

## PE4) 자연하도 만곡부에서 구조물에 대한 수리학적 특성연구 - 실제자연하도를 대상 -

임동희\*, 송인렬, 김승균<sup>1</sup>, 이증석<sup>1</sup>, 안승섭  
경일대학교 도시정보·측지지적공학과, <sup>1</sup>토목공학과

### 1. 서 론

자연하도의 수리특성 해석을 위하여 본 연구에서 이용된 수치해석모형인 RMA-2모형은 SMS (Surface water Modeling System) 패키지 중에서의 흐름 모형이다. SMS는 미육군 공병단과 미국 WES(Waterway Experiment Station) 및 미연방도로국(U.S. FHWA, Federal Highway Administration)협력하에 Brigham Young University의 EMRL(Environmental Modeling Research Laboratory)에서 개발된 동수역학적 모델(Hydrodynamic modeling)로서 GFGEN(Geometry File Generation)모형, RMA-2모형(Resource Management Associates model), RMA-4모형, SED2D모형 등으로 구성되어 있다. RMA-2 모형은 2차원 수심평균한 유한요소 수치모형으로서 자원관리위원회(Resource Management Associates, RMA)의 Norten, King과 Orlob(1973)에 의해 개발된 정류·부정류 모의가 가능하고 전·후처리가 편리한 윈도우 응용프로그램으로서 2차원 흐름영역에서 자유표면, 상류흐름의 수평방향 유속성분과 수위를 계산하며, Navier-Stokes 방정식에 난류의 흐름을 고려한 Reynolds방정식으로 유한요소해를 계산하는 모형이다. 이 모형에서 마찰력은 Manning방정식의 조도계수나 Chezy방정식의 평균유속계수로 계산되며, 와점성계수(Eddy Viscosity Coefficient)는 난류의 특성을 정의하는데 사용되며, 정상류 뿐만 아니라 부정류에서도 모의가 가능한 모형이다.

RMA-2모형은 전처리과정에서의 지형자료를 만드는 GFGEN(Geometry File Generation)과 수치모의를 진행하는 RMA-2의 실행파일로 구성되어 있고, 결과자료는 텍스트파일과 binary파일로 저장되어 자체결과 출력은 binary 파일에서 불러들여 분석할 수 있다.

본 연구의 대상지역은 Fig. 1과 같이 대구광역시 동구에 위치한 안심습지를 대상으로 하였다. 안심습지는 행정구역상 대구시 동구 금강동 일대인 금호강 중류에 위치하고 있으며, 1980년대부터 상수원 보호구역으로 지정된 곳으로서 갈대와 물억새 등이 조성되어 있다. 이 지역의 면적은 약 7만<sup>2</sup>m에 이르고, 식물 192종, 양서파충류 9종 및 곤충 99종이 서식하고 있으며, 조류 56종과 어류 26종도 살고 있고 특히 국내 미기록종인 안심염라거미 등 다양한 거미류가 발견돼 학계의 관심을 받기도 했다.

또한, 지난 80년 4월 상수원 보호구역으로 지정된 안심습지는 “자연의 정화조” 역할을 톡톡히 하고 있다. 습지를 가득 메운 침수식물, 부유식물, 부엽식물 등 수초들이 질 산 등 오염물질을 정화하고 조류(藻類)의 발생을 억제해 오염된 물을 다시 부활시킨다. 강의 자정작

용을 확인할 수 있는 이 곳 안심습지는 환경단체들의 생태교육의 장으로도 각광을 받고 있다[대구매일신문 2002년 1월 7일자 중].

따라서 본 연구에서는 안심습지 중에서 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 안심교를 중심으로 하류방향 1.34km~상류방향 1.88km(남천 합류점~오로천 합류점) 구간 만곡부를 대상으로 하도연장 L=3.221km 구간에 대한 수리학적 특성을 검토하였다.

분석을 위한 빈도별 홍수량 및 기점 홍수위 자료는 금호강 하천정비 기본계획 보고서(건설교통부, 1997)의 자료를 이용하였다.

