

웹 GIS 기반 실시간 농촌홍수관리시스템 개발*

정 혁¹ · 정인균² · 박종윤¹ · 김성준^{1*}

Development of a Web GIS-Based Real-Time Agricultural Flood Management System*

Hyuk JUNG¹ · In-Kyun JUNG² · Jong-Yoon PARK¹ · Seong-Joon KIM^{1*}

요 약

이 연구는 자동수위계가 설치된 378개소 농업용저수지에 대하여 웹기반 실시간 농촌홍수관리 시스템을 구축하기 위하여 이루어졌다. 농촌홍수관리시스템은 한국농어촌공사의 농촌용수종합정보시스템(Rural Agricultural Water Resource Information System, RAWRIS)과 연계 운영되는 시스템으로서 RAWRIS의 통합 데이터베이스에 구축·관리되는 일강우자료, 시강우자료, 자동수위측정자료를 실시간으로 수신하여 연계 활용하는 시스템이다. 이들 자료를 이용하여 강우사상이 발생하는 시점을 기준으로 해당 강우사상기간동안의 매시간 홍수분석을 수행함으로써 해당 저수지로의 홍수유입량의 변화양상을 파악할 수 있는 계산결과를 제공함과 동시에 수위증가와 계산방류량으로 인한 저수지 상·하류의 홍수위험도를 등급화 하여 화면에 표출함으로써 광역적인 홍수현황을 파악할 수 있도록 구성하였다. 더불어 기상청 기상특보와 예보자료로부터 해당저수지유역에 발생가능하다고 생각되는 강우량을 저수지 관리자가 직접 입력하여 분석할 수 있는 기능을 통해 댐 운영에 참고 될 수 있는 정보를 제공할 수 있게 하였다.

주요어 : 농촌홍수관리시스템, 농업용 저수지, 홍수 예경보, 지리정보시스템

ABSTRACT

This study is to develop a web-based real-time agricultural flood management system(RAFMS) for 378 agricultural reservoirs equipped with auto water level gauge stations. The RAFMS was designed to operate linking with Rural Agricultural Water Resource Information System(RAWRIS) which supports data viz. real-time rainfall and

2012년 9월 4일 접수 Received on September 4, 2012 / 2012년 9월 25일 수정 Revised on September 25, 2012 / 2012년 10월 11일 심사완료 Accepted on October 11, 2012

* 본 연구는 2011년도 농어촌공사의 '농촌홍수관리시스템 보완 개발' 및 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(11 기술혁신C06)에 의해 수행되었음.

1 건국대학교 사회환경시스템공학과 Dept. of Civil and Env. System Eng. Konkuk University

2 워터매니지먼트 Water Management

* Corresponding Author E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr

water level necessary for RAFMS. The system was constituted to monitor the floods simultaneously at each reservoir by calculating the real-time reservoir inflow from watersheds, water level, and release to downstream. In addition, the system has the prediction function for the flood by applying weather forecasting data from Korea Meteorological Administration(KMA).

KEYWORDS : RAWRIS, Agricultural Reservoir, Flood Forecast, GIS

서 론

우리나라 농업용저수지는 농업용수의 공급, 가뭄 및 홍수에 대한 치수기능을 수행하는 중요한 기반시설물로, 농업생산기반정비사업 통계연보(2011)에 의하면 한국농어촌공사 및 시군관리 농업용저수지는 전국적으로 17,531 개소가 산재되어 있는 것으로 조사되어 있다. 그러나 많은 농업용 저수지가 노후되어 있고, 홍수조절의 기능이 있는 다목적댐과는 달리 대부분이 농업용저수지가 자연 월류식 물넘이 구조로 되어 있어 홍수조절 기능 및 홍수조절 용량을 확보하는데 어려움이 있으며, 홍수시 수위조절이 가능한 농업용저수지는 전체의 0.2%인 44개소에 불과한 실정(차한우, 2003)으로서 대다수의 저수지가 유역면적이 작고 호우발생시 급격한 유입량 증가로 인한 수위상승은 저수지의 비상상황발생 및 갑작스런 방류에 의해 하류지역의 홍수위험을 증가시키게 된다. 특히 2002년은 집중호우와 태풍 루사로 최대의 홍수피해를 경험하였으며, 이를 계기로 100만 m^2 이상의 댐 및 저수지에 대한 EAP(비상대처계획)을 의무화하여 수립을 진행하고 있고, 수리시설의 설계기준을 강화하여 홍수배제 능력이 부족한 시설물에 대한 보강계획을 수립, 사업을 추진하고 있으며, 수해가 우려되는 지역의 저수지에 대하여 홍수대비 사전 수위조절이 가능하도록 비상 수문 등 방류시설을 설치·보강함으로써 홍수조절기능을 부여하는 등 농업용저수지에 대한 개선사업이 추진되고 있다.

한국농어촌공사에서는 농업용수 및 농촌 생

활·환경용수 등 지역의 다양한 용수 수요 증가와 홍수, 가뭄 등 농촌지역의 재해에 대비하기 위한 농촌용수관련 정책수립지원에 다양한 정보를 제공할 수 있도록 농촌용수 물관리정보화사업을 추진해 오고 있으며, 2002년부터 전국 주요저수지에 대한 자동수위계 설치를 추진하여 자동수위측정 결과를 “농촌용수종합정보시스템(RAWRIS)”을 통하여 제공하고 있다. 농업용 저수지의 자동수위측정 자료는 농업용수공급 및 계획에의 활용과 더불어 최근의 기상이변에 따라 빈도 및 강도가 증가추세에 있는 집중호우에 대응하기 위한 농업용저수지 홍수유입에 따른 수위변화 및 방류량을 분석·예측하는데 매우 중요한 기초자료로 활용될 수 있다.

