



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0103687
(43) 공개일자 2024년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/08 (2012.01) E02D 17/04 (2006.01)
E02D 17/08 (2006.01) G06N 3/08 (2023.01)
G06Q 10/06 (2012.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/08 (2013.01)
E02D 17/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0186075

(22) 출원일자 2022년12월27일

심사청구일자 2022년12월27일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

송기일

서울특별시 양천구 목동로 212, 711동 1404호(목동, 목동신시가지아파트7단지)

이동건

인천광역시 남동구 소래역남로 39, 505동 503호(논현동, 에코메트로 5블록 한화 꿈에그린아파트)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

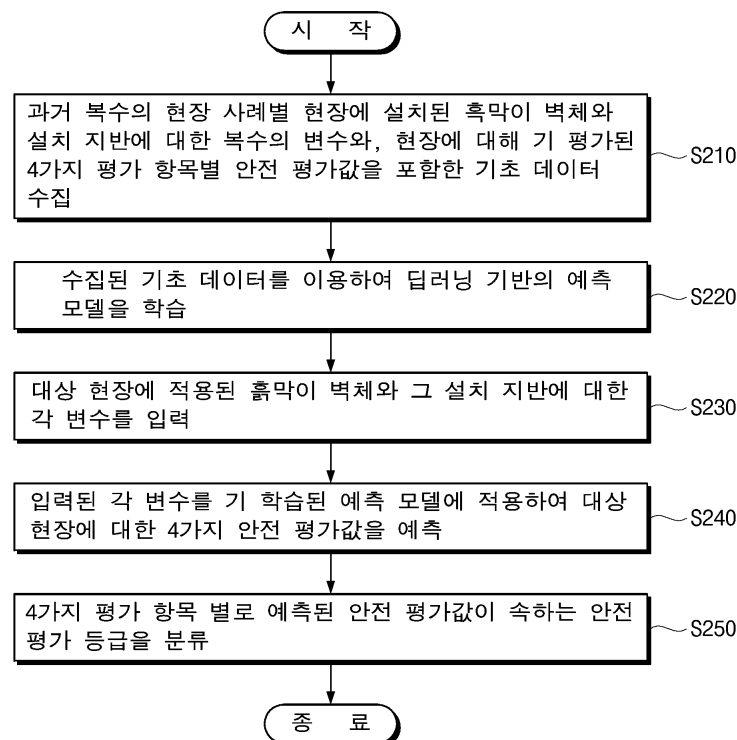
(54) 발명의 명칭 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치에 의해 수행되는 안전 상태 평가 방법에 있어서, 과거 굴착공사 현장 사례 별로, 현장에 설치된 흙막이 벽체 및 그 설치 지반과 관련하여 분석된 복수의 변수와, 해당 현장에 대해 기 평가된 복수의 안전 평

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



가 항목 별 안전 평가값을 포함하는 기초 데이터를 수집하는 단계; 각 사례 별로 상기 복수의 변수를 입력 데이터로 설정하고 그에 대응되는 복수 종류의 안전 평가값을 출력 데이터로 하여 예측 모델을 학습시키는 단계; 대상 현장에 적용된 흙막이 벽체와 그 설치 지반에 대한 각 변수를 입력받는 단계; 및 상기 입력된 각 변수를 기 학습된 예측 모델에 적용하여 상기 대상 현장에 대한 복수 종류의 안전 평가값을 각각 예측하는 단계를 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 굴착 공사가 진행 중인 흙막이 벽체의 구조물 안정성을 딥러닝 기반의 예측 모델을 기반으로 평가할 수 있으며 이를 토대로 벽체 안정성을 실시간 판단하여 굴착 공사 중에 흙막이 벽체의 전도 및 붕괴로 인해 발생할 수 있는 위험을 사전에 방지할 수 있다.

(52) CPC특허분류

E02D 17/08 (2013.01)

G06N 3/08 (2023.01)

G06Q 10/0635 (2023.01)

E02D 2600/40 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615012770
과제번호	156488
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	스마트건설기술개발사업
연구과제명	임시 구조물 스마트 안전확보 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치에 의해 수행되는 안전 상태 평가 방법에 있어서,
과거 굴착공사 현장 사례 별로, 현장에 설치된 흙막이 벽체 및 그 설치 지반과 관련하여 분석된 복수의 변수와,
해당 현장에 대해 기 평가된 복수의 안전 평가 항목 별 안전 평가값을 포함하는 기초 데이터를 수집하는 단계;
각 사례 별로 상기 복수의 변수를 입력 데이터로 설정하고 그에 대응되는 복수 종류의 안전 평가값을 출력 데이터로 하여 예측 모델을 학습시키는 단계;
대상 현장에 적용된 흙막이 벽체와 그 설치 지반에 대한 각 변수를 입력받는 단계; 및
상기 입력된 각 변수를 기 학습된 예측 모델에 적용하여 상기 대상 현장에 대한 복수 종류의 안전 평가값을 각각 예측하는 단계를 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 예측된 복수 종류의 안전 평가값 각각을 해당 안전 평가값에 대응된 다단의 임계값과 비교하여 상기 안전 평가 항목별로 안전 평가 등급을 분류하는 단계를 더 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
상기 흙막이 벽체 및 설치 지반과 관련한 복수의 변수는,
굴착깊이, 지하수위, 지층수, 첫 번째 지층깊이, 벽체 최대변위, 1지층 점착력, 1지층마찰각, 1지층탄성계수, 2지층 점착력, 2지층마찰각, 2지층 탄성계수, 벽체 모멘트, 앵커축력, 지반침하 값 중에서 선택된 복수의 값을 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
상기 복수 종류의 안전 평가값은,
지반 침하값, 벽체 변위값, 앵커 축력값 및 벽체 안전율값을 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,
상기 기초 데이터에 해당하는 기 평가된 안전 평가값 중에서, 상기 지반 침하값은 해당 현장에서 흙막이 벽체가 시공된 설치 지반의 침하 깊이를 상기 흙막이 벽체의 기둥 간 간격으로 나눈 값이고, 상기 벽체 변위값은 굴착 깊이 대비 벽체 변위의 비율이고, 상기 앵커 축력값은 실제 현장의 앵커에 설치된 응력계를 통해 획득된 앵커 축력 값이고, 벽체 안전율은 가설 강재의 허용 응력을 수치 해석을 통한 벽체 휨응력으로 나눈 값을 나타내는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법.

