

지형학적 하천 분류체계의 적용성 검토

이 두 한 (수자원환경연구부 하천그룹 선임연구원)

1. 머리말

지형학적 하천 분류(이하 하천 분류로 통칭)는 하천이 가진 지형학적 특성(하상경사, 하폭, 사행도, 수심)과 일부 수리학적 특성(지배유량, 하상재료)에 대한 정량적, 정성적 분석을 통해 대상 하천의 유형을 구별하고, 이를 비슷한 유형의 하천끼리 묶는 작업을 말한다.

하천 분류는 다양한 하천의 특성 중 하천의 형태적 특성에 초점을 맞추는데, 즉, 현재의 하천형태가 어떤 요인에 의해 결정되었는가에 대한 의문에서 출발한다.

하천공학적인 관점에서든 같은 의문을 가지고 하천을 연구하지만, 하천 분류는 그 방법론을 엄밀한 공학적인 메카니즘에서 접근하기보다는 하천의 변수들을 하천의 형태와 관찰과 통계적 방법으로 연결시키는 방법론에 초점을 두고 있다.

이와 같은 하천 분류 방법은 1990년대 이전에는 대부분 학문적 목적의 하천 분류로 지형학의 한 분야로만 인식되었다. 실제로 전통적인 지형학에서 대상으로 하는 하천 분류는 인위적인 교란이 없는 자연하천을 대상으로 하여 하천의 고유한 형태 특성을 도출하는데 그 목적이 있었다. 하천을 설계하고 관리하는 하천공학의 입장에서는 자연형 하천에 대한 개념이 도입되기 전까지는 치수 관점에서 효율적인 홍수 배제가 주목적이다. 그러므로, 때문에 자연상태에서의 하천의 특성에 대한 관심이 적었으며, 이로 인하여 하천 분류와 하천공학을 연결시킬 필요성이 적었다. 실제로 하천 분류는 그 결과물로 하천의 설계 및 관리에 필요한 정보를 제공할 수 없었기 때문에 두 분야는 각기 다른 방향으로 발달되었다.

그러나 최근에는 하천의 환경적인 측면이 부각되어 하천 생태계의 물리적 서식공간으로 하천이 재인식되면서 하천의 설계에서 자연상태의 하천의 형태를 고려하기 시작했다. 이런 경향으로 인하여 하천 분류는 전통적인 학문적인 차원에서 탈피하여 하천의 설계 및 관리에서 하천의 형태를 결정하고, 하도의 진화를 예측할 수 있는 새로운 수단으로 인식되고 있다. 즉, 하천 분류는 하천 설계 단계에서는 하천의 평면형, 종단형, 단면형, 횡단형에 대한 기초자료를 제공하고, 하천 관리 단계에서는 교란에 의한 미래의 하천형태를 예측할 수 있는 기초자료를 제공한다. 그리고, 하천 평가 단계에서는 하천의 치수적 안정성과 환경상태를 평가할 수 있는 새로운 도구로 인식되고 있으며, 미국과 유럽의 경우에는 현장 적용을 통하여 그 유용성을 입증해 나가고 있다.

본 연구에서는 지금까지 개발된 하천 분류 방법을 정리하고, 자연형 하천정비에서 응용이 가능한 외국의 하천 분류 방법을 미국의 Rosgen 방법을 중심으로 검토하였다. 또한 Rosgen의 방법을 국내 하천에 적용하여 국내 적용시의 문제점을 도출하고 이를 토대로 새로운 하천 분류 방법을 제시하였다.

2 기존의 하천 분류 방법

최초의 하천 분류는 Davis(1989)가 하천을 발달 시기에 따라 유년기(youthful age), 장년기(mature age), 노년기(old age)로 구분한 것이다. 국내에서 사용되는 대표적인 하천 분류 방법은 Horton(1945)이 개발하고 Strahler(1952)가 개량하여 보급한 하

천차수(stream order)에 기초한 방법이다. 이후의 대표적인 하천 분류는 Leopold와 Wolman(1957)이 제시한 하천의 사행도에 따른 하천 분류 방법이다. 그 이후로 현재까지 다양한 하천 분류방법이 표 1과 같이 제시되었다.

이 중에서 하천의 설계에 공학적인 목적으로 적용이 가능한 대표적인 하천 분류체계인 미국의 Rosgen(1994, 1997)의 하천 분류, 미국 북서태평양 하천 분류, 영국 NRA의 하천 분류, 일본의 하천 실무에서 이용되고 있는 분류체계 등이 있다.

2.1 Rosgen의 하천 분류

연구자인 Dave Rosgen의 이름을 붙인 Rosgen(1994) 하천 분류는 연구자 자신의 30여년의 하천현장 조사결과를 토대로 개발되었다. 개발에 사용된 자료는 미국, 캐나다, 뉴질랜드 등의 450개의 하천으로 기존의 하천 분류체계에 비하여 다양한 하천을 대상으로 하고 있다. Rosgen의 하천 분류는 하천의 형태특성에 따른 분류로 하천의 물리적 과정을 포함하고 있지는 않으나 실무에서는 그 적용성을 인정받고 있는 것으로 알려져 있다.