국내의 홍수 피해 관련 연구로서 김석규 등(2006)은 30m 격자의 DEM을 사용하여 하천망과 경계를 설정하고, 회귀분석을 통한 각 빈도의 홍수에 대한 홍수위를 기반으로 범람지역을 예측하였다. 박중윤 등(2010)은 HEC-RAS를 이용한 농업용 소규모 저수지에 대하여 저수지 붕괴에 따른 하류부 피해예측에 대한 연구를 수행한바 있다. 이형석과 김인호(2003)는 GIS와 WMS모형을 이용하여 유역 특성인자를 추출하였으며, 수치지도, 토양도와 토지이용도를 이용하여 수문해석을 수행하였다. 신상영 등(2005)은 XP-SWMM모형을 통해 도서지역의 국지성 돌발홍수를 사례로 강우등급에 따른 내수침수상황을 모의하여 침수예상지역을 분석하고 그에 따른 대피 강우 기준을 산정하였다.

국외의 홍수관리시스템을 살펴보면, 2000년 유럽연합과 중국은 협조관계를 통하여

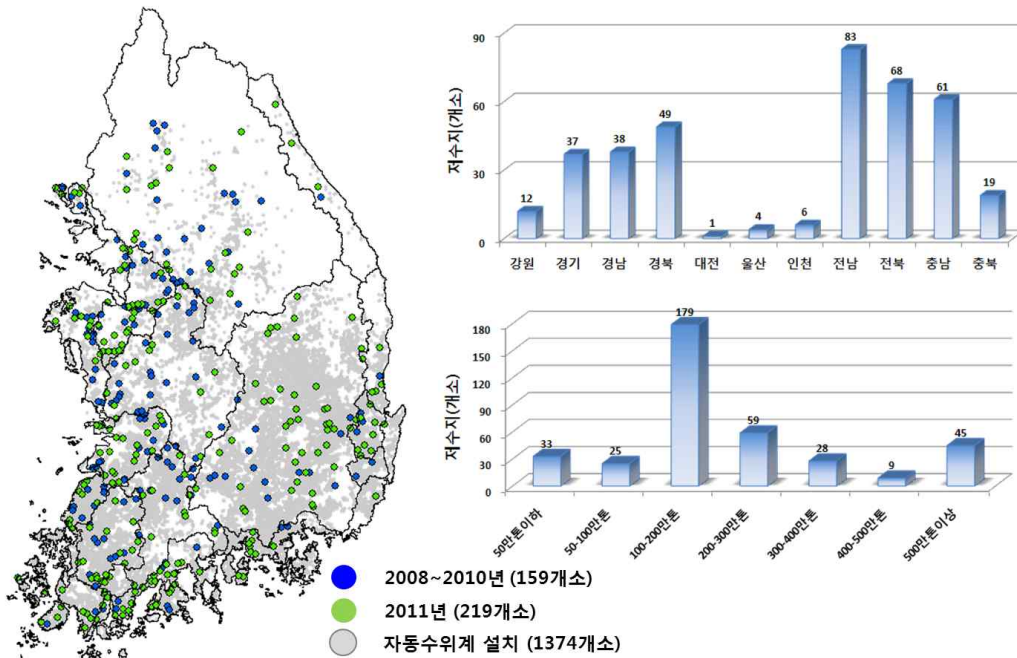


FIGURE 1. 농촌홍수관리시스템 378개 저수지의 위치분포 및 지역별, 저수용량별 분류 (한국농어촌공사, 2011)

ANFAS(Data Fusion For Flood Analysis And Decision Support)계획을 수립하고, 홍수예방 및 보호를 위한 의사결정시스템을 개발하였다. 이 시스템은 홍수재해 발생 시 주민의 대피, 제방의 보완 등, 이에 대한 가장 적절한 조치를 취할 수 있도록 의사결정시스템을 제공하고 있다. 독일은 1999년부터 개발을 시작하여 현재까지 시험 적용되고 있는 FLOMASY(FLOod MAnagement SYstem)을 개발하였다. 위험경보 및 관리시스템에 대한 필요에 의하여 홍수방지 센터를 중심으로 홍수 예측과 재해의 관리를 위해 운영되고 있으며, GIS와의 결합을 통한 범람지도 제작이 이루어지고 있다. 일본의 경우 1994년 국토교통성 치수과에서 홍수위험지도(Flood Hazard Map) 작성요령을 마련하였으며, 2001년 홍수방어법 발효에 따라 가상홍수에 의한 범람모의를 실시하여 침수구역도를 작성하였다. 이렇게 작성된 홍수위험지도는 각 해

당기관에 배포되었으며, 지자체별 대피정보와 교육정보를 포함하고 있다. 2002년 6월까지 173개 지자체의 홍수위험지도 제작이 완료되었다.

