

# 地形空間情報體系를 이용한 水文情報管理에 관한 研究 A Study on Hydrological Information Management by using Geo-Spatial Information System

柳福模\* · 張智元\*\* · 韓舜錫\*\*\*

Yeu, Bock-Mo · Jang, Ji-Won · Han, Soon-Seok

## 要 旨

본 연구는 수문자료를 효율적으로 관리하기 위하여 각종 수문정보를 통합관리하기 위한 수문정보관리체계를 개발하는데 있어서, 한강을 중심으로 하여 수위자료와 댐 등의 수공구조물에 대한 위치정보를 입력하여 수문정보관리체계를 구축하는데 목적이 있다. 현재 한국수자원공사에서 수치 또는 문자의 형태로 관리하고 있는 자료기반관리체계(database management system: DBMS)를 지형공간정보체계(Geo-Spatial Information System: GIS)와 연결하여 위치정보와 수치정보를 연결하고, 도해적인 기법으로 수문학적인 정보를 해석하였다. 본 연구를 수행한 결과, 수치 또는 문자의 형태로만 수문정보를 관리할 경우에 발생하는 위치적인 오류를 검색해 낼 수 있었고, 수문정보중 수위에 관련된 자료의 신뢰성을 판단하고 자료를 보완하기 위한 산출의 근거를 제시할 수 있는 수문정보관리체계의 구축이 가능하였다.

## ABSTRACT

This study aims to develop a hydrological information management system to manage the hydrological data of Han river integrately. Various data related to hydrology such as water level, dams, the positions of the hydrological structures for Han river were collected and inputed to build the hydrological information management system. The Database Management System(DBMS) of Korea Water Resources Cooperation which is operated in the form of digits and characters was linked to the Geo-Spatial Information System to join positional information and digital information and to analyze the hydrological data using graphical techniques. Through this study, the positional errors which occurred when digital or characteristic informations were only used, were detected. And the hydrological information management system was presented to estimate the reliability of data related to water level among the hydrological information and to show the basis of output used to correct the data.

## 1. 서 론

우리나라의 수문 특성은 비교적 건기와 우기의 구분이 확실하고 장마기를 전후하여 강우가 집중되는 현상이 현저하다 할 수 있다. 또한 도시화의 영향으로 인하여 표면저류의 감소, 배수시설의 확대로 인한 유하시간의 감소로 인하여 하류에서 침투유량이 결리는 시간이 줄어 들어 비슷한 호우사상에도 불구하고 하류에서는 상대적으로 많은 피해가 발생하고 있다.<sup>1)</sup> 따라서 수문현상에 대한 정보를 종합하여 수문에 대한

현상을 미리 예측하기 위한 수문정보관리체계의 개발은 매우 시급하다고 할 수 있다.

지형공간정보체계(Geo-Spatial Information System: GIS)는 인류의 문명과 문화가 발전해 감에 따라 다변화해 가는 각종 정보를 신속하게 처리하여야 하는 현대인에게 도형, 영상, 속성 및 위치정보의 종합적이고 체계적인 관리를 위한 정보처리방법으로서, 전산기에 의해서 자동화된 처리체계가 다양한 방식으로 시도되어 토지, 지리, 도시 및 수문학 등의 관련 정보를 종합적, 연계적으로 처리하기 위한 정보처리체계를 통칭하는 말이다.<sup>2)</sup>

지형공간정보체계는 국토계획, 지역계획, 자원개발 계획, 공사계획 등 각종 계획의 입안과 추진을 성공

\*연세대학교 교수

\*\*목포대학교 부교수

\*\*\*연세대학교 산업대학원

적으로 수행하기 위해서 토지, 자원, 환경 또는 이와 관련된 사회, 경제적 현황에 대한 방대한 정보를 입력하여 다양한 정보를 정확하고 시기 적절하게 수집하여 대조, 분석하는 과정으로, 각종 자료들이 여러 측면에서 요구되더라도 소요목적에 부응하는 적절한 형태로 출력할 수 있는 체계로 구축되어야 한다.

본 연구에서는 수문자료를 관리하기 위한 지형공간정보체계를 개발하여 효율적인 자료관리와 함께, 앞으로 수문 현상에 대한 예측이 가능할 수 있도록 수문정보관리체계를 개발하는데 목적을 두고 있다. 본 연구를 통하여 지형공간정보체계의 기법을 이용하여 수문관리를 위한 정보관리체계 개발의 가능성을 제시하고, 수위정보를 중심으로 수문정보를 관리함으로써 수치적인 자료기반만으로는 검색해 내기 어려운 자료들을 도해적으로 해석함으로써 정보검색에 대한 새로운 기법을 제시하고자 한다.

