

高知海岸南国工区の離岸堤等の長期的効果に関する考察

Long-term Effects of Detached Breakwaters in Nankoku Beach, Kochi Coast

和田一範¹・岩見洋一²・福濱方哉³

Kazunori WADA, Youichi IWAMI and Masaya FUKUHAMA,

Long-term effects of structures on the beach erosion control were investigated in Nankoku Beach, Kochi Coast from the viewpoint of sediment balance. Monobe River is the main sediment source to the beach though three dams decrease the sediment supply. Construction of 52 detached breakwaters was started in 1973 to prevent beach erosion and completed in 1997. One artificial reef was also constructed in 1999. Effects of the structure were analyzed by the profile data. Results show deposition on the landward side and erosion on the seaward side. It is concluded that breakwaters are effective and decrease longshore transport for the prevention of shoreline retreat though the construction started from up-drift side.

1. はじめに

高知海岸は、土佐湾の湾奥部に位置し、かつて豊かな砂浜が広がる白砂青松の海岸であった。高知海岸における海岸事業は、昭和 21 年の南海大地震にともなう地盤沈下対策事業及びその後の災害復旧事業により堤防整備が進められた。しかし、その後の海岸侵食が著しく、抜本的な改修を行う必要性が生じてきたため、昭和 44 年、物部川河口から高知港東境界に至る 8.15 km の区間が直轄工事区域に指定された (図-1)。

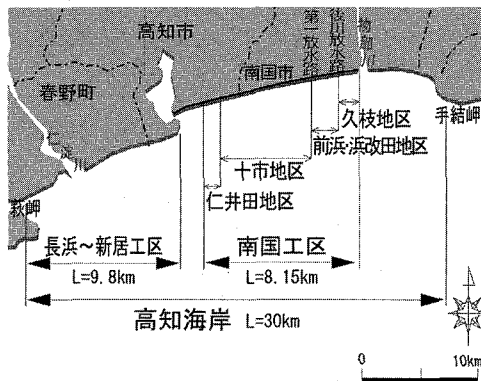


図-1 南国工区位置図

当海岸は、太平洋に面した台風の常襲地帯であり、台風による強大な波浪を直接受け、沿岸の民家、耕地は過去幾多の災害を受けてきた。昭和 40 年代に顕在化した海岸侵食の問題に対し、昭和 48 年度から離岸堤設置の

工事が進められ、平成 9 年度までに離岸堤 52 基が、平成 11 年度には高知港東境界に人工リーフ 1 基が完成した。また、平成 4 年度には南国工区南国市分がなぎさりフレッシュ事業に認定され、快適でうるおいのあるなぎさ創りが進められている。

南国工区は、一級河川物部川が主な砂の供給源であるが、昭和 25 年度～昭和 34 年度に建設された 3 つのダム (永瀬、吉野、杉田) (高知県企業局管理) の影響により、物部川河床低下、河口閉塞などの問題が顕在化し、海岸へ十分な土砂供給がなされていない状況にある。

本研究は、南国工区の離岸堤による海岸保全効果について、工事記録、航空写真、測量成果、粒径調査などの実測値をもとに、汀線変化、土砂移動の観点から、その長期的効果について検討した。

2. 南国工区計画決定及び施工の経緯

(1) 計画の経緯

南国工区海岸事業に着手するに際しては、昭和 44 年度に「高知海岸工事検討会」が設置され、侵食対策工法には離岸堤が最適との結論が得られた。

その後、昭和 45 年 9 月には台風 10 号による高潮災害を受けて「土佐湾高潮対策技術会議」が結成され、土佐湾における計画潮位、波浪諸元等が決定された。

これらの成果を受け、離岸堤は 16 t 型消波ブロックを中心におき、25 t 型で被覆し、離岸堤 1 基の延長は 100 m、沖合位置は堤防より 80 m とする計画が立案された。

(2) 施工の経緯

南国工区の離岸堤建設は、緊急度、背後地の資産等の観点から、図-2 に示すように物部川河口に近い離岸堤から建設が始められた。すなわち、漂砂の上手側から下手側に向かって、離岸堤の建設が進められたことが特徴である。