이 연구는 농업용 저수지유역에 대한 기상자료와 저수지 자동수위측정 자료를 연계함으로써, 호우발생시 홍수유입량을 파악하고 예상 강우에 의한 유입량 및 방류량을 사전에 분석하여 홍수시 농업용 저수지 운영의 의사결정 지원 및 홍수에 대응하고자 “농촌홍수관리시스템”의 개발을 목적으로 하고 있다. 한국농어촌공사 관리하에 자동수위계가 설치된 1374개소 저수지 중 378개소에 대하여 농촌홍수관리시스템을 적용하였다. 본 연구에서 구축한 저수지들을 살펴보면, 지역별로는 전라남도, 전라북도 그리고 충청남도가 전체의 56%를 차지하며, 저수지 저수용량으로는 100-200만m³ 규모의 저수지가 47%로 가장 많이 차지하고 있다(그림 1).

적용 이론

1. 저수지 추적 및 GIS 매개변수 산정

저수지 홍수추적에는 선형 저수지방법, Muskingum 유역추적법, 시간-면적곡선에 의한 유역추적법, Clark 유역추적법 등이 있다(국토해양부, 2009). 농촌홍수관리시스템에서는 중소규모 자연하천 유역에 적용하기 위하여 Clark 유역추적법을 사용하였다. Clark 유역추적법은 유역의 출구에 1개의 저수지가 있다는 가정하에 유역전반에 순간단위유효우량으로 인한 유수가 단순전이에 의해 저수지로 유입되고, 이를 저수지 저류효과로 인한 홍수추적을 사용하여 순간단위유량도를 유도하는 방법이다. Clark 단위도의 산정절차는 집중시간으로부터 등시간면적주상도를 계산하여 순간단위도를 산정한 후 단위도를 작성하였다. 유역에 내리는 강우에 따라 침투유량이 발생하는 시간적 특성이나 수리학적으로 반응을 일으키는 시간을 유역반응시간이라고 한다. 유역반응을 나타내는 시간매개변수는 도달시간, 집중시간, 지체시간, 기저시간 등으로 구분한다. 이 중에 유역의 홍수분석에 주로 사용되는 홍수도달시간은 유로길이와 평균유속의 비로 산정되는 소구간별 유하시간이다. 집중시간은 유역의 최원점에서 출구점까지의 도달시간으로서 각각의 소구간을 통과하는 도달시간의 합으로 정의되며 유입시간과 유하시간의 합으로 정의된다. 산정식으로는 Kirpich,

Kerby, Johnsfone and Cross, Kraven, Rziha, SCS Lag 공식 등이 있다(국토해양부, 2009). 이 중에서 Kirpich, Rziha, Kraven 공식들을 본 연구에 적용하였다(표 1). 그 외에 저류상수를 산정하기 위하여 형상계수의 역수를 적용하고 있는 Sabol 공식을 사용하였으며, 일부 저수지에는 Russel 공식을 적용하였다. 이 때 저류상수는 도달시간의 0.8~1.5배가 되도록 산정하였다. 90m 격자의 Digital Elevation Model(DEM)을 사용하여 흐름방향도, 흐름누적도를 ArcInfo의 Flowdirection, Flowaccumulate 함수로 구성한 후 토지피복도를 이용하여 지표격자를 구분하고 유하시간을 계산한 후, 하천격자의 유하시간을 계산하여 각 격자별 유하시간분포도를 작성하였다. 이를 ArcInfo의 FLOWLENGTH 함수를 사용하여, 10분단위 재분류 및 면적 산정을 하여 집중시간분포도를 작성하여 도달시간을 계산하였다. 이 중 최대값을 해당유역의 집중시간으로 선정하였다.

2. 수위 및 방류량 홍수 등급 산정

저수지의 실시간 홍수 등급 산정은 해당 시각의 저수위와 방류량을 기준으로 산정하였다. 홍수위에서의 방류량을 기준으로 100%로 설정하여, 각 비율별로 수위와 방류량을 등급을 나누어 경보단계를 제안하였다. 저수지 수위는 제한수위와 설계홍수위를 기준으로 계산저수위가 제한수위 이하를 정상으로 보며, 제한

TABLE 1. 자연하천유역 홍수도달시간(Tc, min) 산정방법 (국토해양부, 2009)

구 분	산정 방법	제한사항 또는 비교
Kirpich 공식	$T_c = 3.976L * 0.77S - 0.385$	지표면 흐름이 지배적인 농경지 소유역, 하도경사가 3-5%, 유역면적 0.453km ² 이하
	L = 유역의 최장하천길이(km)	
	S = 유역의 평균경사(H/L, m/m)	
	H = 유역출구점과 분류 최원점까지의 표고차	
Kraven 공식	$T_c = 0.444LS - 0.515$	지표면 흐름이 지배적인 중하류, 하도경사가 1/200 이하인 유역
	L = 유로길이(km)	
	S = 유로경사(H/L, m/m)	
Rziha 공식	$T_c = 0.833LS - 0.6$	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도경사 1/200 이상인 유역
	L = 유로길이(km)	
	S = 유역의 평균경사(H/L, m/m)	

TABLE 2. 홍수등급분류기준표

구분	등급	홍수등급분류기준
저수위	비상단계(EAP)	계산최고수위가 설계홍수위 초과
	홍수경보	계산최고수위가 설계홍수위 도달
	홍수주의보	계산최고수위가 홍수기 제한수위 초과, 설계홍수위 70% 도달
	홍수예비	계산최고수위가 홍수기 제한수위 초과, 설계홍수위 50% 도달
	정상유지	계산최고수위가 홍수기 제한수위 이하
하류하천	침수범람예상	계산최대방류량이 하류하천 계획홍수량을 초과하여 범람, 침수우려
	홍수경보	계산최대방류량이 하류하천 계획홍수량의 70% 도달
	홍수주의보	계산최대방류량이 하류하천 계획홍수량의 50% 이상
	홍수예비	계산최대방류량이 하류하천 계획홍수량의 30% 이상
	정상유지	계산최대방류량이 하류하천 계획홍수량의 30% 이내

