

離岸堤の堆砂効果と海底変化

西谷康男*・速水正辰**・豊島 修***

1. はじめに

年々侵食が激化する皆生海岸における有効な侵食対策工法として、昭和 46 年に皆生温泉前に第 1 号離岸堤が設置され、その後も引続き毎年 1 基ずつ順次設置されて現在合計 10 基が設置されている。

また、離岸堤設置後の影響を把握するために、周辺海域における定期的な深浅測量を実施すると共に、トンボロの発生状況、海底地形の変化、離岸堤の沈下等の調査も並行して実施してきている。

これらの結果の一部は、すでに豊島・定道¹⁾、豊島²⁾により報告されている。

本論文は、その後の離岸堤設置による堆砂効果と海底変形、離岸堤設置位置の岸側及び沖側の土量変化、離岸堤の沈下と復旧について調査を行なった知見に基づき、皆生海岸の離岸堤の特性について報告を行なう。

2. 離岸堤周辺の海底変化

図-1 は、第 10 号が設置されて後、約半年を経過した最近の状況である。

離岸堤の背面にはいずれもトンボロが発達し、第 10 号堤背後にも、設置後約半年で離岸堤背後に達するトンボロが順調に発達している。また先の報告²⁾、でも述べ

たように、離岸堤沖側のコンターはその後も依然として、ほぼ汀線に対し平行になっている状態が持続しており、沖合海底の安定化傾向が引き続き認められる。なお漂砂の卓越方向は図上右から左方向である。

図-2 から 図-5 までの各図は、先の報告²⁾、後の昭和 52 年 3 月から最近までの海底変化状況を 2 回毎の測量成果を重ね合わせて示したものである。各図に含まれる領域は 図-2 から 図-5 まですべて同じとし、離岸堤の設置状況は、各図とも新しい方の測量年月に対応して表示している。なお、縮尺は 図-1 の下部に記載してある(測点間隔は 100m)。

図-2 は、第 6 号堤設置後、半年後及び 1 年後の状況である。昭和 52 年 3 月に比べて昭和 52 年 9 月は第 6 号堤のトンボロの発達が著しく、漂砂上手側の測点 0~3 の間には砂浜が復活している。第 5 号堤のトンボロ面積は若干の減少を示しているが測点 15~17 で砂浜の復活が認められる。

開口部の水深は全体的に浅くなり、コンターは水深 7.5m まではほとんど変化せず、水深 10m では沖側に移動し水深が浅くなっている。

図-3 は、昭和 52 年 12 月と昭和 53 年 7 月の状況である。昭和 52 年 12 月では設置 3 箇月後の第 7 号堤に小規模ながらトンボロの発達が認められる。他のトンボロ

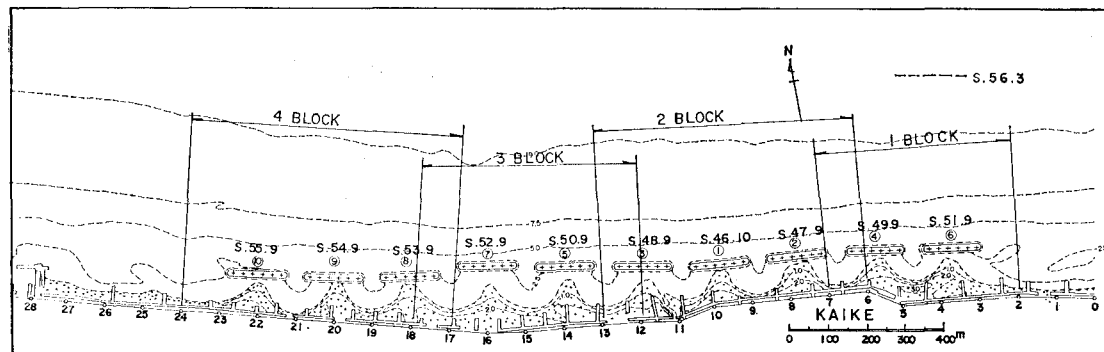


図-1 最近の皆生海岸 (昭和 56 年 3 月)

