

海岸線の安定形状について

防衛大学校教授 工学博士 真 嶋 恭 雄

1. 概 説

海岸はたえず波浪およびこれにともなう砕波、沿岸流などの作用により土砂の流動を生じて変形し、長期間の一定傾向の作用に対応する形状に落ち着くものと推定される。このような海岸を平衡海岸(Equilibrium beach)という¹⁾。平衡状態に達したときの海岸線に直角方向の鉛直断面を平衡断面(Equilibrium profile)といい、水平面内の海岸線の形状を平衡海岸という。また海岸線が次第に安定化して平衡に達する水平面内の海岸線を Ultimate shore line とよんでいる。

海岸線の変化は海岸にある土砂量の増減によって生ずる。ある区間の安定はその区間内に土砂が供給され、また流出する量の平衡状態に関係する。もし供給が流出より大ならば海岸線は前進し、反対ならば浸食され後退し、いずれも不安定な状態である。供給量と流量が平衡していれば海岸線はそのままで変化を生じなく安定である。波浪の作用によって移動しない岩礁海岸は一般に供給土砂はそのまま全部流出し、浸食には岩石の強度が抵抗して安定を保っているものでその海岸線形は上記の Ultimate shore line とは異なるものである。移動可能な土砂、砂利海岸は長期間にわたる一定傾向の気象状態に対して平衡海岸が存在し次第にこれに近づくものである。岩礁海岸といえどもきわめて長期間にわたっては次第に浸食されるが普通は一応安定を保っていると考えている。

土砂の流動は風によって生ずる波浪の作用によってその方向に移動するが風はほとんどあらゆる方向に吹く。しかし各地域では一般に最多風向はほぼ一定である。したがって土砂の移動は風向に応じて時々刻々その方向および量を変化し、長期間にはある一定の傾向の変化を生ずるものと考えられる。すなわち、ある期間中土砂の堆積浸食をくり返す部分がある。これを Beach prism といい、その上面は Calm condition に堆積したときに生じ、下面は Storm condition で浸食されたときに生ずるものである。Beach prism の変化はその土砂の粒度、粒径、比重、形状などの影響をうける。短期間の波による浸食堆積の Prism については前に報告をした²⁾。短期間の変化は長期間の Beach prism 内の変化に吸収されて海岸線形全体の特徴は変化しない。また Prism 前面の勾配、粒度が浸食、堆積に応じて変化する。すなわち、Beach prism の性質は厚さ、勾配、粒度(または粗度)巾によって表わすことができる。

Tanner は平衡海岸を次のように定義している³⁾。“平衡海岸は上流端より流入した土砂をちょうど流出するようなエネルギーを持っている沿岸作用を生ずるような線形と Sand prism characteristics を持っている海岸である”。この平衡を生ずる時間は長期間について考えるものとする。

Beach prism の性質は粘土のごとき軟弱なものより岩石の強度の大なるものに至るまで種々ふくまれるが、波浪程度に応じて海岸の各部に配置され安定を保っている。もし海岸土砂の性質が一定であるならば安定海岸はその線形と勾配によって位置を確保される。さらに勾配の調節が不可能なかなり水深の大きい海岸では線形が唯一の重要な要素となる。Beach prism にきわめて強固な部分が点在するとき変化に対する抵抗力が大なるため付近海岸線に影響をおよぼしこの点で海岸が不連続となる。かかる地点は岬、海岸水制の突端のごときもので一種の固定点(Fixed Point)と考えられる。相隣る固定点間では Prism の性質がほぼ一様であるので海岸線形と勾配によって平衡海岸に近づく。固定点をまわって土砂が供給されるかどうかは固定点周辺の水深の大小および、この点に接する海岸線方向などが関係するものと考えられる。本研究において固定点間の海岸線の形について報告するものである。

2. Wave Energy Diagram

海岸の沖においては各風向、風速、風の継続時間、Fetch に応じて波浪を生じ風の方向にそのまま伝播する。波のエネルギーは単位巾一波長につき

$$E = \frac{\rho g}{8} H^2 \lambda \dots\dots\dots (1)$$

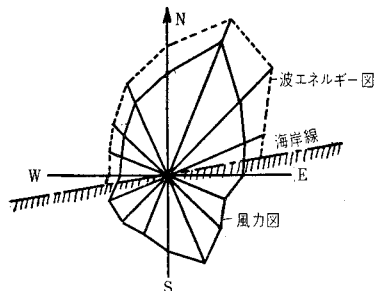
H : 波高 (m), λ : 波長 (m), T : 周期 (sec)

