



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년01월21일
(11) 등록번호 10-1940504
(24) 등록일자 2019년01월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/26 (2012.01) G06T 17/05 (2011.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2013.01)
G06T 17/05 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0006399
(22) 출원일자 2018년01월18일
심사청구일자 2018년01월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR101547069 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국토연구원
경기도 안양시 동안구 시민대로 254 (관양동)
이에이트 주식회사
경기도 성남시 분당구 운중로 249, 5층, 6층 (판교동, 더제이에스빌딩)
(뒷면에 계속)
(72) 발명자
김명수
세종특별자치시 달빛로 16, 803동 1204호(아름동, 범지기마을 8단지)
문용희
경기도 수원시 영통구 센트럴타운로 76, 6119동 1601호(이의동, e편한세상 광고)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 10 항

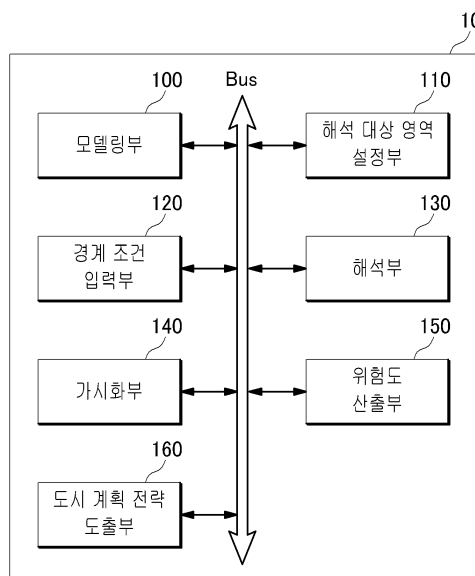
심사관 : 김일환

(54) 발명의 명칭 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법 및 장치

(57) 요약

도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법은 산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형에 대한 지형 데이터를 입력받고, 지형 데이터에 기초하여 지형을 생성하고, 지형에 관한 구조물에 대한 구조물 데이터를 입력받고, 구조물 데이터에 기초하여 지형 상에 구조물을 생성하여 해석 대상 지형을 모델링하는 단계; 해석 대상 지형 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



에서 산지 영역 중 적어도 일부인 제 1 해석 대상 영역 및 도심 영역 중 적어도 일부인 제 2 해석 대상 영역을 설정하는 단계; 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대하여 경계 조건을 입력받는 단계; 경계 조건에 기초하여 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 단계; 및 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 가시화하는 단계를 포함하고, 제 1 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름은 산지 영역 해석 솔버(Solver)에 의해 해석되고, 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름은 도심 영역 해석 솔버에 의해 해석될 수 있다.

(73) 특허권자

울산대학교 산학협력단

울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

홍익대학교 산학협력단

서울특별시 마포구 와우산로 94 (상수동)

(72) 발명자

조광준

경기도 성남시 분당구 정자일로 120, 9층 C-904호
(정자동, 삼성아테나루체)

신호성

울산광역시 남구 대학로 93, 23-414호(무거동)

이승오

서울특별시 마포구 와우산로 94, P동 801호(상수동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 15SCIP-B069989-03

부처명 국토교통부 도시정책과

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 도시특성을 고려한 도심지 토사재해 예측·평가 및 통합관리기술 개발

연구과제명 도심지 토사재해 예측 3D 시뮬레이션기술 개발 및 통합관리시스템 구축

기 여 율 1/1

주관기관 국토연구원

연구기간 2013.12.20 ~ 2017.12.01

명세서

청구범위

청구항 1

시뮬레이션 장치에서 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법에 있어서,

상기 시뮬레이션 장치의 모델링부가 산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형에 대한 지형 데이터를 입력받고, 상기 지형 데이터에 기초하여 지형을 생성하고, 상기 지형에 관한 구조물에 대한 구조물 데이터를 입력받고, 상기 구조물 데이터에 기초하여 상기 지형 상에 상기 구조물을 생성하여 해석 대상 지형을 모델링하는 단계;

상기 시뮬레이션 장치의 해석 대상 영역 설정부가 상기 해석 대상 지형에서 상기 산지 영역 중 적어도 일부인 제 1 해석 대상 영역 및 상기 도심 영역 중 적어도 일부인 제 2 해석 대상 영역을 설정하는 단계;

상기 시뮬레이션 장치의 경계 조건 입력부가 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대하여 경계 조건을 입력받는 단계;

상기 시뮬레이션 장치의 해석부가 상기 경계 조건에 기초하여 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 단계; 및

상기 시뮬레이션 장치의 가시화부가 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 가시화하는 단계

를 포함하고,

상기 제 1 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름은 산지 영역 해석 솔버(Solver)에 의해 해석되고,

상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름은 도심 영역 해석 솔버에 의해 해석되되,

상기 경계 조건은 재료(Material)를 구성하기 위한 재료의 물리적 속성을 포함하고,

상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대하여 경계 조건을 입력받는 단계는

상기 제 1 해석 대상 영역의 경우, 토석류 모델, 토압 모델 및 침식 모델 중 선택된 모델에 포함된 물리적 속성을 상기 재료의 물리적 속성으로 입력받는 단계; 및

상기 제 2 해석 대상 영역의 경우, 조도 계수, xx 방향, xy 방향, yy 방향의 난류동점수 계수 중 적어도 하나를 재료의 물리적 속성으로 입력받는 단계를 포함하는 것인, 시뮬레이션 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 산지 영역 해석 솔버는 상기 토석류가 유체와 토립자의 특성을 가지도록 하는 토석류 유동 해석 모델 및 상기 토석류에 의한 사면 침식을 고려하기 위한 사면 침식에 대한 역학적 구성 모델에 기초하여 상기 제 1 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 것인, 시뮬레이션 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 토석류 유동 해석 모델은 토석류의 항복응력, 동점성계수, 유사 매핑(mapping)의 마찰계수, 수직응력 및 내부마찰각 중 적어도 하나에 기초한 것인, 시뮬레이션 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 사면침식에 대한 역학적 구성 모델은 한계 전단응력 및 한계 침식깊이 중 적어도 하나에 기초한 것인, 시물레이션 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 도심 영역 해석 솔버는 천수방정식에 기초하여 도출될 기본방정식에서 흐름저항 관계식, 질량 생성, 전가 속도 및 비뉴턴 유체 중 적어도 하나를 고려하여 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 것인, 시물레이션 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 가시화하는 단계는 상기 토석류의 방향, 높이 및 속도 중 적어도 하나를 가시화하는 단계를 포함하는 것인, 시물레이션 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 해석 대상 지형에 속하는 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도를 산출하는 단계를 더 포함하는 것인, 시물레이션 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 해석 대상 지형에 속하는 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도를 산출하는 단계는

상기 해석 대상 지형을 복수의 셀로 분할하는 단계;

상기 복수의 셀 각각마다 해당 셀의 용도 지역 정보, 인구 정보 및 건축물 정보 중 적어도 하나를 추출하는 단계; 및

상기 해석한 토석류의 흐름 및 상기 해당 셀의 용도 지역 정보, 인구 정보 및 건축물 정보 중 적어도 하나에 기초하여 상기 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도를 산출하는 단계

를 포함하는 것인, 시물레이션 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도에 기초하여 상기 각 셀의 도시계획 전략을 도출하는 단계

를 더 포함하는 것인, 시뮬레이션 방법.

