

<論 文>

海濱變形的 相似에 관한 研究

A Study on the Similarity of the Change of Beach Profile

玉 致 律\*

Ok, Chi yul

金 熙 鍾\*\*

Kim, Hi chong

閔 丙 亨\*\*

Min, Byung hung

Abstract

This research was carried out to decide both in the field and the laboratory the similarity between the erosion and the accretion in the change of the beach profile.

The results obtained were as follows:

- (1) It was impossible to decide only by  $C$  value the similarity between the erosion and the accretion of the actual beach by application of Horikawa's theory.
- (2) It was difficult to decide the similarity only by values of  $N_{sr}$  formula.
- (3) Observation of dimensionless value of  $H_0/L_0$  and  $C$ ,  $H_0/L_0$  and  $N_{sr}$  in the field and the laboratory showed that there was a similarity between the erosion and the accretion which set in at 0.024 of  $H_0/L_0$ .
- (4) The Knowledge of the wave steepness would help to discriminate the erosion and the accretion.

要 略

本 研究는 海濱變形과정에서 浸蝕과 堆積사이의 相似性을 現地및 實驗室에서 決定하려고 수행되었다.

얻어진 결과는 다음과 같았다.

- (1) Horikawa 式의 이론을 적용하여 연구한바 浸蝕과 堆積사이의 相似性을  $C$  값만으로 결정하기는 곤란함을 알았다.
- (2)  $N_{sr}$  式만의 값으로 相似性을 결정하기는 곤란하였다.
- (3)  $H_0/L_0$  과  $C$ ,  $H_0/L_0$  와  $N_{sr}$  의 무차원값을 現地및 實驗室에서 관찰한바에 의하면  $H_0/L_0$  가 0.024 에서 浸蝕, 堆積이 구분되어 相似가 이루어졌다.
- (4) 波形傾斜를 알면 浸蝕, 堆積을 區分하는데 크게 도움이 될 것이다.

\* 密陽農專門大學 農業土木科 副教授

\*\* 東亞大學校 工科學科 教授(工博)

1. 序 論

最近 沿岸海域利用이 성행함에 따라 波에 의한 海濱變形的 究明등 그 豫測法의 確立이 重要시 되고 있다.

海濱變形的 豫測法의 일반적인 수단으로서 移動床水理模型實驗으로서 그 特性을 定性的 또는 定量的으로 再現시키는 利點을 갖고 있다.

海濱變形에 관한 模型實驗을 행하는 경우 外力條件, 海濱斷面形狀, 海底地形變化, 底質의 移動形態, 漂砂量 및 漂砂의 移動浪水深등 모두 現地海岸과 相似로 되는 것이 理想的이다.

그렇지만 이들 전부 만족시키는 相似則은 아직 명확하게 밝혀지지 않았다. 海濱變形的 相似則의 研究가 規則波를 사용한 二次元模型實驗을 통하여 海濱變形的 相似에 관한 理論的 또는 實驗的 연구가 있었다. 즉 Le Mehaute(1970)<sup>1)</sup>가 砂의 移動量을 無次元量水理量으로 나타냈고, Kamphuis(1972)<sup>2)</sup>는 底質의 移動에 관한 時間縮尺을 研究하였다. Mogridge(1974)<sup>3)</sup>는 底面相度 및 境界層의 效果를 고려한 相似關係를 제안하였다. 出口(1976)<sup>4)</sup>는 底質을 變化시켜 相似關係를 알아 보았고 野田(1978)<sup>5)</sup>은 模型의 底質로서 砂를 사용하여 縮尺이 다른 相似性에 대한 影響을 검토했다. 濱演變形的 豫測法으로는 오랜기간의 海濱變形的 觀測과 水理模型實驗에서 相似가 가장 理想的인 豫測法이다.

본 논문은 原型으로 海雲台海濱을 택하여 4년동안 海濱斷面變化를 實測하여 이것으로 二次元水理模型實驗에서 定性的으로 相似가 되는 特性을 파악하고 現地 및 實驗室에 適用할 수 있는 基準를 검토해 보고자 한다.

2. 海濱變形的 再現性에 대한 相似

2-1. 底質縮尺의 決定

一般的으로 碎波후의 漂砂移動이 극심한 영역의 底部剪斷에는 實驗室縮尺에 있어서도 난류의 抵抗法則을 사용하게 된다. 따라서 마찰속도  $u_*$ 는 Froude 法則으로 縮尺하게 된다.

$$\text{즉, } \frac{w_{0m}}{w_{0p}} = \frac{u_{*m}}{u_{*p}} = (\lambda)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

여기서  $\lambda$ : 幾何學的 縮尺

$m, p$ : 模型과 原型을 나타내는 첨자

$w_0$ : 沈降速度

한편 沈降速度는 底質粒徑, 流體의 粘性係數등의 函數가 된다.

Yalin<sup>6)</sup>에 의하면  $\frac{\sigma' d_{50}^3 g}{s^2} < 50$  (比重 2.65의 모래

인 경우,  $d_{50} < 0.015\text{cm}$ )의 범위에서는 Stokes의 抵抗則에 따라  $w_0 \propto d_{50}^2$  이 되고, 한편  $\frac{\sigma' d_{50}^3 g}{s^2} > 10^6$  ( $d_{50} > 0.4\text{cm}$ )의 범위에서는 난류의 抵抗法則에 따라  $w_0 \propto d_{50}^{\frac{1}{2}}$  이다.

여기서,  $s$ : 動粘性係數

$\sigma'$ : 底質의 水中比重

$d_{50}$ : 底質의 平均粒徑

$g$ : 重力加速度

$w_0 \propto d_{50}^2$ 으로 나타나는 경우는 식(1)로부터

$$\frac{d_{50m}}{d_{50p}} = \left( \frac{w_{0m}}{w_{0p}} \right)^{\frac{1}{2}} = (\lambda)^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots(2)$$

로 된다. 한편  $w_0 \propto d_{50}^{\frac{1}{2}}$ 이 적용되는 領域에 있어서는 식(1)로부터

$$\frac{d_{50m}}{d_{50p}} = \left( \frac{w_{0m}}{w_{0p}} \right)^2 = \lambda \dots\dots\dots(3)$$

이 되고 底質粒徑의 縮尺은 幾何學的 縮尺과 같게 된다.

