

# 국내 배수갑문에 설치된 어도의 운영실태 및 개선 방향

## Improvement Plan and Conditions for Operation of Fishways Installed at Sluice Gates in Domestic Dikes

김 재 옥

Kim, Jae Ok

### Abstract

The status of fishway installed in domestic dikes showed a cascade types and sluice gate types 36% (four sites) and 64% (seven sites), respectively. Fishway of cascade type was constructed four sites (Iweon, Busa, Geum river, Haenam) and only Geum river was one of them has operated much more effectively since remodeling in a fishway and fishways of the others was not operated because of several problems like a desalination, a shortage of inflow water and variation of management elevation. Fishway of sluice gate type was installed seven sites and three sites (Yeongsan, Yeongam, Geumho) one of them were continuously operated until now. This results has a interesting interpretations. Prolonged discharge of inductive water from fishway can positively affect not only ascending of fishes but also fish fauna of around of the sea. The others of a sluice gate fishway were not operated because of seawater circulation through sluice gate until now. The closed reasons of fishway in domestic dikes may be summarized as follows : impossibility of sluice gate open by shortage of inflow water, problem of proper operating by long distance of between fishway and management office, absence of operating manual, seawater circulation, lack of fishway operating awareness. It was takes a long time for solution of hardware part but software part can be to find the answer through making a fishway operation manual and development of education program for manager. In this paper we deal with fishway in domestic dikes. Proper fishway control by manager was essential for ascending of migration fishes especially at fishway installed in dikes. Thus it was necessary to make manual for fishway operation and effort of continuously maintenance.

\*한국농어촌공사 농어촌연구원 (kjokim@ekr.or.kr)

키워드 : 배수갑문, 어도, 계단식, 갑문식, 회유성 어류, 조작식, 매뉴얼

## I. 서 론

우리나라 간척사업은 고려조 및 조선조와 일제 시대를 보내면서 군량미 확보와 미곡증산 목적으로, 해방 이후에는 기근해결을 위한 식량증산, 1970년대 이후에는 농업종합개발 목적으로 변천하였고, 오늘날에는 다목적 종합개발로 추진되고 있다(농어촌진흥공사, 1995).

이러한 간척사업은 주로 해안가의 하구를 막아 방조제를 조성하고, 내륙의 토지 및 담수호를 조성하는 방식으로 진행되었다. 방조제는 하구의 전폭을 가로막아 조성하기 때문에 방조제 자체가 물리적 장벽으로 작용하여 회유성 어류의 이동통로 단절을 초래한다. 따라서 자연환경보전법과 내수면 어업법에서는 물흐름을 차단하는 공작물을 설치할 경우, 어도 설치를 의무적으로 규정하고 있다.

국내 하구둑에 설치한 어도에 대한 연구는 1998년 4월부터 1999년 11월까지 금강하구둑 계단식 어도와 1999년 영암호 갑문식 어도에서 조사한 것이 있으며(농어촌진흥공사, 1999), 낙동강 하구둑 어도를 대상으로 월별 이동 어종을 파악한 보고가 있다(한국수자원공사, 2007, 2008). 김 등(2009)은 금강하구둑의 개보수 이후 일주기와 계절별로 어도이 용어류의 특성을 조사한 보고가 있었으나 그 이외의 하구둑 어도에 관한 연구는 보고된 것 이 많지 않다. 일본 나가라가와 하구둑(長良川河口堰)에는 갑문식, 계단식, 자연수로식 어도가 설치되어 있으며 은어가 집중적으로 소상하는 5월을 전·후하여 매년 조사를 실시하고, 홈페이지를 통해 각 어도에서 은어 소상자료를 제공하고 있다(<http://www.gix.or.jp>).

본 고에서는 우리나라 서남해안 하구둑의 배수갑문에 설치된 어도들의 설치현황 및 운영실태를 살펴보았다. 각 지역별로 특이한 상황들이 전개되지만, 기존 설치된 어도들의 현황 조사를 통해 문제점 및 개선사항을 도출하여 향후 하구둑 어도설치 계획수립에 기초자료로 활용하고자 한다.

## II. 어도의 종류

국내에 적용 가능한 어도의 종류는 크게 풀(Pool) 형식 어도, 수로형식 어도, 조작형식 어도로 분류할 수 있다(해양수산부, 2004). 풀 형식 어도는 풀이 계단식으로 연결된 형태의 어도로서 각 풀은 격벽으로 나뉘어져 있다.

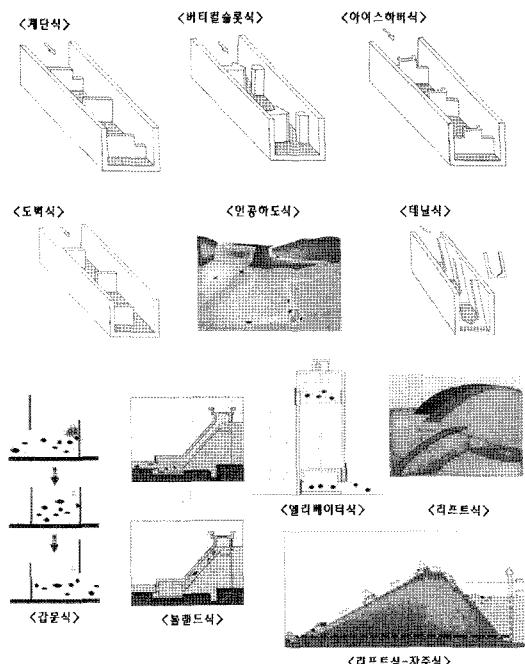


Fig. 1. Types of Fishways Installed in Domestic Rivers (Upper: Pool Type, Middle: Channel Type, Lower: Operating Type)

