

離岸堤の沈下対策に関する現地実験

糠沢 宏二\*・宇多 高明\*\*・宮崎 光弘\*\*\*

1. ま え が き

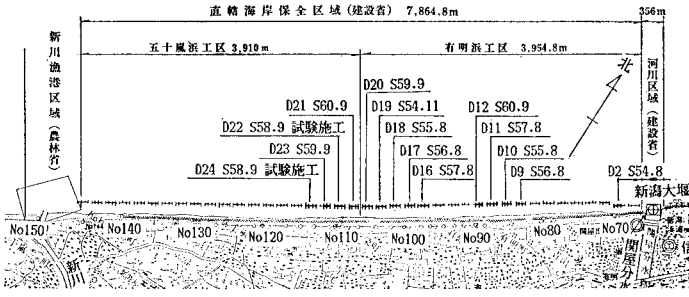
新潟沿岸のうち、新潟市関屋分水路から新川に至る約 8 km の海岸では、昭和 52 年度より建設省の直轄海岸として侵食対策事業が進められてきている。古来、新潟海岸は、信濃川からの莫大な流送土砂により汀線を前進させつつ形成されてきた。

しかし近年に至り治山、治水事業の進展による新潟海岸への供給土砂量の減少、突堤などの海岸構造物の設置による沿岸漂砂形態の変化、更には昭和 20 年代後半からの地盤沈下等、複合した要因により、それまでの海岸の営力のバランスが崩れ、全国有数の侵食海岸に変化したものと考えられる。

直轄新潟海岸の真砂町地先では汀線が明治時代以降約 100 m 後退しており、これ以上の汀線の後退をくい止めるために離岸堤の設置が進められている。昭和 60 年 9 月現在 14 基の設置が終り、離岸堤背後では目標である現状の汀線の維持もしくは前進を達成している。しかしながら設置された離岸堤は、冬期の厳しい波浪等による沈下が著しく、離岸堤の機能確保に問題が出ている。そこで離岸堤の沈下を軽減することを目的として、昭和 58 年度に従来の離岸堤形状に対して、基礎工、断面形、吸い出し防止シート等の改良を加えて試験施工を実施した。本報告では、まず新潟海岸における離岸堤の沈下実態を明らかにし、種々の対策工の選定について述べる。次に試験施工後の現地観測により、これらの対策工が従来の工法と比較したとき、沈下の軽減に対して有効なことを明らかにする。

2. 新潟海岸における離岸堤の沈下、洗掘実態

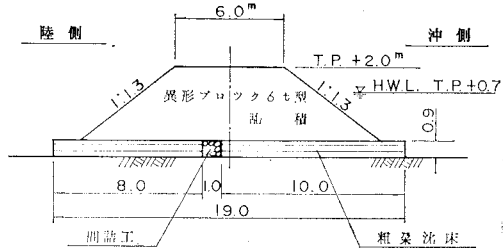
直轄新潟海岸では海岸侵食の防止を目的として、昭和 54 年度より毎年 2 基ずつ離岸堤が設置されている。海



図一 新潟海岸離岸堤配置図

表一 離岸堤計画諸元

| 名 称         | 諸 元                     |
|-------------|-------------------------|
| 方 式         | 中水深方式                   |
| 形 式         | 群堤                      |
| 離 岸 距 離     | 現況汀線からおおむね 150 m        |
| 設 置 水 深     | T.P. -2.5 m ~ -3.5 m 程度 |
| 離 岸 堤 長     | 150 m                   |
| 開 口 幅       | 50 m                    |
| 天 端 高       | T.P. +2.0 m             |
| ブ ロ ッ ク 重 量 | 6.0 t                   |
| 計 画 法 線     | 護岸計西法線からおおむね 210 m      |



