

<論 文>

移動床 海岸 水理模型 實驗에 있어서의 相似律에 관한 研究

A study on the similarity of coastal hydraulic model experiment of movable bed.

玉 致 律\*  
Chi-Yul Ok.

梁 倫 模\*\*  
Yun-Mo Yang

閔 丙 亨\*\*\*  
Byung-Hyang Min

Abstract

In this study, the method to determine the values of both bed-sand scale and time scale of movable bed hydraulic model experiments on beach deformation has been proposed and the results of the experiments reveal the verification of the similarity between the proto type and the model.

要 旨

本研究는 海濱 地形變動에 관한 移動床 水理模型實驗에 있어서의 難點인 海床底質縮尺 및 時間縮尺을 決定하는 方法을 提案하고 이 相似律에 依해 現地와 再現性이 좋은 實驗結果를 얻었다.

1. 序 論

海岸 水理模型實驗에 있어서 力學的 相似關係를 困難하게 하는 가장 큰 原因은 海床 底質의 크기를 波와 構造物과 같은 縮尺으로 할 수 없기 때문에 模型에 있어서의 底質의 移動이 現地와 相似가 되지 않는다. 即 底質縮尺의 決定이고, 다음은 海濱 地形變動에 있어서의 時間縮尺의 決定일 것이다.

本研究는 海濱 地形變動에 관한 水理模型實驗에 있어서의 底質縮尺과 時間縮尺을 決定하는 한 方法을 提案하고 現地海濱에 있어서의 再現性을 檢討한 것이다.

2. 底質縮尺의 決定法

底質의 縮尺을 決定하는 基本的 方法에는

(1) 移動限界水深 또는 底質移動量이 相似되게 選定한다.

(2) 海濱斷面形狀이 相似되게 選定한다.

(3) 底質의 移動形態(浮遊인가 掃流인가)를 相似시킨다.

라고 하는 3가지의 方法이 있다. 그러나 위 세 條件을 모두 滿足시키는 것은 現在의 移動床模型 實驗에서는 不可能하다. 만약 (1)의 경우를 택한다고 하고 또 模型底質로서 原型海岸과 同一比重을 가진것을 採用한다면 現在 提案되고 있는 모든 移動限界式에 있어서는 底質粒徑의 効果는 어떤 길이의 縮尺(예컨대 波高 또는 波長)으로서 無次元化되어 있기 때문에 模型底質의 粒徑이 Froude 法則으로 縮尺하게 됨으로 模型底質이 너무 작게 되어서 剪斷抵抗속내 內部摩擦 以外에 粘着力이 加해져서 그 剪斷特性이 原型의 海濱砂와는 判異한 것이 되고 만다.

또 (2)를 擇하는 경우 一般의 堆積型인가 浸蝕型인가를 判別하는 基準에서 現地 및 實驗室의 兩縮尺에 모두 適用되는 것은 아직까지 提案되고 있지 않다. 예컨대 實驗室縮尺으로서 砂村<sup>1)</sup> 樁木<sup>2)</sup> 尾崎<sup>3)</sup> 등이 提案한

\* 密陽農蠶專門大 助教授

\*\* 釜山大 工大 副教授(工學博士)

\*\*\* 東亞大 工大 教授(工學博士)

判別基準이 있다.

(3)의 경우는 一般的으로 浮遊狀態의 漂砂는 離岸方向으로 移動하기 쉽고 掃流狀態의 漂砂는 陸岸方向으로 移動하기 容易하다고 한다. 따라서 原型과 模型에 있어서의 底質의 移動型態를 같도록 한다는 것은 換言하면 模型에서 生기는 海濱斷面을 原型의 海濱斷面과 같게 한다고 하는 底質의 縮尺을 決定하는 하나의 유력한 手段이 되고있다. 一般的으로 河川에 있어서의 流砂는 樁木<sup>4)</sup>에 의하면  $\frac{U_*'}{\omega_0} > 1.0$   $U_*$  : 摩擦速度  $\omega_0$  : 沈降速度 (2-1)이면 浮遊가 始作되고 1.7보다 크게 되면 掃流砂量에 比해서 浮遊砂量이 많다고 한다. 한편 海岸에 있어서도 樁木<sup>5)</sup>들의 實驗의 研究에 依하면  $\frac{U_*'}{\omega_0} > 1.0$ 이면 掃流砂量보다 浮遊砂量이 많다고 한다<sup>11,2)</sup> 따라서 本實驗에서는 局所洗掘을 포함한 海濱의 斷面變化를 對象으로 하고 있으므로 이  $\frac{U_*'}{\omega_0}$ 를 一致시키는 底質相似則에 依하여 底質粒徑을 決定하기로 하였다. 一般的으로 碎波後의 漂砂移動이 激甚한 領域의 底部剪斷에는 實驗室縮尺에 있어서도 亂流의 抵抗法則을 使用하게 된다. 따라서 摩擦速度  $U_*$ 는 Froude法則으로 縮尺하게 된다. 即  $\frac{\omega_{0m}}{\omega_{0p}} = \frac{U_{*m}}{U_{*p}} = (\lambda)^{1/2}$  入 : 幾何學的縮尺.....(2-2), 한편 沈降速度는 底質粒徑, 流體의 粘性係數 등의 複雜한 函數가 된다.

