

수치지형도를 활용한 홍수지도 제작용 지형자료의 효과적인 구축방법 연구

이근상^{1*} · 고덕구¹ · 김우구¹

Efficient Construction Method of Topographic Data for Flood Mapping Using Digital Map

Geun-Sang LEE^{1*} · Deuk-Koo KOH¹ · Woo-Gu KIM¹

요 약

한국수자원공사에서는 홍수지도 제작을 위한 정밀 지형자료 구축을 위해 LiDAR 측량을 실시하고 있으며, 향후 전국에 대한 홍수지도 제작시 막대한 비용이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 홍수지도 제작이 꼭 필요한 지역을 선정하기 위한 사전모의용 자료구축을 위해 NGIS 수치지형도를 활용하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 각 축척별 수치지형도의 표고오차 분석이 필요하다. 본 연구에서는 수치지형도의 DEM 오차를 평가하기 위해 LiDAR 측량을 수행하여 구축한 DEM과 비교하였다. 특히 수치지형도로부터 구축한 TIN으로부터 DEM을 생성하기 위해 수행하는 보간법의 종류에 따라 발생하는 오차특성을 분석하였다. 분석결과 1:1,000 수치지형도가 1:5,000 수치지형도에 비해 오차가 작게 나타났으며, linear 보간을 수행한 DEM이 quintic 보간을 수행한 DEM에 비해 작은 오차특성을 보였다. 특히 도시지역의 경우 완만한 경사로 구성되어 있기 때문에 해상도에 따른 DEM 오차의 변화는 매우 작은 것으로 평가되었다.

주요어: 홍수지도, LiDAR, 수치표고모형, 수치지형도

ABSTRACT

Korea Water Resources Corporation carried out LiDAR survey to construct detailed terrain data for flood mapping and it is expected that much money is required in flood mapping of all over the country. Therefore, it is desirable to use NGIS digital map to construct preliminary modelling data for selection of flood mapping area. And the analysis of DEM error with respect to scale of digital map is necessary for the sake of applying digital map as the input data of flood mapping. We compared DEM from digital map with DEM from LiDAR survey. Especially we analyzed DEM error characteristics that is occurred with respect to the interpolation method that is used to construct DEM from TIN of digital map. As a result of analysis, digital map(1:1,000) showed smaller error than digital map(1:5,000)

2004년 2월 7일 접수 Received on February 7, 2004 / 2004년 3월 8일 심사완료 Accepted on March 8, 2004
1 한국수자원공사 수자원연구원 Korea Water Resources Corporation, Korea Institute of Water and Environment
* 연락처자 E-mail: ilovegod@kowaco.or.kr

and DEM applying linear interpolation showed smaller error than DEM applying quintic interpolation. Especially, variation of DEM error by cell resolution was evaluated as very slight because urban district was composed of gentle slope.

KEYWORDS: Flood Risk Map, LiDAR, DEM, Digital Map

서론

매년 반복되는 홍수피해를 저감할 목적으로 하천제방 및 댐 건설 등과 같은 구조적인 홍수 방지대책을 수립·시행하고 있으나, 이러한 구조적인 대책은 환경단체 등의 반대 및 민원발생, 치수시설물의 설계빈도를 초과하는 홍수발생의 우려 그리고 설계빈도를 과도하게 설정시 발생하는 경제성 문제 등으로 인하여 한계성을 내포하고 있다. 이러한 한계를 극복하고자, 한국수자원공사에서는 홍수저감을 위한 비구조적인 대책으로 홍수지도제작을 추진중에 있다.

홍수지도는 홍수가 빈번하게 발생하는 지역에 대한 각종 공간정보를 GIS와 연계하고, 홍수빈도별 범람구역을 지도상에 도시한 것으로서, 침수예경보, 피난대피경로 설정, 토지이용 규제 그리고 홍수보험제도 등에 활용 가능하다(건설교통부 한국수자원공사, 2002).

한국수자원공사는 2001~2003년에 걸쳐 한강권역에 속하는 구리시, 광주시, 양평군, 여주시, 충주시, 오산시를 포함하여 안성천 유역에 대한 홍수지도를 제작하였고, 2004년 현재 낙동강 유역의 홍수지도를 제작중에 있다. 특히 한국수자원공사는 홍수지도 제작을 위한 정밀 지형자료 취득을 위해 LiDAR(light detection and ranging) 측량을 실시하였다. LiDAR 측량은 레이저파를 이용하여 지형의 표고를 정밀 취득하는 최신의 측량기술로서 홍수모델링에 필요한 정밀지형자료 제공뿐만 아니라 홍수모니터링을 위한 3차원 시뮬레이션이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

