

仙台塩釜港地形変化予測検討について

大川 大一*・菊地 洋二**・坂井 隆行***・似内 敏行****・山谷 早苗*****

* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (一財) 沿岸技術研究センター 調査役

*** (株) エコー 調査解析部長

**** 国土交通省 東北地方整備局 塩釜港湾・空港整備事務所 企画調整課長

***** 国土交通省東北地方整備局 塩釜港湾・空港整備事務所 企画調整課 沿岸防災調査官

松島湾では、津波による海草藻類の流出や地盤沈下による浅場消失など、海域環境への影響が危惧されており、再生を望む声が上がっている。一方で、震災により仙台港及び塩釜港の港湾工事により発生する浚渫土砂の処分地確保が課題となっている。

本稿は、浚渫土砂等を活用した浅場を造成し、海域環境再生（アマモ場）を推進する場合の周辺海域に与える影響について検討したものである。

キーワード：沿岸漂砂、浅場造成、港湾浚渫土砂、地形変化予測

1. はじめに

松島湾の藻場は、近年減少傾向にあったが、東日本大震災の影響により、さらに多くの藻場が消失し、その後、特に、アマモ場の回復が遅れている。このアマモ場は、松島湾内の生物生息環境に重要な役割を果たしており、別途、アマモ場再生を目的とした整備方針や浅場造成地の条件が検討されている。

本稿は、上記の背景を踏まえて、港湾浚渫土砂を活用した浅場造成（アマモ場再生）の地形変化について、浅場の安定性を検討し、浅場造成地からの周辺への漂砂影響の有無及び浅場造成による周辺への環境影響を確認することを目的とする。



図-2 藻場造成箇所（案）

2. 調査対象箇所

調査対象海域及び藻場造成箇所（案）の位置を図-1、図-2、造成範囲及び断面（案）を図-3 に示す。

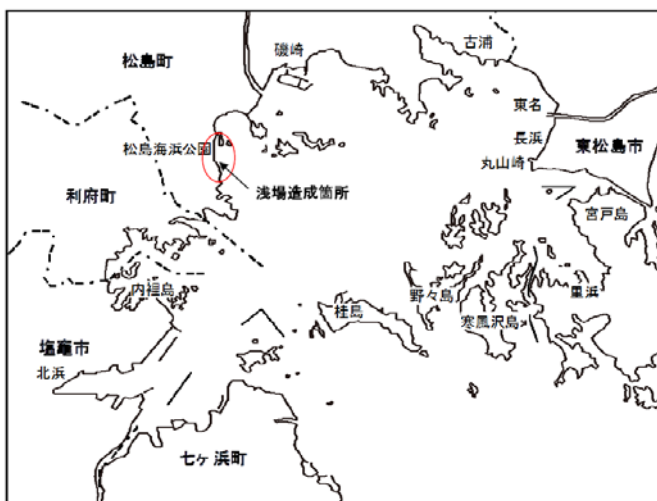


図-1 調査対象海域

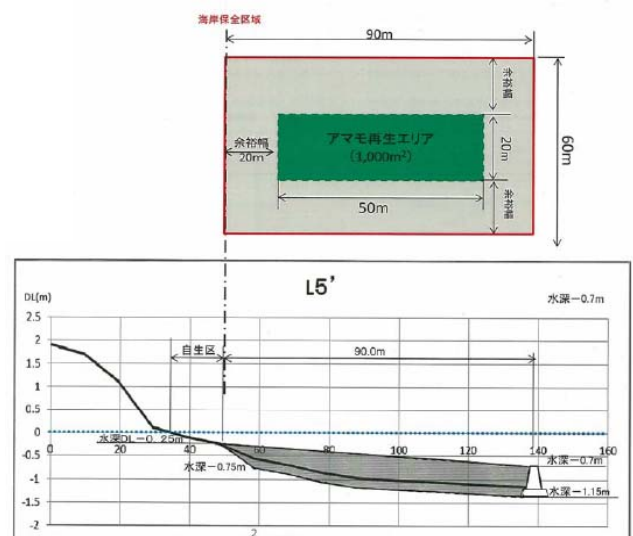


図-3 造成範囲及び断面（案）

3. 地形変化予測の検討方針

3.1 検討方法

松島湾の湾奥部で予定されている浅場造成に対する地形変化の検討については、汀線変化シミュレーションと3次元海浜変形シミュレーションを用いて、造成地の安定性と周辺への影響等を検討する。両シミュレーションを用いて、検討・評価を行う主な内容は、以下の通りである。

