

하천환경평가기법의 개발 및 적용

Development and Application of Stream Environment Assessment Technique

송주일* · 박선희** · 이준호*** · 윤세의****

Ju Il Song · Sun Hee Park · Joon Ho Lee · Sei Eui Yoon

요 지

본 연구에서는 하천환경의 현재 상태를 진단할 수 있는 하천환경평가기법을 제시하고, 수원천을 평가하였다. 이를 위해 윤세의(2007)가 제시한 도시하천평가기법의 53개 평가항목 중 설문조사의 결과를 이용하여 중요도가 높은 하천환경 관련 항목을 선별하고, 이를 하천환경평가기법의 평가항목으로 사용하였다. 평가항목은 총 27개이고, 평가결과는 총괄지수, 특성지수, 부문지수, 항목지수와 평가등급으로 나타내었다. 수원천의 조사 구간은 광교저수지 하류부에서 세류대교까지 약 6.0 km이었고, 총 39개의 구간에 대하여 하천환경평가기법과 도시하천평가기법의 평가지수를 비교하였다. 하천환경평가를 적용한 결과 수원천의 총괄지수는 2.57~3.86으로 나타났고, 하천특성 지수는 2.20~2.95, 생태환경 특성지수는 1.91~4.02로 나타났다. 또한 두 가지 평가기법에 대한 총괄지수와 특성지수의 평균등급은 동일하게 계산되었고, 부문지수 평균등급은 수로, 하상 등의 부문에서 등급변동이 나타났지만 2개 등급 이상의 차이를 보이지 않았다. 이러한 평가결과를 통해 도시하천 평가기법으로부터 파생된 하천환경평가기법의 적용가능성은 확인하였다. 앞으로 많은 대상하천을 선정, 평가를 실시하고, 하천의 연속성과 평가인자들 간의 연계성 등을 반영하는 부분에 대한 연구가 더 필요하다.

핵심용어 : 하천복원, 하천자연도, 하천환경 평가기법

1. 서 론

불투수면의 증가, 외래 수종의 도입, 하천의 변형, 영양물질과 오염물의 증가 등과 같은 도시화의 영향은 하천을 물리적으로나 생태적으로 매우 심각하게 훼손시켜왔다. 우리나라 또한 산업화가 진행되면서 급격한 도시화가 이어졌고, 무분별한 도시화 과정에서 하천환경은 지속적으로 손상되어왔다. 그러나 하천을 이치수 위주의 관점에서 바라보던 것과는 다르게 지금의 환경 친화적 기술이나 하천복원의 추세는 직선화된 콘크리트 하천을 만족화하거나 식재를 하는 것이다. 2000년 이후에는 단순히 하천을 만족화 하거나 식재를 하는 수준을 벗어나 하천의 연속성을 강조하고 하천 스스로가 발전할 수 있도록 유도하는 개념의 복원이 진행 중이다. 그러나 이와 같은 하천의 복원과 관리 시에는 하천환경에 대한 현재 상태를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 하천의 생태, 물리적 복원을 위한 진단적 성격의 일환으로 하천자연도 평가에 대하여 많은 부분들에서 연구가 진행되었다. 국외에서는 보전을 위한 자연의 평가에 대해서는 Spellerberg(1992), Ratcliffe(1997) 등에 의해 연구된 바 있고, 하천의 자연도 평가는 독일의 하천복원을 위한 하천 구조질에 대한 평가, 뉴질랜드 자연보호구역계획(PNAP; Protected National Areas Program)의 생태계보전 가치를 위한 평가, 일본 건설성 동북지방건설국의 하천현황 및 자연 상태를 파악할 목적으로 물리적 요소와 생물적 요소를 복합적으로 고려한 자연도 평가, 영국 국립 하천청(NRA; National River Authority)의 하천의 환경기능을 보전, 재생 및 복원시키고자 하는 하천경관에 관한 평가 등이 있다. 미국 워싱턴주에서는 화학적, 생물학적, 물리적 지표를 포함하여 하천의 건강성을 평가한 RSAT(Rapid Stream Assessment Technique)를 개발하였고, 하천상태진단과 후속의 환경비용의 우선순위를 결정하기 위하여 오스트레일리아의 시드니에서는 RRA

