



등록특허 10-2676103



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월18일

(11) 등록번호 10-2676103

(24) 등록일자 2024년06월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01B 11/16 (2006.01) E02D 17/04 (2006.01)

E02D 17/08 (2006.01) G01B 11/03 (2006.01)

G01B 11/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01B 11/165 (2013.01)

E02D 17/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0133124

(22) 출원일자 2023년10월06일

심사청구일자 2023년10월06일

(56) 선행기술조사문헌

CN113361143 A

KR1020230111929 A

KR1020230111930 A

(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 6 항

심사관 : 홍정훈

(54) 발명의 명칭 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템 및 방법

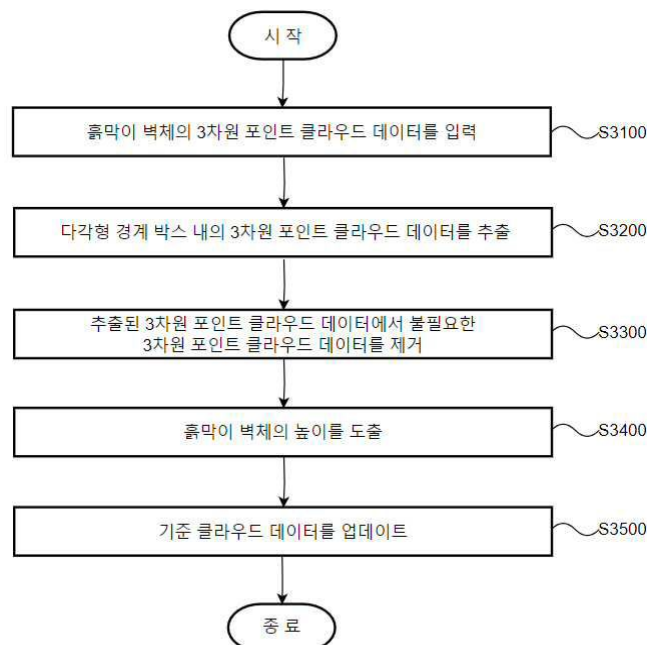
(57) 요약

본 발명은, 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법은 흠막이 벽체의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력하는 단계; 사용자에게 의해 설정된 2차원 포인트와 상기 2차원 포인트의 법선 방향

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



으로 3차원 다각형 경계 박스를 형성하여 해당 다각형 경계 박스 내의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출하는 단계; 상기 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터에서 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거하는 단계; 상기 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터가 제거된 데이터에서 흠막이 벽체의 높이를 도출하는 단계; 및 상기 흠막이 벽체의 높이를 기초로 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터로 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하고, 기준 클라우드 데이터를 업데이트하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 노이즈 제거 알고리즘을 이용하여 정확한 변위 분석 영역 설정이 가능하므로 신뢰성 있는 변위 분석 결과를 도출할 수 있다.

또한, 사용자가 별도의 흠막이 벽체 높이 측정 없이 자동으로 흠막이 벽체의 높이 측정이 가능하고 자동으로 기준 및 비교 3차원 포인트 클라우드 데이터를 분류 가능하다.

(52) CPC특허분류

E02D 17/08 (2013.01)
G01B 11/03 (2013.01)
G01B 11/043 (2013.01)
E02D 2600/10 (2013.01)
G01B 2210/58 (2013.01)

조세현

경기도 군포시 수리산로 33, 835동 1001호 (산본동, 계룡아파트)

(72) 발명자

이준호

서울특별시 서초구 효령로 391, 102동 901호 (서초동, 서초그랑자이)

유건희

대전광역시 유성구 상대로 17, 308동 1603호 (상대동, 도안신도시 한라비발디 아파트)

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 흠막이 구조체 변위 계측 및 추
적관리 시스템 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

흠막이 벽체의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력하는 단계;

사용자에 의해 설정된 2차원 포인트와 상기 2차원 포인트의 법선 방향으로 3차원 다각형 경계 박스를 형성하여 해당 다각형 경계 박스 내의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출하는 단계;

상기 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터에서 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거하는 단계;

상기 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터가 제거된 데이터에서 흠막이 벽체의 높이를 도출하는 단계; 및

상기 흠막이 벽체의 높이를 기초로 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터로 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하고, 기준 클라우드 데이터를 업데이트하는 단계를 포함하는 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거하는 단계는,

상기 다각형 경계 박스를 통해 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출하는 단계;

상기 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터 별 법선 벡터를 추정하는 단계;

상기 3차원 포인트 클라우드 데이터 중 기준이 되는 평면을 도출하고 기준이 되는 평면의 법선 벡터를 도출하는 단계;

상기 기준이 되는 평면의 법선 벡터와 포인트 데이터 별 법선 벡터의 코사인 유사도를 산출하는 단계;

상기 기준이 되는 평면의 법선 벡터와 기 설정된 기준치 이하의 코사인 유사도를 지닌 포인트 데이터를 제거하는 단계;

상기 포인트 클라우드 데이터의 방향과 위치를 통일시키는 단계;

상기 방향과 위치가 통일된 포인트 클라우드 데이터에서 복수 개의 평면을 추출하는 단계;

