

춘천호내 인공습지 조성에 따른 흐름특성 분석

Analysis of Steam Characteristics in Chun-cheon Lake by Building a Artificial Marsh

최 한 규* 박 재 국** 백 호 선***

Choi, Han-Kuy Park, Jae-Guk Baek, Hyo-Seon

Abstract

Based on the data interpretation on an artificial marsh built in Chun-cheon Lake, the study analyzed flow characteristics and found that flow was unstable due to sediment of natural river but the effect of artificial marsh was similar with that of river improvement works. Flow velocity in the section of artificial marsh was found to be 1m/sec. Therefore flow velocity was stable, which could contribute to improving water quality. A flow velocity as well as stream vector was improved.

키워드 : 흐름, 인공습지, 수치해석

Keywords : *stream, artificial marsh, numerical analysis*

1. 서론

댐은 생활에 전기를 공급하는 발전기능과 호우 시 하류의 홍수조절 기능 및 생활에 필요한 상수를 공급하는 용수공급의 기능과 더불어 최근에는 호수변을 이용한 레저 및 휴식공간을 제공하고 있다. 그러나 최근 기후변화에 따른 강우 형태의 편중으로 인하여 수질관리에 어려움이 발생하고 있는 것이 현실이다.

수질관리의 어려움은 양질의 용수공급 및 미관상의 문제점뿐만 아니라 어류자원의 감소로 까지 파급되고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 따라서 수질관리 대책의 일환으로 상류지역의 오염시설 저감대책을 수립하는데 일반적으로 점오염

원과 비점오염원으로 구분하여 저감 및 처리방안에 대한 계획을 수립하고 있다. 호소의 경우 호소내의 수질정화를 위한 쓰레기 수거의 소극적인 방법에서 부영양화 방지를 위한 약품투여의 적극적인 방법이 있으나 최근에는 자연정화를 위한 인공습지를 조성하여 수질 정화뿐만 아니라 어류 산란처 제공 등을 실시하고 있다.

수질관리를 위한 여러 대책중 인공습지의 경우 수질정화와 어류 산란처 제공의 기능을 원활하게 수행하기 위해서는 환경적인 측면에서의 필요한 시설물을 배치하는 것도 중요하겠지만 인공습지 설치 위치와 설치방법에 따라 하천의 유수흐름특성 변동이 발생할 수 있으나 인공습지 계획시 시설물 계획에 따른 호소내의 유수흐름변동에 대한 검토가 세부적인 실시하고 있지 않은 실정이다. 따라서 이에 대한 구체적인 해석방법과 흐름특성에 대한 연구가 필요하다.

그러나 기존의 흐름특성은 대부분 1차원 해석을 실시하여 하천 횡단면도 평균 유속만을 산정하는 해석상의 차이로 인하여 국부적으로 형성되는 인공습지에 대한 정확한 흐름특성 해석이 현실적으

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사, 교신저자

** 강원대학교 토목공학과 석사과정

*** 강원대학교 대학원 토목공학과 박사수료

로 불가능한 방법이였다. 따라서 국부적인 흐름특성을 파악할 수 있는 수치해석방법을 적용하여야 하며 2차원 이상의 수치해석에서 국부적인 구간에 대한 수치해석이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 2차원 수치해석을 이용하여 춘천호에 인공습지 조성시의 흐름특성에 대하여 분석을 실시하였다.

2. 이론적 배경

본 수치해석에 사용된 RMA2 모형은 2차원 질량 연속방정식과 2차원 Navier-Stokes의 힘-운동량 방정식에 대한 Reynolds 형태로 표시된다. 비압축성, 균질유체에 대한 Navier-Stokes 식을 tensor형으로 기술하면 연속방정식과 운동방정식은 각각 식(1)과 식(2)와 같다.

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = g_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2)$$

여기서, x_i = 직각좌표계, u_i = 속도성분, ρ = 유체밀도, t = 시간, p = 압력, μ = 점성계수, g_i = x,y,z 방향의 중력가속도(z 방향만 g 이며 나머지는 0임)이다.

위식을 기본방정식으로 하여 유한요소법을 적용한 해석을 실시하게 되나 본 연구에 사용된 모형은 다음과 같은 제약조건이 있다.

모형의 제약조건에 대해서는 크게 두 가지의 주요 사항을 살펴보기로 한다. 하나는 '습윤/건조'에 대한 가정이고 또 하나는 매개변수에 대한 가정이다.

'습윤/건조'에 대한 사항은 두 개의 가정에 근거를 두고 있는데 하나는 범람과정의 운동성에 관한 것이고, 다른 하나는 모의수행방법에 관한 것이다.

