

離岸堤による海浜保全について

(運) 第三港湾建設局 正会員 徳田 峯夫
佐藤 司
松本 啓志

1. はじめに

近年、海岸周辺は生活や生産の場としてますます利用が高度化しており、一方、港湾・海岸構造物の建設や河川ダム等の治水事業の進展に伴う河川流出土砂量の減少等により海岸部の土砂収支のバランスが崩れて周辺海浜の侵食や決壊等を生じ、海岸保全の立場から重大な問題を生じることともまれではない。この多くの事例にみられるように海浜変形は人為的色彩を濃くしているが、他方では余暇時間の増大等を社会的背景として、スポーツやレクリエーションの場として海浜の役割への認識が高まっており、海岸環境の保全や整備に対する要請は一層強くなっている。

このような近年の環境保全意識の高揚等に伴って、これまでに海岸保全を目的とした離岸堤が多数設置されており、かなりの成果があげられているとともに多くの資料が蓄積されてきており、今後も離岸堤に対する要請は増加してゆくものと思われる。

しかし、離岸堤が所要の設置効果をあげるためには、波浪、潮流、潮位等の海象条件、水深や海底勾配等の地形条件、底質や土砂の補給源等多くの要因を取り入れて計画を立てる必要がある。ところが、実際に海岸で起こっている現象の複雑さと現地観測の困難さから、全ての項目を計画に取り入れるにはまだ多くの研究成果をまたねばならない。このように離岸堤の各諸元の決定にあたっては未だに経験に依存するところが多く、明確な設置基準が確立されていないのが現状である。従って、全国の多数の離岸堤の設置事例について実態を調査し、それらの諸元等について検討・解析を行うことは経験工学的側面からみて貴重な資料を与えてくれるものと考えられる。

そこで、本論文では全国の運輸省所管の離岸堤の設置実態を調査し、それらについて統計的整理・分析を行い、主として堆砂効果の高い離岸堤の諸元等について、地域特性を考慮して検討・考察を試みたものである。

2. 調査概要

2.1 調査対象

対象とする離岸堤は、昭和59年度版「海岸統計」(昭和59年 3月31日現在)に計上されているもののうち運輸省所管海岸にあるもの 536基及び昭和60年度末(昭和60年 3月31日)までに完成した離岸堤とした。

2.2 調査方法

全国の海岸管理者宛てにアンケート方式による調査を依頼した。このアンケートは各担当者に必要事項を記入して頂き、最終的に各建設局等でとりまとめた後に郵送願ひ、その後必要に応じて補足アンケートあるいはヒヤリング当を行った。

2.3 調査事項

アンケート調査の内容は次のとおりであり、離岸堤諸元、設置位置の海象条件、設置後の堤体及び海底の状況、設置効果等に関する調査表の作成、及び設置位置図、周辺海域の潮流図、標準断面図、海底形状の変化図(平面、断面)、写真の収集を行った。

- 1) 設置位置：都道府県名、沿岸名、港湾名、地区地先名
- 2) 設置目的：消波、侵食等
- 3) 海象条件：設計波の諸元、設置位置での波長、波向、各種潮位等
- 4) 地形条件：設置水深、海底勾配、底質粒径、土砂供給源等
- 5) 堤体諸元：堤長、開口幅、離岸距離堤体構造、基礎工、使用ブロック、H.W.L 時の水深・天端高等
- 6) 設置後の状況、堆砂効果等；設置効果の有無、トンボロの発生状況及びその規模、沈下の状況、洗掘やブロックの被災状況等
- 7) その他；設置年月、工費等

3. 調査結果

3.1 調査結果の概要(全体)

アンケート調査により離岸堤設置事例として 153海岸、474基の離岸堤データを得ることができた。「海岸統計」(昭和60年度版)によれば運輸省所管海岸において設置された離岸堤は昭和59年度末において 552基であり、回答率は86%であった。未回答のものがある理由の一つには、回答されたものの大部分が汀線から沖側に設置された離岸堤についてであり、汀線部あるいはそれより陸側に設置されたものは作爲的に回答者が省いたためと思われる。

この回収された離岸堤 474基のうち、侵食対策として堆砂機能を期待するものが 392基、波浪の減衰あるいは護岸背後の越波の減少等を期待するものが73基、その他不明が9基であり、全数の83%が侵食防止を目的としている。

それらの離岸堤の形式は構造と形式から表-1 のように分類される。ここで連続堤とは堤長 1基の長さが300m以上のものとした。

離岸堤の機能としては大別して消波機能と侵食防止機能とがあるが、消波機能に関してはある程度理論的にも解明されていることから、主として侵食を防止する目的の離岸堤について分析・考察等を行った。

(1) 全国設置状況

全国における設置状況を表-2 に示す。これによれば、設置の多い県は新潟県の72基16,707m と基数で全国の15%、延長にして24%であり、一般的に北陸、東北及び北海道の日本海沿岸に多い傾向にある。