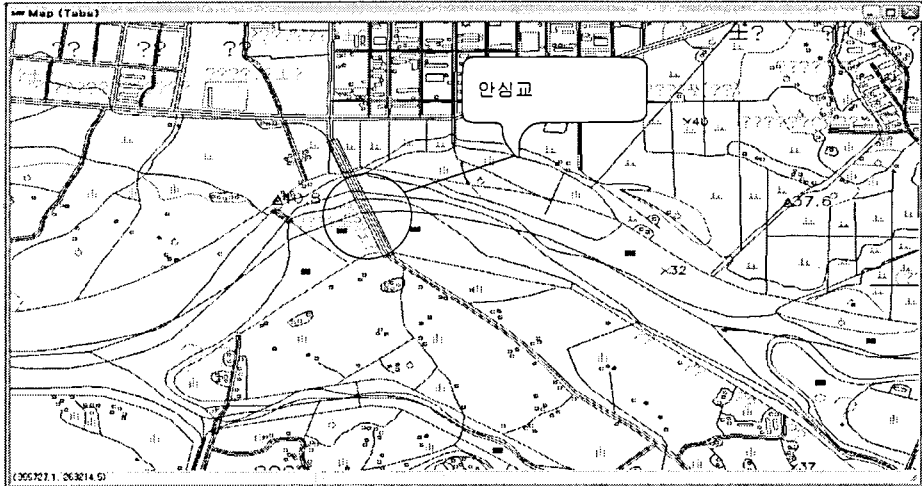


Fig. 1. 연구대상 하도구간 현황도

## 2. 자연하도에서의 수리특성 분석

### 2.1. 자료의 구축

조도계수란 하천수와 하상의 저항정도를 나타내는 계수로서 하상의 구성재료, 하도의 횡단면적 변화 계수 등 많은 인자에 의해서 변화되며 정확한 조도계수를 산정하는 것은 대단히 어려운 문제이다.

일반적으로 조도계수를 결정하는 방법으로는 하도상황 및 하상재료의 상태에 따라 추정하는 방법과 홍수흔적 조사나 수위-유량 곡선에 의한 추정방법이 있다. 유로내 유속의 결정에 있어서 조도계수는 상당한 비중을 차지하게 된다. 특히, 홍수시에는 홍수터 부분과 주수로 부분간의 조도계수에 차이가 발생하여 유속분포가 확연히 달라지게 된다. 조도계수 산정방법으로는 대부분 실험식에 의한 경험치가 많이 사용되는데, 그 중에서도 대표적으로 Manning의  $n$ 값을 많이 이용하고 있다.

본 연구에서는 금호강 하천정비 기본계획(건설교통부, 1997)에서 검토된 0.035를 이용하였다.

다음으로 경계조건은 모형실험을 수행하는데 필요한 상·하류부 경계조건은 상류부에는 각 빈도별 유량을, 하류부에는 각 빈도별 수위로 결정하였다.

상류부의 유량조건은 금호강 하천정비 기본계획에서 검토된 빈도별 홍수량으로 결정하였으며, 하류부의 수위조건은 금호강의 배수위 계산을 통하여 검토된 빈도별 홍수위를 계산하였다.

본 연구에서는 유량조건으로 100년빈도 홍수량인 4,560CMS와 수위조건으로 37.89m을 사용하였다.

하천단면자료는 1997년 금호강 하천정비 기본계획에서 조사 측량된 단면자료를 이용하여 수치모형을 수행하는데 사용하였다. 이 자료에는 금호강 전 하도구간의 단면자료가 명시되어 있는데, 이 중 본 연구에서 사용된 구간은 안심교 전후 3,221m 구간의 자료를 사용하였으며, 지류의 유입에 대한 영향이 미비하다고 판단하여 고려하지 않았다.

그리고, 대상구간의 초기수위는 전 단면에 걸쳐 하류부 경계조건과 동일한 수위를 설정하였다.

또한 Fig. 2는 각 절점을 이용해 형성된 유한 요소망을 나타낸 것이다. 대부분의 요소는 4각형 요소를 사용하였으며, 교량의 주변부 등 부득이한 경우 Fig. 3과 같이 3각형 요소를 사용하여 총 Node수는 3350개, 격자수는 1000개로 구성하였다.

