

## 부여취수장 부근에서의 하상변동에 대한 2차원 수치모의 Two Dimensional Numerical Simulation of Bed Change in the Reach near Buyeo Intake Station

한 건 연\* / 이 을 래\*\* / 손 광 익\*\*\* / 임 창 수\*\*\*\*

Han, Kun Yeun / Lee, Eul Rae / Son, Kwang Ik / Rim, Chang Soo

### Abstract

Two dimensional finite element model(RMA) is applied to examine sediment transport behavior near Buyeo water intake station of the Keum River. The simulation results of bed change with various discharge conditions agree with those of observation. As the alternatives of channel modification and resulting bed lowering near intake station, construction of jetties and removal of small island are considered. The station of jetties diverted the main stream toward the other side and the width of the main stream did not change so much. The bed elevation of the main channel is reduced about 5~20 cm, when flow condition of 12,030  $m^3/sec$  applied. The removal of small island provides the less significant effect on sediment movement. This study shows that the construction of jetties would be effective to reduce the entrainment of sediment.

*Keywords:* intake station, sediment transport, bed deformation, jetty, two dimensional model

### 요 지

금강에 위치한 부여취수장 부근에서의 유사이송을 모의하기 위해서 2차원 유한요소모형(RMA)이 적용되었다. 다양한 유량조건하에서 하상변동에 관한 모의수행결과는 과거 이 지역에서의 실측된 값과 잘 일치하였다. 본 연구에서 하도부의 개선과 취수구 부근의 하상저하를 위한 대안으로서 수제공 설치와 뱀섬제거가 고려되었다. 수제공의 설치에 따라 좌안쪽으로 주흐름이 변환되었으며, 전 영역에 걸쳐서 비슷한 폭을 가진 하도가 형성되었다. 12,030  $m^3/sec$  유량조건을 적용하였을 때, 주수로부의 하상고도는 약 5~20 cm 저하하였으며, 뱀섬제거에 대한 효과는 유사이송에 그다지 큰 영향을 미치지 못하였다. 취수구 상류부에서의 지속적인 하상저하를 위해서 수제공의 설치에 유사이송을 저감시키는데 효과적인 것으로 판단되었다.

**핵심용어 :** 취수장, 유사이송, 하상변동, 수제공, 2차원모형

\*,\*\* 경북대학교 공과대학 토목공학과 교수, 박사과정수료

Prof. and Doctoral Candidate, Dept. of Civil Engrg., Kyungpook National Univ., Taegu 702 701, Korea

\*\*\* 영남대학교 공과대학 토목공학과 조교수

Assistant Prof. Dept. of Civil Engrg., Yeungnam Univ., Kyongsan 712 749, Korea

\*\*\*\* 정운대학교 토목환경공학과 전임강사

Full Time Lecturer, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Chungwoon Univ., Hongsung, Chungnam 350 800, Korea

## 1. 서 론

한국수자원공사에서 운영중인 취수를 위한 수도시설의 취수구중 일부는 취수구 상류에 유사의 퇴적으로 사구가 발달되고 취수구 내에 유사가 유입되어 퇴사처리 문제가 빈번히 발생하고 있다. 또, 일부 취수장은 상류에 댐이 건설되거나 하구둑 등의 건설로 인하여 하상의 상승 등 복합적인 원인에 의한 퇴사문제도 내포하고 있다. 이로 인한 취수 및 수처리 과정중에 발생하는 장애에 대하여 준설과 같은 일시적인 문제해결이 아닌 취수구 주변의 근본적인 퇴사 및 유사 유입 방지 대책의 수립이 요망되어진다. 본 연구의 목적은 퇴사 및 유사문제를 안고있는 금강부여취수장을 선택하여 2차원 수치모형에 대한 유사저감기법을 제시하고자 함에 있다.

금강 취수장의 경우 취수장 준공이후 취수구 주위의 퇴사문제로 지속적인 취수장애가 발생하여왔다. 취수 중단사태의 방지를 위한 일환으로 1987년 이후 매년 2회 정도 취수구 주변 및 착수정내 퇴사 준설작업을 실시하고 있으나, 이제는 일시적인 문제 해결이 아닌 취수구 주변의 장기적인 퇴사 및 유사방지 대책의 수립이 요구되고 있다. 더욱이 퇴사에 의한 저니 오염도를 조사한 결과를 보면 타 취수장에 비해 장기적으로는 수질에 악영향이 미칠 가능성이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 취수구 퇴사문제는 금강취수장 뿐만 아니라 전국의 여러 취수장에서 나타나는 현상으로 특정 취수장에 대한 검토 뿐만 아니라 일반 취수장 주변에서의 퇴사에 의해 발생하는 침사지내의 퇴사 방지, 취수구 주변 퇴사에 의한 취수장애를 장기적으로 해결할 수 있는 경제적이고 효과적인 장기 대책방안의 제시가 요구되고 있는 실정이다.

유사에 대한 실제적용의 한계성 때문에, 다양한 유사 저감기법방안에 대한 최종적인 검토를 위해서는 수리모형실험이 필수적이다. 본 연구에서는 수치 모의기법을 적용하여 취수장 주변에서 퇴사 및 부유물질의 유입 저감기법에 대한 검토를 실시하였다. 또한 유사의 퇴적 및 유입방지를 수리 시설물 설치에 따른 취수장 상하류의 하천공학적 안정성을 검토하여 유사 저감기법에 대한 일반적인 기초자료를 제공하였다. 지난 20여년동안 하상변동의 모의를 위한 1차원 모형의 대표적인 예로서는 FLUVIAL-12(Chang과 Hill, 1976), HEC-6(Thomas와 Parashum, 1977), IALLUVIAL(Karim과 Kennedy, 1982), CHARIMA(Holly 등,

1990)등이 있다.

1차원모의는 하상중단현상에 대한 장기적인 예측에는 비교적 합리적인 결과를 제시하였으나, 2차원 이상에 대한 유사문제해결이 필요한 경우에는 적용될 수 없었다. 따라서, 준2차원적 모형인 GSTARS(Molinas와 Yang, 1986)와 2차원 모형인 TABS2(Thomas와 McAnally, 1990), MOBED2(Spasojevic와 Holly, 1988) 모형 등이 개발되었다. 본 연구를 통한 2차원 하상변동에 대한 수치모형의 적용성 검토는 취수구 주변에서의 유사저감기법에 대한 기초자료를 제시할 것으로 판단되었다.