(2) 設置年代

着工年次別に分類すると図-1 に示すとおりである。これより着工基数は昭和45年代より急増しており、侵食防止目的の離岸堤の伸びが大きい。

表-1 離岸堤の構造形式

離岸堤 474	消波目的 73	連続堤 5	透過堤 0	不透堤 5
		不連続堤 68	単堤 17	透過堤 11 不透堤 6
	侵食防止目的 392	連続堤 28	透過堤 27	不透堤 1
		不連続堤 364	単堤 38	透過堤 37 不透堤 1
その他・不明 9			群堤 51	透過堤 47 不透堤 4
			群堤 326	透過堤 305 不透堤 21

注) 表中の数字は基数を表す

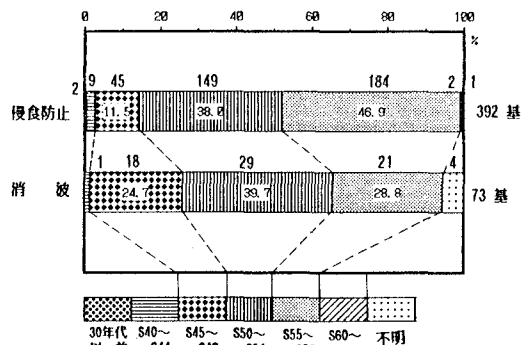


図-1 離岸堤設置年代の割合(設置目的毎)

(3) 堤長別分類

図-2 より頻度の多い階級は 50m以上～250m未満で平均は150mである。なお連続堤、単堤及び群堤に区分した場合の平均は各々577m、105m及び117mである。また連続堤のうち堤長が400m以上の平均は991mとなっており、侵食の激しい日本海沿岸に多くみられる。

(4) 開口幅別分類

群堤の場合のみ分類したものであるが図-3 より頻度の多い階級は20m以上～60m未満で平均は44mとなっている。

(5) 離岸距離別分類

図-4 より頻度の多い階級は30m以上～120m未満で平均は109mである。なお連続堤、単堤及び群堤に区分した場合の平均は各々174m、123m及び102mである。

(6) 設置水深別分類

図-5 より頻度の多い階級は-1.5m以上～-5.0m未満で平均は-3.3mである。なお連続堤、単堤及び群堤に区分した場合の平均は各々-4.2m、-3.2m及び-3.2mである。

(7) 離岸距離と堤長

離岸距離と堤長の関係を図-6 に示す。なお図には設置水深別及び堆砂の有無別に表示してある。これによれば両者の相関は認めがたいが、比較的設置水深が深い場合あるいは堤長が短い場合に堆砂効果のない場合が多い。

(8) 開口幅と堤長

図-7 よりは相関が認められがたいが、比較的開口幅広い場合、堤長が短い場合には堆砂効果が少ないと思われる。

(9) 開口幅と離岸距離

図-8 よりこの場合も相関が認められがたいが、比較的開口幅が広い場合、あるいは離岸距離が長い場合に堆砂効果が小さいと思われる。

以上(7)～(9)以外の離岸堤諸元との相関についてもしも明確な相関はみられなかった。この理由として、離岸堤の諸元が海象条件、地形条件等の地域特性に左右されるとともに、設置が試行的に進められる場合が多く、単純に相関は求められないためと思われる。

表-2 離岸堤構造形式別設置状況(都道府県別)

都道府県	設置目的					計	
	侵食防止		消波		不明		
	基数	延長	基数	延長	基数	延長	延長
北海道	63	4372					63 4372
青森県	24	4034	15	1755			39 5789
岩手県	4	903					4 903
宮城県	2	300					2 300
福島県	1	150					1 150
茨城県	1	100					1 100
千葉県	1	169					1 169
東京都	3	240	1	200			4 440
秋田県	20	2788					20 2788
山形県	15	1434					15 1434
新潟県	69	16490	3	217			72 16707
富山県	46	5910					46 5910
石川県	14	2198					14 2198
福井県	3	400					3 400
静岡県	11	2078	6	918			17 2988
愛知県	3	250					3 250
三重県	7	915	2	170			9 1085
和歌山県	12	1360					12 1360
大阪府	2	250	7	5786			9 6036
兵庫県	16	2304	1	218	3		20 2522
岡山県			1	140			1 140
鳥取県	1	100					1 100
島根県	17	2704	3	136			20 2840
徳島県	16	3650			6		22 3650
愛媛県			7	556			7 556
高知県	4	650	5	700			9 1350
山口県	15	1068	2	336			17 1404
福岡県	2	200					2 200
佐賀県	2	600					2 600
長崎県			1	100			1 100
大分県	3	220	10	660			13 880
宮崎県	9	1598					9 1598
鹿児島県	5	630	4	430			9 1060
沖縄県	1	113	5	461			6 574
計	392	50167	73	12275	9		474 70942

