



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0069737
(43) 공개일자 2019년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E01C 23/07 (2006.01) G01B 11/30 (2006.01)
G01H 17/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
E01C 23/07 (2013.01)
G01B 11/303 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0169945
(22) 출원일자 2017년12월12일
심사청구일자 2017년12월12일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이현중
서울특별시 송파구 올림픽로 135, 236동 302호 (잠실동, 리센즈)
줄리우스 플로레스
서울특별시 광진구 능동로 209, 율곡관 702A호 (군자동, 세종대학교)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

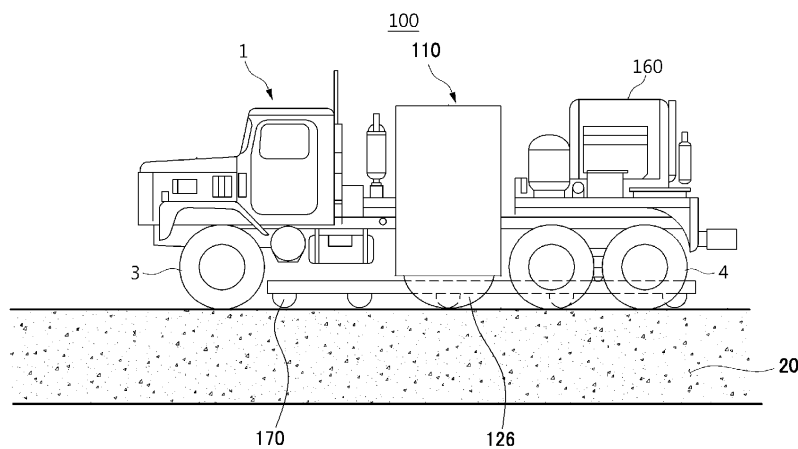
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 이동식 동적하중 재하장치 및 이를 이용한 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 이동식 동적하중 재하장치는 주행 차량, 상기 주행 차량에 구비되어 아스팔트 도로에 동적하중 또는 정적하중을 가하는 하중롤러, 상기 주행 차량에 구비되어 응답신호를 감지하는 복수의 센서부, 및 상기 하중롤러 및 센서부의 동작을 제어하여 상기 응답신호로부터 아스팔트 도로 포장 상태를 측정하는 측정부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01H 17/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615009201

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 교통물류연구사업

연구과제명 도로함몰 위험도 평가 및 분석기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교산학협력단

연구기간 2015.07.14 ~ 2019.05.13

명세서

청구범위

청구항 1

이동식 동적하중 재하장치를 이용한 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법에 있어서,

- (a) 상기 이동식 동적하중 재하장치를 이용하여 측정 대상 아스팔트 도로에 대하여 인가한 정적하중 및 동적하중에 대한 응답을 수신하는 단계;
- (b) 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 추정하고, 추정 탄성계수에 기초하여 추정 강성을 산출하는 단계;
- (c) 상기 수신한 응답에 기초하여 측정 대상 아스팔트 도로의 공진주파수와 감쇠비를 산출하는 단계;
- (d) 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 동적하중의 가진주파수와 상기 산출된 공진주파수 및 감쇠비에 기초하여 동적증폭계수를 산출하는 단계;
- (e) 미리 설정된 운동방정식에 상기 산출된 동적증폭계수, 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 하중 및 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 강성을 입력하여 추정 처짐 프로파일을 산출하는 단계;
- (f) 상기 이동식 동적하중 재하장치에 배치된 하나 이상의 센서부에서 수집된 값에 기초하여 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 처짐 프로파일을 측정하는 단계;
- (g) 상기 산출된 추정 처짐 프로파일과 상기 측정 대상 아스팔트 도로로부터 측정된 처짐 프로파일을 비교하는 단계; 및
- (h) 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 결정하는 단계를 포함하는 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

- (i) 상기 (e) 단계에서 산출한 추정 처짐 프로파일과 (f) 단계에서 측정된 처짐 프로파일이 불일치할 경우, 상기 (b) 단계의 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 탄성계수를 변경하여 추정 강성을 재산출하고, 상기 재산출된 추정 강성에 기초하여 상기 (e) 단계를 재수행하는 단계를 더 포함하는 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 추정 처짐 프로파일은

상기 산출된 동적증폭계수에 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 하중을 곱하고, 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 강성을 나누어 산출하는 것인 도로 포장 상태 측정 방법.

