



2차원 하천해석 소프트웨어 -RAMS-



서 일 원 |

서울대학교 건설환경공학부 교수
seoilwon@snu.ac.kr



최 황 정 |

서울대학교 건설환경공학부 박사과정
hjeong@snu.ac.kr

1. 서론

국내의 경우 하천에서 오염물 거동해석은 주로 1차원적인 측면에서 수행되어 왔으나, 실제하천의 거동은 매우 복잡하고 다차원적이다. 또한 국내 특성상 취수장과 오염원이 하천의 동일구간 내에 존재하기 때문에 안정적인 수자원 확보를 위해서는 2차원 하천해석시스템을 이용한 정확한 하천수리모의가 필요하다. 특히 지속적이고 친환경적인 하천 지표수 개발을 위해서는 하천의 2차원적인 거동 해석이 필수적이며, 이에 근거하여 환경친화적인 지표수 개발방안이 수립되어야한다. 이러한 상황에 맞물려 국내 독자 기술을 통해 하천 흐름, 수질, 하상변동 해석을 수행할 수 있는 국내 최초의 2차원 하천해석 소프트웨어인 RAMS (River Analysis and Modeling System)가 개발되었다.

2차원 하천해석 국내 자체 개발 모형의 장점은 모형 확장의 용이성에 있다. 선진국에서 개발된 기술을 도입할 경우 국내하천 특성을 정확하게 반영하지 못

하는 단점과 함께 모형의 국내 하천 적용 시 발생할 수 있는 제반 문제들을 바로 수정 및 업데이트 할 수 없다는 문제점이 있다. 개발된 소프트웨어를 통하여 국내 하천관리 시스템 및 실시간 운영과의 연계 등이 용이해질 것으로 본다. 또한 이는 새로운 이론의 개발이나 국내하천에서 얻어진 경험식 등을 바로 소스 코드의 수정을 통해 가능케 할 수 있다. 또한 개발된 실용기술을 국내 하천관련 산업에 이용함에 따라 막대한 기술 수입료를 절감할 수 있을 뿐 아니라 선진 기술을 뒤따라가는데서 나아가 앞서 갈 수 있는 발판을 제공하는 데 의의가 있다.

RAMS는 2001년부터 시작된 교육과학부의 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환인 수자원의 지속적인 확보기술개발사업의 세부과제인 하천흐름 및 하상변동해석기술개발, RAMS 개발, RAMS 적용의 연구수행의 결과이다. 서울대학교의 서일원 교수를 연구책임자로, 경북대학교(한건연 교수), 연세대학교(최성욱 교수), (주)웹솔루션의 참여로 연구가 진행되고 있으며, 2006년 국내, 2007년 해외 베타버전이 출시되었으며 2011년 국내 상용버전 출시 예정이다.

RAMS는 복잡한 지형과 흐름 조건을 갖는 자연하천의 흐름, 오염물질의 이송·확산, 하상변동을 모의할 수 있는 SU/PG기법을 이용한 2차원 유한요소 수치해석 프로그램이다. 이는 흐름해석 모형인 RAM2, 수질해석 모형인 RAM4, 하상변동해석 모형인 RAM6 3개의 해석엔진 모듈과 이들을 연계하고 사용자의 편의를 도모한 그래픽 사용자 환경의 전·후처리 모듈 RAMS-GUI로 구성되어 있다(그림 1, 그림 2)(서일원 등, 2010).

