

저수지 하상변동에 관한 연구

A Study on the Bed Change in Reservoirs

이 관 수 * · 이 영 석 ** · 정 병 건 ***

Lee, Kwan Soo · Lee, Young Seok · Jeong, Byoung Keon

Abstract

This study aims to predict the bed elevation change of river and reservoir by compound water model, two-dimensional jet model and one-dimensional density current model, assuming that the river has a single channel and the reservoir has multiple channels. In numerical model, discharge and water level changes is obtained by flow continuity equation and flow momentum equation through double-sweep method, and then applied to sediment continuity equation to predict the scour and deposit of channel bed. The span ranged from the Bosung Dam to Mundueok Bridge at the upstream of Juam Dam, which is approximately 31km long (13km of river and 18km of reservoir), is taken as survey area.

요 지

본 연구는 하천 및 저수지의 하상변동을 예측하기 위하여 하천을 단일 수로로 취급하였으며 저수지는 몇 개의 수로로 나누어 유량의 합성모형, 2차원 분류모형 및 1차원 밀도류모형을 이용하였다. 수치모형은 유량의 연속방정식과 운동량방정식을 double-sweep method로 유량과 수위의 변동량을 구한 후, 수위 및 유량의 변동량을 유사의 연속방정식에 적용하여 하상의 세굴 및 퇴적으로 인한 하상고의 변동량을 예측하였다. 본 연구대상 구역은 보성강 댐에서 주암댐의 상류지역인 문덕교까지 약 31km구간을 선정하였으며 하천이 약 13km, 저수지 부분이 약 18km이다

Keywords : compound water model, deposit, double-sweep method, one-dimensional density current model, scour, two-dimensional jet model,

* 전남대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 광주대학교 공과대학 토목공학과 교수

*** 순천공업전문대학 환경공학과 교수

1. 서론

댐건설은 장기간의 갈수현상에 대비하고 수자원의 부족을 해결하기 위해 댐건설은 불가피하다고 할 수 있다. 그러나 다목적 댐의 건설이 치수와 이수면에서 가장 적합한 시설이라 할지라도 댐의 건설에 따른 여러 가지 문제점, 즉 환경적인 생태계의 변화뿐만 아니라 기후학적인 영향 변화도 심각하며 특히, 저수지를 장기간 운영할 때 필연적으로 발생하는 저수지내의 퇴사도 중요한 문제 중의 하나라 할 수 있다. 다목적 댐 준공 후, 시간의 경과에 따라 상류 유역으로부터 유송되는 토사의 퇴적은 저수지의 저수량을 감소시키므로 저수지의 수명을 단축시키고 저수 피해를 가중시킴과 동시에 용수 공급에도 지장을 초래하게된다. 따라서 저수지의 하상변동 예측은 댐의 설계상 중요한 자료를 제공하게 된다(이관수, 1993). 저수지의 하상변동을 예측하기 위해서는 저수지 유입량, 저수지 방류량, 저수지의 운영 규칙, 유입유수량 및 수리학적 특성 등이 파악될 필요가 있다. 그러나 과거의 자료가 충분하지 않을 경우 추정 방법은 실용성에서 문제가 많다.

본 연구는 보성강에 건설한 주암댐의 영향으로 인한 보성강상류와 주암댐의 하상변동을 예측하기 위하여 보성강댐에서 주암댐의 상류 지역인 문덕교까지 약 31km 구간을 연구 대상 구간으로 선정하였다. 하천 및 저수지의 하상변동을 예측하기 위해 주암댐 상류의 하천을 1차원 단일수로로 취급하였고 저수지를 몇개의 수로로 나누어 2차원 분류 이론과 수로의 합성모형을 이용하였다. 또한, 저수지에서는 고탁도의 부유사농도를 가진 하천수가 저수지로 유입될때 형성될 수 있는 밀도류를 1차원 흐름으로 가정하고 1차원 모형을 적용하여 보았다.

2. 수치모형

2.1 부정류의 기본방정식

부정류 하천에서 유량과 유사의 흐름을 1차원으로 가정하면 흐름의 연속방정식과 운동량방정식 그리고 유사의 연속방정식 등의 기본방정식(Chen 등, 1975; Chen, 1977; Lopez, 1978)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

흐름의 연속방정식

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial A_d}{\partial t} - q_e = 0 \quad (1)$$

여기서 Q 는 유량, A 는 수로의 단면적, A_d 는 하상의 세굴층이나 퇴적층의 단면적, q_e 는 단위길이당 측방향에서 유입한 유입량, x 는 흐름 방향의 수평거리, t 는 시간이다.