波が一樣に継続するものと仮定すると一連の波の総エネルギーは

$$E_t = E \times \frac{\text{継続時間}}{T} \dots\dots\dots (2)$$

波の発達および減衰の間の波のエネルギーは波高、波長が小さいので波の発生時より減衰してしまうまでの総継続時間を用いると大きすぎることになるが、この誤差は全エネルギーに比し小さいと考えて省略する。このエネルギーは風の方角に伝達されるから、おのおのの風による波のエネルギーを各風向別に集計して方位線上に Plot すると波浪エネルギーのその期間中の分布図が得られる。陸風による波は海岸より多少の沖でも Fetch が小さい

図-1



いためそのエネルギーは小さく Wave energy diagram の形は海風の方が大きく陸風の方では小さい図となる。いま一つの風による波の代表として Significant wave を用いると

$$\left. \begin{aligned} H &= 0.0174 F^{0.423} V^{1.154} \\ \lambda &= 0.8273 F^{0.626} V^{0.748} \\ T &= 0.7282 F^{0.313} V^{0.374} \\ F &= 3.6 t V \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ただし V : 風速 (m/sec) t : 風の継続時間 (h)

F : Fetch (km)

単位巾につき風速 V , Fetch F のときの波の Significant wave の

全エネルギーは

$$E_t = \frac{\rho g}{8} (0.34396 F^{2.159} V^{1.682}) = 0.04299 \rho g F^{2.159} V^{1.682} \dots\dots\dots (4)$$

ただし F は地形上の Fetch と $F = 3.6 t V$ とを比較して小さい方を用いなければならない。地形上の制限がない大洋に面した海岸では $F = 3.6 t V$ を用いると

$$E_t = 0.04299 \rho g (3.6 t V)^{2.159} V^{1.682} = 0.68298 \rho g t^{2.159} V^{3.841} \dots\dots\dots (5)$$

平均波高と Significant wave の波高との比を約 0.67 とすると波長、周期を同じとしてエネルギーは $(0.67)^2 = 0.4489$ を乗じて

$$E_t = 0.3066 \rho g t^{2.159} V^{3.841} \dots\dots\dots (6)$$

ただし t は地図上より $t = F/3.6 V$ を求め実際の t と比較して小さい方を用いる。各風向について E_t と合計したものを方位線上に Plot すると Wave energy diagram が得られる。

しかるに風向の観測の場合、自記風向計の記録紙より読取りの際 16 方位にまとめているのでエネルギー図の方位的变化を明瞭にするためには各方位線を中央にふくむ面積が ΣE_t を表わすように Plot すべきである。ゆえに

$$\frac{2\pi}{16} \cdot \frac{R^2}{2} = \Sigma E_t \quad R = \sqrt{\frac{16}{\pi} \Sigma E_t} \dots\dots\dots (7)$$

R を各方位線上に取ると波浪エネルギー図の面積がそれぞれの方向のエネルギーを表わすことになる。

以上のようにして求めた Wave energy diagram はだ円を海岸線方向の直線で切断したとき形状となり各風向の面積がその方向に伝わる Wave energy を表わすことになる観測期間を長くすれば短期間の変化はすべてこの図中にふくまれる。季節的变化は各季節について求めれば明らかになる。

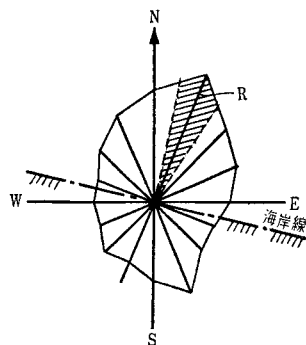
3. 海岸線の安定条件

沖波が海岸に近づくとき海底の影響を受けて波形、波速が変わり、また伝播方向も変化する。したがって沖波の Energy がそのまま波の方向の海岸に達するとは限らない。しかし海岸のごく近くまで水深が十分大きければ大部分のエネルギーがそのまま風の方角に供給されることになる。海岸に達した波のエネルギーのうち、海岸線に垂直方向の成分と平行方向の成分に分けてそれぞれ E_N および E_P とすると海岸線上の各点において

$$E_P = 0 \quad \text{または} \quad \text{Const.} \dots\dots\dots (8)$$

の場合沿岸漂砂がないかまたは一定である。すなわち海岸の一端より流入漂砂がない場合、平衡海岸になるためには $E_P = 0$ 。もし一端より流入漂砂がある場合それが他端より流出して平衡海岸となるためには $E_P = \text{Const.}$ でなければならない。Beach prism の浸食に対する抵抗力が一定であるならば浸食量は E にほぼ比例することが

