

항공사진을 이용한 장기해안선변화 조사 Investigation of Long-Term Shoreline Changes Using Aerial Images

정승진* · 김규한** · 편종근***

Seung Jin Jung*, Kyu Han Kim** and Chong Kun Pyun***

요 旨 : 지본 연구에서는 장기해안선변화를 조사·해석함에 있어서 정사사진해석에 비해 비교적 손쉬운 affine 변환 해석방법을 이용하여 항공사진 자료를 분석하고, 정확도 평가를 수행하였다. 검토결과, 대상해안은 과거에 비해 해안선이 현저히 후퇴하여 침식되고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 정확도 평가 분석에서 나타난 RMS 오차는 1~2 m 미만의 오차에 불과하다는 것이 확인되었다. 항공사진측량작업내규에서 제시하는 최대허용오차범위가 2 m인 점을 감안한다면, 본 연구에서 도출된 해안선변화 분석결과는 신뢰성이 높은 것이라 사료된다.

핵심용어 : affine변환, 해안선변화, 항공사진, 정확도평가

Abstract □ In this paper, the affine transformation method that is more simpler compare with digital orthophoto method is used analyzed the long-term shoreline change, and accuracy estimation was carried out. As a result of this study, it was able to check that the shoreline change on Namhangjin coast had eroded significantly compare with the past. Moreover, as a result of accuracy estimation, it shows that the RMS error around shoreline was about 1-2 m. In consideration that maximum allowable error shown in aerial photogrammetry specification is within 2 m, therefore, analysis results of shoreline change using affine transformation method on aerial images is reliable.

Keywords : affine transformation, shoreline change, aerial images, accuracy estimation

1. 서 론

연안역에서 주로 발생하는 해안의 침식 및 퇴적현상은 하구폐쇄, 하구사주와 연안사주의 발달 및 해안선변형 등과 같은 여러 가지 형태로 나타난다. 특히, 해안의 침식 등으로 인해 발생하는 해안선의 후퇴는 해안환경의 파괴 뿐만 아니라 연안과 인접해 있는 구조물 및 주거지역까지 위협하고 있는 실정이다. 따라서 해안환경보존 및 관광자원, 해안방재로서의 역할을 증대시키고자하는 측면에서 자연조건 변화나 구조물설치에 따른 해안선변화 현상을 정량적으로 예측하기 위한 연구는 과거부터 계속 진행되어오고 있다.

이러한 연구들의 경우, 수리모형실험은 비용측면에서 막

대한 경비가 소요되고, 수치모형실험은 해안선변화에 관한 과거 현지관측 자료의 불충분 등으로 인해 대상지역의 정도높은 현상재현 및 장래예측이 매우 어려운 문제 중의 하나라 할 수 있다. 이에 반하여 항공사진을 이용한 해안선변화에 관한 연구는 앞서 언급한 과거 관측자료의 불충분을 해소할 수 있을 뿐더러 대상지역의 해안선변화에 관한 이력사항을 정도 높게 파악할 수 있는 방법 중의 하나라 할 수 있다.

항공사진에 관한 연구는 宇多高明(1995)등이 항공사진을 이용하여 헤드랜드 주변의 해안조사 연구를 실시하였으며, Kajimura(2001)등은 항공사진을 최소자승법에 의해 신축 및 회전에 대하여 보정을 수행하고 장기해빈과정에 대한 연구를 수행하였다. 한편, 국내에서는 정승진(1999,

*관동대학교 해안항만기술연구센터(Research Center for Coastal & Harbor Technology, Kwandong Univ., Yangyang-up, Yangyang-gun, Gangwon-do, 215-802, Korea. jungsj@mju.ac.kr)

**관동대학교 건설환경시스템공학부(Division of Civil and Envir. System Eng., Kwandong Univ.)

***명지대학교 토목환경공학과(Dept. of Civil and Envir. Eng., Myongji Univ.)

2000) 등이 항공사진 분석을 통하여 해안선변형에 대해 연구하였으며, 최근 해안침식에 관한 연구보고서 등에서 항공사진해석을 통한 해안선변화 분석이 수행되어지고 있다. 그러나, 이러한 항공사진에 관한 연구는 대부분 정사영상제작을 이용한 해석방법이 주로 사용되고 있으며, 정사영상을 이용한 항공사진의 해석방법은 정확도 면에서 정도 높게 해석을 수행할 수는 있으나 해석방법에 있어 매우 복잡하고 어렵다는 것이 단점으로 남아있다. 더욱이, 해안공학자가 수치정사영상의 해석방법에 의해 항공사진을 직접 해석한다는 것은 사실상 매우 어려운 문제이기 때문에 항공사진의 해석방법을 단순화시킬 필요가 있을 것이다.

