

효율적인 홍수범람모의용 지형자료구축을 위한 Lidar자료와 NGIS 수치지형도 자료의 비교

Comparison of Lidar data and NGIS digital topographic map data for an efficient flood configuration

권오준*, 김계현**, 송용철***, 민숙주****, 김경순*****

Kwon, Ohjun · Kim, Kyehyun · Song, Yongcheol ·

Min, Sookjoo · Kim, Kyungsoon

* 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정(g2031280@inhavision.inha.ac.kr)

** 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 부교수(kyehyun@inha.ac.kr)

*** 한국토지공사 토지정보센터 국토정보개발팀(ycsong@iklc.co.kr)

**** 서울시정개발연구원(sjmin@sdi.re.kr)

***** 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 박사과정(g2031280@inhavision.inha.ac.kr)

요 약

최근 들어 국내에서도 홍수에 의한 재산과 인명피해를 최소화하기 위해 지역특성에 알맞은 홍수지도를 제작 중에 있으며, 주로 LiDAR를 이용하여 홍수지도 지형자료를 구축하고 있다. 그러나 이에 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에 이미 전국적으로 구축된 수치지형도를 이용한 홍수지도 지형자료 구축의 가능성과 타당성을 검증의 필요성이 제기되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 수치지형도를 이용한 홍수지도제작시 가장 핵심이 되는 정확한 지형자료구축을 위해서 Breakline처리방법과 하천종횡단자료 연계방안을 중심으로 구리시 일부지역을 대상으로 DEM을 시범제작 하였다. 수치지형도와 LiDAR를 이용하여 구축한 DEM을 검수점을 통한 RMSE오차를 이용하여 수직위치정확도를 비교분석하였다. 분석을 위하여 선행연구(홍수지도제작, 2002)에서 검수점으로 사용한 9점과 제방부분의 실측한 9점을 본 연구의 검수점으로 사용하였다. 비교 결과 RMSE가 수치지형도 DEM의 경우 $\pm 2.658\text{m}$ 이고, LiDAR DEM의 경우 $\pm 3.430\text{m}$ 로 나타났다. 두 자료 모두 알려진 오차범위보다 훨씬 높은 오차가 발생함을 알 수 있었다. 향후 수치지형도를 이용한 효율적인 홍수지도 지형자료 구축을 위해서는 수치지형도의 신속하고 지속적인 갱신이 필요할 것이며, 현재 도시지역에만 구축되어 있는 1:1,000 수치지형도를 주변 하천지역까지 확대해서 구축해야 할 필요성이 있을 것으로 사료된다. 아울러 도입초기단계의 LiDAR 측량기술의 보급과 관련모델의 기술의 발달로 인하여 정확도 높은 DEM이 요구된다면 고밀도의 방대한 양의 LiDAR 자료로 DEM을 구축하는 것이 바람직하다고 사료된다.

1. 서론

매년 반복되는 홍수에 의해 재산과 인명 피해가 발생하고 있다. 이러한 피해를 최소화하기 위해서는 홍수피해위험가능성이 높은 지역을 파악하여 그 지역에 거주하는 주민에게 지역특성에 알맞은 피난경로와 피난장소를 평상시에 주지시키는 목적으로 국내에서는 4대강유역을 중심으로 홍수지도 제작 중에 있다. 이러한 홍수지도를 제작하는데 가장 핵심적인 사항은 홍수범람모의를 위해 사용되는 지형자료를 실제지형과 가장 유사하게 표현하여 구축하는 것이라 할 수 있다. 현재 홍수지도는 LiDAR를 이용하여 홍수범람모의에 필요한 지형자료를 매우 정밀하게 제작하여 이용하고 있으나, 이로 인하여 홍수지도의 제작기간이 과다하게 연장되고, 동시에 많은 예산의 투입이 필요하게 되어, 전국적인 홍수지도 제작과 보급에 걸림돌이 되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 NGIS사업을 통해 전국적으로 구축된 수치지형도를 이용하여 홍수지도용 지형자료를 효율적으로 구축하는 방안을 연구하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 수치지형도를 이용한 Breakline 처리기법과 하천중형단자료 연계방안을 중심으로 홍수지도 지형자료 구축방안을 제시하였으며, 기 제작된 LiDAR 지형자료와 비교분석을 실시하였다. 나아가 전국적인 범위의 홍수지도 제작을 위한 효율적인 홍수지도 지형자료 구축방안을 제시하였다. 본 연구에서는 경기도 구리시 일부를 대상지역으로 연구를 실시하였다.

