

Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Approx)	Remark by Observation
Offshore Break-water	-	Public Works 1985	300 m north of Pertamina Cottage 200 m offshore line	L = 60 m 5 layers of concrete pipe ②	Stable
Retaining wall	-	Private Recently	In front of Pertamina Cottage	L = 200 m Concrete wall	Stable
Sand Nourishment	-	Privately	In front of Kartika Plaza Hotel	L = 150 m Concrete pipe	Entirely collapsed Buried in sand

付表 3-4-1-2 既設海岸施設概要 (クター-2)

Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Approx)	Remark by Observation
Groin	-	• Private Recently	• In front of Bali Sol Hotel	• L = 40 m • Sand bag with 2 m wide on top	• Stable • Buried in sand
Krib no.1		• Public Works • 1985, 1987	• In front of Nusa Dua beach hotel	• L = 90 m • 9 layers of concrete pipes ①	• Stable
-	-	• Private Recently	• In front of club med	• L = 20 m • Sand bag with 2 m wide on top	• Stable • Buried in sand
-	-	• Ditto • Ditto	• Ditto	• L = 20 m (up to U-shaped breakwater) • Sand bag with 2 m wide on top	• Stable • Buried in sand
Krib no.3		• Public Works • 1988	• 100 m north of U-shaped brakwater	• L = 110 m • 4 layers of concrete pipes ②	• stable
Krib no.2		• Ditto • 1986, 1987	• 200 m north of Krib no.3	• L = 100 m • 4 layers of concrete pipes ③	• Stable

付表 3-4-1-3 既設海岸施設概要 (ヌサドゥア-1)

Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Apporx)	Remark by Observation
Groin	-	• Private Recently	• 150 m north of Krib no.2	• L = 60 m • 3-4 layers of concrete pipe with 3 m wide of on top	• Stable
	-	• Ditto • Ditto	• 250 m north of the above	• L = 40 m • 3 layers of concrete pipes with 2 m wide on top	• Stable
	-	• Ditto • Ditto	• 50 m north of	• L = 30 m • 4 layers of concrete pipes with 2 m wide on top	• Stable
	-	• Ditto • Under-construction	• 30 m north of the above	• L = 30 m • 3-4 layers of concrete pipes	
	-	• Public Works Recently improved	• Benoa	• L = 60 m • 6 layers of concrete pipes (4)	• Stable
	-	• Private	• 150 m north of the above	• L = 50 m • 2 layers of concrete pipes	• No more lids and fill materials exposed

付表 3-4-1-4 既設海岸施設概要 (ヌサドゥア-2)

Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Approx)	Remark by Observation
Offshore Breakwater	Krib no.4	Public Water	300 m offshore of club med	L = 300 m (4 nos)	Stable
		1986		7 layers of concrete pipes (5)	
	U-shape	Ditto	In front of club Med	L = 120 m	Stable
		1988		4 layers of concrete pipes (6)	
Retaining wall	-	Private	North of Krib no.2	Unknown	
		Construction begun			
Sand Nourishment	-	Private	In front of club Med	3 layers of concrete pipes	
		Under Construction			
	-	Public Works	South of krib no.1	15.000 m ³ & 10.000 m ³	
		1986, 1987			
	-	Ditto	Foot of krib no.1	23.500 m ³	
		1986			
	-	Ditto	Between krib no.1- no.3	28.150 m ³	
		1987			
	-	Ditto	South of krib no.3	15.000 m ³	
		1988			
	-	Ditto	North of krib no.3	10.000 m ³	
		1987			

Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Approx)	Remark by Observation
Groin	-	• Private	• 100 m south of Hotel Sanur beach	• L = 20 m & 30 m • 1-2 layers of concrete pipes with 1 m wide on top	• Slightly damaged (out alignment, poor connection)
	-	• Private	• In front of Hotel Sanur beach	• L = 10 m each (5nos) • Sand bags	• Old bags and almost buried in sand
	-	• Private	• 400 m north of Hotel Santrian	• L = 10 m, 10m, 20m, 40m • 1-3 layers of concrete pipes	• No more lids and in-fill exposed
	-	• Private	• 200 m south of Hotel Werdhapura	• L = 10-20 m (some 10nos) • 1-2 layers of concrete pipes	• Buried in sand stable • some of lids off and in-fill exposed • partially as retaining wall
	-	• Private	• In front of Sanur Bungalow	• L = 20-30 m (6 nos) • 1-3 layers of concrete pipes	• Mostly stable • Some lids off and in-fill exposed, or slanted.
	-	• "			

付表 3-4-1-6 既設海岸施設概要 (サヌール-1)

Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Approx)	Remark by Observation
Groin	-	• Public Works • 1987	• South of Sanur Bungalow	• L = 80 m • 4 layers of concrete pipes (max) ①	• Stable
	-	• Private • 1969	• In front of Hotel Bali Beach	• L = 80 m • Stone and mortar wall with 4 m wide on top	• Stable • Some toes damaged
Krib no.1A	Krib no.1A	• Public Works • 1982	• 250 m south of Hotel Bali Beach	• L = 30 m • 3 layers of concrete pipes ②	• stable
		• Ditto • 1981	• 150 m south of krib no.1A	• L = 40 m • 3 layers of concrete pipes ③	• stable
Krib no.2	Krib no.2	• Ditto • Ditto	• 150 m south of krib no.1	• L = 30 m • 3 layers of concrete pipes ④	• stable
		• Ditto • Ditto	• 150 m south of krib no.2	• L = 40 m • 3 layers of concrete pipes ⑤	• Stable but some slanted

