2차원 유한요소해석을 위한 마름/젖음 알고리듬의 민감도 분석

Sensitivity Analysis of Dry/Wet Algorithm for 2-Dimensional Finite Element Analysis

한건연*, 김상호**, 최승용***, 황재홍****

Kun Yeun Han, Sang Ho Kim, Seung Yong Choi, Jae Hong Hwang

Abstract

Recently, frequency occurring flood and drought has increased the necessity of an effective water resources control and management of river flows. Therefore, the simulation of the flow distribution in natural rivers is great importance to the solution of a wide variety of practical flow problems in water resources engineering. However The serious problem facing two-dimensional hydraulic model is the treatment of wet and dry areas.

The objective of this study is to investigate the wet and dry parameters that have direct relevance to model performance in situations where inundation of initially dry areas occurs.
Several numerical simulations were carried out, which examined the performance of the marsh porosity method for the purpose of sensitivity analysis. Experimental channel and a variety of channel were performed for model tests. The results were compared with those of the observation data and simulation data of existing model. The RMA-2 model displayed reasonable flow distribution compare to the observation data and simulation data of existing model in dry area for application of natural river flow.

As a result of this study, effectively applied marsh porosity method provide a reliable results for flow distribution of wet and dry area, it could be further developed to basis for extending to water quality and sediment transport analysis.

Key words:: SMS, RMA-2, Marsh Porosity, Dry/Wet, FEM

1. 서 론

하천은 그림 1에서 나타낸 마름/젖음 현상과 같이 홍수시 수위 상승과 함께 범람되었다가 수위가 하강함에 따라 마른 하도 상태가 되는 부분이 발생하게 되며, 하도 구간 내에 섬이 존재할 경우 수위 상승과 하강에 따라 섬이 출현하거나 소멸할 수 있는데, 이에 대한 모의는 마름/젖음 처리를 통해서만 가능하다. 마름/젖음 처리과정과 홍수터 흐름에 대한 적용시 적절한 경계조건과 매개변수의 선정은 복잡한 유한요소망에 대해서 해의 안정성을 개선하기 위해서 중요한 사항이다.

이에 본 연구에서는 마름/젖음을 처리하기 위해 Marsh Porosiry 기법을 인공하도 및 자연하

* 정회원·경북대학교 토목공학과 교수 ·E-mail : kshanj@knu.ac.kr
** 정회원·상지대학교 건설시스템공학과 부교수 ·E-mail : kimsh@sangji.ac.kr
*** 정회원·경북대학교 토목공학과 박사수료 ·E-mail : ecofriend@knu.ac.kr
**** 정회원·경북대학교 토목공학과 석사과정 ·E-mail : hwang4004@knu.ac.kr

도에 적용하고 이를 실측치와 비교하여 적용성을 검증하고, 그림 2에 나타난 Marsh Porosiry 기법의 적정 매개변수를 선정하고자한다.

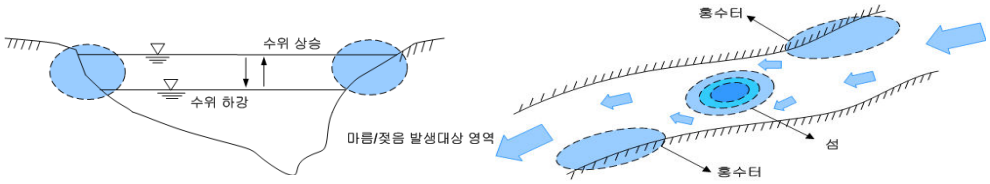


그림 1 자연하천에서 마름/젖음 과정에 대한 개념도(홍수터, 섬)

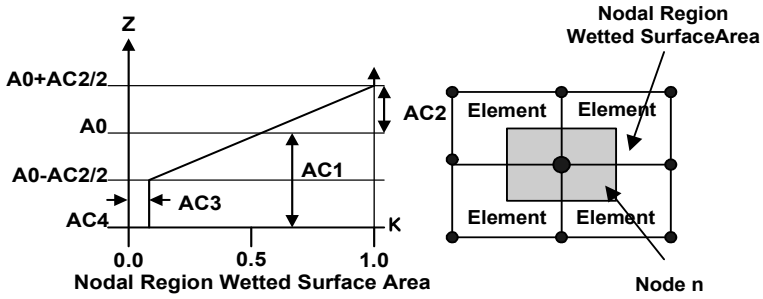


그림 2 Marsh Porosity기법의 매개변수

2. 매개변수에 대한 민감도 분석

2.1 가상하도에 대한 적용

가상하도의 제원은 그림 3과 같이 길이가 1500m이며 폭은 300m이다. 하도의 Manning의 조도계수값은 0.010로 주어졌으며 하도 중앙에 높은 Weir구조의 구조물이 있는 것이 특징이다. 그림 3과 같은 가상하도에 대하여 Marsh Porosity를 적용하여 총 6가지 경우에 대하여 정상류 모의를 실시하였다. 본 절에서 수행한 6가지 CASE의 모의는 그림4와 같이 가상하도를 Weir 전 영역(200m지점)과 마름조건이 나타는 Weir부분(650m지점), 그리고 Weir 후 부분(1200m지점)의 3지점으로 나누어 수위를 비교하였다. 모의에 적용된 마름/젖음 알고리듬의 매개변수는 표 1과 같으며, 가상하도의 각 적용 CASE에 대한 지점별 수치계산값은 표 2와 같이 나타내었다.