따라서, 본 연구에서는 항공사진을 해석함에 있어서 수치정사영상의 해석방법보다 비교적 간단한 affine 변환 해석방법을 이용하여 항공사진을 분석하고, 이로부터 대상 지역에 대한 해안선변화 현상의 이력을 조사하였다. 또한, 분석결과에 대한 정확도 평가를 수행함으로써 해안선변화 분석의 신뢰성을 높이고자 하였다.

2. 항공사진에 의한 해안선변화 추출 및 결정방법

2.1 Affine 변환에 의한 해석방법

항공사진에는 실제 지상의 모습과는 근본적으로 다른 수많은 변형요소를 포함하고 있으며 대표적인 기하학적 왜곡량으로는 항공기의 미세한 변동으로 인한 경사, 지형의 기복변위, 사진기 내부의 광학장비 불완전성으로 인한 렌즈의 변위, 지구 대기의 산란에 의한 변위, 지구 곡률에 의한 변위 등이 여기에 해당된다. 이러한 왜곡요소를 제거하기 위해서는 왜곡량이 큰 순서에 따라 사진의 검증치를 이용하여 보정을 실시하는 과정이 필요하며 이러한 왜곡요소를 제거하기 위하여 2차원 부등각 사상변환이 사용된다.

2차원 부등각 사상변환은 Fig. 1과 같이 2차원 등각사상변환에 대한 축척에서 x, y 방향에 대해 축척인자가 다른 미소한 차이를 갖는 변환으로 비록 실제 모양은 변화하지만 평행선은 affine 변환 후에도 평행을 유지하며, 비직교인 기계좌표계에서 관측된 지표좌표계를 사진 좌표계로 변환할 때 이용된다.

Affine 변환은 등각사상 변환의 회전 변환식을 이용하여 축척변환 S_x, S_y 를 적용한 다음 평면변위 x_0, y_0 를 더하면 $x'' = a_1x + b_1y + x_0, y'' = a_2x + b_2y + y_0$ 가 된다.

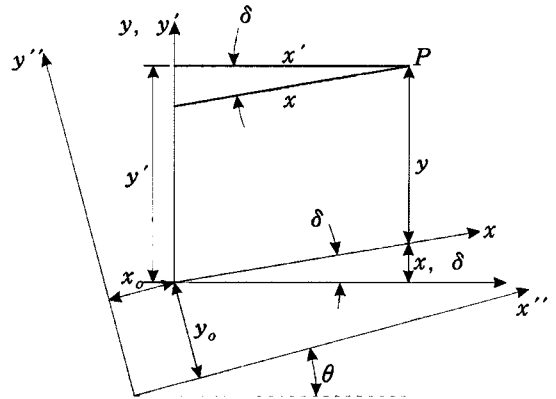


Fig. 1. Definition sketch of coordinate system.

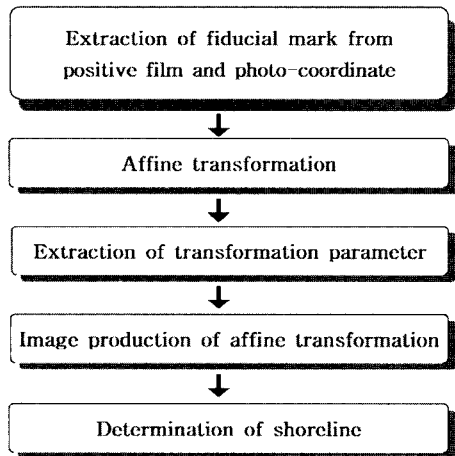


Fig. 2. Flow chart for affine transformation.

위식을 행렬식으로 표현하면 다음과 같이 식 (1)로 표시되며,

$$\begin{bmatrix} x'' \\ y'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

식 (1)을 역변환에 의해 다시 표현하면 식 (2)로 나타낼 수 있다. affine 변환의 해석과정에 대해서는 Fig. 2에서 나타내었다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \frac{1}{a_1b_1 - a_2b_2} \begin{bmatrix} b_2 & -b_1 \\ -a_2 & a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x'' - x_0 \\ y'' - y_0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.2 초오름보정

항공사진을 해석함에 있어서 파량의 초오름 보정은 사진촬영 당시의 파고로부터 추정되어질 수 있다. 따라서, 항공사진에 나타난 쇄파선의 위치로부터 사진촬영시의 파고를 추정하고 이로써 파량에 의한 초오름 보정이 수행

되어진다.

현재, 해안에서의 규칙 또는 불규칙적인 파의 처오름을 계산하기 위한 이론적인 접근은 거의 전무하며, 급경사 해안에 대한 규칙파의 처오름을 계산하기 위한 접근은 Hunt (1957)방정식 형태의 실험적인 설명이 유일하다.