付表 3-4-1-7 既設海岸施設概要 (サヌール-2)

Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Approx)	Remark by Observation
Offshore Breakwater	W1 & W2	Public Works 1986, 1987	50-100 m offshore of Hotel Werdhapura	L = 80 m, 50 m layers of concrete pipes (6)	Stable
	-	Private	Kp. Mertasari	L = 70 m Concrete pipes wall with 2 m high	Half of them slanted
Retaining wall	-	Private	150 m south of Hotel Sanur Beach	L = 50 m Concrete pipes wall with 3 m high	Stable
	-	Private	In front of Hotel Sanur Beach	L = 120 m 5 layers of concrete pipes	Stable
	-	Private	In front of Restourant III	L = 60 m 3 layers of concrete pipes	Slightly damaged
	-	Private	400 m north of Hotel Santrian	L = 100 m 5 layers of concrete pipes	Stable (some repaired)
	-	Public Works	In front of Hotel Werdhapura	L = 20m, 60m, 100m 2-3 layers of concrete pipes	Buried in sand and stable Some damaged or collapsed

付表 3-4-1-8 既設海岸施設概要 (サヌール-3)

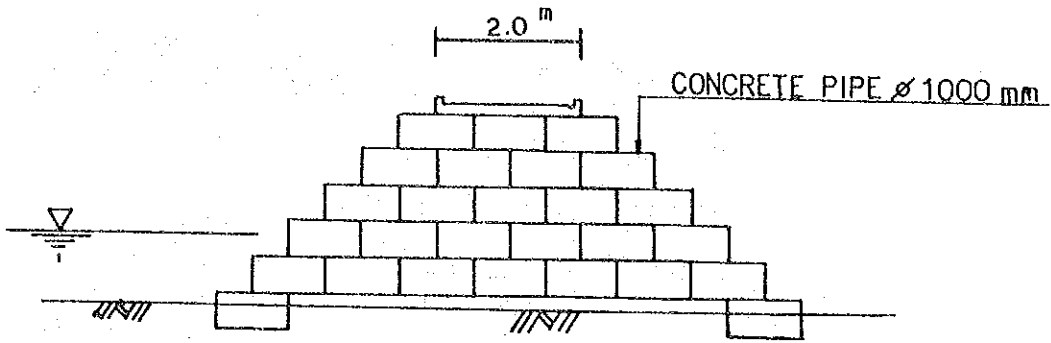
Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Apporx)	Remark by Observation
Retaining wall	-	• Private • -	• In front of Sanur Bungalow	• L = 80 m • 3-4 layers of concrete pipes	• Stable
	-	• Private • -	• At foot of krib no.1	• L = 150 m • Stone and mortar wall with 2 m high	• Stable
	-	• Private • -	• In front of Hotel Bali Beach	• L = 100 m • Stone and mortar wall with 1.5 m high	• Stable
Sand Nourishment	-	• Public Works • 1987	• In front of Hotel Werdhapura	• 6,500 m ³	

付表 3-4-1-9 既設海岸施設概要 (サヌール-4)

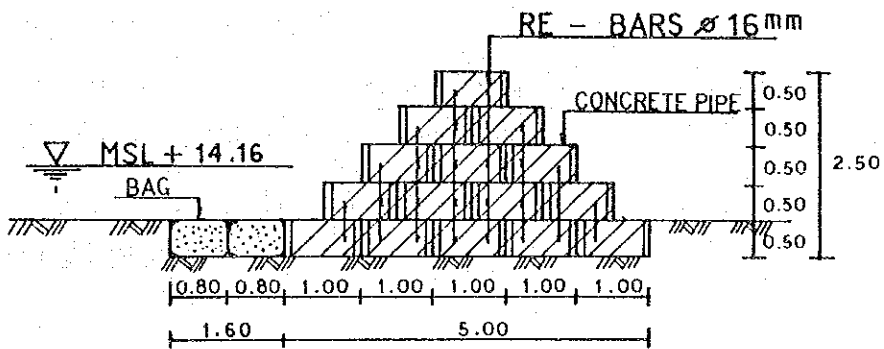
Type of system	Name	Implemented Body and Completion Year (Approx)	Location (Approx)	Length and Structural Type (Fig.Approx)	Remark by Observation
Off-shore Breakwater	-	<ul style="list-style-type: none"> Public Works 1987 	<ul style="list-style-type: none"> 20 m offshore of Tanah Lot 	<ul style="list-style-type: none"> L = 50 m 2.3 tons Tetrapods (1350 nos) ① 	<ul style="list-style-type: none"> Stable
Wall	-	<ul style="list-style-type: none"> Ditto Under Construction 	<ul style="list-style-type: none"> Around Tanah Lot 	<ul style="list-style-type: none"> Concrete with stones in front ① 	