* 正会員 建設省中国地方建設局倉吉工事事務所 事務所長

** 正会員 建設省中国地方建設局倉吉工事事務所 調査設計課長

*** 正会員 工博 東海大学工学部海洋土木工学科教授

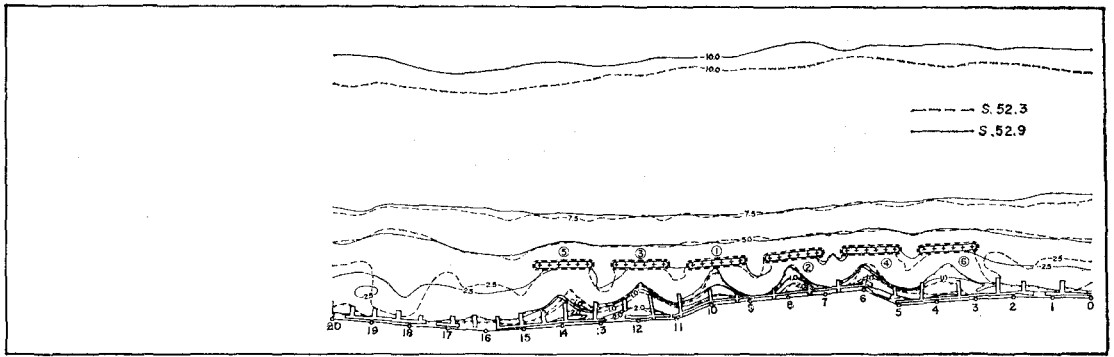


図-2 昭和52年3月と昭和52年9月

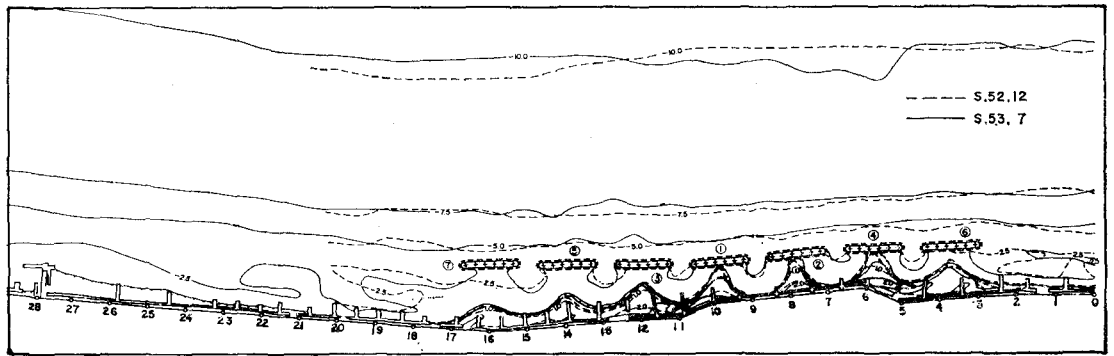


図-3 昭和52年12月と昭和53年7月

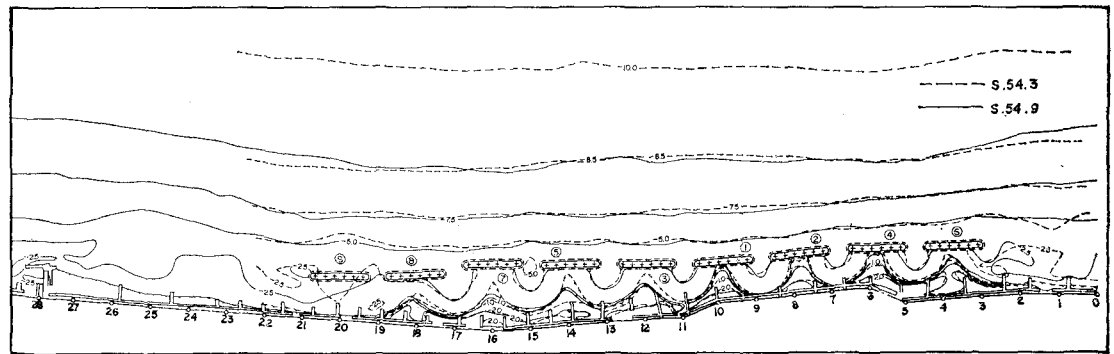


図-4 昭和54年3月と昭和54年9月

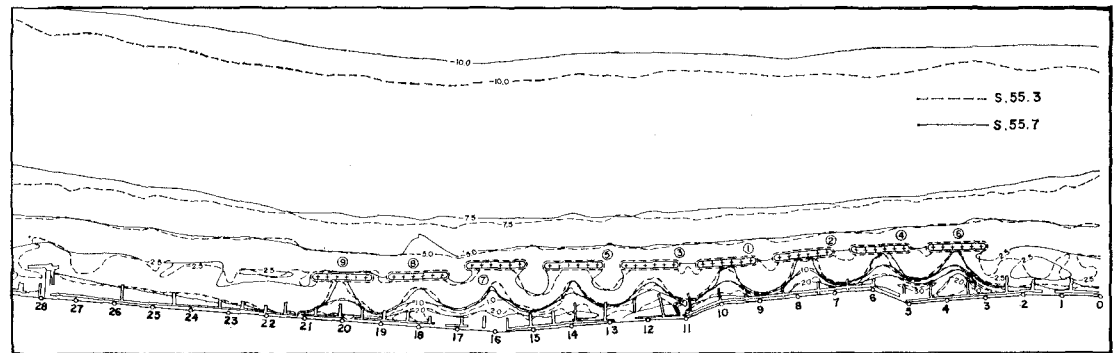


図-5 昭和55年3月と昭和55年7月

及び沖側コンターの状況も引続き安定している。

昭和53年7月は第7号堤設置約1年後の夏場の状況である。第1・第2・第4号堤のトンボロは前回同様、離岸堤背後に達しているが、漂砂下手側の第3・第5・第7号堤のトンボロは徐々に小さくなっている。なお、沖側コンターは引続き安定傾向にある。

図-4は、昭和54年3月と昭和54年9月の状況である。昭和54年3月は第8号堤設置後一冬経過した状況を示している。冬場の波浪により、第8号堤にトンボロの発達認められる。その他、漂砂上手側の第3・第5・第7号堤のトンボロの発達が著しく、最も上手に位置する第6号堤のトンボロも発達している。沖合の海底変化は図-3の昭和53年7月に比べ水深10mのコンターが約30m岸側に移動し、海底は深くなっている。

昭和54年9月は第9号堤設置直後の状況である。なお、本測量時以前の9月4日に台風7912号が通過し、最大風速 $N\ 22.5\text{m/s}$ 、最大波浪 $H_{1/3}=2.46\text{m}$ 、 $T_{1/3}=7.2\text{sec}$ を記録している。

第9号堤背後は設置直後のため、トンボロの発達は認められない。また、第3・第5・第7号堤のトンボロは減少している。上手側にあたる第1・第2・第4号堤のトンボロの変化はほとんどなく安定しているが、第6号堤については、トンボロが若干小さくなり、測点0~2の砂浜が消失している。沖合のコンターは深浅測量の関係上水深8.5mまでとなっているが、前回に比べ各コンターの移動はほとんどなく、異常気象発生後としては安定している。