## 2. 수문정보관리체계

### 2.1 수문정보관리체계의 정의

수문정보관리체계(Hydrological Information Management System: HIMS)는 수자원 업무 및 관리에 관련된 각종 업무 즉, 수위, 우량, 기상, 유량, 댐운영, 수문분석 등에 대한 자료기반 관리체계(Database Management System: DBMS)를 바탕으로 하여 구축된 자료기반을 통하여 수문에 관련된 각종 정보를 수집, 분석, 출력하기 위한 일련의 체계를 말한다.

수문정보관리체계는 지형공간정보체계의 한 응용 분야으로써 그 동안 정부 또는 공공기관에 의하여 수집 관리해 오던 각종 자료들을 지속적이고 체계적으로 관리하여 보다 다양한 정보를 제공할 수 있다. 또한, 수문정보관리체계는 속성 등의 주석자료(text data) 뿐만 아니라 위치 관리를 위한 정보처리기법 등을 통하여 방대한 자료를 위치자료층으로 구성하여 자료의 상황을 한눈에 볼 수 있도록 하므로써, 자료를 신속 정확하게 여러가지의 형태로 출력할 수 있는 장점을 가지고 있다.

수문정보관리체계는 여러가지의 형태로 취득된 수문정보자료를 자료분석과정을 통하여 합리적인 정책 수립에 필요한 정책 판단자료를 신속하게 생산할 수 있는 의사결정지원(Decision Making Support)을 포함하는 것이다.<sup>3)</sup>

### 2.2 수문정보관리체계의 구성 및 구비요건

국도계획, 지역계획, 수자원개발계획, 수공구조물공사계획 등 각종 계획의 입안과 추진을 성공적으로 수행하기 위해서는 수계, 수자원, 고수부지, 하천 유역에 대한 토지, 자원, 환경 또는 이와 관련된 사회, 경제적인 현황에 대한 많은 양의 정보가 필요하다. 이러한 다양한 정보들을 정확하고 시기 적절하게 수집하여 처리, 분석하는 과정은 계획전반의 운영과 주요한 의사결정에 있어서 성패를 좌우하는 관건이 되는 것이며, 가능하면 각종 자료들이 어떠한 측면에서 요구되더라도 소요목적에 부응하는 적절한 형태로 정리되어 즉시 출력되는 것이 가장 이상적인 방법이라 할 수 있다. 이러한 요구를 충족하기 위하여 전산기에 의한 자료처리체계가 다양한 방식으로 시도되어 왔다. 최근에는 토지, 환경, 수자원 및 이와 관련된 각종 정보들을 종합적, 연계적으로 처리하는 방식인 지형공간정보체계는 토지, 자원 및 환경 등에 관련된 다양한 정보를 그들 특성에 따라 위치와 특성에 맞추어 입력, 저장하여 전산기에 의한 처리로써 여러 목적에 맞게 활용, 분석 및 출력할 수 있는 정보체계로 발전하고 있다.

이들 위치 및 특성정보는 소정의 축척, 투영법 및 좌표계에 따라 전산기에 적합한 수치형식의 자료기반으로 저장되며, 자료기반은 층(layer) 또는 면(plane)으로 구성되어 각 층마다 상이한 주제의 정보가 수록된다. 이렇게 주제별로 수치기록된 다수의 층은 주어진 문제에 대한 자료은행(databank)을 구성하게 된다.

수문정보관리체계의 기능을 충분히 발휘하기 위하여 요구되는 구비요건은 수치자료의 입력용 기기에는 도화기(plotter), 선추적입력기(digitizer), 지상측량용

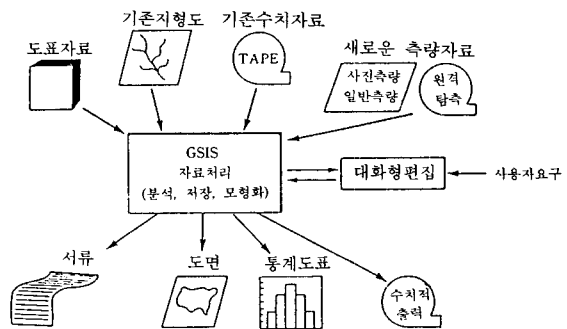


그림 1. 수문정보관리체계의 구성

기기, 광학적 격자형입력기(optical scanner) 등이 있으며, 출력장치에는 인쇄장치, 자동제도기, 영상표시 장치 등이 있다. 자료기억장치는 수치화된 자료를 고속처리할 수 있는 대용량의 기억장치가 필요하다.