Hunt(1957)의 처오름 모형은 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{R}{H_0} = \xi \quad (3)$$

여기서, R 은 처오름 높이이고 ξ 는 식 (4)와 같이 정의된 Iribarren수(또는 surf similarity) parameter이다.

$$\xi = \frac{\tan \theta}{\sqrt{H_0/L_0}} \quad (4)$$

여기서, θ 는 해변전면 경사이고, H_0 와 L_0 는 심해 또는 천해에서의 파고와 파장이다.

본 연구에서는 파랑의 처오름 보정을 수행함에 있어서 앞서 언급되어진 Hunt의 처오름 모형을 이용하여 파랑의 처오름 보정을 수행하였다. 실제 항공사진 자료로부터 파랑의 처오름 보정을 수행하는 것은 매우 어려운 문제라 생각된다. 아울러, 파랑의 처오름에 대한 크기는 상대적으로 해변의 경사와 촬영당시의 파고에 의해 지배되어진다. 즉, 항공사진 촬영은 날씨가 양호한 경우에 수행되어지는 것이 대부분이기 때문에 상대적으로 항공사진 촬영당시의 파고도 대부분 미약한 것으로 나타나게 되는 것이 일반적이다. 또한, 대상지역의 해변의 경사가 급하고, 항공사진 촬영당시의 파고가 미약한 것을 감안한다면 파랑의 처오름 보정에 대한 의미는 크게 부여되지 못할 것으로 판단된다. 그러나, 항공사진 촬영당시의 파고가 상대적으로 크게 나타난 사진에서는 반드시 처오름에 대한 보정이 수행되어져야 할 것이다.

2.3 조위보정

항공사진상에서 나타난 해안선은 수애선이 바로 정의에 맞는 해안선이라면 문제가 없으나, 실제로 해수면은 조석현상에 따라 변동을 거듭하므로 촬영당시 항공사진에 나타난 수애선과 실제 해안선변화 해석을 수행함에 있어서 표기해야할 해안선의 관계를 정확하게 규명해 두어야 한다.

항공사진에 의한 조위보정 방법의 개략도는 Fig. 3에 나타내는 것과 같으며 여기에서 평균해수면의 조차 l 을 현재의 조석표에서 구하고 해안선과 직각방향의 평균경사각 θ 를 구하여 보정량 S 를 다음 식 (5)로 구할 수 있다.

$$S = l \cot \theta \quad (5)$$

$$\theta = \tan^{-1} (h/d) \quad (6)$$

육지의 표고는 평균해수면으로부터의 높이임에 비하여 해안선과 해저수심은 이보다 높거나 낮은 평균해면을 기준으로 정하고 있으나, 우리나라에서 적용되는 해안선 규정은 측량법에서는 수애선을, 수로업무법 수로측량 업무 규정에서는 약최고고조면을 해안선으로 정하고 있다. 그러나, 본 연구에서는 해안선의 변동으로 인하여 대상지역의 침식 혹은 퇴적등으로 인해 발생하는 여러 가지 문제점 등을 해결하는데 주안점을 둔 해석이므로 약최고고조면을 기준으로 하는 것보다는 평균해면을 기준으로 하여 해안선변화를 해석하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 따라서, 본 해안선변화 해석에 있어서는 해안선의 기준을 평균해수면을 기준으로 하여 분석을 수행하기로 한다.

3. 정확도 분석 평가

정확도라는 것은 데이터에 내재하는 오차의 정도를 나타내는 것으로써 예측되는 정확성을 나타낸다고 볼 수 있다. 오차는 측정치와, 완벽한 장비 완벽한 과정하에서 얻

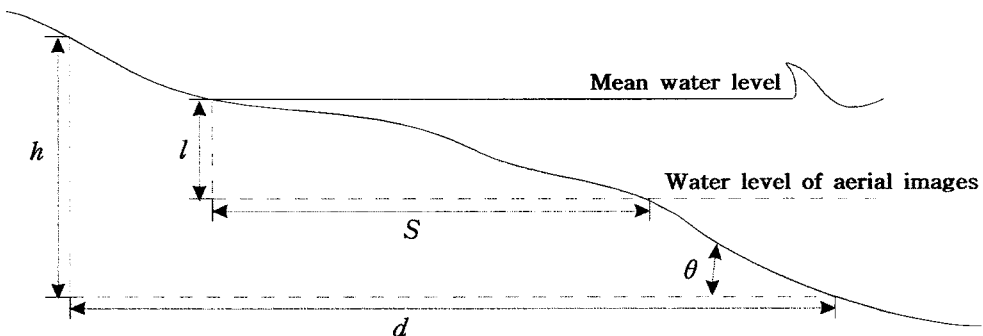


Fig. 3. Sketch of tide level calibration.

