



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년08월28일  
 (11) 등록번호 10-1976655  
 (24) 등록일자 2019년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01M 99/00 (2011.01) G01L 5/04 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-7000055  
 (22) 출원일자(국제) 2012년06월04일  
 심사청구일자 2017년05월30일  
 (85) 번역문제출일자 2014년01월02일  
 (65) 공개번호 10-2014-0036291  
 (43) 공개일자 2014년03월25일  
 (86) 국제출원번호 PCT/EP2012/060534  
 (87) 국제공개번호 WO 2012/164104  
 국제공개일자 2012년12월06일  
 (30) 우선권주장  
 11305684.0 2011년06월03일  
 유럽특허청(EPO)(EP)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 Gilles Hovhannessian, Health monitoring of  
 cable-stayed structures Experience and  
 Implementation, Proceedings of IMACXXIV  
 (2006.1.31.)\*  
 KR1020060102804 A  
 JP2003075301 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 소레탄체 프레씨네트  
 프랑스 92500 뤼에유-말메롱 아브뉴 나폴레옹 보  
 나파르트 280  
 (72) 발명자  
 오바네시영 켈르  
 프랑스 에프-92160 앙토니 뤼 드 마시 107  
 샤프홍 알렉상드르  
 프랑스 에프-75015 파리 뤼 올리비에 드 세호 21  
 델리에 에릭  
 프랑스 에프-78220 비호플레 아브뉴 로베흐 플뢰  
 히 1  
 (74) 대리인  
 방혜철, 김용인

전체 청구항 수 : 총 16 항

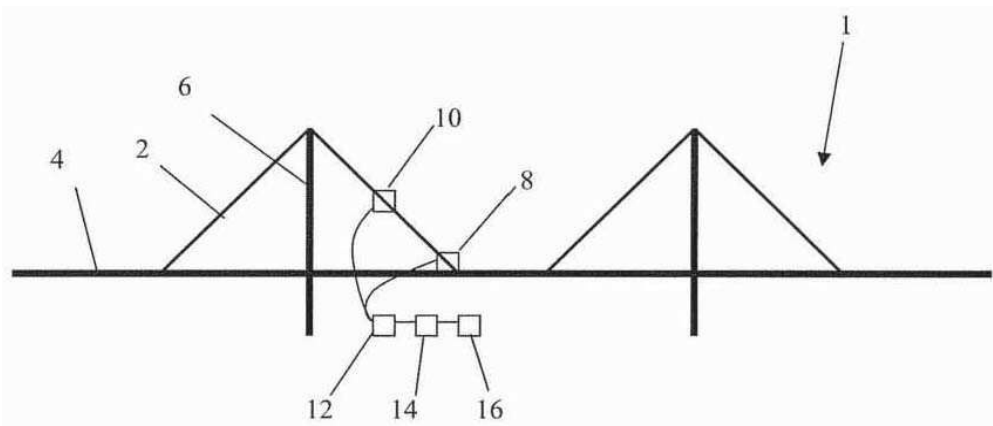
심사관 : 조우정

(54) 발명의 명칭 **케이블의 피로 자원을 측정하는 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 토목 공학 구조물을 지지하는 케이블의 피로 자원을 측정하는 방법으로서, 다음 단계: 케이블에 대한 수직 인장력 및 케이블에 대한 굽힘력이 동시에 측정되어 케이블에 대한 복합력을 얻는 측정 단계(S1, S2), 측정된 복합력을 기초로, 힘의 크기의 함수로서 스트레스 사이클의 수의 집계 단계(S3), 집계 단계 동안 실행된 집계와 케이블에 대해 미리 설정된 벨러 타입 곡선을 비교함으로써 케이블의 피로 자원이 측정되는 케이블의 피로 자원을 평가하는 단계(S4)를 포함한다.

