

## 관계형 데이터베이스를 이용한 수문자료 관리시스템 개발

### Development of Hydrologic Data Management System Based on Relational Database

김 학 관\* / 김 상 민\*\* / 박 승 우\*\*\*

Kim, Hak Kwan / Kim, Sang Min / Park, Seung Woo

#### Abstract

In this paper, the Hydrologic Data Management System (HDMS) was developed for the efficient management of hydrologic data. The applicability of the system was demonstrated using the hydrologic data of study watershed located in the southwest from Suwon city. MySQL 5.0, relational database management system, and MS Visual Basic 6.0 were used for the development of MS windows based HDMS. The primary components of the HDMS are data search system, data management system, and data analysis system. Data search and management systems provide basic functions for the efficient data search, storage, update and export. Data analysis system enables the users to get the further and diverse hydrologic statistical information from the stored data. Furthermore, the accuracy and quality of hydrologic data was analyzed and evaluated through data analysis system.

**keywords** : Hydrologic data, RDBMS, Database, Data Management System

#### 요 지

본 연구에서는 유역 수문자료를 효율적으로 관리할 수 있는 수문자료관리시스템(HDMS)을 개발하였으며 경기도 화성시에 위치한 발안시험유역을 대상으로 시스템의 적용성을 보여주었다. MySQL 5.0을 사용하여 관계형 데이터베이스를 설계하였으며, MS-Visual Basic 6.0을 이용하여 윈도우 기반의 시스템을 개발하였다. HDMS는 자료검색시스템, 자료관리시스템, 자료분석시스템으로 구성되었다. 자료검색시스템과 자료관리시스템은 자료검색, 자료저장, 자료갱신, 자료추출의 기능을 제공하며, 자료분석시스템은 저장된 자료로부터 다양한 수문통계정보를 제공하며, 자료의 정확성 및 품질을 분석하고 평가한다.

**핵심용어** : 수문자료, 관계형 데이터베이스 시스템, 데이터베이스, 자료관리시스템

\* 서울대학교 농업생명과학연구원, 연구원

Researcher, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

\*\* 교신저자, 미국 Virginia Tech 박사후 과정

Postdoctoral research associate, Biological Systems Engineering Department,

Virginia Polytechnic Institute and State University, VA 24061, USA

(e-mail: smkim@vt.edu)

\*\*\* 서울대학교 지역시스템공학부, 교수 / 농업생명과학연구원

Professor, Department of Rural System Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

## 1. 서 론

수문순환과정에서 강우와 유출의 관계는 지형특성과 기후특성에 따라 다양한 시간적, 공간적 분포를 보이며, 인간이 수자원을 이용하는 데 있어 이수·치수의 측면에서 매우 중요한 부분을 차지한다. 강우와 유출 관계의 정량적 규명을 위해서는 다양한 토지이용과 지형특성, 유역면적을 고려한 수문관측을 통해 유출과정의 정량적 분석이 필요하며, 이를 위해 다양한 규모의 시험유역을 대상으로 수문관측을 통한 수문자료의 확보가 필요하다.

영국과 미국 등은 소규모 시험유역을 다수 운영하고 있으며, 일본의 경우 일반 하천 및 수문 연구와 관련하여 수문자료의 수집 및 물 순환 기구의 규명을 목적으로 운영되는 시험유역은 유역면적이 크고 작은 것을 합하여 1985년에 115개로 조사된 바 있으며, 유역면적 10km<sup>2</sup>이하의 시험유역도 수십 개소나 된다. 이에 반하여 우리나라에서 운영되고 있는 시험유역은 국제수문개발계획(IHP)의 일환으로 평창강, 보청천, 위천을 대상으로 운영하고 있으나, 이들 유역은 유역면적이 최소 50km<sup>2</sup>정도로 정밀한 관측을 실시하기가 어려운 실정이다(한국건설기술연구원, 2002). 최근에는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술 개발 연구사업의 일환으로 지표수 조사기술개발 연구사업에서 신뢰성 있는 수문자료를 확보하기 위한 연구가 진행되고 있으며 특정 목적의 수문변화를 조사하기 위한 소규모 유역단위의 시험유역이 개발되고 있다.

신뢰성 있는 수문자료를 확보하기 위해서는 시험유역의 운영 및 자료의 수집에 대한 노력도 중요하지만, 수집된 방대한 자료를 효율적으로 이용하고 체계적으로 관리할 수 있는 시스템을 구축하는 것도 중요하다. 미국지질조사국(United States Geological Survey, USGS)에서는 WATSTORE(WATER Data STORAGE and RETRIEVAL System)을 1970년대에 개발하여 수문 데이터베이스를 구축하였으며, 현재는 국가수자원정보시스템(National Water Information System, NWIS)으로 확장되어 운영되고 있으며, 실시간 자료제공을 위해 온라인 국가수자원정보시스템(Online National Water Information System, NWISWeb)을 구축하여 약 150만 지점에서 수집된 수자원관련 자료를 제공하고 있다. 국내의 경우, 1980년대 후반에 수문자료관리용 데이터베이스인 HISS(Hydrological Information Support System)가 개발되어 운영되고 있으며, 최근에는 물 관련 전 기관을 대상으로 산재되어 있는 수량 정보 자료를 과학적으로 정리하고 자료의 생성, 가공, 분석을 실

시하여 물관련정보를 제공하기 위한 인터넷 기반의 국가수자원관리종합정보시스템(WATER Management Information System, WAMIS)이 구축되어 실시간으로 자료를 제공하고 있다. 프로젝트 단위의 경우 수문자료의 검색 출력 및 기본적 분석기능을 제공하는 퍼스널 컴퓨터용 수문 데이터베이스 시스템의 필요성에 따라 PCHISS(Personal Computer Hydrologic Information Support System)이 개발되었으며(신현민 등, 1991), 최근 안양천의 경우 실시간 수문모니터링 자료를 취합하여 웹상(<http://anyang.river.or.kr>)에서 공유할 수 있는 시스템이 개발되어 운영되고 있고(정승권 등, 2005), 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보 기술 개발 연구사업의 일환으로 지표수 조사기술개발 연구사업에서 운영중인 시험유역에 대한 수문자료를 웹페이지(<http://www.eckor.net>)에서 제공하고 있으며 품질관리를 위한 연구를 진행하고 있다(김형섭 등, 2006).

이처럼 국가 차원 및 대규모 프로젝트 단위의 수문 자료는 수용할 데이터베이스 시스템이 구축되어 운영되고 있지만 특정 목적의 수문변화를 조사하기 위한 소규모 유역단위에서 수집된 수문자료는 일반적으로 스프레드시트(Spread Sheet) 프로그램을 이용하여 관리하고 있다. 스프레드시트 프로그램은 방대한 자료를 다루기에는 한계가 있으며, 새로운 자료가 생길 때마다 파일을 생성하게 되어 파일관리에 어려움이 있어 자료가 손실되거나 변형되는 경우가 많이 발생한다(Carleton et al., 2005). 또한 수집된 수문자료를 분석하기 위해서는 유사한 검색 절차가 수시로 반복되는데 스프레드시트 프로그램으로는 이러한 과정을 처리하는데 한계가 있다. 이러한 문제점들을 해결하고 신뢰성 있는 수문자료를 확보하기 위해서는 소규모 단위의 대상유역에서 확보된 정보를 체계적이고 안정적으로 관리할 수 있고 자료공개가 용이한 데이터베이스 기반의 시스템을 구축하는 것이 필요하며, 수문자료를 분석하고 품질을 검토하고 관리할 수 있는 소규모 단위의 수문자료관리시스템을 개발하는 것이 필요하다.

