

三石漁港静穏度対策について

—長周期波及び異常時対策—

室蘭開発建設部 浦河港湾事務所 工事課

○丹羽 幸一
矢野 隆博
西村 裕毅

三石漁港では港内擾乱が問題となっており、漁船が安全な係留を確保できない状況となっている。本報告は、波浪・風況観測及び漁船係留時の船体動揺観測を実施し、港内擾乱要因である長周期波の対策と異常時における船舶警戒係留による最低限安全な水域を確保するため、これらの対策に必要な施設整備の効果を定量的に評価し、三石漁港の最適港形を決定したので報告する。

キーワード：現地波浪観測、船体動揺観測・解析、静穏度解析（長周期波、異常時波）

1. 係留障害の発生状況

三石漁港の新港地区及び旧港地区において港内擾乱が問題となっており、漁船が安全な係留を確保できない状況であるため、係留障害の発生状況の詳細について、利用者に対するヒアリングを実施した。

新港地区では、低気圧や台風の接近時に係留船舶の動揺が発生しており、特にイカ釣り漁船が利用する7～11月間の陸揚げ作業に支障が生じており、年間100日程度利用に支障が生じている。

旧港地区では、船揚場斜路を直立壁化（図-2）にしたことにより静穏度が低下し、準備作業に支障が生じている。

漁業者は天気図等を基に避難の判断を行っていることから、台風接近時には他港へ避難して免れるが、低気圧通過時には避難の判断を誤り船体損傷被災の発生も認められている。

しかしながら、これらの事例は船体損傷に至るような港内擾乱の極限状態のことであり、係留索の切断・緩み等による係留障害は恒常的に発生しているとの声が利用者より多く聞かれた。



図-1 三石漁港

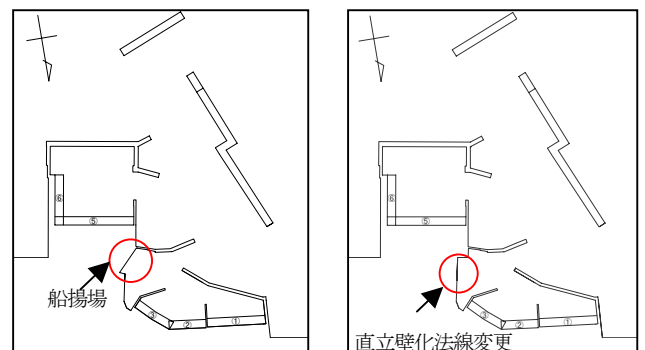


図-2 整備過程による港形変化

2. 港内擾乱メカニズムの検討方法

本港の港内擾乱は、過年度の調査や地元利用者から聴取した港内擾乱状況から、副振動が一つの要因であると考へた。副振動は、来襲波浪に含まれる長周期波成分と港の固有振動周期との共振現象により躍起される港内水面振動である。

このため、副振動による港内擾乱メカニズムを解明するためには、①来襲波浪の長周期特性、②本港の固有振動周期、③港内水面振動の卓越周期及び④長周期波の増幅率の関係を定量的に明らかにする必要がある。

このことから、本検討においては現地波浪観測、船体動揺観測及び数値計算を実施し、港内擾乱メカニズムとその対応策について検討を行う。

3. 現地観測の概要

波浪観測は、図-3に示す港外1地点(No.1)、新港地区港口周辺1地点(No.2)、新港地区港内1地点(No.3)及び旧港地区1地点(No.4)の合計4地点の海底面上1.0mに波高計を設置した。

風況観測は、図-3に示す新港地区港内1地点(No.1)及び旧港地区1地点(No.2)の合計2地点の岸壁天端上3.0mに風速計を設置した。

波浪・風況観測は、平成19年9月6日～10月31日の56昼夜連続観測である。

船体動揺観測は、図-3に示す新港地区-4.5m岸壁と旧港地区-3.5m岸壁及び-3.0m岸壁において、平成19年9月7日台風19号接近時と平成19年10月20日発達した低気圧接近時の2回、実際に漁船・警戒船を係留しビデオ撮影を行った。

