

# GPS와 음향측심기의 조합에 의한 저수용량 산정

## Calculation of Reservoir Capacity by Combination of GPS and Echo Sounder

서정훈\*                      서동주\*                      이종철\*\*  
Seo, Jeong Hoon              Seo, Dong Ju              Lee, Jong Chool

### 要 旨

댐에 의해 형성된 저수지는 수자원이 시간적, 공간적으로 편중되는 문제를 극복하기 위해 이용되는 대표적인 수단으로 특히, 용수공급이라는 역할에서 매우 중요하다. 앞으로 수자원 이용 수준이 더욱 고도화 될 것으로 볼 때 이러한 댐의 용수공급에 대한 역할은 더욱 증가할 것으로 보인다. 수자원의 확보를 위한 새로운 댐의 건설이나 기존 댐의 효율적 운영방안에 대한 연구는 지속적으로 이루어져야 하며, 저수지는 그 예비 설계단계에서 공급 가능한 수량을 평가하고 필요한 저수지의 규모를 결정할 필요가 있다. 이 경우 수심측량이 필요하게 되며 수심측량에는 여러 방법이 있으나 근래에는 음향측심기에 의한 방법이 많이 사용된다.

따라서, 본 연구에서는 신규 댐 건설 또는 기존 댐의 용량증대를 위한 설계에서 이용될 수 있는 저수지 용량 결정을 위한 내용적 측량의 기법을 기존의 측량기법에서 탈피하여 GPS와 음향측심기의 조합에 의해 3차원적 위치 데이터를 취득할 수 있는 방법을 적용함으로써 기존측량과 비교하여 단시간에 측량자료를 취득할 수 있고, 정확도 향상에 기여할 수 있는 방법을 제시하였다.

### ABSTRACT

The dam made reservoir, a major means to overcome the problems caused by water resource's uneven supply by time and space, plays an important role, particularly, of water supply. The role of water supply will get more important, considering the usage of water resource becomes more intensive. Therefore, it is continuously required to construct new dams securing water supply and to study on effective operation plans of the dam. The size of reservoir needs to be measured according to possible supply estimation in the pre-design stage. The depth of water, at this point, should be taken. Among many ways of sounding, echo sounding has been frequently used recently.

This study, therefore, presents a new way of sounding that takes less time with stronger accuracy, uniting GPS and echo sounder to apply a means of obtaining three dimensional position data. This enables the designer to escape from the conventional way of sounding in the estimation of reservoir to design and redesign a new dam.

\*부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정수료, E-mail) jhseo@mail1.pknu.ac.kr

\*\*부경대학교 공과대학 건설공학부 교수

## 1. 서론

수자원을 효율적으로 이용하는 방법은 댐을 건설하였다가 필요시 이용하는 것이며, 댐을 계획·설계할 때 가장 중요하게 고려되는 요소가 저수용량이다. 기존댐을 용수목적으로 이용하는 경우에도 저수된 수자원을 효율적으로 배분 이용하기 위하여서는 저수용량의 크기를 판단해야 한다.

저수용량을 산정하기 위한 방법은 저수지에 담수가 되기전에는 광파거리측정기, 스타디아 측정방법, GPS 측위방법 등으로 저면 지형상태를 측량할 수 있으나, 담수가 된후에는 수심측량방법으로 저면 지형상태를 측량해야 한다.

종래의 수심측량 방법은 트랜싯이나 데오돌라이트 등으로 측심선을 설치하여 측정점의 수평위치를 결정하고, 결정된 수평위치에서 기준면으로부터 수심을 측정하는(수평위치측정+수심측정) 이원화된 작업을 실시하였다.

그러나, GPS에 의한 3차원 측위방법이 널리 보급된 현재에 있어서는 GPS와 음향측심기를 조합하여 수평위치와 기준면으로부터의 수심을 동시에 관측하는 통합시스템이 효과적이라 할수있다.