따라서, 본 연구의 목적은 소규모 단위로 운영되고 있는 시험유역에서의 신뢰성 있는 수문자료 확보를 위하여 관측·조사된 수문자료를 안정적으로 수집하고 저장할 수 있는 데이터베이스를 구축하고, 반복되는 자료검색 및 자료추출 등의 작업을 효율성 있게 수행할 수 있도록 하며 자료의 이상여부를 항상 검토하고 수문자료 품질을 관리할 수 있는 수문자료관리시스템(Hydrologic Data Management System, HDMS)을 개발하고 시험유역에 적용하여 시스템의 적용성을 보여 주는데 있다.

## 2. 데이터베이스 구축

### 2.1 데이터베이스 관리시스템

데이터베이스 관리시스템(Database Management System, DBMS)은 데이터베이스를 생성하고, 관리하여, 데이터로부터 사용자의 물음에 대한 대답을 추출하는 프로그램의 집합을 말한다. DBMS는 전체의 데이터를 집중해서 저장하고 관리하며, 이 데이터를 쉽고 효율적으로 사용할 수 있도록 도와주는 여러 가지 도구들을 제공하는 소프트웨어 패키지이며, 이 DBMS를 사용할 경우 데이터를 중복없이 통합할 수 있으며 효율적인 저장구조를 이용하여 저장할 수 있는 기능이 제공되며, 보안기능, 회복기능, 동시성 제어, 성능의 감시 등과 같은 데이터에 대한 관리기능이 제공된다(김진호, 1993). DBMS가 가지는 이러한 특징들은 기존에 스프레드시트를 이용하여 수문자료를 관리하던 자료관리시스템이 지니는 자료의 중복, 변형, 손실, 데이터 파일의 증가에 따른 관리의 어려움 등의 단점들을 보완해 줄 수 있으며, DBMS의 또 다른 특징인 여러 이용자가 자료를 동시에 공동으로 이용할 수 있는 동시 공유성, 사용자의 요구에 대한 즉각적인 응답이 이루어지는 실시간 접근성, 수시로 반복되는 자료의삽입, 삭제, 갱신의 용이성, 데이터에 대한 조건으로 원하는 결과 검색의 용이성 등이 자료 이용의 효율성을 높여준다.

데이터베이스 관리시스템의 종류로는 계층형(Hierarchical), 망형(Network), 관계형(Relational), 객체지향형(Object Oriented), 객체관계형(Object Relational) 등이 있으며, 이 중에서 확장이 용이한 관계형 데이터베이스 관리시스템(Relational Database

Management System, RDBMS)이 많이 사용되고 있다(김기성, 2001).

현재 관계형 데이터베이스 시스템으로는 Oracle, MS-SQL Server, MySQL, MS-Access, Sybase, Informix 등이 있으며, MySQL은 데이터 처리속도, 안정성 및 확장성이 뛰어나며, 다양한 프로그램 언어와 연계하여 구동하기 편리하며, 데이터베이스를 사용하기 위한 표준 개방형 응용 프로그램 인터페이스인 ODBC(Open Database Connectivity)를 지원하며, GPL(General Public License)를 따르게 되어 상업적인 목적을 제외하고는 무료로 누구나 소스를 수정하고 재배포할 수 있는 등 여러 가지 장점들을 지니고 있어 많이 이용되고 있는 관계형 데이터베이스 시스템이다(Pachev, 2003). 본 연구에서는 MySQL 5.0(MySQL AB, 2006)을 사용하여 데이터베이스를 설계하였다.

### 2.2 데이터베이스 구성

HDMS의 데이터베이스는 총 17개의 테이블로 구성하였으며, 각 테이블의 이름과 내용은 Table 1과 같으며, 각 테이블 사이의 관계 및 구조는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 관측소 명칭을 저장하는 station\_data\_list 테이블, 입력자료 형태를 저장하는 data\_type\_list 테이블, 확정수위 자료를 저장하는 water\_level 테이블, 확정유량 자료를 저장하는 water\_flow 테이블, 잠정수위 자료를 저장하는 cal\_water\_level 테이블, 잠정유량 자료를 저장하는 cal\_water\_flow 테이블, 압력식 수위계를 통해 수집되는 압력수위자료를 저장하는 water\_pressure 테이블, 강우량 자료를 저장하는 water\_rainfall 테이블, 소유역별 유역특성현황을 저장하는

Table 1. List and description of HDMS data tables

Table name	Description
station_data_list	Monitoring station list
data_type_list	Input data types
water_level	Monitored stage data calibrated and checked by administrator
water_flow	Monitored discharge data calibrated and checked by administrator
cal_water_level	Stage data recorded at each stage stations
cal_water_flow	Discharge data calculated from the stage-discharge relationship
water_pressure	Monitored pressure values from pressure-type water logger
water_rainfall	Monitored rainfall data
watershed_status	Sub-watershed characteristics
trip_record, trip_etc	Field trip record
stage_coef	Coefficients used to calculate stage
discharge_coef	Coefficients used to calculate discharge
measure_section	Surveyed cross section result for the discharge calculation
discharge_measure	Uncertainty analysis results in the discharge measurement
file_data	Uploaded monitored data file list
security	Security information for the administrator

