

FLOW-3D 모형을 이용한 어도 Pool 내의 흐름 해석

Analysis of Flow in the Pool of Fishway Using FLOW-3D Model

전계원 *안상도**이호진***
Kye Won Jun, Sang Do An, Ho Jin Lee

요 지

어류는 민감하기 때문에 최적화된 어도를 설계하는 것은 매우 어려운 일이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서, 관찰, 수리모형시험과 같은 방법을 이용한 연구가 주를 이루어 왔다. 최근 들어 어도에 대한 기본 지식의 축적과 CFD 프로그램이 발전함에 따라 수치모의를 이용해 최적 어도를 설계하고자 하는 노력이 활발해지고 있다.

본 연구에서는 최적 어도 설계를 도모하기 위해서 어류의 휴식을 위해 설치되는 풀(pool) 내의 흐름 해석을 수행하였다. 군남홍수조절지를 대상으로 설계도면을 분석하여 3차원으로 변환하여 구조물형상을 구축하였으며, FLOW-3D 모형을 이용하여 흐름을 해석하였다.

휴식 풀 내의 흐름을 모의한 결과 어도 내 월류 수심이 10cm 일 경우, 휴식 풀 내 유속은 풀 내 유입어도의 노치와 잠공부에서 최대 유속이 0.4m/s로 나타났고, 국부적으로 집중된 유속에 의해 풀 내 순환류가 발생하나, 유속의 범위가 최대 0.15m/s를 넘지 않는 것으로 모의되었다.

핵심용어 : 어도, FLOW-3D, 풀(pool), 월류수심

1. 서 론

댐에 설치되는 어도의 경우 수산자원의 보호적인 측면보다 자연생태계의 보전적인 측면이 강하므로 대표어종에 한정치 말고 가능한 범위 안에서 서식하고 있는 여러 종류의 물고기들이 사용할 수 있도록 어도 형식을 결정해야 한다(한국수자원학회, 2005).

국내의 하천에는 대략 200여 개의 어도가 설치되어 있다. 그러나 기 설치된 어도는 대부분이 국내의 하천 특성이나 어도의 수리특성 반영 측면에서는 미미한 점이 많아서 어도로서의 기능을 충분히 발휘하지 못하고 있는 경우가 적지 않다(이진원 등, 2000).

국내 어도의 일반적인 문제점은 다음과 같다(김혜성 등, 2007). 첫째, 어도의 설치위치가 좋지 못하다 둘째, 유인수위가 없다 셋째, 유량통제 시설이 부족하다.

어류는 민감하기 때문에 최적의 어도를 설치하는 것은 어려운 일이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서, 어류의 관찰, 수리모형실험을 통하여 최적 어도를 만들기 위한 연구를 수행해 왔다. 그러나, 관찰이나 수리모형실험을 통한 연구는 경제적인 문제, 정확성 및 적용성에 한계가 있기 때문에 최적화된 어도를 만드는 데 여러 가지 문제점이 있어 왔다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 수치모형을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 수치모형은 여러 가지 경우에 대해서 다양한 분석을 수행할 수 있는 이점이 있기 때문에 그 적용성이 매우 광범위하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 군남홍수조절지를 대상으로 하였다. 최적 어도설계를 도모하기 위해서 FLOW-3D 모형을

*정회원-강원대학교 방재기술전문대학원E-mail : kwjun@kangwon.ac.kr
**정회원-한국수자원공사 설계처E-mail : Sdan99@kwater.or.kr
***정회원-강원도립대학 건설토목과E-mail : lhjce@hanmail.net

이용하여 어류의 휴식을 위해 설치되는 풀(pool) 내의 흐름 해석을 수행하였다. 3차원 수치모의를 위해서 설계도면을 분석하여 3차원으로 변환하여 입체화 작업을 수행하였다.

2. 어도의 조건 (한국수자원학회, 2005)

어도 설계시 고려해야 할 좋은 어도의 조건은 다음과 같다.