흐름의 운동량방정식

$$\frac{\partial(\rho\beta QV)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho Q)}{\partial t} + gA \frac{\partial(\rho h)}{\partial x} = \rho gA(S_0 - S_f) + \rho q_e v_e \quad (2)$$

여기서 V 는 평균유속, h 는 수심, g 는 중력가속도, ρ 는 물의 밀도, β 는 운동량보정계수, S_0 는 하상경사, S_f 는 마찰경사, v_e 은 측방의 유입유속이다.

유사의 연속방정식

$$\frac{\partial Q_s}{\partial x} + P \frac{\partial A_d}{\partial t} + \frac{\partial(AC_s)}{\partial t} - q_{se} = 0 \quad (3)$$

여기서 Q_s 는 총유수량, P 는 퇴적층의 단위체적에 대한 퇴적입자의 체적, C_s 는 각 단면의 평균유사농도, q_{se} 은 측방유사 유입량이다.

2.2 유량 합성방정식

저수지에서의 흐름조건은 하천수로-저수지 유입부 사이에 수리학적 저항과 횡단면적 기하학에 상당한 차이가 있기 때문에 복잡하다. 그래서 유사의 퇴적 형태가 균일한 단면으로 되지 못하므로 다중수로로서 저수지를 모형화해야 한다(Chen, 1977; Lopez, 1978). 저수지의 단면 j 의 통수능을 k_j 라하고 단면 j 에서 종방향으로 몇개의 부분단면으로 구분하였을 경우 단면 j 의 m 번째 부분단면 m,j 에서의 통수능을 $k_{m,j}$ 라 하면 부분단면의 유량은 다음과 같이 계산한다.

$$Q_{m,j} = \frac{Q_j k_{m,j}}{k_j} \quad (4a)$$

$$k_j = \sum_{m=1}^{m_{max}} k_{m,j} \quad (4b)$$

2.3 유량 추적

하천-저수지계에서의 유량 추적은 각 단면에서 시간의 함수로서 유량과 수위를 결정하는 과정이다. 식 (5a), (5b)의 조건을 이용하면 유량의 연속방정식 (1)과 운동량 방정식 (2)는 식 (6), 식 (7)과 같이된다(Lopez, 1978).

$$\frac{\partial A_d}{\partial t} = 0 \quad (5a)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial x} = \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (5b)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + T \frac{\partial h}{\partial t} - q_e = 0 \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\beta QV)}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial h}{\partial x} \\ = \rho gA(S_0 - S_f) + \rho q_e v_e \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 $T = \partial A / \partial h$ 이며 h 는 수심이다. 이 방정식의

해석은 모든 단면 $j=1, \dots, j_{max}$ 에서 미지수 Q, h 를 산출하기 위하여 하천과 저수지를 하나의 수로로 가정한다.

2.4 유사 추적

유사를 추적하기 위해서는 식 (3)의 유사의 연속방정식으로 저수지의 각 지점별 부분단면에 대해 A_d 를 계산하기 위하여 다음과 같은 수정식(Lopez, 1978)이 필요하다. (8)

$$\frac{\partial Q_{s_m}}{\partial x} + \gamma_{d_m} \frac{\partial A_{d_m}}{\partial t} + \gamma_{s_m} \frac{\partial (AC_s)_m}{\partial t} - q_{s_m} + q_{s_{(m-1)}} = 0$$

여기서 γ_{d_m} 은 퇴사의 단위중량, γ_{s_m} 은 유사입자의 단위중량이다.

2.5 기본방정식의 수치해석

본 연구는 유량의 연속방정식과 운동량방정식 (1)과 (2)를 유한차분의 Preissmann 음해법(Dass, 1975)으로 해석하였으며 유사의 연속방정식 (3)은 양해법(Lopez, 1978)으로 해석했다.

$$f(x, t) |_{M} = \frac{\theta}{2} (\Delta f_{j+1} + \Delta f_j) + \frac{1}{2} (f_{j+1}^n + f_j^n) \quad (9a)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} |_{M} = \frac{\theta}{\Delta x} (\Delta f_{j+1} - \Delta f_j) + \frac{1}{\Delta x} (f_{j+1}^n - f_j^n) \quad (9b)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} |_{M} = \frac{1}{2\Delta t} (\Delta f_{j+1} + \Delta f_j) \quad (9c)$$

여기서 θ 는 가중계수로서 $0 \leq \theta \leq 1$ 이다.