2. 홍수범람모의용 지형자료 정의

홍수범람모의용 지형자료는 홍수범람모델의 입력데이터로 이용되어 모델의 수행 결과가 홍수지도 제작에 활용되고 있다. 즉, 실제지형을 홍수범람모델을 수행하기 위하여 입력자료의 형태로 변환한 자료를 말한다. 입력자료의 형태는 DEM을 구축하여 필요한 입력데이터를 삼각망의 점(point) 형

태로 변환하여 사용된다. 홍수범람모델은 스위스의 Beffa(1994)에 의해 개발된 FLUMEN(FLUvial Modeling ENgine)모델이며, 이 모델은 스위스, 독일, 오스트레일리아 등의 국가에서 홍수범람해석에 사용되었다. 이 모델은 불규칙한 격자구조에 대해 적용이 가능하고 천수방정식을 기본방정식으로 사용하며, 하천의 합류점이나 만곡부분과 같이 수리학적으로 복잡한 해석에 적합한 상용 모델이다(한국수자원공사, 2002). 아울러 이 모델은 현재 입력 자료가 점의 형태로 최대 대 10만개까지 입력할 수 있다.

3. NGIS 수치지형도를 이용한 DEM 구축방안

수치지형도를 활용하여 DEM 구축시 제방의 파제 또는 외수의 범람에 의해 제내지가 침수되는 경우에 물의 흐름에 가장 큰 영향을 미치는 지형지물인 Breakline을 처리하는 것이 핵심이다. 아울러 하상의 실제지형을 나타내는 유일한 자료인 하천중형단자료 또한 연계되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 효율적인 Breakline처리기법과 하천중형단자료의 연계방안을 제시하였다.

3.1 Breakline의 중요성

Breakline은 제방의 파제 또는 외수의 범람에 의해 제내지가 침수되는 경우에 물의 흐름에 가장 큰 영향을 미치는 지형지물이기 때문에 Breakline을 처리가 DEM 구축의 핵심사항이다. 따라서 제내지의 Breakline을 가능한 한 실제 지형과 가깝게 표현해야 정확한 홍수범람의 모의가 가능하다. 그림 1은 성도제(고속도로)를 Breakline으로 처리하여 구축한 DEM과 미처리한 DEM을 나타낸 것이다. 좌측 그림 DEM은 Breakline을 처리한 것으로 Breakline을 중심으로 TIN이 형성됨을 알 수 있다. 그러나 우측 그림은 Breakline을 미처리한 경우로서 표고점들 위주로 TIN이 생성된 것을 알 수 있다. 즉, Breakline을

처리한 경우 고속도로의 외곽선이 실제지형과 같이 외곽선이 표현되어 있으나, 설정하지 않은 경우에는 성토제 선과 관계없이 TIN이 생성되므로 실제 지형과 같이 외곽선이 표현되지 못한 완만한 지형이 표현되었다. 따라서 홍수범람모의용 DEM에서는 Breakline을 설정하여 실제 지형과 같은 DEM의 구축이 필수적이라 할 수 있다.

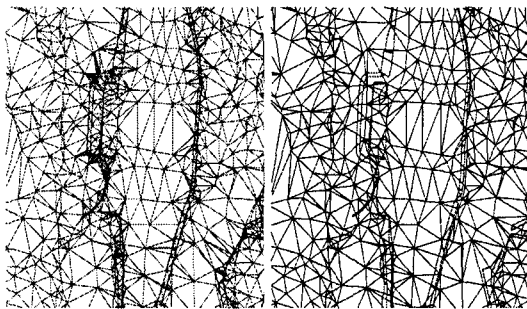


그림 1. Breakline 처리한 부분(왼쪽)과 미처리한 부분(오른쪽)의 비교

3.2 Breakline 처리 기법

Breakline을 처리하기 위해서는 하천의 흐름에 중요한 역할을 하는 지형지물의 레이어를 Breakline으로 정의하고, 정의된 레이어를 추출하여 높이값을 부여하여 효율적인 보간법을 적용해야 한다.

일반적으로 Breakline 추출방법으로는 위성영상과 항공사진을 이용하여 스크린 디지털타이핑을 하거나 수치지형도에서 하천, 제방 그리고 도로 레이어를 직접 추출하는 방법이 있다. 또한 Breakline에 높이값을 부여하는 방법으로는 LiDAR 점데이터의 표고값을 추출된 Breakline에 삽입하거나, 등고선 및 표고점 이외의 지형지물에도 높이값을 가지고 있는 수치지형도의 도화원도를 이용하는 방법이 있다.

