

# 河川環境整備 一般事項 및 適用事例

김진홍\*, 황의열\*\*, 양승진\*\*\*, 박정석\*\*

## 1. 서론

본 연구에서는 현재 전국의 소하천을 대상으로 추진 중인 셋강살리기 사업의 일환으로서, 순창군 관내를 흐르는 경천을 대상으로 하여 하천 환경기능을 고려한 하천환경정비 기본계획을 세우는 것을 목적으로 하였다. 먼저 어류서식 및 피난처에 적합한 여울과 웅덩이를 조성하기 위해 돌무덤과 돌보를 설치하며, 기존 보에 어도를 설치하는 것으로 하였다. 또한 수질정화 및 하천생태환경 조성을 위해 식생정화시설을 설치하였고, 제방과 고수부지에 수목, 화채, 산책로 등을 설치하여 주민의 휴식공간과 친수시설이 되도록 하였다.

## 2. 어류 서식처 및 피난처 조성

### 가) 여울과 웅덩이의 보강

기존 조성되어 있는 여울과 웅덩이를 보강하기 위해서는 하폭이 비교적 좁은 부분의 하상에 자연석과 통나무를 이용한 돌무덤이나 둔덕 등을 설치하여 조성하면 된다. 자연석의 크기(직경)는 흐름의 유속에 밀려 떠내려가지 않을 정도이어야 하며, 이 경우 자연석의 직경 및 중량은 Isbash공식에 의한다. 즉,

$$V = E_1 \sqrt{2g \frac{s_2 - s_1}{s_1} \cdot D} \quad \text{-----} \quad (1)$$

여기서  $E_1$ 은 자연석의 전단저항에 관계되는 무차원계수로서 0.86~1.20의 값을 가지며,  $s_1$ 은 물의 비중,  $s_2$ 는 자연석의 비중,  $D$ 는 자연석의 직경,  $V$ 는 흐름의 유속을 뜻한다. 본 대상지역의 경우,  $E_1 = 0.86 \sim 1.20$ ,  $s_1 = 1.0$ ,  $s_2 = 2.65$ ,  $V = 2.0 \sim 3.0$  (m/s)라면, 식 (1)로부터,

$$(2.0 \sim 3.0) = (0.86 \sim 1.20) \cdot \sqrt{(2 \times 9.81) \cdot \frac{(2.65 - 1.0)}{1.0} \cdot D}$$
$$\therefore D = 0.043 \sim 0.38 \text{ (m)}$$

상기 계산결과를 고려하여 자연석의 직경은 최대 40cm로 한다.

---

\* ; 광주대학교 토목공학과 조교수

\*\* ; 광주대학교 토목공학과 석사과정

\*\*\* ; 광주대학교 토목공학과 석사졸업

그림 1은 여울과 웅덩이의 보강을 위한 돌무덤 설치형태로서, 돌무덤은 통나무와 자연석으로 설치한다. 자연석은 3~4단으로 쌓되 하부는 직경이 10cm 정도, 상부는 직경을 30~40cm 정도로 하며 자연석이 떠내려가지 않도록 자연석 사이에 통나무와 돌망태를 설치한다. 돌무덤 상류부 구배는  $s=1/20$ , 하류부 구배는  $s=1/10$ 로 한다. 만약 그림 1(c)처럼 자연석으로만 설치할 경우, 자연석의 크기는 흐름의 유속에 대응하기 위해서 직경이 약 50cm로서 그림 1(b)보다 커야 되나 이 역시 안정성 면에서는 떨어진다. 따라서 돌무덤의 형태는 그림 1(b)처럼 통나무와 돌망태로 보강하는 것이 안전하다.

