다중온도센서를 통한 입체적인 호소 온도모니터링 평가

Spatial Reservoir Temperature Monitoring using Thermal Line Sensor

황기섭*, 박동순*, 정우성*

Ki-Sup Hwang, Dong-Soon Park, Woo-Sung Jung

Abstract

Temperature monitoring techniques per depth have been recognized as important information in the reservoir environmental issues. However, old measurement method by single temperature sensor and cable type has demerits not only for its limited measuring location but for its inconvenience of users. In this study, multi-channel temperature monitoring system was introduced and executed experiment for actual application feasibility evaluation. Both type of new techniques such as multi-channel addressable built-in temperature sensor and fiber optic multi sensor were tested in Daechung and Imha reservoir. As a result, it was proved that these kinds of temperature monitoring skills had very good performance and availability for a output of spatial, simultaneous thermal distribution focused on the user's convenience. And these measuring method and thermal data will be useful for providing basic information in a water resources investigation like reservoir stratification and environmental problems.

Key words: Thermal Line Sensor, Temperature Monitoring, Multi-channel Temperature Sensor, Reservoir Environment

1. 서 론

우리나라는 지리적으로 중위도에 위치하고 있으며, 온대성 기후대로 6, 7, 8월에 연 강수량의 50~60%정도가 집중되는 강우특성으로, 매년 한발과 홍수가 반복되어 그 피해를 줄이기 위한 방안의 하나로 댐건설이 제시되었고, 현재 약 1200여개의 댐들이 건설되었다.

물을 활용하고 조정하기 위하여 댐건설과 호소 관리라는 두 논제는 따로 생각할 수 없다. 그러나 물을 저장하기 위하여 건설되어진 댐의 필요성이 너무 대두되어 정작 호소 관리에 대한 필요성과 중요성은 등한시되었다. 최근에 많은 수자원 분야의 연구(김윤희 등(2001), 박기영(2003), 이상욱 등(2003), 정세웅(2004))에서 저수지 관리의 중요성과 필요성을 보고하고 있지만 아직까지는 그 연구가 미비하다. 호소의 성층화 현상과 관련된 탁수문제 및 부영양화 문제는 이제 일반인들도 그 중요성을 인식하고 있을 정도로 많은 관심을 얻고 있지만, 이들 연구를 뒷받침해줄만한 장비 및 데이터는 아직 충분하지 못하다. 특히, 호소 관리의 기본이라고 할 수 있는 수온을 모니터링 한 자료마저도 변변치 못한 것이 호소 관리의 현주소이다.

이에 호소 및 유역에서의 체계적인 자료 축적이야말로 호소 관리의 시작이며, 호소의 수온 모

* 한국수자원공사 수자원연구원

니터링은 그 호소의 수리특성을 이해하기 위한 연구의 기본이라고 할 수 있다. 특히 심도에 따른 온도 모니터링의 중요성과 그 결과에 대한 유용성은 오래 전부터 인식되어 왔다. 현제 가장 대표적인 모니터링 수법은 서미스터 체인이며, 이러한 모니터링 수법은 단일 센서에 바탕을 두고 있기 때문에 그 공간적인 온도 측정 면에서 측정 자료의 제어에서 오는 문제점과 센서 다발을 이동하며 반복 측정함으로 생기는 인력과 시간의 소모에서 오는 문제 등 여러 측면에서 제약이 있다. 이런 문제점을 해결하고 국부적 개소에 대한 제한된 온도의 측정 개념이 아닌, 수평, 또는 연직으로 입체적인 온도 모니터링이 필요하다. 본 연구에서 기존의 단일 센서 계측 방식(서미스터 체인(Thermistor-chain)의 제한성을 극복하기 위하여 다중 온도 모니터링 기술(광섬유 센서, 개별 센서 주소 정보 내장형 다중온도 센서)을 이용하여 대청댐, 임하댐, 안동댐 호소에 대한 현장 실증 실험을 시행하여, 적용성을 평가하였다. 그 수온 모니터링 데이터는 호소의 성층화 현상 및 환경 문제를 비롯하여 다양한 수자원 조사의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 수온 모니터링 적용

