

仙台市荒浜海岸における離岸堤築造前後の汀線変化

沼田 淳*・高橋 敏彦**

1. はじめに

仙台市荒浜海岸は、仙台湾の北側部分、七北田川河口と名取川河口のほぼ中央に位置する砂浜海岸で、仙台市内唯一の海水浴場でもある。本海岸は 1972 年 9 月の台風 20 号と 12 月の台風坊主により、前浜約 150m が侵食されたが、これを契機として、背後の海岸公園整備事業の一環として 1976 年から養浜を目的とした離岸堤工事が進められており、現在までに 5 基が建設されている。本研究は、これら離岸堤の設置に伴う海浜形状の変化を採砂調査および有堤部・無堤部背後における地下水位の調査結果などと照合して考察を試みたものである。

2. 離岸堤の設置状況

図-1 は、荒浜海岸の位置と離岸堤の設置状況および宮城県仙台東土木事務所が設置した測点杭の位置を示したものである。離岸堤は、長さ 120m、開口幅 60m、設置水深 2~4m、離岸距離 170~200m である。構造は透

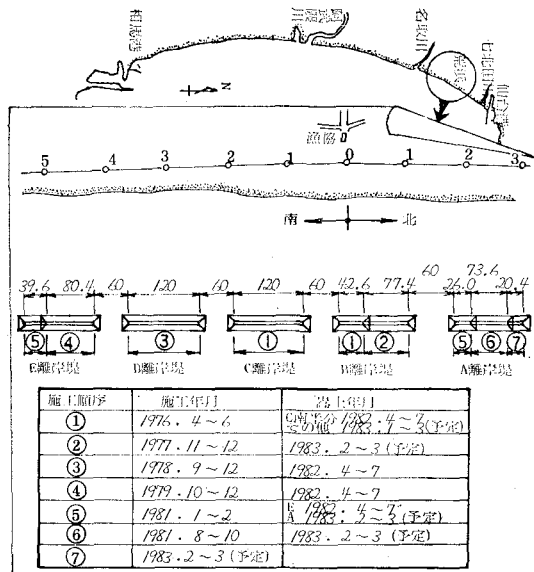


図-1 離岸堤設置状況 (単位: m) および測点位置

* 正会員 工博 東北工業大学教授 工学部土木工学科

** 正会員 東北工業大学助手 工学部土木工学科

過式で、中空三角ブロックの乱積みとなっている。仙台湾における沖波の卓越周期は 9~10 秒であるから、堤長 l 、開口幅 B 、離岸距離 y と沖波波長 L_0 との比は、それぞれ $l/L_0=0.77\sim0.95$, $y/L_0=1.09\sim1.58$, $B/L_0=0.38\sim0.07$ である。 l/L_0 と y/L_0 の値は、Savage と Vincent¹⁾ のトンボロの発生限界に関する実験結果 ($l/L_0=1$ のとき $y/L_0=1.25$) とほぼ一致しているが、 B/L_0 の値は、榎木らの実験²⁾ によるとトンボロが発生しにくい場合に相当する。一方、豊島³⁾ は、数多くの実施例から水深 2~4m の地点に離岸堤を設置する場合、長さは $(2\sim6)L$ または 60~200m、開口部間隔は $1L$ または 20~50m を一つの目安として提唱している。荒浜海岸の場合、離岸堤設置位置での卓越周期に対応する波長は 40~60m と推定されるから、ほぼこの範囲内に入るものと考えられる。

3. 離岸堤設置前の汀線移動状況

田中ら³⁾は、終戦直後の 1946~1948 年、駐留米軍によって撮影された航空写真と 1961 年以降、建設省国土地理院によって撮影された航空写真とを比較することによって、わが国の砂浜海岸の汀線変化を調べている。図-2 は、仙台湾沿岸についての結果の一部で、1947 年に撮影された航空写真を基準としてその後の汀線変化量を図示したものである。本研究の対象とした荒浜海岸付近をみると、北側海浜では 1947 から 1964 年までの約 17 年間に 30m 前後の汀線の前進がみられたが、その後は後退して、1947 年の汀線に近づきつつあるようにみうけられる。一方、南側海浜では前進・後退を繰り返しながら幾分後退している傾向がみうけられる。しかし、図中◎印で示した箇所の接合誤差などを考えると、20~30m の汀線変化は誤差の範囲内と考えられるので、高波浪時に大幅な汀線後退が生じたことがあったとしても、巨視的に見れば有意な汀線変化はなかったと考えるのが妥当かも知れない。

