

# SMS와 WMS를 이용한 하천의 수리학적 분석 연구

## -공도 · 평택 수위관측소 구간을 대상으로-

A Study on Hydraulic Analysis Using SMS and WMS

-For Stream Reach between Gongdo and Pyeongtaek

Water Level Gauge Stations-

박민지\* · 박근애\*\* · 김성준\*\*\*

Park, Min Ji · Park, Geun Ae · Kim, Seong Joon

\* 건국대학교 일반대학원 사회환경시스템공학과 박사과정, [iang@konkuk.ac.kr](mailto:iang@konkuk.ac.kr)

\*\* 건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 박사과정, [dolpin2000@konkuk.ac.kr](mailto:dolpin2000@konkuk.ac.kr)

\*\*\* 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 부교수, [kimsj@konkuk.ac.kr](mailto:kimsj@konkuk.ac.kr)

### 요 지

본 연구는 SMS의 RMA-2를 이용한 하천흐름 해석에서 WMS HEC-1으로 모의된 하천 분류 및 지류의 수리량을 동적인 경계 입력자료로 하여 다양한 시나리오별로 하천내의 흐름 영향을 파악하고자 하였다. 안성천 유역의 공도와 평택수위관측소 구간(10.5 km)에 대하여 WMS로 모의한 50, 100, 500, 1000년 빈도별 시간위 유량을 분류 및 3개 지류의 유량 경계조건으로 적용하여 하천의 수리학적 특성을 분석하였다. SMS RMA-2의 동적 조건(dynamic condition)으로 구동한 결과, 하천 분류구간의 시간별 수위 및 유속분포를 모의할 수 있었다. 빈도를 증가시킬수록 측정별 평균 유속과 수위가 증가함을 확인할 수 있었으며, 특히 지류가 유입되는 분류지점의 가까운 하류부에서 하천 폭이 좁으면 유속이 크게 증가하였다.

핵심용어 : SMS, RMA-2, WMS, HEC-1, 경계조건

### 1. 서 론

하천 흐름의 동수역학적 해석을 위해 여러 가지 수치기법들에 대한 연구가 진행, 발전되고 있다. 국내에는 HEC-RAS 모형을 이용한 1차원 해석프로그램이 대부분 하천관리에 적용되고 있다. 그러나 하천 단면내의 변화를 파악할 수 없다는 1차원 해석의 단점을 보완하기 위해 하천의 2차원 흐름해석이 꾸준히 진행되고 있다. 2차원 흐름해석은 지류가 유입하는 합류지점, 교량, 보 등의 다양한 수공구조물이 존재하는 경우 또는 하도형상의 변화에 따른 국부적인 흐름의 변화양상의 해석, 2차원 수질오염 해석 및 하상변동해석과의 연계 등 보다 정교한 흐름 해석 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 2차원 수치해석 기법들에 대한

연구로는 콕(2001)이 하천·해안에서의 RMA2와 SED2D 모형의 적용성을 검토하였고, 최(2001)는 SMS를 이용하여 장·단기 하상변동을 해석하였다. 또한, 김(2003)은 SMS 모형을 이용한 하상변동을 예측하였다. 박(2001)은 만곡수로에서 확산계수특성 분석을 위해 RMA4 모형에 대한 적용을 시도하였으며, 홍(2004)은 SMS를 이용한 경안천 하류구간의 하천의 흐름을 분석한 바 있다. 현재 세계적으로 사용되고 있는 범용 및 상용 2차원 동수역학 모형으로는 미육군공병단의 SMS모형, 미시시피 대학의 CCHE2D 모형, 덴마크 DHI의 MIKE21 모형, 프랑스 EDF의 TELEMAC-2D 모형, 영국 수리연구소의 FLOUT 모형 등이 있다. 2차원 또는 3차원 모형의 경우 연구자의 필요성

에 의해서 자체 개발되어, 적용되고 있기 때문에, 사용자를 위한 편의성과 범용성을 완벽하게 확보하고 있는 모형은 그리 많지 않은 실정이다. SMS 모형의 경우 2차원 흐름해석을 위해서 RMA-2 모형을 이용하고 있다. RMA-2 모형은 경계조건으로 하천의 상류부 유량과 하류부에 수위 그리고 하천구간내의 지류 유입량을 입력하게 된다. 한편 이러한 경계조건은 실측이 어렵고, 결측 및 자료의 신뢰성을 이유로 실제와는 다르게 단순하게 모의된 것이 지금까지 연구의 대부분이었다. 따라서 본 연구에서는 분석대상 하천구간에서의 유입부, 유출부 하천지점을 대상으로 WMS HEC-1 프로그램을 검보정한 후, 이들 지점 및 지류 유입부에서 모의된 빈도별 유출량을 경계조건으로 다양한 시나리오별로 RMA-2 모형을 이용하여 모의한 결과를 비교분석하고자 한다.

