

위성측량과 음향측심기조합의 저수량 정확도

Accuracy of Storage Volume

Using the Combination of Satellite Surveying and Echo Sounder

송석진* · 김상석** · 장용구*** · 강인준****

- * 학생회원 · 부산대학교 토목공학과 석사과정(songsjin@hanmail.net)
- ** 학생회원 · 부산대학교 토목공학과 박사수료(pnu92@pusan.ac.kr)
- *** 정회원 · 한국건설기술연구원 건설정보화연구부 GIS/LBS연구센터
선임연구원 · 공학박사(wkddydrn@kict.re.kr)
- **** 정회원 · 부산대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(jkang@pusan.ac.kr)

1. 서론

수자원은 국내외 모든 국가의 매우 중요한 자원이다. 최근에 들어서 수자원의 오염과 고갈현상으로 많은 나라에서는 수자원 관리에 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라에서도 1990년 후반부터 물부족 국가를 대비한 수자원 관리차원의 국내 저수지의 저수량을 측정하고 있다. 해상, 하천에서의 일정구간에 대한 용적 측정방법을 살펴보면 과거에는 전파거리측량시스템과 음향측심기를 이용한 저·중밀도 측량을 수행하였다. 그러나, 현대로 넘어오면서 측정장비의 정밀도 향상으로 고정밀도 저수량 측량이 가능하게 되었다. 현재 고정밀도 저수량 측량에 사용되는 측정장비에는 수평위치결정방법으로 실시간 DGPS측량장비가 많이 활용되고 있고, 수심측량에는 디지털 음향측심기를 많이 사용하고 있다. 현장에서의 용적 측량이 이루어지면 내업과정에서 평면도, 단면도와 함께 용적을 산출하는데 대부분 외국의 소프트웨어(Hydro, LDT, Penmap 등)나 국내에서 개발된 소프트웨어(동원수심PRO, Civil Pro 등)를 활용하고 있다. 이 중 Hydro프로그램과 동원수심PRO는 현장에서 실시간 수심측량자료 획득 및 용적산출이 가능하다. 나머지 프로그램들은 현장에서의 수심측량획득이 불가능하고 후처리

로 용적산출시 활용할 수 있는 프로그램이다. 따라서, 현장의 수심측량결과획득 및 용적산출을 위해서는 특정프로그램을 활용하거나, 두 개 이상의 프로그램을 조합하여 사용해야 한다. 이렇게 특정프로그램이나 두 개 이상의 프로그램을 사용할 경우 소프트웨어 가격으로 고비용을 지출하게 된다.

본 연구에서는 현재, 수심측량 결과처리시 문제가 되고 있는 소프트웨어의 가격부담을 줄이고 수심측량과 내업처리에 의한 용적산출을 통합처리할 수 있는 국내 자체 개발의 저가형 외·내업 일체형 저수량처리 시스템을 개발하였다. 또한, 현재 수행 중인 저수지 내용적 산출을 위한 수심측량결과와 본 연구를 통하여 개발한 저수량처리시스템의 용적결과를 비교분석 하고 기존 수심측량 및 자체개발 프로그램을 비교해 활용가능성을 제시하고자 한다.

2. 저수량 처리 시스템의 개발

DEM 알고리즘과 종단면도 및 횡단면도의 의미 그리고 내용적 연산 이론을 기본으로 하여 본 연구에서는 용적처리 시스템을 개발하였다. 본 연구에서는 DEM 알고리즘 중 불규칙 삼각망 알고리즘을 이용하여 개발하였으며, 용적 산출과 더불어 현장에서 실시간으로 정밀 수심 측정관측값들을 획득

할 수 있는 실시간 DGPS 및 음향측심데이터처리 모듈을 개발하였다. 그림 1은 본 연구를 통하여 개발한 용적처리 시스템 내의 메뉴의 구성도를 보여준다.

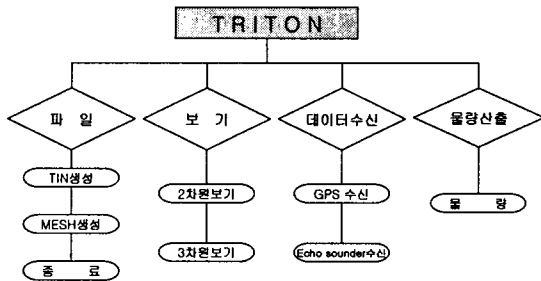


그림 1. 저수량처리 시스템내의 메뉴 구성도

본 프로그램은 전체 두개의 모듈로 구성돼있다. 첫 번째 모듈은 현장에서 실시간 DGPS와 수심측량을 통하여 실시간으로 획득한 3차원 정보를 통합 처리하는 모듈이며, 두 번째 모듈은 획득된 3차원 정보를 이용하여 3차원 수치표고모델 구축 및 용적산출 모듈이다.

