

가상 홍수시나리오에 의한 홍수범람 해석 The Analysis of Flooding by Virtual Flood Scenario

윤희천¹⁾ · 엄대용²⁾ · 이용욱³⁾ · 김정우⁴⁾

Yun, Hee Cheon · Um, Dae Yong · Lee, Young Wook · Kim, Jeong Woo

Abstract

A virtual flood scenario has been constructed to investigate the overflowing process in the flooding area. The topography is constructed using the airborne LIDAR data. In addition, the frequency and scale of the flooding and the destruction condition of the flooding defensive structure are used as input to the scenarios. Through the scenario, the inundation depth with respect to time and maximum depth has been analyzed. This analysis shows the water level variation with time which show the flooding process. Moreover, a flooding map is drawn using the results from the scenario, distribution of the defensive structure, vulnerable area, and expected destruction points in the study area. It is expected that this study can be effectively used to examine the flooding process and flood disaster management. Furthermore, it could provide important basic information for the land development and the city planning of a possible flooding area.

요 지

본 연구는 국가 치수계획의 효과적 수립에 필요한 각종 홍수정보의 효율적인 획득을 위한 것으로 최근 효율성과 정확성이 입증되고 있는 항공 LiDAR 데이터를 이용하여 대상지역에 대한 지형정보를 구축하고 유역조건, 홍수사상의 빈도규모 그리고 홍수방어시설의 붕괴의 조건을 설정하여 범람 발생형태에 따른 가상홍수 시나리오를 작성하였으며 이에 따른 시간대별 침수심 및 최대 침수심의 분석과 특정 지점에 대한 시간대별 수심/수위 변화를 측정하여 홍수발생시 범람의 진행과정을 모니터링 하였다. 또한 홍수범람 분석 결과와 연구대상지역의 홍수방어 구조물, 취약지점 및 파제예상지점등의 자료를 이용하여 홍수지도를 작성하였다. 본 연구의 결과는 홍수의 원인과 범람의 과정의 파악과 홍수로 인한 대피 및 방재 등 홍수재난관리 목적에 이용될 수 있을 것이며 유역치수계획 수립, 홍수에 · 경보 그리고 홍수예상지역의 토지이용계획 및 도시계획수립의 기초자료로서 활용 가능하리라 사료된다.

핵심용어(Keywords) : LiDAR, DEM, 홍수시나리오, 홍수범람, 홍수지도

1. 서 론

산업발전과 자산가치의 증가로 인해 홍수로 인한 피해액은 해마다 증가하고 있으며, 급속한 도시화로 인해 유출률은 꾸준히 증가하고 있다. 특히 1990년대에 들어서는 역대 최고 피해를 기록하는 홍수사상이 매 해마다 되풀이되고 있는 실정으로 지난 2002년만 해도 8월말 집중호우와 태풍 루사의 영향으로 강원 강릉에는 건교부 산정 PMP

(Probable Maximum Precipitation)를 초과하는 기록적인 강우로 인해 막대한 피해가 발생하였으며 경상남북도, 충청, 경기, 전라남 · 북도 등 전국적으로 5조 8천억원에 달하는 피해와 200여명의 인명피해를 기록하였다.

이와 같은 홍수로 인한 피해를 줄이기 위해서는 우선 홍수에 의한 피해 지역 정보를 사전에 인지하여 범람에 의한 피해를 검증하고 범람원을 효율적으로 관리 할 수 있는 정보의 수집 및 분석을 수행하여 이 분석 결과를 바탕으로

1) 정회원 · 안산공과대학 토목과 조교수(E-mail:yoohc60@ansanc.ac.kr)
2) 정회원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail:udy5066@empal.com)
3) 정회원 · 선문대학교 건설환경산업공학부 겸임교수(E-mail:leeyoungwook@empal.com)
4) 정회원 · 세종대학교 지구정보공학과 부교수(E-mail:jwkim@sejong.ac.kr)

홍수에 의한 범람 발생시 침수지역의 예측을 통해 인적·물적 피해를 최소화하기 위한 각종 치수계획의 수립이 효과적으로 이루어져야 한다. 미국과 일본의 경우 홍수관리와 치수계획의 수립을 위해 홍수범람위험구역, 침수지역 및 이력정보, 대피장소 및 경로, 구호 및 복구를 위한 주변 유관기관의 정보 등을 수집하고 수리·수문 분석을 통한 홍수범람을 해석하고 있으며 GIS와의 연계를 통하여 이들 홍수 정보의 수집, 관리 그리고 해석을 통한 홍수관련 정보를 치수계획에 효과적으로 활용하고 있다(최윤석 등, 2000; 이홍래, 1998). 특히 일본은 홍수지도 제작을 위하여 홍수관리에 적극 활용하고 있는데 홍수지도의 제작은 크게 두 부분으로 나누어져 하천관리자가 만드는 홍수범람도와 시·구청·촌이 주체가 되어 작성하는 피난지, 피난경로위치, 정보입수방법 등을 구체적으로 표시한 홍수피해도를 제작하고 있다. 일본은 하천관리 및 치수사업의 진행 방법, 하천변에 인구밀집도가 높은 지형적 특성이 우리나라와 거의 비슷한 상황이어서 일본의 홍수재해지도 제작방향은 국내적용을 위한 좋은 본보기가 되고 있다(신영호, 2002). 그러나 우리나라의 경우 국가치수산업의 정책방향이 과거 제방축조와 같은 구조적인 대책에만 집중되어 있어 이를 보완할 수 있는 비구조적 대책의 수립을 통한 홍수경감대책 수립 및 홍수피해사전대비, 예방 및 복구에 적극적인 활용이 절실히 요구되어 지고 있다.

