

도화원도의 활용방안

A Application Method of Plotting Original Data

이용욱¹⁾

Lee, Yong Wook

Abstract

Lately, digital restitution was became common using digital aerial photos. Therefore, we can obtain three-dimensional data. As a plotting-maker is checked by naked eye, plotting original data is very useful for making reliable three-dimensional data including contour and elevation point layers.

In this study, we want to make precise and accurate digital elevation model using plotting original data. Contour and elevation point layers was extracted in digital map and break line was extracted in plotting original data. And then, compared both of results. For comparison, we selected slight slope and complex topography area like a residence area, mountain and agricultural land. We extracted break line deleting layer until obtaining ideal digital elevation model.

As the results, We could extract contour, elevation points, eight road and two boundary layers using break lines. And, We could obtain precise elevation model. Editing break lines, the distortion of digital elevation model could be minimized in the complex and sharp slope area.

Keywords : Plotting Original Data, Digital Elevation Model, Digital Map, Break Line

초 록

최근 디지털 항공사진을 이용한 수치도화가 보편화 되었으며 이로 인해 지표에 대한 3차원 데이터를 정확하게 획득하고 있다. 도화원도는 도화사가 지표를 육안으로 확인하여 제작한 신뢰 있는 3차원 데이터이며 등고선과 표고점 이외에도 지형지물에 대해 3차원 좌표를 가지고 있는 점, 선으로 표현되었을 뿐 아니라 레이어로 분류되어 활용성이 매우 크다.

본 연구에서는 도화원도를 이용해 정밀하고 정확한 수치표고모델을 제작하고자 한다. 이를 위해 수치지형도에서 등고선과 표고점 레이어를 추출하였고 도화원도에서 Break Line을 추출하여 각각 수치표고모델을 제작하였으며 이 두 결과를 비교하였다. 비교를 위해 주거지, 산지, 농경지, 제방 등 경사가 완만하거나 복잡한 지형을 연구지역으로 선정하여 최적의 수치표고모델이 제작될 때까지 반복적으로 레이어를 삭제하면서 Break Line을 추출하였다.

그 결과 도화원도에서 등고선과 표고점 레이어를 비롯해 8개의 도로 레이어 및 2개의 경계 레이어를 Break Line으로 추출하였으며 이를 이용해 더욱 정밀한 수치표고모델을 획득할 수 있었다. 또한 교차하거나 접하는 Break Line을 편집하여 복잡하고 변위가 급격한 지형에서 수치표고모델의 왜곡현상을 최소화할 수 있었다.

핵심어 : 도화원도, 수치표고모델, 수치지형도, Break Line

1. 서 론

최근 3차원 가상현실 기술의 발달로 자연 및 도시와 같은 인간 생활의 공간을 가상현실화하고 이를 이용한 다양한 서비스가 활용되고 있다(이태운 등, 2008; 왕원순 등,

2007). 이와 같은 3차원 모델링을 이용한 실세계의 이해와 분석이 더욱 다양하고 전문적으로 활용되면서 보다 정확한 수치표고모델의 필요성이 요구되고 있다(Paul R 등, 2000; Wilfried Linder, 2006). 이러한 수치표고모델을 제작하는 가장 빠른 방법 중 하나는 수치지형도의 등고선과

1) 교신저자 · 정회원 · 인덕대학 토목환경설계과 교수(E-mail: leeyoungwook@empal.com)

표고점 레이어를 이용하는 것으로 쉽게 접근할 수 있을 뿐 아니라 빠르게 처리할 수 있는 장점이 있다. 또한 수치지형도는 정기적으로 수정·갱신되어 비교적 최신의 지리정보를 반영한 수치표고모델을 제작할 수 있다(양성철 등, 2009). 그러나 수치지형도의 등고선과 표고점 레이어만으로 실제 지형과 유사하게 모델링하기에는 지표형태에 대한 3차원 정보가 조밀하지 못하다.

