

총적하천의 하도형성유량 산정과 수리기하특성에 관한 연구

A Study on the Channel Forming Discharge Estimation and the Hydraulic Geometry Characteristics of the Alluvial Stream

이 희 철* / 이 은 태**

Lee, Hee Chul / Lee, Eun Tae

Abstract

For many rivers and streams, it has been observed that a single representative discharge may be used to determine the hydraulic geometry of a stable channel. This representative channel forming discharge has been given several names by different researchers, including bankfull, specified recurrence interval, and effective discharge. Therefore, The purpose of this study is to estimate channel forming discharge for study areas using the hydrological characteristic parameters and recording data, and to determine the hydraulic geometry relationships for the relating bankfull dimensions to bankfull discharge. In the Munmak and Seomyun gauging stations, the estimated bankfull discharges are found to have a return period of 1.8 and 1.5 years on the maximum annual series, respectively. The estimated effective discharges at those stations are largely different from bankfull discharges. The hydraulic geometry relationships between bankfull discharge and bankfull width, bankfull depth, velocity, bed slope are established. But the statistical parameters, such as R², are calculated lower.

Keywords : channel forming discharge, bankfull discharge, specified recurrence interval discharge, effective discharge, hydraulic geometry relationship

요 지

많은 강과 하천에서 하나의 대표적인 유량이 안정하도 형태를 결정하는데 사용되어 질 수 있다. 이러한 대표적인 하도형성유량은 여러 연구자들의 접근 방식의 차이에 따라 강터유량, 특정 재현기간유량, 유효유량 등으로 표시된다. 따라서 본 연구에서는 대상유역의 특성인자와 관측자료를 이용하여 하도형성유량을 산정하고, 강터유량과 수리기하 특성간의 상관관계를 분석하였다. 문막과 서면 수위관측소에서 하도형성유량으로 결정된 강터유량의 재현기간은 유출량 자료를 빈도분석한 결과, 문막은 1.8년, 서면은 1.5년으로 산정되었으며, 유효유량은 강터유량에 비해 10배 이상 작게 산정되었다. 강터유량과 수리기하특성과의 상관관계를 분석한 결과, 유역면적과 강터유량은 어느 정도 상관성이 있으나 강터유량과 수리기하간의 상관성은 낮은 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 하도형성유량, 강터유량, 특정재현기간유량, 유효유량, 수리기하특성

* 현대엔지니어링(주) 토건·환경사업부 수자원부 과장

Lead Engineer, Hyundai Engineering Co., LTD., Seoul, 158-723, Korea(lhc8833@hec.co.kr)

** 경희대학교 토목·건축공학부 교수

Prof., School of Civil and Architectural Engrg., Kyung Hee Univ., Yongin, 449-701, Kore

1. 서 론

충적하천(alluvial river)은 하상과 홍수터 재료가 통상 자갈, 모래, 진흙 등으로 구성되어 흐름 특성에 따라 하천바닥과 측면, 그리고 수면 등에서 3차원적인 변화가 가능하며 하상재료의 이동에 따라 하천 형태가 변하는 이동상 하천이다. 따라서, 충적하천은 하도 경계면의 유사를 움직이는 다양한 범위의 흐름에 맞도록 그 형태를 조절하여 동적 안정상태를 유지하며, 많은 강과 하천에서 하나의 대표적인 유량이 안정하도 형태를 결정하는데 사용되어 질 수 있다. 안정하도는 장·노년기 하천에서 침식과 퇴적이 동적으로 균형을 이루는 안정하천의 하도로 하폭, 수심, 하천경사, 선형 등이 흐름에 따라 일시적으로 변해도 장기적으로는 안정적인 하도이다. 이러한 안정하도의 계획에는 흐름과 하천의 수리하특성간의 관계를 연결시켜 주는 기준유량이 필요한데 이러한 유량이 곧 하도형성유량이다. 하도형성유량의 개념은 인공수로의 설계에서 얻은 경험을 일반 하천에 적용하려는 시도에서 출발한 것으로(Ingliš, 1947), 이러한 유량은 하도의 수리기하 형태를 결정하는 데 지배적인 역할을 한다는 개념이다.

안정하도 계획은 하천유량과 유사가 하도형성이나 규모에 어떻게 관련되어져 있는지를 이해하고, 하도 발달 과정에 수반되는 요인들이 무엇인지를 정확히 파악하는데 달려있다. 따라서, 본 연구에서는 안정하도를 형성하고 유지하는데 지배적인 역할을 담당하는 하도형성유량을 유역의 수문학적 과정과 연관시켜 산정한 후, 그 유량과 하도의 수리기하 특성간의 관련성을 유도하여 하도계획시 안정하도의 형태와 규모를 결정할 수 있는 기법을 제시하고자 수행되었다.

2. 이론적 고찰

2.1 하천의 수리기하학적 특성

안정하도의 개념은 사실상 안정수로(stable channel) 개념에서 출발하였으며 수로기술자들은 안정수로에서 수로의 흐름과 기하 형태의 경험적 관계인 안정이론(regime theory)을 도출해냈다. 하천 지형학자들도 자연하천에서 이와 비슷한 관계를 찾아내기 위해 노력하였으며 그러한 분야가 수리기하(hydraulic geometry)이다. 수리기하학은 흐름특성과 하폭, 수심, 경사, 만곡부의 형태 등 하천의 기하 특성과의 관계를 규명하고자 하는 것으로, 안정하도나 인공수로의 설계에 모델이 될

수 있다는 점에서 중요하다.

Leopold와 Maddock(1953)은 유량을 주 독립변수로 두고 종속변수들이 이 유량과 단순 멱승수 관계를 가진다고 가정하여 수리기하 관계를 다음과 같이 나타내었다.

$$w = aQ^b \quad (1)$$

$$d = cQ^f \quad (2)$$

$$v = kQ^m \quad (3)$$

$$s = gQ^2 \quad (4)$$

$$n = tQ^y \quad (5)$$

$$ff = hQ^p \quad (6)$$

$$Q_{susp} = rQ^j \quad (7)$$

여기서, w , d , v , s , n , ff 및 Q_{susp} 는 각각 하폭, 평균수심, 평균유속, 경사, 마찰계수(Manning의 n 과 Darch-Weisbach의 ff)와 부유사 농도이다. 연속방정식으로부터 식 (8)이 성립된다.

$$Q = w \times d \times v = aQ^b \times cQ^f \times kQ^m \quad (8)$$

따라서, 위의 계수들 간에는 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$a \times c \times k = 1 \quad (9)$$

$$b + f + m = 1 \quad (10)$$

이러한 관계들은 하천의 한 지점(at-a-station)이나 하류하천(downstream)에 대해서 적용될 수 있다. Leopold와 Maddock(1953)은 미국의 중서부 대평원과 남서부 지방의 여러 하천을 조사하여 지수 b , f , m 의 평균치가 각각 0.26, 0.40, 0.34라고 하였다. 식 (7)과 같이 표시되는 유량-유사량 곡선(sediment rating curve)에서 지수 j 는 한 하천에서도 단면형과 하상재료의 크기 등에 따라 다르나 모래하천에서 통상 2~3의 값을 보인다(우효섭, 2001).

식 (1)~(7)과 같은 안정공식의 적용에서 가장 문제가 되는 것은 유량의 대표성으로 흐름과 하천 변수간의 관계를 연결시켜 주는 기준유량이 필요하다. Leopold와 Maddock(1953)은 기준유량으로 연평균 유량을 이용하였으며 Bray(1982)는 2년, Kellerhals(1967)는 3년

빈도의 유량을 이용하여 계수와 지수 값들을 계산하였다. 기준유량을 설정하는 또 다른 개념으로 하도형성유량(channel forming discharge)이 있으며, 이는 안정 하도에서 흐름과 하도와의 관계를 연결시켜주는 유량은 결국 그 하도의 수심, 폭, 하상경사, 만곡 등의 수리기하를 결정하는 데 지배적인 역할을 한다는 개념이다.

2.2 하도형성유량(지배유량)

충적하천은 하상이 여러 형태의 재료들로 구성되어 있으며 다양한 범위의 흐름에 의해 그 형태가 변화한다. 이러한 충적하천에서 일정한 유량이 지속적으로 흐르는 경우 현재 하도의 형태와 같게 만드는 가상적인 유량이 하도형성유량(channel forming discharge) 또는 지

배유량(dominant discharge)이며, 하천의 형태와 크기 및 변화과정을 제어하는 유량이 된다. 하도형성유량은 여러 연구자들의 접근 방식의 차이에 따라 강턱유량, 특정 재현기간유량, 유효유량 등으로 표시된다.

