

海浜横断面の平衡点について

久宝雅史*・戸巻昭三**

1. はじめに

砂質海岸における横断面形状は、つぎに示す事項に深い関係がある。すなわち^{1),2)},

地形,
波と流れ,
底質, 漂砂,
その他, 潮汐など。

このうち地形的な研究については, 自然地理学分野において, 何千何万年という時間スケールによるが, かなり古くからなされている^{3),4)}。また短い時間による漂砂現象による海岸過程として, 水理学的研究もかなり多くなされているが²⁾, 多くの事項に関連するので難問が残されている。本研究は横断面の平衡点 (stable point) という観点から, 砂質海岸の特質について考察を示したものである。

図—1.1 と 1.2 とは現在工事中の石狩湾新港付近の 2 地点における, 1972 年 10 月から 1974 年 7 月までの 5 回の測量結果と, 1975 年 3 月から 1977 年 3 月までの 5 回の測量結果による横断面図を重ね合わせて示したもので, その間の横断面の変化がわかるわけである。これらの図の浅い区域で横断変化のすくない点がある。ここでいう平衡点 (図中の STABLE POINT) であるとする。すなわち, その位置は,

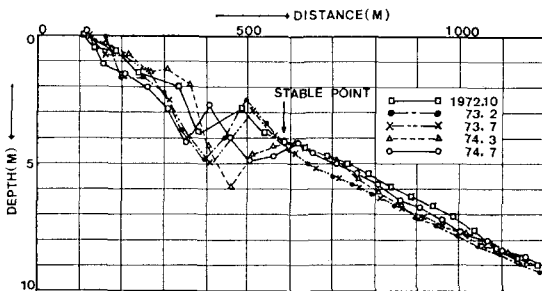
図—1.1 で水深 4.3m, 汀線より 470m

図—1.2 で水深 4.8m, 汀線より 480m

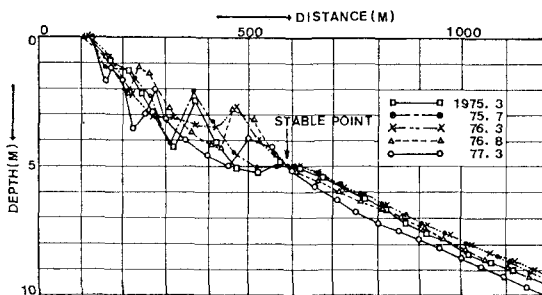
である。この平衡点について, インドの H. Raman と J. J. Earattupuzha⁵⁾ は実験を主として, 図—1.1 と 1.2 の点を第 2 平衡点とし, その浜側に生じた場合にはそれを第 1 平衡点として, 海岸の侵食および堆積は第 2 平衡点より浅いところで急に生ずるといような定性的結果を述べている。この 図—1.1 と 1.2 でも明らかなように, 平衡点の浜側に sand bar, trough, step などが生じ, その変化もかなり著しいが, それより沖側はなめらかな横断曲線を示し, 最終的には漂砂の移動限界水深に達するはずである。したがって, 平衡点は起伏を生じやすい浅い区域となめらかな深い区域の横断曲線の接点に生ずるという考え方によるわけである。そうすると,

1. 平衡点が不明, あるいは存在しない場合
2. 水深で $\pm 0.5\text{m}$ ぐらいの範囲で存在する場合
3. 図—1.1 または 図—1.2 のように判然と見出される場合

以上の 3 の case があるが, 本研究によると, 2. がもっとも多く, 3. がそれにつぎ, 1. はほとんどなかった。なお新潟県糸魚川の大和川漁港区域約 2km の単調な海岸線で, 同県が昭和 47 年 3 月から 50 年 3 月までの間, 3 か月おきに 10 回測量した結果, 径浜上に第 1 平衡点が見出されたが, おそらく前記の H. Raman と J. J. Earattupuzha のいう第 1 平衡点よりさらに浜側にあると思われる。しかし, 大和川漁港では水深約 5m の位置にも平衡点があるので, 本研究でいう平衡点はその深い側のものをさすことにしたものである。こうして何点かの平衡点が存在することは, その海岸の平衡性を論ずるのに役立つものと思われる。



図—1.1 石狩湾新港地点の横断面図 (1)



図—1.2 石狩湾新港地点の横断面図 (2)