식 (9)는 식 (1)과 (2)를 차분화하기 위해서 이용되며, 유사 추적에 대한 유한차분의 양해법은 다음과 같다.

$$f(x, t) = \frac{1}{4} (f_{j-1}^{n+1} + f_{j-1}^n + f_j^{n+1} + f_j^n) \quad (10a)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{1}{2} \left(\frac{f_j^{n+1} - f_{j-1}^{n+1} + f_j^n - f_{j-1}^n}{\Delta x} \right) \quad (10b)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f_j^{n+1} - f_j^n}{\Delta t} \quad (10c)$$

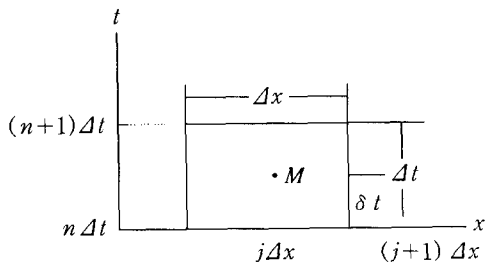


그림 1. 유한차분의 음해법 격자망

2.6 수치모형의 경계조건

수치모형을 적용하기 위해서는 하천의 상류의 경계조건과 저수지 하류의 경계조건이 필요하다. 유량을 추적하기 위한 상류의 경계조건은 유량곡선이 필요하고 하류의 경계조건은 저수지운영에 따른 수위곡선이 필요하다. 또한, 유사를 추적하기 위하여 하천상류에 유입한 유사이송곡선과 소류사이송곡선등이 필요하며 하천상류의 하상입도곡선이 필요하다.

3. 분류(jet flow)의 확산

분류는 3가지 영역으로 구분된다(Lopez, 1978; Slingerland 등, 1994). 첫째는 되돌이 흐름(return flow)의 형성영역이다. 이는 저수지 경계와 분류 경계 사이에서 발생한다. 둘째는 분류의 형성영역이다. 유량은 분류의 가속력이 되돌이 흐름에 의해서 평형이 되기 때문에 유도 이동된다. 마지막으로 분류의 확립영역이다. 이 영역에서 분류의 횡방향 확장은 분류의 경계가 저수지의 경계와 교차하기 때문에 제한을 받게 된다. 분류 폭의 경계선이 포물선이라 가정하면 분류폭(W)은 다음과 같다.

$$W = a\sqrt{x} + B_0 \quad (11)$$

여기서 a 는 분류상수, x 는 종방향거리, B_0 는 slot폭을 나타낸다. 그리고 이 상수들은 하천-저수지계의 특성에 의존한다. 특히 분류상수(a)는 수치모형에 미지수로 입력하며 수차례의 수정절차를 통하여 값을 구한다.

분류의 발생 시점부터 분류의 형성영역의 종점까지의 거리인 x_0 는 다음과 같다.

$$x_0 = \left(\frac{B_0}{a} \right)^2 \quad (12)$$

분류의 형성영역에서의 유속분포는 다음과 같다.

$$\frac{V_x}{V_0} = \frac{a\sqrt{x} + B_0 - 2y}{2a\sqrt{x}} \quad (13)$$

여기서 V_0 는 등류유속, V_x 는 종방향유속, y 는 분류의 횡방향 거리이다.

또한, 분류의 확립영역에서의 유속분포는 다음과 같다.

$$\frac{V_x}{V_0} = \frac{2B_0}{(a\sqrt{x} + B_0)^2} (a\sqrt{x} + B_0 - 2y) \quad (14)$$

4. 저수지의 밀도류 거동

고탁도의 하천수가 저수지에 유입되면 저수지의 표층수와 상당한 밀도차를 갖는다. 저수지에 유입된 하천수의 밀도가 크면 음부력에 의하여 침강하여 형성된 침

강류는 하상경사를 따라 이동하는 저부흐름(under flow)을 형성한다.

이 저부흐름을 저수지의 하상 경사면을 따라 흐르는 1차원 흐름으로 가정하면 저부흐름의 평균유속(Vanoni, 1975)은 다음과 같다.

$$V = \sqrt{\frac{8g \Delta \rho}{f \rho}} \sqrt{S \frac{d}{1+\alpha}} \quad (15)$$

여기서 $\Delta \rho$ 는 하천의 유입수와 저수지 표층수와 의 밀도차, ρ 는 저수지 밀도, g 는 중력가속도, f 는 Darcy-Weisbach의 마찰계수, S 는 저수지의 하상경사, d 는 밀도류 두께, α 는 상수이다.

f 는 층류밀도류(레이놀즈 수: 15~1,000)인 경우는 0.63을 적용하고 난류밀도류(레이놀즈 수: 1,000~25,000)인 경우에는 0.43을 적용한다.

유입으로 인한 저부흐름의 두께 d (Henderson-Sellers, 1984)는 다음 식으로 한다.

$$d = \left(\frac{QL}{2F_D A} \sqrt{\frac{1}{g \frac{\Delta \rho}{\rho}}} \right)^{2/3} \quad (16)$$

여기서, Q 는 저수지 유입유량, L 는 저수지의 유효길이, F_D 는 밀도의 후르드 수, A 는 바닥흐름의 단면적이다. 하천수의 밀도(玉井信行, 1980)는 다음과 같은 식에 의하여 결정한다.

$$\rho_s = \rho + c \cdot 0.623 \times 10^6 \quad (17)$$

여기서 ρ_s 는 하천수의 밀도, ρ 는 물의 밀도, c 는 탁도이다.

