

三沢漁港の地形変化特性の検討

Characteristics of Beach Changes around MISAWA Fishing Port

片山裕之¹・牧野弘幸²・鈴木彰³・中山哲巖⁴

Hiroyuki KATAYAMA, Hiroyuki MAKINO, Akira SUZUKI and Akiyoshi NAKAYAMA

At the Misawa fishing port, the offshore breakwater was built as a countermeasure against the calmness of waterway. However, deposition on waterway became remarkable after construction of the breakwater, and that could be caused to the trouble to waterway. So, in this research, the analysis using the observation results of suspended sediment and suspended sediment model was performed for countermeasures against shoaling at waterway and mitigation of influence of the seashore on nearby. It turned out that the floating silt-clay does not sediment but it is transported to neither the port entrance nor harbor inside. Moreover, this model has estimated the tendency of shoaling at waterway, and burying countermeasures against shoaling at waterway was proposed using this model.

1. はじめに

青森県の太平洋側に位置する三沢漁港では、北向き漂砂の遮断による北側海岸の侵食の問題とともに、航路・港内埋没が問題となっている。三沢漁港周辺の海岸侵食に関しては例えば齊藤ら(1985)が既に指摘しており、佐々木ら(1990)、渡部ら(2000)は漁港北側の侵食だけでなく、南側からの土砂供給が既に絶たれていることも汀線変化傾向から示している。

一方、漁港周辺では、近年、航路及び港内の静穏度対策として沖防波堤が計画され、2003年から建設が始まり、現在その大半が完成している。しかし、沖防波堤建設後、航路での堆積が顕著となり、航路利用に支障を来している。このため、沖防波堤建設と航路・港内埋没との因果関係を整理するとともに、港口埋没機構を明らかにし、早急に埋没対策を検討する必要がある。本研究は、航路・港内埋没の防止及び周辺海岸への影響の軽減を図ることを目的とし、三沢漁港周辺の漂砂特性について、現地観測と漂砂解析から検討を行ったものである。

2. 深浅測量分析による地形変化状況の把握

三沢漁港では、1971年以降、年2回程度の深浅測量が実施されている。ここでは、最近の三沢漁港周辺の地形変化特性を把握するために、最近の深浅測量結果を整理した(図-1)。その結果、沖防波堤建設後、沖防波堤の背後と航路だけでなく沖側南端部でも堆積する傾向が見られた。図-2には、A~F(広域)、1~8(狭域)の各ブロックの1996年8月からの土量変化を示した。特に、沖

防波堤建設開始後、沖防波堤背後での堆積が顕著であり、4年間で9万 m³ の土砂が堆積している。また、全ブロックの積算土量変化より、10年間で漁港周辺では160万 m³ 程度の土砂が堆積しており、年平均16万 m³ 程度の土砂が漁港により捕捉されていると言える(図-3)。ただし、漁港の南側の海岸での地形変化はほぼ平衡しており、長期的には安定していると推察される。

3. 現地調査による底質移動特性

三沢漁港周辺の地形変化に大きく影響する浮遊砂の特性を把握する目的で、2007年9月中旬から約1ヶ月間、漁港南側の水深約3mの地点において浮遊砂の現地観測を行った(図-3)。浮遊砂調査は、濁度計(Compact CLW,

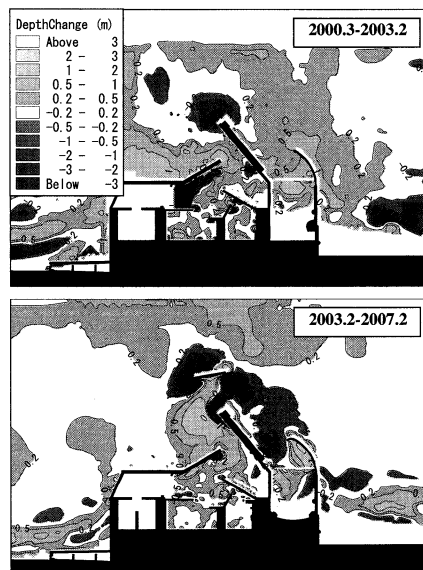


図-1 長期的な地形変化(深浅測量結果の差分)

