



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0052392
(43) 공개일자 2024년04월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01B 21/02 (2006.01) E04B 5/00 (2006.01)
E04G 21/02 (2006.01) G01B 11/02 (2006.01)
G01B 21/04 (2006.01) G01B 21/08 (2006.01)
G01B 21/30 (2006.01) G01S 19/01 (2010.01)

(52) CPC특허분류

G01B 21/02 (2013.01)
E04B 5/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0132369

(22) 출원일자 2022년10월14일

심사청구일자 2022년10월14일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

정진훈

서울특별시 서초구 서초중앙로24길 43, 104동 304호(서초동, 유원서초아파트)

김동혁

인천광역시 미추홀구 인하로163번길 23(용현동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인태백

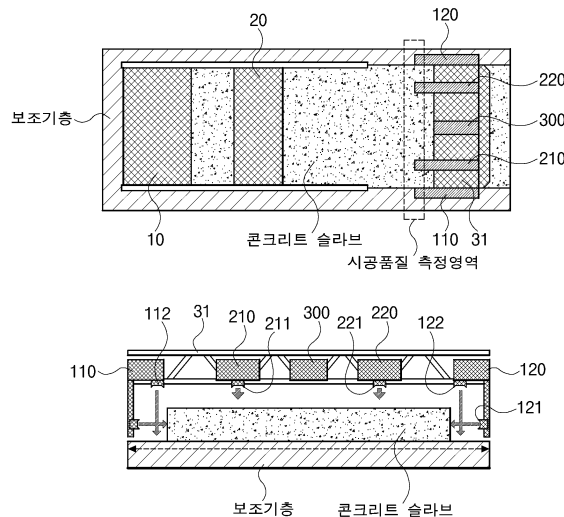
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법 및 측정된 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정방법

(57) 요약

본 발명은 타이닝기의 메인프레임에 장착되어, 상기 콘크리트 슬래브 좌, 우 양측 모서리 바깥에 각각 구비되어, 상기 콘크리트 슬래브의 좌, 우측 측면과 좌, 우측 보조기층 표면의 프로파일을 측정하는 좌, 우측 엣지부와, 타이닝기의 메인프레임에 장착되어, 상기 콘크리트 슬래브의 좌, 우 양측 휠패스에 각각 구비되어, 상기 콘크리트 슬래브 좌, 우측 표면의 프로파일을 측정하는 좌, 우측 휠패스부, 및 상기 타이닝기의 메인프레임에 장착되어, GPS, 좌, 우측 엣지부와, 좌, 우측 휠패스부 각각에서 측정된 자료를 수집하여 저장하는 메모리를 수용하는 제어 박스를 포함하여, 콘크리트 슬래브 시공 중 슈퍼 스무스와 타이닝기 사이의 콘크리트 슬래브의 측면, 보조기층 표면, 포장의 표면을 프로파일로 측정하여 포장의 시공품질(폭, 두께, 평탄성)을 확인할 수 있는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법 및 측정된 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

E04G 21/02 (2013.01)
G01B 11/026 (2013.01)
G01B 11/028 (2013.01)
G01B 21/045 (2013.01)
G01B 21/08 (2013.01)
G01B 21/30 (2013.01)
G01S 19/01 (2013.01)

이재훈

경기도 과주시 광탄면 해음로 1056-65

(72) 발명자

최문규

인천광역시 부평구 화랑로83번길 3(산곡동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615012796
과제번호	152690
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	도로기술연구
연구과제명	IoT 기술을 활용한 도로포장 현장 품질관리 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국건설기술연구원
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

타이닝기의 메인프레임에 장착되어, 콘크리트 슬래브 좌, 우 양측 모서리 바깥에 각각 구비되어, 상기 콘크리트 슬래브의 좌, 우측 측면과 좌, 우측 보조기층 표면의 프로파일을 측정하는 좌, 우측 엠티부와, 상기 타이닝기의 메인프레임에 장착되어, 상기 콘크리트 슬래브의 좌, 우 양측 휠패스에 각각 구비되어, 상기 콘크리트 슬래브 좌, 우측 표면의 프로파일을 측정하는 좌, 우측 휠패스부와, 콘크리트 슬래브의 시공장치에 설치되는 GPS 및 상기 타이닝기의 메인프레임에 장착되어, GPS, 좌, 우측 엠티부와, 좌, 우측 휠패스부 각각에서 측정된 자료를 수집하여 저장하는 메모리를 수용하는 제어박스를 포함하는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치를 이용하여 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법에 있어서,

- i) 좌측 엠티부의 제1거리측정센서 및 우측 엠티부의 제6거리측정센서로, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭을 측정하는 단계;
- ii) 좌측 엠티부의 제2거리측정센서 및 좌측 휠패스부의 제3거리측정센서로, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 좌측의 두께를 측정하는 단계;
- iii) 우측 엠티부의 제5거리측정센서 및 우측 휠패스부의 제4거리측정센서로, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 우측의 두께를 측정하는 단계; 및
- iv) 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭, 좌측의 두께, 우측의 두께와, GPS 위치 측정값으로 콘크리트 슬래브의 평탄성을 산출하는 단계;를 포함하는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭(W)은,

좌측 엠티부의 제1거리측정센서 및 우측 엠티부의 제6거리측정센서 간의 거리(L)에서 제1거리측정센서 및 제6거리측정센서부터 콘크리트 슬래브 측면까지의 거리($D_a + D_f$)를 제하는 아래의 [수학식 1]로 산출하는 것을 특징으로 하는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법.

[수학식 1]

$$W = L - (D_a + D_f)$$

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 시공 중인 콘크리트 슬래브 좌측의 두께(T_L)는,

좌측 엠티부의 제2거리측정센서 위치부터 보조기층 표면까지의 거리(D_b)에서 좌측 휠패스부의 제3거리측정센서 위치부터 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면까지의 거리(D_c)를 제하는 아래의 [수학식 2]로 산출하는 것을 특징으로 하는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법.

[수학식 2]

$$T_L = D_b - D_c$$

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 시공 중인 콘크리트 슬래브 우측의 두께(T_R)는,

우측 엣지부의 제5거리측정센서 위치부터 보조기층 표면까지의 거리(D_e)에서 우측 휠패스부의 제4거리측정센서 위치부터 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면까지의 거리(D_d)를 제하는 아래의 [수학식 3]으로 산출하는 것을 특징으로 하는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법.

[수학식 3]

$$T_R = D_e - D_d$$

청구항 5

시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치에 의해 측정된 프로파일에 포함된 거리측정센서 자체에서 발생된 이상치와 노이즈, 및 페이버 진동에 의한 노이즈를 제거하여 프로파일 보정하는 방법에 있어서,

- 측정 영점 조정 및 거리측정센서들로 측정한 데이터를 수집하는 단계;
- 수집된 데이터를 이용하여 중첩된 박스도표를 이용하여 이상치 제거하는 단계;
- 이상치가 제거된 데이터를 이용하여 선형보간으로 보정하는 단계;
- 보정된 데이터에 로우패스필터(low pass filter)를 적용하는 단계;
- X, Y 좌표를 이용한 이동거리 이상치 제거 및 선형보간하는 단계;
- 로우패스필터 적용된 데이터에 GPS데이터 매칭하는 단계;
- GPS데이터가 매칭된 데이터를 이용하여 이동 평균 및 샘플링 간격 조정하는 단계; 및
- 콘크리트 슬래브의 프로파일 및 폭, 두께 산출하는 단계;를 포함하는 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법 및 측정된 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 콘크리트 슬래브 시공 중 슈퍼 스무스와 타이닝기 사이에 위치하는 콘크리트 슬래브(거리측정센서들의 설치지점을 기준)의 좌, 우측 측면까지의 거리, 보조기층 표면까지의 거리, 포장의 표면까지의 거리를 프로파일로 측정하여, 포장의 시공품질(폭, 두께, 평탄성)을 확인할 수 있는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법 및 측정된 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003]

시멘트 콘크리트 포장의 주행성능, 공용수명은 재료의 품질, 배합 및 운송 상태, 설계와 시공의 일치성, 표면마감 및 처리 등이 기준 이상의 품질로 시공되어야 확보될 수 있다.

