

### 5-2-3 代 表 波

ワンラインモデルを用いて過去に実際に起った汀線変化を最もよく再現するような一定の波のことを代表波と呼ぶことにする。換言すれば、代表波とは漂砂効果について重みをつけた平均の波ということになる。高い波は大きな効果をもつわけであるが、漂砂を取り扱う理論らしきものもないのでこの平均を行う標準的方法は確立されていない。しかし、この代表波は前節の表 5-2-2-1で得られた波の範囲から著しく外れてはいない筈である。

一方2つの異なる時点での汀線を比較することにより、その間に累積された沿岸漂砂量を算出することができる。但し長期の汀線変化は沿岸漂砂による（岸沖漂砂は関与しない）という仮定を設けた上での議論である。ワンラインモデルではこの沿岸漂砂量と汀線前面で碎波する波のエネルギー流束が経験式により関係づけられている。それゆえに、いくつかの候補となる波をワンラインモデルの中で用いて、これによる汀線変化を各々計算し、このうち最も実測の汀線変化をよく再現している波を代表波として選ぶことになる。ワンラインモデルの中で使われるその他のパラメータも同時に決定する。

ここで次のことに注意されたい。即ち、ある期間の汀線の変化をその始点と終点だけの2つのデータと1つだけ持っていたとき、これから上で定義したような代表波を完全に決定することはできないのである。例えばある海岸が安定でなく変化しているときその汀線は一般に波の入射方向に直角になるように傾いてゆくといういわゆる「飽和現象」の性質を持つわけであるが、2つの時間におけるデータだけからはこの過程の特性時定数即ち、いかに速くこの過程が進むかを知ることはできない。

以下に、クタ、ヌサドゥア、サヌールの3海岸各々について決定された代表波を示し、それらが実測された汀線変化を再現している様子とその関連事項について述べる。

入射波は一般に、リーフエッジと汀線付近で二度碎波する。リーフエッジには砂がないので、汀線付近の碎波が漂砂に影響する。それゆえ以下の各節では、「碎波」とは汀線付近での碎波を意味するものとする。

#### (1) ク タ

図 5-2-3-1はクタ・ビーチ付近の深淺図である。空港滑走路から2 kmばかり北側にわたって幅の広いサンゴ礁が発達している。図 5-2-3-2, 3は図の上方-90°(西)から周期8秒、波高1.1 mの波が入射するときの波の進行方向と波高分布を各々示したものである。この1.1 mの波高は5-2-2節で計算された結果をエネルギー平均したもので減衰は考慮していない。x軸は南北方向を表しこの付近でほぼ汀線に平行になっている。波はリーフエッジで強く屈折し、等深線及び汀線に垂直に近づく傾向にある。ここに示した波に少し修正を施したものをクタ・ビーチの代表波とした。波の方向は5-2-2節で得られたものより大きな角度(西よ

り) になっている。実際の波は不規則波であり、汀線はこの複雑な海象下で変形を続けている。ゆえに代表波は必ずしも単一の調和振動波ではないことに再度留意されたい。

シミュレーションで再現した期間は1978年8月から1988年5月までである。図5-2-3-4では1987年8月の予測された初期汀線と、1988年5月の最終汀線の実測結果とシミュレーションにより計算された結果の3つが示されている。図中縦軸に平行な線分は防砂堤を斜めの線分は離岸堤を表わしている。1988年5月の計算結果は実測結果を十分よく再現している。図5-2-3-5では汀線に立てた法線の方法(□)と碎波時の波高(実線)を汀線に沿って比べている。両者とも1988年5月のもので、角度はy軸から左へ測ったものである。正の角度は西から南へ測ったものであり、負の角度は北へ測ったものである。もし汀線方向を示す曲線が波の方向を示す曲線より上にあれば、その汀線付近では1988年5月の時点で沿岸漂砂の方向は右から左(北から南)である。もし2つの曲線がよく一致していれば汀線は安定である。こうしてみるとクタ・ビーチは $x = 1,100$ 付近で $2,100 < x < 2,500$ の部分を除いて1988年5月現在ほぼ安定している。図5-2-3-6には碎波々高を汀線に沿って示してあり、防砂堤等の構造物付近以外はほぼ一定で1.0 m程度である。図5-2-3-7には、上記10年間の総漂砂量を汀線に沿って示している。正の符号は左から右(南から北)の方向を表わす。図中 $x = 1,000$ より左(南)側では北から南へ、右(北)側ではほぼ北側へ砂が動いていたことが分る。その結果 $x = 1,000$ 付近(ブルタミナコテージの北側)が強く侵食されたものである。

サンゴ礁のやせた領域( $1,600 < x < 2,500$ )では或る程度の砂が沖方向へ流失したことが推測されている。しかしこれらの資料は未だ不十分であり、シミュレーションの中に定量的に反映させることはできない。そこで岸沖方向の漂砂はないと仮定し、砂の移動は沿岸方向のみとした。将来、沖方向への砂の流失量の資料を得てモデルを改良する余地がある。沿岸漂砂量を計算する上での数学的境界条件は、滑走路( $x = 0$ )で漂砂量 $Q = 0$ 、右端( $x = 2,500$ )で汀線は左隣と同じ割合で変化する( $\partial^2 Q / \partial x^2 = 0$ )とした。

## (2) ヌサドゥア

ヌサドゥア・ビーチの深浅図が図5-2-3-8である。広いサンゴ礁の中に深い海谷が一つありそれを囲むようにU字形の離岸堤がある。南東(45°)から波高1.4 m、周期8秒の波が入射したときの波の進行方向と波高分布を図5-2-3-9と10に各々示す。波高1.4 mはやはりうねりの計算結果のエネルギー平均である。海谷に入った波は屈折により両側へ広がってゆくことが分る。ここに示された波を微修正したものを代表波とした。

再現期間は1983年1月から1988年5月の5年余である。図5-2-3-11には実測の

初期汀線と実測及び計算された最終汀線が示されており、 $x < 500$ を除き実測結果が計算によりよく再現されている。 $x < 500$ では汀線と $x$ 軸の方向が開きすぎているのが、再現の悪い原因の一つと考えられるがいずれにしてもこの領域は余り重要ではないのでこれ以上の改良は考えない。

1986年2月から1988年1月にかけての102,000 $m^2$ の養浜のおかげで汀線は全般に前進している。図5-2-3-12には1988年5月の汀線の方向と碎波する波の方向が示されており、この時点で汀線は $x < 500$ を除いてほぼ安定になっている。図5-2-3-13には碎波々高が示されている。クタに比べて水深が約半分であるので碎波々高も約半分である。図5-2-3-14には総沿岸漂砂量が示されている。一年あたりの漂砂量はクタに比べて1ケタ小さいことが分る。岸沖漂砂量はここでも考慮されていない。境界条件は左端( $x = 0$ )で汀線が安定( $\partial Q / \partial x = 0$ )、島のある右端( $x = 2,000$ )で漂砂量なし( $Q = 0$ )とした。

### (3) サヌール

図5-2-3-15は、 $x = 2,000$ と6,500付近に海谷をもつサヌール・ビーチの深浅図である。南東( $45^\circ$ )から波高1.2m周期10秒の波が入射したときの進行方向を図5-2-3-16に、波高分布を図5-2-3-17に示す。波高1.2mはやはり平均値である。この波を微修正したものを代表波とした。

再現期間は1978年3月から1988年5月である。サヌール海岸では対象汀線が長く且つ弯曲しているので、これを2つの領域A、Bに分割し、それぞれ別の座標を設定した(図5-2-3-18)。図5-2-3-19(a)、(b)にはA、B領域各々の初期及び最終の汀線を示した。実測汀線は計算により再現されている。図5-2-3-20(a)、(b)には1988年5月の碎波々向と汀線の方向が示されている。この時点で海岸は全般に安定であるといえよう。図5-2-3-21(a)、(b)では碎波々高を示しており、ヌサドゥアと同程度でクタの半分くらいである。総沿岸漂砂量は図5-2-3-22(a)、(b)に示されており、クタに比べて1ケタ小さい値になっている。境界条件はA領域の北端(Aの $x = 0$ )で汀線の変化割合がその南隣と同じ( $\partial^2 Q / \partial x^2 = 0$ )、B領域の南端(Bの $x = 1,700$ )で漂砂量なし( $\partial Q / \partial x = 0$ )とした。

B領域の $x < 12,000$ では観測された汀線変化を反映して $x = 400$ の防砂堤の南側に砂がたまっているという観測された汀線変化を反映して砂は全体として南から北へ動いたことになっている。しかし1988年2月に現地調査がなされたときには砂が逆方向に動いていたことが観測されており、上記観測結果は季節的変動をひろった結果かも知れない。

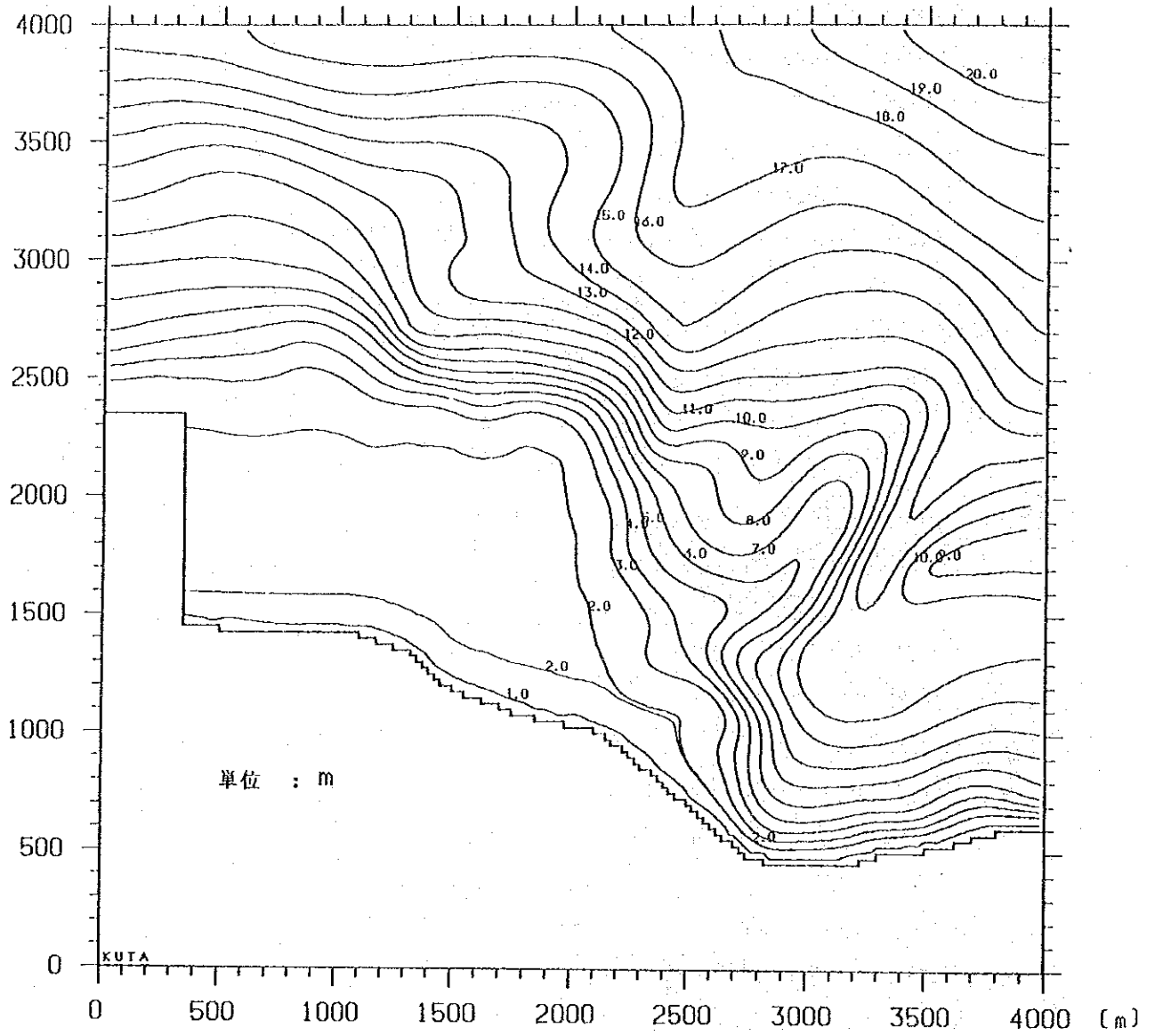
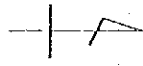


図 5-2-3-1 深浅図 (クタ)

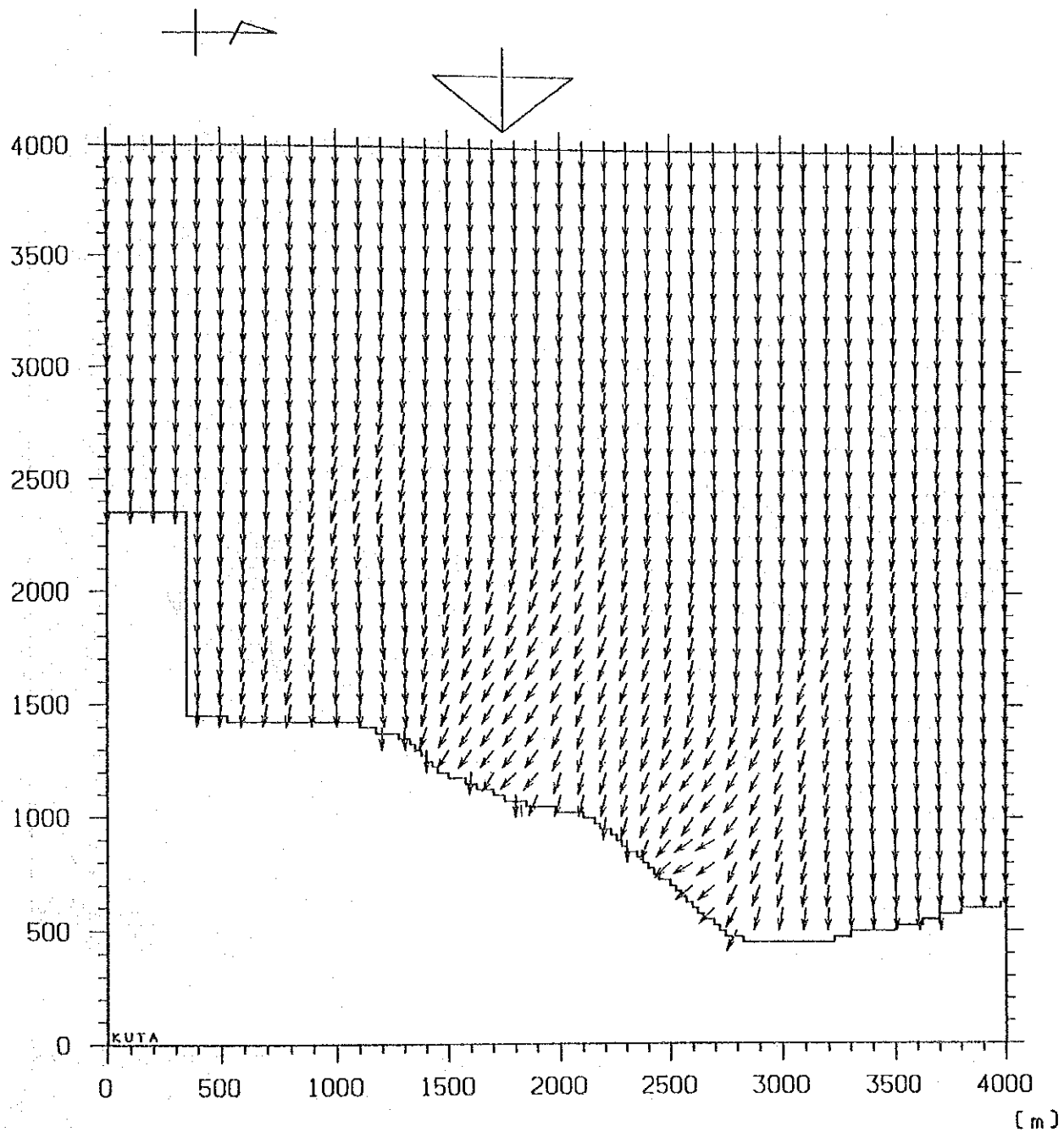


図 5-2-3-2 波向線図 (クタ)

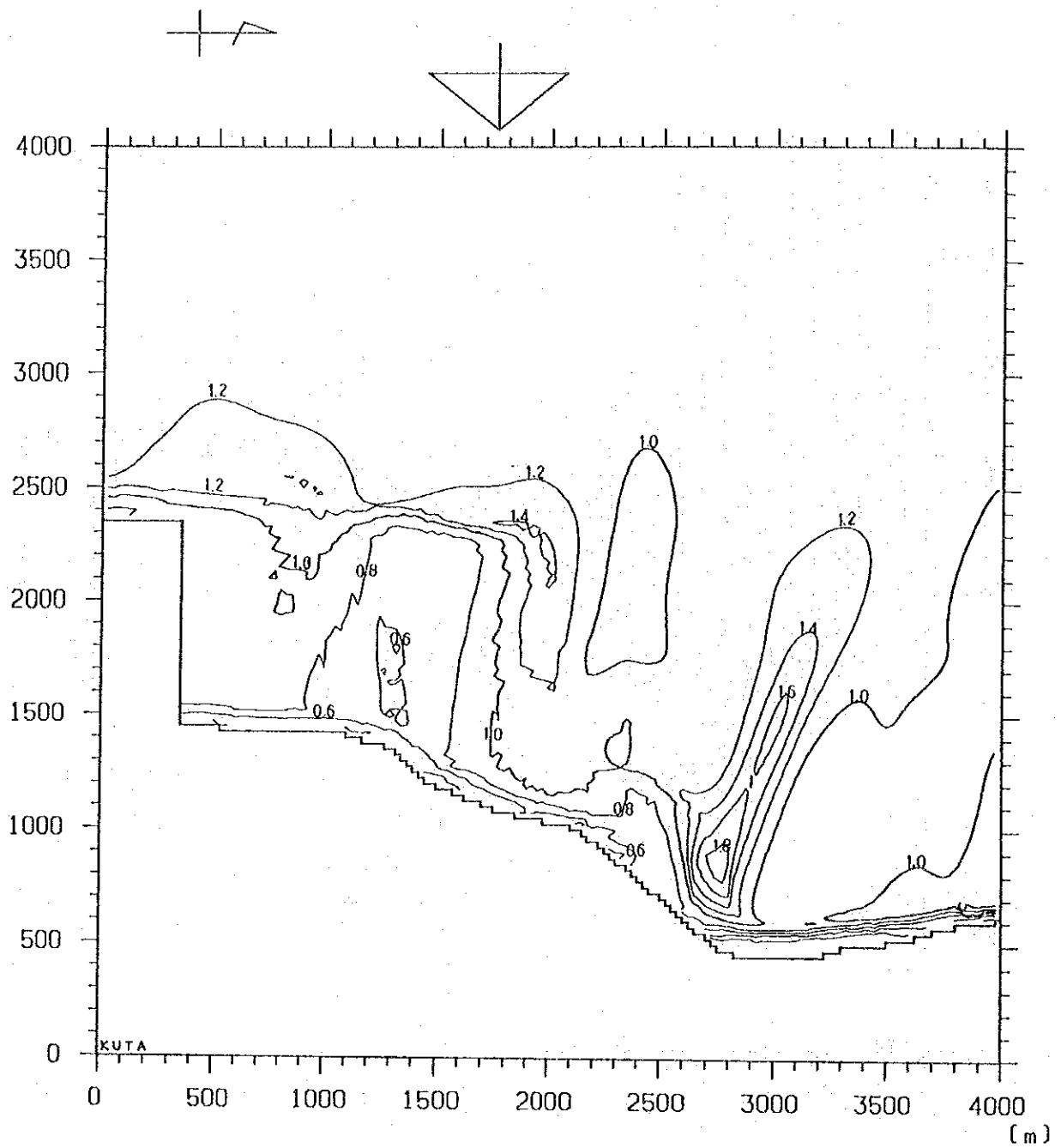


図 5-2-3-3 波高分布 (クタ)

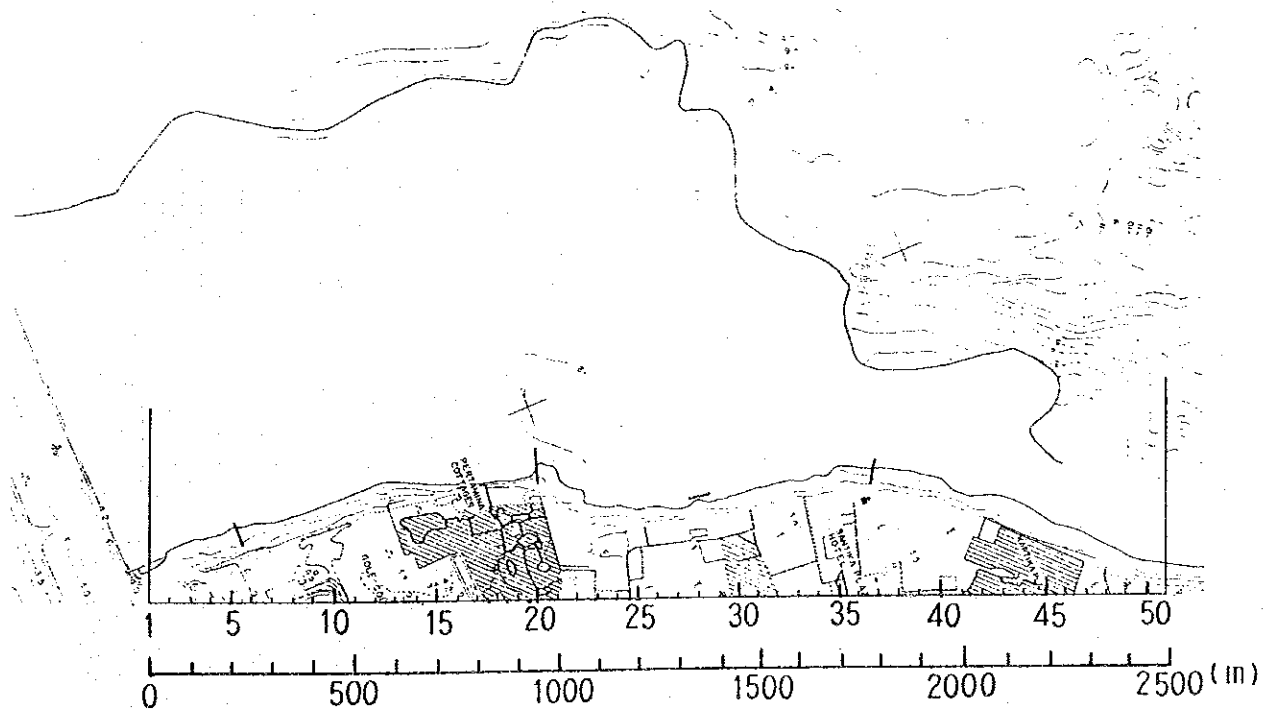
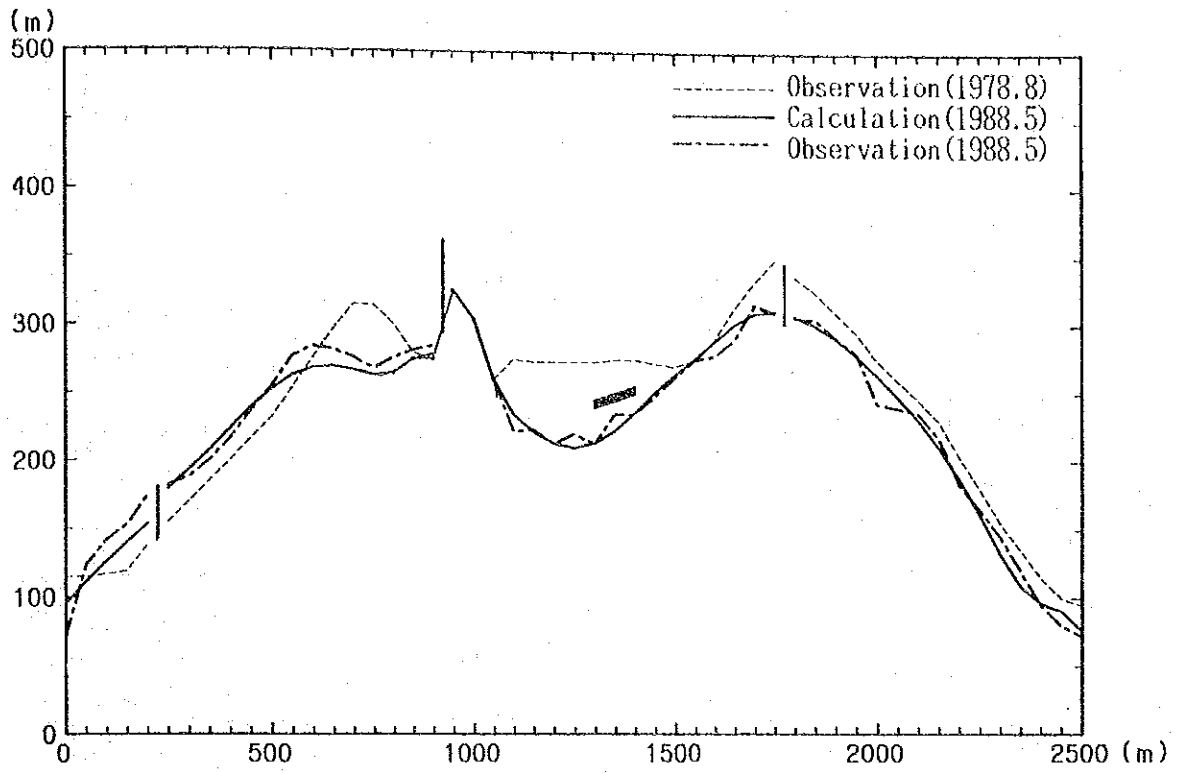


図 5-2-3-4 汀線変化の再現計算結果 (クタ)

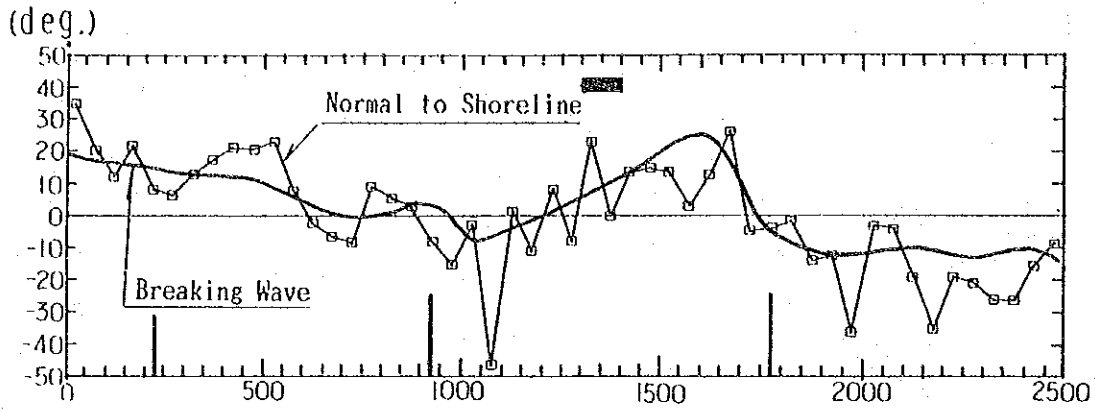


図 5-2-3-5 汀線の方角と砕波波向の比較 (クタ)

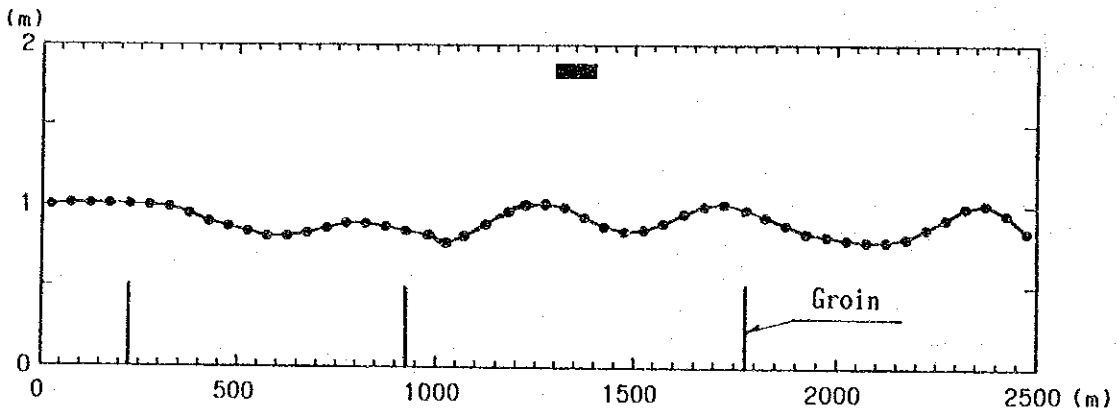


図 5-2-3-6 砕波高 (クタ)

