

3차원 정밀지형자료의 토공계획 활용

An application for earthwork system using the precise 3D spatial data

이진녕¹⁾ · 편무욱²⁾ · 구지희³⁾ · 이영균⁴⁾

Lee, Jin Nyoung · Pyeon, Mu Wook · Koo, Jee Hee · Lee, Young Kyun

¹⁾ 건국대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(E-mail:ljny2k@empal.com)

²⁾ 건국대학교 공과대학 신기술융합학과 부교수(E-mail:neptune@konkuk.ac.kr)

³⁾ 건국대학교 공과대학 신기술융합학과 연구교수(E-mail:koojeehee@konkuk.ac.kr)

⁴⁾ 엠엔소프트 · OEM (E-mail:yadajang@nate.com)

Abstract

In this study, I executed civil engineering design and compared it with the existing method in order to analyze the expected effect of civil engineering design by using three dimensional space information and its advantages. Through a series of processes, it is possible to enhance the usability of three-dimensional space information, expected more accurate calculation of earth work and proceed with more reasonable construction in soil conversion and civil engineering work. Also, it enables improvement of productivity by establishing efficient construction plan.

1. 서론

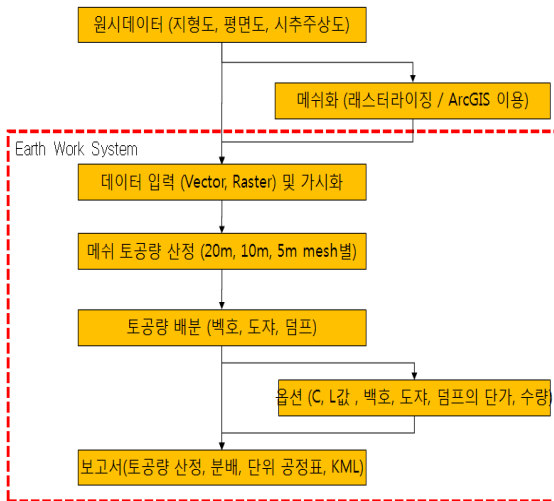
방대하고 다양한 토목설계분야 중에서 토공분야에 국한하여 3차원 공간정보를 설계에 활용하여 토공설계물량을 산정하고 이를 장비별 토공의 이동 및 계획 등의 실제 설계자료를 제공하여 시공현장에 연계도록 토공설계프로그램을 개발하였다. 3D 형태의 지형자료는 이동을 고려하여 격자로 분할하여 격자마다 토공량을 산출하고, 산출된 토공량을 기반으로 절성토간 거리를 기준으로 토공장비를 선정하고, 각 장비의 단위작업량을 토공작업에 고려하여 장비조합에 의한 일정계획이 가능하도록 계획하였다. 작업당 제반 비용을 계산에 포함하여 설계자료를 시공현장에서 공정계획 및 비용계산에 직접 활용할 수 있는 토공프로그램을 개발하였다.

2. 프로그램 개발

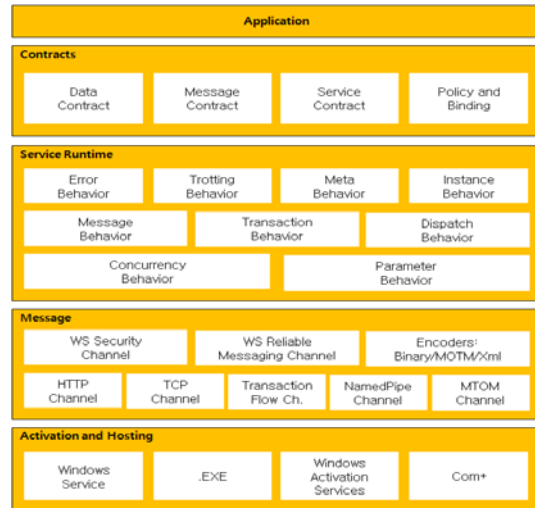
본 논문에서는 기존 2D CAD 기반의 토공량 및 단순 절성토량 산정하는 방식을 개선하고 건설현장의 자원을 경제적이고 효율적으로 이용하기 위하여 3D 기반의 토공량 산정, 메쉬 단위의 토공 배분, 최적 일단위 공정표 작성, 토공 배분 시뮬레이션을 확인하기 위한 3D 가시화를 수행하기 위한 "Earth Work System(EWS)"을 개발하였다. EWS는 지형도, 평면도와 토사, 리핑암, 발파암으로 구성된 시추주상도 원시데이터를 메쉬 기반으로 토공량 산정, 토공량 분배, 보고서, 3D 가시화를 지원하며 프로그램 순서도는 [그림 1]과 같다.