図二 離岸堤断面図

岸全体の離岸堤の配置及び施工順序は図一に示すとおりである。新潟海岸は外洋性で、離岸堤設置位置付近の海底勾配は 1/50~1/80 と緩勾配である。また底質の中央粒径は 0.1~0.3 mm と細粒であるため漂砂はかなり活発である。離岸堤の計画諸元をまとめると表一となる。また離岸堤の断面形を図二に示す。離岸堤の設置後、その背後には大きなトンボロが形成された。その一例として離岸堤周辺の汀線の時間的、場所的变化を示したのが図三である。図の右半分には代表時期の汀線形

\* 正会員 建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所長  
\*\* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長  
\*\*\* 正会員 (前)建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所調査設計課長

状が示されている。トンボロは各離岸堤個々独立に形成されるのではなく、広い範囲で土砂が堆積している。

離岸堤の設置が進むにつれて汀線は更に前進したが、この場合西側が後退したものの、その量は前進量と比較するとずっと小さい。このように新潟海岸の離岸堤はかなり良い堆砂効果を持っている。しかしながら離岸堤は設置後の沈下が激しく安定性が問題となっている。図-4 に離岸堤天端高の経年変化を示したが、図中の破線は災害復旧工事による嵩上げを示している。この図から見られるように離岸堤の多くは設置直後から著しく沈下が進行している。離岸堤の沈下原因としては、従来の研究も参考にすると次のようなことが考えられる。

- ① 離岸堤の設置によってその下の砂が乱されて沈下する。
- ② 海底が来襲波の変動によって変化するためバーなどが形成され周辺の海底が全体的に下る場合に離岸堤も沈下する。
- ③ 離岸堤前面の反射波や開口部に集中する離岸流によって、開口部周りに局所洗掘が生じ、構造物下部の底質が流失するとともにブロックが沈下する。
- ④ 地盤沈下により地盤とともに離岸堤が沈下する。
- ⑤ 堤体ブロックが波力によって散乱し、離岸堤の高さが減少する。

以上いずれも推定原因であり、実証的に現地海岸で確認されていない。また実際にはこれらが複合して生ずることも多いと思われる。したがって個々の特徴を分離して調べることは相当難しいが、離岸堤周りの深浅測量を昭和 56 年 9 月より 60 年 3 月までの間に延べ 7 回実施し、このデータより海浜の平均断面形と標準偏差の分布を求めた。計算を行った測線は図-3 に示されるように、D-18 と D-17 号堤の開口部に位置する S-14 より、西側の S-18 までの 5 測線である。岸沖方向には 5m 間隔で標準偏差を計算した。この結果を示したのが図-5 である。各測線で求められた平均断面形が実線で、また地盤変動が土標準偏差の形に整理されている。y=200m 付近で断面形が不連続となるのは、そこに離岸堤があることによる。平均断面形の特徴として、いずれの断面でも y=300m 付近にバー地形が存在する。また離岸堤の岸側、沖側では段差がついている。これは岸側ではトンボロ形成とともに土砂が堆積し、沖側では前面が洗掘されるためと考えられる。標準偏差は離岸堤背後が沖合に比べて小さい。このことは離岸堤前面