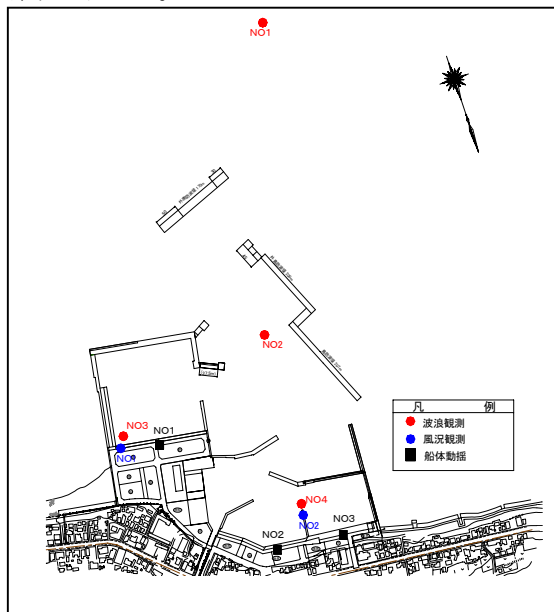


図-3 現地観測位置図

4. 港内擾乱メカニズムの分析

4-1. 来襲波浪の長周期特性

港外の No.1 地点における波浪観測値を基に、観測期間中の波浪成分に含まれていると考えられる長周期成分と通常波浪成分の特性を明らかにするために、スペクトル解析を実施した。

4-1-1. 新港地区の長周期波特性

異常時波限界波高を超える0.56mの波高を観測。(図-4)

長周期波限界波高を超える0.25mの波高を観測。(図-4)

0.008Hz (125秒) 以上の長周期成分のエネルギーが港外より増加している。(図-5)

港外と比べ通常波の港内波高は8%程度(図-6)まで減衰するが、長周期波の港内波高は40%(図-7)程度となることから、減衰しにくい傾向がみられる。

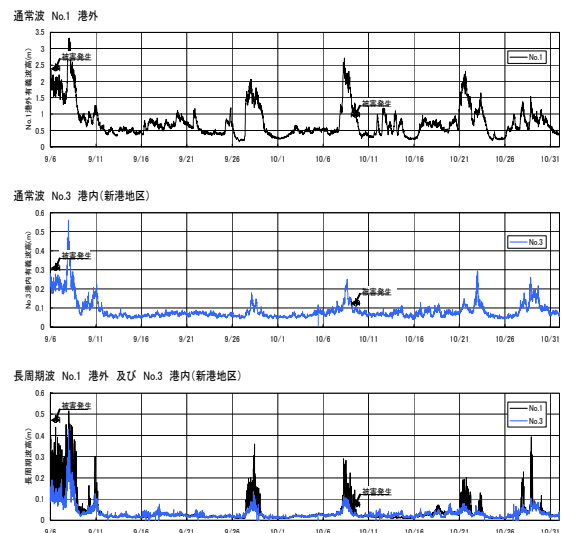


図-4 通常波と長周期波の有義波高の経時変化

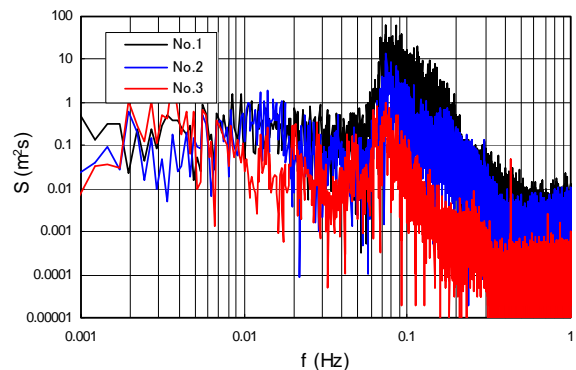


図-5 港外と新港地区の周波数スペクトル

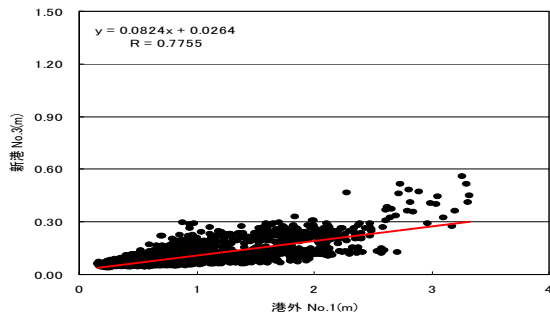


図-6 港外波高と港内波高の関係 (通常波高)

