(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년11월13일
(11) 등록번호 10-1328889
(24) 등록일자 2013년11월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 21/32 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0134269
(22) 출원일자 2012년11월26일
심사청구일자 2012년11월26일
(56) 선행기술조사문헌
KR101175769 B1
KR1020020051340 A
KR1020080021300 A
JP2006084404 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
강영종
서울시 강동구 암사동 롯데캐슬퍼스트 118-802
최준호
서울시 양천구 목5동 목동아파트 407동 802호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인남촌

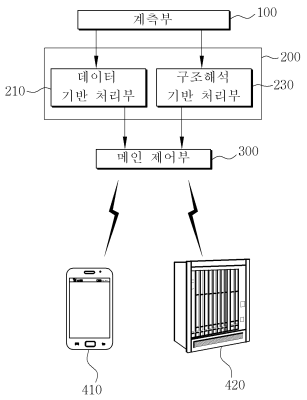
전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 **계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템에 있어서, 구조물의 거동을 계측하는 계측부와; 상기 계측부에 의해 계측된 계측 데이터의 경향 학습을 통해 계측 데이터의 이상 유무를 판단하는 데이터 기반 처리부와, 상기 계측 데이터에 기초한 계측 변위에 대한 구조 해석을 통해 구조물의 건전도를 평가하는 구조해석 기반 처리부를 갖는 데이터 처리부와; 상기 데이터 기반 처리부에 의해 상기 계측 데이터의 이상이 판단된 경우, 상기 구조해석 기반 처리부가 구조물의 건전도를 평가하도록 제어하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 운영 중인 구조물에서 다양한 계측 센서를 활용하여 구조물 건전도를 평가하는데 있어 계측 변위를 기반으로 하고 다른 계측 데이터들의 계측 변위를 보정하거나 검증할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

김승준

경기도 안양시 동안구 비산동 임곡주공아파트 112동 201호

신도형

서울특별시 송파구 올림픽로 435, 215동802호(신천동 파크리오아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	11CCTI-C056021-02-000000
부처명	한국건설교통기술평가원
연구사업명	건설기술혁신사업
연구과제명	변위 기반 구조물 거동평가 기술 개발(2차년)
기 여 율	1/1
주관기관	고려대학교산학협력단
연구기간	2011.09.15 ~ 2012.12.14

특허청구의 범위

청구항 1

계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템에 있어서,

구조물의 거동을 계측하는 계측부와;

상기 계측부에 의해 계측된 계측 데이터의 경향 학습을 통해 계측 데이터의 이상 유무를 판단하는 데이터 기반 처리부와, 상기 계측 데이터에 기초한 계측 변위에 대한 구조 해석을 통해 구조물의 건전도를 평가하는 구조해석 기반 처리부를 갖는 데이터 처리부와;

상기 데이터 기반 처리부에 의해 상기 계측 데이터의 이상이 판단된 경우, 상기 구조해석 기반 처리부가 구조물의 건전도를 평가하도록 제어하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 계측부는

구조물의 변위를 계측하기 위한 변위 계측 센서와;

구조물의 환경 조건을 계측하는 환경 계측 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 데이터 기반 처리부는

상기 환경 계측 센서에 의해 계측된 계측 데이터를 매개 변수로 설정하고, 상기 매개 변수와 상기 변위 계측 센서에 의해 계측된 계측 데이터와의 상관 관계를 학습하여 변위 패턴을 생성하는 패턴 인식부와;

상기 패턴 인식부에 의해 생성된 변위 패턴과 상기 계측부에 의해 계측된 현재 계측 데이터를 비교하여 이상 유무를 판단하는 패턴 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하는 계측 변위 기반의 구조물의 건전도 평가 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 구조해석 기반 처리부는

상기 계측부에 의해 계측된 변위에 기초하여 구조물의 형상을 추정하는 형상 추정부와;

