

根室港花咲地区護岸(防波)(南)の飛沫防止柵について

釧路開発建設部 根室港湾事務所 工事課 ○高野池 僚
杉山 盛行
菊地 聡一.

根室港花咲地区では、係留施設が不足しており、サンマの盛漁期等において滞船や休憩時の多そう係留など非効率な港湾活動を強いられている。南埠頭地区では、これらの問題を解決するために既存の防波堤を撤去し埠頭化したものである。埠頭化するにあたり、水域面積を広げるため護岸法線を変更したことから、飛沫による背後道路の通行に支障をきたす状況になった。

本報告は、飛沫対策を行うために現地波浪観測やインターネットカメラによる飛沫状況の観測を行い、その解析結果を用いて飛沫防止柵の設計を行ったものである。

キーワード：飛沫対策、越波流量、事故防止

1. はじめに

根室港花咲地区では、係留施設が不足しており、サンマの盛漁期等において滞船や休憩時の多そう係留など非効率な港湾活動を強いられている。南埠頭地区では、これらの問題を解決するために既存の防波堤を撤去し、埠頭化したものである。(図-1 参照) 埠頭化するにあたり、水域面積を広げるために護岸法線を変更したことから、写真-1 のように飛沫による背後道路の通行に支障をきたす状況になった。

これは、旧南防波堤を撤去し水深が深い場所に埠頭を建設したため、波の減衰率が小さくなり、また、埠頭と近接する岸壁との角度が狭くなったことにより波の収斂が起きやすくなったことが推測される。

本報告は、現地波浪の観測・解析を行い、その結果から設計波高を算出し、飛沫防止柵の高さの検討を行ったものである。



写真-1 飛沫状況写真(平成17年9月8日撮影)

2. 現地観測

(1) 波浪調査

図-2 に示した箇所観測機器を設置し、調査期間は平成18年10月22日から12月16日および平成19年1月13日から2月21日の2期間行った。

観測機器の仕様については以下のとおりである。

- ・観測地点：St. 1(港内)、St. 2(港外)
- ・観測機器：自記式波高・波向計
(wave hunter Σ ; ハイブリット型)
- ・観測期間：30 昼夜連続観測
- ・観測設定：0.5 秒の連続観測



図-1 飛沫検討位置図

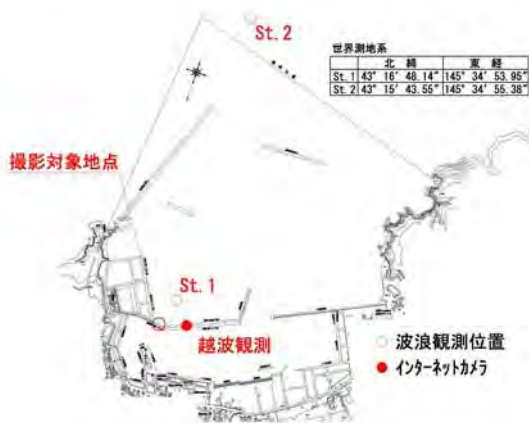


図-2 波浪観測機器設置箇所図

(2) 越波観測

越波高さを把握するために、図-3 に示した地点にインターネットカメラを設置し、1日6時間の連続撮影を行った。なお、越波観測はデジタルビデオカメラを補助的に使用し、撮影記録状況により何れかの記録画像を用いて越波高の算定を行った。観測期間は平成18年11月1日から平成19年2月23日である。

