

# 어류 이동의 효율성을 고려한 어도 설계

김진홍\*

Jin Hong Kim

## 요 지

본 지침은 하천 횡단시설물을 설치하는 경우, 효율적인 어류 이동을 위한 어도 설계 및 설치 기법을 제시함에 있다. 어도의 설계 조건으로는 상류 이동 어류가 어도입구 이외의 장소에 모여들지 않아야 하고, 이동 어류의 손상이나 극도의 피로를 피하도록 하여야 하며, 어도의 입구에 모인 어류의 어도로의 유인이 용이하여야 한다. 또한 어류가 쉽고 안전하고 신속하게 상류 이동할 수 있어야 한다.

주요 내용으로, 어도의 하류측 돌출 조건, Set back식 어도, 하류 턱 설치, 어도의 하류 끝단의 설계, Notch부의 단면 형상, 어도의 접속 조건, 로프 설치 조건, 어도의 하류부 설치 기법, 강하용 어도의 설계 기법 등을 제시하였다.

**핵심용어 : 하천횡단 시설물, 어도, 어류 이동, Set back식 어도, 고무보**

## 1. 머리말

하천에 어도를 설치할 경우, 어도는 어류이동에 효율적인 형태로 설계, 시공되어야 한다. 어도는 하천을 횡단하는 수리구조물에 의하여 이동이 차단 또는 억제된 경우에 어류의 상류 이동을 목적으로 만들어진 수로 또는 장치를 총칭한다. 어도의 설계 조건으로는 상류 이동 어류가 어도입구 이외의 장소에 모여들지 않아야 하고, 이동 어류의 손상이나 극도의 피로를 피하도록 하여야 하며, 어도의 입구에 모인 어류의 어도로의 유인이 용이하여야 한다. 또한 어류가 쉽고 안전하고 신속하게 상류 이동할 수 있어야 한다.

본 지침은 어도설치 위치 선정 및 어도 형태 설계의 기법을 제시함으로써 효율적인 어류 이동이 확보되도록 하는 데에 목적이 있다. 지침의 주요 내용은 현재 국내, 외에서 제기된 어도 설치의 문제점 및 이의 대책과 어도 설계에 관한 사항을 중점적으로 다루었다.

## 2. 어도 위치 설치 기법

### 1) 어도의 설치 위치는 서식하는 어종이나 하도 특성을 고려하여 설정한다.

작은 물고기는 일반적으로 수심이 얇은 곳을 좋아하여 비수층부를 거슬러 올라가는 경우가 많다. 그러나 비수층부는 사주가 발생하기 쉬우므로 어도가 막히는 등 어도 기능에 지장을 줄 우려가 있다. 따라서 어도 설치 위치는 작은 물고기를 대상으로 할 경우에는 비수층부 부분을 기본으로 고려하지만, 사주발생에 의한 막힘 우려가 있으므로 기존의 항공사진, 평면도, 종·횡단도 등으로 하상 형태의 변화를 조사한 후 앞으로의 변화를 고려하여 설정한다. 하천 폭이 좁은 경우는 전면 어도, 하천 폭이 넓은 경우는 여러 곳으로의 어도 설치도 검토한다. 한편 사주 이동이 심한 하천에서는 어도 설치 위치를 하도 중앙부분으로 하는 것이 좋은 경우도 있다.

\* 정회원-중앙대학교 토목공학과 교수-E-mail : [jinhkim@cau.ac.kr](mailto:jinhkim@cau.ac.kr)

**2) 어도는 하안 측에 설치한다.**

기존 어도는 하안으로부터 거리가 떨어진 위치에 설치되어 있으며, 노후화에 의해 격벽이 파손하여 어도로서의 기능을 하지 못하고 있다. 따라서 기존 어도에서는 물고기의 이동이 불가능하므로 동일한 장소에 어도를 개축하는 경우가 많다. 그러나 일반적으로 물고기는 하안 측을 거슬러 올라가는 경우가 많으며, 하안으로부터 거리가 떨어진 어도에서는 물고기가 어도의 하류 끝에 도달하기 어렵다. 따라서 어도를 기존 어도 위치와 동일 장소에 설치하지 말고, 좌안 수변측 하안을 따라 어도를 새로 설치한다. 또는 임시적인 대응책으로서 기존 어도를 개축한 후에 사석이나 낙차공 등으로 물고기를 어도의 하류 끝으로 유도할 수도 있다.

**3. 어도 입구 설치 기법**

**1) 어도를 하류 측으로 돌출시키지 않는다.**

횡단 구조물 본체에서 하류 측으로 돌출한 어도에서는 물고기가 횡단 구조물 바로 하류에 체류하기 쉽고, 어도 하류 끝에 도달하기 어렵다. 따라서 아래와 같은 대책이 제시된다.