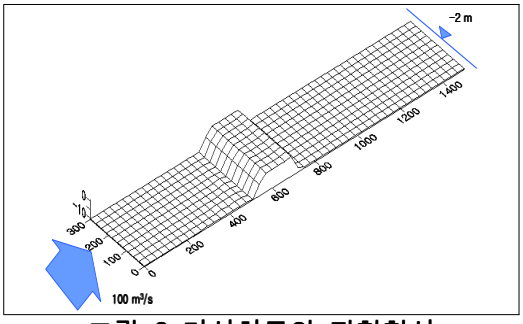


그림 3 가상하도의 지형형상

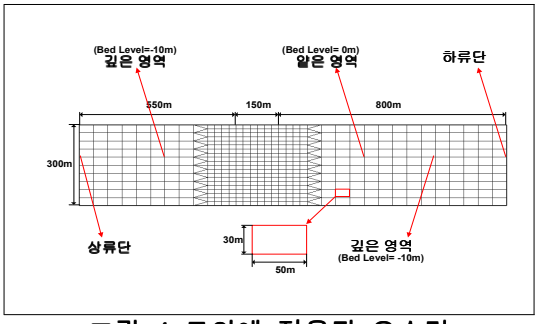


그림 4 모의에 적용된 요소망

표 1. 모의적용 CASE

마름/젖음 매개변수 / 모의CASE	A0와 최소하상고 사이 거리	천이영역의 분포	최소 젖음 영역의 분포
	AC1	AC2	AC3
CASE 1	2.5m (default=0.91)	0.67m (default=0.61)	0.04 (default=0.02)
CASE 2	2.5m	0.67m	0.005
CASE 3	2.5m	0.05m	0.005
CASE 4	5.5m	0.67m	0.04
CASE 5	5.5m	0.67m	0.005
CASE 6	5.5m	0.05m	0.005

표 2 가상하도의 지점별 수치계산값

가상하도 수심에 대한 수치계산값			
하도 거리 / 모의 CASE	Station1	Station2	Station3
	200m	650m	1200m
CASE1	10.357	0.189	8.000
CASE2	10.695	0.238	8.000
CASE3	1.453	0.252	8.000
CASE4	8.979	0.161	8.000
CASE5	10.389	0.229	8.000
CASE6	3.863	0.216	8.000

AC1에 의한 수위변화는 CASE1과 CASE4, 그리고 CASE2와 CASE5를 비교함으로서 알 수 있다. 위의 해석결과 매개변수 AC1값은 수위에 직접적 영향을 미치는 매개변수가 아니며, 수위의 변화는 AC3가 적용 각 CASE에서 변화함으로써 나타난 것으로 추정할 수 있다.

AC2에 의한 수위변화는 CASE2과 CASE3, 그리고 CASE5와 CASE6를 비교함으로서 알 수 있다. 적용결과 AC2의 적용값에 따라 각 CASE에서 모두 급격한 수위의 감소가 나타난 것을 볼 수 있었다. 또한 이를 통해 AC2를 default(default=0.61)보다 작은 값을 적용 경우 수위을 과도하게 감소시키는 영향을 미치는 것으로 판단되며 AC2의 경우 default와 근사한 값을 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

AC3에 의한 수위변화는 CASE1과 CASE2, 그리고 CASE4와 CASE5를 비교함으로서 알 수 있다. 적용 결과 양 CASE 모두 수위가 증가함을 볼 수 있었다. 이를 통해 AC3가 증가하면 마름/젖음 영역의 수위가 감소함을 알 수 있다.

2.2 실험수로에 대한 적용

본 연구에서 수행된 모의는 실험수로에 대하여 세 개 지점에 대해 수치해를 정리하였으며 관측데이터를 활용하여 모의 정확도를 살펴보았다. 적용된 수로의 지형형상과 경계조건은 그림 5와 같으며, 실험수로의 제원 및 요소의 형상은 그림 6과 같다. 각각의 매개변수에 대해 독립적인 영향을 알아보고 이를 실험 결과와 비교하고자 매개변수의 적용 사례를 다양화하였으며 하나의 매개변수에 대한 민감도를 알아보기 위해 적용 매개변수 외의 매개변수에 대해서는 기본값을 사용하였다. 적용결과와 실측치를 비교한 결과는 그림 7~그림 9와 같다.