図-5は、昭和55年3月と昭和55年7月の状況である。昭和55年3月は第9号堤設置後約半年経過しており、前回認められなかった第9号堤のトンボロの発達が著しく、離岸堤背後にまで達している。また、第3・第5・第7・第8号堤及び最右端の第6号堤のトンボロは増加傾向にある。第1・第2・第4号堤については、引続きトンボロは安定傾向にあり、開口部の水深も浅くなっている。沖合7.5m以深のコンターは、前回に比べ岸側に移動しており、これら沖合の土砂がトンボロの発達に寄与したものと考えられる。昭和55年3月時は、特に今まで認められなかった、第1・第2・第4号堤開口部背後の測点7,9の護岸前面に初めて砂浜が復活している。

この期間内には、前述の7912号の後に、本調査期間内最大の異常気象として、昭和54年10月18~19日に7920号が来襲しており、最大波浪 $H_{1/3}=4.16\text{m}$ 、 $T_{1/3}=8.30\text{sec}$ を記録している。離岸堤の台風通過直後の堆砂状況は台風通過後の測量成果がないため、推定の域をでないが、7912号に比べその波浪は大きいことより、かなりの規模の沖合にいたる土砂の移動が生じ、離岸堤内の堆砂作用が進み、昭和55年3月に認められるように、

その後の冬期波浪により、この傾向は維持され、離岸堤の堆砂状況は前回に比べ良好となっている。この結果、ある程度の異常気象に対しても離岸堤の機能は維持されるようである。

昭和55年7月時は第9号堤設置後1年の状況である。トンボロの面積は各堤とも若干減少しているが、それ程大きな変化はない。開口部は、第3号堤右側の開口部より、漂砂上手側で水深が浅くなり、測点7,9の護岸前面の砂浜も引続き存在している。水深10mのコンターは沖側に約50m移動し海底が浅くなる傾向にある。

以上、主として夏場、冬場のトンボロの状況、海底地形変化について述べてきたが、夏場にトンボロの面積が減少、冬場に増大する傾向が本調査を通じて認められる。

図-6、図-7は、昭和54年の冬場と夏場の日平均波浪に対する沖波波形勾配、沖波波高の頻度分布を示したものである。両図より、冬場は夏場に比べ、波形勾配、沖波波高ともに、それぞれ分布域が値の大きい方に移動している。なお、7912号、7920号の波高は既に述べたが、波形勾配は各々0.033、0.041であり、冬期風浪に近い波形勾配となる。この結果より皆生離岸堤の場合は冬場及び台風時は碎波点が沖側になるので浮遊状態の砂が離岸堤内にたまるが、夏場の開口部近くで碎波する波では離岸堤内部に運搬される砂より、冬場に発達したトンボロにより堤内の水面積が減少し、そのために生ずる堤内の水位上昇により発生する戻り流れにより沖に運搬される砂の量が多いために、天然海岸と逆の傾向を示しているのではないかと考えられる。

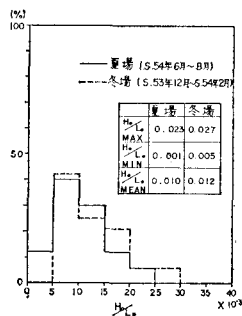


図-6 夏場・冬場の沖波波形勾配分布

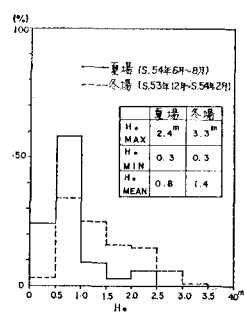


図-7 夏場・冬場の沖波波高分布

次に、沖合のコンターの変動状況を把握するため、昭和52年3月を基準として、最近までの水深5m、7.5m、10m(一部)のコンターの測線の変動距離を図-1に示す4ブロックを対象として、各平均値を図-8に示す。各ブロックとも水深5m、7.5mまでは概ね安定している。季節的には夏期にややコンターが沖側に移動し堆積傾向を示し、冬期には陸側に移動し、海底の水深が増加したことを示しているが、全般的には移動の幅は、各ブロッ