- ① Set back식 어도(상류측으로 끌어들이는 어도) ; 어도의 하류 끝을 보 측에 맞춘다.
- ② 하류턱 설치 ; 어도의 하류 끝에 물고기가 위로 올라갈 수 없는 구조의 하류턱을 설치한다.

한편 어도를 꺾어 어도의 하류 끝을 보 쪽에 접근시키는 방법도 있는데, 굴곡부나 반환 부분은 토사가 퇴적하기 쉬워 안정된 흐름 방향이나 유속 발휘가 어려운 점이 문제가 된다. 유향이나 유속을 안정시키기 위해 반환 부분 웅덩이는 격벽 간 pool의 3배 이상 크기로 하는 것이 필요하다.

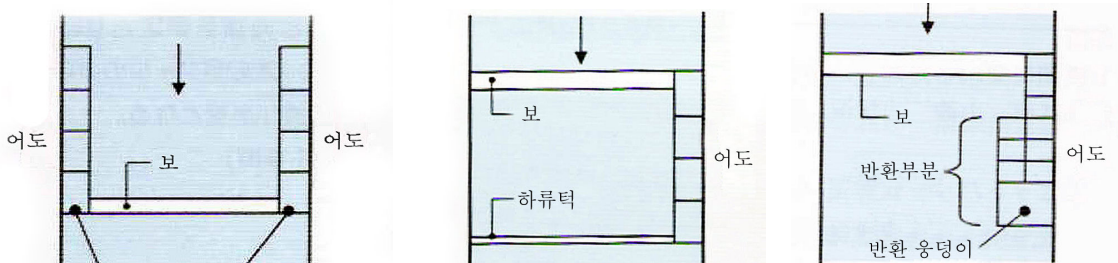


그림 1. 어도의 개선 형태

**2) 어도 입구 바닥부는 세굴을 예측하여 깊게 확보한다.**

바닥다짐 블록을 철거한 부분은 세굴되기 쉬워 하상이 낮아질 우려가 있다. 이 경우, 어도의 하류 끝에 격차가 발생하여 물고기가 어도로 들어갈 수 없게 된다. 따라서 어도를 새로 설치할 때는 어도 하류 끝의 세굴을 예측하여 바닥부를 충분히 깊게 확보하고, 현장토사로 다시 메워 둔다.

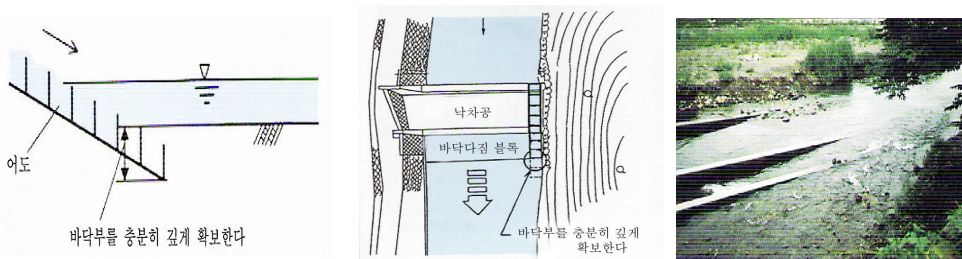


그림 2. 어도 하류단 바닥부의 확보 사례

#### 4. 어도 형태 설계 기법

1) Notch부의 단면 형상은 유황에 따라 물고기의 이동에 필요한 수심, 유속이 확보되도록 한다.

기존 어도의 Notch부는 유량 감소 시에 낙차공 천단에서 수심이 얕아져 물고기가 위로 올라오는데 지장을 주므로, 수심을 확보하기 위하여 낙차공 일부를 직사각형 단면의 Notch 형식으로 하고 있다. 그러나 직사각형 단면은 수위 변동에 대해 물고기 이동에 필요한 수심 유속을 얻기 어렵다. 따라서 절취 부분은 다양한 유속에 대응하여 대상이 되는 물고기 이동에 필요한 수심 유속을 확보할 수 있는 삼각형 또는 사다리꼴 단면 형태로 한다.

2) 횡단 구조물의 율류부에 수심이 얕고 빠른 유속이 발생하지 않도록 한다.

기존 보는 보의 율류부에서 박리에 의한 공동(공기층)이 발생하여 물고기가 이동할 수 없다. 따라서 보 본체를 절취할 수 없기 때문에 본체 천단의 하류 측에 slope를 설치하기로 하였다. 그러나 긴 slope는 수심이 얕고 빠른 유속이 형성되어 물고기의 상류 이동이 어려워진다. 따라서 본체 하류측에 공동 공기층이 생기지 않도록 하기 위하여 본체 천단에 모접기를 실시한다. 또한 상류측에도 모접기를 하여 기포흐름이 발생하지 않게 한다.

