

# 다기준 의사결정을 활용한 자연형 하천 대안 선정

조 홍 제\*+ / 황 재 호\*\* / 윤 중 춘\*\*\*

## Decision of River Rehabilitation Plan using Multi-criteria Decision Making

Cho Hong Je\*+ / Hwang Jae Ho\*\* / Yoon Jong Chun\*\*\*

**요약** : 하천의 다양성을 반영할 수 있는 하천복원 계획수립 및 선정방법이 필요하다. 한편, 하천복원의 궁극적인 목적은 하천 본래의 자연성 회복에 있으며, 최근에는 친수적 증진을 포함하는 추세이다. 본 연구에서는 자연형 하천복원 대안선정에 하천자연도를 적용하였다. 또한 하천자연도는 국내실정에 맞도록 다기준 의사결정을 활용하여 개발된 하천자연도평가법을 사용하여 산정하였다. 대상하천의 하천자연도 평가항목은 하천의 특성을 고려하여 선택한 후, 복수의 대안을 구성하고 대안별 하천자연도를 산정하여 비교하면, 각 대안별 자연성 회복효과 및 성과를 측정하는 것이 용이하였다.

**핵심용어** : 하천자연도, 다기준 의사결정, 하천복원, 회야강, 척과천, 함평천, 안양천, 차탄천, 아미천, 옥곡천

**Abstract** : River restoration plan and selection method are needed to reflect the diversity of river. Meanwhile, the ultimate purpose of river restoration is natural recovery of the river. Recently, hydrophilic enhancement is a tendency to include. In this study, naturalness of a river was used to establish alternative for the natural river recovery. Also, naturalness of a river calculated by using the evaluation of river naturalness that was developed using multi-criteria decision making to fit the environmental conditions in Korea. After selection 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 for each alternative efficient.

**Keywords** : River naturalness, Multi-criteria decision making, River restoration, Hoe-ya River

### 1. 서 론

우리나라는 열악한 하천환경 개선과 그동안 시행된 하천정비사업의 문제점을 극복하기 위해서 다양한 자연형 하천복원 사업을 시행하고 있다. 본 연구에서는 하천복원 사업 계획단계에 적용할 수 있는 대안 선정 방법을 개발하였다. 하천복원 사업의 최종 목표는 자연성의 회복이므로 하천자연도평가법을 이용하여 대안 시행에 따른 하천자연도를 측정하여 대안을 선정하는 방법으로 우리나라 중소하천의 실정에 맞고, 하천실무자가 간편

하게 적용할 수 있는 방법이다.

환경부(2007)에 의하면 자연형 하천복원 사업은 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

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

\* 정회원 · 울산대학교 공과대학 건설환경공학부 교수

\*\* 비회원 · ES다산 대표, 울산대학교 공과대학 건설환경공학부 겸임교수

\*\*\* 정회원 · (주)삼안(낙동강 달성지구 하천개수공사 감리단) 차장, 공학박사

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). 국내외의 다양한 하천자연도평가법을 비교 검토한 후 우리나라 중소하천 실정에 적합하도록 개발된 방법을 개선하여 평가항목별 가중치를 산정하였다. 박봉진 등(2005)은 환경적인 측면에서 우리나라 하천의 자연성을 평가하여 하천의 생물서식처를 복원할 수 있는 하천자연도평가법을 제안하였다. 박봉진 등의 하천자연도평가법은 하천자연도평가지침(한국수자원공사, 2003)으로 활용되고 있는데, 평가항목은 하천형태에 관련한 7개 항목, 하천환경에 관련한 7개 항목 등 총 14개 항목으로 구성되었다. 그런데, 평가항목별 동일하게 적용된 배점을 실제 하천상황에 맞게 재조정할 필요가 있으며, 중요도가 높은 평가항목으로 평가항목을 조정하는 것이 하천의 자연환경을 보다 종합적인 관점에서 평가할 수 있다. 이와 같이 다양한 평가항목으로 구성된 의사결정에서는 다기준 의사결정(MCDM: Multi-criteria Decision Making) 분석이 필수적이다. 계층분석과정(AHP: Analytic Hierarchy Process)은 대표적인 다기준 의사결정방법으로 박태선(2002)은 하천이 관류하는 사회적 여건을 고려한 하천별 중요도를 평가하기 위하여 계층분석과정을 적용하였으며, 이재문 등(2007)은 하천 계획시 계획하폭을 결정하는 과정에서 발생하는 주관적, 경험적 요소를 해결하기 위해서 계층분석과정을 적용하고, 이상일 등(2008)은 한강에서 강변여과수 개발 적지 분석을 위한 속성별 중요도를 파악하여 최적 대안을 선정하는 방법으로 계층분