이에 본 연구에서는 국가 치수계획의 효과적 수립에 필요한 각종 홍수정보의 효율적인 획득 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 우선 정밀 지형정보의 효율적 구축을 위해 최근 효율성과 정확성이 입증되고 있는 항공 LiDAR(Light Detection and Ranging)데이터를 이용하여 대상지역에 대한 지형정보를 획득하고 과거 침수면적, 침수원인, 유역조건, 빈도규모 등을 토대로 범람 발생형태에 따른 가상홍수 시나리오를 작성하여 시나리오에 따른 시간대별 침수심도 및 최대 침수심을 GIS와의 연계 분석 및 모니터링 함으로써 홍수범람 해석, 범람가능지역 예측 및 파제 예상지점 도출 등 홍수발생과 범람에 대한 다양한 정보의 제공 가능성을 검증하고 홍수지도를 시범적으로 제작하고자 한다.

본 연구 성과는 홍수를 방어하기 위한 구조물의 제원 및 위치, 홍수취약지점 및 범람가능지역예측, 홍수의 발생시 파제가 예상되는 지점 등 홍수발생과 범람에 대한 다양한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대되며 홍수지도가 제공하는 다양한 정보는 유역종합치수계획과 홍수에·경보, 홍수조절 편익 산정 그리고 GIS를 이용한 홍수정보의 관리를 위한 기초자료로서 매우 효과적으로 활용될 수 있을

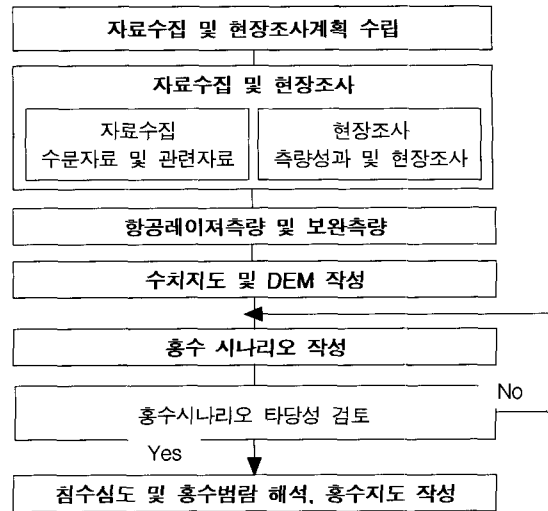


그림 1. 연구흐름도

것으로 기대된다. 그림 1은 홍수지도 제작을 위한 연구 흐름도를 나타낸 것이다.

2. 항공 LiDAR 측량

홍수범람해석 및 홍수지도를 제작하기 위해서는 범람구역을 예측하기 위한 모델링을 지원하는 지형공간자료의 정확도와 경제성, 객관성, 현실성이 매우 중요하다(Moore 등, 1996). 여기서 주요한 지형공간자료는 DEM(Digital Elevation Model)이며 범람 모델링의 결과는 제공된 DEM의 정확도에 따라 좌우된다고 할 수 있다. 따라서 보다 경제적이고 효율적이며 정확한 DEM의 제작이 필수적이다. DEM의 제작을 위해서는 현재 여러 가지 방법들이 이용되고 있으나, 본 연구에서는 대상지역에 대한 DEM을 획득하기 위한 방법으로 LiDAR System을 이용하였다.

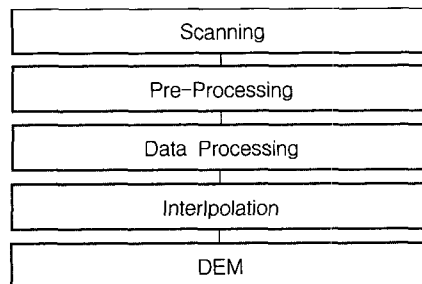


그림 2. DEM제작과정(LiDAR)

이 방법은 LiDAR System을 이용하여 대상지역을 주사한 후 데이터 프로세싱 과정을 거쳐 DEM을 제작하는 방법으로 DEM에 있어서 가장 중요한 높이값의 정확도가 타 방법에 비해 월등히 높고 경제적이며 소요시간이 작은 반면 넓은 지역의 DEM작성이 가능하므로 매우 효율적인 방법으로 알려져 있다. 이러한 연유로 해외의 경우 LiDAR측량을 연안지역과 산림지역 매핑, 홍수 등 방재관련 프로그램에 집중적으로 이용하고 있다(Aloysius 등, 1999).