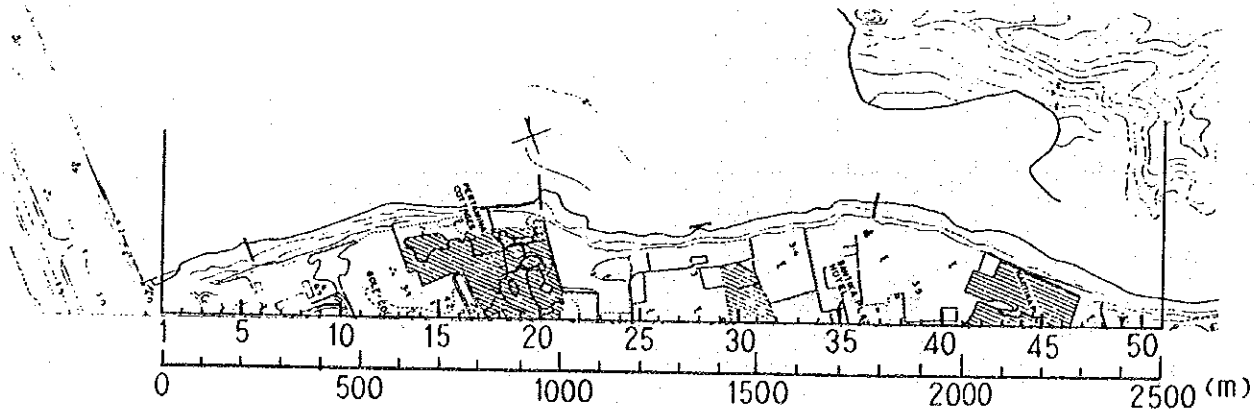
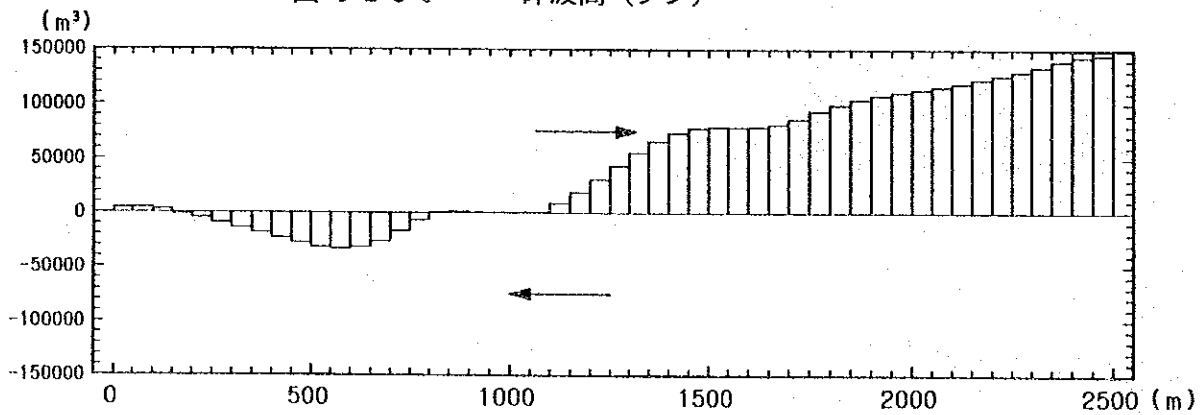


図 5-2-3-7 総沿岸漂砂量 (クタ)



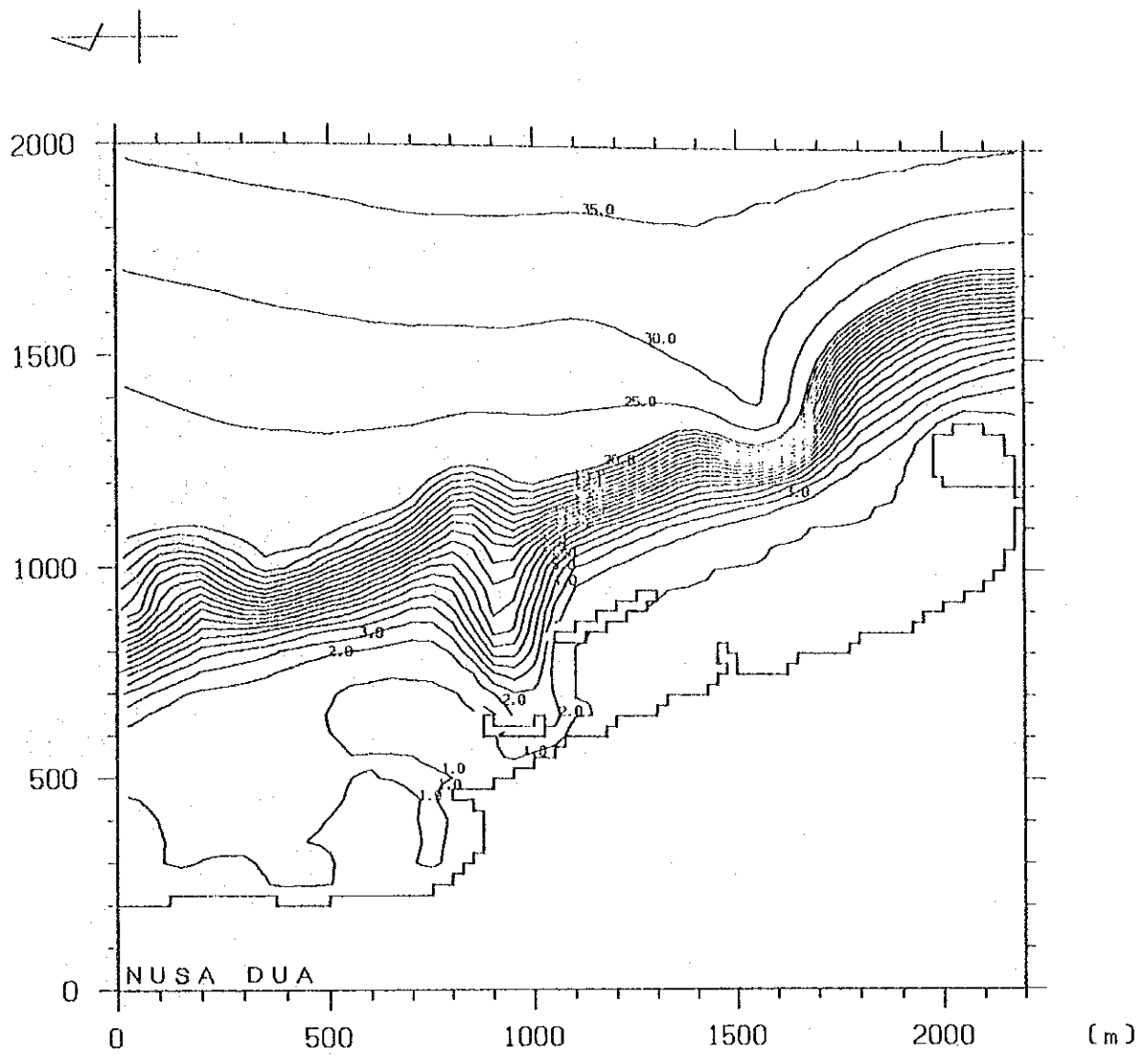


図 5-2-3-8 深浅図 (ヌサドゥア)

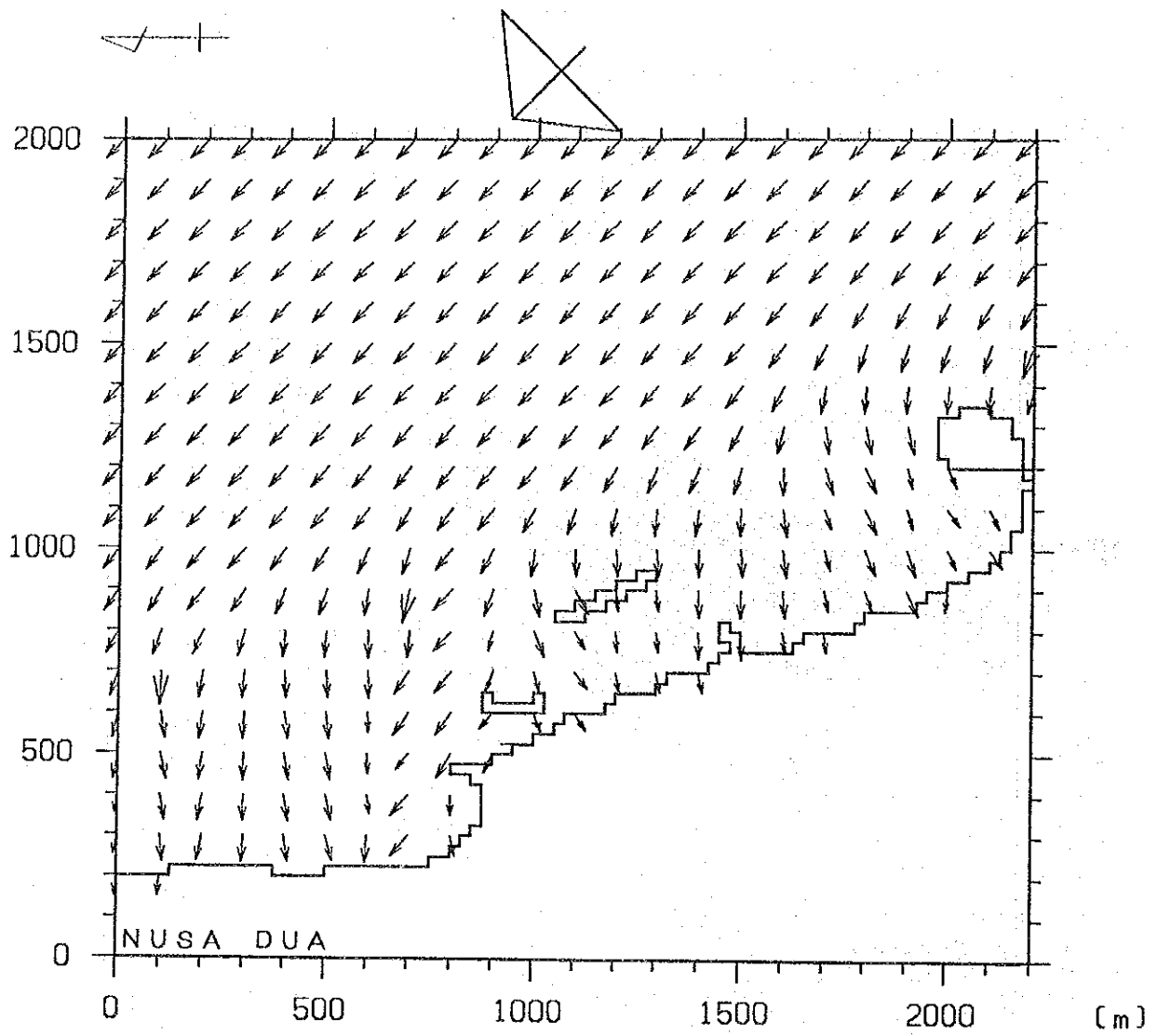


図 5-2-3-9 波向線図 (ヌサドゥア)

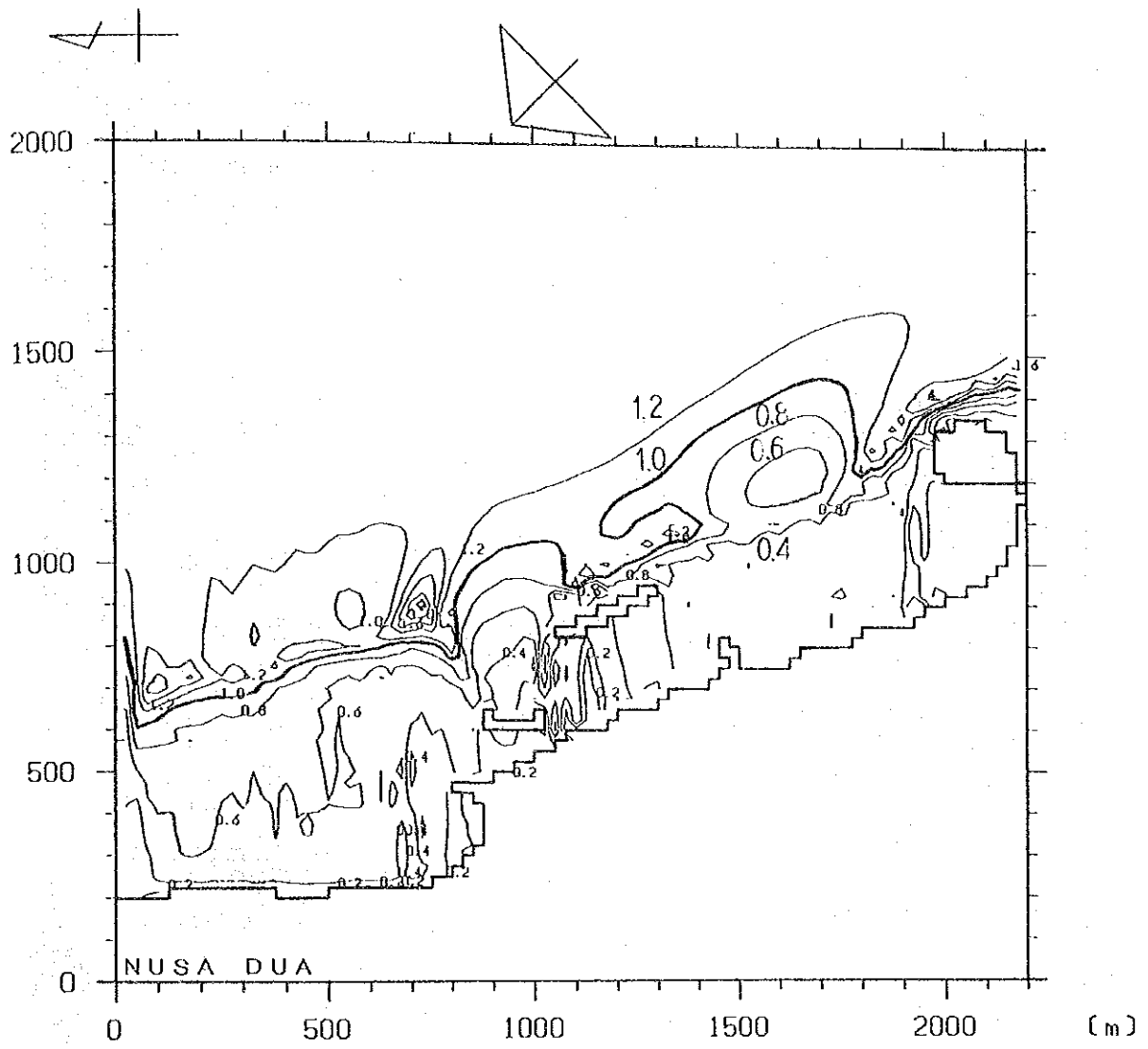


図 5-2-3-10 波高分布 (ヌサドゥア)

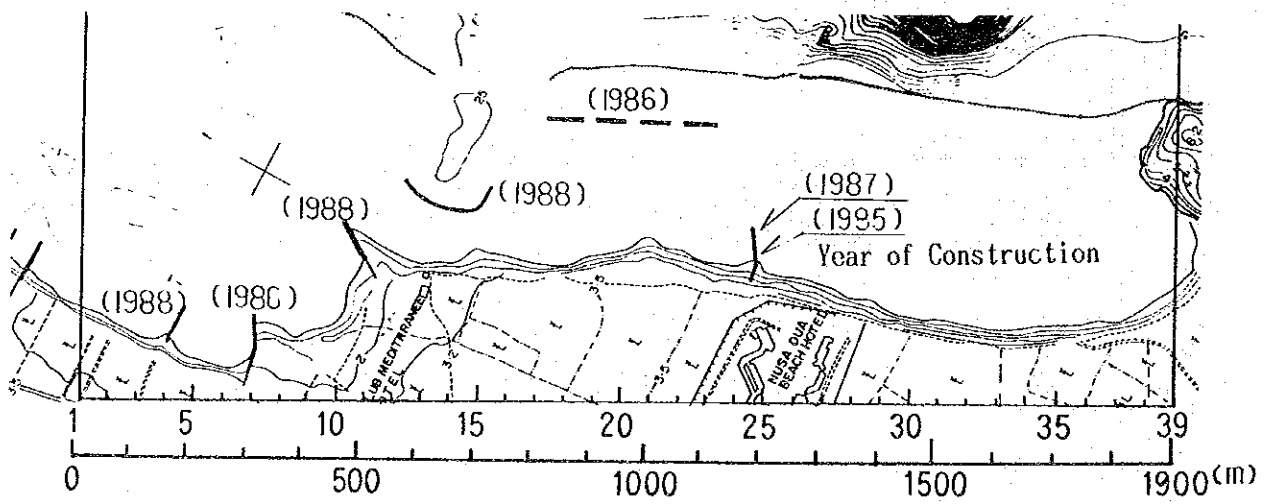
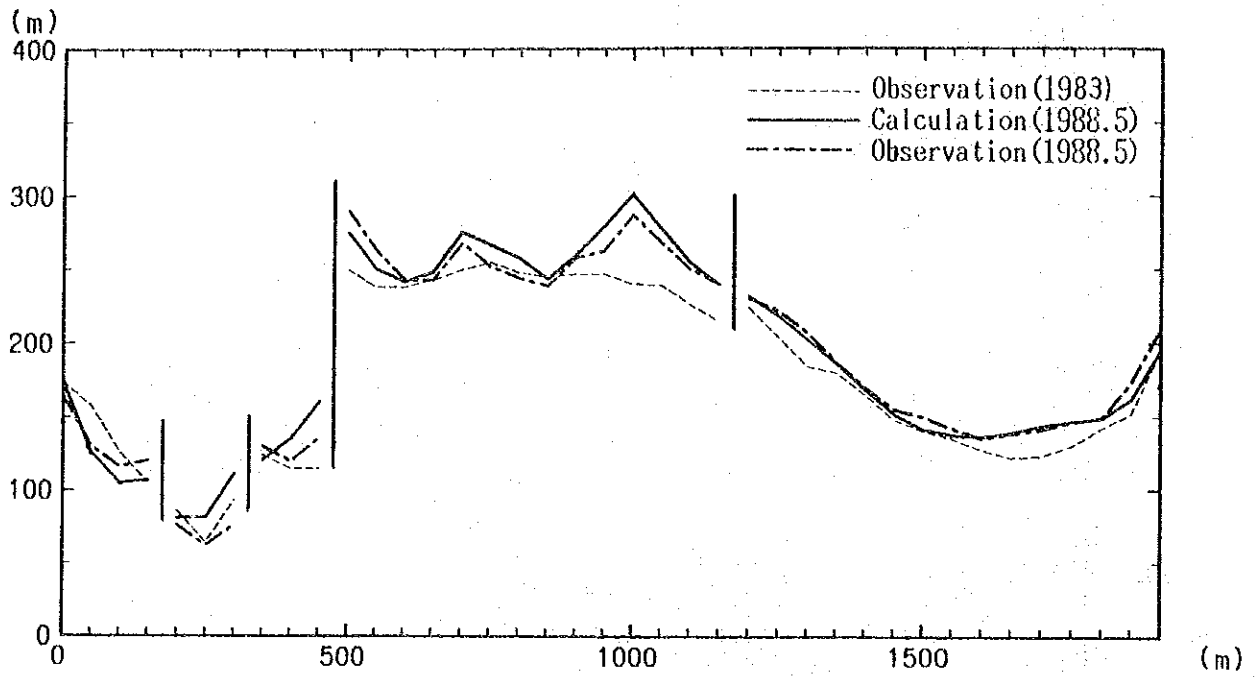


図 5-2-3-11 汀線変化の再現計算結果 (ヌサドゥア)

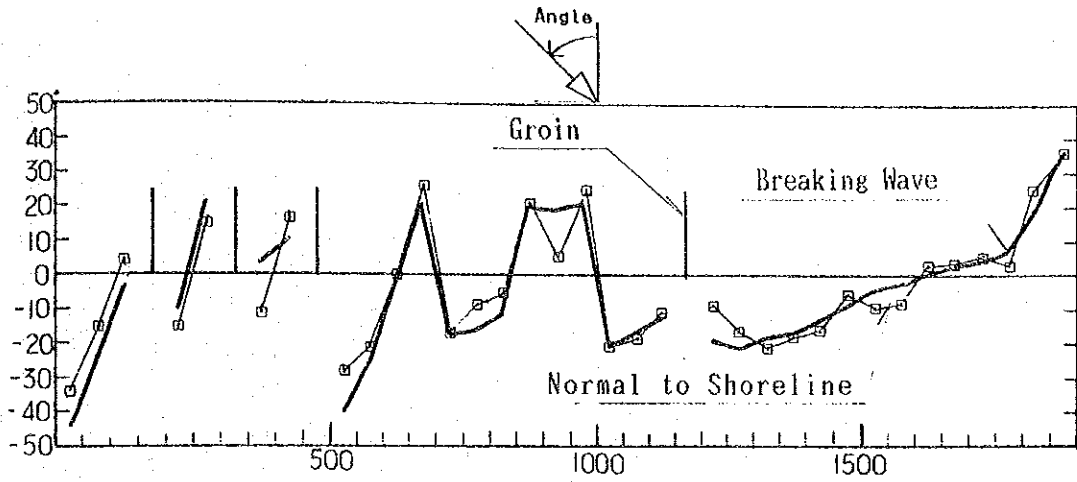


図 5-2-3-12 汀線の方角角と碎波波向の比較 (ヌサドゥア)

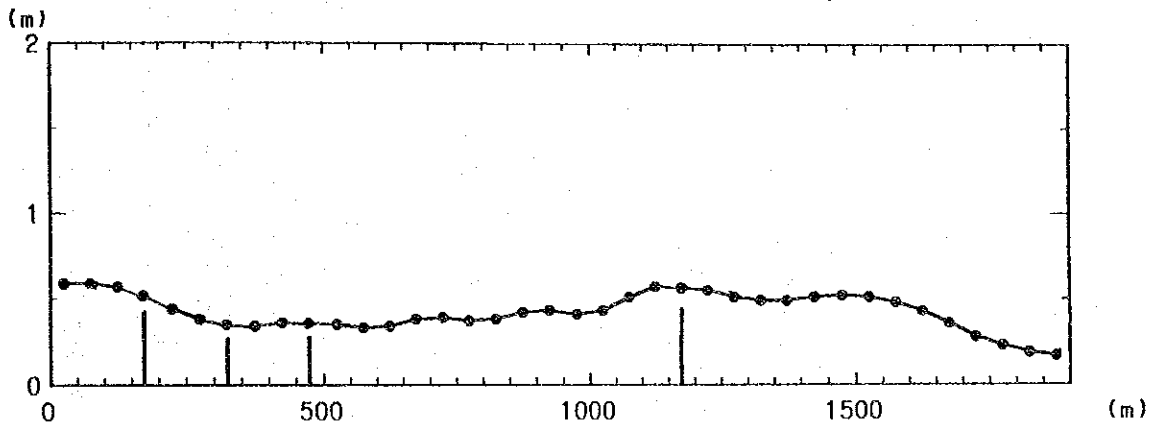


図 5-2-3-13 碎波高 (ヌサドゥア)

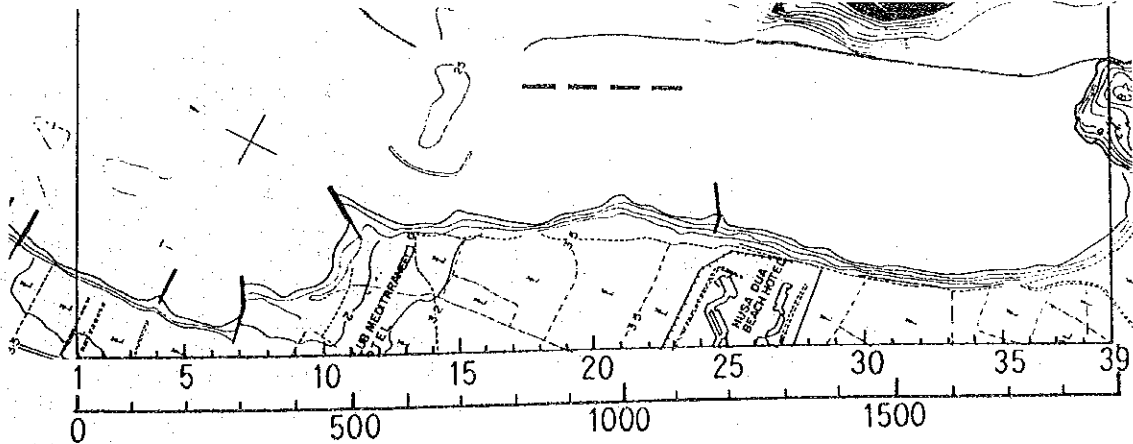
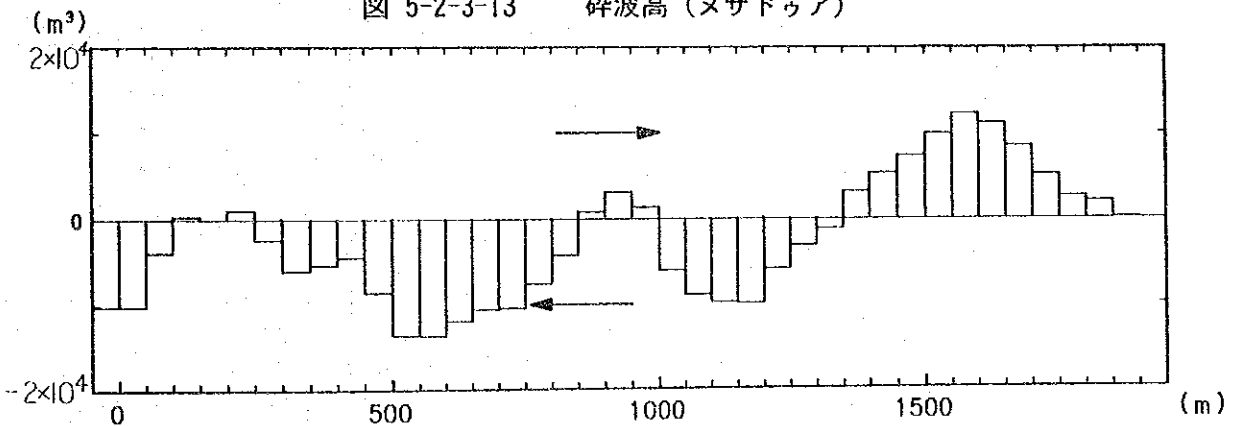


図 5-2-3-14 総沿岸漂砂量 (ヌサドゥア)

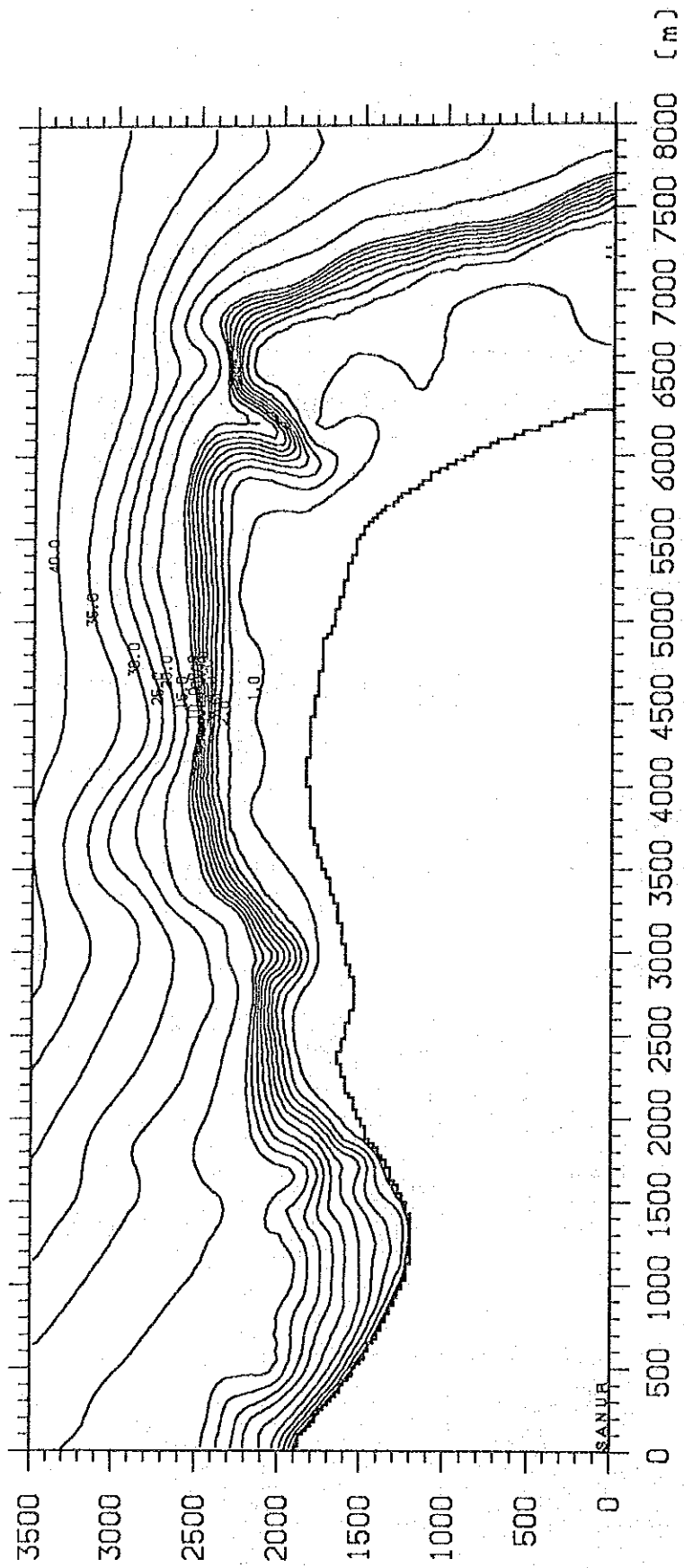


図 5-2-3-15 深淺図 (サヌール)