5. 수치모형의 적용

수치모형은 유량의 연속방정식과 운동량방정식을 double-sweep method(Dass, 1975; Liggett과 Cunge, 1975; Lopez, 1978)로 유량과 수위의 변동량을 계산하고, 수위 및 유량의 변동량을 유사의 연속방정식에 적용하여 하상의 세굴 및 퇴적으로 인한 하상변동을 예측하였다. 또한, 밀도류는 저수지 하상의 저부의 경사면을 따라 흐르는 1차원 흐름으로 가정하고 저수지 부분의 각 단면에 대한 밀도류 두께와 밀도류 유속을 계산하여 본 수치모형에 적용하여 하상변동을 예측하였다.

5.1 입력자료

본 연구 대상 구역은 보성강댐에서 주암댐의 상류지역인 문덕교까지 약 31km구간으로 하천 구간이 약 13km, 저수지 구간이 약 18km이다. 전 구간의 단면

결정은 2~3km 간격으로 총15개 구간으로 나누었으며, 저수지는 수로를 종방향으로 1~2개의 부분수로로 나누었다(그림 2). 전 단면은 1993년 10월과 1996년 3월에 2회의 중·횡단면을 실측하여 각각 1994년과 1995년의 하상단면자료로 이용하였다. 하천으로 유입되는 부유사를 실측하여 입도분석(그림 3)을 실시하고 하천 상류부근(No.1)에서의 하상재료를 입도분석(그림 4)을 실시 하였다. 그림 3의 부유사 입도곡선에서 실트질(0.0625mm)이하의 미립자가 84.8% 이상을 차지하고 있는데 이는 보성강 상류에 있는 보성강댐에 의하여 유사 대부분이 제어된 결과로 판단된다. 유량곡선(그림 5)

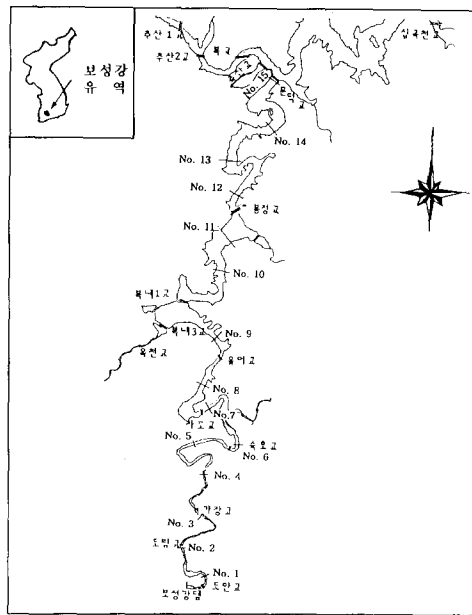


그림 2. 연구 대상구역

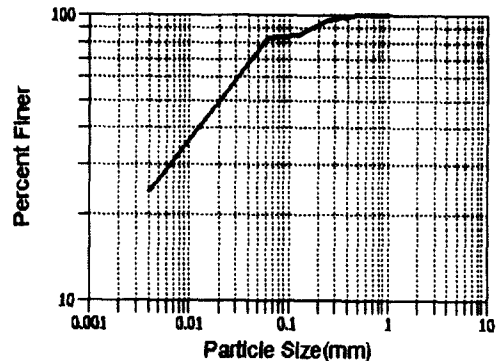


그림 3. 부유사 입도 분포곡선

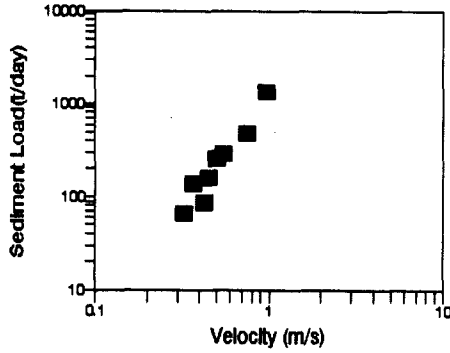


그림 4. 하상 입도 분포곡선

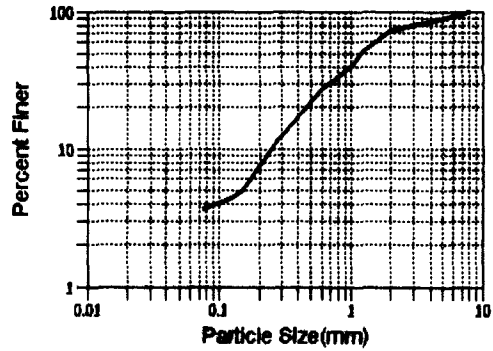


그림 7. 유사이송 곡선

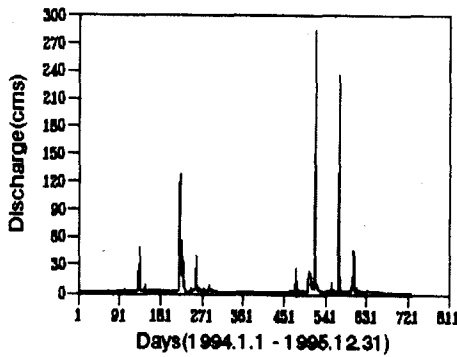


그림 5. 일별 평균 유량 곡선 (1994-1995)

