

내성천에 대한 물리적 하천 평가시스템 적용*

Application of Physical River Assessment System in Naeseongcheon

정혜련**, 김기흥***
Jung Hye Ryeon, Kim Ki Heung

요 지

우리나라 하천관리의 패러다임은 1990년대 이후 기존의 치수 및 이수능력을 고려함과 동시에 하천환경의 보전 및 복원을 새로운 목표로 설정한 자연친화적 방식으로 변화되었다. 하천법령 및 제도적 측면에서도 수자원 장기종합계획 및 유역 종합 치수계획은 하천의 환경보전 및 다목적 이용계획을 포함하도록 규정하고 있으며, 국내 하천법에 따르면 하천기본계획 수립 또한 자연친화적 하천조성 및 이와 관련된 보전지구 지정 등을 포함하도록 규정하고 있다.

하천설계기준, 자연 친화적 하천관리에 관한 통합지침, 또는 수자원 장기종합계획에서 적용하고 있는 하천환경조사 및 평가지표는 서로 다를 뿐만 아니라 과학적인 근거가 명확하지 않는 등 국가차원의 표준화가 이루어지지 못한 상태라 할 수 있다.

1990년대 이후 미국, 독일, 영국, 호주 등 선진국들은 하천환경 복원사업의 추진과정에서 복원사업의 타당성 제고 및 성공적인 사업수행을 위하여 이들 국가의 하천특성에 적합한 하천환경 평가체계를 구축한 바 있으며, 이들 평가체계는 새로운 과학적 지식과 기술의 축적에 힘입어 지속적으로 발전되고 있다.

Fujita의 유형화(Segment 분류)법에 의하면, 하천구간(Segment)은 하상경사, 하상재료, 식생, 생태 등이 통계적으로 동질인 하천 구간으로서, 하도 특성과 하천생태계 공간을 구분하는 단위이다.

자연하천에서 동일한 경사를 갖는 하천구간은 하상재료, 소류력, 저수로 폭, 수심 등이 대체로 동일한 값을 나타내고 있으며, 하도 특성을 지배하는 주요 인자로 각 하천의 평균 연최대유량, 하상재료의 대표입경, 하상경사 등을 설정하고 있다.

본 연구에서는 하천구간을 유형화하는 기준을 하상경사로 적용하여 평가단위를 분류하였으며, 평가체계는 미국의 USEPA를 한국형 하천환경에 맞도록 수정 보완 하였다. 특히 미국의 USEPA의 지표 중 하안영역의 식생피복, 하반림 등은 생물분야 식생영역과 상충되어 제외하고 우리나라 특성에 적합한 하천횡단형상, 하천횡단 구조물 등의 평가기준을 재정립하여 내성천에 평가적용·분석하였다.

하천환경의 수리 및 하도 특성 평가기준 개발에 따라 평가체계의 개념적 틀을 토대로 통합적이고 표준화된 한국형 하천평가기준 개발을 위한 방법론을 정립하고, 나아가 하천환경의 지속가능성을 전제로 한 하천복원사업의 장·단기적 성공 여부를 평가할 수 있는 실무지침의 과학적 근거를 제시하고자 한다.

핵심용어 : 하천환경, 하천분류, 평가단위, 하천특성, 하천복원

* 본 연구는 건설기술혁신사업(12건설핵심C02) 연구비지원에 의해 수행되었음.

** 정회원 · 경남과학기술대학교 건설환경공과대학 토목공학과 박사과정 · E-mail : mymi69@lycos.co.kr - 발표자

*** 정회원 · 경남과학기술대학교 건설환경공과대학 토목공학과 교수 · E-mail : khkim@gntech.ac.kr

I. 서론

Fujita의 유형화(Segment 분류)법에 의하면, 하천구간(Segment)은 하상경사, 하상재료, 식생, 생태 등이 통계적으로 동질인 하천 구간으로서, 하도 특성과 하천생태계 공간을 구분하는 단위이다.

자연하천에서 동일한 경사를 갖는 하천구간은 하상재료, 소류력, 저수로 폭, 수심 등이 대체로 동일한 값을 나타내고 있으며, 하도 특성을 지배하는 주요 인자로 각 하천의 평균 연최대유량, 하상재료의 대표입경, 하상경사 등을 설정하고 있다.

