

## 조간대 지형변화측량의 방법과 문제

### Surveying for Monitoring Topographic Changes of Tidal Zone

이창경<sup>1)</sup> · 진준호<sup>2)</sup>

Lee, Chang Kyung · Jin, Jun Ho

<sup>1)</sup> 군산대학교 공과대학 토목환경공학부 교수(E-mail:leeck@kunsan.ac.kr)

<sup>2)</sup> 국립해양조사원 측량과(E-mail:jhjin@nori.go.kr)

#### Abstract

Periodic profiling by level is a conventional method for monitoring topographic changes in a specific part of tidal zone. Periodic aerial photographs are used for monitoring topographic change of broad tidal zone area.

In this study, spot heights at interval of 50m on 5 profiling lines were leveled periodically for precise monitoring topographic change of tidal zone. For monitoring broad topographic change of tidal zone, aerial photographs were also taken by film camera loaded on pilotless helicopter periodically.

Periodic profiling shows the change of heights on the lines well. On the other hand, aerial photographs taken by film camera loaded on pilotless helicopter have some problems to detect topographic change of tidal zone precise. Because the scale and incline of the photographs were not same, it is hard to compare them. Therefore, for more precise monitoring of topographic changes in tidal zone, it is need to take aerial pictures with same scale and same incline.

## 1. 서 론

지형변화란 어느 시점의 대상지형의 위치, 모양과 크기가 일정시간 경과 후에 처음상태와 달라지는 것을 말한다. 본 조사에서 지형변화의 대상이 조간대이므로 지물보다는 지모의 변화가 주요조사대상이며, 지모의 변화의 원인을 인위적인 시설물의 설치에 따른 자연적인 변화라 할 수 있으므로 그 원인은 복합적이다. 지형변화는 시간의 경과와 더불어 일정한 방향과 크기로 진행되는가 하면, 그 방향과 크기가 시간에 따라 변하는 경우도 있다.

본 조사대상인 전북 고창군 구시포 해수욕장 해안은 연장이 약 1400m, 폭 약 500m의 조간대이고, 조간대 남 북쪽에 해안선과 직각방향으로 연육도로와 돌제가 시설되어 있다. 다른 해양학적 조사에 비해 조사대상지역은 작다고 할 수 있으나, 지형변화에 영향을 미칠 인위적 요인은 크다고 볼 수 있다.

본 조간대 지형조사는 조간대의 외형적 변화를 측량학적 방법으로 조사하여 지형변화의 크기와 분포를 규명하는데 목적이 있다. 조간대 지형변화는 국부적인 지역의 세밀한 조사와 전체지역의 거시적인 조사를 병행하여 실시하면 보다 신뢰할 수 있는 결과를 기대할 수 있다. 따라서 조간대의 국부적인 세밀한 지형변화조사로 조간대 주요단면에 대한 종단측량을 실시하고, 전체지역의 거시적인 지형변화조사를 위하여 항공사진촬영을 계획하였다. 이와 같은 조사는 주기계절로 실시하여, 조간대 주요단면 및 전체 조간대 지형변화를 시계열적으로 조사하였다.

## 2. 조간대 단면 종단측량

### 2.1 조사방법 및 내용

구시포 해수욕장 조간대 주요 단면에 대한 종단측량을 주기적으로 실시하여, 종단면의 퇴적 및 침식

현상을 정밀하게 조사하기 위한 횡단측량방법은 단면상의 일정간격 지점을 주기적으로 측량하여 그 단면의 표고변화를 조사하는 방법과 단면상의 경사변환지점을 주기적으로 측량하여 그 단면의 전체적인 변화양상을 조사하는 방법이 있다. 본 조사에서는 단면상에 50m간격으로 배치한 지점의 표고를 주기적으로 조사하는 방법을 택하였으며, 조사지점의 평면위치는 미리 정해진 단면방향을 따라 단면기점으로 부터 조사지점까지 거리를 측정하여 정하였다. 조사단면은 구시포 해수욕장 해안선에 직각방향으로 연속도로 방파제 남측 조간대에 4개 단면, 방파제 북측에 1개 단면을 배치한다(그림 1).

