

サンドバイパスシステムの開発と流域土砂管理に関する一考察

Development of sand bypass system and consideration on basin sediment control

水谷 将*・添田 洋**・内山一郎**

Suguru MIZUTANI, Hiroshi SOEDA and Ichiro UCHIYAMA

* (財) 漁港漁場漁村技術研究所 第1調査研究部 主任研究員

** (財) 漁港漁場漁村技術研究所 専門技術員

This study clarified that sand with quantity of 80,000m³ per year could be obtained from the outside of the port by operating the fixed-type jet pump in applying site monitoring survey and three-dimensional littoral drift simulation. Besides, such installation plan and number of the jet pump as effective for mitigation of sediment were proposed.

Key words : sand bypass, jet pump, littoral drift, coastal erosion

1. はじめに

公共事業全体の動きとして、自然環境調和型への取り組みや効率的な事業実施の観点からトータルコスト縮減への取り組みが求められ、漁港の埋没対策として、漁港周辺の堆積砂をパイプライン等により漁港周辺の侵食域へ流用するサンドバイパスによる効率的な漁港整備等を内容とする「自然調和・活用型漁港づくり推進事業」が平成15年度に創設され、モデル的に福田漁港において実施することになった。本検討では自然環境との調和と維持管理等を含めたトータルコスト縮減に対応した、恒久的な砂輸送施設等サンドバイパスシステム基本設計に関する技術的検討の一部を報告する。



図-1 サンドバイパスの基本計画案

2. サンドバイパスシステム

サンドバイパスシステムは、福田漁港への港口埋没対策及び浅羽海岸への侵食対策を目的として、計画するものである。

2.1 基本条件

(1) 基本計画

固定式ジェットポンプによる目標サンドバイパス量は、基本案として港外からの 80,000m³ のサンドバイパスを行う図-1 に示す計画とした。

(2) ジェットポンプ設置候補範囲

港外側の浚渫モニタリングの結果を図-3 に示す。図-2 に示される No.2 測線と No.3 測線を比較すると、No.2 測線の方では水深が急に深くなっていることがわかり、ジェットポンプの設置水深としては、ジェットポンプの稼

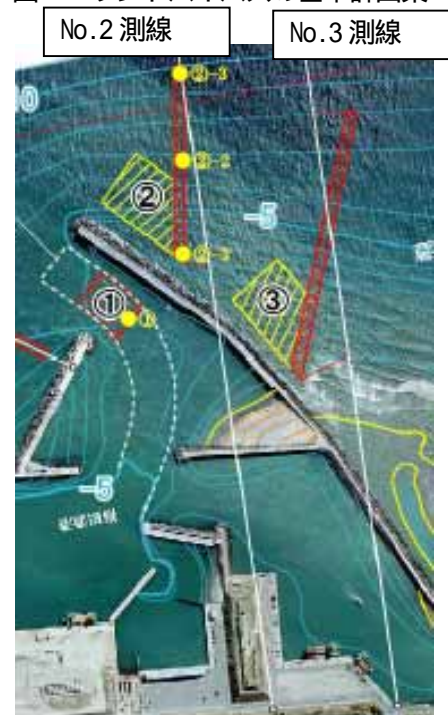


図-2 浚渫モニタリング位置図

働波高である $H_0 = 1.0\text{m} \sim 3.0\text{m}$ 程度の通常の波浪で、堆積が生じる水深 $-1.0\text{m} \sim -4.0\text{m}$ 範囲の No.3 の周辺の方が適切となる。配管などの施設規模を極力小さくする方が優位であることも考慮し、No.3 測線周辺でサンドポンプの設置位置の検討を行うこととする。

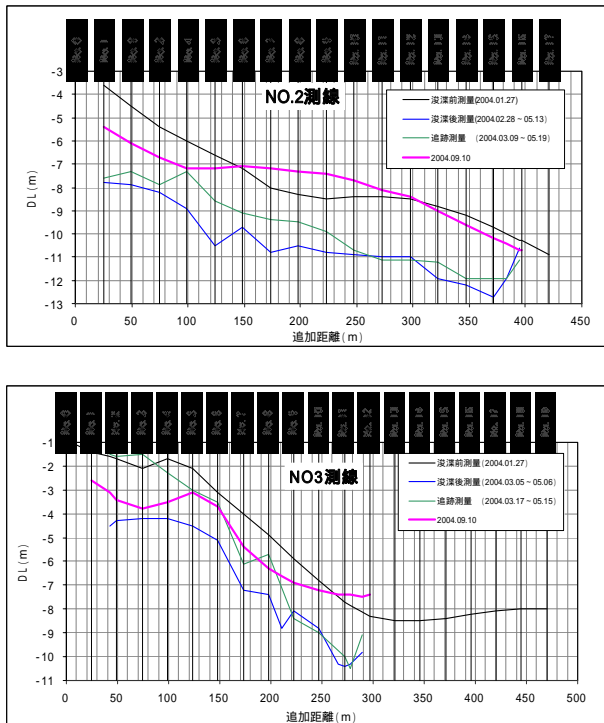


図-3 西防波堤外側浚渫モニタリング結果

(3) ジェットポンプの稼働期間および運転時間

ジェットポンプの稼働期間は、アカウミガメの上陸・産卵時期である5月から8月までを除いた1月～4月まで及び9月～12月までの年間8ヶ月間とする。

ジェットポンプの運転時間は、平日に運転するものとして1週間5日間を運転日として、1日のうち昼間の8時間とする。

(4) 波浪条件

福田漁港設計沖波は $H_0 = 10.8\text{m}$, $T_0 = 15.2\text{s}$ する。
 (「平成2年度〔第9000号〕福田漁港 漁港修築事業 西防波堤D新設工事設計委託 報告書」より準用)