Table 1. The Status of Fishways Installed at Dikes in the Domestic Estuary

Dike	Type	Size (W(m) × L(m))	Year	Operating
Busa	Cascade	5.0 × 30.0	1989	Not Operating
Geum river	Cascade	9.0 × 78.0	1990	Operating
Iweon	Cascade	1.0 × 7.0	1997	Not Operating
Haenam	Cascade	6.0 × 16.0	1987	Not Operating
Seokmun	Sluice Gate	4.0 × 10.5	1991	Not Operating
Hongsung	Sluice Gate	4.6 × 15.0	2001	Not Operating
Boryeong	Sluice Gate	4.6 × 15.0	2001	Not Operating
Saemangeum	Sluice Gate	4.0 × 30.0(Garyuk) / 16.0 × 62.0(Sinsi)	2004	Not Operating
Yeongsan	Sluice Gate	6.6 × 30.0	1991	Operating
Yeongam	Sluice Gate	6.6 × 30.0	1991	Operating
Geumho	Sluice Gate	6.6 × 30.0	1991	Operating

이러한 풀 형식의 대표적인 어도로는 계단식 어도, 벼티컬슬롯식 어도, 아이스하버식 어도 등이 있다(Fig. 1). 수로형식 어도는 어도내의 도벽과 측벽 사이의 틈으로 흐름이 연속되는 형식으로 도벽에 의하여 유속 분포를 줄이는

방법으로 소상이 가능한 경로를 부여하는 형태를 수로형식이라 하며 도벽식 어도, 인공하도식 어도, 데닐식 어도등이 포함된다. 마지막으로 조작형식 어도는 댐 높이가 높거나 방조제처럼 외조위가 높을 때 설치하는 어도로서

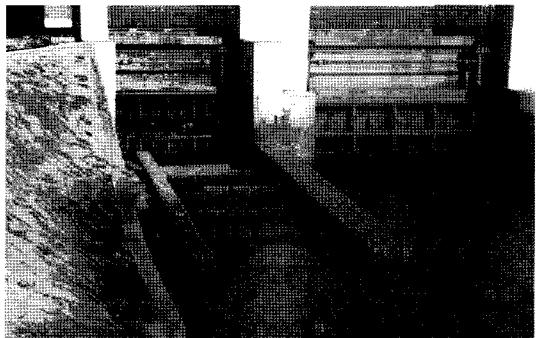


Fig. 2. The Cascade Fishways Installed at Dikes of the Estuary (Busa, Geum River, Iweon, Gochonam)

갑문식 어도, 볼랜드식 어도, 엘리베이터식 어도, 리프트식 어도등이 조작형식 어도에 포함된다.

### III. 국내배수갑문 어도설치현황

국내 배수갑문 11개소를 대상으로 어도현황을 조사한 결과, 계단식 어도와 갑문식 어도가 각각 36% (4개소), 64% (7개소)를 차지하고 있다(Table 1). 계단식 어도는 충남의 이원방조제, 부사방조제 전북 금강하구둑, 전남의 고천암호의 해남방조제에 설치되어 있었다. 현재 계단식 어도 중 운영되고 있는 곳은 금강하구둑 어도뿐이었으며 나머지 3개소에서는 내부

담수호의 제염 및 상류 유입수의 부족, 관리수위 변동 등의 사유로 어도운영이 불가능한 상태이다. 금강하구둑 어도도 내측 담수호 관리수위가 설계 당시보다 높아져 한동안은 운영이 어려웠으나, 계단식 어도 전면에 전도수문 부착과 돌망태식 어도를 1.0m 정도 승상하는 작업을 거쳐 최근 들어 활발하게 운영하고 있다. 계단식 어도는 내외 수위 변동에 대비한 수위 조절 장치가 필요하다. 금강하구둑에는 가동언(可動堰)이 설치되어 내외 수위가 변함에 따라 자동으로 높이가 조절되도록 되어 있다. 해남방조제 어도에는 문비 바로 앞에 각난판(角落板)이 있어 내수위에 따라 문이 여닫히게 되어 있다. 계단식어도에는 경사수로에 돌망태를 채워 뱀장어를 비롯하여 돌틈을 따라

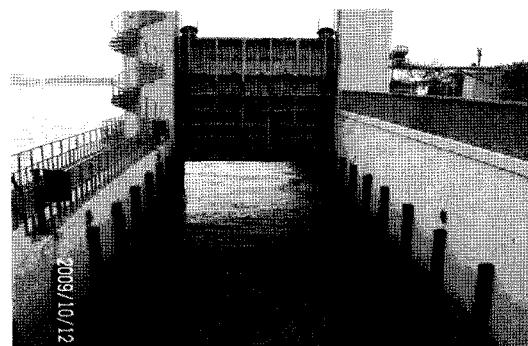
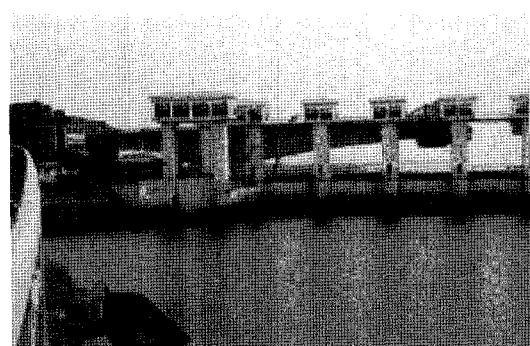
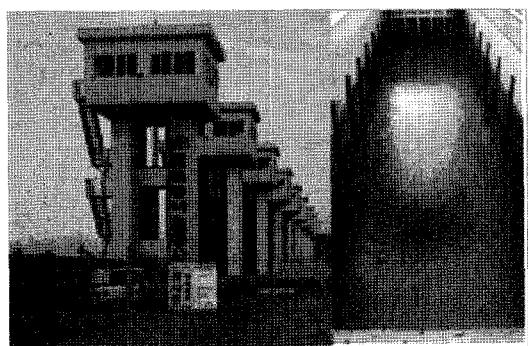
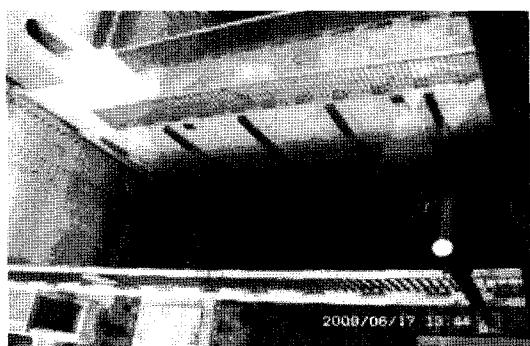