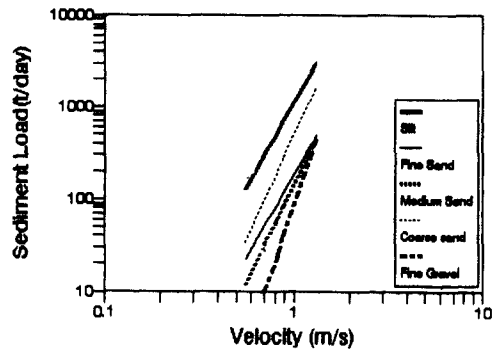


그림 8. 소류사 이송 곡선

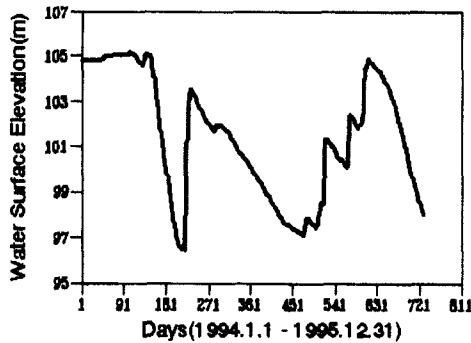


그림 6. 주암댐의 수위곡선 (1994-1995)

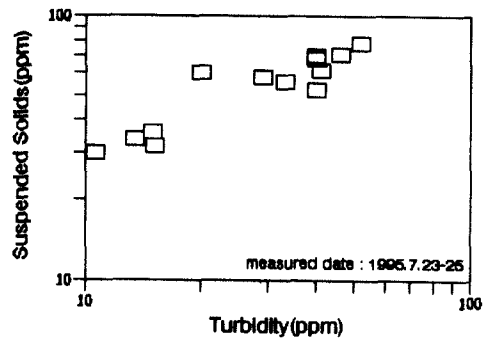


그림 9. 유사농도-탁도의 관계곡선

은 보성강댐에서 방류되는 일평균 방류량이며 그림 6에 보인 하류의 수위곡선(건설교통부, 1994-1995)은 주암댐의 수위로 유량을 추적하기 위한 경계조건으로 하였다. 유사추적하기 위한 경계조건으로는 상류의 유사이송곡선과 소류사이송곡선이 필요하다. 부유사량을 계산하기 위한 유사이송곡선은 그림 7에 나타냈으며

입경별 소류사 이송곡선은 그림 8에 나타났다. 유사이송곡선과 소류사이송곡선은 부유사의 실측치와 하상입경분포(그림 4)를 이용하여 수정아인슈타인 방법(우효섭과 유권규, 1990)으로 계산하였다. 저수지에 대해 밀도류 문제를 적용하는데 있어 필요한 탁도의 실측치는 그림 9와 같다.

5.2 수치모형의 적용 결과

수치모형을 적용하기 위한 초기의 흐름조건은 방류량, 수위고, 하상고 및 조도계수이다. 초기 방류량은 120 cms이며 이때 각 단면에 대한 수위고를 실측 및 계산하여 초기수위고로 하였다.

조도계수 n 는 초기 방류량과 초기수위고를 이용하여 계산수위고와 비교하여 조정하면서 각 단면에 따라 약 0.022~0.034로 결정하였다. 그리고 원활한 수치모형을 적용하기 위하여 최저 방류량을 20cms로 하였으며 수로의 평균 하상경사는 9.81×10^{-4} 이다.

수리학적 계산을 검증하기 위하여 수치모형에 의해서 계산된 수위를 실측된 수면고와 비교한 결과를 그림 10에 나타냈다.