상기 추출된 평면 중, 1번째 평면은 음영지역이 있는 평면으로 정의하고, 2~N번째 평면의 3차원 포인트 클라우드 데이터는 군집화 알고리즘을 활용하여 버팀보별 포인트 클라우드 데이터를 분류하는 단계;

상기 버팀보별 포인트 클라우드 데이터 및 경계선 알고리즘을 이용하여 버팀보별 포인트 클라우드 데이터의 2차원 다각형 경계선을 추출하는 단계; 및

상기 추출된 2차원 다각형 경계선과 형성된 3차원 다각형 경계 박스를 이용하여 1번째 평면에 해당하는 음영지역의 포인트 클라우드 데이터를 제거하는 단계를 포함하는 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 흠막이 벽체의 높이를 도출하는 단계는,

불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력하는 단계;

상기 3차원 포인트 클라우드 데이터를 이동행렬 및 회전행렬을 통해 데이터의 방향과 위치를 조정하는 단계;

상기 3차원 포인트 클라우드 데이터의 2차원 다각형 경계선을 추출하는 단계;

상기 흠막이 벽체의 가로 길이를 기 설정된 간격으로 분할하여 그리드를 생성하고, 그리드 내의 흠막이 벽체의 세로 길이의 최대값과 최소값을 추출하는 단계; 및

흠막이 벽체의 높이를 산출하는 단계를 포함하는 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하고, 기준 클라우드 데이터를 업데이트하는 단계는,

N회차 3차원 포인트 클라우드 데이터와 N+1 3차원 포인트 클라우드 데이터의 흠막이 벽체 높이를 각각 산정하고 두 높이 차이가 일정 임계치 이상일 경우 실행되는 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하고, 기준 클라우드 데이터를 업데이트하는 단계는,

N회차 3차원 포인트 클라우드 데이터에서 추출된 2차원 다각형 경계선을 활용하여 해당 다각형 경계선에 포함되는 N+1 3차원 포인트 클라우드 데이터는 비교 포인트 클라우드 데이터로 분류하고, 포함되지 않는 데이터는 기준 포인트 클라우드 데이터로 구분하여, 기준 포인트 클라우드 데이터는 기 설정된 기준 포인트 클라우드 데이터에 업데이트되는 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법.

청구항 6

흠막이 벽체 변위 계측 장치의 제어 장치에서 전송된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력하는 입력부;

사용자 단말기에서 설정된 2차원 포인트와 2차원 포인트의 법선 방향으로 3차원 다각형 경계 박스를 형성하여 해당 다각형 경계 박스 내의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출하는 추출부;

상기 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 노이즈 제거 알고리즘을 통해 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거하고, 흠막이 벽체의 높이를 도출하는 분석부;

상기 흠막이 벽체 높이를 통해 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터로 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하여 저장하는 저장부; 및

상기 입력된 포인트 클라우드 데이터 및 분류된 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 출력하는 출력부를 포함하는 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 흠막이 벽체의 변위를 계측하는 장치를 통해 수집된 포인트 클라우드 데이터 중 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 설정하는 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 흠막이는 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 다중·다수 계측기기를 활용하여 흠막이 벽체의 안정성을 지속적으로 확인하고 흠막이 계측 관리기준치를 활용하여 흠막이 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] 그러나, 레이저 센서 기반 흙막이 벽체 변위 기술의 데이터는 주로 3차원 포인트 클라우드 데이터로 수집되며, 수집된 데이터는 흙막이 벽체뿐만 아니라 주변 건물, 흙막이 벽체의 경계선, 대각 스트럿, 장비 등의 다양한 데이터가 포함된다.
- [0008] 때문에, 흙막이 벽체 변위 분석 결과의 정확도를 높이기 위해서 흙막이 벽체 변위 분석 영역을 설정하는 기술이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명에 따르면, 흙막이 벽체의 변위를 계측하는 장치를 통해 수집된 포인트 클라우드 데이터 중 흙막이 벽체 변위 분석 영역을 설정하는 포인트 클라우드 데이터 기반 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 포인트 클라우드 데이터 기반 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템은 흙막이 벽체 변위 계측 장치의 제어 장치에서 전송된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력하는 입력부; 사용자 단말기에서 설정된 2차원 포인트와 2차원 포인트의 법선 방향으로 3차원 다각형 경계 박스를 형성하여 해당 다각형 경계 박스 내의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출하는 추출부; 상기 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 노이즈 제거 알고리즘을 통해 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거하고, 흙막이 벽체의 높이를 도출하는 분석부; 상기 흙막이 벽체 높이를 통해 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터로 흙막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하여 저장하는 저장부; 및 상기 입력된 포인트 클라우드 데이터 및 분류된 흙막이 벽체 변위 분석 영역을 출력하는 출력부를 포함한다.
- [0011] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 포인트 클라우드 데이터 기반 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법은 흙막이 벽체의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력하는 단계; 사용자에게 의해 설정된 2차원 포인트와 상기 2차원 포인트의 법선 방향으로 3차원 다각형 경계 박스를 형성하여 해당 다각형 경계 박스 내의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출하는 단계; 상기 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터에서 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거하는 단계; 상기 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터가 제거된 데이터에서 흙막이 벽체의 높이를 도출하는 단계; 및 상기 흙막이 벽체의 높이를 기초로 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터로 흙막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하고, 기준 클라우드 데이터를 업데이트하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0012] 이와 같이 본 발명에 따르면, 노이즈 제거 알고리즘을 이용하여 정확한 변위 분석 영역 설정이 가능하므로 신뢰성 있는 변위 분석 결과를 도출할 수 있다.
- [0013] 또한, 사용자가 별도의 흙막이 벽체 높이 측정 없이 자동으로 흙막이 벽체의 높이 측정이 가능하고 자동으로 기준 및 비교 3차원 포인트 클라우드 데이터를 분류 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 흙막이 벽체 변위 계측 장치 및 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 포인트 클라우드 데이터 기반 흙막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템을 설명