### 2.3 수문정보관리체계의 정보분석 기능

지형공간정보체계의 응용분야인 수문정보관리체계가 다른 정보체계와 구별되는 것은 공간적인 해석기능이 있기 때문이다. 이들 기능은 실제적인 질문에 해답을 주기 위해서 자료기반의 위치 및 속성자료를 이용한다.

#### 2.3.1 해석기능의 분류

수문정보관리체계의 기술은 해석 기능의 증가로 인하여 발전되어 왔다. 여기에서 사용된 접근 방법은 크게 4가지 분류로 나누고, 각각을 다시 세분화시킨 것이다. 표 1은 지형공간정보체계 해석 기능에 관한 분류를 도시하고 있다.<sup>4)</sup>

#### 2.3.2 자료의 유지와 해석

##### (1) 공간자료

관리와 해석기능은 공간자료를 변환시키고, 편집하고, 자료의 정확도를 평가하는데 사용된다.

##### (2) 비공간 속성자료

##### 1) 속성 편집 기능(attribute editing function)

편집 기능은 속성자료를 검색하고, 검사하며, 자료의 수정을 가능하게 한다.

##### 2) 속성 질의 기능(attribute query function)

질의 기능은 운용자의 특별한 상황에 따라 속성자료기반내의 레코드등을 검색한다.

### 2.3.3 공간과 속성자료의 통합해석

지형공간정보체계의 힘은 공간자료와 속성자료를 통합하여 해석하는 기능에 달려 있다. 이러한 기능들이 지형공간정보체계와 다른 도면자동화나 전산 보조체계를 구분하는 가장 커다란 차이점이다. 기능들이 해석되는 범위는 아주 넓기 때문에, 이것은 세 부적으로 검색 분류 관측, 중첩, 인접성, 그리고 연결성 또는 망분석 기능 등의 4가지 범주로 분류된다.

## 3. 한강유역의 수문 특성

### 3.1 한강유역의 개황 및 특성

#### 3.1.1 유역의 개황

본 연구 대상인 한강유역은 한반도의 중앙에 위치하며 하구에 합류하는 임진강을 제외한 면적은 26,219 km<sup>2</sup>이며, 유로연장은 481.7 km이다.<sup>5)</sup>

#### 3.1.2 유역의 특성

##### (1) 하천

한강을 형성하고 있는 주요 지류 및 분류의 유역 면적 및 형상을 나타내는 계수는 표 2에 나타나 있다. 전 국토의 70%가 산지인 우리나라 지역의 특성으로 인하여 유역의 대부분이 산악지형으로 형성되어 있으며, 유역의 경사도 급한 편이다.

### 3.2 수문관측

한강유역의 수문관측은 1900년대 초부터 시작되었으며 현재 우량관측소 118개소 및 수위관측소 41개

표 1. 지형공간정보체계 해석기능의 분류

1. 공간자료의 유지와 해석	형식 변환, 기하학적 변환, 지도투영간의 변환, 합성, 경계정합, 편집 기능, 선의 좌표 단순화	
2. 속성자료의 유지와 해석	속성 편집 기능, 속성 질의 기능	
3. 공간과 속성자료의 통합해석	검색·분류·관측 기능	검색 기능, 분류 기능, 관측 기능
	중첩 기능	
	근접 기능	검사 기능, 점·선·다각형 연산 기능, 지형적인 기능, 티센 다각형, 보간 기능, 등고선 생성
	연결 기능	근접 관측, 근접, 조직망 기능, 전개 기능, 탐색 또는 흐름 기능, 상호 시각성 기능, 조명 기능, 조망 기능
4. 자료의 출력 형태	지도 주석, 문자 라벨, 문서의 형태와 선 양식, 도형기호	