1 正 会 員	博(工)	(財)漁港漁場漁村技術研究所
2	修(工)	(財)漁港漁場漁村技術研究所
3		(財)漁港漁場漁村技術研究所
4 正 会 員	工修	(独法)水産総合研究センター水産工学研究所

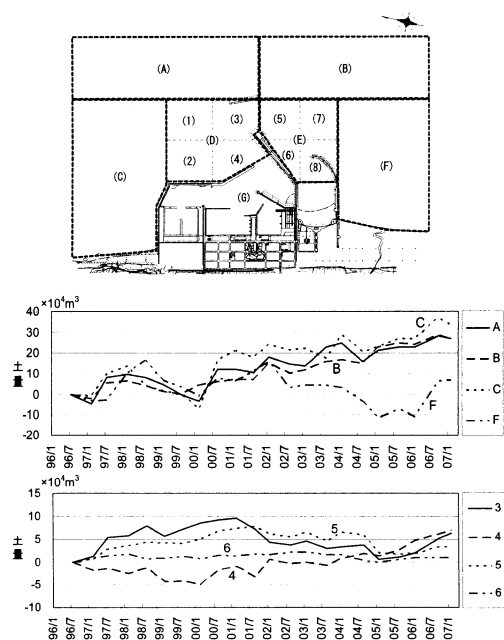


図-2 ブロック毎の土量変化(1996年8月との比較)

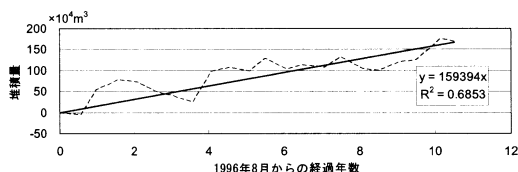


図-3 全ブロックの積算土量変化

アレック電子製)による海底から0.1m地点(設置時)における定点観測と併せて片山ら(2000)を参考に鉛直方向5ヶ所(設置時海底から0.1m,0.2m,0.3m,0.5m,0.9m)におけるポンプ採水を行い、浮遊砂の鉛直濃度および粒度組成について調べた(写真-1)。採水時のホース延長は約50m、ホース内流速は1.5m/sであり、沈降速度に対して十分な流速であった。浮遊砂はプランクトンネットにより粒度分析に十分な量を採取し、採水から計測した平均流量から平均浮遊砂濃度を算定した。なお外力と浮遊砂の測定水深を把握するため、波高流速計と後述する水位計による砂面計測装置を同時に設置した。なお、濁度計は9月17以降の時化のため19日未明に埋没してしまったものと推定される。

現地観測の結果のうち、採水を実施した9月15日から23日までの波浪、流速、濁度計による浮遊砂濃度、海底地形変動を図-5に示す。9月17~18日にかけて有義波高2mを超える時化を観測し、17日の8~17時にかけて実施した採水において、底面付近で約2000g/m³、海底から0.9m付近では約100g/m³の指数分布形状を示す鉛直浮遊砂濃度分布が計測された(図-6)。

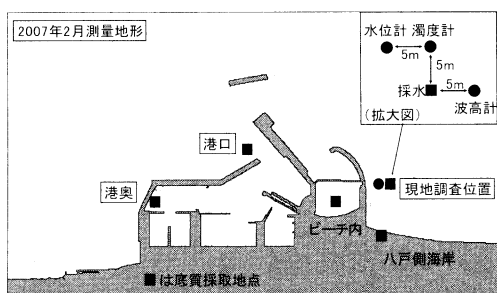


図-4 現地観測位置

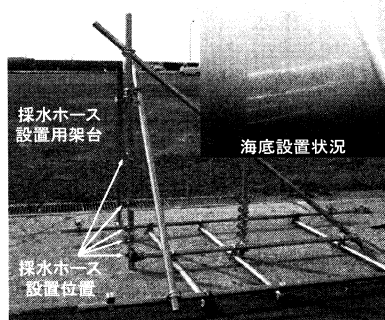


写真-1 浮遊砂採水用の架台および設置状況

また表-1には採取された浮遊砂および底質の粒度試験の結果を示した。港口堆積砂は細砂の浮遊移動によるものが支配的であるが、中砂以上の成分は港奥までは輸送されず港口付近までで堆積するものと考えられる。海底からの高さ0.5~0.9mで採取された粘土シルト成分は、時化の間沈降せず浮遊移流を続け、港口や港内に輸送されない成分と推測される。