그러나 국내에서는 지형자료 취득을 위한 LiDAR 측량의 지침마련이 미흡한 실정이며 또한 LiDAR 장비의 부재로 국외에서 장비를

임대하여 활용하고 있기 때문에 지형자료 취득에 소요되는 시간과 비용이 홍수지도제작의 상당부분을 차지하고 있다. 따라서 LiDAR 기술을 이용하여 전국하천에 대한 홍수지도를 제작하는 데에는 막대한 양의 시간과 비용이 소요될 것으로 판단되며, LiDAR를 이용한 정밀홍수지도제작이 필요한 지역을 선정하기 위한 사전평가 단계로 NGIS의 수치지형도를 활용한 사전모의가 필요하다. 그러나, NGIS 수치지형도를 홍수지도 제작을 위한 지형자료 구축에 활용할 경우 LiDAR 측량자료에 비해 낮은 표고정확도를 가지고 있기 때문에 홍수모델링에 활용하기 전에 수치지형도에서 구축한 DEM(digital elevation model)의 오차를 분석하여 효과적인 구축 방법을 모색하는 것이 바람직하다.

본 연구는 이러한 배경하에 홍수지도제작 대상지역인 한강권역 중 국토지리정보원의 1:1,000과 1:5,000 수치지형도가 함께 존재하는 구리시를 연구대상지로 선정하여 수치지형도에서 구축한 DEM과 LiDAR 측량으로부터 생성한 DEM을 상호 평가하여 표고오차를 계산하였다. 특히 수치지형도에서 구축한 TIN(triangle irregular network)으로부터 linear와 quintic 보간을 적용하여 DEM을 구축하는 과정에서 발생하는 오차를 평가함으로써, 홍수지도제작에 보다 효과적인 지형자료 구축 방법론을 제시하고자 하였다.

기존 연구 고찰

본 연구는 홍수지도제작을 위한 DEM 구축에 있어 수치지형도와 LiDAR 자료와의 표고오차를 비교 평가하는 것으로서, 먼저 최근 국

내에 도입되어 활발한 연구가 진행중인 LiDAR 측량의 개요 및 연구동향을 소개하였으며 DEM 오차평가에 관한 기존연구도 함께 제시하였다.

1. LiDAR 측량

LiDAR 측량은 홍수지도제작을 위한 정밀 지형자료 제공, 도시 및 교통 모니터링, 전력선의 유지보수, 산림밀도 평가 그리고 연안지역의 지형변화 탐지 등과 같은 분야에 활용되고 있다(Wehr와 Lohr, 1999).

LiDAR 시스템은 레이저파를 주사하는 레이저 스캐너, 자료취득 지점의 정확한 위치를 결정하기 위한 GPS(global positioning system) 그리고 자세보정을 위한 IMU(inertial measurement unit)로 구성되어 있다. 항공기에 탑재된 GPS 안테나는 지상 기지국에 설치된 GPS 신호와의 결합을 통해 항공기의 비행 궤적을 결정하고, 레이저 스캐너를 이용하여 초당 수만회의 레이저 펄스를 지표면에 주사해 반사된 레이저 펄스의 도달시간을 측정하게 된다. 측정된 도달시간을 이용하여 항공기와 대상 지표면 사이의 거리를 계산하게 되므로 지표면에 대한 3차원 위치정보를 정확하게 측정할 수 있다.

LiDAR 측량과 연구로서, Priestnall 등(2000)은 인공지능망 기법 및 지형과 분광특성을 함께 적용하여 LiDAR 자료로부터 도시관련 객체들을 추출하는 알고리즘을 제시하였으며, Cobby 등(2001)은 하천의 홍수모델링을 보다 효과적으로 수행하기 위해 필요한 고도정보를 생성하기 위해 LiDAR 측량자료를 처리하는 방법을 제시하였다. Fujisaki 등(2003)은 LiDAR 측량을 이용하여 산림지역에 대한 3차원 가시화 및 식생의 종류와 상태를 평가하였으며, Roberts(2003)는 비행경로 및 방향, 주사각, 비행고도 등과 같은 비행설계 요소들이 LiDAR 자료의 정확도에 미치는 영향을 통계학적으로 분석하였다.

한국수자원공사에서는 2001년부터 한강권역에 대한 홍수지도 제작을 위해 LiDAR 측량을 수행하였다. 홍수지도 제작과정은 크게 대상지역에 대한 지형정보의 획득, 수문분석, 홍수범람해석 그리고 지도제작의 순으로 진행되며, 특히 홍수범람해석을 위한 정밀지형정보 생성을 위해 LiDAR 측량 자료를 활용하였다.