**대표도** - 도2



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

토목 공학 구조물을 지지하는 케이블의 피로 자본을 측정하는 방법으로서, 다음 단계:

- 케이블에 대한 수직 인장력 및 케이블에 대한 굽힘력이 동시에 측정되어 케이블에 대한 복합력을 얻는 측정 단계(S1, S2);
- 측정된 복합력을 기초로, 힘의 크기의 함수로서 스트레스 사이클의 수의 집계가 구현되는 집계 단계(S3);
- 집계 단계 동안 실행된 집계와 케이블에 대해 미리 설정된 벌러 타입 곡선을 비교함으로써 케이블의 피로 자본이 측정되는, 케이블의 피로 자본을 평가하는 단계(S4)를 포함하는 방법으로서,

케이블 축을 교차하는 평면 및 고정 장치로부터 알려진 거리에서 케이블 이동의 측정을 기초로, 케이블에 대한 굽힘력의 측정이 간접적으로 구현되며,

케이블 이동의 측정은 가로 진동을 흡수하기 위해 케이블 상에 놓인 충격 흡수기에서 구현되는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

케이블에 대한 수직 인장력의 측정은 직접적으로 구현되는 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

케이블에 대한 수직 인장력의 측정은 간접적으로 구현되는 방법.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

인장력 및 굽힘력 측정은 1Hz 내지 1kHz 범위의 주파수에서 구현되는 방법.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

측정 단계는 케이블 설치시로부터 연속적으로 구현되지 않으며, 측정된 데이터는 측정 기간 이전 및 이후 하중으로부터 외삽하는데 사용되는 방법.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

측정 단계는 케이블의 설치시로부터 케이블에 대한 인장력 및 굽힘력을 측정하기 위해 이의 설치시로부터 연속

적으로 구현되는 방법.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,  
 집계 단계는 레인플로 집계에 의해 구현되는 방법.

**청구항 11**

제 8 항에 있어서,  
 과거 하중의 외삽은 건축시에 이루어진 가정을 케이블이 실제로 경험한 피로와 비교하는데 사용되는 방법.

**청구항 12**

제 8 항에 있어서,  
 미래 하중의 외삽은 피로에 대한 케이블의 용량 또는 잔여 수명을 추정하는데 사용되는 방법.

**청구항 13**

토목 공학 구조물(1)을 지지하는 케이블(2)의 피로 자본을 측정하기 위한 장치로서, 이 장치는 제 1 항 내지 제 3 항 및 제 7 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 실행하는 수단, 즉 다음:

- 케이블(2)에 대한 전체 인장력을 측정하기 위한 수단(8);
- 케이블(2)에 대한 전체 굽힘력을 측정하기 위한 수단(10);
- 케이블이 경험한 인장력 및 굽힘력의 크기의 함수로서 스트레스 사이클의 수를 집계하기 위한 수단(12); 및
- 케이블에 대해 미리 설정된 벌러 타입 곡선과 집계 수단에 의해 실행된 집계를 비교하기 위한 수단(14)을 포함하는 장치.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서,  
 케이블의 용량 또는 이의 잔여 수명이 소정의 임계값 이하로 감소할 때마다 자동 알람을 위한 경고 수단(16)을 더 포함하는 장치.

**청구항 15**

제 13 항에 있어서,  
 토목 공학 구조물 상의 케이블의 고정 장치는 케이블의 굽힘력을 측정하기 위한 수단을 통합하는 충격 흡수기를 포함하는 장치.

**청구항 16**

제 2 항에 있어서,  
 케이블에 대한 수직 인장력의 측정은 로드 셀에 의해 구현되는 방법.

**청구항 17**

제 3 항에 있어서,  
 케이블에 대한 수직 인장력의 측정은 고정 장치 또는 케이블 위에 놓인 스트레인 게이지의 사용에 의해 구현되는 방법.

**청구항 18**

제 3 항에 있어서,

케이블에 대한 수직 인장력의 측정은 복수의 케이블 가닥 중 하나에 대한 힘의 측정에 의해 구현되는 방법.

**청구항 19**

제 3 항에 있어서,

케이블에 대한 수직 인장력의 측정은 진동 코드 방법의 사용 및 케이블의 고유 진동 주파수의 측정에 의해 구현되는 방법.

**청구항 20**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 토목 공학 구조물을 지지하는 케이블의 피로 자본을 측정하기 위한 방법뿐만 아니라 이런 케이블의 피로 자본을 측정하기 위한 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 전적인 것은 아니나 특히 사장교(cable-stayed bridges) 및 현수교(suspension bridges)와 같은 많은 수의 토목 공학 구조물이 케이블에 의해 지지된다.

[0003] 이런 케이블은 일반적으로 불완전할 수 있는 연결 피팅(end-fitting)과 유사한 고정 장치에 의해 토목 공학 구조물에 고정된다. 결과적으로, 세로 인장력을 받는 것 이외에, 케이블은 국소 굽힘 스트레스를 생성하는 기생 굽힘력을 받는다.