Fig. 3. The Sluice Gate Fishways Installed at Dikes of the Estuary (Hongbo, Yeongsan, Yeongam, Geumho)

소상하는 저서성 어류의 이동을 돋기도 하는데, 금강하구둑과 해남방조제 어도는 경사수로에 돌망태를 채운 형식으로 설치되었으며, 부사방조제는 수직으로 흡관을 세우고 돌망태를 채운 형식으로 설치되어 있다(Fig. 2).

갑문식 어도는 충남의 석문방조제, 홍보방조제, 전북의 새만금 방조제, 전남의 영산호, 영암호, 금호호 방조제에 설치되어 있었다. 전남에 설치된 영산, 영암, 금호호 3개소에서는 매일 지속적으로 어도를 운영하고 있어 회유성 어류의 이동에 큰 도움을 주고 있었으며 주변 해역의 어류상에도 좋은 영향을 미치고 있었다. 석문과 홍보, 새만금 방조제는 현재 해수유통 중이어서 어도로는 아직 운영되지 않고 있다. 다만 유인수 펌프, 갑문 조작등은 주기적으로 수행하고 있었으며 향후 내부 담수화가 종료되면 운영될 계획에 있다(Fig. 3). 갑문식어도는 내외 수위차가 있고 어도를 이용하는 물고기의 종이 다양할 때 시공할 수 있는 시설로 은어, 숭어 등 유영력이 큰 물고기는 물론 웅어, 황복 등 물고기의 유영력에 관계없이 이용할 수 있어 우리나라 서해안 조석 특성에 가장 적합한 어도형식이다.

## IV. 국내 배수갑문 어도의 운영실태 분석 결과

### 1. 부사방조제

부사방조제는 충남 서천군 서면 부사리에 위치하고 있으며 1986년에 착공하여 1997년에 완공되었다. 서천군 서면 도둔리에서 보령시 웅천읍 독산리를 연결하는 부사방조제는 서해 바다에서 밀려드는 조수의 피해를 막고 웅천읍 일대의 농경지를 보호하기 위해 건설되었다. 부사방조제의 총 저수량은 1,085만  $m^3$ 이며 총 길이는 2조 7.2km, 매립면적은 1,046ha이다.

부사방조제 어도는 3.0m(W) × 8.0m(L)로 배수갑문 우측에 도벽식으로 설치되어 있다(Fig. 4). 부사방조제 어도의 입구는 바다 쪽으로 되어 있는 것이 아니라 배수갑문과 수평으로 되어 있어 물고기가 입구를 찾기 다소 어려운 구조로 되어 있다. 또한, 부사방조제는 상류유역에 보령댐이 위치하고 있으며, 이곳에서 유역배수량의 약 50% 이상이 보령댐으로 취수되어 부사 담수호로 유입되는 유입량이 부족한 실정이다. 따라서 배수갑문을 전혀

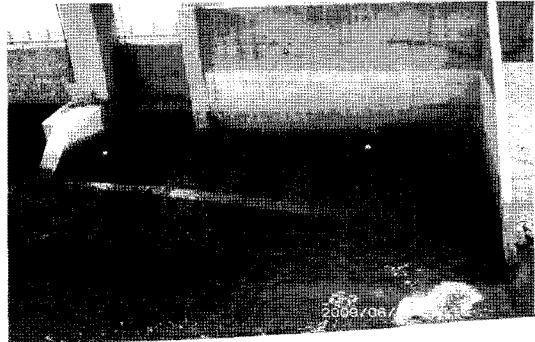


Fig. 4. The View of Busa Dike and Cascade Type Fishway



Fig. 5. The View of Geum River Estuary and Cascade Type Fishway

개폐하지 못하고 있으며 그로 인하여 담수호의 제염 및 어도운영이 전반적으로 어렵다. 2008년 이후에는 특히 강우량도 적어 1, 2차례 정도 수문을 개폐하였으며 그 이외에는 전혀 배수갑문 및 어도의 개폐가 불가능한 상태이다. 부사방조제는 상류유입량이 많지 않아 제염이 시급한 문제점으로 대두되고 있다. 부사방조제 어도는 계단식 어도로서 내·외수위 차에 의해 외측 수위가 낮은 시간동안에만 운영이 가능한 구조여서 전반적으로 어도운영이나 조작이 쉽지 않다. 또한 현장관리사무소는 공사완료 후 직원이 철수한 상태이며, 남포지소에서 원격으로 유지관리를 하고 있어 어도운영이 다소 어려운 실정이다.

## 2. 금강하구둑

금강하구둑은 전북 군산시에 위치하고 있으며, 1983년 12월 5일 공사를 착공하여 1990년 11월 20일에 방조제 외곽공사가 완료되었다. 1994년 8월부터 금강호 담수를 시작하여 현재는 충남, 전북등의 농경지 약 43,000ha와 군장산업단지등에 생·공업용수를 공급하고 있다. 금강하구둑의 총 저수량은 138백만  $m^3$ 이며

개발 면적은 43,000ha이다.

금강하구둑 길이는 총 1.84km이며 방조제 우측에 30.0m(W) × 10.3m(H) × 20면의 배수갑문이 설치되어 있다. 배수갑문은 전동식으로 위 아래로 작동되며 현재 홍수시나 내측 관리수위 유지를 위하여 담수호측 물을 외해로 배제시킬 때만 개방하고 있다. 관리수위는 7월부터 2월까지는 EL(+)2.0m, 3월부터 6월까지는 EL(+)1.0m로 유지하고 있다. 배수갑문 우측에 폭 9.0m의 계단식 어도가 1개소 설치되어 있다(Fig. 5). 어도는 계단식과 돌망태식 어도로 구성되어 있으며 중간에 유인수방류를 위한 수로가 설치되어 있다.

