

# 산지하천의 면적-고도곡선에 관한 연구

## A Study on Hypsometric Curves of Mountain Rivers

박상덕<sup>1)</sup> / 이승규<sup>2)</sup> / 홍종선<sup>3)</sup> / 김호섭<sup>4)</sup> / 신승숙<sup>5)</sup>

Sang Deog Park, Seung Kyu Lee, Jong Sun Hong, Ho Sup Kim, Seung Sook Shin

### 요 지

우리나라 하천의 종류나 상류는 대부분 산지로 되어 있어서 하천경사가 급하고 하상재료가 크며 지질 및 지형적인 영향을 받아 구속사행이 발달 되어 있는 산지하천이다. 산지하천은 홍수 시 만곡수층부 외측에서 홍수위 상승에 따른 범람과 유속 및 소류력에 의한 하상세굴이 발생한다. 특히 강원도는 산지하천을 따라서 도로가 발달되어 있기 때문에 하천피해는 도로피해와 직결되는 경우가 많다. 산지하천 수층부의 홍수피해를 줄이기 위해서는 호수에 따른 하천의 홍수위 및 하상 변동에 대한 자료가 필요하나 산지하천 특성을 고려한 관련 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 산지하천 발달특성을 평가하기 위한 기초연구로서 유역의 면적-고도곡선을 평가하고자 한다.

산지하천은 하상을 구성하는 재료가 모래에서부터 전석에 이르기까지 그 크기가 매우 다양하게 분포되어 있어 일반 모래와 자갈이 주를 이루는 평지하천과 현저히 다르다. 하천유역의 면적-고도곡선은 유역의 지질 발달상을 판단하거나 홍수효과 또는 지형의 침식과 퇴적 등을 분석하는데 유효한 방법이다. 강원도 영동지역과 영서지역을 발원지로 하는 하천의 면적과 고도관계를 조사하였으며 이를 위하여 영서지역은 제1차 하천인 한강과 그 주요 지류 21개 하천, 영동지역은 제1차 하천 6개와 그 지류 3개 하천을 선정하고 무차원 면적-고도곡선을 작성하여 유역의 발달단계를 분석하기 위한 면적고도 발달계수를 정의하였다. 골지천을 제외한 모든 조사대상 하천에서 최대표고의 70%이상인 지역이 전체 유역면적의 10%미만을 차지하여 우리나라 하천 유역이 상류의 경우 전형적인 장년기에서 노년기 지형으로 발달한 것으로 확인할 수 있었다. 그러나 유역의 하류지역은 이미 유년기적인 특성을 보이고 있는 것으로 판단된다. 또한 영동 보다는 영서지역 하천이 하류에서 유년기적 특성이 다소 크고 상류는 장년기가 많은 것으로 분석되었다.

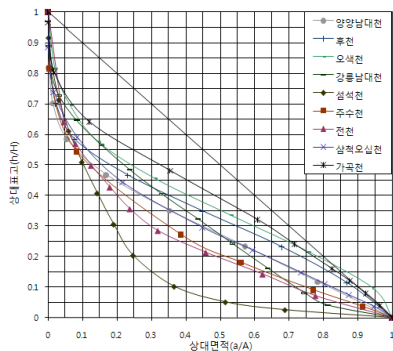


그림 1 면적-고도곡선(영동)

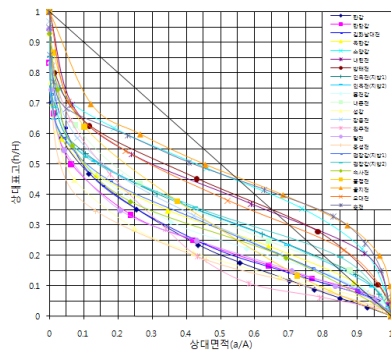


그림 2 면적-고도곡선(영서)