수평위치는 일반적인 GPS 이론에 따라 데이터를 취득하고, 이 데이터취득 시각에 맞추어 수심 데이터를 취득하게 되며, 음향측심기에 의한 측심은 수면으로부터 초음파를 발사하여 바닥에서 반사되어 올때까지의 시간을 측정하여 수심을 구하게 되는데 음파의 수중 전파속도는 수온, 염분도, 수압에 따라 변하게 되며 측심자료에는 이들에 따른 영향을 보정해주어야 한다.<sup>1)-4)</sup>

또, 음향측심은 측심선상의 지형을 기록함으로써 바닥의 지형을 파악하게 되며, 또 등심선으로 표시할수 있다. 그리고 교차되어 있는 측심선에 대해서는 그의 교점의 수심에 의해 관계 위치의 확인이나 수심의 검사를 할 수 있다.<sup>5)-7)</sup>

댐에 의해 형성된 저수지는 수자원이 시간적, 공간적으로 편중되는 문제를 극복하기 위해 이용되는 대표적인 수단으로 특히, 용수공급이라는 역할에서 매우

중요하다. 앞으로 수자원이용 수준이 더욱 고도화될 것으로 볼 때, 이러한 댐의 용수공급에 대한 역할은 더욱 증가할 것으로 보인다. 따라서 수자원의 확보를 위한 새로운 댐의 건설이나 기존댐의 효율적 운영방안에 대한 연구는 지속적으로 이루어져야 하며,<sup>8)</sup> 저수지는 그 예비 설계단계에서 공급가능한 수량을 평가하고 필요한 저수지의 규모를 결정할 필요가 있다.

본 연구는 이러한 목적으로 신규 댐 건설 또는 기존 댐의 용량증대를 위한 설계에서 이용될 수 있는 저수지용량 결정을 위한 내용적 측량의 기법을 기존의 측량기법에서 탈피하여 GPS와 음향측심기의 조합에 의해 적용함으로써 기존측량과 비교검토하여 단시간에 측량자료를 취득할 수 있도록 하고, 또한 그 정확도 향상에 기여할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

## 2. GPS 및 음향측심기의 원리

### 2.1 GPS 관측원리

GPS 위성은 모두 24개의 위성(예비위성 6개 포함)으로 구성되는데 이 위성들은 고도 20,183km 상공에서 3.9km/sec의 속도로 회전한다. 그리고 각각의 위성은 두 개의 반송파를 통하여 독특한 전자 신호를 연속적으로 제공하고, 이 반송파는 PRN(Pseudo random noise codes : 무작위추출 소음 부호)코드로 변조되어 있다.

PRN 코드는 반송파 위에 포개어져 독특한 연속적인 이진값으로 구성되어 있고, 반송파와 PRN 코드의 주파수들은 기지국에서 매우 정확하게 제어된다.

관측거리는 전송된 위성신호 관측에 의한 의사거리에 의한 위치결정과 반송파 측정에 의한 위치결정에 의하여 이루어진다.

의사거리 위치결정은 정확한 시간측정에 의한 위성파 수신기 사이의 측정 거리로 위성에서 지상 수신기까지의 이동에 대한 전송된 신호를 획득하는 것이고, 시간은 위성 전송기에서 수신기 안테나까지 이동되는 신호를 획득하는 동안에 발생하는 PRN 코드에서의

변화를 측정하여 행하여졌다. 그때 PRN 코드의 기지 주파수까지 매우 정확한 이동시간이 측정되고, 신호의 속도와 이동시간을 알고 있다면, 거리는 계산될 수 있으며, 거리에 근거한 지상 측정위치도 계산될 수가 있다.

실제로, 측량이 반송파를 측정하여 행하여 졌을 때, 4개 또는 그 이상의 위성이 정상적으로 지상 측점에 위치한 2개 또는 그 이상의 수신기를 사용하여 연속적으로 측정된다.

두 개의 GPS 측정 과정 중, 의사거리측정은 약간 낮은 등급의 정확도를 산출하지만, 그것은 만족스러운 정확도의 연속점의 위치를 나타내기 때문에 항법이용에 오히려 좋다. 반송파 기법은 더 높은 정확도를 산출하고, 고정밀도 측량 적용에 선택한다. 앞에서 간단하게 설명된 반송파 측정에 사용된 차분법은 수신기에 사용된 점에 대해 정확하게 위치를 산출하지 못하고 반대로 기선(측점 사이의 벡터 거리)이 측정된다. 이들 기선은 실제로 그들의 좌표차인 요소  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ 에 대해 계산되는데 이들 좌표차들은 기준 3D 직각 좌표계에서 측정되었다.

