(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월12일
(11) 등록번호 10-1459697
(24) 등록일자 2014년11월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/36 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0052011
(22) 출원일자 2013년05월08일
심사청구일자 2013년05월08일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120127037 A*
KR1020120129714 A*
KR1020100037879 A
KR1020120010801 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
최덕현
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
유진호
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유미특허법인

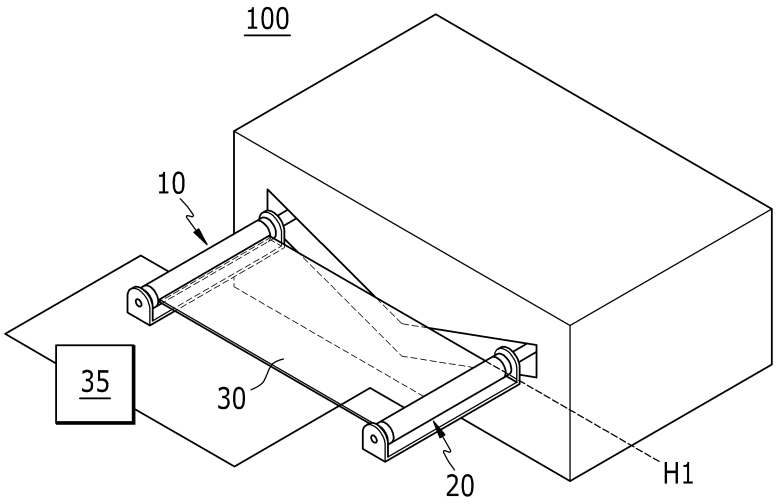
전체 청구항 수 : 총 16 항 심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 **유연 발전 소자용 굽힘 시험기 및 이를 이용한 발전 효율 측정 방법**

(57) 요 약

태양 전지와 압전 소자가 융합된 유연 발전 소자를 굽힘 변형시키면서 발전 효율을 측정할 수 있는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기 및 이를 이용한 유연 발전 소자의 발전 효율 측정 방법을 제공한다. 유연 발전 소자용 굽힘 시험기는 유연 발전 소자의 일측 단부를 고정하는 제1 고정부와, 수평 방향을 따라 제1 고정부와 이격 배치되며 유연 발전 소자의 반대측 단부를 고정하는 제2 고정부와, 제1 고정부 및 제2 고정부와 전기적으로 연결되는 효율 측정부를 포함한다. 제1 고정부와 제2 고정부는 수평 방향과 수직 방향으로 동시에 변위를 가지도록 이동하여 휘어진 유연 발전 소자의 최대 높이가 최초 높이를 유지하도록 한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

김봉석

경기도 수원시 영통구 영통로 460, 312동 602호 (영통동, 동신아파트)

김동주

경상북도 구미시 봉곡로23길 6-20, 203동 305호 (봉곡동, 영남네오빌시티2차)

장승완

대구광역시 동구 동촌로 190, 202동 302호 (방촌동, 영남네오빌아파트)

김영석

대구광역시 달성군 다사읍 서재로30길 7, 201동 603호 (서재2차보성타운)

특허청구의 범위

청구항 1

유연 발전 소자의 일측 단부를 고정하는 제1 고정부;

수평 방향을 따라 상기 제1 고정부와 이격 배치되며, 상기 유연 발전 소자의 반대측 단부를 고정하는 제2 고정부; 및

상기 제1 고정부 및 상기 제2 고정부와 전기적으로 연결되는 효율 측정부

를 포함하며,

상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부는 수평 방향과 수직 방향으로 동시에 변위를 가지도록 이동하여 상기 유연 발전 소자의 최대 높이를 초기 높이와 동일하게 유지시키는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유연 발전 소자는 제1 전극과 제2 전극을 포함하고,