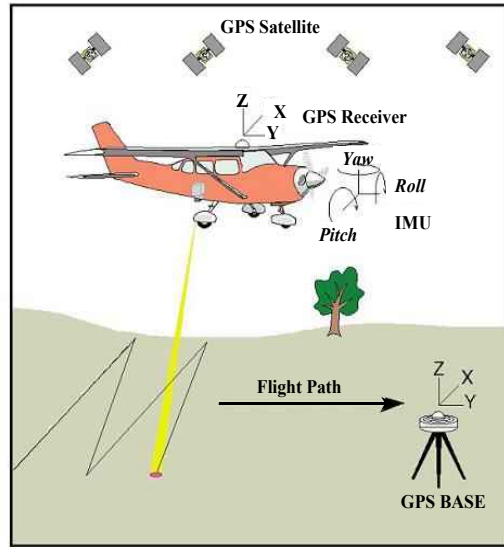


FIGURE 1. Overview of LiDAR system

2. DEM 오차평가

지형해석 분야에 DEM 자료가 주로 활용되고 있으나, DEM의 오차를 평가하여 응용분야에 적용한 사례는 그리 많지 않다.

Ayeni(1982)는 여러 가지 형태의 지형을 고려한 샘플링 기법의 상대적 효용성을 평가했으며, Carter(1988)는 다양한 방법으로 제작한 DEM 오차의 원인을 연구하였고, Brown과 Bara(1994)는 DEM에서 발생하는 오차를 평가하는 알고리즘을 개발하였다.

국내에서는 이근상과 조기성(2002)이 지형을 정상, 골짜기, 능선으로 크게 구분하여 각 지형특성별 DEM 오차 및 경사와 향의 분포특

성을 평가하였다. 또한 LiDAR DEM의 오차를 평가한 연구로서, 최윤수 등(2002)은 LiDAR로 얻은 DEM과 기존의 도화원도에 의한 DEM을 상호 비교함으로써 LiDAR로 취득한 DEM의 활용 가능성을 제시하였으며, 이근상 등(2003)은 LiDAR 자료의 해상도에 따른 DEM의 오차특성을 분석하였다.

LiDAR 측량을 이용한 DEM 구축

1. 대상지 선정

수치지형도에서 구축한 DEM과 LiDAR DEM 간의 오차특성을 분석하기 위해, LiDAR 자료 및 수치지형도가 공통으로 존재하는 경기도 구리시 지역을 연구대상지로 선정하였다. 그림 2는 연구대상지의 DEM 자료위에 지상기준점의 위치를 표시한 것이다.

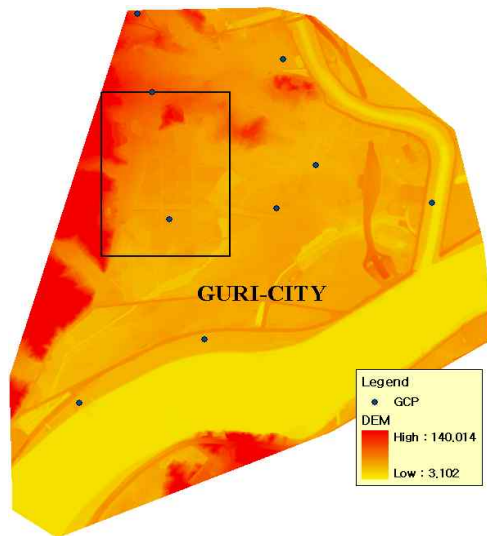


FIGURE 2. Study site

2. LiDAR 측량을 이용한 DEM 구축

LiDAR 측량을 위해 본 연구에서는 $\pm 15\text{cm}$ 미만의 표고정확도를 갖는 ALTM(Airborne

Laser Terrain Mapper) 2050 레이저 시스템을 활용하였다. 먼저 GPS 및 정밀레벨을 활용하여 지상기준점 및 수준측량을 실시하여 좌표변환계수를 산정하였다. 그리고 수평위치정확도 향상을 위해 건물 모서리 등에 대한 특이점 측량을 실시한 후 LiDAR 측량을 통해 원시자료를 취득하였다. 취득된 원시자료는 Trimble사의 TGO와 RealM ASCII 처리모듈을 이용하여 GPS 오차보정 및 원시자료 보정을 실시하였다. LiDAR 측량의 점밀도는 3.0점/㎡, 펄스 주파수는 41~47kHz, 비행고도는 1,000~1,200m 그리고 주사각은 $\pm 15^\circ$ 로 수행하였다. 그리고 WGS84 UTM 좌표계의 원시자료를 벡셀 TM 좌표계로 변환하였으며, LiDAR 측량에 의한 타원체고는 EGM96 모델을 이용하여 정표고로 변환하였다. 도시지역에서는 건물 등의 영향으로 DEM을 추출하기가 매우 어려운 실정이며, 최근 도심지 DEM 제작을 위한 전처리 과정으로 건물모서리를 추출하기 위한 다양한 알고리즘이 개발되고 있으나, 완전 자동화는 어려운 실정이며 부분적인 수작업이 병행되고 있다.

