

海雲臺 海水浴場의 海濱變形機構

Beach Deformation Mechanisms in Haeundae Beach

李宗燮* · 朴一欽** · 金次謙***

Lee, Jong Sup · Park, Il Heum · Kim, Cha Kyum

Abstract

The field observations, data analyses and numerical experiments are performed to investigate the short and long term beach deformation mechanisms in Haeundae beach. The schematic diagrams of deposition and erosion mechanism due to the attack of typhoons are described from the analysis on the beach widths and profiles. The short term beach deformation depends strongly on the characteristics of incident waves and wave-induced currents. The main incident wave and the calibration parameters of the shoreline change model are determined using the beach width data. Because the main incident wave approaches obliquely from the SE direction, the net westward longshore sediment transport occurs. Therefore the unbalance of longshore sediment budget in the east of the beach where the sediment source dose not exist causes a beach erosion. On the other hand, the deposited sand in the west is lost offshore by the storm wave action.

要 旨

海雲臺 海水浴場의 短·長期的인 海濱變形機構를 파악하기 위하여 既存資料의 收集分析, 現地調査 및 數值模型實驗을 실시하였다. 海岸線 및 海濱斷面 測定資料의 解釋을 통하여 颱風通過에 의한 海濱의 堆積 및 侵蝕機構를 模式的으로 설명하였다. 이러한 短期的인 海濱變形機構는 入射波의 波向과 碎波帶에서 발생하는 海濱流와 밀접한 關係가 있는 것으로 나타났다. 그리고 海濱幅 實測資料를 이용한 海岸線變形模型의 檢證을 통하여 代表波의 諸元과 檢證과라미터를 도출하였다. 海雲臺 海岸은 主入射波向이 SE系 이므로 長期的으로는 동쪽에서 서쪽으로의 沿岸漂砂가 탁월하게 존재한다. 따라서 동쪽 해안에서는 漂砂의 供給源이 없으므로 海岸侵蝕을 일으키게 되고, 서쪽해안에 堆積한 모래는 暴風時 高波浪에 의하여 外海쪽으로 流失된다.

1. 序 論

海雲臺 海水浴場은 韓國 南東部に 위치한 포켓형

砂濱海岸으로서 海濱의 길이는 약 1.6 km, 幅은 약 30~40 m 그리고 海底傾斜는 1/15~1/30 정도로서 海岸의 서쪽에서 동쪽으로 갈수록 底面傾斜가 완만 해진다. 지난 20年 동안 海雲臺 海水浴場은 심각한 海濱侵蝕現象을 나타내고 있으며, 이에 따른 海雲臺 海水浴場의 變遷過程과 侵蝕原因을 살펴보면 다음과

* 正會員 · 釜山水產大學校 工科大學 土木工學科, 副教授

** 正會員 · 釜山水產大學校 大學院 海洋工學科, 博士課程 修了

*** 正會員 · 國立水產振興院 環境課, 研究生

같다.

1990年 釜山市⁽¹⁾의 자료에 의하면, 1947年 당시에는 현재 春川川 覆蓋道路 부근까지 砂丘가 형성되어 海濱幅은 약 100 m 정도였으며, 그 후 1963年 春川川河口的 護岸工事로 인하여 砂丘가 없어지게 되었으며, 護岸道路 및 花壇·綠地 등의 施設物 築造로 인하여 1969年에 촬영된 航空寫眞에 의하면 砂濱幅이 약 45 m 정도 줄어들었다. 그리고 1972年 築造된 直立 護岸堤防으로 인하여 砂濱의 幅이 일정하게 제한받게 되었다. 한편, 1967年 完工된 水營江 上流의 回東水源池 壩 건설로 인하여 水營灣으로 유입되는 모래供給源이 차단되었으며, 水營灣의 埋立, 水營江과 春川川의 浚渫, 河狀整備 및 覆蓋工事로 인하여 流出土砂가 더욱 감소하게 되었다. 釜山市⁽¹⁾의 海濱幅 測定資料에 의하면 1972년부터 1988년까지 海濱의 서쪽 朝鮮비치호텔 앞에서는 약 12 m, 中央部에서는 약 24 m 그리고 海濱 동쪽의 극동호텔 앞에서는 약 3 m 정도 감소한 것으로 나타났으며, 海濱의 面積도 약 21,232 m² 정도 감소한 것으로 나타났다. 이들 資料로부터 類推할 수 있는 일반적인 海濱侵蝕의 原因으로서, 첫째 漂砂供給量의 減少, 둘째 砂濱 背後에 설치된 直立護岸의 影響, 그 밖에 바람에 의한 모래의 流失 등을 들 수 있다.

한편 海雲臺 海水浴場의 地形變化와 관련된 研究는 다음과 같다. 1975年 張·梁⁽²⁾은 海雲臺 海濱의 모래가 부근의 河川으로부터 流入되었음을 示唆하였고, 1982年 Ham⁽³⁾, 1986年 Ham and Yang⁽⁴⁾, 1986年 金等⁽⁵⁾ 그리고 1987年 梁等⁽⁶⁾은 海雲臺 海濱의 斷面變化와 海濱變形의 相似 등을 研究하였고, 1988年 金⁽⁷⁾은 經驗的 固有函數法을 사용하여 海濱變形機構에 대하여 研究하였다. 1988年 張等⁽⁸⁾은 海雲臺 海水浴場의 海濱變形에 미치는 海濱流의 影響에 대하여 研究하였으며, 1989年 尹⁽⁹⁾은 海雲臺 海濱의 長期變形에 관하여 연구하였다. 海雲臺 海濱의 海岸線變形에 관한 研究는 1984年 釜山市⁽¹⁰⁾, 1989年 玄·金⁽¹¹⁾이 one-line 模型을 사용하여 計算하였으며, 1989年 朴·李⁽¹²⁾는 長期的인 海雲臺의 海岸線變化를 예측하였다. 한편, 1989年 釜山市⁽¹³⁾에 의하여 海雲臺 海水浴場의 砂濱流失 原因糾明 및 防止對策 樹立을 위한 研究가 체계적으로 수행되었다.

본 研究에서는 海雲臺 海濱의 自然環境에 대한

既存資料의 收集分析 및 海濱變形의 數值模型實驗 등을 통하여 海雲臺 海水浴場의 海濱變形過程(beach process)을 밝히고자 한다.