5.2.1 저수지 확산지역의 퇴사거동

저수지 확산지역 분류의 발생은 주암댐 유입부인 No.8~No.9와 No.11~No.13 등에서 수위와 유량의 정도에 따라 발생하였다. 이 분류확산은 저수지 유입단면에서부터 하류까지 포물선 형태로 확산하는 것으로 가정하였으며, 분류의 유속분포는 삼각형분포로 가정하였다. 분류의 확산경계를 결정하는 분류상수 a 는 수차례의 수정 절차에 의하여 결정하는데 분류 유입구의 크기와 델타의 형상에 따라 조절되어야 한다. 그림 11은 분류상수 a 의 효과에 따른 퇴적고의 변화를 보여주고 있다. 분류상수 a 가 0.2~0.4인 경우에는 No.8(약 15km지점)에서 퇴적고 변화량의 최고점이 발생하고 있지만, 분류상수 a 가 0.5인 경우에는 No.9(약 17km지점)에서 퇴적고의 최고점이 발생하다가 분류상수 a 가

0.6인 경우에는 No.8에서 퇴적고의 최고점이 발생함을 알 수 있다. 이는 분류상수 a 가 0.2~0.3인 경우에는 분류의 확산경계가 좁기 때문에 유속의 증가로 인하여 평탄한 델타를 만들며 유사퇴적이 점점 하류로 이동되지만, 분류상수가 0.4이상인 경우에는 분류의 확산경계가 넓기 때문에 유속의 감소로 인하여 유사퇴적을 하류로 충분히 이동시키지 못하고 있음을 보여주고 있다. 본 모형에서는 분류상수 a 를 No.8~No.9를 기준으로 하여 조정된 결과 약 0.5~0.6정도(그림 11)에서 조정이 가능하였으며 0.516에서 가장 좋은 결과를 보였다.

5.2.2 밀도류의 영향

본 연구는 저수지의 하상변동과정에서 밀도류의 영향을 파악하기 위하여 각 단면에 대한 밀도층 두께와 밀도류 유속을 계산하여 수치모형에 적용하였다.

주암댐의 레이놀즈 수는 11,323($Q=20$ cms)~51,591($Q=210$ cms) 이상으로 난류의 밀도류를 형성할 수 있는 조건을 갖추고 있었다. 밀도류 유속(식 15)을 계산하기 위한 Darcy-Weisbach의 마찰계수 f 는 레이놀즈 수가 1,000~25,000인 범위에서는 $f=0.43$ 이고 레이놀즈 수가 100,000인 경우에는 $f=0.4\sim0.5$ 를 적용한다. 그러나 주암댐의 레이놀즈 수는 대부분이 10,000~300,000의 범위에 있기 때문에 $f=0.43$ 을 적용하였다. 또한, 하천수의 밀도는 그림 9에서 부유사농도-탁도와 관계식을 구한 후 식 (17)로 계산하였다.

난류의 밀도류 조건을 수치모형에 적용하여 No.8~No.15의 중심수로에 대한 하상변동의 추정결과는 표 1과 같다. 하상고(B.E)는 1993년 10월에 실측한 하상 단면이고, C.B.E(1)은 밀도류를 고려하지 않고 하상

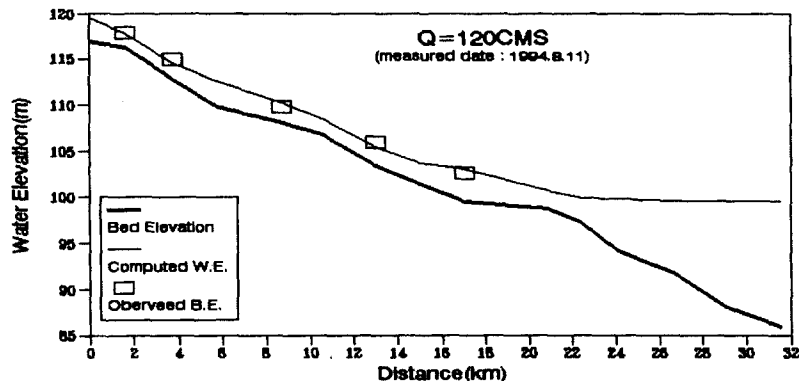


그림 10. 보성강댐 - 주암댐 수면곡선

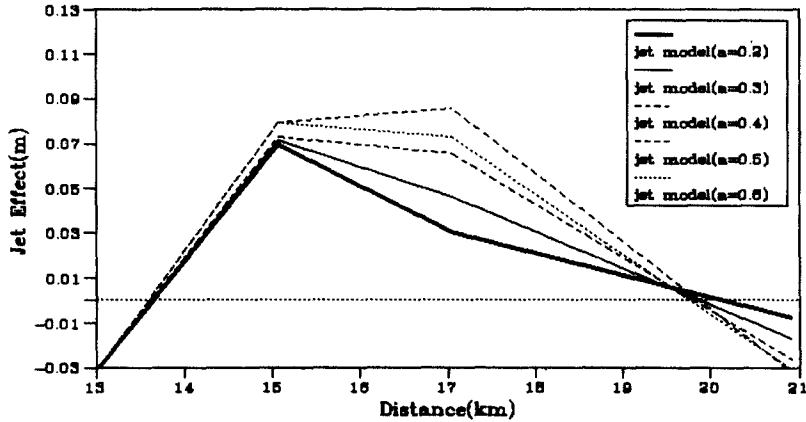


그림 11. 분류상수의 효과 (No.8~No.9)