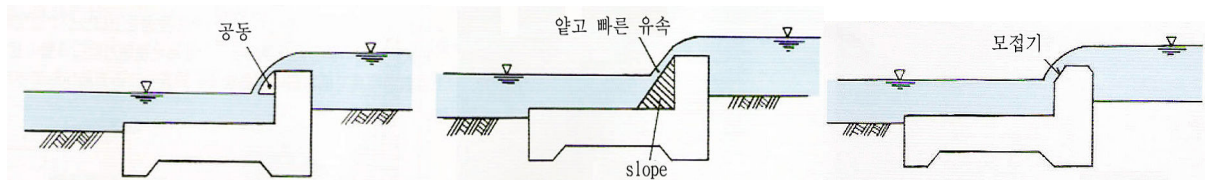


그림 3. 율류부의 대책

3) Set Back식 어도는 측벽을 높게 하여 횡율류가 발생하지 않도록 한다.

Set Back식 어도의 측벽이 낮은 경우에는 횡율류가 발생하기 쉬워, 어도내 유속이 흐트러진다. 따라서 어도의 설계 수위를 고려한 후에 측벽 높이를 설정하여 횡율류가 발생하지 않도록 한다. 하류측으로 돌출한 어도도 측벽이 충분히 높지 않으면, 평수위에서도 격벽부분에서 율류하여 격벽을 넘는 물고기가 어도 밖으로 튀어나갈 우려가 있다. 계단식 어도의 격벽을 넘어 소상하는 물고기는 곧바로 웅덩이 저층을 헤엄친다. 그렇기 때문에 격벽의 율류수심을 유지하기 위한 측벽이 필요한데, 격벽으로부터 거리가 떨어진 부분의 측벽에서의 일류(溢流)에 의해 어도내 유량을 조절할 수 있다.



그림 4. 횡율류의 대책

#### 5. 어도의 접속 및 로프 설치 조건

1) 어도는 서로 다른 형식의 어도를 접속하지 않는다.

어도는 형태가 다른 어도가 연결되면 중간에 흐름 상황이 변화하여 물고기가 위로 올라가기 어렵다. 따라서 어도를 접속할 경우 동일한 형식의 어도를 연속시킨다. 설계시에는 하부 어도와 상부 어도에서 유속의 변화를 일으키지 않도록 배려한다.

**2) 갑각류의 이동을 위해 설치하는 로프는 수중에서 진동하지 않도록 한다.**

기존 어도는 계와 같은 갑각류에 대해서는 어도 내에 로프를 이용한 보조 경로를 추가 설치함으로써 대응하고 있으며, 로프는 격벽 천단에 고정하였다. 로프는 격벽 천단에만 고정하면 수중에서 진동하여 물고기나 갑각류의 이동에 지장을 준다. 따라서 로프는 측벽에도 고정하여 흐르는 물에 의해 진동하지 않도록 한다.

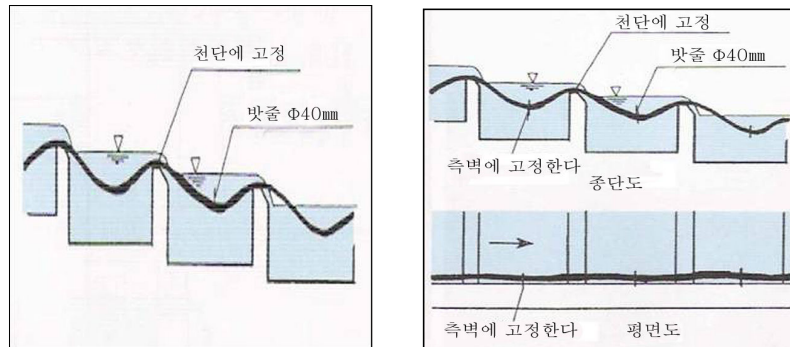


그림 5. 횡월류의 대책

**6. 어도 하류단 및 상류단 설치 기법**

**1) 어도 하류단에 설치한 하류턱은 물고기가 위로 올라갈 수 없는 구조로 한다.**

하류턱이 낮으면 물고기가 하류턱 본체를 타고 넘어가 소상한 후, 보 본체 바로 밑에 머물게 된다. 따라서 하류턱 부분으로 거슬러 올라가는 것을 방지하기 위해 하류턱 본체와 율류수와의 사이에 공동(공기층)이 생기는 형태로 하고, 물고기가 뛰어올라도 넘어갈 수 없는 높이를 확보한다. 또한 하류턱 하류에 공동이 발생하기 쉽도록 돌출시키는 구조도 고려할 수 있다.