[0004] 케이블은, 특히 정적 및 동적 하중으로 알려진, 다양한 형태의 하중을 받는다.

[0005] 정적 하중은 일반적으로 느린 변화, 예를 들어, 토목 공학 구조물에 대한 온도 변화 또는 하중의 전체 변화 때문이다.

[0006] 동적 하중은 더욱 빠른 변화, 예를 들어, 토목 공학 구조물 위 돌풍 또는 트럭의 통과에 해당한다.

[0007] 비록 케이블의 저항보다 작을지라도, 하중에 의해 발생한 스트레스는 너무 많은 회수로 반복되는 경우 상기 케이블의 파괴에 이르게 할 수 있다. 이런 경우 케이블을 구성하는 재료의 피로 파괴를 야기한다.

[0008] 구조물이 이의 수명 동안 받아야 하는 하중 및 케이블 치수가 적합한 지를 확인하는데 사용될 수 있는 계산 지침들이 있다.

[0009] 일반적으로, 이런 계산 지침은 먼저 케이블의 피로 자본 또는 최초 자본을 측정하는 것으로 구성된다. 뒤이어, 수명 동안 구조물이 받게 될 하중뿐만 아니라 하중의 빈도를 평가한다. 마지막으로, 이런 평가된 하중은 케이블의 최초 자본을 단지 부분적으로 소비한다는 것을 확인한다.

[0010] 케이블은 피로를, 주로 인장 하중 또는 축 스트레스의 변동이 굽힘 스트레스에 더해지는 고정 장치 지역에서 받는다. 굽힘 스트레스는 케이블이 각 변이를 경험하기 때문에 현저할 수 있고, 그 결과 상기 케이블은 이의 고정 장치와 완벽하게 정렬되지 않는다. 구조물의 이동, 케이블 진동 또는 인장 하중의 변화와 관련된 케이블 원호의 변경에 의한 이 고정 장치 각도의 변동은 가변적이며 현저한 굽힘 스트레스를 초래한다.

[0011] 계산은 케이블에 대한 피로 손상, 따라서 설계 단계 동안 이의 수명을 평가하는데 사용될 수 있는 반면, 이런 계산은 최초 가정에 의해 제한된다.

[0012] 예를 들어, 다리의 경우에, 다리 위의 자동차 교통량과 관련된 케이블 피로는 시간이 지남에 따라 초과될 수 있는 추정을 기초로 한다.

[0013] 또한, 수송차량, 특히 트럭 수송차량의 통과와 관련된 동적 효과는 일반적으로 계산 동안 완전히 고려되지 않는다. 마지막으로, 도로의 상태와 관련된 일부 동적 효과는 단순히 예측가능하지 않다.

[0014] 또한, 바람의 동적 효과는 정량하기 어렵다. 진동, 이의 진폭 및 발생 빈도는 시스템의 설계 동안 대부분 알려

져 있지 않다.

[0015] 따라서, 상기 구조물의 수명 동안 구조물을 지지하는 케이블의 최초 피로 자본의 진전을 추적하는 것이 유용하다.

[0016] 이런 방식으로, 피로 자본의 비정상적으로 빠른 소비의 경우 또는 거의 소진될 때마다 유지 또는 업그레이딩 활동이 계획될 수 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0017] 본 발명의 목적은 토목 공학 구조물을 지지하는 케이블의 피로 자본을 측정하는 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0018] 따라서, 본 발명은 토목 공학 구조물을 지지하는 케이블의 피로 자본을 측정하는 방법을 제안하며, 다음 단계를 포함한다:

[0019] - 케이블에 대한 수직 인장력 및 케이블에 대한 굽힘력이 동시에 측정되어 케이블에 대한 복합력(compound force)을 얻는 측정 단계;

[0020] - 측정된 복합력을 기초로, 힘의 크기의 함수로서 스트레스 사이클의 수의 집계가 구현되는 집계 단계;

[0021] - 집계 단계 동안 실행된 집계와 케이블에 대해 미리 설정된 벌러 타입 곡선을 비교함으로써 케이블의 피로 자본이 측정되는 케이블의 피로 자본의 평가를 수반하는 단계.

[0022] 유리하게는, 본 발명에 따른 방법은 케이블이 경험한 실제 하중을 측정하고, 외삽(extrapolation)에 의해 상기 케이블의 과거 및 미래 하중, 및 피로 자본의 진전을 추정하는데 사용될 수 있다.