## 2. 모형 개요

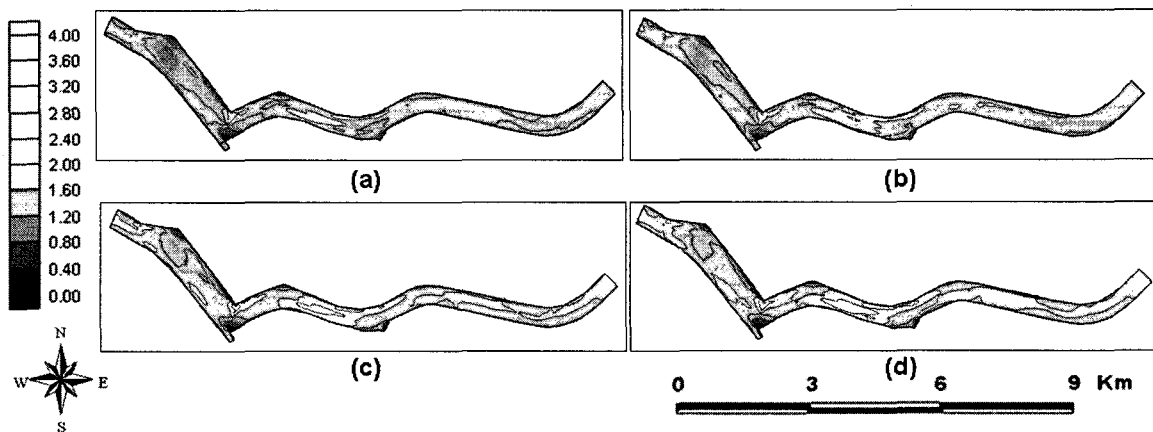
### 2.1 SMS (Surface-water Modeling System) RMA-2 모형

본 연구에서 사용한 수치 모형인 SMS는 1차원, 2차원, 그리고 3차원 동수역학적 모형으로서 미국 육군공병단의 WES(Waterways Experiment Station)와 미연방도로국(U.S. Federal Highway Administration)이 연계하여 Brigham Young University의 EMRL(Environmental Modeling Research Laboratory)에서

개발하였다. SMS는 2차원 수리학적 현상을 모의하기 위한 전처리, 분석, 후처리 과정을 윈도우상에서 편리하게 운영할 수 있도록 개발되었다. 전처리는 모형의 실행을 위한 입력 자료인 지형파일 및 경계조건파일을 작성하는 것과 ASCII 형태나 DXF 파일을 자료로 불러들여 기본 자료로 구축하는 것을 말하며, 후처리는 실행 결과를 여러가지 형태의 그림으로 나타내는 것을 말한다.

### 2.2 WMS (Watershed Modeling System) 모형

WMS는 유역의 공간해석을 위하여 DEM(Digital Elevation Model)을 기본 자료로 TIN(Triangulated Irregular Networks)해석과 Grid해석이 가능하며, 수문모형에 필요한 유역의 지형인자를 포함한 수문인자들을 자동으로 계산한다. 계산된 매개변수들은 WMS에서 제공하는 유출모형인 HEC-1, TR-20, 합리식(Rational method), NFF(National Flood Frequency)에 자동으로 입력되며 GIS에 구축되어 있는 또는 저장되어 있는 유역의 지형자료를 수문해석에 최대한 활용할 수 있도록 GIS와 수문모델링이 연계되어 있는 대표적인 프로그램이다. GIS를 이용하여 지형 및 수문자료를 계산하며, 유출 모형에서 필요로 하는 여러 가지 매개변수를 구하게 된다. 유출해석을 위한 모형으로는 HEC-1을 사용하였다. HEC-1은 미 공군 공병단의 수문연구소



<그림 1> 빈도별 유속분포도(단위: m/s) (a)50년, (b)100년, (c)500년, (d)1000년

(Hydrologic Engineering Center, HEC)에서 다년간의 연구로 개발된 Model로 1967년 Leo. R. Beard를 비롯한 HEC의 많은 Programmer 들에 의하여 최초로 개발되었으며 1968년 첫 번째 판이 발간되었고 현재는 1981년에 나온 것으로 어떤 하천 유역에서 홍수를 유발시키는 호우사상이 발생하였을 때 강우-유출과정을 모의하는 단일사상 유출모형이다.