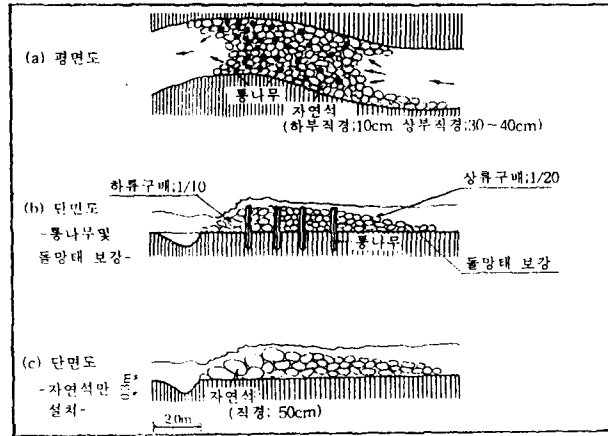


그림 1. 여울과 웅덩이의 보강

#### 나) 돌보의 설치

기존 조성된 웅덩이를 더욱 보강하기 위해서 7호보 하류단 (순창교 상류)에 추가로 돌보를 설치하는 것으로 하였다. 돌보는 물을 담수시키는 역할도 하므로 풍만한 유량감을 나타낼 수 있으며, 돌 사이를 통해 물을 흐르게 함으로써 공기 혼입을 일으키게 하여 수질을 정화시키고, 따라서 수량과 수질을 향상시키는 조화된 역할을 한다. 돌보는 물에 잠길 수 있도록 하는 수중보의 형태가 바람직하며 높이는 1.0m 내외로 한다. 돌의 크기는 흐름에 밀리지 않도록 직경 20cm가 좋으며 필요하다면 돌망태의 형태로 설치하는 것도 바람직하다.

#### 다) 어류 피난처 조성

홍수시 어류보호를 위해 어류 피난처를 조성하는 것으로 하였다. 어류 피난처는 형태로 보아 흐름 방향과 반대로 움푹 들어간 곳이 적당하며, 필요에 따라서는 흐름에 의한 영향을 받지 않도록 직경 10~20cm의 돌로 2~3단 쌓은 도류제(jetty)를 설치하는 것도 바람직하다. 이곳은 흐름이 분리(separation)되는 지점으로서 홍수시 유량이 증가해도 유속이 그리 커지지 않는 지점이어야 하기 때문이다. 본 대상지역에서 어류의 피난처로서 적당한 지점은 다음과 같다. 즉,

- ① 지점 ; 대상지점의 시점으로서 양지천과 합류되는 지점의 우안
- ② 지점 ; 순창교 직하류부의 우안으로서 정검다리가 설치되는 직상류부 지점

이들 지점은 하상을 굴착하여 수심을 깊게 함으로써 피난처로서 견고한 역할을 할 수 있도록 하여야 한다. 어류 피난처의 규모는 현지여건을 고려하여 다음과 같이 결정하였다.

- ① 지점 ; 3.0m\*1.0m, 수심 ; 30~50cm,
- ② 지점 ; 2.0m\*1.0m, 수심 ; 30~50cm

라) 어도 설치

7호보에는 배수구가 4군데 설치되어 이곳으로부터 흐름이 형성되고 있으므로, 주흐름이 형성되는 배수구에 어도를 추가 설치하는 것이 바람직하다. 어도의 형태는 현 하천의 수리, 수문학적 특성과 어류의 생태학적 특성을 고려할 때 표 1과 같은 4가지를 생각할 수 있다. 표 1에 의해 높이 2m 이하에 적합하고, 시공성과 경제성에 유리한 평면경사식 돌설치형 어도를 결정하는 것으로 하였다. 어도의 형태 및 규모는 다음과 같이 한다.

- 어도의 형태; 평면경사식 돌설치형 어도 (그림 2 참조)
- 어도의 폭; 유량이 적은 점을 고려하여 2.0m로 결정
- 어도의 경사;  $s=1/15$     ○ 격벽 간격;  $L=2.0m$

신설되는 어도는 주흐름이 형성되는 배수구에 설치하는 것이 바람직하다. 7호보에는 배수구가 4군데 설치되어 이곳으로부터 흐름이 형성되고 있으므로, 어도는 좌안에서 2번째의 배수구에 설치하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