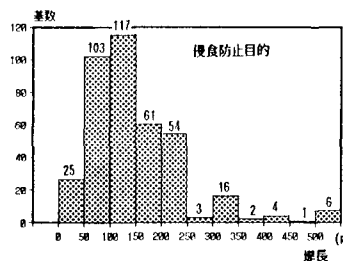


図-2 堤長

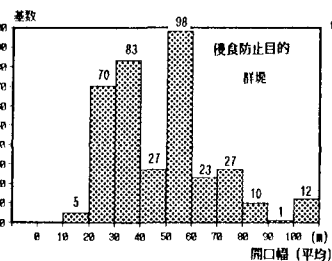


図-3 開口幅

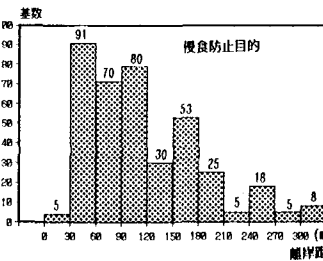


図-4 離岸距離

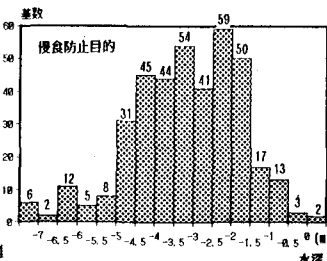


図-5 設置水深

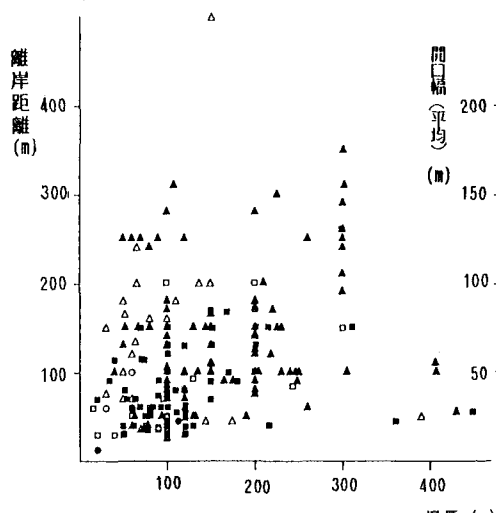


図-6 離岸距離と水深

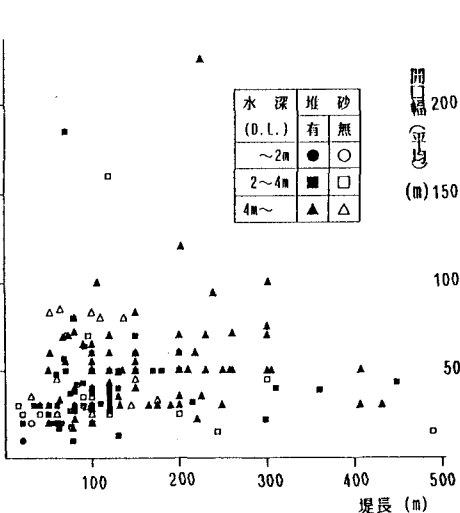


図-7 開口幅(平均)と堤長

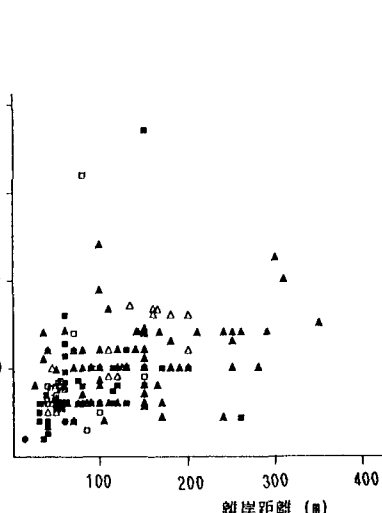


図-8 開口幅(平均)と離岸距離

3.2 地域別特性

前述のように地形条件や海象条件等により離岸堤諸元が地域により異なると考えられるため、田中は我が国の海浜特性に応じて地域区分を行っており、その地域区分案を参考にして、図-9 に示すように全国を6地域に分けて分析・考察等を行った。

全国をⅠ．東北日本太平洋沿岸（北海道沿岸を含む）Ⅱ．西日本太平洋沿岸 Ⅲ．東北日本日本海沿岸（北海道沿岸を含む）Ⅳ．西日本日本海沿岸 Ⅴ．富山湾沿岸 Ⅵ．内湾域沿岸に分けた場合の各々の対象とする離岸堤基数は、Ⅰ．11基(11基) Ⅱ．89基(61基) Ⅲ．161基(158基) Ⅳ．49基(41基) Ⅴ．55基(55基) Ⅵ．109基(66基) 合計474基(392基)である。ただし()内は侵食防止目的の基数を示し内数である。