따라서 본 연구에서는 하천구간을 유형화하는 기준으로 하상경사를 적용하여 평가단위를 분류하였으며, 평가체계는 미국의 USEPA를 한국형 하천환경에 맞도록 수정보완 하였다. 특히 미국의 USEPA의 지표 중 하안영역의 식생피복, 하반림 등은 생물분야 식생영역과 상충되어 제외하고 우리나라 특성에 적합한 하천횡단형상, 하천횡단 구조물 등의 평가기준을 재정립하여 내성천에 평가 적용·분석하였다.

2. 하천환경 평가체계

2.1 하천 유형화

유역-하도-구간-세구간으로 이어지는 하천공간의 연속성과 상호작용적 특성을 반영한 전체(상위계) 및 부분(하위계)의 하천수계를 통합적으로 고려하여 Fujita의 유형화(Segment 분류)법에 의하여 하천구간(Segment)은 하상경사, 하상재료, 식생, 생태 등이 통계적으로 동질인 하천 구간으로서, 하도특성과 하천생태계 공간을 구분하는 단위로 하였다(山本, 2004).

자연하천에서 동일한 경사를 갖는 하천구간은 하상재료, 소류력, 저수로 폭, 수심 등이 대체로 동일한 값을 나타내고 있으며, 하도특성을 지배하는 주요 인자로 각 하천의 평균 연최대유량, 하상재료의 대표입경, 하상경사 등을 설정하고 있다(山本, 1994).

그러므로 본 연구에서는 하천구간(Segment)의 유형화는 하상경사를 적용하여 평가단위를 분류하였다.

2.2 평가단위

평가단위(Reach Length) 구분은 급경사(Segment M) 및 중경사(Segment 1) 하천은 저수로폭의 25배로 여울-소 형성 단위를 하나의 평가단위(Reach Length)로 하고 평가기준은 여울의 출현빈도가 1:5~1:25 범위를 갖는 저수로 폭의 25배를 평가단위로 정하였으며, 완경사(Segment 2,3) 하천은 만곡도(사행도)를 하나의 평가단위(Reach Length)로 하고 저수로폭의 25배를 기준으로 하였다. 만곡비가 최대 3~4정도를 최대범위로 하였으며, Segment 2 하천(1/400>)의 경우 여울출현빈도가 최저로 1:25의 관계를 고려하여 평가단위를 구분하여 분류하였다.

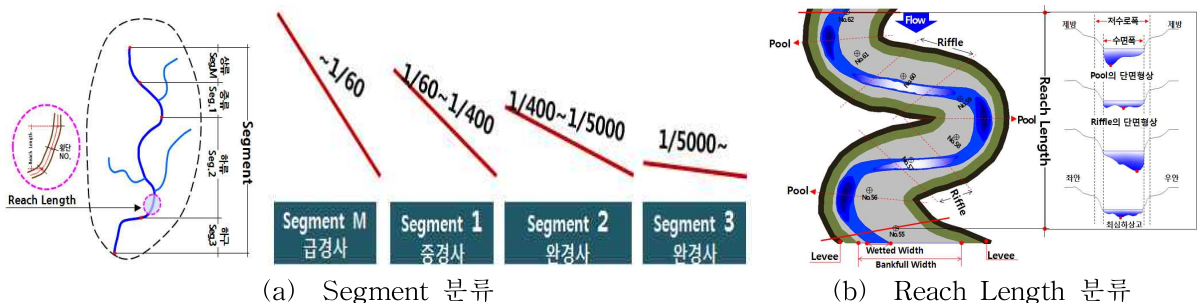


그림 1. 하천 유형화 및 평가단위 체계화

2.3 평가지표 및 기준

미국 Habitat Assessment의 하천분류체계 및 정량적 평가기준의 10개 평가지표를 검토하여 우리나라 하천의 수리 및 하도특성에 맞게 개량하였다. 3개의 하천유형에 대하여 각 유형별로 10개의 평가지표를 개발하고, 각 평가지표에 대하여 5등급의 정량적 평가기준을 제시하였다.

3개의 영역은 하도 및 수리, 하안, 하천교란이며, 10개 세부지표 하상재료 및 유효피복, 하상매물 및 소의 하상재료, 유속수심조합, 유사퇴적, 하도흐름상태, 사행도, 하천횡단형상, 하안안정도, 하도개수, 하천횡단 구조물 등으로 물리적 하천 평가시스템을 체계화하였다.