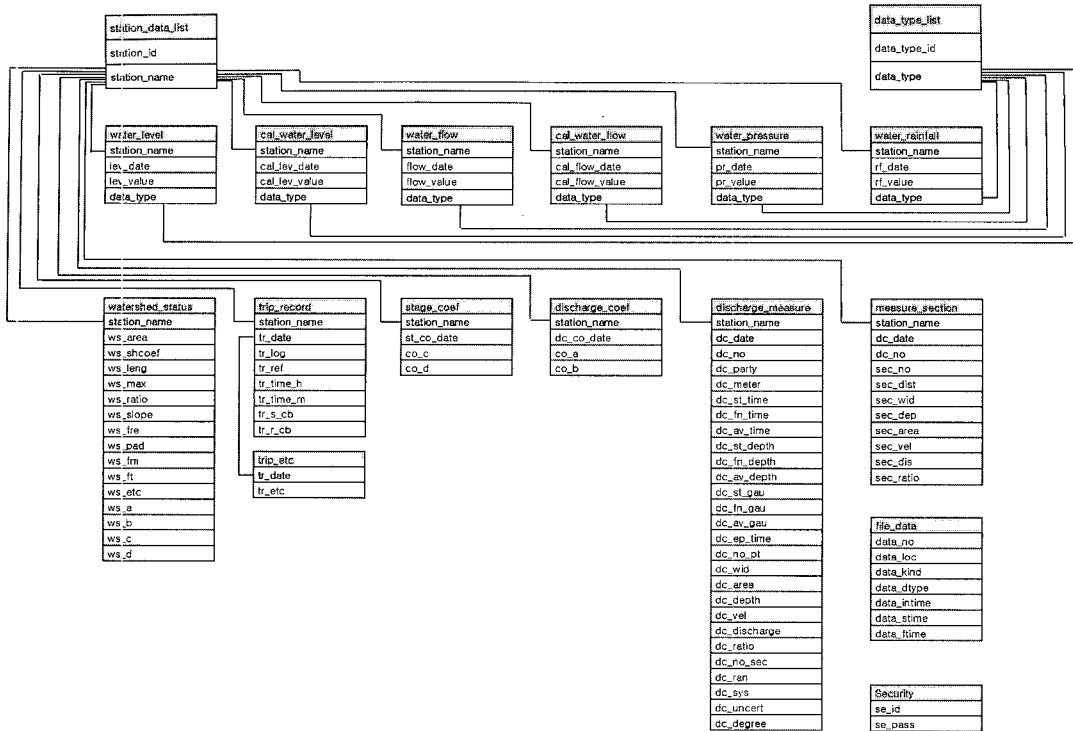


Fig. 1. Overview of HDMS database design with table relationship

watershed\_status 테이블, 출장관련 자료를 저장하는 trip\_record 테이블과 trip\_etc 테이블, 압력수위를 수위로 변화하는 식의 매개변수를 저장하는 stage\_coef 테이블, 수위-유량 관계식의 매개변수를 저장하는 discharge\_coef 테이블, 유량측정성과 자료를 저장하는 measure\_section 테이블, 유량측정성과 분석결과를 저장하는 discharge\_measure 테이블, 입력파일 현황을 저장하는 file\_data 테이블, 시스템 보안유지를 위한 관리자명단 자료를 저장하는 security 테이블로 구성하였다.

### 3. 수문자료관리시스템(HDMS)의 구성

수문자료관리시스템(Hydrologic Data Management System, HDMS)은 Fig. 2와 같이 자료검색시스템, 자료관리시스템, 자료분석시스템으로 구성되었다. 자료검색시스템은 입력된 자료의 검색을 통해 사용자가 선택한 자료기간에 대한 수문자료와 현장자료의 검색결과를 도시하여 보여줄 수 있도록 하여 수시로 반복되는 검색과정을 용이하도록 설계하였다. 자료관리시스템은 관측지점별, 시간단위별로 화면입력과 파일입력이 가능하며 자료의 저장, 갱신을 통해 현장에서 획득한 수문자료를 효과적으로 관리할 수 있도록 하였고, 새로운 자료가 생길 때마다 파일을 생성하게 되어 자료가 손실되거나 변형되는 경우가 많이 발생하는 문제점을 해결할

수 있도록 설계하였다. 자료분석시스템은 저장된 수문자료로부터 유역의 다양한 수문학적 통계자료를 제공하며 또한 저장된 수문자료의 품질을 평가하여 자료의 일관성 있는 관리를 가능하게 하도록 설계하였다. 또한, 메뉴식으로 구성된 사용자편의시스템(Graphical User Interface, GUI)을 통해 사용자가 원하는 작업을 쉽게 할 수 있도록 시스템을 구성하였으며, 윈도우 기반의 수문자료관리시스템의 개발을 위한 소프트웨어는 MS Visual Basic 6.0(Microsoft, 1999)을 사용하였다.

#### 3.1 시스템의 보안 등급

데이터베이스를 안전하게 보호하고 외부에 의한 손상을 방지하기 위하여 시스템 보안 등급을 관리자 등급과 일반사용자 등급으로 나누어 관리하도록 설계하였다. 관리자 등급은 모든 시스템으로의 접근이 가능하며, 기존 내부 자료를 변경하거나 갱신 및 삭제할 수 있는 등급이며, 일반사용자 등급은 시스템의 정보 및 기존 자료를 변경하거나 갱신 및 삭제할 수 없지만, 원하는 자료를 검색하여 필요한 자료를 가져갈 수 있다.

#### 3.2 자료검색시스템

일반사용자 및 관리자는 자료검색시스템을 이용하여 필요한 대상유역의 강우, 수위, 유량 등의 수문자료를 시간단위별로 검색할 수 있으며, 현장자료와 관련된

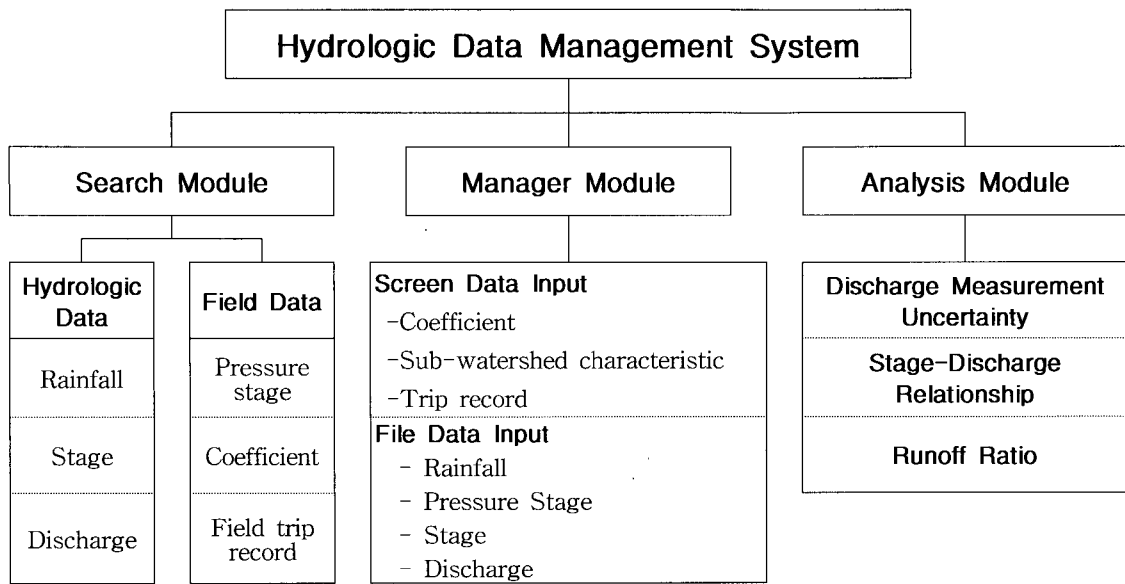


Fig. 2. The structure of Hydrologic Data Management System

압력수위, 압력수위-수위 관계식의 계수, 수위-유량 관계식의 계수, 출장일지를 검색하여 자료를 확인할 수 있다. 또한 사용자의 편의를 위해 검색한 자료를 텍스트 파일 형식으로 추출하여 파일로 저장할 수 있도록 구성하였다.

### 3.3 자료관리시스템

자료관리시스템은 관리자 등급만 접근할 수 있으며, 관리자는 자료관리시스템을 통해 자료를 입력할 수 있으며, 화면입력 모듈과 파일입력 모듈로 구성되어 있어 유역특성인자 입력, 수위-유량관계식 계수 입력, 출장기록 입력 등은 화면입력모듈을 통해 입력할 수 있으며, 텍스트형식의 파일로 되어있는 수위, 유량자료 등은 파일입력 모듈을 통해 데이터베이스에 저장시킬 수 있다.

