

낙동강 지류하천에 설치된 어도의 형식분류 및 평가

성진욱 · 박정호 · 김재옥¹ · 박제철*

(금오공과대학교 환경공학과, ¹한국농어촌공사 농어촌연구원)

Classification and Assessment of Fishway in the Tributary of Nakdong River. Seong, JinUk, Jeong-Ho Park, Jae-ok Kim¹ and Je-Chul Park* (Department of Environmental Engineering, Kumoh National Institute of Technology; ¹Rural Research Institute Korea Rural Community Corporation)

This study were classified the type of fishway installed on the tributary of Nakdong River, and analyze the state was to establish a management plan. As a result showed low installation ratio of fishway which includes 9,164 weirs at the 786 streams of the tributary of Nakdong River and 1,263 fishways. The type of fishway is shown as 62% for standard type and 38% for non-standard type. Assessment results of fishway condition, the ones in good condition, moderate and poor condition fishways are examined as 28%, 66%, 6%, respectively. In the past, there happened to install the fishways without discussing with fishery research institution but it is judged to install the verified fishways through powerful legal remedy and enable each community to control the fishways voluntarily through the support of government after installing the fishways.

Key words : standard type, non-standard type, installation ratio of fishway, assessment of fishway condition

서 론

하천에 설치된 횡구조물 중 보(淤)는 각종 용수의 취수, 주운 등을 위하여 수위를 높이고 역류를 방지하기 위하여 하천의 횡단방향으로 설치하여 제방의 기능을 갖지 않는 시설 (MLTM, 2009), 하천에서 관개용수를 농경지에 공급하기 위하여 하천의 일부 또는 전부를 가로막아 하천의 수위를 높이는 시설로서, 취수보, 취수구 및 부대시설 등으로 정의되고 있다. 하천에 건설된 댐이나 보와 같

은 횡단구조물은 회유성 어류의 소상을 어렵게 할 뿐 만 아니라 어류의 개체수를 감소시키고 있다 (Seo, 2002).

생태계의 단절현상을 개선하기 위한 어도는 국내에서 다양하게 정의하고 있는데, 내수면어업법에서는 “하천에서 서식하는 회유성 어류 등의 수산생물이 원활한 이동을 위해 인공적으로 만들어진 수로 또는 장치”, 하천설계 기준에서는 “하천에 어류의 이동을 곤란 또는 불가능하게 하는 장애물이 있을 경우 이를 해소할 수 있도록 만들어진 수로 또는 장치”, 자연환경보전법에서는 “생태통로라 함은 도로, 수중보(水中淤), 하구언(河口堰) 등으로

* Corresponding author: Tel: +82-54-478-7633, Fax: +82-54-478-7859, E-mail: pjc1963@kumoh.ac.kr

인하여 야생동·식물의 이동 등 생태계의 연속성 유지를 위하여 설치하는 인공 구조물·식생 등의 생태적 공간”으로 정의하고 있다.

최근에는 하천을 치수와 이수 대상의 대상으로 보는 시각에서 벗어나 생태환경의 건강성을 위해 지속적인 관심을 가져야 할 대상으로 인식하는 경향이 나타나고 있다. 이러한 움직임 속에 각종 하천 및 댐 관련 사업 시 환경에 미치는 영향의 최소화 및 기존에 훼손된 생태계의 복구가 부각되고 있으며 대표적인 사업이 어도설치 사업이다 (KEI, 2004).

국내의 연구에서는 주로 어도에서 어류의 이동에 관한 연구 (Yang *et al.*, 2001; SDI, 2006), 어도에서 담수어류의 이용 분석에 관한 연구 (Yoon *et al.*, 2011), 댐의 어도현황과 개선방안에 관한 연구 (KEI, 2004)가 있으며, 국외의 연구에서는 어도의 설계 및 수리학적 특성을 평가하는 연구가 주로 이루어 졌다 (Teresa *et al.*, 2006; Alvarez-Vázquez *et al.*, 2007, 2008; Yagci, 2010). 생태계복원의 일환으로 어도 설치 사업에 대한 관심이 증대되고 있지만 대체로 소규모의 수리학적 특성 평가나 댐 어도에 관한 연구가 주로 이루어졌고, 전체 수계를 대상으로한 보와 어도의 현황 및 평가에 관한 조사 및 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 낙동강 본류수계 하천에 설치되어 있는 보와 어도의 현황을 조사하였고, 하천설계기준에서 제시하고 있는 표준형 어도를 기준으로 형식을 분류하여 어도의 특성을 파악하였다. 또한 어도평가표를 이용한 어도의 평가를 통해 현재 어도의 운영 실태와 문제점을 진단하여, 향후 어도의 설치 및 관리방향 설정에 중요한 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 대상지의 개요