- [0004] 그 중, 시공품질이라고 정의되는 것은 설계와 시공된 포장의 폭과 두께의 일치성, 그리고 도로의 평탄성이다.
- [0005] 시공된 포장의 폭이 설계 폭보다 작으면, 해당 구간을 이용하는 자동차가 기준속도로 주행했을 때 안정성이 낮아져 인적, 물적 손실이 초래될 수 있으며, 시공된 포장의 폭이 설계 폭 보다 크면, 시공 시 재료의 물량 조달에 문제가 발생해 공기가 연장될 수 있다.
- [0006] 포장의 두께는 시공에 사용된 재료의 물성, 도로가 위치한 지역의 환경조건 및 교통조건 등에 의해 결정되는데, 시공된 포장의 두께가 설계 두께보다 얇으면, 조기 파손 등에 의한 심각한 공용성능 저하를 일으킬 수 있으며, 두꺼우면, 폭과 마찬가지로 시공 시 재료의 물량 조달에 문제가 발생해 공기가 연장될 수 있다.
- [0007] 평탄성은 도로 이용자의 주행안정성 및 주행쾌적성에 가장 큰 영향을 미치는 시공품질로 도로 공용 중에도 교통 및 환경영향에 의해 지속적으로 저하되기 때문에 시공초기 품질이 매우 중요하다.
- [0008] 도로 이용자에게 높은 주행안정성, 주행쾌적성을 제공하고, 높은 공용성능을 유지하고, 합리적인 시공재료 물량을 조달하기 위해 국토교통부(MoLIT, 2015), 한국도로공사(KEC, 2018) 및 국토해양부(MLTM, 2009)에서는 시공품질 기준을 제시하였다.
- [0009] 포장 폭과 포장 두께는 100m 또는 300m 간격으로 줄자 등을 이용해 직접 측정되며, 포장 평탄성은 7.6mm 프로파일미터 및 IRI 프로파일러 등으로 측정된다.
- [0010] 이들은 모두 시멘트 콘크리트 포장이 충분히 굳은 이후에 측정되는 것으로 시공품질이 기준을 초과하였을 때 수정이 불가능하다.
- [0011] 따라서 시멘트 콘크리트 포장이 굳기 전, 포설과 동시에 실시간으로 시공품을 모니터링 하기 위해 포장의 표면과 측면 및 보조기층 표면의 프로파일을 측정하는 장치는 전무한 실정이다.
- [0012] 종래기술로는 등록특허 제10-2252845호(2021.05.21.)을 참조할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 콘크리트 슬래브 시공 중 슈퍼 스무스와 타이닝기 사이에 위치하는 콘크리트 슬래브(거리측정센서들의 설치지점을 기준)의 좌, 우측 측면까지의 거리, 보조기층 표면까지의 거리, 포장의 표면까지의 거리를 프로파일로 측정하여 포장의 시공품질(폭, 두께, 평탄성)을 확인할 수 있는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법 및 측정된 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명에 따른 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법은 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치를 이용하여, i)좌측 엠티부의 제1거리측정센서 및 우측 엠티부의 제6거리측정센서로, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭을 측정하는 단계; ii)좌측 엠티부의 제2거리측정센서 및 좌측 휠패스부의 제3거리측정센서로, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 좌측의 두께를 측정하는 단계; iii)우측 엠티부의 제5거리측정센서 및 우측 휠패스부의 제4거리측정센서로, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 우측의 두께를 측정하는 단계; 및 iv)시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭, 좌측의 두께, 우측의 두께와, GPS 위치 측정값으로 콘크리트 슬래브의 평탄성을 산출하는 단계;를 포함한다.
- [0017] 이때 본 발명에 따른 상기 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭(W)은 좌측 엠티부의 제1거리측정센서 및 우측 엠티부의 제6거리측정센서 간의 거리(L)에서 제1거리측정센서 및 제6거리측정센서부터 콘크리트 슬래브 측면까지의 거리($D_a + D_f$)를 제하는 아래의 [수학식 1]로 산출한다.

- [0018] [수학식 1]

- [0019] $W = L - (D_a + D_f)$

[0020] 그리고 본 발명에 따른 상기 시공 중인 콘크리트 슬래브 좌측의 두께(T_L)는 좌측 엣지부의 제2거리측정센서 위치부터 보조기층 표면까지의 거리(D_b)에서 좌측 휠패스부의 제3거리측정센서 위치부터 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면까지의 거리(D_c)를 제하는 아래의 [수학식 2]로 산출한다.

[0021] [수학식 2]

$$T_L = D_b - D_c$$

[0023] 또한, 본 발명에 따른 상기 시공 중인 콘크리트 슬래브 우측의 두께(T_R)는 우측 엣지부의 제5거리측정센서 위치부터 보조기층 표면까지의 거리(D_e)에서 우측 휠패스부의 제4거리측정센서 위치부터 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면까지의 거리(D_d)를 제하는 아래의 [수학식 3]으로 산출한다.

[0024] [수학식 3]

$$T_R = D_e - D_d$$

[0026] 본 발명에 따른 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법은 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치에 의해 측정된 프로파일에 포함된 거리측정센서 자체에서 발생된 이상치와 노이즈, 및 페이버 진동에 의한 노이즈를 제거하는 것으로, a)측정 영점 조정 및 거리측정센서들로 측정한 데이터를 수집하는 단계; b)수집된 데이터를 이용하여 중첩된 박스도표를 이용하여 이상치 제거하는 단계; c)이상치가 제거된 데이터를 이용하여 선형보간으로 보정하는 단계; d)보정된 데이터에 로우패스필터(low pass filter)를 적용하는 단계; e)X, Y 좌표를 이용한 이동거리 이상치 제거 및 선형보간하는 단계; f)로우패스필터 적용된 데이터에 GPS데이터 매칭하는 단계; g)GPS데이터가 매칭된 데이터를 이용하여 이동 평균 및 샘플링 간격 조정하는 단계; 및 h)콘크리트 슬래브의 프로파일 및 폭, 두께 산출하는 단계;를 포함한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법 및 측정된 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법에 의해 나타나는 효과는 다음과 같다.

[0029] 콘크리트 슬래브 시공 중 슈퍼 스무스와 타이닝기 사이에 위치하는 콘크리트 슬래브(거리측정센서들의 설치지점을 기준)의 좌, 우측 측면까지의 거리, 보조기층 표면까지의 거리, 포장의 표면까지의 거리를 프로파일로 측정하여 포장의 시공품질(폭, 두께, 평탄성)을 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치를 보인 예시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 센서브라켓을 보인 예시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 센서브라켓의 제1프레임 및 제3프레임의 다른 실시 예를 보인 예시도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 센서브라켓의 제1프레임 내지 제3프레임의 가동 예시를 보인 예시도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 센서브라켓의 제1프레임 내지 제3프레임의 실시 상태를 보인 예시도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치가 측정 대상을 예시한 예시도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 슬래브 평탄성 측정을 위한 쿼터 카(Quarter Car) 모델을 보인 예시도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법을 단계적으로 보인 블록도이

다.

도 9는 보정 전 프로파일 데이터를 그래프로 보인 것이다.

도 10은 중복된 Box-plot 보정방법을 보인 예시도이다.

도 11은 일반적인 Box-plot을 적용한 데이터와, 중첩된 Box-plot을 적용한 데이터를 보인 그래프이다.

도 12는 중복된 Box-plot을 적용한 보정 데이터와, 저역통과필터 보정에 의해 보정된 데이터를 보인 그래프이다.

도 13은 GPS 데이터 보정에 의해 보정된 데이터 보인 그래프이다.

도 14는 저역통과필터 보정 방법에 의해 보정된 데이터와, GPS 데이터를 매칭한 데이터를 보인 그래프이다.

도 15는 저역통과필터 보정에 의해 보정된 데이터와, GPS 데이터를 매칭한 데이터와 이동평균 및 샘플링 간격을 조정한 데이터를 보인 그래프이다.

도 16 및 도 17은 각각 위치(D_a , D_b , D_c , D_d , D_e , D_f)에서 측정된 프로파일 데이터를 활용하여 보정을 실시한 후, 각각의 연산을 통하여 실시간으로 산출된 도로 표면의 프로파일, 도로의 폭, 두께 산출하여 나타낸 데이터 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0033] 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시 예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들은 대체할 수 있는 균등한 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0034] 본 발명은 시공 중인 콘크리트 슬래브(거리측정센서들의 설치지점을 기준)의 좌, 우측 측면까지의 거리, 보조기층 표면까지의 거리, 포장의 표면까지의 거리를 프로파일로 측정하여 포장의 시공품질(폭, 두께, 평탄성)을 확인할 수 있는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법 및 측정된 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법에 관한 것으로, 도면을 참조하여 상세하게 살펴보면 다음과 같다.
- [0035] 먼저, 도 1을 참조한 콘크리트 슬래브의 시공장치는 콘크리트 포장 시공 시, 콘크리트를 혼합한 후 살포하여 콘크리트 슬래브를 시공하는 페이퍼(10)와, 상기 페이퍼(10)의 후방에서 상기 페이퍼(10)에 의해 시공된 콘크리트 슬래브의 표면을 평평하게 표면 처리하는 슈퍼 스무스(Super smooth: 20)와, 상기 슈퍼 스무스(20)의 후방에서 굳지 않은 콘크리트 슬래브를 긁어 흠을 형성하는 타이닝기(30)를 포함한다.
- [0036] 따라서 상기 콘크리트 슬래브의 시공장치는 상기 페이퍼(10)에 의해 콘크리트 슬래브가 시공되고, 상기 슈퍼 스무스(20)에 의해 시공된 콘크리트 슬래브의 표면을 평평하게 표면 처리되며, 상기 타이닝기(30)에 의해 굳지 않은 콘크리트 슬래브를 긁어 흠을 형성한다.
- [0037] 이때 본 발명의 일 실시 예에 따른 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치는 슈퍼 스무스(20)와 타이닝기(30) 사이에 배치되어, 거리측정센서들(111, 112, 121, 122, 211, 221)의 설치지점을 기준으로 콘크리트 슬래브의 좌, 우측 측면까지의 거리, 보조기층 표면까지의 거리, 포장의 표면까지의 거리를 프로파일로 측정하여, 콘크리트 슬래브의 폭, 두께, 평탄성을 확인하여 설계와 시공된 콘크리트 슬래브의 폭과 두께의 일치성, 그리고 도로의 평탄성을 확인할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 일 실시 예에 따른 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치는 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 장착되어, 슈퍼 스무스(20)와 타이닝기(30) 사이의 콘크리트 슬래브 좌, 우측 측면과 표면, 보조기층의 프로파일을 측정하는 것으로, 거리측정센서가 구비된 좌, 우측 엠티부(110, 120)와, 좌, 우측 휠패스부(210, 220)와, 제어박스(300)를 포함한다.
- [0039] 상기 좌, 우측 엠티부(110, 120)는 상기 콘크리트 슬래브 좌, 우 양측 모서리 바깥에 각각 구비되어, 상기 콘크

리트 슬래브의 좌, 우측 측면과 좌, 우측 보조기층 표면의 프로파일을 측정한다.