상기 형상 추정부에 의해 추정된 구조물의 변위를 이중 미분하여 가속도를 산출하고, 상기 산출된 가속도와 상기 계측부에 의해 계측된 계측 데이터와의 비교를 통해 상기 형상 추정부에 의해 추정된 구조물의 형상을 검증하는 변위 검정부와;

상기 형상 추정부에 의해 추정된 구조물의 형상을 기 설정된 구조 해석 모델에 적용하여 구조물의 내력을 해석하는 구조 해석부와;

상기 구조 해석부에 의해 해석된 구조물의 내력에 기초하여 구조물의 위험 요소를 예측하는 위험 요소 예측부를 포함하는 것을 특징으로 하는 계측 변위 기반의 구조물의 건전도 평가 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 기존의 가속도계와 변형률계를 사용한 평가 시스템이 아니라 계측된 변위를 기반으로 구조물 건전도를 평가하는 시스템을 개발하는 것에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 구조물 건전도를 평가하는데 있어 직접 계측된 변위를 기반으로 구조물의 변형을 추정하고 그로부터 내력 및 응력 등 구조물의 응답을 평가하여 구조물의 건전도를 평가하는 시스템 개발에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 다리나 빌딩과 같은 각종 토목, 건축 구조물의 안전성은 공공의 안전과 직결되며 사회적ㅇ경제적으로 파급효과가 크므로 이들 구조물에 대한 이상 유무를 지속적으로 판단하여 이에 대한 빠른 대처가 가능하도록 해야 한다.

[0003] 과거 구조물은 기하학적 형상이 단순하고, 높은 안전율을 적용한 보수적인 설계가 이루어졌던 반면, 오늘날 구조물은 미적 형상을 고려함에 따라 날로 기하학적 형상도 복잡해지고 있으며, 이에 더하여 구조물이 대형화되어 내구성과 고성능을 요구하는 구조물이 증가하고 있다.

[0004] 이와 같은 현대 구조물의 외형적인 구조의 복잡성과 대형화는 태풍, 지진과 같은 자연 재해에 취약해질 수 있고, 특히 균열이나 붕괴와 같은 사고의 발생 시 인적 및 재산적인 손실을 야기 시키게 된다. 이에, 현대 구조물의 구조 건전도 평가를 통해 구조물의 이상 유무를 판단하여 신속히 대처 할 수 있는 구조물 유지 관리의 중요성이 날로 증가하고 있다.

[0005] 구조물 유지 관리를 위해 구조물에서 풍향, 풍속, 가속도, 변위, 온도, 변형율 등과 같은 다양한 계측이 이루어지고 있다. 이와 같은 계측 데이터 중 변위의 경우, 정적 거동, 준정적 거동, 동적 거동과 같은 모든 구조물의 거동이 계측 가능하고 국부적인 거동의 영향보다 전체 구조계의 거동을 가장 잘 반영하므로 구조물 건전도 평가를 위해 가장 적합한 방법으로 인식되고 있다.

[0006] 이와 같은 변위 계측에 있어서, 구조물에 대한 정밀한 변위 계측을 위한 다양한 계측 방법들이 제안되고 있다. 일 예로, 한국공개특허 제10-2011-0108484호에서는 변형율 측정 센서를 이용하여 구조물의 비틀림을 측정하는 비틀림 측정 방법 및 시스템을 개시하고 있다. 상기 한국공개특허에 개시된 비틀림 측정 방법은 변형율 측정 센서를 이용하여 구조물의 연속된 정적 및 동적 비틀림을 측정할 수 있으므로 비틀림 변형이 중요한 구조물의 건전성을 경제적으로 모니터링할 수 있는 장점을 제공하고 있다.

[0007] 구조물은 온도에 따라 강성이 변화하기 때문에 동일 하중이 작용한다 하더라도 낮과 밤의 차이가 발생하며 계절적으로도 여름과 겨울에 따라 많은 차이가 발생한다.