청구항 11

도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 장치에 있어서,

산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형에 대한 지형 데이터를 입력받고, 상기 지형 데이터에 기초하여 지형을 생성하고, 상기 지형에 관한 구조물에 대한 구조물 데이터를 입력받고, 상기 구조물 데이터에 기초하여 상기 지형 상에 상기 구조물을 생성하여 해석 대상 지형을 모델링하는 모델링부;

상기 해석 대상 지형에서 상기 산지 영역 중 적어도 일부인 제 1 해석 대상 영역 및 상기 도심 영역 중 적어도 일부인 제 2 해석 대상 영역을 설정하는 해석 대상 영역 설정부;

상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대하여 경계 조건을 입력받는 경계 조건 입력부;

상기 경계 조건에 기초하여 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 해석부; 및

상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 가시화하는 가시화부

를 포함하고,

해석부는 상기 제 1 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 산지 영역 해석 솔버(Solver) 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 도심 영역 해석 솔버를 포함하되,

상기 경계 조건은 재료(Material)를 구성하기 위한 재료의 물리적 속성을 포함하고,

상기 경계 조건 입력부는

상기 제 1 해석 대상 영역의 경우, 토석류 모델, 토압 모델 및 침식 모델 중 선택된 모델에 포함된 물리적 속성을 상기 재료의 물리적 속성으로 입력받고,

상기 제 2 해석 대상 영역의 경우, 조도 계수, xx 방향, xy 방향, yy 방향의 난류동점수 계수 중 적어도 하나를 재료의 물리적 속성으로 입력받는 것인, 시뮬레이션 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 사용되는 유체 유동해석 프로그램은 유한차분법 및 유한체적법을 이용한다. 이에 따라, 복잡한 지형 정보를 모델링하기 어렵고, 증분형태의 수식화에 의한 수치적 불안전성을 유발할 수 있다.

[0003] 이러한 유체 유동해석 프로그램은 토석류를 고점성의 유체의 흐름으로 해석하기 때문에 토석류에 포함된 토립자의 흐름에 따른 유체 및 토립자의 특성에 대한 고려가 결여되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2015-0120579호 (2015.10.28 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형 상에 구조물을 생성하여 해석대상 지형을 모델링하고, 해석 대상 지형에서 산지 영역의 일부에 대한 해석 대상 영역과 도심 영역의 일부에 대한 해석 대상 영역 각각에 대하여 경계조건을 입력받아 각각의 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하고, 가시화하고자 한다. 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면에 따른 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법은 산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형에 대한 지형 데이터를 입력받고, 상기 지형 데이터에 기초하여 지형을 생성하고, 상기 지형에 관한 구조물에 대한 구조물 데이터를 입력받고, 상기 구조물 데이터에 기초하여 상기 지형 상에 상기 구조물을 생성하여 해석 대상 지형을 모델링하는 단계; 상기 해석 대상 지형에서 상기 산지 영역 중 적어도 일부인 제 1 해석 대상 영역 및 상기 도심 영역 중 적어도 일부인 제 2 해석 대상 영역을 설정하는 단계; 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대하여 경계조건을 입력받는 단계; 상기 경계 조건에 기초하여 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 단계; 및 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 가시화하는 단계를 포함하고, 상기 제 1 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름은 산지 영역 해석 솔버(Solver)에 의해 해석되고, 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름은 도심 영역 해석 솔버에 의해 해석될 수 있다.

[0007] 본 발명의 제 2 측면에 따른 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 장치는 산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형에 대한 지형 데이터를 입력받고, 상기 지형 데이터에 기초하여 지형을 생성하고, 상기 지형에 관한 구조물에 대한 구조물 데이터를 입력받고, 상기 구조물 데이터에 기초하여 상기 지형 상에 상기 구조물을 생성하여 해석 대상 지형을 모델링하는 모델링부; 상기 해석 대상 지형에서 상기 산지 영역 중 적어도 일부인 제 1 해석 대상 영역 및 상기 도심 영역 중 적어도 일부인 제 2 해석 대상 영역을 설정하는 해석 대상 영역 설정부; 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대하여 경계조건을 입력받는 경계 조건 입력부; 상기 경계 조건에 기초하여 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 해석부; 및 상기 제 1 해석 대상 영역 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 가시화하는 가시화부를 포함하고, 해석부는 상기 제 1 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 산지 영역 해석 솔버(Solver) 및 상기 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석하는 도심 영역 해석 솔버를 포함할 수 있다.

[0008] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본 발명을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 기재된 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 진술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 토석류를 고점성의 유체 흐름으로 해석하지 않고, 유체 및 토립자의 특성에 따라 유체 흐름을 해석할 수 있다. 또한, 유한차분법 및 유한체적법에 따른 증분형태의 수식화에 의한 수치적 불안정성을 해소하기 위해 개선된 Gakerkin 수식화에 의한 유한요소법을 유체 흐름의 해석에 적용할 수 있다. 이를 통해 산악지형, 사방댐 등 복잡한 운동학적 경계조건에 대한 해석이 용이해지고, 하상 침식, 유발점 등에 의한 토석류의 체적 변화에 대한 고려가 가능하다.

[0010] 또한, 산지 영역 및 도심 영역에서의 토석류의 흐름에 대한 해석 결과를 실시간으로 가시화함으로써 토사 재해의 확산 범위와 강도를 명확하게 인지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치의 블록도이다.

도 2a 내지 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른, 해석 대상 지형을 모델링하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 3a 내지 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 해석 대상 지형에서 해석 대상 영역을 설정하는 방법을 설명하기

위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 토석류의 흐름을 가시화한 결과 도면이다.

