

◎ 論 文

海雲臺 海水浴場에 있어서의 養濱工法에 관한 實驗的 研究⁺

閔 丙 亨* · 玉 致 律** · 劉 相 昊***

An Experimental Study on the Beach Nourishment Method of HAE UN DAE Beach

Byung-Hyung Min, Chi-Yul Ok and Sang-Ho Yu

Key Words : Beach Nourishment Method(人工養濱工法), Offshore Deposit Method(海中投砂法), Deposit Position(Pd 養濱砂의 投砂位置), Nourishing Sand(養濱砂), Best Diameter (養濱砂의 最適粒徑)

Abstract

A beach nourishment method can be used as one of the beach erosion protection methods which may keep coastal environments without constructing coastal structures on the HAE UN DAE beach.

The beach nourishment is affected by a natural condition and artificial condition; a natural condition includes conditions of bottom slope, diameter of bottom materials and waves, and artificial conditions include deposit position, method, diameter and quantity of the nourishing sand.

It has been accomplished to obtain the deposit position and the best diameter of the nourishing sand from a two-dimensional hydraulic model test, which simulates the erosional HAE UN DAE beach.

In this study, the protection of the beach erosion can be maximized when the nourishing sand of 3.3mm in diameter, which is about 5.5 times of the bottom materials in diameter, is deposited layerly in front of the breaker zone which has a water depth of 4.6m.

1. 序 論

社會活動이 海岸地域에 集中되어 있기 때문에 海岸地帶는 거의 飽和狀態에 이르기 까지 利用되고 있

다.

海岸浸蝕을 일으키는 主要原因은 다음의 2個項으로 나눌 수가 있다. 그 첫째는 河川으로 부터의 流送土砂의 變化이다. 上流部에 많은 댐을 建設하기 시작하여 河川流域의 開發 때문에 이것들이 直接 海岸에 있

⁺ 1986年度 韓國海洋工學會 秋季學術大會 發表(1986年 12月)

* 正會員, 東亞大學校 工科大学 土木工學科

** 正會員, 密陽農蠶專門大學 農業土木科

*** 正會員, 東亞大學校 大學院

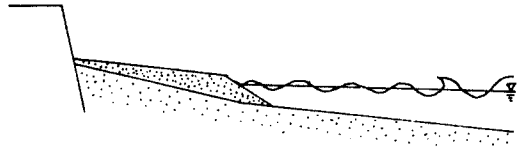
어서 漂砂源의 減少로 되고 海岸浸蝕을 大幅으로 助長하고 있다. 들쭉는 構造物의 設置에 따른 影響이다. 海岸線에 構造物을 設置하면 來襲波는 그 構造物에 의하여 屈折, 回折, 反射의 影響을 받고 引接 海岸에 뿐만 아니라 比較的 멀리 떨어진 海岸까지 影響을 미치고 그 波의 變化가 그곳의 海濱變形의 큰 原因이 되는 수가 많다. 또, 直接的인 漂砂의 阻止機能은 漂砂가 흘러들어오는 쪽에 顯著하게 堆積을 나타내고 동시에 漂砂가 흘러나가는 쪽에 顯著하게 汀線이 後退하는 例가 많다.

이러한 側面에서 海雲臺 海水浴場은 最近 10餘年間 海濱의 浸蝕으로 인한 海水浴場의 砂場面積이 顯著하게 줄어들고 있으므로 이에 대한 對策을 時急히 講究해야할 때가 되었다.

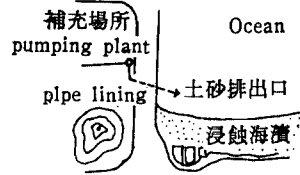
그러나 海雲臺 海水浴場과 같은 레크리에이션場으로서의 海濱에 海岸構造物을 設置할 경우에는 周圍景觀의 毀損 및 水質汚濁의 問題點이 擡頭되므로 海岸構造物 設置의 方法보다는 人工養濱에 의해 海濱을 維持하는 方法이 좋다고 생각된다.

養濱工法¹⁻²⁾에는 모래를 補給하는 位置와 方法등에 따라서 Fig.1과 같이 (a) 前濱에 直接 모래를 깔아서 砂濱을 維持하는 直接置砂法, (b) 連續的으로 모래를 pumping하여 補給하는 連續給砂法, (c) 汀線附近에 모래를 貯留해 두는 貯留砂法, (d) 外濱에 모래를 投砂하는 海中投砂法 등이 있는데, 直接置砂法의 경우 一時的인 砂濱維持는 되지만 養濱砂의 深海로의 流出防止를 위해서는 潛堤나 離岸堤등의 海岸構造物을 設置해야 하므로 海岸의 自然環境保全의 觀點에서는 좋지 않다. 또한 連續給砂法은 모래를 連續的으로 補給할 수 있는 補充場所와 吸入方法, 輸送能力 등의 여러가지 問題가 있고, 貯留砂法은 一定量의 모래를 汀線附近에 쌓아두어 波와 潮流에 의해 모래가 汀線附近으로 擴散되게 하는 方法인데 이 方法은 주로 浚渫土砂인 底質砂와 거의 同一粒徑이거나, 그 보다 작은 粒徑의 모래를 使用하므로 浸蝕性波浪의 來襲時에는 效果가 적다. 이에 반하여 海中投砂法은 外濱에 底質砂보다 粒徑이 큰 모래를 投砂하여 浸蝕性波浪의 來襲時 浸蝕區間에 投入養濱砂가 移動하여 底質砂의 保護層 役活을 함으로써 底質砂의 深海쪽 移動을 防止하여 海岸의 浸蝕制御 效果가 優秀하다. 從來, 이와같은 海中投砂法에 의한 養濱의 效果에 대해서는 Newman³⁾이나 砂村⁴⁾ 등의 研究가 있었다.

