

충적하천의 수로 단면 설계를 위한 지배유량 산정에 관한 연구
A study on the estimation of dominant discharge
for channel geometry design of alluvial river

○이희철* · 정순우** · 이도훈*** · 이은태****

1. 서 론

최근의 하천정비는 치·이수 기능뿐만 아니라 친수공간 및 하천생태계 등의 환경기능을 고려한 자연형 하천으로의 정비가 요구되고 있으나 국내의 자연형 하천에 대한 접근은 주로 호안공법을 중심으로 외국의 사례를 도입 적용하고 있는 단계에 있다.

하천복원 계획 및 실무에 있어 우선적으로 고려되어야 할 사항중의 하나는 유역의 복합적인 요인(기후 및 지형특성, 수리·수문특성, 식생특성, 유사특성 등)들에 의해 영향을 받게 되는 하천의 지형형태학적 측면으로 이는 하도안정에 직접적인 영향을 미치게 되므로 계획의 예비조사 단계에서 충분한 검토가 이루어져야 하지만 국내에서 하천의 지형형태학적인 측면을 고려한 하천복원 연구는 아주 미미한 것으로 판단되어진다.

하천은 적정 크기 이하의 유량을 소통시킬 수 있는 수로를 만들고 유지하지만 보다 큰 유량들은 수로 통수능을 초과하여 홍수터로 월류하게 되며 수로 통수능을 초과하는 유량이 곧 위험을 발생시키는 홍수가 된다. 수로 통수능은 인간에게 직접적인 중요성을 가지며 또한 하천지형 형성 과정에도 중요한 요인이 된다. 따라서 수로의 크기와 물리적인 형태를 결정하는 인자들이 실질적이고 구체적 중요성을 가지게 된다.

하천복원의 성공적인 실행은 하천유량과 유사한 수로형성이나 기능에 어떻게 관련되어져 있는지를 이해하고 수로발달과정에 수반되는 과정들이 무엇인지를 정확히 파악하는데 달려있다. 따라서 본 연구에서는 자연하천의 수로 형성과 형태를 유역내의 수문학적 과정과 연관시켜 안정된 수로단면을 계획하는 기법을 제시하고자 수행되었으며 그 방법의 일환으로 적정 수로 규모를 결정하기 위해 연구 대상하천에 수로형성유량(Channel forming discharge or Dominant discharge)을 산정하는 방법들을 적용하여 분석하였다. 비록 수로형성유량이 엄밀히 평형상태의 수로에만 적용되어질 수 있지만 그 개념은 교란된 하천의 복원을 위한 적절한 수로 형상을 선택하는데 이용되어지고 있다. 따라서 국내에서도 하천설계시 안정수로 단면의 결정을 위한 수로형성유량 개념의 적용가능성 여부에 대해 검토하였다.

* 삼성에버랜드 환경개발사업부 환경ENG, 환경복원연구실 연구원

** 삼성에버랜드 환경개발사업부 환경ENG, 환경복원연구실 차장

*** 경희대학교 토목·건축공학부 토목공학전공 부교수

**** 경희대학교 토목·건축공학부 토목공학전공 교수

2. 이론적 배경

자연적인 총적하천은 하천복원의 모델로서 하상이 여러 형태의 재료들로 구성되어 있으며 다양한 범위의 흐름에 의해 그 형태가 변화한다. 하천의 형태와 크기 및 변화과정을 제어하는 유량을 수로형성유량(channel forming discharge), 또는 지배유량(dominant discharge)이라 하며 이는 자연하천에서 일정한 유량이 지속적으로 흐르는 경우 현재 하도의 형태와 같게 되는 가상적인 유량이다.

이 개념은 미국과 유럽의 하천복원 실무에서 상당히 보편적으로 이용되는 개념이나 국내에서는 이러한 유량에 대한 연구가 미미하며 하천복원 및 자연형 하천 설계에 도입되지 못하고 있는 실정으로 수로단면 설계가 일정한 원칙 없이 진행되어 자연형 하천 조성 후에도 수로의 유지 및 관리에 어려움이 많은 것으로 사료된다.

