

12.2 設計条件

本節は海岸保全工事の予備設計のための基礎的条件について述べる。設計条件として自然条件、構造条件および越波条件等について以下述べるものとする。

12.2.1 自然条件

1) 潮位

潮位表 (Admiralty Tide Table 1986) によるラロトンガ島での潮位は下記のごとくである。

H A T	+0.7m
M H W S	+0.4m
M H W N	+0.2m
M S L (= D L)	±0.0m
M L W N	-0.2m
M L W S	-0.4m
L A T	-0.5m

これらの各潮位は平均海面 (M S L) を基準とした値で、本調査の標高基準と同一である。

2) 波 浪

a) 沖波 : 有義波 H_0

ラロトンガ島北部海岸を主な保全対象とする短期計画では、設計波としてサリーによって生じたと思われる波を採用することとした。波浪推算を用いたサリーの気象資料は1991年4月 J I C A 調査団が入手したものを使用した。サリーにより発生したと思われる沖波 (有義波) は、台風等の風域移動を伴う異常気象の波浪推算に適用できる「ウィルソン法」を用いて推定した。推算結果を下記に示す。

方 位	N 6° W (サリー)
波 高	$H_0 = 8.1\text{m}$ (有義波)
周 期	$T = 12.5\text{秒}$
波 長	$L_0 = 1.56 T^2 = 244\text{m}$

注：深海波

波は一般に深海波（沖波）と浅海波に分類できる。前者は海底の摩擦抵抗の影響を受けないほど深い海域に存在する波である。深海とは一般的に半波長より深い海を示している。

沖波が島のリーフに接近すると、海底摩擦の影響を受けて屈折が生ずる。同リーフ直前での換算沖波 H_o' は次式で求められる。

$$H_o' = H_o \cdot K_r$$

ここで、 H_o : 沖波波高 (m)

H_o' : 換算沖波波高 (m)

K_r : 屈折係数

リーフ前面の平面形状より島北岸を3分し、それぞれの換算沖波を求めると下記のごとくである。（図12-2Bを参照されたい。）

Punataia村よりアバルア港東防波堤 : $H_o' = 8.1\text{m}$

アバルア港西防波堤より Motutoa島付近 : $H_o' = 7.7\text{m}$

Motutoa島より空港西端 : $H_o' = 8.7\text{m}$

これらの波高は主に波の打上げ計算に用いられる。

b) アバルア海岸での波の変形

沖波が浅海域に進入すると浅海変形を考慮しなければならない。地形が比較的複雑でかつ同国で最も発達した市街地を背後に持つアバルア海岸での浅海変形を検討してみる。同海岸での波の浅海変形に関する電算解を図12-3および12-4に示す。

3つの手法で検討する。

- 電算解析による方法 (7.6.1節)
- 天然水路付近での屈折図による方法 (8.6.1節)
- 実験公式による方法 (5.3.8節)

防波堤や護岸などの構造物に働く波圧や波力を算出するための設計波はこれらの内、最も大きな波を採用することにしたい。

電算解析による同海岸での波の浅海変形。

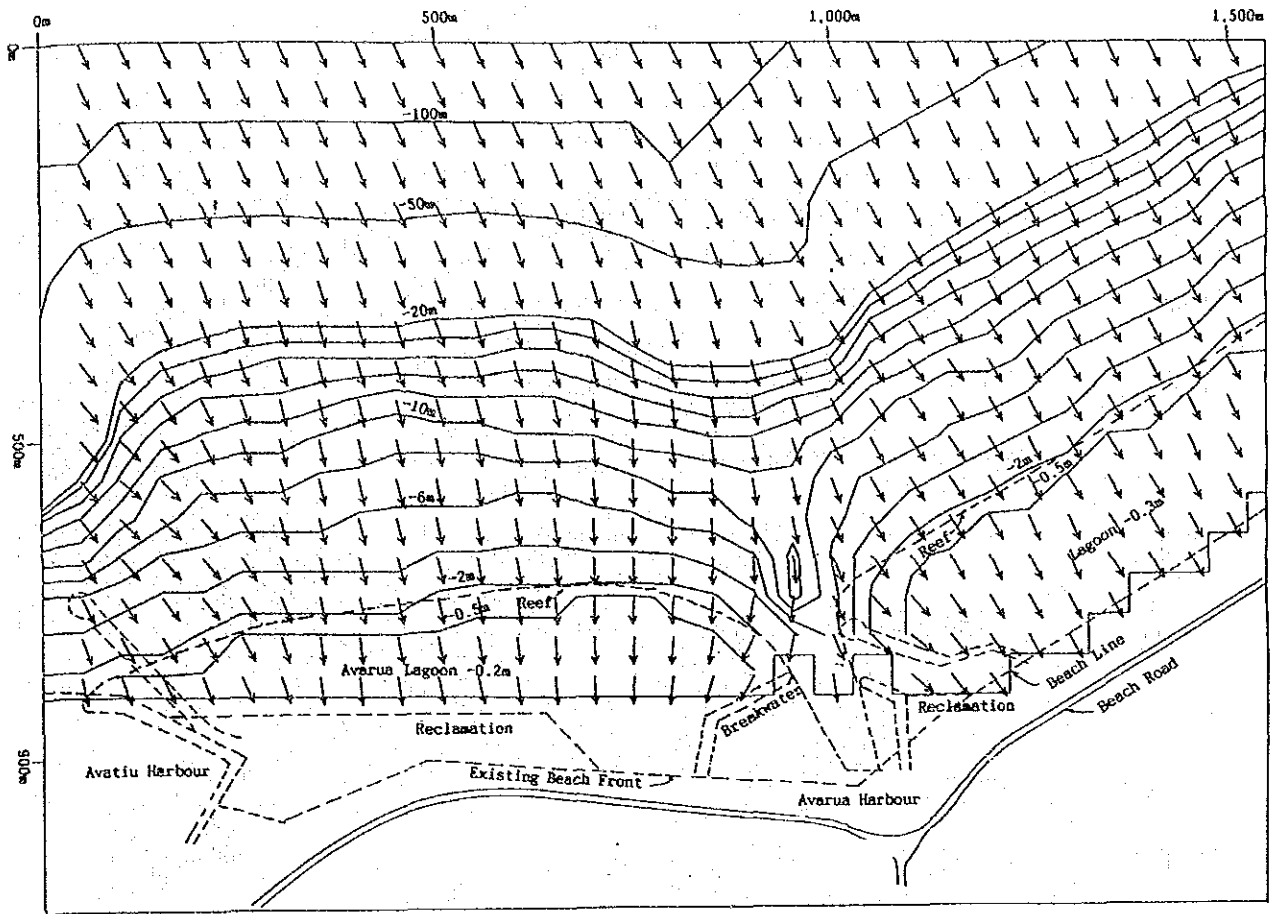


図12-3 アバルア海岸、波浪・流況予測（水深と波向の関係）

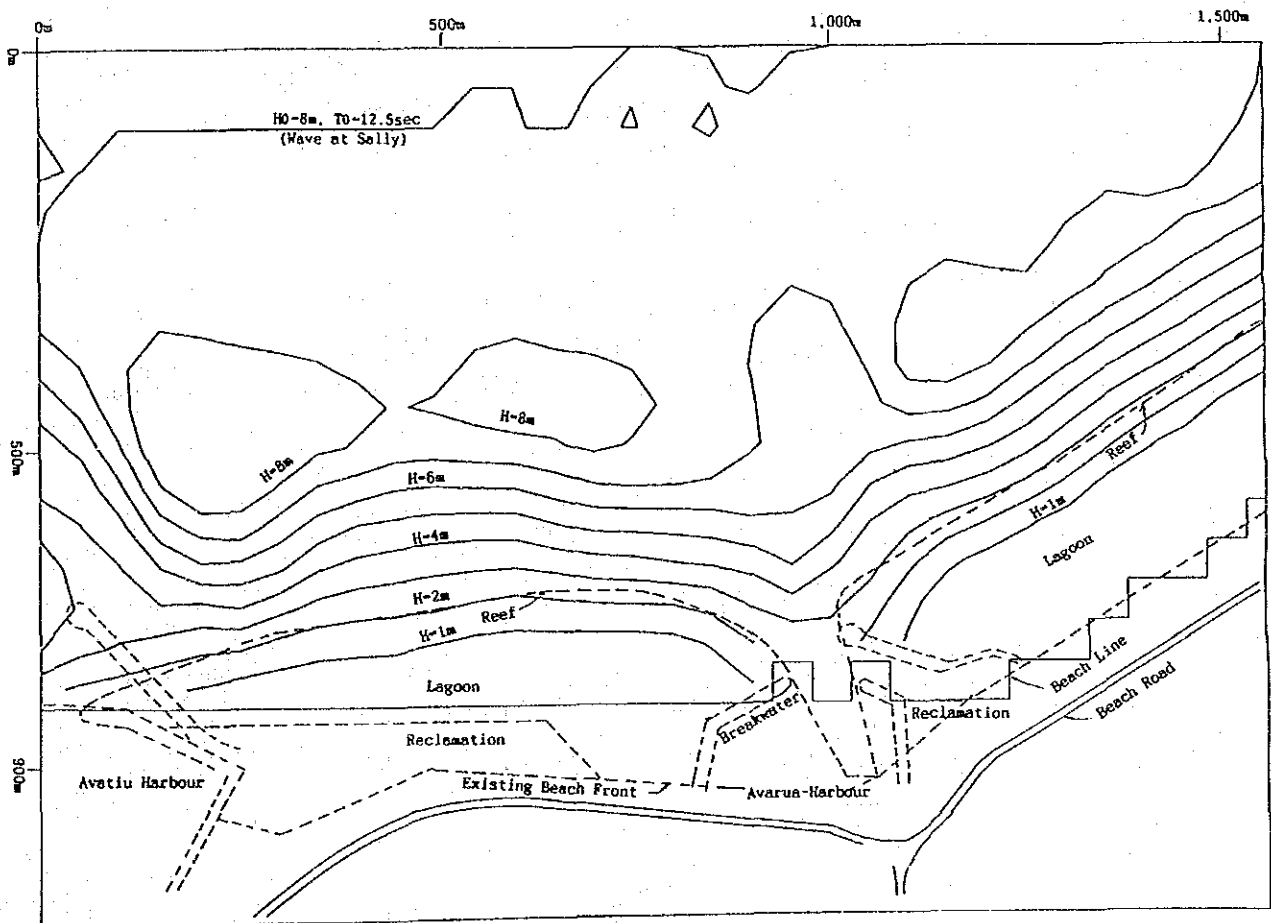


図12-4 アバルア海岸、波浪・流況予測（波高）

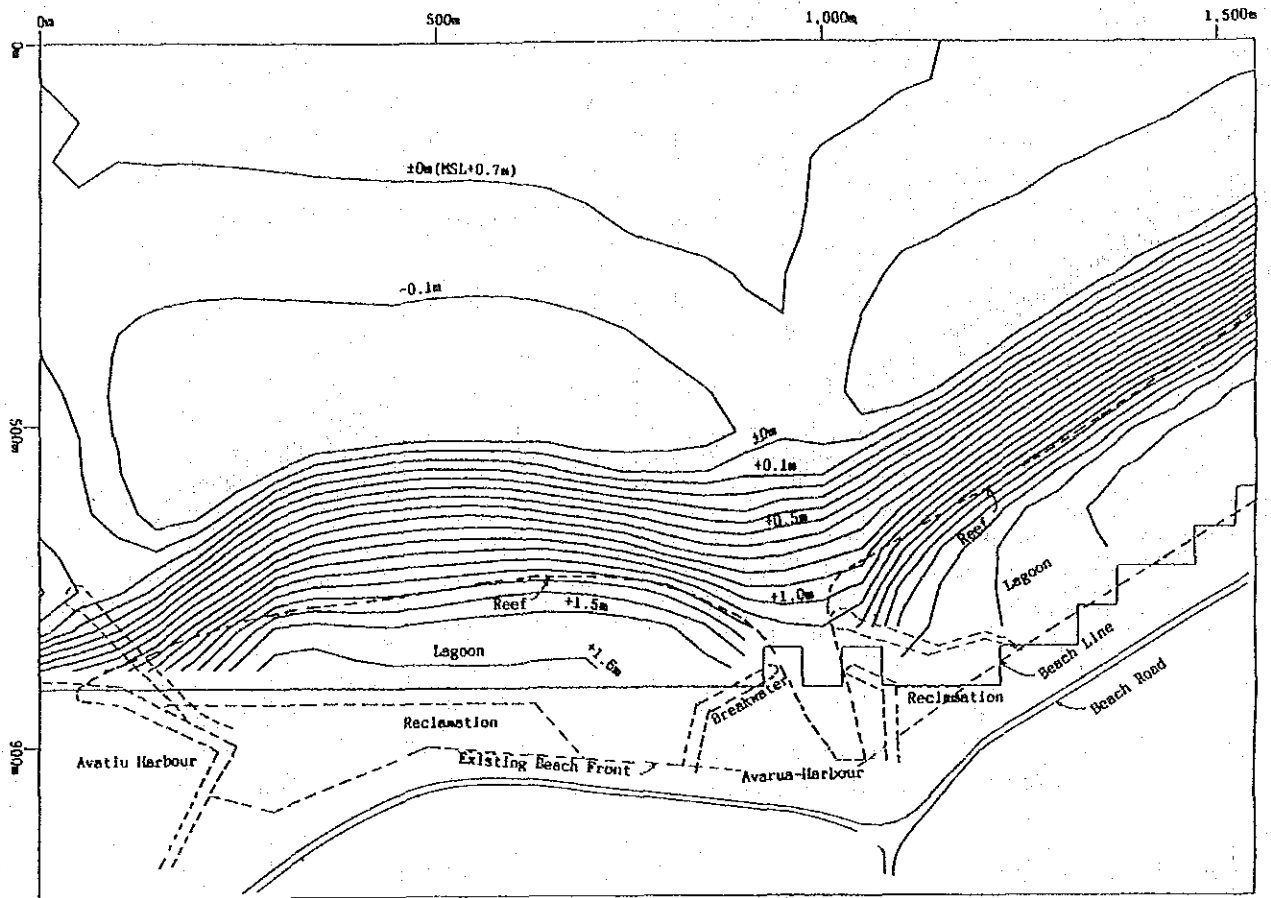


図12-5 アバルア海岸、波浪・流況予測
(MSL+0.7mを基準とした時の波のセットアップ)

c) 波 群

海岸に次々に到達する波をよく観察すると、大小の波があることがわかる。自然界の波はつまりランダムな性質を持っている。波の諸元を代表的に表現する目的で前出の有義波があるが、それは次のようにして求められる。例えばサリーの波を再現すると、

波の観測10分間 = 600秒



48波の波が観測される (600秒 ÷ 12.5秒 = 48波)



大きい順にならべる。



大きい方より1/3の平均値を求める。これが有義波と呼ばれる。

つまり、有義波高は観測された波群の平均値より大きい。他の約10%の波は有義波高より大きい波である。要するにサリーの場合では48波中6番目に大きい波が有義波で、従って他の5波は有義波より大きい波である。

表12-2 Aにサリーによる波群を想定して示した。全波数を48とし波高の大きい順に表示してある。これらの波群を代表的に表現する値として次の5種類の波がある。

(i) 平均波 (\bar{H} と表示する)	5.1m	$\bar{H} = 0.63H_{1/3}$
(ii) 1/3 有義波 ($H_{1/3}$ と表示する)	8.1m	
(iii) 1/10最大波 ($H_{1/10}$ と表示する)	10.3m	$H_{1/10} = 1.27H_{1/3}$
(iv) 最高波 (H_{max} と表示する)	12.2m	$H_{max} = 1.50H_{1/3}$
(v) 最小波 (H_{min} と表示する)	3.6m	$H_{min} = 0.44H_{1/3}$

表に示すとおり、それぞれ次の意味を持っている。

(i) 平均波

すべての波の平均値 (注 24番目の波ではない。)

(ii) 1/3有義波

大きい方の波1/3の平均値、テーブルに見るようにこれより大きい波は48波中5波である。通常、有義波とはこれを示している。

(iii) 1/10最大波

大きい方の波1/10の平均値、テーブルに見るようにこれより大きい波は48波中たったの2波である。

(iv) 最高波

波群中で最大の波

(v) 最小波

波群中で最小の波

構造物の設計には、1/3有義波、1/10最大波および最高波が構造物の重要度他の条件によって選定され用いられる。護岸および防波堤の設計や打上げ高さの計算には1/3有義波が用いられる。

最高波と有義波との関係は次のとおりである。

観測波数 N	20	50	100	200	500
$H_{max}/H_{1/3}$	1.32	1.50	1.61	1.72	1.84

d) 設計波

本調査では破波点以浅の波を2つの方法で計算してみた。

i) 電算解析による方法、三次元

ii) 既往の方法、二次元

リーフおよびラグーン上の波

北部海岸での波高を両者の方法で検討した。その結果は5.3.8節に示した。それらによれば、既往の方法による波高が電算解析値より大きいことがわかる。本調査では、構造物の安全性を考慮して既往の方法によって得られた波をリーフおよびラグーン上の設計波とする。

天然水路の波

アバルアおよびアバチウ両天然水路の波高を両者の方法で比較してみた。その結果を13.5.1節に示してある。それらによれば、既往の方法による波高が電算解析値より大きいことがわかる。本調査では、防波堤の安全性確保を重視して、既往の方法によって得られた波を天然水路での設計波とする。

表12-2A サリーの波群の想定

No.	H (m)	\bar{H}	$H_{1/3}$	H_{max}	$H_{1/3} \times \text{倍率}$
1	12.2	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	8.1×1.50 $H_{max} = 12.2$
2	11.1				8.1×1.27 $H_{1/10} = 10.3$
3	10.1				
4	9.3				
5	8.7				
6	8.1				
7	7.8				
8	7.5				
9	7.3				
10	7.1				
11	7.0				
12	6.9				
13	6.8				
14	6.7				
15	6.7				
16	6.6				
17	6.5				
18	6.4				
19	6.3				
20	6.2				
21	6.1				
22	6.0				
23	5.9				
24	5.8				
25	5.7				
26	5.7				
27	5.6				
28	5.5				
29	5.4				
30	5.3				
31	5.2				
32	5.1				
33	5.0				
34	4.9				
35	4.8				
36	4.7				
37	4.7				
38	4.6				
39	4.5				
40	4.4				
41	4.3				
42	4.2				
43	4.1				
44	4.0				
45	3.9				
46	3.8				
47	3.7				
48	3.6				
平均	5.1				8.1×0.63 $\bar{H} = 5.1$

3) 水 位

海面の水位は天文潮（高潮位）、気象潮および波の吹き寄せ（wave set-up）を加算することで求められる。これらの3つの要素はそれぞれ独立した物理的事象である。天文潮とは月や太陽等天体の重力によって生ずる水位の変化である。気象潮とは大気圧の変化に連動した水位の変化である。一方、波の吹き寄せは浅海域で生ずる砕波の後に、波の動的なエネルギーが部分的に静的なエネルギーに変化し結果として水位の上昇をもたらす現象である。アバルア海岸での水位は下記のごとく求められる。

$$\begin{aligned} &= \text{天文潮（平均高潮位）} + \text{気象潮（サリ一時）} + \text{波の吹き寄せ} \\ &= \text{MSL} + 0.40 + 0.30 + (\text{図12-5に表示する値を採用}) \text{ m} \end{aligned}$$

アバルア海岸の任意の地点での吹き寄せ高さは、図12-5に示す電算結果を参照されたい。ゆえに上式で求められる値は高潮位時の最大水位を示すことになる。一般的に浅海域の水深が増加すれば、その地点に残存可能な波高も増加するので、この水位は防波堤の寸法や被覆石の重量を決定するのに使用される。

一方、波の打上げに用いる水位は数時間連続して起きる値を採用することとした。12.2.4節を参照されたい。

4) 土質条件

調査団の実施したラグーンおよび海浜での土質調査結果によれば、海岸部の土質構成は珊瑚礫、同砂および基盤によって成立している。水際線付近には珊瑚礫や砂が固結した比較的平坦で硬質な基盤層が見られる。この層はMSL±0.5m付近に存在する。礫や砂は同基盤層の上に堆積する型となっている。礫の平均径は5~20cmで砂の平均径は0.5mmである。ラグーンではこれら基盤層が露出しており、所によってきわめて薄い砂層または礫層で覆われている。海岸背後約30m部分を掘削してみたところ、上記基盤層は平均水面上0.5mにあって、海浜部の土質構成とほぼ同一である。ラグーン幅の広い海岸では、地盤高さが3m前後で砂の比率が礫に比べて多く、砂の粒径も0.1mm前後で細かい。一方、ラグーン幅の狭い海岸では、地盤高さが6m前後にも達し礫の量が多くなるように見られる。