하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 3차원 포인트 클라우드 데이터의 노이즈 제거 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 3차원 포인트 클라우드 데이터의 노이즈 제거 알고리즘 결과를 설명하기 위한 예시도이다.

도 6은 주평면을 도출하는 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 흠막이 벽체의 높이 추정 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 흠막이 벽체의 높이 추정 알고리즘 결과를 설명하기 위한 예시도이다.

도 9는 기준 클라우드 데이터를 업데이트하는 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 기준 3차원 포인트 클라우드 데이터와 비교 3차원 포인트 클라우드 데이터가 구분된 결과를 설명하기 위한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 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.
- [0016] 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.
- [0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 흠막이 벽체 변위 계측 장치 및 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0018] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템(300)은 흠막이 벽체 변위 계측 장치(100), 제어 장치(200) 및 사용자 단말기(400)와 연동하여 동작한다.
- [0019] 본 발명의 실시예에 따른 흠막이 벽체 변위 계측 장치(100)는 2D LiDAR 센서를 이용하여 360도 회전하면서 흠막이 벽체에 레이저를 조사하여 3차원 포인트 클라우드 데이터를 수집한다.
- [0020] 제어 장치(200)는 흠막이 벽체 변위 계측 장치(100)의 구동을 제어하고 수집된 포인트 클라우드 데이터를 저장한다.
- [0021] 여기서, 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템(300)은 흠막이 벽체 변위 계측 장치(100)를 통해 수집된 3차원 포인트 클라우드 데이터에 대해서 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정을 수행한다.
- [0022] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템(300)은 입력부(310), 추출부(320), 분석부(330), 저장부(340) 및 출력부(350)를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 이 때, 입력부(310)는 제어 장치(200)에서 전송된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력한다.
- [0024] 추출부(320)는 사용자 단말기(400)에서 설정된 2차원 포인트와 2차원 포인트의 법선 방향으로 3차원 다각형 경계 박스를 형성하여 해당 다각형 경계 박스 내의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출한다.
- [0025] 분석부(330)는 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 노이즈 제거 알고리즘을 통해 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거하고, 흠막이 벽체의 높이를 도출한다.
- [0026] 저장부(340)는 흠막이 벽체 높이를 통해 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터로 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하여 저장한다.
- [0027] 출력부(350)는 입력된 포인트 클라우드 데이터 및 분류된 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 출력한다.
- [0028] 사용자 단말기(400)는 3차원 포인트 클라우드 데이터 중 변위 분석 영역의 범위를 2차원 포인트(x,y)로 입력할

수 있다.

- [0029] 또한, 사용자 단말기(400)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 10을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0031] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 포인트 클라우드 데이터 기반 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 3차원 포인트 클라우드 데이터의 노이즈 제거 알고리즘을 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 3차원 포인트 클라우드 데이터의 노이즈 제거 알고리즘 결과를 설명하기 위한 예시도이고, 도 6은 주평면을 도출하는 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.
- [0032] 또한, 도 7은 흠막이 벽체의 높이 추정 알고리즘을 설명하기 위한 도면이고, 도 8은 흠막이 벽체의 높이 추정 알고리즘 결과를 설명하기 위한 예시도이고, 도 9는 기준 클라우드 데이터를 업데이트하는 알고리즘을 설명하기 위한 도면이며, 도 10은 기준 3차원 포인트 클라우드 데이터와 비교 3차원 포인트 클라우드 데이터가 구분된 결과를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0033] 도 3에 도시된 바와 같이, 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템(300)의 입력부(310)는 제어 장치(200)에서 전송된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력한다(S3100).
- [0034] 다음으로, 추출부(320)는 사용자 단말기(400)에서 설정된 2차원 포인트와 2차원 포인트의 법선 방향으로 3차원 다각형 경계 박스를 형성하여 해당 다각형 경계 박스 내의 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출한다(S3200).
- [0035] 다음으로, 도 4 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 분석부(330)는 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터에서 노이즈 제거 알고리즘을 통해 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거한다(S3300).
- [0036] 이 때, 노이즈 제거 알고리즘은, 해당 포인트 클라우드 데이터를 가장 잘 설명할 수 있는 주평면을 찾아 주평면의 법선 벡터(Normal vector)와 유사하지 않은 포인트 클라우드 데이터를 1차적으로 제거하여 음영지역에 있는 불필요한 포인트 클라우드 데이터를 제거한다.
- [0037] 좀 더 상세하게는, 노이즈 제거 알고리즘은 다각형 경계 박스를 통해 3차원 포인트 클라우드 데이터를 추출한다(S3301).
- [0038] 다음으로, 추출된 3차원 포인트 클라우드 데이터의 포인트 데이터 별로 법선 벡터(v1)을 추정한다(S3302).
- [0039] 다음으로, 3차원 포인트 클라우드 데이터 중 기준이 되는 평면을 도출하고 기준이 되는 평면의 법선 벡터(v2)를 도출한다(S3303).
- [0040] 좀 더 상세하게는, 도 6에 도시된 바와 같이, 랜덤 샘플링을 통해 모델의 파라미터를 추정하고 추정된 복수개의 모델에서 일정 거리에 포함되는 인라이어 데이터의 수를 측정한다.
- [0041] 다음으로, 해당 작업을 기 설정된 횟수만큼 반복하여 인라이어 데이터 수가 가장 많은 모델을 추출하여 해당 모델을 기준 평면으로 설정하고, 해당 평면의 법선 벡터를 도출한다.
- [0042] 평면과 기준 평면의 법선 벡터를 도출한 후, 기준 평면의 법선 벡터(v2)와 포인트 데이터 별 법선 벡터(v1)의 코사인 유사도(Cosine similarity)를 산출한다(S3304).
- [0043] 이 때, 코사인 유사도는 두 벡터가 유사한 정도를 각도 θ 를 통해 평가하는 지표로 하기의 수학식 1을 통해 산출한다.