자연상태의 총적하천은 넓은 범위의 유량을 경험하고 있으며 하천 자체의 형태와 크기는 하상이나 제방의 유사를 움직이는 각각의 흐름사상에 맞도록 조절된다. Wolman과 Miller(1960)는 유사 이동이 많은 매우 큰 홍수 사상에 의해 수로의 형태가 결정될 것이라는 이론에 반하여 장기간에 걸쳐 전체 유사량은 흐름의 이송능력과 발생빈도에 따라 주어진 크기의 유량에 의해 이송되어진다고 설명하였다. 매우 큰 홍수사상은 대규모의 높은 유사를 발생시키지만 드물게 발생하고 잠시동안 지속되므로 장기간의 유사이동에 대한 기여는 상대적으로 작다. 반대로 작은 흐름사상은 높은 발생빈도를 가지지만 유사이송 능력이 매우 낮다. 따라서 적당한 크기와 빈도를 가진 흐름이 대부분의 유사이동에 기여하게 되며 많은 하천들을 관찰한 결과, 하나의 대표적인 유량이 안정수로 형태를 결정하는데 사용될 수 있다는 결과를 제시하였다.

따라서 수로의 형태와 규모를 결정하는 대표적인 유량이 존재하게 되며 이 유량이 바로 지배유량 또는 수로형성유량이 된다. 지배유량은 여러 연구자들의 접근 방식의 차이에 따라 강터유량(bankfull discharge), 특정 재현기간유량(specified recurrence interval discharge), 유효유량(effective discharge) 등으로 표시된다.

수로형성유량 개념은 하천이 그 형태를 변형할 수 있는 능력이 있으면서 하상이 상승하거나 저하하지 않는 안정한 총적하천에 적용될 수 있으며 지배유량을 추정하기 위해서는 각각의 유량 결정 방법을 사용한 후 비교·검토함으로써 최종적인 추정값에서 발생할 수 있는 불확실성을 줄이는 노력이 필요하다.

2.1 강터유량(bankfull discharge)

강터유량은 자연하천에서 실제 홍수터의 표고까지 안정된 총적수로를 채우는 유량으로서 많은 자연수로에 있어서 강터(bank)를 월류하지 않고 그 횡단면을 채우는 유량이다. 따라서 강터유량은 수로형성과 홍수터 형성 과정사이에 구분점을 나타내기 때문에 지형학적인 중요성을 가지고 있다. 일반적으로 안정된 총적수로에서 강터유량은 수로형성유량을 나타내기 위해 폭넓게 사용되고 있다.

2.2 특정 재현기간 유량(specified recurrence interval discharge)

현장에서의 강터유량이나 수위의 구별이 어려운 관계로 수로형성유량을 특정 재현기간 유량에 관련시킨 연구들이 많이 있었으며 이러한 연구는 강터유량이 쉽게 결정될 수 있고 근처에 수위관측소가 있는 안정하천을 대상으로 진행되었다. Leopold(1994)은 강터유량의 재현기간이 1~2.5년의 범위에 있으며 많은 하천들에서 1.5년이 대표적인 평균치라고 정의하였다. 기타 여러 연구자들도 이와 비슷한 재현기간을 수로형성유량으로 결정하였으나 Williams(1978)는 그가 연구한 미국하천

들을 대상으로 조사한 결과 강터우량이 1~32년 재현기간을 가지며 그중 1/3 가량만이 1~5년 재현기간을 갖는다고 보고하였다. 또한 Pickup과 Warner(1976)는 강터우량의 재현기간이 4~10년 범위에 있다고 결정하였다. 따라서 특정재현기간을 통한 강터우량의 추정은 주의를 요하며 정확한 현장조사와 검증을 통해 지형학적으로 중요한 특성을 반영할 수 있는 유량의 추정이 필요하다.

2.3 유효유량(effective discharge)

유효유량은 수년에 걸쳐 연유사량의 대부분을 이송시키는 유량의 평균값(Andrews 1980)으로 정의되어며, 적어도 일년에 한번이나 두 번 또는 대부분의 경우 매년 여러번 발생하는 적당한 빈도(moderate frequency)의 유량규모에 의해 연유사량의 대부분을 이송시키는 유량이다.

