*Journal of Korean Society on Water Quality, Vol. 25, No. 2, pp.281-287 (2009)*

# 어도의 적절한 이용을 위한 유지유량 평가

김석규† · 김 철* · 김성환** · 고광용***

국립환경과학원 수질총량연구과
*호남대학교 토목환경공학과
**동부엔지니어링
***송원대학 토목계열

# Estimation of Maintenance Flow for Suitable Utilization of Fishway

Seok-gyu Kim† · Chul Kim* · Seonghwan Kim** · Kwangyong Ko***

*National Institute of Environmental Research*
**Honam University*
***Dongbu Engineering*
****Songwon Collage*

***(Received 18 September 2008, Revised 28 January 2009, Accepted 3 February 2009)***

**Abstract**

Achieved monitoring regularly about fishway that is a intake dam belongings to Kyeongchon for 5 years. Result that achieve monitoring, discovered pressing issue of opening and closing degree of discharge control part in fishway. In this research, analyze discharge relation with fishway and intake sluice and presented operation plan of opening and closing of discharge control part. Investigated necessity intake discharge and benefited area to analyze relation of discharge that is flowed in fishway and discharge escaping by intake sluice. When opened discharge control part step by step gradually, analyzed discharge. Compared with survey discharge making ration curve of fishway and intake sluice using orifice and submerged weir formula. Because operation of intake dam is necessary intake discharge and upriver inflow discharge by time, operation uses by survey discharge and calculated opening discharge of fishway by opening discharge of intake sluice via monthly inflow discharge. To sum up, calculated floodgate opening height of fishway by water level to present maintenance standard of intake dam.

**keywords** : Fishway, Intake dam, Intake sluice, Orifice and weir formula

## 1. 서 론

하천정비의 성공적이고 효율적인 효과를 위해서는 그 사업에 있어서 예상치 못한 문제에 대한 대처방안을 마련하고 사업의 목표달성 여부를 검토하여 대안을 찾아야 한다. 이러한 문제점에 대한 대응방안과 해결책이 축척되면 차후 하천정비에 대한 시행착오를 줄일 수 있어 예산낭비를 방지할 수 있고 사업의 효과 및 완성도를 높일 수 있다. 어도 관련 연구로는 박성용 등(2008b)은 어도기능을 위한 설계유속을 제시하기 위해 국내 하천의 우점종이자 국지회유성 어종인 피라미를 대상으로 유영특성을 분석한 결과, 피라미(8.9 cm)의 유영특성 중 한계유영속도는 0.7 m/s 정도로 나타났다. 박성용 등(2008a)은 옵셋배플 설치후 수리특성 및 어류이동 효과의 실험을 실험수로 내에서 일정간격의 유속단계별로 옵셋배플 설치전과 비교하였는데 유속이 1.2 m/s 경우 5 cm의 옵셋배플 설치 후 유속이 저감됨에 따라 피라미가 암거식 어도를 따라서 상류로 거슬로 올라가는 성공률이 20%가 개선됨을 확인하였다. 한국수자원학회(2005)는 하천설계기준에서 어도내 설계유속을 갈수시 취수잔량이 유하될 때 모든 어종에 대해 0.5~1.0 m/s로 제시하고 있다. 박상덕(2001a, 2001b)은 우리나라에 설치된 어도중 사다리식 어도와 계단식 어도에 대하여 어도 생태수리실험을 실시하여 회유성 어도의 소상능력을 평가하였다. 서울시정개발연구원(2007)은 잠실수중보 어도를 대상으로 어도를 이용하는 소상어류의 종류, 시간대, 시기 등의 정밀조사를 통하여 어도개선효과를 분석하고 자연 친화적인 학습공간으로 활용하는 방안을 마련하였다. Ead 등(2002)은 어류가 배수암거내를 이동하는 휴식공간과 지속적인 저유속 조건을 유지하기 위해 설치되는 배플의 원관에서 유량 및 수심, 배수암거의 경사, 원관의 직경 그리고 유속과의 관계에 대해 연구하였다. 김석규와 김철(2007)은 하천정비의 공사전과 공사후 모니터링을 실시하여 사업의 문제점을 파악하는 것은 매우 중요하다고 하였다. 또한 수리구조물의 변화, 생태계 변화 등은 하천정비의 방향을 재설정하게 되고 어도와 같은 자연 친화적인 수리구조물은 그 기능의 효과를 최대로