4. 離岸堤設置後の汀線移動状況

宮城県仙台東土木事務所では、1973 年以降毎年 1 回ずつ離岸堤設置位置付近の深浅測量を行っている。図-3

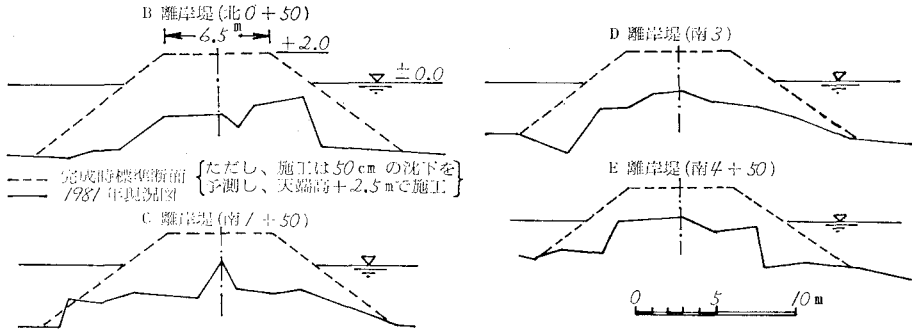


図-4 離岸堤被災断面図

災害復旧工事としてC離岸堤の南半分とD, E, 離岸堤の嵩上げ工事が行われたが、その直後 1982 年 9 月の汀線は、全域にわたって前進しており、特に嵩上げ完了部分の前進が顕著である。このことは、離岸堤が堆砂機能を維持するためには、天端高を静水面上のある程度の高さまで確保する必要があることを示唆しているものと考えられ、著者の一人の実験結果⁶⁾を現場実証した一例となろう。

様、再び逆 W 型の堆積傾向に転じている。このような傾向は、前節の汀線の変化傾向と全く同じであり、離岸堤の堆砂機能を端的に表現しているものと考えられる。次に、汀線と離岸堤の間を見ると、1978 年までは堆積傾向を示しているのに、1979 年から欠陥に転じ、離岸堤築造前の海底地形に近づきつつあるが、離岸堤群の両端部ではかえって水深が増加しつつあるようにみうけられ

5. 離岸堤設置後の土量変化

図-5 は、東京湾中等潮位を基準として、地上面および海底面までの単位幅当りの土容積および水容積をそれぞれ各測線ごとに求め、3 測線づつ (200m 間隔) 移動平均を行って離岸堤築造後の土量変化を調べたもので、1975 年 5 月の地形を基準としてその後の土量変化量を汀線から陸上部、汀線と離岸堤の間、離岸堤の沖側 (距岸約 450m, 水深 -10m まで) の 3 領域に分けて示してある。まず、汀線から陸上部を見ると、B, C 離岸堤施工後の 1979 年 8 月までは、B, C 離岸堤背後に頂点をもつ三角形型の堆積傾向を示しているが、D, E 離岸堤施工後の 1980 年 9 月には、B, C 離岸堤および D, E 離岸堤背後にそれぞれ頂点を有する逆 W 型の堆積傾向を示している。1981 年 8 月 23 日の台風 15 号通過後の 1981 年 9 月にはほぼ 1975 年 5 月の状態まで欠陥しているが、離岸堤嵩上げ後の 1982 年 9 月には 1980 年 9 月と同

