

人工海浜における地形特性について

入江 功*・加藤一正**・栗山善昭***
村上裕幸****・田中則男*****

1. ま え が き

我が国では、海洋レクリエーション需要の高まり、海岸環境に対する意識の高まりと共に砂浜に対する要望が非常に強くなり、各地で人工海浜が建設された。建設の当初は、現地での実績に乏しく、実験結果や自然海浜におけるデータを用いて設計せざるを得なかった。人工海浜が建設され始めてから十年近く経過した現在、現地データも徐々に蓄積されてきている。そこで、今回、離岸堤によって囲まれた人工海浜の調査を行い、海浜の平面的形状、海底断面形状などの特性を調べた。本論文は、その結果を報告し、人工海浜を建設するうえでの今後の参考資料とすることを目的としたものである。

2. 調査海岸

今回調査した海岸は、瀬戸内海に面している兵庫県の須磨海岸、太平洋に面している和歌山県の片男波海岸、日本海に面している新潟県の柏崎海岸、日本海に面している内湾に建設された福井県の和田港鯉川海岸、瀬戸内海に面している大分県の別府港的々浜海岸の 5 つである。それぞれの人工海浜の形状を図-1 (1)~(5) に、人工海浜の各諸元を表-1 に示す。図-1 において矢印は設計波の波向を示し、離岸堤近くの数字は離岸堤の施工年度を示している。表-1 における潮位や離岸堤の設置水深などの値は D.L. を基準にしたものであり、 θ_1 、 θ_2 、

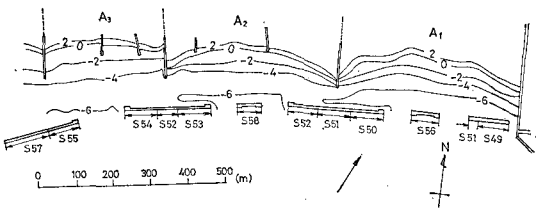


図-1 (1) 須磨海岸の平面形状

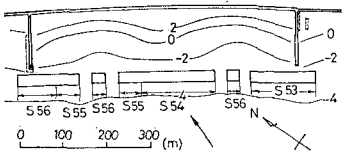


図-1 (2) 片男波海岸の平面形状

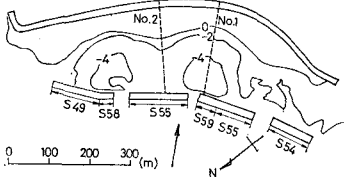


図-1 (3) 柏崎海岸の平面形状

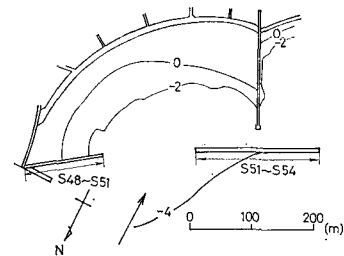


図-1 (4) 和田港鯉川海岸の平面形状

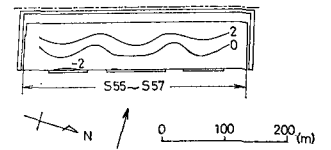


図-1 (5) 別府港的々浜海岸の平面形状

R_1 、 B は図-2 に示すように、それぞれ L.W.L. より陸上部の海浜勾配、L.W.L. より海中部の海底勾配、D.L. を基準としたときの後浜高さ、後浜の幅を示している。

須磨海岸では昭和 56 年度に A_1 地区の副堤が離岸堤開口部に施工され、昭和 58 年度に A_2 地区の副堤が施工されている。片男波海岸では昭和 56 年度に副堤が 2

* 正会員	工博	運輸省港湾技術研究所	海洋水理部長
** 正会員	工修	運輸省港湾技術研究所	水工部 漂砂研究室長
*** 正会員		運輸省港湾技術研究所	水工部 漂砂研究室
****		運輸省港湾技術研究所	水工部 漂砂研究室
***** 正会員	工博	日本テトラポッド(株)	前運輸省港湾技術研究所 海洋水理部長