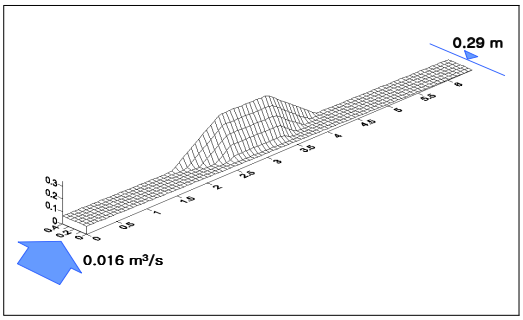


그림 5 가상하도의 지형형상

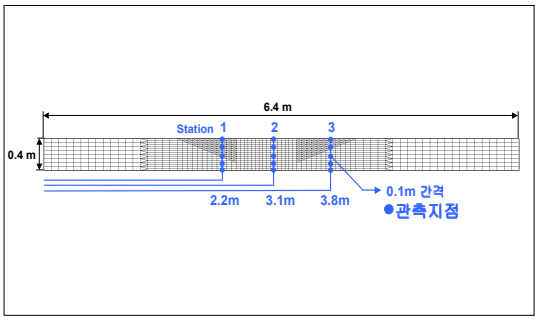
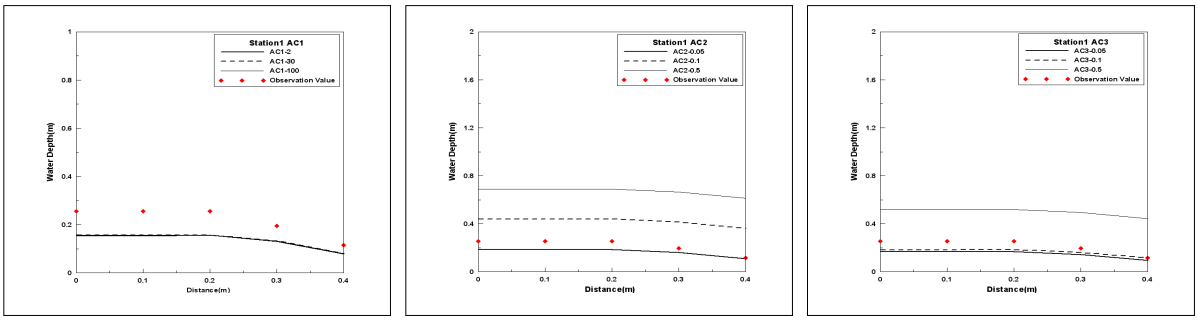
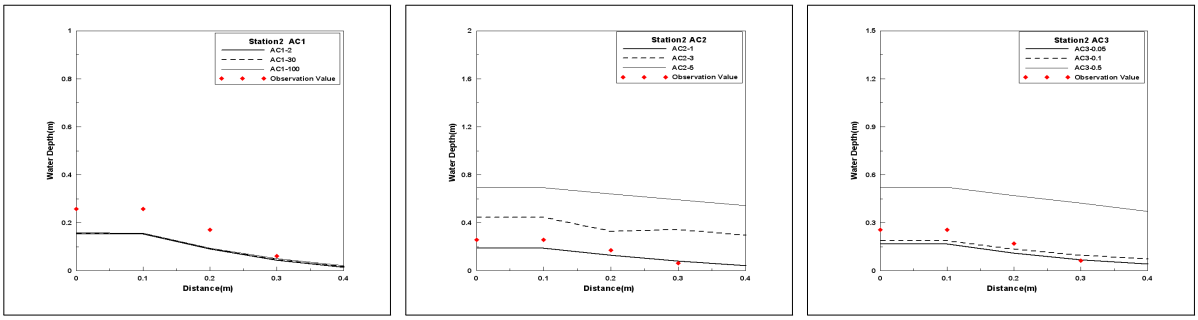


