

지형 인자를 이용한 하천분류 체계의 적용성 검토

Examination into the Applicability of the River Classification System Based on the Geomorphological Criteria

이 찬 주* / 이 두 한** / 김 규 호*** / 우 효 섭****

Lee, Chan Joo / Lee, Du Han / Kim, Kyu Ho / Woo, Hyo Seop

Abstract

The purpose of this study consists in introducing and examining the previous river classification systems applicable to the river improvement technique including geomorphological considerations, and developing a new system using the geomorphological criteria which represent the morphology of rivers. A newly developed system uses the channel reach as a classifying unit which is delineated by upstream and downstream tributaries. It adopts three basic geomorphological criteria for classification: 1) valley-floor width index(VI) reflecting the confinement of the channel in the valley, 2) sinuosity(P) which expresses the channel planform, and 3) bed material(d_{50}). The system is composed of 24 stream types. Concerning every stream type, valley forms, principal bedforms and fluvial processes with disturbance elements are briefly presented. Finally, the applicability of this system to the Chungmi Stream and the Imjin River data in comparison with that of Rosgen system is examined.

Keywords : river classification system, geomorphological criteria

요 지

본 연구는 지형학적 특성을 고려한 하천 정비 기법에 응용될 수 있는 기존의 외국 하천 분류 체계를 소개, 검토하고 하천의 형태를 표현하는 지형 인자를 이용하여 하천 분류 체계를 개발하는데 목적이 있다. 개발된 분류 체계는 지류의 유입이 없는 하도 구간을 분류 단위로 하였으며, 1) 하도의 제약도를 반영하는 곡지폭지수, 2) 평면형을 반영하는 사행도와 3) 하상 재료를 기본적인 지형 인자로 채택하였다. 본 연구의 분류 체계는 전체 24개 유형으로 구성되며, 각각의 하천 유형별로 하곡 지형, 주요 하상 지형, 유수의 지형형성작용 및 교란 요소를 간략하게 제시하였다. 마지막으로 개발된 하천 분류 체계를 이용하여 청미천과 임진강의 하도 구간별 특성을 설명하고 Rosgen 분류 체계와 비교함으로써 본 분류 체계의 적용성을 검토하였다.

핵심용어 : 하천 분류 체계, 지형 인자

-
- * 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원
Researcher, Korea Institute of Construction Technology, Koyang 411-712, Korea
(E-mail : cOgnitum@kict.re.kr)
 - ** 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원
Senior Researcher, Korea Institute of Construction Technology, Koyang 411-712, Korea
(E-mail : dhlee@kict.re.kr)
 - *** 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원
Research Fellow, Korea Institute of Construction Technology, Koyang 411-712, Korea
(E-mail : khkim1@kict.re.kr)
 - **** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구위원
Senior research fellow Korea Institute of Construction Technology, Koyang 411-712, Korea
(E-mail : hswoo@kict.re.kr)

1. 서론

지형학적 하천 분류는 하천이 가진 지형학적 특성에 대한 정량적, 정성적 분석을 통해 하천의 유형을 구별하고, 유사한 하천끼리 묶는 작업이다. 1990년대 이전, 하천 분류는 지형학의 한 분야로서 학문적 차원에서 연구되었으며 인위적 교란이 없는 자연 하천을 대상으로 하천의 고유한 형태 특성을 도출하는데 목적이 있었다. 한편, 하천을 설계 관리하는 공학적 입장에서, 자연형 하천 개념의 도입 이전에는 치수 관점에서 효율적인 홍수 배제가 주목적이었으므로 자연 상태의 하천에 대한 관심이 적었으며, 따라서 하천 분류와 하천공학을 연결시킬 필요성이 적었다. 그러나 최근 하천이 생태계의 물리적 서식 공간으로 재인식되면서, 하천 설계에서 자연 상태의 형태를 고려하게 되었다. 이러한 경향으로, 과거 학문적 차원에 머물러 있던 하천 분류는 하천의 설계와 관리에서 하천의 형태를 결정하고, 하도의 변화를 예측할 수 있는 새로운 수단으로 인식되고 있다. 즉, 하천 분류는 하천의 현재와 과거 상태에 관한 지형학적, 역사적 조사를 바탕으로(Kondolf와 Downs, 1996) 설계 단계에서는 하천의 평면형, 종단형, 단면형에 대한 지형학적 자료를 제공하고, 관리 단계에서는 교란에 의한 하천 형태의 변화를 예측할 수 있는 기초 자료를 제공한다(건설교통부, 2001a).

그러나 기존에 개발된 외국의 공학적 하천 분류 체계는 국내와는 다른 하천지형학적 상황을 배경으로 개발되었으므로 국내 하천에 직접 적용하기에는 곤란한 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 하천 분류 체계를 검토하고 이를 응용하면서도 국내 하천의 지형 상황을 반영할 수 있도록 곡저폭지수를 도입하여 수정된 하천 분류 체계를 제시하였으며 청미천과 임진강의 하도 구간에 적용하여 그 적용성을 검토하였다.

2. 기존의 하천 분류

2.1 지형학적 하천 분류

지형학적 관점에서의 하천분류는 침식윤회의 관점에서 하천을 유년기, 장년기, 노년기로 나눈 19세기말의 Davis로부터 시작되었다고 할 수 있다. 이후 Horton과 Strahler는 하천 차수 법칙을 기초로 하계망에 따라 하천을 분류하였으나(Knighton, 1998) 본질적인 의미에서 하도의 특성에 기인한 하천 분류는 아니었다. 지형학적인 관점에서 하천의 평면 형태는 주요한 관심사였다. 통상 직류, 사행, 망류로 구분되는 하천의 평면 형태를 좌우하는 요인을 밝히려는 노력은 Leopold와 Wolman (1957)의 연구에서부터 시작되었으며, 여러 연구자들은 하도의 평면 형태가 연속성을 가지며 주로 유량과 하도 경사의 곱인 하천력(stream power)에 따라 임계치를 갖고 변화됨을 규명하였다(Lane, 1957; Ferguson, 1987; Thorne, 1997 등). Schumm(1977)은 하도 안정도, 유사 이송 양상, 하상 재료에 따른 하도의 평면형 변화를 모식적으로 제시하였다. Alabyan과 Chalov(1998)는 기존의 하천력 대신 유효유량곡선을 적용하고 하천 지형의 구조적 성격을 반영한 분류법을 제안하였다. 한편, Nanson과 Croke (1992)는 홍수터를 성인적으로(genetically) 유형화함으로써 하천의 특성을 간접적으로 분류하였다.

