

섬강시험유역에 대한 하천관리시스템의 개발

Development of River Management System for Sum River Experimental Watershed

김상호*·최흥식**·이인아***

Sang Ho Kim, Hung Sik Choi, In Ah Lee

요 지

하천에서의 보다 정확한 수질변화의 예측과 하천관리를 위해서는 수질관측지점에 대한 지속적인 수문관측을 병행함으로써 하천흐름에 대한 물리적인 특성의 이해가 수반되어야 할 것이다. 본 연구에서는 횡성댐 상류에 위치한 계천에 시험유역을 구축하여 하천에서의 흐름변화와 수질변화를 동시에 실시간으로 감시할 수 있는 수문·수질관측시스템과 하천에서의 수질오염사고에 대비한 하류부의 수질변화를 모의할 수 있는 수질모의시스템을 구축하였으며, 실제 관측한 수질자료를 이용한 모형의 보정을 실시하여 적용성을 검토하였다.

핵심용어 : 섬강, 계천, 횡성댐, 시험유역, 하천관리시스템

1. 서 론

물부족이 예상되고 댐과 같은 추가적인 수자원 개발이 곤란한 상황에서 수질관리 및 하천환경의 회복을 위해서도 수위 및 유량 자료의 효율적인 활용은 더욱 절실하다. 하지만 하천에서의 수위와 유량에 대한 수문관측과 수질측정에 대한 종합적인 관측체계의 구축은 미흡한 실정이며, 하천에서의 보다 정확한 수질변화의 예측을 위해서는 수질관측지점에 대한 지속적인 수문관측을 병행하여 하천흐름에 대한 물리적인 특성의 이해가 수반되어야 하천 흐름의 물리적인 특성에 대한 이해가 가능할 것이다.

1994년 낙동강에서의 수질오염사고 이후로 하천에 대한 상시 수질감시체제와 조기경보체제에 대한 필요성이 대두되었고, 이로 인해 전국 주요 상수원과 오염사고 취약지구에 상시로 수질을 확인할 수 있는 수질자동측정망이 구축되었지만, 측정지점에서의 정확한 수량에 대한 정보를 함께 알 수 있는 지점은 많지 않은 실정이다. 또한 하천의 효율적인 수질관리 및 자연환경의 회복을 위해서도 하천의 수위변동이나 유량의 변동에 관한 충분한 자료가 구축되어야만 가능할 것이다.

따라서 본 연구에서는 하천의 수질변화를 보다 정확히 예측하기 위해 수질관측지점에 대한 지속적인 수문관측을 실시하였으며, 하천흐름에 대한 물리적인 특성을 반영한 수질해석을 실시하였다. 이를 위해 강원도 횡성군의 남한강 제1지류인 섬강에 위치한 횡성댐 상류의 계천유역에 시험유역

* 정회원·상지대학교 이공과대학 건설시스템공학과 조교수·E-mail : kimsh@sangji.ac.kr

** 정회원·상지대학교 이공과대학 건설시스템공학과 교수

*** 정회원·상지대학교 이공과대학 건설시스템공학과 석사과정

을 구축하여 대상구간에 대한 실시간 수리해석과 수질해석을 수행할 수 있는 하천관리시스템을 구축하였다. 이를 통해 매일수위국 하류 계천구간과 황성호에 대한 수질변동 양상을 실시간 하천관리시스템의 그래프를 통해 쉽게 파악할 수 있어 보다 효율적인 수질관리를 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 하천관리를 위한 모형의 구축

계천 시험유역에 대한 수리해석 및 수질해석을 실시하기 위해 대상구간을 설정하고, 모형의 구축을 통해 보정과 검증 실시하였다. 하천의 동수역학적 흐름해석을 위한 수치모형은 하도에서의 홍수해석을 위해 동역학적 흐름 방정식인 Saint-Venant 식을 4점 음해기법(four-point implicit method)에 의한 유한차분해석을 실시하고, 반복 계산법의 하나인 Newton-raphson 방법을 이용하여 그 해를 구하게 된다. 하천에서의 수질해석을 위해서 현재 사용하고 있는 모형 가운데 가장 광범위하게 사용되는 QUAL2E 모형을 사용하였다.