2. 海底地形과 外力特性的 現地調査 結果

2.1 海底質 및 地形

漂砂移動에 의한 海濱變形機構를 파악하는 데 있어서 海底地形과 底質의 分布 그리고 入射波浪의 特性和 沿岸流 등의 漂砂移動外力를 조사하는 것은 중요하다. 그림 1은 海雲臺 海岸의 海底地形과 調

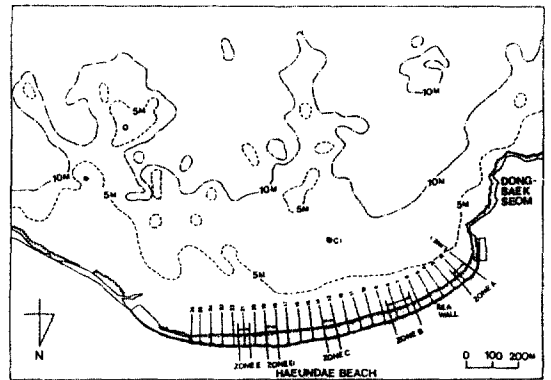


그림 1. 海雲臺 海岸의 海底地形圖.

표 1. 數值實驗을 위한 入射波條件

RUN	條件	入射波向	入射波高	週期
1		S45°E		
2	폭풍시 파랑조건	S	1.0 m	6.0 sec
3		S22.5°W		
4	해안선변형 계산	S	0.68 m	5.7 sec
5		S25°E	0.36 m	3.5 sec
6	폭풍시 파랑조건	S13°W	1.0 m	6.0 sec
7				8.0 sec
8	정상시 파랑조건	S34°E	0.5 m	8.0 sec
9		S	0.7 m	8.0 sec
10	심해 설계파	S10°W	10.0 m	15.0 sec
11	폭풍, 태풍 통과시	S45°E	3.0 m	10.0 sec
12		S	3.0 m	10.0 m

査位置를 나타낸다. 釜山市⁽¹³⁾에 의하여 조사된 資料에 의하면, 그림 1에서 10 m 等水深線을 따라 대규모의 淺堆가 海岸의 중앙과 동쪽에 위치하고 있으며 서쪽에 소규모의 淺堆가 존재한다. 그리고 이들 淺堆는 주로 岩盤으로 구성되어 있으며 岩盤의 사이사이에 자갈이 분포한다. 水深이 10 m보다 얇은 곳에서는 모래의 中央粒徑이 약 0.4 mm에서 0.25 mm 정도의 中砂로서 구성되어 있으며, 海岸의 서쪽에서 동쪽으로 갈수록 모래입경이 작아진다. 水深이 10 m보다 깊은 곳에서는 粒徑이 0.5~2.0 mm 정도인 粗粒砂와 조개껍질 및 약간의 泥土 등이 혼합되어 있다.

2.2 入射波浪의 設定

海雲臺 海濱의 海岸變形過程의 外力이 되는 入射波浪條件을 設定하기 위하여 釜山市⁽¹⁰⁾에서 실시한 水營灣 埋立 및 요트경기장 建設工事を 위한 海洋調査, 金⁽⁷⁾의 觀測結果 및 釜山市⁽¹³⁾의 調査結果를 바탕으로 출현가능한 入射波向 및 海上狀態별로 代表波를 표 1과 같이 결정하였다. 표 1에 나타낸 波浪의 諸元은 그림 1의 外海境界에서의 값이다.

2.3 海濱流 調査結果

그림 1에 나타낸 zone A~E에서 1987년부터 1989년에 걸쳐 조사한 내용은 표 2와 같다. 조사방법은 沿岸方向으로 距離測定을 위한 buoy line을 설치한 후 碎波帶 内外에서 測流板(drogue)을 투입하고 인근고층건물의 屋上에서 비디오 카메라로 촬영한 후 錄畫된 映像을 Lagrange적으로 해석하였다. 海濱流 조사에 사용한 測流板은 水面下 약 20~40 cm 이 내의 平均流速을 나타낼 수 있도록 설계되었으며 諸元은 그림 2와 같다.

그림 3~7은 각 영역에서 海濱流 調査結果를 제시한 그림이다. 測流板의 追跡時間間隔은 60초로 하여 移動速度를 계산하였으며, 이들 그림에서 接

近波向은 벡터 또는 波峰線으로 나타내었고 碎波線은 點線으로 나타내었다.

調査結果에 의하면 海濱流 分布는 같은 지점에서 調査日時에 따라 다르게 나타남을 볼 수 있으며, 海濱流의 크기와 방향은 入射波의 波向과 波高에 크게 좌우된다. 調査期間 중 海水浴場 서쪽의 그림 1의 Zone A에서는 地形的인 影響으로 海岸으로 향하는 흐름이 나타나며, 海水浴場 중앙부인 Zone B와 C에서는 대체로 海岸線과 평행한 방향의 沿岸流가 탁월하게 나타났으며, 그 크기는 碎波帶 밖에서 약 10 cm/s 전후로 나타났다. 그리고 海濱 동쪽의 Zone D와 E에서는 海岸前面의 대규모 淺堆에 의한 屈折·回折의 影響으로 波峰線이 교차하는 경우 離岸流 혹은 海濱流 셀이 탁월하게 출현한다.