강턱유량(bankfull discharge)은 자연하천에서 실제 홍수터(active floodplain)의 표고까지 안정된 충적하도를 채우는 유량으로, 많은 자연하천에 있어 하도의 가장자리에 형성된 자연적 턱인 강턱(bank)을 월류하지 않고 그 횡단면을 채우는 유량이다. 따라서 강턱유량은 하도형성과 홍수터 형성 과정사이에 구분점을 나타내기 때문에 지형학적인 중요성을 가지고 있다. 일반적으로 안정된 충적하도에서 강턱유량은 하도형성유량을 나타내기 위해 폭넓게 사용되고 있다(Leopold, 1994).

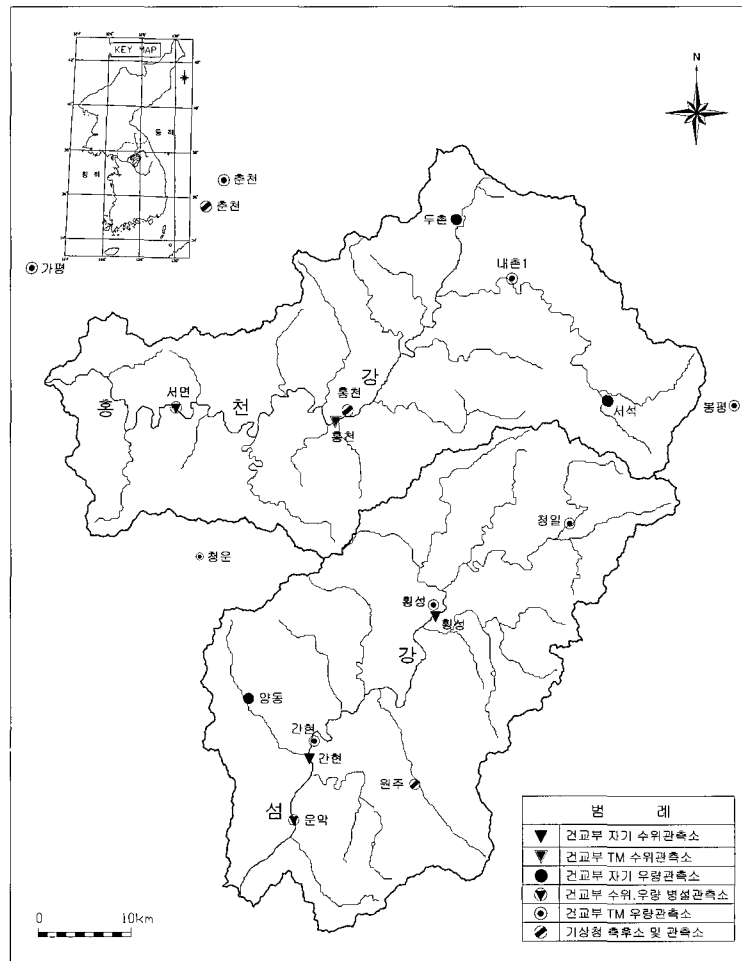


그림 1. 섬강 및 홍천강 유역도

현장에서의 강터유량이나 수위의 구별이 어려운 관계로 하도형성유량을 특정재현기간유량(specified recurrence interval discharge)에 관련시킨 연구들이 많이 있었으며 이러한 연구는 강터유량이 쉽게 결정될 수 있고 근처에 수위관측소가 있는 안정하천을 대상으로 진행되었다. Leopold(1994)는 강터유량의 재현기간이 1~2.5년의 범위에 있으며 많은 하천들에서 1.5년이 대표적인 평균치라고 정의하였다. 기타 여러 연구자들도와 비슷한 재현기간을 하도형성유량으로 결정하였으나 Williams(1978)는 그가 연구한 미국 하천들을 대상으로 조사한 결과 강터유량이 1~32년 재현기간을 가지며 그중 1/3 가량만이 1~5년 재현기간을 갖는다고 하였으며, Pickup과 Warner(1976)는 강터유량의 재현기간이 4~10년 범위에 있다는 결론을 제시하였다. 따라서 특정재현기간을 통한 하도형성유량의 추정에는 주의가 필요하며 정확한 현장조사와 검증이 통해 지형학적인 특성을 반영할 수 있는 유량의 추정이 필요하다.

유효유량(effective discharge)은 수년에 걸쳐 연유사량의 대부분을 이동시키는 유량의 평균값으로 정의되며(Andrews, 1980), 적어도 일년에 한두 번 또는 대부분의 경우 매년 여러 번 발생하는 적당한 빈도의 유량규모에 의해 연 유사량의 대부분을 이동시키는 유량이다.

3. 대상유역의 선정 및 수문자료 조사

대상유역으로는 국가 및 지방 1급 하천인 섬강과 지방 1급의 홍천강 유역을 선정하였다. 섬강은 한강의 제 1 지류로 유역면적은 1,485.13km², 유로연장은 92.6km이며, 북한강의 제 1 지류인 홍천강은 유역면적이 1,549km², 유로연장은 140.2km이다. 섬강과 홍천강은 유역경계를 접하는 인접유역으로 남쪽의 섬강은 남한강의 우안으로 유입하며 북쪽의 홍천강은 북한강의 좌안으로 유입한다.

그림 1과 같이 홍천강 유역내에는 서면을 포함한 홍천, 화촌 등 3개소의 수위관측소가 있으며, 섬강 유역내에도 문막, 간현, 황성 등 3개소의 수위관측소가 있다. 우량관측소는 한강홍수통제소 관할의 양동, 간현, 황성, 청일, 문막, 서면, 두촌, 내촌1, 서석, 가평, 춘천, 봉평, 청운 등 총 13개소, 기상청 관할의 원주, 홍천, 춘천 등 3개소의 우량관측소가 위치해 있다.

우량관측소의 자료는 비교적 장기간의 기록을 보유하고 있으나, 대상유역에 위치한 수위관측소들의 수위자료는 결측이 많고 기록기간이 짧았다. 따라서 본 연구에서

는 문막 수위관측소의 11개년 시수위자료와 서면 수위관측소의 7개년 시수위자료를 이용하였으며, 두 수위관측소의 연도별 수위-유량 관계곡선을 이용하여 시수위자료를 시유량으로 환산하였다.

4. 하도형성유량 산정

4.1 강터유량 산정

강터유량을 산정하는 과정은 각 분석 대상지점에 대해 강터수심을 결정한 후 그 수심에 대응하는 유량을 산정하는 것으로, 일반적인 강터수심 결정방법에는 여러 가지 현장지표(field indicators)를 이용하는 방법과 수면폭/수심이 최소가 되는 표고를 이용하는 방법이 있다(USACE, 2000). 강터유량은 앞 단계에서 결정된 강터수심에 대해 계측지점의 경우 수위-유량관계 곡선을 이용하여 강터수심에 해당하는 유량을 산정하며, 미계측지점에서는 배수위 계산법이나 등류수심 계산법을 이용하여 강터유량을 산정하게 된다. 본 연구에서는 강터수심을 현장지표를 이용하여 결정한 후 배수위 계산법을 이용하여 강터유량을 산정하였다.

강터유량을 산정하기 위해 선정된 분석대상 지점은 수리구조물이나 기타 인위적인 교란이 없는 곳이어야 하고 하도가 안정되어 있는 상태에서 하상재료의 입도 분석 자료가 있는 지점이어야 한다. 따라서 본 연구에서는 강원도(1986, 1990)와 건설부(1990)의 자료를 이용하여 섬강과 홍천강의 분석대상 지점을 선정하였으며, 섬강은 문막과 간현 및 황성 수위관측소를 포함하여 총 20개 지점, 홍천강은 서면과 홍천 수위관측소를 포함하여 총 14개 지점이 선정되었다.