실시간 수리해석모형을 적용하기 위해 그림 1에서 보는 바와 같이 계천의 상류인 소군교를 상류단으로, 유동천의 농거리교를 지류의 상류단으로 설정하였다. 대상구간의 하류단은 황성담으로 총 16.2km로 구성하였다. 대상구간 내에는 농거리교, 소군교와 매일수위국에 실시간으로 하천수위를 측정할 수 있는 수위계가 설치되어 있으며, 정기적인 유량측정을 통해 수위-유량관계곡선이 개발되어 있다. 매일수위국에는 수온, pH, DO, NO₂-N, NO₃-N, NH₃-N 등의 수질요소를 측정할 수 있는 수질관측시스템이 설치되어 있다. 그림 1의 지점번호는 정기적인 수질측정을 실시한 측정점을 나타내고 있다.

대상구간에 대한 하상자료는 황성담 수리검토용역 보고서(황성군, 2000)와 계천 하천정비기본계획 보고서(강원도, 2000)를 참고하였다. 하지만 대상유역에서는 2000년 이후 수차례 홍수가 발생하였으며, 이로 인한 하상의 변화가 적지 않았기 때문에 소군교와 농거리교에서부터 매일교 하류까지 4.3km 구간을 200m 간격으로 직접 측량을 실시하여 보다 정확한 하도자료를 구축하였다. 수질해석을 위해 먼저 대상구간에 대한 부등류 해석을 실시하여 수리학적으로 유사한 경향을 가지는 것으로 판단되는 10개의 구간(Reach)으로 구분하였으며, 각 구간은 200m 간격의 요소(element)로 구성하였다. 그림 2는 수질해석을 위한 대상구간의 모식도를 나타내고 있다.

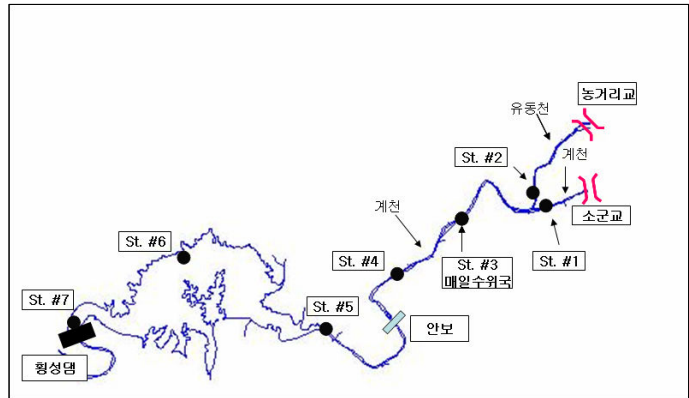


그림 1. 계천 시험유역에 대한 유역도

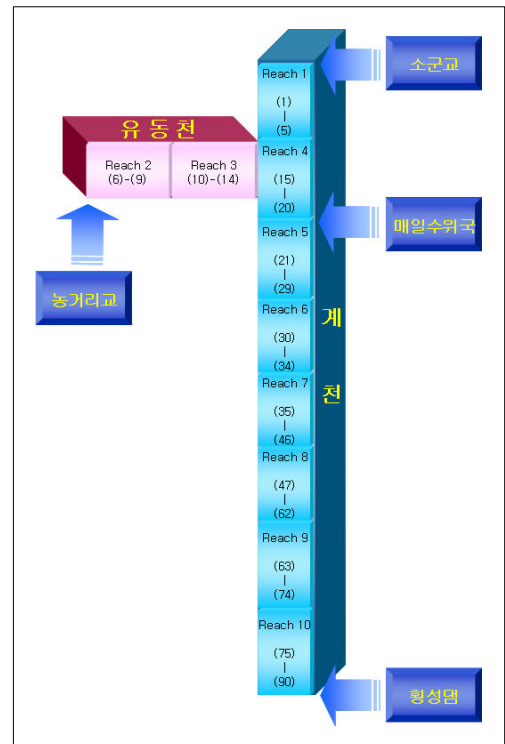


그림 2. 수질해석을 위한 계천 시험유역의 모식도

3. 하천관리시스템의 구축

계천 시험유역에 대한 수리학적 모형과 수질모형은 계천의 소군교와 유동천의 농거리교를 상류단으로 하고, 황성댐 직상류부를 하류단 경계로 하여 모형을 구축하였다. 하지만 실시간 수문자료와 수질자료를 이용한 하천관리시스템을 구축하기 위해서는 매일수위국을 상류단으로 설정하고 황성댐을 하류단으로 선정하여 수리해석모형과 수질해석모형을 구축하였다. 대상구간은 13.9km이며, 대상구간에 대한 수리해석모형은 1차원 부정류해석모형인 DWOPER 모형을 이용하여 구축하였으며, 수질해석모형은 QUAL2E 모형을 이용하여 소군교를 상류단으로 하였을 때와 동일한 유량계수와 수질반응계수를 사용하였다.