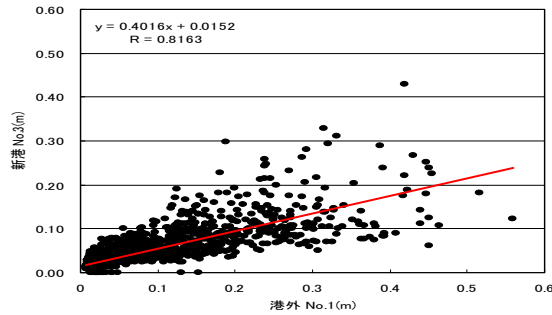


図-7 港外波高と港内波高の関係 (長周期波高)

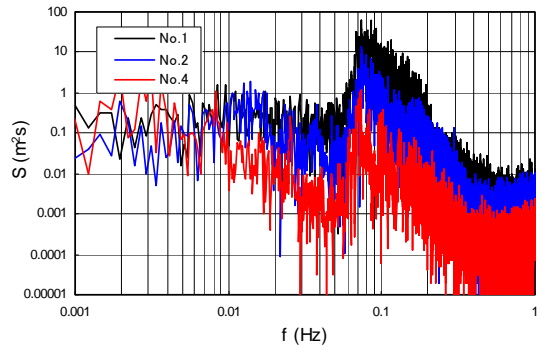


図-9 港外と旧港地区の周波数スペクトル

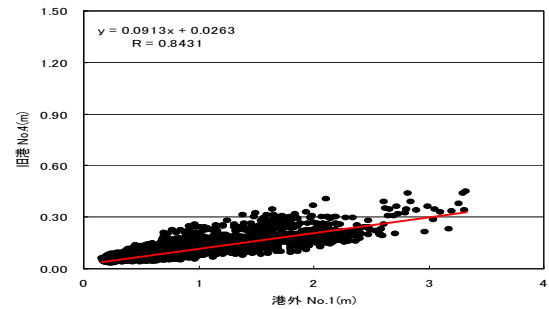


図-10 港外波高と港内波高の関係 (通常波高)

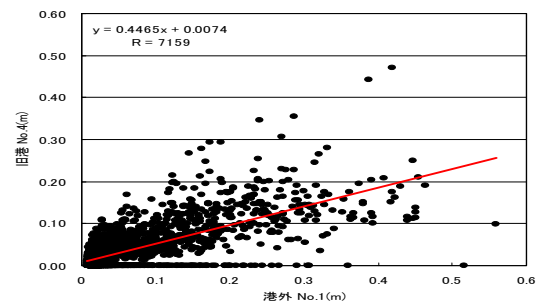


図-11 港外波高と港内波高の関係 (長周期波高)

4-1-2. 旧港地区の長周期波特性

長周期波限界波高を超える 0.25m の波高を観測。

(図-8)

0.008Hz (125 秒) 以上の長周期成分のエネルギーが港外より増加している。(図-9)

港外と比べ通常波の港内波高は 9%程度(図-10)まで減衰するが、長周期波の港内波高は 45%程度(図-11)までしか減衰しない。

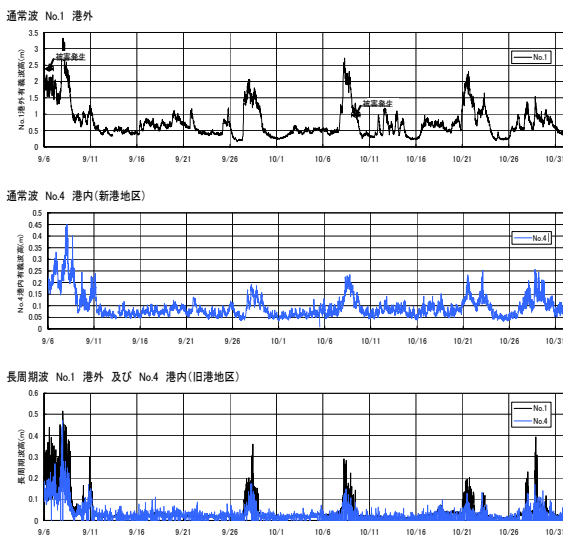


図-8 通常波と長周期波の有義波高の経時変化

4-2. 船体動揺調査

船体動揺観測調査で得られた撮影記録から解析を行った。

a. 船体動揺の読み取り

撮影記録から 0.5 秒毎に各観測点 (観測目印) の位置 (光源) を追跡し、サージング (前後)、スウェイング (左右)、ヒービング (上下) の運動を読み取った。