본 연구에서는 수치지형도를 활용하여 Breakline을 처리하였다. 1:1,000수치지형도와 1:5,000수치지형도에서 하천, 제방, 성토제 레이어를 각각 Breakline으로 추출하였다. 그러나 추출된 레이어들의 경우 표고값이 부재하므로 각각의 레이어를 Hardline으로 정의하였으며, 레이어 주변의 표고값이 존재하는 등고선을 Softline으로

정의하였다. 이러한 이유로는 Hardline과 Softline의 특성상 지형의 급격한 경사부분을 나타내기 위하여 표고값이 없는 각각의 레이어를 Hardline으로 설정하였으며, 표고값을 일정하게 유지시키는 특성이 있는 Softline으로 하천, 제방, 성토제 레이어 주변의 등고선을 설정하였다. 아울러 Breakline을 효율적으로 처리하는 TIN보간법을 사용하여 DEM을 구축하였다.

3.3 하천중횡단자료 연계방안

홍수지도의 지형자료 구축시 정확한 홍수범람모의를 위해서는 Breakline 처리와 더불어 하천중횡단측량의 결과물인 하천중횡단자료와의 연계가 반드시 필요하며, 주로 10년 마다 시행되는 하천정비계획에서 갱신되는 하천중횡단자료를 홍수지도 지형자료에 삽입하게 된다. 하천중횡단자료의 경우 보통 200m이상 간격을 두면서 하천을 횡단하여 표고를 측정한 점데이터이기 때문에 이를 이용하여 하천지형을 보간할 경우 하천중횡단자료와 거리가 멀어질수록 하천지형을 심하게 왜곡되게 표현하게 된다(그림 2).

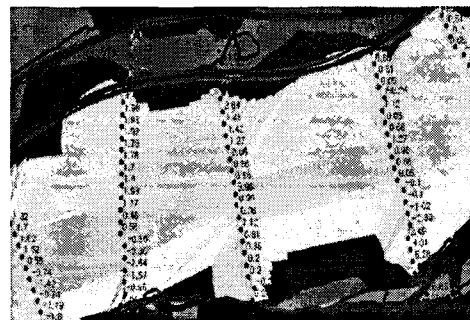


그림 2. 하천중횡단자료를 이용한 TIN생성의 예

선형의 하천지형을 실제에 보다 가깝게 표현하기 위해서는 하천에 등고선을 삽입하여 보간하는 것이 가장 효과적인 방법이다. 하상등고선을 생성하기 위해서 상용 GIS/S/W에서 제공하는 공간분석기능 중 버퍼기능을 이용하여 하천이나 제방으로부터 일정 거리에 있는 선데이터를 생성하여

Breakline으로 삽입할 수 있으며, 또는 작업자가 직접 하천횡단자료에서 표고가 동일한 점을 생성하여 이들을 연결한 선을 삽입할 수 있다. 아울러 기존의 점데이터를 이용한 DEM 제작시 활용되는 보간법 중 Kriging기법 등을 활용하여 등고선을 생성할 수 있다(그림 3, 4, 5).

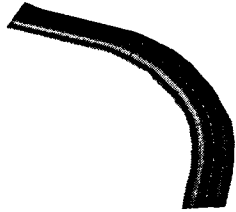


그림 3. 버퍼기능을 이용

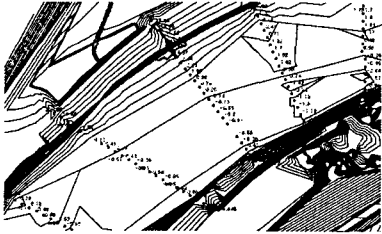


그림 4. 작업자가 직접 생성

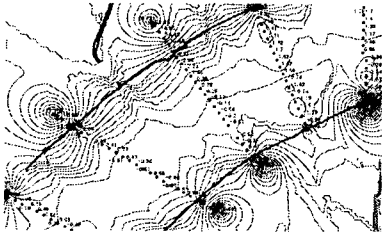


그림 5. Kriging보간법 이용

4. 자료처리 및 분석

4.1 지형자료 구축절차

수치지형도를 이용하여 DEM 구축은 1:1,000수치지형도와 1:5,000수치지형도를 이용하여 표고데이터를 추출하였다. 추출된 표고데이터를 점 데이터형식으로 변환하여 보간을 실행하게 된다. 그러나 보간에 앞서 Breakline을 처리하는 동시에 하천중형단자료와 연계하여 보간을 실행하게 된다(그림 6).