한편, 그림 1의 定點 C1(水深 8 m)에서 측정된 層別潮流 觀測資料(釜山市⁽¹³⁾)에 의하면, 海雲臺 海岸에서 潮流成分은 小潮期에 최대 약 9 cm/s 그리고 大潮期에 최대 13 cm/s 정도의 往復流 特性을 나타내었다. 그리고 潮流의 數值計算結果(釜山市⁽¹³⁾)에서는 碎波帶 부근에서 潮流의 크기는 小潮期에 1~2 cm/s 그리고 大潮期에는 3~5 cm/s 정도로 미약하

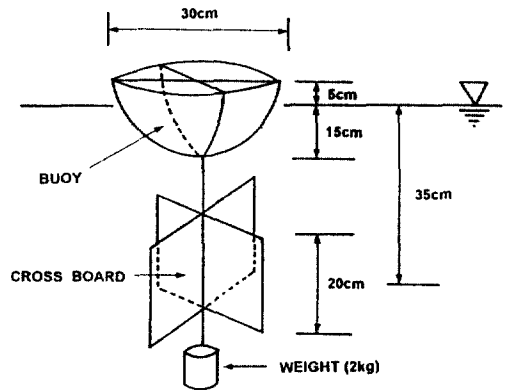
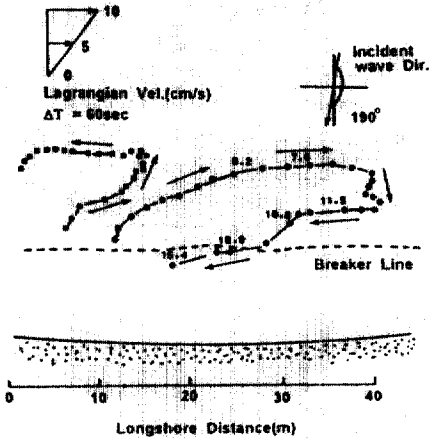


그림 2. 海濱流調査에 사용한 測流板의 形狀 및 諸元.

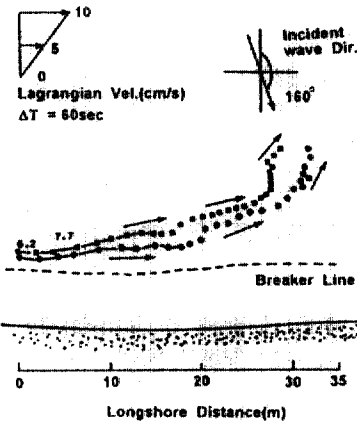
표 2. 海濱流 調査日時 및 場所

조사영역	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Zone E
조사일시	1989. 3. 18	1989. 3. 18	1989. 3. 18	1989. 2. 18	1989. 2. 18
		1987. 9. 1		1987. 9. 19	(4회)
				1987. 9. 1	

ZONE D
(Sept. 1, 1987)



ZONE D
(Sept. 19, 1987)



ZONE D
(Feb. 18, 1989)

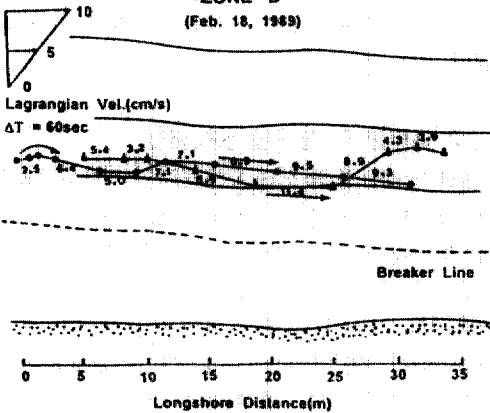
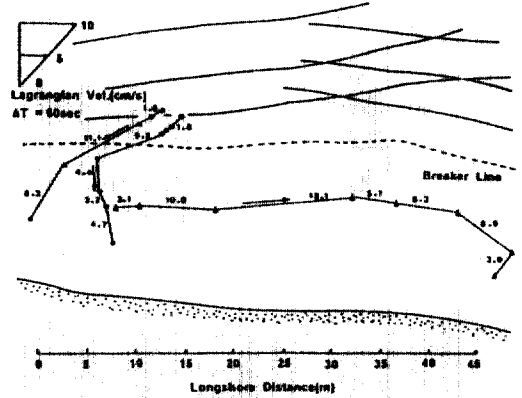


그림 6. Zone D에서 海濱流 調査結果.

ZONE E
(Feb. 18, 1989)



ZONE E
(Feb. 18, 1989)

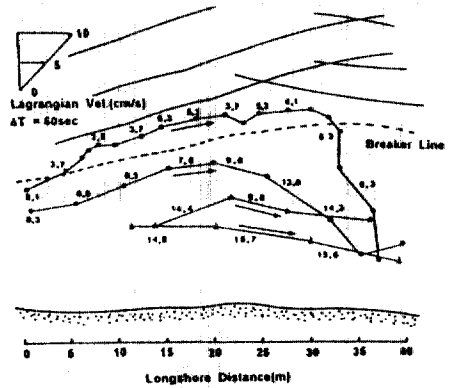


그림 7. Zone E에서 海濱流 調査結果.

射波浪이 SSW계의 入射波浪보다 더 작은 流速을 나타내는 것은 SE계의 入射波浪은 海岸 灣면의 큰 규모의 淺堆를 지나면서 屈折·回折을 일으켜 海岸線 가까이에 도달하였을 때는 海岸線과 이루는 入射角과 波高가 작아지기 때문이다.

한편, 入射波高가 0.7 m 이하로 작은 경우(RUN-4,5,8,9)에는 最大沿岸流速의 크기가 30 cm/s 이하로 미약하게 나타났으며, 暴風時에 해당하는 $H_0=3$ m, $T=10$ 초인 경우(RUN-11,12)에는 最大 약 150 cm/s 정도의 강한 沿岸流가 발생하는 것으로 나타났다.

4. 現地調査結果에 의한 地形變化의 解釋

4.1 調査內容 및 方法

海雲臺 海水浴場의 漂砂移動과 海濱變形機構를

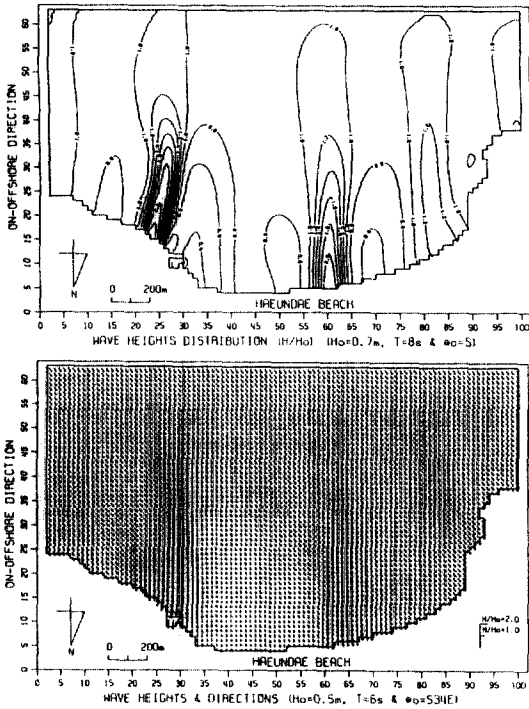


그림 8. 廣域에서의 波高變形 計算結果(RUN-9 및 RUN-8).