종단수준측량은 GPS측량이나 삼각수준측량을 이용하면 보다 쉽게 할 수 있으나, 본 조사에서는 가장 높은 정확도를 얻기 위하여 레벨(Digital Level, Sokkia)을 이용한 직접수준측량으로 조간대의 지점별 표고차를 구하였다.

측량주기는 조간대의 계절별 변화를 고려하여 약 3개월이 이상적이며, 그 결과를 단면별로 그래프로 중첩 도시하여, 시계열적 변화를 추출하였다. 단면측량은 조사기간 중 총 5회(2002년 7월 25일, 2002년 12월 27일, 2003년 4월 26일, 2003년 8월 29일, 2003년 12월 12일) 실시되었으며, 다음은 단면종단측량 작업과정이다.

**\* 작업과정**

- ① 단면기점위치 및 종단방향선 결정 및 관측
- ② 단면기점에 Total Station을 설치하여 단면방향선 정함.
- ③ 단면 기점으로부터 각 단면 방향선을 따라, 50m(또는 25m)간격의 측점을 줄자로 측정하여 결정.
- ④ 단면상에서 양 측점 중앙에 레벨(Digital Level, Sokkia)을 설치하고, 양 측점에 세운 표척을 읽어 후 시 값 및 전시 값 관측
- ⑤ 주기적 종단측량결과는 단면별로 꺾은선 그래프로 도시.

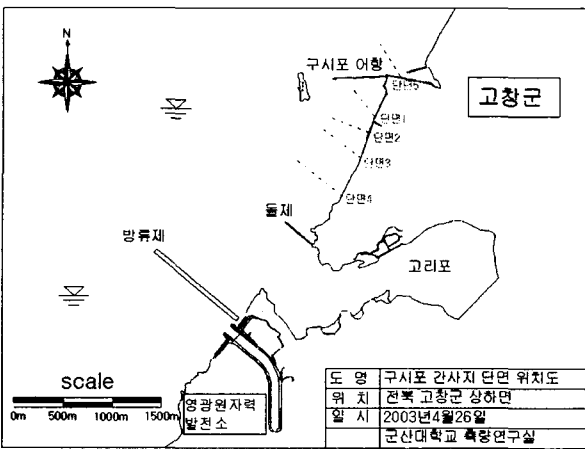


그림 1. 종단수준측량 단면배치

**2.2 조사결과**

조사해안 조간대에 정한 5개 단면에 대하여 약 3개월 주기로 5회에 걸쳐 실시한 종단 수준측량결과를 단면별로 시계열적으로 도시하면 그림 2, 그림 3, 그림 4, 그림 5 같다. 그래프에서 가로축은 단면시점으로부터 거리(m), 세로축은 조간대 단면상 50m 간격 지점의 표고(m)이며, 표고의 기준면은 평균해수면(M.S.L.)이다. 이들 그래프로부터 각 단면의 표고 변화를 살펴보면 다음과 같다.

\* 단면 1 : 해안 조간대 표고는 관측착수일(2002년 7월25일) 이후 퇴적이 꾸준히 진행되어 왔으나, 그 경향이 안전상태를 보이다가, 2003년 말에 착수된 연속도로 해제작업으로 해안으로부터 먼 지점부터 과거의 표고로 복원되고 있다고 판단된다.

\* 단면 2 : 관측착수일(2002년 12월27일) 이후 단면 2 기점 150m까지는 해수욕장 부근에서 퇴적과 침식이 교대로 일어나며 크게 변화가 없으나 다소 퇴적이 우세하지만, 단면2 기점 350m 부근에서는 침식으로 표고가 약 15cm 낮아지는 것으로 보아 침식과 퇴적이 반복되고 있다.