청구항 6

과거 굴착공사 현장 사례 별로, 현장에 설치된 흙막이 벽체 및 그 설치 지반과 관련하여 분석된 복수의 변수와,
해당 현장에 대해 기 평가된 복수의 안전 평가 항목 별 안전 평가값을 포함하는 기초 데이터를 수집하는 데이터 수집부;
각 사례 별로 상기 복수의 변수를 입력 데이터로 설정하고 그에 대응되는 복수 종류의 안전 평가값을 출력 데이터

터로 하여 예측 모델을 학습시키는 학습부;

대상 현장에 적용된 흙막이 벽체와 그 설치 지반에 대한 각 변수를 입력받는 입력부; 및

상기 입력된 각 변수를 기 학습된 예측 모델에 적용하여 상기 대상 현장에 대한 복수 종류의 안전 평가값을 각각 예측하는 예측부를 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 예측된 복수 종류의 안전 평가값 각각을 해당 안전 평가값에 대응된 다단의 임계값과 비교하여 상기 안전 평가 항목별로 안전 평가 등급을 분류하는 단계를 더 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 장치.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 흙막이 벽체 및 설치 지반과 관련한 복수의 변수는,

굴착깊이, 지하수위, 지층수, 첫 번째 지층깊이, 벽체 최대변위, 1지층 점착력, 1지층마찰각, 1지층탄성계수, 2지층 점착력, 2지층마찰각, 2지층 탄성계수, 벽체 모멘트, 앵커축력, 지반침하 값 중에서 선택된 복수의 값을 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 장치.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 복수 종류의 안전 평가값은,

지반 침하값, 벽체 변위값, 앵커 축력값 및 벽체 안전율값을 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 기초 데이터에 해당하는 기 평가된 안전 평가값 중에서, 상기 지반 침하값은 해당 현장에서 흙막이 벽체가 시공된 설치 지반의 침하 깊이를 상기 흙막이 벽체의 기둥 간 간격으로 나눈 값이고, 상기 벽체 변위값은 굴착 깊이 대비 벽체 변위의 비율이고, 상기 앵커 축력값은 실제 현장의 앵커에 설치된 응력계를 통해 획득된 앵커 축력 값이고, 벽체 안전율은 가설 강재의 허용 응력을 수치 해석을 통한 벽체 휨응력으로 나눈 값을 나타내는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 굴착 공사가 진행 중인 흙막이 벽체의 구조물 안정성을 딥러닝을 기반으로 평가할 수 있는 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 흙막이벽체의 관리방법은 관리 기준치와 측정치를 비교하여 측정치가 관리기준치보다 작으면 문제없이 공사를 진행하며 측정치가 관리기준치보다 클 경우 공사 중단 후 안전여부를 재검토하는 방법이 일반적이다.

[0003] 그런데, 흙막이벽체 구조물은 벽체 하나로만 이루어진 단순지지벽체보다는 H-pile+토류판공법, CIP공법, E/Anchor 공법 등 벽체와 다양한 구조요소로 하나의 구조물을 이룬다.

[0004] 따라서 흙막이벽체의 변위만으로 안전성을 검토하기보다 벽체와 구조요소의 안전성을 함께 검토하는 방안이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

[0005] 또한 우리나라의 계측방식은 수동계측을 주로 시행해 오고 있다. 중소규모의 민간공사장에서 많이 사용되는 수

동계측의 경우 보통 주 1~2회 측정하고 측정 후 계측보고서를 만들어 시공사에 보고되기까지 7~10일 정도가 소요된다. 계측결과의 공유가 늦어지면서 안전 문제가 발생할 확률이 높아진다.