청구항 4

이동식 동적하중 재하장치에 있어서,

주행 차량,

상기 주행 차량에 구비되어 아스팔트 도로에 동적하중 또는 정적하중을 가하는 하중물리를 포함하는 하중 인가부,

상기 주행 차량에 구비되어 응답신호를 감지하는 복수의 센서부, 및

상기 하중물리 및 센서부의 동작을 제어하여 상기 응답신호로부터 아스팔트 도로 포장 상태를 측정하는 측정부를 포함하되,

상기 측정부는

아스팔트 도로 포장 상태 측정 프로그램이 저장된 메모리,

데이터 입출력을 수행하는 데이터 입출력 모듈 및

프로세서를 포함하되,

상기 아스팔트 도로 포장 상태 측정 프로그램은 상기 프로세서에 의하여 구동되어, 상기 이동식 동적하중 재하장치를 이용하여 측정 대상 아스팔트 도로에 대하여 인가한 정적하중 및 동적하중에 대한 응답을 수신하는 단계, 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 추정하고, 추정 탄성계수에 기초하여 추정 강성을 산출하는 단계, 상기 수신한 응답에 기초하여 측정 대상 아스팔트 도로의 공진주파수와 감쇠비를 산출하는 단계, 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 동적하중의 가진주파수와 상기 산출된 공진주파수 및 감쇠비에 기초하여 동적증폭계수를 산출하는 단계, 미리 설정된 운동방정식에 상기 산출된 동적증폭계수, 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 하중 및 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 강성을 입력하여 상기 추정 처짐 프로파일을 산출하라는 단계, 상기 이동식 동적하중 재하장치에 배치된 하나 이상의 센서부에서 수집된 값에 기초하여 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 처짐 프로파일을 측정하는 단계, 상기 산출된 추정 처짐 프로파일과 상기 측정 대상 아스팔트 도로로부터 측정된 처짐 프로파일을 비교하는 단계, 및 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 결정하는 단계를 수행하는 것인 이동식 동적하중 재하장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 아스팔트 도로 포장 상태 측정 프로그램은 상기 산출한 처짐 프로파일과 상기 측정된 처짐 프로파일이 불일치할 경우, 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 탄성계수를 변경하여 추정 강성을 재산출하고, 상기 재산출된 추정 강성에 기초하여 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 처짐 프로파일을 산출하는 단계를 재수행하는 단계를 더 수행하는 이동식 동적하중 재하장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 하중 인가부는

유압 펌핑부,

상기 유압 펌핑부의 유압을 전달 받는 유압액츄에이터,

상기 유압액츄에이터의 내부에 상하 방향으로 형성되고, 아스팔트 도로를 가압하는 유압로드,

유압로드의 하단에 위치하는 에어스프링,

에어스프링의 하부에 위치하는 지지부;

지지부에 의해 가압되도록 지지부의 하부에 위치하는 가압부재, 및

가압부재에 회전 가능하게 구비되는 하중롤러를 포함하는 것인 이동식 동적하중 재하장치.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 하중롤러를 통해 상기 측정 대상 아스팔트 도로에 동적하중을 가한 후, 상기 처짐 프로파일을 측정하는 것인 이동식 동적하중 재하장치.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 센서부는 아스팔트 도로에 접촉된 상태로 아스팔트 도로의 변위를 측정하는 지오폰 센서인 것인 이동식 동적하중 재하장치.

청구항 9

제4항에 있어서,

상기 센서부는 아스팔트 도로를 향해 레이저를 발사하고 반사되어 오는 레이저를 분석하여 아스팔트 도로의 변위를 측정하는 레이저 변위기인 것인 이동식 동적하중 재하장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이동식 동적하중 재하장치 및 이를 이용한 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 국내 도로포장두께 설계는 미국에서 개발된 AASHTO 설계법, 일본에서 사용하고 있는 TA설계법 등을 주로 사용하고 있다. 그러나, 이들 설계법은 각국의 기준에 맞춰 개발됐기 때문에 우리나라 실정에 잘 맞지 않아 설계수명이 실제 도로수명과 차이를 보이고 있다. 특히 동결깊이의 결정에 있어 기온자료를 분석해 만든 동결지수를 근간으로 해 동결지수와 동결깊이의 상관관계식으로부터 동결깊이를 산정하고 있다.

[0003] 우리나라는 겨울철 시베리아기단의 영향으로 한랭한 북서풍이 불기 때문에 지역별 기온차가 매우 크며 봄철에는 그 영향이 약해져 기온이 상승한다. 동토지역의 지역적 기후 조건 특성으로 국내 도로분야에서는 동결융해(Freezing and thawing)로 인한 피해를 줄이기 위해 도로포장구조를 설계할 때 노상이 동결하는 것을 방지하기 위해 동상방지층(Anti-freezing layer)을 노상 위에 별도로 설치하도록 하고 있다.

[0004] 그러나, 아스팔트 도로는 다양한 재료와 단면으로 구성된 구조물이기 때문에 계절적 및 재료 물성 특성뿐만 아니라 포장체 각 층의 구조적 적정성 또는 지지력 정도를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다.

[0005] 비파괴 방식에 의해 아스팔트 도로 포장의 구조적인 능력을 측정할 수 있는 가장 효율적인 장비인 비파괴 포장 표면 처짐 시험기 (Falling Weight Deflectometer; FWD)는 현재 한국도로공사와 한국건설기술연구원 등이 보유하고 있다..

[0006] 기존의 비파괴 포장표면 처짐 시험기 (Falling Weight Deflectometer; FWD)는 장비의 정적 테스트의 한계로 인해 효과적인 아스팔트 도로 관리 시스템의 구축이 어렵다는 한계가 있다.