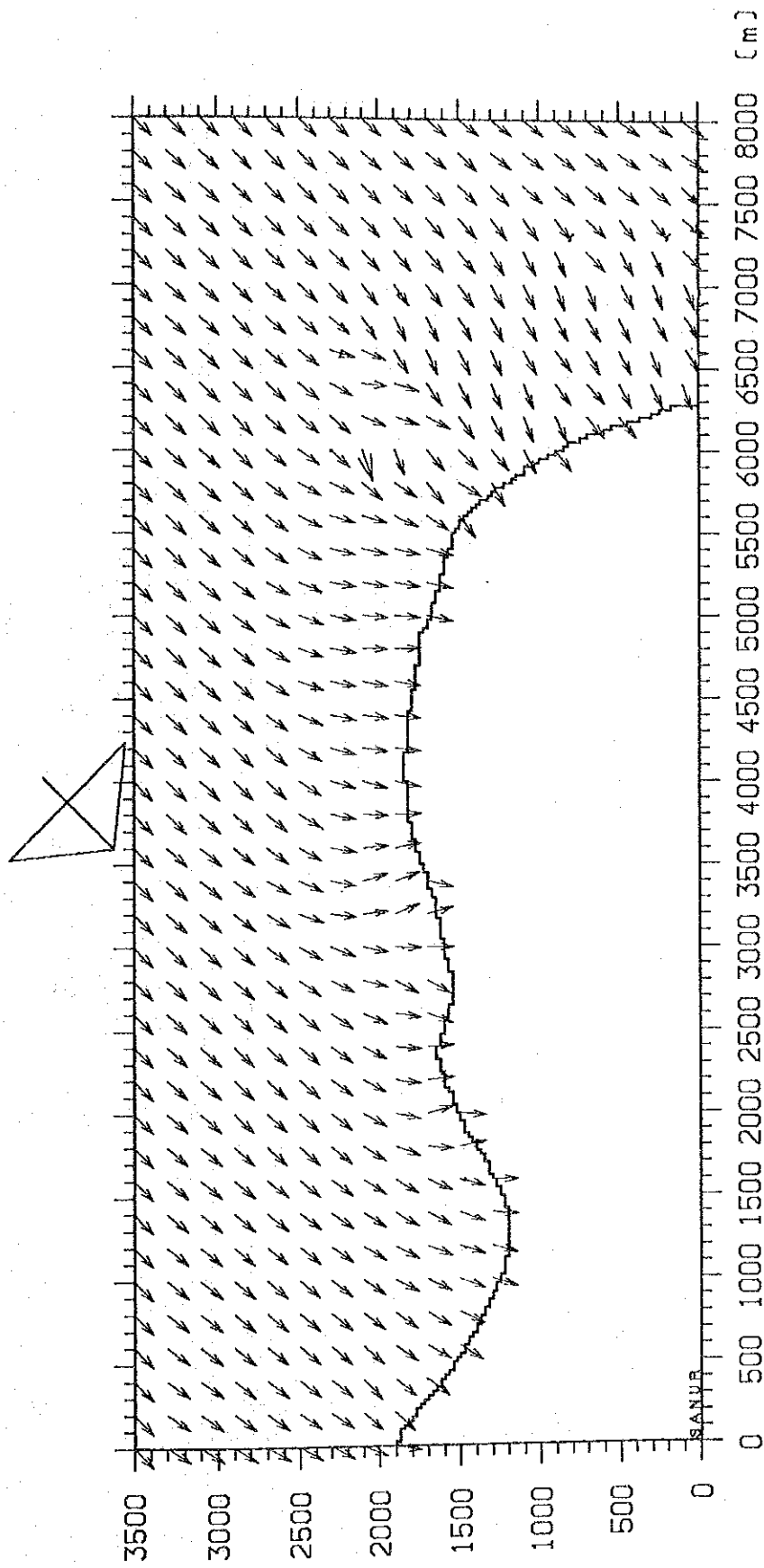


図 5-2-3-16 波向線図 (サヌール)

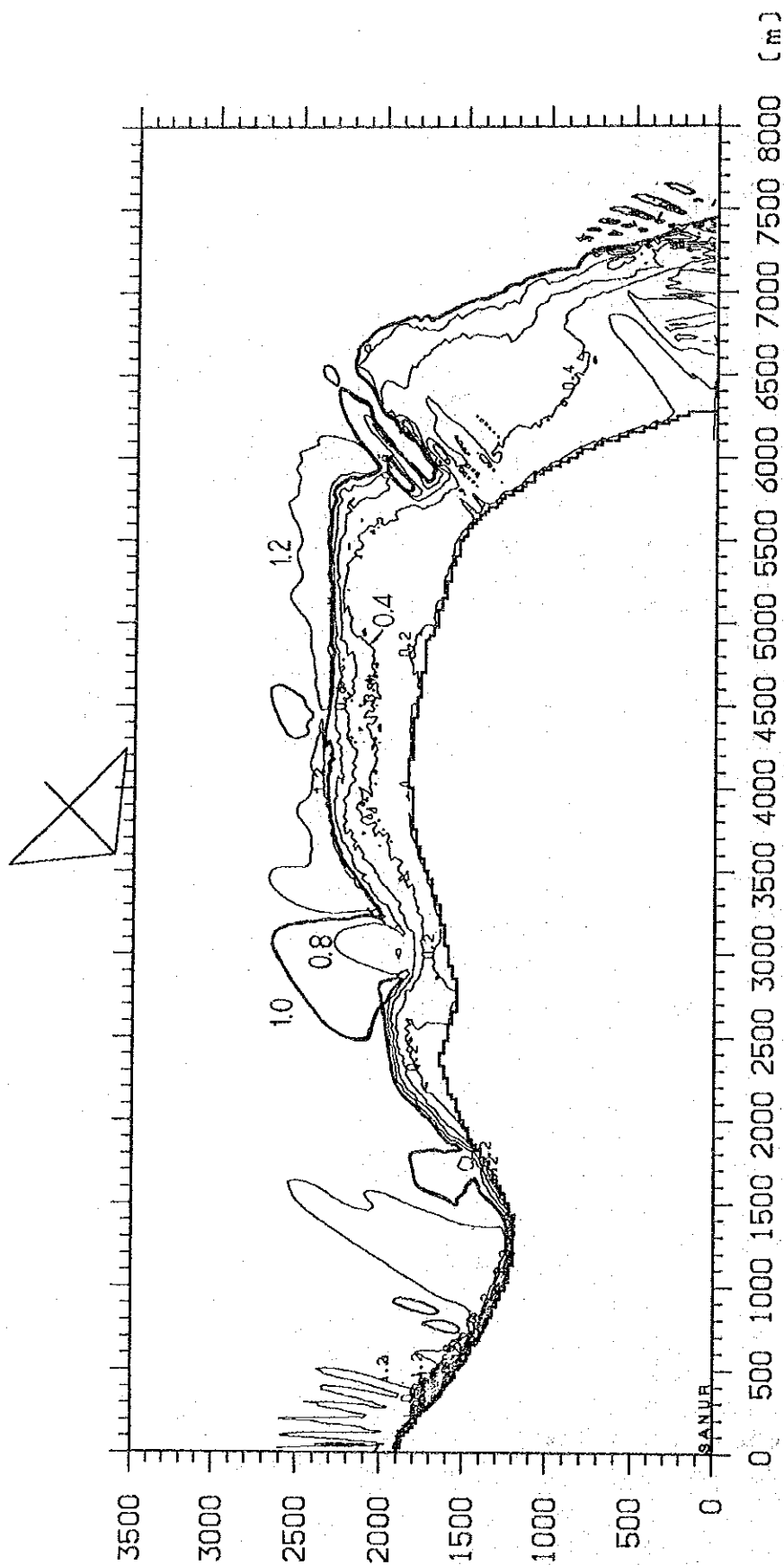


图 5-2-3-17 波高分布 (サヌール)



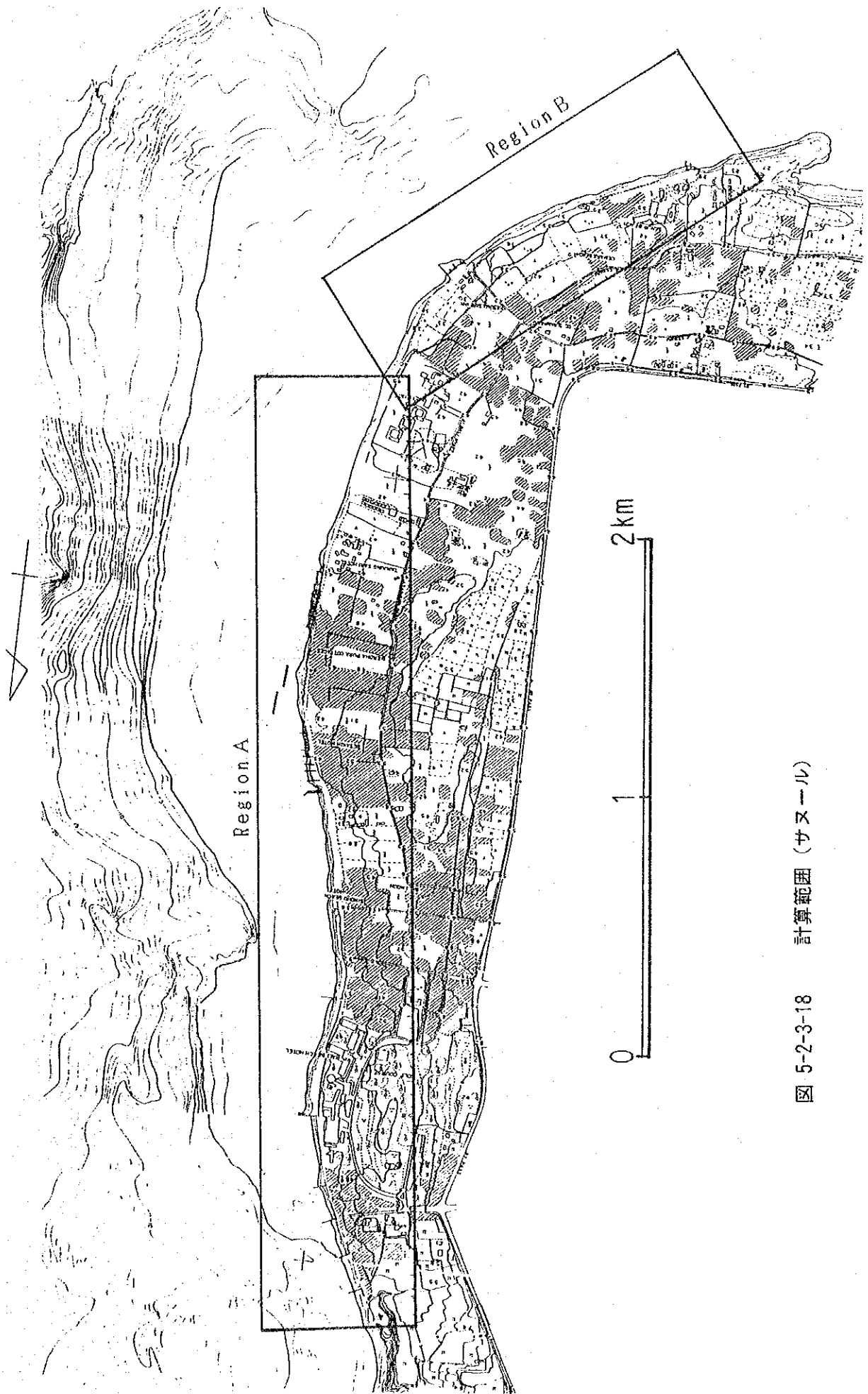


図 5-2-3-18 計算範囲 (サヌール)

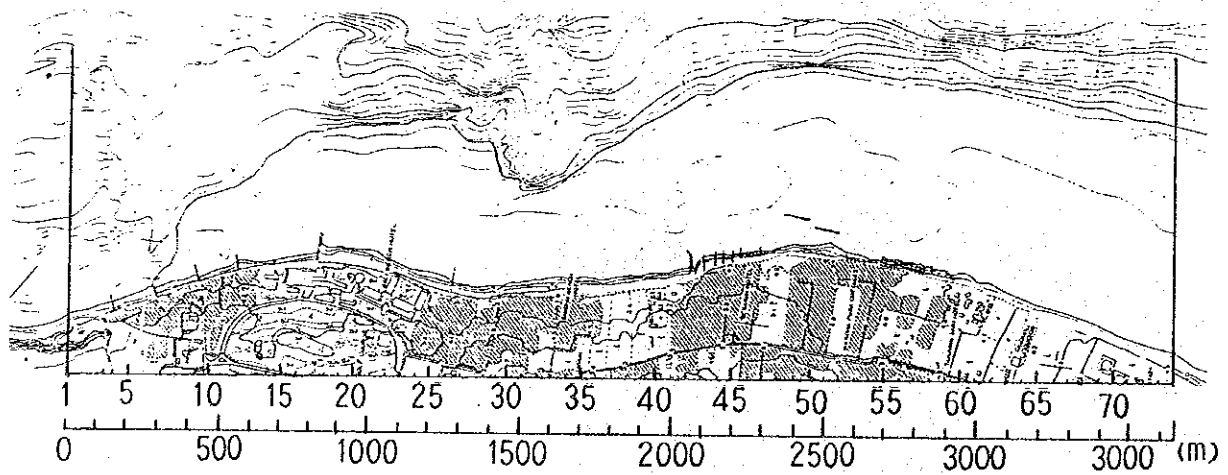
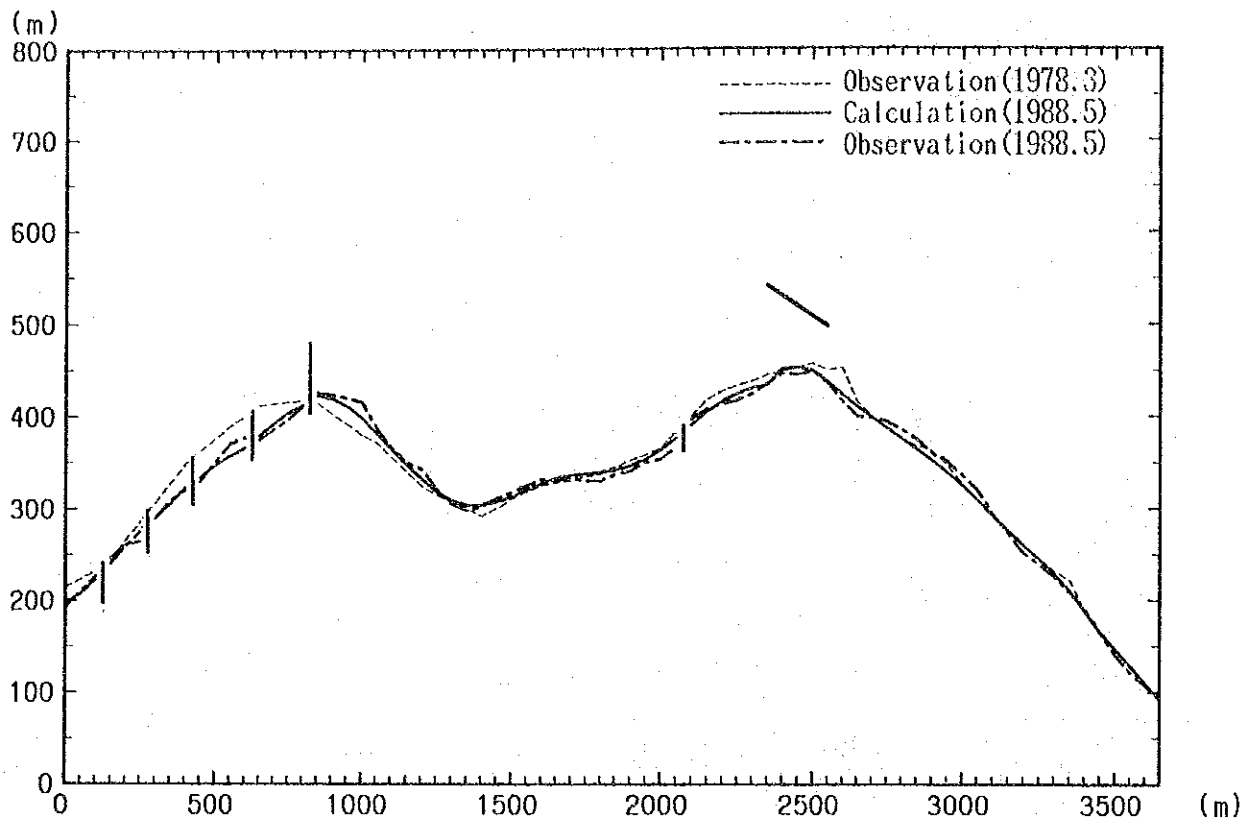


図 5-2-3-19(a) 汀線変化の再現計算結果 (サンプルA)

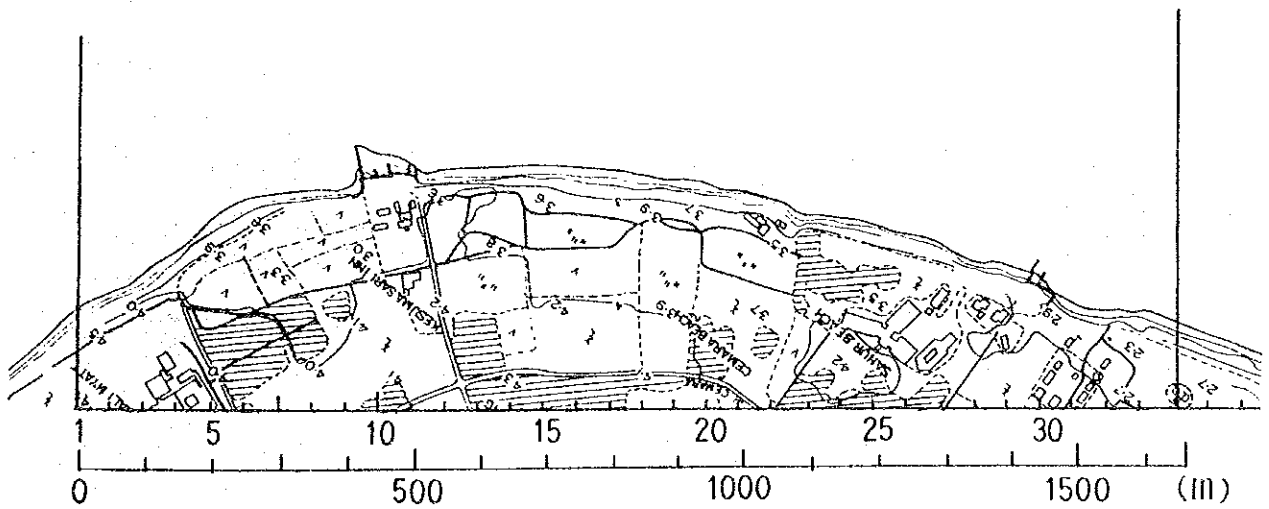
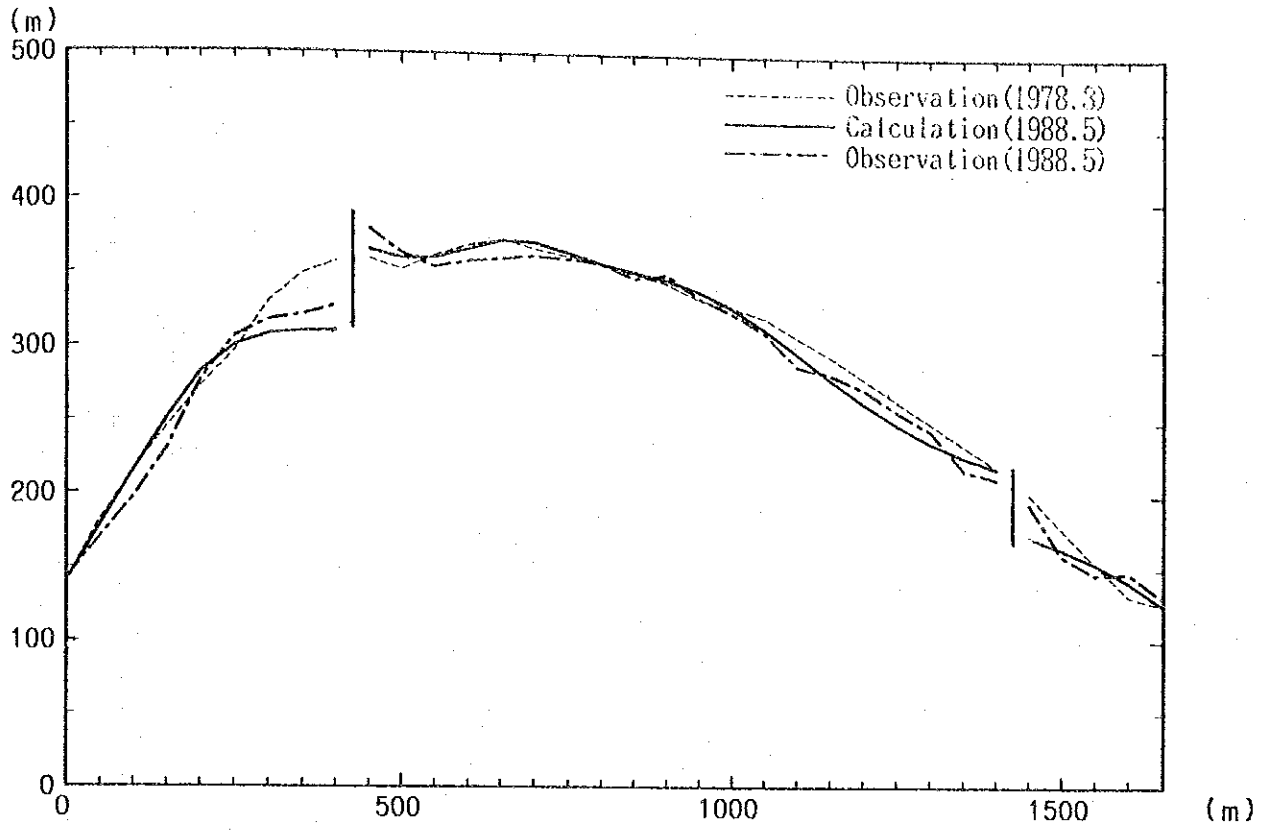


図 5-2-3-19(b) 汀線変化の再現計算結果 (サンプルB)

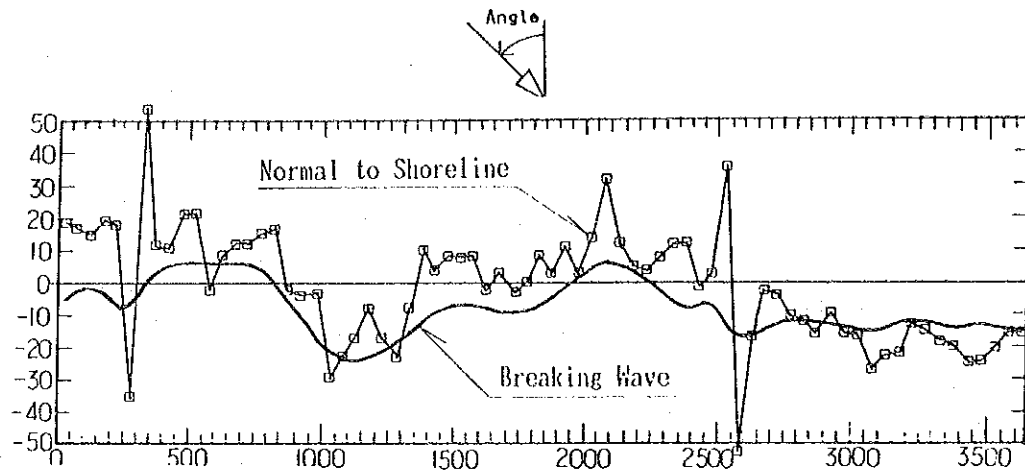


図 5-2-3-20(a) 汀線の方角と砕波波向の比較 (サヌールA)

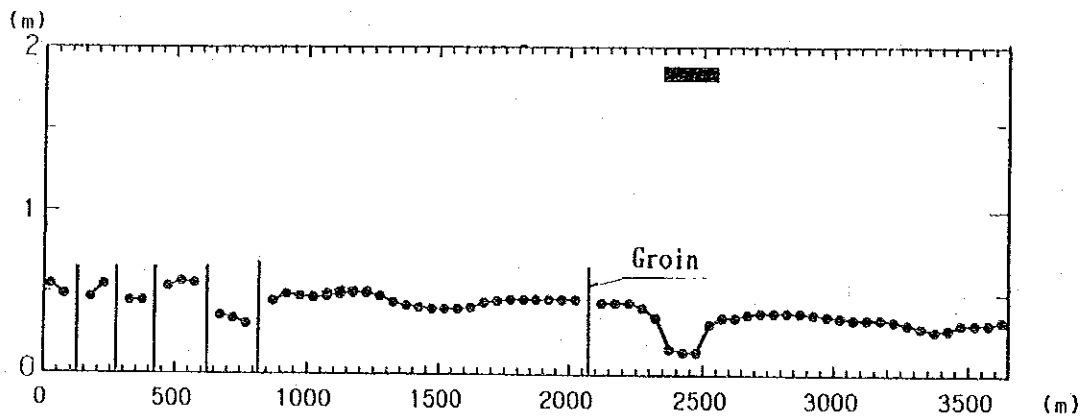


図 5-2-3-21(a) 砕波高 (サヌールA)

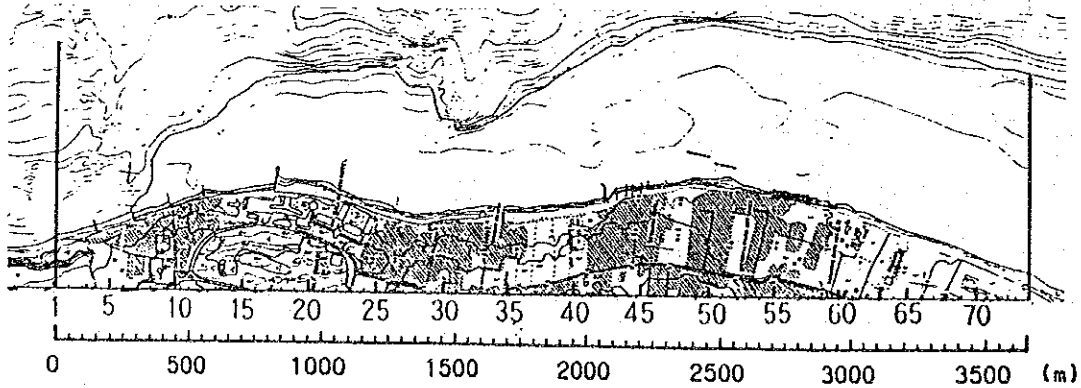
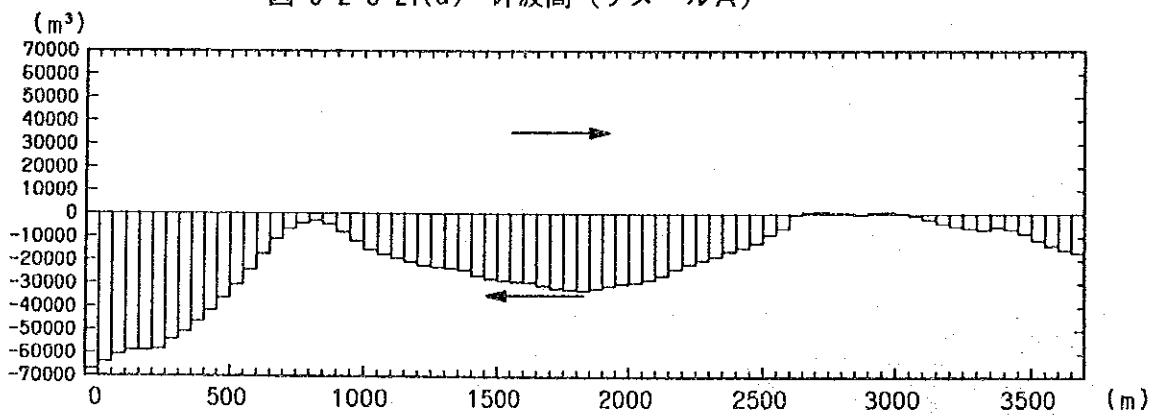