수위와 설계홍수위의 50%, 70%를 경과한 경우 홍수예비와 홍수주의보, 설계홍수위에 도달한 경우 홍수경보를 내리며 초과하는 경우 비상단계인 Emergency Action Plan(EAP) 단계로 제안하였다. 또한 하류하천 위험도는 계획홍수량을 기준으로 하여 계산최대방류량이 계획홍수량의 30%이내를 정상으로 보며, 30%, 50%, 그리고 70% 각 구간에 대하여 홍수예비, 홍수주의보, 홍수경보를 100%를 초과하는 경우 침수범람예상 등급을 제안하였다. 여기서 침수범람예상 등급은 저수지를 범람하여 하류지역의 침수가 우려되는 단계이다 (표 2, 3).

농촌홍수관리시스템 개발

1. 시스템 구성

농촌홍수관리시스템은 그림 2와 같이 데이터베이스, 실시간분석 시스템과 사용자분석 시스템으로 구성되어있다. 일각우 데이터베이스에서 5일 이전의 일각우량을 조회하여 해당 날짜의 AMC 조건을 산정한다. 저수위 데이터베이스에서 모의시작시간 저수위를 검색하여 초기조건으로 설정한 후 모의기간에 대하여 실시간분석을 실시한다. 실시간분석 시스템에서는 실측강우를 이용하여 유효우량을 산정하고 Clark 단위도를 작성하여 단위도 합성을

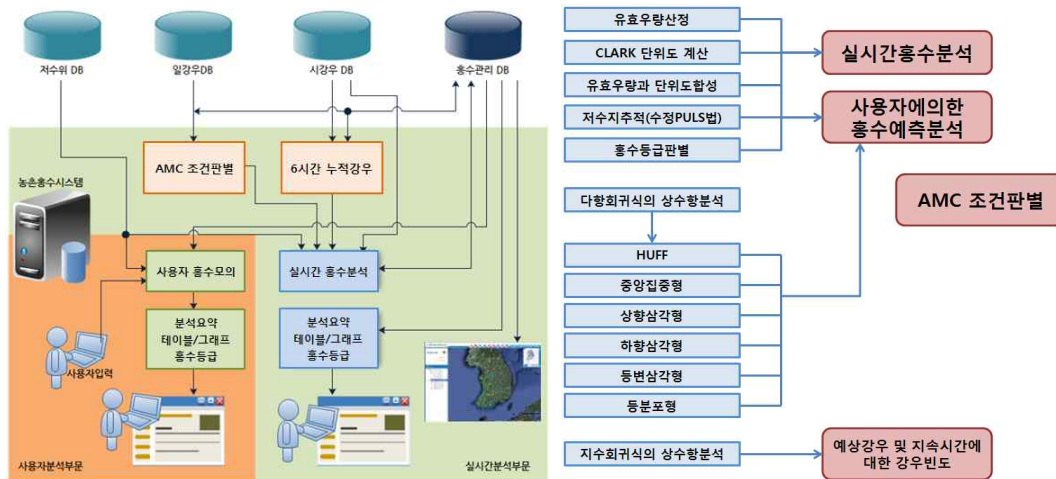


FIGURE 2. 농촌홍수관리시스템의 실시간 홍수분석 및 사용자 홍수모의시스템 구성

한다. 수정PULS법을 이용하여 저수지추적을 시행한 후 홍수분석을 실시하여 홍수등급을 산정한다. 사용자분석 시스템에서는 실측강우 대신 사용자가 입력한 강우량, 지속시간과 선택한 강우분포형을 이용하여 모의기간에 필요한 강우시나리오를 작성하여 홍수예측분석을 실시한다.

2. 시스템 운영

농촌홍수시스템은 매시간 정각마다 실시간 홍수분석시스템을 이용하여 실시간 홍수분석 및 사용자에게 의한 홍수분석을 수행할 수 있다. 실시간운영 시스템과 사용자분석 시스템으로 구분되는데 홍수분석의 절차에 따라 매일 또는 매시각 마다 자료를 연계하여 분석이 가능하다.

홍수분석의 초기값 중 선행토양수분 (Antecedent Moisture Condition; AMC) 조건은 사전에 발생한 강우량에 따라 SCS 유출곡선지수(Curve Number; CN)를 조절하여 직접유출량의 크기와 발생시간을 결정하는 가장 기본적인 매개변수가 되며, 등록된 저수지

를 대상으로 매일 관련관측소의 5일 이전의 일강우량을 조회하고, 성수기 및 비수기 조건에 따라 AMC조건을 판별하였다. AMC조건은 실시간 분석과 사용자분석 모두에 대하여 홍수모의 초기값으로 사용된다(그림 3).

