

2차원 흐름해석을 위한 마름/젖음 알고리즘의 적용

Application of Dry/Wet Algorithm for 2-Dimensional Flow Analysis

한건연*, 김상호**, 최승용***, 이수창****

Kun Yeun Han, Sang Ho Kim, Seung Yong Choi, Su Chang Lee

Abstract

Frequently occurring flood and drought have 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 very important to the solution of a wide variety of practical flow problems in water resources engineering. Usually in many flow problems, two-dimensional approach can provide good estimates of complex flow features in the flow around islands and obstructions, flow at confluence and flow in braided channel.

The objective of this study is to examine validation of developed an accurate and robust two-dimensional finite element method with wet and dry simulation in complex natural rivers.

Milyang river, and Kumho river and Keum river were performed for tests. The results were compared with those of existing model. The suggested model displayed reasonable flow distribution compared with existing model in dry area for application of natural river flow.

As a result of this study, the developed general two-dimensional model provide a reliable results for flow distribution of wet and dry domain, it could be further developed to basis for extending to water quality and sediment transport analysis.

Key words: Deforming Grid Method, Dry/Wet, FEM

1. 서론

하천은 그림 1에서 나타낸 마름/젖음현상과 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 개발된 Deforming Grid 기법을 자연하천에 적용하고 이를 기존 상용모델과 비교하여 적용성을 검증하였다.

* 정회원·경북대학교 토목공학과 교수
** 정회원·상지대학교 건설시스템공학과 부교수
*** 정회원·경북대학교 토목공학과 박사수료
**** 정회원·경북대학교 토목공학과 석사과정

·E-mail : kshanj@knu.ac.kr
·E-mail : kimsh@sangji.ac.kr
·E-mail : ecofriend@knu.ac.kr
·E-mail : lsc3828@knu.ac.kr



그림 1 자연하천에서 마름/젖음 과정에 대한 개념도(홍수터, 섬)

2. 실제하천에 대한 모형의 적용

2.1 밀양강 합류부에 대한 적용

해석구간 내의 하도는 그림 2와 같이 하도 중심부에 마름 현상이 나타나는 영역이 넓게 존재하는 복합단면의 양상을 띠고 있다.