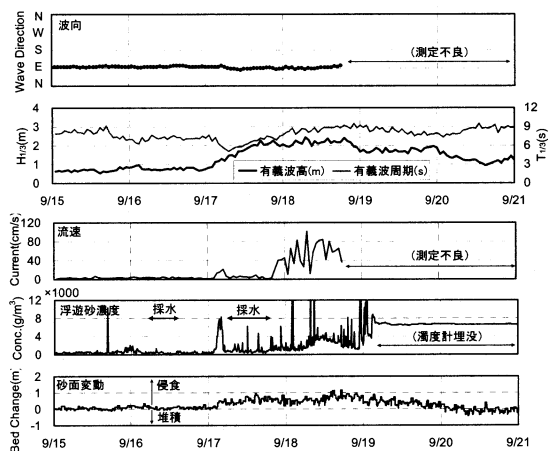


図-5 現地観測による計測データ (9/15~9/21)

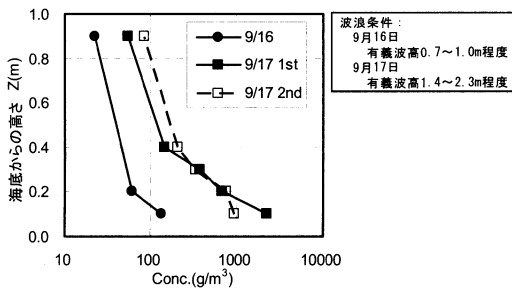


図-6 観測された鉛直浮遊砂濃度分布

表-1 採取浮遊砂および底質の粒度試験結果一覧

採取日	9/17 1回目と2回目の平均					8/24	9/16	9/16	9/16
採取高さ m	0.1	0.2	0.3	0.5	0.9	港口底	八戸海岸	観測位置	港奥底
粗砂分 %	0.15	0.21	0.18	0.23	0.27	1.00	14.30	2.00	-
中砂分 %	8.59	7.18	6.99	6.92	6.88	22.60	55.30	54.40	2.60
細砂分 %	82.9	82.3	81.4	67.5	64.5	75.4	29.2	42.4	96.7
シルト分 %	3.15	3.59	3.38	4.68	2.45	0.10	0.20	0.20	0.10
粘土分 %	5.18	6.75	8.02	20.72	25.92	0.80	0.90	1.00	0.60
50%粒径 D_{50} mm	0.13	0.13	0.13	0.11	0.11	0.19	0.34	0.27	0.16

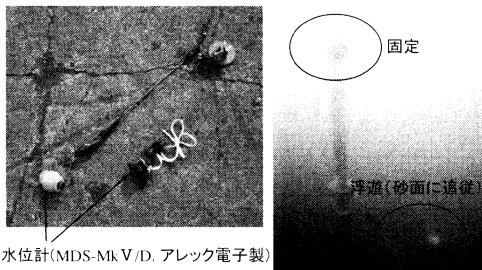


写真-2 水位計を用いた砂面計測装置

砂面変動は、写真-2に示すような高さを固定した水位計と、砂面位置に追従するように比重調整した水位計の出力差から変動を計測した。その結果、時化の間に生じた1m程度の地形変化(侵食)を計測しており、潜水士による目視確認等からも妥当な砂面変動であった。

4. 地形変化モデルの適用

沖防波堤建設開始後、その背後で流れの調査が実施されていないことから現在の航路埋没のメカニズムの詳細は明らかとされていない。このため、地形変化状況に加え、補足的に、修正ブシネスク方程式モデルおよび田村ら(2001)の準3次元非平衡浮遊砂輸送計算モデルをカップリングした中山ら(2006)のモデルを用いて地形変化ならびに流況を計算し、航路埋没メカニズムの推定を試みた。同モデルは、波浪に伴う時々刻々の流れ(波動流、サーフビート、海浜流)による浮遊砂の巻き上げ、移流拡散、沈降を計算できる。また、地形変化は逐次流動場の計算に反映されるため、実際に即した底質の浮遊移動