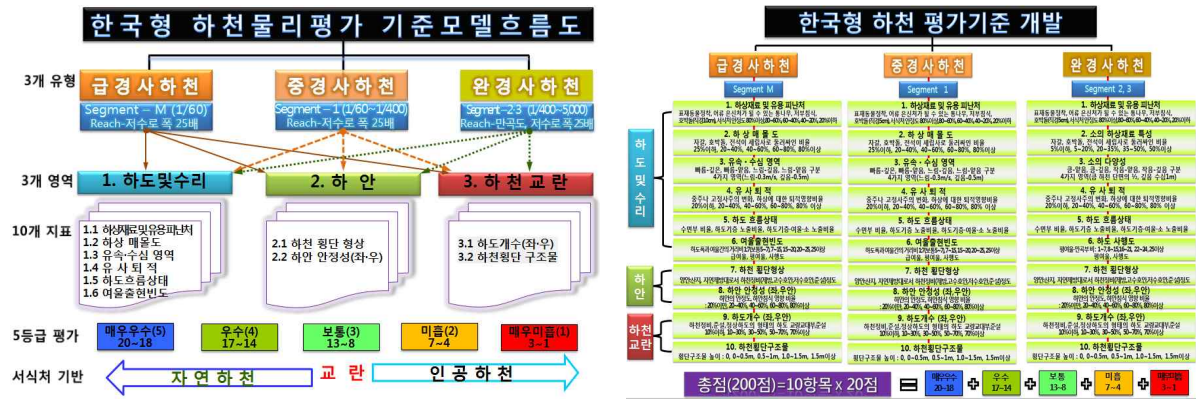


그림 2. 한국형 물리적 하천 평가 시스템

표 1. 물리적 하천 평가지표 및 기준

영역	평가지표	유형	평가 기준				
			매우 우수(20~18)	우수(17~14)	보통(13~8)	미흡(7~4)	매우 미흡(3~1)
1) 하도 및 수리	① 하상재료 및 유효피복	급경사	80% 이상	80~60%	60~40%	40~20%	20% 이하
		중경사	50% 이상	50~40%	40~30%	30~20%	20% 이하
	② 하상매물도 및 소의 하상재료	급경사	자갈등 80%이상	자갈등 80~60%	자갈등 60~40%	자갈 등 40~20%	자갈 등 20% 이하
		중경사	자갈등 70%이상	자갈등 70~50%	자갈등 50~30%	자갈 등 30~10%	자갈 등 10% 이하
	③ 유속/수심 조합	급경사	자갈등 50%이상	자갈등 50~35%	자갈등 35~15%	자갈 등 15~0%	자갈 없음
		완경사	4 type	3 typt (빠름-얕음)	2 type	1type (느림-깊음)	1type(느림-깊음) 지배적인 경우
④ 유사퇴적	급경사	4 type	3 typt (크고-깊음)	2 type	1type (작고-얕음)	소 없음	
	완경사	5% 미만	5~20%	20~35%(소퇴적발생)	35~50%	50%이상(소 없음)	
⑤ 하도흐름상태	급경사	10% 미만	10~30%	30~50%(소 퇴적발생)	50~70%	70%이상(소 없음)	
	완경사	20% 미만	20~40%	40~60%(소 퇴적발생)	60~80%	80%이상(소 없음)	
⑥ 여울출현빈도 및 사행도	급경사	수면부노출 거의없음	수면부75%이상 노출25%미만	수면부75~50%이상 노출25~50%미만	수면부50~25%이상 노출50~75%미만	수면부25%미만 노출75%이상	
	급경사	7 : 1 미만	7 : 1	15~20 : 1	25~20 : 1	25 : 1 이상	
2) 하안	⑦ 하천횡단형상	중경사	7 : 1 미만	7 : 1	15~20 : 1	25~20 : 1	25 : 1 이상
		완경사	1.5배 이상	1.5~1.20	1.20~1.0	1.0~0.5	0.5이하(직선,수로)
	⑧ 하안안정도	급경사	100~70%	70~50%	50~30%	30~5%	5% 이하
3) 하천교란	⑨ 하도개수	급경사	5% 이하	5~30%	30~50%	50~70%	70~100%
	⑩ 하천횡단 구조물	급경사	5% 이하	5~30%	30~50%	50~70%	70~100%
		완경사	횡단구조물 없음	0< 0.5m	0.5m~1m	1m~1.5m	1.5m 이상

3. 물리적 하천 평가시스템 적용

3.1 물리적 하천 평가시스템 내성천의 적용

내성천 유역은 한반도 중동부 동경 128° 10' 36" ~ 128° 51' 13", 북위 36° 32' 46" ~ 37° 02' 25" 사이에 위치하며, 경상북도 영주시, 예천군 전체 및 문경시, 봉화군 일부지역, 그리고 안동시 극히 일부를 포함하고 있는 낙동강 유역의 제1지류 유역으로, 유역면적은 1,814.71 km²이고, 유로연장은 108.20 km이다.