表-1 各人工海浜の諸元

海岸名	須磨	片男波	柏崎	和田	別府
諸元					
離岸堤の設計条件					
波高 (m)	4.75	4.70	3.90	1.12	1.27
周期 (s)	7.9	6.6	10.0	9.0	4.6
波向	SSW	SSW	NW	N	E
潮位 (m)	3.70	2.99	0.50	0.50	3.40
潮位					
L. W. L.	0.00	0.30	0.01	0.00	0.00
M. W. L.	1.10	1.10	0.23	0.20	1.30
H. W. L.	1.67	2.10	0.50	0.50	2.10
離岸堤の特徴					
長さ(一基当り) (m)	120~260	130~200	90~150	200	65~95
開口幅 (m)	204~223	81~87	50~83	126	28
数	4	3	4	1	3
設置水深 (m)	7.0	4.4	6.2	4.0	3.0
構造形式	不透過	透過	不透過	透過	不透過
天端高 (m)	3.2	3.2	2.5	1.8	2.0
天端幅 (m)	6.5	7.5~8.1	7.5	6.1	2.0
副離岸堤	有	有	有(潜堤)	無	有(潜堤)
養浜砂の中央粒径(mm)	1.3~1.6	0.3~1.4	0.5~3.0	0.1~0.2	0.8
養浜の計画断面					
θ_1	1:10	1:20	1:10	1:15	1:10
θ_2				1:30	1:20
R_1	3.0	3.1	1.5	1.5	3.0
B	30.0	30.0	50.0	30.0	15.0
土砂投入開始年度	S 48	S 54	S 57	S 55	S 58
投入土量 (m^3)	610 000	62 000	125 000	117 000	60 000
解析期間	S53~S57	S54~S57	S57~S60	S56~S59	S59~S60

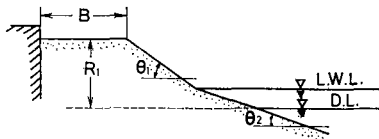


図-2 記号の定義

基施工されている。柏崎海岸では昭和 58 年度に東側の開口部が狭められ、昭和 59 年度に中央の開口部が狭められている。和田港鯉川海岸は、以前は砂がほとんど無く岩礁地帯であったところに建設された人工海浜である。

3. 土砂収支

人工海浜を建設する際には、投入した養浜砂がどれだけ離岸堤内の領域にとどまるかということが非常に大きな問題となる。図-3 (1)~(5)は各海岸における離岸堤内領域の土量変化を示したものである。実線は残量(養浜前の地形からの増加土量)を示しており、破線は養浜砂の累計投入量を示している。図-3 において、砂の投入された期間がはっきりしない場合には、各年度の初め、すなわち各年の 4 月に砂が投入されたものとしてグラフを作成した。図-3 (1) 中の A_1 地区、 A_2 地区、 A_3 地区

