(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월18일
(11) 등록번호 10-2676099
(24) 등록일자 2024년06월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 11/16 (2006.01) *E02D 17/04* (2006.01)
E02D 17/08 (2006.01) *G01B 11/04* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01B 11/165 (2013.01)
E02D 17/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0133123
(22) 출원일자 2023년10월06일
심사청구일자 2023년10월06일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020230062315 A*
KR1020230111929 A*
EP00678021 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김영석
서울특별시 강남구 선릉로137길 23, 401호 (논현동)
김준상
부산광역시 북구 시랑로21번길 123, B동 302호 (구포동, 삼성하이츠빌라1차)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 홍정훈

(54) 발명의 명칭 **적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템 및 방법**

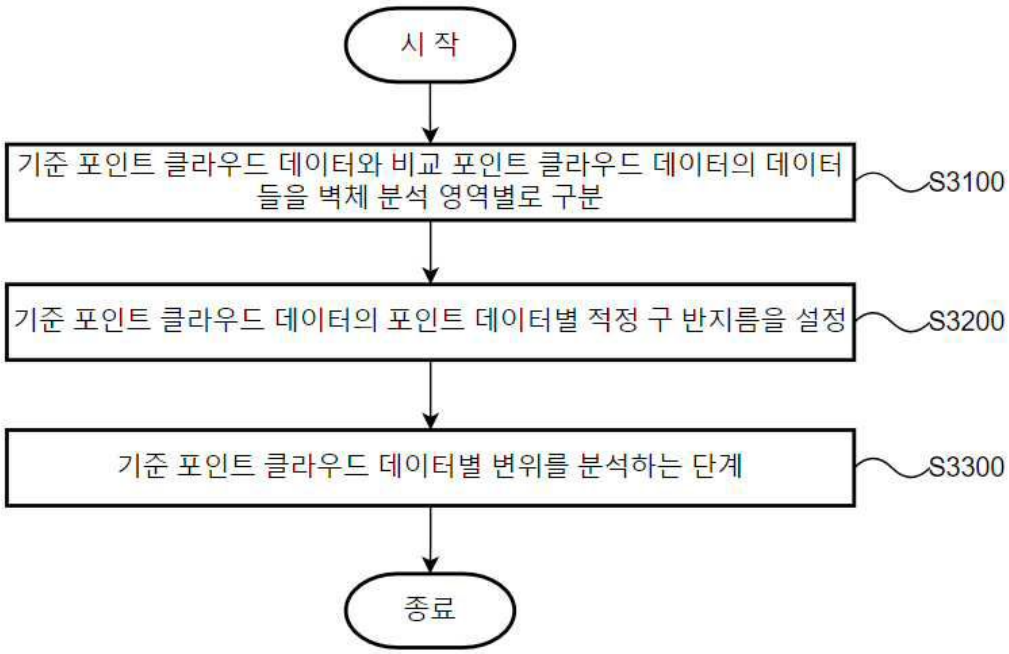
(57) 요 약

본 발명은, 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템 및 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 방법은 사용자 단말기에서 설정된 변위 분석 영역에 따라 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터의 데이터들을 벽체 분석 영역별로 구분하는 단계; 상기

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



벽체 분석 영역별로 구분된 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터를 이용하여 기준 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정하는 단계; 및 상기 기준 포인트 클라우드 데이터별 설정된 구 반지름에 따라 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 클라우드 데이터간 M3C2(multiscale model to model cloud comparison)분석을 통해 기준 포인트 클라우드 데이터별 변위를 분석하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 데이터의 지오매트릭한 특성을 활용하여 적정한 포인트별 적정 인접 포인트 개수를 자동으로 도출할 수 있어 사용자가 별도의 파라미터 설정이 필요없이 변위 분석이 가능하다.

또한, 과소하게 변위 분석되는 것을 방지하여 레이저 기반의 변위 분석 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다.

(52) CPC특허분류
E02D 17/08 (2013.01)
G01B 11/043 (2013.01)
E02D 2600/10 (2013.01)
G01B 2210/58 (2013.01)

(72) 발명자
이준호
서울특별시 서초구 효령로 391, 102동 901호 (서초동, 서초그랑자이)
유건희
대전광역시 유성구 상대로 17, 308동 1603호 (상대동, 도안신도시 한라비발디 아파트)
조세현
경기도 군포시 수리산로 33, 835동 1001호 (산본동, 계룡아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711192330
과제번호	2020R1A2C2008616
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	회전형 레이저 거리측정 기술 기반의 소규모 건축물 흙막이 구조체 변위 계측 및 추적관리 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

사용자 단말기에서 설정된 변위 분석 영역에 따라 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터의 데이터들을 벽체 분석 영역별로 구분하는 단계;

상기 벽체 분석 영역별로 구분된 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터를 이용하여 기준 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정하는 단계; 및

상기 기준 포인트 클라우드 데이터별 설정된 구 반지름에 따라 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 클라우드 데이터간 M3C2(multiscale model to model cloud comparison)분석을 통해 기준 포인트 클라우드 데이터별 변위를 분석하는 단계를 포함하고,