- [0040] 이때 상기 좌측 엠티부(110)는 제1거리측정센서(111)와, 제2거리측정센서(112)를 포함하는데, 상기 제1거리측정센서(111)와, 제2거리측정센서(112)는 레이저 거리측정센서로, 상기 제1거리측정센서(111)는 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 좌측 모서리 바깥에 배치되어, 해당 설치지점에서 상기 콘크리트 슬래브 좌측면까지의 거리를 측정한다.
- [0041] 여기서 상기 제1거리측정센서(111)는 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 장착되는 센서브라켓(400)에 고정되어, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 좌측 모서리 바깥에 배치된다.
- [0042] 상기 제2거리측정센서(112)는 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 좌측 모서리 바깥에 배치되어, 해당 설치지점에서 보조기층까지의 거리를 측정한다.
- [0043] 이때 상기 제2거리측정센서(112) 역시, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 장착되는 센서브라켓(400)에 고정되어, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 좌측 모서리 바깥에 배치된다.
- [0044] 상기 우측 엠티부(120)는 제5거리측정센서(121)와, 제6거리측정센서(122)를 포함하는데, 상기 제5거리측정센서(121)와, 제6거리측정센서(122) 역시 레이저 거리측정센서로, 상기 제5거리측정센서(121)는 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 우측 모서리 바깥에 배치되어, 해당 설치지점에서 보조기층까지의 거리를 측정한다.
- [0045] 이때 상기 제5거리측정센서(121) 역시, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 장착되는 센서브라켓(400)에 고정되어, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 우측 모서리 바깥에 배치된다.
- [0046] 상기 제6거리측정센서(122)는 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 우측 모서리 바깥에 배치되어, 해당 설치지점에서 상기 콘크리트 슬래브 우측면까지의 거리를 측정한다.
- [0047] 이때 상기 제6거리측정센서(122) 역시, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 장착되는 센서브라켓(400)에 고정되어, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 우측 모서리 바깥에 배치된다.
- [0048] 상기 좌, 우측 휠패스부(210, 220)는 상기 콘크리트 슬래브의 좌, 우 양측 휠 패스에 각각 구비되어, 상기 콘크리트 슬래브 좌, 우측 표면의 프로파일을 측정한다.
- [0049] 상기 좌측 휠패스부(210)는 제3거리측정센서(211)를 포함하는데, 상기 제3거리측정센서(211)는 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 상기 제2거리측정센서(112)와 우측방향으로 일정 거리 두고 배치되어, 해당 설치지점에서 콘크리트 슬래브 좌측 표면까지의 거리를 측정한다.
- [0050] 이때 상기 제3거리측정센서(211) 역시, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 장착되는 센서브라켓(400)에 고정되어, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 좌측 휠패스 부근에 배치된다.
- [0051] 상기 우측 휠패스부(220)는 제4거리측정센서(221)를 포함하는데, 상기 제4거리측정센서(221)는 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 상기 제3거리측정센서(211)와 우측방향으로 일정 거리 두고 배치되어, 해당 설치지점에서 콘크리트 슬래브 우측 표면까지의 거리를 측정한다.
- [0052] 이때 상기 제4거리측정센서(221) 역시, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 장착되는 센서브라켓(400)에 고정되어, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 우측 휠패스 부근에 배치된다.
- [0053] 상기 제어박스(300)는 GPS, 좌, 우측 엠티부(110, 120)와, 좌, 우측 휠패스부(210, 220) 각각에서 측정된 자료를 수집하여 저장하는 메모리를 수용한다.
- [0054] 상기 제어박스(300)는 좌, 우측 엠티부(110, 120)와, 좌, 우측 휠패스부(210, 220) 각각 구비된 상기 제1거리측정센서(111), 제2거리측정센서(112), 제3거리측정센서(211), 제4거리측정센서(221), 제5거리측정센서(121), 및 제6거리측정센서(122)와 데이터 통신이 가능하도록 전기적으로 연결되면서, 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 중 중앙에 배치되는 것이 바람직하다.
- [0055] 그리고 상기 제1거리측정센서(111), 제2거리측정센서(112), 제3거리측정센서(211), 제4거리측정센서(221), 제5거리측정센서(121), 및 제6거리측정센서(122)를 각각 고정하는 센서브라켓(400)은 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 장착되는 상기 제1거리측정센서(111) 내지 제6거리측정센서(122)들의 측정위치, 측정각도, 측정높이를 조정할 수 있다.
- [0056] 도 2 내지 도 5를 참조하여 상기 센서브라켓(400)을 보다 상세하게 살펴보면, 상기 센서브라켓(400)은 제1프레임(410)와, 제2프레임(420)와, 제3프레임(430)을 포함하는데, 상기 제1프레임(410)은 상기 타이닝기(30)의 메인

프레임(31)에 장착된다.

- [0057] 이때 상기 제1프레임(410)은 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31) 길이방향과 직교하는 수직방향으로 세워져 상기 타이닝기(30)의 메인프레임(31)에 축방향을 기준으로 회전하게 장착되어, 상기 거리측정센서들(111, 112, 211, 221, 121, 122)의 측정 위치를 조정 가능하도록 한다.
- [0058] 그리고 상기 제1프레임(410)의 해당 지점에는 결합공(411)을 형성하는데, 상기 결합공(411)은 상기 제1프레임(410)을 관통하는 관통공으로, 상기 제2프레임(420)의 일측단부가 관통하여 결합 된다.
- [0059] 여기서 상기 결합공(411)은 상기 제2프레임(420)의 설치 조건(설계 조건)에 따라 상기 제1프레임(410)의 길이 중 어느 한 지점에 형성될 수 있다.
- [0060] 또한, 상기 결합공(411)은 복수 개로 형성될 수 있는데, 복수 개의 결합공(411)은 해당 지점을 기준으로 상기 제1프레임(410)의 길이를 따라 일정한 간격으로 형성되어, 복수 개 결합공(411)에 의해 상기 제2프레임(420)의 결합 위치를 선택할 수 있다.
- [0061] 또한, 상기 결합공은 상기 제1프레임(410)의 길이방향으로 길이를 갖는 결합장공(412)을 형성하여, 상기 결합장공(412)의 길이 중 어느 한 부분에 상기 제2프레임(420)의 결합 위치를 선택할 수 있다.
- [0062] 그리고 상기 제2프레임(420)은 상기 제1프레임(410)의 결합공(411)에 결합되는 일측부(421)와 상기 일측부(421)의 끝단에서 회전 가능하게 연결된 타측부(422)로 구비되는데, 상기 제2프레임(420)의 일측부(421)와 타측부(422)는 서로 힌지(423)로 연결되어, 상기 타측부(422)가 힌지(423)를 축으로 하여 선택적으로 상하 방향으로 회전하여 상기 타측부(422)의 각도 조절이 가능하다.
- [0063] 또한, 상기 제2프레임(420)의 일측부(421)에는 외주면에 나사산을 형성하고, 나사산이 형성된 일측부(421)가 상기 결합공(411)에 삽입된 후 너트 등과 같은 체결수단이 체결되어, 상기 제2프레임(420)이 제1프레임(410)에 결합하게 된다.
- [0064] 상기 제3프레임(430)은 로드 형태로, 일측단에는 제1거리측정센서(111) 내지 제6거리측정센서(122) 중 어느 하나가 구비되고, 대향된 타측단은 상기 제2프레임(420)의 타측부(422) 끝단에 길이가 서로 직교하도록 결합된다.
- [0065] 이때 상기 제3프레임(430)은 선택적으로 길이가 신축 가능하도록, 다단으로 구성하는데,
- [0066] 일례로 상기 제3프레임(430)을 선단부와, 중단부와, 말단부로 구성하는데, 상기 선단부와, 중단부와, 말단부 모두 내부에 중공을 형성한 관체로, 상기 중단부의 외경은 상기 선단부의 내경보다 작게 형성하고, 상기 말단부의 외경은 상기 중단부의 내경보다 작게 형성하여, 상기 선단부의 중공에 상기 중단부가 삽입되어, 상기 중단부가 상기 선단부의 길이방향을 따라 이동 가능하고, 상기 중단부의 중공에 상기 말단부가 삽입되어, 상기 말단부가 상기 중단부의 길이방향을 따라 이동 가능하여, 상기 중단부 및 말단부의 이동으로 상기 제3프레임(430)의 길이가 신축한다.
- [0067] 여기서 상기 중단부 및 말단부의 이동을 단속하기 위해 상기 선단부와, 중단부와, 말단부를 각각 관통하는 관통홀 다수개를 일정한 간격으로 형성하여, 서로 중첩되는 관통홀에 볼트를 끼워 관통시킨 후 너트의 체결로 상기 중단부 및 말단부의 이동을 단속할 수 있다.(상기 제3프레임(430)의 길이 고정.)
- [0068] 따라서 본 발명의 일 실시 예에 따른 센서브라켓(400)은 상기 제1프레임(410)이 길이방향을 축으로 회전 가능하여 선택적으로 측정 위치의 조정이 가능하고, 상기 제2프레임(420)의 타측부가 힌지(423)를 축으로 회전 가능하여 선택적으로 측정 각도 조정이 가능하며, 상기 제3프레임(430)의 길이 신축으로 높이 조정이 가능하다.
- [0069] 본 발명의 일 실시 예에 따른 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정방법은 i)시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭을 측정하는 단계; ii)시공 중인 콘크리트 슬래브의 좌측의 두께를 측정하는 단계; iii)시공 중인 콘크리트 슬래브의 우측의 두께를 측정하는 단계; 및 iv)콘크리트 슬래브의 평탄성을 산출하는 단계;를 포함한다.
- [0070] 도 6을 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 시공 중인 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치를 이용하여 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정하는 과정을 살펴보면 다음과 같다.
- [0071] 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭(W)은 제1거리측정센서(111) 및 제6거리측정센서(122) 간의 거리(L)에서 제1거리측정센서(111) 및 제6거리측정센서(122)부터 포장 측면까지의 거리($D_a + D_f$)를 제하여 아래의 [수학식 1]과 같이 산출할 수 있다.