도 5a 내지 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 해석 대상 지형에서의 토사 재해에 따른 위험도를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른, 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른, 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0013] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0014] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.
- [0015] 본 명세서에 있어서 단말 또는 디바이스가 수행하는 것으로 기술된 동작이나 기능 중 일부는 해당 단말 또는 디바이스와 연결된 서버에서 대신 수행될 수도 있다. 이와 마찬가지로, 서버가 수행하는 것으로 기술된 동작이나 기능 중 일부도 해당 서버와 연결된 단말 또는 디바이스에서 수행될 수도 있다.
- [0016] 이하, 첨부된 구성도 또는 처리 흐름도를 참고하여, 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 설명하도록 한다.
- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)의 블록도이다. 도 1을 참조하면, 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 모델링부(100), 해석 대상 영역 설정부(110), 경계 조건 입력부(120), 해석부(130), 가시화부(140), 위험도 산출부(150) 및 도시계획전략 도출부(160)를 포함할 수 있다. 다만, 도 1에 도시된 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 본 발명의 하나의 구현 예에 불과하며, 도 1에 도시된 구성요소들을 기초로 하여 여러 가지 변형이 가능하다.
- [0018] 모델링부(100)는 산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형에 대한 지형 데이터를 입력받고, 지형 데이터에 기초하여 지형을 생성할 수 있다. 예를 들면, 모델링부(100)는 지형 이미지 파일을 불러온 상태에서 지형에 대한 격자 사이즈, 지형의 이동 위치, 지형의 좌표 및 범위 설정 사이즈 중 적어도 하나를 입력받고, 입력된 데이터에 기초하여 도 2a와 같은 지형을 생성할 수 있다.
- [0019] 모델링부(100)는 지형에 관한 구조물에 대한 구조물 데이터를 입력받고, 구조물 데이터에 기초하여 지형 상에 구조물을 생성하여 해석 대상 지형을 모델링할 수 있다. 예를 들면, 모델링부(100)는 구조물 이미지 파일을 불러온 상태에서 구조물 이미지 파일에서의 영역 설정, 구조물의 중심좌표 및 격자 사이즈 중 적어도 하나를 입력받아 도 2b와 같이 구조물의 입력 범위를 설정할 수 있고, 설정된 구조물의 입력 범위에 기초하여 도 2c와 같이 지형 상에 구조물을 생성할 수 있다.
- [0020] 모델링부(100)는 지형의 이미지 파일에 대응하는 위성 이미지를 이용하여 모델링된 해석 대상 지형을 사실적으로 표현할 수도 있다. 예를 들어, 모델링부(100)는 모델링된 해석 대상 지형과 위성 이미지를 합성할 수 있다.
- [0021] 해석 대상 영역 설정부(110)는 해석 대상 지형에서 산지 영역 중 적어도 일부인 제 1 해석 대상 영역 및 도심 영역 중 적어도 일부인 제 2 해석 대상 영역을 설정할 수 있다.
- [0022] 예를 들어, 도 3a를 참조하면, 해석 대상 영역 설정부(110)는 해석 대상 지형의 산지 영역에서 토지 재해를 해석하고자 하는 산지 영역의 일부 영역에 해당하는 제 1 해석 대상 영역(300)을 설정할 수 있다. 이 때, 해석

대상 영역 설정부(110)는 산지 영역 중 해석하고자 하는 범위, 중심점, 회전 각도 및 격자 크기 중 적어도 하나를 입력받고, 이에 기초하여 제 1 해석 대상 영역(300)을 설정할 수 있다.

[0023] 도 3b를 참조하면, 해석 대상 영역 설정부(110)는 해석 대상 지형의 도심 영역에서 토지 재해를 해석하고자 하는 도심 영역의 일부 영역에 해당하는 제 2 해석 대상 영역(310)을 설정할 수 있다. 이 때, 해석 대상 영역 설정부(110)는 도심 영역 중 해석하고자 하는 범위, 중심점, 회전 각도 및 격자 크기 중 적어도 하나를 입력받고, 이에 기초하여 제 2 해석 대상 영역(310)을 설정할 수 있다.

[0024] 다시, 도 1로 돌아오면, 경계 조건 입력부(120)는 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역 각각에 대하여 경계 조건을 입력받을 수 있다. 여기서, 경계 조건은 재료(Material)를 구성하기 위한 기초 모델, 재료의 물리적 속성, 구조물 단면의 모양과 크기 및 초기 토사 발생량 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0025] 이 때, 제 1 해석 대상 영역에 대한 경계 조건과 제 2 해석 대상 영역에 대한 경계 조건은 다르게 설정될 수 있다.

[0026] 재료를 구성하기 위한 기초 모델은 토석류 모델, 토압 모델 및 침식 모델을 포함할 수 있다. 여기서, 토석류 모델은 댐핑계수, 단위중량, 전단강성계수, 점착력, 마찰각, 점성계수, 매닝 계수 중 적어도 하나의 입력에 기초하여 생성되는 모델이다. 토압 모델은 산지의 기울기, 초기토압계수, 최대토압계수, 최소토압계수 중 적어도 하나의 입력에 기초하여 생성되는 모델이다. 침식 모델은 침식 계수, 한계전단응력, 최소토압계수 중 적어도 하나의 입력에 기초하여 생성되는 모델이다.

[0027] 재료의 물리적 속성의 경우, 제 1 해석 대상 영역(산지 영역)에서는 토석류 모델, 토압 모델 및 침식 모델 중 사용자에게 의해 선택된 모델에 포함된 물리적 속성을 이용하고, 제 2 해석 대상 영역(도심 영역)에서는 입력된 조도 계수, xx 방향, xy 방향, yy 방향의 난류동점수 계수 등이 물리적 속성으로 이용될 수 있다.

[0028] 구조물 단면의 모양과 크기는 해석 대상 지형에 대하여 입력된 구조물의 단면을 통해 결정될 수 있다.

[0029] 초기 토사 발생량은 모델링된 해석 대상 지형 내의 X, Y좌표값과, 위경도 위치값에서의 초기 토사 발생량에 해당될 수 있다. 예를 들어, 초기 토사 발생량은 해석 대상 지형의 지형정보, 토질정보, 임상정보 및 강우정보에 기초하여 결정될 수 있다.

[0030] 여기서, 지형정보는 절개사면 데이터, 토심추정 모델 데이터에 기초하여 결정된다. 토심추정 모델은 Z 모델 및 S 모델이 이용될 수 있다.

[0031] Z 모델은 현장에서 조사된 최대, 최소 토양 깊이와 표고를 통해 토심을 예측하는 모델로서, 이하의 수식으로 표현될 수 있다.

수학적 1

$$h_i = h_{\max} - \frac{z_i - z_{\min}}{z_{\max} - z_{\min}} (h_{\max} - h_{\min})$$

[0033]

[0034] 여기서, h_i 는 예측 토심 깊이, z_i 는 표고, $z_{\min}$ 은 표고 최소값, $z_{\max}$ 는 표고 최대값, $h_{\max}$ 는 조사깊이 최대값, $h_{\min}$ 는 조사깊이 최소값, θ_i 는 경사도, $\theta_{\min}$ 은 경사 최소값, $\theta_{\max}$ 는 경사 최대값이다.

[0036] S 모델은 현장에서 조사된 최대, 최소 토양 깊이와 경사도를 통해 토심을 예측하는 모델로서, 이하의 수식으로 표현될 수 있다.

수학식 2

$$h_i = h_{\max} \left[1 - \frac{\tan \theta_i - \tan \theta_{\min}}{\tan \theta_{\max} - \tan \theta_{\min}} \left(1 - \frac{h_{\min}}{h_{\max}} \right) \right]$$

[0038]

[0039] 여기서, h_i 는 예측 토심 깊이, z_i 는 표고, $z_{\min}$ 은 표고 최소값, $z_{\max}$ 는 표고 최대값, $h_{\max}$ 는 조사깊이 최대값, $h_{\min}$ 는 조사깊이 최소값, θ_i 는 경사도, $\theta_{\min}$ 은 경사 최소값, $\theta_{\max}$ 는 경사 최대값이다.

[0041] 토질정보는 핸드오거 보링기를 통해 평균 30~50cm 깊이에서 채취된 시료에 기초한 데이터를 통해 도출될 수 있다. 또한, 토질정보는 기반암별 지역분류 데이터에 기초하여 도출될 수 있다. 여기서, 기반암별 지역분류 데이터는 지역별 점착력, 내부마찰각, 단위중량, 수리전도도, 함수비, 밀도, 액성한계, 소성지수, 토성 등에 대한 정보를 포함할 수 있다.