●汀線変化シミュレーション

- ・浅場造成地形の長期的な安定性
- ・浅場造成地周辺の海浜地形への影響（沿岸漂砂の影響）

●3次元海浜変形シミュレーション

- ・高波浪による浅場造成地の地形変化：岸沖漂砂による土砂の流出の有無等
- ・浅場造成地の有無による流れ場（海浜流、潮流）への影響

3.2 検討フロー

上記シミュレーションを用いた検討フローを以下の図-4に示す。

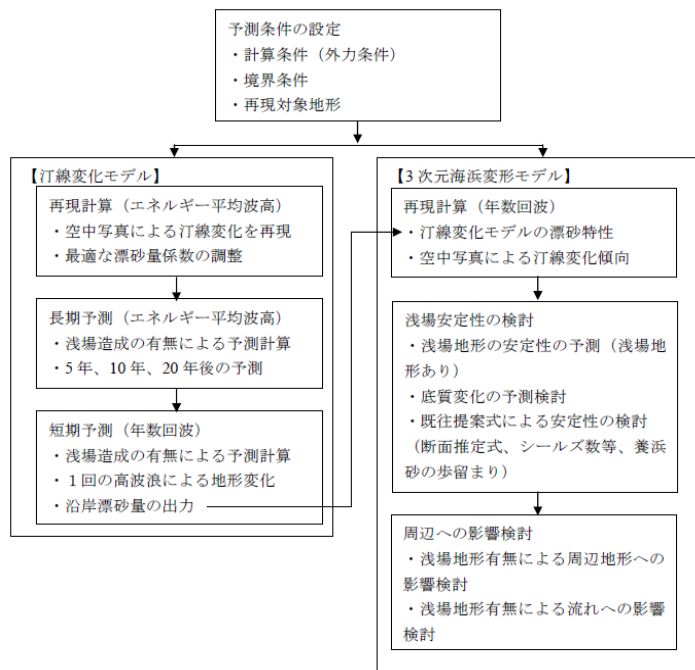


図-4 検討フロー図

4. 汀線変化シミュレーションによる検討

4.1 汀線変化モデルの概要及び計算条件

汀線変化モデルは、波浪条件と海岸線形状のデータにより、沿岸方向の各点において沿岸漂砂量を算定し、海浜変形を一本の線の変化（前進、後退）で表現するモデルである。モデルの仮定は以下の通りである。

- ① 海浜変化の要因としては沿岸漂砂を考える。
- ② 砂の移動はある移動高さ D （≒移動限界水深）の範囲内で生じる。
- ③ 海浜断面は岸沖方向に平行移動する。

なお、計算条件は、表-1の通りである。予測計算の前段として、松島海岸周辺の空中写真（1988年～2012年）をもとに再現計算を実施した。表-1の漂砂量係数 $K_1=0.075$ を用いた計算結果は、現地の変形形状・浸食量・堆積量を良く表現しており、現地への適用性は高いと判断された。結果、予測計算は、表-1の条件を用いて検討した。