수치지형도는 도화기를 이용해 항공사진을 입체화하여 지표 및 지형지물의 형태와 높이를 표현하는 일련의 묘사를 통해 제작되는 것으로 등고선과 표고점을 이용해 지표의 수직 위치정보를 표현하고 있으나 수치지형도만으로는 그 이외의 지형지물에 대한 높이를 알 수 없다. 반면 수치지형도 제작 시 도화기를 이용해 묘사한 최초의 데이터인 도화원도는 지형을 표현한 등고선과 표고점 외에 건물, 교량, 옹벽과 같은 구조물과 도로, 논밭, 제방 등의 지형지물이 레이어로 분류되어 있을 뿐 아니라 수직위치 정보를 포함하고 있어 이를 활용해 더욱 다양한 지표정보를 제작할 수 있다. 특히, 디지털항공사진과 수치도화기를 활용하면서 수치지형도 제작 시 3차원 위치데이터를 더욱 정밀하고 정확하게 획득할 수 있게 되었다. 따라서, 도화원도의 레이어를 적절히 활용하면 실제 지형과 매우 유사한 수치표고모델을 제작할 수 있다. 도화원도를 이용한 관련 연구는 등고선과 표고점을 이용하여 수치표고모델을 만들고 그 위에 건물 레이어를 추출하여 3차원 모델링을(김성준 등, 2006) 한 것을 제외하고는 관련 연구가 미비한 상황이다.

이에 본 연구에서는 도화원도를 이용하여 더욱 정확하고 정밀한 수치표고모델을 제작하기 위한 레이어 활용방안을 제시하고자 한다. 또한 경사가 급변하거나 복잡한 지역에 대해 도화원도에서 추출한 Break Line을 활용하여 제작한 수치표고모델이 수치지형도를 이용하여 제작한 그것과 비교하여 얼마나 정밀하고 사실적으로 묘사될 수 있는지 비교하고자 한다.

결과를 비교를 위하여 경사가 급변하거나 완만한 지역, 지형지물이 단순하거나 복잡한 지역 등 지형적 특징이 반영되도록 샘플 지역을 선정하였다. 도화원도에서 등고선 및 표고점 레이어를 추출한 후 높이를 가지고 있는 모든 레이어를 이용해 수치표고모델을 제작하고 오류가 발생하는 레이어를 삭제해 나가는 방법을 반복하여 최적의 Break Line을 획득하였다. 등고선과 표고점 레이어를 이용해 첫 번째 수치표고모델을 만들었으며 여기에 Break Line을 추가하여 두 번째 수치표고모델을 제작하였다. 이렇게

두 개의 수치표고모델에 대해 정밀도 및 오류사항을 시각적으로 비교했으며 이로 인해 발생하는 높이 차를 공간분석 소프트웨어를 이용해 분석하였다. 연구 흐름도는 그림 1과 같다.

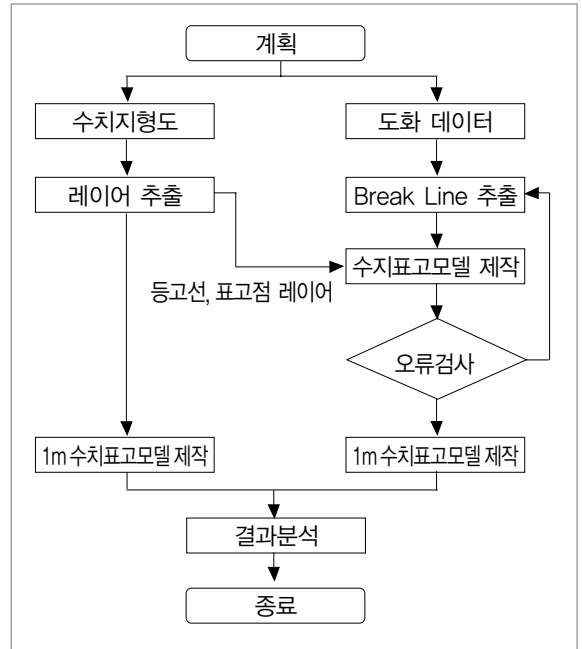


그림 1. 연구흐름도

2. 자료취득

본 연구를 위해 그림 2와 같이 경기도 지역의 세 군데를 대상지역으로 선정하였다.

