

LiDAR 자료를 이용한 홍수 시뮬레이션에 관한 연구 The Study of Flood Simulations using LiDAR Data

심정민* · 이석배**

Shim, Jung Min · Lee, Suk Bae

要 旨

본 연구는 LiDAR 측량 데이터를 이용하여 홍수피해 지역을 예측하고자 한 것으로, 이를 위해 고정밀 DEM 데이터를 이용하여 홍수범람도를 제작하였다. 울산시 태화강유역을 연구대상 지역으로 선정하여 LiDAR 데이터와 수치지도를 이용하여 각각 DEM을 작성하였고, 홍수량과 홍수위 결정에 있어서는 HEC 모델 프로그램과 MIKE 프로그램을 이용하여 홍수 시뮬레이션을 실시하였다. 축척 1/5000 수치지도를 이용하여 제작한 DEM과 LiDAR 데이터를 이용한 DEM을 이용하여 동일조건에서 홍수 시뮬레이션을 적용한 결과 상당한 차이가 발생함에 따라 홍수 시뮬레이션은 고정밀 DEM 데이터로 작성된 데이터를 적용하는 것이 바람직하다는 것을 확인할 수 있었다. 홍수지도를 작성하기 위해서는 표고정밀도가 매우 중요한 요소이나, LiDAR 데이터를 이용하기 위하여 모든 지역의 하천지역에 대하여 LiDAR측량을 하는 것은 비경제적이므로 홍수 시뮬레이션이 필요한 중요한 시가지 지역에 대하여 우선적으로 LiDAR 데이터를 적용하여 제작하는 것이 필요하다. 홍수시뮬레이션의 기대효과로는 강우량에 따른 홍수피해지역을 사전에 예측하여 대책을 수립함으로써 재해예방 및 복구예산 절감 등의 효과가 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 홍수시뮬레이션, 홍수지도, 라이더 데이터, HEC & MIKE 프로그램

Abstract

The purpose of this paper is forecasting of flooding area using LiDAR surveying data, and flood map for damage prevention is established for this purpose. Teahwa river at Ulsan city was chosen as test area and the flood simulation was produced in this area. For the flood simulation, each DEM using LiDAR data and digital map was established and then HEC model program and MIKE program was used to decide the amount of flood flowing and flood height. To improve the rainfall-overflow simulation confidence using inspection comparison of LiDAR data this paper analyzed and compared the LiDAR DEM accuracy and 1/5000 digital map DEM. The height accuracy is important factor to make flood map, however, LiDAR survey execution of all river area is not economic so, LiDAR survey execution of only important area is possible to be make high accuracy and economic flood map. The expectation effect of flood simulation is flood damage prevention and economic savings of recovery cost by forecasting of rainfall-overflow area and establishment of counter-measure.

Keywords : flood simulation, flood map, LiDAR data, HEC & MIKE program

1. 서 론

매년 여름철 집중호우에 의한 홍수피해가 집중하는 우리나라의 홍수재해는 한강과 같은 대형하천이나 급경사 산간지역에서 주로 발생하던 상황이 근래에 이르러 도시 지역까지 홍수피해가 날로 확산되고 있는 실정이다. 우리나라 도시지역의 경우 급격한 도시화로 인해 토지이용의 고도 집적화가 이루어져 수재에 취약한 지역에도 인

구가 밀집함에 따라 도심지 내 수해의 피해가 날로 커지고 있으며, 이로 인하여 수많은 인명 손실과 더불어 경제적 손실이 발생하고 있다. 따라서 이러한 도심지 등과 같은 인구밀집지역에서의 홍수 피해 예측을 위한 적절한 시스템이 필요하다. 하지만 기존의 홍수피해 예측을 위하여 사용되어 온 자료는 도심지내 건물의 위치와 정확한 배수 지역 및 배수량 등에 대한 정보가 부족하여 정확한 홍수피해량과 발생 예상지점 등을 산정하는데 많은

2006년 10월 9일 접수, 2006년 11월 15일 채택

* 전주비전대학 지적과 조교수 (jmsim@jtc.ac.kr)

** 교신저자·진주산업대학교 토목공학과 조교수 (sblee@jinju.ac.kr)

어려움이 있었다.

앞서 발표된 논문의 경우에는 대부분이 1/2500 혹은 1/5000 수치지도에서 DEM(Digital Elevation Model)을 추출하여 홍수시물레이선에 적용하는 것에 비해 본 연구에서는 HEC모형 프로그램과 MIKE 프로그램을 연계하여 홍수량 및 홍수위를 구하고, 우리나라의 태화강 수계에 적용 및 분석하기 위하여 홍수해석을 위한 LiDAR 데이터, 지형도, 토양도, 토지이용도 등의 데이터를 이용한 지리정보시스템의 구축하여, 유출해석을 통하여 파제된 경우와 월류할 경우의 시간대별 홍수 피해범람도의 작성하고자 한다. 이에 LiDAR 데이터에 대한 검증 비교를 통한 정밀한 지리정보데이터를 구현하고, 강우-유출 모의과정에 신뢰성을 향상시키기 위해서 지리정보시스템 등을 연계하여 홍수피해 지역에 대한 정확한 침수피해지역을 결정하고자 한다. 또한, 1/5000 수치지도에서 작성된 DEM 데이터를 이용하여 동일조건하에서 홍수피해범위에 대하여 LiDAR 분석결과와 비교를 하고, 이를 침수에 따른 수해방지대책 수립을 위한 기본자료로 활용하고자 한다.

