



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0115273
(43) 공개일자 2017년10월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 21/32 (2006.01) G01B 11/16 (2006.01)
G01N 3/30 (2006.01) G01N 3/42 (2006.01)
G01V 8/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01B 21/32 (2013.01)
G01B 11/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0042674
(22) 출원일자 2016년04월07일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이중재
서울특별시 강남구 선릉로 221, 406동 104호(도곡동, 도곡텍슬아파트)
이현중
서울특별시 용산구 대사관로11길 21, 101동 301호(한남동, 대림아르빌아파트)
(74) 대리인
유병옥, 한승범

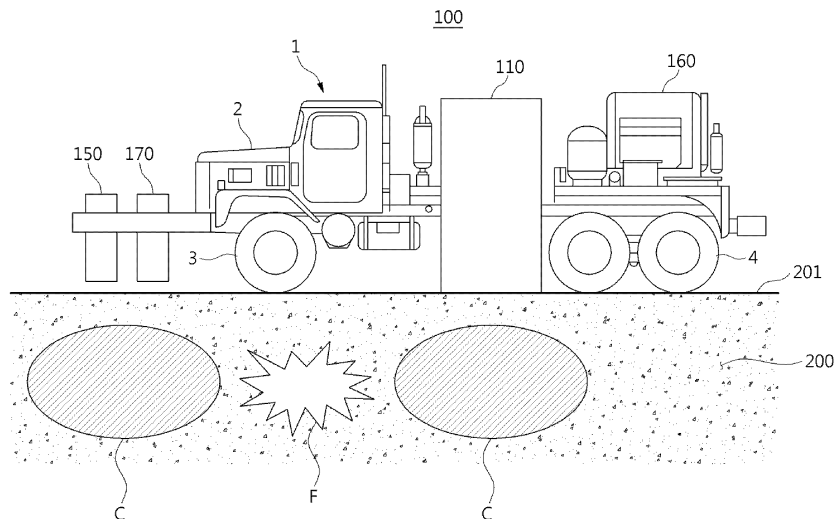
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 동공 탐지용 복합장비

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비는, 지면 상을 주행하는 주행 차량; 상기 주행 차량에 구비되는 지표투과 레이더부; 및 상기 지표투과 레이더부의 후방에 위치하도록 상기 차량에 구비되는 동적 처짐 측정부;를 포함하며, 상기 동적 처짐 측정부는, 상기 지표투과 레이더부에 의해서 상기 지면의 표면 또는 하부상태가 비이상적으로 판단된 지면 상에 동적하중을 가하고 상기 동적하중에 대한 상기 지면의 반발 물리량을 비접촉 상태로 측정하여 상기 지면의 표면 또는 하부상태를 탐지할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01N 3/30 (2013.01)

G01N 3/42 (2013.01)

G01S 13/88 (2013.01)

G01V 8/10 (2013.01)

G01V 2210/1299 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 15TLRP-C099510-01

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토부 - 국토교통기술진흥원

연구사업명 교통물류연구사업

연구과제명 도로함몰 위험도 평가 및 분석기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2015.07.14 ~ 2016.05.13

명세서

청구범위

청구항 1

지면 상을 주행하는 주행 차량;

상기 주행 차량에 구비되는 지표투과 레이더부; 및

상기 지표투과 레이더부의 후방에 위치하도록 상기 주행 차량에 구비되는 동적 처짐 측정부;를 포함하며,

상기 동적 처짐 측정부는, 상기 지표투과 레이더부에 의해서 상기 지면의 표면 또는 하부상태가 비이상적으로 판단된 지면 상에 동적하중을 가하고 상기 동적하중에 대한 상기 지면의 반발 물리량을 비접촉 상태로 측정하여 상기 지면의 표면 또는 하부상태를 탐지하는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 동적 처짐 측정부는 구름 방식으로 상기 지면에 상기 동적하중을 가하는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 동적 처짐 측정부는 상기 지면에 상기 동적하중을 가한 후 상기 동적하중과 상기 반발 물리량의 크기를 비교하여 상기 지면의 하부상태를 판단하는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 동적 처짐 측정부는 상기 동적하중 보다 상기 반발 물리량이 작은 경우에 상기 지면 하부에 동공이 존재하는 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 동적 처짐 측정부는 상기 동적하중과 상기 반발 물리량을 포함하는 탄성 모델을 설정하고 상기 탄성 모델의 탄성계수 및 탄성력을 분석하여 상기 지면의 하부상태를 판단하는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 동적 처짐 측정부는 상기 동적하중이 상기 지면에 가해지는 경우에 상기 지면의 처짐량을 계측하는 비접촉 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 비접촉 센서는 레이저 변위기를 이용하여 상기 지면의 처짐량 또는 처짐 여부를 측정하는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 지표투과 레이더부는 상기 지면에서부터 도달 깊이가 다른 멀티 대역 주파수 또는 멀티 채널의 전자기파를 상기 지면에 투과시키는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 지표투과 레이더부의 전방 또는 후방에 위치하도록 상기 주행 차량에 구비되는 레이저 지표 이미지 탐사부를 포함하는 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 주행 차량의 전륜 또는 후륜 중 적어도 하나에는 인코더가 장착된 것을 특징으로 하는 동공 탐지용 복합장비.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 동공 탐지용 복합장비에 관한 것으로, 보다 상세하게는 도로 표면 및 도로의 하부에 동공이 존재하는지를 조사하고 동공 발생 의심 구간에 대한 영상 촬영이 가능한 동공 탐지용 복합장비에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 도심부의 도로가 갑자기 함몰되어 인명 및 재산 피해는 물론 시민들에게 불안감을 야기하는 싱크홀(sink hole)이 빈번하게 발생하여 중요한 사회적 문제로 대두되고 있다.