\* 단면 3 : 관측착수일(2002년 12월27일) 이후 단면 2 기점 175m 까지 15cm 이상의 퇴적이 진행되고 있으며, 그 이후로는 침식과 퇴적이 계절에 따라 달리 나타나지만 미약한 퇴적이 진행되나 거의 변화가 없는 것으로 보인다.

\* 단면 4 : 전 관측시기에 대해 단면표고변화가 거의 없는 단면이다. 제1차 관측과 제2차 관측 사이에는 이 단면의 조간대가 단면 4 기점 125m 부근에서 조간대 표고가 약 25cm정도 침식되었다. 그 이후 제2차 관측부터 제5차 관측까지 1년간에 단면표고변화는 크게 변화되지 않지만, 봄철 제2차 관측이후 표고가 높아지면서 퇴적이 진행되는 것으로 보인다.

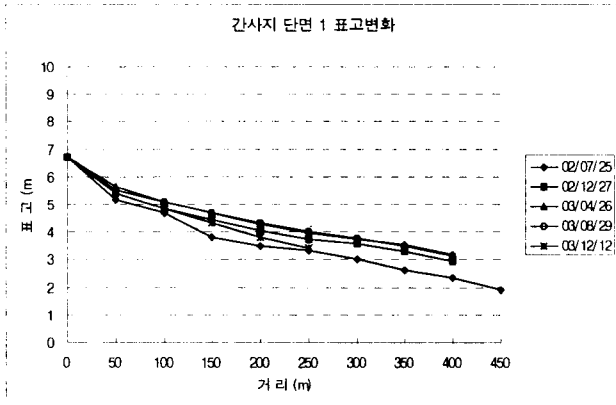


그림 2. 조간대 단면1 표고변화

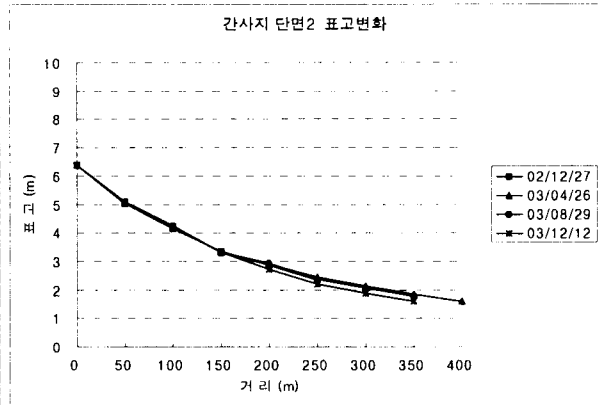


그림 3. 조간대 단면2 표고변화

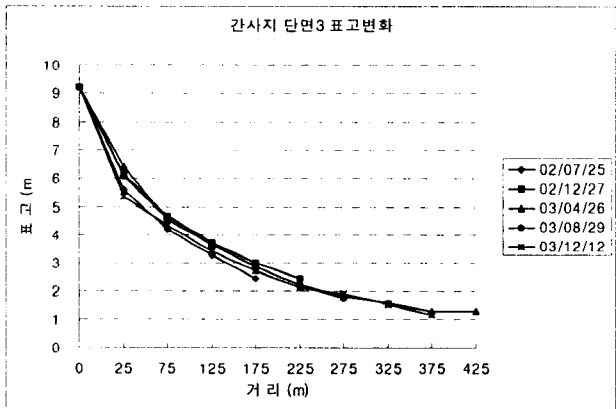


그림 4. 조간대 단면3 표고변화

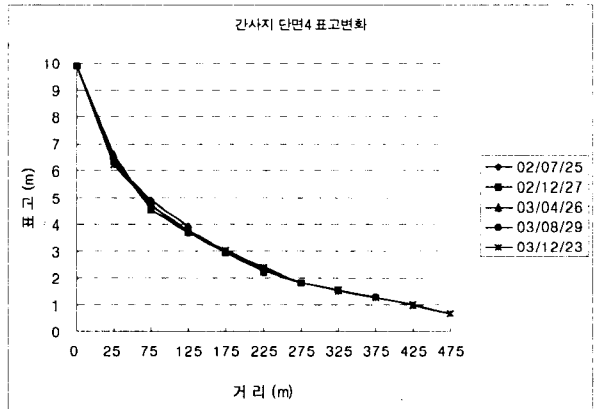


그림 5. 조간대 단면4 표고변화

### 3. 조간대 항공사진측량

#### 3.1 조사방법

조간대의 전반적인 지형을 조사하는 방법으로는 항공사진측량과 원격탐사영상이 널리 이용되는 방법이다. 항공사진은 필요한 시기에 필요한 축척으로 촬영할 수 있는 장점이 있는 반면, 단점은 막대한 예산이 소요된다는 것이다. 따라서 본 조사에서는 비용이 저렴하고 정해진 촬영시간에 작동이 편리한 무인 회전익 항공기에 비측정용 카메라를 탑재하고, 조사대상지 상공에 정지한 상태에서 조간대를 촬영하는 방법을 채택하였다. 무인 항공기에 카메라를 탑재하여 촬영할 때에 비교하여 회전익 항공기는 촬영지점에서 정지할 수 있다는 장