[0023] 본 발명에 따른 케이블의 피로 자본을 측정하는 방법은 또한 개별적으로 고려되거나 임의의 가능한 조합으로 아래 선택적 특징들의 하나 이상을 포함할 수 있다:

[0024] - 케이블에 대한 수직 인장력의 측정은, 예를 들어, 로드 셀(load cell)에 의해 직접적으로 구현된다; 및/또는

[0025] - 케이블에 대한 수직 인장력의 측정은, 예를 들어, 고정 장치 상에 놓인 스트레인 게이지(strain gauge)의 사용, 또는 복수의 케이블 가닥 중 하나에 대한 힘을 측정 또는 진동 코드 방법의 사용 및 케이블 진동에 고유한 주파수의 측정에 의해 간접적으로 구현된다; 및/또는

[0026] - 케이블에 대한 굽힘력의 측정은 직접적으로 구현된다; 및/또는

[0027] - 케이블에 대한 굽힘력의 측정은 고정 장치 위에 또는 고정 장치 내에 놓인 또는 케이블 위에 놓인 하나 이상의 스트레인 게이지에 의해 구현된다; 및/또는

[0028] - 케이블에 대한 굽힘력의 측정은, 예를 들어, 축을 교차하는, 예를 들어, 축에 직각인 평면 및 고정 장치로부터 알려진 거리에서 케이블 이동의 측정을 기초로, 간접적으로 구현된다; 및/또는

[0029] - 케이블 이동의 측정은 가로 진동을 흡수하기 위해 케이블 상에 놓인 충격 흡수기에서 구현된다; 및/또는

[0030] - 이동의 측정은 2회 통합된 가속도 측정에 의해 구현된다; 및/또는

[0031] - 이동의 측정은 1회 통합된 지오폰(geophone)에 의해 얻은 속도에 의해 얻어진다; 및/또는

[0032] - 인장력 및/또는 굽힘력 측정은 약 1Hz 내지 1kHz 주파수에서 구현된다; 및/또는

[0033] - 측정 단계는 최단 가능한 측정기간 동안 구현되어 경제적이거나 표본이 되기에는 너무 길며 측정기간 이전 및 이후 하중의 실질적 외삽을 가능하게 하며, 이 기간은 통상적으로 약 주 또는 월이다; 및/또는

[0034] - 측정 단계는 케이블 설치시로부터 케이블에 대한 인장력 및 굽힘력을 측정하도록 이의 설치시로부터 연속적으로 구현된다; 및/또는

[0035] - 집계 단계는 "레인플로(rainflow)" 집계로 알려진 집계 형태 수단에 의해 구현된다; 및/또는

[0036] - 과거 하중의 이력 또는 외삽은 건축시에 이루어진 가정을 케이블이 실제로 경험한 피로와 비교하는데 사용된다

다; 및/또는

- [0037] - 미래 하중의 외삽은 피로에 대한 케이블의 용량 또는 수명을 추정하는데 사용된다; 및/또는
- [0038] - 굽힘을 측정하는데 사용된 이동 센서는 케이블 진동을 제한하도록 사용된 충격 흡수기에 통합된다; 및/또는
- [0039] - 충격 흡수기에 통합된 이동 센서는 충격 흡수기의 누적 이동을 측정하고 이의 노화를 추적하는데 사용된다.
- [0040] 본 발명은 또한 토목 공학 구조물을 지지하는 케이블의 피로 자본을 측정하기 위한 장치에 관한 것이며, 이 장치는 본 발명에 따른 방법을 실행하는 수단을 가지며, 즉 다음:
- [0041] - 케이블이 경험한 전체 인장력을 측정하기 위한 수단;
- [0042] - 케이블이 경험한 전체 굽힘력을 측정하기 위한 수단;
- [0043] - 케이블이 경험한 인장력 및 굽힘력의 크기의 함수로서 스트레스 사이클의 수를 집계하기 위한 수단; 및
- [0044] - 케이블에 대해 미리 설정된 벌러 타입 곡선과 집계 수단에 의해 실행된 집계를 비교하기 위한 수단을 포함한다.
- [0045] 본 발명에 따른 장치는 또한 개별적으로 또는 임의의 가능한 조합을 고려된, 아래 선택적 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다:
- [0046] - 케이블의 용량 또는 이의 잔여 수명이 소정의 임계값 이하로 감소할 때마다 자동 알람을 위한 경고 수단(16); 및/또는
- [0047] - 토목 공학 구조물 상의 케이블의 고정 장치는 케이블의 굽힘력을 측정하기 위한 수단을 통합하는 충격 흡수기를 포함한다.

