

潜堤と突堤が概成した1994～2002年の平均水深は、潜堤直背後が緩やかに浅くなるのに対し、洗掘溝は変動を繰り返しつつ安定している。

試験養浜が実施された2002年以降の洗掘溝の平均水深は、養浜によって平均水深が浅くなるものの、やがて養浜以前の水深10mまで深くなる。ただし、洗掘速度は潜堤の施工過程のそれに比べて遅い。潜堤直背後の平均水深については、投入した砂の移流の影響も含むものの、1994～2002年と同様に浅くなる傾向にある。

2.2 平面的な地形変化特性

新潟西海岸には、2005～2007年に高波浪が来襲した。まず2005年12月22日には、既往最大波高8.48mを記録した。さらに、2007年1月7日に同第2位の8.28mの波が来襲した。

図-3 (a)は、既往最大波高8.48mの波浪の発生を含む期間の地形変化であり、同(b)は同第2位の波浪の発生を含む期間の地形変化である。

2005～2006年の間には、汀線付近で0.5m以上の侵食が生じ、その沖側の水深2～4mに同程度の堆積が生じている。2006～2007年にかけて生じた地形変化は、前年に堆積が生じた水深帯で、同程度の侵食が生じている。潜堤背後の養浜地形は、高波浪来襲時に汀線が後退し、その後の静穏期に回復しない砂の非可逆的な沖方向への移動が生じている。

また、水深5m以深においては、波高8mを超過する高波浪が来襲しても、変化量0.3mを越える地形変化が生じていないことから、ほぼ平衡状態にあることがわかった。

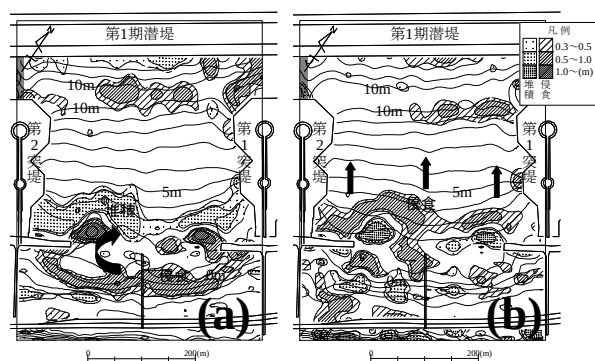


図-3 地形変化平面分布図(2005～2006年(a), 2006～2007年(b))

2.3 断面地形の形状と変化特性

砂の非可逆的な沖向き移動により形成される断面形状と変化特性を調べるため、岸沖方向の断面重ね合わせ図を図-4に示す。解析対象期間は、現地実験を除く、主要な養浜を終えた2001年以降とし、図-4には代表的な断面を示した。

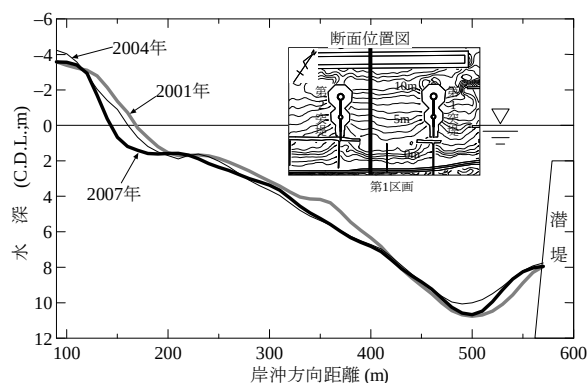


図-4 断面地形の重ね合わせ図

図-4に示した断面形状およびその変化の特性としては、①汀線を含む水深-3～2mの範囲に限って大きく侵食している、②水深2mに平坦な地形が形成されている、③水深2～8mにかけて凸状の断面形状が形成していることである。

著しい侵食が起きている汀線変化速度を図-5に示す。対象期間は2001年以降、解析対象範囲は、第1突堤と第2突堤の間で既設離岸堤の影響の少ない沿岸方向距離210m間とし、その範囲にある10m間隔の22測線を対象に汀線変化量の平均値と標準偏差、更に汀線変化量の平均値を直線により近似し汀線の変化速度を求めた。