図 5-2-3-22(a) 総沿岸漂砂量 (サヌールA)

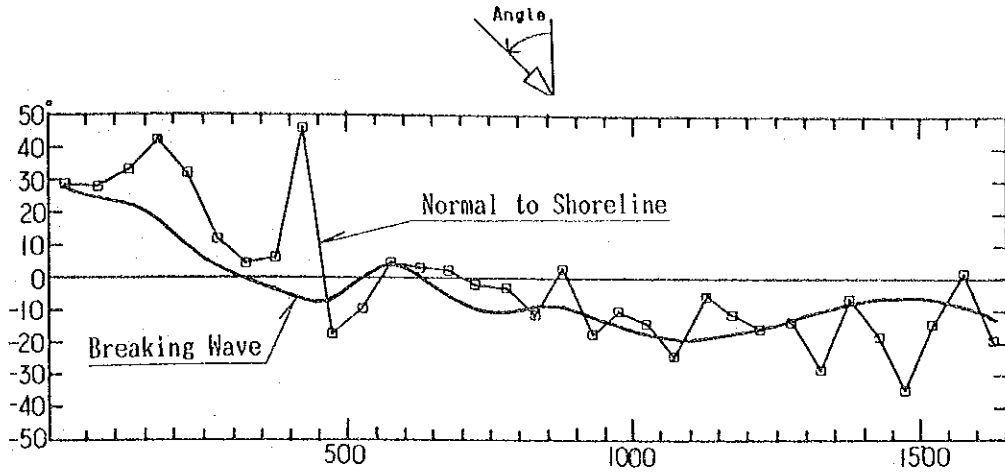


図 5-2-3-20(b) 汀線の方角角と砕波波向の比較 (サヌールB)

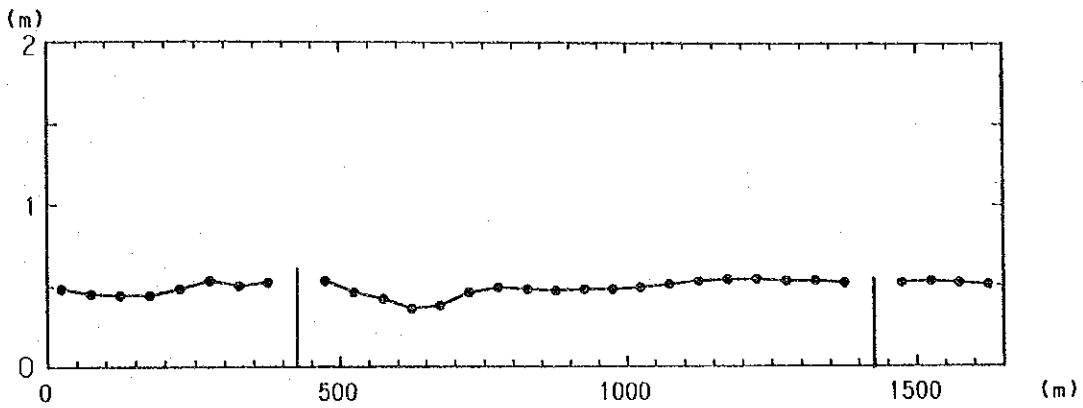


図 5-2-3-21(b) 砕波高 (サヌールB)

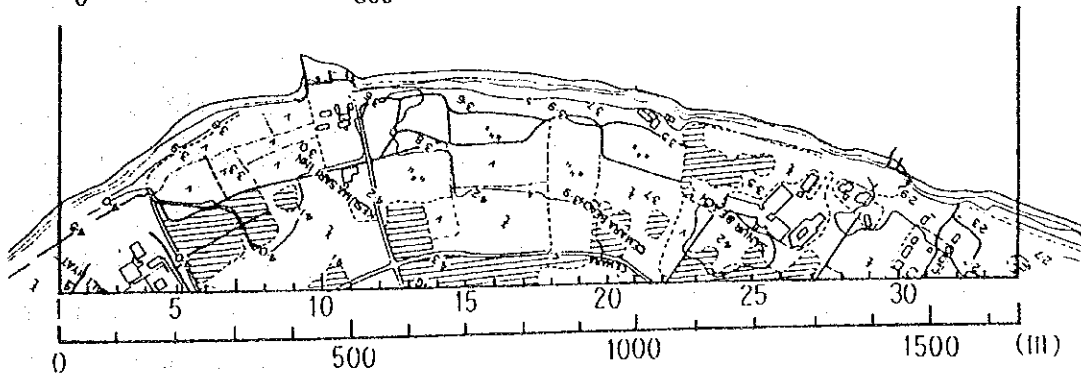
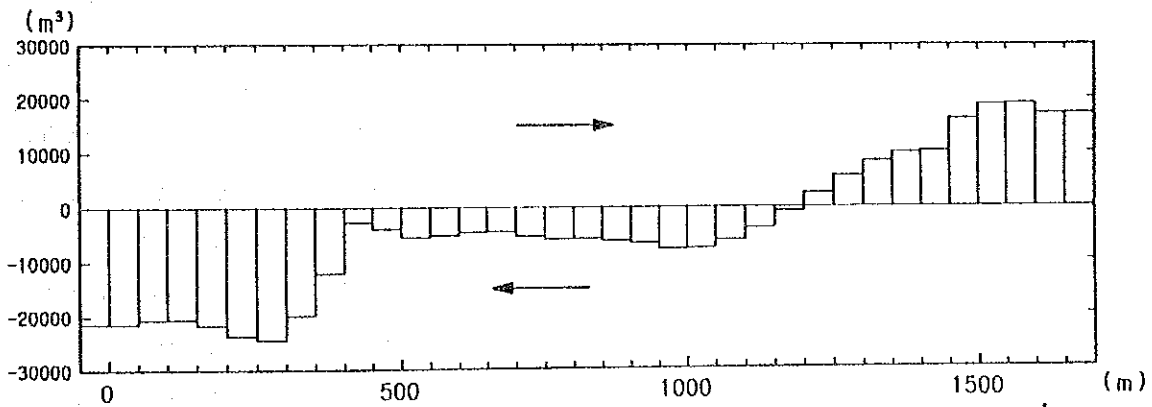


図 5-2-3-22(b) 総沿岸漂砂量 (サヌールB)

#### 5-2-4 対策案のシミュレーションによる評価

これまで見てきたように、本節のワイラインモデルによるコンピュータ・シミュレーションは沿岸漂砂による長期的な汀線変化に関するものである。実際には各々の海岸で或る量の砂は沖合へ流失していることが推測されており、このことは現地調査及び模型実験でも一部確認されている。しかし得られている資料はこの過程をシミュレーションの中で定量的に取り扱うには未だ不十分であり、以下の評価も沿岸漂砂のみがあったと仮定して行うことになる。

前節で得られた各海岸の代表波を、提案された対策工を施した海岸に10年間作用させた結果について評価を行う。

##### (1) ク タ

図 5-2-4-1に養浜を保護するために設置された3基のT型突堤と2基の直突堤からなる対策工が示されている(6-2節参照)。この対策工の設置される領域は1978年の実測範囲より外( $x > 2,500$ )まで拡がっているので代表波は前節で求められていない。伝聞によればこの区間で、汀線はほぼ安定であるということなので、この区間での沿岸漂砂量は一定であるとした。

図 5-2-4-2は、対策工を設置したときと現在のままで各々10年後にどのような汀線に変化するかを示したものである。実線は対策工あり、破線は無しの場合である。図 5-2-4-3はこの期間の総沿岸漂砂量である。これから以下のことが分る。

- 1) 対策工を設置しないと侵食が更に進行する。
- 2) 提案された対策工は沿岸方向に移動しようとする砂を捕捉するのにほぼ十分な長さを持っている。
- 3) 一对の対策工により捕捉された砂はその汀線が入射波に垂直になるように分布する。図5-2-3-5によれば現在の汀線は $x > 1,500$ で汀線に垂直ではなく、左から右(南から北)へ沿岸漂砂が起っている。

5-2-3(1)節で議論したように、岸沖漂砂を無視した結果沿岸漂砂は過大評価になっている可能性がある。それゆえ、一番右(北)の突堤はシミュレーションによれば砂を完全に捕捉していないが、おおむね捕捉しているだろうと判断したものである。これ以上のことを言うためには更に解析或いは実験を進める必要がある。それ以外については、もし養浜を図 5-2-4-2の実線に沿って行えばこの対策工で砂を沿岸漂砂による流失から保護できるといえよう。岸沖漂砂については将来の検討の要がある。

京都大学の土屋教授から指摘され、又実験によっても確認されたように中央にあるT型突堤はサンゴ礁のやせた地点のエッジに近すぎて砂を沖へ運ぶ流れを助長する恐れがある。そこで第二案として、中央にあるT型突堤を180m左(南)へ移動した。(図 5-2-4-4) この場合の沿岸漂砂量が図 5-2-4-5に示されている。

中央にあるT型突堤と左隣のT型突堤の間での安定汀線も第一案より前進しており、この点からも第二案の方が第一案よりすぐれていると言えよう。

(2) ヌサドゥア

図5-2-4-6 にヌサドゥア・ビーチに提案された対策工が示されている（6-3節参照）。

図5-2-4-7 は汀線変化を、図5-2-4-8 は沿岸漂砂量を表わしている。これから、対策工を設けた場合の汀線変化について次のことがいえよう。一番右の防砂堤（ $x = 1,200$ ）と右端の島（ $x = 1,900$ ）の間の汀線は安定である。その防砂堤とU字型離岸堤との間では離岸堤をとりはらったために碎波により放出されるエネルギーが一様になり、図5-2-4-7 に示されるように汀線向ければ安定汀線が得られよう。又、U字型離岸堤と伸長した防砂堤の間（ $300 < x < 600$ ）ではかなりの量の砂が動くであろう。

(3) サヌール

図5-2-4-9 (a)(b)にサヌール・ビーチに提案された対策工が示されている（6-4節参照）。図5-2-4-10(a), (b)には汀線変化が示してある。対策工がある場合の結果について次のことが言える。一対の対策工で囲まれた領域では養浜を実線で表わされる汀線になるように実施すれば安定するであろう。図5-2-4-11(a)(b)に示される沿岸漂砂量は完全に零ではないが、やはり小さい。

(4) 沖方向への砂の流失についてのコメント

解析に供する資料がないために岸沖方向の漂砂は無いと仮定したので、本シミュレーションでは沖方向への砂の流失を無視している。特に海底勾配の大きい所で、岸沖方向漂砂に関する補助的な調査と解析を近い将来実施することが望ましい。

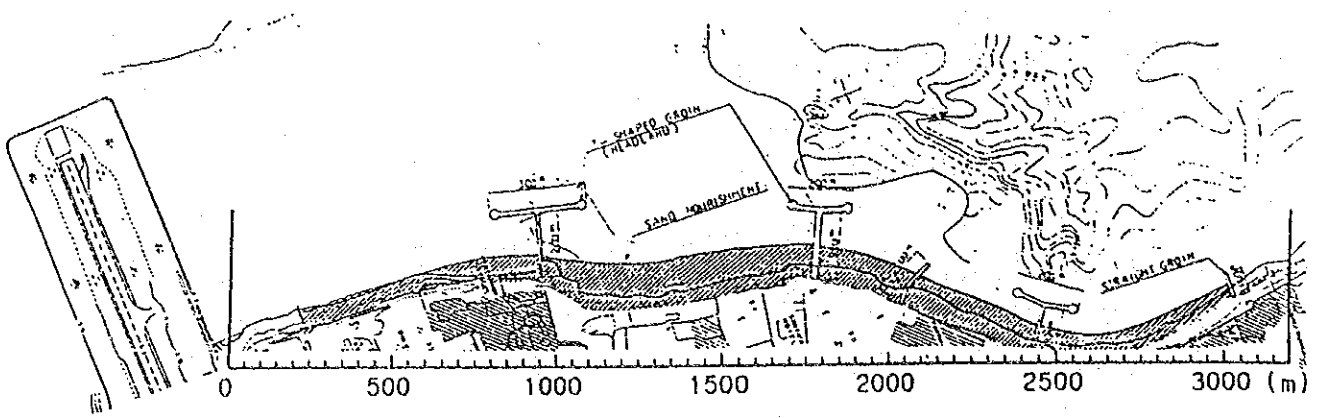


図 5-2-4-1 対策工1. (クタ)

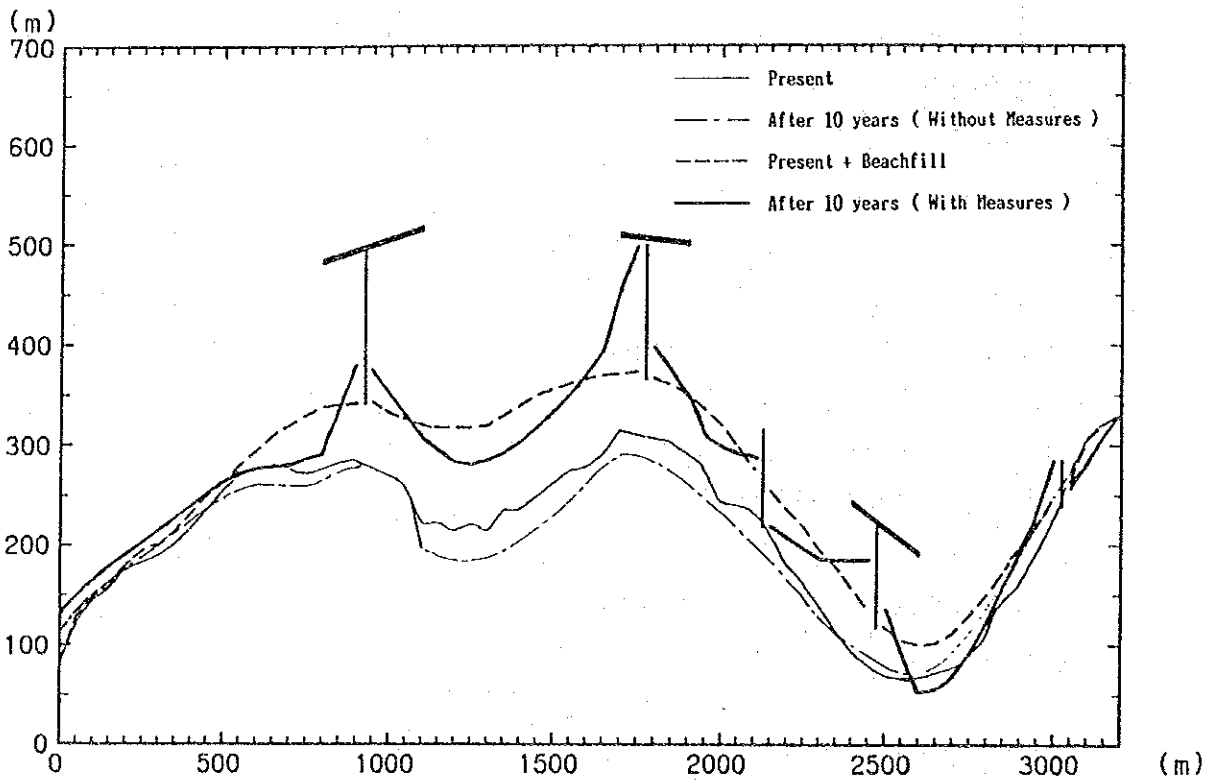


図 5-2-4-2 汀線変化予測 (対策工1.クタ)

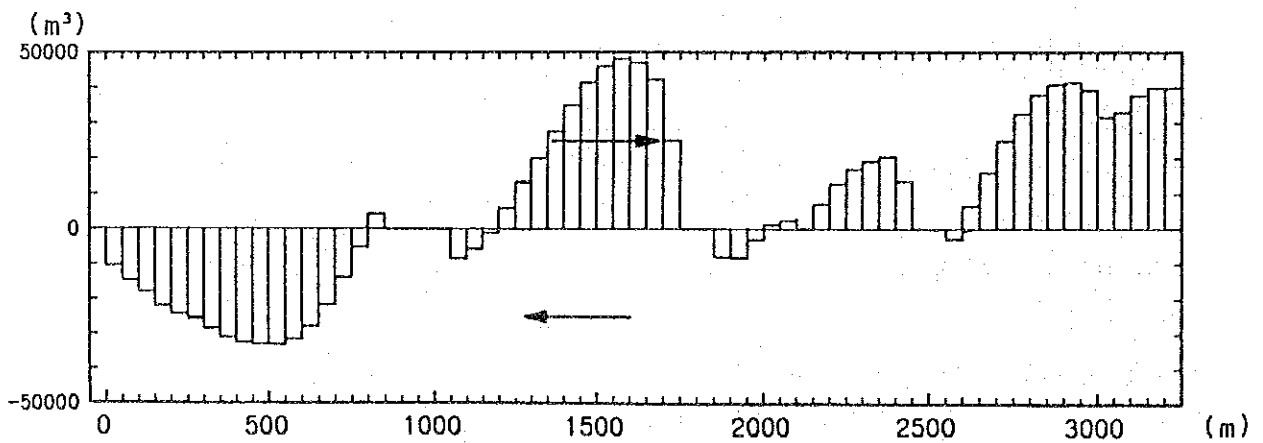


図 5-2-4-3 総沿岸漂砂量 (クタ)



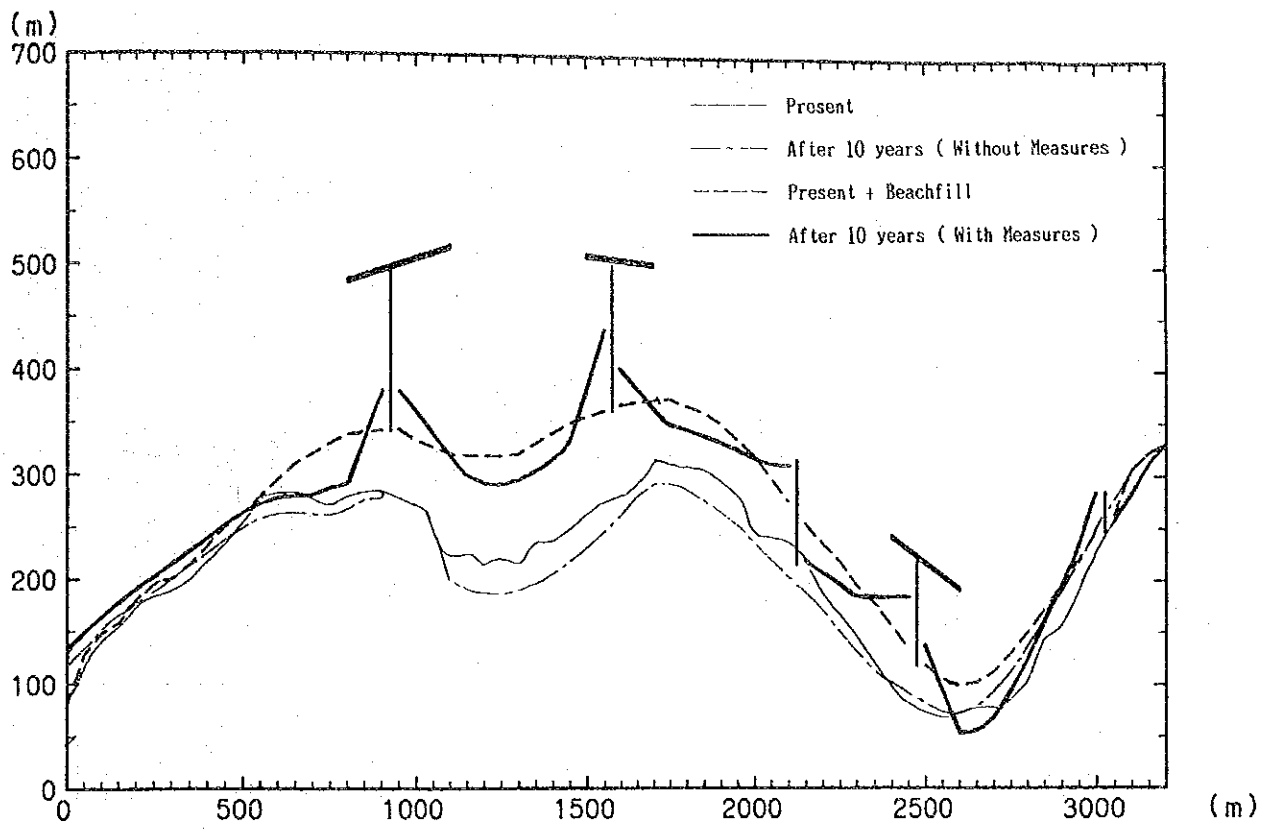


図 5-2-4-4 汀線変化予測 (対策工 2.クタ)

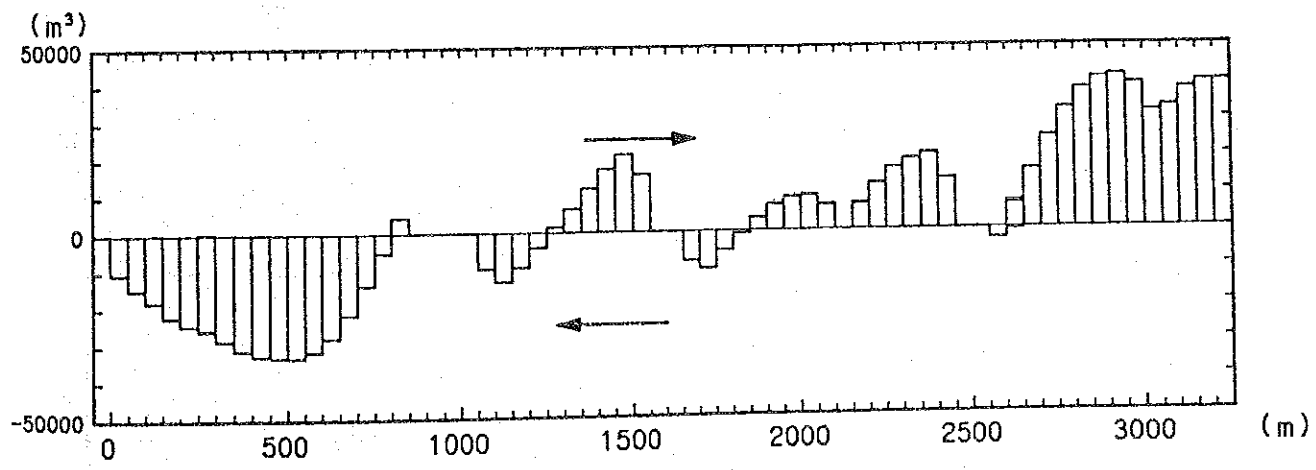


図 5-2-4-5 総沿岸漂砂量 (クタ)

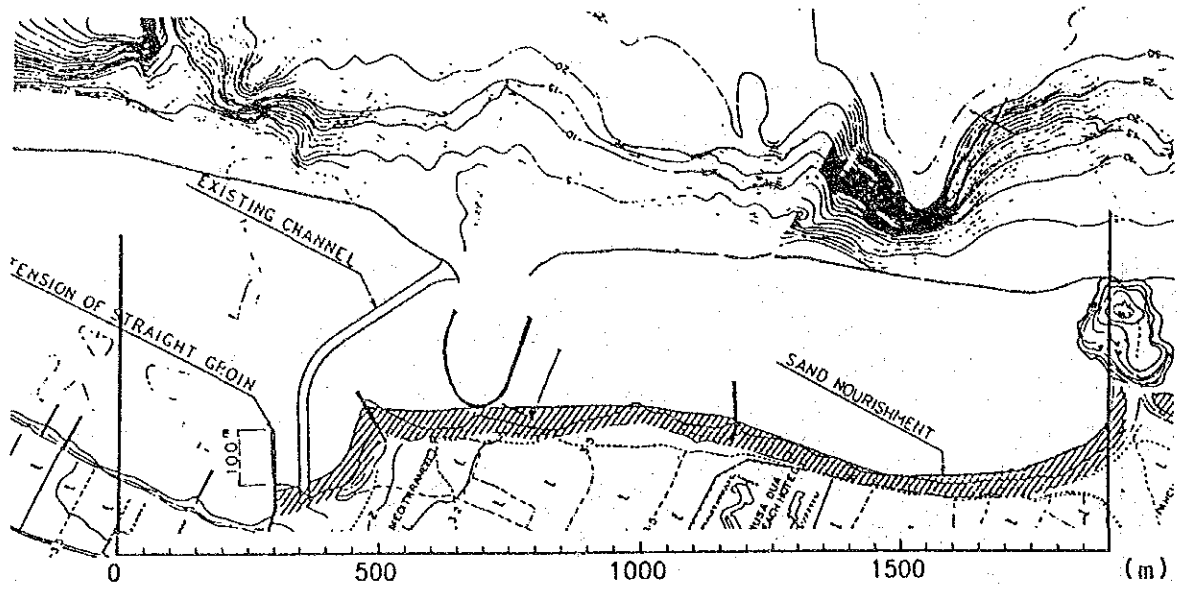


図 5-2-4-6 対策工 (ヌサドゥア)

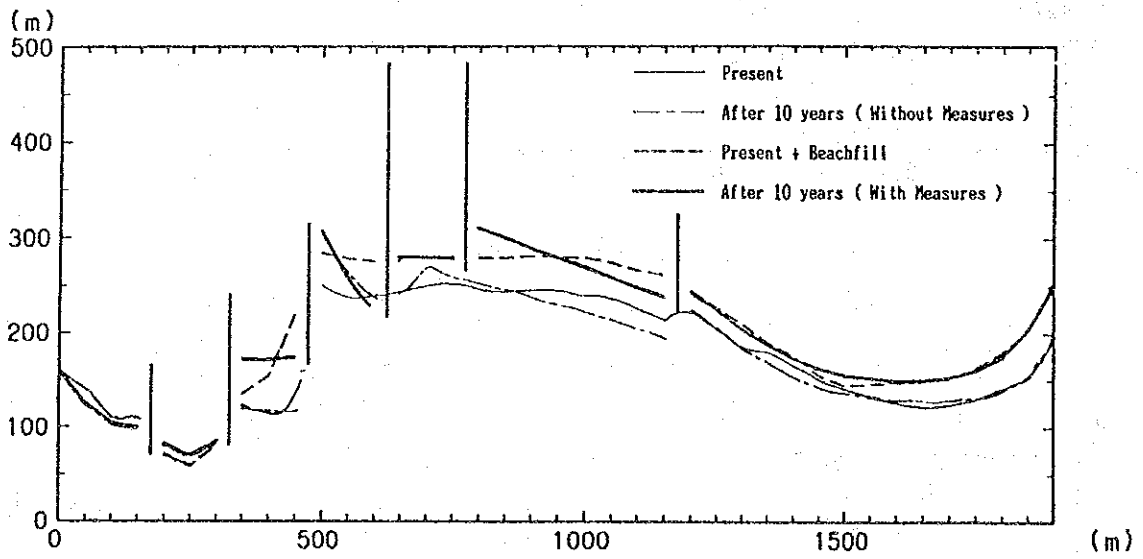


図 5-2-4-7 汀線変化予測 (ヌサドゥア)

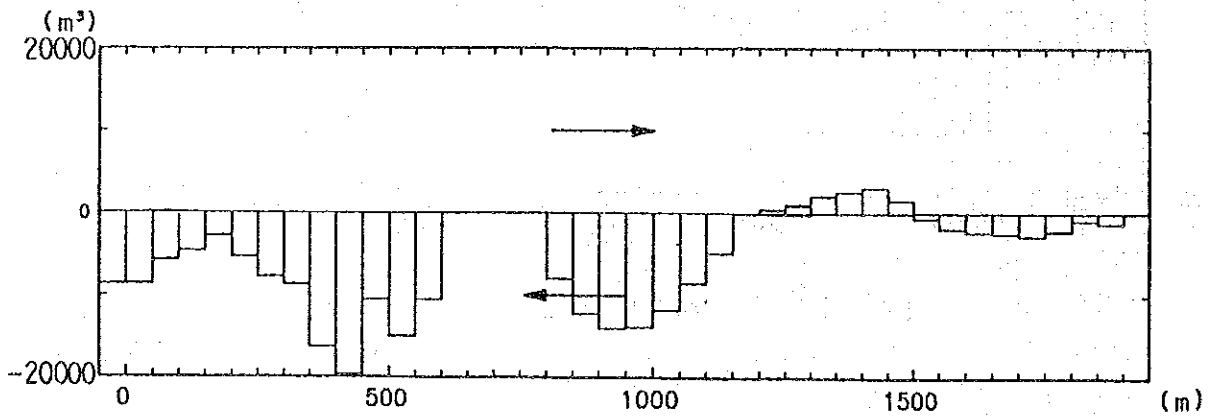


図 5-2-4-8 総沿岸漂砂量 (ヌサドゥア)