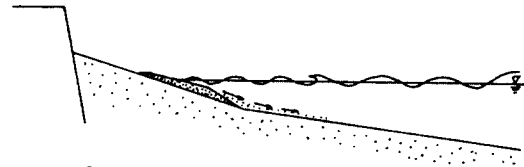
따라서 本 研究에서는 海雲臺 海水浴場에 있어서의



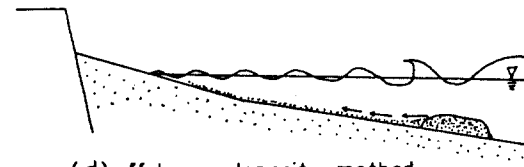
(a) Direct placement method



(b) Continuous nourishment method



(c) Stockpile method



(d) offshore deposit method

Fig. 1 Beach nourishment methods

浸蝕防止工法으로서 海中投砂法에 의한 養濱을 圖謀할 경우에 養濱砂의 投砂位置와 最適粒徑을 2次元 水理模型實驗으로 究明하고자 한다.

2. 海雲臺 海水浴場의 海象과 海濱調査

2.1 海象

海雲臺 海水浴場은 釜山市 中心部에서 北東方向에 位置하고 있으며, 海岸線 길이는 총 1.8km이고, 海濱幅은 15~60m이다. 砂濱前面은 玄海灘을 향한 外海方向으로 完全露出되어 있어 S19°W와 S34°E 方向의 波浪影響을 가장 많이 받고 있다.⁵⁾ 또한 現地 海岸에서의 波高 및 週期記錄은 전혀 없어 釜山外港에서 觀測된 資料를 利用하여 Table 1을 얻었다,

Table 1 Frequency of occurrence of wave height and period (1980~1985)

Period(sec) Height(m)	Period(sec)							Sum	Remarks units
	0~5	5~7	7~9	9~11	11~13	13~15	15≤		
<0.5	1056 (66.7)	26 (1.6)	40 (2.5)	17 (1.1)	7 (0.4)	2 (0.1)		1,148 (72.4)	times (%)
0.5~0.99		107 (6.8)	114 (7.2)	35 (2.2)	11 (0.7)	2 (0.1)		269 (17)	
1.0~1.49		39 (2.5)	46 (2.9)	10 (0.6)	4 (0.3)	1 (0.1)		100 (6.4)	
1.5~1.99		9 (0.6)	22 (1.4)	3 (0.2)				34 (2.2)	
2.0~2.49		3 (0.2)	11 (0.7)					14 (0.9)	
2.5~2.99		8 (0.5)	1 (0.1)					9 (0.6)	
3.0≤		4 (0.3)	4 (0.3)	1 (0.1)				9 (0.6)	
Sum	1056 (66.7)	184 (11.7)	245 (15.5)	70 (4.5)	23 (1.4)	5 (0.3)		1,583 (100.0)	

2.2 海濱調査

砂濱의汀線 및 海濱變化 過程을 調査하기 위하여 海濱을 20m 間隔으로 測深網을 設定하였다. 現地에서의 斷面測定은 200m 間隔으로 陸上에서는 level을 利用하여 水準測量을 行하였고, 海上에서는 六分

儀로써 位置를 定하면서 水深測量을 하였다. 海雲臺 海水浴場의 平面圖는 Fig.2와 같으며 No. 15, 23, 33, 44, 55, 65, 80地點을 代表地點으로 하였다. 1980年 1月에서 1985年 10月까지의 各 測點別 海濱斷面變化를 綜合하여 代表斷面을 圖示한 結果 Fig.3과 같았다.

Fig.3에서 보는 바와 같이 汀線에서 水深 약 3m까지의 海底傾斜는 平均 1/30이고, 그 보다 깊은 곳은 平均 1/60의 海底傾斜로 되어 있었다.

