

하천자연도를 이용한 자연형하천 대안 선정기법

조 홍 제** / 윤 종 춘**

Research on the method used to select an adequate rehabilitation plan for Natural River based on the river's degree of naturalness

Cho Hong Je** / Yoon Jong Chun**

요약 : 도시하천은 하천특성이 다양하므로 각 하천별 자연형 하천정비계획을 위한 대안 수립 및 선정방법이 필요하다. 그런데 국내의 자연형 하천복원관련 지침이나 기준에서는 구체적인 방법을 제시하지 않고 있다. 일반적으로 하천복원의 궁극적인 목적은 자연성의 회복에 있으며, 최근에는 친수성 증진을 포함하는 추세이다. 본 연구에서는 자연형 하천정비계획 및 사업의 대안선정에 하천자연도를 사용하였다. 국내실정에 맞도록 개발된 AHP를 이용한 하천자연도법을 사용하고, 유럽의 도시하천복원지침(URBEM, Urban River Basin Enhancement Methods)을 참고하여 자연형 하천정비계획의 대안을 간편하게 비교·선정하는 방법을 제시하였다. 대상하천의 하천자연도 평가항목은 하천의 특성을 고려하여 선택한 후, 복수의 대안을 구성하고 대안별 하천자연도를 산정하여 비교함으로써, 각 대안별 자연성 회복효과 및 하천정비계획 성과를 측정하는 것이 용이하였다. 따라서 하천자연도 평가항목을 평가자가 대상하천의 특성에 맞게 선택하여 대안을 선정하면 자연형하천계획 수립에 효과적인 것으로 판단된다.

핵심용어 : 자연형 하천정비, 하천자연도, URBEM

Abstract : Due to the various characteristics of urban river, rehabilitation project for natural river requires distinct alternative approach and selection method for each different types of river. In this study, naturalness of a river was used to establish such alternative for the business and rehabilitation plan for natural river. To assess the naturalness of a river, through AHP, designed to fit the environmental conditions in Korea, was employed. Furthermore, a method that conveniently compares and selects an alternative for rehabilitation plan for natural river by referencing Urban River Basin Enhancement Methods (URBEM) was proposed. After selecting the evaluation items for assessing the naturalness of the river based on the characteristics of the river, multiple alternatives were constructed and the naturalness of river for each of those alternatives were estimated. Comparing the estimated values has made the measurement of the natural recovery effect and the product of river rehabilitation plan for each alternative efficient. In conclusion, selecting the items for evaluating the naturalness of a river with respect to its characteristics was found to be effective for establishing the rehabilitation plan for natural river.

Keywords : River Rehabilitation plan, River naturalness, URBEM

1. 서 론

자연형 하천복원 계획 및 설계 실무에서는 하

천설계기준(국토해양부, 2009), 조정설계기준(국토해양부, 2007), 하천복원 가이드라인(환경부, 2002), 자연친화적 하천관리지침(국토해양부,

+ Corresponding author : hjcho@mail.ulsan.ac.kr

* 울산대학교 공과대학 건설환경공학부 교수

** 울산대학교 대학원 토목공학과 박사수료, (주)삼안(낙동강 달성지구 하천개수공사 감리단) 차장

2002) 등이 사용되고 있다. 그런데 열거한 지침이나 기준은 하천복원에 대한 설계 기법은 비교적 자세히 제시하고 있으나, 하천복원 계획 수립 단계에서 필요한 대안 선정 기법은 제시하지 못하고 있다.

