

수제를 이용한 생태하천 창출기법

Creation Techniques of Eco-River by Using Groynes

김근영*, 지홍기**

Kim, Keun Yeong · Jee, Hong Kee

요 지

수제는 본래 제방의 보호나 주운의 수심확보 등을 주목적으로 주로 호안 또는 하안 전면부에 설치되어지는 구조물이다. 과거에 하천이 주운으로 이용되었던 시기와는 달리, 제방축조기술 등의 발달에 따라 그 역할이 점차 줄어들면서 주역할 기능이 사라지게 되었다. 하지만 최근에 수제의 설치로 인한 수제역 내의 역 흐름과 재순환영역이 하천환경을 개선시킨다는 기능이 주목받으면서 국부적인 침식과 퇴적을 유도하여 다양한 생태환경을 제공하는 수제의 효용이 재인식되고 있다. 하천의 주운용 수심을 확보함과 동시에 생태서식환경을 개선시키기 위한 수제 설치가 주요한 공법으로 재인식되어, 일정 수위확보로 수생태계의 교란을 억제하고 하천의 횡단적 단류를 막아 건습교체를 억제하는 등의 하천생태계의 유도가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 하도에 수제를 설치함으로써 생태하천을 창출하기 위한 수제기법을 제시토록 하였다.

핵심용어 : 수제, 생태하천, 하천생태계

1. 서 론

과거 우리나라는 도시화·산업화의 영향으로 이·치수 사업위주로 정책적 역량이 집중되었다. 특히, 과도한 도시개발의 수요로 인하여 도시를 관류하거나 도시주변을 통과하는 하천은 하천부지에 공장과 주택가가 들어서면서 하천공간을 잠식하였다. 또한 산업·생활용수의 확대 등으로 오염원이 늘면서 하천의 건천화도 가중되어 하천의 기능 및 자정능력을 격감시켜 하천정비사업이 불가피하게 되었다. 초기의 하천정비사업은 하천고유의 본질과 생태적 기능을 배제한 채 획일적으로 하천을 형상화 하였고 단순 치수기능 등에 중점을 두고 하천을 복원해 왔다. 하지만 이러한 하천의 복원은 각종 수해가 발생할 때마다 많은 피해를 발생시켰고, 생태계·자연경관 및 집중홍수 관리 등의 차원에서의 하천정비사업의 필요성이 부각되었다. 따라서 최근에는 하천의 이·치수기능을 강화하면서도 생태적 기능에 보다 중점을 두어, 모든 형태의 수자원이 서로 자연스럽게 유통되고 수생태계가 안정화되는 방향으로 하천의 복원사업이 추진되고 있다..

생태하천을 창출하기 위한 하천복원의 경우, 식생군락의 인위적인 조성보다는 기존 식생군락을 보존하는 것이 중시되어야 한다. 기존 식생군락을 보존하고 생태하천을 유도해내기 위해서는 기본적으로 수질·안정된 유량확보 및 물리적 서식공간의 다양화가 필요하다. 특히 동일하천 내에서도 지점마다 자연적인 특성이 다르기 때문에 하천의 각 지점별 특성을 적절히 고려하여야만 한다.

한편 주운을 위한 저수로 유도에 적용되고 있는 수제는 하천에서의 흐름을 하도의 중앙으로

* 정회원 · 영남대학교 대학원 석사과정E-mail : rmsdud1108@naver.com

** 정회원 · 영남대학교 건설시스템공학과 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

집중시켜 일정수심을 확보하는 역할을 하게 되며, 흐름방향과 유속을 제어함으로써 흐름에 의한 제방기초의 침식작용을 방지하는 호안역할을 하는 수리구조물로 알려져 왔다.

그러나 최근에는 수제의 설치로 인하여 수제역 내의 역흐름과 재순환영역이 하천환경을 개선시켜 생태하천의 창출에 기여한다고 알려지고 있다. 따라서 치수 중심에서 생태중심의 하천으로 유도하는 하나의 방법으로써, 수제의 설치가 하천생태의 변화와 개선에 영향을 준다.

2. 수제설치에 따른 생태하천의 유도

생태하천은 자연 그대로 혹은 자연도가 비교적 높은 하천으로써, 시·공간에 따라 흐름이 변동하고 토사 등의 물질 등이 물의 순환계에 의해 자연적으로 이송될 수 있어야 한다. 또한 다양한 지형과 유수를 형성하여 다종다양한 생태계를 구성하여야 한다.