3. 연구방법

본 연구는 외국의 하천설계 과정에서 제시되고 있는 수로형성유량 또는 지배유량 개념을 적용하여 국내 여건에 맞는 수로단면 설계 방안을 제시하고자 진행되었으며 그 첫단계로 대상유역을 선정하여 하천의 자연형태를 조사하기 위한 답사를 실시하고 하천을 몇 개의 구간으로 구분하여 하천 구간별 지형학적 수로단면 형태를 파악한 후 수로형성유량을 산정하기 위해 3가지의 유량결정 방법별로 대상유량을 추정하였다.

수로형성유량을 산정하기 위해서는 교란이 일어나지 않은 즉, 인공적인 제방과 하도내 수리구조물로 인한 영향이 없는 자연 충적하천을 대상으로 하여야 하나 우리나라의 경우 대부분의 하천들이 이·치수 목적으로 개수가 이루어져 있어 대상유역을 선정하기가 용이하지 않은 실정이다.

본 연구에서 수로형성유량을 산정하기 위해 선정된 대상하천은 지방1급 하천인 영평천과 지방2급의 8개 영평천 지류들로서 영평천의 유역면적은 564.5km², 유로연장은 44.4km의 수지상 유역이며, 연평균 강우량은 약 1,289mm이다. 영평천 본류와 지류들에 대해 분석 대상지점을 선정하기 위해 현지조사를 실시하여 인공적인 교란의 영향이 적은 지점들을 선정하였다.

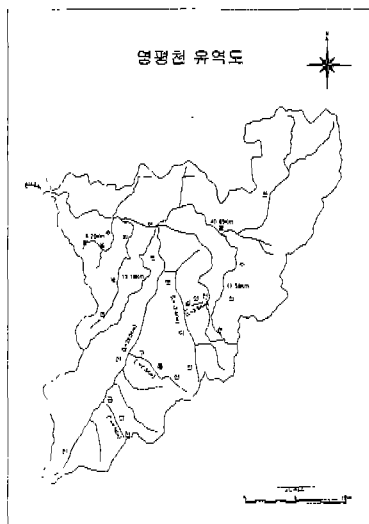


그림 1. 영평천 유역도

표 1. 대상지점 선정

분 류	하 천 명			유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	비 고
	1차 지류	2차 지류	3차 지류			
영평천				564.50	44.4	6 개소
	수입천			58.71	13.9	3 개소
	포천천			239.55	32.00	5 개소
		금현천		10.05	7.00	2 개소
		구읍천		15.60	8.20	2 개소
		명덕천		60.78	16.30	4 개소
		길명천		8.86	4.45	1 개소
	외복천			36.43	16.80	1 개소
	후동천			17.30	6.80	1 개소

강택유량(또는 수위)의 결정법은 크게 세가지로서 첫째, 수위-유량관계곡선에서 첫 변곡점(급경사 → 완경사)의 수위에 대응하는 유량으로서 변곡점이 발생하는 이유는 강턱(bank) 아래에서 유량에 따른 수위변화보다 강턱이상(홍수터)에서 유량에 따른 수위변화가 더 완만하기 때문이다. 둘째, 수면폭과 수심의 비가 최소가 되는 곳에서의 수위로 이때의 유량은 수위-유량관계곡선상에서 구해진다. 마지막으로 실제 홍수터 표고의 현장 지표로부터 확인하는 방법 등이다.

현장 지표를 이용하여 강택유량을 결정하는 방법은 여러 학자들에 의해 제시되었으며 강택수위의 현장구별에는 어려움이 따르지만(Williams 1978) 일반적으로 최소 폭/수심에 기초를 둘 수 있다(Wolman 1955, Pickup and Warner, 1976). 그러나 본 연구의 대상지점들은 인공제방 등의 축조로 인해 최소 폭/수심의 관계가 도출되지 않아 현장조사를 실시하여 자연적인 홍수터라고 생각되어지는 표고를 강택수위로 결정하였다.

