

## 志布志港における長周期波対策について

松岡義博\*・池内章雄\*\*・岸良安治\*\*\*・外戸保勝\*\*\*\*

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 調査役

\*\*\* (財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\*\*\* 前 国土交通省 九州地方整備局 志布志港湾事務所長

荷役稼働率および避泊限界波高を評価指標として、志布志港の港内静穏度を把握し、その結果を基に船舶の長周期波動揺に対し有効な対策工を検討した。

キーワード：長周期波，荷役稼働率，静穏度，修正ブシネスク方程式

## 1. はじめに

志布志港(図-1)は、九州南東部の志布志湾内にある重要港湾であり、九州で唯一の中核国際港湾として位置付けられている。

また、志布志港の背後圏の南九州地域は、牛・豚・鶏などの畜産の生産量が日本一という日本の食料供給基地であり、とうもろこし・牧草・稲わらといった飼料原料を積んだ穀物船やコンテナ船が世界各国から入港している。しかし、その穀物船バースを中心に好天時にも関わらず、長周期波が原因と考えられる船体動揺が確認されており、船体動揺による係留ロープの破断、タラップの破損等の被害による荷役障害が発生しており、早急な対策が求められている。



図-1 志布志港航空写真

## 2. 現況の港内静穏度の把握

通常時波浪および異常時波浪に対し、通常時波浪については港内係留施設の荷役稼働率を、異常時波浪については港内係留施設の波高分布(避泊限界波高)をそれぞれ算定し、現況地形における港内静穏度の把握を行った。

なお、長周期波に対する港内係留施設の荷役稼働率は「志布志港静穏度検討調査 報告書(平成21年9月)」<sup>1)</sup>の結果を記載する。

## 2.1 波浪条件

## 1) 通常時波浪の設定

通常時波浪の解析に用いる波浪諸元は、「志布志港長周期波解析業務 報告書(平成17年12月)」<sup>2)</sup>で設定した波浪諸元とした。通常時波浪の波浪諸元を表-1に示す。

表-1 通常時波浪の波浪諸元

波 向	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	$S_{max}$
ESE	1.0	10.0	75
SE	1.0	10.0	75
SSE	1.0	10.0	75

## 2) 異常時波浪の設定

異常時波浪の解析に用いる波浪諸元は、スペクトル法波浪推算モデル(WAM モデル)を用いた確率波高処理システムより推算された30年確率波とした。異常時波浪の波浪諸元を表-2に示す。

表-2 異常時波浪の波浪諸元

波 向	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	$S_{max}$
ESE	12.7	14.4	10
SE	13.6	14.7	10
SSE	14.1	14.8	10

## 3) 長周期波の設定

長周期波の解析に用いる波浪諸元は、現地観測の結果<sup>3)</sup>を基に、「志布志港静穏度検討調査 報告書(平成16年3月)」<sup>4)</sup>で算定された波浪諸元とした。長周期波の波浪諸元を表-3に示す。

表-3 長周期波の波浪諸元

波 向	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	$S_{max}$
ESE	0.2	20~300	一方向波
SE	0.2	20~300	一方向波
SSE	0.2	20~300	一方向波

## 2.2 解析モデル

港内静穏度の検討で用いた波浪変形計算手法は下記のとおりである。

### 【通常時波浪, 異常時波浪】

- ・ 沖合～港口部 : エネルギー平衡方程式
- ・ 港口～港内部 : 高山法

### 【長周期波】

- ・ 沖合～港内部 : 修正ブシネスク方程式

## 2.3 港内静穏度の評価

通常時波浪, 異常時波浪および長周期波に対する, 港内静穏度の目標値は, 過去の調査成果<sup>2)</sup>に準拠し, 以下の通りとした。なお, 長周期波の荷役限界波高は施設利用者からのヒアリングの結果0.25mを採用した。