석과정을 채택하였다. 본 연구에서는 박봉진 등의 하천자연도평가방법에 평가항목별 가중치를 부여하는 방법으로 계층분석과정을 적용하였다. 평가항목별 상대적 중요성을 측정하기 위해서 83명의 전문가 집단에 설문조사를 시행하고, 회야강, 척과천, 함평천, 안양천, 차탄천, 아미천, 옥곡천 등 특성이 상이한 7개 하천에 적용하여 평가항목별 가중치 부여 전·후의 하천자연도를 비교하였다.

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 대안 시행에 따른 하천자연도를 평가한 후 자연도 향상이 가장 높은 대안을 선택하도록 한다. 이 때 하천자연도 평가항목은 대상 하천의 제한적 여건에 따라 선택적으로 적용하도록 하였다. 특히 최근 하천복원이 생태적 증진에서 어메니티 증진을 포함하는 경향을 반영할 수 있도록 하였다. 대안 선정 절차는 하천현황조사, 대안 적용전 하천자연도평가, 제한조건 결정, 대안수립, 하천자연도평가항목 선정, 대안별 하천자연도평가, 대안선정으로 구성하였다. 최근 시행된 회야강 친수공간 조성공사에 적용하여 실용성을 평가하였다. 7개 사업안이 조합된 3개 대안에 대한 시행 전·후의 하천자연도 변화를 측정하였고 평가항목을 선택적으로 적용하는 경우 하천자연도 향상을 적절히 나타내어 대안 선정에 용이한 것으로 판단되었다. 본 연구의 결과는 비교적 간편하게 실무자가 업무에 적용할 수 있다. 또한 우리나라 중소하천을 대상으로 하였으므로 적용이 용이할 것으로 판단된다.

## 2. 수정 하천자연도평가법 개발

### 2.1 하천자연도평가법

박봉진 등은 하천의 환경기능 중에서 가장 기본적인 것이 생물서식처 기능이며 진정한 의미의 하천복원은 서식처의 복원에 있는 것으로 정의하였다. 박봉진 등이 제안한 하천자연도평가에서는 평가부문은 하천의 형태, 하천의 환경으로 2개 부문으로 단순화하고, 각 부문의 평가항목은 평가부문간의 균형을 고려하여 7개의 평가항목으로 총 14개의 평가항목(수로의 굴곡, 중·횡사주, 흐름의 다양성, 하상재료의 다양성, 저수로 폭의 다양성, 저수로 호안공, 제방호안재료, 저수로변 식생, 홍수터 식생, 제내지 수변구역 토지이용, 제외지 홍수터 토지이용, 횡방향 인공구조물, 수질, 수면폭대 하천폭 비)을 선정하였다.

### 2.2 하천자연도 평가항목별 가중치 산정

AHP는 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며, 복합적인 경우 상호 배반적인 대안들의 체

계적인 평가를 지원하는 의사결정지원기법의 하나로 정성적 요소를 포함하는 다기준 의사결정에 사용된다. 이 기법의 큰 특징은 복잡한 문제를 계층화하여 주요 요인과 세부요인들로 나누고, 이러한 요인들에 대한 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 중요도를 도출하는 데 있다. 또한 의사결정의 전과정을 단계별로 분석·해결함으로써 의사결정의 객관성을 높이고, 쌍대비교를 통해 도출된 가중치의 일관성을 검증하여 의사결정의 강건성을 제고할 수 있다. 한편 본 연구에서는 AIJ (Aggregate Individual Judgements)방식으로 개인별 가중치 산정결과를 집단 가중치로 종합하였다. AHP를 적용하기 위해서 박봉진 등의 하천자연도평가법의 평가부문을 제1수준으로 평가항목을 제2수준으로 계층구조를 형성하였다.

