

공사지역(댐)의 지형정보구축을 위한 정사영상의 활용 Orthophoto Application for Geo-spatial Information Acquisition of Construction Area(DAM)

한승희* · 이형석** · 이성순***

Han, Seung Hee · Lee, Hyung Seok · Lee, Sung Soon

요 旨

공공건설 공사 계획단계에서 편입되는 개인 사유 재산에 대한 보상문제는 민감한 사항으로 매우 중요하다. 특히, 댐건설공사는 계획면이 저수면이므로 타 공사시의 토지보상과는 달리 저수고의 변화에 따라 수물면적이 달라지고 사업계획이 공식 발표되게 되면 보상가의 상승을 목적으로 공사지역내의 토지이용에 인위적인 변화와 민원이 발생하기 때문에 더욱 합리적인 계획이 요구된다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 합리적으로 해결하고 신속한 보상업무를 위해 항공사진에 기반을 둔 정사영상의 활용방안을 모색하였다. 항공사진은 토지이용 변화를 위한 판독자료로써 사용하였으며 이를 이용하여 정사영상을 제작하였다. 또한 정사영상을 수치지적도 및 수치지형도와 중첩하여 기간 별 지면에 대한 토지이용의 변화여부 파악과 계획 저수고에 따른 편입용지를 분석하였으며 경관분석을 위해 계획수면에 해당하는 유역 모델링 및 3차원 시뮬레이션도 실시하였다.

ABSTRACT

It is so sensitive that the matter of compensation for private possessions caused in the course of public construction planning is very important. Especially, more logical planning is necessary when the dam be constructed, because it is mainly controlled by the surface of water, and if that planning is made public, artificial change is occurred in land use in that area for the purpose of rising the compensation. In this study, the plan for the application of aerial photo based ortho image was drew up for solving these problems and for the rational, rapid compensation. Ortho image was made by aerial photo, used as reading material for the change in land use. The modeling of drainage basin, came under the planning surface of water, and the 3D simulation were performed for the scene analysis, the change understanding in land use for a lot number in a certain period by overlapping the digital image, the digital land registration map, and the digital topography map as well as the analysis of the admitted land followed by the height of reservoir water.

1. 서 론

우리 나라와 같이 토지에 대한 애착이 강한 경우 건설 공사에 있어서 용지보상 시 많은 문제가 발생한다. 특히 도심지역의 공사일 경우에는 공사비의 70% 이상이 보상비로 지출이 되는 경우도 있다. 또한 사업의 계획이 공식적으로 발표되기 전부터 토지이용을 의도적으로 변경함에 따라 보상비가 상승하게 되고 이는 국가예산에 막대한 손실을 가져온다. 토지보상에 있어 일반적으로 필

수적인 사항은 공사지역의 범위 결정에 따른 편입 필지의 면적 및 정보와 토지이용이력 사항 등이다. 따라서 공사지역의 범위결정에 대한 탄력적인 편입면적 및 관련 정보와 해당지역 항공사진을 이용한 토지이용상황 자료를 준비해야 한다. 즉, 효율적인 건설공사 계획을 수립하기 위한 방안으로 현장에 대한 시각적 정보 및 기하학적 정보를 구축해야 할 필요가 있다. 이러한 이유로 항공사진을 정사 보정하여 정사영상을 통한 사진지도 제작이 요구된다.

본 연구에서는 이러한 토지보상을 위한 자료 및 정보를 구축하기 위해 대상지역의 항공사진을 정사영상처리하고 수치지적도 및 수치지형도와 중첩하여 관련자료 및 정보를 얻고자 한다. 또한 수치지형도로부터 공사지역의

*정회원 · 천안공업대학 토목공학과 부교수
**정회원 · 충남대학교 토목공학과 박사수료
***정회원 · 충남대학교 토목공학과 박사수료

3차원 지형분석과 계획저수고에 대한 3차원 모델링 및 시뮬레이션을 수행하여 공사 모니터링의 자료를 구축하고자 한다.

2. 연구내용

서론에서 거론한 토지보상을 효율적으로 수행하기 위한 자료를 구축하기 위해 시험대상지역을 영월댐(동강댐) 유역으로 선정하였다. 대상지역에 대한 3매의 1:8,000항공사진을 지상측량 성과, 수치지도상의 지상기준점(ground control point)과 수치표고모델을 이용하여 정사영상을 제작하였으며 모자이크한 후 전체 대상지역의 정사영상을 작성하였다. 특히, 정사영상의 해상도는 대상지역의 토지의 이용상황을 판독하기에 충분한 정도의 해상도를 갖도록 하였다. 또한 정사영상과 지번을 일치시키기 위해 지적도를 디지털화하여 수치지적도를 작성하였다. 수치지적도에는 地畵과 地價 등의 필지정보를 D/B로 구축하였고 수치표고모델 및 수치지적도를 이용하여 계획저수고의 변동에 따른 저수량과 편입용지의 지번 및 면적을 도출하였다. 계획에 대한 보조자료로써 계획 저수고로 저수했을 경우의 3차원 모델링을 실시하였으며 저수면의 경관분석을 위해 3차원 시뮬레이션도 수행하였다.

