

생태환경 기술에서 수공학의 역할



김진홍 >>

중앙대학교 토목공학과 교수
jinhkim@cau.ac.kr

1. 서론

하천환경에서 토목공학이 지대한 역할을 한다는 것을 아는 사람은 많지 않다. 오히려 토목공학은 환경을 파괴하는 것으로 대부분의 사람들이 알고 있다. 이는 토목공학의 주된 담당 부분이 건설 개발로서, 개발이라는 용어 자체가 환경 보전과는 상반된 의미를 담고 있기 때문이다.

그러나 훼손된 환경을 복원하기 위한 방법론적인 문제에 접근하면, 이 부분은 토목공학의 도움 없이는 해결하지 못한다. 최근의 많은 환경단체들은 훼손된 환경을 복원 또는 보전하기 위한 방안 제시를 위해 많은 토목공학 전문가를 정책위원 또는 자문위원으로 위촉, 활용하고 있다. 이 사실은 환경복원, 보전을 위해서 토목공학의 도움이 절대적으로 필요하다는 사실을 입증하고 있다.

수공학의 경우 다른 어떤 토목공학보다도 하천환경에서 차지하는 역할은 막대하다. 특히 생태환경 기술을 제고시키기 위해서는 수공학의 기술 반영이 절대적으로 필요하다. 아무리 생태적으로 건전하고 효율적으로 설계되었다 하더라도 수공학의 기술이 반영되지 않는

경우, 홍수기의 흐름의 높은 소류력에 의해 생태환경은 일시적으로 유실, 훼손될 수 있기 때문이다.

많은 생태학자들은 얘기한다. 생태환경은 그대로 두면 복원력이 있어 자연 재생한다고 말이다. 그러나 훼손된 환경이 자연 복원력에 의해 복원, 재생하기 위해서는 그 시일이 너무 오래 걸리게 된다. 적게는 10년에서 많게는 100년이 걸릴지도 모른다. 따라서 훼손된 환경을 비교적 원하는 시간 내에 복원하기 위해서는 어느 정도 인위적인 환경친화적인 공법을 적용하지 않으면 안 된다.

본 고에서는 생태환경 기술에서 수공학이 차지하는 역할을 조명해 보고 수공학의 어떤 기술이 어떻게 반영되는 지 살펴보기로 한다.

2. 효율적인 하천생태 서식처의 조성

사행하천에서는 일반적으로 그림 1과 같이 여울과 소의 하천생태 서식처가 존재한다.

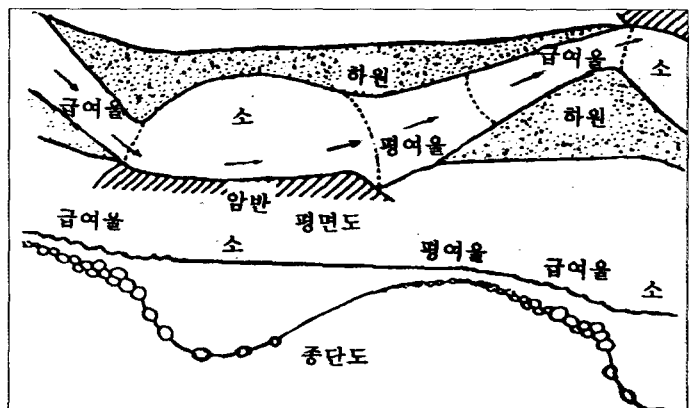


그림 1. 하천생태 서식처

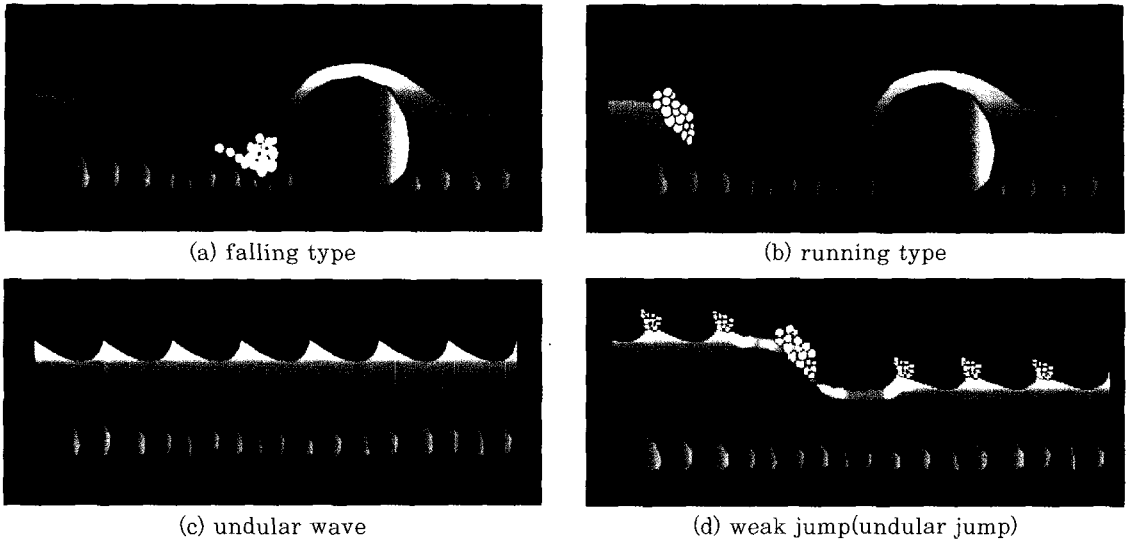


그림 2. 여울에서의 흐름 특성

환경이 잘 보전된 자연·하천의 경우 하천생태 서식처는 잘 형성되어 있지만, 인공적으로 정비된 직강 하천의 경우 하천생태 서식처는 형성되어 있지 않다. 따라서 하천생태 서식을 위한 여울과 소를 효율적으로 조성하기 위해서는 직강화된 하천을 사행시켜야 하며, 이 경우 수공학이 지대한 역할을 한다.