수학식 1

$$W=L-(D_a+D_f)$$

[0072]

그리고 슬래브 좌측의 두께(T_L)는 제2거리측정센서(112)의 위치부터 보조기층 표면까지의 거리(D_b)에서 제3거리측정센서(211)의 위치부터 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면까지의 거리(D_c)를 제하여 아래의 [수학식 2]와 같이 산출할 수 있다.

수학식 2

$$T_L=D_b-D_c$$

[0074]

반대편인 슬래브 우측의 두께(T_R)는 제5거리측정센서(121)의 위치부터 보조기층 표면까지의 거리(D_e)에서 제4거리측정센서(221)의 위치부터 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면까지의 거리(D_d)를 제하여 아래의 [수학식 3]과 같이 산출할 수 있다.

수학식 3

$$T_R=D_e-D_d$$

[0076]

따라서 상기한 과정에 의해 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭, 두께를 확인할 수 있다.

[0077]

그리고 콘크리트 슬래브의 평탄성을 측정은 크게 PrI(Profile Index) 방식과 IRI 방식으로 나뉘어진다.

[0078]

PrI는 7.6mm 프로파일미터로 측정한 결과를 이용해 평탄성의 물리적 의미의 요철높이를 이용해 계산하는 평탄성 지수이다.

[0079]

PrI의 계산은 측정된 노면의 프로파일에 상, 하 2.5mm 높이의 밴드를 구성한 후, 밴드를 넘어가는 상, 하의 모든 지점을 아래의 [수학식4]와 같이 합산하여 이동거리로 나눈 것이다.

[0080]

수학식 4

$$PrI=\frac{\sum(h_1+h_2+\cdots h_{n-1}+h_n)}{D}$$

[0081]

여기서, PrI 는 평탄성 지수(mm/km)이고, h_n 은 밴드를 넘는 불규칙한 높이(irregularity height out of band)이며, D 는 거리이다.

[0082]

도 7을 참조한 IRI는 요철 위를 달리는 표준 자동차(Golden Car)가 위아래로 흔들리는 정도를 지수화할 수 있는 것으로, 자동차가 흔들리는 정도는 쿼터 카(Quarter Car) 모델의 하중, 스프링 및 댐퍼를 파라미터로 결정된다.

[0083]

이를 수식으로 표현하면 아래의 [수학식5]와 같으며, 이 방정식의 해를 구해 아래의 [수학식6]과 같이 적분하면 해당 구간의 IRI를 계산할 수 있다.

[0084]

수학식 5

$$\begin{bmatrix} z'_s \\ z'_{s'} \\ z'_u \\ z'_{u'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -k_2 & -c & k_2 & c \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{k_2}{\mu} & \frac{c}{\mu} & -\frac{(k_1+k_2)}{\mu} & -\frac{c}{\mu} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_s \\ z'_{s'} \\ z_u \\ z'_{u'} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{k_1}{\mu} \end{bmatrix} [z_r]$$

[0085]

수학식 6

$$IRI = \frac{1}{n-1} \int_{i=2}^n |z'_s - z'_{u'}|_i$$

[0086]

[0087] 여기서, z^s 는 스프링 질량의 높이이고, z^u 는 스프링되지 않는 질량의 높이이며, k_2 는 두 질량 사이의 스프링 상수를 쿼터 카의 하중으로 나눈 값이고, c 는 스프링 질량의 댐퍼를 쿼터 카의 하중으로 나눈 값이며, k_1 은 타이어의 탄성을 쿼터카의 하중으로 나눈 값이고, μ 는 타이어 질량을 쿼터 카의 하중으로 나눈 값이며, Z_T 는 프로파일 높이, IRI 는 걸치기 지수이다.

[0088] 여기서 PrI는 요철의 물리적인 높이만을 고려한 반면, IRI는 도로 사용자가 느끼는 시공 중인 콘크리트 슬래브의 평탄성을 나타내는 지표이기 때문에 본 발명에서는 IRI를 시공 중인 콘크리트 슬래브의 평탄성으로 정의한다.

[0089] 시공 중인 콘크리트 슬래브 폭과 두께는 특정시점에서 시공 중인 콘크리트 슬래브의 표면과 측면 및 보조기층 표면과의 거리로 구할 수 있지만, 계속해서 포설되는 콘크리트 슬래브의 폭과 두께를 연속적으로 계산하기 위해서는 프로파일 형식의 연속된 거리를 측정해야 한다.

[0090] 한편, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 평탄성은 한 지점에서의 콘크리트 슬래브 표면과의 거리로 구할 수 없고, 여러 지점에서의 연속적인 거리가 필요하기 때문에 프로파일 형식으로 측정해야 한다.

[0091] 프로파일 형식으로 측정하기 위해서는 현재 측정지점의 위치를 알아야 하며, 시공품질 기준을 초과한 이상지점을 작업자에게 알리기 위해 마찬가지로 측정지점의 위치를 알아야 한다.

[0092] 따라서, 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면과 측면 및 보조기층 표면을 측정하는 동시에 GPS(Global Positioning System)을 통해 측정지점의 위치를 측정해야 하고, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭, 좌측의 두께, 우측의 두께와, GPS 위치 측정값으로 콘크리트 슬래브의 평탄성을 산출하여 프로파일을 얻을 수 있다.

[0093] 그리고 콘크리트 슬래브의 프로파일 측정장치에 의해 측정된 프로파일은 거리측정센서들(111, 112, 121, 122, 211, 221)의 자체 노이즈와, 이상치, 그리고 페이버(10)의 진동에 의한 노이즈를 포함한다.

[0094] 도 8을 참조한 본 발명의 일 실시 예에 따른 콘크리트 슬래브의 측정 프로파일 보정 방법은 진동을 모사하여 프로파일을 측정한 결과, 거리측정센서 자체에서 발생하는 이상치와 노이즈, 그리고 진동에 의한 노이즈가 발생하는 것을 확인하였으며, 이를 보정하기 위한 절차는 다음과 같다.

[0095] a)측정 영점 조정 및 거리측정센서들로 측정한 데이터를 수집하는 단계; b)수집된 데이터를 이용하여 중첩된 박스도표를 이용하여 이상치 제거하는 단계; c)이상치가 제거된 데이터를 이용하여 선형보간으로 보정하는 단계; d)보정된 데이터에 로우패스필터(low pass filter)를 적용하는 단계; e)X, Y 좌표를 이용한 이동거리 이상치 제거 및 선형보간하는 단계; f)로우패스필터 적용된 데이터에 GPS데이터 매칭하는 단계; g)GPS데이터가 매칭된 데이터를 이용하여 이동 평균 및 샘플링 간격 조정하는 단계; 및 h)콘크리트 슬래브의 프로파일 및 폭, 두께 산출하는 단계;를 포함한다.

