

# RAMS를 이용한 탁수의 혼합거동모의 Simulation of Mixing Behaviour of Turbid Water Using RAMS

김지훈\*, 김영도\*\*, 류시완\*\*\*, 서일원\*\*\*\*

Ji Hoon Kim, Young Do Kim, Si Wan Lyu, Il Won Seo

## 요 지

하천, 호소 등에서 공사 시 준설작업으로 인해 고탁수가 발생되며 이러한 탁수의 이송·확산은 수환경에 변화를 초래한다. 탁수는 준설작업 시 커터헤드(cutter head)가 해저면에 닿는 순간부터 작동을 멈출 때까지 계속하여 발생하며, 이러한 과정들이 반복되면서 많은 양의 부유토사가 발생하게 되고 고탁수현상이 일어난다. 이렇게 발생한 탁수는 수체흐름에 따라 이송 및 확산된다.

탁수발생은 수중의 빛 투과를 감소시켜 일차 생산자인 부유성 및 부착조류의 생육을 저해하고, 이들의 생산성 감소와 군집구성의 변화는 수서생태계의 먹이사슬을 통해 이들을 먹이로 하는 저서무척추동물과 어류의 현존량 감소와 종 구성에 영향을 미치고, 고농도의 현탁 입자는 어류 아가미에 염증을 유발하거나 점막의 파괴와 감염을 유발하여 치사시킬 수도 있다. 또한 과도한 부유 입자는 하류로 침강되어 하천 바닥에 서식하는 부착조류, 무척추 동물 및 곤충의 생육에 피해를 주고, 이것은 어류의 먹이에 영향을 미쳐 어류 개체수를 감소시키거나 산란된 물고기 알을 매몰시키거나 질식시키는 등 여러 가지 방법으로 수서생물상에 영향을 미치게 된다.(낙동강수계관리위원회, 2005)

따라서 준설작업에 있어 탁수의 이송·확산범위를 사전에 예측하고 국내 실정과 환경여건에 알맞게 적용되고, 실용화될 수 있는 수치모델링에 대한 기반핵심 기술개발이 필요하다. 현재 낙동강에서 진행되고 있는 준설현장에서 발생하는 부유탁수의 이송·확산과정을 이차원 흐름해석모형인 RAM2 모형과 오염물 이송·확산해석모형인 RAM4 모형을 이용하여 수치해석을 하고 분석함으로써 수치해석에 의한 부유탁수의 이송·확산모의 결과가 환경영향 범위를 예측하는 데에 적용될 수 있는지를 알아보려고 한다.

**핵심용어 : RAM2, RAM4, 낙동강, 탁수**

## 1. 서론

준설작업으로 인해 많은 양의 부유토사가 발생되어 고탁수 현상이 일어난다. 이러한 현상은 수질과 주변 서식에 치명적인 손상을 입힐 수 있다. 준설작업에 있어 부유탁수의 이송-확산범위를 사전에 예측하고 국내 실정과 환경여건에 알맞게 적용되고, 준설로 인한 영향을 최소화시키는 방법과 일정 정도의 정확성을 갖는 영향 산정방법이 요구 되고 있다.

\* 정회원 · 인제대학교 환경학과 석사과정 · E-mail : [jkim83@ymail.com](mailto:jkim83@ymail.com)  
\*\* 정회원 · 인제대학교 환경공학부 조교수 · E-mail : [ydkim@inje.ac.kr](mailto:ydkim@inje.ac.kr)  
\*\*\* 정회원 · 창원대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : [siwan@changwon.ac.kr](mailto:siwan@changwon.ac.kr)  
\*\*\*\* 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : [seoilwon@snu.ac.kr](mailto:seoilwon@snu.ac.kr)

현재까지 우리나라에서 주로 사용되고 있는 2차원 수치해석모형은 미연방 도로국(U.S. Federal Highway Administration)과 연계하여 Brigham Young University의 Environmental Modeling Research Laboratory(EMRL)에서 개발된 SMS(Surface Water Modeling System)모형이다. SMS 모형 중 이송·확산 모형으로는 RMA-4가 포함되나 이 모형은 최신 수치기법을 반영하지 못하는 등의 문제점들로 인해 실제 물리적 현상 모의에 있어서 한계를 가지고 있다. 따라서 물리적 현상에 대한 적절한 모의를 위한 개선과정을 통하여 개발된 RAMS(River Analysis and Modeling System)모형의 이차원 흐름해석모형인 RAM2모형과 오염물 이송·확산해석모형인 RAM4모형을 이용하여 준설작업에 따른 부유탁수 영향범위를 예측하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