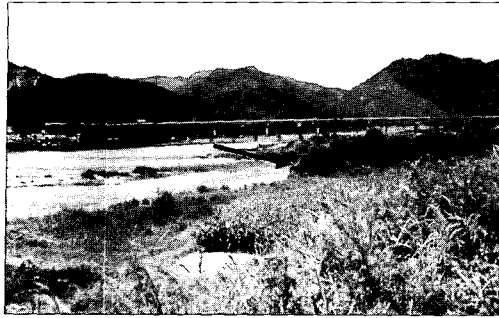
현장지표를 통해 강터수심을 결정한 방법은 (1) 제방을 중심으로 제내지와 제외지의 지반고를 비교하여 서로 비슷한 표고를 가지면 제외지의 홍수터 표고를 1차적인 강터수심으로 결정하였다. (2) 제외지의 홍수터가 여러 개의 계단형태를 이루고 있을 경우는 중간턱(middle bench)을 강터으로 하였으며, (3) 나무와 같은 영구식생이 있을 때는 그 하한계의 높이를, (4) 다년생 초본류(herbs, grasses)나 관목류(shrubs) 군락 또는 논이나 밭 등으로 사용되는 곳의 턱을 강터으로 결정하였다. (5) 사주 등이 형성되어 있을 경우는 식생이 도입된 곳의 높이를 강터수심으로 결정하였다. 섬강 및 홍천강 유역의 분석대상 지점별로 사용된 현장지표와 현장지표를 이용하여 결정된 강터수심은 표 1과 같으며 문막과 서면 수위관측소의 강터수심은 그림 2와 같다.

표 1. 섬강 및 홍천강 유역 대상지점별 수리기하특성 및 강터유량

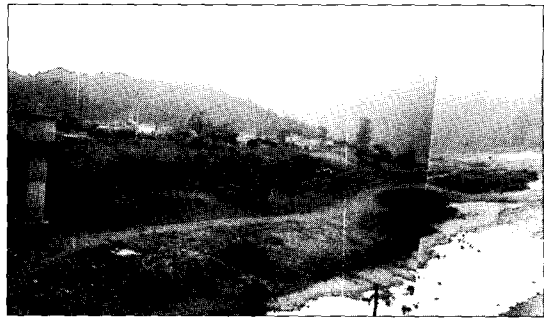
하천	대상 지점	기본계획 측점(No.)	유역면적 (km ²)	하상경사 (×10 ⁴)	수면폭 (m)	강터수심 (m)	강터수위 (EL. m)	강터유량 (m ³ /sec)	강터수심 결정방법	비고
섬 강	1	1	1,481.27	12.20	192.1	5.39	44.46	1,348.00	(1)	
	2	2	1,473.41	41.00	228.5	3.25	44.64	1,044.00	(1)	
	3	3	1,472.36	0.70	209.4	4.10	46.16	1,471.00	(1)	
	4	9	1,410.44	8.20	389.8	3.40	50.38	835.00	(1),(4)	
	5	10	1,348.94	5.90	394.0	1.76	50.86	594.00	(4)	
	6	11	1,347.02	41.60	390.6	3.80	52.00	775.00	(1),(4)	
	7	11+220	1,346.63	60.00	184.2	3.21	52.71	1,681.00	(1),(4)	문막
	8	12	1,341.71	19.80	216.2	2.91	53.91	717.00	(1),(2)	
	9	13	1,333.18	4.00	251.6	3.02	55.22	954.00	(1),(2),(4)	
	10	15	1,303.15	8.00	346.5	2.93	57.73	668.00	(4)	
	11	16	1,180.69	2.30	362.0	4.19	62.49	1,285.00	(1),(5)	
	12	18	1,177.29	33.70	289.0	3.02	63.52	1,019.00	(3),(4)	
	13	19+20	1,176.17	26.00	275.8	4.36	64.01	1,288.00	(1)	간현
	14	40	1,040.23	24.40	212.1	3.71	71.14	797.00	(4),(5)	
	15	60	1,020.63	1.60	171.9	4.46	77.34	745.00	(4)	
	16	100	687.09	56.60	249.3	2.75	85.86	343.00	(3),(4)	
	17	120	682.74	54.20	179.0	2.32	91.00	305.00	(3),(4)	
	18	160	621.59	20.10	124.1	2.58	104.60	541.00	(3),(4)	
	19	169+150	440.98	7.00	116.9	2.88	108.98	586.00	(4)	횡성
	20	176	439.62	55.80	169.1	1.51	112.14	396.00	(4)	
홍 천 강	1	11	1,507.80	2.00	285.0	4.51	53.61	1,223.00	(2),(4)	
	2	16	1,506.27	12.50	193.1	3.35	52.55	786.00	(3),(5)	
	3	40	1,461.90	12.50	125.4	3.62	56.22	855.00	(5)	
	4	55	1,347.85	13.30	153.7	3.98	58.28	685.00	(4)	
	5	60	1,346.57	32.50	151.6	5.18	60.58	1,427.00	(3)	
	6	107+180	1,311.22	7.00	269.9	3.03	71.68	1,261.00	(4)	서면
	7	240	1,028.11	26.70	112.4	6.45	110.91	1,035.00	(4)	
	8	260	1,021.41	10.50	159.1	2.53	114.67	591.00	(4)	
	9	287+450	895.69	33.70	119.0	3.29	122.22	475.00	(1),(4)	홍천
	10	320	730.12	4.30	151.7	2.78	132.01	568.00	(2),(4)	
	11	360	564.36	42.20	178.6	2.32	147.39	364.00	(4)	
	12	380	515.68	50.30	126.4	2.22	155.48	337.00	(4),(5)	
	13	400	152.51	33.20	80.7	1.65	166.73	155.00	(3),(4)	
	14	420	123.06	26.50	75.2	1.56	181.70	135.30	(4)	

계측지점의 강터유량은 수위-유량관계를 이용하여 산정되어야 한다. 그러나 간현, 횡성, 홍천 수위관측소는 시수위자료의 결측이 많고 유량측정 성과가 한정되어 있어 사용하지 못하였으며, 문막과 서면 수위관측소는

강터수심에 대한 연도별 강터유량 산정결과가 큰 편차를 보이고 있어 그 적용성에 한계가 있는 것으로 판단되었다. 따라서 5개 수위관측소 지점의 강터유량 산정은 미계측 지점의 방법을 적용하였다. 미계측 지점의 경



(a) 섬강 문막 수위관측소 지점



(b) 홍천강 서면 수위관측소 지점

그림 2. 현장지표를 이용한 수위관측소 지점의 강턱수심

우, 강턱수심에 해당하는 강턱유량의 계산방법은 HEC-RAS(HEC, 2001) 모형의 입력변수들을 고정시킨 후 정상류 조건으로 유량을 계속 변경시켜가며 반복 모의를 수행하였다. 이러한 반복작업을 통해 산정된 섬강과 홍천강 유역의 대상지점별 강턱유량은 표 1과 같다.

4.2 특정재현기간유량 산정

특정재현기간유량은 계측지점의 유출자료를 이용하여 빈도분석함으로써 산정될 수 있다. 본 연구의 대상인 섬강 및 홍천강 유역내에는 각각 3개소의 수위관측소가 있으나 섬강의 문막 수위관측소와 홍천강의 서면 수위관측소 이외에는 수위 기록자료가 분석을 하기에 적당하지 않아 제외하였으며, 문막 및 서면 수위관측소의 수위-유량 관계곡선식은 표 2와 같다.

계측유역의 수문자료를 빈도분석하기 위해서는 통계학적으로 안정된 자료 관측년수가 필요하며 이는 통상 최소 20년 이상의 자료가 필요하다. 그러나 본 연구의 대상유역내 수위관측소들은 관측기간이 짧고 자료 결측이 많아 통계학적인 신뢰성을 가지기에는 미흡한 것으로 판단되며, 추후 장기간의 유출자료를 축적하여 분석의 정확도를 높여야 할 것으로 판단된다. 표 3은 문막과 서면수위관측소의 시수위자료를 이용한 연도별 최대 유출량 자료로서, 일년중 가장 큰 시수위자료를 당해 연도의 수위-유량관계 곡선식에 대입하여 산정하였다. 문막 수위관측소는 11개년, 서면 수위관측소는 7개년의 자료가 구축되었으며, 이들 자료를 사용하여 홍수 빈도 해석을 실시하여 1.5년 빈도의 유량을 특정재현기간유량으로 채택하였다. 문막과 서면 수위관측소의 특정재현기간유량을 산정한 결과는 표 4와 같다.

또한, 우리나라와 같이 수문자료, 특히 유출자료의 기록기간이 짧아 유출자료를 직접 분석하기에 어려움이 있는 경우, 강우-유출모형(rainfall-runoff model)을 이용하여 미계측유역의 유출량을 모의하는 간접적인 방법이 사용되고 있다.

