

新潟西海岸における波浪に伴う海底変動 (第2報)

徳田 峯夫* ・ 田村政太郎** ・ 岩本 博史***
川又 良一****・ 黒木 敬司****

1. ま え が き

新潟西海岸は、長年にわたって海岸の侵食が続いてきたが、現在でも唯一の海岸線の防護施設である連続離岸堤前面海域の侵食が進行し、海底面の低下やそれに伴う離岸堤の沈下などの問題が継続的に生じている。そこで新しい海岸防護施設として沖合いに大規模な潜堤を設置することにより海底面を含めた海域全体の安定を図ることとし、現在までに様々な調査を実施してきた¹⁾²⁾。

本報告は、この侵食対策事業を実施するための現地における基礎的な情報を得るために、前年度に引き続いて実施した離岸堤前面海域の波、流れ及びそれに伴う海底面の変動に関する現地観測結果を基に、海底面の侵食機構や海底面変化と外力との関係について考察したものである。

なお、前回の報告では離岸堤に近い比較的地形変動の激しい部分のみの観測であったために沖側の地形変化との関係が十分把握できなかったことを踏まえて、今回は観測点を沖合いまで拡大して実施した。

2. 現 地 観 測

現地観測は、図-1 に示す新潟西海岸連続離岸堤前面の水深 6~12m の海域において、波浪観測、底層流観測、海底面変動観測の各項目について、昭和62年10月25日から11月10日にかけて行った。

(1) 観 測 方 法

a) 波浪観測

波浪は、自記式超音波波高計を 図-1 に示した St. 2 (水深 9.3m) に設置し、1日12回偶数時に約10分間の観測を行った。また、新潟西港沖 (水深 23m) の波浪観測結果についても同時に収集し、比較対象とした。観測結果は、有義波高等について整理した。

b) 底層流観測

底層流観測は、図-1 の St. 1~St. 7 の計7点に、自

記式電磁流速計を海底面上約 50 cm に設置し、波高計と同様に1日12回偶数時に約10分間の観測を行なった。観測結果は、平均流速や波による振動流速等の海底面付近の外力の変化について整理した。

c) 海底面変動観測

海底面の変化は、自記式電導度砂面計を流速計と同一地点に設置し、1日24回 (1時間毎) の観測を行った。

なお、流速計と砂面計の観測位置は、前年度の観測では図-1 に示す St. 3~7 の範囲であったが、今回はその沖側の 500m までを対象として行い、離岸堤前面から 850m の測線上に観測機器を設置して海浜の断面方向の変化が把握できるように配置した。