Yalin<sup>9)</sup>에 의하면  $\frac{\sigma' d_{50}^3 g}{\nu^2} < 50$  (비중 2.65의 모래인 경우,  $d_{50} < 0.015\text{cm}$ )의 範圍에서는 Stokes의 抵抗則에 따라  $\omega_0 \alpha d_{50}^2$ 이 되고 한편  $\frac{\sigma' d_{50}^3 g}{\nu^2} > 10^6$  ( $d_{50} > 0.4\text{cm}$ )의 範圍에서는 亂流의 抵抗則에 따라  $\omega_0 \alpha d_{50}^{1/2}$ 이다.

$\omega_0 \alpha d_{50}^2$ 으로 나타나는 경우는 式(2-2)로부터  $\frac{d_{50m}}{d_{50p}} = \left( \frac{\omega_0 50m}{\omega_0 50p} \right)^{1/2} = (\lambda)^{1/4}$ .....(2-3)이 되고 尾崎<sup>5)</sup>들의 判別式에도 底質粒徑에 따른 適用限界가 있다.

한편  $\omega_0 \alpha d_{50}^{1/2}$ 로서 나타나는 領域에서는 式(2-2)로부터

$$\frac{d_{50m}}{d_{50p}} = \left( \frac{\omega_0 50m}{\omega_0 50p} \right)^2 = \lambda \dots \dots \dots (2-4)$$

가 되고 底質縮尺은 幾何學的의 縮尺과 같게되어 (1)의 相似條件에 부합한다. 또한 0.015cm <  $d_{50}$  < 0.4cm에서의 沈降速度는

$$\omega_0 \alpha d_{50}^n, 1/2 < n < 2 \dots \dots \dots (2-5)$$

로 나타나나 式(2-5)중의  $n$ 는 다시  $d_{50}$ 의 函數가 된다. 그러나 式(2-5)중의  $n$ 의 函數形이 明白하지 않으므로  $d_{50p}$ 에 대한 沈降速度  $\omega_{0p}$ 를 Yalin의 圖表<sup>6)</sup>에서 읽고 式(2-3)의 관계로부터  $\omega_{0m}$ 을 구하고 다시  $\omega_{0m}$ 을 이 圖表로부터 구하여 模型底質의 粒徑을 決定할 수가 있다. 따라서 우리들은 實驗對象海濱이 있

면 式(2-3), (2-4), (2-5)중의 어느하나로 模型底質의 粒徑 即 底質縮尺이 決定될 것이다.

### 3. 時間縮尺의 決定法

地形變動의 時間縮尺은 漂砂의 連續方程式으로부터 決定된다. 즉 Fig.1과 같이 海岸線에 直角方向의 靜水面上에  $x$ 軸을 취하고 海岸線과 直角方向의 單位幅,

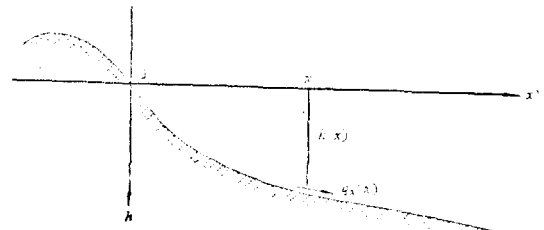


Fig. 1. Schematic diagram of two dimensional beach profile

單位時間當의 漂砂量을  $q_x$ , 靜水面上에서 鉛直下方에  $h$ 軸 海底砂의 空隙率을  $\epsilon$ , 地形變動에 對한 時間을  $t$ 라 하면 漂砂의 連續方程式은 다음과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \left( \frac{1}{1-\epsilon} \right) \cdot \frac{\partial q_x}{\partial x} \dots \dots \dots (3-1)$$

式(3-1)에 있어서의 各己의 模型과 原型의 比가 같도록 하는 것으로부터 地形變動의 時間縮尺  $n_t$ 는 다음과 같다.

$$n_t = \lambda^2 \cdot n(1-\epsilon)n_{q_x} \dots \dots \dots (3-2)$$

그러나 空隙率  $\epsilon$ 은 模型과 原型의 海底砂에서 거의 같다고 생각되어지므로 결국 式(3-2)로부터

$$n_t = \lambda^2 \cdot n_{q_x} \dots \dots \dots (3-3)$$

이 얻어진다.