상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부는 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극에 각각 전기적으로 연결되어 상기 유연 발전 소자의 출력 전류를 상기 효율 측정부로 전달하는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부는 수평 방향을 따라 서로를 향해 이동하여 상기 유연 발전 소자를 굽힘 변형시키고,

상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부의 수직 변위는 굽힘 변형에 의한 상기 유연 발전 소자의 높이 변화량과 동일한 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부는 각자의 베어링에 의해 회전 가능하게 설치되며, 상기 유연 발전 소자의 휘어짐에 연동하여 회전하는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 5

제1 모터의 동력에 의해 서로 가까워지거나 멀어지도록 수평 방향을 따라 이동하는 제1 이동 블록 및 제2 이동 블록을 구비하는 수평 유닛;

상기 제1 이동 블록에 설치되며, 제2 모터의 동력에 의해 수직 방향으로 이동하는 제3 이동 블록을 구비하는 제1 수직 유닛;

상기 제2 이동 블록에 설치되며, 가이드 바에 의해 상기 제3 이동 블록과 결합되고, 상기 제3 이동 블록과 연동하여 같은 수직 높이를 유지하는 제4 이동 블록을 구비하는 제2 수직 유닛; 및

상기 제3 이동 블록과 상기 제4 이동 블록에 각각 고정되며, 유연 발전 소자의 양측 단부를 고정하는 제1 고정부 및 제2 고정부

를 포함하는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 수평 유닛은,

축 방향이 수평 방향과 일치하며, 중앙부를 기준으로 서로 반대 측에 위치하면서 나선 방향이 반대인 제1 나선부와 제2 나선부로 구성되는 볼 스크류 축; 및

상기 제1 나선부와 상기 제2 나선부에 각각 체결된 한 쌍의 볼 스크류 너트

를 포함하며,

상기 제1 이동 블록과 상기 제2 이동 블록은 상기 한 쌍의 볼 스크류 너트에 각각 고정되는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 모터는 상기 볼 스크류 축의 상부에서 상기 볼 스크류 축과 나란하게 위치하고,

상기 제1 모터와 상기 볼 스크류 축 사이에 구동 풀리와 종동 풀리 및 벨트를 포함하는 동력 전달부가 설치되는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 제1 수직 유닛은,

상기 제1 이동 블록에 고정된 하우징;

축 방향이 수직 방향과 일치하는 볼 스크류 축; 및

상기 볼 스크류 축에 체결된 볼 스크류 너트

를 포함하며,

상기 제3 이동 블록은 상기 볼 스크류 너트에 고정되는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 모터는 상기 볼 스크류 축의 외측에서 상기 볼 스크류 축과 나란하게 위치하고,

상기 제2 모터와 상기 볼 스크류 축 사이에 구동 풀리와 종동 풀리 및 벨트를 포함하는 동력 전달부가 위치하는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제2 수직 유닛은 상기 제2 이동 블록에 고정된 하우징을 포함하며,

상기 제3 이동 블록과 상기 제4 이동 블록은 서로 마주하는 측면에 상기 가이드 바가 끼워지는 수평 홈부를 형성하는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 고정부는 베어링에 의해 제1 브라켓에 결합되고,

상기 제2 고정부는 베어링에 의해 제2 브라켓에 결합되며,

상기 제1 브라켓과 상기 제2 브라켓은 상기 제3 이동 블록과 상기 제4 이동 블록에 각각 고정되는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기.

청구항 12

수평 방향을 따라 이격 배치된 제1 고정부와 제2 고정부에 유연 발전 소자의 양측 단부를 고정시키는 단계;

상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부를 매개로 상기 유연 발전 소자와 효율 측정부를 전기적으로 연결하는 단계; 및

구동부와 구동 제어부를 이용하여 상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부를 수평 방향과 수직 방향으로 동시에 변위를 가지도록 이동시켜 휘어진 유연 발전 소자의 최대 높이를 최초 높이와 동일하게 유지시키는 단계