## 2. 수치해석모형

### 2.1 동수역학적 해석

본 연구에서는 유사이송의 2차원 수치해석을 위해서 TABS2와 그 기본 알고리즘은 유사하지만, King(1975, 1977, 1980)에 의해 독자적으로 발전되어진 RMA모형을 적용하여 해석하였다. 2차원 동수역학흐름시 난류흐름에 대한 Smagorinski 항을 추가하였으며, 각각의 요소에 대해서 수위-유량 곡선의 입력이 가능하였으며, 9개의 절점의 해석이 가능하게 되었다. 또한 다양한 입력자료들을 각각의 파일로 처리함으로써 입력이 용이하였으며, wetting/drying 상태의 모의를 좀더 합리적으로 함으로서 하도변화에 대한 수심과 하상의 변화를 모의할수있었다(King, 1996). RMA모형은 2차원 유한요소 모형으로서 혼합보간기법을 적용하며, Galerkin 방법에 의해 그 해를 구한다. 본 연구에서 적용된 2차원 유한요소모형은 동수역학적 모형과 유사이송모형으로 구성되어 있다. 동수역학적 모형은 수심평면을 취한 2차원 연속방정식과 운동방정식을 이용하여  $x, y$  방향의 유속과 수심을 결정하며, 유사이송모형은 동수역학적 모형에서 계산된 자료를 기초로 하여 수심평면치를 취한 2차원 이송 확산방정식을 해석하여 대상지점에서의 유사특성을 규명한다.

동수역학적 해석을 위한 연속방정식과 운동량방정식은 식 (1)~(3)과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} + h \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = 0 \quad (1)$$

여기서,  $u, v$  는  $x, y$  방향의 유속,  $h$  는 수심,  $z_0$  는 바닥표고,  $\epsilon_{xx}, \epsilon_{xy}, \epsilon_{yx}, \epsilon_{yy}$  는 와점성계수이며  $C_h$  는

$$\rho(h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} + gh(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z_0}{\partial x}) + \frac{g}{C_h^2} |u| |V| + uq_s - \Omega vh) - h \frac{\partial}{\partial x} (\epsilon_{xx} \frac{\partial u}{\partial x}) - h \frac{\partial}{\partial y} (\epsilon_{xy} \frac{\partial u}{\partial y}) - W_x = 0 \quad (2)$$

$$\rho(h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} + gh(\frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial z_0}{\partial y}) + \frac{g}{C_h^2} |v| |V| + vq_s - \Omega uh) - h \frac{\partial}{\partial x} (\epsilon_{xy} \frac{\partial v}{\partial x}) - h \frac{\partial}{\partial y} (\epsilon_{yy} \frac{\partial v}{\partial y}) - W_y = 0 \quad (3)$$

Chezy 계수,  $V = \sqrt{u^2 + v^2}$ ,  $q_s$ 는 지류유입량,  $\Omega$ 는 Coriolis 계수,  $W_x, W_y$ 는 바람에 의한  $x, y$ 방향의 응력을 나타내고 있다.

## 2.2 유사이송 해석

유사이송 해석을 위한 지배방정식은 토사의 농도: 하상고에 대해 독립적이라는 가정하에 수심평균을 취해 구할 수 있다. 유사이송을 위한 연속방정식과 이송 확산 방정식은 식 (4), (5)와 같다.

$$h(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial t} - q_r = 0 \quad (4)$$

여기서,  $q_r$ 는 단위면적당 유사유입률이다.

여기서,  $C$ 는 유사의 농도,  $D_{xx}, D_{xy}, D_{yy}$ 는 각방향의 난류확산계수,  $K$ 는 감소계수,  $h$ 는 수심,  $S$ 는 하상토의 침식량(+) 또는 퇴적량(-)이다.

이송 확산방정식을 연속방정식에 대입하면, 식 (6)이 구해진다.

하상에서의 토사의 유송은 토사의 측정치와 흐름매개변수에 의해 결정되는데 하상유사의 침식량(+) 또는 퇴적량(-)은 식 (7)과 같다.

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t} + u \frac{\partial(hC)}{\partial x} + v \frac{\partial(hC)}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} (D_{xx} h \frac{\partial C}{\partial x} + D_{xy} h \frac{\partial C}{\partial y}) - \frac{\partial}{\partial y} (D_{xy} h \frac{\partial C}{\partial x} + D_{yy} h \frac{\partial C}{\partial y}) - KhC - hS = 0 \quad (5)$$

$$h(\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y}) - \frac{\partial}{\partial x} (D_{xx} h \frac{\partial C}{\partial x} + D_{xy} h \frac{\partial C}{\partial y}) - \frac{\partial}{\partial y} (D_{xy} h \frac{\partial C}{\partial x} + D_{yy} h \frac{\partial C}{\partial y}) + (q_r - Kh)C - hS = 0 \quad (6)$$

$$S = \frac{C_{eq} - C}{t_c} \quad (7)$$

여기서,  $S$ 는 하상의 침식률(+) 또는 퇴적률(-),  $C_{eq}$ 는 평형농도 ( $mg/l$ ),  $C$ 는 수중 유사농도 ( $mg/l$ ),  $t_c$ 는 천이상태에 대해 영향을 미치는 특성 시간 (sec)이다.

하상전단속도  $u^*$ 는 Manning의 전단응력 방정식을 사용해서 식 (8)에 의해 계산된다.

$$u^* = \frac{ng^{0.5}V}{d^{1/6}} \quad (8)$$

여기서,  $n$ 은 Manning의 조도계수,  $d$ 는 수심 (m)이다.

### (1) 하상퇴적

평형 유사농도가 수중 유사농도보다 작을 때 퇴적이 발생한다. 따라서 특성시간은 시간간격이 유사입자가 전체수심의 일정비율을 침강할 때 소요되는 시간을 초과할 경우 침강속도의 함수이며 식 (9)의 형태를 따르게 된다.

$$t_c = C_d \frac{d}{V_s} \quad \text{또는} \quad \Delta t \quad \text{보다} \quad \text{큰} \quad \text{값} \quad \text{을} \quad \text{취} \quad \text{한} \quad \text{다.} \quad (9)$$

여기서,  $C_d$ 는 퇴적계수,  $V_s$ 는 침강속도 (m/sec),

$\Delta t$  는 계산시간간격 ( sec )이다.

