

수리모형(RMA-2)을 이용한 팔당호의 유속분포 계산

Calculation for Velocity on Paldang with RMA-2

신동석*(국립환경연구원), 권순국(서울대)

Shin, Dongseok, Kwun, Soonkuk

Abstract

Many computer models have been used for estimating the water quality and evaluating countermeasures. The models such as QUAL2E, STREAM, WASP, CE-QUAL have been applied in the waters so far.

Some modeller assumed either that the flow of the waters is steady or that the storage change of the waters is negligible. And someone excluded hydraulic part from the quality simulation. It may cause inaccurate estimations of water flow and quality, particularly when the waters have seawards boundary and more inflow than outflow, etc.

In order to show the velocity vector for water quality simulation of Paldang lake in dynamic condition, RMA-2 was performed with the water quantity data in 1997.

1. 서론

호수 및 하천 수질관리 대책수립에 가장 기본적인 것은 현재 수질의 확실한 평가와 정확한 장래수질 예측이다. 오염물질은 호수와 하천 자체에서 여러 가지 복잡한 물리적, 화학적, 생물학적 과정을 거치는데, 정확한 수질예측을 위해서는 보다 합리적이고 과학적인 방법을 필요로 한다.

RMA 모형은 1973년 Resources Management Associates, Inc.의 Norton 등에 의하여 하천 및 하구의 유속분포를 예측하기 위한 유한요소 수치모형으로 개발되었고, I.P. King은 PC용 RMA Ver 5.0을 1994년에 발표하였다. 본 연구에서는 PC용 Ver 5.0을 사용하였다.

Preprocessor로서 Graphical Preprocessor인 RMAGEN이 있다. 이것은 지형자료를 입력하고, 계산격자망을 구성하는데 쓰이는 Mesh Generator로 사각망은 기본적으로 자동발생시킬 수 있다. 지형자료의 입력은 좌표·표고를 입력하고 요소를 구성한다. Mid-Node는 자동적으로 생성되며, 출력자료는 절점 및 요소번호, 좌표와 표고를 이진수 형태로써 RMA-2(수리모형), RMA-4(수질모형), RMAPLT(그래픽출력) 부모형의 입력자료로 사용된다.

RMA 모형이 국내에 적용사례는 거의 없으나, 신동석등(1994)이 한강에 적용한 결과를 보면 정상상태와 동적 모의발생의 차이를 잘 알 수 있으며, 수질모형(RMA-4)과 연계시 기존의 수질모델보다 시간 및 공간적으로 자세한 예측결과를 제시하여 상시 수질측정망 지점의 결정과 수질오염 사고시 오염물질의 확산 예측에 활용될 수 있음을 시사하였다^{1),2)}.

본 연구에서는 수질모형 수행의 전처리로서 RMA-2 모형을 이용하여 팔당방류량, 남·북한강 및 경안천 유입량 그리고 팔당광역상수도 및 광주취수장 취수량에 따른 팔당호 내부의 유속벡터를 제공함으로써 팔당호를 정상류 상태로 모의발생 하였던 기존의 연구결과를 개선하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 일반사항

팔당호의 지형자료는 환경처(1993)의 팔당호퇴적물준설사업 기본설계보고서의 수심측량성파(1:5,000)를 기초로 절점 및 요소의 좌표와 표고를 RMAGEN 부모형에서 입력하였다

입력된 지형자료가 1990년의 수심측량 성과이므로 10여 년 가까이 퇴적된 토사를 반영할 수는 없으나, 그 이후의 자료가 없으므로 부득불 과거의 자료를 그대로 사용하였다. 수면표고는 25.0m이며, 홍수위는 25.5m로 계획되어 있다. 평균 수심은 6.7m이며, 연평균 체류일수는 5.4일이다.

팔당호는 1973년 발전용으로 축조된 인공댐으로 총 저수용량은 244백만톤이며, 국내 최대의 수도권 상수원으로서, 점차로 취수량이 증가하여 팔당호 수질유지에 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다⁷⁾.

2.2 계산 격자 구성

절점 및 요소의 개수는 각각 578 및 154개이며(<Fig. 1>참조), 북한강 쪽으로는 양수교부터, 남한강 쪽으로는 양서면 용담리 기두원부터, 경안천으로는 광동교로부터 팔당댐까지를 대상으로 하는 평면 2차원으로 계산격자를 구성하였다.