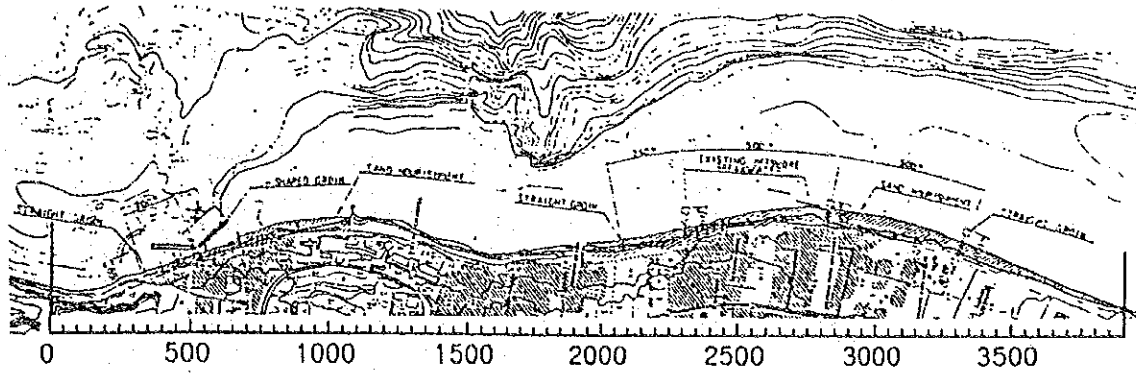


図 5-2-4-9(a) 対策工 (サヌールA)

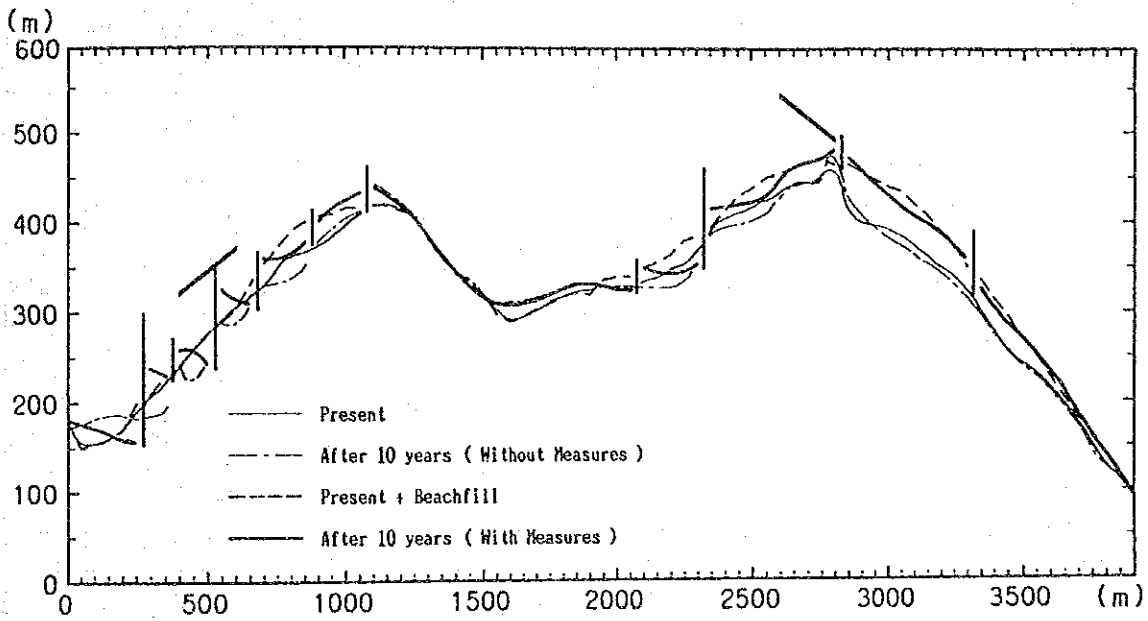


図 5-2-4-10(a) 汀線変化予測 (サヌールA)

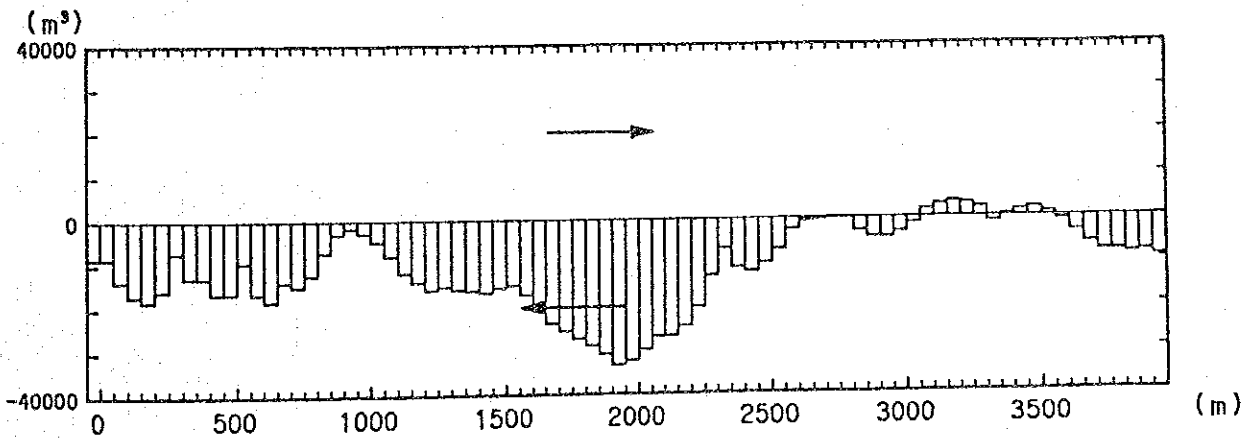


図 5-2-4-11(a) 総沿岸漂砂量 (サヌールA)

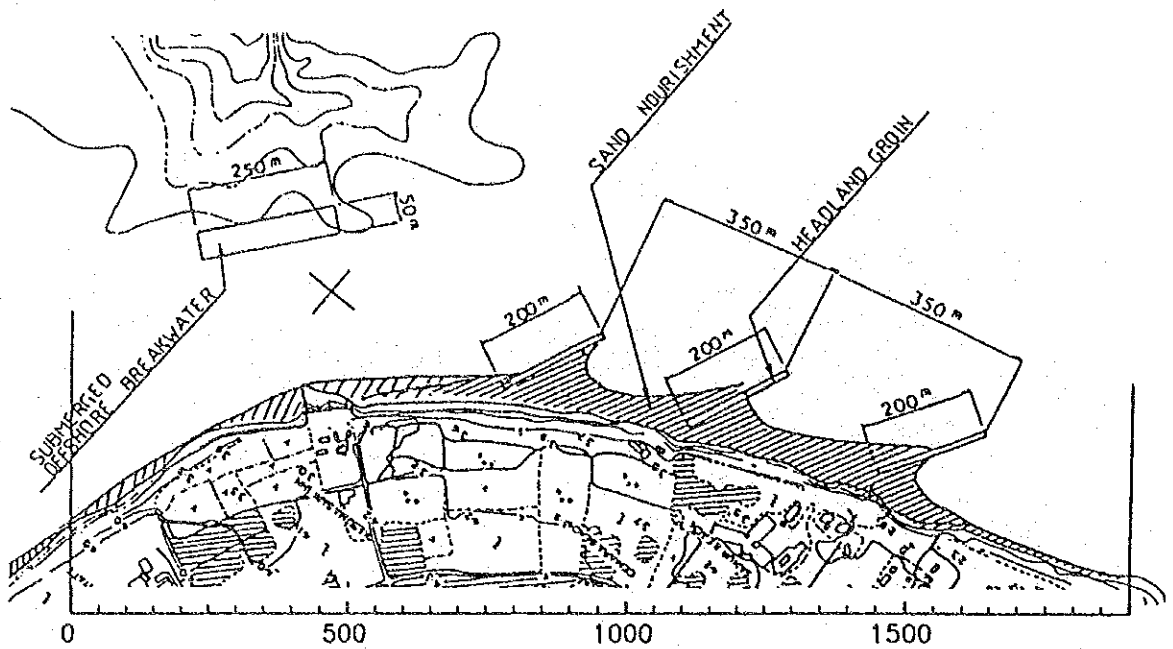


図 5-2-4-9(b) 対策工 (サンプルB)

(m)

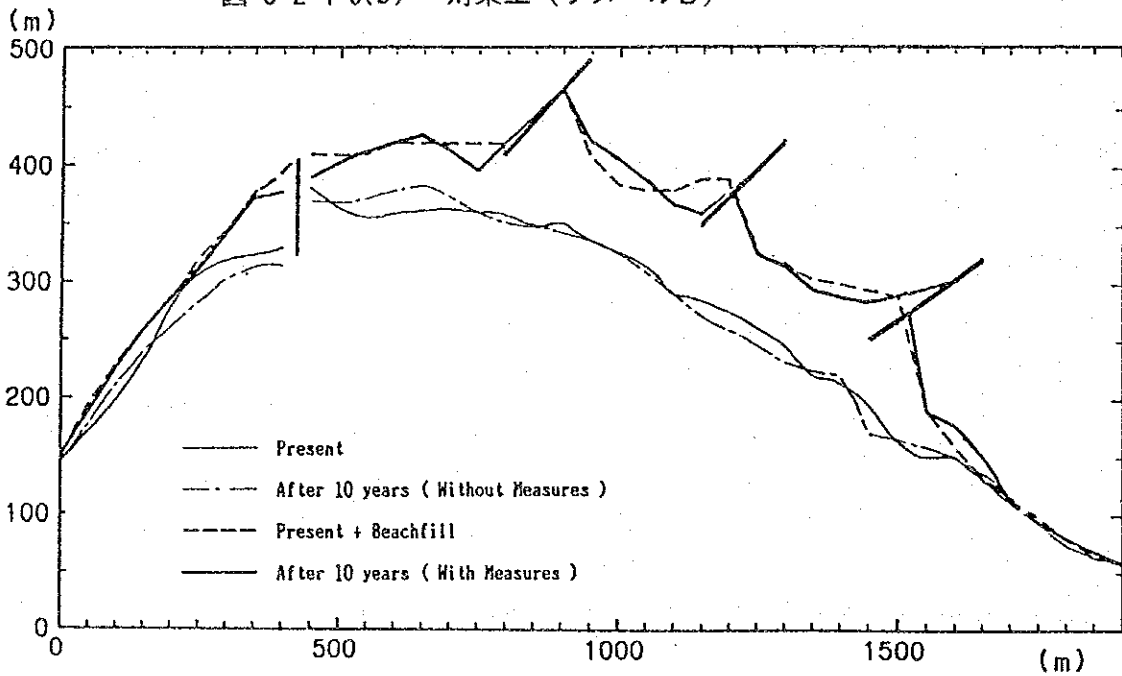


図 5-2-4-10(b) 汀線変化予測 (サンプルB)

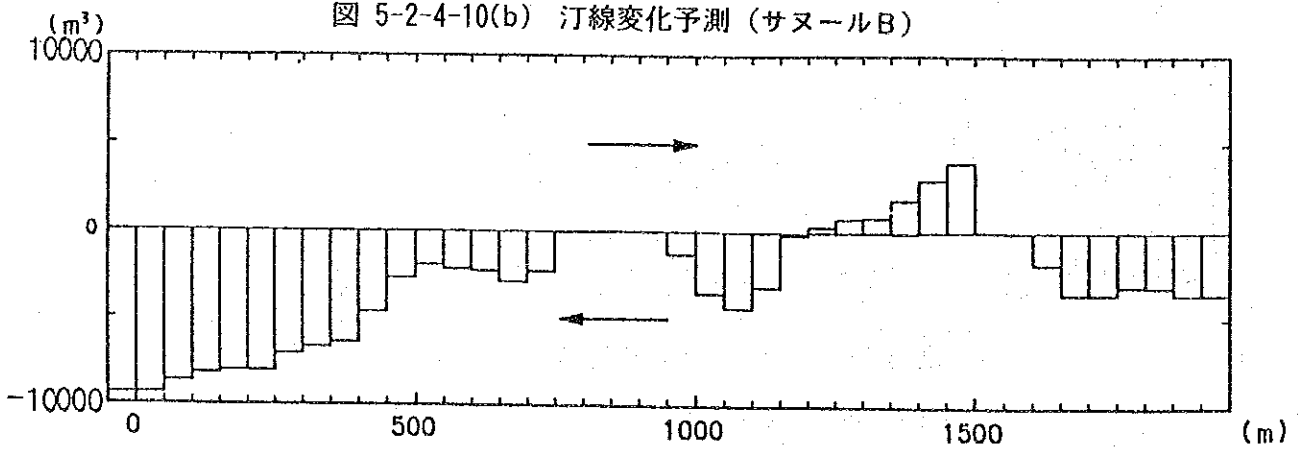


図 5-2-4-11(b) 総沿岸漂砂量 (サンプルB)

## 第6章 緊急保全計画



## 第6章 緊急保全計画

### 6-1 緊急保全計画の基本構想

#### 6-1-1 最適対策工の選定

本調査地域への土砂流送に対する種々な阻害要因及び土砂供給源不足のため、人工養浜だけに頼っては海岸侵食の進行は止められない。

緊急対策としては海底浚渫による大量の砂を用いて養浜するとともに、下記の流失防止対策を講じることが必要である。

- 1) 強い風波と沿岸流にさらされる箇所に対する保護、安定工事
- 2) 沿岸土砂流送の量を抑制するため汀線を波浪進行の卓越方向と垂直方向へ修正する工事
- 3) 人工養浜からの土砂流失を抑制するためビーチを分割仕切る工事

長期対策としては、下記の代替案が考えられる。

- i) 人工養浜
- ii) サンド・バイパス
- iii) 石積み傾斜護岸
- iv) 突堤
- v) 離岸堤
- vi) ヘッドランドとポケット・ビーチ工法

北向きの強い沿岸流への対策や、維持保守、美観等の面を考慮すれば、各地点に大量の砂を補給する人工養浜を行い、ポケット・ビーチ化する保全工法が最適である。クタ・ビーチではヘッドランドをT型とすることにより、離岸堤としての機能も兼ねもたせる。

以上の施設計画作業の流れは図 6-1-1-1 に示す通りである。

#### 6-1-2 海岸施設計画の基本構想

本緊急計画は既存の美しいサンゴ質砂浜を保全し、海岸侵食への抵抗力を向上させることを主目的としており、海岸工学的観点から下記諸対策を内容として提案する。

##### (1) 人工養浜

侵食の進行する砂浜に人工的に砂を補給することによって、流失したビーチを復旧し、かつ侵食への抵抗力を増やす方法である。本プロジェクトでは、人工養浜は沿岸の既存施設を被災から護るための最小限必要な浜幅と奥行き確保と、国観的観光地としての地位を保ち得る最小限必要なビーチ規模と美観の維持を配慮した緊急対策として計画する。

(2) 沿岸土砂流送対策施設

汀線に対して垂直なヘッドランドを適当な間隔を設けて構築することにより、汀線沿いの土砂流送の動きを抑制又は阻止し、ヘッドランド間のビーチを、ポケット・ビーチの効果により、安定させることができる。一連のヘッドランドの設置は、侵入する波の波高を減衰し、進行方向を変え、流速を減らすとともに波浪及び海流の影響によって流出する砂を封じ込めるなどの効果がある。

以上の考えに現場の条件を加味して考えると、波の荒いクタ・ビーチではT型突堤群の設置が最適であり、比較的遠浅で浪も穏やかなサヌール及びヌサドゥア・ビーチでは直突堤、L型突堤の設置が妥当である。

バリ海岸緊急保全計画一覧を表 6-1-2-1に示す。

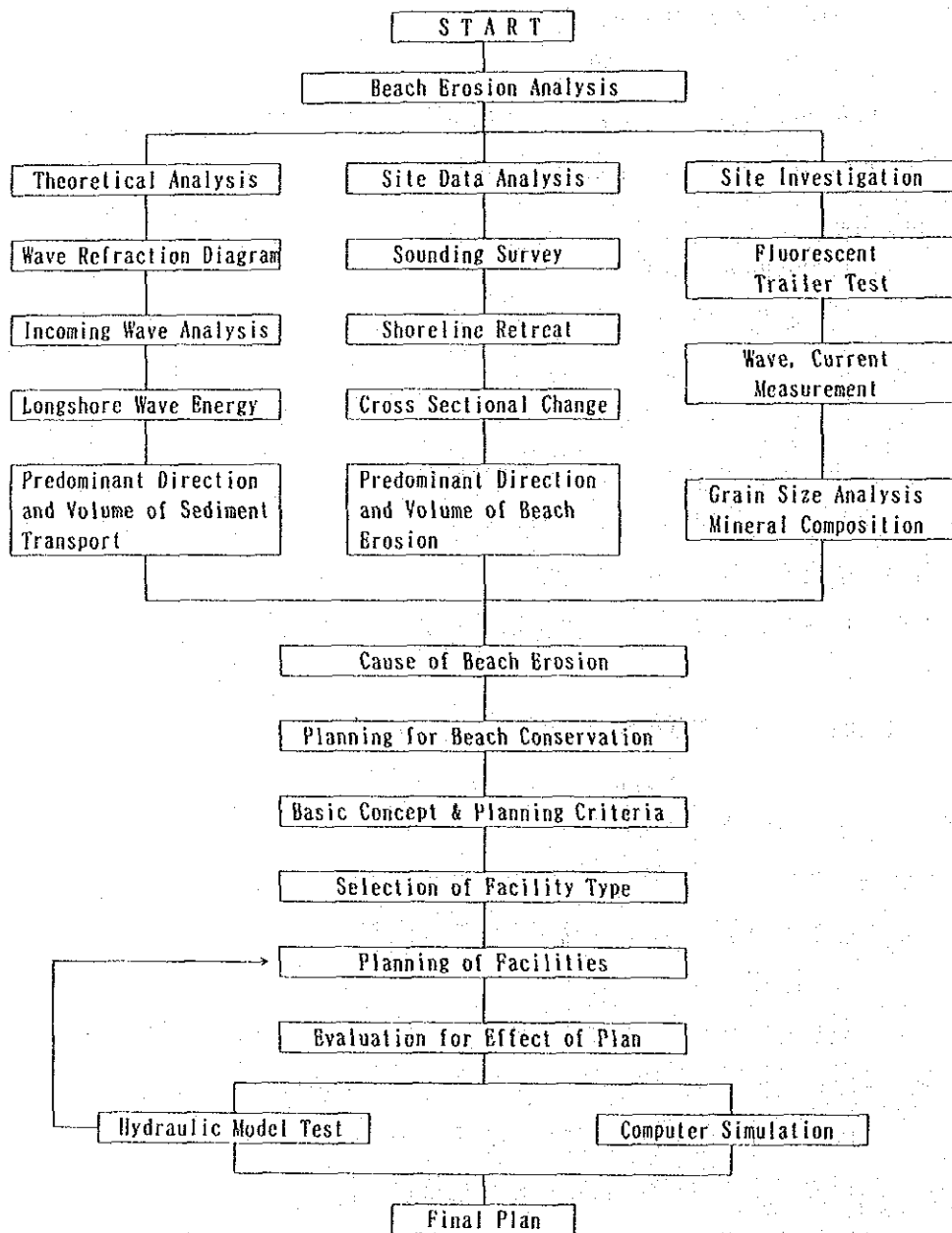


図 6-1-1-1 計画フローチャート



表 6-1-2-1 緊急保全計画一覧

Plan: Beach		Urgent Bali Beach Conservation Plan											
		Kuta Beach				Nusa Dua Beach				Sanur Beach			
		I	II	III	Total	I	II	III	Total	I	II	III	Total
1.	1) Area of erosion ( km )	0.4	0.8	0.7	1.9	0.6	0.8	0.95	2.35	2.0	2.0	1.0	4.0
	2) Shoreline retreat ( m )	-50	-60	-20		0	0	0		-10	-10	-20	
	3) Eroded volume ( m <sup>3</sup> /year )	4,300	9,400	2,400	16,100	0	0	3,800	3,800	2,800	3,100	3,200	9,100
	4) Beach width ( m )	10	40	50		20	30	20		10	20	20	
	5) Beach slope ( )	1/20	1/20	1/29		1/8	1/8	1/8		1/8	1/14	1/9	
	6) Direction of sand move ( )	south	north	north		north	north	north		south	north	north	
	7) Diameter ( φ 0.42mm over )	10 ~ 15%	15%			50 ~ 60%	60%			80 ~ 85%	85%		
	8) Gravity ( g/cm <sup>3</sup> )	2.70	2.74	2.74		2.68	2.73	2.77		2.72	2.68	4.48	
2.	1) Beach length ( km )	0.7	0.8	1.2	2.70	0.60	0.80	0.95	2.35	2.0	2.0	0.7	4.70
	2) Shoreline (Offshore, m)	50	50	0		30	20	30		30	15	20	
	3) Beach width ( m )	50	50	50		50	50	50		30	30	30	
	4) Beach area ( m <sup>2</sup> )	45,000	80,000	104,000	229,000	30,000	40,000	47,500	117,500	60,000	60,000	32,000	152,000
	5) Top elevation ( +m )	+3.0	+3.0	+3.0		+3.0	+3.0	+3.0		+3.0	+3.0	+3.0	
	6) Beach slope ( )	1/17	1/17	1/17		1/7	1/7	1/7		1/7	1/7	1/7	
	7) Sand volume ( m <sup>3</sup> )	52,000	409,000	322,000	783,000	28,000	56,000	145,000	229,000	238,000	114,000	96,000	448,000
	8) Diameter ( φ 0.42mm over )	10 ~ 15%	15%			50 ~ 60%	60%						
	9) Gravity ( g/cm <sup>3</sup> )	2.74	2.74	2.74		2.77	2.77	2.77		2.72	2.72	4.68	
	10) Wave run up ( +m )	+3.0	+3.0	+3.0		+2.6	+2.6	+2.6		+2.6	+2.6	+2.6	
	11) Ground elevation ( +m )	+3.0	+3.0	+3.0		+3.0	+3.0	+3.0		+3.0	+3.0	+3.0	

## 6-2 クタ・ビーチ緊急保全計画

クタ・ビーチにおいては、デンパサール空港滑走路の新設工事後、インド洋からのうねりによる北向きの沿岸漂砂が遮断され、滑走路北側の沿岸漂砂の供給が減少した。

したがって、この10年間に50mの汀線後退を含め、最大100m以上の侵食が見られる。緊急の保全対策が必要とされる。

クタ・ビーチにおける保全対策の基本は、人工養浜により海浜を復活し、それを維持することである。この海岸における海岸保全対策は次の通りである。

### (1) 人工養浜

——人工養浜の範囲：空港を起点として、300m北（プルタミナコテージ）から、3,000 m北（クタシービューコテージ）迄  
延長 2,700m

——養浜幅：平均 50m

——前浜勾配：約 1/17

——養浜量：783,000m<sup>3</sup>

人工養浜の範囲とビーチ幅は、海浜の侵食状況及び観光的利用等を考慮して計画した。

養浜の対象となる範囲は、図6-2-1において区間Ⅰから、区間Ⅲにわたる約2.7 kmである。侵食量の最も大きい区間Ⅱを含め、全区間にわたって、海浜の侵食が見られ、養浜の対象となる。又、この区間における海浜幅は、海浜の復活及び利便性等を考慮して最低50mを確保出来るようにする。

前浜の勾配は現在の海浜勾配にほぼ等しくした。

### (2) 海浜の維持・確保

養浜された砂は、それを保持する施設がなければ、再び、侵食され、流失すると思われる。

その施設は、完成後の維持・管理費用のてい減を考えると、サンドバイパスよりも、突堤等の構造物の方が好ましいと思われる。この海浜の保全の基本は、対象とする海岸をいくつかに分け、各々の区間内で安定させることである。各々の区間内ではポケットビーチを形成し、安定することが期待される。

この目的のために突堤を使用する。各区間をお互いに完全に区分し、各区間どうしの砂の出入りを遮断する。区間分割には、離岸堤も考えられるが、次の理由で好ましくない。

すなわち、離岸堤の背後に形成されるトンボロはその形が安定せず、波の力により容易に変化しやすく、砂の移動を完全にとめることは出来ない。

ここでの突堤は、次の理由によりT字形を採用する。

- ① 横堤により外洋からの波のエネルギーを減殺する。
- ② 横堤背後の水域を比較的静穏に保ち、砂がその区間から流出することを防ぐ。
- ③ その区間に入ってくる波のエネルギーを減少させ、ポケットビーチの形成を助長する。

- ④ 横堤部を、維持・管理のためのパトロール用、及び観光用に利用し得る。

突堤の間隔は、ポケットビーチの形を、すなわち各区間における最少のビーチ幅の確保を考慮して決定し、突堤の位置は、波のエネルギーの分布あるいは、沿岸流の状況を考慮して決定した。模型実験によってもその妥当性が確認された。

結局この海岸には、4基のT型突堤及び1基の直線突堤を計画した。

各突堤の大きさ及び配置は図 6-2-1に示す。

人工養浜の形は、最初の1～2年の間の変化は大きいことが予想されるが、それ以後は安定な形におちついていくと思われる。

### 6-3 ヌサドゥア・ビーチ緊急保全計画

ヌサドゥア・ビーチにおいては、既に3基の突堤、離岸堤、U型離岸堤が設置され、またヌサ・クチル島と地中海クラブの間に 100,000㎡の養浜が施工されている。

北向きの沿岸漂砂のため海浜幅は狭く、勾配は急である。

この海岸の侵食を防止し、海岸保全上又観光上十分な海浜を確保するために、人工養浜及びそれを維持するための施設が必要である。

#### (1) 人工養浜

- 人工養浜の範囲：突堤No.3（地中海クラブ）より、ヌサ・ブサール迄  
延長 2,350m
- 養浜幅：平均 50m
- 前浜勾配：平均 1/7
- 養浜量：229,000㎡

養浜の範囲は、侵食の状況及び、海浜の利用を考慮して決定した。2つの小島（ヌサ・ブサールとヌサ・クチル）の間の養浜は、観光上の重要性及び海浜の侵食状況から対象とした。

海浜の幅は、海岸保全及び利用を考慮して、又、養浜の前浜勾配は、現在の前浜勾配を参考にして決定した。

#### (2) 海浜の維持・確保

ヌサドゥア・ビーチにおける海岸保全計画の基本は、対象海岸をいくつかの区間に分割し、その内で安定させる工法を採る。

区間Iは2つの小島にはさまれているため、特に構造物を作らなくても海浜は安

定ずると思われる。

区間Ⅱでは、この区間内で安定海浜が形成されることが期待される。屈折図によると、ここに入射する波の方向は現在、海岸線にほぼ直角になっており、沿岸漂砂量も少く、安定形状に近いのではないかと思われる。

よって、既存の突堤No.1と、小島（ヌサ・クチル）の間でこの区間の海岸はほぼ安定することが期待される。

区間Ⅲでは、リーフのギャップへの漂砂の落ち込み、及びそこからの波の侵入が侵食の原因になっている。これを防止するためには、既存のU型離岸堤の延長が必要である。これによりU型離岸堤左右の海浜の安定は期待出来よう。

突堤No.2及びNo.3の間の海浜は、この区間でポケットビーチを形成することが期待される。

そのためには北側への漂砂の流失を防止するために突堤No.3の延長が必要であろう。

一方、現在4基の離岸堤が設置されている。

波の屈折図あるいはリーフギャップからの波の侵入等から判断すると、離岸堤の天端高さを若干下げ、既存のU型離岸堤と同様のMSL程度にするのが良いと考えられる。

施設の配置等を図6-3-1に示す。

#### 6-4 サヌール・ビーチ緊急保全計画

サヌール・ビーチの汀線後退量は、ほぼ10m程度である。海浜の幅は狭く、勾配も急である。

この海岸の海岸保全計画の基本は、幅50mの海浜を確保出来るように人工養浜により、海浜の回復をはかること及び構造物によりそれを維持・確保することである。海岸保全計画は以下の通りである。