2. LiDAR측정의 기본원리

LiDAR(Light Detection And Ranging)는 레이저 스캐너(laser scanner)를 항공기에 장착하여 레이저 펄스를 지표면에 주사하고 반사된 레이저 펄스의 도달 시간을 관측함으로써 반사 지점의 공간위치 좌표를 계산해 지표면에 대한 정보를 추출하는 측량기법으로 최근 새로운 지형정보 획득수단으로 부각되고 있다. LiDAR는 지상의 표고자료를 취득하는 레이저 스캐너와 위치결정 및 비행기록 장치인 GPS와 INS로 구성되어 있다. GPS는 미리 계획된 비행경로의 유지와 레이저펄스가 지상으로 발사되는 시점의 레이저 스캐너의 정확한 3차원 위치를 결정하는 역할을 하며 일반적으로 지상의 기준국과 연계하여 정확도를 향상하는 DGPS(Differential GPS) 방법을 이용한다. 그리고 INS(Inertial Navigation System)는 비행중인 항공기의 회전각과 레이저의 발사방향에 대한 정보를 관측하기 위하여 사용된다. 즉 GPS와 INS는 레이저 스캐너의 외부표정요소를 결정하는 역할을 한다(위광재 외, 2004).

LiDAR에서 자료처리 과정을 통하여 최종 생성되는 산출물로서는 레이저 펄스의 반사 지점들에 대한 다량의 공간위치(X, Y, Z) 자료와 이로부터 임의로 추출된 공간위치 자료를 이용하여 제작된 격자 자료형식의 DEM과 DEM에 수목과 인공물 등의 지형 피복이 추가된 DSM 및 지표면 상의 형상(feature)에 대한 정보 등이다. LiDAR를 이용한 DEM 및 DSM(Digital Surface Model)의 제작은 다른 방법에 비해 시간, 비용 및 정확도 면에서 뛰어난

것으로 알려져 있으며, 이미 외국에서는 연안지역과 산림지역 매핑, 홍수 등의 방재관련 프로그램에서 다양하게 이용하고 있다. 그림 1에는 LiDAR의 개념도를 그림 2에서는 본 연구에서 사용된 LiDAR 측정 장비를 나타내었다. 레이저 스캐너는 센서와 지표면까지의 거리 및 방향을 관측하여 지표면 상의 표고점에 대한 3차원 좌표를 결정한다. 레이저 스캐너는 송신된 레이저 펄스가 지표면에 도달하여 항공기에 탑재되어 있는 센서로 되돌아오는 시간을 관측하며, 관측된 시간을 이용하여 지표면과의 거리를 계산하게 된다(Optech, 2004). LiDAR에서 자료처리 과정을 통하여 최종 생성되는 산출물로서는 레이저 펄스의 반사 지점들에 대한 다량의 공간위치(X, Y, Z) 자료와 이로부터 임의로 추출된 공간위치 자료를 이용하여 제작된 격자 자료형식의 DEM과 DEM에 수목과 인공물 등의 지형 피복이 추가된 DSM 및 지표면 상의 형상

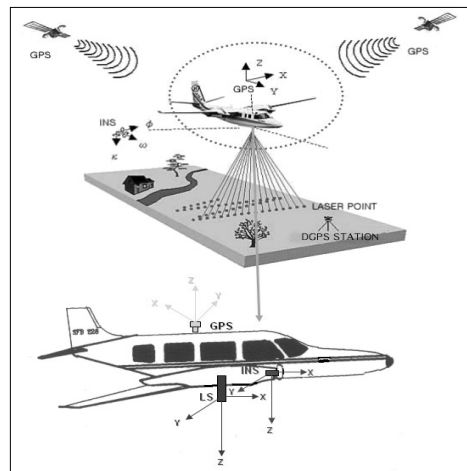


그림 1. LiDAR 측정의 원리



그림 2. LiDAR 측정 장비

(feature)에 대한 정보 등이다. LiDAR를 이용한 DEM 및 DSM의 제작은 다른 방법에 비해 시간, 비용 및 정확도 면에서 뛰어난 것으로 알려져 있으며, 이미 외국에서는 연안지역과 산림지역 매핑, 홍수 등의 방재관련 프로그램에서 다양하게 이용하고 있다(Kubat, 1997).