수제설치의 가장 주된 목적은 하천의 일정수심확보이었지만, 이 외에 국부적인 침식과 퇴적을 억제하고 자연스러운 형태의 하안을 형성시키기 위해서도 수제를 설치한다. 수제 주변에 토사가 세굴 또는 퇴적되어 형성되는 다양한 형태의 하안은 생태계의 유지에 매우 유효하기 때문에 이를 적절히 이용하면 생태하천을 유도 할 수 있다.

2.1 안정된 유량 및 수심의 확보

자연형 하천으로의 복원을 위해서는 유지유량 문제를 해결하고 하천 자체가 갖고 있는 순기능을 극대화 하도록 문제가 발생하는 부분에 대한 생태적 기능을 부여하기 위한 연구가 필요하다. 일반적으로 수제는 저수로를 협착하고 세굴시킴으로서 수심을 확보한다. 즉, 수제를 합리적으로 설치하였을 경우 흐름이 인위적으로 제어되어 수제단면 상류에 배수가 형성됨과 동시에 와류가 생긴다. 이 배수와 와류를 통하여 하천 생태계의 서식환경인 여울과 웅덩이의 조성이 가능하다. 즉, 수제의 설치로 인하여 다양한 자연경관을 창출시키는데 중요한 공간인 저수로를 안정적으로 확보하면서 생태하천을 유도할 것이다.

하천은 상류에서 중류, 하류, 하구에 이르기 까지 연속성을 가지는 공간으로, 여러 생물이 이동하는 것이 가능하다. 하지만 과거, 각 하천의 특성을 고려하지 않은 채 실시되어온 일률적인 하천복원으로 인해 홍수기 및 갈수기시, 하천흐름의 폭이 극대화되어 연속성을 확보하지 못하게 되어 하천 생태계의 유지가 어려웠다.

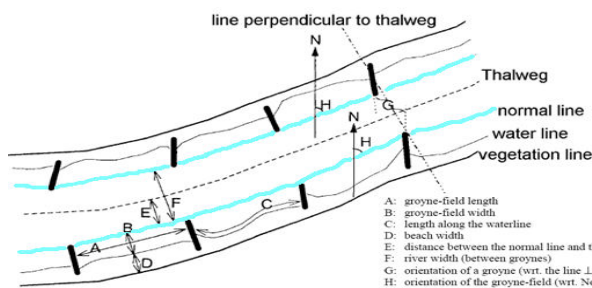


그림 1. 수제의 설치와 저수로 유도를 통한 안정된 유량확보(1)



그림 2. 수제의 설치와 저수로 유도를 통한 안정된 유량확보(2)

하지만 <그림1>, <그림2>와 같이 수제의 설치로 인하여 하폭을 줄이고 저수로로 흐름을 유도함으로써, 하천 생태학적 유지유량을 만족하게 되어 하도 생물서식처기반환경이 조성 될 것이다.

2.2 수제주변의 흐름특성과 수질개선

물의 순환은 지표수, 지하수, 빗물, 상수 등의 형태로써, 수자원이 자연스레 순환하면서 생태적 안정성을 유지하는 과정이다. 이러한 자연적 순환은 하천의 자체적인 자정작용을 극대화시켜 수질 오염 방지하는 기능을 한다. 또한 각 하천은 생태학적인 차원에서 인위적인 영향에 대해 일정 정도의 회복력을 가지고 있다. 그러나 무분별한 하도정비와 도시화와 같은 토지이용변화로 인한 유량의 인위적 변화 및 오염원의 유입 등으로 인하여 하천수의 흐름·유량 등의 불안정으로 인하여 자정능력이 저하되었다.

하천이 가지는 자연성을 유지하고 하천생태계를 복원·유지하도록 하천의 지형을 잘 살려 수제를 설치 할 경우, 수제부근의 흐름특성은 하천의 수질을 개선에 영향을 미친다. 이는 하천 생태계의 서식환경을 제공하게 될 것으로 예상된다. 수제를 설치함으로써 인위적으로 유로가 제어되고, 수제단면 상류에 배수가 형성됨과 동시에 와류가 생성된다. 와류이외의 흐름은 상류에서 수제단면으로 운동하는 과정에서 점차적으로 저수로로 이동하게 된다. 유속이 점차적으로 증대하는 동시에 국부수면이 낮아지고 수제 선단부에서 강하흐름이 발생하여 수제 선단부 부근의 수직유속분포가 균형을 이루게 된다. 즉, 수제의 설치결과, 수제부 주변에서 유수에 의한 변화작용 · 침전 · 흡착 · 산화분해 등이 일어나게 되면서 자연적 순환을 인위적으로 유도하여 수질개선효과를 가지고 올 것이다. 이는 하천생태계 식생회복을 가능하게하고, 자갈 등 다공질 공간을 형성하는데 도움이 될 것이다.