[0008] 이와 같이 구조물은 온도에 따라 매우 민감하게 반응하므로 온도 계측이 필수적이라 할 수 있다. 과거 연구자들이 구조물의 온도 계측에 대한 영향을 간과하였으나 이와 같은 중요성을 인식하고 온도의 영향을 분석하고 보정하기 위해서 실제 온도를 계측하고 그 데이터를 저장하고 있다.

[0009] 구조물에 직접적으로 변형을 발생시키는 요인은 작용 하중이라고 할 수 있다. 구조물의 작용 하중은 대표적으로 풍하중, 차량하중이 있다. 풍하중의 경우 풍속계, 풍향계가 설치되어 구조물의 바람을 계측하고 있으며, 계측된 풍향을 근거로 교량의 경우 풍속에 따라 차량 통행을 제한하고 있으나, 차량 통행 기준으로 설정한 풍속 기준에 대한 근거가 미약한 실정이다. 풍하중은 근래에 구조물이 세장해 지면서 작은 풍속에도 구조물의 큰 변위가 발생시켜 붕괴에 이르는 플러터와 같은 현상을 발생시켜 이에 대한 거동평가 방안이 필요한 실정이다.

[0010] 또한 교량의 경우 다양한 WIM 시스템이 구축되어 있어 차량 통과 하중 계측을 위한 시스템이 마련되어 있어 차량 축중을 계측하고 CCTV 시스템을 통해 통과 차량의 종류를 분석하고 있다. 이와 같은 차량 하중 계측 시스템을 과적차량 단속등의 용도로 활용되고 있다.

[0011] 계측 가속도는 구조물의 각각의 부위의 가속도를 계측하여 구조물의 고유진동수를 측정하여 구조물의 강성 변화를 모니터링하고 케이블의 장력을 추정하여 장력 보정을 위한 기초 자료로 활용하고 있다. 연구용으로는 계측 가속도를 이용한 구조물 손상 추정 방법까지 제시되어 있지만 이는 가속도계가 매우 촘촘히 구조물에 부착되어 있어야 가능한 방법으로 실제 계측 시스템 적용에는 한계가 있다.

[0012] 구조물의 변위는 앞서 설명하였듯 구조물의 정적ㅇ준정적ㅇ동적의 모든 거동을 계측할 수 있기 때문에 구조물의 거동을 효과적으로 분석하기 위해서는 구조물의 변위를 계측하는 것이 가장 효율적이다. 대형 구조물에서의 변위 계측을 위한 장비의 부재로 인해 변위 계측이 어려워 변위 활용 기술이 미비한 반면 가속도 계측은 현재 변위 계측에 비해 비용이 저렴하고 계측이 용이하기 때문에, 전술한 바와 같이, 많은 활용 기술이 제시되어 발전

되어 왔다.

[0013] 계측이 용이한 가속도로부터 변위를 추정하기 위한 기술은 다양하게 제시되어 있지만 이중적분에 대한 한계로 인해서 실용적으로 이용되고 있는 기술은 전무한 실정이다. 특정의 가속도계 모델이 가속도를 계측하여 변위 추정이 가능하지만 이는 최대 2㎜정도의 변위만 계측이 가능하여 가속도계를 활용한 변위 추정은 한계가 있다.

[0014] 그러나 현재에는 계측 장비 기술의 발달로 인해서 구조물에서 정밀 변위 계측을 위한 많은 계측 방법이 있다. 예컨대, 레이저 변위계, 광파계, 접촉식 변위계 같은 방법은 기존에 많이 활용되는 방법으로써 매우 정밀한 변위를 계측 할 수 있으며 현재는 GNSS(Global Navigation Satellite System)을 이용한 변위 계측방법과 카메라를 이용한 영상측량 기법 등 구조물의 정밀하게 실시간으로 계측 가능한 많은 방법들이 제시되고 있다. 또한, 이러한 변위 계측 장비의 가격 또한 하락하는 추세이므로 앞으로 구조물의 변위 계측이 더욱 용이해 질 것이다.