표 1. 하천 분류의 연구동향

연구자와 기관	분류 방법
Davis(1899)	침식윤회의 관점에서 하천 지형의 발달 시기에 따라 유년기(youthful), 장년기(mature), 노년기(old age)로 구분
Horton(1945), Strahler(1952)	하천차수(stream order)에 따라 구분
Leopold & Wolman (1957)	하도경사와 유량에 따라 하도 패턴이 직선(straight), 사행(meandering), 망상(braided)으로 변화될 수 있음을 밝힘
Lane(1957)	하상경사와 유량의 관계로 사행과 망상간의 경계 구분
Schumm(1963)	하도의 안정도(안정, 침식, 퇴적)와 유사이송형태(부유, 소류, 혼합)에 따라 구분
Culbertson(1967)	퇴적 형태, 식생, 사행, 사주 높이, 제방 형성, 홍수터 형태 등에 의해 구분
Thornbury(1969)	하곡의 형태에 따라 구분
Khan(1971)	모래 하천을 대상으로 사행도, 경사, 하도 형태에 따라 구분
Kellerhals(1976), Galay(1973), Mollard(1973)	캐나다 지역의 하천에 묘사분류기법을 적용하여 분류
Schumm(1977)	유사 이송 형태, 하도의 안정성, 하도 규모 등에 의해 구분
Blodgett(1978)	사주의 형태에 따라 구분(braided, braided point bar, wide-bend point bar, equi-width point-bar)
Church(1983)	충적하천의 하도에 대한 묘사분류기법에 의한 분류
Church(1987)	하도 규모에 따른 분류
Mosely(1987)	생태계를 고려한 하천 분류
NRA(1990)	교란에 대한 민감도에 따라 구분
Alabyan(1992), Alabyan, Chalov(1998)	하천 지형의 구조적 성격과 평면형에 관여하는 지형 형성 변수를 토대로 계층인 분류 시도
Nanson & Croke(1992)	하상입자, 하도 형태, 제방 구성재료 등을 기준으로 구분
Rosgen(1994, 1997)	하천 지형에 관여하는 유역 특성과 하도의 평면, 종단, 단면형 변수를 계층적으로 고려하여 총 41개 하천군으로 분류

Rosgen의 하천 분류체계는 총 4단계의 계층적 구조로 이루어져 있다. 그러나, 하도에 대한 실제적인 분류는 2단계 과정이며, 3단계와 4단계는 대상 하천의 여러 가지 특성을 현장에서 측정하고 모니터링함으로써, 하천의 상태를 평가하는 과정이다.

- 1단계 : 하천 주변 지형의 유형화(Geomorphic Characterization)
- 2단계 : 하도의 형태분류와 기술 (Morphological Description)
- 3단계 : 유사, 식생 등을 통한 하천의 상황 평가 (Stream State or Condition)
- 4단계 : 측정을 통한 검증(Validation Level)

1단계 분류에서는 하천경사, 하천단면의 굴입비(Entrenchment Ratio), 하폭/수심비(W/D ratio), 사행도(Sinuosity) 등을 고려하여 총 9개의 군으로 분류하게 된다. 여기서 고려되는 인자는 결국 하천의 종단형(경사), 단면형(굴입비, 하폭/수심비), 평면형(사행도)을 의미한다. 여기서, 굴입비는 강턱만수위(Bankfull Stage)의 2배 높이에 대응하는 하천단면의 폭을 강턱 만수위 시의 하폭으로 나눈 값이다. 즉, 굴입비는 하천의 흐름에 의해 단면형이 좌우로 발달하느냐, 상하로 발달하느냐를 결정짓는 인자가 된다.

Rosgen의 하천 분류를 비롯한 대부분의 하천 분류에서 가장 중요한 인자는 기준수위이다. 하천은 수위에 따라 하폭, 수심 등이 달라지며, 이에 따라 산정되는 사행도도 달라진다. 그리고, 하천경사의 경우에도 실제 하천의 하상은 변화가 심하므로, 수면경사를 기준으로 하는 경우가 많고 이 경우에는 하천경사에도 영향을 미친다. 즉, 하폭, 수심, 사행도 등을 결정하는 기준수위를 어떻게 설정하느냐에 따라 하천의 특성인자는 크게 달라진다. 하천 분류의 기준 수위는 강턱만수위를 사용하지만, 현장에서는 하천단면의 형태와 식생의 상태로부터 강턱만수위를 추정하기도 하며, 수위유량곡선이 있는 경우에는 그 변곡점을 취하기도 한다.

2단계 분류는 1단계분류의 결과를 하상재료에 따라 분류하는 것으로 하상재료는 D_{50} 을 기준으로 하여 기

반암(Bedrock, 1), 전석(Boulder, 2), 호박돌(Cobble, 3), 자갈(Gravel, 4), 모래(Sand, 5), 실트-점토(Silt-Clay, 6) 등으로 그림 1와 같이 분류된다.