를 포함하는 유연 발전 소자의 발전 효율 측정 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 유연 발전 소자가 반원형이 되는 상기 제1 고정부 및 상기 제2 고정부의 수평 변위를 X_{lim}이라 할 때,

상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부는 수평 변위(X)가 $0 < X \leq X_{lim}$ 의 조건을 만족하는 제1 구간과,

$X_{\lim} < X \leq \frac{L}{2}$ 의 조건을 만족하는 제2 구간에서 서로 다른 연산식에 의해 수직 변위(Y)가 제어되는 유연 발전 소자의 발전 효율 측정 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1 구간에서 상기 유연 발전 소자는 원호 모양으로 변형되며,

상기 제1 구간에서 상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부의 수직 변위(Y)는 하기 조건을 만족하는 유연 발전 소자의 발전 효율 측정 방법.

$$Y(H) = R - \sqrt{R^2 - (\frac{L}{2} - X)^2}, \quad \sin(\frac{L}{2R}) = \frac{L - 2X}{2R}$$

여기서, R은 원호의 곡률 반경을 나타내고, L은 유연 발전 소자의 길이를 나타낸다.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제2 구간에서 상기 유연 발전 소자는 반원형 부분과 두 개의 수직 부분을 포함하며,

상기 제2 구간에서 상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부의 수직 변위(Y)는 하기 조건을 만족하는 유연 발전 소자의 발전 효율 측정 방법.

Y = 0.215L + 0.57X

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 구동 제어부는 상기 제1 구간 및 상기 제2 구간에서 상기 제1 고정부와 상기 제2 고정부의 수직 변위(Y)를 기 설정된 함수식을 이용하여 커브 피팅(curve fitting)하는 연산 과정을 포함하는 유연 발전 소자의 발전 효율 측정 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유연 발전 소자용 굽힘 시험기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 유연 발전 소자를 굽힘 변형시키면

서 발전 효율을 측정할 수 있는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 태양 전지는 태양광 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 발전 소자로서 무한한 에너지원인 태양광을 사용하지만, 이론적인 에너지 변환 효율의 한계 및 시공간적인 제약이 있다. 따라서 태양 전지와 압전 소자를 융합한 융합 소자에 대한 연구가 진행되고 있으며, 이 가운데 유연 기판(flexible substrate) 위에 태양 전지와 압전 소자를 배치하여 외력에 의해 휘어지는 유연 발전 소자가 제안되었다.

[0003] 전술한 유연 발전 소자는 태양 전지를 이용하여 전기 에너지를 생산함과 동시에 굽힘 변형에 따른 압전 소자의 부피 변화를 이용하여 전기 에너지를 생산한다.

[0004] 통상의 유연 발전 소자용 굽힘 시험기는 유연 발전 소자의 양측 단부를 지지하는 한 쌍의 지그와, 적어도 하나의 지그와 결합되어 이 지그를 수평 방향으로 이동시키는 구동부를 포함한다. 한 쌍의 지그는 유연 발전 소자와 전기적으로 연결되고, 지그의 수평 이동에 의해 유연 발전 소자가 굽힘 변형된다.

[0005] 한편, 태양 전지의 경우에는 광원과의 거리에 따라 발전 효율에 큰 차이를 보인다. 그런데 전술한 굽힘 시험기에서는 굽힘 시험 중 유연 발전 소자의 중앙부가 상승하거나 하강하는 높이 변화를 나타내므로 태양 전지가 포함된 유연 발전 소자의 발전 효율을 정확하게 측정하기 어려워진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 유연 발전 소자의 굽힘 시험 중 광원으로부터 유연 발전 소자까지의 거리가 항상 일정하게 유지되도록 함으로써 발전 효율을 보다 정확하게 측정할 수 있는 유연 발전 소자용 굽힘 시험기 및 이를 이용한 유연 발전 소자의 발전 효율 측정 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 발전 소자용 굽힘 시험기는, ⅰ) 유연 발전 소자의 일측 단부를 고정하는 제1 고정부와, ⅱ) 수평 방향을 따라 제1 고정부와 이격 배치되며, 유연 발전 소자의 반대측 단부를 고정하는 제2 고정부와, ⅲ) 제1 고정부 및 제2 고정부와 전기적으로 연결되는 효율 측정부를 포함한다. 제1 고정부와 제2 고정부는 수평 방향과 수직 방향으로 동시에 변위를 가지도록 이동한다.

