

도심지 토사재해 예방을 위한 3차원 시뮬레이션 개발(I)

신봉진¹, 윤상호^{2*}, 이기동³

¹이에이트(주) 응용개발팀, ²이에이트(주) R&D팀, ³이에이트(주) 응용개발팀

Development of the 3D simulation for disaster prevention in the downtown soil erosion (I)

Shin Bong Jin¹, Youn Sang Ho^{2*}, Lee Gi Dong³

¹E8IGHT Convergence Team, ²E8IGHT R&D Team, ³E8IGHT Convergence Team

요약 최근 국내에서는 이상기온으로 인한 국지성 폭우와 여름철 태풍과 집중호우로 인한 다양한 재해 유형 중 산악지역을 중심으로 토사재해의 피해가 증가하는 추세이다. 국내 지형의 특성상 국토의 65% 이상이 산지로 형성되어 있어 개발이 필요하며 급격한 도시화로 인해 급경사지 및 산지가 도심지와 인접해 있다. 지속적인 도시화-산업화로 인하여 주거지 및 산업단지 등에 대한 피해가 지속적으로 증가하고 있으며, 도심지 인구밀도가 높은 우리나라는 토사재해 발생 시 그 피해 규모가 외국과 달리 크게 발생하고 있다. 최근 10년간(2001~2010년) 연평균 인명피해 68명, 재산피해 1조 7,044억원과 비교해 볼 때 인명피해는 20%, 재산피해는 25%, 수준으로 감소하는 것으로 보이지만, 도심지의 피해는 오히려 증가하고 있다. 이와 같은 도심지 토사재해를 예방하기 위해서는 도심지의 건물 등을 고려하여 시뮬레이션이 가능한 토사재해 3D 시뮬레이터 개발이 필요한 실정이다. 본 논문에서는 3D 시뮬레이터 개발을 위한 자료 수집 및 분석 및 현재까지 개발된 시뮬레이터를 통해 실제 피해지역인 우면산의 피해상황을 가시화를 실시하여 시뮬레이터의 성능을 검증하였다.

Abstract The frequent regional torrential or heavy rain and typhoon mostly caused by climate change has resulted in sediment disasters particularly in mountainous or hilly areas. More than 65% of South Korea is mountainous and development and rapid urbanization has brought lots of steep sloping industrial complexes, which are adjacent to cities. Such continuous urbanization and industrialization can result in an increase in serious damage to those places. Korea has very high population density so sediment disaster could result in a tremendous loss of property and life. A recent 10-year (2001~2010) study of the average annual loss shows 68 casualties and property loss of 1.7044 trillion Won(?), which indicates a 20% and 25% decrease for both life and property, respectively, but urban areas are experiencing increasing damage. In this paper, a comprehensive simulator composed by references, analyses, and the recent technologies was applied to visualize the scale of the damaged Woomyeon-san (Mt.) and verify the performance of the simulator.

Keywords : 3d a simulator, Sediment disasters, Sediment disasters prediction, Prevention, Visualization

1. 서론

최근 국내에서는 이상기온으로 인한 국지성 폭우와 여름철 태풍과 집중호우로 인한 다양한 재해 유형 중 산

악지역을 중심으로 토사재해의 피해가 증가하는 추세이다. 국내 지형의 특성상 국토의 65% 이상이 산지로 형성되어 있어 개발이 필요하며 급격한 도시화를 인해 급경사지 및 산지가 인접해 있다. 지속적인 도시화-산업화

본 논문은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업(13SCIPS04)의 연구비지원에 의해 수행되었음.

*Corresponding Author : Sang Ho Youn (E8IGHT)

Tel: +82-70-8898-9018 email: a24935@e8-korea.com

Received April 12, 2016

Revised May 31, 2016

Accepted June 2, 2016

Published June 30, 2016

로 인하여 주거지 및 산업단지에 대한 피해가 지속적으로 증가하고 있으며, 도심지 인구밀도가 높은 우리나라는 토사재해 발생 시 그 피해 규모가 외국과 달리 크게 발생하고 있다. Fig 1과 같이 최근 10년간(2001~2010년) 연평균 인명피해 68명, 재산피해 1조 7,044억원과 비교해 볼 때 인명피해는 20%, 재산피해는 25%, 수준으로 감소하는 것으로 보이지만, 도심지의 피해는 오히려 증가하고 있다.

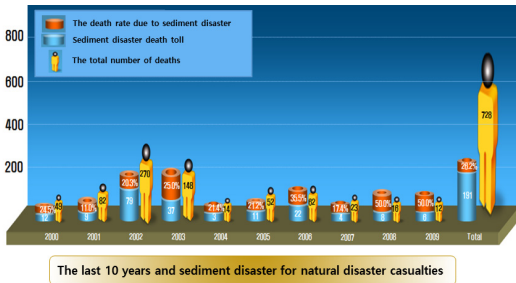


Fig. 1. The last 10 years and mudslide disaster for natural disaster casualties

이러한 피해의 증가에도 불구하고 도심지 토사재해에 대한 연구는 미비한 상태였다. 그러나 토사재해에 대해 본격적으로 주목받기 시작한 것은 Fig 2.의 2011년 서울 우면산 산사태와 춘천의 마적산 산사태라고 할 수 있다.



