어도 및 유인수로의 공간적 배치와 흐름

Spatial position and flow of fishway as well as inducement channel

김혜성*, 윤용진**, 이도훈***, 이은태****
Kim Hye Sung, Yun Yong Jin, Lee Do Hoon, Lee Eun Tae

요 지

어도 설계시 실무자의 입장에서 많은 어려움을 가지고 있다. 대부분의 수공구조물 설계인자가 기상학적 인자에서 도출되는 반면에 어도는 어류의 이동특성이나 유영능력 등 생태학적 인자에서 설계되어져야 하기 때문이다. 그러나 충분한 기초자료의 부족이나 설계자가 좋은 구조물을 지어야 한다는 사명감 부족 등으로 대부분의 어도가 기존 어도의 형태를 답습하는 형태로 건설되고 있다. 본 논문은 한강의 잠실수중보 어도설치계획을 근간으로 하여 어도를 설계하는데 필요한 세 가지 요소를 제안하였다. (1) 공간적 위치나 정열이 부적정한 어도의 수정할 점 (2) 어류의 이동특성이나 유영능력에 적합한 pool형 어도의 월류 수심을 3차원 수치모형계산을 통하여 제시 (3) 어도입구에 고기를 모일 수 있게 하는 유인수로의 필요성

핵심용어 : 유인수로, 월류수심, 월류유속

1. 서 론

1990년 중반이후 주로 치수기능에 그치던 하천계획이 자연형하천 사업으로 방향전환을 하였고 이 일환으로 생물서식처본전, 수질자정 등 환경적으로 많은 노력이 경주되고 있지만 실무의 적용에 아직도 많은 연구가 필요한 것이 사실이다. 최근 들어 사람들의 하천환경에 대한 관심이 많아지면서 대중 매체에서의 환경 다큐멘터리 등을 통해서도 하천내의 이수를 위한 수리구조물(보나 낙차공)이 어류의 이동을 단절시켜 하천생태계를 변화시키고 있다는 사실을 지적하고 있다. 하지만 국내에 설치된 어도들 중에는 유명무실한 것들도 상당수 있다고 조사되었는데 어도가 그 기능을 제대로 발휘하지 못하는 가장 큰 이유는 어류 특성에 대한 충분한 조사·분석 없이 형식적으로 어도를 설치한 것이 주원인이며 어도를 계획하는 기술자의 생태적, 기술적 교육의 부족도 또 다른 큰 원인이라 볼 수 있다. 국내어도의 일반적인 문제점은 다음과 같다.

첫째, 어도의 설치위치가 좋지 못하다.

어도의 설치위치는 이동하는 물고기의 집어효과가 뛰어난 곳을 선택하여 설치되어야 하는데 어도의 산만한 설치로 어류의 이동특성을 전혀 고려하지 못한 설치가 되어 있다.

둘째, 유인수로의 필요성

어도의 기능을 유지하기 위하여 우선 어도입구 부근에 고기를 모이게하여 어도입구를 용이하게 찾을 필요가 있다. 어도의 입구에 집어 할 수 있는 시설로써의 하나가 유인수로이나 국내어도에 있어서 유인수로의 설치사례가 거의 없는 실정이다.

* 정회원 · 도화종합기술공사 수자원부 · E-mail : ywkhs96@dohwa.co.kr
** 정회원 · 도화종합기술공사 수자원부 · E-mail : yyj4569@dohwa.co.kr
*** 정회원 · 경희대학교 토목공학과 교수 · E-mail : dohlee@khu.ac.kr
**** 정회원 · 경희대학교 토목공학과 교수 · E-mail : etlee@khu.ac.kr

셋째, 유량통제시설이 부족하다.

대부분의 하천은 연중을 통해 수위가 변하나 어도출구가 보의 높이와 같아 갈수기나 비우기시 어도로 물이 흐르지 않는 것이 대부분이며 하천의 수위가 조금만 상승하여도 어도 내 유량이 많아 유속이 크고 와류 등이 발생하여 어도의 기능을 할 수 없는 것이 대부분이다. 또한 어도 내 흐름에 대한 적정한 해석 등이 수행되지 않아 어도의 월류수심이나 Pool내 흐름에 대한 파악이 부족한 현실이다.