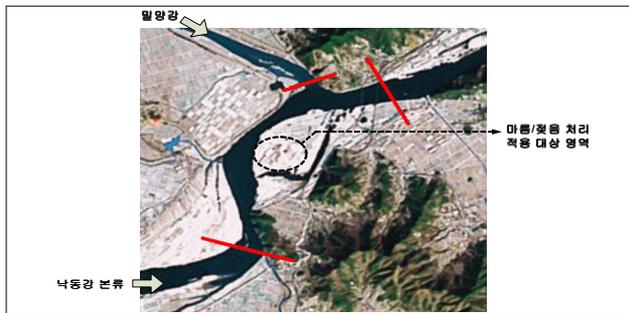


그림 2 대상유역

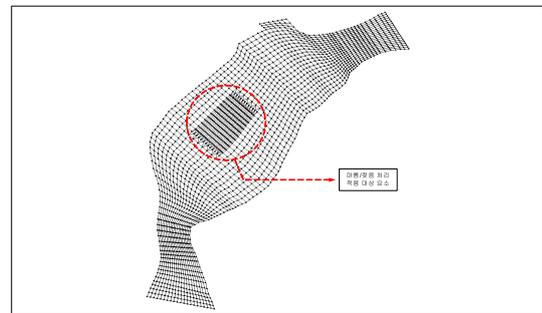


그림 3 모의에 적용된 요소망

본 연구에서는 하천 단면의 지형학적 변화에 따른 마름/젖음 현상에 대한 흐름 특성을 효과적으로 파악하기 위해 하도 중심영역에 대한 요소망은 조밀하게 구성하였다. 그림 4와 그림 5는 낙동강 본류부에 6399 m^3/sec 의 유량 조건하에서 모의 수행된 결과로서 10시간에서의 유속 벡터도와 등수심도를 나타내고 있다. 낙동강 본류 중심부에 위치한 높은 하상고를 가지는 부분에서 마름/젖음 현상의 흐름양상을 합리적으로 재현하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 6과 그림 7은 기존상용모형으로 모의한 결과이다. 6399 m^3/sec 의 유량 조건을 적용하였으며 지형보다 낮은 수위조건이 적용되었지만 기존상용모형의 경우 얇은 수심을 주는 방법으로 마름 조건을 처리하고 있어 하천수위보다 높은 지형에 대해서도 제거되는 요소가 발생하지 않아 자연지형에서의 흐름해석 결과가 만족스럽지 못하게 나타났다.

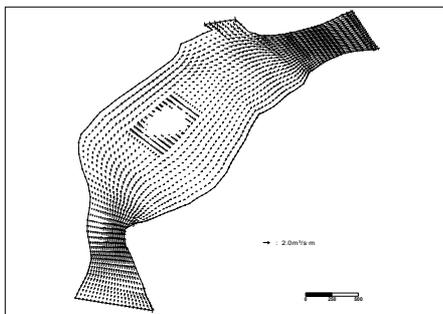


그림 4 유속벡터도
(본 연구 개발모형, 6399 m^3/sec)

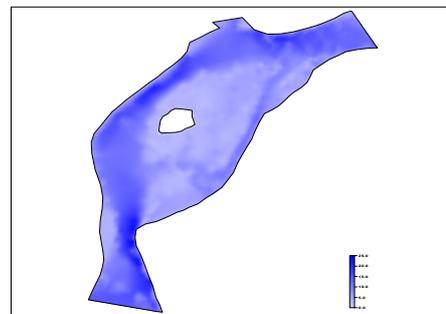


그림 5 등수심도
(본 연구 개발모형, 6399 m^3/sec)

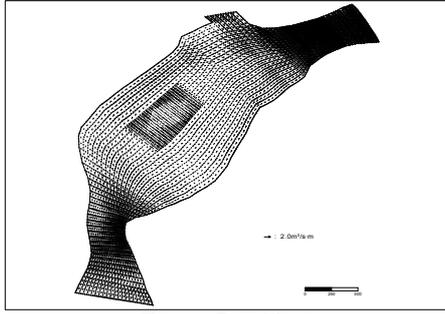


그림 6 유속벡터도
(기존상용모형, $6399\text{ m}^3/\text{sec}$)

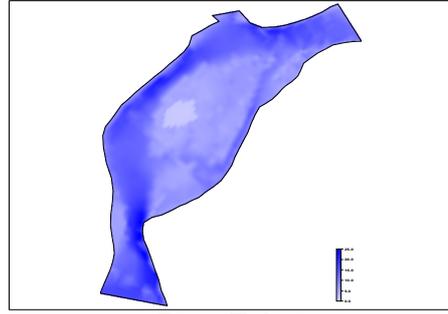


그림 7 등수심도
(기존상용모형, $6399\text{ m}^3/\text{sec}$)

2.2 금호강 합류부에 대한 적용

적용 대상 구간은 그림 8에서와 같이 해석구간 내의 하도는 하도 주변부에 마름 현상이 나타나는 영역이 하도주변부를 따라 길게 존재하는 복합단면의 양상을 띠고 있으며, 본 연구에서는 하천 단면의 지형학적 변화에 따른 마름/젖음 현상에 대한 흐름 특성을 효과적으로 파악하기 위해 하도 주변영역에 대한 요소망을 조밀하게 구성하였다.