* 正会員 工博 日本大学教授 理工学部土木工学科

** 正会員 (株)アリヤス設計コンサルタント取締役社長

またこの平衡点の位置が推定できると、海岸保全、港湾工事、漁港工事などの計画上きわめて有効であると思われる。すなわち、漂砂の移動に関連する工事として、海岸突堤の頭部の位置、同じく離岸堤の位置、港湾または漁港の港口の位置、その他の計画に応用されてよいであろう。

2. 平衡点の存否について

オホーツク海に面する猿払川河口と猿骨川河口とは隣接していて、ごく似た状況の海岸にあるので、北海道庁の「猿払川河口調査報告書」および「猿骨川河口調査報告書」より、横断面図から平衡点の深さ h_c 、汀線よりの水平距離 l と h_c/l を求めると表-1のとおりになる。

表-1 猿払川河口、猿骨川河口付近海岸（オホーツク海）の平衡点

海岸名	測定位置 (m)	h_c (m)	l (m)	h_c/l (%)	測定月
猿 払 川 河 口	0	5.3	193	2.75	1972- 6
	100	6.2	285	2.18	73- 3
	200	4.75	215	2.21	73- 6
	300	5.2	260	2.00	73-11
	400	4.7	220	2.14	74- 7
	500	5.15	255	2.02	74- 9
	600	5.3	273	1.94	(6 回)
	700	5.8	297	1.95	
	800	5.7	330	1.73	
	900	4.5	188	2.39	
	1000	4.3	170	2.53	
	1100	5.1	260	1.96	
猿 骨 川 河 口	1200	5.2	290	1.79	
	1300	5.0	190	2.63	
	1400	5.6	300	1.87	
	1500	5.7	310	1.84	
	1600	4.9	194	2.53	
	1700	5.3	257	2.06	
	1800	5.7	290	1.97	
	1900	5.5	290	1.90	
	2000	5.7	274	2.08	
猿 骨 川 河 口	100	4.1	190	2.16	1974- 9
	200	5.4	225	2.40	75- 6
	300	4.4	170	2.59	75- 7
	400	3.8	125	3.04	75-11
	600	5.7	230	2.48	(4 回)
	700	6.3	310	2.03	
	900	5.2	235	2.21	
	1000	5.0	215	2.33	
	1100	5.3	225	2.36	
	1200	5.2	215	2.42	
	1300	6.5	315	2.06	
	1400	5.4	245	2.20	
	1800	5.7	220	2.59	
	1900	6.0	255	2.35	
	2000	6.5	305	2.13	

た。ただし、平衡点の水深 h_c は図-1.1 や 1.2 に示したような判然としたものでなく、 $\pm 0.5\text{m}$ までの誤差が入っている。この表で h_c が $5\sim 6\text{m}$ の場合が多いようであるからその地点の数を frequency として histogram で示すと図-2 のようになり、 $h_c=5\sim 6\text{m}$ の地点

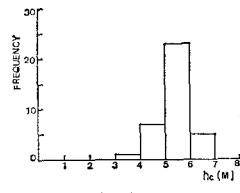


図-2 平衡点の h_c のヒストグラム（オホーツク海）

が 36 地点中 26 地点あり、平衡点のない地点は存在しなかった。なおこれより、平衡点に関する水深 h_c 、距離 l 、 h_c/l の平均値、標準偏差、変動率（＝標準偏差/平均値）を計算すると、表-2 のとおりになる。す

なわちその水深 h_c の変動率は 0.117 で、標準偏差 0.619 m のうち前述のように誤差として $\pm 0.50\text{m}$ を許容したので、平均値 5.308 m にかなり集中している。

表-2 猿払川、猿骨川河口海岸の平衡点

	平均値	標準偏差	変動率
水深 h_c	5.308 m	0.619 m	0.117
距離 l	245.03 m	48.69 m	0.199
h_c/l	2.217%	0.293%	0.132

さらにオホーツク海沿岸の標津、頓別、能取、鬼志別の資料を加わえて、水深 h_c に関して計算すると、
平均水深 5.55 m
標準偏差 1.08 m
変動率 $1.08/5.55=0.195$
となり、オホーツク海岸全域に平衡点の存在を認めた。

3. 太東漁港付近の平衡点について

千葉県「太東漁港漂砂および外かく施設配置委託調査報告書」(昭和 51 年 3 月)によれば、
沖波波高は $0.30\sim 0.50\text{m}$ が最も多い。
周期は $8.5\sim 9.5\text{s}$ が最も多い。
底質粒径は $0.30\sim 0.32\text{mm}$ である。
また横断面の位置は図-3 の No. 4~9 の 120m 間の 6 地点である。測量は 1964 年 8 月から 1976 年 3 月の 8 回行なわれた。これを各地点ごとに横断面図を重ねて示すと図-4.1~4.3 (他は略) のとおりになる。これらの図で、1975 年 11 月の横断面図はいずれの地点のものも