1 正会員 工博 (独法)土木研究所 研究企画監(前愛媛大学
防災情報研究センター教授、副センター長)
2 工修 四国地方整備局 高知河川国道事務所長
3 正会員 工修 国土技術政策総合研究所 河川研究部海岸研
究室長

一般的には、離岸堤が建設されるとトンボロが形成され、漂砂の下手側では侵食が生じる。南国工区では、離岸堤建設に伴う侵食が予見されたことから、汀線付近に消波ブロックを設置し、侵食の抑止を図った。その後、汀線付近の消波ブロックを沖に移設し、離岸堤とすることで背後地の安全を保ちながら効率的に事業が進められた。

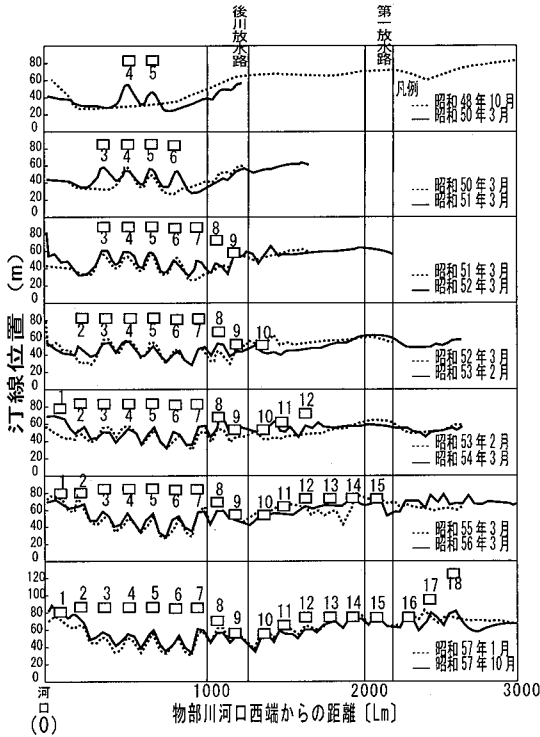


図-2 離岸堤建設の経緯と汀線変化

3. 南国工区の概況

(1) 工区区分

南国工区は、海岸の特徴、施設諸元などから次の4つの区間に分類される。

・久枝地区

物部川河口から後川放水路までの約1.2kmの区間である。南国工区の東端に位置し、漂砂の供給源である物部川に近接している。離岸堤の建設は最も早く、昭和48年度～昭和52年度に8基完成している。

・前浜・浜改田地区

久枝地区の西側に位置し、後川放水路から第一放水路までの約2.5kmの区間である。昭和51年度～昭和60年度に離岸堤が17基建設されている。久枝工区の離岸堤工事に着手した際、汀線付近に消波ブロックを設置し、その後沖出しされ、離岸堤が建設された区間である。そのため、離岸距離が他の区間に比べて近

く、堤防から50m～70m程度の沖合に建設されている。

・十市地区

第一放水路から高知港境人工リーフ建設地点までの約3.8km区間である。昭和61年度～平成11年度に27基の離岸堤が、沖合80m～140mの位置に建設された。

・仁井田地区

南国工区の西端に位置する十市地区から高知港境までの0.65km区間である。平成17年度に人工リーフが建設されている。

(2) 海象

高知海岸近辺では、戸原、住吉観測所により波浪観測が行われている。表-1に示すようにS、SSW方向が卓越しており、エネルギー平均波は波高約1m程度、周期約8秒である。

表-1 戸原・住吉観測所観測結果概要

場所・期間	戸原 H8.6.25～H17.11.30	住吉 H7.1.1～H15.12.31
E平均波高	1.10m	0.86m
周期	7.5s	7.9s
波向	N173.8°E	N201.3°E

(3) 地象

南国工区では、延長8.15kmに対し、昭和41年度から現在まで深浅測量が実施されている。図-3に平成19年(2007)の工区別海浜断面図を示す。バーの発達する典型的な暴風海浜である。

