

I S S N 0386—5878

土 研 資 料 第1766号

土 木 研 究 所 資 料

後 川 放 水 路 調 査 報 告 書

昭 和 57 年 2 月

建 設 省 土 木 研 究 所
河 川 部 海 岸 研 究 室

Copyright ©1981 fiscal year by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor transland into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。
したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

後川放水路調査報告書

海岸研究室長 橋本 宏

目 次

まえがき	1
1. 放水路計画の概要とその問題点	2
2. 水理模型実験	6
2.1 実験目的	6
2.2 実験方法	6
2.3 実験条件	8
2.4 実験結果	11
3. 現地への適用	21
ま と め	23

ま え が き

後川は高知平野の中央部を流れる物部川の右支川であり、流域面積 12 km^2 、流路延長 5.5 m 、計画高水流量 $220 \text{ m}^3/\text{sec}$ の緩流河川である。流路は物部川に沿ってまず南流し、海岸沿いに形成された砂丘に遮ぎられて東へ向きを変えて物部川の河口に注いでいる。また砂丘を横断して切戸放水路、浜改田第1放水路、同第2放水路が設けられているが、いずれも流下能力が不足しており、出水時には滞水氾濫する浸水常襲地帯になっている。このため後川の改修を行うとともに切戸放水路を拡築し後川放水路として直接太平洋に放流することが計画されている。

後川放水路の建設される高知海岸は台風時には高波が来襲し、また海岸侵食がはげしいために離岸堤等による侵食対策工事が行われている。このような海岸に放水路を設ける場合には、吐口の維持、構造物の洪水流や波浪に対する安定性、隣接海岸の海浜変形への影響などの問題について検討する必要があると考えられた。土木研究所においては高知県からの委託によりこれらの問題について水理模型実験による検討を行なうこととした。本報告はその成果を取りまとめたものである。

1. 放水路計画の概要とその問題点

後川は図-1に示すように、物部川の流送土砂によって形成された氾濫原に流域を有し、その流域面積

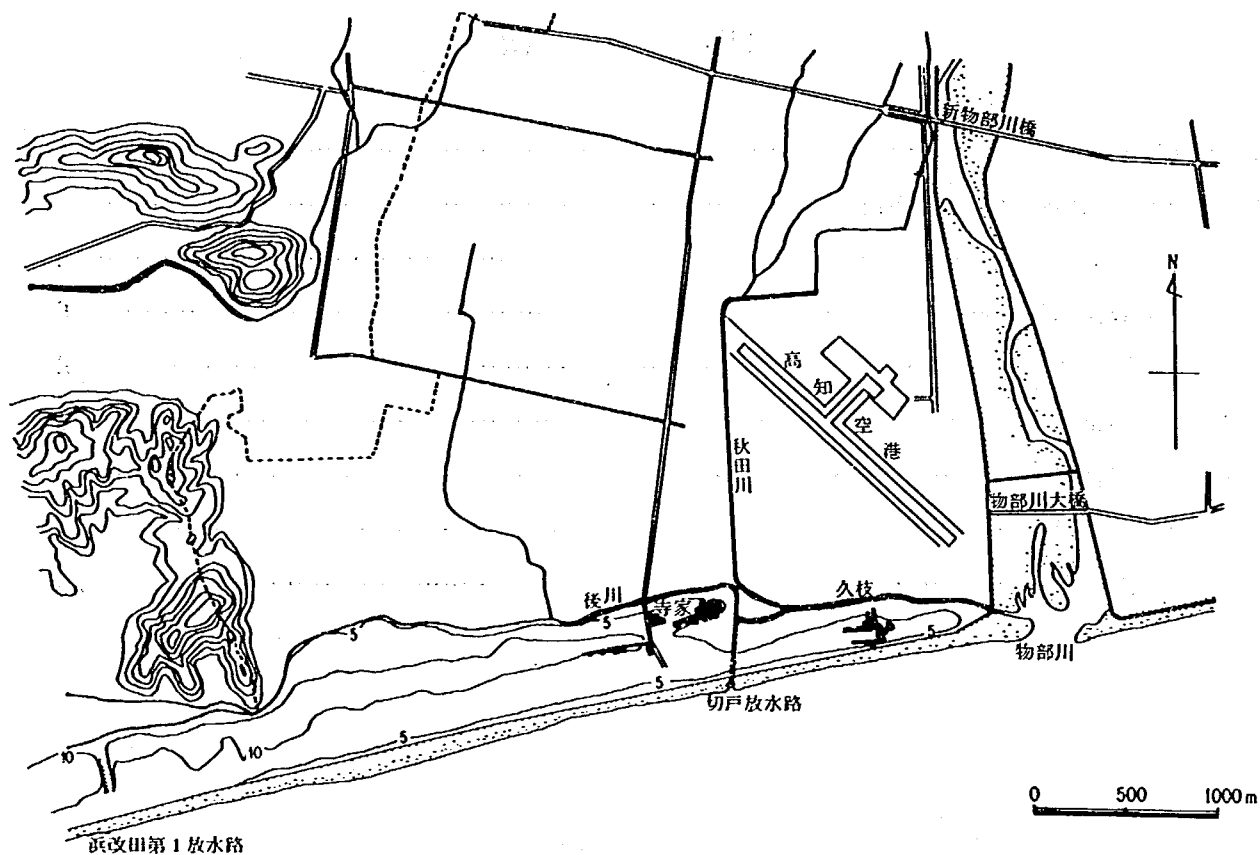


図-1 後川平面図

12 km²、流路延長 5.5 km の緩流河川である。流路はまず物部川に沿って南流しているが、海岸に沿って形成された幅約 500 m、高さ 10 m 程度の砂丘に遮ぎられて東流し、秋田川を合流して物部川河口に注いでいる。また砂丘を横断して切戸放水路、浜改田第 1 放水路、同第 2 放水路が設けられているが放流能力が不足しており、出水時には低平地に滞水が生じ浸水常習地帯となっている。このために、後川、秋田川の改良を行うとともに両川の合流点より下流では放水路を設けて直接太平洋へ放流することが計画された。

後川、秋田川の合流点より下流の改修方式としては現河道を改修する方式と放水路を設ける案が検討された。前者については、現在合流している物部川の計画高水位がT.P.+3.85m、堤防高T.P.+10m、河床高T.P.+0.5mと後川流域の地盤高よりも高くなり河道の拡幅、堤防のかさ上げ、水門の設置、強制排水施設の建設等が必要である。後者については合流点から砂丘を横断し放水路を建設するとともに水門および河口維持施設を設ける必要がある。機能の充足度、工費、維持の容易さ等を考慮して放水路方式を採用することとした。

現況の後川は物部川に合流するとともに3ヶ所に設けられた放水路によって海岸に流出しているがその放流能力は表-1に示す通りである。なおこの計算では3放水路については外海潮位 T. P. + 2.20 m, 内水位 T. P. + 3.00 m とし, 後川については物部川の水位を T. P. + 2.70 m としている。計画高水流量は50年度確率で $200 \text{ m}^3/\text{sec}$, 100年確率で $260 \text{ m}^3/\text{sec}$ となり, このうち $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ を後川放水路で流す計画である。放水路の計画諸元を表-2に示す。

放水路の建設される高知海岸は台風常襲地帯に位置しているために強大な波浪による高潮と侵食の危険にさらされており, 堤防や根固工による高潮対策事業, また離岸堤による侵食対策事業が行われてきている。海浜形状としては汀線付近では約 $1/8$ の勾配を有し, 汀線から沖合約 500 m の間に沿岸砂州が存在している。海岸に来襲する波は南からのものが頻度が高く, 周期は $7 \sim 10 \text{ sec}$ のものが多く, 波高の頻度分布は図-2に示すようになっている。本海岸の計画諸元は表-3の通りであるが, 海岸侵食防止のために図-3に示す離岸堤が設けられている。特に後川放水路を計画している地先は侵食がはげしい

表-1 放水路の放流能力

名 称	現況能力	計画高水流量(1/50)
後 川	$85.0 \text{ m}^3/\text{sec}$	$(42) \text{ m}^3/\text{sec}$
切戸放水路	12.8	200
浜改田第1放水路	19.5	20
浜改田第2放水路	18.5	未改修
合 計	135.8	220

表-2 放水路計画概要

1. 計 画 規 模	年超過確率 1/50
2. 計画高水流量	$220 \text{ m}^3/\text{sec}$
3. 放水路計画流量	$200 \text{ m}^3/\text{sec}$
4. 計画河床高	T. P. - 1.0 m
5. 計画河幅	約 50 m
6. 粗 度 係 数	河道部 0.03 暗渠部 0.023

表-3 高知海岸の計画諸元

1. 計画波高	10.1 m
2. 計画周期	15.2 sec
3. 計画潮位	T. P. 2.20 m
朔望平均満潮位	T. P. + 0.70 m
偏 差	1.50 m
4. 計画堤防高	T. P. + 11.0 m (前浜長 40 m)