조사하기 위하여, 그림 1의 각 測線에서 1987年 3月부터 9月 사이에 海濱幅測量을 7회 그리고 從斷面測量을 3회(1987年 7月 20日, 8月 26日 및 9月 19日) 실시하였다. 縱斷面測量時 水深은 海岸線에서 外海方向으로 水平距離 8m 간격으로 48m까지 level 測量하였으며, 測量된 海濱幅 및 水深資料는 平均海面으로 潮位補整을 행한 후 解釋에 사용하였다.

그림 10은 調査期間 중 釜山氣象臺에서 관측한 日別最大風速과 風向을 나타낸다. 南西風이 탁월한 1987年 7月 15~16日은 颱風 셀마호가 통과하였고, 北東風이 탁월한 1987年 8月 30~31日에는 颱風 다이너호가 통과하였다. 따라서, 본 조사기간은 颱風 셀마호 통과 후 浸蝕되었던 海濱이 回復되는 過程과 그 후 北東風系의 바람이 탁월했던 1987年 8月 26日부터 9月 19日까지의 海濱變形過程을 포함한다고 할 수 있다.

그림 11은 海濱幅의 測定結果를 나타낸다. 여기서 定點番號는 그림 1의 測線番號를 나타낸다. 그림 12는 1987年 7月 20日을 기준으로 한 8月 26日 및

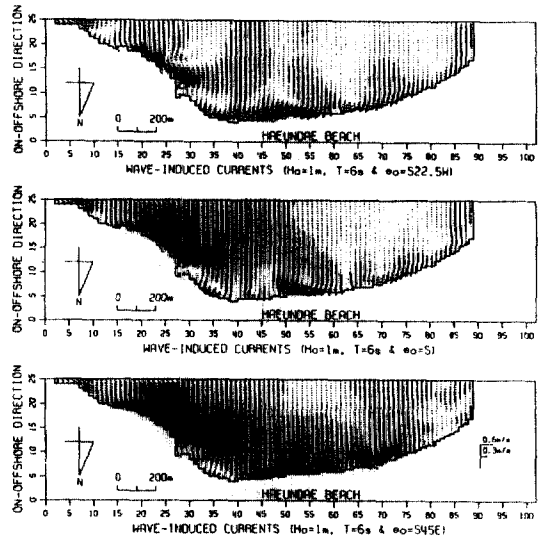


그림 9. 入射波向에 따른 海濱流 計算結果.

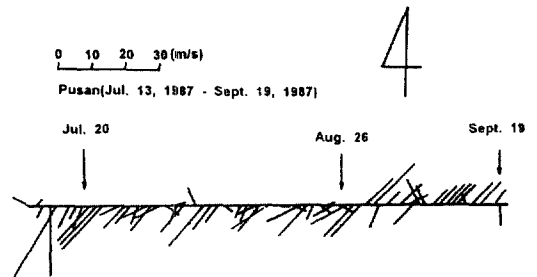


그림 10. 颱風 通過期間 중 釜山氣象臺에서 관측한 日別 最大風速과 風向.

9月 19日의 斷面變化(ΔA)를 나타내며, 그림 13은 그림 11에서 1987年 7月 20日의 海岸線을 기준으로 한 8月 26日과 9月 19日 海岸線의 前進 또는 後退量(ΔL)을 나타낸다.

4.2 海岸線 및 斷面續 變化特性

그림 11에서 颱風 셀마호가 통과한 직후인 1987年 7月 16日에는 海濱幅이 최소로 감소하였으며 그 후 8月 26日까지는 海岸線이 그림 1의 測線 6~13 사이에 걸쳐서 前進하여 回復된 形態를 볼 수 있다(그림 13). 그러나 颱風 다이너호가 통과한 후 北東風系의 바람에 의하여 9月 19日까지 測線 6~10과 測線 17~25 사이에서 海岸線의 後退가 일어났으며, 測線 10~17과 測線 2~6 사이에서는 오히려 海岸

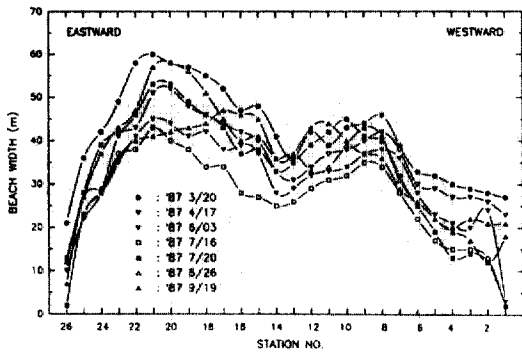


그림 11. 海雲臺 海水浴場の 海濱幅變化 測定結果 (1987年).

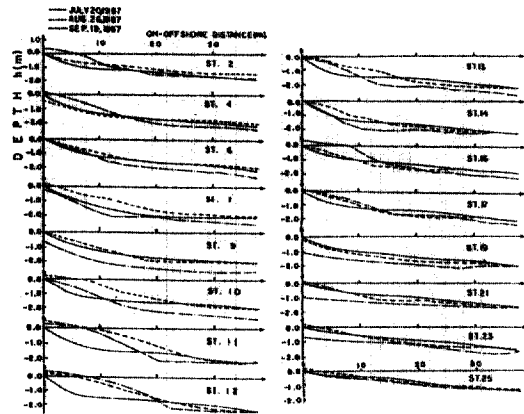


그림 12. 海雲臺 海水浴場の 断面變化 測定結果 (1987年).

線이 前進하였다. 여기서 주목할만한 사실은 測線 13과 14에서는 이 기간에 海岸線의 變化가 없었다는 사실이다.