실시간 홍수분석과 관련하여 계산 대상 이벤트의 시작과 종료를 구분하기 위하여 매시간 모든 저수지를 대상으로 현재시간을 포함한 6시간 누적 총강우량을 계산하였다. 해당 저수지의 6시간 누적 총강우량이 0mm가 넘게 되면 이벤트개시 시간으로 설정하게 되며, 다시 0mm가 탐지되면 이벤트를 종료하고 초기수위조건만을 실시간 홍수분석시스템에 입력하여 방류에 의한 저수지 추적과 홍수등급에 관한 사항만을 계산하여 결과데이터에 기록하였다. 실시간분석과 사용자분석에서 저수지의 수위와 방류량을 추적하기 위해서는 초기값으로 저수지수위가 입력되어야 하며, 해당시간의 저수위를 조회하여 사용하였다. 그 결과는 그림 4(a)와 같이 저수지의 유역평균강우량, 유입-방류량, 저수지 수위와 저수율이 그래프로 표현된다.

또한 사용자분석 시스템은 직접 해당 저수

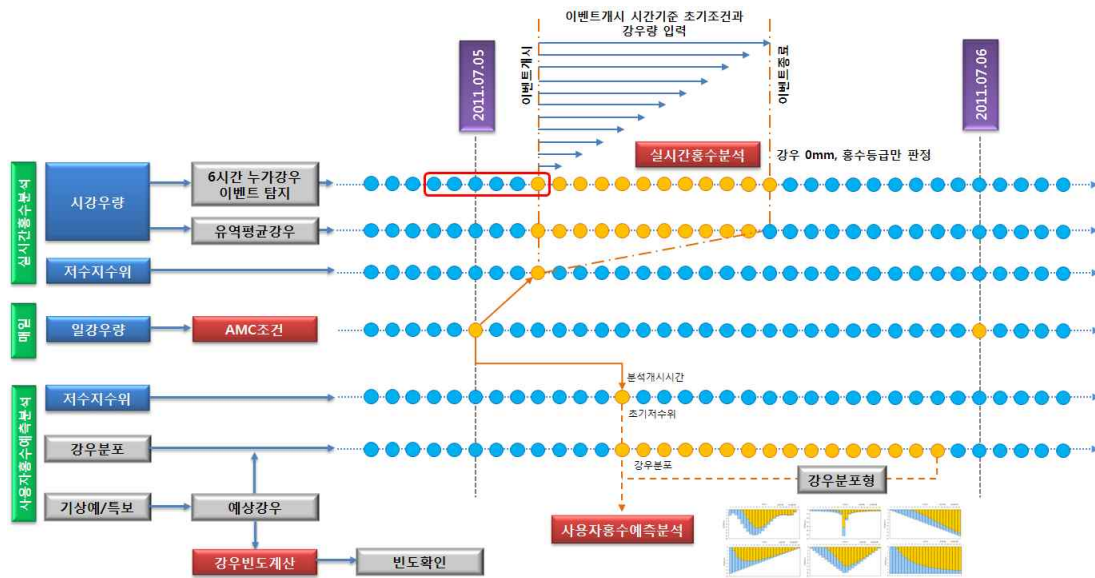
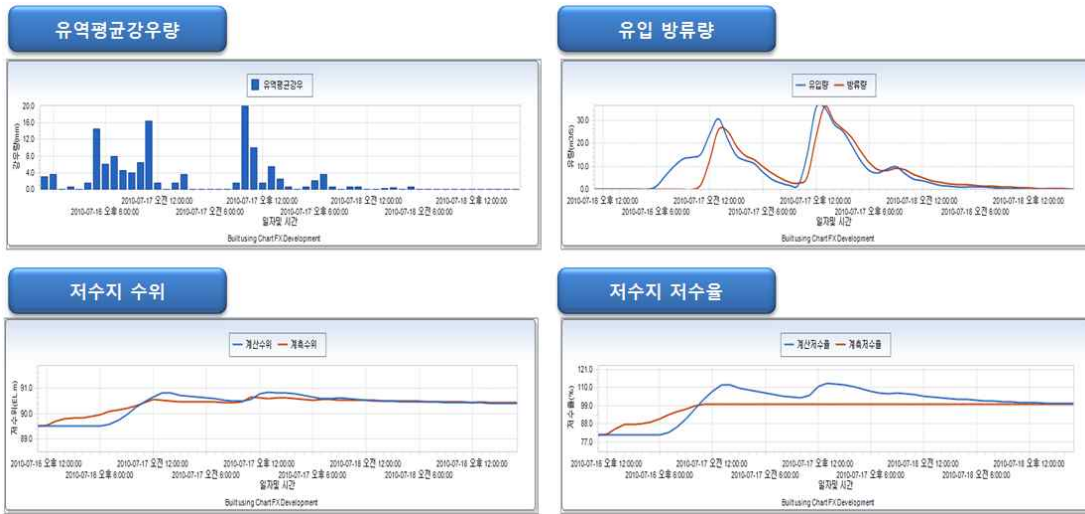
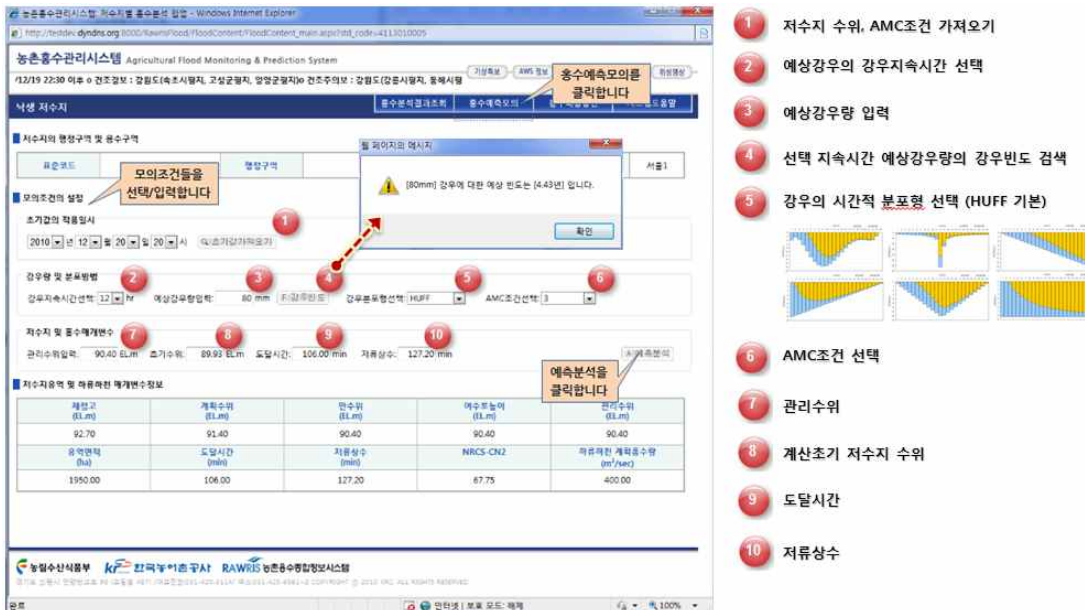