본 연구에서는 수치지형도의 건물레이어로부터 LiDAR DEM을 제작하기 위해 그림 3의 방법을 이용하였다. 먼저 first return 값으로 취득된 DSM 자료와 수치지형도의 건물레이어를 중첩하였다. 건물레이어 외곽선에 해당하는 DSM 값을 분석한 결과 건물의 옥상부분과 지상부분의 표고값이 혼용되어 나타났다. 건물 주위의 표고값을 반영하기 위해 건물레이어를 중심으로 3m 간격으로 버퍼링을 수행하였다. 버퍼링을 수행한 경계선을 대상으로 3m 간격으로 샘플 포인트를 생성한 후 각 포인트에 해당하는 표고값을 취득하였다. 취득한 포인트별 표고값은 지상의 표고값인 DEM을 나타내고 있었으며, 이 표고값을 기준으로 IDW(inverse distance weight) 연산을 수행하여 버퍼링 구역을 보간하였다. 버퍼링 구역을 IDW로 보간한 DEM과 버퍼링 외 지역의 DSM을 합성하여 연구대상지에 대한 DEM을 구축하였다.

TABLE 1. DEM error in ground control point

GCP name	GCP (Bessel TM)			DEM Z(m)	Error Z(m)	Standard error Z(m)
	X(m)	Y(m)	Z(m)			
GR-k01	452018.277	211053.316	14.569	14.733	-0.164	±0.072m
GR-k02	452635.227	212223.131	15.274	15.194	0.080	
GR-k03	453968.621	214355.059	13.364	13.368	-0.004	
GR-k04	455368.808	212959.093	17.655	17.749	-0.094	
GR-k05	455814.463	211600.224	36.262	36.367	-0.105	
GR-k06	455047.238	211735.642	32.874	32.989	-0.115	
GR-k07	453916.781	212899.535	18.002	18.068	-0.066	
GR-k08	453809.250	211897.952	17.625	17.678	-0.053	
GR-k09	454338.966	213271.136	14.977	15.094	-0.117	

3. LiDAR DEM 정확도 평가

구축한 DEM의 오차를 평가하기 위해 그림 2 및 표 1과 같은 지상기준점을 활용하였다.

각 지상기준점은 국토지리정보원에서 관리하고 있는 국가기준점을 활용하여 GPS 스타틱 측량 및 망조정을 통해 선정된 점들로 구성되어 있으며, 지상기준점과 LiDAR로 취득한 DEM과의 표고오차를 분석한 결과 ±0.072m로 나타났다.

이러한 분석결과는 ALTM 2050 LiDAR 시스템의 일반적인 정확도 기준인 ±15cm보다 작은 값으로서, LiDAR 측량이 매우 정확하게 수행되었음을 보여준다.

수치지형도별 DEM 오차 평가

본 연구에서는 수치지형도의 DEM 오차를 분석하기 위해, 구리시 홍수지도 제작 구역중 1:1,000과 1:5,000 수치지형도가 공통으로 존재

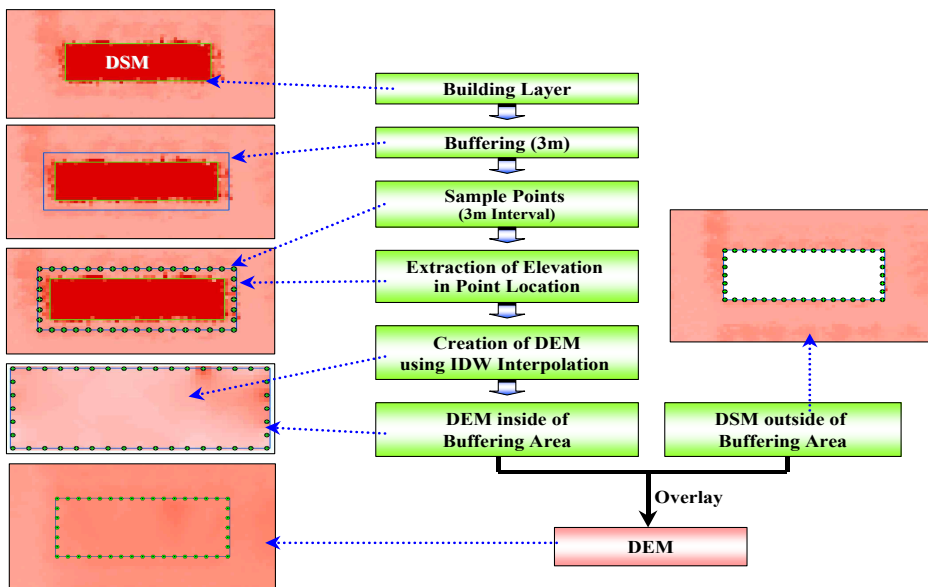


FIGURE 3. Construction procedure of LiDAR DEM

하는 지역을 그림 2의 사각형 박스와 같이 재 선정하였으며, 대상지역에 해당하는 수치지형도의 축척별 도엽번호는 표 2와 같다.