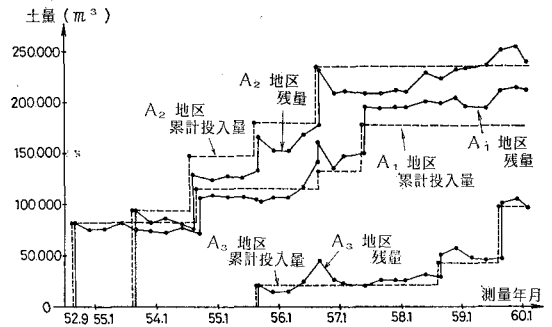


図-3 (1) 須磨海岸における土量変化

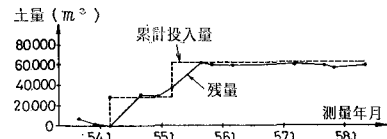


図-3 (2) 片男波海岸における土量変化

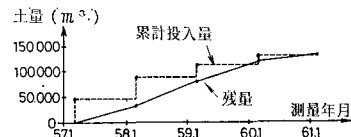


図-3 (3) 柏崎海岸における土量変化

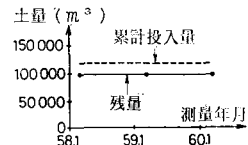


図-3 (4) 和田港鯉川海岸における土量変化

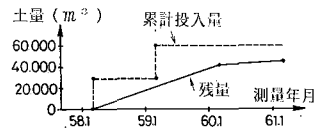


図-3 (5) 別府港的ヶ浜海岸における土量変化

はそれぞれ図-1 (1) に示されている領域である。図-3 (1)~(5) より、投入砂のほとんどが離岸堤内の領域にとどまっていることがわかる。

図-4 (1), (2) は柏崎海岸の開口部(図-1 (3) 測線 No. 1) 及び離岸堤背後(図-1 (3) 測線 No. 2) における海底断面の経時変化を示したものである。昭和 57 年 3 月の断面が養浜前の断面である。図中の各年 3 月の断面と昭和 57 年 3 月の断面を比較すると、開口部、離岸堤背後ともに沖側において海底地形変化が小さく、汀線付近で大きく地形が変化している。養浜された砂が日本

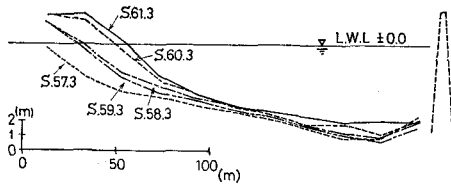


図-4 (1) 柏崎海岸における断面の経年変化(開口部)

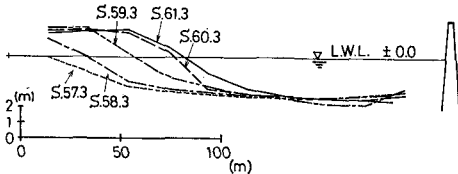


図-4 (2) 柏崎海岸における断面の経年変化(離岸堤背後)

海側の冬季波浪を受けつつも汀線近くにとどまっていたことは、日本海側といえども離岸堤によって人工海浜を維持することが可能であることを示していると考えられる。

4. 離岸堤背後の平面地形

(1) 平面地形に関する主要諸元の実績

図-5 は開口部における離岸堤設置位置より平均潮位時の汀線までの距離 X_B と離岸堤長 Y_B の関係を調べたものであり、図-6 は Y_B と開口幅 l_0 との関係を、図-7 は Y_B とトンボロの振幅(汀線が最も後退した点と最も前進した点の距離) X_A との関係を調べたものである。図中、十字の印が付いているデータは、須磨海岸、片男波海岸については副堤建設以後のデータであり、柏崎海岸については開口幅を決めた後のデータである。柏崎海岸を除いて考えると図-5からは X_B と Y_B が比例関係にあり、 X_B が Y_B の6~7割となっていることがわかる。柏崎海岸でも、開口幅を決めた後は X_B と Y_B の割合が前述した値に近づいている。図-6からは Y_B と l_0 の関係が次のように読み取れる。すなわち、 Y_B が160 m より小さいときは $l_0 \approx 0.3Y_B$ であり、 Y_B が160