### 3. 자료 및 방법

#### 3.1 하천구간 유한요소망 구성

안성천의 공도수위관측소와 평택수위관측소 구간을 선정하여 하천구간 내에 RIMGIS 25번 레이어의 횡단측량성곽을 하천경계에 맞춰 필요한 것만 추출하였으며, 각 절점의 xy좌표는 Korea TM 중부원점으로 GIS 분석 소프트웨어인 ArcView Extention중 CRWR Vector기능을 이용해 생성하여 ASCII형식의 입력파일을 구축하였다. SMS에 ASCII 형식의 파일을 입력한 후 1:25,000 수치지도, 수자원단 위치도를 비교한 후 보간, 수정하여 20,026개의 Node와 6,525개의 Element의 유한요소망을 구축하였다.

#### 3.2 WMS HEC-1 모형을 이용한 경계조건 자료생성

본 연구의 WMS HEC-1 모형 입력 매개변

수는 김(2003)등이 실시한 대상 하천 구간인 공도, 평택에 대한 WMS HEC-1 모형의 검·보정 결과를 이용하였다. GIS자료는 DEM과 1:50,000 개략도양도가 입력되었으며, 1999년 토지피복도를 이용하여 구한 AMC-II 조건에서의 SCS-CN값은 공도수위관측소 상류유역(WS1)이 57.9, 공도와 평택관측소 사이의 유역은 68.0, 유역전체의 CN값은 61.7를 적용하였다. 지체시간은 유역 상류단에서 공도까지 구간(21.42m)은 평균 8.3 hr, 공도에서 평택까지의 구간(8,038m)에서는 평균 4.4hr, 저류상수 K는 1.3, 가중계수 x는 0.4로 추정되었다. 강우량은 수원기상관측소의 빈도별 강우량을 Huff 4분위법에 적용하여 24시간 발생빈도가 가장 높은 2분위를 채택하였다. 각 지류별 면적은 공도수위관측소 상류유역(WS1)이 374.97km<sup>2</sup>이며 유천(WS2)이 31.76km<sup>2</sup>, 입장천(WS3)이 82.03km<sup>2</sup>이고, 성환천(WS4)이 83.46km<sup>2</sup>, 전체 유역인 평택수위관측소 상류유역이 595.91km<sup>2</sup>이다. WMS HEC-1으로 모의한 유출량 결과에 따라 RMA-2에 입력된 경계조건 유출량과 입력 강우량은 표 1과 같다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1 상류경계조건에 따른 모형의 거동

50년 빈도일 때 유속 분포는 성환천 유입구인 RP4의 389.9 m<sup>3</sup>/s의 유량의 유입에 따라

〈표 1〉 빈도에 따른 지류별 강우량과 유출량

유입·출지점	50년빈도			100년빈도		
	총강우량(mm)	총유량(m <sup>3</sup> )	첨두유량(m <sup>3</sup> /s)	총강우량(mm)	총유량(m <sup>3</sup> )	첨두유량(m <sup>3</sup> /s)
RP1	360.0	20,533.0	1301.4	399.0	24,048.8	1,523.9
RP2		2,122.9	181.0		2,443.1	207.7
RP3		4,934.3	387.0		5,731.7	447.8
RP4		5,401.1	389.9		6,233.5	448.7
RP5		34,799.3	2,236.8		40,513.2	2,603.2
유입·출지점	500년빈도			1000년빈도		
	총강우량(mm)	총유량(m <sup>3</sup> )	첨두유량(m <sup>3</sup> /s)	총강우량(mm)	총유량(m <sup>3</sup> )	첨두유량(m <sup>3</sup> /s)
RP1	489.0	32,425.2	2,050.8	528.0	36,145.7	2,282.7
RP2		3,195.1	269.9		3,525.5	296.8
RP3		7,618.4	590.5		8,451.9	652.8
RP4		8,192.6	585.9		9,054.9	646.8
RP5		54,065.3	3,467.7		60,064.3	3,771.7

