

DGPS에 의한 해양측량 조위보정에 관한 연구 The Study on the Tide Correction of Bathymetry based on the DGPS Surveying

조규전* · 차득기** · 강봉서***

Cho, Kyu-Jon · Tcha, Dek-Kie · Kang, Bong-Seo

요 旨

본 연구는 GPS사용에 따른 많은 장점 때문에 보편화되어 가는 DGPS기술에 의한 조위측위의 효율성과 정도의 향상을 위한 것으로, 연구결과 여러 형태의 수학적 회귀공식에 의하여 최적화공식의 선택 및 회귀처리가 가능하였다. 또한 종래에는 단계적인 방법에 의하여 GPS시간과 조위시간을 일치시켰으나 실시간적으로 평면과 표고(2D+1D) 좌표변환하여 해양바닥면의 높이를 Cm정확도로 계산하게 되었다. 이러한 시각동기화로 실시간 DGPS 수심측량은 지역적인 조류와 조위의 변화에 대처할 수 있다.

ABSTRACT

The purpose of this research is to enhance efficiency and tide measurement of the bathymetry survey based on the DGPS techniques which is becoming popular today due to a lot of benefits using the GPS. And according to the result of this research, choice and interpolation were possible with the most optimum method according to the various mathematical regressive equations as linear, parabolic, polynomic, reciprocal, hyperbolic, logarithmic and Gaussian functions. And the height of ground surface is easily calculated by 2D+1D transformation of coordinate of WGS84 in Cm-level based on the real time, even though the GPS time and tide were used to be synchronized through step-wised processing before. And because of the synchronization of time, the real time DGPS can cope with the loss of local current and changes of the tide.

1. 서 론

해양위치 측위방법은 1975년 연안석유탐사 연구의 목적으로 전자파에 의한 위치결정시스템이 발전되어 항행, 탐사, 정밀측량의 3가지 영역으로 분류된다. 여기에서 전자파 항행시스템인 Omega, Loran C, Deca Navigator 등으로 발전되었고, 특히 1980년대에는 항행(航行)용 인공위성인 NNSS(Navy Navigation Satellite System)가 이용되어 약 2~3시간의 위성신호를 연속적으로 취득하여 12~28 m(RMS)의 정도까지 정밀한 측위가 가능하였다. 이어서 1985년부터 GPS에 의하여 10.8 m정도까지 측정이 가능하게 되었다.¹⁾ 최근 1988년 영국에서는 GPS를 이용하여 국가 단위로 캠페인을 가져 1시간 단위로 4회 측정하여 평균해수면과 -0.32 ± 0.43 cm의 차이를 알

수 있었다.⁴⁾

현재 해양측량에 있어서 GPS의 사용은 정확도, 비용 절감 및 신속성에 있어서 기존의 해양측위방법에 비하여 많은 장점을 가지고 있다. 특히 DGPS기술을 사용 해양 및 수로의 수심측위를 할 경우 GPS측위와 동시에 측정점의 표고위치를 정도가 높게 측정할 수 있어서 기존의 조위나 수위의 변화를 관측에 대한 신뢰도를 높일 수 있으며 GPS성과와 음향측심기(Echo-Sounder)에 의한 수심 자료를 통합하여 보정처리 할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 DGPS에 의한 보정처리에 따른 그 정밀도의 제고와 자료처리 방법에 있어서 효율성 및 새로운 측정방법을 제시하였다. 본 연구 결과 전체적인 DGPS에 의한 조위의 시간변동에 따른 시계열의 추이곡선과 육상에서의 조위관측성과가 유사한 변위로 나타났으며 DGPS에 의한 국지적인 변위와 측위선의 표고변위를 실시간으로 취득할 수 있기 때문에 해양의 바닥면에 대한 지반고를 실시간적으로 직접 산출할 수 있었다.

*경기대학교 공과대학 건설공학부 교수

**경기대학교 공과대학 대학원 박사과정

***경기대학교 공과대학 대학원 박사과정

2. 조위 및 수심측위

본 연구의 수행을 위하여 2차에 걸쳐 부산 가덕도 신항만지역(1999년 12월 08일)과 울산항 확장사업지구(2000년 2월 20일)에 대하여 현장측량을 실시하였고, 항만시설물 건설을 위한 연안지역 지반조사측량과 같이 조위관측과 표고 측위를 동시에 수행하여 처리하였다. 이 두 지역은 우리나라 지형상 조위차이가 심하지 않기 때문에 본 연구에 있어서 표고의 변화 측위의 정도를 결정하는데에 신뢰성이 있다고 판단하였다. 본 연구는 독자적인 해양측위를 위하여 개발한 소프트웨어와 Leica System-300 2주파 수신기 2대를 사용하여 관측하였다. 특히 좌표변환은 GPS의 내부 시스템프로그램에 의한 WGS-84 성과로부터 지상기준점에 대한 평면좌표변환과 표고변환에 의하여 지역변수를 산출하였으며 수심측량은 Kaizo사의 PS20R음향 측심기를 사용하였다. GPS의 경우 반경 10 km 이내에 국한된 지상기준점 성과와 해양측위 위치정보를 취득한 결과 지상성과의 경우 $\pm 2 \sim 3$ cm 이내의 정도로 관측이 가능하고 기계의 사양에 의한 수심측위 성과의 정도도 ± 5 cm로 정의하였다. 이 이상의 위치변위는 자체적인 측위선의 외부적 변위 요인으로 판단, 각종 오차의 추출과 보정에 대하여 연구하고자 하였다. 간만의 차이가 심한 경우에 연안지역 조위의 지역적인 불균질한 변위 때문에 조위관측 지역과 측위지역의 조위와 동일하지 않으며 측위선의 부분적인 운동에 따른 측정위치의 변화와 외부적인 요인에 의한 시간적인 변위