환경부(2007)에 의하면 자연형 하천정비사업은 기초조사 및 계획단계, 실행단계, 평가 및 사후관리단계로 구분한다. 그런데 실행단계 보다는 기초조사 및 계획단계와 평가 및 사후관리단계에서 보다 근본적인 취약점이 발견된다. 이는 불충분한 기초조사가 계획과정에서의 문제점과 평가 및 사후관리의 부실로 이어지고 있는 것으로 판단된다. 계획수립 단계에 있어서 가장 큰 문제점은 사업대상 선정기준이 명확하지 않아 정량적인 평가가 불가능하거나 선정기준이 아예 마련되어 있지 않다는 점이다. 한편, 조사결과에 기초한 목표 설정과 결핍요인 및 제약요인에 대한 분석이 미흡한 것도 문제다. 자연형 하천정비사업의 대부분은 수질개선, 생태계 복원, 홍수예방, 친수공간 조성 등 획일적인 목표를 병렬적으로 나열하고 있어, 해당 하천에서 가장 시급히 해결해야 할 과제가 무엇인지 파악하기 어렵다. 또한 바람직한 하천의 상태에 견주어 부족하다고 판단되는 결핍요인에 대한 분석이 이루어지지 않아, 사업계획의 수립이 문제해결 위주로 이루어지지 않고 있다.

따라서 하천상태를 정량적으로 평가할 필요가 있는데, 이 경우에는 하천자연도 평가가 유용하다(환경부, 2007; 김혜주, 2005). 조용현(1997)은 우리나라 하천의 대부분을 차지하는 중소하천에 대상으로 생태적 다양성을 고려한 하천자연도평가법을 개발하였으며, 박봉진 등(2005)은 조용현(1997)의 방법을 단순화하여 실무 적용성을 높였다. 환경부(2007)는 수생태계의 건강성 회복을 주요 목적으로 하는 하천복원 모델과 관련 기준을 제시하면서, 조용현(1997)과 박봉진 등(2005)의 연구결과를 개선한 하천자연도평가법을 제안하고 있으나 생태전문가 정도의 수준에서 적용

가능한 방법이다. 조홍제 등(2009)의 AHP를 이용한 하천자연도평가법 개선에서는 박봉진 등(2005)의 연구성과를 개선하여 평가요소별 가중치를 산정하였다.

한편, 유럽연합의 도시하천복원을 위한 지침인 Urban River Basin Enhancement Methods(EU, 2005)에서는 자연형 하천복원 사업에서 대안선정 방법을 제시하고 있다. 제시된 방법은 도시하천의 특성에 따라 하천복원가치를 결정한 후, 평가요소를 평가자가 선택하고, 복수의 대안을 구성한 후 평점하여 복원가치가 가장 우수한 대안을 선정하는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 URBEM(EU, 2005)에서 제시하는 대안선정 절차를 참조하고, 하천복원의 가치를 자연성 향상이라고 전제하여, 하천복원 사업의 대안 중에서 자연성 향상이 가장 우수한 대안을 선택하도록 하는 방법을 제시하였다. 제시된 대안선정법은 하천실무자가 실무에서 간편하게 사용할 수 있는 방법으로 개발하였으며, 하천자연도평가에는 국내 실정에 맞도록 개발된 AHP를 이용한 하천자연도평가법의 성과를 사용하였다.

2. 하천자연도평가법

AHP를 이용한 하천자연도평가법에서는, 박봉진 등(2005)이 제안한 하천자연도평가법의 14개 평가항목에 대해 표 1과 같은 가중치를 적용하였다. 표 1에서 박봉진 등(2005)의 하천자연도평가법 평가항목별 배점은 제2열에 해당하는 값이고 제3열의 가중치를 적용하는 경우에는 평가항목별 배점이 제4열과 같이 재산정된다. 박봉진 등(2005)이 제안한 평가항목별 평가기준을 적용하여 대상하천의 평가항목별 점수를 산정하고, 가중치를 적용한 점수로 환산한 후, 합산과 평균하면 하천자연도를 평가할 수 있다. 박봉진 등(2005)은 표 2와 같이 자연도평가등급에 대해 1~5범위의 지수를 이용하여 5등급으로 하천의 자연상태를 정량적으로 제시하였다.