또한  $0.015\text{cm} < d_{50} < 0.4\text{cm}$ 에서의 沈降速度는

$$w_0 \propto d_{50}^n, \quad \frac{1}{2} < n < 2 \dots\dots\dots(4)$$

로되나 식(4)중의  $n$ 는 다시  $d_{50}$ 의 函數가 된다. 그러나 식(4)중의  $n$ 의 函數形이 明白하지 않으므로  $d_{50p}$ 에 대한 沈降速度  $w_{0p}$ 를 Yalin의 圖表에서 읽고 식(1)의 관계로부터  $w_{0m}$ 을 구하고 다시  $d_{50m}$ 을 이 圖表로부터 구하여 모형에 사용되는 모래의 粒徑을 決定할 수가 있다. 따라서 實驗對象海濱이 있으면 식(2), (3), (4)중의 어느 하나로 模型底質의 粒徑 즉 底質縮尺을 決定할 수가 있다.

2-2. 時間縮尺의 決定

海岸線과 直角方向의 單位幅, 單位時間當의 漂砂量을  $q_x$ , 靜水面에서 鉛直下方에  $h$ 軸, 海底砂의 空隙率을  $\epsilon$ , 海濱變形에 대한 時間을  $t$ 라 하면 漂砂의 連續方程式은 다음과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \left( \frac{1}{1-\epsilon} \right) \cdot \frac{\partial q_x}{\partial x} \dots\dots\dots(5)$$

식(5)에 있어서의 各項의 模型과 原型의 比가 같도록 하는 것으로부터 海濱變形的 時間縮尺  $n_t$ 는 다음과 같다.

$$n_t = \lambda^2 \cdot n(1-\epsilon) n_{q_x}^{-1} \dots\dots\dots(6)$$

그런데 空隙率  $\epsilon$ 은 模型과 原型의 海底砂에 대해서 거의 같다고 생각되어 지므로 결국 식(6)으로부터

$$n_t = \lambda^2 \cdot n_{q_x}^{-1} \dots\dots\dots(7)$$

이 얻어진다.

다시 一般으로 海岸線과 直角方向漂砂量  $q_x$ 는 Madsen, <sup>7)</sup>에 의해서 다음과 같은 關係가 얻어졌다.

$$\frac{q_x}{w_0 d_{50}} \propto \left( \frac{u^2}{\sigma' g d_{50}} \right)^3 \dots\dots\dots(8)$$

그러나 많은 二次元 海濱斷面變形에 관한 實驗에 있어서 認定되고 있는 사실로서 어떤 初期地形을 갖는 傾斜海濱에 있어서의 海岸線과 直角方向 漂砂는 波浪의 作用時間의 증가와 함께 감소하고 海濱斷面은 드디어 純( $n_{ei}$ )의 海岸線과 直角方向 漂砂量이 零이 되어 평형 단면을 形成하게 된다. 즉 二次元 海濱斷面 變形는 實驗에 의하면 波浪의 作用開如直後에 最大가 되고, 시간이 경과함에 따라 감소해서 零에 近접한다고 하는 海岸線과 直角方向 漂砂量의 時間變化를 고려하지 않으면 안된다. 이와 같은 海岸線과 直角方向 漂砂量의 時間變化에 대해서 樫木<sup>8)</sup>은 다음式(9)와 같이 定式化해서 解析하고 있다.

$$q_x = q_{x_0} \cdot \exp\left(-A \cdot \frac{t}{T}\right) \dots\dots\dots (9)$$

여기서  $q_{x_0}$ ; 波浪의 作用直後( $t=0$ )에 있어서의  $q_x$ 의 最大値

$T$ : 適期

또  $A$ 는 係數이나 堆積性的 波浪에 대한  $A$ 는 浸蝕性的 波浪에 대한 것보다 큰 것으로 알려져 있다. 樫木<sup>8)</sup>은 많은 研究者에 의한 二次元 海濱斷面變形에 관한 實驗結果를 再整理하고  $A$ 는 深海波特性을 사용한 無次元掃流力  $N_s$ 와의 相關關係를 그림 1과 같이 구하였다. 그림 1의 검은 동그라미표와 흰동그라미표는 浸蝕性 및 堆積性的 波에 대한  $A$ 의 값이다. 따라서 그 값은  $A \propto N_s^4$ 으로 표시할 수 있다.

따라서 式(9)로부터  $q_x$ 의 縮尺은

$$n_{q_x} = n_{q_x} \cdot \exp\left\{-\left(A_m \frac{A_m}{T_m} - A_p \frac{t_p}{T_p}\right)\right\} \dots\dots\dots (10)$$

이 된다. 여기서 模型과 原型에서 同一波數  $M$ 개의 波浪이 대응한 後의 海岸線과 直角方向 漂砂量의 縮尺을 생각한다. 式(10)에서  $\frac{t_m}{T_m} = \frac{t_p}{T_p} = M$ 이라 두고 式(10)을 變形하면 다음과 같다.

$$n_{q_x} = n_{q_x} \cdot \exp\left\{-(n_A - 1)A_p M\right\} \dots\dots\dots (11)$$

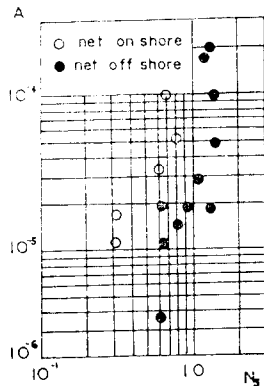


그림 1. Relation between A and  $N_s$

한편  $A \propto N_s^4$ 으로 부터  $n_A$ 는 다음과 같이 된다.