[0003] 따라서, 도로의 함몰 또는 동공으로 인한 싱크홀의 발생을 사전에 탐지하고 다양한 환경조건에 따른 도로 함몰 위험도 평가 기술을 개발하여 선제적 재해 방지형 도로를 구축할 필요가 있다.

[0004] 이러한 도로 함몰 방지를 위해서는 도로 하부에 위치한 동공을 사전에 탐지하고 동공의 크기 및 위치에 따라 도로 함몰 발생 시기를 예측하여 복구하는 도로 유지 관리 시스템의 개발이 요구되고 있다. 뿐만 아니라, 다양한 환경 및 토질조건에 따른 실험형 포장 가속 시험으로 동공의 위치 및 크기에 따른 도로 함몰 발생 시기 예측 및 원인을 규명하고 사전 대응이 가능한 재난 방지형 도로관리시스템에 대한 요구도 커지고 있다.

[0005] 기존의 도로 하부 상태 탐지 또는 도로 하부의 동공을 탐지하기 위한 장비로는 비파괴 포장표면 처짐 시험기(Falling Weight Deflectometer; FWD)가 주로 사용되는데, 이는 장비의 정적 테스트의 한계로 인해 효과적인 도로 관리 시스템의 구축이 어렵다는 한계가 있다.

[0006] 또한, 검사 대상 도로를 주행하면서 도로 하부 상태를 조사하는 주행식 장비도 있으나, 이러한 기존의 주행식 장비는 주행 속도가 3 km/hr 정도로서 도로 검사시 교통 정체를 유발하는 등의 문제가 있다. 더군다나 기존의

주행식 장비는 도로 포장 유지 보수에 운용될 뿐 도로의 동공 탐지 등에는 운용되지 않고 있다.

[0007] 또한, 기존에는 GPR(Ground Penetrating Radar)만을 이용하여 도로 표면을 조사하거나 도로 하부의 동공 등을 탐지하였는데, GPR 장비의 경우에는 지하의 동공과 다른 구조물(예를 들면, 폐콘크리트 덩어리 등)을 구별하지 못하는 등 정밀도에 한계가 있었다. 이러한 한계가 있었기 때문에 동공 확인을 위해서 해당 지점을 시추하는 등의 후속 작업이 필요한 불편함도 있었다.

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

[0009] 따라서, 본 출원인은, 상기와 같이 문제를 해결하기 위해서 도로를 이동하거나 주행하면서 도로의 표면 또는 도로의 하부를 탐지할 수 있는 복합탐지 기술을 제안하게 되었으며, 종래기술과 관련된 참고문헌으로는 한국등록특허 제10-1241313호의 '지하 탐사 레이더를 이용한 포장 도로 안전 진단 시스템 및 방법'이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 도로를 주행하면서 도로의 표면 및 하부 상태를 동시에 파악할 수 있는 동공 탐지용 복합장비를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기한 바와 같은 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비는, 지면 상을 주행하는 주행 차량; 상기 주행 차량에 구비되는 지표투과 레이더부; 및 상기 지표투과 레이더부의 후방에 위치하도록 상기 주행 차량에 구비되는 동적 처짐 측정부;를 포함하며, 상기 동적 처짐 측정부는, 상기 지표투과 레이더부에 의해서 상기 지면의 표면 또는 하부상태가 비이상적으로 판단된 지면 상에 동적하중을 가하고 상기 동적하중에 대한 상기 지면의 반발 물리량을 비접촉 상태로 측정하여 상기 지면의 표면 또는 하부상태를 탐지할 수 있다.

[0012] 상기 동적 처짐 측정부는 구름 방식으로 상기 지면에 상기 동적하중을 가할 수 있다.

[0013] 상기 동적 처짐 측정부는 상기 지면에 상기 동적하중을 가한 후 상기 동적하중과 상기 반발 물리량의 크기를 비교하여 상기 지면의 하부상태를 판단할 수 있다.

[0014] 상기 동적 처짐 측정부는 상기 동적하중 보다 상기 반발 물리량이 작은 경우에 상기 지면 하부에 동공이 존재하는 것으로 판단할 수 있다.

[0015] 상기 동적 처짐 측정부는 상기 동적하중과 상기 반발 물리량을 포함하는 탄성 모델을 설정하고 상기 탄성 모델의 탄성계수 및 탄성력을 분석하여 상기 지면의 하부상태를 판단할 수 있다.

[0016] 상기 동적 처짐 측정부는 상기 동적하중이 상기 지면에 가해지는 경우에 상기 지면의 처짐량을 측정하는 비접촉 센서를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 비접촉 센서는 레이저 변위기를 이용하여 상기 지면의 처짐량 또는 처짐 여부를 측정할 수 있다.

[0018] 상기 지표투과 레이더부는 상기 지면에서부터 도달 깊이가 다른 멀티 대역 주파수 또는 멀티 채널의 전자기파를 상기 지면에 투과시킬 수 있다.

[0019] 상기 지표투과 레이더부의 전방 또는 후방에 위치하도록 상기 주행 차량에 구비되는 레이저 지표 이미지 탐사부를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 주행 차량의 전륜 또는 후륜 중 적어도 하나에는 인코더가 장착될 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따른 동공 탐지용 복합장비는 신속하게 이동하며 도로면과의 비접촉 상태에서 도로의 표면 또는 하부를 파악할 수 있기 때문에 교통 정체를 줄일 수 있고 평가에 소요되는 시간을 줄일 수 있다.

[0022] 본 발명에 따른 동공 탐지용 복합장비는 동적 하중을 가하고 도로면의 처짐을 측정하여 도로 하부의 동공 유무를 탐지하기 때문에 동공 확인을 위해서 시추를 해야 하는 불편함을 줄일 수 있고, 시추 작업으로 인한 경제적

손실을 절감할 수 있다.