여울과 소를 효율적으로 조성하기 위한 수공학의 역할은 다음과 같다.

- (1) 여울과 소의 평면·배치시 중요 인자인 하폭, 사행 파장 및 하도의 곡률을 고려한다.
- (2) 여울의 높이는 하상과 고수부지의 표고, 하상 경사 등을 고려하여 결정한다. 충분한 기능을

수행하기 위한 상하류 여울의 정상부 표고를 조정하며, 통수능과 수위 상승을 검토하여 계획 홍수위등 하천 통수능에 지장이 없도록 높이를 결정한다.

- (3) 여울의 조성 재료는 폭기 효과가 잘 발생되고, 부착조류의 형성이 용이하도록 다양한 크기의 돌을 사용하도록 한다. 이를 위해 돌의 크기, 표준편차 및 공극 정도에 따른 폭기효과와 부착조류의 특성을 현지조사를 통해 분석할 필요가 있다.

여울에서 폭기효과는 수공학적인 관점에서 분석할 수 있으며, 아래 그림은 현지측정을 통한 분석 모습을 나타내고 있다.

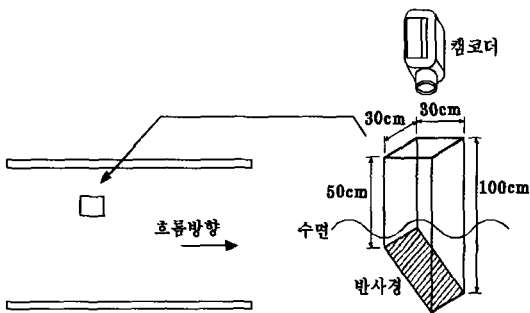


그림 3. 여울 폭기측정 시설



그림 4. 폭기 모습

3. 하천변 수생식물의 조성

하천 저수로변은 수생식물을 조성하여, 적정 수온을 유지시키고 수생 동물의 서식처(산란지, 성장지, 피난지 등)역할을 함으로써 하천 생태계를 보전하도록 한다. 또한 식생은 부유물질을 침전시키고 질소, 인을 제거(침전, 흡착 및 흡수)시켜 하천수질의 정화

작용을 한다. 아래 표는 수생식물 별 정화능력을 나타내고 있다.

그러나 수생식물을 조성할 경우 홍수시 흐름의 소류력을 판단하여 수생식물이 유실되지 않도록 다음과 같은 수공학적인 설계를 하여야 한다. 수생식물은 일반적으로 유속 2m/s 이내의 유속에서 서식이 가능하다. 만약 흐름의 유속이 2m/s를 초과하면 수생식물의 활

표 1. 수생식물 별 오염물질 정화능력

(단위 : g/m²/d)

수종명	정화가 가능한 오염물질					흡수능력	영양염류제거능력	수집능력	운반성	재활용성	내한성	내공해성	맹아력	구입난이도
	N	P	K	Ca	Mg									
갈대	2,796	0.0425	1,6982	0.1127	0.1443	○	○	△	△	△	○	○	○	○
애기부들	1,413	0.0248	1,3255	0.3157	0.2302	○	○	△	○	○	○	○	○	○
꽃창포						○	○	△	△	△	○	○	○	○
줄	1,9011	0.0384	1,1455	0.0935	0.0834	○	○	△	△	△	○	○	○	○
달뿌리풀						○	△	△	△	△	○	○	○	△
물억새						○	○	△	△	△	○	○	○	△
부레옥잠화	1,3557	0.286				△	○	○	×	○	×	○	○	△
좁개구리밥	0.243	0.0627				△	○	○	×	○	△	○	○	○
마름류	0.150					△	△	×	×	△	△	○	○	○
미나리	0.734	0.0925				○	○	○	△	△	○	○	○	○
연꽃						△	△	×	△	△	×	○	○	△
검정말						△	△	×	×	△	△	○	○	△

표 2. 수변 식생 및 정화 수종의 역할

구분		습지식물	정수식물	부엽식물	침수식물	
동물의 서식장소	어류의 산란, 치어의 서식 장소	-	◎	◎	◎	
	수조류의 서식 및 은닉장소	◎	◎	○	-	
	수조류의 먹이 공급	◎	◎	◎	◎	
	곤충류, 양서류의 서식 및 먹이공급	○	◎	◎	◎	
	저생동물과 조개류에 먹이 공급	-	◎	◎	◎	
치수 수질 개선 자원 공급	수질정화	토사나 오염물질의 침전 부착	◎	◎	◎	
		유기물의 분해 정화	◎	◎	◎	
		호수나 저니질로부터 영양염 흡수	-	◎	◎	◎
		식물 플랑크톤의 억제	-	◎	◎	○
	호안세굴 방지	밀생한 식물줄기에 의한 침식방지	◎	◎	-	-
		밀생군락에 의한 파랑 에너지 감소	◎	◎	○	○
	자원의 공급	인간의 채소류 공급	◎	◎	◎	◎
		생활용품 제공	◎	◎	○	○
		가축의 먹이나 농지의 비료	◎	◎	◎	◎
	수변경관 창출		◎	◎	◎	○