### 3.4 자료분석시스템

자료분석시스템은 관리자가 입력된 자료를 분석하여 획득한 관측자료의 정확성 및 신뢰성 여부를 검토할 수 있도록 유량측정성과 불확실도 분석 모듈, 수위-유량 관계 분석 모듈, 유출을 산정 모듈로 구성되었다.

#### 3.4.1 유량측정성과 불확실도 분석 모듈

유량측정성과의 가능 오차를 정확히 예측하는 것은 불가능하지만, 유량측정성을 분석하여 오차 크기로 표현되는 통계적인 추정치로 예측하는 것은 가능하며, 신뢰구간으로 표현되는 이 오차크기의 통계적 추정치를

유량측정성과의 불확실도라고 한다(한국건설기술연구원, 2002). 유량측정성과의 불확실도 분석은 시험구역에서 조사된 유량측정성과 자료에 대한 정확성 및 신뢰성을 간접적으로 평가할 수 있으며 올바른 측정결과의 활용이 가능도록 한다.

유량측정에 대한 전체 불확실도는 전체 무작위 불확실도와 전체 계통적 불확실로 구성된다. 전체 불확실도는 개개의 측정 요소에 의한 불확실도에 의해 구성되며, 개개의 불확실도를 전체 불확실도로 계산하기 위해서는 평방자승근이 사용되며, 유속면적법에 대해서는 Eq. (1)과 같다(ISO 748, 1979, ISO/TR 5168, 1998, 수자원의 지속적 확보기술사업단 TR 2004-01, 2004).

$$X_Q = \pm \sum_{i=1}^m [(b_i d_i \bar{v}_i)(X_{b_i}^2 + X_{d_i}^2 + X_{\bar{v}_i}^2)^{1/2}] / (\sum_{i=1}^m (b_i d_i \bar{v}_i)) \quad (1)$$

여기서,  $X_b$  는 하폭측정에 대한 불확실도,  $X_d$  는 수심측정에 대한 불확실도,  $X_{\bar{v}}$  는 측정에서 평균유속 측정의 불확실도이다.

그리고 제한된 측선수를 이용함으로써 인한 무작위 불확실도 ( $X_m$ )가 Eq. (1)에 고려되어야 하며, 평균유속 ( $X_{\bar{v}}$ )에 있어서의 불확실도는 흐름에 있어서의 진동을 최소화하는데 필요한 측정시간 ( $X_c$ ), 한 측선에서의 측정 수 ( $X_n$ ), 그리고 유속계 회귀곡선의 불확실도 ( $X_c$ )에 따른다. 그러므로  $X_{\bar{v}}^2$  은 ( $X_c^2 + X_n^2 + X_c^2$ )로 바

끼고, 유량 Q의 95% 신뢰수준의 전체 무작위 불확실도는 Eq. (2)와 같은 형태가 된다.

$$X'_Q = \pm \sqrt{X_m'^2 + \frac{\sum_{i=1}^m (b_i d_i v_i)^2 (X''_{b_i}{}^2 + X''_{d_i}{}^2 + X''_{v_i}{}^2 + X''_{v_i}{}^2 + X''_{v_i}{}^2)}{(\sum_{i=1}^m b_i d_i v_i)^2}} \quad (2)$$

만약 각 측선의 유량이 거의 같다면 Eq. (2)는 Eq. (3)과 같이 된다.

$$X'_Q = \pm \sqrt{X_m'^2 + \frac{1}{m} (X''_b{}^2 + X''_d{}^2 + X''_c{}^2 + X''_p{}^2 + X''_c{}^2)} \quad (3)$$

Eqs. (2) ~ (3)의 방정식들은 측정의 정확도를 예측하는데 만족스럽지만 계통 불확실도의 가능성을 고려하지 않는다. 무작위 불확실성과 같은 양상을 나타내는 계통 불확실도는 분리하여 예측할 수 있고 Eq. (4)와 같이 결합된다.

$$X''_Q = \pm \sqrt{X''_b{}^2 + X''_d{}^2 + X''_c{}^2} \quad (4)$$

여기서,  $X''_b$ ,  $X''_d$  그리고  $X''_c$  는 각각 하폭 b, 수심 d 그리고 유속계 c에서 계통 불확실도의 퍼센트 값이다.

95% 신뢰구간에서 유량에 대한 전체 불확실도의 추정을 위해서 모든 무작위 불확실도와 계통 불확실도는 최소자승법에 의해서 Eq. (5)와 같이 조합된다.

$$X_Q = \pm \sqrt{X'_Q{}^2 + X''_Q{}^2} \quad (5)$$

Table 2는 미국지질조사국(USGS, 1992)에서 활용하고 있는 유속계측정에 대한 등급기준이며, 유량 측정 품질 등급은 절대적인 의미를 가지고 있지는 않지만 유량측정 성과의 정확도를 개선하고 일관된 품질 관리에

활용 가능하다(수자원의 지속적 확보기술사업단 TR 2004-01, 2004).

### 3.4.2 수위-유량 관계 분석 모듈

수위-유량 관계 분석 모듈은 특정기간 동안 수집된 현장 유량측정성과분석 결과를 단순선형회귀분석을 이용하여 선택된 자료기간동안의 수위-유량 관계식을 유도하여 매개변수와 결정계수를 계산하고 도시화할 수 있도록 구성되었다. 수위-유량 관계식은 Eq. (6)을 이용하여 유도하였다.

$$Q = a \cdot (h)^b \quad (6)$$

여기서, Q는 유량(m<sup>3</sup>/sec), h는 수위(m), a와 b는 매개변수이다.

### 3.4.3 유출율 분석 모듈

시험유역의 유량측정성과를 이용하여 유도한 수위-유량 관계식의 적절성을 알아 볼 수 있도록 하기위하여 유출율 분석 모듈은 선택한 기간의 데이터베이스에 저장된 유량 및 강우량, 소유역 면적을 이용하여 월별 유출율 및 연유출율을 산정하고 그래프로 도시화 할 수 있도록 구성되었다.

## 4. HDMS의 적용

### 4.1 시험유역 선정

본 연구에서 개발된 HDMS의 적용성 및 효율성을 평가하기 위하여 선정된 시험유역은 경기도 화성시 발안면과 팔탄면에 위치한 발안 시험유역으로 1996년부터 서울대학교 지역시스템공학과에서 수문관측을 실시하고 있다. 유역면적은 29.79km<sup>2</sup>이고 1996년 수문 계측망이 구성되었을 당시에는 HP#2, HP#5, HP#6, HP#7, HP#12, HP#14의 6개 소유역으로 구분되어 있었으나, 1998년부터 유역말단의 HP#1을 추가하여 총 7개의 소유역으로 구분되었다. 1998년에는 저수지 관개량을 측정하기 위해 HP#4, HP#11, HP#13지점이 추가되었으며,

Table 2. Data quality level of discharge measurement according to uncertainty (USGS, 1992)

Level	Uncertainty in the discharge measurement
Excellent	Uncertainty ≤ 2%
Good	2% < Uncertainty ≤ 5%
Fair	5% < Uncertainty ≤ 8%
Poor	8% < Uncertainty

