

# 경년변화추출기법을 이용한 해안지형변화 예측 The Prediction of Coastal Topographic Deformation Using Change Detection Technique

최철웅\* · 곽재하\*\* · 박상길\*\*\* · 강인준\*\*\*

Choi, Chul-Ung · Kwak, Jae-Ha · Park, Sang-Kil · Kang, In-Joon

## 요 旨

경년변화추출기법은 임의 시간  $t_1$ ,  $t_2$ 에 대한 픽셀대 픽셀, 밴드대 밴드의 변화를 나타내는 기법이다. 본 연구에서는 주기적인 수준측량결과를 경년변화기법을 중심으로 수치영상해석기법, 보간법, 수치지형모델을 이용하여 해안의 모래유동을 현상학적으로 해석하였다. 모래의 유동량 및 이동방향, 해류의 방향 및 영향, 정션을 기준으로 한 상하부의 모래이동, 해안 모래의 침식 및 퇴적량 변화, 침식지역 및 퇴적지역을 추출하여 해안의 침식 및 퇴적 원인을 규명하므로써 효율적인 해안관리방안을 제시하는데 목적이 있다.

## ABSTRACT

Change detection is the technique to represent the change of pixel by pixel and band by band between  $t_1$  and  $t_2$  times. In this study, authors analyze the beach-sand movement using digital image analysis, interpolation and digital terrain model by leveling every years at a coastal area. This paper suggests the useful beach-maintenance plan based on the sand movement and its direction, direction and influence of ocean current, change of ocean-sand erosion and sedimentation, and area of erosion and sedimentation.

## 1. 서 론

일반적으로 지형공간정보체계(Geo-Spatial Information System)에서는 수치지형모델(Digital Terrain Model)을 이용하는 경우는 많이 있으나 경년변화추출기법 및 비선형보간방식(Nonlinear Interpolation Method)을 이용하는 경우는 적었다. 이 중에서 경년변화추출기법(Change Detection Technique)은 원격탐사(Remote sensing)에서 많이 사용하는 기술로서, 각각의 인공위성 영상에서 변화가 발생한 부분이나 진행중인 부분을 추출하고자 할 때 사용되는 기술이다. 비선형 보간은 토목공학, 기계공학, 건축공학 등 많은 학문에서 구조해석을 할 때 사용하는 수치해석 기술의 하나이다. 이러한 기법을 지형공간정보학의 격자(Grid)해석기법과 연결하여

운영하였는데, 이는 인공위성영상의 데이터 구조와 측정된 표고영상(elevation image) 데이터의 구조가 같기 때문이다.

### 1.1 연구동향

원격탐사에 있어서 경년변화 추출기법의 적용을 살펴보면 Landsat-5호 TM 영상을 사용한 늪지변화분석<sup>1)</sup>, Landsat 영상을 이용한 토지이용변화<sup>2)</sup>, 주기적인 항공사진과 컴퓨터기술에 의한 토지이용변화<sup>3)</sup>, 삼림에 있어 시계열적 전파 및 확산경로를 밝힘으로서 산림병충해 피해의 발생예측 및 방제대책수립을 위한 자료의 제공<sup>4)</sup>, Landsat데이터에 의한 서울시 도시구역의 변화추출<sup>5)</sup>, Landsat TM data를 이용한 솔잎혹파리 피해지역추출<sup>6)</sup>, 그리고 수치지형모델에 경년변화추출기법을 이용한 구조물의 안전진단에의 적용에 관한 연구<sup>7)</sup> 등이 있다.

이와 같이 경년변화추출기법은 수치화된 인공위성영상을 주로 사용하였으나, 본 연구와 같이 해안의 모래

\*부산대학교 토목공학과 대학원 석사과정

\*\*부산대학교 토목공학과 대학원 박사과정

\*\*\*부산대학교 토목공학과 부교수

변형 전파 및 확산 경로, 변위 발생 예측에 적용한 연구는 미소한 실정이다.

## 1.2 연구목적

부산광역시 해운대, 광안리 등 해안에서의 모래 유실에 따른 많은 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 모래의 이동량 및 이동방향, 해류의 방향에 따른 영향, 정선(汀線)을 기준으로 한 상하부의 모래이동, 침식 및 퇴적량 변화, 침식 및 퇴적면적 변화를 현상학적 측면에서 해석하기 위하여 수치지형모델과 경년변화추출기법을 이용하여 해석하였고, 이것을 중심으로 해변의 안정여부 추정하므로써 해변의 효율적인 관리방안을 제시하고자 한다.

## 2. 경년변화추출

그림 1은 경년변화추출기법을 개념적으로 표현한 것이다. 과정 ①은 기본도 및 단면도 입력으로, 기본도 입력은 지도상의 좌표계인 TM(X, Y, Z) 혹은 UTM좌표계(N, E, Z)로 해안선 및 그 주변의 높이자료를 입력하는 과정이고, 단면도 입력은 해안의 단면별 관측값을 각 단면에 대하여 지역공간좌표계(X', Y', Z')로 변환하여 입력자 정의 평면좌표계(X, Z)로 변환하여 입력하는 과정이다. 과정 ②는 단면측량결과를 시간  $t_1, t_2, t_3$ 별로 불규칙삼각망(TIN: Triangular Irregular Network)으로 변환후 높이값 격자(Grid)로 변환하는 과정이며, 과정 ③은 각각의 높이 격자값이 통일된 좌표원점 및 격자크기가 되도록 변환하는 과정이다. 그리고 과정 ④는 일반적인 수치해석방법의 하나로서 각 격자별로 시간  $t$ 에 대한 높이값 함수격자  $f(t)_{(n,n)}$ 를 구하는 과정으로 그림 2와 같다.