개략적인 연구흐름도는 그림 1과 같다.

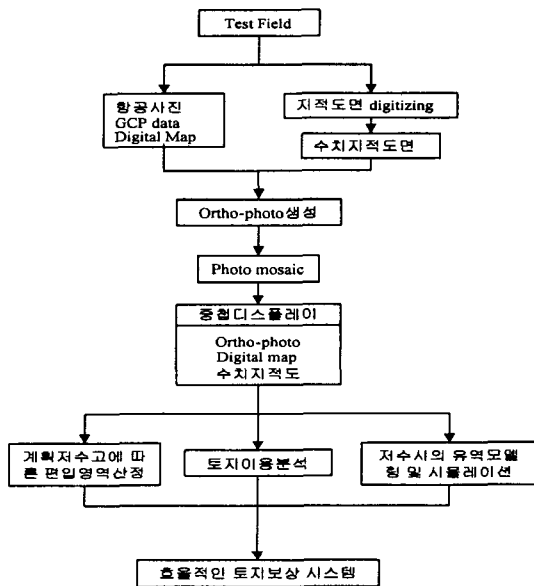


그림 1. 연구 흐름도

3. 정사영상의 생성

대상지역에 대한 보정되지 않은 항공사진을 이용하는 것은 촬영조건에 따라 발생하는 여러 가지 왜곡의 영향을 받기 때문에 보상토지 면적 산출 등의 정량적인 분석에 제한적이다. 이러한 영상의 왜곡을 보정하기 위해 많은 분야에서 정사영상을 제작하여 활용하고 있다. 그

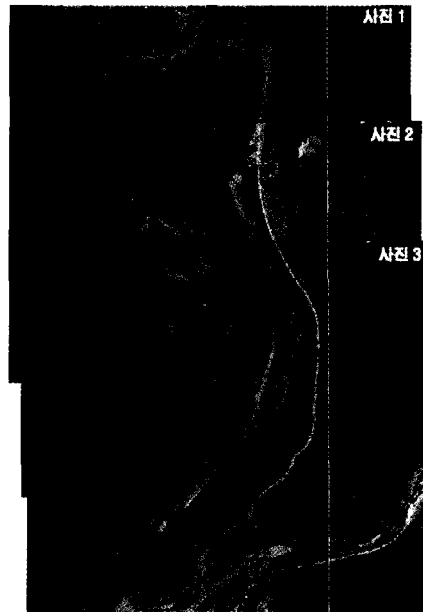


그림 2. 대상지역의 항공사진



그림 3. 대상지역의 수치지형도

림 2는 연구대상지에 대한 정사영상을 제작하기 위한 항공사진이고 그림 3은 좌표 정보를 가지고 있는 수치지도이다.

지상기준점을 이용한 정사영상을 획득하는 방법에는 카메라에 대한 정보 없이 지상 기준점과 영상의 관계만을 고려하는 고차다항식을 이용하는 방법과 原영상에 있는 밝기값을 DEM의 영상좌표로 변환하는 과정에서 초점거리, 내부표정요소, 외부 표정요소 및 공선조건을 고려하는 수치편위수정법이 있다.²⁾

3.1 고차다항식에 의한 방법

다항식을 이용한 방법은 단순히 지상기준점을 영상에서 선택한 후 영상좌표를 지상좌표로 변환하는 방법으로 다음과 같은 일반적인 관계를 통해 수행된다.³⁾

$$x' = a_0 + a_1x_{ut} + a_2y_{ut} + a_3X^{2_{ut}} + a_5y^{2_{ut}}$$

$$y' = b_0 + b_1x_{ut} + b_2y_{ut} + b_3X^{2_{ut}} + b_5y^{2_{ut}}$$

여기서 x', y' : 변환후의 x, y 좌표

x_{ut}, y_{ut} : 변환전의 x, y 좌표

a_0, \dots, a_5 : x 좌표의 변환매개변수

b_0, \dots, b_5 : y 좌표의 변환 매개 변수

고차 다항식을 이용하여 정사영상을 획득하기 위해 각 사진에서 RMSE가 ± 0.5 m 범위 안에 있는 약 10여개의 지상기준점을 설정하였고 정사영상의 지상해상도는 0.3m로 재배열하였다. 생성된 정사영상은 기준점 위치에

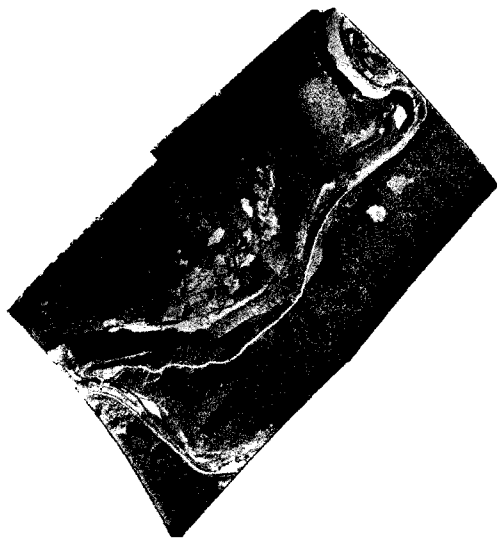


그림 4. 고차다항식에 의한 정사영상

서 멀어질수록 많은 오차가 발생하였다. 특히 사진들 사이 인접부분에서의 정합은 불완전하였다. 그림 4는 고차다항식을 이용하여 제작한 정사영상이다.