2.2 외국의 공학적인 하천 분류

지형학적인 하천 분류와는 달리 하천의 설계시나 관리에 적용하려는 공학적인 목적으로 개발되어 사용되는 대표적인 하천 분류 체계는 Rosgen(1996)의 하천 분류 체계와 미북서태평양 하천 분류(Montgomery와 Buffington, 1993), 영국 Environment Agency(EA : NRA의 후신, 1990)의 하천 분류, 그리고 일본의 하천 분류

		A	B	C	D	DA	E	F	G
지형학적 하천 분류	기반암								
	전석								
	중립돌								
	자갈								
	모래								
	실트점토								
굴안비	< 1.4	1.4 - 2.2	> 2.2	n/a	> 4.0	> 2.2	< 1.4	< 1.4	
회곡 / 수심비	< 12	> 12	> 12	> 40	변동	< 12	> 12	< 12	
사행도	1 - 1.2	> 1.2	> 1.2	n/a	변동	> 1.5	> 1.2	> 1.2	
하도경사	.04-.099	.02-.039	< .02	< .04	< .005	< .02	< .02	.02-.039	

그림 1. Rosgen의 하천 분류 체계에서 41개 하천 유형

(建設省, 1996) 등이 있다. 여기서는 이를 간략히 소개하고 장단점을 비교하였다.

2.2.1 Rosgen의 하천 분류

Rosgen의 하천 분류 체계는 30여 년간 미국, 캐나다, 뉴질랜드 등의 약 419개 하천에서 얻어진 현장 조사 결과를 토대로 개발되었으며 4단계로 구성된 계층적인 분류 체계이다(그림 1). 그는 하천이 놓인 하곡을 다양한 자연지리적인 환경(physiographic environment)을 반영하여 11개 유형으로 구분하고 있으며, 이를 하도 분류와 관련시키고 있다. 이를 토대로 구성된 1단계와 2단계 분류에서는 하도의 지형학적 특성을 결정짓는 사행도, 굴입비, 하폭수심비, 하상재료 등을 주요 인자로 41개 군으로 하천을 분류하였으며, 3단계와 4단계에서는 분류된 현장 하도의 특성(수리, 지형, 퇴적 상태)에 대한 관찰과 측정을 통해 하도의 상태를 평가하고 검증하는 방법을 제시하고 있다. Rosgen의 하천 분류 체계는 다양한 자연지리적인 지역을 망라하고, 이를 하도의 특성에 연계시키는 장점을 가지고 있다. 비록 Rosgen 분류 체계는 명확한 물리적 근거가 부족하다는 지적과 함께 이를 응용한 결과들이 하천공학적 측면에서 논리적이 못하다는 지적을 받고 있으나, 현재까지 개발된 분류 체계 중에서는 가장 많은 현장 자료를 활용하였으며, 현장 적용 실적이 상대적으로 풍부한 분류 체계이다.

2.2.2 미북서태평양 하천 분류

미북서태평양 하천 분류(표 1)는 Montgomery와

Buffington(1993)이 미국의 북서태평양 지방의 하천 조사 결과를 토대로 개발한 분류방법으로, Schumm(1977)의 하천 분류를 붕적 하천(colluvial stream), 층적 하천, 그리고 암반 하천에 구분하여 적용하였다. 그리고 층적하천은 하상재료, 하상지형을 주요 분류 인자로 적용하여 주로 하천의 종단상 변화에 따라 급류(cascade), 스텝-소(step-pool), 평하상(plane-bed), 여울-소(riffle-pool), 평형 하천(regime), 망상(braided) 등의 6가지로 세분하여 총 8개 군으로 하천형을 나누었다. 미북서태평양 하천분류는 각 군별로 주요한 지형형성작용과 유사의 공급-운반-저장 특성을 간략하게 유형화함으로써 대체적인 하도 특성을 파악하는 틀로서 이용되기에 적절하지만, 자연지리적 배경과 같은 하천 주변 지형과의 관계를 파악하는데는 한계가 있다.

2.2.3 영국 EA의 하천 분류

하천 분류 체계는 하도 구간의 유형화를 위하여 많은 계량적인 정보를 필요로 한다. 그러나 하천관리자의 입장에서는 현장 방문을 통하여 하천에 대한 즉각적인 정보를 얻고자 하는 경우가 많다. 영국 EA(NRA, 1990)의 하천 분류는 하천의 지형학적 조사를 전제로 하며, 현장 답사를 통하여 지형 변화를 야기하는 요인에 대한 하천의 민감도를 파악하며, 특히 저수로 호안이나 직강화와 같은 인위적인 개수의 영향을 반영한다(표 2). 따라서 이 분류법은 유역의 기후나 유사량의 변화와 같이 하도의 형태 변화를 지배하는 인자들에 대한 기초 연구가 있어야만 하천의 형태가 유수의 작용에 대해 어떤

표 1. 미북서태평양 하천 분류

	하천의 운반능력 부족 <----->			유사공급 부족				
	붕적하천	층적하천			암반하천			
	붕적	망상	평형	여울-소	평하상	스텝 소	급류	기만암
하상재료	변동	변동	모래	자갈	자갈, 호박돌	호박돌, 거력	거력	없음
하상지형	여러가지	주기적 수평 변화	다층 구조	주기적 수평 변화	없음	주기적 수평 변화	없음	없음
구간특성	유사공급 위주	공급 및 운반	공급 및 운반	공급 및 운반	공급 및 운반	공급 및 운반	운반 위주	운반 위주
지배적인 조도요소	전석, LWD ¹	하상지형 (사주, 소)	하상지형 (사주, 사면, 사주), 사행도, 강터	하상지형(사주, 소), 입자, LWD ¹ , 사행도, 강터	입자, 강터	하상지형(스텝, 소), 입자, LWD ¹ , 강터	전석, 강터	하상, 강터
지배적인 유사공급원	사면, 사태류	유수운반물, 강터붕괴, 사태류	유수운반물, 강터붕괴, 비활성하도	유수운반물, 강터붕괴, 비활성하도, 사태류	유수운반물, 강터붕괴, 사태류	유수운반물, 사면, 사태류	유수운반물, 사면, 사태류	유수운반물, 사면, 사태류
유사 저장요소	하상	법란원, 하상지형	법란원, 하상지형, 비활성하도	법란원, 하상지형, 비활성하도	법란원, 비활성하도	하상지형	흐름 장애물 전후	없음
경사범위	$s > 0.20$	$s < 0.03$	$s < 0.001$	$0.001 < s < 0.02$	$0.01 < s < 0.03$	$0.03 < s < 0.08$	$0.08 < s < 0.30$	변동
하곡 제약도	제약	제약없음	제약없음	제약없음	변동	제약	제약	제약
소의 간격	변동	변동	하폭의 5~7배	하폭의 5~7배	없음	하폭의 1~4배	하폭의 1배 이하	변동

(참고, LWD : large woody debris)

표 2. 영국 EA의 하천 분류

퇴적에 대한 민감도	점수	하천의 상태
높음	8-10	교란이 거의 없고 자연 상태에 가까우며 사행발달에 제약이 없으며 하상이 잘 발달함 (사주, 여울-소 구조 발달)
중간	5-7	교란의 흔적이 있으나 여전히 자연도가 높고, 자연 상태로 회복되고 있음
낮음	2-4	대규모 상사에 의해 하천 형태의 근본적인 변화가 있었음. 단면은 인위적인 형태이며 하상이 발달하지 않았으며 강턱에 식생이 부족함
개수화	1	강턱과 하상이 콘크리트 등의 인공 재료로 구성되어 있음
압거형	0	하도 전체가 콘크리트 등으로 구성되어 있음

반응을 보일지를 예측할 수 있다. 이는 하천의 수리적, 지형적 특성에 관여하는 인자들에 대한 연구가 충분히 축적되어 있어야 적용할 수 있음을 의미한다.

