

낙동강 주요 합류부에서의 동역학적 수리해석

Hydrodynamic Analysis at Nakdong River Confluences

한건연* , 김지성** , 양승호***

Kun Yeun Han, Ji Sung Kim, Seung Ho Yang

Abstract

The purpose of this study is to investigate the applicability of the two dimensional model in natural rivers. In this study, two dimensional finite element model, SMS, is used to simulate a complex flow along with the sediment movements in the natural river. The RMA-2 model embeded in SMS is used to simulate flow phenomena and SED-2D model is employed to simulate sediment transport.

The model is applied to the confluence zone of the Gam River and mouth of Nakdong River. For model calibration, the result of the unsteady flow analysis is compared with the Typhoon "Rusa" data. In addition, the runoff analysis was conducted for the determination of the project flood and the flood forecasting.

The simulation results presented the characteristics of two dimensional flow with velocity vector and flow depth. The sediment transport characteristics are shown in terms of sediment concentration as well as bed elevation change. Accordingly, the SMS model in this study turned out to be very effective tool for the simulation of the hydrodynamic characteristics under the various flow conditions and corresponding sediment transports in natural rivers.

Key words: SMS model, RMA-2 model, SED-2D model, Hydrodynamic, Sediment

1. 서론

본 연구에서는 하천에서의 2차원 동수역학해석을 위해서 RMA-2 모형을 이용하였고, 유사이동에 의한 하상변동 해석에는 SED-2D 모형을 이용하였으며, 전·후처리과정을 GUI 시스템으로 통합한 SMS(Surface Water Modeling System)를 적용하였다. SMS는 전처리과정, 해석처리과정, 후처리과정을 Windows상에서 편리하게 운영할 수 있도록 개발되었다. 현재 국내에서도 1차원 흐름 해석에 대한 한계를 인식하여 과학적이고 정교한 하천흐름을 모의하기 위한 2차원 해석의 도입이 대두되고 있으며, 이를 위해서 SMS의 도입은 하천설계를 위한 새로운 방법을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 2차원 모형의 적용성 검토

하천흐름을 해석하기 위한 2차원 모형의 적용성을 검토하기 위해서, 수리계산에 영향을 미치는 단면형 및 하상재료의 영향, 난류교환계수의 영향, 하상의 Dry/Wet 처리를 위한 Marsh Porosity 값에 대한 영향을 가정하여 각각의 경우에 대한 모의를 실시하였다. 적용성 검토를 실시하기 위해서 가상의 단일수로를 생성하였고, 적용된 단면형은 그림 1과 같이 사각형 단면과 두 가지 형태의 사다리꼴 단면을 고려하였다. 하상재료의 성질을 나타내는 조도계수는 동수역학모형의 계산결과에 대한 신뢰도를 결정할 수 있는 중요 인자중 하나이

1) 정회원 · 경북대학교 토목공학과 교수 · E-mail : kshanj@knu.ac.kr
** 정회원 · 경북대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : gonguri01@hotmail.com
*** 삼안건설기술공사 · E-mail : y335ss@hotmail.com

다. 하지만 1차원 모형에서는 하상재료에 따른 마찰항이 평면도 상에서 나타나는 변동에 의한 에너지 손실을 설명하는데 비해 2차원 유한요소모형에서는 이와 같은 손실이 요소크기에 따라서 영역의 좌표에서 직접적으로 표현된다. 따라서 1차원 모형과 2차원 모형에 적용되는 조도계수의 값은 절대적으로 비교 될 수가 없다. 이와 같은 이유로 1차원과 2차원에 적용되는 조도계수의 값이 같다고 가정하였다. 각 단면형에 따른 1차원/2차원 모의 결과는 그림 2와 같다. 모의결과를 살펴보면 단면형상의 변화에 따른 수위의 변화량은 SMS모형보다 HEC-RAS 모형이 더 크고, 유량이 많을 때보다 적을 때에 HEC-RAS 모형이 단면의 영향을 좀 더 많이 받음을 알 수 있다. 이러한 결과는 젖은 하도/마른 하도를 적절하게 모의하기 위해서 SMS모형에 적용된 Marsh-Porosity의 영향으로 판단된다.