† To whom correspondence should be addressed.
ksg8493@korea.kr

극대화 할 수 있는 방법을 강구해야 한다고 하였다. 이에 본 연구에서는 전라북도 순창읍을 경유하고 자연 친화적으로 하천정비가 수행된 경천을 대상으로 3개의 취수보(교하보, 팔덕5보, 정기보) 부속물인 어도에 대해 2001년부터 2005년까지 5년동안 정기적으로 어류의 이동 및 어도의 수리적 안정성에 대해 모니터링을 수행하였다. 모니터링을 수행한 결과, 어도의 유량조절부 개폐정도에 따라 어류의 이동여부 및 적절유량의 현안문제를 발견하였다. 따라서 본 연구에서는 취수문과 어도내 어류의 이동사항을 고려하여 취수량에 지장이 없으면서 원활한 어류의 이동성을 확보하기 위한 어도와 취수문의 유량관계를 분석하고 취수문-어도 유량조절부 개폐의 운영방안을 제시하였다.

## 2. 연구방법

취수보 어도의 유지관리기준을 제시하기 위하여 취수문이 있는 교하보와 팔덕5보, 취수문이 없는 정기보의 필요 취수량과 어느 정도 취수문에 영향을 받는지에 대해 알아보기 위해 한국농촌공사에서 자료를 이용하여 몽리면적과 필요취수량을 확인하였다. 취수문이 있는 교하보와 팔덕5보에 대해 1차와 2차로 나누어 유량조절부를 5 cm 단계별 간격으로 25 cm까지 개방하였을 때 유량을 분석하고, 취수문이 없는 정기보에 대해서는 단지 어류의 이동을 확인하기 위해 유량조절부를 완전히 개방한 후 유량을 분석하고 어류 모니터링을 수행하였다. 2차 조사에서는 적정 개폐가 5 cm이하인 경우가 있을 수 있어 3 cm를 추가로 개방하여 5번에 걸쳐 유량측정을 수행하고 분석하였다. 또한, 교하보와 팔덕5보의 유량과 취수문의 유량과의 상관관계를 분석하기 위해서 취수문의 취수조절문을 5 cm씩 단계별로 25 cm까지 개폐하여 유량을 측정하였다.

오리피스공식과 수중웨어 공식을 사용하여 어도 및 취수문의 수위-유량 관계곡선을 작성한 후 실측한 자료와 비교하였으며, 취수보 운영의 변수는 시기별로 필요한 취수량과 상류의 유입유량이기 때문에 월별 유입유량을 기준으로 취수문 개방량에 따른 어도조절문 개방량을 관측유량을 사용하여 계산하였다. 더불어 취수보 유지관리 주체인 한국농촌공사의 부속물인 보의 어도에 대해 유지관리기준을 제시하기 위하여 수위에 따른 어도 수문의 개방높이를 계산하였으며 적정 개폐정도를 제시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 보의 유량

어도 유량과 취수문의 유량과의 상관관계를 분석하기 위해 취수문이 있는 교하보와 팔덕5보, 취수문이 없는 정기보의 필요 취수량과 어느 정도 취수문에 영향을 받는지에 대해 알아보기 위해 몽리면적을 Table 1에 나타내었다.

또한, 교하보, 팔덕5보의 유량 조절부를 단계별로 개방했을 때 유량을 1차, 2차로 나누어 분석하고 정기보는 취수문이 없기 때문에 어류의 확인을 위해 유량조절부를 완전히 개방한 후 유량을 분석하였다. Table 2~4는 1차 교하보, 팔덕5보, 정기보의 유량조절부 개방에 따른 유량을 나타내었고, Fig. 2~3에 교하보와 팔덕5보의 유량을 그래프로 나

**Table 1.** Intake possible discharge and irrigation area

| | Intake possible discharge ($m^3$/sec) | Irrigation area (ha) |
|---|---|---|
| Kyoha dam | 0.038 | 27.7 |
| Paldock5 dam | 0.039 | 27.5 |
| Jeongji dam | 0.038 | 27.0 |