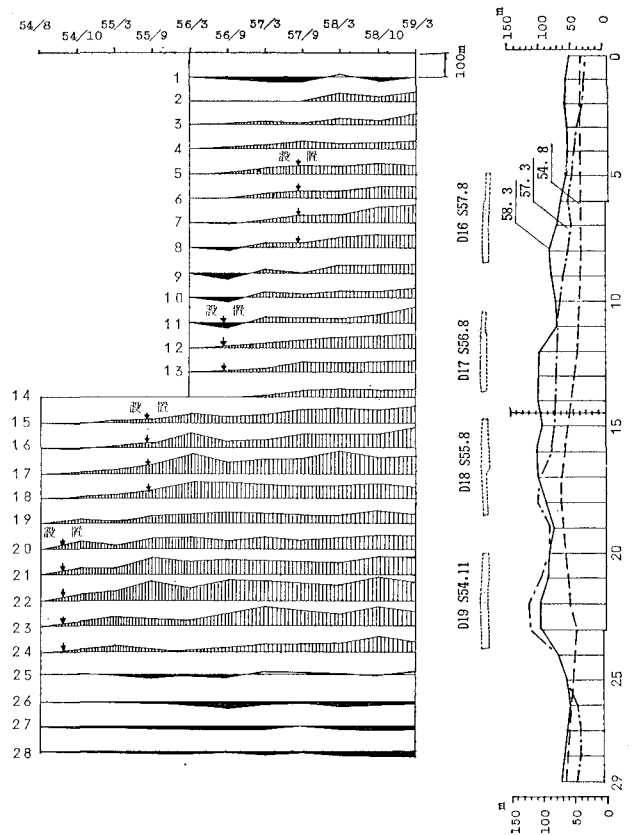


図-3 汀線の時空間変化 (測線 No. 100 付近)

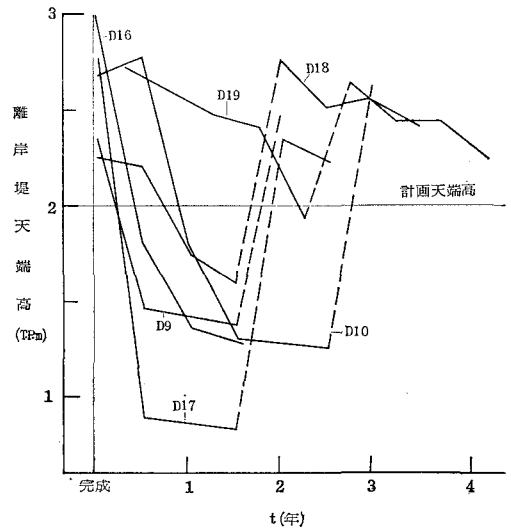


図-4 天端高の経年変化

の方が沈下し易いことに対応する。詳しく見ると、離岸堤のすぐ沖側の標準偏差は更に沖合と比較すると小さく、また端部に位置する S-15 と S-18 では中央部の S-16 と S-17 と比較して離岸堤の沖側端部の標準偏差が大きい。後者は、離岸堤端部での局所洗掘を表わし

ており、端部での沈下の大きな理由を与えていると考えられる。したがって離岸堤の沈下には、これらの外的要因に誘発されて構造物下部の底質が流失することが問題であって、それを防止すればある程度沈下を防ぐことができると考えられる。

### 3. 沈下改良工法の試験施工

以上述べたように、新潟海岸の離岸堤沈下には、離岸堤開口部や前面の洗掘及び海底地盤の変動による影響が大きいと考えられる。そこで試験施工では次に示す改良を加えた。

- ① 異形ブロックの滑落防止のため積み方を乱積から層積とした。
- ② 基礎を粗梁沈床の代りに粗梁沈床+捨石とした。
- ③ 堤直下の海底地盤の変動を小さくするため吸い出し防止シート（厚さ 1 cm）を敷設した。
- ④ 離岸堤開口部での洗掘を防止するため、離岸堤東側端部を潜堤（長さ 10 m）とした。
- ⑤ 離岸堤前面での反射波を弱め洗掘を防止するため断面を複断面とし、勾配を緩くした。

図-6 には試験施工離岸堤の断面図を示す。また図-7, 8 には複断面及び単断面の平面図と離岸堤設置前の地盤高を示す。離岸堤は T.P. -2.5~-4.5 m の場所に設置されることになる。複断面と吸い出し防止シートについては、2 基の離岸堤によって沈下軽減効果の比較検討を行った。2 基の離岸堤はそれぞれ複断面（D-22）と単断面（D-24）とし、吸い出し防止シートは両離岸堤とも延長の半分について敷設した。また両離岸堤とも従来工法と比較するとブロックの積み方が乱積から層積へ、また基礎工が粗梁沈床から粗梁沈床+捨石へと改良されている。離岸堤天端高の沈下観測は、図-7, 8 に示すように両離岸堤とも 20 m 間隔の 8 断面で沖側、中央、岸側の 3 点の測点を配置して行った。第 1 回目の沈下観測は離岸堤の断面が完成次第開始し、昭和 58 年 9 月より 60 年 3 月まで延べ 9 回の測量を行って調べた。