상기 기준 포인트 클라우드 데이터의 포인트 클라우드 데이터별 적정 구 반지름을 설정하는 단계는,

변위 분석 영역에 대한 기준 포인트 클라우드 데이터 및 비교 포인트 클라우드 데이터를 입력받는 단계;

상기 기준 포인트 클라우드 데이터 별 법선 벡터(Normal vector)를 추정하는 단계;

상기 기준 포인트 클라우드 데이터의 개수를 저장하는 단계;

상기 기준 포인트 클라우드 데이터 내 기준 포인트 데이터와 가장 가까운 비교 포인트 데이터를 공간 분할 기법을 사용하여 탐색하는 단계;

상기 비교 포인트 데이터의 적정 인접 포인트 개수를 설정하는 단계;

상기 비교 포인트 데이터의 거칠기(Roughness)를 계산하는 단계;

최소 인접 포인트 데이터 개수 및 최대 인접 포인트 데이터 개수를 산출하는 단계;

상기 적정 인접 포인트 중에서 비교 포인트와 가장 멀리 있는 포인트를 산출하고, 해당 포인트와 비교 포인트 사이의 거리를 적정 구 반지름(Radius)으로 결정하는 단계; 및

기준 포인트 클라우드 데이터 내 기준 포인트 데이터 개수를 확인하여 기준 포인트 데이터의 개수만큼 적정 구 반지름을 설정하는 단계를 포함하는 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

산출된 상기 거칠기가 기 설정된 거칠기의 임계치보다 작은 경우, 최소 인접 포인트 데이터 개수에 적정 인접 포인터 개수를 대입하고, 산출된 상기 거칠기가 기 설정된 거칠기의 임계치보다 크거나 같은 경우, 최대 인접 포인트 데이터 개수에 적정 인접 포인터 개수를 대입하는 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 최소 인접 포인트 데이터 개수 및 최대 인접 포인트 데이터 개수를 산출한 후, 최대 인접 포인트 데이터 개수에서 최소 인접 포인트 데이터 개수를 뺀 값이 1보다 크거나 같을 경우 상기 비교 클라우드 포인트 데이터의 거칠기를 계산하는 단계를 다시 실행하는 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 방법.

청구항 5

설정된 흙막이 벽체 변위 분석 영역의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력하는 입력부;

상기 설정된 흙막이 변위 벽체 분석 영역에 따라 포인트 클라우드 데이터들을 벽체 분석 영역별로 구분하고, 영역별로 구분된 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정하고, 설정된 구 반지름에 따라 포인트 데이터별 흙막이 벽체의 변위를 분석하는 분석부; 및

상기 분석부에 의한 기준 포인트 데이터별 분석된 변위 분석 결과를 시각화하는 출력부를 포함하고,

상기 분석부는,

변위 분석 영역에 대한 기준 포인트 클라우드 데이터 및 비교 포인트 클라우드 데이터를 입력받고,

상기 기준 포인트 클라우드 데이터 별 법선 벡터(Normal vector)를 추정하고,

상기 기준 포인트 클라우드 데이터의 개수를 저장하고,

상기 기준 포인트 클라우드 데이터 내 기준 포인트 데이터와 가장 가까운 비교 포인트 데이터를 공간 분할 기법을 사용하여 탐색하고,

상기 비교 포인트 데이터의 적정 인접 포인트 개수를 설정하고,

상기 비교 포인트 데이터의 거칠기(Roughness)를 계산하고,

최소 인접 포인트 데이터 개수 및 최대 인접 포인트 데이터 개수를 산출하고,

상기 적정 인접 포인트 중에서 비교 포인트와 가장 멀리 있는 포인트를 산출하고, 해당 포인트와 비교 포인트 사이의 거리를 적정 구 반지름(Radius)으로 결정하고,

기준 포인트 클라우드 데이터 내 기준 포인트 데이터 개수를 확인하여 기준 포인트 데이터의 개수만큼 적정 구 반지름을 설정하는 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 흙막이 벽체의 변위를 계측하는 장치를 통해 수집된 포인트 클라우드 데이터의 지오매트릭 특성을 이용하여 흙막이 벽체의 변위를 분석하는 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 흙막이는 지하굴착을 수행하는 대부분의 건설공사에서 필수적으로 적용되는 공사 기법으로, 공사 규모와 관계없이 붕괴사고 발생에 따른 피해 규모가 매우 크기 때문에 철저한 계측관리가 필요하다.

[0003] 계측 작업자가 지중경사계, 토압계, 하중계 등의 다종·다수 계측기기를 활용하여 흙막이 벽체의 안정성을 지속적으로 확인하고 흙막이 계측 관리기준치를 활용하여 흙막이 벽체 상태 등의 변화에 대한 사전대책을 수립하여 안정성을 확보하는 것이 필요하다.