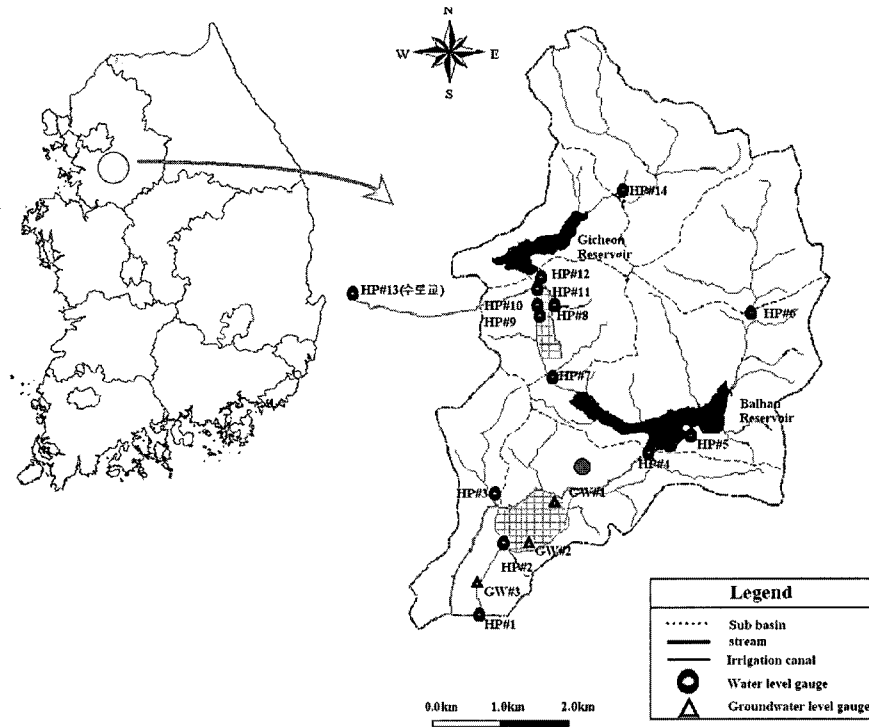


Fig. 3. Location of monitoring stations in the Baran watershed

논에서의 관개회귀수 모니터링을 위하여 HP#3, HP#8, HP#9, HP#10의 4개지점을 추가하여 설치하였다. 또한 관개시기의 지하수의 수위변화를 고찰하기 위해 GW#1, GW#2, GW#3의 지하수 관측공이 추가로 설치되었다. 발안 시험유역의 소유역 구분과 소유역별 수문관측지점의 위치는 Fig. 3에서 보는바와 같다.

#### 4.2 시스템의 적용

본 연구에서 개발된 HDMS를 적용하여 발안 시험유역 강우, 수위, 유량 등 기존의 수문자료를 데이터베이스에 저장하고 각 시스템 모듈의 적용성을 시험하였다. Fig. 4는 HDMS의 메인메뉴 화면을 보여주고 있으며, 메인메뉴에서 사용자는 각 소유역의 면적, 형상계수, 토지이용현황 등 유역특성현황을 검색할 수 있다.

##### 4.2.1 자료검색시스템

발안 시험유역에서 수집된 강우, 수위, 유량자료 등을 자료검색시스템을 이용하여 시간단위 및 검색기간 등을 선택하여 검색하고 검색된 결과를 텍스트파일로 저장하여 개인적으로 보관할 수 있어 수문자료의 검색 및 획득이 용이하였다. Fig. 5(a)는 1일 단위의 수위자료, Fig. 5(b)는 1일 단위의 강우자료를 검색한 결과이다.

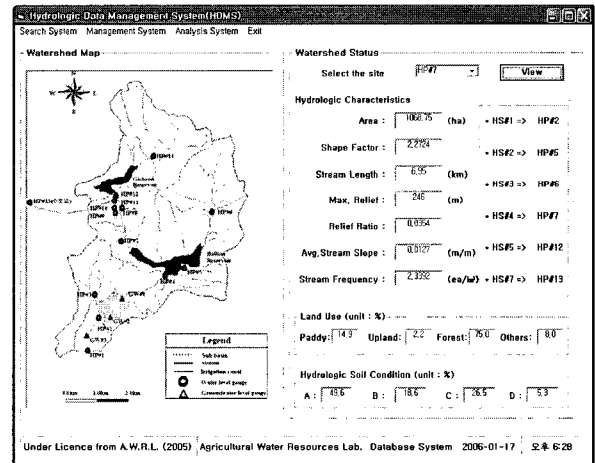
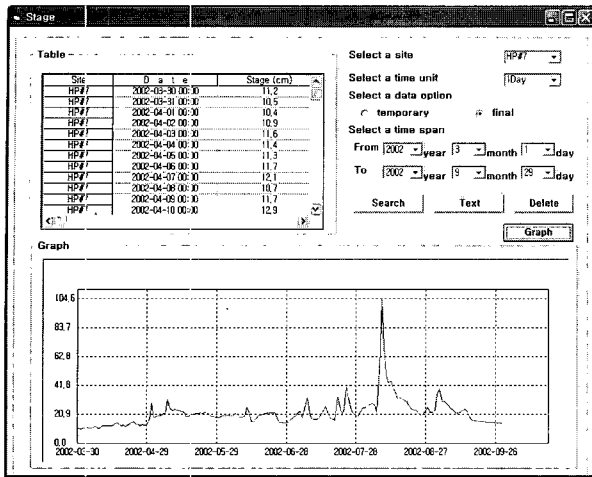


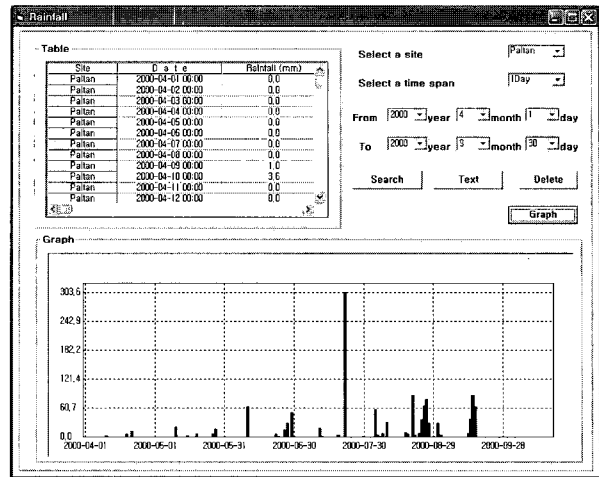
Fig. 4. The main menu of HDMS

##### 4.2.2 자료관리시스템

발안 시험유역에서 수집된 자료를 자료관리시스템을 이용하여 데이터베이스에 저장하여 관리함으로써 자료가 일관성 있고 안정적으로 관리되었으며, 관리자 등급으로 등록된 사람만이 자료관리시스템을 이용할 수 있어서 시스템의 효율적 관리가 가능하였고, 저장된 자료를 외부로부터 보호할 수 있었다. Fig. 6은 발안 시험유역의 세부소유역의 면적 및 형상계수, 최대기복비 등을 입력 저장하는 모듈을 보여주고 있고, Fig. 7은 텍스트파일형식으로 수위, 유량, 유량 자료를 입력할 수 있는 모듈을 보여주고 있다.