Fig. 2. Umyeon mountain landslide

이러한 토사재해에 의한 각종 피해를 예방하기 위해 토목, 수자원, 방재 등 각 분야에서 토사재해의 발생원인, 토사재해 위험지 예측, 토석 발생량, 토사재해 흐름 및 경로, 토사재해 자찬 시설물 등 토사재해에 대한 다양한 연구 및 개발이 수행되고 있으나 우리나라에서 발생 빈도가 높은 태풍 및 집중호우 등 강우에 기인한 토사재해를 중심으로 수행 되고 있다. 또한, 현재 우리나라의

도시방재 체계 및 관련 법률의 대부분이 풍수해에 관련된 사항이며, 도심지 홍수 등에 집중된 경향을 보이고 있다. 그러나 각 위험요소 별로 위험 대책을 마련하지 않아 재해가 발생 할 경우 신속한 대응을 통해 2차 피해의 최소화가 어려운 실정이다. 이와 같은 문제점을 통해 발생할 수 있는 재해를 예방하기 위해서는 도심지의 건물 등을 고려한 토사재해 3D 시뮬레이션 개발이 필요한 실정이다. 본 논문에서 개발된 3D 시뮬레이터를 실제 피해가 발생한 우면산 지역에 적용하여 그 성능을 검증하였다.

2. 도심지 토사재해 예방을 위한 3D 시뮬레이션 개발을 위한 기술자료 수집

2.1 관련 기술

3D 시뮬레이션 개발을 위해 OpenGL APL를 활용한 3D 가시화 기술이 아래와 같이 필요하며 본 장에서는 아래 기술에 대해 자세히 기술하였다.

- 지형정보 가시화(지형렌더링)
- 구조물 가시화(구조물 렌더링)
- 토사해석 데이터 가시화(토사 렌더링 및 결과 표현)

2.1.1 지형정보 가시화 (지형 렌더링)

컴퓨터 그래픽스에서 지형을 표현하는 방법은 일반적으로 Grid기반의 Height Map 기법을 사용한다.

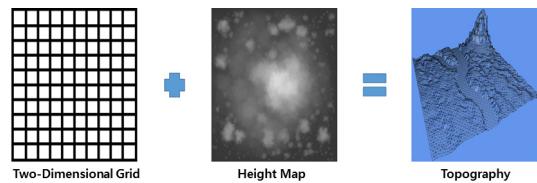


Fig. 3. Terrain visualization of the algorithm

Fig 3은 지형을 가시화 한 알고리즘에 대해 설명한 것이다. Fig 3과 같이 2차원 형태의 grid 자료구조에 높이 정보를 가지고 있는 Height Map을 저장하여 지형을 표현한다. 2차원 Grid는 지형을 표현하는 Mesh Data의 자료구조로 각 그리드는 Cell로 구성되며 Fig 4와 같이 2개의 삼각형으로 구성된다. 또한 Cell은 Fig 5와 같이 3차원 Vertex 정보를 저장하고 있는데, 이 정보는 Height Map를 통해서 구하게 된다.

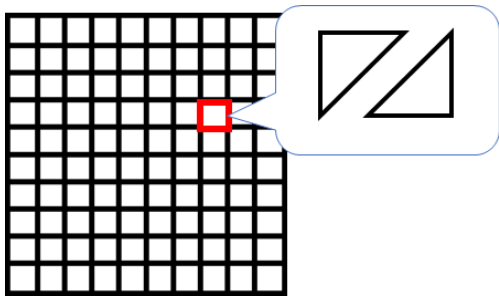


Fig. 4. Grid Cell consisting of two triangles

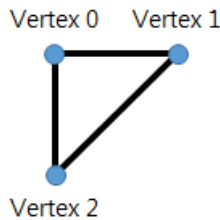


Fig. 5. Vertex to construct Cell

앞서 설명한 지형 생성 기술은 2차원 Grid에 Height Map를 합쳐서 지형을 생성하였지만, 본 연구에서는 Height Map를 DEM(Digital Elevation Model)로 대체하여 지형을 생성하였다. 여기서, DEM이란 ‘수치표고 모형’, 혹은 ‘수치고도데이터’라고 하며, Fig 3의 2차원 Grid와 같이 일정한 격자 상에서의 높이 값을 가지고 있는 데이터이다. DEM을 생성하는 방법은 수치지도의 등고선에서 추출하는 방법과 항공 영상에서 추출하는 방법, 위성 영상에서 추출하는 방법 등이 있다. DEM의 파일 종류는 USGS DEM, ASCII, Raster(GeoTiff) 등이 있는데 USGS는 Raster 기반의 디지털 모델을 저장하기 위해 미국 지질 조사(USGS)에 의해 개발된 지리 정보 파일 포맷이고 ASCII는 Text문서로 저장되어 있으며, Raster(GeoTiff)는 이미지 데이터로 2차원 표면을 작은 픽셀 단위로 나누어 표현하는 방법이다. 본 연구에서는 공간정보산업진흥원이 운영하는 VWorld에서 사용하고 있는 데이터를 활용하기 위해 Raster(GeoTiff)형식의 데이터를 불러오는 기능을 구현하였고, 데이터 추출 및 좌표계 변환, 데이터 입력의 과정을 거쳐서 지형을 생성하게 된다. Raster(GeoTiff)에서 추출할 수 있는 데이터는 격자의 시작좌표, 격자수, 격자 크기, 좌표계, 격자의 높이 값을 추출이 가능하며, 추출된 데이터와 좌표계 변환 등의 절차를 거쳐 지형을 생성하며 Fig 6과 같다.

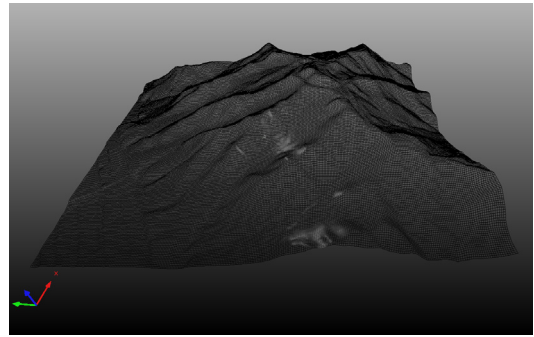


Fig. 6. Terrain visualization using DEM data

2.1.2 구조물 가시화 (구조물 렌더링)

구조물을 3D 공간상에서 표현하기 위해서는 구조물을 구성하는 데이터를 입력 혹은 생성해야 하는데 Fig 7은 구조물 데이터를 생성하여 가시화를 하는 전체 과정을 도식화 한 것이다.