표 1. 밀도류의 적용결과

저수지 단면 (No.)	하상고(1994) (m)	C.B.E (1) (m)	C.B.E (2) (m)
8	101.410	101.487	101.490
9	99.540	99.623	99.625
10	98.800	98.766	98.768
11	97.220	97.287	97.289
12	94.120	94.121	94.123
13	91.800	91.800	91.800
14	88.100	88.100	88.100
15	85.800	85.800	85.800

변동을 추정한 결과이다. 또한, C.B.E(2)는 밀도류의 조건을 적용하여 하상변동을 추정한 결과이다. C.B.E(2)의 결과는 거의 모든 단면에서 C.B.E(1)보다 2~3mm정도 크게 추정되어 저수지의 퇴사과정에서 밀도류의 영향이 있음을 보여주고 있다.

5.2.3 하상변동의 예측

수치모형을 적용하여 1994년1월~1995년 12월까지 중심수로에 대한 하상변동량을 예측하여 실측치와 비교하여 표 2에 나타냈다. No.2지점의 실측치는 124mm 정도 퇴적되고 있지만 예측결과는 47mm정도 세굴되는 것으로 나타났다. No.7지점도 실측치는 20mm정도 퇴적되고 있는 것으로 나타났지만 예측결과는 44mm정도 세굴되는 것으로 나타났다. No.8과 No.9지점은 저수지 유입부로 실측치와 예측치 모두 퇴적된 것으로 나타났다. No.10지점은 저수지 부분이지만 32mm정도 세굴된 것으로 나타났다. 이는 No.10의 중심단면이 협소하

표 2. 하상변동의 예측 결과

단 면 (No.)	추가거리 (km)	하상고 (1994) (m)	하상고 (1995) (m)	예측된 하상고(m)
1	0	117.00	-	117.000
2	1.645	116.32	116.444	116.273
3	3.776	112.77	112.800	112.824
4	5.751	109.84	-	109.794
5	8.726	108.07	108.085	108.101
6	10.551	106.69	106.750	106.643
7	13.001	103.44	103.420	103.396
8	15.064	101.41	101.500	101.490
9	17.047	99.54	99.657	99.625
10	20.912	98.80	-	98.768
11	22.425	97.22	97.335	97.289
12	24.150	94.12	94.250	94.123
13	26.700	91.80	91.803	91.800
14	29.013	88.10	88.107	88.100
15	31.583	85.80	85.800	85.800

여 나온 결과라고 판단된다. No.11과 No.12지점은 실측치나 예측치가 모두 퇴적되고 있지만 No.12단면은 실측치는 13mm정도 퇴적된 것으로 나타났지만 예측치가 너무 미약하게(약 3mm정도) 퇴적된 것으로 나타났다. No.1, No.4와 No.10지점은 1993년에는 하상단면을 실측했지만 1996년에는 하상이 심하게 훼손되거나 하상정리를 하여 실측을 하지 않았다. No.13~No.15지점은 유사한 침강되는 지역이지만 미립자의 퇴적으로 인한 하상변동이 극히 미약하며, 수치모형의 예측 결과도 거의 하상변동이 없는 것으로 나타났다. No.2와 No.7을 제외하면 전반적으로 차이는 있지만 하상변동 예측은 실측치와 같은 양상으로 예측되고 있음을

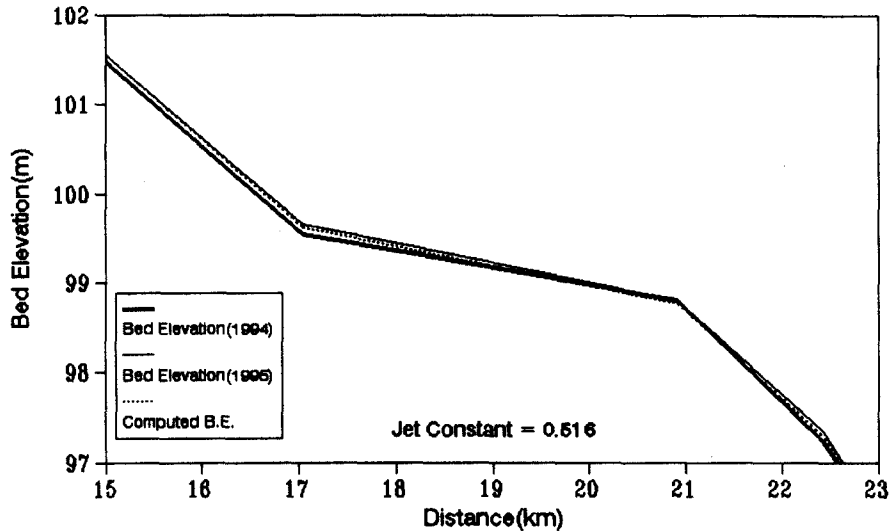


그림 12. 주암댐 유입부의 종단면

알 수 있다. 그림 12는 저수지의 하상변동을 예측한 결과를 종단면으로 보여주고 있다.