$$n_A = n_{N_s^4} = n(H_0/T/\sqrt{\sigma'gd_{50}})^4 = \lambda^2 \cdot nd_{50}^{-2} \dots (12)$$

다시 式(9)중의  $q_{x_0}$ 도 式(8)과 같이 나타내면 그縮尺  $n_{q_{x_0}}$ 은

$$n_{q_{x_0}} = \left\{ \left( \frac{u^2}{\sigma'gd_{50}} \right)_m / \left( \frac{u^2}{\sigma'gd_{50}} \right)_p \right\}^3 \left\{ \frac{(w_0 d_{50})_m}{(w_0 d_{50})_p} \right\}$$

가 되고  $n_u = n_{w_0} = \lambda^{\frac{1}{2}}$ 를 고려하면  $n_{q_{x_0}}$ 는 다음 式(13)과 같이 된다.

$$n_{q_{x_0}} = \lambda^{\frac{1}{2}} \cdot nd_{50}^{-2} \dots\dots\dots (13)$$

式(7)에 式(11), (12) 및 (13)을 代入하면

$$n_t = \lambda^2 \cdot n_{q_{x_0}}^{-1} \cdot \exp\{(n_A - 1)A_p \cdot M\}$$

$$\therefore n_t = \lambda^{-\frac{3}{2}} \cdot n^2 d_{50} \cdot \exp\{(\lambda^2 \cdot n_{q_{x_0}}^{-2} - 1)A_p \cdot M\} \dots (14)$$

따라서 幾何學的縮尺入, 底質縮尺  $nd_{50}$  및 波浪의 作用時間  $M\left(\frac{t}{T}\right)$ 이 결정되면 式(14)에 의하여 時間縮尺  $n_t$ 를 구할 수 있다.

### 2-3. 海濱斷面의 相似

海濱斷面은 일반적으로 堆積型인가 浸蝕型인가를 判別하는 基準中 現地 및 實驗室의 縮尺에 적용되는 것은 아직까지 제안되고 있지 않다. 海濱斷面은 岸-汀漂砂量의 海濱斷面에 따른 分布에서 보아 그림 2에서 나타나는 바와같이 汀線이 浸蝕하여 深海側에 堆積하는 型을 浸蝕型이라 부르고 汀線의 모래가 堆積하고 深海側에 浸蝕하는 型을 堆積型이라고 부른다, 또 그림 II-1, II-2型과 같이 沿岸砂洲가 발생 바와 같은 中間型으로 大別된다. 이 海濱斷面의 浸蝕型, 堆積型的 發生條件에 대해서는 堀川<sup>9)</sup> 砂村<sup>10)</sup>, 樫木<sup>10)</sup>등의 연구가 있

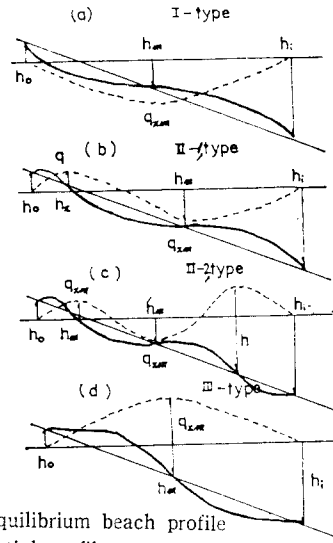


그림 2. Classification of the Deformation of Beach Profile

다. 堀川<sup>9)</sup>, 砂村<sup>10)</sup> 등에 의한 海濱變形의 發生條件은 다음과 같은 無次元量으로 표시되고 있다.

$$C = (H_0/L_0) (d/L_0)^{-0.67} (i)^{0.27} \dots\dots\dots (15)$$

堀川 등<sup>9)</sup>은 實驗에 의해서 그 값을 다음과 같이 나타내었다.

- $C \geq 8$  浸蝕型
- $8 \geq C \geq 3$  遷移型
- $3 \geq C$  堆積型

그후 砂村 등<sup>10)</sup>은 實測結果에서 그 값을 다음과 같이 나타내었다.

- $C < 18$  堆積
- $C > 18$  浸蝕,

ozaki 등<sup>12)</sup>은 堆積, 浸蝕海濱의 發生에 대해서 汀線前進, 汀線後退의 기준을 다음과 같이 제안했다.

$$K = \left( \frac{H_0}{L_0} \right)^{0.96} \sqrt{g \cdot H_0} \cdot d_{50}^{-1.8} i > 64 \text{ 정선후퇴} \quad (16)$$

$$K < 64 \text{ 정선전진}$$

여기서  $H_0$ 는 碎波波高이고 單位는 cm를 사용한다. 한편 樺木<sup>13)</sup> 등은 無次元量으로서 堆積型, 浸蝕을 다음과 같이 나타내었다.

$$N_{rr} = g \cdot T d_{50} / 2 \pi s < 10^3 \begin{matrix} \text{堆積} \\ \text{浸蝕} \end{matrix} \dots\dots\dots (17)$$

그러나 上式은 파고의 효과를 고려하지 않은 결점을 가지고 있다.

따라서 앞의 公式들은 주로 實驗의 결과에 기초를 둔 公式들이므로 實物에 適用할 경우 어려움이 따른다.

### 3. 海濱現況

#### 3-1. 波浪觀測現況

原型으로 海雲台海濱을 이용하였으며 평면도는 그림 3과 같다.

波高는 평승으로 되어 있는 부분만 SMB法<sup>13)</sup>에 의하여 計算하였으며 觀測된 資料는 표 1과 같다.