3.2 수치편위수정법에 의한 방법

DEM 각 픽셀의 지상좌표(X_i, Y_i, Z_i)를 공선조건에 대입한 후 原영상좌표로 변환하며 해당하는 원영상좌표 주위에 있는 픽셀을 내삽법을 이용하여 영상의 밝기값을 결정하였다. 이를 다시 DEM의 각 픽셀 위치를 결정하는 수치편위수정법에 의한 정사영상 생성원리는 그림 5와 같다.⁵⁾

연구 대상지에 대한 축척 1:8,000인 항공사진 필름 3매를 photo scanner를 이용해 $30 \mu\text{m}$ 로 스캐닝하여 얻은 영상, 카메라 보정 계수, 국립지리원 발행 수치지형도, 지상기준점 등을 이용하여 Image Analyst[®]와 PCI[®] Ortho-engine에서 정사영상을 생성하였다. 수치편위수정

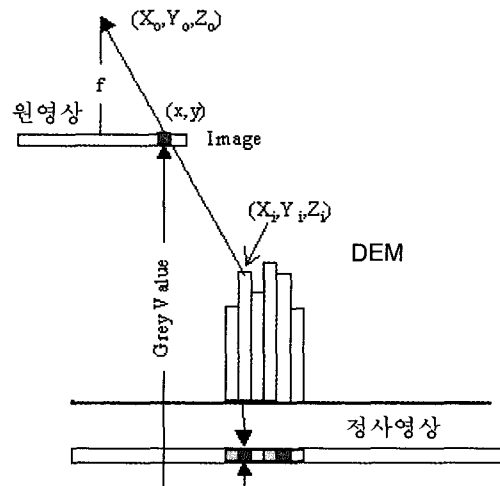


그림 5. 정사영상 생성 원리

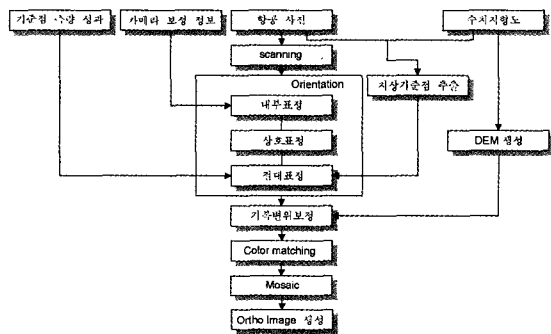


그림 6. 정사영상 생성

표 1. 카메라 보정계수

focal length	152.8560	
principal Point	0.0000, 0.0000	
Fiducial Mark	0	-106.0000, +106.0000
	1	+106.0000, +106.0000
	2	+105.9960, -106.0000
	3	-105.9960, -106.0000

법에 의한 정사영상 생성과정은 그림 6과 같다.

카메라 보정계수와 항공사진 스캔영상을 이용하여 내부표정을 수행하였고 지상기준점 측량성과 및 수치지형도를 통해 획득한 지상기준점 및 tie point를 이용하여 상호 및 절대 표정을 수행하였다. 내부 표정을 위한 카메라 보정 계수는 표 1과 같다.

1차적인 내부표정과 지형보정이 끝난 영상에 대해 지상기준점 성과에 대한 보정을 0.5 m 정확도의 범위에서 수행하였다. 2차적인 지상보정이 수행된 영상의 기복변위를 제거하기 위해 수치지형도의 3차원 자료인 등고선과 표고점등을 이용하여 그림 7과 같은 16 bit 수치지형모델을 구축하였다.

수치표고모델을 이용하여 기복변위를 제거한 각각의 정사 영상은 지상해상도 0.3 m로 재배열하여 획득하였다. 각각의 정사영상에 대해 밝기값 히스토그램을 분석함으로써 color matching을 수행하였고 동일한 색상 패턴을 가지는 모자이크 정사 영상을 제작하였다. 제작된



그림 7. 수치지형모델(DTM)

정사영상은 모든 지형지물과 양호하게 일치하였다. 특히, 항공사진들간의 인접부분에서도 가시적으로 오차가 발생하지 않았다. 그림 8은 수치편위수정법에 의해 생성된 정사영상이다.