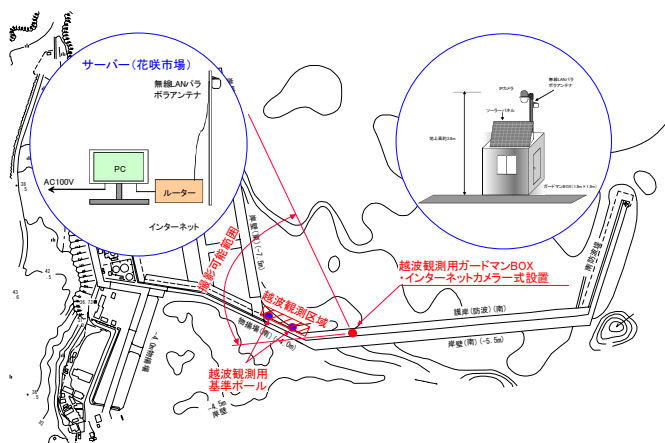


図-3 越波観測機器設置箇所図

3. 調査結果

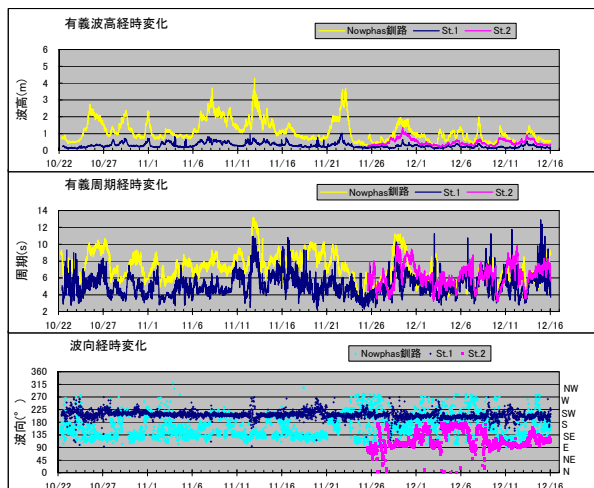
(1) 波浪調査結果

a) 波浪経時変化

波浪経時変化について図-4 に示す。

鈎路管内で長期的に波浪観測を行い、その結果をインターネットを通じて把握できるナウファス鈎路と観測結果を比較してみると、港外 St.2 の波高経時変化は類似している。港外 St.2 の有義波高最大は2月15日の3.72m、この時の港内 St.1 の波高は0.64mである。周期は、ナウファス鈎路と St.2 ではほぼ同程度、港内 St.1 では

【観測期間<2006 10/22 7:00 ~ 12/16 1:00>】



【観測期間<2007 1/13 9:00 ~ 2/21 2:00>】

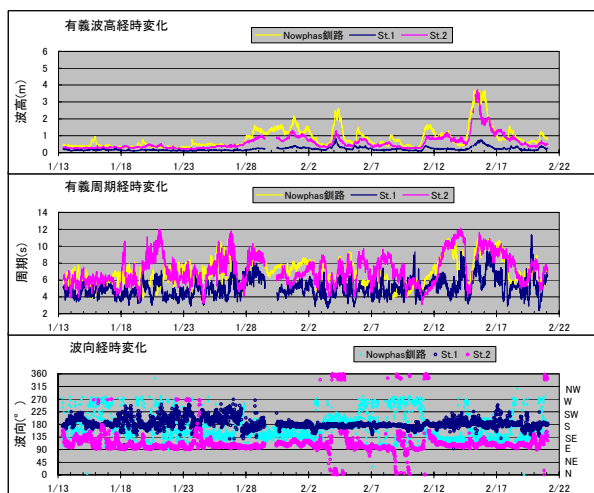


図-4 波浪経時変化

やや周期が短い結果となった。St.2 の波向はナウファス鈎路と1方位程異なるが、St.1 ではS~SSWが卓越している。

b) 波高頻度

波高頻度について、波向ごとに整理したものを図-5 に示す。

港内 St.1 は波高0.5m未満が92%の静穏となった。港外 St.2 の高波高(有義波高2m以上)は、E~SEで出現した。St.1 はSとSSWで80%、港外 St.2 はEとESEで74%となった。

波向頻度(波高ランク別)