섬강유역내에는 양동, 간현, 황성, 청일, 문막, 원주 우량관측소가 위치해있으며, 홍천강유역내에는 서면, 두촌, 내촌1, 서석, 홍천 우량관측소가 있다. 이들 우량관측소의 연최대 우량계열을 작성한 후 빈도분석을 실시하여 지점확률강우량을 산정하였으며, 여기에 우량관측소별 티센가중치를 적용하여 유역별 면적확률강우량을 산정하였다. 강우분포는 Huff분포를 적용하고 유효우량 산정방법은 SCS 방법을 이용하였다. 홍수량 산정은 유역을 대표하는 시간-면적 주상도의 추적에 의하여 지속기간이 영인 단위유효강우량을 유출수문곡선으로 변환하는 Clark 방법을 이용하였다. 이러한 강우-유출모형을 이용하여 산정된 계측지점의 확률홍수량은 표 4와 같다.

실측 유출자료를 분석한 결과와 강우-유출모형을 이용하여 산정된 1.5년 빈도의 특정재현기간유량은 유출자료를 분석한 결과가 크게 산정된 것을 알 수 있으며, 이러한 결과의 원인은 유출자료의 정확성과 자료 축적기간 및 강우-유출모형의 매개변수에서 기인된 것이라고 판단되어진다. 본 연구에는 실제 유출사상을 나타내는 유출자료를 빈도분석하여 산정된 1.5년 빈도 확률홍수량을 특정재현기간유량으로 채택하였다.

표 2. 문막 및 서면 수위관측소 수위-유량 관계곡선식

하천명	수위-유량관계 곡선식		이용 자료	발 행 문 헌
	H(h) : m	Q : m ³ /sec		
섬	-0.25 ≤ h < 1.95 H=h+1.0	Q=3.8071(H+0.2714) ^{2.7653}	82,83,89	한국수문조사연보, 1989 83년 골재 채취로 하상 크게 저하
	0.92 < H < 6.33 H=h+1.0	Q=48.8663(H-0.09) ^{2.3790}	90	한국수문조사연보, 1990
	0.92 ≤ H ≤ 6.33 H=h+1.0	Q=40.2621(H-0.03) ^{2.4929}	90, 93	한국수문조사연보, 1994
강	0.35 < h < 3.50 0.92 ≤ h ≤ 6.33 0.35 < h < 5.33	Q=225.523(h-0.283) ^{1.511} Q=40.2621(h-0.03) ^{2.4929} Q=228.944(h-0.317) ^{1.586}	95 90,93 90,93,95	유량연보, 1995
	0.18 ≤ h ≤ 2.10 0.18 ≤ h ≤ 5.33	Q=33.781(h+0.255) ^{3.318} Q=145.664(h-0.062) ^{2.070}	96 90,93,95,96	유량연보, 1996
	0.19 ≤ h ≤ 1.20 1.20 ≤ h ≤ 5.33	Q=72.415(h+0.052) ^{2.5} Q=205.392h ² -257.497h+140.242	97 96	유량연보, 1997
	0.34 ≤ h ≤ 2.44 2.44 ≤ h ≤ 5.22	Q=291.101(h-0.20) ^{1.875} Q=0.205(h+5.00) ^{4.390}	98	유량연보, 1998
	0.10 ≤ h ≤ 5.22	Q=263.576(h-0.021) ^{1.840}	98,99	한국수문조사연보(유량편), 1999
	1.40 ≤ h ≤ 4.60	Q=390.2299(h-1.21) ^{1.6739}	91	한국수문조사연보, 1991
	0.4 ≤ h ≤ 3.60 -0.71 ≤ h ≤ 3.6 H=h+1.0	Q=313.1862(H-0.90) ^{1.6370} Q=10.3413(H+1.01) ^{3.2636}	91,92 91~93	한국수문조사연보, 1993 93년 하상변화를 고려하여 개발
홍	1.30 < H < 2.55 H=h+2.0	Q=27.323H ² +35.706H-68.176	92,93,94	한국수문조사연보, 1994
	0.02 ≤ H ≤ 3.81 0.29 ≤ H ≤ 4.60 0.20 ≤ H ≤ 3.81 H=h+1.0	Q=3.877(H+0.767) ^{4.087} Q=10.3413(H+1.01) ^{3.2636} Q=10.974(H+0.514) ^{3.531}	95 92,93 92,93,95	유량연보, 1995
	-1.09 ≤ h ≤ 1.12 -1.09 ≤ h ≤ 1.12 -1.09 ≤ h ≤ 2.90 -1.09 ≤ h ≤ 2.90 -1.25 ≤ h ≤ 0.00 0.00 < h ≤ 3.20 H=h+2.0	Q=72.666(H-0.4) ^{2.518} Q=112.92H ² -68.875H-30.124 Q=0.815(H+0.38) ^{4.802} Q=97.507H ² -150.54H+60.208 Q=10.974(H-0.486) ^{3.531} Q=72.666(H-0.40) ^{2.518}	96 96 95,96 95,96 95,96 95,96	유량연보, 1996
강	-1.36 ≤ h ≤ -0.8 -0.8 ≤ h ≤ 1.2 1.20 ≤ h H=h+2.0	Q=143.3792(H-0.56) ^{1.5344} Q=101.6621(H-0.35) ^{2.3271} Q=101.6621(H-0.35) ^{2.3271}	96,97	유량연보, 1997
	-1.5 ≤ h ≤ -0.5 -0.5 ≤ h ≤ 7.0 H=h+2.0	Q=0.1216H ^{21.978} Q=297.726(H-0.95) ^{1.574}	96,97,98	유량연보, 1998
	1.50 ≤ h ≤ 4.95	Q=354.058(h-1.27) ^{1.805}	99	한국수문조사연보(유량편), 1999

표 3. 연도별 최대 유출량 자료

년도	문막 수위관측소(섬강)		서면 수위관측소(홍천강)		비고
	수위(m)	유량(m ³ /sec)	수위(m)	유량(m ³ /sec)	
1988	2.98	1,237.40	-	-	
1989	3.10	1,330.10	3.03	2,027.70	
1990	5.36	3,852.20	-	-	
1991	3.54	1,720.70	-	-	
1992	3.09	1,324.00	2.82	1,764.80	
1993	3.43	1,617.90	1.02	385.30	
1994	-	-	-	-	
1995	3.76	1,482.40	2.90	2,103.10	
1996	2.26	720.50	1.23	997.50	
1997	3.24	1,462.10	1.90	1,939.10	
1998	5.29	5,609.00	-	-	
1999	3.60	2,753.10	4.02	2,198.20	

표 4. 수위관측소 지점의 재현기간별 확률홍수량

재현기간(년)	수위관측소별 확률홍수량(m ³ /sec)				비 고
	유출자료 분석		강우-유출 모형		
	문 막	서 면	문 막	서 면	
1.1	730	862	386	367	
1.5	1,424	1,275	893	840	
2	1,857	1,519	1,249	1,157	
3	2,375	1,803	1,696	1,545	
4	2,713	1,985	2,001	1,800	
5	2,965	2,119	2,231	1,993	
50	5,425	3,391	4,709	3,891	
80	5,929	3,642	5,257	4,275	
100	6,170	3,760	5,525	4,455	
채택	LN-3	EV I(GUM)	Clark	Clark	

주) LN-3 : 3변수 대수정규분포, EV I(GUM) : Type-I 극치분포(Gumbel 분포)
Clark : Clark 유역추적법

4.3 유효유량 산정

유효유량은 현장조사를 통해 결정되는 값이라기 보다는 계산에 의해서 산정되어지는 유량으로 안정한 충적 하천에서 강터유량과 높은 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있다(Leopold, 1994). 본 연구대상 하천에 대해 유효유량을 산정하기 위해서는 유황곡선(flow dura-

tion curve)과 유사량 곡선(sediment rating curve)이 필요하며 유황곡선에서 등간격의 유량구간 발생빈도(유량-빈도 분포곡선)와 그 유량에서 이동되는 유사량(유사량 곡선)을 합성하여 유효유량 곡선을 작성하게 된다. 이렇게 합성된 유효유량 곡선상에서 가장 많은 유사량을 이송시키는 유량이 유효유량이 되며, 유효유량 산정의 정확도는 유황곡선과 유사량 자료 및 계산과정

의 정확도에 영향을 받게된다. 본 연구에서는 문막 및 서면 수위관측소의 유출량 자료를 이용하여 유황곡선을 작성하였다. 유사량은 한국건설기술연구원(1989)의 연구결과, 하천 유사량 산정공식들 중 비교적 우수하다고 판명된 Engelund-Hansen(1967) 공식, Ackers-White(1973) 공식, van Rijn(1984) 공식을 이용하여 산정한 후 중규모 이상의 하천에서 그 적용성이 좋은 것으로 나타난 van Rijn 공식의 결과를 이용하였다.