<Fig. 1> The schematic diagram of Paldang

3. 결과 및 고찰

3.1 입력자료

유량입력자료는 1997년 1월부터 12월까지 팔당댐 방류량과 북한강등 3개 유입지천의 유입량과 팔당취수장등 2개 취수장의 취수량이며, 평수량을 기준으로 유입량은 남한강이 55.0% (1,632만톤/일)로 가장 많고, 북한강이 43.4%(1,286만톤/일)로서 그 다음이며, 경안천이 1.6%(47만톤/일)로서 제일 적다⁷⁾.

3.2 모형의 보정 및 검증

모형의 보정은 환경처(1990)의 팔당호 시험준설 영향조사 보고서의 1988년 유속측정 자료를

이용하여 수행하였다. 이 보고서에서 언급한 바와 같이 청평댐의 발전방류량이 하루동안에도 시간적으로 변동을 가지고 있으며, 5개 지점에서 동시에 관측한 것이 아니므로 측정자료의 연계성이 떨어져 수치를 개별적으로 사용하기에 충분하지는 않으나⁴⁾, 팔당호에서의 유속·유향 관측자료가 전무하므로 부득불 사용하였으며, 이러한 이유로 각각의 실측값과 계산값이 일치하도록 보정하지 않았고 단지 팔당댐 중앙에서의 유속만 비슷한 값을 보이도록 계수를 정하였다.

유속측정시의 남·북한강 및 경안천 유입량과 취수장(팔당광역취수장 1,2단계 : 260만톤/일) 1곳의 취수량을 입력하여 계산한 결과, 1988년 측정된 유속에 비하여 남·북한강에서 대체로 2배 정도 큰 값을 보였으며, 경안천은 1/10 정도, 팔당댐 부근과 소내섬 부근에서는 비교적 비슷한 유속 값을 보였다.

보정결과 난류교환계수는 팔당호의 하천특성이 반영되어 Shallow River (Fast Current)에 해당하는 $2,500 \text{ N} \cdot \text{sec}/\text{m}^2$ 이었고, Manning의 조도계수는 0.020 이었다.

모형의 검증은 윤태환(1994)⁸⁾의 측정자료를 이용하여 수행하였다. 이 논문에는 유속을 측정 한 지점이 명확히 제시되지 않아 비교가 곤란하여 보정시 사용한 지점을 그대로 준용하였다. 북한강 및 경안천 유입지점에서는 차이가 있으나, 팔당댐 부근에서는 거의 일치하는 것으로 나타났다.

청평댐의 발전방류량 및 팔당호 방류량의 시간적인 변동과 측정된 유속이 동시에 관측된 것이 아닐 뿐만 아니라 측정자료가 많지 않아서 회귀분석 등을 이용한 실측값과 계산값 사이의 통계적 의미를 파악하지 않았으며, 측정지점 또한 명확하게 제시되지 않아 올바르게 보정·검증되었다고 할 수는 없으나, 팔당댐 부근과 소내섬 부근에서는 두 논문의 실측값과 계산값이 거의 일치하여 난류교환계수 및 조도계수를 각각 $2,500 \text{ N} \cdot \text{sec}/\text{m}^2$ 와 0.030으로 정하였다.

3.3 예민도 분석

RMA-2 수리모형의 예민도 분석을 위하여 보정계수인 난류교환계수(E_{ij} : Turbulent Exchange Coefficient)와 조도계수(n : Manning's)를 각각 -40%, +100%씩 변화시켰을 때의 유속의 변화를 비교하였다. 유속을 이용한 예민도 분석에 사용한 위치는 팔당호 중앙이다.

년간 평균적인 변화는 난류교환계수를 40% 감소시키면 평균유속이 0.011m/s가 증가하고, 조도계수를 100% 증가시키면 평균유속이 0.004m/s가 감소하는 것으로 계산된다. 봄철인 7월 이전과 가을철인 7월 이후의 유속 및 유향분포가 다르다.