일반토목구조물의 경우 기후적, 지형적 대상으로 설치하지만 어도의 경우 생물을 대상으로 한 토목구조물이므로 사람이 주체가 아닌 어류가 주체로써 구조물을 계획하여야한다. 상기문제점에 대한 해결방안에 대하여 어류의 생태와 어도 및 주변의 흐름에 대한 분석으로 지금까지 알려져 온 어도의 문제점에 대하여 실제사례나 수치분석을 통하여 그 해결책을 모색하는 것이 본 연구의 목적이다. 본 연구는 한강어도설치사업을 기본모태로 하여 어도의 위치에 대하여 국내외 문헌을 통하여 어도의 적정위치 선정을 정리한 후 현재 국내 설치되어있는 어도위치의 문제점에 대하여 개선안을 제시하고 어도입구내로 고기가 집어 될 수 있도록 유인수로를 설치하는 방안과 POOL내의 수치해석을 통하여 POOL식 어도격벽의 적정 월류수심을 선정하고자 한다.

2. 어류의 생태적 특성

◦ 향류성(向流性) : 이동 어류는 일반적으로 흐름 방향을 거슬러 이동하려는 특성이 있다.
◦ 주 흐름으로의 이동 : 일반적으로 이동 어류는 주 흐름이 있으면 이를 이탈하지 않고 주 흐름 가장자리의 유속이 느린 부분을 이용하여 이동한다.
◦ 유영력 : 유영속도는 어종, 체장, 생리상태 및 유속에 따라 차이가 난다. 유영속도에는 장시간 계속해서 움직일 수 있는 순항속도와 순간적으로 움직이는 돌진속도가 있다. 일반적으로 방추형 어종의 경우 순항속도는 2~4BL/s이며 돌진속도는 10BL/s인 것이 대부분이며 BL은 Body Length로서 체장을 의미한다.

3. 어도 설계조건 설정

3.1 어도 설계시 고려사항

◦ 소상어를 어도의 입구로 유인할 수 있도록 노력이 요구된다.
◦ 어도로 진입한 모든 소상어가 신속하고, 쉽고, 안전하게 어도를 소상할 수 있어야 한다.
◦ 어도 통과 후에 소상어가 안전하고 신속하게 하천상류로 소상할 수 있어야 한다.
◦ 어류의 손상이나 피로를 피할 수 있어야 한다.
◦ 구조는 간단하고 견고하며, 유지관리가 쉽고 비용이 절감될 수 있어야 한다.

3.2 유인수로

어도의 기능을 위하여 우선 어류가 어도입구에 모이고 입구를 용이하게 찾을 수 있어야 한다. 유인수로의 목적은 어도자체에 집어기능을 강화하는 방법으로 구체적으로 다음과 같다.

◦ 어류를 어도입구로 집어하기 위하여 어도입구로부터 유출되는 흐름의 영향범위를 확대시키는 일(어도입구부의 영향범위 확대기능)
◦ 하류로부터 소상된 어류가 언이나 보 직하류에서 소상경로를 잃고 체류하지 않으면서 그 소상행동을 유지하기 위하여 충분한 유속을 가진 소상경로를 어도입구까지 확보하는 일(유도경로 부가기능)

어류가 소상할 때는 일반적으로 하천의 가장자리를 따라서 이동하게 되며 따라서 어도는 하천

의 양안에 설치하는 것이 바람직하며 유인수로를 설치하여 어류를 유인하는 것이 필요하다. 어도의 상하류방향이 기존의 어도와 같이 수중보에서 돌출되지 않고 수중보 상류측으로 이동되어 수중보 하류에서 선회하던 물고기가 자연스럽게 어도내로 들어올 수 있을 뿐 아니라 연안을 거슬러 오던 어류도 자연스럽게 어도내로 유도할 수 있다. 잠실수중보의 어도는 유인수로의 이러한 문제점을 해소하기 위하여 후퇴형 유인수로를 고안하였으며 유인수로의 형상은 다음 사진과 같다.