저수지의 하상변동 예측은 계절별 강우의 불균일성과 하상계수 및 상류 하천의 하상경사의 크기등의 변동이 크므로 예측이 매우 어렵다. 수치모형에 의해 예측한 하상변동량은 실측된 하상변동량보다 비교적 적게 예측되었지만 하상변동량의 양상을 파악 할 수 있다는데 큰 의의가 있다고 볼 수 있다.

6. 결 론

본 연구는 저수지의 하상변동에 관한 연구를 위하여 수치모형을 이용하였다. 수치모형은 하천을 단일 수로로 가정하여 흐름의 특성을 1차원 모형으로 나타냈으며, 저수지는 수로를 종방향으로 몇개의 부분수로 나누어 유량의 합성모형, 2차원 분류모형 및 1차원 밀도류모형으로 나타냈다. 유량과 유사를 추적하기 위한 수치모형의 구성은 유량의 연속방정식과 운동량방정식을 double sweep method로 유량과 수위의 변동량을 구한 후, 이를 유사의 연속방정식에 적용하여 유사를 추적하도록 하였다. 본 연구의 검증은 보성강댐에서 주암댐의 문턱교까지 약 31km구간을 연구 대상구역으로 선정하여 실측된 하상변동량과 수치모형으로부터 예측된 하상변동량과 비교·분석하였으며, 연구의 결과는 다음과 같다.

(1) 수치모형을 이용하여 하상변동을 예측한 결과는 실측된 하상변동량보다 비교적 적게 예측되었지만 하상

변동은 거의 같은 양상으로 나타났다.

(2) 저수지 유입부의 하상변동량을 예측하기 위해서는 유입부의 흐름 특성상 분류모형을 적용해야 한다고 판단된다. 주암댐 유입부의 분류상수 a 는 0.5~0.6정도에서 조정이 가능하였고, 분류상수 a 가 0.516일 때 하상변동량 예측의 결과는 가장 좋았다.

(3) 밀도류 모형을 수치모형에 적용하여 하상변동량을 예측한 결과는 밀도류 모형을 적용하지 않고 예측한 하상변동량보다 거의 2~3mm정도 크게 나타나 저수지의 하상변동에 밀도류의 영향이 있음을 확인하였다.

(4) 하천에 유입된 부유사는 실트질(0.0625mm)이하의 미립자가 84.8%이상을 차지하고 있는데 이는 보성강상류에 위치한 보성강댐에 의하여 유사의 대부분이 제어된 결과로 판단된다.

참 고 문 헌

- 우효섭, 유권규 (1990). 수정 아인슈타인 방법의 한국 하천에의 적용. 연구보고서, 건기연 90-WR-112. 한국건설기술연구원.
- 이관수 (1993). "우리나라저수지의 퇴사량예측 및 공간적 분포특성." 국제수문계발계획(IHP)연구보고서, 한국수문학회, pp. 3.1-3.40
- 건설교통부 (1994-1995). 한국수문조사연보.
- 玉井信行 (1980). 密度流의 水理. 新体系土木工學 22. 社團法人土木學會, pp. 149-166.
- Henderson-Sellers, B. (1984). *Engineering*

- limnology*. Pitman Advanced Publishing Program. pp. 117-135.
- Chen, Y.H. (1977). "Water and sediment routing in rivers." *Modeling of rivers*. Colorado State University, Fort Collins, Colorado. pp. 10.1-10.97.
- Chen, Y.H., Holly, F.M., Mahmood, K., Simons, D.B. (1975). "Transport of material by unsteady flow." *Unsteady flow in open channels*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado. pp. 313-365.
- Dass, P.G. (1975). *Water and sediment routing in nonuniform channels*. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Eng., Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Liggett, J.A., and Cunge, J.A. (1975). "Numerical methods of solution of the unsteady flow equations." *Unsteady flow in open channels*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado. pp. 89-178.
- Lopez, J.L. (1978). "Mathematical modeling of sediment deposition in reservoirs." *Hydrology papers*. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, No. 95.
- Slingerland R., Harbaugh, J.W. and Furlog, K. (1994). *Simulating clastic sedimentary basins*. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., pp. 93-107
- Vanoni, V.A. (1975). *Sedimentation Engineering*. Prepared by the Task Committee for the Preparation of the Manual on Sedimentation of the Sedimentation Committee of the Hydraulics Division, ASCE, New York, N.Y., pp. 278-285.

〈최종본 도착일 : 1997년 8월 1일〉