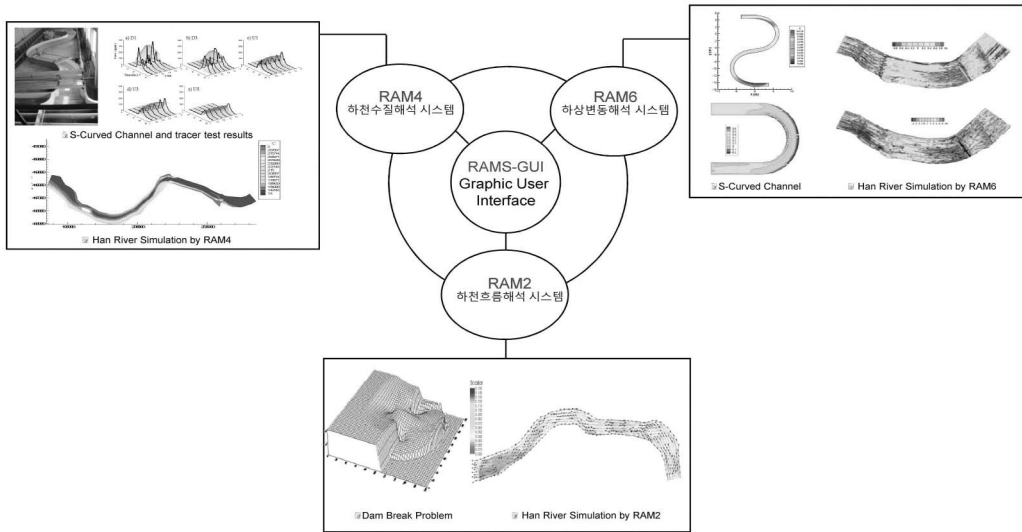


그림 1. RAMS 프로그램 개요도(서일원, 2011)

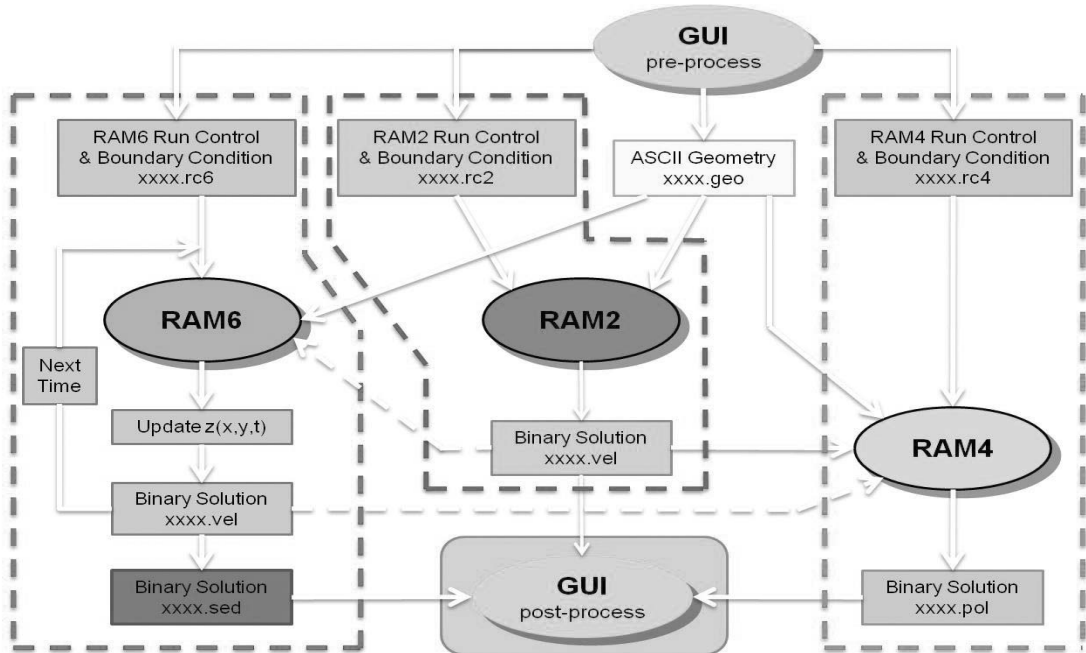


그림 2. RAMS flow chart(서일원, 2011)

2. RAMS 특징 및 적용범위

2.1 RAMS-GUI

RAMS-GUI는 하천 거동 수치해석을 위해 국내

최초로 개발된 2차원 격자망 생성기(Mesh Generator) 기능과 하천 모델링 수행에 필요한 GUI 기능, 그리고 입출력 자료를 그래픽으로 처리할 수 있도록 하는 전·후처리기(Pre&Post Processors)를 탑재한 사용자 인터페이스 프로그램이다.



RAMS-GUI의 특징 및 적용범위는 다음과 같다. SMS 모형과 비교한 GUI의 특징점은 표 1과 같다.