GIS 엔진인 SharpMap (LGPL 라이선스) 기반의 GUI로 벡터 데이터 처리와 FWTools

(LGPL 라이선스)를 이용하여 래스터 데이터 처리를 하였으며 Visual C#.NET v3.5 언어를 기반으로 개발되었으며 그 설명은 [그림 2]와 같다. EWS에서는 FWTools의 GeoTIFF, Imagine IMG 포맷과 같은 래스터 데이터 입력 기능을 이용한다. 특히 FWTools는 DEM의 정수형(Int) 수치가 아닌 부동 소숫점형(Float) 수치도 입력 받을 수 있도록 커스터마이징이 용이하여 실제 수치를 토공량 산정에 활용할 수 있다.



[그림 1] EWS 프로그램 흐름도



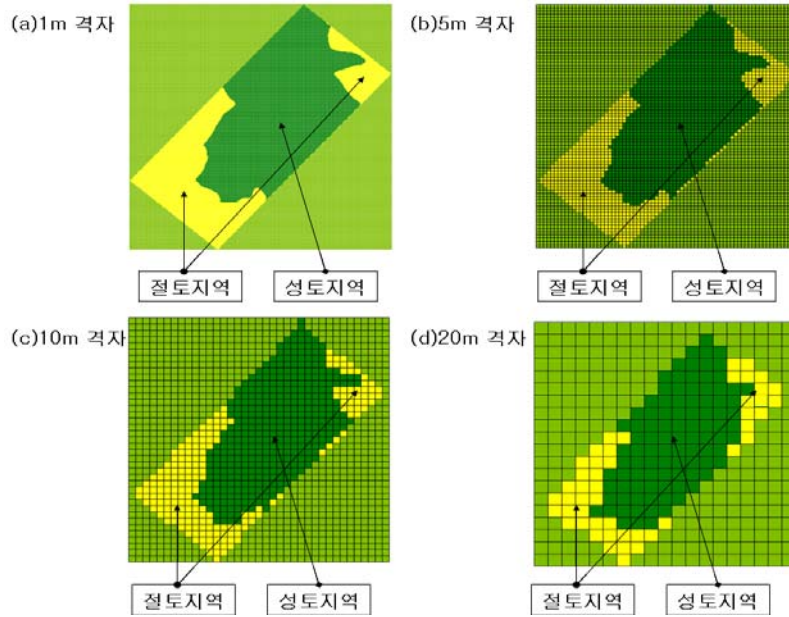
[그림 2] SharpMap의 구조

3. 실험 및 분석

프로그램적용에는 경기도 포천시 신북면 갈월리 산 14-1번지 일원의 신포천 변전소를 선정하였다. 지상라이다 장비로는 ILRIS -3D를 사용하였으며, 동일지역을 스캐닝하여 DEM을 추출하고 이를 실험에 적용하였다. EWS에서는 지상라이다 관측을 통하여 생성한 DEM을 resampling하여 1m, 5m, 10m, 20m 격자의 DEM을 생성하고, 이를 토공량 설계에 반영하여, 각각의 절성토량을 얻었고, DAS에서는 DEM을 통하여 얻은 1m 등고선의 수치지도와 1 : 5,000 수치지도에서의 5m 등고선, 두가지를 수치지형자료로 활용하여 토공설계에 반영하였다. 본 논문에서는 토공량 산정까지로 한정하여 결과를 표시하였다.

EWS를 이용한 토공량 산정은 DAS를 이용했을 때 각 블록 셀의 크기를 40m로 통일했던 것과는 달리 블록 셀의 크기를 1m, 5m, 10m, 20m로 달리하여 결과값을 계산하였다. 본 논문에서는 암종별 절토량 및 이동량의 객관적인 비교를 용이하게 하기 위하여 토량환산계수를 적용하지 않았다. EWS 상에서 블록 셀의 크기를 달리 했을 때 토공량을 표현하는 모습이다. 그림에서 대상지역 위아래로 어두운색으로 표현된 지역이 성토지역이며 가운데부분의 밝은색으로 표현된 부분이 절토지역이다.

LH공사의 단지설계프로그램인 DAS에서는 1:5,000 수치지도에서의 5m 등고선, 두 가지를 수치지형자료로 활용하여 토공설계에 반영하였고, 정확도 검증을 위해 추가로 DEM으로부터 추출한 1m 등고선을 사용하여 설계에 반영하였다. EWS에서는 지상라이다 관측을 통하여 생성한 DEM을 resampling하여 1m, 5m, 10m, 20m 격자의 DEM을 생성하고, 이를 토공량 설계에 반영하여, 각각의 절성토량을 얻었다.