유황분석 방법은 전체 자료기간에 대한 초과확률별 유량을 결정하여 유황곡선을 작성하였으며, 유출자료는 문막 수위관측소의 11개년과 서면 수위관측소의 7개년 시수위자료를 당해 연도의 수위-유량관계 곡선식에 대입하여 산정한 시유량 자료를 이용하였다. 유황곡선 자료를 이용하여 유량-빈도 분포(flow-frequency distribution)를 계산하기 위해서는 우선 유황곡선의 최대 유량에서 최소유량을 뺀 유량범위를 계산한 후 등간격의 유량구간 크기를 결정하여야 한다. 유량구간의 크기는 적절한 구간수를 선택하는 것이 중요하며, 본 연구에서는 연속되고 매끄러운 유량-빈도분포가 나타날 수 있도록 문막 지점은 68개의 구간수로, 서면 지점은 74개의 구간수로 유량 범위를 나누었다. 나누어진 구간수에 대한 문막 수위관측소 지점의 유량구간 크기는 $50\text{m}^3/\text{sec}$ 이며, 서면 수위관측소 지점은 $30\text{m}^3/\text{sec}$ 로 계산되었다.

각 유량구간별로 그 발생횟수를 산정하여 총 발생횟수에 대한 비로 환산한 후 각 유량구간의 중간값에 대해 발생빈도를 도시하면 그림 3과 같다. 두 관측소 지점 모두 저유량의 발생빈도가 매우 크게 나타나는데 문막과 서면 수위관측소 각각은 첫 유량구간에서 58%,

48%의 높은 발생빈도를 나타냈다. 이는 우리나라 하천의 일반적인 유출특성을 반영하는 것으로 판단된다.

유사량 자료의 존재유무는 유효유량 산정의 정확도에 밀접한 관련이 있으나, 문막과 서면 수위관측소 지점은 실측유사량 자료가 없어, 본 연구에서는 한국건설기술연구원(1990)의 '하천 유사량 공식 선정기준' 프로그램을 이용하여 두 지점에 대한 하상토유사량을 추정하였다.

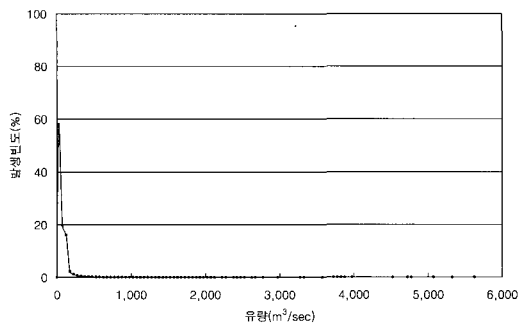
하상토유사량 산정은 van Rijn(1984) 공식을 이용하였으며, 유사량 산정을 위한 문막과 서면 수위관측소 지점의 입력자료는 표 5~6과 같다. 하상재료는 하천정비기본계획의 입도분석 결과를 이용하였으며, 수면폭과 수심 및 에너지경사는 각각의 유량에 대한 HEC-RAS 모형의 산정결과이다. 문막과 서면 수위관측소 지점별로 산정된 유사량 곡선은 그림 4와 같으며, 문막수위관측소의 경우 유량이 $4,725\text{m}^3/\text{sec}$ 이상에서는 에너지경사가 크게 작아져 유사량이 감소하는 경향을 보였다.

유효유량 곡선은 유량-빈도 분포곡선과 하상토 유사량 곡선을 합성함으로써 만들어질 수 있으며 이 곡선의 첨두유량이 곧 유효유량이 된다. 본 연구에서 작성된 두 수위관측소 지점의 유효유량 곡선은 그림 5와 같으며, 문막 수위관측소 지점의 유효유량 Q_{eff} 는 $125\text{m}^3/\text{sec}$ 이며, 서면 수위관측소 지점은 $104\text{m}^3/\text{sec}$ 로 산정되었다.

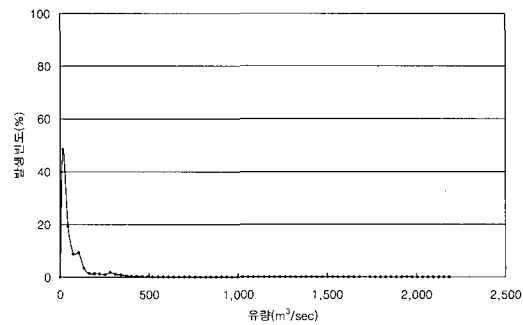
4.4 산정결과 분석

섬강유역의 문막 수위관측소 지점과 홍천강유역의 서면수위관측소 지점에 대해 강터유량, 특정재현기간유량, 유효유량 산정 결과는 표 7과 같다.

섬강의 문막 수위관측소의 경우 강터유량이 특정재현



(a) 문막 수위관측소(섬강)



(b) 서면 수위관측소(홍천강)

그림 3. 수위관측소 지점별 유량-빈도 분포곡선

표 5. 문막 수위관측소 지점의 유사량 산정을 위한 입력자료

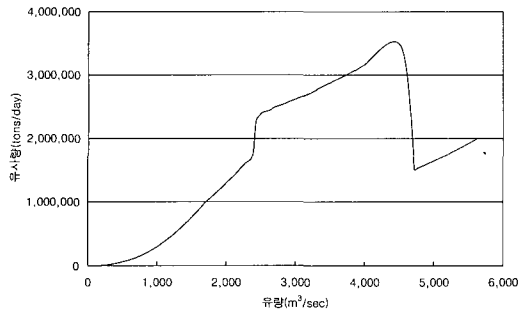
번호	수면폭 (m)	수심 (m)	유량 (m ³ /sec)	에너지 경사(S)	번호	수면폭 (m)	수심 (m)	유량 (m ³ /sec)	에너지 경사(S)
1	0.00	0.00	0	0.000000	35	184.10	3.20	1,675	0.004068
2	91.47	0.59	25	0.002609	36	186.23	3.24	1,725	0.004141
3	135.74	1.00	75	0.001687	37	188.67	3.27	1,775	0.004214
4	143.07	1.26	125	0.001375	38	191.09	3.30	1,825	0.004285
5	146.76	1.43	175	0.001428	39	193.49	3.33	1,875	0.004354
6	149.83	1.58	225	0.001502	40	195.85	3.36	1,925	0.004421
7	152.50	1.71	275	0.001579	41	198.18	3.39	1,975	0.004488
8	154.84	1.82	325	0.001665	42	200.46	3.42	2,025	0.004555
9	156.81	1.91	375	0.001779	43	202.86	3.45	2,075	0.004610
10	158.62	2.00	425	0.001886	44	205.00	3.48	2,125	0.004680
11	160.29	2.08	475	0.001991	45	209.38	3.54	2,225	0.004805
12	161.85	2.15	525	0.002095	46	211.48	3.56	2,275	0.004870
13	163.36	2.22	575	0.002186	47	215.72	3.62	2,375	0.004988
14	164.81	2.29	625	0.002270	48	207.10	3.51	2,425	0.005905
15	166.21	2.36	675	0.002346	49	208.61	3.53	2,475	0.006014
16	167.44	2.41	725	0.002443	50	211.28	3.56	2,525	0.006017
17	168.66	2.47	775	0.002528	51	217.32	3.64	2,625	0.005955
18	169.82	2.53	825	0.002615	52	219.94	3.67	2,675	0.005955
19	170.77	2.57	875	0.002733	53	225.70	3.75	2,775	0.005908
20	171.81	2.62	925	0.002824	54	236.78	3.89	2,975	0.005834
21	172.77	2.67	975	0.002920	55	251.71	4.10	3,275	0.005752
22	173.71	2.71	1,025	0.003015	56	253.53	4.13	3,325	0.005756
23	174.62	2.75	1,075	0.003108	57	263.61	4.30	3,575	0.005666
24	175.51	2.80	1,125	0.003197	58	269.50	4.40	3,725	0.005617
25	176.38	2.84	1,175	0.003285	59	271.44	4.43	3,775	0.005601
26	177.22	2.88	1,225	0.003372	60	273.26	4.46	3,825	0.005594
27	178.05	2.92	1,275	0.003456	61	275.25	4.49	3,875	0.005573
28	178.86	2.95	1,325	0.003537	62	278.83	4.55	3,975	0.005561
29	179.65	2.99	1,375	0.003618	63	296.62	4.89	4,525	0.005436
30	180.43	3.03	1,425	0.003697	64	396.02	5.34	4,725	0.003927
31	181.19	3.06	1,475	0.003774	65	397.00	5.37	4,775	0.003928
32	181.93	3.10	1,525	0.003850	66	402.80	5.51	5,075	0.003924
33	182.70	3.14	1,575	0.003917	67	407.24	5.62	5,325	0.003935
34	183.41	3.17	1,625	0.003993	68	412.23	5.74	5,625	0.003959

d₃₅ : 0.47mm, d₅₀ : 0.61mm, d₆₅ : 0.80mm, d₉₀ : 1.20mm, 수온 : 15℃, 비중 : 2.61, 입도 : 1.84