우선, 범람 과정의 운동성에 있어서 범람은 주수로와는 떨어져 있는 흐름 경계면의 측방향 운동에 의해 발생하는 것으로 가정한다. 이것은 대부분의 경우에 있어 물리적 상황에 대해 타당한 근사법을 제공하는데, 이 경우에 문제는 주수로가 홍수터로 범람되는 홍수의 단독 근원이 아닐 때 발생하게 된다. 예를 들면, 배수구는 홍수터의 뒤로 물을 이송할 것이고 그래서 두개면의 범람 선단부를 만든다. 특히나, 주수로의 물의 회귀는 이러한 배수지역 모형에 의하거나 물이 저수지로 유입되는 것과 같은 홍수터 체계에서는 복잡성이 크게 될 것이다. 수평적인 이동 흐름경계의 가정은 그런 복잡한 거동을 파악하기 어렵게 한다. 따라서 이와 같은 흐름 현상이 지배적인 범람과정에서의 모형에 의한 모의수행은 부적절한 것으로 판단될 것이다.

매개변수에 대한 가정은 요소에 대한 경계면 마찰을 하나의 마찰인자 값에 의해 나타낼 수 있고, 난류 Reynolds 응력의 Boussinesq 접근법은 참값을 가지며, 또한 경계면 조건은 물리적 체계에 적절하게 정의될 수 있다는 것이다.

Boussinesq 접근법에 의해 제공된 난류모형은 관심있는 모든 흐름특성을 모의수행하기에 충분하다. 그리고 만약 경계조건이 물리적 상황을 규정하기에 충분히 정확하지 않다면 제안된 모형은 가치가 없게 될 것이다.

위의 제약조건이 아니면 모형은 다음과 같은 순서로 해석을 실시하게 된다.

- 1) 적용대상구간의 선정
- 2) 대상구역의 2차원적 지형파일 작성 및 binary 변환
- 3) 지형속성과 초기 및 경계조건이 입력된 유한요소망의 구축
- 4) 동수역학적 흐름해석인 RMA2 수행
- 5) 해석결과의 후처리과정

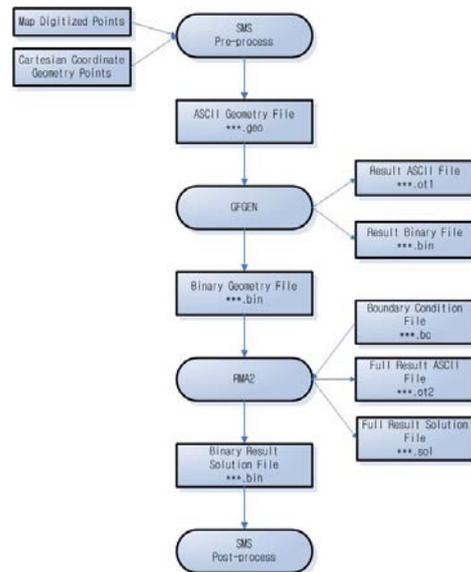


그림1 수치해석 흐름도

3. 연구대상지 현황 및 모델작성

3.1 연구대상지 지형현황

(1) 인공습지 조성계획

연구대상지는 북한강 수계에 위치한 춘천호로 인공습지 계획 대상지는 지촌천 합류부에 위치하고 있다. 본 연구 대상지는 합류부에 위치하여 지속적인 퇴적이 진행되어 있는 지역으로 인공습지 조성전에서도 일부 습지가 형성되어 있다.

그러나 현재의 일부 습지들은 댐 수위 조절에 따라 침수와 지표노출이 반복되므로 지속적인 식생 및 어류 산란처 등의 기능을 수행하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구대상지 일부구간에 대하여 제방을 축조하여 인공습지를 조성하는 방안을 계획하였다. 다만 제방축조시 댐 상시만수위보다 낮게 설치하여 호우시에는 제방상단까지 침수가 이루어지나 댐수위 하강시에는 제방내 항시 일정수위를 유지하도록 하여 수생식물이 지속적인 성장할 수 있는 환경을 조성하였다.