図-10に各地域における離岸堤諸元を比較したものを示した。これによれば、地域Ⅰは連続堤を除く単堤及び群堤については堤長、離岸距離及び設置水深が大きい傾向にある。地域Ⅱでは群堤の場合、堤長、開口幅、離岸距離及び設置水深共に平均より大きく特に離岸距離は全体平均よりかなり大きい傾向を示している。地域Ⅲはデータ数が少ないため明確な傾向を掴むことは難しいが、同じ太平洋に面している地域Ⅱと比較すると土砂供給量は小さめにしても同地域と似た地域特性を持っていると思われる。地域Ⅳは一般に土砂供給量が豊富であり堆砂効果の高い設置事例が多く、群堤の場合には堤長、開口幅、離岸距離及び設置水深共に全国平均をかなり下回っている。一方、連続堤における堤長の値が大きいのは新潟県から秋田県にかけて堤長の長いものが多いためである。地域Ⅴは地域Ⅲと同様に日本海に面しており似た傾向を示している。地域Ⅵは同じ日本海沿岸でも富山湾の海底勾配が急であり、また海象条件が若干異なるため、群堤については離岸距離以外の堤長、開口幅及び設置水深が大きい傾向にある。同地域は隣接する日本海沿岸の他の地域よりもむしろ太平洋沿岸の離岸堤諸元に近いと思われる。地域Ⅵは海象条件が穏やかで、また土砂供給量の小さい地域でありトンボロ量も比較的小さい。この地域の特色として群堤の場合に、堤長及び離岸距離が比較的大きい傾向にある。