3. 연구대상지역의 자료처리

3.1 LiDAR데이터에 의한 DEM의 생성

본 연구에서는 ESRI에서 개발한 지리정보시스템의 편집 프로그램인 ArcView 3.2A를 이용하여 지형인자 도출을 위한 LiDAR 데이터에서 추출한 수치고도자료의 구축 및 토지이용도 구축, 토양도 구축 등의 데이터베이스(DB)를 구축하고, 미육군 공병단 수문국(USA Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering center, HEC)에서 개발한 HEC 모형 프로그램을 이용하여 대상유역인 태화강 유역의 홍수량을 구하고, DHI 소프트웨어중 1차원 해석용 MIKE 11, 2차원 해석용 MIKE 22 및 범람해석용 MIKE FLOOD Software를 이용하여 홍수 시뮬레이션을 구축하여 홍수 범람도를 작성하고 LiDAR 데이터의 정확도와 1/5000 및 1/1000 수치지도에서 DEM 데이터를 추출하여 상호 정확도 비교 분석함으로써 LiDAR 데이터를 이용하여 홍수 수문분석에 적용 실효성을 판단하였다.

연구대상 지역인 태화강 유역은 동경 129°00'~129°25', 북위 35°27'~35°45'에 위치하고 있으며, 유역의 요소를 살펴보면 유역면적은 643.96km², 유로연장은 46.02km이다. 유역은 임상상태가 양호하고 전답이 15.2%, 임야 74.5%, 도시 및 기타지역이 10.3%로 구성되어 있다. 유역

내의 연평균 강우량은 1,270.6mm로써 전국평균 1,267mm에 달하는 비교적 강우량이 풍부한 지역이다.

본 연구에서는 태화강 일원을 대상으로 2002년에 관측된 자료를 이용하여, DEM 자료를 생성하였다. DEM 격자의 크기는 1m × 1m로 제작하였으며, 분류과정을 통하여 구조물과 지형에 대한 표고만을 추출하여 생성하였다. 다음 그림 3은 태화강 유역에 있어서 LiDAR 데이터를 이용하여 본 연구를 위해 생성된 DEM이다.

3.2 HEC와 MIKE에 의한 하천자료의 처리

홍수 분석을 위해서 사용된 하천 자료는 수치지도에서 추출한 국가 하천망을 이용하였다. 여기에 홍수와 관계된 강우강도, 지속시간 등의 다양한 수리학적 통계자료를 입력하여 홍수 피해 정도를 시뮬레이션하게 된다. 구축된 하천망의 수리·수문학적 분석을 위한 자료의 입력 및 분석은 유럽지역에서는 주로 많이 활용하고 있지만 한국에서는 적용한 적이 없는 덴마크 DHI사의 MIKE21 모형 프로그램을 이용하였다. 지금까지는 홍수 범람의 해석은 수문학적 해석결과를 지형도로부터 추정하거나, 단순한 부등류 계산에 의해 산정함으로써 정확한 범람양상의 파악이 어려웠다. 따라서 주수로와 홍수터로 구분된 복합단면수로에서의 복잡한 운동량의 양상을 파악하기 위한 2차원적인 분석이 필요한데, MIKE21 모형은 이러한 분석에 적합한 모형으로 알려져 있다. 그러나, 이러한 모형을 실제 자연조건에서의 홍수 피해 분석을 위해 사용하기 위해서는 주 수로에서 유출되는 범람홍수량의 정확한 산정, 마른 하도부의 처리, 범람홍수와 선단부에 대한 shock부 해석, 불규칙한 자연단면에서의 역경사의 처리, 범람홍수의 전달해석을 위한 이동경계조건의 도입 등에 관한 계산기능의 보강이 필요하다고 알려져 있으며, 이러한 문제점의 해결을 위해서 고정밀 DEM의 이용이 좀 더 명확한 결과를 제공할 수 있다. 그리고 DEM 데이터를 작성하는데 있어서 여러 가지 보간법 중에서 MIKE 프로그램에서 사용되는 보간법은 거리 중량보간법이다. 거리 중량 보간법은 DEM 그리드 파일은 거리중량 보간법을 적용한다. 각각의 셀은 XYZ 포인트값으로부터 계산된 표고값을 가지고있는 폴리곤 형태의 SHP파일 형태로 변환을 실시한다. 최종적으로 보간된 표고값은 그리드 셀의 좌하단값으로 할당되어진다. 그리드 셀에 대한 표고값과 연관된 좌표값의 계산방법은 아래 식과 같다. 만일 구하고자 하는 셀의 안쪽부분에 XYZ 포인트 값이 한개만 존재하는 경우의 셀 값은 그 포인트의 표고값을 적용한다(DHI Hydroinform, 2001).



그림 3. LiDAR 자료를 통해 생성된 DEM

$$Z_{cell} = Z_{point} \quad (1)$$

여러개의 XYZ 포인트 값이 셀의 안쪽 부분에 존재하는 경우는 셀 표고값은 식 (2)를 적용하여 결정한다.

$$Z_{cell} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} \quad (2)$$

여기서, Z_{cell} = 셀 표고값

Z_i = 셀 표고값을 계산하는데 사용되는 포인트의 값

n = 셀 안쪽부분에 존재하는 포인트의 개수

셀 안쪽부분에 포인트가 존재하지 않는 경우에는 위상학적으로 근처에 존재하는 포인트를 찾는 보간방법을 적용한다. 즉, 셀값을 결정하고자 하는 지역은 4개의 사분면방향으로 가장 근접한 값을 찾기위해 분할을 실시한 후 근접한 값을 찾아 거리 중량 보간법을 적용하게 된다. 보간된 표고값은 각각의 그리드 셀값으로 할당되어진다. 이와 같은 방법으로 근처점을 찾고 아래 식 (3)에 의한 거리 중량보간법을 적용하여 모든 셀에 대하여 반복적으로 적용한다.

