

자연형 하천구간의 하천유지유량 적용을 위한 조사연구

Survey Study on the Evaluation of Instream flow at Natural Recovery Stream

서규우* · 이상환** · 송일준***

1. 서론

자연형 하천공법은 인구의 증가와 산업의 발달 그리고 도시화에 따른 하천환경파괴의 형태가 극에 달한 현재 여러 곳에서 도입 시공중이다. 자연형 하천공법의 시행과 도입은 하천의 기본적인 생태계 복원을 꾀하는 것이며 이를 위해 하천의 유지유량을 여러 관점에서 검토하게 되었다. 본 연구에서는 부산의 대표적 도시하천인 온천천에서 시행된 자연형 하천공법의 모니터링 과정 중에서 수리조건을 중심으로 하천유지유량에 대한 개념도입과 그의 발전을 모색함에 궁극적인 목적을 두고 있다. 외국의 경우 하천을 살리기 위하여 하천유지유량을 설정하고 적절한 하천관리를 하려고 노력하고 있으나 우리 나라의 경우에는 하천유지유량의 뚜렷한 개념조차도 명확하게 정립되지 않은 실정이다. 물론 온천천의 경우에는 수영강 합류부에 위치한 수영강하수처리장에서 온천천의 지류에 해당하는 하천들의 유하하수량이 차집관로를 통해 처리장에서 직접 방류됨으로서 지금의 온천천은 유량의 부족함이 육안으로도 확인될 정도로 열악한 상황이다. 차집관로의 건설로 유지유량이 부족해 온천천의 하천생태계가 필요로 하는 최소유량을 충분히 충족시키지 못하는 실정이다.

2. 하천유지유량의 개념

우리 나라에서 최초의 하천유지유량 용어사용은 60년대 말 건설부에 의한 것이었으며 1971년 하천관리와 공공복리의 증진과 하천법이 제정되면서 하천정비기본계획 항목에 주요한 지점에서의 유수의 상징적인 기능 및 상태를 유지하기 위한 필요한 유량으로 처음 언급되었다. 80년대에 들어서는 산업화로 인하여 수질오염을 방지하기 위하여 희석유량을 하천유지유량으로 결정하는 경향을 가졌다. 이후 여러 관점과 하천유지유량의 개념의 변화로 인하여 다양한 관점에서 유량의 결정이 이루어지는 실정이다. 또한 미국의 경우에는 하천이나 호수의 물을 이용하는데 있어서 관습법과 판례법을 집대성한 수법에서 두 지역에서 공통적으로 적용되고 있는 하천유지유량의 기본개념으로 하천유지유량을 하나의 수권으로 인정하여 하류에 흐르도록 한 유량으로 규정하고 이를 "Instream Flow"라 부르며 갈수량을 기준으로 그 양을 설정하고 있다. 또한 일본의 경우에는 우리 나라와 비슷하며 1956년 하천법이 제정되면서 갈수시 하천의 종합관리를 수행하기 위한 기본적 사항으로 정상적 유수기능이 유지되도록 규정하고 있다. 하천관리시설 및 동식물의 보존, 피해의 방지 등을 종합적으로 고려하여 갈수시에도 유지하도록 정해진 유량으로 정의하고 있다

하천유지유량을 결정 시에는 우선적으로 관심을 두어야 하는 요소로는 하천자체가 가지고 있는 고유권한 즉 자연하천의 유량에 대한 고려이다. 그리고 사회의 변화에 따라 변화하는 유량 즉 하천환경의 관리를 위하여 필요한 유량을 고려한다. 정리하면 하천유지유량의 개념은 사회의 변화에 따라 그 개념도 변모되고 있음을 알 수가 있다. 즉 이는 하천유지유량의 개념 안에서 하천관리와 하천환경의 보존이란 두 가지 측면을 생각해야 할 것으로 판단된다.