2.2 漂砂解析

(1) 検討フロー

本検討では、漂砂解析モデルによりサンドバイパスの最適配置計画の検討を行う。漂砂解析モデルとしては種々の手法が実用化されているが、サンドバイパスシステムの設置位置において、平面的に、漂砂量分布や地形

変化分布を把握する必要があることから、三次元海浜変形モデルを用いることとする。

ただし、三次元海浜変形モデルは当地点に初めて適用することから、モデルの現地再現性を確認した上で、サンドバイパスの配置計画の検討を行うこととする。

三次元海浜変形モデルによる漂砂解析の検討フローを下図に示す。

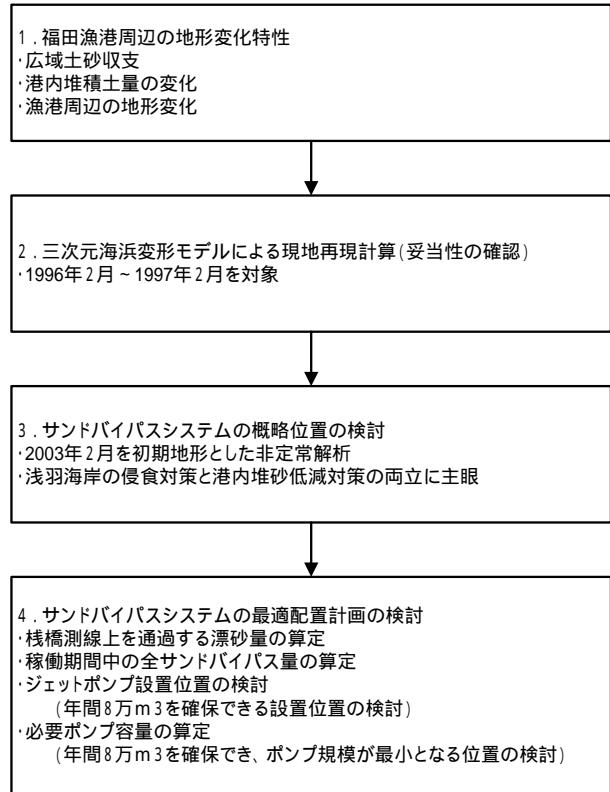


図-4 検討フロー

(2) 福田漁港周辺の地形変化特性

福田漁港の西側では、東向きに沿岸漂砂量が $20 \sim 26$ 万 $\text{m}^3/\text{年}$ である。また、浅羽海岸においては、測量時期の違いはあるものの、現状を維持するために必要な土量は $5 \sim 8$ 万 $\text{m}^3/\text{年}$ と考えられる。次に港口部の土量変化に着目すると、平均値は 0.29 万 $\text{m}^3/\text{年}$ 、最大値 1.10 万 $\text{m}^3/\text{年}$ である。したがって、必要浚渫土量は、高波浪来襲の変動を考慮しても、 $1 \sim 2$ 万 $\text{m}^3/\text{年}$ 程度と考えられる。

福田漁港周辺の地形変化の年推移をみると、1998 年以降は港口付近 6m 等深線の位置に大きな変化はなく、沿岸漂砂量はほぼ動的平衡状態に達している。また、修築工事完了後の現況における港内流入砂量は、浚渫実績からも 1 万 $\text{m}^3/\text{年}$ 程度であったことが推察される。したがって、港口での堆積が顕著な 1996 年 2 月から 1997 年 2 月までの期間を再現計算の対象とする。また、水深変化がほぼ動的平衡状態となった 2003 年 2 月の地形条件を将来予測計算に用いる。

2.3 三次元海浜変形モデルによる現地再現計算

(1) 計算条件(時化モデル)の設定

再現対象期間においては、竜洋海岸における波浪データが未取得であるため、浜岡原子力発電所における波浪データから地形変化計算沖側境界地点(h=25m)における波浪条件をエネルギー平衡方程式で算定した。1995年から1997年に測定された波浪データ(1996年のデータは波向きデータが欠測)より波高を5段階、波向きを2方向に分割して、それぞれの領域における代表波高、波向をエネルギー平均値として算定した。