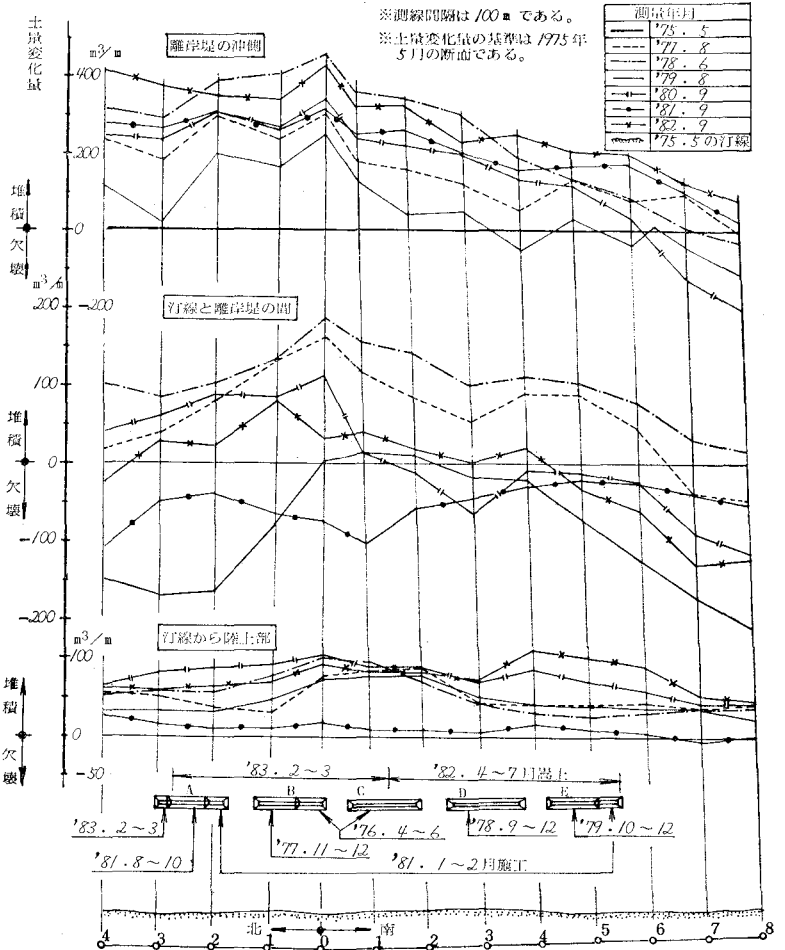


図-5 離岸堤設置後の土量変化

る。一方、離岸堤沖側は、南6以南が欠壊傾向にあるのを除けばほぼ全域で堆積傾向を示し、特に北側ほど堆積量が多くなっている。このことは、前述したように南から北に向う漂砂が卓越していることを示唆していると考えられる。また、1981年8月23日の台風15号通過後、離岸堤内部の土砂がかなり欠壊しているにも拘らず、離岸堤沖側の海底地形は前年度とほとんど変わらず、むしろ幾分堆積傾向にあることを考えると、高波浪時には離岸堤内の侵食土砂が離岸堤沖側に移動するものと推測される。

6. 汀線附近の粒度組成

1982年11月19日、名取川河口から七北田川河口までの約10kmの区間から、図-6に示す位置(A~Vの22地点)で、汀線付近地表面下約20cmの所から400~500gの砂を採取し、比重および粒度試験を行った。

図-7は、比重および中央粒径の分布図である。比重について見ると、C点の3.48を除けば、南から北に向って値が小さくなる傾向が見られ、すべて2.48~3.00の範囲に入っている。また、離岸堤付近だけを見ると、離岸堤群の中央部で最も小さく、両端部で幾分大きい値となっている。なお、C点で比重が極端に大きくなっているのは、紫蘇輝石(比重3.5)、磁鉄鉱(比重5.2)など比重の大きい鉱物が堆積しているためと考えられる⁷⁾。一方、中央粒径 D_{50} は、両河口付近および離岸堤群の両端部で大きく、離岸堤群の中央部で極端に小さくなって