그림 2에서 각 격자(n, n)점의 임의시간  $t$ 에 대한 높이값 함수식  $f(t)_{(n,n)}$ 을 구하는 방법은 일반적으로 Newton 보간법과 Lagrange 보간법등을 많이 사용하고 있다.<sup>8)</sup> 본 연구에서는 Newton 선형보간을 하였으며 Newton n차 보간법에서 차분상(Divided difference)을 다음과 같이 정의하였다.

1계 차분상 :

$$f[t_0t_1] = \frac{f[t_1] - f[t_0]}{t_1 - t_0} \quad (2.1)$$

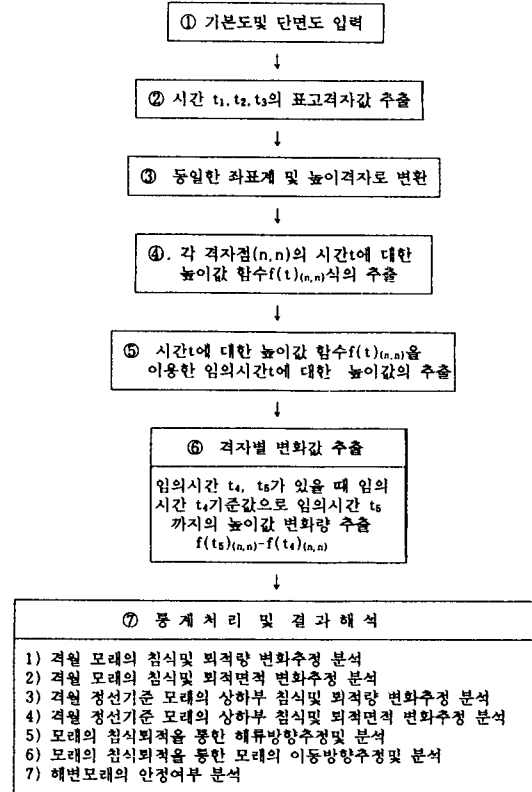


그림 1. 경년변화추출기법 해석의 흐름도

2계 차분상 :

$$f[t_0t_1t_2] = \frac{f[t_1t_2] - f[t_0t_1]}{t_2 - t_0} \quad (2.2)$$

n계 차분상 :

$$f[t_0t_1t_2 \dots t_n] = \frac{f[t_1 \dots t_n] - f[t_0 \dots t_{n-1}]}{t_n - t_0} \quad (2.3)$$

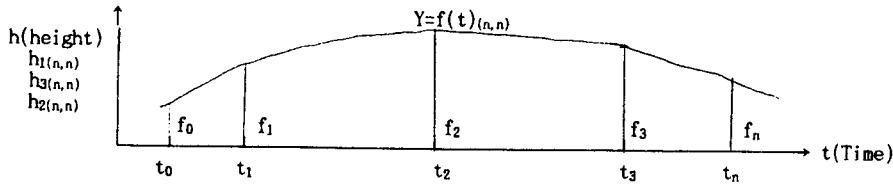
임의시간  $t$ 에 의하여 함수  $f(t)$ 의 차분상에 의하여 전개하면 다음과 같다.

$$f[t_0t] = \frac{f[t] - f[t_0]}{t - t_0} \quad \text{단, } f[t_0] = f(t_0), \quad f[t] = f(t) \quad (2.4)$$

여기서,  $f(t)$ 는 임의시간 " $t$ "에 대한 함수가 되며  $f[t]$ 는 정하여진 시간 " $t_0, t_1, t_2, t_3$ "에 대한 함수이다

$$\text{따라서 } f(t) = f[t_0] + (t - t_0) f[t_0t] \quad (2.5)$$

	n	n+1		n	n+1		n	n+1
n	h1 <sub>(n,n)</sub>	h1 <sub>(n,n+1)</sub>	n	h2 <sub>(n,n)</sub>	h2 <sub>(n,n+1)</sub>	n	h3 <sub>(n,n)</sub>	h3 <sub>(n,n+1)</sub>
n+1	h1 <sub>(n+1,n)</sub>	h1 <sub>(n+1,n+1)</sub>	n+1	h2 <sub>(n+1,n)</sub>	h2 <sub>(n+1,n+1)</sub>	n+1	h3 <sub>(n+1,n)</sub>	h3 <sub>(n+1,n+1)</sub>
n+2	h1 <sub>(n+2,n)</sub>	h1 <sub>(n+2,n+1)</sub>	n+2	h2 <sub>(n+2,n)</sub>	h2 <sub>(n+2,n+1)</sub>	n+2	h3 <sub>(n+2,n)</sub>	h3 <sub>(n+2,n+1)</sub>
n+3	h1 <sub>(n+3,n)</sub>	h1 <sub>(n+3,n+1)</sub>	n+3	h2 <sub>(n+3,n)</sub>	h2 <sub>(n+3,n+1)</sub>	n+3	h3 <sub>(n+3,n)</sub>	h3 <sub>(n+3,n+1)</sub>
	t <sub>1</sub> 시기의 격자점의 높이			t <sub>2</sub> 시기의 격자점의 높이			t <sub>3</sub> 시기의 격자점의 높이	



	n	n+1
n	f(t) <sub>(n,n)</sub>	f(t) <sub>(n,n+1)</sub>
n+1	f(t) <sub>(n+1,n)</sub>	f(t) <sub>(n+1,n+1)</sub>
n+2	f(t) <sub>(n+2,n)</sub>	f(t) <sub>(n+2,n+1)</sub>
n+3	f(t) <sub>(n+3,n)</sub>	f(t) <sub>(n+3,n+1)</sub>