- ① 소상어가 어도의 입구 이외의 장소에 모여들지 않아야 한다.
- ② 어도의 입구에 모인 모든 소상어가 신속하게 어도에 들어갈 수 있어야 한다.
- ③ 어도 내에 진입한 모든 소상어가 신속하고, 쉽고, 안전하게 그 어도를 소상할 수 있어야 한다.
- ④ 어도 통과 후에 소상어가 안전하고 신속하게 하천상류로 소상할 수 있어야 한다.
- ⑤ 어류의 손상이나 피로를 피할 수 있어야 한다.
- ⑥ 구조가 간단하고 견고하며, 유지관리비가 쉽고 비용이 절감될 수 있어야 한다.

어도의 성격은 어류를 신속히 소상시키는 것이며 좋은 어도를 만들기 위해 어도 내부를 좋은 서식환경으로 만드는 것은 잘못된 것이다. 좋은 서식환경은 어도의 상·하류에 확보하도록 하고 어도는 단순히 그 서식환경을 연결하는 역할을 하도록 해야 한다.

풀(pool)식 어도는 어도 내의 격벽에 의하여 풀이 형성되고 흐름은 이 격벽에서 일시 정체되었다가 격벽을 월류하거나 격벽 하부에 있는 잠공(orifice)을 통하여 흐르는 어도 형태이다. 풀식 어도 설계시 유의할 점은 다음과 같다.

- ① 각 풀마다 수리조건이 동일해야 한다.
- ② 통과경로의 최대유속단면의 유속은 대표어종의 돌진속도 이하라야 한다.
- ③ 통과경로의 최소수심은 체고의 1.2배 이상이 필요하다.
- ④ 통과경로의 최소폭은 체장의 1/2 이상 필요하며, 체장 정도로 확보하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 각 풀에는 항상 휴식장소가 확보되어 있어야 한다. 단 풀 내에 소상어가 장기적으로 체류하는 상태는 좋지 않다.

3. 어도 풀(pool) 내 흐름해석

3.1 적용대상

본 연구에서는 향후 건설예정인 홍수조절지 내 풀(pool)식 어도를 선정하여 흐름을 모의하였다. 첫 번째 풀의 바닥표고는 EL 32.39 m이고, 하류하천부의 연결된 유인수로 시점의 바닥표고는 EL. 21.0 m 이다. 그림 1과 같이 풀은 4m(폭)×4m(길이) 크기를 갖고 있다. 계산에 사용된 격자는 표 1에 제시한 바와 같다.

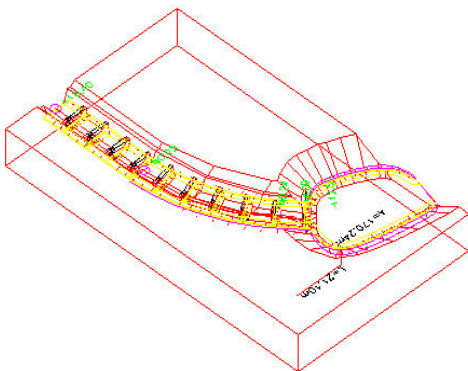


그림 1. 적용대상

표 1. 계산영역 격자구성

격자(x,y,z)	격자수	격자간격
200×120×30	720,000 개	x방향 : 0.18m ~ 0.18m y방향 : 0.14m ~ 0.88m z방향 : 0.07m ~ 0.07m