[0015] 구조물의 상시 변위 모니터링을 위해 GNSS장비가 대부분 활용되고 있다. 그러나, 현재 GNSS는 최대 50Hz범위 안에서 계측이 가능하므로 단주기 거동에 대한 계측에는 한계가 있기 때문에 이를 극복하기 위해 단주기 거동 계측이 유리한 가속도계를 GNSS와 접목하는 기술이 발전되고 있다. 하지만 이런 기술 역시 동일 지점에서 변위와 가속도를 측정하여 각각의 계측기 특성을 보정하는 정도로 활용되고 있다.

[0016] 또한 구조물에서 계측된 변위 데이터는 형상의 시각화를 위해 단순 보정하여 사용하고 있거나, 기존에 입력된 기준값과 계측값의 단순 비교를 통해 구조물 건전도 관리에 이용되고 있어 매우 낮은 수준의 활용도로 활용되고 있다.

[0017] 구조물의 거동 변위는 정적○준정적○동적인 모든 거동을 계측 할 수 있기 때문에 거동 평가에 활용하면 매우 효율적인 계측 데이터가 된다. 그러나, 변위 계측 장비의 한계로 인해서 과거 가속도 계측을 통한 활용 기술과 평가 기술에 발전이 있었지만, 현재 GNSS, 영상측량을 활용한 변위 계측 기술이 발전하고 있어 향후 변위 계측이 용이해 질 것이다.

[0018] 이런 기술 발전에 부합하여 직접적인 변위 계측 데이터를 활용한 거동평가 기술이 필요한 실정이다. 또한 변위 데이터가 구조물 거동 평가의 판단 기준이지만, 구조물에서 다양한 센서를 통해서 계측된 다양한 데이터를 이용하여 구조물의 거동을 합리적이고 효율적으로 반영하여 거동을 평가할 수 있는 거동 평가 시스템이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0019] 이에, 본 발명은 운영 중인 구조물에서 다양한 계측 센서를 활용하여 구조물 건전도를 평가하는데 있어 계측 변위를 기반으로 하고 다른 계측 데이터들은 계측 변위를 보정하거나 검증목적으로 사용하는 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다. 계측 변위를 기반으로 구조물의 거동을 평가함에 따라 전체 구조계의 거동을 분석 할 수 있으며, 구조물의 정적응답○준정적응답○동적응답에 따른 모든 응답 분석이 가능한 시스템을 구성하는데 목적이 있다. 또한 구조물의 환경 조건에 따른 구조물의 반응을 분석하는 시스템을 마련함으로써 구조물 반응의 원인을 정확히 분석하여 거동 평가 결과를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0020] 상기 목적은 본 발명에 따라, 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템에 있어서, 구조물의 거동을 계측하는 계측부와; 상기 계측부에 의해 계측된 계측 데이터의 경향 학습을 통해 계측 데이터의 이상 유무를 판단하는 데이터 기반 처리부와, 상기 계측 데이터에 기초한 계측 변위에 대한 구조 해석을 통해 구조물의 건전도를 평가하는 구조해석 기반 처리부를 갖는 데이터 처리부와; 상기 데이터 기반 처리부에 의해 상기 계측 데이터의 이상이 판단된 경우, 상기 구조해석 기반 처리부가 구조물의 건전도를 평가하도록 제어하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템에 의해서 달성된다.

[0021] 여기서, 상기 계측부는 구조물의 변위를 계측하기 위한 변위 계측 센서와; 구조물의 환경 조건을 계측하는 환경 계측 센서를 포함할 수 있다.