* 동의대학교 토목공학과 조교수(kwseo@hyomin.donggeui.ac.kr)

** 동의대학교 산업대학원 토목전공 석사과정

*** 동의대학교 토목공학과 교수

3. 하천유지유량의 적용을 위한 조사

3.1 온천천유역의 특성 및 현황

온천천유역은 우리 나라의 남부지역에 위치하여 부산 수영강의 제1 지류로서 수영강 하구로부터 2.1 km 상류지점에서 수영강으로 유입되는 준용하천이다. 온천천의 유역면적은 55.40 km², 유로 연장 16.3 km로서 수영강 전체 유역면적의 약 27.7%를 점하고 있으며 유역의 형상은 동서로 약 4~5 km, 남북으로 약 15 km 정도이며 유역의 특성을 살펴보면 다음 표 1과 같다.

표 1. 온천천유역의 현황 및 특성

주요지점	유역면적 A (km ²)	유로경사 L (km)	유역평균폭 A/L (km)	형상계수 A/L ²	평균고도 (E.L)	평균경사 (%)
남산교 지점	7.24	5.22	1.39	0.27	364.3	63.6
산업도로 5호교	12.30	7.10	1.73	0.24	314.4	68.7
장전교 지점	16.20	8.28	1.96	0.24	253.9	61.5
온천교 지점	25.5	10.76	2.37	0.22	215.2	56.7
사적천 합류전	33.18	12.99	2.55	0.20	183.6	51.9
사적천 합류후	39.64	14.17	2.79	0.20	163.3	47.9
수영강 합류점	55.40	16.30	3.39	0.21	131.5	41.5

3.2 하천유지유량 결정과정

하천에서 각 항목별 필요유량을 살펴보면 하천법과 그 시행령, 갈수대책 업무규정, 그리고 하천시설기준 등에서 정한 하천의 9가지 기능, 즉 수질기준, 생태계(어류)보전, 경관, 수상 이용, 염수 침해 방지, 하구 막힘 방지, 하천관리 시설의 보호, 지하수위의 유지, 그리고 어업 등을 만족시킬 수 있는 최소한의 유량의 정의된다. 이에 반해 하천유지유량은 항목별 필요유량을 조합하여 구간 또는 지점별로 설정한 유량을 갈수량과 비교하여 큰 값을 하천유지유량으로 정의하도록 한다. 하천유지유량과 하천관리유량의 차이점은 설정된 하천유지유량과 물수지 분석에 의해 각종 취수 및 용수를 만족하게 하는 이수유량과의 합을 대표지점의 하천관리유량으로 정의되고 있다. 즉 하천유지유량을 산정하기 위해서는 평균갈수량과 항목별 필요유량 중에서 큰 값을 취하면 된다. 다음 표 2는 하천유지유량 산정시 고려항목들을 국가별로 비교한 것이며 그림 1은 산정절차이다.

표 2. 각 국의 하천유지유량의 고려항목 비교(우효섭과 김규호, 1995)

구분	한국	일본	미국	영국	비고
갈수량 (하천 2및 유역 특성)	평균갈수량 (365일갈수량의 연평균값)	평균갈수량과 준갈수량의 중간값	7day-10year low flow	Q ₉₅ (기준유량) 갈수기 유량	평균갈수량은 우리 나라에서 너무 크다는 평
하천 수질	주로 QUAL2E 모형을 적용	질량보전식 적용 최근 QUAL2E 모형 개량해서사용	질량보전식에서 QUAL2E모형 등을 적용	수질예측모형	QUAL2E모형 적용시 상당한 비용과 시간요구
생태계 (어류)	고려하지 않음	하천의 어류 서식처조건을 수리량으로 환산	수리량으로 환산(다양한 방법 사용)	어업: 어종별차별 수중생태계: 생물학 적수질지표이용	
수상위탁	고려하지 않음	주운만 고려	수상위탁 고려한 유지유량산정 (IFIM방법)	수상위탁 형태별로 차별	
경관	고려하지 않음	수리량으로 환산	수리량으로 환산	경관가치별로 차별화	
기타 항목	고려하지 않음	구체적 방법 없음	고려하지 않음	특별환경조건에 대해 고려	