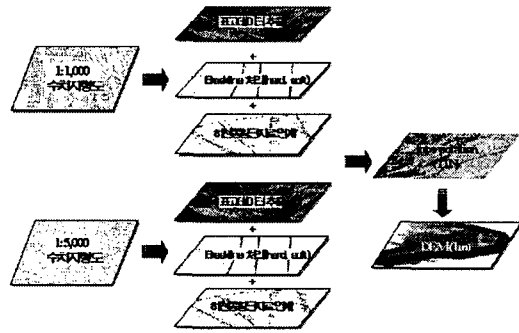


그림 6. 홍수범람모의용 DEM 구축절차

아울러 홍수범람모의용 DEM의 구축에 사용된 구리지역 자료는 표 1과 같다.

표 1. 사용데이터

구분	1:1,000 수치지형도	1:5,000 수치지형도	하천 중형단자료
제작 년도	2002	1995	2002
제작 방법	1998년 제작된 수치지형도 수정도화	기존 국가기본도 스캐닝후 벡터라이징	하천정비 기본계획시 측량, 측점간 거리 300~500m
수직 오차	±0.33m	±1.66m	-
비고	총 62도엽	총 8도엽	-

수치지형도에서 DEM제작에 필요한 점 데이터와 제방 및 성토제를 정의한 Breakline에 하천중형단자료를 연계한 데이터를 모두 이용하여 홍수범람모의용 DEM을 구축하였으며, 각각의 자료를 TIN보간법을 이용하였다. 홍수범람모의용 DEM 구축결과 그림 7의 우측 그림과 같이 정규격자가 구축되었다.

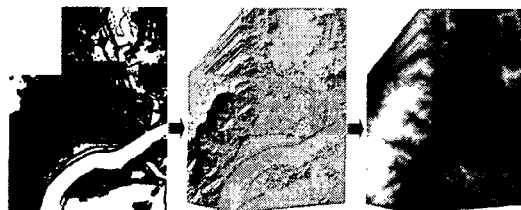


그림 7. 홍수범람모의용 DEM 구축결과

4.2. LiDAR 지형자료와의 비교

이상과 같은 방법을 통해 수치지형도로

제작된 DEM을 기 구축된 LiDAR DEM과 RMSE(Root Mean Square Error)오차를 이용하여 수직위치정확도 비교분석하였다.

본 연구에서는 두자료의 비교분석을 위하여 선행연구(홍수지도제작, 2002)에서 검수점으로 사용한 9점과 제방부분의 실측한 9점을 본 연구의 검수점으로 사용하였다.

표 2. 구리지역의 수직위치정확도 비교

검수점(평지지역+ 제방지역)				수치지형도 DEM(1m)		LiDAR DEM(1m)	
구분	E(m)	N(m)	H(m)	H(m)	잔차	H(m)	잔차
GR-k01	452018.3	211053.3	14.56	13.67	-0.89	14.65	-0.08
GR-k02	452635.2	212223.1	15.27	16.44	1.16	15.35	-0.08
GR-k03	453968.6	214355.1	13.36	12.58	-0.77	13.40	-0.03
GR-k04	455368.8	212959.1	17.65	17.61	-0.03	17.77	-0.12
GR-k05	455814.5	211600.2	36.26	36.36	0.10	36.33	-0.07
GR-k06	455047.2	211735.6	32.87	33.04	0.17	32.85	0.01
GR-k07	453916.8	212899.5	18.00	18.16	0.16	18.02	-0.02
GR-k08	453809.3	211898.0	17.62	16.48	-1.14	17.61	0.01
GR-k09	454339.0	213271.1	14.97	15.23	0.25	15.07	-0.09
01	452496.6	211749.3	14.89	18.95	4.06	15.48	0.59
02	452650.4	212125.9	15.22	17.05	1.83	17.83	2.61
03	452703.9	212247.3	21.08	18.02	-3.05	14.91	-6.17
04	452693.2	212537.1	15.74	18.15	2.40	13.39	-2.35
05	452713.6	212772.3	21.39	18.71	-2.67	16.67	-4.72
06	452696.9	213145.3	15.72	15.79	0.07	12.87	-2.85
07	452775.2	213339.2	21.98	15.00	-6.98	14.41	-7.57
08	452912.6	213634.2	14.63	11.59	-3.03	18.59	3.96
09	453045.4	213815.3	22.28	18.30	-3.97	15.51	-6.77
RMSE(m)				± 2.66		± 3.43	

구리지역의 RMSE 비교결과 수치지형도 DEM이 ± 2.66m 이고, LiDAR DEM은 ± 3.43m가 발생하였다.