본 연구대상지는 국가하천 27.0 km(낙동강 합류점~고평교), 지방하천 28 km(고평교~영주댐 하류)의 총연장 L=55km구간에 물리적 하천 평가시스템을 적용하여 유형화 및 평가단위를 분류한 결과 1-Type의 하천 유형으로 나타났으며 Segment 2에 환경사 하천으로써 13개 평가단위(Reach Length)로 분류되었다.

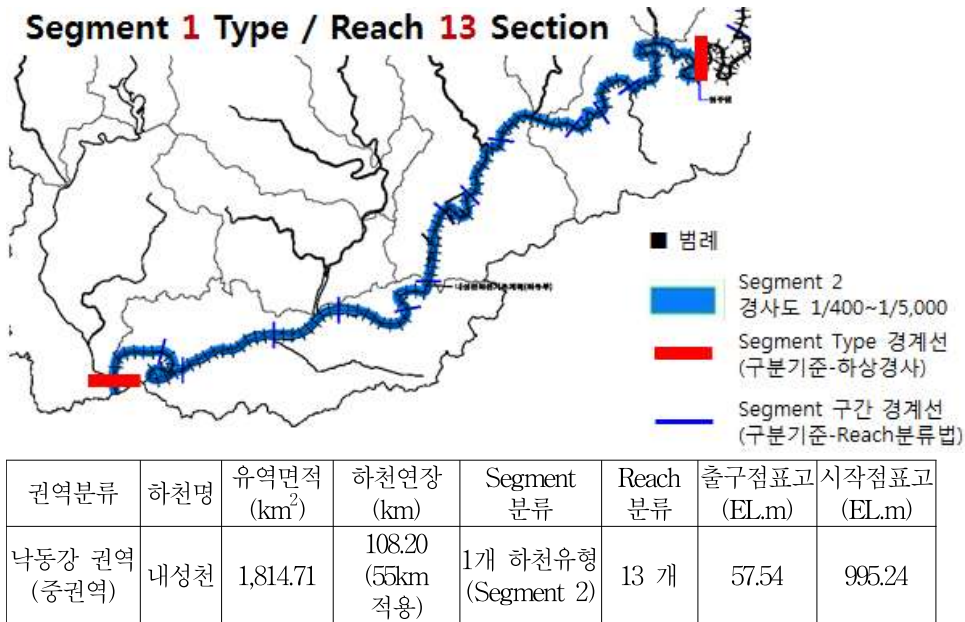


그림 2. 내성천의 유형화 및 평가단위 분류

3.2 물리적 하천 평가시스템 내성천의 적용결과

자연적인 환경사 하천은 세립 유사 또는 하천 구간을 따라 가끔씩 입경이 조금 더 큰 입자(자갈 이상) 집합체로 구성된 하상재료로 이루어진다. 환경사 하도는 1/400~1/5,000(<1/100)의 경사를 가지고, 100m의 하천 연장 내에서 두 개 이상의 여울이 존재하지 않으며, 수심이 1.5m 정도 될 수 있지만, 안전하게 걸어서 건널 수 있을 정도로 충분히 낮은 유속을 나타낸다.

내성천은 Segment분류법에 의해 1/400~1/5000의 하상경사를 가지며 Segment 2에 해당하는 환경사 하천이다. 자갈, 모래, 실트(점토)의 하상재료로 구성되어 있고 특히 모래가 90% 이상을 차지하는 모래하천이다.

내성천의 물리적 하천 평가시스템 적용하여 13개의 평가단위(Reach Length)를 준만곡구간과 만곡구간, 직선구간으로 분석한 결과 준만곡구간은 Reach-1(우수), 5(우수), 12(보통)이며 만곡구간은 Reach-2(우수), 6(우수), 8(우수), 11(우수), 13(우수)이다. 직선구간은 Reach-3(우수), 4(보통), 7(보통), 9(보통), 10(보통)으로 나타났다.

만곡구간은 5개 Reach에서 모두 우수의 등급을 보였고, 준만곡구간 3개 Reach에서는 우수와 보통이 나타났으며, 직선구간에서는 5개의 Reach에서 대부분 보통의 등급이 나타났다.