[0004] 이때, 흙막이 벽체는 붕괴되기까지 지속적인 변형이 발생하며, 이러한 변형은 작업자 육안으로 그것의 변동성을 확인하기 어렵기에 일반적으로 지중경사계와 같은 계측기기를 활용하여 흙막이 벽체의 변위가 확인되어야 한다.

[0005] 다만, 지중경사계는 한대로 흙막이 벽체의 전반적인 변형을 계측할 수 없기 때문에 다수의 지중경사계가 흙막이 벽체에 설치되어야 하고, 계측 전문 용역업체가 현장에 주 1~2회 현장을 방문하여 계측 및 계측보고서를 작성해야 하므로, 다수의 물적 및 인적 자원 등 고가의 비용이 소요되는 문제가 있다.

[0006] 이와 같은 문제를 해결하기 위해 설치가 간편하고 적은 비용으로 정확하게 흙막이 벽체 변위 계측이 가능한 레이저 센서 기반 흙막이 벽체 변위 기술이 개발되고 있다.

[0007] 레이저 센서 기반 흙막이 벽체 변위 기술 중 흙막이 벽체의 변위를 분석하기 위해서는 포인트와 포인트간 거리를 분석해야 되며, 이때 다양한 C2C, C2M, M3C2 등의 다양한 알고리즘이 사용된다.

[0008] 다양한 알고리즘 중 M3C2 알고리즘은 타 알고리즘 대비 인접 포인트를 활용하여 평균적인 거리가 분석되기에 타 알고리즘 대비 센서 노이즈 및 이상치에 강인하고 정확도가 높은 알고리즘이다.

[0009] 그러나, 적절한 인접 포인트의 개수가 설정되지 않을 경우 변위가 과소 분석될 문제점을 지니고 있기에 적절한 인접 포인트의 개수를 설정할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명에 따르면, 흙막이 벽체의 변위를 계측하는 장치를 통해 수집된 포인트 클라우드 데이터의 지오매트릭 특성을 이용하여 흙막이 벽체의 변위를 분석하는 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템은 설정된 흙막이 벽체 변위 분석 영역의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력하는 입력부; 상기 설정된 흙막이 벽체 변위 분석 영역에 따라 포인트 클라우드 데이터들을 벽체 분석 영역별로 구분하고, 영역별로 구분된 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정하고, 설정된 구 반지름에 따라 포인트 데이터별 흙막이 벽체의 변위를 분석하는 분석부; 및 상기 분석부에 의한 기준 포인트 데이터별 분석된 변위 분석 결과를 시각화하는 출력부를 포함한다.

[0012] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 방법은 사용자 단말기에서 설정된 변위 분석 영역에 따라 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 데이터의 데이터들을 벽체 분석 영역별로 구분하는 단계; 상기 벽체 분석 영역별로 구분된 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 데이터를 이용하여 기준 포인트 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정하는 단계; 및 상기 기준 포인트 클라우드 데이터별 설정된 구 반지름에 따라 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 클라우드 데이터간 M3C2(multiscale model to model cloud comparison)분석을 통해 기준 포인트 클라우드 데이터별 변위를 분석하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 이와 같이 본 발명에 따르면, 데이터의 지오매트릭한 특성을 활용하여 적정한 포인트별 적정 인접 포인트 개수를 자동으로 도출할 수 있어 사용자가 별도의 파라미터 설정이 필요없이 변위 분석이 가능하다.

[0014] 또한, 과소하게 변위 분석되는 것을 방지하여 레이저 기반의 변위 분석 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 흙막이 벽체 변위 계측 장치 및 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 포인트 클라우드 데이터 기반 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 포인트 포인트 클라우드 데이터 기반 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4은 본 발명의 실시예에 따른 인접 포인트 클라우드 데이터 개수 설정 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 기준 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정하는 것을 설명하기 위한 예시도이다.

도 6는 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템의 결과를 설명하기 위한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.

[0017] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 흙막이 벽체 변위 계측 장치 및 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 포인트 클라우드 데이터 기반 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0019] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템(400)은 흙막이 벽체 변위 계측 장치(100), 제어 장치(200), 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템(300) 및 사용자 단말기(500)와 연동하여 동작한다.

[0020] 본 발명의 실시예에 따른 흙막이 벽체 변위 계측 장치(100)는 2D LiDAR 센서를 이용하여 360도 회전하면서 흙막이 벽체에 레이저를 조사하여 3차원 포인트 클라우드 데이터를 수집한다.

[0021] 제어 장치(200)는 흙막이 벽체 변위 계측 장치(100)의 구동을 제어하고 수집된 포인트 클라우드 데이터를 저장한다.

[0022] 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템(300)은 흙막이 벽체 변위 계측 장치(100)를 통해 수집된 3차원 포인트 클라우드 데이터에 대해서 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정을 수행한다.

[0023] 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템(400)은 설정된 변위 분석 영역별 적정 구 반지름 크기를 설정하여 흙막이 벽체의 변위를 분석한다.

[0024] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템(400)은 입력부(410), 분석부(420) 및 출력부(430)를 포함한다.

