

# 대청호 유동해석

○이해근\*, 이종진\*\*

## 1. 서론

해마다 대청호에서는 봄부터 초가을까지 수화발생으로 수질관리에 어려움을 겪고 있다. 조류의 발생 및 소멸에는 영양염류, 수온, 물 순환 등에 밀접한 관계가 있으나 저수지에서의 유속 측정이나 유동해석을 실시한 예가 많지 않다. 저수지에서의 수리 현상은 매우 복잡하며, 이런 현상은 수질관리와 밀접한 관계가 있다. 수리, 수질 및 생태조사 등은 저수지의 수면적이 넓고 수심이 깊어 어려움이 많다. 흐름과 혼합은 유입 및 유출량, 지형, 바람, 성층에 많은 관련이 있다. 큰 저수지에서의 현장 조사는 비용이 많이 들기 때문에 수치모형을 이용하여 유용한 정보를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 수리모형을 이용하여 대청호의 유동해석을 시도하였다.

## 2. 지배방정식

좌표계로서 직교좌표계를 사용한다.  $x, y, z$ 는 각각 동쪽, 북쪽 및 연직방향으로 위로 증가한다. 또한 물표면은  $z = \eta(x, y, t)$ 이고, 바닥은  $z = -H(x, y)$ 이다.  $\vec{V} = (U, V)$ 는 수평방향 속도이고,  $\nabla$ 는 일차미분 연산자라하면 연속방정식은

$$\nabla \cdot \vec{V} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0$$

이 되며 운동방정식은 아래와 같다.

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla U + W \frac{\partial U}{\partial z} - fV = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial U}{\partial z} \right) + F_x$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla V + W \frac{\partial V}{\partial z} + fU = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial V}{\partial z} \right) + F_y$$

$$\rho g = -\frac{\partial P}{\partial z}$$

## 3. 현장조사

---

\* 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원 · 공학박사

\*\* 한국수자원공사 수자원연구소 인턴연구원 · 농학석사

대청호에서 2001. 6. 27~2001. 7. 25의 1개월 동안 표 1 에 나타난 장비들을 설치하였으며 설치장소는 그림 1과 같이 4지점을 기준으로 설치하였다. 또한, 수온계는 수심 3m, 8m, 13m(회남교) 3m, 8m, 13m, 18m(나머지 3지점)에 설치하였고, 풍향풍속계는 댐 옆 고수부지에 설치하였다.

표 1. 대청호 조사 장비

| 장비명           | 용도         | 설치개수(개) |
|---------------|------------|---------|
| 층별유속측정기(ADCP) | 층별유속과 방향측정 | 3       |
| 조위계           | 압력식 조위계    | 4       |
| 풍향풍속계         |            | 1       |
| 수온측정기         |            | 14      |

#### 4. 입력자료의 구성

##### 4.1 경계조건

경계조건으로는 상류 유입부인 회남대교 지점에서의 유입량과 댐에서의 방류량을 들 수 있다.

시간 단위의 유입 및 방류량자료는 댐관리처에서 제공하는 자료를 사용하였으며 그림 2와 같다. 유입량의 단위는 유량으로 표시되기 때문에 모형입력을 위해서는 유입량을 유속으로 변환해야 한다. 유량을 경계지점에서의 셀수와 연직 층수로 나누어 이를 구한다.

##### 4.2 바람자료

일반적으로 저수지와 같은 폐쇄된 수체에서 흐름을 일으키는 여러 요인 중 바람은 중요한 역할을 한다. 바람은 또한 시·공간적으로 변화가 매우 커서 적용에 주의를 요한다. 넓은 수체에서는 몇 개의 관측 지점을 설치하기도 하나 본 연구에서는 대청댐 지점에서의 바람자료를 사용하였다.

높이에 대한 보정은 다음 관계식을 이용한다.

$$U(10) = U(z) \left( \frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}}$$

여기서,  $U(10)$ 은 10m 높이의 풍속이며,  $U(z)$ 는 임의 높이  $z$  에서의 풍속이며 20m 이하 이어야 한다.

풍속과 물표면에 미치는 바람응력 사이의 환산은 다음과 같은 관계를 이용한다.

$$\tau_{sx} = \rho_a C_{da} W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

$$\tau_{sy} = \rho_a C_{da} W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

여기서,  $\tau_{sx}, \tau_{sy}$ 는  $x$  및  $y$  방향의 바람응력,  $\rho_a$ 는 공기의 밀도이다.

공기의 항력계수는 Garratt 공식에 의하면 다음과 같다.

$$C_{da} = 0.001(0.75 + 0.0067\sqrt{W_x^2 + W_y^2})$$

여기서, 풍속은 cm/s 단위이며 최대  $C_{da}$ 는 0.003이다.