FIGURE 3. 홍수분석을 위한 운영조건



(a) 실시간 홍수분석결과 예시 화면 (낙생저수지)



(b) 사용자 홍수예측모의 메뉴 화면
 FIGURE 4. 농촌홍수관리시스템 사이트 구성

지에 강우조건을 입력하여 홍수예측모의를 할 수 있도록 구성되어 있다(그림 4(b)). 홍수예측모의시 사용자가 예상이벤트의 강우량, 지속시간과 강우분포형 선택을 통해 강우시나리

오를 작성하여 모의를 실시한다. 강우분포형은 HUFF형, 중앙집중형, 상향삼각형, 하향삼각형, 등변삼각형과 등분포형 중 선택하여 사용할 수 있다. 저수지 및 홍수매개변수는 해

당저수지의 데이터베이스에서 호출하여 초기 조건이 설정되며, 사용자가 변경할 수 있다.

3. 실시간 홍수 경보

농촌홍수시스템은 그림 5와 같이 실시간 홍수분석을 통해 화면에 저수지의 현재 상황을 표시하였다. 테두리와 내부 원으로 나뉘며, 테두리로 하류지역에 대한 홍수 경보를 나타내며, 내부 원으로 저수지 수위의 위험정도를 나타내었다. 이는 홍수 등급 판정 시스템에 따라 이루어지며, 적합하지 않은 경우 관리자에 의해 관련 매개변수를 조정하여 수정할 수 있다. 사용자는 화면상의 표시를 통해 지역과

저수지의 홍수현황을 파악할 수 있으며, 사용자 홍수모의를 통해 추후 해당 저수지의 홍수에 대한 예보가 가능하다.

농촌홍수관리시스템의 적용성 평가

1. 적용성 평가

농촌홍수시스템에 적용되는 매개변수의 보정을 통해 그 적용성 평가를 하였다. 구이(6210ha)와 마곡(340ha) 저수지에 대하여 실시하였다. 구이 저수지는 상승부(AMC조건 : 3, 2010.08.09-2010.08.11), 마곡 저수지는 만수위를 초과하여 방류가 이루어지는 이