- [0023] 본 발명에 따른 동공 탐지용 복합장비는 GPR, LRIS 등을 이용하여 지면 하부의 영상도 확인할 수 있기 때문에 탐지 결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비를 개략적으로 도시한 도면이다.
 도 2 및 도 3은 도 1에 따른 복합장비의 동적 처짐 측정부를 나타내는 도면이다.
 도 4는 도 1에 따른 동공 탐지용 복합장비를 사용하여 지면의 하부상태를 측정한 결과를 보여주는 그래프 및 영상이다.
 도 5는 도 1에 따른 복합장비가 사용될 수 있는 교면 포장의 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비를 개략적으로 도시한 도면, 도 2 및 도 3은 도 1에 따른 복합장비의 동적 처짐 측정부를 나타내는 도면, 도 4는 도 1에 따른 동공 탐지용 복합장비를 사용하여 지면의 하부상태를 측정한 결과를 보여주는 그래프 및 영상, 도 5는 도 1에 따른 복합장비가 사용될 수 있는 교면 포장의 단면도이다.
- [0027] 이하에서 설명할 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)는 도로 또는 교량 등의 지면을 이동하거나 주행하면서 지면 상에 광대역의 전자기파 또는 동적하중을 가하고 그에 대한 지면의 반응을 계속하여 지면의 표면 또는 하부상태, 예를 들면, 지면의 하부에 동공(cavity)가 존재하는지, 교면의 내부에 층간 박리 현상이 존재하는지 등을 탐지할 수 있는 복합장비이다.
- [0028] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)는, 지면(201) 상을 주행하는 주행 차량(1), 주행 차량(1)에 구비되는 지표투과 레이더부(150) 및 지표투과 레이더부(150)의 후방에 위치하도록 주행 차량(1)에 구비되는 동적 처짐 측정부(110)를 포함할 수 있다.
- [0029] 여기서, 동적 처짐 측정부(110)는, 지표투과 레이더부(150)에 의해서 지면(201)의 표면 또는 하부상태가 비이성적으로 판단된 지면(201) 상에 동적하중을 가하고 상기 동적하중에 대한 지면(201)의 반발 물리량을 비접촉 상태로 측정하여 지면(201)의 표면 또는 하부상태를 탐지할 수 있다.
- [0030] 이와 같이 구성된 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지 복합장비(100)는, 지표투과 레이더부(150)를 이용하여 지면(201)의 표면 또는 하부 상태의 이상 여부를 1차적으로 탐지하고, 비정상적인 것으로 판단된 지면(201)에서 동적 처짐 측정부(110)를 이용하여 2차적으로 탐지함으로써 지면(201)의 표면 상태 또는 하부에 동공(C)이 존재하는지에 대해서 보다 정확하게 판단할 수 있다. 또한, 동공(C)을 확인하기 위해서 지면(201)에 시추 작업을 할 필요가 없다.
- [0031] 상기 주행 차량(1)은 트럭과 유사한 형태를 가지는 것이 바람직하다. 도로 또는 교면 등의 지면(201)을 주행하기 위한 전륜(3) 및 후륜(4)이 구비된 차체(2)를 포함할 수 있으며, 나머지 구조는 일반 차량의 구조와 유사하게 형성될 수 있다.
- [0032] 상기 전륜(3) 또는 후륜(4) 중 적어도 하나에는 인코더(미도시)가 형성될 수 있으며, 상기 인코더에 의해서 주행 차량(1)의 위치 정보를 얻을 수 있다. 또한, 별도의 GPS 장비(미도시)를 구비하여 주행 차량(1)의 위치 정보를 얻을 수도 있다.
- [0033] 주행 차량(1)의 엔진룸(미도시) 또는 운전석(미도시)의 하부에서부터 전방으로 연장된 프레임(미도시)에 지표투과 레이더부(150, GPR: Ground Penetrating Radar)가 장착될 수 있다. 지표투과 레이더부(150)는 광대역의 임펄스 파형을 이용하여 지면을 탐사하는 레이더장치로서, 광대역 전자기파를 지면에 입사시킨 후, 연속적으로 매질 경계면에서 반사되어 되돌아오는 파를 수신하여 매질 특성을 영상화함으로써 지하 매질에 존재하는 대상물의 위치, 물성, 크기, 경계 등을 찾는 장치이다. 전자기파가 통과하는 매질에 따라 전자기파의 전파 속도 및 파장, 반사 특성이 달라지는 원리를 이용하여 지층의 두께 및 위치, 매질간 경계면, 내부 균열 및 공동의 존재 등을

알 수 있다.