작용이 심하기 때문에 정확한 측정점 위치의 조위산출이 어렵다. DGPS에 의한 경우 잠복지연(latency)효과가 작기 때문에 실시간적으로 변위측위를 할 수 있다.

2.1 작업내용

해양측량에 있어서 지상기준점의 설정방법은 일반 지상측량방법과 동일하게 운용되지만 해양측량의 경우 육상과 같은 정밀도를 요하지 않는다. 따라서 기준점설정을 하기 위하여 약 10~30분정도 정지(static)측위를 하여 기준국의 절대좌표를 산출한다. 이 절대좌표와 실시간 측위성고에 따른 의사거리의 변화정보를 이동국에 방송하고 이동국에서는 기준국의 보정량에 따라서 RTCM 메시지형식 중 18.21번에 해당하는 운송파측정정보와 의사거리보정(pseudorange corrections)정보를 라디오모뎀을 이용하여 수신하고 이를 보정하게 된다.⁶⁾

2.1.1 변환변수의 산출

GPS성과의 지역좌표변환과정은 3D/2D+1D 등 여러가지의 변환이 가능하며 별도의 측지원자(geodetic datum)를 고려하지 않은 임의 평면과 지역평면좌표계(grid coordinates)간 Helmert변환을 하였다. 변환변수의 산출은 정지관측에 의한 GPS자료처리 결과 WGS-84의 성과와 지역좌표를 입력하여 소프트웨어에 의하여 단계적으로 계수를 산출한다. 시간적인 문제가 될 경우에는 현장에서 직접 GPS센서 내부 변환프로그램으로 변수를 산출하여 처리할 수 있다. 또 다른 방법으로 휴대형 컴퓨터에서 GPS센서로부터 전송되는 NMEA의 GGA 또는

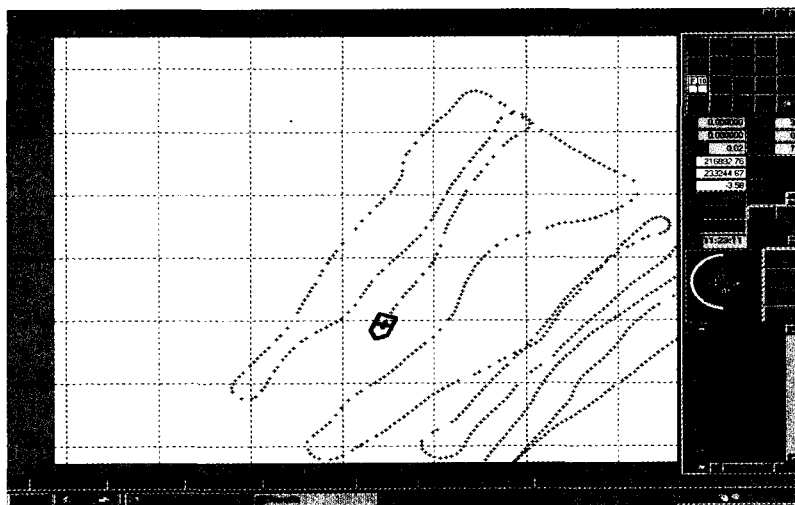


그림 1. 해양측위 소프트웨어 운영화면

GGL양식을 사용하여 소프트웨어적으로 WGS에 의한 경위도 성과를 TM투영변환을 하거나 또는 임의의 평면으로 투영변환을 한 후에 2차적인 평면변환과 표고 보간법에 의하여 지역좌표와 연계하여 GPS성과와 측위계획선을 작성하는데에 사용한다. 이러한 작업은 다음의 순서에 의하여 단계적으로 계산한다.

- 1 단계) 3차원 지심좌표의 측지좌표변환(XYZ → BLh)
- 2 단계) 측지좌표의 평면직각좌표 변환(BLh → XY+H)
- 3 단계) 평면대 평면의 변환(XY+H → NE+h)
- 4 단계) 현장검측

2.1.2 기계조정

RTCM메시지와 지역좌표의 변환에 의한 성과를 소프트웨어에서 다시 확인하고 실제 소프트웨어에서 출력하는 성과와 지상성과를 상호 비교하여 차이가 심한 경우 새로운 기준점을 선택하거나 다른 변환방법을 적용하며 사업지역이 좁은 경우 이동(Shift)량만큼 가감하도록 한다.