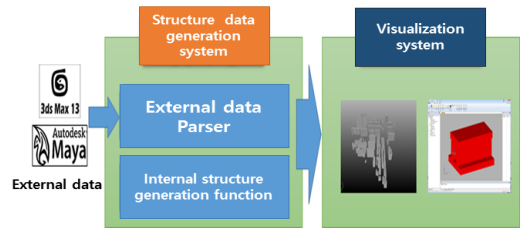


Fig. 7. Structure visualization flow chart

Fig 7과 같이 구조물 데이터를 생성하기 위해서는 크게 외부 구조물 데이터/내부 구조물 데이터로 구분할 수 있다. 외부 구조물 데이터는 3D Max나 Maya와 같이 3D Mesh 데이터를 생성하는 소프트웨어에서 제작된 데이터이며, 내부구조물 데이터는 시스템 내부에서 생성하는 구조물 데이터이다. 외부 구조물 데이터를 개발된 프로그램에 가시화하기 위해서는 외부 구조물 데이터의 자료구조를 본 프로그램에 맞게 변경하는 작업이 필요하며, Fig 8과 같이 구현된다.

본 연구에서는 공간정보산업진흥원의 데이터를 활용하기 위해 Shape File을 이용하였으며, 이 파일도 DEM 자료와 같이 좌표계가 존재하기 때문에 DEM 자료와 같은 좌표계를 적용해줘야 지형데이터에 맞게 Shape File의 데이터가 표시된다. 본 연구에서 개발한 3D 프로그램은 Shape File의 데이터로 구조물을 만드는데 사용하며, 주로 Polyline이나 Polygon의 vertex와 레코드 내용 중 높이 정보를 이용하여 구조물은 만든다.

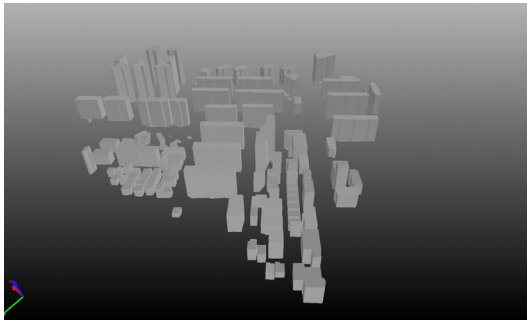


Fig. 8. SHP file application

내부 구조물 데이터는 시스템 내부에서 생성되는 데이터로 수치적인 정보 등을 이용하여 생성하게 되며, Fig 9와 같이 수치정보를 이용하여 내부적으로 생성되는 구조물 데이터를 도식화 한 것이다.

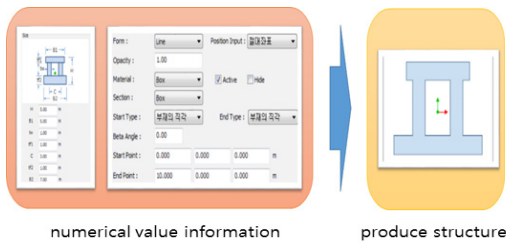


Fig. 9. Data generation of internal structure using numerical information

Fig 8,9와 같이 내부 혹은 외부 구조물 데이터는 Fig 10과 같이 정점 정보로 이루어지며, 이 구조물은 다시 정적인 구조물과 동적인 구조물로 구분되어 진다. 본 프로그램에서는 정적인 구조물을 사용하였으며, 구조물 데이터 생성 프로그램을 통해 생성된 구조물 데이터를 가시화 한 결과는 Fig 10과 같다.

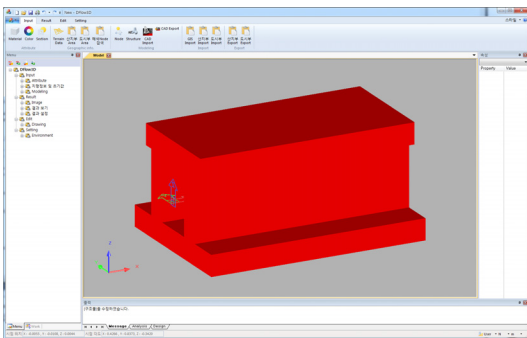


Fig. 10. Results of structures data visualization

2.1.3 토사 해석 데이터 가시화 (토사 렌더링 및 결과표현)

구조물을 3D 공간상에서 표현하기 위해서는 구조물을 구성하는 데이터를 입력 혹은 생성해야 하는데 Fig 7 은 구조물 데이터를 생성하여 가시화를 하는 전체 과정 을 도식화 한 것 이다.

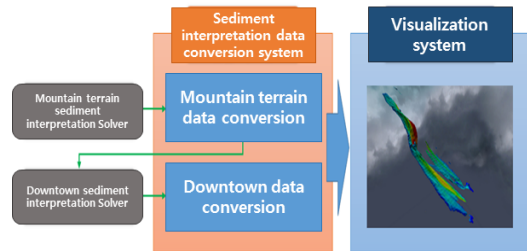


Fig. 11. Flow chart of visualization system for sediment analytical data

토사 가시화는 크게 사실적인 가시화와 Contour 가시화로 나눌 수 있다. 여기에서 Contour 표현은 토사 해석 결과인 토사의 밀도, 속도 등을 가시적으로 보는 것이 목적이다. 토사의 밀도나 속도 등을 가시적으로 보기 위해서는 토사를 표현하는 표면 Mesh가 필요하다. 토사의 표면 Mesh는 지형 생성 기술과 비슷한 2차원 Grid 자료 구조를 기반으로 하고 있다. 2차원 공간을 일정한 영역의 Cell로 구분하고 셀을 구성하는 각 정점의 높이를 지형의 높이와 동일하게 한다.