2.2.4 일본의 하천 분류

일본은 토목연구소가 일본의 전국 1급 수계 하천에 대한 현장조사 후에 제시한 하천 분류표(표 3)를 실제 하천의 설계에 참고하고 있다. 주요 분류 인자는 하상 경사, 하상 재료 등이며, 강턱의 침식을 비롯한 실제 하천의 설계 단계에서 유용하게 활용되고 있다. 이 분류법은 경계층 이론에서 출발하여 산지-선상지-범람원-삼각주로 연결되는 하천 지형의 종단 변화를 세그먼트로 구별하여 제시한다. 일본의 하천 분류법은 산지-선상지-범람원-삼각주로 이어지는 세그먼트 분할이 비교적 용이하므로 현장 하도가 종단 곡선 상에서 놓인 위치에 따라 쉽게 분류가 가능하지만, 반면에 다양한 자연지리적 지역이나 하천 주변의 지형 양상을 반영하지 않고 있다.

2.3 하천 분류 체계의 비교 평가

하천의 설계와 관리를 목적으로 개발된 각각의 공학적 분류 체계는 나름대로 장단점을 지니고 있으므로, 여기서는 국내 하천에 대한 적용성 여부를 기준으로 비교 평가하였다.

Rosgen 분류 체계는 다양한 유형의 하천에 대해 적용할 수 있을 뿐만 아니라 하천의 지형학적 변수에 대한 정량적 측정을 바탕으로 하므로 국내 하천에도 적용성이 높을 것으로 생각된다. 하지만 다양한 자연지리적 환경을 반영하는 관계로 국내에서 나타나지 않는 5가지 하천 유형(고원지대의 협곡, U자형 방석곡, 악지, 활성 지반운동 지역, 빙하유수성 평야 등)에 관계된 하도 유형이 불필요하며, 일부 하천은 단순히 몇 가지 유형으로만 분류되는 등의 한계가 있다.

비록서태평양 하천 분류는 하천의 변화에 영향이 큰 조도 요소 및 유사의 공급·운반 과정을 부각시키며, 하천 유형에 따른 하상 지형과 교란 요소를 제시하고 있어 현장에서의 판단이 용이하며, 따라서 자연 친화적

표 3. 일본의 하천 분류(建設省, 1996)

	세그먼트 M	세그먼트 1	세그먼트 2		세그먼트 3
			2-1	2-2	
지형구분	← 산간지	← 선상지 →	← 곡저평야 자연제방대 →		← 삼각주 →
하상재료 대표입경 dR	여러 가지	2cm이상	1~3cm	0.3mm~1cm	0.3mm이하
강턱구성물질	곳곳에서 하상과 하안에 암반 노출	표층은 세사 및 실트층 대개 하상재료와 동일	하층은 하상재료와 동일, 세사, 실트, 점토의 혼합물		실트, 점토
하상경사	여러 가지	1/60~1/400	1/400~1/5000		1/5000~수평
사행정도	여러 가지	작게 휜	사행이 심하지만, 하폭수심비가 큰 곳에서 8자사행 또는 하중도 발생		사행이 심한 곳도 있고 작은 곳도 있음
강턱침식정도	이주 심함	이주 심함	중간 정도 하상재료가 클수록 하도 이동 용이		미약. 하도는 거의 고정
저수로 평균수심	여러 가지	0.5~3m	2~8m		3~8m

하천 정비에 관해 유용한 정보를 제공할 수 있다. 반면에, 하천 유형을 주로 하천의 일반적인 중단 변화 및 하상 재료의 변화에만 초점을 맞추고 있어 지질, 하곡 등에 의한 영향을 잘 반영하지 못하고 있다.

일본 하천 분류의 경우 하상 재료와 하상 경사를 주된 분류 인자로 채택하고 있고, 하천 지형에 따른 강터의 특성과 사형을 비교적 간략하게 제시함으로써 분류가 용이한 장점이 있다. 그러나 미북서태평양 하천 분류와 마찬가지로 하천의 종단 변화를 일반화한 패턴을 기준으로 하고 있어 국내에서의 적용성이 크지 않은 편이다. 예를 들어, 하천 지형 구분 중 선상지와 삼각주는 국내에서는 극히 일부 지역에만 국한되어 나타나며, 강원 영서, 충북 내륙, 경북 내륙 등지에 널리 나타나는 감입 곡류하천(incised meander)처럼 상이한 자연지리적인 환경을 갖는 하천에는 적용하기가 곤란하다.

하천에 대한 지형학적 고려가 위주가 된 여타의 분류 체계와는 달리 영국 EA의 분류표는 하천의 인위적 변화 상태에 대한 현장에서의 판단에 대한 기준이 되는 역할을 하며, 하천을 자연 상태로 복원하기 위해 필요한 지침을 제공하고 있다. 하지만 그 하천이 갖는 지형학적인 특성에 대한 정보는 분류표에서 얻을 수 없으며, 지형학적 하천 분류는 이러한 정보를 제공하기 위해서 필요하다.

본 연구에서는 이러한 기존 분류 체계의 장점을 수용하고 단점을 일부 수정하여 국내의 다양한 하천에 적용 가능한 분류 체계를 제시하고자 하였다.

3. 국내 하천 분류 체계의 구성

3.1 분류 단위 구분

하천을 분류하려면 먼저 일정 하도 구간을 분류 단위로 규정해야 한다. 하도에 부과된 유량과 유사량이 하도의 형태를 좌우하는 기본적인 인자이므로 그 변화를 기준으로 하도를 구분하는 것이 타당하다. 하도를 따라 지류의 유입이 없는 구간은 수리적, 지형학적인 연속성을 가진다고 가정할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 지류의 유입이 없는 하도 구간 범위를 분류의 공간적인 기본 단위로 설정한다. 하도를 통해 입출하는 수리량의 관점에서 하도의 지형 변화는 지류의 유입 여부에 의해 좌우된다. 그러나 지류의 규모가 본류에 비해 월등히 작은 경우 지류의 영향이 종종 무시될 수 있다. 한편, 하곡의 지형적 변화는 하천의 거동을 제약하거나 허용한다. 그러므로 본 연구에서는 본류에 비해 매우 작은 지류가 합류하면 단위 구간을 통합하였고, 하곡의 지형 변화가 뚜렷한 곳에서는 구간을 구분해서 적용한다.

