

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2021년 8월 12일 (12.08.2021)



WIPO | PCT



(10) 국제공개번호

WO 2021/157797 A1

(51) 국제특허분류:

G01M 9/06 (2006.01)

G01M 9/08 (2006.01)

G01M 9/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2020/010139

(22) 국제출원일:

2020년 7월 31일 (31.07.2020)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2020-0014279 2020년 2월 6일 (06.02.2020) KR

(71) 출원인: 서울대학교 산학협력단 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) [KR/KR]; 08826 서울시 관악구 관악로1, Seoul (KR).

(72) 발명자: 강토마스현구 (KANG, Thomas Hyun Koo); 06503 서울시 서초구 신반포로 15길 19, 111동 1401호, Seoul (KR). 알리네자드 라쉬카리여니하미드레자 (ALINEJAD LASHKARIANI, Hamidreza); 08797 서울시 관악구 인현길 116, 201호, Seoul (KR). 안병욱 (AN, Byeong Uk); 06978 서울시 동작구 상도로55길 47, 207동 1102호, Seoul (KR).

(74) 대리인: 김록배 (KIM, Locbae); 06241 서울시 강남구 테헤란로4길 38-3 다우빌딩 7층, Seoul (KR).

(81)

지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84)

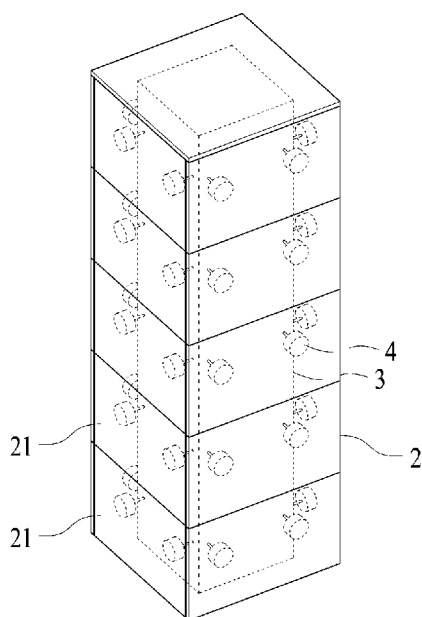
지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: WIND-POWER INTEGRATION WIND-TUNNEL TEST APPARATUS

(54) 발명의 명칭: 풍력적분 풍동실험 기구



(57) Abstract: The present invention relates to a wind-power integration wind-tunnel test apparatus which can measure a wind load acting at a predetermined height in an accurate value by directly measuring, using a reaction force, an aerodynamic force acting on a structure model by a load sensor installed between an outer wall and an inner support of the structure model, can accurately design an exterior material by measurement of a local load acting on a segment of the outer wall of the structure model, and can accurately calculate an load distribution regarding a bottom reaction force on the basis of the accurate load value. The wind-power integration wind-tunnel test apparatus of the present invention comprises: a hollow structure model; an inner support arranged in the structure model; and a load sensor installed on the outside of the inner support, and tightly attached to the inner surface of the structure model to measure an aerodynamic force acting on the structure model.

(57) 요약서: 본 발명은 구조모형의 외벽과 내부지지대 사이에 설치되는 하중센서에 의해 구조모형에 작용하는 공기력을 직접 반력으로 측정하여 임의의 높이에 작용하는 풍하중을 정확한 값으로 측정할 수 있고, 구조모형의 외벽 세그먼트에 작용하는 국부 하중 측정으로 정확한 외장재 설계가 가능하며, 정확한 하중값을 기초로 밀면 반력에 대한 정확한 하중 분포 산정이 가능한 풍력적분 풍동실험 기구에 대한 것이다. 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구는 속이 빈 구조모형; 상기 구조모형의 내부에 구비되는 내부지지대; 및 상기 내부지지대의 외부에 설치되는 것으로, 상기 구조모형의 내측면에 밀착되어 구조모형에 작용하는 공기력을 측정하는 하중센서;로 구성되는 것을 특징으로 한다.



WO 2021/157797 A1

명세서

발명의 명칭: 풍력적분 풍동실험 기구

기술분야

- [1] 본 발명은 구조모형의 외벽과 내부지지대 사이에 설치되는 하중센서에 의해 구조모형에 작용하는 공기력을 직접 반력으로 측정하여 임의의 높이에 작용하는 풍하중을 정확한 값으로 측정할 수 있고, 구조모형의 외벽 세그먼트에 작용하는 국부 하중 측정으로 정확한 외장재 설계가 가능하며, 정확한 하중값을 기초로 밀면 반력에 대한 정확한 하중 분포 산정이 가능한 풍력적분 풍동실험 기구에 대한 것이다.

배경기술

- [2] 풍하중은 건물, 교량 등 구조물의 구조 설계에서 중력하중과 함께 주된 고려사항 중 하나이다.
- [3] 풍하중은 중저층 건물이나 고유주기가 짧은 구조물의 경우, 주로 외벽에 가해지는 속도압에 의한 정적하중으로 작용한다. 이러한 풍하중은 바람의 흐름에 의해 구조물에 직접적으로 작용하는 하중이며, 풍속이나 풍속의 분포와 같은 기류 특성은 구조물의 형상에 의한 공기역학적 특징에 지배된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 공기력(aerodynamic force)에 의해 발생하는 평면상 하중은 방향에 따라 풍향과 평행한 풍방향 풍하중, 직교하는 풍직각방향 풍하중, 그리고 수직축에 대한 비틀림 풍하중이 있다.
- [4] 공기력 외에도 고유주기가 1초 이상인 비교적 장주기 구조물은 속도압의 동적 특성에 의한 추가적인 하중인 공진력(resonant forces)이 구조물에 발생한다.
- [5] 대부분의 현행 구조기준은 정해진 풍속 범위 내에서 단순한 형상 및 치수를 갖는 구조물에 대한 설계 절차만을 제시하고 있다. 하지만 실제 구조물은 구조기준의 제한을 벗어나는 경우가 많기 때문에, 풍하중 산정을 위해 풍동실험이 불가피하다.
- [6] 이와 같이 구조물에 작용하는 풍하중을 측정하는 것이 풍동실험의 주된 목적 중 하나인데, 종래 풍동실험은 하중 측정 방식에 따라 공탄성(aero elastic) 풍동실험과 공기역학적(aerodynamic) 풍동실험 두 가지로 분류할 수 있다.
- [7] 공탄성 풍동실험은 실험 과정에서 공기력과 공진력이 바로 측정될 수 있다는 점에서 가장 정확한 풍하중 측정 방식이다(도 2). 이러한 공탄성 풍동실험 구조모형은 공기역학적 특성과 관련된 건물 외형과 내부의 구조시스템을 모두 스케일링하여 제작한다. 도 2에서 도면부호 20은 구조모형이고, 도면부호 30은 구조시스템을 나타낸다.
- [8] 또한, 추가로 지반과 구조물의 상호 작용을 고려하기 위해 유연 또는 강체인 기초판에 구조시스템을 부착하기도 하며, 구조모형의 외벽은 슬래브의 강성에 따라 유연 혹은 강체 연결로 구조시스템에 부착하는 방식으로 만들어진다.

이렇게 제작된 공탄성 구조모형을 이용한 풍동실험에서는 내부 구조시스템으로부터 하중이 직접 측정된다.