금강하구둑 어도는 설계 단계시 내측 관리수위보다 현재 운영하고 있는 관리수위가 높아 어도측 수문을 거의 개방하지 못하였으나, 계단식 어도 전면부에 전도수문 설치와 돌망태측 어도를 높이는 작업을 통하여 현재는 원활하게 어도를 운영하고 있다. 어도 운영은 원활하게 이루어지고 있으나 전도수문의 개폐 정도에 따라 계단식 어도측으로 흘러내려가는 물의 유속이 너무 빠른 경우가 많아 어류 소상에 다소 지장을 초래한다. 또한 돌망태식 어도에는 외해측 수위가 낮을 때에는 물이 전혀 흐르지 않아



**Fig. 6. The View of Iweon Dike and Cascade Type Fishway**

승어와 같이 체장이 큰 어류가 돌망태식 어도 내에 진입했다가 상류로 소상하지 못하고 어도내에서 죽는 경우도 발생한다.

금강하구둑 어도는 지역 주민에게 관심도가 매우 높으며 현장접근도 가능하여 관람객들이 자주 방문한다. 따라서 2009년 군산시 지원으로 어도 생태학습장을 조성하여 일반인들이 이용·관람할 수 있도록 하였다. 어도 생태학습장은 어린이들이 어도를 안전하게 관람하도록 관람 데크를 만들었고, 어도의 기능과 이용하는 물고기의 특성을 쉽게 이해할 수 있도록 키오스크(터치스크린 방식)와 만화 설명판을 설치하였다. 금강하구둑을 찾는 사람들이 늘어남에 따라 지역을 대표하는 관광시설과 함께 어린이들에게 현장교육의 장을 마련하는 계기가 되었다.

금강하구둑 어도에서 어도를 통해 담수호로 소상하는 어류상을 분석해본 결과 은어, 뱀장어 치어, 승어를 비롯한 어류와 담수호 측에서 내려온 것으로 보이는 붕어, 누치, 참몰개등도 담수호로 소상하기 위하여 자주 어도 내에서 출현하고 있었다.

### 3. 이원방조제

이원방조제는 충남 태안군 이원면 관리에 위치하고 있으며, 방조제 착공은 1990년 11월 16일에 착수하여 1997년 4월 배수갑문과 어도공사를 완료하였고 방조제 외곽공사는 1999년에 완료하였다. 그 이후 내부개발 공사가 진행되어 2009년 12월 31일 준공 후 태안군에 이관할 예정이다. 총 저수량은 460만  $m^3$ 이며 개발 면적은 1,224ha이다.

방조제 길이는 총 2.98km이며 방조제 좌측에  $4.0m(W) \times 3.0m(H) \times 6\text{련}$ 의 배수갑문이 설치되어 있다. 배수갑문은 유압식으로 위 아래로 작동되며 현재 강우시 담수호 측의 물을 외해로 배출시키는 목적으로만 사용하고 있다. 배수갑문 좌측에 어도 운영을 위한 수문이 내·외측에 2개소 설치되어 있으며 외해측에 설치되어 있는 어도는 도벽식 어도로서 폭 1.0m의 어도가 유선형으로 총길이 7.0m로 설치되어 있다(Fig. 6). 이원방조제는 현재 제염 및 내부개발 공사로 인해 어도 운영이 활발하지는 않은 상태이다. 특히 계단식으로 설치되어 있어 내·외측 수위 차에 의해 운영 할 수 있는 시간이 매우 제한적이어서 어도 운영이 쉽지 않은 상황이다. 어도운영을 위해 내·외측에 갑문이 설치되어 있는데, 담수호측

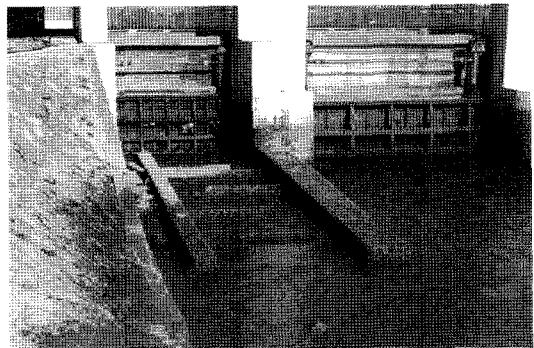
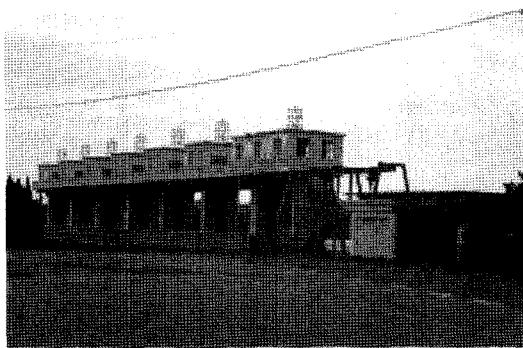


Fig. 7. The View of Haenam Dike and Cascade Type Fishway

갑문은 해수가 들어와 담수호측 염분농도가 상승할 것을 우려하여 거의 작동하지 못하고 있었다. 담수호의 염분이 평균 7,894ppm로 아직 염분상태가 높은 상태이다(한국농어촌공사, 2007).

#### 4. 해남방조제(고천암호)

해남방조제(고천암호)는 전남 해남군 해남읍외 4개면(황산면, 마산면, 삼산면, 화산면)에 위치하고 있으며, 1985년에 착공하여 1998년 준공하였다. 총저수량은 1.92만  $m^3$ 이며 유역면적은 18,130ha이며 개발면적은 간척지 3,032ha, 배후지 679ha로 총 3,711ha이다.