付表 3-4-1-10 既設海岸施設概要 (タナロット)

KUTA BEACH



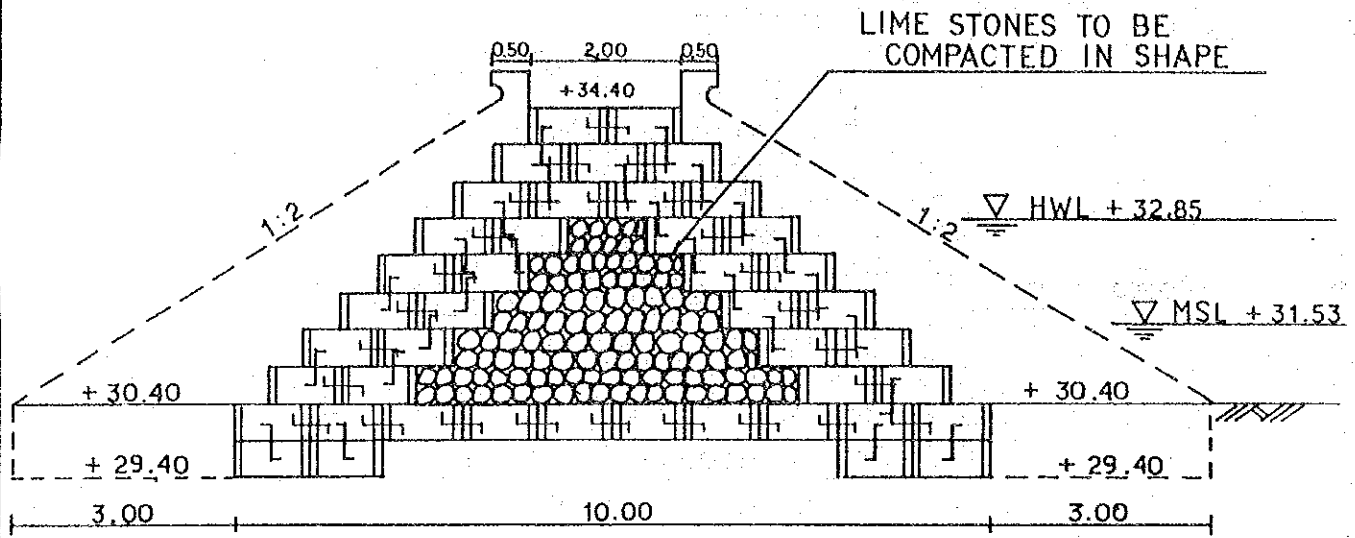
TYPICAL SECTION ①
SCALE = 1 : 100



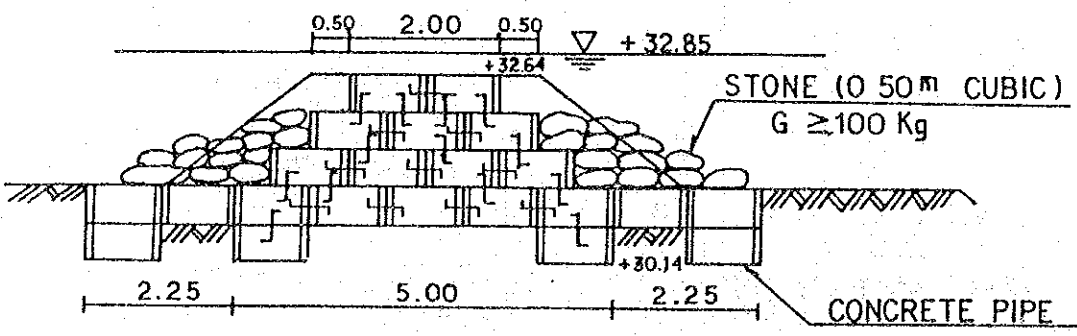
TYPICAL SECTION ②
SCALE = 1 : 100

付図 3-4-1-1 既設海岸施設設計図 (クタ)