海岸域の土質性状は一般的に重力式構造に適しており、同地域の埋立や重量構造物設置によっても、それらの重量による地盤沈下を特に考慮する必要性は見られない。

しかし、天然水路（passageと呼ばれる自然のラグーン掘込み）では、基盤層が深く数mにおよぶ砂層によって覆われている。このような場所は北部海岸ではアバルアおよびアバチウ港に見られる。

12.2.2 構造条件

1) 材 料

海岸保全工事で用いられる主な材料の基本的諸元を下記に示す。

石材の比重 : $g = 2.65$

石材は政府（MOW）が直接管理しているBlack Rockを含む数ヶ所の採石場より入手できる。

埋立土砂の比重 : $g = 1.6 \sim 1.7$

埋立用土砂は内陸部の堆積表土や施工段階で行なう浚渫によって得られる土砂を用いる。

コンクリートの : $\gamma = 2.45 \text{ t/m}^3$

単位体積重量 ただし、鉄筋コンクリートの場合

$\gamma = 2.30 \text{ t/m}^3$

ただし、無鉄コンクリートの場合

2) 被覆石の所要重量

波力を直接受ける法面被覆石等の重量算定には「ハドソン式」によるものとする。

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$$

ここに、 W : 被覆石や同様の目的で用いられるコンクリート塊の必要最少重量 (ton)

γ_r : 被覆石等の空中重量 (ton/m^3)

S_r : 被覆石等の比重

α : 法の角度 (degree)

H : 進行波としての波高 (m)

K_D : 被覆材それぞれの特性によって定まる被災率を考慮した係数

ラグーンでの噴流の所要重量に関する影響が十分解明されていない現状では、適切な重量の割増しが必要である。同様にして、防波堤先端部などでの所要重量は上式による値にさらに50%程度の割増しが必要である。

3) 被覆石の標準重量

ハドソン公式を用いて、護岸法面および防波堤法面の被覆石標準重量を求めてみる。標準重量が2 tonを越える際には、コンクリートブロックを用いるものとする。堤頭部の使用重量は必要重量の50%増しとする。

被覆石 $K_D = 2.8$

コンクリートブロック $K_D = 8.4$

法勾配 $\text{Cot } \alpha = 1.5$

波高 H (m)	必要重量 (t)	使用石材 (t)	使用ブロック (t)
1.0	0.16	—	0.4
1.5	0.55	—	1.0
2.0	1.30	—	2.0
2.3	1.97	—	2.0
2.5	—	1.53	2.0
3.0	—	2.65	3.2
3.5	—	4.20	5.0
4.0	—	6.27	8.0
4.5	—	8.93	10.0
5.0	—	12.25	16.0
5.5	—	16.30	20.0
6.0	—	21.17	25.0

石 材

$$\frac{2.65 \times H^3}{2.8 \times (2.65/1.03 - 1)^3 \times 1.5} = \frac{2.65 \times H^3}{4.2 \times 3.89} = 0.162H^3$$

コンクリート・ブロック

$$\frac{2.30 \times H^3}{8.4 \times (2.30/1.03 - 1)^3 \times 1.5} = \frac{2.30 \times H^3}{12.6 \times 1.87} = 0.098H^3$$

法勾配 $\text{Cot} \alpha = 2.0$

波高 H (m)	必要重量 (t)	使用石材 (t)	使用ブロック (t)
1.0	0.12	—	0.4
1.5	0.41	—	1.0
2.0	0.97	—	1.0
2.5	1.91	—	2.0
3.0	—	1.97	3.2
3.5	—	3.13	4.0
4.0	—	4.67	6.3
4.5	—	6.65	8.0
5.0	—	9.13	10.0
5.5	—	12.15	16.0
6.0	—	15.77	20.0

石 材

$$\frac{2.65 \times H^3}{2.8 \times (2.65/1.03 - 1)^3 \times 2.0} = \frac{2.65 \times H^3}{5.6 \times 3.89} = 0.122H^3$$

コンクリート・ブロック

$$\frac{2.30 \times H^3}{8.4 \times (2.30/1.03 - 1)^3 \times 2.0} = \frac{2.30 \times H^3}{16.8 \times 1.87} = 0.073H^3$$

法勾配 Cot α = 3.5

波高 H (m)	必要重量 (t)	使用石材 (t)	使用ブロック (t)
1.0	0.07	—	0.4
1.5	0.24	—	0.4
2.0	0.56	—	1.0
2.5	1.09	—	2.0
3.0	1.89	—	2.0
3.5	—	1.80	2.0
4.0	—	2.69	3.2
4.5	—	3.83	5.0
5.0	—	5.25	6.3
5.5	—	6.99	8.0
6.0	—	9.07	10.0

石 材

$$\frac{2.65 \times H^3}{2.8 \times (2.65/1.03 - 1)^3 \times 3.5} = \frac{2.65 \times H^3}{9.8 \times 3.89} = 0.070H^3$$

コンクリート・ブロック

$$\frac{2.30 \times H^3}{8.4 \times (2.30/1.03 - 1)^3 \times 3.5} = \frac{2.30 \times H^3}{29.4 \times 1.87} = 0.042H^3$$

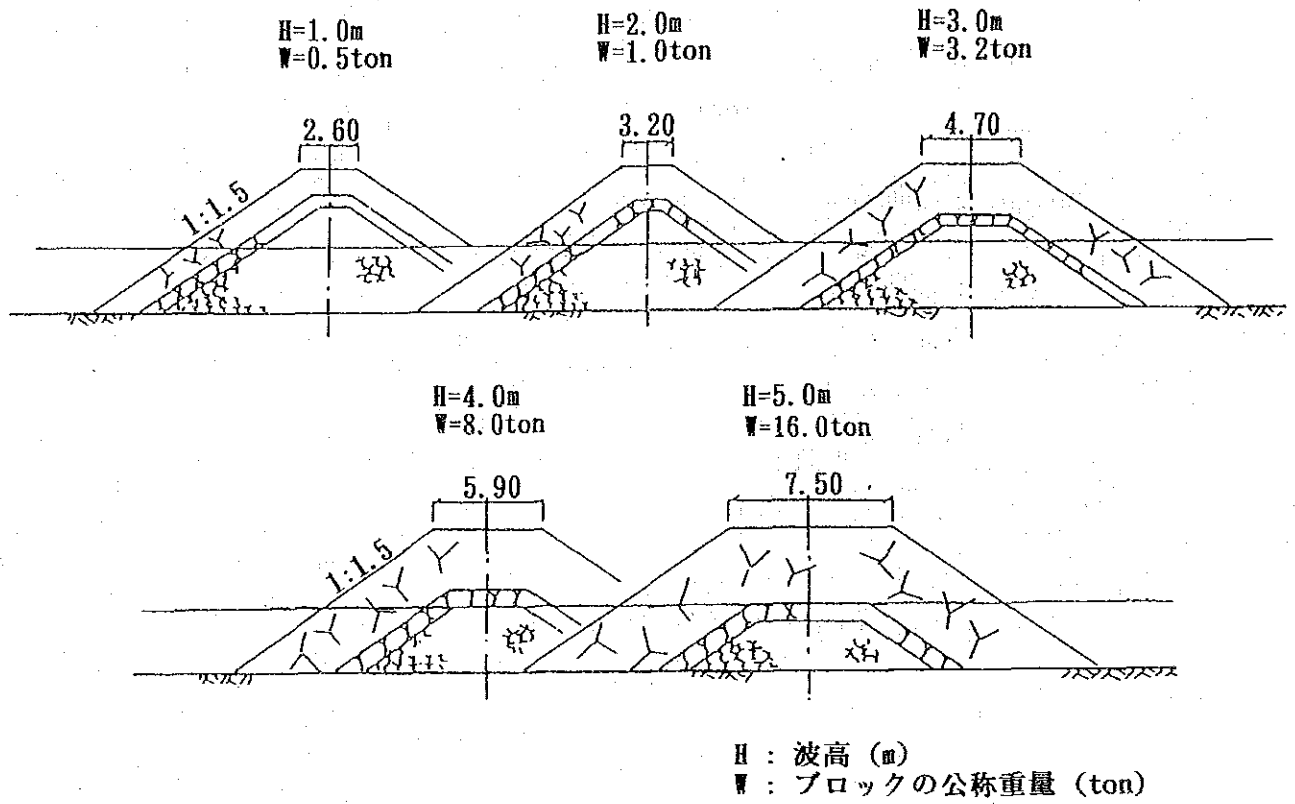
K_Dは下表より決めた。

materials		Layer	Laying	K _D	
				Surf Zone	No Surf Zone
Rock	Smooth Surface	2	Random	2.1	2.4
	"	More than 3	"	2.8*	3.2
	Rough Surface	2	Random	3.5	4.0
	"	More than 3	"	3.9	4.5
Deformed Concrete Block					
Type	A	2	Random	7.6	—
Type	B	2	"	8.1	10.0
Type	C	2	"	8.2	10.0
Type	D	2	"	8.3	10.2
Type	E	2	"	10.0	10.0
Average				8.4*	

テトラポットの場合の諸元を以下に示す。

公称寸法 (t)	実重量 (t)	2層厚 (m)	天端3個並びに	
			下端幅 (m)	上端幅 (m)
0.5	0.46	1.20	1.80	2.60
1.0	0.92	1.50	2.20	3.20
2.0	1.84	1.90	2.90	4.10
3.2	2.88	2.20	3.30	4.70
4.0	3.68	2.40	3.60	5.20
5.0	4.60	2.60	3.90	5.50
6.3	5.75	2.70	4.20	5.90
8.0	7.36	3.00	4.60	6.50
10.0	9.20	3.20	4.90	6.90
12.5	11.50	3.50	5.30	7.50
16.0	14.49	3.80	5.70	8.10
20.0	18.40	4.10	6.10	8.70
25.0	23.00	4.40	6.60	9.40
32.0	28.75	4.80	7.20	10.40

テトラポットを利用した場合の標準断面図を下に示す。



テトラポット防波堤の標準断面図

12.2.3 越波条件

護岸等を越えて内陸部に侵入する海水の量（つまり越波量）が長時間にわたり増大すると、

- a. 内陸部が浸水または湛水し被災が広範囲に及ぶ。
- b. 海岸に近接した道路に飛沫が散り、自動車交通の安全を阻害する。時には過去の被災に見られるように、道路舗装を破壊したり、また滑走路の法を崩壊させたりする。
- c. 珊瑚礫等が打ち上がりさらに被災を拡大し、道路等を一時的にも物理的にも遮断する。

このような災害を最少限度にするためには、単位時間に護岸を越波する海水の量（越波流量）を人工的な努力で少なめにする必要がある。越波流量を減少せしめるには、

- a. 護岸に到達できる波高を低下せしめる。
- b. 護岸の天端を高めに設定する。

等の配慮が必要である。そのためには、護岸構造と越波流量の相関について検討する必要がある。過去の同種の被災の経験より次を許容越波流量とし、護岸等の計画を行なうものとする。

表12-2 B 許容越波流量（護岸）

構造条件	許容越波流量 $m^3/m \cdot sec$	適用
A. 天端被覆工あり	0.200 0.050	一般 市街地
B. 天端被覆工なし	0.050 0.020	一般 市街地

出典：日本の基準を一部修正した。

許容越波流量の適用にあたっては、護岸によって保護されるべき固定施設および同利用条件、重要度等を勘案するものとする。越波流量は下式によって算定するものとする。

$$V = A \cdot \Delta R^2 / T \quad \text{m}^3/\text{m}/\text{sec}$$

ここに、 V : 越波流量 $\text{m}^3/\text{m}/\text{sec}$

A : 護岸を越える海水部分を求めるための定数

$$A = 0.10 \sim 0.20 = 0.15$$

ΔR : 護岸天端上の越波高さ m

T : 波の周期 (サリーを代表とする)

$$T = 12.5 \text{sec}$$

$$\begin{aligned} \text{従って、} V &= 0.15 \cdot \Delta R^2 / 12.5 \\ &= 0.012 \cdot \Delta R^2 \quad \text{m}^3/\text{m}/\text{sec} \end{aligned}$$

北部海岸での護岸の目的は重要構造物の保全にあるので、原則的に表12-2Bの条件AまたはBによって設計を行なうことを原則としたい。越波流量は許容値 V_a 以内にすべきである。

$$V_a \leq 0.200 \quad \text{m}^3/\text{m}/\text{sec} \quad \text{一般的な土地利用地域}$$

$$V_a \leq 0.050 \quad \text{m}^3/\text{m}/\text{sec} \quad \text{市街地域}$$

これらの許容値を護岸の設計に用いて天端高さの確認やさらには堤外地の排水能力の検討にも参考とすべきである。護岸直背後は被覆しなければならない。

前出の越波流量算定式にこれら許容値を代入することによって、許容最大の打上げ高さ (ΔR) が求められる。

一般的な土地利用地域

$$0.200 \geq 0.012 \cdot \Delta R^2$$

$$\text{従って、} \Delta R \leq 4.0 \text{ m}$$

市街地域

$$0.050 \geq 0.012 \cdot \Delta R^2$$

$$\text{従って、} \Delta R \leq 2.0 \text{ m}$$

適用に当たっては、ラグーン上の海水の水理学的解明が現状としては不十分ゆえ、さらに安全率を考慮する必要がある。

12.2.4 波の打上げ

1) ラトロンガ島海岸への適用

波の打上げ高さはそれぞれの固有の条件に適合する方法で推算する必要がある。本調査では、複合海浜断面に適用される「改良仮想勾配法」によるものとした。この手法に関係する諸元は次のとおりである。

- (i) 換算沖波波高、 H_o (m)
12.2.1節、項目 2) を参照されたい。
- (ii) ラグーン幅、 B (m)
- (iii) 天文潮、 A (m)
- (iv) 気象潮、 D (m)
- (v) 波の吹き寄せ、 S (m)
- (vi) リーフ先の海底勾配
- (vii) 護岸の法勾配

これらのうち項目(iii)より(vii)は平均的値を採用することとして一定とし、波の打上げ推算曲線を求めると図12-6のようになる。この曲線はラトロンガ島全海岸約170点で波の打上げを知る目的で開発したものである。推算を簡略化する目的で次のような仮定に基づいている。

表12-2C 打上げ推算に用いた定数

単位：m				
H_o	A	D	S	$A + D + S$
2	0.2	0.2	0.35	MSL+0.75
3	0.2	0.2	0.53	0.93
4	0.2	0.2	0.70	1.10
5	0.2	0.2	0.88	1.28
6	0.2	0.2	1.05	1.45
7	0.2	0.2	1.23	1.63
8	0.2	0.2	1.40	1.80
9	0.2	0.2	1.58	1.98
10	0.2	0.2	1.76	2.16

注) $A + D + S$ はラグーン上の水位を示す。

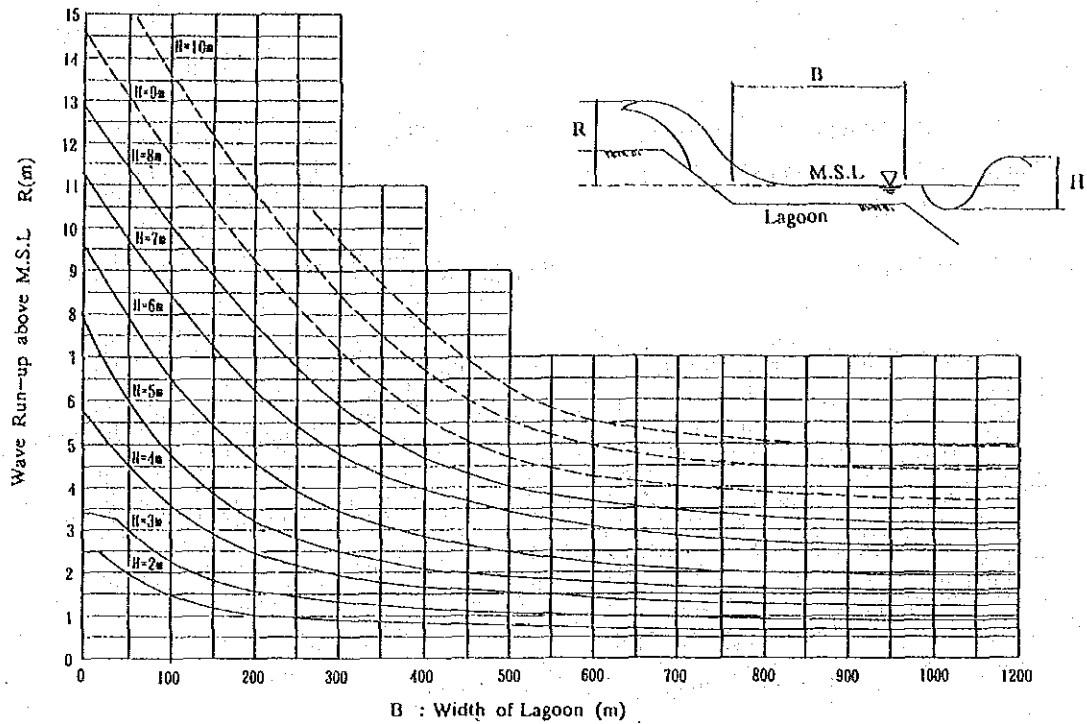


図12-6 波の打上げ推算曲線

天文潮は一定とし、平均海面と高潮位の間値とした。気象潮はサリーの最大偏差の2/3とし一定値とした。一方、波の吹き寄せは、サリー時の8.1mの波に対してのラグーン上の平均偏差つまりリーフ上の1.3mと海岸付近の1.5mの間値より定めた。波の吹き寄せは波高に比例するものと仮定した。

サビールの方法には一部波の吹き寄せも加味してある可能性もあるので、これらの仮定はほぼ現実に近いものと考えられる。

リーフ先の海底勾配は1/10として仮想している。実際の海底勾配は約1/100であるから安全側な仮定をしたことになる。護岸の法勾配は1/2、1/3、1/10と比較したところ5%以下の差ゆえ1/3を採用した。

図12-6より各々のラグーン幅B毎に波高を想定すれば、波の打上げ高さが求められる。波は有義波高（換算沖波）を採用するものとした。

2) サビールの手法

サビールの手法は、護岸等が浅海または陸上に設けられる場合の打上げ算出によく用いられる。また、この手法は複合断面の海岸で前浜が平坦である場合にも適

用可能である。ラロトンガ島のラグーンの高さがほぼ平均水面近くでかつ平坦である点より、この手法が適用され得る。現状では他によりよい手法は見当たらない。このような特色のある条件下で、他によりよい手法が生まれるまでこの手法でよいように思われる。サビールの仮想勾配法の基本手法は次のごとくである(図12-6A)。

- (i) まず図に示すように砕波点Aを求める。 $h_o \approx 1.5 \sim 2.0 H_o$
- (ii) 波の打上げ高さを仮定する。 R
- (iii) 波の打上げ点と砕波点Aを結び直線を作る。
法勾配 ($\cot \alpha$) を求める。
- (iv) 波形勾配を求める。 H_o / L_o
- (v) 図12-6Aより法勾配 ($\cot \alpha$) および波形勾配 (H_o / L_o) に関係した R / H_o を求める。例えば、 $R / H_o = A$ であれば $R = A \cdot H_o$ である。
- (vi) このRが(ii)で仮想した R に一致するまで上記の検討を繰り返す。

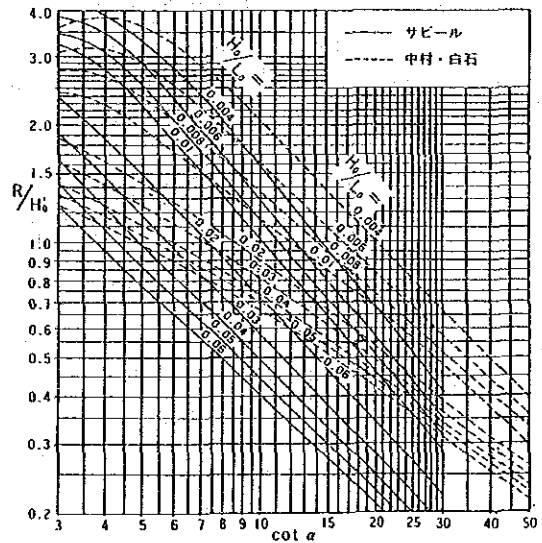
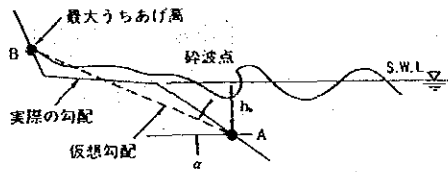