(a) Kyoha dam fishway (b) Paldock5 dam fishway (c) Jeongji dam fishway

**Fig. 1.** Fishway of study area.

**Table 2.** Discharge of opening and closing of discharge control part in Kyoha dam

| Kyoha dam | Flow velocity (m/sec) | Cross sectional area ($m^2$) | Discharge ($m^3$/sec) |
|---|---|---|---|
| Perfection blockade | 0.321 | 0.119 | 0.038 |
| when open 5 cm | 0.652 | 0.295 | 0.198 |
| when open 10 cm | 0.745 | 0.384 | 0.321 |
| when open 15 cm | 0.925 | 0.433 | 0.408 |
| when open 20 cm | 0.901 | 0.468 | 0.445 |
| when open 25 cm | 0.988 | 0.504 | 0.515 |

**Table 3.** Discharge of opening and closing of discharge control part in Paldock5 dam

| Paldock5 dam | Flow velocity (m/sec) | Cross sectional area ($m^2$) | Discharge ($m^3$/sec) |
|---|---|---|---|
| Perfection blockade | 0.762 | 0.303 | 0.043 |
| when open 3 cm | 0.778 | 0.385 | 0.089 |
| when open 5 cm | 0.790 | 0.471 | 0.285 |
| when open 10 cm | 0.801 | 0.492 | 0.382 |
| when open 15 cm | 0.869 | 0.501 | 0.424 |
| when open 20 cm | 0.905 | 0.540 | 0.481 |
| when open 25 cm | 1.002 | 0.585 | 0.544 |

**Table 4.** Discharge of opening and closing of discharge control part in Jeongji dam

| Jeongji dam | Flow velocity (m/sec) | Cross sectional area ($m^2$) | Discharge ($m^3$/sec) |
|---|---|---|---|
| Perfection opening | 1.102 | 2.214 | 2.548 |

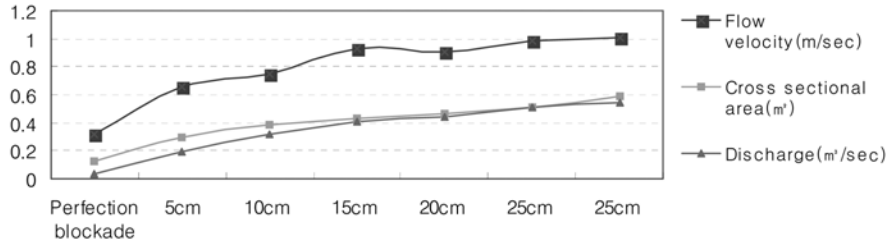


**Fig. 2.** Discharge of opening and closing of discharge control part in Kyoha dam.

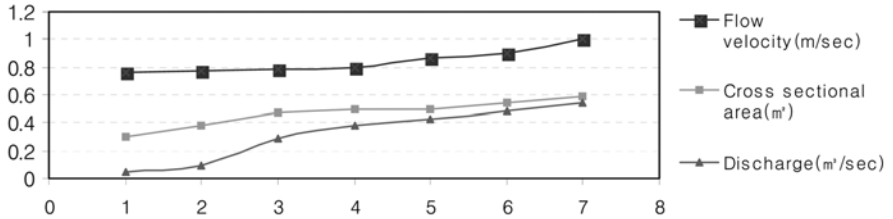


**Fig. 3.** Discharge of opening and closing of discharge control part in Paldock5 dam.

타내었다. 정기보에서는 어류 모니터링을 수행한 결과, 우점도지수가 가장 높은 피라미를 비롯하여 긴몰개, 참마자, 꺽지 등 14종 2,448개체가 확인되었다. Table 5에 모니터링 결과를 나타내었다.

**Table 5.** Monitoring of fish

| Species | Sum | Dominance |
|---|---|---|
| Carassius auratus | 82 | 3.97 |
| Acanthorhodeus macropterus | 6 | 0.28 |
| Squalidus gracilis majimae | 206 | 9.55 |
| Hemibarbus longirostris | 144 | 6.62 |
| Pseudogobio esocinus | 6 | 0.28 |
| Abbottina springeri | 2 | 0.09 |
| Microphysogobio yaluensis | 78 | 1.61 |
| Zacco temmincki | 70 | 2.74 |
| Zacco platypus | 1,810 | 72.87 |
| Iksookimia longicorpa | 18 | 0.85 |
| Silurus asotus | 2 | 0.09 |
| Pseudobagrus fulvidraco | 14 | 0.66 |
| Coreoperca herzi | 6 | 0.28 |
| Odontobutis platycephala | 2 | 0.09 |
| Population | 2,448 | |
| Species number | 14 | |
| Species Diversity Index | 1.07 | |

2차의 결과를 Table 6~7에 나타내었고, 유량조절부 개폐에 따른 유량의 그래프를 Fig. 4~5에 나타내었다.