2.1.3 측위계획및 측정

측위과정은 일정한 측위선의 이동간격과 길이 및 방향을 설정하고 주어진 계획선을 따라가며 3차원의 위치와 해양저반에 대한 음향측심기에 의한 수심성과를 얻고 이를 하나의 물리적인 파일에 통합시킨다. 해양측위와 동시에 지상에서는 조위의 변위를 측정하여 시간대에 따른 조위를 보정을 추리하여 갱정수심을 계산한다. 3차원좌표측위는 DGPS에 의하여 이동선박의 안테나 위치를 구하고 일정한 지거(offset)를 환산 수심정보와 통합하여 실시간적인 지반고를 구한다. 수심측위는 음향측심기는 1초에 4회 정도 지반면으로 음향을 발산하고 이 반사파의 반사속도에 의한 파장의 수와 파장에 의하여 수심을 계산한다. GPS의 위치 취득은 하드웨어마다 다르지만 일반적으로 1초에 1회로 측위되기 때문에 수심에 대한 보간처리가 불가피하다. 따라서 1초단위 거리에 대한 수심 위치를 보간계산하거나 평균처리하여 취득할 수 있다. 일반적으로 0.25초 마다 측심위치를 구하기 위하여 계산시간이 많이 들고 필요 이상의 정보를 취득하게 되어 1초 단위로 평균처리한다. 조위관측은 시간과 지역에 따라 다르며 경우에 따라서 5~10분 단위로 측정하여 이를 보간 처리한다.

2.1.4 자료의 통합 및 조정

GPS의 위치와 음향측심기의 시각동기화 작업과 GPS 시간과 지방시의 시각일치에 의한 해당시각의 보정치를 고려하여 갱정수심을 계산하고 이어서 필요한 정보를 추

출하여 항적도, 등심도, 단면도 등을 출력한다.

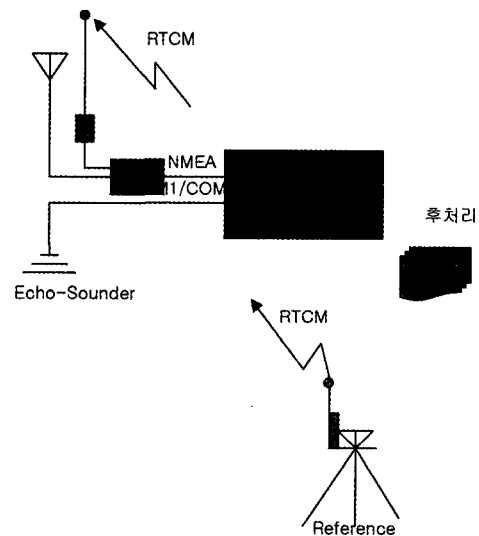
2.2 해양측위체계

종래의 해양측위는 전파측위법에 의하여 지상기지국의 기하적인 관계에 의하여 측량선을 추적해 가면서 측정시간으로 동기화시켜 측위선의 위치산출과 수심측위를 하고 조위관측성과에 의한 후처리를 하여 수심을 측정한다. 하지만 DGPS에 의한 경우 1초단위로 실시간적으로 위치의 산출이 가능하기 때문에 정확한 계획선에 의한 측설방향으로 측위할 수 있으며 동시에 수심의 보정이 가능하여 실시간에 대한 표고를 구한다.

2.3 측위성과취득

해양측위 작업과정은 우선적으로 지상측량과 동시에 DGPS의 기준국을 설정하기 위하여 정확한 절대위치점의 성과를 산출하고 이 절대성과에 의한 의사거리의 변위를 이동국에 보정 송출하게 하며 반드시 지상기준국에 설치할 필요는 없으며 다만 물리적으로 전파의 방출에 지장이 없고 GPS위성신호를 충분히 수신할 수 있는 개방된 지역을 선택한다.