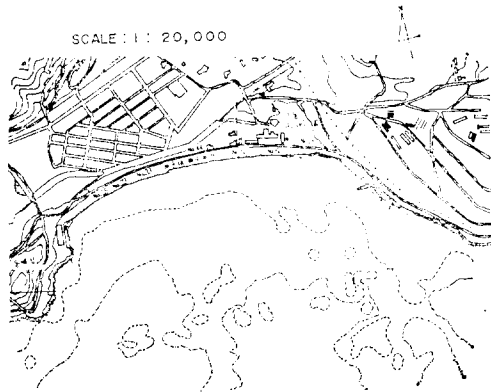


그림 3. Plane on the HAE UN DAE Beach

<표 1> The observed Data

Date	$H_0$	$T$	$H_0/L_0$	Remark
81. 10. 24	2. 04	6	0. 036	10. 25일 단면측정
11. 27	0. 52	6	0. 009	
12. 17	1. 13	7	0. 015	
82. 1. 6	3. 09	8	0. 031	1. 7일 단면측정
2. 7	1. 41	7	0. 018	
3. 10	1. 54	6	0. 027	3. 11일 단면측정 3. 17일 단면측정
3. 16	1. 09	6	0. 019	
5. 16	1. 31	6	0. 023	
6. 6	0. 33	6	0. 006	
83. 1. 22	2. 48	8	0. 025	
8. 4	0. 33	6	0. 006	8. 23
8. 23	1. 41	6	0. 025	
84. 1. 6	0. 52	6	0. 009	2. 16
2. 16	0. 73	5	0. 019	
4. 11	1. 84	6	0. 033	6. 1
6. 1	0. 33	5	0. 008	
9. 20	0. 51	6	0. 009	

표 1에서 觀測資料는 時間別觀測資料에 의하여 그 時間마다의 海濱觀測에 임하는 것이 더욱 이상적이나 現地의 조건이 불가능하여 부득히 日資料중 觀測日의 浸蝕, 堆積을 일으키는 제일 큰 波浪을 擇하였다.

#### 3-2. 代美地點의 橫斷變化

海雲台海濱을 20m 간격의 測點으로 조선 Beach 호텔 부터 시작한 No.7 부터 No.81 까지 測點을 잡고 橫斷變化를 實測하였다. 現地에서의 斷面測定은 陸上海濱에서는 Level을 이용하여 水準測量을 행하였고 海上에서는 육분의로서 위치를 정하면서 音響測深器로서 水深測量을 하였다. 그림 3의 測點으로부터 No.23, No.44 No.65를 代表地點으로 택하여 이 代表地點으로부터 浸蝕, 堆積의 變化를 測定하였다. 1981年 10월 1일 測定된 斷面을 기준단면으로하고 이것으로부터 砂濱의 變化를 구하여 浸蝕을 (-) 堆積을 (+)로 하여 變化量을 구한 결과는 표 2와 같다. 橫斷變化는 H.W.L 부터 Swash Zone 까지를 測定하여 그 기준을 정하였다.

#### 3 3. 淺海海底物質

海濱의 海底物質을 調査하여 中央粒徑과 比重 및 海底傾斜등을 조사한 결과 표 3과 같다. 또한 實驗對象地點의 粒徑은 0.25~0.96mm로서 平均粒徑  $d_{50} = 0.61$  mm를 現地의 代表粒徑으로 보았다.

<丑 2>

Table about the Change of Beach Profile

unit : m<sup>3</sup>

Date	Point	No. 23	No. 44	No. 65	TOTAL	
81.	10. 1	43,268	48,682	48,527	140,477	
	10. 25	40,908	47,497	45,683	134,088	
	11. 27	-2,360	-1,185	-2,844		
	11. 27	42,673	48,652	46,781	138,106	
		1,715	1,155	1,098		
	12. 17	43,610	51,137	47,484	142,231	
		937	2,485	703		
	82.	1. 7	41,362	40,180	46,140	127,682
			-2,248	-10,987	-1,344	
		2. 7	43,867	45,728	48,404	137,999
		2,505	5,548	2,264		
3. 11		41,555	41,906	44,592	128,053	
		-2,312	-3,822	-3,812		
3. 17		42,978	42,263	45,705	130,951	
		1,423	362	1,113		
5. 16		43,106	43,933	45,848	132,887	
		128	1,665	143		
83.	6. 6	43,322	44,068	46,080	133,470	
		216	135	232		
	1. 22	41,127	44,932	43,257	127,316	
		-2,195	-1,136	-2,823		
	8. 4	41,895	43,231	43,697	128,823	
		768	299	440		
	8. 23	38,958	41,395	42,116	122,469	
		-2,937	-1,836	-1,581		
	84.	1. 6	39,623	41,823	42,961	124,407
			665	428	845	
2. 16		40,371	42,058	43,050	125,479	
		748	235	89		
4. 11		37,623	39,651	40,327	117,601	
		-2,748	-2,407	-2,723		
6. 1		33,065	40,970	40,909	119,944	
		442	1,319	582		
9. 20		33,937	41,235	41,810	122,032	
		922	265	901		

4. 原型(海雲台海濱)의 浸蝕, 堆積의 限界式

4-1. Horikawa 式에 의한 海濱變形

Horikawa 의 浸蝕, 堆積을 나타내는 式(15)를 海雲台海濱의 實驗結果에서 分析한바 표 4에서와 같이  $C > 7$  이면 浸蝕,  $C < 7$  이면 堆積으로 區分되어 海雲台

海濱에서의 浸蝕, 堆積의 限界式을 다음과 같이 提案할 수 있었다.

$$C = (H_0/L_0) (d/L_0)^{-0.67} (t)^{0.27} \begin{cases} > 7 & \text{浸蝕} \\ < 7 & \text{堆積} \end{cases} \dots (18)$$

또 이렇게 實測된  $C$  값을  $H_0/L_0$  와 함수로서 나타낸바 그림 4와 같다. 따라서 그림 4에서  $H_0/L_0$  가 0.024 를 限界로해서 浸蝕과 堆積의 영역으로 區分됨을 알수 있었다.