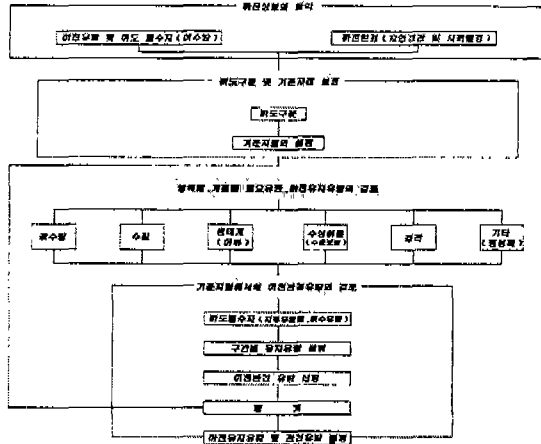


그림 1. 하천유지유량 및 하천관리유량의 산정절차

는 날들이 현저히 많아져서 자연형 하천공법의 근본적인 하천생태계의 회복을 꾀하기 위해서는 하천의 유량증가가 어느 때보다 절실히 요구되는 때이다. 이는 달리 이야기하면 하천유지유량의 산정기준이 자연하천공법의 적용과 맞물려 하천생태계의 유지와 보전에 관점을 두어야한다는 의미이기도 하다. 또한 연제구 관할의 온천천을 살펴보면 수상위락의 형태를 갖추기는 아직은 이르지만 하천경관의 관점에서 하천유지유량의 적용이 또한 절실히 필요하다고 하겠다. 그리고 다른 관점들은 대부분이 온천천에서 이루어지지 않는 어업이나 식수원 기능 등은 고려할 필요가 없어 보인다. 현재의 온천천에는 식생을 제외하고는 극히 소수의 생물만이 살고 있는 실정이다. 온천천의 자연형공법 적용구간(250m)과 연제구 구간(시민공원조성)을 살펴보면 다음 그림 2~7과 같다.

3.3 자연형하천공법의 적용 및 특성

현재(2001년 3월) 온천천의 동래구 관할구역 250m구간은 자연형 하천공법의 완공으로 완전한 사행하천으로서의 모습과 침식과 퇴적이 뚜렷하게 일어나고 있으며 연제구 관할의 온천천구역은 돌망태공법을 이용한 하천의 정비(약 1.5km)와 시민들을 위한 휴식공원(자전거도로, 산책로, 농구장 등)의 건립으로 주민들을 하천의 열린 공간으로 끌어들이고 친수공간으로서의 역할을 충실히 하고 있다. 하지만 온천천의 하천유량은 수영하수처리장으로 유입되는 차집관로의 완공 이후 현재까지 수량이 줄어들어 비가 오지 않는 날이면 하천바닥이 드러날 정도에 이르렀다. 수심이 평균 5cm에도 못 미치는

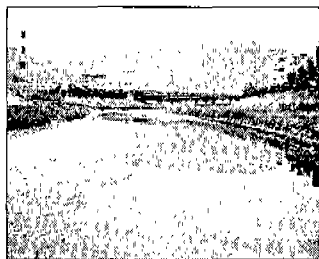


그림 2. 온천천자연형적용구간 (2000년 4월)

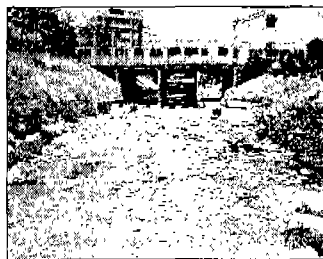


그림 3. 온천천과 사직천 합류 지점(2000년 5월)

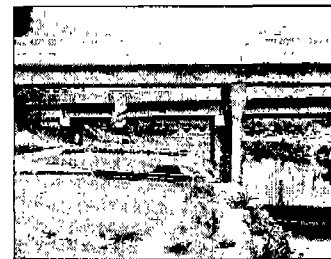


그림 4. 연제구관할 시민공원 조성모습(2000년 4월)



그림 5. 적용구간 2001년 3월



그림 6. 적용구간 2001년3월

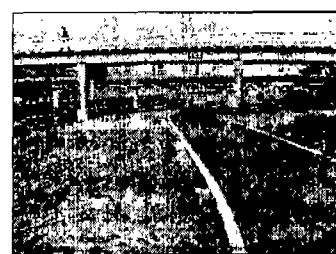


그림 7. 적용구간 2001년3월

4. 하천유지유량의 적용을 위한 기초조사

온천천 자연형하천 적용구간의 측량성과를 살펴보면 그림 8과 같이 결과적으로 시범구간내의 고도차이는 10cm 안팎으로 나타나며 이는 하천이 갈수기에 있을 시에는 유량의 흐름이 전혀 일어나지 않는다.