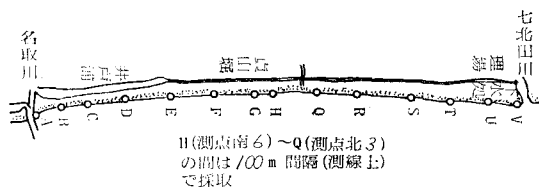


図-6 採砂位置図

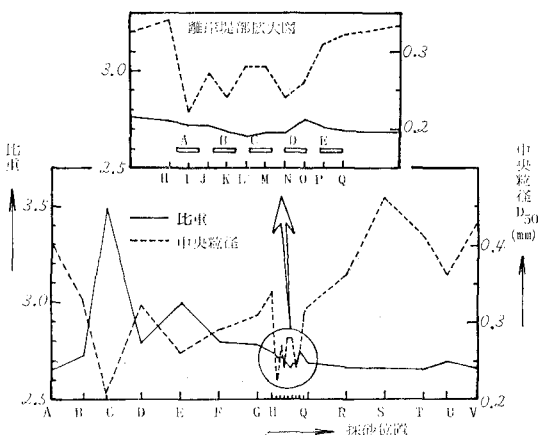


図-7 比重および中央粒径の分布

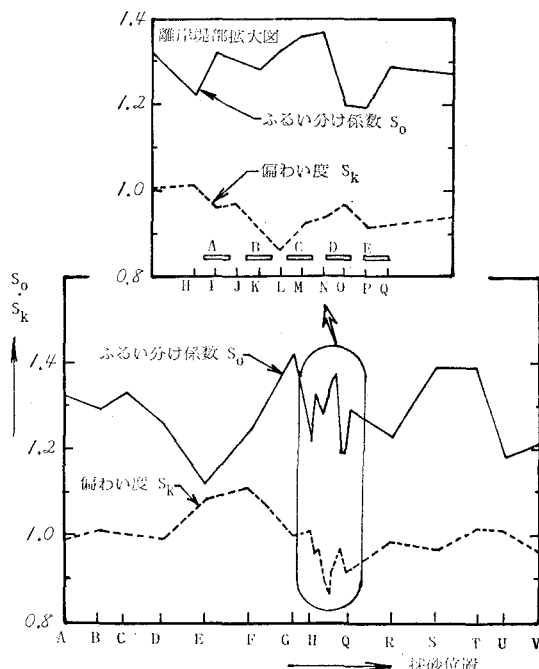


図-8 S_0 ・ S_k の分布

いる。なお、無堤部における比重と中央粒径は逆相関を示しているのに対し、離岸堤背後ではほぼ類似の傾向を示しており、離岸堤背後には粒径、比重ともに小さい砂が堆積していることがわかる。

図-8は、ふるいわけ係数 $S_0(=\sqrt{D_{75}/D_{25}})$ 、偏わい度 $S_k(=\sqrt{D_{25} \cdot D_{75}/D_{50}^3})$ の分布図である。 S_0 は1.1~1.4、 S_k は0.85~1.10の範囲にあり、一般的な傾向として S_0 と S_k は逆相関を示している。また、 S_k は離岸堤群の南端H以南では1.0以上、以北では1.0以下になっており、H点を境として明瞭な差異が認められる。つまり、前者では D_{50} より大きい砂粒が多く含まれており、後者ではその逆になっていることを示している。なお、離岸堤群の中央部で S_k の値が極端に小さくなっており、粒径の小さい砂の堆積が多いことを示唆している。一方、 S_0 は場所的に変動はあるものの、離岸堤群の南側部分(G点)、下水処理場の南側(S,T点)および嵩上げ未完のC、D離岸堤内側を除けばほぼ1.30以下であり、海浜地形は安定しているものと推測される⁸⁾。C、D離岸堤内側で S_0 が1.4に近い値となっているのは、離岸堤の機能低下により海浜地形が不安定な状態にあるものと推測される。なお、G点で淘汰が悪いのは、離岸堤群の影響により侵食が進行しているためと考えられる。また、S、T点については、七北田川、下水処理場などの影響あるいはカスプ等による局所的な現象とも考えられるが、詳細は不明である。

7. 地下水位調査

三井⁹⁾は、波浪による海岸地下水位の上昇量は入射波高の約 40% にも達するが、離岸堤を設置することにより地下水位の上昇量をこの 1/2 以下に抑えることが可能であることを実験的に検証している。離岸堤にこのような機能があるとすれば、これが離岸堤の堆砂機能を説明する一要素となることも考えられる。なぜなら、離岸堤の設置により地下水位の上昇が抑制されれば、打ち上げ波の地下浸透を助長して戻り流れを減少させ、これが土砂堆積を促進する一因となるのではないかと考えられるからである¹⁰⁾。このことを確かめるため、測点南 1+50 (C 離岸堤背後、以下有堤部という) と測点北 1+50 (以下無堤部という) に、直径 30 cm、長さ 2.3 m の塩ビパイプをそれぞれ 1 基ずつ埋設し、1977 年 9 月 8 日と 12 月 15 日の 2 回にわたり地下水位の観測を行った。図-9 はその結果を図示したものである。同図には、観測井から汀線までの距離の違いによって地下水位にどれほどの差が生ずるかを見当づけるため、長波の運動方程式¹¹⁾

$$h = H + \zeta_0 \exp(-m_2 x) \sin(\sigma t - m_1 x)$$

ここに

$$m_1, m_2 = \frac{1}{H} \sqrt{\pm \frac{\sigma^2 H}{2g} + \frac{\lambda \sigma H}{2} \sqrt{\left(\frac{\sigma}{\lambda g}\right)^2 + \frac{1}{k^2}}},$$