さらに、E系、W系の時化が一年に2回ずつ来襲した条件を想定して時化モデルを作成した。また、波高50cm以下の来襲波浪条件を無視した。

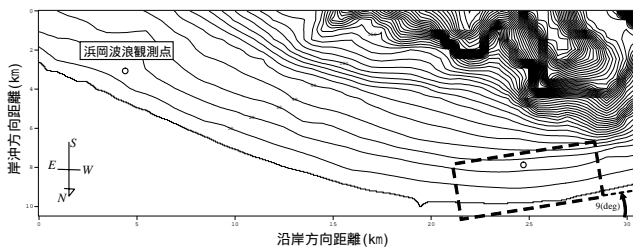


図-5 三次元モデルによる計算領域(破線)と浜岡波浪観測点の位置

表-1 波高段階、波向別の代表波条件 (S9°Eから反時計周りを正)

| ALL YEAR | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|
| 波高範囲 | E系波浪 | | | | W系波浪 | | | |
| | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | |
| <H<0.5 | 0.43 | 6.02 | 14.10 | 17.0 | 0.43 | 5.89 | -10.70 | |
| 0.5<H<1.5 | 0.90 | 6.39 | 22.66 | 117.0 | 1.01 | 5.83 | -24.82 | |
| 1.5<H<2.5 | 1.85 | 8.41 | 20.85 | 10.8 | 1.88 | 7.95 | -26.02 | |
| 2.5<H<3.5 | 2.91 | 11.84 | 11.96 | 2.8 | 2.87 | 10.54 | -19.22 | |
| 3.5<H< | 4.50 | 12.69 | 6.63 | 0.9 | 4.59 | 12.37 | -14.00 | |
| | | | 合計日数 | 148.5 | | | 合計日数 | 216.5 |

表-2 計算条件

| 計算領域 | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水深データ | 1996年2月の深浅測量データ |
| 計算領域(岸沖方向×沿岸方向) | 2.5km×7.5km |
| 格子間隔(岸沖方向×沿岸方向) | 20m×20m |
| 平面波浪場の計算(エネルギー平衡方程式) | |
| 周波数分割 | 10等エネルギー分割 |
| 方向分割 | ピーク波向き±90°を45°分割 |
| 砕波減衰 | 磯部(1986)の砕波モデル |
| 海浜変形の計算 | |
| 底面摩擦 | 田中・Sana(1996)の波・流れ共存場の底面摩擦則から中央粒径 D_{50} を粗度として算定 |
| 底質中央粒径 | $D_{50}=0.3\text{mm}$ |
| 水平拡散係数 | Larson・Kraus(1991)のモデル、 $A=12$ |
| 境界条件 | 側方・沖側ともに閉境界条件 |
| 地形変化の計算 | |
| 局所漂砂量モデル | 渡辺ら(1984)のパワーモデル、 $B_w=5.0$ 、 $A_s/A_w=10.0$ |
| 底面摩擦 | 流れによる漂砂量 q_s のみを考慮 |
| 急勾配地形条件での局所漂砂量の補正 | 田中・Sana(1996)の波・流れ共存場の底面摩擦則から中央粒径 D_{50} を粗度として算定 海底勾配に応じて次式で局所漂砂量を補正($\epsilon=1.0$) $q_{s'} = q_s - \epsilon H_s \frac{\partial \zeta_s}{\partial x}$ |

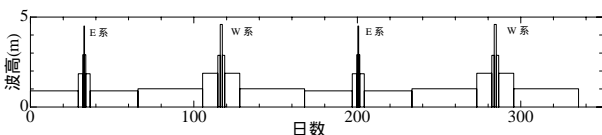


図-6 再現計算に用いた時化モデル

(2) 再現計算結果

再現計算の結果、予測値の方が実測値よりも港口での堆積域が狭くなり、その分局所的な堆積量は大きかった。これは、波による漂砂移動や浮遊砂の拡散の影響によるものであると考えられるが、モデルでは考慮できていない。しかしながら、港口周辺における平均水深の増加量は、実測値で約80cm、計算値で70cm程度となり、堆積領域に違いはあるものの、平均水深変化量はほぼ一致した。また、漂砂量係数 $B_w=5.0$ とすることで、西側からの年間の正味の沿岸漂砂量は約22万 m^3 、福田漁港を通過する正味の沿岸漂砂量は約9万 m^3 となり、実測結果とほぼ一致した。

2.4 サンドバイパスシステムの概略位置の検討

(1) 計算条件

竜洋波浪観測点における波浪データから地形変化計算沖側境界地点(h=25m)における波浪条件をエネルギー平衡方程式により算定した。波高を5段階、波向きを2方向に分割して、それぞれの領域における代表波高、波向をエネルギー平均値として算定した。また、カメの産卵期を考慮するため、時化モデルでは、1年を1~4、9~12月(サンドバイパス運転期)、5~8月(カメ産卵期)、サンドバイパス運転停止期の3期間に分割した。なお、波高50cm以下の来襲波浪を無視した。

検討ケースは case0: 現況、case1: 現況+サンドバイパスポンプをAに設置、case2: 現況+サンドバイパスポンプBに設置、case3: 現況+サンドバイパスポンプCに設置の4ケースとした。