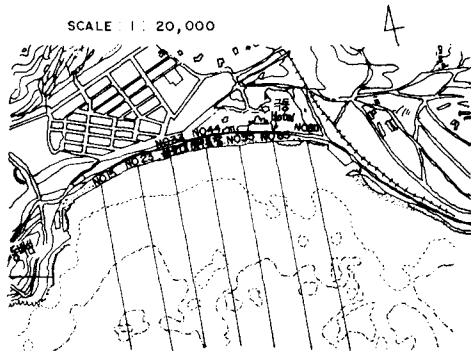


Fig. 2 Plane view of the HAE UN DAE beach

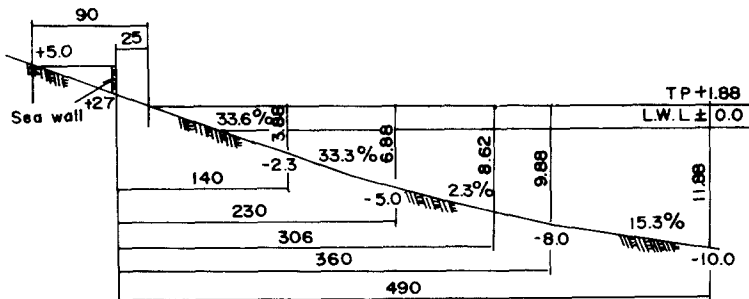


Fig. 3 A representative profile on the HAE UN DAE beach

3. 現地地形의 再現性에 관한 實驗

3.1 模型縮尺의 決定

3.1.1 幾何學的 縮尺

本 研究에서는 實驗水槽의 크기 및 碎波에 대한 縮尺效果에 대한 Diephuis⁷⁾의 實驗結果를 考慮하여 幾何學的 縮尺을 $\lambda=1/30$ 로 하였다.

3.1.2 底質縮尺

現地の 底質砂 中央粒徑은 Fig.4와 같이 $d_{50} = 0.062\text{cm}$ 이므로 $d_{50,p}$ 에 대한 沈降速度 $\omega_{0,p}$ 를 Yalin⁹⁾의 圖表에서 읽어 $\omega_{0,p} = 10.56\text{cm/sec}$ 를 구하였다.

$\omega_{0,m}$ 은 式,

$$\frac{\omega_{0,m}}{\omega_{0,p}} = \frac{U_{*,m}}{U_{*,p}} = (\lambda)^{1.9}$$

$$\omega_{0,m} = (\lambda)^{1.9} \cdot \omega_{0,p} = 1.93\text{cm/sec}$$

가 되고 이 $\omega_{0,m}$ 에 對應하는 $d_{50,m}$ 을 역시 Yalin의 圖表에서 읽어 $d_{50,m} = 0.02\text{cm}$ 인 底質粒徑을 模型底質砂로 決定하였다. 이때 底質粒徑의 縮尺은

$$d_{50,m}/d_{50,p} = 0.02/0.06 \approx \frac{1}{3}$$

3.1.3 時間縮尺

時間縮尺을 決定하는 式

$$n_t = \lambda^{-3/2} \cdot n \cdot d_{50}^2 \cdot \exp\{(\lambda^2 \cdot n - 2^{n-1}) A_p \cdot M\}^{10}$$

으로 부터 實驗對象波浪의 平均週期를 8秒라 하면 이 波浪이 10時間來襲하였을때 時間縮尺 $n_t \approx 0.348$ 이다. 따라서 $t_m = 210\text{分}$ 으로 하였다.