GPS에 의한 3차원 관측법은 단독측위법과 상대측위법으로 구분할 수 있으며, 단독측위법은 위성으로부터 수신기까지의 거리를 결정하는 방법에 따라 의사거리관측법(Pseudo-range positioning), 위상관측법(Phase-range positioning), 도플러관측법(Dopler positioning) 등으로 구분하며 주로 실시간 관측에서 사용된다.

그리고, 상대측위법은 크게 정적관측방법 및 동적관측방법으로 나누어지고, 정적관측방법에는 정지관측법(Static) 및 급속정지관측법(Rapid static)으로 되어있다.

또, 동적관측방법에는 의사동적관측법(Pseudo kinematic)과 실시간동적관측법(Real time kinematic)으로 되어 있다. 이들 관측 방법은 반송파의 위상차 측정과 상대측위방법에 근거한 것이다. 이때, 수신기 사이의 거리는 기선이 되며 관측한 결과로는 3차원 직각 좌표의 좌표차인  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ 가 계산된다.<sup>9)</sup>

본 연구에서는 담체상부에 기지국을 설치하고 이동국을 보트에 탑재하여 실시간 측량방법인 RTK GPS

방법에 의해 수행되었으며, 모식도를 그림1에 나타내었다.

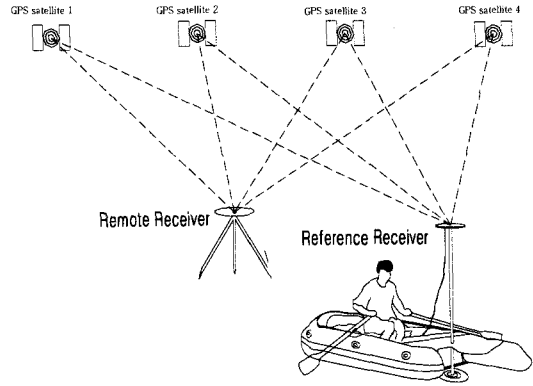


그림 1. RTK GPS측량방식의 모식도

## 2.2 음향측심기의 원리

수면으로부터 해저까지의 연직성에 따라측정한 거리, 즉 수심을 측정하는 작업을 측심 (sounding)이라 한다. 측심의 방법에는 색측심법, 음향측심법 및 수압측심법 등이 있으며, 연속된 초음파를 수면아래로 발사하면 해저에서 반사된 초음파는 다시 같은 경로를 통하여 발사점에 되돌아 온다.

즉, 수심은  $D=V \cdot T/2$  로서 일반적으로 음향측심기는 가정 음속  $V=1500m/sec$ 를 기준으로 하여 설계되며 실제 수중의 음속은 염분, 수온, 수압 등에 의하여 변하므로 엄밀한 관측값을 구하려면 관측당시의 실제 음속을 구하여 음속 보정을 해주어야 한다. 이 밖에도 수심의 기준면과 관측시 수위 차이를 고려하는 조석 보정, 관측시 수위 차이를 고려하는 홀수 보정 등이 필요하다.

### 2.2.1 음속도 보정

음향측심의 기준이 되는 수중의 음속도는 온도, 염분, 수압등에 의해 변화한다. 이 때문에 일반적으로 가정음속도  $1500m/sec$ 를 채용하고 있는 음향측심기에

서 취득한 수심치는 측정시의 실효음속도의 차에 의해 생기는 오차가 포함되어 있으며, 이 오차를 보정하지 않으면 안된다.

실제로 채용되고 있는 음속보정의 방법은 Bar-Check에 의한 방법, 해수의 염분, 온도를 측정하여 계산으로 보정치를 구하는 방법 및 속도계로 직접 음속도를 구하는 방법 등이 있다.

1) Bar-Check법에 의한 보정

항만 및 해안측량, 댐 등의 천해의 측량에서 음속도 보정의 방법으로서 적당하며, 필요한 기구도 간단하고 제작이 매우 쉽다.

수심 30~50m 미만의 측량에 채용되며, 필요한 기구는 반사판과 그것을 매달아 내리는 와이어 및 와이어의 권양기로서 되어 있다. 와이어에는 반사판을 0으로 하여 30m까지는 2m마다, 그 이상은 5m마다에 마크를 붙인다. 심도는 30m까지는 2m마다 30m보다 깊은곳은 5m마다 그날의 최대예정심도까지를 상하로 왕복하여 Bar의 반향을 기록한다.