임의시기 t일때의 높이값격자

그림 2. f(t)<sub>(n,n)</sub>함수격자 추출

$$f[t_0t_1t_1] = \frac{f[t_1t_2] - f[t_0t_1]}{t_2 - t_0}$$

따라서  $f(t_0) = f[t_0t_1] + (t_0 - t_1) f[t_0t_1t_1]$  (2.6)

$$f(t_0t_1 \dots t) = f[t_0t_1] + (t_0 - t_1) f[t_0t_1t_1]$$

식(2.5)에 식(2.6)을 차례로 대입하면 다음 식(2.7)이 된다.

$$f(t) = f[t_0] + (t - t_0) f[t_0t_1] + (t - t_0)(t - t_1) f[t_0t_1t_2] + \dots + (t - t_0)(t - t_1) \dots (t - t_{n-1}) f[t_0t_1 \dots t_n] + (t - t_0)(t - t_1) \dots (t - t_n) f[t_0t_1 \dots t_n t]$$
 (2.7)

t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, ..., t<sub>n</sub>까지 분점의 함수값을 알 때, 구하고자 하는 함수f(t)를 t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub>, ..., t<sub>n</sub>의 n차 다항식으로 전개하면 식(2.8)과 같다.

$$f(t) = Y_{0,1,\dots,n}(t) - E(t)$$
 (2.8)

단,  $Y_{0,1,\dots,n}(t) = f[t_0] + (t - t_0) f[t_0t_1] + \dots + (t - t_0)(t - t_1) \dots (t - t_{n-1}) f[t_0t_1 \dots t_n]$

$$E(t) = -(t - t_0)(t - t_1) \dots (t - t_n) f[t_0t_1 \dots t_n]$$
이다.

본 연구에서 Newton 선형보간법을 사용한 이유는 오차항 E(t)을 제외하면 f(t)를 t에 관한 n차 다항식으로 전개할수 있고, 만약 f(t)가 n차 또는 그 이하의 다항식이면 f(t)=Y<sub>0,1,...,n</sub>라 하면 분점 t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub>, ..., t<sub>n</sub>의 순서가 바뀌어도 Y<sub>0,1,...,n</sub>는 불변이기 때문이다.

과정 ⑤는 각 격자점별로 구한 시간 t에 대한 높이함수식 f(t)<sub>(n,n)</sub>를 이용하여 각 격자점별로 임의시간 t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub>에 대한 높이 격자를 구하는 과정이다. 과정 ⑥은 매달 변화하는 높이값 격자를 만드는 과정으로, 일반적으로 영상처리에서는 8비트 방식 혹은 7비트방식의 데이터를 이용하지만 본 연구에서는 24비트 방식을 이용하였으며 그이유는 7비트방식은 ±63 혹은 0~127까지 표현이 가능하고 8비트 방식은 ±127 혹은 0~255까지 표현이 가능하다. 그러나 실제 지형모델의 값이 그범위들 넘어서는 경우가 많으므로 7비트방식과 8비트방식은 지형모델 표현에 적합하지 않았고 24비트 방식은 ±2147483647혹은 0~4294967295까지 표현이 가능하여 소수점 이하를 표시하기에 용이하고 실제 지형모델의 값이 그범위안에 있어서 활용하기에 용이함으로 사용하

였다. 격자별 월단위의 변화값 추출은 영상간에 차이를 추출하는 기법으로  $t_1, t_2, t_3$ 년도 수치지형모델에 의한 격자값 대 격자값을 감하여 주는 기법이므로 임의시간  $t_4$ 까지의 격월 변화를 추출할 수 있다. 임의시간  $t_4, t_5$ 가 있을 때 임의시간  $t_4$ 를 기준값으로 한 임의의 시간  $t_5$ 까지의 높이값 변화량 추출은 식(2.9)와 같다.<sup>9,10,11,12)</sup>

$$I(t_5 \sim t_4)_{(n,n)} = f(t_5)_{(n,n)} - f(t_4)_{(n,n)} \quad (2.9)$$

여기에서  $I(t_5 \sim t_4)_{(n,n)}$ 에서  $I$ 값의 정의는 임의시간  $t_5$ 의 격자(n, n)에서의 높이값을 임의시간  $t_4$ 의 격자(n, n)에서의 높이값을 빼서 발생하는 차이값인 "Interval"의 약자로서 "I"함수를 사용하였으며 이값은 ±값으로 나올 수 있으며, (+), (-)값은 (+)값일때 퇴적량이고 (-)값일때 침식량이 된다. 그 결과는 (-)값변화가 많으면 침식량이 많은 것이고 (+)값변화가 많으면 퇴적량이 많은 것이며 "0"값은 변화가 없다고 판단하였다. 과정 ⑦은 위의 결과를 통계처리하고 결과를 해석하는 과정이다.