[0022] 그리고, 상기 데이터 기반 처리부는 상기 환경 계측 센서에 의해 계측된 계측 데이터를 매개 변수로 설정하고, 상기 매개 변수와 상기 변위 계측 센서에 의해 계측된 계측 데이터와의 상관 관계를 학습하여 변위 패턴을 생성하는 패턴 인식부와; 상기 패턴 인식부에 의해 생성된 변위 패턴과 상기 계측부에 의해 계측된 현재 계측 데이터를 비교하여 이상 유무를 판단하는 패턴 분석부를 포함할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 구조해석 기반 처리부는 상기 계측부에 의해 계측된 변위에 기초하여 구조물의 형상을 추정하는 형상 추정부와; 상기 형상 추정부에 의해 추정된 구조물의 변위를 이중 미분하여 가속도를 산출하고, 상기 산출된 가속도와 상기 계측부에 의해 계측된 계측 데이터와의 비교를 통해 상기 형상 추정부에 의해 추정된 구조물의 형상을 검증하는 변위 검정부와; 상기 형상 추정부에 의해 추정된 구조물의 형상을 기 설정된 구조 해석 모델에 적용하여 구조물의 내력을 해석하는 구조 해석부와; 상기 구조 해석부에 의해 해석된 구조물의 내력에 기초하여 구조물의 위험 요소를 예측하는 위험 요소 예측부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 상기와 같은 구성에 따라 본 발명에 따르면, 운영 중인 구조물에서 다양한 계측 센서를 활용하여 구조물 건전도를 평가하는데 있어 계측 변위를 기반으로 하고 다른 계측 데이터들은 계측 변위를 보정하거나 검증할 수 있는 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템이 제공된다. 구조물 거동의 정확한 이해를 통해 개발된 본 발명으로 기존 센서를 통합 활용하여 계측 데이터를 효율적으로 사용하고 이를 통한 거동 평가 결과의 신뢰도를 향상시킨다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명에 따른 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템의 구성을 도시한 도면이고,

도 2는 도 1의 데이터 기반 처리부의 구성의 예를 도시한 도면이고,

도 3은 도 1의 구조해석 기반 처리부의 구성의 예를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예를 상세히 설명한다.

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 계측 변위 기반의 구조물 건전도 평가 시스템의 구성을 도시한 도면이다. 도 1을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 구조물 건전도 평가 시스템은 계측부(100), 데이터 처리부(200) 및 메인 제어부(300)를 포함한다.

[0028] 계측부(100)는 구조물의 거동을 계측하고, 계측된 거동과 관련된 계측 데이터를 데이터 처리부(200)로 전달한다. 본 발명에 따른 계측부(100)는 변위 계측 센서와, 환경 계측 센서를 포함할 수 있다.

[0029] 변위 계측 센서는 구조물의 변위를 계측한다. 즉, 변위 계측 센서는 구조물의 건전도를 평가하기 위한 판단 근거의 기준인 변위를 계측한다. 예컨대, 변위 계측 센서는 레이저 처짐계나 광파기가 적용될 수 있으며, GNSS(Global Navigation Satellite System)나, 카메라를 통한 영상 계측기도 적용 가능하다.

[0030] 환경 계측 센서는 구조물의 환경 조건을 계측한다. 본 발명에 따른 환경 계측 센서에 의해 계측되는 환경 조건은 구조물이나 구조물 주변의 온도, 구조물에 가해지는 바람에 의한 풍하중, 그리고 차량 등에 의해 발생하는 차량 하중을 포함할 수 있으며, 환경 계측 센서는 온도, 풍하중, 차량 하중의 측정을 위한 온도 센서, 풍향계, WIM(Weigth In Motion), CCTV 등을 포함할 수 있다.

[0031] 구조물의 온도의 경우 밤과 낮, 여름과 겨울 등 계절적 요인에 따라 구조물의 강성 변화에 큰 영향을 주는 요소이다. 구조물의 거동 평가에 이와 같은 온도에 대한 영향이 고려되지 않는다면 잘못된 거동 평가 결과를 야기할 수 있으므로, 본 발명에서는 환경 계측 센서를 이용하여 구조물의 거동 평가에 영향을 미치는 환경 요인을 계측하게 된다..

