしながらフェリー操船への影響について確認を行った。

トライアルの結果、フェリー会社から防波堤（波除）10m延伸想定箇所、内港防波堤20m延伸想定箇所、岸壁端部箇所③については、フェリー操船の問題はないとの回答を得た。一方、漁業者からは、岸壁端部については問題ないとの回答が得られたが、防波堤（波除）10m延伸想定箇所、内港防波堤20m延伸想定箇所はこの時点では合意が得られなかった。合意に至らなかった理由は、i) 航路の狭隘化への懸念、ii) トライアル（ボンデン）と防波堤整備後（実構造物）の視覚の違いによる操船への影響、iii) 延伸防波堤からの反射波の漁船航行への影響等に対する懸念と推察された。

d) 懸念事項に対する意見交換会の開催

入出港トライアルで漁業者から合意が得られなかった防波堤（波除）10m延伸想定箇所、内港防波堤20m延伸想定箇所について、懸念事項解消のため改めて漁業者と意見交換を行った。前項c)の懸念事項 i)、ii) に対しては、現況と提案港形の鳥瞰図（図-9）、入港時の漁船からの視覚イメージを再現したシミュレーション動画（図-10）を提示、懸念事項iii) については消波構造の採用を提示し、懸念事項の解消につとめた。その結果、

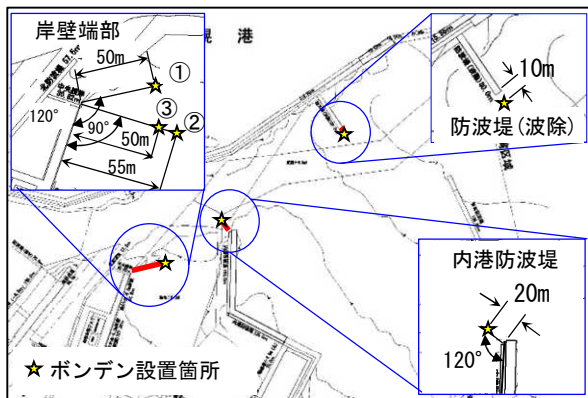


図-8 ボンデン設置位置図

内港防波堤延伸については、堤体が漁船航路にかからないこと（図-11）を条件に延伸の合意が得られた。また、防波堤（波除）10m延伸想定箇所は、岸壁端部50m延伸想定箇所、内港防波堤20m延伸想定箇所の整備後に実際の静穏度改善効果を確認した上で、延伸が必要か検討することを条件に漁業者の合意が得られた。

e) 静穏度対策の前提条件の決定と対策港形の検討

静穏度対策である防波堤の延伸について、関係者会議での議論、入出港トライアル、漁業者との意見交換により、防波堤延伸の上限として防波堤（波除）10m延伸、内港防波堤20m延伸、岸壁端部50mとした。静穏度対策検討における防波堤配置の優先度については、漁船航行