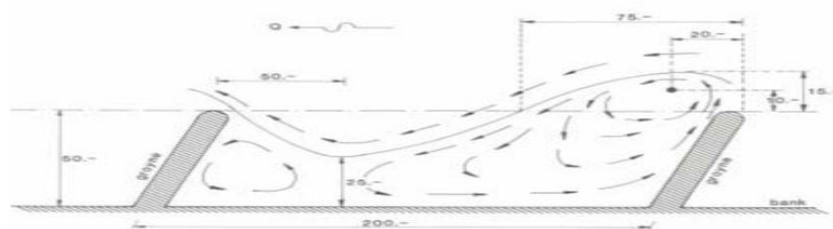


그림 3. 수제군 주변의 흐름특성

2.3 물리적 서식공간의 다양화 유도

수질이 하천생태계에 일차적으로 영향을 미치지 않지만, 수생생물에 필요한 물리적 환경이 갖추어지지 않으면 생존이 불가능하다. 기존의 하천생물서식처 조성 시에는 모든 생물들이 살아주기를 바라는 물리적 서식공간을 조성하였다. 이는 종의 다양성·지형학적 특징·지배요소 등을 고려하지 않고, 하천생태계가 회복되기를 바라는 수동적인 자세에 불과했다. 그러나 적절하고 효과적인 생태하천의 유도를 위해서는 수동적인 자세가 아닌 능동적인 자세로 하천생태계의 물리적 서식공간을 유도하여야 한다. 어류·하천식생 등이 이용하기에 적합한 물리적 서식처의 양은 유량(수위)에 따라 변하고, 하나의 하도구간 내에서도 각 지점별 하도의 특성에 따라 수리학적 환경이 변화하므로 서식하기에 적합한 어종·식생의 종류 등이 다르다. 즉, 하천에서 기존에 식생하고 있던 하천생태계와 여러 지형적 특징의 복합적인 요소들을 고려하여 특정생물(목표종)이 서식할 수 있는 생물서식처 조성을 중점으로 적합한 물리적 서식공간을 유도하여야 한다.

하천환경에 변화를 주는 수제는 동시에 수제주변에 토사가 세굴·퇴적되어 형성되는 다양한 형태의 하안은 생태계의 유지에 매우 유효하다고 알려져 있다. 수제의 설치로 인하여 수제군 주변에는 여울, 소가 형성되고, 또한 세굴부 등이 형성된다. 수제군 내의 모든 수제역에서 동일한 형태로 물리적 서식공간이 형성되는 것이 아니라, 상류부·하류부·만곡부 등 하천의 지형적 특징 등이 복합적으로 작용하여 각각의 수제역에서 형성되는 서식공간은 다른 특징을 지니게 된다. 즉, 하천에서의 수제는 다양한 흐름 상태와 하상재료를 제공하여 종의 다양성에 유리한 환경을 제공하므로 하천의 생태서식환경을 개선시키기 위한 주요 공법으로 널리 행해지게 되었다.

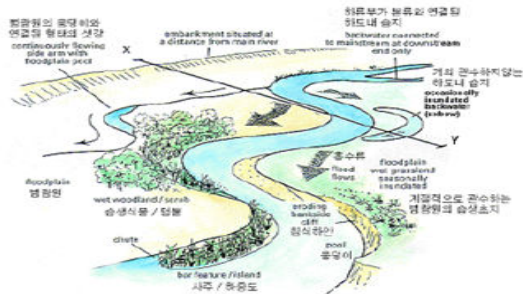


그림 4. Roux에 의한 서식처 구분

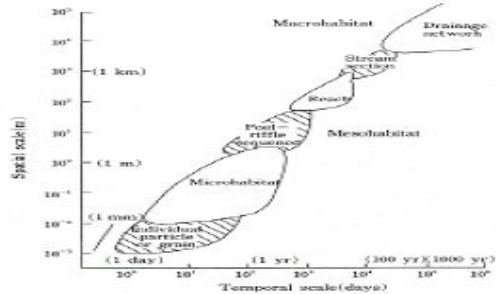


그림 5. Frissell에 의한 서식처의 공간과 시간적 크기

3. 해외사례 및 국내여건에 맞는 생태하천 유도

3.1 해외사례 - The Wapsipinicon River, Iowa(1988-1990)