여지는 참값간의 차이이다. 모든측정은 어느정도 오차의 영향을 받기 때문에 측정치의 참값을 알 수는 없지만 반복측정을 통해서 데이터들이 어떤 중앙값 주위에서 변동하게되는 확률요인을 결정할 수는 있다. 이 경우에 통계적 계산을 통해 최적의 예측되는 참값을 얻을 수 있다. 그러나 이 값도 표본으로부터 얻은 것이기 때문에 주어진 신뢰수준 범위에서의 예측되는 참값 이라 볼 수 있다.

일반적으로 공간데이터에 대한 오차전과분석을 위해서는 공간데이터의 편집 및 자동화 과정에서 발생하는 모든 위치오차에 대한 분석을 해야 한다. 위치오차는 각각의 좌표방향에서 실제위치로부터 지형지물이 벗어난 정도로 정의한다. 지형지물의 진위치는 항공사진측량에 의해 획득된 수치지형지물 자료나 정밀측량(전자과거리 측량 또는 GPS 위성측량 등)을 통해 얻어진다.

공간데이터의 수평위치 및 수직위치의 정확도는 공간데이터 중 잘 정의된 대표적인 관측점의 위치와 정확한 기준자료의 동일지점 위치를 비교함으로써 결정된다. 따라서 위치정확도 평가의 목적은 대상점의 관측자료와 기준 자료간의 불일치에 대한 평균과 표준편차를 결정하는 것이다.

따라서, 본 연구에서는 위치정확도를 평가하기 위해 관측지점간의 불일치를 이용하여 RMS 오차로 표현함으로써 정확도 분석 평가를 수행하였다. 정확도 평가를 수행

함에 있어서 관측점 선정을 위한 기준으로는 관측점들이 관측 대상지역 전체에 대해 고루 분포하게 하였으며, 현 지측량이 가능하고 지형도에서 식별이 가능한 곳, 지형지물을 지도상에서 식별할 수 있으며 관측대상 지점들이 항공사진 및 관련지도 자료에 동시에 나타나있고 지상측량이 양호하도록 관측점 선정을 하였으며 선정된 관측점들은 1:25,000 지형도를 이용하여 Fig. 4와 같은 분포를 갖도록 하였다. 아울러, 각각의 년도별에 대한 1:5,000 지형도와 항공사진 간의 정확도 평가는 각각의 년도별에 대하여 최소 20점을 선정하여 정확도 평가를 수행하였다. 본 원고에서는 해안선변화 해석이 주된 연구내용이므로 해안선 부근에서의 정확도 평가 내용을 수록하도록 하였다. 이때의 정확도 평가 결과는 Table 1에 나타내었다.

Table 1에서 알 수 있듯이, 각 년도별에 대한 RMS 오차는 대략 1~2 m 정도의 오차를 내포하고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 아울러, affine 변환에 의한 정확도 분석 결과 변환하는 기준점에 대하여 정확도 평가를 수행하였으며, 선정된 점들이 기준점에서 멀어짐에 따라 발생하는 오차는 점점 증가되고 있다는 것을 알 수 있었다. 그러나, affine 변환을 수행하는 기준점의 좌표를 최대한 해안선에 근접하여 분석을 수행하였으므로 오히려 해안선 부근에 대한 오차는 Table 1에서 제시된 것과 같이 RMS 오차가 매우 양호함을 알 수 있었다. 또한, 항공사진 자료의 축척이 1:20,000이고, 이러한 자료를 이용하여 1:5,000의 정사사진을 제작할 때의 허용오차는 측량관계법령집의 항공사진측량작업내규 제66조에서 도화축척별에 따른 허용범위는 1 m 이내로 규정하고있으며 최대허용오차 범위는 2 m 이내로 규정되고 있다. 항공사진측량작업내규에서 규정하는 허용오차 범위로 볼 때 본 연구에서 수행한 affine 변환의 경우 해안선근처에서의 정확도가 1~2 m로 나타나 허용오차 범위 이내에 포함되는 결과가 도출되었다. 따라서, 항공사진을 이용하여 해안선 변화를 분석할 경우에는 본 연구에서 제시하는 것과 같이 affine 변환의 특성을 잘 이용하면 오히려 분석 대상지역에서의 정도를 허용오차 범위 이내로 판단할 수 있다는 것이 확인되었다. 단, 본 연구에서 도출된 연구결과는 항공사진을 이용한 해안선변화 해석에 국한되어진 내용이며, 아울러, 항공사진 해석에 있어서도 정사영상을 이용한 해석방법이 본 연구에서 제시하는 방법보다 정확도 측면에서 보다 정도 높은 해석을 수행할 수 있는 방법이라 판단된다. 그러나, 본 연구에서 해석하고자하는 것은 해안선변화에 관련된 내용이고, 이때의 해안선변화로 인해 발생하는 침식 및 퇴적