(2) 観 測 結 果

各観測結果の経時変化を以下に示したが、各図中の方向 (波向や流向) については、図-1 の位置図に示した

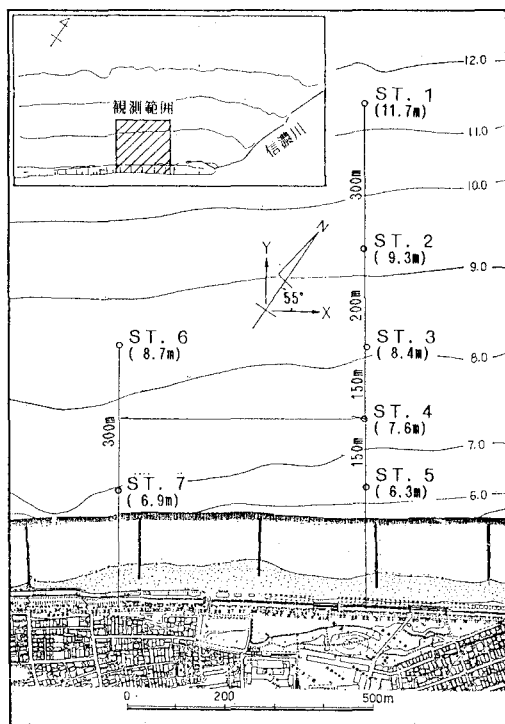


図-1 観測位置図

* 正会員 運輸省第一港湾建設局新潟港工事事務所所長

** 運輸省第一港湾建設局新潟港工事事務所第一工事課長

*** 運輸省第一港湾建設局新潟港工事事務所第一工事課係長

**** 正会員 株式会社エコー 第一技術部調査課

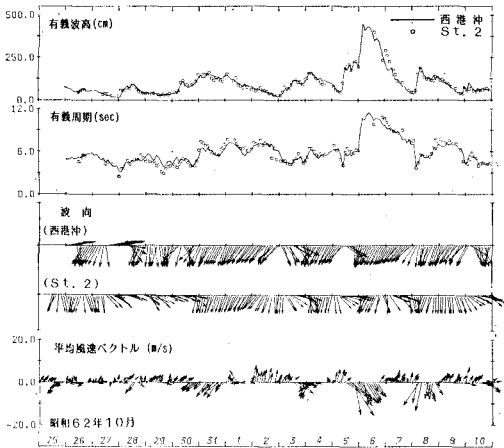


図-2 観測期間中の海象条件

ような X-Y 座標系による表示となっている。

a) 観測時の海象条件

現地観測期間中の海象条件として、西港沖(水深 23 m)と St. 2(水深 9.3 m)の有義波高、周期、波向及び平均流速ベクトルの経時化を図-2 に示した。

観測期間中の波浪は、観測開始直後では比較的静穏であったが、その後、最大有義波高 1.5 m を越える時化が 4 回来襲し、中でも 10 月 5 日から 7 日の時化は最大有義波高 4.5 m、周期 10.7 sec と観測期間中の最大を記録している。また、この最大波高を示した時化における風

の条件は 15 m/sec を越える西風が卓越し、他の波高 1.5 m 程度の小規模な時化の条件とは異なり、典型的な冬季風浪下の条件を示している。

図-2 に示した西港沖と St. 2 の観測結果を比較すると、周期の長いときにやや離岸堤前面の波高が高くなり、若干の浅水変形による影響がみられるが、波高・周期ともにはほぼ同様の値を示している。

西港沖の波向は波浪の発達段階で強い西風の影響を受けて西方向が卓越するが、風向きの変化に伴って波の最盛期ではやや北寄りとなる。離岸堤前面では、西港沖の波向が西寄りの場合にはほぼ同様の波向を示すが、西港沖が北寄りの場合は離岸堤に対して直角方向となる。

b) 底層流観測結果

電磁流速計による観測結果より、海底面付近の平均流速・流向及び波による振動流速成分を算出した。

図-3 は、各観測点における平均流速ベクトルの経時変化を示したものであるが、波の高いときに流速が速くなる傾向がみられ、特に離岸堤前面の St. 3 や St. 5 では最大平均流速が 30 cm/sec を越える流れが発生している。流向は、離岸堤に近い St. 3 や St. 5 では波浪の発達段階に沿岸東方向の比較的速い流れとなるが、波浪の発達に伴って沖向から西向きとなっている。また、沖側の St. 1 や St. 2 では、波高が高い場合には全体に東方向の流れとなり、離岸堤前面付近とその傾向が異なるようである。