- [9] 그러나 구조모형 제작 과정에서 구조물의 외형을 스케일링하는 것은 비교적 용이한 반면, 구조시스템의 경우 질량, 강성, 감쇠의 세 가지 요소를 반드시 포함하여야 한다. 그런데 이 중 감쇠를 적정 수준으로 스케일링하여 실제와 동일하게 구현하는 것은 매우 까다롭다.

- [10] 따라서 실제 건물 모형 제작시 통상적으로 구조시스템은 몇 가지 동적 모드만을 고려하는 시스템으로 단순화되는 문제가 있다.

[11]

- [12] 공기역학적 풍동실험은 공탄성 풍동실험과 달리 강체 구조모형이 사용되고, 실험을 통해 공기력만이 측정되며, 이후 측정된 공기력을 수치 해석 모델에 입력하여 공진력을 얻는 후처리가 필요하다.

- [13] 공기역학적 풍동실험에서 공기력 측정 방식에는 풍압실험(High frequency pressure integrate, HFPI)과 풍력실험(High frequency force balance, HFFB)의 두 가지가 주로 사용된다.

- [14] 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이, HFPI는 외벽에 수많은 압력탭(210)이 부착된 구조모형(20)을 사용한다. 이때, 풍압 측정을 위한 압력탭 튜브를 내부에 설치해야 하므로 구조모형은 속이 빈 중공 형태여야 하며, 하중은 압력탭을 통해 측정된 풍압을 외벽의 영향 면적에 대해 적분한 값을 바탕으로 산정된다. 외벽에서 부분적으로 측정된 국부압(local pressure) 결과가 있으므로, 산정된 결과값을 외장재 설계에 직접 사용할 수 있다. 또한, 측정 결과로부터 높이에 따른 풍압 분포가 얻어지므로, 공진력을 산정하기 위한 수치 해석 모델 수립에 매우 유용하게 사용될 수 있다.

- [15] 그러나 HFPI 방식은 압력탭의 개수와 배열에 의해 측정치의 정확도가 좌우되는 한계가 있다. 일반적으로 코너 부분에서는 복잡한 기류가 형성되기 때문에 더 많은 압력탭이 부착되어야 하며, 만약 외벽에 발코니 등과 같이 돌출부가 있어 외형이 매끄럽지 않은 경우 결과의 정확도가 낮아지고 더 많은 압력탭이 필요하다. 그런데 구조모형 내부에 압력탭 튜브를 배치할 수 있는 공간이 한정되어 있기 때문에, 실제 압력탭 부착 개소에 한계가 있다. 뿐만 아니라 구조물 밀면 반력은 풍압을 작용 면적에 대해 적분하여 산정하는 근사값이기 때문에 정확도가 낮은 편이다.

[16]

- [17] 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, HFFB 구조모형은 HFPI와 유사하게 강체 모형이 사용되지만, 모형의 밀면이 고정되지 않는 점에서 차이가 있다. 즉, 구조모형의 밀면이 고정되지 않고, 풍력천칭(220, Force Balance device)이라는 하중 측정 장치상에 구조모형(20)이 설치되어 공기력에 의한 반력이 풍력천칭을 통해 측정된다.

- [18] 따라서 풍동실험 결과에 의해 밀면 반력만이 측정되고, 높이에 따른 하중

분포는 산출되지 않기 때문에 후처리를 위한 수치 해석시 하중의 연직 분포는 공학적 판단에 의해 가정된다.

- [19] 이에 따라 연직 분포 패턴 가정이 어렵지 않은 단순한 형상을 갖는 구조물은 HFFB가 매우 유용하지만, 비정형적인 형상을 갖는 건물에는 적용이 매우 까다롭다. 또한, 외벽의 국부압 결과를 얻을 수 없기 때문에, 실험 결과를 외장재 설계에 바로 적용할 수 없다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [20] 본 발명은 종래 풍동실험 기구들의 문제점을 해결하기 위하여 구조모형 외벽에 작용하는 압력을 측정하는 대신 벽체에서 작용하는 공기력을 직접 반력으로 측정함으로써 임의의 높이에 작용하는 풍하중을 근사값이 아닌 정확한 값으로 측정할 수 있는 풍력적분 풍동실험 기구를 제공하고자 한다.
- [21] 본 발명은 구조모형 외벽 세그먼트에 작용하는 국부 하중 측정이 가능하여 정확한 외장재 설계가 가능하고, 정확한 하중값에 기초하여 밀면 반력에 대한 정확한 하중 분포를 산정 가능한 풍력적분 풍동실험 기구를 제공하고자 한다.
- [22] 본 발명은 하중센서의 재사용이 용이하여 경제적인 풍력적분 풍동실험 기구를 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

- [23] 바람직한 실시예에 따른 본 발명은 속이 빈 구조모형; 상기 구조모형의 내부에 구비되는 내부지지대; 및 상기 내부지지대의 외부에 설치되는 것으로, 상기 구조모형의 내측면에 밀착되어 구조모형에 작용하는 공기력을 측정하는 하중센서; 로 구성되는 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구를 제공한다.
- [24] 다른 바람직한 실시예에 따른 본 발명은 상기 구조모형의 외벽은 복수의 세그먼트로 분할되는 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구를 제공한다.
- [25] 다른 바람직한 실시예에 따른 본 발명은 상기 세그먼트의 사이에는 실링재가 구비되는 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구를 제공한다.
- [26] 다른 바람직한 실시예에 따른 본 발명은 상기 내부지지대는 강체 코어인 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구를 제공한다.
- [27] 다른 바람직한 실시예에 따른 본 발명은 상기 내부지지대는 구조물의 구조시스템의 등가 동적 모델인 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구를 제공한다.

발명의 효과

- [28] 본 발명에 따르면 구조모형의 외벽과 내부지지대 사이에 설치되는 하중센서에 의해 구조모형에 작용하는 공기력을 직접 반력으로 측정 가능하므로, 임의의 높이에 작용하는 풍하중을 근사값이 아닌 정확한 값으로 측정할 수 있는 풍력적분 풍동실험 기구를 제공할 수 있다.
- [29] 따라서 어떠한 구조물 형상에 대해서도 하중센서를 통해 정확한 하중을 산정할

수 있다. 특히, 몇 개의 하중센서만을 이용하여 정확한 하중을 측정할 수 있으며, 하중센서만 추가하면 보간법을 통한 하중 분포 산정시 정확도를 높일 수 있다.

[30] 또한, 임의의 높이에 작용하는 하중을 정확히 측정할 수 있으므로 수치 해석시 유용하게 활용 가능하다.

[31] 아울러 구조모형에 하중센서와 내부지지대가 단순 조립되는 형태이므로, 실험 이후 분해하여 재사용 가능하여 경제적이며, 폐기물 감소로 친환경적이다.

[32] 뿐만 아니라 구조모형의 외벽을 복수의 세그먼트로 분할 구성하는 경우, 각 세그먼트에 작용하는 국부 하중을 산정할 수 있어 정확한 외장재 설계가 가능하고, 정확한 하중값에 기초하여 밀면 반력에 대한 정확한 하중 분포 산정이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[33] 도 1은 공기력에 의한 평면 하중을 나타내는 도면.

[34] 도 2는 풍동실험을 위한 공탄성 구조모형을 나타내는 도면.