図-2



確かめられている³⁾。ゆえに E_p が海岸線各部で一定であるならば海岸線が前進位置をとるか後退位置をとるかは E_N の大小に関係する。すなわち Beach prism の抵抗性に対応して平衡するような E_N となるような位置まで海岸線が移動して止まる。沖における E_N が大きいとき普通の土砂海岸は浸食されるが湾の奥の E_N の小さい所では普通海岸は十分抵抗でき浸食されない。ゆえに各種の Prism の性質に対応して浸食限界の E_N が存在する。したがって海岸が浸食されるかどうかはその海岸 Prism の限界の E_N より実際の E_N が大きいかどうかによる。

Critical E_N of beach prism を E_{NC} で表わすと

$$E_{NC} > E_N \dots \dots \dots (9)$$

この条件を満足するとき海岸は安定である。

人工的に海岸を安定にするためには沖波の E_N (右辺) を小にする

る工法をとるか、海岸護岸などによって E_{NC} (左辺) を大きくする

るか、または浸食量だけ補給して海岸位置の移動を防ぐ方法 (養

浜) をとっている。自然においても同様で海底の粗度、水深の減少による E_N の減少, Prism の勾配, 粒度な

どによる E_{NC} の増大, $E_p = \text{Const.}$ による一定漂砂の補給維持によって海岸の安定が保たれている。

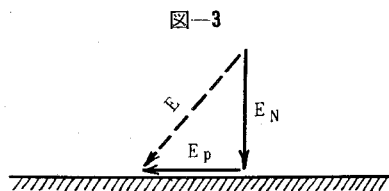


図-3

4. 安定海岸線の形状

前記のごとく沖波が海岸に達するまでの間に波形, 伝播方向などが変化するが, いまここでこれらの変化を第二義的に考え沖波のエネルギーがそのままその方向の海岸に達すると仮定して考究し, この仮定との相違による Correction は別に考慮することにする。2. に述べたごとく海岸における Wave energy diagram はほぼ円の半分で表わされ, ある方位のエネルギーはその方位をふくむ円の面積で表わされる。

ここで相隣る海岸固定点間の海岸を考え2点間の任意の位置における波のエネルギーの総和はこの点と2固定点を結ぶ直線で表わされる方位線にて Wave energy ellipse を切り取る面積で表わされる。もし Wave energy diagram が幾何学的な円形またはだ円形で表わすことができるほど滑らかな形をしているならば, 円またはだ円に近似的に表わして数学的に任意点に作用する Wave energy を計算することができる。Wave energy diagram が不規則な形状ならば Diagram より面積を読取って各点のエネルギーを推定することができる。風向回数図, 風力図がほぼだ円形をしているのが普通であるので Wave energy diagram も普通の場合だ円であるものと想像できる。よって一般的海岸の安定形状の基本形を求めるため Wave energy diagram を近似的に円形またはだ円形の半分で表わすことができるものと仮定する。

(1) Wave Energy Diagram が半円形である場合

図-4 において A, B: 固定点, $AB = l$: AB 間の距離, AB 間の中央を原点にとり図のごとく x, y 軸をとる。AB 間の任意点 $P(x, y)$ の座標を無次元で次式で表わす。

$$\frac{x}{\frac{l}{2}} = p \quad \frac{y}{\frac{l}{2}} = q \dots \dots \dots (10)$$

P 点に達する Wave energy は PB, PA の方向線にて Wave energy diagram を切り取る面積 $A'OB'$ で表わすことができる。

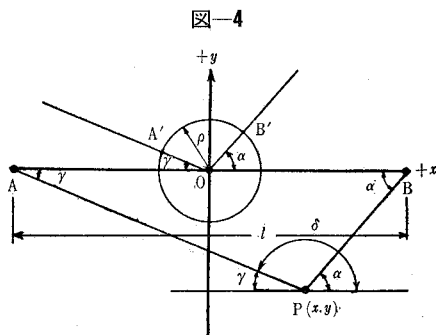


図-4

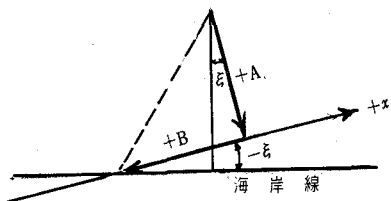
$$\left. \begin{aligned} \text{PB の方向角} \quad \alpha &= \tan^{-1} \frac{-y}{\frac{l}{2} - x} = \tan^{-1} \frac{-q}{1-p} \\ \text{PA の方向角} \quad \delta &= \pi + \gamma = \pi + \tan^{-1} \frac{y}{\frac{l}{2} + x} = \pi + \tan^{-1} \frac{q}{1+p} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (11)$$