### 3. 적용예

#### 3.1. 모델지역

부산광역시 해운대구 송정해수욕장의 30개소 단면에 대하여 1994년 6월부터 1995년 5월 까지 약 6개월 간격으로 3차례 고저측량한 값을 이용하였다. 기본도는 축척 1:1,200의 항공사진측량현황도 4장(X, Y평면)에서 해안선과 등고선을 5m간격으로 디지털이징하여 입력하였다. 그리고 측량단면도(X', Y'평면)는 전체좌표

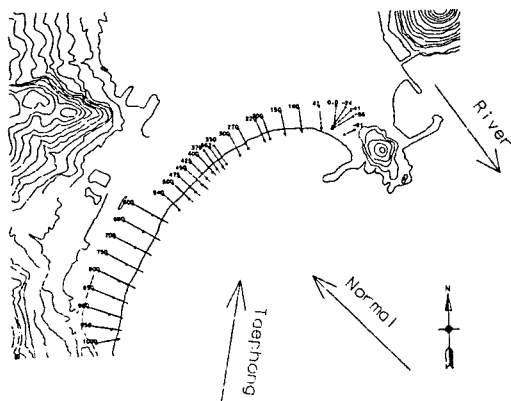


그림 3. 모델지역

계(X, Y, Z)에 대한 국지좌표계(X', Y', Z')로 변환한 후 X, Y평면에서 X', Z'평면으로 변환을 30개 단면에 대하여 실시하여 입력하였다. 그림 3은 모델지역의 지형과 고저측량을 실시한 단면을 나타내고 있다.

격자값은 1994년 6월 9일( $t_1$ ), 1994년 11월 4일( $t_2$ )과 1995년 5월 2일( $t_3$ )의 높이(h)격자를 1미터×1미터 격자로 하여 총 616×718 격자를 구성하였다. 각 격자(n, n)점의 시간에 대한 높이값 함수  $f(t)_{(n,n)}$ 식을 추출하기 위해서는 기본식을 추출하여야 하는데 Newton보간법을 이용한 기본식은 식(3.1)과 같다.

$$\begin{aligned} Y_{1,2,3}(t)_{(n,n)} &= f(t)_{(n,n)} = f_1 + (t-t_1) f[t_2 t_1]_{(n,n)} \\ &\quad + (t-t_1)(t-t_2) f[t_3 t_2 t_1]_{(n,n)} \\ &= f[t_1] + (t-t_1) \frac{f[t_2]_{(n,n)} - f[t_1]_{(n,n)}}{t_2 - t_1} \\ &\quad + (t-t_1)(t-t_2) \frac{f[t_3 t_1]_{(n,n)} - f[t_2 t_1]_{(n,n)}}{t_3 - t_1} \\ &= f[t_1] + (t-t_1) \frac{f[t_2]_{(n,n)} - f[t_1]_{(n,n)}}{t_2 - t_1} + (t-t_1)(t-t_2) \\ &\quad \frac{f[t_3]_{(n,n)} - f[t_1]_{(n,n)}}{t_2 - t_1} - \frac{f[t_3]_{(n,n)} - f[t_2]_{(n,n)}}{t_3 - t_1} \end{aligned} \quad (3.1)$$

여기서  $Y_{1,2,3}(t)_{(n,n)}$ 는 오차항  $E(t)$ 를 미소항으로 고려하지 않았을 때 높이값 함수를 뜻하며, 그러므로  $f(t)_{(n,n)}$ 는 임의시간(t)에 대한  $E(t)$ 을 제외한 값이 된다.  $t_3, t_2, t_1$ 은 1994년 6월 9일을 100일로 두고 계산하여 1994년 11월 4일 ( $t_2$ )는 248일, 1995년 5월 2일 ( $t_3$ )은 427일이 되었다. 이를 값을 월단위로 변화하기 위하여 30.5일로 나누었으며 그이유는 30일로 나누어 사용하면 1년이 360이 됨으로 실제값인 365일과 5일이 차이가 나기때문에 사용하지 않았으며 30.5일로 나누어 사용시 1년 366일이 됨으로 실제값과 1일이 차이가 남으로 사용하였다. 그러므로 3.3개월, 8.1개월, 14개월로 사용하였다.  $f(t_1)_{(n,n)}, f(t_2)_{(n,n)}, f(t_3)_{(n,n)}$ 는  $t_1, t_2, t_3$  시기의 높이  $h_1, h_2, h_3$ 이 된다. 식(3.1)을 간략하게 정리하면  $Y_{1,2,3}(t)_{(n,n)} = f(t)_{(n,n)} = at^2 + bt + c$  형태의 2차식으로 나타나지만 실제 계산하여야 하는 Matrix는  $f(t_1 t_2)_{(n,n)}, (t_2 t_3)_{(n,n)}, f(t_1 t_2 t_3)_{(n,n)}$ 로 전체 격자수 442,288(616×718)×3=1,326,864에 대하여 격자해석기법을 이용하여 격자 Matrix를  $f(t)_{(n,n)}$ 에서  $f(t)_{(616,718)}$ 까지 생성시켰다. 격자점별 시간 t에 대한 높이 함수식  $f(t)_{(n,n)}$ 은