	A	B	C	D	DA	E	F	G
굴입비	< 1.4	1.4 - 2.2	> 2.2	no	> 4.0	> 2.2	< 1.4	< 1.4
하폭/수심비	< 12	> 12	> 12	> 40	변화	< 12	> 12	< 12
사행도	1 - 1.2	> 1.2	> 1.2	no	변화	≥ 1.5	> 1.2	> 1.2
평균유속	0.4 - 0.99	0.2 - 0.39	< 0.2	< 0.4	< 0.05	< 0.2	< 0.2	0.2 - 0.39

그림 1. Rosgen 하천 분류 2단계 개략도

우리 나라의 하천을 Rosgen의 분류체계에 따라 분류할 경우에 두 가지 적용상 문제점을 갖고 있다. 첫번째는, Rosgen 분류에 이용된 하천은 거의 완전한 자연 상태에 놓여 있는 하천이면서, 우리나라의 지형적 상황과 잘 맞지 않는 부분이 있을 수 있다. 따라서, 1단계 분류군을 정할 때, 우리나라의 지형적 상황에 맞게 조정해야 할 필요가 있으며, 인공 제방이 대부분 축조된 하천의 상태를 고려해야 한다. 둘째, 분류체계의 3, 4단계에 해당하는 항목이 상세하므로 만약 실제적으로 적용된다면 하도를 관리하거나 복원하는데 유용하기는 하겠으나, 경제성이 문제시된다. 3단계와 4단계에 해당하는 항목의 수를 적절하게 조정한다면 유용한 방법론이 될 수 있다.

2.2 미북서태평양 하천 분류

미북서태평양 하천 분류는 Montgomery와 Buffington(1993)이 미국의 북서태평양(Pacific Northwest) 지방의 하천 조사 결과를 토대로 1993년에 개발한 분류방법으로, Schumm(1977)의 하천 분류방법을 붕적(崩積)하천(colluvial stream), 충적하천(alluvial stream), 그리고 암반 하천(bedrock stream) 등에 확장하여 적용한 것이다.

이 방법은 하도에 공급되는 유사량과 이를 운반하는 하천의 수리적 특성간의 관계에 따라 하천을 크게

붕적하천, 충적하천, 암반하천으로 구분하였다. 그리고, 충적하천에 대해서는 공급되는 유사의 크기, 하천이 배치된 지형적 상황(산지-평지) 및 하도 내에 주된 지형 패턴에 따라 계곡(cascade), 스텝과 소(step-pool), 평하상(plane-bed), 여울-소(riffle-pool), 평형하천(regime), 망상(braided) 등의 6가지로 세분하여 총 8개 군으로 하천형을 나누었다. 본 하천 분류체계는 Rosgen의 분류체계에 비해 상세하지는 않으나, 하천형과 그에 속하는 하천을 주로 형성하는 지형 형성작용을 반영하고 있어, 현장에서 하천의 상태를 개략적으로 판단할 수 있는 기본적인 틀을 제공한다는 측면에서 유용하다고 할 수 있다.

그러나, 본 하천 분류는 현장 기술자가 하천의 현 상태에 관하여 스스로 판단해야 한다. 따라서, 현장 기술자가 갖고 있는 하천 지형학적인 식견에 의존하여 하천을 평가할 수 있다. 현장에서 하천을 다루는 기술자들의 주관적 판단에 어느 정도 의존해야 한다는 점에서, 미북서태평양 하천 분류체계는 NRA, 일본의 분류체계와 유사하다. 이 분류체계는 현장에서 관찰을 통해 확인할 수 있는 주된 하천의 지형형성 작용을 구별한 것이므로 우리 나라에도 적용이 가능하다.

2.3 영국 NRA의 하천 분류

대부분의 하천 분류체계는 분류를 위하여 많은 자료를 필요로 한다. 그러나, 하천관리자의 입장에서는 현장 방문을 통하여 바로 하천에 대한 정보를 얻고자 하는 경우가 많다. 이와 같은 필요성에 개발된 것이

영국 NRA(National Rivers Authority, 현재는 Environment Agency)의 템즈 지방 사무소에서 개발한 하천 분류체계이다.

NRA의 하천 분류 방법은 표 2와 같으며, 현장 답사를 통하여 바로 하천 현장의 상태를 판단하여 평가하도록 하는 방법으로 하천의 현재 상황을 보고 교란에 대한 민감도를 판단한다. 이를 통하여 답사지점을 개수할 것인지, 복원할 것인지를 결정하게 된다.

그러나 본 분류체계는 유역의 기후나 유사량의 변화와 같이 하도의 형태 변화를 지배하는 인자들에 대한 기초 연구가 있어야만 하천이 교란에 대해 어떤 반응을 보일지를 예측할 수 있다. NRA의 분류체계는 하천의 수리적, 지형학적 특성에 대한 광범위한 기초 연구가 있어야 한다. 따라서, NRA 하천 분류를 제시한 영국과는 달리, 우리 나라는 NRA 하천 분류체계를 적용하기 위해서는 하천의 기초 조사가 선행되어야 한다.