Wave energy diagram の半径を ρ とし x 軸に垂直方向の Energy Component A, x 軸方向の Component を B とすると

$$\left. \begin{aligned} A &= \int_{\alpha}^{\delta} \frac{\rho^2}{2} \sin \theta d\theta = \frac{\rho^2}{2} (-\cos \delta + \cos \alpha) \\ B &= \int_{\alpha}^{\delta} \frac{\rho^2}{2} \cos \theta d\theta = \frac{\rho^2}{2} (\sin \delta - \sin \alpha) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (12)$$

この式に (11) 式を用いると

図-5



$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{\rho^2}{2} \left\{ \frac{1+p}{\sqrt{(1+p)^2+q^2}} + \frac{1-p}{\sqrt{(1+p)^2+q^2}} \right\} \\ B &= \frac{\rho^2}{2} \left\{ \frac{-q}{\sqrt{(1+p)^2+q^2}} + \frac{q}{\sqrt{(1-p)^2+q^2}} \right\} \end{aligned} \right\} \dots (13)$$

P点における海岸線が x 軸となす角を φ とする。Wave energy diagram のエネルギーの伝播の方向は外周より中心に向う方向で表わしているから (13) 式の A, B の (+) は 図-5 の方向を示す。

海岸線に垂直に向うエネルギー E_N (この方向を (+) とする) は

$$E_N = A \cos \varphi - B \sin \varphi \dots (14)$$

海岸線に平行に沖に向って右側に向うエネルギー E_P (この方向を (+) とする) は

$$E_P = -A \sin \varphi - B \cos \varphi \dots (15)$$

もし固定点 A, B をまわって土砂の流入流出がない場合にはこの海岸が安定であるためには $E_P = 0$ すなわち

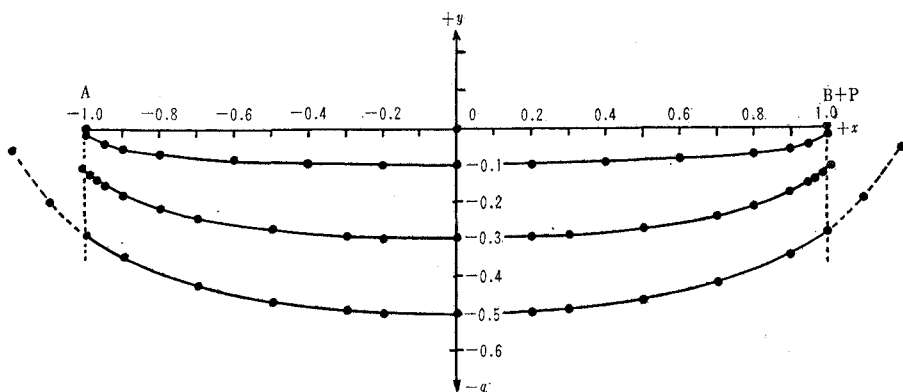
$$-A \sin \varphi - B \cos \varphi = 0 \quad \therefore \tan \varphi = \frac{-B}{A} \quad \therefore \frac{dy}{dx} = \frac{B}{A}$$

$$\text{ゆえに} \quad -\frac{dq}{dp} = \frac{B}{A} = \frac{-q\sqrt{(1-p)^2+q^2} + q\sqrt{(1+p)^2+q^2}}{(1+p)\sqrt{(1-p)^2+q^2} + (1-p)\sqrt{(1+p)^2+q^2}} \dots (16)$$

$$\Delta q = \frac{q\sqrt{(1-p)^2+q^2} - q\sqrt{(1+p)^2+q^2}}{(1+p)\sqrt{(1-p)^2+q^2} + (1-p)\sqrt{(1+p)^2+q^2}} \Delta p \dots (17)$$

この式を満足する曲線上ではこの曲線に切線方向の Energy component は 0 になり沿岸漂砂を生じない。(17) 式を逐次数値積分して求めた曲線が安定海岸の形状を表わす基本形である。図-6 は $p=0, q=-0.1, p=0, q=-0.3$, および $p=0, q=-0.5$ を通る安定海岸形を示したもので Energy diagram が円形であるため左右対称である。

図-6



海岸の中央では $\varphi=0$ となりここに作用する Normal component

$$E_N = A = \rho^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1+q^2}} \right) \dots (18)$$

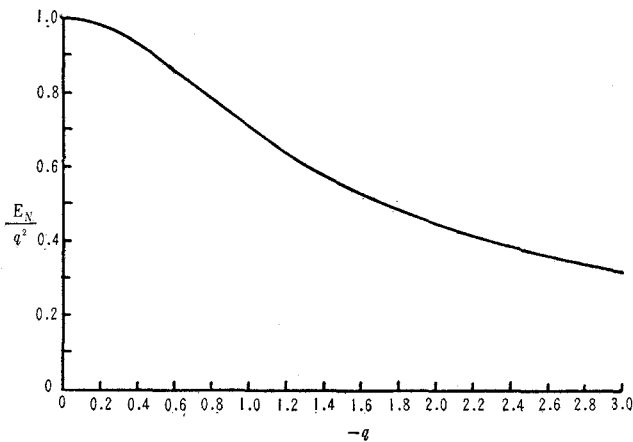
湾内で波のエネルギーが減衰しないと仮定した場合、湾の奥行きに応じて Normal energy が小さくなる。この状態は 表-1 および 図-7 のとおりである。