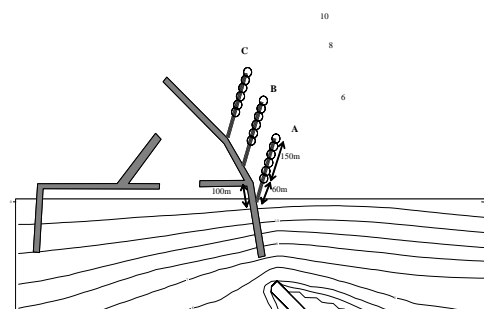


図-7 サンドバイパスの設置位置

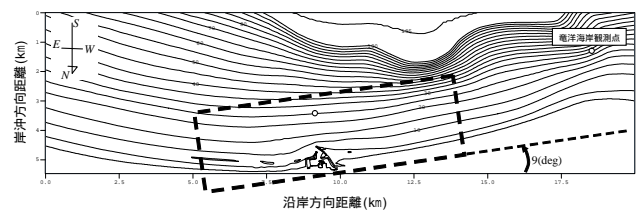


図-8 三次元モデルによる計算領域(破線)と竜洋海岸波浪観測点の位置

表-3 波高段階、波向別、季節別の代表波条件 (S9°E から反時計回りを正)

| JAN - APR | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|----------------|------|-------|-------|----------------|------|
| 波高範囲 | E系波浪 | | | | W系波浪 | | | |
| | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 |
| <H< 0.5 | 0.44 | 6.33 | 13.24 | 5.7 | 0.44 | 5.63 | -14.09 | 3.4 |
| 0.5<H< 1.5 | 0.87 | 6.36 | 19.58 | 30.9 | 0.97 | 5.22 | -25.60 | 64.5 |
| 1.5<H< 2.5 | 1.88 | 7.84 | 17.41 | 3.2 | 1.84 | 6.80 | -27.97 | 9.9 |
| 2.5<H< 3.5 | 2.86 | 8.38 | 11.82 | 0.4 | 2.94 | 8.68 | -21.92 | 1.6 |
| 3.5<H< | 4.51 | 9.28 | 4.45 | 0.1 | 3.98 | 9.31 | -12.99 | 0.3 |
| | | | | 合計日数 | | | | 40.3 |
| MAY - AUG | | | | | | | | |
| 波高範囲 | E系波浪 | | | | W系波浪 | | | |
| | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 |
| <H< 0.5 | 0.44 | 5.88 | 14.26 | 4.9 | 0.45 | 5.79 | -10.51 | 2.7 |
| 0.5<H< 1.5 | 0.86 | 6.57 | 15.41 | 38.9 | 0.96 | 6.50 | -20.59 | 58.6 |
| 1.5<H< 2.5 | 1.78 | 9.11 | 12.60 | 4.0 | 1.91 | 8.72 | -23.82 | 9.4 |
| 2.5<H< 3.5 | 2.94 | 10.96 | 4.99 | 0.6 | 2.88 | 10.63 | -19.94 | 2.8 |
| 3.5<H< | 3.76 | 11.86 | 2.59 | 0.1 | 4.66 | 12.18 | -17.45 | 1.2 |
| | | | | 合計日数 | | | | 74.6 |
| SEP - DEC | | | | | | | | |
| 波高範囲 | E系波浪 | | | | W系波浪 | | | |
| | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 |
| <H< 0.5 | 0.42 | 6.03 | 16.95 | 8.0 | 0.43 | 5.46 | -16.22 | 5.8 |
| 0.5<H< 1.5 | 0.89 | 6.60 | 21.43 | 50.9 | 0.91 | 5.20 | -21.86 | 48.6 |
| 1.5<H< 2.5 | 1.84 | 8.58 | 15.26 | 2.2 | 1.85 | 7.45 | -27.37 | 5.1 |
| 2.5<H< 3.5 | 2.97 | 10.31 | 14.47 | 0.3 | 2.87 | 8.71 | -22.65 | 0.7 |
| 3.5<H< | 4.26 | 10.14 | 14.48 | 0.3 | 3.69 | 9.07 | -35.96 | 0.1 |
| | | | | 合計日数 | | | | 60.4 |