표 1. 실측값과 추정값간의 신뢰도 분석

비교대상	상관계수
'94년 6월의 추정값과 실측값	0.999999
'94년 11월의 추정값과 실측값	0.999999
'95년 5월의 추정값과 실측값	0.999555

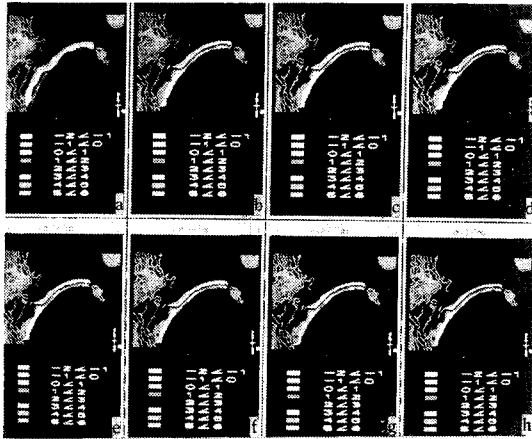


사진 1. 높이값 격자

442,288개이다. 그리고, 시간  $t$ 값을 3~15개월까지 입력하여 1994년 6월경부터 1995년 6월경까지 매월 추정되는 높이값을 구하였다. 월별 높이값 Matrix인  $h(t_{946}/(n,n))$ ,  $h(t_{947}/(n,n))$ ,  $h(t_{948}/(n,n))$ ,  $h(t_{949}/(n,n))$ ,  $h(t_{9410}/(n,n))$ ,  $h(t_{9411}/(n,n))$ ,  $h(t_{9412}/(n,n))$ ,  $h(t_{951}/(n,n))$ ,  $h(t_{952}/(n,n))$ ,  $h(t_{953}/(n,n))$ ,  $h(t_{954}/(n,n))$ ,  $h(t_{955}/(n,n))$ ,  $h(t_{956}/(n,n))$ 를 구하였으며 추정된 결과와 실측값 사이의 신뢰도 검토는 표 1과 같은 상관계수(Correlation coefficient)로 하였다. 상관계수 분석을 통하여 실측값과 추정값을 보간한 결과 보간이 정상적으로 된 것을 알 수 있다.

사진 1은 1994년 6월(a), 7월(b), 9월(c), 10월(d), 12월(e), 1995년 1월(f), 3월(g), 4월(h) 등고선에 대한 1미터 간격으로 표시한 것이다. 시간  $t$ 값을 3~15월까지 입력하여 1994년 6월경부터 1995년 6월까지를 매월 추정 높이값 Matrix를 이용하여 최초 관측일인 1994년 6월 9일을 기준으로한 변화량 Matrix  $I_{m(n,n)}(t)$ 는 식(3.2)를 이용하였다.

$$I_{m(n,n)}(t_n \sim t_{946}) = h(t_n)/(n,n) - h(t_{946})/(n,n) \quad (3.2)$$

그 결과  $I(t_{947}/(n,n)) \sim I(t_{956}/(n,n))$ 를 얻었다.

사진 2는 1994년 7월(a), 8월(b), 10월(c), 11월(d),

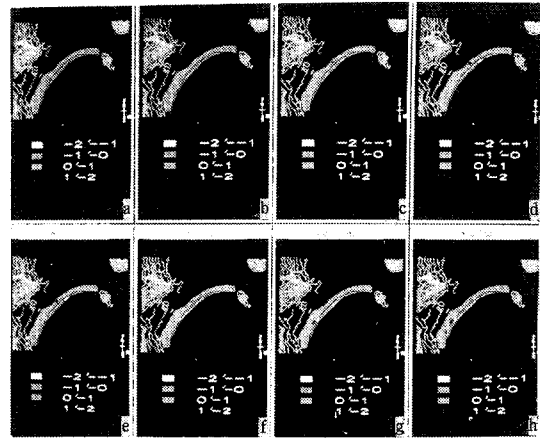


사진 2. 변화량 격자

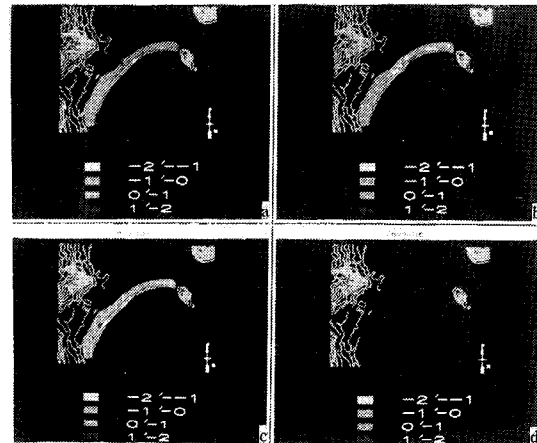


사진 3. 변화 분석도

1995년 1월(e), 2월(f), 4월(g), 5월(h)의 변화량 격자값을 얻었으며, 그 결과는 격자값이 (+)값일 때 퇴적이며, (-)값일 때 침식한 것으로 등고선을 1미터간격으로 처리한 것이다. 모래의 격월 침식 및 퇴적량 변화추정분석은 경년변화기법을 이용하였고 실측값이 6개월간격으로 되어 있으므로 월별로 추정하기 위하여서는 Newton보간법을 사용하여 매월 높이값을 추정하였다. 사진 3의 (a)는 1994년 6월에서부터 1994년 11월까지의 초기 6개월변화이며, (b)는 1994년 11월에서부터 1995년 5월까지의 후기 6개월변화이며, (c)는 1994년 6월에서부터 1995년 5월까지의 1년간 변화를 나타내고 (d)는 모델지역현황도이다.