表-1

q	E_N/ρ^2	q	E_N/ρ^2	q	E_N/ρ^2
0	1.0	-0.5	0.8944	-2.0	0.4472
-0.1	0.9950	-0.6	0.8574	-2.5	0.3713
-0.2	0.9805	-0.8	0.7808	-3.0	0.3162
-0.3	0.9581	-1.0	0.7072		
-0.4	0.9292	-1.5	0.5547		

湾内で海底の影響を受けエネルギーが消耗される場合は図よりさらに減少するはずであるが、湾口の巾と等しい奥行き湾ではエネルギーは 0.45 くらいに減少することになる。Beach prism の Critical E_N に対応する湾

図-7



の深さまで浸食されて止まる。

固定点をまわって漂砂が流入し他端より流出するとき安定海岸では

$$-A \sin \varphi - B \cos \varphi = E_P = \text{Const.} \dots (19)$$

$E_P > 0$ のとき漂砂は海岸にて沖に向かって右側に動く場合である。(19) 式より

$$\begin{aligned} A \tan \varphi + B + \frac{E_P}{\cos \varphi} &= 0 \\ \tan \varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{dq}{dp} &= \frac{-AB \pm E_P \sqrt{A^2 + B^2 - E_P^2}}{A^2 - E_P^2} \dots (20) \end{aligned}$$

この式に (13) 式を用い安定海岸の形を求めることができる。ここで E_P は補給される漂砂の量および質によって変るべきものである。(19) 式より

$$E_P = \frac{-A \tan \varphi - B}{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi}} \dots (21)$$

によって現海岸線の $\frac{dy}{dx} = \tan \varphi$ と AB を用いて E_P を求めたとき、これによつてはこぼれる土砂量以下の補給ならば現海岸は浸食を生じ、以上ならば堆積を生じ、いずれもこの海岸形状は不安定である。

(3) Wave Energy Diagram が半だ円にて表わされる場合

Wave energy diagram が近似的に半だ円で表わせるとき、海風側の長半径 a 、短半径 b とし、 β をだ円長軸と x 軸となす角とする。

図-8 のように座標軸をとり極座標でだ円を表わすと

$$\rho^2 = \frac{b^2}{1 - e^2 \cos^2(\theta - \beta)} \quad \text{ただし} \quad e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \dots (22)$$

固定点を結ぶ直線を x 軸にとり x 軸に垂直なエネルギー成分を A 、 x 軸に平行なエネルギー成分を B とすると

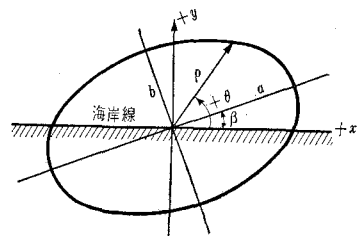
$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2} \int \rho^2 \sin \theta \, d\theta = \frac{1}{2} \int \frac{b^2 \sin \theta}{1 - e^2 \cos^2(\theta - \beta)} \, d\theta \\ &= \frac{b^2}{4e} \cos \beta \log \frac{y^2 - 2ey + 1}{y^2 + 2ey + 1} + \frac{b^2 \sin \beta}{2e\sqrt{1-e^2}} \tan^{-1} \frac{2e\sqrt{1-e^2}}{1+y^2-2e^2} \dots (23) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \frac{1}{2} \int \rho^2 \cos \theta \, d\theta = \frac{b^2}{2} \int \frac{\cos \theta}{1 - e^2 \cos^2(\theta - \beta)} \, d\theta \\ &= \frac{b^2 \cos \beta}{2e\sqrt{1-e^2}} \tan^{-1} \frac{2e\sqrt{1-e^2}}{1+y^2-2e^2} - \frac{b^2}{4e} \sin \beta \log \frac{y^2 - 2ey + 1}{y^2 + 2ey + 1} \dots (24) \end{aligned}$$

$$\text{ただし} \quad y = \sqrt{1 + \tan^2(\theta + \beta)} - \tan(\theta - \beta) = \frac{1 - \sin(\theta - \beta)}{\cos(\theta - \beta)} \dots (25)$$