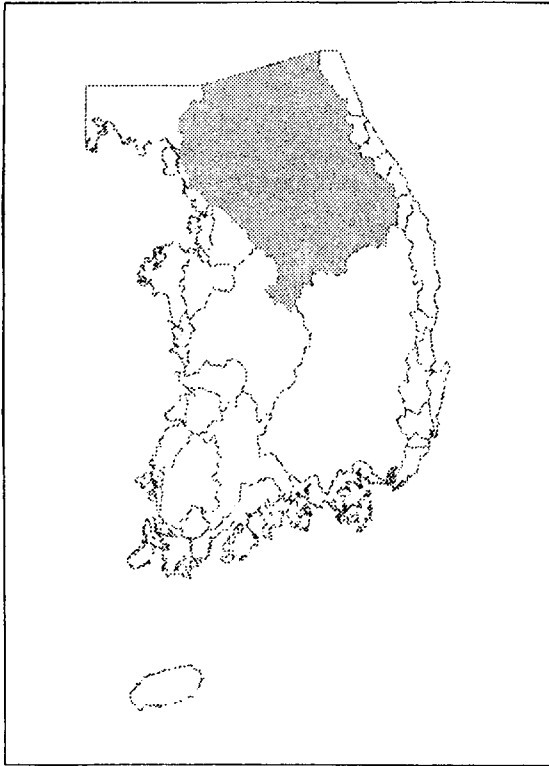


그림 2. 한강의 유역도

표 2. 한강수계 하천현황

하천명		유역면적 A (km <sup>2</sup> )	유로연장 L (km)	형상계수 (A/L <sup>2</sup> )
본류	한강	26,219.0	481.7	0.119
지류	남한강	12,514.0	375.0	0.089
	평창강	1,781.0	145.0	0.085
	달천	1,625.4	119.3	0.114
	섬강	1,485.1	92.6	0.173
	북한강	10,834.8	317.5	0.103
	소양강	2,886.6	166.2	0.214
	홍천강	1,566.2	136.2	0.084

소가 있으며, 한강유역의 수문관측소 현황은 표 3에 나타나 있다.

#### 4. 수문정보관리체계의 개발 및 분석

##### 4.1 적용대상자료의 특성

표 3. 수문관측소현황

관리청	우량관측소			수위관측소		
	자기	보통	계	자기	보통	계
한강 홍수통제소	37		37	21		21
낙동강홍수통제소	1		1			
원주지방국토관리청	31		31	16	2	18
대전지방국토관리청	7		7	1		1
중앙기상대	10		10			1
한국수자원공사	32		32	1		1
계	118		118	39	2	41

본 연구의 대상지역은 한강 전역에 걸쳐 분포되어 있는 수위관측소를 중심으로 한 남한강, 북한강 전역으로 수위관측이 이루어지지 않는 접근불가능 지역은 제외하였다.

본 연구에서 수문정보관리체계를 개발하기 위한 기본적인 자료로서는 수위를 관측한 일련의 자료들을 입력하였으며, 각 수위관측소에 대한 위치자료와 각 수계에 위치한 댐 등의 수공구조물들을 위치자료로서 입력하였다. 시범적으로 영상자료를 입력하여 특정 대상물에 대해서는 속성정보가 문자 또는 수치화된 자료 뿐만 아니라 영상자료를 속성자료로써 입력하여 자료기반을 구성하였다. 여기서 사용된 영상자료는 수공구조물을 관리함에 있어 현황을 파악하기 위한 용도로 활용될 수 있다.

##### 4.2 자료입력을 위한 관측소 부호 설계

각 수위관측소를 입력하기 위하여 수위관측소에 대한 명칭을 고유번호로 변환하여 입력하였으며, 이와함께 관측소의 명칭도 함께 입력하여 수위관측소 명칭과 대응하도록 입력하였다. 수위관측소의 부호는 6자리로 부여하였으며 부호의 6자리 숫자중 처음의 2자리는 수계별 고유번호를 나타내고 4자리는 수계내 지점번호를 나타낸다.<sup>6,7)</sup>

수계별 고유번호는 10대 하천까지는 건설부에서 하천대장에 대해 번호를 지정하고 있으므로 건설부 기준을 그대로 사용하였으며, 기타 한강내 군소 수계에 대해서는 새로운 번호를 수계의 순서에 따라 새로 부여하였다. 건설부 하천대장상의 수계번호 중 에서 한강은 수계번호가 '01'로 규정되어 있으며, 본 연구에서도 수계별 고유번호는 01로 시작하였고, 수