이동국에서는 지상기준점에 대하여 3점 이상의 수평 및 수직점에 의하여 지역 변환매개변수를 산출하고 기준



- GPS기준국 : RTCM보정메시지 방송
- GPS이동국 : 측위선의 3차원 위치측정
- Echo-Sounder : 수심측위

그림 2. 해양측위시스템 구성도

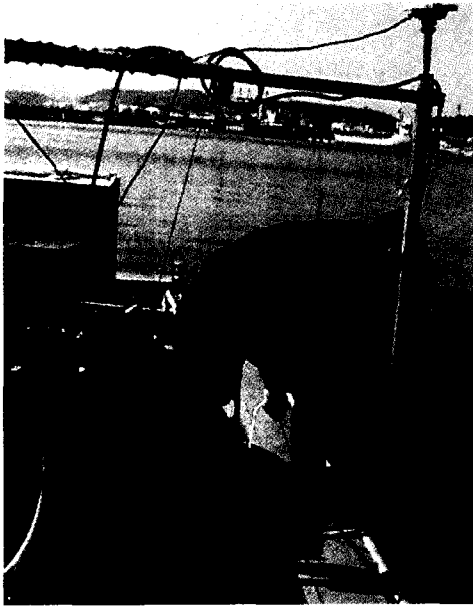


사진 1. GPS측위성과와 현장 수심확인

성과와 GPS의 정도를 비교한다. 이어서 NMEA에 의한 각종 서비스 항목중에 지역좌표로 출력하거나 GGA와 같은 측지좌표산출성과를 PC에서 RS232직렬통신에 의하여 수신한다. GPS수신성과는 측위 시작정보로 UTC에 의한 GPS Time가 출력되며 이를 지방시로 변환한다. 이어서 WGS-84 측지좌표를 평면직각좌표로 변환하며 보정처리에 따른 위치정확도의 지수와 GPS수신상태(0: 측정불가, 1: GPS수신, 2: GPS Lock, 3: DGPS상태), 수신 위성수와 위치정도저하율(DOP)에 따라서 음향측심기와 시각동기화하여 수심취득성과를 시간 Tag에 의하여 기록한다. NMEA의 LLQ의 양식에서 의사거리 측정에 따른 Data의 질(quality)과 다중경로(multipath)오차정보를 포함하기 때문에 오차(1σ)는 다음 식과 같이 표시한다.⁶⁾

$$\sigma_t = \frac{c}{Rc} \sqrt{\frac{BI d N_o}{2S} \left(\frac{2N_o}{(2-d)ST} \right)} \text{metres} \quad (1)$$

$C = 3 \times 10^8$ m/s

$Rc = P$ 코드 또는 C/A 코드 Chipping Rate

$S/N_o =$ 잡음을

$T = 0.02$ 초(GPS)

$d =$ 보정간격

$BI =$ 의사거리 완화치리에 따른 밴드폭 잡음

이러한 자료는 NMEA에 정의되어 측정시간, 지역좌

표, 항행속도, 방향, 위성의 수, 수신상태 등으로 그 파일 구조는 다음과 같다.

```

$RTLLQ,014321.0,022900,233040.114,M,215864.097,M,3.07,000.02,0.941,M*2E
$GPVGTG,164.224,T,,M,4.4697798,N,8.283620,K*5C
$RTLLQ,014321.0,022900,233040.114,M,215864.097,M,3.07,000.02,0.941,M*2E
$GPVGTG,164.935,T,,M,4.3321953,N,8.028641,K*55
$RTLLQ,014323.0,022900,233041.081,M,215859.932,M,3.07,000.02,1.003,M*26
$GPVGTG,165.215,T,,M,4.1156010,N,7.627238,K*5F
$RTLLQ,014323.0,022900,233041.081,M,215859.932,M,3.07,000.02,1.003,M*26
$GPVGTG,164.734,T,,M,3.9456182,N,7.312217,K*56
  
```

2.3.2 수심정보와 연계파일

시스템에 의하여 GPS에 의한 위치정보와 음향측심기에 의한 수심정보를 통합한다. 파일구조는 첫 번째의 필드는 GPS와 음향측심자료 인위적 입력성과 및 태그(tag) 점을 코드로 분류할 수 있도록 한 것이고 측위시간은 GPS시간을 적용, 평면위치계산에 의한 북편(Northing)과 동편(Easting)을 표시하였다. 이어서 표고와 음향측심기의 수심, 측위지수, 수신상태 및 위성수를 나타낸다.

```

GPS,09:27:53,216890.195,233222.392,-3.893,18.16,0.000,02,3,05
GPS,09:27:57,216892.361,233235.457,-3.829,18.25,0.000,02,3,05
GPS,09:27:59,216894.834,233241.471,-3.657,18.27,0.000,02,3,05
GPS,09:28:01,216898.211,233246.932,-3.607,18.23,0.000,02,3,05
GPS,09:28:03,216902.350,233252.080,-3.637,18.24,0.000,02,3,05
GPS,09:28:05,216906.921,233256.971,-3.594,18.35,0.000,02,3,05
GPS,09:28:07,216911.991,233261.243,-3.318,18.41,0.000,02,3,05
  
```

해당 시간에 대한 수심정보와 조위관측성과에 의한 갱정수심을 계산하여 재파일처리를 하여 새로운 파일을 생성시킨다. 최종적으로 지반의 표고가 산출되면 이 정보를 기초로 하여 각종 응용프로그램에 의하여 등심도, 단면도, 토공물량 등을 산출한다.

```

GPS,09:27:53,216890.195,233222.392,-3.893,18.16,0.258,-17.902
GPS,09:27:57,216892.361,233235.457,-3.829,18.25,0.258,-17.992
GPS,09:27:59,216894.834,233241.471,-3.657,18.27,0.258,-18.012
GPS,09:28:01,216898.211,233246.932,-3.607,18.23,0.258,-17.972
GPS,09:28:03,216902.350,233252.080,-3.637,18.24,0.258,-17.982
GPS,09:28:05,216906.921,233256.971,-3.594,18.35,0.258,-18.092
GPS,09:28:07,216911.991,233261.243,-3.318,18.41,0.258,-18.152
  
```

조위와 수심정보의 추출은 측위 과정에서 시간변화에 따른 해수면의 조위의 변화가 발생하기 때문에 측량선위도 마찬가지로 변화가 발생하여 이를 측정시의 해면높이와 음향측심성과를 통합하여 해안바닥면의 표고를 산출하도록 한다.