海岸線의 變化量(ΔL)과 断面積 變化量(ΔA)과의 相關關係를 조사하기 위하여 1987年 7月을 기준으로 한 8月과 9月의 ΔA - ΔL 關係를 그림 14에 나타내었다. 여기서 7~8月 사이의 海岸線變化量이 큰 測線 2~13에서 어느정도 線形性을 나타내었으나, 海岸線의 變化量이 작은 測線 14~25에서는 線形的인 關係를 찾기 어렵다. 한편 7~9月 사이에서는 全領域에 걸쳐서 線形的인 A-I 特性을 나타내었다. 여기서, A-I 特性이 線形性을 나타내면 海岸線의 前進·後退와 断面積의 增加·減少가 比例關係에 있으며, 沿岸方向의 漂砂移動에 의하여 海岸線이 變化함을 뜻한다. 반면, A-I 特性이 線形的인 關係를

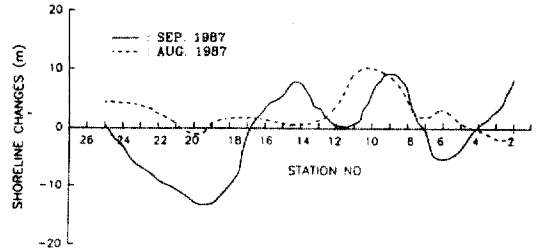


그림 13. 1987年 7月을 기준으로한 海岸線變化量.

나타내지 않으면 縱斷方向의 漂砂移動에 의하여 海岸線이 變化함을 나타낸다.

그림 12에서 1987年 8月에는 測線 13, 14, 16, 17 등에서만 堆積形(step type)으로 나타났고, 9月에는 測線 10, 13, 14 등에서만 堆積形 断面을 나타내고 그 밖의 測線에서는 断面形狀이 7月과 別다른 차가 없었다. 이것은 그림 14의 A-I 特性結果가 타 당함을 나타낸다고 할 수 있다.

4.3 E.O.F.法에 의한 地形變化의 解釋

4.3.1 解釋方法

E.O.F.法(Empirical Orthogonal Function Method)은 海濱地形變化의 季節的 變動解釋을 위하여 1975年 Winant 等⁽¹⁵⁾에 의해 導入된 후 1981年 橋本·宇多⁽¹⁶⁾는 經驗的 直交函數法에 의하여 海岸地形變化過程을 설명하였다. E.O.F.法을 간단히 설명하면 다음과 같다.

觀測期間 동안의 어떤 地點에서 水深變化量 Δh 는 式 (1)과 같다.

$$\Delta h(i, j, t') = h(i, j, t+1) - h(i, j, t) \quad (1)$$

여기서, i 는 縱斷方向의 測點番號, j 는 沿岸方向의 測線番號 그리고 t 는 觀測期間을 나타낸다. 그리고 Δh 는 式 (2)와 같이 未知의 縱斷方向의 固有函數 ZP_{nx} 와 沿岸方向의 固有函數 CP_{ny} 로 전개할 수 있다.

$$\Delta h(i, j, t') = \sum_n ZP_{nx}(i, t') \cdot CP_{ny}(j, t') \quad (2)$$

여기서, n 은 固有函數의 갯수이다. 固有函數 ZP_{nx} 는 式 (3), (4)와 같이 對稱行列 a_{ij} 를 만들어 이로부터 생성되는 行列 A의 固有值로 구할 수 있다.

$$a_{ij} = \frac{1}{n_x n_y} \sum_{y=1}^{n_y} \Delta h(i, j, t') \cdot \Delta h(i, y, t') \quad (3)$$

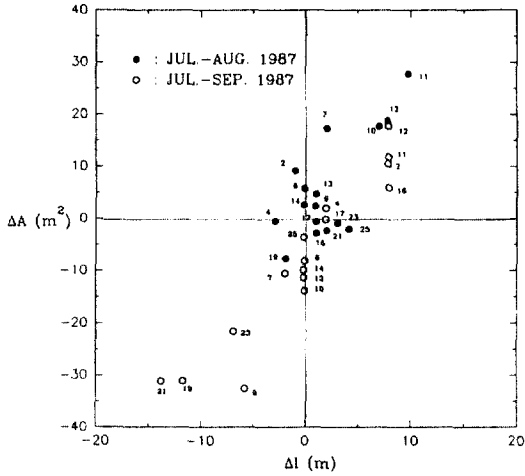


그림 14. 斷面積變化量(ΔA)과 海岸線變化量(Δl)과의關係.

$$A \cdot ZP_{nx} = \lambda_n \cdot ZP_{nx} \quad (4)$$

여기서, n_x 는 縱斷方向의 測點數, n_y 는 沿岸方向의 測線數, λ_n 은 固有值이다. 그리고 沿岸方向의 固有函數 CP_{ny} 은 式 (5)와 같이 函數의 直交性으로부터 구할 수 있다.

$$ZP_{ny}(j, t') = \sum_{i=1}^{n_x} \Delta h(i, j, t') \cdot ZP_{nx}(i, t') \quad (5)$$

또한, 全固有值의 합은 行列 A의 Trace와 같으므로 Trace A에 대한 比의 형태로 각 固有值의 상대적인 크기를 구할 수 있다.

$$\sum \lambda_n = \text{Trace A} = \frac{1}{n_x n_y} \sum_{i=1}^{n_x} \sum_{j=1}^{n_y} \{\Delta h(i, j, t')\}^2 \quad (6)$$

4.3.2 解釋結果

그림 15는 1987년의 7~8월, 8~9월 사이의 E.O.F. 解釋結果를 나타낸다. 여기서 ZP_1 과 CP_1 은 각각 縱斷方向과 沿岸方向 固有函數의 1次 mode를 나타내며, 이때 ZP_{nx} 와 CP_{ny} 의 값이 陽의 값이면 堆積, 陰의 값이면 浸蝕을 나타낸다.