図12-6A サビールによる打上げ算定

図12-6の曲線は、上記の計算を波高 (H_o) とラグーン幅 (B) を変数として、電算によって求めたものである。

3) 波の打上げと浸水

あらゆる波に対して越波をなくすような保全を行なうことは可能であるが、実用的かつ経済的でない。12.2.3節に示すように護岸構造はある程度の越波を許すように計画されるのが一般的である。有義波によって護岸天端を越えて例えば約2mの越波を許容する計画とすることはやむを得ないことである。

波の打上げによる越波流量が増大すると浸水することがある。これはある一定時間に護岸を越えて陸側に侵入した海水の量が、その間の排水能力を超過したためと考えられる。侵入した海水は次のような手段で地表面より排水される。

- (i) 自然勾配を利用して海側に流出する。
- (ii) 内陸部の排水施設に流入排水される。
- (iii) 内陸部の河口に流入排水される。
- (iv) 内陸部の低地帯に滞留する。
- (v) 地下へ浸透する。
- (iv) 蒸発する。

項目(v)、(iv)はそれほど排水の面で有効ではない。項目(ii)、(iii)、(iv)の能力が不十分な場合、海岸での浸水が起こるかもしれない。少量の越波であれば項目(i)の海側への直接排水でまかなえるかもしれない。大量の越波の場合の海岸浸水の状況を次に検討したい。

12.2.3節の許容越波流量 ($0.05 \sim 0.20 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$) が海岸延長50m当りに設けた排水口より海側に戻すとすると、排水路の必要断面は $1.25 \sim 5.0 \text{ m}^2$ となる。

$$\begin{aligned} Q &= 50 (0.05 \sim 0.20) \\ &= 2.5 \sim 10.0 \text{ m}^3/\text{sec} \end{aligned}$$

排水断面を平均流速 $2.0 \text{ m}/\text{sec}$ として求めると、

$$\begin{aligned} A &= Q / V \\ &= (2.5 \sim 10.0) / 2.0 \\ &= 1.25 \sim 5.0 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

護岸背後に排水路を設ける場合は、越波流量に対応した容量とすることが望ましい。アパルア海岸は市街地に直結しているので、大断面の排水路は好ましくない。

アバルア海岸の護岸背後の排水路の有効断面積は $1.0\sim 1.5\text{m}^2$ 程度が適切なので、許容越波流量は $0.05\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ 程度とすることが望ましい。従って、護岸の天端を越える越波高さは 2m 程度とすることが望ましい。

陸上の排水路の意味は、ラグーン中の天然水路の持つ効果を考えると理解できる。リーフを越えた波はラグーン上に打上げられ天然水路等を通して深海に戻る。天然水路のないラグーンでは水位上昇が増加する傾向にある。次に(i)の場合で戻り流れと同水深を概算してみる。図12-6 B参照されたい。

$$V = d \cdot v$$

ここに、 V : 越波流量 $0.05\sim 0.20\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$

d : 戻り流れの水深 m

v : 戻り流れの流速 $v = 1.0\text{m}/\text{sec}$ とする。

従って、 $d = V / v$

$$= (0.05\sim 0.20) / 1.0$$

$$= 0.05\sim 0.20\text{m}$$

つまり、水深 $5\sim 20\text{cm}$ の戻り流れが連続的に生ずることとなる。越波時の戻り流れは一時的に止ったり逆流したりするから、実際的水深は $10\sim 40\text{cm}$ に達すると思われる。前者は越波高さ 2m 、後者は同 4m に対応した値である。

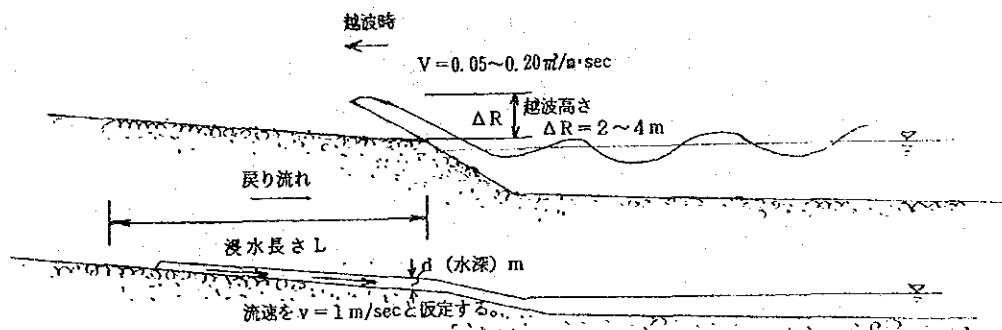


図12-6 越波と戻り流れ

これらより理解されるように、越波高さ (ΔR) の約 $1/10$ の水深 (d) で海への戻り流れを生ずるとも考えられる。

1波当りの越波量Vは、

$$V = 0.15 \Delta R^2$$

であるから、

$$\begin{aligned} V &= 0.15 (2 \sim 4)^2 \quad \text{m}^3/\text{m波} \\ &= 0.6 \sim 2.4 \end{aligned}$$

浸水長さLは

$$\begin{aligned} L &= V / d \\ &= 0.6 \sim 2.4 / 0.05 \sim 0.2 \\ &= 12 \text{ m} \end{aligned}$$

と計算される。越波のための緩衝地帯はこの浸水長さの2～3倍を考えるべきと思われる。ゆえに緩衝地帯の幅は、少なくとも25～30mとするものとしたい。

4) 越波と砂礫の打上げ

サイクロン時に礫の打上げが生ずることはよく知られている。越波(ΔR)がある水準を越えると砂の打上げが生ずる、さらに越波が高まると礫の打上げがはじまる。砂は侵入した海水と同じように動くように見られ、たとえ堆積しても大きな問題にはならない。一方、礫の打上げは陸上施設の破壊をもたらすし、さらにはその除去には多くの労力や機械力を必要とする。5.4.2節にも述べられるように礫の打上げは、このような問題点もあるが、陸の創造といった面も合せ持っている。ただし、市街地あるいは開発された海岸等では、後者のような便益よりむしろ、それによる被災対策が重要のように見られる。打上げられる礫のサイズは状況によって色々あるがそれらは、

- | | |
|----------------|----------|
| a) 10cm以下のサイズ | 1.6kg以下 |
| b) 10～20cmのサイズ | 1.6～13kg |
| c) 20～50cmのサイズ | 13～200kg |
| d) 50cmの以上 | 200kg以上 |

一般的に考えられることは、海岸法面頂部での越波速度や量に比例して打上げられる礫のサイズや量が変わるということである。速度や量が十分多くても礫が少なければ、打上げられる礫も少ないだろう。

サイクロン時の礫の打上げの状況より、越波の限界値を検討したい。1992年3月、調査団の第3次現地調査時にサイクロンGENEが北部海岸に来襲した。3月15日の21時前後が最も潮位が高く、またサイクロンの接近した時間であった。

(1) 波の推定

天気図が入手出来ないので、波の打上げの状況より波高を推定した。北または北東方向波が卓越しているように見られた。調査団の宿泊したホテル（KiiKii Village西端で北北東に面する）前面の自然海岸での波の打上げ状況は次のごとくであった。図12-6Cに調査団の実施した同地点の横断測量の成果を示す。

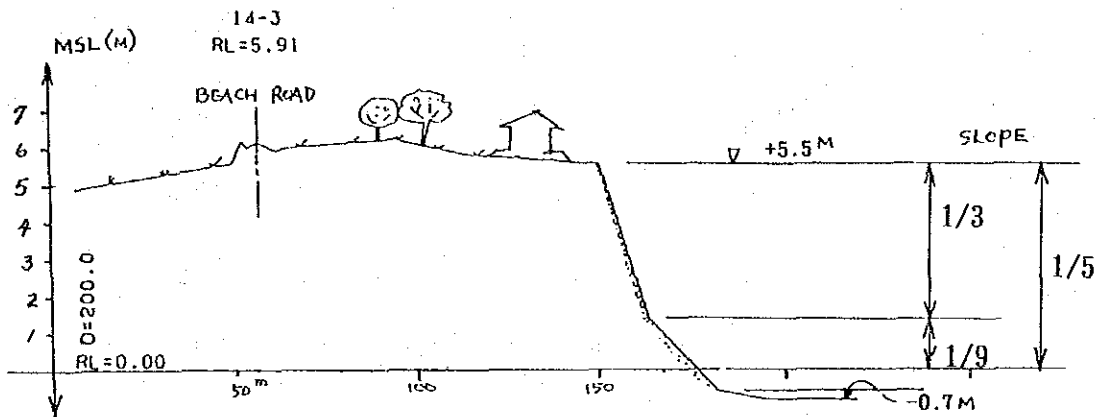


図12-6C TAMURE RESORT 付近の海岸断面 (No.14-3)
KiiKii Village測点5026

平均法勾配は1/5でラグーン幅は約160mである。最大の波は法頂部+5.5を越え、その付近に1992年2月に法面に突き出す形で設けられた木製の展望台（3m×7m）の基礎が洗掘され頂板が浮き上がる被災を受けた。

礫の打上げはほとんどなかったもので、最大波クラスの波が法頂部を越えたものと考えられる。有義波は+5.0mまで打上ったものと仮定すると図12-6より有義波・波高（換算沖波）は5.8mと推定できる。

各Site毎の礫の打上げ状況は下記のごとくであった。

表12-2D GENEによる礫の打上げ

Site	海岸法 頂部 MSL.+ m	ラグーン幅 B m	打上げ礫		打上げ	
			幅 W m	平均径 D m	R m	Δ R m
Site 1 Health Department	+3.5	100	10	0.15	5.6	2.1
Site 2 アバルア港東	+2.0	160	15	0.25	4.5	2.5
Site 2 アバルア海岸	+4.0	200	0	—	3.9	-0.1
アバチウ港西	+3.3	50	5	0.15	7.0	3.7
Site 3 空港東タンクヤード	+3.7	100	15	0.20	5.6	1.0

注：調査団の観測に基づく。

Rは全体打上げ高さを示し、Δ Rは海岸法頂部上の越波高さを示す。

これらの内、打上げΔ Rと打上げ礫の広がり幅Wの関係を求めると次の式で示せる。

$$W = 5 \Delta R \quad \text{m}$$

また、打上げΔ Rと打上げ礫の平均粒径Dの関係を求めると次式が得られる。

$$D = 0.1 \Delta R \quad \text{m}$$

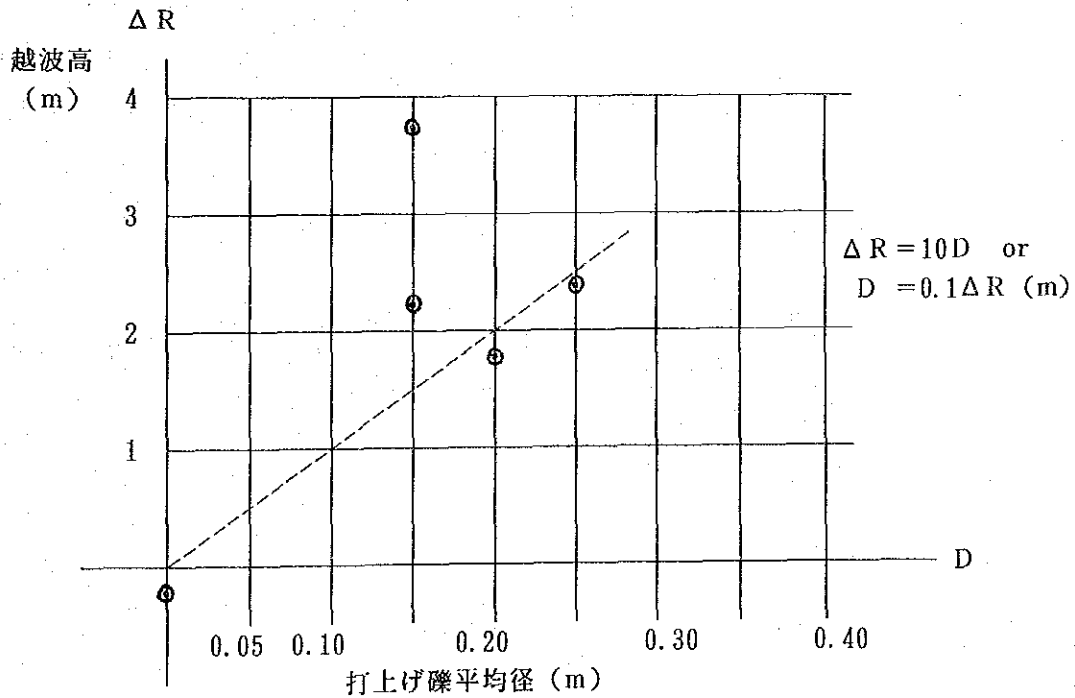
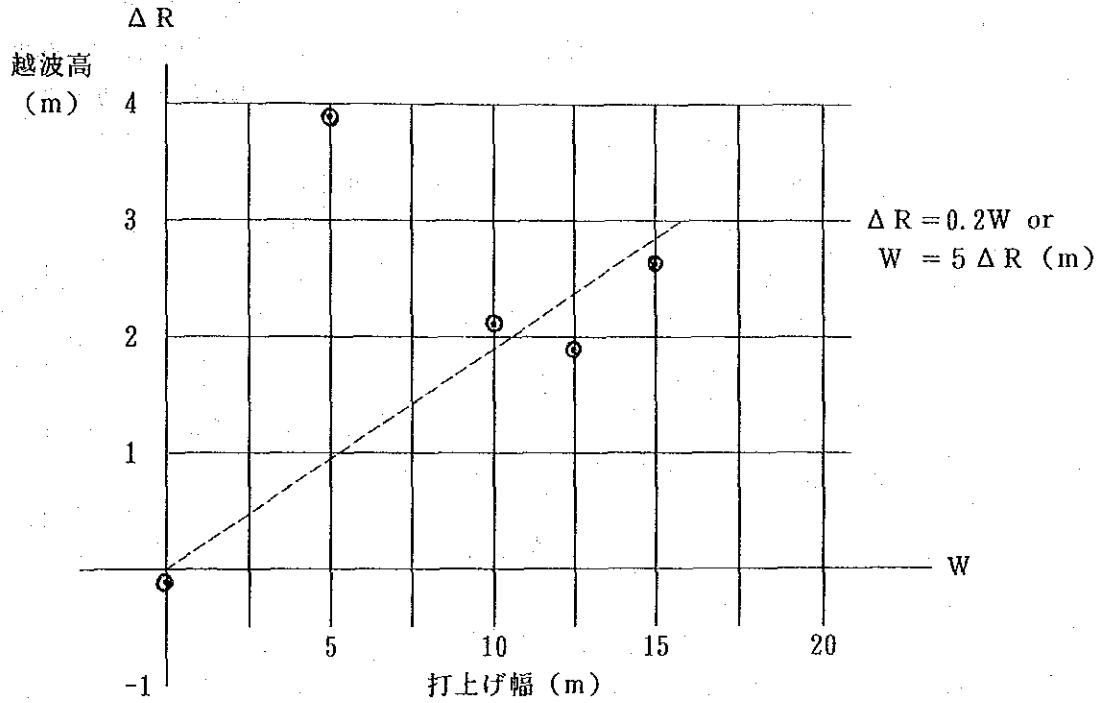
図12-6Dを参照されたい。打上げ高さΔ Rを打上げ幅Wおよび礫平均粒径Dは次のように表示できる。

打上げ高さ Δ R (m)	打上げ幅 W (m)	礫平均粒径 D (m)	重量 (kg)
1	5	0.1	3
2	10	0.2	20
3	15	0.3	70
4	20	0.4	160

注：重量は礫の1ヶ当りの重量を示す。比重を約2.5として求めた。

観測値が少ないので概算値であるが、打上げによる礫の動きがほぼ想像できる。重要な施設や市街地などに近接した護岸は、打上げ高さを2 m以下程度におさえるべきではないか。重量20kg以下の礫であれば被災後の移動も人力で可能であり比較的容易である。

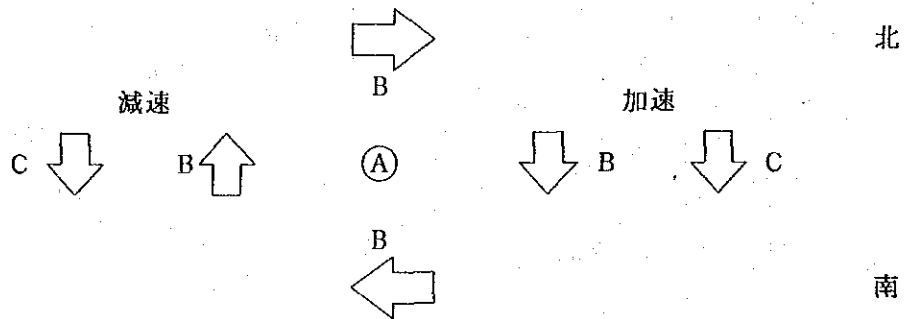
図12-6D 打上げと礫の打上げ幅と同粒径の関係



12.2.5 サイクロンの通過頻度

クック諸島気象庁METは経緯2度毎に地域を格子に区切り、そこを過去通過したサイクロン数の累計値を示す通過頻度図を作成した。図12-7にそれを示す。この貴重な資料に依れば、ラロトンガ島より南西約300kmを北西より南東に向けて通過する“サイクロン通り”のあることが判る。

南半球のサイクロンは時間周りの渦を巻く。この地域のサイクロンは北方向より南へ進むものが常であるから、サイクロン中心の東側の風力が西側より大きくなる。下の図でこの様子を説明出来る。



- 凡 例 A : サイクロンの中心を示す。
 B : 右周りの回転をする。サイクロン自身の風を示す。
 C : サイクロン自身の前進によって加算される風を示す。

このことはつまり、クック諸島南群島はサイクロン災害に対して最も危険な場所に位置していることを示している。図上の数は1939年より1991年の52年間に観測された全てのサイクロンの通過頻度を示している。危険地域を東西方向に約800km（経度で7°）と設定すると通過サイクロン数は計82である。

ラロトンガ島
↓

	6	7	9	9	9	8	6	6	6	5	3	3	3	2	= 82
	167°	166°	165°	164°	163°	162°	161°	160°	159°	158°	157°	156°	155°	154°	153°
← 西	(経 度)														東 →

$$\frac{30\text{年}}{52\text{年}} \times 82\text{サイクロン} = 47\text{サイクロン}$$

注：この30年とは事業評価の際のプロジェクトライフを示している。つまり事業を構成する主要な施設の耐用年数が平均30年間と考えられるためである。

ゆえに、ラロトンガ島に接近するサイクロンは毎年1.6ということになる。また、30年間に発生したと思われるサイクロン数は約47個ということになる。

最近サイクロンの通過頻度が以前と比較して多くなっているのではないかと感じている島民が多いが、確証は無い。山火事、火山噴火、焼畑、炭酸ガスの累積、グリーンハウス効果等、地球規模の気象の変化が有るかもしれない。しかしそれらがサイクロンの発生頻度にどのように関係しているか未だ知られていない。