TABLE 2. Index number of digital map

Scale	Index number of digital map
1:1,000	77051817, 77051818, 77051819
	77051827, 77051828, 77051829
	77051837, 77051838, 77051839
1:5,000	37705066

수치지형도로부터 구축한 DEM과 LiDAR DEM과의 오차분석 과정은 그림 4와 같다. 먼저, 수치지형도의 등고선 레이어를 이용하여 TIN을 구축하였다. 수치지형도의 등고 레이어로부터 TIN을 구축하는 과정에서 가장 큰 영향을 주는 것은 weed tolerance이다. weed tolerance는 등고선에 존재하는 버텍스 간격을 조절하기 위해 선형사상을 단순화하는 방법으로 그림 5와 같이 일정한 간격의 버텍스를 지정시 선형이 단순화되는 결과를 가져온다. 그

러나, 너무 큰 weed tolerance를 지정할 경우 왜곡된 지형이 생성되어 실제 지형과의 많은 오차를 갖게 되는 단점이 있으므로 적절한 weed tolerance를 결정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 TIN 구축시 weed tolerance를 1m로 지정하였다.

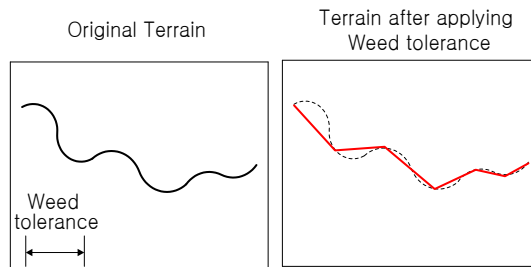


FIGURE 5. Overview of weed tolerance

1:1,000과 1:5,000 수치지형도를 활용하여 구축한 TIN으로부터 DEM을 구축하기 위해서는 linear 및 quintic 보간을 수행해야 한다. linear 보간에서는 보간되는 지형의 값이 점내부에 놓이게 되는 삼각형의 꼭지점에 대한 z값에 대해서만 계산이 이루어진다. TIN에 breakline이 있는 경우에는 linear 보간이 인접한 삼각형의 형태에 영향을 받지 않기 때문에 보간법에는 영향을 주지 않는다. linear 보간에 대한 식은 다음과 같다.

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

A, B, C, D는 삼각형의 세 꼭지점의 좌표에 의해 결정되는 상수이다.

quintic 보간은 linear 보간에 비해 지형을 부드러운 연속면으로 표현하는 특징을 가지고 있다. breakline이 없는 지형에서 z값에 대한 quintic 보간의 일반화된 식은 다음과 같다 (Akima, 1978).

$$z(x, y) = \sum_{j=0}^5 \sum_{k=0}^{5-j} q_{jk} x^j y^k$$

그림 6~그림 9는 1:1,000과 1:5,000 수치지형

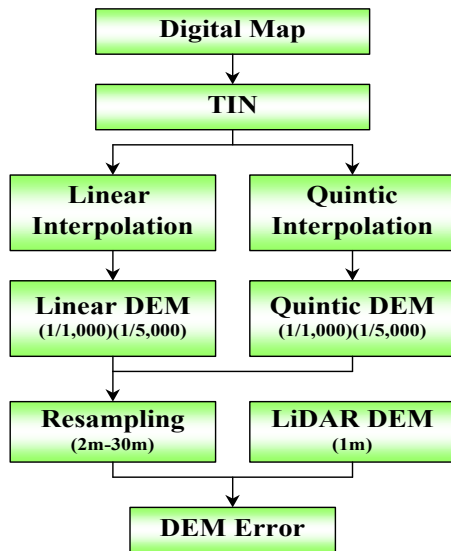


FIGURE 4. Analysis procedure of DEM error

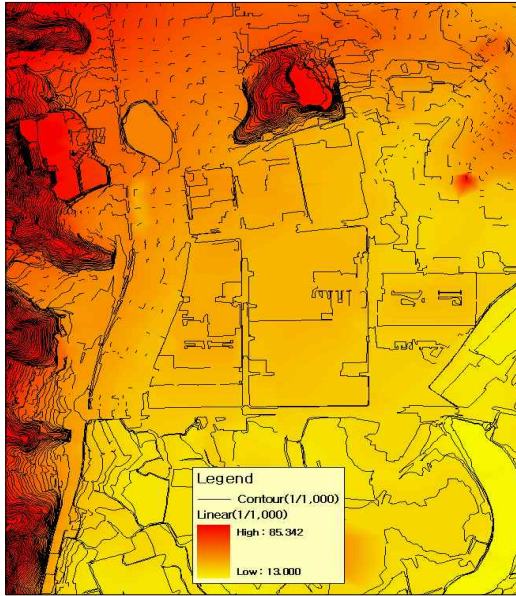


FIGURE 6. DEM by linear (1:1,000)