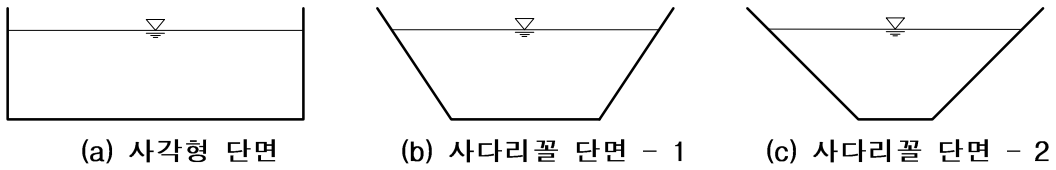


그림 1. 대상 단면의 형상

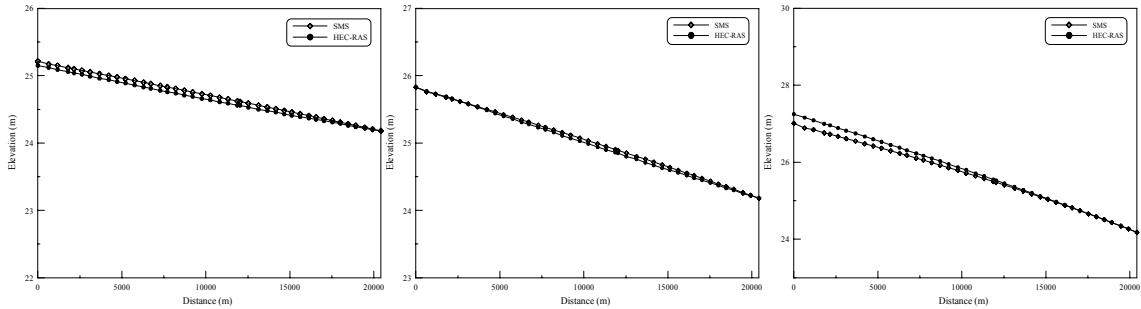


그림 2. 대상홍수량에 대한 모의결과

난류교환계수는 일반적으로 계산과정 중 안정성에만 문제가 발생하지 않는다면 가능한 한 낮은 값을 유지하여야 한다. 난류확산계수가 너무 높으면 안정된 해는 가능하지만 적합한 모형흐름분포는 나타내지 못하는 경우가 있으며, 너무 낮은 경우에는 해가 불안정하여 심각한 동요를 유발할 수 있다. 난류교환계수에 대한 영향을 검토하기 위해서 앞에서 모의된 사각형단면과 사다리꼴 단면-1을 사용하였고, 단면에 대한 영향검토에서 사용된 것과 같은 유량조건을 사용하였다. 그림 3은 각각의 경우에 대한 모의된 난류교환계수의 영향을 비교한 그래프이다.