(2) 하상침식

평형유사농도가 수중유사농도보다 높을 때 침식이 발생한다. 따라서 특성시간은 복잡한 함수형을 가지게 되는데 식 (10)과 같은 경험적인 식이 적용된다.

$$t_c = C_e \frac{d}{V} \text{ 또는 } \Delta t \text{ 보다 큰 값을 취한다. (10)}$$

여기서,  $C_e$  는 침식계수,  $V$  는 하상부근에서의 유속 ( m/sec )이다.

(3) 하상의 구조

하상은 초기두께를 가지고 주어지며, 퇴적은 새로운 하상층을 형성한다는 가정하에 퇴적으로 인한 두께증가 또는 침식으로 인한 감소는 식 (11)과 같다. 만약 침식중에 하상두께가 0보다 작은 값으로 감소할 때에는 하상두께가 유입율을 감소시키는데 기인한다.

$$\Delta b = \delta \Delta t / (0.4 \rho_s) \text{ (11)}$$

여기서,  $\Delta b$  는 추가되는 퇴적유사의 두께 ( m ),  $\delta$  는 유사의 유입율 ( kg/s/m<sup>2</sup> ),  $\rho_s$  는 유사의 밀도 ( kg/m<sup>3</sup> )이다.

### 3. 금강유역에 대한 적용

#### 3.1 대상구간 및 기본자료

본 대상구간인 금강유역의 부여취수장 주변에 대한 동수역학적 흐름특성과 유사이송 특성을 규명하기 위해서 조사지점에 대한 현지답사, 취수구 주변에서의 유사량 산정을 위한 유사량 채취 및 2차원 수치모의를

위한 기초자료를 건설부, 부여취수장, 한국수자원공사, 부여군청, 공주시청 등으로부터 수집하였다. 특히 과거 취수탑 주변지점에 대한 최신 하상면동 실측치를 보면 1984년부터 1988년까지 4년에 걸쳐 0.88 m에서 1.40 m로 약 0.52 m 퇴적이 발생되어 평균적으로 0.13 m/yr의 퇴적이 진행되었다.

대상구간은 그림 1에서 보는 바와 같이 상류단인 호암면 지천 합류 하류부로 부터 하류단인 백제대교까지의 5 km 구간을 설정하였다. 금강 분류부에서의 수치지도를 구축하기 위해서 국립지리원 발행 1/5,000 지형도상에서의 현지지점을 확인하였고, 취수장을 포함한 지형도의 조합 및 대상구역의 확인 및 지형도상에서의 유황조건에 따른 하도 및 홍수터의 경계를 설정하였다.

최근 현지에서 실측된 측량 자료에 의한 각 지점의 표고를 산정하였다. 부여취수장 상류부 하상자료는 1996년 한국수자원공사에서 실시한 부여취수장주변의 측량자료를 이용하였다. 이 자료는 1/1,200 축척의 평면도, 1/100 축척을 가진 25개 지점에 대한 하천횡단도 및 1/1,000 축척의 하도방향 종단도로 구성되어 있다. 부여취수장 하류부 자료는 준설을 위해 1996년 부여군청에서 수행한 측량자료를 이용하였는데 1/3,000 축척의 평면도, 1/100 축척을 가진 50개 지점의 하천횡단도 및 1/1,000 축척의 하도방향 종단도로 구성되어 있었다.

대상 하도구간에 대한 2차원 동수역학적 해석을 위해서 유황조건 100년 빈도 홍수량 조건에 대해서 검토하였다. 과거 11년간의 유황조건을 기초로 하여 1년간의 유황조건으로서 200 m<sup>3</sup>/sec 가 지속기간 252일간 계속되고, 그 후 1,000 m<sup>3</sup>/sec 가 지속기간 50일간

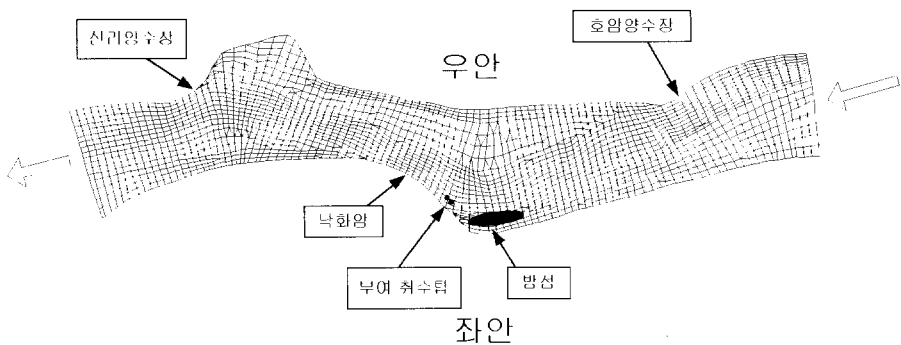


그림 1. 대상 하천의 유한요소망

4,000  $m^3/sec$  가 지속기간 9일간, 다시 1,000  $m^3/sec$  가 지속기간 54일간 계속되는 유량조건에 대해서 모의수행하였다. 본 모의수행에서는 각 지속시간이 경과한 후에는 다시 변화된 하상지형조건으로 입력처리하여 실제자연현상을 재현하는 과정을 도입하여 하상변동 및 유량조건을 적용하였다. 홍수량의 경우인 12,030  $m^3/sec$  유량조건은 설계빈도 100년에 해당되므로 이 경우 규암수위표 지점의 대표난위도를 이용하여 지속시간 15시간에 대해서 모의수행하였다. 모의를 위한 Manning의 조도계수는 평수시의 주수로모드는 0.025, 홍수시의 좌우 홍수터는 0.035의 값이 사용되었다(건설부, 1988). 모의된 유량조건 12,030  $m^3/sec$ 의 경우에는 계산요소와 절점의 수가 각각 2,068 개와 6,321 개가 사용되었다.

하류단 수위조건은 1995년 이후 사용되고 있는 식 (12)와 같은 규암지점의 수위 유량관계곡선을 적용하였다(건설교통부, 1995). 여기서, 규암지점의 영점표고는 0.76 m 이다.

$$Q = 53.313 \times G^{2.16} \quad (G > 0.8) \quad (12)$$

식 (12)에 의해서 절대수위  $H(m)$ 는  $(G+0.76)$ 으로 구할 수 있다.

그림 2는 취수정이나 취수탑내에 퇴적되는 유사 및 취수지점 주변 상하류의 하상토를 채취하여 분석한 각 시료의 입도분포를 나타내고 있다. 취수탑 상하류의 하상토를 채취, 분석한 결과 통과율의 평균치는  $D_{35} = 0.65mm$ ,  $D_{50} = 0.82mm$ ,  $D_{65} = 1.10mm$ ,  $D_{85} =$

1.80mm,  $D_{90} = 2.40mm$ 로서 본 모형에서는 평균입경 0.82 mm를 적용하였다.