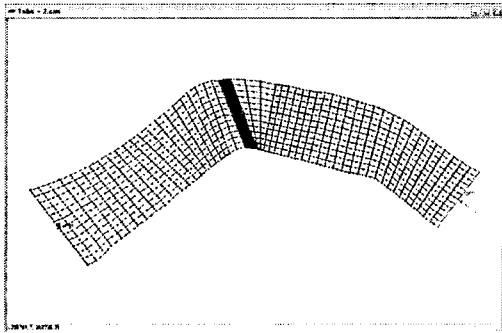


Fig. 2 유한요소망의 구성

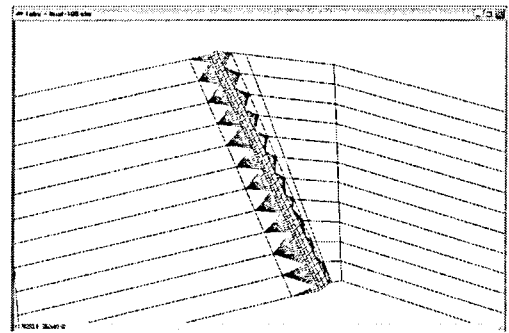


Fig. 3 교각부분의 유한요소망 구성

모형의 계산 결과는 GFGEN을 통해 작성된 유한 요소망 내의 지형자료와 함께 경계조건을 입력하여 RMA-2 모형을 운영함으로써 얻어지며 대상 구간 내 수위 및 유속 자료가 얻어진다. RMA-2의 경우 2차원 모형으로서 1차원 모형과 달리 구간내 평면상의 전 단면에 걸쳐 유속 및 수위분포가 나타남으로써 실제 흐름에 가까운 유속을 제공하여 1차원 모형보다 유용한 수리량을 얻을 수 있다.

RMA-2 모형은 시간의 경과에 따른 유속 및 수위의 변동상황을 해석하는 부정류 모형이지만, 본 연구에서는 부정류 해석이 아니라 각 CASE별로 유량 및 수위가 일정한 정류 해석을 실시하였다.

## 2.2. 구조물 존재시 흐름특성 분석

RMA-2모형의 결과인 구조물 존재시 수위, 유속(벡터) 분포 및 교각주변부의 유선방향에 대하여 검토하였다. 먼저, 본 연구 대상 하도구간내의 수심분포를 만족부에 위치한 안심

교를 중심으로 직상·하류부의 횡방향 수위분포를 좌안측에서 우안측으로 검토한 결과 전반적으로 유심부에서 깊고 홍수터 부분(상류는 우안, 하류는 좌안 부분)에서 얇은 것으로 검토되었다.

그리고, 본 연구대상 하도구간내의 등유속선도로 나타낸 결과 Fig. 4와 같았다. 분석 결과를 검토한 결과 전반적으로 빈도별 홍수량의 경우 홍수빈도가 커질수록 유속의 증가폭이 더 커짐을 알 수 있었다. 또한, 하도 만곡부 횡방향 유속을 좌안측에서 우안측으로 검토한 결과 좌안측 약 1/3지점에서 최대유속이 발생됨을 알 수 있었다.

교량이 존재하는 경우 종방향 유속분포특성을 검토하면 교량 직상류부에서는 만곡부 내측에서 1/3지점에서 최대유속이 발생하였고, 최대유속과 최소유속의 비는 189%로 검토되었다. 그러나 교량 직하류부에서는 하도 중심부에서 최대유속이 발생하였고 최대유속과 최소유속의 비는 156%로 검토되었다.

또한 종방향 수위에 대한 편수위의 경우 직상류와 직하류부에서 동시에 만곡부 외측에서 최대 수위가 나타났으며, 직상류부의 경우 편수위는 약 23cm로 분석되었다. 그러나 직하류부의 경우 편수위는 약 2cm로 분석되었다.