3.2 분류 인자의 검토

분류 인자는 하천을 유형화하는데 적용하는 구별의 기준이다. 분류 인자를 기준으로 유사한 특성을 갖는 구간끼리는 묶고 상이한 특성을 갖는 구간과는 구별한다. 하도는 여러 요소들이 기능적으로 얽혀 있는 지형 체계로서 계층적인 성격을 가지므로 이를 반영하는 분류 인자도 계층적이다. 기후, 지질, 식생, 토양, 하곡 지형과 같은 유역 특성은 변화에 지질 시간이 소요되는 상위 계층의 요소이다. 반면에 현재 하도의 지형 변화를 야기하는 하곡 경사, 유량, 유사량과 같은 독립변수와 이들에 의해 좌우되는 종속변수인 하도 형태는 하상 재료와 함께 하위 계층의 요소이다. 그러므로 하천 체계의 계층성을 고려하여 분류 인자를 적용해야 한다 (Rosgen, 1996; Alabyan과 Chalov, 1998).

3.2.1 곡저폭 지수(valley-floor width index, VI)

하천이 놓인 하곡의 지형은 하도의 이동과 유사 이송에 영향을 미친다. 하곡이 넓고 곡저에 충적층으로 이루어진 범람원이 펼쳐져 있을 때, 하도는 자유로운 수평 이동이 가능하다. 반면에, 산지 사면이나 기반암의 측벽을 끼고 있는 하천은 수평적인 이동에 제약을 받고, 홍수시 범람의 폭이 크게 제한될 뿐만 아니라 사면에서 공급되는 물질의 영향을 받는다(Thorne, 1997). 이러한 제약성은 하천의 상류뿐 아니라 하류까지 측방에 암반이 노출된 지형이 많은 국내 하천에서 주요한 변수가 된다(우효섭, 2001).

하곡 지형은 하도의 특성에 관여하는 기존의 분류 체계에서도 대표적인 상위 분류 인자로 적용되어 왔다(건설교통부, 2001a; Rosgen, 1996). Rosgen 체계에서는 하곡을 1단계 분류에서 11개 유형으로 제시하고 있으며, 2단계의 분류와 관련시키고 있으나, 이중 U자형 빙식곡 등의 5가지 유형은 미국에 비해 다양하지 않는 국내의 자연지리적 환경에서 나타나지 않으므로 직접적인 적용에는 무리가 있다. 일본의 하천 분류에는 하곡의 유형이 세그먼트별로 주어진 것 외에 명시되어 있지 않아 이를 벗어나는 산지 사행 하천이나 분지를 관류하는 하천 등에는 적용하기가 어려운 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 하곡의 제약 상황을 반영하면서도 비교적 용이하게 계산할 수 있도록 곡저폭지수를 개발하여 분류 인자로 적용하였다. 곡저폭지수는 곡저의 폭과 만제 하폭(bankfull width)의 비율로 나타낸다. 여기서, 곡저의 폭은 흐름 방향에 직각인 하폭을 하천 좌우의 곡저 경계(산지 사면 하단이나 기반암 측벽 하단)까지 연장한 횡폭이며, 만제 하폭은 양쪽 강터 끝을 기준으로 하는 하폭이다. 따라서 곡저폭지수(VI)는

$$VI = w_{vf} / w \quad (1)$$

여기서, wvf는 곡저폭이고 w는 만제 하폭이다.

일반적으로 하천이 사행하는 수평적인 범위의 사행대(meander belt)의 폭은 대략 하폭의 5배 정도로 알려져 있으므로(Rosgen, 1996) 곡저폭지수가 5 이상인 경우 하천은 사행대 폭 이상으로 자유롭게 수평 이동을 한다고 볼 수 있다. 이에 비해 그 미만의 경우 수평 이동은 제약을 받게 된다. 따라서 본 연구에서는 곡저폭지수가 5 이하인 경우는 산지형(제약형, confined), 5 이상인 경우는 평지형(비제약형, unconfined)으로 구분하였다.

3.2.2 사행도(sinuosity, P)

하도의 평면형은 지형 변화를 유발하는 독립변수인 수리량의 영향을 잘 반영할 뿐만 아니라 하도 구간 범위에서 비교적 일정하며 하도의 단면형과 종단형을 포괄하는 성격을 지닌다. 무엇보다 하천 설계에서 가장 기초가 되는 것은 평면 특성에 기초한다. 단면형은 구간 내에서도 평면상의 위치에 따라 상당히 다른 양상을 나타낸다. 따라서 구간 내의 설계에서는 적용될 수 있으나 구간 전체로는 적용이 어렵다. 하도 경사로 대표되는 종단형은 하천의 하류 구간에서 매우 작은 값을 나타내므로 수치적인 구분이 큰 의미를 갖지 못할 수도 있다. 또한 경사를 측정하는 방법에 따라 수치가 다르므로 일정하게 적용하기 어려운 점이 있다. 따라서 여기에서는 하도의 형태 변수 중에서 단면형과 종단형을 대표하는 변수보다는 평면형을 표현하는 사행도를 분류 기준으로 채택하였다.

사행도는 구간의 직선거리에 대한 하도 거리의 비로 계산된다. 사행도가 1.5 이상인 경우 사행으로 분류하는 것이 일반적이며, 종종 심한 사행을 의미하기도 한다

(Rosgen, 1996). 또한 사행도 1.5 미만인 경우 직류와 곡류로 구분한다(Leopold 등, 1964). 이중 직류와 곡류의 구분은 1.06에서 1.2로 연구자에 따라 다른 기준을 적용하고 있으나(Brice, 1975; Rosgen, 1996; 양희경, 2001), 본 연구에서는 1.2로 정하였다. 자연 하천에서 완전한 직류는 거의 존재하지 않으므로, 본 연구에서는 하천의 사행 발달이 미약한 1.2이하를 직류형(S, straight)으로 사행 일반적인 곡류 범위인 1.2에서 1.5까지를 곡류형(N, sinuous)으로, 1.5이상의 심한 사행을 사행형(M, meandering)으로 구분하였다. 그리고 하도 구간에서 하중사주나 하중도의 발달이 두드러지게 나타나는 구간은 별개로 분기형(D, divided)으로 구분하여 취급하였다.

3.2.3 하상 재료(bed material, d₅₀)

하상재료는 본래 하곡에서 유래한 것이지만 하천의 운반 과정에서 분급되어 재배치된다. 하상재료는 유사 이동과 지형형성작용을 동반하며 특징적인 하상지형 발달과 관계가 있다. 전석이 지배적인 산지 하천에서는 스텝-소와 같은 수직적 하상 지형이 발달한다. 자갈 하상에서는 강턱이 뚜렷하게 발달하지 않으나 여울-소 구조와 같은 하상지형이 발달하는 반면, 모래나 실트-점토로 구성된 하도에서는 강턱의 발달이 비교적 뚜렷하다. 또한 일정한 지질을 갖는 하천에서 하상재료는 하도 경사와 밀접하게 관련된다(Knighton, 1998). 이러한 이유로 하상재료는 기존 하천 분류에서 주요 인자로 사용되었다(Rosgen, 1996; Montgomery와 Buffington, 1993; 建設省, 1996 등). 본 분류 체계에서도 하상재료를 주요 인자로 채택하였다. 대표 변수는 입경 중앙값(d₅₀)을 사용했으며 크기에 따라 전석(boulder, 256mm 이상), 자갈(cobble-