3.3 정사영상의 위치정확도 분석

제작된 정사영상의 정확도를 평가하기 위해 가시적방법과 검사점을 이용해 위치정확도를 비교하였다. 그림 9는 고차다항식에 의해 생성된 정사영상과 수치지도를 중첩한 것으로써 각 지형지물 간의 부정합을 쉽게 확인할 수 있다.

반면, 그림 10은 수치편위수정법에 의해 생성된 정사영상과 수치지도를 중첩한 것으로써 각 지형지물 간의



그림 8. 수치편위수정법에 의한 정사영상



그림 9. 고차다항식에 의한 거리오차

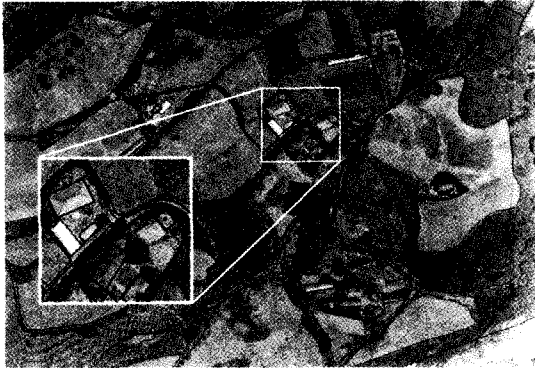


그림 10. 수치편위수정법에 의한 거리오차

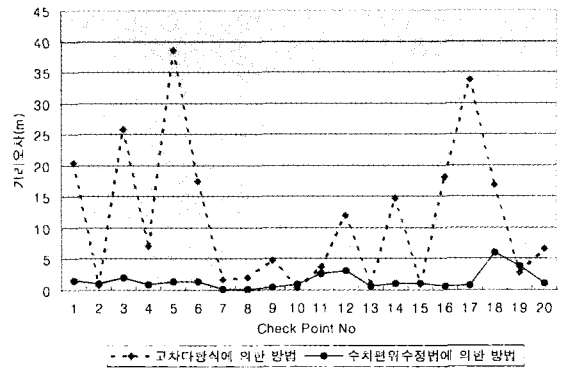


그림 12. 정상영상의 거리오차 분포

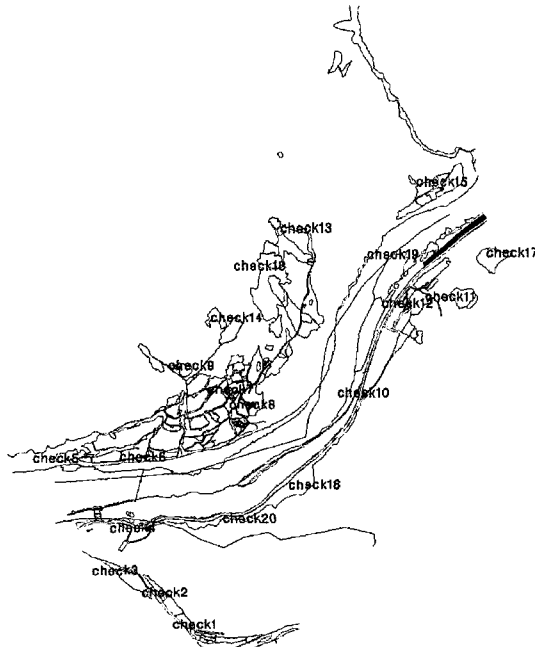


그림 11. 검사점 (총 20 개)

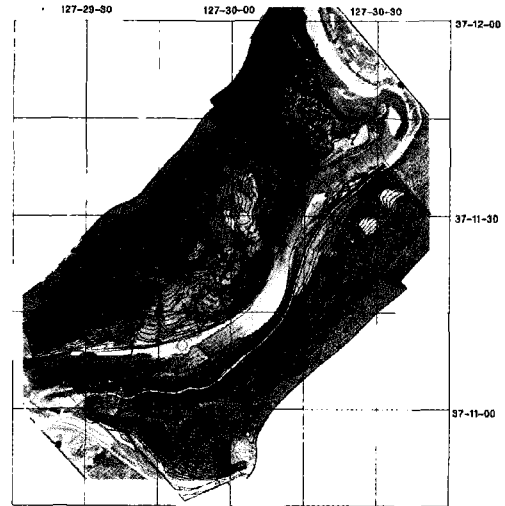


그림 13. 정상영상과 수치지도의 중첩

양호한 정합 상태를 파악할 수 있다.

다음으로 제작된 정상영상에 대한 오차분포를 파악하기 위해 20개의 검사점을 균일하게 분포시켜 위치오차를 비교하였다. 기준점에 대한 동일한 RMSE를 갖도록 영상 보정을 수행한 결과에 대해 각 검사점에서의 거리오차를 살펴봄으로써 정상영상의 정확도를 검증하였다.