기록된 수심은 음속도, 기차, 흘수량 및 조고에 관한 보정을 함으로써 실수심이 된다.

그림 2는 원판이 원주상의 3점에 원판면이 수평이 되도록 3本の 와이어를 달아 맨 Bar판이며, 그림 3은 Bar심도를 14m까지 2m간격으로 레인지 변환1을 사용하여 Bar의 왕복에 대하여 기록한 Bar-Check 기록지이다.<sup>13)</sup>

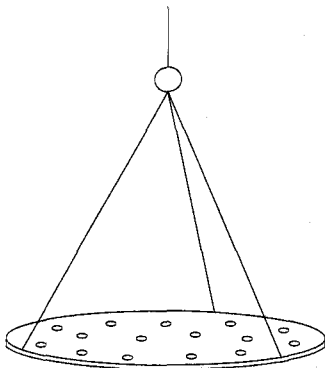


그림 2. Bar판

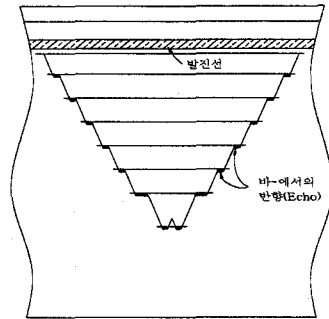


그림 3. Bar-Check 기록지

2) 데이터에 의한 보정

측심오차를 알기 위해서는 1~2회 정도의 Bar check가 필요하며 Bar check는 정조시(靜潮時) 파랑이 없는 때에 수심이 가장 깊은 위치에서 행하는 것이 좋다.<sup>13)</sup>

실제수심 D는 평균음속도를  $V_m$  음파의 왕복시간을 T라 하면,

$$D = \frac{1}{2} V_m T \dots \dots \dots (1)$$

또, 임의의 수심에서의 음속도를 V로 하면,

$$D = \frac{1}{2} \int_0^T V dt \dots \dots \dots (2)$$

이므로 (1), (2) 식에 의해

$$V_m = \frac{1}{T} \int_0^T V dt$$

로 표시된다.

따라서, 어떤 일정한 깊이(두께)를 가진 층을 생각하고, 이층에서 음속도  $V_e$ 는 일정이라 가정하여 층의 두께를 dD라 하면, 수심D에 있어서 평균음속도  $V_m$ 은,

$$V_m = \frac{1}{T} \sum V_e dt \dots \dots \dots (3)$$

로 표시되며,

$$d_t = \frac{dD}{V_e}, \quad T = \sum d_t = \sum \frac{dD}{V_e}$$

$$V_m = \frac{1}{\sum \frac{dD}{V_e}} \sum V_e \frac{dD}{V_e} = \frac{D}{\sum \frac{dD}{V_e}}$$

. . . . . (4)

로 된다.

따라서, 취득수심의 개정치는 다음과 같이 구하게 된다.

$D_0$ : 취득수심       $V_m$ : 평균 음속도  
 $D$ : 실제수심       $V_e$ : 각층 음속도  
 $dD$ : 각층의 두께       $T$ : 음파의 전파소요시간  
 $V_a$ : 가정음속(1500m/sec)       $Corr_0$ : 수심 개정치

$$D_0 = \frac{1}{2} V_a T, \quad D = \frac{1}{2} V_m T,$$

$$V_e = \frac{D}{\sum \frac{dD}{V_e}}$$

$$Corr_0 = D - D_0 = \frac{1}{2} (V_m - V_a) T$$

$$= D \left( 1 - \frac{V_a}{V_e} \right)$$

$$= D - V_a \sum \frac{dD}{V_e}$$

그러나,  $D = \sum dD$  에 의해

$$= \sum dD - V_a \sum \frac{dD}{V_e}$$

$$= \sum \left\{ dD \left( \frac{V_e - V_a}{V_e} \right) \right\} \cdot (5)$$

즉, 각층마다의 개정치  $\left( \frac{V_e - V_a}{V_e} \right)$  를 계산하여 적용하면 심도마다의 개정치를 구할수 있다.