표 4. 지형 인자에 기초한 수정 하천분류표

평면형	하곡 제약도 (VI)	大 <----- 하상재료의 입자 크기(d ₅₀) -----> 小									
		기반암(1)		전석(2)		자갈(3)		모래(4)		실트-점토(5)	
				d ₅₀ > 256mm		256mm > d ₅₀ > 2mm		2mm > d ₅₀ > 0.0625mm		0.0625mm > d ₅₀	
직류형 P < 1.2 (S)	산지형(c) 5 > VI	1c	w/d < 20 s > 0.03	2c	w/d < 20 s > 0.01	S3c	w/d > 20 s < 0.01	S4c	w/d > 20 s < 0.005	S5c	w/d < 20 s < 0.001
	평지형(u) VI ≥ 5					S3u	w/d > 20 s < 0.01	S4u	w/d > 20 s < 0.005	S5u	w/d < 20 s < 0.001
곡류형 P < 1.5 (N)	산지형(c) 5 > VI					N3c	w/d > 20 s < 0.01	N4c	w/d > 20 s < 0.005	N5c	w/d < 20 s < 0.001
	평지형(u) VI ≥ 5					N3u	w/d > 20 s < 0.01	N4u	w/d > 20 s < 0.005	N5u	w/d < 20 s < 0.001
사행형 P ≥ 1.5 (M)	산지형(c) 5 > VI					M3c	w/d > 20 s < 0.01	M4c	w/d > 20 s < 0.005	M5c	w/d < 20 s < 0.001
	평지형(u) VI ≥ 5					M3u	w/d > 20 s < 0.01	M4u	w/d > 20 s < 0.005	M5u	w/d < 20 s < 0.001
분기형 (D)				D2	w/d > 20 s > 0.01	D3	w/d > 20 s < 0.02	D4	w/d > 20 s < 0.005	D5	w/d > 20 s < 0.005

표 5. 하천 유형에 따른 개략적인 하천의 지형형성과정

하천형	하폭 지형	주요 하상 지형	유수에 의한 주요한 지형형성작용	교관요소
1c	상류 계곡, 기반암 노출지	계단형 급류(cascade) 폭포, 하상 침식형	하천의 운반력이 유사 공급량 초과 기반암 침식, 국지적 침식형 형성, 사면물결의 제거	산지 사면의 인위적 절개 사방류 공급
2c	상류 계곡, 가파른 곡사면 납경사→완경사 변화지	스텝-소(step-pool) 납여울(rapid)	수직적인 에너지 소비(스텝)와 저장(소) 사면 물결(전석과 세립질)의 분급	산지 사면의 인위적 절개 사방류 공급, LWD의 투입
S3c N3c	산지, 직선상의 구조곡 화강암 지점 기반 하곡하안 단구 인접	납여울, 여울-소 평하상과 장갑화	최심하상의 주기적 승강과 수평적 이동, 감입(incision) 자갈과 모래의 입자 분급, 사주 발달, 균질 하상지형 발달	산지 사면의 인위적 절개, 사방류 공급, 골재채취
M3c	변성암/퇴적암 산지에 발달한 하곡 하곡 사행, 하안단구 인접	교호사주, 하중사주 만곡사주(N3c, M3c)	만곡에 의한 수평적 에너지 소비(N3c, M3c) 수충부에 깊은 소 형성(N3c, M3c)	
S3u N3u M3u	평지, 산지 전면의 평탄지, 산간 분지, 곡저 평지강터재료에 따라 사행도 차이	여울-소, 평하상, 장갑화, 하중사주, 교호사주, 만곡사주 (N3u, M3u)	최심하상의 주기적 승강, 급격한 수평적 유로 이동 자갈과 모래의 입자 분급, 범람원 발달 하중 사주와 하중도의 광범위한 발달	강터 붕괴, 골재채취 사주에 식생 활착을 통한 조도 증가와 확폭
S4c N4c	산지, 직선상의 구조곡, 화강암 분지 내 하천 산지, 화강암 분지 내 하천	사면, 사구 교호사주, 하중사주 만곡사주(N4c, M4c)	최심하상의 주기적 승강과 수평적 이동 모래 하상지형의 형상저항(form resistance)에 의한 에너지 소비하중 사주의 발달, 고수위 침수로 형성과 망류화 경향	상류에서의 대규모 모래 공급 산지 사면의 인위적 절개, 사방류 공급, 강터 붕괴 골재채취
M4c	변성암/퇴적암 산지, 하곡 사행	강터, 하중도 발달	수충부에 깊은 소 형성(N4c, M4c)	
S4u N4u M4u	평지, 산지 전면의 평탄지, 화강암 풍화 분지 내 하천, 곡저 평지, 동해안 평지 강터재료에 따라 사행도 차이	사구, 사면 교호사주, 하중사주 만곡사주(N4c, M4c) 강터, 하중도 발달	최심하상의 주기적 승강, 수평적 유로 이동, 범람원 발달 모래 하상지형의 형상저항에 의한 에너지 소비 하중 사주와 하중도의 광범위한 발달 고수위 침수로 형성과 망류화, 강터 침식에 의한 확폭	상류에서의 대규모 모래 공급 골재채취, 강터 붕괴, 사주에 식생 활착을 통한 조도 증가와 확폭 제방에 의한 수평 이동 제약
S5c N5c M5c	산지, 좁은 하곡에서 미립질 풍화산물이 공급되는 하천, 곡저로 만입한 갯골 하천	평탄한 하상 교호사주, 하중사주 만곡사주(N5c, M5c) 강터 발달	최심하상의 주기적 승강과 수평적 이동 응집성 물질로 인한 강터 급사면 유지	산지 사면의 인위적 절개, 사방류 공급, 강터 붕괴
S5u N5u M5u	평지, 중적 평지, 서해안 평지 대하천의 범람원 유수 에너지의 크기에 따라 사행도 차이 발생	평탄한 하상 강터 발달 하중사주, 만곡사주 (N5u, M5u), 하중도 강터 발달	응집성 물질로 인한 강터 급사면 유지 대하천 수위 상승에 따른 역류, 범람원 발달 최심하상의 주기적 승강, 수평적 유로 이동, 범람원 발달 만곡부에 비대칭적 단면 발달 응집성 물질로 인한 강터 급사면 유지	강터 붕괴, 조위의 영향 인공 제방에 의한 수평적 이동의 제약
D2 D3 D4 D5	유사 공급방이 운반량을 초과하는 구간, 하천 합류지, 지형의 영향으로 하폭이 크게 확대되는 구간	하중사주(망류화) 하중도	유수의 분류(anastomosing), 홍수시 월류로 인한 하중도의 수직적 성장	강터붕괴, 식생 활착을 통한 조도 증가, 골재 채취

(참고 : Rosgen(1996), Montgomery와 Buffington(1993), Schumm(1977), Thorne(1997))

pebble, 2~256mm), 모래(sand, 0.0625~2mm), 실트-점토 (silt-clay, 0.0625mm미만) 등으로 구분하고 기반암 하상을 추가하여 총 5가지 유형으로 구분하였다. 그리고 기호는 1-5 사이의 숫자를 사용하였다.