##### (1) 人工養浜

——人工養浜の範囲：① 延長 700m（バリビーチホテルピアを起点にして北へ700m）

② 延長 4,000m（バリビーチホテルピアを起点にして北へ1,700m地点から北へ5,700m地点迄）

——養浜幅：平均 30m

——前浜勾配：平均 1/7

——養浜量：448,000m<sup>3</sup>

養浜の範囲、区間Ⅰ、Ⅱ、Ⅲは、侵食状況及び利用を考慮して決定した。

前浜勾配は、ほぼ現在の海浜の勾配と同様とした。

## (2) 海浜の維持・確保

この海岸における沿岸漂砂の方向は、区間Ⅱ以北では北向きであり、区間Ⅱ以南では南向きである。

リーフ存在のため、沿岸漂砂量はクタ海岸のように大きくはなく、大規模構造物は必要ないと思われる。

区間Ⅰでは、3基のヘッドランドを設置する。又、区間Ⅱでは4基の直線突堤を設置する

区間Ⅲでは、北向の漂砂のリーフギャップへの落ち込みを防ぐため、L型突堤及び直線突堤を設置する。

一方、区間Ⅰと区間Ⅱとの間に位置するリーフギャップから侵入する波のエネルギーを減少するために（波によりクヌマ・サリイン付近の海浜が侵食している）ギャップの前面に潜堤を設置する。

各施設の配置等を図 6-4-1に示す。

## 6-5 タナロット緊急保全計画

コンクリート・ブロックの囲設により岩礁島の保全を図る。（既存計画通り）

同計画における施設の配置を図 6-5-1に示す。

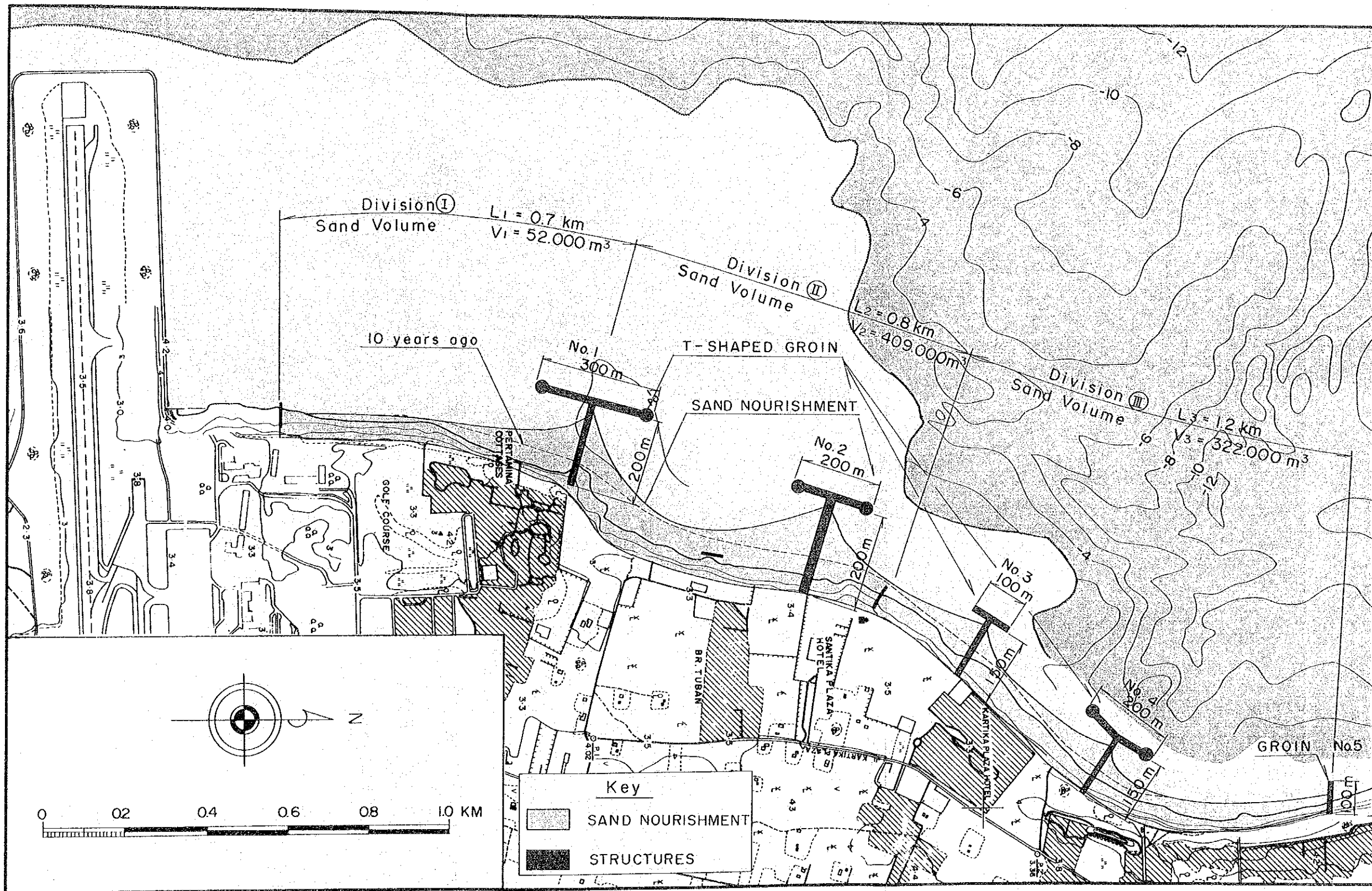


図 6-2-1 クタ・ビーチ保全計画

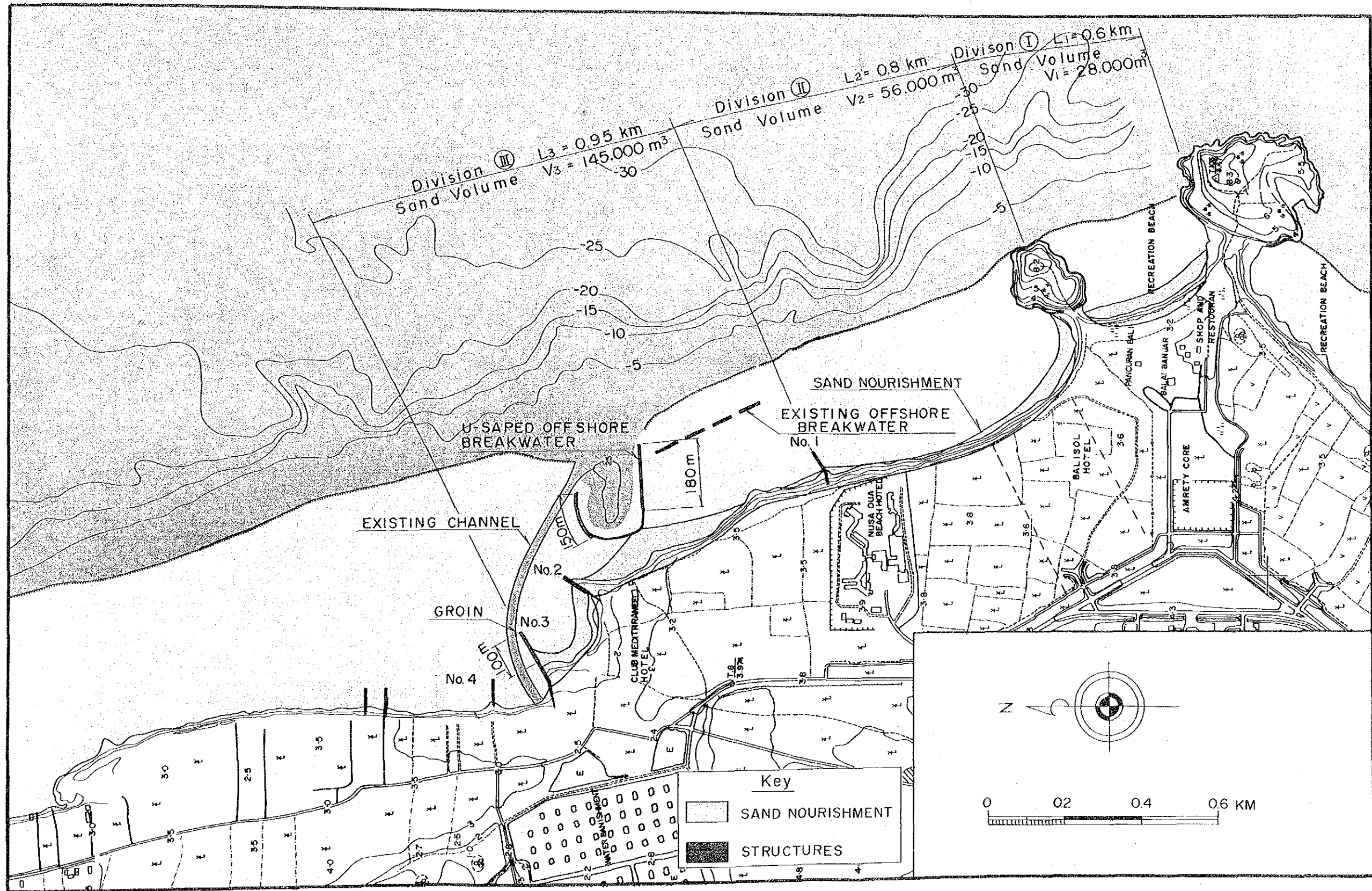


図 6-3-1 ヌサドゥア・ビーチ保全計画



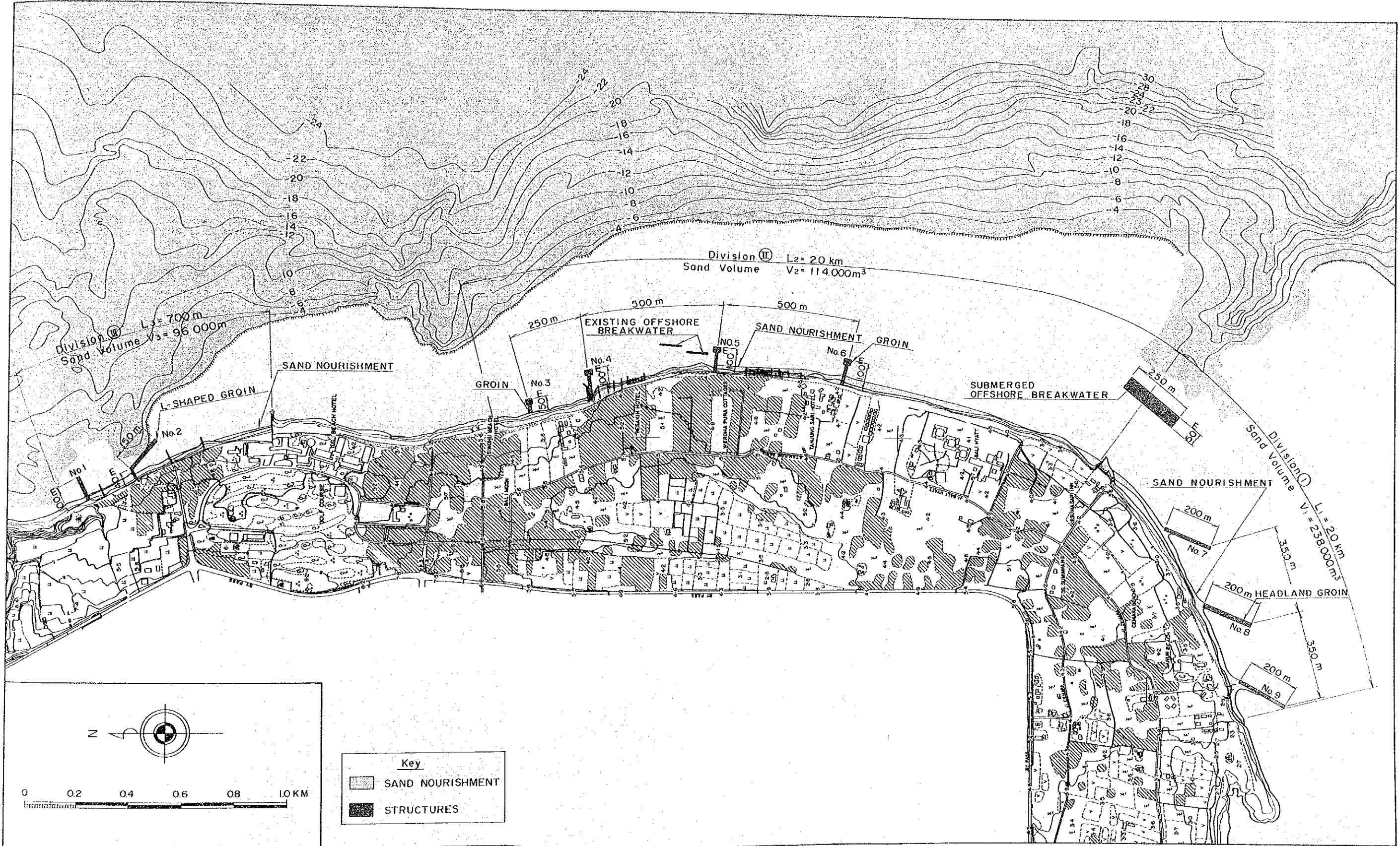
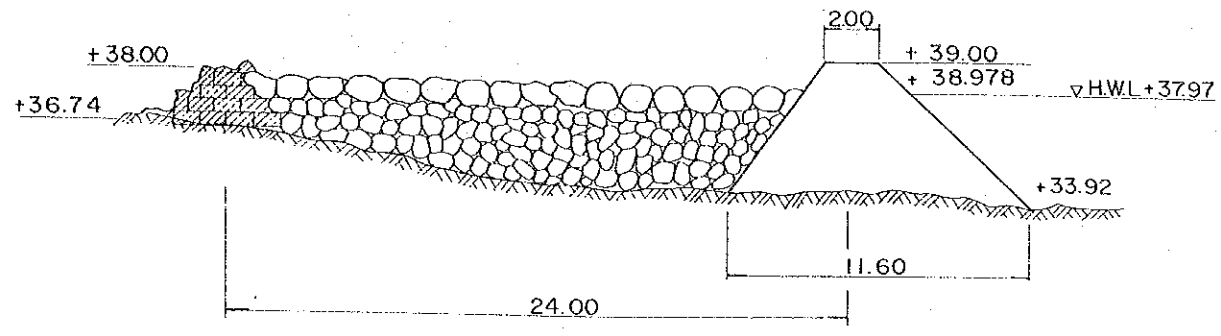
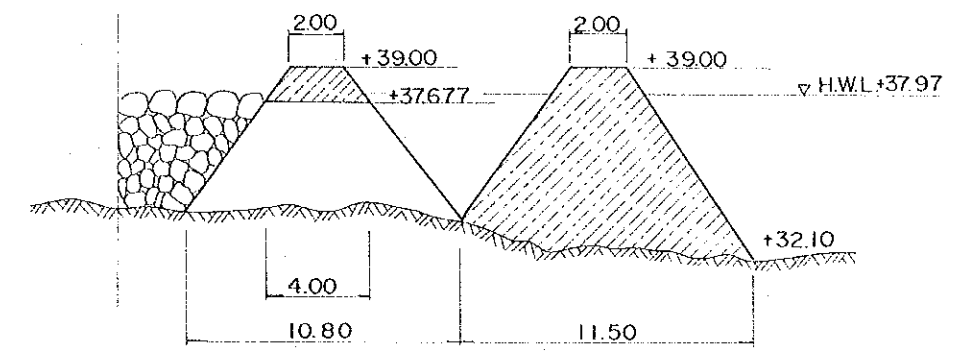


図 6-4-1 サヌール・ビーチ保全計画

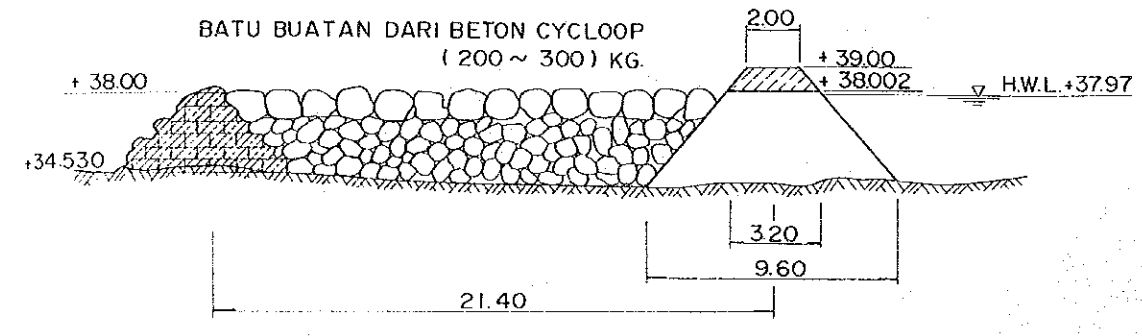




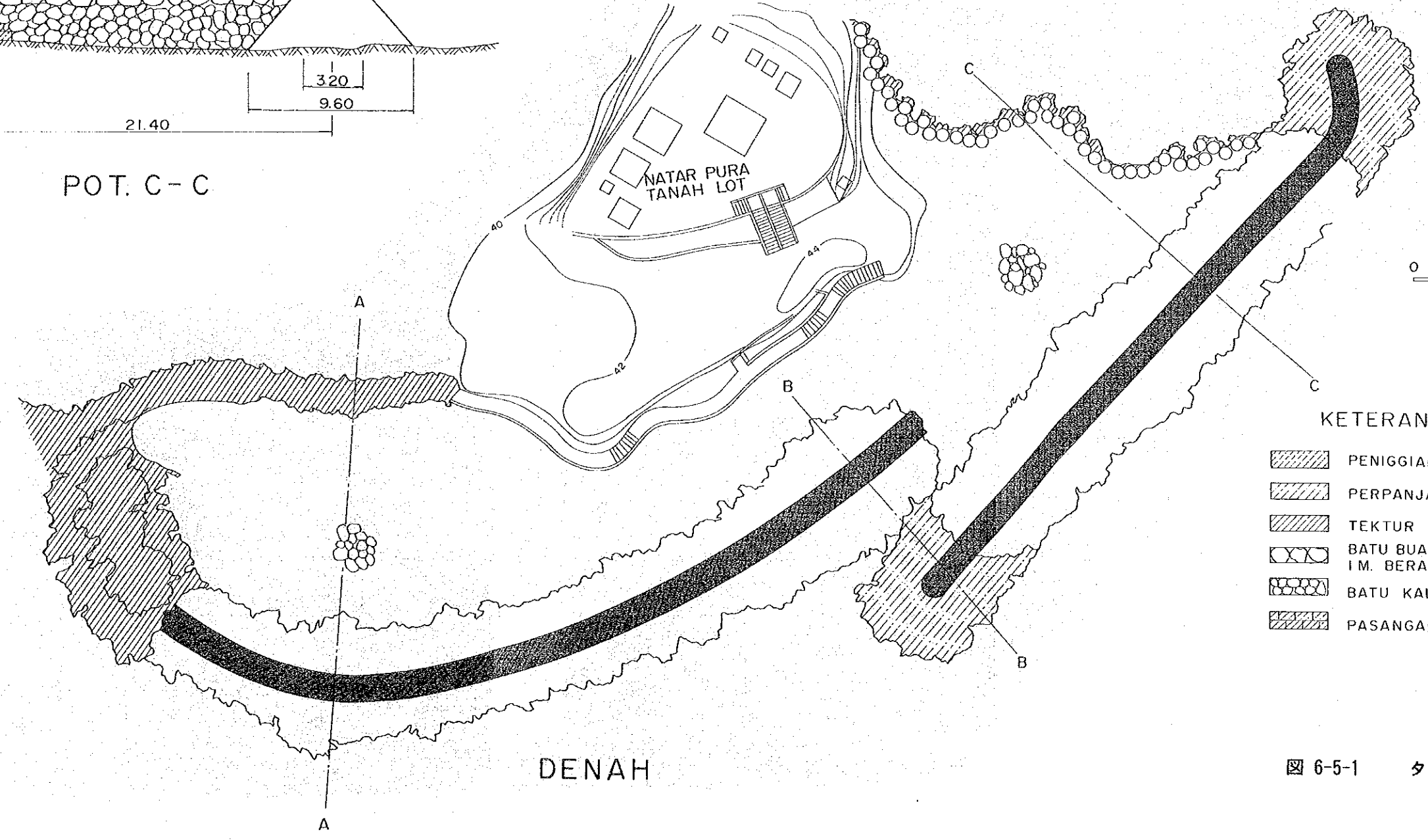
POT. A - A



POT. B - B



POT. C - C



DENAH

KETERANGAN







-  PENIGGIAN TETRAPOD SAMPAI +39.00
-  PERPANJANGAN TETRAPOD
-  TEKUR
-  BATU BUATAN DARI BETON CYCLOOP TEBAL I.M. BERAT (200 ~ 300) K.G.
-  BATU KALL BERAT : 100 K.G.
-  PASANGAN BUIS BETON DICOR CYCLOOP

図 6-5-1 タナロット保全計画



## 第7章 設計・施工計画 及び概算工費



## 第7章 設計・施工計画及び概算工費

### 7-1 施設設計

#### 7-1-1 概要

本章は海岸保全施設の設計について述べる。

本プロジェクトでは突堤が侵食防止の主施設になっているので、ここでは突堤を代表例として取り上げ、設計のプロセスと考え方について述べることとする。

設計作業の流れは下図に示す通りである。

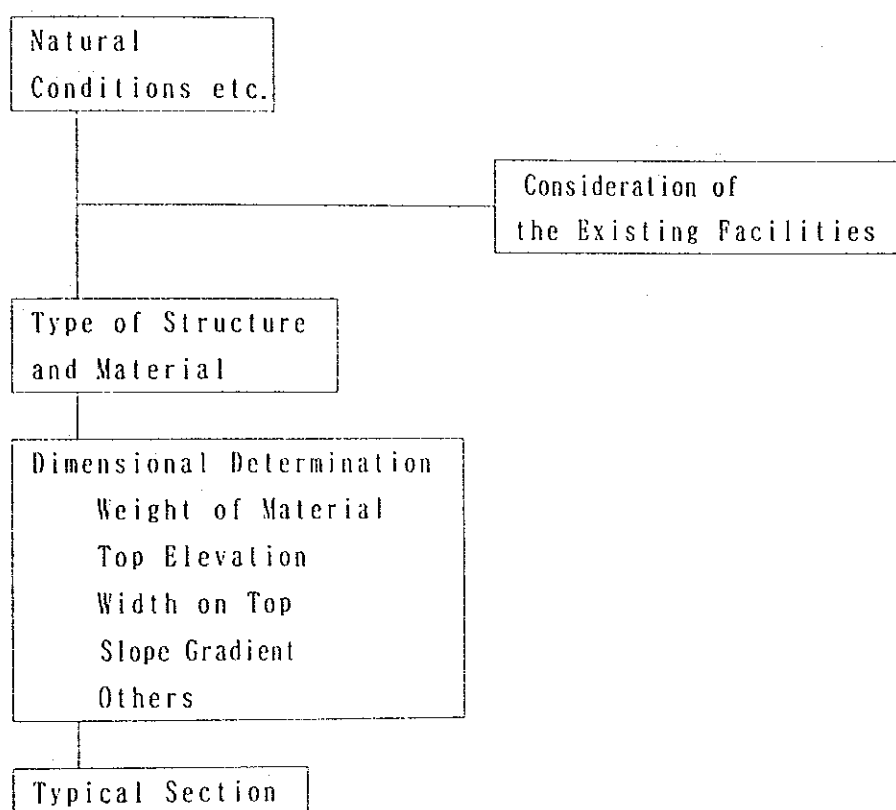


図 7-1-1-1 設計フローチャート

#### 7-1-2 設計条件

##### (1) 潮位

潮位観測記録と潮位表のデータに基づいて設計潮位は下記の通りとする。

$$\text{MHWL} = +1.30\text{m}$$

$$\text{MSL} = \pm 0.00\text{m (DL)}$$

$$\text{MLWL} = -1.30\text{m}$$

$$\text{潮位差} = 2.6\text{m}$$

##### (2) 海底レベル

測定の結果によると、サンゴ礁帯の海底の標高は概ね $-2.0\text{m}$ 以内であるが、 $-1.0\text{m}$ 以内の平坦部分が卓越する。

(3) 波 浪

各施設ともサンゴ礁帯の浅い部分に構築されることになっており、サンゴ礁によって減衰した波浪の作用のみを受ける。

従って、計画波高を下記の通りとする。

$$H_b = 0.78 \times h_b$$

但し、 $H_b$  = 設 計 波 高

$h_b$  = 計画地点における水深

$$= (+1.30\text{m}) - (-1.00\text{m}) = 2.3 \text{ m}$$

$$H_b = 0.78 \times 2.3 = 1.8 \text{ m}$$

(4) 地 盤 条 件

本調査では地盤調査は行われていないが、空港拡張工事等の現地経験から、当地の地盤は主としてサンゴ石から構成され、充分支持力を持つと推定される。

同拡張工事の際、海上に張り出す滑走路延長部分の埋立・路盤工事には、現地盤の上に盛土をするだけの施工法が採用された事実に基づく判断が、本推定の根拠である。

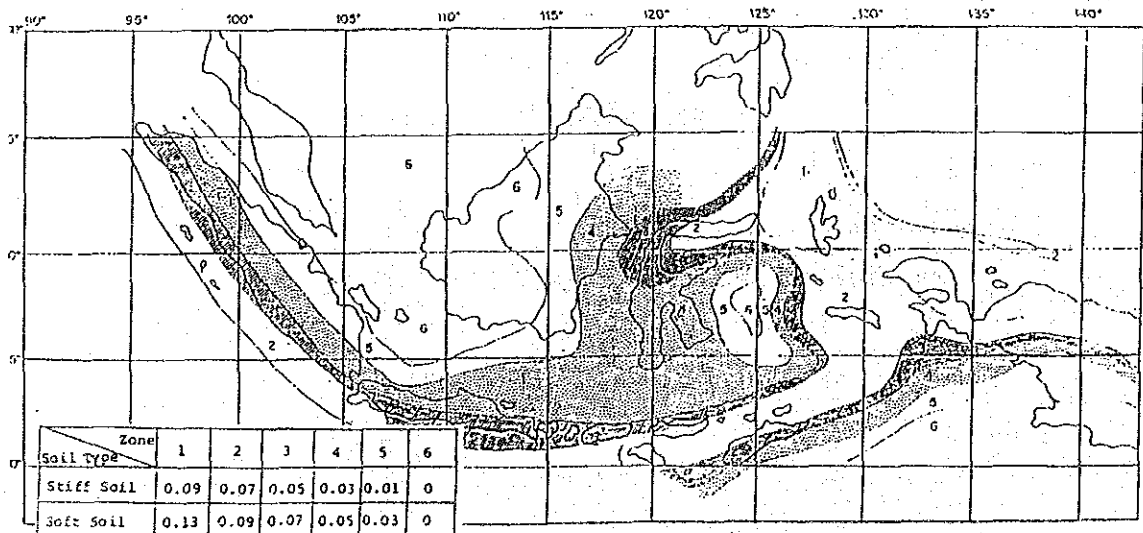
(5) 地 震 条 件

インドネシア全国各地の地震条件・係数を示す地震区分地図に掲げる条件を適用する。(図 7-1-2-1)

(6) 耐 用 年 数

インドネシアでは土木施設の耐用年数は施設の社会、経済及び工学的重要度に応じ、種類別に定められている。

本プロジェクトでは関係者との協議の結果、対象施設の耐用年数として30~50年を採用することとする。



Source: Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, January, 1984.