**핵심용어** : 산지하천, 무차원 면적-고도곡선, 평지하천, 노년기 지형

- 1) 정희원 · 강릉대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sdpark@kangnung.ac.kr
- 2) 정희원 · 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : ef2377@nate.com
- 3) 정희원 · 강릉대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : hjsuny@naver.com
- 4) 정희원 · 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : krismas@nate.com
- 5) 정희원 · 강릉대학교 토목공학과 공학박사 · E-mail : cewsook@hanmail.net

# 1. 서론

우리나라는 국토의 약 65%가 산지로 이루어져 산지하천이 발달되어 있다. 특히 한강, 낙동강, 섬진강 등 대하천의 상류부와 이들 하천의 중상류에 유입하는 중소규모 하천들은 산지하천의 특성을 보이고 있는 곳이 많다. 이러한 산지하천은 국지적 조건에 따라 하도형태와 하상지형이 서로 상이하다. 산지하천은 경사가 급하고 하상재료가 크며 지질 및 지형적인 영향을 받아 구속사행이 발달 되어 있는 경우가 많다. 산지하천에서는 하천경사가 급하기 때문에 홍수 시 만곡수충부 외측에서 수위 상승에 따른 홍수범람과 유속 및 소류력에 의한 하상세굴이 크게 발생하기도 한다. 특히 강원도는 산지하천을 따라서 대부분의 도로가 발달되어 있기 때문에 하천의 수충부 홍수피해는 도로피해와 직결된다. 산지하천 수충부의 홍수피해를 줄이기 위해서는 호우에 따른 하천의 홍수위 및 하상변동에 대한 자료가 필요하나 산지하천 특성을 고려한 관련 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 산지하천 발달특성을 평가하기 위한 기초연구로서 유역의 면적-고도곡선을 평가하고자 한다.

## 2. 무차원 면적-고도곡선(non-dimensional hypsometric curve)

하천 유역은 그림 1의 침식순환 특성곡선에 나타낸 바와 같이 유년기, 장년기, 노년기 지형을 거쳐 유년기 지형으로 다시 돌아가는 순환형 체계이다. 강우와 유출을 중심으로 한 수문순환이 순환형 유역체계에 동력을 제공한다. 침식이나 지각의 상승 등과 같은 유역의 발달을 분석하기 위하여 면적-고도곡선을 작성하며 이는 하나의 하천유역 내에서 어떤 고도이상인 면적의 크기가 고도별로 다르다는 점에 착안한다. 면적-고도곡선은 유역의 지질 발달상을 판단하거나 홍수효과 또는 지형의 침식과 퇴적 등을 분석하는데 유용하다. Langbein 등은 세로축과 가로축을 고도차에 대한 비와 유역면적 비로 무차원화 함으로써 서로 다른 유역 간에도 적용할 수 있도록 백분율 면적-고도곡선(percentage hypsometric curve)을 제안하였다. 즉, 기저평면으로부터 측정된 고도  $h$ 를 유역의 하구점(기저평면)으로부터 정상까지의 전체 높이  $H$ 로 나눈 상대고도  $h/H = Y$ 와 고도  $h$ 인 등고선으로 둘러싸인 면적  $a$ 를 전 유역면적  $A$ 로 나눈 상대면적  $a/A = X$ 와의 사이에는 연속함수 관계가 성립되며, 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Y = f(X) \tag{1}$$