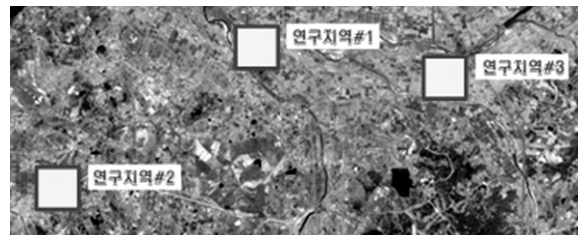


그림 2. 연구지역 (전체)

연구를 위해 사용된 데이터는 1/1,000 수치지형도와 이를 제작하기 위해 사용된 도화원도이며 본 연구에서는 수치지형도와 도화원도를 이용해 제작한 수치표고모델을 비교하기 위해 그림 3과 같이 가로세로 1의 제방과 도

로 및 교량이 있는 지역, 주거지와 산이 있는 복잡한 지역, 평평한 농경지 등이 복합적으로 구성된 곳을 연구지

역으로 선정하였으며 그림 3의 (a), (b), (c)와 같다. 연구지역#1은 하천을 가로지르는 교량이 있고 하천 제방이 뚜렷한 직선 형태로 구축된 지역으로 제방 안쪽에 시가지가 형성되어 있는 특징이 있다. 연구지역#2는 평평한 들판을 가로지르는 도로에 입체교차로와 교량이 연속적으로 구성되어 있으며 특히 경사진 계단식 주거지가 형성되어 있다. 연구지역#3은 평탄한 농경지이며 바둑판 형태로 구획되어졌고 농로가 있지만 지형지물이 매우 단순한 형태이다.

3. 자료처리

수치지형도는 등고선과 표고점을 제외한 모든 레이어가 높이값이 없는 반면 도화원도는 등고선과 표고점 외 지형지물을 묘사한 대부분의 레이어가 높이값을 가지고 있다. 수치지형도에 해당하는 레이어중 등고선과 표고점은 도화원도에서 모두 추출하였다. 본 연구에서 처리하는 데이터는 모두 도화원도에서 추출하였으며, 등고선과 표고점 레이어로 처리한 경우는 수치지형도로, 등고선과 표고점 레이어 및 Break Line을 사용하여 처리한 경우는 도화원도로 표현하였다.

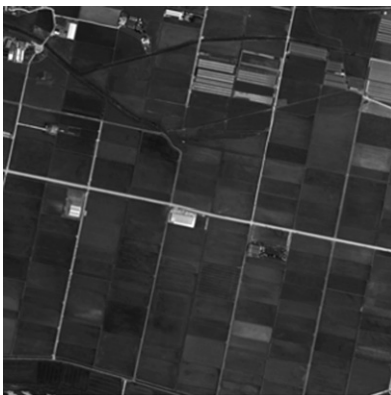
그림 4는 연구지역에 대해 도화원도에서 순서대로 등고선과 표고점 레이어 및 Break Line을 추출한 것이다. 등고선과 표고점 레이어는 직접 추출하였고 Break Line은 심볼 및 텍스트와 같은 불필요한 레이어를 제거한 후 높이 값을 포함하고 있는 레이어만 모두 추출하였다. 건물, 교량, 방음벽 등 구조물과 시설물 등의 지물을 묘사하고 있는 레이어를 제거하여 수치표고모델을 제작하였으며 육안으로 확인하여 오류가 있는 부분은 해당 레이어를 삭제한 후 다시 수치표고모델을 제작하였다. 이와 같이 반복적으로 수행하여 최종 Break Line을 결정하였다. 수치지형도의 경우는 계곡선, 주곡선, 간곡선, 조곡선 등 4개의 등고선 레이어와 표고점 레이어이며 도화원도의 경우는 수치지형도에서 사용한 4개의 등고선과 표고점 레이어와 함께 도로 레이어 중 고속도로, 일반국도, 지방도, 특별·광역시도, 시도, 군도, 면리간도로 및 부지안 도로 등의 8개 도로 레이어와, 호수·저수지, 재배지 경계이다. 이와 같이 연구지역에 대해 추출한 레이어는 표 1과 같다.