점이 있으나, 무인회전의 항공기 조정이 시야에 의존하고 있으므로, 조사지역을 연직사진 한 장에 촬영할 수 있는 높은 고도까지 유도할 수 없어, 여러 구역으로 나누어 연직사진을 찍거나, 아니면 경사사진을 찍어야 하는 단점이 있다. 본 조사에서는 구시포 해수욕장 조간대에 대한 경사사진을 찍는 방법을 선택하였다.

본 조사는 무인 회전의 항공기에 비측정용 카메라를 탑재하고 항공기의 위치와 카메라의 방향을 무선조정하여 촬영하기 때문에 카메라도 비측정용이고, 중복촬영도 쉽지 않다. 따라서 최간조시부터 1시간간격으로 촬영을 반복하여 촬영당시의 조위에 해당하는 등심선이 지나가는 위치는 그 사진상의 수애선으로 간주하는 방법을 택했다. 다음은 항공사진촬영에 의한 조간대의 전반적인 지형변화조사의 구체적 과정이다.

\* 작업과정

- ① 회전의 무인 항공기에 필름카메라를 장착하여 경사사진을 촬영 함.
- ② 무인 항공기에 장착된 비디오카메라 영상을 지상에서 모니터링하여, 구시포 해수욕장 전체가 최대축적으로 촬영되도록 무인 항공기의 촬영고도 및 사진경사를 무선 원격조정장치로 조정.
- ③ 촬영 전에 조간대에 대공표지를 설치하여 사진의 축척 및 경사계산.
- ④ 사지촬영은 가능한 한 중단측량과 더불어 실시하며, 저조부터 고조까지 조위 1시간 간격으로 촬영하여, 수애선으로 조간대의 수심별 등심선을 유추.
- ⑤ 주기별 사진의 조위별 수애선으로부터 구한 등심선을 중첩시켜, 조간대의 전반적인 지형변화 추적.

### 3.2 항공사진촬영

본 조사에서 해안 조간대 항공사진촬영은 무인 회전의 항공기(그림 6)에 탑재된 필름카메라에 의해 실시되었다. 다음 표 1은 본 간지 항공사진촬영에 사용된 촬영장비 주요사양이다.

사진의 축척 및 경사조정을 위하여 대공표지가 필요하며, 대공표지의 모양 및 크기는 사진 상에서 식별이 용이하도록, 직사각형 1개와 원형 2개를 제작하였다. 대공표지설치 지점은 사진의 축척과 경사계산이 용이하도록 선착장 방파제 중간 물양장에 1점과 해수욕장 조간대 단면 3의 기점에서 50m 거리에 1점, 200m 지점에 만조시에도 물에 잠기지 않도록 1점(그림 7)을 설치하였다.