〈表 3〉

Median Diameter and Specific Gravity of Beach Sand

Date	Point			No 23			No 44			No 65		
	Sea bottom Slope	d 50	Gs	Sea bottom Slope	d 50	Gs	Sea bottom Slope	d 50	Gs			
81.	10. 25	1/12	0.67	2.56	1/13	0.85	2.63	1/14	0.40	2.63		
	11. 27	1/10	0.70	2.59	1/14	0.72	2.60	1/27	0.40	2.62		
	12. 17	1/12	0.56	2.67	1/17	0.58	2.65	1/24	0.48	2.62		
82.	1. 7	1/11	0.75	2.64	1/14	0.43	2.66	1/24	0.38	2.62		
	2. 7	1/12	0.63	2.71	1/13	0.52	2.66	1/14	0.48	2.69		
	3. 11	1/11	0.73	2.57	1/15	0.62	2.61	1/13	0.58	2.61		
	3. 17	1/13	0.67	2.59	1/14	0.42	2.63	1/25	0.60	2.62		
	5. 16	1/10	0.48	2.60	1/15	0.42	2.62	1/12	0.33	2.58		
	6. 6	1/10	0.96	2.59	1/15	0.40	2.62	1/18	0.25	2.58		
83.	1. 22	1/10	0.46	2.63	1/19	0.41	2.60	1/21	0.33	2.65		
	8. 4	1/13	0.47	2.58	1/20	0.40	2.64	1/25	0.37	2.68		
	8. 23	1/12	0.43	2.60	1/19	0.40	2.62	1/25	0.40	2.61		
84.	1. 6	1/13	0.57	2.53	1/21	0.45	2.59	1/28	0.37	2.63		
	2. 16	1/12	0.48	2.60	1/21	0.43	2.61	1/28	0.41	2.59		
	4. 11	1/19	0.48	2.60	1/21	0.44	2.64	1/30	0.41	2.65		
	6. 1	1/18	0.49	2.60	1/22	0.44	2.58	1/29	0.41	2.61		
	9. 20	1/17	0.39	2.60	1/20	0.43	2.64	1/27	0.41	2.62		

〈表 4〉

The Criterion of the Erosion and the Accretion by Value C

Date	測定地點			No 23			No 44			No 65			Remark
	C	實測區分		C	實測區分		C	實測區分					
81.	10. 25	8	浸 蝕	7	浸 蝕	11	浸 蝕	$C = (H_0/L_0) (d/L_0)^{-c.67} (i)^{0.27}$					
	11. 27	2	堆 積	2	堆 積	2	堆 積						
	12. 17	4	"	4	"	4	"						
82.	1. 7	9	浸 蝕	12	浸 蝕	12	浸 蝕						
	2. 7	5	堆 積	6	堆 積	6	堆 積						
	3. 11	9	浸 蝕	9	浸 蝕	7	浸 蝕						
	3. 17	4	堆 積	5	堆 積	4	堆 積						
	5. 16	4	"	6	"	6	"						
	6. 6	1	"	2	"	2	"						
83.	1. 22	11	浸 蝕	10	浸 蝕	13	浸 蝕						
	8. 4	2	堆 積	2	堆 積	2	堆 積						
	8. 23	11	浸 蝕	10	浸 蝕	9	浸 蝕						
84.	1. 6	5	堆 積	6	堆 積	6	堆 積						
	2. 16	4	"	4	"	4	"						
	4. 11	8	浸 蝕	8	浸 蝕	8	浸 蝕						
	6. 1	2	堆 積	2	堆 積	1	堆 積						
	9. 20	3	"	2	"	2	"						

〈丑 5〉 The Criterion of the Erosion and the Accretion by Water Temperature

Date	海水水溫 (°C)	$v$ (cm <sup>2</sup> / sec)	No. 23		No. 44		No. 65	
			Nsr	實測區分	Nsr	實測區分	Nsr	實測區分
81. 10. 25	20.8	0.0100	225	浸 蝕	287	浸 積	135	浸 蝕
11. 27	14.9	0.0115	80	堆 積	80	堆 蝕	46	堆 積
12. 17	13.4	0.0118	76	"	97	"	80	"
82. 1. 7	9.8	0.0130	223	浸 蝕	128	浸 積	113	浸 蝕
2. 7	7.2	0.0141	97	堆 積	72	堆 蝕	67	堆 積
3. 11	9.5	0.0132	139	浸 蝕	119	浸 積	111	浸 蝕
3. 17	10.1	0.0127	94	堆 積	59	堆 蝕	84	堆 積
5. 16	12.9	0.0120	86	"	75	"	59	"
6. 6	13.2	0.0119	45	"	19	"	12	"
83. 1. 22	10.3	0.0123	112	浸 蝕	101	浸 積	118	浸 蝕
8. 4	15.9	0.0112	24	堆 積	20	堆 蝕	19	堆 積
8. 23	24.0	0.0092	108	浸 蝕	101	浸 積	101	浸 蝕
84. 1. 6	10.2	0.0127	97	堆 積	76	堆 蝕	63	堆 積
2. 16	10.5	0.0128	56	"	50	"	47	"
4. 11	11.3	0.0126	121	浸 蝕	111	浸 積	104	浸 蝕
6. 1	17.0	0.0109	28	堆 積	25	堆 蝕	23	堆 積
9. 20	22.4	0.0098	34	"	37	"	35	"