[35] 도 3의 (a)와 (b)는 각각 HFPI와 HFFB의 공기역학적 구조모형을 나타내는 도면.

[36] 도 4는 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구를 도시하는 사시도.

[37] 도 5는 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구를 도시하는 입단면도.

[38] 도 6은 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구를 도시하는 평단면도.

[39] 도 7은 본 발명에 의해 측정되는 수직 반력 및 전단력을 나타내는 도면.

[40] 도 8은 파라렛이 구비된 구조모형에 대한 풍동실험 기구를 도시하는 입단면도.

[41] 도 9는 다양한 입면 형상이 구비된 구조모형에 대한 풍동실험 기구를 도시하는 평단면도.

[42] 도 10은 다양한 평면 형태의 풍동실험 기구를 도시하는 평단면도.

[43] 도 11은 교량용 풍동실험 기구를 도시하는 입단면도.

[44] 도 12는 구조모형의 외벽 분할 사례들을 도시하는 도면.

[45] 도 13은 삼각형 평면 구조모형에 실링재가 구비된 실시예를 도시하는 도면.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[46] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 풍력적분 풍동실험 기구는 속이 빈 구조모형; 상기 구조모형의 내부에 구비되는 내부지지대; 및 상기 내부지지대의 외부에 설치되는 것으로, 상기 구조모형의 내측면에 밀착되어 구조모형에 작용하는 공기력을 측정하는 하중센서; 로 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 실시를 위한 형태

[47] 이하, 첨부한 도면 및 바람직한 실시예에 따라 본 발명을 상세히 설명한다.

[48]

[49] 도 4는 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구를 도시하는 사시도이고, 도 5는 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구를 도시하는 입단면도이며, 도 6은 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구를 도시하는 평단면도이다. 도 7은 본 발명에 의해 측정되는 수직

반력 및 전단력을 나타내는 도면이다. 그리고 도 8은 파라펫이 구비된 구조모형에 대한 풍동실험 기구를 도시하는 입단면도이고, 도 9는 다양한 입면 형상이 구비된 구조모형에 대한 풍동실험 기구를 도시하는 평단면도이며, 도 10은 다양한 평면 형태의 풍동실험 기구를 도시하는 평단면도이고, 도 11은 교량용 풍동실험 기구를 도시하는 입단면도이다.

- [50] 도 4 내지 도 6 등에 도시된 바와 같이, 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구는 속이 빈 구조모형(2); 상기 구조모형(2)의 내부에 구비되는 내부지지대(3); 및 상기 내부지지대(3)의 외부에 설치되는 것으로, 상기 구조모형(2)의 내측면에 밀착되어 구조모형(2)에 작용하는 공기력을 측정하는 하중센서(4); 로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [51] 본 발명은 종래 풍동실험 기구들이 갖고 있는 문제점을 해결하기 위한 것으로, 구조모형(2)의 외벽에 작용하는 압력을 측정하는 대신 벽체에서 작용하는 공기력을 직접 반력으로 측정함으로써 임의의 높이에 작용하는 풍하중을 근사값이 아닌 정확한 값으로 측정할 수 있는 풍력적분 풍동실험 기구를 제공하기 위한 것이다.
- [52] 아울러 본 발명은 구조모형(2)의 외벽 세그먼트(21)에 작용하는 국부 하중 측정이 가능하여 외장재를 정확하게 설계 가능하고, 정확한 하중값에 기초하여 밀면 반력에 대한 정확한 하중 분포 산정이 가능하며, 하중센서(4)의 재사용이 용이하여 경제적인 풍력적분 풍동실험 기구를 제공한다.
- [53] 본 발명 풍력적분 풍동실험 기구는 구조모형(2), 내부지지대(3) 및 하중센서(4)를 포함하여 구성된다.
- [54] 상기 구조모형(2)은 실제 구조물의 외피를 스케일링한 속이 빈 모형이다.
- [55]
- [56] 상기 내부지지대(3)는 구조모형(2)의 내부에 구비된다.
- [57] 상기 내부지지대(3)는 트러스, 중공 또는 밀실(solid) 등 다양한 형태의 지지대를 사용 가능하다.
- [58]
- [59] 상기 하중센서(4)는 내부지지대(3)의 외부에 설치되는 것으로, 상기 구조모형(2)의 내측면에 밀착되어 구조모형(2)에 작용하는 공기력을 측정한다.
- [60] 상기 하중센서(4)는 구조모형(2)의 외벽과 내부지지대(3)의 사이에 설치된다. 이에 따라 상기 구조모형(2)의 외벽에 작용하는 하중은 하중센서(4)를 통해 측정된다.
- [61] 상기 하중센서(4)는 변형률계, 로드셀, 압전계, 압력계 등 다양한 센서를 선택하여 사용 가능하다.
- [62] 상기 하중센서(4)의 측정값은 공기력에 의해 작용하는 하중과 동일하다.
- [63] 공기력에 의한 하중은 각 외벽에 작용하는 하중의 합력으로 나타낸다.
- [64] 상기 하중센서(4)는 하중과 모멘트를 측정할 수 있도록 구조모형(2)의 각 면마다 복수 개를 적절히 배치할 수 있다.

- [65] 상기 하중센서(4)에 의해 공기력을 직접 측정하므로 근사값이 아닌 정확한 값으로 측정 가능하다.
- [66]
- [67] 도 7의 (a)는 구조모형(2)에 작용하는 기류를 도시한다.
- [68] 본 발명의 경우, 도 7의 (b)에서와 같이 벽체면에 수직한 수직 반력을 측정할 수 있으며, 도 7의 (c)에서와 같이 수직 반력 및 전단력 측정도 가능하다.
- [69] 종래 HFPI 방식은 벽체면에 수직한 방향의 힘만 측정할 수 있고, 평행한 방향의 힘, 즉 전단력을 산정할 수 없었다.
- [70] 본 발명에서는 상기 하중센서(4)로 전단력 측정이 가능한 센서를 사용할 경우, 구조모형(2)에 작용하는 전단력 산정이 가능하다(도 7).
- [71]
- [72] 상기 내부지지대(3)와 구조모형(2)의 외벽은 상호 이격되어 있다. 그러므로 상기 하중센서(4)가 구조모형(2)의 외벽 내측면에 밀착될 수 있도록 하중센서(4)는 내부지지대(3)와 연결구(5)에 의해 고정할 수 있다.
- [73] 상기 연결구(5)는 축력과 전단력에 의한 변형에 따른 계측 오차를 방지하기 위하여 충분한 강성을 가져야 한다.
- [74] 상기 연결구(5)는 판이나 막대 등 다양한 형태로 구성 가능하다.
- [75] 상기 연결구(5)는 내부지지대(3)와 구조모형(2) 외벽 사이의 간격 변화에 대응할 수 있도록 길이 조절이 가능하게 구성함이 바람직하다.
- [76]
- [77] 종래 HFPI는 구조모형의 내부 공간이 한정되어 있고, 사용 가능한 압력탭 튜브 개수에 제약이 있으며, 압력탭 설치를 위한 풍압공의 개수도 제한적이다. 그리고 복잡한 외형의 구조물에서는 풍압공의 영향 면적을 산정하는 것이 쉽지 않았다.
- [78] 반면, 본 발명은 외벽의 형태가 중요하지 않으며, 어떠한 구조물 형상에 대해서도 하중센서(4)를 통해 정확한 하중을 산정할 수 있다.
- [79] 즉, 도 8과 같이 파라펫(23)이 구비된 경우나 도 9와 같이 다양한 입면 형상인 경우에도 각 구조모형에 대한 풍동실험 기구를 통해 정확한 하중 산정이 가능하다.
- [80]
- [81] 또한, 기존 공기역학적 풍동실험 결과는 실험 후 후처리를 위한 수치 해석이 필요하므로, 높이에 따른 연직 분포를 구하는 것이 매우 중요하다. 그런데 기존 HFFB 방식은 풍하중에 의한 반력을 모형의 밑면에서만 측정할 수 있었다.
- [82] 반면, 본 발명은 임의의 높이에 작용하는 하중을 정확히 측정할 수 있기 때문에 수치 해석시 매우 유용하게 활용 가능하다.
- [83] 아울러 전술한 바와 같이, HFPI 실험 결과는 구조모형의 외벽면에 설치된 압력탭의 개수에 크게 영향을 받는다. 그리고 모서리나 돌출부, 함몰부 등 외형이 복잡한 부위에 작용하는 하중을 더 정확히 측정하기 위해서는 해당 부분에 압력탭이 반드시 설치되어야 하는데, 이러한 실험 결과 역시 근사값이다.