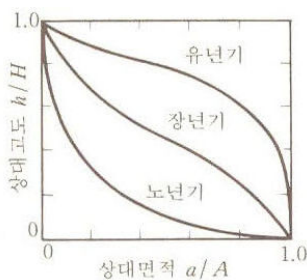


그림 3. 침식순환 특성곡선

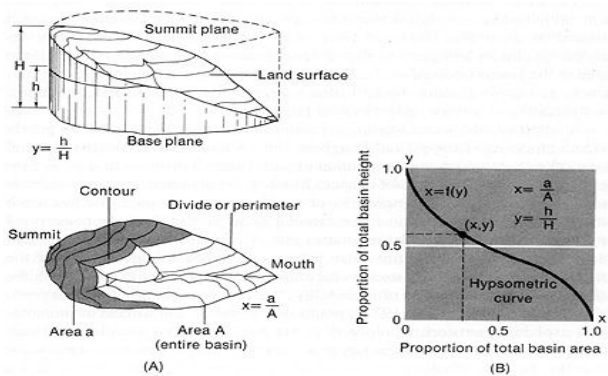


그림 4. 무차원 면적-고도곡선

## 3. 대상하천

본 연구에서는 강원도 백두대간을 분수계로 하는 영동과 영서지역 하천의 면적과 고도관계를 조사하였으며, 이를 위하여 영서지역은 제1차 하천인 한강과 그 주요 지류 21개하천, 영동지역은 제1차 하천 6개와 그 지류 3개 하천을 선정하고 무차원 면적-고도곡선을 작성하였다. 영동 및 영서 지방은 태백산맥을 분수계로

서로 인접해 있지만, 여러 면에서 서로 대조적인 지형 경관을 이룬다. 영서 지방은 해발 1,000m가 넘는 고산지가 많으나 고산지의 산정부가 평탄한 곳이 많아 영동지방에 비하면 사면경사가 대체로 완만하다. 이에 비하여 영동 지방은 태백산맥의 정상부에 인접한 곳은 영서와 마찬가지로 고산지이지만, 산지로부터 매우 경사가 급하게 내려와 하천 중하류에 이르러 구릉이나 평야 지대로 지형이 완만하다. 표 1과 표 2는 본 연구에서 선정한 하천에 대한 유역면적, 유로연장, 유역의 평균폭 및 형상계수와 같은 유역의 평면적인 특성을 제시한 것이다.

표 1. 영동지역 하천의 평면적 특성

구분	하천명	하천 차수	유역면적 (km <sup>2</sup> )	유로연장 (km)	유역평균폭 A/L(km)	형상계수 A/L <sup>2</sup>	비고
영동	양양남대천	1	474.80	54.67	8.6848	0.1589	지방 하천
	후 천	2	242.10	29.94	8.0862	0.2701	
	오색천	3	78.45	18.69	4.1974	0.2246	
	강릉남대천	1	258.65	32.86	7.8713	0.2395	
	섬석천	2	54.42	16.89	3.2220	0.1908	
	주수천	1	145.80	21.10	6.9100	0.3275	
	천 천	1	123.00	18.37	6.6957	0.3645	
	삼척오십천	1	394.72	56.80	6.9493	0.1223	
영서	가곡천	1	264.19	40.96	6.4500	0.1575	국가하천  지방 하천  국가하천  국가하천  지방 하천  국가하천  지방 하천  국가하천
	한 강	1	26018.00	481.70	54.0129	0.1121	
	한탄강	3	2452.18	141.00	17.3913	0.1233	
	김화남대천	4	447.97	41.35	10.8336	0.2620	
	북한강	2	10761.20	291.30	36.9420	0.1268	
	소양강	3	2798.50	156.80	17.8476	0.1138	
	내린천	3	403.48	41.18	9.7980	0.2379	
	방태천	4	194.51	33.30	5.8411	0.1754	
	북천	4	931.22	74.30	12.5332	0.1687	
	인북천	4	478.50	54.70	8.7477	0.1599	
	홍천강	3	1565.37	140.20	11.1653	0.0796	
	내촌천	4	345.08	54.50	6.3317	0.1162	
	섬강	2	1491.01	100.70	14.8065	0.1470	
	창봉천	4	33.22	11.43	2.9064	0.2543	
	원주천	3	152.98	28.50	5.3677	0.1883	
	달천	2	1614.36	123.00	13.1249	0.1067	
	음성천	3	143.20	25.00	5.7280	0.2291	
	평창강	2	1773.39	145.00	12.2303	0.0843	
	평창강	2	401.60	49.50	8.1131	0.1639	
	속사천	2	120.00	28.70	4.1812	0.1457	
홍정천	3	146.30	25.90	5.6486	0.2181		
골지천	1	543.70	79.95	6.8005	0.0851		
오대천	2	451.71	57.80	7.8151	0.1352		
송천	3	972.10	77.80	12.4949	0.1606		