[0007] 또한, 검사 대상 도로를 주행하면서 아스팔트 도로 상태를 조사하는 주행식 장비도 있으나, 이러한 기존의 주행식 장비는 주행 속도가 3 km/hr 정도로서 도로 검사이 교통 정체를 유발하는 등의 문제가 있다.

[0008] 이러한 현황 하에서, 유지 운용 비용이 저렴하고 교통 체증을 유발하지 않으며 도로의 정확하게 탐지할 수 있는 기술이 필요한 실정이다.

[0009] 이와 관련하여, 대한민국공개특허 제10-2017-0115274호(발명의 명칭 : 이동식 도로 지지력 평가장치)에서는 주행 차량에 구비되어 지면에 동적하중을 가하고, 동적하중에 대한 지지면의 반발 물리량을 측정하여, 지면의 하부상태를 탐지하는 기술이 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 일 실시예는 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 측정 대상 아스팔트 도로를 주행하면서 동적하중을 가하고, 아스팔트 도로의 포장 상태를 평가할 수 있는 이동식 동적하중 재하장치 및 이를 이용한 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법을 제공하고자 한다.

[0011] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법은, 상기 이동식 동적하중 재하장치를 이용하여 측정 대상 아스팔트 도로에 대하여 인가한 정적하중

및 동적하중에 대한 응답을 수신하는 단계; 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 추정하고, 추정 탄성계수에 기초하여 추정 강성을 산출하는 단계; 상기 수신한 응답에 기초하여 측정 대상 아스팔트 도로의 공진주파수와 감쇠비를 산출하는 단계; 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 동적하중의 가진주파수와 상기 산출된 공진주파수 및 감쇠비에 기초하여 동적증폭계수를 산출하는 단계; 미리 설정된 운동방정식에 상기 산출된 동적증폭계수, 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 하중 및 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 강성을 입력하여 추정 처짐 프로파일을 산출하는 단계; 상기 이동식 동적하중 재하장치에 배치된 하나 이상의 센서부에서 수집된 값에 기초하여 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 처짐 프로파일을 측정하는 단계; 상기 산출된 추정 처짐 프로파일과 상기 측정 대상 아스팔트 도로로부터 측정된 처짐 프로파일을 비교하는 단계; 및 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 결정하는 단계를 포함한다.

[0013] 본 발명의 다른 측면에 따른 이동식 동적하중 재하장치는 주행 차량, 상기 주행 차량에 구비되어 아스팔트 도로에 동적하중 또는 정적하중을 가하는 하중물러를 포함하는 하중 인가부, 상기 주행 차량에 구비되어 응답신호를 감지하는 복수의 센서부, 및 상기 하중물러 및 센서부의 동작을 제어하여 상기 응답신호로부터 아스팔트 도로 포장 상태를 측정하는 측정부를 포함하되, 상기 측정부는 아스팔트 도로 포장 상태 측정 프로그램이 저장된 메모리, 데이터 입출력을 수행하는 데이터 입출력 모듈 및 프로세서를 포함하되, 상기 아스팔트 도로 포장 상태 측정 프로그램은 상기 프로세서에 의하여 구동되어, 상기 이동식 동적하중 재하장치를 이용하여 측정 대상 아스팔트 도로에 대하여 인가한 정적하중 및 동적하중에 대한 응답을 수신하는 단계, 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 추정하고, 추정 탄성계수에 기초하여 추정 강성을 산출하는 단계, 상기 수신한 응답에 기초하여 측정 대상 아스팔트 도로의 공진주파수와 감쇠비를 산출하는 단계, 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 동적하중의 가진주파수와 상기 산출된 공진주파수 및 감쇠비에 기초하여 동적증폭계수를 산출하는 단계, 미리 설정된 운동방정식에 상기 산출된 동적증폭계수, 상기 이동식 동적하중 재하장치가 인가하는 하중 및 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 강성을 입력하여 상기 추정 처짐 프로파일을 산출하는 단계, 상기 이동식 동적하중 재하장치에 배치된 하나 이상의 센서부에서 수집된 값에 기초하여 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 처짐 프로파일을 측정하는 단계, 상기 산출된 추정 처짐 프로파일과 상기 측정 대상 아스팔트 도로로부터 측정된 처짐 프로파일을 비교하는 단계, 상기 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 결정하는 단계를 수행한다.

발명의 효과

[0014] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 신속하게 이동하면서 측정 대상 아스팔트 도로에 정적하중 및 동적하중을 인가하여, 도로의 강성을 측정할 수 있기 때문에 교통 정체를 줄일 수 있고 평가에 소요되는 시간을 줄일 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이동식 동적하중 재하장치를 개략적으로 도시한 도면이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 하중 인가부를 나타내는 도면이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
 도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법을 설명하기 위한 그래프이다

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 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. 본 발명을 명확하게 설명하기 위해 도면에서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 또한, 도면을 참고하여 설명하면서, 같은 명칭으로 나타난 구성일지라도 도면에 따라 도면 번호가 달라질 수 있고, 도면 번호는 설명의 편의를 위해 기재된 것에 불과하고 해당 도면 번호에 의해 각 구성의 개념, 특징, 기능 또는 효과가 제한 해석되는 것은 아니다.