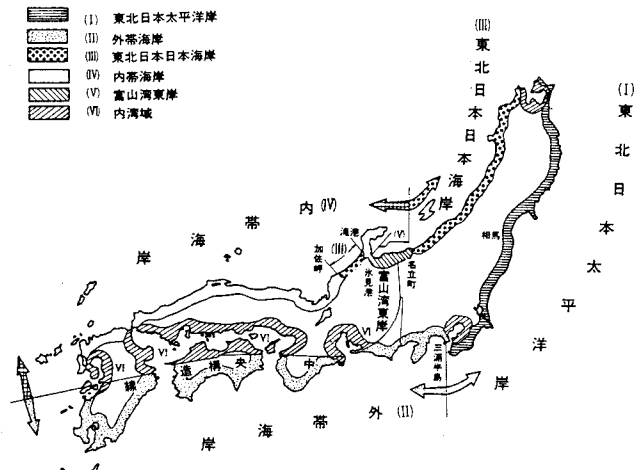


図-9 田中による海浜区分の基本素案

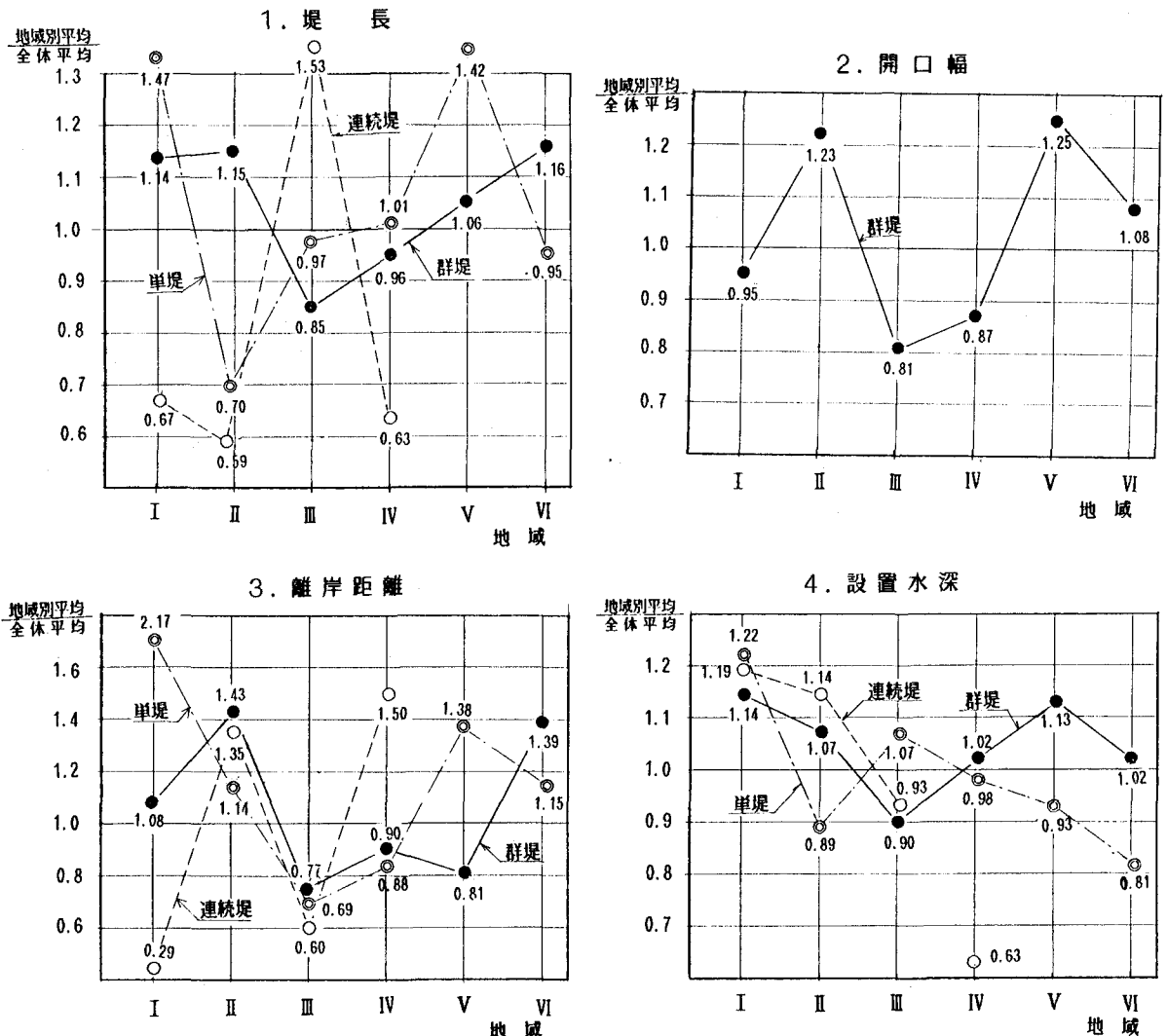


図-10 離岸堤諸元の地域特性 (侵食防止目的)

4. 堆砂効果

離岸堤設置による堆砂効果を調べるため、今回調査でトンボロの生じた187基について、堤長、離岸距離及び開口幅等に関して設置効果の高い離岸堤配置について考察した。

(1) トンボロ平均長

1) 離岸距離：トンボロ平均長 = $(1/2 \times \text{トンボロ長} \times \text{トンボロ幅}) / \text{堤長}$ として離岸距離との関係を表したものを図-11に示す。ここで、トンボロの長さとはともに離岸堤設置時汀線からの移動量である。同図を見ると、離岸距離が40m~150m程度の場合にトンボロ平均長が大きく、また離岸距離が250m以上の場合でも波浪条件の厳しい太平洋に面した地域Ⅱではトンボロを生じている例がある。一方、内湾域の地域Ⅵではトンボロ量が小さい。

2) 堤長：図-12よりは明確な傾向はみられないが、堤長50m以下の場合はトンボロが生じていない。またトンボロ平均長が大きい堤長の分布は50m~300m程度であるが、堤長が200m程度以下の場合にトンボロ平均長が大きい傾向にある。

3) H.W.L. 時水深：図-13をみると、H.W.L. 時水深が3m~7mの場合にトンボロ量が大きくピークはH.W.L. 時水深が4m程度にあると思われる。地域別におけるトンボロ量の大きいH.W.L. 時水深は各々、地域Ⅱ 4~7m 地域Ⅲ 3~6m 地域Ⅳ 3~5m 地域Ⅴ 4~8m であり、地域Ⅰ及びⅥはデータ数が少ないが、地域Ⅰ 4~5m 地域Ⅵ 3m 程度となっている。一般的に、海底勾配の急な富山湾を除く日本海沿岸と内湾域ではH.W.L. 時水深が浅く、富山湾と太平洋沿岸では比較的深い傾向にある。

(2) 開口部汀線変化量

1) 無次元パラメータ（開口幅／堤長、開口幅／離岸距離）との関係：図-14及び15より、開口部汀線変化量が大きい場合は、開口幅／堤長が0.5程度以下、開口幅／離岸距離が0.7程度以下と思われ、地域別による大きな違いはみられない。

2) 無次元パラメータ（堤長／離岸距離）との関係：図-16をみると開口部汀線変化量が大きい場合の堤長／離岸距離の値は、0.3~2.0程度と幅広く分布している。地域別では、一般的に富山湾を除く日本海沿岸と内湾域では分散しているが、富山湾と太平洋沿岸では分散傾向が小さく、地域Ⅴ 1.2~1.8 地域Ⅱ 0.8~1.6 程度にある。