표 1. 하천자연도 평가항목별

평가항목	배점	가중치	가중치 적용 배점
수로의 굴곡	5	0.077	5.39
종횡사주	5	0.064	4.48
흐름의 다양성	5	0.084	5.88
하상재료의 다양성	5	0.069	4.83
저수로폭 다양성	5	0.071	4.97
저수로 호안공	5	0.069	4.83
제방호안재료	5	0.065	4.55
저수로변 식생	5	0.080	5.60
홍수터 식생	5	0.072	5.04
제내지 수변구역 토지이용	5	0.065	4.55
제외지 홍수터토지이용	5	0.067	4.69
횡방향 인공구조물	5	0.066	4.62
수질(BOD)	5	0.085	5.95
수면폭대 하천폭비	5	0.065	4.55
합계	70	0.999	69.93

표 2. 하천자연도 평가척도

자연도 평가등급	지수 범위(I)	하천의 상태	의미
1등급	1.0≤I≤1.8	자연스러운	자연상태에 아주 가까운
2등급	1.8≤I≤2.6	비교적 자연스러운	비교적 자연상태에 가깝도록 유지되었지만 부분적으로 제한적인 요인이 있음
3등급	2.6≤I≤3.4	제한적으로 자연스러운	전체적으로 자연상태에 가깝다고 볼 수는 있지만, 제한적인 요인이 많음
4등급	3.4≤I≤4.2	자연스러움이 없는	훼손으로 자연상태가 상당히 희박함
5등급	4.2≤I≤5.0	자연스러움이 거의 없는	극심하게 훼손되어 자연상태가 거의 없는

3. 자연형 하천정비사업 대안선정 절차

EU(2005)에서는 그림 1과 같은 자연형 도시하천정비 사업의 의사결정 과정을 제시하고 있다. 그림 1은 하천복원 프로젝트의 목적과 평가항목

및 평가요소 등을 정의하고, 대안을 평가하여 선정한 후 실행하는 개괄적 구조를 설명하고 있다. 그림 2는 대안선정 절차를 구체적으로 설명하고 있다. EU(2005)에서는 정비대상 하천에 관련된 이해당사자로 토론집단을 구성한 후, 자연형 하천

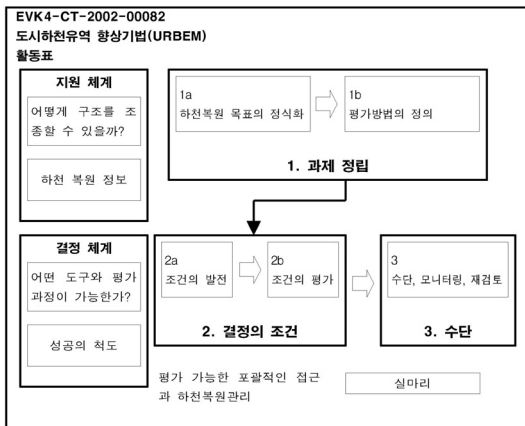


그림 1. 하천복원사업 의사결정 지원 도구 체계 (URBEM, 2005)

정비 사업의 목적결과와 평가항목을 선정 및 배점 그리고 대안별로 산정한 평점결과를 비교하여 최종적인 대안을 선정한다. 예를 들면, 첫 번째 단계에서는 대상하천의 역사, 문화, 생태환경, 예산 등을 파악한다. 두 번째 단계에서는 의사결정권자를 공무원, 시의원, 용역책임자, NGO 등으로 구성한다. 세 번째 단계는 의사결정권자들이 토론을 통해 심미적 향상, 어메니티 증진, 하천수질 향상 등 하천복원의 목적을 구성한다. 이 때 목적별 가중치를 부여한다. 네 번째 단계에서는 각 목적별 달성정도를 평가할 수 있는 평가항목을 결정한다. 예를 들면, 심미적 향상을 평가하기 위해서 만곡도나 자연적 외관과 같은 항목을 선정하거나 어메니티 증진을 평가하기 위해서는 친수시설의 개수나 접근로의 개수 등을 평가항목으로 선정할 수 있다. 평가항목 결정 과정에서 수질이 매우 좋으면 10점, 매우 나쁜면 1점과 같이 평가척도를 정의한다. 다섯 번째 단계에서는 시행 가능한 설계요소를 결정한다. 예를 들면, 친수공간 설치, 산책로 설치, 보 제거, 수로 굴복부 개선, 제방 호안재료 교체 등이다. 여섯 번째 단계에서는 설계요소를 조합하여 대안을 구성하고, 대안이 시행되는 경우 하천복원의 목적을 달성하는지 여부를 평가항목으로 측정하여 결정하게 된다.