[0042] 해석부(130)는 경계 조건에 기초하여 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석할 수 있다.

[0043] 해석부(130)는 산지 영역 해석 솔버(Solver)를 통해 제 1 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석할 수 있다. 여기서, 산지 영역 해석 솔버(Solver)는 토석류 유동 해석 모델(예를 들어, Coulomb-viscous 모델)을 이용하여 유체 및 토립자의 특성에 따른 유체 흐름을 해석할 수 있다.

[0044] 또한, 산지 영역 해석 솔버는 지배방정식을 유도함에 있어서 종래의 유한차분법 및 유한체적법에서 증분형태의 수식화에 의한 수치적 불안정성을 해소하기 위해 개선된 Gakerkin 수식화에 의한 유한요소법을 이용한다.

[0045] 또한, 산지 영역 해석 솔버는 지배방정식의 유한요소를 수식화함에 있어서 SU-PG(Stramline-Upwind Petrov-Galerkin) 기법을 이용하여 불연속 시험함수에 유동 흐름 속도와 방향을 고려한 상향가중행렬을 적용함으로써 수치해석 결과의 발산을 억제하고, 토석류의 흐름을 정확하게 해석할 수 있다.

[0046] 이를 통해 산지 영역 해석 솔버는 산악지형, 사방댐 등 복잡한 운동학적 경계조건에 대한 토석류의 흐름을 용이하게 해석할 수 있다. 또한, 산지 영역 해석 솔버는 하상 침식, 유발점 등에 의한 토석류의 체적 변화를 고려하여 토석류의 흐름을 해석할 수 있다.

[0047] 또한, 산지 영역 해석 솔버는 해석 대상 지형에서 토석류 유발 지점의 좌표(예컨대, 위경도 좌표)를 추출하고, 유발 지점별 유량에 대한 면적, 높이를 계산하여, 이를 해석 대상 지형에 적용하여 토석류의 흐름을 정확하게 해석할 수 있다.

[0048] 산지 영역 해석 솔버는 토석류의 역학적 구성모델을 생성함에 있어서 토석류가 유체와 토립자의 특성을 가지도록 하는 토석류 유동 해석 모델 및 토석류에 의한 사면 침식을 고려하기 위한 사면 침식에 대한 역학적 구성 모델을 이용한다.

[0049] 여기서, 토석류 유동 해석 모델은 토석류의 항복응력, 동점성계수, 유사 매핑(mapping)의 마찰계수, 수직응력 및 내부마찰각 중 적어도 하나에 기초하여 생성된 모델로서 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$\tau_f = \left[\tau_v + \mu \frac{K \cdot V}{8h} + n^2 \frac{\gamma V^2}{h^{1/3}} \right] + [\sigma_n \tan \phi]$$

[0051]

[0052] 여기서, τ_f 은 토석류의 항복응력이고, μ 은 동점성계수이고, $n[-]$ 은 유사 매핑의 마찰계수이고, σ_n 은 수직응력이고, kN/m^2 및 ϕ 는 내부마찰각이다.

[0054] 예를 들면, 사면경사가 저면 마찰각보다 큰 경우, 사면 내부에서의 유체 흐름은 토석류 유발량과 사면 경사에 의하여 질량 흐름이 결정되고, 하부 평지에서는 유입 질량 흐름과 저면 마찰각에 의해 확산 속도가 결정된다.

[0055] 한편, 사면침식에 대한 역학적 구성 모델은 한계 전단응력 및 한계 침식깊이 중 적어도 하나에 기초하여 생성된 모델로서 수학적 식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 4

$$B = K_d(\tau - \tau_c)$$

$$\tau_c = \tau_\infty \left(\frac{z_c}{z_c - z} \right)^n$$

[0057]

[0058] 여기서, K_d 는 침식계수이고, τ_c 는 한계 전단응력이고, z_c 는 한계 침식 깊이이고, τ_∞ 는 흙의 종류에 따른 계수이다.

[0060] 토석류 발생시 사면 바닥에 퇴적된 토사가 침식되면서 하부 지역의 토석류의 체적이 최대 수십배 증가할 수 있기 때문에 산지 영역 해석 솔버는 사면침식에 대한 역학적 구성 모델을 통해 침식작용에 영향을 미치는 주요 인자를 분석하고, 사면 침식에 의한 토석류의 체적증가를 고려할 수 있다. 이를 통해, 산지 영역 해석 솔버는 토질역학적 특성을 고려한 토석류 침식의 관계를 도출하여 토석류 침식의 관계를 시뮬레이션에 반영할 수 있다.

[0061] 해석부(130)는 도심 영역 해석 솔버를 통해 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석할 수 있다.

[0062] 도심 영역 해석 솔버는 천수 방정식을 기본으로 수평 2차원 평면 내에서 유체의 수심평균된 종횡방향 유속과 수심을 계산하는 수학적 모델에 기초한 지배방정식에 의해 동작한다.

[0063] 이 때, 수학적 모델은 수학적 식 5와 같이 질량보존방정식과 운동량보존방정식으로 구성된다.

수학적 식 5

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial x} + h \frac{\partial v}{\partial y} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = i$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = \nu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + S_{ux} - S_{fx}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = \nu_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + S_{vy} - S_{fv}$$

[0065]

[0066] 여기서, h 는 수심, t 는 시간, x, y 는 종횡방향 직교좌표, u, v 는 수심평균된 종횡방향 유속, ν_t 는

유효난류계수, S_b 는 중력과 지형표고차에 의해 발생하는 외력, S_f 는 바닥마찰경사력을 의미하며, Q_D 는 유입된 생성 혹은 감소된 소멸을 나타낸다.

[0068] 도심 영역 해석 솔버에는 유체흐름을 해석하는 미분방정식의 형식으로서, 비보존(Non-conservation) 모델이 적용되어 급변하는 상황(예컨대, 댐붕괴)에서의 토석류의 유동특성을 반영하여 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석할 수 있다.

[0069] 도심 영역 해석 솔버는 천수방정식을 기본으로 유한요소모형을 사용하여 수학식 6과 같은 기본방정식을 도출할 수 있다.

수학식 6

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \frac{\partial u_j}{\partial x_j} + u_j \frac{\partial h}{\partial x_j} = Q_D$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -g' \frac{\partial H}{\partial x_i} - g' \frac{\partial h}{\partial x_i} + \left(\left(\frac{\eta}{\rho_D} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) - \frac{\tau_b}{\rho_D h}$$

[0071]

[0072] 여기서, h 는 수심, t 는 시간, u_i, u_j 는 속도, x_i, x_j 는 방향, H 는 바닥높이, ρ_D 는 밀도, g' 는 수정된 정수압, η 는 점성, ν 는 동점성, τ_b 는 바닥 전단력이다.

[0074] 또한, 도심 영역 해석 솔버는 기본방정식에서 흐름저항 관계식, 질량 생성, 전가속도, 비뉴턴 유체 등을 추가적으로 고려하여 다양한 토석류의 흐름을 해석할 수 있다.