観測期間< 2006.10.22 7:00~ 2007.2.21 2:00 >

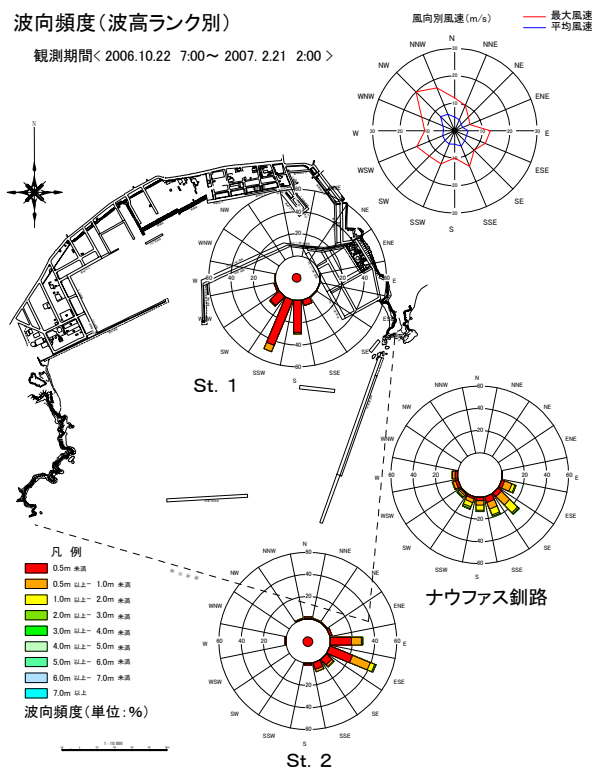


図-5 波高頻度



写真-2 護岸越波状況(平成 19年 2月 15日)



写真-3 沿い波状況

(2) 越波観測結果

a) 越波観測結果

観測期間中越波が発生したのは 11 月 7 日、1 月 7 日、2 月 15 日の 3 日間であり、越波高は 1 月 7 日に最大 5.7 m を観測、有義値で 4.9m であった。表-1 に越波発生時の波高・潮位・風況を示す。この時の St.2 の観測値は欠測していたことから有義波高を推定すると最大 4.6m となった。実測値として、2 月 15 日の有義波高の最大値は、3.7m 以上、潮位は最大 1.39m、風速最大 11.5m / s (風向 E~SSE) が観測された。

表-1 越波発生時の波高・潮位・風況

越波発生時刻	St.2有義波高 (m)			花咲潮位 (CDL:m)			根室風況			
	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最多
11/ 7 12:00~16:00	1.16	2.10	1.64	1.13	1.50	1.36	9.50	12.0	10.5	SSE
1/ 7 7:00~16:00	2.32	4.59	3.30	1.13	1.65	1.33	2.70	16.5	9.6	ESE
2/15 7:00~17:00	2.24	3.72	3.21	0.65	1.39	1.16	5.00	11.5	9.2	E

注) 11/7、1/7のSt.2波高は推定値

b) 沿い波観測結果

越波発生時に沿い波(写真-2 参照)が確認されたのは、11 月 7 日と 1 月 7 日の 2 日であった。11 月 7 日の沿い波波高は、最大 1.25m、有義値で 0.7m~0.9m であり、越波打ち上げ高が最大の 1 月 7 日は、沿い波波高最大 1.1m、有義値 0.7~0.8m であった。沿い波は最短で 1 秒、最長で 14 秒の間隔で出現、1~2 分間隔で高い沿い波波高が観測された。11 月 7 日には、沿い波が隅角部基部側で反射、越波する状況が確認された。図-6 に越波発生時の波浪と風況の関係を示す。沿い波発生時には、

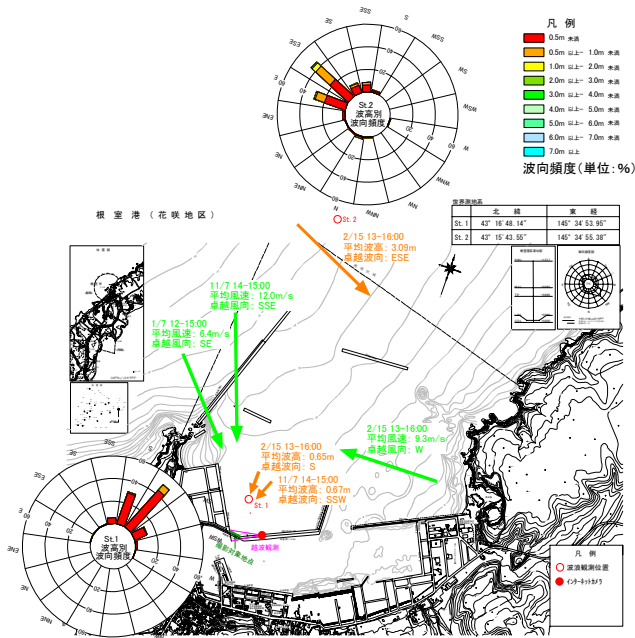


図-6 越波発生時の波浪と風況の関係

隣接する岸壁と平行に近い風が影響しているものと推測される。

4. 静穏度解析

静穏度解析は、護岸前面の波高を算定するために行ったものである。

観測結果から港外および港内の両データを得られた 2 月 15 日の実測値を入射波条件として静穏度解析を行い、港内の実測値と比較して再現性を確認した。計算方法としては、非定常緩勾配不規則波動方程式を用いた。水深データは平成 14 年 10 月に測量されたもの、潮位は実測値、反射率は図-7 のように静穏度解析でよく用いられている値とした。