が評価可能と考えられる。

計算にあたり、同モデルはこれまでに現地再現性について検討されていないことから、浮遊砂濃度ならびに地形変化の再現計算を行い、現地適用性を検証した。また、同モデルにより、効果的な港口埋没対策を検討した。

(1) 数値モデルの適用性

中山らのモデルの本漁港に対する適用性を検証するため、まず、現地調査で得られた荒天時の浮遊砂濃度を再現した。調査当時の海象条件に近い条件を用いて計算を実施し、調査地点(同地点、同水深)における浮遊砂濃度を評価した。

現地調査当時の波浪条件が有義波高 $H_{1/3}=1.4\text{m}\sim 2.3\text{m}$ 程度であったため、本検証では入射波高 $H_{1/3}=2.0\text{m}$ とし、周期はむつ小川原における波高と周期の相関より設定した。実際の採水には位置により時間差があり厳密な再現は難しいので、ここでは有義波周期で200波分の波浪を作用させ、その間の浮遊砂濃度と採水結果との比較を試みた。

表-2 計算条件一覧

波浪条件	1 方向不規則波
入射波高	2.0 m (浮遊砂濃度の検証) 6.5 m (地形変化計算)
入射波周期	8.4 s (浮遊砂濃度の検証) 11.6 s (地形変化計算)
入射波向	N76.5° E (汀線直角方向)
潮位	D.L.+0.84 m (平均潮位)
底質粒径	0.19 mm
初期地形	2006年2月 (地形変化再現計算) 2007年2月 (浮遊砂輸送の検証, 地形変化予測計算)

図-7に200波間の浮遊砂濃度の変化を示す。この結果、海底面からの高さ0.1mの浮遊砂濃度はおおよそ数千 ~ 1.5 万 g/m^3 程度を示し、濁度計により計測された値(図-5参照)と同程度の値及び振幅を示した。各水深帯の200波間の平均浮遊砂濃度を表-3に、浮遊砂濃度の鉛直分布について海底面からの高さ0.1mの値で基準化したものを図-8に示した。各水深帯における計算濃度は実測値の数倍程度大きい値を示しているが、浮遊砂濃度の鉛直分布形を見ると、計算結果が3回の調査結果を包絡するような分布形状であり、実際の浮遊砂濃度の分布形を概ね再現している。なお、計算濃度が現地調査結果と比べてやや大きい値を示している要因については、

- ・数値計算では調査当時では海底地形が異なる(計算地形:2007年2月, 現地調査:2007年9月),
 - ・計算では海象条件を1条件で代表させている,
- などが考えられるが、ここでは同オーダーの結果が得られた本手法の浮遊砂濃度は概ね妥当であると判断した。

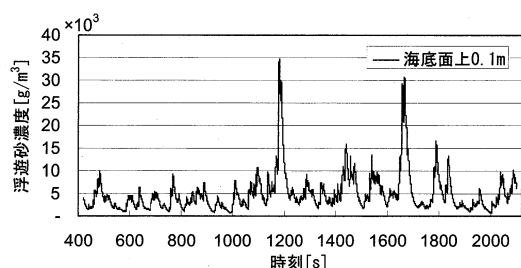


図-7 浮遊砂濃度の経時変化(計算結果, 海底面上0.1 m)

表-3 各水深帯の200波間の平均浮遊砂濃度

底面からの高さ	浮遊砂濃度 $[g/m^3]$
0.1 m	5,000
0.2 m	3,900
0.3 m	3,100
0.5 m	2,000
0.9 m	900

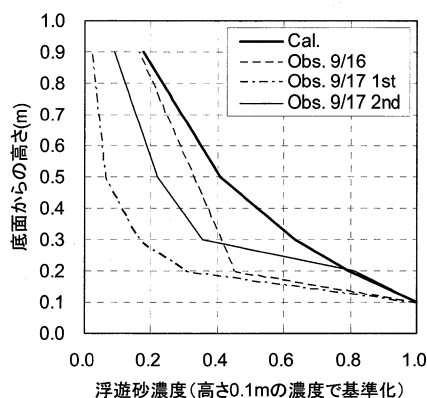


図-8 浮遊砂濃度の鉛直分布形

次に、中山らのモデルにより地形変化の再現を試み、沖防波堤背後で堆積が顕著であった2006年2月～2006年10月の地形変化状況を再現した。代表波浪は2001年～2006年のむつ小川原における年最大波高の平均値である $H=6.5m$ とした。また、時化の継続時間および定性的な地形変化傾向を把握することとして2時間分の地形変化を計算した。