(a) 연구지역#1



(b) 연구지역#2



(c) 연구지역#3

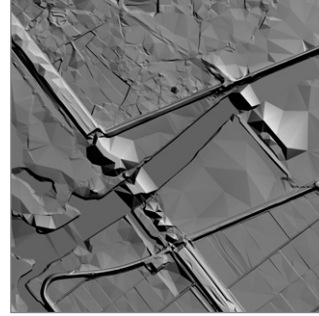
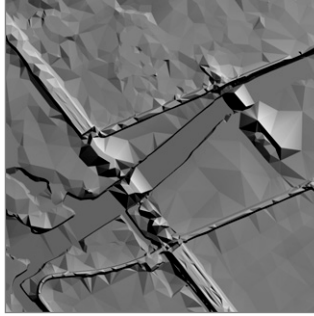
그림 3. 연구대상지역 (1:000)



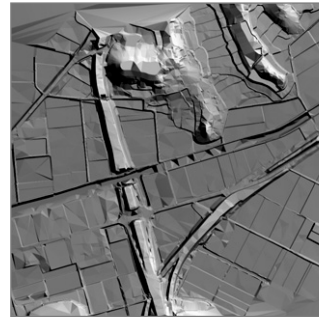
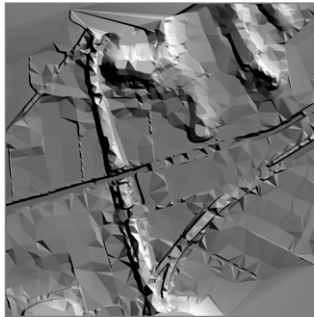
그림 4. 레이어 추출 (등고선(좌), 표고점(중앙), Break Line(우))

표 1. 레이어 추출

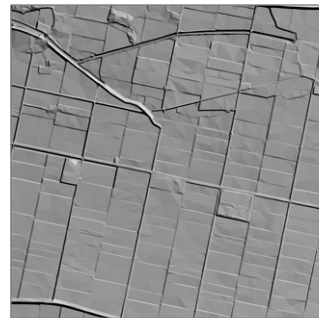
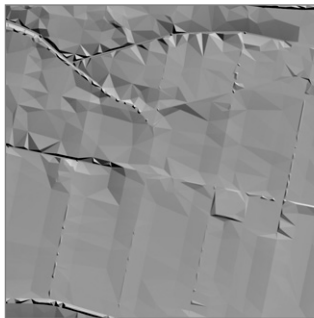
레이어 코드	지형지물명	레이어 코드	지형지물명
ADA001	고속도로	BA010	호수, 저수지
ADA010	일반국도	DA001	재배지 경계
ADA020	지방도	CAA001	등고선(계곡선)
AD0022	특별시, 광역시도	CAA002	등고선(주곡선)
ADA030	시도	CAA003	등고선(간곡선)
ADA040	군도	CAA004	등고선(조곡선)
ADA050	면리간도로	CA002	표고점
ADA085	부지안도로		



(a) 연구지역#1



(b) 연구지역#2



(c) 연구지역#3

그림 5. 1m 격자의 수치표고모델 제작(수치지형도(좌), 도화원도(우))

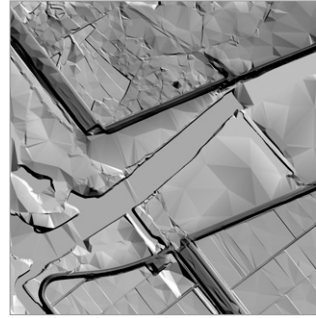
등고선과 표고점 및 Break Line 추출 후 그림 5와 같이 연구지역에 대해 1 격자로 각각 수치표고모델을 제작하였다. 첫 번째는 수치지형도를 활용한 경우로 등고선과 표고점 레이어를 이용하였고 두 번째는 도화원도를 활용한 경우로 등고선과 표고점 레이어 및 Break Line을 이용하였다.