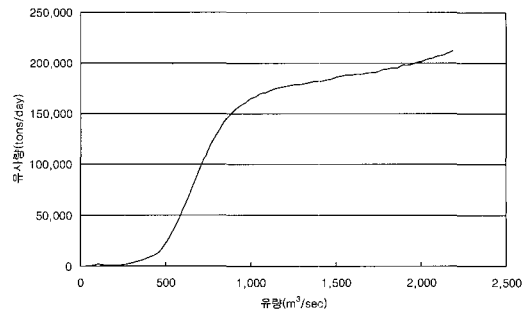
표 6. 서면 수위관측소 지점의 유수량 산정을 위한 입력자료

번호	수면폭 (m)	수심 (m)	유량 (m ³ /sec)	에너지 경사(S)	번호	수면폭 (m)	수심 (m)	유량 (m ³ /sec)	에너지 경사(S)
1	0.00	0.00	0	0.000577	38	269.14	2.74	1,085	0.002695
2	71.49	0.65	15	0.000580	39	269.26	2.79	1,115	0.002586
3	101.83	1.00	45	0.000857	40	269.38	2.83	1,145	0.002475
4	113.54	1.20	74	0.001000	41	269.50	2.88	1,174	0.002375
5	124.35	1.35	104	0.001127	42	269.62	2.93	1,204	0.002278
6	162.54	1.53	134	0.001290	43	269.74	2.98	1,234	0.002184
7	201.79	1.66	164	0.001420	44	269.87	3.03	1,264	0.002097
8	230.69	1.76	193	0.001496	45	269.99	3.08	1,293	0.002020
9	256.42	1.85	223	0.001544	46	270.11	3.13	1,323	0.001944
10	267.10	1.92	253	0.001583	47	270.24	3.18	1,353	0.001872
11	267.22	1.97	282	0.001615	48	270.36	3.23	1,382	0.001808
12	267.34	2.01	312	0.001645	49	270.48	3.28	1,412	0.001745
13	267.45	2.06	342	0.001665	50	270.60	3.33	1,442	0.001686
14	267.56	2.10	372	0.001684	51	270.73	3.38	1,472	0.001631
15	267.66	2.14	401	0.001714	52	270.85	3.42	1,501	0.001579
16	267.77	2.19	431	0.001729	53	270.96	3.47	1,531	0.001538
17	267.85	2.22	461	0.001785	54	271.09	3.52	1,561	0.001490
18	267.80	2.20	491	0.002140	55	271.21	3.57	1,591	0.001444
19	267.79	2.20	520	0.002438	56	271.33	3.62	1,620	0.001402
20	267.79	2.19	550	0.002743	57	271.46	3.67	1,650	0.001360
21	267.80	2.20	580	0.003018	58	271.59	3.72	1,680	0.001320
22	267.81	2.20	609	0.003260	59	271.82	3.82	1,739	0.001253
23	267.84	2.22	639	0.003467	60	271.94	3.86	1,769	0.001222
24	267.87	2.23	669	0.003653	61	272.06	3.91	1,799	0.001192
25	267.91	2.25	699	0.003784	62	272.18	3.96	1,828	0.001163
26	267.97	2.27	728	0.003848	63	272.30	4.01	1,858	0.001138
27	268.03	2.29	758	0.003867	64	272.42	4.05	1,888	0.001112
28	268.11	2.32	788	0.003841	65	272.53	4.10	1,918	0.001088
29	268.19	2.36	818	0.003777	66	272.65	4.15	1,947	0.001066
30	268.28	2.39	847	0.003689	67	272.76	4.19	1,977	0.001046
31	268.37	2.43	877	0.003581	68	272.87	4.24	2,007	0.001027
32	268.47	2.47	907	0.003462	69	272.98	4.28	2,036	0.001009
33	268.58	2.51	936	0.003320	70	273.10	4.33	2,066	0.000990
34	268.69	2.56	966	0.003195	71	273.21	4.37	2,096	0.000972
35	268.80	2.60	996	0.003067	72	273.32	4.42	2,126	0.000956
36	268.91	2.65	1,026	0.002938	73	273.42	4.46	2,155	0.000940
37	269.02	2.69	1,055	0.002817	74	273.53	4.50	2,185	0.000926

d_{35} : 0.67mm, d_{50} : 0.83mm, d_{65} : 1.10mm, d_{90} : 8.90mm, 수온 : 15℃, 비중 : 2.64, 입도 : 2.88

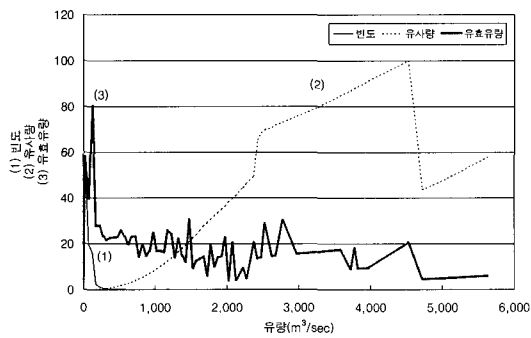


(a) 문막 수위관측소(섬강)

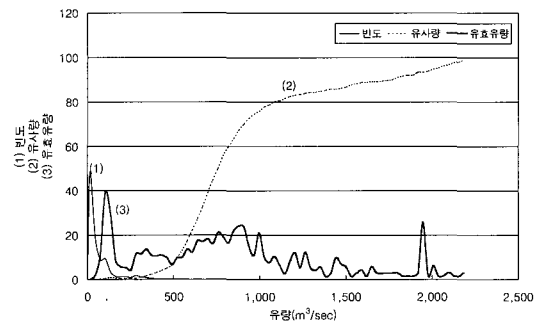


(b) 서면 수위관측소(홍천강)

그림 4. 수위관측소 지점별 유사량 곡선(van Rijn 공식)



(a) 문막 수위관측소(섬강)



(b) 서면 수위관측소(홍천강)

그림 5. 수위관측소 지점별 유효유량 곡선

표 7. 유역별 수위관측소 지점의 하도형성유량 비교

하천명	대상지점	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	강터유량 (m ³ /sec)	특정재현기간유량(m ³ /sec)		유효유량 (m ³ /sec)
					빈도(년)	수위자료	
섬강	문막 수위관측소	1,346.63	81.38	1,681	1.1	730	125
					1.5	1,424	
					2	1,857	
					3	2,375	
					4	2,713	
홍천강	서면 수위관측소	1,311.22	113.31	1,261	1.1	862	104
					1.5	1,275	
					2	1,519	
					3	1,803	
					4	1,985	
					5	2,119	

기간유량보다는 약간 크며 유효유량보다는 크게 산정되었다. 홍천강의 서면 수위관측소는 강터유량과 특정재현기간유량이 비슷하며 유효유량이 작게 산정된 것을 알 수 있다.