LiDAR시스템은 매우 작은 IFOV(Instantaneous Field of View)를 갖는 강력한 레이저를 발사하여 지상에서 반사되는 레이저가 스캐너에 도달할 때까지의 시간을 측정하고 그 값에 빛의 속도를 곱하여 거리를 계산한다. 레이저는 펄스방식과 CW(Continuous Wave) 방식이 있는데 CW방식의 경우는 발사광과 반사광의 위상차로부터 시간차를 측정한다(Axelsson, 1999).

항공레이저 측량 장비는 레이저 스캐너, GPS, IMU로 구성되며 레이저 스캐너는 다시 거리측정부와 스캐너로 나누어진다. 이들은 제어부에 의해 통합 운영되고 제어된다. 또한, 데이터의 처리와 장비의 운영 및 실제 관측을 위한

데이터 저장매체, 지상기준국용 GPS, 작업계획 및 데이터 처리를 위한 소프트웨어, 그리고 항법장치 등이 추가적으로 사용된다(Friedrich, 1999).

그림 4와 같이 GPS는 센서의 위치를 측정하고, IMU는 센서의 자세를 파악한다. 레이저 스캐너에 의해 지상물의 위치벡터가 구해지면 GPS와 IMU로부터 얻어진 스캐너의 절대위치로부터 지상물의 절대위치를 결정할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{pmatrix} + (R_{IMU} \cdot R_{IMU}^{LS}) \cdot \begin{pmatrix} l_X \\ l_Y \\ l_Z \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서, (X, Y, Z) : 지상점의 위치

(X_0, Y_0, Z_0) : (X_G, Y_G, Z_G) GPS 장비에 의한 레이저 스캐너의 위치

R_{IMU} : 기준좌표계와 IMU간의 회전행렬

R_{IMU}^{LS} : 레이저 스캐너와 IMU간의 회전행렬

(l_X, l_Y, l_Z) : 레이저의 위치벡터

3. DEM획득 및 홍수시나리오 작성

3.1 대상지 선정

본 연구를 위한 대상지로는 2001년 건설교통부의 「홍수 범람위험구역 보고서」에서 과거 침수면적, 침수원인 등을 토대로 선정하였으며 대상지의 선정에 있어 하천과 인접한 저지대 지역의 유무, 주택 및 도시기반시설의 밀집도,

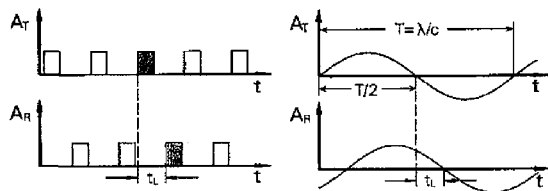


그림 3. 펄스방식(좌)과 CW방식(우)에서의 시간차

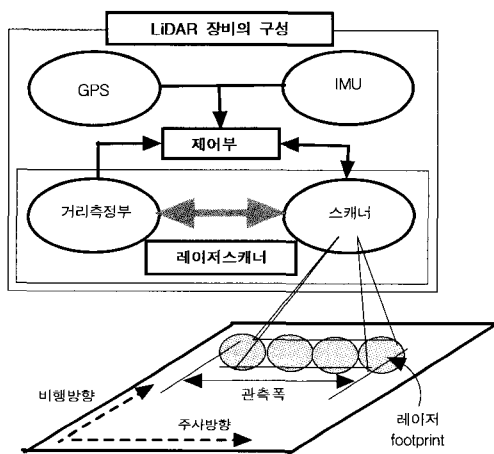


그림 4. LiDAR 장비의 구성

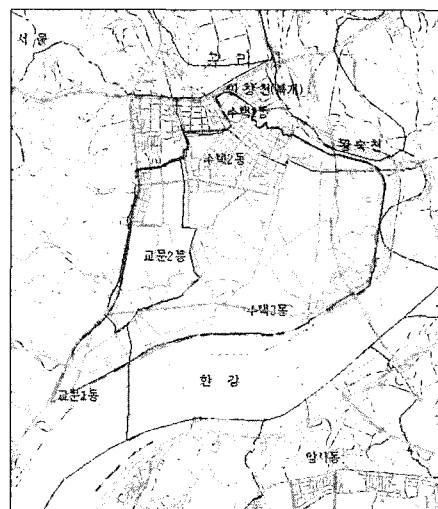


그림 5. 연구대상지역(구리)

도시화를 그리고 급속한 도시화에 따른 하수관거의 용량 부족 등에 의해 내수침수가 예상되며 과거 대규모의 침수 피해 연역을 가진 지역을 고려하여 선정하였다.