[0096] 이때 프로파일 측정 데이터의 이상치 및 노이즈 제거 및 연산과정에서 도 8에서 보는 바와 같이 측정된 데이터

는 이상치 및 노이즈가 발생하는데, 이를 해결하기 위해 데이터 보정을 실시하고, 페이지 진동 및 센서 자체적으로 발생한 이상치의 경우, 중첩된 박스도표를 이용한 이상치 제거방법을 통하여 제거를 실시하며, 중첩된 박스도표를 이용한 이상치 제거 시, 노이즈는 LPF(low pass filter)을 활용하여 노이즈 제거하고, 측정된 프로파일 데이터의 경우, 프로파일(mm)-시간(hz)로 측정이 되어, GPS 데이터를 활용하여 프로파일(mm)-거리(mm)로 변경하여 데이터를 얻는다.

[0097] 그리고 보정된 프로파일의 경우, 시공 장비가 일정한 속도로 시공을 실시 할수 없어 계단형식의 데이터로 보정이 실시되어 이동평균을 적용하여 보정 후, 샘플링 간격을 25mm 조정하여 실시하고, 보정된 프로파일 데이터를 활용하여 실시간 도로의 프로파일, 폭, 두께 연산 실시한다.

[0098] 단계별로 보다 상세하게 살펴보면, 먼저 a)측정 영점 조정 및 거리측정센서들로 측정한 데이터를 수집(순서, 시간, 거리)하는 단계로, 초기 10초의 자료(100개의 자료)는 비교대상으로만 사용하고, 최종적으로 보정된 데이터에서는 제외하기로 결정하는데, 즉 10.0초 시점에서의 측정자료(D101 ; 101번째 측정자료)를 초기자료로 설정하여 영점을 조정한다.

[0099] 그리고 상기 제1거리측정센서(111) 내지 제6거리측정센서(122)를 이용하여, 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭(W), 슬래브 좌측의 두께(T_L), 슬래브 우측의 두께(T_R) 등을 측정한다.

[0100] 도 6을 참조하여 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭(W)은 제1거리측정센서(111) 및 제6거리측정센서(122) 간의 거리(L)에서 제1거리측정센서(111) 및 제6거리측정센서(122)부터 포장 측면까지의 거리(D_a+D_f)를 제하여 산출할 수 있고, 슬래브 좌측의 두께(T_L)는 제2거리측정센서(112)의 위치부터 보조기층 표면까지의 거리(D_b)에서 제3거리측정센서(211)의 위치부터 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면까지의 거리(D_c)를 제하여 산출할 수 있으며, 반대편인 슬래브 우측의 두께(T_R)는 제5거리측정센서(121)의 위치부터 보조기층 표면까지의 거리(D_e)에서 제4거리측정센서(221)의 위치부터 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면까지의 거리(D_d)를 제하여 산출할 수 있다.

[0101] 따라서 상기한 과정에 의해 시공 중인 콘크리트 슬래브의 폭, 두께를 산출할 수 있다.

[0102] 상기한 시공 중인 콘크리트 슬래브의 평탄성은 한 지점에서의 콘크리트 슬래브 표면 여러 지점에서의 연속적인 거리가 필요하기 때문에 프로파일 형식으로 측정해야 하는데, 시공 중인 콘크리트 슬래브 표면과 측면 및 보조기층 표면을 측정하는 동시에 실시되는 GPS(Global Positioning System)을 통해 얻어진 측정지점의 위치로 평탄성을 산출하여 도 9에 보인 바와 같이 보정 전 프로파일 데이터를 얻을 수 있다.

[0103] 다음은 b)수집된 데이터를 이용하여 중첩된 박스도표를 이용하여 이상치 제거하는 단계로, 이상치를 제거하는 대표적인 방법은 박스도표를 이용한 이상치 제거방법이 있는데, 이 방법은 도 10에 보는 바와 같이 자료를 오름차순으로 정렬한 후, 백분위로 25%에 해당하는 값과 75%에 해당하는 값을 각각 1사분위수와 3사분위수로 정의한다.

[0104] 아래의 [수학식 7]과 같이 1사분위수와 3사분위수의 차는 IQR(Interquartile range)로 정의되며, [수학식 8]과 같이 1사분위수에서 $1.5 \times IQR$ 만큼 제한 값은 하한값, [수학식 9]와 같이 3사분위수에서 $1.5 \times IQR$ 만큼 더한 값을 상한값으로 정의된다.

수학식 7

$$IQR=Q3-Q1$$

수학식 8

$$L=Q1-1.5IQR$$

수학식 9

$$U=Q3+1.5IQR$$

[0107]

[0108]

[0109]

[0110]

[0111]

[0112]

[0113]

[0114]

[0115]

[0116]

[0117]

[0118]

[0119]

[0120]

[0121]

[0122]

[0123]

여기서, IQR은 사분위수 범위이고, Q3는 3사분위수이며, Q1은 1사분위수이고, L은 하한값이며, U는 상한값이다.

이때, 하한값과 상한값이 정상적인 자료가 속한 범위이며, 이를 벗어나면 이상치로 판단하여 제거한다.

하지만, 측정된 전체자료에 대해 박스도표 이상치 제거방법을 적용하면, 이상치 뿐만 아니라 요철까지 제거될 수 있다.

따라서, 도 10 및 11에 나타난 바와 같이 요철은 제거하지 않으면서 이상치만 제거하기 위해 박스도표 이상치 제거방법을 중첩하는 것이 바람직하고, 이상치 데이터는 박스도표(Box-plot)를 이용한 이상치 제거방법 적용하는데, 전체 데이터를 한번에 적용할 시, 이상치 뿐만 아니라 실제 요철도 제거가 되는데, 이를 해결하고자 데이터를 구간별로 묶음(X), 중첩(Y)하여 제거하는 것이 바람직하다.

시행착오법을 통해 $X = 25$, $Y = 1$ 로 결정하고, 이를 적용하여 값을 보정하며 이상치로 인하여 제거된 데이터는 선형보간을 실시한다.

영점으로 조정된 자료인 101번째 자료(D101)의 이상치 여부를 판단하기 위한 절차는 다음과 같다.

*이전 x개 자료를 한 개의 그룹으로 묶어 G101으로 정의하고, D101부터 이전 x개 자료를 한 개의 그룹으로 묶어 G102로 정의한다. 이를 x번 반복한다.

*각 그룹에 대해 박스도표 이상치 제거방법을 적용하여 D101 자료의 이상치 여부를 판단한다.

*D101 자료가 y번 이상 이상치로 판단되었으면 이상치로 최종 판단하며, 그렇지 않을 경우 정상적인 자료로 판단한다.

이를 D101이후의 각 자료에 대해서 동일하게 적용하면, 모든 자료에 대해 이상치 여부를 판단할 수 있다.

이때, 몇 개의 자료를 한 개의 그룹으로 묶을지 결정하는 변수인 x는 너무 크면 박스도표가 적용되는 범위가 너무 커서 전체에 적용하는 것과 유사한 결과가 나와 요철까지 이상치로 판단될 수 있고, 반대로 x가 너무 작으면, 요철이 시작되는 지점의 자료 및 끝나는 지점의 자료가 이상치로 결정될 가능성이 높다.

한편, 최종 이상치 여부를 판단하기 위한 기준치인 y가 너무 크면, 박스도표가 적용되는 범위 내에 이상치가 복수로 존재할 경우, 박스도표의 하한치와 상한치의 범위가 커져, 실제 이상치가 제거되지 않을 가능성이 있다.

반대로, y가 너무 작으면, 요철이 시작되는 측정값 및 끝나는 측정값이 이상치로 결정될 가능성이 높다.

상기와 같이 박스도표 이상치 제거방법을 중첩으로 적용하여 요철은 제거하지 않으면서, 이상치만 제거하기 위해 시행착오 방법을 통해 최적의 x값과 y값을 각각 25과 1로 정의할 수 있다.

다음은 c)이상치가 제거된 데이터를 이용하여 선형보간으로 보정하는 단계로, 이상치가 제거되어 공란이 된 자료는 최인접 자료를 이용해 선형 보간법을 적용한 데이터를 생성한다.

중첩된 박스도표 이상치 제거방법으로 제거된 이상치로 인해 측정값에 빈값(blank)이 형성되기 때문에 빈값을 채우기 위해 최인접 자료를 활용한 선형보간법을 아래의 [수학식 10]과 같이 적용한다.

수학식 10

$$DI_n = DNP_n + \frac{PN_n \times (DNN_n - DNP_n)}{PNN_n}$$

[0124]

[0125]

여기서, DI_n 은 보간된 데이터이고, DNP_n 은 이전 정상 데이터이며, PN_n 은 이전 일반 데이터에서 보간 데이터까지의 데이터 수이고, DNN_n 은 다음 일반 데이터이며, PNN_n 은 이전 일반 데이터에서 다음 일반 데이터까지의 데이터 수이고,

터까지의 데이터 수이다.