### 4. 試験施工の結果とその評価

まず最初に調査期間中の波浪条件について示す。図-9 は運輸省第一港湾建設局新潟港工事事務所が測定した波浪データより月別平均有義波高の経時変化を示したものである。新潟海岸では冬期間は波が高く、 $H_{1/3} \approx 1.8$  m 程度となるが、夏期は静穏であり  $H_{1/3} \approx 0.3$  m となる。図には観測期間を示したが、観測期間中の波浪条件はほぼ平均的な季節変化特性を示していたことが分かる。図-10 は離岸堤の縦断方向の沈下状況を調べたもので同一施工範囲内でも各測点の沈下量の変動には、離岸堤周辺の地形による影響がかなり含まれている。複断

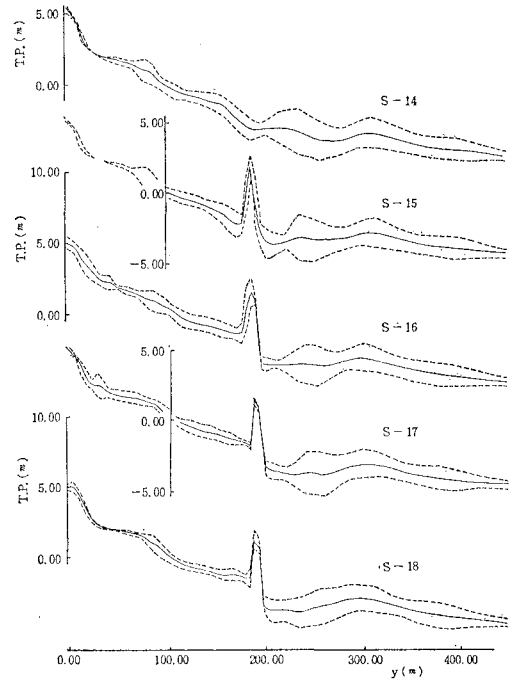


図-5 代表測線の平均断面形と標準偏差

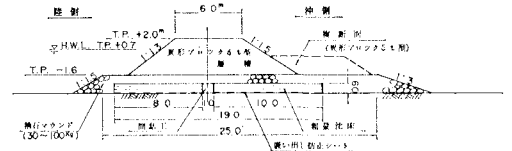


図-6 試験施工時の離岸堤断面図

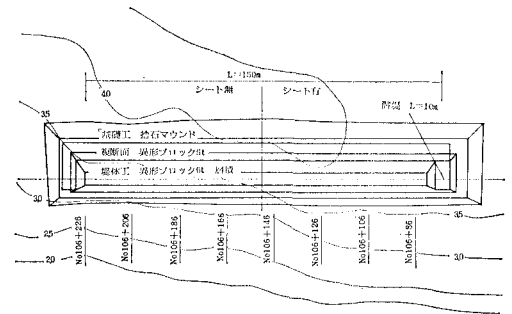


図-7 複断面離岸堤平面図 (D-22)

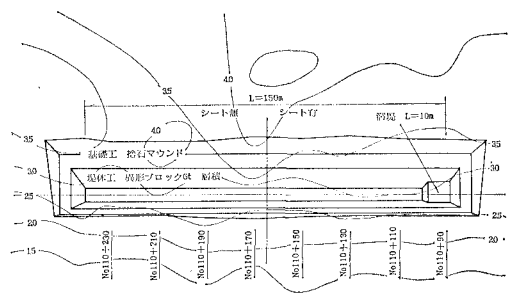


図-8 単断面離岸堤平面図 (D-24)

面と単断面シート有無とでそれぞれ比較すると、複断面及びシート有の方が沈下が小さく変動も少ない。このことから複断面と吸い出し防止シートは離岸堤の沈下軽減に対して効果的なことがわかる。図-11は離岸堤の横断方向の沈下状況を示したものである。単断面の場合の沈下量はシート有無にかかわらず沖側ほど大きくなる。複断面の場合の沈下量は単断面の場合と比較して特に沖側の測点で沈下量が小さくなるが、中央、岸側の測点でも小さくなっている。複断面の沈下軽減効果は沖側だけでなく、中央、岸側にも及ぶことが分かる。シートの有無で沈下の状況を比較すると、シート有の場合はシート無の場合に対して各測点での沈下量は小さくなるが、特に沖側での沈下軽減効果が大きい。図-