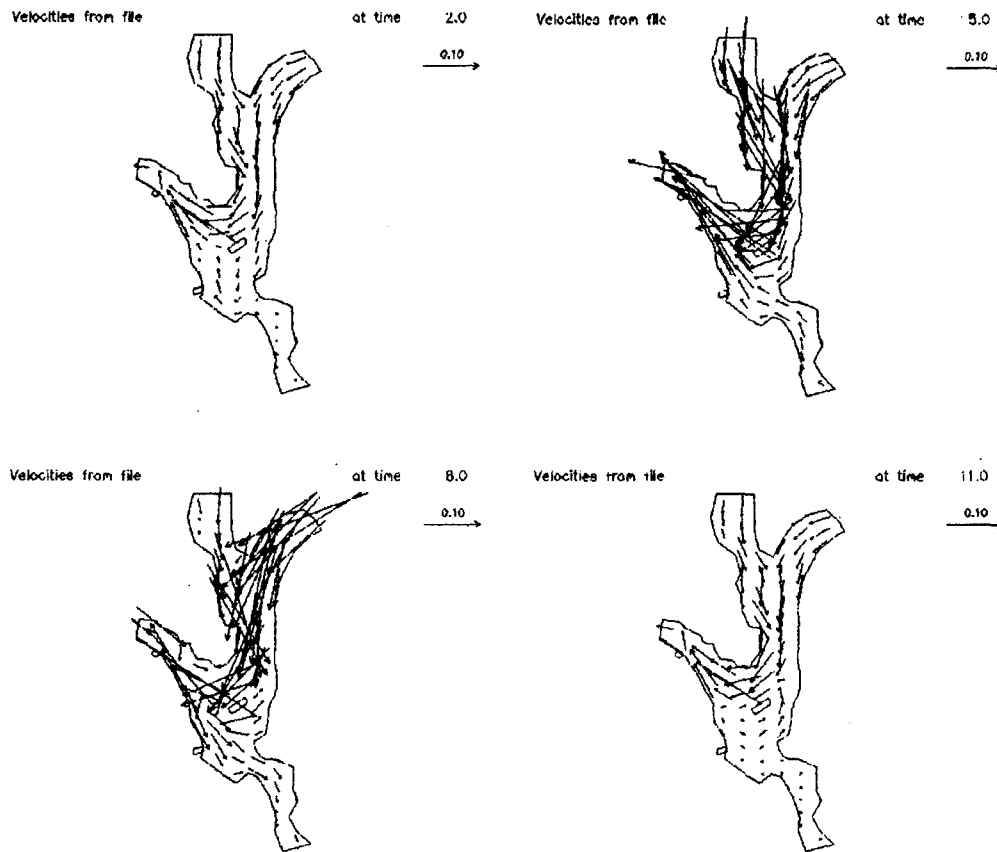
이러한 계절적 차이는 댐 하류로의 방류량이 7월 이전에는 유입량에 비하여 많고, 7월 이후에는 방류량보다 유입량이 많음으로 인한 정체(backwater)영향 때문으로 판단된다. 일반적으로 조도계수가 증가하면 바닥과 수체의 마찰로 인한 저항 때문에 유속이 감소하고, 그 변화의 정도는 대상수계의 특성에 따라 약간씩 차이를 가진다. 또한 난류교환계수의 감소는 수체가 난류로 흐르는 경우 수체의 진행방향과 직교하는 방향으로 이동하는 양이 줄어들고 진행방향으로 더 많은 물이 흐르게 되므로 유속이 증가하게 된다. 팔당호의 경우, 내부의 유속은 조도계수보다는 난류교환계수에 더 민감한 것으로 나타났다.

3.4 팔당호 유속의 예측

보정된 난류교환계수와 Manning의 조도계수를 사용하여 1997년 유량자료로 모의발생한 월별 지점별 결과는 <Fig. 2>과 같다.

입력된 지형자료가 1990년의 수심측량 성과이므로 10여 년 가까이 퇴적된 토사를 반영할 수는 없으나, 그 이후의 자료가 없으므로 과거의 자료를 그대로 사용하였기 때문에 1997년의

유량을 입력하여 계산한 유속의 값들이 정확하다고는 할 수는 없지만 팔당호 내부의 물의 흐름 방향과 지점별 상대적인 크기의 차이를 확인할 수 있었다.



