연구논문집 제8권 제2호 p.67~74, 1979.

海岸地形變化에 關한 調査研究(1)

——海雲台海濱의 傾斜度變化를 中心으로——

沈 名 弼·咸 契 運*
土木工學科

〈要 約〉

海雲台海濱의 平均海濱面 傾斜度에 關해 海濱의 粒度分布, 波長 및 波形勾配를 求하고, 그 結果를 分析하여 海雲台海濱의 平衡狀態를 診斷하고 進行狀態를 推定하였다.

A Study on the Slope of Beach Face on HAEUNDAE

Myung Pil Sim and Gye Un Ham
Dept. of Civil Engineering

〈**Abstract**〉

The beach slope is shown to depend primarily on the size of the beach material, but also on the wave length, wave steepness.

These variables are continually changing. particulary the wave dimension, the equilibrium profile of a beach is liable to change.

And slope stability(profile stability) is dynamic equilibrium state, not a static one.

In this report, author studied on the slope relation to change of beach including material size, wave length, wave steepness of the HAEUNDAE beach as a model case.

With this results for the investigated values, author will predict the change of HAEUNDAE beach profile.

Ⅰ. 序 論

海岸線을 따라 生成되어 있는 海濱(sand beach)은 陸地의 形態로서는 짧은 時間동안에 가장 變化하기 쉬운 形態의 하나로 波動의 限界範圍內에서 自由로이 움직이는 粒子의 堆積이라 定義할 수 있으며 그 平衡狀態(equilibrium state) 또한 항상 變化함으로서 靜的인 것이라기 보다는 오히려 動的인 것이라 定義할 수 있겠다.

오늘날 우리들의 生活에 海濱을 多方面으로 利用하기 위하여 人工的으로 養濱(artificial nourishment) 시키기도 하고, 消滅시키기도 한다.

이러한 理由로 海濱의 生成과 그 進行狀態를 보다 明確히 把握하고 있지 않으면 아니된다.

本論文에서는 海濱의 地形變化를 일으키는 因子中 重點的으로 傾斜度變化에 關한 從來의 研究에 關하여 考察하고 나아가서 실제적인 問題研究로 海濱의 浸蝕이 문제시되어 海水浴場의 利用이 어렵게 될 可能性이 있는 海雲台海濱의 傾斜度에 關해 現地調査((1) 海濱의 粒度分布, (2) 波長, (3) 波形勾配)를 行하여 그 結果를 分析, 考察하여 現在의 海雲台海濱의 平衡狀態를 診斷하고 나아가서 그 進行狀態를 推定코저 한다.

*釜山工專 土木科

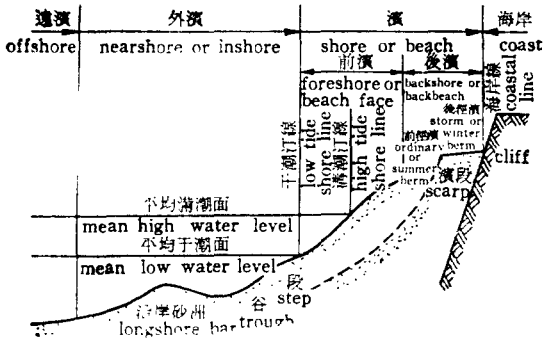

그림 1 海濱斷面 各部分의 名稱

Ⅱ. 平衡海濱斷面(Equilibrium beach profile)

自然狀態에 있어서의 모든 海濱은 靜的인 傾斜로 形成되어 있는 것이 아니라 動的인 傾斜로 形成되어 있음을 序論에서 言及한 바와 같이 自然海濱은 항상 傾斜度에 關係있는 變數들과 相互關係를 維持하면서 變化해 나가고 있다.

海濱斷面의 平衡傾斜度는 決定짓는 主要한 最小限의 變數는 세가지로, 海濱에 堆積되는 粒子들의 크기, 波長, 波形勾配에 따라 海濱傾斜度 즉 海濱斷面이 變化한다는 事實이 여러 學者들의 관찰과 實驗結果에서 밝혀졌다.