(+: m_1)
(-: m_2)

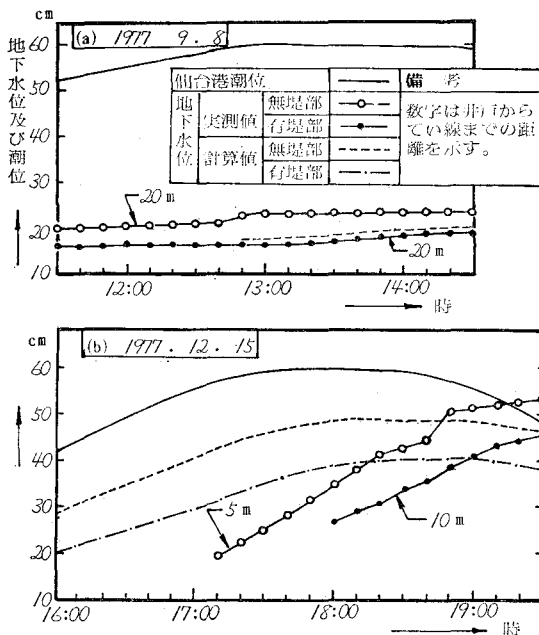


図-9 有堤部・無堤部の地下水位の比較

H : 不透水層の深さ (=T.P. - 18 m¹²⁾), $\sigma = 2\pi/T$

λ : 間隙率 (≈ 0.33), k : 透水係数 (≈ 0.0008 m/s)

による計算値と仙台湾の潮位も併記した。2 回の観測ともほぼ満潮時におけるものである。1977 年 9 月 8 日の観測では有堤部の方が無堤部より 6 cm 前後地下水位が低くなっているが、12 月 15 日の観測では有堤部、無堤部の実測の水位差は、計算値のそれとほぼ同程度であり実測値に有意な差があったかどうか疑問である。なお、井戸の位置にもよるが、実測値と計算値には 1~2 時間程度の位相のずれがあるようである。

8. む す び

以上の調査から、本海岸の場合、離岸堤工法は養浜工として極めて有効な工法であると推測される。しかし離岸堤が十分その機能を発揮するためには、その天端高を静水面上ある程度の高さまで常に維持しておくことが必要である。なお、離岸堤と汀線の間および離岸堤群の南側海岸が侵食される傾向にあり、海水浴場としての適否については慎重な判断が必要であろう。地下水位の観測については、侵食あるいは堆積による観測井の倒壊や埋没、その他のトラブルのため十分な調査ができなかったのが残念である。

最後に、貴重な資料をご提供頂いた宮城県仙台東土木事務所および現地調査・資料解析にご協力頂いた本学学生諸氏に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- たとえば、石原藤次郎編：水工水理学，p. 674, 1972.
- 豊島 修：離岸堤工法設計指針，第 18 回海岸工学講演会論文集，pp. 155~159, 1971.
- 田中則男・小笠博昭・小笠原 昭：港湾技研資料，No. 163, p. 95, 1973.
- 佐藤昭二・庄司忠夫・田中則夫：仙台湾沿岸の漂砂について，第 13 回海岸工学講演会論文集，pp. 176~182, 1966.
- 佐藤昭二・入江 功・杉山茂信：天然放射能による漂砂の供給源および卓越方向の推定について，第 14 回海岸工学講演会論文集，pp. 300~305, 1967.
- 沼田 淳・和田 信：護岸前面海底地形の変化に関する一実験，第 20 回海岸工学講演会論文集，pp. 494~499, 1973.
- 第二港湾建設局塩釜港工事事務所・宮城県：仙台湾開発港湾調査報告書「其の 4」，pp. 119~124, 1963.
- 運輸省港湾局編：港湾調査指針，日本港湾協会，pp. 203~209, 1971.
- 三井 宏・中村静弥：波浪による海岸地下水位の上昇，第 27 回年次学術講演会概要集第 II 部，pp. 661~662, 1972.
- 後藤七郎訳：サーフ・ビーチ保全のための新技術，土木学会誌，Vol. 60, No. 10, p. 85, 1975.
- 本間 仁：水理学——技術者のための流体力学——，丸善，p. 224, 1967.
- 宮城県仙台東土木事務所：深沼海岸底質調査，p. 59, 1974.