유입유사량의 조건은 식 (13)의 유량-유사량 조건식을 적용하였다(건설부, 1988).

$$Q_s = 1.738 \times Q_w^{1.43} \quad (13)$$

여기서,  $Q_s$ 는 유사량( $ton/day$ ),  $Q_w$ 는 유량( $m^3/sec$ )이다.

유사입자의 평균적인 침강속도의 계산은 입자크기가 1 mm 보다 작은 경우, 식 (14a), (14b)와 같이 기술되는 Rubey(1933)의 공식을 적용하였다.

$$\omega = F \left[ dg \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \right]^{1/2} \quad (14a)$$

$$F = \left[ \frac{2}{3} + \frac{36\nu^2}{gd^3(\gamma_s/\gamma - 1)} \right]^{1/2} - \left[ \frac{36\nu^2}{gd^3(\gamma_s/\gamma - 1)} \right]^{1/2} \quad (14b)$$

여기서,  $\omega$ 는 침강속도( $ft/sec$ ),  $d$ 는 입자의 직경( $ft$ ),  $\nu$ 는 동점성계수( $ft^2/sec$ ),  $\gamma$ 는 물의 단위중량( $lb/ft^3$ ),  $\gamma_s$ 는 토사입자의 단위중량( $lb/ft^3$ ),  $g$ 는 중력가속도( $ft/sec^2$ )이다.

### 3.2 동수역학해석

100년 빈도 홍수량조건인 12,030  $m^3/sec$ 의 경우에 대한 동수역학 해석결과를 그림 3과 4에 나타나 있다.

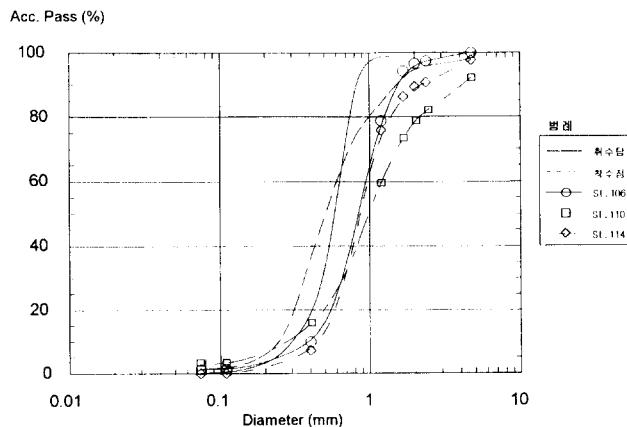


그림 2. 취수탑, 취수정 및 취수지점 상하류의 유사입도분포도

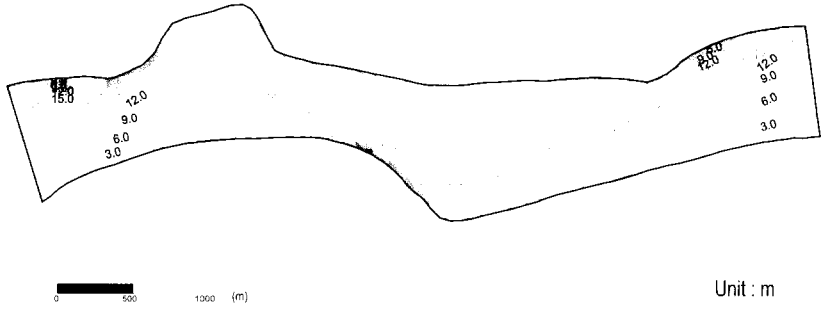


그림 3. 100년 빈도 홍수량 조건에 대한 수심분포도

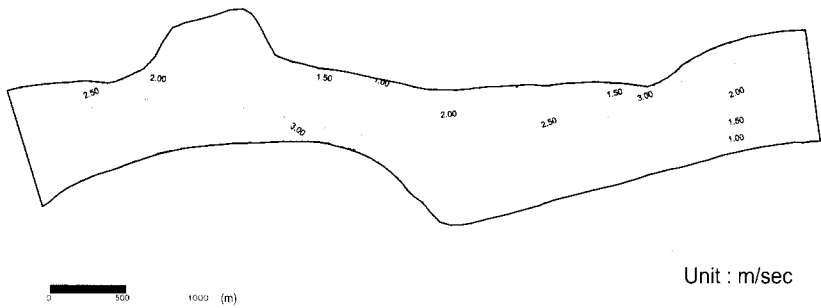


그림 4. 100년 빈도 홍수량조건에 대한 등유속선도

취수구 횡단상에서는 우측 홍수터의 범람으로 인해서 범람부의 유속과 수심은 큰 폭으로 증가하였다. 취수구 지점에서의 수심은 13.39 m, 유속은 1.08 m/sec로 보였었는데, 유량증가에 따른 수위의 증가는 크게 나타났으나, 유심선이 홍수터 부근의 오른쪽으로 이동됨으로서 유속의 증가는 작게 나타났다. 그림 4는 등유속선을 나타내고 있는데, 상류부 우안부의 호암리 양수장부근, 중류부 좌안부의 쌍북리 낙화암부근에서 유속이 3.0 m/sec 이상으로 나타났으며, 하류부 우안부의 진별리 신리양수장부근이 2.5 m/sec의 유속이 나타났

### 3.3 유사이송해석

대상유역에 대한 유량 규모별 유사이송 해석을 위해서 2차원 유속 및 수위에 대한 계산결과를 기초로 하여 2차원 동수역학적모형에 의한 침식 및 퇴적양상에 따른 2차원 하상변동을 모의수행 하였다. 2차원 하상변동의 수치모의를 위해서 본 연구에서는 Brownlie (1981) 공식 등을 이용하여 해석하였다. 이 공식은 실험결과와 현장자료에 대해 차원해석과 다중회귀분석에

의한 관계식으로써 실제자료와의 검증결과를 합당한 범위에 수렴하며 개수로내에서 통계학적 분석에 의해 토사량이 합리적으로 정확하게 예측되는 것으로 알려져 있다. 제안된 해석기법은 식 (15)와 같이 기술된다.