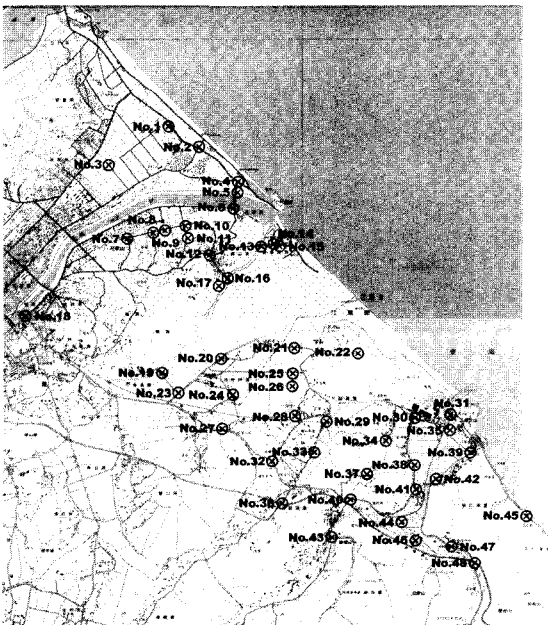


Fig. 4. Distribution of selected positions to analyze the accuracy.

Table 1. Analysis of accuracy for the affine transformation on shoreline

Unit(m)

Year Position	1972		Year Position	1979		Year Position	1989		Year Position	1996	
	Δx	Δy		Δx	Δy		Δx	Δy		Δx	Δy
No.14	-1.53	-0.42	No.2	1.41	-1.60	No.2	-0.20	-0.13	No.4	1.39	-1.45
No.31	1.33	1.62	No.15	0.43	-1.95	No.10	1.03	1.62	No.5	1.84	0.04
No.35	-2.12	1.52	No.22	-0.49	1.18	No.12	1.34	1.76	No.13	2.09	2.02
No.39	0.69	1.63	No.31	-0.50	-0.81	No.31	1.19	0.45	No.30	0.37	-1.14
No.42	-1.46	1.10	No.39	0.26	0.32	No.35	-1.17	-1.21	No.31	-1.67	0.82
RMSE	1.50	1.34	RMSE	0.73	1.30	RMSE	1.07	1.22	RMSE	1.59	1.28

현상은 지역에 따라 수십미터 이상의 해안선변화를 나타낸다. 따라서, 본 연구에서 도출된 결과는 해안선변화를 해석하는데 있어 별 무리가 없을 것으로 판단되며, 아울러, 해안공학자가 해안의 침식 및 퇴적문제로 인한 해안선변화를 분석하는 경우에는 affine 변환의 해석방법을 사용하여도 무리가 없을 것으로 판단된다.

4. 해안선변화 분석

4.1 대상지역의 선정 및 자연조건

본 연구의 대상지역은 강원도 강릉시 안목항 남측에 위치한 남항진 해안 일대로 Fig. 5에서 나타내었다.

남항진 해안의 북측에는 남대천이 흐르고 있으며, 남대천은 태백산맥에서 발원하여 동해로 유입되는 하천으로 본 유역은 마름모꼴의 형상으로 면적은 265.20 km², 유로연장이 31.84 km이다. 또한, 조석간만의 차가 0.3 m 이내로 매우 작고, 해빈경사는 1/40~1/60 정도로 해안선과 대체로 평행한 등수심을 나타내고 있으며, 조류 및 해류는 계절에 따라 다소 차이는 있으나, 약 0.2~0.3 m/s 정도로 매우 미약한 것으로 판단된다. 아울러, 항공사진을 이용하여 해안선변화를 해석하는데 있어서는 쇄파대내의 해빈

의 경사가 매우 중요하므로 실지해안에 실측을 수행하였으며, 실측결과 해안선의 변화에 있어 유효한 해빈의 경사는 1/10 정도인 것으로 나타남을 알 수 있었다

4.2 Affine 변환에 의한 해안선변화 분석결과

해안선변화 현상을 규명하기 위해서는 무엇보다 대상지역의 과거자료로부터 해안선의 변화경로를 파악하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 1972, 1979, 1989년도와 1996년도 강릉시 남항진 일대의 항공사진 자료를 수집하여 과거 27년간의 해안선 변화를 항공사진에 의하여 분석하였다. 항공사진을 분석함에 있어서 먼저 항공사진의 양화필름은 왜곡이 거의 발생되지 않는 드럼스캐너를 이용하여 스캐닝을 수행하고, 이때 항공사진이 내포하고있는 기하학적인 왜곡보정에 대해서는 앞서 언급한 2차원 부등각 사상변환을 이용하여 항공사