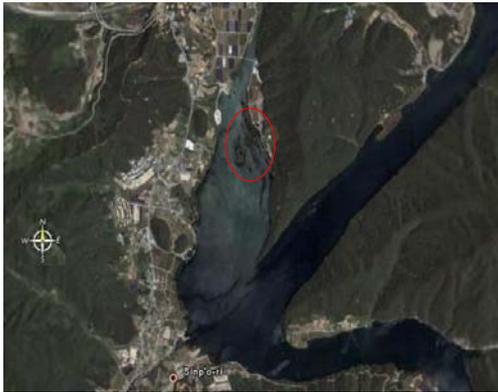


그림2 연구대상지 위성사진



그림3 연구대상지 주변 현장사진

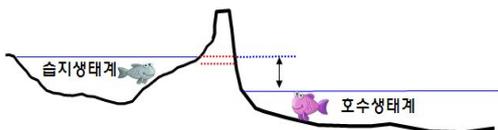


그림4 습지조성 단면도

(2) 지형자료 구축

본 연구를 위한 지형자료 수집은 기존의 수치지도를 이용하여 주변 지형을 파악하였으며 세부적인 하상구조를 파악하기 위하여 수심측량을 실시하였다.

그림5는 기존 수치자료인 북한강 하천정비 기본계획의 평면도이며 NO.195지점이다. 기본계획의 평면도와 수심측량자료를 이용하여 작성된 본 연구대상지점의 수심도는 그림6과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 본 연구대상지점의 하상이 주변에

비하여 퇴적이 심하게 되어 있음을 확인할 수 있다.

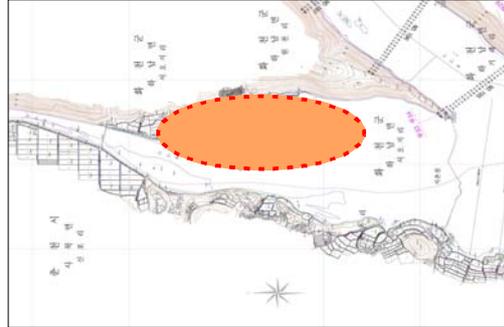


그림5 연구대상지 수치지도 작성

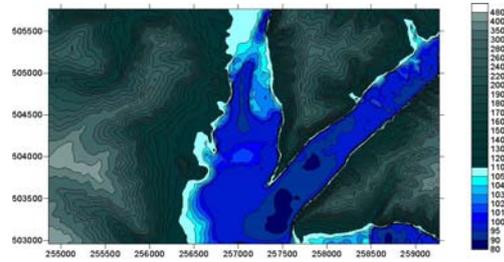


그림6 연구대상지 표고도

(3) 해석모델 적용

위와 같이 수집 및 조사된 자료를 이용하여 본 연구대상지에 대한 수치해석을 실시하였다. 수치해석은 인공습지 조성전인 현지형과 인위적인 인공습지가 조성된 조성후로 구분하여 해석을 실시하였으며 해석을 위하여 그림7과 같이 MASH를 구성하고 해석을 위한 경계조건은 표1과 같다. 경계조건은 인공습지 조성 전후에 관계없이 동일하게 적용하였다.



그림7 MASH구성

표1 수치해석 경계조건

지형자료	수치지도 및 수침측량성과
하류경계조건	북한강 계획홍수위 (EL.104.9m)
상류경계조건	북한강 : 9,300CMS 지춘천 : 1,840CMS

4. 수치해석 결과

4.1 인공습지 조성전

북한강 분류와 지춘천 지류가 합류하는 지점의 2차원 수치해석결과, 수위의 경우 우안 102.591m, 중간 104.014m, 좌안 104.933m로 해석되었으며, 유속의 경우 우안 3.54m/s, 중간 2.24m/s, 1.45m/s로 해석되었다. 또한 인공습지 조성전에서 좌안구간의 퇴적으로 인하여 대부분의 유수 흐름방향이 우안으로 형성되고 있음을 확인 할 수 있었다. 그림 8은 북한강과 지춘천이 합류하는 지점의 RMA-2모형으로 수위에 대한 해석결과를 그림으로 표시한 결과이다.

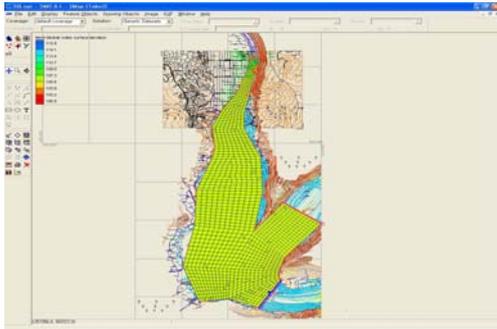


그림8 인공습지 조성전 홍수위

4.2 인공습지 조성후

인공습지 조성후에 대한 해석결과를 관찰한 결과 유수의 흐름은 습지 조성전과 동일하게 우안방향으로 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 구체적으로 유속과 유량을 살펴보면 인공습지 조성전에는 퇴적등의 불균등한 분포로 인하여 우안의 유속이 3m/sec이상의 분포를 보였으나 인공습지 조성후 안정된 유수 흐름으로 인하여 유속이 감소하였으며 인공습지 조성지인 좌안의 경우에는 1m/sec 미만의 유속분포로 홍수기에도 수생식물의 안전한 성장과 더불어 유속이 저감되어 어류 산란장 보호 및 어류의 임시 피신의 역할까지 가능할 것으로 해석되었다.