RAMS는 복잡한 지형과 흐름 조건을 갖는 자연하천의 흐름, 오염물질의 이송·확산, 하상변동을 모의할 수 있는 SU/PG기법을 이용한 2차원 유한요소 수치해석 프로그램이다. 이는 흐름해석모형인 RAM2, 수질해석모형인 RAM4, 하상변동해석모형인 RAM6 3개의 해석엔진 모듈과 이들을 연계하고 사용자의 편의를 도모한 그래픽 사용자환경의 전·후처리 모듈 RAMS-GUI로 구성되어 있다.

### 2.1 RAM4

반응항과 생성·소멸항을 포함하는 RAM4의 지배방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(huC) + \frac{\partial}{\partial y}(hvC) - \frac{\partial}{\partial x} \left[ h \left( D_{xx} \frac{\partial C}{\partial x} + D_{xy} \frac{\partial C}{\partial y} \right) \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[ \left( D_{yx} \frac{\partial C}{\partial x} + D_{yy} \frac{\partial C}{\partial y} \right) \right] - khC - Q = 0 \quad (1)$$

여기서  $C$ 는 수심 적분된 농도로서 사용자가 구하고자 하는 값이다.  $u$ 와  $v$ 는 수심 적분된 유속이고,  $h$ 는 수심이다.  $k$ 는 반응성 오염물질의 감쇄계수이며,  $Q$ 는 생성 또는 소멸 함수이다.  $D_{xx}$ ,  $D_{xy}$ ,  $D_{yx}$ ,  $D_{yy}$ 는 각 분산계수 텐서의 요소들로서 다음의 방정식에 의해 결정된다.

$$D_{xx} = D_L \frac{u^2}{U^2} + D_T \frac{v^2}{U^2}, \quad D_{xy} = D_{yx} = (D_L - D_T) \frac{uv}{U^2}, \quad D_{yy} = D_T \frac{u^2}{U^2} + D_L \frac{v^2}{U^2} \quad (2)$$

여기서  $U$ 는 함유속 벡터의 크기( $\sqrt{u^2 + v^2}$ )이며  $D_L$ 은 종분산계수,  $D_T$ 는 횡분산계수로 사용자에게 의해 입력된 값으로 정의된다.(이명은, 2007)

## 3. 수치모의

### 3.1 유한요소망 구성 및 흐름모의

본 연구에서는 낙동강 상류에 위치한 성주대교에서 약 600m아래로부터 하류방향으로 약 9km 구간을 선정하여 모의를 실시하였다. 연구 지역 지형구축은 낙동강하천정비기본계획(보완Ⅲ)(건설교통부, 1993)을 이용하였다. linear rectangular로 구성한 Element는 1715개, Node는 1968개이며, 연구지역과 유한요소망을 그림 1에 나타내었다. 유속장 모의를 위해 흐름모형인 RAM2를 모의하였으며 상·하류 경계조건으로 평수량과 평수위를 사용하였다. 유량은 74m<sup>3</sup>/s, 수위는 HEC-RAS

수행 결과인 EL. 14m를 사용하였다. Manning 조도계수  $n$ 값은 하천설계기준·해설(한국수자원학회, 2005)에 나와 있는 하천상태별 대략적인 조도계수 값을 종합적으로 고려하여 0.024로 설정하였다. 본 연구지역에는 백천, 신천, 하빈천 등의 지류가 유입되는데 본류유량에 비해 그 유량이 매우 작아 모의에 미치는 영향이 미미하다고 판단되어 본 연구에서는 생략하였다.