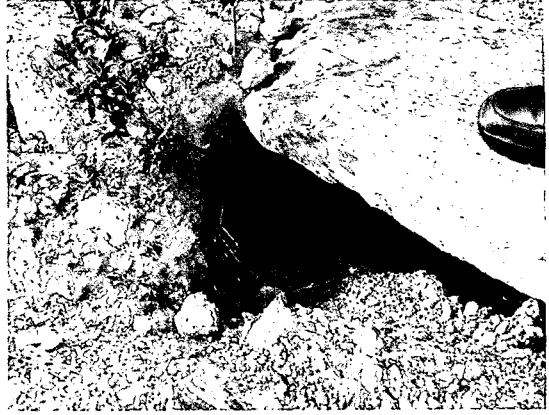


그림 5. 자연석 호안의 토사 흡출에 따른 공극 및 이로 인한 식생활착 불충분

착을 위해 식생 mat를 설치한다. 식생 mat는 유속에 견디면서 토사 입자의 유실을 방지할 수 있는 구조이어야 한다. 표 2와 그림 5는 각각 수생식물의 생태 및 수리적인 특성과 자연석 호안공의 토사 입자의 흡출 및 유실로 인한 식생활착의 불충분성을 보이고 있다.

4. 어류 이동로의 확보

어류는 도약력이나 유영력이 강한 어종(은어, 연어 등)과 약한 어종(붕어, 잉어 등) 및 저생어 등 다양한 서식 및 이동 특성을 지니고 있다. 따라서 어류 이동로는 이들 다양한 이동특성에 적합한 형태를 갖추어야 하며, 이를 위해 다음과 같은 수공학적인 흐름 분석이 선행되어야 한다.

- (1) 어도 내에서의 흐름에 따른 어류의 이동 특성을 고려한다.
- (2) 어류의 효율적인 이동 및 어류의 피난처를 고려한다.
- (3) 어류의 선호유속과 선호수심 및 도움닫기 수심을 유지해야 한다.
- (4) 어류의 유인 효과를 고려하여 어도 위치를 결정한다.

그림 6은 흐름에 따른 무지개 송어의 이동 특성을

나타낸 것으로 관련된 일간지 기사 내용은 다음과 같다(2003, 동아일보). ‘흐르는 강물을 거꾸로 거슬러 오르는 연어들의 도무지 알 수 없는 그들만의 신비한’ 비밀이 밝혀졌다. 강물의 흐름을 방해하는 장애물이 있는 경우 그 주위엔 소용돌이가 발생하는데, 맞바람을 비스듬히 받아 바람을 거슬러 가는 범선처럼 연어 또한 이러한 소용돌이를 이용해 급류를 거슬러 올라간다는 것.

송어는 아무런 장애물이 없는 강물에서는 거의 직선으로 헤엄쳐 올라간다. 이에 비해 소용돌이가 발생하는 곳에서는 좌우로 많이 움직인다. 미국 하버드대와 매사추세츠공대 공동연구팀은 소용돌이 속에서 헤엄치는 일이 생각보다 힘이 덜 든다는 사실을 밝혀내 과학전문지 ‘사이언스’ 11월 28일자에 표지논문으로 발표했다.

이 연구팀은 연어

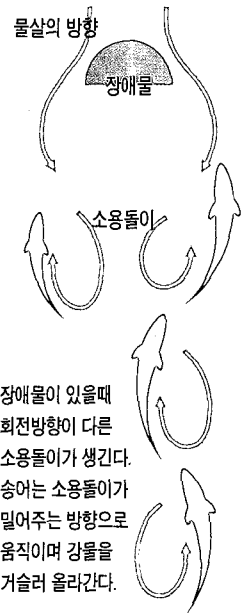


그림 6. 어류의 이동특성 (2003, 동아일보 A19)

과에 속한 무지개송어 12마리를 실험실 수조에 넣고 소용돌이를 발생시켰을 때 헤엄치는 모습을 조사했다. 고속 비디오 촬영 결과 무지개송어는 소용돌이를 뚫으며 헤엄치지 않고 그 사이를 피하듯 좌우로 몸을 흔들면서 헤엄치는 것이 확인됐다.

소용돌이는 발생장소에 따라 시계방향과 반시계방향으로 도는데, 송어는 몸 양쪽으로 서로 다른 회전 방향의 소용돌이 사이를 빠져나갔다. 연구팀은 이렇게 하면 소용돌이가 강물의 흐름을 거슬러 올라가는 송어를 밀어주게 된다고 설명했다.

소용돌이가 송어에게 도움을 준다는 사실은 송어의 근육 활동 조사에서도 확인됐다. 연구팀은 가는 전극을 송어의 근육 여러 곳에 심어두고 헤엄치는 모양에 따라 어느 근육이 활동하는지를 조사했다. 그 결과 소용돌이를 만나면 송어는 머리쪽 근육을 주로 움직여 소용돌이가 자신을 상류로 밀어주는 방향으로 몸을 움직였다.

이에 비해 소용돌이가 없는 곳에서는 몸 전체의 근육을 사용했으며 움직임도 거의 직선 방향이었다. 그러나 근육의 활동 강도는 소용돌이가 없는 곳에서 더

크게 나타나 소용돌이가 송어의 힘을 덜어주는 것으로 밝혀졌다.

어도 설치 위치는 어도 입구와 출구를 고려하여 결정된다. 어도 입구를 설치하는 가장 바람직한 장소는 소상하는 어류가 모여 있는(集魚) 장소이다. 어도 설치 위치를 고려하지 않아도 될 경우는 어류의 소상기에 어도를 통한 흐름만 유지될 경우이다. 일반적으로 소상한 어류는 보 직 하류부에서 다음과 같은 일반적인 행동을 한다(中村中六, 1994).