3.2 경계조건 및 초기조건

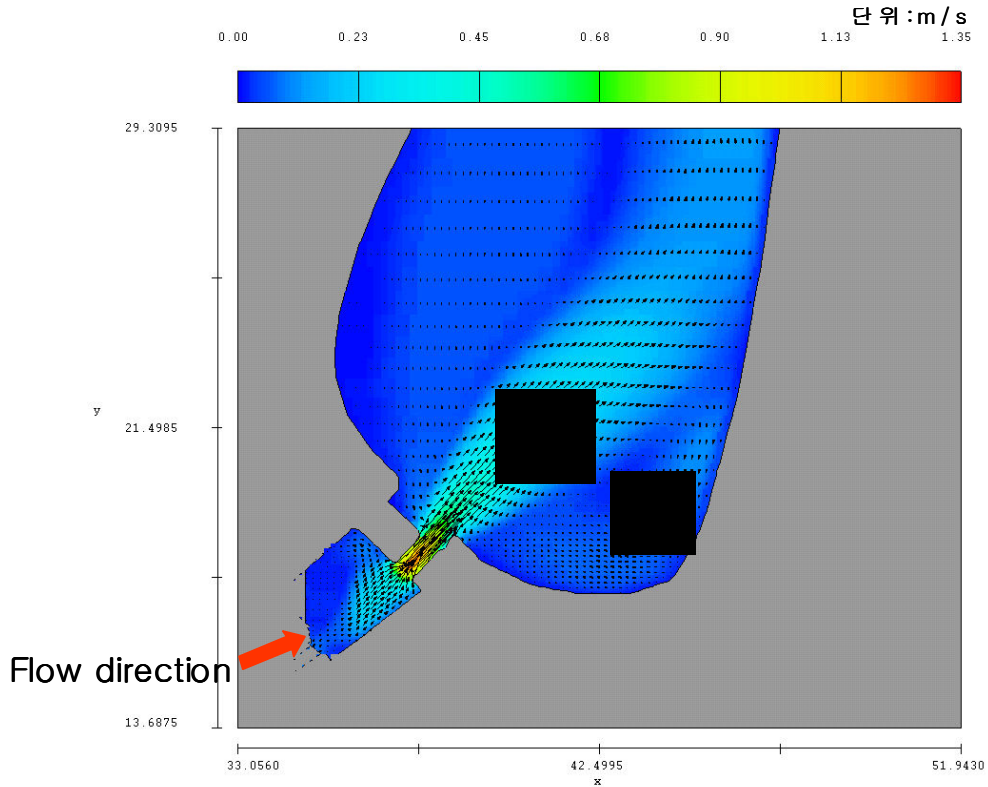
경계조건은 풀 구간 상류경계는 격벽 상단의 월류 수심 10cm로 설정하였고, 하류경계는 풀 내 수위로 설정하였다. 월류 수심 조건은 이미 수행된 잠실수중보 어도에서 최적 월류 수심으로 제시된 10 cm를 적용하였다. 초기조건은 격벽상단부의 월류를 시작으로 정지된 물의 흐름이 시작된다고 가정하여 계산하였다. 모든 구간에 대해서 수면과 내부속도가 정상상태에 도달하는 시점까지 해석하는 것은 엄청난 시간이 소요되므로, 본 연구에서는 계산영역 내의 운동에너지가 일정하게 되는 시간을 정상상태 도달시간으로 간주하였다. 모의에 사용된 물의 물리적 성질은 다음과 표 2와 같다.