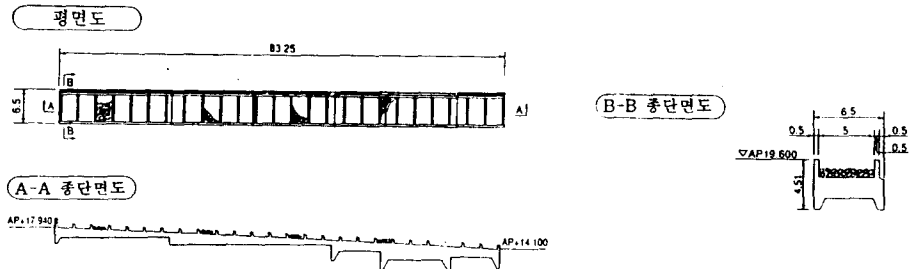


그림 2. 평면경사식 돌설치형 어도 설계

표 1. 어도 각 형태의 비교, 분석

어도 분류	ice harbour형 어도	vertical slot식 어도	횡구배돌붙임 어도	평면경사식 돌설치형 어도
특성	계단식어도의 개선형 격벽과 pool로 구성	격벽이 slot와 pool로 구성	어도 바닥에 횡구배 및 옥석 붙임 설치	어도 바닥에 횡구배 설치 및 돌 포설
장점	다양한 이동특성에 적합, 유영력이 강한 어종에 특히 적합	다양한 이동특성에 적합, pool 내에 토사 퇴적의 우려가 없다	다양한 이동특성에 적합	다양한 이동특성에 적합
단점	구조물이 복잡하다 시공이 어렵다 공사비가 많이 든다	구조물이 복잡하다 시공이 어렵다 공사비가 많이 든다	도수 발생 우려 수심저하시 어류 보호에 위험	돌이 유속에 밀릴 수 있다
시공성	불리	불리	유리	유리
경제성	불리	불리	유리	유리
종합평가	×	×	△	○
채택				채택

3. 식생정화시설 설치

식생정화시설은 하천 수질정화를 목적으로 고수부지 위에 설치한다. 식생정화시설은 또한 하천 주

변경관을 향상시키고, 생태적 서식처로서 역할을 겸할 수 있다는 점에서 다른 정화시설에 비해 바람직하다. 본 대상지역의 사천 합류지점 상류부 좌안에는 고수부지가 잘 조성되어 있어 식생정화시설을 설치할 수 좋은 조건이 된다. 그림 3은 식생정화시설의 평면도를 나타내고 있다. 양지천 합류지점으로부터 공급된 유입수는 직경 50cm의 수로관을 거쳐 각각 유입개수로(20 cm\*20cm)에 유입된다. 유입수는 수조에 식재된 수생식물을 거쳐 정화된 후, 유출개수로(20cm \*20cm)를 통해 최종적으로 하천에 방류된다. 수생식물이 식재되는 pool의 규격은 폭이 5m, 길이가 50m로서 1조의 수조에 3개의 pool을 설치하며 총 4조를 설치하는 것으로 하였다 (그림 3에는 2조만 나타나 있음). 이 경우 식생정화시설 설치에 필요한 고수부지의 폭은 콘크리트 수조의 폭 2.4m(0.6m\*4)까지 포함하여 17.4 m가 된다.

그림 4는 식생정화시설의 단면도를 나타내고 있다. 수심은 10cm로 하고, 바닥경사는  $s = 1/10000$ 을 유지하는 것으로 한다. 수조 바닥은 누수 방지를 위해 비닐시트를 설치한다. 비닐시트 대신 바닥을 콘크리트로 할 수도 있으나 이는 공사비가 많이 들어 경제성에서 불리하기는 하나, 유지관리는 용이하다.

수생식물은 미나리, 갈대, 부들, 줄, 부레옥잠 등을 고려하였으나, 현지여건에 맞는 기타 수생식물도 고려하여 1차로 수조에서 시험한 후, 수생식물 별로 수심과 체류시간에 따른 수질정화 효과를 가장 잘 발휘할 수 있는 식물을 선정하는 것이 바람직하다.

식생정화시설의 규모는 아래 식으로 결정된다.