[0075] 예를 들면, 도심 영역 해석 솔버는 복수의 흐름저항 관계식 중 지역적 특성에 맞는 흐름저항 관계식을 선택함으로써 토석류 흐름을 해석할 수 있다. 또한, 도심 영역 해석 솔버는 추가 유입 토사에 기초하여 토석류의 침식이나 퇴적을 고려하여 토석류 흐름을 해석할 수 있다. 또한, 도심 영역 해석 솔버는 유체 흐름에 대한 수직 방향 가속도를 운동 방정식에 적용함으로써 정수압 가정의 한계점을 보완하여 중력에 의한 동수역학적 흐름을 보다 자세히 해석할 수 있다. 여기서, 정수압 가정은 급격사지와 같은 흐름이 급격하게 변하는 구간에서 모의를 적용하기 위한 방법이며 흐름이 급격하게 변하지 않는 구간에서는 유체 흐름의 특성 차이가 미비하다.

[0076] 도심 영역 해석 솔버는 비뉴턴 유변성질을 고려하여 전단속도에 따른 전단력의 변화를 실제 토석류와 비슷하게 모의함으로써 토석류 흐름을 해석할 수 있다. 점성이 있는 물질은 Shear Rate에 따라 전단응력이 달라진다. 주로 토석류와 같은 점성물질이 움직이기 시작하는 초기단계에 전단응력이 급격하게 증가하는 특징이 나타난다.

[0077] 도심 영역 해석 솔버는 각 시간대별 위치별로 침식, 퇴적두께 및 전과속도를 표출하는 모델 및 지역적, 물성치 특성에 따라 흐름 특성 변화를 반영한 모델에 기초하여 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석할 수 있다.

[0078] 가시화부(140)는 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 가시화할 수 있다. 예를 들면, 도 4를 참조하면, 가시화부(140)는 토석류의 흐름을 사실적으로 가시화하거나 곡선적으로 가시화할 수 있다. 가시화부(140)는 토석류의 흐름을 토석류의 방향, 높이, 속도 및 밀도 중 하나로 가시화할 수 있다.

[0079] 이 때, 토석류의 방향, 높이, 속도 및 밀도를 가시화하기 위해서는 토석류를 표면 메쉬(mesh)를 통해 표현하며, 표면 메쉬는 2차원 그리드 자료구조를 기반으로 생성되며 2차원 공간을 일정한 영역의 셀로 구분하고, 셀을 구성하는 각 정점의 높이를 지형의 높이와 동일하게 구현할 수 있다.

[0080] 가시화부(140)는 토석류의 흐름을 벡터 표현(40)으로 가시화하거나, 토사 표현(42)으로 가시화하거나 토사 높이(44)에 기반하여 가시화하거나 토사 속도(46)를 가시화할 수 있다.

- [0081] 가시화부(140)는 벡터 및 셰이더(Shader) 렌더링 모듈을 이용하여 토석류의 방향, 높이, 속도를 가시화할 수 있다. 예를 들면, 가시화부(140)는 벡터 렌더링 모듈을 통해 토석류가 어느 방향으로 흐르고 있는지를 화살표로 표시할 수 있다.
- [0082] 또한, 가시화부(140)는 벡터 및 셰이더(Shader) 렌더링 모듈을 통해 토석류의 속도 차이를 색상으로 표현할 수 있다. 가시화부(140)는 벡터 및 셰이더(Shader) 렌더링 모듈을 토석류의 속도가 빠른 경우 붉은색으로 표시하고, 토석류의 속도가 느린 경우 파란색으로 표시할 수 있다.
- [0083] 이 때, 가시화부(140)는 토석류의 속도가 빠를수록 붉은색을 짙게 표현하고, 토석류의 속도가 늦을수록 파란색을 길게 표현할 수 있다.
- [0084] 또한, 가시화부(140)는 토사의 흐름을 실제적으로 표현하기 위해 토사 색상을 셰이더를 이용하여 사실적으로 표현할 수 있다. 예를 들면, 가시화부(140)는 장애물이 있는 지형의 특징을 고려하여 장애물에 의해 토석류가 역으로 흐른 배수(Back Water) 현상까지 표현할 수 있다.
- [0085] 위험도 산출부(150)는 해석 대상 지형에 속하는 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도를 산출할 수 있다. 여기서, 토사 재해에 따른 위험도는 토석류 발생 시 과급되는 사회경제적 피해의 크기를 의미하며 해석 대상 지형의 재해 특성, 노출 특성 및 취약성에 기초하여 산출될 수 있다.
- [0086] 재해 특성은 자연 현상에 의해 촉발된 위협으로 일반적으로 재해의 세기, 심도, 발생속도, 지속시간, 면적 등과 같은 물리적 측도를 의미한다. 노출 특성은 재해특성의 발생과는 무관하게 해석 대상 지형에서 노출된 객체의 피해 민감성으로, 사회, 경제, 환경, 문화, 기술 등과 관련된 속성을 총칭한다. 취약성은 토사 재해에 의해 특정 공간의 사람, 자산, 생산 활동 등 객체들이 영향을 받는 정도를 의미한다.
- [0087] 구체적으로, 위험도 산출부(150)는 해석 대상 지형을 복수의 셀로 분할하고, 복수의 셀 각각마다 해당 셀의 용도 지역 정보, 인구 정보 및 건축물 정보 중 적어도 하나를 추출할 수 있다.
- [0088] 예를 들면, 도 5a를 참조하면, 위험도 산출부(150)는 해석 대상 지형 중 위험도 영역을 선택받고, 입력된 셀의 사이즈(가로X세로길이), 셀의 중심점 좌표, 셀의 각도값에 기초하여 선택된 위험도 영역을 복수의 셀로 분할할 수 있다.
- [0089] 위험도 산출부(150)는 해석한 토석류의 흐름 및 해당 셀의 용도 지역 정보, 인구 정보 및 건축물 정보 중 적어도 하나에 기초하여 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도를 산출할 수 있다.
- [0090] 위험도 산출부(150)는 확률강우량 기설정된 기간(예컨대, 30년, 100년) 조건에서의 토사발생량에 기초하여 토사 재해에 따른 재해 특성의 위험도를 산출할 수 있다. 여기서, 재해 특성에 대한 위험도는 토석류의 속도, 깊이 에 기초하여 산출될 수 있다. 예를 들면, 토석류의 속도가 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 미만인 경우, 위험도는 1.00로 산출되고, 토석류의 속도가 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 이상 $3 \text{ m}^3/\text{min}$ 미만인 경우, 위험도는 0.67로 산출되고, 토석류의 속도가 $3 \text{ m}^3/\text{min}$ 이상 $0.9 \text{ m}^3/\text{hr}$ 미만인 경우, 위험도는 0.33으로 산출된다.
- [0091] 위험도 산출부(150)는 셀의 용도 지역 정보, 도시 계획 시설 정보에 기초하여 토사 재해에 따른 노출 특성의 위험도를 산출할 수 있다. 여기서, 용도 지역 정보는 주거지역, 상업지역, 공업지역, 녹지지역으로 구분되고, 도시 계획 시설 정보는 공공문화체육시설(예컨대, 학교, 사회복지 시설 등), 보건위생시설(예컨대, 종합의료시설), 유통 및 공급시설로 구분될 수 있다.
- [0092] 위험도 산출부(150)는 용도 지역 정보, 도시 계획 시설 정보의 종류에 대한 기설정된 가중치에 따라 위험도를 산출할 수 있다. 위험도 산출부(150)는 용도 지역 정보(또는 도시 계획 시설 정보)에 대한 기설정된 가중치와 용도 지역 정보(또는 도시 계획 시설 정보)의 면적 비율에 기초하여 위험도를 산출할 수 있다. 예를 들면, 복수의 셀 내에 주거 지역이 포함된 경우, 토사 재해에 대한 노출 특성의 위험도는 주거 지역에 대한 기설정된 가중치(예컨대, 1.00)와 주거 지역의 면적 비율(예컨대, 60%)의 곱으로 위험도(1×0.6)가 산출될 수 있다. 예를 들면, 복수의 셀 내에 공공청사의 면적비율이 24%에 해당하는 경우, 위험도는 공공청사에 대한 기설정된 가중치(0.67)와 공공청사의 면적비율의 곱(0.67×0.24)으로 산출될 수 있다.
- [0093] 위험도 산출부(150)는 각 셀의 인구 정보에 포함된 인구밀도, 재해취약인구비율, 가구당 인구수 각각에 기설정된 가중치에 따라 위험도를 산출할 수 있다.
- [0094] 위험도 산출부(150)는 건축물 정보에 포함된 건축사용년수, 건축구조, 지하층 유무 각각에 대한 기설정된 가중치와 건축물 면적 비율에 기초하여 위험도를 산출할 수 있다. 예를 들면, 복수의 셀 내에 33년된 건물의 비율