문막과 서면 수위관측소 지점의 유효유량이 강터유량에 비해 10배 이상 작은 것은 유량-빈도 분포곡선 상에서 저유량의 발생빈도가 대부분을 차지하고 있어 유사량은 작으나 높은 발생빈도와 곁혀져 유효유량곡선의 첨두가 작은 유량에서 발생하기 때문이다. 이러한 결과는 우리나라 하천유황의 특성을 반영하는 것으로 높은 발생빈도의 저유량 값들이 유출량의 대부분을 차지하고 유황이 계절에 따라 큰 변동을 보이기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 유사량 공식을 이용하여 산정된 유사량 값들이 각각의 공식에 따라 큰 차이를 보여 추정된 유사량 값들이 실제 하천에서 이동되는 유사량을 올바르게 나타내지 못하기 때문이다. 따라서, 차후 대상지점의 유사량을 실측하여 유사량 곡선을 보완한다면 이러한 산정 결과의 편이를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

하도형성유량을 산정하기 위해 강터유량과 특정재현기간유량 및 유효유량을 비교 분석한 결과, 강터유량이 하도의 지형학적 특성을 반영하므로 하도형성유량으로 결정되는 것이 타당하리라 판단되며, 문막과 서면 수위관측소의 강터유량의 재현기간은 유출량 자료를 빈도분석한 결과, 문막 수위관측소는 1.8년, 서면 수위관측소는 1.5년으로 산정되었다. 이러한 결과는 외국의 하천들에서 추정된 강터유량의 재현기간과 비슷한 것으로, 차후 섬강과 홍천강 유역에서 특정재현기간을 이용하여 하도형성유량을 산정할 경우, 그 빈도를 1.5~1.8년으로 사용하는 것이 타당하리라 판단된다.

5. 수리기하특성과의 상관분석

수리기하이론(hydraulic geometry theory)은 하천시스템이 하도와 유입유량 및 유사량간의 대략적인 평형을 이루려고 하는 방향으로 발전한다는 이론에 기초를 두고 있다. 일반적으로 이 이론은 유역면적(A)이나 유량(Q)과 같은 독립변수를 폭(W), 수심(D), 경사(S), 유속(V)과 같은 종속변수와 관련시키게 된다. 따라서 본 연구에서도 이러한 변수들 간의 관련성을 알아보기 위해 상관관계 분석을 실시하였다.

5.1 유역면적과 강터유량간의 상관관계 분석

한 유역내에서 발생하는 유출량은 그 유역면적에 비례하므로 강터유량(Q_b)과 유역면적(A)간의 관계는 하도형성유량을 선정하기 위한 좋은 출발점이 될 수 있다. 유역면적과 강터유량간의 관계식은 시간과 자원이 한정되어 강터유량의 현장결정을 어렵게 하거나 유효유량을 계산하기 위한 자료가 빈약한 경우 손쉽게 하도형성유량을 결정할 수 있는 대안을 제공해 준다. 유역면적과 강터유량간의 지역관계(regional relationship)를 분석하여 보면 일반적으로 강터유량과 유역면적은 다음과 같은 멱함수 관계를 가진다.

$$Q_b = aA^b \quad (11)$$

여기서, Q_b 는 강터유량, A는 유역면적, a와 b는 회귀계수와 지수이다.

섬강과 홍천강 유역의 분석대상지점들에 대해 유역면적과 강터유량간의 지역곡선(regional curve)을 도시하여 보면 그림 6과 같다.

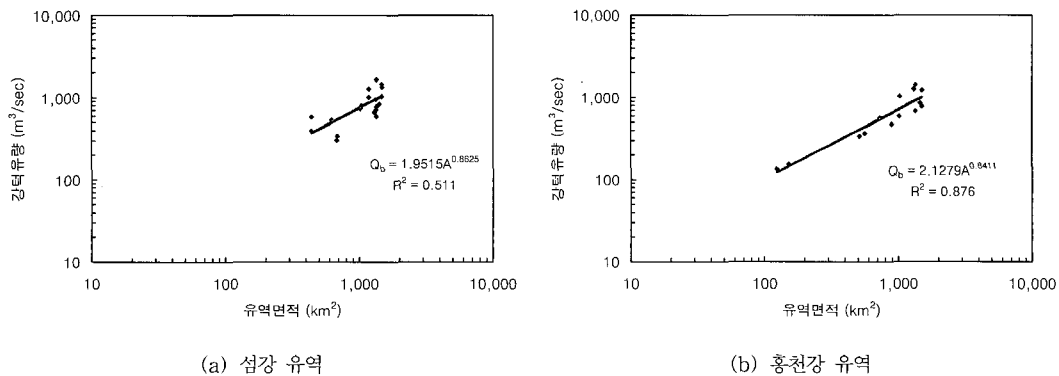
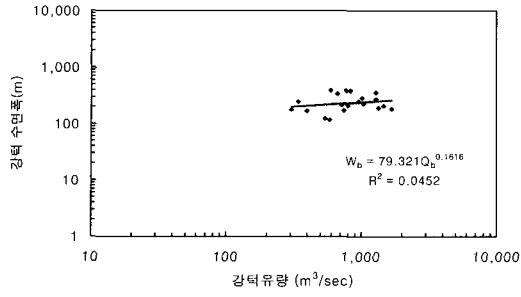
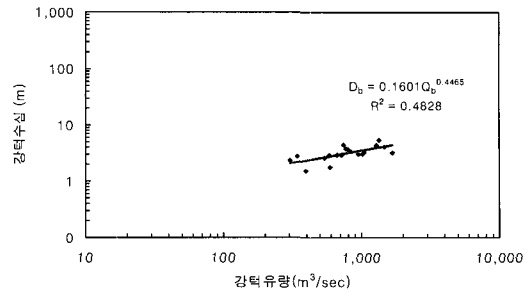


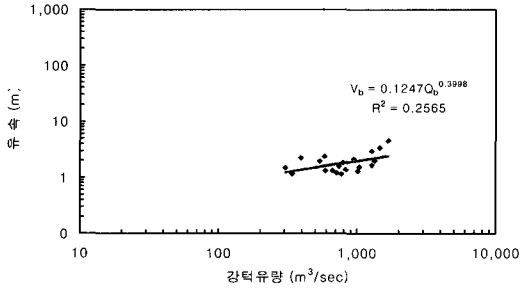
그림 6. 유역별 분석대상 지점의 유역면적과 강터유량 간의 상관관계 곡선



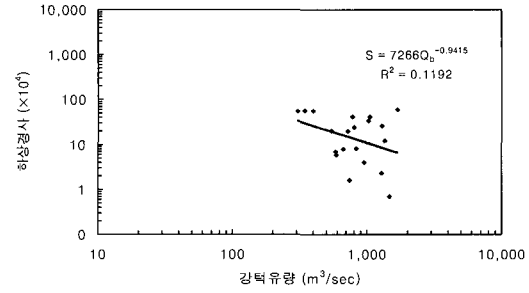
(a) 강택유량-강택수면폭 관계곡선



(b) 강택유량-강택수심 관계곡선

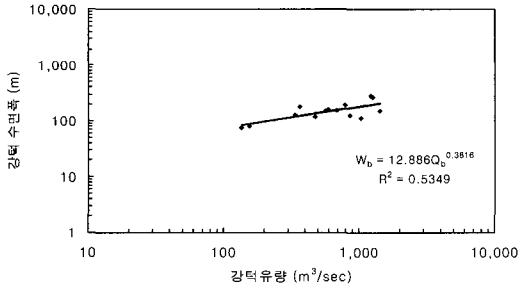


(c) 강택유량-유속 관계곡선

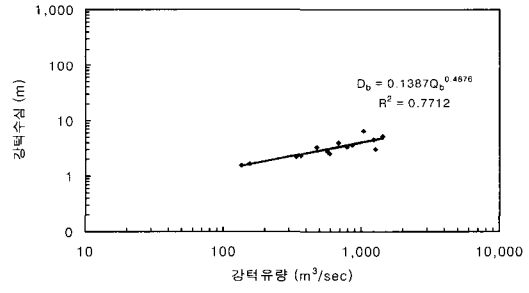


(d) 강택유량-하상경사 관계곡선

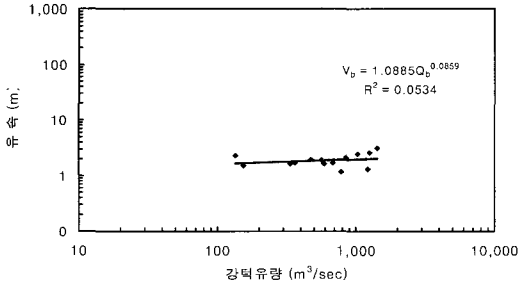
그림 7. 섬강유역의 강택유량과 수리기하 특성간의 관계곡선



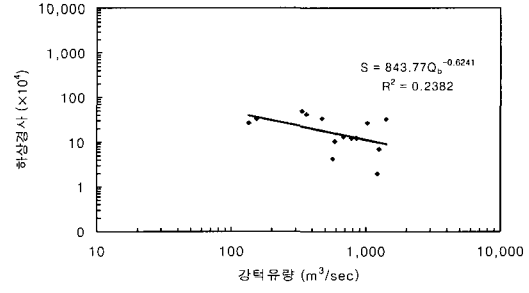
(a) 강택유량-강택수면폭 관계곡선



(b) 강택유량-강택수심 관계곡선



(c) 강택유량-유속 관계곡선



(d) 강택유량-하상경사 관계곡선

그림 8. 홍천강유역의 강택유량과 수리기하 특성간의 관계곡선

유역면적과 강터유량간의 관계를 살펴보면 섬강유역은 결정계수 값이 0.511로 지형학적으로 상관성이 어느 정도 있으며, 홍천강 유역은 0.876으로 비교적 상관성이 높음을 보여 주고 있다. 그러나 이와 같은 지역곡선은 현장자료 및 계산 결과들에서 기인하는 높은 변화성 때문에 안정하도를 계획하려는 대상지점에서 개략적인 지표로서만 사용되어야 하며, 이 관계식을 적용하는 경우에는 많은 지형학적 고려가 우선되어야 할 것이다.