汀線付近の汀線勾配は1/10程度、碎波帯の沖は1/75程度で、平成16年、平成17年の台風により、沖合300m～400m付近に砂州が形成されている。

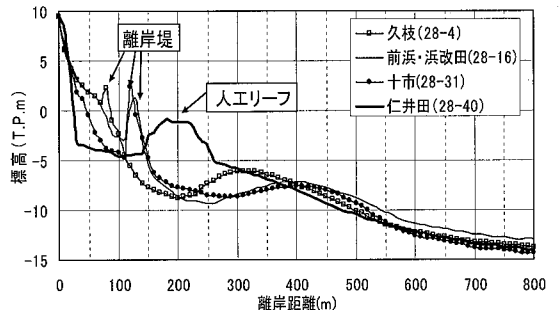


図-3 工区別海浜断面図

4. 海岸保全施設の効果に関する考察

南国工区の一連の漂砂系内について、既往の調査結果を基に汀線変化から、施設の保全効果について長期的な視点から検討した。

(1) 離岸堤建設に伴う汀線変化, トンボロの成長に関する検討

前述したように, 離岸堤の建設は, 物部川河口に近い4号離岸堤から西に向かって昭和49年度を初年度として進められた。昭和48年度～昭和57年度の汀線測量の結果を離岸堤の建設と併せて示したのが図-2である。

離岸距離80m程度の位置に4号, 5号離岸堤が建設されるとすぐに, 20m程度のトンボロが形成された。この時, 周辺の砂浜から漂砂を引き込み, 離岸堤の両側で汀線後退が生じた。その後, 西に向かって離岸堤の建設が進められたが, 8号堤以降16号堤までは, 離岸距離50m～70m程度の汀線付近に設置され, トンボロの発達は見られなくなった。

17号堤以降は, 再度80m以沖の地点に離岸堤が建設されたが, 4号, 5号離岸堤建設時に見られたような顕著なトンボロの発達は見られなくなった。この要因は, 物部川河口に近い漂砂の上手側から順次下手側に向かって建設された離岸堤の漂砂捕捉により, 下手側では十分な漂砂供給が行われなかったことに起因すると考えられる。しかし, 上手側から建設が進められたにも関わらず, 顕著な汀線の後退が見られないことは, 大きな特徴と言える。

航空写真を基に, 昭和43年(1968)を基準とする平成17年(2005)までの汀線変化を図-4に示す。

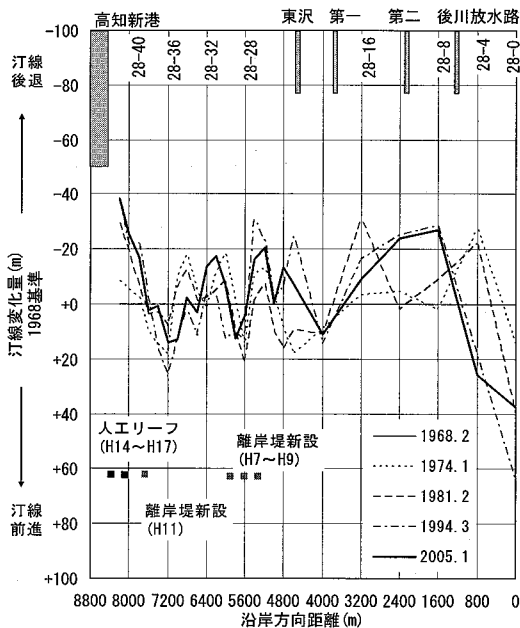


図-4 昭和43年(1968)を基準とする汀線変化量

・久枝地区

離岸堤建設直後から高い堆砂効果を示し, 昭和43年(1968)に比べ, 平均20mの汀線の前進が見られ

る。平成6年(1994)以降, 物部川河口に近い測線で若干の後退が見られるが, 物部川河口からの流出土砂の減少によるものと考えられ, 離岸堤建設後30年を経過した現在も高い保全機能を有している。

・前浜・浜改田地区

前浜・浜改田地区は, 久枝地区の離岸堤建設の影響を受けて, 昭和56年(1981)までに20m程度の汀線後退が生じ, 汀線付近に消波ブロックを設置することで対応していた。後退速度は3.2m/年であるが, この地区は離岸堤整備前から40m～60m程度の砂浜を有しており, 防災上の問題が少ない地区であった。