현장에서 실시간 DGPS와 수심측량을 통하여 실시간으로 획득한 3차원 정보를 통합 처리하는 모듈은 실시간으로 GPS와 음향측심기의 정보를 serial을 통하여 획득해 주어야 하고, 각각의 장비에서 수신되는 정보 통신설정을 해주어야 한다. 그림 2는 GPS와 음향측심기의 정보를 serial로 처리하기 위해, serial port 설정모습을 보여준다.

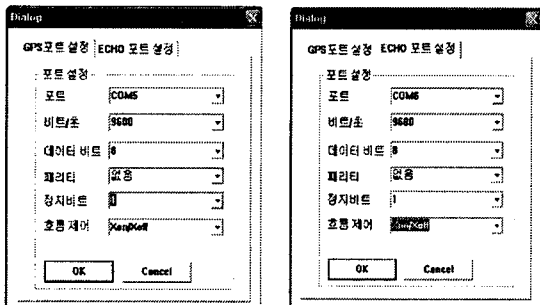


그림 2 Serial Port 설정 화면

본 연구에서 획득한 GPS정보는 NMEA0183 code의 ASCII 포맷의 정보이

다. NMEA0183 code는 패킷 데이터 코드로 "\$장비ID문자형식자(예:\$GPGGA,GP:장비ID,GGA:문자형식자)"인 초기인식자로 시작되며 이후 위치정보와 마지막부분에는 Checksum으로 이루어져 있으며, 복귀 개행/줄바꿈으로 패킷 데이터를 표현한다. GPS의 자료 형태는 다양하며,그중 초기인식자가 \$GPGGA 와 \$GPRMC 인 패킷 데이터만이 위치정보처리에 사용되어 진다. 그림3은 본 연구에서 개발한 용적처리 시스템을 이용하여 현장에서 실시간 DGPS자료를 획득하고 있는 모습을 보여준다. 또한 음향측심기의 정보도 GPS 정보와 마찬가지로 초기 인식자와 수심 정보와 Checksum으로 이루어져 있다.

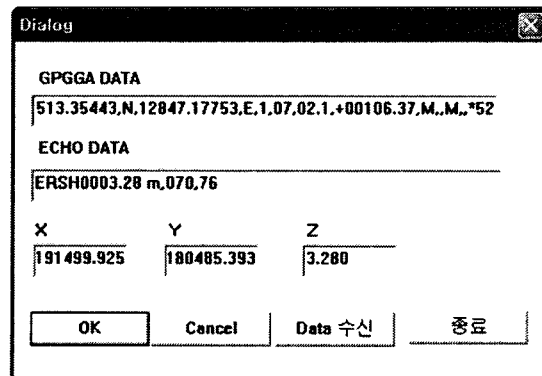


그림 3 실시간 자료처리 화면

이외에 후처리로 GPS NMEA0183 데이터로 저장된 파일을 전체 TM 평면직교 좌표로 기능과 한개의 GPS 자료를 TM 평면직교 좌표로 변환하는 기능도 있다.

획득된 3차원 정보를 이용하여 3차원 수치표고모델 구축 및 용적산출을 수행하는 모듈인 두 번째 모듈에서는 변환된 3차원 평면좌표를 이용하여 수치표고모델(DEM)을 구축하는 기능과 2차원 및 3차원으로 3차원 지형을 view 할 수 있는 기능, 용적 산출을 위한 mesh 기능과 단면도 산출 및 저장을 위한 물량산출 메뉴로 구성되어 있다. 그림4은 실시간 DGPS 장비와 음향측심기를 이용하여 획득한 3차원 평면 좌표정보로 수치표고모델 구축 및 3차원 view를 보여

준다.