수학식 1

$$\text{Cosine similarity} = \frac{v1 \cdot v2}{\|v1\| \|v2\|}$$

[0044]

- [0045] 코사인 유사도를 산출한 후, 기준 평면의 법선 벡터(v2)와 기 설정된 기준치 이하의 코사인 유사도를 지닌 포인

트 데이터는 노이즈로 간주하여 제거한다(S3305).

- [0046] 다음으로, 노이즈가 제거된 포인트 클라우드 데이터의 방향과 위치를 통일시킨다(S3306).
- [0047] 좀 더 상세하게는, 3차원 포인트 클라우드 데이터의 중심점을 (0,0,0)으로 이동시키는 이동행렬(translate matrix) 및 기준 평면의 법선 벡터를 기 설정된 기준 벡터로 회전시키는 회전행렬(rotation matrix)를 추출하여 포인트 클라우드 데이터에 적용하여, 포인트 클라우드 데이터의 방향과 위치를 통일시킨다.
- [0048] 포인트 클라우드 데이터의 방향과 위치를 통일시킨 후, 방향과 위치가 통일된 포인트 클라우드 데이터에서 복수 개의 평면을 추출한다(S3307).
- [0049] 이 때, 평면의 추출은 인라이어 데이터의 비율이 기 설정된 비율을 초과할 때까지 실행한다.
- [0050] 다음으로, 추출된 평면 중, 1번째 평면은 음영지역이 있는 평면으로 정의하고, 2~N번째 평면의 3차원 포인트 클라우드 데이터는 군집화(Clustering) 알고리즘을 활용하여 버팀보별 포인트 클라우드 데이터를 분류한다(S3308).
- [0051] 다음으로, 버팀보 데이터 및 경계선 알고리즘을 이용하여 버팀보 데이터의 2차원 다각형 경계선을 추출한다(S3309).
- [0052] 다음으로, 추출된 2차원 다각형 경계선과 추출부(320)에 의해 형성된 3차원 다각형 경계 박스를 이용하여 1번째 평면에 해당하는 음영지역의 포인트 클라우드 데이터를 제거한다(S3310).
- [0053] 그 결과, 도 5에 도시된 바와 같이, 음영 지역의 불필요한 포인트 클라우드 데이터를 제거하여 흠막이 벽체의 변위 분석을 더 용이하게 할 수 있게한다.
- [0054] 노이즈 제거 알고리즘을 통해 불필요한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 제거한 후, 분석부(330)는 도 7 내지 도 8에 도시된 바와 같이 흠막이 벽체의 높이 추정 알고리즘을 통해 흠막이 벽체의 높이를 도출한다(S3400).
- [0055] 좀 더 상세하게는, 흠막이 벽체 추정 알고리즘은 노이즈가 제거된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 입력한다(S3401).
- [0056] 다음으로, 입력된 3차원 포인트 클라우드 데이터를 이동행렬 및 회전행렬을 통해 데이터의 방향과 위치를 조정한다(S3402).
- [0057] 다음으로, 경계선 알고리즘을 통해 3차원 포인트 클라우드 데이터의 2차원 다각형 경계선을 추출한다(S3403).
- [0058] 다음으로, 흠막이 벽체의 가로 길이를 기 설정된 간격으로 분할하여 그리드를 생성하고, 그리드 내의 흠막이 벽체의 세로 길이의 최대값과 최소값을 추출한다(S3404).
- [0059] 다음으로, 하기의 수학적 식 2를 통해 흠막이 벽체의 높이(Wall height)를 산출한다(S3405).