2.3.4 조위측위

조위(tide)는 해면의 주기적인 연직운동으로 달과 태양에 의하여 발생한다. 대부분의 해안에서 해수면의 승강에 대한 예측은 아래의 식에 의하여 예측할 수 있지만 강우기나 홍수에 따라 변하며 조위의 수평적 이동과 해류의 예측은 어렵다.³⁾

$$A = A_0 + F \cdot \cos(E) - \text{조위예측함수} \quad (2)$$

A : 해면높이

A₀ : 평균해면 높이

F : 최대 이동 폭

E : 시간비례에 의한 각속도(조위속도)

조위측위는 파고가 없는 정지면에 대한 표고의 변위량을 시간 단위로 측정하여 수심성고를 보정하기 위한 것이다. 이러한 조위는 해양기술분야에서 예측한 성과와 지역적인 영향 때문에 차이가 발생한다. 따라서 해당 측량 지역의 보정자료로 사용하기에는 위험하다. 또한 국부지역의 조위관측에 있어서도 정확한 조위변위 측위가 어렵기 때문에 시계열에 의한 조위를 최적화(best fitting)처리하여 보정한다.

3. 취득자료처리 및 분석

DGPS측위에 따른 과대오차의 소거는 우선적으로 DGPS측위를 위하여 기본적으로 4대 이상의 GPS위성으

로부터 자료를 수신하여야 DGPS가 가능해진다. 따라서 이 조건을 충족하지 못한 경우 위치정도가 불확실하기 때문에 관측자료는 제거하여야 한다. 뿐만 아니라 위성들의 배치상태인 DOP가 낮아야 한다. 따라서 4개 이하의 저정도 GPS위성배치 상태의 측위성과는 배제시켜야 한다. 이어서 GPS는 이상적으로 배치되었어도 실시간 보정처리에 의한 DGPS가 되어야 Cm-Level정밀도를 확보할 수 있다. 이의 판단은 NMEA의 메시지에 의하여 판단한다. 즉, 위성이 4개 이하의 수신에 의한 표고정보의 신뢰도는 낮으며 측량선이 이동할 경우 정상적인 DGPS가 잘 이루어지지 않기 때문에 측위정도를(CQ)정보도 낮게 된다. 따라서 측위의 정도가 현저히 저하되어 이를 우선적으로 소거하도록 한다. 다만 위치변위는 발생하지만 수심정보는 순간적으로 변하지 않기 때문에 짧은 시간의 경우 보간하여 사용할 수 있을 것이다. 따라서 DGPS상태에 의하여 GPS관측불가(0), 위성측정(Locking: 1), Lock(2), DGPS(3)로 4가지의 측위상태가 구분된다. 본 연구에 있어서 전체 4177점 측정점 중에서 98% 이상이 DGPS상태로 측위되었다. 이것은 해상지역에서는 크다란 통신의 장애 요인이 없기 때문에 DGPS의 운영이 잘 된다고 볼 수 있다. DGPS상태가 아닌 경우 측위정도가 현저히 저하되어 이 시간대의 측위성과는 전부 제거한다.