### 3.2. 취수문의 유량

교하보와 팔덕5보의 유량과 취수문의 유량과의 상관관계를 분석을 위해 취수문의 취수조절문을 단계별로 개폐하여 유량을 분석하여 Table 8에 나타내었고, Fig. 6에 그래프로 나타내었다.

### 3.3. 취수문-어도 조절문 연계 운영 방안

#### 3.3.1. 어도 및 취수문의 수위-유량관계

오리피스($Q = \mu_1 B y_2 \sqrt{2g(y_1 - y_3)}$, $Q$ : 월류량($m^3$/sec), $\mu_1$ : 유량계수(0.60~0.95), g : 중력가속도(9.8 m/$s^2$), B : 웨어마루길이(m)) 공식과 수중웨어($Q = \mu_2 B y_1 \sqrt{(2gy_1)}$, $Q$ : 월류량($m^3$/sec), $\mu_2$ : 유량계수(0.35~0.37), g : 중력가속도(9.8 m/$s^2$), B : 웨어마루길이(m)) 공식을 사용하여 어도 및 취수문의 수위-유량 관계곡선을 작성한 후 실측한 자료와 비교하여 Fig. 7~8에 나타내었다.

**Table 6.** Discharge of Kyoha dam

| Opening height | The first ($m^3$/sec) | The second ($m^3$/sec) | The third ($m^3$/sec) | The 4th ($m^3$/sec) | The 5th ($m^3$/sec) |
|---|---|---|---|---|---|
| Perfection blockade | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 cm | 0.028 | 0.017 | 0.026 | 0.021 | 0.021 |
| 5 cm | 0.056 | 0.044 | 0.041 | 0.043 | 0.035 |
| 10 cm | 0.061 | 0.058 | 0.048 | 0.048 | 0.056 |
| 15 cm | 0.057 | 0.064 | 0.069 | 0.047 | 0.063 |
| 20 cm | 0.074 | 0.078 | 0.069 | 0.068 | 0.066 |
| 25 cm | 0.082 | 0.077 | 0.075 | 0.063 | 0.069 |
| Perfection opening | 0.082 | 0.077 | 0.075 | 0.063 | 0.069 |

**Table 7.** Discharge of Paldock5 dam

| Opening height | The first ($m^3$/sec) | The second ($m^3$/sec) | The third ($m^3$/sec) | The 4th ($m^3$/sec) | The 5th ($m^3$/sec) |
|---|---|---|---|---|---|
| Perfection blockade | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 cm | 0.014 | 0.006 | 0.006 | 0.007 | 0.007 |
| 5 cm | 0.044 | 0.036 | 0.005 | 0.036 | 0.036 |
| 10 cm | 0.067 | 0.052 | 0.045 | 0.048 | 0.044 |
| 15 cm | 0.065 | 0.055 | 0.055 | 0.047 | 0.046 |
| 20 cm | 0.072 | 0.066 | 0.058 | 0.043 | 0.047 |
| 25 cm | 0.070 | 0.072 | 0.054 | 0.050 | 0.047 |
| Perfection opening | 0.070 | 0.072 | 0.054 | 0.050 | 0.047 |