夏期、秋期の年2回の汀線変化量の標準偏差は小さく、平均的な汀線変化はほぼ一様であり、直線近似による汀線変化速度は、-3.26m/年であることがわかる。

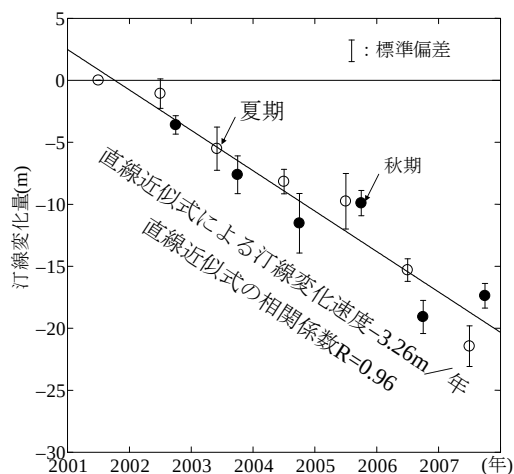


図-5 汀線変化量の経年変化図

3. 地盤沈下の影響による断面変化

図-4に見られるように、対象海岸では汀線付近の水深-3～2mの範囲で集中的な侵食が生じている。しかもここからの土砂の流出量は、第1区画からの土砂流出量の68%になるほど多い。この鉛直方向に限られた範囲の侵食の原因を明らかにすることが、面的防護の砂浜の安定性を確保するために重要である。この項では、新潟西海岸の地盤沈下との関係について考察する。

3.1 新潟県における地盤沈下

新潟県における地盤沈下は、昭和50年代以降、沈静化しつつあるものの、海岸部では現在も1cm/年で沈下している。この地盤沈下を監視するため、北陸地方整備局を含む関係6機関が連携して、1960年頃から広域水準測量が実施され、測量は岩室仮不動点を含む調査面積606km²に亘る範囲で年1回実施されている。

図-6は、新潟西海岸の近隣で実施される地盤沈下の経年変化図であり、図中の折れ線が1997年基準、棒グラフが測量毎の地盤沈下を示す。

この間の地盤沈下量は、変動を繰り返しつつ、約1.52cm/年の速度で沈下している。

新潟西海岸の地盤沈下はIPCC第4次報告による海面上昇速度の3～8倍で継続している。地盤沈下は相対的な海面上昇と考えることができるため、地盤沈下に対する海浜縦断地形の応答は、海面上昇に対するそれと同じであると考えられる。

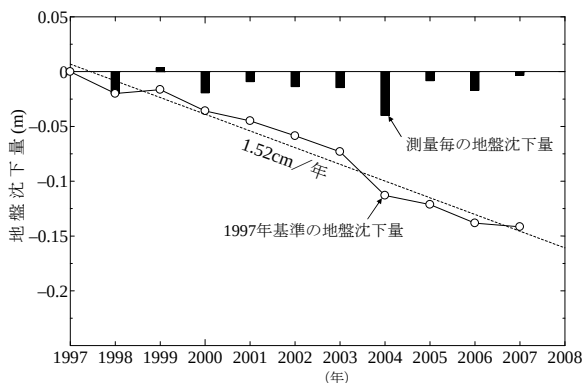


図-6 地盤沈下の経年変化図

3.2 地盤沈下の影響による断面変化

海面上昇による汀線後退を説明するモデルに、平衡断面に関する Bruun 則に基づくものがあり、沿岸漂砂がないと仮定すると、図-7において、「初期の海岸線の位置が、海面上昇が起きると、そのままの地形ならばBまで海岸線が後退するだけであるが、海岸線がAにあった平衡海浜断面となるように、前浜の土砂が沖に運ばれて、平衡地形となるCまで海岸線が後退する。」というものである。このモデルによれば、断面変化には

以下に示す特徴があることが分かった。

- ① 新たな平衡地形に変化する過程で前浜付近の浅い部分が集中的に侵食される。
- ② 前浜から流出した土砂は、移動限界水深(closure depth)までの領域で収支するため、外浜領域には逆に砂が堆積し、その結果、凸状の断面地形が形成される。