4. 결과분석

그림 5(a), (b), (c)와 같이 도화원도를 활용하여 제작한 수치표고모델은 수치지형도를 활용했을 경우보다 더욱 정밀한 지표형태를 나타냈다. 특히, 그림 5(a)와 같이 제방 및 둑에서 차이가 분명하게 나타났다. 또한 두 경우 모두 교량부분에서 오류가 발생하였는데 이것은 교량 및 도로 레이어가 삭제된 반면 이에 해당하는 부분의 표고점 레이어는 삭제되지 않았기 때문이다. 그림 6은 연구지역#1에서 하천을 가로지르는 교량에 위치한 표고점을 삭제한 도화원도이며 이를 이용해 그림6(b)와 같이 수치표고모델을



(a) 표고점 편집 후의 도화원도



(b) 표고점 편집 후의 수치표고모델

그림 6. 표고점을 편집한 후의 도화원도와 수치표고모델

제작한 것으로 그림 5(a)의 경우에 비해 교량에 의한 오류가 없으며 하천의 형태가 더욱 뚜렷하게 표현되었다.

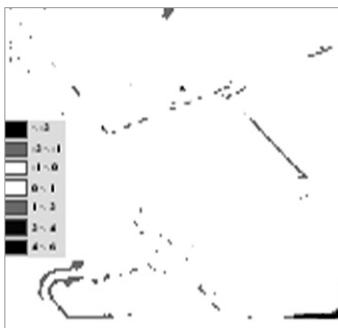
그림 5(b)에서 보는 바와 같이 도화원도를 사용하여 수치표고모델을 제작한 경우 입체교차로를 명확하게 묘사하고 있으며 독길의 상단부 역시 평평하게 표현되었으며 특히 우측상단의 산과 산 사이의 계단식 지형이 명확하게 구분된다. 그림 5(c)와 같이 도화원도에서 재배지 경계 레이어를 Break Line으로 활용하여 제작한 수치표고모델은 농지의 윤곽과 이를 가로지르는 농로를 세부적으로 표현하고 있다.

수치지형도와 도화원도를 이용해 제작한 수치표고모델은 Break Line 사용에 따라 세부적으로 묘사하고 있는 정도가 다르기 때문에 이로 인해 두 수치표고모델 내 높이가 다른 부분이 존재한다. 두 수치표고모델의 높이 차이를 알아보고자 ArcGIS의 공간분석 기능을 이용하여 Math 연산하였으며 연구지역 별로 도화원도를 이용해 제작한 수치표고모델에서 수치지형도를 이용한 수치표고모델을 빼는 방법으로 처리하였다. 본 연구에서 사용된

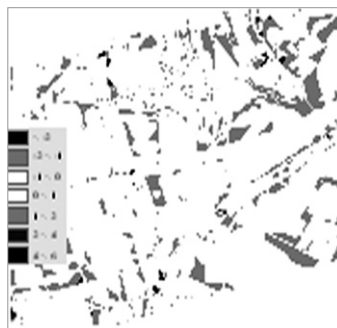
도화원도 및 수치지형도는 1/1,000 수치지형도 기준으로 제작된 1 간격의 등고선이기 때문에 그림 7과 같이 ± 1 이내의 차이를 보이는 부분은 흰색으로 처리했으며 그 이상의 차이를 보일수록 짙은색으로 표현하였다.