3.2.4 하폭수심비(width-depth ratio, w/d)

하도의 단면형은 하천 에너지와 강터과 하상재료의 저항 사이의 관계를 반영한다. 보통 단면형은 하폭수심비로 나타낸다. 하천 에너지가 크고 하상 재료의 입경이 크면 하폭수심비가 크고 반대의 경우 하도는 좁고 깊은 형상을 나타낸다. 하폭수심비는 하상 재료 및 하도의 평면형과 밀접하게 관련된다. Rosgen 분류 체계에서는 하폭수심비를 직접적인 분류 인자로 채택하였으나 본 연구에서는 각 유형별로 범위만을 제시하였다.

3.2.5 하도 경사(channel gradient, s)

경사는 하천의 종단 특성을 대표한다. 하도 경사는

상류에서 하류로 완만해지는 경향이 있다. 하도 경사는 하상 재료와 밀접하게 관련되므로 하상지형의 주요한 패턴을 결정짓는 요소가 된다. 그러므로 본 분류 체계에서는 하도 경사를 직접적인 분류 인자로 채택하지 않았다. 그 대신 하폭수심비와 함께 각 유형별로 범위를 제시하였다.

3.3 수정 분류 체계의 제시

수정 분류 체계에서 제시한 3가지 주요 분류 인자를 기초로 조합하면 35가지 유형이 나타나지만, 하천 분류의 목적상 구별의 필요성이 약한 경우를 제외시켜 총 24개 유형으로 정리하였다. 기반암 하천의 경우 대부분 협착한 상류 산간지역에 위치하는 특성을 가지며 하천의 유로 변화가 거의 제약된다. 또한, 하상에 유사가 거의 없으므로 분기형이 발생하기 어렵다. 전석 하천은 주로 산지 사면에서 공급되는 전석에 의해 좌우되며,

표 6. 청미천의 하도 구간별 분류 결과

구간	평면형		하상재료		하폭		분류 결과	Ros-gen 분류	종단형		구간	평면형		하상재료		하폭		분류 결과	Ros-gen 분류	종단형			
	사행도	입경(D ₅₀)	모래	점토	곡저폭지수	하상경사			하폭:수심	사행도		입경(D ₅₀)	모래	점토	곡저폭지수	하상경사	하폭:수심						
01	1.122	S	1.45	모래	4	69.30	u	S4u	C5	0.00427	33.00	12	1.080	S	-	모래	4	9.21	u	S4u	C5	0.00127	111.47
02	1.032	S	-	모래	4	38.43	u	S4u	C5	0.00248	35.15	13	1.051	S	0.90	모래	4	13.27	u	S4u	C5	0.00107	57.06
03	1.054	S	2.20	모래	4	28.99	u	S4u	C5	0.00187	33.76	14	1.099	S	-	모래	4	27.88	u	S4u	C5	0.00096	50.40
04	1.243	N	-	모래	4	26.45	u	N4u	C5	0.00536	26.36	15	1.101	S	-	모래	4	13.13	u	S4u	C5	0.00131	35.82
05	1.182	S	1.40	모래	4	11.66	u	S4u	C5	0.00173	71.00	16	1.096	S	1.33	모래	4	10.04	u	S4u	C5	0.00086	61.15
06	1.053	S	-	모래	4	12.15	u	S4u	C5	0.00171	84.42	17	1.205	N	4.92	자갈	3	8.41	u	N3u	C4	0.00101	70.97
07	1.006	S	-	모래	4	-	u	S4u	C5	0.00131	-	18	1.036	S	2.35	자갈	3	8.57	u	S3u	C4	0.00102	95.39
08	1.113	S	0.75	모래	4	15.31	u	S4u	B5	0.00176	50.83	19	1.243	N	1.27	모래	4	2.77	c	N4c	C4	0.00097	109.82
09	1.087	S	-	모래	4	19.27	u	S4u	C5	0.00130	50.31	20	1.056	S	1.75	모래	4	6.67	u	S4u	C4	0.00096	89.80
10	1.062	S	-	모래	4	24.03	u	S4u	C5	0.00107	59.02	21	1.152	S	1.18	모래	4	7.35	u	S4u	C4	0.00101	105.61
11	1.014	S	0.52	모래	4	14.12	u	S4u	C5	0.00131	82.86	22	1.547	M	1.13	모래	4	3.09	c	M4c	B4	0.00083	54.68

운반에 제한이 있으므로 기반암 하천과 마찬가지로 상류 산지에 국한되며, 단일 유로의 이동보다는 급경사 산지에서 완경사지로 급변하는 선상지와 같은 지형에서 망류 형태로 발견되므로 사행도에 따른 구분의 필요성이 약하다고 볼 수 있다.

표 5에는 표 4에 제시한 각각의 하천 유형에 대한 지형학적 특성과 교란 요소를 요약하여 제시하였다. 각각의 하천 유형은 독특한 주변 지형 배치를 가지며, 관련된 하천의 지형형성작용과 주요 하상지형을 동반한다. 하폭 지형은 대상 하천 유형이 많이 나타나는 주변 지형으로 하천에 의해 공학적 시간 규모에서 변화되지 않는 지질적 특성과 지형적 성격을 반영한다. 주요 하상 지형(bedforms)은 하도에 발달하는 중규모의 지형으로 하천 생태계의 서식처 기능을 하는 여울-소, 사주 등이 해당한다. 이는 유수의 지형형성작용에 의해 형성되며 역으로 유수의 작용을 좌우하기도 한다. 교란 요소는 하천의 지형과 유수의 작용 사이의 평형 상태를 변화시키는 요소로 작용한다.

4. 분류 체계의 적용과 평가

4.1 청미천

청미천은 유역면적이 595.70km², 유로연장 60.8km인 한강의 제 1지류이다. 청미천은 주변이 비교적 평탄한 분지 내를 흐르다가 하류에서 산지를 관류하여 한강에 유입한다. 유역은 화강암이 풍화된 구릉지를 이루고 있다. 분석을 위해서 청미천 유역의 1:25,000 지형도와 하천정비기본계획의 횡단측량, 입경 분석 자료와 현장 자료를 이용하였다(경기도, 1984; 건설교통부, 1994). 분류의 대상 구간은 지방 2급 하천의 시점부터 한강과 합류하는 종점까지로, 설정된 단위 구간은 22개이다. 비교를 위해

본 연구에서 제시한 분류 체계와 Rosgen 체계를 동시에 적용하였으며 결과는 표 6과 같다.