2.4 일본의 하천 분류체계

일본에서는 토목연구소의 야마모토(山本)가 일본 전국 1급하천에 대한 현장 연구 후에 제시된 표 3과 같은 하천 분류표를 실제 하천 설계에 참고하고 있다. 주요 분류 인자는 하상경사, 하상재료 등이며, 하안의 침식에 대비한 설계에서 유용하게 활용되고 있다.

일본의 하천 분류방법은 경계층 이론에서 출발하여 하천의 지형학적 특성에 대한 이해를 돕기 위해 산지-선상지-범람원-삼각주로 연결되는 세그먼트와 대비하고 있다.

표 2. NRA의 하천 분류

퇴적에 대한 민감도	점 수	상 태
높음	8-10	거의 교란이 없이 자연에 가까운 상태로 사행의 발달에 제약이 없으며 하상이 잘 발달되어 있음(사주와 여울-소 구조 발달).
중간	5-7	교란된 흔적이 있으나 여전히 자연성이 강하며, 자연에 가까운 상태로 회복되는 상태임.
낮음	2-4	대규모 공사에 의한 하천형태의 근본적인 변화가 있었으며 하천의 단면이 인위적인 형태이며 하상이 발달되지 않으며 강턱에 식생이 부족함.
하도화	1	강턱과 하상이 콘크리트 등의 인공재료로 구성되어 있음.
암거형	0	전체가 콘크리트 등으로 구성되어 있음.

일본의 경우에는 대부분 하천의 유로 연장이 길지 않고, 산지-선상지-범람원-삼각주로 연결되는 세그먼트의 분할이 비교적 용이하므로, 현장 하도가 종단 곡선상에 놓인 위치에 따라 쉽게 분류가 가능하며, 실제 하천의 설계 단계에서 적극적으로 활용되는 우수한 분류체계라 할 수 있다. 그러나 우리 나라 하천에 대한 적용은 국내의 기초적 수리자료의 부족으로 한계를 가진다.

3 하천 분류체계의 개발

3.1.1 Rosgen 하천분류의 적용성 검토

앞 절에서 검토한 하천 분류체계 중 비교적 적용성이 우수한 것으로 판단되는 Rosgen의 하천 분류방법을 국내의 자연상태에 가까운 하천구간인 임진강 및 문산천 일부 구간에 적용하여 그 적용성을 검토하였다. 적용 결과에 의하면 비교적 Rosgen의 분류방법이 하도의 특성을 어느 정도 반영하는 것으로 볼 수 있다. 그러나, 국내 대부분의 하천의 특성이 고수부지가 비교적 잘 발달되어 있어 대하천의 경우에는 대부분 C 군의 일부 특정 분류군으로, 중소 규모 하천의 경우에는 C 또는 E군의 특정 분류군으로 분류할 가능성이 높은 것으로 판단된다. 즉, 국내 하천의 특성을 반영하도록 분류군을 세분화하는 방안이 필요

표 3. 일본의 하천 분류(Yamamoto式 분류)

구분	세그먼트 M	세그먼트 1	세그먼트 2		세그먼트 3
			2-1	2-2	
지형구분					
하상재료의 대표입경 D_R	여러 가지	2cm이상	1~3cm	0.3mm~1cm	0.3mm이하
하안구성물질	하상과 하안에 바위가 노출되어 있는 곳이 많다.	표층에 모래, 실트가 얹혀져 있는 경우가 있지만 얇고, 하상재료와 같은 물질이 이루고 있다.	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 휨	사행이 심하지만, 강폭수심비가 큰 곳에서는 8자 사행 또는 섬이 발생한다.	사행이 심한 곳도 있지만 작은 곳도 있다.	
하안침식정도	아주 심하다	아주 심하다	중간 정도이고, 하상재료가 큰 쪽의 수로는 잘 움직인다.		약하고, 거의 수로의 위치는 움직이지 않는다.
저수로 평균수심	여러 가지	0.5~3m	2~8m		3~8m

■ 학술기사

지형학적 하천 분류체계의 적용성 검토

할 것으로 판단되었다.

3.2 국내 하천 분류체계의 제시

Rosgen의 분류체계를 원용하여 국내 하천의 지형 형성 작용에 초점을 맞추어 분류체계를 제시하였다. 하도의 기하학적 형상인 평면형을 1단계 분류 인자로 채택하였고, 2단계 분류 인자는 구성재료를 이용하였으며, 단면형을 3단계 분류 인자로 적용하였다. 그 결과 표 4 ~ 표 7에 나타난 바와 같이 총 19개 군으로 하도를 분류할 수 있다.

3.3 개발된 분류체계의 검증

개발된 분류체계는 하도 지형 체계에 관여하는 상

위 요소와 하위 요소를 모두 반영하였다. 따라서, 하도 내에서 직접적으로 이루어지는 지형 형성작용을 다룰 뿐만 아니라, 이러한 작용을 보장하거나 제약하는 하도가 놓여진 지형적 배치가 함께 고려되었다. 또한, 지형을 변화시키는 하천 에너지를 반영하고 있으면서, 하도의 평면적 형태를 직접적으로 나타내고 있는 사행도를 분류 인자로 채택하였기에 때문에 보다 분류된 하천군의 특성을 명료하게 나타낼 수 있으며, 하천을 상세하게 분류할 수 있는 장점이 있다.