- 하천 해석을 위한 국내 최초의 2차원 Mesh generator
- JPG, TIF, DXF 파일 포맷 지원
- Scatter Point 및 Polygon을 이용한 자동 요소망 생성
- Structured 및 Unstructured 요소망 생성
- 요소망의 편집, 삭제, Undo, Redo 기능 지원
- 해석 결과에 대한 3차원 시각화 지원
- Contour, Vector, Animation 기능 지원
- TABS (RMA2, RMA4, SED2D) 모듈 지원

표 1. RAMS-GUI의 특징점

	SMS	RAMS
Mesh 생성 모듈	Mesh/Scatter/Map 모듈로 구성	단일 메쉬 생성 모듈
지원가능 메쉬 타입	Unstructured mesh	Structured & Unstructured mesh
메쉬 생성 기법	-Patch -Paving -Adaptive tessellation -Adaptive density -Scalar paving density	-Advancing front method -Paving method -Delaunay triangulation method -Algebraic interpolation method -Numerical method
메쉬 생성 컨셉	-Direct approach -Conceptual approach	-Manual generation -Automatic generation
부가 기능	해당 기능 미지원	-Undo/Redo -mesh data probe/extract -단축키 사용 가능 -View 기능과 mesh 기능 동시 사용 -마우스 오른쪽 버튼 기능 활성화
전후처리 기능	국내 사용자에게 의한 모형의 수정 및 확장 불가능	확장성 보장
결론	국내 사용자에게 대한 적용성이 떨어짐	국내 독자기술에 의한 2차원 모형개발

2.2 RAM2

RAM2는 SU/PG기법을 이용한 2차원 유한요소모형으로서 복잡한 지형 및 자연 하천구조의 동역학적인 흐름환경을 효과적으로 다루며 오염물질의 이송·확산 해석 및 유사이송 해석과 연계 가능하도록 개발

된 하천흐름 해석 수치모형이다. RAM2의 특징 및 적용범위는 아래 항목과 같으며, RMA-2 모형과 비교하여 RAM2의 특징점은 표 2와 같다.

- Deforming Grid 기법의 적용으로 마름/젖음 처리
- 상류(Subcritical Flow), 사류(Supercritical Flow)가 동시에 나타나는 천이영역(Transcritical Flow)에 대한 해석
- 난류 영향을 고려한 흐름양상을 합리적으로 재현
- 하천 구조물 주위의 급격한 흐름변화 해석
- 댐 및 제방 붕괴 해석
- 여울과 웅덩이가 있는 흐름해석

표 2. RAM2의 특징점

구분	SMS (RMA-2)	RAMS (RAM2)
변수	u, v, h	p, q, h
수치기법	혼합보간기법 (Bubnov-Galerkin)	SU/PG 기법
요소망의 구성	2차요소	선형요소 및 2차요소
사류 및 천이류해석	불가능	가능
급격한 흐름해석 댐붕괴류 해석 마른하도구간의 전파	불가능	가능
인공점성항	과도하게 도입하여 물리적 의미상실	도입하지 않음
마름/젖음 처리	요소제거기법 부분젖음기법	요소가중기법 이동경계기법 부분젖음기법
여울과 못의 해석	발산가능성 높음	가능
wave의 계산	과도한 인공 점성항 도입	안정적 계산

2.3 RAM4

RAM4는 RAMS의 하천수질 해석모듈로서, 비압축성 유체에서 물질의 3차원 이송·확산 방정식을 중심 적분한 2차원 이송-분산 방정식을 지배방정식으로 사용하는 2차원 유한요소모형이다. 본 모형은 RAM2와 연계하여 다양한 흐름환경에서의 오염물질 확산현상을 모의할 수 있으며, 주 흐름 방향이 연속적으로 변화하는 사행하천의 오염물질 확산해석에서



탁월한 결과를 제공한다. RAM4의 특징 및 적용범위는 다음과 같으며, 특징점은 표 3과 같다.

- 하천의 주 흐름방향을 따르도록 분산계수를 정의함으로써 하천 합류부, 만곡하천 등 복잡한 지형에서 오염물질 이송·확산 해석의 정확성 향상
- 오염물질 주입형태로 농도 주입 및 질량 주입에 대한 모의가 가능하여, 실제 수질사고 조건에 맞추어 오염물질의 거동 해석 가능
- 연속 주입(Continuous Injection), 비정상 주입(Transient Injection) 및 순간 주입(Instantaneous Injection) 등 오염물질 주입 조건의 다양화
- 하천과 호소에서 BOD/DO, 수온, SS 등 다양한 오염물질의 이송 및 확산에 대한 해석 가능