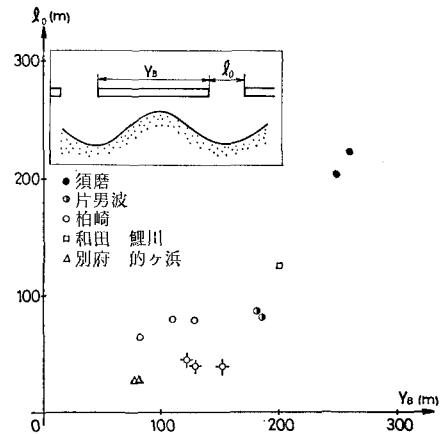
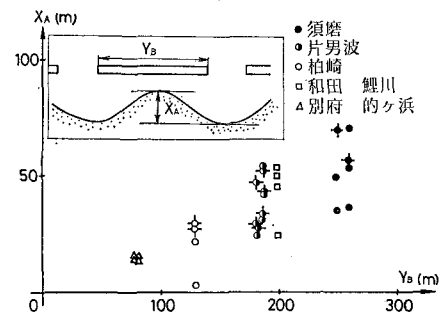
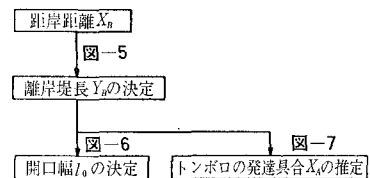
図-6 Y_B と l_0 の関係図-7 Y_B と X_A の関係

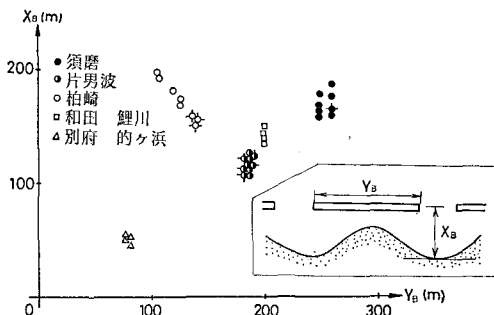
図-8 人工海浜の施設設計の一例

m より大きいときは $l_0 \approx 1.8Y_B - 230$ である。図-7からは X_A が Y_B の2~3割であることがわかる。

このように、 X_B 、 Y_B 、 l_0 、 X_A の間にある関係が存在するので、このうち1つのパラメータが決定されたと残りはこれらの図を用いて決めることができる。例えば、 X_B が海岸利用の条件などから決定された場合、図-8に示されるフローチャートに従って、これらの図を人工海浜設計の参考に供することができる。

(2) 汀線の方角と卓越波向

図-9 は、和田港鯉川海岸における汀線の経年変化を示したものである。海岸の東側では汀線が後退し、西側では汀線が前進している。図-10 は鯉川海岸の位置する小浜湾の一部を示したものである。この図から鯉川海

図-5 Y_B と X_B の関係

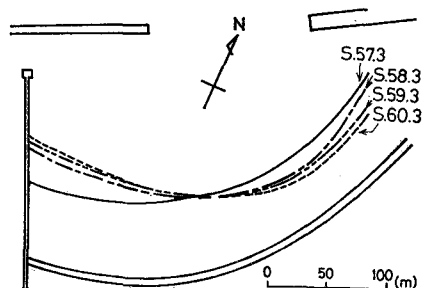


図-9 鯉川海岸の汀線の経年変化

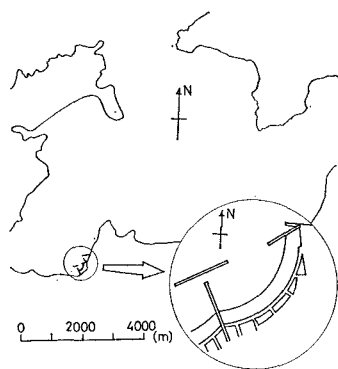


図-10 鯉川海岸の小浜湾における位置

岸では卓越する波向がNに近い角度であることがうかがえる。しかしながら、人工海浜の汀線はNWに直角な方向に設計されている。汀線は波の進入方向に対して直角になろうとする性質を持つので、鯉川海岸の汀線は卓越波向であるNに直角な方向に動き、図-9に示される結果になったと考えられる。

もともと砂浜が存在していた海岸において人工海浜を設計する場合には、当初の汀線と平行になるように新しい汀線を設計すれば汀線変化の比較的小さい海浜を建設することができる。しかし、鯉川海岸のように砂の無い海岸に人工海浜を設計する場合には、参考出来る安定汀線形状が無いので卓越波向にも注意を払う必要があると言える。