추정된 강택수위에 대한 유량의 계산은 Manning의 유속공식을 사용하였으며 조도계수 값은 Chow(1959)와 HEC(1994)에서 소개된 방법으로 산정하였고 횡단면과 하상경사는 영평천 및 포천천 하천정비기본계획(1998)의 개수전 자료를 이용하였다. 조도계수를 산정하는 해석적 방법들에는 여러 가지가 있으며 본 연구에서는 하상재료의 입자크기를 변수로하는 Strickler, Keulegan, Limerinos, Brownlie 공식을 적용하여 조도계수를 산정하였다. 하상재료의 입자크기는 하천정비기본계획의 입도분석자료를 이용하였으며 조도계수는 다음 식 (2)의 Strickler 공식을 이용하여 계산된 값을 사용하였다.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (1)$$

$$n = Ck_s^{1/6} \quad (2)$$

여기서, V는 유속(m/sec), R은 동수반경(m), S는 경사, n은 Manning의 조도계수, C는 계수, k_s 는 유효표면 조도높이로서 C는 자연수로의 경우 0.034이며 이때 k_s 는 D_{50} 과 같다.

특정 재현기간 유량은 계측지점의 유출자료를 이용하여 현장에서 결정된 강택유량의 빈도를 분석함으로써 산정될 수 있으나 본 과업대상 유역은 수위관측소의 자료가 미비되어 있는 관계로 수로형성유량의 재현기간을 산정하기가 곤란하여 합리식에 의해 대략적인 범위만을 검토하였다.

유효유량은 현장조사를 통해 결정되는 값이라기 보단 계산에 의해서 산정되어지는 유량으로 안정 총적하천에서 강택유량과 가장 높은 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있다. 본 연구대상 하천에 대해 유효유량을 산정하기 위해서는 유허곡선과 유사량 자료가 필요하며 유허곡선에서 등간격의 유량구간의 발생빈도와 그 유량에서 이동되는 유사량을 곱하여 각 유량증가량에 의해 이송되는 총 하상재료유사량을 계산한다. 이때 가장 많은 유사량을 이송시키는 유량이 유효유량이 되며 유효유량 산정의 정확도는 유허곡선과 유사량자료 및 계산과정의 정확도에 영향을 받게된다.

본 연구에서는 영평천 및 포천천 수계 하천정비기본계획(경기도, 1998)의 유허곡선자료를 이용하여 각 대상지점들의 유허을 산정하였으며 한국건설기술연구원(1989)의 하천유사량공식 선정기준 프로그램을 통해 비교적 우수하다고 판명된 Engelund & Hansen 공식, Ackers & White 공식, Rijn 공식을 이용하여 유사량을 산정하였다. 각 지점 별로 산정된 유허곡선과 Engelund & Hansen 공식으로 산정된 유사량을 사용하여 유효유량을 추정하였다.

4. 적용 및 고찰

강택유량을 산정하기 위해 결정된 조도계수와 대상지점별 강택유량의 산정결과는 다음 표 2와 같다. 각 지점별 조도계수는 하상재료의 입경크기가 D_{50} 일 경우로 하상에 대한 조도계수값이다.