[0008] 유연 발전 소자는 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 제1 고정부와 제2 고정부는 제1 전극 및 제2 전극에 각각 전기적으로 연결되어 유연 발전 소자의 출력 전류를 효율 측정부로 전달할 수 있다.

[0009] 제1 고정부와 제2 고정부는 수평 방향을 따라 서로를 향해 이동하여 유연 발전 소자를 굽힘 변형시키고, 제1 고정부와 제2 고정부의 수직 변위는 굽힘 변형에 의한 유연 발전 소자의 높이 변화량과 같을 수 있다. 제1 고정부와 제2 고정부는 각자의 베어링에 의해 회전 가능하게 설치되며, 유연 발전 소자의 휘어짐에 연동하여 회전할 수 있다.

[0010] 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 유연 발전 소자용 굽힘 시험기는, ⅰ) 제1 모터의 동력에 의해 서로 가까워지거나 멀어지도록 수평 방향을 따라 이동하는 제1 이동 블록 및 제2 이동 블록을 구비하는 수평 유닛과, ⅱ) 제1 이동 블록에 결합되어 수평 방향으로 이동하며, 제2 모터의 동력에 의해 수직 방향으로 이동하는 제3 이동 블록을 구비하는 제1 수직 유닛과, ⅲ) 제2 이동 블록에 결합되어 수평 방향으로 이동하며, 가이드 바에 의해 제3 이동 블록과 결합되어 제3 이동 블록과 같은 수직 높이를 유지하는 제4 이동 블록을 구비하는 제2 수직 유닛과, ⅳ) 제3 이동 블록과 제4 이동 블록에 각각 고정되며, 유연 발전 소자의 양측 단부를 고정하는 제1 고정부 및 제2 고정부를 포함한다.

[0011] 수평 유닛은, ⅰ) 축 방향이 수평 방향과 일치하며, 중앙부를 기준으로 서로 반대 측에 위치하면서 나선 방향이 반대인 제1 나선부와 제2 나선부로 구성되는 볼 스크류 축과, ⅱ) 제1 나선부와 제2 나선부에 각각 체결된 한 쌍의 볼 스크류 너트를 포함할 수 있다. 제1 이동 블록과 제2 이동 블록은 한 쌍의 볼 스크류 너트에 각각 고정될 수 있다.

[0012] 제1 모터는 볼 스크류 축의 상부에서 볼 스크류 축과 나란하게 위치하고, 제1 모터와 볼 스크류 축 사이에 구동 풀리와 종동 풀리 및 벨트를 포함하는 동력 전달부가 설치될 수 있다.

[0013] 제1 수직 유닛은, i) 제1 이동 블록에 고정된 하우징과, ii) 축 방향이 수직 방향과 일치하는 볼 스크류 축과, iii) 볼 스크류 축에 체결된 볼 스크류 너트를 포함할 수 있다. 제3 이동 블록은 볼 스크류 너트에 고정될 수 있다. 제2 모터는 볼 스크류 축의 외측에서 볼 스크류 축과 나란하게 위치하고, 제2 모터와 볼 스크류 축 사이에 구동 풀리와 종동 풀리 및 벨트를 포함하는 동력 전달부가 위치할 수 있다.