평가항목별 가중치 산정을 위하여 83명의 전문가집단을 구성하여 설문조사를 실시하였다. 응답자는 대학에서 토목공학 또는 환경공학을 전공하였고 전체 인원의 53%는 하천관련 설계나 용역을 수행하고 있다. 평가항목에 대한 쌍대비교결과는 표 1과 같다. 전체 응답자를 대상으로 산정한

표 1. 평가항목별 가중치 산정결과 비교

평가항목	전공	전체		설계 및 용역	
		가중치	분산	가중치	분산
1	수로의 굴곡	0.077	0.000677	0.077	0.000631
2	중·횡사주	0.064	0.000370	0.068	0.000539
3	흐름의 다양성	0.084	0.000611	0.091	0.000311
4	하상재료의 다양성	0.069	0.000345	0.074	0.000285
5	저수로폭 다양성	0.071	0.000354	0.076	0.000249
6	저수로 호안공	0.069	0.000292	0.069	0.000381
7	제방호안재료	0.065	0.000255	0.064	0.000510
8	저수로변 식생	0.080	0.000391	0.081	0.000758
9	홍수터 식생	0.072	0.000380	0.073	0.000479
10	제내지 수변구역 토지이용	0.065	0.000371	0.061	0.000295
11	제외지 홍수터토지이용	0.067	0.000295	0.065	0.000262
12	횡방향 인공구조물	0.066	0.000346	0.064	0.000340
13	수질(BOD)	0.085	0.001053	0.077	0.001045
14	수면폭대 하천폭비	0.065	0.000349	0.061	0.000605

평가항목별 가중치와 하천설계 및 용역 직업군의 가중치 산정 결과를 비교하면, 근소하게 차이가 있으나 유사한 경향을 나타내고 있다. 전체 응답자를 대상으로 하는 경우에는 수질 항목의 가중치가 0.085로서 가장 높고 중·횡사주 항목의 가중치가 0.064로서 가장 낮다. 설계 및 용역 직업군을 대상으로 하는 경우에는 흐름의 다양성 항목의 가중치가 0.091로서 가장 높고, 수면폭 대 하천폭비 항목의 가중치가 0.061로 가장 낮다. 특징적인 것은 전체 응답자를 대상으로 하는 경우 수질 항목이 1위였으나, 설계 및 용역 직업군에서는 4위로 하락한다. 또한 분산은 전체 응답자를 대상으로 하는 경우 평가항목 중 제방호안재료 항목이 가중치 대비 0.392%로 가장 작았고, 수질 항목이 1.239%로 가장 크다. 하천설계 및 용역 직업군의

경우에는 저수로 폭 다양성 항목이 0.328%로 가장 작고, 수질 항목이 1.357%로 가장 크다.

### 2.3 수정 하천자연도평가법 적용

그림 1과 같이 회야강, 척과천, 함평천, 안양천, 차탄천, 이미천, 옥곡천 등 특성이 상이한 7개 하천에 수정 하천자연도평가법을 적용하여 평가항목별 가중치 부여 전·후의 하천자연도를 비교하였다. 표 2와 같이 7개 하천의 하천자연도를 기존방법과 수정방법으로 평가하였다. 하천자연도는 2등급에서 4등급까지 분포하여 비교적 자연성이 높은 하천부터 훼손으로 자연스러움이 없는 하천까지 평가 대상이 되었다.