조사 대상지인 낙동강 지류하천의 유역도를 Fig. 1에 나타내었다. 낙동강은 영남지방 전역을 유역권으로 하여 그 중앙 저지대를 남류하여 남해로 흘러드는 하천으로 유로연장 521.5 km, 유역면적 23,817 km²의 남한 최대의 강이다. 강원 태백 함백산에서 발원하여 상류부에서는 안동을 중심으로 반변천을 비롯한 여러 지류를 합치면서 서쪽으로 곡류하다가 함창 부근에서 다시 내성천, 영강 등 여러 지류를 구심상으로 받아들이고, 유로를 남쪽으로 돌려 상주 남쪽에서 위천을, 선산 부근에서 감천, 대구 부

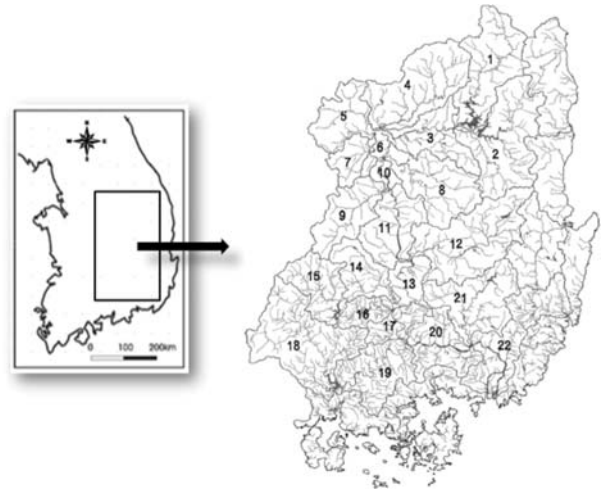


Fig. 1. The study sites of Nakdong river basin.

근에서 금호강, 남지 부근에서 남강을 합친 뒤 동쪽으로 유로를 바꾸어 삼랑진 부근에서 밀양강을 합치고 나서 다시 남쪽으로 흘러 남해로 들어간다. 본 조사의 대상 하천은 총 786개이며, 낙동강 권역의 33개 중권역 중 낙동강 본류로 유입되는 22개의 중권역에 속한 지류하천(국가, 지방)을 대상으로 하였다. 세부 중권역은 1(안동댐), 2(임하댐), 3(안동댐하류), 4(내성천), 5(영강), 6(낙동상주), 7(병성천), 8(위천), 9(감천), 10(낙동구미), 11(낙동왜관), 12(금호강), 13(낙동고령), 14(회천), 15(합천댐), 16(황강), 17(낙동창녕), 18(남강댐), 19(남강), 20(낙동밀양), 21(밀양강), 22(낙동강하구언)로 구분하였다.

2. 조사 및 분석방법

낙동강 지류하천의 보 및 어도 조사는 2010년 7~12월에 실시하였다. 현장조사 전 위성사진을 통하여 대상 하천의 기점에서 종점까지 설치된 보의 위치를 파악하고, 현장 조사 시 하천의 기점에서 종점으로 이동하면서 사전 조사내용을 참고하여 조사하였다. 현장 좌표는 GPS (Stor-yishPocket GPS S1)로 확인하였고, 거리측정기 (Bushnell Sport 600)와 줄자, 경사계 (DigiPas-DWL-280)를 이용하여 어도제원(길이, 높이 폭 등)을 측정하고, 어도평가 야장을 기록하였다. 또한 어도의 입구와 출구, 내부, 측면, 전경과 특이사항을 카메라로 촬영하여 향후 연구실에서 어도 분류 및 평가 시 확인할 수 있게 하였다.