수학적 식 2

$$\text{흠막이 벽체의 높이(Wall height)} = H_{\max} - H_{\min}$$

- [0060]
- [0061] 여기서, $H_{\max}$ 는 흠막이 벽체의 상부로, 흠막이 벽체 세로 길이의 최대값의 히스토그램을 통해 가장 데이터가 많은 흠막이 벽체 세로 길이로 정의된다.
- [0062] 또한, $H_{\min}$ 은 흠막이 벽체의 하부로, 수집된 흠막이 벽체 세로 길의 최소값들 중 가장 작은 값으로 정의된다.
- [0063] 그 결과, 도 8에 도시된 바와 같이, 2차원 다각형 경계선을 추출하여 흠막이 벽체에서 가장 높은 값과 가장 낮은 값을 정의하여 흠막이 벽체의 높이를 추정할 수 있다.
- [0064] 흠막이 벽체의 높이를 도출한 다음, 흠막이 벽체 높이를 통해 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터로 흠막이 벽체 변위 분석 영역을 분류하고, 기준 클라우드 데이터를 업데이트한다(S3500).
- [0065] 이 때, 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터의 분류 알고리즘은 N회차 3차원 포인트 클라우드 데이터와 N+1 3차원 포인트 클라우드 데이터의 흠막이 벽체 높이를 각각 산정하고 두 높이 차이가 일정

임계치 이상일 경우 실행된다.

[0066] 기준 포인트 클라우드 데이터와 비교 포인트 클라우드 데이터의 분류 알고리즘은 도 9 내지 도 10에 도시된 바와 같이 N회차 3차원 포인트 클라우드 데이터에서 추출된 2차원 다각형 경계선을 활용하여 해당 다각형 경계선에 포함되는 N+1 3차원 포인트 클라우드 데이터는 비교 포인트 클라우드 데이터로 분류하고, 포함되지 않는 데이터는 기준 포인트 클라우드 데이터로 구분한다.

[0067] 이 때, 기준 포인트 클라우드 데이터는 기 설정된 기준 포인트 클라우드 데이터에 업데이트된다.

[0068] 이와 같이 본 발명에 따르면, 노이즈 제거 알고리즘을 이용하여 정확한 변위 분석 영역 설정이 가능하므로 신뢰성 있는 변위 분석 결과를 도출할 수 있다.

[0069] 또한, 사용자가 별도의 흠막이 벽체 높이 측정 없이 자동으로 흠막이 벽체의 높이 측정이 가능하고 자동으로 기준 및 비교 3차원 포인트 클라우드 데이터를 분류 가능하다.