이 30%이고, 15년된 건물의 비율이 42%인 경우, 위험도는 33년된 건물에 대한 위험도(33년된 건물의 기설정된 가중치(1.00) 및 비율(0.3)의 곱) 및 15년된 건물에 대한 위험도(15년된 건물의 기설정된 가중치(0.33)와 비율(0.42)의 곱)의 합으로 계산될 수 있다.

- [0095] 도 5b를 참조하면, 위험도 산출부(150)는 각 셀별로 산출된 위험도에 따라 각 셀에 대한 토사 재해의 위험 정도를 복수의 색상(예컨대, 제 1 위험도에 해당하는 빨간색, 제 2 위험도에 해당하는 오렌지색, 제 3 위험도에 해당하는 노란색, 제 4 위험도에 해당하는 라이트 그린색, 제 5 위험도에 해당하는 그린색)으로 표시할 수 있다. 예를 들면, 토사 재해에 대한 위험도가 가장 높은 셀의 경우, 제 1 위험도에 해당하는 빨간색으로 표시되고, 토사 재해에 대한 위험도가 가장 낮은 셀의 경우, 제 5 위험도에 해당하는 그린색으로 표시될 수 있다.
- [0096] 도시계획전략 도출부(160)는 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도에 기초하여 각 셀의 도시계획 전략을 도출할 수 있다. 도시계획전략 도출부(160)는 사용자가 선택한 셀에 대한 위험도에 따라 기설정된 도시계획 전략을 제시할 수 있다. 예를 들면, 도시계획전략 도출부(160)는 사용자가 선택한 복수의 셀 존의 위험 정도가 제 2 위험도에 해당하는 경우, 인구유발사업을 제한하고, 배수로 설치 및 차수판 설치 의무화하는 전략을 도출하고, 도출된 전략을 사용자에게 제공할 수 있다.
- [0097] 한편, 당업자라면, 모델링부(100), 해석 대상 영역 설정부(110), 경계 조건 입력부(120), 해석부(130), 가시화부(140), 위험도 산출부(150) 및 도시계획전략 도출부(160) 각각이 분리되어 구현되거나, 이 중 하나 이상이 통합되어 구현될 수 있음을 충분히 이해할 것이다.
- [0098] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른, 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0099] 도 6을 참조하면, 단계 S601에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형에 대한 지형 데이터를 입력받고, 지형 데이터에 기초하여 지형을 생성하고, 지형에 관한 구조물에 대한 구조물 데이터를 입력받고, 구조물 데이터에 기초하여 지형 상에 구조물을 생성하여 해석 대상 지형을 모델링할 수 있다.
- [0100] 단계 S603에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 해석 대상 지형에서 산지 영역 중 적어도 일부인 제 1 해석 대상 영역 및 도심 영역 중 적어도 일부인 제 2 해석 대상 영역을 설정할 수 있다.
- [0101] 단계 S605에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대하여 경계 조건을 입력받을 수 있다.
- [0102] 단계 S607에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 경계 조건에 기초하여 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석할 수 있다.
- [0103] 단계 S609에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 가시화할 수 있다.
- [0104] 상술한 설명에서, 단계 S601 내지 S609는 본 발명의 구현예에 따라서, 추가적인 단계들로 더 분할되거나, 더 적은 단계들로 조합될 수 있다. 또한, 일부 단계는 필요에 따라 생략될 수도 있고, 단계 간의 순서가 변경될 수도 있다.
- [0105] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른, 도심지 토사 재해를 예측하기 위한 시뮬레이션 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0106] 도 7을 참조하면, 단계 S701에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 산지 영역 및 도심 영역을 포함하는 지형 상에 구조물을 생성하여 모델링된 해석 대상 지형을 복수의 셀로 분할할 수 있다. 이 때, 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 해석 대상 지형에서 산지 영역 중 적어도 일부인 제 1 해석 대상 영역을 설정하고, 도심 영역 중 적어도 일부인 제 2 해석 대상 영역을 설정할 수 있다. 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대하여 입력받은 경계 조건에 기초하여 제 1 해석 대상 영역 및 제 2 해석 대상 영역에 대한 토석류의 흐름을 해석할 수 있다.
- [0107] 단계 S703에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 복수의 셀 각각마다 해당 셀의 용도 지역 정보, 인구 정보 및 건축물 정보 중 적어도 하나를 추출할 수 있다.
- [0108] 단계 S705에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 해석한 토석류의 흐름 및 해당 셀의 용도 지역 정보, 인구 정보 및 건축물 정보 중 적어도 하나에 기초하여 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도를 산출할 수 있다.