**발명의 효과**

- [0048] 본 발명의 내용 중에 포함되어 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0049] 본 발명은 단지 예로서 제공된 다음 설명을 읽고 첨부된 도면을 참조한 후 더욱 쉽게 이해될 것이다.  
도 1은 본 발명의 한 실시태양에 따른 방법의 다른 단계를 도시한다.  
도 2는 본 발명에 따른 장치를 가진 사장교의 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0050] 명확히 하기 위해, 도면에 도시된 다른 요소들은 반드시 정확한 축적으로 표시되지 않는다.
- [0051] 본 발명은 토목 공학 구조물을 지지하는 적어도 하나의 케이블의 피로 자본의 측정을 가능하게 하는 것을 추구한다. 토목 공학 구조물은 임의의 종류, 특히, 현수교 또는 사장교일 수 있다. 한 실시태양에 따라, 본 발명에 따른 방법은 다음을 포함한다:
- [0052] - 인장력 측정 단계, S1
- [0053] - 굽힘력 측정 단계, S2
- [0054] - 집계 단계, S3, 및
- [0055] - 케이블의 피로 자본을 측정하는 단계, S4.
- [0056] 인장력 측정, S1 및 굽힘력 측정, S2를 수반하는 단계 동안, 즉, 일반적으로, 토목 공학 구조물의 케이블의 고정 지역에 힘이 최대인 곳에서 스트레스를 측정하는 방식으로 측정이 실행된다. 또한, 인장력 측정 단계, S1 및 굽힘력 측정 단계, S2는 케이블에 대한 복합력을 얻기 위해 동시에 구현된다.
- [0057] 본 발명의 한 실시태양에 따라, 인장력 측정 단계, S1 동안, 케이블에 대한 수직 인장력의 측정은 당업자에게 공지된 임의의 수단에 의해 직접적으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 수직 인장력의 측정은 로드 셀에 의해 구현될 수 있다. 본 발명에서 "로드 셀"은 케이블 또는 케이블의 가닥들 중 하나에 대한 인장 하중을 측정하도록 특이적으로 설계된 센서로 부른다. 다수의 이런 타입의 센서가 존재한다. 유리하게는, 이 실시태양은 직접 사용가

능한 정보를 제공한다.