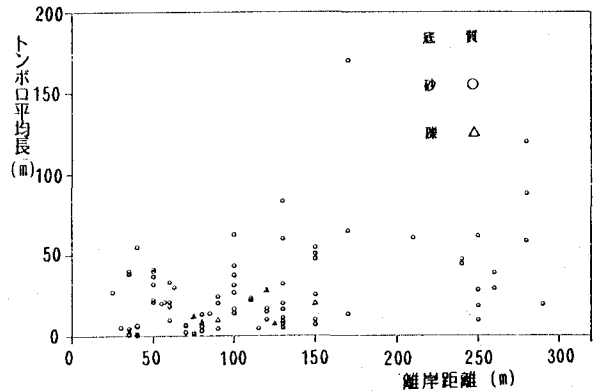


図-11 トンボロ平均長と離岸距離

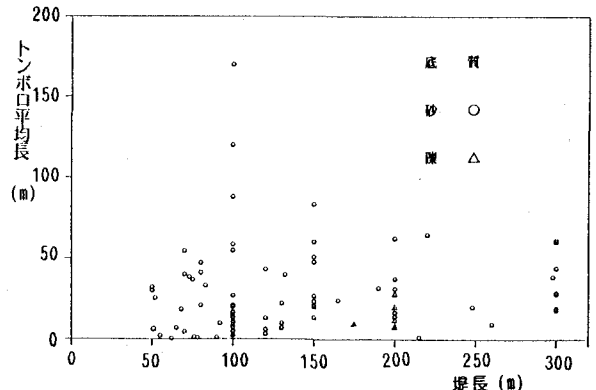


図-12 トンボロ平均長と堤長

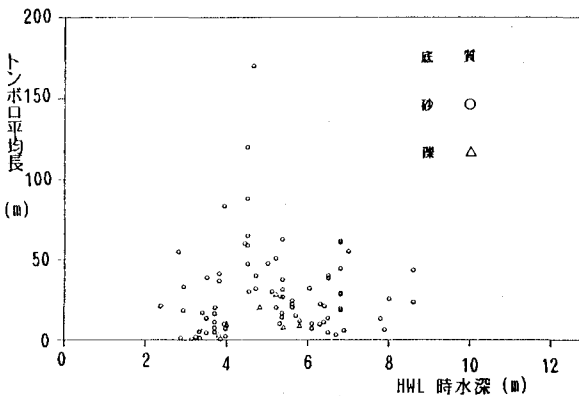


図-13 トンボロ平均長とH.W.L. 時水深

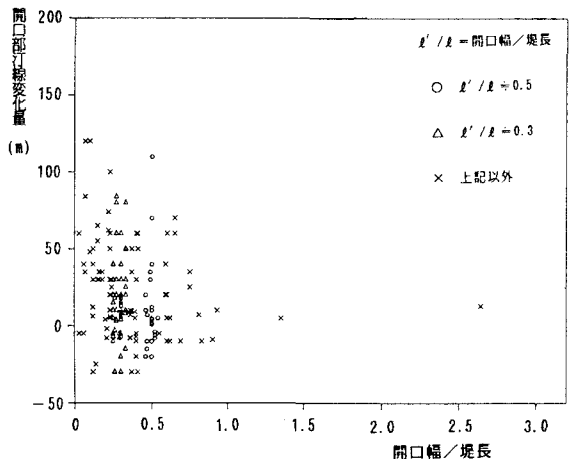


図-14 開口部汀線変化量と開口幅／堤長

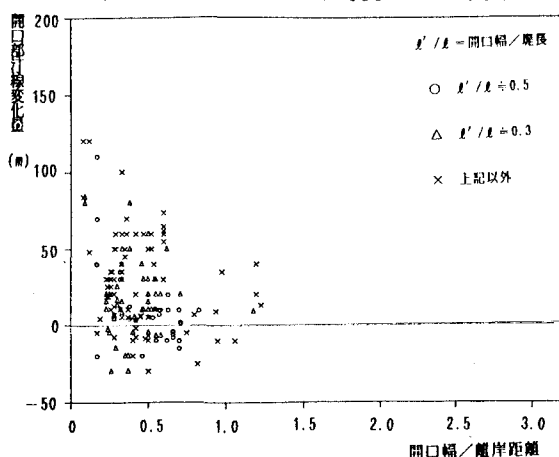


図-15 開口部汀線変化量と開口幅／離岸距離

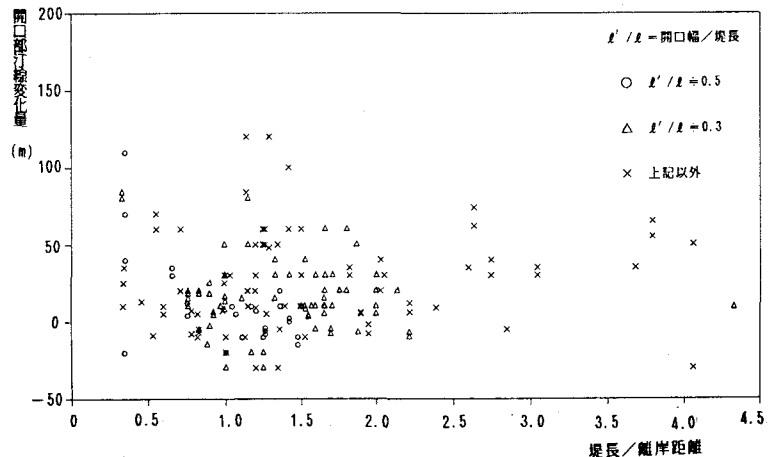


図-16 開口部汀線変化量と堤長／離岸距離

(3) トンボロ面積比

トンボロ面積比 = $(1/2 \times \text{トンボロ長} \times \text{トンボロ幅}) / (\text{離岸距離} \times \text{堤長})$ とし、無次元パラメータ（堤長／離岸距離）との関係を表したものが図-17である。

これをみると、堤長／離岸距離の値が 0.5～3.0 程度の場合にトンボロ面積比が大きく、ピークは 1.5～2.5 にある。地域別では日本海沿岸はかなり分散しているが、太平洋沿岸と内湾域では堤長／離岸距離の値が 2.5 を越えていない。