$$C = 7115 C_F (F_K - F_{K0})^{1.978} S^{0.6601} \left(\frac{d}{D_{50}}\right)^{-0.3301} \quad (15a)$$

$$F_K = \frac{V}{\sqrt{g(s-1)D_{50}}} \quad (15b)$$

$$F_{K0} = 4.596 \tau_{*0}^{0.5293} S^{-0.1405} \sigma_g^{-0.1636} \quad (15c)$$

$$\tau_{*0} = 0.22 Y + 0.06(10)^{7.7Y} \quad (15d)$$

$$Y = (\sqrt{s-1} R_K)^{0.5} \quad (15e)$$

$$R_K = \frac{\sqrt{gD_{50}^3}}{\nu} \quad (15f)$$

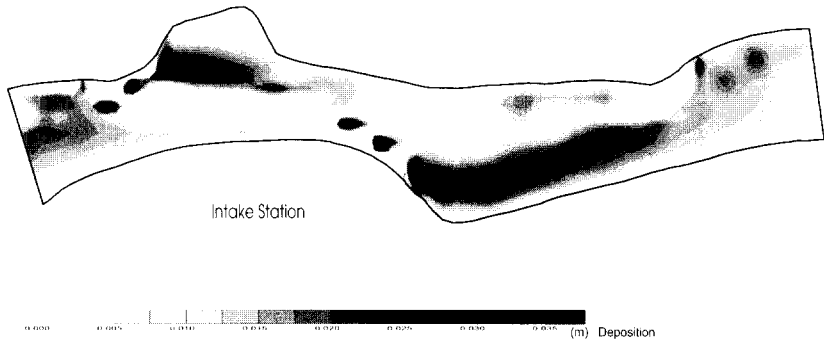


그림 5. 100년 빈도 홍수량조건에 대한 퇴적양상

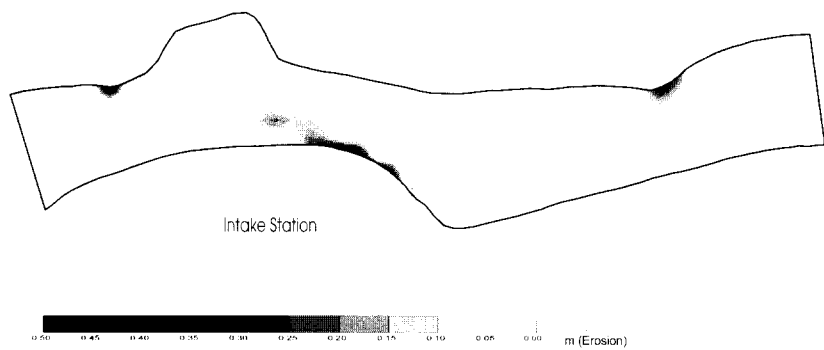


그림 6. 100년 빈도 홍수량조건에 대한 침식양상

$$C_F = 1.0 \quad (\text{가상 흐름}) \quad (15g)$$

$$= 1.268 \quad (\text{실제 흐름})$$

여기서,  $C$ 는 소류사의 농도(부체에 의한 농도),  $F_g$ 는 입자 Froude 수,  $F_{s0}$ 는 초기운동에 대한  $F_g$ 의 값,  $d$ 는 흐름의 수심,  $s$ 는 토사입자의 비중,  $\sigma_g$ 는 하상토의 표준편차,  $g$ 는 중력가속도를 나타낸다. 본 모의에 있어서, 식 (9), (10)의 퇴적계수와 침식계수에는 Thomas와 McAnally(1985)가 제시한 1.0과 10.0이 각각 적용되었다.

그림 5, 6은 대상하천유역에 대한 퇴적 및 침식양상을 도시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 이 하천에 대한 퇴적양상은  $12.030 \text{ m}^3/\text{sec}$  홍수량 조건이 15시간 계속되는 상황하에서는 하천전반에 걸친 퇴적과 침식양상이 나타났으며, 특히 취수구 부근에서의 퇴적양상은 주어진 유량조건하에서 비교적 크게 나타나고 있어, 당초 본 취수구의 설계당시 2차원 하상변동에

대한 검토가 부족했던 것으로 사료되었다.

하상침식의 경우 유량증가에 따라 국부적이기는 하나 침식이 증가되고 침식범위가 넓어지는 양상을 나타내고 있었다. 특히 상류부 우안부의 호암리 호안양수장 부근, 중류부 좌안부의 쌍북리 낙화암 부근, 하류부 우안부의 진변리 신리양수장 부근에서 침식현상이 크게 나타난 것은 전반적인 이 지역에서의 유향이 적절하게 반영된 것으로 판단되었고, 침식양상은 정상적인 면에서 실제상황을 잘 모의하고 있었다. 또한 부여군의 준설담당자들의 의견을 종합하면 이 유역에서 퇴적양상이 매우 지배적인 것을 확인할 수 있었다. 이는 본 연구결과와 정상적인 면에서 일치되고 있었고, 전반적인 하상변동의 모의는 타당한 것으로 나타났다.

#### 4. 취수구 상하류부 하도조절

본 부여취수장에서의 수제공설지, 밤섬제기 및 이들 대안의 동시시행에 따른 동수역학적 흐름특성과 유사 이송 특성을 구명하기 위해서 2차원 모형에 의한 수치

모의를 실시하였다.

#### 4.1 수제공 설치의 경우

본 부여취수장 주변에서의 수제공 설치에 따른 동수역학적 흐름특성과 유사이송 특성을 규명하기 위해서 2차원 모형에 의한 수치모의를 실시하였다. 수제공의 규모는 하안으로부터 흐름의 유향을 변동시킬 수 있는 규모로 설정하였는데 수제공의 규모(가로×세로)는 각각  $350 \times 10 \text{ m}$ ,  $270 \times 10 \text{ m}$ ,  $228 \times 10 \text{ m}$ 로 하였으며 각각의 수제공 사이의 간격은  $220 \text{ m}$ ,  $170 \text{ m}$ 이다.

그림 7~10에서 보는 바와 같이 수제공 설치에 따라  $12,030 \text{ m}^3/\text{sec}$  유량조건에서는 수제공 배면에서의 와류가 매우 활발하게 나타났고 수제공 하류부에서 주하도부의 유속 및 유향도 크게 변화시키고 있었다. 수심분포의 경우 각 유량조건에서 수제공 주변에서의 수심변동을 합리적으로 모의하고 있었고, 이것이 취수구 지점 및 그 하류부에서의 수심변동에 미치는 변화폭이 크게 나타났다. 수제공 설치후  $12,030 \text{ m}^3/\text{sec}$  유량조

건하에서 취수구 지점에서의 유속은  $0.91 \text{ m/sec}$ , 수심은  $13.53 \text{ m}$ 로 나타났다. 따라서, 수제공 설치에 따라 설치 이전에 비해 유속의 경우  $0.17 \text{ m/sec}$ 의 감소를 나타냈고, 수심의 경우  $12,030 \text{ m}^3/\text{sec}$  유량조건하에서  $0.14 \text{ m}$ 의 증가를 나타내고 있다.