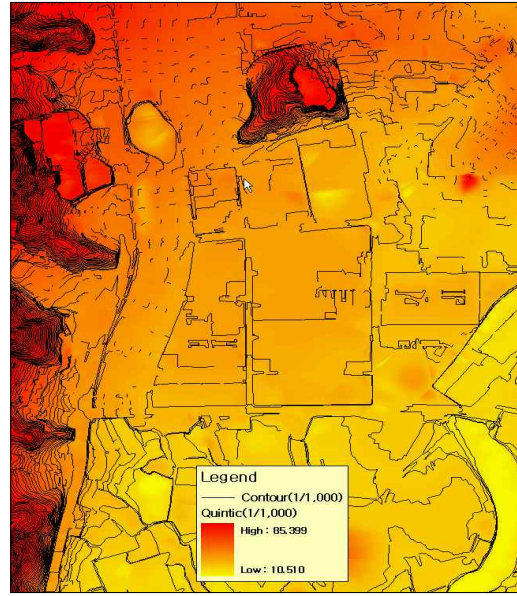


FIGURE 7. DEM by quintic (1:1,000)

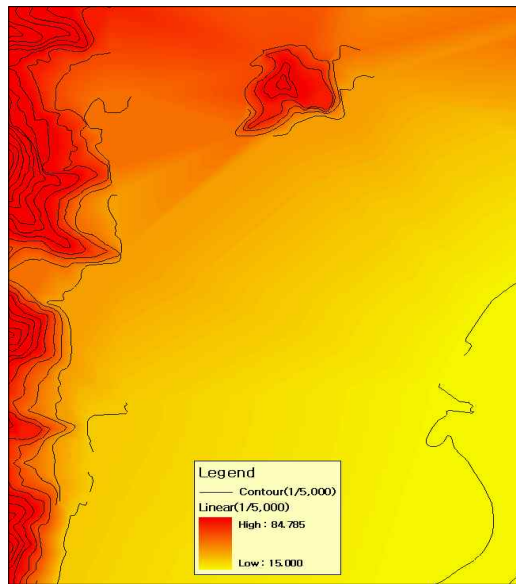


FIGURE 8. DEM by linear (1:5,000)

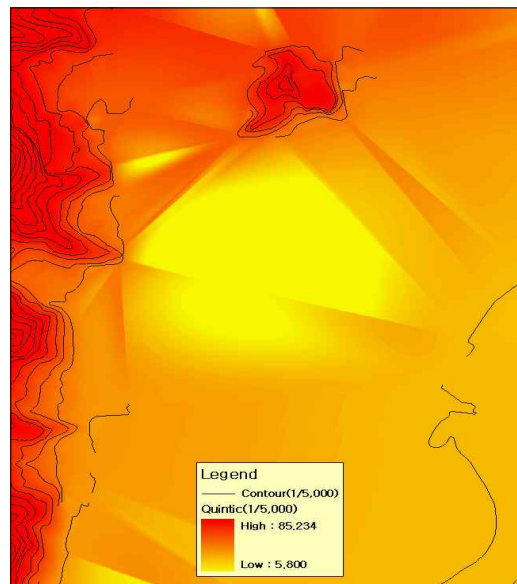


FIGURE 9. DEM by quintic (1:5,000)

도에서 linear와 quintic 보간을 이용하여 구축한 DEM 위에 각 축척별 등고선 레이어를 중첩한 것이다. 1:5,000 수치지형도에서 생성한 DEM의 경우 건물이 밀집되어 있는 도심지에서 등고선

이 상당 부분 단절되어 있기 때문에, TIN으로부터 DEM 구축시 보간법의 종류에 따라 다양한 형태의 DEM 오차가 발생하게 된다.

본 연구에서는 1:1,000과 1:5,000 수치지형도

로부터 구축한 DEM의 오차를 평가하기 위해 LiDAR DEM을 이용하였다. LiDAR DEM은 표 2와 같이 $\pm 0.072\text{m}$ 의 매우 작은 표고오차를 가지고 있기 때문에 수치지형도에서 구축한 DEM의 오차를 평가하기 위한 대상으로 활용할 수 있었다.

수치지형도에서 linear와 quintic 보간을 활용하여 구축한 1m DEM으로부터 1m간격으로 30m까지 resampling한 후에 LiDAR DEM과 오차분석을 실시하여 각 DEM별로 해상도에 따른 오차를 평가하였다. 표 3과 그림 10은 수치지형도에서 구축한 DEM의 해상도에 따른 표고오차를 분석한 결과이다.