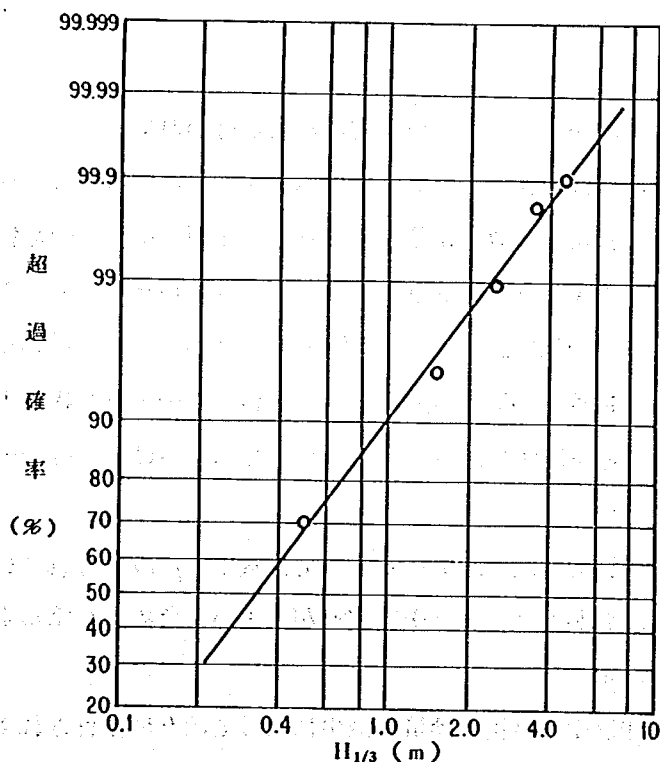
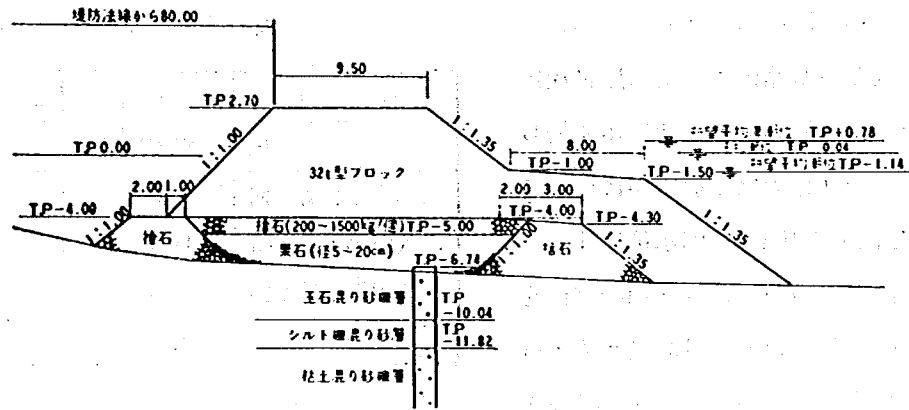
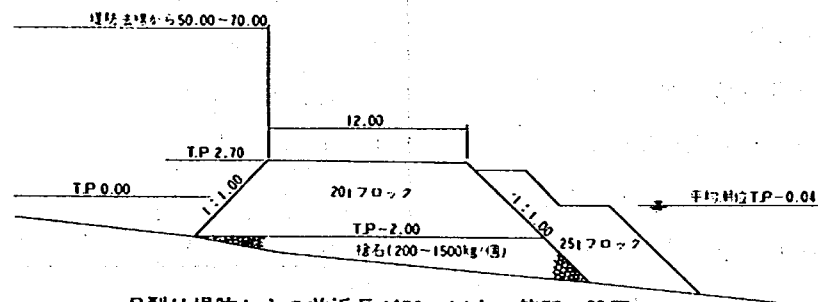


図-2 高知海岸における波高の頻度分布



A型は堤防からの前浜長が50 m 以下の箇所に設置



B型は堤防からの前浜長が50 m 以上の箇所に設置

図一三 高知海岸の離岸堤構造図

ために昭和48年から離岸堤の建設が行われている。

波浪条件のきびしい海岸に放水路を設ける場合には、放水路吐口の維持、洪水流および波浪に対する構造物の安定性、放水路建設に伴う隣接海浜地形への影響、放水路への波浪、高潮、塩水等の侵入などの問題が考えられる。放水路の計画流量は $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるが現況での平水時の流量は昭和55年7月から12月の間に調べた結果では後川 $0.26 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、秋田川 $1.63 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、放水路の平常時の流量としては数 m^3/sec しか期待できない。このような状況のもとでは放水路吐口に波によって砂が堆積し閉塞される可能性がある。したがって吐口における土砂の堆積状況を予測し、その防止法を検討しなければならない。

放水路の計画されている海岸では離岸堤が設けられているために、洪水流によってその周辺に洗掘が生じる恐れがあり、また来襲波浪が大きいために放水路およびその周辺の構造物が波に対して安定である必要がある。

高知海岸は供給土砂量の減少によって徐々に侵食されており、また外洋に面しているために来襲波の波高および波向の変動が大きく、これに伴って海浜地形も大きく変動している。このような海岸に漂砂に影響を与える構造物を造る場合には、周辺海浜地形への影響を検討しておく必要がある。また放水路自体も海岸侵食防止のための機能を持たせることが場合によっては可能である。

放水路の吐口を維持すると波浪、高潮、塩水なども逆に侵入してくる恐れがある。したがってこれらについての対策もあらかじめ考えておく必要があり、水門等による防止も合せて検討しなければならない。

放水路吐口の維持や隣接海岸への影響を低減する方法は種々考えられるが、いずれの方法においてもすべての要求を満足させることは困難と考えられ、何らかの評価基準を設けて選択しなければならない。

2. 水 理 模 型 実 験

2.1 実 験 目 的

後川放水路を高知海岸に建設する場合にはさきに述べたような問題点が考えられるために、水理模型実験によって以下に述べる項目について検討を行なうこととした。

(1) 河口閉塞の防止効果

河口処理工法としては暗きょ、導流堤、人工開削、水門等があるが、この海岸に適合するものとして暗きょ工法および導流堤工法が考えられ、それらについて構造物の種類および諸元によって河口に堆積する土砂量がどの程度になるかを明らかにする。直接外洋に面して河口が開いていれば河口では波のうちあげ高まで土砂の堆積が生じるのは明らかである。暗きょの場合は現在設けられている切戸放水路のように沿岸方向に開口部を造り侵入波を小さくするか、導流堤の場合はその方向を変えたり離岸堤を設けて侵入波を小さくする必要がある、これらの方法についても一部検討を行った。

(2) 流下能力

河口処理のために構造物を設けた場合に計画高水流量 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ が流れるかどうか、またその場合の放水路内の水位分布はどのようになるかを明らかにする。

(3) 隣接海岸への影響

高知海岸は侵食対策のために離岸堤を設置してあるが放水路を設ける場合にはそれを撤去する必要がある、また放水路の規模が大きくなると構造物自体が海浜変形に影響を与える可能性がある。したがって影響の程度を明らかにするとともにできるだけ影響の少ない構造物とする必要がある。また放水路付近の海岸堤防には、場合によっては波が高くうちあがる恐れもあり、越波等の問題を生じない構造物とする必要があろう。

(4) 構造物の安定性

波浪に対する放水路や水門の安定性および洪水流によって離岸堤、暗きょ、導流堤周辺の洗掘とその防止法について検討を行う。

2.2 実 験 方 法

放水路吐口における閉塞や構造物による海浜形状の変化を調べるためには、砂などを底質とした移動床水理模型実験によって検討を行うことが必要である。したがって実験では砂によって造られた海浜に暗きょ、導流堤、離岸堤などの構造物を設置して波浪を作用させて地形変化を調べた。また洪水による水面形状、流況、構造物周辺の海浜変形を測定した。

移動床模型実験の相似則については明確な相似則が確立していないため実験の結果は定性的な特性を表わすにすぎない場合もある。波浪の変形、海浜流、洪水の流況や水位については重力と慣性力が支配的であると考えられ、フルードの相似則が適用できよう。これは長さを L 、速度を V 、重力の加速度を g とするとき実物と模型で次式で表わされるフルード数 Fr を一致させればよい。

$$Fr = \frac{V^2}{gL} \quad (1)$$

長さの縮尺を $1/s$ とすると時間および速度の縮尺は $1/\sqrt{s}$ になる。

波による海浜の変形や流れによる洗掘に関しては底面に存在する粒子に作用する力と粒子の抵抗力の比が実物と模型で一致すればよいと考えられるが、この条件を満足させるためには模型では粒径の小さい比重の軽い粒子を使用しなければならない。しかし粒子の径を小さくすれば粘着力の影響が入り、また粘性の影響も含まれる可能性がある。したがってここでは波による海浜変形と流れによる洗掘や堆積を分けて相似性を保つことを検討した。

波による海浜の変形に関しては実物と模型で海浜形状が相似になるように底質や波浪条件の選定を行った。波浪や流況が相似になるためには実物と模型で地形が相似でなければならない。しかし移動床実験においてある底質と波浪条件を与えると海浜の横断形状はそれらの条件に対応したものとなってこれが実物と一致するとは限らない。したがって適当に波浪条件と底質の選定を行ない実物と模型の海浜形状を一致させる必要がある。また波による底質の移動は岸側は波のうちあげ高まで、沖側は波による底質の移動限界水深までであるが、この移動範囲も実物と模型で相似にする必要がある。

流れについての相似率はまず底質の移動限界が実物と模型で一致しなければならない。流れに対する底質の移動限界は次式で表わされる。

$$\frac{u_{*c}^2}{(\sigma/\rho - 1)gd \tan \varphi} = f\left(\frac{u_{*c} \cdot d}{\nu}\right) \quad (2)$$

ここで u_{*c} : 限界摩擦速度, σ : 底質の密度, ρ : 水の密度, g : 重力の加速度, d : 底質の粒径, $\tan \varphi$: 安息角, ν : 動粘性係数である。上式の右辺の値はあまり変化しないので左辺の値を実物と模型で一致させればよいと考えられるがこれは一般に困難である。また波による移動限界や海浜形状の相似性から決まる底質の粒径や比重とも異なるためにここでは波による移動に重点をおくこととした。したがって模型では洗掘の範囲が実物より狭くなっている可能性がある。移動量に関しては実物における移動量が明らかになれば地形変化についての時間の縮尺を変えることによって模型での変化が実物のどの程度の時間変化に対応するかを推定することができる。

模型実験の縮尺は相似にすべき現象、底質材料、実験装置の能力や規模、実験の対象範囲などを考慮して決定されるが、ここではこれらの項目を検討して長さの縮尺を $S = 1/50$ とした。その他の縮尺は表-4に示す通りである。

実験に使用した底質としては中央粒径 $d_{50} = 0.28\text{mm}$ の砂を使用した。これは高知海岸の海浜変形の生じている範囲および海浜形状の相似性を考慮して種々の条件で検討した結果、波高 $H_0 = 3.0\text{ m}$, 周期 9 sec とすれば横断形状および平面形状ともに現地と相似になるとして決められたものである。

模型実験において測定した項目は波高、周期、水位、流況、海浜地形である。波高および周期は容量式波高計を使用して、造波板の近くで入射波高を、また海岸近くでは碎波波高と碎波の位置、暗きょまたは導流堤内の波高を測定した。水位については暗きょおよび導流堤内の水位を流れを与えた場合について測