이와 같은 현상은 이 구간의 만곡부 지형특성에 대한 유속과 유향특성에 기인한 것으로 사료된다. 100년 빈도 홍수량 조건하에서 하상침식은 수제공 설치에 따라 침식범위가 넓어지는 양상을 나타내고 있었으며, 수제공 배면에서는 유속변동에 따른 퇴적현상이 뚜렷하게 나타났다. 취수구 상류부의 주하도, 호암양수장 부근, 낙화암 부근, 신리양수장 부근에서 침식현상이 크게 나타난 것은 이 지역에서의 유향특성이 적절하게 반영된 것으로 사료되었고, 전반적인 퇴적 및 침식양상이 안정적인 면에서 비교적 실제상황을 잘 모의하고 있는 것으로 판단되었다.

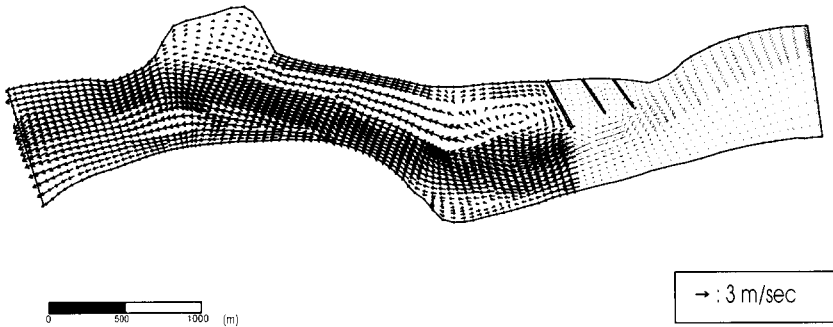


그림 7. 수제공 설치에 따른 유속분포도

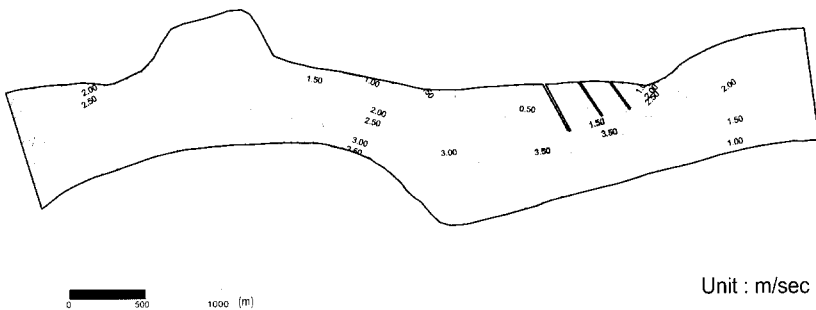


그림 8. 수제공 설치에 따른 등유속선도





그림 9. 수제공 설치에 따른 퇴적양상

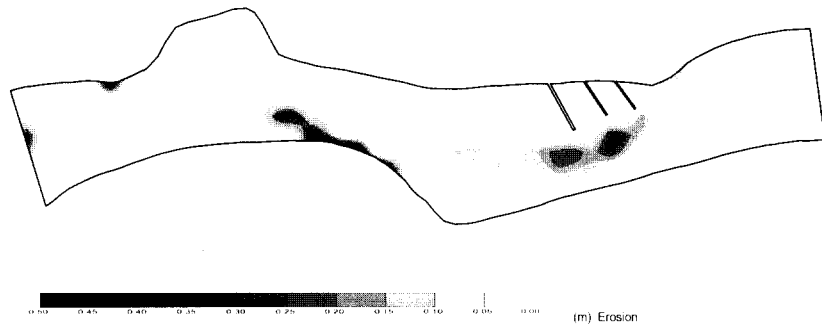


그림 10. 수제공 설치에 따른 침식양상

#### 4.2 밤섬 제거의 경우

본 부여취수장 주변의 밤섬 제거에 따른 동수역학적 흐름특성과 유사이송특성을 규명하기 위해서 2차원 모형에 의한 수치모의를 실시하였다. 요소의 격자에서 밤섬에 해당하는 부분의 하상고를 주위의 하상고와 대등하게 변환함으로써 밤섬의 제거를 모의할수있었다. 그림 11~13은 밤섬 제거에 따라 12,030  $m^3/sec$  유량 조건하에서 등유속도, 퇴적양상 및 침식양상을 각각 나타내고 있는데, 밤섬 제거에 따른 유속 및 수심변동 특성은 밤섬주변에서만 국부적으로 나타났다.

밤섬 제거에 따라 지속시간 15시간의 12,030  $m^3/sec$  유량조건하에서 유속은 0.32  $m/sec$ , 수심은 12.91  $m$ 로 나타났다. 따라서, 밤섬 제거에 따라 제거 이전에 비해 유속의 경우 각각 0.08  $m/sec$ , 0.05  $m/sec$ 의 감소를 나타냈고, 수심의 경우 각각 4.71  $m$ , 4.70  $m$ 의 증가를 나타내고 있어 유속의 감소영향은 작게 나타났고, 수심의 증가는 크게 나타났다.

밤섬 제거에 따라 취수구 지점에서 12,030  $m^3/sec$  유량조건하에서 유속은 1.10  $m/sec$ , 수심은 13.39  $m$ 로 나타났다. 밤섬 제거에 따라 제거 이전에 비해 유속의 경우에만 0.02  $m/sec$ 의 증가를 나타냈으며, 수심에 미치는 영향은 거의 없었다.