[0017] 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 의미하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계,

동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0018] 본 명세서에 있어서 '부(部)' 또는 '모듈'이란, 하드웨어 또는 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함하며, 하나의 유닛이 둘 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 둘 이상의 유닛이 하나의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이동식 동적하중 재하장치의 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0020] 도 1에 도시한 바와 같이, 이동식 동적하중 재하장치(100)는 주행 차량(1), 하중 인가부(110), 하나 이상의 센서부(170), 및 측정부를 포함한다.
- [0021] 주행 차량(1)은 트럭과 유사한 형태를 가지며, 도로 또는 교면 등의 아스팔트 도로(20)를 주행하기 위한 바퀴(3, 4)가 구비된 차체를 포함할 수 있으며, 나머지 구조는 일반 차량의 구조와 유사하게 형성될 수 있다.
- [0022] 또한, 바퀴(3, 4) 중 적어도 하나에는 인코더가 형성될 수 있으며, 인코더에 의해서 주행 차량(1)의 위치 정보를 얻을 수 있다. 또한, 별도의 GPS 장비를 구비하여 주행 차량(1)의 위치 정보를 획득할 수 있다.
- [0023] 또한, 하중 인가부(110)는 아스팔트 도로(20)에 동적하중 또는 정적하중을 가하는 하중롤러(126)를 포함하고, 주행 차량(1)의 전륜(3)과 후륜(4) 사이에 위치할 수 있으나, 이에 한하지는 않는다.
- [0024] 하중 롤러(126)는 아스팔트 도로(20) 위를 주행하면서 정적하중 및 동적 하중(dynamic force)을 아스팔트 도로(20)에 가할 수 있다. 이를 위해, 하중 롤러(126)는 원통형으로 형성되고, 고중량으로 제작될 수 있다. 하중 롤러(126)는 구름 방식(rolling type)으로 아스팔트 도로(20)에 동적하중을 가할 수 있다. 다시 말해, 하중 롤러(126)는 주행 차량(1)과 함께 아스팔트 도로(20)를 이동하면서 아스팔트 도로(20)에 연속적으로 동적 하중을 가해야 하기 때문에 구름 방식으로 아스팔트 도로(20)에 동적하중을 가하는 것이 바람직하다.
- [0025] 상세하게는, 하중 인가부(110)는 도 2와 같이 모델링 될 수 있다. 또한, 하중 인가부(110)에 의해서 아스팔트 도로(20)에 가해지는 힘은 주행 차량(1)의 무게, 유압펌핑부(160)에 의해서 가해지는 정적하중 및 동적하중을 포함할 수 있다.
- [0026] 하중 인가부(110)는 주행 차량(1)의 무게가 가해지는 차량 하중(111), 유압펌핑부(160)의 유압을 전달 받는 유압액추에이터(112), 유압액추에이터(112)의 내부에 상하 방향으로 형성되고 아스팔트 도로(20)를 가압하는 유압 로드(114), 유압로드(114)의 하단에 위치하는 에어스프링(116), 에어스프링(116)의 하부에 위치하는 지지부(119), 지지부(119)에 의해 가압되도록 지지부(119)의 하부에 위치하는 가압부재(124), 가압부재(124)에 회전 가능하게 구비되는 하중롤러(126)를 포함할 수 있다.
- [0027] 동적하중 공급부(120)는 동적하중 가압부(122)를 통해서 가압부재(124) 및 하중롤러(126)로 아스팔트 도로(20)를 누를 수 있다.
- [0028] 여기서, 지지부(119)에는 동적하중 공급부(120)가 마련되며, 동적하중 공급부(120)에 의한 동적하중에 대해서 아스팔트 도로(20)는 반력(DF)을 만들어 지지하게 된다.
- [0029] 유압펌핑부(160)는 하중 인가부(110)에 정적하중과 동적하중을 모두 공급할 수 있다. 유압펌핑부(160)에 의한 정적하중은 하중 인가부(110)의 유압액추에이터(112)를 통해 공급되고, 유압펌핑부(160)에 의한 동적하중은 동적하중 공급부(120)에 공급될 수 있다.
- [0030] 유압액추에이터(112)는 동적하중 공급부(120)의 양측에 마련되며 아스팔트 도로(20)에 일정한 크기의 유압을 가하고, 동적하중 공급부(120)는 아스팔트 도로(20)에 동적하중을 가하게 된다. 이와 같이, 하중 인가부(110)는 아스팔트 도로(20)에 정적하중 및 동적하중을 모두 가할 수 있다. 또한, 본 발명의 이동식 동적하중 재하장치(100)는 아스팔트 도로(20)에 동적하중을 가해, 아스팔트 도로(20)의 고유주파수 및 감쇠부를 산출할 수 있으며, 이를 통해 아스팔트 도로(20)의 강도를 산출할 수 있다.
- [0031] 또한, 센서부(170)는 하중 롤러(126)로부터 소정의 거리 이격되어 적어도 하나 이상 위치할 수 있다. 예시적으로, 도 1에 도시된 바와 같이, 센서부(170)는 하중 롤러(126)의 전방 및 후방으로 소정의 이격되어 복수가 위치할 수 있으나, 이에 한하지는 않는다.
- [0032] 센서부(170)는 주행 차량(1)에 구비되어 응답신호를 감지한다. 다시 말해, 센서부(170)는 동적하중에 대한 아스팔트 도로(20)의 반발 하중 주파수를 측정하여, 아스팔트 도로(20)의 변위를 측정할 수 있다.