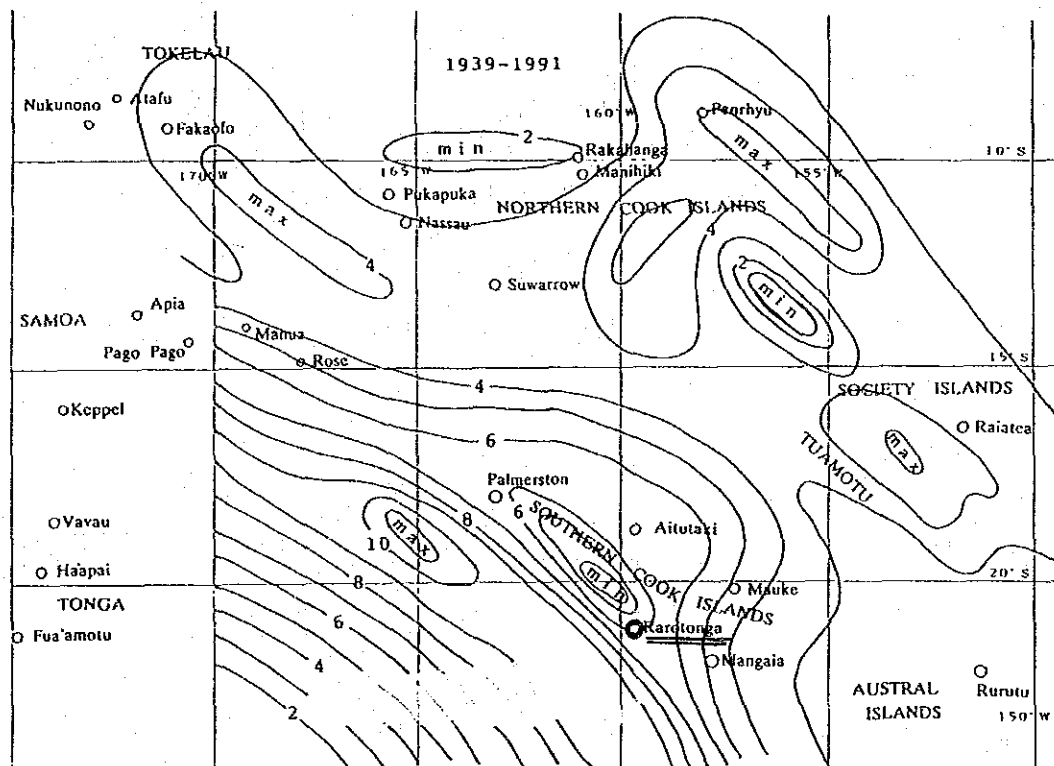


図12-7 南太平洋で観測されたサイクロン
(1939年～1991年)

12.2.6 サイクロンによる波の再起期間

観測区域 (Grid Square No. 5) でのサイクロンによる波の波高別再起期間を図12-8に示す。これらの集計値を表12-2Eに示す。

表12-2E 再起期間別波高 (サイクロン)

再起年数	波高 (m)
1	5.4
2	5.9
5	6.5
10	7.3
15	7.7
20	7.9
25	8.1
30	8.2
50	8.5
100	9.2

出典：船舶報告

観測区域 (Grid Square) No. 5

○緯度、南緯 15.0° - 25.0°

○経度、西経 155.0° - 165.0°

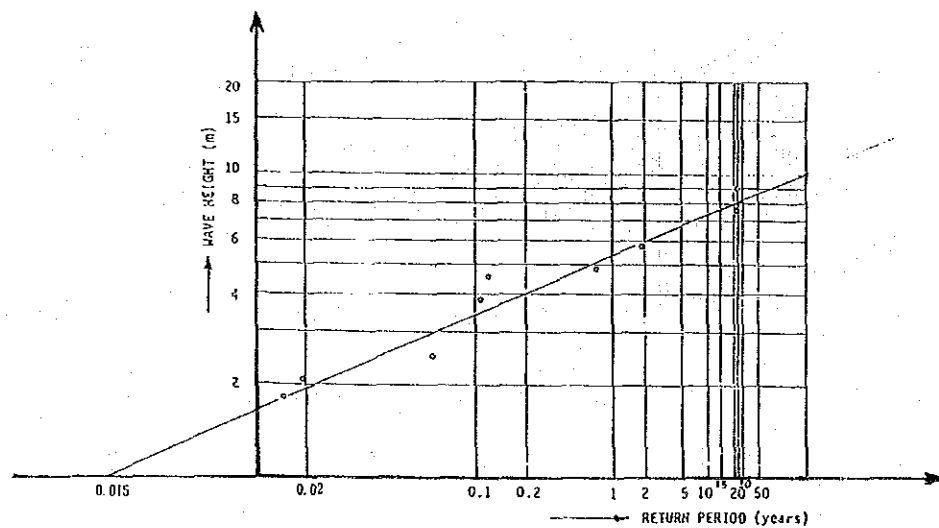


図12-8 再起期間別波高

12.2.7 海岸保全効果

海岸保全の最も重要な使命はサイクロンによる波浪や水位上昇より公共および民間の資産を保全し、生命を守ることにある。より多くの経済的便益を得るための適切な規模で海岸保全を計画する目的で、保全施設によって低減される被災量をモデル・サイクロンによるモデル被災量との比較で検討することにした。

ここでは、資産の被災は単に越波量に比例すると仮定してみた。従って、越波量が倍になれば、被災も倍になるものとした。

多くの観測情報が得られているサリーをモデル・サイクロンに選定した。次のような方式によって検討することとした。

$$\boxed{N_r = N_o - N_p} \quad \text{-----} \quad (1) \text{ 式}$$

ここに、 N_r = 事業によって低減出来るモデル・サイクロンの数
 N_o = 事業を実施しない場合のモデル・サイクロンの数
 N_p = 事業を実施した場合のモデル・サイクロンの数

$$\boxed{N_o = \frac{I_o}{I_m}} \quad \text{-----} \quad (2) \text{ 式}$$

ここに、 I_o = 事業を実施しない時の30年間合計47サイクロンの被災係数を集計した値。総被災係数

$$= \Sigma C \cdot A \cdot \Delta R_o^2$$

C は越波量を被災に換算する際の定数 (ドル/㎡)

A は再起年数強度毎の発生サイクロン数

ΔR_o は事業を実施しない時の現在海岸天端上の越波高さ (m)

I_m = 事業を実施しない時のモデル・サイクロンによる被災係数

$$= C \cdot \Delta R_m^2$$

ΔR_m は事業を実施しない場合で、モデル・サイクロンによる現在海岸天端上の越波高さ (m)。モデル・サイクロンとしてプロジェクト・ライフ30年にほぼ対応したサリーを使用した。

ゆえに、

$$N_o = \frac{I_o}{I_m} = \frac{\Sigma C \cdot A \cdot \Delta R_o^2}{C \cdot \Delta R_m^2} = \frac{\Sigma A \cdot \Delta R_o^2}{\Delta R_m^2}$$

$$N_p = \frac{I_p}{I_m} \quad \text{--- (3) 式}$$

ここに、 I_p = 事業を実施した場合の30年間合計47サイクロンの被災係数を集計した値。総被災係数

$$= \sum C \cdot A \cdot \Delta R p^2$$

$\Delta R p$ は事業を実施した時の新たな護岸等の天端上の越波高さ (m)

ゆえに、

$$N_p = \frac{I_p}{I_m} = \frac{\sum C \cdot A \cdot \Delta R p^2}{C \cdot \Delta R m^2} = \frac{\sum A \cdot \Delta R p^2}{\Delta R m^2}$$

(2) 式および (3) 式を (1) 式に代入すれば、

$$\begin{aligned} N_r &= N_o - N_p \\ &= \frac{\sum A \cdot \Delta R o^2}{\Delta R m^2} - \frac{\sum A \cdot \Delta R p^2}{\Delta R m^2} \\ &= \frac{1}{\Delta R m^2} (\sum A \cdot \Delta R o^2 - \sum A \cdot \Delta R p^2) \end{aligned}$$

個々の検討項目ごとの標準断面により詳細な計算を行なうものとする。表12-3はそれらの各検討地区毎の計算結果を示している。これらによれば現況でのモデル・サイクロン数は9.3個であるが、事業後は3.1個と減少する。提案している海岸保全短期計画の平均的な効果は、モデル・サイクロンの数で約6.2個減少することが出来るということである。

表12-3 海岸保全に関する事業効果
(モデル・サイクロン数の減少効果に換算して)

地 区	海岸延長 L (m)	モデル・サイクロン数		事業効果 N_r (モデル・サイクロン)	加重値 L・ N_r
		現況 (No.)	事業実施後 (N_p)		
Site-1, Health Dep.	300	12.5	2.8	9.7	2,910
Site-2					
(1) アバルア東	290	13.3	6.7	6.6	1,914
(2) アバルア中央	370	7.4	1.2	6.2	2,294
(3) アバルア中央	420	6.7	4.0	2.7	1,134
(4) アバチウ港	(470)	-	-	-	-
Site-3 空港東	350	9.7	2.4	7.3	2,555
Site-4 空港西					
(1) MET付近	80	6.2	2.0	4.2	336
(2) 滑走路先端	150	10.0	0.2	9.8	1,470
(3) 西 端	130	6.9	4.4	2.5	325
合 計 (加重平均)	2,090m	9.3	3.1	平均 6.2	12,938

12.2.8 主要な資材

海岸保全で使用される資材は耐久性があって、安価に入手出来る資材が好ましい。鉄筋コンクリート部材と石材の比較を次に行なう。

表12-3A コンクリートと石材の比較

比較点	鉄筋コンクリート	石 材
入手の難易	入手可能	入手可能、ただし新たな採石場の開発必要
耐 久 性	特に問題ない	優れている。鉄筋コンクリートより耐久性はまさる
外貨の必要性	セメント、鉄筋は輸入必要	現地調達可能で、直接的な外貨を必要としない
価 格	900ドル/ m^3 石材の約15倍高い	60ドル/ m^3
総 合 判 断		優れている

保全施設の主要部材は石材にすべきである。鉄筋コンクリートを採用することは価格面できわめて不利である。

鉄筋コンクリートは、パラペット壁、エプロン舗装やU字型排水路として限られた部分のみに用いることとした。

12.3 予備設計：Site-1. Health Departmentと同周辺地区

本節は、Health Departmentと同周辺地区の公共施設保全のための法線計画と基本断面について述べるものとする。

12.3.1 現 況

Health DepartmentはVaikai村とPue村の境界に位置する。この地区の東部に教育省、総理府、保全局を含む多くの政府機関が有る。これらの公共施設は海岸道路と海岸線間幅約80mの帯状の土地に設けられている。また、これらの施設は約250mの自然海浜を通して大海に面している。海浜の天端高は約MSL+3.5mであり、海岸道路の高さは約MSL+5.0mである。

計算結果によれば、サリー級の設計波8.1mはMSL+10.4mまで打ち上がるものと予想されている。この地区は1991年末、サイクロンVal/Wasaおよび1992年3月サイクロンGeneによって被災したと記録されている。

海浜勾配は1：5ないし、1：8で比較的ゆるやかである。海浜の表面は法の下部で砂、また上部で珊瑚礫によって覆われている。比較的広い砂浜を有するので、この海岸は地域住民の遊泳地区の1つに供せられている。海岸頂部および同直背後には数種の樹木が生息し、良い日陰を提供している。この他海岸頂部には、珊瑚礫層に埋め込まれたコンクリート護岸が存在するが、南端部約15mはサリーによって、またVal/Wasaによって被災した。当海岸は災害度Ⅱ地区（7.3.2節および表7-4を参照されたい）として区分されており、それらサイクロンによって越波と砂浜の浸食があったと記録されている。

12.3.2 保全施設の規模

この地域での海岸保全の主たる目的は、越波を緩和し、砂浜の浸食を食い止めることにある。最も重要なことは前述の諸公共施設地区への海水の侵入を低減することである。本海岸の遊泳水域であることを考慮して、ラグーン上に保全施設を設けないようにしたい。ラグーン中の施設は費用も高いし、海岸よりの眺望を阻害する。ここでは海岸法上部に護岸を設けて前面に砂浜を残すことが好ましい。波に対抗した保全施設の規模は護岸高さで示すことが出来る。高い護岸天端は波の内陸部への侵入し低下せしめるが、一方、事業費を高め眺望を阻害する。

表12-4は事業によって期待される被災の低減について説明している。表に示されるように、もし事業が実施されなければ、この地区の予想被災は今後30年間にサリー1回分の被災の12.5倍に達するだろう。

注：12.2.5節に示されるように、30年間に本島に襲撃するサイクロン数は約47と推定される。Site-1に関する計算結果によれば、それらサイクロンによる被災は12.5個のモデル・サイクロン（サリー）による被災とほぼ同等である。12.2.4、12.2.5および12.2.6節を参照されたい。

必要な護岸の天端高さはMSL+6.0mで既設の海岸道路面高さより約1m高い。検討結果によれば、事業を行なうことによって今後30年間の合計被災量はサリー2.8個分にとどまることが判る。従って、事業効果はサリー級サイクロンのもたらす被災9.7個分の減少ということになる。

表12-4 事業による被災低減効果：Site-1

設計波 $H_o = 8.1m$

ラグーン幅（現況） = 100m

ラグーン幅（事業後） = 100m

再起期間	Cyclones/30yr A	現 況					事 業 後				
		H_o (m)	Run-up (MSL+)	Ground (MSL+)	ΔRo (m)	$A \cdot \Delta Ro^2$	H_o (m)	Run-up (MSL+)	Wall (MSL+)	ΔRp (m)	$A \cdot \Delta Rp^2$
1 yr	30times/30yr	5.3	+5.5	+3.5	2.0	120	5.3	+5.5	+6.0	-0.5	-
5 yr	6times/30yr	6.7	+7.8	+3.5	4.3	111	6.7	+7.8	+6.0	1.2	9
10 yr	3times/30yr	7.3	+9.0	+3.5	5.5	91	7.3	+9.0	+6.0	3.0	27
15 yr	2times/30yr	7.7	+9.8	+3.5	6.3	79	7.7	+9.8	+6.0	3.8	29
20 yr	1.5times/30yr	7.9	+10.0	+3.5	6.5	63	7.9	+10.0	+6.0	4.0	24
25 yr	1.2times/30yr	8.0	+10.1	+3.5	6.6	52	8.0	+10.1	+6.0	4.1	20
30 yr	1times/30yr	8.1	+10.4	+3.5	6.9	45	8.1	+10.4	+6.0	4.4	19
Total	47.7					561					128

評価：現況でのサリー級サイクロンへの換算数 …… 561 ÷ 45 = 12.5 モデルサイクロン
 事業実施後のサリー級サイクロンへの換算数 … 128 ÷ 45 = 2.8 モデルサイクロン
 事業による被災低減効果 …… 12.5 - 2.8 = 9.7 モデルサイクロン

表に見られるように、計画断面によっても、なおサリー級2.8個分の被災は残るので完全に保全されたとはいえない。しかし、投資効果より見れば、この程度の残存被災はやむをえないものと考えられる。

再起期間10年以上の波での越波高さ (ΔR_p) は2.0mを超過するが、護岸背後よりの眺望の確保の点でやむを得ないと思われる。

12.3.3 保全施設の法線計画

当海岸の線形は比較的単純で直線的である。従って、図12-9に見るように計画法線は現海岸線に平行としたい。計画法線は下記のような理由で既設護岸の背後約2mとした。

- (1) 工費の低減
- (2) 現在の砂浜の保全

この法線上には公共施設は無く、珊瑚礫のみである。これ以上前面に法線が進出すると、反射波により現在の砂浜が欠損する可能性がある。

12.3.4 基本施設

当海岸での保全施設の基本断面を図12-10に示す。主要断面の計算根拠を次に述べたい。

1) 基本構造

基本構造は、護岸形式でアバルア海岸でMOWが施工した断面と同じような構造である。特徴は次のとおりである。

- (1) 法線を現海岸の天端近くに設ける。
- (2) 法勾配は1 : 2とする。
- (3) 洗掘防止の目的で被覆石の下端をMSL+1.50mまで下げる。
- (4) 上部に鉄筋コンクリート場所打ちのパラペット壁を設ける。同壁体の下部には石材を配置し、前面は補強と歩行性を考えて練積みとする。
- (5) 防砂シートを用いて細粒土砂の吸出しを防止する。
- (6) 背後はMSL+4.8mまで残土（主に珊瑚礫）で埋め戻す。

2) パラペット壁

前出のごとく、パラペット壁の天端高さはMSL+6.0mとする。サリー級の波による越波流量を下式によって概算する。

$$V = \alpha \cdot \Delta R^2 / T_0 \quad \text{m}^3/\text{m}/\text{sec}$$

ここに、 V : 越波流量 (m³/m/sec)

ΔR : パラペット上の越波高さ (m)

T_0 : 波の周期 $T_0 = 12.5$ (sec) サリーによる

α : 勾配、海浜断面、波の諸元他によって定まる定数、一般的に
 $\alpha = 0.1 \sim 0.2$ であるので、ここでは $\alpha = 0.15$ を使用する。

ゆえに、

$$\begin{aligned} V &= 0.15 \times 4.4^2 / 12.5 \\ &= 0.23 \quad \text{m}^3/\text{m}/\text{sec} \end{aligned}$$

許容越波流量・ V_a は0.05 m³/m/sec程度と考えるべきであるので、天端高さMSL+6.0mは十分ではない。しかし、この地区では眺望の確保や前浜への移動が出来るよう維持されるべきなので、この程度の高さが適切と思われる。

3) 被覆石

被覆石の寸法は、12.2.2節の設計条件に示される「ハドソン公式」によって求めることとした。ラグーン上の波高は5.3.8節に示す手計算による値を用いることにする。ゆえに、被覆石用の設計波は次のごとくである。

$$B = 100\text{m (ラグーン幅)}$$

$$H = 1.86\text{m}$$

被覆石の必要重量は次のごとくである。

$$W = \frac{2.65 \times 1.86^3}{2.8 \times (2.65 / 1.03 - 1)^3 \times 2} = 0.122 \times 1.86^3 = 0.79 \text{ ton/pc}$$