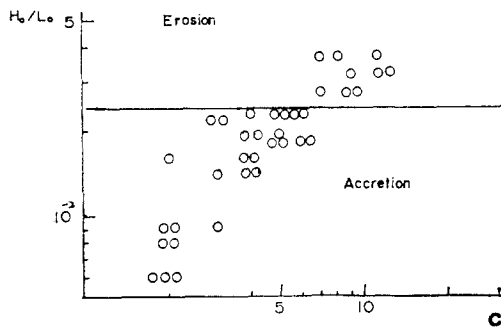


그림 4. Relation between  $H_0/L_0$ , and  $C$

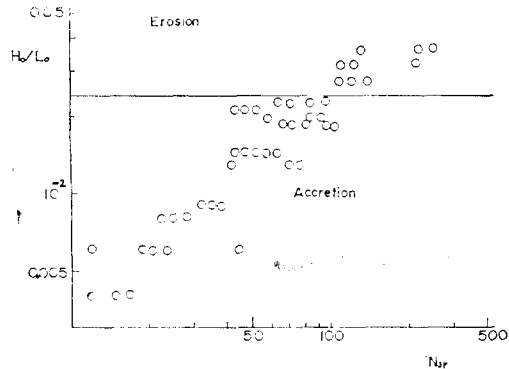


그림 5. Relation between  $H_0/L_0$ , and  $N_{sr}$

4-2. 修正式에 의한 海濱變形

樁木동<sup>11)</sup>은 浸蝕, 堆積을 動粘性係數를 고려한 式 (17)에서 區別하였으나 이式을 海雲台海濱의 實測에서 적용하여 보았으나 그영역이 區分되지 않았다, 따라서 浸蝕, 堆積에 가장 큰 영향을 주는 波形傾斜를 고려하여 海濱變形의 영역을 區分한바 표 5와 같이 그값이 區分되어 다음과 같은 限界式을 提案한다.

$$N_{sr} = g \cdot T \cdot d_{50} \cdot H_0/L_0 | 2\pi s \begin{cases} \geq 100 & \text{浸蝕} \\ < 100 & \text{堆積} \end{cases} \dots\dots (19)$$

또  $N_{sr}$ ,  $H_0/L_0$ 를 함수로 plot 한 결과 現地の 浸蝕, 堆積의 區分이 그림 5에서와 같이  $H_0/L_0$ 가 0.024를

限界로해서 浸蝕과 堆積의 영역으로 區分됨을 알 수 있었다.

5. 水理實驗

5-1. 實驗裝置

길이 25.2m, 높이 1.0m 폭 0.6m 인 2次元造波水槽를 사용하였다. 造波裝置의 反對쪽에는 그림 6과 같이 傾斜 1/20의 鋼製水路床을 設置하고 水深 10cm 보

다 얇은 곳은 1/10, 1/20, 1/30 의 세가지 傾斜로하고 그 보다 깊은 곳은 1/60 의 傾斜가 되게끔  $d_{50}=0.2\text{mm}$  의 砂를 깔아서 模型海濱으로 하였으며 그두께는 10~30cm 가 되게 하였다.

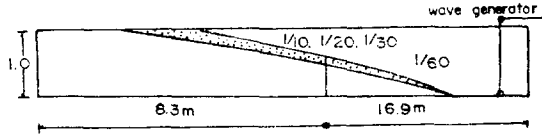


그림 6. Schematic Representation of the Experiment Flume

### 5-2. 實驗對象波浪의 決定

本 實驗에서는 現地海岸에서의 4年동안의 週期, 波高의 관측기록 으로부터 堆積및 浸蝕性을 보이는 6種의 파랑을 實驗對象으로 정하고 표 6에 종합 하였다.

〈표 6〉 Wave Characteristics used in the Experiment (in the field)

Wave No	$H_0$ (m)	$T$ (sec)	$H_0/L_0$	$N_s$
W-1	1.0	8	0.010	1.25
W-2	1.5	8	0.015	1.87
W-3	2.0	8	0.020	2.50
W-4	2.5	9	0.020	2.80
W-5	3.0	9	0.024	3.0
W-6	3.5	9	0.028	3.46

### 5-3. 模型縮尺의 決定

#### 1) 幾何學的 縮尺의 決定

본 연구에서는 實驗水槽의 크기 및 碎波에 대한 縮尺 效果에 대한 Diephuis<sup>12)</sup>의 實驗結果를 고려하여 幾何學的 縮尺을  $\lambda = \frac{1}{30}$ 로 했다. 이때 표 6의 波浪은 Froude 法則에 따라 표 7과 같이 縮尺되었다.

#### 2) 底質縮尺의 決定

現地海岸底質砂의 平均粒徑이  $d_{50p}=0.61\text{mm}$  이므로

〈표 7〉 Wave Characteristics used in the Experiment (in the Model)

Wave No	$H_0$ (cm)	$T$ (sec)	$H_0/L_0$
W-1	3.3	1.46	0.010
W-2	5.0	1.46	0.015
W-3	6.7	1.46	0.020
W-4	8.3	1.64	0.020
W-5	10.0	1.64	0.024
W-6	11.7	1.64	0.028

$w_0 \alpha d_{50}^n$ ,  $\frac{1}{2} < n < 2$ 에 의하여  $d_{50p}=0.061\text{cm}$ 에 대한 浸降速度  $w_{0p}$ 를 Yalin의 圖表에서 읽어  $w_{0p}=12.5\text{cm/sec}$ 를 구하였다.  $w_{0m}=(\lambda)^{\frac{1}{2}}w_{0p}=2.3\text{cm/sec}$ 가 되고 이  $w_{0m}$ 에 대응하는  $d_{50m}$ 을 역시 Yalin의 圖表에서 읽어  $d_{50m}=0.018\text{cm}$ 인 底質粒徑을 模型底質砂를 決定하였다.