분석결과, 보간법의 종류에 관계없이 1:1,000 수치지형도에서 구축한 DEM이 1:5,000 수치지형도에서 구축한 DEM에 비해 오차가 적게 나타난 것으로 평가되었다. 따라서 1:1,000 수치지형도의 구축이 완비된 도시지역에 대한 홍수지도 제작시 보다 정확한 홍수모델링을 위해서는 1:1,000 수치지형도를 활용하는 것이 바람직하다.

1:1,000 수치지형도에서 구축한 DEM의 경우 30m 이하의 해상도에서 모두 2m 이하의 비교적 적은 오차를 보였으며, 특히 linear 보간으로 구축한 DEM이 quintic 보간으로 구축한 DEM에 비해 오차가 약간 적은 것으로 분석되었다. 따라서, 도심지 홍수지도제작을 위한 DEM 구축시 1:1,000 수치지형도를 활용할 경우, Linear 보간을 이용하는 것이 quintic 보간에 비해 약간 유리한 것으로 판단된다.

또한 1:5,000 수치지형도의 경우 Linear 보간으로 구축한 DEM이 quintic 보간으로 구축한 DEM에 비해 오차가 매우 적게 나타났다. linear 보간으로 구축한 DEM의 경우 해상도 30m 이하에서 2.4m 이하의 오차를 보인 반면, quintic 보간으로 구축한 DEM은 5.5m 이하의 오차를 보였다. 이러한 결과는 등고선이 거의 존재하지 않는 건물 밀집지역의 특성이 반영된 것으로 해석된다. 따라서, 경사가 완만한 도시

TABLE 3. Analysis result of DEM error

Resolution	DEM error			
	Linear (1:1,000)	Quintic (1:1,000)	Linear (1:5,000)	Quintic (1:5,000)
1	1.466	1.670	2.207	5.385
2	1.474	1.677	2.277	5.409
3	1.470	1.674	2.200	5.387
4	1.479	1.682	2.209	5.384
5	1.477	1.681	2.203	5.388
6	1.486	1.689	2.213	5.386
7	1.487	1.689	2.210	5.389
8	1.500	1.702	2.218	5.389
9	1.502	1.704	2.210	5.397
10	1.514	1.717	2.224	5.390
11	1.514	1.718	2.220	5.398
12	1.533	1.731	2.229	5.396
13	1.537	1.735	2.224	5.405
14	1.550	1.755	2.244	5.399
15	1.560	1.764	2.240	5.403
16	1.574	1.773	2.254	5.405
17	1.586	1.789	2.250	5.405
18	1.601	1.793	2.268	5.405
19	1.604	1.808	2.257	5.419
20	1.632	1.831	2.277	5.383
21	1.645	1.841	2.276	5.430
22	1.668	1.860	2.300	5.413
23	1.659	1.845	2.288	5.435
24	1.666	1.850	2.311	5.435
25	1.680	1.873	2.312	5.432
26	1.729	1.928	2.324	5.444
27	1.746	1.941	2.315	5.462
28	1.744	1.935	2.345	5.445
29	1.766	1.969	2.334	5.483
30	1.800	1.980	2.357	5.447

지역에서 1:5,000 수치지형도를 활용하여 홍수지도제작을 위한 DEM을 구축시에는 linear 보간이 quintic 보간에 비해 매우 유리한 것으로 판단된다.

지형해석 분야의 연구를 보면 DEM의 셀크기가 커질수록 DEM 오차가 선형으로 증가하는 것이 일반적이나, 본 연구대상지는 표고변화가 매우 적은 도시지역으로 구성되어 있기 때문에 해상도에 따른 오차가 매우 유사한 것

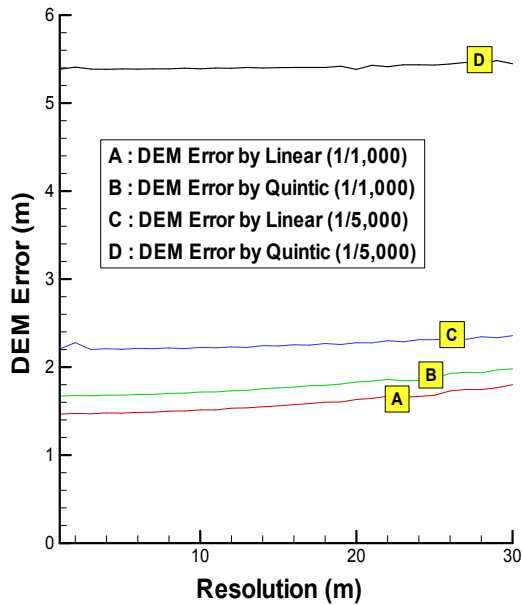


FIGURE 10. Analysis result of DEM error

으로 나타났다. 홍수모델링을 수행함에 있어 지형자료의 크기에 따라 처리시간이 크게 달라진다. 본 연구지역과 같이 해상도에 따른 오차가 유사하게 나타날 경우 셀크기가 비교적 큰 지형자료를 선정하여도 모델링 결과에 큰 영향을 미치지 않게 되나, 도심지에 대한 홍수모델링 수행의 경우 1.5m를 초과하는 침수심에서도 피해규모가 크게 달라진다는 점을 고려하여 지형자료의 셀크기를 결정해야 할 것이다.