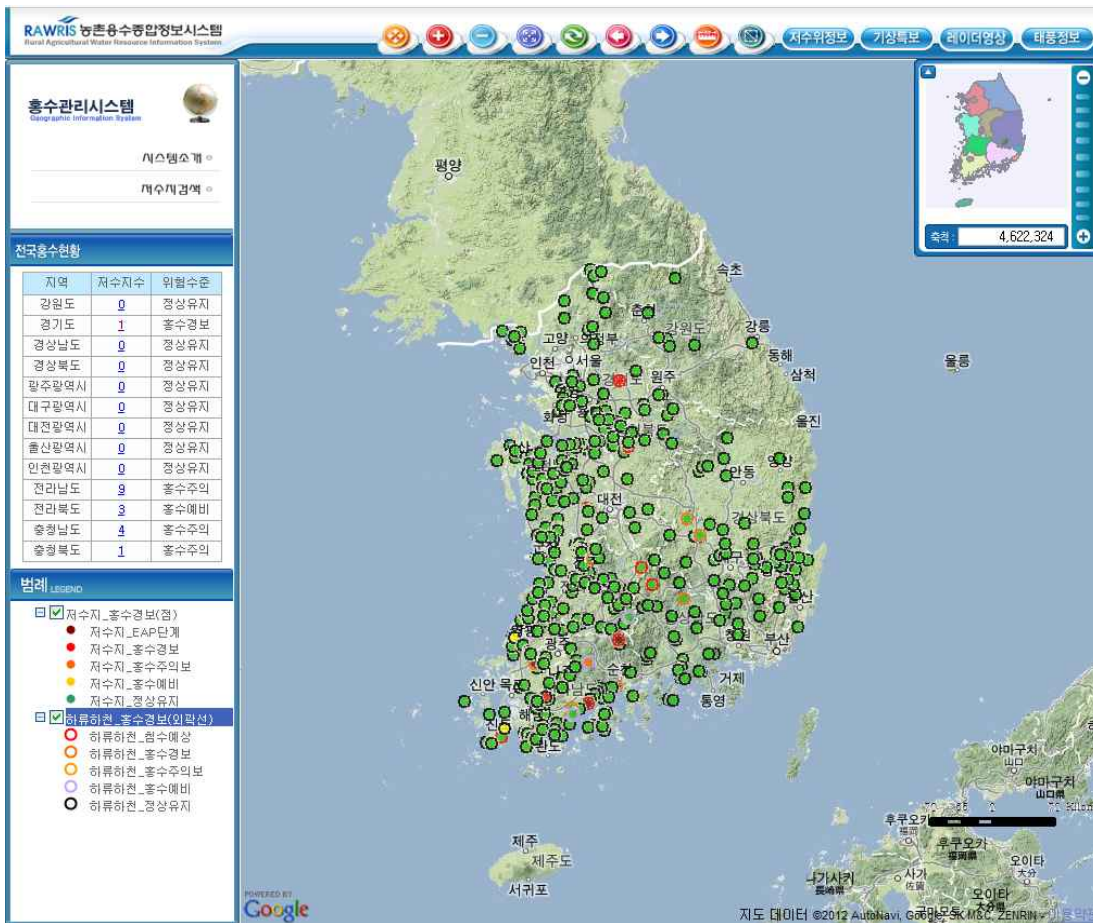
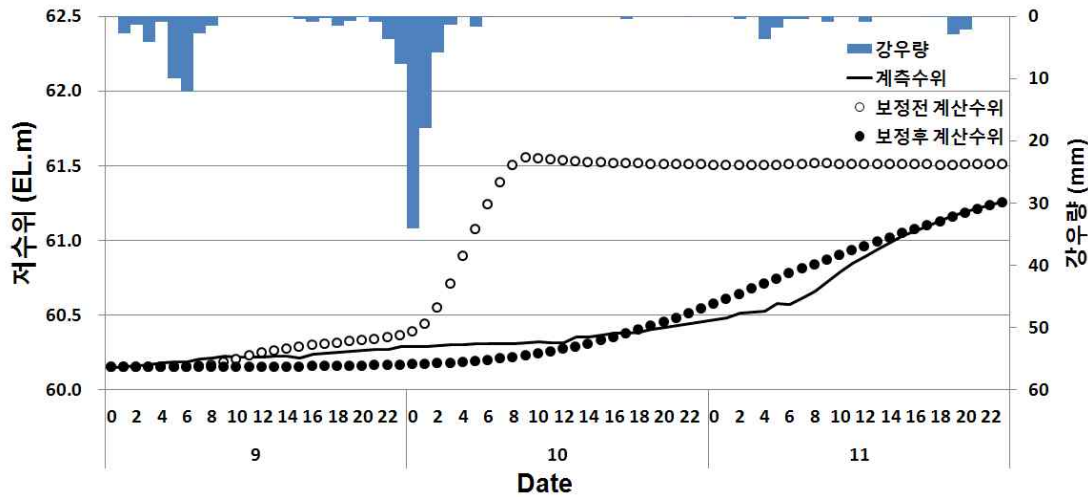


FIGURE 5. 실시간 홍수 경보

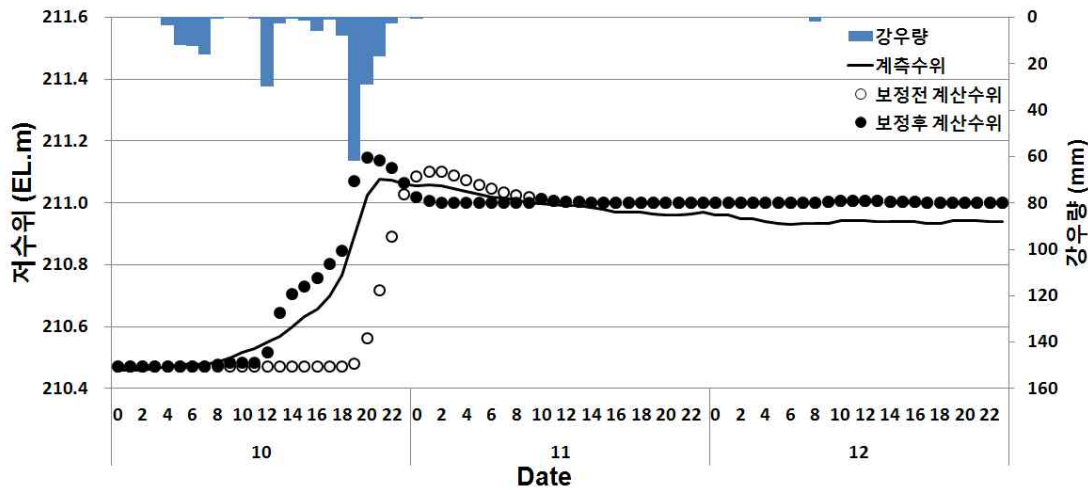
벤트(AMC조건 : 2, 2010.08.10-2010.08.12)를 선정하여 실시하였다. 보정방법은 기본적으로 도달시간과 저류상수를 매개변수로 사용하여 수위-방류량 곡선에 따른 최고 수위 도달시간을 고려하여 시행착오법으로 보정을 실시하였다.