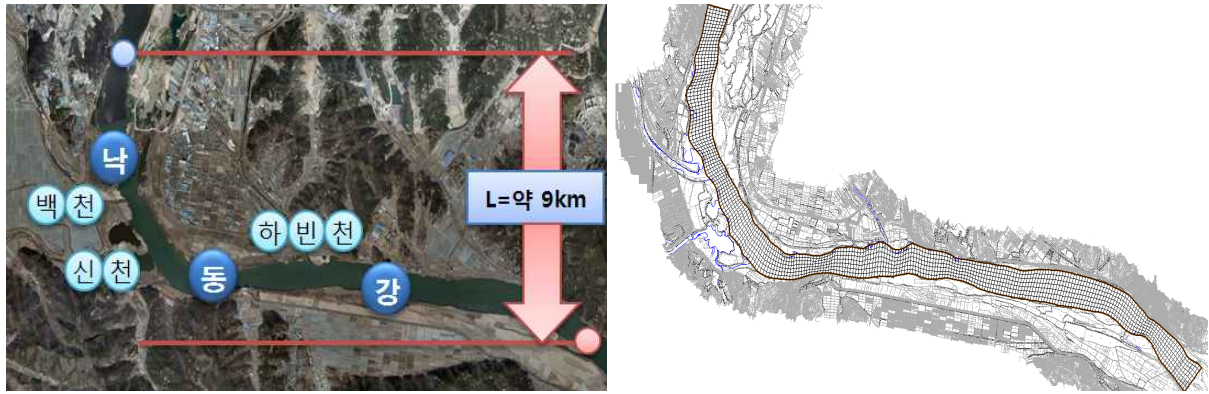


그림 1. 연구지역(Daum 지도) 및 유한요소망

### 3.2 매개변수 추정

본 연구지역 내에 위치한 수질측정망의 SS자료를 이용하여 매개변수를 추정하였다. 표 1은 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)의 2005~2009년까지(용암 : 2008~2009) 수질측정망별 SS 측정값을 나타낸 것이며, 그림 2는 수질측정망 위치를 나타낸 것이다.

표 1. 지점별 SS(부유물질,mg/L)측정값

지점명	측정년도					평균
	2005	2006	2007	2008	2009	
성주	17.8	15.1	13.3	8.25	11.2	13.1
용암	-	-	-	12.8	15.3	14.1
달성	16.1	14.2	11.1	6.7	14.6	12.5



그림 2. 수질 측정망 위치

보존성 오염물질인 SS의 경우 질량이 감소하지 않으므로 감쇠계수를 입력 하지 않았으며, 중분산계수와 횡분산계수는 실측값을 가장 잘 나타내는 값으로 중분산계수는  $10\text{m}^2/\text{s}$ , 횡분산계수는  $1\text{m}^2/\text{s}$ 를 사용하였다.

### 3.3 오염물 이송-확산모의

하도정비 시 즉 준설 시 공사강도( $\text{m}^3/\text{hr}$ )와 발생원단위( $\text{kg}/\text{m}^3$ )를 이용하여 부유토사 발생량( $\text{kg}/\text{hr}$ )을 산정하였다. 산정한 부유토사 발생량을 RAM4의 준설 시 부유토사 유입조건으로 하여 준설작업이 이루어질 때 부유토사의 혼합거동을 모의 보았다. 24시간을 주기로 총 48시간에 걸쳐 모의를 진행하였으며, 하루 24시간 중 18시간은 준설작업으로 인한 부유토사 유입이 이루어지며,

나머지 6시간은 공사중단으로 부유타사 유입이 이루어지지 않는 것으로 설정을 하였다. 그림 3에 모의 결과를 나타내었다.