NUSA DUA BEACH



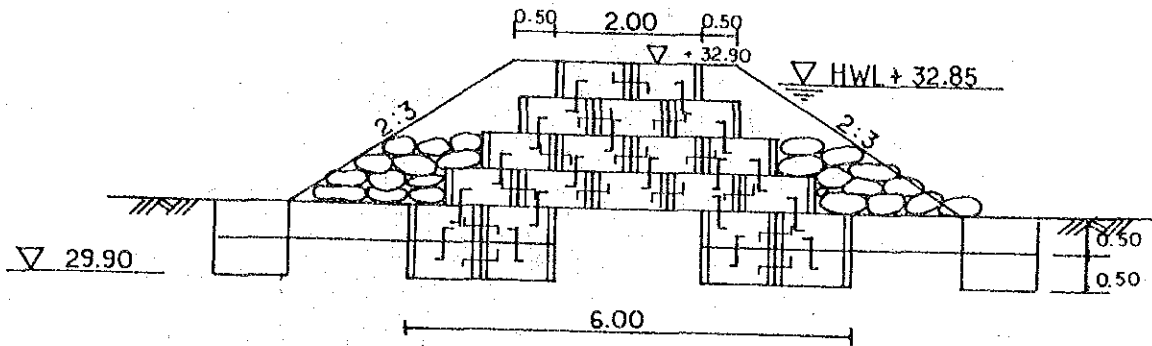
TYPICAL SECTION ①
SCALE = 1 : 100



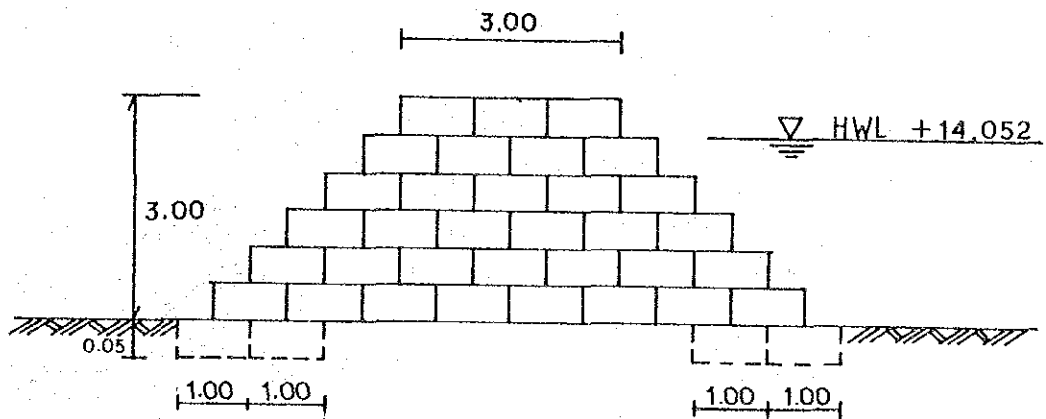
TYPICAL SECTION ②
SCALE = 1 : 100

付図 3-4-1-2 既設海岸施設設計図 (ヌサドゥア)

NUSA DUA BEACH



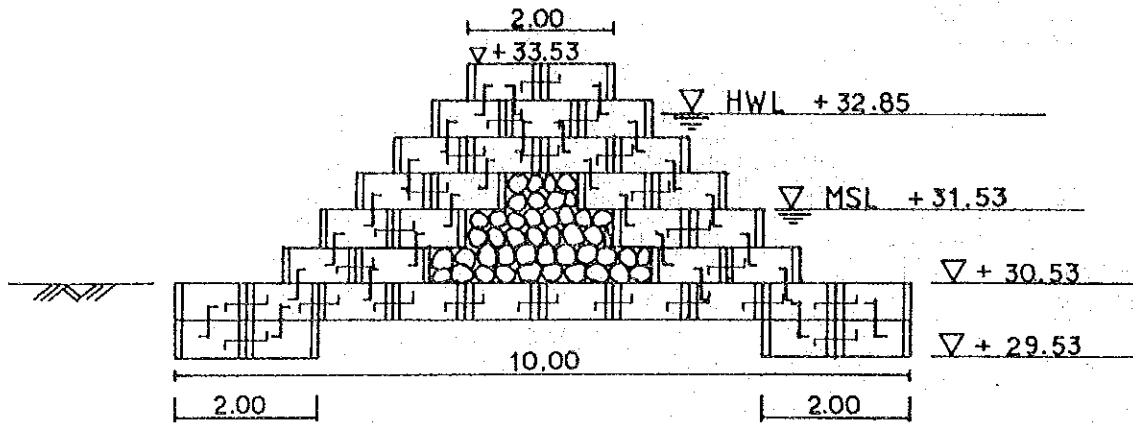
TYPICAL SECTION ③
SCALE = 1 : 100



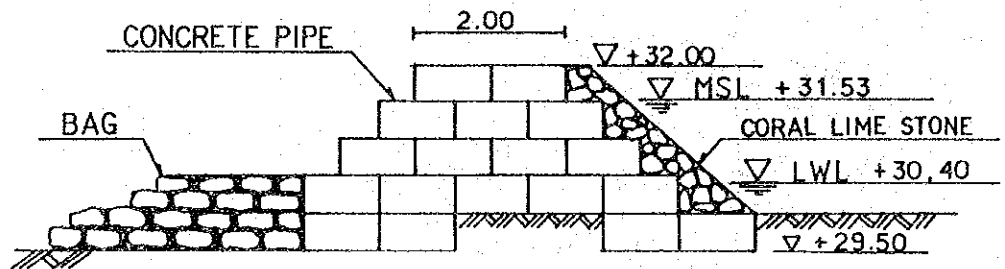
TYPICAL SECTION ④
SCALE = 1 : 100

付図 3-4-1-3 既設海岸施設設計図 (ヌサドゥア)