- [0058] 본 발명의 다른 실시태양에 따라, 인장력 측정 단계, S1 동안, 케이블에 대한 수직 인장력의 측정은 당업자에게 공지된 임의의 수단에 의해 간접적으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 수직 인장력의 측정은 고정 장치 상에 놓인 스트레인 게이지에 의해 구현될 수 있다. 본 발명에서, "스트레인 게이지"는 하중의 변화와 관련된 강도의 변형의 변형을 측정하는데 사용될 수 있는 센서로 부른다. 이런 센서는 때때로 스트레스 게이지로 잘못 불리며, 강도의 모듈의 인식을 위해 변형에 의한 국소 스트레스를 계산하는데 사용될 수 있다( $\sigma = E \epsilon$ ). 전기적 또는 광학적 원리로 작동하는 다수의 이런 종류의 센서가 존재한다. 해석 및 가능하게는 보정 단계는, 이런 경우에, 센서에 의해 제공된 측정으로부터 케이블에 대한 인장 하중을 추정하는데 필수적일 수 있다. 이 실시태양은, 일반적으로, 직접 측정이 불가능할 때, 예를 들어, 센서를 설치하는 것이 불가능할 때 사용된다.
- [0059] 가닥에 대한 힘이 유사한 것을 보장하는 등장인장력(iostension) 타입의 방법을 사용하여 늘어진 다중 가닥 케이블에서 수직 인장력을 간접적으로 측정하는 다른 방식(예를 들어, EP 0421862에 기술)은 가닥에 대한 힘의 측정을 기초로 할 수 있다.
- [0060] 케이블에 대한 수직 인장력을 간접적으로 측정하는 또 다른 방식은 진동 코드 방법을 사용할 수 있고 케이블의 고유 진동 주파수의 측정을 사용할 수 있다.
- [0061] 굽힘력 측정 단계 동안, 케이블에 대한 굽힘력은 구조물 상의 상기 케이블의 고정 장치의 근처, 예를 들어, 고정 장치에서 측정된다.
- [0062] 본 발명의 한 실시태양에 따라, 굽힘력 측정은 토목 공학 구조물 상의 고정 장치에 대한 케이블의 상대적 기울기를 측정함으로써 이루어질 수 있다.
- [0063] 본 발명의 한 실시태양에 따라, 케이블에 대한 굽힘력의 측정은 당업자에게 공지된 임의의 수단에 의해 직접적으로 구현될 수 있다.
- [0064] 예를 들어, 고정 장치 또는 케이블 위에 또는 내에 위치한 하나 이상의 스트레인 게이지를 기초로, 축 방향 측정을 위해 사용된 동일한 형태의 게이지를 사용하는 것이 유리할 수 있다.
- [0065] 본 발명의 한 실시태양에 따라, 케이블에 대한 굽힘력의 측정은 당업자에게 공지된 임의의 수단에 의해 직접적으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 축을 가로지르는, 예를 들어, 축에 수직인 평면에서 그리고 고정 장치로부터 소정의 거리에서 케이블 이동의 측정을 기초로 한다. 유리하게는, 이 실시태양은 주로 어려운 최대 굽힘 지역에 대한 접근을 필요로 하지 않을 뿐만 아니라 이 위치에서 주로 불가능한 직접 측정을 위한 센서의 설치를 필요로 하지 않는다.
- [0066] 전체 굽힘력은 고정 장치에 의해 케이블에 의해 만들어진 각을 측정하는데 사용될 수 있는 센서에 의해 측정될 수 있다. 이런 각 측정은, 계산에 의해, 케이블이 경험한 굽힘 스트레스를 측정하는데 사용될 수 있다.
- [0067] 케이블에 대한 굽힘력을 측정하기 위해서, 경사계가 사용될 수 있다. 본 발명의 한 실시태양에 따라, 제 1 경사계는 케이블 상에 배열되며 이곳에서 케이블이 상기 케이블의 절대 경사를 측정하는 고정 장치를 빠져나온다.
- [0068] 고정 장치의 근처에서 구조물 상에 배열된 제 2 경사계는 상기 구조물의 절대 기울기를 측정하는데 사용된다. 기울기의 차이는 고정 장치에서 케이블의 상대 기울기를 측정하는데 사용되며, 고정 장치는 구조물과 통합된다.
- [0069] 다른 실시태양에 따라, 고정 장치로부터 특정 거리에서 구조물에 대한 케이블의 이동을 측정함으로써 고정 장치에서 굽힘력을 측정할 수 있다.
- [0070] 바람직하게는, 이 거리는 이동이 현저하며 측정가능하기에 충분히 크며, 케이블을 이의 말단에서 힘을 받는 고정 말단 빔과 비교함으로써 계산을 단순화할 수 있기에 충분히 작다. 전형적인 크기는 1 내지 10m이다.
- [0071] 측정된 이동에 의한 굽힘력의 계산은 케이블 및 고정 장치의 구성(치수, 디비에이터(deviator)의 존재 등)에 적절해야 한다.
- [0072] 예를 들어, 하부 고정 장치가 다리의 데크 상에 위치하는 케이블의 경우, 커버 튜브의 말단에서 상응하는 거리는 매우 적절하다.
- [0073] 특정 다리 위에서, 커버 튜브의 말단에 충격 흡수기가 장착된다. 그런 후에, 이동 센서가 유리하게 충격 흡수기에 포함될 수 있다. 케이블이 고정 장치를 빠져나오는 곳에서 케이블에 대한 굽힘력이 측정되게 하는 것 이외에, 이동 센서는 충격 흡수기의 누적 이동, 이의 노화를 관찰하기 위한 유의한 변수 및 이의 보수를 계획하

는 것을 추적하는데 사용될 수 있다. 이런 측정은 이동 센서 또는 이미지 분석과 혼합된 비디오 캡처 또는 당업자에게 공지된 임의의 다른 수단에 의해 구현될 수 있다.