- [0126] 선형 보간된 자료는 해당 자료 이전의 가장 가까운 정상자료, 선형 보간된 자료 이후의 가장 가까운 정상자료, 그리고 이들 사이의 자료 갯수에 의해 계산되며, 모든 빈값이 선형 보간된 자료로 채워지면, 다음 보정방법의 적용을 위해 모든 정상자료도 DI_n 으로 정의할수 있다.
- [0127] 다음은 d)보정된 데이터에 로우패스필터(low pass filter: LPF)를 적용하는 단계로, 진동 및 거리측정센서에 의한 노이즈를 로우패스필터로 제거한다.
- [0128] 중첩된 박스도표 이상치 제거방법과 선형보간법을 적용하여 보정된 프로파일에는 여전히 일부 낮은 이상치들이 남아 있었으며, 센서 및 진동에 의한 노이즈 또한 남아 있다.
- [0129] 따라서, 로우패스필터 방법을 적용하여 이들을 제거하였는데, 로우패스필터 방법은 차단주파수보다 작은 대역의 자료만을 통과시키는 필터링 방법으로 아래의 [수학식 11]과 같이 적용된다.
- [0130] 시정수(τ : Time constant)는 차단주파수의 역수로 센서 및 진동에 의한 노이즈가 10Hz 이상이기 때문에 이의 역수인 0.1로 적용한다.

수학식 11

$$DF_n = \frac{\tau}{\tau+0.1} DI_{n-1} + \frac{0.1}{\tau+0.1} DI_n$$

[0131]

- [0132] 여기서, DF_n 은 필터링된 데이터이고, τ 는 시정수이며, DI_n 은 보간된 데이터이다.
- [0133] 시정수로 0.1을 적용한 로우패스필터에 의해 보정된 프로파일은 도 12에 보는 바와 같다.
- [0134] 다음은 e)X, Y 좌표를 이용한 이동거리 이상치 제거 및 선형보간하는 단계로, 여기서 GPS데이터 보정 실시되는 데, 상기 GPS데이터 보정은 프로파일 데이터의 측정 위치 및 거리를 알기 위해 GPS를 장착하여 페이버 이동거리를 확인하고, 이동거리 데이터의 경우, 페이버 속도가 일정하지 않으며 작업 속도가 측정 속도에 비하여 느려 같은 위치를 계속 측정하게 된다.
- [0135] 따라서 도 13과 같이 이동거리 데이터는 계단식 데이터로 측정되며, 이는 이상치가 존재하는 것으로 확인되므로, 변경되는 첫 지점을 기점으로 뒤 데이터는 동일하게 이상치 제거 실시하는데, 변경되는 중간지점을 기점으로 선형보간 실시하여 10hz당 이동거리를 구한다.
- [0136] 다음은 f)로우패스필터 적용된 데이터에 GPS데이터 매칭하는 단계로, 데이터 매칭은 도 14에 보는 바와 같이 측정된 프로파일 데이터의 경우, 측정시간(10Hz)-프로파일(mm)으로 표현되어 실시간 측정 위치를 확인할 수 없다.
- [0137] 이때 GPS: 측정시간(10Hz)-시공거리(mm), 프로파일 데이터: 측정시간(10Hz)-프로파일(mm)로, 측정 프로파일 데이터와 GPS 데이터의 경우, 같은 10Hz로 측정이 실시되어 1:1 매칭 가능하다.
- [0138] 따라서 시공거리(mm)-프로파일(mm)로 변경 가능하다.
- [0139] 다음은 g)GPS데이터가 매칭된 데이터를 이용하여 이동 평균 및 샘플링 간격 조정하는 단계로, 페이버의 속도가 완벽하게 일정하지 않고, 레이저 센서가 경사면에서 한 점의 고도가 아닌, 작은 영역에서의 고도를 구하기 때문에 발생한 것으로, 이를 해결하기 위하여 이동평균 및 샘플링 간격 조정 실행한다.
- [0140] 이때 이동평균은 1500개 데이터를 활용하여 실시 후 25mm 간격으로 샘플링 간격 조정을 실시한다.
- [0141] 가중이동평균법은 샘플링 간격인 25mm에 해당하는 자료를 기준으로, 아래의 [수학식 12]와 같이 적용한다.

수학식 12

$$MA = \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{P_{d-1}}{1500} \right)$$

[0142]

[0143] 여기서, MA 은 샘플링 간격을 25mm로 조정한 가중이동평균 데이터이다.

[0144] 따라서 도 15와 같은 GPS 데이터와 매칭을 실시한 데이터를 얻을 수 있다.

[0145] 다음은 h)콘크리트 슬래브의 프로파일 및 폭, 두께 산출하는 단계로, 각각 위치(D_a , D_b , D_c , D_d , D_e , D_f)에서 측정된 프로파일 데이터를 활용하여 상기한 보정을 실시한 후, 각각의 연산을 통하여 실시간으로 도로 표면의 프로파일, 도로의 폭, 두께 산출할 수 있다.

[0146] 이때 D_a 내지 D_f 각 지점에 배치된 제1거리측정센서 내지 제6거리측정센서를 통해 거리가 측정되고, D_b , D_c = 콘크리트 슬래브의 좌측두께, $D_e - D_a$ = 콘크리트 슬래브의 우측두께, L-(D_a , D_f)= 콘크리트 슬래브의 폭, D_c , D_d 콘크리트 슬래브의 프로파일이 측정된다.

[0147] 도 16 및 도 17은 각각 위치(D_a , D_b , D_c , D_d , D_e , D_f)에서 측정된 프로파일 데이터를 활용하여 보정을 실시한 후, 각각의 연산을 통하여 실시간으로 산출된 도로 표면의 프로파일, 도로의 폭, 두께 산출하여 나타낸 데이터 그래프이다.

[0148] 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

[0150]