* 정회원·경기대학교 토목공학과 박사과정 E-mail: juilsong@kyonggi.ac.kr
** 정회원·경기대학교 토목공학과 석사과정 E-mail: sun-e0402@nate.com
*** 정회원·영산강 홍수통제소 조사관리과 시설연구사·공학박사 E-mail: sof814@paran.com
**** 정회원·경기대학교 토목·환경공학부 교수 E-mail: syyoon@kyonggi.ac.kr

(Rapid Riparian Assessment)를 사용하고 있다.

국내에서는 시정개발연구원(1996)에서 하천형상에 의한 물리적 평가를 연구하였고, 정경진(1996)이 GIS를 활용하여 하천의 생태적 재생을 위한 정보를 수집, 분석하고 관리방안을 제시하기 위한 평가를 연구하였으며 조용현(1997)은 하천의 물리적 구조질의 진단 및 파악을 위한 평가기법을 제시하였고, 김동찬 등(1999)은 국내의 하천자연도 평가기준을 비교·분석하여 생태환경복원을 위한 하천자연도 평가를 제시한 바 있다. 이 상호(2000)는 하천의 수질, 하천의 형상, 하천의 자연도 등으로 평가기준을 제시하였으며, 윤세의 등(2003)은 한강유역에 도시, 농촌, 산지하천의 자연도 평가를 수행하여 그 특성을 비교·분석하였다. 김석규(2006)는 하천정비의 효과와 하천환경기능을 포함한 종합적인 평가를 위해 하천자연도 평가 및 전과정 평가, 어메니티 평가, 경제적 편익평가방법을 제시하였다. 최근에는 윤세의 등(2007)이 종래의 하천관리의 목표인 치수나 이수와 함께 도시하천의 특성을 고려한 도시하천 평가기법(USAT : Urban Stream Assessment Technique)을 개발하고 수원천에 적용한 바 있다.

본 연구에서는 도시하천 뿐만 아니라 평가 대상하천을 확대하여 적용할 수 있는 하천환경평가기법(SEAT : Stream Environment Assessment Technique)을 제시하고자 하며, 이를 위해 윤세의 등(2007)이 제시한 평가항목 중 설문조사 결과를 이용하여 그 중요도가 높다고 판단되는 항목들을 선별하고 재구성하였다. 또한 평가결과를 비교하기 위하여 수원천에 적용하고 도시하천 평가기법의 결과와 비교하였다. 하천환경평가기법은 하천을 양적으로 평가함으로써 같은 시간에 경제적 부담과 사회적 기대사이의 균형을 유지하면서 하천을 관리하는데 도움을 줄 수 있다. 또한 평가 시간이 짧고, 비용이 적게 든다는 장점도 갖는다.

본 연구에서 제시하는 하천환경평가기법은 하천의 치수적인 안정성 확보를 위한 요건을 확인하고, 물리적, 생태적 측면의 현재 하천상태를 확인할 수 있는 정보를 포함한다. 따라서 평가정보는 실질적인 하천관리 계획에 기초적인 자료로 사용되어 효과적인 하천관리를 할 수 있다.

2. 하천환경 평가기법

하천환경 평가기법은 상위단계, 중간단계, 하위단계의 3단계로 구성되었다. 상위단계에서 하천의 기능을 고려하여 제방, 하천, 생태환경의 3개 특성으로 구분하고, 중간단계에서는 3개 특성이 변형되고 훼손된 정도를 설명할 수 있는 10개의 평가부문(제방, 수로, 흐름, 하상, 비인공화 정도, 저수로변과 홍수터, 하천주변, 동물상, 식물상, 수질)으로 나누었으며, 하위단계에서는 도시하천 평가기법으로부터 선별된 27개의 평가항목을 구성요소로 하여 단계적 평가가 가능하도록 하였다. 평가항목의 선별은 70명의 하천전문가에 대한 설문조사의 결과를 이용하여 중요도를 확인하고, 중복성을 갖는 평가항목을 제외시키는 방법으로 실시하였다. 설문조사 결과는 평가인자의 중요 순위를 나타낼 뿐 가중치의 의미는 아니다.

