

피라미의 도약에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Jump of *Zacco platypus*

박상덕*, 김호섭**, 홍종선***, 이승규****, 조재웅*****

Sang Deog Park, Ho Seop Kim, Jong Sun Hong, Seong Kyu Lee, Jae Woong Cho

요 지

우리나라는 계절별 강수량 변화가 크기 때문에 하천개발 및 관리에 어려움이 많을 뿐만 아니라 하천에 설치된 많은 취수보와 같은 하천횡단구조물로 인해서 하천 생태계가 악화되어 있다. 최근 들어 하천생태 복원을 위하여 자연형 하천 조성사업과 보에 어도설치가 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 어류 소상에 효과적인 어도를 설치하기 위해서는 하천에 서식하는 다양한 어류에 대한 어류역학적인 특성이 필요하나 이에 대한 조사연구는 미흡한 실정이다. 특히 어류의 유연력이나 도약력은 어도의 설계의 완성도 및 어도시설 운영관리에서 대단히 중요한 요소이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 하천에 널리 서식하는 어류인 피라미를 대상으로 도약능력에 관하여 실험하였다.

어류의 도약능력은 낙차가 있는 흐름에서 어류가 상류로 이동하기 위한 중요한 이동수단이다. 어류의 도약에 영향을 미치는 어도 인자로는 격벽높이, 월류수심, 유속, 어도경사 및 유량을 들 수 있다. 피라미의 도약능력 실험은 폭 28cm, 길이 140cm인 개수로에서 격벽높이는 5~10cm, 월류수심 1.2~5cm, 낙차 약 4cm의 조건으로 이루어졌다. 실험유량은 약 0.378 l/s이고, 경사는 1:20~1:15 이다. 도약능력은 소상물의 크기로 판단하였으며 피라미의 소상물은 격벽높이 10cm와 월류수심 3cm에서 유속 4.19cm/sec일 때를 정점으로 유속의 증가에 따라 급격히 감소하였다. 이는 어류의 생태적인 특성과 작은 유속이 어류이동 유인효과에 영향이 작기 때문인 것으로 판단된다. 또한 피라미의 체장이 클수록 소상물도 증가하는 관계를 나타내었다.

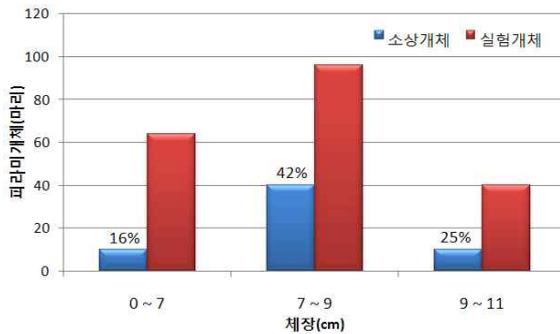


그림 1 체장에 따른 피라미의 소상

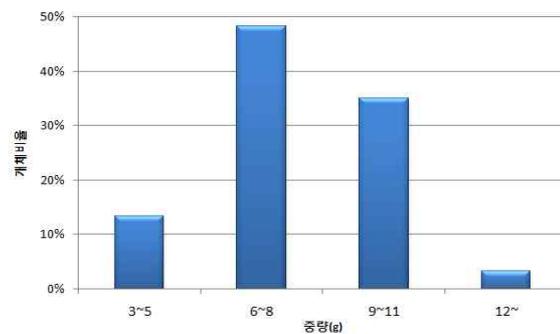


그림 2 중량에 따른 피라미 소상

핵심용어 : 하천생태계, 월류수심, 도약, 소상물, 피라미

* 강릉원주대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sdpark@kangnung.ac.kr
 ** 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : krismas@nate.com
 *** 강릉대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : hjsuny@naver.com
 **** 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : ef2377@nate.com
 ***** 국립방재교육연구원 방재연구소 연구원 · E-mail : kani1005@nate.com