날개수제의 한 형태인 Iowa Vane은 하천에서의 퇴적을 유도·침식으로부터 하도의 안정화 및 일정한 유량과 수심을 유지시키는 역할을 한다. 이 수제는 하천 흐름과 15° ~ 25°의 각도로 미국의 Iowa주 The Wapsipinicon River에 설치되었다. 1988년에 Iowa Vane에 설치하여 2년 후인 1990년에 하천의 흐름·수심·지형학적 형태의 변화 등을 조사한 결과, 유속·수심·퇴적분포 등이 변화한 것으로 확인되었다.

Iowa Vane에서 가장 눈여겨 봐야할 것은 <그림 8><그림9>에서 보이는 것 과 같이 수제주변부에 식생군락이 조성되었다는 것이다. 이는 Vane의 설치로 흐름이 수직방향에서 원형 2차류가 유발되어 하심층 물질이 하안쪽으로 이동하게 되어 하도 내에서 수리학적 및 지형학적 변화가 발생하였기 때문이다. EH한 인위적인 유로제어를 통하여 저수로도 유도됨을 확인 할 수 있다.



그림 6. Iowa Vane의 설치(1988)



그림 7. 자연적인 생태하천의 창출(1990)



그림 8. 저수로의 유도

3.2 국내여건에 맞는 생태하천 유도

국내 하천은 계절에 따라 유량 변동이 커서 유황이 불안정하고, 하상경사가 완만하여 유속이 느린 특징을 가지고 있다. 또한 동해로 유입하는 하천은 유량이 적은 것이 특징이다. 초기, 각 하천의 지리적 위치·기상·지형·유역의 토지이용 등 고유의 특징을 고려하지 않은 채 무분별하게 시행한 하천정비사업으로 인하여 유량·하도·주변 수생태 등 각 하천이 지니고 있던 고유의 자연적 특성을 다소 상실하게 되었다. 그러나 최근 국내에서도 하천 생태계복원에 중점을 둔 하천정비사업이 이슈화되고 있다. 미국, Iowa주 이외에도 유럽의 경우 오래전부터 수제를 이용하여 자연형 하천을 유도효과를 극대화 시키고 있다. 국내에서도 각 대·중·소규모 하천 및 지류 등의 하도특성과 식생군락을 정밀하게 조사하여 적절한 지표를 결정한다면 생태하천을 유도할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구는 수제를 이용하여 기존의 하천정비사업의 문제점을 해결하고, 생태하천을 유도를 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 국내 하천의 지형학적·수리학적 특징을 고려할 때, 수제를 설치 할 경우 하도가 수리학적으로 안정화되고 이는 생태하천유도에 유리할 것으로 판단되어졌다.
- 2) 또한 수제의 설치로 인하여, 생태하천을 창출하기 위해 기본적으로 요구되는 안정화된 유량과 수심·수질개선 및 다양한 물리적 서식공간이 조성 될 것으로 판단되었다.
- 3) 각 하천은 지리적·기상학적·수리학적 특성이 복합적으로 작용하는 곳으로 수제를 이용한 생태하천을 효과적으로 창출하기 위해서는, 국내 전 하천에 걸쳐서 하도의 특성·기존 혹은 적절히 적용될 수 있는 식생군락을 정밀하게 조사하여야 할 것으로 판단되었다.

감사의글

본 연구는 환경부가 출연하고 한국환경기술진흥원에서 위탁시행한 2008년도 차세대 핵심환경 기술개발사업에 의한 수생태복원사업단의 연구성과입니다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원 (1999), 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발
2. 한국수자원학회 (2005), 하천설계기준
3. 안홍규 (2008), 하천 생물 서식처의 유형과 특성. 2008 하천환경세미나
4. 안선복, 박효길, 전도석, 지홍기, 이순탁(2008), 만곡하도에서 수제주변의 2차원흐름특성해석, 2008년 한국수자원학회 학술발표회논문집
5. 한국건설기술연구원 (2007), 다기능 하천 설계기준 실험검증사업
6. Mohamed F. M. Yossef (2002), The Effect of Groynes on Rivers, Literature Review
7. Antonietta Torre (2001), Stream Stabilisation