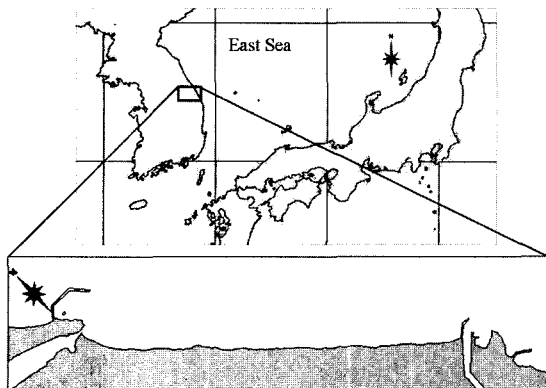


Fig. 5. Location map of Namhangjin.

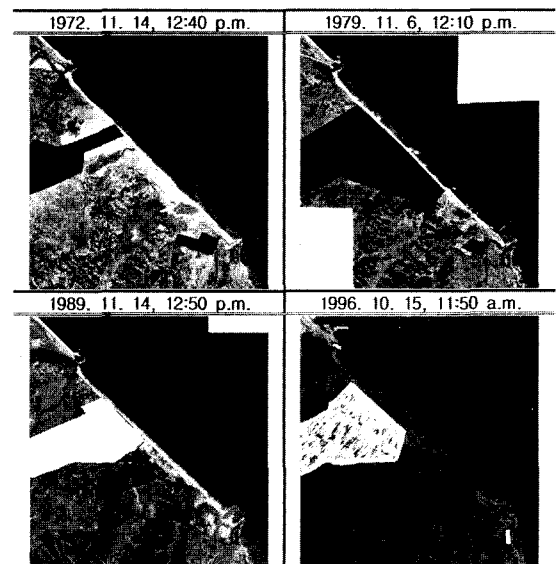


Fig. 6. Analyzing results of aerial images using affine transformation method.

Table 2. Calibration distance of tidal level and shoreline for the aerial images

	1972 year	1979 year	1989 year	1996 year	MSL
Tidal level (cm)	4.0	7.0	5.0	15.0	19.4
Calibration of shoreline (cm)	(-)154	(-)124	(-)144	(-)44	0

(Slope: 1/10(+): Offshore Distance(-): Onshore Distance)

Table 3. Calibration distance of wave runup and shoreline for the aerial images

Year	Breaker depth	Breaking wave height and wave length			Wave runup	Calibration of shoreline
	<i>h</i> (m)	<i>H_B</i> (m)	<i>L</i> (m)	<i>R</i> (m)	(m)	
1972	-	-	-	-	-	
1979	-	-	-	-	-	
1989	0.7	0.51	15.51	0.281	(+)2.81	
1996	1.2	0.86	20.11	0.416	(+)4.16	

(Slope: 1/10 (+): Offshore Distance (-): Onshore Distance)

진의 왜곡을 보정하였으며, 보정이 끝난 항공사진에 대해서는 촬영당시의 날짜 및 시간을 표시하여 Fig. 6에 나타내었다. 항공사진의 보정을 수행한 후에는 사진상의 좌표계를 이용하여 1/5000의 scale로 출력하여 해안선을 디지털화하는 작업을 수행하였다.

대상지역에 대한 조위보정은 각 연도별로 대하여 항공사진 측정 당시의 조위자료를 수집하여 파악하였으며, 이때의 조위자료는 대상지역에서 가장 가까운 목호지역의 조위자료를 이용하였으며, 과거 조위자료로부터 얻어진 항공사진 측정 당시의 조위는 각각 4 cm, 7 cm, 5 cm, 15 cm로 나타남을 알 수 있었다. 또한, 해빈경사는 파고의 처오름대를 고려하여 실측한 결과 약 1/10정도로 나타나는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 자료로부터 실제 대상지역의 조위보정을 평균해면인 19.4 cm를 기준으로 하여 조위보정을 수행하였고 항공사진의 조위 및 해안선 보정거리는 Table 2에 나타내었다.

파랑의 처오름보정에 있어서는 항공사진 촬영당시의 파고가 상대적으로 크게 나타난 사진에 대해서는 반드시 처오름에 대한 보정이 수행되어야 할 것이다. 또한, 항공사진으로부터 해안선 판독 시 물에 젖어 있는 부분과 마른 부분의 명암의 차이를 보이는 선을 해안선으로 간주하여 표현한다. 따라서, 항공사진으로부터 얻은 해안선은 정수면에 대한 해안선으로부터 처오름 거리만큼 육지쪽으로 올라와 있다. 그러므로 정수면에 대한 해안선을 구하기 위해서는 항공사진에서 판독한 해안선을 처오름 거리만큼 보정해주어야 한다. 본 연구에서는 항공사진 촬영당시 파고가 상대적으로 작게 나타난 1972년과 1979년에 대해서는 처오름의 영향이 미소함으로 보정을 수행하지 않