실시간 하천관리시스템을 대상구간에 구축하기 위해 수치해석모형과 지리정보시스템(GIS)을 연계하여 활용하여야 하는데, 이를 위해서 자료의 입력과 실행 및 출력이 가능하고, 모의결과에 대한 DISPLAY가 용이한 ArcView를 이용하여 GUI를 구축하였다. 그림 3은 본 연구에서 구축된 GUI에 대한 개념도를 나타내고 있다. 본 연구에서 개발된 GUI는 매일수위국에서 실시간으로 관측되는 수위자료와 수질자료를 이용하여 GUI 입력창에 직접 입력함으로써 수리모형과 수질모형을 수행할 수 있도록 구축하였다. 그림 4는 수리해석을 위해 상류단 경계조건인 매일수위국의 시간대별 유량자료와 하류단 경계조건인 황성댐의 수위자료를 입력하는 창을 나타내고 있다. 그림 5는 수질모의를 위해 매일수위국에서 관측되는 수질자료를 입력하는 창을 나타내고 있는데, 그림에서 보는 바와 같이 모의를 하고자 하는 시점에서 매일수위국의 유량과 수온, DO 및 N 계열의 수질자료를 입력하도록 되어 있다.

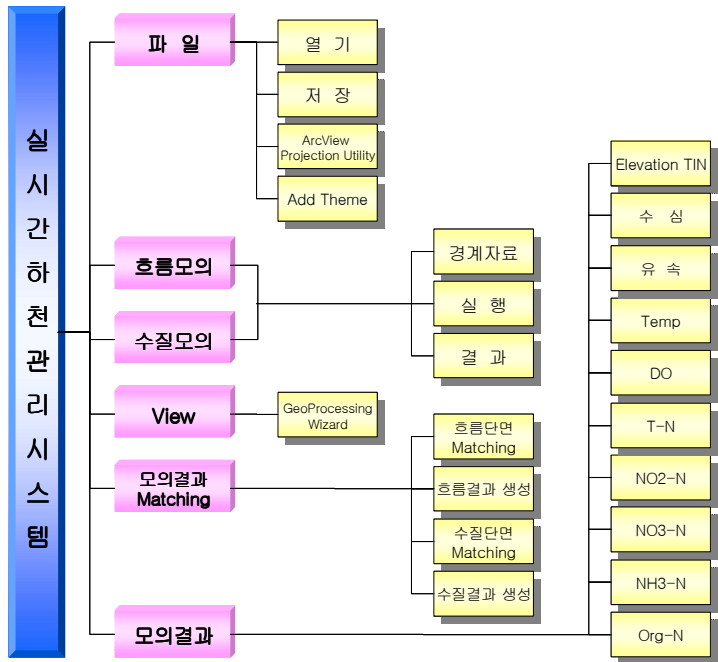


그림 3. GUI 구성을 위한 메뉴 설계

h1:	71.21	Q1:	174.97
h2:	75.97	Q2:	175.04
h3:	88.36	Q3:	175.12
h4:	102.31	Q4:	175.20
h5:	118.13	Q5:	175.32
h6:	127.72	Q6:	175.46
h7:	154.83	Q7:	175.62
h8:	192.65	Q8:	175.80
h9:	196.48	Q9:	175.98
h10:	175.42	Q10:	176.18
h11:	159.18	Q11:	176.35
h12:	149.66	Q12:	176.50
h13:	138.51	Q13:	176.64
h14:	123.59	Q14:	176.76
h15:	109.56	Q15:	176.86
h16:	102.97	Q16:	176.96
h17:	97.98	Q17:	177.04
h18:	91.28	Q18:	177.11
h19:	87.15	Q19:	177.18
h20:	80.39	Q20:	177.24
h21:	76.30	Q21:	177.30
h22:	74.27	Q22:	177.35
h23:	68.43	Q23:	177.38
h24:	67.23	Q24:	177.39
h25:	65.41	Q25:	177.40
h26:	63.60	Q26:	177.40
h27:	61.78	Q27:	177.41
h28:	0.0	Q28:	0.0
h29:	0.0	Q29:	0.0
h30:	0.0	Q30:	0.0