1. 서론

우리나라는 계절에 따른 강수량의 변화가 심하기 때문에 하천의 개발, 유지, 관리에 많은 어려움이 있다. 특히 하천특성을 고려하지 않고 설치된 1970년대 이전의 보와 같은 많은 수공구조물에 의해 하천 어류생태 환경이 크게 악화되어 있다. 하천을 가로질러 설치된 횡단구조물은 회유성 어류의 소상을 거의 불가능하게 할 뿐 아니라 어족의 생존환경을 파괴하고 그 개체수를 감소시킨다. 따라서 하천의 어류서식 환경파괴를 최소화하기 위해서는 하천의 횡단구조물 설치시 어도의 설치가 반드시 필요하다. 하지만 현재 설치되어 있는 대부분 어도는 그 형태와 기능 및 서식 어류의 특성에 대한 충분한 검토 없이 설치되는 경우가 많아 기능을 충분히 발휘하지 못하는 경우가 많다. 따라서 하천의 수리·수문학적 특성과 어류의 생태학적 특성을 고려한 어도 모형에 대한 연구와 이를 운영 및 유지 관리할 수 있는 체계적이고도 지속적인 연구가 필요하다. 특히 어류의 유영력, 도약력 등과 같은 어류역학적 특성에 대한 연구는 어도의 설치 및 운영관리체계를 확립하는데 매우 중요한 기초자료가 된다. 본 연구는 우리나라 대부분의 하천에 서식하는 대표적 어종인 피라미의 도약력에 대한 실험적 연구이다.

2. 어류의 이동특성 및 어도 형식

2.1 어류의 이동특성

회유는 어류가 먹이, 성장, 산란, 월동 등을 위하여 하천이나 바다를 이동하는 현상을 말하며 일반적으로 회유는 어류가 특정시기에 하천과 바다를 왕래하는 것을 말한다. 특히 어류는 흐름 방향을 거슬러 이동하려는 특성이 있으나 회유성어류는 이 특성이 강하고 회유성 어류가 아닌 경우에는 이 성질이 약하다. 이와 같이 어류가 향류성 이동특성을 나타내는 이유는 몸체의 양측에 있는 수압을 감지 할 수 있는 측선 때문이다. 어류는 유영과 도약에 의하여 이동하고 그 추진력은 몸을 비틀거나 좌우로 흔들 때 발생된다. 어류의 유영에는 장시간 계속해서 움직일 수 있는 순항이동과 순간적으로 움직이는 돌진이동 있으며 순항이동은 혈합근을 이용하고 돌진이동은 보통근을 사용하기 때문에 돌진이동시 어류가 쉽게 피로할 수 있다. 어종에 따라 다르나 체장을 BL이라 할 때 순항속도는 2~4BL/s이며 돌진속도는 10BL/s로 알려져 있다. 어류의 도약이동을 위해서는 도움단기와 같은 돌진을 하여야 하므로 보통근을 사용하기 때문에 체내에 피로가 쌓일 수 있어 어류마다 도약을 선호하는 높이나 시기가 다른 것으로 알려져 있다.

2.2 어도 형식

표 1. 어도의 종류 및 주요특징

| 어도 형식 | 구분 | 주요 특징 |
|-------|---|--|
| 풀형식 | <ul style="list-style-type: none"> 계단식(전면월류식, 부분월류식) 잠공식 아이스하버식(Ice Harbor) | <ul style="list-style-type: none"> 격벽에 의하여 풀이 형성되고 평상시 낙하류 상태임 |
| 수로형식 | <ul style="list-style-type: none"> 사다리식 버티컬슬롯식(Vertical Slot) 인공하도식 데넬식(Denil) 암거식(Culvert) 계단돌망태식 평면수로식 돌붙임수로식(부분수로, 전면수로) | <ul style="list-style-type: none"> 유량에 관계없이 표면류가 수로를 따라 연속적으로 유지됨 |
| 조작형식 | <ul style="list-style-type: none"> 볼랜드식 잠문식(Lock Gate) 엘리베이터식/리프트(Lift) 펌프식 트럭식(Truck) | <ul style="list-style-type: none"> 인위적인 장치나 시설의 작동으로 어류 소상 |
| 기타 형식 | <ul style="list-style-type: none"> 기능혼합식 병용식 복합식(Hybrid) | <ul style="list-style-type: none"> 풀식, 수로식, 운영조작식 어도의 중요한 특성이 2두개 이상 혼합됨. |

3. 수리실험 조건

3.1 도약력 실험 장치

도약력 실험을 위한 실험장치는 그림 1과 그림 2와 같이 크게 고수조, 수로, 저수조, 펌프로 구성되어 있으며 경사조절이 가능하도록 되어 있다.