10: 페이퍼 20: 슈퍼 스무스

30: 타이닝기 31: 메인프레임

110: 좌측 엡지부 111: 제1거리측정센서

112: 제2거리측정센서 120: 우측 엡지부

121: 제5거리측정센서 122: 제6거리측정센서

210: 좌측 휠패스부 211: 제3거리측정센서

220: 우측 휠패스부 221: 제4거리측정센서

300: 제어박스 400: 센서브라켓

410: 제1프레임 411: 결합공

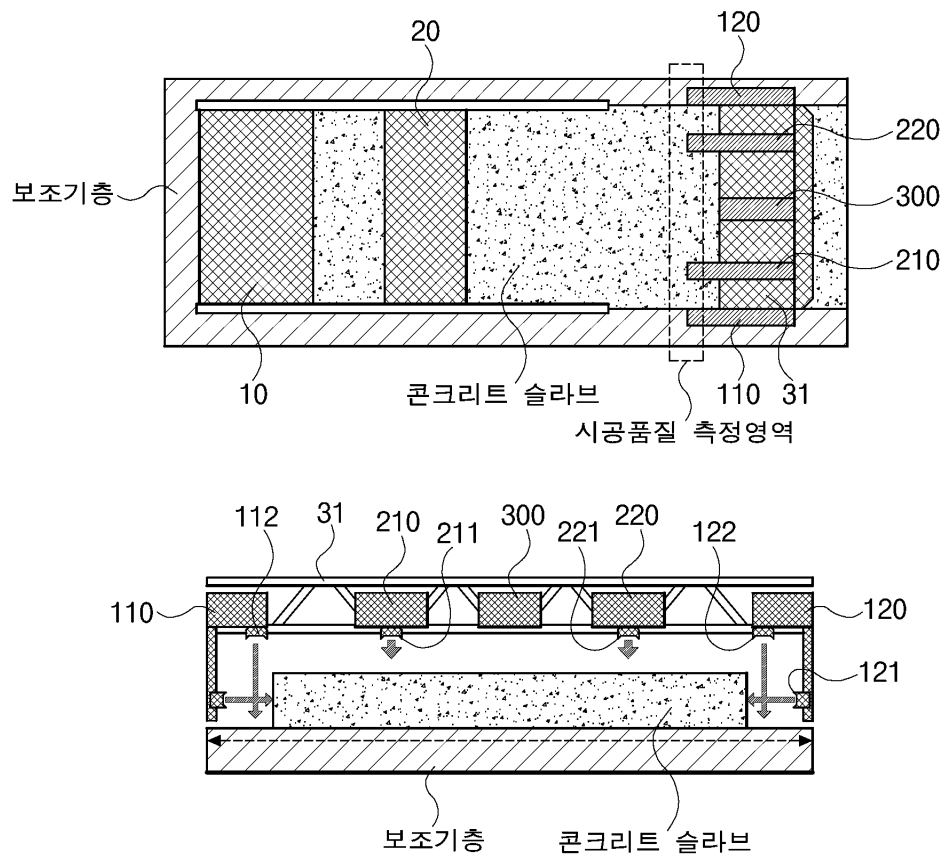
412: 결합장공 420: 제2프레임

421: 일측부 422: 타측부

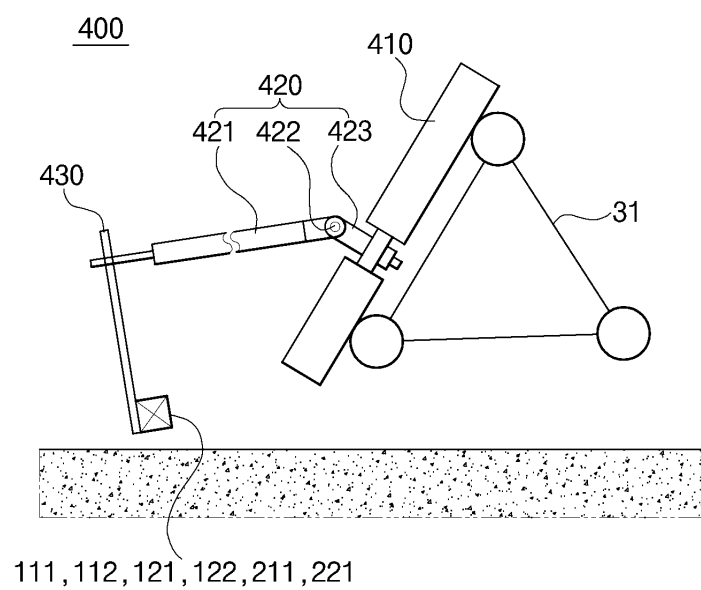
423: 힌지 430: 제3프레임

도면

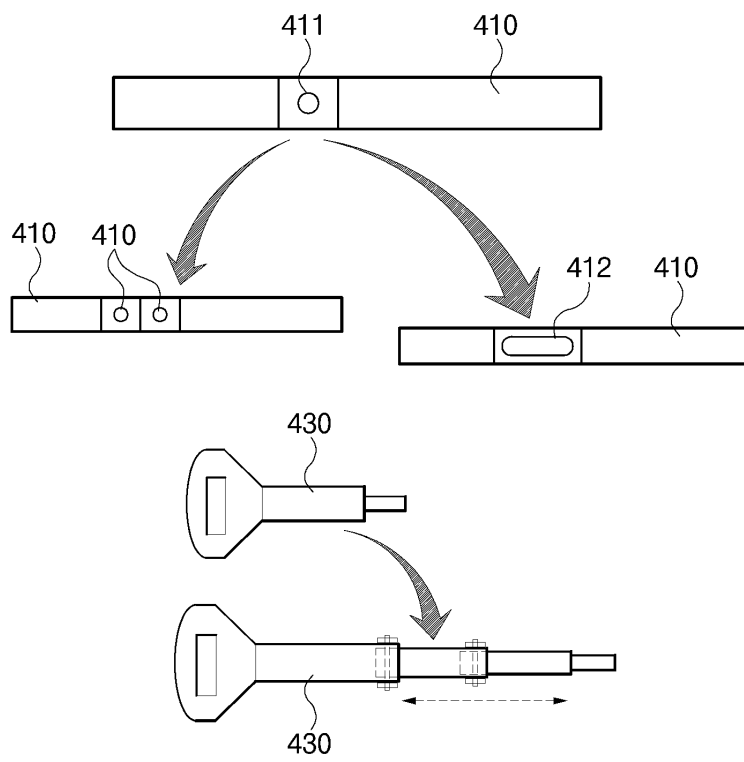
도면1



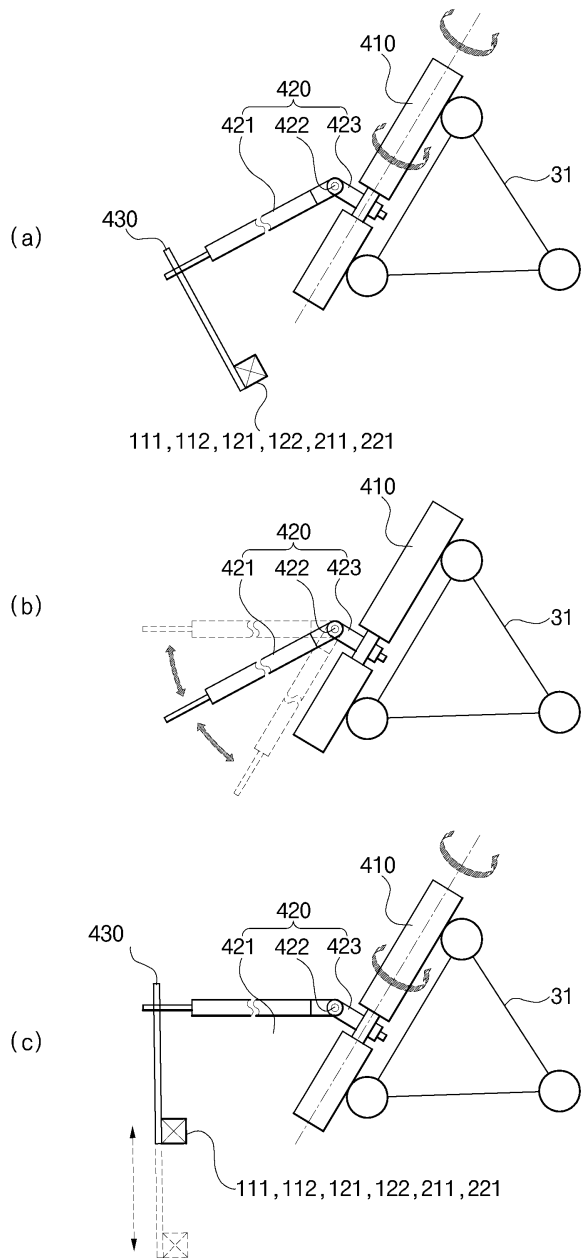
도면2



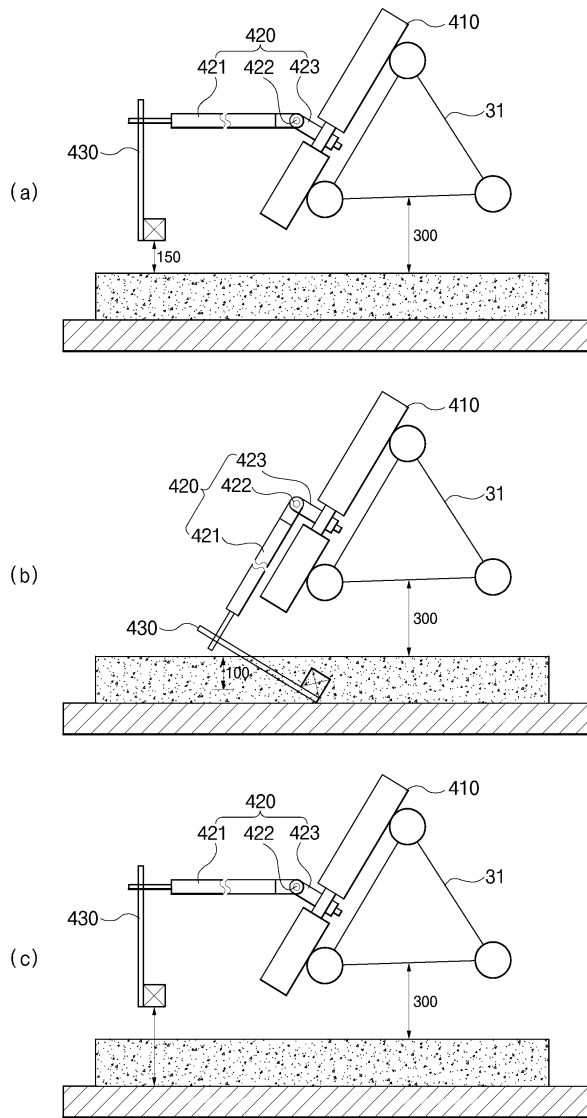
도면3



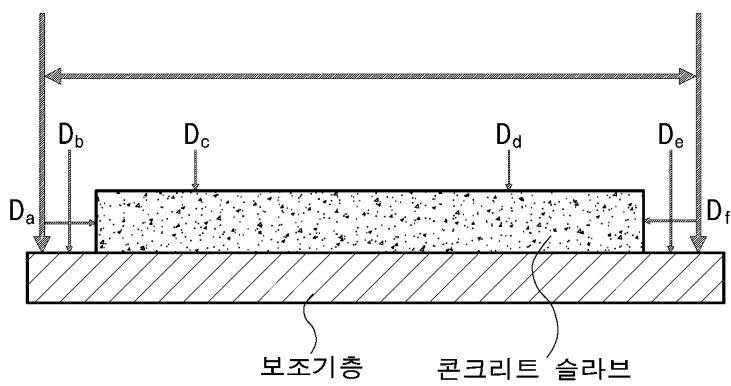
도면4



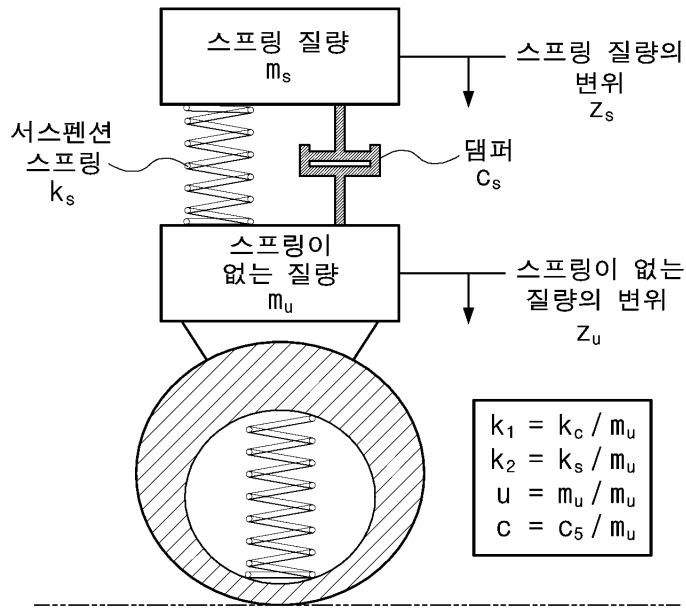
도면5



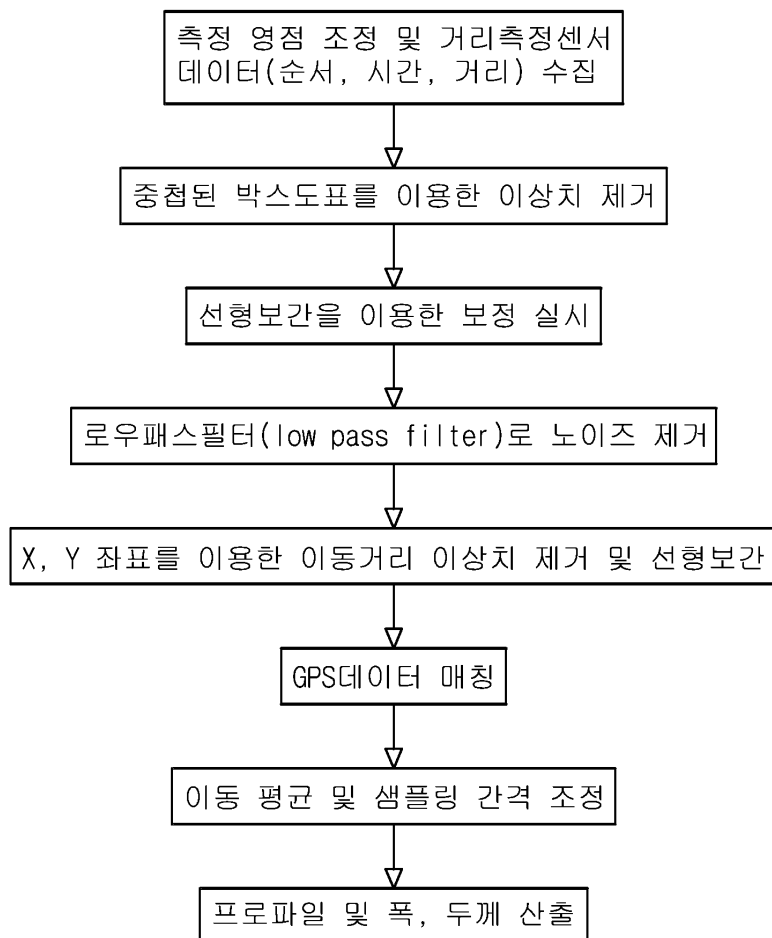