[0032] 데이터 처리부(200)는, 도 1에 도시된 바와 같이, 데이터 기반 처리부(210)와 구조해석 기반 처리부(230)를 포함한다.

[0033] 데이터 기반 처리부(210)는 계측부(100)에 의해 계측된 계측 데이터의 경향 학습을 통해 계측 데이터의 이상 유무를 판단한다. 보다 구체적으로 설명하면, 데이터 기반 처리부(210)는 계측부(100)에 의해 계측된 구조물에 대한 실시간 계측 데이터를 이용해 이상 유무를 즉각적으로 판단한다.

[0034] 여기서, 실제 설계도상의 구조물의 조건과 시공 조건이 다를 수 있으며, 실제 계측 데이터에는 계측 오차가 존재한다. 또한, 실제 구조물의 반응은 다양한 환경 변수와 하중에 대해서 영향을 받게 된다. 예컨대, 풍하중과 차량하중, 온도등 에 따라 강성이 변화하기도 하고 큰 변위가 발생하기도 한다.

[0035] 이러한 다양한 영향을 반영하여 판단 기준을 제시하지 못하는 경우, 구조물의 거동을 즉각적으로 판단할 수 없다. 즉, 단순 구조해석으로 도출된 변위 값을 구조물의 이상유무의 판단 근거의 기준으로 설정한다면, 계측 특징과 시공 상의 오차 등의 여러 요인을 반영할 수 없기 때문에 보다 실제 계측 조건과 부합하는 기준이 필요하게 된다.

[0036] 이에, 본 발명에 따른 데이터 기반 처리부(210)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 패턴 인식부(211)와 패턴 분석부(213)를 포함할 수 있다.

[0037] 패턴 인식부(211)는 환경 계측 센서에 의해 계측된 계측 데이터를 매개 변수로 설정한다. 그리고, 패턴 인식부(211)는 매개 변수와 변위 계측 센서에 의해 계측된 계측 데이터와의 상관 관계를 학습하여 변위 패턴을 생성한다.

[0038] 상술한 바와 같이 환경 계측 센서에 의해 감지되는 구조물에서의 온도, 풍속, 풍향, 하중 조건이 매개변수가 되고, 변위 계측 센서에 의해 계측되는 계측 데이터, 즉 변위 데이터와의 관계가 패턴 인식부(211)를 통해 학습된다.

[0039] 여기서, 학습 조건으로 매개변수를 독립적으로 처리하지 않고, 구조물에서 계측되는 조건을 최대한 반영하여 학습하도록 설정된다. 이를 통해, 매개변수와 변위와의 상관관계가 학습되고, 변위 패턴이 일정 단위 기간으로 저장됨으로써 구조물의 장기적인 거동 분석이 가능하게 된다.

[0040] 패턴 분석부(213)는 패턴 인식부(211)에 의해 생성된 변위 패턴과 계측부(100)에 의해 계측된 현재 계측 데이터, 즉 변위 데이터를 비교하여 구조물의 이상 유무를 판단하게 된다. 패턴 분석부(213)에 의해 구조물의 이상이 판단되는 경우, 이는 메인 제어부(300)로 통지된다.

[0041] 한편, 본 발명에 따른 구조해석 기반 처리부(230)는 계측부(100)에 의해 계측된 계측 데이터에 기초한 계측 변위에 대한 구조 해석을 수행한다. 그리고, 구조해석 기반 처리부(230)는 구조 해석을 통해 최종적으로 구조물의 건전도를 평가한다.

[0042] 도 3은 본 발명에 따른 구조해석 기반 처리부(230)의 구성의 예를 도시한 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 형상 추정부(231), 변위 검정부(233), 구조 해석부(235) 및 위험 요소 예측부(237)를 포함할 수 있다.

[0043] 형상 추정부(231)는 계측부(100)에 의해 계측된 변위에 기초하여 구조물의 형상을 추정한다.