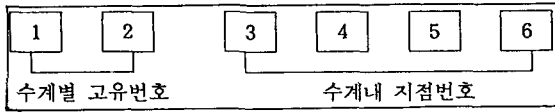


그림 3. 수위관측소의 부호 설계 기준

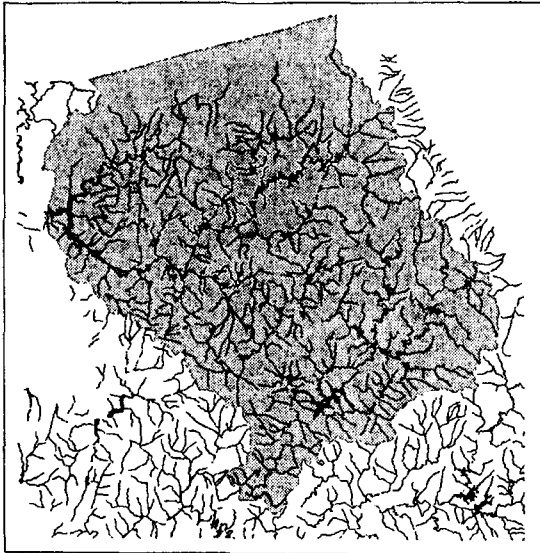


그림 4. 한강유역의 수위관측소 분포현황

계의 규정 기준에 따라서 수계내의 지점번호를 부여하였다.

#### 4.3 한강유역 수문자료의 입력

본 연구에서 입력된 지형자료는 1:500,000 수문주제도를 이용하여 자료층(layer)별로 나누어 입력하였다. 입력된 자료층의 구성을 보면, 수계현황 자료층, 유역경계 자료층, 수위관측소 위치자료층, 기타 수공구조물 위치자료층 등 총 4개의 위치자료층으로 구분하여 입력하였다.

유역경계 자료층과 수계현황 자료층의 입력은 격자형입력기(scanner)를 이용하여 격자형으로 입력한 다음, 이를 선추적형화(vectorizing)하여 선(line)과 다각형(polygon)으로 입력하였다. 한강유역의 수위관측소의 분포현황은 그림 4에 나타나 있다.

#### 4.4 수문정보관리체계의 운영

##### 4.4.1 수문정보의 조회

본 연구에 의해서 개발된 수문정보관리체계는 많은

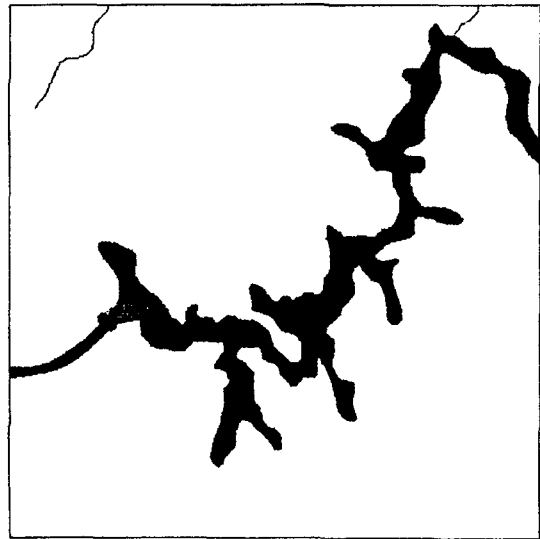


그림 5. 소양강유역의 수계현황 및 소양강댐의 위치도

수문정보들 중에서 수계의 현황을 지형적 기준에 맞추어 입력하였으며, 수위관측소와 댐을 중심으로 한 수공구조물을 입력하였고, 수위관측소에 대해서는 수위관측소가 가지고 있는 수위관측자료를 자료기반관리체계(database management system: DBMS)에 입력하여 수문정보관리체계와 호환이 가능하도록 하였다. 그러나, 수위 관측자료의 양이 매우 방대하여 전체에 대한 입력이 불가능하므로 몇개의 시범지역에 대해서만 입력을 하였다.

그림 5는 소양강유역의 수계현황은 나타내고 있으며, 수계의 좌측중앙부에 표시되어 있는 것은 소양강댐의 위치를 나타내고 있다. 또한 영상의 형태로 관리되는 소양강댐의 정보조회 상황은 그림 6에 나타나 있다.

그림 5에서 나타난 한강상의 수공구조물에서 도면 및 현황도 등의영상자료를 속성으로 연결하여 정보를 공유하므로써 수공구조물에 대한 관리능력을 높일 수 있을 것으로 사료되며, 이를 위해서는 고속정보통신망과 대용량의 저장능력을 전산기의 구축이 필요할 것이다.

##### 4.4.2 수위관측소정보의 관리

본 연구를 통하여 개발된 수문정보관리체계는 수위관측소의 위치정보를 관리하는 기능을 가지고 있다.