- ① 유속이 너무 큰 흐름이 형성되면 어류는 유속이 비교적 약한 가장자리를 따라 이동한다.
- ② 유속분포가 일정하면서 그리 크지 않을 경우 어류는 그중 비교적 빠른 흐름을 따라 이동한다.
- ③ 흐름 주위가 복잡하고 난류가 형성되면 어류는 그중 비교적 직선 흐름을 향해 이동한다.
- ④ 비교적 강한 흐름 옆에 순환류가 형성되면 어류는 순환류의 정체영역에 머무른다.

그림 7은 상기 4가지 경우에 따른 어류의 집어 양상으로서 어도 입구 위치가 바람직하지 못한 경우를 나

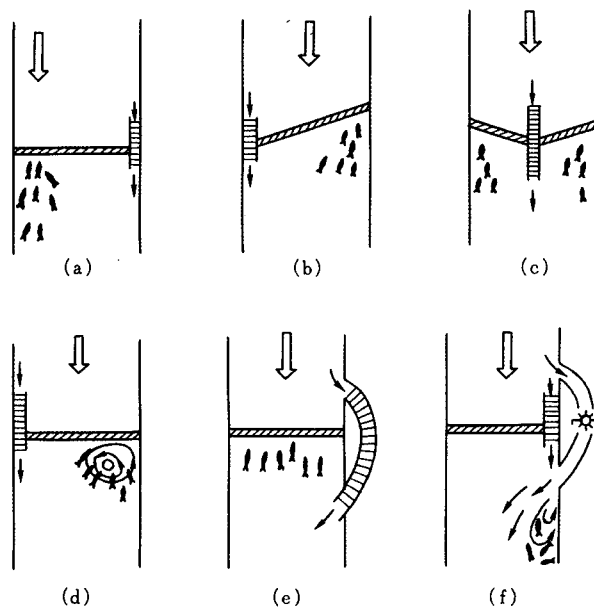


그림 7. 어도 입구 위치가 바람직하지 못한 예

타내고 있다(小山長雄, 1983). 그림 (a)는 주흐름이 우안측에 있는 경우이며 상기 ②, ③의 결과 소상 어류는 좌안측 어도와는 반대편에 모여 있는 경우이다. (b)와 (c)는 보 자체 또는 보의 직하류부에서 발생하는 도수나 와류를 피해 상류로의 이동 결과 어도와는 동떨어진 위치에 모여 있는 경우이다. (d)는 좌안측의 순환류 영역에 소상어가 모여 있는 경우이며, (e)는 어도 입구를 찾지 못하고 보 직하류 지점에서 어류가 모여 있는 경우이다. (f)는 발전 방류의 강한 흐름 옆에 형성된 순환류 영역에서 소상어가 정체된 경우이다.

그림 8은 어도 입구 위치가 바람직한 경우이다(小山長雄, 1983). 그림 (a)의 경우 흐름이 좌우 어도를 통해 형성되므로 어류 이동에 효율적이다. (b)는 주흐

름 위치에 어도가 설치되어 있다. (c)의 경우 어도는 중앙에 있지만, 하류 호상공의 중앙 지점이 낮게 설치되어 주흐름이 중앙부에 형성되어 있으며 더욱이 어도 입구가 보 하류쪽으로 크게 돌출되어 있지 않다. (d), (e), (f)는 보를 월류하는 흐름이 어도로 집중되므로 어류의 유인효과를 발생시켜 어류 이동을 효율적으로 하고 있다. 그러나 이 경우 흐름이 한쪽으로 집중되므로 홍수시 하상세굴이라든지, 토사나 이물질의 퇴적으로 어도 기능이 떨어질 우려가 있다. (g), (h), (i)는 복단면 하천에서 치수계획상 어도를 고수부지에 설치한 경우이다. 이 경우는 어도를 구부려서 어도 입구를 보 가까이 설치함으로써 보와 어도 사이의 간격을 줄여 정체영역을 줄이는 것이 바람직하다.

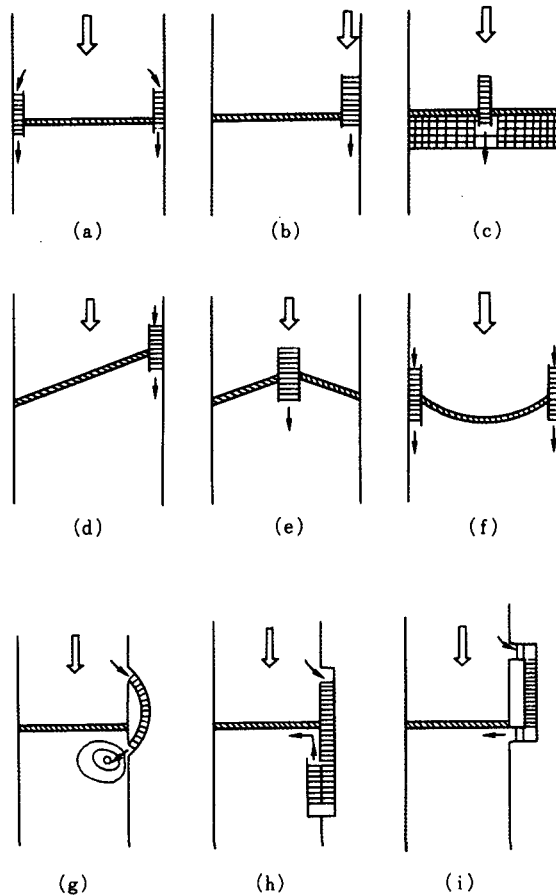


그림 8. 어도 입구 위치가 바람직한 예

5. 습지, 얕은 만 및 하중도의 설치

이들의 주요 기능은 어류의 산란, 부화 및 성장의 장소로서 하천 생태계의 서식에 주요 역할을 한다. 습지는 람사조약 제1조에 다음과 같이 정의되어 있다.