그림 5. 도약력 실험장치

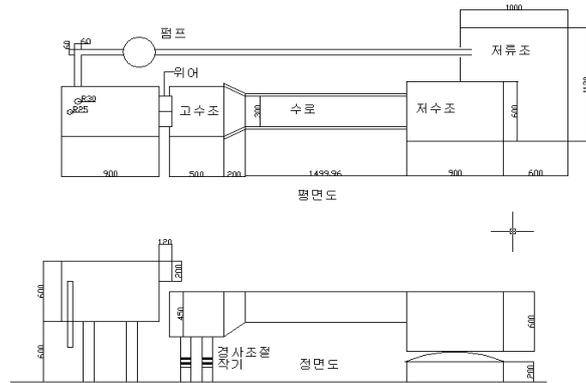


그림 6. 도약력 실험장치의 평면도

3.2 도약력 실험 조건

도약력 실험 조건은 표 2와 같이 어종은 피라미를 이용하였으며, 유량 $377.79\text{cm}^3/\text{sec}$, 수로경사는 4° 와 5° , 실험시간은 30분 단위로 13:00~17:00에 시행했다. 실험 수로의 폭은 28cm, 길이는 140cm이며, 실험장치 내 수온은 $11^\circ\text{C} \sim 13^\circ\text{C}$ 으로 하였다. 그리고 각 실험 당 20마리씩 2~3회 실험을 진행하였다.

표 2. 도약력 실험조건

| 구 분 | 내 용 | 구 분 | 내 용 |
|------|-----------------------------------|-------|--|
| 어 종 | 피라미 | 수로의 폭 | 28cm |
| 유 량 | $377.78\text{cm}^3/\text{sec}$ | 수로길이 | 140cm |
| 수로경사 | $4^\circ(1:10)$, $5^\circ(1:20)$ | 실험장소 | 실외 |
| 실험시간 | 13:00~17:00(30분 단위) | 수 온 | $11^\circ\text{C} \sim 13^\circ\text{C}$ |

3.3 생태 및 수리특성

피라미는 몸의 길이가 10~15cm로서 길고 날씬하며 옆으로 납작하다. 옆줄은 배 쪽으로 많이 쳐져 있다. 비늘은 큰 육각형으로 수정 광택이 있으며 꼭대기 가장자리와 밑 언저리의 중앙은 솟아올라 있다. 일반적으로 하천의 중하류의 여울에 서식하며 환경변화에 잘 적응하며 돌이나 모래에 붙은 미생물을 먹지만 물속의 곤충을 먹기도 한다. 산란은 6~8월에 유속이 느리고 5~10cm정도의 얇은 물에서 이루어지며 우리나라 대부분의 하천에 서식한다. 실험에 사용된 자연하천 피라미는 그림 3과 같이 체장과 중량이 거의 비례하며 체장은 5~12cm, 중량은 3.08~13.67g 이었다. 본 연구의 피라미를 대상으로 한 도약력 실험은 수로의 경사조건을 변화시키고 하에 실험을 수행하였다. 소상한 피라미에 대해서는 어류의 체장, 중량, 및

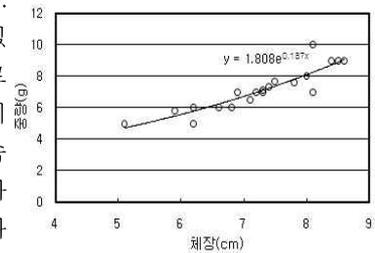


그림 7. 피라미의 체장과 중량의 관계

개체수를 조사하였다. 수로의 유속은 6.7~11.2 cm/sec로서 격벽을 도약한 피라미는 수로의 흐름을 거슬러 상류 고수조로 소상한다. 실험수로의 Froude수는 0.20이하로서 상류상태였다.

4. 어류의 도약력 특성분석

도약력에 대한 각 실험에서 1회당 피라미를 20마리씩 저수조에 투입하였으며 소상특성을 조사하고 이를 2~3회 반복적으로 실험하여 그 평균값을 취하였다. 결과는 표 4.1에 제시하였다. 전체적으로 10~40%의 소상율을 보인 반면, 격벽높이 10cm, 월류수심 3cm, 유속 4.19cm/sec의 실험에서 55~80%로 가장 큰 소상율을 보였다. 그림 4와 그림 5는 실험에서 소상한 어류들의 체장과 중량에 대해 정리한 내용이다. 그림 4.1은 전체 피라미의 체장에 따른 개체수와 소상개체수를 비교한 그래프로 체장이 큰 피라미의 경우 더 높은 소상율을 보였는데, 특히 7~9cm의 피라미가 소상율이 높았고 9cm이상의 큰 개체의 경우는 낮은 소상율을 보였다. 또한 그림 4.2와 같이 소상한 개체의 중량을 측정된 결과 비교적 가벼운 피라미의 경우 낮은 소상율을 보였고 6~8g의 개체들이 약 50%의 소상율을 보이며 가장 높았으며 개체 중량이 커질수록 소상율은 점점 낮아졌다.