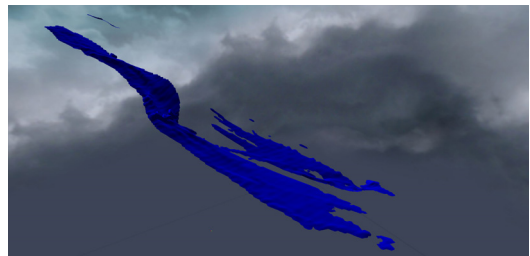


Fig. 12. Sediment surface Mesh produced by using the height of terrain

Fig 12는 지형의 높이를 이용하여 2차원 Grid의 높이를 표현한 그림이며 이렇게 구성된 토사 표면 Mesh에 가시적으로 보고자 하는 값(밀도, 속도)등을 이용하여 표면의 색을 결정하게 된다. Table 1은 본 연구에서 Contour의 색상을 토사의 속도를 이용하여 생성하는 의사코드 이다.

Table 1. Contour generate pseudo code

```

Convert Solver Data
Initialize Grid Struct
Load Grid
For j=0, j<Grid.HeightCell+1
For i=0, i<Grid.WidthCell+1
ContourColor = ColorFunction(Grid.Cell(i, j))
    
```

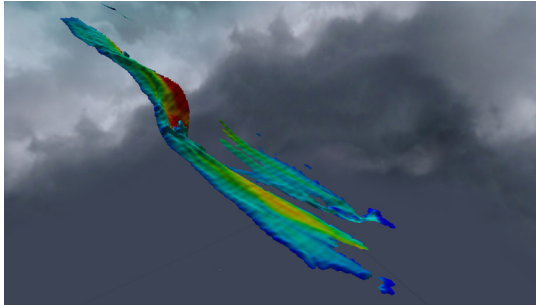


Fig. 13. Contour expressions of sediment by using speed

Fig.13는 토사의 속도를 색을 이용하여 가시적으로 표현한 것이다.

3. 3D 시뮬레이터 기능 구성

3.1 기반 프레임

3D 시뮬레이터를 사용자에게 직접 입력을 받고 해석을 수행하고 결과 값을 보여줄 수 있는 Window 프레임 기반의 프로그램을 개발하였다.



Fig. 14. Sediment disaster prediction 3D simulator programme

해석결과 정보는 각 시간별 토석류 깊이, 유속 (X,Y,XY)정보를 보관 가능한 Data 구조로 구성되며, 해석결과 정보는 대용량 Data를 가지므로 관리용 결과 파일인, "*.dfo" 바이너리 파일과 대용량 결과를 관리하기 위한 전용 "*.out"파일로 나누어서 저장되도록 구성하였다.

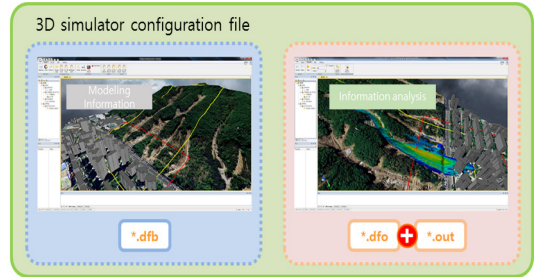


Fig. 15. Construction of the loaded file of 3D simulator

Fig.15와 같이 결과 파일을 2개로 분리하여 저장하는 이유는 작게는 수백MB에서 수십GB 까지 용량을 가질 수 있으므로, 해당정보를 PC 메모리에 모두 저장하기에는 문제가 있으므로, 필요한 부분만 읽어 들일 수 있도록 시스템을 구성하기 위해 2개로 분리하여 저장하도록 시스템을 구성하였다.

따라서 해석결과 중 대용량 정보들은 "*.out" 파일에 저장하여 필요시에 필요한 정보만을 불러들여, 시간별, 자료형태별로 아주 작은 단위의 Data 조각으로 분리시켜 저장하면서 각각의 저장지점을 기록하여 빠른 시간 내에 필요한 정보를 읽어 들여 대용량 파일에 대해서도 운영이 가능하도록 하고, 나머지 상시 필요한 정보들은 "*.dfo"에 보관하여 Data를 종류별로 나누어서 운영한다.

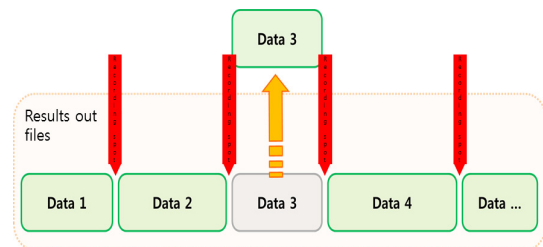


Fig. 16. Extraction of special parts from result files

Fig 17과 같이 본 시뮬레이터의 중앙에는 지형 및 건물, 해석정보를 표현할 전용 Viewer를 가지고 있으며, 좌측에는 입력항목들에 대한 메뉴Tree 및 작업내용들을

표현하는 Work Tree를 배치하였다. 또한, View에서 선택항목의 내용을 확인 가능한 속성창을 그 아래 배치하며, 해상 속성창에서 간단한 항목에 대한 수정이 가능하다. 하단에는 입력에 대한 처리내용이나, 오류항목, 진행 상태 등에 대해서 사용자에게 전달해야 할 내용들을 표시할 메시지창을 배치한다.