표 2. Strickler 합수를 이용한 조도계수 및 대상지점별 강덕유량

하천명	지점	유역면적 (km ²)	k _s (mm)	통수반경 (m)	하상경사	조도계수 (n)	유속 (m/sec)	단면적 (m ²)	폭 (w)	수심 (d)	유량 (m ³ /sec)
영평천	No. 12	563.81	0.86	1.65	0.00195	0.0129	4.78	210	127	3.20	1,003.80
	No. 36	553.99	0.86	1.02	0.00640	0.0129	6.29	162	159	1.95	1,018.98
	No. 108	470.23	3.20	2.99	0.00450	0.0160	8.70	430	143	3.80	3,741.00
	No. 119	463.36	0.94	3.83	0.00180	0.0130	7.99	553	143	4.70	4,418.47
	No. 136	456.37	3.10	3.29	0.00340	0.0159	8.11	376	113	4.25	3,049.36
No. 147	220.47	2.60	3.18	0.00050	0.0155	3.12	365	110	4.40	1,138.80	
수입천	No. 9	58.21	3.25	2.76	0.00300	0.0160	6.74	125	44	3.80	842.50
	No. 57	32.46	3.60	1.55	0.00720	0.0163	6.98	85	54	2.20	593.30
	No. 72	14.96	2.20	1.05	0.00130	0.0150	2.48	32	30	1.85	79.36
포천천	No. 3	239.49	5.70	2.49	0.00199	0.0176	4.66	306	121	4.15	1,425.96
	No. 12	234.14	4.10	3.38	0.00354	0.0167	8.03	362	106	5.85	2,906.86
	No. 21	233.40	4.10	1.70	0.00577	0.0167	6.48	214	80	3.90	1,386.72
	No. 155	96.30	8.20	2.61	0.00070	0.0187	2.68	155	58	3.25	415.40
	No. 162	96.05	8.20	2.49	0.00160	0.0187	3.93	181	72	3.80	711.33
금현천	No. 4	9.97	1.03	1.15	0.00198	0.0132	3.70	24	20	1.65	88.80
	No. 16	8.09	2.50	1.53	0.00262	0.0154	4.41	21	12	2.25	92.61
구읍천	No. 3	14.29	9.05	0.65	0.00539	0.0190	2.90	39	35	1.75	113.10
	No. 9	6.45	9.05	0.62	0.00638	0.0190	3.05	13	20	1.20	39.65
명덕천	No. 1	60.74	5.30	1.55	0.00372	0.0174	4.70	92	58	2.80	432.40
	No. 23	46.45	3.50	2.11	0.00173	0.0162	4.22	92	42	3.35	388.24
	No. 82	28.39	2.90	1.00	0.00417	0.0157	4.11	45	45	1.85	184.95
	No. 95	9.60	1.00	0.63	0.00684	0.0132	4.61	14	22	1.05	64.54
길명천	No. 5	8.52	3.08	0.74	0.00426	0.0159	3.36	11	14	1.15	36.96
외북천	No. 37	32.05	10.20	0.62	0.00340	0.0194	2.18	23	37	1.00	50.14
추봉천	No. 14	14.65	3.10	2.24	0.00410	0.0159	6.89	68	29	3.10	468.52

수문학적으로 동질의 지역 내에서 유출량은 유역면적에 비례하는 특성이 있으므로 본 연구에서도 대상지점별로 산정된 강덕유량과 유역면적간의 상관관계를 분석하였다. 일반적으로 강덕유량은 유역면적과 지수함수관계를 가지며,

$$Q_{bf} = aA^b \tag{3}$$

로 표시된다. 여기서, Q_{bf} 는 강덕유량, A 는 유역면적, a 와 b 는 회귀계수와 지수이다. 또한, 강덕유량의 수면폭(w), 수심(d) 및 통수단면적(a)과 유역면적(A)간의 관계식도 산정하였다.

또한 통계학적으로 수로형성유량은 유역면적보다는 수리기하관계에서 훨씬 신뢰할만한 독립변수가 되며, 수로 폭 및 수심과 밀접한 관계를 가지게 된다.