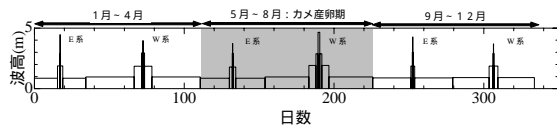


図-9 代表波浪条件による時化モデル

表-4 計算条件

| 計算領域 | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水深データ | 2003年2月の深浅測量データ <ul style="list-style-type: none"> Case0: 現況 Case1: SBPをA点に設置(サンドボケット深3TP-14m, JPB基, 延長150m) Case2: SBPをB点に設置(サンドボケット深3TP-14m, JPB基, 延長150m) Case3: SBPをC点に設置(サンドボケット深3TP-14m, JPB基, 延長150m) |
| 計算領域(岸沖方向 × 沿岸方向) | 2.5km × 7.5km |
| 格子間隔(岸沖方向 × 沿岸方向) | 20m × 20m |
| 平面波浪場の計算(エネルギー平衡方程式) | |
| 周波数分割 | 10等エネルギー分割 |
| 方向分割 | ピーク波向き ±90°を45分割 |
| 砕波減衰 | 磯部(1986)の砕波モデル |
| 海流波浪場の計算 | |
| 底面摩擦 | 田中・Sana(1996)の波・流れ共存場の底面摩擦則から中央粒径 D_{50} を粗度として算定 |
| 底質中央粒径 | $D_{50}=0.3\text{mm}$ |
| 水平拡散係数 | Larson・Kraus(1991)のモデル, $\lambda=12$ |
| 境界条件 | 側方・沖側ともに開境界条件 |
| 地形変化の計算 | |
| 局所漂砂量モデル | 渡辺ら(1984)のパワーモデル, $B_w=5.0, A_s/A_n=10.0$ |
| 底面摩擦 | 流による漂砂量 q_s のみを考慮 田中・Sana(1996)の波・流れ共存場の底面摩擦則から中央粒径 D_{50} を粗度として算定 |
| サンドボケットでの漂砂量補正 | 海底勾配に応じて次で局所漂砂量を補正($=1.0$) $q_{s, \text{corrected}} = q_s \cdot \left[\frac{1 - \sin(\alpha)}{1 - \sin(\alpha_c)} \right]$ |
| SBP条件での地形変化計算 | <ul style="list-style-type: none"> 1. JP設置地点における土砂収支を計算し、堆積傾向であれば堆積分のみを吸引する。 2. ただし、吸引量はJPの最大吸引容量(500m³/day/1基)を上限値とする。 3. カマの産卵期は運転を停止し、通常の地形変化計算を行う。 4. SBP運転開始後、土砂吸引によるJP設置水深(1P-14m)までボケットが掘れるまでは、最大吸引容量(500m³/day/1基)で土砂を吸引する。 |

(2) 計算結果

計算結果より、時間の経過とともにサンドバイパスポンプによる影響範囲が拡大し、5年後には港口周辺にも現況時とサンドバイパスポンプ設置時との間に有意な差が現れた。ただし、サンドバイパスポンプの設置に伴う港口における平均水深の変化量は、5年後でも設置位置Aで11cm程度、BおよびCで18cm程度となった(図-10参照)。

モデルでは、沖側の堆積砂が波によって汀線際に運ばれる効果が考慮されていないので、この堆積量については過大評価している可能性がある。

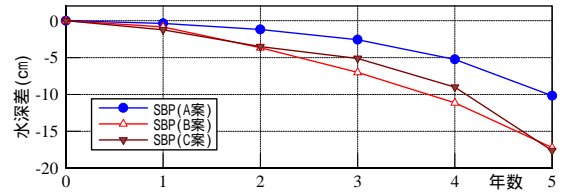


図-10 港口平均水深差の年次変化

(3) 港内流入砂量の推定

防波堤背後での回折波を適切に算定できる放物型波動方程式を用いて、港口周辺の平面波浪場を算定した。入射波条件は、将来予測解析と同様に竜洋海岸における1999年から2002年までの4年間の波浪データを用いて推算した。また、竜洋海岸の波浪条件から福田漁港沖における波浪条件を推算し、得られた波浪データに対して波高を5段階、波向きを2方向に分割して、それぞれ代表波高、波向きをエネルギー平均値として算定した(表-5参照)。港内の堆積砂の粒径には、中央粒径で0.1~0.3mm程度と港外側の粒径と大きな差異はなかったため、港内流入砂量についても渡辺ら(1984)のパワーモデルを用いて概略算定した。ただし、波による漂砂移動量についても考慮した。港口の平均水深を増減させた条件で同様の計算を行い、港口の水深変化量に伴う港内流入砂量を比較した。

表-5 波高段階、波向別の代表波条件 (S9°E から反時計回りを正)

| ALL YEAR | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|
| 波高範囲 | E系波浪 | | | | W系波浪 | | | |
| | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 | 波高(m) | 周期(s) | θ (deg) | 出現日数 |
| <H< 0.5 | 0.43 | 6.08 | 14.90 | 18.5 | 0.44 | 5.59 | -14.10 | 11.7 |
| 0.5<H< 1.5 | 0.87 | 6.53 | 18.92 | 119.7 | 0.95 | 5.67 | -22.83 | 172.5 |
| 1.5<H< 2.5 | 1.83 | 8.55 | 14.91 | 9.4 | 1.87 | 7.68 | -26.07 | 24.7 |
| 2.5<H< 3.5 | 2.92 | 9.94 | 9.36 | 1.4 | 2.90 | 9.76 | -20.92 | 5.2 |
| 3.5<H< | 4.22 | 10.24 | 10.85 | 0.4 | 4.50 | 11.38 | -17.40 | 1.6 |
| | | | | 合計日数 | | | | 215.7 |