表-1 汀線変化予測計算の条件

項目	条 件
計算範囲	範 囲： 800m
	間 隔： DX=5m
	計算点数： 161点
入力波浪データ	前述の波浪変形計算結果、湾内発生波
砕波諸元の算出	・屈折はスネルの法則
	・砕波については合田の砕波指標を用いた
計算期間	20年間
汀線データ	初期データ
	再現計算結果の2012年10月の結果より、汀線(T.P. ±0.0m)、D.L.-05m (T.P.-1.41m)を作成。浅場造成部については造成地形を考慮
海底勾配	海底勾配 1/10
漂砂の移動高さ	$D=2.0\text{m}$
漂砂量係数	$K_1=0.075$ (試算により設定)
	$K_2=0.81 K_1$
境界条件	沿岸方向北側境界：漂砂の流出入無
	沿岸方向南側境界：漂砂の流出入無

4.2 汀線変化計算結果

図-5は、浅場を造成した場合の長期的な湾内発生波を用いた安定性の予測結果である。なお、浅場造成地の沖側には、土砂の砂止堤が設置されている。別途の汀線変化の予測計算では、浅場造成箇所の土砂が造成地の外側に移動する結果となったため、本ケースは造成地の側面に突堤（不透過）を設け、土砂の沿岸方向への移動を軽減する対策をとることとした。その結果、浅場造成地からの土砂移動は生じないため、造成地内で汀線が北側で前進し、南側で後退する変化が生じる。この変化は、5年後までが顕著であり、その後、安定形状に近づく。また、側面の突堤の影響により、土砂の移動量は、突堤が無い場合の約1/4程度となった。

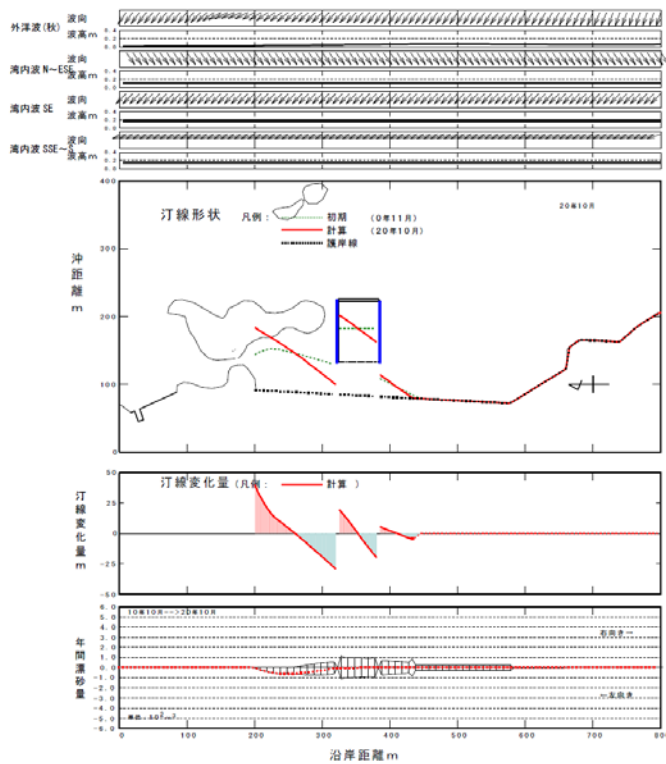


図-5 20年後の予測結果

5. 3次元海浜変形シミュレーションによる検討

5.1 3次元海浜変形モデルの概要及び計算条件

本検討で使用する3次元海浜変形モデル(NeCSTモデル)は、波と流れと地形変化の相互作用を考慮したモデルであり、河口付近の計算に適している。また、計算は、波浪変形計算、流れ場の計算、地形変化計算の3パートより構成され、各パートの繰り返し計算により、波・流れ・地形の時間発展的变化を予測する。波浪変形は、回折項を加えた波作用量平衡方程式を基礎式(間瀬ら, 1999)¹⁾とするモデルにより、波の浅水、屈折、回折、構造物からの反射、波の再生を考慮した碎波減衰、及び流れによる波の変形を適切に評価することが可能である。流れの計算は、水位変化による流れ(河川流)、波による流れ(海浜流)、風による流れ(吹送流)等の沿岸域で生じる複雑な流れの計算が可能である。地形変化の計算では、掃流漂砂と浮遊漂砂による土砂輸送モデルを導入する。海底勾配の効果や計算領域に岩礁等を含む場合の地形変化も適切に評価可能である。

また、設計条件は、以下の通りである。

(1) 海底地形データ作成に用いた資料

- ・松島海岸周辺：2012年深浅測量データ
- ・松島湾内：沿岸海域地形図(国土地理院)
- ・松島湾外：海図デジタルデータ 三陸沖 M7005

(2) 潮位条件

- ・H. W. L. : +1.77m, D. L.
- ・L. W. L. : +0.50m, D. L.
- ・M. S. L. : +1.44m, D. L.