이러한 조건을 만족하는 지역으로 본 연구에서는 구리 지역의 한강 본류와 지방2급 하천인 왕숙천 하구 우안부에 위치한 지역을 대상지로 선정하였다. 이 지역은 과거 1984년, 1998년 침수실적을 가지고 있으며 매년 내수침수피해가 발생하고 있다(김영환, 1999).

3.2 LiDAR 측량에 의한 DEM제작

대상지역에 대하여 LiDAR System을 이용하여 스캐닝을 한 후 데이터 프로세싱 과정을 거쳐 DEM을 제작하였

표 1. LiDAR Hardware

장 비 명	규 격
LIDAR 시스템	ALTM 2050
GPS 수신기	Trimble 5700
	항공기용 GPS
TotalStation	GTS-225
고정의 항공기	Cessna 208

표 2. LiDAR Software

소프트웨어명	용도
Arc/Info	Data Processing
Erdas IMAGINE	영상편집 및 Data Processing
ArcView	Data Processing
AutoCad 2000	지형편집
RealM	LIDAR 데이터 전처리
TerraScan	Data Classification



그림 6. LiDAR Data(Sampling)

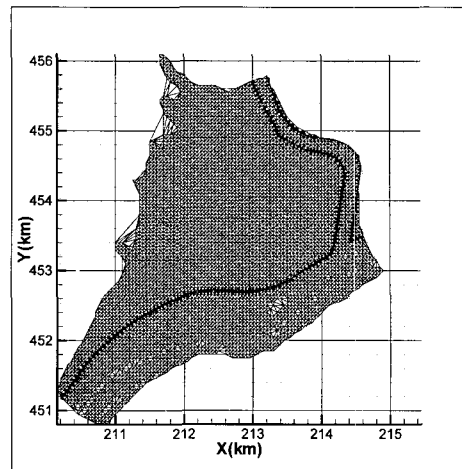


그림 7. 대상지역의 TIN 생성

다, LiDAR 자료의 획득에 이용한 시스템은 ALTM 2050이며 항공기용을 포함하여 총 5대의 GPS를 이용하였다. 표 1과 표 2는 LiDAR시스템의 하드웨어 구성과 데이터 처리를 위한 소프트웨어의 구성을 나타낸 것이다. 그림 6은 대상지에 대해 획득한 LiDAR 자료 중 일부를 샘플링하여 나타낸 것이며 그림 7은 프로세싱에 의해 획득한 대상 지역의 TIN을 나타낸 것이다. 홍수범람의 해석에 필요한 DEM 격자의 크기는 최소 5m 이하이어야 하며, 30cm 정도의 수직 정확도가 필요하므로 요구되어지는 격자간격으로 보간하여 샘플링 함으로서 DEM을 제작하였다.

3.3 홍수시나리오 작성

홍수 시나리오는 유역조건에 대한 시나리오(basin condition scenario), 홍수사상의 빈도규모 시나리오(flood frequency scenario), 홍수방어시설의 붕괴 시나리오(flood defense failure scenario)를 모두 포함하여야 한다(한건연, 2001). 유역조건 시나리오는 과거와 현재 그리고 미래로 구분

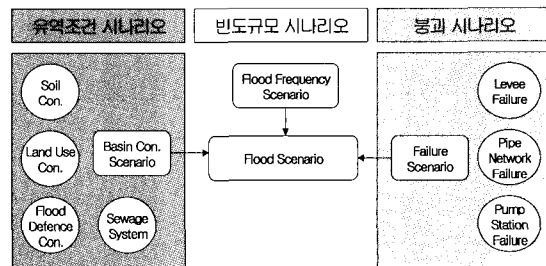


그림 8. 홍수 시나리오 작성

하여 유역 내 각종 개발로 인한 홍수피해 위험도의 증가영향과 이에 대응한 제방구축, 배수시설, 배수장 설치로 인한 홍수경감도의 추이변화를 평가할 수 있게 하기 위하여 작성한다. 즉 유역 내 토지이용정보, 지형정보 등 수문관련 정보 및 홍수방어시설에 대한 정보 등 홍수사상 및 범람과정에 영향을 미치는 제반조건에 대한 설정을 위한 시나리오로서 시간을 기준으로 작성하도록 한다. 유역 내에 급속히 도시화가 이루어지고 있는 지역, 토지이용에 현격한 변화가 현재 진행되고 있는 지역, 치수대책이 근래에 마련될 지역에 대해서는 도시계획에 의한 도시화의 정도, 토지이용의 변화와 같이 미래의 조건을 시나리오에 포함하도록 한다(CASE I 10년 전, CASE II 현재, CASE II 5년 후, CASE III 10년 후...).