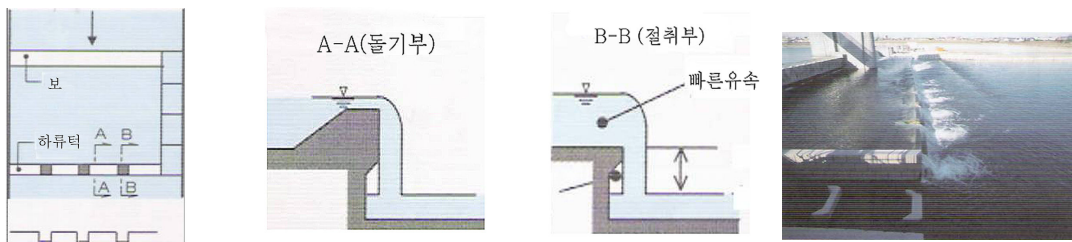


그림 6. 하류단의 대책

**2) 어도의 상류단과 취수구는 가능하면 분리한다.**

어도의 상류 끝이 취수구에 함께 설치되어 있어, 거슬러 올라간 직후의 물고기가 취수구로 혼입될 우려가 있다. 따라서 어도의 상류단과 취수구를 가능한 분리하기 위해 격벽을 설치함으로써 소상 직후 물고기가 취수구로 혼입되지 않도록 한다. 기타 취수구로 혼입을 방지하기 위한 대책으로서 취수구에 설치하는 스크린망이나 회전스크린 등이 있다.

## 7. 강하형 어도의 설치 기법

### 1) 강하하는 물고기가 낙하충격을 받지 않는 구조로 한다.

강하하는 물고기는 댐이나 보를 통과할 때, 어도를 경유하여 내려가거나 또는 물이 증가하였을 때, 본체 월류부에서 내려가는 경우가 많다. 이 경우 아래 그림과 같이 보 본체 바로 밑의 하류 수심이 얇은 경우는 강하하는 물고기가 손상을 입을 우려가 있다. 보 바로 밑의 하류에 웅덩이를 만들어 수심을 확보함으로써 낙하충격을 완화한다. 원안에서는 보 바로 밑의 하류에 얇은 부분이 있어 물고기가 낙하충격을 받으므로, 웅덩이는 수심이 얇은 부분을 만들지 않고 보의 바로 밑까지 수심을 확보한다.

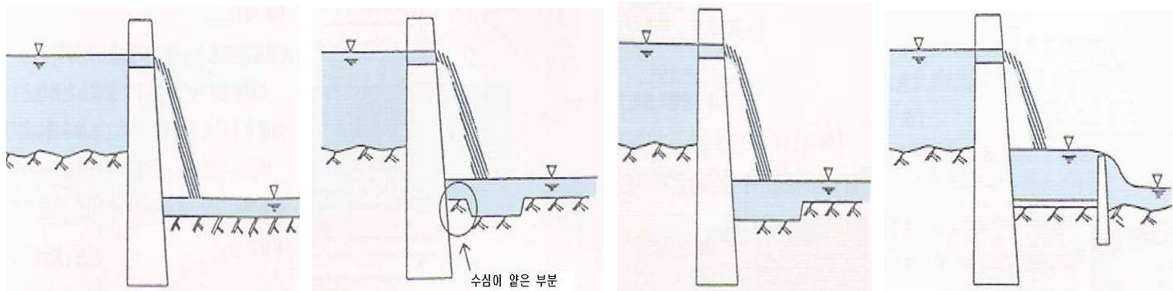


그림 7. 강하용 어도의 대책

수서생물이 거슬러 올라가거나 내려가는 것을 배려한 형태로서는, 어도를 설치한 후 에이프런의 계획 천단높이를 낮추는 방식과 낙차공 본체를 완경사형의 구조로 하는 방식이 있다. 완경사형 낙차공 형태로는 다단식, 돌을 부착한 완경사 등이 있다. 완경사형의 경사, 표면 형태는 어도의 설계와 마찬가지로 수서생물 및 하도의 특성과 유속 등을 고려하여 검토한다.

## 8. 추후 연구

본 연구에서는 효율적인 어류 이동을 위한 어도 설계 및 설치 기법을 제시하였다. 주요 내용으로, 어도의 하류측 돌출 조건, Set back식 어도, 하류 턱 설치, 어도의 하류 끝단의 설계, Notch부의 단면 형상, 어도의 접속 조건, 로프 설치 조건, 어도의 하류부 설치 기법 등을 제시하였다. 추후 상기 지침을 현지 하천에 설치하여 모니터링을 진행한 후 어류이동의 효율성을 검증하여야 할 것이다.

## 감 사 의 글

본 연구는 건설핵심기술연구개발 사업인 '자연과 함께하는 하천복원기술(Ecoriver21)' 연구 용역 결과의 일부로서 본 연구를 지원해 주신 국토해양부에 감사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2003). 보 및 낙차공 설계기술개발 연구보고서.
2. 한국수자원학회(2004). 어도설계 실무.
3. 한국수자원학회(2004). 하천설계 기준.