3차원 하상지형측량 정밀도 향상에 관한 연구

Study on Accuracy Improvement of 3-Dimensional Topographical survey

박운용*, 신동수**, 김천영***,김용보****

Park, woon yong · Jung, chang sik, Kim, chon yonung · Kim, yong bo

1. 서론

RTK-GPS와 Echo Sounder의 조합에 의한 측량은 해저지형측량, 하상(河床)지형측량, 저수지지형측량등에 있어 광범위하게 사용되고 있다. 먼저 GPS는 현재 항법, 국가 기준점 설치, 지적조사 그리고 일반 건설분야등의 다방면에 이용되고 있다. 최근 기술의 비약적 발전과 다양한 측위기법의 개발로 GPS의 정확도는 크게 향상되었다. 특히, 실시간 동적(Real-time Kinematic) GPS는 실시간으로 고정밀도 위치결정을 가능케 하고 있다. 미지정수의 해가 정수해가 되면(미지정수해 fixed) 수 mm의 정확도를 얻을수 있고, 실수해를 사용하면(미지정수 float) 수십 cm의 정확도를 얻을수 있다. 또한 Echo Sounder는 음파를 이용한 수심측정장치로 최근 기술발전에 의해 수 cm의 정확도를 취득할 수 있다. 그러나 두 기기의 조합에 의한 실제 측량은 현장조건에 따라 매우 큰 오차를 발생시킨다. 실제 측량에서 RTK-GPS의 경우 실시간동적 GPS를 채용할 경우 평면위치정확도는 "미지정수 fixed"된 경우 수 mm의 정확도를 확보할 수 있으므로 소정의 정밀도를 확보할 수 있다. 그러나 수심 측정에 있어, 측량선의 유동에 의해 수면에서 Echo Sounder의 송수파기까지의 거리변화, Echo Sounder의 자세각에 의한 오차, 지형특성에 의한 요인으로는 해저, 하상, 저수지저면의 저질상태에 따른 오차 등이 발생된다. 수심측량에서의 이러한 오차들은 수심측량의 정밀도를 크게 저하시키므로 준설, 매립공사등의 물량산출에 있어 그 작업효율성이 매우 저하된다. 본 연구에서는 Echo Sounder의 오차요인을 분석하고 해결방안은 제시하고자 한다.

2. 실시간 동적 GPS에 의한 정밀 위치결정

2.1 실시간 동적 측위

실시간으로 고정밀도 위치결정을 위해서 이중차분은 반송파 위상을 이용해서 보완해야 한다. 또한, 원시의사거리, 반송파, 그리고 그것들의 보정량이 0.5~2초(sec) 간격으로 기지국으로부터 이동국에 전송해야 한다. 이것을 "실시간 동적측위" 라고 한다. 그러나, 공간적 비상관성이 이중차분 관측값의 정확도를 격하시키므로, 기지국과 이동국간의 거리는 수십km로 제한되어야 한다. 미지정수는 이동 중 초기화 기법으로 고정되거나 실수해(Float Solution)로 결정될 수 있다. 미지정수가 정수가 되면 수cm 정확도를 얻을 수 있다. 실수해를 사용해서 1m~10m의 정확도를 얻을 수 있다.

2.2 미지정수 결정

반송파 위상에 항상 존재하는 미지정수는 수신기와 위성과의 관계가 있다. 위성의 신호를 계속 수신할 수

* 정회원 · 동아대학교 공과대학 토목해양공학부, 교수
** 정회원 · 경상대학교 해양과학대학 해양토목공학과 교수
*** 동아대학교 대학원 토목공학과 박사수료
*** 동아대학교 대학원 토목공학과 박사과정, 051)200-6708, drako@donga.ac.kr

있는 경우 시간의 종속성은 없다. 아래와 같은 위상모형에서 미지정수는 N으로 표기한다.

$$\Phi = \frac{1}{\lambda}\rho + N + f\Delta\delta - \frac{1}{\lambda}\Delta^{Iono} \quad (1)$$

여기서, Φ : 반송파 위상 (cycles), λ : 파장 (m),

ρ : 위성과 측점사이의 기하학적 거리 (m), f : 위성신호의 주파수 (sec)

$\Delta\delta$: 위성과 수신기시계의 시간편의 (sec), Δ^{Iono} : 전리층에 의한 시간편의 (sec)

미지정수가 정수값으로 결정되면 결정되었거나(Resolved) 고정되었다(Fixed)고 한다. 일반적으로 미지정수의 결정은 기선해법을 중심으로 하지만 정수 미지정수와 실수 미지정수를 이용한 해는 수mm 이상의 정확도를 가진다. 반송파 처리에서 단일차분대신 이중차분을 사용하는 것이 중요하다. 그림 1은 RTK 자료처리흐름을 나타낸 것이다.