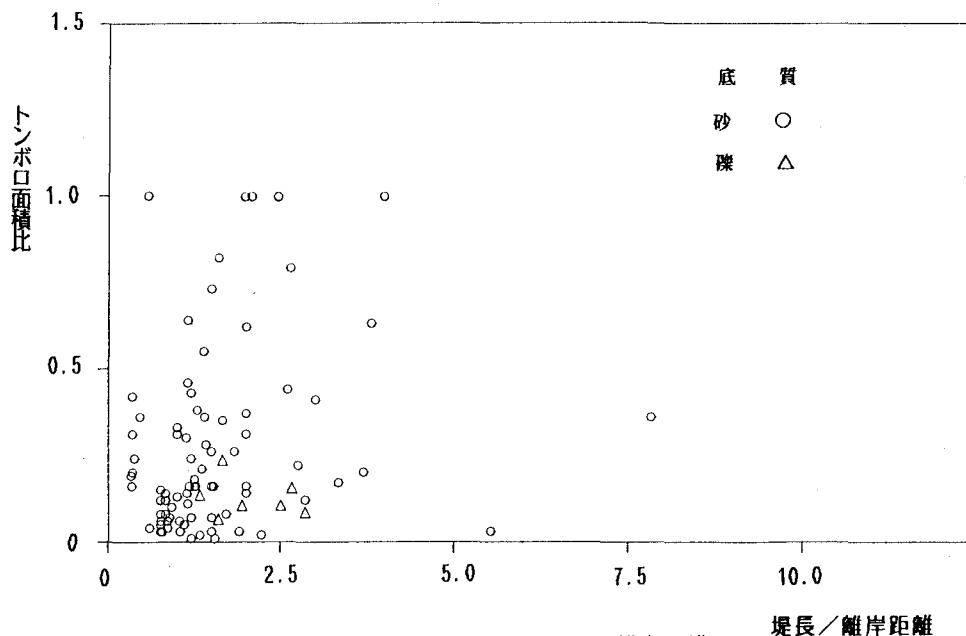


図-17 トンボロ面積比と堤長／離岸距離

(4) 堆砂効果の高い離岸堤配置

表-3 は設置効果の高いと思われる離岸堤諸元について地域別にまとめたものである。項目別にみると、離岸距離は太平洋沿岸では幅が大きく 50～250m 程度であるが、全国では一般に 40～150m 程度である。堤長についても太平洋沿岸は幅が広く 50～300m、一方、内湾域は短く 50～100m 程度であり、一般に 50～200m 程度である。H.W.L. 時水深は太平洋沿岸と富山湾沿岸がやや深い傾向にある。堤長／離岸距離は太平洋沿岸ではやや小さめであるが、一般に 0.5～3.0 程度である。開口幅／堤長は地域Ⅳがやや大きいことを除けば、ほぼ 0.5 程度以下である。開口幅／離岸距離は内湾域で多少大きめであるが、ほぼ 0.7 程度以下である。

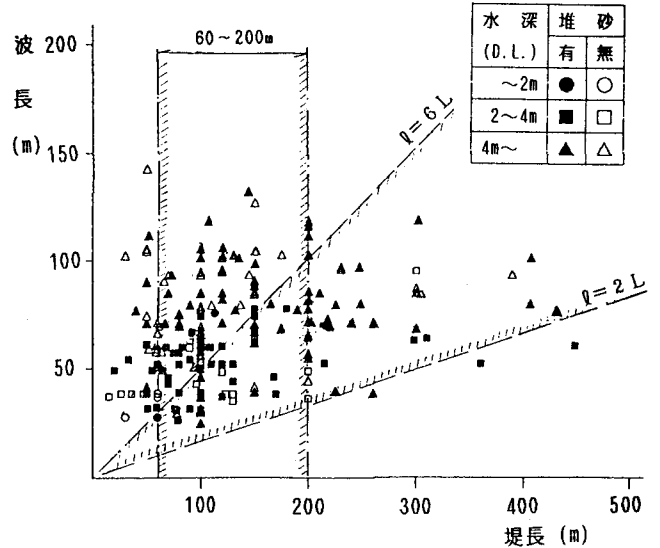
表-3 設置効果の高い離岸堤諸元

地域区分 項 目	太平洋沿岸		日本海沿岸			内湾域	全 国
	I	II	III	IV	V	VI	
離岸距離	120～150m	(80～150m) 50～260m	50～130m	30～150m	30～100m	30～80m	40～150m
堤長	100～150m	(170～200m) 50～300m	50～150m	50～200m	70～150m	50～100m	50～200m
H.W.L. 時水深	4～5m	(4～6m) 4～7m	3～6m	3～5m	4～8m	3～5m	3～7m
堤長／離岸距離	1.0程度	(1.5～2.5) 0.5～1.5	0.5～3.0	0.5～2.0	1.0～3.0	1.5～2.0	0.5～3.0
開口幅／堤長	0.3～0.5	0.1～0.5	0.1～0.5	0.1～0.8	0.3～0.5	0.1～0.6	0.1～0.5
開口幅／離岸距離	0.3～0.4	0.1～0.6	0.2～0.6	0.2～0.5	0.5～0.7	0.3～1.2	0.2～0.7