$$Z_{cell} = \frac{\frac{Z_1}{d_1} + \frac{Z_2}{d_2} + \frac{Z_3}{d_3} + \frac{Z_4}{d_4}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (3)$$

여기서, Z_{cell} = 셀 표고값

Z_i = 셀 표고값을 계산하는데 사용되는 포인트의 값

d_i = 셀로부터의 거리

n = 셀 안쪽부분에 존재하는 포인트의 개수 (최대값은 4)

그림 4는 연구대상지역에 대하여 HEC-RAS 모형을 이용한 홍수량 산정과정을 보여주고 있고, 그림 5와 그림 6은 각각 MIKE 프로그램에서 시간대별 홍수량 및 홍수위 입력화면과 횡단면도 입력화면을 보여주고 있다.

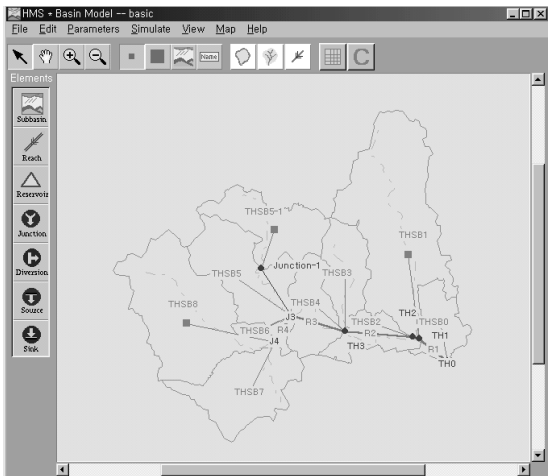


그림 4. HEC-HMS모형을 이용한 홍수량 산정

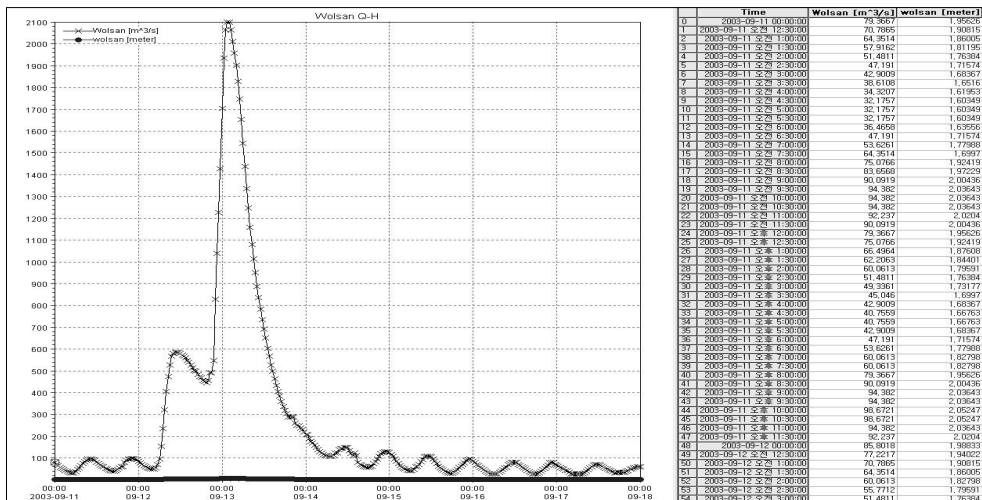


그림 5. MIKE 프로그램에서 시간대별 홍수량 및 홍수위 입력화면

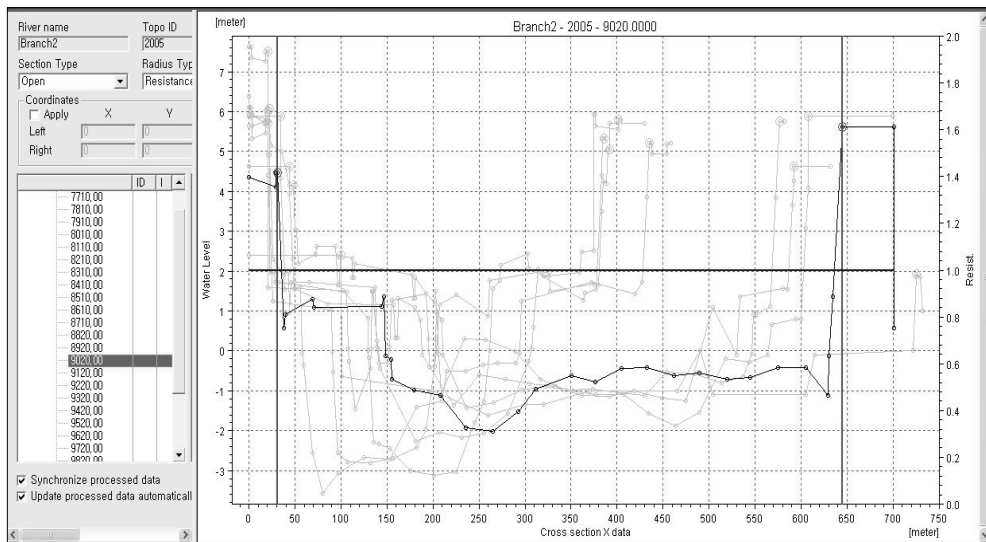


그림 6. MIKE 프로그램에서의 횡단면도 입력

4. 홍수 시뮬레이션 결과 분석

기존의 하천정비 기본계획 등 치수계획 상의 홍수량은 하천의 중요도 및 기타 제반여건을 고려하여 계획 빈도를 결정, 계획 빈도에 따라 기본 홍수량을 산정하고 유역 내 저류시설 등 기타 영향에 따른 홍수량을 감안하여, 계획 홍수량을 선정한다. 선정된 계획홍수량을 기준으로 하천 시설물 및 기타 계획을 시행하게 된다. 홍수량 규모에 따른 범람양상을 파악하고자 하는 본 연구의 특성상 기본 및 계획홍수량을 정하지 않았으며, 댐 홍수조절 효과를 고려하기 전, 후의 홍수량을 산정하였다. 홍수시 제방 월류 및 제방 붕괴에 대한 범람 시나리오는 LiDAR 이용한 DEM 데이터를 이용하여 경계 홍수위 및 위험 홍수위에 대한 제방 구간에 월류하는 경우에 대하여 구성하였으며, 파제에 의한 범람 시나리오는 위험구역에 대한 초기침수빈도, 유수흐름, 과거침수실적 등을 고려 예상파제구간을 결정하여 위험 홍수위에 대한 범람 시나리오를 구성하였다. 또한, LiDAR 데이터를 이용한 범람 시나리오와 동일한 조건으로 1/5000 수치지도의 DEM을 이용하여 위험 홍수위에 대한 범람 시뮬레이션을 구현하고, 표고 정확도에 따른 범람범위를 분석하는 홍수 시나리오를 구성하였다. 범람해석 방법은 하도에 유량과 수위가 위험 홍수위와 위험 홍수량을 각각 울산지역은 $6.43M$ 와 $2,100m^3/sec$, 삼호지역은 $7.33M$ 와 $1,806m^3/sec$ 에 도달할 때까지 입력데이터를 강제로 수위와 유량을 높여서 실시하였다. 이때 위험 홍수위와 위험 홍수량의 데이터