유속 증가와 사수구역 형성으로 0.116~3.289 유속은 1.250 m/s 이며, 100년 빈도일 때는 RP4의 유입 유량은 448.7 m<sup>3</sup>/s이고 0.113~3.679 m/s의 유속 분포와 평균 유속 1.342 m/s 을 나타냈다. RP4의 유입 유량이 585.8 m<sup>3</sup>/s인 500년 빈도일 때 유속 분포는 0.102~4.347 m/s이며, 평균 유속은 1.501 m/s이며, 1000년 빈도일 때 유량은 645.6 m<sup>3</sup>/s이고, 0.097~4.682 m/s의 분포와 1.579 m/s의 평균 유속을 나타냈다. 빈도가 높아짐에 따라 본류 및 지류의 유입 유량이 증가하여 평균 유속과 최대 유속은 비례하여 증가하지만 지류 유입량의 증가에 따른 사수구간의 생성으로 최소 유속이 감소함을 확인할 수 있다(표 2).

#### 4.2 지류의 유입량 변화에 따른 모형의 거동

본류인 RP1과 RP5는 100년 빈도의 유량으로 고정된 상태에서 지류인 RP2, RP3, RP4의 유입량이 없을 때, 지류인 RP2, RP3, RP4의 유입량이 50년 빈도일 때, RP2, RP3, RP4 지

m/s의 유속 분포를 나타냈으며 전체적 평균

류 유입에만 1000년 빈도 지류 유입 시 각각의 구동한 결과 나타난 유속분포도는 그림 9와 같다. 지류가 없을 때는 0~2.534m/s의 유속 분포와 1.163m/s의 평균 유속을 나타냈으며, 지류의 유입량 빈도가 50년일 때는 0.004~3.447m/s의 유속 분포와 평균 유속 1.305m/s, RP2 지류 유입에만 1000년 빈도 지류 유입 시에는 0.115~3.742m/s의 유속 분포와 1.277m/s의 평균 유속을 나타냈다. RP3 지류 유입에만 1000년 빈도 지류 유입 시에는 0.116~3.819m/s의 유속 분포와 1.296m/s의 평균 유속을 나타냈으며, RP4 지류 유입에만 1000년 빈도 지류 유입 시에는 0.018~3.030m/s의 유속 분포와 1.254m/s의 평균 유속으로 모의되었다. 따라서 하천 전체적으로 보았을 때 공도·평택 수위관측소 구간에서 가장 영향을 많이 끼치는 지류는 RP3인 입장천의 유입임을 확인할 수 있었다(표 3).

〈표 2〉 빈도에 따른 측정별 유속비교

빈도		50년	100년	500년	1,000년
유량(m <sup>3</sup> ,%)		32,992.40	38,459.38 (16.57)	51,411.76 (55.92)	57,178.82 (73.31)
유속 (m/s,%)	No. 70	1.31	1.41(7.32)	1.61(23.21)	1.68(28.56)
	No. 65	1.36	1.45(6.54)	1.62(18.96)	1.70(25.31)
	No. 60	1.61	1.74(8.38)	1.95(21.18)	2.05(27.60)
	No. 55	1.10	1.19(8.21)	1.31(19.28)	1.37(24.94)
	No. 50	1.35	1.46(8.18)	1.65(22.21)	1.75(29.49)

〈표 3〉 빈도별 지류유입에 따른 측정별 유속비교

빈도별	지류유입 없음	50년 빈도 지류유입	RP2 1,000년 빈도 지류유입	RP2 1,000년 빈도 지류유입	RP2 1,000년 빈도 지류유입	
유량(m <sup>3</sup> ,%)	22,168.60 (-35.98)	34,626.84	38,459.38 (16.57)	51,411.76 (55.92)	57,178.82 (73.31)	
유속 (m/s, %)	No. 70	1.65(15.04)	1.43	1.40(-1.78)	1.40(-2.10)	1.42(-0.62)
	No. 65	1.48(2.06)	1.45	1.49(3.10)	1.40(-3.45)	1.44(-0.51)
	No. 60	1.46(-12.88)	1.68	1.73(3.21)	1.82(8.33)	1.66(-1.32)
	No. 55	0.78(-29.89)	1.11	1.15(3.60)	1.21(9.01)	1.21(9.45)
	No. 50	0.89(-39.29)	1.46	1.40(-4.11)	1.49(2.05)	1.50(2.79)

#### 5. 요약 및 결론

본 연구는 안성천의 공도와 평택 수위관측

소 하천구간을 대상으로 2차원 동수역학적 흐름을 RMA-2로 분석하기 위하여 하천 본류의

유량 및 지류의 유입량을 WMS HEC-1 프로그램으로 모의한 빈도별 동적인 유량 경계조건을 적용하여 하천구간내의 유속 및 수위를 비교 분석하였다.