하천설계기준에서 제시된 어도의 형식은 크게 풀형식, 수로형식, 조작형식으로 구분하며, 풀형식은 계단식, 버티컬슬롯식, 아이스하버식으로 구분된다. 수로형식은 도벽

Table 1. Assessment lists of fishway.

| Category | Score | Details contents |
|-------------------------------|-------|---|
| Fishway width/ Weir length | 4 | 0.06 < F/W |
| | 3 | 0.04 < F/W=0.06 |
| | 2 | 0.02 < F/W=0.04 |
| | 1 | F/W=0.02 |
| Fishway type | 4 | Standard type |
| | 3 | Similar standard type |
| | 2 | Non Standard type (existence of inside wall) |
| | 1 | Non Standard type |
| Gradient | 4 | > 1 : 20 |
| | 3 | 1 : 15 ~ 20 |
| | 2 | 1 : 10 ~ 14 |
| | 1 | < 1 : 10 |
| Entrance head (cm) | 4 | =10 |
| | 3 | 11 ~ 20 |
| | 2 | 21 ~ 30 |
| | 1 | >30 |
| Exit head (cm) | 4 | =10 |
| | 3 | 11 ~ 20 |
| | 2 | 21 ~ 30 |
| | 1 | >30, Blocked |
| Channel (Inside) | 4 | Standard type (Fish are able to use) |
| | 3 | Non Standard type (Fish are able to use) |
| | 2 | Standard type (Fish are not able to use) |
| | 1 | Non Standard type (Fish are not able to use) |
| Maintenance | 4 | Organization exists (on management) |
| | 3 | Organization not exists (on management) |
| | 2 | Organization exists (accumulation, breakage or blocked) |
| | 1 | Organization not exists (accumulation, breakage or blocked) |

식, 인공하도식, 테널식이 있으며, 조작형식은 갑문식, 리프트식, 트럭식이 있다(MMF, 2004; MLTM, 2009). 본 연구에서는 하천설계기준에서 표준형식 어도로 정의하고 있는 계단식, 아이스하버식, 버티컬슬롯식, 도벽식 어도를 기준으로 하였으며, 어떤 형식에도 속하지 않는 어도를 비표준형 어도로 분류하였다.

어도의 평가는 현재 국내·외에서 어도를 평가할 수 있는 규정이나 지표가 없기 때문에 Table 1에 제시되어 있는 어도평가표를 구성하여 어도를 평가하였다. 평가항목은 어도 폭/보 길이(F/W), 어도 형식, 경사도, 입·출구 낙차, 수로(내부), 유지관리로 총 7개 항목(총 28점, 각 4점)으로 어도를 평가하고, 평가 결과양호(20점 이상, 현상태 유지), 중간(20점 미만, 보수 및 보완 필요), 불량(10점 이하, 재설치)으로 구분하였다. 개선이 필요한 중간등급의 어도는 평가 시 주로 문제가 되었던 입구, 출구, 내부, 경사도 각각의 문제점을 분석하였고, 하나의 어도에 두 가지 이상의 문제점이 있을 경우 중복으로 수치를 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 보 및 어도 현황

낙동강 지류하천에 설치된 보 및 어도 현황을 Table 2에 나타내었다. 낙동강 본류로 유입되는 총 735개 하천에 설치된 보는 9,164개, 어도는 1,263개로 나타났고, 어도 설치율이 14%로 매우 낮아 하천의 생태이동통로의 단절현상이 심각한 것으로 조사되었다. 이는 한강 19%, 섬진강 17%, 영산강권역의 20%보다는 낮았고, 금강권역의 11%보다는 높은 어도 설치율을 보이는 것으로 나타났다(MFAFF, 2010). 내수면어업법 제19조의 2에 의하면 “하천에서 회유성 어류 등 수산생물의 이동통로를 차단하는 어구를 사용하는 자는 그 위치에서 하천 전체 물흐름의 평균수심 이상인 장소를 선택하여 하천 전체 물흐름 폭의 5분의 1 이상을 회유성 어류 등 수산생물의 이동통로로 개방하여야 한다”라고 규정하고 있지만 이동통