### 【通常時波浪】

荷役限界波高 : 0.5m

荷役稼働率 : 97.5%以上

### 【異常時波浪】

避泊限界波高 : 1.0m以下

### 【長周期波】

荷役限界波高 : 0.25m

荷役稼働率 : 97.5%以上

現況の港内静穏度の検討を行った地形を図-2に, 評価対象地点を表-4に示す。また長周期波については, 現時点で長周期波動揺が確認されている地点 No. ⑤～⑧および今年度より供用開始されている「① 新若浜ふ頭岸壁(-14.0m)」, 今後供用が開始される②, ③に着目して評価を行うものとする。

また, 長周期波の発生頻度表はNOWPHAS 観測地点(枇榔島沖)の風波における波高別・周期別頻度表を用い, 長周期波標準スペクトル式より作成している。

表-4 港内静穏度評価地点

地点No.	施設名
①	新若浜ふ頭 岸壁(-14.0m)
②	新若浜ふ頭 岸壁(-14.0m)
③	新若浜ふ頭 岸壁(-10.0m)
④	若浜南ふ頭 1号岸壁(-7.5m), 2号岸壁(-5.5m)
⑤	全農サイロドルフィン 棧橋(-13.0m)
⑥	志布志サイロドルフィン 棧橋(-13.0m)
⑦	若浜中央ふ頭 1号岸壁(-12.0m)
⑧	若浜中央ふ頭 2号岸壁(-9.0m), 3号岸壁(-8.0m)
⑨	若浜中央ふ頭 4号岸壁(-7.5m)
⑩	若浜中央ふ頭 5号岸壁(-5.5m)
⑪	若浜1号 物揚場(-4.0m)
⑫	旅客船ふ頭 岸壁(-7.5m)
⑬	E岸壁(-8.5m)
⑭	D岸壁(-7.5m)
⑮	C岸壁(-10.0m)
⑯	B岸壁(-7.5m)
⑰	A岸壁(-5.5m)
⑱	岸壁(-5.0m), 岸壁(-4.0m)

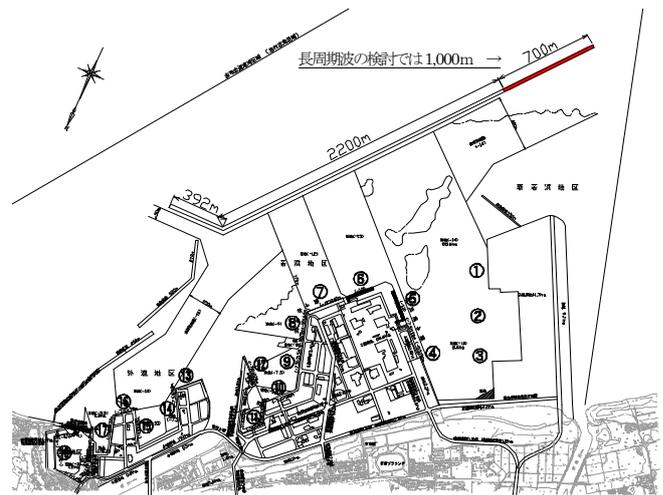


図-2 「現況地形」

表-5 「現況地形」における港内静穏度 結果一覧

地点No.	荷役稼働率(%) [通常時]	風波			長周期波 荷役稼働率(%)
		30年確率波による港内波高(m) [異常時]	波向ESE	波向SE	
①	99.97	0.59	0.77	0.88	98.74
②	99.95	0.49	0.55	0.64	99.26
③	99.99	0.34	0.39	0.45	97.86
④	100.00	0.25	0.31	0.35	97.27
⑤	99.84	0.74	0.88	0.99	98.23
⑥	99.52	1.08	1.28	1.43	97.93
⑦	96.24	1.52	1.80	2.04	97.79
⑧	96.52	1.52	1.72	1.98	95.59
⑨	98.77	1.25	1.37	1.58	94.30
⑩	99.75	0.86	0.98	1.13	93.42
⑪	100.00	0.23	0.26	0.31	86.67
⑫	99.45	0.89	1.02	1.18	95.76
⑬	99.91	0.75	0.89	1.00	97.54
⑭	100.00	0.34	0.47	0.54	96.50
⑮	100.00	0.36	0.45	0.51	96.17
⑯	99.89	0.66	0.84	0.96	98.61
⑰	100.00	0.24	0.32	0.35	94.78
⑱	100.00	0.21	0.27	0.30	94.94