12は各施工区間別に全測点の沈下量の平均値の経時変化を示したものである。離岸堤は完成から58年10月17日までの約1カ月間にかなり沈下した。この間の最大有義波高は3.0mであった。さらに12月10日までの約2カ月間には沈下観測期間中最大の有義波高6.3mを記録しており、沈下が進行した。その後の59年3月15日までの間には、最大有義波高5.4mを記録している。単断面シート無の施工区間は引き続き沈下したが、他の施工区間ではほとんど沈下していない。59年3月15日以降では沈下はほとんど生じておらず、安定状態を保っている。最終的に最も沈下が少なかったのは複断面のシート有、次いで複断面シート無と単断面シート有が続いている。これに対して単断面シート無では他の3者にに対し、沈下量が約2倍となっている。以上の結果は試験施工を行った4タイプ間の比較によるものであるが、これらはまた従来工法の沈下状況との比較を行うことも可能である。従来工法の沈下状況を示した図-4と図-12とを比較する。例えば単断面のシート無の沈下量と従来工法とを比較すると、沈下量は約1/4と小さくなっている。すなわち単断面のシート無であっても従来工法と比較すると積み方が乱積から層積に、基礎工が粗梁沈床から粗梁沈床+捨石に改良されているため相当の効果が上がっていることが分かる。また海底地形について調べてみると冬期風浪の影響により、複断面、単断面とも離岸堤周辺には相当大きな局所