그림 6 모의에 적용된 요소망



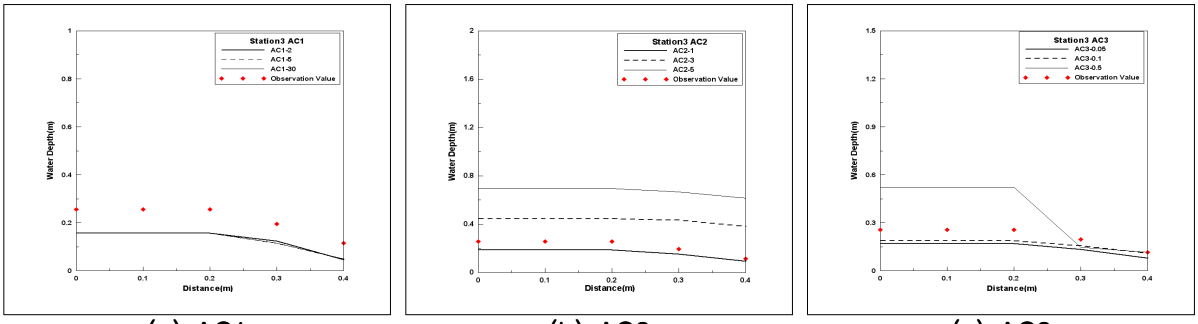
(a) AC1 (b) AC2 (c) AC3

그림 7 매개변수에 따른 Station1에서 실측치와 적용결과 비교



(a) AC1 (b) AC2 (c) AC3

그림 8 매개변수에 따른 Station2에서 실측치와 적용결과 비교



(a) AC1 (b) AC2 (c) AC3

그림 9 매개변수에 따른 Station3에서 실측치와 적용결과 비교

그림 7은 AC1의 수위에 대한 민감도를 분석하기 위해 Station1, 2, 3에 대해 2~100 범위의 값으로 모의를 진행하여 실측치와 비교한 결과이며, 이를 살펴보면 AC1의 경우 최소와 최대값의 차이가 0.002m정도로 수위의 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.

또한 AC2의 수위에 대한 민감도를 분석하기 위해 Station1, 2, 3에 대해 0.3~10 범위의 값으로 모의를 진행하여 실측치와 비교하고 그림 8과 같이 나타내었다. 그 결과 default인 0.61 이하의 값에 대해서는 수위값의 변화에 영향을 끼치지 않으나 1 이상의 값에 대해서는 수위변화에 민감한 것으로 나타났다. 수위의 증가 현상은 마름 발생 영역 뿐 만 아니라 수로 전체에 걸쳐서 발생하였으며, 각 Station별 입력 최소값인 0.3과 입력 최대값인 10에 의한 결과 값의 평균치를 비교하면 약 10배정도의 차이가 발생하였다. 또한 0.61보다 작은 값을 적용함으로서 수위가 급격히 하강하는 것을 보여준 가상하도와는 다르게 0.61보다 큰 값을 적용할 경우 수위가 급격히 증가하는 현상이 확인되어 모의 시 더 중요하게 고려해야 매개변수로 판단된다.

AC3값은 반드시 0과 1사이의 값을 써야하며 SMS 메뉴얼이나 Marsh Porosity기법 가이드라인에서 0.02를 적용할 것을 권장하고 있다. 본 연구에서는 AC3값에 따른 수위에 대한 민감도를 분석하기 위해 Station1, 2, 3에 대해 0.0001~1까지 값에 대해 모의를 진행하였다. 그림 8을 살펴보면 매개변수 AC3의 값이 커질수록 수위가 증가하는 것을 알 수 있다. 가상하도에서 AC3의 증가에 따른 수위감소와는 대조적인 결과를 보였다. 하지만 각 Station별 기본값을 적용한 사례들을 확인한 결과 본 연구에서 실시한 실험하도의 수치계산모의 결과와 비슷한 값을 보였다.

3. 결 론

본 연구에서는 2차원 모형의 적용성을 검토하기 위해 Marsh Porosity의 매개변수에 대한 영향을 검토하였다. Marsh Porosity기법은 A0와 최소하상고사이의 거리(AC1), 천이영역의 분포(AC2), 최소 젖음 영역의 분포(AC3)의 매개변수로 이루어져 있으며, 각각의 Marsh Porosity의 매개변수에 대한 영향을 검토하기 위해 가상하도와 실험하도에 적용하였다. 또한 각각의 하도에 대하여 다양한 매개변수를 적용하고 그 결과를 실측치 등과 비교를 통하여 각 매개변수의 적정 범위를 제시하고자 노력하였다. 적용결과 Marsh Porosity의 AC1에 대한 영향은 크지 않으나 AC2와 AC3의 값은 결과에 상당한 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 따라서 수치해의 발산을 피하고 안정성을 유지하는 한도 내에서 적절한 값의 선정이 요구되는 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 과학기술부가 출연하고 수자원의 지속적 확보기술개발사업단에서 위탁 시행한 21세기 프론티어 연구개발사업중 “RAM2 모형의 확장개발 및 상용화”(과제번호2-3-3)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1 Chris Nielsen. Colin Apelt. (2003). “.Parameters Affecting the Performance of Wetting and Drying in a Two-Dimensional Finite Element Long Wave Hydrodynamic Model” Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 129, pp. 628-636

2. Gee, D.M., and MacArthur, R.C., (1981). "Evaluation and Application of the Generalized Finite Element Hydrodynamics Model, RMA-2", Two-Dimensional Modeling, Hydrologic Engineering Center, pp. 97-113.