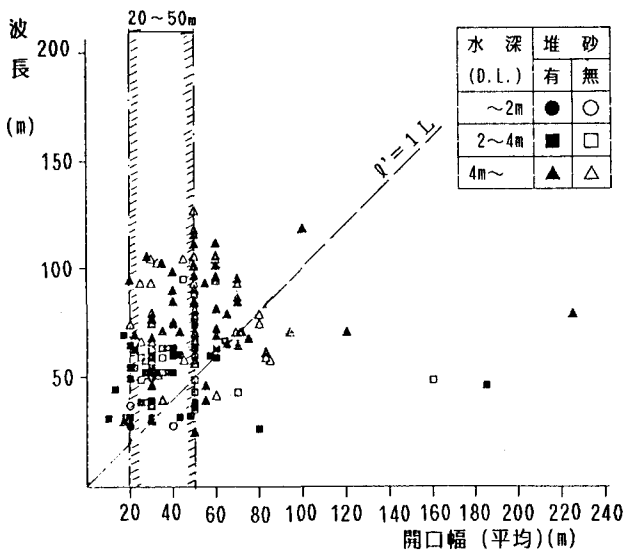
5. 現状の築造基準との比較

離岸堤の設計についての指針は確立されておらず、実用上試行錯誤的な設計がなされているのが現状であるが、豊島による一連の研究は離岸堤工法の普及、設計法の確立に貢献しており、離岸堤築造基準も豊島の提唱したものに準拠している。図-18は、現在の築造基準と設置事例との比較を行ったものである。築造基準では、群堤で中水深の場合、汀線沖の波長を λ 、堤長を l とすれば、堤長 l は $(2 \sim 6)\lambda$ または $60 \sim 200\text{m}$ 、開口幅は 1λ または $20 \sim 50\text{m}$ 、離岸距離は $(0.3 \sim 1)\lambda$ としており、それらの範囲を図に示している。築造基準の範囲が広く、設置事例はほぼその中に入っているが、地域によって相当のパラツキがみられる。

1. 波長と堤長の関係



2. 波長と開口幅の関係



3. 波長と離岸距離の関係

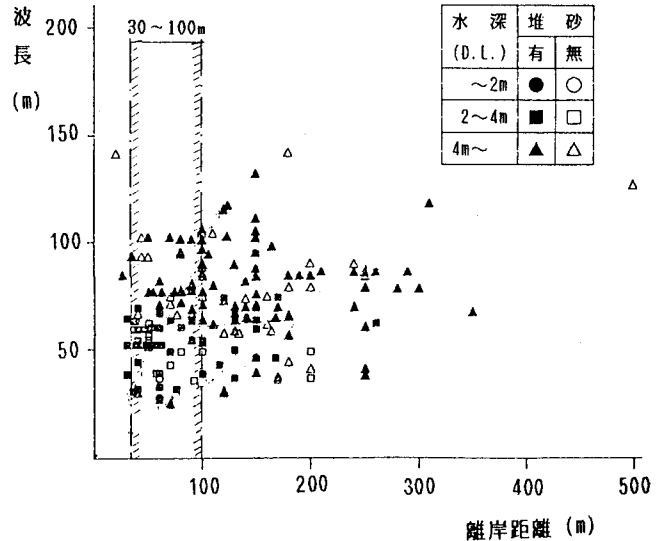


図-18 設計指針と設置事例との比較

6. おわりに

今回の調査では主として堆砂効果の高い離岸堤諸元の地域特性を経験的側面から明らかにしよう試みたが工学的には漂砂あるいは堆砂機構等に関して未解明なところが多く、工学的研究成果を盛込んだ離岸堤の設計法の確立が望まれる。

また、設計法の確立とともに、土砂供給量が全体的に減少している現状を考えると、周辺海域と土砂収支のバランスを配慮した離岸堤配置とすることが今後はさらに必要となってくると思われる。

おわりに、今回の調査にあたり、ご協力を頂いた都道府県の海岸担当者の皆様及び資料のとりまとめにあたり尽力を頂いた関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 本間仁監修 堀川清司編：海岸環境工学，東京大学出版会，1985
- 2) 建設省河川局編：海岸統計，昭和59年度版，昭和60年度版
- 3) 第三港湾建設局神戸調査設計事務所：離岸堤設置実態調査報告書，1986.3
- 4) 豊島修：現場のための海岸工学 侵食編，森北出版，1972
- 5) 田中則男：日本沿岸の漂砂特性と沿岸構造物築造に伴う地形変化に関する研究，港研資料 No. 453, 1983
- 6) 阿部淑輝，片岡真二：侵食対策としての離岸堤配置例集，港研資料 No. 572, 1987