- [84] 반면, 본 발명은 단 몇 개의 하중센서(4)만을 이용하여 근사값이 아닌 정확한 하중을 측정할 수 있다.
- [85] 즉, 내부 공간 제약으로 압력탭 추가에 한계가 있어 하중 분포의 정확도를 높이기 어려운 HFPI 방식과 달리, 본 발명은 하중센서(4)만 추가하면 보간법을 통한 하중 분포 산정시 정확도를 크게 높일 수 있다.
- [86] 더욱이 수치 해석 모델 수립시 수많은 압력탭을 통해 측정된 결과값을 모델링하는 HFPI 방식과 달리, 본 발명은 상대적으로 적은 수의 측정 하중을 모델링하게 되므로 해석 연산량이 대폭 저감되어 효율적이다.
- [87]
- [88] 본 발명은 단순한 개념에 기반하고 있어 밀폐형 구조물은 물론 부분 개방형 구조물, 냉각탑이나 사일로, 굴뚝 등 다양한 구조물에 널리 적용 가능하다(도 10의 (a) 내지 (c) 참조).
- [89] 또한, 건물뿐 아니라 도 11과 같이 교량 구조물에도 적용 가능하다.
- [90] 교량면의 상하단에 작용하는 하중은 기존 방식들에서는 측정이 까다로운 반면, 본 발명은 교량면 상하단에 작용하는 하중을 개별적으로 측정 가능하다.
- [91]
- [92] 한편, HFPI는 하나의 구조모형에 사용된 압력탭과 압력탭 튜브를 실험 이후 재활용하는 것이 불가능하다.
- [93] 반면, 본 발명은 구조모형(2)에 하중센서(4)와 내부지지대(3)가 단순 조립되기 때문에 실험 이후 이들 부재를 다시 분해하여 여러 번 재사용 가능하여 경제적이며, 폐기물 감소로 친환경적이다.
- [94]
- [95] 도 12는 구조모형의 외벽 분할 사례들을 도시하는 도면이다.
- [96] 도 4, 도 12 등에 도시된 바와 같이, 상기 구조모형(2)의 외벽은 복수의 세그먼트(21)로 분할될 수 있다.
- [97] 상기 구조모형(2)의 외벽에 작용하는 총 하중이 정확하게 측정될 수 있도록 구조모형(2)의 외벽은 여러 개의 세그먼트(21)로 분할할 수 있다.
- [98] 이러한 외벽 세그먼트(21)의 개수는 건물 외형의 복잡한 정도, 사용되는 하중센서(4)의 종류, 요구되는 측정값의 정밀도 등에 따라 결정 가능하다.
- [99] 상기 외벽 세그먼트(21)는 도 4와 같이 동일 외벽면을 복수 개로 분할하여 형성할 수 있으며, 구조물의 각 층마다 분할되도록 구성되는 것이 바람직하다.
- [100] 아울러 상기 외벽 세그먼트(21)는 도 12에서와 같이 평면상 구조모형(2)의 각 면을 기준으로 분할할 수도 있고, 평면상 모서리 일부만 분할할 수도 있다.
- [101] 도 12의 (a)와 (b)는 구조모형의 외벽 분할 사례들을 도시하는 도면으로, 각각 4분할과 2분할된 실시예이다.
- [102] 이에 따라 각 외벽 세그먼트(21)에 작용하는 국부 하중을 산정할 수 있어 정확한 외장재 설계가 가능하다.
- [103]

- [104] 본 발명은 구조모형(2)의 각 외벽 세그먼트(21)에서 측정된 하중데이터가 매우 정확하고, 기존 방식에 비해 하중데이터의 양이 적다. 그렇기 때문에 수치 해석 모델로의 전환이 용이하여, 수치 해석과 실험 결과를 통합한 통합 모델의 해석 수행시 매우 용이하다.
- [105]
- [106] 건물 높이에 따른 외벽 세그먼트(21)의 수가 건물 층수와 일치하지 않는 경우, 하중의 연직 분포를 얻기 위해 HFPI 방식에서와 같이 보간법 적용이 필요하다.
- [107] 이때, HFPI 방식이 근사값에 기초하는 것과 달리 본 발명은 정확한 측정값을 통해 보간되므로 더 정확한 하중의 연직 분포를 얻을 수 있다.
- [108]
- [109] 도 13은 삼각형 평면 구조모형에 실링재가 구비된 실시예를 도시하는 도면이다.
- [110] 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이, 상기 세그먼트(21)의 사이에는 실링재(22)가 구비될 수 있다.
- [111] 상기 구조모형(2)의 외벽 세그먼트(21) 사이의 틈이 기류에 영향을 주지 않도록 이웃하는 세그먼트(21) 사이를 채우기 위한 실링재(22)가 구비될 수 있다.
- [112] 상기 실링재(22)는 하중센서(4)가 구조모형(2)의 외벽 세그먼트(21)에 작용하는 하중을 측정할 수 있을 만큼 벽체 움직임이 원활하도록 충분히 유연한 것을 사용한다.
- [113] 상기 실링재(22)의 위치는 구조모형(2)의 외벽 세그먼트(21) 크기, 작업성, 실링재(22)의 종류 등을 고려하여 결정할 수 있다.
- [114]
- [115] 한편, 상기 내부지지대(3)는 강체 코어로 구성할 수 있다.
- [116] 상기 구조모형(2)에 작용하는 공기력만을 측정하고자 하는 경우, 내부지지대(3)는 강체 코어(rigid core)로 형성한다.
- [117] 이 경우 구조모형(2)의 외벽에 작용하는 공기력은 하중센서(4)에서 직접 측정된다. 이후 측정된 공기력을 수치 해석 모델에 입력하여 후처리 함으로써 공진력을 산출한다.
- [118]
- [119] 상기 내부지지대(3)는 구조물의 구조시스템의 등가 동적 모델로 구성할 수 있다.
- [120] 공탄성 풍동실험에서의 구조모형과 같이 공기력과 공진력을 모두 측정하기 위해 공탄성 구조모형이 필요한 경우, 상기 내부지지대(3)는 강체 지지대 대신 등가 동적 모델로 형성할 수 있다.
- [121] HFPI 모형은 내부에 수많은 압력 측정 튜브가 설치되기 때문에, 공탄성 모형을 만들기 위해 내부에 구조물의 구조시스템을 스케일링하여 모델링한 등가 동적 모델(equivalent dynamic model)을 설치하는 것이 공간상 문제로 거의 불가능하다.