밤섬 제거가 하상변동에 미치는 영향은 밤섬부근에 한해서만 국부적으로 나타나는 것으로 나타났다. 밤섬 지점에서 12,030  $m^3/sec$  유량조건에서의 퇴적고도는 0.022  $m$ 로서 이는 밤섬 제거 이전의 0.015  $m$ 에 비해서 0.007  $m$  정도 증가하는 것으로 나타났다. 밤섬 제거에 따른 하상변동의 영향이 밤섬부근에만 국한되고 있는 것은 대상 구간에서의 만곡부 지형특성에 대한 유황 특성에 기인한 것으로 판단된다. 즉, 상류부 우안부의 호암리 호암양수장 부근에서 시작되는 주수로를 포함한 유황은 중류부 좌안부의 쌍북리 낙화암 부근을 거쳐, 하류부 우안부의 진변리 신리양수장 부근을 통해 백제대교 하류부로 유하하고 있으므로 밤섬이 주 방향 유황에 그다지 영향을 미치지 못하기 때문이

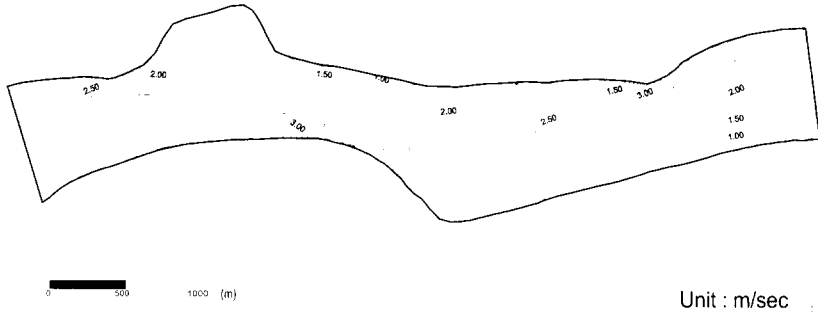


그림 11. 받섬 제거에 따른 등유속선도



그림 12. 받섬 제거에 따른 퇴적양상

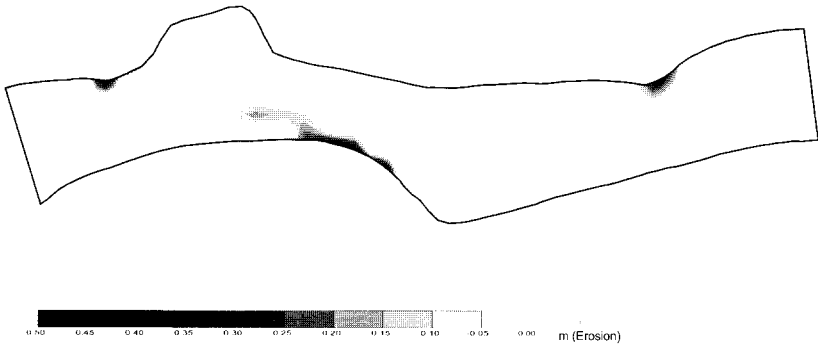


그림 13. 받섬 제거에 따른 침식양상

다.

또한, 홍수시의 홍수터의 범람이 하천 상류부에서는 우안부로 크게 확장되며, 좌안부로의 확대는 매우 적게 나타나 있어 받섬 제거가 이 유역에서의 유황변동과 하상변동에 미치는 영향은 작으며, 인위적으로 받섬을 제거한다 하더라도 받섬이 있던 위치는 또 다시 퇴적이 발생할 것으로 예측되어 받섬만의 제거는 유사조건

에 도움을 주지 못하는 것으로 판단되었다.

#### 4.3 수제공 설치 및 받섬 제거의 경우

본 부여취수장 주변에서의 수제공 설치와 받섬제거에 따른 동수역학적 흐름특성과 유사이송 특성을 규명하기 위해서 2차원 모형에 의한 수치모의를 실시하였다.

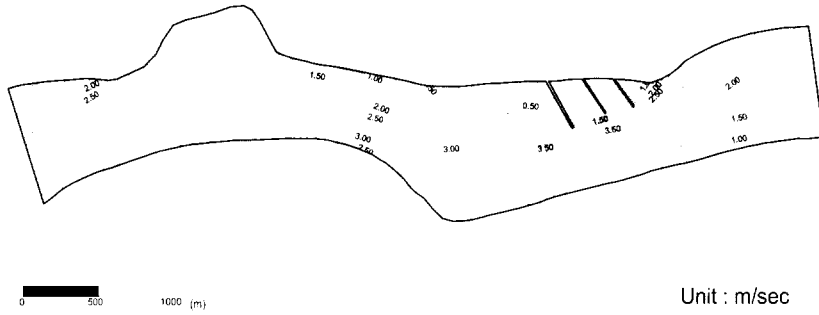


그림 14. 수제공 설치와 밤섬 제거에 따른 등유속선도

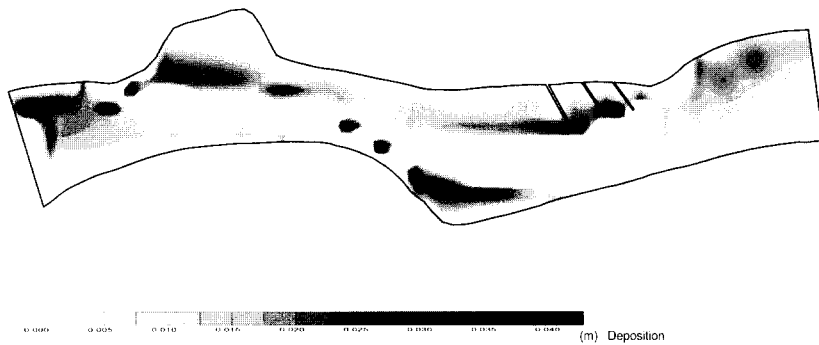


그림 15. 수제공 설치와 밤섬 제거에 따른 퇴적양상

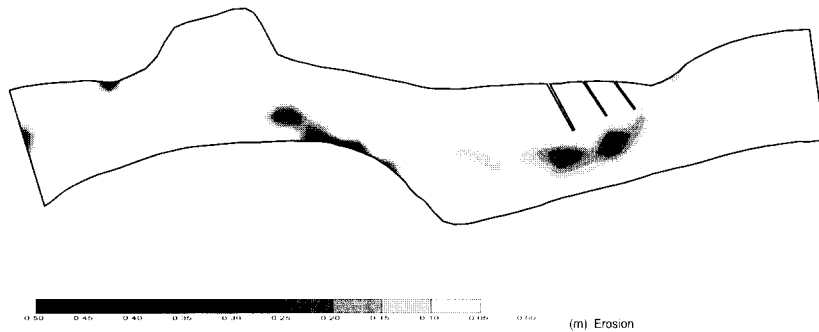


그림 16. 수제공 설치와 밤섬 제거에 따른 침식양상

그림 14~16는 수제공 설치와 밤섬제거에 따라 지속시간 15시간의  $12,030 \text{ m}^3/\text{sec}$  유량조건하에서 등유속선, 퇴적양상 및 침식양상을 각각 나타내고 있다.