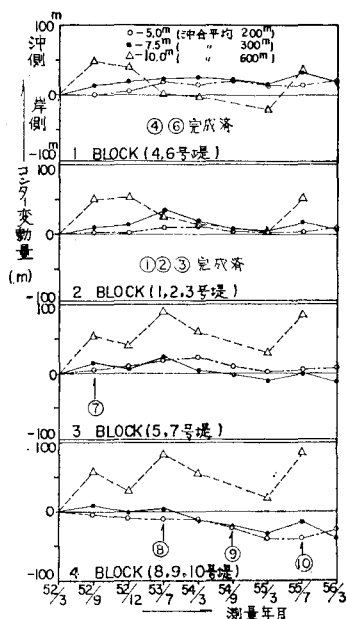


図-8 沖側コンターの変化

ク最大で水深 5m, 7.5m で 30m, 水深 10m で 90m 以内であり, 前回報告されたコンターの平行・平滑, 安定化の傾向はその後の 4 年間を経てもなお持続し安定している。沖側コンターの安定状況は, 各ブロックにより多少の差異があり, 初期に着工した第 2 ブロックの変動に比べ, 最近 4 年間に設置された第 4 ブロックの前面海底におけるコンターの移動量は前者に比べてやや変動幅が大きく, とくに水深 10m のコンターについては第 2 ブロックが最も安定している。

3. 離岸堤周辺の土量変化

離岸堤の岸側, 沖側海域の土量変化を調査するため, 離岸堤を沿岸方向に図-1 で示す 4 ブロックに分割し, 岸沖方向には, 離岸堤中央部より岸側及び沖側 (水深 10m) に分割した。昭和 46 年 9 月を基準とした沖側土量, 岸側土量の変化を図-9 に示す。

同図において, 初期に設置された 2 ブロック及び沿岸

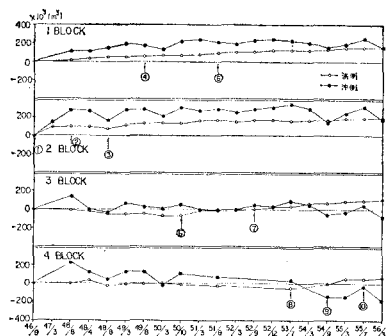


図-9 離岸堤周辺の土量変化

漂砂の最上手側にあたる 1 ブロックは岸側, 沖側土量とも堆砂量は他のブロックに比べて多く, 特に岸側土量については両ブロックは増加傾向にある。3・4 ブロックとも上手側の離岸堤設置により, 岸側, 沖側土量とも減少傾向を示すが, 離岸堤が新設されると岸側の土量は, トンボロ発生により増加傾向を示すが, 沖側土量については昭和 54 年 9 月に減少して以来, 基準年の昭和 46 年 9 月を下回っており, この傾向は 3 ブロックに比べ 4 ブロックが顕著である。

図-10 は, 各離岸堤設置後の離岸堤岸側の堆砂土量の増減を示したものである。各堤とも竣功後はじめての冬期風浪により急激な堆砂が進行している。最初に設置された第 1 号堤は若干の季節変動を示すが, ほぼ平衡状態となっており, 平均 45,000m³ 程度の堆砂量を示している。

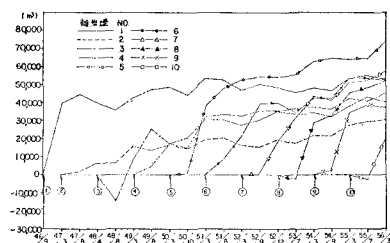


図-10 離岸堤岸側の堆砂量

堆砂の最も顕著な例は第 5 号堤で約 70,000m³ 程度の堆砂量を示す。第 2 号堤の設置後の堆砂状況は, 新設の第 10 号堤を除く他の離岸堤に比べ小さく, 現在約 30,000m³ 程度である。なお, 昭和 56 年 3 月現在の全離岸堤の平均堆砂量は約 45,000m³ 程度である。