定した。流況については、海浜流についてはフロートおよび染料を投入して写真撮影を行い、移動状況を調べた。また放水路吐口付近の流況については、流速計によって測定した。海浜地形は実験前と波を10時間および20時間作用させた後に沿岸方向50 cm，岸沖方向10 cm間隔で測定した。また汀線形状については1時間々隔で沿岸方向に50 cm 間隔で測定した。ブロック等の安定性については目視によって判定している。

表 - 4 縮 尺

波高, 水深	$1/s$	$1/50$
時間, 周期	$1/\sqrt{s}$	$1/7.07$
速度, 流速	$1/\sqrt{s}$	$1/7.07$
流量	$1/s^{5/2}$	$1/17.675$

2.3 実験条件

実験は暗きょの特性や相似性を検証するための予備実験，暗きょや導流堤吐口での閉塞状況，離岸堤等の構造物周辺での堆積，侵食状況などを調べる海浜変形実験，構造物の波による安定性や高波浪時のうちあげを調べる暴風波浪実験，洪水流の流況や水位分布を調べる河川流実験などに分けて行った。

実験装置は土木研究所水理共同実験棟内の幅17m，長さ 21m，高さ 0.8 mの平面水槽を用いた。この水槽には造波板の幅が8 mのペンジュラム型造波機が2基設けられており，これによって所定の波を発生した。また洪水流は自給式ポンプにより給水し，量水槽，整流装置を通して放水路に導いた。これらの装置の概要を図-4に示す。

海浜模型は後川放水路を中心に沿岸方向に両側400 m，沖方向は海岸堤防から700 mの範囲とし，粒径0.28mmの砂で製作した。暗きょ模型は木製であり，消波ブロックや導流堤はモルタルで製作した。また海岸堤防の根固工としては実際は消波ブロックを用いているが模型では碎石を使用した。

予備実験および海浜変形実験においては高知海岸で生じている海浜変形と海浜形状の相似性を保つように波浪条件を決定し，波高 $H_0 = 3.0$ m，

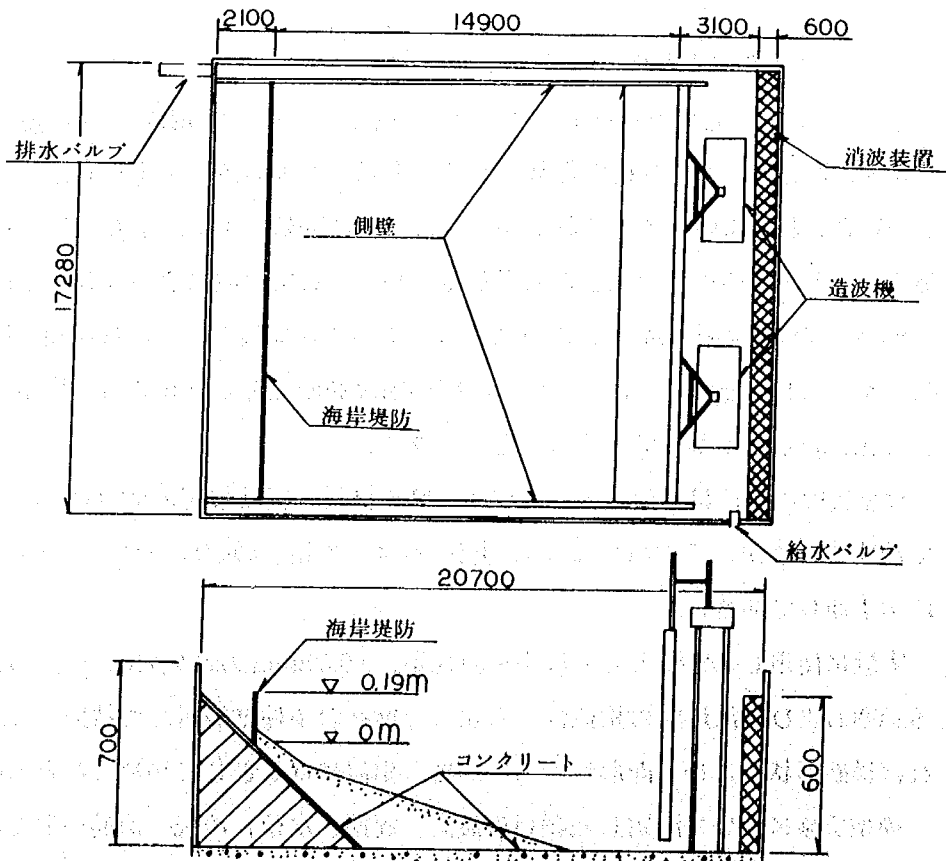


図-4 実験装置概要図

周期 $T = 9.0 \text{ sec}$ とした。また潮位は平均潮位 T.P. -0.1 m に設定した。波の作用時間は海浜の変形がほぼ安定する 20 時間としている。

暴風波浪の実験においては、計画波高は $H_o = 10.1 \text{ m}$ であるが沿岸砂州の存在のために約 $H_o = 5.0 \text{ m}$ でうちあげ高等が最大となることから $H_o = 5.0 \text{ m}$ 、 $T = 15 \text{ sec}$ を目標に実験を行なった。潮位は計画潮位 T.P. $+2.2 \text{ m}$ であり、波は 1 時間作用している。

河川流についての実験は海浜変形を調べた後に行い、流量 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ (計画高水流量)、 $150 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、潮位は T.P. -0.1 m および T.P. $+2.2 \text{ m}$ で 1 時間流れを与えた。

構造物の種類については大別すると暗きょと導流堤に分けられる。現在海岸に放流しているのはすべて暗きょ方式であり、ある程度の吐口の維持ができているためにまず暗きょ方式による検討を行った。暗きょ前面の消波工、周辺の離岸堤の諸元や配置を変えて図-5 に示す 6 種類の構造について検討した。暗きょ方式では十分な閉塞防止がはかられなかったために、前面に離岸堤を配置した導流堤方式について検