5.2 강터유량과 수리기하특성과의 상관관계 분석

통계학적으로, 강터유량(Q_b)은 수리기하와의 관계에 있어 유역면적(A)보다는 더 신뢰할만한 독립변수가 된다. 이러한 이유는 강터유량의 크기가 하도의 기하형태를 만드는 추진력이고, 유역면적은 단순히 유량을 위한 대용물이기 때문이다.

섬강과 홍천강 유역의 각 대상지점별로 분석된 강터유량과 수리기하 특성간의 상관관계 곡선은 그림 7~8과 같다. 섬강유역은 강터유량(Q_b)에 대한 강터수면폭(W_b), 강터수심(D_b), 유속(V_b), 하상경사(S)의 결정계수 값들이 0.5이하로 상관성이 낮게 나타났으며, 홍천강 유역은 유속과 하상경사와의 상관성을 제외하고 비교적 상관성이 있는 것으로 나타났다.

강터유량에 대해 강터수심의 상관관계가 강터수면폭보다 높게 나타났다. 그러나 이러한 결과는 일반적으로 평형하상과 수리기하간의 관계에서 강터유량이 수면폭에 가장 높은 상관성을 보여준다는 이론에 반대되는 결과로, 이는 하천정비시 하도 통수능을 늘리기 위해 평형하상고로 결정하여 고정시킨 수심보다는 저수로 폭을 상대적으로 많이 조정하였기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 안정하도 계획시 이러한 인위적인 하도교란의 영향에 대해서 많은 고려가 필요할 것으로 판단된다.

강터유량과 수리기하특성간의 상관관계식을 이용하여 식 (9)~(10)의 관계를 분석하여 보면, 섬강유역은 $a \times c \times k = 1.58$, $b + f + m = 1.01$ 이고, 홍천강유역은 $a \times c \times k = 1.95$, $b + f + m = 0.96$ 으로 섬강과 홍천강 유역 모두 $a \times c \times k > 1.00$ 이며 $b + f + m \approx 1.00$ 으로 분석되었다.

5.3 결과 분석

섬강과 홍천강 유역의 각 분석대상 지점별로 산정된 강터유량을 이용하여 유역면적과 강터유량 및 수리기하간의 상관관계 분석을 실시하였다. 상관관계 분석결과 유역면적과 강터유량은 어느 정도 상관성이 있어 안정하도 계획시 이러한 관계를 이용하여 지역적인 안정하

도의 규모를 결정하는 기초자료로의 사용이 가능하리라 판단된다. 그러나 강터유량과 수리기하간의 상관관계 분석은 그 결과의 정도값이 떨어져 본 연구를 통해 도출된 상관 관계식을 그대로 사용할 경우에는 많은 주의가 있어야 할 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 연구에서는 교란되고 인공화 된 하도를 복원하고 새로운 환경에 적합한 안정하도를 설계하는데 기본적인 요소인 하도형성유량을 결정하는 방법에 대해 고찰하고, 대상유역을 선정하여 하도형성유량을 산정하였다. 강터유량은 분석대상지점의 현장지표를 이용하여 강터수심을 결정한 후 반복적인 배수위 계산을 통해 산정하였으며, 특정재현기간유량은 수위관측소 지점의 수위자료를 빈도분석한 결과와 강우량 자료를 이용하여 강우-유출 모형으로 산정된 확률홍수량을 비교 분석하여 최종적으로 1.5년 빈도의 유량을 결정하였다. 유효유량은 수위관측소 지점의 유황분석을 통한 유량-빈도분포 곡선과 유사량 산정공식을 이용하여 작성된 유사량곡선을 합성하여 산정하였다. 또한 유역면적과 강터유량 및 수리기하 특성간의 상관관계를 분석하였다. 본 연구결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 수위관측소 지점에서 실측된 시간별 유출량 자료를 빈도분석하여 산정된 1.5년 빈도의 특정재현기간유량은 강터유량과 비슷한 값을 가져, 국내 하천에 대해서도 특정재현기간유량의 빈도를 1.5년으로 사용하는 것이 가능하리라 판단된다.
2. 저유량의 높은 발생빈도에 무차원화 된 유사량을 곱함으로써 유효유량 곡선의 첨두가 작은 유량값에서 발생하는 것을 알 수 있었으며, 이러한 결과로 인해 유효유량이 강터유량에 비해 10배 이상 작게 산정되었다.
3. 상관관계 분석결과, 유역면적과 강터유량은 어느 정도 상관성이 있으나 강터유량과 수리기하간의 상관성은 낮은 것으로 분석되어, 유역면적과 강터유량의 상관관계식은 안정하도의 규모를 결정하는 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 강원도 (1986). **섬강 하천정비 기본계획 보고서**.
 강원도 (1990). **홍천강 하천정비 기본계획 보고서**.
 건설부 (1990). **섬강 하상변동조사 보고서**.
 건설교통부 (1994~1999). **한국수문조사년보**.

- 안상진, 이재경 (1987). “홍수터 통수능에 관한 연구.” **대한토목학회 논문집**, 제7권, 제1호, pp. 121-129.
- 우효섭 (2001). **하천수리학**. 청문각, pp. 341-343.
- 윤용남 (1999). **공업수문학**. 청문각, pp. 420-494.
- 한국건설기술연구원 (1989). **하천유사량 선정방법의 선정기준 개발**. 연구보고서. 건기연 89-WR-113.
- 한국건설기술연구원 (1990). **하천 유사량공식 선정기준 전산프로그램(ver. 1.2)**, 우효섭, 유권규.
- Andrews, E. D. (1980). “Effective and bankfull discharge of streams in the Yampa basin, western Wyoming,” *Journal of Hydrology*, Elsevier, Vol. 46, pp. 311-330.
- Bray, D. I. (1982). “Regime equations for gravel-bed rivers.” *Gravel bed rivers*, Edited by Hey, R. D., Bathurst, J. C. and Thorne, C. R., Wiley, Chichester, pp. 517-542.
- Hydrologic Engineering Center (2001). HEC-RAS, River Analysis System User’s Manual. *U.S. Army Corps of Engineers*, Davis, CA.
- Inglis, C. C. (1947). “Meanders and Their Bearing on River Training.” *Proceedings of Institution of Civil Engineers*, Maritime and Waterways Engineering Division Meeting, London, England.
- Kellerhals, R. (1967). “Stable channels with gravel-paved beds.” *J. of the Waterways and Harbors Division*, American Society of Civil Engineers, Vol. 93, pp. 63-84.
- Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes, A New Perspective*. Arnold, London, England.
- Leopold, L. B. (1994). *A view of the river*. Harvard University Press, Cambridge, pp. 134-135.
- Leopold, L. B. and Maddock, T. (1953). *The Hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*. USGS Professional Paper 252, USGS, Washington, D.C.
- Pickup, G. and Warner, R. F. (1976). “Effects of hydrologic regime on magnitude and frequency of dominant discharge.” *Journal of Hydrology*, Elsevier, Vol. 29, pp. 51-75.
- U.S. Army Corps of Engineers (2000). *Channel-Forming Discharge*. ERDC/CHL CHETN-VIII-5, pp. 2-6.
- Williams, G. P. (1978). “Bankfull Discharge of Rivers.” *Water Resources Research*, American Geophysical Union, Vol. 14, No. 6, pp. 1141-1154.

(논문번호:03-04/접수:2003.01.05/심사완료:2003.09.16)