NMEA의 LLQ양식에 포함되어 있는 DGPS의 측정정도(CQ)에 의하여 위치정확도를 판단할 수 있으며 이 정

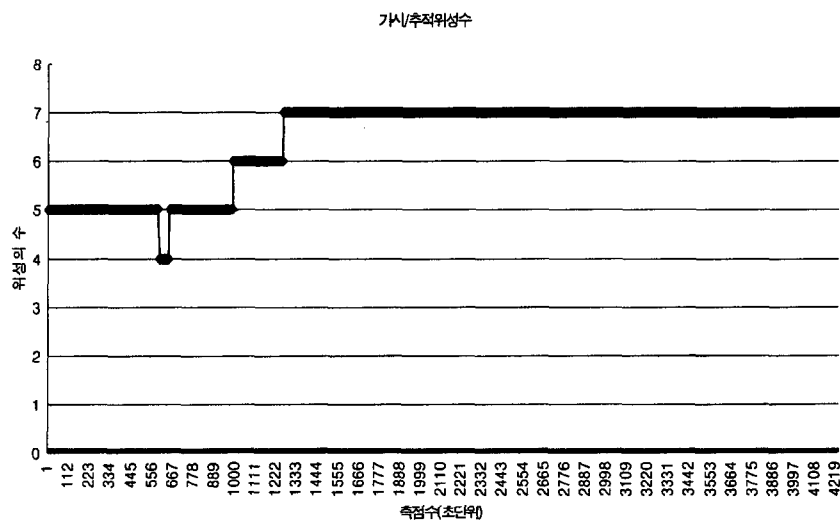


그림 3. 단위시간별 가시(추적)위성의 수

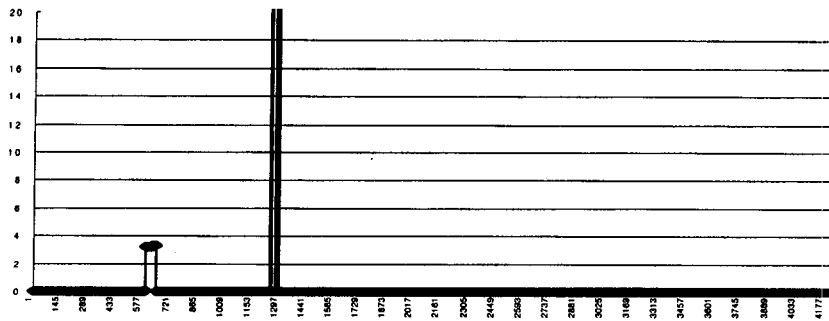


그림 4. 측위정도(CQ)정보

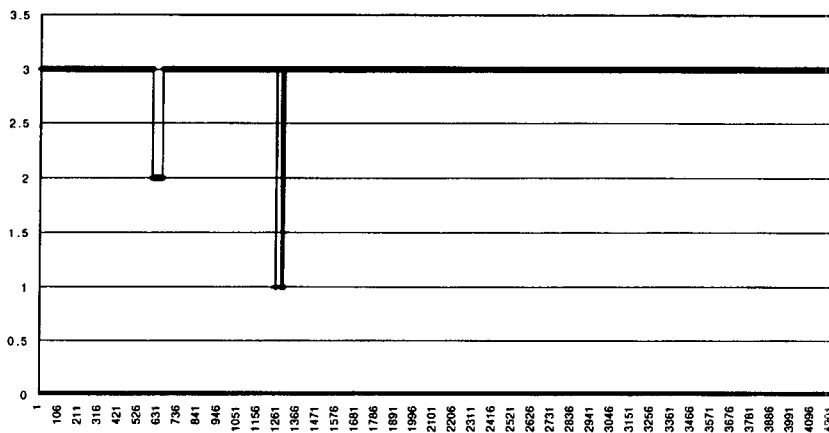


그림 5. DGPS수신상태정보

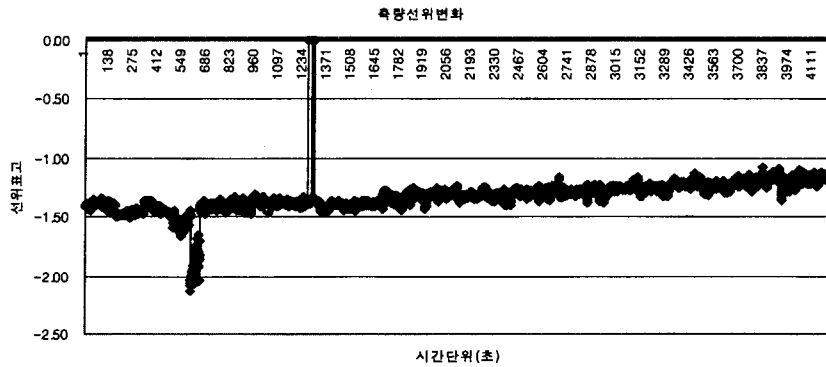


그림 6. 측량신위변화(m)

도의 오차예측이 99.9%이상으로 고정도를 결정하는 가장 신뢰할 수 있는 최적의 요소이다.

표고의 순간변위에 대하여 해양 바닥면의 특성상 급작스런 위치변위는 많이 발생하지 않는다는 전제조건에서 평균해수면에 대한 표준편차와 순간변위 dH/dT 가 갑자기 변환한 지점에서의 시작과 종료부분을 찾아 이 부분의 측위성과를 추출하여 분석할 수 있다. 그림 4와 5의

경우에서 보는 바와 같이 DGPS상태와 CQ간에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 즉, DGPS가 운영되지 않는 시간대에는 CQ는 크게되어 측위정도가 낮게된다.

조위는 시간적인 변화와 국부적인 변화를 가져오기 때문에 그림 8과 같은 조위분석프로그램 모듈에 의하여 국부적인 변위요소를 제거하여야 정확한 조위의 측위가 이루어지게 된다. 본 분석 프로그램은 시간단위별 일정간

격으로 측정된 조위를 도식적으로 표시하여 최적의 상태를 추정하기 위한 것으로 우선적으로 분(分)단위에 의하여 측정된 시간을 10진법으로 변환하고 이어서 각 회귀 방법별로 각 파라미터와 최적계수 계산한다. 그 결과를 도식적으로 도형처리하여 시각적으로 최적화 정도를 판단하도록 한다. 프로그램에 의하여 각 계수 중에서 가장 적합한 방법을 선택하여 전체 조위보정함수 및 그 계수를 결정한다.