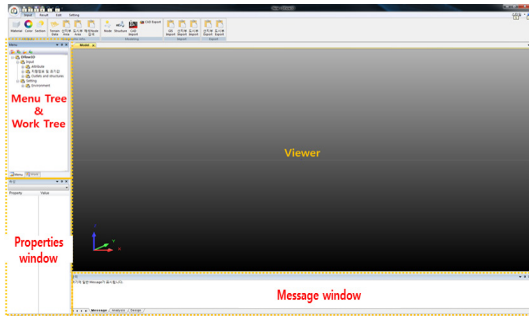


Fig. 17. Construction of sediment disaster prediction 3D simulator frame

3.2 입력 프로세서

지형 Data는 사각형 그물망으로 구성된 정보로 나타난다. 입력은 Fig 18과 같이 격자망에 대한 높이 값을 가로 세로 표를 이용하여 입력 및 수정이 가능하도록 구성하며, 격자의 크기 및 개수는 사용자가 직접 지정이 가능하다. 또한 지형에 위성사진 등을 불러와서 지형에 Mapping시켜 실사에 가까운 지형의 연출이 가능하다.

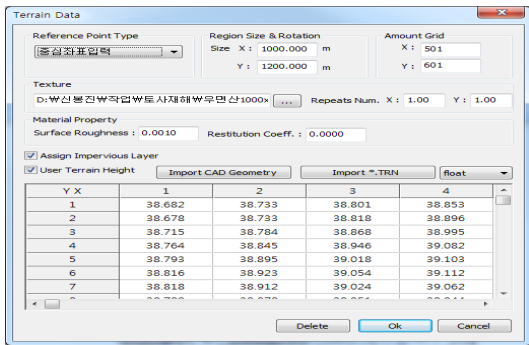


Fig. 18. Input window for terrain information

그리고 지형의 원점을 중심에 오도록 배치할 수 있으며, 그 외에 좌하단을 중심으로 하여 지형을 배치할 수 있는 옵션을 제공한다. Table입력은 Excel에서 입력된 정보들을 복사하여 붙여 넣기가 가능하고, 반대로 입력

한 정보를 복사하여 Excel로 가져가는 것도 가능하다.

마지막으로 지형 정보를 표로 입력하기에는 한계가 있으므로 직접 입력 외에도 자동입력기능을 제공하며, 아래와 같이 Import GAD Geometry버튼을 누르면 Fig 19와 같은 CAD Import(Terrain)창이 나타난다.

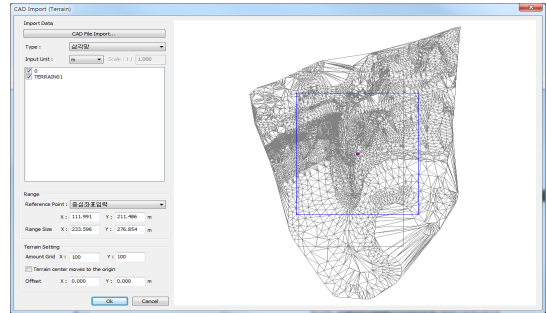
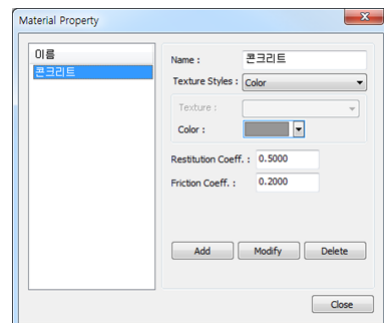


Fig. 19. Import of terrain information constructed by CAD file

해당 입력창으로 필요한 Layer를 선택한 후에 마우스를 이용하여 간단히 영역을 지정하거나, 또는 원하는 정확한 위치의 좌표와 크기를 입력한 후에 "OK"버튼을 누르면 자동으로 지형 격자망을 생성하여 지형입력창에 해당 값들이 반영된다.

도심지 해석이나, 토석류 방재시설을 모델링하기 위하여 구조물 입력 기능을 제공한다. 기본적으로 재료와 단면 등의 기본적인 형태를 먼저 구현한 다음 이를 활용하여 구조물 입력창을 이용하여 다양한 구조물들을 표현할 수 있다. 단면은 원형, 사각형, 사다리꼴, 박스 등의 다양한 형태를 제공하며, 입력창 하단에 입력하는 값들을 실시간으로 보여줌으로써 입력의 편의를 도모해 준다. 이렇게 입력한 Data들은 Fig. 20과 같이 좌측 리스트에 항목들이 표현되어진다.



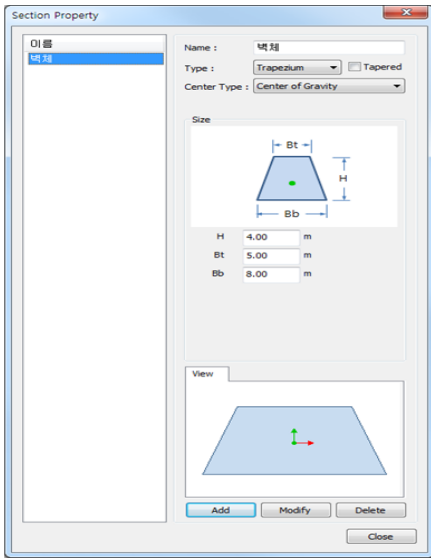


Fig. 20. Input window of setting for structure generation

재료와 단면등과 같이 구조물 생성용 기초항목들이 완료되면 Fig.21과 같이 구조물 생성창을 통하여 실질적인 구조물의 생성이 가능하다.

첫 번째 입력방식으로는 구조물의 평면을 하나하나 직접 입력하는 Plane 및 Plane List 2개의 입력방식을 제공하며, 이 두 방법은 각 평면의 모서리 3차원 좌표를 입력 하여 구조물을 구성한다.

두 번째 입력방식으로는 미리 입력한 단면을 활용하여 입력하는 방법으로서 Line과 Polyline 2개의 입력방식을 제공한다. 해당 입력방식은 입력한 3차원 좌표들을 연결한 단면과 같은 기둥을 자동으로 만들어 주는 기능이다. 일정한 형태의 구조물을 만들 때에는 첫 번째 방식들보다 두 번째 방식을 이용하면 효율적인 모델링이 가능하다.