表-6 計算条件

| 計算領域 | |
|--------------------|-----------------------------------------------------|
| 水深データ | 2003年2月の深浅測量データ |
| 計算領域(岸沖方向 × 沿岸方向) | 1.8km × 4.5km (図) |
| 格子間隔(岸沖方向 × 沿岸方向) | 10m × 10m |
| 平面波浪場の計算(放物型波動方程式) | |
| 周波数分割 | 10等エネルギー分割 |
| 方向分割 | ピーク波向き ±90°を45分割 |
| 砕波減衰 | 磯部(1986)の砕波モデル |
| 地形変化の計算 | |
| 局所漂砂量モデル | 渡辺ら(1984)のパワーモデル, $B_w=5.0$ 波による漂砂量 q_s のみを考慮 |
| 底面摩擦 | 田中・Sana(1996)の波・流れ共存場の底面摩擦則から中央粒径 D_{50} を粗度として算定 |
| 港内流入砂量の算定 | 波による漂砂量 q_s のうち、港口の側線を通して漂砂成分を側線に沿って積分 |

現況(港口の水深変化量ゼロ)における港内流入砂量は $B_w=5.0$ の条件では約10,000m³/年であった。現況とサンドバイパスポンプを設置した場合との5年後の港口の平均水深の差は、設置位置Aで11cm程度、設置位置BとCで18cm程度であった。このときの港内流入砂量の低減率は、設置位置Aで約18%、設置位置BとCで約26%であることが推定される。

これらのことから、漂砂解析の観点で、浅羽海岸の海岸侵食対策と福田漁港の港内堆砂低減対策を両立させるためには、設置位置Bの案が有利であると考えられる。

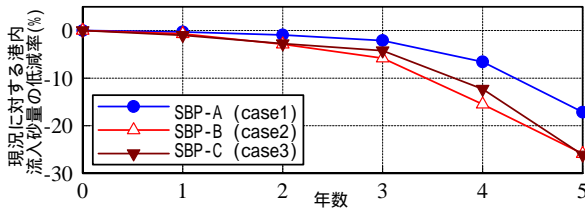


図-11 現況時に対する SBP 設置時の港内流入砂量の低減率推定値

2.5 サンドバイパスシステム最適配置計画の検討

(1) 検討位置および検討波浪条件

図-12 にサンドポケットの検討位置を示す。図に示すようにサンドトラップは棧橋に沿って設置した6基のジェットポンプによって形成される6つのすり鉢状の窪みから成る。なお、目標とするサンドバイパス量は80,000m³/年である。CASE-1が前出のA案に、CASE-5が前出のB案に対応する。

ここでは、ポンプ設置位置を沿岸方向(CASE-1~5)と岸沖方向(X0=60m~140m)と変化させ、最適な位置の検討を行う。

サンドトラップ：漂砂を捕捉する場所

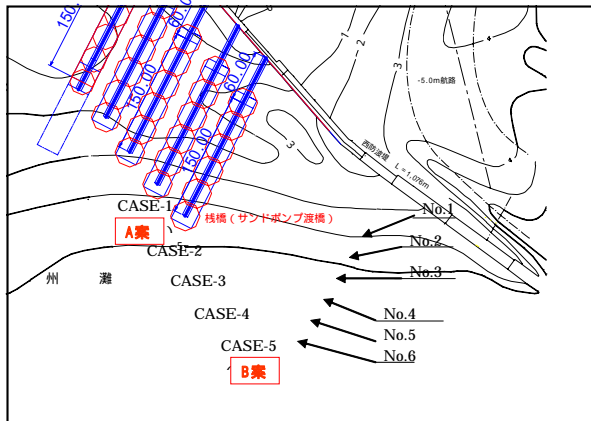


図-12 サンドトラップの検討位置

三次元海浜変形モデルによる解析では、過去の波浪データから算定した6つの代表波浪条件に対して、それぞれ福田漁港周辺の局所漂砂量分布を算定した。また、潮位による漂砂量変化の影響も考慮し、それぞれの代表波浪条件に対して、HML, MML, LWLの3潮位を考慮した。表-7に代表波浪の条件を整理する。6代表波の出現日数の総和が365日に満たないのは、表-7の代表波には顕著な漂砂移動が起きていないと考えられる沖波波高50cm以下の波浪が含まれていないためである。

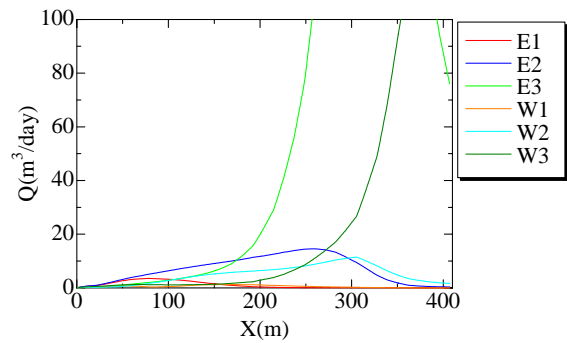
表-7 代表波浪条件

| 代表波 | 波高(m) | 周期(s) | 波向(度) | 年出現日数 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| E1 | 0.88 | 6.5 | 28.8 | 120.4 |
| E2 | 1.94 | 8.6 | 24.7 | 11.4 |
| E3 | 3.74 | 10.7 | 19.3 | 0.9 |
| W1 | 0.95 | 5.6 | -7.4 | 171.8 |
| W2 | 2.03 | 7.8 | -12.5 | 30.1 |
| W3 | 3.93 | 10.5 | -10.6 | 3.7 |