- [122] 반면, 본 발명은 구조모형(2)의 내부에 공간적 제약이 거의 없기 때문에 공탄성 모형 적용이 용이하다.
- [123] 상기 내부지지대(3)를 등가 동적 모델로 형성하면, 공기력과 공진력을 별도로 계산할 필요 없이 등가 동적 모델을 통해 직접 측정 가능하다.

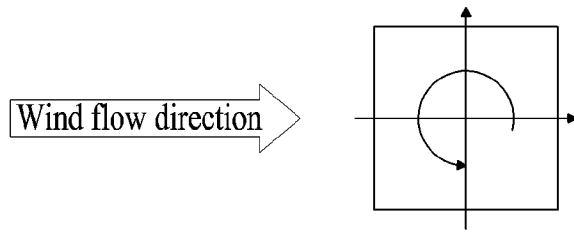
산업상 이용가능성

- [124] 본 발명의 풍력적분 풍동실험 기구는 구조모형의 외벽과 내부지지대 사이에 설치되는 하중센서에 의해 구조모형에 작용하는 공기력을 직접 반력으로 측정 가능하므로, 어떠한 구조물 형상에 대해서도 하중센서를 통해 정확한 하중을 산정할 수 있다는 점에서 산업상 이용 가능성이 있다.

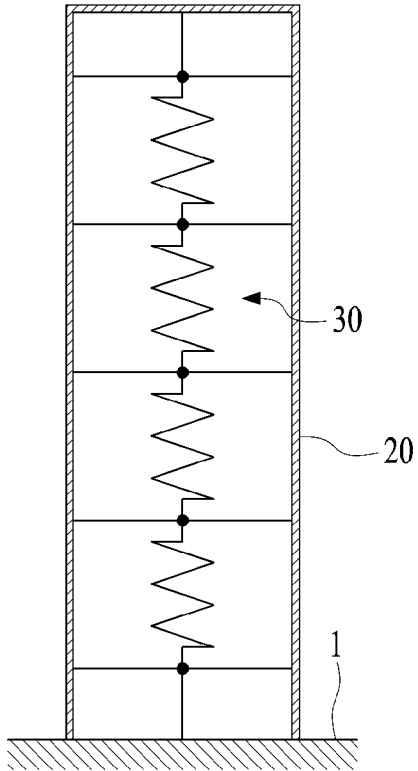
청구범위

- [청구항 1] 속이 빈 구조모형(2);
상기 구조모형(2)의 내부에 구비되는 내부지지대(3); 및
상기 내부지지대(3)의 외부에 설치되는 것으로, 상기 구조모형(2)의 내측면에 밀착되어 구조모형(2)에 작용하는 공기력을 측정하는 하중센서(4); 로 구성되는 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구.
- [청구항 2] 제1항에서,
상기 구조모형(2)의 외벽은 복수의 세그먼트(21)로 분할되는 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구.
- [청구항 3] 제2항에서,
상기 세그먼트(21)의 사이에는 실링재(22)가 구비되는 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구.
- [청구항 4] 제1항에서,
상기 내부지지대(3)는 강체 코어인 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구.
- [청구항 5] 제1항에서,
상기 내부지지대(3)는 구조물의 구조시스템의 등가 동적 모델인 것을 특징으로 하는 풍력적분 풍동실험 기구.

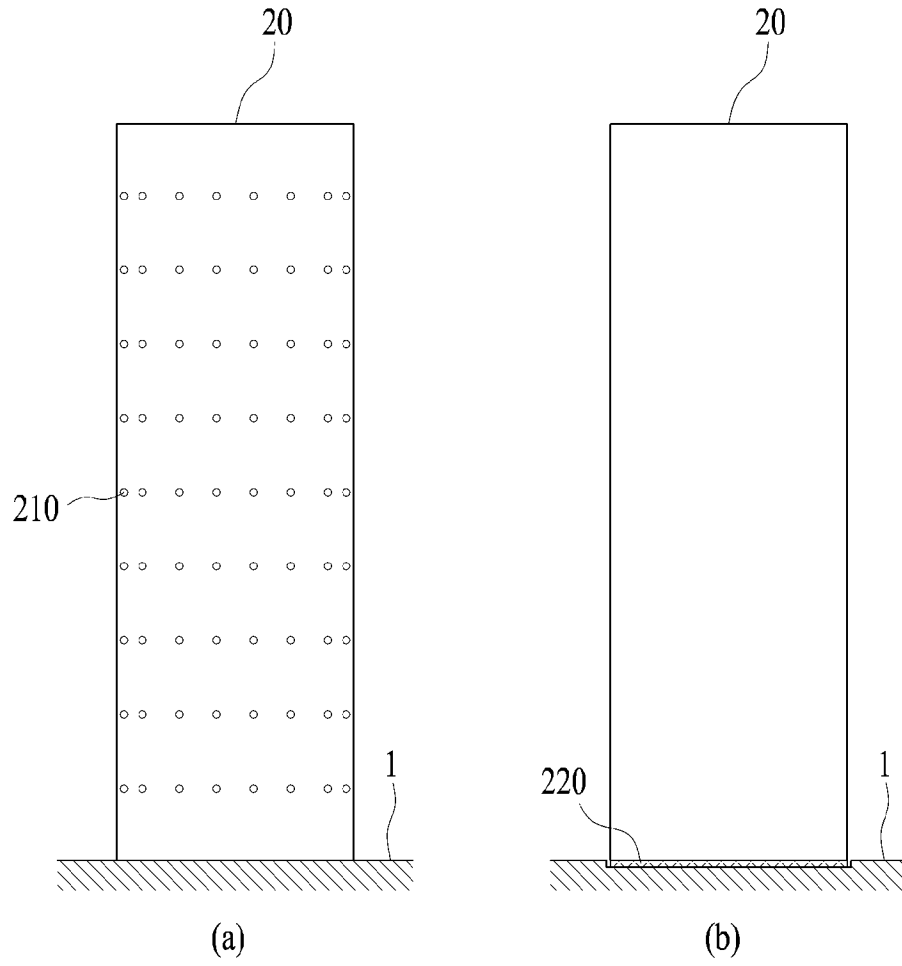
[도1]