- [0034] 도 1에 도시된 바와 같이, 지표투과 레이더부(150)는 차체(2)의 앞쪽 끝에서부터 이격된 상태로 마련되어 있기 때문에 동공 탐지 복합장비(100)가 주행함에 따라 가장 먼저 지면(201)의 표면 또는 내부 상태를 감지하게 된다.
- [0035] 상기 지표투과 레이더부(150)는 지면(201)에서부터 도달 깊이가 다른 멀티 대역 주파수 또는 멀티 채널의 전자기파를 상기 지면에 투과시킬 수 있는 Ground Coupled Multi-channel GPR 장비인 것이 바람직하다. 이와 같이, 도달 깊이가 다른 멀티 채널의 전자기파를 투과시킬 수 있는 지표투과 레이더부(150)를 이용함으로써 깊이 1.5미터 이내의 지하(200)를 정밀하게 탐지할 수 있으며 50센티미터의 분해능을 가질 수 있다.
- [0036] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지 복합장비(100)는 지표투과 레이더부(150)의 전방 또는 후방에 위치하도록 주행 차량(1)에 구비되는 레이저 지표 이미지 탐사부(170)를 포함할 수 있다.
- [0037] 상기 레이저 지표 이미지 탐사부(170, LRIS; Laser Road Imaging System)는 지면(201)의 하부에 대한 3차원 영상을 수집할 수 있다. 레이저 지표 이미지 탐사부(170)는 지표투과 레이더부(150)에 의해서 지면(201)의 하부에 동공(C)이 존재하는 것으로 1차 판단한 경우에, 그 지면(201)의 하부 구조에 대한 3차원 영상을 수집하여 동공(C)의 유무를 확인하는데 사용될 수 있다. 따라서, 주행 차량(1)의 진행 방향에 대해서 레이저 지표 이미지 탐사부(170)는 지표투과 레이더부(150)의 후방에 마련되는 것이 바람직하다.
- [0038] 도시하지는 않았지만, 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지 복합장비(100)는 지면(201)의 하부 확인을 위한 시추수단을 더 구비할 수도 있다.
- [0039] 한편, 상기 주행 차량(1)의 전륜(3)과 후륜(4) 사이에 동적 처짐 측정부(110)가 마련될 수 있다. 동적 처짐 측정부(110)는 차체(2)에 형성되되, 반드시 전륜(3)과 후륜(4) 사이에 위치해야 하는 것은 아니다.
- [0040] 동적 처짐 측정부(110)의 전방 또는 후방에 위치하도록 차체(2)에 유압펌핑부(160, Hydraulic pump)가 마련될 수 있다. 유압펌핑부(160)는 동적 처짐 측정부(110)에서 발생하는 동적하중을 위한 유압을 공급하는 부분이다.
- [0041] 유압펌핑부(160)는 동적 처짐 측정부(110)에서 지면(201)에 정적하중 또는 동적하중을 가할 수 있도록 동적 처짐 측정부(110)에 유압을 공급할 수 있다.
- [0042] 한편, 상기 동적 처짐 측정부(110)는, 상기 동적하중에 의해서 지면(201)에 처짐 또는 변위가 발생하는 경우에 지면(201)의 처짐 또는 변위에 의해서 상기 동적하중을 발생시키는 유압의 입력 크기를 변화시켜서 지면(201)의 하부상태를 판단할 수 있다.
- [0043] 상기 동적 처짐 측정부(110)는 주행 차량(1)과 일체로 지면(201) 위를 주행하면서 동적하중(dynamic force)을 지면(201)에 가하고 지면(201)과 접촉 상태에서 지면(201)의 처짐 또는 변위를 계측하여 지면(201)의 하부상태를 진단할 수 있는 비파괴 검사장비라고 할 수 있다.
- [0044] 기존의 장비 중 롤링 다이내믹 변위측정기(Rolling Dynamic Deflectometer)라는 장비는 지면에 동적하중을 가하고 접촉식 센서를 이용하여 동적하중에 대한 지면의 반발 하중 주파수를 측정하여 지면의 변위를 측정할 수 있다. 그러나, 기존의 롤링 다이내믹 변위측정기는 지면과 접촉된 상태로 지면의 반발 하중 주파수를 측정해야 하기 때문에 지면에 다수개의 접촉센서(예를 들면, 지오폰(Geophone))을 설치해야 하고, 이동 속도가 3km/hr 정도로 느리기 때문에 차량의 정체를 유발한다는 한계가 있다.
- [0045] 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)의 동적 처짐 측정부(110)는 기존의 롤링 다이내믹 변위측정기와 달리 지면과 접촉하지 않은 상태에서도 동적하중에 의한 지면의 처짐 또는 변위를 계측할 수 있다. 또한, 기존의 지오폰과 같은 접촉센서가 필요 없을 뿐만 아니라, 이러한 접촉센서를 장착하기 위한 센서 프레임 등과 같은 구조물도 필요 없기 때문에, 동공 탐지용 복합장비(100)의 구성을 단순화할 수 있고 유지 보수 편의성도 높일 수 있다.
- [0046] 본 발명의 일 실시예에 따른 동적 처짐 측정부(110)는 주행 차량(1)에 일체로 형성된 상태로 지면(201) 위를 15km/hr 정도의 속도로 주행하면서 지면 하부의 진단이 가능하다. 따라서, 도로 또는 교량 등의 진단시에 도로나 교량을 통행하는 차량의 정체를 유발하지 않고 진단을 수행할 수 있다.
- [0047] 상기 동적 처짐 측정부(110)는 구름 방식(rolling type)으로 지면(201)에 상기 동적하중을 가할 수 있다. 왜냐하면, 동적 처짐 측정부(110)는 주행 차량(1)과 함께 지면(201)을 이동하면서 지면(201)에 연속적으로 동적하중을 가해야 하기 때문에 구름 방식으로 지면(201)에 동적하중을 가하는 것이 가장 바람직하다.