습지는 자연적인 것도 인공적인 것도 포함하며, 또한 영속적인 것이나 일시적인 것이나, 물이 체류하고 있거나 흐르고 있거나, 혹은 담수나 기수 또는 염수이든, 습원이나 소택지, 이탄지, 하천이나 호소 등의 수역으로, 수심이 6m를 넘지 않는 곳을 의미한다.

습지 시스템의 기능은 영양염류의 저장(retention of nutrients)을 통한 생명체의 지지, 수리학적 완충기능(flood mitigation), 수질개선(water purification) 기능 등 세 가지로 크게 분류할 수 있다. 많은 종류의 동식물은 습지에 크게 의존하며 습지는 이들에게 서식지를 제공한다. 습지는 또한 홍수의 유속을 느리게 하므로 하천의 홍수량을 줄이는 기능을 한다. 습지로부터 천천히 유출되는 유량은 하천의 기저 유출량을 증가시켜 수생생물에 필수적인 하천수위를 유지하며, 물리·화학·생물학적 복합작용으로 오염된 물을 깨끗하게 정화한다.

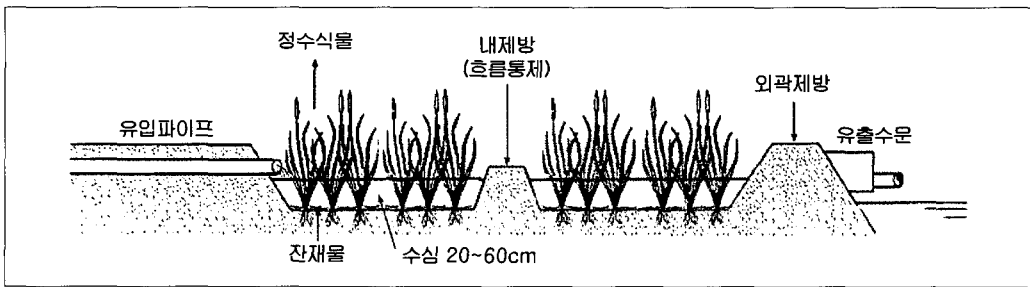


그림 9. 지표흐름형 습지 개념도

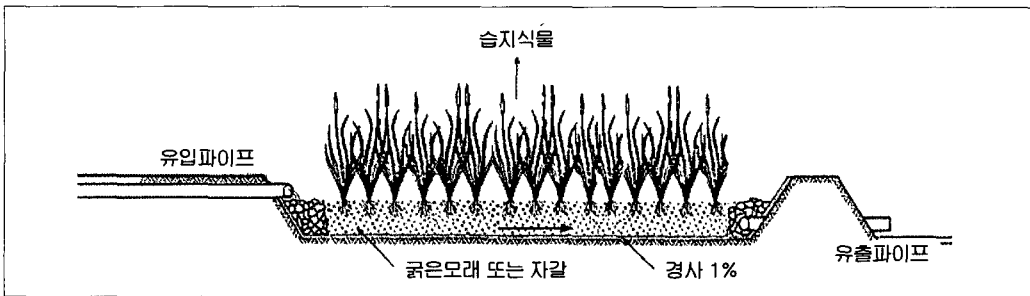


그림 10. 지하흐름형 습지 개념도

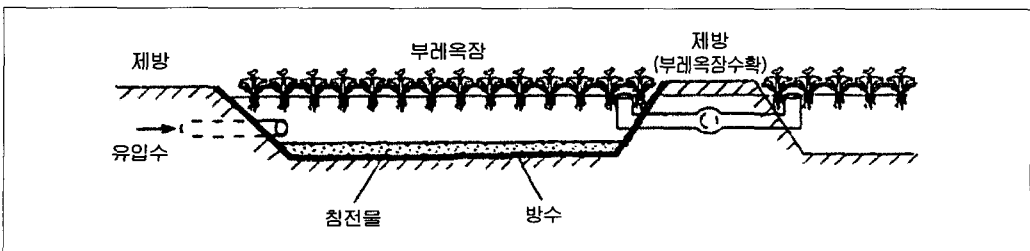


그림 11. 부유식물 수생식물 습지 개념도



그림 12. Illinois주 Des Plaines강의 인공습지 전경

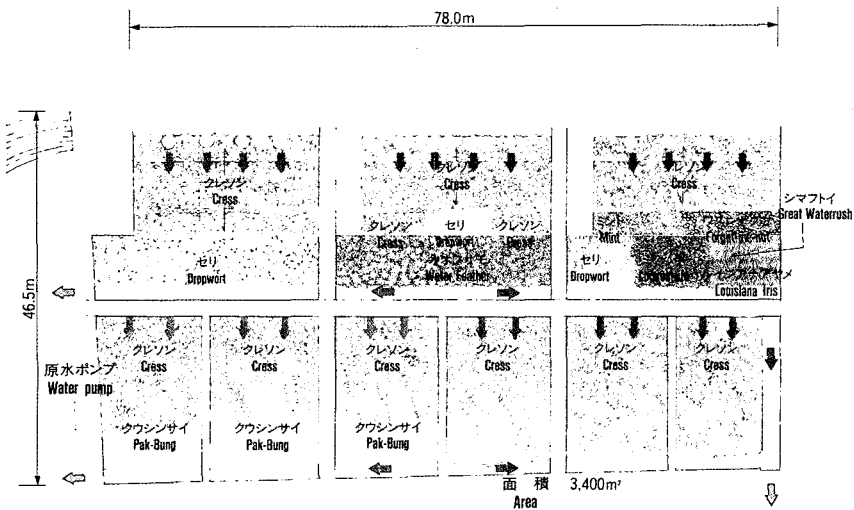


그림 13. 일본 가스미가우라호 Bip-Park 평면도

습지는 지표흐름형(surface flow system)과 지하 흐름형(subsurface flow system), 부유식물시스템으로 분류된다. 지표흐름형은 유입수가 대부분 하부 토양층 위로 흐르며, 하부 토양층은 주로 원래의 토