그림 11은 연구대상지의 검사점 배열을 보여주고 있으며 그림 12는 각각의 위치오차를 도시한 것이다. 검사점의 위치오차를 검사한 결과, 고차다항식에 의한 정상영상의 RMSE가 ± 11.489 m로 나타났고 수치편위수정법에

의한 정상영상의 RMSE가 ± 1.411 m로 나타났다. 고차다항식에 의한 방법에 의해 생성된 정상영상에서의 오차 분포는 ± 0.25 m~30.0 m까지로 나타났다. 즉, 기준점 주변의 정합은 만족스럽지만 기준점에서 멀어질수록 오차가 커짐을 알 수 있었다. 또한 수치편위수정법에 의해 생성된 정상영상에서의 각 검사점에서의 오차 ± 0.1 m에서 ± 5.0 m로 균등하게 분포됨을 알 수 있었으며 고차다항식에 의한 방법보다 수치편위수정법에 의해 제작된 정상영상의 위치정확도가 약 10배정도 우수함을 알 수 있었다. 따라서 위치정확도가 양호한 수치편위수정법에 의해 제작된 정상영상을 사용하였다.

그림 13은 수치편위보정법에 의해 생성된 정상영상과 수치지도의 중첩을 보여주고 있다. 주거지 및 논밭, 임야 뿐만 아니라 산지에서도 수치지도와의 일치도가 양호하

였으며 정사영상의 해상도가 지상 30 cm이므로 지표의 지장물 들을 충분히 파악할 수 있었다.

4. 사진판독

댐 건설 공사를 시행함에 있어 보상비 지급 문제 또한 매우 중요한 일이다. 이 토지 보상비는 토지이용현황, 재배작물 및 지장물(건물, 분묘 등)의 존재 유무에 따라 매우 유동적이다. 따라서 좀더 많은 보상비를 책정받기 위해 임시 가건물을 설치한다거나 재배작물을 변경하는 일이 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 댐건설 사업 시행 전에 획득한 항공사진에 대한 육안 판독 및 처리된 영상의 판독은 매우 중요하다. 경제적인 면을 고려하여 흑백으로 촬영하였거나 원래의 영상이 흑백일 경우에는 지상피복을 파악하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 히스토그램의 분포를 분석하여 그레이레벨이 172에서 255사이엔 분포하는 토사지역은 red영상으로 86에서 171사이엔 분포하는 작물 및 녹지는 green영상으로 原영상은 blue영상으로 합성처리하여 color영상을 작성하였다. 그림 14에서 볼 수 있듯이 原영상에 비해 사진판

독을 훨씬 용이하고 명료하게 할 수 있음을 알 수 있다. 토지 이용 현황과 지장물의 종류 및 개수, 작물의 개체 수까지 판독이 가능하였다. 그러나 광범위한 지역을 신속하게 판독하기 위해서는 변화감지(change detection) 영상처리기법을 이용해야 할 것이다. 따라서 공사계획 전, 후 및 주기적인 항공사진촬영을 실시하고 자동변화 감지(automated change detection)기법을 이용한다면 토지 보상에 대한 민원발생의 소지를 근절할 수 있을 것이다.

5. D/B분석

토지보상에서 地籍이 필수적이므로 地籍原圖를 스캐닝하고 신축 보정한 후 디지털화하여 수치지적도를 작성하였다. 얻어진 수치지적도는 Geomedia[®]와 MS Access[®]를 이용하여 地目과 地番 및 地價 등에 대한 토지정보를 D/B화하였다. 그림 15는 연구 대상지에 대한 지적 경계와 地番에 대한 정보를 포함하고 있는 수치 지적도이다.