다시 一般으로 海岸線과 直角方向漂砂量  $q_x$ 는 Mad-sen<sup>9)</sup>에 의해서 다음과 같은 關係가 얻어졌다.

$$\frac{q_x}{\omega_0 d_{50}} \propto \left( \frac{U_*^2}{\sigma' g d_{50}} \right)^3 \dots \dots \dots (3-4)$$

그러나 많은 二次元 海濱斷面 變形에 관한 實驗에 있어서 認定되고 있는 事實로서 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 增加와 함께 減衰하고 海濱斷面은 드디어 實際(net)의 海岸線과 直角方向 漂砂量이 零이되어 平衡斷面을 形成하게 된다.

즉 2次元 海濱斷面 變形에 관한 實驗에 있어서는 波浪의 作用開始直後에 最大가 되고 時間적으로 減衰해서 零에 漸近한다고 하는 海岸線과 直角方向 漂砂量의 時間變化를 考慮하지 않으면 안된다. 이와같은 海岸線과 直角方向 漂砂量의 時間變化에 對해서 樁木들은 다음 式(3-5)과 같이 定立化해서 解析하고 있다.

$$q_x = q_{x_0} \cdot \exp\left(-A \cdot \frac{t}{T}\right) \dots\dots\dots (3-5)$$

여기서  $q_{x_0}$ 는 波浪의 作用直後( $t=0$ )에 있어서의  $q_x$ 의 最大值이다. 또  $A$ 는 係數이다. 堆積性의 波浪에 대한  $A$ 는 浸蝕性의 波浪에 대한 것보다 큰 것으로 알려져 있다. 樁木들은 많은 研究者에 의한 2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 使用한  $N_s$ 와의 相關關係를 Fig. 2와 같이 구하였다. Fig. 2의 검은 동그라미와 흰동그라미는 각각 堆積性 및 浸蝕性의 波에 대한  $A$ 의 값이다. 實驗值가 적고 또 상당히 分散되어 있으나 그 값은  $A \propto N_s^4$ 으로 表示할 수 있다.

따라서 式 (3-5)로부터  $q_x$ 의 縮尺은

$$n_{q_x} = n_{q_{x_0}} \cdot \exp\left\{-\left(A_m \frac{t_m}{T_m} - A_p \frac{t_p}{T_p}\right)\right\} \dots\dots (3-6)$$

이 된다. 여기서 模型과 原型에서 同一波數  $M$ 만큼 波浪이 來襲한 後의 海岸線과 直角方向 漂砂量의 縮尺을 생각한다.

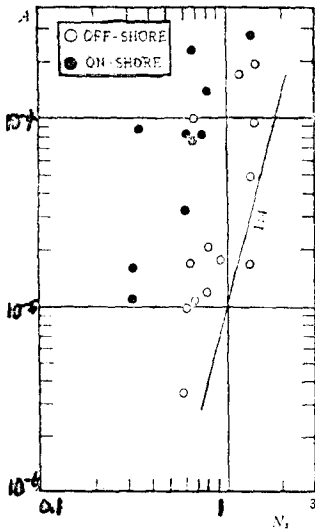


Fig. 2. Relation between  $A$  and  $N_s$

즉 式 (3-6)에서  $\frac{t_m}{T_m} = \frac{t_p}{T_p} = M$ 이라 두고 式 (3-6)을 變形하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} n_{q_x} &= n_{q_{x_0}} \cdot \exp\left\{-\left(A_m \frac{t_m}{T_m} - A_p \frac{t_p}{T_p}\right)\right\} \\ &= n_{q_{x_0}} \cdot \exp\{-(n_A - 1)A_p M\} \dots\dots\dots (3-7) \end{aligned}$$

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

$$n_A = n_{N_s^4} = n \left\{ \frac{H_0/T}{\sqrt{\sigma' g d_{50}}} \right\}^4 = \lambda^2 \cdot n^{-2} d_{50} \quad (3-8)$$