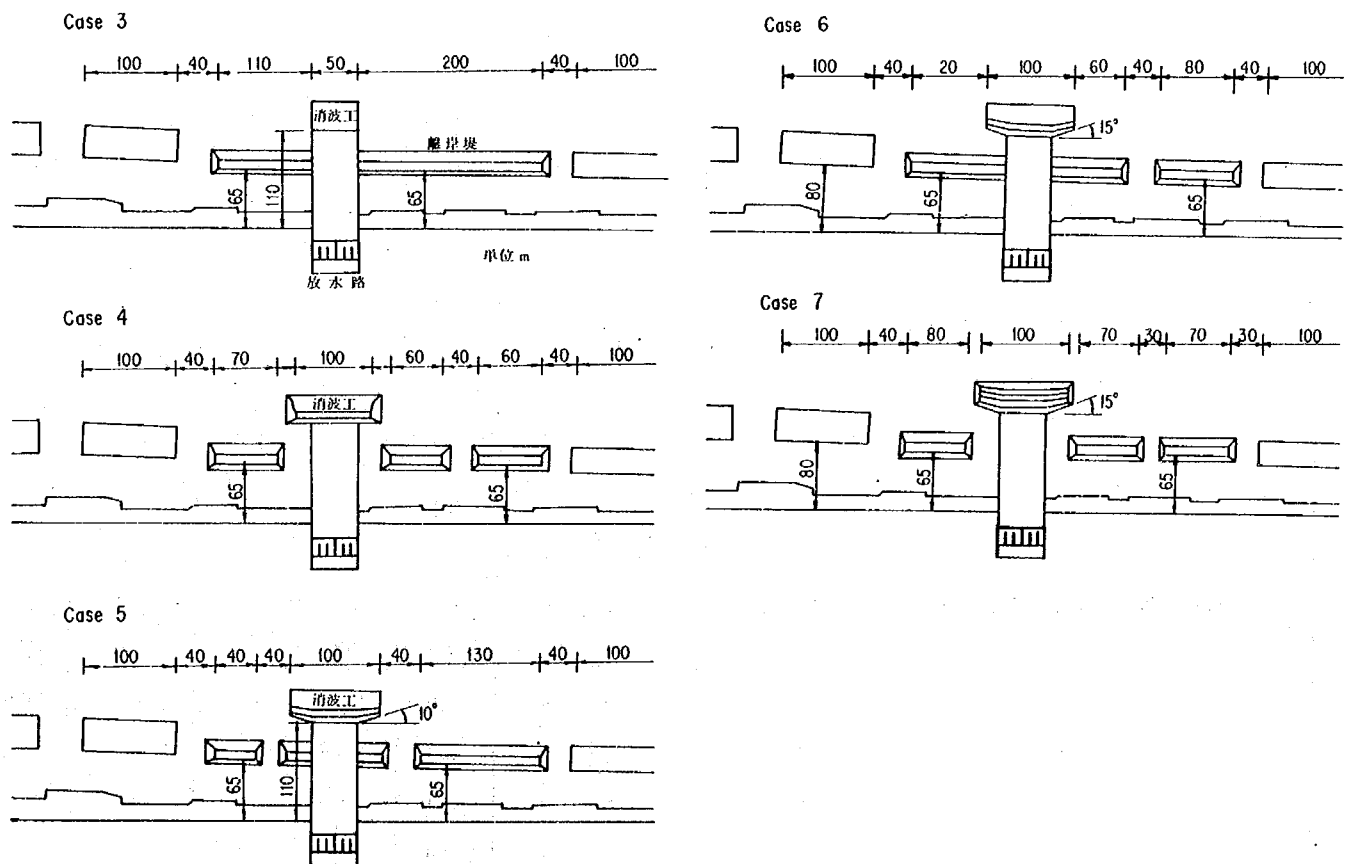


図-5 暗きょ案の構造物概要図

表 5 実 験 条 件

名 称	目 的	構 造 物	ケ-ス 番 号	潮 位	波 高	周 期	波 向	流 量	作 周 時 間
予 備 実 験	暗きよ位置, 形状の 検討 海浜形状の検証	暗きよ	1	T.P. ^m -0.1	3.0 ^m	9.0 ^{sec}	直 角	n ³ /sec 0	20 ^{時間}
		現況離岸堤	2	"	3.2	"	"	"	"
暗 き よ 実 験	暗きよ内の堆砂 隣接海岸への影響 洪水の流下能力 洪水による洗掘 ブロック等の安定性	暗きよ案 1	3	"	3.0	"	"	"	"
		"	4	"	2.7	"	"	200	1
		"	5	"	3.0	"	"	0	20
		"	6	"	2.9	"	"	200	1
		"	7	"	2.5	"	"	0	20
		"	8	"	2.4	"	"	200	1
		"	9	"	2.9	"	10°東	"	"
		"	10	"	2.7	"	"	200	1
		"	11	"	5.1	15.0	"	0	20
		"	12	"	5.1	"	"	200	1
導 流 堤 実 験	導流堤間の堆砂 隣接海岸への影響 洪水による洗掘	導流堤案 1, 2	9	"	2.9	"	10°東	"	"
		"	10	"	2.7	"	"	200	1
		"	11	"	5.1	15.0	"	0	20
		"	12	"	5.1	"	"	200	1
		"	13	"	0	0	"	150	"
		"	14	"	3.0	9.0	"	0	"
		"	15	"	5.3	11.3	"	"	"
		"	16	"	5.1	15.6	"	"	"
		"	17	"	5.1	"	"	"	"
		"	18	"	5.4	"	"	150	"
流下能力実験	洪水の流下能力	導 流 堤	13-1	"	0	0	"	150	"
		"	2	"	3.0	9.0	"	0	"
		"	3	"	5.3	11.3	"	"	"
		"	4	"	5.1	15.6	"	"	"
		"	5	"	5.1	"	"	"	"
		"	6	"	5.4	"	"	150	"
		"	7	+0.85	2.7	9.0	"	0	"
		"	8	"	5.7	11.3	"	"	"
		"	9	"	5.4	15.0	"	"	"
		"	10	"	0	0	"	200	"
		"	11	"	4.6	15.0	"	"	"

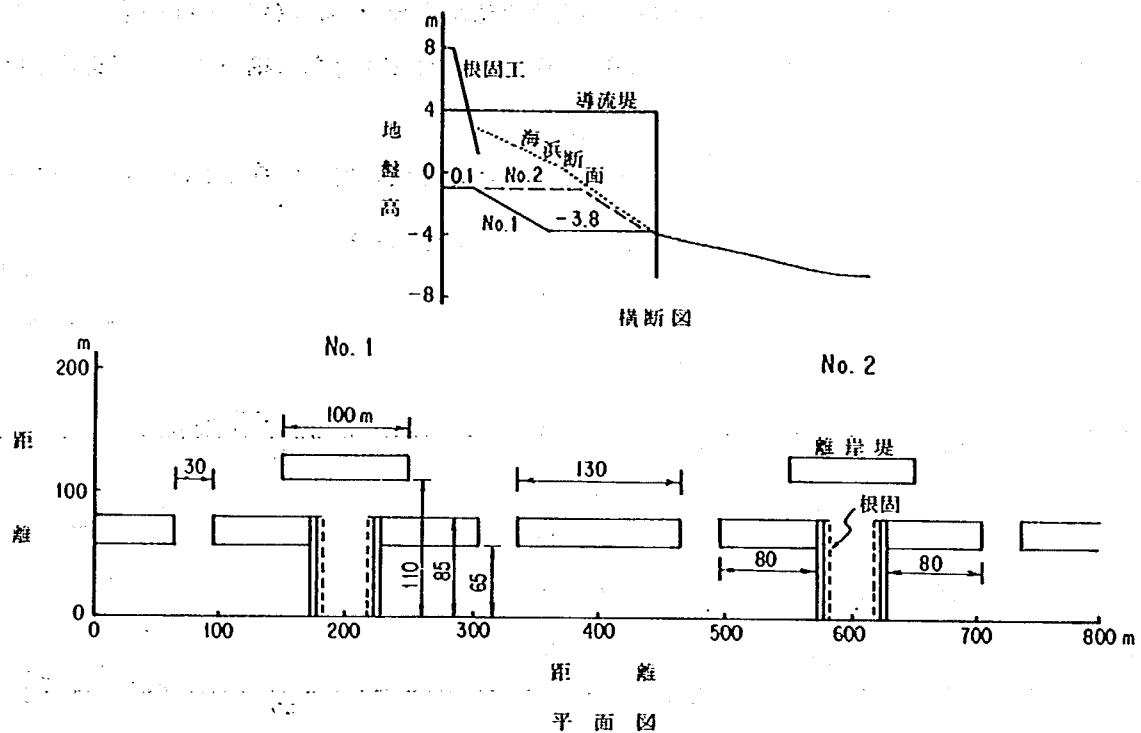


図-6 導流堤案の構造物概要

討を行った。これは図-6に示すような構造のものについて2種類検討した。導流堤案については隣接海岸への沿岸漂砂の影響を調べるために波を海岸線に 10° の角度を持って斜めに作用させた場合および施工途中で離岸堤はあるが導流堤が完成していない場合の状況についても合せて検討を行った。以上述べた実験条件をまとめると表-5のようになる。

2.4 実験結果

(1) 予備実験

暗きょ案の吐口の位置および構造について予備的検討を行うために図-7に示すように暗きょ内

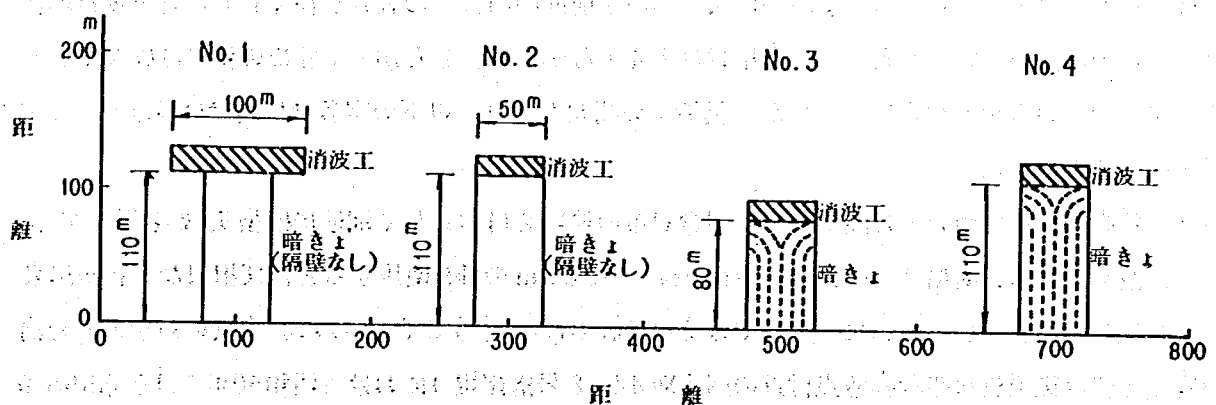


図-7 暗きょ構造図

に隔壁を設けた場合と設けない場合、先端の位置が海岸堤防から 80 m および 110 m の場合、暗きょ前面の消波工幅が 50 m (暗きょと同じ幅) と 100 m の場合に分けて 4 種類の構造について実験を行った。

堆積状況を示したのが図-8 であるが、吐口での水深が浅く砕波帯内に位置している場合には暗き

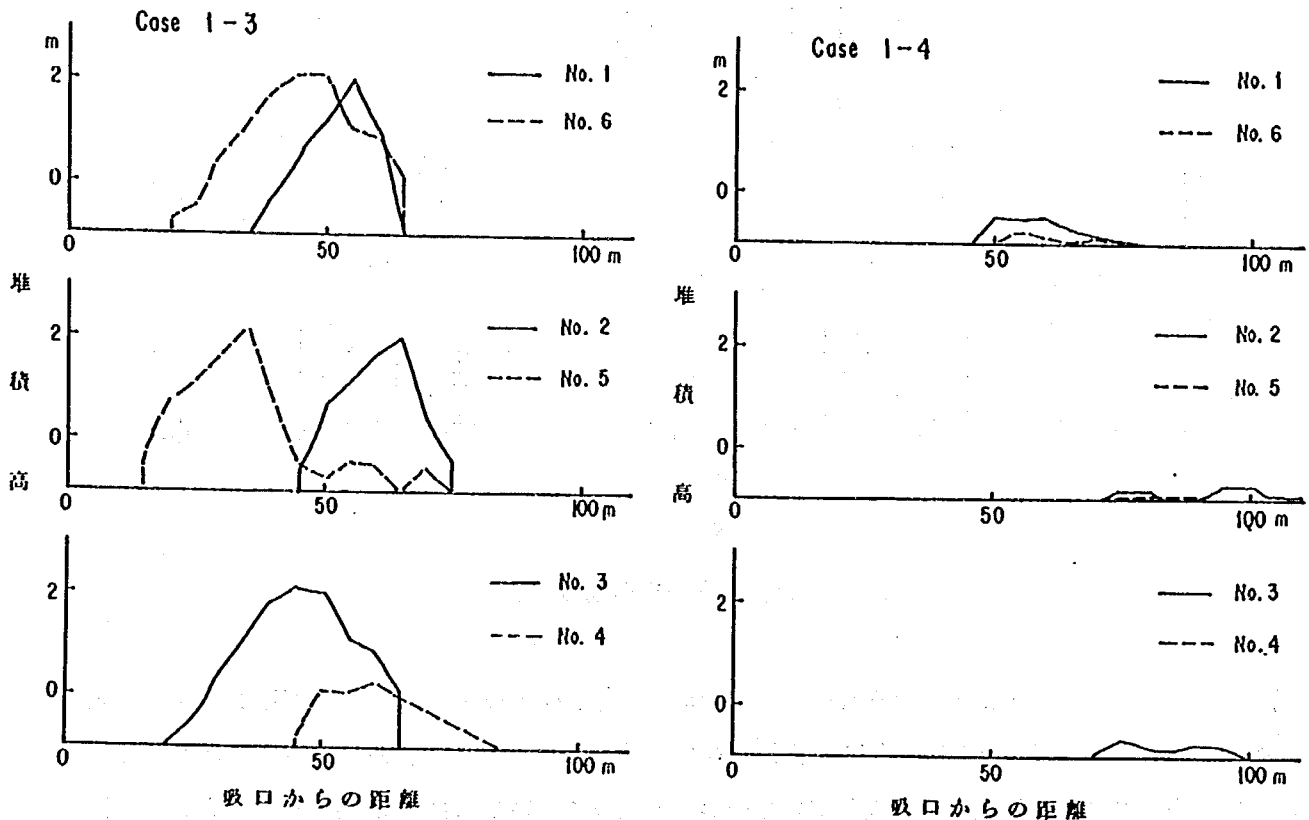


図-8 予備実験における暗きょ内堆積

ょ内に砂が堆積し、暗きょに侵入した波によるうちあげ高とほぼ同じ T.P. + 2 m 程度まで盛り上がる。一方砕波点付近に吐口が位置している場合には浮遊形式で砂が巻き揚げられ、それが暗きょ内に堆積するためにその量は少なく、堆積高は潮位以下であった。隔壁を設けた場合にはない場合に比較して堆積量は多くなっていた。暗きょ内に侵入する波を前面の消波工の長さを長くしてさえぎった場合には、吐口の水深が深いためもあって堆積はほとんどなかった。したがって吐口的位置は砕波点より沖として、隔壁はないものが望ましいが、構造上の問題もあり、以下の実験では隔壁は設けたままで実験を行うこととした。