- [0048] 상기 동적 처짐 측정부(110)는 도 2 또는 도 3과 같이 모델링 될 수 있다. 동적 처짐 측정부(110)에 의해서 지면(201)에 가해지는 힘은 주행 차량(1)의 무게, 유압펌프부(160)에 의해서 가해지는 정적하중 및 동적하중을 포함할 수 있다. 우선 도 2를 참조하면, 동적 처짐 측정부(110)는 주행 차량(1)의 무게가 가해지는 차량 하중(111), 유압펌프부(160)의 유압을 전달 받는 유압액츄에이터(112), 유압액츄에이터(112)의 내부에 상하 방향으로 형성되고 지면(201)을 가압하는 유압로드(114), 유압로드(114)의 하단에 마련되는 에어스프링(116), 에어스프링(116)의 하부에 마련되어 에어스프링(116)을 지지하는 지지부(119), 지지부(119)에 의해 가압되도록 지지부(119)의 하부에 마련되는 가압부재(124), 가압부재(124)에 회전 가능하게 마련되는 가압롤러(126)를 포함할 수 있다.
- [0049] 동적하중 공급부(120)는 동적하중 가압부(122)를 통해서 가압부재(124) 및 가압롤러(126)를 지면(201)으로 누를 수 있다.
- [0050] 여기서, 상기 지지부(119)에는 동적하중 공급부(120)가 마련되며, 동적하중 공급부(120)에 의한 동적하중에 대해서 지면(201)은 반력(D_F)을 만들어 지지하게 된다.
- [0051] 상기 유압펌프부(160)는 동적 처짐 측정부(110)에 정적하중과 동적하중을 모두 공급할 수 있다. 유압펌프부(160)에 의한 정적하중은 동적 처짐 측정부(110)의 유압액츄에이터(112)를 통해 공급되고, 유압펌프부(160)에 의한 동적하중은 동적하중 공급부(120)에 공급될 수 있다.
- [0052] 유압액츄에이터(112)는 동적하중 공급부(120)의 양측에 마련되며 지면(201)에 일정한 크기의 유압을 가하는 부분이다. 또한, 유압액츄에이터(112)의 정적하중에 의해서 지면(201)의 처짐 또는 변위가 발생하지는 않는다.
- [0053] 반면에, 동적하중 공급부(120)는 지면(201)에 변하는 크기의 동적하중을 가하게 된다. 이와 같이, 동적 처짐 측정부(110)는 지면(201)에 정적하중 및 동적하중을 모두 가할 수 있다. 다만, 지면(201)의 하부에 동공이 존재하는지 여부를 탐지하거나 지지력을 평가하기 위해서는 동적하중을 이용해야 한다.
- [0054] 동적 처짐 측정부(110)는 지면(201)에 동적하중을 가하면서 이동하게 되는데, 이 때 지면(201)의 하부에 동공(C, 도 1 참조)이 존재하는 경우에는, 동공(C) 위쪽의 지면(201)은 동적하중에 의해서 동공(C) 쪽으로 처지거나 함몰될 수 있다. 동공(C)의 위쪽 지면(201)에 동적하중이 가해지는 경우에 지면(201)이 동적하중의 작용 반대 방향으로 처지게 되면, 이 지점에서는 마치 동적하중의 크기가 줄어들거나 마치 동적하중이 작용하지 않는 것과 유사한 효과가 나타나게 된다. 따라서, 지면(201)의 처짐량을 고려하여 동적하중의 크기를 다시 조절해서 동적하중이 지면(201)에 작용하도록 해야 한다. 이와 같이, 동적 처짐 측정부(110)는 상기 동적하중에 의해서 지면(201)에 처짐 또는 변위가 발생하는 경우에는 지면(201)의 처짐 또는 변위에 의해서 상기 동적하중을 발생시키는 유압의 입력 크기를 변화시켜서 지면(201)의 하부상태를 판단할 수 있다.
- [0055] 한편, 상기 동적 처짐 측정부(110)는 상기 지면에 상기 동적하중을 가한 후 상기 동적하중과 상기 반발 물리량의 크기를 비교하여 상기 지면의 하부상태를 판단할 수 있다. 여기서, 지면(201)의 반발 물리량에는 지면(201)의 처짐량 등이 포함될 수 있다.
- [0056] 또한, 상기 동적 처짐 측정부(110)는 상기 동적하중 보다 상기 반발 물리량이 작은 경우에 상기 지면(201) 하부에 동공(C)이 존재하는 것으로 판단할 수 있다. 만약, 동적하중이 가해지는 지면(201)의 하부에 동공(C)이 존재하지 않는 경우에는 지면(201)에 가해지는 동적하중과 동일한 크기의 반력이 동적하중 공급부(120)로 전달될 수 있다. 하지만, 지면(201)의 하부에 동공(C)이 존재하는 경우에는 동적하중에 의해서 지면(201)에 처짐이 발생하게 되므로, 동적하중에 대한 지면(201)의 반력이 줄어들게 된다. 이와 같이, 동적하중에 대한 지면(201)의 반발 물리량을 분석함으로써 지면(201)의 하부상태 또는 지면의 지지력을 평가할 수 있다.
- [0057] 상기 동적 처짐 측정부(110)는 상기 동적하중과 상기 반발 물리량을 포함하는 탄성 모델을 설정하고 상기 탄성 모델의 탄성계수 및 탄성력을 분석하여 상기 지면의 하부상태를 판단할 수 있다.
- [0058] 도 3을 참조하여, 동적 처짐 측정부(110)에서의 지면(210)의 하부상태 예측과 관련된 탄성 모델에 대해서 간략히 설명한다. 도 3에서, 동적 처짐 측정부(110)에서 지면(201)을 누르는 힘은 동적하중 공급부(120)의 하부를 지지하는 지지부(119) 및 동적하중 가압부(122)에 의한 힘으로 정의할 수 있다. 여기서, 지지부(119)와 동적하중 가압부(122)의 질량을 m_z 이라고 한다. 지지부(119)와 동적하중 가압부(122)의 질량(m_z)은 일정한 주파수로 지면(201)에 가해지면서 일정한 힘을 지면(201)에 가하는 효과를 얻게 되는데, 이 때, 지지부(119)와 동적하중 가압부(122)의 질량(m_z)은 일정한 가속도(a_z)로 움직이면서 지면(201)에 일정한 힘을 가한다고 할 수 있다.