(3) 波浪条件

年数回波 $H=3.47\text{m}$, $T=10.6\text{sec}$
 $\theta=\text{SE (N135}^\circ\text{ E)}$

(4) 底質条件

- ・海浜部： $D_{50}=0.37\text{mm}$
- ・海域部： $D_{50}=0.016\text{mm}$

(5) 波浪変形計算結果

潮位条件別の年数回波による波浪変形計算結果では、松島海岸前面で0.2m前後の波高となった。この計算精度を確認するため、NOWPHAS 仙台新港の観測値を入射波条件として波浪変形計算を行った結果、観測値と計算値は、よく一致しており、波浪変形計算の再現精度が高いことを確認した。

5.2 地形変化計算結果

砂の地形変化計算における地形変化は、水深0.5m(海中部)～1.5m(陸上砂浜部)の範囲であり、変化量は年間5cm未満と微少であった(図-6参照)。また、浅場造成地の水深は、0.25～0.70m程度であるが、図-6の計算結果の通り、浅場造成地の地形変化の影響は、ほとんど無いという計算結果となった。

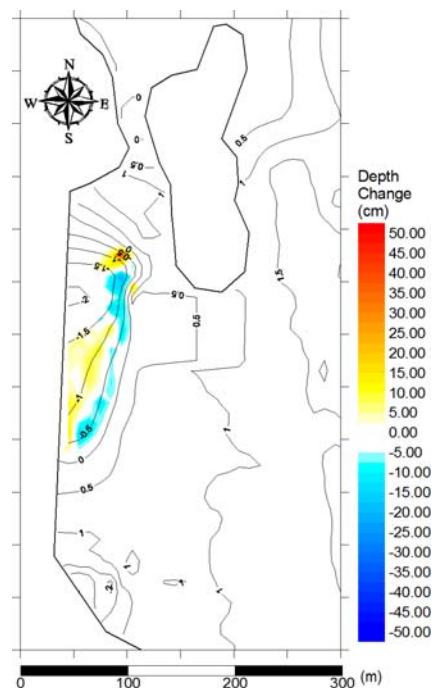


図-6 砂の地形変化量

更に、現地における濁りの影響等の確認をするため、泥による地形変化計算を実施した結果が、図-7である。造成地部分に着目すると、5cm未満の微少な変形量であるが、浅場の沖側付近が侵食され、造成地の側面に堆積する傾向が見られる。造成地内は、大部分で侵食傾向を示しており泥が堆積しにくい条件と推測される。よって、

周辺の泥が浅場造成地へ運ばれて堆積する現象は軽微であろうと推測される。

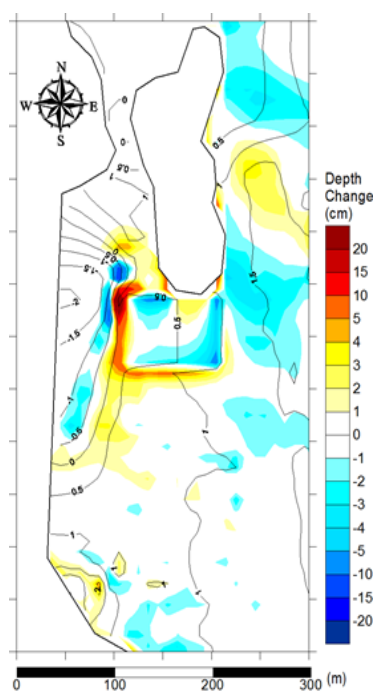


図-7 泥分による地形変化

6. 浅場造成地の地形安定性と周辺環境への影響について

浅場造成地の地形変化については、高波浪時の短期的な変化は、軽微であり、アマモ場の生育環境としても問題ない結果であった。長期的には、松島湾口部から侵入する波浪及び湾内発生の影響により、北向きの漂砂が卓越する場所であるため、浅場造成地の土砂が移動する結果となっている。