しかしながら、法先の洗掘防止などのための余裕を考えて1トンの重量としたい。

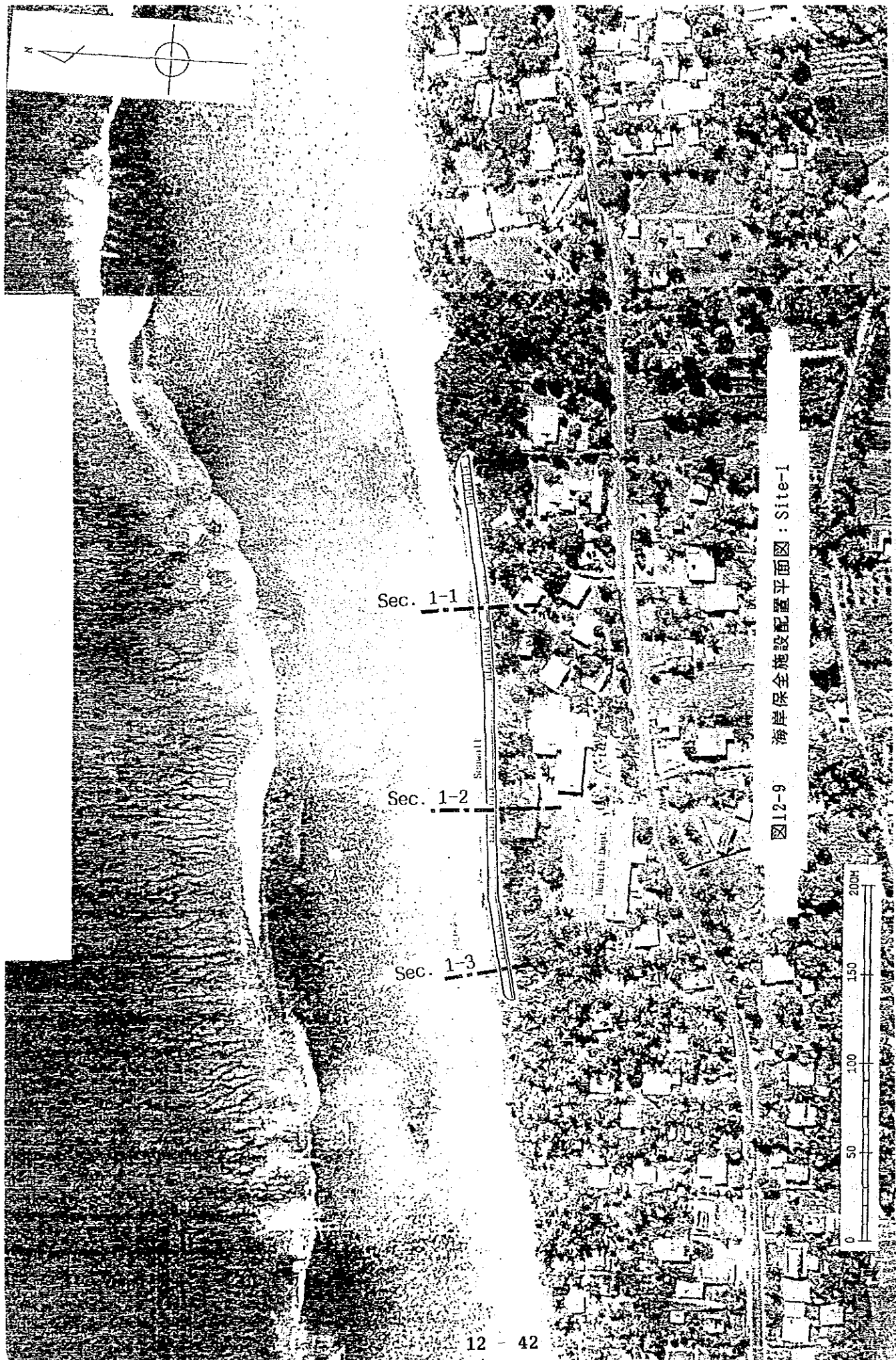
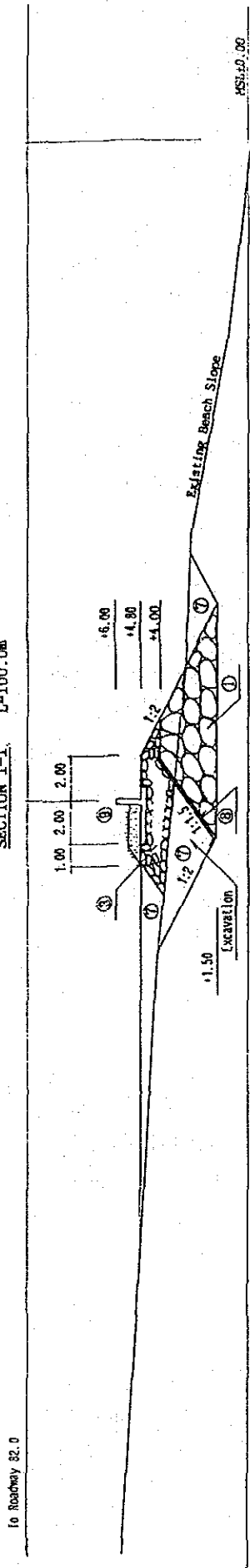
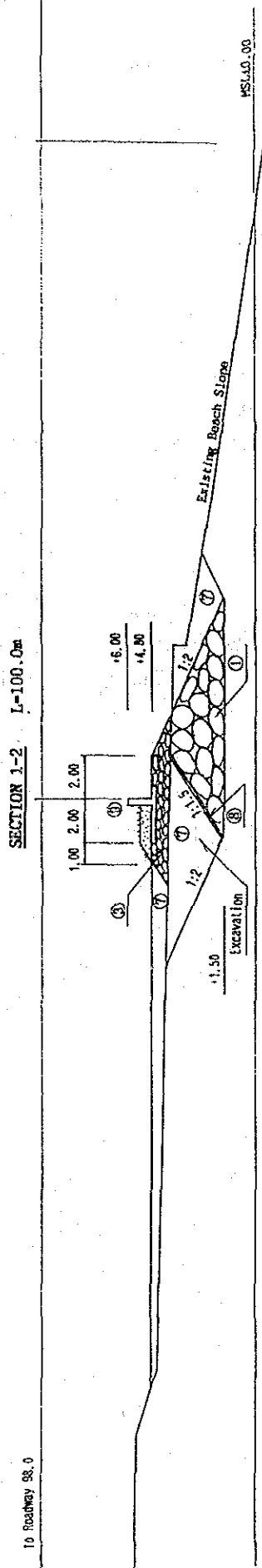


圖 12-9 海岸保全施設配置平面図 : Site-1

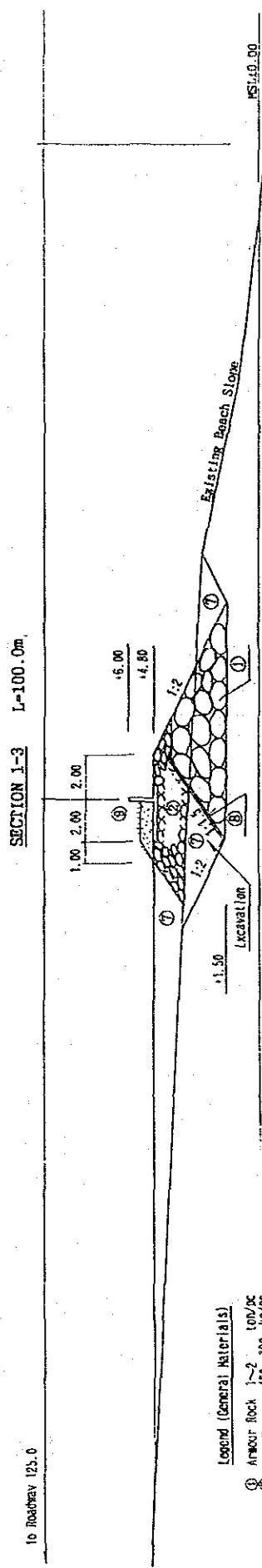
SECTION 1-1 L=100.0m



SECTION 1-2 L=100.0m



SECTION 1-3 L=100.0m



- Legend (General Materials)
- ① Armour Rock 1~2 ton/pc
 - ② " 400~700 kg/pc
 - ③ " 100~200 kg/pc
 - ④ Core Rock
 - ⑤ " 10~100 kg/pc
 - ⑥ " <10 kg/pc
 - ⑦ Gravel
 - ⑧ Reclamation : General earth
 - ⑨ Filter Sheet
 - ⑩ Parapet Wall
 - ⑪ Aeron
 - L/CV : Excavation

圖 12-10 標準断面圖 : Site-1

12.4 予備設計：Site-2. アバルア／アバチウ市街地区

本節はアバルア市街地区前面の海岸を保全するための法線計画と基本断面について述べるものとする。この地区の保全は短期計画の中心課題である。

12.4.1 アバルア東部

1) 現 況

既設のアバルア港東防波堤東側は自然の砂浜である。海岸道路と同海浜に挟まれた幅約50mの帯状の土地には、レストラン、スポーツクラブ、店舗および政府の事務所が設けられている。これらの土地の内約1/2は平地で樹木や草などが生息している。

海岸道路の高さはMSL+2.5mないし+3.5mであり、海浜頂部高さはMSL+2.0mである。海岸には今のところ保全施設はない。防波堤東約190m地点の前浜に“ヤンキー”と呼ばれている船が座礁している。ラグーンの幅は約150mである。

計算結果では、サリー級の波はMSL+9.0mまで打ち上がるので、越波高さ(ΔR)は7.0mである。この地域は1987年のサリーによってかなり被災したと記録されている。1992年3月のGeneによっても大きな被災を受けた。当海岸は災害度ⅡおよびⅢ地区として区分されており、サリー級のサイクロンで越波し、かつ、砂浜の浸食が見られる。

2) 海岸保全施設の目的

当海岸での保全施設の主たる目的は、越波が後背地に達し、既設の諸施設に災害を及ぼすことを低減することにある。更に、将来のマリナー建設のために既設の防波堤を海側に移動することも考慮した計画でなければならない。現在の地盤高さが比較的低いので、埋立てによる緩衝地帯を護岸背後に設けることとしたい。

3) 保全施設の規模

保全施設の基本形式は護岸および埋立てによる緩衝地帯を設けることとしたい。護岸断面が有効に海岸を保全するように計画するものとする。表12-5は事業によって期待される被災の低減について説明している。

検討条件：

- a. 設計波（打上計算用） $H_o = 8.1\text{m}$
- b. ラグーンの幅 150m …… 事業を実施しない場合（現況）
100m …… 事業を実施する時
- c. 緩衝帯幅 50m
- d. 護岸の計画高さ
コンクリート製パラペット壁 M S L + 4.5m
被覆工の天端 M S L + 3.3m
- e. 現状地盤高さ M S L + 2.0m

これらに見るように、護岸の計画天端高さは M S L + 4.5m で、既設海岸道路路面より約 2.5m 高い。

表12-5 事業による被災低減効果：Site-2 (1) アバルア港東部

設計波 $H_o = 8.1\text{m}$

ラグーン幅（現況） = 150m

ラグーン幅（事業後） = 100m

再起期間		現 況					事 業 後				
Cyclones/30yr A		H_o (m)	Run-up (MSL+)	Ground (MSL+)	ΔRo (m)	$A \cdot \Delta Ro^2$	H_o (m)	Run-up (MSL+)	Wall (MSL+)	ΔRp (m)	$A \cdot \Delta Rp^2$
1 yr	30times/30yr	5.3	+4.3	+2.0	2.3	159	5.3	+5.5	+4.5	1.0	30
5 yr	6times/30yr	6.7	+6.8	+2.0	4.8	138	6.7	+7.8	+4.5	3.3	65
10 yr	3times/30yr	7.3	+7.8	+2.0	5.8	101	7.3	+9.0	+4.5	4.5	61
15 yr	2times/30yr	7.7	+8.4	+2.0	6.4	82	7.7	+9.8	+4.5	5.3	56
20 yr	1.5times/30yr	7.9	+8.7	+2.0	6.7	67	7.9	+10.0	+4.5	5.4	44
25 yr	1.2times/30yr	8.0	+8.8	+2.0	6.8	55	8.0	+10.1	+4.5	5.6	38
30 yr	1times/30yr	8.1	+9.0	+2.0	7.0	49	8.1	+10.4	+4.5	5.9	35
Total	47.7					651					329

評価：現況でのサリー級サイクロンへの換算数 …… 651 ÷ 49 = 13.3 モデルサイクロン
 事業実施後のサリー級サイクロンへの換算数 … 329 ÷ 49 = 6.7 モデルサイクロン
 事業による被災低減効果 …………… 13.3 - 6.7 = 6.6 モデルサイクロン

表に示されるように、もし事業が実施されなければ、当海岸の予想被災量は今後30年間にサリー13.3回分の量に達するであろう。一方、もし事業が実施されればその数は6.7回分まで減少することになる。従って、事業効果はサリー級サイクロンのもたらす被災の6.6回分の減少ということになる。

事業によってもサリー級のサイクロンによって越波高さ (ΔR) は5.9mに達するが、眺望の確保の点よりやむをえない。この点は緩衝帯を設けることによって緩和することが望ましい。

4) 保全施設の法線計画

将来アバルア港は新マリナー港として開発される必要があるので、港内水域は防波堤で保全されなければならない。2重投資を防ぐ目的で、そのような将来需要に見合うよう既設の東防波堤は、再配置することが望ましい。新たな防波堤配置は、13.4節で検討されたものに従うものとする。波の静穏度検討によれば、既設の防波堤は不十分で更に約70m海側に延長することが望ましい。新防波堤は北西方向に向って120mの延長となるだろう。

北側の護岸の西端はこの新防波堤と接続し、東端は自然海浜に連絡される。この汀線処理は水際線をスムーズな形にすることを念頭に置いている。

一方、泊地に面したこの地域の西側は石積の堤防で保全される。Takuvaie川の流れはこの堤体の前面を流れる。サイクロン来襲中の港内水位はラグーン水位よりも約50cm程低いので、流下水頭が得られ排水効果が高まり内陸の水位上昇の低減に役立つだろう。

防波堤、護岸および河川堤防でかこまれたラグーンは緩衝帯として埋立てられる。この新たに得られた土地は「アバルア公共緑地」として広く公共的に利用される。「アバルア公共緑地」については12.7節を参照されたい。

表12-5に見るように、サリー級の波は計画護岸天端上約6mも越波するので、この「緑地」は浸水を緩和する意味においても重要である。少なくとも25m程度の緩衝帯が必要であるが、通常天候での土地利用も考えて50mの幅とした。

越波の衝撃を緩和する目的で護岸直背後には幅10m程度のコンクリート舗装によるエプロンを設けたい。

5) 基本施設

この地点での海岸保全施設の標準断面(Section 2-1A)を図12-11および図12-11Aに示す。主要断面の計算根拠を次に述べる。

(1) 基本構造

基本構造は護岸形式でアバルア海岸でMOWが施工した断面と同じような断面である。断面の特徴は次のとおりである。

- ① 法線を現海岸線より約50m海側に出す。
- ② 法勾配は1 : 3.5とする。
- ③ 洗掘防止の目的で被覆石の下端はMSL±0.0m付近の基礎岩盤に達するものとする。
- ④ 上部に鉄筋コンクリート場所打ちのパラペット壁を設ける。
- ⑤ 被覆石は2層とする。
- ⑥ 防砂シートを用いて細粒土砂の吸出しを防止する。
- ⑦ 護岸直後に高さMSL+3.0mで幅11mのエプロンを設ける。
- ⑧ エプロン背後も埋立てて仕上げ高さはMSL+3.5mとする。

(2) パラペット壁

前述のごとく、パラペット壁の天端高さはMSL+4.5mとする。サリー級の波による越波流量を概算する。

$$\begin{aligned} V &= \alpha \cdot \Delta R^2 / T_0 \\ &= 0.15 \times 5.9^2 / 12.5 \\ &= 0.42 \quad \text{m}^3/\text{m}/\text{sec} \end{aligned}$$

この断面での許容越波流量 V_a は $0.20 \text{ m}^3/\text{m}/\text{sec}$ 程度であるから越波流量はこの許容値を越えている。従って、浸入した海水はエプロン (MSL+3.0) と埋立地 (MSL+3.5) の間に滞留せしめ、港内泊地側に排水することが望ましい。

(3) 被覆石

ラグーン上の波高は5.3.8節に示す値を用いて定めた。ゆえに、被覆石用の設計波は次のごとくである。

$$B = 100\text{m (ラグーン幅)}$$

$$H = 1.86\text{m}$$

被覆石の必要重量は次のごとくである。

$$W = \frac{2.65 \times 1.86^3}{2.8 \times (2.65/1.03 - 1)^3 \times 3.5} = 0.070H^3 = 0.45 \text{ ton/pc}$$

従って、法先の洗掘なども考慮して1トン以上の重量を採用したい。

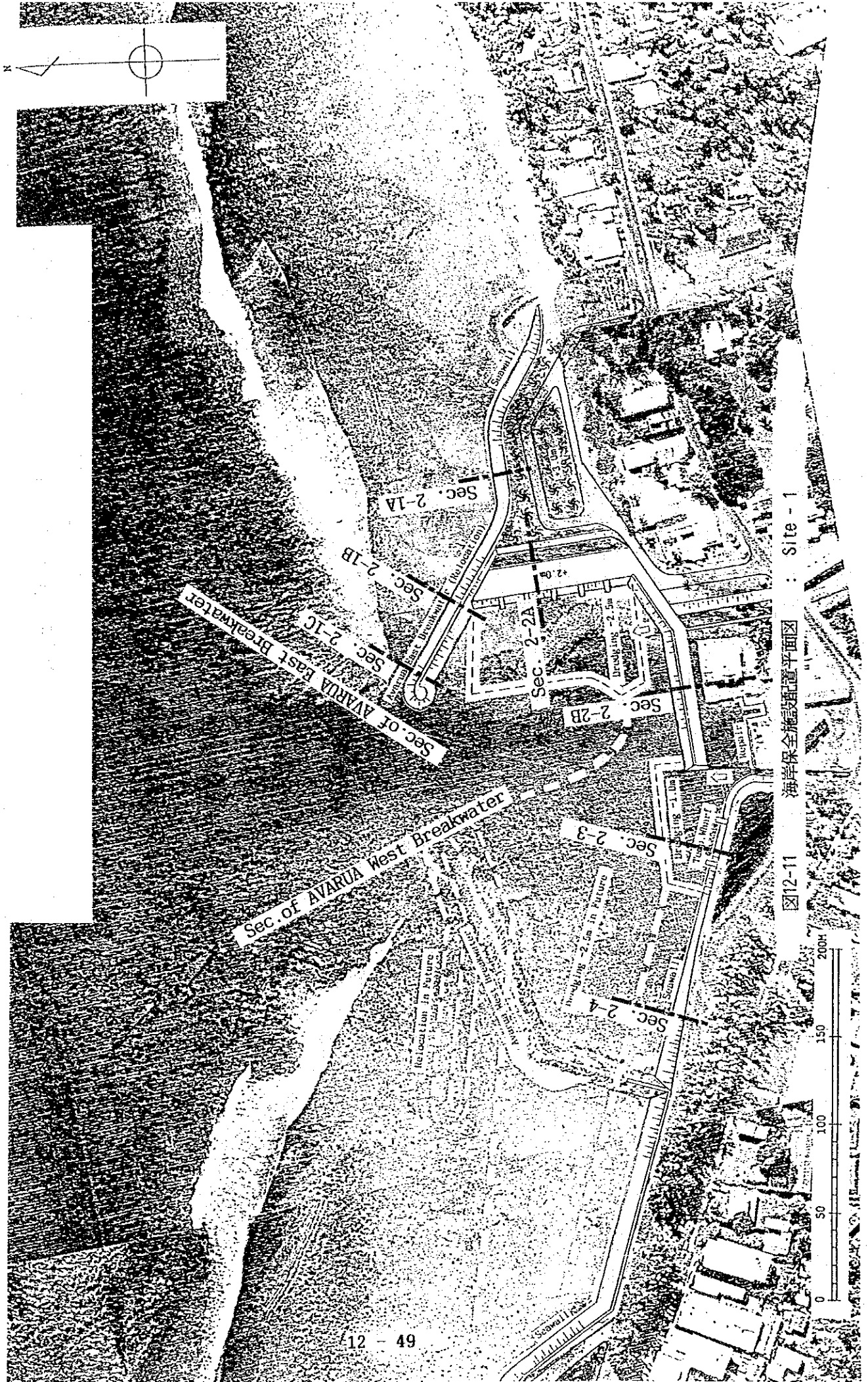
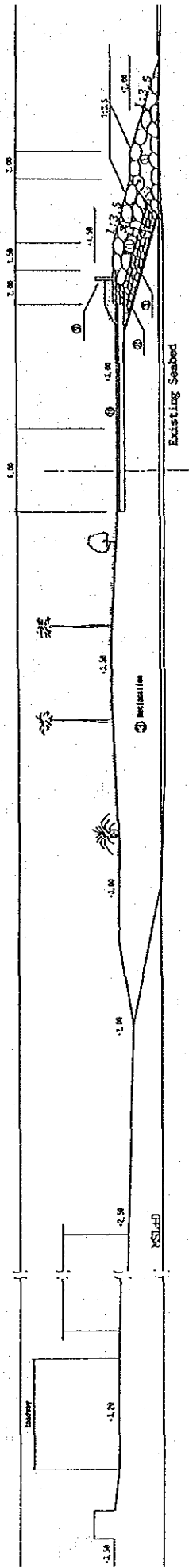


圖12-11 海港保全施設配置平面図 : Site - 1

SECTION2-1A L=125.0m



- Legend (General Materials)
- ① Armour Rock 1~2 100/PC
 - ② " 400~700 10/PC
 - ③ Core Rock 100~200 10/PC
 - ④ " 10~100 10/PC
 - ⑤ " <10 10/PC
 - ⑥ Gravel
 - ⑦ Reclamation : General Earth
 - ⑧ Filter Sheet
 - ⑨ Parquet Nail
 - ⑩ Anthon
 - ExcV : Excavation

図12-11A 標準断面図 : Site-2

12.4.2 アバルア港 (Takuvaive川河口よりアバルア港西防波堤間)

本節では、アバルア港内の海岸保全について述べたい。防波堤の設計については13.6節を参照されたい。

1) 現 況

Takuvaive川と既設西防波堤間の現在汀線は、既設の東西防波堤により保全されているので比較的静穏である。この間の水際線延長は約280mである。東部80m間には護岸、岸壁および小船用船揚場があるが、それらの多くは維持管理不足と度重なるサイクロン災害によってかなり破損している。これら既設港湾施設の存在する区間の西側は、Vaikapuangi川河口の護岸で保全されている。

海岸道路とこれら水際線間の幅は約60mで、そこにはレストラン、店舗、T L Tの省舎および今は使われていないが、魚市場の4つの建物がある。岸壁付近の建築物はサリーでひどく破損したといわれ、サイクロンVal/Wasa等の写真を見ても上げがMSL+5.0m程度に達していたことが判る。西側半分の岸壁構造はタイロッド付き鋼矢板とコンクリートエプロンで構成されている。しかし、壁の頂部はコンクリートで巻立てられていないのでひどく錆びていて、ほぼMSL上の1/2は欠損しているし、また、エプロン版は欠損穴よりの波の浸入によって路盤工が吸出されたため、ひびが入り沈下している。このような状況でも約40mの岸壁は、現在主に釣りやダイビングといった観光用ボート用およびボーイスカウトによるボート訓練場等に用いられている。