図 7-1-2-1 震 度 分 布

### 7-1-3 設計上の配慮事項

既存の突堤の代表的な断面を、付図 3-4-1に示す。

インドネシアでは未だ海岸施設の設計に関する方法論は十分に確立されていないため、施設の設計・建設は、現場経験に基づいている。既存施設の現況から、設計には、下記の配慮がなされていることが推察できる。

- (1) 現地材料を最大限利用するとともに、潮間帯における工事の人力施行を容易にするため、直径 1 m の現場詰め内部充填コンクリート・パイプを採用し、鉄筋挿入によるパイプ間の緊結で一体性と剛性を持たせている。
- (2) 人工構築物による自然景観への影響を和らげるため、突堤構築材のコンクリート・パイプを露出させずに、自然のサンゴ石による被覆仕上げを行っている。

以上の配慮は技術的観点からみて、妥当なものであり、本プロジェクトの施設設計においても踏襲する。本調査における施設設計の要考慮条件は、下記 3 点に要約することができる。

- ① サンゴ礁域内での施工性
- ② 島内における現地材料調達の条件
- ③ 自然景観との調和

### 7-1-4 構造型式と材料

突堤の構造形式と材料には様々な種類があるが、代表的なものとして、次頁に掲げるタイプがある。(図 7-1-4-1)

透過堤は、ある程度砂の通過を許す構造型式であり、土砂送流などによる恒常的な砂の自然補給がある現場や、砂の流失入のバランスが保たれる場合に広く採用される型式である。不透過堤は堤向にのみ砂の流動を許さない場合に採用される。本プロジェクトにおける突堤は、外部から恒常的な砂の自然補給がない条件下にあって、養浜砂の保持を目的として計画されるので、不透過堤を採用する。

自然石は適材(1ヶにつき約1トン)が一部の河川敷でしか産出しておらず、産地から現場までの運搬も困難を伴うので、不透過堤の構築材料としては、従来通り内部充填コンクリート・パイプを採用する。

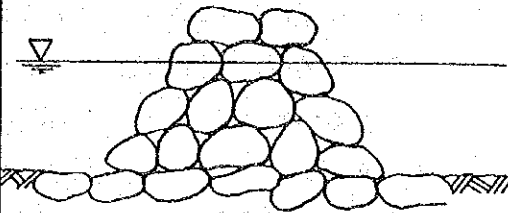
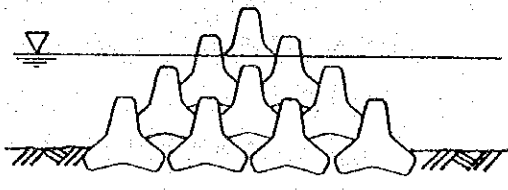
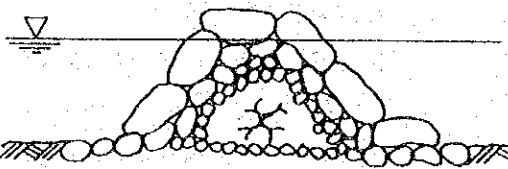
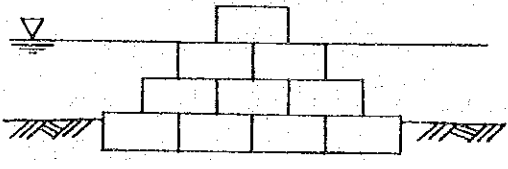
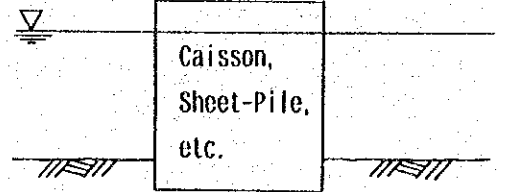
	Type	Sketch
Permeable Groin	Rubble Mound	
	Concrete Block	
Impermeable Groin	Stone-pitched Mound	
	Concrete Block	
	Revetment	

图 7-1-4-1 構造型式



7-1-5 形状寸法の決定

(1) 突堤の標準断面

1) 材料の自重

構築材料（ここではコンクリート・パイプ）の必要単位比重は下記のハドソン式により求める。

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_b \cdot (S_r - 1)^3 \cdot C_o + \alpha}$$

但し、 $W$  = 材料の最小重量 (トン)

$\gamma_r$  = 材料の単位重量 (トン/  $m^3$ )

$S_r$  = 海水に対する材料の比重

$\alpha$  = 構造物の水平面に対する斜面の傾斜角 (度)

$H$  = 波 長 (m)

$K_b$  = 材料及び破損率による定数

$\gamma_r$  = コンクリート・パイプ及び充填砂/石 = 2.0 t/  $m^3$

$S_r$  = 2.0

$\alpha$  = 1 : 1

$H$  = 1.8 m

$K_b$  = 12.8 (破損率15-40%)、控え目に仮定した波高と小さ目な構造物との条件下における妥当な値として仮定した。

TYPICAL SECTION

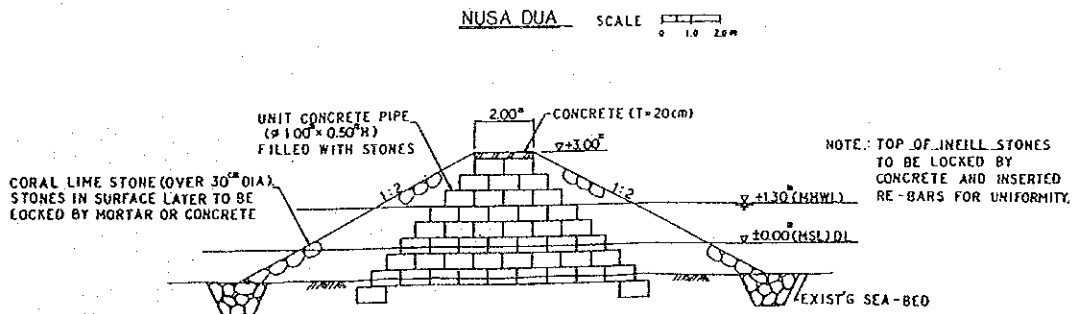


図 7-1-5-1 標準断面 (突堤)

$$W = \frac{20 \times 1.8^3}{12.8 \times (2.0 - 1)^3 \times 1} = 0.9 \text{ トン (必要値)}$$

充填コンクリート・パイプの単位重量 (0.8 トン) は 0.9 トンよりやや小さいが、挿入鉄筋の重量を加えれば、必要値が得られる。

## 2) 堤 頂 高

堤頂高は次式により求める。

$$\begin{aligned} L &= \text{HWL} + 0.5 H + \text{余裕高 (m)} \\ &= (+1.30) + (0.5 \times 1.8) + (0.8) \\ &= +3.0 \text{ m} \end{aligned}$$

突堤本来の機能性から言えば堤頂は沖合に向かって下る勾配をつけるのが望ましいが、ここでは堤上を歩く利用者の安全のため、標高+3.0 mの平坦な水平面とする。

## 3) 堤 頂 幅

堤頂には遊歩道として利用できる部分の幅員を、最低2 m確保する。

## 4) 法 面 勾 配

堤側法面は、景観を考慮し自然石による被覆仕上げとする他、利用者の歩行の安全・快適性を確保するため、法面勾配は既存施設に見られる1:1の勾配より緩く、1:2とする。

## 5) そ の 他

前述したように堤心のコンクリート・パイプは自然のサンゴ石による被覆仕上げとする。

上記各点を考慮に入れた設計の標準断面を図 7-1-5-1に示す。

## (2) サヌールの離岸潜堤

潜堤の構築材（コンクリート・ブロックまたは硬質岩石）の必要単位重量は次式により求める。

$$W = \frac{K_L \cdot \gamma_w^3 \cdot R^3}{\gamma_b^2 \cdot \cos^3 \alpha}$$

但し、 $W$  = 材料の最小重量 (トン)

$\gamma_w$  = 海水の単位重量 (トン/㎡) : 1.0 トン/㎡

$\gamma_b$  = 材料の単位重量 (トン/㎡) : 2.3 ~ 2.7 トン/㎡

$R$  = 堤頂の水深 (m) : 最大1.3 m, 水平

$\alpha$  = 水平面に対する法面の傾斜角 (度) : 1:2 ~ 1:3

$K_L$  = 定 数 : 0.5 全般的

$$W = \frac{0.5 \times 1.0^3 \times 1.3^3}{2.3^2 \times 0.95^3} = 0.30 \text{ ton} \rightarrow 500 \text{ kg/個}$$

## (3) タナロットの現行工事用コンクリート・ブロックの評価

タナロットでの現行海岸保全工事に用いるコンクリート・ブロック (実量1.8 ton)の適否に関する検討結果を以下に述べる。

1) 波浪の条件

水深 = 海底の深さ 2.7 + MSL との差 1.7 m  
 = 3.5 m (平均)

$H_b = 0.78 \times h_b = 2.73 \text{ m}$

2) ブロックの必要重量

ハドソン式により、

$$W = \frac{2.3 \times 2.73^3}{10.2 \times (2.3 \times 1)^3 \times 1} = 2.1 \text{ ton}$$

3) 結論

現行工事用ブロックの重量は必要値に比べてやや重量不足であるが、緊急対策施設としてみれば許容範囲内にあり、現行施設に対する上積み荷重を加える必要はない。

\* 建設機械能力の制約から設計重量 2.4 ton を 1.8 ton に軽くした経緯がある。

7-1-6 基本設計

以上の検討を踏まえて、クタ、ヌサドゥア、サヌールにおける構造物、養浜工の基本設計を図 7-1-6-1~6 に示す。

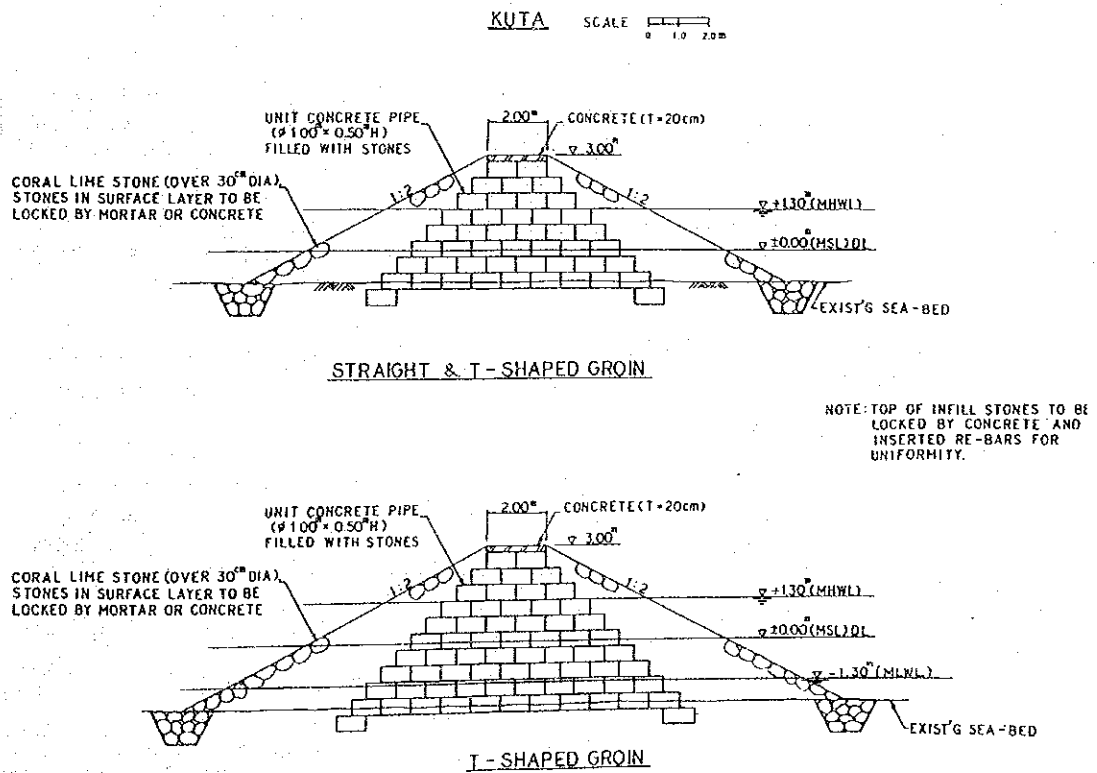
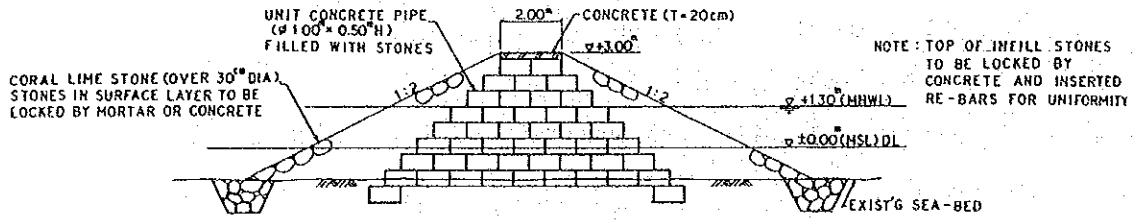
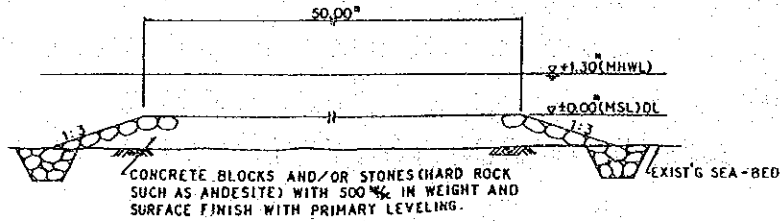


図 7-1-6-1 基本設計図 (構造物、クタ)

NUSA DUA SCALE 0 1.0 2.0m



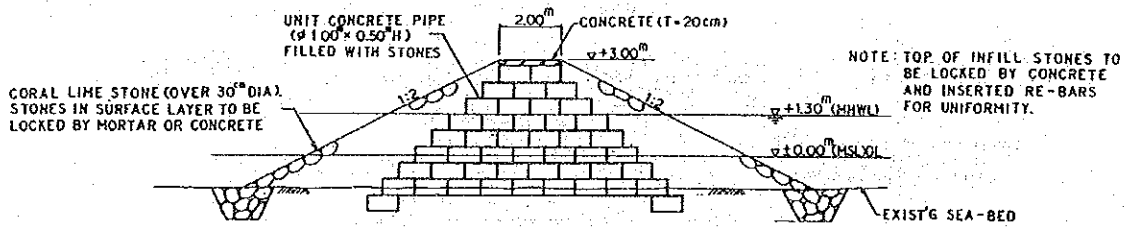
EXTENSION OF STRAIGHT GROIN



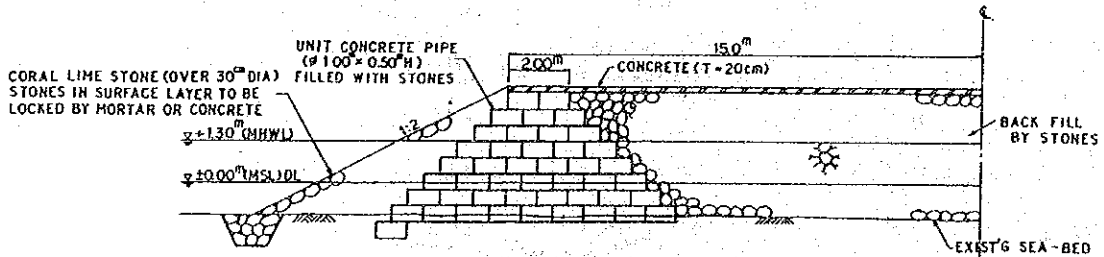
SUBMERGED OFF-SHORE BREAKWATER

図 7-1-6-2 基本設計図 (構造物、ヌサドゥア)

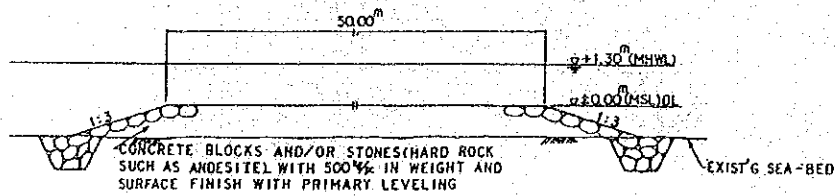
SANUR SCALE 0 1.0 2.0m



STRAIGHT & L-SHAPED GROIN



HEAD-LAND GROIN



SUBMERGED OFF-SHORE BREAKWATER

図 7-1-6-3 基本設計図 (構造物、サヌール)

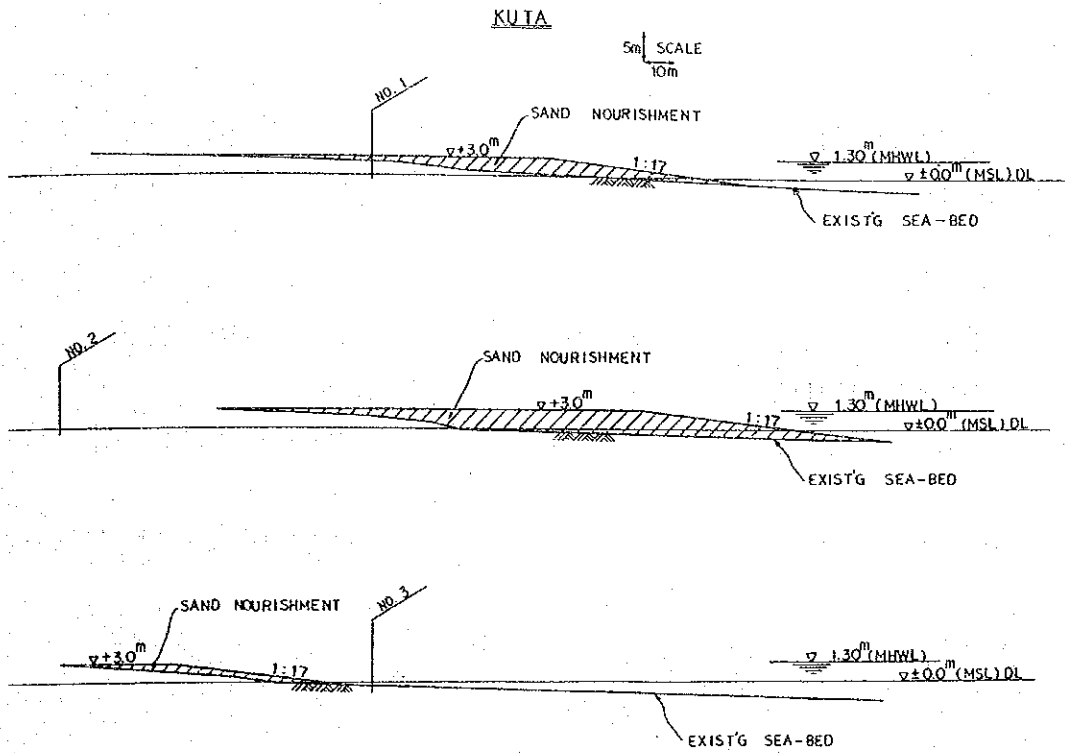


図 7-1-6-4 基本設計図 (養浜工、クタ)

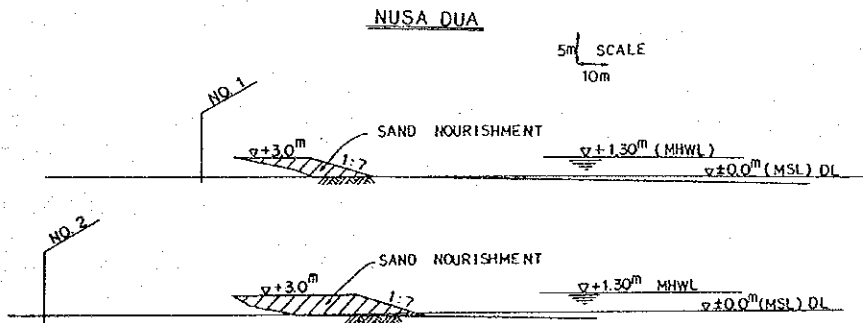


図 7-1-6-5 基本設計図 (養浜工、ヌサドゥア)

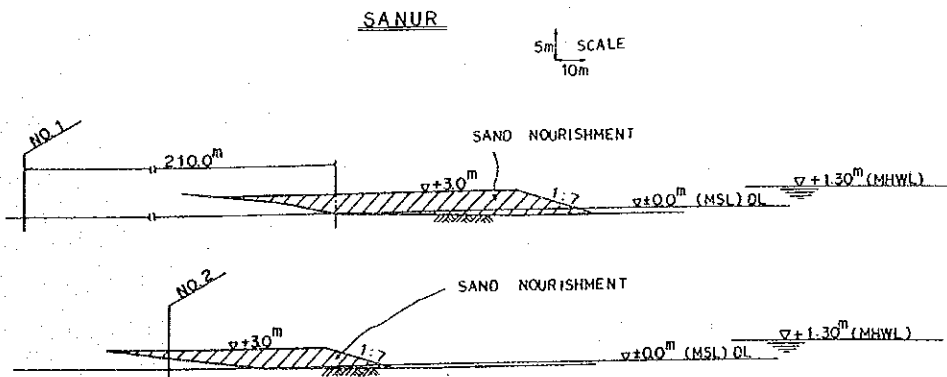


図 7-1-6-6 基本設計図 (養浜工、サヌール)

## 7-2 施工計画

### 7-2-1 概要

バリ海岸緊急保全工事の施工現場の多くはホテルの前面に位置し、年間を通じて観光客が海岸を利用している。従って、観光客の海岸の利用に対して出来るだけ支障のないよう下記の条件を考慮した。

- (1) 突堤工事は、建設機械と材料の陸上輸送を夜間に計画し、施工も陸上より行う。然し、施工による海浜の長期的使用を防ぐために、出来る限り建設機械を使用するように計画した。
- (2) 離岸堤工事は、バージの上に設置した建設機械を使用し、材料は栈橋より現場に海上輸送する。従って、建設期間中でも海浜を占有しない。
- (3) 潜堤工事は、すべての建設機械と材料は栈橋より現場に海上輸送する。従って、建設期間中でも海浜を占有しない。
- (4) 養浜工事は下記の事項を考慮して計画した。
  - 1) 土取場は沖合で、海岸線に影響を与えない地点を選定した。
  - 2) 砂の輸送は海上輸送による。
  - 3) 土捨場はサンゴ礁の外側よりポンプ船によって撤き出す。  
それ故、海浜の占有期間が短くなる。

7-2-2 建設予定表

インドネシア政府と借款借与国政府間における借款の準備から工事完成までにおけるこのプロジェクトのスケジュールは図 7-2-2-1のように設定した。

上記のプロジェクト実施スケジュールはコンサルタントの契約が詳細設計と施工監督を一諸に行う前提で作られた。

I T E M	1st yr.	2nd yr.	3rd yr.	4th yr.	5th yr.	6th yr.	7th yr.
IP	—						
General Agreement		↓					
Loan Agreement		↓					
Consultant Tender & Evaluation		↓					
Consultant Contract Negotiations		↓					
Award of Consultant Contract		↓					
Detailed Design			—				
P. Q. of Contractor			—				
Tender of Contractor				—			
Tender of Evaluation & Negotiations				—			
Award of Contract					—		
Construction							

図 7-2-2-1 プロジェクト実施スケジュール

### 7-2-3 施工計画の基本方針

#### (1) 建設構想

バリ海岸緊急保全工事は建設期間を短縮するために、建設機械を使用し、全工事を請負工事で行う。

原則として、クタ・ヌサドゥア、サヌールの3海岸は同時着工とする。

バリ海岸緊急保全工事の全体の工事量を考慮した建設期間は、3年とする。

突堤、離岸堤、潜堤の各工事は、施工開始後2年6ヵ月で完成する。

各海岸の養浜工事は突堤、離岸堤、潜堤の構造物を設置後に開始する。養浜工事は少なくとも、第2年目の半ばまでに開始するようにする。

外部より各プロジェクトサイトの臨時の材料置場に運ぶ材料の運搬は夜間に行う。

#### (2) 稼働日数

建設工事は稼働日数を考慮して3年で完成するようにする。

海岸侵食防止工事は強風、波浪によって影響を受けるので、10年間の風の記録より稼働日を推定した。この場合、風速6ノット/時以上の時、これを波高に換算すると0.6mに相当し、これ以上を待機日とした。毎月の平均日数は下記の通りである。

表 7-2-3-1 稼働日数

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mar	Jan	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Workable days	17	17	24	24	17	14	12	12	16	20	24	23	220

従って、年間の稼働日数は220日となるが、年間20日の祭日を差引いて最終的にこのプロジェクトの年間稼働日数を200日と推定した。

#### (3) 稼働時間

稼働時間は下記のように設定した。

1) 通常の土木工事は8時間2交替制とし、養浜工事の浚渫を除いて、建設機械の運転時間は実働10時間とした。

2) 養浜工事の浚渫土採取と撤き出しは8時間2交替で、機械の実働は1日14時間とした。

### 7-2-4 工事概要

#### (1) バリ海岸緊急保全工事（全体）

侵食防止工事の主な項目は図 7-2-5-1に示してあり、要約は下記の通りである。

突堤	2,940m
潜堤	12,500m <sup>2</sup>



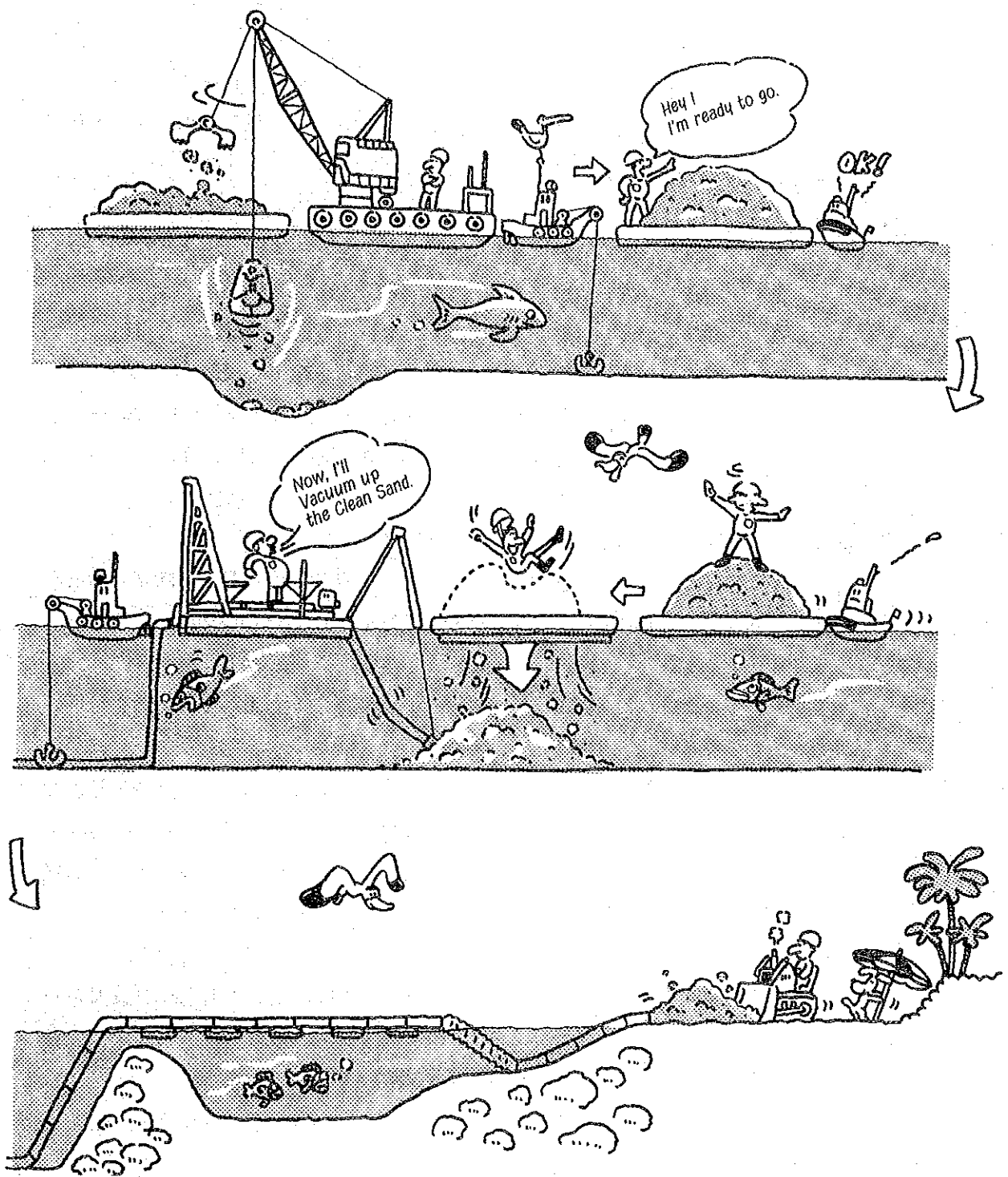


図 7-2-4-1 養浜工 (イラスト)

離岸堤	330m
養浜工	1,460,000m <sup>3</sup>
撤去	363m

このプロジェクトはクタ、ヌサドゥア、サヌールの3海岸よりなり、主な工事概要は下記の通りである。

#### 1) 準備工

現在、デンバサル市内を通過せずにベノア港よりクタ、ヌサドゥア、サヌールに至る幅6mのアスファルト舗装道路がある。

又、未舗装道路において小さな橋を補強すれば、主要道路より工事現場まで、このプロジェクトの取付道路として使用が可能である。然し、建設機械と通常の輸送の安全を確保するため、小さな橋をも含めて殆んど新しい取付道路を建設する必要がある。又、現在の道路の小さな橋も補強しなければならない。準備工は第1年目の1月より3月の3ヵ月間で完了するように計画した。

#### 2) 突堤

突堤工事はクタ、ヌサドゥア、サヌール・ビーチの合計突堤延長2,940mを4チームによって施工し、工期は第2年目の4月より第4年目の7月間の28ヵ月で完了する。

4チームの中の2チームはクタ・ビーチにおいて延長1,600mを第2年目の4月より第4年目の7月の28ヵ月間で完了する。4チームの中の1チームがサヌール・ビーチにおいて延長890mを第2年目の4月より第4年目の7月の28ヵ月間で完了する。残りの1チームは、最初ヌサドゥア・ビーチの延長100mを第2年目の4月より7月の3ヵ月間で完了し、その後サヌール・ビーチに移り、延長350mを第3年目の2月までの20ヵ月間で完了する。