海濱의 傾斜度變化에 關한 實驗的 硏究는 Eagleson[1], Glenne[2], Dracup[3], Johnson,[4] 等에 依해 行하여 졌는데, 그들은 實驗에서 海濱을 構築하는 粒子들의 運動을 初期漂砂運動(incipient sediment motion)과 完全漂砂運動(established sediment motion)으로 나누어 그들의 움직임을 考察하고 그 고찰 結果로서 海濱變化狀態를 推定코져 하였다.

이 漂砂運動의 特性硏究에 依하면 初期漂砂運動을 基準으로한 傾斜度의 平衡方程式은 실제의 自然海濱의 平衡傾斜度보다 항상 큰 값을 보여주었으며, 完全漂砂運動을 基準으로한 平衡傾斜度方程式은 自然海濱의 平衡傾斜度와 거의 類似한 값을 가진다는 것을 27個의 自然海濱을 대상으로한 관찰에서 밝혀냈다.

다음의 式은 海濱面傾斜의 平衡方程式을 나타낸 式이다.

$\sin\alpha=\frac{K}{J}f_1\left(\frac{h}{L_0}\right)$—(1) 단 $\sin\alpha$는 完全漂砂運動을 基準으로 하여 얻은 式이다.

여기서 α: 海濱의 平衡傾斜角

K: d/L_0에 대한 質量수송速度로서

$=0.92\pi^2\left(\frac{H_0}{L_0}\right)^2\frac{D}{L_0}(\beta D)^{7/8}$ ft/sec 단 β는 swash zone에서의 傾斜角 D는 粒子의 平均粒徑

h: 淺海波의 波高

L_0: 深海波의 波高

J: 깊이가 d일때 L_0를 媒介變數로 한 속도로서

$6.94\times10^{-2}\frac{DTg}{v}\left(\frac{D}{L_0}\right)^2\left(\frac{S_s}{S_f}-1\right)$

$f_1\left(\frac{h}{L_0}\right)$: $\frac{\mathrm{ctn}h^2kh}{\sin^2kh-k_0h}$이며 $\cong\frac{0.01335}{\left(\frac{h}{L_0}\right)^2}-\frac{0.0161}{\frac{h}{L_0}}$

한편 Bagnold[5](1940)와 King[6](1953)은 海濱의 構成粒子와 傾斜度 관계를 硏究하여 그 結果로서 자갈이나 粗砂로 이루어진 海濱은 微細한 粒子들로 築造된 海濱보다 傾斜度가 큼을 발견하였고 그 傾斜度變化의 原因은 減少하는 粒子의 크기에 따라 海濱面에 堆積된 粒子의 濾過率의 變化때문이며 자갈이 많은 海濱은 濾過性이 커 海濱으로 進入하는 入射波(advancing swash)는 큰 反面 退潮波(back wash)는 量的으로 매우 적어지며, 細砂로 構築된 海濱은 濾過率의 急激한 減少로 因하여 비교적 적은量의 入射波(advancing swash)만이 濾過됨을 알았다.

또 다른 하나의 原因은 海濱의 傾斜에 따라 比例하는 重力의 變化에 있다는 것이다.

이 重力은 海濱의 傾斜面에 作用하는 入潮力과 退潮力(force of swash and back wash)에 같아 질려는 傾向이 있다.

자갈로 構成된 海濱처럼 入潮力과 退潮力의 差가 크면 傾斜度는 重力이 보다 크게 作用하여 큰 傾斜度를 이루고, 細砂로 構成되어 있는 海濱에서는 두개의 相反된 이 힘들이 거의 같게 되고, 重力은 强하게 作用하지 않아 平坦한 傾斜를 形成하게 됨을 알았다.

一般的으로 傾斜度가 큰 海濱은 波 energy를 좁은 地域에 集中시켜 海濱의 傾斜를 비교적 짧은 時間에 變化시키며 粒子의 크기와 波energy 관계는 線形的이며 海濱傾斜度變化中 약 72.8%를 차지하고 있음이 밝혀졌다.

다음의 式은 粒子크기와 傾斜度關係를 나타낸 King式이다.