[0014] 제2 수직 유닛은 제2 이동 블록에 고정된 하우징을 포함하며, 제3 이동 블록과 제4 이동 블록은 서로 마주하는 측면에 가이드 바가 끼워지는 수평 홈부를 형성할 수 있다. 제1 고정부는 베어링에 의해 제1 브라켓에 결합되고, 제2 고정부는 베어링에 의해 제2 브라켓에 결합되며, 제1 브라켓과 제2 브라켓은 제3 이동 블록과 제4 이동 블록에 각각 고정될 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 발전 소자의 발전 효율 측정 방법은, i) 수평 방향을 따라 이격 배치된 제1 고정부와 제2 고정부에 유연 발전 소자의 양측 단부를 고정시키는 단계와, ii) 제1 고정부와 제2 고정부를 매개로 유연 발전 소자와 효율 측정부를 전기적으로 연결하는 단계와, iii) 구동부와 구동 제어부를 이용하여 제1 고정부와 제2 고정부를 수평 방향과 수직 방향으로 동시에 변위를 가지도록 이동시켜 휘어진 유연 발전 소자의 최대 높이를 최초 높이와 동일하게 유지시키는 단계를 포함한다.

[0016] 유연 발전 소자가 반원형이 되는 제1 고정부 및 제2 고정부의 수평 변위를 X_{lim}이라 할 때, 제1 고정부와 제2 고정부는 수평 변위(X)가 $0 < X \leq X_{lim}$ 의 조건을 만족하는 제1 구간과, $X_{\lim} < X \leq \frac{L}{2}$ 의 조건을 만족하는 제2 구간에서 서로 다른 연산식에 의해 수직 변위(Y)가 제어될 수 있다.

[0017] 제1 구간에서 유연 발전 소자는 원호 모양으로 변형되며, 제1 구간에서 제1 고정부와 제2 고정부의 수직 변위(Y)는 하기 조건을 만족할 수 있다.

[0018] $$Y(H) = R - \sqrt{R^2 - (\frac{L}{2} - X)^2}, \ \sin(\frac{L}{2R}) = \frac{L-2X}{2R}$$

[0019] 여기서, R은 원호의 곡률 반경을 나타내고, L은 유연 발전 소자의 길이를 나타낸다.

[0020] 제2 구간에서 유연 발전 소자는 반원형 부분과 두 개의 수직 부분을 포함하며, 제2 구간에서 제1 고정부와 제2 고정부의 수직 변위(Y)는 하기 조건을 만족할 수 있다.

[0021] Y = 0.215L + 0.57X

[0022] 구동 제어부는 제1 구간 및 제2 구간에서 제1 고정부와 제2 고정부의 수직 변위(Y)를 기 설정된 함수식을 이용하여 커브 피팅(curve fitting)하는 연산 과정을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 태양 전지와 압전 소자가 융합된 유연 발전 소자의 굽힘 시험 과정에서 광원과 유연 발전 소자 사이의 거리를 항상 일정하게 유지시킬 수 있으며, 그 결과 유연 발전 소자의 발전 효율을 정확하게 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1과 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 발전 소자용 굽힘 시험기의 개략 사시도이다.

도 3은 제1 구간의 유연 발전 소자를 나타낸 개략도이다.

도 4는 제2 구간의 유연 발전 소자를 나타낸 개략도이다.

도 5는 제1 고정부의 수평 변위와 수직 변위를 나타낸 그래프이다.

도 6과 도 7은 임의의 함수를 이용하여 도 5의 그래프를 커브 피팅한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 8은 도 1에 도시한 굽힘 시험기 중 제1 고정부와 제2 고정부의 개략 측면도이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 발전 소자용 굽힘 시험기의 사시도이다.

도 10은 도 9에 도시한 수평 유닛을 나타낸 도면이다.

도 11은 도 9에 도시한 제1 수직 유닛을 나타낸 도면이다.

도 12는 도 9에 도시한 제1 수직 유닛과 제2 수직 유닛의 일부를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0026] 도 1과 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 발전 소자용 굽힘 시험기의 개략 사시도이다.