□ : 港内静穏度確保

□ : 今後, 長周期波動揺を防止したい地点

□ : 現在, 長周期波動揺が確認されている地点

表-5より, 風波(通常時波浪・異常時波浪)および長周期波ともに許容値を満足していないことが確認された。

風波については, 特に「⑦ 若浜中央ふ頭 1号岸壁(-12.0m)」「⑧ 若浜中央ふ頭 2号岸壁(-9.0m), 3号岸壁(-8.0m)」の2地点で港内静穏度が満たされていない。

長周期波については, 現在, 長周期波で問題となっている地点 No. ⑤～⑧の4箇所と今後, 長周期波動揺を防止したい地点 No. ①～③に着目すると, 「⑧ 若浜中央ふ頭 2号岸壁(-9.0m), 3号岸壁(-8.0m)」で荷役稼働率が満足されていない。

### 3. 防波堤の形状検討（ハネ部の検討）

#### 3.1 地形条件

沖防波堤ハネ部の形状を変化させ、異常時波浪による港内係留施設の波高分布（避泊限界波高）を算定し、ハネ部の形状における港内静穏度を把握した。

〔共通項目〕

- ・ 沖防波堤直線部の延長； 1,000m
- ・ 新若浜地区の港奥部の地形；計画地形

〔検討地形〕

- ・ 地形①；沖防波堤ハネ部 500m (図-3)
- ・ 地形②；沖防波堤ハネ部 500m(角度 30° 港内側)
- ・ 地形③；沖防波堤ハネ部 550m(角度 30° 港内側)
- ・ 地形④；沖防波堤ハネ部 600m(角度 30° 港内側) (図-4)

なお、波浪条件、解析モデルおよび港内静穏度の評価については“2. 現況の静穏度の把握”における異常時波浪の検討と同様である。

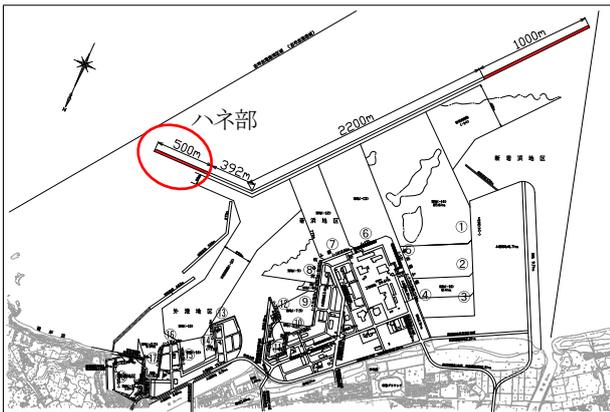


図-3 ハネ部検討地形図；地形①

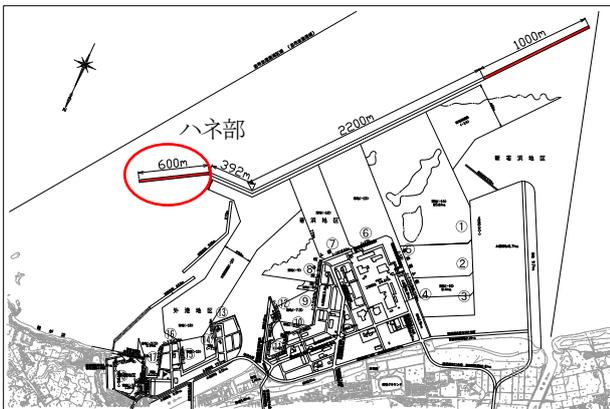


図-4 ハネ部検討地形図；地形④

#### 3.2 検討結果

地形①および地形②の結果一覧（表-6）より、沖防波堤ハネ部を曲げることにより、港内静穏度が全体的に若干向上する。

また、異常時波浪については、検討を行った 3 波向のうち、波向 SSE が最も 30 年確率波高が大きくなる。

地形③および地形④の結果一覧（表-6）より、避泊限界波高(1.0m)を満足するためには、沖防波堤ハネ部を港内側に 30° 曲げた状態で延長を 550m 以上にすることが必要であることが確認された。