Table 2. Status of weir and fishway in the tributary of Nakdong River.

| Site | River (EA) | Weir (EA) | Fishway (EA) | Installation ratio of fishway (%) |
|--------------|------------|--------------|--------------|-----------------------------------|
| 1 | 24 | 221 | 29 | 13 |
| 2 | 40 | 522 | 50 | 10 |
| 3 | 18 | 299 | 19 | 6 |
| 4 | 28 | 427 | 74 | 17 |
| 5 | 12 | 233 | 41 | 18 |
| 6 | 3 | 18 | 1 | 6 |
| 7 | 9 | 89 | 9 | 10 |
| 8 | 19 | 270 | 29 | 11 |
| 9 | 17 | 298 | 129 | 43 |
| 10 | 13 | 155 | 8 | 5 |
| 11 | 11 | 194 | 18 | 9 |
| 12 | 52 | 679 | 54 | 8 |
| 13 | 13 | 142 | 18 | 13 |
| 14 | 26 | 383 | 56 | 15 |
| 15 | 48 | 1,006 | 278 | 28 |
| 16 | 36 | 353 | 9 | 3 |
| 17 | 34 | 309 | 10 | 3 |
| 18 | 133 | 1,517 | 214 | 14 |
| 19 | 89 | 772 | 60 | 8 |
| 20 | 69 | 605 | 47 | 8 |
| 21 | 43 | 483 | 82 | 17 |
| 22 | 49 | 189 | 28 | 15 |
| Total | 786 | 9,164 | 1,263 | 14 |

로를 확보하지 않은 횡구조물이 대부분인 것으로 나타나 향후 이를 개선하기 위한 대책이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

중권역 별 분포현황을 살펴보면, 유입하천수의 경우 남강댐이 129개로 가장 많았고, 보 개소수도 하천수에 비례하여 1,517개로 가장 많이 설치되어 있는 것으로 나타났다. 1개 하천에 평균 12개소의 보가 설치되어 있었고, 합천댐의 경우 평균 21개로 1개 하천 당 보의 개소수가 가장 많은 것으로 조사되었다. 어도의 경우 합천댐에 278개로 가장 많이 설치되어 있는 것으로 나타났고, 어도설치율은 감천이 43%로 가장 높았고, 황강, 낙동창녕이 3%로 가장 낮은 어도 설치율을 보였다. 보 및 어도개소수는 낙동강본류수계의 상·중·하류 중권역에 따른 지역적 특성보다는 대체로 유입하천이 많은 경우 많이 설치되어 있는 경향을 보였으나 어도설치율은 유입하천수와는 무관한 것으로 나타났다. 따라서 향후 지역 및 유역특성에 따른 보 및 어도의 분포현황을 세밀하게 분석할 필요가 있을 것으로 보이며, 이러한 결과를 바탕으로 하천의 단절현상을 개선하기 위한 정책수립이 필요할 것으로 판단된다.

2. 하천설계기준에 따른 어도의 형식 분류

낙동강 지류하천에 설치된 어도의 형식을 분류하여 Table 3에 나타내었다. 총 1,263개의 어도를 하천설계기준에 의거하여 분류한 결과, 표준형 어도가 787개, 비표준형 어도가 476개로 하천설계기준에 제시되어 있지 않은 비표준형 어도가 전체 어도의 37.7%를 차지하는 것으로 조사되었다. 내수면어업법 시행규칙 제21조에 의하면 “어도를 설치하려는 자는 어도에 관한 실시설계를 완료하기 전에 수산연구기관의 장과 미리 협의하여야 한다. 다만, 지방하천 또는 소하천에 어도를 설치하려는 자가 해양수산부장관이 정하여 고시하는 어도설계 기준에 맞게 어도를 설치하는 경우에는 협의를 생략할 수 있다”라고 규정하고 있다. 비표준형 어도비율이 37.7%로 나타난 것은 어도시설 설치 및 관리규정을 제정하기 전에 설치된 비표준형 어도가 대부분인 것으로 보이며, 규정제정 이후에도 협의를 거치지 않고 시공사의 경험에 의한 무분별한 어도 설치에 의한 결과로 보인다. 따라서 향후에는 수산연구기관과의 협의를 통해 어도가 설치되어야 할 것으로 판단되며, 최근 새로이 개발되거나 현재 비표준형 어도로 분류되는 어도를 재검토하여 표준형 어도로 분류하는 방법도 모색하여야 할 것으로 사료된다.