청미천은 대체로 직류 내지는 곡류한다. 하상재료는 거의 전 구간에서 모래가 우세하며 하도에는 사주와 강턱이 발달하였다. 그러나 지류인 웅천이 합류한 17구간과 바로 하류인 18구간은 자갈이 분포한다. 17구간 이전에는 평탄하여 수평적인 이동에 제약을 받지 않는 분지 내를 관류하다가 편마암을 끼고 흐르는 17구간 하류부터 곡저의 폭이 좁아지며 간간히 산지형(19, 22)이 나타난다. 하도 경사는 상류 일부를 제외하고는 대개 0.001 내외의 값을 가진다. 하폭수심비는 하류로 가면서 약간 증가하지만 일정한 경향은 없는데 이는 사주가 발달한 구간은 하폭이 넓은 반면, 사주가 없고 강턱의 발달이 두드러진 곳에서는 수심이 깊기 때문이다.

본 연구의 분류 체계를 적용하면 청미천의 대부분 S4u군에 속하고 기타 N4u, N3u, S3u, N4c, M4c군으로 분류되며, Rosgen 분류 체계로는 거의 전 구간이 C5, C4로 나타나고 각각 한 구간에서 B4, B5로 분류되었다. 두 분류 체계는 모두 상류에서 하류로의 하상 재료의 변화를 반영하고 있다. 하도에 대한 제약도에 관해서 본 분류 체계는 곡저폭지수의 변화(u→c)를 통해 반영하고 있으며, Rosgen 체계의 경우 C형→B형으로의 변화를 통해 하도가 빠진 정도를 비교함으로써 간접적으로 제약도를 반영한다. 이러한 두 가지 측면 외에 본 연구의 분류 체계는 구간별 사행도의 변화를 반영한다. 청미천은 대부분의 구간이 사행이 매우 미약한 사행도 1.2 이하의 직류이지만, 일부 구간과 22구간에서 뚜렷한 사행도의 변화가 나타나는 것을 반영하고 있다. 반면에, Rosgen 분류 체계는 거의 모든 구간이 C형으로 나타나고 있는데, C형에 해당하는 하천의 사행도는 1.2 이상으로 청미천의 실제 사행도와는 차이가 있다. 즉, 구간

표 7. 임진강의 하도구간별 분류 결과

구간	평면형		하상재료			하곡		분류 결과	Ros-gen 분류	종단형		구간	평면형		하상재료			하곡		분류 결과	Ros-gen 분류	종단형	
	사행도		입경(D50)			곡저폭지수				하상경사	하폭수심		사행도		입경(D50)			곡저폭지수				하상경사	하폭수심
01	1.404	N	89.8	자갈	3	2.99	c	N3c	F4	0.00082	47.95	11	1.718	M	68.0	자갈	3	3.29	c	M3c	F4	0.00027	111.47
02	1.253	N	-	자갈	3	2.71	c	N3c	F4	0.00016	52.57	12	1.052	S	45.7	자갈	3	3.19	c	S3c	F4	-0.00070	57.06
03	1.033	S	-	자갈	3	3.30	c	S3c	F4	0.00290	71.54	13	1.069	S	19.4	자갈	3	4.40	c	S3c	F4	0.00005	50.40
04	1.079	S	75.6	자갈	3	4.47	c	S3c	B4	0.00070	58.97	14	1.074	S	-	자갈	3	3.28	c	S3c	F4	0.00389	35.82
05	1.246	N	76.0	자갈	3	2.58	c	N3c	F4	0.00348	38.98	15	1.561	M	51.8	자갈	3	2.74	c	M3c	B4	-0.00037	61.15
06	1.211	N	81.3	자갈	3	2.42	c	S3c	F4	0.00054	26.16	16	1.224	N	51.8	자갈	3	1.42	c	D3	DA4	0.00058	70.97
07	1.804	M	88.5	자갈	3	1.94	c	M3c	B4	0.00058	30.29	17	1.027	S	-	자갈	3	3.94	c	M3c	B4	-0.00027	95.39
08	1.078	S	77.5	자갈	3	4.49	c	S3c	B4	-0.00116	44.34	18	1.315	N	52.4	자갈	3	6.29	u	N3u	B4	0.00034	109.82
09	1.055	S	69.0	자갈	3	6.33	u	S3u	B4	0.00045	39.95	19	1.028	S	-	모래	4	3.55	c	S4c	B5	0.00004	89.80
10	1.258	N	92.0	자갈	3	4.41	c	N3c	B4	0.00039	31.91	20	1.286	N	-	모래	4	3.66	c	N4c	B5	-0.00033	105.61

분류의 관점에서 Rosgen 분류 체계는 하천 사행에 관한 충분한 정보를 제공하기에는 한계가 있음을 알 수 있다.

4.2 임진강

임진강은 유역면적 8117.5km², 유로연장 254.6km인 대하천이다. 여기서는 국가하천 구간 시점인 연천군 양정면으로부터 한강 합류부까지 약 84.5km에 대해 임진강 하천정비기본계획(건설교통부, 2001b)의 자료를 이용하여 분류를 시도하였다. 임진강 유역은 경기편마암복합체 지질로 이루어져 있고 한탄강 합류점 주변으로 제4기에 분출한 용암의 영향으로 수직절벽이 나타난다. 분석에는 2000년 임진강 측량성과와 입경 조사 자료가 이용되었다. 대하천인 임진강의 특성을 고려하여 대략 5 km² 미만의 유역 면적을 갖는 지류가 유입하는 지점은 구간 분리 대상에서 제외한 후 합류점을 기준으로 분류 단위 구간을 설정하고 초평도 구간을 따로 취급하여 총 20개 구간을 설정하였으며 분류 결과는 표 7과 같다.

임진강은 구간별로 사행도의 차이가 있으나 합류점을 기준으로 분류 단위를 설정한 점을 감안하면 01, 02, 07, 09, 10, 11, 15구간에서 사행도가 크다. 대개 산지가 하천에 인접해 있거나 제 4기에 분출된 용암의 수직절벽으로 유로의 수평적인 이동이 제약을 받으며, 거의 전 구간에서 곡저폭지수가 낮아 전형적인 산지 사행하천의 특성을 보여준다. 하상재료는 19, 20구간을 제외하고는 전 구간에서 자갈이 널리 분포한다. 하도 경사는 매우 완만하다. 하폭수심비는 하중도인 초평도 구간(15)과 하구인 최하류(19, 20)를 제외하면 비교적 낮다.

임진강을 구간별로 분류하면 본 연구의 분류 체계로는 S3c, N3c, M3c군이 주로 나타나고, 나머지는 S3u,

N3u, S4c, N4c, D3으로 분류된다. Rosgen 분류 체계로는 F4와 B4형이 주종을 이루고 하류는 B5로 분류된다. 청미천의 자료 분석을 통해 언급한 것처럼, 하상 재료의 변화는 두 분류 체계가 모두 동일하게 반영하고 있다. 하도의 제약도의 경우 본 분류 체계는 임진강 하곡의 제약 상태를 대부분의 구간에서 c형(제약형)으로 반영하고 있는 반면에, Rosgen 분류 체계에서는 F형과 B형을 통해 역시 하도의 제약 상태를 반영하고 있다. 특히, F형의 경우 비교적 하폭이 크면서 사행도가 큰 제약형 하도를 의미한다는 점에서 임진강의 형태를 보다 적절하게 반영하고 있다고 생각된다. 그러나 임진강의 특성상 하천의 규모가 커서 하도 경사가 매우 완만한데, 이는 B형의 기준과 잘 부합하지 않는 문제점을 갖고 있다. 사행도의 측면에서도 Rosgen 분류 체계의 F형은 비교적 사행이 큰 상태를 의미하므로 직류가 발달한 임진강 여러 구간의 특성을 적절히 나타내는데 곤란하다. 이에 비해 본 연구의 분류 체계는 임진강의 구간별 사행도 변화에 대한 정보를 제공해 주고 있다.