해남방조제(고천암호)는 1조 1.874km이며 방조제 우측에 8.4m(W)×5.0m(H)×6련의 배수갑문이 설치되어 있다. 해남방조제 배수갑문 우측에 5.3m(W)×3.0m(L)의 계단식 어도가 1개소 설치되어 있다(Fig. 7).

해남방조제(고천암호)는 배수갑문을 개폐하지 못하고 배수갑문 전면에 월류보를 설치하여 표충수가 월류하여 방류되도록 하고 있어 1일 배제되는 양이 5~7cm 정도의 수위변화

만을 보일 정도로 매우 적은 양이다. 현재, 해남방조제(고천암호) 어도 운영상 문제점은 어도 전면의 김 양식으로 인하여 배수갑문 및 어도개방이 시기적으로 제한된다는 것과 계단식 어도로 이루어져 있어 원활하게 운영된다고 해도 1일 3~4시간 밖에 운영하지 못하여 어류 소상에 어려움이 있다.

#### 5. 홍성/보령방조제

홍성/보령방조제는 충남 홍성군 홍성읍과 보령시 오천면에 위치하고 있으며, 1991년 방조제 외곽공사를 착공하여 보령방조제는 2000년 12월 31일, 홍성방조제는 2001년 12월 30일에 준공하였다. 1997년부터 내부개발 공사를 시작하여 평야부 공사가 시행중에 있다. 총 저수량은 홍성호 944만  $m^3$ , 보령호 1,933만  $m^3$ 이며 개발 면적은 홍성호와 보령호 각각 512ha, 1,134ha이다.

홍성호 방조제 길이는 총 1.86km이며 방조제 좌측에 10.0m(W)×11.8m(H)×4련의 배수갑문이 설치되어 있다. 배수갑문은 유압식으로 위 아래로 작동되며 현재 담수호측 수질 관리와 배수갑문 기계의 유지관리를 위하여

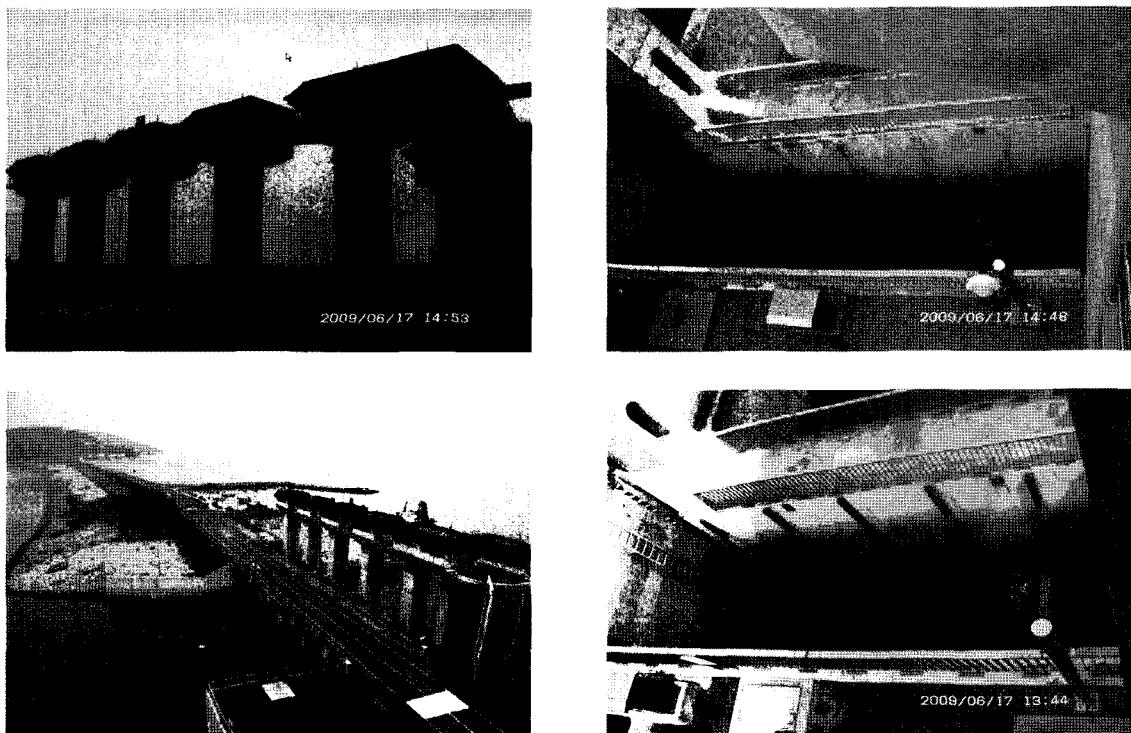


Fig. 8. The View of Hongsung and Boryeong Dike and Sluice Gate Type Fishway

정기적으로 작동해 주고 있다. 배수갑문 좌측에 통선겸용 갑문식 어도가 1개소 설치되어 있고 갑실 내 바닥 부분에 유인수 방류구가 설치되어 어류 집어를 위한 유인수를 배출할 수 있도록 되어 있다(Fig. 8). 국내에 설치된 갑문식 어도의 유인수 방류 시설은 대부분이 갑실 내 좌·우측 측벽에 위치하는 것이 일반적 인데 홍보방조제는 갑실 바닥에서 배출되고 있어 다소 상이한 구조를 보이고 있다.

보령호 방조제 길이는 총 1.08km이며 방조제 좌측에 10.0m(W)×11.8m(H)×5면의 배수갑문이 설치되어 있다. 홍성호와 마찬가지로 보령호 배수갑문도 현재 해수유통을 실시하고 있다.

홍성/보령방조제는 아직 담수화를 진행하지

않은 단계로서 배수갑문을 통해 해수유통을 실시하고 있다. 따라서 별도로 어도를 운영하지는 않고 있으며 통선과 정기적인 기기의 유지관리를 위해서만 어도를 운영하고 있었다. 어도의 형식은 전형적인 갑문식 어도 형식이었으며 유인수 방류가 갑실 바닥에서 이루어지고 있는 것이 특이한 사항이었다.