5. 海底断面形状

各海岸における開口部及び離岸堤背後の海底断面を図-11に示す項目、すなわち、堤体設置位置から平均潮位時の汀線までの離岸堤内の領域を二等分し、沖側の平均的な海底勾配 $\tan \alpha_2$ 、岸側の平均的な海底勾配 $\tan \alpha_1$ 、平均潮位時の汀線近くの海底勾配 $\tan \theta$ 、H.W.L.を基準としたときの後浜高さ R 、後浜の幅 B を調べ、それらの関係を調べた。

図-12は開口部における $\tan \theta$ と離岸堤背後における

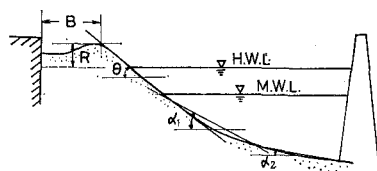
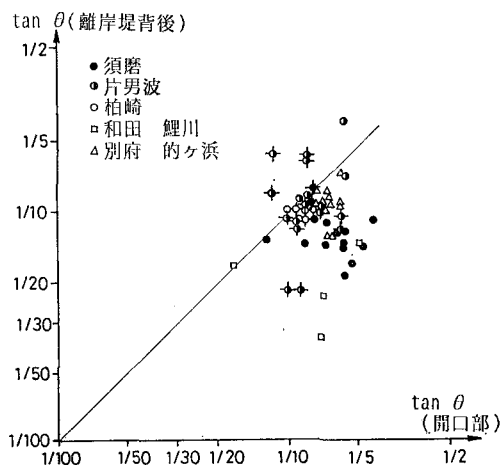
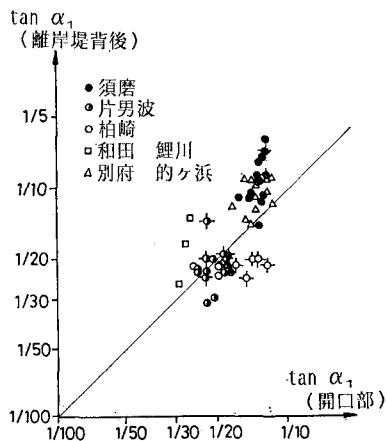
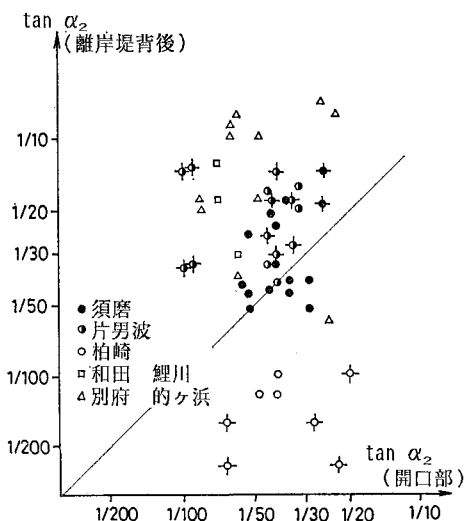
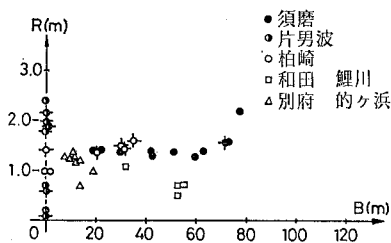
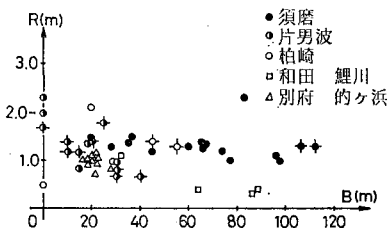