海浜形状の相似性については高知海岸の侵食対策の検討を目的として別途に模型実験を行っており、波高約 3 m、周期 9 sec、底質粒径 $d_{50} = 0.28 \text{ mm}$ の砂を使用するとほぼ相似な形状が出来ることが確かめられているために、ここではその検証のみを行うこととした。実験の対象とした海浜の横断形状は後川放水路計画地点付近の測点 No. 44 (8 号離岸堤) における昭和 50 年 5 月から 55 年 9 月の間の 24 回にわたる測量で得られた地形を平均したものとした。また汀線形状としては昭和 53 年 2 月から 55 年 9 月の間の 12 回の汀線測量の平均値と比較することとした。

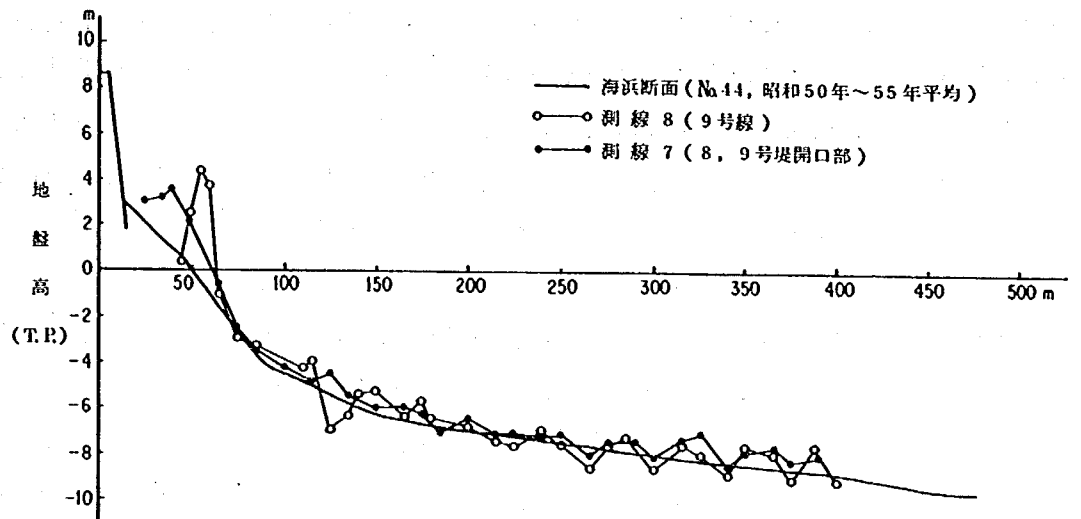


図-9 高知海岸横断面図

図-9に示す測点No.44の平均横断形状で沿岸方向に一樣な初期海浜を造り、それに離岸堤および切戸放水路を配置して実験を行った。波を作用させて1時間後には離岸堤の背後にトンボロが形成された。波を10時間および20時間作用した後の横断形状および汀線形状を図-9と図-10に示す。横

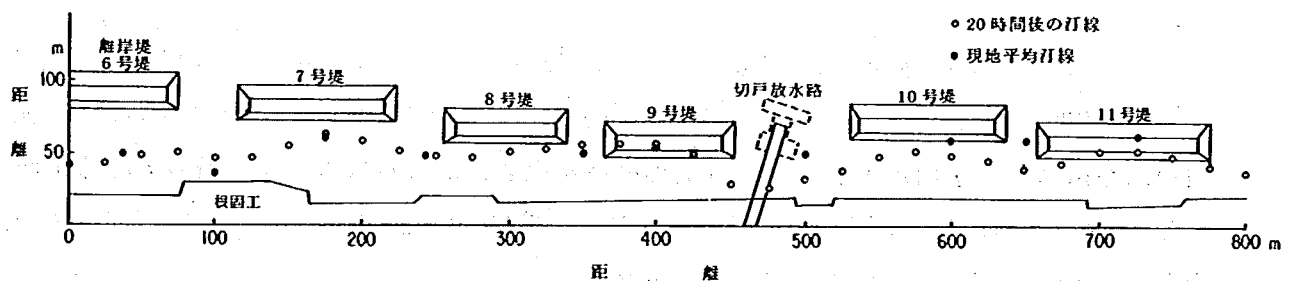


図-10 高知海岸汀線形状

断形状は汀線付近を除くとほぼNo.44の平均断面と一致している。離岸堤(9号堤)の岸側ではトンボロが造られたために形状が一致していない。模型海浜で沖側に変動が見られるのは離岸堤による反射波によって形成されたものである。汀線の形状については一部を除いてはほぼ一致している。

相似性に関する予備実験の結果では海浜形状および碎波帯での変形は実物と模型で平均的にはほぼ一致していると考えられるが、模型では掃流形式による砂の移動が支配的であるために、実物において浮遊現象が卓越する場合には相似性に問題があると考えられる。

(2) 暗きょ工法

暗きょによって河口を維持する工法は開口部を沿岸方向に向けて波の侵入を防止して砂の堆積を防ぐことにある。また予備実験でも明らかなように暗きょ開口部の水深は深いほど堆積は少ないと考

えられる。高知海岸では離岸堤がすでに建設されており、それらと暗きょの配置については種々の案が考えられたために5種類の配置について検討を行なった。実験は波を20時間作用させて海浜形状の変化と暗きょ内の堆積を調べた後に洪水流を与えて暗きょ吐口前面と離岸堤周囲の洗掘状況を調べた。汀線の変化状況、暗きょ内の堆積形状、暗きょ周辺の洗掘状況をそれぞれ図-11, 12, 13に示す。

ケース3は連続離岸堤を突き出して暗きょを設けたものであり、暗きょの前面には消波工を設けている。暗きょ内には高さ0.5 m、長さ50 mにわたって堆積が生じた。これは吐口付近で碎波を生じ、且つ波が暗きょ内に進入するために浮遊した砂が運搬されたものと考えられる。汀線形状は連続離岸堤の背後では変化が少なく、開口部では後退を、離岸堤背後では堆積を生じた。その変動幅は現況とほぼ同じであった。洪水流を与えた場合の流況については離岸堤の前面に沿って沿岸方向に流れるとともに沖へも流れ広がる傾向を示した。なお潮位を平均潮位としたために吐口で射流となり、50 mの間は海底の洗掘が生じ、最深部はT.P. - 6.6 mに達した。この洗掘は波高3 mの波を5時間作用すると完全に埋戻された。

ケース4は波の侵入を防ぐために暗きょ先端の消波工を延長し100 mの長さとしT字形としたものであり、また離岸堤は不連続堤とした。暗きょ内の堆積は吐口前面での波高の減衰、水深がある程度あることなどの点から少なく、一部で堆積したにとどまった。汀線形状については9号離岸堤と10号離岸堤間の幅が40 mと広いために、この部分の汀線の後退は他に比較して大きかった。洪水流の流況は沿岸方向に向い、吐口前面の洗掘はT.P. - 8.5 mに達し暗きょ案で最も深い洗掘深を示した。これは暗きょと離岸堤の間が40 mほどあいているために流れが岸に向う傾向を示したためと考えられる。

ケース5はケース4で問題となった洪水流による洗掘を少なくするために暗きょ前面消波工の岸側を 10° の角度で沖に向け、また暗きょに短い離岸堤を付けた。暗きょ内の堆積については最も岸側に開口部を持つ暗きょ内にT.P. + 1 m以上の堆積を生じた。これは暗きょに沿って汀線が前進したためと考えられる。洪水流については沖へ向うが開口部があるために岸に戻るような形となり沿岸方向に流れる。洗掘深としてはT.P. - 7.2 mに達した。

ケース6は暗きょに接続する離岸堤を長いものとし、且つ沖へ流れを向けるために暗きょ前面の消波工の岸側の方向を 15° の角度を持つようにした。暗きょ内の堆積形状はケース5とほぼ同じであるが、その量はケース5に比較して少なかった。洪水流によって堆積土砂は排出された。また吐口前面の流況は前面消波工の 15° の角度に沿って流れることはできずはく離を生じていた。しかし洗掘深は他のケースに比較して浅くなりT.P. - 6.5 mであった。

ケース7は暗きょ内の堆積は少ないが洗掘が大きかったケース4の改良案として考えたもので、前面消波工の岸側に 15° の角度を付けて流れが沖に向うことを期待したものである。しかし角度を付けたために波が進入しやすくなり、暗きょ内には砂が堆積しその高さはT.P. + 2.0 mにも達した。一方洪水流は広がるために洗掘深は浅くなりT.P. - 6 m程度であった。