### 2.2.2 홀수(吃水)보정

송수파기는 수면으로부터 일정한 깊이(吃水 Draft)에 잠겨 있으므로 음향 측심기록에 홀수량(吃水

量)을 더해 주어야 한다.

천해용 측심기에서는 홀수량은 일반적으로 0.6~0.8m 정도이다.

홀수량은 일반적으로 음향 표적법을 통하여 구한다. 측량선은 수평으로 유지하며 송수파기 아래로 1m 단위로 2m이상(보통4m)의 위치에 음향 표적을 놓고 그 기록지를 대조하여 홀수량을 구한다. 음향표적의 깊이를 4m로 하고 기록한 유효 발신선 위치로부터 표적의 깊이가 3.2m로 나타났다면,

$$\text{홀수량} = 4.0 - 3.2 = 0.8\text{m}$$

가 되며 이 값을 음향 표적 기록의 여백에 기입해 두고 실수심 읽기 기준선의 자료로 삼는다.<sup>14)</sup>

본 연구에서는 실측한 홀수심 0.15m를 고려하여 수심 보정을 하였다.

## 3. 현장관측 및 결과분석

### 3.1 현장관측

본 연구를 위한 현장관측은 1982년 준공된 총저수량 20.65ha·m, 댐의 높이 11m, 댐의 연장 162m, 만수면적 3.80ha의 현재 총저수량 57.50ha·m, 댐의 높이 34.3m, 댐의 연장 190m, 만수면적 6.61ha로 보강개발사업이 진행중인 경남 김해시 대동면 예안리의 대동저수지를 선정하였으며, 2001.6.17~2001.7.3 사이에 사진 1과 같이 댐의 수심이 사수위를 유지하고 있을 때 토달스테이션에 의한 지형측량을 선행하여 시행하고, 댐의 수위가 만수위일때 GPS 측량방법 중 RTK GPS 측량방법을 이용하여 음향측심기의 조합에 의해 수심측량을 실시하였으며, 관측된 자료로부터 GPS 취득자료와 음향측심기의 자료를 서로 합성하여 자료를 추출하고 내용적을 산출하여 토달 스테이션에 의한 내용적측량 결과와 비교분석하여 정확도를 산출하였다.

관측장비는 토달스테이션, GPS, 음향측심기를 사용하였으며, 관측장비 제원은 표1과 같고, 관측시스템은 그림1과 같이 댐의 상단부에 기지국을 설치하고,

이동국은 보트에 탑재하여 이동하면서 각 측정에서의 10초마다 3차원 좌표를 취득하였고, 보트에 탑재된 음향측심기와 노트북을 연결시켜 일정한 간격으로 좌에서 우로, 아래서 위로 일정한 간격을 유지, 이동하면서 2초마다 수심자료를 연결된 노트북에 의해 취득하였다.

표 1. 관측장비제원

구 분	토탈 스테이션	GPS	음향측심기
제품명	TOPCON	TRIMBLE	LOWRANCE
모델명	GTS-701	4600LS	LMS-350A
정확도	2mm±2ppm	수평 1cm±1ppm 수직 2cm±1ppm	2주파수 50/192 kHz

