디지털 영상을 이용한 절취단면의 토사유출인자 산정
The Estimation of Soil Erosion Fact of Cutting Slope Using Digital Image

이종출[1] · 양원영[2] · 허종호[3] · 조용재[4]
Lee, Jong Chool · Yang, Won young · Heo, Jong Ho · Cho, Yong Jae

[1] 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail : jclee@pknu.ac.kr)
[2] 창원전문대학 토목환경과 교수(E-mail : yangwonyoung@hanmail.net)
[3] (주)삼보기술단 도로부 과장(E-mail : samboeng@chollian.net)
[4] 부경대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail : choyj1975@pknu.ac.kr)

Abstract

Recently, the development project is conducting disaster effect estimation to breed disaster, and cope these disaster beforehand provoking soil erosion and flood. Therefore, it is became important to analysis and reduce of these disaster.

In this study, receive value of LS and C factor of soil erosion through the digital image. The method of photogrammetry was employed for the efficient surveying and analysis of cutting slope using Remote Control Helicopter installed with a nonmetric digital camera.

As a result, we obtain more objectivity value of soil erosion factor using digital image analysis.

1. 서 론

개발사업의 일환으로 시행되는 각종 토목공사 시 강우가 발생하면 토사 및 지표면에 누적된 오염물질이 하천으로 유입되어 하천의 수질오탁 및 하상고의 상승을 초래하게 되어 재해의 원인이 된다. 이러한 토양손실을 정량적으로 추정하기 위한 모형은 확정론적 경험모델로 널리 사용되고 있는 수정범용토양손실공식(RUSLE)과 국내 골프장 설계 시 많이 적용하는 일본사방시설 설계기준의 원단위 방법, 등이 있다. 하지만 재해영향평가 시 토사유출의 산정에 있어서 매개변수의 추정이 설계자의 주관적인 요소에 따라 좌우되므로 그 결과에 대하여 신뢰성을 갖기 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 토사유출에 대한 해석 시 사용되는 방법 중 RUSLE 모형의 매개변수 중 LS와 C를 무선헬리콥터에 탑재된 고해상도 디지털 카메라로 촬영된 영상을 분석하여 좀 더 객관적인 값을 구하고자 한다.

2. 연구방법

디지털 영상을 이용하여 절취단면의 토사유출량 산정에 영향을 미치는 인자를 산정하기 위하여, 본 연구에 이용될 도로절취사면을 선정하고 RC 헬리콥터에 짐벌장치를 설치하여 디지털 카메라(sony DSC-W1)를 장착한 후 고도 200 ~ 300m 상공에서 대상 사면을 중복도 높게 촬영하였다. 이렇게 디지털 카메라로부터 획득된 영상은 포토샵(Photoshop 7.0)을 이용하여 영상 형태를 변환하고, ISDM(Image Station Digital Measuration) 모듈을 이용하여 표정을 실시한 후 대상사면의 정량적인 분석을 하기 위하여 ISSD(Image Station Stereo Display)와 ISFC(Image Station Feature Collection) 모듈을 이용하여 수치도화하였다.

토사유출 산정 시 요구되는 매개변수 중 LS와 C 중, 토양피복계수(C)를 디지털 영상분석을 이용하여 분석하기 위해 앞서 획득한 영상을 Image Analyst 프로그램을 이용하여 토지피복상태에 따른 분류를 최초 5 class로 실시한 후 유사 영상을 보정한 후 최종적으로 4 class로 분류하여 그 값을 산정하였다. 또한 매개변수 중 사면경사계수(LS)는 대상사면의 정량적 분석을 통하여 획득된 도형자료를 이용하여 그 값을 산정하였다.

2.1 디지털 영상 획득

본 연구에 사용된 영상은 아래 그림 1, 2와 같이 헬리콥터의 진동이나 롤링(rolling)에 관계없이 연직상태를 유지할 수 있는 짐벌장치가 설치된 무선조종 헬리콥터에 디지털 카메라를 장착하여 획득하였으며, 디지털 카메라는 유효화수 5.09 Mega Pixel, Shutter speed 30 ~ 1/2000sec로 대상 지역의 형태를 나타내기에 적합하다고 판단된다.