1987年 7~8月 사이 1次 mode(75.6%)는 St.6~14에서 ZP_1 과 CP_1 의 값이 陽의 값으로 堆積되는 樣相을 나타냈다. CP_1 의 형태로 보면 外海方向으로 거리 25~40 m까지는 미소하나 陰의 값을 나타내고, 25 m 이내에서는 큰 陽의 값으로서 약간은

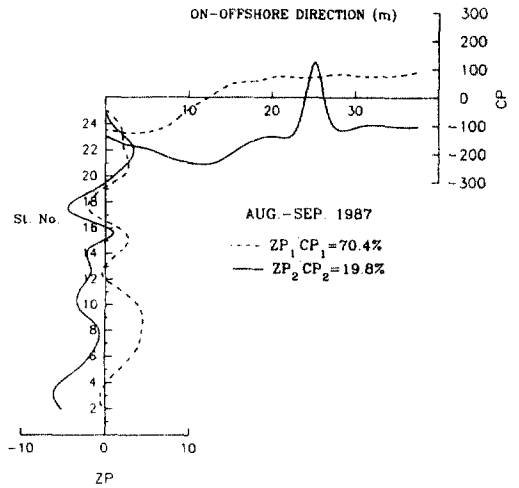
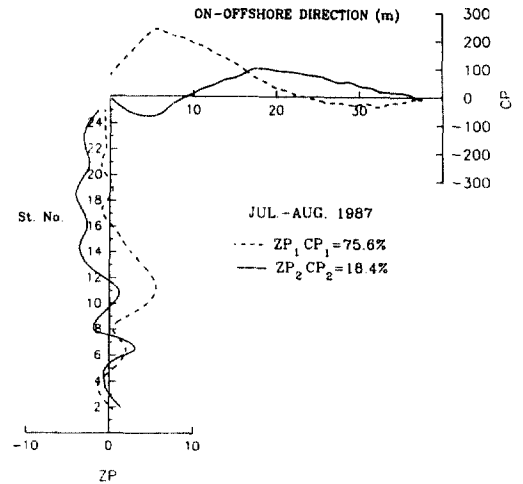


그림 15. EOF法에 의한 1987年 7~8月 및 8~9月 사이의 地形變化 解釋結果.

縱斷方向의 漂砂移動에 의한 堆積形 斷面形態를 나타낸다고 볼 수 있다. ZP_1 의 형태를 보면 St.2~4에서 陰의 값, St.6~14에서는 陽으로서 그 크기가 St.9에서 가장 작고, St.11에서는 큰 값을 나타내고 있어 주로 沿岸方向 漂砂量의 불균형에 의하여 堆積되는 樣相을 나타낸다고 볼 수 있다. St.14~25에서는 ZP_1 의 값이 ZP_2 의 값에 비하여 매우 작다. 여기서 2次 mode(18.4%)는 外海方向距離 10~40 m에서는 ZP_2 와 CP_2 의 값이 陰, 10 m 이내에서는 陽으로서 전형적인 縱斷方向의 漂砂移動에 의하여 堆積되는 樣相을 나타낸다.

1987年 8~9月 사이의 1次 mode(70.4%)는 ZP_1

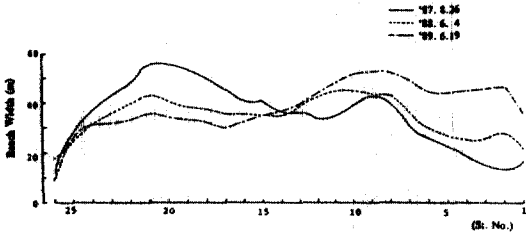


그림 16. 1987~1989년의 해雲臺 海水浴場 海岸線 變化 測定結果.

CP₁의 값이 外海方向距離 25 m 地點을 제외하고는 거의 陰의 값을 나타내고 있으며, ZP₁의 값이 沿岸方向으로 그 크기가 週期的으로 변화하는 樣相을 나타내므로 주로 沿岸方向의 漂砂移動에 의하여 海濱浸蝕이 일어난다고 볼 수 있다.

5. 海岸線의 長期變形 豫測結果

그림 16은 1987年 8月부터 1989年 6月까지 3年 間의 海雲臺 海水浴場의 海濱幅變化를 나타낸다. 여기서, St.番號는 그림 1의 測線番號를 나타낸다. 이 그림에서 海水浴場의 동쪽에서는 海濱幅이 매년 減少하고, 서쪽에서는 增加하는 樣相을 나타내고 있으며, St.14부근에서는 海濱幅의 變化가 거의 없는 節點에 해당한다. 이것은 동쪽부터 서쪽으로의 沿岸漂砂에 의하여 海岸線이 변화함을 의미하며, 漂砂의 供給源이 없는 동쪽에서는 계속적으로 海岸線이 後退하고, 沿岸漂砂量의 均衡을 취하는 St.14에서는 海岸線의 變化가 거의 없고, 沿岸漂砂의 流入이 流出보다 큰 서쪽에서는 海岸線이 進진하는 樣相을 나타냄을 뜻한다. 朴·李¹²⁾는 海岸線變形 豫測模型을 개발하여 海雲臺 海水浴場의 海岸線變形豫測에 적용한 바 있다.

그림 17은 海岸線變形模型의 검증을 거친 후, 1988年 6月부터 1998年 6月까지 10年 間의 海岸線變形을 豫測한 結果이다. 計算結果에 의하면 海雲臺 海水浴場의 동편에서 약 150 m 가량은 岸壁까지 海岸線이 後退하고 海濱의 中央部와 동편에는 1994年부터 거의 變化가 없는 平衡狀態에 달하고 있음을 보여주고 있다. 이와 같은 海岸線變化過程은 1994年 1月 현재의 海雲臺 海水浴場의 海岸線形態와 거의 일치하고 있다.

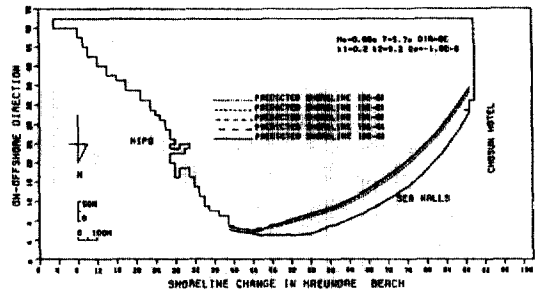


그림 17. 海岸線變形 豫測結果.

6. 海濱變形機構에 관한 考察

現地調査에 의한 地形變化의 解釋結果 및 數值計算結果로부터 海雲臺 海水浴場의 海濱變形機構에 대하여 考察하면 다음과 같다.