[0027] 도 1과 도 2를 참고하면, 굽힘 시험기(100)는 유연 발전 소자(30)의 효율을 측정하기 위한 것으로서, 유연 발전 소자(30)와 전기적으로 연결되면서 유연 발전 소자(30)의 양측 단부를 고정하는 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)를 포함한다.

[0028] 유연 발전 소자(30)는 태양 전지와 압전 소자가 융복합된 구조로 이루어진다. 예를 들어, 유연 발전 소자(30)는 고분자 필름(유연 기판) 위에 태양 전지를 구성하는 제1 전극, p형 반도체층, n형 반도체층, 및 제2 전극을 적층하고, 제1 전극과 제2 전극 사이에 압전 소자층(ZnO 등)을 배치한 구조로 이루어질 수 있다.

[0029] 유연 발전 소자(30)로 태양광이 입사하면 p형 반도체의 전도대 전자가 가전자대로 여기되고, 여기된 전자는 p형 반도체 내부에 전자-정공 쌍을 생성하며, 전자-정공 쌍은 n형 반도체로 넘어가 외부에 전류를 공급한다. 또한, 유연 발전 소자(30)를 굽힘 변형시킨 후 처음 상태로 복귀시키면 굽힘 변형에 따른 압전 소자의 부피 변화로 인해 전기 에너지가 생성된다.

[0030] 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 수평 방향을 따라 이격 배치되며, 유연 발전 소자(30)의 양측 단부를 고정시킨다. 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20) 중 어느 하나는 제1 전극과 전기적으로 연결되고, 다른 하나는 제2 전극과 전기적으로 연결된다. 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 효율 측정부(35)와 전기적으로 연결되며, 유연 발전 소자(30)의 출력 전류는 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)를 통해 효율 측정부(35)로 인가된다.

[0031] 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 도시하지 않은 구동부와 결합되어 구동부의 기계 작동에 의해 수평 방향과 수직 방향으로 동시에 변위를 가지도록 이동한다. 그리고 구동부는 구동 제어부와 연결되어 구동 제어부의 제어 신호에 따라 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)를 이동시킨다.

[0032] 따라서 굽힘 시험 전 유연 발전 소자(30)의 높이(초기 높이)를 H1라 하면, 굽힘 시험 중 휘어진 유연 발전 소자(30)의 최대 높이를 초기 높이와 항상 동일하게 유지시킬 수 있다. 그 결과, 굽힘 시험 과정에서 광원과 유연 발전 소자(30) 사이의 거리를 항상 일정하게 유지시킬 수 있으므로 유연 발전 소자(30)의 발전 효율을 정확하게 측정할 수 있다. 이때 광원은 실험실에 설치된 인공 광원이거나 태양광일 수 있다.

[0033] 구체적으로, 도 1에 도시한 바와 같이 굽힘 시험 전 유연 발전 소자(30)는 평탄한 상태를 유지하며, 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 초기 높이는 유연 발전 소자(30)의 초기 높이(H1)와 동일하다.

[0034] 이어서 도 2에 도시한 바와 같이 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 수평 방향을 따라 서로를 향해 이동함과 동시에 수직 방향으로 하강한다. 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 간격 축소에 따라 유연 발전 소자(30)가 휘어진다. 이때 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 하강 높이는 굽힘 변형에 따른 유연 발전 소자(30)의 상승 높이와 일치한다.

[0035] 즉 굽힘 변형에 의해 유연 발전 소자(30)가 상승하는 양만큼 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)가 수직 방향으로 내려가면서 유연 발전 소자(30)의 높이 변화를 상쇄시킨다. 여기서, 유연 발전 소자(30)의 높이 변화는 유연 발전 소자(30)의 중앙부를 기준으로 한다. 도 2에서 H2는 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 하강 후 높이를 나타낸다. 굽힘 시험의 전 과정에서 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 같은 높이를 유지한다.