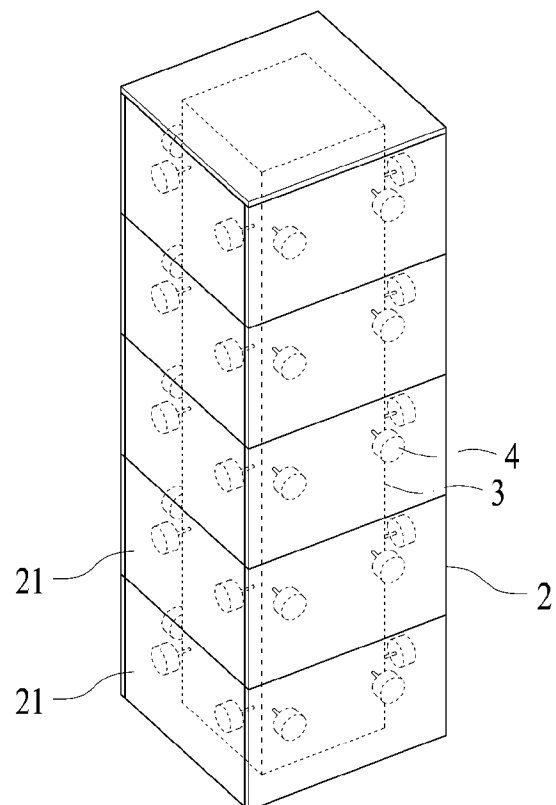
[도2]



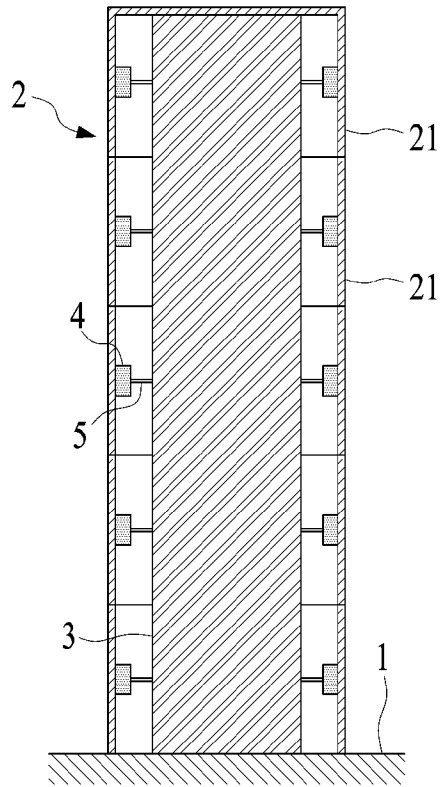
[도3]



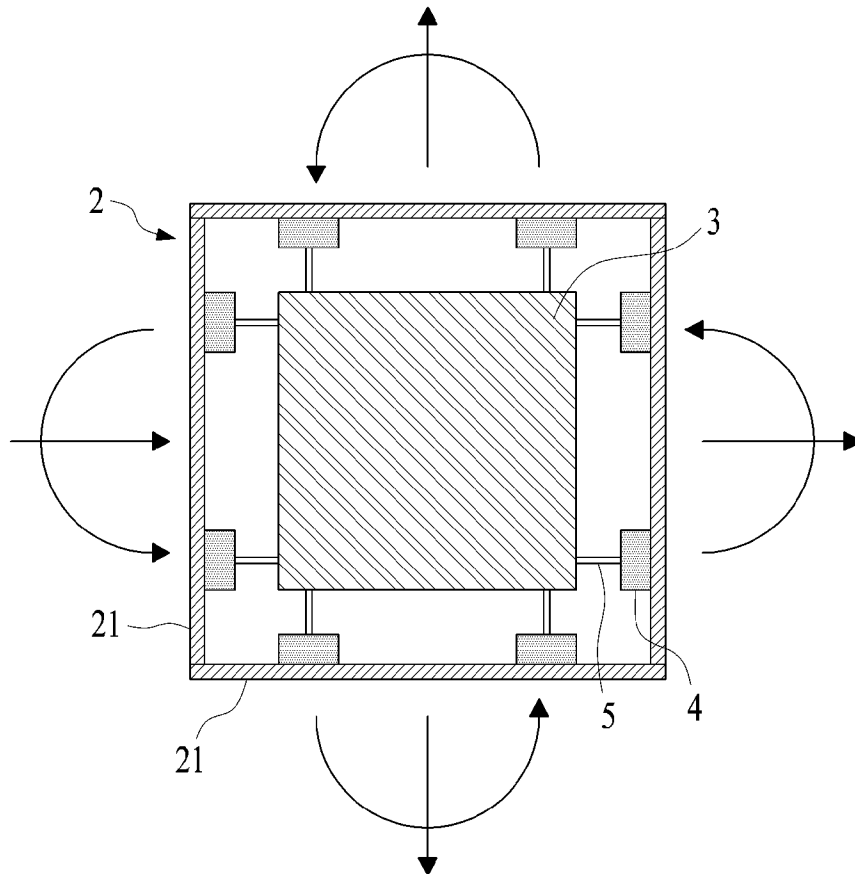
[도4]



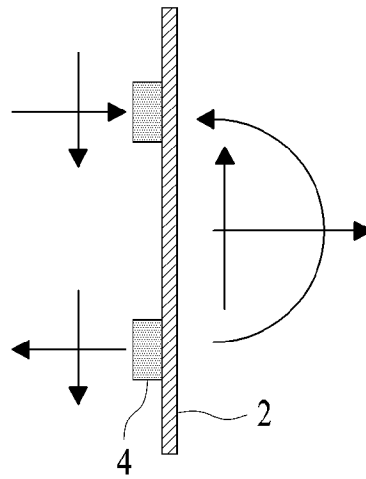
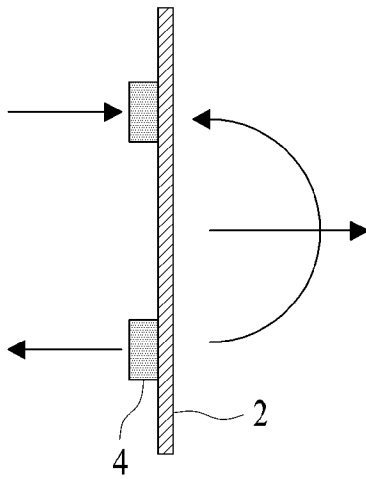
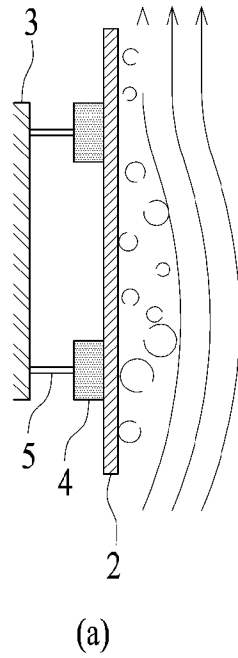
[도5]



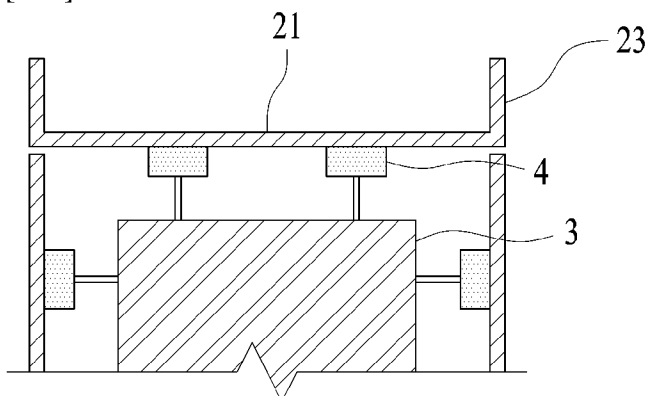
[도6]