표 3. RAM4의 특징점

구분	SMS (RMA-4)	RAMS (RAM4)
지배방정식	▶분산계수가 유속장 영향을 받지 않음	▶주 흐름방향 변화에 따라 변화하는 분산계수 사용
수질인자	▶보존성, 비보존성 오염물질	▶보존성, 비보존성 오염물질, SS, 수온
모의 기능	주입 지점	▶절점/ node string에서 농도 정의
	주입 시간	▶일정농도 연속 주입 ▶시간에 따라 변하는 농도 주입
	주입 형태	▶연속/시간에 따른 오염물의 주입이 농도 정의 가능. ▶질량으로 주입되는 오염물 모의 가능
비보존성 물질모의	1차 감쇠	▶감쇠계수 유/무 ▶감쇠물질일 경우 사용자 입력
	BOD /DO	▶BOD/DO모의기능이 세분화되어 제공되지 않음.
계산 기법	수치해석기법	▶ Galerkin법
	모의가능 요소	▶삼각/사각 quadratic 요소
	솔버	▶프론탈 해법

2.4 RAM6

RAM6는 인위적인 수로 변경 혹은 하천 시설물 등에 의한 장·단기 하상변동 및 홍수와 같이 단기간에 걸친 급격한 하상변동을 모의할 수 있도록 흐름과 하상변동 사이의 높은 연계성을 가진 2차원 유한요소모형이다. RAM6는 흐름특성 변화에 따라 하상이 평형상태로 변화되는 과정을 시간에 따라 모의하고, 하상 변화에 따른 흐름특성 변화를 연계하여 모의한다. 또한 사행수로와 같이 굽어진 경우 만곡부 내측에는 퇴사, 외측에는 침식이 발생하는 현상을 모의하며, 실제 자연하천에 적용시킬 경우 실제와 같은 예측결과를 얻을 수 있다. 특징 및 적용범위는 다음과 같으며, SED-2D 모형과 비교하여 특징점을 표 4에 서술하였다.

- Exner 방정식에 유한요소 알고리즘 개발 및 적용
- 관성조절 방정식 도입으로 흐름의 관성특성을 반영하고, 지형적인 곡률이 아닌 유선의 곡률 사용
- 만곡 하천에서 이차류, 관성의 영향과 하천경사에 의한 중력의 영향 반영
- 부정류 모의와 연속모의(Hot Start)가능

표 4. RAM6의 특징점

구분	SMS (SED-2D)	RAMS (RAM6)
모형의 결과	사행하천 하상변동을 적절히 모의하지 못함	사행하천 등 자연하천 모의에 적합한 모의 결과 산출
수치기법	흐름해석모형(RMA2)과 단절, 수심의 25% 만큼 지형변화 발생시 모의	중단흐름해석 모형과의 연동을 통해서 지형변화에 따른 즉각적인 흐름장 변화를 계산
유사이송	부유사를 기본으로 하는 비평형 유사이송을 가정	총유사를 기본으로 하는 평형유사이송을 가정
지형변화	Sand의 경우 Ackers and White (1973) 총유사량 공식만 사용 가능하며, 추가적인 계산의 불확실성이 존재	다양한 유사량 공식을 선택 가능하며, 계산이 간단하고 효용성이 높음
기술 자립도	기술로 지출 및 종속도 심화 문제	기술의 자립도 제고 및 모형의 판매, 판권이전, 수출에 따른 막대한 수익창출 및 외화 획득 기대
결론	외국상용모형의 도입은 바람직하지 못함	국내 독자기술에 의한 2차원 모형개발이 필수적



- 다양한 유수량 산정공식을 사용자가 선택 가능
- 흐름과 하상변동의 연계로 정확한 하상변동 모의

하여 모의를 수행하고, 자연하천과 같이 불규칙한 하도에 대하여는 By velocity Option을 사용하여 모의를 수행하는 것을 추천한다.

3. RAMS의 한계 및 제한사항

3.2 RAM4

3.1 RAM2

RAM2 모형을 이용하여 마름/젓음 처리 옵션 중 Deforming Grid 옵션을 이용하여 모의를 수행할 때 기본적으로 상류단의 경계조건 입력시 경계면에서 마름하도가 나타나지 않도록 하는 것이 합리적인 결과값을 도출할 수 있다. 하지만 상류단 경계면이 수위보다 높은 지형이 발생할 경우 모형이 발산할 가능성이 높으므로 지형자료 구축시 이를 유의하여 작업을 할 필요성이 있다. 또한 모의 수행 시 aspect ratio 등과 같은 계산 요소의 질(Mesh quality)에 영향을 받으므로 요소망 구축시 각 요소들의 크기와 모양을 되도록이면 일관성 있게 규칙적으로 구성하여야 한다.