(a) Daily stream stage data display



(b) Daily rainfall data display

Fig. 5. Hydrologic data display examples using the data search system of HDMS

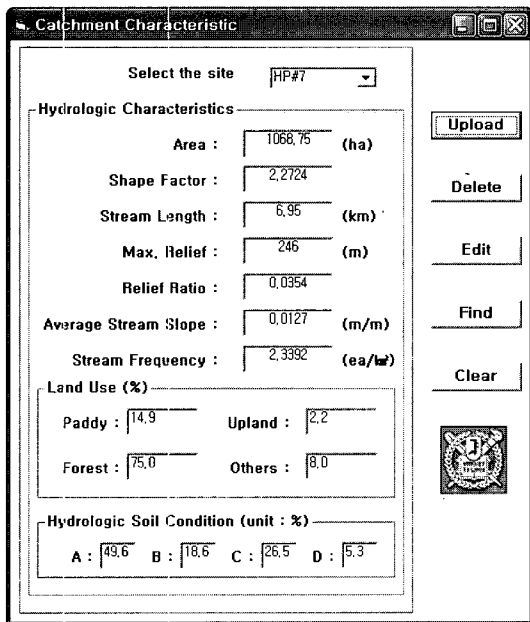


Fig. 6. Input module for sub-watershed characteristics

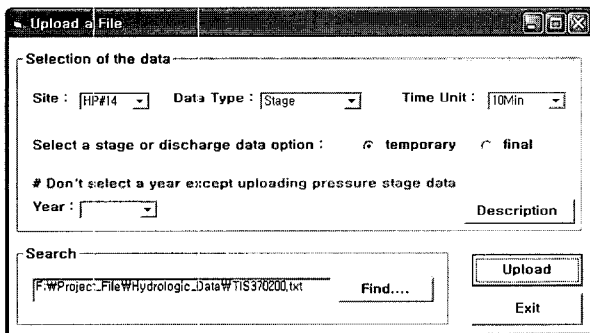


Fig. 7. Input module for uploading data as a file

#### 4.2.3 자료분석시스템

유량측정성과 불확실도 분석 모듈을 통해 유량측정 전에 예측되는 불확실도 수준을 평가하여 요구되는 수준을 만족하기 위한 하폭, 유속 측정시간, 측정 수 등을 결정하여 측정의 정확성을 향상시키고, 유량 측정 후에는 시험유역에서 조사된 유량측정성과를 입력하여 불확실도 분석을 실시하여 최종적인 불확실도를 분석하여 자료의 품질수준을 평가하였다.

Fig. 8은 유량측정성과를 입력하여 유량측정성과의 불확실도를 분석한 결과화면이고, Fig. 9는 유량측정성과의 불확실도를 분석한 결과를 MS-Excel 파일 형식으로 변환한 결과화면을 보여주고 있다.

Fig. 10은 2002년부터 2005년까지의 HP#1 지점의 유량측정성과별 총 불확실도를 분석한 결과이며, 2003년 4월 중순이후로 HDMS의 불확실도 분석모듈을 통해 유량측정을 관리한 결과 10% 이상이었던 총 불확실도가 10% 이내로 감소되어 정확도가 개선되었다. Fig. 11은 시스템 적용 전과 후의 각 유량측정 지점별 총 불확실도 및 개선을 분석 결과를 보여주고 있으며, 56%에서 61%까지의 개선을 보였다.

Fig. 12는 유량측정성과 결과를 검색하여 수위-유량 관계식을 유도한 결과를 보여주고 있다. 수위-유량 관계 분석 모듈을 통해 유량측정성과 결과를 지점별, 시간간격별로 검색하고 관계식을 바로 확인할 수 있어 자료분석이 용이하였고, 조사한 유량측정성과의 이상여부를 쉽게 확인할 수 있어 자료의 품질관리 측면에서도 효과적이었다.