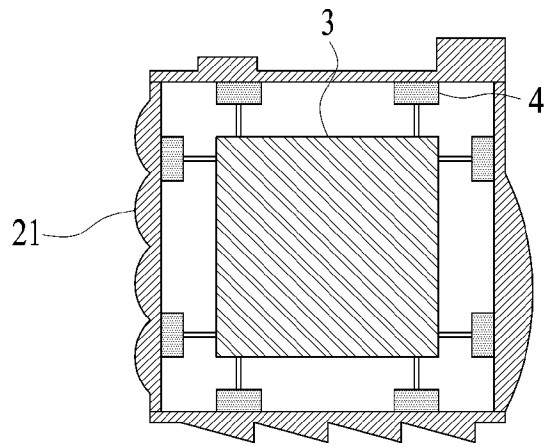
[도7]



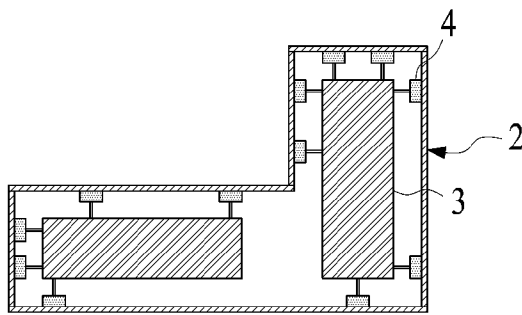
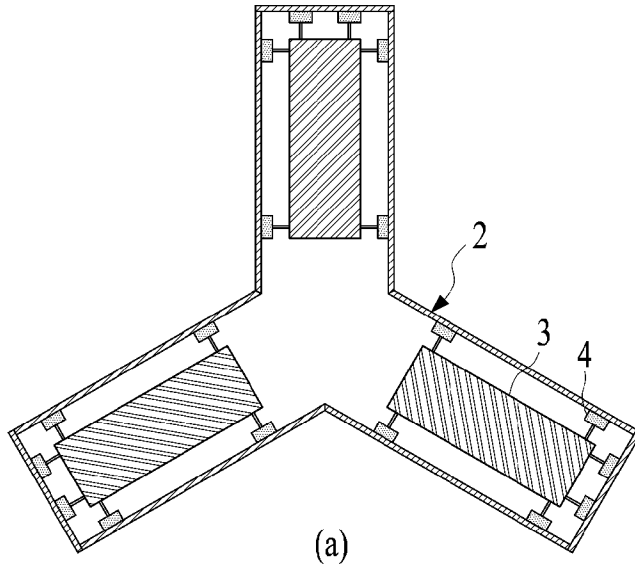
[도8]



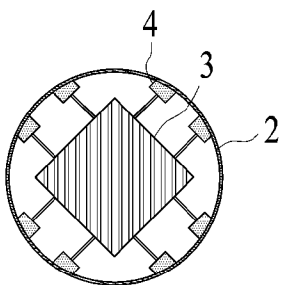
[도9]



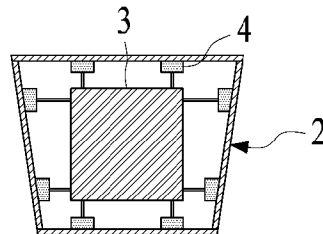
[도10]



(b)

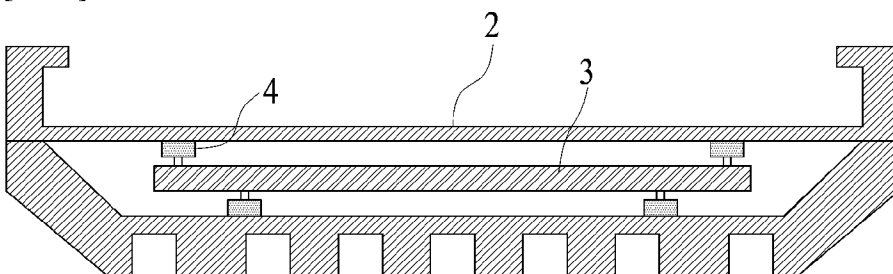


(c)

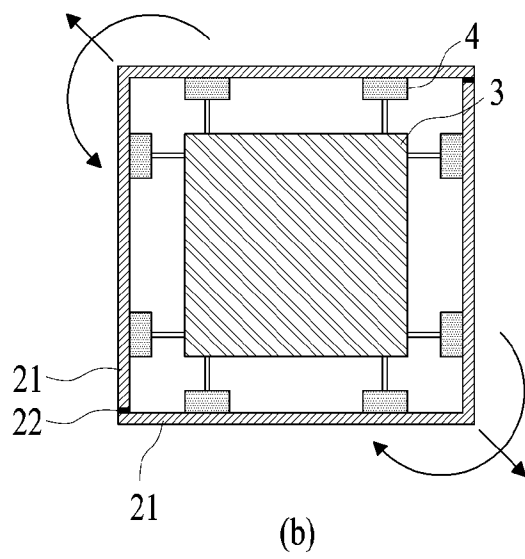
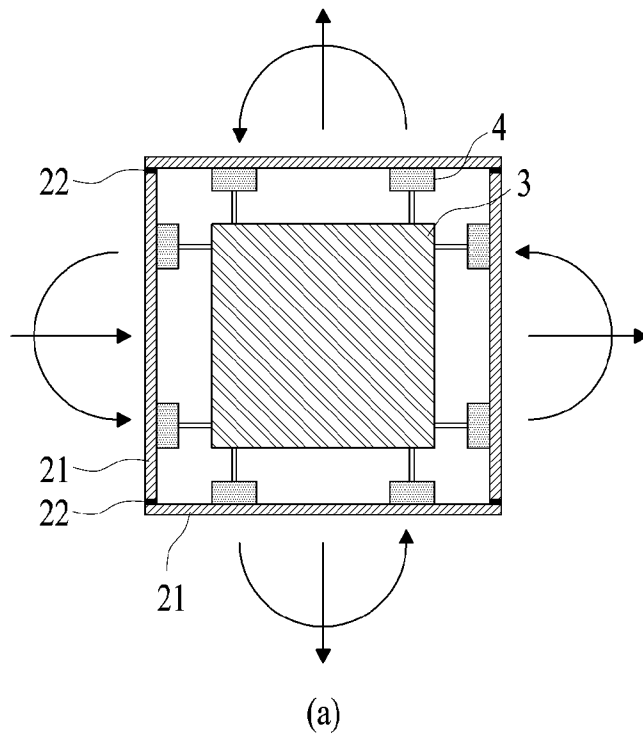


(d)