양이다. 지하흐름형 습지는 이론적으로는 유입수가 하부층으로 전부 흘러 표면에는 흐름을 볼 수 없는 시스템이다. 하부층은 전형적으로 여러 가지 크기의 자갈, 쇄석, 또는 토양으로 이루어진다. 하수처리용

으로 지하흐름형 습지를 도입하는 경우는 북미에서는 상대적으로 적은 반면 유럽에서는 대부분을 차지하고 있다. 몇몇 예외를 제외하고는 지표흐름형 습지가 광산배수, 농업배수, 도시강우 유출수, 산업폐수, 오염하천 등에 적용되었다. 지하흐름형 습지의 많은 운영결과 심각한 폐쇄현상을 경험하였기 때문에 개별 가정 하수처리 시스템과 같은 소규모 시설의 저농도 유출수를 처리하는 경우를 제외하고는 대부분 지표흐름형 습지가 추천된다.

부유식물 시스템은 부레옥잠, 개구리밥과 같은 부유식물을 이용하는 시스템이다. 부유식물이 영양염류를 흡수하여 정화하며, 부유식물의 뿌리와 잎에 형성된 미생물막이 오염물질을 분해하는 역할을 한다. 부유식물 습지는 1차나 2차 처리 후 남아있는 영양염류를 흡수하는데 이용되고, 시스템에서 영양염류를 제거하기 위해서 식생을 수확한다. 이 시스템은 유지관리비, 주로 식생제거 비용과 처리 비용이 매우 높은 편이다.

하중도 주변의 흐름 유속은 전후 부분보다 커서 주변의 침식이 우려되는 반면, 빠른 유속에 따른 실트질 토사의 flushing 작용에 의해 하천의 자정능력을 향상시키는 기능이 발휘된다. 따라서 수리적 안정성을 만족시키며 자정능력이 최대한 발휘될 수 있는 효율적인 하중도 형태의 결정이 요구되며, 대상 하천의 수리적, 지형적 특성을 검토하여 적정 형태를 결정해야 한다.

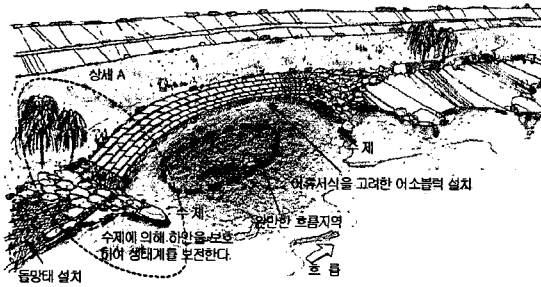
셋강이나 얇은 만은 홍수시나 수질 사고시 어류의 피난처 역할을 하며, 평상시 생태계의 서식 장소로서 중요한 역할을 한다. 이들 서식처는 만곡부의 비수층부에 설치하되 홍수시 유로 변경이 예상되는 지점은 가급적 피한다. 홍수시는 비수층부의 지점이 이동되는 경우가 있어 셋강 설치 지점이 유실될 우려가 있다. 따라서 대상 하천의 수리적 특성을 면밀히 검토하여 설치 위치를 결정한다. 가장 우려되는 것이 홍수시의 토사 퇴적으로 셋강의 기능이 마비되는 경우이다. 토사퇴적이 발생되지 않도록 입구부에 수제 설치 등 적절한 대책을 수립하는 것도 바람직하다.

6. 자연형 수제의 공법 개발

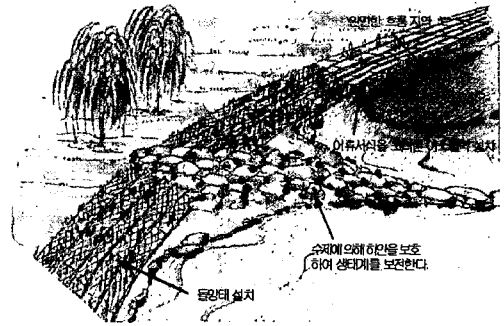
수제는 원래 치수목적으로 설치되었으나, 수제 주변에는 미지형이 형성되고 흐름의 유속이 느린 관계로 생태 서식처로서 중요한 역할을 한다. 이를 자연형 수제라고 하며, 자연형 수제의 설계 시에도 아래와 같은 수공학의 기술이 요구된다.

- 자연석은 흐름에 돌출되거나 모나지 않도록 설치하고 자연석의 직경은 흐름의 유속에 대응되는 Isbash공식을 적용하여 결정한다.
- 수제에 포설하는 상부 자연석의 직경은 하부 자연석의 직경보다 커야 한다.
- 자연석은 하상에 0.5m~1.0m 묻히도록 하고 특히 수제 선단부는 세굴되지 않도록 큰 직경의 자연석을 설치한다.
- 수제 흐름의 상류측은 급경사로 하여 흐름을 수면으로 분산시켜 감세시키고, 하류측은 완경사로 하여 유속을 완화시킴으로써 하상세굴이 방지되도록 한다.
- 수제는 어류나 수생동물의 서식공간을 확보하도록 충분한 간극을 유지한다.
- 자연석에는 홍수시 토사가 유입 및 퇴적되어 자연스런 식생활착이 유도되도록 한다.
- 수제 간의 내부 영역에는 저수호안을 설치하고, 필요시 거석을 설치하여 point 수제를 형성시킨다.
- 수제의 설치방향은 흐름 상류방향으로 약 15°를 유지함으로써 하안의 침식을 방지하고 퇴적을 유도한다.
- 수제 끝단 주위의 세굴 및 수제와 수제 사이의 토사퇴적에 의한 하안 미지형의 다양성을 조성시켜 수중생물에 대한 다양한 환경을 조성하도록 한다.