## 6. 영산강 하구둑

영산강 하구둑은 전남 영암군, 해남군 일대에 위치하고 있으며, 방조제 착공은 1976년에 설계를 시작하여 1981년 12월 8일에 준공되었다. 방조제 길이는 4,350m, 최대높이 20m, 저수량 2억 5000만톤으로 영산강지구 농업

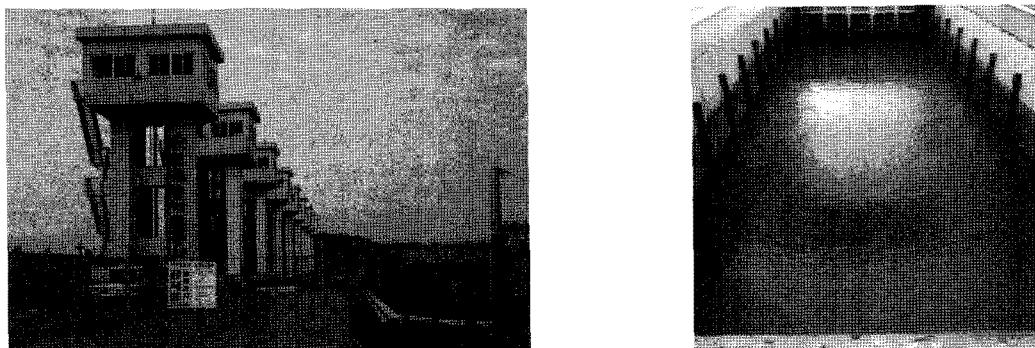


Fig. 9. The View of Yeongsan River Estuary and Sluice Gate Type Fishway

종합개발계획 2단계 사업의 핵심사업으로 건설되었다. 하구둑은 목포 동쪽 6km 지점, 무안군 삼향면(三鄉面) 옥암리(玉岩里)와 대안면 영암군 삼호읍(三湖邑) 산호리(山湖里) 사이를 가로막은 토석제(土石堤)로 완공하였다. 영산강 하구둑 방조제는 8련(連)의 배수갑문이 설치되어 있는데 철제 갑문 하나가 너비 30m, 높이 13.6m, 두께 3.6m로 무게 480톤이다. 또한 이 하구둑에는 30t급 선박이 자유로이 드나들 수 있는 너비 6m, 길이 30m의 통선문(通船門)도 갖추어져 있고 이 통선문은 어도를 겸하고 있다(Fig. 9).

방조제 길이는 총 4.35km이며 방조제 우측에 30m(W) × 13.6m(H) × 8련의 배수갑문이 설치되어 있다. 배수갑문은 유압식으로 위 아래로 작동되며 현재 강우시 담수호 측의 물을 외해로 배출시키는 목적과 관리수위 EL(-) 1.35m를 유지하는 목적으로 사용하고 있다. 배수갑문 우측에 어도 운영을 위한 수문이 내·외측에 2개소 설치되어 있으며 통선문을 겸하는 어도가 설치되어 있다.

영산강 하구둑 어도는 1일 1~3회 정도 운영하고 있다. 운영회수는 갑실에 모이는 어류량에 따라 차이가 있어 응어, 숭어가 많이 소상

하는 시기인 4, 5월에는 3회 정도 운영하고 그 이외의 계절에는 1, 2회 정도 운영하고 있었다. 어도 운영은 현장 관리담당자가 갑실내에 모인 어류량을 파악하여 수동으로 조작하고 있었다. 유인수 펌프공의 위치는 갑실 측벽 우측에 위치하고 있으며 펌프용량은  $7.5\text{m}^3/\text{min}$ 이다. 갑실에 모인 어류를 담수호내로 소상시킬 때에는 외해측 갑문을 닫고 담수측 갑문을 열어 소상시키는데, 15~30분 정도이면 대부분의 물고기가 소상한다. 유인수 펌프는 매일 24시간 운영을 원칙으로 하고 있으며, 갑실에 모인 어류를 상류로 소상시킬 때에만 정지시킨다. 유인수 펌프 가동은 통선문 겸용 어도의 갑실내로 물고기를 유인하는 기능도 있지만 외해측 어민들의 어업에도 도움을 주고 있어 24시간 가동하고 있다. 외해측 갑문을 개방한 후 유인수 펌프를 가동시키는데 이 때 외해측 갑문은 완전 개방하지 않고 저층에서 약 1.4~2.0m정도를 개방하여 해수와 담수의 회석 효율을 증대시키고 있었다. 현장 관측 결과, 완전 개방하는 것보다 2.0m 정도 개방했을 때 물고기 유인 효율도 더 높은 것을 경험적으로 알 수 있었다.

어도 운영시 소상하는 어류 조사를 위하여

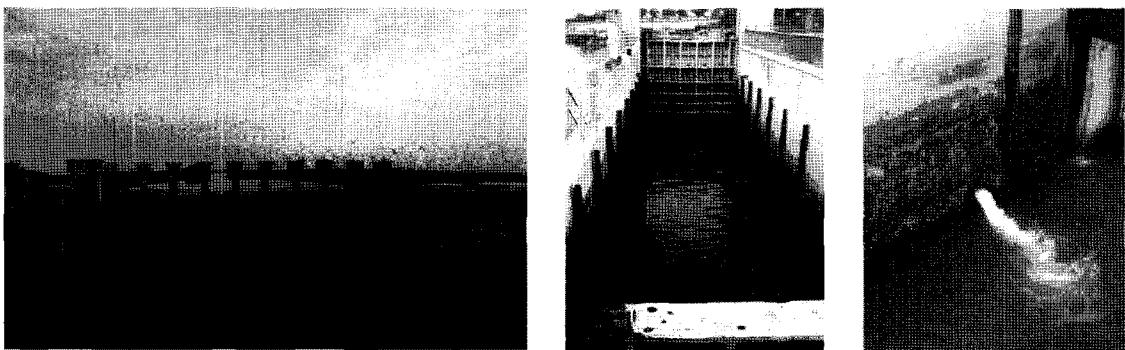


Fig. 10. The View of Yeongam Dike and Sluice Gate Type Fishway

갑실내에서 시기별 어류상 채집 조사를 실시하였으나 어민들의 민원제기로 현재는 중단된 상태이다. 유관으로 관찰해보면 어도를 통해 소상하는 어류는 승어, 학공치, 뱀장어, 웅어, 갈치, 농어, 조피볼락등을 관찰 할 수 있었다. 현재, 영산강 하구둑 어도 운영상 개선할 사항이나 문제점은 없는 것으로 조사되었다.