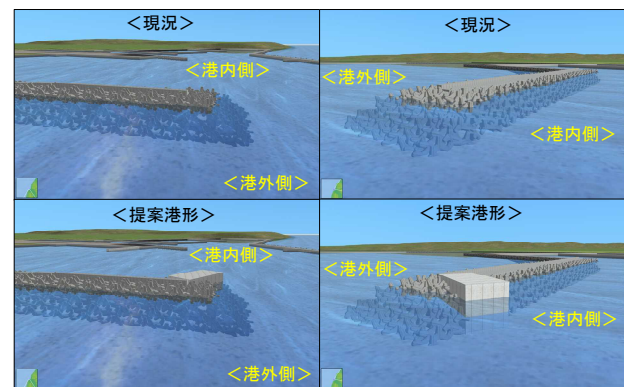


図-9 鳥瞰図の一例（内港防波堤）
（上：現況、下：提案港形）

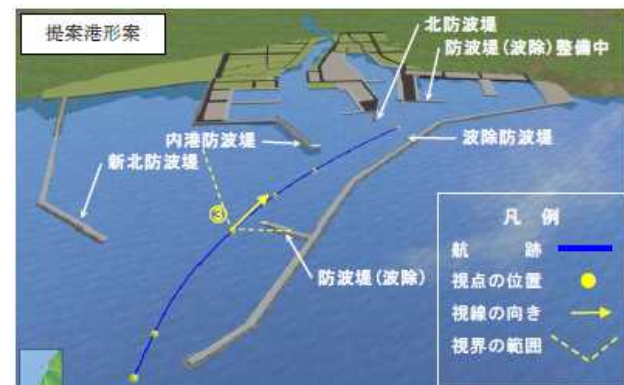


図-10 シミュレーション動画の再現経路

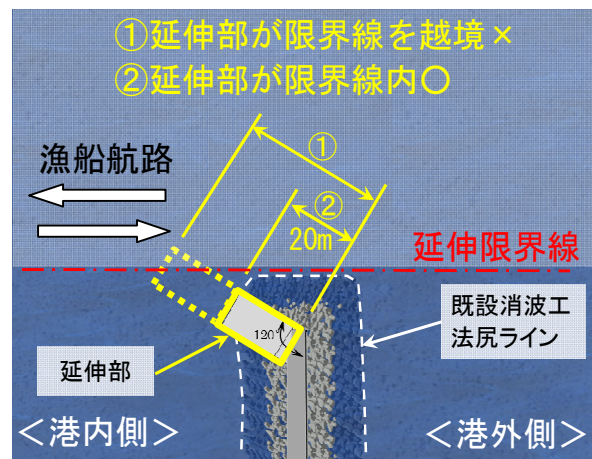


図-11 内港防波堤延伸の条件

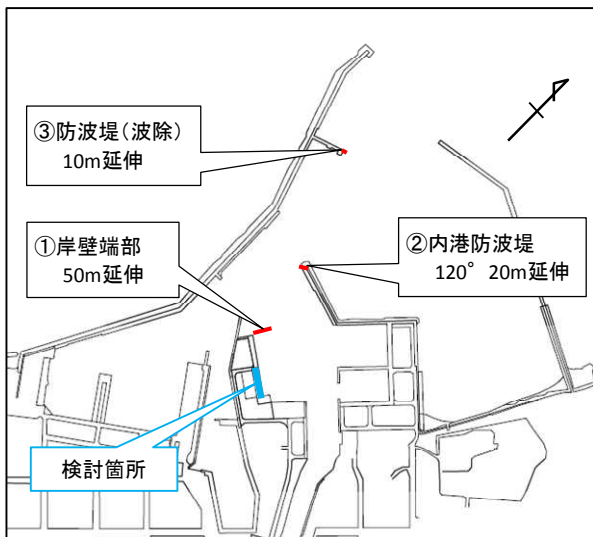


図-12 対策港形

に影響の少ない、①岸壁端部、②内港防波堤、③防波堤（波除）の順で検討することとした。これらの条件のもとに、近年の波浪条件で整備水準（荷役限界波高0.3mとして年間稼働率97.5%以上）を満足する対策港形の検討を行った。その結果、図-12に示す防波堤延伸の上限である防波堤（波除）10m延伸、内港防波堤20m延伸、岸壁端部50mで整備水準を満足する結果となった。

(4) 静穏度対策港形案の提示、合意形成

第5回関係者会議において、近年の波浪条件を用いた現況の静穏度及び静穏度対策港形の評価結果を説明した。防波堤整備は静穏度改善効果の高い①、②の順番で行うこととし、その効果を検証した上で③の整備着手を判断することを参加者一同確認した上で、関係者会議での合意形成が図られた。

4. まとめ

以下に本稿のまとめを示す。

- ① 現地観測の結果、フェリーは新岸壁の波高が0.3mを越える場合には旧岸壁へ避難していることから、新岸壁の利用限界波高は、0.3m程度と確認できた。
- ② フェリーの船体動揺は、縦揺れ・横揺れが大きく、

その原因は主に港口から進入する波であると考えられる。

- ③ 対策工として、防波堤（波除）10m延伸、内港防波堤20m延伸、岸壁端部50m延伸で整備水準（荷役限界波高0.3mとして年間稼働率97.5%以上）を満足する結果となった。
- ④ 対策港形の検討にあたっては、関係者会議、入出港トライアル、漁業者との意見交換によって、速やかに合意形成を図ることができた。
- ⑤ 防波堤（波除）の延伸は、岸壁端部50m、内港防波堤20m整備後に、静穏度改善効果を検証した上で、工事着手を判断する必要がある。
- ⑥ 関係者会議は、各機関の意見を主張するだけの場ではなく、相互の立場を理解しつつ各機関が協調して羽幌港にとって最適な静穏度対策工を導くための議論の場となった。

5. おわりに

第5回関係者会議で合意された静穏度対策港形は、平成28年4月27日に開催された羽幌港地方港湾審議会です承され、同年8月には防波堤の建設工事に着手した。

約1年の短期間で現地調査から対策工の検討、工事着手まで進められたのは、関係者会議により速やかに合意形成が図られたことによるものである。

今回の現地調査から静穏度対策工決定までのプロセスが、他港での一助となれば幸いである。

謝辞：羽幌港フェリー岸壁の静穏度対策の検討においては、羽幌港港湾関係者の皆様の理解と協力がなければ、対策工の決定に至ることはできなかった。ここに、羽幌町、北るもい漁業協同組合、羽幌沿海フェリー（株）をはじめとする羽幌港港湾関係者会議の関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 鹿島出版会：耐波工学：港湾・海岸構造物の耐波設計 2008年