結果は表-2 のとおりであり、実測値と計算値がほぼ同等の数値であることから静穏度解析による再現性は妥当であると判断できる。



図-7 反射率設定図

表-2 St. 1 における観測地と計算値との比較

	観測値 (m)	計算値 (m)
実測値 A	0.69	0.77
実測値 B	0.63	0.79
実測値 C	0.74	0.64
平均	0.69	0.73

次に、10 年確率波および 50 年確率波を条件として静穏度解析により護岸前面波高の算定を行った。対象護岸前面の越波区間を図-8 のように 9 箇所とし、計算した結果は表-3 に示すとおりである。10 年確率波では、最大 2.08m、平均 1.71m、50 年確率波では、最大 2.39m、平均 2.07m となった。

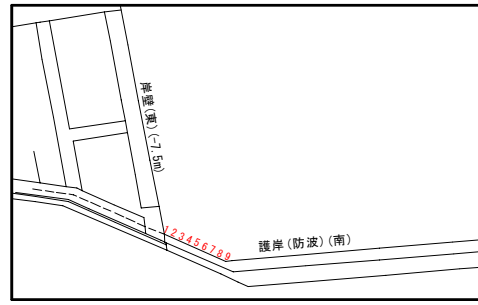


図-8 波高算定位置

表-3 護岸前面波高

	10 年確率波 (m)	50 年確率波 (m)
1	2.05	2.31
2	2.08	2.39
3	1.64	2.08
4	1.37	1.91
5	1.23	1.73
6	1.82	2.08
7	1.72	1.98
8	1.53	1.82
9	1.97	2.30
平均	1.71	2.07

5. 許容越波流量

福田ら¹⁾によると、背後地利用状況からみた許容越波流量として表-4 を示している。福田らによれば、50%安全度ではかなり危険な状況であり、90%安全度では多少安全を見込みすぎの感じがすることから、これらの中間程度が最も妥当であると記載されている。

本検討では、歩行者の許容越波流量 $2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ と $3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ の平均値 $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ を許容越波流量に設定することとした。

表-4 許容越波流量

利用者	堤防からの距離	越波流量 ($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$)
歩行者	直背後 (50%安全度)	2×10^{-4}
	〃 (90% 〃)	3×10^{-5}
自動車	直背後 (50%安全度)	2×10^{-5}
	〃 (90% 〃)	1×10^{-6}
家屋	直背後 (50%安全度)	7×10^{-5}
	〃 (90% 〃)	1×10^{-6}

6. 飛沫防止柵高の検討

飛沫防止柵の高さの算定に用いた計算条件は以下のとおりである。

- ・ 波浪諸現は静穏度解析による護岸前面波高とした。
- ・ 許容越波流量は $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$ とした。
- ・ 既設護岸構造を直立消波ブロック(ワーロック)とし、越波流量算定図はカタログを用いた。
- ・ マウンド天端は標準部及び海水交換部で高さが異なるため各々で検討した。

計算結果は表-5 のとおりであり、飛沫防止柵の天端高は+5.7m、柵の高さは 2.4mとすることとした。飛沫防止柵と越波の打ち上げ高さとの関係を図-9 に示す。この図のように柵の高さを 2.4mとすることにより、観測した越波高さを全て満足することが可能である。また、構造については、図-10 および図-11 に示すとおりである。