3.2 模型實驗의 再現性

水深이 10cm 보다 얇은 곳은 1/30, 10cm 보다 깊

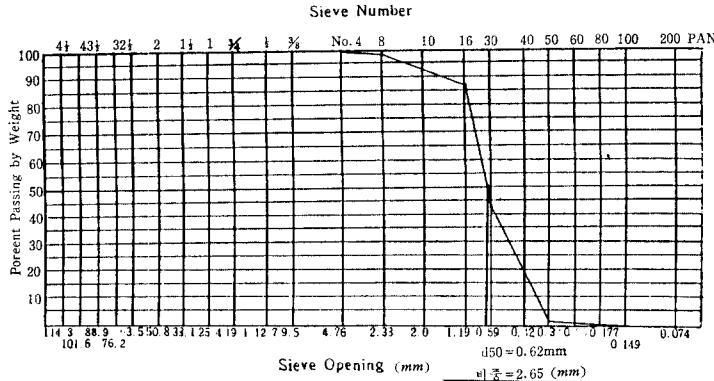


Fig. 4 Gradiation curve of sieve analysis

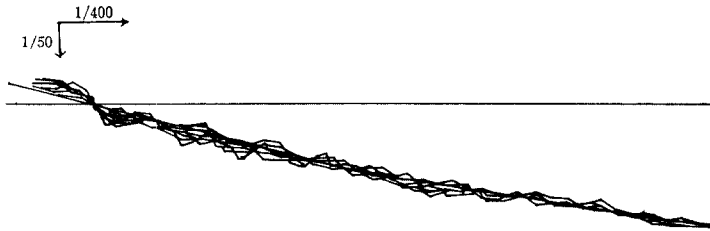


Fig. 5 Profiles of the model beach

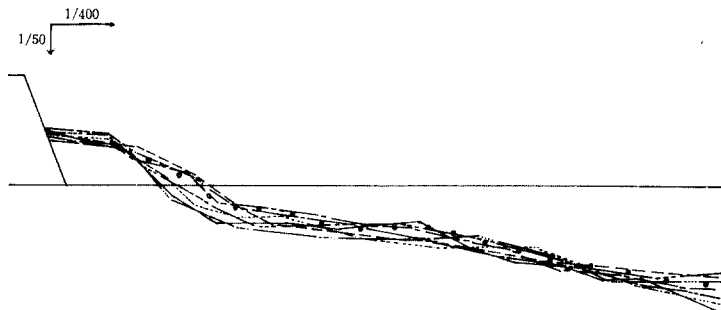


Fig. 6 Comparison between profiles of the natural and model beach

은 곳은 1/60로 整地한뒤 $H_0=3.3\text{cm}$, $T=1.46\text{sec}$ 의 波浪을 210分 作用 시킨 후의 海濱斷面은 Fig.5와 같으며, 現地海濱斷面을 再現하고 있는가를 檢討한 것이 Fig.6이다.

4. 水理實驗

4.1 實驗代表波浪의 決定

本 實驗에서는 釜山外港에서의 6年동안의 波高, 週期觀測記錄과 Johnson¹¹⁾이 堆積, 浸蝕의 判定基準을: 提案한 式을 參照하여 堆積性을 보이는 波浪중 가장 큰 波인 $H_0=1.0\text{m}$, $T=8\text{sec}$ 와 浸蝕性을 보이는 波浸인 $H_0=3.0\text{m}$, $T=8\text{sec}$ 의 2種類를 實驗代表波浪으로 選定하였다.

4.2 實驗裝置

本 實驗에서는 길이 25.2m × 높이 1.0m × 幅 0.6m 인 Flap型 2次元 水理模型水槽를 使用하였다.

4.3 實驗方法

- 1) 먼저 水深 10cm 보다 깊은 곳은 1/60, 10cm 보다 얇은곳은 1/30의 傾斜가 되도록 整地한다.
- 2) $C_{1-0}(H_0=3.3\text{cm}, T=1.46\text{sec})$ 의 波浪 210分 作用시켜 現地 初期平衡海濱斷面을 만들고 이 平衡斷面을 測定한다.
- 3) 養濱砂 投砂位置는 Fig.7과 같이 ① 碎波帶後面, ② 碎波帶, ③ 碎波帶前面, ④ 深海의 4곳으로 하였는데, 碎波帶後面에 投砂時는 碎波點으로부터 陸地쪽으로 50cm 區間에 하였고, 碎波帶에 投砂時는 碎波點을 中心으로 陸地쪽과 外海쪽으로 各 25cm 區間에 하였다. 그리고 碎波帶前面에 投砂時는 碎波點

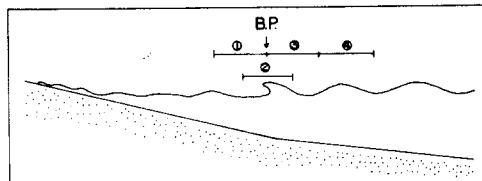


Fig. 7 Deposit positions of the nourishing sand

으로부터 外海쪽으로 50m 區間에 하였고, 深海에 投砂時는 碎波帶 前面으로부터 外海쪽으로 50cm 區間에 各各 길이 50cm × 높이 2.5cm × 幅 40cm 로 投砂하여 單位幅當의 投砂量은 $125\text{cm}^3/\text{cm}$ 로 하였다.

4) 波浪의 作用時間이 30分, 90分, 150分, 210分이 될때마다 造波를 中止하고 海濱斷面形狀을 測定하고 最終造波가 끝난 후에는 汀線의 移動量을 測定하고 內徑 30cm 의 유리막대로 一定區間마다 放射狀으로 底質을 採取하여 養濱砂의 鉛直分布狀況(重量 percentage)을 測定하였다.

5. 實驗結果 및 考察

5.1 養濱砂의 投砂位置 決定

養濱砂의 投砂位置(P_d)를 決定하기 위한 實驗에 使用한 養濱砂의 中央粒徑($d_{50,n}$)과, 碎波帶後面 碎波帶, 碎波帶前面 및 深海의 各 投砂水深(h_i)와 汀線의 移動量 l 의 값을 Table 2와 같다.

Table 2의 實驗結果로부터 汀線의 移動量 l 과 波長 L_0 및 各 投砂水深 h_i 와 波高 H_0 를 無次元化한 l/L_0 와 h_i/H_0 의 關係를 plot한 結果 Fig.8 및 9과 같다.