[0044] 변위 검정부(233)는 형상 추정부(231)에 의해 추정된 구조물의 변위를 이중 미분하여 가속도를 산출한다. 그리고, 변위 검정부(233)는 산출된 가속도와 계측부(100)에 의해 계측된 계측 데이터와의 비교를 통해 형상 추정부(231)에 의해 추정된 구조물의 형상을 검증한다.

[0045] 구조 해석부(235)는 형상 추정부(231)에 의해 추정된 구조물의 형상을 기 설정된 구조해석 모델에 적용하여 구조물의 내력을 해석한다. 본 발명에서는 구조 해석부(235)가 FEM 구조 해석 모델을 이용하여 구조물의 내력을 해석하는 것을 예로 하나, 이외에도 다른 구조 해석 모델이 적용 가능함은 물론이다.

[0046] 여기서, 구조 해석부(235)가 FEM 구조 해석 모델을 적용할 때, 계측부(100)에 의해 구조물에서 계측된 온도를 이용해 강성을 보정하게 된다. 구조물의 강성에 따라 같은 변위라 하여도 내력에 차이가 나기 때문에 정확한 내력 산정을 위해서는 온도 보정이 필수적이다.

[0047] 위험 요소 예측부(237)는 구조 해석부(235)에 의해 해석된 구조물의 내력에 기초하여 구조물의 위험 요소를 예측한다. 예컨대, 구조 해석부(235)에 의해 계산된 내력이 구조물의 항복 응력으로 높거나 과대한 응력이 계산되는 곳을 분석하고, 설계시보다 다른 응력 부위를 찾아 위험 요소로 분류할 수 있다. 위험 요소 해석부에 의해 분류된 위험 요소는 메인 제어부(300)로 전달된다.

[0048] 한편, 메인 제어부(300)는 데이터 기반 처리부(210)에 의해 계측 데이터의 이상이 판단된 경우, 구조해석 기반

처리부(230)가 구조물의 건전도를 평가하도록 제어한다. 보다 구체적으로 설명하면, 제어부는 데이터 처리부(200)에서 계산된 데이터를 이용하여 이상신호 처리 및 구조물 취약 부위 판단을 위한 과정을 수행한다.

[0049] 데이터 기반 처리부(210)에서 구조물의 이상신호가 감지되면, 메인 제어부(300)는 관리자에게 구조물 위험 경고를 전송하게 되고, 구조해석 기반 처리부(230)가 동작하도록 제어한다. 이를 통해, 메인 제어부(300)는 구조해석 기반 처리부(230)에 의한 내력을 판단 근거로 기준으로 구조물의 취약 부위를 산정하게 된다.

[0050] 여기서, 메인 제어부(300)는 통신망을 통해 관리자의 모바일 단말기(410)나, 관제 센터(420)로 위험 경고나 구조해석 기반 처리부(230)의 처리 결과를 전송하게 된다.

[0051] 상기와 같은 구성에 따라, 구조물 거동에 온도에 대한 영향을 고려함으로써 더욱 효과적인 거동 분석이 가능하게 된다. 또한, 실시간 이상유무 판단을 위해서 기존에 입력된 각각의 데이터의 기준값만을 이용하는 것이 아니라 전체 거동 데이터를 활용하므로 신뢰도 높은 기준으로 분석할 수 있기 때문에 계측되는 거동 데이터들을 유기적으로 활용하여 효과적으로 유지관리에 이용할 수 있다.

[0052] 또한, 계측 데이터의 학습을 통해 구조물의 이상 유무를 판단하므로 설계 조건과 시공조건의 차이에서 오는 영향을 고려할 수 있으며, 계측기의 오차를 따로 고려하지 않아도 된다.

[0053] 그리고, 실시간의 이상 유무 판단과 이에 따라 정밀한 해석이 도출되므로 위급상황시 효과적으로 대처 할 수 있으며, 이상 유무 및 이상 부재를 빠르게 판단할 수 있어 구조물 유지관리에 있어 효율성이 보장될 수 있다.