한편, 개발한 안을 Rosgen 체계와 함께 청미천, 임진강, 곡릉천에 적용하여 결과를 평가하였다. 표 8에서 보는 바와 같이 청미천의 경우, 두 가지 분류체계 모두 하상재료를 구별하고 있으므로 가시적인 판

표 4. 분류 기호와 분류 방법

1단계		2단계		3단계		분류군	
분류 인자	분류 기호	분류 인자	분류 기호	분류 인자	분류 기호		
하도의 평면형 (사행도) P	P < 1.2	하도의 구성재료 (입경중앙값)	기반암 위주 (1)	하곡의 단면형 (곡저폭지수)	산지형 Confined valley (c)	S1c, S2c S3c, S4c, S5c S3u, S4u, S5u	
			전석 위주 (2)				
	자갈 위주 (3)		평지형 Unconfined valley (u)				N1c, N2c N3c, N4c N3u, N4u, N5u
	모래 위주 (4)						
	1.2 ≤ P < 1.5		곡류형 Sinuous (N)				실트-점토 위주 (5)
			1.5 ≤ P		사행형 Meandering (M)		

〈 분류 예시 〉

* S1c형 : S - 직류형, 1 - 기반암 위주의 하도, c : 산지형 하곡

→ 산지에서 기반암으로 이루어진 직류 하도 → 예를 들어, 설악산 계곡

* M5u형 : M - 사행형, 5 - 실트-점토로 구성된 하도, u : 평지형 하곡

→ 평지에서 하도가 실트-점토로 구성되어 있는 사행하도 → 사례 : 곡릉천, 만경강

표 5. 국내 하천 분류체계

사행도		大 ← 하도 구성재료의 입자 크기 → 小									
		기반암 위주(1) (bedrock-dominated)		진석 위주(2) (boulder-dominated)		자갈 위주(3) (cobble-gravel dominated)		모래 위주(4) (sand dominated)		이토-점토 위주(5) (silt-clay dominated)	
S	직류형 P<1.2	산지형 (c)	S1c 하폭/수심 < 20 하도경사 > 0.04 산지 계류 스텝-소, 급여울	산지형 (c)	S2c 하폭/수심 < 20 하도경사 > 0.02 산지 계류 스텝-소, 급여울	산지형 (c)	S3c 하폭/수심 > 20 하도경사 > 0.002 산지 하천 여울-사주-소-run	산지형 (c)	S4c 하폭/수심 > 30 하도경사 > 0.005 산지 하천, 대하천 사주, 하중도	산지형 (c)	S5c 하폭/수심 < 20 하도경사 < 0.002 풍화산물이 많이 유입되는 소하천
			평지형 (u)		S3u 하폭/수심 < 20 하도경사 > 0.001 평지, 분지 하천 여울-사주-소-run		평지형 (u)		S4u 하폭/수심 > 40 하도경사 < 0.004 평지, 분지 하천 사주, 하중도		평지형 (u)
N	곡류형 P<1.5	산지형 (c)	N1c 하폭/수심 < 20 하도경사 > 0.02 산지 계류 스텝-소, 급여울	산지형 (c)	N2c 하폭/수심 < 20 하도경사 > 0.01 산지 계류 스텝-소, 급여울	산지형 (c)	N3c 하폭/수심 > 20 하도경사 > 0.002 산지 하천 여울-사주-소	산지형 (c)	N4c 하폭/수심 > 30 하도경사 < 0.005 산지 하천, 대하천 사주, 하중도	평지형 (u)	N5u 하폭/수심 < 20 하도경사 < 0.002 중대규모 평지하천 대하천 역류 하천 대하천 하류로 유입하는 하천
			평지형 (u)		N3u 하폭/수심 > 20 하도경사 > 0.001 평지 하천 여울-사주-소		평지형 (u)		N4u 하폭/수심 > 40 하도경사 < 0.004 평지, 분지 하천 사주, 하중도		
M	사행형 P≥1.5	-	-	산지형 (c)	M3u 하폭/수심 > 20 하도경사 > 0.001 산지 하천 (전형적 산지사행) 여울-사주-소	산지형 (c)	M4c 하폭/수심 > 30 하도경사 < 0.005 산지 하천 대하천 사주, 하중도	평지형 (u)	M4u 하폭/수심 > 30 하도경사 < 0.002 평지, 분지 하천 사주, 하중도	M5u 하폭/수심 < 20 하도경사 < 0.001 중대규모 평지 하천 대하천 하류로 유입하는 하천 (전형적 자유사행)	