Fig.8의 堆積波의 경우 $h_i/H_0=16\sim 2.6$ 의 範圍에서는 $h_i/H_0=2.2$ 인 때가 顯著한 堆積反應을 보였고,

Table 2 Test case to determine P_d (in the model)

Case No.	$H_0(\text{m})$	$T(\text{sec})$	H_0/L_0	N_s	$d_{50,n}(\text{mm})$	$h_i(\text{cm})$	$l(\text{cm})$	Remark	
C_{1-0}	1.0 (0.033)	8 (1.46)	0.010 (0.009)	1.25 (0.40)	0.38		4.3	h_i : accretion	
C_{1-1}							5.2		4.9
C_{1-2}							6.6		6.0
C_{1-3}							7.2		6.3
C_{1-4}							8.6		5.7
C_{2-0}	3.0 (0.099)	8 (1.46)	0.030 (0.030)	3.75 (1.19)	0.38		10.3	l : erosion	
C_{2-1}							14.3		9.2
C_{2-2}							14.7		8.3
C_{2-3}							15.3		7.7
D_{2-4}							16.5		8.4

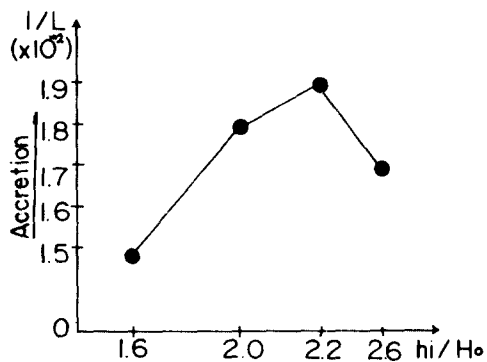


Fig. 8 Relation between l/L_0 and h_i/H_0

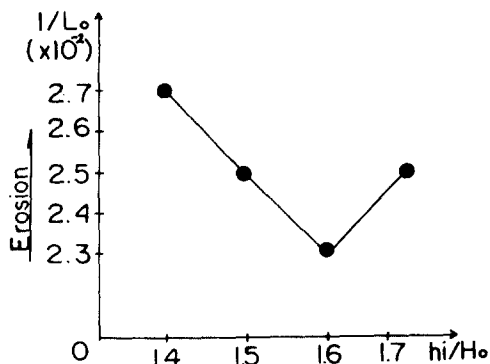


Fig. 9 Relation between l/L_0 and h_i/H_0

Fig.9의 浸蝕波의 경우 $h_i/H_0=1.4\sim 1.7$ 範圍에서 $h_i/H_0=1.6$ 일 때가 가장 좋았으며 碎波帶前面의 位置이다. 따라서 碎波帶前面에 投砂하는 것이 가장 좋은 實驗結果를 보여 주었다.

5.2 養濱砂의 鉛直分布狀況과 最適粒徑($d_{50,b}$)의 決定

養濱砂의 鉛直分布狀況과 $d_{50,b}$ 를 알기 위한 實驗에 使用된 各 養濱砂의 中央粒徑 $d_{50,n}$ 과 汀線의 移動量 l 의 값은 Table 3과 같다.

5.2.1 養濱砂의 鉛直分布狀況

Table 3과 같이 各 粒徑別 養濱砂를 碎波帶前面에 投砂한 다음 造波終了後 各 測點마다 放射狀으로 採取한 各 粒徑別 養濱砂의 鉛直分布狀況(重量 percentage)은 Fig.10~13과 같다.

養濱砂의 中央粒徑 $d_{50,n}=0.38mm$ 의 경우인 Fig. 10에서는 養濱砂의 約 20%程度가 投入場所에 殘留해 있고, 陸地쪽으로 約 35%程度 移動하며, 深海쪽으로 約 45% 程度가 移動하였다. 따라서 養濱砂로써 底質砂의 深海쪽 移動防止의 效果가 적었다.

養濱砂의 中央粒徑 $d_{50,n}=0.77mm$ 의 경우인 Fig.11에서는 養濱砂가 bar에 約 20%程度 含有되어 있고 陸地쪽으로 約 50% 程度가 移動하였다. 深海쪽으로 約 30%程度의 移動分布를 보이니 Fig.10의 $d_{50,n}=0.38mm$ 의 경우와 比較하면 砂質砂의 深海쪽 移動防止의 效果가 增大함을 알 수 있었다.

養濱砂의 中央粒徑 $d_{50,n}=1.10mm$ 의 경우인 Fig.12에서는 養濱砂가 bar에 約 20%程度 含有되어 있고 一部 深海쪽으로 10%程度의 分布를 보이니, 約 70%의 養濱砂가 陸地쪽으로 高르게 移動分布되어 있다. 특히 養濱砂가 底質의 表層에 多量 含有되어 있으므로 底質砂가 浮遊狀態에서 深海쪽으로 運搬되는 것을 防止할 수 있는 保護層으로서의 效果가 대단히 높음을 알 수 있었다.

養濱砂의 中央粒徑 $d_{50,n}=2.15mm$ 의 경우인 Fig. 13에서는 養濱砂의 約 60% 程度가 投入場所 附近에 殘留沈積해 있으며 深海쪽으로는 約 10%程度 移動하고, 陸地쪽으로는 約 30%程度의 分布를 보이니, 養濱砂의 粒徑이 너무 커서 移動距離가 짧고 底質砂와의 混合이 잘 施行되지 않으므로 養濱砂로써 底質砂의 保護層 效果는 적었다.