- [0074] 본 발명의 한 실시태양에 따라, 인장력 측정, S1 및 굽힘력 측정, S2 단계는 1Hz 이상, 예를 들어, 10Hz 이상 및 1KHz 이하, 예를 들어, 500Hz 이하 또는 심지어 100Hz 이하의 주파수에서 발생할 수 있다. 실제로, 일반적으로 약간("유연한" 구조물의 경우 10Hz "단단한" 구조물의 경우 50Hz로 가정하자)의 Hz의 값은 제 1 고유 진동(normal modes of vibration)과 관련된 진동을 측정하는데 충분하다.
- [0075] 그러나, 교통량과 관련된 진동을 측정할 때 과대표집하거나 디지털 필터를 설치하고 앨리어싱 현상(aliasing phenomena)을 피하는 것이 유익할 수 있다.
- [0076] 바람직하게는, 측정 주기는 조절되어 케이블에 대한 힘 변화의 최대 가능한 수, 특히, 각 사이클 동안 도달된 임의의 최대값이 고려될 수 있다.
- [0077] 케이블의 진동의 고유 주파수 및 케이블의 근처에서 수송 차량의 속도가 고려될 수 있다. 통상적으로, 수송 차량이 최대 속도로 통과할 때 진동 사이클당 약 40회 측정이 이루어지며 대략 매 10cm마다 측정이 이루어진다.
- [0078] 예를 들어, 측정은 매 10cm마다 이루어지며, 100km/h, 즉, 100,000/3,600 m/s로 이동하는 수송 차량의 경우, 데이터는 100,000/0.1/3,600 = 대략 300Hz의 주파수에서 기록된다.
- [0079] 인장력 측정, S1 및 굽힘력 측정 단계, S2는 최단 가능한 측정 기간 동안 구현되어서 경제적인 것으로 유지되나 표본이 되기에는 너무 길며 측정 기간 이전 및 이후 하중의 실질적 외삽을 가능하게 한다. 이 기간은 통상적으로 약 주 또는 월이다.
- [0080] 본 발명에 따른 방법은 또한 측정된 복합 스트레스를 기초로, 스트레스의 크기의 함수로서 스트레스 사이클 수의 집계가 구현되는 집계 단계를 포함한다.
- [0081] 본 발명의 한 실시태양에 따라, 집계 단계는 "레인플로" 집계로 공지된 집계의 한 타입에 의해 구현된다.
- [0082] 레인플로 집계는 시간의 함수로서 스트레스 하중을 최소 스트레스 및 최대 스트레스를 특징으로 하는 단순 스트레스 사이클로 전환하는데 사용된다. 이것은 최소값을 증가시키고 최대값을 감소시키는 연관된 쌍에 의해 하중을 분석하는 것을 수반한다. 그러나, 이런 연관은 시간의 함수로서 전체 하중의 추후 분석(posteriori analysis)을 포함할 수 있고, 하중의 전체 이력은 유지되어야 할 것이다. 이런 정보를 저장하는 것을 피하기 위해서, 알고리즘은 최소값과 최대값의 쌍을 연관시켜 하중 동안 부분 사이클을 얻는다.
- [0083] 케이블의 피로 자본이 측정되는 단계는 집계 단계 동안 실행된 집계와 케이블에 대해 미리 설정된 벌러 타입 곡선을 비교함으로써 케이블의 피로 자본을 측정하는데 사용될 수 있다.
- [0084] 벌러 곡선은 때때로 S로 쓰인 가해진 스트레스,  $\sigma$ , 시그마 및 고장 시 사이클의 수, NR, 다시 말하면, 고장의 P%를 관찰하는 사이클의 수 사이의 관계를 정의한다. 실제로, 벌러 곡선은 일반적으로 고장 확률  $P = 0.5$ 에 대해 제공된다.
- [0085] 유리하게는, 과거 힘의 이력 또는 외삽은 구조물이 세워졌을 때 한 가정을 확인하기 위해 케이블이 경험한 실제 피로와 비교될 수 있다.
- [0086] 또한, 미래 하중의 외삽은 피로에 대한 케이블의 용량 또는 잔여 수명을 측정하는데 사용될 수 있다.
- [0087] 본 발명은 토목 공학 구조물을 지지하는 케이블의 피로 자본을 측정하는데 사용될 수 있는 장치에 관한 것이다.
- [0088] 케이블에 의해 지지된 토목 공학 구조물의 한 예는 도 2에 도시된다.
- [0089] 도 2는 사장교(1)의 개략도이다. 사장교(1)는 타워(6)에 연결되고 데크(4)를 지지하는 비스듬한 케이블(2)을 포함한다.
- [0090] 도 2에 나타난 다리에 본 발명의 한 실시태양에 따른 장치가 장착된다.
- [0091] 케이블에 대한 전체 인장력을 측정하기 위한 수단(8)은 데크(4) 상의 케이블(2)의 고정 장치에 배치된다.
- [0092] 케이블에 대한 전체 굽힘력을 측정하기 위한 수단(10)은 케이블(2)을 따라 배치된다.
- [0093] 전체 인장력(8) 및 전체 굽힘력(10)을 측정하기 위한 수단은 집계 수단(12)에 연결된다. 집계 수단(12)은 케이블이 경험한 인장력 및 굽힘력의 크기의 함수로서 스트레스 사이클의 수를 집계하는데 사용될 수 있다. 집계 수