표 1은 도시하천평가기법과 하천환경평가기법의 평가부문 및 평가항목을 비교하여 나타낸 것으로 괄호안의 숫자는 특성간, 평가부문간의 가중치이다. 평가항목에 대한 평가기준은 조사자의 지나친 주관성을 배제하고 객관성을 유지할 수 있도록 하였으며, 변형정도와 다양성 및 종수 등을 평가적으로 사용하였다.

평가결과의 처리는 먼저 부문별로 항목지수의 평균을 계산하고, 이를 부문지수로 하였고, 3개 특성별로 부문지수들에 산출된 평가부문간 가중치를 곱하여 더한 값을 특성지수로 하였으며, 총괄지수는 특성지수들에 특성간 가중치를 곱하여 더한 값으로 결정하였다. 평가등급은 지수의 최소치 1.0과 최대치 5.0을 5계급의 등간격으로 나누어 I ~ V 등급으로 하였다.

$$\begin{aligned} \text{항목지수} &= \text{평가기준에 의해 조사구간 별로 1~5점 부여} \\ \text{부문지수} &= \sum(\text{항목지수}) \div n \quad (\text{여기서, } n = \text{부문별 평가항목 수}) \\ \text{특성지수} &= \sum(\text{부문지수} \times W_f) \quad (\text{여기서, } W_f = \text{평가부문들의 가중치}) \\ \text{총괄지수} &= \sum(\text{특성지수} \times W_c) \quad (\text{여기서, } W_c = \text{평가특성들의 가중치}) \end{aligned}$$

표 1. USAT와 SEAT의 평가부문과 평가항목의 비교

구 분	평가부문	평 가 항 목	
		도시하천 평가기법(USAT)	하천환경 평가기법(SEAT)
제방 특성 (0.46)	제 방 (1.00)	제방고, 제방형태, 제방비탈경사, 독마루 폭, 제방침식	제방고, 제방형태, 제방비탈경사, 제방침식
하천특성 (0.33)	수 로 (0.19)	저수로 사행, 저수로 측방침식, 저수로 폭 다양성, 특이한 수로구조, 종횡사주, 수로변경	저수로 사행, 저수로 폭 다양성,

	흐름 (0.25)	유속과 수심의 다양성, 흐름의 다양성, 수면폭/하천폭 비, 저수로 수심, 홍수시 평균유속	유속과 수심의 다양성, 수면 폭/하천 폭 비
	하상 (0.15)	저질의 다양성, 하상재료 유형, 하도의 침식과 퇴적, 하상노출	저질의 다양성, 하도의 침식과 퇴적
	비인공화정도 (0.14)	횡구조물, 상부구조물, 횡단면 형상, 제방재료, 유역의 불 투수 면적 비, 인구밀도	횡구조물, 횡단면 형상, 유역의 불 투수 면적 비, 인구밀도
	저수로변과 홍수터 (0.27)	저수로 호안재료, 저수로 호안경사, 특이한 저수로변 구조, 홍수터 토지이용, 홍수터 식생관리, 친수접근성, 홍수터 홍수발생빈도, 습지/웅덩이/동물이동로	저수로 호안재료, 홍수터 토지이용, 홍수터 홍수발생빈도
생태환경 특성 (0.21)	하천주변 (0.28)	하천주변 토지이용, 하천경관, 하천주변 공원/문화사적지	하천주변 토지이용, 하천경관,
	동물상 (0.12)	저서 무척추동물, 육상곤충, 어류, 기타 하천동물	저서 무척추동물, 어류
	식물상 (0.17)	수생식물, 초본식물, 목본식물, 대상 분포, 식생의 종 방향 연속성	수생식물, 대상 분포, 식생의 종 방향 연속성
	수질 (0.43)	부착미생물, BOD, 물의 색, 부유물, 물의 냄새, 햇빛 차단정도, 하수유입	BOD, 햇빛 차단정도, 하수유입