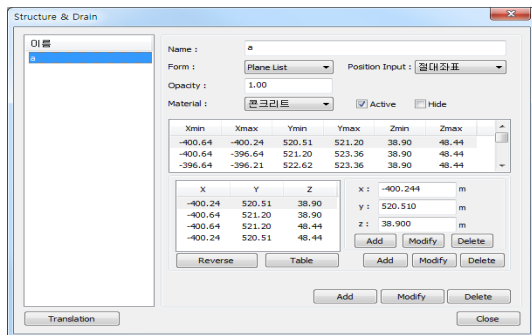


Fig. 21. Input window for structure generation

간단한 형상들은 3D 시뮬레이터 내에서 위의 입력방식을 통하여 입력이 가능하지만 아주 복잡한 형상의 구조물을 구현하기에는 한계가 있으므로, 이럴 경우에는 3D CAD와 같은 외부 프로그램을 이용하여 복잡한 구조물을 미리 만들어서 만들어진 파일을 3D 시뮬레이터에서 “Cad Import” 기능을 이용하여 불러올 수 있으며, 아래 입력창을 이용하여 원하는 Layer만을 선별적으로 불러들일 수 있다.

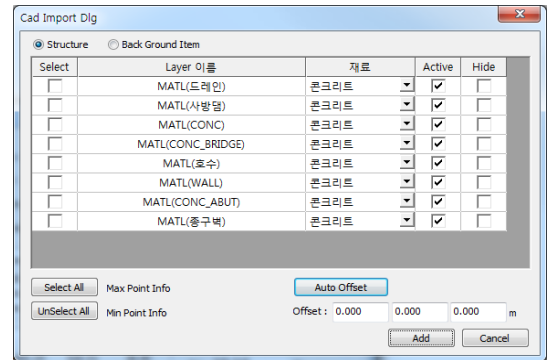


Fig. 22. Import of structures constructed by CAD file

앞서 언급한 지형 입력 및 구조물 입력방법외에도 편의를 돕기 위해서 일반적으로 많이 사용되는 GIS관련 Data형식에 대한 입력기능도 제공한다. 기존의 GIS 정보들을 활용하여 위도, 경도좌표를 기준으로 하여 원하는 지역에 대해서 빠르게 3D 시뮬레이터 모델을 구축하는 자동화 기능이다. 지형정보를 가진 DEM정보로부터 지형의 각 좌표별 높이를 산출하여 지형 격자망정보를 구성하고, 2D형식의 정보를 가지는 Shape파일로부터 읽어들이는 2D 도형의 외곽을 기준으로 각 건물의 높이만큼의 수직벽면을 생성하고 상부와 하부 면을 생성하여 3D 구조물을 자동으로 생성한다. 이러한 방식으로 정해진 범위내의 정보를 계산하여 한 번에 지형과 구조물을 자동으로 생성시켜 모델을 완성하는 기능이다. 또한 좌표 입력은 위경도 방식 외에도 한반도 좌표원점을 기준으로 TM좌표계도를 지원하기 때문에 CAD를 통한 모델입력과의 호환성도 확보하고 있다. 영역을 지정하는 방식은 마우스를 이용하여 간단히 영역을 지정하거나, 또는 원하는 정확한 위치의 좌표와 크기를 입력하여 지정이 가능하다.

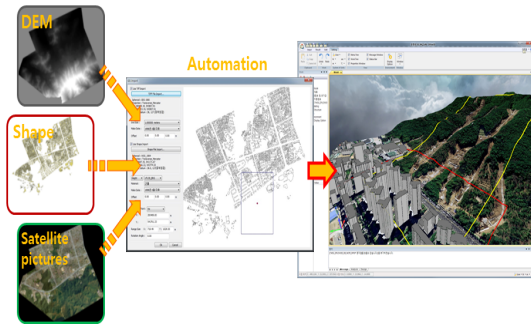


Fig. 23. Auto generation of model information by using the function of GIS Import

3.3 해석 프로세서

일반 사용자들에게 사실감 있고 공간감 있는 영상을 만들기 위해서는 보다 넓은 면적을 모델링하여 영상결과물을 만드는 것이 중요하다. 하지만 해석영역을 넓게 만들 경우 해석에 투자되는 자원 및 시간이 많이 필요하게 되므로 해석시간 단축과 높은 완성도의 영상결과물 두 가지를 모두 얻기 위해서 해석영역 입력 기능이 필요하다.

이 기능을 통해 통합 모델의 변경 없이 자유롭게 해석영역을 지정하거나 해석 조밀도를 변경할 수 있게 되어 보다 폭넓은 해석을 수행 할 수 있다. 아래 Fig 24와 같이 입력창을 통해서 실제 해석이 필요한 부분만을 지정이 가능하다. 노란색으로 표시된 사각형영역은 산지부 해석영역이며, 붉은색으로 표시된 영역은 도심지 해석영역이다. 각 입력창에는 사각형의 중심좌표와 영역크기, 그리고 회전각으로 영역 지정이 가능하며, 해석용 Mesh의 조밀도를 추가로 입력하여, 자유롭게 해석용 Mesh를 생성할 수 있다.