Newton보간법을 이용한 매월 변화량 매트릭스를 이용하여 모래의 월간 변화량을 추정하였으며 그 결과는

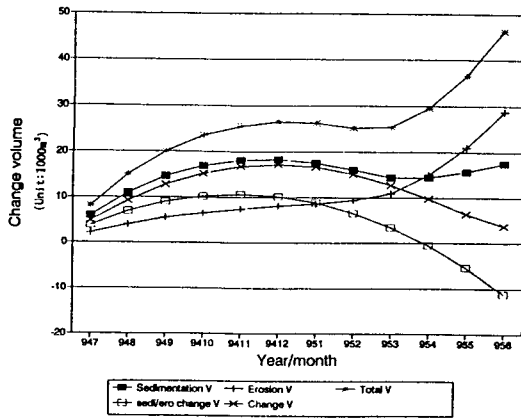


그림 4. 모래 퇴적침식량 변화추정 그래프

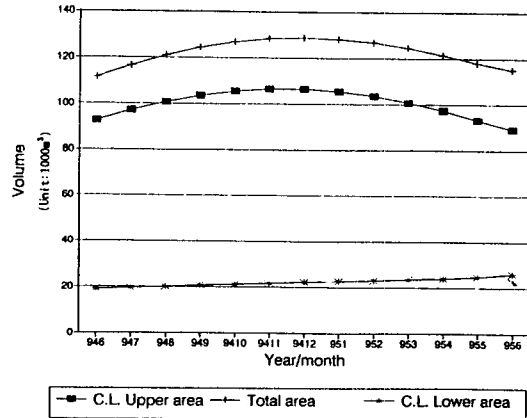


그림 6. 격월 정선기준 모래의 상하부 침식및 퇴적량

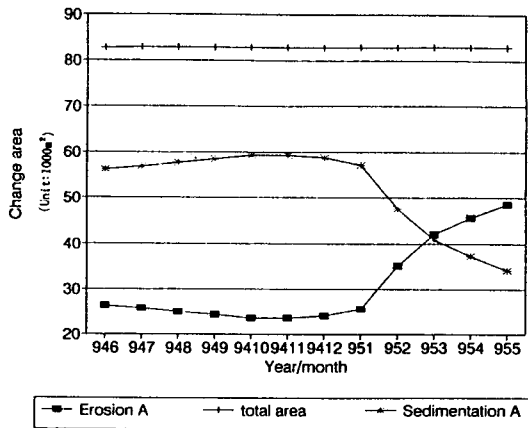


그림 5. 모래 퇴적침식 면적 변화추정 그래프

그림 4와 같다.

그림 4에서 Sedimentation은 퇴적량을, erosion은 침식량을 표시한 것으로 Volume Change는 침식퇴적량 변화로 (퇴적량)-(침식량)을 적용하였으며, Total Volume은 절대퇴적침식량 변화로 (절대값 퇴적량)+(절대값 침식량)이며 그래프의 단위는 1,000 m<sup>3</sup>이다. 퇴적량은 전반적으로 sine그래프를 그리며 안정된 반면 침식량은 급격한 증가를 보이고 있다. 그결과 1995년 4월이후 전반적인 침식량이 퇴적량보다 증가하는 현상을 보이고 있다. 총변화량인 Total Volume은 급격히 증가하는 경향을 나타내므로 모래는 불안정화 되고 있다고 판단되며, 퇴적량은 안정된 반면 침식량이 급격히 증가하여 모래가 유실되는 것으로 예상된다. 송정해수욕장의 경우 해안모래 퇴적량에 있어 초기의 전반적인 상승은

1994년 10월경에 도래한 태풍 세스에 의한 것으로 보이며 이것이 보간하는 과정에서 완만한 선형으로 변화한 것으로 예상된다. 본 기법을 통하여 구한 월간격의 모래 침식및 퇴적면적 변화추정분석은 그림 5와 같고 퇴적량은 초기 6개월간 18,169 m<sup>3</sup>이었고 후기 6개월간 15,599 m<sup>3</sup>이었으며, 침식량은 초기 6개월간 7,487 m<sup>3</sup>였고 후기 6개월간 21,005 m<sup>3</sup>이었다.

그림 5에서 sedimentation은 퇴적량면적을, erosion은 침식면적을 표시한 것이며 Total area는 총표면적을 나타내고 있으며 단위는 1,000 m<sup>2</sup>이다. 그림 5를 통하여 전체적인 면적 변화량은 거의 없는 것으로 나타났으며 퇴적면적은 1995년 2월이후 급격히 줄고 있으며, 침식면적은 1992년 2월이후 급격히 상승하는 것으로 나타내고 있다. 정선을 기준으로한 모래의 상하부의 침식및 퇴적량 변화추정은 그림 6과 같다.