[0025] 입력부(410)는 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템(300)으로부터 설정된 흙막이 벽체 변위 분석 영역의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력한다.

[0026] 분석부(420)는 사용자 단말기(500)에서 설정된 흙막이 벽체 변위 분석 영역에 따라 포인트 클라우드 데이터들을 벽체 분석 영역별로 구분하고, 영역별로 구분된 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정하고, 설정된 구 반지름에 따라 포인트 데이터별 흙막이 벽체의 변위를 분석한다.

[0027] 출력부(430)는 기준 포인트 데이터별 분석된 변위 분석 결과를 사용자 단말기(500)에서 사용자가 확인할 수 있도록 시각화한다.

[0028] 사용자 단말기(500)는 3차원 포인트 클라우드 데이터 중 변위 분석 영역의 범위를 2차원 포인트(x,y)로 입력할 수 있다.

[0029] 또한, 사용자 단말기(500)는 PC(Personal Computer), 노트북(notebook), 스마트 폰(Smart Phone)등과 같이 유선 또는 무선으로 네트워크 연결되어 정보를 송수신할 수 있는 단말기를 포함한다.

[0030] 이하, 도 3 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 방법에 대해 구체적으로 설명한다.

[0031] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 포인트 포인트 클라우드 데이터 기반 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 4은 본 발명의 실시예에 따른 인접 포인트 클라우드 데이터 개수 설정 알고리즘을 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 기준 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정하는 것을 설명하기 위한 예시도이고, 도 6는 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템의 결과를 설명하기 위한 예시도이다.

[0032] 도 3에 도시된 바와 같이, 분석부(420)는 사용자 단말기(500)에서 설정된 변위 분석 영역에 따라 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 데이터의 데이터들을 벽체 분석 영역별로 구분한다(S3100).

[0033] 다음으로, 벽체 분석 영역별로 구분된 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 데이터는 기준 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정한다(S3200).

[0034] 더 상세하게는, 분석부(420)는 도 4에 도시된 바와 같이, 먼저 변위 분석 영역에 대한 기준 포인트 클라우드 데이터 및 비교 포인트 클라우드 데이터를 입력받는다(S3201).

[0035] 다음으로, 기준 포인트 클라우드 데이터 별 법선 벡터(Normal vector)를 추정한다(S3202).

[0036] 다음으로, 기준 포인트 클라우드 데이터의 개수를 저장한다(S3203).

[0037] 다음으로, 기준 포인트 클라우드 데이터 내 기준 포인트 데이터와 가장 가까운 비교 포인트 데이터를 공간 분할 기법(예를 들어, K-D트리, 볼트리, 팔진트리)을 사용하여 탐색한다(S3204).

[0038] 다음으로, 도 5에 도시된 바와 같이, 비교 포인트 데이터의 적정 인접 포인트 개수를 설정한 후, 비교 포인트 데이터의 거칠기(Roughness)를 계산한다.

[0039] 좀 더 상세하게는, 비교 포인트 데이터의 적정 인접 포인트 개수를 설정한다(S3205).

[0040] 이 때, 적정 인접 포인터 개수($k_{(search)}$)는 최소 인접 포인트 데이터 개수(k_{min})와 최대 인접 포인트 데이터 개수(k_{max})를 합한 후, 2로 나누었을 때의 값과 같다.

[0041] 다음으로, 비교 포인트 데이터의 거칠기를 계산한다(S3206).

[0042] 이 때, 거칠기는 하기의 수학식 1을 통해 산출된다.

수학식 1

$$Roughness = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n}\frac{|ax_n + by_n + cz_n + d|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$$

[0043]

$$Plane = ax + by + cz + d$$

[0044]

$$normal\ vecotr\ of\ P_{(ref,i)} = (a, b, c)$$

[0045]

$$d = -(a \quad b \quad c)\bar{P}^T$$

[0046]

$$\bar{P} = mean\ location\ of\ neighborhood\ points$$

[0047]

[0048] 이 때, 평면(Plane)은 기준 포인트 데이터($P_{(ref,i)}$)의 법선 벡터와 인접 포인트 데이터의 평균 위치로 계산된다.

[0049] 다음으로, 최소 인접 데이터 개수 및 최대 인접 포인트 데이터 개수를 산출한다(S3207).

[0050] 더 상세하게는, 산출된 거칠기가 기 설정된 거칠기의 임계치보다 작은 경우, 최소 인접 포인트 데이터 개수에 적정 인접 포인터 개수를 대입한다.

[0051] 반면, 산출된 거칠기가 기 설정된 거칠기의 임계치보다 크거나 같은 경우, 최대 인접 포인트 데이터 개수에 적정 인접 포인터 개수를 대입한다.

[0052] 최소 인접 포인트 데이터 개수 및 최대 인접 포인트 데이터 개수를 산출한 후, 최대 인접 포인트 데이터 개수에서 최소 인접 포인트 데이터 개수를 뺀 값이 1보다 크거나 같을 경우, S3205단계를 다시 수행한다(S3208).