(23), (24) 式の積分の限界は $\alpha \sim \pi + r$ である。任意点の座標を (10) 式で表わすと α および r は (11) 式で表わされる。ゆえに限界の y の値は α および $\pi + r$ に対してそれぞれ次のごとくなる。

図-8



$$\left. \begin{aligned} y_\alpha &= \frac{\sqrt{q^2 + (1-p)^2} + q \cos \beta + (1-p) \sin \beta}{(1-p) \cos \beta - q \sin \beta} \\ y_{\pi+\tau} &= \frac{\sqrt{q^2 + (1+p)^2} + q \cos \beta - (1+p) \sin \beta}{-(1+p) \cos \beta - q \sin \beta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (26)$$

(26) を (23), (24) に入れて $y_{\pi+\tau}$ を入れた値より y_α を代入した値を減じて A および B を計算する。

(1) の場合と同様に海岸線と x 軸とのなす角を φ とすると海岸線に平行な Wave energy (沖に向って右側に向うものを + とする) E_P は

$$E_P = -A \sin \varphi - B \cos \varphi \dots\dots\dots (27)$$

海岸線に垂直な Wave energy component (陸に向うものを + とする) E_N は

$$E_N = A \cos \varphi - B \sin \varphi \dots\dots\dots (28)$$

固定点をまわって漂砂の流入がない場合の安定海岸では

$$E_P = 0$$

$$\frac{dq}{dp} = -\frac{B}{A} \dots\dots\dots (29)$$

一端より流入漂砂のある安定海岸では $E_P = \text{Const.}$

$$\frac{dq}{dp} = \frac{-AB \pm E_P \sqrt{A^2 + B^2 - E_P^2}}{A^2 - E_P^2} \dots\dots\dots (20)$$

を満足するような形状である。もし現在海岸の φ と A, B を用いて (21) 式より求めた E_P が補給漂砂量を選び得ないと

きは堆積を生じ補給量以上を選び去るものであれば浸食を生ずる不安定海岸であることになる。

例として九十九里海岸について計算した結果は 表-2 および 図-10 のとおりであった。ただし波の資料の検討がまだ不十分であるため勝浦および銚子の年平均風向図を使用した。

$$a=9.45 \quad b=3.90 \quad e=0.918$$

$$\beta = +11^\circ 43' \quad A, B, R \text{ は } \frac{b^2}{4e} \text{ の係数で表わす。}$$

表-2

p	q	A	B	$-\frac{B}{A}$	φ	$R = \sqrt{A^2 + B^2}$
1.0	-0.2	2.4490	-3.2665	1.3338	53° 8'	4.08
	-0.4	2.4490	-2.5899	1.0565	46 35	3.56
0.8	-0.2	4.2593	-2.2737	0.5338	28 6	4.83
	-0.4	3.2873	-2.2260	0.6771	34 6	3.97
0.6	-0.2	5.3478	-0.6920	0.1294	7 23	5.39
	-0.4	4.1055	-1.4492	0.3529	19 26	4.35
0.4	-0.2	5.8249	0.7302	-0.1254	-7 9	5.87
	-0.4	4.7167	-0.4464	0.0946	5 18	4.74
0.2	-0.2	6.0210	1.6434	-0.2729	-15 16	6.24
	-0.4	5.4089	0.7219	-0.1334	-7 36	5.45
0.0	0.0	6.4332	2.8355	-0.4407	-23 47	7.03
	-0.2	6.2243	2.3102	-0.3711	-20 22	6.64
-0.2	-0.4	5.3285	1.4426	-0.2707	-15 9	5.52
	-0.2	6.0990	2.9441	-0.4827	-25 46	6.77
-0.4	-0.4	5.4310	2.2697	-0.4179	-22 41	5.88
	-0.2	6.0265	3.5656	-0.5917	-30 37	7.00
-0.6	-0.4	5.2890	3.0712	-0.5806	-30 8	6.11
	-0.2	5.8857	4.2606	-0.7238	-35 54	7.26
-0.8	-0.4	5.0410	3.8297	-0.7597	-37 13	6.33
	-0.2	5.2925	5.2254	-0.9873	-44 36	7.44
-1.0	-0.4	4.5844	4.5000	-0.9816	-44 28	6.42
	-0.2	4.6556	5.7833	-1.2422	-51 10	7.42
	-0.4	4.5032	4.7698	-1.0592	-46 39	6.56

$p=0, q=-0.4$ を積分の始点として (29) 式によって逐次数値積分して安定海岸の形状を求めると 図-11 の上の点線のとおりになった。さらに 図-11 の実線の海岸の各点について安定海岸の方向を求め曲線の切線と一致するかどうかを検討すると 図-11 のごとくになり、右側はほぼ安定形状であるが左側は不安定で浸食性であることがわかる。両端固定点で与えられた安定海岸は 図-11 の下の点線のごとき形状となり左側で浸食はなくなる。すなわち現在安定化の方向に進行中で左側の浸食抵抗が非常に強ければ沿岸流は左に向って強いにかかわ