<Fig. 2> Velocity Vector of Paldang in 1997

물의 흐름은 7월까지의 유입량보다 방류량 및 취수량이 많으며, 흐름의 방향이 상류에서 하류방향으로 흐르는 정상적인 상태를 보이다가, 7월 이후 유입량이 많아짐에 따라 댐에서 블로킹의 효과 때문에 경안천 및 소내섬 쪽으로 역류를 하는 것으로 나타났다.

이러한 역류 현상은 유입량과 유출량이 평형을 이루는 12월까지 지속되는 것으로 계산되었으며, 특히 소내섬을 중심으로 반시계 방향으로 회전하는 현상이 이 시기에 뚜렷하게 나타났다. 따라서, 팔당호 수질예측시에는 이러한 현상이 고려되도록, 주의하여야 할 것으로 판단된다.

또한 청평댐에서의 방류량이 하루 24시간 사이에 발전으로 인한 변동을 보이며, 팔당댐 방류량보다 유입량이 상대적으로 많은 시간에 소내섬을 중심으로 회전하는 현상이 발생한다면, 경안천의 물이 남한강 유입수와 섞일 가능성이 훨씬 높아지므로 팔당광역상수취수원의 취수시간을 조정하는데 활용될 수도 있을 것으로 판단된다. 이에 대한 해석은 RMA-4를 이용한 수질예측시 자세히 제시할 예정이다.

유속의 크기는 완충지역 역할을 하는 경안천 유입부인 남쪽보다는 방류량과 취수량에 영향을 받는 팔당호 북쪽이 10배 정도 크게 계산되었다. 정확한 유속의 예측을 위해서는 팔당호의

수심측량자료의 보완이 필요하며, 더불어 모델을 이용하여 보정 및 검증, 예측을 하기 위해서는 유량, 유속 등의 수리자료가 수질자료와 함께 축적되어야 할 것이다.

4. 결 론

팔당호의 수심측량자료와 1997년의 유출·입 유량을 이용하여 RMA-2 수리모형을 적용하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 팔당호에 대한 RMA-2 수리모형의 민감도 분석결과 조도계수보다는 난류교환계수가 유속의 변화에 더 민감한 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 2) 팔당호에 RMA-2를 적용한 결과, 팔당호 내부의 물의 흐름 방향과 지점별 상대적인 크기를 비교할 수 있었다.
- 3) 유속의 크기는 완충지역 역할을 하는 경안천 유입부인 남쪽보다는 방류량과 취수량에 영향을 받는 팔당호 북쪽이 10배 정도 크게 계산되었다.
- 4) 팔당호 내부의 물의 흐름은 7월까지의 흐름의 방향이 상류에서 하류방향으로 흐르는 정상적인 상태를 보이다가, 7월 이후 유입량이 많아짐에 따라 댐에서의 블로킹효과 때문에 경안천 및 소내섬 쪽으로 역류를 하는 것으로 나타났다.
- 5) 역류 현상은 유입량과 유출량이 평형을 이루는 12월까지 지속되며, 특히 소내섬을 중심으로 반시계방향으로 회전하는 현상이 이 시기에 뚜렷하게 나타나, 수질이나 퇴적현상을 예측할 경우 이것을 반드시 고려해야 할 것으로 판단된다.

* 참고문헌

- 1) 신동석외 4인, 한강분류 수질관리 효율화 방안 연구, 서울시정개발연구원(1994)
- 2) 신동석, RMA-2모형을 이용한 한강분류 유속예측, 한국농공학회 추계학술대회(1995)
- 3) 신동석외 6인, 서울시 상수도취수원의 북한강상류 이전 타당성 연구, 서울시정개발연구원(1993)
- 4) 환경처, 팔당호 시험준설 영향조사 보고서(1990)
- 5) 환경처, 팔당호 퇴적물 준설사업 기본설계보고서(1993)
- 6) Ian P. King, User's Guide for RMA-2(1993)
- 7) 류재근, 강원환경대상 수상기념 환경정책 대토론회, pp.29-46.(1998)
- 8) 윤태환외 1인, 팔당호의 순환 수치모형, 대한토목학회지, 제14권, 제2호, 317-324(1994)
- 9) 팔당수력발전소, 댐수문 조작일지(1997)