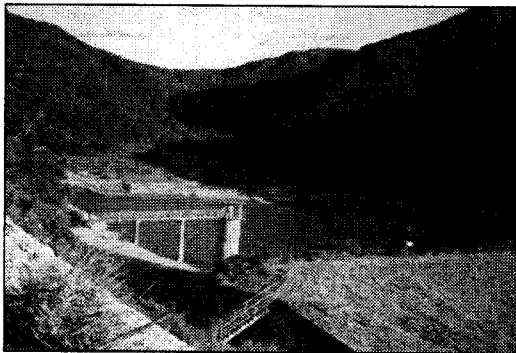


사진 1. 사수위 직전의 대동저수지 전경

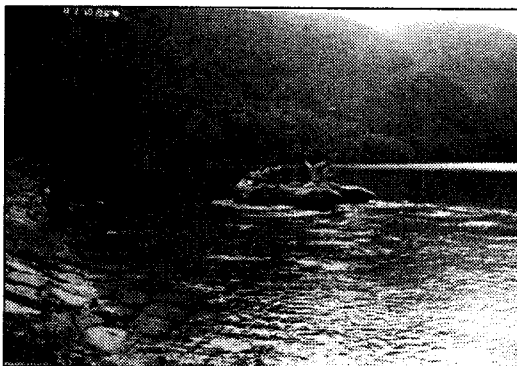


사진 2. GPS와 음향측심기의 조합에 의한 관측모습

## 3.2 결과분석

관측대상지역인 경상남도 김해시 대동면 예안리 대동저수지의 내용적 측량을 위하여 GPS와 음향측심기를 조합시켜 수면상에서 측량을 실시하여 GPS에 의한 평면위치값(X,Y)을 획득한 자료와 음향측심기에 의하여 측정된 수심치(Z)를 서로 조합하여 3차원 위치좌표값(X,Y,Z)을 추출하였다.

기존의 측량방식에 의한 댐의 내용적 측량과 본 연구의 방식인 GPS와 음향측심기의 조합에 의한 정확도를 분석하기 위하여 저수지의 수위가 사수위 이하로 내려갔을때 토탈스테이션에 의한 지형측량 자료 286개를 이용하여 내용적을 산출하였다.

또, GPS 측량에 의한 평면좌표값 404개 자료와 음향측심기에 의한 수심측량 자료 1968개의 자료를 측정시간대별로 GPS 측량자료 404개로 조합하고, 부정확한 자료를 삭제한 다음 396개를 이용하여 내용적을 산출하여 분석하였다.

분석방법은 MOSS 시스템이 지원되는 프로그램을 이용하여 지형을 추출하고, 토탈스테이션에 의한 내용적과 GPS와 음향측심기의 조합에 의한 내용적을 대동저수지의 만수위 표고 67.0m 일 때를 기준으로 비교하였다. 내용적 산출결과는 표2 와 표3에 나타내었다.

그리고, 표고 56.0m 일 때 토탈스테이션 자료는 내용적을 추출할 수 없었으나, GPS와 음향측심기의 조합에 의한 자료로 내용적을 추출할수 있었던 것은 GPS와 음향측심기 조합에 의한 취득자료가 토탈스테이션의 취득자료보다 많은 양의 데이터로 인해 세밀한 지형추출이 가능했다고 판단된다.

또한, 농업기반공사 조사비적산기준에 의하면, 연구의 대상지인 대동저수지의 만수위선에 대하여 재래적인 방법의 수심측량은 1일(8시간)이 소요되나, 본 연구에 의한 방법으로 측량을 실시한 결과 실제적으로 2시간정도 소요되었으며, 비용면에서도 1일 기준으로 2/3정도의 비용이 절감되는 것으로 나타났다.

표2. 토탈스테이션에 의한 내용적표

표고 (E.L.m)	고차 (m)	면적 (m <sup>2</sup> )	평균면적 (m <sup>2</sup> )	내용적 (m <sup>3</sup> )	누가내용적 (m <sup>3</sup> )
55.0	0.0	-	-	-	-
56.0	1.0	-	-	-	-
57.0	1.0	1,457.13	728.57	728.57	728.57
58.0	1.0	7,543.29	5,228.78	5,228.78	5,957.35
59.0	1.0	13,103.52	14,095.05	14,095.05	20,052.40
60.0	1.0	16,584.33	21,395.69	21,395.69	41,448.09
61.0	1.0	20,358.11	26,763.39	26,763.39	68,211.48
62.0	1.0	24,086.47	32,401.35	32,401.35	100,612.83
63.0	1.0	27,147.11	37,660.03	37,660.03	138,272.86
64.0	1.0	29,836.00	42,065.11	42,065.11	180,337.97
65.0	1.0	32,689.70	46,180.85	46,180.85	226,518.82
66.0	1.0	35,302.99	50,341.20	50,341.20	276,860.02
67.0	1.0	39,442.30	55,024.14	55,024.14	331,884.16