고 촬영당시의 해안선을 그대로 분석하여도 별 무리가 없을 것으로 판단된다. 그러나, 그 외의 1989년과 1996년의 자료에 대해서는 촬영당시의 파고가 상대적으로 크게 나타남으로 파랑의 처오름보정을 수행하였다. 이때의 보정결과는 Table 3에서 나타내었다. 또한, 조위보정과 처오름 보정을 수행한 후의 해안선의 이동 폭은 Fig. 7에 나타내었으며, 대상지역에 대한 해안선의 면적변화는 Fig. 8에서 나타내었다.

Fig. 7에서 알 수 있듯이, 항공사진 자료에 있어서 최초의 사진자료인 1972년에 비해 79년의 경우 남향진 북측지역에서는 해안선의 변화가 미약하지만 해안선이 전진하고 있음을 확인할 수 있었으며, 남측지역에서는 해안선의 이동폭이 좀더 크게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 또한, 1989년의 사진해석 결과를 살펴보면 전반적으로 남향진 해역일대의 해안선은 외해쪽으로 전진하였으며 72, 79년에 비해 상당히 넓은 폭의 해빈을 유지하고 있었음을 알 수 있었다. 그러나, 본 항공사진 자료의 최종연도인 1996년의 분석결과에서는 72, 79, 89년에 비해 최단거리의 해빈폭을 형성하고 있음을 알 수 있었다. 또한, 그림에서 나타낸 것과 같이 하구로부터 약 1km 떨어진 지점부터는 해안선의 이동이 전반적으로 평행하게 이동되고 있음을 알 수 있었다. 이러한 점으로 미루어볼 때 남향진 남측해역의 해안선변화 형태는 안정해빈의 형상을 유지하면서 이동되고 있는 것으로 판단된다.

또한, 하구로부터 1 km 떨어진 지점까지는 해안선의 변화 형태가 매우 불규칙하게 일어나고 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 해안선의 변화 형상으로 미루어볼 때 이 구간에서는 해안침식 현상이 진행되고 있는 것

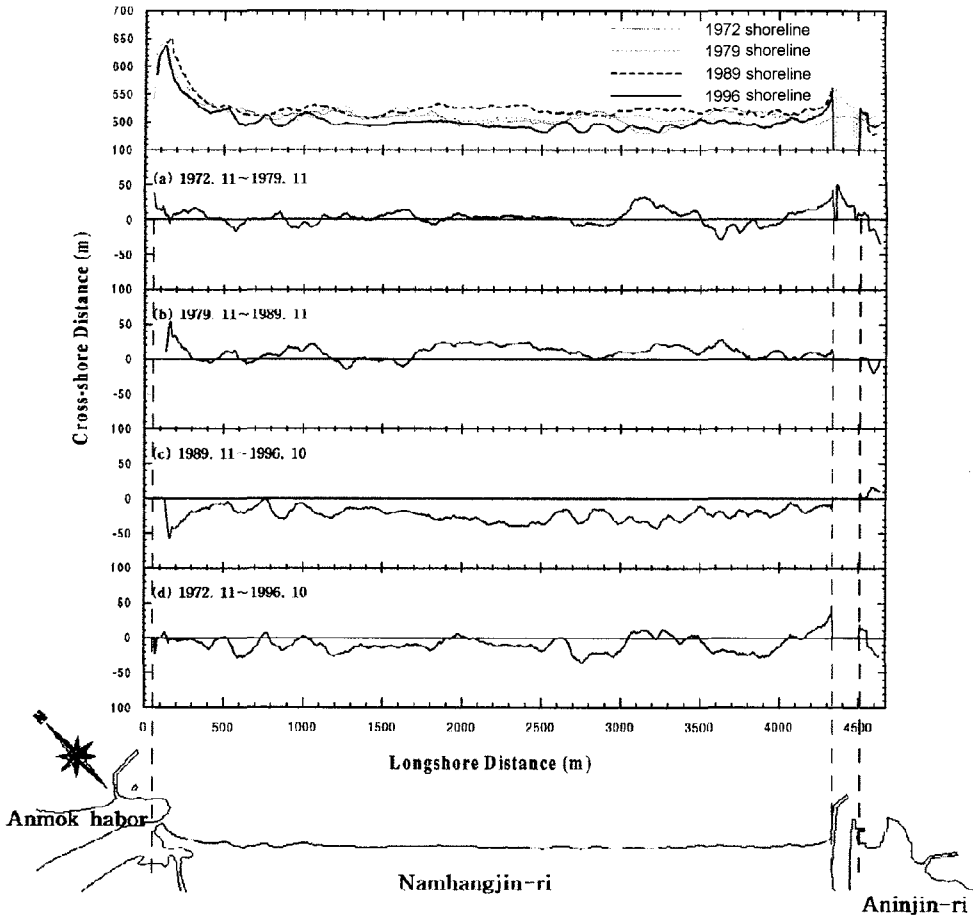


Fig. 7. Shoreline changes using aerial images.