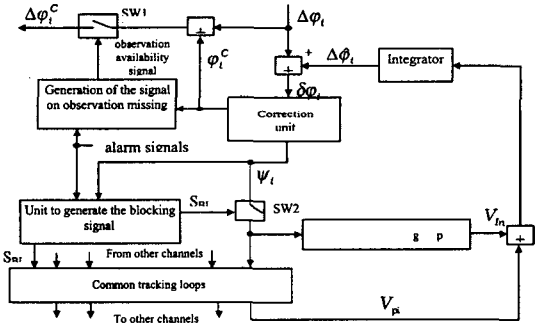
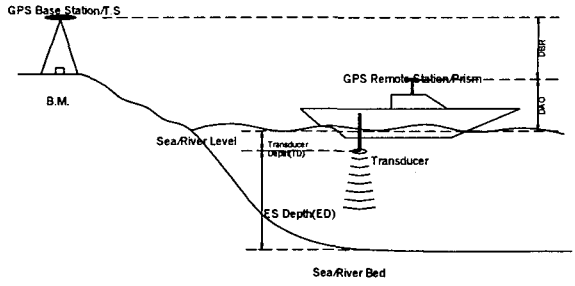


그림 1. Real Time Kinematic 자료처리 흐름도

3. Echo Sounder에 의한 수심측정

3.1 수면과 송수파간 거리변화에 의한 오차

일반적인 수심측량은 크게 두가지 목적에 의해 이루어진다. 먼저 평균해수면에 대한 해도나 지형도 작성을 위한 측량과 매립, 준설공사를 위한 해저, 하상 지형측량이다. 이 두 측량은 현재 수심측량후 조위에 의해 보정하여 평균해수면에 대한 값으로 환산해야 한다. 기존은 실시간 조위변화를 시간대별로 입력하여 보정하고 있다. 이 경우 그림 2과 같이 수심과 평면위치의 관계를 결정한다. 즉, 평면위치좌표 x, y는 GPS와 TS를 이용하고, 수직위치좌표 z는 식(2)와 같은 방식으로 산출한다.



$$z = ED + TD \pm TC \quad (2)$$

여기서, ED : Echo Sounder 측정치

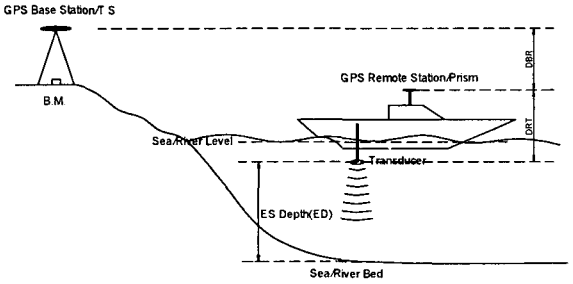
TD : 수면과 Echo Sounder Transducer의 거리

TC : 시간별 조위 보정치

그림 2. 식 (2)에 의한 수심측량 구성

이 경우 TD를 고정하여 계산하므로 파도, 측량선의 유동에 의한 변화를 고려하지 못하므로 오차를 발생시

킨다. 또한 TC도 관측을 해야하는 번거러움이 있다. 본 연구에서 그림 3와 같이 수심과 평면위치의 관계를 결정하여 이러한 오차의 요인을 완전히 제거하였다. 즉, 평면위치좌표 x, y는 RTK-GPS에 의한 이동국 평면 위치좌표 x_{GPS}, y_{GPS}를 사용하고, 수직위치좌표 z는 식(3)과 같이 계산할 수 있다.



$$z = z_{GPS} - DRT - ED \quad (3)$$

여기서, z_{GPS} : RTK-GPS 이동국 수직좌표

DRT : GPS 안테와 Echo Sounder Transducer 간의 거리

ED : Echo Sounder 측정치

그림 3. 식 (3)에 의한 수심측량 구성

식 (3)에서 z의 값을 계산하기 위해 z_{GPS}를 이용하기 때문에 수심측정치에 위성측량에서의 수직오차가 누적이 된다. 하지만, RTK-GPS 측위시 미지정수의 고정해를 사용한다면, DRT는 파도나 측량선의 유동 등에 의한 변화에 대해 불변하므로 보다 정밀한 수심측량이 가능했다.

3.2 실험 및 분석

본 연구에서는 3.1절에서 설명한 식(2), (3)에 의한 해저, 하상, 저수지저면등의 지형측량 정밀도 비교를 위해 동일한 실험대상지(그림 5)에 대해 평면위치결정은 모두 RTK-GPS를 이용하고, 수심측정은 먼저, 그림 4와 같은 Bar-Check용 수심측정장비로 측정하여 하상지형도를 생성하고, Echo sounder를 사용하여, 3.1절에서 언급한 바와 같이 2가지 경우로 수직위치좌표를 결정하여 하상지형도를 각각 생성하였다. 생성된 각각의 하상지형도를 비교 분석하기 위해 동일한 계획고에 대해 물량을 산출하였다.