다시 式(3-5)의  $q_x$ 도 式 (3-4)와 같이 나타내면 그 縮尺  $n_{q_{x_0}}$ 는

$$n_{q_{x_0}} = \left\{ \left( \frac{u^2}{\sigma' g d_{50}} \right)_m / \left( \frac{u^2}{\sigma' g d_{50}} \right)_p \right\}^3 \left\{ \frac{(\omega_0 d_{50})_m}{(\omega_0 d_{50})_p} \right\}$$

가 되고  $n_u = n_{\omega_0} = \lambda^{1/2}$ 을 考慮하면  $n_{q_{x_0}}$ 는 다음 式(3-9)

와 같이 된다.

$$n_{q_{x_0}} = \lambda^{1/2} n_{d_{50}}^{-2} \dots\dots\dots (3-9)$$

式 (3-3)에 式 (3-7), (3-8), (3-9)를 代入하면

$$\begin{aligned} n_t &= \lambda^2 n_{q_{x_0}}^{-1} \cdot \exp\{(n_A - 1)A_p M\} \\ \therefore n_t &= \lambda^{-3/2} \cdot n_{d_{50}}^{-2} \cdot \exp\{(\lambda^2 \cdot n_{d_{50}}^{-2} - 1)A_p M\} \\ &\dots\dots\dots (3-10) \end{aligned}$$

가 된다. 따라서 幾何學的 縮尺入 底質縮尺  $n_{d_{50}}$  및 波浪의 作用時間  $M\left(-\frac{t}{T}\right)$ 이 決定되면 式 (3-10)에 依하여 時間縮尺  $n_t$ 를 구할 수 있다.

#### 4. 再現性을 確認하기 위한 水理實驗

##### 4.1. 實驗對象地域의 海濱狀況 및 海象<sup>10, 11)</sup>

###### 1) 海濱斷面形狀

Fig. 3에서 前濱의 長이는 약 30m정도이고 어떤 곳은 防波堤에 의한 漂砂堆積의 影響으로 약 80m의 長 前濱을 가진 곳도 있다. 또 汀線에서는 水深 약 6m까지의 海底傾斜는 대략 1/7로 가파르고 그보다 깊은 곳은 1/25의 海底傾斜로 되어 있다.

###### 2) 底質特性

實驗對象地域의 물 가선 부근의 平均粒徑은 4~10mm 水深 3m부근은 50~200mm, 水深이 5m보다 깊은 곳은 1mm以下이므로 本實驗에서는 물가선 부근의 平均粒徑  $d_{50}=5$ mm를 現地의 代表粒徑으로 보았다.

###### 3) 물가선 및 水深變化

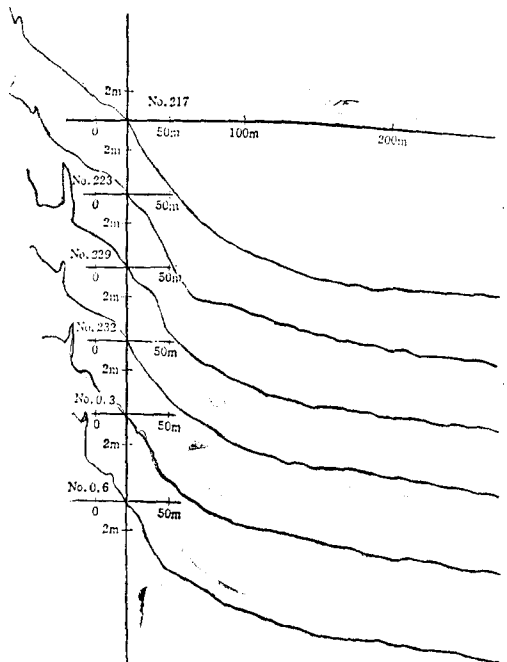


Fig. 3. Beach profiles in the field

實驗對象海濱에서의 물가선과 水深變化量的 測量結果와 現地 聽聞調查로부터 當該 海濱斷面은 夏期の 낮은 波浪時는 거의 平衡狀態에 있고 冬期는 低氣壓의 通過에 따른 數日 정도 續繼되는 높은 波浪에 의해서 一時的으로 砂濱이 浸蝕된다. 그러나 높은 波浪이 있을 후 平常時의 낮은 波浪에 의해서 砂濱이 回復됨을 알았다. 이 海濱은 1~2週間的 短期間 單位로 斷面變形을 反復하고 있는 것이라 생각된다. 이와 같은 短期間的 海濱變動의 鉛直方向의 振幅은 물가선 가까이에서 1~3m 이고 물가선 前進 後退幅은 10m정도로 觀測되었다.