이때의 模型粒徑의 縮尺은

$$\frac{d_{50m}}{d_{50p}} = \frac{0.018\text{cm}}{0.061\text{cm}} = \frac{1}{3.4}$$

#### 3) 時間縮尺의 算定

時間縮尺을 決定하는 式(14)에서  $\lambda = \frac{1}{30}$ ,  $nd_{50} = \frac{1}{3.4}$ 을 代入하고 정리하면  $n_t = 14.10 \exp(-0.99 A_p \cdot M)$  現地의  $N_s$ 는 1~3의 범위이므로  $A$ 의 값은  $10^3 \sim 10^4$ 으로 추정된다. 따라서 時間縮尺을 決定하는 式  $n_t$ 는 造波開始直後에는  $e^{-0.9} \cdot A_p \cdot M \approx 1.0$ 이 되므로  $n_t = 14.10$  즉 模型의 造波時間의 약  $\frac{1}{14.10}$ 이 現地時間에 해당하나 造波數  $M$ 의 증가와 함께 時間縮尺은 지수함수적으로 減少해간다, 現地  $A$ 의 값은

$10^{-3}$  정도로 추정되나

100波에서는  $n_t = 14.10$

500波에서는  $n_t = 8.59$

1000波에서는  $n_t = 5.23$

본 실험 대상파랑의 平均週期를 8秒라 하면 이波浪이 10時間 태습했을 때 태습파수  $M$ 은 4500波가 되므로  $n_t = 0.164$

$$\therefore t_m = 98 \text{ 分}$$

### 5-4. 實驗方法

波高의 測定은 容量式 波高計에 의하였고 또 海濱斷面의 測定은 砂面測深器로 測定하였다.

實驗은 다음 順序로 하였다.

i) 먼저 水深 10cm 보다 깊은 곳은 1/60, 10cm 보다 얇은 곳은 1/10, 1/20, 1/30의 傾斜가 되도록 整地한다.

ii) W-1( $H_0=3.3\text{cm}$ ,  $T=1.46\text{sec}$ )의 波浪을 98分 作用시켜서 現地の 초기해빈斷面을 만들고 이 平衡斷面을 測定한다.

iii) 다음에 波浪의 作用時間이 5分, 15分, 30分, 60分, 98分이 될 때마다 造波를 中止하고 海濱斷面形狀을 測定한다.

### 5-5. 實驗結果

#### 1) 海濱斷面의 再現性

水深 10cm 보다 얇은 곳은  $\frac{1}{20}$  水深 10cm 보다 깊은 곳은 1/60로 정지한뒤 W-1( $H_0=3.3\text{cm}$ ,  $T=1.46\text{sec}$ )의 波浪을 98分 作用시킨후의 海濱斷面이 어느정도 現地海濱斷面을 再現하고 있는가를 검토한 것이 그



〈표 8〉 Test Results of the Value C Depending on the Slope and Wave Steepness

Wave No	$H_0$		$T$		$H_0/L_0$	$i$	$d$ (mm)	$C$	Remark
	MOD (cm)	PRO (m)	MOD (cm)	PRO (m)					
W-1	3.3	1.0	1.46	8	0.010	1/10 1/20 1/30	0.2	7 6 5	堆積
W-2	5.0	1.5	1.46	8	0.015	1/10 1/20 1/30	0.2	11 9 8	堆積
W-3	6.7	2.0	1.46	8	0.020	1/10 1/20 1/30	0.2	17 14 12	堆積
W-4	8.3	2.5	1.64	9	0.020	1/10 1/20 1/30	0.2	17 14 12	堆積
W-5	10.0	3.0	1.64	9	0.024	1/10 1/20 1/30	0.2	20 16 15	浸蝕
W-6	11.7	4.5	1.64	9	0.028	1/10 1/20 1/30	0.2	25 21 19	浸蝕

림 7이다. 그림 7에서 實線은 現地の 海濱斷面을 汀線이 一致 되게끔 그린 것이다. 원표는 實驗으로 再現된 平衡海濱斷面의 平均形狀을 나타낸 것이다. 그림 7에서 現地和 實驗이 잘 再現됨을 알수있다.

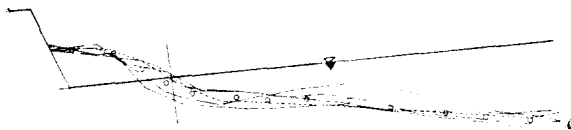


그림 7. Comparison of Profiles of Natural and Model Beach

2) Horikawa 式에 의한 海濱變形의 相似

Horika 등의 式(15)에서 句配를 1/10, 1/20, 1/30 로

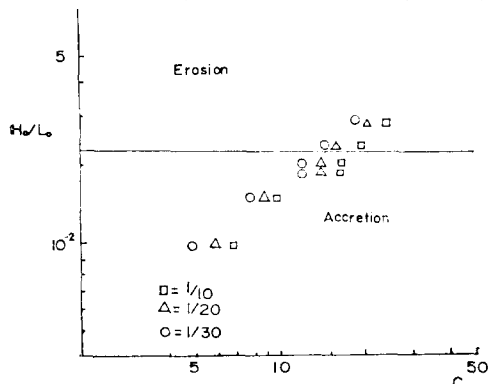


그림 8. Relation between  $H_0/L_0$  and  $C$

〈표 7〉 Test Results of the Erosion and the Accretion to the Dimensionless Formula

Wave No	$H_0/L_0$		$t$ (°C)	$v$ (cm <sup>2</sup> /sec)	$N_{sr}$	Remark
	MOD	PRO				
W-1	0.010	0.010	0	0.018	3	堆積
W-2	0.015	0.015	3	0.016	4	堆積
W-3	0.020	0.020	2	0.0165	6	堆積
W-4	0.020	0.020	5	0.0150	7	堆積
W-5	0.024	0.024	5	0.0148	8	浸蝕
W-6	0.028	0.028	6	0.0145	10	浸蝕

變하시켜서  $C$  값에 의한 浸蝕, 堆積을 實驗한 結果 표 8 과 같다.

實驗室의  $C$  값과 現地の  $C$  값은 그값이 一致되지 않아  $C$  값으로 浸蝕, 堆積의 結果를 말하기는 곤란함을 알수있었다.  $C$  값을  $H_0/L_0$ 와 함수로하여 그림으로 나타낸결과 그림 8 과 같다. 그림 8에서도 現地和 마찬가지로  $H_0/L_0$ 가 0.024에서 浸蝕, 堆積이 생겨 現地 海濱과 相似가 이뤄짐을 알았다.

