

하천 횡단면에서 면적-수위 관계

Area/free-surface relationship in the river cross-section

황 승 용*

Seung-Yong Hwang

요 지

계산 격자에 기반하여 천수 흐름을 모의할 때, 그 격자에 담긴 물의 양을 정확하게 파악할 필요가 있다. 예를 들어, 초기조건으로 수위가 부여된다면 계산격자의 기하 특성에 맞추어 흐름 변수인 수심이나 흐름 단면적으로 바꾸어야 하기 때문이다. 필요에 따라서는 모의 결과를 수위로 보이거나 격자 속 수심을 계산에 사용할 수도 있으므로 그 역변환도 고려되어야 한다. 2차원의 삼각형 계산격자에 대해서는 물의 부피와 수위 관계(volume/free-surface relationship)가 이미 정확(exact)하게 구명되어 있다(Hwang, 2017, J. KWRA). 그런데 1차원 문제의 횡단면에서 흐름 단면적과 수위의 관계(area/free-surface relationship)는 수위로부터 면적 환산에 대해서는 정확하나 그 역변환은 그렇지 않다. 매 시간 단계에서 갱신된 흐름 단면적으로부터 수위를 환산하기 위해 미리 작성된 면적-수위 자료를 이용한 선형 보간이 적용된다(Goodell, 2011, The RAS Solution). 이때, 환산 정확도는 자료의 해상도에 의존된다. 다행히 하천 횡단면 대부분을 채워 흐르는 홍수 모의에서는 이 문제가 그리 심각하지는 않다. 심지어 수위가 복단면 저수로 턱에 걸쳐있어 흐름 단면적이 급변하는 경우에도 환산 수위의 정확도는 크게 훼손되지 않는다. 그러나 미미한 환산 오차일지라도 그로 인해 수위가 저수로 턱을 넘거나 그보다 작을 수 있다. 이 경우, 홍수터의 잠김 여부에 따라 수면폭(top width)이 실제 계산 결과에 비해 크게 달라질 수밖에 없다. 수면폭 오차는 그것을 이용하여 결정되는 수리 수심(hydraulic depth)이나 평균 하상고(mean bed level)의 산정에도 전파된다. 이 연구에서는 하천 횡단면에서 수위와 흐름 단면적 사이의 환산 정확도를 크게 높일 수 있는 기법을 제시하였다. 먼저 하천 횡단면에서 주어진 수위에 대해 흐름 단면적을 산정할 수 있는 알고리즘을 보였다. 또한, 횡단면에서 수위와 흐름 단면적의 관계가 단조 증가 함수(monotonically increasing function)임에 착안하여 그 역변환에 대해 해 찾기(root finding) 방법의 하나인 Brent 기법을 적용하였다. 이 기법은 주어진 구간에서 도함수가 알려져 있지 않은 경우에 대해서도 효과적으로 해를 찾을 수 있는 것으로 알려져 있다(Press et al., 2002, Numerical Recipes in C, 2nd Ed.). 내성천 하류 수계의 333개 단면에서 수면폭에 대한 상대 오차를 살펴보면, 선형 보간에 의한 기존 방법으로는 면적-수위 자료의 수가 1,000개가 되어도 그 최대치가 1% 이내에 들지 않은 반면, 이 연구에서 제시한 기법으로 면적-수위 자료 없이도 1% 이내로 줄어드는 것을 확인하였다. 다만, 반복 계산에 의한 계산 시간의 증대를 피할 수 없다. 미리 작성된 면적-수위 자료를 이용하면 계산 비용을 줄일 수 있으며, 약 35개의 구간으로 나누었을 때 비용 대비 오차가 적절하였다. 이 연구는 한국건설기술연구원(주요사업 과제번호: 20190116-001)의 지원에 의한 것이다.

핵심용어: 면적-수위 관계, 수면폭, 수리 수심, 평균 하상고, 하천 모형

* 정희원 · 한국건설기술연구원 국토보전연구본부 수석연구원 · E-mail: syhwang@kict.re.kr