빈도규모 시나리오는 대상지역에 적용되는 홍수사상의 빈도로서 표현할 수 있으며 홍수사상의 규모를 나타내기 위한 목적으로 작성한다. 설계빈도를 포함하는 여러 빈도의 홍수사상에 대해 침수심과 홍수위험정보를 포함하는 홍수지도를 작성함으로써 홍수방어시설의 붕괴나 홍수방어시설이 부재할 경우 홍수에 대한 다양한 정보를 제공하도록 한다. 빈도규모 시나리오는 대상 지역에 대해 5개 CASE를 상정하도록 하며 빈도를 추가하여 내수범람검토가 요구되는 경우 1~2개 CASE를 추가하도록 한다. 각 CASE는 재현기간으로 나타내도록 한다(CASE I 30년 빈도, CASE II 50년 빈도, CASE III 80년 빈도, CASE IV 100년 빈도...).

홍수방어시설의 붕괴 시나리오는 홍수방어시설의 붕괴를 가정하여 극한 상황에서의 범람위험도를 평가하기 위한 목적으로 작성한다. 연구대상지역의 과거 침수실적과 원인을 파악하고, 현재의 홍수방어시설 현황 및 취약성을 파악하여 붕괴 시나리오를 작성하도록 한다. 홍수방어시설의 붕괴는 크게 내수와 외수에 의한 붕괴로 나누어 내수범람과 외수 범람의 유형을 각각 CASE별로 작성하도록 한다. 외수 범람의 경우에는 무제부 구간의 범람, 제방구간의 범람, 지류제방구간(혹은 무제부 구간)의 범람으로 나누어 시나리오를 작성하도록 한다. 내수범람의 경우에는 자연배수지역과 강제배수지역으로 구분하여 자연배수지역일 경우 외수위 상승에 의한 범람을, 강제배수지역일 경우 펌프장 규모의 부족 혹은 운영 실패 등으로 인한 범람을 시나리오로 작성하도록 한다.

연구 대상지인 구리지역의 과거 침수실적 기록을 살펴보면 1984년 왕숙천 지류인 인장천 미개수구간의 월류 범람을 제외하고는 1998, 2001년의 피해가 모두 내수침수로

인한 피해로 나타났고 비교적 도시화율이 높은 지역으로 내수침수로 인한 범람 시나리오 작성이 이루어져야 한다. 강우빈도는 한강의 계획빈도가 200년이고 왕숙천 하구의 계획빈도가 100년인 점을 감안하여 30년, 50년, 80년, 100년, 200년, 500년의 여섯 가지의 시나리오를 적용하였다.

본 지역 내에는 한강 본류와 지류인 왕숙천에 각각 계획 홍수사상이 발생하여 각 하천이 계획 홍수위에 도달하였을 경우 자연배수가 가능한 지역은 없으므로 강제배수조건 하에서 현재의 내수배제시설(우수·하수 관거) 및 펌프장 시설과 이에 대한 운영을 기본조건으로 하였다. 강우의 빈도는 범람시나리오상의 빈도를 그대로 적용하되 강우의 지속시간은 하천시설기준에 따라 해당 소유역의 집중시간을 그대로 설계강우의 지속시간으로 적용하도록 하며 이보다 작을 경우 2시간으로 설정하도록 하였다.

외수 침수를 위한 파제 조건으로는 선정한 파제 지점 4곳(그림 9)을 대상으로 제내지와 제외지를 아우르는 2차원 모의를 각각 실시하였다(한강 2곳, 왕숙천 2곳). 파제 지점 1과 2는 한강 토평제를 대상으로 선정하였으며, 파제 지점 3과 4는 왕숙천 토평제를 대상으로 선정하였다. 이상의 연구 대상지에 대한 홍수 시나리오는 표 4와 같다.

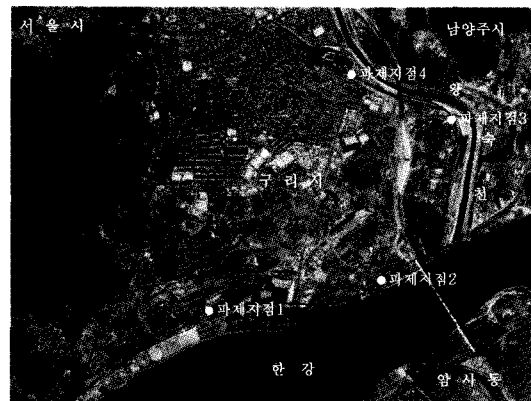


그림 9. 구리지역 파제지점

표 3. 구리지역 파제지점 세부내용

파제 지점	제방명	측점	하폭 (m)	호안 형식	비고
1	토평제	No.133+520	1,014	호안 브릭	한 강
2	〃	No.137+220	932	〃	한 강
3	〃	No.13+0	154	〃	왕숙천
4	〃	No.23+0	133	〃	왕숙천

표 4. 구리지역 홍수시나리오

유역조건 시나리오	현재상태		
빈도규모 시나리오	30년빈도/ 50년빈도/ 80년빈도/ 100년빈도/ 200년빈도/ 500년빈도		
붕괴 시나리오	외수범람	제 방	파제(토평제(한강))
		지류제방	파제(토평제(양속천))
	내수범람	강제배수지역	배수구조물 통수능 부족/ 배수펌프장 규모부족/ 배수펌프장 운영오류