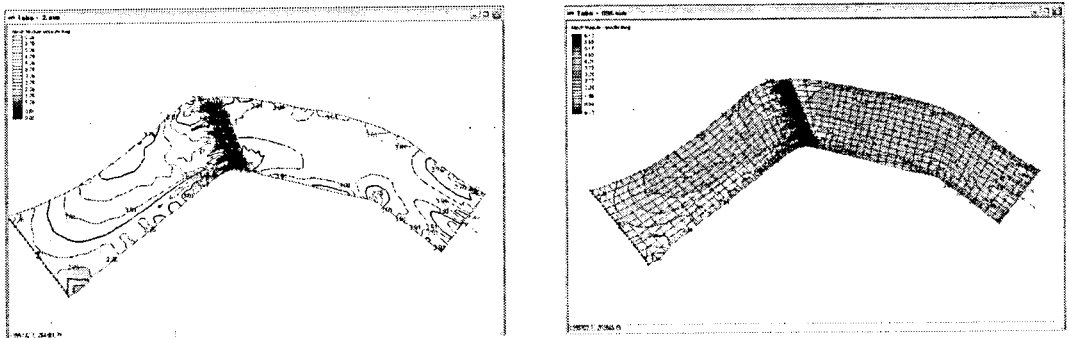


Fig. 4(a). 연구대상 하도구간내의 등유속선도

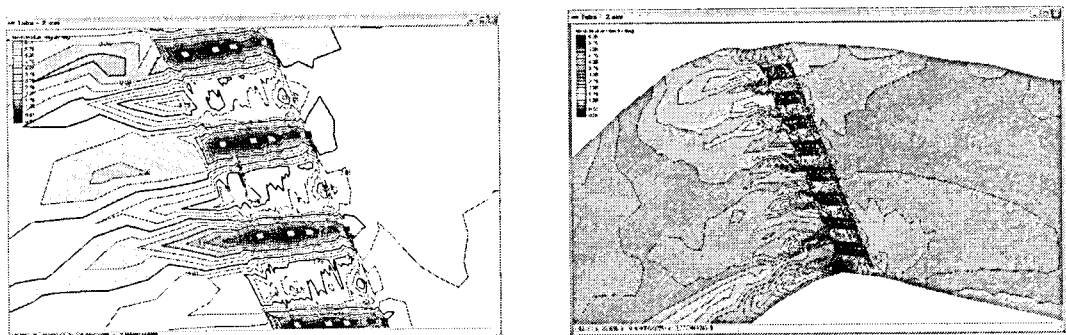


Fig. 4(b). 연구대상 하도구간내(구조물주변부)의 등유속선도

### 2.3. 구조물 미존재시 흐름특성 분석

본 연구 대상 하도구간내에 수공구조물이 없다고 가정했을 경우의 수리특성을 검토하기 위하여 Fig. 5와 같이 유한요소망을 구성하였다. 분석을 위하여 RMA-2모형의 결과인 구조물 미존재시 수심과 수위, 유속(벡터) 분포 및 교각주변부의 유선방향에 대하여 검토하였다.

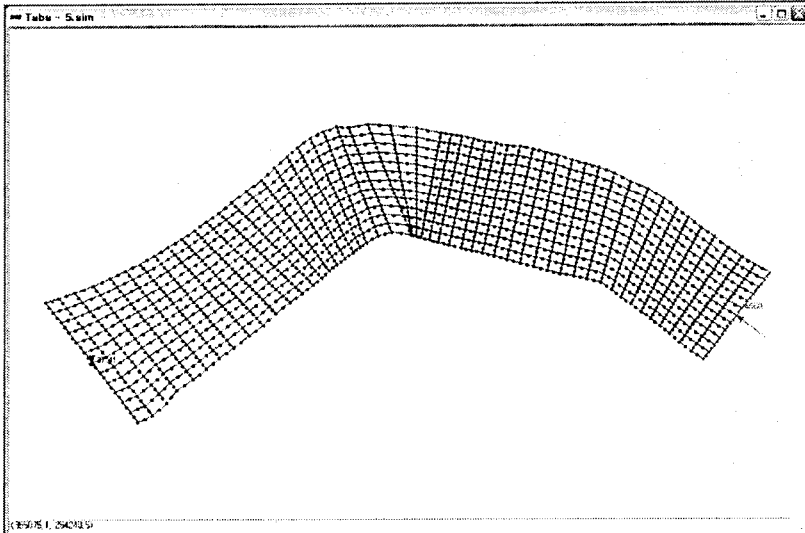


Fig. 5. 하도구간내의 유한요소망의 구성

먼저 본 연구대상 하도구간내의 수위 분포를 검토한 결과 전반적으로 배수위 상승량은 유량의 증가에 따라서 증가하였고 교량 직상류 단면에서 최대가 되었다.

그리고, 본 연구대상 하도구간내의 유속 분포 및 등유속선도를 검토한 결과 Fig. 6과 같았다.

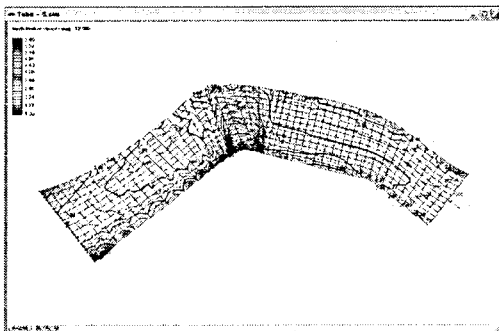


Fig. 6(a). 자연하도구간의 유속분포도

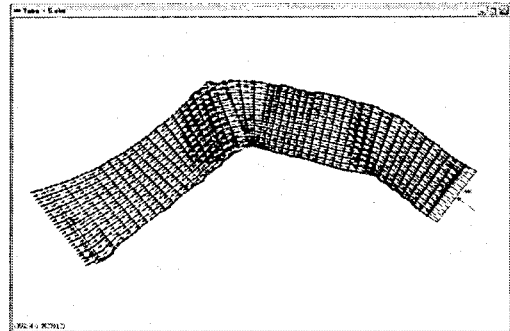


Fig. 6(b). 자연하도구간의 유속벡터도

교량이 없다고 가정할 때 연구 대상 하도구간내의 종방향 유속분포특성을 검토하면 교량 직상류부에서는 만곡부 내측에서 1/3지점에서 최대유속이 발생하였고, 최대유속과 최소유속의 비는 189%로 검토되었다. 그러나 교량 직하류부에서는 하도 중심부에서 최대유속이

발생하였고 최대유속과 최소유속의 비는 156%로 검토되었다. 또한 종방향 수위에 대한 편수위의 경우 직상류와 직하류부에서 동시에 만곡부 외측에서 최대 수위가 나타났으며, 직상류부의 경우 편수위는 약 23cm로 분석되었다. 그러나 직하류부의 경우 편수위는 약 2cm로 분석되었다.