[0006] 따라서, 흙막이 벽체 공법에 대해 실시간으로 안정성을 판단하여 벽체의 전도 및 붕괴로 인해 발생할 수 있는 위험을 사전에 방지하기 위한 방안이 필요하다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제10-2022-0120969호(2022.08.31 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 굴착 공사가 진행 중인 흙막이 벽체의 구조물 안정성을 딥러닝 기반의 예측 모델을 기반으로 평가할 수 있는 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치 및 그 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은, 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치에 의해 수행되는 안전 상태 평가 방법에 있어서, 과거 굴착공사 현장 사례 별로, 현장에 설치된 흙막이 벽체 및 그 설치 지반과 관련하여 분석된 복수의 변수와, 해당 현장에 대해 기 평가된 복수의 안전 평가 항목 별 안전 평가값을 포함하는 기초 데이터를 수집하는 단계; 각 사례 별로 상기 복수의 변수를 입력 데이터로 설정하고 그에 대응되는 복수 종류의 안전 평가값을 출력 데이터로 하여 예측 모델을 학습시키는 단계; 대상 현장에 적용된 흙막이 벽체와 그 설치 지반에 대한 각 변수를 입력받는 단계; 및 상기 입력된 각 변수를 기 학습된 예측 모델에 적용하여 상기 대상 현장에 대한 복수 종류의 안전 평가값을 각각 예측하는 단계를 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법을 제공한다.

[0010] 또한, 상기 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법은, 상기 예측된 복수 종류의 안전 평가값 각각을 해당 안전 평가값에 대응된 다단의 임계값과 비교하여 상기 안전 평가 항목별로 안전 평가 등급을 분류하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 흙막이 벽체 및 설치 지반과 관련한 복수의 변수는, 굴착깊이, 지하수위, 지층수, 첫 번째 지층깊이, 벽체 최대변위, 1지층 점착력, 1지층마찰각, 1지층탄성계수, 2지층 점착력, 2지층마찰각, 2지층 탄성계수, 벽체 모멘트, 앵커축력, 지반침하 값 중에서 선택된 복수의 값을 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 복수 종류의 안전 평가값은, 지반 침하값, 벽체 변위값, 앵커 축력값 및 벽체 안전율값을 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법은, 상기 기초 데이터에 해당하는 기 평가된 안전 평가값 중에서, 상기 지반 침하값은 해당 현장에서 흙막이 벽체가 시공된 설치 지반의 침하 깊이를 상기 흙막이 벽체의 기둥 간 간격으로 나눈 값이고, 상기 벽체 변위값은 굴착 깊이 대비 벽체 변위의 비율이고, 상기 앵커 축력값은 실제 현장의 앵커에 설치된 응력계를 통해 획득된 앵커 축력 값이고, 벽체 안전율은 가설 강재의 허용 응력을 수치 해석을 통한 벽체 휨응력으로 나눈 값을 나타낼 수 있다.

[0014] 그리고, 본 발명은, 과거 굴착공사 현장 사례 별로, 현장에 설치된 흙막이 벽체 및 그 설치 지반과 관련하여 분석된 복수의 변수와, 해당 현장에 대해 기 평가된 복수의 안전 평가 항목 별 안전 평가값을 포함하는 기초 데이터를 수집하는 데이터 수집부; 각 사례 별로 상기 복수의 변수를 입력 데이터로 설정하고 그에 대응되는 복수 종류의 안전 평가값을 출력 데이터로 하여 예측 모델을 학습시키는 학습부; 대상 현장에 적용된 흙막이 벽체와 그 설치 지반에 대한 각 변수를 입력받는 입력부; 및 상기 입력된 각 변수를 기 학습된 예측 모델에 적용하여 상기 대상 현장에 대한 복수 종류의 안전 평가값을 각각 예측하는 예측부를 포함하는 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 장치를 제공한다.

[0015] 또한, 상기 안전 상태 평가 장치는, 상기 예측된 복수 종류의 안전 평가값 각각을 해당 안전 평가값에 대응된 다단의 임계값과 비교하여 상기 안전 평가 항목별로 안전 평가 등급을 분류하는 분류부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따르면, 굴착 공사가 진행 중인 흙막이 벽체의 구조물 안정성을 딥러닝 기반의 예측 모델을 기반으로 평가할 수 있다.

[0017] 아울러, 본 발명은 예측 모델에 의해 예상되는 각 평가 항목 별 안정성 평가값을 토대로 안정성 평가 등급을 분

류해 줄 수 있고 이를 통해 실시간으로 벽체 안정성을 판단하여 벽체의 전도 및 붕괴로 인해 발생할 수 있는 위험을 사전에 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치의 구성을 설명한 도면이다.

도 2는 도 1의 장치를 이용한 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법을 설명하는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에서 모델 학습을 위해 사용되는 기초 데이터를 예시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에서 굴착 현장에 시공된 흙막이 벽체 구조물에 대한 벽체 변위, 앵커 축력, 지반 침하, 굴착 깊이의 개념을 설명한 도면이다.

도 5은 본 발명의 실시예에서 벽체 안전율의 계산 예시를 설명한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 딥러닝 예측 모델의 신경망 구조를 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0020] 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.

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치의 구성을 설명한 도면이다.

[0022] 도 1에 나타난 것과 같이, 본 발명의 실시예에 따른 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치(100)는 데이터 수집부(110), 학습부(120), 입력부(130) 및 예측부(140)를 포함하며, 분류부(150)를 더 포함할 수 있다. 여기서 각 부(110~150)의 동작 및 각 부 간의 데이터 흐름은 제어부(미도시)에 의해 제어될 수 있다.