4. 홍수범람해석/홍수지도작성

홍수범람 해석을 위한 본 연구 대상지의 구간은 한강 No.130~No.140구간으로서 계획홍수빈도는 200년과 500년을 채택하였다. 상류 경계조건으로는 수문해석을 통해 계산된 유량 수문곡선을 사용하였으며, 하류경계조건으로는 No.130의 기점수위를 사용하였다. 하천 및 제내지의 조도계수는 0.028을 사용하였다. 그림 10은 본 연구에 의해 제작한 구리지역의 3차원 지형도를 나타내며, 표 5는 홍수범람해석을 위한 기본조건을 정리한 것이다.

제방이 순간적으로 제거되어 하천수가 제내지로 유입되는 상황을 급변 해석의 홍수시나리오로 설정하였다. 제방 붕괴 후 약 20시간 동안의 제내지 및 하천에서의 수심, 유속변화를 수치모의 하였다. 그림 11~15는 파제 지점 ①에 대한 시간대별 침수심을 나타낸 것으로 200년 빈도 홍수의 채택 경우를 나타낸 것이며 그림 16은 이 경우 최대 침수심을 나타낸 것이다. 그리고 그림 17과 18은 200년 빈도에서 파제 지점 ②와 ③의 최대 침수심을 나타낸 것이다.

표 5. 홍수범람해석조건

홍수범람모의 대상지역	구리시
구 간	No.130 ~ No.140
모의빈도	200년, 500년
홍수시나리오	제방붕괴로 인한 하천수의 제내지 유입
제방붕괴조건	본류 붕괴폭=1.6(log900)3.8+62≒160m 지류 붕괴폭=1.6(log300)3.8+62≒110m 첨두유량에서 순간적으로 붕괴되는 것으로 가정
제방붕괴위치	① (211357.2, 454939.5), ② (213635.7, 452971.7), ③ (212001.6, 452671.1)
홍수모의시간	제방붕괴 후 약 20시간

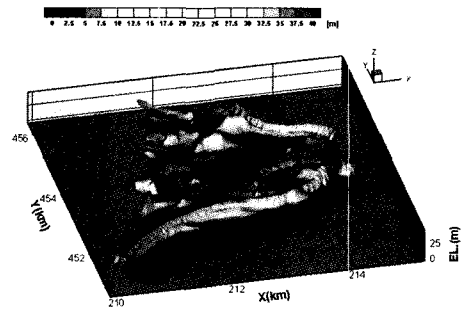


그림 10. 구리지역 3차원 지형

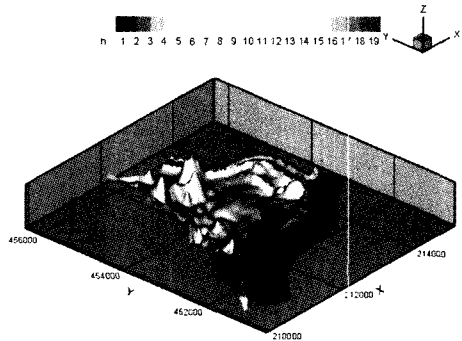


그림 11. 제방 붕괴 2시간 후의 침수심

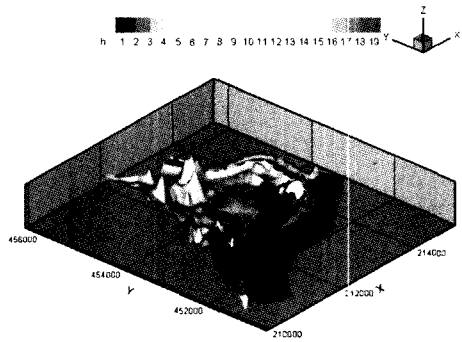


그림 12. 제방 붕괴 4시간 후의 침수심

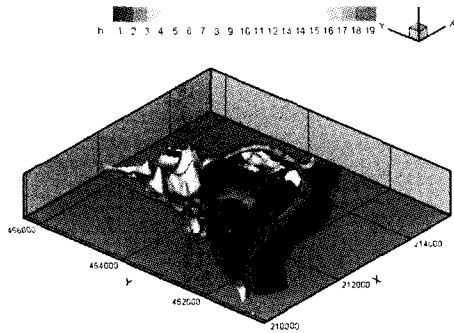


그림 13. 제방 붕괴 6시간 후의 침수심

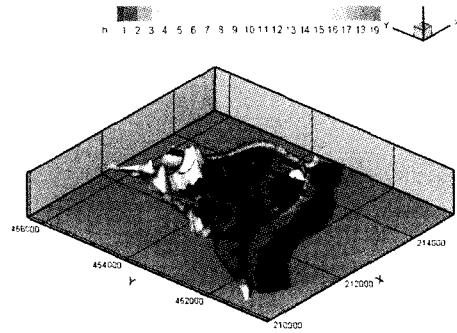


그림 16. 최대침수심(①지점)