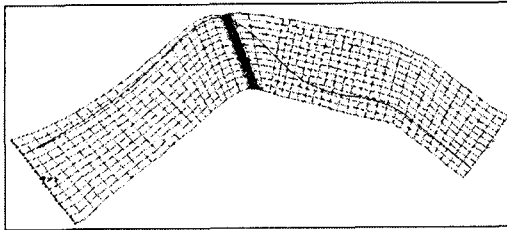


Fig. 7(a).교량 존재시 최대유속선

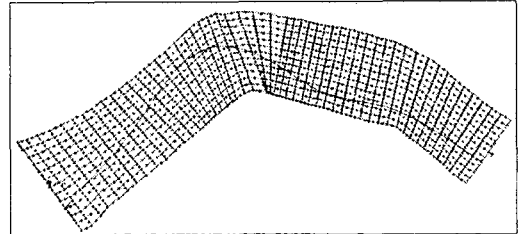


Fig. 7(b).자연상태 최대유속선

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 대구시 동구 금강동 일대인 금호강 중류에 위치하며 상수원보호구역으로 지정된 안심습지를 대상유역으로 하여 수리학적 특성을 검토하였다.

먼저 수공구조물 미존재시의 안심교를 중심으로 직상·하류부의 횡방향 수심분포를 좌안측에서 우안측으로 검토한 결과 전반적으로 유심부에서 깊고 홍수터 부분에서 얇은 것으로 검토되었으며, 하도구간내의 수위분포를 검토한 결과 전반적으로 배수위 상승량은 유량의 증가에 따라 증가하였고 교량 직상류 단면에서 최대로 나타났다. 하도구간내의 유속 분포를 검토한 결과 교량 직상·하류부에서는 각각 만곡부 내측에서 1/3지점에서, 하도 중심부에서 최대유속이 발생하였다. 종방향 유속분포특성을 검토한 결과 교량 직상·하류부에서는 최대·최소유속의 비가 각각 189%, 156%로 나타났다. 종방향 수위에 대한 편수위를 검토한 결과 직상류와 직하류부에서 동시에 만곡부 외측에서 최대 수위가 나타났으며 직상·하류부의 편수위는 각각 약 23cm, 2cm로 분석되었다.

자연하도에서 교량이 없을 경우 횡방향 유속분포특성을 검토하면 최대유속과 최소유속의 비는 교량이 존재할 경우보다 크게 나타났으며, 편수위의 경우도 교량이 존재할 경우보다 큰 것으로 나타났다. 또한 자연하도구간의 교량 유무에 따른 최대유속선을 검토한 결과 교량이 없는 자연하도 상태일 경우의 최대유속선이 교량이 있는 경우보다 하도 중심부로 이동하고 있음을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- Chow V.T (1959) Open channel hydraulics, Mcgraw-Hill, pp.439~522.  
 Finnie, J., Donnell, B., Letter, J. and Bernard, R.S.(1999) Secondary flow correction for depth-averaged flow calculation, J. of Engineering Mechanics., Vol. 125, No 7, pp.848-863.  
 Johannesson, H and Parker, G. (1989a) Secondary flow in mildly sinuous channel, Journal

- of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 115, No. 3. pp.289-308.
- Ramamurthy, A.S., Caballada, R. and Tran, D.M(1998) Combining open channel flow at right angled junctions, J. of Hydraulic Eng., Vol. 114, No. 12, ASCE, pp.1149-1460.
- A. Shucky, "Flow Around Bends in an Open Channel Flume", Trans. ASCE Paper No. 2411, pp.751~788, 1950
- J.R.D. Francis and A.F. Afari, "Velocity Distribution in Wide, Curved Open Channel Flows", J. of Hydraulics Res., No. 1, pp.73~87, 1971.
- Nobuyuki Tamai and Tsuyoshi Ikeya, "Three Dimensional Flow over Alternating Pointbars in a Meandering Channel," J. of Hydroscience and Hydraulics Eng. Vol. 3, No. 1, pp.1~13, 1985.