그림 6에서 C.L.Upper area은 정선상부의 모래량이며 C.L.Lower area는 정선하부의 모래량이고 Total area는 (정선상부모래량)+(정선하부모래량)으로 나타낸 것이다. 정선하부의 모래량은 차차 증가하고 있으며 정선상부의 모래는 1994년 10월까지 상승하다가 이후에는 차차 침식하는 것을 알수 있는데 이러한 현상은 1994년 10월경의 태풍 세스에 의하여 정선상부의 모래가 차차 정선하부로 침식하여 이동하는 것을 보여주고 있다. 정선을 기준으로한 모래의 상하부의 침식및 퇴적면적 변화추정은 그림 7과 같다.

그림 7에서 C.L.Upper area는 정선상부의 모래면적이며 C.L.Lower area는 정선하부의 모래면적이고

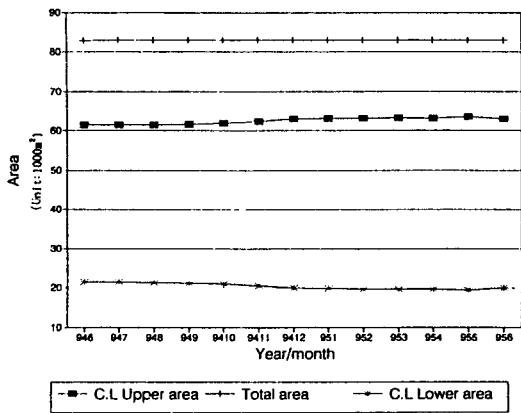


그림 7. 격월 정선기준 모래의 상하부 침식 및 퇴적면적

Total area는 (정선상부모래면적)+(정선하부모래면적)으로 나타낸 것이다. 정선하부의 모래면적은 소폭 감소하고 있으며 정선상부의 모래면적은 소폭 증가하는 경향이 있다. 이것을 월간격의 정선기준 상하부의 침식 및 퇴적량 그래프와 연계하여 분석하면 정선하부의 경우 모래량이 많아지면서 모래면적이 작아지므로 수중의 사주가 발생할 것으로 예상되며, 정선상부의 경우는 모래량이 적어지면서 모래면적 커지므로 정선상부의 모래가 차츰 환경사로 되는 것으로 예상된다.

#### 4. 비교분석

송정해수욕장의 침식·퇴적량, 침식·퇴적면적, 정선기준 상하부 모래량과 정선기준 상하부 모래면적을 전체적으로 분석하여 보면 초기 6개월간 해안은 전반적인 퇴적하는 경향이 발생하고, 해안의 서쪽부분의 정선하부지역이 침식하는 경향을 나타낸다. 이것을 1994년 6월부터 1994년 11월까지 주요한 자연환경의 변화와 연계하여 보면 1994년 10월 12일경에 태풍 세스의 내습이 있었다. 1994년 11월 4일 측량결과는 태풍이 내습한지 약 23일 이후이고 아직 태풍의 직접적인 영향이 남아 있는 상태로 예상된다. 이를 바탕으로 태풍 내습시 해류의 방향을 고려하였으며 해류방향은 부산항 설계해류방향을 중심으로 사용하여 비교하여 보았다. 그이유는 송정해수욕장을 중심으로 기존에 관측된 자료가 잘 정리되어 있었으며, 부산항역이 경상남도 진해시 용원에서 부터 부산광역시 해운대구 동백섬까지 임으로 송정해수욕장과 인접한 장소에 있기 때문에 사

용하였다. 부산항 설계시 해류의 방향<sup>14,15)</sup>을 중심으로 S45°E와 S10°W방향 중에서 S10°W방향으로 진입한 것으로 예상된다. 그 이유는 사진 3에서와 같이 침식이 전반적으로 해안서쪽부분에 발생하는 것과 퇴적이 전반적으로 해안동쪽부분에 발생하게 되는 경향이 나타나고, 이러한 현상은 직접적으로 파가 S10°W방향으로 진입할 경우 파가 충돌하는 부분은 해안서쪽부이고, 해안동쪽부는 파가 충돌후 돌출물로인한 파의 와류현상이 발생할 것으로 예상되기 때문이다.

후기 6개월간 해안은 전반적으로 침식하는 경향을 보이며 해안동쪽부분의 정선상부지역은 퇴적하는 경향을 나타내고 있다. 해류는 사진 3에서와 같이 해안중부 집중침식이 발생하는 것과 해안서쪽에 집중침식이 발생하는 것으로 보아 해류의 방향이 S45°W와 S10°E방향으로 동시에 진입할 것으로 예상된다. 또한 평시에 전반적으로 침식되어나가는 것으로 예상된다. 그러므로 1년간 해안변화는 전반적으로 침식한 것으로 예상되며, 주요한 모래공급원은 태풍에 의한 것이 가장 많을 것으로 예상되므로 평상시 해안은 침식되며 태풍시 해안에 모래가 집중적으로 공급되는 것으로 예상된다.

수치지형모델, 경년변화추출기법, 보간법을 이용하여 송정해수욕장의 사빈을 분석해본 결과 평시에는 차차 침식하는 경향이 있다. 그 원인은 모래의 퇴적량은 일정하지만 침식량이 증가하기 때문이며 주요한 모래의 공급원은 태풍에 의한 것으로 보인다.