SU/PG Option의 사용시 일반적으로 0~1의 값을 사용하여 모의를 수행한다. 모의 구간내 급격한 흐름이 나타나는 경우 1에 가까운 값을 사용하는 것을 추천하고 일반적으로 0의 값을 사용하여 모의를 하여도 무방하다. 그리고 $x \cdot y$ dir. dissipation factor은 수식으로부터 유도하여 계산된 값이므로 0.2582의 값을 이용하여 모의를 수행하는 것을 추천한다.

초기수위의 경우 그 입력값이 하류단 경계수위와 차이가 많이 날 경우, 모의 계산시 발산의 우려가 있으므로 초기수위의 값을 하류단 경계수위와 비교적 같은 값을 입력하여야 한다.

Tme-Step Option의 경우 Use auto-timestep 1의 경우 courant number를 고려한 계산시간 간격으로 모의 계산 시간에 의한 발산을 줄일 수 있으므로 이 값을 사용하는 것을 추천한다. Flow Option에서는 상류단 하도단면이 균일한 직사각형하도와 같은 인공하도에서는 By unit discharge option을 사용

RAM2 또는 RAM6를 통한 흐름 모의결과에 따라서 수질해석 결과가 가장 많은 영향을 받는다. 최근 마름/젓음 해석이 반영된 RAM2 모의결과 중 마름이 일어난 절점이 있는 경우는 유속 및 수심 값이 0이기 때문에 현재 RAM4 모형에서 모의를 수행할 수 없다. 이 문제점에 대해서 모형을 수정작업 중에 있다.

모의결과에 민감하게 적용되는 매개변수로는 시간 간격, 총모의시간, 감쇠계수, 중분산계수와 횡분산계수, 오염물질 주입형태 등이 있다. 모의 수행을 위해 시간간격은 흐름모의 결과에 따라 적절하게 입력해야 한다. 흐름조건이 홍수기일 경우에는 유속이 빠르게 발생하므로 시간간격을 대체로 작은 값을 입력해야 하며, 수질사고가 발생함에 큰 영향을 받는 갈수기 흐름조건에서 모의할 경우에는 시간간격을 홍수기 경우보다는 다양하게 적용 가능하다. 또한 이러한 경향으로 총모의시간도 영향이 발생한다.

감쇠계수는 적용 수질인자에 따라서 다양하게 적용할 수 있으며, 실험결과 및 경험식 등을 이용하여 적절한 값을 적용해야 한다. 입력한 감쇠계수에 따라서 오염물질 소멸에 큰 영향이 발생하지만, 모의 결과가 발산하는 데에는 영향이 없다.

분산계수는 적용영역에 대한 적절한 값을 적용하기 위하여 현장측정 결과를 이용하거나 경험식을 이용하여 산정한 값을 이용한다. 분산계수가 너무 크면 오염물질의 분산이 빠르게 이루어져서 모의결과 농도가 일부구간에서 중첩되어 높은 값이 산출되며, 너무 작으면 오염물질의 분산이 이루어지지 않아 유속의 영향만을 받으므로 실제 오염물질 거동을 나타내는 데에는 한계가 있다.

오염물질 주입형태는 대부분의 수질인자는 Continuous, Transient으로 입력되며, Mass 주입



일 경우에는 Instantaneous로 입력된다. Transient로 입력하여 모의할 경우 Model control 창에서 입력한 시간간격을 반영하여 적용해야 한다. 순간주입 되는 Mass를 모의할 경우 Model control 창에 입력한 시간간격의 영향이 크기 때문에 다양한 적용을 통하여 적절한 시간간격을 찾아야 하는 노력이 필요하다. Mass가 유입됨과 동시에 수체에 용해되어 농도값의 변화가 크게 변화하는 현상을 모형의 결과에서 확인할 수 있다.