5.1 대상지역의 토지정보 D/B구축

항공사진을 이용한 영상 판독과 더불어 수치 지적도를

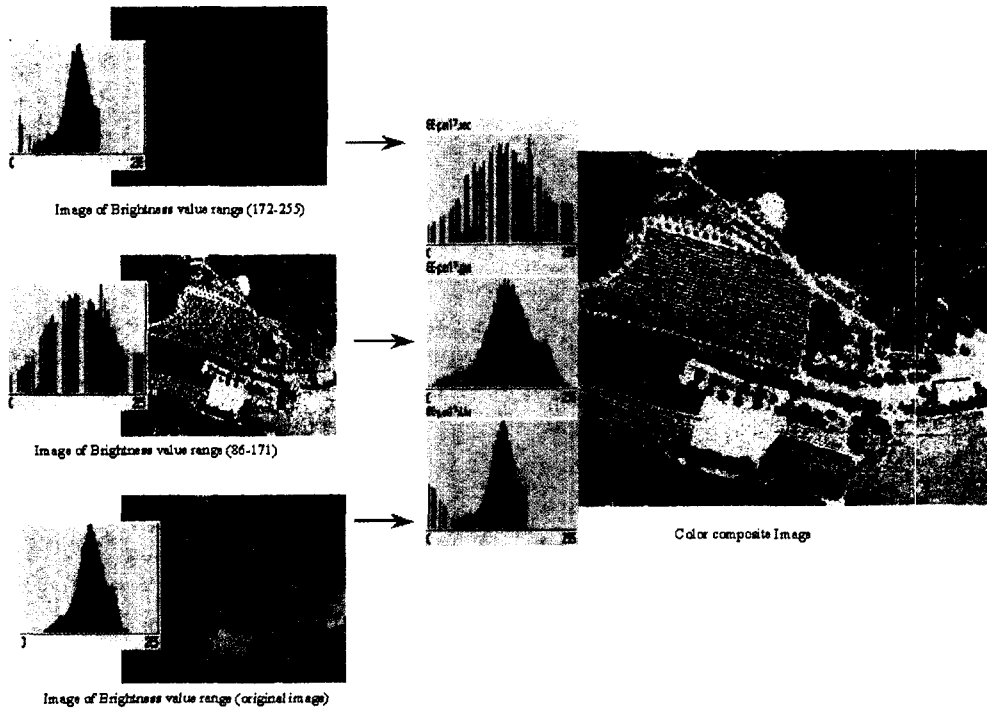


그림 14. 사진판독을 위한 히스토그램분석 칼라 영상처리

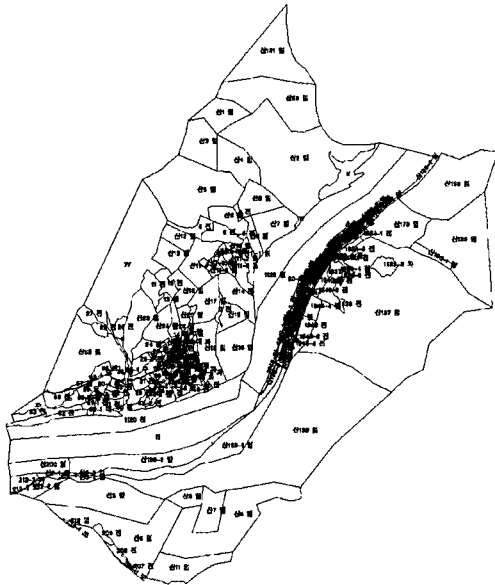


그림 15. 수치지적도

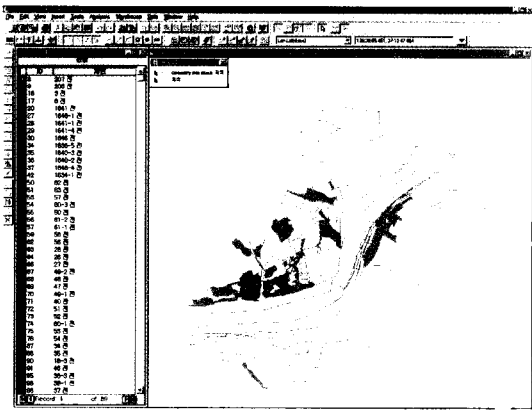


그림 16. 수치지적과 D/B

각 地番 별로 데이터 베이스와 연결하였다. 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 데이터베이스 시스템인 MS Access[®]와 Geomedia[®]을 이용하여 지목 별 D/B를 구축하였다. 그림 16은 다양한 지적정보 중 경작지를 보여주고 있다.

5.2 계획저수고에 따른 편입용지분석

설계단계에서 설계 저수고에 따른 용지의 넓이와 저수량, 그리고 이에 대한 경관 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 몇 단계의 저수위에 따른 편입용지와 저수량의 산정 그리고 각각에 대한 3차원 모델링을 통해 경관 분석을 할 수 있었다.

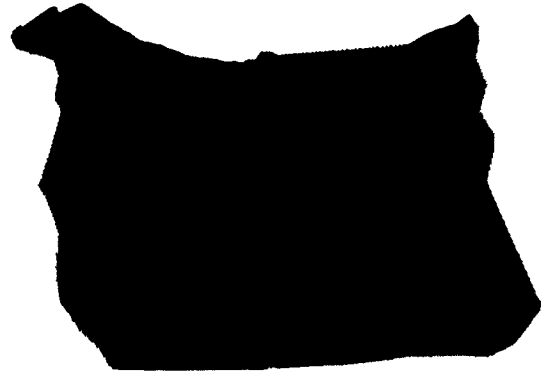


그림 17. 저수고 230 m 경우의 3차원 경관

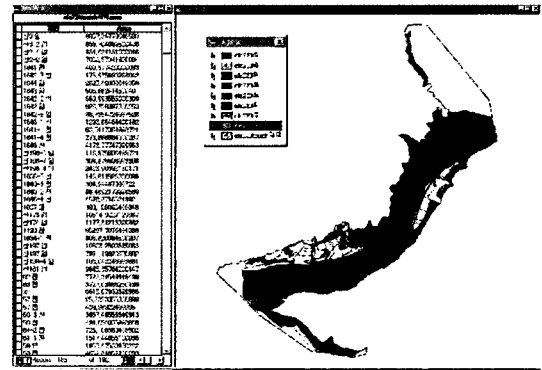


그림 18. 토지이용도(저수고 230 m)