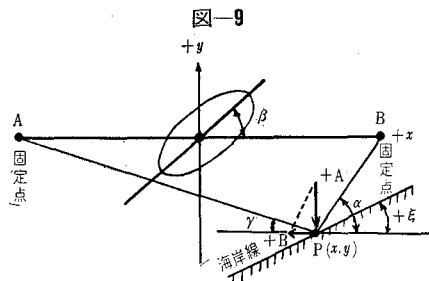


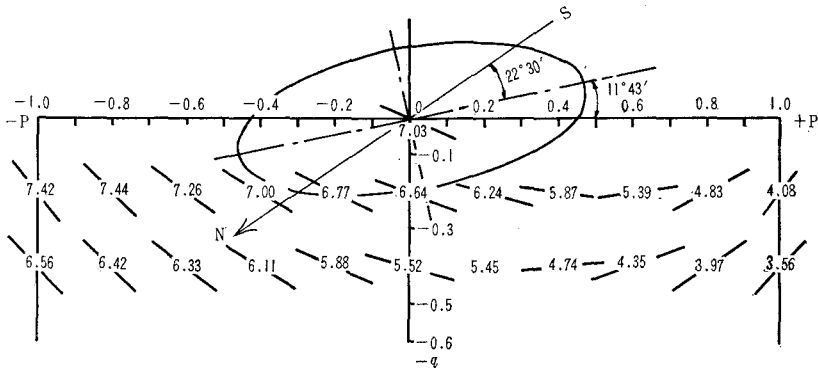
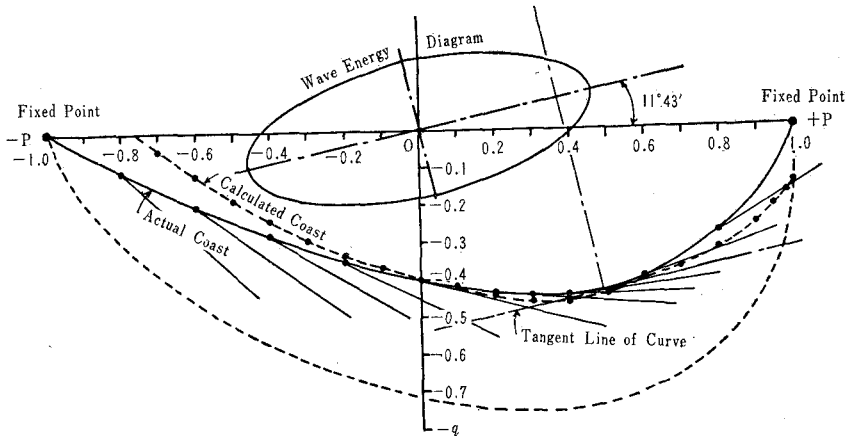
図-10 $E_P=0$ の安定海岸の波浪エネルギーの分布および海岸接線方向

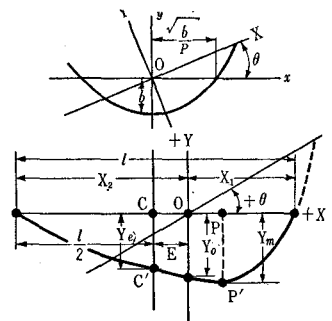
図-11



ず大体安定を保っていることになる。

この安定海岸形はほぼ放物線状で放物線の頂点における切線方向は Wave energy diagram の長軸方向と一致し放物線の軸方向は短軸方向と一致する。この性質が実在の一般弓形砂浜に適用できるかどうかは安定海岸であるかどうかを他の資料より明確にしてのち、波の Energy diagram の長軸短軸方向と放物線形の軸との関係性を調査する必要がある。

図-12



5. 実在海岸形状の安定性

一般の弓形海浜の形状を放物線で表わされると仮定し $y=px^2-b$ を θ だけ回転すると

$$X \sin \theta + Y \cos \theta = p(X \cos \theta - Y \sin \theta)^2 - b \quad \dots\dots\dots (29)$$

図-12 のごとく各部の符号をつける。

弓形海岸の平面図より X_m-E , Y_e , Y_m は測定することができるのでこれを既知値として $\theta, p, b, E, X_m, Y_e$ を求める。

$$\left. \begin{aligned} \frac{Y_m}{l} = m \quad \frac{Y_e}{l} = e \quad \frac{X_m-E}{l} = \varepsilon \quad \dots\dots\dots \text{既知} \\ \frac{X_m}{l} = x \quad \frac{b}{l} = \beta \quad lp = q, \theta \quad \dots\dots\dots \text{未知} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (30)$$