### 4.3 초기 조건

유속에 관한 초기 조건은 일반적으로 소위 cold start를 많이 이용한다. 즉, 모든 지점, 모든 층에서의 유속은 0이라고 가정한다. 이와 반대로 실측치를 이용하거나 모의 기간이 길 때 중간 결과를 저장하였다가 다시 읽어 이용하는 “hot start”가 있다. 대개 유속조건에는 0으로 가정하고 수온의 초기 조건으로는 적당한 방법으로 가정한다.

## 5. 적용 결과

### 5.1 모형의 보정

모형을 보정하기 위하여 2001. 6. 27 ~ 7. 26까지 30일간의 모의를 수행하였다. 외부입력으로는 바람, 회남대교에서의 유입량 및 댐에서의 방류량을 고려하였다. 모의 기간동안 큰 강우 사상이 없고 풍속도 또한 작으므로 유속이 작다. 보정 대상으로는 수위와 유속을 고려할 수 있으나 유속이 작으므로 수위를 보정 대상으로 하였다. 그림 3에서 보인 바와 같이 실측치와 모의 결과가 잘 일치하였다. 이는 모형 격자 및 수심 자료가 실제 상황을 잘 나타내고 있다고 판단된다.

### 5.2 모형의 검증

일반적으로 모형의 보정이 끝나면 주요 파라미터 값들은 고정되게 된다. 모형의 검증을 위하여는 보정에 사용된 자료와 다른 기간의 자료가 필요하게 되는데 금번 현장조사를 통하여 얻어진 자료는 6월27일부터 약 1달간의 자료뿐이다. 또한 보정과정에서 보인바와 같이 수위를 이용하여 매우 만족할 만한 결과를 얻었으므로 검증은 생략한다.

### 5.3 실제 유출입량을 이용한 모의

그림 4는 가오리 지점(PT2)에서의 실측 유속이다. 그림 5에 계산된 유속을 stick diagram 형식으로 표시하였다. 각 스틱이 유속의 방향과 크기를 나타낸다. 계산결과는 연직방향으로 5개의 층을 사용하였으므로 각층별 유속을 도시하였다. 16~17일 사이의 경우 표층류와 바닥부근의 흐름이 반대인 것을 알 수 있다. 전체적으로 유속의 크기는 2cm/sec이하이며 이는 매우 작은 유속이다. 폭이 제일 좁은 회남대교에서의 최대 유입량은 300 m<sup>3</sup>/s이며 폭은 약 400m, 수심은 약 30m이다. 이 경우 평균유속은 2.5cm/s이다. 실측치와 비교하면 작은 크기이다. 이 차이에 대한 원인으로는 물이 성층화 되어있어 모멘텀 전달은 주로 상층으로 된다고 생각되나 모형에서는 baroclinic 모의는 고려하지 않음으로 생각된다. 그림 6은 전체적인 저수지내 물순환을 보여준다. 200시간후의 수심적분된 속도장이다. 회남대교에서 수로를 따라 흐름이 형성되며, 대전취수탑 부근에서는 흐름이 거의 없다. 가호리를 지난 후에는 유속이 거의 없으며, 황호동을 지나면서 흐름이 커지며, 댐측에서는 발전방류의 영향으로 유속이 크다.

## 6. 결론

본 연구에서는 3차원 수치모형을 이용하여 대청호에서의 유동 해석을 실시하였다. 수위를 대상

으로 보정 결과 만족할 만한 결과를 얻었다. 모의 결과 전체적인 흐름은 주 수로를 따라서 형성된다. 향후 물 표면에서의 열 수지를 고려하고 연직 격자수를 증가시키면 성층이 있는 경우의 물순환에 대한 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

## 7. 참고문헌

Blumberg, A.F. and G.L. Mellor, "A Description of a Three-dimensional Coastal ocean Circulation Model", in Three-Dimensional coastal Ocean Models, Ed. N. S. Heaps, 1987, American Geophysical Union.

한국수자원공사, "대청호 기상, 수위, 층별유속, 층별수온 관측결과 보고서", 2001. 9.