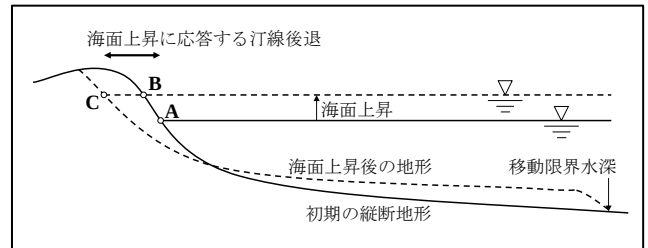


図-7 海面上昇に対する海浜縦断地形の応答

三村ら(1994)は、新潟西海岸の地盤沈下の影響を含む断面データを用いてこのモデルの妥当性を検証した。

第1区画の断面変化を Bruun 則に基づくモデルと比較すると、モデル適用の前提である沿岸漂砂量がゼロの条件は、第1区画が水深10mまで延びる突堤で囲まれていることと、海底地形が2次元的である(図-1参照)ことから、ほぼ満たされていると判断できる。そこで、断面変化を示した図-4をみると、汀線付近に限りて侵食を受けているという実態がある。この侵食は、上記①の特徴とよく対応している。さらに、水深2～8mの範囲の断面形状が凸状になっていることは、上記②の特徴と一致し、図-8に示した第2区画の断面変化にも同じような特徴が現れている。第2区画は、現時点で潜堤と既設離岸堤で二重に守られており、このような場所でも汀線付近の集中的な侵食が生じていることは、この侵食が潜堤の海浜安定化機能とは関係のない要因で生じていることを意味する。

第1区画の断面変化の以上の3つの特徴については、定性的ではあるが、Bruun 則に基づくモデルで概ね説明できる。このことから、汀線付近の集中的な侵食と汀線後退が地盤沈下の影響である可能性が高いが、他方で、水深2m付近の海底がフラットになること(図-4参照)については、このモデルでは説明ができない。この部分には既設離岸堤のブロックが海底面下に残されている可能性があることや、潜堤の天端レベルとほぼ同じであるといった解明すべき要素があり、汀線付近の集中的な侵食の原因解明には、さらなる調査が必要である。

汀線付近で生じている侵食の原因解明は面的防護工法で整備してきた新潟西海岸の安定性を評価する上で重要であることは勿論であるが、海面上昇の影響による海岸侵食対策を検討するためにも極めて重要である。

新潟西海岸の地盤沈下は相対的にみれば、IPCC 第4次報告による海面上昇速度の3～8倍で進行しており、今後何れかの海岸で100年後に生じる可能性のある侵食が、ここでは早ければ10数年後に生じることになり、新潟西海岸における現地計測データは貴重なものとなりうる。

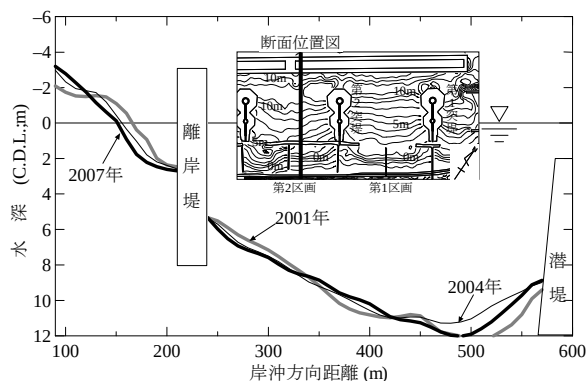


図-8 第2区画の断面地形の重ね合わせ図

4. まとめ

新潟西海岸における潜堤背後の地形変形および地盤沈下が与える砂浜への影響について検討した結果を以下に示す。

- ① 潜堤背後に形成される洗掘溝は、砂の投入後に元の水深に戻ることから、ほぼ平衡状態にあると考えられ、洗掘溝は概ねC. D. L. 10m程度の水深となる。
- ② 洗掘溝より岸側の水深5～10mの養浜地形は、波高8mを超える高波浪が来襲しても、顕著な地形変化は起こらず安定している。
- ③ 汀線付近の土砂の減少は、高波浪時に侵食し、静穏時に回復しない砂の非可逆的な冲向き移動で生じている。
- ④ 新潟西海岸では地盤沈下が1.52cm/年の速度で継続している。地盤沈下は相対的な海面上昇と考えられるので、断面地形の応答を検討し、断面変化の特徴が、Bruun 則に基づくモデルで概ね説明できる。
- ⑤ 断面形状及びその変化特性は、地盤沈下に応答する海浜縦断地形の変化も含まれる可能性があるため、地球温暖化の影響による海岸侵食対策を検討する上で、新潟西海岸での計測は、貴重な情報を与えることから、今後も注意深く監視を継続する必要がある。

5. おわりに

本稿は、国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所発注の新潟西海岸に関する調査の成果をとりまとめたものである。調査にあたっては、新潟西海

岸技術委員会の各委員、新潟港湾・空港整備事務所の関係者から貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 三村信男・幾世橋真・井上馨子 (1993) : 砂浜に対する海面上昇の影響評価, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 1046-1050.
- 2) 三村信男・井上馨子・幾世橋真・泉谷尊司・信岡尚道 (1994) : 砂浜に対する海面上昇の影響評価(2), 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 1161-1165.
- 3) IPCC 4th Assessment Report : Climate Change 2007, Synthesis Report.