図-11 記号の定義

図-12 開口部と離岸堤背後における $\tan \theta$ の分布図-13 開口部と離岸堤背後における $\tan \alpha_1$ の分布

$\tan \theta$ を比較したものであり、図中の実線は、 $\tan \theta$ (開口部) = $\tan \theta$ (離岸堤背後) を示している。図より、 $\tan \theta$ が開口部では $1/5$ から $1/10$ の間に分布しているのに対し、離岸堤背後では開口部に比べてデータのばらつきが大きく、 $1/5$ から $1/20$ の間に分布しており、開口部よりやや小さめの値となっていることがわかる。離岸堤のある海岸では開口部から離岸堤背後に砂が移動するため、一般的には開口部の方が離岸堤背後に比べて粒径が大きくなる。同じ波形勾配を持った波に対しては粒径の

図—14 開口部と離岸堤背後における $\tan \alpha_2$ の分布図—15 (1) 開口部における R と B の分布図—15 (2) 離岸堤背後における R と B の分布

大きい方が海底勾配が大きくなるため 図—12 に示す結果になったと考えられる。

図—13 は $\tan \alpha_1$ について開口部と離岸堤背後を比較したものである。図より $\tan \alpha_1$ が開口部、離岸堤背後ともに 1/10 から 1/20 の間に分布していることがわかる。

図—14 は $\tan \alpha_2$ について開口部と離岸堤背後を比較したものである。柏崎海岸を除いて考えると、 $\tan \alpha_2$ が開口部では 1/50 を中心に分布しているのに対して離岸堤背後では 1/30 を中心に分布しており、開口部より大きい値となっていることがわかる。開口部と離岸堤背後の汀線を比較すると、離岸堤背後の方が前進しており、汀線から離岸堤設置位置までの距離が小さい。さらに、離岸堤設置位置の水深と開口部の水深がほぼ等しく、汀線よりやや沖側の海底勾配が等しいため、離岸堤よりやや岸側の海底勾配は離岸堤背後の方が大きくなったと考えられる。柏崎海岸の場合、図—1(3) に示されるように開口部の水深が離岸堤背後に比べて非常に大きいため、開口部における $\tan \alpha_2$ の方が離岸堤背後に比べて大きくなった。

人工海浜は、表—1 に示されているように海底勾配が 1/10 から 1/20 の間で設計されることが多い。図—12 から図—14 までに示されている結果から、このようにして設計された人工海浜が、波の作用を受けることによって平均潮位時の汀線付近では設計値よりもやや急勾配に、汀線よりやや沖側の領域ではほぼ設計値通りの勾配に、離岸堤近くでは設計値よりもやや緩勾配になることがわかる。

さらに、開口部と離岸堤背後の地形を比較すると、離

岸堤によって囲まれた人工海浜では、離岸堤設置位置における開口部と離岸堤背後の水深が等しければ、平均潮位時の汀線付近では開口部の方が離岸堤背後に比べて急勾配になり、汀線より沖側の領域では開口部の方が離岸堤背後に比べて緩勾配となることがわかる。

図—15 (1), (2)は、開口部及び離岸堤背後において H.W.L. を基準としたときの後浜の高さ R と後浜の幅 B の分布を調べたものである。 $B=0$ のデータは、整理を行った断面で後浜の形成が見られなかったため、H.W.L. から陸上部で最も高い位置までを R としたものである。開口部及び離岸堤背後において、 R は B に拘らず一定の範囲の値を示している。これは、後浜の計画高がそのまま残存しているものと考えられるが、 B が 0 に近いところでは 1.5 倍ほど高い値となっている。このことは、離岸堤岸側に侵入した波の遡上高が、一般に後浜計画高より高い値であることを示すように思われる。

6. あとがき

今回は、5つの人工海浜について各諸元の整理を行った。その結果、調査した人工海浜では養浜のために投入した砂のほとんどが離岸堤内の領域にとどまっていることが明らかになり、さらに、人工海浜の平面的、断面的形状の特徴も明らかになった。今後、他の人工海浜についても追跡調査を行うことにより、人工海浜の特性を明らかにしたいと考えている。

最後に、各人工海浜の資料を提供して下さった管理者の方々に感謝の意を表します。