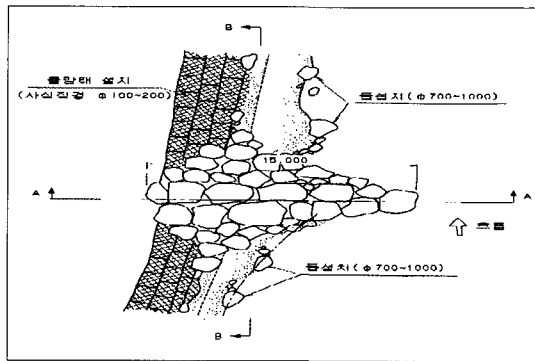
그림 15는 자연석을 활용한 복합형 수제의 모습이다. 수제의 설치 표고는 변화를 주어 설치하는 편이 바람직하다. 예를 들면, 상기 그림에서 나타난 수제의



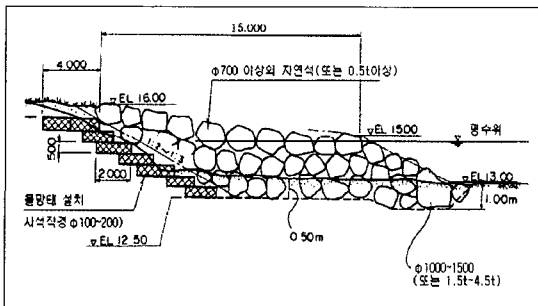
(a) 전체 이미지도



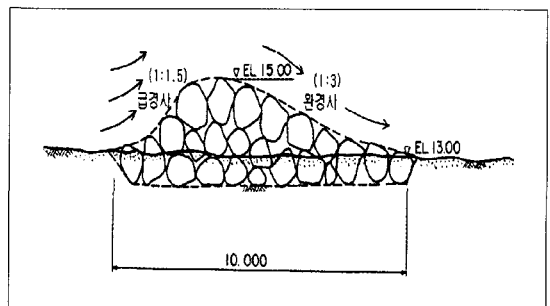
(b) 상세 A



(c) 평면도



A-A 단면



B-B 단면

그림 14. 자연석을 활용한 수제

표고는, ①의 경우 ; 평수위 +0.5m ②의 경우 ; 평수위 ③의 경우 ; 평수위 -0.5m로 한다.

7. 하천 유지용수 산정 방안

우리나라 하천정비계획시 하천 유지용수는 주로 경관 및 친수 개념에서 산정되고 있다. 즉, 하폭, 수심

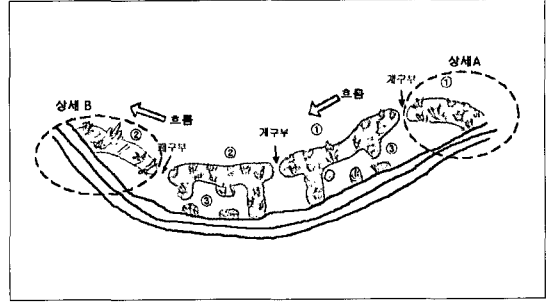
및 유속이 그것으로 이들 산정 방안은 다음과 같다.

- 하폭 ; 흐름의 모습을 느낄 수 있도록 수로 폭의 20% 이상
- 유속 ; 일반적으로 0.2m/s
- 수심 ; 0.2m 이상

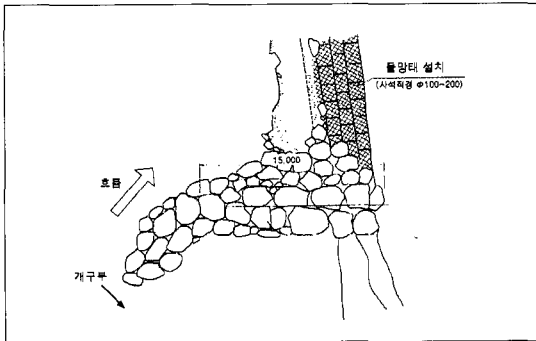
이들 방안은 일본에서 유래된 것으로서, 이는 기준 이라기보다는 권고사항인데 우리나라에서 거의 모든



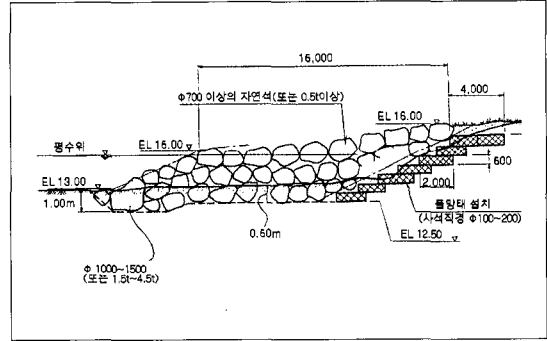
복합형 수제(이미지도)