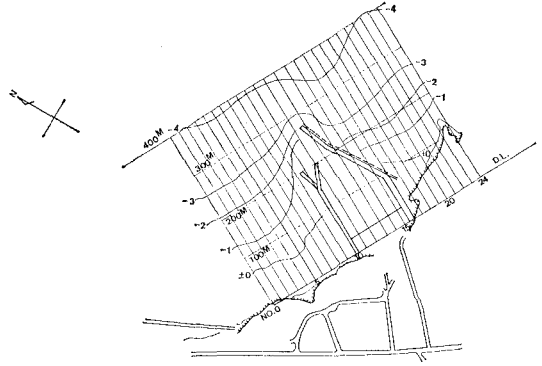


図-3 太東漁港の平面図

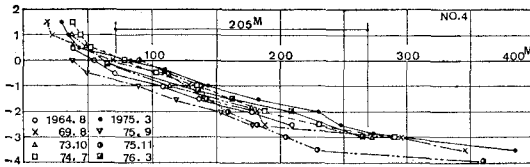


図-4.1 太東漁港の横断面図 (No. 4)

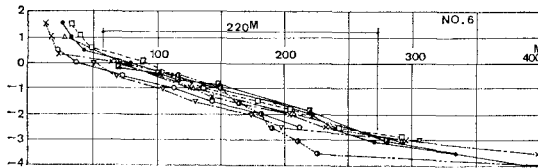


図-4.2 太東漁港の横断面図 (No. 6)

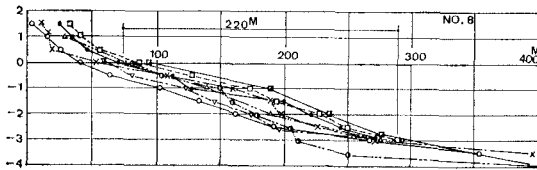


図-4.3 太東漁港の横断面図 (No. 8)

他のものとはなれていて、平衡点を見出すさまたげになるので、これを省いて、ほかの7回の測量による図から平衡点の位置を求めることにした。これを省いた理由は1975年10月5日、中心気圧 945mb、最大風速 45m/sの台風13号により、大きい波の影響を受けて、本地域がかなり侵食されたが、1976年3月の測量によると、その侵食部も堆積復旧して、平衡点が生じたものと見られたからである。その結果は表-3に示すような平衡点の深さおよび距離になった。

表-3 太東漁港付近の平衡点

測地地点	施設からの距離 (m)	h_e (m)	l (m)	h_e/l
No. 4	120	2.80	205	1.37
5	100	2.75	190	1.45
6	80	2.80	220	1.27
7	60	2.90	200	1.45
8	40	3.00	220	1.36
9	20	3.00	215	1.40
平均		2.88	208.3	1.383

いま水深 h_0 における波による水粒子軌道の最大速度を簡単に、

$$u_{\max} = \frac{\pi H_0}{T} \exp(-2\pi h_0/L_0)$$

とする。ただし、 H_0 は波高、 T は周期、 L_0 は波長。

河川流の掃流限界流速を u_c とし、粒径 d の底質について、

$$u_c = K_1 \sqrt{(\gamma_s/\omega_0 - 1)gd}$$

とする。ここに γ_s は底質の単位体積重量、 ω_0 は海水の単位体積重量、 g は重力加速度である。底質粒子の掃流限界水深では、

$$u_{\max} = u_c$$

とすると、

$$h_0 = \frac{L_0}{2\pi} \ln \frac{\pi H_0}{K_1 \sqrt{(\gamma_s/\omega_0 - 1)gd} T}$$

となる。さらに、平衡点の水深 h_e を h_0 の $1/K_2$ として、

$$h_e = \frac{h_0}{K_2} = \frac{L_0}{2\pi K_2} \ln \frac{\pi H_0}{K_1 \sqrt{(\gamma_s/\omega_0 - 1)gd} T}$$

とし、 $K_1=0.685^{7)}$ を用いて、

$$h_e = \frac{L_0}{2\pi K} \ln \frac{1.46\pi H_0}{\sqrt{(\gamma_s/\omega_0 - 1)gd} T} \quad \dots\dots\dots (1)$$