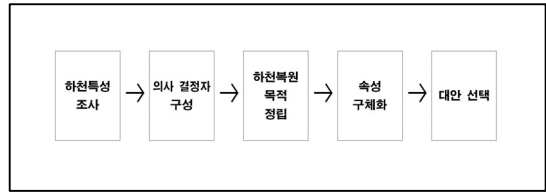


그림 2. 대안선정 과정 (URBEM, 2005)

EU(2005)에서는 도시하천 복원의 중요 요소를 하천과 도시 및 사람 등 세가지로 정의하고 이는 하천 복원의 목적을 생태환경 증진으로 제한하지 않고, 어메니티 향상이 적극적으로 포함되어야 함을 나타낸다. 한편 도시공간 속의 하천이라는 측면에서 도시 특성이 하천복원에 반영될 수 있도록 유역 내 이해관계자들이 의사결정과정에 적극 참여하고, 각자의 이해를 반영하여 하천복원의 목적과 방법을 유연하게 결정하도록 하고 있다.

본 연구에서는 자연형 하천정비사업의 목적을 하천자연도 향상으로 제한하고, 평가항목은 조홍제 등(2009)이 개발한 AHP를 이용한 하천자연도 평가법의 결과를 적용하였다. 이 때 평가항목은 표 1의 14개 하천자연도 평가항목 중에서 대상하천의 현황과 특성에 따라 선택하였으며, 본 연구에서 적용한 자연형 하천정비기본계획의 대안선정 절차는 그림 3과 같다. 대안선정의 과정은 총 7단계로 구성된다. 제1단계에서의 하천현황조사 자료를 바탕으로 제2단계에서는 대안을 시행하기 전 하천자연도를 평가한다. 제3단계에서 대상하천의 제한 조건을 조사하여 정의한다. 대안구성을 제한하는 조건에는 이수, 치수, 경제적 문제 등이 있을 수 있다. 제4단계에서는 대안을 구성하고, 제5단계에서 하천자연도 평가항목을 선정한 후, 제6단계에서 대안 시행에 따른 하천자연도 변화를 측정한다. 이 때 평가항목은 표 1의 14개 항목을 모두 적용하지 않고, 제한조건에 따라 선택하여 적용하도록 한다. 최종적으로 제7단계에서 각 대안별 하천자연도 평가결과를 비교하여 하천자연도 향상이 가장 높은 것을 사업시행내용으로 결정하게 된다.