2.1 대상 시험 지역

본 연구에서는 안동댐과 임하댐 호소에서 현재 활용되고 있는 가장 대표적인 모니터링 기법의 하나인 서미스터 체인법으로 수온 모니터링과 다항목 수질측정장치를 사용하여 집중 관측 하였고, 대청댐 호소에서는 다중 온도센서 기술 중 광섬유 센서 방식을 사용하였으며, 임하댐 호소에서는 개별센서 주소 정보 내장형 다중온도 센서 방식을 이용하여 수온 모니터링을 수행하였다. 각 댐의 일반현황은 표 1에 나타내었다.

표 1. 댐 일반 현황

	안동댐	임하댐	대청댐
행 정 구 역	경상북도 안동시	경상북도 안동시	충청북도 청원군
유 역 면 적	1,584㎢	1,361㎢	4,134㎢
연평균 강우량	950㎜	987mm	1,230㎜
연평균 유입량	850백만㎥	762백만㎥	3,220백만㎥
총 저수용량	1,248백만㎥	595백만㎥	1,490백만㎥
유효 저수용량	1,000백만㎥	424백만㎥	790백만㎥
저 수 면 적	51.5㎢	26.4㎢	72.8㎢

2. 2 현장 실증 실험

그림 1과 2는 서미스터 체인법과 다중 온도 모니터링 기술을 개략적으로 나타낸 것이다. 서미스터 체인법을 사용하여 일정한 호소의 횡단면과 심도에 따른 온도를 모니터링하려면 그림 1과 같은 서미스터 시스템을 횡단면에 따라 여러 개를 설치하여야 한다. 이러한 서미스터 체인법은 입체적으로 온도를 모니터링하기에는 기술적 및 경제적으로 어려움이 따른다. 본 연구에서는 기존의 온도 모니터링 기술들의 문제점을 해결하기 위하여 그림 2와 같이 선박에 다중온도 방식의 센서를 부착하여 호소의 횡단면과 심도에 따른 온도를 측정하였다.

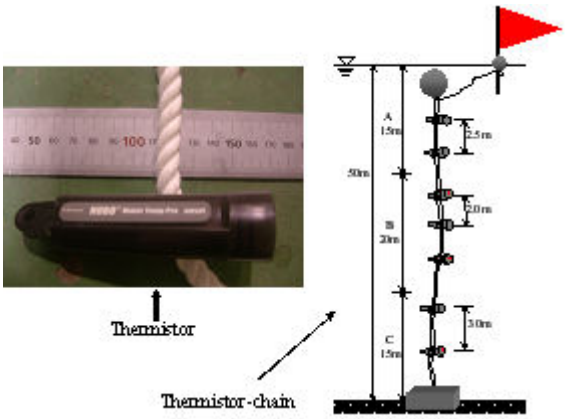

그림 1. 수온계 와 서미스터 체인

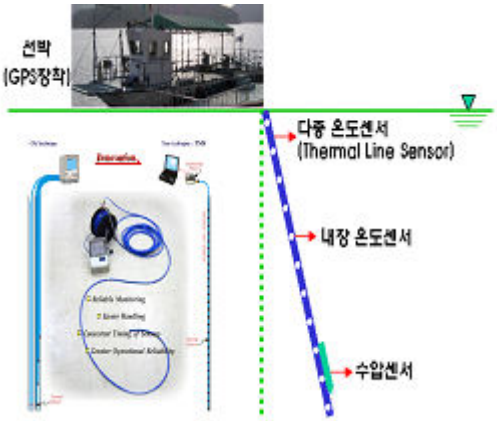

그림 2. 다중 온도 센서 방식

2.2.1 서미스터 체인법

현재 활용되고 있는 가장 대표적인 모니터링 기법은 그림 1에 나타낸 서미스터 체인을 들 수 있다. 서미스터는 일정기간동안 온도 자료를 저장할 수 있는 기능을 가진 장비를 연직방향으로 체인과 같은 형태로 연결하여 설치한다. 서미스터 체인을 수면으로부터의 위치순으로 개략적으로 나누면, 표시부이 부분, 수중의 로프를 긴장시키기 위한 메인부이, 센서가 장착되어있는 로프 그리고 앵커 등 4부분으로 나눌 수 있다.