- [0033] 예시적으로, 센서부(170)는 아스팔트 도로(20)와 접촉된 상태로 아스팔트 도로(20)의 반발 하중 주파수를 측정하는 지오폰 센서일 수 있으나, 이에 한하지 않고, 비접촉 상태에서 아스팔트 도로(20)를 향해 레이저를 발사하고 반사되어 오는 레이저를 분석하여 아스팔트 도로(20)의 처짐 또는 변위를 측정하는 레이저 변위기일 수 있다.
- [0034] 측정부는 하중 롤러(126) 및 센서부(170)의 동작을 제어하여 응답신호로부터 아스팔트 도로 포장 상태를 측정한다. 이를 위해, 측정부는 데이터 입출력모듈, 아스팔트 도로 포장 상태 측정 프로그램이 저장된 메모리, 프로세서를 포함한다. 측정부는 주행 차량(1)에 탑재된 컴퓨터 시스템의 형태로 구현될 수 있다.
- [0035] 데이터 입출력모듈은 통신 모듈을 통해 데이터를 수신 또는 송신하는 기능을 수행할 수 있다. 데이터 입출력모듈은 다른 네트워크 장치와 유무선 연결을 통해 제어 신호 또는 데이터 신호와 같은 신호를 송수신하기 위해 필요한 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는 장치일 수 있다.
- [0036] 메모리에는 아스팔트 도로 포장 상태 측정 프로그램이 저장된다. 해당 프로그램은 프로세서에 의하여 구동된다. 또한, 이러한 메모리는 전원이 공급되지 않아도 저장된 정보를 계속 유지하는 비휘발성 저장장치 또는 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력이 필요한 휘발성 저장장치를 통칭하는 것이다. 또한, 아스팔트 도로 포장 상태 측정 프로그램은 아래에 서술되는 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법을 수행할 수 있다.
- [0037] 이하, 도 3을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 이동식 동적하중 재하장치를 이용한 아스팔트 도로 포장 상태 측정 방법에 대해서 설명한다.
- [0038] 단계(S110)에서는, 이동식 동적하중 재하장치(100)를 이용하여, 측정 대상 아스팔트 도로에 대하여 인가한 정적하중 및 동적하중에 대한 응답을 수신한다.
- [0039] 상세하게는, 하중 롤러(126)를 이용하여, 측정 대상 아스팔트 도로에 정적하중 및 동적하중을 가하고, 하중을 멈춘 후, 센서부(170)를 통해 측정 대상 아스팔트 도로의 자유진동응답을 측정할 수 있다. 예시적으로, 측정 대상 아스팔트 도로에 가한 하중에 대한 처짐은 도 4와 같이 나타날 수 있다. 또한, 이동식 동적하중 재하장치(100)를 이용하여 동적 하중의 주파수를 다양하게 변경하여 동적하중을 가할 수 있다.
- [0040] 단계(S120)에서는, 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 추정하고, 추정 탄성계수에 기초하여 추정 강성을 산출한다.
- [0041] 단계(S130)에서는, 수신한 응답에 기초하여 측정 대상 아스팔트 도로의 공진주파수와 감쇠비를 산출한다.
- [0042] 공진주파수는 특정 주파수 대역에서 처짐값이 증폭되는 영역을 의미한다. 또한, 이동식 동적하중 재하장치(100)를 이용하여 다양한 동적하중 주파수를 가하여, 처짐 값이 증폭되는 지점을 확인하여, 공진주파수를 산출할 수 있다. 예시적으로, 도 5의 그래프와 같이 실험 결과가 나올 경우, 공진주파수는 25~35Hz 대역에서 발생하는 것을 알 수 있다.
- [0043] 또한, 감쇠비는 동적하중에 의해 진동하던 아스팔트 도로가 하중 재하를 멈추었을 때 다시 평형 상태로 돌아가게 하는 지수이다. 다시 말해, 동적하중을 멈추고 아스팔트 도로가 평형상태로 돌아갈 때의 실측 데이터를 이용하여, 아래 [수학식 1]을 이용하여 공진주파수와 감쇠비를 찾아낼 수 있다.