$z=+407.11+4.20u-0.71v$—(2)

u : ϕ *Unit*당 粒子의 크기

U : Energy의 logarithm

Z : 海濱의 傾斜度

이상의 從來 여러 學者들의 海濱傾斜度變化에 대한 研究를 考察한 結果 결국 海水中의 모래粒子들을 陸地方向으로 움직여 傾斜를 만들며 그 傾斜는 끊임없이 變化하는 波, 潮流, 潮水 等의 特性에 依해 數時로 變하여 永久的平衡狀態에 到達한다는 것이 不可能하여 時間的으로 날마다 海濱의 傾斜角은 變化하는 것이 自然海濱의 관찰에서 나타났다.

허지만 Eagleson, Johnson[7], Scott[8] Rector[9]는 海濱의 變化形態를 다음과 같이 두가지로 大別하여 分類하였다.

1. Summer profile : 定常海濱
2. Winter profile : 暴風海濱

한편 Eagleson과 Johnson은 一樣한 모래 粒子로 채운 Model海濱을 실험하여 $\sin\alpha=\frac{K}{J}f_1\left(\frac{h}{L_0}\right)$에서 $\left(\frac{h}{L_0}\right)$項에 대하여 積分形式을 取하고 式 (1)의 간편화를 도모하였는데 그 積分形態의 項은 다음과 같다.

$$\frac{x}{L_0}=42.73\frac{J}{K}\left[\ln\left(0.01335\sim0.0167\frac{h}{L_0}\right)+0.7271\left(\frac{h}{L_0}\right)^2-1.26\frac{h}{L_0}-1.50\right]\frac{\left(\frac{h}{L_0}\right)}{\left(\frac{h}{L_0}\right)_{max}}x \qquad (3)$$

(3)式과 (1)式을 平衡辰動傾斜方程式(Oscilating gradient equilibrium equation)이라 한다.

(1), (2), (3)式들이 意味하는 相互關係의 考察은 실재 對象地域인 海雲台海濱의 傾斜에서 論하기로 한다.

Ⅲ. 海雲台海濱變形과 傾斜度變化에 關한 調査研究

1. 現 況

釜山市의 中心部에서 北東方向에 位置한 海雲台는 温泉 및 海水浴場을 兼備한 觀光地로서 重要한 役割을 담당하고 있다 .

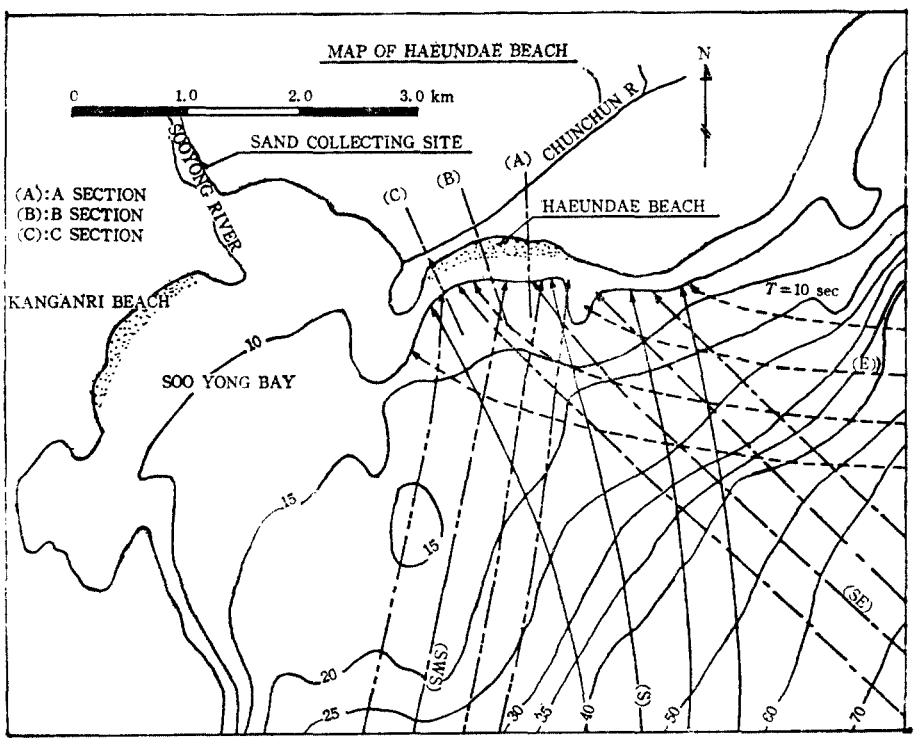

그림-2 海濱現況 및 屈折圖

그러나 最近 몇年동안 海岸線의 後退로 因하여 海濱의 幅이 약 40~50m程度, 길이 4.8km程度를 維持하고 있다.