#### 4.2. 實驗對象波浪의 決定

本 實驗에서는 現地海濱에 있어서의 몇년동안의 週期波高觀測記線<sup>(10,11)</sup>으로 부터 堆積性을 보이는 波浪中 가장 큰 값인  $H_0=1.5m$ ,  $T=7sec$  또 冬期波浪中 4種 및 既往最大波浪인  $H_0=8.1m$ ,  $T=13.3sec$  등 도합 6種類를 實驗對象波浪으로 選定하고 Table. 1에 綜合하였다.

Table 1. Wave characteristics used in the experiment(in the Field)

Wave No	$H_0(m)$	$T(sec)$	$H_0/L_0$	$N_s$
W-1	1.5	7	0.0156	0.75
W-2	3.0	7	0.0392	1.51
W-3	4.0	10	0.0256	1.41
W-4	4.5	12	0.0200	1.32
W-5	8.1	13	0.0307	2.19
W-6	4.5	7	0.0589	2.26

#### 4.3. 模型縮尺의 決定

##### 1) 幾何學的 縮尺의 決定

本 實驗에서는 實驗水槽의 크기 및 碎波에 대한 縮尺 効果에 대한 Diephuis<sup>12)</sup>의 實驗結果를 考慮하여 幾何學的 縮尺을  $\lambda=1/30$ 로 했다. 이때 Table. 1의 現地波浪은 Froude法則에 따라 다음 Table. 2와 같이 縮尺되었다.

Table 2. Wave characteristics used in the experiment(in the field)

wave No	$H_0(cm)$	$T(sec)$	$H_0/L_0$
W-1	5.0	1.28	0.0196
W-2	10.0	1.28	0.0391
W-3	13.3	1.83	0.0255
W-4	15.0	2.19	0.0200
W-5	27.0	2.73	0.0308
W-6	15.0	1.28	0.0588

##### 2) 底質縮尺의 算定

現地 底質砂의 平均粒徑  $d_{50p}=0.5cm$ 이므로 式(2-5)에 의하여  $d_{50p}=0.5cm$ 에 對한 沈降速度  $\omega_{0p}$ 를 Yalin의 圖表<sup>13)</sup>에서 읽어  $\omega_{0p}=44cm/sec$ 를 구하였다.  $\omega_{0m}$ 은 式(2-2)로부터

$$\omega_{0m} = (\lambda)^{1/2} \omega_{0p} = 8cm/sec$$

가 되고 이  $\omega_{0m}$ 에 對應하는  $d_{50m}$ 을 역시 Yalin의 圖表에서 읽어  $d_{50m}=0.05cm$ 인 底質粒徑을 模型底質砂로 決定하였다.

이때 底質粒徑의 縮尺은

$$\frac{d_{50m}}{d_{50p}} = \frac{0.05cm}{0.50cm} = \frac{1}{10}$$

##### 3) 時間縮尺의 算定

時間縮尺을 決定하는 式(3-10)에  $\lambda=1/30$ ,  $n_{d50}=1/10$ 을 代入하고 整理하면

$$n_t = 1.6 \exp(-0.9A_p M) \dots \dots \dots (4-1)$$

이 얻어진다.

Table. 1로부터 現地の  $N_s (=N_{s,p})$ 는 1~2의 範圍에 있으므로 Fig. 2로부터 現地の  $A=(A_p)$ 의 값을 外插하면 대략  $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 이라 推定된다.

따라서 式(4-1)로부터 地形變動의 時間縮尺  $n_t$ 는 造波開始 直後에는

$$e^{-0.9A_p M} \approx 1.0$$

이 되므로

$$n_t \approx 1.6$$

즉 模型의 造波時間의 약 1/1.6이 現地時間에 該當하나 造波數  $M$ 의 增加와 함께 時間縮尺은 指數函數의 으로 減少해 간다.

現地の  $A$ 의 平均값은  $5 \times 10^{-4}$ 정도이므로

$$M=100 \text{波에서 } n_t \approx 1.5$$

$$M=500 \text{波에서 } n_t \approx 1.2$$

$$M=1,000 \text{波에서 } n_t \approx 1.02$$

$$M=5,000 \text{波에서 } n_t \approx 0.17$$

$$M=10,000 \text{波에서 } n_t \approx 0.02$$

本 實驗對象波浪의 平均週期를 10秒라하면 이 波浪이 20時間 來襲했을 때 來襲波數  $M$ 는 7,200波가 되므로 이때의 地形變動 時間縮尺

$$n_t \approx \frac{1}{16}$$

이다. 따라서

$$\therefore t_m = 75 \text{分}$$

이 된다.