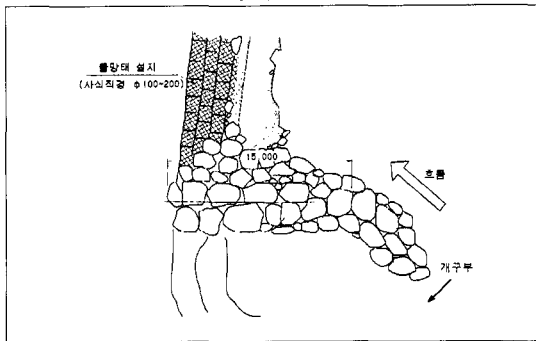
복합형 수제(평면도)



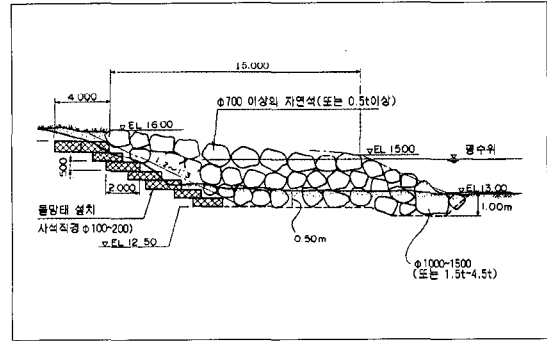
상세 A도



상세 A 단면도



상세 B



상세 B 단면도

그림 15. 자연석을 활용한 복합형 수제

하천에 이를 적용하고 있다. 하천의 건천화 방지를 위한 유지용수 확보 차원에서 유지유량 산정 기준은 생태, 경관, 친수활동 등 다각적인 관점에서 결정되어야 하는데, 도심하천의 경우 여러 제약조건으로 현재 경관을 기준으로 유지유량이 산정되고 있다.

하천 유지용수 산정 기준은 하천의 여건에 따라 달라지는 것이 원칙이다. 즉, 하폭이 큰 국가하천과 같은 경우 수심은 0.2m보다 큰 것이 바람직하며, 유속

과 수로 폭의 비율은 좀더 큰 것이 바람직하다. 반면에 지방2급 하천이나 소하천과 같이 규모가 작은 하천은 이들 값이 좀더 작게 설정되는 것도 바람직하며, 이 경우 수로 폭은 저협수로로 대상으로 할 수도 있다.

유지유량 산정을 위한 수심, 유속 및 수로 폭은 하천의 여건, 예를 들면 하천의 규모(국가하천, 지방1,2급 하천, 소하천), 하천의 통과위치(도심하천, 전원하

천 및 산지하천) 등에 따라 달라져야 하며, 이에 관한 종합적인 검토가 이루어져야 한다.

건천화된 도시하천을 대상으로 평균하폭 대비 적정한 수면폭은 대략 다음과 같은 하천 조건을 고려하여 결정된다.

- 대상 도시하천의 주민의 친숙도 및 접근성
- 대상 하천의 규모(국가하천, 또는 지방 1,2급하천, 소하천)
- 대상 하천 주변 타 하천에서의 유량 확보 여건
- 경제성 및 시공성

유지유량 산정을 위한 수심, 유속 및 수로 폭은 하천의 여건, 예를 들면 하천의 규모(국가하천, 지방1,2급 하천, 소하천), 하천의 통과위치(도심하천, 전원하천 및 산지하천) 등에 따라 달라져야 하며, 이에 관한 종합적인 검토가 이루어져야 한다.

참고문헌

건설교통부(2001), 자연 친화적 하천정비기법 개발 보고서, 건설교통부

건설교통부(2001), 자연 친화적 하천관리지침, 건설교통부

건설교통부 서울지방국토관리청(1997), 오산천 하천환경정비사업 실시설계 보고서, 건설교통부 서울지방국토관리청, 서울.

김진홍, 이홍식(1999). "기포여울 흐름특성의 현지조사", 대한토목학회논문집.

농림부·전남대(2002), 담수호 수자원 보전을 위한 유역 처리시스템 개발.

농업기반공사(1999), 자연정화기법에 의한 시화지구 탄도 담수호 수질개선방안.

동아일보(2003). 연어의 이동, A19면 기사.

박병훈(2000), 호소수질정화공법의 효과분석과 수질모

형에 의한 적용성 평가, 서울대학교 박사학위논문.

박병훈(2001), 수리학적 고부하조건의 인공습지 수처리 특성, 한국물환경학회지, 17(4), p.477-484.

한국수자원공사(1997), 시화지구개발, 반월천 동화천 습지조성공사 기본 및 실시설계보고서.

환경관리공단(2003), 동북호 길성천 수생식물지를 이용한 하천정화시설 설치사업 기본설계보고서.

환경부(2002). "국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발", 한국건설기술연구원, pp.111-150.

Donala A. Hammer, Water Quality Improvement Functions of Wetlands. In, Encyclopedia of Environmental Biology

EPA, Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Wildlife Habitat, <http://www.epa.gov/owow/wetlands/>

Federal Interagency Stream Restoration Working Group, FISRWG(1998), Stream Corridor Restoration- Principles, Processes, and Practices.

National Rivers Authority(1992), River Corridor Surveys : Methods and Procedures, Conservation echnical Handbook No. 1, NRA, Bristol.

US Army Corps of Engineers(1989), Environmental Engineering for Local Flood Control Channels, EM 1110-1205

リバーフロント整備センター,(1997), 河川水邊の國勢調査マニュアル, 河川版(生物調査編), 平成9年度版.

小山長雄(1983) "魚道の診断と設計(4)" 「にほんのかわ」, 第27號.

魚道の設計(1995).(財)ダム水源地環境整備センター.

中村俊六(1995)「魚道のはなし」, 東京 :財団法人 リバフロント整備センター.

最新 魚道の設計-魚道と関連施設(1998).(財)ダム水源地環境整備センター. 