地形的으로는 東쪽 끝에는 臥牛山의 기슭인 岩濱海岸과 境界해 있으며 西端에는 冬栢半島로 차폐되고, 南으로는 玄海灘을 向해 外海에 完全 開放되어 있어 波浪의 영향을 *SW*, *S*, *SE*, 方向으로 많이 받고 있는 地域이다.

2. 粒度分布와 海濱傾斜度變化 關係

海濱의 堆積粒子의 位置別 分布現況과 傾斜角을 조사하기 위해 그림 2와 같이 *A*, *B*, *C*의 세斷面으로 나누어 調査하였으며 試料採取는 後濱(on beach)과 波打帶(swash zone)에서 選別하여 (random) 採取하였다.

傾斜角의 測定은 測定方法에 따라 Bagnold, Meyer[10](1933), Bascom[11] 등의 方法이 있으나, 傾斜度가 큰 海濱을 測定하는 R.D.Meyer(平均海面과 海濱頂點의 tangent角測定)方法과 堆積粒子의 크기에만 傾斜度가 左右된다는 Bagnold(平均海面과 海濱頂點을 連結하는 tangent角測定)方法은 海雲台의 細砂海濱의 傾斜度와는 關係가 적으므로 粒度, 波長, 波形勾配에 依한 傾斜度가 變化한다는 Bascom과 King의 方法(前濱斷面과 海濱頂點과를 連結하는 Sine角測定)을 利用하였으며 swash zone에서는 Meyer方法을 使用하였다.

그림 3,4와 表 1, 2는 *A*, *B*, *C* 各海濱縱斷面變化를 1976년 6월부터 1977년 5월까지 1年동안 4차례에 걸쳐한 것과 1977년 3월과 5월 두차례에 걸쳐 行한 粒度分析과 實測한 傾斜度를 Shepard[12]와 Muir Wood[13]의 대평양과 대서양 沿岸에서 實驗한 統計値와 비교한 表이다.

縱斷面地形變化圖와 粒度分析 結果에 依하면 *A*단면 傾斜度가 7° 粒度는 0.30mm로써 가장 적은 값을 나타냈고, 다음이 *C*斷面으로서 9°로써 0.32mm, 가장 큰 傾斜度를 나타낸 斷面은 11° 平均中央粒徑은 0.38mm를 나타내었으며, 海濱全體平均傾斜角은 9°, 平均 中央粒徑은 0.33mm였다.

다음 Shepard의 海濱傾斜度와 粒度크기의 基準値와 비교하면 0.33mm일때는 5°가 海濱의 平衡傾斜角이 되어 海雲台海濱의 現在傾斜角은 平衡狀態가 아님을 알았으며, Muir의 粒度크기와 傾斜度關係基準値 비교에서는 0.30mm일때 1/38의 경사도를 나타내며 粒徑이 커지면 경사도는 커지는 경향을

表 1 中央粒徑과 傾斜度關係(Inman과 Shepard의 基準과 比較)

Gradient	Median diameter in mm	
1 : 90	0.17	A.B.C 平均 0.33mm α : 1/40
1 : 82	0.19	
1 : 72	0.22	
1 : 65	0.235	
1 : 50	0.235	
1 : 38	0.30	H_A:0.30, H_B:0.38 H_C:0.32
1 : 13	0.35	
1 : 7	0.42	
1 : 5	0.85	

表 2 퇴적물 지름과 비교한 평균 해빈면 (Muir Wood의 基準)

해빈퇴적물의종류	입 도	평균 해빈면 경사도	비 고
미세립사	$\frac{1}{16}\sim\frac{1}{8}$ mm	1°	HAEUNDAE Average slope 9° dm 0.33mm
세 립 사	$\frac{1}{8}\sim\frac{1}{4}$ mm	3°	
중 립 사	$\frac{1}{4}\sim\frac{1}{2}$ mm	5°	Section A dm : 0.30mm α=7°
조 립 사	$\frac{1}{2}\sim$ 1 mm	7°	Sectign B dm : 0.38mm α=11°
극조립사	1 ~ 2 mm	9°	Section C dm : 0.32mm α=9°
왕 모 래	2 ~ 4 mm	11°	
잔 자 갈	4 ~64 mm	17°	
왕 자 갈	64~256 mm	24°	