그림 7(a)와 같이 연구지역#1에서는 제방과 같이 좁고 긴 형태의 지표에서 $\pm 1 \sim 2$ 정도의 차이를 보였으며 Break Line을 따라 크게 나타났다. 이것은 도화원도를 사용하여 수치표고모델을 제작하면 Break Line을 따라 짧은 거리의 더 많은 절점을 사용하여 정밀하게 보간되는 반면 동일한 부분에 대해 수치지형도를 사용할 때는 정밀하게 표현될 절점이 부족하면서 보간되는 절점간 거리가 멀어지게 되고 그에 따라 높이 차이가 발생한 것으로 보인다.

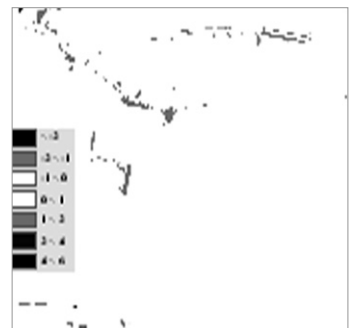
그림 7(b)와 같이 연구지역#2는 산과 입체교차로 및 하천과 제방의 복잡한 지역으로 많은 부분에서 $\pm 1 \sim 2$ 차이를 보였다. 특히 마을과 산이 있는 부분에서 차이가 크게 나타났는데 경사가 급변하는 지역이나 밀집된 주거지와 같이 복잡한 지형을 Break Line이 정밀하게 묘사하고 있는 반면 수치지형도를 이용해 제작한 수치표고모델에서는



(a) 연구지역#1



(b) 연구지역#2



(c) 연구지역#3

그림 7. 도화원도와 수치지형도의 수치표고모델 차이)

산 사이의 농경지를 구분하기 어렵다. 이것은 최소 1 높이 차이를 갖는 등고선으로는 완만한 경사를 묘사 할 수 없으며 표고점 역시 농경지 중앙 및 도로를 따라 일정하게 표현되기 때문에 정밀한 수치표고모델을 제작하는 데는 상당히 부족하다. 이와 같은 부분은 연구지역 중간의 제방, 둑길, 입체교차로와 같이 복잡하고 높이 차이가 큰 지형을 비롯해 농경지와 같은 평지에서도 두드러지게 나타났다.

그림 7(c)와 같이 연구지역#3은 그림 7(a)와 같이 제방과 둑에서 차이를 보였으며 많은 부분에서 뚜렷한 높이 차이는 보이지 않았다. 반면 그림 5(c)에서는 시각적으로 두 가지 수치표고모델은 많은 차이를 보였는데 농경지를 가로지르는 도로나 논두렁 같은 부분에서 그 차이가 확연히 나타났다. 이것은 높이 차이가 별로 없는 평지라 할지라

도 Break Line을 활용하여 수치표고모델을 제작하면 실제 지형과 더욱 유사하고 정밀한 성과를 획득할 수 있다.

입체교차로와 같이 Break Line이 서로 교차하거나 접하는 경우 이에 해당하는 선을 편집한 후 수치표고모델을 제작하면 이로 인해 발생하는 대부분의 오류사항을 제거할 수 있다. 그림 8은 교차 및 접하는 Break Line을 편집한 후 수치표고모델을 제작한 것으로 그림 8(a)와 같이 교량이 있는 부분마다 오류가 있지만 도로 레이어를 편집하면 그림 8(b)와 같이 대부분의 오류를 수정할 수 있어 더욱 사실적인 수치표고모델을 제작할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 도화원도를 이용해 정밀한 수치표고모델을 제작하는데 활용할 수 있는 Break Line을 추출하였고 이 데이터를 기반으로 수치표고모델을 제작하였다. 또한 수치지형도를 활용했을 때와 비교하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

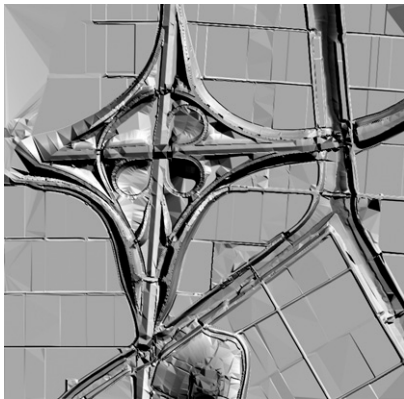
첫째, 도화원도에서 등고선과, 표고점 레이어 및 Break Line을 이용해 수치표고모델을 제작할 때 수치지형도를 이용하는 것보다 더욱 정밀하고 사실적인 결과를 획득할 수 있었으며 두 수치표고모델의 높이 차이를 비교한 결과 복잡하고 경사가 급격한 지형에서 1~2 차이가 발생하였다.