- [0059] 한편, 지면(201)에 지지부(119)와 동적하중 가압부(122)의 질량(m_r)에 의한 일정한 힘이 가해지면, 지면(201)은 힘에 반응하여 반발 물리력을 내게 되는데, 반발 물리력은 동적하중 공급부(120)의 질량(m_m) 및 이의 가속도(a_m)의 함수로 표현될 수 있다.
- [0060] 여기서, 최종적으로 지면(201)에 가해지는 동적하중(DF; Dynamic Force)은 $\{(a_m \times m_m) + (a_r \times m_r)\} \times \text{보정값}$ (Calibration Value)으로 정의될 수 있다.
- [0061] 또한, 지면(201)의 처짐량을 산정하기 위한 탄성 모델은 동적 처짐 측정부(110)를 질량 및 스프링으로 모델링하고, 지면(201)의 반력을 질량 및 스프링으로 모델링하는 것을 포함할 수 있다.
- [0062] 상기와 같이 정의된 동적하중(DF)이 지면(201)이 가해지는 경우에 지면(201)이 하부에 동공(C)이 존재하면, 동공(C)의 위쪽에 있는 지면(201)에는 동적하중(DF)에 의해서 처짐이 발생하기 때문에 동적하중(DF)에 의한 힘이 100% 지면(201)에 전달되지 못하고 마치 힘의 일부가 없어지는 것과 비슷한 효과가 생기게 된다. 이렇게 될 경우 탄성 모델에서 지면(201)의 반력과 관련한 스프링의 스프링 상수값이 변하게 되는데, 이러한 변화를 분석하여 지면(201)의 처짐량과 지면(201)의 하부상태를 탐지할 수 있다.
- [0063] 지면(201)의 하부상태를 정확하게 탐지하기 위해서, 동적 처짐 측정부(110)는 동적하중(DF)과 지면(201)의 처짐을 서로 격리시킨 상태에서 지면(201)의 처짐에 대한 정보를 예측할 수 있다. 도 3을 참조하면, 점선으로 둘러싸인 부분은 지면(201)의 처짐이 발생하는 것과 분리 또는 격리된 상태에서 지면(201)의 처짐 등을 예측해야 지면(201)의 하부상태를 보다 정확하게 탐지할 수 있다. 만약, 도 3에서 점선으로 둘러싸인 부분을 지면(201)과 격리하지 않은 상태로 지면(201)의 처짐 등을 측정하는 경우에는 지면(201)의 처짐을 분석하는데 동적하중(DF)이 다시 개입할 수 있기 때문에 지면(201)의 처짐에 대한 분석을 정확하게 하지 못할 수가 있다.
- [0064] 한편, 동적 처짐 측정부(110)는 동적하중(DF)이 지면(201)에 가해지는 경우에 지면(201)의 처짐량을 예측하는 비접촉 센서를 포함할 수 있다. 이러한 비접촉 센서는 지면(201)에 설치되지 않기 때문에 기존의 지오폰(Geophone) 등 접촉식 센서와 다른 방식으로 지면(201)의 처짐 또는 변위를 예측할 수 있다.
- [0065] 상기 비접촉 센서는 동적 처짐 측정부(110)의 지지부(119) 등에 마련될 수 있다. 상기 비접촉 센서는 레이저 변위기 등을 이용하여 지면(201)의 처짐량 또는 처짐 여부를 예측할 수 있다. 예를 들면, 동적 처짐 측정부(110)의 지지부(119) 등에 설치된 레이저 변위기에서 지면(201)을 향해 레이저를 발사하고 지면(201)에서 반사되어 오는 레이저를 분석하여 지면(201)의 처짐 여부를 분석하고 그 결과 지면(201)의 하부상태를 탐지할 수 있다.
- [0066] 도 4에는 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)를 사용하여 지면(201)의 하부상태를 예측한 결과를 보여주는 그래프 및 영상이 도시되어 있다. 도 4(a)는 동적 처짐 측정부(110)의 측정 결과를 보여주는 그래프인데, 동공(C)이 존재하는 경우에는 점선의 원으로 표시된 것과 같은 파형을 보이게 된다. 또한, 도 4(b)는 레이저 지표 이미지 탐사부(170)에 의해 얻어진 영상인데, 이와 같은 영상을 분석하여 지면(201)의 하부구조를 파악할 수 있다.
- [0067] 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)는 지표투과 레이더부(150), 레이저 지표 이미지 탐사부(170) 및 동적 처짐 측정부(110)를 이용하여 지면(201)의 표면 또는 하부를 탐지하기 때문에 지면(201)의 하부에 존재하는 동공(C)과 페콘크리트 덩어리(F, 도 1 참조) 등을 정확히 구분하여 판별할 수 있다.
- [0068] 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)는 지면(201)을 따라 약 15km/hr의 속도로 주행하면서 지면(201)에서부터 1.5미터 이내에 있는 50센티미터 이상의 동공(C)을 탐지할 수 있다. 또한, 지면(201) 또는 도로의 표면 상태도 실시간으로 평가할 수 있다.
- [0069] 뿐만 아니라, 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)는 교량의 포장 즉, 교면의 내부 박리 여부도 탐지할 수 있다.
- [0070] 도 5에는 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)를 이용하여 탐지할 수 있는 교면의 내부 구조가 예시적으로 도시되어 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 교량 상판(210) 위에는 점착층(211), 방수층(212), 레벨링층(213), 텍코우트(213), 마모층(214) 및 표면처리층(215) 등이 순서대로 적층될 수 있는데, 시간이 흐름에 따라 층과 층 사이가 분리되는 박리현상이 발생할 수 있다. 이러한 박리현상이 발생하면 교량의 건전도가 나빠질 수 있기 때문에 박리현상이 발생하는 지점 또는 크기 등을 진단해서 교량의 붕괴 등을 방지할 필요가 있다.
- [0071] 본 발명의 일 실시예에 따른 동공 탐지용 복합장비(100)는 교량의 층 박리현상 탐지에도 활용될 수 있으며, 노

면 관리 분야에 광범위하게 사용될 수 있다.