#### 4.4. 實驗種類

基本的인 橋脚의 形狀은 直徑 4m의 圓柱로 하였고 護岸斷面은 鉛直堤防을 1/30로 縮尺한 것을 對象으로

Table 3. Cases of the experiment

Cases of the experiment	Waves	Structure	Artificial slope	Dike site	Remarks	
N-1	W-1	none	1/10	none	N : Natural beach	
N-2	W-2	〃	〃	〃		
N-3	W-3	〃	〃	〃		
N-4	W-4	〃	〃	〃		
N-5	W-5	〃	〃	〃		
N-6	W-6	〃	〃	〃		
C-1	W-1	Cylindrical pier	1/10	Shore line $x X_b=0, R/3, 2/3l_R$	$x$ : Distance measured from shore line to dike site $l_R$ : Distance measured from shoreline to the point of maximum run-up of initial beach $X_b$ : Distance measured from shoreline to the breaking point C : Column	
C-2	W-2		〃			〃
C-3	W-3		〃			〃
C-4	W-4		〃			〃
C-5	W-5		〃			〃
C-6	W-6		〃			〃
V-1	W-1	Vertical wall	1/10, 1/15, 1/20	$x/X_b = -0.2, -0.52, -0.45, 0$ $x/X_b = 0, -0.2, -0.45, 0$ $x/X_b = 0, -0.1, -0.2$	$x/X_b > 0$ : Off-shore $x/X_b < 0$ : On-shore V : Vertical wall	
V-2	W-2		〃			〃
V-3	W-3		〃			〃
V-4	W-4		〃			〃
V-5	W-5		〃			〃
V-6	W-6		〃			〃

하였다. 護岸 및 橋脚의 基本的인 設置位置는 물가선 및 물가선과 初期平衡海濱에서의 最大廻上點 사이를 3等分한 2點을 택하였다. 以上の 實驗種類를 Table 3에 綜合하였다.

4.5. 實驗裝置 및 方法

길이 27m 높이 1.9m, 幅 1.5m, 로서 그 한쪽면의 一部를 유리板을 붙인 二次元 造波水槽를 使用하였다. 造波裝置의 反對쪽에는 Fig. 4와 같이 傾斜 1/20의 鋼製水路床을 設置하고 水深 25cm보다 얕은곳은 1/10, 1/15, 1/20의 세가지 傾斜로 그보다 깊은 곳은 1/20의 傾斜가 되겠끔  $d_{50} = 0.5mm$ 의 混合砂를 깔아서 模型海濱으로 하였다. 또 實驗水槽는 한번에 두종류의 實驗이 되도록 水槽의 中央에 두께 12mm의 防水合板으로 칸

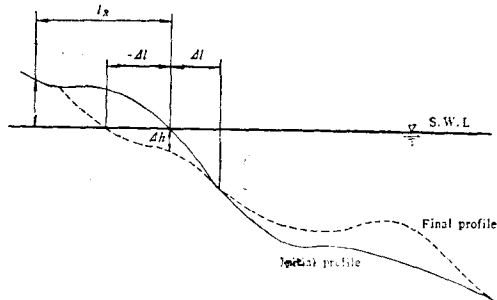


Fig. 4. Schematic representation of the experiment flume

막이 하여 두개의 水路로 만들었다.

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

實驗은 다음 順序로 하였다.

i) 먼저 水深 25cm보다 깊은 곳은 1/20, 25cm보다 얕은곳은 1/10(1/15, 1/20)의 傾斜가 되도록 整地한다.

ii)  $\omega - 1(H_0 = 5cm, T = 1.28sec)$ 의 波浪 2시간 作用시켜서 現地 初期海濱斷面을 만들고 이 平衡斷面을 測定한다.

iii) 다음에 Table. 3에서 나타낸 圓柱橋脚과 鉛直堤防을 設置位置마다 設置하고 波浪의 作用時間이 5分, 15分, 30分, 70分이 될때마다 造波를 中止하고 海濱斷面 形狀을 測定한다.

4.6. 模型實驗의 再現性

1) 海濱斷面의 再現性

水深 25cm보다 얕은곳은 1/10, 25cm보다 깊은 곳은 1/25로 整地한 뒤  $\omega - 1(H_0 = 5cm, T = 1.28sec)$ 의 波浪을 2時間 作用시킨 후의 海濱斷面이 어느정도 現地 海濱을 再現하고 있는가를 檢討한 것이 Fig. 5이다.

Fig. 5의 實線은 Fig. 3에서 보인 現地の 다섯개의 海濱斷面을 물가선이 一致되겠끔 그린 것이다.