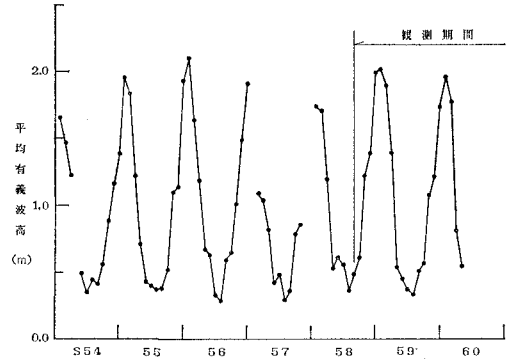


図-9 月別平均有義波高の経年変化

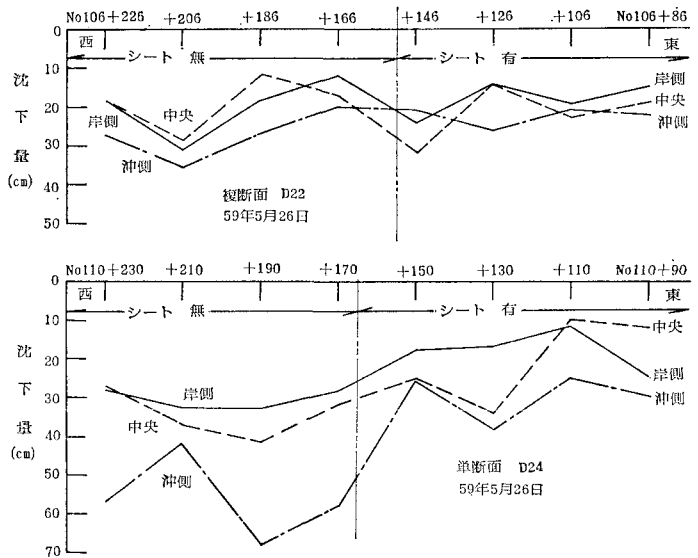


図-10 離岸堤の沈下量（縦断面）

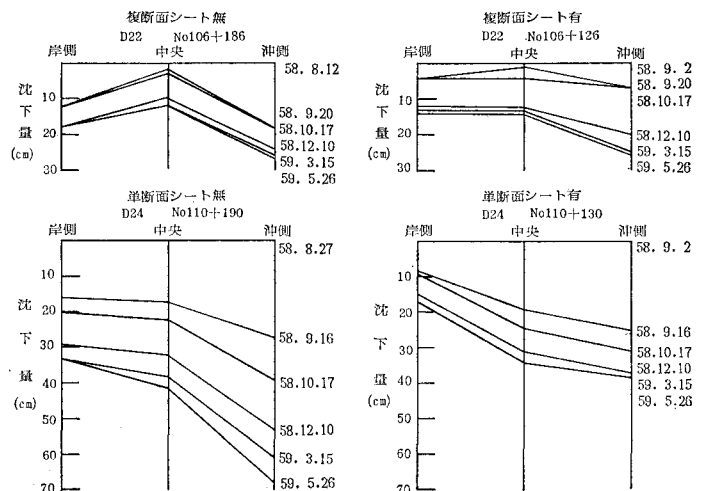


図-11 離岸堤の沈下量（横断面）

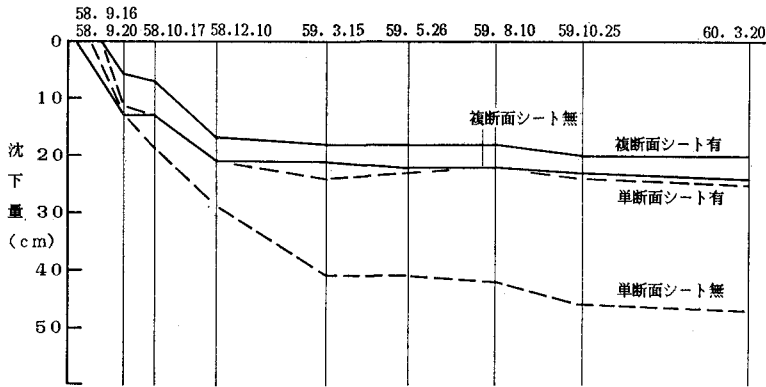


図-12 沈下量の時間的変化

洗掘が生じており、局所洗掘が生じて、基礎工、断面形あるいはシートの敷設等によって沈下は相当軽減されることが明らかとなった。

## 5. まとめ

直轄新潟海岸では侵食防止を目的として離岸堤が設置されているが、堆砂効果は十分あるものの離岸堤の沈下が問題となっている。離岸堤設置後の海浜地形変化を調べると、開口部付近の局所洗掘や離岸堤沖合の海底変動が大きく、それらが沈下の要因となり得ることがわかった。そこで離岸堤の沈下を軽減し安定性を増すために、従来の工法に対し基礎工、断面形、吸い出し防止等の改良を加えて試験施工を行った。この結果、従来のように基礎工として粗梁沈床を用いる工法に対して更に捨石を置けば沈下防止に役立つこと、また複断面化や吸い出し防止シートの利用は沈下軽減に一層有効であることが分かった。これまで離岸堤は完成から比較的短い時間で沈

下してしまい、復旧工事によって天端の嵩上げを行ってきたが、これらの改良により今後は離岸堤の沈下が軽減し、より安定した離岸堤の堆砂効果が得られるものと考えられる。

なお、本論文では余白の関係上離岸堤周辺の詳しい洗掘状況を示すことができなかったが、これらについては参考文献6)に詳しくまとめてあることを付記しておく。

## 参考文献

- 1) 豊島 修・坂本忠彦: 離岸堤の沈下について, 第19回海岸工学講演会論文集, pp. 71~75, 1972.
- 2) 片山猛雄・入江 功・川上俊雄: 新潟海岸の離岸堤の効果, 第20回海岸工学講演会論文集, pp. 519~524, 1973.
- 3) 建設省北陸地方建設局: 新潟海岸保全全体計画, 176 p., 1980.
- 4) 平山秀夫: 離岸堤の先端部周辺における局所洗掘の特性について, 第27回海岸工学講演会論文集, pp. 260~264, 1984.
- 5) 運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所: 波浪台帳.
- 6) 建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所: 新潟海岸の侵食実態と離岸堤沈下対策, 37 p., 1986.