조간대를 최간조시부터 1시간 간격으로 촬영한 사진에서 수애선을 등심선으로 이용하기 위하여 촬영순간의 조위를 관측하여야 한다. 본 조사에서는 국립해양조사원이 영광원전 배수구에 설치한 검조소의 1시간 단위 조위관측 값을 이용하여 촬영순간의 조위를 환산하였다.

무인 회전의 항공기와 이에 탑재된 카메라에 의해 조사대상 조간대 전체를 중복사진을 촬영하지 않고 사진 한 장에 촬영하기 위해서는 촬영위치와 촬영고도, 사진경사를 함께 고려하여야 한다. 최적촬영조건은 촬영고도는 지상 약 150-200m, 사진경사각은 연직방향으로부터 약 45° 이다.

이와 같은 촬영조건으로 총3회(2003년 6월 14일, 9월 15일, 12월 13일) 촬영을 하였으며, 그림 8 및 그림 9는 촬영된 조간대 사진중의 일부이다.

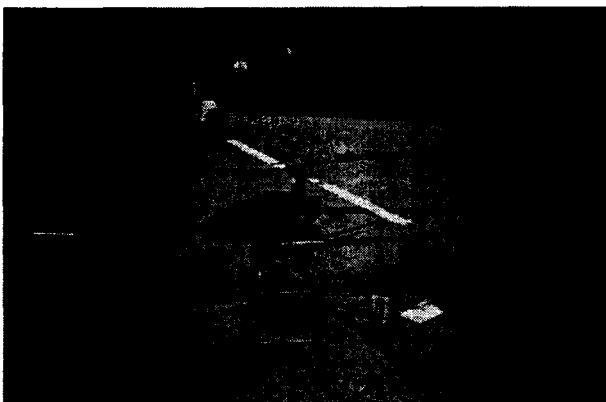


그림 6. 촬영용 무인 회전의 항공기

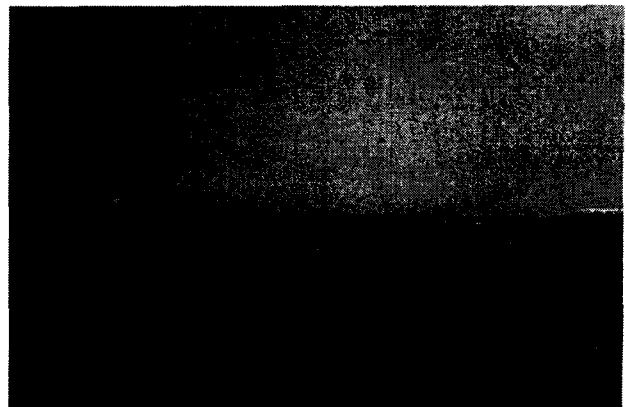


그림 7. 대공표지-안테나형

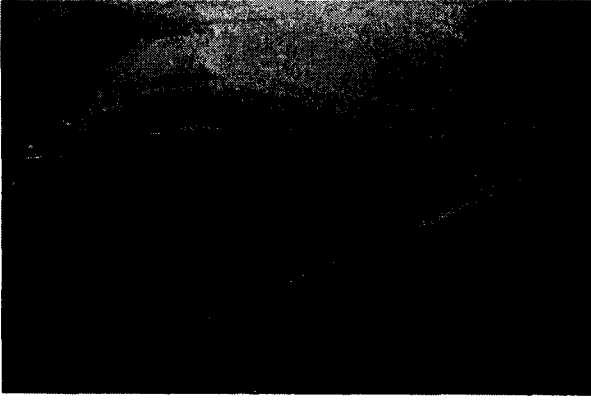


그림 8. 제2차 촬영 조건대 항공사진  
(일시:2003/09/15 13:40)



그림 9. 제2차 촬영 조건대 항공사진  
(일시:2003/09/15 15:40)