[0053] 반면, 최대 인접 포인트 데이터 개수에서 최소 인접 포인트 데이터 개수를 뺀 값이 1보다 작을 경우, 이진 탐색(Binary search)을 통해 적정 인접 포인트 중에서 비교 포인트 데이터와 가장 멀리 있는 인접 포인트를 산출하고, 해당 포인트와 비교 포인트 데이터 사이의 거리를 적정 구 반지름(Radius)으로 결정한다(S3209).

[0054] 다음으로, 기준 포인트 클라우드 데이터 내 기준 포인트 데이터 개수(P_{count})를 확인하여 기준 포인트 데이터의 개수만큼 적정 구 반지름을 설정한다(S3210).

[0055] 기준 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정한 후, 도 6에 도시된 바와 같이, 기준

포인트 데이터별 설정된 구 반지름에 따라 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 클라우드 데이터간 M3C2(multiscale model to model cloud comparison) 분석을 통해 기준 포인트 데이터별 변위를 분석한다(S3300).

[0056] 이와 같이 본 발명에 따르면, 데이터의 지오매트릭한 특성을 활용하여 적정한 포인트별 적정 인접 포인트 개수를 자동으로 도출할 수 있어 사용자가 별도의 파라미터 설정이 필요없이 변위 분석이 가능하다.

[0057] 또한, 과소하게 변위 분석되는 것을 방지하여 레이저 기반의 변위 분석 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다.

[0058] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0059] 100: 흙막이 변위 계측 장치