BOD/DO 연계모의를 수행하는 경우에는 BOD와 DO 농도를 입력해야 하며, 또한 DO포화농도를 계산하기 위해 수온을 입력해야 한다. 현재 모형에서 적용하고 있는 DO포화농도 식은 아래와 같으며 최대 DO포화농도는 0 °C에서 계산되는 13.943 ppm이므로, 이점을 고려하여 BOD/DO 연계모의를 수행하여야 한다.

$$O_s = 13.943 - 0.3296T + 0.0037T^2$$

수온 모의를 수행하는 경우에는 하상과의 열교환은 고려하지 않고 수표면에서의 열교환만을 고려하였다. 열교환은 열교환계수, 일사량, 이슬점 온도를 반영하여 계산이 이루어지며, 낮과 밤의 태양복사량의 변화는 고려하지 않았다. BOD/DO 모의와 수온 모의의 연계는 현재 개발 중에 있다.

3.3 RAM6

RAM6는 현재 입자 크기로 대표입경 하나만을 사용하고 있다. 하지만 모의영역 전체에 걸쳐서 단 하나의 입경을 입력해야 한다는 의미는 아니다. 요소별 조도계수 값을 구별하여 입력하듯이, 요소별 하상재료의 입경을 구분하여 입력 가능하다. 따라서 사용자가 입력한 요소의 material type에 따라 하상변동을 계산하게 된다.

RAM6는 RAM2와 같이 마름/젖음 알고리즘이 적용되어 있지 않다. 따라서 마름/젖음 알고리즘을 사

용한 RAM2의 결과는 RAM6의 초기입력 값으로 사용하지 못한다. RAM2의 모의결과를 초기값으로 사용하기 위해서는 마름/젖음 알고리즘을 적용하지 않고, 모의영역 전체가 젖음 상태에 있는 경우에만 가능하다.

RAM6의 하상변동은 수로바닥의 상향, 하향 변화만을 모의한다. 따라서 제방 침식 등과 같이 수로의 횡방향 변화나 수로 폭의 변화는 모의 불가능하다. RAM6는 현재 부유사 이송을 고려하지 않고 있다. SED-2D의 경우 부유사 이송방정식을 사용함으로써 부유사에 의한 하상변동에 중점을 두고 있지만, RAM6는 Exner 방정식을 이용하기 때문에 흐름특성에 따른 하상재료의 평형 하상으로의 변화에 중점을 두고 있다.

SED-2D와 RAM2와 같이 RAM6의 상류단 유입 유량 경계조건으로 상류단을 통해 유입되는 총 유량 값을 설정하도록 하고 있다. 입력된 총 유량을 하폭으로 나눈 단위폭 당 유량을 상류단을 구성하는 모든 절점에 경계값으로 사용한다. 따라서 상류경계의 하상이 불규칙한 경우 불합리한 흐름특성 결과를 나타내게 된다. 이러한 불합리한 결과는 수치적으로도 매우 불안정한 상태를 유발시킬 수 있다. 따라서 유입 유량을 상류단 절점별 차등 분배를 시킴으로써 수치적인 안정성 및 합리적인 결과를 얻을 수 있다. 이러한 절점별 차등 분배 알고리즘을 현재 개발 중이며, RAM6 적용을 시도 중이다.

RAM6를 이용하여 수치모의를 수행할 경우, 가장 빈번하게 나타나는 오류는 특정 절점에서의 마름 현상 발생에 의한 모의 중단이다. 마름 현상이 발생될 조건 중의 하나는 초기 지형에 비해 초기 수위가 낮을 경우이다. 따라서 초기 수위를 마름 현상이 발생되지 않을 정도로 충분히 높게 설정해야 한다. 초기 수위를 실제에 비해서 충분히 높게 설정하였을 경우에는 하류단 경계의 수위도 충분히 높음으로써, 급격한 수면 변동이 발생되지 않도록 하는 점을 유의해야 한다. 하류단 수위를 충분히 높게 설정하여 안정적인 흐름특성을 얻은 후, 하류단의 수위를 시간에 따라



점진적으로 낮춤으로써 실제 조건을 만족하도록 모의할 수 있다.

RAM6의 모의영역 내부의 모든 절점에서의 초기 단위폭당 유량은 기본값 0으로 입력된다. 이는 모의 영역이 저수지와 같은 상태와 같으며, 따라서 상류단에서 매우 많은 양의 유량이 유입될 경우, 진동파가 발생되며, 그 진동의 높이는 유량값이 크면 클수록 증가된다. 따라서 수위가 충분히 높게 설정되지 않은 경우, 진동에 의한 일시적인 마름현상이 발생할 수 있다. 이러한 문제가 발생할 경우, 상류단에서 유입되는 유량을 작게 설정하여 진동량을 줄이고, 안정된 흐름특성을 얻을 후에 시간별 유입유량을 점진적으로 높임으로써 모의하고자 하는 조건에 다다를 수 있다.