수학식 1

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

- [0044]
- [0045] 여기서, ω_d 는 가진주파수이고, ω_n 공진주파수이고, ζ 는 감쇠비이다.
- [0046] 예시적으로, 도 6의 그래프와 같이, 가진주파수에 관계 없이 일정한 공진주파수와 감쇠비를 찾아낼 수 있다.
- [0047] 단계(S140)에서는, 이동식 동적하중 재하장치(100)가 인가하는 동적하중의 가진주파수와 산출된 공진주파수 및 감쇠비에 기초하여 동적증폭계수를 산출한다.
- [0048] 동적증폭계수는, 아래 [수학식 2]와 같이, 공진주파수, 가진주파수, 감쇠비의 함수이며, 단계(S130)에서 산출된 공진주파수와 감쇠비를 이용하여 산출할 수 있다.

수학식 2

$$\beta = (\omega_n, \omega_d, \zeta)$$

[0049]

[0050] 여기서, β 는 동적증폭계수이고, ω_d 는 가진주파수이고, ω_n 공진주파수이고, ζ 는 감쇠비이다

[0051] 단계(S150)에서는 미리 설정된 운동방정식에 산출된 동적증폭계수, 이동식 동적하중 재하장치(100)가 인가하는 하중 및 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 강성을 입력하여 추정 처짐 프로파일을 산출한다.

수학식 3

$$u = \frac{F}{k} \beta$$

[0052]

[0053] 여기서 u 는 처짐 값, F 는 재하 장치의 동적하중, k 는 강성이다.

[0054] 단계(S160)에서는, 이동식 동적하중 재하장치(100)에 배치된 하나 이상의 센서부(170)에서 수집된 값에 기초하여 측정 대상 아스팔트 도로의 처짐 프로파일을 측정한다.

[0055] 이동식 동적하중 재하장치(100)는 측정 대상 아스팔트 도로를 정적하중 및 동적하중을 가하면서 운행하고, 하나 이상의 센서부(170)를 통해 수집된 값을 기초하여 처짐 프로파일을 측정할 수 있다.

[0056] 단계(S170)에서는, 단계(S150)에서 산출된 추정 처짐 프로파일과 단계(S160)에서 측정 대상 아스팔트 도로로부터 측정된 처짐 프로파일을 비교할 수 있다.

[0057] 이때, 산출된 추정 처짐 프로파일과 측정 대상 아스팔트 도로로부터 측정된 처짐 프로파일이 일치할 경우, 다음 단계(S180)인 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수를 결정할 수 있다. 다시 말해, 산출된 추정 처짐 프로파일과 측정 대상 아스팔트 도로로부터 측정된 처짐 프로파일이 일치할 경우, 단계(S120)에서 추정된 탄성계수가 측정 대상 아스팔트 도로의 탄성계수일 수 있다.

[0058] 또한, 단계(S180)는 산출된 추정 처짐 프로파일과 측정 대상 아스팔트 도로로부터 측정된 처짐 프로파일이 불일치할 경우, 단계(S120)의 측정 대상 아스팔트 도로의 추정 탄성계수를 변경하여, 추정 강성을 재산출하고, 재산출된 추정 강성에 기초하여, 단계(S150)를 재수행하여, 추정 처짐 프로파일을 재 산출할 수 있다.

[0059] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예에 따른 이동식 동적하중 재하장치 및 이를 이용한 도로 포장 상태 측정 방법은, 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 이러한 기록 매체는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함하며, 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 포함하며, 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.

[0060] 진술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 조사 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.

[0061] 또한, 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수도 있다.

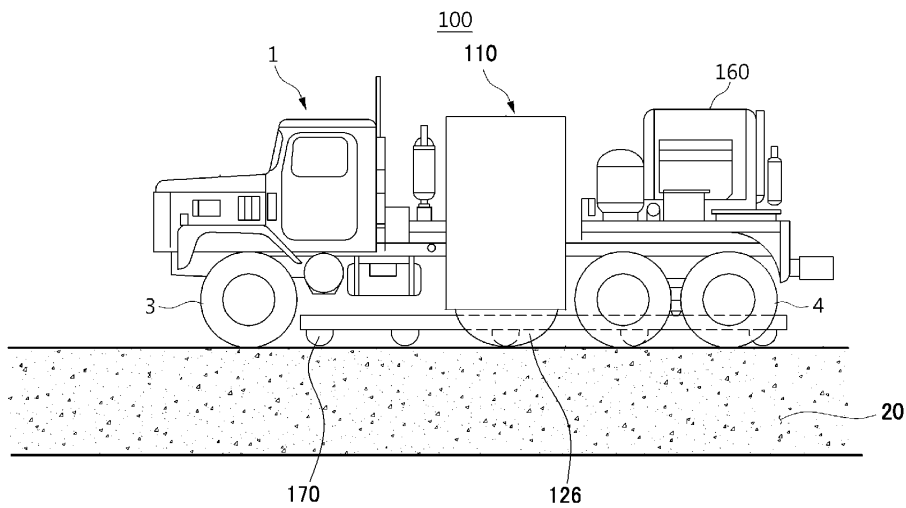
[0062] 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