表-6 ハネ部検討結果一覧

地点No.	30年確率波による港内波高(m) [異常時]							
	地形①			地形②			地形③	地形④
	波向ESE	波向SE	波向SSE	波向ESE	波向SE	波向SSE	波向SSE	波向SSE
①	0.25	0.33	0.37	0.20	0.27	0.28	0.24	0.22
②	0.12	0.15	0.17	0.11	0.14	0.16	0.16	0.16
③	0.07	0.09	0.10	0.07	0.09	0.10	0.10	0.10
④	0.12	0.16	0.18	0.12	0.16	0.17	0.17	0.17
⑤	0.27	0.36	0.40	0.27	0.36	0.39	0.39	0.39
⑥	0.57	0.68	0.75	0.56	0.66	0.72	0.71	0.71
⑦	0.71	0.93	1.03	0.69	0.91	1.01	1.00	0.99
⑧	0.37	0.49	0.55	0.34	0.46	0.51	0.50	0.49
⑨	0.34	0.43	0.48	0.29	0.38	0.41	0.39	0.37
⑩	0.15	0.19	0.22	0.14	0.19	0.21	0.21	0.21
⑪	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑫	0.25	0.33	0.37	0.24	0.32	0.35	0.35	0.35
⑬	0.49	0.61	0.68	0.49	0.61	0.68	0.68	0.68
⑭	0.22	0.28	0.31	0.21	0.28	0.31	0.31	0.31
⑮	0.27	0.36	0.39	0.27	0.36	0.39	0.39	0.39
⑯	0.49	0.64	0.69	0.49	0.64	0.69	0.69	0.69
⑰	0.23	0.31	0.33	0.23	0.31	0.33	0.33	0.33
⑱	0.20	0.27	0.29	0.20	0.27	0.29	0.29	0.29

■ 港内静穏度確保

### 4. 長周期波対策の検討

#### 4.1 地形条件

前項の検討で確定した下記 2 項目については共通項目とし、過去の調査成果<sup>2)</sup>および秋田港で実施されている長周期波対策事例を参考に決定した 3 地形について長周期波対策の検討を行った。

〔共通項目〕

- ・ 沖防波堤直線部 1,000m
- ・ 沖防波堤ハネ部 550m(角度 30° 港内側)

〔検討地形〕

- ・ Case1 ; 新形式護岸(人工海浜)設置タイプ(図-5)
- ・ Case2 ; 長周期波対策消波工設置タイプ①(図-6)
- ・ Case3 ; 長周期波対策消波工設置タイプ②(図-7)