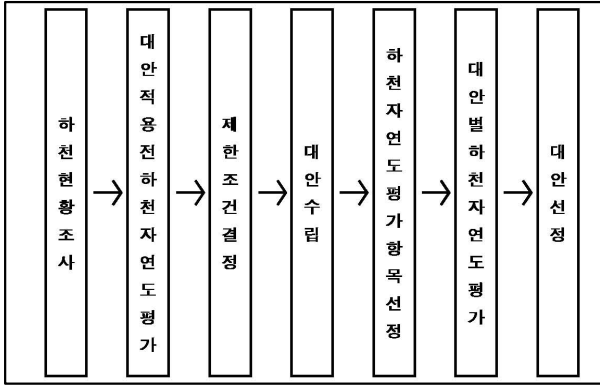


그림 3. 자연형 하천정비계획 대안선정 과정

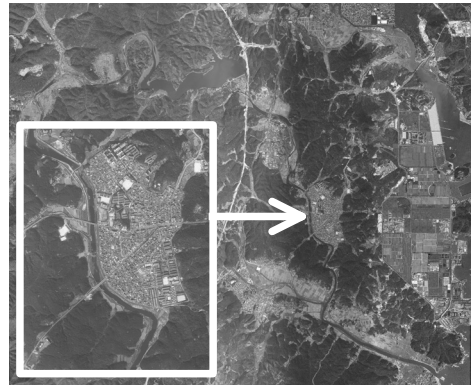


그림 4. 회야강

4. 적 용

회야강은 울산광역시 울주군과 경상남도 양산시에 위치한 지방하천으로 유역면적 218.34km², 유로연장 40.80km, 유역평균폭 5.28km이다. 회야

표 3. 하천자연도평가 평가결과

평가항목	구간	하천자연도	
		가중치 적용전	가중치 적용후
1	4	4	4.31
2	1	1	0.90
3	4	4	4.70
4	3	3	2.90
5	3	3	2.98
6	4	4	3.86
7	5	5	4.55
8	1	1	1.12
9	3	3	3.02
10	4	4	3.64
11	3	3	2.81
12	4	4	3.70
13	4	4	4.76
14	1	1	0.91
합계	44	44	44.17
평균	3.1	3.1	3.16
등급	3	3	3

강은 경상남도 양산시 웅상읍 주진리의 천성산에서 발원하여, 울산광역시 울주군 온산읍 강양리의 동해로 유입하는 낙동강 수계 지방하천이다. 유역은 대체로 동서로 뻗은 장방형 형상을 이루면서, 하상경사는 하류부가 1/2,500으로 상당히 완만하고, 중류부는 1/800, 상류부는 1/300 정도이다. 유역 내의 토지이용은 농경지 15.7%, 산지 66.4%이다. 울산광역시 울주군(2008)은 회야강(그림 4. 참조)에 대해 마스터플랜을 수립하면서, 하천자연도를 평가하였고, 그 결과는 표 3과 같다. 즉 AHP를 이용한 하천자연도 평가법에서 제시되었던 표 2의 하천자연도 평가척도에 따르면, 자연도평가등급이 3등급이므로 하천의 상태가 “제한적으로 자연스러운” 것으로 평가되어 약간의 정비 사업으로도 자연형 하천으로의 복원이 가능한 것으로 판단된다.

한편, 울산광역시 울주군(2008)은 그림 5와 같은 회야강 도시하천구간을 자연형 하천으로 복원한다는 목표를 설정하고, 그림 6과 같은 사업 계획을 수립하였다. 계획 수립 최초에는 생태적 복원을 강조하였으나, 인근 주민의 의견을 수렴하여 어메니티 증진을 병행하였다.

울주군(2008)은 사업계획을 수립하면서 군청 하천담당자, 하천설계 용역수행자, 지역주민 의견에 따라 표 4와 같은 사업세부안을 조합하여, 표 5와 같은 3개 사업추진대안을 제시한 바 있다. 이에 대해 본 연구에서 제안한 하천자연도를 이용한 자연형 하천정비계획의 대안을 간편하게 비교·선정