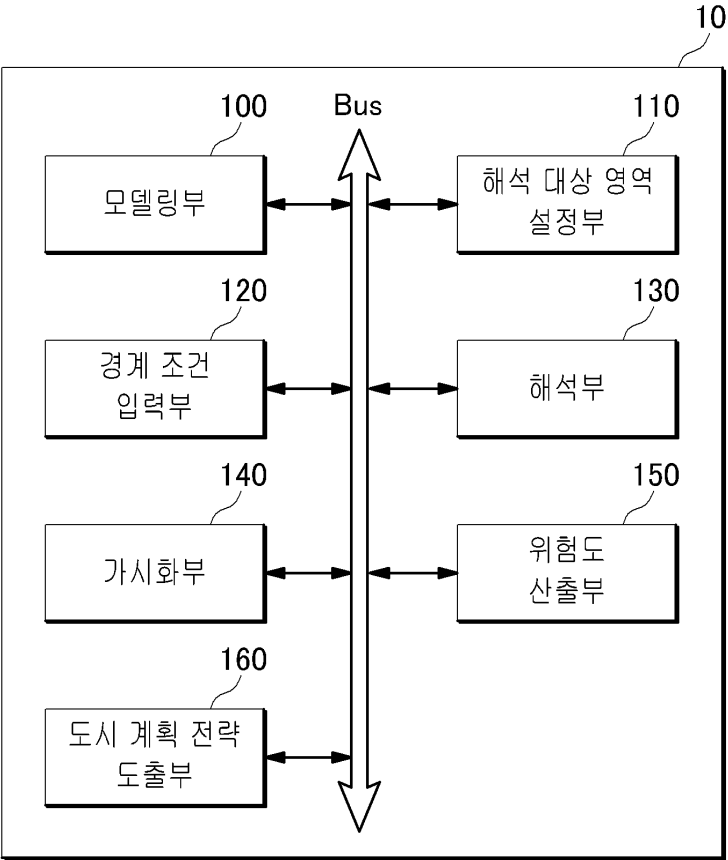
- [0109] 단계 S707에서 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치(10)는 각 셀의 토사 재해에 따른 위험도에 기초하여 각 셀의 도시계획 전략을 도출할 수 있다.
- [0110] 상술한 설명에서, 단계 S701 내지 S707은 본 발명의 구현예에 따라서, 추가적인 단계들로 더 분할되거나, 더 적은 단계들로 조합될 수 있다. 또한, 일부 단계는 필요에 따라 생략될 수도 있고, 단계 간의 순서가 변경될 수도 있다.
- [0111] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다.
- [0112] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0113] 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

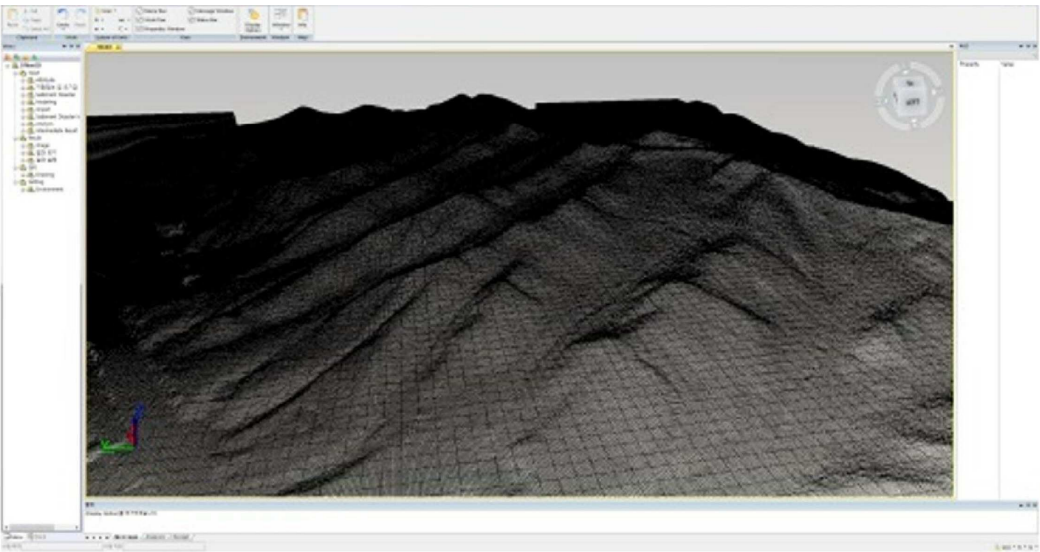
- [0114] 10: 도심지 토사 재해 예측 시뮬레이션 장치
- 100: 모델링부
- 110: 해석 대상 영역 설정부
- 120: 경계 조건 입력부
- 130: 해석부
- 140: 가시화부
- 150: 위험도 산출부
- 160: 도시계획전략 도출부