[0023] 데이터 수집부(110)는 과거 굴착공사 현장 사례 별로, 현장에 설치된 흙막이 벽체 및 그 설치 지반과 관련하여 분석된 복수의 변수와, 해당 현장에 대해 기 평가된 복수의 안전 평가 항목 별 안전 평가값을 포함한 기초 데이터를 수집한다. 이를 통해 데이터 수집부(110)는 예측 모델 학습에 필요한 빅데이터를 구축할 수 있다.

[0024] 본 발명의 실시예는 다양한 현장을 고려한 데이터베이스를 생성하고 이를 기반으로 입출력 정보가 명확한 딥러닝 기반의 예측 모델을 제시해줄 수 있다.

[0025] 학습부(120)는 각 사례 별로 상기 복수의 변수를 입력 데이터로 설정하고 그에 대응되는 복수 종류의 안전 평가값을 출력 데이터로 하여 예측 모델을 학습시킨다.

[0026] 예측 모델 생성에는 다양한 기법이 사용될 수 있는데, 심층신경망(Deep neural network, DNN), 로지스틱 회귀(logistic regression), 랜덤 포레스트(random forest) 알고리즘이 사용될 수 있다. 본 발명의 실시예에서 예측 모델은 심층 신경망(DNN) 알고리즘을 통하여 학습될 수 있다.

[0027] 이에 따라 본 발명의 실시예는 흙막이 벽체의 안전 평가 항목별 안전 평가값을 예측해주는 예측 모델을 생성할 수 있다.

[0028] 입력부(130)는 대상 현장에 적용된 흙막이 벽체와 그 설치 지반에 대한 각 변수를 입력받는다. 입력부(130)는 사용자 단말로부터 관련 데이터를 입력 인터페이스를 통해서 입력받을 수 있다.

[0029] 예측부(140)는 각 변수를 기 학습된 예측 모델에 적용하여 상기 대상 현장에 대한 복수 종류의 안전 평가값을 각각 예측하여 예측 결과로 제공할 수 있다.

[0030] 본 발명의 실시예에서 예측 모델의 입력 데이터로 사용되는 흙막이 벽체 및 그 설치 지반과 관련한 복수의 변수는 굴착깊이, 지하수위, 지층수, 첫 번째 지층깊이, 벽체 최대변위, 1지층 점착력, 1지층마찰각,

1지층탄성계수, 2지층 점착력, 2지층마찰각, 2지층 탄성계수, 벽체 모멘트, 앵커축력, 지반침하 값을 포함할 수 있다.

[0031] 아울러, 입력 데이터의 입력에 대응하여 예측 모델에서 출력되는 복수 종류의 안전 평가값은 지반 침하값(Settlement), 벽체 변위값(Wall displacement), 앵커 축력값(Anchor force) 및 벽체 안전율값(Wall structural safety factor)을 포함할 수 있다.

[0032] 이에 따라, 본 발명의 실시예의 경우, 임의 굴착 공사 현장에서 시공된 흙막이 벽체에서 분석된 각 변수를 기 학습된 예측 모델에 적용하여 대상 현장에 대한 복수 종류의 안전 평가값을 예측하여 예측 결과로 제공할 수 있다.

[0033] 아울러, 본 발명의 실시예는 예측된 4가지 평가 항목별 안전 평가값을 토대로 4가지 평가 항목에 대한 평가 등급을 분류할 수 있다.

[0034] 즉, 분류부(150)는 예측된 복수 종류의 안전 평가값 각각을 해당 안전 평가값에 대응된 다단의 임계값과 비교하여 안전 평가 항목별로 안전 평가 등급을 분류해줄 수 있다.

[0035] 예를 들어, 예측부(140)에서 예측된 지반 침하값을 토대로 지반 침하 등급을 A~C 중 어느 하나의 등급(category)으로 분류하고, 예측된 벽체 변위값을 토대로 벽체 변위 등급을 A~D 중 어느 하나로 분류하고, 예측된 앵커 축력값을 토대로 앵커 축력 등급을 A~D 중 어느 하나로 분류하고, 예측된 벽체 안전율값을 토대로 벽체 안전율 등급을 A~F 중 어느 하나로 분류할 수 있다.

[0036] 본 발명의 실시예에 따른 장치(100)는 흙막이 벽체의 안전성을 평가 및 결정하는 서버 그 자체 일수도 있고, 사용자 단말(미도시) 상에 구현되는 어플리케이션(Application)에 해당할수도 있다. 사용자 단말은 관련 어플리케이션(응용 프로그램)이 실행된 상태에서 본 발명의 장치(100)와 네트워크 접속되어 분석 대상이 되는 현장에 대한 데이터 입력에 대응하여 예측되는 해당 현장에 대한 흙막이 벽체의 평가 항목별 안전 평가값과 그로부터 결정되는 안전 평가 등급을 화면을 통해 출력하여 제공할 수 있다.

[0037] 도 2는 도 1의 장치를 이용한 흙막이 벽체의 안전 상태 평가 방법을 설명하는 도면이다.

[0038] 먼저, 데이터 수집부(110)는 과거 굴착공사 현장 사례 별로, 현장에 설치된 흙막이 벽체 및 그 설치 지반과 관련하여 분석된 복수의 변수와, 해당 현장에 대해 기 평가된 복수의 안전 평가 항목 별 안전 평가값을 포함하는 기초 데이터를 수집한다(S210).