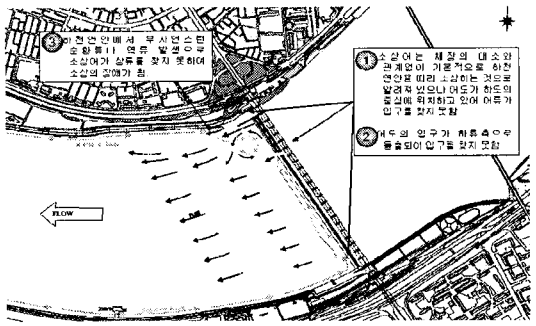


그림 1. 잠실수중보 하류 어류소상환경

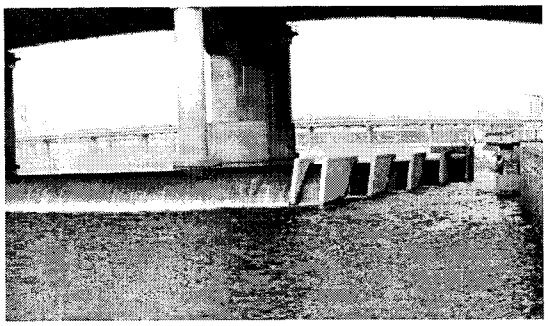


그림 2. 잠실수중보 유인수로 및 어도전경

잠실수중보의 경사는 1:0.8이며 어도내로 어류를 유인하기 위해서는 기존 수중보보다 경사를 완만하게 하고 어도와 자연스런 천이구역을 조성하여 강안이나 강 중앙에 있는 어류가 어도 입구를 용이하게 찾을 수 있도록 유인수로를 배치하였다. 유인수로는 폭이 2.00m이며 서로 다른 경사(1:1.0, 1:1.2, 1:1.4, 1:1.6, 1:1.8)의 5개 유인수로를 설치하여 각각의 유인수로에서 월류되는 유인수의 유속이 서로 상이하도록 하였다. 유인수로의 상이한 경사배치는 자연스러운 어도유인 및 유인수로의 월류수가 어도입구에 고기가 소상하는데 방해되는 흐름이 발생하지 않기 위함이다.

4. 어도의 수치모형실험

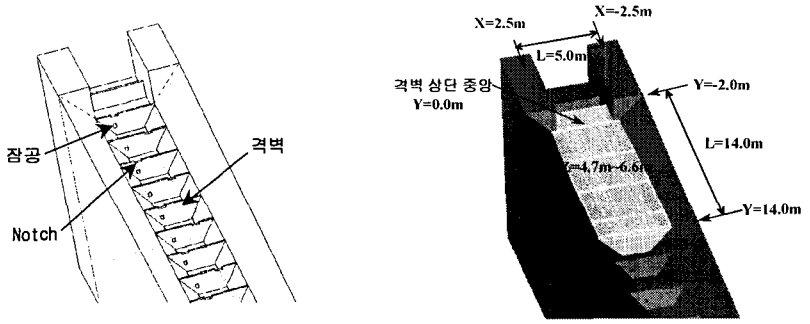
어도 유동의 수치해석을 위하여 구조물 형상 구축은 Solid-Edge(SE)를 수치계산은 Flow Science Inc.사가 개발한 범용 유동해석 프로그램인 FLOW-3D를 이용하였다.

4.1 어도 모델링

어도 격벽의 적정월류 유속 및 수심을 설정하기 위하여 수리모형실험이나 수치모형 실험이 필요하며, 잠실수중보는 수치모형 실험 검증을 통하여 어도 격벽부의 월류 수심에 따른 유량 및 유속분포 양상과 잠공 개폐여부에 따른 유동양상 그리고 유인수로 주위의 유동양상을 검토하여 어류소상의 적합성을 판단하였다.