4. RAMS 상업화 전략 및 전망

현재 2011년 상용화 버전 출시를 위해서 지속적인 실무자 회의를 통한 버그 수정 및 사용자 피드백을 실시하고 있다. 고객 수준에 맞는 가격정책, 무료사용 기간 및 데모버전 제공, 교육/훈련 계획 등의 마케팅 전략을 수립하고 있다. RAMS 상업화를 위해서 개발은 물론 홍보, 유통, 교육, 유지보수, 업그레이드와 같은 RAMS 개발과 판매의 전 과정을 지속적으로 총괄하는 팀을 구성할 계획이다.

상용버전 출시 후 매년 1회 정도의 업그레이드와 A/S를 실시할 계획이며, 소프트웨어 수요조사 및 사용자 요구사항에 대한 설문조사를 매년 실시함으로써 개발에 간접적인 참여를 유도하고 향후 RAMS 판매를 위한 사전 영업을 실행할 것이다. 또한 설계사 등의 엔지니어를 위한 홍보 책자 및 사용자 설명서를 작성하여 엔지니어링 업체들을 대상으로 하는 기술영업을 진행할 계획이다. 해석엔진을 개발한 교수님들을 강사진으로 구성하고 교육 커리큘럼을 개발하여 RAMS 사용자 교육을 실시하여 국내 기술로 개발된

소프트웨어의 우수성을 확보할 것이다.

RAMS 사용자와의 효율적인 커뮤니케이션 증대 및 사용자간의 인터페이스를 극대화하기 위해서 2008년 말에 RAMS 홈페이지(<http://www.RAMS.or.kr>)가 개통되어 운영되고 있다. 홈페이지를 통해 사용자는 최신 버전의 RAM를 다운로드 할 수 있다. 2011년 RAMS 상용 버전이 출시되었을 때 RAMS 사용자가 사용에 있어 불편을 느낄 경우 홈페이지 게시판을 통해 문제점을 문의하고 이에 대해 연구 개발자가 신속히 답변함에 따라 사용자의 불편을 덜 수 있다. 뿐만 아니라 사용자가 공통적으로 불편을 겪고 있는 문제 사항에 대해서는 FAQ 게시판을 제공함으로써 보다 빠르게 해결할 수 있게 도와준다. 이러한 사용자간의 안정적인 피드백 체계 구성은 RAMS가 보다 사용자에게 편리한 프로그램으로 거듭나는데 있어서도 좋은 밑바탕이 될 것으로 보인다.

국내 최초의 범용 2차원 하천해석 소프트웨어인 RAMS는 지표수 확보기술에 필수적이며, 향후 하천 개발 및 관리 실무에 광범위하게 활용될 것이다. 개발된 수치모형을 적용하여 지표수의 수질 관리업무에 만전을 기하고, 하천 수자원 관련 산업뿐만 아니라, 환경, 건설, 주운교통 산업 등에 다양하게 활용될 수 있을 것이다. 또한 필요에 따라서는 하천생태계 보존 및 관리에도 직접 적용될 수 있어, 수생태계 개선과 친수환경 조성에 크게 기여할 수 있다. RAMS를 활용하여 하천해석 기술 및 시스템을 활용하여 적절한 하천개발 및 관리가 이루어 질 경우, 하천의 환경오염에 따른 사회적인 손실을 방지할 수 있을 것이다. 또한 개발된 실용기술을 국내 하천관련 산업에 이용함에 따라 막대한 기술 수입료를 절감할 수 있을 뿐만 아니라 선진 기술을 뒤따라가는데서 나아가 앞서 갈 수 있는 발판을 제공하는 데 의의가 있다. 따라서 상용버전이 국내에 판매 보급되면 2차원 하천해석 연구의 수준을 보다 증대시키고 발전시키는데 크게 기여할 것이다.



감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구 개발 사업인 수자원의 지속적 확보 기술 개발 사업단의 연구비 지원(과제번호 : 2-3-3)에 의해 수행되었습니다. ☺

참고문헌

1. 서일원(2011), RAMS (River Analysis and Modeling System) 개발, 최종보고서, 과학기술부
2. 서일원, 한건연, 최성욱, 김홍식 (2010). 지표수 거동해석을 위한 RAMS의 사용자 설명서 및 튜토리얼, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단.