단은, 예를 들어, 집계를 구현하도록 프로그램된 프로세서일 수 있다.

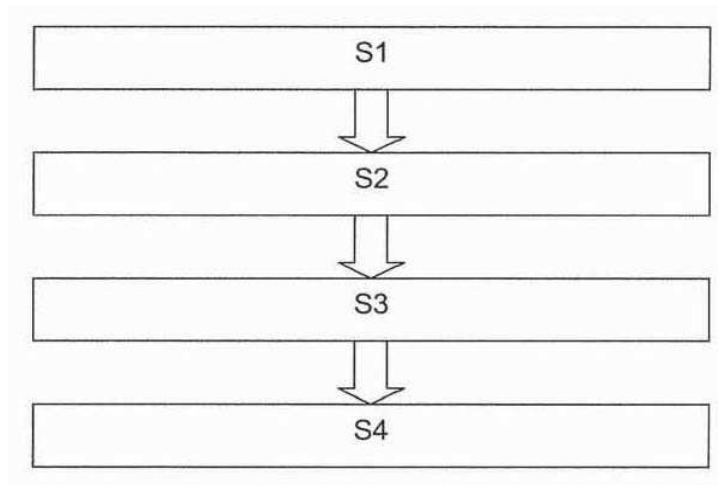
[0094] 도 2의 실시태양에 따라, 집계 수단(12)은 실행된 집계의 결과를 비교 수단(14)에 전송한다. 비교 수단(14)은 집계 수단에 의해 실행된 집계와 케이블(2)에 대해 미리 설정된 벌러 타입 곡선을 비교하는데 사용될 수 있다.

[0095] 한 실시태양에 따라, 본 발명에 따른 장치는 케이블의 용량 또는 이의 잔여 수명이 소정의 임계값 이하로 감소할 때마다 신호로 알리기 위한 경고 수단(16)을 포함할 수 있다.

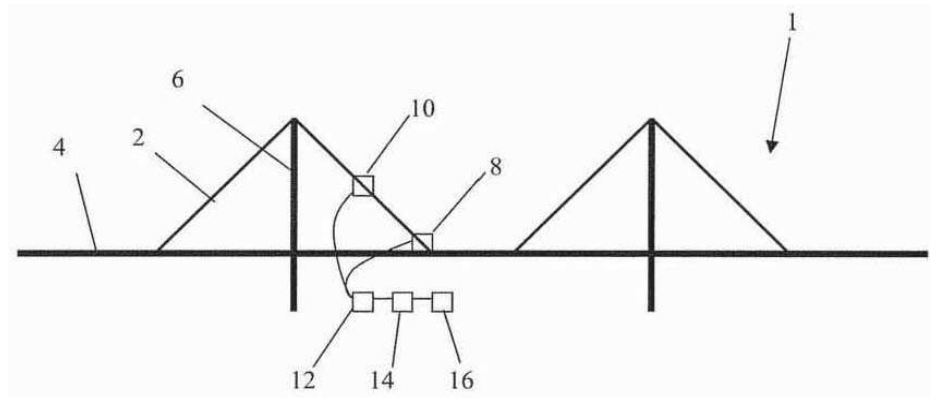
[0096] 본 발명은 기술된 실시태양들에 제한되지 않으며 비 제한적인 방식으로 해석되어야하며 임의의 동등한 실시태양을 포함한다.

**도면**

**도면1**



**도면2**



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 13

【변경전】

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 따른

【변경후】

제 1 항 내지 제 3 항 및 제 7 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 따른