표3. GPS와 음향측심기 조합에 의한 내용적표

표고 (E.L.m)	고차 (m)	면적 (m <sup>2</sup> )	평균면적 (m <sup>2</sup> )	내용적 (m <sup>3</sup> )	누가내용적 (m <sup>3</sup> )
55.0	0.0	-	-	-	-
56.0	1.0	13	7	7	7
57.0	1.0	2,038.24	1,032.20	1,032.20	1,038.74
58.0	1.0	5,459.79	4,768.14	4,768.14	5,806.88
59.0	1.0	9,944.46	10,432.02	10,432.02	16,238.90
60.0	1.0	13,148.19	16,518.56	16,518.56	32,757.46
61.0	1.0	17,970.29	22,133.34	22,133.34	54,890.80
62.0	1.0	26,390.25	31,165.42	31,165.42	86,056.32
63.0	1.0	25,532.19	39,156.35	39,156.35	125,212.57
64.0	1.0	28,516.67	39,790.53	39,790.53	165,003.10
65.0	1.0	37,357.02	47,195.18	47,195.18	212,198.28
66.0	1.0	35,024.74	54,869.39	54,869.39	267,067.67
67.0	1.0	39,308.77	54,544.13	54,544.13	321,611.80

#### 4. 저수지의 내용적 산출

댐의 내용적 산출은 관개용 댐에 있어서는 댐의

규모와 직접적인 연관이 있기 때문에 대단히 중요한 설계과정의 하나이다. 토탈스테이션에 의한 표고별 내용적 산출결과는 그림 4와 그림 6에 나타내었고, GPS와 음향측심기의 조합에 의해 취득된 자료를 이용하여 표고별 내용적 산출결과는 그림 5과 그림 7에 나타내었다. 그림4, 6과 그림5, 7의 결과를 보면 내용적 차이는 10,272.36 m<sup>3</sup>로 약 3.10%의 오차가 있는 것으로 분석되었다.

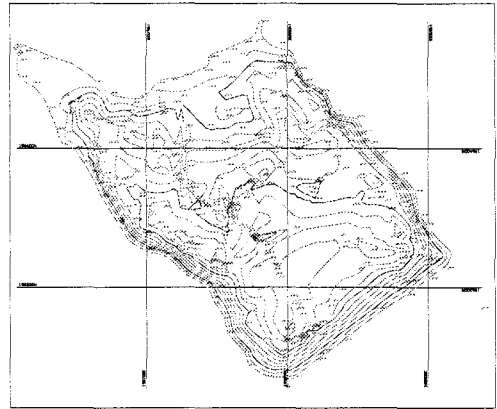


그림 4. 토탈스테이션에 의한 등고선도(2D)

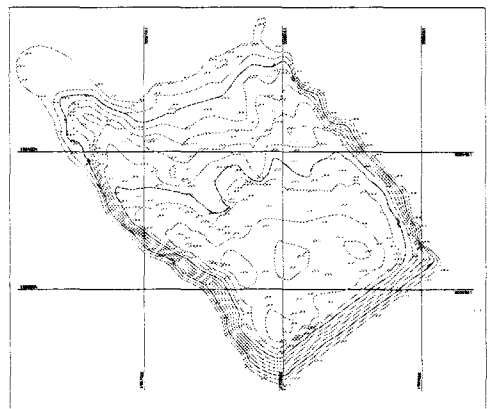


그림 5. GPS와 음향측심기의 조합 등고선도(2D)

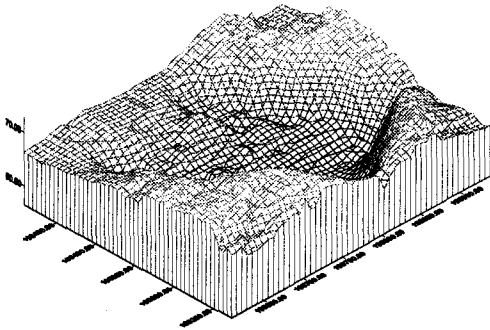


그림 6. 토탈스테이션에 의한 내용적(3D)

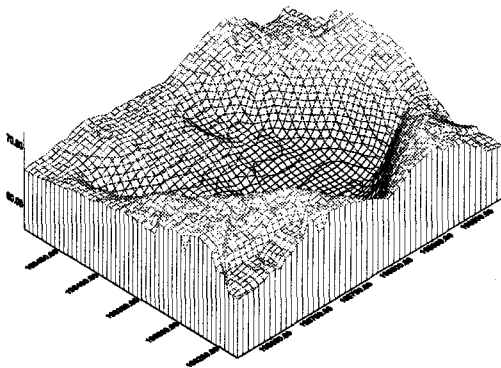


그림 7. GPS와 음향측심기의 조합 내용적(3D)

즉, 토탈스테이션에 의한 자료보다 자료수가 많은 GPS와 음향측심기의 조합에 의해 취득된 자료의 내용적을 설계에 이용하여도 무방할 것으로 보이며, 토탈스테이션에 의해 취득할 수 있는 자료의 한계를 GPS와 음향측심기의 조합에 의해 취득한다면 세밀한 지형까지 추출할 수 있을 것으로 보인다.