그림 4. 수리모형의 경계조건 입력 창

그림 5. 수질모형의 경계조건 입력 창

이와 같은 자료의 입력과정을 거쳐 수리모형과 수질모형을 실행하면 대상구간에 대한 수심, 유속과 같은 수리해석 결과와 수온, DO, N 계열의 수질해석 결과가 그림으로 나타나게 된다. 그림 6은 대상구간에서 DO에 대한 수질분포를 나타내고 있다. 이와 같이 GIS를 이용한 수리/수질해석결과의 도시는 대상구간에 대한 보다 효율적인 수질관리를 실시하는데 크게 기여할 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 하천 수질의 변화를 보다 정확히 예측하기 위해 수질관측지점에 대한 지속적인 수문관측을 실시함으로써 하천흐름에 대한 물리적인 특성을 반영한 수질해석을 실시하였다. 이를 위해 강원도 횡성군의 남한강 제1지류인 섬강에 위치한 횡성댐 상류의 계천유역에 시험유역을 구축하여 대상구간에 대한 실시간 수리해석과 수질해석을 수행할 수 있는 하천관리시스템을 구축하였다. 대상구간에 대해 실시간 하천관리시스템은 ArcView를 이용하여 구축하였으며, 수리해석모형의 경계자료인 유량, 수위자료와 수질해석모형의 상류단 자료인 매일수위국의 수질자료를 입력할 수 있는 사용자편의시스템(GUI)을 구축하여 모형을 보다 편리하게 이용할 수 있도록 하였다.

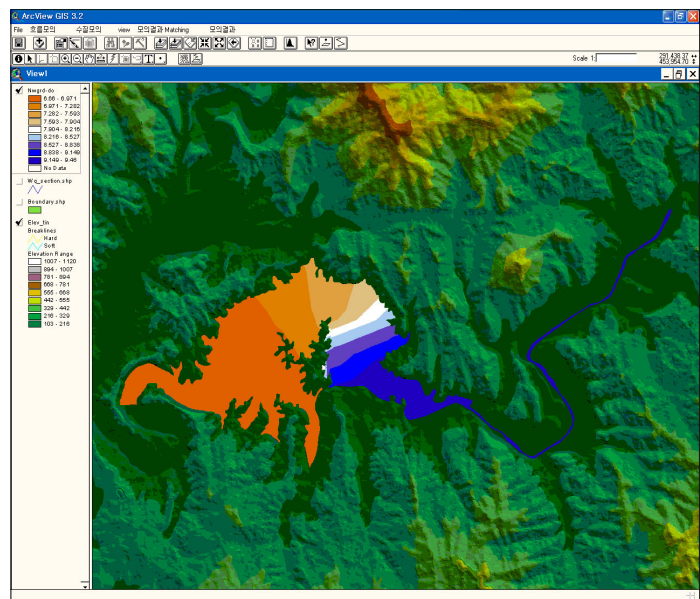


그림 6. 대상구간에 대한 DO 분포도

감사의 글

본 연구는 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(과제번호:R08-2003-000-10923-0)이며, 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호:2-1-1)에 의한 결과도 일부 활용되었기에 사의를 표합니다.

참고문헌

- 강원도 (2000). **계천하천정비기본계획**.
- 건설부, 한국수자원공사 (1990). **횡성다목적댐 건설사업 실시설계 보고서**.
- 한국수자원공사, 횡성권건설단 (2004). **횡성댐일원 하천유량측정 등 수문기초조사보고서**.
- 횡성군(2000). **횡성댐 수리검토용역**.
- 한건연, 김상호, 배덕효(2000). “GIS와 연계한 하천에서의 2차원 수질관리모형의 개발”, **대한토목학회논문집**, 제20권, 제5-D호, pp. 593-601.