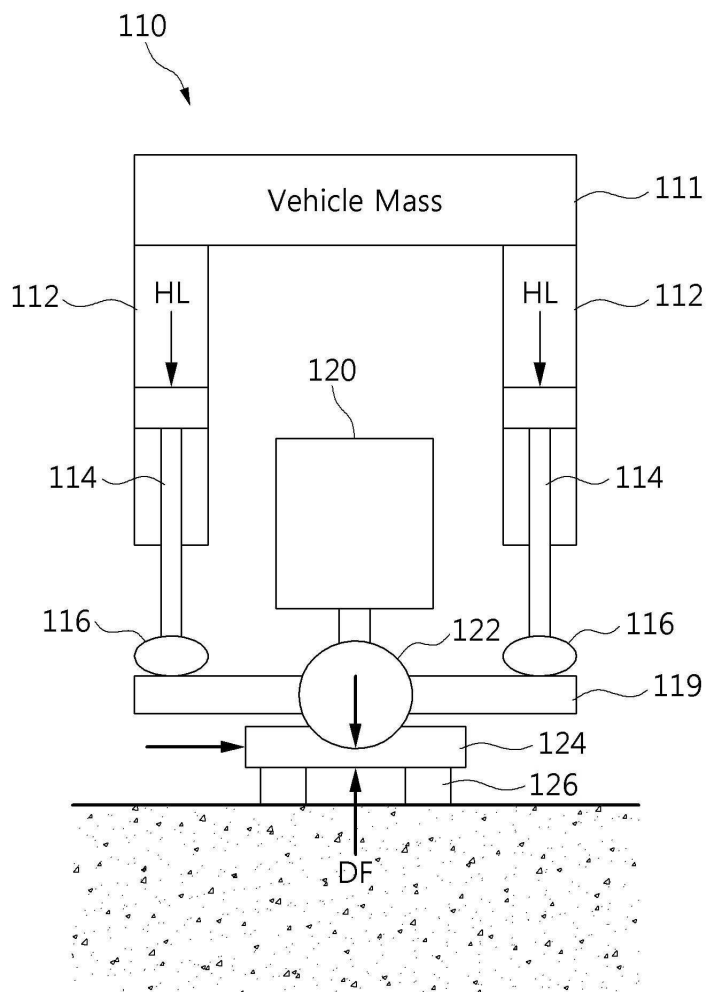
[0063] 1: 주행 차량
100 : 이동식 동적하중 재하 장치
110 : 하중 인가부
160 : 유압펌핑부
170 : 센서부
20 : 아스팔트 도로