NUSA DUA BEACH



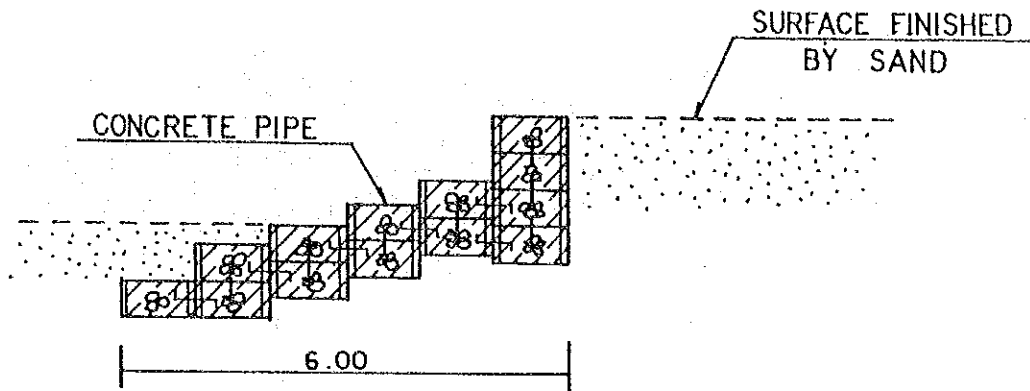
TYPICAL SECTION (5)
SCALE = 1 100



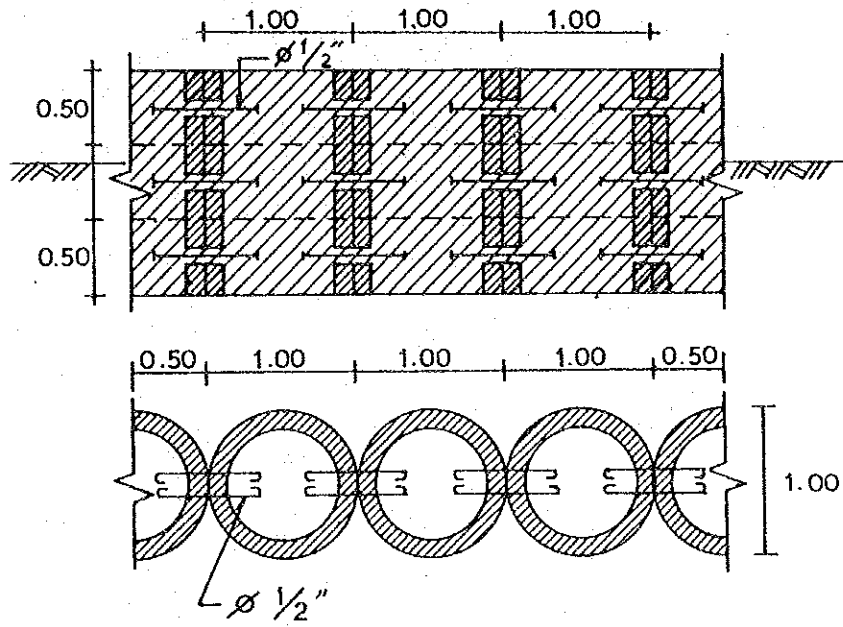
TYPICAL SECTION (6)
SCALE = 1 : 100

付図 3-4-1-4 既設海岸施設設計図 (ヌサドゥア)

SANUR BEACH



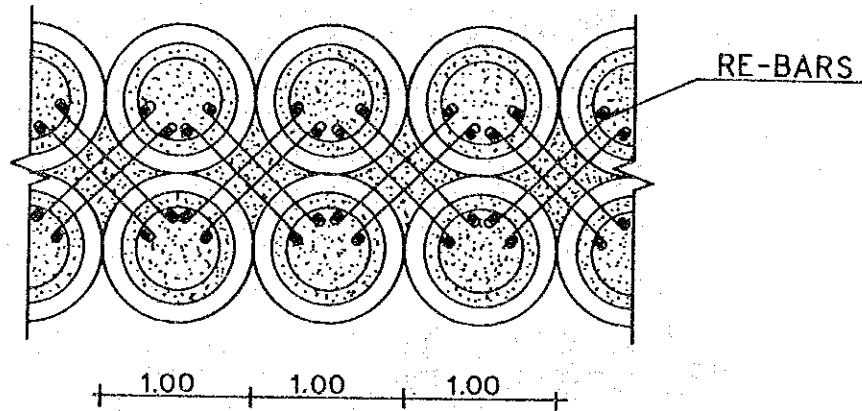
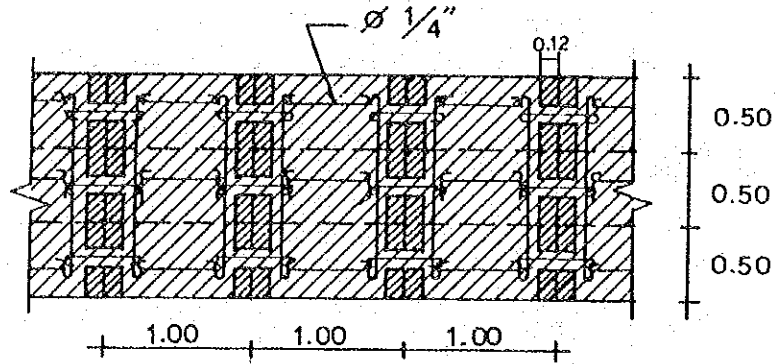
TYPICAL SECTION _____ ①
SCALE = 1 : 100