### 3.3 항공사진의 처리 및 분석

무인 항공기에서 촬영된 컬러필름을 현상 인화한 후, 인화된 사진을 스캐너로 300dpi 스캐닝하여 디지털 사진을 만들었다. 동일 대상물을 찍은 연직사진이라 하더라도 이를 자료로 시계열적 분석을 하기 위해서는 각 사진의 축척이 동일하여야 한다. 본 조사에서 촬영한 사진은 무인 항공기에 탑재된 필름카메라로 시간간격을 두고 촬영되었기 때문에 촬영중심이 동일하지 않고, 촬영경사도 일정하지 않아 사진의 축척, 사진의 경사, 피사지역이 각각 다르다. 이와 같은 사진으로는 지형변화를 정량적으로 분석할 수 없다.

정밀항공사진측량에는 경사사진을 연직사진으로 변환하는 장치가 있으나, 본 조사에서처럼 경사각이 큰 경우는 연직사진으로 변환이 쉬비지 않다. 해석사진측량 원리를 적용하면 경사사진의 사진좌표로부터 공선조건식에 의해 지상좌표를 추출할 수 있으나, 몇 점만을 처리하는 경우이지, 본 조사처럼 해안선을 따라 많은 지점을 처리하기는 무리이다. 원격탐사 영상처리기법에는 렌즈의 왜곡이나 지표의 기복에 따른 변위를 보정하는 여러 가지 방법이 기하보정법이 있으며, 고무판변환법(rubber sheet transformation)도 널리 쓰이는 방법 중의 하나이다. 촬영 시 설치한 대공표지의 지상좌표는 물론이고, 연육도로, 해안도로, 돌제, 방류제와 같은 현저한 지형지물의 지상좌표를 알고 있으므로 이들 지상기준점을 이용하여 고무판법칙으로 연직사진을 얻고자 시도하였으나, 이 방법도 경사가 미소한 경우, 즉, 디지털 이미지의 한 픽셀 길이가 거의 같은 경우에 적용하는 방법이다. 이 변환에서 필요한 자료로 수치사진의 한 픽셀의 크기가 있는데, 경사사진의 경우, 사진에 찍힌 지점마다 축척이 달라, 이를 적용시키기가 용이하지 않았다. 즉, 한 장의 사진에 전체 조사 조건대를 담으려는 목적으로 경사사진을 얻었는데, 촬영조건이 고정되지 않은 상태로 반복 촬영한 경사사진을 사진축척이 일정한 연직사진으로 만들 수 없게 되어, 이들 경사사진을 근거로 조건대 지형변화를 추출하면 큰 오차를 피할 수 없다.

따라서, 수치경사사진을 AutoCAD에 올리고, 연육도로나 해안도로상 현저한 지점을 지상기준으로 삼아, 사진 축척을 가능한 범위에서 통일시킨 후, 사진에 선명히 드러난 수애선과 해안 주변의 구조물을 같이 벡터라이징하여 벡터지도를 만들고, 이 벡터지도를 수평이동과 회전시켜, 중첩시킨 도면이 그림 12이다.

그림 12는 제2차 및 제3차 촬영사진으로부터 추출한 조위선을 중첩시킨 도면이다. 앞에서 밝힌 바와 같이 사진의 경사와 축척을 통일시키지 못하여, 정확한 기준점에 근거하여 조위선이 중첩되지 않았다. 검정색 실선(제3차 촬영)과 빨간색 실선(제2차 촬영) 사진의 조위선이 정돈된 상태는 아니지만, 일정한 패턴을 보여주고 있다.

즉, 항공사진측량방법에 의해 조건대의 지형변화를 표고 10cm 정도의 정확도로 측정하기 위해서는 우선 사진의 경사가 연직사진에 가까워야하며, 동일 지역에 대해 일정 시차를 두고 주기별로 촬영할 경우 사진 축척과 경사에 큰 차이가 없도록 촬영하는 치밀한 계획과 장비의 개선이 있어야 할 것이다.