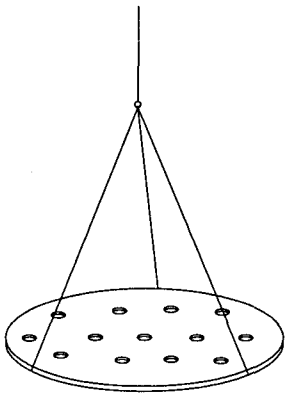


그림 4. Bar-Checker

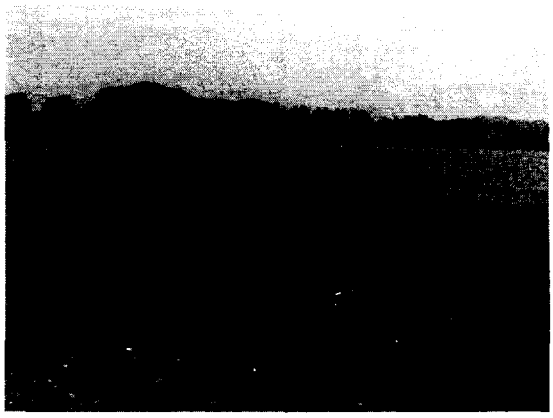


그림 5. 실험대상지

3.2.1 수직위치결정 방법별 물량 계산

본 연구에서는 수평위치결정을 동일한 점, 동일시간에 대해 RTK-GPS 측위에 의해 수행하였으므로 각 토공량은 수평위치정확도에 의해 상대적으로 영향을 주지 못한다. 따라서 수직위치결정 기법별 토공량의 차

이는 수직위치 정확도에 의해서 나타난다고 할 수 있다. 또한 각 물량을 구하기 위해 동일한 보간기법을 사용하였다. 그림 6~8은 각 수직위치결정방법별 3차원 하상지형도를 나타낸 것이다.

표 1은 각 3차원 하상지형도를 동일한 계획고(10m)에 대한 토공량을 양단면 평균법에 의해 산출한 것이다.

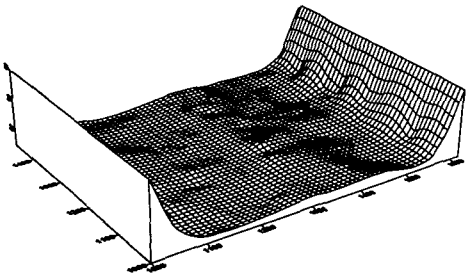


그림 6. Bar-Check기에 의한 지형도

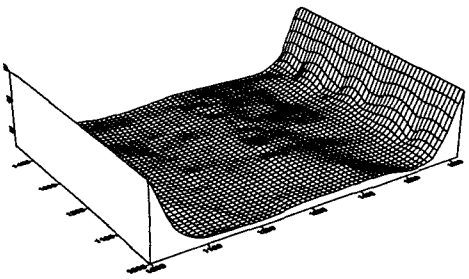


그림 7. 식 (2)에의한 지형도

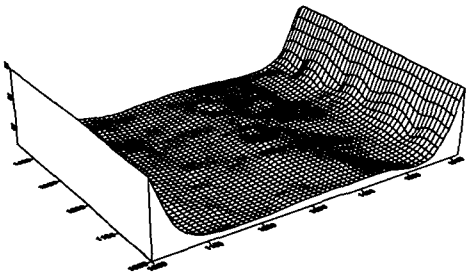


그림 8. 식 (3)에 의한 지형도

표 1. 수직위치결정 기법별 물량

수직위치결정 기법	물량(㎥)	Bar-Check 물량과의 차이(㎥)
Bar-Check기에 의한 방법	2810535.07244	0
식 (2)에 의한 방법	2801936.71891	-6598.354(2.347%)
식 (3)에 의한 방법	2811450.50925	+915.437(0.032%)

각 기법별로 구한 결과, Bar-Check기에 의한 물량에 비해, 식(2)에 의한 물량은 -6598.354㎥ 적게 나타났으며, 식 (3)에 의한 물량은 +915.354㎥ 많은 것으로 나타났다. 식 (2)의 경우 전체적으로 수심이 얕게 측정된 것을 나타낸다. 식 (3)에 의한 물량차는 bar-check기에 의한 물량대비 0.032%로, 매우 작은 것으로 나타나 측량의 성과가 매우 유사함을 알 수 있다.

4. 결론

실험에서 얻어진 결과를 통해서, 식 (3)에 의한 하상지형측량이 기존의 방법에 비해 그 정확도가 우수함을 알 수 있었다. 이는 파도, 유수나 측량선의 유동에 의한 흘수 변화에 의한 오차요인을 제거할 수 있었기 때문으로 사료된다.

따라서 본 연구에 제안한 식 (3)은 고정밀도의 하상, 해저, 저수지저면의 지형측량시 그 활용 가능성 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 박운용(2000), **응용측량학**, 형설출판사, pp. 141-178.
2. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., and Collins J. (1992) *GPS : Theory and Practice*.Springer-Verlag Wien.
3. 이석우외(1984), **해양측량학**, 집문당, pp. 235-328.
4. 김정동(2000), **실시간동적 GPS 측량에 의한 해안 지형 해석**, 박사학위논문, 동아대학교.
5. 이인수(2000) **GPS/GLONASS 결합에 의한 차량의 동적위치결정**, 박사학위논문, 동아대학교.
6. Richard B. Phelan(1997) *OTF DGPS for Estrarine Dredging and Sounding Surveys.*