나타내 海雲台海濱의 中央粒徑 0.33mm는 現在의 傾斜度 1/40보다 커지리라 推定되어 Shepard의 推定과는 相反된 傾向을 나타내 西部太平洋岸에서 統計한 Shepard값보다는 大西洋 沿岸에서 行한 Muir의 統計値에 가까운 傾向을 보여 주었다.

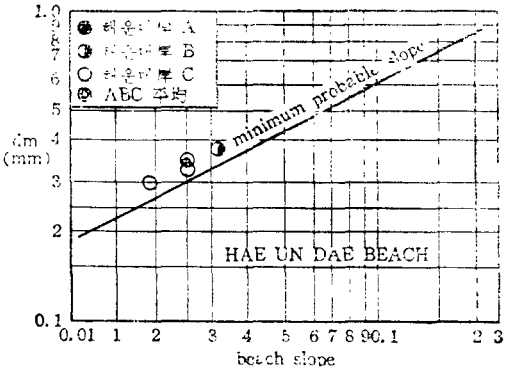

그림 3 海濱傾斜와 平均粒徑과 比較

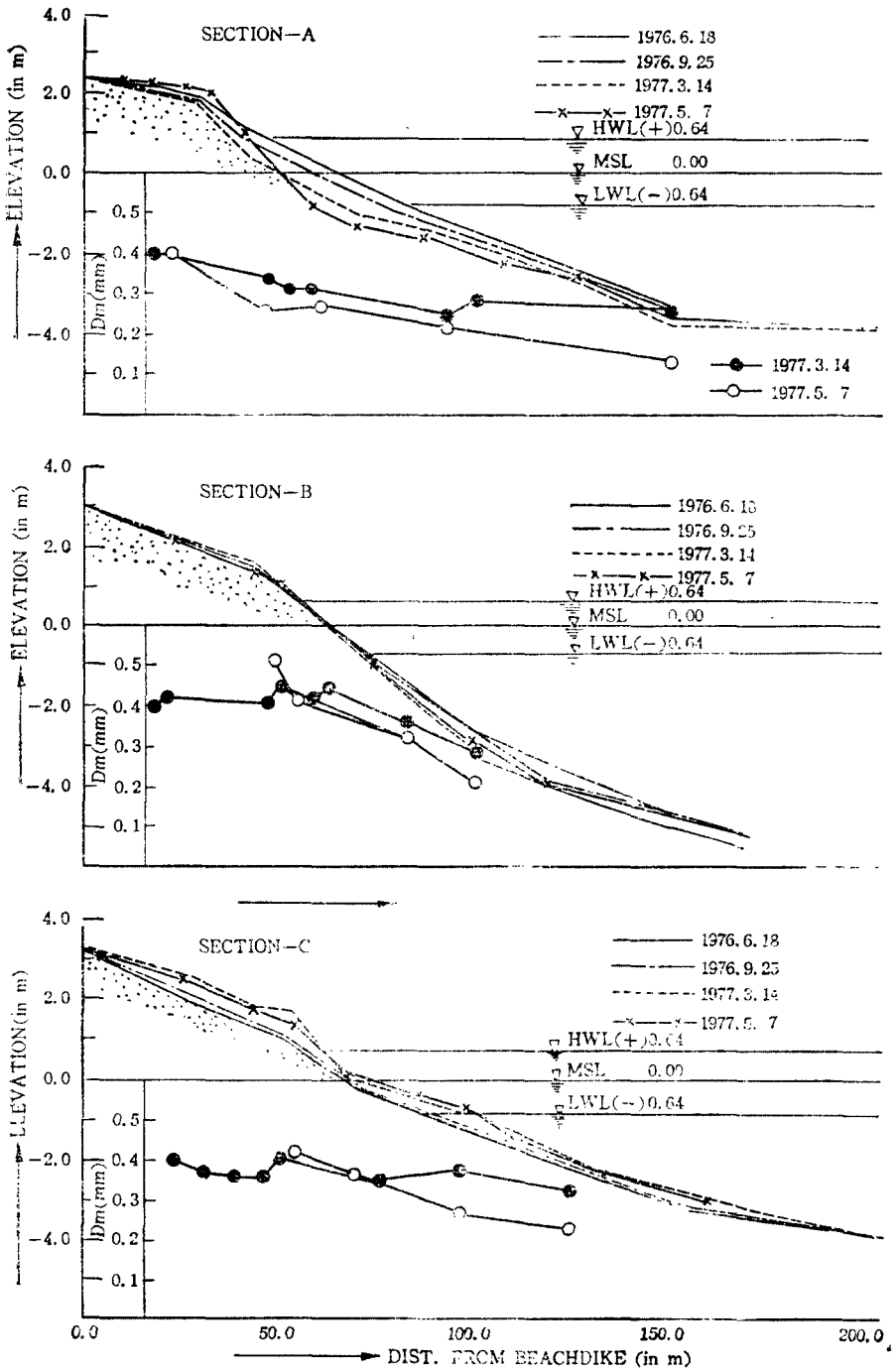

그림 4 海雲台海岸의 斷面變形과 底質分布 現況

Ⅳ. 波長(L_0), 波形勾配(H_0L_0)와 傾斜度關係

粒子의 크기에 따라 海濱傾斜가 變化하는 것처럼 波長, 波形勾配에 依하여서도 海濱傾斜가 관계된다는 事實을 Rector와 Shepard, King 等이 確認하였다.

海雲台海濱의 傾斜度는 어느程度 波長波形勾配에 關係있는지를 고찰하기로 하였다.

우선 海濱傾斜度는 平坦한 波(flat wave)가 卓越할때의 波打帶(swash zone)의 底面과 海濱頂點과 맺는 tangent角을 海濱傾斜度角이라고 定義한 King 方法을 利用하여 A, B, C 縱斷 各斷面의 4차례에 걸쳐 測定한 傾斜度와 深海波의 波長과 波形勾配와의 關係를 考察하고 그 結果로서 傾斜度變化를 推定하였다.

먼저 深海波의 波長(L_0)는 $\frac{gT^2}{2\pi}$로 주기 $T=10$ sec때를 基準으로 156m를 얻었다.