는 2000년 12월에 건설교통부 낙동강 홍수통제소에서 발행하는 형산강·태화강 수계 유량측정 조사보고서에서 제시하는 값을 적용하였다. 시뮬레이션 실행 시에는 범람되는 제방지점을 제방붕괴조건에 맞추어 절개시킨 상태로 범람해석을 실시하였다. 유량이 하도에 일정량이 있는 상태에서 실행을 한 것이므로 범람원은 시간별 유량값이 짧음에 따라 범람원은 적은 것으로 나타났다. 위험 홍수위에서 제방이 파제되었을 경우의 LiDAR 데이터를 이용한 최대 범람 구역도는 아래 그림 7의 왼쪽과 같다. 제방이 파제 되었을 경우에 범람수의 전파방향은 태화강 하류에서 상류부로 흐름이 발생되었으며 각각의 경우에 대하여 LiDAR 데이터를 이용한 범람도와 수치지형도가 중첩시킨 도면은 그림 7의 오른쪽과 같다. 제방 월류가 되었을 경우 홍수범람 시뮬레이션을 실시한 결과 경계 및 위험 홍수위에서의 LiDAR 데이터를 이용한 최대 범람 구역도는 각각 아래 그림 8에서 도시되고 있다. 시뮬레이션 결과 홍수 범람도를 살펴보면 위험 홍수위에서는 경계홍수위에서는 범람이 발생되지 않았던 동천과 태화강이 합류부에서 범람이 발생되고 있음을 알 수 있었으며, 남구 지역의 저지대는 경계 홍수위 및 위험홍수위 모두에서 범람이 일어나고 있음을 알 수 있다.

위험 홍수위에 대하여 시뮬레이션을 실시한 결과 홍수 범람이 일어나기 시작하는 단계에서는 태화강 하류부의 공단지역부터 범람이 발생되어 울산 남구의 태화강 하류 저지대부터 점차적으로 삼정산 부분으로 범람이 발생되고 있다. 특히 위험 홍수위에서는 저지대 대부분이 하류

부에서 상류부 방향으로 범람이 발생되고 있으며, 경계 홍수위에서는 범람이 발생되지 않았던 지역인 중구지역은 위험 홍수위에 대하여 동천과 합류부분에서 범람이 발생할 것으로 판단된다. 경계 홍수위에 대하여 시물레이션을 실시한 결과 위험 홍수위와 마찬가지로 발생되는데 홍수 범람이 일어나기 시작하는 단계인 1단계에서는 태화강 하류부의 공단지역부터 범람이 발생되어 울산 남구의 태화강 하류 저지대부터 점차적으로 삼정산부분으로 범람이 발생되고 있었다. 그러나 위험 홍수위보다는 범람 지역이 적게 발생되고 있는 것을 알 수

있었다. 특히, 경계 홍수위에서도 위험 홍수위와 마찬가지로 저지대 대부분이 하류부에서 상류부 방향으로 범람이 발생되고 있으며, 중구지역은 위험 홍수위에서는 동천과 합류부분에서 범람이 발생되었지만 경계 홍수위에서는 범람이 발생되지 않을 것으로 예측된다. 아래 그림 9는 경계 홍수위 및 위험홍수위 도달 가능한 비가 오기 시작하여 범람이 발생되기 시작하는 단계의 시간대별 면적을 도시한 것이다.