3. 하천환경평가기법의 적용

하천환경평가기법의 적용성 확인을 위하여 윤세의 등(2007)이 평가하였던 수원천을 대상으로 평가를 실시하였다. 수원천의 평가구간은 광고저수지 하류에 위치한 잠시교로부터 세류대교까지 약 6.0km이다. 그림 1과 그림 2는 수원천의 평가결과를 나타낸 것이다. 하천환경평가기법을 적용한 결과 수원천의 총괄지수는 2.57~3.86으로 나타났고, 지동시장에서 매교 삼거리까지(No.18~24) 약 1.0 km구간의 복개구간은 4등급으로 대부분의 항목지수가 낮게 평가 되었으며 나머지 구간에 대해서는 2~3등급으로 평가되었다. 제방특성지수는 3.0~4.25로 39개 조사구간 중 5개의 구간 만 3등급이고 나머지 구간은 2등급이상으로 치수적 안정성 확보를 위한 요건은 갖추고 있는 것으로 평가 되었다. 하천특성 평가 결과 2.20~2.95로 나타났고, 복개구간은 5등급으로 평가되었다. 생태환경특성 평가지수는 1.91~4.02의 범위로 나타났다.

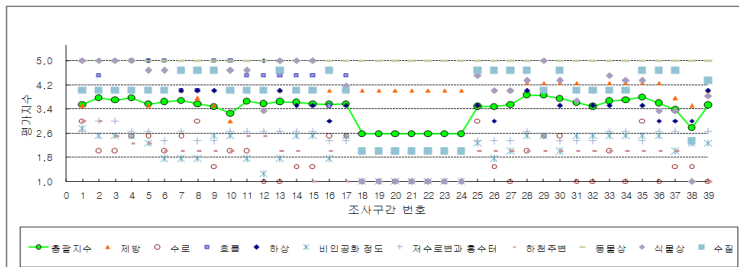


그림 1. 총괄지수 및 평가부문 지수 분포

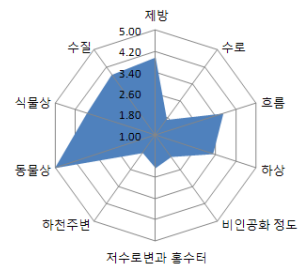


그림 2. 평가부문별 평균지수

4. 도시하천 평가기법과 하천환경평가기법의 결과 비교

그림 3~그림 6은 도시하천 평가기법과 하천환경 평가기법의 총괄지수와 특성지수를 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 두 평가기법에 의한 평가결과가 평가지수에는 최대 약 10%의 차이가 있었지만 전구간에 대하여 비교적 비슷한 경향을 보임을 알 수 있다.