これら岸壁の高さはMSL+2.0mで、背後の海岸道路の高さはMSL+2.5mである。ここの現地盤高さはアバルア市街地区で最も低い値を示している。

一方、浅いラグーンに面する西側200m部分は乱積みの傾斜壁で未だ港湾的利用はされていない。既設の防波堤で保護されているので、石材は軽量である。ここでの海岸道路と水際線間幅約40mの帯状の上地は、1992年MOWによって第2海岸道路およびサイクロン緩衝帯として再開発された。背後地盤は西側で徐々に高くなり、最も低い場所でMSL+2.5m、西防波堤の取付部でMSL+3.7mとなる。

2) 海岸保全施設の目的

当水際線での保全目的は既設の岸壁や法面の補強にある。既設の岸壁は耐用期間

を延長せしめるために最小費用で補修するか、または、新たに作り直す必要があるだろう。Vaikapuangi川河口西約100m間には港口部よりの浸入波が直入するのでサイクロン用緩衝帯を設けることが望ましい。この地区の前面の法面は石積みで補強される必要がある。第3次現地調査の際、先方政府より当港を短期計画の中でマリナーとして開発したいとの要望があった。検討の結果、マリナー岸壁を東防波堤背後に設けることとした。以下に後背地保全に関する比較案を検討する。図12-11を参照されたい。

3) 保全施設の規模

比較案-A

保全手法は基本的に現状と同一とする。岸壁はコンクリートの巻き立て工事を追加することによってそのまま維持したい。破損している舗装部分も補修されねばならない。Vaikapuangi川河口西約100m間はM S L + 2.0mまでサイクロン用緩衝帯として埋立てられ、更に前面に小船用仮突堤を設ける。この埋立地の規模は約1,500㎡である。新たに埋立られた土砂は石積堤および幅10mのコンクリートエプロンで保護され、公共的利用に供される。最西端100mの法面は必要に応じて保全されるものとする。

比較案-B

比較案-Bは短期計画でもアバルア港を部分的にマリナーとして開発する場合である。本案は比較案-Aに加えて、破損岸壁前面の埋立および東防波堤の内側にマリナー用岸壁を追加する案である。本案については更に13.4節で述べるものとする。

4) 保全計画の法線計画

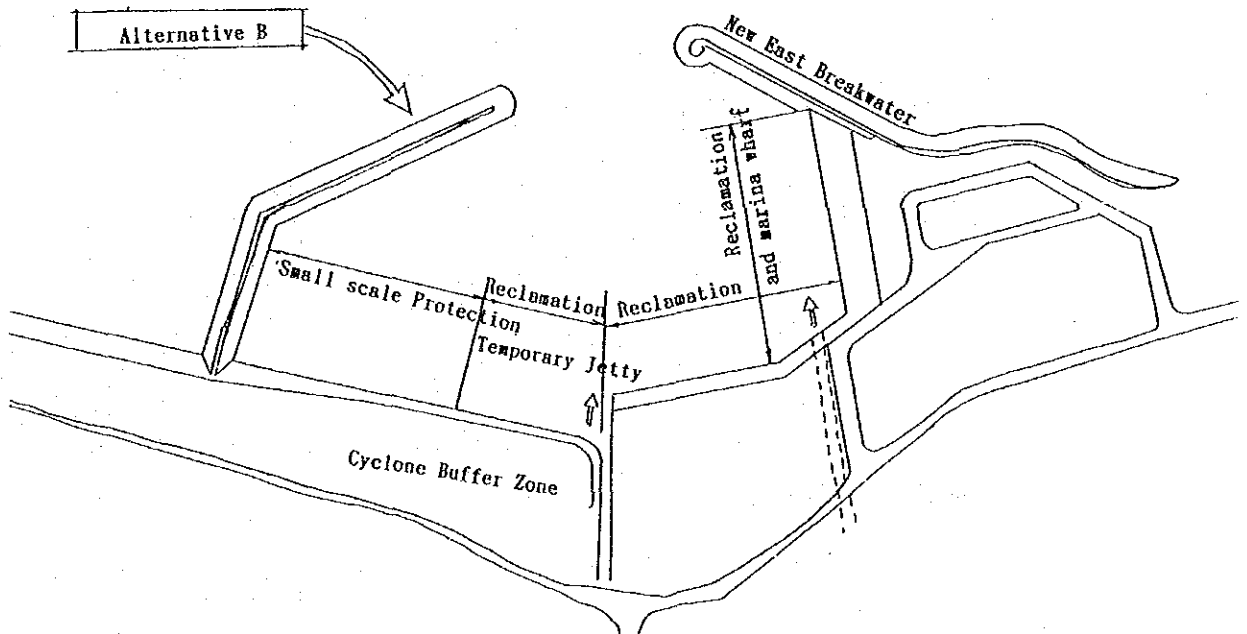
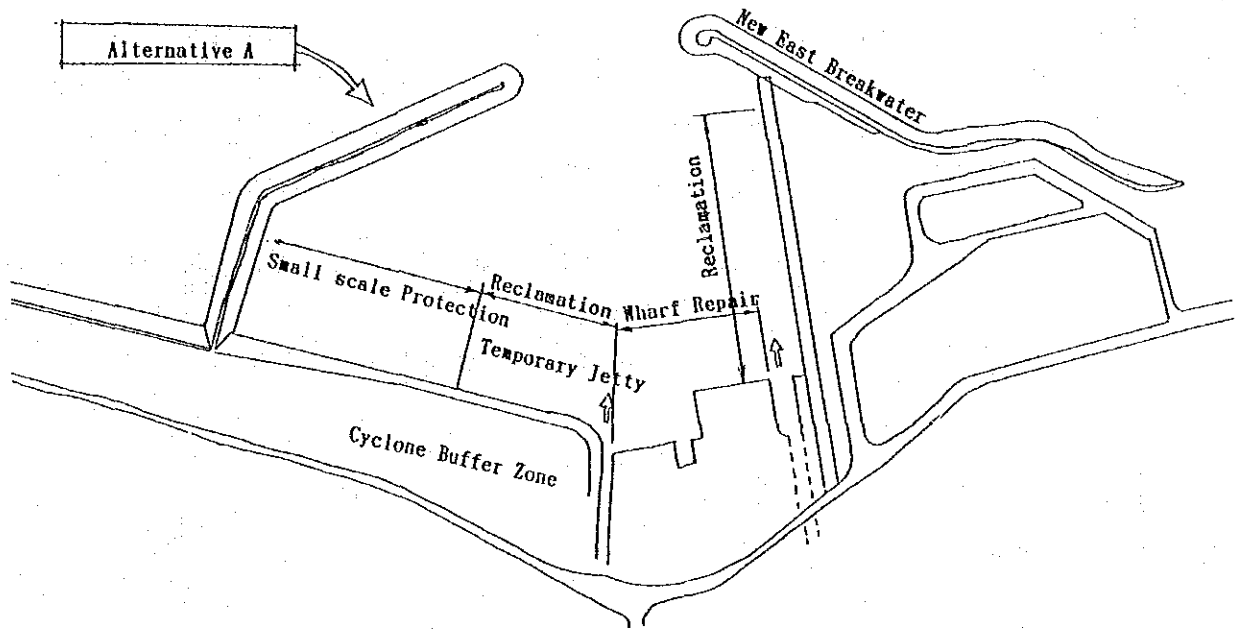
比較案-A

2つの河口に挟まれた区間約80mは現況と同一とする。一方、Vaikapuangi川河口の西は将来のマリナー法線より約10m程度陸側に下がった所としたい。

比較案-B

南の水際線は更に海側に移動せしめる。東防波堤内側に約80mのマリナー岸壁を設ける。ただし、法線はA案に比べ約25m東へ移動する。本案については更に13.4節に述べるものとする。

アバルア港内海岸保全比較案




12.4.3 アバルア／アバチウ海岸（アバルア西防波堤よりアバチウ川の間）

1) 現 況

本地区の全海岸延長は約600mである。海岸汀線背後に約750mの海岸道路がある。海岸東側450mはMOWの施工による石積護岸で保全されている。この地区の地盤高さはMSL+3.7m～+4.8mと変化している。残された西側150mの海岸は比較的自然の状態で維持されており、陸上部は残土や浚渫土砂等の土捨場として利用されている。この地区の地盤高さはMSL+2.3mと低い。

この海岸の中央付近で、海岸道路は最も高くMSL+4.8mと記録されている。この道路高さは東西の港湾区域で約MSL+2.5mとなり、この区域で最も低い高さを示す。この地区とアバルア港背後の海岸道路の標高は下表に示すとおりである。

表12-6 海岸道路の標高

地 点	海岸道路標高 MSL+ (m)	
Vaikapuangi 河口	+2.50	アバルア港  600m
アバルア西防波堤	+3.70	
Mama Court	+4.34	
カテドラル教会	+4.80	
税 関	+4.13	
アバチウ河口	+2.73	

出典：調査団による測量調査（1991）による。

当海岸の平均ラグーン幅は約200mなので、サリー級設計波（有義波）はMSL+7.3mまで打上がることになる。

この地区の最も重要な性格はレストラン、スーパーマーケット、土産物店、銀行、車両レンタル会社、給油所および政府の諸省庁等の数多くの施設が集中していることである。これらの施設は国の経済活動や政治運営の中核を成しており、他の地区には存在しないものである。

2) 海岸保全施設の目的

当海岸での保全目的はこれらの重要施設をサイクロン災害より守ることにある。ここでの被災は主に越波によってもたらされたものである。他の目的は公共的に使用可能な土地を創造することである。ゆえに埋立によるサイクロン緩衝地帯を設けることが望ましい。このために、MOWは下記のような海岸保全工事を実施した。

- (1) 幅30mの緩衝地帯を設け、そこに第2海岸道路および駐車場を建設し、更に植樹を行なった。
- (2) 海岸の法面に石積みによる補強工事を施した。

この地区での新たな保全工事はこれらのMOWによる成果を更に発展せしめるものである必要がある。

マスタープランによれば、将来貨物の増加を考慮してアバチウ港商港地区を東側に1.5ha拡張することとなっている。従って、もう1つの保全工事の目的は現在の港湾用地近くに平地を造成することである。

3) 保全施設の規模

保全施設の基本形式は、護岸および埋立てによる緩衝地帯の組合わせとしたい。護岸断面が有効に海岸を保全するように計画するものとする。

(1) MOWによる保全工事を最大限生かす場所、Section 2-5

東側130mではMOW保全工事が最小限度の補強策でそのまま利用出来るものとした。補強工事は下記のごとくである。

- 根固め工を追加する
- コンクリート・パラペット壁 (MSL+5.5m) を設ける
- U字形排水溝 (1.5m×1.0m) を設ける。

表12-7を用いて事業によって期待される被災の低減について説明する。

検討条件：

- a. 設計波（打上計算用） $H_o = 7.7m$
- b. ラグーン幅 200m
- c. 緩衝地帯幅、MOW施工済み 30m
- d. 護岸の計画高さ MSL + 5.5m
- e. MOWによる既設のコンクリート歩道高さ MSL + 3.5m ~ 4.0m

表12-7 事業による被災低減効果：Site-2 (2) アバルア海岸東

設計波 $H_o = 7.7m$

ラグーン幅（現況）= 200m

ラグーン幅（事業後）= 200m

再起期間		現況					事業後				
Cyclones/30yr A		H_o (m)	Run-up (MSL+)	Ground (MSL+)	ΔRo (m)	$A \cdot \Delta Ro^2$	H_o (m)	Run-up (MSL+)	Wall (MSL+)	ΔRp (m)	$A \cdot \Delta Rp^2$
1 yr	30times/30yr	5.0	+3.2	+3.5	-0.3	-	5.0	+3.2	+5.5	-2.3	-
5 yr	6times/30yr	6.3	+5.2	+3.5	1.7	17	6.3	+5.2	+5.5	-0.3	-
10 yr	3times/30yr	6.8	+6.1	+3.5	2.6	20	6.8	+6.1	+5.5	0.6	1
15 yr	2times/30yr	7.1	+6.5	+3.5	3.0	18	7.1	+6.5	+5.5	1.0	2
20 yr	1.5times/30yr	7.4	+7.0	+3.5	3.5	18	7.4	+7.0	+5.5	1.5	3
25 yr	1.2times/30yr	7.6	+7.2	+3.5	3.7	16	7.6	+7.2	+5.5	2.2	6
30 yr	1times/30yr	7.7	+7.3	+3.5	3.8	14	7.7	+7.3	+5.5	2.3	5
Total	47.7					103					17

評価：現況でのサリー級サイクロンへの換算数 $103 \div 14 = 7.4$ モデルサイクロン
 事業実施後のサリー級サイクロンへの換算数 $17 \div 14 = 1.2$ モデルサイクロン
 事業による被災低減効果 $7.4 - 1.2 = 6.2$ モデルサイクロン

表に示されるように、もし事業が実施されなければ、当海岸の予想被災量は今後30年間にサリー級7.4回分の量に達するだろう。一方、もし事業が実施されればその回数は1.2回分まで減少することになる。従って、事業効果はサリー級サイクロンのもたらす被災の6.2回分の減少ということになる。

(2) MOWによる保全工事を海側に移動する場所、Section 2-6

残された西側470mではMOWによる保全施設を海側に50m程移動することとしたい。これによって、アバチウ港の将来拡張やより広い緩衝帯等の多くの公共に供せられることの可能な用地が新たに得られることになる。移設工事は下記のごとくである。

- 既設のMOW護岸を海側に50m移動する。
- サイクロン用緩衝帯を50mとする。
- コンクリート・パラペット壁 (MSL+5.5m) を設ける。
- U字形排水溝 (1.5×1.0m) を設ける。

表12-8を用いて事業によって期待できる被災の低減量を検討してみたい。

検討条件：

- a. 設計波 (打上計算用) Ho' = 7.7m
- b. ラグーンの幅
 - MOW断面に据え置く時 200m
 - 移動する時 (埋立工を含む) 150m
- c. 緩衝地帯幅
 - MOW施工済み 30m
 - 追加 50m
- d. 護岸の計画高さ MSL+5.5m
- e. MOWによる既設のコンクリート歩道高さ MSL+4.0m
- f. 埋立地盤高さ MSL+4.3m

表12-8 事業による被災低減効果：Site-2 (3) アバルア海岸西

設計波 Ho'=7.7m

ラグーン幅 (現況) = 200m
ラグーン幅 (事業後) = 150m

再起期間	Cyclones/30yr A	現 況					事 業 後				
		Ho' (m)	Run-up (MSL+)	Ground (MSL+)	ΔRo(m)	A・ΔRo ²	Ho' (m)	Run-up (MSL+)	Wall (MSL+)	ΔRp(m)	A・ΔRp ²
1 yr	30times/30yr	5.0	+3.2	+4.0	-0.8	-	5.0	+3.8	+5.5	-1.7	-
5 yr	6times/30yr	6.3	+5.2	+4.0	1.2	9	6.3	+6.1	+5.5	0.6	2
10 yr	3times/30yr	6.8	+6.1	+4.0	2.1	13	6.8	+7.1	+5.5	1.6	8
15 yr	2times/30yr	7.1	+6.5	+4.0	2.5	13	7.1	+7.5	+5.5	2.0	8
20 yr	1.5times/30yr	7.4	+7.1	+4.0	3.1	14	7.4	+7.9	+5.5	2.4	9
25 yr	1.2times/30yr	7.6	+7.4	+4.0	3.4	14	7.6	+8.2	+5.5	2.7	9
30 yr	1times/30yr	7.7	+7.3	+4.0	3.3	11	7.7	+8.4	+5.5	2.9	8
Total	47.7					74					44

評価：現況でのサリー級サイクロンへの換算数 …… 74 ÷ 11 = 6.7 モデルサイクロン
事業実施後のサリー級サイクロンへの換算数 …… 44 ÷ 11 = 4.0 モデルサイクロン
事業による被災低減効果 …… 6.7 - 4.0 = 2.7 モデルサイクロン

表に見られるように、もし事業が実施されなければ、当海岸の予想被災量は今後30年間にサリー級6.7回分の量に達するだろう。一方、もし事業が実施されればその数は4.0回分と減少する。従って事業効果はサリー級サイクロン被災2.7回分の減少といえる。

4) 保全施設の法線計画

法線計画は2つの断面についてそれぞれ下記の条件を満足するよう計画するものとする。

(1) 東側130m部分、Section 2-5

- 既設の30mの緩衝帯を維持する。
- アバルア港のマリナー将来計画に合致するようラグーンを残すこと。

(2) 西側470m部分、Section 2-6

- 50m以上の緩衝帯を維持する。
- 埋立てによる将来土地利用に対応すること。
- 新たな護岸をアバチウ港東防波堤と接続すること。

5) 基本施設（東130m部分）

この地点で海岸保全施設の標準断面（Section 2-5、2-6、および2-7）を図12-12Aに示す。断面の計算根拠を次に述べる。

(1) 基本構造（Section 2-5）

MOWが1991/1992年に施工した断面で護岸形式である。図12-12AにSection 2-5として表示してある。法先の洗掘を防止する目的で新たに根固めを加えることとした。これは波高低減の効果を持ち、また設計波を超える波に対して堤体がより補強されることになる。

(2) パラペット壁

前出のごとくパラペット壁を新たに加え、その天端高さはMSL+5.5mとする。表12-7に見るように、ラグーン幅の狭くなった分だけ仕上げが0.8

m~1.0m増加しており、パラペット壁の設置はやむをえないものと思われる。ただし、高いパラペット壁は陸より海へ眺望を損なうので、パラペットの高さを下げることが可能であろう。ただし、これは実施設計の段階でより詳細な検討を行った後に最終決定したい。

(3) 被覆石

ラグーン上の波高は5.3.8節に示す値を用いて定めた。ゆえに、被覆石用の設計波は次のごとくである。

$$B = 200\text{m}$$

$$H = 1.26\text{m}$$

被覆石の必要重量は従って次のごとくである。

$$W = \frac{2.65 \times 1.26^3}{2.8 \times (2.65 / 1.03 - 1)^3 \times 3.5} = 0.070 \times 1.26^3 = 0.14 \text{ ton/pc}$$

これらより、法先の洗掘等も考慮して0.4トン以上の重量を採用したい。

5) 基本施設 (西側 470m部分)

(1) 基本構造 (Section 2-6)

基本構造は護岸形式で当地区でMOWが施工した断面と同じような内容である。断面の特徴は下記のごとくである。

- ① 法線はMOW法線より50m海側に移動する。
- ② 法勾配は 1:3.5 である。
- ③ 洗掘防止上、被覆石の下端はMSL-0.3m付近の基礎岩盤に達するものとする。
- ④ 上部に鉄筋コンクリート製のパラペット壁を設ける。
- ⑤ 被覆工は2層とする。
- ⑥ 砂防シートを用いることによって細粒埋立土砂の吸い上げを防止する。
- ⑦ 護岸直後に幅6mのエプロンを設ける。MSL+4.0mの位置とする。
- ⑧ エプロン背後も埋立てる。

中央付近の断面 (Section 2-6) でMSL+4.5mまで

最西端の断面 (Section 2-7) でMSL+3.0mまで

(2) パラペット壁

パラペット壁の計画天端高さはMSL+5.5mである。サリ一級の波による越波流量を概算すると次のごとくである。

(断面2-6) 表12-8より越波高さは $\Delta R = 2.9\text{m}$ である。

$$\begin{aligned} V &= 0.15 \times 2.9^2 / 12.5 \\ &= 0.10 \quad \text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec} \end{aligned}$$

この地区の許容越波流量 V_a は $0.05\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ であるから越波流量はこれを越えている。高いパラペット壁は陸より海への眺望を損なうので、この程度の越波はやむをえないだろう。もし更にパラペット天端を下げる必要のある時には、実施設計の段階でより詳細な検討を行なった後に最終決定したい。

(3) 被覆石

ラグーン上の波高は5.3.8節に示す値を用いて定めた。ここに被覆石設計用の波高は次のごとくである。

$$\begin{aligned} B &= 150\text{m} \\ H &= 1.46\text{m} \end{aligned}$$

被覆石の所定の重量は従って次のごとくである。

$$W = \frac{2.65 \times 1.46^3}{2.8 \times (2.65/1.03 - 1)^3 \times 3.5} = 0.070 \times 1.46^3 = 0.22\text{ton/pc}$$