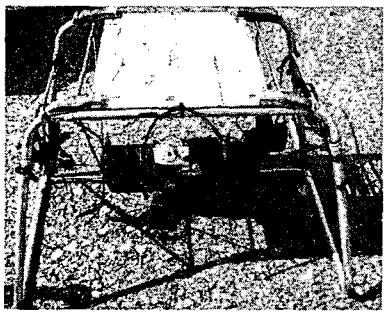

그림 1. 짐벌장치 및 카메라

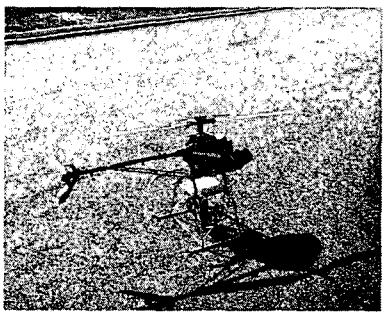

그림 2. 무선조종 헬리콥터

촬영된 영상은 아래 그림 3 및 그림 4와 같이 상대표정(Relative Orientation)과 절대표정(Absolute Orientation)의 과정을 거쳐 영상에서의 지상 기준점과 실제 지상 기준점과 검사점의 잔차를 계산하여 지나치게 큰 값은 withhold 시키고 다시 측정하는 과정을 반복하여 정확도가 가장 높을 때 수치도화를 실시하였다.

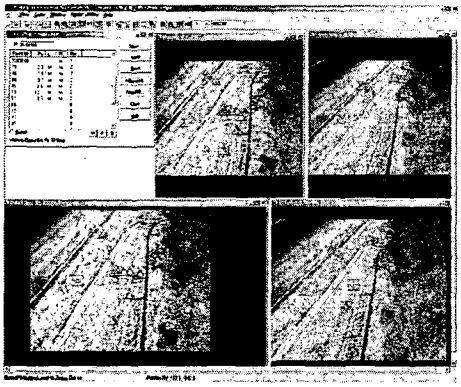

그림 3. 상대표정

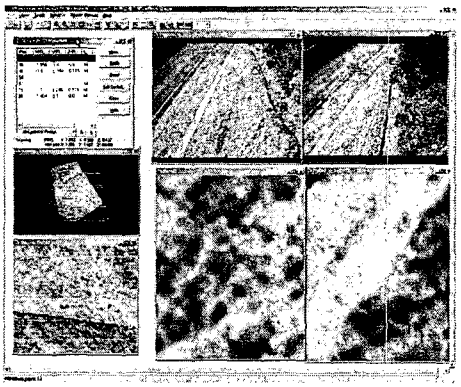

그림 4. 절대표정

2.2 영상을 이용한 매개변수 산정

토사유출량을 산정함에 있어 국내에서 가장 널리 이용되는 방법은 범토양손실공식(Universal Soil Loss Equation) 즉, RUSLE 공식이며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

여기서, A : 단위면적당 평균토양침식량(tons/acre/year)
R : 강우에너지계수(J/ha · mm/hr))
K : 토양침식계수(tons/J)
LS : 사면경사계수
C : 토양피복계수
P : 토양보존대책계수

RUSLE 방법은 1954년 미국 토양보존국에서 개발된 USLE 방법을 개선한 것으로, 토양의 피복상태(C)나 토양보존대책인자(P) 등의 산정을 위해 보다 세밀한 현장자료를 요구하고 있다.

위 공식을 간략히 살펴보면, 강우에너지계수(R)는 정상년 강우의 평균 침식 능력을 나타내는 값으로써 국내의 경우, 정필균(1983) 등이 기상청 산하 51개 관측소에 대하여 6 ~ 21년간의 자료를 이용하여 산정한 값을 쓰며, 토양침식계수(K)는 강우에너지와 유출에 의한 침식능에 저항하는 토양의 저항도를 나타내는 값으로 국내의 경우, 1992년 건설부에서 제시한 분류표를 이용하여 산정할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 RUSLE 방법의 매개변수 중 영상을 이용하여 분석 및 산정이 가능한 사면경사계수(LS)와 토양피복계수(C)를 구하고자 한다.

2.2.1 사면경사계수(LS)의 산정

대상유역의 사면경사계수를 산정하기 위하여 디지털 영상을 다음 그림 5 및 그림 6과 같이 stereo image로 생성하였으며, 절취단면의 수치도화된 도형자료(AutoCAD file)를 추출하였다.