b. 動揺の時系列

記録の読み取り結果から船舶重心位置でのサージング (前後揺れ) ・スウェイング (左右揺れ) ・ヒービング (上下揺れ) の動揺量を時系列に取りまとめた。

c. 動揺のスペクトル解析

サージング (前後)、スウェイング (左右)、ヒービング (上下) の運動についてスペクトル解析を行った。

d. 波浪と船体動揺の関係

波浪調査結果と船体動揺結果のスペクトルを比較し、両者の関係を求めた。

4-2-1. 波浪と船体動揺の関係

スペクトル解析の結果から各運動成分と波浪の関係について以下の事項が明らかとなった。サージングについては、うねり成分である周期 16 秒 (0.06Hz) 付近のピークに同調したエネルギーのピークが見られるが、周期 16 秒 (0.06Hz) より長い周期においてこれよりも遙かに大きなエネルギー成分が観測されている。特に、No. 1(-4.5m 岸壁)においては 30 秒(0.03Hz)~65 秒 (0.015Hz) 付近、No. 2(-3.5m 岸壁)においては 100 秒(0.01Hz)にエネルギーのピークが見られる。港内波高には 100 秒付近にピークが見られないことから、これはサージングの固有周期であると考えられ、港内に減衰せずに侵入している長周期波成分に起因して発生しているものと考えられる。

スウェイングについてもサージングとほぼ同様の傾向が認められ、長周期波成分が船体動揺に大きな影響を与えていることがわかる。

一方、ヒービングについては港内波高のスペクトルにほぼ一致したスペクトル形状となっており、長周期波による影響はサージングやスウェイングに比べて少ない。これは、サージングやスウェイングが防舷材や係留索などの係留系によって固有周期が決まるため、長周期波の影響を受けやすいからである。