대도시 지역의 경우 1:1,000 수치지형도가 전반적으로 잘 구축되어 있는 반면, 중소도시의 경우 아직도 1:1,000 수치지형도의 구축이 미비한 실정이므로 이러한 지역에서는 1:1,000과 1:5,000 수치지형도를 함께 연계하여 활용하는 것이 바람직하다. 따라서, 서로 다른 축척의 수치지형도를 연계 활용시 발생하는 오차 특성도 향후 연구에서 검토되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 수치지형도를 활용한 홍수지도제작용 지형자료의 효과적인 구축 방법론을

제시하였으며, 이때 수치지형도의 제작시기에 따른 오차특성은 고려하지 않았다. 따라서, 홍수피해를 정확하게 모의해야 하는 주요 대도시 지역의 경우 가급적 최신의 LiDAR 자료를 활용하는 것이 바람직하며, 수치지형도를 활용할 경우 수치지형도의 제작시기와 본 연구에서 제시한 효과적인 지형자료 구축방법을 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 수치지형도를 이용하여 홍수지도제작을 위한 DEM을 구축시 발생하는 오차를 평가하기 위해 LiDAR DEM을 활용하였으며, 구리시를 대상으로 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 대축척 수치지형도의 구축이 완비된 도시지역에 대한 홍수지도 제작에서는 보다 정확한 홍수모델링을 위해 표고오차가 적은 1:1,000 수치지형도를 활용하는 것이 바람직하다.
2. 1:1,000 수치지형도를 활용하여 홍수지도 제작을 위한 DEM 구축시 오차가 적게 나타나는 linear 보간을 활용하는 것이 quintic 보간에 비해 다소 유리한 것으로 분석되었다.
3. 1:5,000 수치지형도를 활용하여 홍수지도 제작을 위한 DEM 구축시 도심지의 등고선 부재에 따른 문제로 각 보간법별로 오차특성이 크게 나타났으며, 경사가 매우 완만한 도심지에서는 지형을 선형으로 보간하는 linear 보간이 quintic 보간에 비해 매우 유리한 것으로 분석되었다.
4. 지형변화가 매우 적은 도심지에서는 해상도에 따른 DEM 오차변화가 매우 적기 때문에 홍수모델링을 위한 지형자료의 해상도 결정시 비교적 큰 셀크기의 지형자료를 선정하여도 홍수모델링 결과에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다. **KAGIS**

참고문헌

- 건설교통부 한국수자원공사. 2002. 홍수지도제작(한강유역권 시범제작). WRR1-WR-02-7.
- 이근상, 조기성. 2002. GIS 환경에서 DEM 정확도 분석 및 해상도의 영향 평가에 관한 연구 - 골짜기, 정상, 능선을 중심으로. 대한토목학회 논문집 22(3-D). 583-590쪽.
- 이근상, 고덕구, 채효석, 신영호. 2003. 항공레이저측량 자료의 해상도에 따른 DEM 오차 비교평가 연구. 한국지리정보학회지 6(3): 33-42.
- 최윤수, 한상득, 위광재. 2002. 도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가. 한국측량학회지 2(2):23-32.
- Akima, H. 1978. A method of bivariate interpolation and smooth surface fitting for irregularly distributed data points. ACM Transactions on Mathematical Software 4(2):148-159.
- Ayeni, O.O. 1982. Optimum sampling for digital terrain models: A trend towards automation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 48:1687-1694.
- Brown, D.G. and T.J. Bara. 1994. Recognition and reduction of systematic error in elevation and derivative surfaces from 7.5 minute DEMs. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 60:189-194.
- topographic surfaces. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54:1577-1580.
- Cobby, D.M., D.C. Mason and I.J. Davenport. 2001. Image processing of airborne scanning laser altimetry data for improved river flood modelling. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 56:121-138.
- Fujisaki, I., D.L. Evans, R.J. Moorhead, D. Irby, M.J. Mohammadi-Aragh and S.D. Roberts. 2003. LiDAR based forest visualization. ASPRS 2003 Annual Conference Proceedings. Anchorage, Alaska.
- Priestnall, G., J. Jaafar and A. Duncan. 2000. Extraction urban features from LiDAR digital surface models. Computers, Environment and Urban Systems 24:65-78.
- Roberts, B.L. 2003. Spatial and statistical investigation of LiDAR data sets. ASPRS 2003 Annual Conference Proceedings. Anchorage, Alaska.
- Wehr, A. and U. Lohr. 1999. Airborne laser scanning - An introduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 54:68-82. **KAGIS**