도면

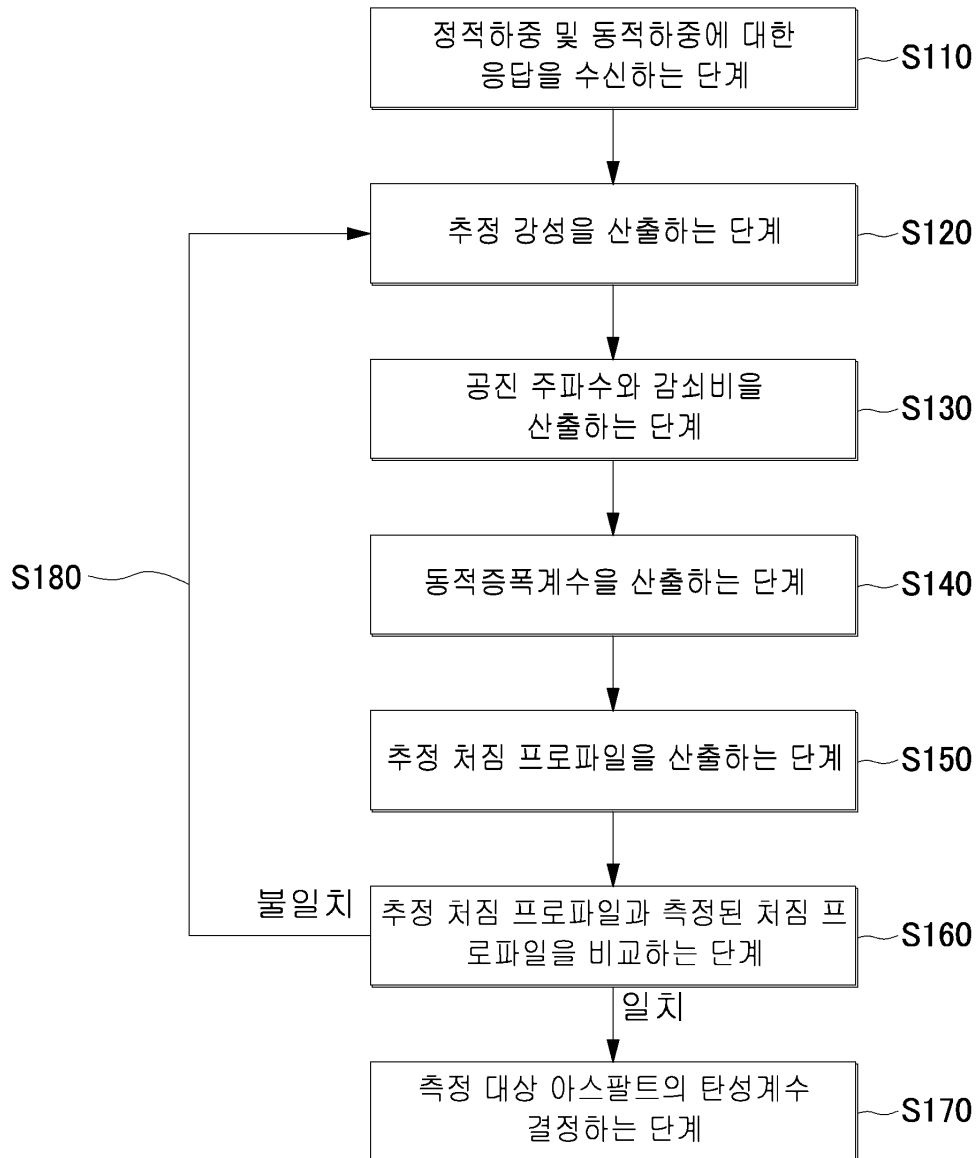
도면1



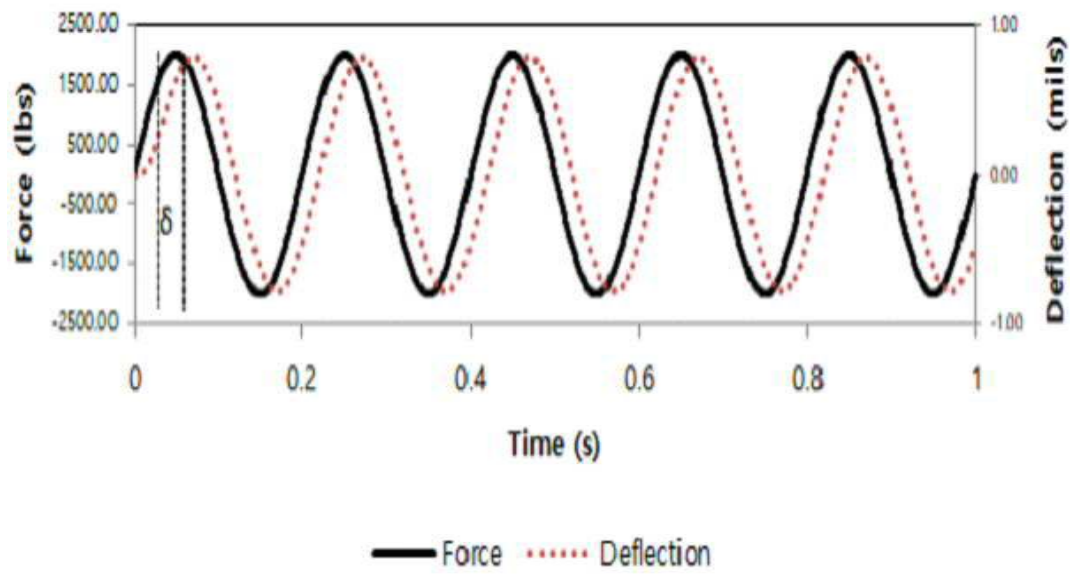
도면2



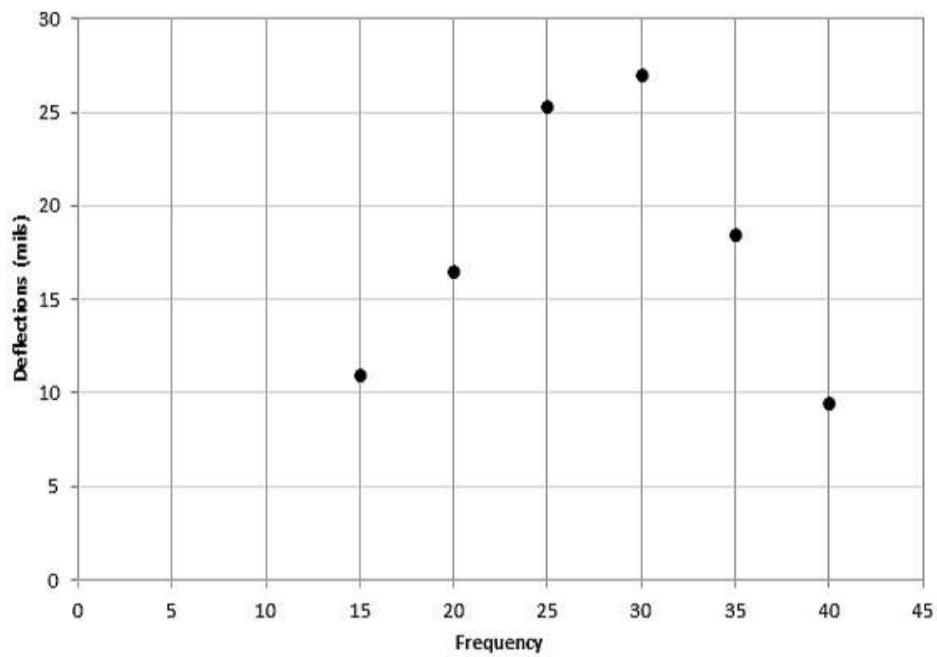
도면3



도면4



도면5



도면6