■ 학술기사

지형학적 하천 분류체계의 적용성 검토

표 6 국내 하천 분류체계 유형별 하도 단면 형태



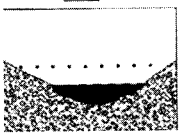
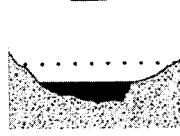
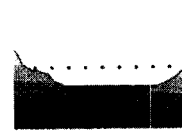
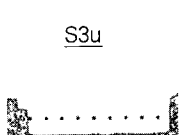
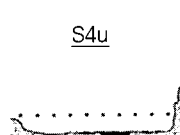
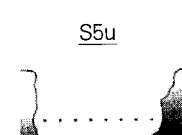
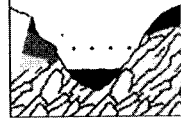

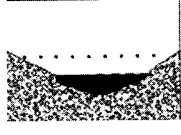
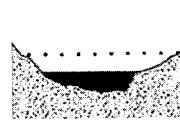
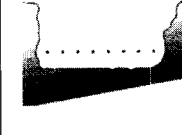
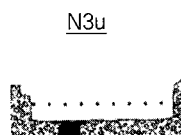
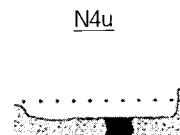

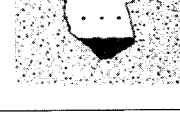
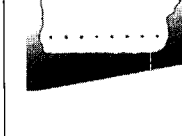
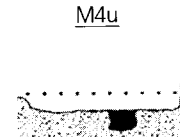
사행도	大 ← 하도 구성재료의 입자 크기 → 小				
	기반암 위주(1) (bedrock-dominated)	전석 위주(2) (boulder-dominated)	자갈 위주(3) (cobble-gravel dominated)	모래 위주(4) (sand dominated)	이토-점토 위주(5) (silt-clay dominated)
S 직류형 P<1.2			S3c 	S4c 	S5c 
			S3u 	S4u 	S5u 
N 곡류형 P<1.5			N3c 	N4c 	N5u 
			N3u 	N4u 	
M 사행형 P≥1.5	-	-	M3u 	M4c 	M5u 
				M4u 	

표 7. 국내 하천 분류체계 개략적 설명

하천형	하천 주변 지형배치	주요 하상 지형	유수의 작용	규모	교란요소
S1c N1c	최상류 산지, 화강암 지대	스텝-소 계단식 급류 (cascade)	기반암 침식, 국지적 침식형 형성 사면물질의 제거	소-중	산지 사면의 인위적 절개 사방류 공급
S2c N2c	최상류산지	스텝-소 급여울 (rapid)	수직적인 에너지 소비(스텝)와 저장(소) 전석과 기타 세립자들의 분급	소	산지 사면의 인위적 절개 사방류 공급, LWD의 투입
S3c N3c M3c	산지, 직선상의 구조곡 산지, 구조곡 산지, 편마암 또는 퇴적암 산지에 발달한 하곡, 하곡 사행	여울-소 평하상 갑주층(S3c) 교호사주 하중사주 요곡사주 (N3c, M3c)	최심하상의 주기적 승강과 수평적 이동 자갈과 모래의 입자 분급 군집 하상지형 발달 감입(incision) 만곡에 의한 수평적 에너지 소비(N3c, M3c) 수층부에 깊은 소 형성(N3c, M3c)	중-대	산지 사면의 인위적 절개, 사방류 공급
S3u N3u	평지, 산지 전면의 평탄지, 산간 분지, 곡저 평지	여울-소 평하상 하중사주 교호사주 요곡사주 (N3u)	최심하상의 주기적 승강과 수평적 이동 자갈과 모래의 입자 분급 하천의 수평적 이동(N3u)	중	강택 붕괴, 사주에 식생 활착을 통한 조도 증가와 확폭
S4c N4c M4c	산지, 직선상의 구조곡, 화강암 분지 내 하천 산지, 구조곡, 화강암 분지 내 하천 산지, 편마암 또는 퇴적암 산지에 발달한 하곡, 하곡 사행	여울-소 사구(dune) 연흔(ripple) 교호사주 하중사주 요곡사주 (N4c, M4c)	최심하상의 주기적 승강과 수평적 이동 모래 하상지형의 형상 저항(form resistance)에 의한 에너지 소비 하중 사주의 발달 고수위시 침수로 형성과 망상화 수층부에 깊은 소 형성(N4c, M4c)	중-대	산지 사면의 인위적 절개, 사방류 공급, 강택 붕괴
S4u N4u M4u	평지, 전면의 평탄지, 화강암 분지 내 하천, 곡저 평지, 동해안 평지	여울-소 사구, 연흔 교호사주	최심하상의 주기적 승강과 수평적 이동 모래 하상지형의 형상 저항(form resistance)에 의한 에너지 소비 하중 사주의 광범위한 발달 고수위시 침수로 형성과 망상화 강택 침식에 의한 확폭	중-대	강택 붕괴, 사주에 식생 활착을 통한 조도 증가와 확폭, 골재채취, 인공 제방에 의한 수평적 이동의 제약
S5c	산지, 좁은 하곡에서 미립질 풍화산물이 공급되는 하천, 곡저로 만입한 갯골	평탄한 하상	최심하상의 주기적 승강	소	산지 사면의 인위적 절개, 사방류 공급, 강택 붕괴
S5u N5u M5u	평지, 총적 평지, 대하천의 범람원, 서해안 평지	평탄한 하상 하중사주 요곡사주 (N5u, M5u)	평탄한 하상 응집성 물질로 인한 강택 급사면 유지 대하천 수위 상승에 따른 역류 최심하상의 주기적 승강 하도의 활발한 수평적 이동 만곡부에 비대칭적 단면 발달 응집성 물질로 인한 강택 급사면 유지	소-중 중 중-대	강택 붕괴, 인공 제방에 의한 수평적 이동의 제약