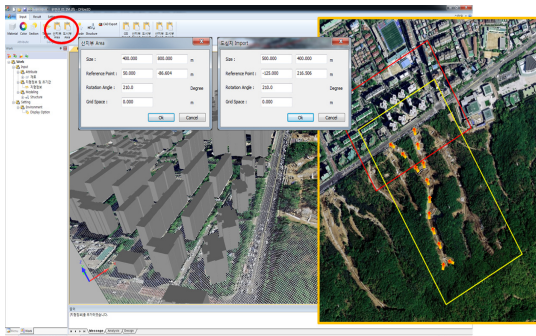


Fig. 24. Designation of area for analysis in the integrated model

산지부와 도심지가 각자의 독립된 해석 프로그램으로 별도의 Node번호가 부여되며, 또한 회전 기능까지 있으므로 사용자는 통합모델에서 정확한 Node의 위치를 인지하기가 어렵기 때문에, 쉽게 확인하고 찾을 수 있도록 Node 검색기능을 제공한다. 아래 Fig 25와 같이 입력창에서 x,y의 위치나 Node ID를 입력하면, 통합모델에서 해석 시 사용할 Node의 위치를 계산하여 화면상에 표시해준다.

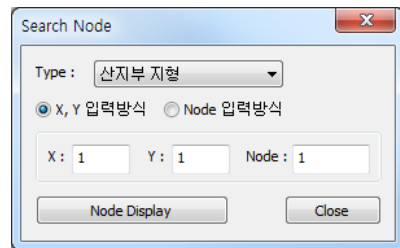


Fig. 25. Searching box of Node position in the analytical model

해석 시 사용하는 Data는 실사에 가까운 통합모델을 수치해석이 가능한 정보로 단순화 시킨 정보를 해석에 반영한다. 따라서 해석 시 사용되는 정보는 사용자가 확인하는 모델과 다르게 재구축하여 해석 프로그램으로 전달된다. 통합 모델에서는 아래 그림과 같이 지형과 구조물이 별도로 나타내어 사실감을 표현하지만 해석에서는 Fig 26과 같이 하나로 합쳐진 Mesh형식으로 변환시켜진 정보가 전달되어 해석이 수행된다. 따라서 지형 격자망에 해당하는 구조물의 상면을 검색하여 해당 격자의 높이 값을 변경시켜 해석용 Mesh를 만들어 낸다.

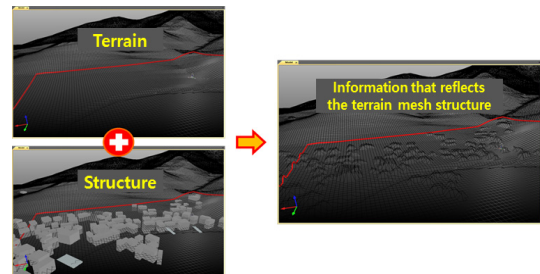


Fig. 26. Realization of analytical model combining terrain with structures

산지부와 도심지의 해석영역에 맞추어 구한 해석용 Mesh를 각각의 해석프로그램의 입력파일 형식에 맞춰

서 다시 변환작업을 거쳐서 산지부는 *.msh파일을, 도심지는 *.rgo파일을 생성시켜 산지부와 도심지 해석프로그램에 전달한다. Fig 27에서 우측에 나타난 그림은 앞서의 생성된 해석용 모델 파일의 출력물과 그 출력물을 다시 화면상에 표현모습을 나타낸 것이다.

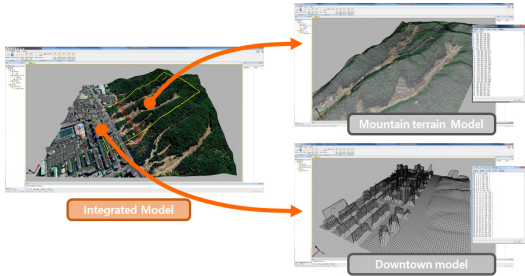


Fig. 27. Realization of each analytical model of hilly and urban areas according to their forms

3.4 결과 프로세서

통합 해석결과 파일은 토석류 깊이, 방향별 속도, 절대 속도값을 보관하고 있으며 이를 Result Option을 통해 원하는 값의 표현이 가능하다. 또한 해석의 결과치를 표현하는 콘투어의 값 표현 방식에 다양한 기능이 포함되어 있다. 콘투어 표현 방법은 3가지를 제공하며, 첫 번째 방식은 사용자가 직접 범위를 지정하는 방법이며, 두 번째 방식은 전체 해석결과에서 최대 최소값으로 표현하는 방법이다. 마지막으로 세 번째 방법은 각 해석 프레임에서의 최대 최소값으로 표현하는 방법을 제공한다. 이는 공학자가 해석결과를 보다 쉽게 확인이 가능하도록 도움을 준다.

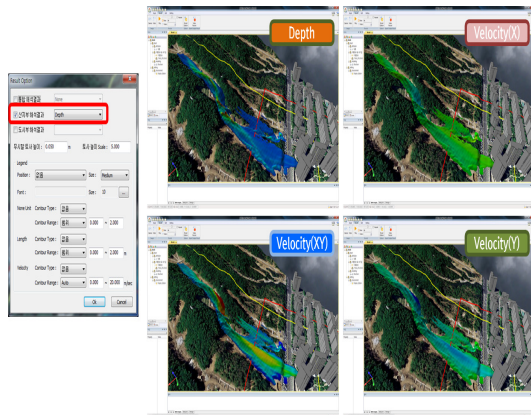


Fig. 28. Expression of results by options analyzed

단순히 해석결과를 표현하는 것 외에도 결과값 보정 기능도 제공하여 보다 효율적인 결과값 표현이 가능하다. 해석결과를 전부 화면에 표현 하게 되면 아주 작은 값까지 3D 모델 상에 표현되므로 크게 영향이 없는 부분까지 화면을 덮게 됨에 따라 Fig 29과 같이 토석류의 주류를 파악하기 어려우므로 특정값 이하의 값을 제거하여 표현하면 Fig 30과 같이 실사 이미지의 배경과 보다 자연스럽게 융화된 해석 결과물을 얻을 수 있다. 또한 해석된 결과를 그대로 표현하게 되면 산지 지형의 굴곡에 묻혀 토석류의 양적인 변화를 관찰하기가 어려우므로 보다 과장된 표현을 통하여 토석류의 양적 변화를 확인할 수 있도록 Scale기능을 추가하였다. Scale기능을 이용하면 토석류량을 늘려 표현되므로 보다 극대화된 영상을 얻을 수 있으므로 공학자 및 일반 사용자도 보다 쉽게 이해를 도울 수 있다.