[0039] 데이터 수집부(110)는 이를 기반으로 모델 학습을 위한 빅데이터를 구축할 수 있고 수집된 데이터는 데이터베이스부와 같은 데이터 저장소에 저장될 수 있다.

[0040] 본 발명의 실시예의 경우 굴착공사 현장에 시공된 흙막이 벽체 및 벽체의 설치 지반과 관련된 변수들로, 굴착깊이, 지하수위, 지층수, 첫 번째 지층깊이, 벽체 최대변위, 1지층 점착력, 1지층마찰각, 1지층탄성계수, 2지층 점착력, 2지층마찰각, 2지층 탄성계수, 벽체 모멘트, 앵커축력, 지반침하 값을 포함한 총 14가지 변수를 사용할 수 있다. 이러한 각 변수들은 각 현장에 대해 현장 계측 또는 지반 해석 프로그램(툴)을 통한 수치 해석에 의해 얻어진 값에 해당할 수 있다.

[0041] 여기서 본 발명의 실시예는 계측 값과 지반해석 프로그램을 이용하여 구조물의 빅데이터를 생성할 수 있고, 지반 굴착 시 지하 수위를 구현한 해석을 통해 실제 공정과 유사하게 구현할 수 있다.

[0042] 또한, 본 발명의 실시예에서, 안전 평가 항목은 지반 침하, 벽체 변위, 앵커 축력, 벽체 안전율을 포함하며, 각 항목에 대응한 4가지 안전 평가값은 지반 침하값, 벽체 변위값, 앵커 축력값 및 벽체 안전율값에 해당할 수 있다.

[0043] 도 3은 본 발명의 실시예에서 모델 학습을 위해 사용되는 기초 데이터를 예시한 도면이다. 도 3에서와 같이, 수집된 기초 데이터 중 벽체 및 지반과 관련한 14가지 변수는 예측 모델의 학습을 위한 입력 데이터(input data)로 활용되고, 평가 대상이 되는 4가지 안전 평가값은 예측 모델의 학습을 위한 출력 데이터(output data)로 활용된다.

[0044] 도 4는 본 발명의 실시예에서 굴착 현장에 시공된 흙막이 벽체 구조물에 대한 벽체 변위, 앵커 축력, 지반 침하, 굴착 깊이의 개념을 설명한 도면이고, 도 5은 본 발명의 실시예에서 벽체 안전율의 계산 예시를 설명한 도면이다.

- [0045] 도 4를 참조하면, 예측 모델의 학습에 사용되는 현장에 대해 기 평가된 4가지 안전 평가값은 다음의 방법으로 결정된 값에 해당할 수 있다.
- [0046] 우선, 지반 침하값은 해당 현장에서 흙막이 벽체가 시공된 설치 지반의 침하 깊이를 흙막이 벽체의 기동 간격으로 나눈 값에 해당할 수 있다. 또한, 벽체 변위값은 굴착 깊이 대비 벽체 변위의 비율에 해당(벽체 변위를 굴착 깊이로 나눈 값)할 수 있고, 앵커 축력값은 실제 현장의 앵커에 설치된 응력계를 통해 획득된 앵커 축력값에 해당할 수 있고, 벽체 안전율은 가설 강재의 허용 응력을 수치 해석을 통한 벽체 휨응력으로 나눈 값에 해당할 수 있다.
- [0047] 여기서, 벽체 안전율의 경우, 도 5와 같이 도로 설계 요령을 기반으로 구한 가설 강재의 허용 응력(f_{ca}) 값과 수치 해석을 통해 얻은 벽체 휨응력(f_c)을 이용하여 계산될 수 있다. 이러한 벽체 휨응력(f_c) 연산시에 사용된 M_{max} 는 모멘트에 해당하고 모멘트는 물리량(physical quantity)과 거리의 조합을 나타낸다. 모멘트는 보통 기준(reference point)이나 축(axis)에 대해 정의된다. 모멘트는 물리량을 기준이나 축으로부터 일정 거리를 가진 것으로서 다룬다. 그리고 단면계수(Z_x)(Section Modulus)는 도심축에 대한 단면 이차 모멘트를 단면의 가장 끝단에서 도심(centroid)까지의 거리로 나눈 값이다. 단면계수는 부재의 단면과 관련된 특성이다. 단면계수는 보(beam)의 굽힘강도를 측정하는 데 사용된다.
- [0048] 데이터 수집부(110)는 위와 같이 현장 사례별 수집된 기초 데이터를 학습부(120)로 전달할 수 있고, 학습부(120)는 기초 데이터를 이용하여 예측 모델을 학습할 수 있다.
- [0049] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 딥러닝 예측 모델의 신경망 구조를 예시한 도면이다.
- [0050] 도 6과 같이, 학습부(120)는 각 사례 별로 상기 복수의 변수를 입력 데이터로 설정하고 그에 대응되는 복수 종류의 안전 평가값을 출력 데이터로 하여 예측 모델을 학습시킨다(S220).
- [0051] 학습부(120)는 인공지능 알고리즘에 기반한 프로세서를 이용하여, 각 현장의 사례별로 수집된 각 변수를 입력 데이터로 하고, 그에 대응되는 4가지 안전 평가값을 출력 데이터로 하는 학습 데이터 세트를 기반으로 예측 모델을 학습시킨다.
- [0052] 이때, 학습부(120)는 심층 신경망(DNN)을 이용하여 모델을 학습시킬 수 있으며, 복수 사례 별로 수집된 빅데이터의 학습을 통하여 모델의 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0053] 학습이 완료된 이후부터는, 분석 대상이 되는 현장에 대해 분석된 각 변수에 대응하여 해당 현장에서 예상되는 4가지 안전 평가값을 예측 값으로 제공할 수 있다.
- [0054] 구체적으로, 입력부(130)는 대상 현장에 적용된 흙막이 벽체와 그 설치 지반에 대한 각 변수를 입력받고(S230), 이를 예측부(140)로 전달할 수 있다.
- [0055] 입력부(130)는 사용자 단말 혹은 데이터 저장 장치와 연동하여 관련 데이터를 획득하거나 입력받을 수 있다.
- [0056] 예측부(140)는 입력된 각 변수를 기 학습된 예측 모델에 적용하여 대상 현장에 대한 4 가지 안전 평가값을 각각 예측 결과로 도출한다(S240).
- [0057] 그러면, 출력부(미도시)는 예측 결과를 디스플레이나 사용자 단말 등을 통하여 출력하여 사용자에게 제공할 수 있다.
- [0058] 여기서, 본 발명의 실시예의 경우 4가지 안전 평가값을 직접적으로 제공함은 물론, 해당 안전평가값이 속하는 안전평가 등급을 판단(분류)하여 각 항목 별로 제공할 수 있다.
- [0059] 즉, 분류부(150)는 예측된 복수 종류의 안전 평가값 각각을 해당 안전 평가값에 대응된 다단의 임계값과 비교하여 안전 평가 항목별로 안전 평가 등급을 분류할 수 있다(S250).
- [0060] 따라서, 출력부(미도시)는 4가지 안전 평가 항목 별로 안전 평가값 및 그에 대한 안전 평가 등급을 결과 데이터로 제공할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 실시예에서 분류부(150)는 다음의 기준에 따라 안전 평가 등급을 분류할 수 있다.
- [0062] 표 1 내지 표 4는 지반 침하, 벽체 변위, 앵커 축력, 벽체 안전율에 대한 분류 기준을 각각 나타낸다.