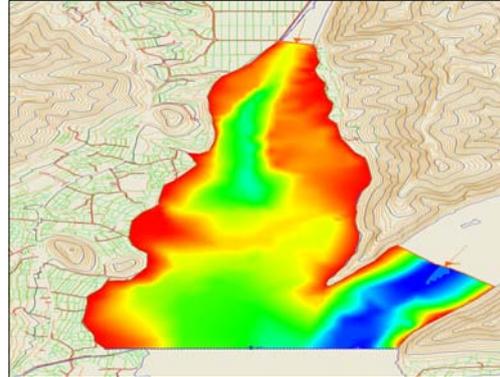


그림9 인공습지 조성후 수심도

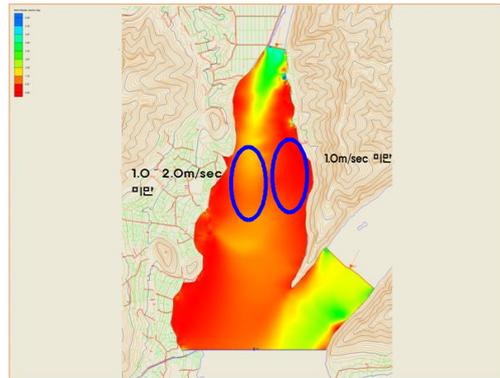


그림10 인공습지 조성후 유속분포도

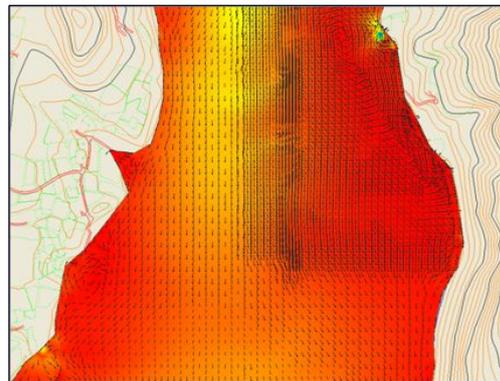


그림11 인공습지 조성후 유향분포도

5. 결론

인공습지에 대하여 2차원 수치해석을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 인공습지 조성후 조성지내의 유속을 확인

한 결과 1m/sec미만의 낮은 유속 분포가 형성됨을 확인할 수 있었다.

둘째, 홍수기시 인공습지를 위한 제방은 댐 만수보다 낮게 형성되었으며 습지내 수심은 4.0m미만의 분포가 확인되어 홍수기 댐 수위 조절시 호소생태계와 습지생태계와의 교류가 가능함을 확인할 수 있었다.

셋째, 인공습지 조성에 따른 흐름인 유형에 대하여 검토한 결과 지춘천에서 유입된 유량은 북한강 합류부 까지 원활한 흐름 유지하고 있었으며 습지내 와류 현상으로 상류 유입수의 지체됨을 확인할 수 있었다.

따라서, 2차원 수치해석을 이용하여 인공습지 조성시 수리특성 확인이 가능하였으며 본 연구 대상 인공습지는 수리특성상 적합한 조건을 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 안상진, “1,2차원 모형을 이용한 골재채취 전·후의 소하천 흐름 해석”, 충북대학교 건설 기술 연구소, 2001.
- [2] 정의택, “합류수로부에서 흐름해석”, 한양대학교, 1992.
- [3] 김형일 외, “자연하천에서의 홍수위 산정을 위한 1차원 모형과 2차원 모형의 비교”, 연세대학교, 1996.
- [4] 윤태훈, “2차원 수치모형에 의한 합류흐름 해석”, 한국수자원학회 논문집, 제31권, 제5호, pp.529~538, 1998.
- [5] 강원도, 지춘천 하천정비기본계획 보고서, 강원도, 2002.
- [6] 건설교통부 원주지방국토관리청, 북한강 수계 하천정비기본계획(보완) 보고서, 건설교통부 원주지방국토관리청, 2002.
- [7] Chaudhry, M. F., *Open-Channel Flow*, Prentice-Hall, Inc, 1993.
- [8] Hanger Willi H., “Transitional Flow in Channel Junctions”, *J. of Hydraulic Div, ASCE*, Vol.115, No.2 Feb, 1989.
- [9] Barkau R L, *Unit One-Dimension Unsteady Flow through a Full Network of Open Channels User's Manual*, U. S. Army Corps of Engineers, 1993.