그림 7에서 보는 바와 같이 한국수자원공사에서 관리하고 있는 수위관측소의 위치정보가 실제의 위

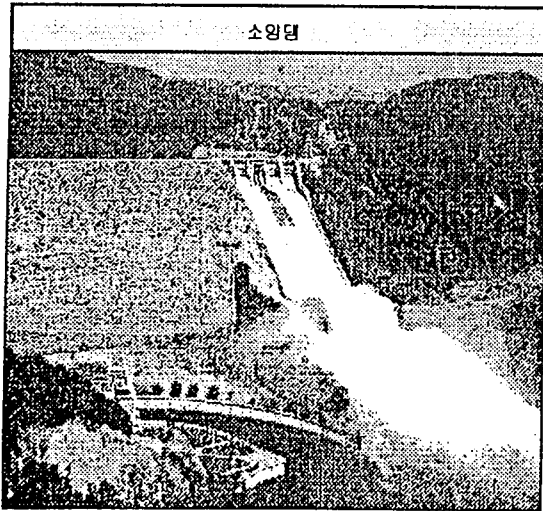


그림 6. 소양강댐의 영상정보 출력

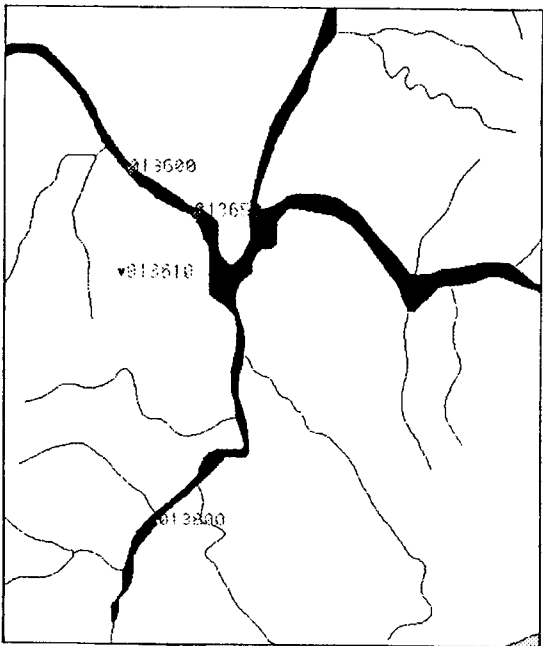


그림 7. 팔당댐 부근의 수위관측소 분포도

치와는 많은 차이를 나타내고 있음을 보여주고 있다.

현재까지 수위관측소에 대한 정보는 주로 문자 또는 숫자만을 다루는 정보체계를 중심으로 관리되어 왔기 때문에 실제 관측소의 위치와 정보관리체계 사이의 차이가 발생하였다.

그림 7의 중앙부에 있는 관측소 부호 013610은 한강수계의 고안 수위관측소의 위치를 나타내는 것

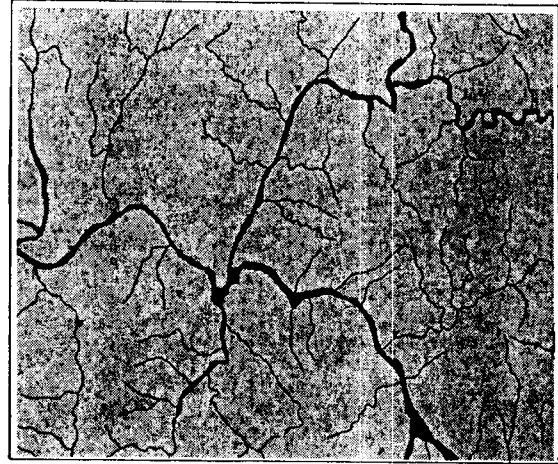


그림 8. 한강수계(팔당댐과 한강 본류 일부지역)

으로 수위관측소가 하천변에 있는 것이 아니라 내륙 쪽에 위치하고 있는 것으로 나타나 있다. 이는 수위 관측소에 대한 정보를 입력할 당시에 오류등에 의해서 발생하였거나, 수위관측소에 대한 근본적인 정보가 잘못 관리되고 있음을 보여주고 있다.

이와 같은 수위관측소 등 제반 시설에 대한 정확한 위치정보를 확인하는 것은 자료기반관리체계에서 수치의 형태로 나타나는 것으로는 그 정확도를 판단하는 것이 매우 어렵다. 이는 도해적인 자료와 결합되지 않고서는 수위관측소의 위치 등의 정보는 수치 자체로서의 의미보다는 정확한 도해적인 정보로서 존재하여야 한다는 관점에서 볼 때 수문정보관리체계의 도해적인 관리가 필요하다는 것을 알 수 있다.