洗掘防止等も考慮して0.4トン以上の石材を用いることとしたい。

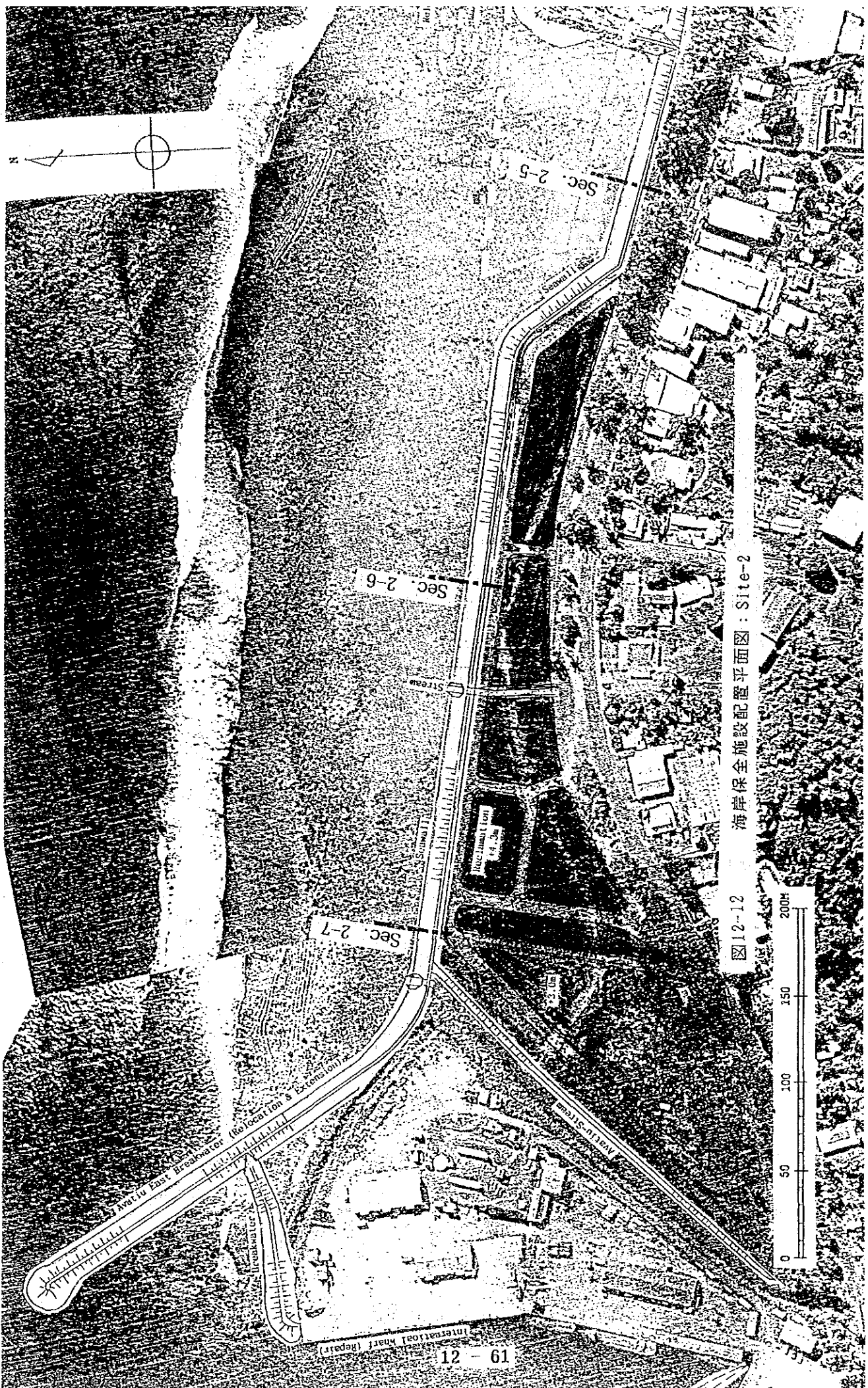
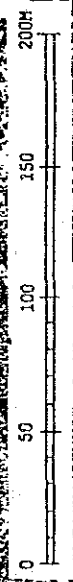
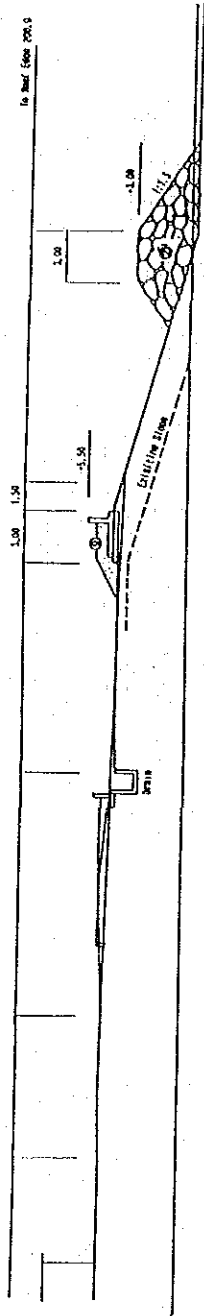


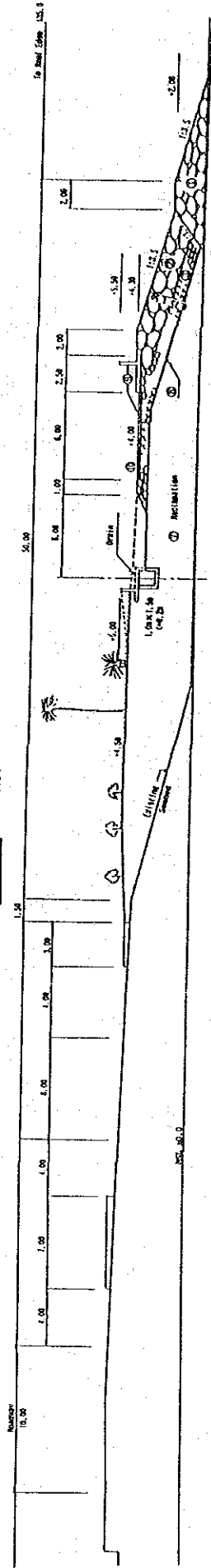
图12-12 海岸保全施設配置平面図：Site-2



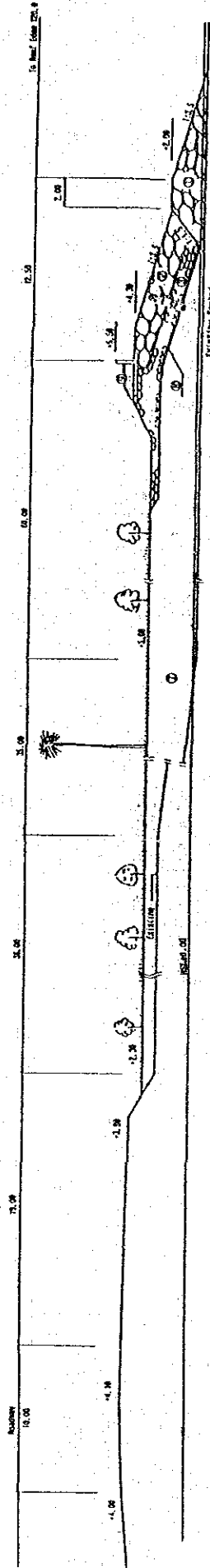
SECTION 2-5 L=130.0m



SECTION 2-6 L=220.0m



SECTION 2-7 L=195.0m



- Legend (General Materials)
- Stone Rock P-2 (60/60)
 - Stone Rock 400-700 M/MC
 - Gravel 100-200 M/MC
 - Gravel < 10 M/MC
 - Gravel
 - Filler Soil
 - Filler Soil
 - Permeable Wall
 - Drain
 - Gate : Galvanization

图12-12A 标准断面图 : Site-2

12.5 予備設計：Site-3. “空港東部”

本節は現空港の東端に位置する貯油施設及び同周辺施設の保全を目的とする、保全施設の法線計画と基本断面について取扱うものとする。

12.5.1 現 況

現空港のターミナルビルに接する海岸道路の反対側の海岸地域に2つの貯油施設、洗濯工場、その他がある。つまり、

a. J U H I 貯油場	海岸延長	120m
b. Kaikaveka 川の河口	“	7m
c. 洗濯工場	“	83m
d. T R I A D 貯油場	“	70m
	合 計	280m

これらの施設はすべてVaikaveka村にあるが、本報告書は分類上 J U H I 貯油場を“空港地区”として区分している。これらの施設は幅50mの海岸道路と海浜間の帯状の土地に置かれている。この地区のそれぞれ両端に墓地がある。

海岸頂部の高さはMSL + 3.7mであり、海岸道路の高さは西より東に向けてMSL + 3.7mからMSL + 4.5mまで変化する。小型の土堤が両貯油場の海岸沿いに建設されている。J U H I の貯油施設はMSL + 5.5mに盛られた地盤の上にある。この施設は海側は土堤で他の3面はコンクリートの壁で保護されている。側海の土堤はMSL + 6.0mを天端とする石積堤で保全されている。この法面は勾配約1 : 2で一部破損している。石は乱積みである。

T R I A D 貯油施設は全周を土堤によって保護され天端高さはMSL + 5.0mである。海側は天端高さMSL + 3.8m石積堤で保護されているが、比較的簡単な構造である。この護岸の法線は自然の法肩より約8m海側に突き出している。一方、洗濯工場には護岸がなく、珊瑚礫よりなる勾配1 : 5の自然海岸である。

検討結果では、この地区の設計波はサリー級で8.7mでMSL + 9.8mまで打上がることわかっている。従って、現海岸法肩より約6mも越波することになる。この地区はサリーの波によってひどく被災したと記録されている。ラグーンの幅は当地区の東端で約90mより西端で約190mと変化している。この地区は被災区分で災害度Ⅲと分類され、サリーの際に越波を生じたとされている。

12.5.2 海岸保全施設の目的

当海岸での保全目的は越波による諸施設への被害を低減することにある。空港への給油を常に確保するためにこのことは重要である。

12.5.3 保全施設の規模

前述のごとく、ここでの保全施設の主たる目的は本島および空港への唯一の給油施設である重要な民間施設に対して、越波によって引き起こされる災害を防止することである。従って、保全施設は十分強固でかつ越波を低減するものでなければならない。石積傾斜堤が適切であろう。

波や水位上昇に対抗した石積堤の規模は堤体の天端高さで示すことができる。離岸堤はラグーン幅が狭いので採用はないこととした。表12-9は事業によって期待される被災量の低減について説明している。

検討条件：

- a. 設計波（打上計算用） $H_o = 8.7\text{m}$
- b. ラグーンの幅、平均 150m
洗濯工場付近のラグーン幅で検討する。
- c. 護岸の計画高さ
 - コンクリートパラペット壁天端 $\text{MSL} + 6.0\text{m}$
 - 被覆石天端 $\text{MSL} + 4.8\text{m}$
- d. 現地盤高さ $\text{MSL} + 3.7\text{m}$

表に示すように、もし事業が実施されなければ当海岸の予想被災量は今後30年間にサリー9.7回分の量に達するだろう。護岸天端は既存の海岸道路や背後地盤高さより2.3m高くしMSL+6.0mとするべきである。検討結果によれば、もし事業が実施されればサリー級の被災回数で2.4回に止まることになる。つまり、事業効果はサリー級サイクロンのもたらす被災の7.3回分の減少ということになる。

表12-9 事業による被災低減効果 : Site-3

設計波 $H_o = 8.7\text{m}$

ラグーン幅 (現況) = 150m

ラグーン幅 (事業後) = 150m

再起期間		現況					事業後				
Cyclones/30yr A		H_o (m)	Run-up (MSL+)	Ground (MSL+)	ΔRo (m)	$A \cdot \Delta Ro^2$	H_o (m)	Run-up (MSL+)	Wall (MSL+)	ΔRp (m)	$A \cdot \Delta Rp^2$
1 yr	30times/30yr	5.6	+4.8	+3.7	1.1	36	5.6	+4.8	+6.0	-1.2	-
5 yr	6times/30yr	7.0	+7.3	+3.7	3.6	78	7.0	+7.3	+6.0	1.3	10
10 yr	3times/30yr	7.6	+8.2	+3.7	4.5	61	7.6	+8.2	+6.0	2.2	15
15 yr	2times/30yr	8.0	+8.8	+3.7	5.1	52	8.0	+8.8	+6.0	2.8	16
20 yr	1.5times/30yr	8.4	+9.6	+3.7	5.9	52	8.4	+9.6	+6.0	3.6	19
25 yr	1.2times/30yr	8.5	+9.7	+3.7	6.0	43	8.5	+9.7	+6.0	3.7	16
30 yr	1times/30yr	8.7	+9.8	+3.7	6.1	37	8.7	+9.8	+6.0	3.8	14
Total	47.7					359					90

評価 : 現況でのサリー級サイクロンへの換算数 $359 \div 37 = 9.7$ モデルサイクロン
 事業実施後のサリー級サイクロンへの換算数 $90 \div 37 = 2.4$ モデルサイクロン
 事業による被災低減効果 $9.7 - 2.4 = 7.3$ モデルサイクロン

表に示されるように、事業後もサリー級サイクロン被災2.4回分が残されるがやむを得ないものとする。この護岸工に加えてこの地区の東西にある墓地前面に補助的な石積護岸を設けて墓地の保全を行ないたい。

12.5.4 保全施設の法線計画

現在汀線はわずかに曲線をえがいている。計画法線はこれら汀線に平行に設けるものとする。計画法線はJ U H IおよびT R I A D両貯油施設の既設護岸法線より約5 m海側とする。この配置の目的は次のごとくである。

- 工費を節約する。
- 既存の石積堤を新しい護岸の一部とする。

しかしながら、スムーズな法線とするために、洗濯工場の前面では計画法線は現海岸法線より約10m海側に移動せしめるものとする。補助石積堤は天端高さをMSL + 2.0mとする。これら補助石積堤の陸側端部はほぼ新護岸法線と同一である。

12.5.5 基本施設

平面配置と護岸断面を図12-13と12-14に示す。構造諸元は下記のとおりである。

1) 基本構造

基本構造は護岸形式でMOWがアバルア海岸で施工した断面と同じ内容である。断面の特徴は下記のごとくである。

- (1) 法線は5m海側に出す。
- (2) 法勾配は1:3.5である。
- (3) 洗掘防止上被覆石の下端はMSL-0.4m付近の基礎岩盤にまで達するものとする。
- (4) 上部に鉄筋コンクリート製のパラペット壁を設ける。
- (5) 被覆工は2層とする。
- (6) 防砂シートを用いて細流土砂の吸い出しを防止する。

補助石積堤の標準断面図を図12-14 (Section 3.5) に示す。

2) パラペット壁

パラペット壁の計画天端高さは前述のごとくMSL+6.0mである。サリー級の波による越波流量を概算すると次のごとくである。

$$\begin{aligned} V &= 0.15 \times 3.8^2 / 12.5 \\ &= 0.17 \text{ m}^2/\text{m}/\text{sec} \end{aligned}$$

この地点での許容越波流量 V_a は $0.20 \text{ m}^2/\text{m}/\text{sec}$ ゆえ問題はない。しかしながら、越波流量を排水する目的で、現在のKaikaveka河口と連絡した排水路を設ける必要がある。この点は実施設計の段階で貯油施設の所有者と協議する必要がある。

3) 被覆石

ハドソン公式を用いて被覆石の重量を概算した。波高は5.3.8節に示す値を用いた。

$$B = 150\text{m}$$

$$H = 1.54\text{m}$$

$$W = \frac{2.65 \times 1.54^3}{2.8 \times (2.65 / 1.03 - 1)^3 \times 3.5} = 0.070H^3 = 0.26 \text{ ton/pc}$$

しかしながら、洗掘防止を考慮して0.4トン以上の重量としたい。補助石積も同じサイズの石材を使用するものとした。

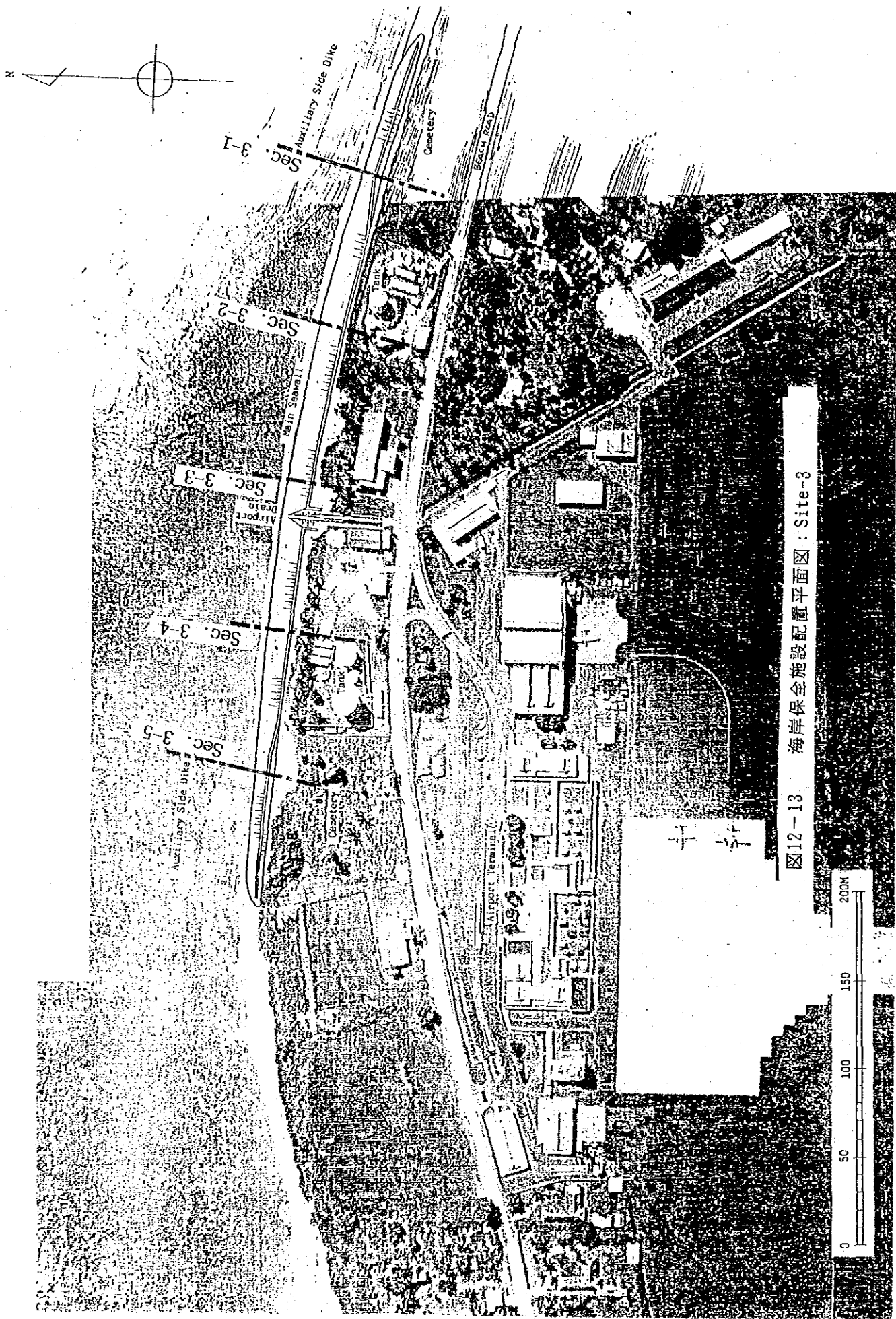
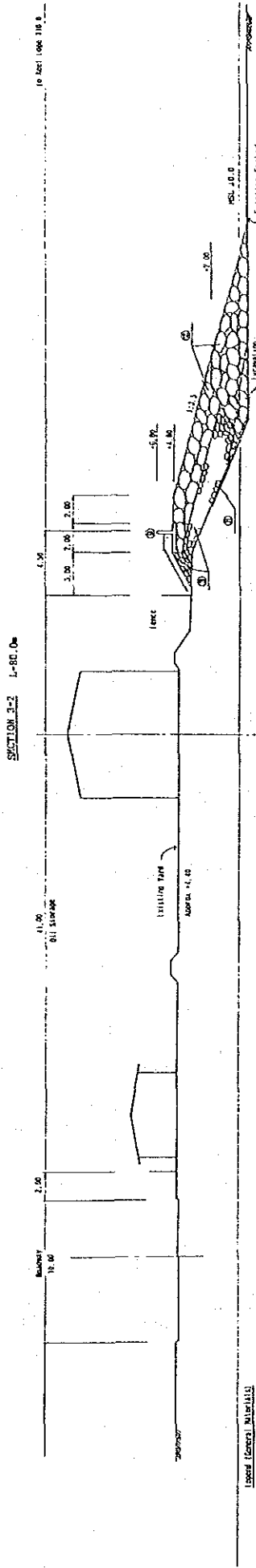
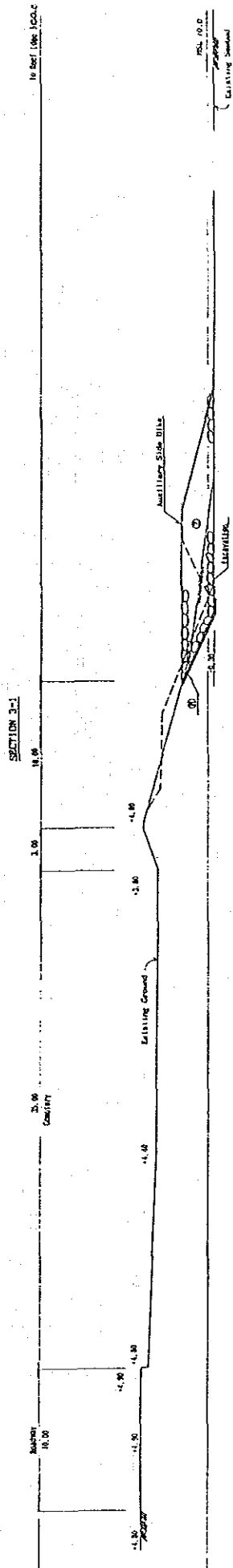