그림 10은 1/5000 수치지도 데이터를 이용한 시간대별 위험수위 범람 예측 도면으로 위험 홍수위에서 범람지역

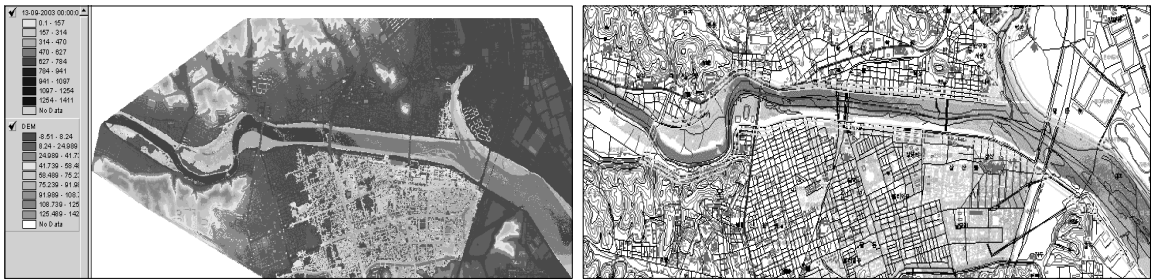


그림 7. 제방이 파제되었을 경우 DEM 범람도 및 범람예측도(위험홍수위)

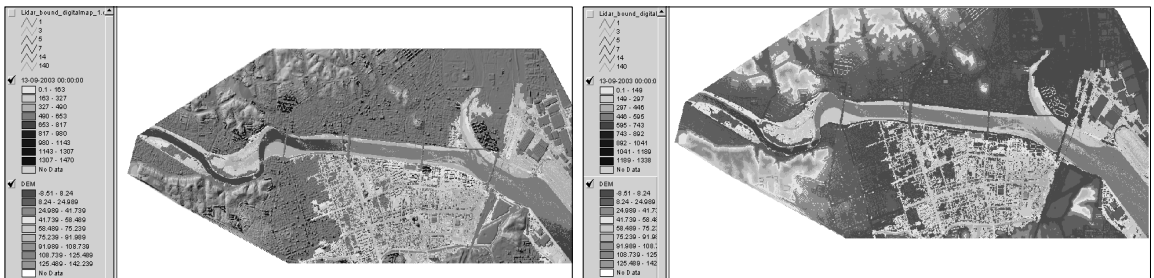


그림 8. LiDAR 데이터를 이용한 위험 홍수위 및 경계홍수위 최대 범람 구역도

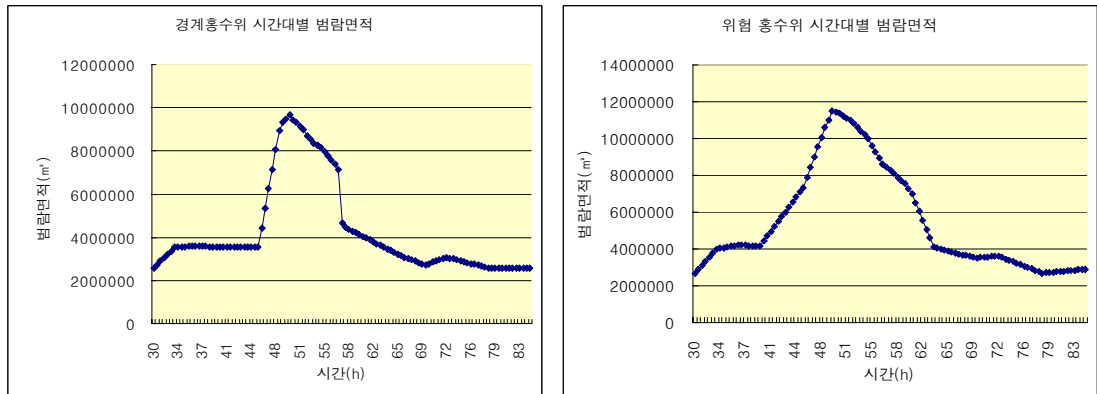


그림 9. 경계 홍수위 및 위험 홍수위의 시간대별 범람면적도

이 500년 빈도 홍수위와 같은 범람형상이 발생되었다. 이는 1/5000 수치지도에서는 제방에 대한 정보를 DEM 상에 표현이 불가능하므로 이에 따라 범람지역이 광범위하게 발생되었으며, 1/5000 수치지도상의 표고 정확도가 $\pm 2.5\text{m}$ 정도이므로 1/5000 수치지도 DEM 데이터를 활용한 범람구역 정확도가 0.15m 정도의 LiDAR 표고정확도를 가지고 있는 DEM 보다 더 낮아진다고 볼 수 있다. LiDAR 데이터의 DEM에서 적용한 위험수위 범람 시뮬레이션에서는 범람이 발생되지 않았던 동천 합류부에서도 범람이 발생되었으며, 태화강 우측 제내지 대부분이 침수가 발생하는 것으로 결과가 도출되었다.