4.3 분류 체계의 적용 결과 비교

본 연구의 분류 체계와 Rosgen 분류 체계를 청미천과 임진강에 대해 적용한 결과를 비교, 요약하면 다음과 같다. 첫째, 두 분류 체계는 모두 하상 재료에 관한 분류 인자를 포함하고 있으며, 이에 따라 분류 결과에 차이가 없다. 둘째, 하도의 제약 상태에 관해 본 분류 체계는 곡저폭지수를 활용하고 있고, Rosgen 체계에서는 굴입비가 분류 인자로 사용되었다. 이 두 가지 분류 인자는 동일한 기준은 아니지만, 하천의 제약성을 어느 정도 반영하고 있다. 셋째, 하천의 평면적 형태에 관해 본 연구의 분류 체계는 사행도를 직접적인 분류 인자로

채택하였으며, 이를 통해 하천이 완만한 직류 상태를 나타내거나 심한 사행을 나타낼 때를 잘 반영하고 있다. 반면에, Rosgen 체계는 역시 사행도를 분류 인자로 사용하였으나, 범위에 따른 구분이 미흡하여 사행에 관한 뚜렷한 정보를 제공하기에는 한계가 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 지형학적 특성을 고려한 하천 정비와 복원에 기초적인 정보를 제공하는 기준에 개발된 외국의 하천 분류 체계를 살펴보고 국내의 지형적 여건을 고려하여 보다 세분하게 하천을 분류할 수 있도록 지형 인자에 의한 하천 분류 체계를 구성하여 제안하였다. 연구의 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 국외에서 개발된 공학적 하천 분류 체계인 Rosgen 하천 분류, 미북서태평양 하천 분류, 영국 EA의 하천 분류, 일본의 하천 분류를 소개하고 비교, 검토하였으며, Rosgen의 분류를 기초로 하천 주변의 지형 변화를 반영하고 사행도를 나타내는 수정된 분류 체계를 제시하였다.
2. 수정된 분류 체계는 지류 유입을 기준으로 단위 하도 구간을 설정하였으며, 분류 인자로는 사행도, 하상재료와 함께 하도의 제약성을 나타내도록 Rosgen 분류의 굴입비 대신 곡저폭지수를 주요 인자로 채택하여 24개 유형으로 하천을 분류하고, 하천 유형에 따른 하폭수심비와 하도 경사의 범위도 제시하였다. 또한, 하천 유형별로 하곡 지형, 주요 하상지형과 유수의 지형형성작용, 교란 요소 등을 제시하였다.
3. 수정된 분류 체계의 적용성을 검토하기 위해 Rosgen 분류 체계와 함께 청미천과 임진강에 적용해 본 결과 하상 재료와 하곡의 제약도에 관해서는 다소 차이가 있으나 비슷한 결과를 보였으나, 새로운 분류 체계는 하천의 구간별 사행도를 세부적으로 분류하고 있다.
4. 하천 분류 체계의 개발은 국내에서는 처음 시도되는 것으로 국내 하천에서 얻을 수 있는 지형학적 자료의 부족으로 구체화하기에는 미흡한 점이 있다. 따라서 이를 자연 친화적인 하천 정비와 복원에 적용하기 위해서는 다양한 하천에 대한 현장 조사 자료가 축적되어야 하며 이를 토대로 보완되어야 할 것이다. 또한 장기적인 조사를 통해 하천 분류 체계에서 개수 상태를 평가하고 그 영향을 하천 유형별로 제시하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 '자연 친화적 하천정비기법 개발' 1차년도 연구(2000~2001)의 일환으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 건설교통부(1994). 청미천 하천정비기본계획(보완), pp. 32-122
- 건설교통부(2001a). 자연친화적 하천정비기법 개발 보고서, pp. 29-30
- 건설교통부(2001b). 임진강 하천정비기본계획(보완), pp. 28-179
- 경기도(1984). 청미천 하천정비기본계획, pp. 22-106
- 양희경(2001). 지형 및 인위적 변수에 의한 산지 하천의 분류. 박사학위논문 서울대학교, pp. 33-53
- 우효섭(2001). 하천수리학, 청문각, pp. 843-844
- 建設省, (1996). 河道計劃策定の手引き(案)
- Alabyan, A. M., and Chalov, R. S. (1998). "Types of river channel patterns and their natural controls", *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 23. pp. 467-474
- Chorley, R. J., Schumm, S. A., and Sudgen, D. E. (1984). *Geomorphology*, Methuen, pp. 296-298
- Ferguson, R. (1987). "Hydraulic and sedimentary controls of channel pattern." *River Channels*, Edited by Richards, K. S., Basil Blackwell, pp. 129-158
- Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*, Arnold, pp. 10-20
- Kondolf, G. M. and Downs, P. W. (1996). "Catchment approach to planning channel restoration." *River Channel Restoration: Guiding principles for sustainable projects*, Edited by Brookes A., and Shields, J. F. D., John Wiley and Sons, Chichester, UK, pp. 129-148
- Lane, E. W. (1957). "A study of the shape of channels formed by natural streams flowing in erodible material", *MRD Sediment Series 9*, US Army Engineer Division, Missouri River
- Leopold, L. B., and Wolman, M. G. (1957). "River channel patterns-braided, meandering and straight", *Professional Paper*. United States Geological Survey, 282B, pp. 39-85
- Leopold, L. B., Wolman, M. G., and Miller, J. P. (1964). *Fluvial processes in geomorphology*, W. H. Freeman and Company, pp. 281-284
- Montgomery, D. R., and Buffington, J. M. (1993). "Channel

classification, prediction of channel response and assessment of channel condition”, Report prepared for the SHAMW committee of the Washington State Timber/Fish/Wildlife Agreement

Nanson, G. C. and Croke, J. C. (1992). “A genetic classification of floodplains”. *Geomorphology*, Vol. 4, pp. 459-486

NRA(National Rivers Authority) (1990). *River Stort Morphological Survey: Appraisal and Watercourse Summaries*, compiled by Brookes, A. and Long, H.

Rosgen, D. L. (1996). *Applied River Morphology*. Hilton

Lee Silvey, Lakewood

Schumm, S. A. (1977). *The Fluvial System*, Wiley-Interscience, New York, pp. 119-159

Thorne, C. R. (1997). “Channel types and morphological classification.” *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*, Edited by Thorne, C. R., Hey, R. D., and Newson, M. D., John Wiley & Sons, Chichester, pp. 175-222

(논문번호:03-48/접수:2003.05.20/심사완료:2003.12.03)