[0070] 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

[0071] 100: 흠막이 변위 계측 장치

200: 제어 장치

300: 흠막이 벽체 변위 분석 영역 설정 시스템

310: 입력부

320: 추출부

330: 분석부

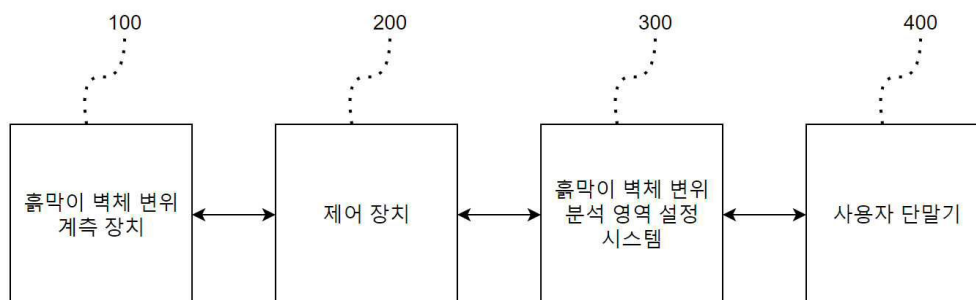
340: 저장부

350: 출력부

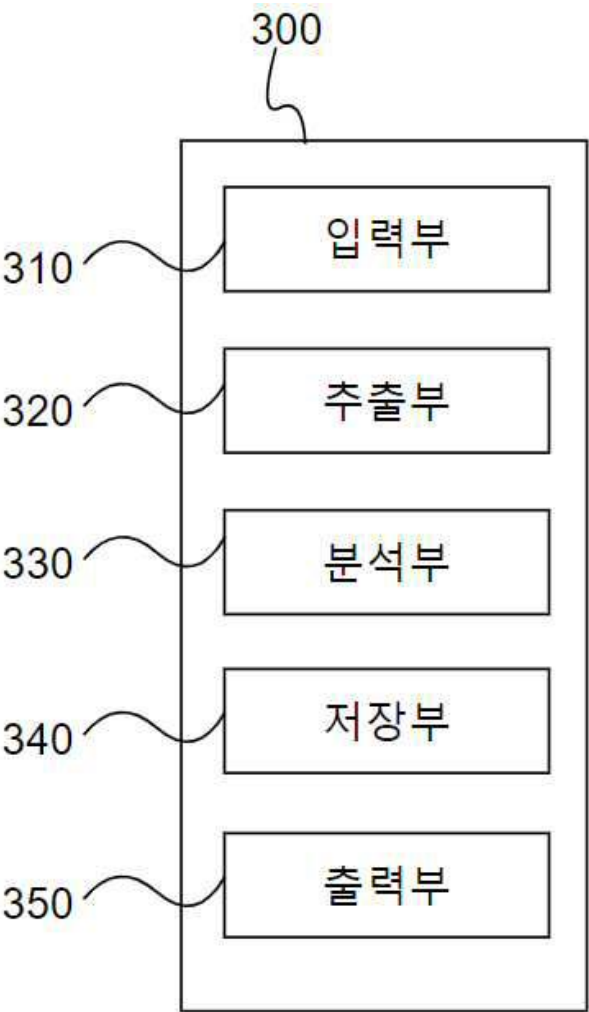
400: 사용자 단말기

도면

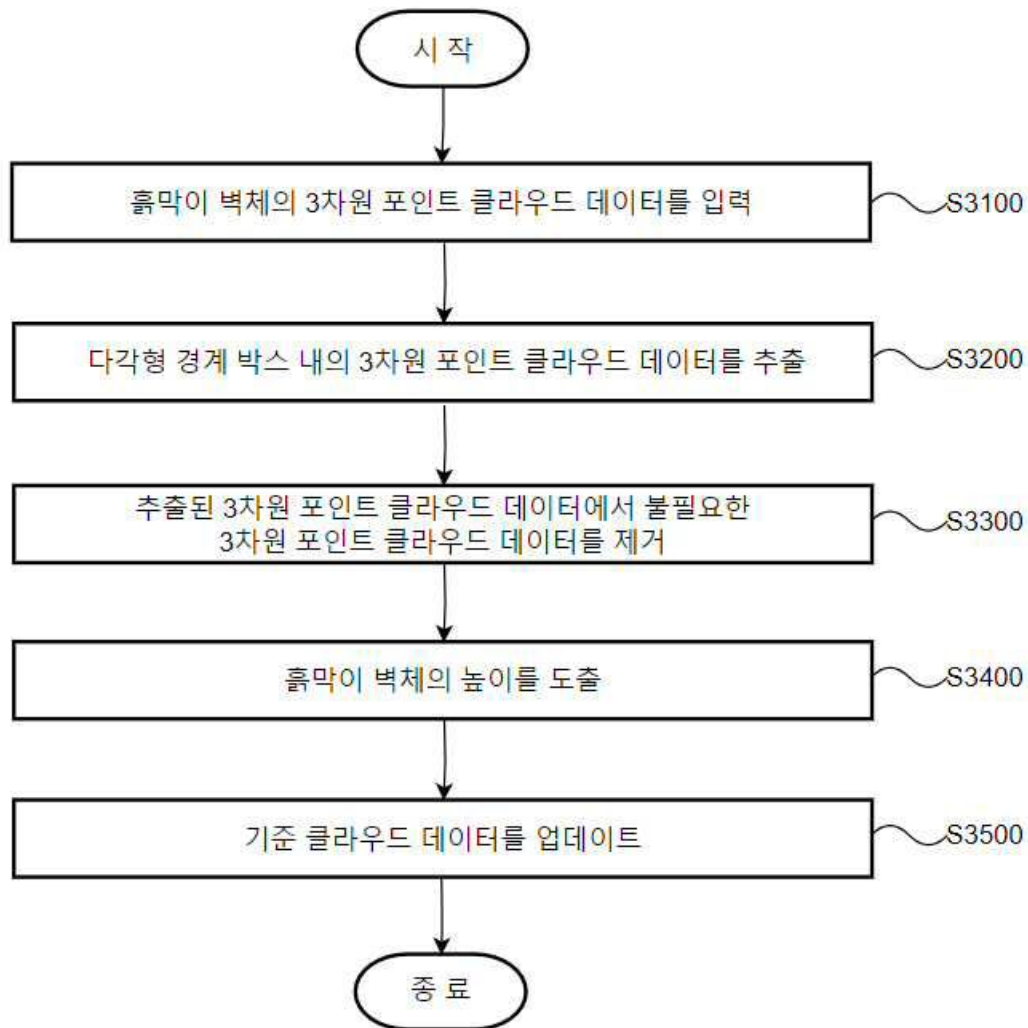
도면1



도면2



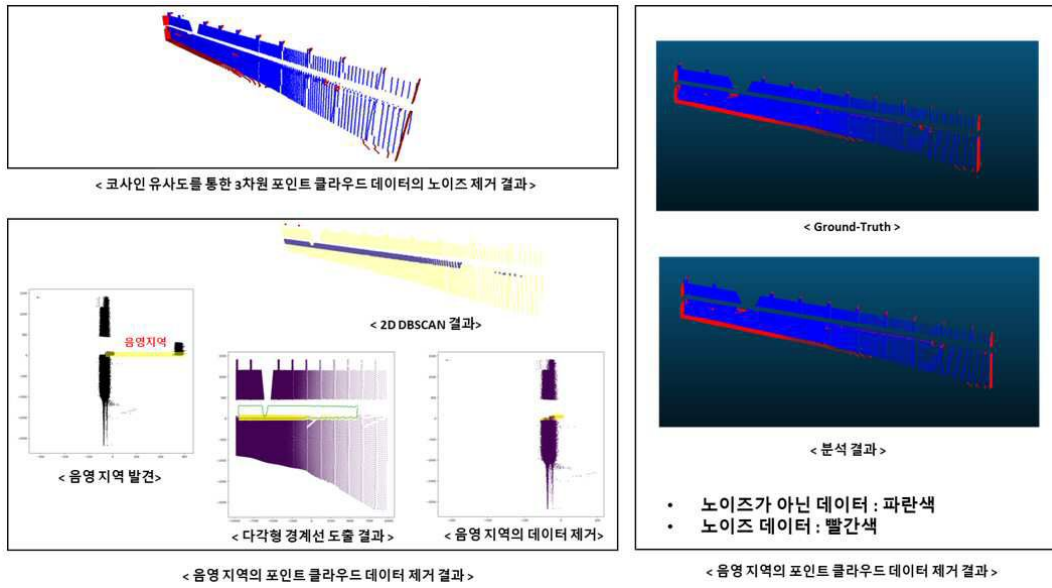
도면3



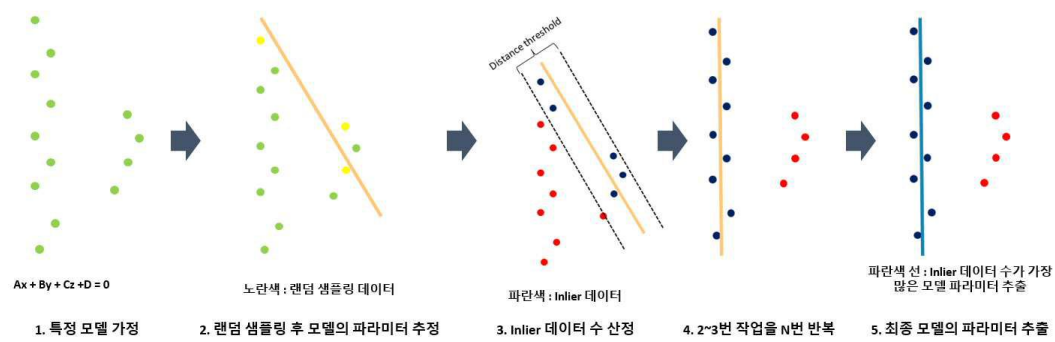
도면4



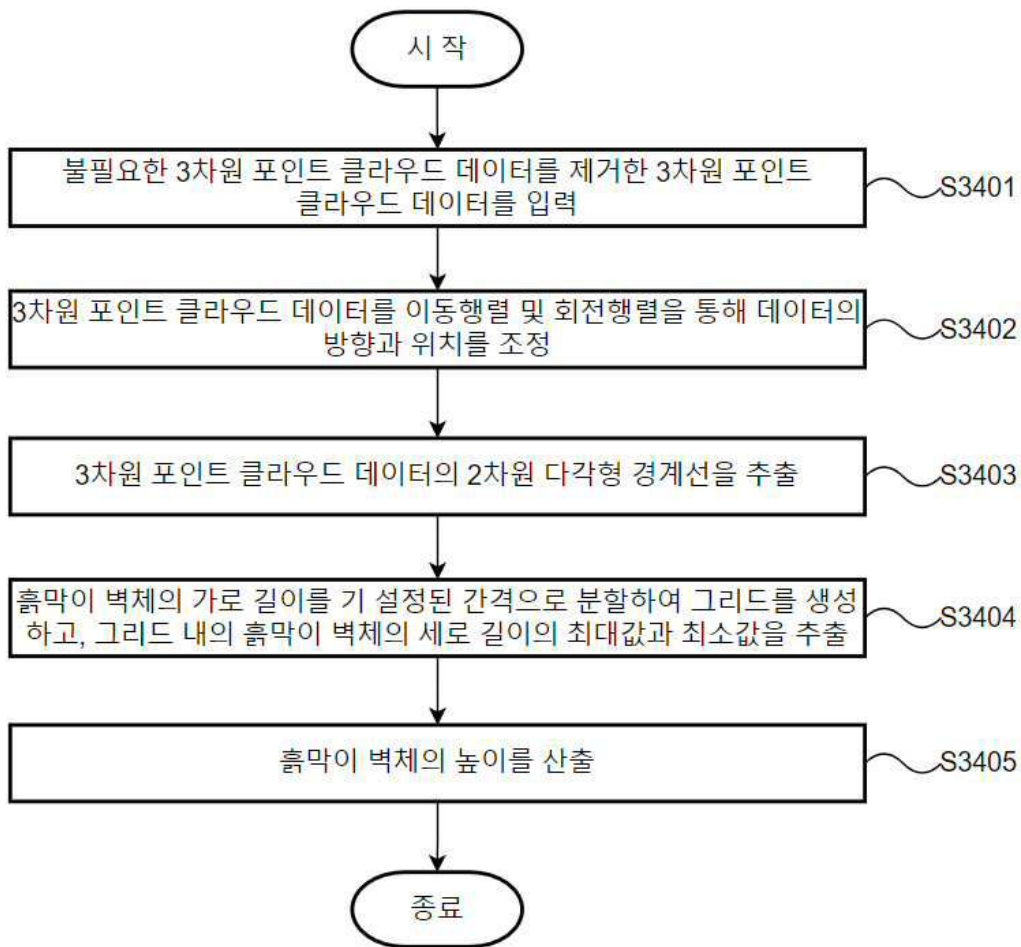