그 결과, 구이 저수지는 도달시간과 저류상

수를 267.9분, 321.4분에서 2020분, 2040분으로 보정한 결과 이벤트 종료 후 최종수위가 0.02m 차이가 났으며, 보정된 매개변수가 적합한 것으로 나타났다(그림 6(a)). 마곡 저수지는 실측값과 모의값이 첨두발생시간에 있어서 1시간 차이를 보였으며, 이를 도달시간과 저류상수를 20분, 25분에서 80분, 150분으로



(a) 구이 저수지 강우-수위 그래프



(b) 마곡 저수지 보정 전 강우-수위 그래프

FIGURE 6. 저수지 보정 전·후 강우-수위 그래프 및 유입량-방류량 그래프

TABLE 3. 보정 후 홍수분석모의 결과

저수지	강수량 (mm)	유입량		방류량		수위				R2
		최대 (m3/s)	총량 (mm)	최대 (m3/s)	총량 (mm)	최고수위 (EL.m)		최고수위 도달시간 (hr)		
						실측	모의	실측	모의	
구이	125.4	16.3	31.7	0	0	61.27	61.25	72	72	0.95
마곡	207.5	22.7	114.8	23.0	86.7	210.89	211.15	20	21	0.95

보정한 결과는 그림 6(b)과 같았다. 최고수위는 0.26m 차이가 나는 것으로 확인되었다. 두 저수지의 보정결과는 표 3과 같으며 결정계수 R2(Root Mean Square)가 구이 0.95, 마곡 0.95로 분석되었다. 구이 저수지는 강수 대비 유입량과 방류량이 25.3%, 0%로 나타났다. 마곡 저수지는 55.3%, 41.8%로 나타났다.

요약 및 결론

이 연구에서는 농촌유역의 홍수관리를 위하여 실시간으로 해당 저수지의 저수위 및 방류량을 통해 홍수 위험 정보를 내리며, 사용자가 예상 강우를 입력하여 분석을 할 수 있도록 웹기반의 실시간 홍수분석 및 예측시스템을 구축하였다. 저수지 홍수분석 및 예측을 위한 강우시나리오의 작성 및 각 저수지의 유역 특성을 고려한 매개변수를 추정할 수 있도록 하였다.

홍수추적 매개변수 산정에 있어서 GIS 기법을 이용하여 자동으로 추출이 가능하도록 구성되어 있다. 이 연구에서 2개의 저수지에 대해 보정을 실시한 결과 GIS 기법을 이용한 적정 매개변수보다 크게 보정되는 경우 강수량 대비 유입량과 방류량 비율이 작게 나타나는 부분이 있었다. 이를 통해 실제 강우사상을 대상으로 저수지에 적용함에 있어 각각 다른 매개변수가 산정될 수 있으므로 그 기준을 설정해야 하며, 이에 따른 검·보정이 이루어져야 한다. 그 기준으로 기산정된 매개변수에 비해 일정비율 이상의 보정이 필요한 경우 기존 자료에 대한 검토가 이루어져야 할 것으로

생각된다. 또한 시스템의 목적인 홍수예보와 경보를 위해 홍수기를 기준으로 현장 수위표와 자동수위계의 시계열 관측치의 검수가 이루어져야 한다. 이는 농촌홍수관리시스템의 신뢰성을 확보하고 매개변수 검·보정을 하여 정확성을 높이기 위한 방안으로 생각된다.

농촌홍수관리시스템은 자연재해 중 하나인 홍수를 예방하기 위하여 전산화 및 시스템 구축이 취약한 저수지에 대하여 웹시스템을 구축함으로써 일반인의 정보 접근성을 향상시켰다. 사용자의 이용을 통해 저수지 관리자 및 하류 지역 주민들의 홍수피해 경감에 기여할 것으로 기대된다. 앞으로 침수구역설정, 대상 저수지 확대 및 분석시스템의 다양화를 통해 보다 나은 결과를 보일 것으로 사료된다.

KAGIS

참고문헌

- 건설교통부. 2000. 1999년도 수자원관리기법 연구조사보고서 - 별책 제2권 지역적 설계 강우의 시간적 분포.
- 국토해양부. 2009. 하천설계기준·해설. 229-250쪽.
- 김석규, 송인호, 김철. 2006. GIS와 수리모형을 이용한 홍수지역예측 비교. 한국지리정보학회지 9(3):183-192.
- 농림수산식품부. 2011. 농업생산기반정비사업 통계연보(2011).
- 박종윤, 조형경, 정인균, 정관수, 이주현, 강부식, 윤창진, 김성준. 2010. 농업용 소규모 저수지의 붕괴에 따른 하류부 피해예측 모델

- 링. 한국농공학회논문집 52(6):63-73.
- 신상영, 여창건, 백창현, 김윤중. 2005. GIS를 이용한 도시지역 돌발홍수 침수예상지도 작성 및 대피강우기준개발. 한국지리정보학회지 8(4):71-80.
- 윤용남. 1986. 공업수문학. 청문각.
- 이형석, 김인호. 2003. GIS를 활용한 홍수유역의 유출량산정. 한국GIS학회지 11(1):132-142.
- 차한우. 2003. 재해를 대비한 수리시설물 보강 계획. 한국관개배수 12(1):106-115.
- 한국농어촌공사. 2008-2011. 농촌홍수관리시스템개발. **KAGIS**