再現計算結果と実測の地形変化の比較を図-9に示す。この結果、沖防波堤背後や航路の堆積傾向等、実線で囲む領域の再現は概ね良好であったが、点線の領域で侵食量が大きく評価された。この領域は、実際には高波後に地形が回復することや常時の沿岸漂砂が卓越する領域であることを考慮すると、特に航路・港内の地形変化の検討に対して本モデルの適用が妥当であると判断できる。

(2) 港口埋没メカニズム

本モデルによる計算の結果、沖防波堤背後では半時計

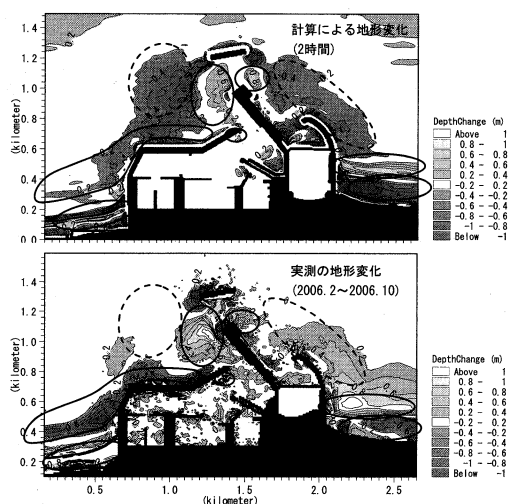


図-9 実測と計算の地形変化の比較

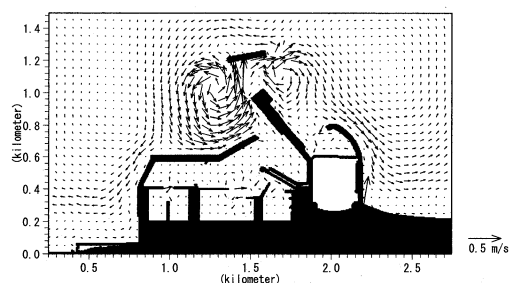


図-10 数値計算による海浜流場

回りの循環流が形成され、実際の埋没メカニズムとしても、同様であることが推察された。過去の調査結果ならびに数値計算結果から推定された港口埋没メカニズムの模式図を図-11に示す。

- 常時波浪は右(南側)入射であるため、平均的に北向き流れとなり、北向きの沿岸漂砂が発生する
- 沿岸漂砂は、漁港沖側を迂回し、一部は沖側へ、一部は沖防波堤背後を通過して漁港北側に供給される
- 高波浪時に沖防波堤背後で反時計回りの循環流が形成され、北側に供給された土砂が沖防波堤背後に輸送され、静穏域に堆積する
- 循環流により港口付近に輸送された土砂の一部は左(北側)入射時に港内に押し込まれ、外東防波堤背後の静穏域に堆積する

(3) 漂砂対策案の検討

推定された港口埋没メカニズムを考慮して、本モデルにより漂砂対策案を検討した。予測計算時の量的な評価に際しては、再現計算結果と実測の航路帯での堆積量の比を用いるとともに、再現期間と通年のエネルギー比から年間の堆積量として換算した。この換算により現況港

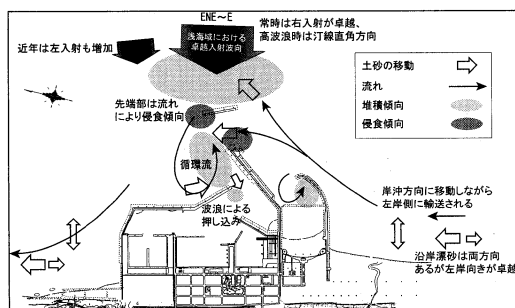


図-11 港口埋没メカニズム

形の予測計算を実施したところ、5万 m³/年程度の土砂が港口付近に堆積する結果となった(図-12)。

港口への土砂供給は、主として南側からの沿岸漂砂であるため、対策として沖防波堤と外南防波堤間を閉口することが効果的であると考えられる。また、港口への直接的な土砂供給の観点から、循環流を抑制することが有効と考えられる。この観点から、図-13(a)のような港形を検討し、結果として効果が得られることを確認した。