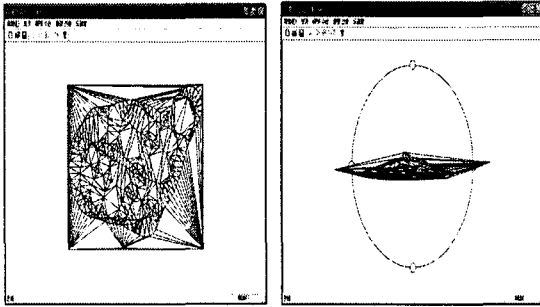


그림 4 평면직교좌표로 형성된 수치표고모델 및 3차원 View화면

그림 5은 수치표고모델을 mesh 작업을 통하여 산출한 횡단면 처리결과와 종단면도이다.

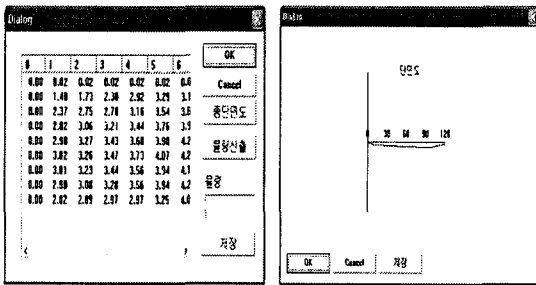


그림 5 횡단면 처리결과와 종단면도

용적 처리 시스템에서 산출된 종단면도 및 횡단면도를 보다 정밀하게 표현하고, 다른 시스템에서 활용할 수 있도록 호환성을 주기 위해 CAD 데이터로 변환되도록 script data로 저장이 가능하도록 프로그램을 제작하였다. 그림 6은 CAD 화면상에서 횡단면도를 출력한 모습을 보여준다.

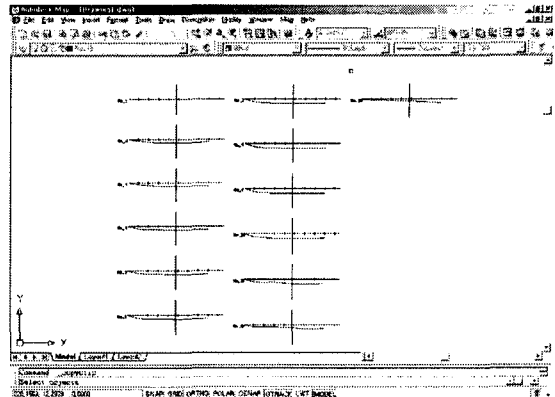


그림 6 CAD 화면상에서 횡단면도를 출력한 모습

본 연구에서 개발한 용적처리시스템의 최종 목적은 용적산출이다. 본 시스템에서는 용적처리 결과를 파일로 저장할 수 있도록 프로그램을 제작하였다. 그림 7은 용적 처리 결과를 text 에디터에서 보여주고 있는 결과이다.

| 번호 | 거리 | 단면적 | 평균단면적 | 체적 | 누적체적 |
|-------|----|-------------|-------------|--------------|---------------|
| NO.1 | 0 | 0.000000 | 0 | 0 | 0 |
| NO.2 | 10 | -195.209889 | -97.654945 | -976.549447 | -976.549447 |
| NO.3 | 10 | -218.294458 | -206.882174 | -2068.821737 | -3045.371184 |
| NO.4 | 10 | -234.071401 | -226.182929 | -2261.829293 | -5307.400477 |
| NO.5 | 10 | -255.492437 | -244.782419 | -2447.824188 | -7754.224665 |
| NO.6 | 10 | -288.782268 | -268.187852 | -2681.378524 | -10435.603188 |
| NO.7 | 10 | -296.581278 | -288.681823 | -2886.818231 | -13322.421421 |
| NO.8 | 10 | -313.927438 | -285.254484 | -2852.544483 | -16174.965405 |
| NO.9 | 10 | -322.421432 | -323.279421 | -3232.794214 | -19407.759778 |
| NO.10 | 10 | -328.506047 | -338.568748 | -3385.687397 | -22793.447175 |
| NO.11 | 10 | -278.426795 | -383.566421 | -3835.664211 | -25949.111386 |
| NO.12 | 10 | -247.139759 | -242.883277 | -2428.832771 | -28377.944157 |
| NO.13 | 10 | -158.815812 | -178.977785 | -1789.777855 | -30167.722812 |

그림 7 용적처리결과

3. 현장 실제 산출결과와의 비교분석

본 연구에서 개발한 용적처리시스템의 활용도를 검증하기 위해서 함안에 위치한 내곡1소류지와 장유에 있는 냉정소류지를 모델지역으로 하였다. 그림 8은 모델지역으로 선정한 곳의 위치도를 보여준다.