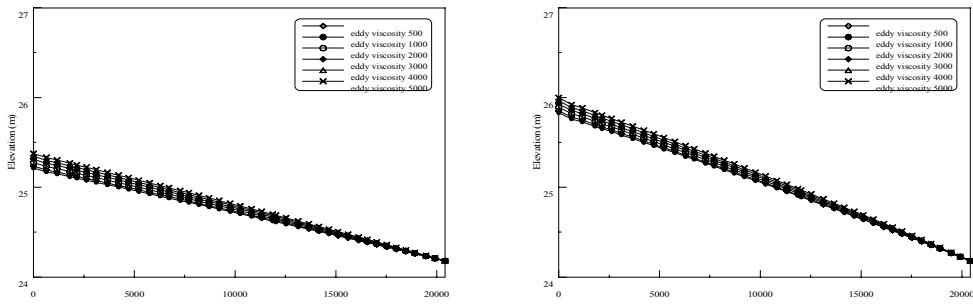


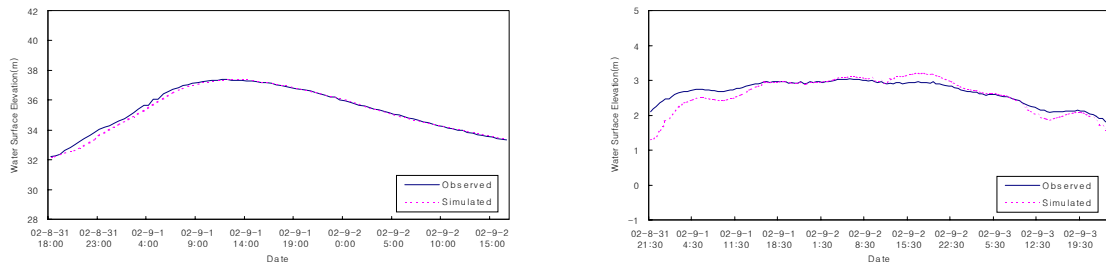
그림 3. 와점성 계수에 따른 수위 비교

난류교환계수로 사용되는 와점성계수의 값에 따른 수위변화양상을 살펴보면, 첫째, 와점성계수의 값이 증가할수록 수위의 값은 증가한다. 그러나 와점성계수의 값이 커질수록 수위의 증가는 점점 작아짐을 알 수 있다. 둘째, 유량의 값이 감소할수록 와점성계수에 대한 수위의 변화값이 작아짐을 볼 수 있다. 마지막으로 사각형 단면보다 사다리꼴 단면에서 수위의 변화값이 더 큰 값을 가진다. 하지만 와점성계수의 값이 최소일 때의 $500 \text{ N} \cdot \text{sec}/\text{m}^2$ 일 때와 최대값으로 가정한 $5,000 \text{ N} \cdot \text{sec}/\text{m}^2$ 일 때의 수위는 대략 10~15 cm 정도의 차이를 나타내고 있다. 이는 계산과정의 안정성을 고려했을 때 큰 차이를 나타내고 있지 않음을 알 수 있다. 따라서, 대상유역에 따라 적정한 값을 적용시키되, 안정성을 위해서 주어진 값보다 다소 큰 값을 사용해도 무방하다고 판단된다.

Marsh Porosity 기법은 SMS 모형에서 젖은 영역과 마른 영역사이에서의 점진적인 천이영역을 계산하기 위해서 개발된 기법이다. 이 기법은 SMS 모형에서 요소가 포함하는 물의 양을 낮출수 있도록 한다. 이 과정은 간헐적으로 범람되는 홍수터와 습지에 대한 젖은 영역과 마른 영역의 경계부에서의 계산능력을 향상시킨다. 관련 매개변수는 AC1, AC2, AC3가 있다.

3. 실제유역에 대한 적용

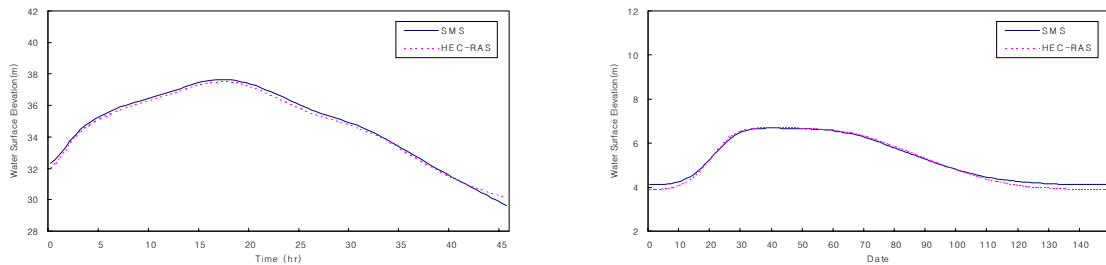
1차원 및 2차원 부정류 모의를 위한 매개변수를 보정하기 위하여 2002년 태풍 “루사“에 의한 홍수조건을 부정류로 고려하여 각각의 대상유역에 대한 검증을 실시하였다. 각각의 지점에서 상류경계는 경계지점 수위표의 유입유량수문곡선을 사용하였고, 하류경계는 경계지점 수위표의 실측수위수문곡선을 사용하였다. 검증된 매개변수를 사용하여 감천과 낙동강 하구부에서 1차원/2차원 모의결과를 비교하였고, 대상유역의 하상변동을 해석하였다. 그림 4는 각 대상유역에서 매개변수 보정에 따른 검증결과를 나타내는 그래프이고, 그림 5는 1차원/2차원 모형의 해석결과이다.