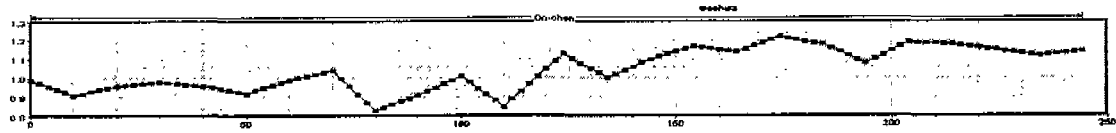


그림 8. 온천천 자연형 적용구간의 종단면 측량성과

자연형 공법이 적용된 구간을 중심으로해서 HEC-RAS 모형의 모의를 실시하였으며 시범구간내의 하천의 평면도 및 주요 지점의 횡단면을 살펴보면 다음 그림 9와 같다.

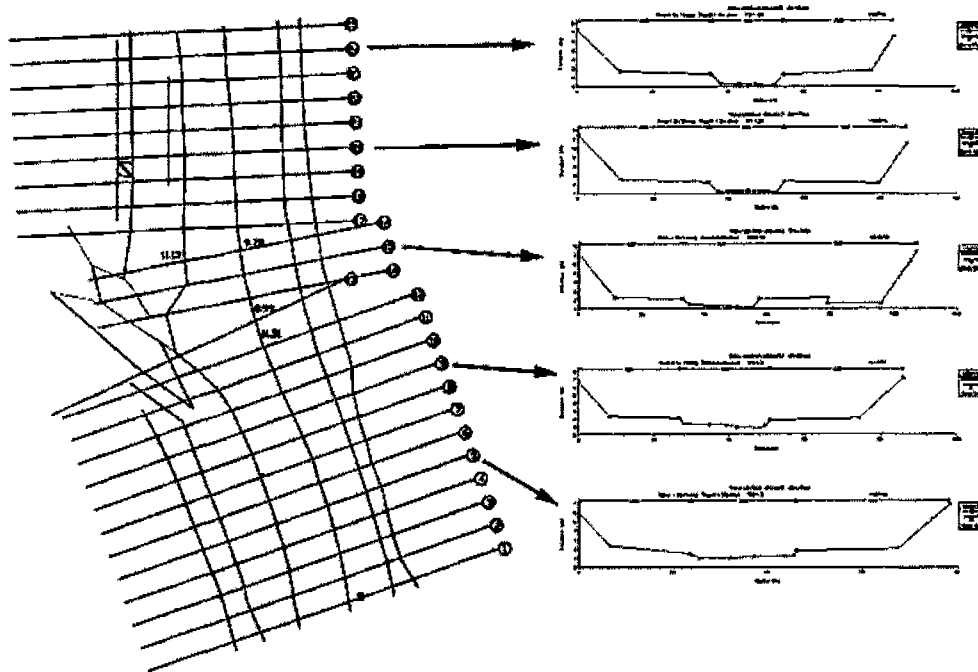


그림 9. 온천천 자연형 적용구간의 평면과 주요 지점 횡단면 측량성과

그리고 온천천의 유량적인 면을 고려하기 위한 단면측량은 계획홍수량을 고려한 유량이라도 제방의 2/3지점에 도달하지만 갈수기의 경우에는 유량의 계측과 유속의 측정조차도 불가능한 실정이다. 온천천의 경우 갈수기에 하천의 수위를 측정한 결과 평균 4~13cm 정도의 낮은 수위를 유지하고 있으며 13cm 수위를 유지하고 지점도 징검다리 부근과 침식이 심하게 일어나는 지점이었다.

5. QUAL2E 모형의 적용

온천천 자연형 하천공법의 적용 구간의 HEC-RAS 모형을 이용한 분석과 함께 QUAL2E 모형을 이용하여 수질적인 측면을 고려하여 온천천에 적용된 공법과 하천유지유량 산정을 위한 기초를 마

련하고자 한다. 연구를 수행함에 있어 온천천 유역의 경제적 환경 현황과 자연환경 및 사회 등에 대해서는 문헌조사를 통해서 이루어 졌으며 대상하천인 온천천의 유량, 수심, 유속 등의 수리학적 인 자료는 직접 온천천 유역을 대상으로 한 실측을 통한 값을 보정해 사용하기로 하였다. 그리고 기온, 기압, 풍속, 일사량 등의 기존의 자료를 이용하기로 하였다. 또한 환경부 등의 관련기관이 운영하는 온천천 수계상의 수질관측망의 관측자료를 수집하여 이용하였다.