표준형 어도 787개 중에는 풀형식이 289개, 수로형식이 498개로 표준형 어도의 약 63%가 수로형식(도벽식)으로 분류되었다. 2000년 이후 신설되는 어도는 어류 이용의 효율성이나 구조적 안전성이 뛰어난 풀형식의 아이스하버식으로 건설되는 경우가 많은데, 낙동강 수계의 경우 도벽식 어도가 많이 설치되어 있어, 대체로 설치년도가 2000년 이전에 설치된 어도가 많이 분포하는 것으로 사료된다.

풀형식의 어도를 일반형 계단식 97개, 노치형 계단식 92개, 잠공형 계단식 15개, 노치+잠공형 계단식 35개, 아이스하버식 38개, 버티컬 슬롯식 12개로 분류되어, 일반형 계단식 어도가 가장 많이 설치되어 있었고, 버티컬 슬롯식 어도가 가장 적은 것으로 나타났다.

3. 어도 평가결과 및 관리방안

낙동강 지류하천에 설치된 어도의 평가결과 및 중간등급의 문제점 및 개선방안을 Table 4, Fig. 2에 나타내었다. 1,263개의 어도를 평가한 결과 양호 354개, 중간 835개, 불량 74개로 전체어도 중 약 72%가 중간등급 이하로 평가되어, 현재 설치되어 있는 어도의 대부분은 어도의 기능을 제대로 할 수가 없어, 보수 및 보완이 필요한 것

Table 3. Classification of fishway type.

(Unit: EA)

| Site | Standard pool type | | | | | | Standard channel type | Non standard type |
|------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|-------------------|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | | |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 21 | 5 |
| 2 | 7 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 10 | 27 |
| 3 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 11 |
| 4 | 15 | 1 | 0 | 0 | 16 | 0 | 24 | 18 |
| 5 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 | 0 | 24 | 5 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 19 | 6 |
| 9 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 27 |
| 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 8 |
| 12 | 8 | 7 | 6 | 0 | 0 | 0 | 9 | 24 |
| 13 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 4 |
| 14 | 1 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 18 |
| 15 | 9 | 3 | 1 | 1 | 2 | 7 | 100 | 155 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 | 2 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 4 |
| 18 | 24 | 17 | 2 | 4 | 6 | 0 | 82 | 79 |
| 19 | 13 | 7 | 0 | 3 | 2 | 3 | 21 | 11 |
| 20 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 0 | 13 | 24 |
| 21 | 11 | 7 | 3 | 8 | 2 | 0 | 18 | 33 |
| 22 | 2 | 7 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| Total (EA) | 97 | 92 | 15 | 35 | 38 | 12 | 498 | 476 |
| Ratio (%) | 7.7 | 7.3 | 1.2 | 2.8 | 3.0 | 0.9 | 39.4 | 37.7 |

(P1: General, P2: Notch, P3: Orifice, P4: Notch+Orifice, P5: Ice harbor, P6: Vertical slot)

Table 4. Assessment of fishway condition (numbers in the parenthesis are in percentage).

(Unit: EA)

| Type | | Assessment result | | | Total |
|--------------|---------|-------------------|------------|-----------|-------------|
| | | Good | Moderate | Poor | |
| Standard | Pool | 178 (61.6) | 110 (38.1) | 1 (0.3) | 289 (100) |
| | Channel | 164 (32.9) | 330 (66.3) | 4 (0.8) | 498 (100) |
| Non standard | | 12 (2.5) | 395 (83.0) | 69 (14.5) | 476 (100) |
| Total | | 354 (28.0) | 835 (66.1) | 74 (5.9) | 1,263 (100) |

으로 나타났다. 또한 현재 낙동강 수계의 어도 설치율이 14%이며, 이중 실제 어류가 이용가능한 어도는 약 4%로 낮은 것으로 조사되었다.