さらに、防砂突堤の延長により開口幅が狭く、航行に支障を来すようなケースを考え、防砂突堤を短くし、流れを制御するために潜堤を設置する案についても検討した(図-13(b))。この結果、港口での堆積を少なく抑えながら、土砂を下手側に流下させる効果が得られた。なお、両ケースとも港口付近での堆積量は、計算上、現況の数%まで低減できた。

上記ケースはいずれも南側からの沿岸漂砂を遮断するものであることから、漁港南側で砂が堆積することが考えられる。このため、堆積した土砂の漁港北側へのサンドバイパス、あるいは南側海浜への養浜(サンドリサイクル)などを検討することが適当と思われる。

ただし、本モデルでは計算領域や計算対象時間の関係から、沿岸漂砂を適切に評価していないため、漁港周辺の広域な地形変化特性を検討する場合、3次元海浜変形モデルと本モデルとの組合せが望ましい。また、潜堤は漂砂対策として流れを制御する観点からの実績はなく、水理模型実験等により効果を確認することが必要である。

5. まとめ

本研究では、三沢漁港の航路・港内埋没の防止及び周辺海岸への影響の軽減を図るため、漁港周辺の漂砂特性について現地観測と漂砂解析から検討を行った。その結果、以下の結論を得た。

① 地形変化に影響の大きい浮遊砂と漁港周辺の底質を

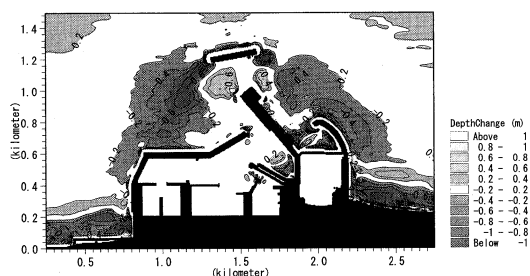


図-12 現況の予測計算結果

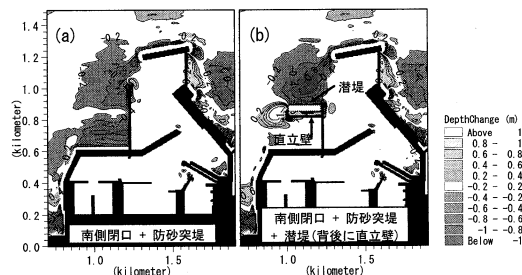


図-13 対策案の一例

調査した結果、波高2m程度の時化における浮遊砂は中細砂が支配的であった。また海底から0.5~0.9 mで浮遊するシルト粘土は、時化の間沈降せず、港口や港内に輸送されない成分と推測された。

② 中山ら(2006)のモデルを用いて地形変化特性の検討を行った結果、特に航路・港内埋没の傾向を評価できることを確認した。また本モデルを用いて埋没対策工の提案を行った。

なお、検討に使用したデータは青森県三八地方漁港漁場整備事務所に提供して頂いた。ここに謝意を示す。

参考文献

- 片山裕之・岡安章夫・永田達也(1999):連続採水による現地碎波帯浮遊砂濃度および粒度分布の時系列変化, 海岸工学論文集 第46巻, pp.571-575.
- 佐々木幹夫・宇多高明・小野菊蔵・高橋陽一・難波嘉幸(1990):三沢海岸の被災実態と今後の対策の方向性, 海岸工学論文集 第37巻, pp.878-882.
- 田村 仁・灘岡和夫(2001):準三次元非平衡浮遊砂輸送モデルの開発に基づく港口部での底質浮遊と輸送に関する解析, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 526-530.
- 中山哲蔵・牧野弘幸・新井雅之・大村智宏・小林学・田村 仁・灘岡和夫・佐藤勝弘(2006):港内埋没対策技術と地形変化予測モデルの開発, 海岸工学論文集, 第53巻, pp. 526-530.
- 渡部宗介・清野聡子・宇多高明・芹沢真澄・三波俊郎・古池鋼(2000):青森県三沢漁港周辺の海浜変形と今後の海岸保全, 海洋開発論文集, 第16巻, pp. 607-611.