5.1 QUAL2E 모형의 개요

하천수질을 모의하기 위한 모형 중에서 가장 광범위하게 사용되는 QUAL2E모형(Brown과 Barnwell, 1987)을 선정하였으며 현재 본 모형은 민감도 분석과 매개변수 추정을 용이하게 할 수 있도록 보강된 형태이며 내부함수함수 변환은 없이 전, 후처리기능을 보강할 수 있는 입력, 출력오류를 감소시킨 것으로서 사용자 환경을 개선한 형태인 Windows를 기반으로 하는 version을 사용하였다. QUAL2E모형은 1985년 미국환경청(U.S.EPA)에 의하여 QUAL-2를 PC에서 사용할 수 있도록 수정된 것이며 기존의 요소 등을 고려하고 BOD와 DO의 도식화 등 입력과 출력상의 개량 화를 도모한 것이다. 해석의 형태는 정상상태(steady state)와 비정상상태(dynamic state)의 해석이 가능하나 완전 동적상태 해석이 아닌 의사동적 상태(pseudo-dynamic state)로서 동적 해석과정에서 수질 자료들이 정상상태로 입력되기 때문에 수질은 점차적으로 정상상태에 수렴하게 된다. 수리학적 특성은 reach와 element로 나누어 이루어진다. reach는 수리학적으로 유사한 구간으로 나누어 선정하게 되며 element 요소는 물질수지의 형태에 따라 8가지의 요소로 나누어진다. 8가지 요소로는 상류원 요소(head water element), 표준계산 요소(standard element), 합류점 상류부 요소(element just up stream), 합류점 요소(junction element), 하류단 요소(last element in system), 점 오염원 요소(input element), 취수 요소 (withdrawal element), 마지막으로 댐 요소 (dam element)로 나누어 진다.

5.2 온천천유역의 수리환경 기초자료 수집

적용모형에서 모의 가능한 수질 항목은 15가지 종류의 항목이 모의 가능하나 대상하천인 온천천의 경우에는 DO, BOD, 수온을 중심으로 모의하기로 하였다. QUAL2E 모형의 모의가 진행 중이며 수리학적 요소들이 보정되면 수질 개선방안 및 하천유지 유량 산정 기준의 기초가 마련될 것으로 판단된다. 표 3은 온천천유역의 상류 측정지점에서의 2000년 월별 수질변화 현황을 정리한 것이다.

표 3. 온천천유역의 2000년 월별 수질 현황(측정지점: 부산시 동래구 구서동 태광산업 앞)

구분	수온(°C)	PH	DO(mg/l)	BOD(mg/l)	COD(mg/l)	SS(mg/l)	T-N(mg/l)	T-P(mg/l)
01월	6.5	8.2	14.5	23.4	29.6	24.6	14.905	2.596
02월	8	8	15.1	19.3	22	14	17.76	2.064
03월	9	8.1	16.2	17	15.3	13	15.6	1.92
04월	14	8.1	13.9	21.1	24.7	21.2	15.542	2.554
05월	23	8.1	10.6	19.1	18.7	12.4	20.664	2.376
06월	22	8.2	9.9	16.1	20.7	7.7	18.48	1.963
07월	28	7.4	5.8	8.3	12.8	7.9	9.432	1.214
08월	28	7.9	7.6	7	6.7	4.3	9.552	0.941
09월	25	8.3	10	5.6	8.4	4.4	7.906	0.835
10월	16	8.2	8.8	8.8	8.6	3.3	3.024	1.661
11월	10	8	10.7	7.2	6.6	2	5.388	0.149
12월	4	7.6	13.1	10.7	10.8	7.3	5.58	0.83