형식별 어도의 평가 결과를 살펴보면, 풀형식은 대체로 양호한 어도가 가장 높은 비율로 나타났고, 경사도>출구>입구>내부의 순으로 문제점을 보이는 것으로 평가되었다. 수로형식의 경우 대체로 중간등급 어도가 가장 높은 비율을 보였고, 중간등급의 문제점은 경사도>입구>출구>내부의 순으로 나타났다. 또한 비표준형의 경우 표준형 수로형식과 마찬가지로 중간등급 어도가 가장 높은 비율로 나타났으나, 내부>경사도>입구>출구 순으로 표

준형(풀, 수로형식) 어도와 약간 다른 경향을 보였다. 수로형식과 비표준형 어도의 경우 풀형식에 비해 중간등급의 비율이 높은 것으로 나타났는데, 이는 앞서 하천설계 기준에 따른 어도의 형식 분류에서 제시된 바와 같이, 수로형식과 비표준형 어도의 경우 주로 2000년 이전에 설치된 어도가 많이 때문인 것으로 보인다. 어도 평가 결과를 통해 유추해 볼 때 수로형식과 비표준형 어도가 풀형식 어도에 비해 어도의 기능을 제대로 할 수 없는 것이 아니라, 어도 설치 후 사후관리가 제대로 되지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 하천에 설치된 어도를 관리하기 위해서는 정부차원에서의 법령개정 및 예산확보

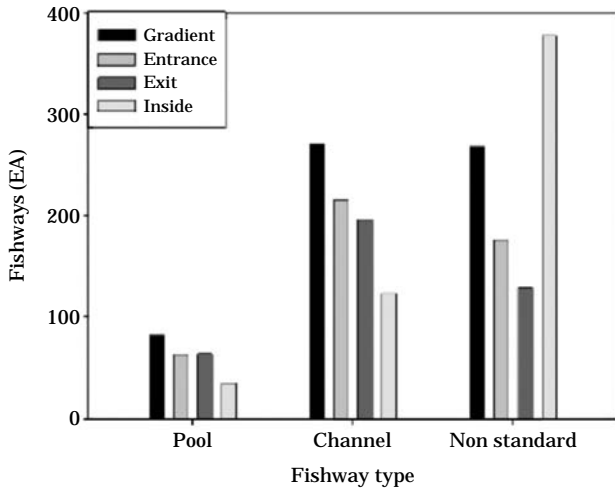


Fig. 2. Problem and improvement of middle condition fishway.

를 통한 어도의 지속적인 점검 및 관리가 필요할 것으로 판단된다. 중간등급 어도의 문제점을 세부적으로 살펴보면 하천설계기준에는 어도의 경사도를 1:20 (어도높이: 어도길이) 이상으로 설치하는 것을 원칙으로 하고 있지만, 낙동강 지류하천에 설치되어 있는 어도의 약 50%가 1:10 이하로 경사도가 급하게 설치되어 있는 것으로 조사되었다. 또한 입구와 출구의 경우 대체로 낙차가 30cm 이상으로 크고, 토사의 퇴적으로 인한 문제점이 있는 것으로 나타났고, 내부의 경우 어도 내부의 격벽이 파손되어 있거나, 퇴적으로 인한 문제점이 대부분을 차지하였다. 향후 이러한 문제점 분석결과를 바탕으로 어도의 기능을 회복시킬 수 있는 방안들이 설정되어야 할 것으로 판단된다.

적 요

낙동강 지류하천에 설치된 어도의 형식분류 및 평가 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 786개 하천에 설치된 보 및 어도를 조사한 결과, 보는 9,164개, 어도는 1,263개로 조사되었고, 어도설치율은 약 14%로 나타났다.
- 하천설계기준에 따라 어도를 분류한 결과, 표준형 (플형식, 수로형식) 어도는 62%, 비표준형 어도는 38%로 나타나 대체로 표준형 어도가 많았지만, 하천설계기준에서 제시되지 않은 비표준형 어도도 많이 설치되어 있는 것으로 조사되었다. 표준형 어도중에는 플형식

37% 수로형식 63%로 수로형식이 대부분을 차지하였다. 또한 플형식은 일반형, 노치형 계단식이 대부분인 것으로 나타났다.