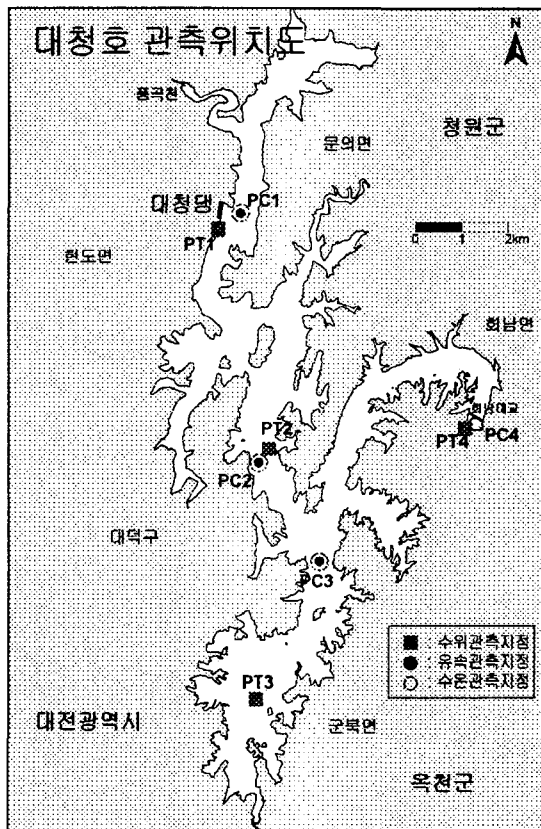


그림 1. 관측위치도

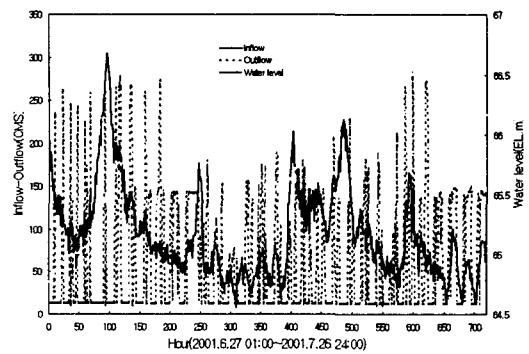


그림 2. 대청호 유·출입량 및 수위

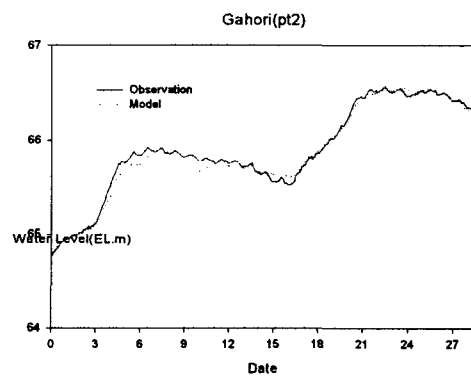


그림 3. 가호리지점의 수위변화