표 1

[0063]

Settlement binning	Category
$0 \leq \text{지반 침하값} < 1/500$	A
$1/500 \leq \text{지반 침하값} < 1/300$	B
$1/300 \leq \text{지반 침하값} < 1$	C

[0064]

표 1과 같이, 예측 모델에 의해 예측된 지반 침하값이 0과 1/500 사이의 값이면 카테고리 A 등급(안전), 1/500과 1/300 사이의 값이면 B 등급(보통), 1/300과 1 사이의 값이면 C 등급(위험)으로 분류될 수 있다.

표 2

[0065]

Wall displacement binning	Category
$0 \leq \text{벽체 변위값} < 0.20\%H$	A
$0.20\%H \leq \text{벽체 변위값} < 0.29\%H$	B
$0.29\%H \leq \text{벽체 변위값} < 0.35\%H$	C
$0.35\%H \leq \text{벽체 변위값} < 1\%H$	D

[0066]

표 2와 같이, 예측 모델에 의해 예측된 벽체 변위값이 0과 0.20%H 사이의 값이면 카테고리 A 등급(안전), 0.20%H와 0.29%H 사이의 값이면 B 등급(보통), 0.29%H와 0.35%H 사이의 값이면 C 등급(주의), 0.35%H와 1%H 사이의 값이면 D 등급(위험)으로 분류될 수 있다. 여기서 H는 굴착 깊이를 나타내며, 0.20%H는 굴착깊이(H)의 0.20% 값을 의미할 수 있다.

표 3

[0067]

Anchor force binning	Category
$I.F \leq \text{앵커축력값} < I.F + 5\text{ton}$	A
$I.F + 5\text{ton} \leq \text{앵커축력값} < I.F + 10\text{ton}$	B
$I.F + 10\text{ton} \leq \text{앵커축력값} < I.F + 15\text{ton}$	C
$I.F + 15\text{ton} \leq \text{앵커축력값} < I.F + 30\text{ton}$	D

[0068]

표 3과 같이, 앵커 축력값 역시 A 부터 D 까지 4가지 등급으로 구분될 수 있다. 예를 들어, 앵커 축력값이 I.F (초기 축력)과 I.F + 5톤 사이 값이면 A 등급(안전), I.F + 5톤과 I.F + 10톤 사이의 값이면 B 등급(보통), I.F + 10톤과 I.F + 15톤 사이의 값이면 C 등급(주의), I.F + 15톤과 I.F + 35톤 사이의 값이면 D 등급(위험)으로 분류될 수 있다. 앵커의 초기 축력(I.F)은 사전에 알고 있는 값에 해당한다

표 4

[0069]

Wall structural safety factor binning	Category
$3.0 \leq \text{벽체안전율값} < 10$	A
$2.5 \leq \text{벽체안전율값} < 3.0$	B
$2.0 \leq \text{벽체안전율값} < 2.5$	C
$1.5 \leq \text{벽체안전율값} < 2.0$	D
$1.0 \leq \text{벽체안전율값} < 1.5$	E
$0 \leq \text{벽체안전율값} < 1.0$	F

[0070]

표 4와 같이, 벽체 안전율값 또한 A 부터 F 까지 보다 세분화된 등급으로 구분될 수 있다.