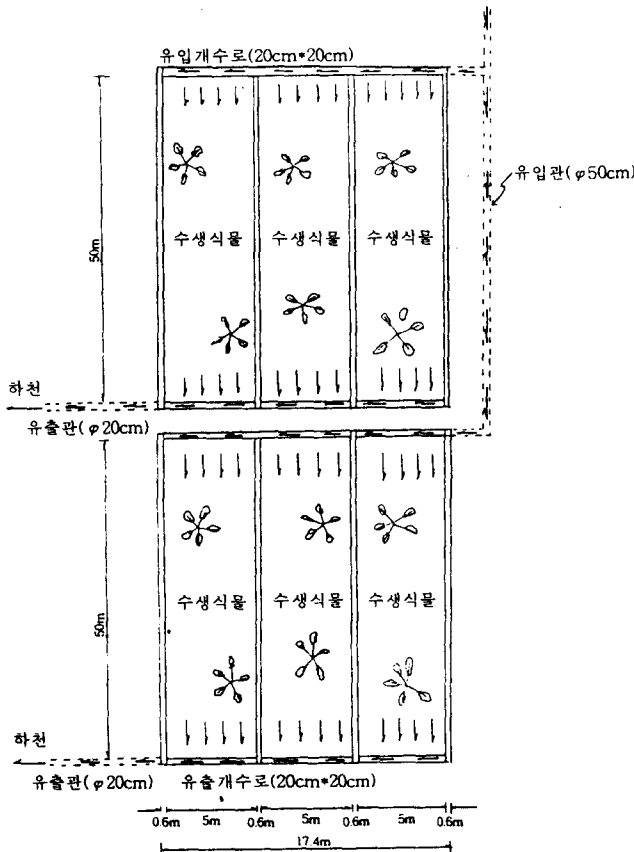


그림 3. 식생정화시설의 평면도

$$V = \frac{Q \cdot t}{24e} + V_s \text{ -----(2)}$$

- 여기서,  $V$  : 정화시설의 규모( $m^3$ ),
- $e$  : 자갈층 및 토양의 공극율,
- $Q$  : 처리 용량( $m^3/일$ ),
- $t$  : 체류시간(hr),
- $V_s$  : 오니 발생량 및 기타 여유량( $m^3$ )

이다.

상기 식에서  $V_s$ 를  $(Q \cdot t)/24e$ 의 0.5~1.0배 정도로 하고, 혼합 공극율을  $e=0.29$ , 체류시간을 5~6시간으로 하면 정화시설의 규모는 처리 용량  $Q = 1800 \sim 3000 (m^3/일)$ 에 해당된다.

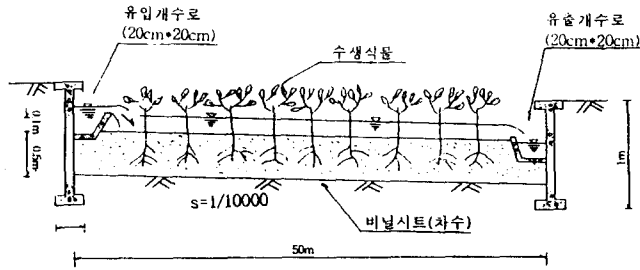


그림 4. 식생정화시설의 단면도

#### 4. 친수시설 설치

친수시설은 주민들에게 휴식의 장을 제공하거나 체육활동, 물놀이 등 친수감각을 불러일으킬 수 있도록 하기 위해 고수부지 또는 제방에 설치하는 것이 바람직하다. 본 대상지역에는 식생정화시설을 설치하였으므로, 식생정화시설까지 진입로를 설치한다. 또한 고수부지가 넓은 양지천 합류지점에는 농구장, 배구장, 족구장과 필요하다면 노인들을 위한 게이트볼장도 설치한다. 농구장의 규격은 15m\*28m로 하며, 배구장은 9m\*18m의 규격으로 한다. 한편 휴식공간을 조성하기 위한 방안으로 고수부지에 폭 2.0m의 산책로를 설치하고, 제방 상단에는 수목을 식재하여 그늘을 조성하도록 하며 화채도 식재할 수 있도록 한다.

제방에 식재할 수목과 화채의 종류로는 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

- 수목의 종류 ; 포플라, 버드나무, 소나무, 매화나무
- 화채의 종류 ; 개나리, 진달래, 백일홍, 국화, 튜울립, 무궁화

그러나 이들 식물의 선정은 하천의 특성, 주위경관 등의 현지조건과 지역주민의 의견을 들어 결정해야 할 것이다.

징검다리는 주민들의 하천 횡단 및 어린아이들의 물장난을 위한 친수시설에 속한다. 또한 징검다리는 홍수시 흐름의 유속에 의해 주위가 패이게되며 이로인해 징검다리 주위에는 세굴 웅덩이 (scouring pool)가 조성된다. 따라서 친수활동과 어류서식을 위해서는 징검다리를 설치할 필요가 있다. 징검다리는 세굴을 고려하여 하상 깊게 설치해야 할 것이다. 또한 어린아이들이 건너기도 하므로, 안전하게 건널 수 있도록 넓고 평평한 형태가 좋다. 징검다리의 재료는 자연석으로서 규격은 0.7m\*1.0m\*1.3m가 좋으며, 매설방법을 설명하면 다음과 같다.