3.1 표고와 조위관측의 상관관계

그림 7에 의하면 조위관측결과와 측량선위의 시간변화에 따른 통계적인 상관관계수가 -0.849로 서로 밀접한 관계가 있다. 조위와 선위의 편위(Offset)는 약 80cm의 차이가 있으나 이것은 안테나의 실제위치가 해수면으로부터 일정간격 올려져 있기 때문이며 시간변화에 따른 조위와 선위변화곡선은 도표에서 보는 것과 같이 거의 같은 변화가 있다. 다만 측량선위의 부분적인 변위는 파고

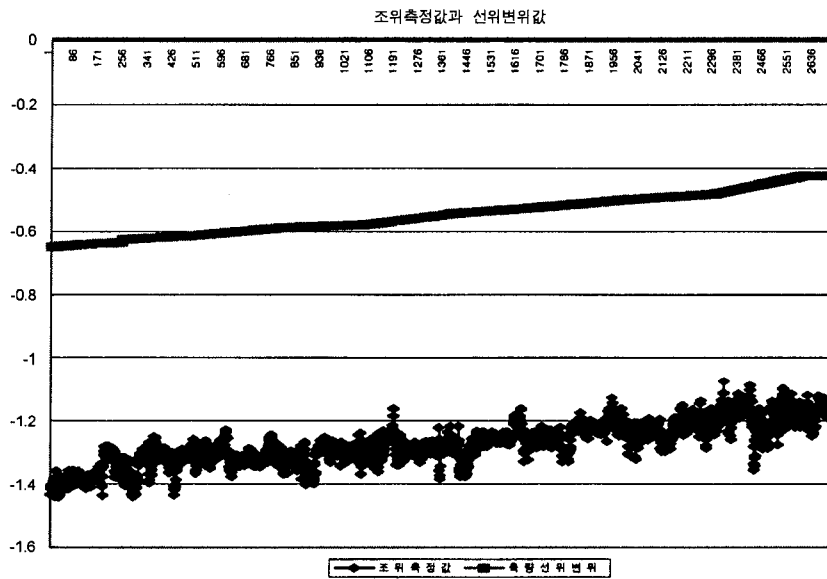


그림 7. 조위와 측량선위 변화표

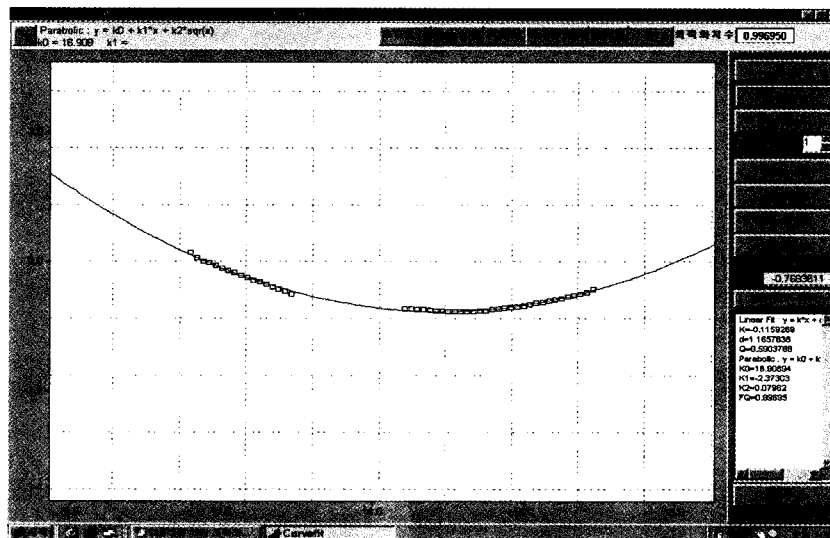


그림 8. 다항회귀분석 프로그램

표 1. 조위관측성과

| 관측시간 | 조위(m) | 관측시간 | 조위(m) |
|-------|--------|-------|--------|
| 11:35 | 0.140 | 16:40 | -0.523 |
| 11:40 | 0.057 | 16:45 | -0.499 |
| 11:45 | 0.010 | 16:50 | -0.482 |
| 11:50 | -0.015 | 16:55 | -0.425 |
| 12:00 | -0.100 | | |
| ... | | 총관측수 | 48회 |

와 선상요원의 움직임 등 주변환경에 의하여 발생한 국부적 변위이다. 이러한 국부적인 변위량은 과대오차를 제거한 후 약 2600점의 분석결과 통계적인 표준편차가 $\pm 7\text{ cm}$ 로 나타났다. 이러한 편차는 조위측정만으로는 보정처리를 할 수 없는 것이다. 하지만 실시간 DGPS의 한 안테나의 표고정보를 사용할 경우 지반고의 측위정도는 높아지게 된다.

3.2 조위관측성과의 회귀분석

조위의 보정처리는 단순 시간함수에 의한 선형에 의한

보간처리를 하거나 최적화곡선에 의하여 순간 시간에 따른 보정을 실시한다. 이 경우 GPS시간은 UTC와 9시간의 차이가 있으며 60진법처리에 의하여 시간함수의 수학적계산을 하기 위하여 1초단위까지 10진법으로 변환하여 회귀함수를 적용한다.