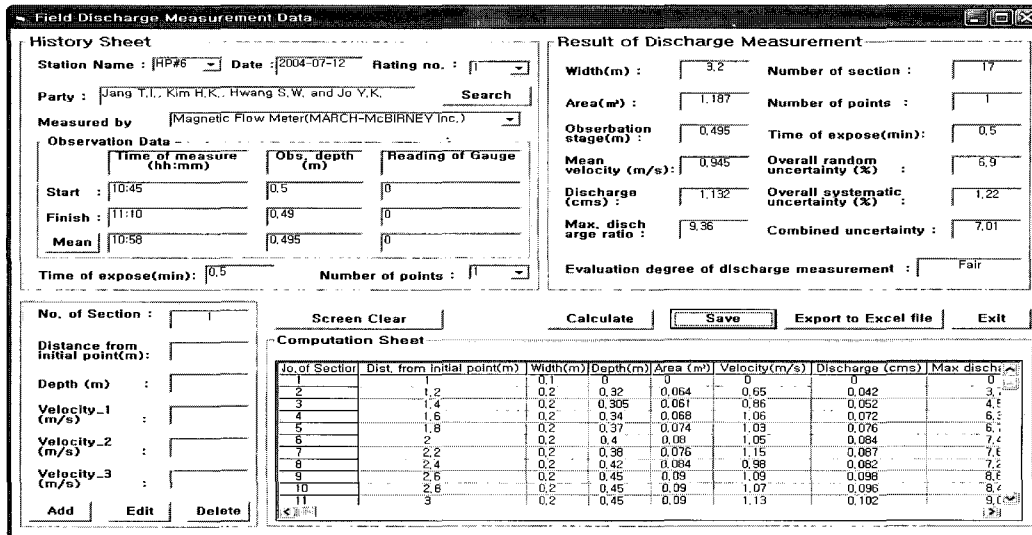


Fig. 8. The result of the uncertainty analysis in the discharge measurement

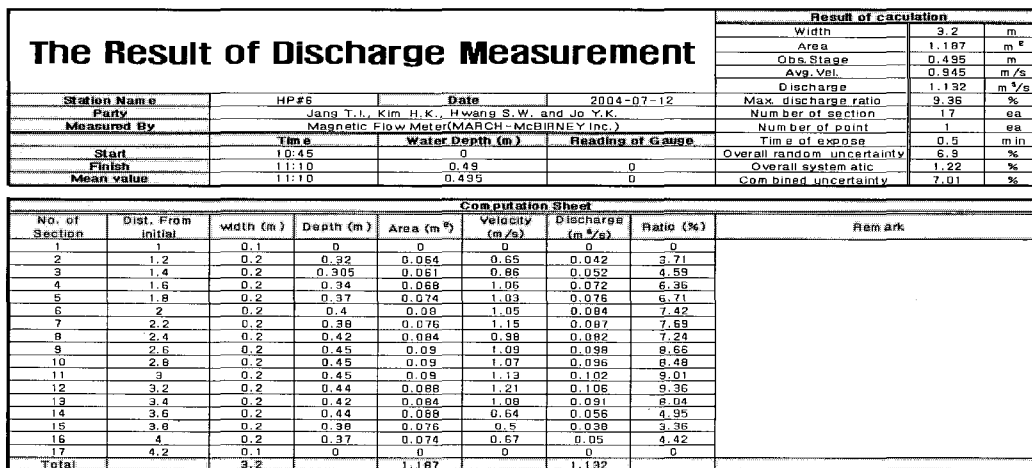


Fig. 9. The exported MS-Excel file format of uncertainty analysis results

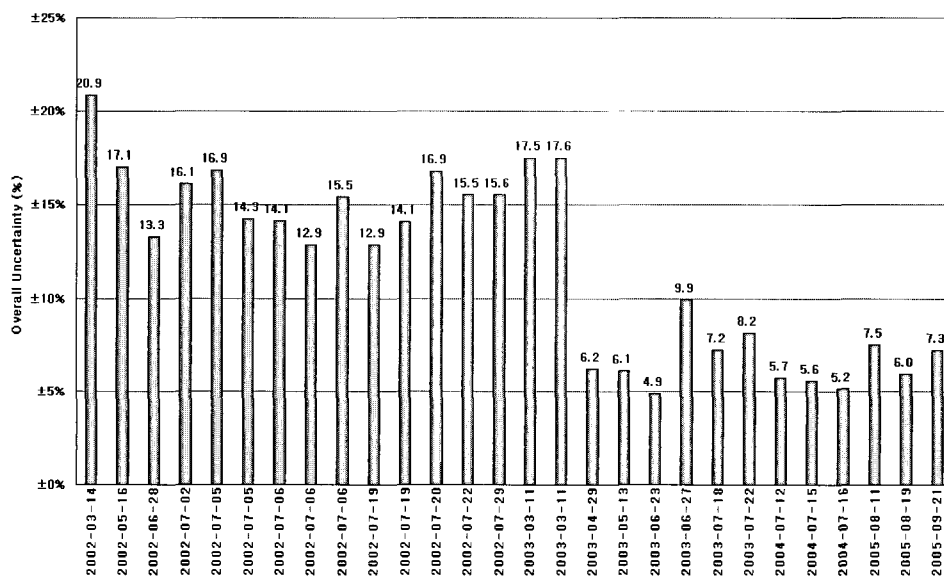


Fig. 10. Overall uncertainty of the discharge measurement at the HP#1 station (2002 ~ 2005)

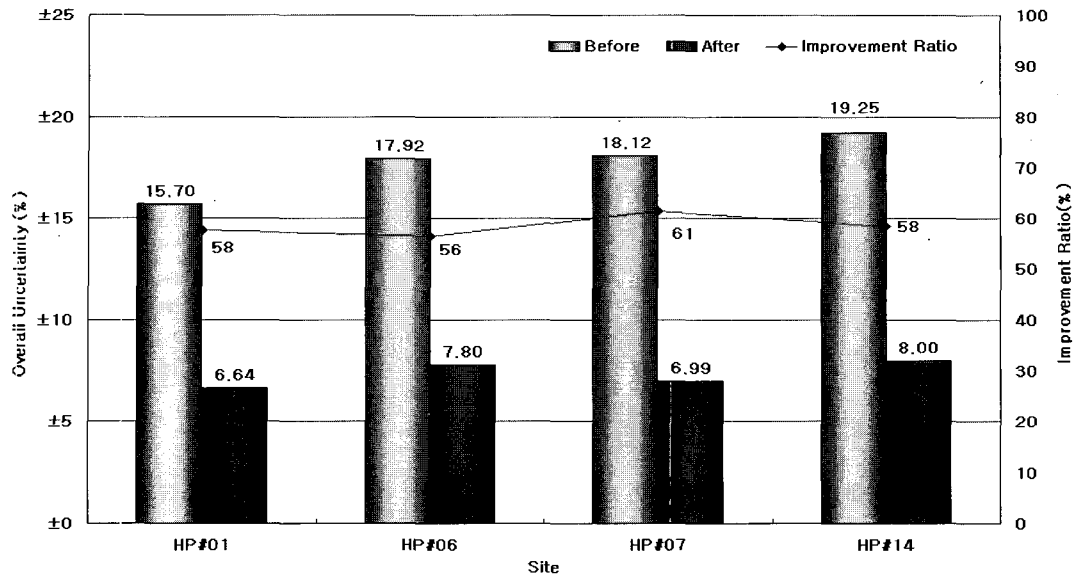


Fig. 11. Overall uncertainty and improvement ratio of the discharge measurements after applying the HDMS

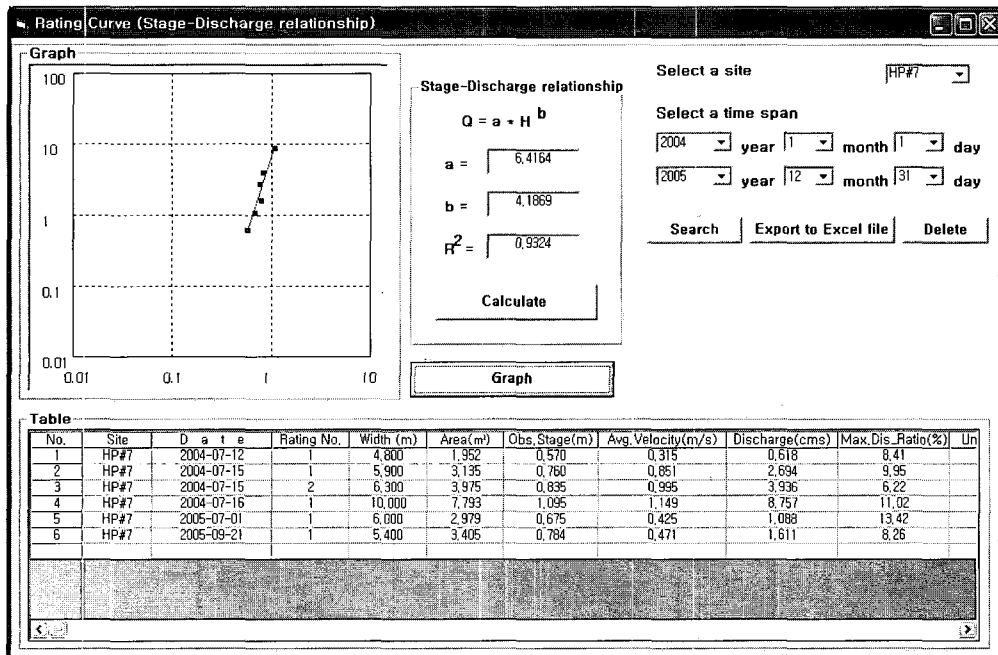


Fig. 12. The result of the calculated stage-discharge relationship

유출을 산정 모듈은 유도된 수위-유량 관계식과 유역면적, 선택기간에 저장된 유량 및 강우량을 이용하여 월별 유출을 및 연평균 유출을 산정해 줌으로써 수위-유량 관계식의 적정성을 확인하고 분석하는 작업을 용이하게 해주어 능률있는 작업을 가능케 하였다. Fig. 13은 월별 유출을 및 연평균 유출을 산정한 결과이며, Fig. 14는 그래프로 도시화한 결과이다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구에서는 소유역 수문자료를 효율적으로 관리할 수 있는 관계형 데이터베이스를 이용한 수문자료관리시스템(HDMS)을 개발하였다. 개발된 수문자료관리시스템을 이용하여 경기도 화성시에 위치한 시험유역을 대상으로 적용성을 시험하였다. 본 연구의 내용을 요약하면 다음과 같다.