다음에 波形勾配를 求하기 위하여서는 本대상 地域의 長期間의 波高調査記錄이 必要하였으나 그 調査資料가 적어 1972년 1月~8月 사이에 釜山市 影島區 朝島南端에서 觀測한 波高記錄으로 소급한 統計資料와 釜山港計劃에 따른 深海有義波高와 設計波高를(表 3~4 參照)를 資料로 하여 波形勾配 $\left(\frac{H_0}{L_0}\right)$를 求하였다.

表-3.4에서 波高出現率中 가장 높은 頻度의 波高(80.5%)인 0.5m를 基準으로 하여 5m까지의 波形勾配를 0.5m 간격마다 求하였다.

표 3 波高別 出現率[14]

波高 (m)	0~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0이상
出現率 (%)	80.5	7.5	7.7	3.0	1.3

표 4 釜山港 深海有義波高[15]

再期年 (年)	確率波	深海有義波高	設計波高	周期	備考
10		5.1m	4.4m	9.1sec	설계파고는변형을 고려한 것임
25		6.1	5.4	9.9	
50		6.9	6.2	10.3	
100		8.0	7.3	11.0	

이렇게 하여 얻어진 波長과 波形勾配로서 King, Johnson等의 自然海濱의 관찰과 Model 실험에서 얻은 結果値와 比較하여 表 5와 그림 5를 얻었다.

그림 5를 고찰하면 $T=10$sec일때 A, B, C 平均海濱傾斜度는 上限最小可能傾斜보다 윗쪽으로 나타나 실제 觀測傾斜度 1/40은 그림에서 얻은 1/34~1/32의 平衡傾斜度範圍의 값보다 적은값을 나타내 平衡傾斜度에 到達하기 위해서는 波打帶에서의 보다 큰 傾斜度를 가져 浸飾을 誘導하는 方向으로 進行할 것이라 推定되어진다.