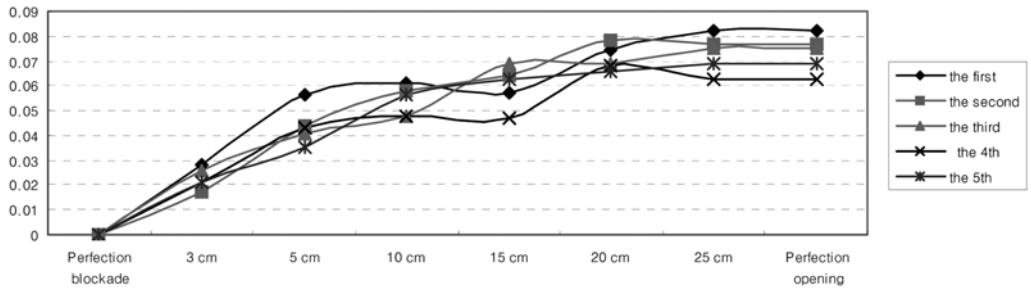


**Fig. 4.** Discharge of Kyoha dam.

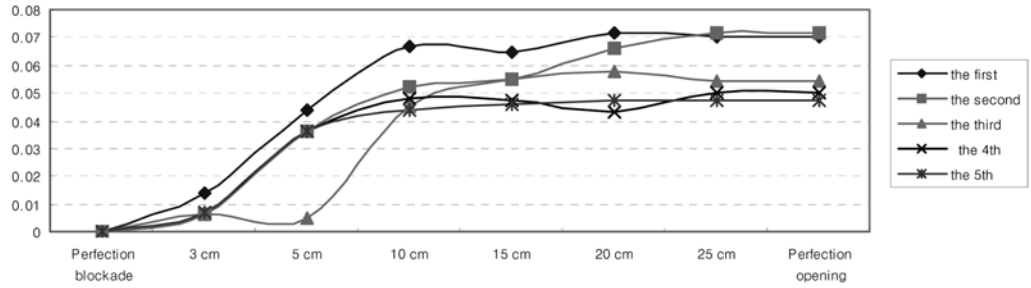


**Fig. 5.** Discharge of Paldock5 dam.

**Table 8.** Discharge of opening and closing of intake sluice

| Opening height | Paldock5 dam ($m^3$/sec) | Opening height | Kyoha dam ($m^3$/sec) |
|---|---|---|---|
| Perfection blockade | 0.017 | Perfection blockade | 0.097 |
| 5 cm | 0.032 | 5 cm | 0.114 |
| 10 cm | 0.039 | 10 cm | 0.116 |
| 15 cm | 0.047 | 20 cm | 0.119 |
| 20 cm | 0.051 | 30 cm | 0.125 |
| 25 cm | 0.064 | 40 cm | 0.129 |
| 30 cm | 0.063 | 50 cm | 0.138 |
| Perfection opening | 0.062 | Perfection opening | 0.133 |