[0036] 전술한 제1 및 제2 고정부(10, 20)의 수평 변위와 수직 변위는 평탄한 유연 발전 소자(30)가 휘어져 반원형이 되는 시점까지의 제1 구간과, 반원형이 된 이후의 제2 구간으로 나누어 설정될 수 있다.

[0037] 도 3은 제1 구간의 유연 발전 소자를 나타낸 개략도이다.

[0038] 도 3을 참고하면, X는 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 수평 변위를 나타내고, Y는 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 수직 변위를 나타낸다.

[0039] 유연 발전 소자(30)는 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 수평 이동에 따라 휘어져 원호를 이루는데, 원호의 곡률 반경(R)은 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)의 수평 변위가 커질수록 작아진다. 그리고 유연 발전 소자(30)는 정확하게 반원형이 된 시점에서 최소의 곡률 반경을 나타낸다.

[0040] 유연 발전 소자(30)가 반원형을 이루는 시점에서의 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)의 수평 변위를 X_{lim}라 하면, 제1 구간에서 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)의 수평 변위(X)는 아래의 수식 (1)로 표현된다.

[0041] $0 < X \leq X_{lim}$ --- (1)

[0042] X_{lim}는 유연 발전 소자(30)의 길이(L)에 따라 아래의 수식 (2)로 표현될 수 있다. 이로써 유연 발전 소자(30)의 길이(L)가 주어지면 제1 구간의 최대 수평 변위인 X_{lim}을 알 수 있다.

[0043] $$X_{\lim} = L(\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi})$$ --- (2)

[0044] 그리고 제1 구간에서 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)의 수직 변위(Y)는 유연 발전 소자(30)의 높이 변화량(H)과 일치하며, 이는 아래의 수식 (3)으로 표현될 수 있다.

[0045] $$Y(H) = R - \sqrt{R^2 - (\frac{L}{2} - X)^2}, \ \sin(\frac{L}{2R}) = \frac{L - 2X}{2R}$$ --- (3)

[0046] 여기서, R은 유연 발전 소자(30)가 그리는 원호의 곡률 반경을 나타낸다.

[0047] 이와 같이 제1 구간에서 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)는 초기 위치에서 X_{lim}까지 수평 이동을 함과 동시에 수식 (3)으로 연산되는 수직 변위를 가지도록 이동한다.

[0048] 수식 (3)은 유연 발전 소자(30)의 길이(L)와 수평 변위(X)에 따른 함수이므로 구동부를 제어하는 구동 제어부에 유연 발전 소자(30)의 길이(L)를 입력하면 구동 제어부가 수평 변위(X)에 따른 수직 변위(Y)를 연산하여 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)의 움직임을 제어할 수 있다.

[0049] 도 4는 제2 구간의 유연 발전 소자를 나타낸 개략도이다.

[0050] 도 4를 참고하면, 제2 구간에서 유연 발전 소자(30)는 반원형을 이루는 중앙 부분의 아래로 수직 방향과 나란한 새로운 직선 변을 형성한다. 즉 제2 구간에서 유연 발전 소자(30)는 반원형 부분과, 반원형 부분의 양측에 위치하는 두 개의 수직 부분으로 이루어진다.

[0051] 제2 구간에서 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)의 수평 변위는 아래의 수식 (4)로 표현된다.

[0052] $$X_{\lim} < X \leq \frac{L}{2}$$ --- (4)

[0053] 그리고 제2 구간에서 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)의 수직 변위(Y)는 X_{lim}에서 유연 발전 소자(30)의 높이 변화량(H)에 수직 부분의 길이(Z)를 더한 값과 동일하며, 아래의 수식 (5)로 표현될 수 있다.

[0054] $Y = 0.215L + 0.57X$ --- (5)

[0055] 이와 같이 제2 구간에서 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)는 X_{lim} 위치에서 L/2 위치까지 수평 이동을 함과 동시에 수식 (5)로 계산되는 수직 변위를 가지도록 이동한다.