도시하천으로 자연성이 많이 훼손된 안양천의



그림 1. 수정 하천자연도평가법 적용 하천

표 2. 하천자연도평가법 적용

구분 \ 하천명	회야강	척과천	함평천	안양천	차탄천	이미천	옥곡천	
위치	울산	울산	전라남도	경기도	경기도	경기도	경상북도	
규모	지방하천	지방하천	지방하천	지방하천	지방하천	지방하천	지방하천	
분류	농촌하천 도시하천	농촌하천 도시하천	농촌하천 도시하천	도시하천	산지하천 농촌하천	산지하천 농촌하천	산지하천 농촌하천	
하천자연도	기존	2.96	3.17	3.39	4.00	2.50	2.46	2.82
	수정	2.99	3.19	3.41	4.05	2.51	2.44	2.84
자연도등급	기존	3등급	3등급	3등급	4등급	2등급	2등급	3등급
	수정	3등급	3등급	4등급	4등급	2등급	2등급	3등급

하천자연도가 수정방법을 적용하는 경우 (+)0.05로 증가하고, 비교적 자연성이 낮게 평가된 함평천의 경우에도 (+)0.04로 증가하고 있다. 여기서, 하천자연도 지수가 높은 경우 자연성이 많이 훼손된 것을 의미한다. 반면에 자연성이 양호한 아미천의 경우에는 오히려 하천자연도가 (-)0.02 감소하였고, 차탄천의 경우에도 (+)0.01 변화하였다. 따라서 수정방법은 하천자연도를 매우 적극적으로 평가하는 것으로 판단된다.

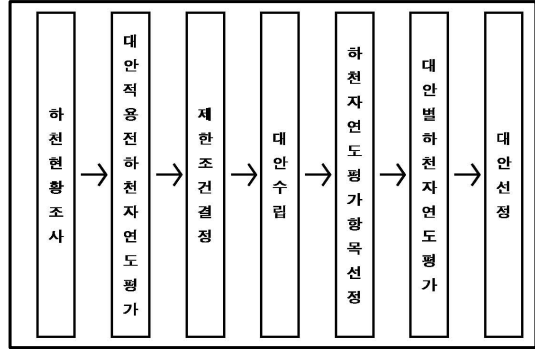


그림 2. 하천복원 대안 선정 과정

### 3. 자연형 하천 대안 선정

#### 3.1 대안 선정 과정

본 연구에서는 하천복원의 목적을 하천자연도 향상으로 판단하였다. URBEM을 참조하여 그림 2와 같은 하천복원 대안선정 과정을 제시하였다. 대안 수립 후 하천자연도를 평가하는 과정에서 평가항목은 수정 하천자연도평가법의 14개 하천자연도 평가항목 중에서 대상하천의 현황과 특성에 따라 선택하도록 하였다. 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 변화

를 측정한다. 이 때 평가항목은 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.

#### 3.2 적용

울산광역시 울주군(2008)은 그림 3과 같은 회야강 도시하천구간을 자연형 하천으로 복원한다는 목표를 설정하고, 사업 계획을 수립하였다. 계획 수립 최초에는 생태적 복원을 강조하였으나, 인근 주민의 의견을 수렴하여 어메니티 증진을 병행하였다. 표 3과 같은 사업안으로 구성된 3개의 대안이 수립되었고 본 연구에서 제시된 대안 선정 방법에 따라 표 3과 같이 대안별 하천자연도 변화를 측정한 후 표 4와 같이 대안 3이 하천자연도 평점변화가 (-)0.97이므로 가장 좋은 우수 대안으로 선정되어 실제 시행될 수 있었다.