1. 기존에 결측이 많고 실측이 힘들어 단순하게 입력하였던 경계조건을 HEC-1 모형을 이용하여 65시간동안 연속적으로 입력함으로써 기존에 연구와는 다른 연속적인 수리이동을 도출하여 애니메이션화를 가능하게 하였다.
2. 본류와 지류의 유입량을 빈도별로 동일하게 입력하였을 때 빈도가 커질수록 유속은 50년과 1000년을 비교하였을 때 평균적으로 0.33m/s의 차이를 보이며 전체적으로 0.2m/s에서 0.46m/s의 차이를 보였다. 73%의 유량 증가는 29.5%의 유속 증가를 가져왔다.
3. 하폭은 유속에 영향을 끼치지만 만곡부나 지류의 유입에 따라 그 값이 증감되어 모의되었다.
4. 각 측점에 대한 평균값과 횡단면상에 유속의 차이가 크게는 1.44m/s까지 나타나므로 2차원 수리 해석이 필요하다.
5. 본류는 100년 빈도로 고정된 상태에서 지류의 유입이 없을 때와 모두 50년 빈도이고 하나에 지류의 유입만을 1000년 빈도로 변화시켰을 때 RP3인 입장천의 1000년 빈도 유입 시에 가장 큰 유속 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.
6. WMS의 HEC-1과 SMS의 RMA-2 모형을 연계구동하여 모의한 결과 애니메이션화함으로써 실제와 비슷한 흐름을 파악할 수 있으며 그 결과를 이용한 흐름 양상을 토대로 하천구조물의 설계 시 필요한 수리학적 특성을 반영할 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 「RS 및 GIS를 기반으로 한 안성천지역의 홍수재해 평가 및 예측시스템 개발」의 연구비지원(관리번호 : 204106-3)에 의해 수행되었습니다.

### <참고 문헌>

- Brigham Young University - Environmental Modeling Research Laboratory. (2002). "SMS 8.0 Tutorial Manual"
- Brigham Young University - Environmental Modeling Research Laboratory. (2000). "SMS GFGEN Version 4.27 User's Manual"
- U. S. Army, Engineering Research and Development Center - Watweays Experiment Station Coastal and Hydraulics Laboltory. (2002). "RMA2 WES Version 4.5 Users Tour Guide"
- 곽준성 (2001). "하천·해안에서의 RMA2와 SED2D 모형의 적용성 검토", 명지대학교 석사학위논문.
- 김영복 (2003). "SMS모형을 이용한 하상변동 예측 충북대학교 석사학위논문.
- 김성준 (2003). "WMS HEC-1을 이용한 안성천 평택쉬위관측소 상류유역의 수문 경년 변화 분석", 한국수자원학회지 Vol. 36, No 4, pp. 609-621.
- 김훈 (2004). "지역빈도 강우자료와 HEC-RAS를 이용한 농지침수지역 추정", 서울대학교 박사학위논문.
- 박종민 (2003). "GIS를 이용한 농경지 침수피해 모의시스템 개발", 서울대학교 박사학위논문.
- 박성민 (2001). "만곡수로에서 확산계수특성 분석을 위한 RMA-4모형 적용", 경기대학교 석사학위논문.
- 이현구 (1999). "HEC-RAS 모형에 의한 도시통과 하천에서의 수면곡선 해석", 대전산업대학교 석사학위논문.
- 최민하 (2001). "SMS를 이용한 장·단기 하상변동해석", 고려대학교 석사학위논문.
- 홍성민, 정인균, 이준우, 김성준 (2004), "SMS를 이용한 경안천 하류구간의 하천흐름 분석", 한국지리정보학회지 Vol. 7, No 1, pp. 1-9.