1/5000 수치지도의 DEM을 적용한 위험 홍수위에 대한 피해면적을 살펴보면 침수 홍수량이 발생되었을 경우에 17.26km² 정도가 범람이 발생할 것으로 예측되고 그림 11 에서 나타나는 것과 같이 일정 이상의 홍수위가 되면 과도하게 급격히 범람이 일어나는 것을 볼 수 있는데 이는 표고 정확도에 따라 범람양상이 다르게 나타남을 알 수 있다.

1/5000 수치지도 DEM과 LiDAR 데이터의 DEM 적용 결과분석하여 보면, 홍수 시뮬레이션의 결과에 대한 면적은 1/5000 수치지도를 이용한 DEM으로 제작한 위험 홍수위의 경우가 가장 많은 범람 면적(17.26km²)을 나타냈으며, 두 번째로 많은 침수 면적을 나타내는 홍수위는 LiDAR 데이터를 이용한 DEM으로부터 시뮬레이션을 실시한 200년 빈도 홍수위로 범람 최대면적은 13.43km² 이다. 다음으로는 100년 빈도 홍수위에서 12.93km², 위험 홍수위에서 11.48km², 경계홍수위에서 9.65km²의 순으로 최대 범람면적을 나타내고 있었다. 이는 LiDAR 데이터에서의 범람구역이 1/5000 수치지도의 DEM 데이터 범람 구역도 보다 적은면적이 범람이 발생되고 있으며 특히, 1/5000 수치지도의 DEM 데이터의 범람구역은 LiDAR 데이터에서 적용한 범람구역에서는 발생되지 않는 중구지역부분에도 범람이 발생되고 있었다. 같은 환경조건에서 범람 구역도는 시뮬레이션을 작성 시에 표고 정확도에

따라 크게 다르게 나타나고, 범람 양상도 다르게 발생된다. 이 결과로부터 표고 정확도가 높을수록 범람 구역도는 더욱 정밀해 진다고 판단된다. 중구지역이 남구지역보다는 상대적으로 표고 값이 높기 때문에 남구지역의 범람이 어느 정도 발생된 후 중구 지역으로 범람이 확산되어지는 결과가 도출되어 지고 있다. 홍수 범람도를 작성할 경우에는 1/5000 수치지도의 표고 데이터를 이용하는 것은 범람도 정밀도에 많은 영향을 미치고 있으므로, 중요지역 혹은 시가화 지역은 표고 정확도가 높은 LiDAR 데이터를 활용하여 홍수 범람 구역도를 작성한다면 좀더 높은 정도의 홍수 범람 지도 작성이 가능하다.

1/5000 수치지도의 DEM 및 LiDAR 데이터의 DEM을 이용함에 있어서 나타나는 가장 큰 차이점은 1/5000 수치지도의 DEM을 이용하는 경우에는 지형도의 등고선이 10m 간격으로 설정되어 있기 때문에, 이로부터 추출된 DEM에서는 실제 하천의 제방이나 제외지의 하천 단면 형상을 DEM상에 나타낼 수 가 없다. 즉, 1/5000 수치지도의 DEM에서 홍수범람지역을 설정하는 경우에는 제방이나 하천의 하상단면이 나타나있지 않은 상태에서 홍수 범람지역을 설정하게 되는 것이다. 하지만, LiDAR 데이터의 DEM에서는 실제로 항공측량자료로부터 1m 간격의 DEM을 추출할 수 있으므로 하천의 제방이 표시된 상태에서의 홍수위에 따른 제내지 및 제외지의 홍수범람지역을 설정할 수 있다.

1/5000 수치지도의 DEM 데이터를 이용한 본 연구지역에서의 홍수범람구역은 과도하게 많이 범람이 발생되었지만, 지역에 따라서는 과도하게 적게 발생할 수 있을 것으로 판단된다. 모든 지역을 고정밀도의 DEM 데이터를 작성하는 것은 비경제적일 수 있으므로 중요한 지역에 대해서는 고정밀도의 DEM 데이터를 작성하여 범람 시뮬레이션을 적용하는 것이 바람직하다. 아래 그림 11은 각 홍수위 단계별로 범람 면적도를 도시하고 있다.