표 1. 계산영역 경계조건 구성

해석영역	계산영역	상 류	하 류	비 고
어 도		◦ 압력경계조건 수위: EL.6.30m 수위: EL.6.40m 수위: EL.6.50m	◦ 압력경계조건 수위: EL.5.90m 수위: EL.6.00m 수위: EL.6.10m	※ 격벽 상단 월류 수심에 대한 3가지 case (10cm, 20cm, 30cm)



어도 격벽 3차원 형상　　상류부 격벽 계산영역

그림 3. 해석에 적용된 계산영역

4.2 어도 격벽 유동해석

해석 Case는 첫 번째 격벽 상단 월류 수위를 변화하면서 각각의 경우에 대한 유량 및 유속을 분석하였다.

표 2. 어도 격벽 해석 Case

구　　분	Case1	Case2	Case3	Case4
격벽 월류 수심	10cm	20cm	30cm	10cm
잠　　공	개방	개방	개방	폐쇄

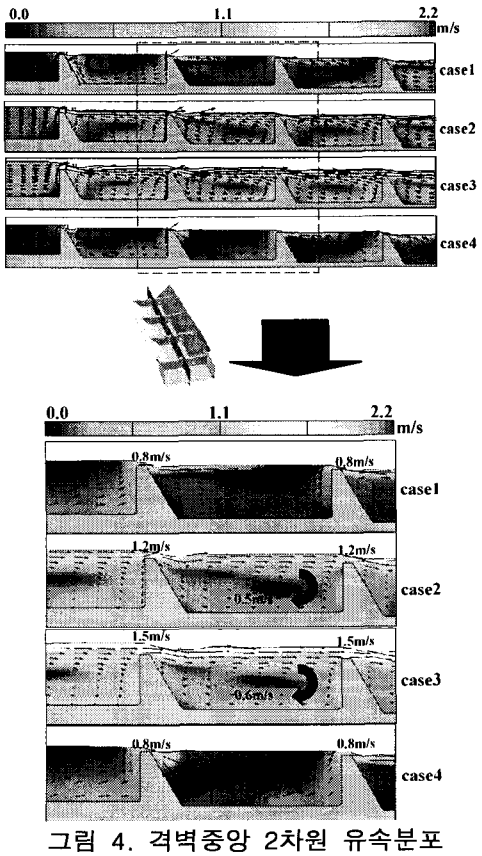


그림 4. 격벽중앙 2차원 유속분포

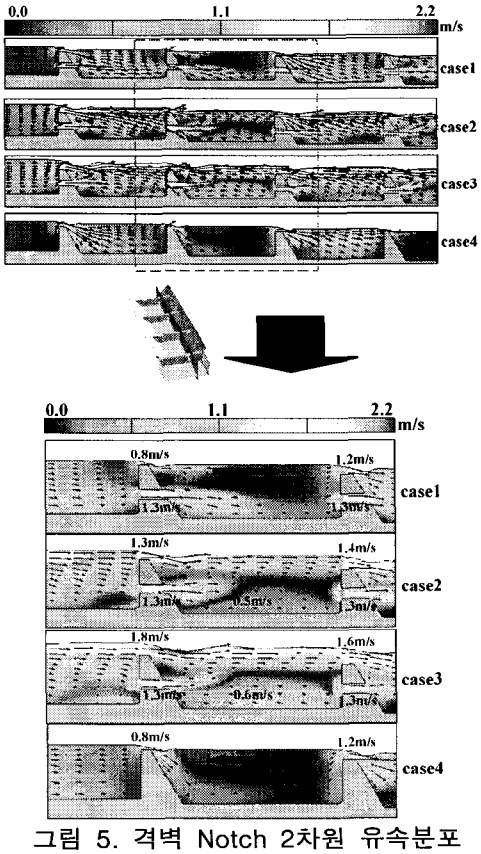


그림 5. 격벽 Notch 2차원 유속분포

그림 4.는 어도 격벽 중앙부의 유속을 나타내고 있으며 그림 5.는 어도 Notch 부의 유속분포를 나타내고 있다. 위의 그림은 모두 공통적으로 종단유속분포로 월류수심이 증가할수록 표면 유속이 증가하는 양상을 볼수 있다. 격벽 중앙 전면 월류부의 유속은 월류 수심 10cm의 경우 최대유속은 0.8m/s이고 월류수심이 20cm~30cm로 증가되었을 경우에는 최대 유속이 1.2m/s~1.5m/s로 증가된다. 격벽 월류수심(본 검토 10cm)이 동일한 경우에는 잠공 개폐유무에 관계없이 월류 최대 유속은 동일한 것으로 산정되었다. 격벽 월류 수심이 증가함에 따라 Pool내 순환류가 발생되는 양상을 볼수 있으며 순환류 발생시 Pool은 어류의 도약을 위한 대기처나 휴식처의 기능은 저하되어 어류의 소상에 방해가 될 수 있을것이다. 그림 5.