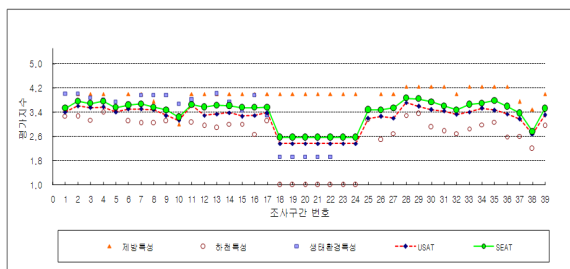


그림 3. 총괄지수

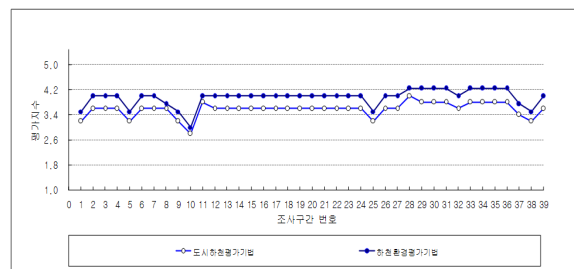


그림 4. 제방 특성지수

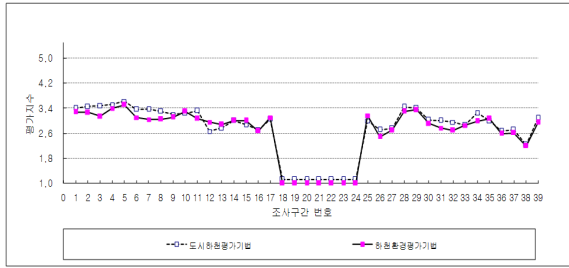


그림 5. 하천 특성지수

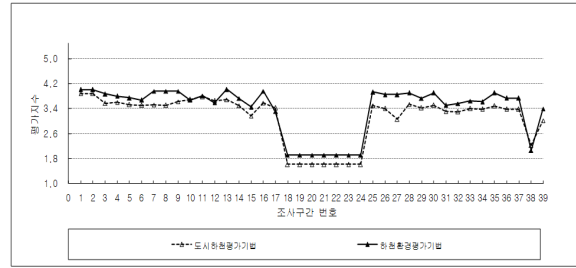


그림 6. 생태환경 특성지수

표 2와 표 3은 두 평가기법의 평가지수의 평균값과 등급을 나타낸 것이고, 그림 7과 그림 8은 이를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 총괄지수와 특성지수의 전 구간 평균값은 큰 차이를 보이지 않았고, 평가등급에도 변화가 없는 것으로 나타났다. 그러나 부문지수의 수로, 흐름, 하상, 하천주변, 동물상의 평균부문지수의 등급은 변동이 있었으나, 2개 등급의 이상의 변동은 보이지 않았다. 이는 하천환경평가기법에서 평가항목 수의 축소로 평가지수가 부문지수에 미치는 영향이 상대적으로 크기 때문이며, 이러한 등급의 변화 양상은 대상하천에 따라 다양하게 발생할 것으로 판단된다.

표 2. 총괄지수와 특성지수의 평균값과 등급비교

구분		총괄지수	제방 특성지수	하천 특성지수	생태환경 특성지수
도시하천 평가기법	평균지수	3.20	2.73	3.12	3.57
	등급	III	III	III	II
하천환경 평가기법	평균지수	3.40	2.63	3.39	3.95
	등급	III	III	III	II

표 3. 부문지수의 평균값과 등급비교

구분		제방	수로	흐름	하상	비인공화 정도	저수변과 홍수터	하천 주변	동물상	식물상	수질
도시하천 평가기법	평균 지수	3.57	2.50	3.17	3.64	2.08	2.31	1.77	3.82	3.50	3.65
	등급	II	IV	III	II	IV	IV	V	II	II	II
하천환경 평가기법	평균 지수	3.95	1.73	3.69	3.28	2.01	2.24	1.82	5.00	3.73	3.83
	등급	II	V	II	III	IV	IV	IV	I	II	II