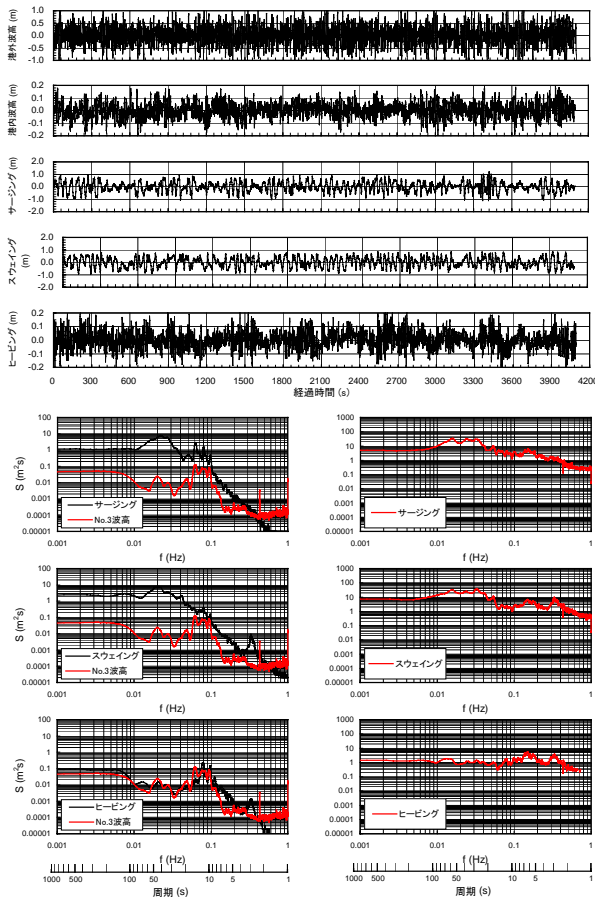


図-12 新港地区-4.5m 岸壁 (No. 1) 船体動揺の時系列とスペクトル

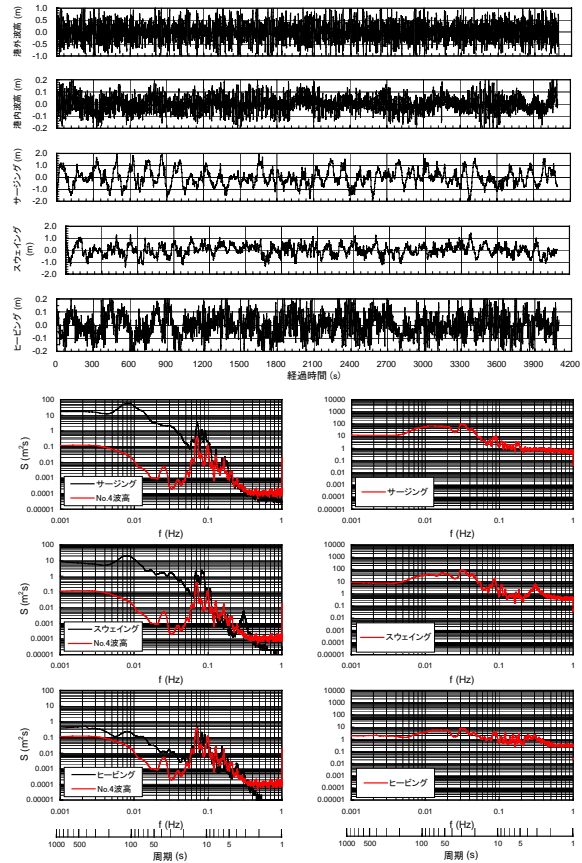


図-13 旧港地区-3.5m 岸壁 (No. 2) 船体動揺の時系列とスペクトル

4-2-2. 新港地区の港内擾乱の要因

要因把握のため、平成19年9月6日係留索が切断した被害発生時波浪のスペクトル解析・応答解析、船体動揺調査時のスペクトル解析・応答解析、漁港の固有振動周期の算定を実施し、以下の点が明らかになった。

- 固有振動解析の結果、新港地区には 0.02Hz (50 秒) に固有周期 (2 次モード) がある。(図-14)
- 新港地区サージング・スウェイングのスペクトルには 0.02~0.03Hz (30~50 秒)、0.008Hz (120 秒) にピークがあり、港内の固有振動周期である 50 秒に近い周期で動揺している。(図-15)

以上より、港外から進入した長周期波が、新港地区内の固有周期である 50 秒付近で増幅され、これに近い固有周期 (62 秒) を持つ係留索に同調して船体動揺が発生し障害が発生したと考えられる。

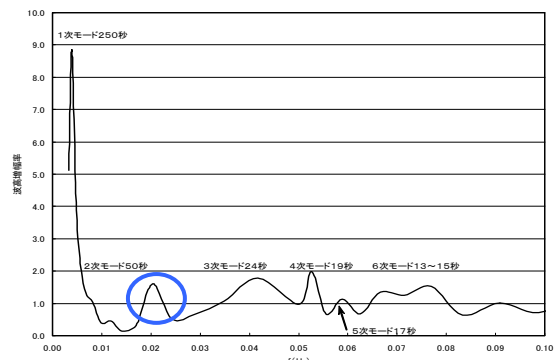


図-14 固有振動解析結果

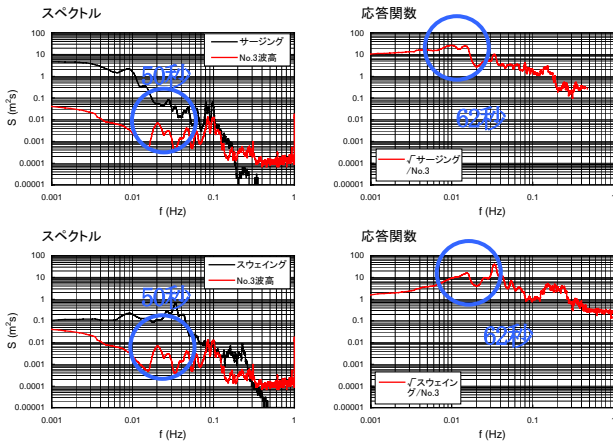


図-15 波浪と係留索固有振動の関係

4-2-3. 旧港地区の港内擾乱の要因

船体動揺観測結果から、サージング・スウェイ・ヒービングのいずれにも周期 120 秒と周期 14 秒付近に動揺のピークがある。周期 14 秒の港外波は明確なピークがないのに対し、港内波はピークがあることから港内の固有周期と考えられ、この周期に同調して船体動揺が発生している。