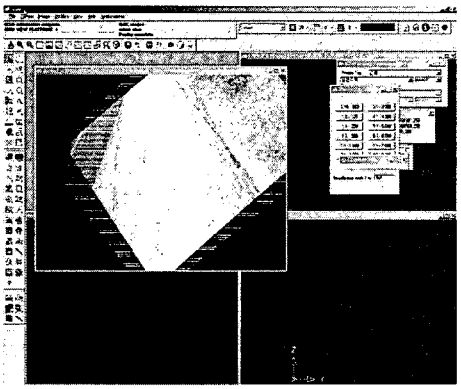

그림 5. ISSD

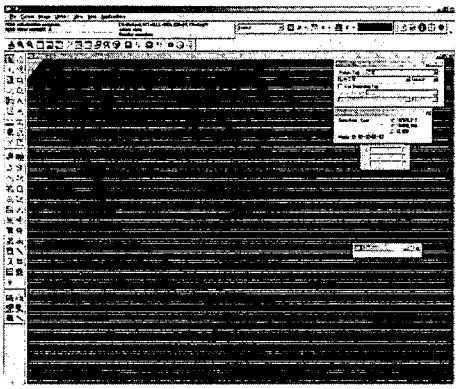

그림 6. Stereo Image

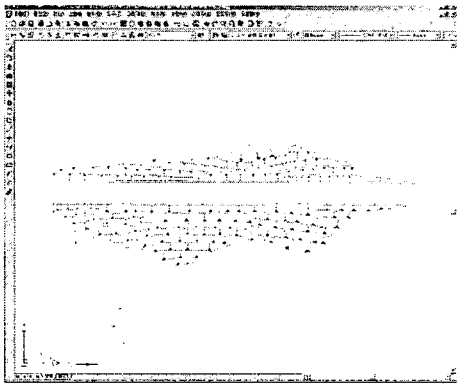

그림 7. 대상유역의 평면도

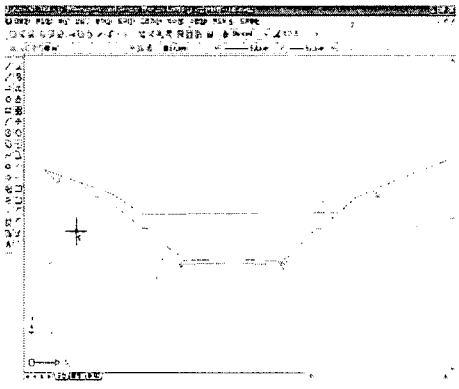

그림 8. 대상유역의 횡단도

추출된 평면도를 ESRI의 ArcView 프로그램을 이용하여 다음 그림 9와 같이 대상유역에 대한 불규칙 삼각망(TIN, Triangular Irregular Network)을 구축하였으며, 이를 토대로 그림 10과 같이 경사분석을 시행하였다.

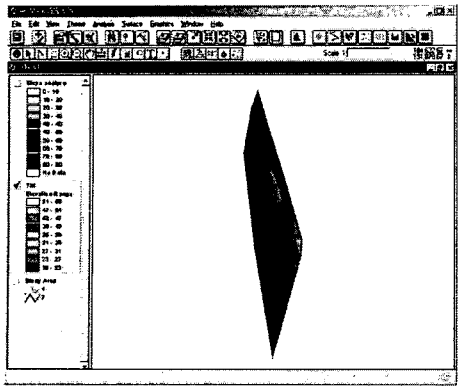

그림 9. 대상유역의 TIN

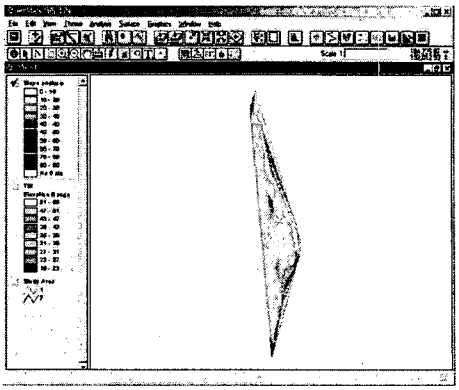

그림 10. 대상유역의 경사분석

대상유역에 대한 사면경사계수를 산정한 결과는 다음 표 1과 같다.

표 1. 사면경사계수(LS)

	유역 1	유역 2	유역 3	유역 4
LS	0.53	0.80	1.77	3.98

2.2.2 토양피복계수(C)의 산정

다음의 그림 11 ~ 그림 14는 대상유역의 소유역별 토양피복계수를 Image Analyst로 분석한 화면이다. 각 소유역을 피복상태(초지, 나지, 기타)에 따라 분류하여 면적을 구한 결과는 표 2와 같다.

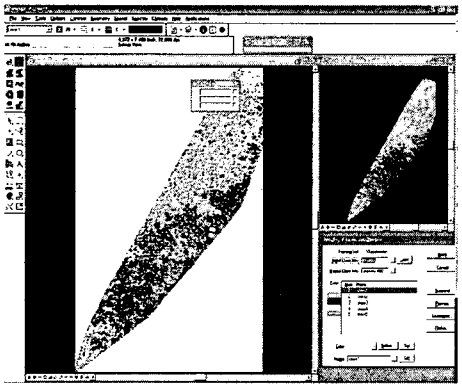

그림 11.