[0072]

이상과 같이 본 발명의 일 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0073]

1: 주행 차량

2: 차체

100: 동공 탐지용 복합장비

110: 동적 처짐 측정부

150: 지표투과 레이더부

170: 레이저 지표 이미지 탐사부

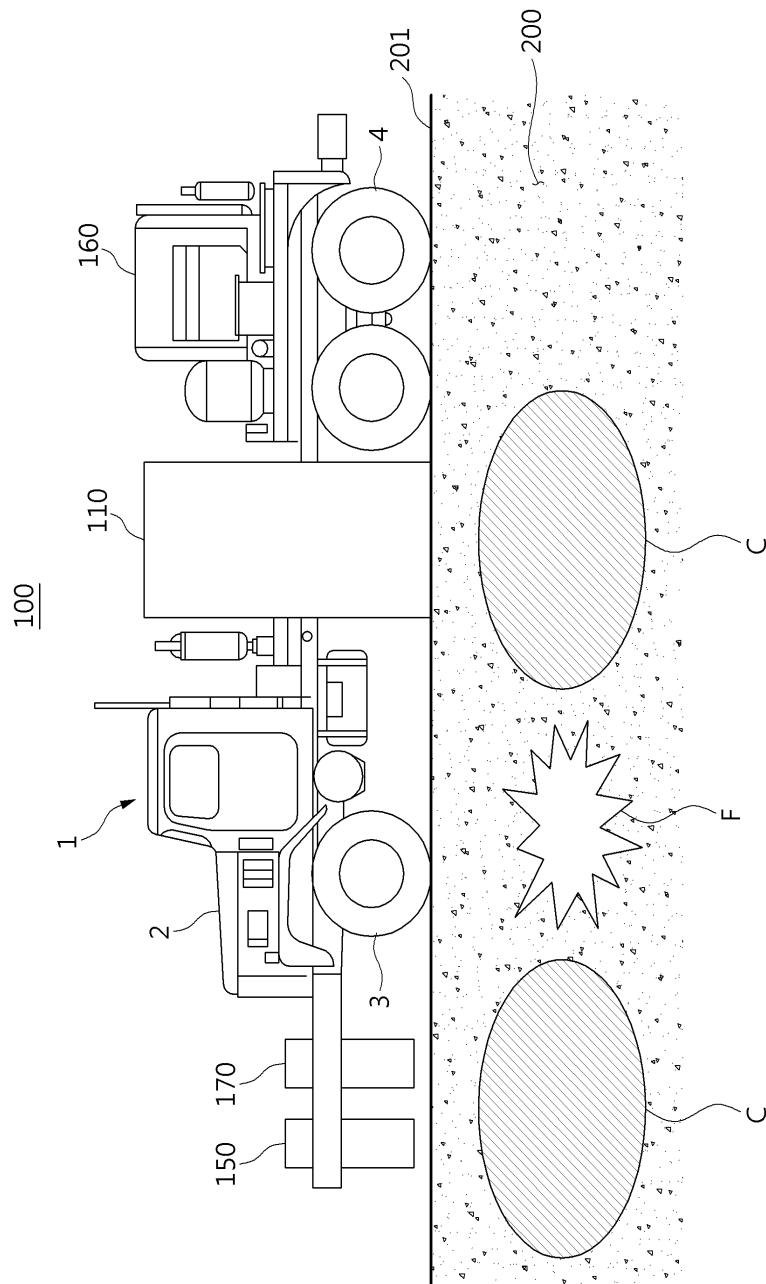