とおくと計算の結果次の式が得られる。

$$\tan \theta = \frac{\varepsilon}{m}$$

$$x - \varepsilon = \frac{\varepsilon(4e^2\varepsilon^2 - m^2)}{8em(m^2 + \varepsilon^2)}$$

図-13 (b)

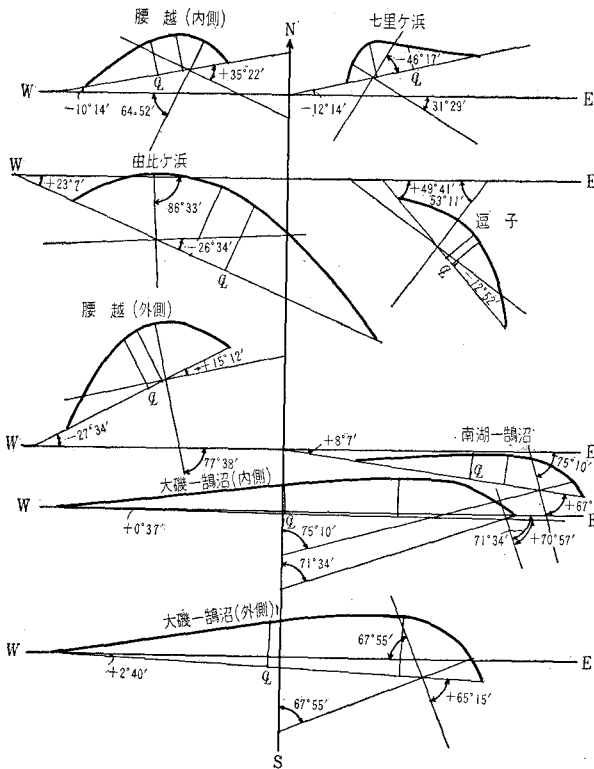


図-13 (c)

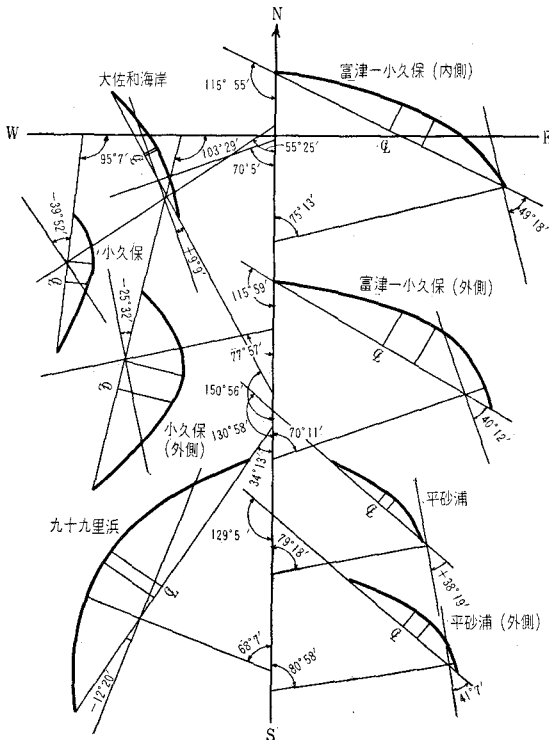


表-3 および 図-13 より弓形海岸を放物線形として求めた軸方向と Wave energy ellipse の短軸とは気象台の年風向回数図と比較してほぼ一致するようであるが固定点をまわって漂砂のいちじるしい移動のあると考えられる海岸 (小久保海岸等) については、さらに計算検討を要する。

6. 結 言

この研究において砂浜のごとき移動性海岸の海岸線形状が安定条件を満足するときの基本形の計算方法を述べ、実際海岸の安定程度の判定および海岸線位置と Beach prism の抵抗性と波浪エネルギーとの関係を明かにした。今後実際海岸の Beach prism と波エネルギーとの関係に対する海底の影響の更正法波浪観測値による Wave energy diagram に対する具体的数値の調査などの研究を要するものである。

本研究は文部省科学試験研究費、防衛庁海上自衛隊横須賀総監部、防衛大学校土木教室の援助におうところ多大なものがあつた。ここに厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) William F. Tanner: The Equilibrium Beach, Trans. A.G.U., Vol. 39, No. 5, Oct. 1958.
- 2) 真嶋恭雄: 漂砂と沿岸流について, 土木学会海岸工学講演集 No.2, 昭和 30 年 11 月
- 3) 真嶋恭雄: 沿岸漂砂量について, 土木学会海岸工学講演集 No.5 昭和 33 年 11 月