그림 5. 회야강 도시하천 구간

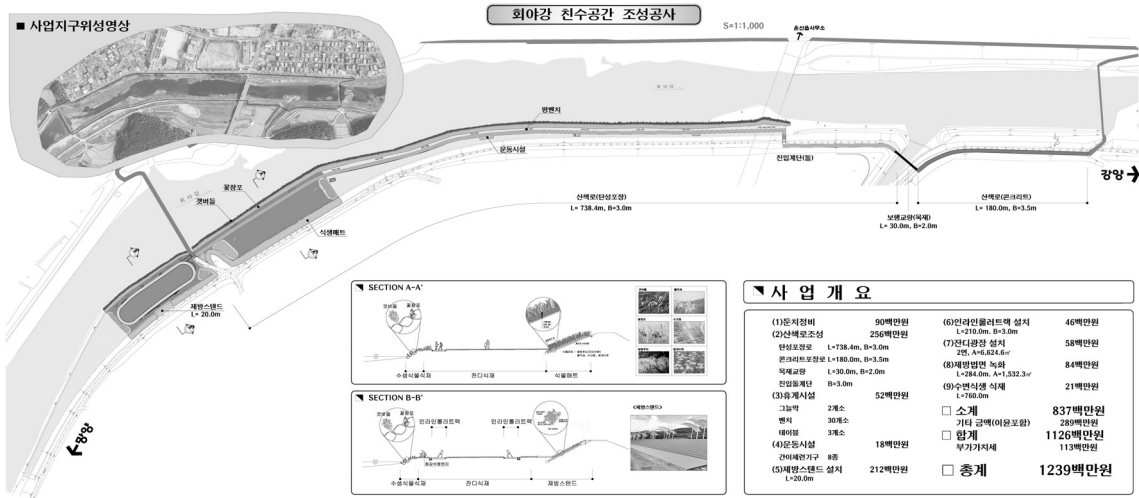


그림 6. 회야강 친수공간 조성 계획

표 4. 회야강 친수공간 조성 사업안

구분	내용
사업안 1	하상 오토로 준설로 수질 개선
사업안 2	홍수터 경작지 제거
사업안 3	홍수터 운동장 등 친수공간 조성
사업안 4	자연형 저수호안 조성
사업안 5	자연형 제방호안 조성
사업안 6	보 제거
사업안 7	홍수터 산책로 조성, 지류 횡단 인도교 설치

표 5. 회야강 친수공간 조성 대안구성

구분	구성
대안1	사업안 1+사업안 2+사업안 4+사업안 6
대안2	사업안2+사업안3+사업안5+사업안7
대안3	모든 사업안 시행

하는 방법을 적용하였다.

표 5에 제시된 3개의 대안에 대해 조홍제 등 (2009)이 개발한 AHP를 이용한 하천자연도평가법을 적용하여 산정된 하천자연도 평가결과는 표 7~9와 같다. 표 4에 제시된 7개 사업안 모두를 시행하는 경우, 각 사업안이 하천자연도에 미치는 영향을 분석하면 표 6과 같다. 사업안1을 시행하면 수질이 향상되어 13번 수질항목의 평점이 4.76에서 2.38이 되고, 사업안2를 시행하면 11번 제외지 홍수터 토지이용 항목의 평점이 2.81에서

0.94가 된다. 사업안3을 시행하면 11번 항목은 2.81에서 3.75로 악화된다. 사업안4를 시행하면 6번 저수로 호안공 항목에서 평점이 3.86에서 1.93으로 향상된다. 사업안5의 경우에는 7번 제방호안 재료 항목의 평점이 4.55에서 1.82로 향상되고, 사업안6의 경우에는 12번 횡방향 인공 구조물 항목이 3.70에서 0.92로 향상되고, 사업안7을 시행하는 경우는 11번 항목에 해당하나 평점변화는 없다. 각 대안별 적절성에 대한 평가는 해당 사업안에 대한 평가항목별 평점을 합산하여 판단한다.

표 6. 사업안 시행에 따른 자연도 변화

사업안	하천자연도		
	평가항목	시행전	시행후
하상 오니토 준설로 수질 개선	수질	4.76	2.38
홍수터 경작지 제거	제외지 홍수터 토지이용	2.81	0.94
홍수터 운동장 등 친수공간 조성	제외지 홍수터 토지이용	2.81	3.75
자연형 저수호안 조성	저수로 호안공	3.86	1.93
자연형 제방호안 조성	제방호안재료	4.55	1.82
보 제거	횡방향 인공구조물	3.70	0.92
홍수터 산책로 조성, 지류 횡단 인도교 설치	제외지 홍수터 토지이용	2.81	2.81