현재, 영산강 하구둑은 구조개선 사업을 통하여 하구둑과 어도의 기능을 개선하는 공사가 진행중이다. 영산강 하구둑 구조개선의 개요를 보면, 영산강 배수갑문 확장( $240\text{m} \rightarrow 480\text{m}$ ), 저층수 배제시설 도입, 자연형 수로식 어도 1식 추가등의 내용이 포함되어 있다.

## 7. 영암방조제

영암방조제는 전남 영암군, 해남군, 강진군 등 3군 1읍 11면을 포함하며 방조제와 간척지를 건설·개발하는 사업으로 조성되었다. 영암방조제는 1988년 6월 착공하여 1993년 12월 방조제가 준공되었고 2002년 7월부터는 간척지 내부개발이 진행되고 있다. 총 저수량은  $244.6\text{백만 m}^3$ 이며 개발면적은 13,160ha이다.

영암호 방조제 길이는 총 2.2km이며 방조제

우측에  $10.0\text{m(W)} \times 10.5\text{m(H)} \times 8\text{면}$ 의 배수갑문이 설치되어 있다. 배수갑문은 유압식으로 위 아래로 작동되며 현재 담수호측 수질관리와 배수갑문 기계의 유지관리를 위하여 정기적으로 작동해 주고 있다. 배수갑문 우측에 갑문식 어도( $6.6\text{m} \times 30\text{m} \times 8\text{m}$ )가 1개소 설치되어 있고 강우시 담수호 측의 물을 외해로 배출시키는 목적과 관리수위  $-1.45\text{m}$ 를 유지하는 목적으로 사용하고 있다. 갑실내 우측에 유인수 방류구가 설치되어 어류 집어를 위한 유인수를 배출할 수 있도록 되어 있다. 유인수 펌프의 용량은  $3.0\text{m}^3/\text{min}$ 이다(Fig. 10).

영암호 어도는 1일 1~2회 정도 운영하고 있다. 운영회수는 갑실에 모이는 어류량에 따라 차이를 보이고 있었다. 어도 운영은 현장 관리 담당자가 갑실내에 모인 어류량을 파악하여 수동으로 조작하고 있었다. 영암호는 유역이 크지 않아 상류 유입량이 많지 않으므로 강우량이 적은 시기에는 염분 문제등으로 인해 갑문 개방회수가 다소 제한적이다. 유인수 펌프 공의 위치는 갑실 우측에 위치하고 있으며 갑실에 모인 어류를 담수호내로 소상시킬 때에는 외해측 갑문을 닫고 담수측 갑문을 열어 소상시키는데, 15~30분 정도이면 대부분의



Fig. 11. The View of Geumho Dike and Sluice Gate Type Fishway

물고기가 소상한다. 또한 유인수 펌프를 가동했을 때 물의 흐름에 따라 물고기들이 원형을 그리고 회전하는 모습을 관찰 할 수 있었다. 유인수 펌프는 매일 8시간 운영을 원칙으로 하고 있으며, 갑실에 모인 어류를 상류로 소상 시킬 때만 정지시킨다.

외해측 갑문을 개방한 후 유인수 펌프를 가동시키는데 이때 외해측 갑문은 완전 개방하지 않고 저층에서 약 1.4~2.0m정도를 개방하여 해수와 담수의 희석 효율을 증대시키고 있었다. 시기별로 어도내에 유입하는 어류상을 살펴보면 웅어, 숭어, 학공치, 농어등이 소상하는 것으로 조사되었다.

현재, 영암호 어도 운영상 개선할 사항이나 문제점은 어도 전면에서 어도로 모이고 있는 물고기들을 불법으로 채집하는 어민들이 증가하여 어도를 이용하는 물고기가 많이 감소한 상태이다. 어민들을 대상으로 생태 교육을 실시하고 있으나 인력 부족등으로 한계가 있는 실정이다.

## 8. 금호방조제

금호방조제는 전남 해남군에 위치하고 있으며,

1989년 12월에 착공하여 1994년 3월 최종 끝 막이가 완료되었고 1996년 11월에 금호방조제가 준공되었다. 2004년 6월부터 내부개발 공사를 시작하여 현재까지 내부개발이 진행 중에 있다.

금호방조제 길이는 총 2.1km이며 방조제에 우측에 10m(W)×10.5m(H)×5면의 배수갑문이 설치되어 있다. 배수갑문은 유압식으로 위 아래로 작동되며 강우시 담수호 측의 물을 외해로 배출시키는 목적과 관리수위 -1.55m를 유지하는 목적으로 사용하고 있다. 갑실내 우측에 유인수 방류구가 설치되어 어류 집어를 위한 유인수를 배출할 수 있도록 되어 있다. 유인수 펌프의 용량은 3.0m<sup>3</sup>/min이다. 배수갑문 좌측에 통선겸용 갑문식 어도가 1개소 설치되어 있고 갑실내 우측 벽에 유인수 방류구가 설치되어 어류 집어를 위한 유인수를 배출할 수 있도록 되어 있다<Fig. 11>.