그림 3와 그림 4는 안동댐과 임하댐에서 실시한 수온 모니터링과 다항목 수질측정장치를 사용하여 측정한 결과를 보여주고 있다. 아래의 그림 3, 4에서와 같이 6월 말경의 안동호와 임하호의 수온 성층화 양상은 수위변동의 차이를 무시한다면 비슷한 양상을 보이며, 짧은 기간 동안 수온 분포의 차이는 급격한 수문조작에 기인한다고 판단된다.

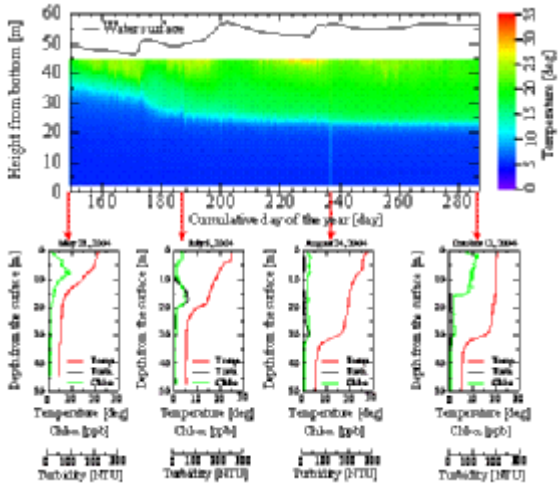

그림 3. 안동호에서의 성층화 양상

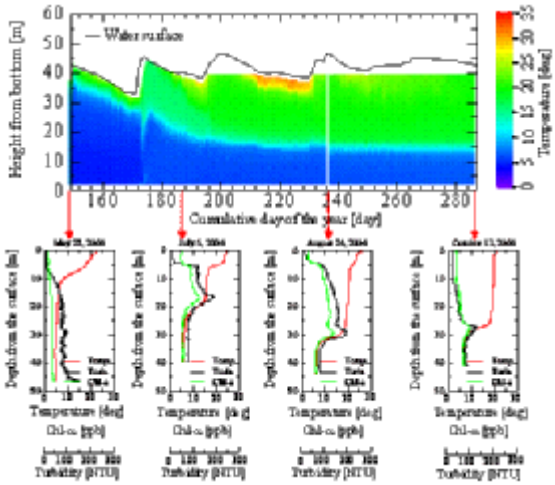

그림 4. 임하호에서의 성층화 양상

2.2.2 광섬유 센서

댐 환경 문제는 호소 내 수온 변화 및 댐 주위 사면의 지하수 변위와 연계된다. 현재 활용되고 있는 단일 온도 센서 측정 방법으로 호소 내에 주어진 위치에서 온도 측정이 동시에 이루어져야한다. 이러한 온도의 3차원적 모니터링을 목적으로 개발된 것이 소위 광섬유 센서 기술

(Optical Fiber Technology)이다. 온도 측정의 근본 원리는 초단파를 광섬유에 입사시켜 광섬유 내에서 반사되어지는 광을 측정하는 광 시간 영역 반사 측정(OTDR : Optical Time-Domain Reflectometry)기술에 근거를 두고 있다.

본 연구에서는 단일 라인 다중 센서 방식(Thermal Line sensor)과 달리, 광역적이고 보다 긴 측선 연장을 갖는 시험지역에 적합한 광섬유 온도센서를 실제 댐 호소수 현장에 적용하였다.