5.3 유지유량 확보를 위한 부산시 대책방안

현재 부산광역시 하수과에서 수영하수처리장 처리수를 이용한 온천천 하천 유지수 공급방안을 강구하고 있다. 수영강 하수처리장의 처리수는 하수처리 수질로는 아주 양호한 상태지만 이것을 하천수로 이용하기엔 부적합하다. 현재방류수질이 11ppm 정도로 3급수가 되려면 7ppm 정도가 초과하고 있는 실정이다. 펌프장시설은 수영하수처리장내의 고도처리 예정지를 이용하여 설치할 예정이다. 하루 5만 톤의 물을 공급할 예정인데 cms 단위로 환산하면 0.58cms 정도의 유량을 흘릴 수 있다. 이 정도는 저수로를 채울 정도의 유량이 될 가능성이 많다. 표 4에 수영하수처리장에서 방류하고 있는 처리수의 2000년의 월별 수질 현황을 나타냈다.

표 4. 수영하수처리장의 방류수 수질현황

구분	수온(°C)	PH	DO(mg/l)	BOD(mg/l)	COD(mg/l)	SS(mg/l)	T-N(mg/l)	T-P(mg/l)
01월	12.1	6.6	6.6	15.7	10.8	5.6	20.128	1.82
02월	10	7.2	4	6.6	12	6.7	23.76	1.248
03월	12	7	3.6	17.4	15.1	5.3	29.702	2.352
04월	17	6.9	2.2	12.2	12.4	7.1	18.062	1.234
05월	22	6.8	1.9	9.5	9.7	2.7	18.408	0.859
06월	23	6.8	2.6	5.6	8.6	3.2	18.912	1.046
07월	27	6.5	2.3	2.5	6.4	5.4	12.504	1.416
08월	27	7.1	1.6	1.4	6.8	2.8	12.336	1.2
09월	26	7.6	2.7	2.3	6.4	1.8	15.12	1.354
10월	21	6.6	2.6	5.5	6.4	3.2	16.656	1.138
11월	15	7	2.5	2.3	8.6	3.6	10.704	0.221
12월	12	7	2.3	4	9	3.6	10.272	0.893

6. 결론

온천천은 어업이나 식수원 및 주운 등의 기능을 가진 하천이 아니므로 사실상 지금까지의 수위계측이나 기타 수문학적인 기초자료를 구축할 만한 계측 자료가 없는 형편이다. 수영하수처리장에서의 방류량을 기준으로 해서 온천천의 하천관리 및 유지유량을 설정하기에는 다소 부족함을 느낀다. 그리고 동래구 구간의 자연형하천공법을 살리면서 연제구 구간의 수변공간을 활용한 경관위주의 하천 유지 유량을 결정하기 위해서는 다소 시간과 비용의 문제가 따르더라도 치밀한 조사와 측량 및 생태조사가 충분히 이루어져야 하리라 본다. 그리고 수질모형이 계속 진행 중이고 이에 따른 하천유지유량의 모의 산정이 가능하리라 본다. 온천천의 하천유지유량은 자연형 공법의 적용으로 생태계 기반을 조성하는 문제에 밀접한 관계를 가지게 되었다. 서식처 수리조건에서도 본 바와 같이 수위와 유속에 지대한 영향을 받기 때문이다. 결론적으로 하천을 되살린다는 것은 복합적인 과제임으로 다방면의 전문가의 협력과 사전에 충분한 조사가 이루어져야 하겠다.

참고문헌

1. 부산직할시(1989). 온천천하천정비기본계획보고서.
2. 부산광역시 동래구·연제구(1999). 온천천 자연형하천 정비 기본계획·설계보고서.
3. 서규우 등(2000). "온천천의 자연형하천복원과정조사분석", 2000한국수자원학회 학술발표회논문집.
4. 서규우 등(1999). "온천천의 자연형복원공법의 적용 연구", 1999대한토목학회 학술발표회논문집.
5. 우효섭, 김규호 (1995). 하천유지유량 결정 방법의 개발 및 적용보고서, 한국수자원공사
6. 이명희 (1999). "하수처리수를 이용한 도시하천의 수질개선에 관한 연구" 연세대학교 산업대학원
7. U.S. EPA (1998). "Stream corridor restoration" report
8. Brown and Barnwell (1987) QUAL2E manual
9. 환경부 홈페이지 www.me.go.kr 환경DB 측정망자료