■ 학술기사

지형학적 하천 분류체계의 적용성 검토

표 8. 청미천에 대한 하도 분류 결과

구간	단면	기본사항			구간 하도 경사(종단형)			단면형	평면형(사행도)		하곡	재료*	분류결과			
		시점	종점	거리 (m)	가상수면 (만제수심)	평균하상	최심하상 (선택단면)		최심하상 (전체단면)	하폭 수심			사행도 1	사행도 2	곡저곡 지 수	입경 (Dm)
M01	전체	264.15	251.00	2750												
	선택	263.00	251.10	2300	0.00336	0.00359	0.00354	0.00427	33.00	1.122	1.045	69.30	-	S4u	C5	
M02	전체	250.10	241.00	1900												
	선택	250.10	242.00	1700	0.00173	0.00202	0.00177	0.00248	35.15	1.032	1.056	38.43	-	S4u	C5	
M03	전체	240.00	236.00	800												
	선택	238.00	236.00	400	0.00059	0.00047	0.00310	0.00187	33.76	1.054	1.049	28.99	-	S4u	C5	
M04	전체	235.00	232.00	600												
	선택	235.00	235.00	0				0.00536	26.36	1.243	1.037	26.45	-	N4u	C5	
M05	전체	231.00	206.00	5000												
	선택	227.00	209.00	3600	0.00204	0.00194	0.00182	0.00173	71.00	1.182	1.063	11.66	-	S4u	C5	
M06	전체	205.00	204.00	200												
	선택	204.00	204.00	0				0.00171	84.42	1.053	1.002	12.15	-	S4u	C5	
M07	전체	203.00	201.00	400												
	선택	선택 단면 없음						0.00131					S4u	C5	모래	
M08	전체	200.00	185.00	3000												
	선택	197.00	185.00	2400	0.00209	0.00223	0.00216	0.00176	50.83	1.113	1.007	15.31	-	S4u	B5	
M09	전체	184.00	173.00	2200												
	선택	182.00	173.00	1800	0.00156	0.00164	0.00124	0.00130	50.31	1.087	1.083	19.27	-	S4u	C5	
M10	전체	172.00	168.00	800												
	선택	172.00	169.00	600	0.00117	0.00023	0.00098	0.00107	59.02	1.062	1.014	24.03	-	S4u	C5	
M11	전체	167.00	159.00	1600												
	선택	167.00	159.00	1600	0.00185	0.00157	0.00131	0.00131	82.86	1.014	1.032	14.12	-	S4u	C5	
M12	전체	158.00	157.00	200												
	선택	158.00	158.00	0				0.00127	111.47	1.080	1.346	9.21	-	S4u	C5	
M13	전체	156.00	135.00	4200												
	선택	153.00	136.00	3400	0.00130	0.00138	0.00114	0.00107	57.06	1.051	1.030	13.27	-	S4u	C5	
M14	전체	134.00	128.00	1200												
	선택	133.00	128.00	1000	0.00103	0.00059	0.00074	0.00096	50.40	1.099	1.111	27.88	-	S4u	C5	
M15	전체	127.00	122.00	1000												
	선택	126.00	124.00	400	0.00054	0.00038	0.00032	0.00131	35.82	1.101	1.156	13.13	-	S4u	C5	
M16	전체	121.00	100.80	4120												
	선택	120.00	100.80	3920	0.00072	0.00069	0.00082	0.00086	61.15	1.096	1.013	10.04	-	S4u	C5	
M17	전체	50.20	40.00	5200												
	선택	50.00	40.00	5000	0.00096	0.00085	0.00096	0.00101	70.97	1.205	1.053	8.41	8.51	N3u	C4	
M18	전체	39.10	33.00	3100												
	선택	38.00	33.00	2500	0.00080	0.00085	0.00065	0.00102	95.39	1.036	1.007	8.57	-	S3u	C4	
M19	전체	32.00	27.00	2500												
	선택	31.00	28.00	1500	-0.00020	0.00099	0.00095	0.00097	109.82	1.243	1.067	2.77	7.26	N3c	C4	
M20	전체	26.00	25.00	500												
	선택	25.00	25.00	0				0.00096	89.80	1.056	1.042	6.67	-	S3u	C4	
M21	전체	24.00	18.00	3000												
	선택	21.00	19.00	1000	0.00092	0.00081	0.00046	0.00101	105.61	1.152	1.079	7.35	5.95	S3u	C4	
M22	전체	17.31	0.00	8810												
	선택	17.00	0.00	8500	0.00064	0.00071	0.00085	0.00083	54.68	1.547	1.066	3.09	2.27	M3c	B4	

주) * 하상재료는 M17, M19, M21, M22 구간은 실측자료 평균값이며, 나머지는 현장 목적에 의함.