なお、浅場造成地には、アマモ場の移植が予定されており、アマモ場が存在することによる砂の捕捉、固定(安定)効果が期待されるため、長期的な地形変化については、アマモ場の整備状況と合わせてモニタリングを行い、その効果も含めて安定性の評価を行う必要がある。

6.1 浅場造成地の地形安定性について

浅場が整備される水深は、0.25～0.70m 程度であり、高波浪時の地形変化予測(汀線変化、水深変化)では、浅場造成地の変化は少ない結果であった。なお、長期的な汀線変化予測では、北向きの沿岸漂砂が継続し、浅場造成箇所の地形が変化する結果であった。松島海岸の海岸整備により砂質が分布する範囲は、汀線近傍に限られており、長期的に地形が変化する水深帯も、汀線近傍から潮汐及び波の遡上の影響が及ぶ前浜部分であることが想定される。

これらの結果より、汀線近傍から前浜部分では長期的には北向き漂砂が継続するものの、ある程度水深がある

浅場造成箇所では、地形変化は軽微であることが想定される。

さらに、浅場造成地を安定させるため以下を提案する。

(1) 来襲波向に対応した平面配置

海岸に来襲する波向に対して直交する法線に近づくと、発生する沿岸漂砂量が減少し、海浜地形へは安定(平衡状態)傾向となる。よって、汀線変化予測による将来の汀線形状を踏まえて、浅場造成地の平面配置を設定することが提案される。(図-8 参照)

(2) 造成位置の変更

浅場造成地については、波浪の影響が極力小さく、将来的には汀線が前進する傾向となる雄島の背後方向へ移動することが考えられる(図-8 楢田箇所)。

その際に、造成当初の水深に対して、土砂が堆積することで水深が浅くなる可能性が高いことに留意する必要がある。地形(水深)の変化に追従して、移植したアマモ場が生育可能な水深帯に移動し、適応するかについては、現地におけるモニタリングで確認する必要がある。

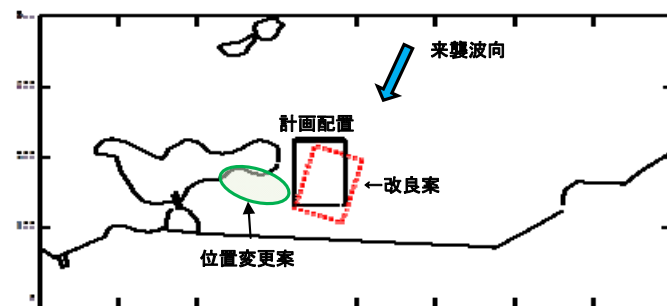


図-8 浅場造成地の改良案

6.2 浅場造成地の周辺環境への影響について

浅場造成の有無による泥の移動を評価する地形変化シミュレーション結果では、流れ及びSSの拡散による地形変化の差は見られなかった。よって、浅場造成による周辺への流れ、濁り(地形変化)の影響は軽微であると評価される。

謝辞

本稿は、国土交通省東北地方整備局塩釜港湾・空港整備事務所発注の仙台塩釜港地形変化予測検討業務の成果の一部をまとめたものである。

調査にあたっては、仙台塩釜港地形変化検討会(委員長:独立行政法人港湾空港技術研究所 栗山特別研究官)の各委員から貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 間瀬肇, 高山知司, 北野利一, 森安里夫(1991), 位相平均波浪変形解析モデルの回折効果のモデリングと適用性に関する研究, 海岸工学論文集第46巻, pp. 66-70.