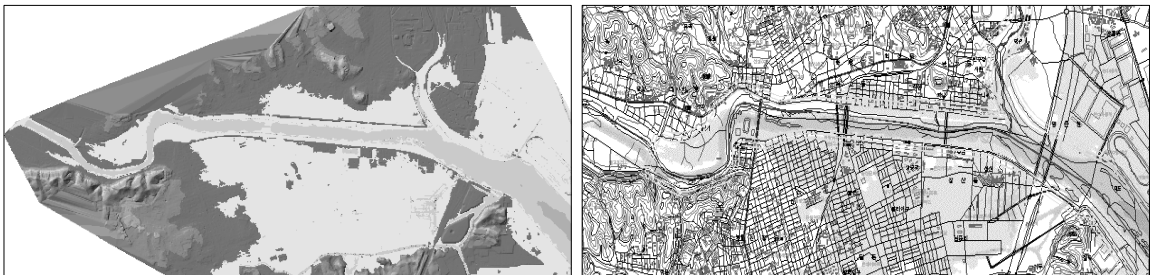


그림 10. 1/5000 수치지도를 이용한 위험 홍수위 최대 범람 구역도

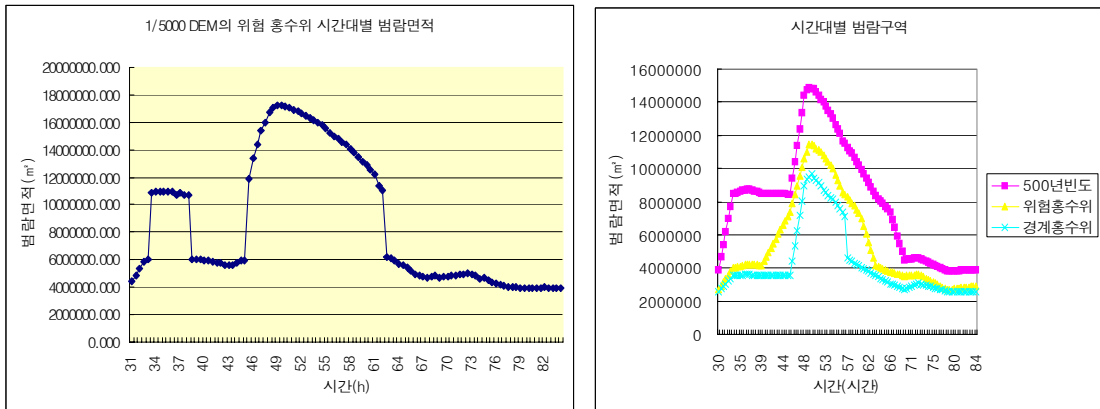


그림 11. 1/5000의 DEM 이용한 각각의 홍수위에 대한 시간대별 범람구역도

5. 결 론

본 연구에서는 항공 LiDAR 관측 자료를 이용하여 생성된 1m 간격의 고정밀 DEM과 2차원 수리·수문학적 분석을 통하여 생성된 하천자료를 이용하여 홍수 피해도를 작성하였으며, GIS 기법을 이용하여 작성된 홍수 피해도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 도심지 내 복잡한 지형과 하천의 특성에 따른 홍수 피해 범위와 정도를 1m 격자 단위로 정확하게 분석할 수 있었으며, 홍수시뮬레이션에 고정밀 DEM을 이용한 결과 기존의 단순하고 광범위한 지역적 홍수 피해 분석을 벗어나 세부적이며 소규모의 인공구조물(건물, 교량, 도로 등)에까지 미치는 홍수 피해 영향 정도를 상세하게 판단할 수 있었다.

둘째, 동일한 조건하에서 1/5000 수치지도의 DEM 데이터와 LiDAR 데이터의 DEM을 이용한 홍수 범람 시뮬레이션 결과를 비교하여 보면 DEM 표고 정확도에 따라 범람 결과도가 다르게 발생되었다. 이는 표고 정확도가 범람도 작성에는 매우 중요한 요소임을 확인한 결과로 하천 유역중 중요지역에 대하여 LiDAR 측량을 실시하여 홍수 범람 시뮬레이션을 실시한다면 정밀한 홍수 범람도의 작성이 가능할 것으로 사료된다.

셋째, 본 연구에서 작성된 홍수 피해도를 통하여 인공

구조물에 대한 피해 정도를 상세하게 파악할 수 있으므로, 본 연구에서 제시된 홍수 시뮬레이션 기법은 향후 구조물의 설계, 홍수피해 예방 및 재난관리 등에 유용하게 사용될 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

1. 위광재 외 4인, 2004, “시스템 초기화(calibration)에 따른 항공레이저측량의 정확도 평가”, *한국측량학회, 춘계학술발표대회*, pp. 15-26.
2. 위광재 외 3인, 2004, “항공기용 디지털 영상에 대한 검정(calibration) 및 정확도 평가”, *한국측량학회, 춘계학술발표대회*, pp. 183-196.
3. Optech, 2004, ALTM (Airborne Laser Terrain Mapper) 30/70 Manual.
4. Kubat, J., 1997, 1997/1998 Floods in the Czech Republic: Hydrological evaluation. In J. Marsalek, W. Ed Watt, E. Zeman and F. Sieker (Eds.), *Flood Issues in Contemporary Water Management*, NATO Science Series, Environmental Security-Vol. 71, Kluwer Academic Publishers, pp. 25-39.
5. DHIDenmark, *Flood Management in Czech Republic (1998-1999) -Final Report*, DHI, DHI Hydroinform, Morava Water Board Brno.
6. DHI Hydroinform, 2001, MIKE View Flood Mapping - Add on Module, Basic Tutorial.
7. ATLAS Ltd., 1999, Atlas 3.5 DEM - Basic Tutorial.