Table 3 Test case to determine $d_{50,b}$ and vertical distribution of the nourishing sand (in the model)

Case No.	$H_0(m)$	$T(sec)$	H_0/L_0	N_s	$d_{50,n}(mm)$	$l(cm)$	Remark
C_{3-0}	3.0 (0.099)	8 (1.46)	0.030 (0.030)	3.75 (1.19)		10.3	l: erosion
C_{3-1}					0.38	7.7	
C_{3-2}					0.77	5.4	
C_{3-3}					1.10	3.8	
C_{3-4}					2.15	4.9	

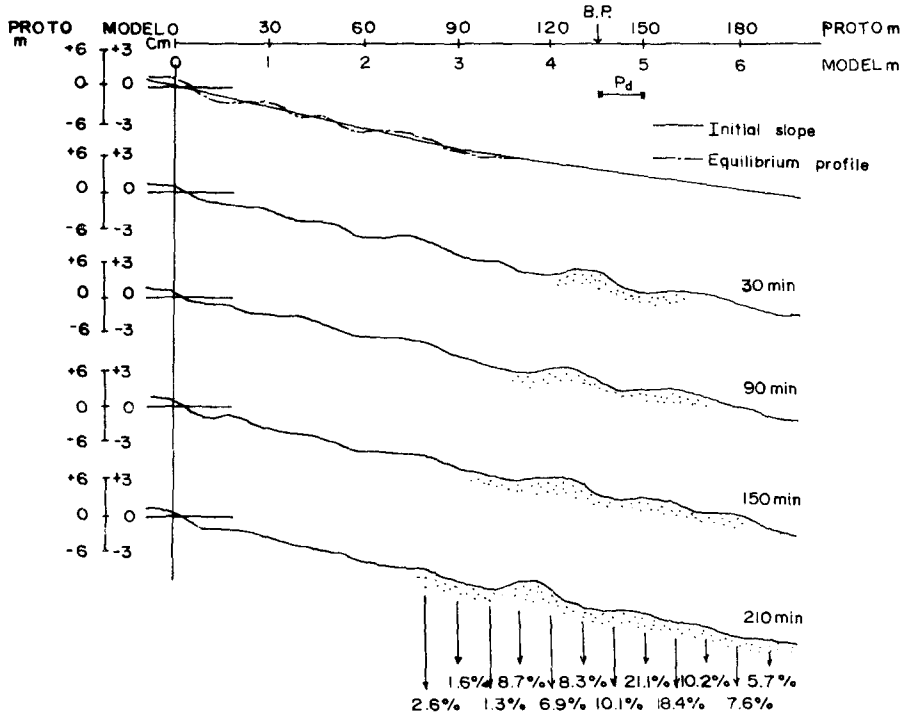


Fig. 10 Beach profiles with time elapse and vertical distribution of the nourishing sand (deposit $d_{50.n} = 0.38 \text{ mm}$)

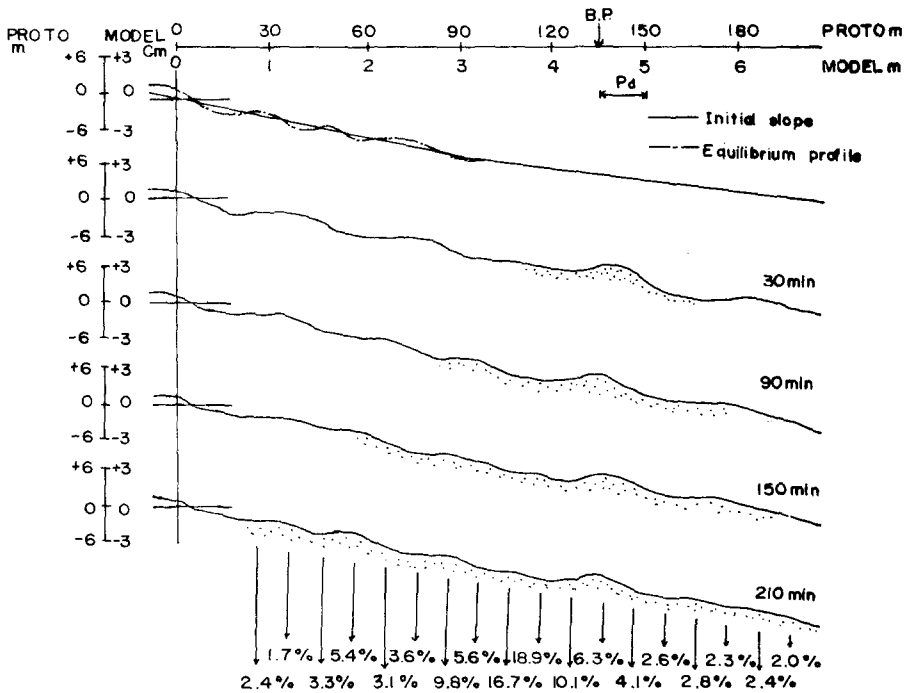


Fig. 11 Beach profiles with time elapse and vertical distribution of the nourishing sand (deposit $d_{50.n} = 0.77 \text{ mm}$)