표 7. 대안별 하천자연도평가 평가결과(1)

평가항목	구간	하천자연도			
		대안 시행전	대안1	대안2	대안3
1		4.31	4.31	4.31	4.31
2		0.90	0.90	0.90	0.90
3		4.70	4.70	4.70	4.70
4		2.90	2.90	2.90	2.90
5		2.98	2.98	2.98	2.98
6		3.86	1.93	3.86	1.93
7		4.55	4.55	1.82	1.82
8		1.12	1.12	1.12	1.12
9		3.02	3.02	3.02	3.02
10		3.64	3.64	3.64	3.64
11		2.81	0.94	3.75	3.75
12		3.70	0.92	3.70	0.92
13		4.76	2.38	4.76	2.38
14		0.91	0.91	0.91	0.91
합계		44.17	35.20	42.37	35.28
평균		3.16	2.51	3.03	2.52
등급		3	2	3	2

표 8. 대안별 하천자연도평가 평가결과(II)

평가항목	구간	하천자연도			
		대안 시행전	대안1	대안2	대안3
2		0.90	0.90	0.90	0.90
3		4.70	4.70	4.70	4.70
4		2.90	2.90	2.90	2.90
6		3.86	1.93	3.86	1.93
7		4.55	4.55	1.82	1.82
8		1.12	1.12	1.12	1.12
9		3.02	3.02	3.02	3.02
11		2.81	0.94	3.75	3.75
12		3.70	0.92	3.69	0.92
13		4.76	2.38	4.76	2.38
14		0.91	0.91	0.91	0.91
합계		33.22	24.27	31.43	24.35
평균		3.02	2.21	2.86	2.21
등급		3	2	3	2

표 9. 대안별 하천자연도평가 평가결과(III)

평가항목	구간	하천자연도			
		대안 시행전	대안1	대안2	대안3
2		0.89	0.89	0.89	0.89
3		4.67	4.67	4.67	4.67
4		2.88	2.88	2.88	2.88
6		3.84	1.92	3.84	1.92
7		4.52	4.52	1.81	1.81
8		1.11	1.11	1.11	1.11
9		3.00	3.00	3.00	3.00
12		3.67	0.92	3.67	0.92
13		4.73	2.36	4.73	2.36
14		0.90	0.90	0.90	0.90
합계		30.22	23.18	27.51	20.47
평균		3.02	2.32	2.75	2.05
등급		3	2	3	2

표 7에 따르면 각 대안을 시행한 후 하천자연도의 평점변화가 대안1은 0.65, 대안2는 0.13, 대안3은 0.64로서 모든 대안의 하천자연도가 향상되는 것으로 나타났으며, 그 중 대안1의 효과가 가장 우수하다. 하천자연도 등급은 시행전 3등급에서 대안1이 2등급, 대안2는 3등급, 대안3은 2등급이 된다.

그런데 대상하천은 도시하천의 특성상 치수적인 문제로 수로의 굴곡, 저수로 폭 다양성, 제내지 수변구역 토지이용 등 3개 항목은 변화시킬 수 없는 조건이다. 따라서 3개 항목을 평가에서 제외하고 하천자연도를 평가하면, 그 결과는 표 9와 같다. 이 경우에는 평가항목이 14개에서 11개로 조정됨에 따라, 평가항목별 가중치의 합이 1이 되도록 가중치를 비율별로 다시 조정하였다. 표 8은 평가항목을 11개로 조정한 다음 각 대안별 시행 결과이며, 하천자연도 평점 변화는 대안1은 0.81, 대안2는 0.16, 대안3은 0.81로 나타났다. 하천자연도 등급은 시행전 3등급에서 대안1은 2등급, 대안2는 3등급, 대안3은 2등급이 된다.