とする。もちろん、平衡点の深さ h_e はこのような簡単な関係では示されないが、この式によれば h_e にもっとも関連が大きいのは波長 L_0 で、もっとも小さいのは底質の粒径であるということになる。

$$\gamma_s = 2.65 \text{ t/m}^3, \quad \omega_0 = 1.03 \text{ t/m}^3$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2, \quad d = 0.00031 \text{ m}$$

$$h_e = 2.88 \text{ m}, \quad H_0 = 0.40 \text{ m}$$

$$T = 9.0 \text{ s}$$

$$L_0 = 1.56 \times T^2 = 1.56 \times 9.0^2 = 126 \text{ m}$$

として、(1) 式より K を求めると、

$$K = 7.531$$

となり、(1) 式は

$$h_e = \frac{L_0}{15.062\pi} \ln \frac{\pi H_0}{\sqrt{(\gamma_s/\omega_0 - 1)gd} T}$$

となる。この式により、前述の

$$T = 8.5, 9.0, 9.5 \text{ s}$$

$$d = 0.0003, 0.00031, 0.00032 \text{ m}$$

$$H_0 = 0.30, 0.40, 0.50 \text{ m}$$

について h_e を計算すると、

$$h_e = 2.07, 2.88, 3.50 \text{ m}$$

となり、平衡点の深さ 2.0~3.5m に近い値を得ることができる。なお (1) 式についてはなお検討する必要があると思う。

4. 日本海と太平洋沿岸における平衡点について

ここに日本海沿岸 18 地区、太平洋沿岸 36 地区の資料より、平衡点の位置が求められなかったものが、

伊達 (北海道) 2 地点 (不明)

富来 (日本海) 1 地点 (存在せず)

伏木富山 (日本海) 2 地点 (存在せず)

瀬棚 1 地点 (不明)

の 6 地点であった。

これらの海岸における平衡点の深さを各地区で 2 個づつ求め、これを histogram で示すと、日本海海岸が図-5、太平洋海岸が図-6 のようになった。またこの両者

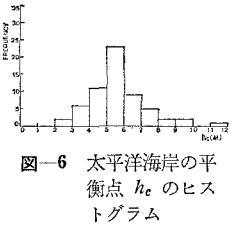
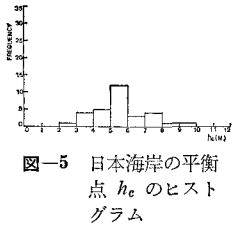


表-4 平衡点の水深の比較

	地区数	平均値	標準偏差	変動率
日本海沿岸	18	5.39 m	1.48 m	5.275
太平洋沿岸	36	5.55	1.62	0.295

を比較するために若干の計算をすると表-4のとおりになった。こうして、平衡点の水深 5~6m がもっとも多く存在することがわかった。また全域および日本海沿岸の h_e/l の値の histogram が図-7で、1~2% の勾配を示すものが多いといえるであろう。

5. 結 び

砂質海岸の横断面に関する平衡点を、その変化のとくにいちじるしい浅い区域と、その変化の比較的すくない

深い区域との境界に位置させると、いずれの海岸においてもこれが存在し、その水深は 5.5m ぐらいのものがきわめて多いことがわかった。また平衡点までの海底平均勾配は 1.0~2.5% が多いことが明らかになった。この平衡点は数回の測量によって見出すことができるが、とくに波の大きい、海岸全域が侵食された後では平衡点が見出されないの、3か月以上経て、横断面形が復旧してから測量したものによらねばならぬことがあることが、太東漁港付近の実例より明らかになった。

このような平衡点が見出されると、前述のように、それより浅い浜側はとくに漂砂の移動がいちじるしいので、海岸ま港湾の工事計画に有効に利用されるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 岩垣雄一: 海岸漂砂の調査について, 海講第6回, p. 145, 1959.
- 2) Wiegel, R. L.: Oceanographical Engineering, Prentice Hall, p. 357, 1964.
- 3) Strahler, A. N.: Physical Geography, John Wiley, 1960.
- 4) 渡辺 光: 新版地形学, 古今書院.
- 5) Raman, H., Earattupuzha, J. J.: Equilibrium conditions in beach wave interaction, Proc. XIII, Coastal Eng. Conf., p. 1237, 1972.
- 6) 岩垣雄一, 榎木 享: 海浜の平衡勾配と碎波による砂移動に関する実験, 海講第2回, p. 99, 1955.
- 7) 久宝雅史 著: 河川工学, p. 106.