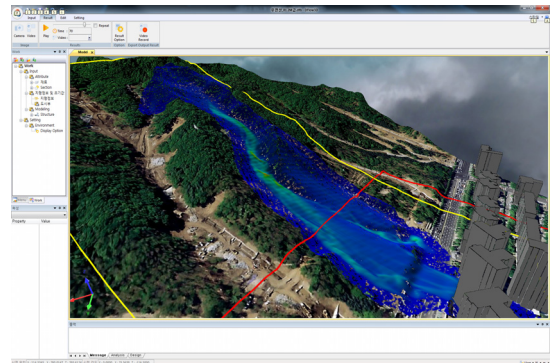


Fig. 29. Analysis results before correction

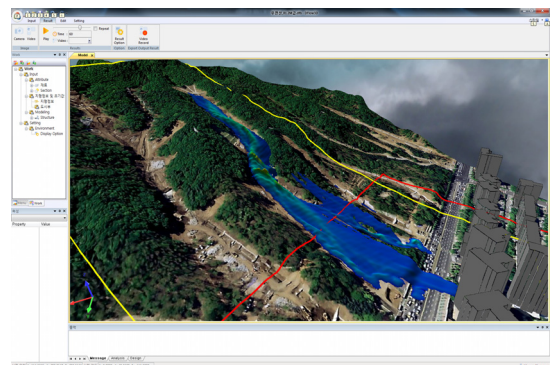


Fig. 30. Interpret results after correction

4. 결론

본 논문에서는 해석 된 DATA를 가시화 할 수 있는 3D 시뮬레이터 개발내용과 성능 검증을 위해 피해가 발생한 우면산에 적용하여 3D 시뮬레이터의 성능을 검증하였다. 성능 검증 결과 Fig 28과 Fig 30과 같이 3D 시뮬레이터의 결과물에 대해 가시화를 실시 한 경우 거의 실제와 같은 표현이 가능하며, 공학자는 물론 일반 시민들도 토사재해의 피해범위 등에 대해 쉽게 알 수 있을 것으로 판단된다.

앞으로, 현재까지 개발 된 변환모듈(토석류 높이, 유속X, 유속Y, 등)과 추가 항목에 대한 변환 모듈 개발 및 통합 해석 결과 정보 변환 모듈을 추가 개발을 하고자 한다. 또한 복수의 해석결과 관리 모듈 개발로 시뮬레이션 결과 정보들을 자동으로 검색하여 결과 목록을 구성하여 사용자에게 보여줌으로 사용자는 간단하게 목록만을 선택하는 것으로 여러 시뮬레이션 결과를 확인 할 수 있도록 구성한다.

마지막으로, 현재 개발한 콘투어 외에 Shader를 통한 토석류 표현 및 유속에 대한 Vector 표현 기능을 추가 개발 한다. Shader표현은 보다 사실감 있는 토석류의 표현이 가능하여 공학자가 아닌 일반인들에게 보다 현실감 있는 내용의 전달이 가능하며, Vector표현과 콘투어 기능은 해석결과를 확인하는 공학자들에게 빠른 결과값에 대한 판단을 도울 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] J. J. Monaghan, "Smoothed Particle Hydrodynamics," Annual Review of Astronomy and Astrophysics, No. 30, pp.543-574, 1992.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.aa.30.090192.002551>
- [2] S. Koshizuka, H. Tamako and Y. Oka, "A Particle Method for Incompressible Viscous Flow with Fluid Fragmentation," Computational Fluid Dynamics Journal, Vol 4, pp.29-46, 1995.
- [3] M. Müller, S. Schirm, S. Duthaler, "Screen Space Meshes," In Proceedings of ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS Symposium on Computer Animation (SCA), pp.9-15, 2007.
- [4] Y. V. Vassilevski, K. D. Nikitin, M. A. Olshanskii, and K. M. Terekhov, "CFD Technology for 3D Simulation of Large-Scale Hydrodynamic Events and Disasters," Vol. 27, No. 4, pp.399-412, 2012.
- [5] D. Y. Kim, O. Y. Song, and H. S. Ko. "A Semi-Lagrangian Cip Fluid Solver without Dimensional

Splitting," Computer Graphics Forum (Proc. Eurographics), Vol. 27, No. 2, pp.467-475, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8659.2008.01144.x>

신 봉 진(Shin Bong Jin)

[정회원]



- 1992년 2월 : 창원대학교 토목공학과 (학사)
- 2001년 2월 : 창원대학원 토목공학과 (석사)
- 2004년 6월 ~ 2011년 12월 : 마이다스 아이티 대리
- 2012년 5월 ~ 2012년 10월 : Softtac 부장
- 2012년 11월 ~ 현재 : 이에이트(주) 팀장

<관심분야>

IT, S/W, 토목공학

윤 상 호(Youn Sang Ho)

[정회원]



- 2008년 2월 : 선문대학교 토목공학과 (학사)
- 2011년 2월 : 선문대학교 토목공학과 (석사)
- 2011년 3월 ~ 2013년 2월 : 한국철도기술연구원 주임
- 2013년 3월 ~ 2015년 2월 : 한국재난안전기술원 주임

• 2015년 5월~현재 : 이에이트(주) 팀장

<관심분야>

R&D, IT, 토목공학

이 기 동(Lee Ki Dong)

[정회원]



- 2012년 2월 : 계명대학교 교통공학과 (학사)
- 2013년 10월 ~ 현재 : 이에이트(주) 대리

<관심분야>

IT, S/W