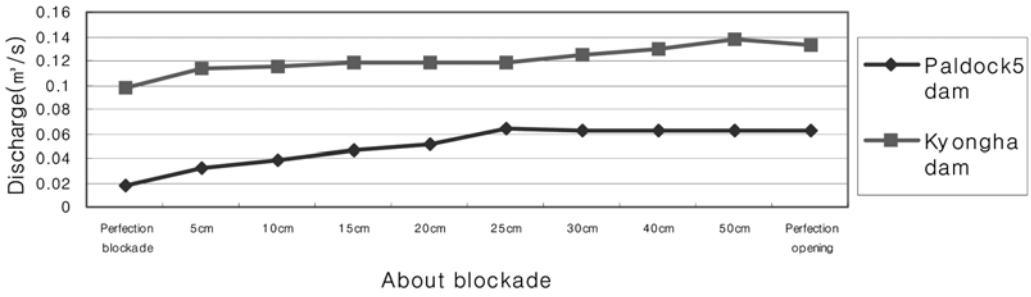


**Fig. 6.** Discharge graphic by opening and closing of intake sluice.

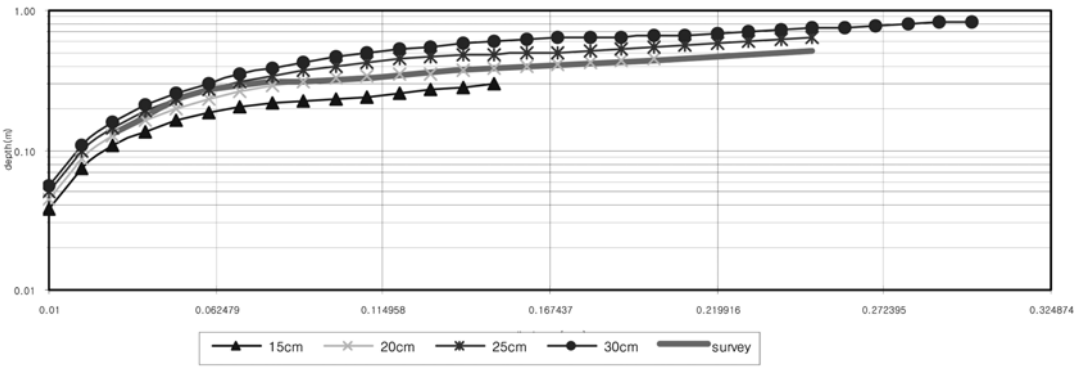


**Fig. 7.** Survey data comparison of Kyoha dam.

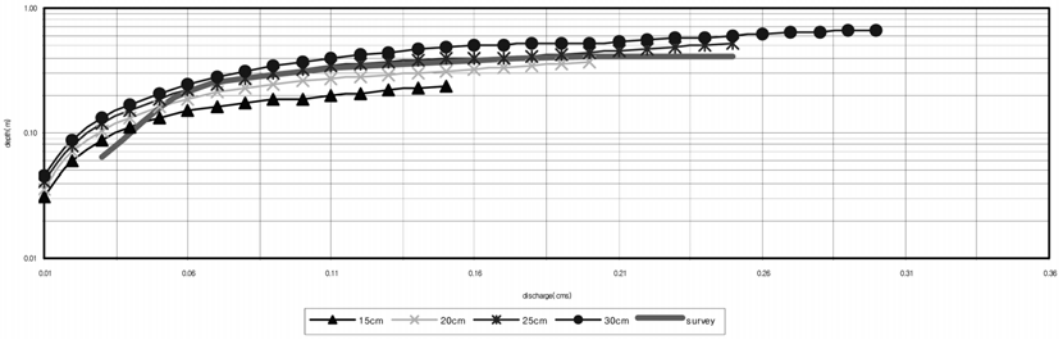


**Fig. 8.** Survey data comparison of Paldock5 dam.

취수보 운영의 변수는 시기별로 필요한 취수량과 상류의 유입유량이기 때문에 월별 유입유량을 기준으로 취수문 개방량에 따른 어도조절문 개방량을 관측유량을 사용하여 계산하였다. 우리나라의 기상 특성상 월별로 강우의 차이가 크기 때문에 월을 기준으로 조사하였다. Table 9와 Fig. 9는 유입유량이 0.178 $m^3/s$일 때 팔덕5보의 어도조절문 유량관계를 나타낸 것으로, 필요취수량(Q=0.039 $m^3/s$)을 충족하도록 취수문을 10 cm 개방하고 어도조절문을 3.5 cm만

**Table 9.** Observation discharge by Paldock5 dam opening

| Inflow discharge | Opening height | Intake inflow discharge ($m^3/s$) | Fishway inflow discharge ($m^3/s$) | Opening height | Fishway discharge ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.178 | Perfection blockade | 0.000 | 0.178 | Perfection blockade | 0.043 |
| | 5 cm | 0.032 | 0.146 | 3 cm | 0.089 |
| | 10 cm | 0.039 | 0.139 | 5 cm | 0.285 |
| | 15 cm | 0.047 | 0.131 | 10 cm | 0.382 |
| | 20 cm | 0.051 | 0.127 | 15 cm | 0.424 |
| | 25 cm | 0.064 | 0.114 | 20 cm | 0.481 |
| | 30 cm | 0.063 | 0.115 | 25 cm | 0.544 |
| | Perfection opening | 0.062 | 0.116 | Perfection opening | 0.544 |

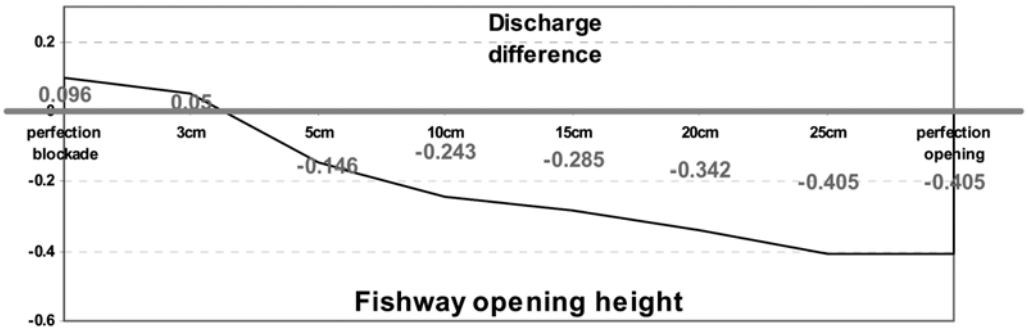


**Fig. 9.** Discharge relation of intake sluice-fishway control part of Paldock5 dam : When open intake sluice 10cm
Total inflow discharge(0.178 $m^3/s$) - Intake inflow discharge(0.039 $m^3/s$) = Fishway inflow discharge(0.139 $m^3/s$).