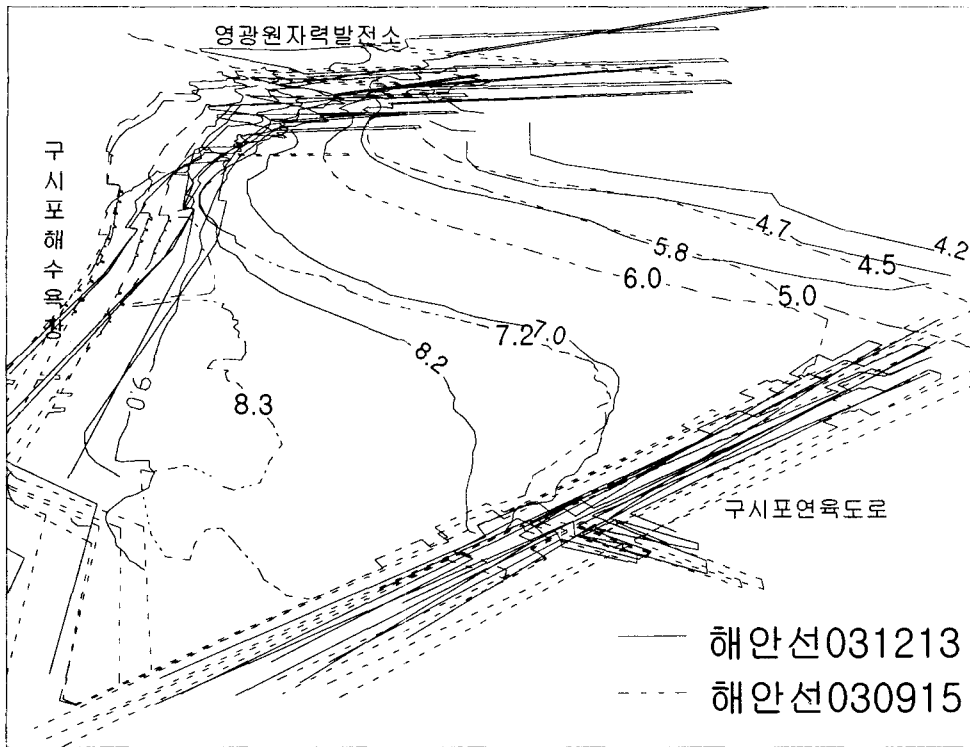


그림 10. 조간대 조위도 중첩도

#### 4. 결 론

구시포 해수욕장 조간대의 지형변화를 정밀히 조사하기 위한 종단면측량과 전반적 변화결과를 조사하기 위한 항공사진측량을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- ① 조간대 종단면조사 결과, 20개월의 조사기간 중에는 구시포항 연육도로 남측 조간대는 퇴적이 우세하다가 점차 안정된 상태로 접어들었으나, 최근의 연육도로 해체의 영향으로 침식이 우세한 상태로 변화하고 있다. 구시포 해수욕장 남단 군부대쪽 조간대는 미세한 퇴적과 침식이 랜덤하게 반복되고 있으나, 장기적으로 안정된 경향을 보인다.
- ② 항공촬영 경사사진을 분석한 결과 구시포 해수욕장 조간대는 해안에서 160M 지점까지는 퇴적토사로 보이는 분지지가 산재하나, 이 보다 외해 쪽으로 간조선까지는 침식되어 얕은 웅덩이 형태의 조간대가 분포하고 있다. 구시포 연육도로 남측에 연한 조간대는 변화가 활발하나, 최근의 연육도로 해체공사의 영향으로 침식이 우세하다.
- ③ 무인항공사진에 의한 해안조간대 지형변화조사를 위해서는 동일지점에 대해 동일 축척과 경사로 촬영할 수 있는 장비의 개선이 필요하다.

#### 참고문헌

- 고창균(1998), 구시포항 연육도로개설여부결정을 위한 수치모형실험 보고서
- Mikhail, E. M. and Bethel, J. S. (2001), *Introduction to Modern photogrammetry*, John Wiley & Sons, New York.