는 전면 월류부와 Notch부가 존재하는 부분으로 월류수심 10cm의 경우 전면 월류부의 최대유속이 0.8m/s 이고 Notch부의 최대유속이 1.2m/s로 다양한 유속이 발생되어 체장이 큰 어종도 월류 수심 20cm가 발생되는 Notch 부를 통하여 소상이 가능하므로 다양한 어종의 소상이 가능할 것으로 판단된다. 하지만 월류수심이 20cm~30cm로 증가되었을 경우에는 전면 월류부의 최대 유속이 1.3m/s~1.8m/s로 증가되며 Notch부의 최대유속이 1.4m/s~1.6m/s로 증가되며 돌진속도를 10 BL/s로 볼때 10cm이하의 어류 소상이 어려울 것으로 예측된다.

5. 결 론

본 연구에서는 어도특성과 관련하여 기존어도의 문제점에 대하여 파악하였고 어도의 적정한 위치와 유인수로의 필요성 및 계단식어도의 적정월류수심을 수치해석을 통하여 제시하였다.

1) 어류의 흐름의 방향에 대하여 정방향으로 거슬러 올라가려는 성질이 있으므로 돌출된 어도에서 직접어도내로 소상하지 못할 경우 어도의 기능이 저하될 수밖에 없다.
2) 일반적인 어류의 유영속도는 2~4 BL/s, 돌진속도는 10 BL/s이 대부분이며 작은 어류의 체장을 10cm내라고 볼 때 격벽의 월류유속은 1m/s를 초과하지 않도록 하는 것이 적정하다. 단 하천의 어류가 다양하므로 큰 어류의 소상을 위하여 Notch와 저생어를 위한 잠공설치는 필요하다.
3) 어도의 소상효과를 높이기 위해서는 유인수로의 설치가 필요하며 유인수로는 하도특성을 고려하여 적정하게 계획되어야한다. 한강의 경우 870m의 수중보로 일정하게 흐름이 형성되므로 수중보 하류에 머물러있는 어류를 자연스럽게 어도내로 유인하기위한 유인수로가 필요하다.
4) 유인수로의 흐름이 어도입구부근에서 선회류가 발생되지 않도록 하여야 한다.
5) 어류의 향류성 이동특성을 감안하여 어도의 상하류 공간적 위치는 보를 중심으로 돌출되지 않고 상류방향으로 이동시켜야 소상효율이 높다.

참 고 문 헌

1. 中村俊六, 魚道の はなし, 리버프론트정비센터, 산해당, 1997
2. 淸野댐 자연형어도 공사지, 건설기술연구소, 2002
3. 和田吉弘, 漁道 見聞錄, 산해당, 2003
4. 최신 어도의 설계, 댐수원지환경정비센터, 1998
5. 김익수, 박종영, 한국의 민물고기, 2002