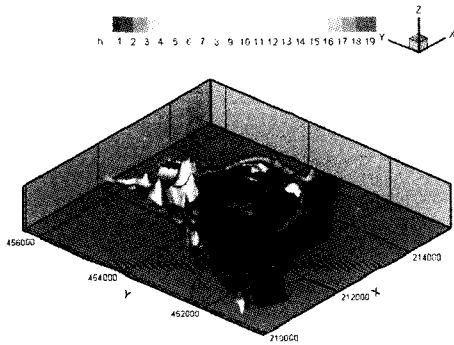


그림 14. 제방 붕괴 8시간 후의 침수심

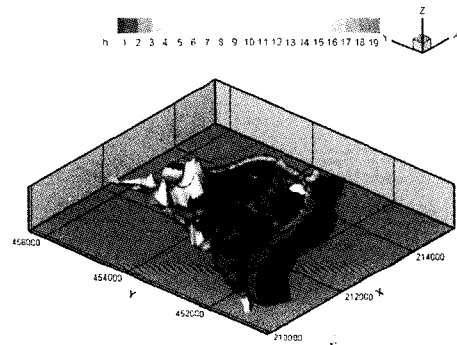


그림 17. 최대침수심(②지점)

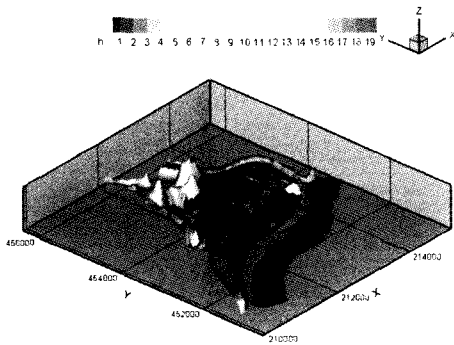


그림 15. 제방 붕괴 10시간 후의 침수심

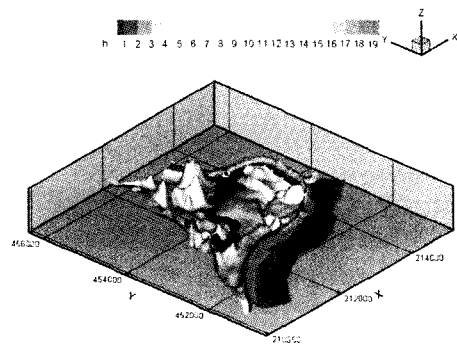


그림 18. 최대침수심(③지점)

또한, 특정지점에 대한 물리량의 변화를 관측하기 위하여 임의의 지점 A(213030, 452995)의 시간에 따른 물리량 변화를 관측해 보았다. A점의 위치는 그림 19에 나타난 바와 같으며 제방 파괴 지점 ②에서 300m정도 떨어진 곳에 위치하고 있다.

그림 20과 그림 21은 제방 파괴시 시간변화에 따른 A지

점의 수심의 변화와 수위의 변화를 각각 도시한 것이다.

그림 22는 위의 홍수범람 분석 결과와 이 지역의 홍수방어 구조물(제방, 내수배제시설 등)의 제원 및 위치, 홍수취약지점, 홍수 발생시 파제 예상지점 등 홍수발생과 범람에 대한 정보와 연계하여 GIS를 기반으로 홍수관련 정보를 DB로 구축하고 홍수지도를 시범적으로 작성한 것이다. 이

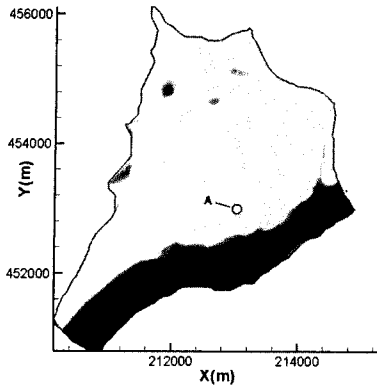


그림 19. 물리량관측지점(A점)위치

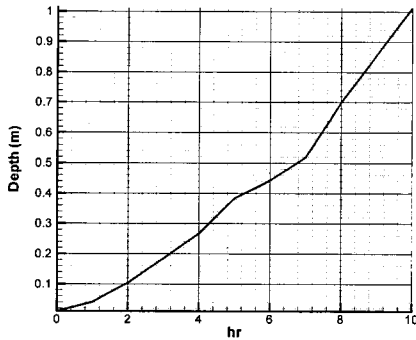


그림 20. 시간변화에 따른 A점에서의 수심 변화

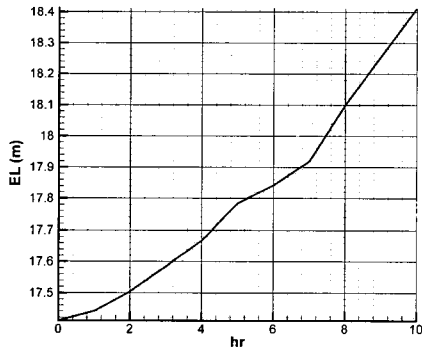


그림 21. 시간변화에 따른 A점에서의 수위 변화

러한 홍수지도는 홍수와 같은 응급상황 발생시 홍수규모와 상황에 따라 신속한 이동과 대피를 위한 지역의 대피소와 대피경로 그리고 응급대피장소의 위치정보를 제공할 수 있도록 하였다.