한편, 자연형 하천정비는 생태적 복원과 어메니티 복원을 병행하는 것이 현실적이나(우효섭; 2009, EU; 2005), 제외지 홍수터 토지이용 항목은 친수시설을 설치하는 경우 자연도를 악화시키게 된다. 따라서 이를 평가에서 제외하고, 하천자연도를 다시 평가한 결과는 표 9와 같다. 이 경우에는 하천자연도 평점변화가 대안1은 0.7, 대안2는 0.27, 대안3은 0.97로 나타났다. 결론적으로 실제하천의 현황과 특성 및 자연형 하천정비계획의 목적 등을 고려할 경우, 대안3을 시행 대안으로 결정할 수 있다. 즉, 평가항목을 선택적으로 적용하는 경우, 어메니티 증진을 포함하는 자연형 하천정비계획의 대안선정 및 결정에 유용하였다.

5. 결 론

자연형 하천정비사업 대안선정에 하천자연도를 사용하였다. 국내 실정에 맞도록 개발된 AHP를

이용한 하천자연도평가법을 사용하였고, URBEM을 참조하여 자연형 하천정비계획의 대안을 간편하게 비교·선정하는 방법을 제시하였다.

1. 실제하천에 대해 AHP를 이용한 하천자연도 평가법을 적용하고, 이를 이용한 자연형하천정비계획에 필요한 대안선정 방법의 타당성을 확인하였다.
2. 회야강 도시하천구간의 자연형 하천정비계획을 수립하는 과정에서 대안을 정량적으로 비교할 수 없어 대안선택에 곤란을 겪었으나, 제안된 방법을 적용하여 치수적 문제와 친수기능 향상이라는 제한조건을 수용하는 대안을 선택할 수 있었다.
3. 자연형 하천정비계획에서 요구되는 사업안에 대해 다수의 대안을 수립하고, 각 대안별 하천자연도를 평가하여 대안별 자연성 회복 정도 및 효과를 비교하면 최적의 자연형 하천정비계획안을 결정할 수 있다.
4. 각 대안별 하천자연도를 평가할 때, 평가대상 하천의 현황과 특성 및 자연형하천정비계획의 목적에 맞게 평가항목을 선택적으로 적용하는 것이 보다 효과적이다.

참 고 문 헌

- 국토해양부, 자연친화적 하천관리지침, 2002.
- 국토해양부, 조경설계기준, 2007.
- 국토해양부, 하천설계기준, 2009.
- 김혜주, 자연형 하천계획·설계, 태림문화사, pp. 29-42, 2005.
- 박봉진, 신종이, 정관수, 하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가: I 평가방법의 제안, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제38권, 제1호, pp. 44-46, 2005.
- 우효섭, The Advanced Course; Urban River Rehabilitation, 한국수자원학회, pp. 15-18, 2009.
- 울산광역시 울주군, 회야강 마스터플랜, pp.

95-101, 2008.
울산광역시 울주군, 회야강 친수공간 조성공사 실시설계, 2008.
조용현, 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가 방법 개발. 박사학위논문, 서울대학교, pp. 53-85, 1997.
조홍제, 윤종춘, AHP를 하천자연도평가법개선, 한국습지학회지 투고중, 2009.
환경부, 수생태 건강성 회복을 위한 하천복원 모델과 기준, 조사계획 수립 연구 최종보고서(I) 모델 및 계획, pp. 54-59, 2007.
환경부, 수생태 건강성 회복을 위한 하천복원 모델과 기준, 조사계획 수립 연구 최종보고서(III)

수생태 건강성 조사계획 수립 및 지침, pp. 306-321, 2007.
환경부 G-7 국내여건에 맞는 자연형 하천공법 개발 연구팀, 하천복원 가이드라인, pp. 136-138, 2002.
European Commission, Urban river basin enhancement methods work packages 5 & 9, pp. 5-6, 67-72, 2005.

- 논문접수일 : 09년 10월 13일
- 심사의뢰일 : 09년 10월 14일
- 심사완료일 : 09년 12월 02일