暗きょ前面の消波工を沿岸方向に延長した場合に、その岸側を汀線に平行にした場合と角度を付け

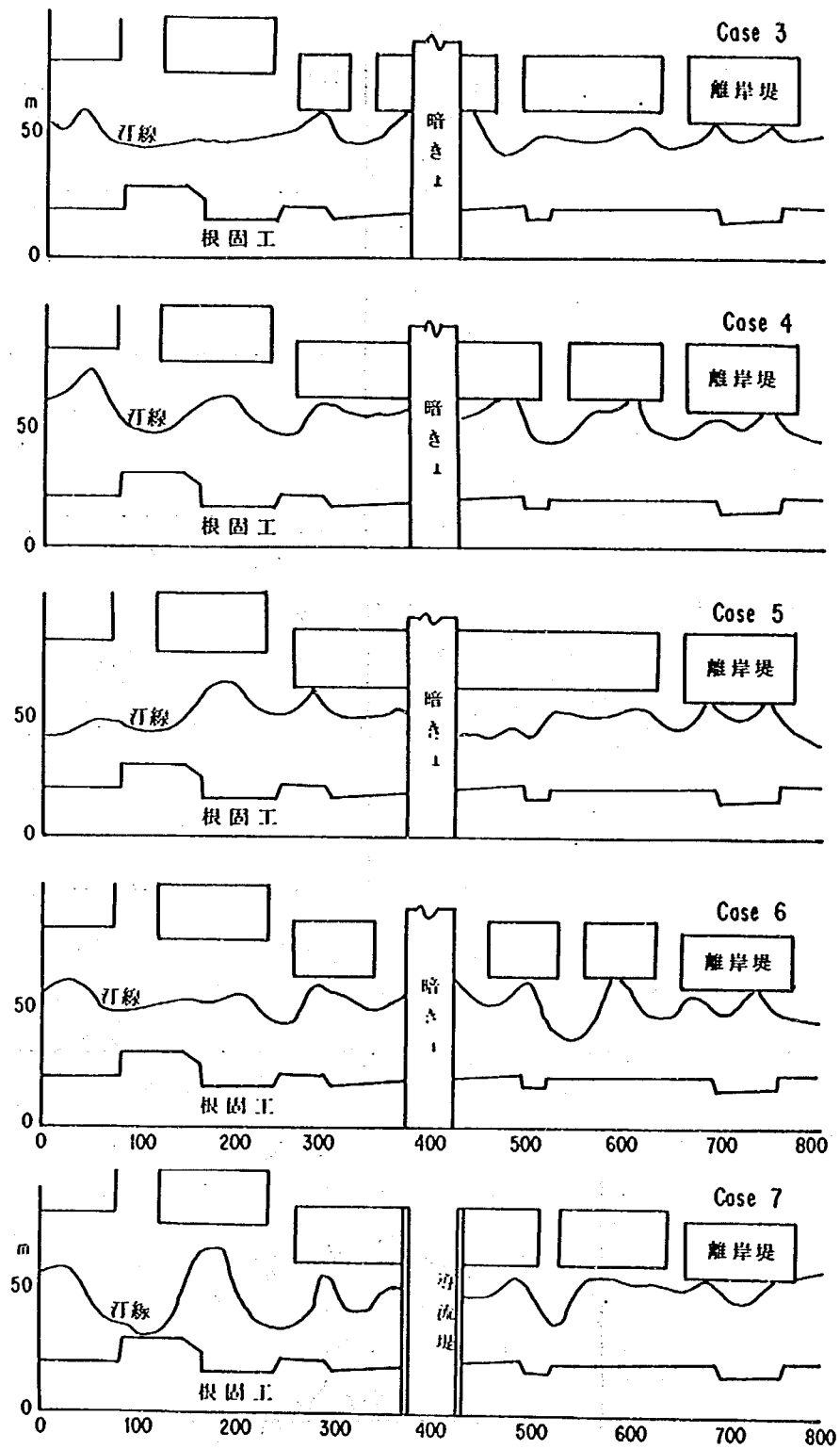


図-11 汀線の変化状況

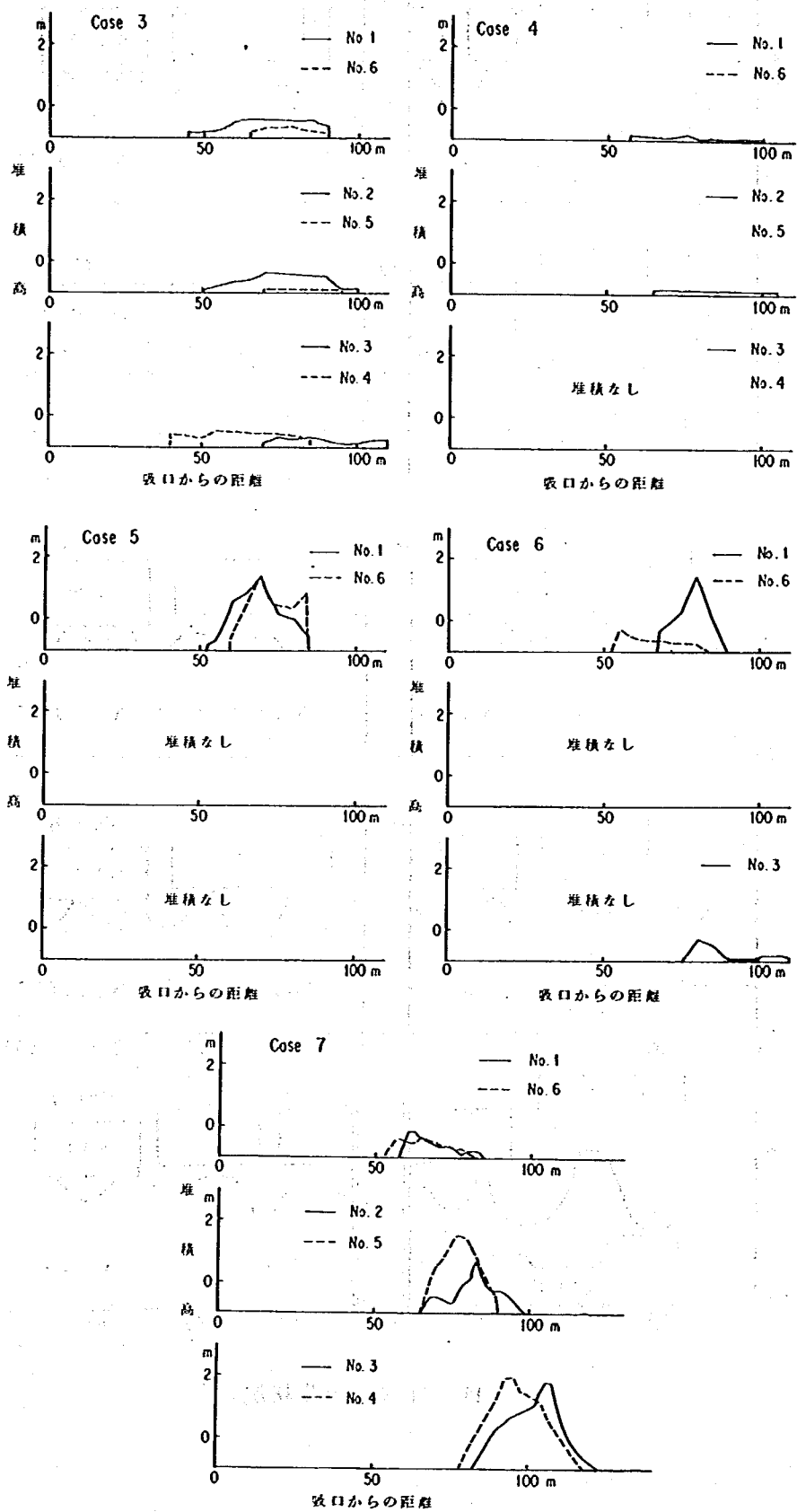
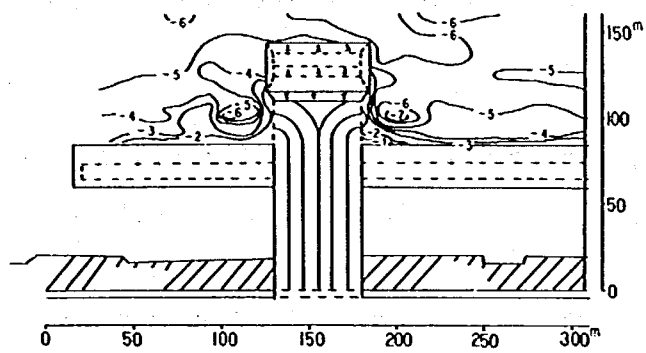
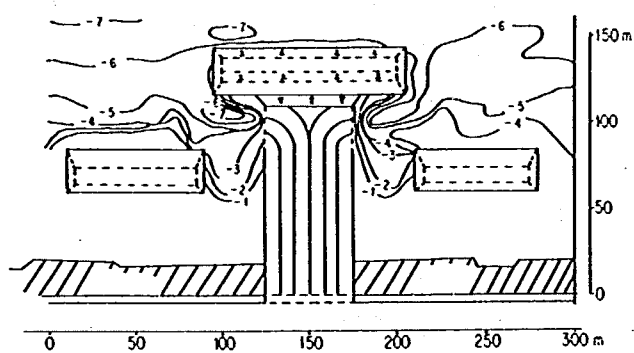


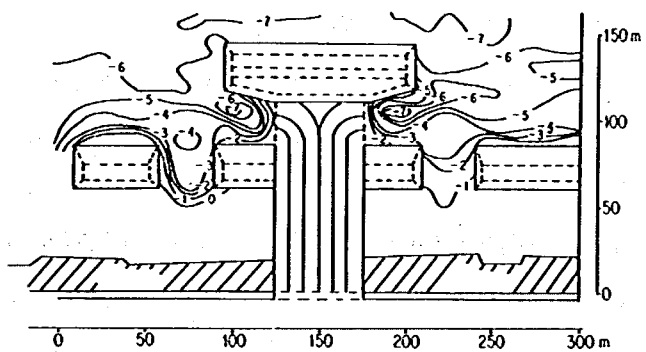
図-12 暗きょ内の堆積形状



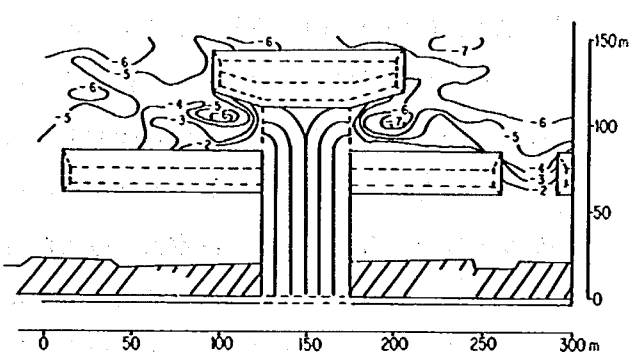
(Case 3)