표 2. 모의에 사용된 물의 물리적 성질

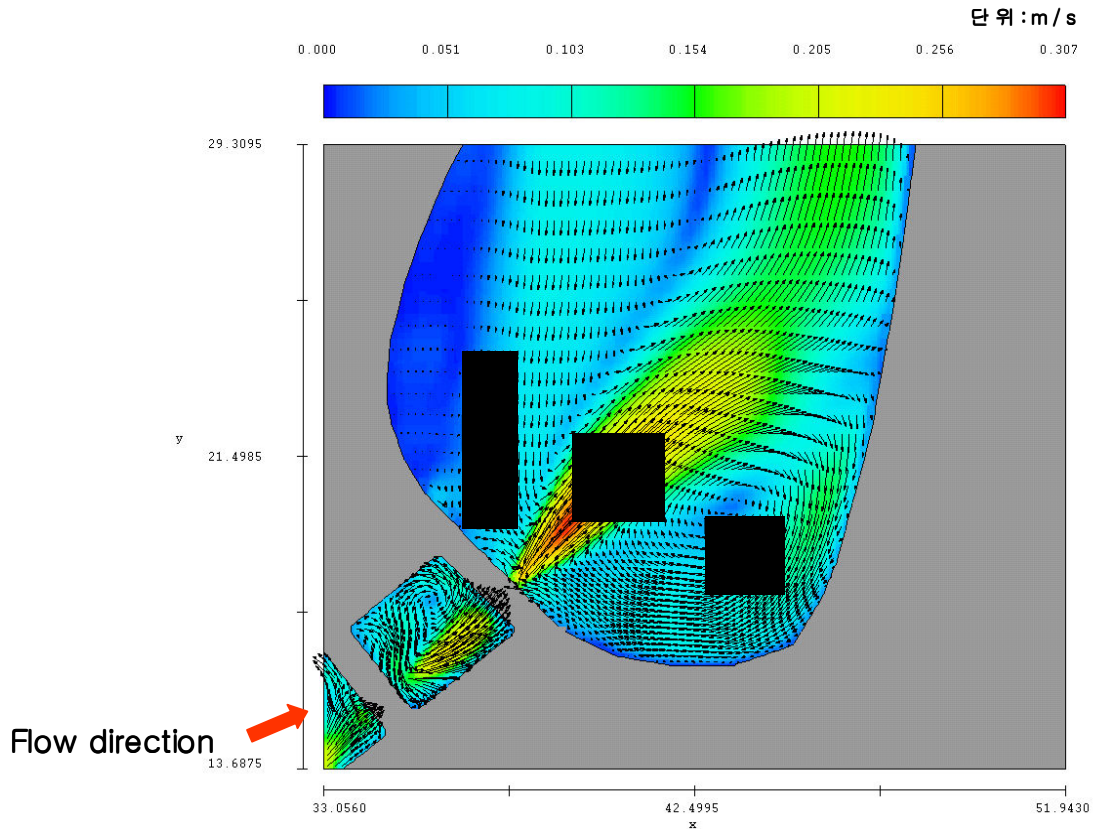
온도 (°C)	밀도 (kg/m ³)	동점성계수 (m ² /s)	중력가속도 (m/s ²)	조도계수 (자연형하천 적용)
20.0	1,000	1.005×10 ⁻⁶	9.81	0.05

3.3. 해석 결과

어도 풀 내 흐름을 해석한 결과, 어도 내 월류 수심이 10cm 일 경우, 휴식 풀 내 유속은 풀 내 유입어도의 노치와 잠공부분에서 최대 유속은 0.4m/s 이내이며, 국부적으로 집중된 유속에 의해 풀 내에 순환류가 발생하나, 유속의 범위가 최대 0.15m/s를 넘지 않고 있다. 따라서 본 연구의 대상이 된 풀은 어도를 소상하는 어류의 중간 휴식처로서의 적절한 환경을 제공한다고 판단된다. 그러나, 월류 수심이 10cm를 넘을 경우 풀 내 유입유속이 증가하여 어류의 소상환경이 불량해질 것으로 예상된다. 따라서 어도 격벽부의 월류수심을 10cm로 유지하여 어류의 소상환경을 최적으로 유지할 수 있도록 해야 한다.



(a) EL. 32.5m



(b) EL. 32.9m

그림 2. 풀(pool)의 평면유속 분포 (월류수심 10cm, 바닥높이 32.4m)

4. 결론

최적의 어도를 설계하기 위해서 여러 가지 시도를 수행해 왔다. 특히, 수치모형은 여러 가지 경우에 대해서 다양한 검토가 가능하기 때문에 그 사용이 점점 증가하고 있다. 본 연구에서는 풀(pool)식 어도를 대상으로 하여 어도 풀 내의 흐름을 모의하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 어도 내 월류 수심이 10cm일 경우, 풀 내 유입어도의 노치와 잠공부분에서 최대 유속은 0.4m/s 이내이며, 국부적으로 집중된 유속에 의해 풀 내에 순환류가 발생하나, 유속의 범위가 최대 0.15m/s를 넘지 않고 있다.
2. 월류 수심이 10cm를 넘을 경우 풀 내 유입 유속이 증가하여 어류의 소상환경이 불량할 것으로 예상된다. 따라서, 최적의 어류 소상환경을 조성하기 위해서는 월류수심을 10cm로 유지해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김혜성, 윤용진, 이동훈, 이은태 (2007). 어도 및 유인수로의 공간적 배치와 흐름, 한국수자원학회 학술 발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 602-606.
2. 이진원, 강창수, 이삼희 (2000). 혼합형 어도 개발 및 FLUENT 수치모형에 의한 적정성 검토, 한국수자원학회 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 667-672.
3. 한국수자원학회 (2005). 댐설계기준, 한국수자원학회.