#### 4.4.3 수위정보의 관리

수위관측소에서 관측되는 수위정보는 한국수자원공사에서 ORACLE이라는 자료기반관리체계(DBMS)에 의해서 관리되고 있다. 비록 많은 자료들이 3장에서 기술된 바와 같이 결측자료들이 많고, 수위자료가 존재한다고 하더라도 그 신뢰성의 문제에 있어서는 의문점이 많다고 할 수 있다.

그림 8에 나타나 있는 임의의 두 관측소에 대한 수위정보를 중첩하여 분석한 그래프가 그림 9에 나타나 있다.

본 분석을 위하여 선정된 수위관측소는 관측소부호 013650의 경안 수위관측소와 013600의 팔당 수위관측소를 선정하였으며, 경안관측소가 상류에 위치하고 팔당관측소는 비교적 하류지역에 위치를 하고 있다.

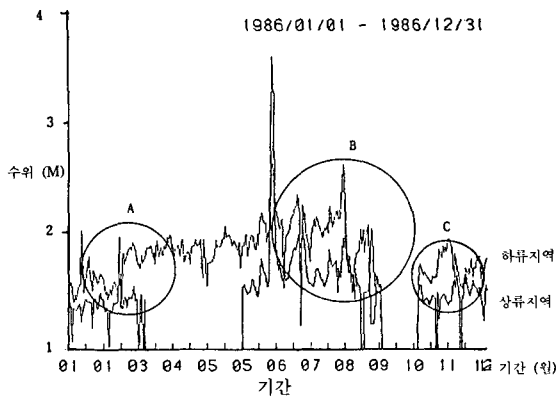


그림 9. 두 수위관측에 대한 수위정보의 비교

그리고, 본 연구에 사용된 수위자료는 1986년 1월 1일 자료로부터 1986년 12월 31일 사이의 1년간에 걸쳐 관측된 자료이다.

그림 9의 그래프에서 나타난 바와 같이, 상류지역의 수위관측소는 하류지역의 수위관측소보다 수위가 대체적으로 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고, 그림의 중앙 우측 부분에 나타나 있는 수위가 바닥에 접한 부분은 수위가 최저의 부분 또는 결측자료라 사료된다.

그러나 두 지점의 수위관측소에 대한 수위자료를 도해적으로 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 그림 9의 A부분에 나타나 있는 경우, 상류의 수위는 하류의 침투수위 이후에 수위는 거의 일반적인 수준으로 내려가 있음을 나타내고 있으나, 하류지점에서는 상류의 침투 수위 이후에 지속적으로 높은 수위를 나타내고 있다.

둘째, 그림 9의 B지점에 나타나 있는 부분은 상하류에 걸쳐 있는 서로 상관적인 수위관측에 있어서 상류의 지역은 갑자기 수위가 높고, 하류의 지역은 급격히 수위가 줄어드는 경우와, 하류의 수위는 급격히 늘어나는데 반하여 상류의 수위는 급격히 줄어드는 반대의 현상을 나타내고 있다는 것을 보여주고 있다.

또한 그림 9의 C부분에 있는 경우는 수위가 급격히 줄었다기 보다는 그 부분이 결측자료가 있다는 것을 알 수 있다.

따라서 수문정보관리체계의 분석 기능을 이용하는 경우 수치 또는 문자로서는 해석이 힘든 부분에 대하여 신뢰성의 분석 또는 정확도 검정을 위한 판단을

제공할 수 있다는 것을 알 수 있다.

#### 4.5 수문정보관리체계의 고찰

본 연구를 통하여 수치적 처리를 위주로 하던 수문정보관리에 있어서는 그 자료의 위치적 정확성 및 도해적 분석 기능이 필요한 자료에 대해서는 판단할 자료가 없었으나, 본 연구의 경우에서처럼 도면상에 바로 그 정보를 나타냄으로써, 그 위치정보의 정확성을 판단할 자료를 제공할 수 있었다. 이는 앞으로 신설 수위관측소를 계획하는 과정에 있어서 중복 또는 오류가 발생하는 것을 막을 수 있을 것이다. 또한 수공구조물 등에 대한 영상 및 위치정보를 종합적으로 관리하므로써 이에 소요되는 경제적, 시간적 낭비요소를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

수위자료는 수위관측소에서 매일 관측하는 것을 원칙으로하여야 하나, 관측기기의 고장 또는 오작동으로 인하여 수위가 잘못 기록되었을 경우에, 이를 빨리 검색해 낼 수 있는 판단의 근거로써 활용할 자료를 그래프로 여러 지점과 중첩분석할 수 있다. 이는 수문자료의 신뢰도 분석에 있어서 정보를 검색하는 시간을 단축하고 정확한 자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 개발된 수문정보관리체계는 수문정보관리에 있어서 그 가능성을 제시하고 앞으로 연구방향을 제시한 것이다. 다양한 정보를 빠른 시간내에 검색하고 조회할 수 있기 위해서는 하드웨어의 보강과 함께 우리나라의 수문 특성에 맞는 소프트웨어의 발전이 병행되어야 할 것으로 사료된다.