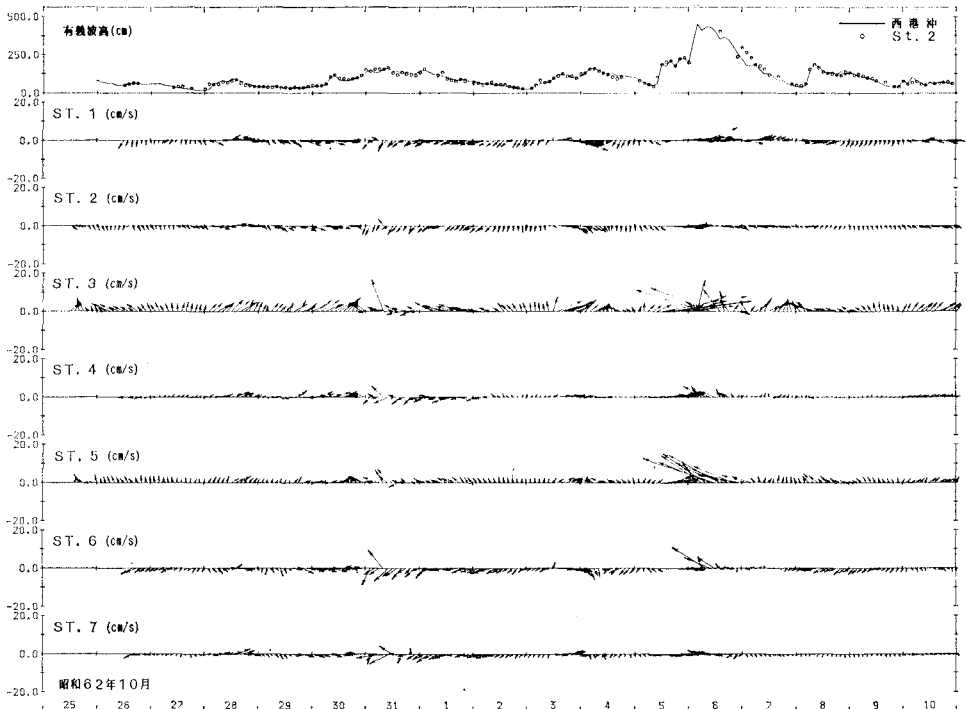
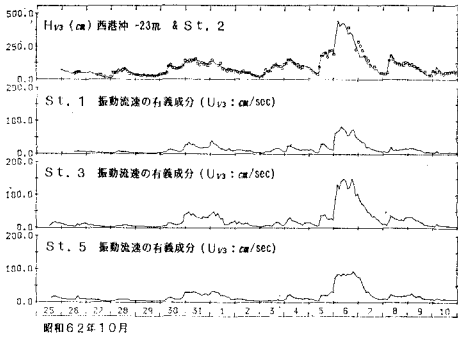


図-3 波高と底層平均流速ベクトル

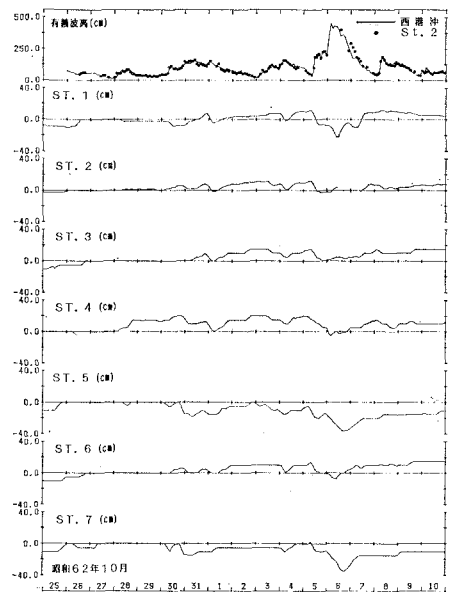


図—4 波による振動流速(有義値)の経時変化

海底面付近の波による振動流速は、図—4 の振動流速振幅の有義値の観測結果例のように波高の変化とよく対応しており、高波浪時には最大で 1.5 m/sec 程度の振動流速が発生している。また、図に示した St. 3 では水深が 8 m 程度であるため、高波浪時には碎波点付近に相当し、沖側に比べて大きな値を示している。さらに、離岸堤に最も近い St. 5 では、沖側で碎波した波が入射するため西港沖の有義波高が約 3.0 m を越えるような場合には最大でも 0.8 m/sec 程度で頭打ちとなっている。

c) 海底面変動観測結果

図—5 は、砂面計による海底面変動量の観測結果を波高の観測結果と共に示したものである。海底面の変化は、砂面計設置時の影響を考慮し、機器設置後の3日を経過した10月28日0時の静穏時を初期値として図示してある。各観測点において波高の増大と共に海底面は侵食され、波高が減衰すると堆積傾向に転じている。その最大侵食量は、離岸堤に最も近い St. 5, St. 7 で大きく沖側ほど少なくなる傾向にあるが、最も沖側にある St. 1 では比較的侵食量が大きくなっている。最大侵食量を示す時間は、ほぼ最大有義波高の出現時間に一致するが、