단이 가능하다. Rosgen의 분류체계에서는 전체 22개 구간이 4개 하천군(Rosgen-C5, B5, B4, C4)으로 구분되며, 본 안에서는 6개 하천군(S4u, S4c, N4u, N3c, S3u, M3u)으로 구분되므로 보다 변별력을 가지며, 특히, 하천의 사행 특성을 가시적으로 판단할 수 있는 장점이 있다. 임진강에 적용했을 때 18개 구간에 대해 Rosgen 분류체계는 4개 하천군(Rosgen-F4, B4, B5, B6)으로 분류되며, 개발 안으로는 5개 하천군(N3c, S3c, M3c, S4c, N5c)으로 분류된다. 임진강의 경우, 연구 대상 구간 전체가 비교적 산지 하천의 형태를 갖고 있으므로, 평지-산지가 공존하는 청미천의 경우에 비해 하천군이 세부적으로 나누어지지 않았다. 곡릉천의 경우에는 7개 구간에 대해 Rosgen 분류로는 C5, C6, 본 안으로는 S4u, S5u, N5u, M5u로 분류되었다. 곡릉천의 경우는 국가하천 구간이 비교적 평지를 흐르고 있어서 하곡의 제약은 비교적 되지 않았으나 사행도의 변화를 보다 적절히 반영하고 있었다.


이상 두 가지 분류체계를 검토한 결과, 비교적 비슷한 특성을 분류하고 있으나, 개발 안은 청미천, 임진강, 곡릉천에서 모두, 분류시 변별력이 크고 특히 사행을 잘 반영하는 것으로 나타났다.

4. 맺음말

본 연구에서는 기존에 개발된 하천 분류방법을 검

토하고, 이중 하천설계에서 하천설계에서 유용성이 상대적으로 우수한 미국의 Rosgen의 하천 분류체계를 토대로 국내의 하천 상황에 맞는 새로운 하천 분류체계를 제안하였다. 제안된 하천 분류 체계는 국내 하천에 대한 시범 적용을 통하여 Rosgen의 방법에 비하여 다소 국내하천의 상황을 잘 반영하는 것으로 판단된다.

자연형 하천정비 기법의 도입과 더불어 국내의 하천 설계에서도 하천의 자연상태에서의 평면형, 종단형, 단면형의 도입이 시도되고 있다. 하천 분류체계는 그 자체로 하천의 설계에서 하천의 형태에 대한 확정적인 정보를 주지는 않지만, 기초적인 형태를 제공한다라는 측면에서 중요한 의의를 가진다. 자연적인 하천의 형태란 하도의 치수적인 측면에서의 안정과 생물서식처를 제공이라는 두가지를 동시에 만족시키는 것이며, 이는 현재까지 공학적인 메카니즘과 설계 기법이 명확하게 정립되지 않은 부분이다.

이와 같은 측면에서 앞으로 하천의 설계에서 하천 분류체계의 역할은 확대될 것으로 보이며, 공학적으로 유용한 하천 분류체계는 외국의 사례에서도 보듯이 다양한 하천에 대한 형태자료의 수집 및 적용이 필수적이다. 그러므로, 본 연구에서 제안된 하천 분류체계는 보다 다양한 하천에 대한 적용을 통하여 지속적인 수정 및 보완이 필요하며, 이를 통해 보다 국내의 하천 특성을 잘 반영하는 보다 우수한 하천 분류체계의 개발이 기대된다. 

〈 참고문헌 〉

- Lane, E. W., 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, 1957.
- Leopold, L. B., and Wolman, M. G., River channel patterns - braided, meandering and straight, *Professional Paper, United States Geological Survey*, 282B, pp. 39-85, 1957.
- Montgomery, D. R., and Buffington, J. M., Channel classification, prediction of channel response and assessment fo channel condition, *Report prepared for the SHAMW committee of the Washington State Timber/Fish/Wildlife Agreement*, 1993.
- Nanson, G. C. and Croke, J. C., A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, Vol. 4., pp. 459-486, 1992.

■ 학술기사

지형학적 하천 분류체계의 적용성 검토

NRA(National Rivers Authority)., *River Stort Morphological Survey: Appraisal and Watercourse Summaries*, compiled by Brookes, A. and Long. H, 1993.

Rosgen, D. L., A classification of natural rivers. *Catena*, Vol. 22, pp. 169-199, 1994.

Schumm, S. A.. Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains, *Bulletin of the Geological Society of America*, Vol. 74, pp. 1089-1100, 1963.

Thorne, C. R., Channel types and morphological classification. In: Thorne, C. R., Hey, 1997. 建設省, 河道計劃 策定の 案内指針(案), 1996.