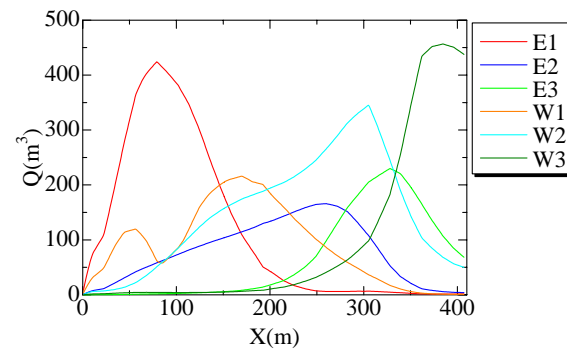
(2) 検討結果

三次元海浜変形モデルによる解析で、過去の波浪データから算定した6つの代表波浪条件に対して、それぞれ福田漁港周辺の局所漂砂量分布を算定した。

図-12に示したCase1~Case5までの棧橋設置延長線における通過漂砂量を抽出した。図-13の(a)にはLWL時のそれぞれの代表波浪条件に対して算定したCase1の漂砂量分布を示す。図中のX軸は防波堤基部から沖向き距離を表す。さらに、図-13の(b)にはそれぞれの代表波浪条件に出現日数を乗じて得た年間の通過漂砂量を示す。これらの図に見られるように、一日あたりの漂砂量では高波浪条件(E3やW3)による漂砂が卓越しているように見えるが、実際に出現日数を乗じると、中・低波浪(E1, E2, W1, W2)による漂砂量も大きくなることわかる。また、図中に示すように、棧橋延長部分で漂砂量を積分すると、各ケースの1日当たりでサンドポケットに貯まる砂量、および年間でサンドポケットに貯まる砂量を求めることができる。



(a) 1日当たりの通過漂砂量



(b) 年間の通過漂砂量

図-13 CASE1の棧橋側線を通して通過する漂砂量分布

図-13 に示した解析結果より、まず、稼働期間中のサンドバイパス量を推定する。CASE-1 の棧橋部分で沿岸漂砂量を算定した結果を表-8 に示す。トラップ内の堆積する量については、ポケットの幅が約 30m と広いため、E系およびW系の漂砂量の双方が、ポケット内の堆積に寄与すると考えられる。したがって、稼働期間中のバイパス量は、グロスの漂砂量（E系とW系の絶対値の和）として評価することとする。表-8 より、通年の全沿岸漂砂量に対する稼働期間（9月から4月）の全沿岸漂砂量の割合を算定すると、グロスで57%程度となる。

したがって、稼働期間の全サンドバイパス量は、通年のサンドバイパス量（gross）に57%を乗じた値に、休止期間中にサンドポケットに貯まった土砂量の総和とみなすことができる。

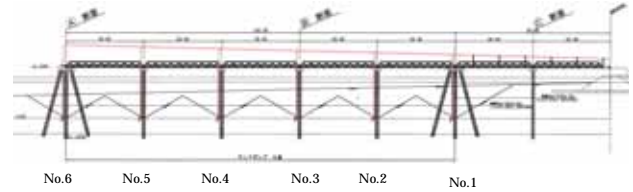


図-15 ポケットの縦断形状

表-8 CASE-1 の棧橋部分における沿岸漂砂量の波高・波向・月別分布(10⁴m³/year)

| 期間 | E系漂砂量 | | | | W系漂砂量 | | | | 合計(net) | 合計(gross) |
|-----|----------|--------------|---------|-------|----------|--------------|---------|-------|---------|-----------|
| | H(m)E(D) | I(D)H(m)E(D) | 30<H(m) | 合計 | H(m)E(D) | I(D)H(m)E(D) | 30<H(m) | 合計 | | |
| 1月 | -0.12 | -0.25 | 0.00 | -0.38 | 0.31 | 1.63 | 0.03 | 1.96 | 0.99 | 1.74 |
| 2月 | -0.06 | 0.00 | 0.00 | -0.06 | 0.34 | 0.74 | 0.00 | 1.08 | 1.02 | 1.14 |
| 3月 | -0.21 | -0.36 | 0.00 | -0.57 | 0.26 | 1.41 | 0.67 | 2.34 | 1.77 | 2.91 |
| 4月 | -0.27 | -0.72 | -0.05 | -1.04 | 0.24 | 0.75 | 0.07 | 1.06 | 0.02 | 2.08 |
| 5月 | -0.26 | -0.41 | 0.00 | -0.67 | 0.21 | 0.87 | 0.23 | 1.31 | 0.64 | 1.95 |
| 6月 | -0.17 | -0.03 | 0.00 | -0.20 | 0.36 | 1.39 | 0.11 | 1.86 | 1.65 | 2.06 |
| 7月 | -0.17 | -0.24 | 0.00 | -0.41 | 0.28 | 2.16 | 1.08 | 3.51 | 3.11 | 3.92 |
| 8月 | -0.15 | -0.36 | -0.04 | -0.55 | 0.31 | 1.13 | 0.86 | 3.30 | 2.74 | 3.65 |
| 9月 | -0.40 | -0.62 | -0.58 | -1.60 | 0.17 | 0.46 | 0.28 | 0.90 | -0.70 | 2.51 |
| 10月 | -0.44 | -0.77 | -0.02 | -1.24 | 0.16 | 0.41 | 0.01 | 0.58 | -0.66 | 1.81 |
| 11月 | -0.31 | -0.42 | -0.01 | -0.74 | 0.14 | 0.51 | 0.20 | 0.85 | 0.10 | 1.59 |
| 12月 | -0.17 | -0.38 | -0.02 | -0.56 | 0.29 | 1.41 | 0.20 | 1.90 | 1.13 | 2.26 |
| 合計 | -2.73 | -4.56 | -0.73 | -8.02 | 3.06 | 12.06 | 4.73 | 19.85 | 11.83 | 27.86 |