160: 유압펌핑부

201: 지면

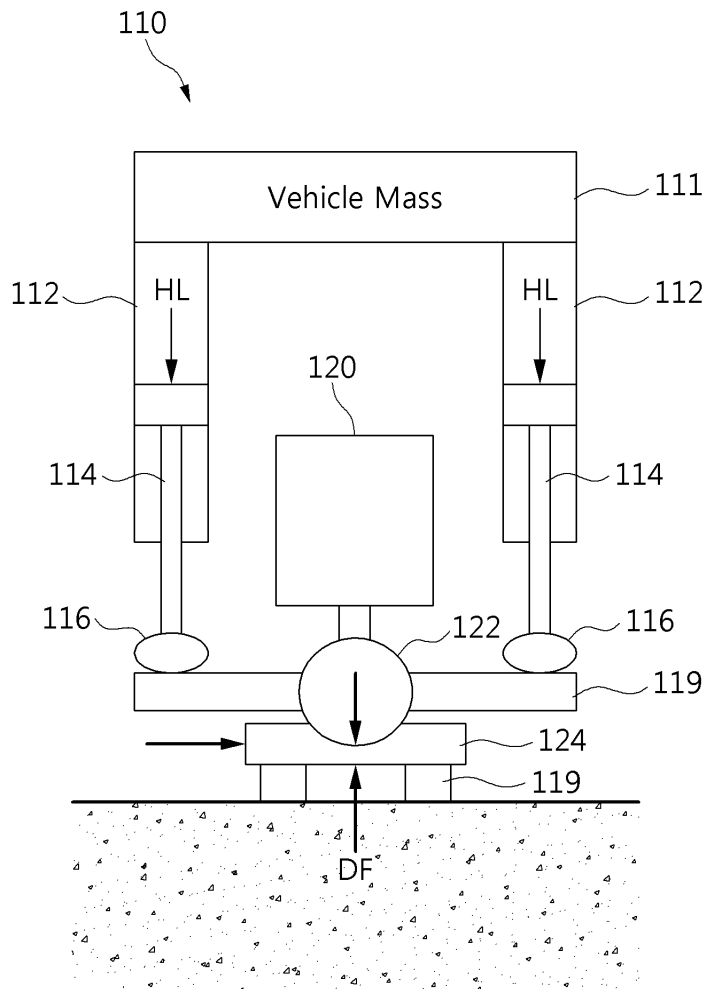
C: 동공

도면

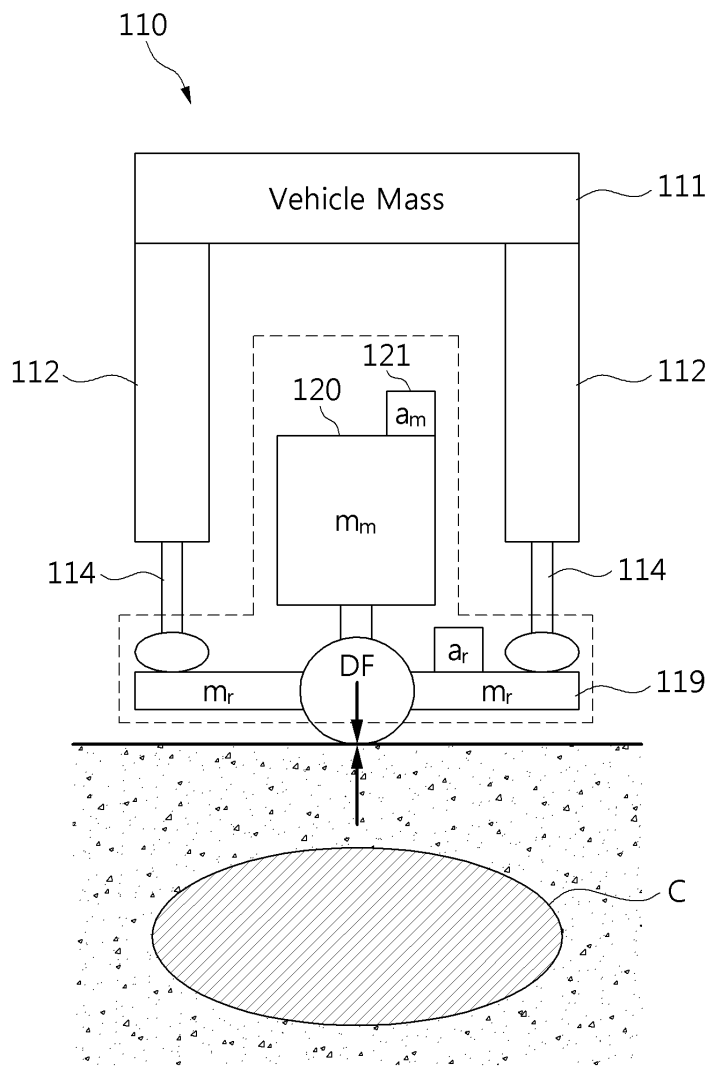
도면1



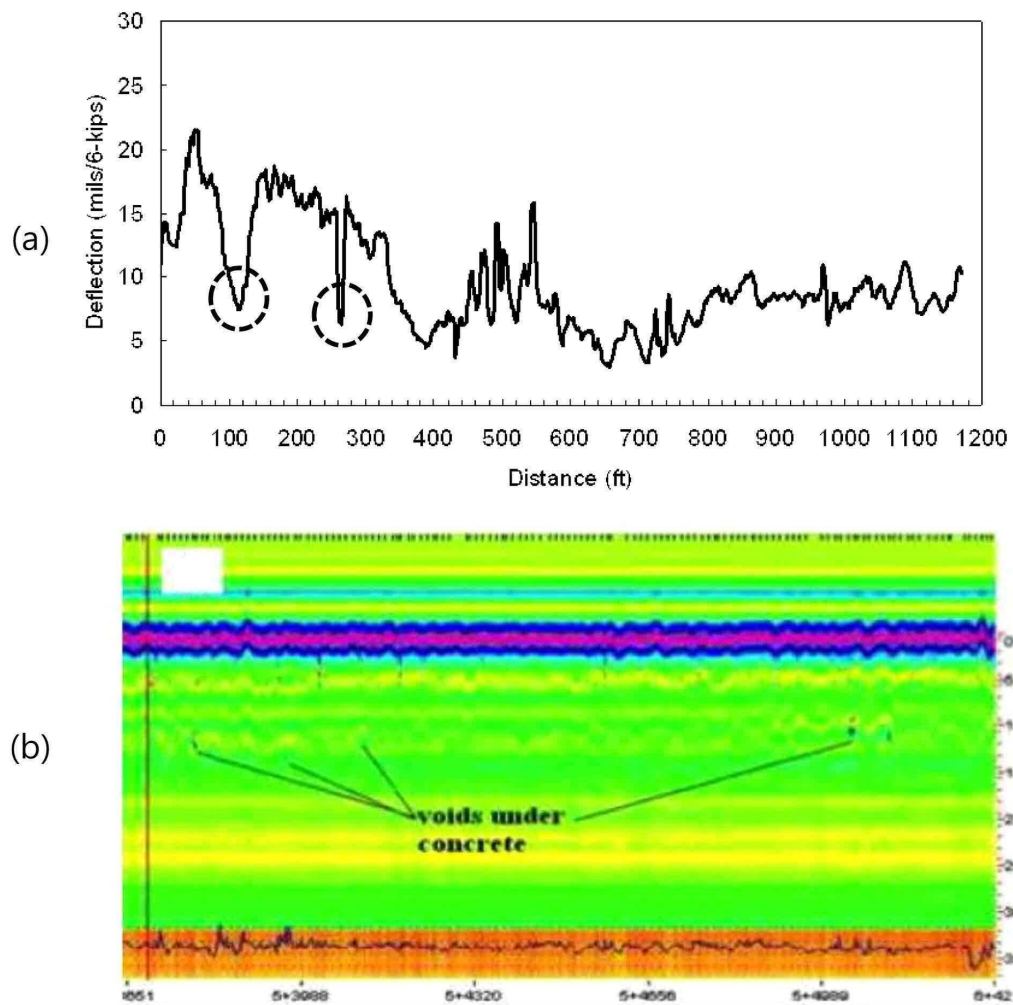
도면2



도면3



도면4



도면5