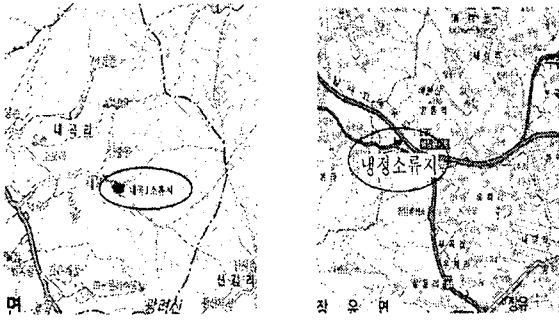


그림 8 모델지역의 위치도

본 연구를 수행하기 위해 현장에 직접 방문하여 측량장비를 용적처리시스템에 연결하여 실측을 수행하였다. 표 1은 본 연구에서 사용된 측량장비의 제원을 보여준다.

표 1 본 연구에 사용된 측량장비 제원

| 장비명(모델명) | 제원 |
|------------------------|---|
| GPS(Ashtech Z12) | <p>〈 후처리 DGPS 측량시 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> · 수평정확도 : 10mm+ 1ppm·D · 수직정확도 : 20mm+ 1ppm·D <p>〈 실시간 DGPS 측량시 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> · 수평정확도 : 10mm+ 2ppm·D · 수직정확도 : 20mm+ 2ppm·D |
| 음향측심기(E-Sea-Sound 103) | <p>〈 정확도 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> · 1cm ± 0.1% · D (200kHz) · 4cm ± 0.1% · D (50kHz) · 5cm ± 0.1% · D (33kHz) |

저수지의 용적산출을 수행하는 측량업체들은 대부분 국내외에서 판매되는 소프트웨어를 주로 사용하고 있다. 본 연구를 위해 비교분석한 측량업체의 경우 Autodesk사의 LDT프로그램을 활용하여 용적을 산출하고 있었다. 따라서, 본 연구에서는 자체개발한 용적처리시스템과 LDT프로그램에서 처리된 용적결과를 비교분석하였다. 그림 9은 냉정소류지의 용적을 LDT를 이용하여 불규칙 삼각망을 구축한 모습을 보여준다.

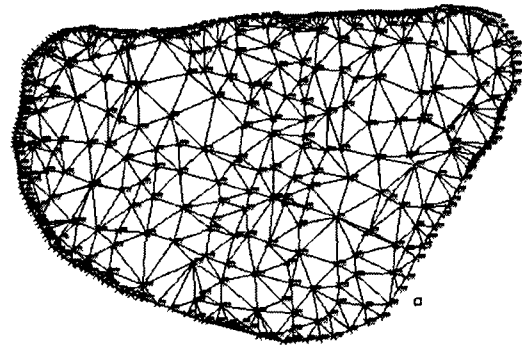


그림 9 LDT 프로그램에서 구축된 냉정소류지 지형

그림 10은 LDT에서 산출된 냉정소류지 용적결과이다.

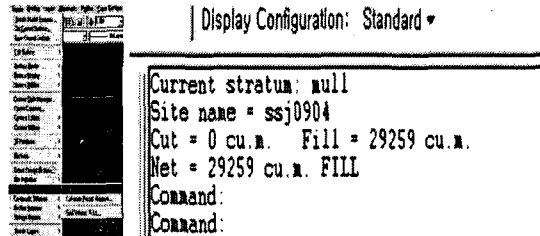


그림 10 LDT에서 산출한 냉정소류지 용적결과

본 연구에서 개발된 용적처리시스템은 먼저 불규칙삼각망을 생성하고 Mesh제작을 한 후 종단 및 횡단정보를 구축하여 용적을 산출하도록 프로그램 개발하였다. 그림 11은 자체개발된 용적처리시스템의 냉정소류지 물량산출결과를 보여준다.