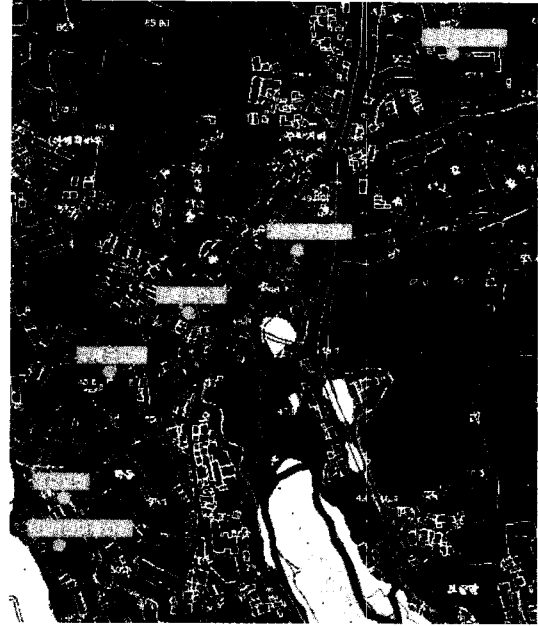


그림 22. 연구지역 홍수지도

5. 결 론

본 연구는 최근 여러 분야에 이용되고 있는 항공 레이저 측량 시스템과 홍수 시나리오를 이용하여 가상 홍수범람을 분석하고 이를 이용하여 홍수지도를 작성한 것으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. LiDAR 측량에 의해 연구대상지역에 대한 DEM을 제작하였으며 홍수범람해석을 위한 범람구역의 지형모델을 효율적으로 획득할 수 있었다.

2. 유역조건, 홍수사상의 빈도규모 그리고 홍수방어시설의 붕괴의 조건을 설정하고 이를 이용하여 가상홍수 시나리오를 작성하였으며 내수 및 외수 범람을 포함한 홍수범람의 특성과 침수지역을 예측할 수 있었다.

3. 구리지역에 대해 3개소의 파제 지점을 설정하고 내수 범람과 외수 범람을 포함하여 계획홍수빈도를 200년과 500년으로 채택하여 2시간 간격의 시간대별 침수심 및 최대 침수심을 분석하였으며 특정 지점에 대한 시간대별 수심/수위 변화를 측정 할 수 있었다. 이로부터 홍수 발생시 범람의 진행과정을 모니터링 할 수 있었다.

4. 홍수범람 분석 결과와 구리지역의 홍수방어 구조물과 취약지점 및 파제 예상지점 등의 데이터를 이용하여 홍수 지도를 시범적으로 작성할 수 있었다.

본 연구의 결과는 홍수의 원인과 범람의 과정의 파악과 홍수로 인한 대피 및 방재 등 홍수재난관리 목적에 이용될 수 있을 것이며 유역치수계획수립, 홍수에·경보 그리고 홍수예상지역의 토지이용계획 및 도시계획수립의 기초자료로서 활용 가능하리라 사료된다.

참고문헌

- 최윤석, 김경탁, 심명필 (2000), "GIS를 응용한 홍수 유출해석에 관한 연구", 대한토목학회논문집, 제20권 제3호, pp. 361-367.
- 이홍래, 한건연 (1998), "하천 홍수 범람해석을 위한 수치모형의 개발(1):GIS와의 연계해석", 한국수자원학회지, 제31권 제4호, pp. 415-427.
- 신영호 (2002), "홍수지도 시범제작 방안", 한국수자원학회지, 제35권 제4호, pp. 38-49.
- Moore, L.D. (1996), "Hydrologic Modeling and GIS", *GIS and Environmental Modeling*, pp. 143-148.
- Aloysius Wehr, Uwe Lohr (1999), "Airborne laser scanning an introduction and overview", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remoter Sensing*, Vol. 54, pp. 68-82.
- Axelsson, P. (1999), "Processing of laser scanner data-algorithms and application", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remoter Sensing*, Vol. 54, pp. 138-147.
- Friedrich Ackermann (1999), "Airborne laser scanning present status and future expectations", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remoter Sensing*, Vol. 54, pp. 64-67.
- 김영환 (1999), "한강수계의 홍수상황분석", 한국수자원학회지, 제32권 제5호, pp. 94-97.
- 한건연 (2001), "댐·제방의 붕괴 및 홍수범람", 한국수자원학회지, 제34권 제1호, pp. 53-60.

(2003년 5월 22일 원고접수)