[그림 3] 격자크기별 EWS 절성토지역 구분

[표 1] 암종별 토공량

구 분		성토량 (m^3)	절토량(m^3)			
			토사	리핑암	발파암	계
D A S	1m 등고선	315,403	155,873	10,224	552	166,650
	5m 등고선	253,621 (-15.59%)	206,677 (+32.59%)	10,211 (-0.13%)	455 (-17.57%)	217,344 (+30.42%)
E W S	1m 격자	314,698	155,216	9,405	956	165,577
	5m 격자	315,718 (+0.32%)	157,824 (+1.68%)	9,417 (+0.13%)	1,045 (+9.31%)	168,286 (+1.64%)
	10m 격자	318,347 (+1.16%)	158,126 (+1.87%)	9,536 (+1.39%)	978 (+2.30%)	168,640 (+1.85%)
	20m 격자	321,783 (+2.25%)	165,456 (+6.60%)	9,687 (+3.00%)	1,025 (+7.22%)	176,168 (+6.40%)

절토량의 총량은 1m급 등고선을 적용한 DAS와 EWS의 결과치가 비슷함을 알 수 있으나, 암종별 토공량의 경우 토사, 리핑암, 발파암의 비율이 DAS와 EWS가 서로 상이함을 볼 수 있다. 전반적으로 발파암의 값이 EWS 설계는 1,000 m^3 에 근접한 값을 보이는 반면, DAS에서는 552 m^3 정도로 40%정도 적은 값을 나타내고 있다. 암종별 물량이란 어디까지나 추정치이므로 시공 시 현장에서 얻어지는 물량으로 변경하여 적용하게 되지만 단순히 삼각망의 형성에 의한 물량의 추정보다는 크리깅 보간을 통해 암선을 추정하는 것이 보다 실제에 근접한 값을 얻을 것으로 사료된다.

격자의 크기를 달리하여 실험에 적용하였지만 이는 지상라이다를 통해 얻은 결과치를 리샘플링한 것에 지나지 않아 토공량 산정에 있어 격자의 크기를 달리하여도 신뢰할 만한 토공량을 얻을 수 있었다. 다만 대상지인 변전소부지는 가로×세로(360m×160m)로 전체 면적이 57,600 m^2 로 벡터형태의 DAS에서는 정확한 면적의 산정이 가능하나, 래스터형태의 자료를 바탕으로 설계된 EWS의 경우 5m 격자의 수가 2,311개로 57,775 m^2 의 면적이, 10m 격자

의 수는 580개로 58,000m²의 면적이, 20m 격자의 수는 147개로 58,800m²의 면적이 토공설계에 반영되게 된다. EWS설계의 경우, 대상지역의 면적이 커짐에 따라 절성토량이 약간 증가함을 볼 수 있다.

4. 결론

최근 들어 3차원 공간정보구축사업을 통하여 구축한 공간정보가 여러 방면에 걸쳐 국토 공간정보 표현에 유용하게 이용되었지만 3차원 이상으로 표현되는 현실세계를 묘사하는 데는 미흡한 점이 존재하는 것이 사실이다. 본 연구에서는 토공사의 효율성을 증진시키고, 토공계획에서 시공에 이르는 연결방안으로 3차원 지형공간기반의 토공모델링에 의한 설계가 가능하도록 토공설계 프로그램을 제작하였다. 이를 통해 정확한 토공량을 산출하고 공사현장에 직접 활용할 수 있도록 건설장비의 단위 작업량을 기반으로 장비의 작업순서에 따라 공정계획이 가능하도록 계획하였다. 설계 결과 1m 격자를 사용하여 EWS로 설계한 토공량이 절성토 모두에서 가장 적은 값을 보였으며, 정확도 검증을 위해 DEM에서 추출한 1m 급 등고선으로 DAS에서 설계한 토공량이 EWS 토공량과 거의 근사한 값을 보였다. EWS를 통하여 리샘플링하여 토공설계하였을 때 격자의 크기가 커질수록 절성토량 모두 소폭 증가함을 알 수 있었다.

또한, 설계자료로 수치지도 뿐 아니라 다양한 공간정보를 통해 설계가 가능하도록 계획하여 최근 활발하게 추진중인 3차원 공간정보사업에 활용되어질 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구에서 개발한 토공프로그램이 실용적으로 사용되기 위해서는 다양한 공사지형 특성과 공정 그리고 발전되는 토공장비의 제원 등을 반영하기 위한 노력이 있어야 할 것이다.

참고문헌

- 건설교통부, 2003, “3차원 공간정보구축 추진계획 수립연구”
- 국토지리연구원, 2005, “다차원 공간정보구축에 관한 연구”. 건설교통부 국토지리정보원
- 박준구, 조우석, 노명중, 2008, “3차원 국토공간정보 구축 개선방안 연구”. 한국지형공간정보학회지 vol 16, pp. 89-99
- 이성중, 이순희, 류근호, 1999, “상호운용성을 고려한 GIS 메타데이터의 관리”. 99 개방형 지리정보시스템 학술대회 논문집. pp. 119-127
- Aruga, Kazuhiro (2005). "Tabu search optimization of horizontal and vertical alignments of forest roads" Journal of forest research, v.10, no.4 , pp. 275-284
- Pan, Guorong, Wang, Suihui (2005). "A digital terrain model and method of calculation of earthwork volume for a large public green field" China civil engineering journal, v.38, no.9, pp. 130-132