表 5 波高(H_0)~勾配形(H_0/L_0)($L_0=156$m, $T=10$sec)

H_0	H_0/L_0	Section-Tanα	Remark
0.5m	3.2×10^{-3}	———:0.432	———:1976.6.18
1.0m	6.4×10^{-3}	— — —:0.432	— — —:1976.9.25
1.5m	9.6×10^{-3} A :	-------:0.414	- - - -:1977.3.14
2.0m	1.2×10^{-2}	-×—×-:0.370	-×—×-:1977.5.14
2.5m	1.6×10^{-2}	———:0.370	
3.5m	2.2×10^{-2} B :	— - —:0.395	
4.0m	2.6×10^{-2}	- - - -:0.451	
4.5m	2.9×10^{-2}	-×—×-:0.451	
5.0m	3.2×10^{-2} C :	———:0.432	
		— — —:0.451	
		-------:0.451	
		-×—×-:0.451	

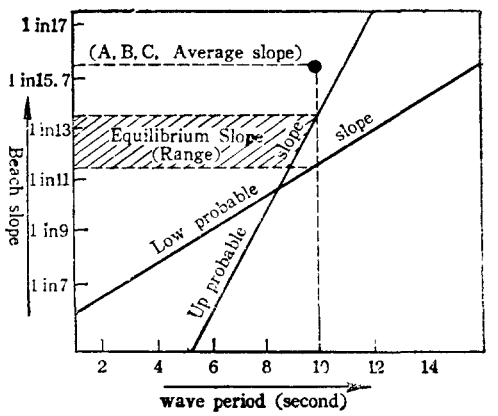

그림 5 波週期와-海濱傾斜度

다음에 그림 6과 7을 考察하여 보면 波長(L_0)와 傾斜度(α)는 거의 실험치와 一致됨을 나타냈으며, 波形勾配(H_0/L_0)와 傾斜度(α)關係는 A, B, C 斷面의 平均傾斜度가 波高出現率 80.5%인 0.5m波高에서는 거의 平衡傾斜에 到達해 있음을 보여주었으며 波高別海濱傾斜는 0.5m 以上일 때는 모두 最小平衡可能傾斜보다 크게 나타남을 알았다.

特히 1.0m以上의 波高出現率이 增加하면 波打帶에서의 海濱傾斜度는 커져서 海濱은 後濱(back shore)으로 浸飾될 것이라 推定할 수 있다.

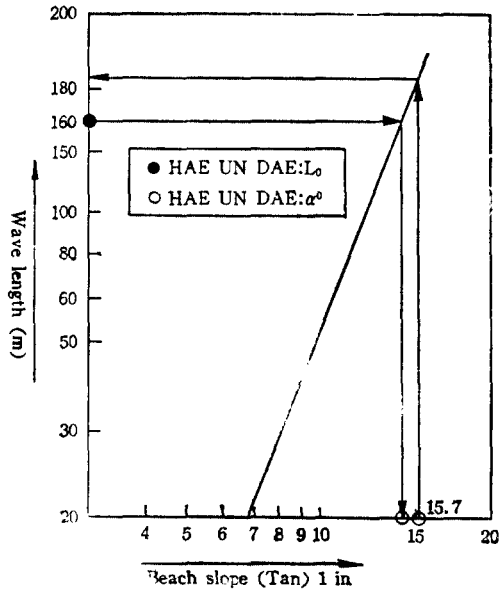

그림 6 波長과 海濱傾斜度

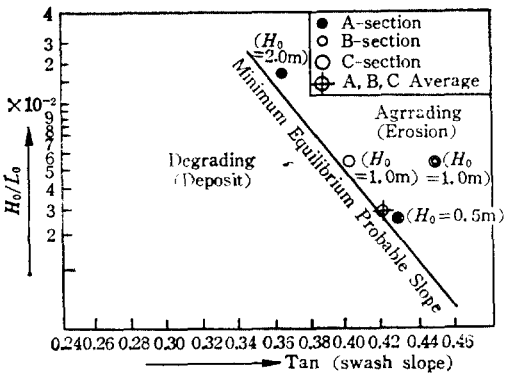

그림 7 海濱傾斜度와 波形勾配

V. 結 論

制限된 資料條件과 短期間의 不充分한 調査分析으로 因하여 研究對象地域인 海雲台海濱의 地形變化를 보다 正確히 究明하지 못한 點이 있으나 지금까지의 資料分析에 依해 糾明된 平均海濱面變化의 原因結果를 나타내면 다음의 몇가지로 要約할수 있겠다.