以上のことから、異常時波に相当する波浪条件での動揺発生の可能性が考えられる。

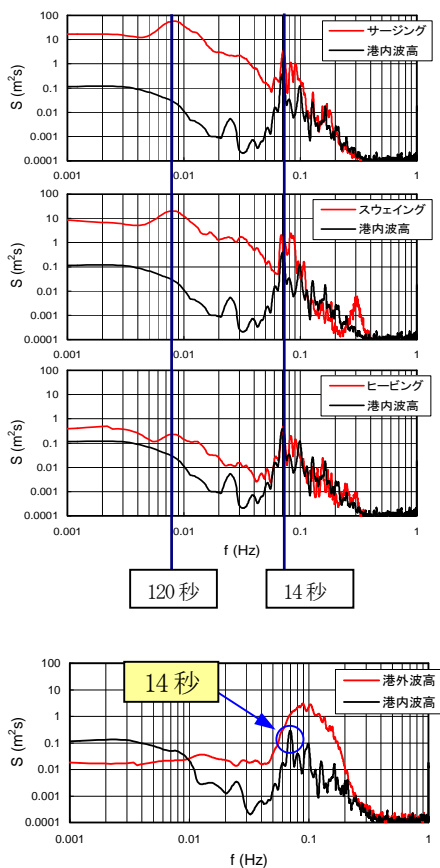


図-16 船体動揺観測結果

5. 静穏度解析

異常時に、最低限安全な漁船の係留がおこなえる水域の確保が必要であることから、静穏度解析に先立ち避難水域の設定を行った。避難水域は旧港地区の図-17に示す水域とした。通常波・異常時波については緩勾配方程式、長周期波についてはブシネスク方程式を用いて行った。

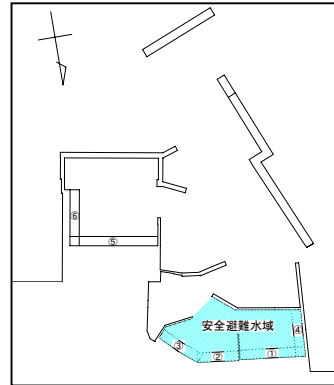


図-17 避難水域設定図

5-1. 異常時波

異常時波の対象水域は、安全避難水域（旧港地区）とし、異常時波の利用限界波高は休憩岸壁の使用が可能な最大波高の標準値 0.5mを用いた。計算結果は、表-1 に示すとおりである。