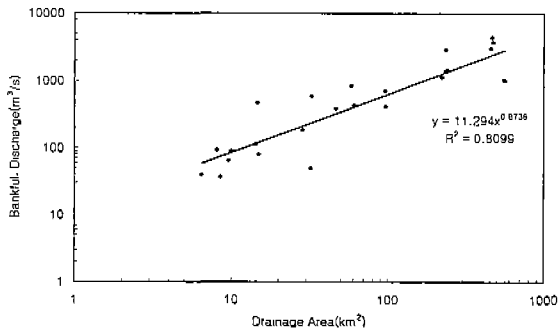


그림 2. 유역면적-강덕유량 관계곡선

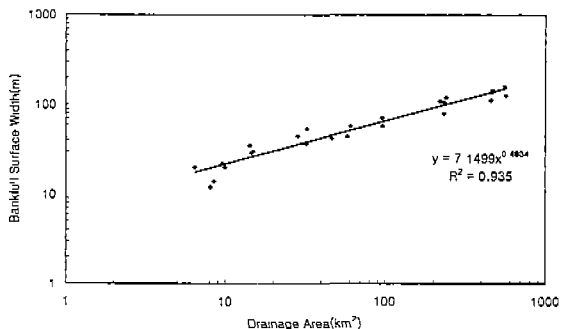


그림 3. 유역면적-강덕 수면폭 관계곡선

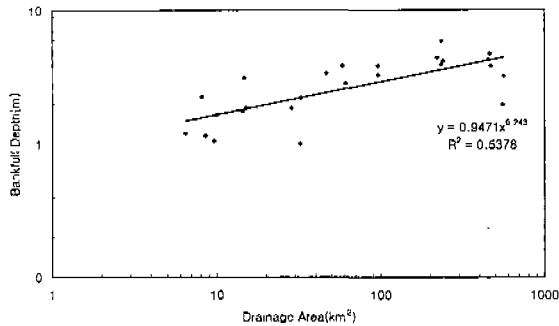


그림 4. 유역면적-강택 수심 관계곡선

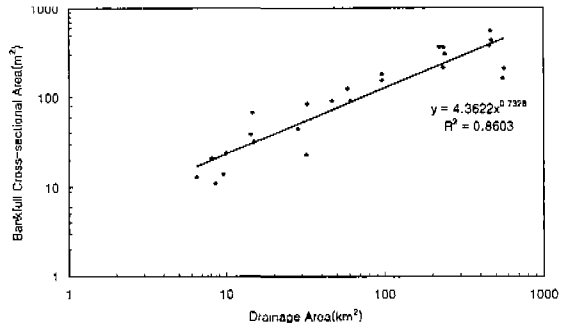


그림 5. 유역면적-강택 통수단면적 관계곡선

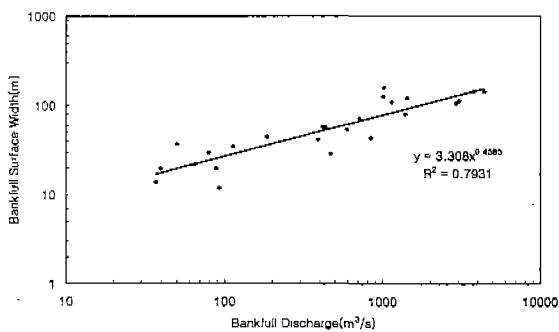


그림 6. 강택유량-강택 수면폭 관계곡선

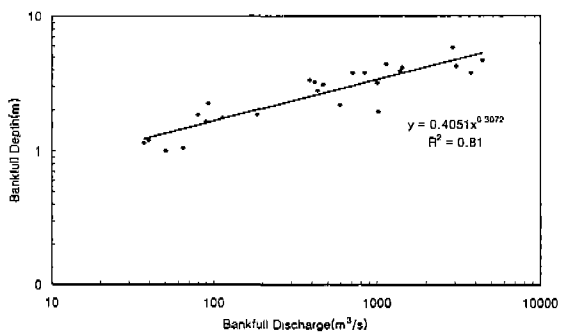


그림 7. 강택유량-강택 수심 관계곡선

유역면적과 강택유량간의 관계는 결정계수값이 0.8099로 비교적 높은 상관성을 보여 주고있으며 특히 유역면적에 대한 수면폭이 수심이나 통수단면적보다는 높은 상관성을 가지는 것으로 분석되었다. 하지만 강택유량과의 관계에서는 수심이 더 높은 상관성을 보여주는 것으로 나타났으나 일반적인 평형하사이론과 수리기하간의 관계에서는 강택유량이 수면폭에 가장 높은 상관성을 보여주는 것으로 알려져 있다.