6.1 堆積期의 漂砂移動

南西風系의 바람이 탁월했던 1987年 7月 20日부터 8月 26日 사이에는 颱風 셀마호에 의하여 浸蝕되었던 海濱이 S系의 堆積形 波浪에 의한 回復期에 해당한다고 볼 수 있다. 그림 12의 St.2~6에서는 縱斷漂砂에 의한 流入量보다 沿岸漂砂에 의한 流出이 많아서 海岸線의 後退가 일어났다. St.7~13에서는 주로 縱斷漂砂와 沿岸漂砂에 의하여 海岸線의 前進이 일어났다. St.14~17의 中央部에서는 縱斷漂砂에 의한 流入量과 沿岸漂砂에 의한 流出量이 거의 平衡을 이루고 있는 것으로 여겨진다. St.21~25에서는 縱斷漂砂에 의한 流入量이 沿岸漂砂에 의한 流出量보다 많아서 海岸線이 前進하였으나, St.19부근에서는 沿岸漂砂에 의한 流入量보다 縱斷漂砂에 의한 流出量이 많아서 海岸線이 後退한 것으로 생각되어진다.

이와 같은 漂砂移動樣相을 模式的으로 나타내면 그림 18의 윗 그림과 같다. 그림 18의 7~8月과 같은 漂砂移動樣相은 그림 9의 S系의 入射波向($\theta_s = 180^\circ$)인 경우 沿岸流의 計算結果와 잘 일치하고 있다.

6.2 浸蝕期의 漂砂移動

北東風系의 波浪이 탁월했던 1987年 8月 26日부터 9月 19日 사이에서는 颱風 셀마호에 의해 浸蝕된 海濱이 어느정도 回復되었을 때 韓國 南海岸에는

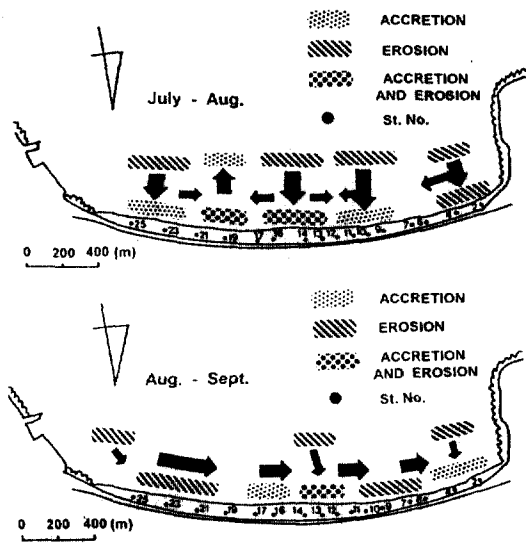


그림 18. 堆積期와 浸蝕期の 漂砂移動 模式圖.

間接的 影響을 미친 颱風 다이너호의 통과와 그 후 계속적인 北東風系의 바람에 의하여 海雲臺 海岸에 는 비교적 入射角이 큰 波浪이 내습하게 되었다. 이 기간에 海岸線은 상당히 後退한 浸蝕期에 해당한다고 볼 수 있다.

그림 12의 St.2~6에서는 縱斷漂砂에 의하여 流入된 漂砂와 沿岸方向으로부터 流入된 漂砂에 의하여 海岸線이 크게 前進하였다. St.7~11에서는 동쪽 으로부터 流入되는 漂砂보다 서쪽으로 流出되는 漂砂가 많아서 海岸線이 後退하였다. St.12~14에서는 沿岸漂砂가 거의 平衡을 이루고 있으므로 海岸線의 變化가 거의 없는 것으로 여겨진다. St.17~25에서는 동쪽으로부터 沿岸漂砂의 供給이 차단된 상태에서 생기는 沿岸漂砂의 不均衡에 의하여 海岸線이 크게 後退한 것으로 보여진다. 이와 같은 漂砂移動樣相을 模式的으로 나타내면 그림 18의 아래 그림과 같다. 이것은 그림 9의 SE系의 入射波向($\theta_s = 135^\circ$)인 경우의 沿岸流 計算結果와 잘 일치하고 있다.

6.3 長期的인 海濱變形

앞에서 설명한 堆積期와 浸蝕期の 漂砂移動은 수 개월 이내에 일어날 수 있는 단기적인 海濱變形過程을 나타낸다. 暴風이나 颱風 통과로 인한 高波浪의 來襲時에는 일반적으로 海岸線의 後退와 沿岸砂洲가 形成되는 등의 海濱變形을 일으키나, 정온한 波浪이

작용하면 沿岸砂洲는 海岸線 쪽으로 移動되어 원래의 상태로 復歸된다. 이와 같은 斷面形態의 變化는 季節的인 것으로서 대개 1年을 통해 보면 海濱은 거의 平衡狀態를 유지한다. 그러나 어떤 海岸에서는 地形的인 影響이나 氣象學的인 要因으로 인하여 1年을 통하여 卓越하게 나타나는 入射波向이 存在하고 이에 따라 어느 한쪽 方向으로의 沿岸漂砂가 탁월하게 된다. 따라서 이러한 海岸에서 漂砂供給源이 減少되거나 遮斷되면 海岸線이 後退하는 典型的인 海濱浸蝕現象을 일으킨다.

海雲臺 海岸은 前面이 SSE쪽으로 향하고있는 弓形으로서, 1年을 통한 主入射波向은 SE系를 이룬다. 海岸線變形 豫測模型의 檢證時 代表波의 諸元이 入射波向 SE, 週期 5.7초 그리고 波高 0.68m로 나타난 것은 위 사실을 잘 증명하여 준다. 또한 海雲臺 海濱은 高波浪의 來襲時 복잡한 海濱流의 舉動과 直立護岸으로부터의 反射波의 影響으로 外海쪽으로 流失되는 量도 존재하게 된다.

7. 要約 및 結論

海雲臺 海水浴場의 海濱變形機構를 파악하기 위하여 入射波浪特性에 관한 既存資料를 收集·分析하고, 漂砂移動의 外力이 되는 海濱流의 現地調查를 행하였다. 屈折·回折 및 碎波를 고려한 波浪變形 計算과 海濱流의 數值模型實驗을 통하여 入射波浪에 따른 海濱流의 分布를 계산하였다.