200: 제어 장치

300: 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템

400: 적응형 흙막이 벽체 변위 분석 시스템

410: 입력부

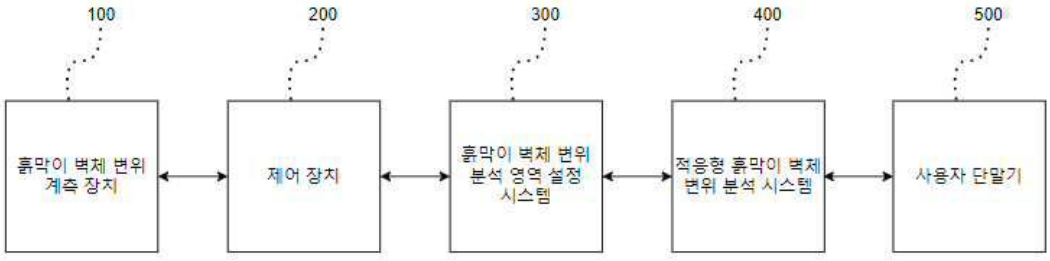
420: 분석부

430: 출력부

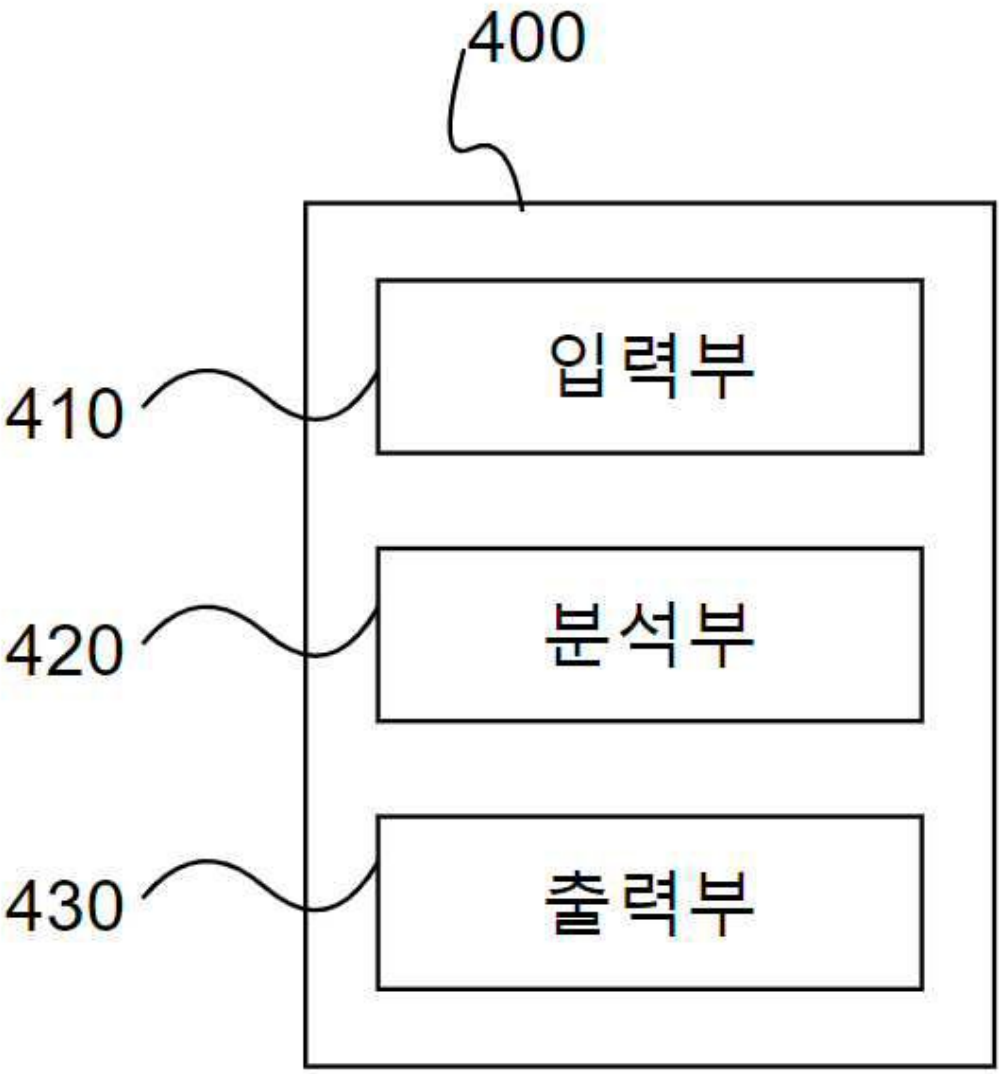
500: 사용자 단말기

도면

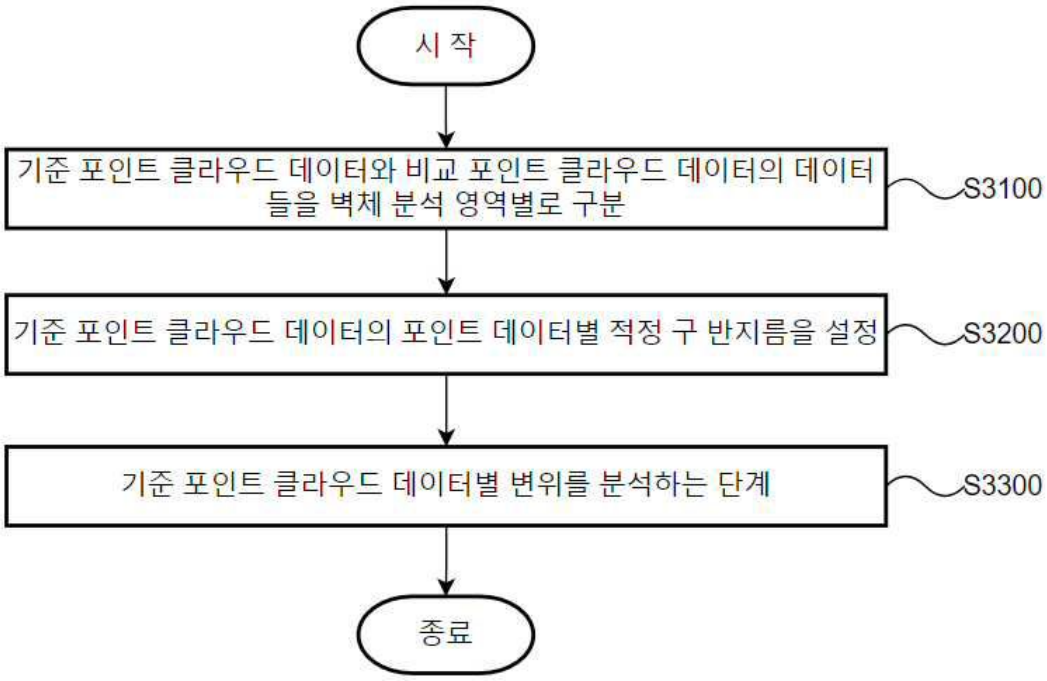
도면1



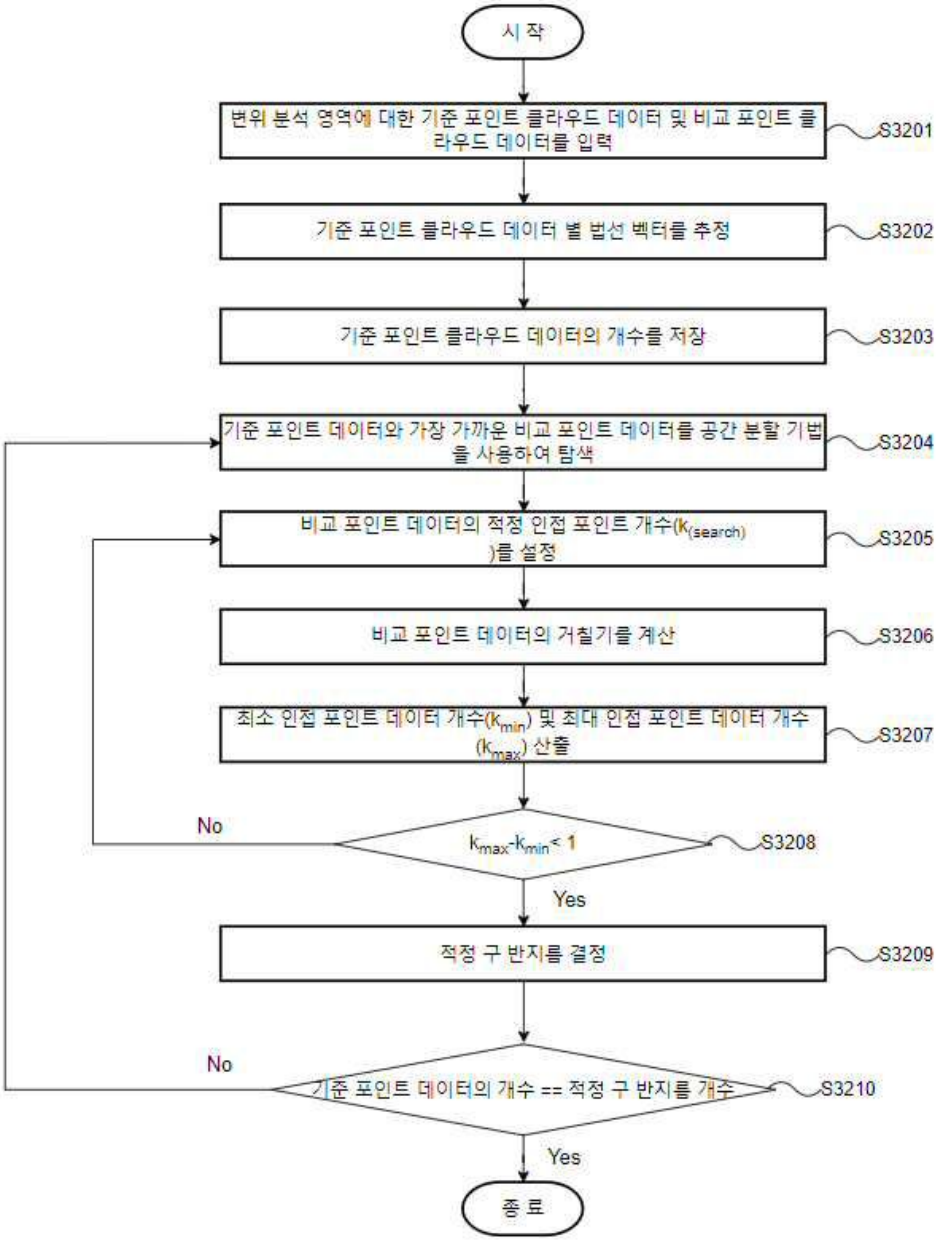
도면2



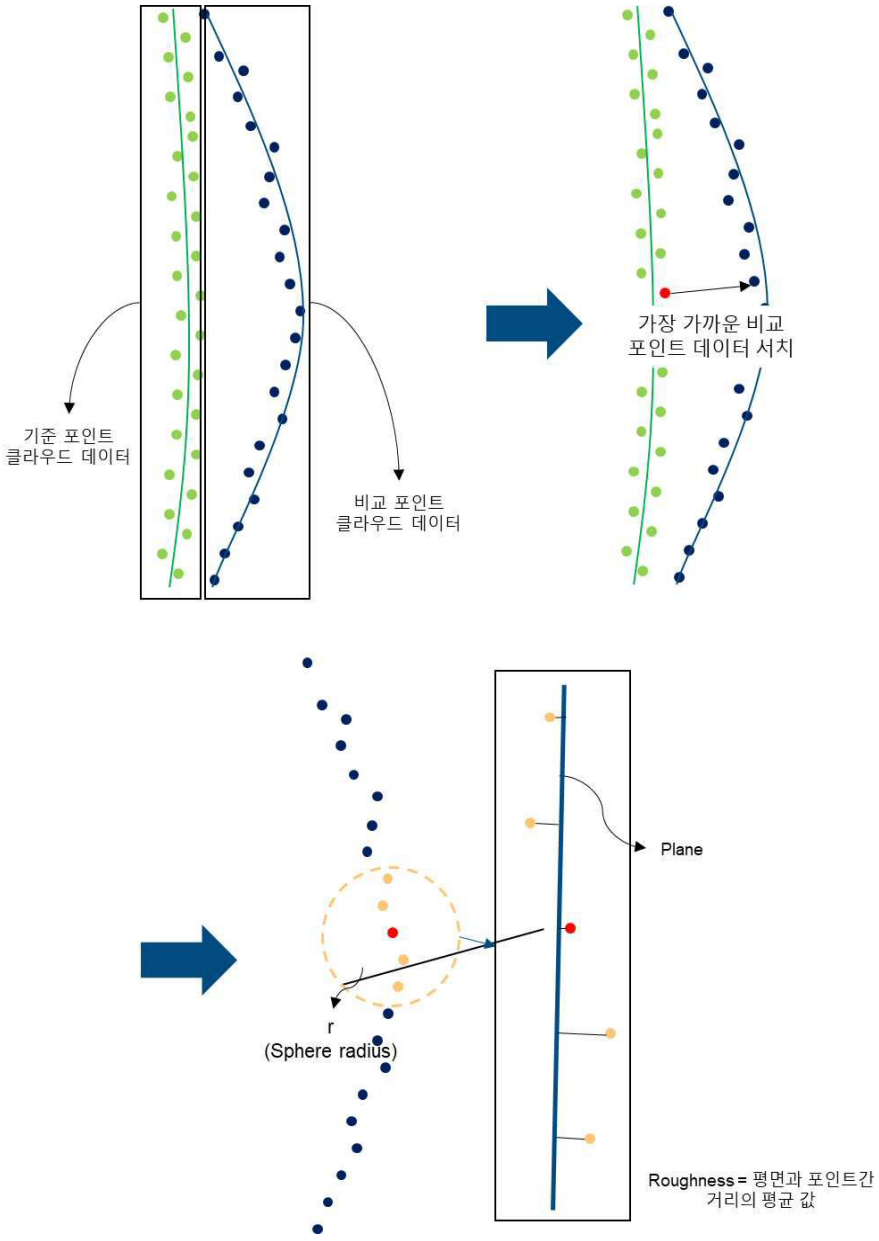
도면3


시 작
기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터의 데이터들을 벽체 분석 영역별로 구분