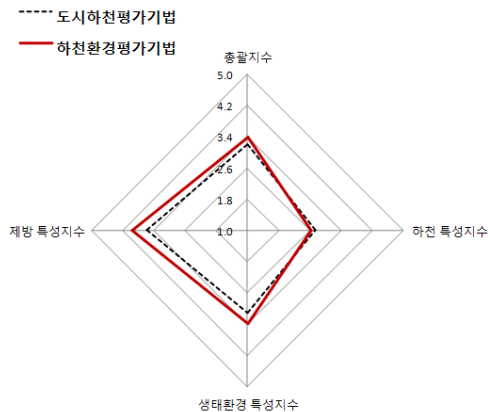


그림 7. 총괄지수와 특성지수의 평균값 비교

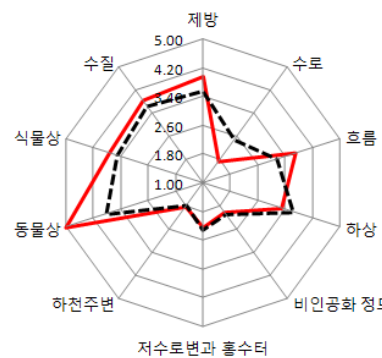


그림 8. 부문지수의 평균값 비교

5. 결론

본 연구에서는 도시하천 뿐만 아니라 하천평가 대상하천을 확대하여 적용할 수 있는 하천환경평가기법을 제시하고자 하였다. 이를 위해 도시하천평가기법의 53개 평가항목 중 설문조사 결과를 이용하여 중요도를 고려하고 중복성을 배제하여 27개의 평가항목을 선별하고 재구성한 하천환경평가기법을 수원천에 적용하였다. 수원천의 평가결과 총괄지수는 2.57~3.86범위로 나타났고, 제방 특성지수는 3.0~4.25, 하천 특성지수는 2.20~2.95, 생태환경 특성지수는 1.91~4.02의 범위로 각각 나타났다. 도시하천평가기법과 하천환경평가기법의 조사구간별 총괄지수와 특성지수는 큰 차이를 보이지 않았고, 전 구간에 대하여 비슷한 경향을 보였다. 그러나 평가항목 수가 축소됨에 따라 항목지수의 부문지수에 대한 영향이 상대적으로 커져 부문지수의 평균등급은 변동하였으나 2개 등급이상의 변동은 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 대상하천에 따라 매우 다양한 형태로 나타날 것으로 판단된다. 도시하천의 평가기법과 하천환경평가기법의 평가결과 비교를 통하여 적용가능성은 확인되었으나, 많은 대상하천을 선정, 평가를 실시하여 신뢰성을 높일 필요가 있다. 또한 하천의 연속성과 평가항목간의 연계성 등을 반영하는 부분에 대한 연구가 더 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연CO1-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구 성과입니다.

참고문헌

1. 김동찬, 박익수(1999) 생태환경복원을 위한 하천자연도 평가기준에 관한 연구, **한국정원학회지**, 한국전통조경학회, 제17권, 제3호, pp. 123-134.
2. 김석규(2006) **자연친화적 하천정비 사업의 평가방법에 관한 연구**, 박사학위 논문, 호남대학교.
3. 박봉진, 성영두, 강태호(2003) 우리나라 하천특성을 고려한 하천자연도 평가의 제안, **한국수자원학회지**, VOL.36, NO.6 pp.92-103.
4. 윤세의, 이준호(2003) 하천복원을 위한 하천평가기법의 적용성 연구, **한국방재학회논문집**, 한국방재학회, 제3권, 제4호, pp.131-143.
5. 윤세의, 이준호, 윤영노, 송주일(2007) 하천의 복원과 관리를 위한 도시하천평가방법 개발, **대한토목학회 학술발표회논문집**, pp.4108-4111.
6. 이상호(2000) 안양천의 자연형 하천 설치 구간 선정을 위한 하천평가 기법 적용에 관한 연구, **산업과학 연구**, 제 9호, pp.1-12.
7. 정경진(1996) **GIS를 활용한 하천 자연도 평가에 관한 연구**, 석사학위 논문, 경원대학교.
8. 조용현(1997) **생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발**, 박사학위 논문, 서울대학교.
9. 建設省 東北地方建設局(1994) 東北の自然豊かな川づくり - 近 自然化河道改修計劃検討マニュアル.
10. Boon, P. J. (1992) Essential Elements in the Case for River Conservation, *River Conservation Management*, John Wiley & Sons, pp. 11-34.
11. Collier, K. J., and McColl, R. H. S. (1992) Assessing the Natural Value of Newzealand Rivers, *River Conservation Management*, New York : John Wiley & Sons, pp.195-211
12. Fry, J. S., Frederick R., and Green, D. M. (1994) Riparian Evaluation and Site Assessment in Arizona, *Landscape and Urban Planning*, 28: pp.179-199.
13. Mark, P. T., Sophia, F., Amylia, F., and Peter, D. (2004) A Rapid Riparian Assessment Tool for Local Council Urban Creek Assessment, *Fourth Australian Stream Management Conference*, Australia, pp. 1-6.
14. Leopold, L. B. (1972) *Human Identity in the Urban Environment*, Harmondsworth, England, *Landscape Aesthetics*, Penguin Books, pp.89-105.
15. National River Authority (1992) *River Corridor Surveys*, Bristol: NRA.
16. Ratcliffe, D. A. (1977) *A Natural Conservation Review*, Vol. 1 and 2, Cambridge University.
17. Spellerberg, I. F. (1992) *Evaluation and Assessment for Conservation*, Champman & Hall.
18. USDA (1999) Stream Visual Assessment Protocol, *National water and climate center technical note 99-1*.