5. 결론

수치지형도를 이용하여 홍수범람모의용 DEM을 구축하였다. DEM구축시 중요한 역할을 하는 Breakline과 하천중형단자료의 연계방안을 제시하였고, 구리시 지역을 시범 구축하여 기존의 LiDAR DEM과의 수직정확도를 비교 평가하였다. 비교 결과 지금까지 알려진 DEM 오차보다 큰 오차가 발생하였다. 그 이유로는 수치지형도의 경우 제방부분의 1:1,000수치지형도가 존재하지 않아 1995년도에 제작된 1:5,000 수치지형도를 사용하였기 때문에 지형의 변화를 수치지형도가 갱신하지 못한 문제라 사료된다. 아울러 LiDAR자료의 경우 2002년 측량당시 LiDAR측량의 기술이 도입초기단계라 측량의 오차가 발생하였을 경우와 측정된 측량자료들을 좌표변환 과정 지역 매개

변수등 파라미터에 의한 경우라 사료된다. 그러나 LiDAR DEM의 경우 평지지역에서는 ±0.2m 이내로 매우 정확하였으며, 점차 오차가 줄어드는 추세다. 또한 제방부분과 같이 1:1,000 수치지형도가 제작되지 않은 지역이나, 사람이 실제 측량하기 힘든 장소를 항공기를 이용한 LiDAR 측량은 신속하고 방대한 양의 측량데이터를 얻을 수 있는 장점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 제시하였다. 단기적인 측면에서는 수치지형도를 이용한 DEM의 구축 활용이 가능하다고 사료된다. 이는 현재 개발된 홍수범람모형의 최대 입력 점데이터의 개수가 10만개인점을 고려할 때 현재 수치지형도에서 생성된 점데이터의 개수가 최소 70만개 정도인 것을 감안하면 기존의 모델에 충분한 입력데이터를 제공하기 때문이다. 그러나 수치지형도 갱신등의 문제로 인하여 수치지형도를 활용하기 위해서는 도심지 부근의 하천지역에 대한 1:1,000 수치지형도의 제작이 이루어져야 하며, 수치지형도의 주기적이고 신속한 갱신이 필수적이다. 아울러 향후 장기적인 측면에서는 관련 모델의 보완 및 기술향상에 따라 보다 정확한 DEM이 요구된다면, LiDAR를 이용한 DEM의 구축이 바람직하다고 사료된다. 그 이유로는 방대한 양의 LiDAR자료는 밀도가 높은 표고데이터로 보다 정확도 높은 DEM의 생성이 가능하며, 수치지형도가 구축되지 않은 지역의 정확한 자료를 제공할 수 있기 때문이다. 아울러 국가적인 차원에서 향후 효율적인 지형자료의 구축을 위하여 지향해야 할 방향이라고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국수자원공사 수자원연구원에서 수행된 “NGIS 수치지형도를 이용한 홍수지도 제작 및 내외수 연계해석기법 개발”의 결과로서 본 연구를 지원하여 주신 수자원공사연구원 실무자분들에게 심심한 감사를 표하는 바입니다.

참고문헌

1. 건설교통부, “한국지형에 적합한 수치표고모형 구축방안 연구”, 2001
2. 국토지리정보원 “수치표고모델(DEM)구축 시범연구사업”, 2002
3. 김계현, “GIS 개론”, 대영사, 2000
4. 김계현, “공간분석”, 두양사, 2004
5. 이근상, 고덕구, 채효석, 신영호 “항공레이저 측량자료의 해상도에 따른 DEM 오차 비교평가 연구”, 한국지리정보학회지, 2003
6. 이근상, 고덕구, 김우구, “수치지형도를 활용한 홍수지도 제작용 DEM의 효과적인 구축방법 연구”, 한국지리정보학회지, 2004
7. 한국수자원공사, “홍수지도제작(한강유역권 시범제작)”, 2002
8. Maune, D., “Digital Elevation Model Technologies and Applications : The DEM User Manual”, ASPRS, pp414-416, 2001
9. Issaks, E., & R.M. Srivastava, R.M. “An Introduction to applied Geostatistics”, Oxford University Press, New York, 1989
10. National Digital Elevation Program, “Guidelines for Digital Elevation Data Draft Version 0.3”, 2003