### 5. 결 론

본 연구는 수문정보를 통합하여 관리하기 위한 수문정보관리체계를 구축하기 위한 연구로써, 한강유역에 대하여 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다.

1. 다양한 형태의 수문정보를 통합관리하기 위한 수문정보관리체계를 통해서, 수계의 현황도, 수위관측소, 댐과 같은 수공구조물 현황을 통합적으로 관리할 수 있었다.

2. 현재까지 주로 수치적으로만 관리되었던 여러 가지 수문정보에 대해서 위치의 개념을 도입하여 도해적으로 관리함으로써 위치의 정확성을 기할 수 있

있으며, 위치가 잘못 입력된 경우의 검색이 정확하고 신속하게 진행될 수 있었다.

3. 수위정보 등에 대한 신뢰도 분석을 함에 있어서 도해적인 방법으로 해석을 시도함으로써 각종 오류를 즉시 검색하고 보완할 수 있는 가능성을 제시할 수 있었다.

### 參考文獻

1. 이원환. 수문학. 동명사, 1989.
2. 유복모. 지형공간정보체계론. 동명사, 1993.
3. 유복모. 사진측정학. 동명사, 1991.
4. 한국지형공간정보학회 편집부. 지형공간정보체계론-I 총론. 한국지형공간정보학회지, Vol. 1, No. 1, pp. 39-54, 1993.
5. 한국수자원공사. 한강 하천유지유량 조사연구보고서. 1990.
6. 서병웅. 수치지도 표준지형코드에 관한 연구. 연세대학교 산업대학원 석사학위논문, 1992.
7. 유청호. 지형공간정보체계의 자료기반부 설계에 관한 연구. 연세대학교 대학원 석사학위논문, 1993.
8. Morrill, Richard. *Recollections of the Quantitative Revolutions's Early Years: The University of Washington, 1955-65.* Martin's Press, pp. 57-72, 1983.
9. Kraemer, L. Kenneth. *The Evolution of Information Systems for Urban Administration.* Public Administration Review, July/August, pp. 389-402, 1969.
10. Tomlinson, Roger. *A Draft Proposed Standard for Digital Cartographic Data.* The American Cartographer, 1988.
11. D.M. McKeown, Robert Chi Tau Lai. *Intergrating Multiple Data Representations for Spatial Databases.* Auto Carto 8 Proceedings, pp. 754-763, 1987.
12. D.M. McKeown, *MAPS: The Organization of a Spatial Database System Using Imagery, Terrain, and Map Data.* Proceedings: DARPA Image Understanding Workshop, pp. 105-127, 1983.
13. J. Palimaka, O. Halustchak, W. Walker. *Intergration of a Spatial and Relational Database Within a Geographical Information System.* Technical Papers of ACSM-ASPRS, Vol. 3, pp. 131-140, 1986.
14. 광주직할시청. 도시정보관리시스템 구축을 위한 항공측지형도 제작 및 지상, 지하 시설물 탐사 용역. 용역보고서, 1993.
15. 한국 항공. 상수도 정보 관리 시스템. 한국 항공 지리정보연구소, 1993.
16. D. Maguire, M.F. Goodchild, D.W. Rhind. *Geographical Information System-Principles Volume I.* Longman Scientific and Technical, 1991.
17. D. Maguire, M.F. Goodchild, D.W. Rhind. *Geographical Information System-Principles and Application Volume II.* Longman Scientific and Technical, 1991.
18. B. Bitters, P.J. Restrepo, M.R. Jourdan. *Using Geographic Information Systems to Predict Effects of Flooding on the Han River, South Korea.* ACSM-ASPRS Annual Convention Technical Papers, Vol. 4, pp. 11-20, 1991.
19. J.C. Antenucci, K. Brown, P.L. Crosswell, M.J. Kevery. *Geographical Information System-A Guide to the Technology.* VAN NOSTRAND REINHOLD, 1992.