昭和56年(1981)以降, 汀線付近の消波ブロックを沖出しする離岸堤の整備が進み, 80m程度まで汀線が前進した。

・十市地区

十市地区は, 年間の変動はあるものの, 汀線が安定している。離岸堤建設により顕著な堆砂・侵食は見られない。

この要因は, 久枝地区, 前浜・浜改田地区に建設された25基の離岸堤により, 離岸堤岸側の漂砂移動が減少し, 十市地区の離岸堤岸側では, 漂砂移動が減少していることに起因していると考えられる。

・仁井田地区

仁井田地区は, 人工リーフ(平成17年(2005))建設後間もないため, 施設効果については, 評価する段階にまだないが, 早くから侵食が発生した地区であり, 高知港の影響を受けている可能性も否めない。

今後データを収集し, 評価・改善を考えていく地区である。

以上, 汀線変化から保全施設整備の効果について, 検討を行った結果, 建設後間もない仁井田地区を除き, 概ね, 長期的な堆砂または安定化効果が確認された。

(2) 深浅測量を基にした海浜断面変化に関する検討

深浅測量の結果を基に各地区の代表断面(図-5)における施設効果に関して, 離岸堤岸側, 離岸堤沖側に着目して検討を行った。

・久枝地区

久枝地区は昭和41年(1966)は, 20m程度の砂浜であったが, 離岸堤の建設後堆砂が進み, 現在は離岸堤にトンボロが達するまでに至った。この間の堆積は40m程度である。離岸堤の沖合は若干の低下傾向を示していたが, 沿岸砂州の変動と重複しており, 離岸堤建設による沖合の地形変化は明確ではない。また, 平成19年(2007)には, 沖合地形が大きく変化しているが, これは台風(平成16年, 平成17年)の影響によるものであるが, この際離岸堤岸側では地形変化が生じていない。これは離岸堤による砂浜の高い保全

機能が発揮されたものと考えられる。

・前浜・浜改田地区

前浜・浜改田地区は、昭和41年(1966)時点で60mほどの砂浜を有していた。その後、離岸堤の建設が進んでも昭和60年(1985)までは離岸堤岸側では顕著な堆砂は見られなかったが、昭和60年(1985)～平成3年(1991)にかけて大きく汀線が前進し、トンボロが離岸堤に達するまでに至った。

沖合の地形は久枝地区と同様に、台風の影響により、砂州が形成されている。久枝地区と異なり、平成19年(2007)に離岸堤岸側で平成3年(1991)の位置まで汀線が後退している。この要因は、漂砂の上手側である久枝地区から、離岸堤岸側では土砂が供給されず、後退したと考えられる。また、離岸堤岸沖方向の建設位置は、久枝地区に比べ40m程度沖合にあり、離岸堤による捕砂効果がやや弱いとも考えられる。

・十市地区

十市地区は、海浜断面の経年変化が小さく安定していることが特徴である。特に、離岸堤岸側では変化がほとんどない。この要因は、漂砂の上手側である久枝、前浜・浜改田に建設された離岸堤により、離岸堤岸側の漂砂が止められていることに起因していると考えられる。また、波向きが反転して一時的に仁井田地区が、十市地区に対し漂砂の上手側になった場合も、仁井田地区には砂浜が存在しないため、土砂の供給がないと考えられる。岸沖方向の漂砂移動も、離岸堤で抑止されていることから、離岸堤岸側については、漂砂の供給・移動がほとんどない地区と考えられ、現在の形状で静的安定な状態と考えられる。

・仁井田地区

仁井田地区は昭和41年(1966)時点では、50m程度の砂浜を有していたが、その後の侵食で消波ブロックによる対策がとられ、現在消波ブロックが海岸堤防から20m沖合の地点まで投入されている。物部川を供給源とする一連の漂砂系の最下手に位置し、汀線付近、沖合の地形変化から見て、漂砂量はあまり多くないと考えられる。構造物の建設が始まったのは平成17年(2005)であり、今後データを持って評価をしたい。