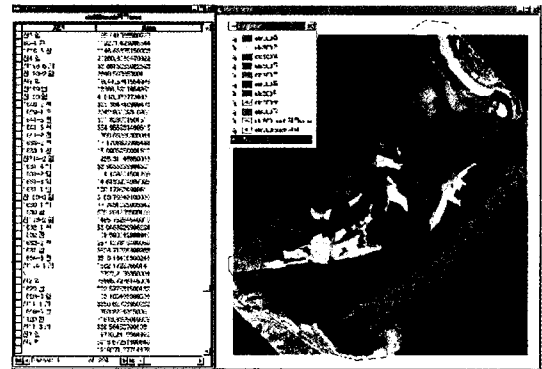


그림 19. 토지이용도와 정사영상의 중첩(저수고 300 m)

① 저수고 230 m일 경우

댐 건설을 위한 설계 저수고를 현재 수위보다 약 45 m 상승한 230 m로 가정하였을 때의 총 편입용지는 192개 필지로 총 편입면적은 786,623.1 m²로 나타났다. 그림 18은 계획 저수고 230 m에 포함되는 각 지번들의 토지 이용 현황을 나타내고 있고 계획고로 저수했을 때

의 3차원 경관은 그림 17과 같다. 그리고 이때의 편입용지의 형질 별 면적은 구축되어 있는 토지정보 D/B로부터 쉽게 얻을 수 있다. 편입지역내에 임야, 대지, 밭, 논 의 분포를 쉽게 파악할수 있다.

② 저수고 300 m일 경우

저수고를 300m로 가정하였을 경우에는 총 편입면적은 1,516,377㎡이며 부분편입 용지 48개를 포함하여 총 224필지가 포함된다. 그림 19는 저수고 300m일때의 토지이용도와 정사영상을 중첩한 것이고 그림 20은 수몰 후의 3차원 경관을 나타내고 있다.

계획되는 저수고에 따라 편입용지의 범위가 달라지게 되므로 이에 대한 분석이 필요하다. 이를 위해서는 지적도와의 중복이 필요하다. 그림 21은 계획 저수고에 따른

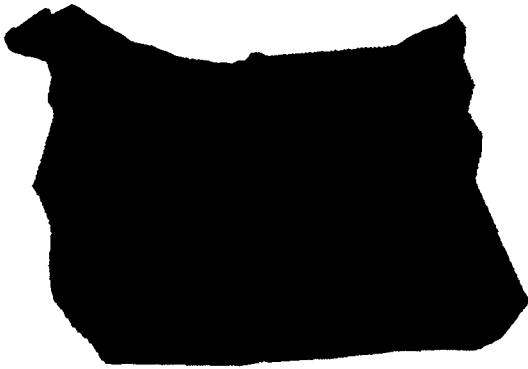


그림 20. 저수고 300 m 경우의 3차원 경관

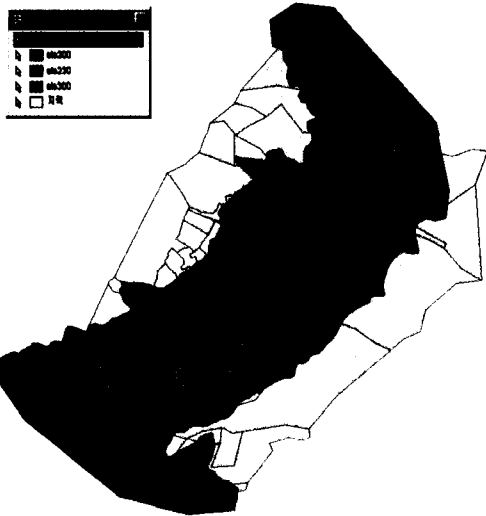


그림 21. 계획고별 포함면적(Geomedia)

편입용지와 지적도의 중첩을 보여주고 있고 그림 22는 토지이용 현황을 고려한 저수고별 편입 용지를 나타내고 있다. 본 연구대상지가 대부분 임야와 경작지로 되어 있음을 알 수 있다. 저수고를 300m로 하는 경우 편입되는 용지의 면적은 도로가 7,013㎡로 가장 작고 묘지, 대지, 과수원, 경작지 임야의 순이었으며 특히 임야는 1,032,929㎡로 가장 컸다.

실제 보상에 대한 민원이 발생할 경우 이와 같은 관련 자료를 노트북 또는 핸드PC에 탑재하여 현장에서 토지 이용상황 및 편입지적 등에 대한 업무이 충분히 활용 가능할 것으로 생각된다.

6. 3차원 경관분석

DEM 값을 이용하여 정사 영상을 3차원 시뮬레이션 함으로써 건설공사 현장에 대한 사실감 있는 경관 해석을 할수 있다. 그림 23은 PCI의 Flying 기능을 이용하여 3차원 시뮬레이션 동영상을 제작한 것 중 한 장면이다. 3차원 시뮬레이션 영상을 이용함으로써 지형을 감싸 안고 도는 하천과 도로, 경작지 등에 대한 현실감 있는 정보를 획득할 수 있어 효과적인 답사 및 계획을 수립할 수 있을 것이다.