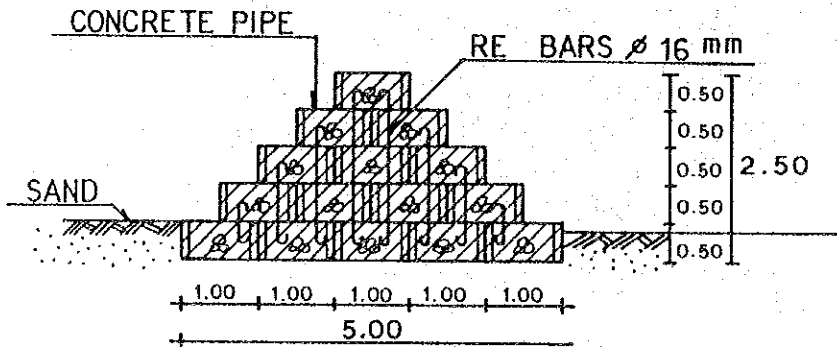
TYPICAL SECTION _____ ② ④ ⑤
SCALE = 1 : 50

付図 3-4-1-5 既設海岸施設設計図 (サヌール)

SANUR BEACH

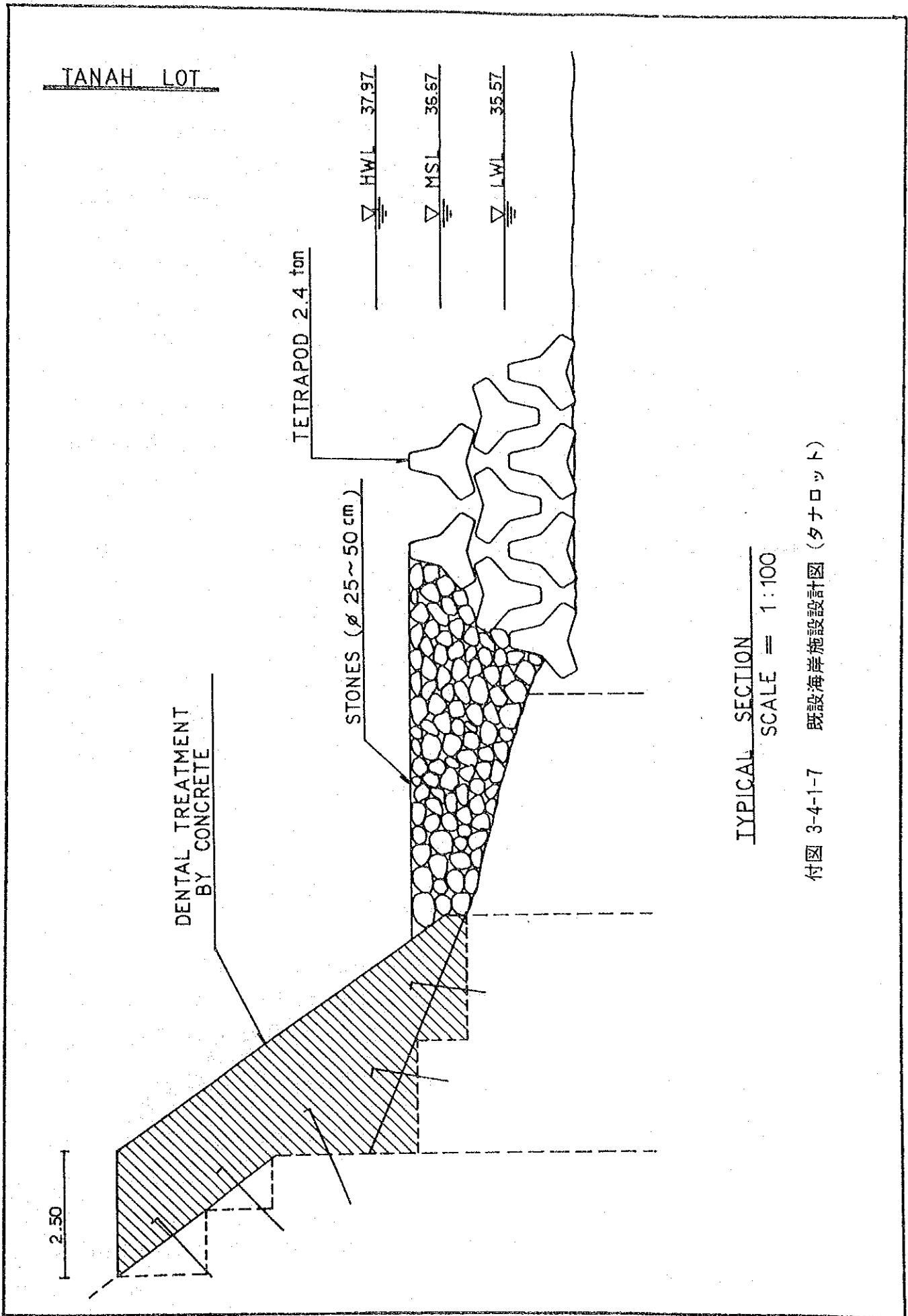


TYPICAL SECTION ③
SCALE = 1 : 50



TYPICAL SECTION ⑥
SCALE = 1 : 100

付図 3-4-1-6 既設海岸施設設計図 (サヌール)