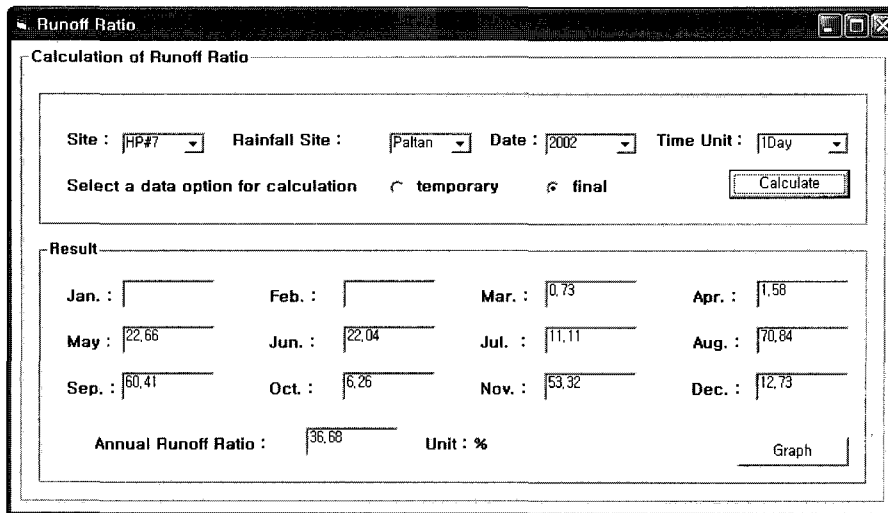


Fig. 13. Display of the calculated monthly and annual runoff ratio

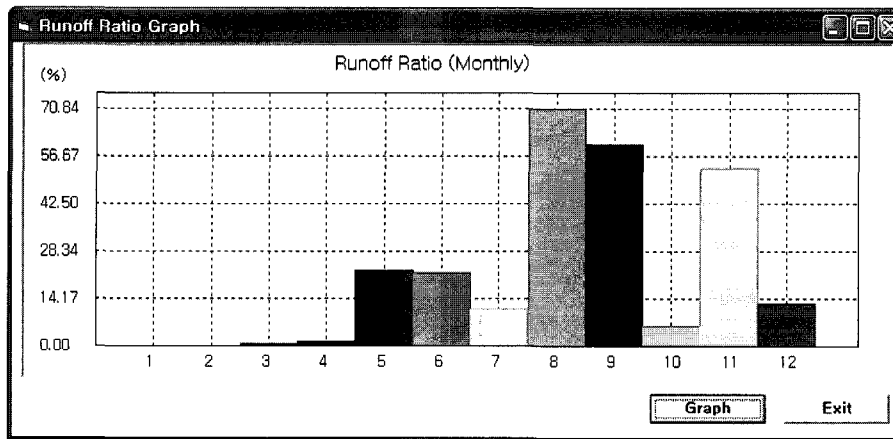


Fig. 14. Display of the calculated monthly runoff ratio graph

- ① MySQL 5.0을 이용하여 수문자료 관리를 위한 관계형 데이터베이스를 설계하였으며, 수문자료 데이터베이스는 17개의 테이블로 구성하였다.
- ② 수문자료관리시스템(HDMS)은 자료검색시스템, 자료관리시스템, 자료분석시스템으로 구성하였으며, MS Visual Basic 6.0을 이용하여 윈도우 기반의 시스템을 개발하였다. 경기도 화성시에 위치한 시험유역을 대상으로 유역자료와 수문자료를 입력하여 관리하여 HDMS의 적용성을 시험하였다.
- ③ HDMS의 자료검색시스템은 입력된 자료의 검색을 통해 사용자가 선택한 자료기간에 대한 수문자료와 현장자료의 검색결과를 도시하고 텍스트 파일로 저장할 수 있어 수문자료의 검색 및 획득을 용이하게 하였다. 자료관리시스템은 관리자가 관측지점별, 시간단위별로 화면입력과 파일입력을 통해 현장에서 취득한 자료를 일정한 형식으로 데이터베이스에 저장하여 관리함으로써 안정적인

자료관리를 가능케 하였다.

- ④ HDMS의 자료분석시스템은 불확실도 분석 모듈을 이용해 유량측정성과의 불확실도를 분석하여 시험유역에서 조사된 유량측정성과 자료에 대한 정확성 및 신뢰성을 간접적으로 평가할 수 있게 하여 자료의 품질관리를 가능케 하였고, 수위-유량관계 분석 모듈을 이용해 수위-유량관계에 필요한 유량측정성과의 검색과 관계식 유도 및 도시화를 편리하게 하였으며, 유출량 분석 모듈을 이용해 수위-유량 관계식의 적정성을 평가할 수 있게 하여 수문자료의 분석 및 품질평가를 가능케 하였다.

본 연구에서 개발된 HDMS를 이용하여 체계적이고 효율적인 수문자료 관리, 취득된 자료의 품질관리를 통한 자료의 정보력과 가치 제고, 저장된 수문자료로부터 다양한 수문통계자료의 생성이 가능하였다. 따라서 본

연구에서 개발된 HDMS는 소규모 단위 유역 규모의 수문자료를 효과적으로 관리하는 데 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2000-000-00200-0)지원으로 수행되었음.

## 참고 문헌

- 김기성 (2001). *Microsoft Visual Basic Programming*. 삼양출판사.
- 김진호 (1993). “데이터베이스관리시스템(DBMS)의 도입 및 평가를 위한 지침” **데이터베이스월드**, 한국데이터베이스진흥센터, 12월호, pp. 28-35.
- 김형섭, 김충수 (2006). “수문관측 현장 관리 및 수문자료 신뢰도 관리를 위한 품질관리시스템” **제1회 수문관측 심포지엄**, 건설교통부, pp. 201-212.
- 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단 (2004). **하천유량측정 지침 (기술보고서 2004-01)**
- 신현민, 김 승, 서병하 (1991). “퍼스날 컴퓨터용 수문 데이터베이스(PCHISS)의 개발” **한국수자원학회 학술대회지 수공학 논문**, 한국수자원학회, 제33권, pp. 5-12.
- 정승권, 이경도, 김남일, 이길성. (2005). “안양천 실시간 통합 수문모니터링 시스템 개발” **2005년도 한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp.801-805.
- 한국건설기술연구원 (2002). **시험유역의 운영 및 수문 특성 조사·연구**
- Carleton, C.J., Dahlgren, R.A., and Tate, K.W. (2005). “A relational database for the monitoring and analysis of watershed hydrologic functions : I. Database design and pertinent queries.” *Computers & Geosciences*, Elsevier, Vol. 31, pp. 403-413.
- ISO 748 (1997). *Liquid flow measurement in open channels - velocity area methods* : International Organization for Standardization.
- ISO/TR 5168 (1998). *Measurement of fluid flow evaluation of uncertainties*.
- Microsoft (1999). *Microsoft Visual Basic 6.0 professional Edition*
- MySQL AB (2006). *MySQL 5.0 Reference Manual*
- Pachey, A. S. (2003). *MySQL enterprise solutions* [electronic resource]. NetLibrary, Inc.
- USGS (1992). “*Determination of Error in Individual Discharge Measurement*”, Open-File Report, pp. 92-144.
- (논문번호:06-21/접수:2006.01.26/심사완료:2006.09.11)