본 연구 대상지인 영평천 수계내에는 3개소의 수위관측소가 있으나 자료의 미비로 강택유량의 재현기간을 산정하기가 곤란하여 합리식을 이용해 개략적인 빈도를 추정하였다. 추정 결과 영평천과 포천천 일부 하류 지점들에서 다소 큰 빈도가 나타났지만 이는 하천개수로 인해 통수능이 증가하여 나타난 결과로 추정되며 대부분의 대상지점들이 2~10년 범위의 재현기간을 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기존의 연구에서 일반 자연하천의 특정 재현기간 유량이 주로 2~5년 정도인 점을 감안할 때 다소 큰 것으로 보이나 여러 가지 한계요인을 고려해 볼 때 본 연구대상 유역에서 결정된 특정 재현기간 유량은 기존의 연구 결과와 일치하는 것으로 판단된다.

비유량법으로 산정된 유황곡선자료와 하천유사량 산정공식을 통해 계산된 유사량을 이용하여 영평천 유역의 대상지점들에 대한 유효유량을 추정하였다. 유효유량 산정결과 영평천 No. 12 지점은 Q_{eff} 가 24.12cms로 강택유량과 비교했을 때 매우 큰 차이를 보인다. 이러한 결과는 유황곡선상에서 24.12cms이하의 유량발생 빈도가 88%이상이기 때문에 나타나는 결과로 타 지점들에 대해서도 같은 결과가 도출되었다. 이러한 문제는 결국 일평균 유량을 이용하여 비유량법으로 산정된 유황곡선이 유역의 유출특성을 정확히 반영하지 못하기 때문인 것으로 사료된다.

일반적으로 일평균유량은 단기간 발생하는 큰 크기의 흐름사상을 과소하게 나타내고, 저유량 효과를 과대하게 나타내는 것으로 알려져 있어 우리나라와 같은 유역특성을 가진 하천들에 대해

서는 1시간이나 15분 유량자료의 사용이 필요하다(Watson, Dubler and Abt 1997). 따라서 차후 15분이나 1시간의 유량자료들의 사용이 가능해지면 유효유량 산정의 정확도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

표 3. 유효유량 산정표(영평천 No. 12 대상지점)

구간유량 (cms)	빈도 (%)	유수량 (tons/day)	유효유량 (cms)	구간유량 (cms)	빈도 (%)	유수량 (tons/day)	유효유량 (cms)
0.00	0.00	0	0	313.56	0.14	97300	4.935
24.12	87.73	2900	92.117	337.68	0.03	110000	1.196
48.24	6.38	8110	18.757	361.80	0.03	122000	1.326
72.36	2.03	15400	11.327	385.92	0.03	134000	1.457
96.48	1.29	23600	11.03	410.04	0.03	147000	1.598
120.60	0.52	32900	6.198	434.16	0.00	160000	0
144.72	0.63	43400	9.904	458.28	0.00	174000	0
168.84	0.36	52600	6.862	482.40	0.00	188000	0
192.96	0.30	55700	6.054	506.52	0.00	202000	0
217.08	0.11	61100	2.435	530.64	0.03	216000	2.348
241.20	0.08	67000	1.942	554.76	0.00	231000	0
265.32	0.14	75900	3.85	578.88	0.00	246000	0
289.44	0.11	86400	3.443	603.00	0.03	261000	2.837
313.56	0.14	97300	4.935	627.12	0.03	276000	3