개방하면 유량이 유지되는 것을 알 수 있다. 즉, 전체 유입 유량에서 어류의 이동에 지장이 없는 범위에서 어도조절문을 3.5 cm 이상만 개방하여도 취수에는 문제가 없다는 것이다.

### 3.3.2. 취수문 - 어도조절문 연계 운영 방안

시기별 유입유량 및 수위에 따라 필요 취수량을 만족하면서도 원활한 어류 이동을 고려한 어도 운영 기준을 정리하여 Table 10에 나타내었다.

**Table 10.** Operation standard of intake sluice-fishway control part

| Measurement | Discharge ($m^3$/sec) | Water level (m) | Kyoha dam control part (cm) | | Paldock5 dam control part (cm) | | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Opening height of intake sluice | Opening height of fishway control part | Opening height of intake sluice | Opening height of fishway control part | |
| The first | 0.178 | 0.061 | 5 | 1.0 | 10 | 3.5 | |
| The second | 0.241 | 0.096 | 5 | 2.7 | 10 | 4.2 | |
| The third | 0.677 | 0.228 | 5 | 25.0 | 10 | 25.0 | |
| The 4th | 1.354 | 0.327 | 0 | 40.0 | 0 | 40.0 | Perfection opening |
| The 5th | 13.113 | 0.735 | 0 | 40.0 | 0 | 40.0 | Perfection opening |
| The 6th | 2.736 | 0.439 | 0 | 40.0 | 0 | 40.0 | Perfection opening |
| The 7th | 303.780 | 3.050 | 0 | 40.0 | 0 | 40.0 | Perfection opening |
| The 8th | 0.932 | 0.272 | 5 | 30.0 | 10 | 30.0 | |
| The 9th | 0.524 | 0.193 | 5 | 15.6 | 10 | 20.5 | |
| The 10th | 0.546 | 0.199 | 5 | 18.5 | 10 | 22.0 | |
| The 11th | 0.298 | 0.122 | 5 | 4.6 | 10 | 4.7 | |
| The 12th | 0.226 | 0.089 | 5 | 2.4 | 10 | 4.0 | |
| The 13th | 0.277 | 0.113 | 5 | 4.0 | 10 | 4.5 | |
| The 14th | 0.269 | 0.109 | 5 | 3.7 | 10 | 4.3 | |

※ Necessary intake discharge : Kyoha dam = 0.038 $m^3$/sec, Paldock5 dam = 0.039 $m^3$/sec