[0071]

이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, 예측된 지반 침하값을 토대로 지반 침하 등급을 A, B, C 중 어느 하나의 등급으로 분류하고, 벽체 변위값을 토대로 벽체 변위 등급을 A, B, C, D 중 어느 하나로 분류하고, 앵커 축력값을 토대로 앵커 축력 등급을 A, B, C, D 중 어느 하나로 분류하고, 벽체 안전율값을 토대로 벽체 안전율 등급을 A, B, C, D, E, F 중 어느 하나로 분류할 수 있다.

[0072]

이상과 같이, 본 발명에 따르면, 굴착 공사가 진행 중인 흙막이 벽체의 구조물 안정성을 딥러닝 기반의 예측 모

델을 기반으로 평가할 수 있다.

[0073] 아울러, 본 발명은 예측 모델에 의해 예상되는 각 평가 항목 별 안정성 평가값을 토대로 안정성 평가 등급을 분류해 줄 수 있고 이를 통해 벽체 안정성을 실시간으로 판단하여 벽체의 전도 및 붕괴로 인해 발생할 수 있는 위험을 사전에 방지할 수 있다.

[0074] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0075] 100: 흙막이 벽체의 안정 상태 평가 장치

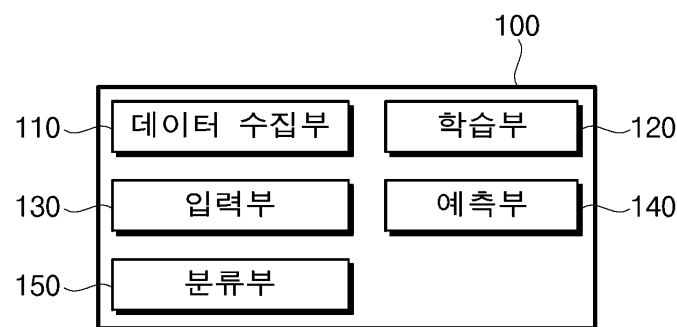
110: 데이터 수집부 120: 학습부

130: 입력부 140: 예측부

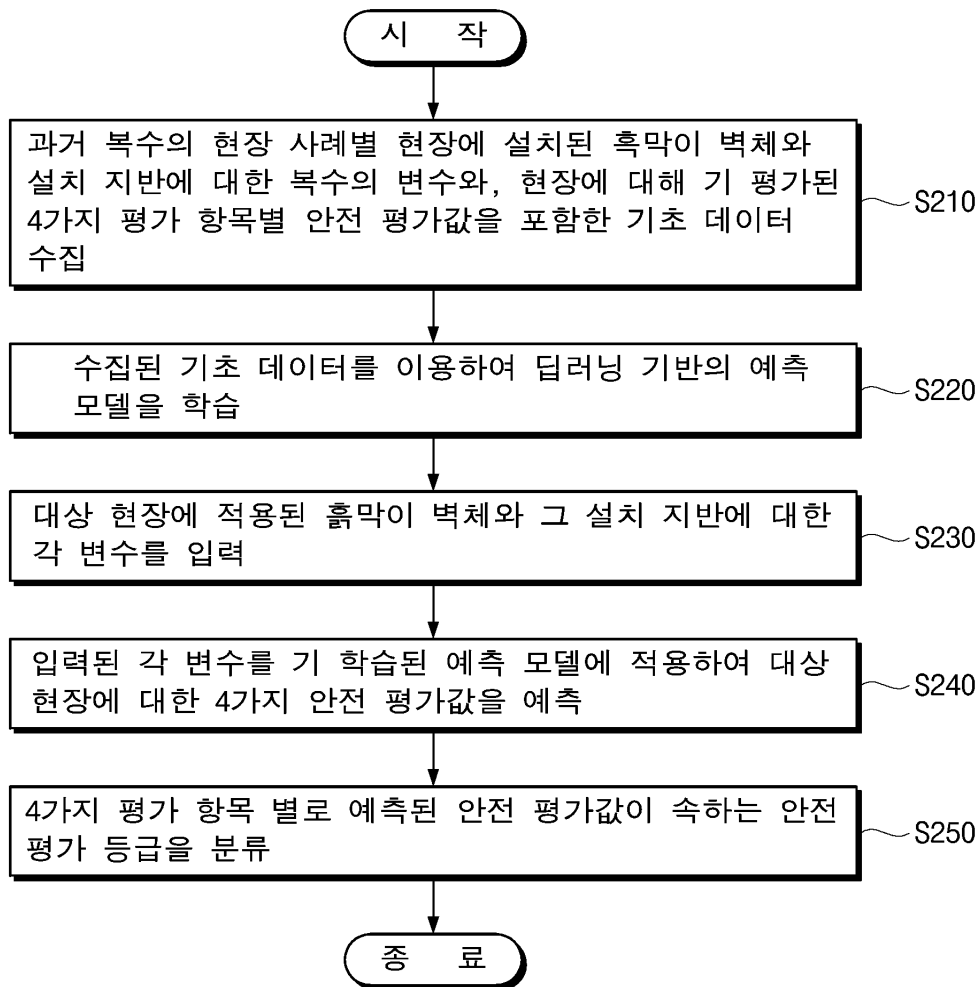
150: 분류부

도면

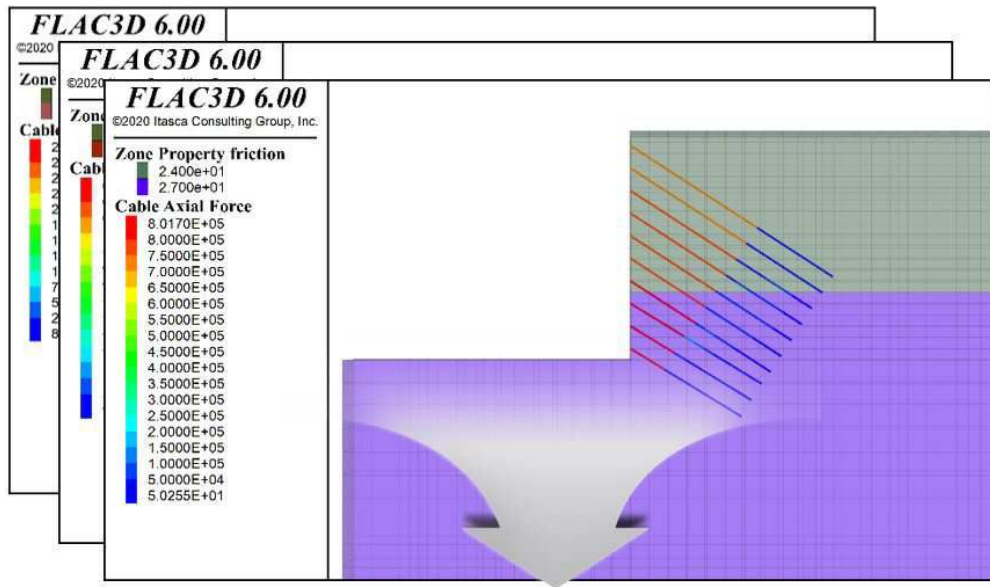
도면1



도면2



도면3



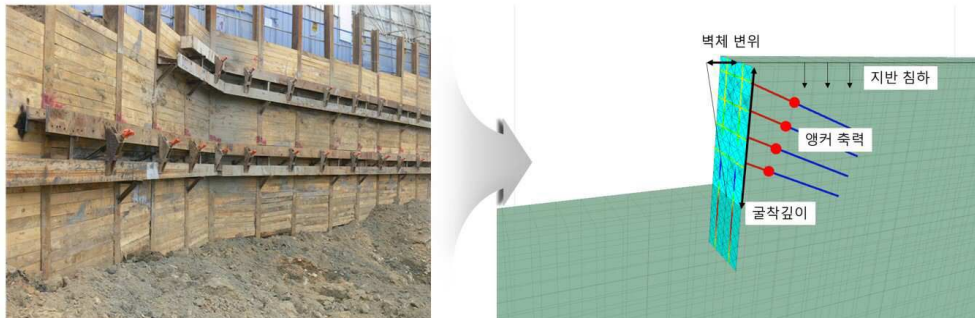
Input data

굴착깊이	지하수위	지층수	첫번째 지층 깊이	벽체 최대변위	1지층 점착력	1지층 마찰각	1지층 탄성계수
2	7	2	18	4E-4	2.9E+3	34	8E+08
2지층 점착력	2지층 마찰각	2지층 탄성계수	벽체 모멘트	앵커 축력	지반침하		
3700	17	6E+08	14308.84	223000	2.80E-06		

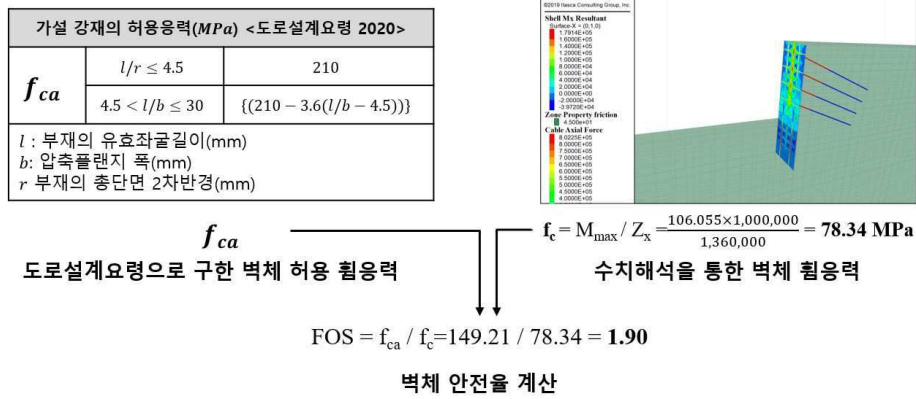
Output data

변위 관리기준	앵커 축력 관리기준	벽체 안전율	지반침하 관리기준
0	0	14.18184	0

도면4



도면5



도면6