4. 沈下と復旧状況

各離岸堤とも施工基準高 T.P. +3.0m に対し規格値 ±30 cm の範囲で施工されている。設置後の全体の平均天端高の推移を図-11 に, 両端部の平均天端高の推移を図-12 に示す。なお両図において天端高が前回に比べ上昇しているのは, 補修嵩上げによるものである。離岸堤の沈下は皆生の場合, 離岸堤の端部の沈下が, 他の直轄海岸と同様中央部に比べ卓越する傾向にある³⁾。図-11, 12 に示されるように, 第 2 号堤を除き冬期風浪により設置一年内の沈下量が最も大きく, その後は比較的安定している。各堤により沈下量は異なるが, 図-11 で示す全体の沈下量は最終的には平均約 60 cm, 図-12 で示す端部の沈下量は最終的には平均約 1.5m 程度になり, 計画高以下になることが予想される。

図-13 は, 特に沈下の著しい昭和 47 年設置の第 2 号堤の復旧状況を示したものである。第 2 号堤の場合両端部の沈下が著しく, 昭和 53 年に両端の嵩上げ復旧を行

なったところ、その後中央部もさらに天端が下がったため、昭和54年度に再度復旧を行なっている。

離岸堤の天端高の減少としては、一般的に海底地形の変動、堤内外の水位差による戻り流れ及び波浪による散乱が考えられるが、第2号堤両端の天端高の減少は背後の測点7, 9の護岸前面の堆砂が進まないことにより波の反射が大きく、他の箇所には認められない著しい沈下が生じたものと考えられる。この傾向は第1号堤右端部、第4号堤左端部にも認められる。

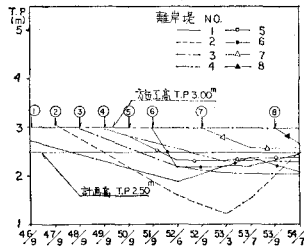


図-11 天端高の変化(全体)

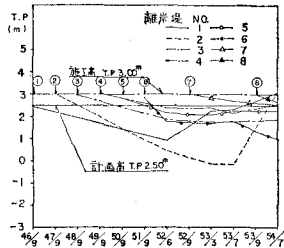


図-12 天端高の変化(両端)

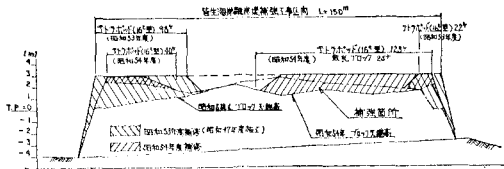


図-13 第2号堤の復旧状況

なお、現在測点7, 9前面に砂浜が復活しているの今後の沈下についてはさらに調査を行なう予定である。

5. おわりに

本調査において判明した結果は以下で示される。

- (1) 第6号堤設置以後、第10号堤設置にいたる海底変化は本調査内に発生した7912, 7920号による異常気象時においても離岸堤の堆砂効果は安定しており、各堤とも新設後すぐの冬期風浪によりトンボロの発生が認められる。
- (2) 水深7.5m以浅の沖側のコンターの移動は若干の季節変動を示すが、全体的には平行、平滑、安定化の傾向を示し、引続き安定している。
- (3) 沈下量はブロックの散乱等により、天端高のみの推移による比較は難しいが、中央部に比べ端部の沈下が著しく、その特性は設置1年内に大きく沈下し、その後は比較的安定状況を示している。

最後に、今回の調査を実施するにあたり、(株)建設技術研究所の富士川洋一氏の協力をいただいた。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 豊島 修・定道成美: 皆生海岸におけるトンボロと海底変形, 第21回海講演論文集, pp. 167~172, 1974.
- 2) 豊島 修: 離岸堤設置による海底変形, 第24回海講演論文集, pp. 185~189, 1977.
- 3) 建設省河川局海岸課・土木研究所: 海岸侵食対策工法の実態と類型化に関する研究, 第33回建設省術研究会論文集, pp. 196~206, 1979.