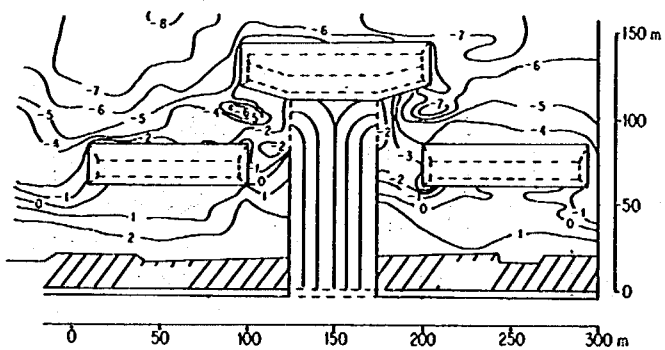
(Case 4)



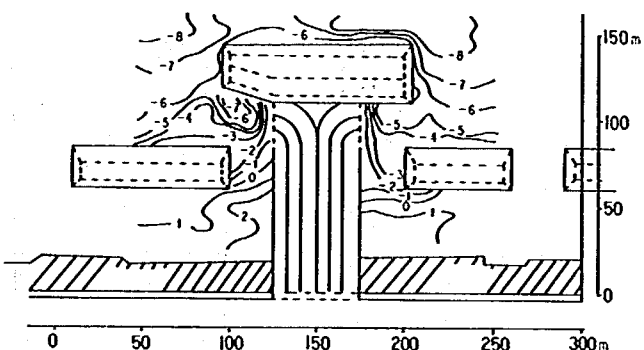
(Case 5)



(Case 6)



(Case 7)



(Case 7')

図-13 暗きょ周辺の洗掘状況

た場合の波浪の進入状況について比較を行った。角度を 10° にした場合には波が入りやすく堆積も大きくなる傾向を示した。

(3) 導流堤工法

暗きょ工法では砂の堆積を防止することと洪水流による洗掘防止をはかることがむずかしく、また堆砂した場合に、砂を取り除くことが暗きょでは困難になることから導流堤工法について検討することとした。河口の堆積を防止するためには侵入波を小さくすることであり、このために河口前面に長さ100 mの離岸堤を設けた。これは暗きょ前面の消波工と同じものである。沿岸方向にも砂が移動するためにこれは既存の離岸堤の規模を大きくして防ぐこととした。導流堤内の河床高としては図-6に示すようにT.P. -3.8 mとしたものとT.P. -1.0 mとしたものの2種類について検討した。

ケース9は2種類の導流堤について河口部の堆砂状況と洪水時の洗掘状況を調べたもので波浪や流量は暗きょについての実験と同じ条件で行った。波による堆積は導流堤内ではほとんど生じなかった。これは離岸堤によって波高が減衰するとともに水深が深いために碎波が生ぜず砂がほとんど移動しないためである。先端離岸堤の背後および両端で海底の砂が移動し砂れんが形成されていたが海浜の変化はほとんどなかった。波浪条件がきびしくなれば浮遊砂の侵入があると考えられるがその量はかなり少ないと考えられる。洪水流を与えた場合は、海岸堤防を横断する暗きょの出口で支配断面が生じ、下流では射流に一部なるために洗掘が大きく、図-14に示すような状況になった。洗掘深は-4~-5 mに達し、洗掘された土砂は先端離岸堤の両端岸側に堆積した。すなわち流速が断面積の増加により減衰する場所で堆積を生じている。この洗掘は根固工等によって少なくすることができると考えられる。

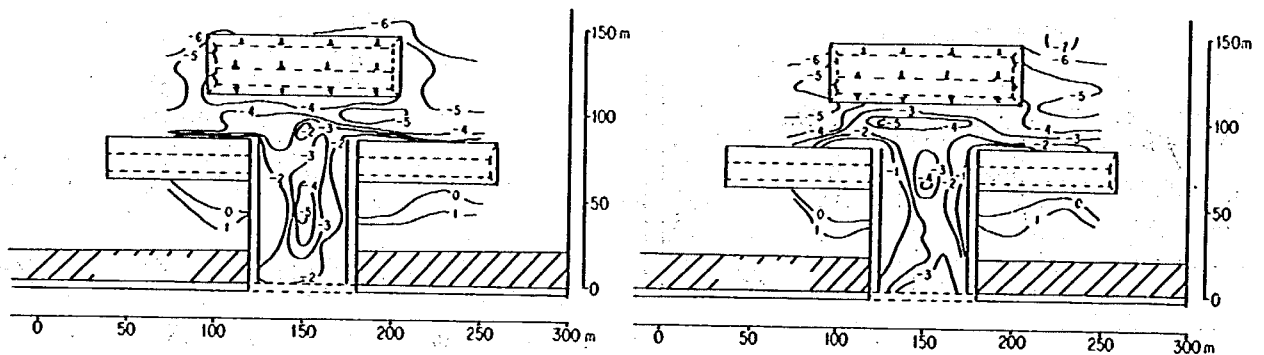


図-14 導流堤間の洗掘

ケース10は沿岸漂砂による導流堤間の堆積および放水路先端離岸堤による沿岸漂砂への影響を調べたものであり、汀線に対して東から 10° の角度をもって波が入射する条件で実験を行った。斜めに波が入射するために沿岸流が卓越し、離岸堤の沖側を西へ向う流れが生じた。これが放水路先端の離岸堤によってさえぎられ沖へ向い、さらに先端離岸堤に沿って西へ向う状況にあった。したがって導流堤の先端付近では沿岸流はあまり卓越しておらず、放水路周辺の海浜形状は図-15に示すように、先端離岸堤の東側では堆積を、西側では侵食を生じたが、導流堤間の堆積はなかった。沿岸漂砂に

よる海浜変形は既存の離岸堤より岸側で大きく、放水路東側の離岸堤にはかなりの堆積が生じこれが導流堤先端付近までおよんで浅くなる場所が生じた。汀線形状の変化を図-16に示すが東側で開口部の侵食がはげしくなる場所はあるものの放水路西側では汀線の後退は大きくなく、既存の離岸堤が十分その効果を発揮していると考えられる。洪水流を与えた実験では洗掘防止のために暗きょ先端に図-16に示すように護床ブロックを1/10勾配で延長30mの間敷設したために河床の変化は図-17に示すようにほとんどなかった。ただ先端離岸堤の岸側が流れが直角に当たるために洗掘される現象が生じた。

導流堤および離岸堤によって閉塞と洗掘の防止がはかれると考えられたので暴風時の波浪条件で構造物の安定性や越波状況をケース11およびケース12で検討することとした。ケース11は先端離岸堤の天端高をT.P. + 2.7 mとしたもので、ケース12は天端高をT.P. + 4.0 mとしたものである。波浪条件としては波高約6 m、周期15 secを与え、また潮位は計画潮位T.P. + 2.2 mとした。

ケース11は離岸堤の海面上の高さが低いために入射波は70%程度にしか減衰せず、河道内に侵入する波は大きく、水門等の構造物に作用する波力が大きくなると考えられた。沿岸流も強く、離岸堤開口部を通過して沖へ砂が移動する傾向を示した。放水路周辺の海浜形状を図-18に示す。洪水流については潮位をT.P. + 0.85 mおよびT.P. + 2.2 mとして200 m³/secの流量を与えた。潮位T.P. +

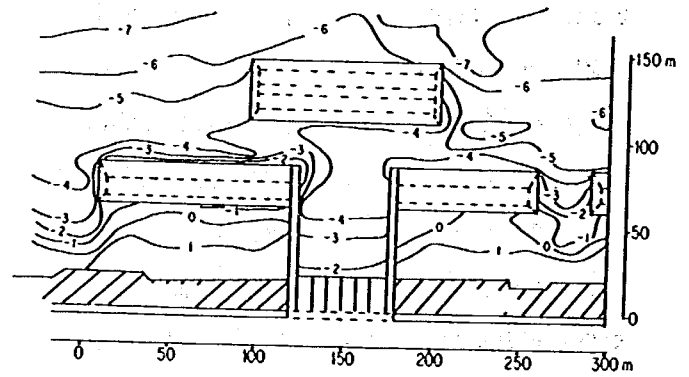


図-15 放水路周辺の海浜変形

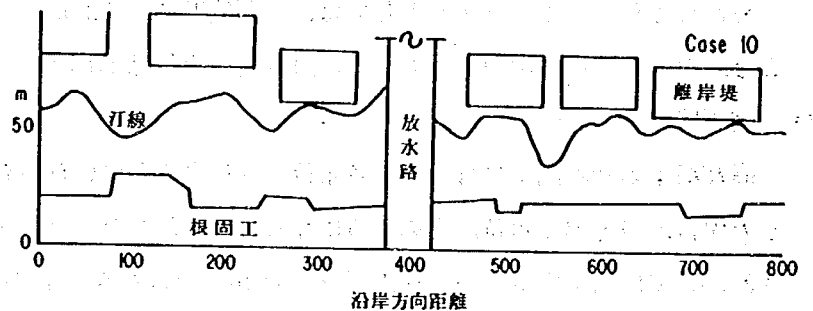


図-16 汀線の変化状況

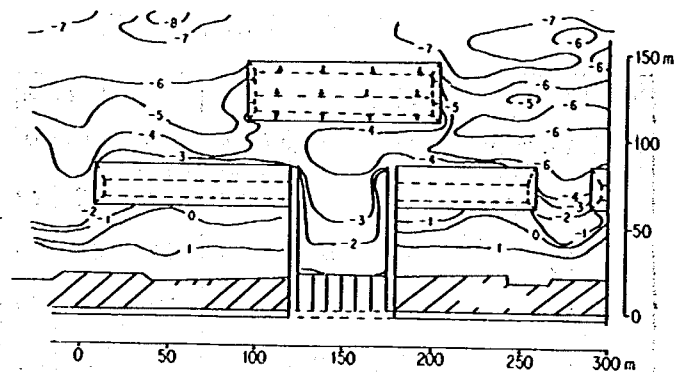


図-17 放水路周辺の海浜変形

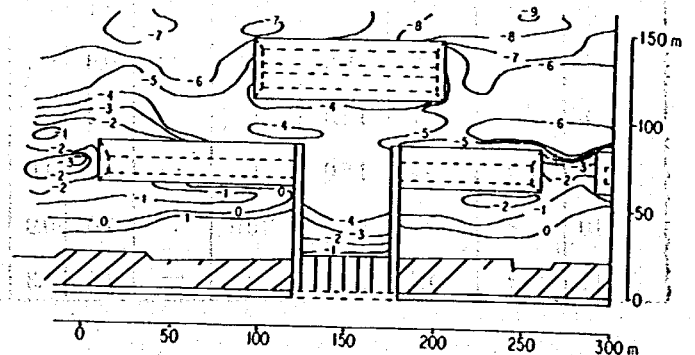


図-18 放水路周辺の海浜変形

2.2mの場合は波による水位上昇によって上流側河道内水位がT.P.+3.0 mを越える場所が生じた。離岸堤の9号堤と10号堤の開口部では波高の減衰があまりなく、現況堤防（高さT.P.9.1 m）を越える場合があった。