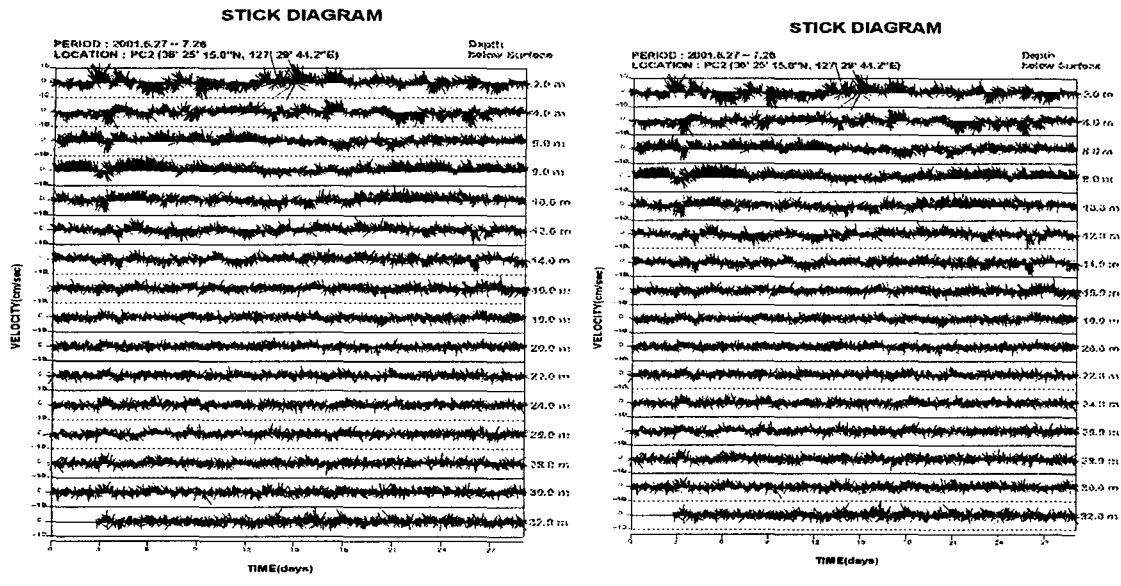


그림 4. 가호리지점의 현장관측유속벡터도

**Station = 14,47(Gahori)**

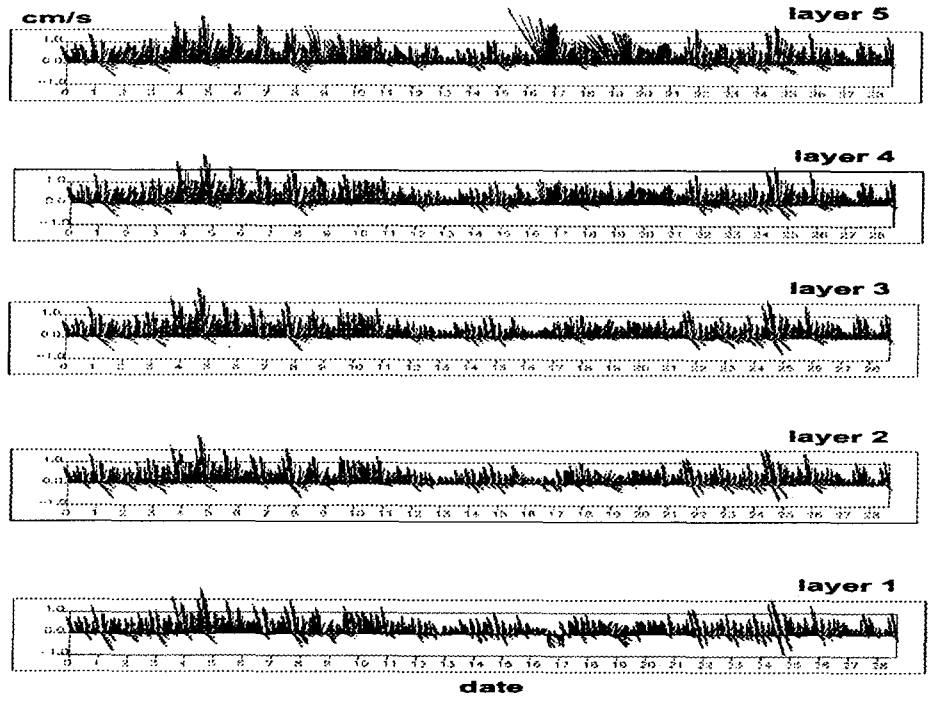


그림 5. 가호리지점의 모델 유속벡터도

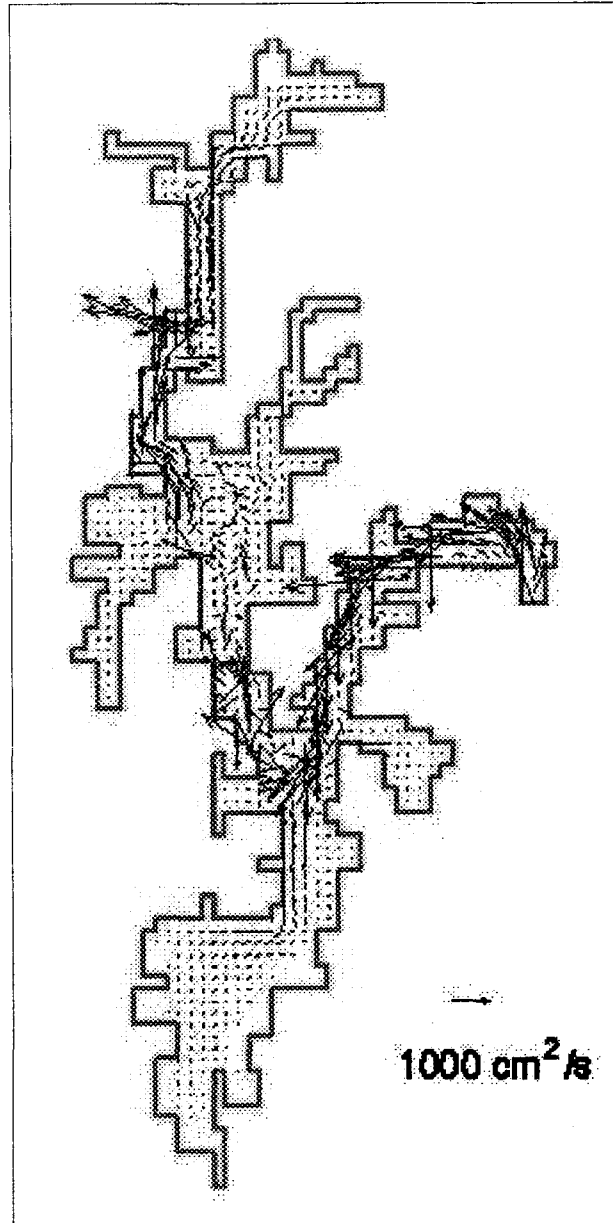


그림 6 수심 적분된 유속장