#### 4. 유역발달계수

영동과 영서지역의 각 대상하천에 대한 무차원 면적-고도곡선을 작성하면 그림 3과 그림 4에 나타난 것과 같다. 영동지역 하천은 영서지역 하천유역에 비하여 노년기 특성이 비교적 크게 나타나고 있다. 전체적으로 보면 상대면적 0.1이하에서는 영서지역과 영동지역의 구분에 관계없이 노년기 특성이 강하고 상대면적 0.5보다 커지게 되면 장년기에서 노년기 사이에 위치하는 것이 확인된다. 상대면적 0.9이상에서는 영동지역 하천

의 경우 장년기적인 경향이 크고 영서지역 하천에서는 대부분 유년기이나 일부 장년기 특성을 보여주고 있다. 상대면적과 상대표고로 이루어진 면적-고도 곡선에서 하천유역의 발달특성을 분석할 수 있도록 유역의 면적고도 발달계수를 다음과 같이 정의하였다.

$$C_{da} = \frac{Y}{Y_a} \quad (2)$$

여기서  $C_{da}$ 는 생대면적  $a$ 에 대한 면적고도 발달계수이며  $Y_a$ 는  $a$ 에 대한 면적고도평면의 대각선 상대고도로서  $a$ 가 0.2, 0.5, 0.8일 때 각각 0.8, 0.5, 0.2의 값을 갖는다. 유역의 침식순환 특성곡선 그림 1에 대한 면적고도 발달계수는 표 2에 나타낸 바와 같이 하천 상류지역에서 장년기 0.85이고 유년기 1.13 노년기 0.4이고 하류의 경우는 유년기 0.75, 장년기 0.3, 노년기 0.05이다.

표 2. 침식순환 특성곡선의 면적고도 발달계수

유역발달단계	$C_{d0.2}$	$C_{d0.5}$	$C_{d0.8}$
유년기	1.13	1.58	0.75
장년기	0.85	0.92	0.30
노년기	0.40	0.20	0.05

본 연구의 조사대상 하천에 대한 면적고도 발달계수와 유역의 상류, 중류 및 하류로 구분한 각 하천의 발달단계를 구하였으며 표 3에 제시한 바와 같다.

표 3. 침식순환 특성곡선의 면적고도 발달계수

분류	1차지류	2차지류	3차지류	$C_{d0.2}$	$C_{d0.5}$	$C_{d0.8}$	발달단계			
							상류	중류	하류	
양양남대천	후천			0.556	0.550	0.550	노-장	노-장	유-장	
		오색천		0.606	0.650	0.800	장-노	장-노	유	
				0.663	0.700	0.950	장-노	장-노	유	
강릉남대천	섬석천			0.650	0.540	0.225	장-노	노-장	장-노	
				0.363	0.110	0.075	노	노	노	
주수천				0.531	0.410	0.400	노-장	노-장	장	
전천				0.500	0.390	0.300	노	노-장	장	
삼척오십천				0.569	0.530	0.550	노-장	노-장	유-장	
가곡천				0.725	0.780	0.900	장-노	장-노	유	
한강				0.500	0.450	0.425	노	노-장	장-유	
	북한강			0.531	0.570	0.800	노-장	장-노	유	
		소양강			0.763	0.930	1.575	장	장	유
			내린천		0.694	0.820	1.375	장-노	장	유
			방태천		0.713	0.840	1.350	장-노	장	유
			인북천		0.581	0.640	0.925	노-장	장-노	유
			홍천강		0.513	0.500	0.725	노-장	노-장	유
		내촌천		0.606	0.630	0.925	장-노	장-노	유	
	평창강				0.538	0.570	0.700	노-장	장-노	유
		속사천			0.500	0.540	0.675	노-장	노-장	유-장
		홍정천			0.650	0.570	0.450	장-노	장-노	장-유
	오대천				0.700	0.780	1.275	장-노	장-노	유
	골지천				0.788	0.960	1.700	장	장	유
송천				0.756	0.930	1.725	장	장	유	