- 1,263개소의 어도를 평가한 결과 중 양호 354개, 중간 835개, 불량 74개로 전체어도 중 약 72%가 중간등급 이하로 평가되어 대체로 보수 및 보완이 필요한 어도가 많은 것 (플형식 제외)으로 나타났다. 중간등급 어도의 문제점 및 개선방안을 살펴보면, 전체적으로 경사도가 가장 큰 문제점을 보였고, 출구가 가장 적은 문제점을 보이는 것으로 나타나 이에 따른 개선이 이루어져야 어도가 제기능을 할 수 있을 것으로 평가되었다.
- 현재 낙동강 지류하천의 경우 어도설치율이 14%이며 이 중 양호한 어도가 28%로 평가되어 실제 어류가 이용가능한 어도는 약 4%로 매우 낮은 것으로 나타났다.

현재 낙동강 지류하천에서 실제 어류가 이용가능한 어도의 비율이 매우 낮게 나타나, 하천의 단절현상을 개선하기 위해서는 현재 설치된 어도의 보수 및 보완과 어도의 신설이 필요할 것으로 판단된다. 어도를 신설할 때에는 무분별한 어도의 설치보다는 수산연구기관과의 협력을 통해 어도의 설치가 이루어져야 할 것으로 판단되며, 어도 설치 후 지속적인 사후관리를 위한 정부차원에서의 법령개정 및 예산확보를 통해 어도의 지속적인 점검 및 관리가 이루어질 때 생물의 이동통로가 확보되어 횡구조물에 의한 하천의 단절현상을 점차적으로 줄여 나갈 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 금오공과대학교학술연구비에 의하여 연구된 논문임 (2011-104-044).

인 용 문 헌

Alvarez-Vázquez, L.J., A. Martínez, C. Rodríguez, M.E. Vázquez-Méndez and M.A. Vilar. 2007. Optimal shape design for fishways in rivers. *Mathematics and Computers in Simulation* **76**: 218-222.

Alvarez-Vázquez, L.J., A. Martínez, C. Rodríguez, M.E. Vázquez-Méndez and M.A. Vilar. 2008. An optimal shape problem related to the realistic design of river fishways. *Ecological engineering* **32**: 293-300.

Korea Environment Institute. 2004. Fish ways at rivers and dams: current status, and future installation and mana-

- gement.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2010. Survey on the national fishway and research of data-base construction.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. Rivers Design Criteria.
- Ministry of Maritime Affairs and Fisheries. 2004. Management system research facility standard design, construction, and the Standard Model developing and operating, at least for the protection of fisheries resources in the river.
- Rodríguez, T.T., J. Puertas Agudo, L.P. Mosquera and E.P. González. 2006. Evaluating vertical-slot fishway designs in terms of fish swimming capabilities. *Ecological engineering* **27**: 37-48.
- Seo, C.W. 2002. Ascending capacity of migratory fish in jamsil-weir fishway. The industrial graduate school, Gangneung National University.
- Seoul Development Institute. 2006. Improving river corridor of Cheonggyecheon in Seoul.
- Yagci, O. 2010. Hydraulic aspects of pool-weir fishways as ecologically friendly water structure. *Ecological Engineering* **36**: 36-46.
- Yang, H.J., K.H. Kim and J.D. Kum. 2001. The fish fauna and migration of the fishes in the fish way of the Nakdong river mouth dam. *Korean Journal of Limnological Society* **34**(3): 251-258.
- Yoon, J.D., J.H. Kim, G.J. Joo, J.W. Seo, P. Hubert and M.H. Jang. 2011. Freshwater fish utilization of fishway installed in the Jangheung dam. *Korean Journal of Limnological Society* **44**(3): 264-271.

(Manuscript received 30 January 2013,
Revised 3 April 2013
Revision accepted 9 April 2013)