금호호 어도는 1일 2회 운영을 원칙으로 하고 있었다. 금호호는 유역이 넓지 않아 물이 부족한 실태이므로 영산호→영암호→금호호로 연결되는 연락수로를 통해 용수를 공급받고 있었다. 어도 조작은 현장 관리 담당자가 갑실내에 모인 어류량을 파악하여 수동으로

조작하고 있었다.

유인수 펌프공의 위치는 갑실 우측에 위치하고 있으며 갑실에 모인 어류를 담수호내로 소상시키킬 때에는 외해측 갑문을 닫고 담수측 갑문을 열어 소상시키는데, 15~30분 정도이면 대부분의 물고기가 소상한다. 또한 유인수 펌프를 가동했을 때 물의 흐름에 따라 물고기들이 원형을 그리고 회전하는 모습을 관찰 할 수 있었다. 유인수 펌프를 장시간 가동하다보니 펌프의 수명이 7~8년 정도이며 2대의 펌프를 교대로 사용하고 있었다.

시기별로 어도내에 유입하는 어류상을 살펴 보면 웅어, 승어, 학공치, 농어등이 소상하는 것으로 조사되었다. 5월경에는 갑실내에 물반 물고기반일 정도로 많은 어류들이 소상하고 있다.

현재, 금호호 어도 운영상 개선할 사항이나 문제점은 어도 전면의 어로행위 금지구역에 그물을 쳐서 물고기의 유입이 감소한 상태이다. 또한 갑실내에서 어류를 채집할 수 있는 방법이 없어 유관으로 관찰되는 어종밖에 파악하지 못하여 정확한 소상어류 자료 구축이 필요한 실정이다.

## 9. 국내 배수갑문 어도의 운영실태분석

국내 배수갑문에 설치되어 있는 어도 11개소를 대상으로 현황 및 운영실태를 분석한 결과, 계단식 어도 4개소, 갑문식 어도 7개소가 설치되어 있어 갑문식 어도의 설치비율이 더 높은 것으로 나타났다. 계단식 어도 4개소 중 현재 어도를 가동하고 있는 곳은 1개소로서 가동빈도가 낮은 것으로 조사되었다. 갑문식 어도는 총 7개소 중 3개소가 현재 활발히 운영중에 있으며 그 이외의 4개소는 아직 내측 담수호가

완공되지 않아 해수유통을 하고 있는 중이어서 어도는 시험 가동만을 실시하고 있다.

## V. 결 론

국내 배수갑문 11개소에 설치된 어도를 조사한 결과, 계단식 어도와 갑문식 어도가 각각 36% (4개소), 64% (7개소)를 차지하고 있었다. 계단식 어도는 충남의 이원방조제, 부사방조제, 전북 금강하구둑, 전남의 해남방조제에 설치되어 있었으며 이 중 현재 운영되고 있는 곳은 금강하구둑 어도뿐이었다. 나머지 3개소에서는 제염 및 관리수위 변동으로 어도 수문을 개방하지 못하고 있어 어도로서 제 기능을 수행하지 못하고 있었다. 갑문식 어도는 충남의 석문방조제, 홍보방조제, 전북의 새만금 방조제, 전남의 영산호, 영암호, 금호호 방조제에 설치되어 있었다. 이중 전남에 설치된 영산, 영암, 금호방조제 3개소에서는 매일 지속적으로 어도를 운영하고 있어 웅어, 은어, 황복을 비롯한 소하성 어류의 회유에 큰 도움을 주고 있었으며 주변 해역의 어류상에도 좋은 영향을 미치고 있었다. 전남 목포지역에서는 방조제 설치 후 어도를 지속적으로 운영하면서 봄에 소상한 웅어가 산란 후 성장을 위해 바다로 다시 나가는 웅어의 치어를 포식하기 위해 많은 갈치 떼가 몰려든다. 이는 방조제가 생긴 이후 나타난 현상이며 주기적으로 어도를 운영하면서 나타난 순기능으로 판단된다. 석문과 홍보, 새만금 방조제는 현재 해수유통 중이어서 어도의 유지관리를 위해서만 운영하고 있다.

국내 하구둑에 설치된 어도가 미 운행되는 사유를 정리해보면, 상류유입량이 부족하여

담수호측 수문개방이 어려운 경우, 관리사무소와 원거리에 위치하여 수시 조작이 어려운 경우, 어도 운영시기 및 방법에 관한 자료가 부족하여 어도 운영을 시도하지 않는 경우, 해수유통 중이므로 특별히 운영할 필요가 없는 경우, 관리자가 어도 운영의 필요성을 인식하지 못하는 경우 등으로 분류해 볼 수 있다. 상기 문제점과 같이 하드웨어적으로 접근해야 하는 부분은 시간적인 여유를 두고 해결해야 할 것으로 판단되며, 어도 운영 시기나 방법, 필요성을 상기시킬 수 있도록 관리자 교육프로그램 개발 및 각 지역별 어도에 맞는 운영 매뉴얼을 작성할 필요가 있다. 이상과 같이, 국내 배수갑문에 설치된 어도현황 및 운영 실태를 살펴본 결과, 배수갑문에 설치되는 계단식 및 갑문식 어도는 모두 관리자가 수문을 조작해주어야 하는 조작식 어도이므로 관리자의 지속적인 관심과 유지 관리가 필요한 시설이다.

## 참고문헌

1. 김재옥, 장규상, 신현상, 양현, 장준호, 2009. 금강하구둑 어도의 생태적 기능평가, 한국농공학회52(3), pp. 1~7.
2. 농어촌진흥공사, 1995. 한국의 간척.
3. 농어촌진흥공사, 1999. 하구에 설치한 어도의 이용에 관한 연구.
4. 한국농어촌공사, 2007. 이원지구 사후환경모니터링 보고서.
5. 한국수자원공사, 2007. 낙동강 하구둑 어도 및 갑문을 통한 어류 이동효과 연구.
6. 한국농어촌공사, 2009. 새만금 어도의 효율적 이용 방안 연구.
7. 해양수산부, 2004. 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도시설 표준설계·시공등 표준모형개발 및 운영·관리제도연구.