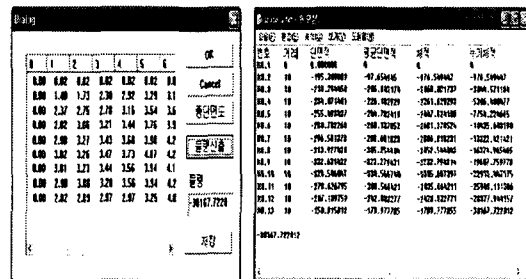


그림 11 용적처리시스템에서 산출한 냉정소류지 용적결과

본 연구에선 내곡1소류지와 냉정소류지의

용적을 비교분석하여 본 연구에서 개발된 용적처리시스템의 활용도를 검증하였다. 표 2은 각각의 지역에서 측량업체가 사용한 LDT 프로그램에 의해 산출된 용적결과와 본 연구에서 자체개발한 용적처리시스템의 용적결과이다.

표 2 용적처리시스템과 LDT 소프트웨어의 용적결과 비교표(단위 : cum)

| 사용 프로그램 | LDT | 용적처리 시스템 | 용적오차량 | 용적오차율 (%) |
|---------|---------|----------|--------|-----------|
| 저수지명 | | | | |
| 내곡1 소류지 | 66283.8 | 67841.5 | 1557.7 | 2.35 |
| 냉정 소류지 | 29259.0 | 30167.7 | 908.7 | 3.11 |

4. 결론

본 연구에서는 실시간으로 획득되는 DGPS 측량 데이터와 음향측심 데이터를 통합처리할 수 있고, 3차원 수치표고모델 구축에 의한 용적산출을 자동으로 처리할 수 있는 현장중심의 용적처리시스템을 개발하였다. 그리고, 개발된 프로그램의 활용도를 검증하기 위해 두 곳의 저수지를 대상으로 비교분석을 수행하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 실시간 DGPS 및 음향측심 데이터 수신 및 통합기능과 3차원 지형모델 알고리즘을 이용한 자동 용적처리 및 출력기능이 가능한 용적처리시스템(SVPS) 제작이 가능하였다.

둘째, 본 연구에서 개발한 프로그램의 활용도를 검증한 결과 내곡1소류지에서는 기존 측량업체가 산출한 LDT 용적결과와의 용적오차율이 2.35%가 발생하였고, 냉정소류

지에서는 기존 측량업체가 산출한 LDT 용적결과와의 용적오차율이 3.11%가 발생하였다. 따라서, 평균용적오차율은 약2.7%로 자체개발된 용적처리시스템의 활용가능성을 확인할 수 있었다.

셋째, 국내에서 활용되고 있는 실시간 DGPS와 음향측심기의 데이터를 수신할 수 있고, 3차원 수치표고모델구축에 의한 용적산출이 가능한 소프트웨어와 본 연구에서 개발한 용적처리시스템과 비교분석을 한 결과 모든 기능수행이 가능하였고, 가격면에서는 가장 저렴한 소프트웨어가 용적처리시스템으로 분석되어 기존 프로그램들과의 가격경쟁면에서 본 연구에서 개발한 용적처리시스템의 활용가능성을 충분히 확인할 수 있었다.

그러나, 본 연구에서 개발한 용적처리시스템은 현장검증을 하천지역과 같은 저수지에서만 수행하였기 때문에 여러 가지 상황이 다른 해양에서의 활용검증이 안되어 있는 상태이다. 따라서, 지속적인 프로그램 개발과 다수의 하천지역의 활용도검증 및 해양지역의 활용도 검증을 통하여 보다 정밀하고 현장에서 활용가능한 시스템의 개발이 필요하다.

참고문헌

1. 박운용, 이재원, 윤정철, 송연경 (2003), GPS와 Echo Sounder 조합에 의한 수심측량에 관한 연구, 한국측량학회, 추계발표대회논문집, pp 231~235
2. 서용운, 최윤수 (2000), 실시간 DGPS & Echo-Sounding 데이터를 이용한 방파제사석투하 토공물량 확인, 한국측량학회지, 제 18권 제4호, pp 343~350
3. 정영동, 강상구 (2002), 음향측심기와 위성항법을 이용한 하천의 수심측량, 한국측량학회지, 제 20권 제 4호, pp 375~381

4. 이종출, 이영대, 서정훈, 장호식 (2001) GPS와 Echo Sounder 조합에 의한 저수지의 내용적 산정 정확도 향상, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 2403~2406
5. 서정훈, 서동주, 이종출, (2002) GPS와 음향측심기의 조합에 의한 저수용량 산정, 한국지형공간정보학회논문집, 제10권 제1호, pp. 27~35