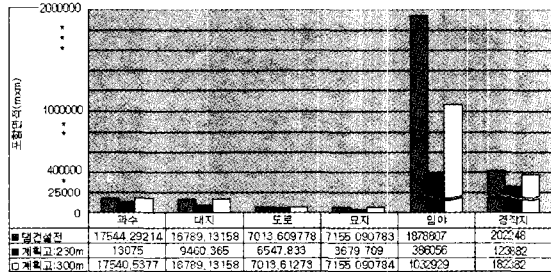


그림 22. 계획고별 포함 면적 분포



그림 23. 연구대상지의 3차원 시뮬레이션

7. 결 론

대상지역에 대해 DTM을 이용한 정사영상을 획득하고 토지정보 D/B를 구축하여 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 1 m 간격의 등고선으로부터 추출한 DTM을 이용함으로써 지형의 기복변화를 효과적으로 제거할 수 있었고 연구목적에 부합되는 지상 30 cm의 해상도의 정사영상을 생성할 수 있었다.

2. 대상지역에 대한 정사영상 제작시 수치편위수정법이 $\pm 0.1 \text{ m} \sim 5 \text{ m}$ 의 위치오차를 보인 반면 고차다항식법은 $\pm 0.25 \text{ m} \sim 30 \text{ m}$ 까지의 오차를 보임으로써 수치편위 수정법이 정확도면에서 약 10배 정도 우수함을 알 수 있었다.

3. 영상 처리를 통한 사진판독으로 효율적인 토지보상을 위한 지표 피복작물의 종류 및 수량, 지장물, 건물 등의 파악할 수 있었다.

4. 대상토지에 대한 데이터베이스 구축으로 편입 용지의 토지 이용현황, 필지수 및 면적을 신속히 산출할 수 있었음은 물론 계획저수고에 해당하는 저수량 산정 및 3차원 시뮬레이션을 통해 경관분석이 가능하였다.

토지소유자의 의도적인 무허가 건물의 신축 또는 유실수의 植栽 등을 자동 판독할 수 있는 영상처리시스템이 개발되고 관련자료를 현장에서 신속히 디스플레이하여 민원인에게 제시할 이동 자료시스템이 구축된다면 합리적인 보상에 의해 예산을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. X. Zhou, E. Dorrer, "Adaptive algorithm of shaded-relief images from DEMs based on wavelet transform", Digital Photogrammetry and Remote sensing Proceeding, SPIE 1995, pp.212-224.
2. PCI Geomatics Group, "Ortho Engine ver 6.2", 1998.
3. H. Yokoyama, H. Chikatsu, "Ortho projection and drawing for archeological artifacts using CCD camera", Videometrics IV, SPIE, 1995, pp.102-105.
4. David Wolf, Carl Sumpster, Ward W. Carson, "Inverse orthorectification -transforming ground coordinates in to a photo perspective", ASPRS Annual Conference, Oregon, pp.860-864, 1999. Error Propagation and Simulation.
5. Mohamed Rouchdi, Jay Bell, Pierre Robert, "Modeling during the generation of a digital orthophoto", ASPRS Annual Conference, Oregon, 1999, pp.864-893.
6. Adrian Fox, "Digital orthophotos for large-scale mapping of the antarctic peninsula", ASPRS Annual Conference, Oregon, 1999, pp.1105.
7. Molden Stojic, "An approach for automated orthorectification of Video Imagery", ASPRS 2000 Proceedings, 2000.
8. Frank L. Scarpace, Peter R. Weiler, "A simplified method of producing orthophotos", ASPRS 2000 Proceedings, 2000.
9. L. Rognant, J. G. Planes, "Low cost precise urban orthophotos", ASPRS 2000 Proceedings, 2000.
10. 강준목, 윤희천, 한승희, GIS에 의한 digital map작성과 상수도 관리에 관한 연구, 한국측지학회지, 제11권 2호, 1993, pp.59-67.
11. 박대옥, 수치지형도와 지적필지정보의 연계를 위한 중첩 정확도 분석, 석사학위논문, 충남대학교, 1998.
12. 강영미, 정사투영 영상지도를 이용한 지형 및 지적정보의 중첩정확도 분석, 석사학위논문, 충남대학교, 1999.
13. 이규석, 황국웅, 한국형 토지정보체계 구축에 있어서 지번의 효율적 활용에 관한 연구, 한국GIS학회지, 1994, pp.85-92.
14. W. Fredrick Limp and Debbie Harmon, Inside Geomedia™, ONWORD press, 1998.
15. Cliff Greve, Digital photogrammetry : An addendum to the Manual of Photogrammetry, ASPRS, 1996.
16. Renata Jedryczka, "Vector data in semi-automatic corrections of dense DEM for orthoimages generation", ISPRS2000 Conference proceedings, 2000, pp.466-456.