Fig. 5에서 圓點(○)은 實驗으로 再現된 初期平衡海濱斷面의 平均的인 形狀을 나타낸 것이다.

Fig.5에서와 같이 물가선에서 外海쪽 50cm(現地에서 15m), 水深 6cm(現地에선 1.8m)까지는 現地地形에 거의 같도록 再現되었고 물가에선 100cm(現地에서

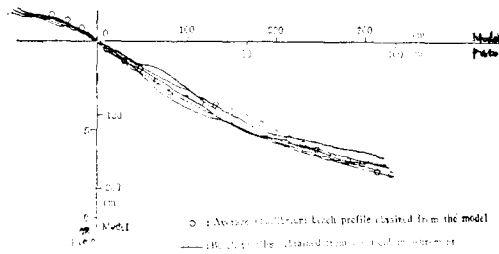


Fig. 5. Comparison between profile of natural and model beach

는 30m), 水深 12cm(現地에선 3.6m), 까지는 약간의 差異가 있기는 하지만 (模型海濱傾斜가 急하게 되었다), 종래의 移動床水理實驗의 再現性에 比較해 良好한 再現性을 보이고 있다.

2) 自然海濱의 變形過程에 있어서의 再現性

Table. 4는 初期海濱斷面에 各各의 波浪을 入射시킨 直後의 물가선에서 最終 遡上點까지의 水平距離 波浪의 作用後 70분이 經過한 후의 물가선位置의 變化量  $\Delta l$ (前進을 +)이고 初期물가선의 水深變化量  $\Delta h$ (堆積을 +)의 模型에서 測定한 값과 그 값들을 原型으로 換算하여 比較한 것이다.

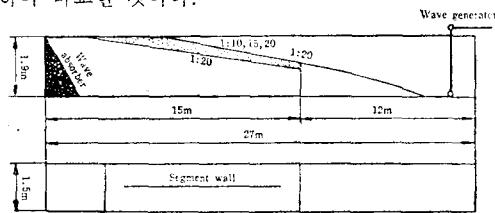


Fig. 6. Schematic representation of the symbols

Table. 4 Values of  $l_R$ ,  $\Delta l$  and  $\Delta h$  in the model in the field

	$l_R$		$\Delta l$		$\Delta h$	
	Model	Field	Model	Field	Model	Field
C-1-0	67 cm	20m	3cm	0.9m	0.6cm	0.18m
C-2-0	83cm	25m	-20cm	-6.0m	-2.3cm	-0.70m
C-3-0	113cm	30m	3cm	0.9m	0.8cm	0.24m
C-4-0	137cm	41m	-5cm	-1.5m	-1.1cm	-0.33m
C-5-0	130cm	39m	-37cm	-11.1m	-5.2cm	-1.56m
C-6-0	60 cm	18m	-23cm	-6.9m	-2.6cm	-0.78m

또 Fig.6은 平均前濱傾斜를 1/7이라 하여 Table. 4의  $l_R$ 로부터 구한 遡上高  $R$ 을 深海波波高로서 無次元化한 無次元遡上高  $R/H_0$ 와 波形傾斜  $R/L_0$ 의 關係를 나타낸 것이다.