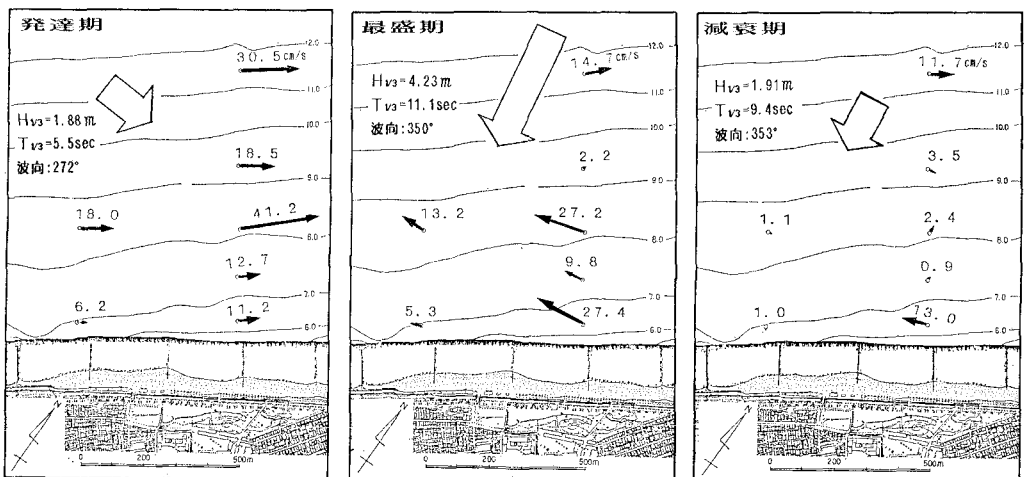
図—5 波高と海底面変動の経時変化

離岸堤前面の St. 5, St. 7 では5時間程度の遅れがみられる。また、観測の全期間を通した変動量は、離岸堤前面を除いて堆積であるが、その量は、沖測ほど少なくなっている。

なお、このような波浪条件の変化と直接対応する地形の変動については、実際の海底面の変化に加えて砂面計(直径約 7 cm)の設置による局所洗掘の影響の可能性もあるが、本観測の範囲内で確認することはできなかった。