netの漂砂量: E系漂砂量とW系漂砂量の和
grossの漂砂量: E系漂砂量とW系漂砂量の絶対値の和

稼働期間中の漂砂量(gross): 16.05
通年との比率: 57.6%

また、図-14 に示すように、CASE-1 の X0 = 60m の位置では、全てのサンドポケットの容量と4ヶ月間に流入(通過)する土砂量がほぼ同じである。一方、CASE-3 の X0 = 120m の位置では、全てのサンドポケットの容量よりも4ヶ月間に流入(通過)する土砂量の方が大きくなるため、休止期間中にサンドポケットに貯まる漂砂量はサンドポケットの全容量と一致する。

ポンプ設置位置を沿岸方向(CASE-1~5)と岸沖方向(X0=60m~140m)と変化させ、稼働期間中の全サンドバイパス量を算定した。各検討ケースに対するサンドバイパス量を図-16 に示す。サンドバイパス量は、Case3 で X0=100m とした条件で最大となった。しかし、それよりも岸側の Case1 や Case2 においてもほぼ同量のサンドバイパス量が見込まれ、目標とするサンドバイパス量を満足することが可能と考えられる。

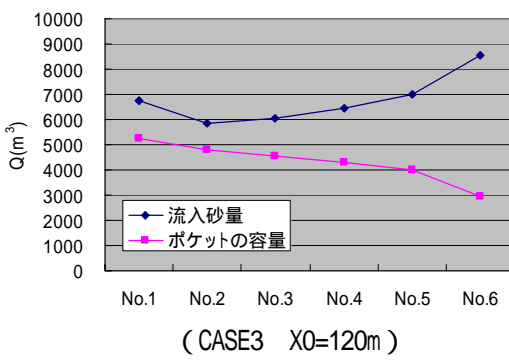
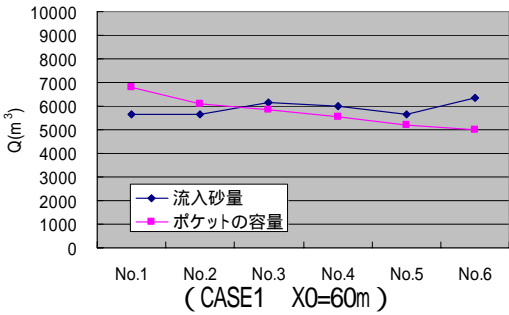


図-14 サンドポケットの容量と休止期間中に流入(通過)する漂砂量

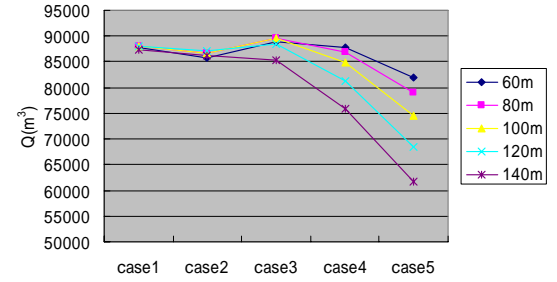


図-16 各検討ケースにおける全サンドバイパス量の比較

表-9 各検討ケースにおける全サンドバイパス量の比較(単位: m³/年)

| | case1 | case2 | case3 | case4 | case5 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 60m | 87709 | 85680 | 89007 | 87777 | 82004 |
| 80m | 87921 | 86623 | 89650 | 86970 | 78963 |
| 100m | 87990 | 86772 | 89711 | 84945 | 74445 |
| 120m | 87937 | 87038 | 88449 | 81368 | 68482 |
| 140m | 87262 | 86334 | 85387 | 75887 | 61659 |

3. おわりに

本検討結果より、港外側から年間8万 m³の砂を確保するジェットポンプの設置位置が提案された。今後は港口堆砂の軽減効果に着目し、港内に流入する浮遊砂を考慮した形でさらに詳細に検討を行う予定である。

参考文献・関連情報

- 渡辺ら(1984)：構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値予測モデル，第31回海岸工学講演会論文集，pp. 406-410
- 平成17年度 福田漁港広域漁港整備(4種外郭等)に伴うサンドバイパス検討委員会運営業務委託報告書 静岡県袋井工事事務所