4.2절에서 언급한 바와 같이 밤섬제거에 따른 이 유역에서의 유속 및 수심분포 등의 유황변동과 퇴적 및 침식 등의 하상변동에 미치는 영향이 작게 나타났으므로 주된 영향은 수제공설치에 따른 것이고, 밤섬제거에

따른 효과는 미소한 것이었다. 수제공 설치와 밤섬제거에 따라 취수구지점에서  $12,030 \text{ m}^3/\text{sec}$  유량조건하에서 유속은  $0.88 \text{ m/sec}$ , 수심은  $13.53 \text{ m}$ 로 나타났다. 본 모의수행에서 이는 유량의 증대에 따라 유황변동과 하상변동에 있어 수제공의 영향은 비교적 크게 나타나는데 비해서, 밤섬제거는 밤섬부근 지점을 제외하면 유황변동과 하상변동의 효과가 거의 없기 때문이다.

## 5. 결 론

금강유역의 부여취수장부근에서의 하상변동을 모의하기 위해서 RMA모형을 적용하였다. 100년빈도 홍수량인  $12,030 \text{ m}^3/\text{sec}$  조건하에서 2차원 동수역학해석과 하상변동해석을 실시하였다.

물론 이러한 퇴적물이 연구대상구간 전체를 대변한다고 말할 수는 없지만 취수탑주변에서의 과거 하상변동에 의한  $0.13 \text{ m/yr}$ 의 퇴적률은 2차원 수치모형 결과 나타난  $0.15 \text{ m/yr}$ 의 퇴적률과 대체적으로 잘 일치하고 있었다. 취수구내로 유입하는 유사를 저감시키기 위한 방안으로 수세공 설치, 반점 제거 및 이들의 동시 적용의 경우에 대한 하상변동을 모의하였다.  $12,030 \text{ m}^3/\text{sec}$  유량조건하에서는 수세공 설치의 경우 수세공 하류부의 주하도부에서의 퇴적양상은 크게 감소하였고, 침식양상은 증가하여 취수구 상류부 주하도에서  $5\sim 20 \text{ cm}$ 에 달하는 큰 하상저하의 효과가 있을 것으로 판단되었다.

취수구 상·하류부의 하천 및 하상변동 영향을 종합적으로 검토하면 수세공의 설치에 따라 하도단면에서의 하폭감소와 유속증가로 수로 중심부에서의 침식이 뚜렷하게 나타났고, 취수구 하류부에서는 흐름이 낙화암 부근에서 부딪쳐 나가는 현상으로 인해서 거의 동일한 효과를 나타냈다. 하도 전체적으로 보면 취수구 상류부에서의 지속적인 하상저하를 위해서 수세공의 설치에 효과가 있는 것으로 판단되었으며, 수로 전반에 걸친 하상저하의 영향이 발생하기 때문에 유람선 항로의 확보에도 효과가 있을 것으로 사료되었다.

## 참 고 문 헌

건설부 (1988). 금강수계종합정비계획보고서.  
 건설교통부 (1995). 금강수계주요지점유량측정보고서 (규암, 공주, 금남, 석화)  
 한국수자원공사(1996). 취수구 유사유입 저감기법 개발연구(1차년도)  
 한국수자원공사(1997). 취수구 유사유입 저감기법 개발연구(2차년도)  
 Brownlie, W.R. (1981). *Prediction of flow depth and sediment discharge in open channels*. California Institute of Technology - W.M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources. Report No. KH-R-43A.

Brownlie, W.R. (1981). *Alluvial channels: Compilation of alluvial channel data: Laboratory and field*. California Institute of Technology - W.M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources. Report No. KH-R-43B.  
 Chang, H.H., and Hill, J.C. (1976). "Computer modelling of erodible flood channels and deltas." *J. of the Hyd. Div., ASCE*, Vol. 102, No. HY10. pp. 132-140.  
 Holly, F.M., Yang, J.C., Schovarz, P., Scheefer, J., Hsu, S.H., and Einhellung, R. (1990). *CHARIMA: Numerical simulation of unsteady water and sediment movements in multiply connected networks of mobile-bed channels*. IIHR Rep. No. 343, The Univ. of Iowa, Iowa City, Iowa.  
 Karim, M.F., and Kennedy, J.F. (1982). *IALLUVIAL: A computer based flow and sediment routing for alluvial streams and its application to the Missouri River*. Iowa Inst. of Hyd. Res., Rep. No. 250, The Univ. of Iowa, Iowa City, Iowa.  
 King, I.P. (1996). *Update Documentation RMA2 A Two Dimensional Finite Element Model for Flow in Estuaries and Streams*. Dept. of Civil eng. Univ. of California Davis.  
 King, I.P. (1996). *Documentation RMA11 A Three Dimensional Finite Element Model for Water Quality in Estuaries and Streams*. Dept. of Civil eng. Univ. of California Davis.  
 King, I.P. (1980). "Finite element models for unsaturated groundwater zones." *Finite Elements in Water Resources, Proceedings of the 3rd International Conference*, Mississippi, U.S.A.  
 King, I.P. (1977). "Finite element models for unsteady flow routing through irregular channels." *Finite Element in Water Resources*, 4.165-4.184, Pentech Press, London.

- King, I.P., Norton, W.R., and Iceman, K.R. (1975). "A finite element solution for two-dimension stratified flow problems." *Finite Element in Fluids*, Vol. 1, pp. 113, John Wiley and Sons, London.
- Mollinas, A., and Yang, C.T. (1986). *Computer program user's manual for GSTARS*. U.S. Dept. of Interior Bureau of Reclamation Engrg. and Res. Ctr., Denver, Colo.
- Rubey, W.W. (1933). "Settling velocities of gravel, sand, and silt particles." *American Journal of Science*, Vol. 25, pp. 325-338.
- Spasojevic, M., and Holly, F.M. (1988). *Numerical simulation of two dimensional deposition and erosion patterns in alluvial water bodies*. IIHR Rep. No. 149, The Univ. of Iowa, Iowa City, Iowa.
- Thomas, W.A., and McAnally Jr., W.H. (1990). *User's manual for the generalized computer program system open channel flow and sedimentation TABS-2*. Waterways Experiment Station, US Army Corps of Engineers, Vicksburg, Mississippi.
- Thomas, W.A., and Parashum, A.L. (1977). "Mathematical model of scour and deposition." *J. of the Hyd. Div.*, ASCE, Vol. 110, No. HY11. pp. 1613-1641.
- (논문번호:99-013/접수:1999.02.18/심사완료:1999.10.12)