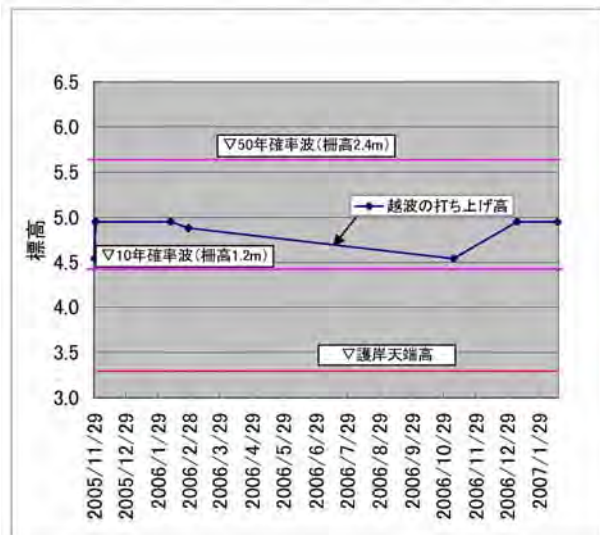


図-9 越波高と飛沫防止柵との関係

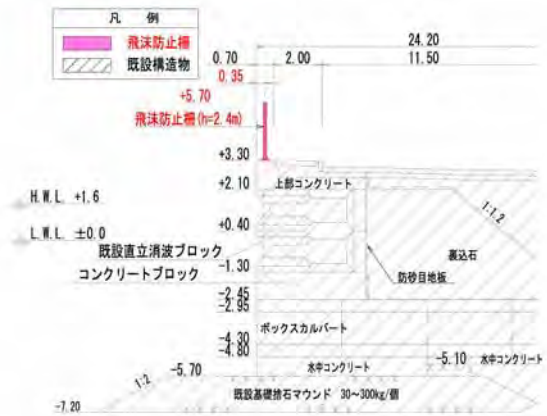


図-10 飛沫防止柵標準断面図

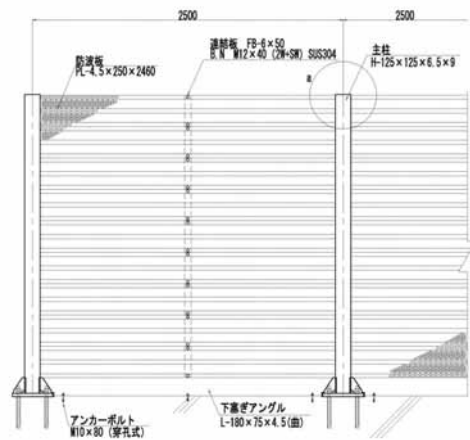


図-11 飛沫防止柵詳細図

表-5 飛沫防止柵天端高検討結果

検討条件				飛沫防止柵		備考
検討水深 h	Ho'(m)	To(s)	H. W. L (m)	天端高 (m)	柵高 (m)	
護岸設置地盤水深 -7.2m	2.07	15.0	+1.50	+5.10	1.80	50年確率波
	1.71	13.0		+4.20	0.90	10年確率波
標準部マウンド天端 -5.7m	2.07	15.0		+5.50	2.20	50年確率波
	1.71	13.0		+4.40	1.10	10年確率波
海水交換部マウンド天端 -5.1m	2.07	15.0		+5.70	2.40	50年確率波
	1.71	13.0		+4.50	1.20	10年確率波

7. まとめ

本検討では、越波現象の実態を把握をするため、現地調査と波浪解析を行った。得られた結果について、越波が発生する気象・海象条件(図-12 参照)としては次のとおりである。

- ・ 波浪：港外波高 3m～4m、波向 SSE～ESE
- ・ 風況：風向は SSE～E、風速は 10m/s～15m/s
- ・ 潮位：1m以上

また、得られた結果を用いて静穏度解析を行い、許容越波流量から飛沫防止柵の検討を行った。施工については、平成 21 年 2 月上旬に完成予定である。今後は、飛沫防止柵の効果を把握していきたい。

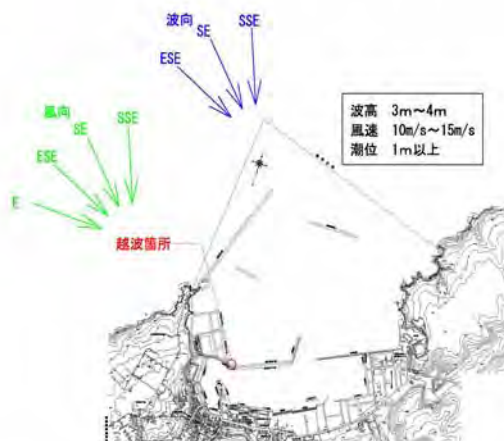


図-12 越波の発生条件

参考文献

- 1) 福田伸夫, 宇野俊泰, 入江功: 防波護岸の越波に関する現地観測(第 2 報), 第 20 回海岸工学講演会論文集, pp.113~118, 1973