長周期波対策消波工の設置位置は港内側とし、反射率は「港内長周期波影響評価マニュアル」より 0.7 とした。

なお、波浪条件、解析モデルおよび港内静穏度の評価については“2. 現況の静穏度の把握”における長周期波の検討と同様である。

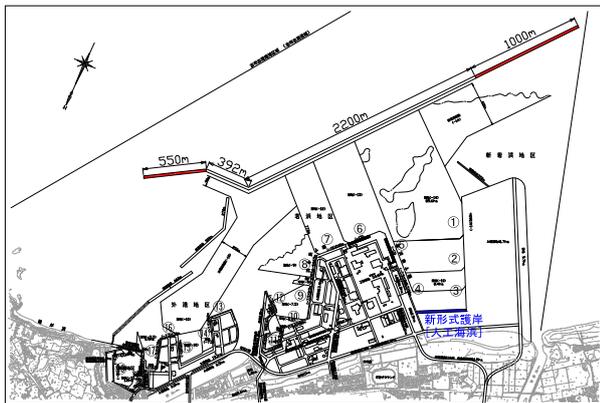


図-5 新形式護岸(人工海浜)設置タイプ; Case1

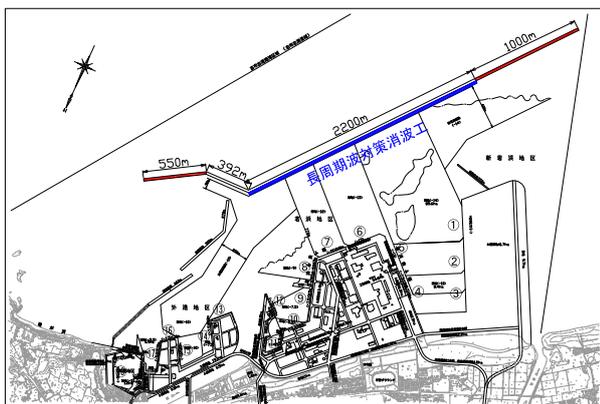


図-6 長周期波対策消波工設置タイプ①; Case2

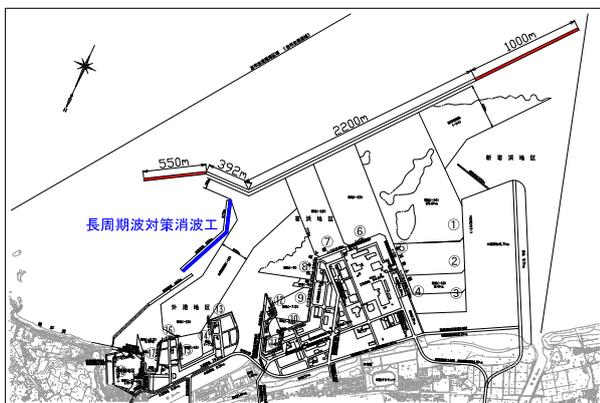


図-7 新長周期波対策消波工設置タイプ②; Case3

## 4.2 検討結果

現時点で長周期波動揺が確認されている右記□の3施設および今後、長周期波動揺を防止したい右記□の3施設に着目して評価を行った。

Case1は、今後、長周期波による船体動揺を防止したい係留施設については、荷役稼働率を満足しているが、現時点で長周期波動揺が確認されている係留施設については「⑧ 若浜中央ふ頭 2号岸壁 (-9.0m), 3号岸壁 (-8.0m)」で許容値を下回る。

Case2, 3は、一部の港奥部を除き、港内ほぼ全域の係留施設で荷役稼働率を満足する。

表-7 長周期波対策検討結果一覧

地点No	長周期波 荷役稼働率(%)		
	Case1	Case2	Case3
①	99.26	100.00	98.92
②	99.37	100.00	98.82
③	99.32	99.73	97.84
④	99.37	100.00	98.40
⑤	98.77	99.79	98.93
⑥	98.44	99.79	98.69
⑦	98.40	99.79	98.98
⑧	97.25	99.09	99.26
⑨	96.27	98.69	99.03
⑩	95.53	98.52	98.44
⑪	89.85	95.92	97.07
⑫	97.25	99.03	99.27
⑬	97.92	99.36	99.73
⑭	97.32	98.93	99.36
⑮	96.48	98.38	99.30
⑯	98.71	99.70	100.00
⑰	94.46	97.42	98.84
⑱	96.06	97.80	99.13

- : 港内静穏度確保
- : 今後、長周期波動揺を防止したい地点
- : 現在、長周期波動揺が確認されている地点

## 5. 謝辞

本稿は、国土交通省九州地方整備局志布志港湾事務所発注による「平成21年 志布志港長周期波対策検討業務」での検討の一部を取りまとめたものである。検討に際し、検討委員会の委員各位および整備局関係者には、貴重なご意見・ご指導をいただき、ここに記して厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 国土交通省九州地方整備局志布志港湾事務所: 志布志港静穏度検討調査 報告書 (平成 21 年 9 月)
- 2) 国土交通省九州地方整備局志布志港湾事務所: 志布志港長周期波解析業務 報告書 (平成 17 年 12 月)
- 3) 国土交通省九州地方整備局志布志港湾事務所: 志布志港波浪調査報告書(平成12年12月)および志布志港波浪調査報告書(平成13年12月)
- 4) 国土交通省九州地方整備局志布志港湾事務所: 志布志港静穏度検討調査 報告書 (平成 16 年 3 月)