대상 시험 지역은 충청북도 청원군에 소재한 대청댐 호소에서 2005년 11월에 실시하였고, 광섬유센서의 측정키트 및 컴퓨터 장치는 선박에 탑재하였다. 또한 호소 내에서 정확한 위치 정보 파악을 위해 DGPS 시스템을 이용하여 좌표를 설정한 뒤, 컴퓨터 스크린 상에 연속적으로 움직이고 있는 위치 좌표를 실시간으로 기록하였다. 호소상에서 선박 후미부에서 가급적 연직을 유지하면서 광섬유 온도센서를 약 25m 정도 물속에 잠기도록 설치하였다. 연직의 정도가 풍속등에 의해 변하게 되므로, 정확한 수심 파악을 위해서 광섬유센서 라인상에 수심을 정확히 측정 할 수 있는 수압센서를 함께 고정하여 결과 산출에 활용하였다. 호소에서의 온도센서 측정은 총 다섯 차례 시행하였다. 그림 5는 DC-1에서 DC-5까지 단면을 나타내고, 그림 6은 DC-2에서의 횡단 온도 분포를 나타낸다. 그림 5의 측정결과들을 종합해보면, 대략 5m 이내 수심에서는 15~17℃의 온도 분포를 가지다가 그 이하 심도에서는 대부분 14.5~15.5℃정도의 분포를 갖는다는 것을 알 수 있었다.

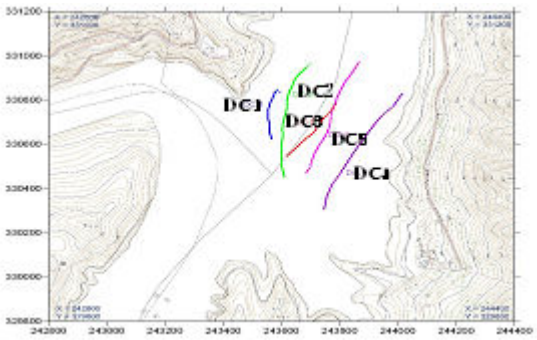

그림 5. 대청댐 호소면의 온도측정 위치도(DGPS)

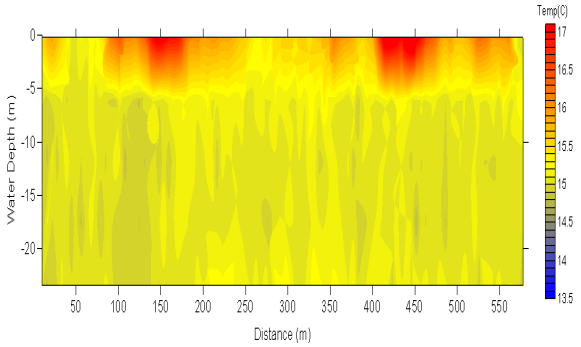

그림 6. DC-2에서 온도 분포

2.2.3 다중 온도 센서 기술

다중 온도센서 시스템은 단일 케이블 내 다중 온도센서 배열 개념에 바탕을 두고 있다. 즉 동일 케이블 내에 User의 요구 조건에 따라 온도센서를 자유자재로 인입하고, 단일 케이블 끝에 레코더를 연결시키는 방식이다. 사용자 설정에 따라 실시간으로 깊이별, 간격별로 다중 포인트에 대하여 동시에 측정하고 또한 모니터링 할 수 있기 때문에 광섬유 센서 시스템에 수반된 고도의 분석 장치나 기술 등이 필요하지 않고, 각 센서는 변조 신호(modulation signal)를 받아들여 자기 위치를 알릴 수 있는 기능을 갖고 있으며(addressable thermal sensor), 모니터링 장치는 각 측정 때마다 변조 신호를 송신하여 각 센서의 위치를 확인하고 동시에 온도 측정 데이터를 받아들여 저장한다. 이러한 측정은 설정된 시간 간격마다 장기간 자동으로 반복될 수 있게 되어 있다.