付図 3-4-1-7 既設海岸施設設計図 (タナロット)

APP. 5-2-1 コンピュータシミュレーションに用いるワンラインモデル

海岸に打ちよせる波の変化に応じて海岸の土砂は岸又は沖へ向かって移動し、海浜の形状が変化する。暴風雨時には海浜は著しく侵食され沖側にバーを形成する。これが波を沖側で砕波させるため、それ以上の汀線付近の侵食を防ぐ。暴風雨が終ると通常の波のもとで暴風雨前の海浜地形に戻ってゆくというのが一般的なパターンである。

これに対して沿岸方向の土砂の輸送はよりゆるやかではあるが持続的な海浜地形の変化をもたらす。この過程において海浜の縦断形状（岸沖方向）は基本的に変化しないということが多い。この海浜形状は長期的観点からはほぼ安定（相似）であるという事実に基いて「ワンラインモデル」が提案された。

このモデルの基本的な仮定は、沿岸方向の漂砂は移動高さDと呼ばれるある深さまで一様に発生し、その深さを越えると海底は全く変化しないということである。（付図 5-2-1-1）岸沖方向の漂砂による短期的な海浜変化が上記の長期的変化に比べて小さいような様々な場合においてこのワンラインモデルは大局的な汀線変化のよいモデルとなる。

海浜の縦断形状が移動高さDまで自身に平行に変化するという仮定により、汀線の小さな区間 $d x$ 内の質量保存則は次式で表わされる。

$$D \frac{\partial y_s}{\partial t} + \frac{\partial Q_s}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

ここに y_s は汀線位置、 t は時間、 x はほぼ汀線に沿って距離を測る座標、 Q は沿岸漂砂量である。

沿岸漂砂は汀線に斜めに入射する波により起こると考えられており、これに防波堤裏側への回折をも考慮して小笹・ブランプトンの漂砂量式を用いることにする。

$$Q = \frac{k_1}{(\rho_s - \rho) g (1 - p)} (E C g)_b (\sin \alpha_s \cos \alpha_b - k_2 \cot \beta \cos \alpha_b \frac{\partial H_b}{\partial x}) \quad (2)$$

ここに k_1 と k_2 は無次元定数、 ρ_s と ρ は砂と水の密度、 p は砂の空隙率、 E は砕波時の波のエネルギー密度、 $C g$ は波の群速度、 g は動力加速度、 H_b は砕波々高、 α_b は砕波峰と汀線とのなす角（付図 5-2-1-2）、 $\tan \beta$ は砕波帯内での平均的な海浜勾配である。それゆえ砕波エネルギーを決定することが重要である。（ $E_b = \frac{1}{8} \rho g H_b^2$ ）

実際には式(1)は無限小の微分 $d x$ を有限区間 Δx で近似する差分法で解く。

$$\Delta y_i = \Delta t \frac{Q_i - Q_{i+1}}{D \Delta x} \quad (3)$$

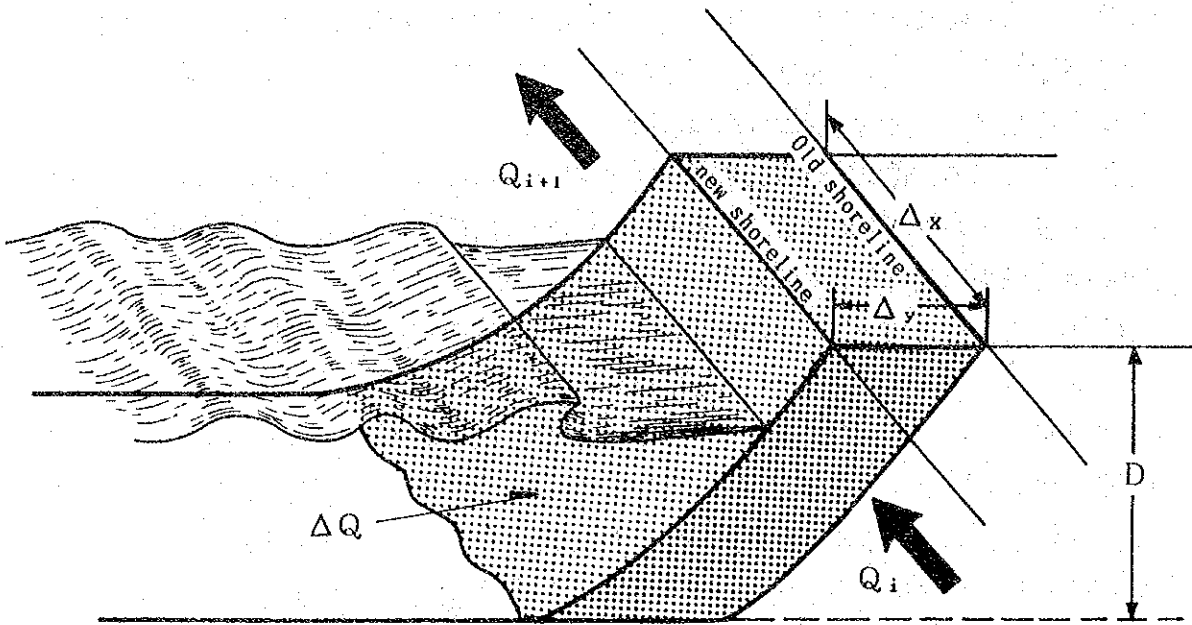
ここに Δt は有限の時間々隔であり、 i は x 軸に沿っての区間の番号、 Δy_i は Δt の間の汀線の前進量である。