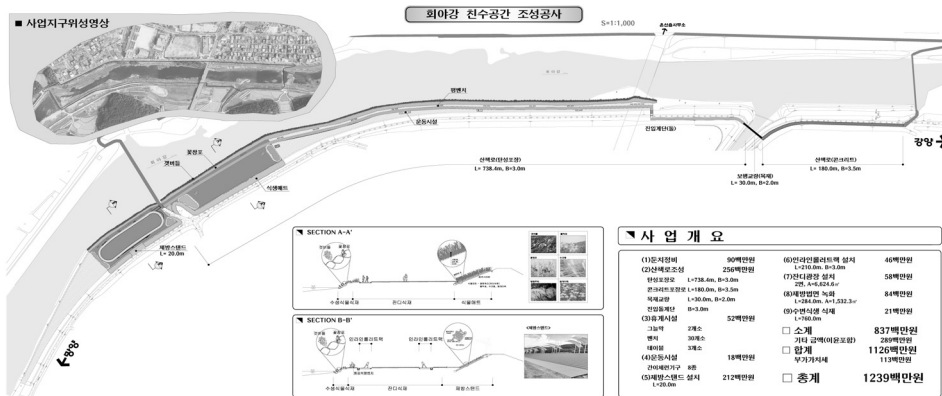


그림 3. 회야강 하천 복원 사업

표 3. 회야강 하천 복원 대안구성

구분	구성
대안1	하상 오토 준설로 수질 개선, 홍수터 경작지 제거, 자연형 저수호안 조성, 보 제거
대안2	홍수터 경작지 제거, 홍수터 운동장 등 친수공간 조성, 자연형 제방호안 조성, 홍수터 산책로 조성, 지류 횡단 인도교 설치
대안3	모든 사업안 시행

표 4. 대안별 하천자연도평가 평가결과

평가	구분	하천자연도			
		대안 시행전	대안1	대안2	대안3
합계		30.22	23.18	27.51	20.47
평균		3.02	2.32	2.75	2.05
등급		3	2	3	2

#### 4. 결 론

자연형 하천정비사업 대안선정에 하천자연도를 사용하였다. 국내 실정에 맞도록 수정된 하천자연도평가법을 사용하였고, URBEM을 참조하여 자연형 하천정비계획의 대안을 간편하게 비교·선정하는 방법을 제시하였다.

1. 실제하천에 대해 다기준 의사결정방법에 의해 수정된 하천자연도 평가법을 적용하고, 이를 특성이 상이한 7개 하천에 적용하여 타당성을 확인하였다.
2. 수정 하천자연도평가법을 적용하는 경우에는 자연성이 많이 훼손된 안양천, 비교적 자연성이 낮게 평가된 함평천의 경우 하천자연도가 상승하고, 반면에 자연성이 양호한 아미천, 차탄천의 경우에는 감소하였다.
3. 회야강 도시하천구간의 자연형 하천 복원계획을 수립하는 과정에서 대안을 정량적으로 비교할 수 없어 대안선택에 곤란을 겪었으

나, 제안된 방법을 적용하여 치수적 문제와 친수기능 향상이라는 제한조건을 수용하는 대안을 선택할 수 있었다.

4. 자연형 하천 복원계획에서 요구되는 사업안에 대해 다수의 대안을 수립하고, 각 대안별 하천자연도를 평가하여 대안별 자연성 회복 정도 및 효과를 비교하면 최적의 자연형 하천 복원계획을 결정할 수 있다.
5. 각 대안별 하천자연도를 평가할 때, 평가대상 하천의 현황과 특성 및 자연형 하천복원의 목적에 맞게 평가항목을 선택적으로 적용하는 것이 보다 효과적이다.

#### 참 고 문 헌

경기도, 차탄천수계 하천기본계획, pp. 250-251, 2007.  
 김혜주, 자연형 하천계획·설계, 태림문화사, pp. 29-42, 2005.  
 박봉진, 신종이, 정관수, 하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가: I 평가방법의 제안, 한국

- 수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제38권, 제1호, pp. 44-46, 2005.
- 박태선, 계층분석법을 이용한 하천의 중요도 평가 기법, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제35권, 제6호, pp. 686-688, 2002.
- 울산광역시 울주군, 회야강 마스터플랜, pp. 95-101, 2008.
- 울산광역시 울주군, 회야강 친수공간 조성공사 실시설계, 2008.
- 이상일, 이상신, 한강에서의 강변여과수 개발을 위한 적지선정 및 개발가능량 산정(1), 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제41권, 제8호, pp. 828-829, 2008.
- 이재문, 이상일, AHP기법을 이용한 계획하폭 선정-입천에의 적용 사례연구, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제40권, 제12호, pp. 932-933.
- 한국수자원공사, 하천자연도 평가지침, pp. 9-20, 2003.
- 환경부, 수생태 건강성 회복을 위한 하천복원 모델과 기준, 조사계획 수립 연구 최종보고서(1) 모델 및 계획, pp. 54-59, 2007.
- European Commission, *Urban river basin enhancement methods work packages 5 & 9*, pp. 5-6, 67-72, 2005.
- 논문접수일 : 10년 01월 21일  
○심사의뢰일 : 10년 01월 25일  
○심사완료일 : 10년 05월 13일