또, 내용적 추출에 있어 수면하 지형 보간방법이 가미되어 진다면 실제에 가까운 지형을 추출할 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

토탈스테이션에 의한 지형측량 자료를 이용하여 내용적을 산출한 결과와 GPS 측량방법중 RTK GPS 측량방법과 음향측심기의 조합에 의한 수심측량을 실시하여 댐의 내용적을 산출하여 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 토탈스테이션에 의한 측량 자료로 내용적을 산출한 결과 331,884.16 m<sup>3</sup>이고, GPS와 음향측심기의 조합에 의해 취득된 자료를 이용하여 내용적을 산출한 결과 321,611.80 m<sup>3</sup>로 10,272.36 m<sup>3</sup> 3.0% 정도의 내용적 차이를 보이고 있으며, 실시간으로 내용적 산출이 가능하므로 유지 관리 측면에서 이 방법의 효율성이 좋다고 판단된다.
- 2) GPS와 음향측심기의 조합에 의해 취득된 자료를 이용하여 내용적을 산출한 결과 정확도 향상과 측량시간의 단축, 설계시 적정한 댐규모 결정에 있어 정확한 지형자료 취득이 가능할 것으로 판단된다.
- 3) GPS와 음향측심기의 조합에 의해 취득된 자료는 댐의 준공후 관개용수량 및 수위자료, 용량증대를 위한 개보수 등의 수자원의 관리에 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.
- 4) GPS와 음향측심기의 조합에 의해 취득된 자료를 이용하여 내용적을 추출할 경우 이 자료에 적합한 보간방법이 연구되어지면 실제에 가까운 지형을 추출할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. Russell. c, Brinker Roy Minnick, The Surveying Hand-Book, V.N.R New York, 1987, pp867~889
2. Asada. A, Ueki. T, Synthetic aperture analysis using a multibeam echo sounder, The Journal of the Acoustical Society of Japan(E) Vol.19, No.4, 1998
3. Meredith.M.P, The processing and Application of inverted Echo Sounder Data from Drake



(2002년 2월 7일 원고접수)

4. Solar, M.R. Hinojosa, Atmospheric Thermic Structures Studied by Acoustic Echo Sounder, Boundary-Layer Model, and Direct Measurements, Boundary-Layer, meteorology, Vol.81 No.1, 1996, pp35~47
5. 서상일, “수심을 고려한 사이드 스캔 소나 자료의 보정 및 분할”, 인하대학교 대학원 석사학위논문, 1997
6. 박요섭, “다중빔 음향측심 자료 처리를 위한 해저면 맵핑시스템 개발”, 인하대학교 대학원 석사학위논문, 1996
7. 노대훈, “멀티빔 자료를 이용한 웹기반의 3차원 해저 지형 가시화”, 인하대학교 대학원 석사학위논문, 2000
8. 박민규, “저수지 용량결정과 용수공급능력 평가를 위한 가뭄빈도공식의 적용”, 고려대학교 대학원 석사학위 논문, 1998
9. 이종출, “동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형 분석”, 한국측량학회지 제19권 제1호, 2001, pp39~45
10. P.H.Milne, Underwater Engineering Surveying, Gulf Publishing Company, 1980, pp74~83
11. Guan Zheng, The Formulation of Echo Sounding correction Tables, I.H.R. Monaco, LXVII(1), 1990, pp61~70
12. 佐藤一彦, 内野孝雄, 海洋測量 ハソトブツタ, 日本東海大學 出版會, 1973, pp457~462
13. 이석우, 해양측량학, 집문당, 1996, pp235~259
14. 고영호, “음향측심기에 의한 수심측량 연구”, 경남대 공업기술연구소 연구논문집 제 11집, 1993, pp