도면6



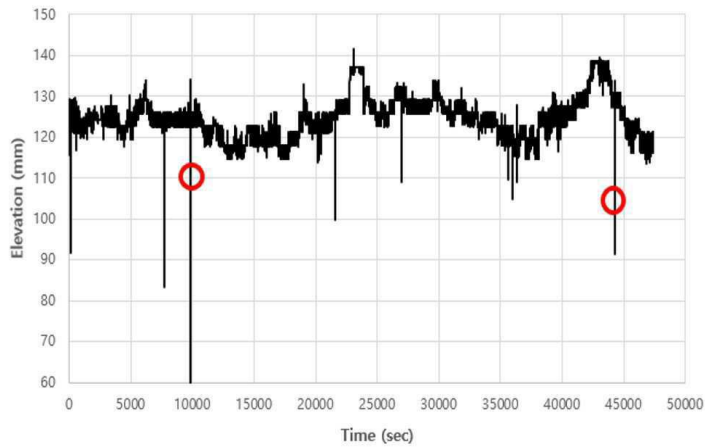
도면7



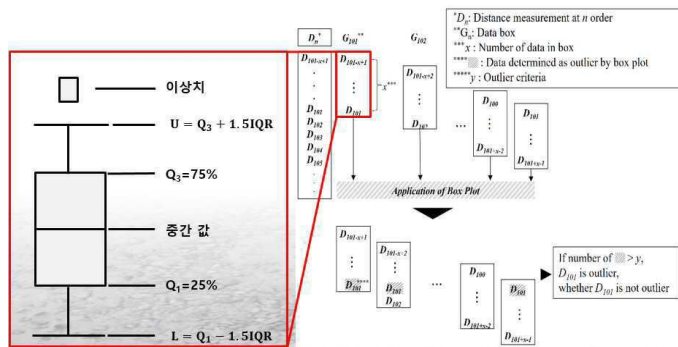
도면8



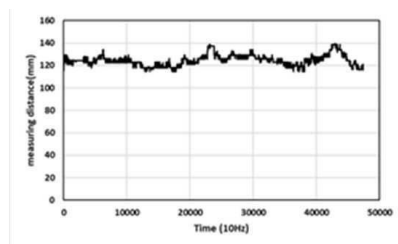
도면9



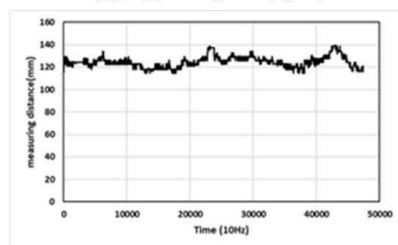
도면10



도면11

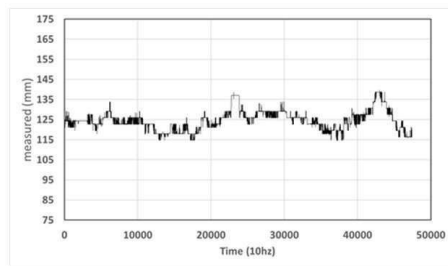


<일반적인 Box-plot 적용 시>

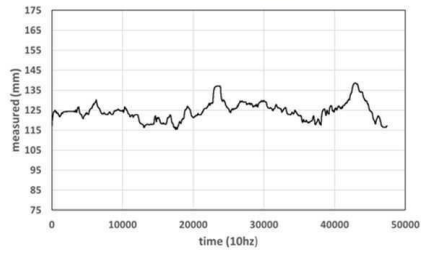


<중첩된 Box-plot 적용 시>

도면12



<중복된 Box-plot 보정방법>

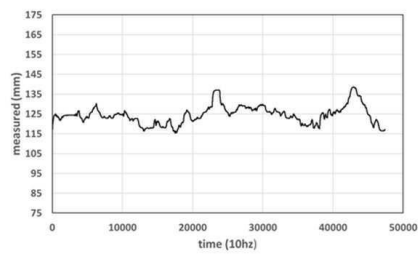


<저역통과필터(LPF) 보정방법 >

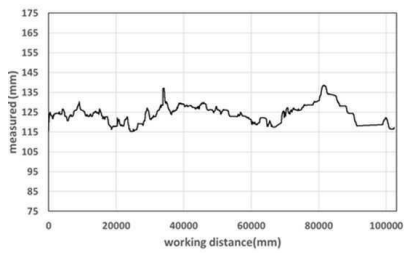
도면13



도면14

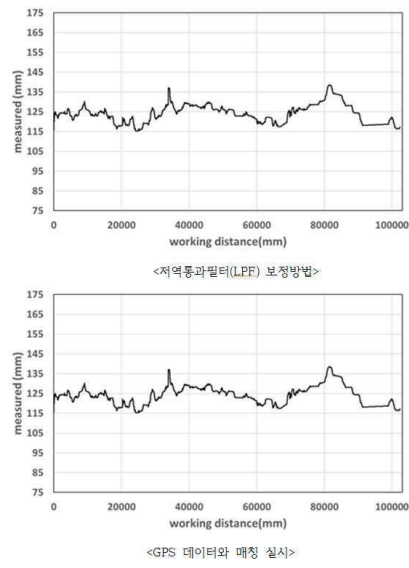


<저역통과필터(LPF) 보정방법>

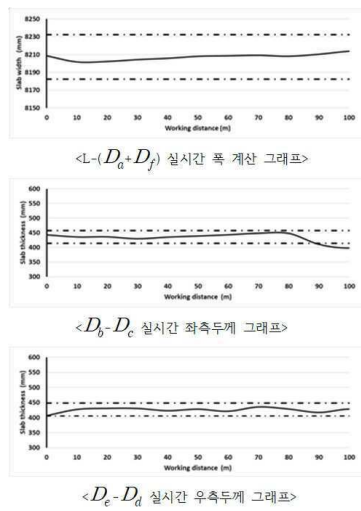


<GPS 데이터와 매칭 실시>

도면15



도면16



도면17