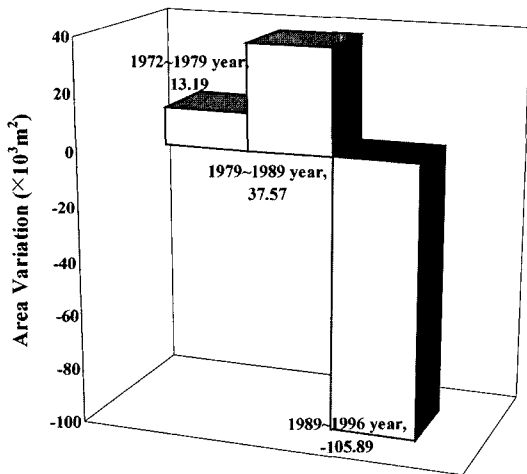


Fig. 8. Variation of beach area.

으로 판단된다. 그러나, 본 항공사진 자료의 최종연도가 1996년이기 때문에 항공사진 자료만으로는 현재의 해안

침식 상태를 규명하기는 곤란하지만, 현재 안목항 방파제 구조물의 건설이 최근까지도 진행되고 있다는 것을 감안 하면 현상태의 해안침식 현상은 더욱 가속화되었을 것으로 판단된다. 아울러, 현상태에 대한 항공사진 자료가 확보되면 현재의 해안선변화 이력에 대하여 정확한 파악이 가능할 것이라 사료된다.

5. 결 론

본 연구에서는 항공사진을 이용한 해안선변화를 해석 함에 있어서 affine 변환에 의해 항공사진의 왜곡보정을 수행하였으며, 그 결과 현지적용 해역에 대한 해안선변화는 과거에 비해 해안선이 현저히 후퇴하였음을 확인할 수 있었다. 또한, 정확도 평가 분석을 수행한 결과 해안선 부근에서의 RMS 오차는 대략 1~2 m 정도의 오차를 내포 하고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 해안선변화로 인해

발생되는 침식 및 퇴적의 정도가 지역에 따라 수십미터 이상의 변화를 나타내는 것으로 미루어볼 때 본 연구에서 도출된 결과는 해안선변화를 해석하는데 있어 무리가 없는 것으로 판단된다. 또한, 지도제작과 같이 대상지역에 대한 전반적인 정확도가 높게 요구되는 경우에는 수치정사영상의 해석방법을 이용하여 항공사진을 분석하는 것이 당연하나, 본 연구에서와 같이 해안선변화만을 분석하고자 할 경우에는 비교적 간단한 affine 변환의 방법을 이용하여 손쉽게 항공사진을 분석하고 정확도 평가를 수행하여 신뢰도를 검증하는 것이 보다 효과적인 방법으로 추천되어진다. 아울러, 대상지역의 최근 항공사진 자료가 없는 관계로 현재의 해안선변화 현상에 대해서는 언급이 곤란하지만, 현재 안목항 방파제 구조물의 건설이 최근까지도 진행되고 있으며, 이러한 구조물의 건설로 인해 대상해역에 대한 연안표사의 순환체계가 불균형을 초래하였을 것으로 판단된다. 추후, 해안선변형모형과 항공사진 해석결과와의 상호관계에 대해 비교·검토할 예정이다.

참고문헌

- 대한측량협회, 1998. 측량관계 법령집.
- 정승진, 김규한, 편종근, 1999. 항공寫眞을 이용한 海濱變形解析, **대한토목학회 학술발표회 논문집**, pp. 467-470.
- 정승진, 김규한, 편종근, 2000. 항공寫眞을 이용한 海岸線變形解析, **대한토목학회 학술발표회 논문집**, pp. 763-766.
- Hunt, I.A., 1957. Design of seawalls and breakwaters, *Proc. Amer. Soc. Civil Eng.*, 85(wv3), pp. 123-152.
- Kajimura, T., Sato, S., Nakamura, M. and Isobe, M., 2001. Sand movement and long-term beach evolution in an alluvial system composed of the SAME river and the NAKO-ASO coast, *Japan Soc. of Civil Eng.*, No.691/II-57, pp. 121-132.
- 宇多高明, 戸塚昌久, 1995. 空中寫眞による沼津牛臥海岸のヘッドランド周邊の海岸調査, **海洋開發論文集**, Vol. 11, pp. 85-89.

Received February 3, 2003

Accepted December 16, 2003