[0054] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

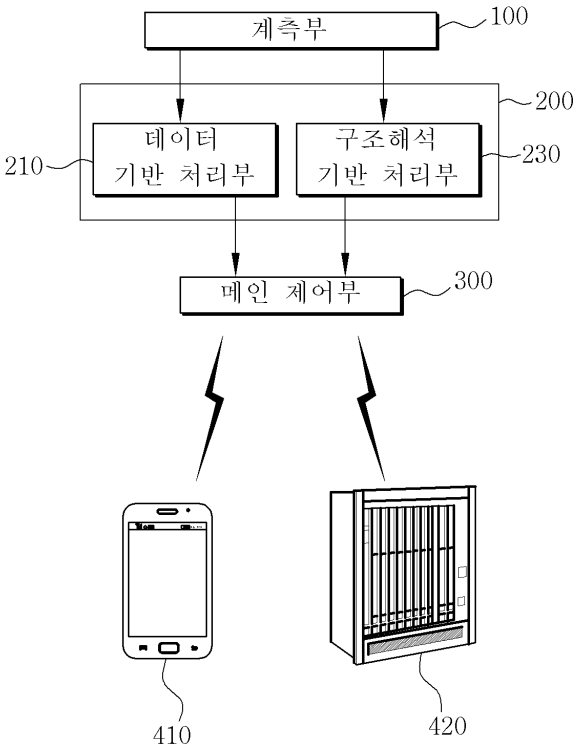
부호의 설명

[0055]

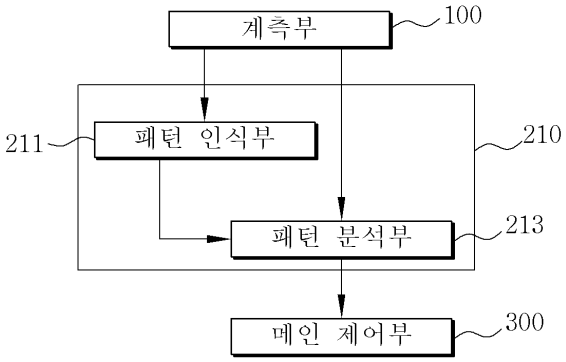
100	: 계측부	200	: 데이터 처리부
210	: 데이터 기반 처리부	211	: 패턴 인식부
213	: 패턴 인식부	230	: 구조해석 기반 처리부
231	: 형상 추정부	233	: 변위 검정부
235	: 구조 해석부	237	: 위험 요소 예측부
300	: 메인 제어부		

도면

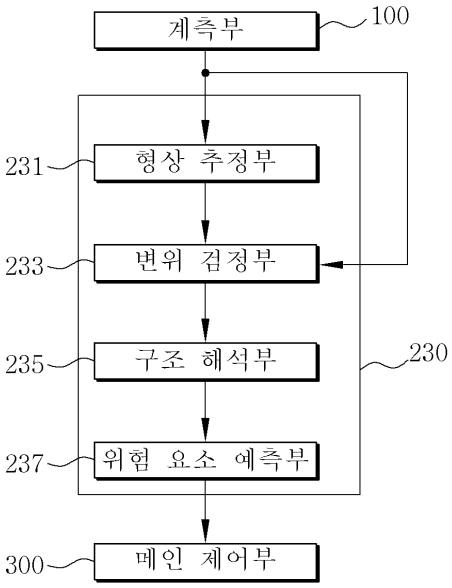
도면1


계측부
100
200
데이터
기반 처리부
210
구조해석
기반 처리부
230
메인 제어부
300
410
420

도면2


계측부
100
패턴 인식부
211
210
패턴 분석부
213
메인 제어부
300

도면3


계측부
100
231
형상 추정부
233
변위 검정부
235
구조 해석부
230
237
위험 요소 예측부
300
메인 제어부