그림 8 대상유역

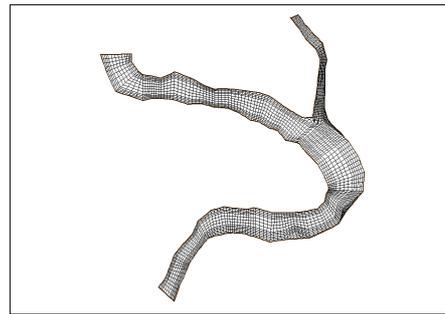


그림 9 모의에 적용된 요소망

그림 10과 그림 11은 낙동강 본류부에 $14748.40\text{ m}^3/\text{sec}$ 의 유량 조건하에서 모의 수행된 유속 벡터도와 등수심도를 나타내고 있다. 그림에서 나타난 것과 같이 금호강 합류 이후 낙동강본류의 주변부와 합류 이전의 금호강 주변부의 높은 하상고에 의한 마름/젖음 현상의 흐름양상을 모형에서 합리적으로 재현하고 있음을 확인할 수 있었다.

그림 12와 13은 기존상용모형을 이용하여 낙동강 본류부 유입부에서 $15500.00\text{ m}^3/\text{sec}$, 지류인 금호강 유입부에서 $5500.00\text{ m}^3/\text{sec}$ 의 유량경계조건으로 젖음 조건을 모의한 유속벡터도와 등수심도이다. 낙동강 본류부 유입부에서 $14748.40\text{ m}^3/\text{sec}$, 지류인 금호강 유입부에서 $4743.97\text{ m}^3/\text{sec}$ 의 유량경계조건으로 하여 마름 조건을 처리하고자 하였으나 자연지형에서의 하천흐름해석 결과가 만족스럽지 못하게 나타났다.

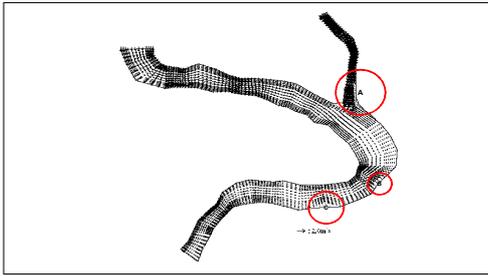


그림 10
유속벡터도(본 연구개발 모형,
14750 m^3/sec)와 마름/젖음 적용영역

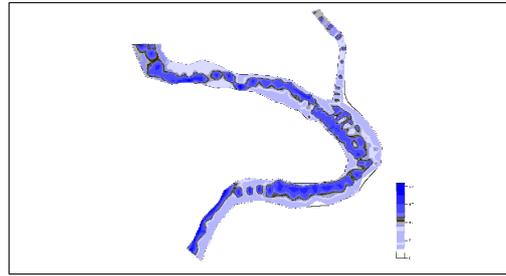


그림 11
등수심도(본 연구개발 모형,
14750 m^3/sec)

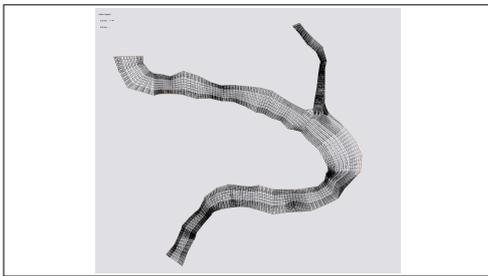


그림 12
유속벡터도(기존상용모형,
15500 m^3/sec)

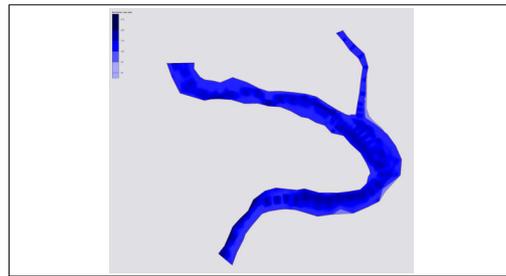


그림 13
등수심도(기존상용모형, 15500 m^3/sec)

2.3 금강 유역에 대한 적용

해석구간 내의 하도는 그림 14에서와 같이 하도 주변부에 마름 현상이 나타나는 영역이 넓게 존재하는 복합단면의 양상을 띠고 있으며, 본 연구에서는 하천 단면의 지형학적 변화에 따른 마름/젖음 현상에 대한 흐름 특성을 효과적으로 파악하기 위해 마름/젖음 현상이 발생할 것으로 예상되는 부분에 요소망을 조밀하게 구성하였다.