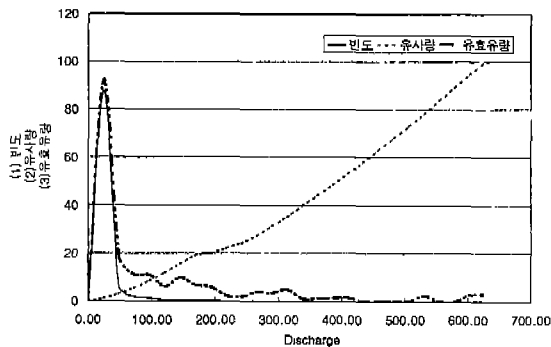


그림 8. 영평천(No. 12) 지점 유효유량 곡선

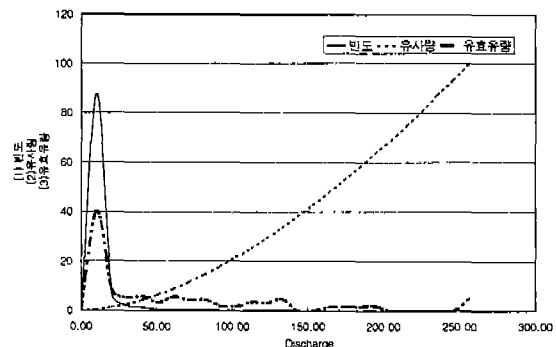


그림 9. 포천천(No. 3) 지점 유효유량 곡선

5. 결론

수로형성유량(channel forming discharge)을 결정하기 위한 본 연구는 국내에서 대부분의 하천이 개수가 되어있을 뿐만 아니라 수리·수문학적 자료 축적의 부족으로 명확한 결론을 도출하기에는 많은 한계가 따랐다.

상기의 분석결과를 통해 본 연구에서 얻을 수 있었던 결론은 다음과 같다.

1. 영평천 유역의 대상하천 단면에 대해 강턱유량을 구하고 각종 수문학적 변수들과 상관분석을 실시한 결과 상관관계가 높음을 알 수 있다.
2. 본 대상유역에는 유출량 측정자료가 없어 강턱유량의 빈도를 정확히 산정할 수는 없지만 합리식을 이용하여 개략적으로 추정하여 본 결과 대략 2~10년 빈도에 해당된다는 것을 알 수

있었으며 이는 기존의 연구와 일치하는 범위에 있음을 알 수 있다.

3. 유효유량에 대한 분석은 강력유량과 전혀 일치하지 않는 것으로 나타났으나 이는 유험곡선의 유량이 일평균 유량으로 산정되어 비교적 큰 홍수사상에 대해 과소 평가되어 나타난 결과로 판단되어져 차후 15분이나 1시간에 대한 유험곡선을 작성하여 분석하는 것이 필요하다.
4. 이상의 결과로부터 자연이 형성하는 하천단면은 그 지역의 고유한 지형형태학적인 특성에 연유하는 것으로 국내의 하천계획 시에도 하천의 안정성을 증대시키기 위해 이를 고려해야한다. 이때 수로형성유량(channel forming discharge)의 개념은 적절한 수로형상을 결정하는데 이용되어질 수 있다.

6. 참고문헌

- 경기도 (1998). 영평천수계 하천정비기본계획, 경기도
- 경기도 (1998). 포천천수계 하천정비기본계획, 경기도
- 한국건설기술연구원 (1989). 하천유사량 산정방법의 선정기준 개발, 건기연 89-WR-113.
- Andrews, E. D. (1980). "Effective and bankfull discharge of streams in the Yampa basin, western Wyoming," *Journal of Hydrology* 46, 311-330.
- Chow, Ven Te. 1959. "Open Channel Hydraulics," McGraw-Hill, New York.
- Leopold, L. B. (1994). *A view of the river*. Harvard University Press, Cambridge.
- Leopold, L. B., and Maddock, T. (1953). "The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications," *Professional Paper 252*, U.S. Geological Survey, Washington, DC.
- Pickup, G. and Warner, R. F. (1976). "Effects of hydrologic regime on magnitude and frequency of dominant discharge," *Journal of Hydrology*, 29, 51-75.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1994). "Hydraulic design of flood control channels," *Engineer Manual 1110-2-1601*, Washington DC.
- Watson, C. C., Dubler, D., and Abt, S. R. (1997). "Demonstration erosion control project report," *Design Hydrology Investigations*, Fort Collins, CO, submitted to U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, August, 1997.
- Williams, G. P. (1978). "Bankfull discharge of rivers," *Water Resources Research* 14(6), 1141-1154.
- Wolman, M. G. (1955). "The natural channel of Brandywine Creek, Pennsylvania," *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 271.
- Wolman, M. G., and Miller, J. P. (1960). "Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes," *Journal of Geology* 68, 54-74.
- Woodyer, K. D. (1968). "Bankfull frequency in rivers," *Journal of Hydrology*, 6, 114-142.