영동지역 하천의 상류는 장년기에서 노년기에 가깝고 중류는 노년기에서 장년기가 사이에 있으며, 하류는 장년기에 가까운 유년기를 나타낸다. 그러나 영서지역 하천의 경우 상류는 대체로 장년기와 노년기가 혼합되어 있고 중류는 장년기이며 하류는 대부분 유년기 하천유역 특성을 보이고 있다. 특히 하천의 상류수계로 하천차수가 증가함에 따라 상류는 노년기에서 장년기의 특성을 나타내고 있다. 유역상류로 볼 때 골지천을 제외한 모든 조사대상 하천에서 최대표고의 70%이상인 지역이 전체 유역면적의 10%미만을 차지하여 우리나라 하천유역이 전형적인 장년기에서 노년기 지형으로 발달된 것을 확인할 수 있고 하류지역은 대부분 유년기적인 특성이 강하다. 또한 영동 보다는 영서지역 하천이 하류에서 유년기적 특성이 강한 것으로 판단된다.

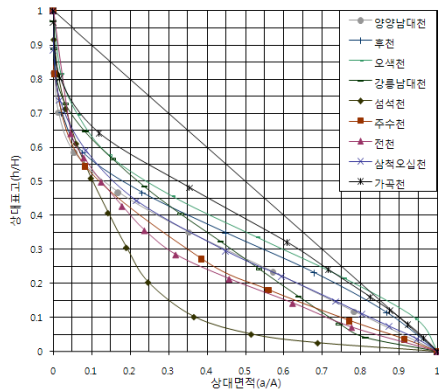


그림 3. 면적-고도곡선(영동)

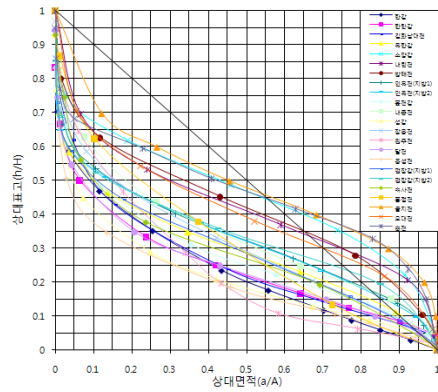


그림 4. 면적-고도곡선(영서)

## 5. 결론

본 연구는 산지하천의 발달 특성을 밝히기 위한 것으로 강원도 태백산맥을 분수계로 하여 영동지역과 영서지역 하천에 대한 면적과 고도관계를 조사하였다. 이를 위하여 영서지역은 제1차 하천인 한강과 그 주요 지류 21개 하천, 영동지역은 제1차 하천 6개와 그 지류 3개 하천을 선정하고 무차원 면적-고도곡선을 작성하였다. 유역의 발달단계를 평가하기 위하여 면적고도 발달계수를 정의하였으며 대부분의 하천이 하류지역에서는 유년기 지형의 특성이 강하고 중류는 노년기적 장년기, 상류는 장년기적 노년기에 가까운 발달단계를 나타내었다. 영동 보다는 영서지역 하천이 하류에서 유년기적 특성이 다소 크고 상류는 장년기가 많은 것으로 분석되었다. 향후 하천의 발달단계를 보다 정밀하게 분석하기 위하여 하천체계 특성과 관련하여 면적고도관계를 연구할 계획이다.

## 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비지원(과제번호# '08지역기술혁신 B-01)의 지원에 의하여 이루어진 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 양희경. "산지하천의 하도 지형 발달 연속체에 관한 연구-경기도 수입천과 조종천을 사례로". 한국지형학회지 제8권 제1호, pp.27-38, 2001.
2. 이원환. 최신 하천공학. 동명사, 2005.
3. 한국수자원공사. 전국하천조사서. 1992,
4. Langbein, W.B. Topographic Characteristics of Drainage Basins. United States Geological Survey, Water-Supply Paper 968-C, 1947.