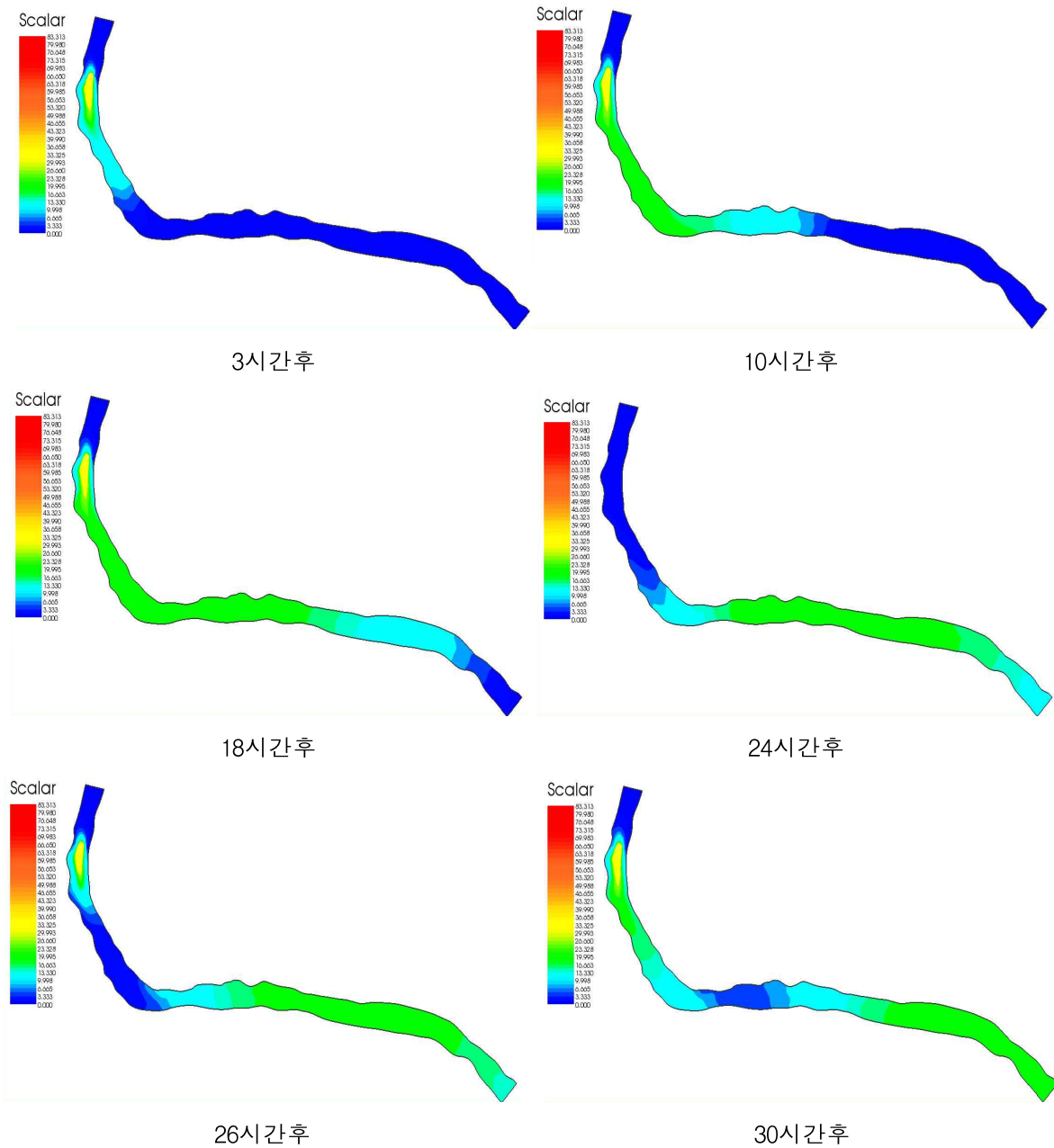


그림 3. 모의 결과

#### 4. 결론

본 연구에서는 준설현장에서 발생하는 부유타사의 이송·확산과정을 2차원 흐름해석모형인 RAM2 모형과 오염물 이송·확산해석모형인 RAM4 모형을 이용하여 수치해석을 하고 분석함으로써 수치해석에 의한 부유타사의 이송·확산모의 결과가 환경영향 범위를 예측하는 데에 적용될 수 있는지를 알아보고자 하였다. 먼저 연구지역 내에 위치한 수질측정망의 SS자료를 이용하여 매

개변수를 추정하였으며, 공사강도와 발생원단위를 이용하여 부유타사 발생량산정한 후 하루 24시간 중 18시간은 준설작업으로 인한 부유타사 유입이 이루어지고, 나머지 6시간은 공사 중단으로 부유타사 유입이 이루어지지 않는 것으로 총 48시간을 모의하는 시나리오를 구성하였다.

모의 결과 준설 작업 시에 부유타사의 이송·확산과정을 확인할 수 있었으며, 18시간이후 공사 중단으로 유입이 되지 않을 시에는 이송·확산과정이 일어나지 않다가 25시간이후 준설공사 재개 후 다시 부유타사의 이송·확산과정을 확인할 수 있었다. 이송·확산 방향도 수평, 수직방향이 아닌 흐름방향으로 이송·확산 되는 것을 볼 수 있었다. 본 연구의 결과를 바탕으로 준설 시 발생하는 부유타사의 이송·확산의 영향을 예측하는데 적용 될 수 있을 것으로 기대된다.

### 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 2-3-3; 과제명: RAMS 적용)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 건설교통부(1993), 낙동강하천정비기본계획(보완Ⅲ)
2. 낙동강수계관리위원회(2005), 하상교란(골재채취)이 하천생태계에 미치는 영향에 관한 연구 1차년도
3. 이명은(2007), Two-Dimensional Finite Element Model for Pollutant Transport Analysis. 박사학위논문, 서울대학교.
4. 한국수자원학회(2005), 하천설계기준·해설, 한국수자원학회