둘째, Break Line으로 활용할 수 있는 레이어로는 고속도로, 일반국도, 지방도, 특별시·광역시도, 시도, 군도, 면리간도로, 부지안도로의 8개 도로 레이어와 호수, 저수지 및 재배지 경계의 3개 경계 레이어를 추출하였다.

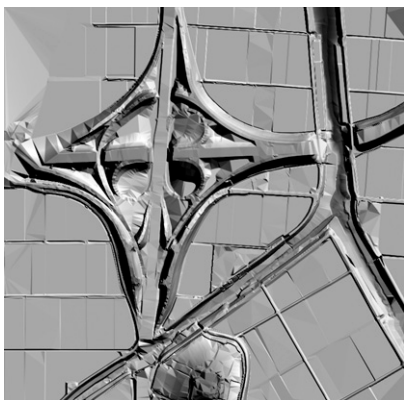
셋째, 등고선과 표고점 레이어 및 Break Line을 이용해 제작된 수치표고모델은 복잡하고 경사변화가 큰 지형을 매우 세부적으로 표현할 수 있었으며 특히 농경지와 같은 완만한 평지에서는 재배지 및 농로의 경계가 명확히 구분되어 실제지형과 더욱 유사한 수치표고모델을 제작할 수 있었다.

본 연구를 통해 도화원도를 활용한 수치표고모델 제작 뿐 아니라 교량 및 가드레일, 펜스 등과 같이 도로 구조물 및 시설물 레이어를 활용한 시설물 3차원 모델링 구축과 같이 다양한 주제에 활용될 수 있을 것이다.

또한, 수치지형도의 수정·갱신을 위해 제작되는 도화원도를 활용하여 해당지역의 수치표고모델을 갱신하면 최신의 지표정보를 반영한 수치표고모델을 유지할 수 있으며 이를 위해 시계열 차이가 있는 데이터를 효과적으로



(a) Break Line 편집 전



(b) Break Line 편집 후

그림 3. Break Line 을 편집하여 오류를 제거한 수치표고모델

활용하기 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 인덕대학교 교내학술연구 사업의 일환으로 수행되었습니다. .

참고문헌

김성준, 이임평, 유병민, 최경아 (2006), 도화원도를 이용한 3차원 건물 및 지형 모델링, 대한토목학회 정기학술대회, pp. 1443-1447.

양성철, 최재완, 유기윤 (2009), 준공도면에서 추출된

CAD 객체를 이용한 수치지형도의 갱신 시스템 개발, 한국지형공간정보학회지, Vol. 17, No. 3, pp. 13-14

이태윤, 정재훈, 김태정 (2008), 고해상도 위성영상과 기존 수치표고모델을 이용하여 신뢰성이 향상된 수치표고모델의 자동 생성, 한국GIS학회지, Vol. 16, No. 2, pp. 193-194

황원순, 김감래 (2007), 항공디지털카메라 영상을 이용한 수치지도 갱신, 한국측량학회지, 제25권 제6-2호, pp. 635-643

Paul R. Wolf and Bon A. Dewitt (2000), Elements of Photogrammetry with Applications in GIS, The McGraw-Hill Companies, Inc., pp. 52-80, 366-403.

Wilfried Linder (2006), Digital Photogrammetry, Springer, pp. 73-102.

(접수일 2011. 07. 31, 심사일 2011. 09. 03, 심사완료일 2011. 09. 06)