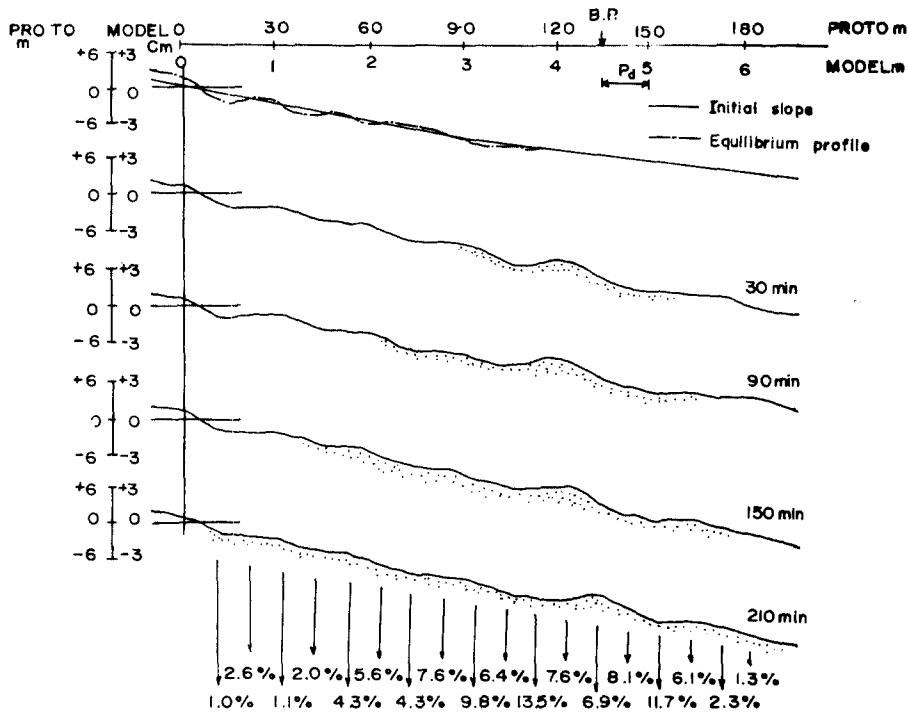


Fig.12 Beach profiles with time elapse and vertical distribution of the nourishing sand (deposit $d_{50,n} = 1.10mm$)

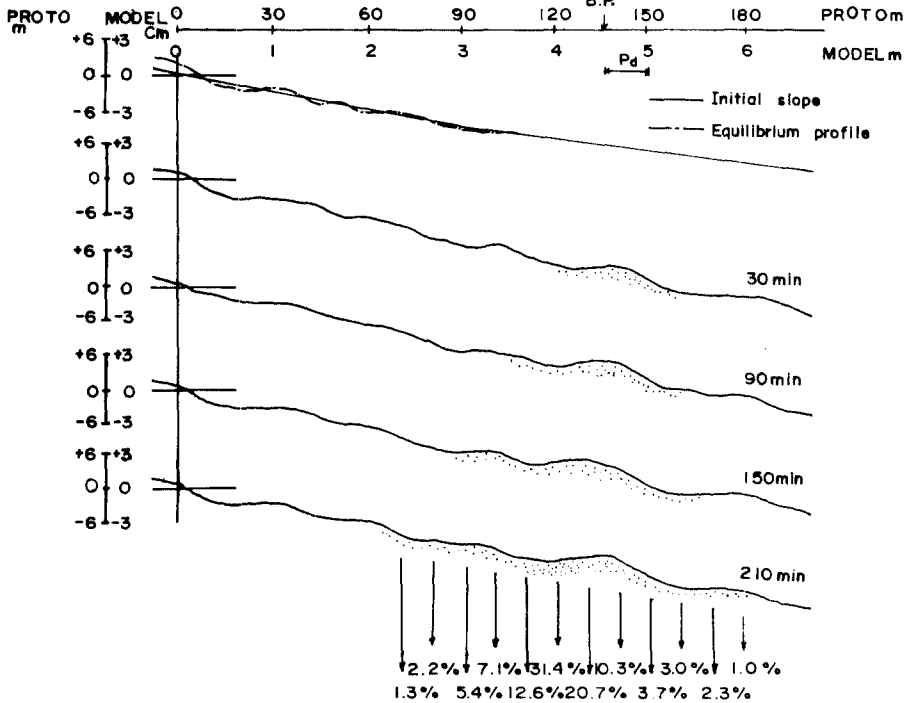


Fig.13 Beach profiles with time elapse and vertical distribution of the nourishing sand (deposit $d_{50,n} = 2.15mm$)

5.2.2 養濱砂의 最適粒徑

養濱砂의 最適粒徑($d_{50,b}$)을 알기 위하여 養濱砂의 平均粒徑($d_{50,n}$)의 變化에 따라 Table 3의 實驗結果를 얻었다. Table 3으로 부터 汀線의 移動量 l 과 波長 L_0 를 無次元化한 l/L_0 와 養濱砂의 中央粒徑 $d_{50,n}$ 와 底質의 中央粒徑 $d_{50,m}$ 을 無次元化한 $d_{50,n}/d_{50,m}$ 의 關係를 plot 하여 Fig.14를 얻었다.