표 2. 내성천 물리적 하천평가 결과표

영역	항목	Reach 별												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
하도 및 수리	1) 하상재료및유효피복	18	17	17	15	18	18	13	13	13	7	13	10	13
	2) 하상매몰도및소의하상재료	17	17	17	17	16	18	14	13	11	9	13	10	11
	3) 유속및수심영역	17	19	18	14	18	19	7	18	7	7	18	12	18
	4) 유사퇴적	16	17	13	15	15	16	7	13	7	7	16	10	13
	5) 하도흐름상태	9	14	15	11	14	15	10	13	8	10	13	12	12
	6) 사행도	14	18	6	10	17	17	5	18	10	8	18	13	18
하안	7) 하천횡단형상	7	16	7	7	16	13	7	16	12	7	15	11	13
	8) 하안안정도(좌,우안)	17	18	18	18	16	16	16	16	16	14	16	12	14
하천 교란	9) 하도개수(좌,우안)	15	18	10	12	12	18	10	14	12	10	14	12	12
	10) 하천횡단구조물	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Reach별 점수		150	174	141	139	162	170	109	154	116	99	156	122	144
Reach별 등급		우수	우수	우수	보통	우수	우수	보통	우수	보통	보통	우수	보통	우수

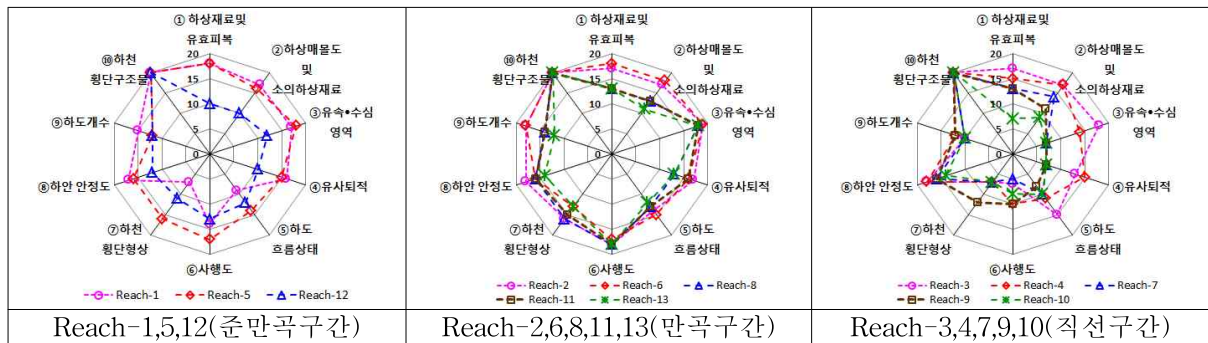


그림 3. 내성천 물리적 하천 평가 적용결과

4. 결 론

본 연구대상지는 국가하천 27.0 km(낙동강 합류점~고평교), 지방하천 28 km(고평교~영주댐 하류)의 총연장 L=55km구간의 물리적 하천 평가시스템을 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

내성천은 1-Type의 하천 유형으로 나타났으며 Segment 2에 완경사 하천으로써 13개의 평가단위 (Reach Length)로 분류되었다. 13개의 평가단위(Reach Length)를 준만곡구간과 만곡구간, 직선구간으로 분석한 결과 만곡구간은 5개 Reach에서 모두 우수한 등급을 보였고, 준만곡구간 3개 Reach에서는 우수와 보통이 나타났으며, 직선구간은 5개 Reach에서 대부분 보통의 등급이 나타났다.

하천환경의 수리 및 하도 특성 평가기준 개발에 따라 평가체계의 개념적 틀을 토대로 통합적이고 표준화된 한국형 하천평가기준 개발을 위한 방법론을 정립하고자 하였으며 나아가 하천환경의 지속가능성을 전제로 한 하천복원사업을 위해 장·단기적으로 물리적인 하천 평가를 할 수 있을 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신C02)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국토교통부(2012). 내성천 하류권역 하천기본계획(변경) 보고서
2. 국토교통부(2014). 내성천 중류권역 하천기본계획(변경) 보고서
3. USEPA, (1999), Rapid Bioassessment Protocols, For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish.
4. 建設省, 1992, 河川水邊の國勢調査マニュアル(案)(河川調査編), 財團法人リバーフロント整備センター