1987年 3月부터 9月까지 海岸線變化와 斷面測定 結果로부터 颱風 셀마호와 다이너호의 통과에 따른 海濱變形過程을 A-I 特性과 E.O.F.分析을 통하여 설명하였다. 이로부터 海雲臺 海濱의 漂砂移動 模式圖를 類推하였으며, 漂砂移動樣相은 主入射波浪에 대한 海濱流의 分布와 아주 유사하게 나타났다. 1987年부터 1989年 사이의 3년간 海濱幅 測量資料로부터 海雲臺 海濱의 장기적인 變形過程을 파악할 수 있었으며, 海岸線變形 豫測模型을 통하여 海岸線變形에 대한 入射波浪의 諸元을 定量的으로 구하였다.

이상의 研究結果를 토대로 海雲臺 海水浴場의 海濱變形機構에 대하여 다음과 같은 結論을 내릴 수 있다.

첫째, S系의 정온한(堆積形) 入射波浪에 대하여는 外海쪽의 모래가 海岸으로 접근하여 海岸에 堆積하게 된다. 그러나 SE系의 정온한 入射波浪에 대해

여는 沿岸漂砂가 발달하고 이 때 漂砂供給源이 없는 동쪽해안으로부터 海岸線이 후퇴하는 海濱浸蝕을 나타낸다.

둘째, 暴風時와 같이 浸蝕形의 高波浪 내습시는 入射波向에 관계없이 복잡한 海濱流설의 형성과 강한 沿岸流로 인하여 해안쪽의 모래가 浮遊상태로 外海쪽으로 이동되고 潮流에 의하여 상당한 양의 모래가 外海쪽으로 流失될 것으로 보인다.

세째, 海雲臺 海水浴場의 海濱幅은 중앙부에는 거의 변화가 없으며 海水浴場의 동쪽과 서쪽에서는 海岸線이 前進 또는 後退하는 變動特性을 나타낸다.

네째, 海雲臺 海水浴場의 主入射波向은 SE系이므로 1年을 통한 純沿岸漂砂量은 동쪽에서 서쪽으로 존재하게 된다. 이때 동쪽해안에서는 漂砂供給源이 없으므로 海岸浸蝕을 일으키게 되고, 서쪽해안에 堆積한 모래는 暴風時 高波浪에 의하여 상당한 量이 外海쪽으로 流失된다.

상기의 研究結果는 앞으로 海雲臺 海水浴場의 保全對策樹立에 중요한 基礎資料가 될것으로 기대한다. 그러나 앞으로 定量的인 水深變化를 豫測하기 위해서는 實時間 入射波浪 및 海上風 觀測시스템과 不規則 波浪變形模型과 이에 따른 沿岸流의 實時間 豫測模型의 構築이 필요하며, 이들 不規則 外力로 인한 局所掃流漂砂量과 浮遊砂의 舉動을 고려한 3次元 水深變化豫測模型의 構築이 필요할 것으로 생각된다.

感謝의 글

본 研究는 1989年 釜山市에 의한 “海雲臺 海水浴場 砂濱流失 原因糾明 및 防止對策 工法樹立을 위한 研究”에 의하여 일부 수행되었으며, 본 研究와 관련하여 귀중한 資料를 제공하여 준 釜山市의 關係諸位께 謝儀를 표한다.

參考文獻

1. 釜山市, 航測方法에 의한 海岸線變化 測定, 1990, 91p.
2. 張善德, 梁在穆, “海雲臺 및 廣安洞 海岸의 漂砂”, 韓國水產學會 秋季 研究發表會 論文要旨集, 1975,

- p. 5.
3. Ham, G.U., “A Study on the Deformation of Haeundae Beach Profile by Transition Matrix Method”, *J. Geosang Nat. Univ.*, Vol. 21, 1982, pp. 153-157.
4. Ham, G.U. and Yang, Y.M., “Qualitative Analysis on the Profile Sequence Characteristics of Haeundae Beach by Transition Matrix Method”, *Proc. 5th APD IAHR*, Vol. 3, 1986, pp. 219-229.
5. 김희중, 민병형, 옥치을, “해빈변형의 상사에 관한 연구”, 토목학회 제 28회 수공학연구발표회 논문초록집, 1986, pp. 187-194.
6. 양운모, 김정부, 정상진, “안층방향 표사이동에 관한 이동상 모형실험에 관한 연구”, 토목학회 제 29회 수공학 연구발표회 논문초록집, 1987, pp. 235-243.
7. 金次謙, “海雲臺 海水浴場의 海濱變形에 관한 基礎的 研究”, 釜山水產大學 大學院 海洋工學科 工學碩士 學位論文, 1988, 52p.
8. 張善德, 李宗覺, 金次謙, “海濱變形에 及ぼす 海濱流의 影響”, 第35回 海岸工學講演會 論文集, 日本土木學會, 1988, pp. 492-496.
9. 尹鍾星, “海雲臺 海濱의 長期變形에 관한 基礎的 研究”, 釜山大學校 大學院 土木工學科 工學碩士 學位論文, 1989, 62p.
10. 釜山市, 水營灣 開發地區 數值 및 水理模型實驗 報告書, 1984, 398p.
11. 현동현, 김수삼, “수치모형을 이용한 해운대 사빈 해안선변형예측을 위한 기초적 연구”, 한국해양공학회 춘계 학술대회 강연논문집, 1989, pp. 39-44.
12. 朴一欽, 李宗覺, “海雲臺 海濱의 海岸線變形 豫測模型”, 韓國海岸·海洋工學會誌, 第1卷, 第1號, 1989, pp. 50-62.
13. 釜山市, 海雲臺 海水浴場 砂濱流失 原因糾明 및 防止對策 工法樹立을 위한 研究 報告書, 1989, 386 p.
14. 樺木 亨, 李宗覺, 出口一郎, “河口周邊의 海濱流及 地形變動モデル에 關する 研究”, 日本土木學會 第31回 海岸工學講演會論文集, 1984, pp. 411-415.
15. Winant, C.D., Inman, D.L. and Nordstrom, C.E., “Description of Seasonal Beach Changes Using Empirical Eigen Functions”, *J. Geophys. Res.*, Vol. 80, No. 15, 1975, pp. 1979-1986.
16. 橋本 宏, 宇多高明, “經驗的固有函數法による 海濱地形變化의 解釋”, 日本土木學會 論文報告集, 第305號, 1981, pp. 59-71.

(接受 : 1993. 12. 1)