3. 波と流れの変化

前述の海象条件の経時変化から、波浪の発生と発達・減衰は、季節風の発達状況を反映して西からの強風の卓越する発達期に波高が急激に増大し、最盛期には波向が



図—6 波浪条件と流れのパターン

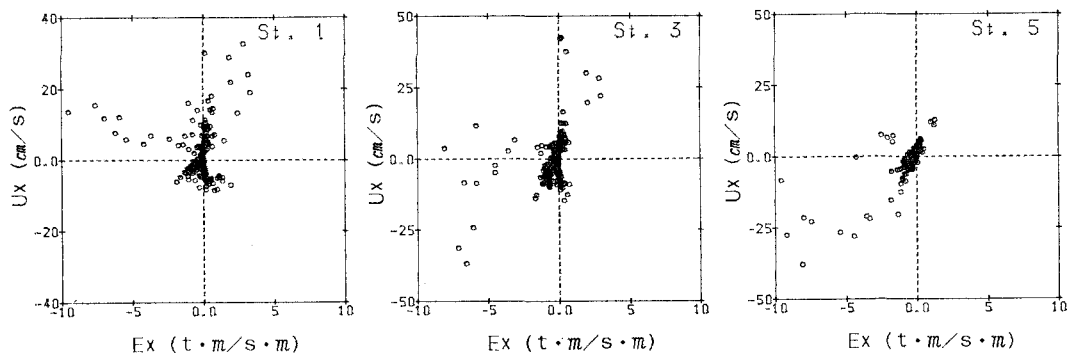


図-7 波エネルギーと沿岸流速

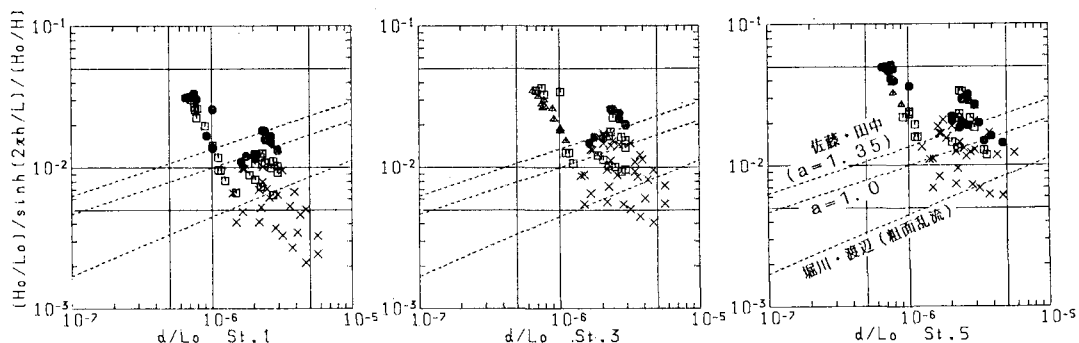


図-8 海底面の変動限界

汀線に対してほぼ直角方向となり波高は最大となる。その後、風が弱くなるにしたがって徐々に波高が減衰し波向は北寄りとなる。このような風と波浪との関係は、前回の観測結果にも現れており、新潟西海岸での冬季風浪の典型的なパターンであると言える。

波浪の発達・減衰と流れとの間にも一定の関係がみられ、前回の観測結果では、離岸堤前面付近では発達期には東方向への強い沿岸流が卓越するが、最盛期には沖から西方向の流れとなる結果を得ている。今回の観測は、前回の観測範囲を拡大してその沖側 500 m までの観測を行っている。図-6 は、10月5日から7日にかけての高波浪時を対象に、その発達期・最盛期・減衰期に分けてその間の平均的な波浪条件との底層流れの分布を示したものである。離岸堤前面付近の流れは、前回の観測結果とはほぼ同様で、発達期には東向き沿岸方向の流れが卓越し、最盛期には流れの向きが西方向に逆転している。また、今回新たに設定した離岸堤沖合い 550 m (St. 2) と 850 m (St. 1) の2点では波浪の変化に関係なく流向は離岸堤に平行に東方向となっている。

このような流れの変化は、波浪条件との関係があると考えられる。図-7 は、波浪観測結果と各観測点での波向の観測結果より沿岸方向の波エネルギーフラックス (E_x) を算出し、そのときの平均流速の沿岸方向成分

(U_x) との関係を示したものである。図は、沿岸東方向を正として表示してある。この結果より、離岸堤に近い St. 5 での最盛期における西向きの沿岸流の発生が波浪によるものと推定されるが、St. 3 における発達期の沿岸東方向への強い流れについては十分に説明することはできず、発達期の流れは波浪によるものばかりではなく、強い西風の影響が大きいものと考えられる。また、沖側の St. 1 については、波エネルギーの大きな時には沿岸流速は速くなるものの、その方向は沿岸東方向となっている。

4. 海底面の変動特性

前回の報告では、底質の移動限界と海底面の変動限界水深との関係について考察したが、観測点が離岸堤前面に限られたために十分な検討ができなかった。また、離岸堤前面で侵食された土砂の移動方向についても同様に十分な考察がなされなかったこともあり、今回新たに設定した沖側の観測結果を基に再度検討を行った。

(1) 海底面の変動限界について

波浪観測結果と砂面計の観測結果より、前回と同様に底質移動限界の表示式を基に海底面の変動限界について検討を行った。底質の移動限界は次式で示される。

$$H_0/L_0 = a(d/L_0)^n (\sinh 2\pi h/L) (H_0/H)$$

ここに、 H_0 , L_0 は沖波の波高と波長, H , L は水深 h での波高と波長であり, d は底質粒径である. a , n は, 前回の観測結果では $n=1/3$, $a=1.0$ の条件で海底面の変動の限界が与えられ, 佐藤・田中³⁾ による表層移動限界である $a=1.35$ に近い値が得られた.

図-8 は、水深の異なる St. 1, 3, 5 の観測結果について上記の式により海底面の変化状況を分類したものであり, 図中●は侵食, □は堆積, ×は変化の無い場合を表わしている. 今回の観測結果はほぼ前回と同様の基準により海底面の侵食限界が表されているが, 堆積についてはこの限界以下の条件でも生じており, 上記による限界値は侵食開始限界と考えるのが妥当と判断される. また, この限界条件はシールズ数と関連付けられ, シールズ数は約 0.3 となる. これは, 柴山・堀川⁴⁾ による底質の移動限界の分類結果より, 砂れんの発生による浮遊移動の条件に相当している.