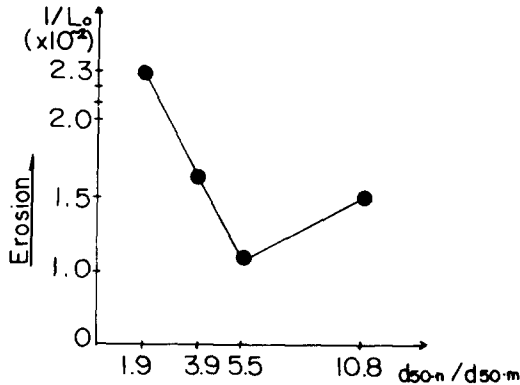


Fig.14 Relation between l/L_0 and $d_{50,n}/d_{50,m}$

Fig. 14에서 $d_{50,n}/d_{50,m}=1.9\sim 10.8$ 의 範圍에서 $d_{50,n}/d_{50,m}=5.5$ 일 때가 가장 좋은 養濱效果를 나타내었다. 또한, 養濱砂의 中央粒徑에 따른 模型에서의 汀線의 平均後退速度를 Fig.15에 나타내었다.

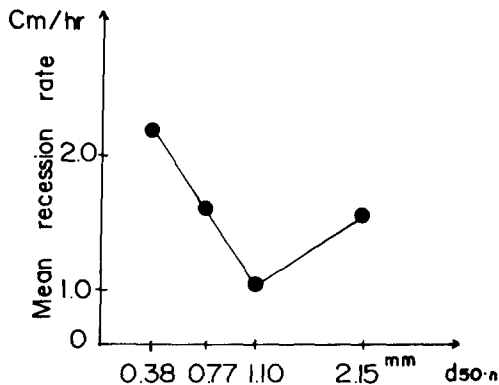


Fig.15 Relation between mean recession rate and each nourishing sand

Fig. 15에서도 $d_{50,n}=0.38\sim 2.15\text{mm}$ 의 範圍에서 $d_{50,n}=1.10$ 일 때가 模型에서의 汀線의 平均後退速度 1.08cm/hr 로 가장 낮았다.

6. 結 論

浸蝕이 進行되고 있는 海雲臺 海水浴場의 浸蝕防止工法으로서 養濱工法을 採擇하고자 할때 養濱砂의 投砂位置와 最適粒徑을 2次元 水理模型實驗으로 究明하여 얻어진 結果는 다음과 같다.

1) 養濱砂의 投砂位置를 決定하기 위한 $h_i/H_0=1.4, 1.5, 1.6, 1.7$ 의 範圍에 대한 實驗에서는 1.6일때로 碎波帶前面에 投砂하는 것이 가장 좋았다.

2) 粒徑에 따른 養濱砂의 鉛直分布狀況과 最適粒徑의 決定에서 養濱砂가 底質砂의 5.5倍일 때가 가장 좋았으며 底質砂의 深海쪽 移動防止의 效果가 좋았다.

3) 海雲臺 海水浴場의 浸蝕防止工法으로서 養濱工法을 採擇하고자 할때 碎波帶前面인 水深 約 4.6m의 位置에 海雲臺 海濱 底質砂의 約 5.5倍인 3.3mm의 養濱砂를 成層方式으로 投砂하면 좋은 養濱效果가 期待된다.

參 考 文 獻

- 1) 岩垣雄一·濱木亨, “大學講座 土木工學 25 海岸工學”, 共立出版株式會社, pp.433~437, 昭和55年 1980
- 2) 樫木亨, “防災シリーズ3 漂砂と海岸侵食”, 森北出版株式會社, pp.178~183, 1982
- 3) Newman, D.E., “Beach Replenishment-Sea Defences and a Rievew of the Role of Artificial Beach Replenishment”, Proc. Inst. Cvil Eng., 60, pp.445~460, 1976
- 4) 砂村繼夫, “大粒徑의 砂を用いた養濱工法に關する水路實驗”, 文部省科學研究費 自然災害特別研究「漂砂の動態と海岸侵食制御に關する實驗的研究」(研究代表: 樫木亨), pp.93~95, 1978
- 5) 砂村繼夫, “新工法”, 文部省科學研究費 自然災害特別研究研究成果, No. A-59-1, pp.75~91, pp.112~113, 1984
- 6) Nippon Tetrapot Co., “The Study on Shoreline Changes for Suyeong Development Project”, pp.1~162, 1984
- 7) Diephuis, J.G.H.R., “Scale Effects Involving Breaking of Waves”, Inter. Cont. on coastal