#### 3) 養浜工

養浜工事は3海岸について、沖合における採砂のため3隻のグラブ浚渫船を含んだ2船団のポンプ浚渫船により、1,460,000m<sup>3</sup>の養浜土量を第3年目の10月より第4年目の12月の15ヵ月間で完了する。

1船団のポンプ浚渫船はクタ・ビーチにおいて、第3年目の10月より第4年目の10月の13ヵ月間に783,000m<sup>3</sup>を完了する。

他の船団のポンプ浚渫船は、ヌサドゥア・ビーチにおいて、第3年目の10月より1月の4ヵ月間に229,000m<sup>3</sup>を完了し、その後サヌール・ビーチに移動する。

サヌール・ビーチにおいては、448,000m<sup>3</sup>を第3年目の2月より、第4年目の12月の11ヵ月間に完了する。

#### 4) 潜 堤

サヌール・ビーチの潜堤工事は0.6 m<sup>2</sup>のコンクリート塊と約 500kgの重量の石を合計12,500 m<sup>3</sup>、第3年目の4月より10月の7ヵ月間に設置する。

#### 5) 離 岸 堤

ヌサドゥア・ビーチの離岸堤工事は延長 330mを第2年目の7月より3月の9ヵ月間に完了し、このチームはサヌール・ビーチの潜堤工事のために移動する。

3 海岸の各々の施工内容は以下に述べる。

#### (2) クタ・ビーチ

クタ・ビーチの侵食防止工事の主項目は下記の通りである。

突 堤	1,600m
養 浜	783,000 m <sup>3</sup>
撤 去	70m

突堤工事はコンクリートプラントと採石場より建設材料を現場近くの仮置場に運搬し、仮置場より更に小運搬をして工事を行う。

建設機械は、クローラークレーン、水陸両用掘削機、コンクリートミキサー、小運搬車及び人力によって行う。

養浜工事はグラブ浚渫船とポンプ浚渫船の組合せによる。

採砂地は海岸線に影響を与えない海上沖合地点を指定し、採取した砂は海上輸送によって運搬する。捨場にはポンプ浚渫船をサンゴ礁の外側に設置して、海上輸送されて来た砂をポンプ船により吸、排出し、海浜においてはこれをブルドーザーにて整地をする。(図 7-2-4-1)

現突堤の撤去は、陸上よりクローラーにより行い、とりこわした材料は運搬車によって持ち運び出し、これらの材料は新しく作る突堤に使用する。

#### (3) ヌサドゥア・ビーチ

ヌサドゥア・ビーチの侵食防止工事の主項目は下記の通りである。

突 堤	100m
離 岸 堤	330m
養 浜	229,000 m <sup>3</sup>
撤 去	213m

突堤工事は前に述べたのと同じ方法である。

離岸堤工事は突堤工事と同じであるが、只、建設材料が仮棧橋よりバージによる海上輸送に変わるのみである。設置工事はクローラークレーンをバージの上に載せて行う。

養浜工は前に述べた工法と同じである。

現在の離岸堤の撤去はバージに載せたクローラークレーンにより行ない、撤去した材料は海上輸送により離岸堤において使用する。

(4) サヌール・ビーチ

サヌール・ビーチの侵食防止工事の主項目は下記の通りである。

突 堤	1,240m
潜 堤	12,500m <sup>3</sup>
養 浜	448,000m <sup>3</sup>
撤 去	80m

突堤工事は前に述べたのと同じ方法である。

潜堤工事は、一度材料を仮置場に運搬貯蔵し、そこから仮栈橋を通じてバージにて小運搬する。設置工事はクローラークレーンと水陸両用掘削機により行う。

養浜工事は前述と同じである。

現突堤の撤去は前述の通りである。

#### 7-2-5 工 程 計 画

工程計画は、図 7-2-2-1に示すプロジェクトの実施スケジュールを前提条件とし、

図 7-2-5-1のように計画した。

Name of Place and Description	Period																							
	1991/1992			1992/1993			1993/1994			1994/1995														
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
Quantity																								
<b>1. Preparatory Works</b>																								
Temporary Access Road	L.S																							
Temporary Facilities & Buildings	L.S																							
<b>2 Kuta Beach</b>																								
Groin	1,600 m																							
No. 5	100 m																							
No. 4	350 m																							
No. 3	250 m																							
No. 2	400 m																							
No. 1	500 m																							
Beach Sand Nourishment	788,000 m <sup>3</sup>																							
No. 5 L = 600 m	149,000 m <sup>3</sup>																							
No. 4 L = 400 m	99,000 m <sup>3</sup>																							
No. 3 L = 300 m	74,000 m <sup>3</sup>																							
No. 2 L = 800 m	499,000 m <sup>3</sup>																							
No. 1 L = 750 m	52,000 m <sup>3</sup>																							
Demolish	70 m																							
Groin	70 m																							
<b>3. Nusa Dua Beach</b>																								
Groin	100 m																							
No. 1	100 m																							
Offshore Breakwater	330 m																							
No. 1	330 m																							
Beach Sand Nourishment	229,000 m <sup>3</sup>																							
No. 1 L = 350 m	28,000 m <sup>3</sup>																							
No. 2 L = 800 m	56,000 m <sup>3</sup>																							
No. 3 L = 700 m	107,000 m <sup>3</sup>																							
No. 4 L = 250 m	38,000 m <sup>3</sup>																							
Demolition	213 m																							
Offshore Groin 4 NOS	213 m																							

圖 7-2-5-1 工程計畫 (一括契約方式)

Name of Place and Description	Period																																		
	1991/1992				1992/1993				1993/1994				1994/1995																						
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
4. Sanur Beach	Quantity																																		
Groin	1,240 m																																		
No 9	200 m																																		
No 8	200 m																																		
No 7	200 m																																		
No 6	100 m																																		
No 5	100 m																																		
No 4	100 m																																		
No 3	50 m																																		
No 2	190 m																																		
No 1	100 m																																		
Submerged Offshore Breakwater	12,500 m <sup>2</sup>																																		
No 1	12,500 m <sup>2</sup>																																		
Beach Sand Nourishment	448,000 m <sup>3</sup>																																		
No 10 L = 400 m	139,000 m <sup>3</sup>																																		
No 9 L = 350 m	122,000 m <sup>3</sup>																																		
No 8 L = 350 m	122,000 m <sup>3</sup>																																		
No 7 L = 300 m	104,000 m <sup>3</sup>																																		
No 6 L = 600 m	116,000 m <sup>3</sup>																																		
No 5 L = 550 m	106,000 m <sup>3</sup>																																		
No 4 L = 500 m	96,000 m <sup>3</sup>																																		
No 3 L = 250 m	48,000 m <sup>3</sup>																																		
No 2 L = 200 m	39,000 m <sup>3</sup>																																		
No 1 L = 500 m	96,000 m <sup>3</sup>																																		
Demolition	80 m																																		
No 1	80 m																																		

图 7-2-5-1 工程剖面 (一掃契約方式)

## 7-2-6 建設材料

このプロジェクトに使用する主な建設材料は、セメント、砂利、砂、玉石であり、これらの材料の生産地は下記の通りである。

### (1) セメント

セメントはジャワ島と、チモール島で生産しており、バリ島ベノア港に陸揚げをする。

### (2) コンクリート材料

コンクリートの材料として使用する骨材と砂は、機械を使用して東西の両採石場より採掘、運搬する。その位置は図 3-4-2-1に示す。

### (3) 玉石

潜堤工事に使用する安山岩の玉石は機械を使用して東西両採石場より採取するように計画した。

### (4) 石灰石

突堤と離岸堤に使用する石灰石はバドン採石場より発破を使用し採石する。その位置は図 3-4-2-1に示す。

### (5) 砂

合計 1,460,000 $\text{m}^3$ の砂がクタ、ヌサドゥア、サヌール・ビーチの養浜工に必要であり、各海岸の必要量は各々 783,000 $\text{m}^3$ 、229,000 $\text{m}^3$ 、448,000 $\text{m}^3$ である。各海岸の砂の特質は下記の通りである。(3-4-4 節参照)

#### 1) クタ・ビーチ

この海岸の砂の粒径は細かく、篩い分け試験で0.42mmの径の篩に残る割合は5～10%であり、砂の色は黒ずんだかつ色である。

#### 2) ヌサドゥア・ビーチ

この海岸の砂の粒径は荒砂で、篩い分け試験で0.42mmの篩に残る割合は80～85%であり、色は白である。

#### 3) サヌール・ビーチ

この海岸の砂の粒径は可成り荒らく、篩い分け試験で0.42mmの篩に残る割合は50～60%であり、色は白である。

以上に述べたように、これらの3海岸の砂の特徴は異っているので養浜工を施工する時に各海岸の現状を考慮する必要がある。

養浜工の砂の採取場の予定箇所とその位置を表 7-2-6-1、図 7-2-6-1に示す。

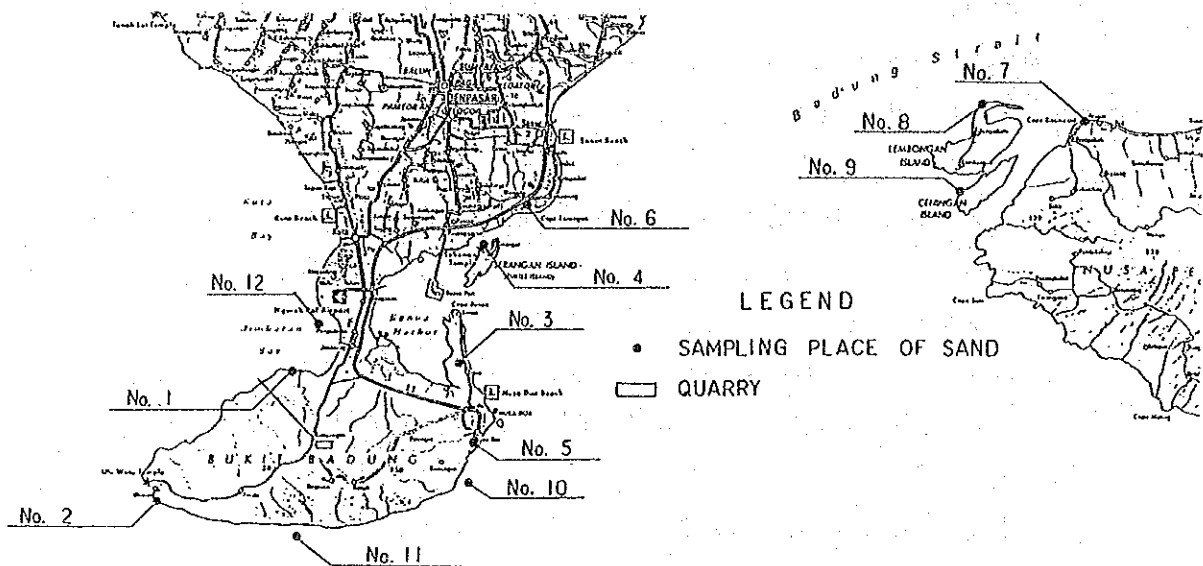


図 7-2-6-1 養浜砂採取地点位置図

表 7-2-6-1 砂採取地点の現況

Location	Grading of sand (%)	Color	Presumed Volume	Remarks
1 River mouth of Ayung River	20	Black	Approx 100,000 m <sup>3</sup>	Seashore
2 South area of Sanur Beach	14	White	Approx 90,000 m <sup>3</sup>	Seashore and Inland
3 In front of Serangan Island	8	Dark brown	Great volume	Offshore
4 Back of Serangan Island	8	Dark brown	Great volume	Offshore
5 South area of Nusa Dua	85	White	Over 700,000 m <sup>3</sup>	In land
6 South area of Tg. Lebang	Approx 85	White	Over 200,000 m <sup>3</sup>	Seashore
7 In front of Bukit Badung	40	White	Great volume	Offshore
8 River mouth of Jimbaran Bay	4	White	Not much	Seashore
9 Jimbaran Bay	5	Dark brown	Over 500,000 m <sup>3</sup>	Offshore
10 Kuta Bay	very fine	Gray	Over 500,000 m <sup>3</sup>	Offshore
11 In front of Nusa Penida	7	White	Fairly great volume	Seashore
12 In front of Lembongan Island	66	White	Fairly great volume	Seashore
13 In front of Ceningan Island	63	White	Fairly great volume	Seashore

Note : 1. The number in the grading of sand column Shows the remaining percentage of Sand over 0.42mm in diameter by the sieving test.

2. At Locations No.2 and No.5, it might be necessary to fill up dredged holes with some materials to make the ground level.



## 7-3 概算工費

### 7-3-1 概要

プロジェクト概算工費は建設費と維持費より成る。

建設費は、用地補償費、土木工事費、コンサルタント料、運営管理費、予備費と売上税を含んでいる。土木工事費は建設機械の償却費と運営費、労務費、材料費と建設業者の技術指導と諸経費を含む。

技術経費と運営経費には外国のコンサルタントの費用も含んでいる。

建設費は1988年物価価格と下記の条件により積算した。

- 1) 施工は7-2-3において述べたように全工事を請負工事にする。
- 2) 工程計画は図 7-2-5-1による。
- 3) 必要な建設機械とスペアパーツは建設業者の負担とし、輸入税を除いた税関の費用を含むすべての費用は建設業者の負担とする。

概算工費は現地通貨と外貨に大別される。外貨は円貨によって積算し、各通貨の交換レートは次の通りとした。

$$1 \text{ US \$} = \text{R}_f 1600 = \text{¥}130$$

現地通貨は、用地補償費、現地労務費、材料費、運営費（外国コンサルタントの日額と現地の一般経費、建設業者の経費）予備費と売上税よりなっている。

気象観測所の観測器機とコンピューターを含む水位計を除いた建設材料は現地において発注するように計画した。

外貨は建設機械の償却費とスペアパーツ費、雨量計、風力計、水位計を含む観測器機、技術指導費、コンサルタントの詳細設計、施工管理期間における測量費用、試験室器機類、車と予備費である。外国のコンサルタントサービスの費用は、人件費と雑費である。

### 7-3-2 建設費

仮設道路と仮設置場の為の土地借用補償費は附近の単価を参考として計算した。

土木工事費は7-2-4(1)に述べた数量と労務費、材料費、償却費、スペアパーツ、技術員費用、建設業者の機械の運転費とによって算出した。機械の運転費は人件費、燃料と消耗品を含んでいる。

採用した労務単価と材料単価を表7-3-2-1、表 7-3-2-2に示す。このプロジェクトに使用する予定の主な建設機械とプラントを表 7-3-2-3に示す。又、償却費用を表 7-3-2-4に示す。この概算の積算に使用した主な建設単価を内貨、外貨に分けて表 7-3-2-5に示す。

表 7-3-2-1 勞務單價

1988 prices

Description	Unit Price
1. Pekerja biasa	Rp. 1,500
2. Pekerja pembantu tukang	Rp. 2,500
3. Mandor	Rp. 4,000
4. Tukang batu-batu	Rp. 3,000
5. Tukang batu kepala	Rp. 3,500
6. Tukang besi	Rp. 3,000
7. Tukang besi kepala	Rp. 3,500
8. Tukang kayu	Rp. 3,500
9. Tukang kayu kepala	Rp. 4,000
10. Tukang listrik	Rp. 2,500
11. Tukang aspal	Rp. 3,000
12. Sopir sim A	Rp. 2,500
13. Sopir sim B1	Rp. 3,000
14. Sopir sim B2	Rp. 3,000
15. Mesines mesin gilás	Rp. 3,000
16. Montir	Rp. 3,500

表 7-3-2-2 材料單價

1988 prices

Description	Unit	Price
1. Cement	ton	Rp. 90,000
2. Steel bar	ton	Rp. 651,000
3. Steel form	ton	Rp. 2,500,000
4. H-steel H=300x300 $\ell$ =6~9m	ton	¥ 60,000
5. Wood	m <sup>3</sup>	Rp. 424,000
6. Diesel oil	ℓ	Rp. 220
7. Gasoline	ℓ	Rp. 400
8. Asphalt concrete	kg	Rp. 400

表 7-3-2-3 主要機械一覽 (一括契約方式)

Equipment	Description	Number
Grab dredger	Bucket Capacity 8m <sup>3</sup> , 1,000 ps	3
Anchor boat	with 10 t crane, 180 ps	5
Carrier boat	700m <sup>3</sup>	8
Tugboat	1,200 ps	6
- do -	300 ps	1
Traffic boat	40 ps	6
Flat barge	500 WT	1
Pump dredger	1,000 ps 250m <sup>3</sup> /h	2
Bulldozer	D-7 LGP	7
Backhoe	1.2m <sup>3</sup>	1
- do -	0.7m <sup>3</sup>	2
Dump truck	15 t	3
- do -	10 t	25
Ordinary truck	10 t	2
Wheel loader	CAT, 1.0 m <sup>3</sup>	2
- do -	CAT, 1.5 m <sup>3</sup>	4
- do -	CAT, 3.1 m <sup>3</sup>	2
Crushing plant	40 ton/hour	1
Crawler crane	40 t	1
- do -	16 t ~ 20 t	6
Amphibious soft-terrain excavator	2.8 t	9
Concrete plant	0.5m <sup>3</sup> , 18m <sup>3</sup> /h	2
Vibrator	8,000 - 10,000 vpm	17
Tractor shovel	1.7m <sup>3</sup>	2
Concrete mixer	0.3m <sup>3</sup>	4
Wheel carrier	3 t	12
Crawler drill	CM 351	2
Compressor	17 m <sup>3</sup> /min	2
Hydraulic breaker	UB-11, 980 kg	2

表 7-3-2-4 主要機械使用料

Equipment	Description	Unit	Depreciation Cost (Yen)
Grab dredger	Bucket Capacity 8 m <sup>3</sup> , 1,000 ps	Hourly	58,550
Anchor boat	with 10t crane, 180 ps	"	10,000
Carrier boat	700 m <sup>3</sup>	"	15,260
Tugboat	1,200 ps	"	16,900
- do -	300 ps	"	6,000
Traffic boat	40 ps	"	720
Flat barge	500 WT	Daily	34,500
Pump dredger	1,000 ps	Hourly	58,000
Bulldozer	D-7 LGP	"	5,640
Backhoe	1.2 m <sup>3</sup>	"	8,370
- do -	0.7 m <sup>3</sup>	"	4,660
Dump truck	15 t	"	4,100
- do -	10 t	"	2,300
Ordinary truck	10 t	"	2,300
Wheel loader	CAT, 1.0m <sup>3</sup>	"	2,290
- do -	CAT, 1.5m <sup>3</sup>	"	5,350
- do -	CAT, 3.1m <sup>3</sup>	"	6,800
Crushing plant	40 ton/hour	"	50,500
Crawler crane	40 t	"	12,900
- do -	16 t~ 20 t	"	6,480
Amphibious soft- terrain excavator	2.8 t	"	10,600
Concrete plant	0.5 m <sup>3</sup> , 18m <sup>3</sup> /h	Daily	33,480
Vibrator	8,000 - 10,000 vpm	Hourly	370
Tractor shovel	1.7 m <sup>3</sup>	"	4,570
Concrete mixer	0.3 m <sup>3</sup>	"	5,800
Wheel carrier	3 t	"	1,740
Crawler drill	CM 351	"	3,850
Compressor	17m <sup>3</sup> /min	Daily	14,300
Hydraulic breaker	UB-11, 980 kg	"	14,200

表 7-3-2-5 建設単価

1988 prices

Items	Unit	Unit Cost	
		L. C (Rp)	F. C (Yen)
<u>Groin Works</u>			
Excavation	m <sup>3</sup>	2,738	631
Concrete tube d = 1 m, H = 0.5m	NO	18,930	834
Concrete (C = 300 kg)	m <sup>3</sup>	38,115	1,517
Aggregate	m <sup>3</sup>	3,212	689
Batu Karan	m <sup>3</sup>	2,704	1,131
<u>Breach Sand Nourishment Works</u>			
Excavation	m <sup>3</sup>	404	444
Transportation	m <sup>3</sup>	687	292
Dumping	m <sup>3</sup>	613	509
Spreading	m <sup>3</sup>	185	78
<u>Submerged Offshore Breakwater Works</u>			
Andesite stone 500kg	m <sup>3</sup>	1,913	389
Concrete block 0.6m cube	NO	9,936	412
Loading charge (Andesite stone)	m <sup>3</sup>	1,793	308
Loading charge (Concrete block)	NO	327	147
Offshore transportation & pitching	m <sup>3</sup>	6,025	3,454

準備工は運搬道路、取付道路の改良、事務所、宿舎の建設を含み、準備工の詳細単価は下記の通りである。

項 目	L. C (1000R <sub>p</sub> )	F. C (1000¥)	Total (1000R <sub>p</sub> )
1. 取付道路	381,300	22,600	659,280
2. 事務所 宿舎	65,000		65,000
計	446,000	22,600	724,280

土木工事の雑費は、気象観測所と水位観測所の設置費である。このプロジェクトのインドネシア政府の運営費は用地補償費と土木工事費の合計の2%を見込んだ。

コンサルタントサービス費は詳細設計費と施工管理費の費用を見込んだ。

予備費は、用地補償費、土木工事費、運営費とコンサルタントサービス費の合計額の15%を見込んだ。

売上げ税は用地補償費、土木工事費の合計の10%と、予備費に含まれている用地補償費と土木工事費の合計の10%を見込んだ。

この積算に地方税は含まれていない。

### 7-3-3 概算工費の要約

プロジェクトコストは1988年価格でR<sub>p</sub> 71,445,456,000となり、この内訳は内貨分 R<sub>p</sub> 16,937,809,000、外貨¥ 4,431,516,000となる。項目別内訳を表 7-3-3-1に示す。

図 7-2-5-1に示した工程計画に従って年度別プロジェクトコストを算定したものを表 7-3-3-2に示す。又、海岸別プロジェクトコストを表7-3-3-3に示す。このコストは物価上昇を含まない。

表 7-3-3-1 プロジェクトコスト (一括契約方式)

1988 - Price

Description	Cost			Remarks
	L.C (10 <sup>8</sup> Rp)	F.C (10 <sup>8</sup> ¥)	Total (10 <sup>8</sup> Rp)	
1. Land Compensation	600,000	—	600,000	
2. Civil works	11,814,765	3,379,185	53,378,741	
a. Preparatory works	446,300	22,600	724,280	
b. Groin	7,529,798	876,515	18,310,933	
c. Submerged offshore breakwater	516,700	126,350	2,070,805	
d. Beach sand nourishment	3,030,960	2,299,500	31,314,810	
e. Demolition	11,945	6,167	87,799	
f. Miscellaneous	6,000	3,800	52,740	
g. Offshore breakwater	273,062	44,253	817,374	
3. Government administration	248,295	67,584	1,079,578	
4. Engineering services	900,348	406,723	5,903,041	
Subtotal	13,563,408	3,853,492	60,961,360	
5. Physical contingency	1,944,511	578,024	9,054,206	
Subtotal	15,507,919	4,431,516	70,015,566	
6. VAT	1,429,890	—	1,429,890	
GRAND TOTAL	16,937,809	4,431,516	71,445,456	

表 7-3-3-2 年度別プロジェクトコスト (一括契約方式)

Unit L.C. = Rp 10<sup>3</sup>  
F.C. = ¥ 10<sup>3</sup>

1988 prices

Description	Summary		1st year		2nd year		3rd year		4th year		5th year		6th year	
	L.C. (Rp)	F.C. (Yen)	L.C. (Rp)	F.C. (Yen)	L.C. (Rp)	F.C. (Yen)	L.C. (Rp)	F.C. (Yen)	L.C. (Rp)	F.C. (Yen)	L.C. (Rp)	F.C. (Yen)	L.C. (Rp)	F.C. (Yen)
1. Land Compensation	600,000	—	—	—	—	—	600,000	—	—	—	—	—	—	—
2. Civil works	11,814,765	3,379,185	—	—	—	—	452,300	26,400	3,866,147	465,090	5,241,062	1,597,163	2,555,256	1,290,532
a Preparatory works	446,300	22,600	—	—	—	—	446,300	22,600	—	—	—	—	—	—
b Groins	7,529,798	876,515	—	—	—	—	—	—	3,586,635	417,507	3,288,503	382,801	654,660	76,207
c Submerged offshore breakwater	516,700	126,350	—	—	—	—	—	—	—	—	516,700	126,350	—	—
d Beach sand nourishment	3,030,960	2,299,500	—	—	—	—	—	—	—	—	1,430,364	1,085,175	1,600,596	1,214,325
e Demolition	11,945	6,167	—	—	—	—	—	—	6,450	3,330	5,495	2,837	—	—
f Miscellaneous	6,000	3,800	—	—	—	—	6,000	3,800	—	—	—	—	—	—
g Offshore breakwater	273,062	44,253	—	—	—	—	—	—	273,062	44,253	—	—	—	—
3. Government administration	248,295	67,584	—	—	—	—	21,046	528	77,323	9,302	104,821	31,943	45,105	25,811
4. Engineering services	900,348	408,723	223,822	48,413	178,713	75,416	60,110	55,339	153,265	85,890	153,071	72,017	131,367	69,648
Subtotal (1~4.)	13,563,408	3,853,492	223,822	48,413	178,713	75,416	1,133,456	82,267	4,096,735	560,282	5,498,954	1,701,123	2,431,728	1,385,991
5. Physical contingency	1,944,511	578,024	33,573	7,262	26,807	11,312	80,019	12,340	614,510	84,042	824,843	255,169	364,759	207,899
Subtotal (1~5.)	15,507,919	4,431,516	257,395	55,675	205,520	86,728	1,213,475	94,607	4,711,245	644,324	6,323,797	1,956,292	2,796,487	1,593,890
6. PPM (1+2+5) × 10%	1,429,890	—	—	—	—	—	113,232	—	448,066	—	606,591	—	262,001	—
GRAND TOTAL	16,937,809	4,431,516	257,395	55,675	205,520	86,728	1,326,707	94,607	5,159,311	644,324	6,930,388	1,956,292	3,058,488	1,593,890



表 7-3-3-3 海岸別プロジェクトコスト（一括契約方式）

Unit × 10<sup>7</sup> Rp  
× 10<sup>7</sup> Yen

1988—prices

Description	Kuta			Musa Dua			Sanur			Total		
	L.C (Rp)	F.C (Yen)	Total (Rp)	L.C (Rp)	F.C (Yen)	Total (Rp)	L.C (Rp)	F.C (Yen)	Total (Rp)	L.C (Rp)	F.C (Yen)	Total (Rp)
1. Land Compensation	200,000	—	200,000	200,000	—	200,000	200,000	—	200,000	600,000	—	600,000
2. Civil works	5,830,200	1,715,129	26,926,287	1,116,263	441,189	6,542,888	4,866,302	1,222,867	19,909,566	11,814,765	3,379,185	53,378,741
a Preparatory works	148,767	7,584	241,435	148,766	7,533	241,422	148,767	7,533	241,423	446,300	22,600	724,280
b Groin	4,050,915	471,550	9,850,980	211,536	24,624	514,411	3,267,347	380,341	7,945,542	7,529,798	876,515	18,310,933
c Submerged offshore breakwater	—	—	—	—	—	—	516,700	126,350	2,070,805	516,700	126,350	2,070,805
d Beach sand nourishment	1,625,508	1,233,225	16,794,176	475,404	360,675	4,911,706	930,048	705,600	9,608,928	3,030,960	2,299,500	31,314,810
e Demolition	3,010	1,554	22,124	5,495	2,837	40,390	3,440	1,776	25,285	11,945	6,167	87,799
f Miscellaneous	2,000	1,266	17,572	2,000	1,267	17,584	2,000	1,267	17,584	6,000	3,800	52,740
g Offshore breakwater	—	—	—	273,062	44,253	817,374	—	—	—	273,062	44,253	817,374
3. Government administration	120,604	34,303	542,521	26,324	8,824	134,859	101,367	24,457	402,188	243,295	67,584	1,079,578
4. Engineering services	375,373	168,597	2,449,116	198,529	87,207	1,271,175	326,446	150,919	2,182,750	900,348	406,723	5,903,041
Subtotal	6,526,177	1,918,029	30,117,934	1,541,117	537,220	8,148,923	5,496,114	1,398,243	22,694,503	13,563,408	3,853,492	60,961,960
5. Physical contingency	948,927	287,706	4,487,711	201,167	80,581	1,192,313	794,417	209,737	3,374,182	1,944,511	578,024	9,054,206
Subtotal	7,475,104	2,205,735	34,605,645	1,742,284	617,801	9,341,236	6,290,531	1,607,980	26,068,685	15,507,919	4,431,516	70,015,566
6. PPM	695,900	—	695,900	149,731	—	149,731	584,259	—	584,259	1,429,890	—	1,429,890
GRAND TOTAL	8,171,004	2,205,735	35,301,545	1,892,015	617,801	9,490,966	6,874,790	1,607,980	26,652,945	16,937,809	4,431,516	71,445,456