대상 시험 지역은 경상북도 안동시에 소재한 임하댐 호소에서 2005년 12월에 실시하였고, 위에서 설명한 광섬유센서 시스템과 같이 선박 후미부에서 가급적 연직을 유지하면서 다중 온도센서를 약 25m 정도 물속에 잠기도록 설치하였다. 또한 정확한 수심 파악을 위해서 다중 온도센서 라인상에 수심 측정이 가능한 수압센서를 함께 고정하여 결과를 산출하였다. 측정결과는 그림 8

에 나타내었다.

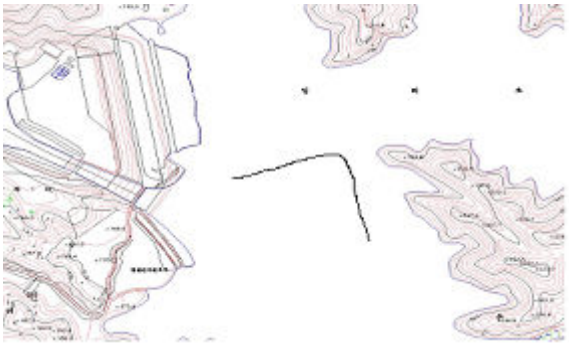

그림 7. 임하댐 호소면의 온도측정 위치도(DGPS)

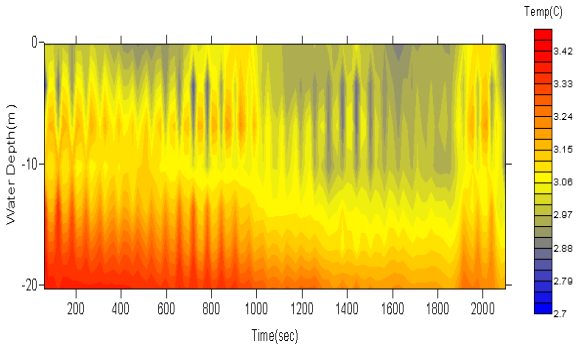

그림 8. 임하호 온도분포

3. 결론

본 연구에서는 현재 활용되고 있는 가장 대표적인 서미스터 체인법, 다중 온도센서는 광섬유 방식, 개별 센서 주소 정보 내장형한 다중 온도 센서 방식을 수행하고, 다중 온도센서는 호소의 깊이와 대청댐과 임하댐 호소내 횡단면에서 심도별 온도 자료를 얻을 수 있었으며, 그 횡단면 온도 자료를 이용하여 사용자가 원하는 횡단면을 따라 시공간적으로 3차원 온도 측정을 연속적으로 온도를 모니터링 함으로서 호소에서의 활용성을 확인하였다. 또한 각종 호소 및 바다에서의 환경 및 생태문제 조사의 기초자료로 활용되는 시공간적 온도분포 데이터의 입체적인 분포를 제공할 수 있으며, 다중 온도센서에 수압센서를 장착함으로서 연직도 미 유지시 심도에 따른 온도 분포의 보정이 가능하며, 사용자 위주의 시험 수행이 가능할 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구는 2005년도 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 에너지관리공단에서 지원하고 한국지질자원연구원에서 주관한, “강변여과수(충적층 및 하상)열 자원 활용기술”의 과제로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김윤희, 김범철, 최광순, 서동일(2001). 2차원 수리 수질모델(CE-QUAL-W2)을 이용한 소양소수온 성층현상과 홍수기 밀도류 이동 현상의 모델링. 상하수도학회지. 제 15권, 제 1호, pp.40-49.
2. 박기영(2003). 2차원 수치모형을 활용한 임하댐 탁도 분석 시스템 구축. 석사학위논문.
3. 이상욱, 서동일, 정세웅(2003) 2차원 수리 수질모델(CE-QUAL-W2)을 이용한 대청호 수온 성층현상의 모델링. 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 pp.676-678.
4. 정세웅, 박기영, 한건연, 전홍진(2004). 임하호 탁수 거동 분석을 위한 CE-QUAL-W2모형의 적용. 대한환경공학회 춘계학술발표회 pp.1220-1225.