S3100
기준 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터별 적정 구 반지름을 설정
S3200
기준 포인트 클라우드 데이터별 변위를 분석하는 단계
S3300
종료

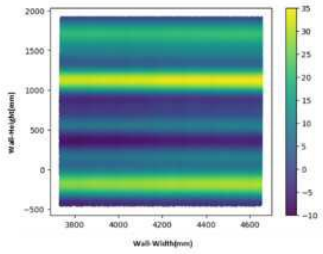
도면4


시 작
변위 분석 영역에 대한 기준 포인트 클라우드 데이터 및 비교 포인트 클라우드 데이터를 입력
S3201
기준 포인트 클라우드 데이터 별 법선 벡터를 추정
S3202
기준 포인트 클라우드 데이터의 개수를 저장
S3203
기준 포인트 데이터와 가장 가까운 비교 포인트 데이터를 공간 분할 기법을 사용하여 탐색
S3204
비교 포인트 데이터의 적정 인접 포인트 개수($k_{(search)}$)를 설정
S3205
비교 포인트 데이터의 거칠기를 계산
S3206
최소 인접 포인트 데이터 개수(k_{min}) 및 최대 인접 포인트 데이터 개수(k_{max}) 산출
S3207
No
k_{max}-k_{min}< 1
S3208
Yes
적정 구 반지름 결정
S3209
No
기준 포인트 데이터의 개수 == 적정 구 반지름 개수
S3210
Yes
종 료

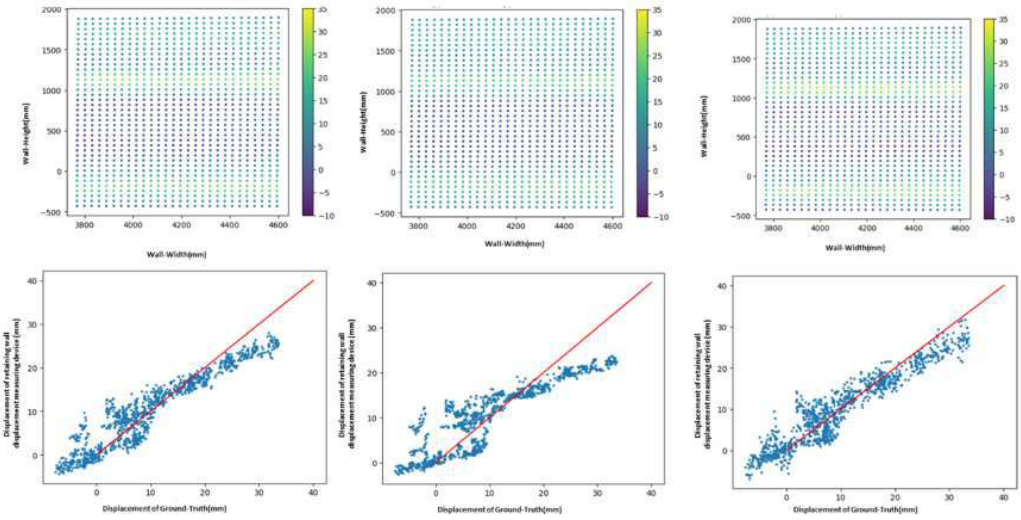
도면5


기준 포인트
클라우드 데이터
비교 포인트
클라우드 데이터
가장 가까운 비교
포인트 데이터 서치
Plane
r
(Sphere radius)
Roughness = 평면과 포인트간
거리의 평균 값

도면6



<Ground-Truth (3D-Scanner)



<흙막이 벽체 변위 분석 결과(d=150)>

<흙막이 벽체 변위 분석 결과(d=300)>

<흙막이 벽체 변위 분석 결과(Adaptive)>