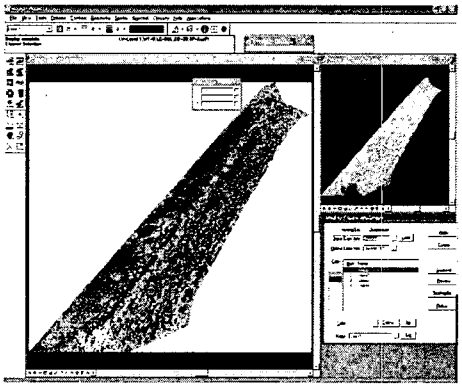

그림 12.

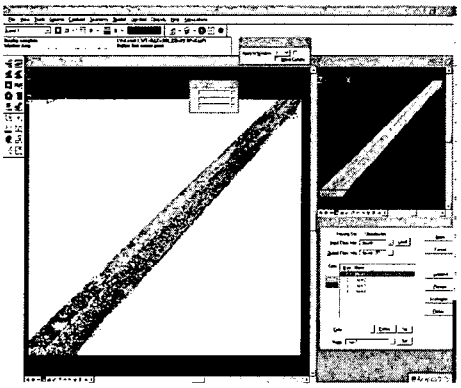

그림 13.

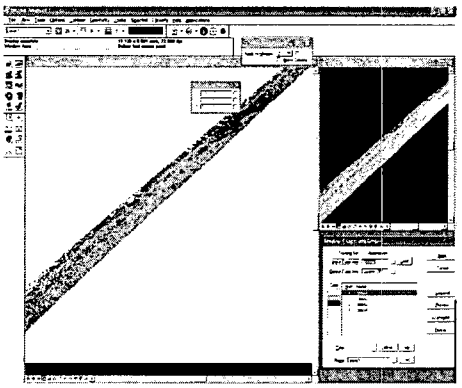

그림 14.

표 2. 유역별 토지피복상태에 따른 면적 (단위 : m^2)

	초지	나지	기타	합계
유역 1	197.34	246.13	286.25	729.73
유역 2	1346.43	968.70	88.340	2403.46
유역 3	1282.56	994.29	561.90	2838.75
유역 4	992.74	1752.15	343.64	3088.53

표 2에서 구한 면적에 유역별 토양피복계수를 산정한 결과는 아래의 표 3과 같으며, 초지, 나지 및 기타 구간에 적용된 토양피복계수는 0.05, 0.66 및 0.01이다.

표 3. 유역별 토양피복계수(C)

	유역 1	유역 2	유역 3	유역 4
토양피복계수 (C)	0.24	0.29	0.26	0.39

3. 결 론

디지털 영상을 이용하여 토사유출 산정 시 요구되는 매개변수를 추정한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 무선조종 헬리콥터에 장착된 디지털 카메라를 이용하여 접근이 어려운 곳에 위치한 사면과 같은 유역의 분석이 보다 용이해졌음을 알 수 있다.

둘째, 토사유출 산정 시 주관적 요소가 가미될 수 있는 사면경사계수(LS) 및 토양피복계수(C)를 객관적 기준으로 산정함으로써 그 결과에 대한 신뢰도를 향상 시킬 수 있으리라 판단된다.

셋째, 디지털 영상을 이용한 분석의 경우, 개발대상 유역의 상황변화에 따른 침사지 및 저류지 규모의 변경과 같이 빠른 대처가 가능하리라 판단된다.

참고문헌

김명준 (2005), 디지털 영상을 이용한 도로 절취 사면 정보 획득, 석사학위논문, 부경대학교 대학원.

노수상 (2003), GIS를 이용한 토사유출량 산정에 관한 연구, 석사학위논문, 부경대학교 대학원.

서동주 (2003), 수치사진측량에 의한 도로정보체계 개발, 박사학위논문, 부경대학교 대학원.

유환희, 제정형, 김성삼 (2002), 비행선촬영시스템을 이용한 영상지도 제작, 한국측량학회지, 제 20권, 제1호, pp. 59-67.

이종출 (1989), 근거리 사진측량에 의한 지형의 3차원 위치해석에 관한 연구, 박사학위논문, 동아대학교 대학원.

장호식 (2004), 무선조정 헬리곱터 사진측량시스템을 이용한 문화재 관리 정보시스템 구축, 박사학위논문, 부경대학교 대학원.

장휘철, 장종경, 신현석 (2000), GIS 및 USLE를 이용한 연 토사침식량 산정에의 LS인자영향분석, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 대한토목학회.

M. J. Smith and C. I. H. Joy (1995), *Preliminary Investigations into Developments in Using Helicopter Photography for Highway Surveying*, Photogrammetric Record, 15(85), pp. 77-84.

Thomas Zischinsky, Lionel Dorffner and Franz Rottensteiner (2000), *Application of a New Model Helicopter System in Architectural Photogrammetry*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B5, Amsterdam, pp. 117-183.