표 4.1 피라미의 도약력 실험

| 실험 | 격벽 높이 (cm) | 월류 수심 (cm) | 수로 경사 | 수심 (cm) | 유량 (cm ³ /s) | 유속 (cm/sec) | 실험 시간 (초) | 체장 (cm) | 중량 (g) | 도약시간 (초) | 소상율 (%) |
|----|------------|------------|-------|---------|-------------------------|-------------|-----------|----------|--------|----------|---------|
| 1 | 5 | 1.2 | 1:20 | 3.8 | 377.8 | 11.49 | 30 | 7.3~10.5 | 5~11 | 20~866 | 15~45 |
| 2 | 5 | 2.5 | 1:20 | 2.5 | | 5.04 | | 8.5~9.4 | 9~13 | 370~1395 | 10~15 |
| 3 | 10 | 3 | 1:20 | 7 | | 4.19 | | 5.1~8.6 | 5~10 | 7~547 | 55~80 |
| 4 | 10 | 4 | 1:15 | 6 | | 3.15 | | 4.3~11 | 5~10 | 3~1211 | 10~25 |

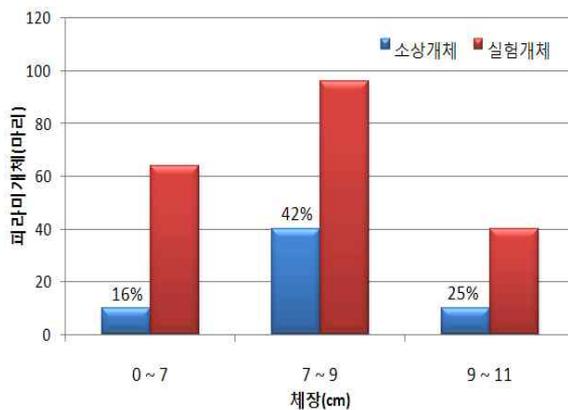


그림 8. 체장에 따른 피라미의 소상

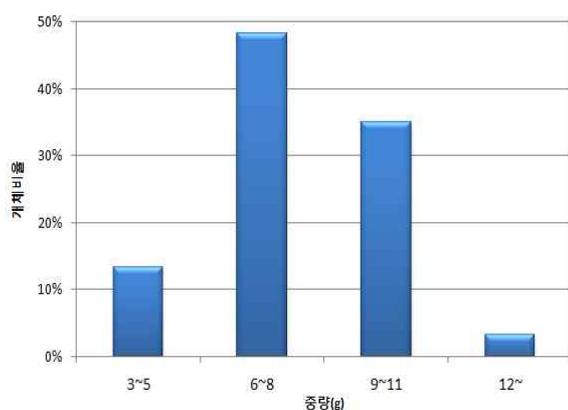


그림 5. 중량에 따른 피라미 소상

5. 결론

본 연구에서는 우리나라 하천에 널리 분포하는 피라미에 대한 유수 중의 도약실험을 실시하였다. 피라미는 격벽높이 10cm, 월류수심 3cm, 수로 평균유속 4.19cm/sec일 때 도약을 통한 소상율이 가장 크게 나타났다. 이는 어류의 생태적인 특성과 작은 유속이 어류이동 유인효과에 미치는 영향이 작기 때문인 것으로 판단된다. 또한 어류의 도약능력을 파악하고 도약력에 영향을 미치는 인자들에 대해 실험하였다. 실험용 피라미는 자연하천에서 포획한 것이며 실험결과 유속이 빠르면 도약에 의한 소상율이 높고 체장과 중량이 큰 물고기

들이 더 많이 도약 후 소상하였다. 최근 어류의 종류, 어도의 수리학적 특성, 하천의 유출특성 등을 고려하여 어도를 설치하고자 하는 노력이 증가하고 있으나 아직은 기초적인 단계에 있는 실정임을 감안할 때 어류의 도약력, 유영력 발휘에 유리한 수리실험 연구는 중요하다. 다양한 수리조건에서 피라미 등의 하천서식 어류의 도약능력을 평가하고자 하는 향후 연구를 지속적으로 수행하고자 한다.

감 사 의 글

본 연구의 어류생태 수리실험에 대한 강릉대학교 수공학연구실의 권오재와 김성중의 노고에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 박상덕. 어도와 어류역학. 한국수자원학회지 제33권 제2호, pp.31-40. 2000.
2. 박상덕. “어도 생태수리실험에 의한 회유성어류의 소상능력 평가(II)”. 한국수자원학회논문집 제34권 제4호, pp.31-40. 2000.
3. 박상덕, 박기영, 백국기, 홍관희, 신문섭. “어도 하류단에서 은어, *Plecoglossus altivelis*의 도약에 관한 연구”. 한국어류학회 학술발표회, 1998.
4. 최기철. 쉽게 찾는 내 고향 민물고기. 현암사, 2001.
5. 해양수산부. 어도시설 표준모형 개발에 관한 연구. 1999.