图12-13 海岸保全施設配置平面図：Site-3



- Legend (General Materials)
- ① Armor Deck 150-200 M/A/C
 - ② Core Deck 150-200 M/A/C
 - ③ Gravel 150-200 M/A/C
 - ④ Sand <10 M/A/C
 - ⑤ Backfill: General Earth
 - ⑥ Filter Sand
 - ⑦ Asphalt
 - ⑧ Concrete
 - ⑨ Excavation

TYPICAL SECTION SITE-3

图12-14 标准断面图: Site-3

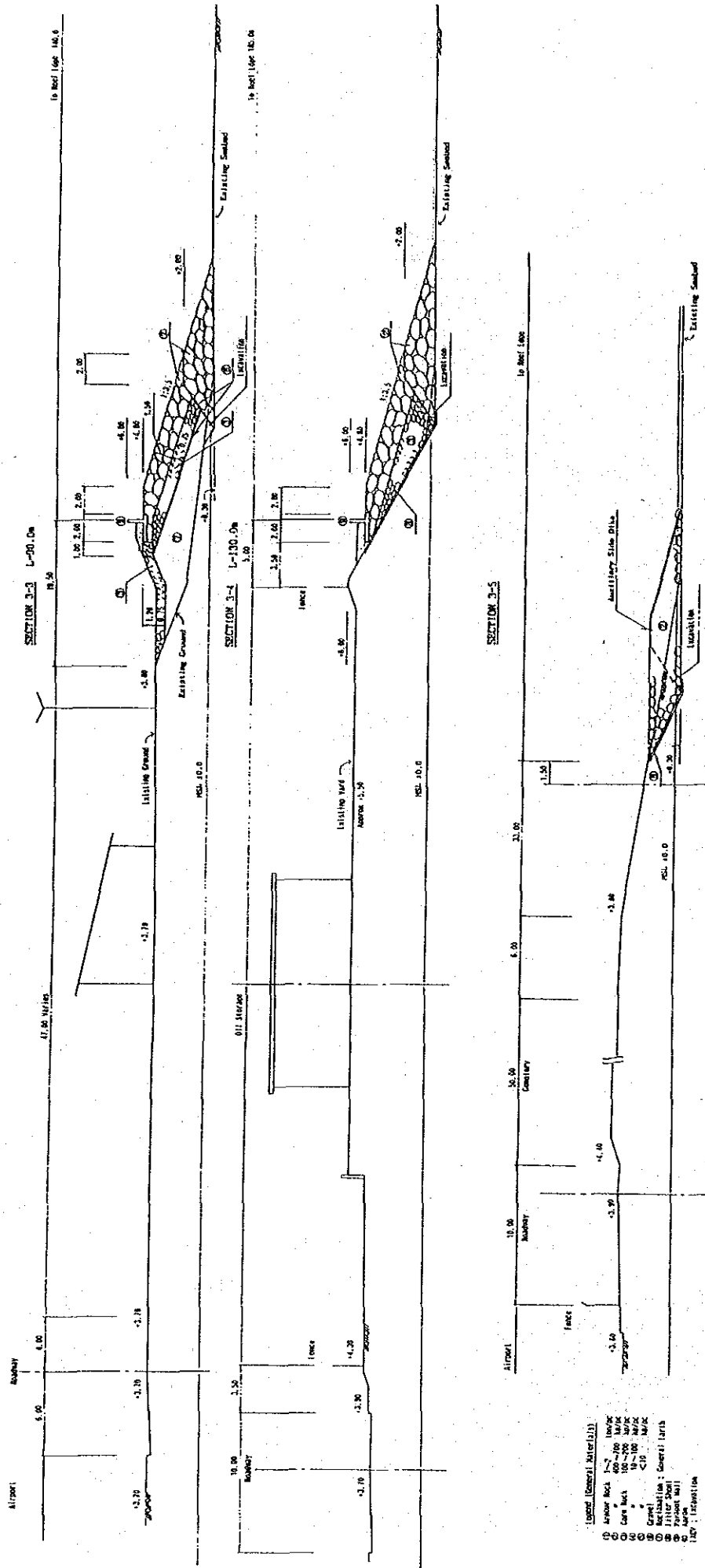


图12-14A 标准断面图: Site-3

12.6 予備設計：Site-4 空港西部

本節は現空港西端にある護岸工の保全のための法線計画と基本断面について述べるものとする。

12.6.1 現 況

現空港の西端は埋立地に造成された。海岸道路は空港先端の法面に沿った堰堤上に設けられている。この長さ500mのコンクリート製鉛直壁をともなった土堰堤は海岸道路および空港法面を保全する目的で建設された。同道路の仕上高さはMSL+2.5mであって、これは空港建築限界を満足するよう車両に対して必要な空間を維持するために決められた。なお空港の滑走路面の高さはMSL+5.0mである。

堰堤東端、MET付近

路幅は約8mでアスファルト舗装され、海側に歩道が設けられている。道路は前述の天端高さMSL+4.0mのコンクリート連続壁で守られている。堰堤の東端で徐々に路面は高くなりMSL+6.0mに達し海岸線より内陸部に入ってゆく。この坂の中間点付近で海側のコンクリート壁はMETを保全している他の形式の壁と連絡している。この連絡部は1971年のサイクロンVal/Waseによってひどく破損したと報告されている。同様な被災を1992年のGeneによっても受けている。1991年の被災直後に撮影された写真によれば、約50mにわたってアスファルト舗装と同路床・路盤工が完全に破損したことが示されている。空港法面も破損し、埋設されていた電力・通信線が露出した。これらの被災は護岸の決壊によって生じたものと見られ、破損状況を再現すると次のごとくになる。

- a. 護岸北面に沿って東方向に流れた沿岸流が2つの護岸の接続部に当たる。
- b. エネルギーがそこに集中し、MET側の護岸の基礎を洗掘する。
注：堰堤の基礎は珊瑚性の基盤に密着していてしっかりしているが、MET側の護岸は洗掘に十分対抗できる強度を有していなかった。
- c. MET側の護岸15mが倒壊する。
- d. 波がアスファルト舗装に直接当たる。
- e. アスファルト舗装および同路床が破壊される。
- f. 空港の法面や埋設物に被害が出る。

これらの破損は被災場所を根本的に改善しない限り再発するであろう。

北西の隅角部

堰堤北西の隅角部では、サイクロンサリーやVal/Wasaが来襲した際にかかなりの越波を生じている。しかし、越波による一部空港法面の破壊の他特に大きな被災はない。コンクリート壁の天端はMSL+3.9mだが、サリー級の8.7mの波の襲来を考えると低すぎるように見える。この高さは走行中の車両よりの眺望を確保する限界的な高さである。壁体の基礎は珊瑚基礎層にまで達しており、十分に耐久性がある。

堰堤西端

東端と同じように堰堤の西端では路面がMSL+2.5mより+4.0mまで徐々に高くなっていく。道路は空港南側境界よりつながる排水路コンクリート・カルバートと交差している。この排水口は河口部で長さが35mで蛇籠によって保護されたコンクリート開水路である。同開水路反対側にはNikao小学校がある。河口の西側は主に民地で小店舗や民家が点在する。コンクリート壁で保護された堰堤は、この開水路の手前30mで終了しており、その後は自然海浜となっている。堰堤法線と自然海浜法線はほぼ直交しており、ここには堰堤東端で生じたと同じエネルギーの集中を生じやすく、1991年のサイクロンVal/Wasaおよび1992年のGeneによってこの自然海浜が破損し、背後の道路も長さ30mにわたって被災した。

ラグーン幅は約250mで地元民および観光客のための遊泳場となっている。排水路の西約150mにSocial Centerと呼ばれる公共施設があって、駐車場や遊泳者用のシャワー等が設けられている。同施設の建物はサリーによって破壊し、一部残されていたトイレ小屋も1991年のサイクロンVal/Wasaによって破壊されてしまい、現在そのまま放置されている。

12.6.2 海岸保全施設の目的

ここでの海岸保全目的は、堰堤への越波災害を低減し、海岸道路および空港法面への決定的な災害を防止することにある。同時に既設堰堤と接続する保全施設間の基礎を保護する必要もある。このためには、法面をスムーズな形状にしてエネルギーの集中による自然海浜の被災を防止する必要もある。

12.6.3 堰堤東端 MET付近 : Sectoin 4-1

1) 保全施設の規模

ここでの保全目的は2つの点に要約できる。

- (1) 既設のMET側の護岸を波や沿岸流による洗掘より保護する。
- (2) 波の打上げを減少させる。

表12-10を用いて事業によって期待される被災低減について説明する。

検討条件：

- a. 設計波 (打上げ計算用) $H_o = 8.7m$
- b. ラグーンの幅 320m……事業を実施しない場合 (現況)
300m……事業を実施する場合
- c. 緩衝帯 8m
- d. 護岸の計画高さ
コンクリート製パラペット壁 MSL + 5.0m
被覆石の天端 MSL + 3.8m
- e. 現状地盤高さ MSL + 3.8m

表12-10 事業による被災低減効果 : Site-4 (1) 堰堤東端

設計波 $H_o = 8.7m$

ラグーン幅 (現況) = 320m

ラグーン幅 (事業後) = 300m

再起期間	Cyclones/30yr A	現 況					事 業 後				
		H_o (m)	Run-up (MSL+)	Ground (MSL+)	ΔRo (m)	$A \cdot \Delta Ro^2$	H_o (m)	Run-up (MSL+)	Wall (MSL+)	ΔRp (m)	$A \cdot \Delta Rp^2$
1 yr	30times/30yr	5.6	+2.9	+3.8	-0.9	-	5.6	+3.1	+5.0	-1.9	-
5 yr	6times/30yr	7.0	+4.5	+3.8	0.7	3	7.0	+4.8	+5.0	-0.2	-
10 yr	3times/30yr	7.6	+5.2	+3.8	1.4	6	7.6	+5.4	+5.0	0.4	1
15 yr	2times/30yr	8.0	+5.6	+3.8	1.8	7	8.0	+6.0	+5.0	1.0	2
20 yr	1.5times/30yr	8.4	+6.1	+3.8	2.3	8	8.4	+6.4	+5.0	1.4	3
25 yr	1.2times/30yr	8.5	+6.2	+3.8	2.4	7	8.5	+6.5	+5.0	1.5	3
30 yr	1times/30yr	8.7	+6.3	+3.8	2.5	6	8.7	+6.6	+5.0	1.6	3
Total	47.7					37					12

評価：現況でのサリー級サイクロンへの換算数 …………… 37 ÷ 6 = 6.2 モデルサイクロン
 事業実施後のサリー級サイクロンへの換算数 …………… 12 ÷ 6 = 2.0 モデルサイクロン
 事業による被災低減効果 …………… 6.2 - 2.0 = 4.2 モデルサイクロン

表に示されるように、もし事業が実施されなければ当堰堤の予想被災量は今後30年間にサリー級サイクロン6.2回分の量に達するであろう。計画護岸高さは既設海岸道路面より1.2m高い。もし、このような改修が行なわれれば、今後30年間の予想被災量はサリー級サイクロン2.0回分に減少する。従って、事業効果はサリー級サイクロン被災に換算して4.2回分の減少となるだろう。

2) 保全施設の法線計画

この地点の現在法線は陸側に食い込む形となっている。計画法線は10m程度海側に移動せしめることにより緩衝帯を設けると同時によりスムーズな法線となるよう配置した。保全延長は70mで30mにわたってMET西端を保護するものとした。

3) 基本施設

(1) 基本構造

基本構造は護岸形式でアバルア海岸でMOWが施工した断面と同じような断面である。断面の特徴は次のとおりである。

- ① 法線を海側に10m出す。
- ② 法勾配は 1 : 3.5 である。
- ③ 洗掘防止の目的で被覆石の下端はMSL-0.4m付近の基礎岩盤に達するものとする。
- ④ 堤体上部に鉄筋コンクリート製のパラペット壁を設ける。
- ⑤ 被覆は2層とする。
- ⑥ 防砂シートを用いて細粒土砂の吸い出しを防止する。

(2) パラペット壁

平面形状および基本断面は図12-15および12-16に示す。パラペット壁の天端高さをMSL+5.0mとしてサリー級の波に対する越波流量を概算する。

$$\begin{aligned} V &= \alpha \times \Delta R^2 / T_0 \\ &= 0.15 \times 1.6^2 / 12.5 \\ &= 0.03 \quad m^3/m \cdot \text{sec} \end{aligned}$$

護岸構造に対する許容越波流量 V_a は $0.2 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ なので、パラペット壁の高さは十分といえる。一方、 $0.03 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ は道路交通に対しては大きすぎるので、サイクロン時の交通には十分な注意が望まれる。また、これらの越波に対処するために必要な排水路を設けるべきである。

(3) 被覆石

5.3.8節に示す波高を用いて被覆石の所要重量を求める。

$$B = 300\text{m}$$

$$H = 1.35\text{m}$$

$$W = \frac{2.65 \times 1.35^3}{2.8 \times (2.65/1.03 - 1)^3 \times 3.5} = 0.07H^3 = 0.17 \text{ ton/pc}$$

波の集中を考慮して400kg以上の石材を用いたい。

12.6.4 北西の隅角部、離岸堤 : Section 4-2

1) 保全施設の規模

この地点の堰堤は最もラグーンに突き出しており、残されたラグーン幅は約120mにすぎない。ラグーンに侵入した波力を低減する目的で離岸堤を設けることとしたい。この離岸堤の設置目的は次の2点に要約できる。

- (1) 離岸堤で波のエネルギーを減少せしめ、堰堤への波の打上げを弱める。
- (2) 堰堤の端部でのエネルギー集中を防ぐ目的で、堰堤沿いの流れをラグーン中央部に導く。

表12-11を用いて事業によって期待される被災の低減について説明する。

検討条件：

a. 設計波（打上げ計算用）	$H_o = 8.7\text{m}$
b. ラグーン幅	120m
c. 既設コンクリート壁天端	M S L + 3.9m
d. ラグーンの深さ	M S L - 0.5m
e. 離岸堤による打上げ低減率	50%
f. 離岸堤の天端高さ	M S L + 3.2m

離岸堤天端高さ (h) は次のようにして求めた。

$$h = h_1 + 0.5H$$

ここに、 h_1 は水位でMSL+2.2mと推定した。Hは波高(進行波)で5.3.8節より1.8mと推定した。従って、

$$h = 2.2 + 0.5 \times 1.8 = \text{MSL} + 3.2\text{m}$$

表12-11 事業による被災低減効果: Site-4 (2) 北西隅角部

設計波 $H_o = 8.7\text{m}$

ラグーン幅(現況) = 120m

ラグーン幅(事業後) = 100m

再起期間		現 況					事 業 後				
Cyclones/30yr A		H_o (m)	Run-up (MSL+)	Ground (MSL+)	ΔRo (m)	$A \cdot \Delta Ro^2$	H_o (m)	Run-up (MSL+)	Wall (MSL+)	ΔRp (m)	$A \cdot \Delta Rp^2$
1 yr	30times/30yr	5.6	+5.4	+3.9	1.5	68	5.6	+2.7	+3.9	-1.2	-
5 yr	6times/30yr	7.0	+8.0	+3.9	4.1	101	7.0	+4.0	+3.9	0.1	0.1
10 yr	3times/30yr	7.6	+8.8	+3.9	4.9	72	7.6	+4.4	+3.9	0.5	0.8
15 yr	2times/30yr	8.0	+9.5	+3.9	5.6	63	8.0	+4.8	+3.9	0.9	1.6
20 yr	1.5times/30yr	8.4	+10.2	+3.9	6.3	60	8.4	+5.1	+3.9	1.2	2.2
25 yr	1.2times/30yr	8.5	+10.5	+3.9	6.6	52	8.5	+5.3	+3.9	1.4	2.4
30 yr	1times/30yr	8.7	+10.7	+3.9	6.8	46	8.7	+5.4	+3.9	1.5	2.3
Total	47.7					462					9.4

評 価 : 現況でのサリー級サイクロンへの換算数 462 ÷ 46 = 10.0 モデルサイクロン
 事業実施後のサリー級サイクロンへの換算数 ... 9.4 ÷ 46 = 0.2 モデルサイクロン
 事業による被災低減効果 10.0 - 0.2 = 9.8 モデルサイクロン

表に示されるように、もし離岸堤が施工されなければ当隅角部の堰堤の今後30年間の予想被災量はサリー級サイクロン10回分の量に達するであろう。もし事業が実施されればその回数は0.2回に減少する。従って、事業効果はサリー級サイクロン被災に換算して9.8回分の減少ということになる。これらの効果に加えて、空港法面への直接的越波はかなり減少するし、また現堰堤前面に砂が堆積する可能性もある。

2) 保全施設の法線計画

現在のラグーン幅がたったの120mなので、離岸堤の中心は現在堰堤と平行で約25m海側に設定した。離岸堤の延長は図12-15に示すように150mである。離岸堤の法線は既設のコンクリート壁に近接すると、波のしぶきが常に道路面におよぶので約25m程離すこととした。

3) 基本施設

平面位置と護岸断面を図12-15と12-16にそれぞれ示す。構造諸元は下記のとおりである。

(1) 基本構造

既設の堰堤およびコンクリート壁は耐久性を持つと見られるので、そのまま維持することとしたい。離岸堤は前述のごとく壁より海側に離すこととする。離岸堤はアバチウ港の防波堤のような石積堤とする。断面の特徴は下記のごとくである。

- ① 離岸堤を堰堤端部より25m海側に出す。
- ② 天端はMSL+3.2m
- ③ 天端幅は4.0m
- ④ 法勾配は1:1.5とする。
- ⑤ 被覆石の下端はMSL-0.6mとして基礎岩盤に接するものとする。
- ⑥ 被覆は2層とする。

12.2.8に述べるように、石材を用いて高価なコンクリートは使用しない。

(2) 被覆石

離岸堤の被覆石の必要重量は次のごとくである。設計波は5.3.8節より求める。

$$B = 100\text{m}$$

$$H = 1.80\text{m}$$

$$W = \frac{2.65 \times 1.80^3}{2.8 \times (2.65/1.03 - 1)^3 \times 1.5} = 0.162H^3 = 0.94 \text{ ton/pc}$$

ゆえに1トン以上の石材を用いることとした。

(3) 既設のコンクリート壁

サリ一級の波による既設コンクリート壁上の越波流量を概算する。

$$V = 0.15 \times 1.5^2 / 12.5 = 0.03 \text{ m}^2/\text{m}/\text{sec}$$