現港形の全波向で利用限界波高を満たしていない。

外南防波堤の40m延伸と外島・島防波堤を透過構造から、不透過構造にすると旧港地区の安全避難水域（地点 1～4）では利用限界波高を満たしている。

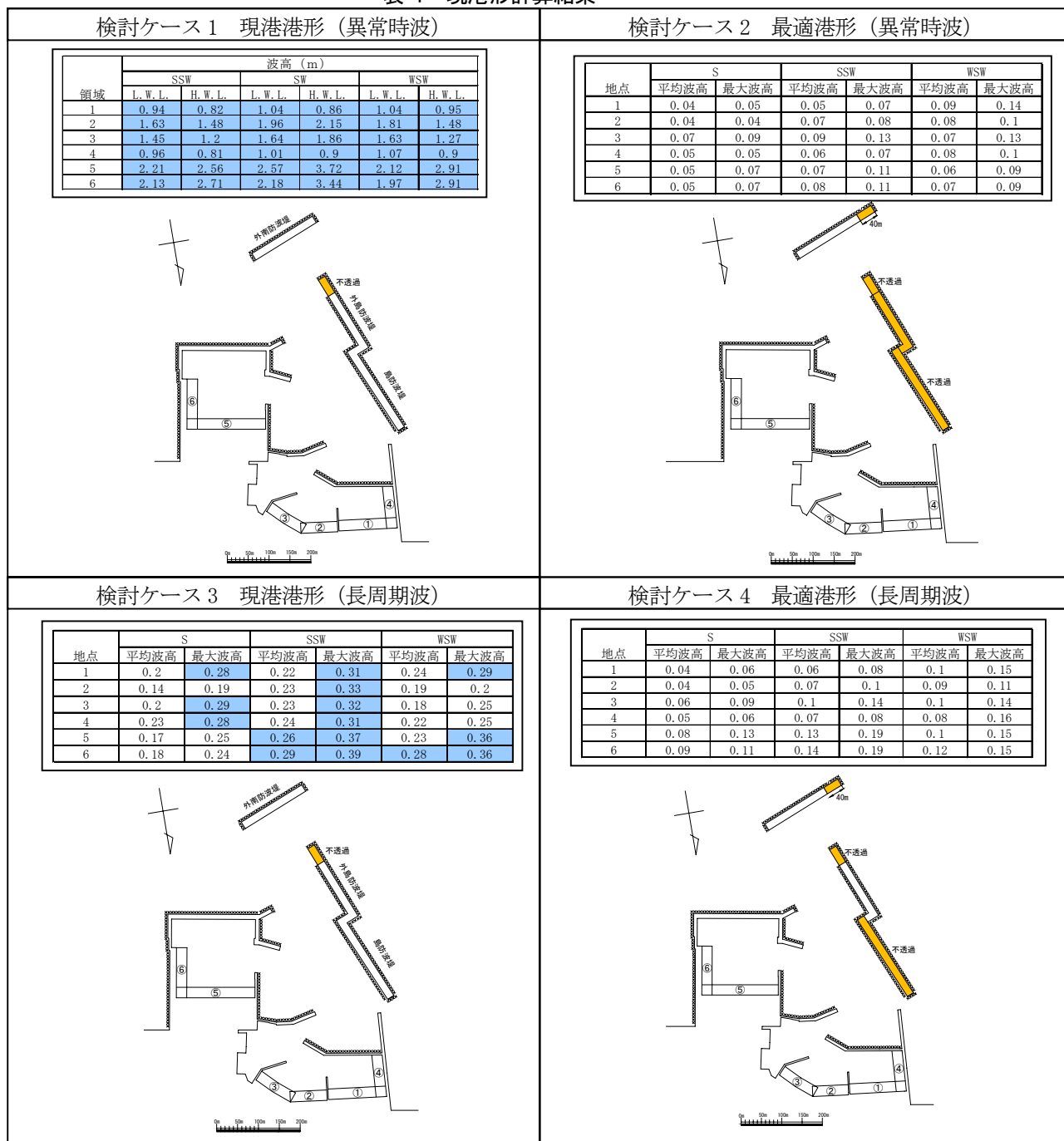
5-2. 長周期波

長周期波の対象水域は、安全避難水域（旧港地区）と長周期波によって被害が発生していると考えられる新港地区を対象とし、利用限界波高 0.25mを用いた。

異常時波の検討で外島・島防波堤の不透過構造化が必要であることを示された。そこで、これらの不透過構造化が長周期波に有効であるかを検討した。波高計算結果は、表-1 に示すとおりである。

現港形は、現地最大波高を用いた波向 SSW で新港地区の地点 5 及び 6 で利用限界波高の 0.25m を超えた。この結果より、本計算は現況をおおむね再現していると考えられる。また、現港形は 1 年確率長周期波の波向 WSW においても地点 6 で利用限界波高を超えた。島防波堤を不透過構造にした検討港形、各波向とも評価地点内の平均波高・最大波高で利用限界波高を満たしていることから、不透過構造化が長周期波対策としても有効であることがわかった。

表-1 現港形計算結果



6. まとめ

漁港の副振動(長周期波)による港内擾乱は、港毎に要因や現象が異なることから、その普遍的な分析・解析手法が確立されていないのが現状である。しかしながら、本報告で示した手法により、副振動による港内擾乱メカニズムを定量的に明らかにすることが可能となり、三石漁港の最適港形の決定が行えた。

安全避難水域の限界波高 (異常時波浪0.5m、長周

期波0.25m) を満足する港形の整備順序は、長周期波対策に有効な島防波堤不透過化、異常時波対策に有効な外島防波堤不透過化、外南防波堤を40m延伸の順で岸側から沖側にかけて施工を進めると効果的であることが確認された。今後、これらの対策を整備着手する際、建設過程における整備効果を段階的に確認するため解析結果との検証を行うこととしたい。