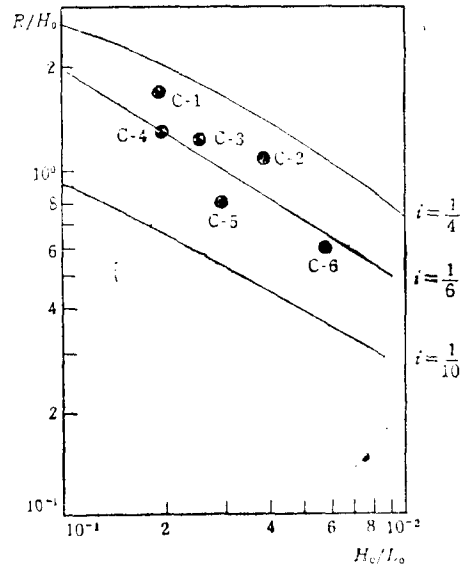


Fig. 7. Relation between  $R/H_0$  and  $H_0/L_0$

Fig. 7에서는 Savage에 의해서 행해진 滑面上的의 遡上高에 관한 實驗結果를 上屋<sup>8)</sup>들이 再整理한 實驗曲線도 나타내었다. Fig. 7에서 보는 바와같이  $R/H_0$ 의 값들이 上屋들이 滑面에 대해서 구한 海底傾斜1/6의 曲線에 대체로 近接하고 있는 것은 本實驗의 一般性을 立證하는 것이다. 또 물가선의 後退 또는 水深의 變化를 나타내는 Tabel. 4의 結果로부터 既往最大波 W-5 ( $H_0=27cm$ ,  $T=2.37sec$ )의 波浪에 의해서 물가선은 37cm 後退하고 水深은 약 5cm의 浸蝕을 받고 있으나 이들은 原型으로 換算하면 약 11cm의 물가선 後退, 1.5m의 水深 增加가 되는 것이며, 또 1년에 數回 來襲하는 W-2 또는 W-6에 의한 물가선 變化量은 原型으로 換算해서 水深 약 80cm의 增加 물가선 약 7m정도 後退하는 地形變動을 한 것이 된다. 이 사실을 現地에서의 물가선의 前進 後退量의 調査 圓柱의 露出高 調査<sup>10,11)</sup> 및 現地の 聽聞調査등에 의한 값과 水理模型 實驗結果와 比較하였더니 좋은 再現性을 나타내었다.

Table. 5. Comparison between the scour depth obtained from the experiments and observed in the Field

Experiment Cases	Experiment Scour depth		Field Scour depth
	Model	Conversion	
V-6-3	-7.2cm	-2.16m	-
C-6-3	-1.5cm	-0.45m	-
Total	-8.7cm	-2.61m	-2.80m

洗掘深에 대한 實測値와 實驗値의 具體的인 例를 들면 Table. 5와 같다. 이는 圓柱橋脚의 設置에 따른 局所洗掘深과 海岸堤波設置로 인한 圓柱 橋脚 設置地點의 洗掘을 각각 別도의 實驗에 依해 測定한 값들과 1980年 12月 24~25日 사이의 높은 波浪(대략 W-6와 흡사함)에 의해 實測된 圓柱橋脚의 洗掘深을 比較한 것이다.

Table. 5에서 보는 바와 같이 模型과 現地에서의 洗掘深의 값은 대단히 近似하고 7%의 誤差밖에 없다.

## 5. 結 語

本研究는 現地 海濱에서의 그 再現性을 確認할 수 있는 事例研究를 통하여 海濱 地形變動에 關한 水理模型實驗에 있어서의 가장 어려웠던 問題인 底質縮尺 및 時間縮尺을 決定하는 한方法을 얻은 것이다. 實驗時間上 底質 및 時間縮尺은 幾何學的 縮尺만에 대한 實驗結果였으므로 幾何學的 縮尺을 달리하여 研究를 繼續하고 있다.

## 6. 참고문헌

- 1) 破村繼夫, “自然海濱における 汀線位置의 時間的變化에關する 豫測モデル”, 海岸工學講演會論集, 第27回, pp. 255~259(1980)
- 2) 榎木亨, 出口一郎, “On-off Shore Sediment Transport Rate in the Surfzone”, Inter. Conf. on Coastal Eng., Proc. 17th(投稱中)

- 3) 尾崎晃, 渡邊搖, “波による 二次元汀線變化의 相似にする 實驗的研究”, 海岸工學講演會論文集, 第23回, pp. 200~205(1976)
- 4) 榎木亨, “海濱過程と その豫測”, 水工學シリーズ 77-B-5, pp. 1~16(1977)
- 5) 榎木亨, 出口一郎, “Distribution of Sand Transport Rate Across a Surfzone”, Inter Conf on Coastal Eng., Proc 16th pp. 1596~1613(1978)
- 6) Yalin, M.S., Mechanics of Sediment Transport (England: pergamon Press, 1972), pp. 68~71.
- 7) Diephuis, J.G.H.R., “Scale Effects Involving the Breaking of Waves”, Inter Conf on Coastal Eng., Proc. 6th, pp. 194~210(1958)
- 8) 土屋義人, 河田惠昭, 失下忠彦, “波の 所上に及ぼす相度および 透水性의 効果”, 海岸工學講演會論文集, 第25回, pp. 160~164(1978)
- 9) Madcen, O.S. and Grant, W.D., “Quantitative Description of Sediment Transport by waves”, Inter Conf on Coastal Eng., Proc. 15th pp. 1093~1112(1976)
- 10) 國土開發技術 Center “北陸自動車道 海岸施設調査 中間報告書 日本(1980)
- 11) 榎木亨, 出口一郎, “海濱部に 設置された 橋脚, 護岸周邊의 局所洗掘及び それらが 周邊地形に 與える 影響에關する 實驗的研究”, 災害科學研究所, 日本 (1981)