그림 14 대상유역

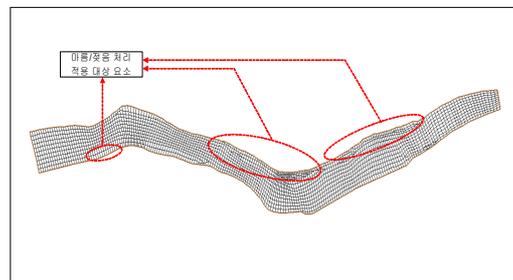


그림 15 모의에 적용된 요소망

그림 16과 그림 17는 금강 유입부에 4000 m^3/sec 의 유량경계조건으로 모의한 결과로서 전체 하상고보다 높은 유량 및 수위조건으로 마름현상이 발생하지 않았다. 그림 18과 그림 19는 MP기법을 적용한 기존상용모형을 이용하여 금강 유입부에 4000 m^3/sec 의 유량경계조건으로 젖음 조건을 모의한 유속벡터도와 등수심도

이다.

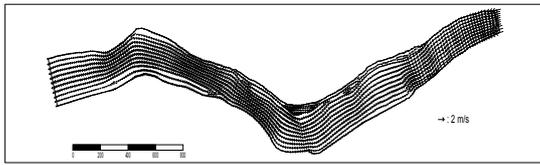


그림 16 유속벡터도
(본 연구개발 모형, 4000 m³/sec)

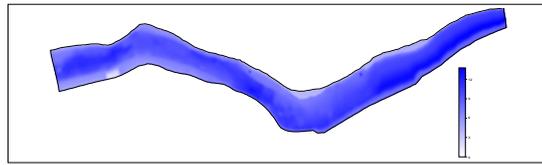


그림 17 등수심도
(본 연구개발 모형, 4000 m³/sec)

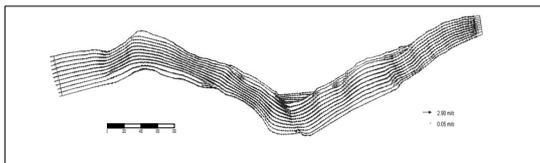


그림 18 유속벡터도
(기존상용모형, 4000 m³/sec)

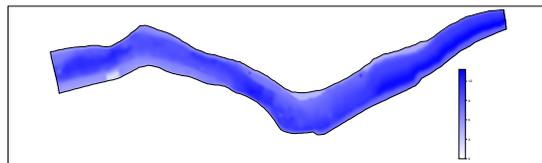


그림 19 등수심도
(기존상용모형, 4000 m³/sec)

3. 결론

Deforming Grid 기법은 요소의 수심이 다른 상태가 되었을 경우에 수치계산에서 동요를 일으키는데 이 경우 해당요소를 제거하여 새로운 지형조건을 경계를 가지게 하여 실행이 가능하도록 하는 기법이다. 이 기법은 격자가 감소함으로 인해 방정식의 수가 줄어들게 되어 좀 더 빠르게 모의 할 수 있고 마름/젖음 현상을 좀 더 실제적으로 표현할 수 있다. 그러나 넓은 지역에서 시간 간격동안 마름/젖음이 발생 한다면 모형에 수치적 문제를 야기할 수 있다. 또한 요소의 제거로 인한 불규칙한 경계의 형성으로 인해 수치적 발산이 발생할 수 있으며 요소에 포함된 유량이 더해지거나 감해짐으로 질량의 불연속성이 나타날 수도 있다. Deforming Grid 기법을 적용한 모델을 활용하여 실제하천인 밀양강 합류부, 금호강 합류부, 금강 등의 자연하도에 적용하고 이를 기존의 범용 흐름모형의 결과 등과 비교하여 모의 결과의 정확성을 입증하였다.

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. Tezduyar, T.E., Behr, M., and Mittal, S. (1992). "A new strategy for finite element computations involving moving boundaries and interfaces - The deforming-spatial-domain/space-time procedure : I. The concept and preliminary numerical tests." *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 94, pp. 339-351.