ケース12は先端離岸堤の天端高を高くして波浪の減衰をはかったが、波の透過率は約50%となった。このため導流堤内の堆積はほとんどなかった。しかし沿岸漂砂に対しては効果

があるために図-19に示すように先端離岸堤の東側の堆積と西側の侵食はケース11に比較するといく分助長されている。洪水流としては計画潮位T.P.+2.2 mに流量170 m³/sec（年超過確率1/20）を与えた。離岸堤の消波効果もあり、河道内の水位はT.P.+2.55 m以下となった。

(4) 流下能力

高知海岸の計画潮位には波による水位上昇は含まれていないために、波浪条件および潮位等が変化した場合に河道内の水位がどのようになるかを検討した。ケース13は潮位をT.P.+2.2 mとT.P.+0.85 m（朔望平均満潮位）、波浪条件を3種類、流量を0, 150 m³/sec, 200 m³/secとして放水路内の水位と波による水位上昇量の測定を行った。放水路内5地点における測定結果は表-6に示す通りであり、暴風時には0.5 m程度の波による水位上昇がある。

表-6 放水路内の水位分布

実験 ケース	実験条件				水位測定値					
	潮位 T.P.m	波高 m	周期 sec	流量 m ³ /sec	No.1 T.P.m	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
13-1	2.2	0	0	150	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1
2	"	3.0	9.0	0	2.1	2.6	2.6	2.6	2.1	2.0
3	"	5.3	11.3	"	1.9	2.5	2.4	2.4	2.2	2.2
4	"	5.1	15.0	"	2.0	2.5	2.4	2.4	2.3	2.1
5	"	5.1	"	"	2.2	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2
6	"	5.4	"	150	2.5	3.1	2.8	3.0	2.4	2.5
7	0.85	2.7	9.0	0	—	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8
8	"	5.7	11.3	"	—	1.3	1.1	1.1	0.9	1.1
9	"	5.4	15.0	"	—	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1
10	"	0	0	200	—	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9
11	"	4.6	15.0	"	—	1.5	1.3	1.3	0.7	1.2

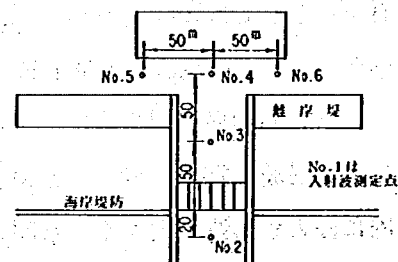


図-19 放水路周辺の海浜変形

水位測定点位置図

3. 現 地 へ の 適 用

放水路の吐口維持のために暗きょ案と導流堤と離岸堤を組合せた案について検討を行ってきた。暗きょ案に関しては吐口が沿岸方向を向いて設けられているが、回折波によって暗きょ内に砂が侵入し、砂の堆積が生じた。暗きょ先端の消波工を沿岸方向に延長しT字型とすると侵入波は減少し暗きょ内の土砂の堆積は少ない。しかし洪水が流出する場合には沿岸方向に流れやすくなり、吐口前面および既存の離岸堤前面で深い洗掘が生じる。これらの影響を防ぐために5種類の案について検討を行ったが満足できる結果が得られなかった。

導流堤と離岸堤を組合せた案は、すでに沿岸方向の漂砂は海岸侵食対策のための離岸堤でかなりの程度阻止されており、沖から岸に向う漂砂を防止すれば放水路の吐口の維持ができるのではないかと考えられたものである。放水路幅50mの倍の長さを持つ離岸堤を放水路前面に設置して波の侵入を防止すると、放水路先端付近の水深が深いことと相まって堆積はほとんど生じない。また沿岸漂砂も少ないために吐口での堆積や隣接海岸への影響は少なかった。洪水流による洗掘に関しては流下断面積が暗きょの場合に比較して大きくなっており、洗掘も護床ブロック等で防止できる程度であった。以上の結果から導流堤案が適当であると考えられる。

模型実験の結果は相似率の関係もあってそのまま現地に適用することはできない。次に現地へ適用する際の問題点について考えてみる。まず波浪の変形、流況についてはフルードの相似則が成立していると考えられ、実験の結果をそのまま適用してもほぼよいと考えられる。問題となる点は離岸堤の消波効果や粗度が実物と模型で一致していないことであるが、それらの影響は少ないと考えられる。

波浪の変形については相似性の他に実際の海の波が不規則であるにもかかわらず模型実験は規則波で行っていることである。波高や波向が不規則にある分布を持って変動する場合には規則波に比較して波高の場所的な変化が少なくなる。しかしうちあげ高などは規則波を用い最悪条件で検討を行っておけばよいと考えられる。

暗きょ内の堆積状況については、多量に堆積する場合は波のうちあげ程度まで堆積していることから実際にもほぼ同様な結果となると考えられる。しかし堆積量が少ない場合には模型では浮遊形式の移動が生じにくいために十分再現されているとはいえない。導流堤方式の場合には波高が小さくなるために導流堤内では碎波が生ぜず、また波による移動限界水深よりも深いために砂移動が模型では生じていない。しかし実物では砂が移動しやすいためにある程度の地形変化は生じるであろう。特に浮遊形式によって移動している砂が静穏域に堆積する可能性はある。この量は碎波帯での移動量に比較すると少ないと考えられ徐々に浅くなる傾向を示そう。これに対しては掘削等によって対処するのがよいであろう。

洪水流による洗掘の問題については上流から土砂の供給がないために暗きょの吐口では常に生じると考えられるが、実験値と同じ程度のものとなるかは洪水の継続時間も関係し明確にその量を推定することは困難である。砂の移動量公式などから模型実験における時間が実物の何時間に対応するかは一応の推定はできるが信頼性に欠けるために一応の目安としかならない。導流堤案では洗掘量も少ないために洪水の頻度

等を考えれば護床工等を設けておけばあまり問題にならないと考えられる。

模型実験は放水路を建設する場合のすべての問題点について検討したわけではなく、残された問題もまだ考えられる。一般に河口閉塞の防止として河口を開けると波浪や高潮の侵入や塩水のそ上が問題となる。後川放水路の場合も導流堤案を採用すると現在よりも岸側に水路が出来るために地下水が塩水化しやすく、また河道内にも塩水がそ上する。この防止法として矢板等による止水壁を設けたり、潮止ぜきや水門を設ける必要がある。

河道内には高潮や波浪の侵入も予想され、これについての対応も考えておく必要がある。水門によって高潮や波浪のそ上を防ぐことも出来るが洪水と高潮が同時に発生する可能性もあり、その場合には堤防高を十分高くして浸水を防止することも考えておく必要がある。なお水門を設ける場合には波力や周辺のうちあげ高についても検討を行なわなければならない。

ま と め

物部川の右支川である後川の改修の一環として海岸砂丘を横断して洪水を直接太平洋に流出させるための後川放水路が計画されているが、放水路の吐口の維持、放水路構造物の波浪や洪水流に対する安定性、隣接海岸への影響、洪水の流下能力等について水理模型実験によって検討を行った。吐口の閉塞を防止する工法として暗きょ案と導流堤と離岸堤を組合せた案について検討した。暗きょ案については暗きょ内の砂の堆積を防止するように構造物を配置すれば洪水による洗掘が大きく、逆に洪水の洗掘を少なくすれば吐口の堆積が生じ、適当な工法が見出せなかった。

導流堤案については放水路前面に離岸堤を設けて波の侵入を防いだために砂の堆積はほとんどなく、また洪水による洗掘も暗きょに比較して流下断面積を大きくとれるために護床工等による対策を行えばあまり問題はないと考えられる。隣接海岸に対する海浜変形の影響については海岸侵食対策のために離岸堤が設けられているために沿岸漂砂が少なくなっており、放水路前面離岸堤の建設による堆積・侵食は大きくない。

模型実験の結果を実際に適用するに際しては、相似則が明確でないために放水路吐口での堆積や洗掘など定量的な評価のむずかしい項目もあるが定性的には実験と実際の現象は相似であると考えられる。なお導流堤の計画に際しては実験では検討を行っていない塩水の侵入等についても検討する必要がある。

最後に解析を行うに際して資料の提供を受けた高知県土木部河川課および南国土木事務所の各位に感謝の意を表します。また実験およびその解析に際しては高知県南国土木事務所山下哲生氏の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

後川放水路調査報告書

ISSN 0386 - 5878

土研資料 第1766号

昭和57年2月(1982年)

橋 本 宏

キーワード 河口処理, 暗きょ, 導流堤, 水理模型実験

要 旨 高知県後川放水路の河口処理について検討を行うために縮尺1/50の移動床水理模型実験によって暗きょ案と離岸堤と導流堤を組合せた案について検討を行った。その結果, 河口堆積や周辺の洗掘の少ない導流堤案がよいという結果が得られた。



郵便はがき

40円切手
をはいて
下さい

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
海岸研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 1766 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