(3) 海岸土砂収支に関する検討

深淺測量成果をもとに、離岸堤建設の効果を定量的に把握するために、離岸堤建設前後の地形変化量を算出した。深淺測量からの海岸土砂収支を表-2に示す。

算出にあたって、岸沖方向は、離岸堤の岸側(海岸堤防から0m～100m)と高知海岸の移動限界水深であるT.P.-10mまでの沖側(海岸堤防から100m～500m)に区分し、沿岸方向には、4地区に区分した。また

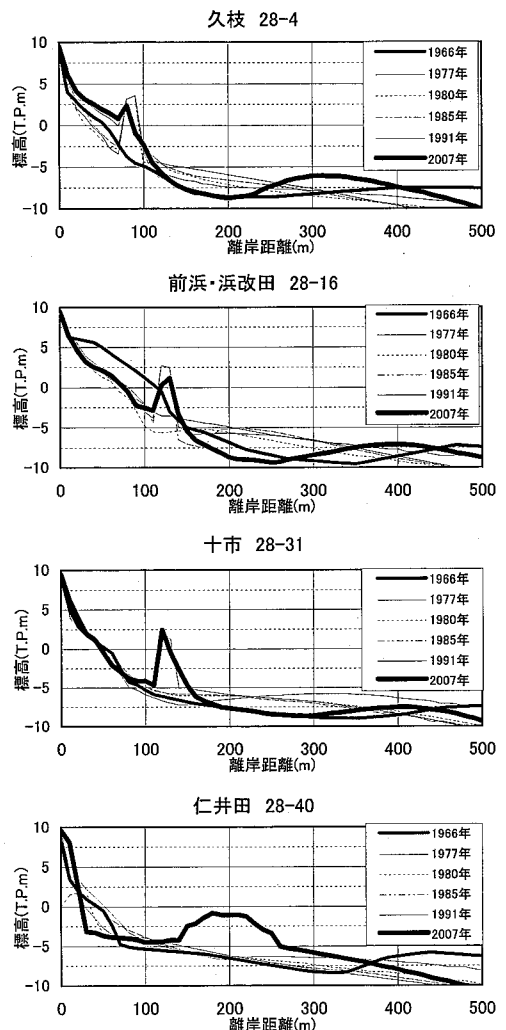


図-5 代表断面の系年変化

時系列は、離岸堤建設前(昭和41年度～昭和50年度)と建設後(昭和50年度～平成6年度)に区分した。

離岸堤の岸側(0m～100m)では、離岸堤建設前は $5.1 \text{万 m}^3/\text{年}$ の侵食が生じていたが、離岸堤の建設により、 $0.6 \text{万 m}^3/\text{年}$ の堆積に転じている。特に漂砂の供給源である物部川に近く、昭和48年度(1973)～昭和51年度(1976)に離岸堤が建設された久枝地区では $1.2 \text{万 m}^3/\text{年}$ の堆積が生じている。しかし、仁井田地区については、算出期間が人工リーフ建設前であり、 $0.3 \text{万 m}^3/\text{年}$ の侵食が生じている。

離岸堤の沖側(100m～500m)では、離岸堤建設前は $4.4 \text{万 m}^3/\text{年}$ の堆積が生じていたが、建設後は $0.3 \text{万 m}^3/\text{年}$ とほぼ変動がなくなっている。

これらの結果から、一連の漂砂系で見た場合、南国工区に建設された離岸堤により、侵食傾向にあった海岸が、

表-2(1) 地区別変化量(離岸堤建設前: S41年~S50年)

	合計	仁井田	十市	浜改田	久枝
	-6	-4	64	-25	-41
0~100 m	-51	3	-13	-27	-13
100 m~500 m	44	-7	78	1	-28

($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{年}$)

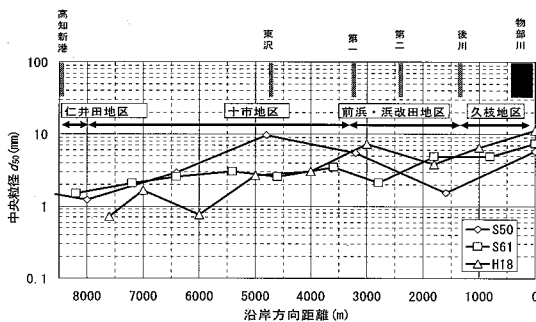
表-2(2) 地区別変化量(離岸堤建設後: S50年~H6年)