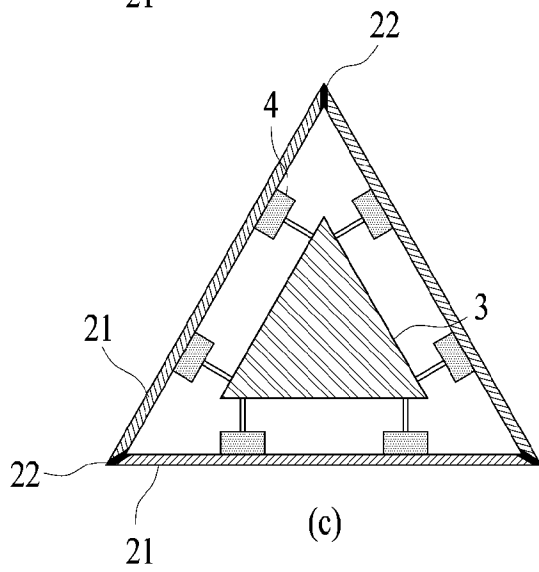
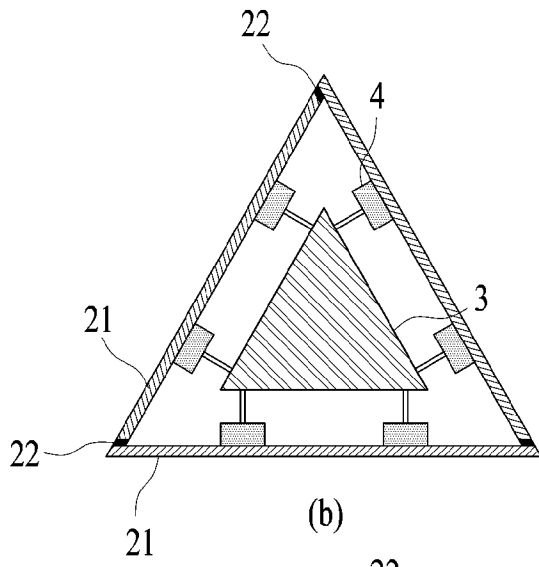
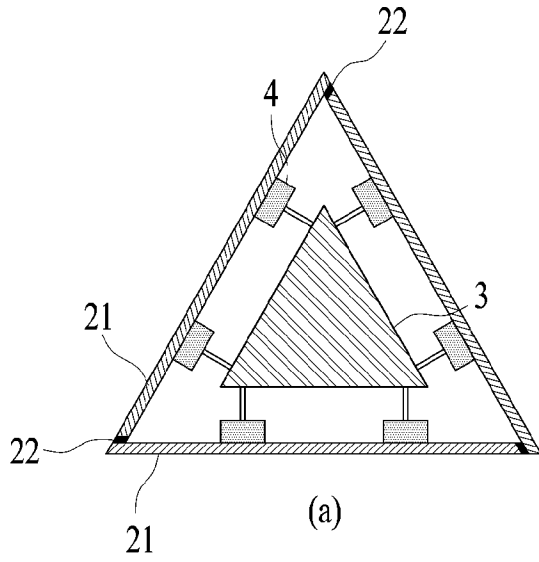
[도11]



[도12]



[도13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/010139

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01M 9/06(2006.01)i; G01M 9/02(2006.01)i; G01M 9/08(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01M 9/06; F04D 29/00; G01L 1/20; G01L 5/00; G01L 7/00; G01M 9/00; G01M 9/02; G01M 9/08 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 풍동실험(wind tunnel test), 구조모형(structural model), 하중센서(load cell), 실링재(sealing), 세그먼트(segment)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-253493 A (TODA CONSTR CO., LTD.) 25 September 1998. See paragraphs [0032]-[0038] and figures 1-3.	1-5
Y	KR 20-0266533 Y1 (ICES CO., LTD.) 28 February 2002. See page 3 and figures 1a-1b.	1-5
Y	CN 205333290 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 22 June 2016. See paragraphs [0004]-[0005], [0013], [0025] and [0043] and figures 1 and 4.	2-5
A	KR 10-1571032 B1 (KOREA INSTITUTE OF CIVIL ENGINEERING AND BUILDING TECHNOLOGY) 24 November 2015. See paragraphs [0019]-[0022] and figure 3.	1-5
A	US 2010-0054916 A1 (ZHENG et al.) 04 March 2010. See figures 1A-2.	1-5
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 26 October 2020		Date of mailing of the international search report 27 October 2020
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/010139

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	KR 10-2118886 B1 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) 04 June 2020. See claims 1-5. *This document is the published patent of an earlier application that serves as a basis for claiming priority of the present international application.	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/010139

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
JP	10-253493	A	25 September 1998	JP	3027724 B2	04 April 2000
KR	20-0266533	Y1	28 February 2002	None		
CN	205333290	U	22 June 2016	None		
KR	10-1571032	B1	24 November 2015	None		
US	2010-0054916	A1	04 March 2010	CN	101787954 A	28 July 2010
				CN	101787954 B	26 February 2014
				CN	101788360 A	28 July 2010
				CN	101788360 B	02 April 2014
				DK	2159559 T3	23 July 2012
				DK	2159560 T3	25 June 2012
				EP	2159559 A2	03 March 2010
				EP	2159559 A3	30 March 2011
				EP	2159559 B1	04 July 2012
				EP	2159560 A2	03 March 2010
				EP	2159560 A3	30 March 2011
				EP	2159560 B1	23 May 2012
				US	2010-0050777 A1	04 March 2010
				US	7845236 B2	07 December 2010
				US	8152440 B2	10 April 2012
KR	10-2118886	B1	04 June 2020	None		

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01M 9/06(2006.01)i, G01M 9/02(2006.01)i, G01M 9/08(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01M 9/06; F04D 29/00; G01L 1/20; G01L 5/00; G01L 7/00; G01M 9/00; G01M 9/02; G01M 9/08

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 풍동실험(wind tunnel test), 구조모형(structural model), 하중센서(load cell), 실링재(sealing), 세그먼트(segment)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	JP 10-253493 A (TODA CONSTR CO., LTD.) 1998.09.25 단락 [0032]-[0038] 및 도면 1-3	1-5
Y	KR 20-0266533 Y1 (주식회사 아이세스) 2002.02.28 페이지 3 및 도면 1a-1b	1-5
Y	CN 205333290 U (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 2016.06.22 단락 [0004]-[0005], [0013], [0025], [0043] 및 도면 1, 4	2-5
A	KR 10-1571032 B1 (한국건설기술연구원) 2015.11.24 단락 [0019]-[0022] 및 도면 3	1-5
A	US 2010-0054916 A1 (ZHENG 등) 2010.03.04 도면 1A-2	1-5
PX	KR 10-2118886 B1 (서울대학교산학협력단) 2020.06.04 청구항 1-5 * 위 문헌은 본 국제출원의 우선권주장의 기초가 되는 선출원의 등록공보임	1-5

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후 “X”에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2020년 10월 26일 (26.10.2020)

국제조사보고서 발송일

2020년 10월 27일 (27.10.2020)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

방승훈

전화번호 +82-42-481-5560



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 10-253493A	1998/09/25	JP 3027724 B2	2000/04/04
KR 20-0266533 Y1	2002/02/28	없음	
CN 205333290 U	2016/06/22	없음	
KR 10-1571032 B1	2015/11/24	없음	
US 2010-0054916 A1	2010/03/04	CN 101787954 A	2010/07/28
		CN 101787954 B	2014/02/26
		CN 101788360 A	2010/07/28
		CN 101788360 B	2014/04/02
		DK 2159559 T3	2012/07/23
		DK 2159560 T3	2012/06/25
		EP 2159559 A2	2010/03/03
		EP 2159559 A3	2011/03/30
		EP 2159559 B1	2012/07/04
		EP 2159560 A2	2010/03/03
		EP 2159560 A3	2011/03/30
		EP 2159560 B1	2012/05/23
		US 2010-0050777 A1	2010/03/04
		US 7845236 B2	2010/12/07
		US 8152440 B2	2012/04/10
KR 10-2118886 B1	2020/06/04	없음	