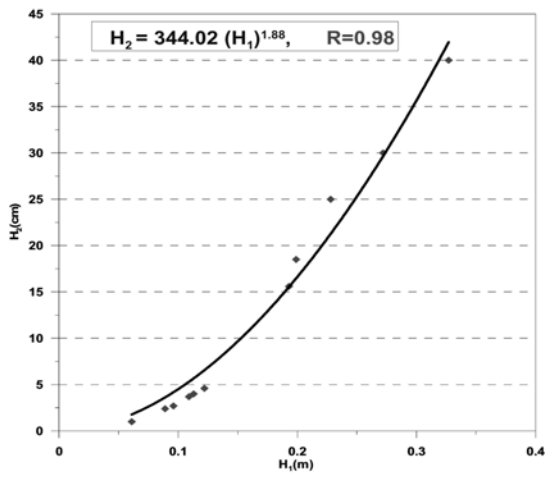


**Fig. 10.** Kyoha dam.

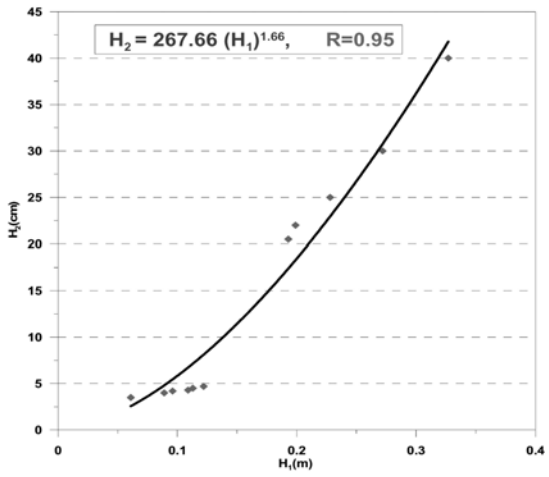


**Fig. 11.** Paldock5 dam.

#### 3.3.3. 어도 유지관리 기준제시

취수보 유지관리 주체인 한국농촌공사에 보 부속물인 어도 유지관리기준을 제시하기 위하여 수위에 따른 어도 수문의 개방높이를 Fig. 10~11에 나타내었다. H1은 하천수위, H2는 어도조절문의 개방높이를 나타내며 이는 일반 농민들이 농번기 등 취수시에 하천 취수보 및 교량 등에 설치된 수위표의 수위를 확인한 후 아래 그래프에서 해당되는 눈금에 따라 어도 수문의 개방높이를 쉽게 확인할 수 있도록 하여 적절한 물관리가 이루어지도록 개발하였다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 취수문과 어도 조절문의 어류 이동사항을 고려하여 취수량에 지장이 없으면서도 원할한 어류의 이동성을 확보하기 위한 어도와 취수문과의 유량관계를 분석하고 취수문-어도 유량조절부 개폐의 운영방안을 제시하였다. 또한, 취수문의 취수량과 몽리면적을 조사하여 어도로 유입되는 유량과 취수문으로 빠져나가는 유량의 관계를 분석하였다. 더불어 유량조절부를 단계별로 점진적으로 개방하여 유량을 분석하고 오리피스 공식과 수중웨어 공식을 사용하여 어도 및 취수문의 수위-유량관계곡선을 작성하여 실측값과 비교하였다. 취수보의 운영변수는 시기별로 필요한 취수량과 상류의 유입유량이므로 월별 유입유량을 기준으로 취수문 개방량에 따른 어도조절문 개방량을 관측유량으로 사용하여 계산하였으며 취수보 어도의 유지관리기준을 제시하기 위하여 수위에 따른 어도의 수문 개방높이를 계산하였다. 어도의 유지관리를 위해 본 연구의 결과를 적극적으로 홍보하고 지도를 통해 취수보를 운영하도록 하면 효율적인 취수문과 어도의 활용이 될 수 있으리라 판단된다. 추후 지속적인 모니터링을 통한 관계식 보완 및 검증 과정을 거친다면 보다 효율적이고 선진화된 하천관리를 이룰 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

김석규, 김철(2007). 자연 친화적인 하천정비사업의 평가방법에 관한 연구. *한국수자원학회 논문집*, **40**(7), pp. 503-511.

박상덕(2001a). 어도 생태수리실험에 의한 회유성 어류의 소상능력 평가(Ⅰ)-사다리식 어도-. *한국수자원학회 논문집*, **34**(4), pp. 365-379.

박상덕(2001b). 어도 생태수리실험에 의한 회유성 어류의 소상능력 평가(Ⅱ)-계단식 어도-. *한국수자원학회 논문집*, **34**(4), pp. 381-390.

박성용, 김서준, 최지웅, 윤병만(2008a). 옵셋배플형 암거식 어도의 수리특성 및 어류이동효과에 관한 연구. *한국수자원학회 논문집*, **41**(1), pp. 75-85.

박성용, 김서준, 이승휘, 윤병만(2008b). 피라미의 유영특성에 관한 실험적 연구. *한국수자원학회 논문집*, **41**(4), pp. 423-432.

서울시정개발연구원(2007). 잠실수중보 어도 생태모니터링 및 유지관리방안.

한국수자원학회(2005). 하천설계기준.

Ead, S. A., Rajaratnam, N., and Katopodis, C. (2002). Generalized Study of Hydraulics of Culvert Fishway. *J. Hydraul. Eng.*, **128**(11), pp. 1018-1022.