	合計	仁井田	十市	浜改田	久枝
	3	-5	-12	3	17
0~100 m	6	-3	1	-4	12
100 m~500 m	-3	-3	-13	7	5

($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{年}$)

堆砂傾向に転じていることがわかる。

(4) 沿岸粒径調査を基にした粒径分布に関する検討
南国工区では、昭和50年度、昭和61年度、平成18年度に汀線付近の沿岸粒径調査が実施されている。これらの結果を沿岸方向に経年的に重ね合せ図-6に示す。

図-6 d_{50} の沿岸方向分布比較(桂浜~手結港)

沿岸方向の特徴は、物部川河口から流出した砂礫は、約6mm~10mm程度であるが、漂砂の下手側に向かうにつれて細粒化しており、最下手側では約1.5mm程度になる。

久枝地区の d_{50} は、約6mm程度であり、経年的な変化が小さいことが特徴である。物部川に近接しており、流出土砂の影響を受けるが、昭和48年度~昭和52年度に建設された離岸堤が、30年以上経過しているにもかかわらず、波浪減衰効果を継続して発揮し、細かい粒径を汀線付近に留めていることに起因していると考えられる。

前浜・浜改田地区の d_{50} は、約4mm程度である。久枝地区より若干 d_{50} が小さく、変動傾向は類似している。この地区の離岸堤も昭和51年度~昭和60年度の建設から20年以上が経過しているが、離岸堤の効果が発揮されていると考えられる。

十市地区は、昭和61年度~平成11年度にかけて離岸堤が建設されている。大別すると昭和60年度までに第

一放水路から東沢放水路までが、昭和60年度以降に東沢放水路以降が建設されている。昭和50年度の時点では、この地区には離岸堤はなく、8mm程度の粒径であったが、離岸堤が建設されると昭和60年度では3mm程度の細粒分を汀線に留めている。

仁井田地区については、平成18年度に粒径調査が実施されなかったこと、延長が短く、調査地点が少ないこと、人工リーフの建設が平成17年度と、建設間もないことなどから、明確な変化や人工リーフ効果を明言するまでには至らない。

5. まとめ

本研究で得られた主要な結論を以下に示す。

- 1) 当海岸では、漂砂の上手側から施工しても、施工方法、離岸距離等を工夫することにより、汀線を維持し、漂砂の捕捉機能を長期間にわたり発揮し得ていることが航空写真から確認された。
- 2) 離岸堤の波浪低減効果により、細粒分を汀線付近に留める効果が、継続して発揮されることが粒径調査から確認された。
- 3) 深浅測量から、離岸堤整備により、侵食傾向にあった海岸が、堆砂傾向に転じていることが確認された。各地区別の離岸堤の整備効果は、下記のとおり。
 - ・久枝地区：離岸堤建設直後からトンボロを形成し、高い漂砂の捕捉機能を発揮し続けている。
 - ・前浜・浜改田地区：久枝地区離岸堤建設の影響を受け、一時的に汀線の後退が見られたが、消波ブロックの沖出しによる離岸堤整備により回復が見られた。
 - ・十市地区：顕著な堆砂は見られない。年間の変動はあるものの、汀線は安定しており、細粒化が顕著である。
 - ・仁井田地区：人工リーフ(平成17年度(2005))建設後間もないため、評価する段階にまだないが、顕著な堆砂は見られず、若干侵食傾向にある。
- 4) 当海岸では、離岸堤整備により昭和48年からの約30年間で $5.7 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ の堆積効果があった。

本研究の資料整理にあたっては、国土交通省高知河川国道事務所久藤氏、セントラルコンサルタント(株)鷲田氏にご協力頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 岡本誠一郎(2004):大規模構造物での高潮・侵食対策,季刊河川レビュー, No. 127, pp. 85-87.
- 青木東雄・豊島修・中条徳翁(1983):高知海岸における離岸堤設置による海浜変形について,第30回海岸工学講演会論文集, pp. 279-283