3) 修正式에 의한 海濱變形의 相似

式(19)에서 實驗室의 水溫을 測定하여 動粘性係數를 고려한 式이다 그때의 波高, 週期를 Froude 法則에 따라 縮尺한 結果의 資料로서 實驗을 한結果 표 9와 같다. 표 9에서 實驗室의 浸蝕, 堆積의 限界가 다음과

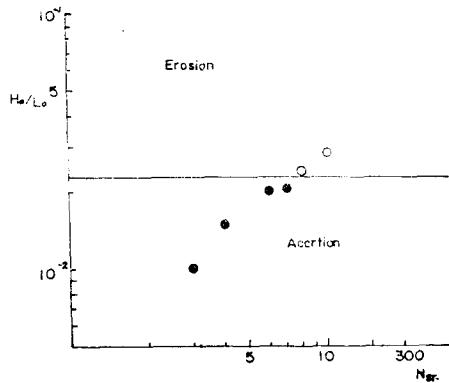


그림 9. Relation between  $H_0/L_0$  and  $N_{sr}$

같이 區別되었다.

$$N_{sr} = \frac{g \cdot T \cdot d_{50} \cdot H_0}{2\pi v \cdot L_0} \begin{cases} > 8 & \text{浸蝕} \\ < 8 & \text{堆積} \end{cases} \dots\dots\dots (20)$$

이값을  $H_0/L_0$ 와 函數로서 그림 9와 같이  $H_0/L_0$ 가 0.024에서 浸蝕, 堆積이 생겨 原型과 相似가 생김을 알 수 있었다.

6. 結 論

原型으로 海雲台海濱을 택하고 이것을 實驗室에서 相似性을 검토한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

① Horikawa 등<sup>9)</sup>이 提案한 式에서 代表斷面을 觀測하여 浸蝕, 堆積을 區別한結果 Sunamura 등은 實測에서 18에서 浸蝕, 堆積이 區別되었지만 海雲台海濱에서는 그값이 다음과 같이 區別되었다.

$$C = (H_0/L_0) (d/L_0)^{-0.67} (t)^{0.27} \begin{cases} > 7 & \text{浸蝕} \\ < 7 & \text{堆積} \end{cases}$$

② 海雲台海測의 水溫 등을 測定한 資料에서 實測의 浸蝕, 堆積을 고려한 바 다음과 같은 관계가 이루어졌다.

$$N_{sr} = \frac{g \cdot T \cdot d_{50} \cdot H_0}{2\pi v \cdot L_0} \begin{cases} > 100 & \text{浸蝕} \\ < 100 & \text{堆積} \end{cases}$$

③ 實驗室에서는  $N_{sr} = \frac{g \cdot T \cdot d_{50} \cdot H_0}{2\pi v \cdot L_0} \begin{cases} > 8 & \text{浸蝕} \\ < 8 & \text{堆積} \end{cases}$ 의 관계가 이뤄져  $N_{sr}$  값이 現地와 實驗室에서 그값이 차이가 있음을 알수있었다.

④  $H_0/L_0$ 의 函數와  $C$ ,  $H_0/L_0$ 와  $N_{sr}$ 을 函數로서 無次元化하여 Plot 한 結果 原型에서나 實驗室에서 그 限界가  $H_0/L_0 \geq 0.024$ 에서 浸蝕, 堆積이 생겨 原型과 相似가 생김을 實驗室에서 확인하였다.

⑤ 實驗室에서 海濱傾斜를 1/10, 1/20, 1/30로 區分하여 再現性을 검토한바 네개로 實驗室에 적용할수 있

는 再現性이 이루어 졌으나 1/20 일때가 가장좋은 再現性이 나타났다.

參 考 文 獻

1. LeMéhauté, B: ACompaision of fiuvial and coastal Simulatude, proc, of 12th Coastal Engineering Conf. pp. 1077~1096, 1970,
2. Kamphuis, J.W; Scale Selection for mobile bed wave model, Proc, of 13th Coastal Engineering Conf. pp. 1173~1216, 1972.
3. Mogridge, G.R; Scale laws for bed forms in laboratory wave models proc, of 14th Coastal Engineering Conf. pp. 1096~1085, 1974.
4. 出口一郎, 榎水亨: 波浪による移動床實驗の相似について, 第31回年次學術講演會講演概要Ⅱ部, pp. 1~2, 1976.
5. 野田(Noda) H; Scale relation for equilibrium beach profiles proc 16th Coastal Engineering Conf. pp. 1531~1541, 1978.
6. Yalins, M.S; Mechanics of Sediment Transport (England: Pergamon press, 1972). pp. 68~71.
7. Modsen, O.S and Grant, W.D "Quantitative Description of Sediment Transport by Waves" Inter, Conf. on Coastal Eng, Proc, 15th, 1976, pp. 1093~1112.
8. 榎木亨, 出口一郎, 岡田學, "二次元海濱の碎波帶における漂砂移動について", 海岸工學講演會論文集, 第26回, 1979, pp. 167~171.
9. 堀川清可, 砂村繼夫, 近藤浩右: 波によ二次元海濱變形に關する實驗的研究, 第21回海岸工學講演會論文集, 1974, pp. 193~200.
10. 砂村繼夫: 自然海濱における汀線位置に時間的變化に關する豫測モデル, 第27回海岸工學講演會論文集 1980, pp. 255~259.
11. Swaragi, T. and Deguchi: on-off shore Sediment Transport Rate in the Surf Zone, Proc. of 17th In to Conf, on Coastal Eng, 1980, pp. 1194~1214.
12. Ozaki, A and S. Hikita: Experiment research on beach deformation by wave action the view point of Similarity. proc. 24th JCEE. pp. 167~169, 1977.
13. 崔榮壽: 港灣工學, 文進堂.
14. Diephuis, J.G.H.R., "Scale Effects involving the Breaking of waves." Proc of 6th, Inter, Conf. on Coastal Eng, pp. 194~210.