- ① 먼저 하상퇴적물을 걷어내고 하상을 고른다. ② 잡석을 20cm 정도 포설한다. ③ 자연석을 설치한다. ④ 자연석이 0.5m 정도 묻히도록 콘크리트를 타설한다. ⑤ 콘크리트의 두께는 0.7m 정도로 한다.

징검다리의 설치위치는 주민들이 건너야 할 필요가 있는 마을 앞이 좋으며, 어린아이들이 물장난을 하기 위해서는 유속이 비교적 느린 곳이 바람직하다. 상기사항을 검토하여 징검다리를 순창교 하류 웅덩이 지점 2군데에 설치하는 것으로 하였다.

#### 5. 요약

본 계획에서는 전국에서 추진 중인 셋강살리기 사업의 일환으로서, 순창군 관내를 흐르는 경천을

대상으로 하여 하천 환경기능을 고려한 하천환경정비 기본계획을 세우는 것을 목적으로 하였다. 연구 결과 다음과 같은 시설을 대상지역에 설치하는 것으로 하였다.

- 1) 어류 서식 및 피난처에 적합한 여울과 웅덩이를 설치하기 위해 돌무덤과 돌보를 설치 하였다. 돌무덤은 하폭이 비교적 좁은 부분에 상부직경 10cm, 상부직경 30cm 정도의 자연석을 3~4단 설치하며, 흐름에 밀리지 않도록 통나무와 돌망태로 보강하는 것으로 하였다.
- 2) 홍수시 어류 보호를 위해 어류 피난처를 조성하였다. 어류 피난처는 현지 여건을 고려하여 규모를 1.0\*3.0m와 1.0\*2.0m로 하고 수심은 30~50cm를 유지하는 것으로 하였다.
- 3) 어류 이동을 위해 기존 보에 어도를 추가로 설치하였다. 어도 형태는 평면경사식 돌설치형 어도로 하고, 어도폭은 2.0m, 경사는  $s=1/15$ , 격벽 간격은 2.0m로 하였다. 어도 위치는 7호보의 좌안에서 2번째의 배수구로 하였다.
- 4) 수질정화 및 하천생태계 보전을 위해 사천 합류지점 상류부의 고수부지에 식생정화시설을 설치하였다. Pool의 규모는 폭 5m, 길이 50m로 하여 1조의 수조에 3개의 pool을 설치하고 총 4조의 수조를 설치하였다. 수조의 수심은 10cm를 유지하고, 바닥경사는  $s=1/1000$ 로 하였다.
- 5) 징검다리를 설치하여 주민들의 하천 횡단과 어린아이들의 친수감각을 조성하도록 하였다. 징검다리는 자연석으로 설치하되, 자연석의 규모는 0.7m\*1.0m\*1.3m로 하고 흐름에 견디도록 두께 0.7m의 콘크리트를 타설하는 것으로 하였다.
- 6) 제방과 고수부지에 수목, 화채, 산책로 등을 조성하여 주민 휴식공간을 마련하였다. 산책로는 폭 2.0m 정도가 적당하며, 수목과 화채의 종류로는 포플라, 버드나무, 매화나무, 소나무, 개나리, 진달래, 국화, 튜올립, 무궁화 등이 있으나 현지여건과 주민의 의견을 들어 결정하는 것으로 하였다.
- 7) 양지천 합류지점의 고수부지에 농구장, 배구장(족구장 겸용) 등의 체육시설을 설치하여 주민들의 체육활동과 친수광장이 되도록 하였다.

## 참고문헌

1. 전라북도 : 「경천 하천정비기본계획」 1992.
2. 건설부 : 「섬진강 하천정비기본계획」 1978.
3. 건설부 : 「섬진강 유역조사보고서」 1981.
4. 한국수자원공사 : 「섬진강 유량측정보고서」 1994.
5. 김진홍 : 「섬진강 수중보 어도설치 기본계획보고서」 1997.
6. 김진홍 : “계단식어도에서의 격벽 형상에 따른 수리학적 특성 및 어류의 상류이동” 「한국수자원학회지」 제29권 제6호, 1996.
7. 中村中六 : 「魚道の はなし」財團法人リバーフロント 整備センタ, 1995.
8. 中村中六 : 「魚道の 設計」財團法人 ダム 水源池環境整備センタ, 1994.
9. Katopodis, C. : “A Guide to Fishway Design” 「Internal Report, Canada department of Fisheries and Oceans」 Vol. 15, No.2, 1987.