모래의 침식은 평시 동쪽해안에서 서쪽해안으로 진행되는 경향이 있고 모래의 퇴적은 태풍시 서쪽해안에서 동쪽해안으로 진행되는 경향이 있으므로 평시 연안류의 방향은 해안을 따라 동쪽해안에서 서쪽해안으로 흐르는 것으로 예상된다.

해류는 S10°W, S45°E의 두방향에서 가장 많이 진입할 것으로 보이며 태풍시 해안을 따라 서쪽해안에서 동쪽해안으로 흐르는 것으로 예상되고 S10°W방향으로 진입할 것으로 예상된다. 해안의 정선을 기준으로 볼 때 정선상부는 초기 퇴적한 다음 후기에 침식되는 경향이 있다. 정선하부는 전반적으로 퇴적량이 증가되는 경향이 있으며, 퇴적면적이 소량감소하는 경향이 있으므로 정선하부에 수중모래가 발생할 것으로 예상된다. 따라서 차후 태풍이 내습하지 않을 때 송정해수욕장은 차츰 모래가 감소할것으로 예상되므로 이에 대한 준비가 필요할 것으로 보인다.

## 5. 결 론

경년변화추출기법에 의한 송정해수욕장의 모래및 해류유동에 관한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 해안모래를 주기적으로 측량함으로써 1994년 6월을 기준으로 모래의 퇴적량은 초기 6개월간 18,169 m<sup>3</sup>이었고 후기 6개월간 15,599 m<sup>3</sup>이었으며, 침식량은 초기 6개월간 7,487 m<sup>3</sup>였고 후기 6개월간 21,005 m<sup>3</sup>이었다.

둘째, 퇴적량은 안정된 반면 침식량이 증가하고 있으므로 불안정화된 해안이다. 태풍내습직후 측량한 결과 서쪽에 집중적인 침식이 발생하였으며 후기 6개월간 전반적인 침식이 발생하였으나, 특히 동쪽이 많이 침식하는 것으로 보이므로 경제적인 침식방지공을 위해서는 해수욕장의 동쪽에 집중적인 침식방지공이 필요할 것으로 생각된다.

셋째, 침식이 집중적으로 발생할 수 있는 지역의 면적및 체적변화량을 예측할 수 있으므로 해안사장의 보존을 위한 보다 효율적인 해수욕장의 관리가 가능하다.

아울러, 본 기법을 낙동강하구언이나 주요한 댐에 활용하여 댐내부 퇴적모래량의 장기적 계측을 한다면 하구언이나 댐의 내외부 모래의 효율적인 관리뿐만 아니라 주요 해수욕장에 대한 모래사장에 감소등의 문제에 대한 대책을 수립할수 있을 것으로 예상된다. 또한 이러한 해석은 6개월의 단위등 정기적으로 측량을 수행하여 해석에 필요한 충분한 정보의 획득이 요구된다. .

## 參考文獻

1. Song hak Choung, "Wetland Change Detection using Landsat-5 Thematic Mapper Data in Jacson Hole", Wyoming, University of Idaho, 1992.12, pp.39-40.
2. Angelici, G.L., N.A. Bryant, and S.Z. Friedman, "Techniques For Land Use Change Detection Using Landsat Imagery", Proceeding of the ASP, Fall Technical Meeting. ASP, Falls church, virginia, 1977, pp. 217-228.
3. Adeniyi, P. O., "Lands-Use Change Analysis Using Sequential Aerial Photography and Computer Tecnique, PE&RS Vol.46 No.11, 1985, pp.1447-1464.
4. 정성학, "원격탐사에 의한 식생및 지형분석, 임업정보, 39권, 1994, pp.39-42.
5. 안철호, "人工衛星(Landsat) 데이터에 의한 서울시에 있어서의 都市域의 변화의 추출", 한국측지학회지, 제2권 1호, 1984, PP.5-16.
6. 안철호, 연상호, 박병욱, 양경락, "Landsat TM data를 이용한 솔잎혹파리 피해지역추출에 관한 연구", 한국측지학회지, 제6권 제2호, 1988, pp.42-51.
7. 최철웅, 박재하, 강인준, "구조물 안전진단을 위한 Change detection기법의 적용", '95 대한토목학회 학술 개요집 (3), pp.137-140.
8. 유복모, "측량학원론(I)", 개문사, 1986, pp.43-44.
9. Singh A., "Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data", International Journal of Remote Sensing, Vol 10. No.6, pp.989-1003.
10. Singh A., "Change Detection In The Tropical Forest Environment Of Northeastern India Using Landsat" Remote sensing and tropical land management, Edited by Eden M.J. and Parry J.T., John Willey & Sons, 1986, pp.237-254.
11. Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W., "Remote Sensing And Image Interpretation", 3rd Edition, John Wiley & Sons, 1994, pp. 750-760.
12. Jensen, J.R., "Intriductory Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986, pp.378-380.
13. 유근배, "지리정보론", 상조사, 1990, pp.89-122
14. 부산직할시, "해운대 해수욕장 사빈유실 원인규명및 방지대책 공법수립을 위한 연구 보고서":중간보고(사빈유실 원인규명), 1989.8, pp. 130.
15. 한국종합기술개발공사(주), 한국과학기술원, 부산대학교 도시문제연구소, 동아대학교 환경문제연구소, 부산수산대학교 해양과학연구소, 도시발전연구소, "해상신도시 가지건설 기초계획 연구용역 제2차 중간보고서", 1989. 10.6, pp. 161