식 2에 의한 조위함수는 COS함수식으로 표현되는 곡선식이다. 이것은 약 12시간 단위로 반복되는 조위의 특성을 가지기 때문에 부분적(3.4시간작업)으로는 곡선식으로 위의 여러 회귀분석결과 2~5차 다항식의 경우 회귀정도가 99.6% 이상으로 잘 회귀되고 있다. 하지만 직선식, 6차 이상의 다항식, Reciprocal, Gaussian 회귀방정식의 경우 조위함수로 적용하기에는 불가능하다. 다항식에 의하여 6차 이상으로 높아질 경우 현저히 회귀정도가 떨어지게 되는데 이것은 해수면의 조위운동에 따른 시간적인 변화가 조화함수를 이루기 때문에 해당 측정시간에 있어서 최적화하기 위하여 5차 이내로 적용된다는 사실을 보여주고 있다. 표에서 보는 바와 같이 다항식의 경우 4차식을 중앙으로 하여 3차와 5차 다항식의 경우

표 2. 회귀함수의 상수 및 회귀정도표

| 회귀함수 | 상수값 | 회귀정도(Fitting Quality) | 함수식 |
|---------------|--|-----------------------|----------------------------------|
| Linear | k = -0.1159269 d = 1.1657836 | 0.590378 | $y = k*x+d$ |
| Parabolic | ko = 16.90894 k1 = -2.37303 k2 = -0.07962 | 0.996950 | $y = ko + k1*x$ |
| Polynomic 3rd | ko = 19.664625 k1 = -2.956984 k2 = 0.1205285 k3 = -0.000948 | 0.997060 | $y = ko + k1*x + \dots + k3*x^3$ |
| 4th | ko = 99.1948735 k1 = -25.7566579 k2 = 2.5575480 k3 = -0.1160541 k4 = 0.0020272 | 0.998062 | $y = ko + k1*x + \dots + k4*x^4$ |
| 5th | ko ... k5(생략) | 0.9971420 | $y = ko + k1*x + \dots + k4*x^5$ |
| 6th | ko ... k6(생략) | 0.3393660 | $y = ko + k1*x + \dots + k4*x^6$ |
| Reciprocal | ko = 6.2432054 k1 = -0.5129819 | 0.0025389 | $y = 1/(ko + k1*x)$ |
| Hyperbolic | ko = -2.2066960 k1 = 24.1467529 | 0.6694239 | $y = ko + k1/x$ |
| Logarithmic | ko = 3.9752548 k1 = -1.6840313 | 0.6309362 | $y = ko + k1*Ln(x)$ |
| Gaussian | ko = 1.2557341 k1 = 14.8457055 | 0.2644430 | $y = ko*exp(-(x - k1)^2/k2)$ |

회귀정도가 높게 나타난다.

4. 결 론

DGPS는 여러 영역에서 활용되고 있으며 특히 국가 지오이드 모델의 연구에 있어서 종래의 측위원리와 달리 하기 때문에 기존의 평균해수면자료와 비교하기 위하여 많이 연구되고 있다. 특히 DGPS측위 기술은 지역적인 수심측량에 활용함으로써 정확한 국가 기반정보를 구축할 수 있다. 본 연구결과 실시간으로 정확한 3차원위치의 측정이 가능, 기존 조위측위 신뢰도를 향상시킬 수 있다고 판단, 인력과 시간적으로 많은 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대되며 본 연구 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

1. 측정지역에 대하여 주기적으로 관측한 성과와 회귀공식을 적용시킴으로 조위의 변위를 시간함수식 $Tide = f(time)$ 계산이 가능하여 갯정수심을 산출할 수 있다.

2. DGPS에 의한 경우 표고측위정도가 $\pm 2 \sim 3$ cm 이하의 정도로 측정이 가능하기 때문에 측량선위의 변화량 (± 7 cm)에 대한 순간 측위를 할 수 있으며 육상에서 관측한 조위성과와 일정한 편위(Offset)값을 가지기 때문에 측위성과에 대한 신뢰도가 높아진다.

3. 여러 가지의 회귀공식을 적용시켜 수심측정 시간대에 최적의 회귀공식을 결정하여 조위를 보간처리할 수 있다.

이러한 연구결과를 토대로 현행 해양 및 수로측위에 대한 조위보정방법에 적용함으로써 기존의 조위측위에 대한 신뢰도를 높힐 수 있어 각종 해양토목 및 건설분야의 수심측위에 따른 정도향상과 작업처리의 효율성이 있을 것으로 판단함.

참고문헌

1. P. H. Milne, Underwater Engineering Surveys, Gulf Publishing Company, 1980, p.9.
2. E. T. Engman and R. J. Gurney, Remote Sensing in Hydrology, Chapman and Hall, 1991.
3. Ingham, Alan E., Sea Surveying, John Wiley & Sons Ltd. Vol1, 1975, p.292.
4. Hans Sunkel, Trevor Baker, Sea Surface Topography and the Geoid, Springer Verlag, 1990, p.145.
5. Leica System-300 GPS Manual.
6. Radio Technical Commission For the Maritime Services, RTCM Recommended Standards for Differential GNSS Service Version 2.2, 1998, p.4-35.