もし防砂堤が移動高さDよりも先まで突き出しているときはそこで漂砂が完全に止るものとする。もし防砂堤がそれより短いときには防砂堤先端の深さと移動高さDとの比の分だけ漂砂が起こるとする。防砂堤の汀線変化への影響は防砂堤背後の波の伝播の様子の変化を通じて生ずる。海浜の海崖は汀線の後退限界となる。

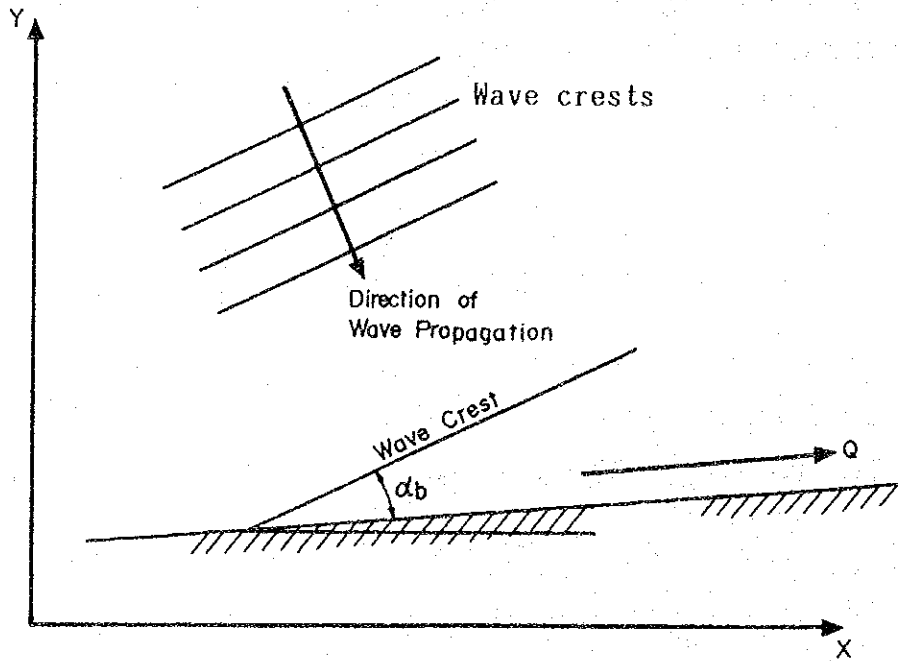
次に5-2節の計算で用いられるパラメータについて述べる。移動高さDはクタ、マサドゥア、サヌールの3海岸ともに4mとした。これは海岸に沿っての各地点での海浜形状変化の観測結果に基いたものである。空隙率は0.4とする。 k_1 はクタとマサドゥアで0.02、サヌールのA領域で0.015、サヌールのB領域で0.01とする。 k_2 はどこでも1.62とした。

k_1 の0.02という値は国内でふつう用いられている値より約1ケタ小さい。この理由として以下のようなことが考えられる。日本の海岸では平均粒径は大体0.2mmぐらいであるが、又マサドゥアとクタではこれが約1.0mmであり、動きにくい砂であるといえる。又、入射値の評価においてうねりの減衰を見積もらなかった。もしこれを考慮すれば入射値のエネルギーは一ケタ小さくなり、同じ漂砂量を得るために一ケタ大きい k_1 を得ることになる。

汀線変化の計算においては $\Delta x = 50\text{m}$ 、 $\Delta t = 1\text{月}$ とし、波の伝播計算では $\Delta x = \Delta y = 25\text{m}$ とした。汀線計算プログラムは図形出力も含め約3000行であり、海岸線に沿っての区間数を n とすると250nバイトのメモリーを要する。FACOMM760(8MIPS)で計算すると1メッシュ1時間ステップ当り、CPUで 2×10^{-3} 秒掛る。沖合波伝播計算プログラムは約1700行であり2Mバイトを要する。計算時間は1メッシュ当り 2×10^{-1} 秒である。海岸は付近伝播計算プログラムは約1300行で2Mバイトを要する。計算スピードは1メッシュ当り 2×10^{-3} 秒である。



付図 5-2-1-1 ワンラインモデルの定義図



付図 5-2-1-2 碎波々向の定義図



JICA