도면5



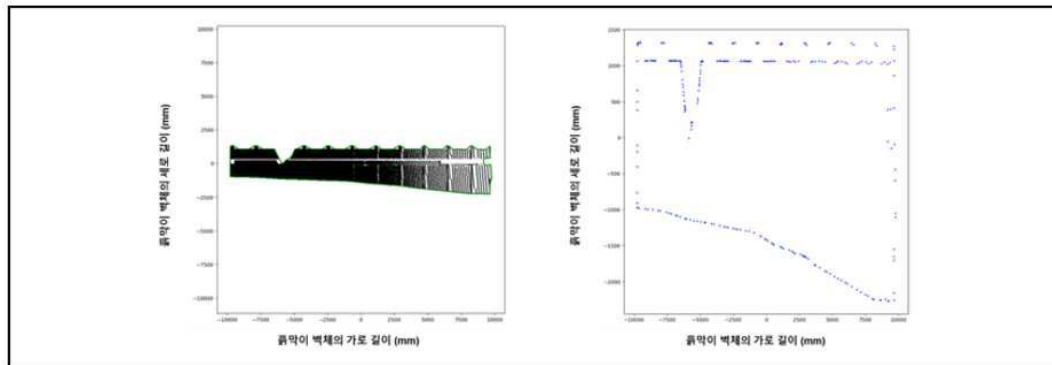
도면6



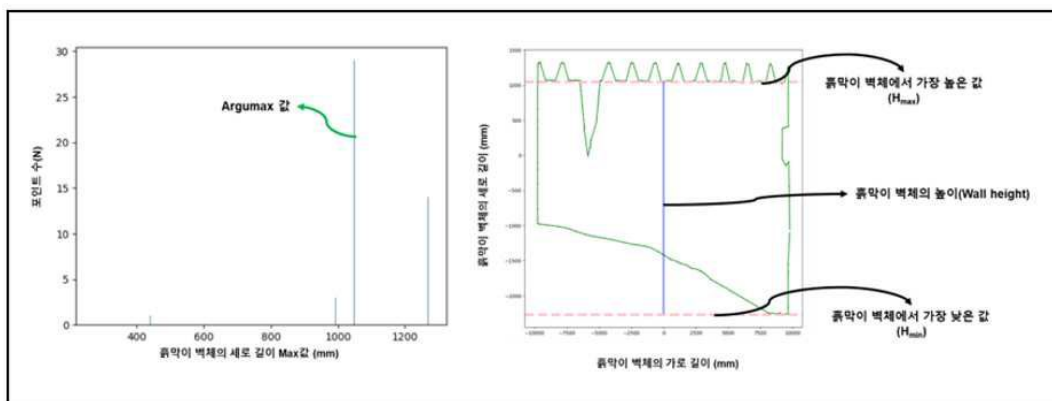
도면7



도면8

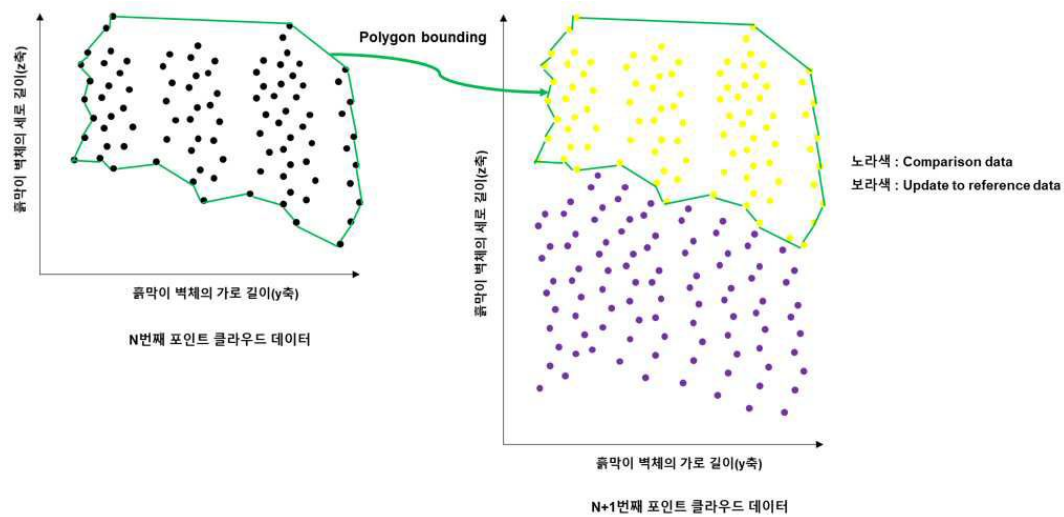


< 2차원 다각형 경계선 추출 결과>



< 흙막이 벽체의 높이 추정 결과>

도면9



도면10