(2) 海底面変動量の岸沖分布

砂面計による観測結果を基に, 岸沖方向の海底面の変動量の分布について検討を行った. 図-9 は, 観測期間を通した海底面の変動量の岸沖分布 (図中中段) と, 最大有義波高 4.5 m を記録した時化の前後の変動量 (図中下段) を離岸堤からの距離により示したものである. また, 図中上段は, 新潟西海岸における昭和51年11月から59年10月までの浅深測量結果より得られた海浜断面変化の分布を示したものであり, 測線②が St. 1~St. 5 の観測測線に, 測線①が St. 6, 7 に相当する²⁾.

この結果より, 高波浪の前後では, 各観測点において侵食傾向となっている. その量は離岸堤前面で 10 cm 前後の値と大きい, 離岸堤前面 350 m の St. 3, 6 から沖側では数 cm 程度と高波浪前の高さまで海底面が回復し

ている. 観測期間中の全体的変化量の分布は, 離岸堤前面の St. 5, 7 のみが侵食となり, その沖側では堆積となっている. 堆積部分では, 離岸堤前面 350 m の St. 3, 6 付近で最も変化が大きく, それよりも沖側の観測点では小さい.

このような高波浪時前後や15日間程度の短期間の観測結果より, 調査海域における底質の移動は離岸堤前面の侵食域からの土砂が流況の異なる離岸堤沖合い約 500 m 程度までの範囲に堆積しているものと考えられる. また, 図中上段に示した長期の海浜断面の変化傾向は, 全体に侵食されているものの離岸堤前面部の洗掘状況やその沖側で変化が少なくなっていること等, 今回の観測結果とよく対応しており, 本観測結果で得られたような冬季の高波浪時の地形変化の影響が大きいものと考えられる.

5. あとがき

以上のように, 新潟西海岸において実施した現地観測の結果より, 西海岸の海岸侵食の現状について考察を行った. その結果, 波浪の発達に伴う流れや地形の変化のパターンについて従来以上の知見を得ることができた.

また, 高波浪時の短期間の地形変化は浅深測量結果による長期の変化傾向とよく対応しており, 長年にわたる新潟西海岸の侵食が冬季波浪の繰返しによる離岸堤前面の洗掘や海域全体への土砂供給の不足等により生じてきたと推定された. このように, 2か年にわたって実施した現地観測結果より, 侵食対策事業を行うに当たっての貴重な資料が得られた. 今後はこれらの観測資料を基に, 構造物の建設過程における効果や周辺に与える影響に関する現地観測を行って行く予定である.

最後に, 現地観測の計画・実施及び解析に当たっては, 「新潟西海岸技術調査委員会」(堀川清司委員長) の委員の方々の貴重な御意見を賜った. ここに記して感謝の意を表する次第である.

参 考 文 献

- 1) 新井洋一・田村政太郎・岩本博史・川又良一: 新潟西海岸における波浪に伴う海底変動, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 357~361, 1987.
- 2) 岩谷文方・宮本卓次郎・松下正弘・吉永 茂・川又良一・足立有平: 沖合いに設置する潜堤周辺の波, 流れ, 地形変化の予測について, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 372~376, 1987.
- 3) 佐藤昭二・田中則男: 水平床における波による砂移動について, 第9回海岸工学講演会講演集, pp. 126~132, 1966.
- 4) Sibayama T. and K. Horikawa: Sediment transport and beach transformation, Proc. 18th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp. 1439~1458, 1982.

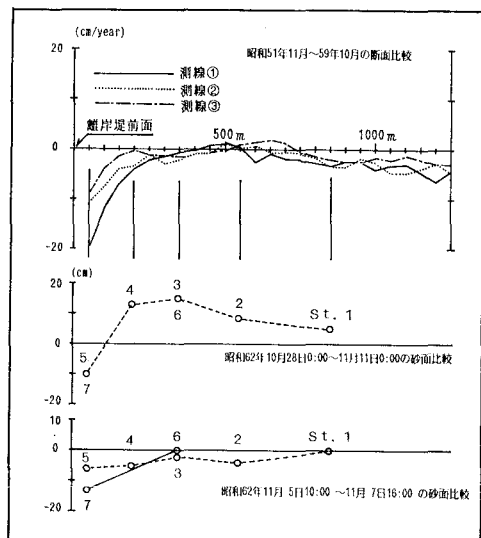


図-9 海底面変動量の岸沖分布と長期の断面変化