(1) 海濱(beach and shore)에 堆積된 粒度分析에서 밝혀진 사실은 時間이 경과함에 따라 海濱에 堆積된 粒子들의 粒徑은 점차 커지는 傾向을 나타내고 있어 그 影響으로 海濱의 傾斜度를 큰 方向으로 變化시키는 因子가 粒徑의 크기라는 事實을 確認하였다.

(2) 現在 海雲台海濱의 浸蝕變化를 誘導하는 傾斜度의 增加는 對岸에서 發生한 波長이나 波形勾配變化에는 거의 影響을 받지 않았음이 波長, 波形勾配 모두 平衡傾斜範圍內에 속해 있음을 通하여 알았고 海濱의 斷面變化循環形態는 定常海濱 즉 Summer profile beach임을 確認하였다.

(3). (1),(2)의 考察結果로 推定된 事實에서 海雲台海濱의 堆積砂 陸地方向의 供給源인 春川, 水營江에서 流送된 漂砂의 크기는 점차로 커지며 全體漂砂量은 줄어들었음을 推定할 수 있었다.

(4) 앞의 結果에서 밝혀진 바에 依하면 現在의 추세대로 海雲台海濱의 傾斜度가 粒子의 크기와 밀접한 關係를 가지고, 또 1.0m以上의 波高出現率의 頻度가 많아진다면 時間이 經過함에 따라 海濱의 堆積粒子의 크기는 점차 커지고, 波長, 波形勾配의 影響을 받아 海濱은 계속 浸蝕되는 結果를 낳게 되리라 推定할 수 있어 海濱을 保護하고 養濱시키기 위한 對策이 講究되어야 하겠다.

以上 海濱의 變化에 關한 因子인 波長, 波形勾配, 粒度에 關하여 調査하여 그것의 線型함수 形態로 나타난 傾斜度를 考察하였으나 다음 機會에는 계속하여 보다 長期間의 調査와 充分한 資料分析으로 波의 흐름과 Energy 集中程度를 糾明하고 나아가서 Model實驗에 適用하여 海濱이 平衡狀態에 滿足스럽게 到達하기 위한 對策을 樹立코져 한다.

參 考 文 獻

(1) Eagleson, P.S., Equilibrium Characteristics of Sand Bach, J.Hydraulics Div., paper No. 3387, proc. ASCE. pp. 35~37, January (1963)

(2) Glenne, B., 前出의 (1)

(3) Dracup, J.A., 前出의 (1)

(4) Bagnold, R.A., Beach Formation by Waves; some model experiment in a wave tank. Inst. Civ. Eng. 15, 27~52. (1940)

(5) King, A.M. Beaches and Coasts pp.324~333. (1972)

(7) Johnson, J.W., Scale Effects in Hydraulic Models Involving Wave Motion, Trans. AGU. 30(4) : 517~527(1949)

(8) Scott, T., Sand Movement by Waves, Beach Erosion Board Technical Memorandum No. 48, Washington, (1954)

(9) Rector, R.L., Laboratory Study of Equilibrium Protiles of Beaches, Beach Erosion Board Technical Memorandum No. 41, Washington, (1954.)

(10) Meyer, R.D., Submarine Geology, second edition, pp. 183~190. (1963)

(11) Bascom, W.N., Shoreline and Beach Characteristics, Manual of Amphibious Oceanography, Office of Naval Research, Washington, (1951)

(12) Shepad, F.P., Beach Cycles in Southern California, Beach Erosion Board Technical Memorandum No 20, Wash., (1950)

(13) Muir wood, A.M., Coastal Hydraulics, June, p. 94~102 (1968)

(14) 建設部 嶺南國土建設局 釜山築港事務所 : 波浪 및 潮位觀測記錄 1972, 1~8.

(15) 釜山港灣管理廳:釜山港綜合計劃報告書, pp. 60.