(a) 일선교수위표

(b) 구포수위표

그림 4. 태풍루사 시 매개변수 보정에 따른 검증결과

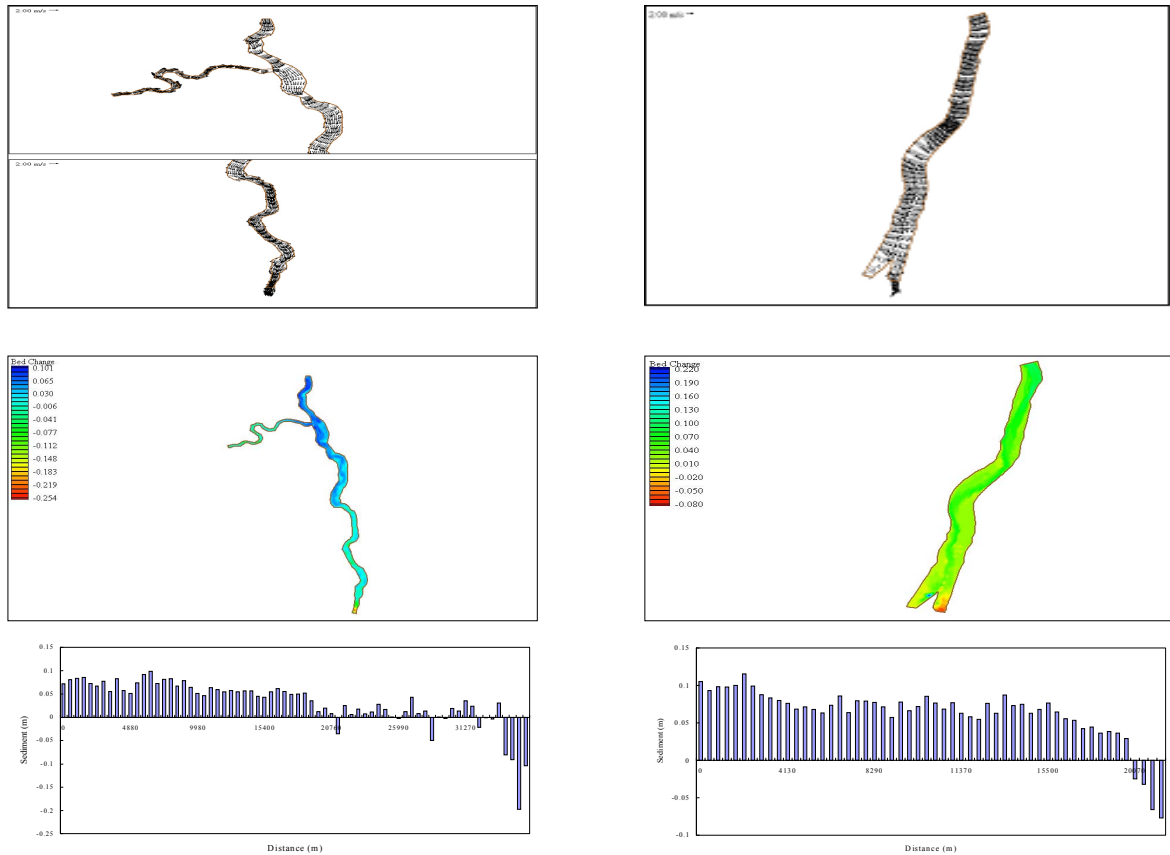


(a) 감천합류지점

(b) 낙동강하구부

그림 5. 1차원/2차원 모형의 해석결과

그림 6은 모의구간에서의 유속분포, 하상변동량, 최심하상고의 하상변동을 나타낸다.



(a) 감천합류부

(b) 낙동강하구부

그림 6. 유속분포, 단기하상변동량, 최심하상고변동량

4. 결론

본 연구에서는 감천합류부에서 태풍 “루사” 자료를 이용하여 SMS 모형의 보정과 검증을 실시하였다. 또한 1999년의 집중호우시의 단기하상변동을 모의한 결과 감천 유입부 전후의 구간에서는 하상퇴적이 많이 발생하며, 왜관부근의 낙동강분류에서는 많은 침식이 발생함을 알 수 있었다. 하천에서의 2차원 흐름특성과 하상변동특성을 파악할 수 있었고, 본 연구결과는 합류부 처리, 하구부 처리, 제방축조 등에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한건연, 이종태. (1996a) “개수로내의 점변 및 급변 부정류에 대한 유한요소해석 I: 이론 및 수치안정성 해석.”, 한국수자원학회지, Vol. 29, No. 6., pp. 155-166.
2. 한건연, 박재홍, 이을래. (1996b) “개수로내의 점변 및 급변 부정류에 대한 유한요소해석 II: 적용예.”, 한국수자원학회지, Vol. 30, No. 1., pp. 35-44.
3. Gee, D.M., and MacArthur, R.C., “Evaluation and Application of the Generalized Finite Element Hydrodynamics Model, RMA-2”, *Two-Dimensional Modeling*, (eds. MacArthur, R.C and others), Hydrologic Engineering Center, 1981, pp. 97-113.