도면

도면1



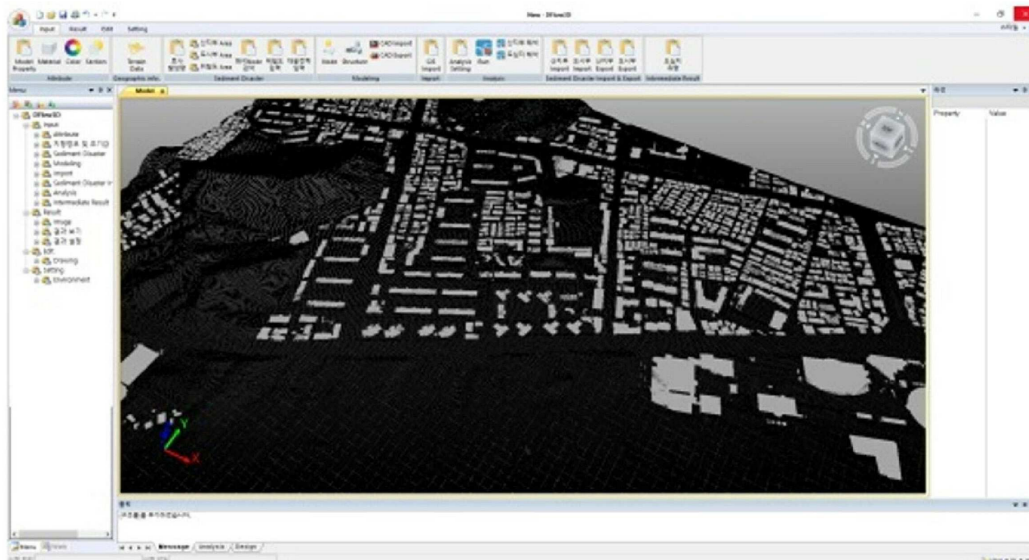
도면2a



도면2b



도면2c



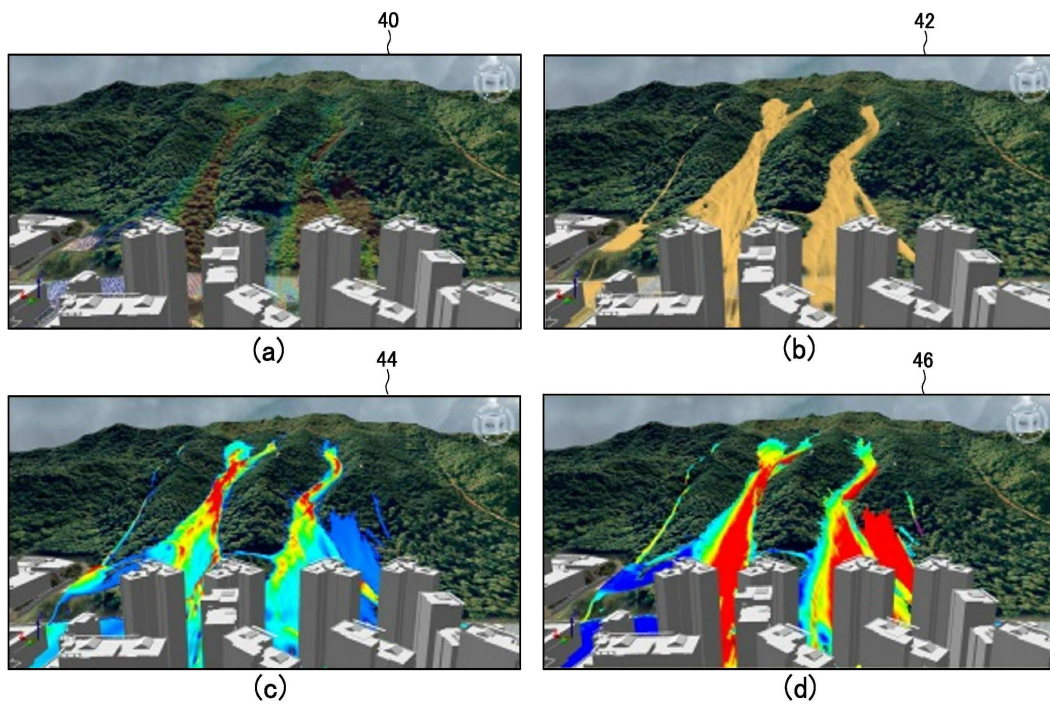
도면3a



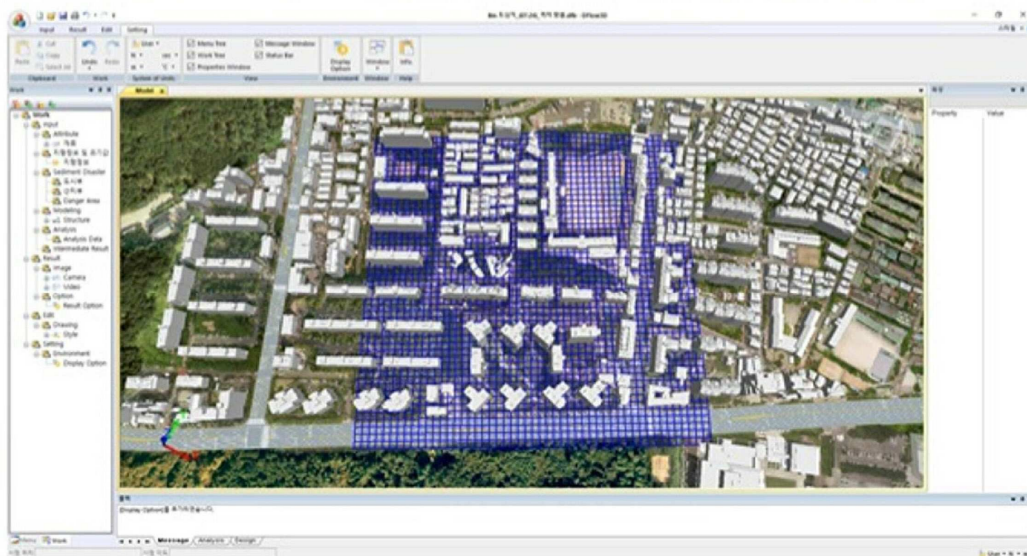
도면3b



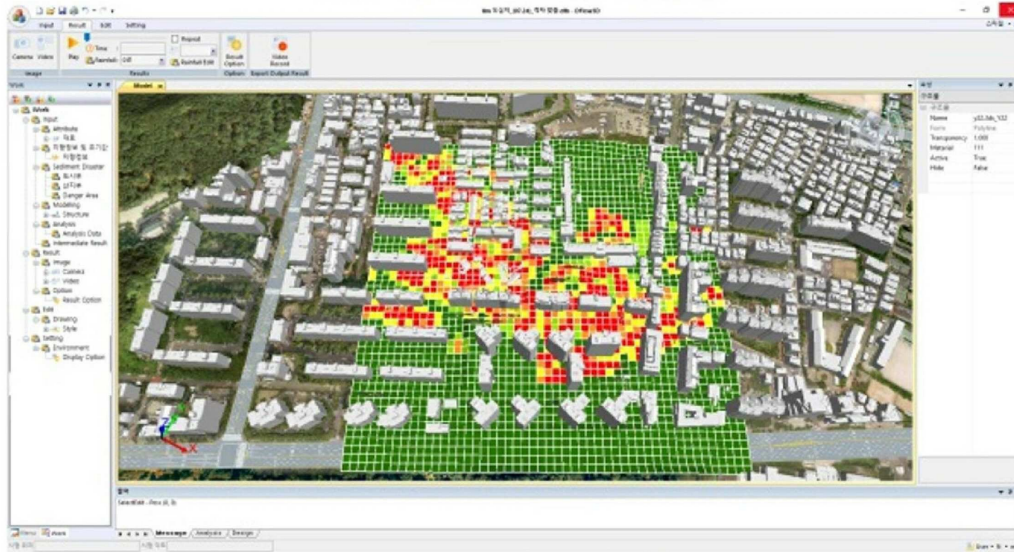
도면4



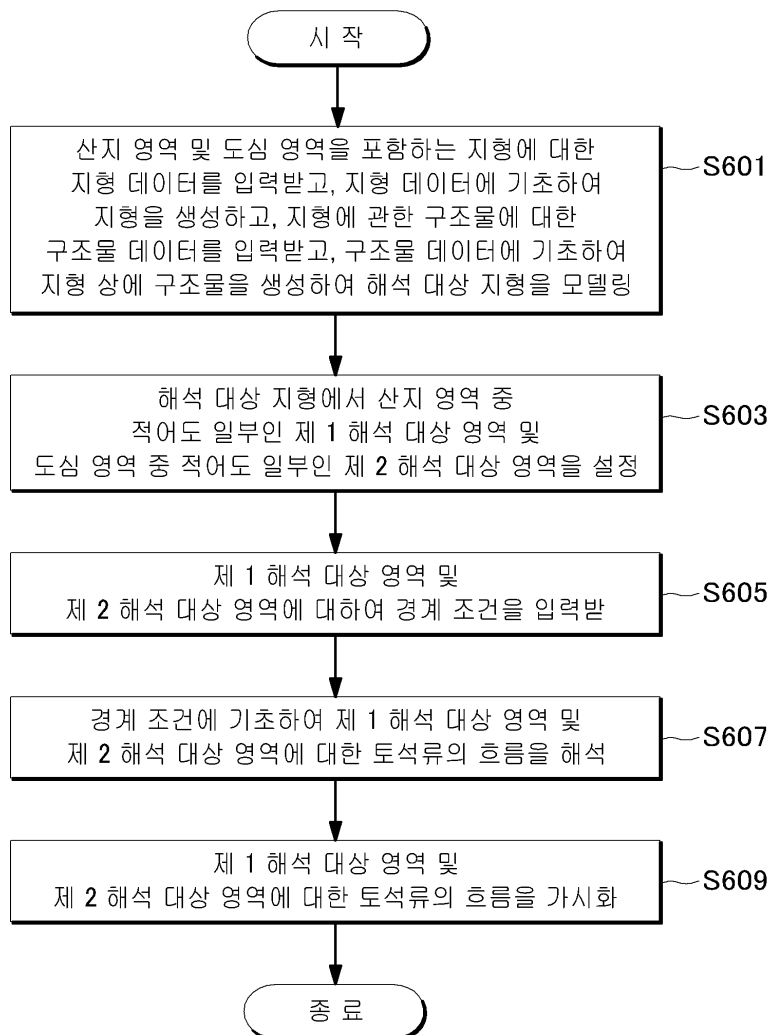
도면5a



도면5b



도면6



도면7