[0056] 수식 (5) 또한 전술한 수식 (3)과 마찬가지로 유연 발전 소자(30)의 길이(L)와 수평 변위(X)에 따른 함수이므로 구동부를 제어하는 구동 제어부에 유연 발전 소자(30)의 길이(L)를 입력하면 구동 제어부가 수평 변위(X)에 따른 수직 변위(Y)를 연산하여 제1 고정부(10) 및 제2 고정부(20)의 움직임을 제어할 수 있다.

[0057] 도 5는 수식 (3)과 수식 (5)에 따라 연산된 제1 고정부(10)의 수평 변위(X)와 수직 변위(Y)를 나타낸 그래프이다. 도 5에서 도시는 생략하였으나, 제2 고정부(20)의 수평 변위는 제1 고정부(10)의 수평 변위와 방향만 반대이고 크기는 동일하며, 제2 고정부(20)의 수직 변위는 제1 고정부(10)의 수직 변위와 동일하다.

[0058] 도 5를 참고하면, 구동 제어부는 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 수평 변위를 설정된 단위 길이별로 세분화

하고, 세분화된 단위 길이별로 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 수직 변위를 연산하여 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 움직임을 제어할 수 있다. 이 경우 도 5의 그래프에서 제1 고정부(10)의 변위는 연속된 직선 구간들로 이루어진다.

[0059] 다른 한편으로, 구동 제어부는 임의의 함수를 이용하여 도 5의 그래프를 커브 피팅(curve fitting)하는 연산 단계를 더 거친 후 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 움직임을 제어할 수 있다. 도 6과 도 7은 임의의 함수를 이용하여 도 5의

[0060] 도 6의 커브 피팅에 적용된 함수식을 하기 표 1에 나타내었고, 도 7의 커브 피팅에 적용된 함수식을 하기 표 2에 나타내었다. 아래의 함수식은 하나의 예시일 뿐이며, 다른 함수식이 적용될 수도 있다. 표 1과 표 2에서 'exp(x)'는 지수함수(e^x)를 의미한다.

표 1

[0061]

유연 발전 소자의 길이(L)	함수식	S-square
6cm	-2.93exp(-X/1.1)+3.01	0.97
8cm	-3.3exp(-X/1.46)+4.01	0.96
10cm	-4.63exp(-X/1.87)+5.02	0.96

표 2

[0062]

유연 발전 소자의 길이(L)	함수식	S-square
6cm	3+(-5996)/(1+exp((X+8.36)/1.09))	0.96
8cm	4+(-9064)/(1+exp((X+11.3)/1.45))	0.95
10cm	5+(-10956)/(1+exp((X+14.5)/1.87))	0.96

[0063] 구동 제어부의 커브 피팅 기술이 적용된 도 6과 도 7의 경우 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 곡선 경로를 따라 이동한다.

[0064] 한편, 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 회전 가능한 상태로 구동부와 결합된다. 도 8은 도 1에 도시한 굽힘 시험기 중 제1 고정부와 제2 고정부의 개략 측면도이다.

[0065] 도 8을 참고하면, 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 각자의 베어링(11, 21)에 의해 제1 브라켓(12)과 제2 브라켓(22)에 각각 결합되고, 제1 및 제2 브라켓(12, 22)이 구동부(점선 박스로 표시)에 고정되어 수평 방향 및 수직 방향을 따라 이동할 수 있다.

[0066] 이 경우 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 유연 발전 소자(30)의 휘어짐에 연동하여 회전하며, 유연 발전 소자(30)는 제1 구간과 제2 구간에서 각각 도 3 및 도 4에 도시한 모양으로 굽힘 변형될 수 있다. 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)가 회전하지 않으면, 유연 발전 소자(30)의 양측 단부는 항상 수평 상태를 유지하고 가운데 부분이 굽힘 변형되므로, 전술한 수식 (3)과 수식 (5)의 연산 결과를 적용할 수 없다.

[0067] 다음으로, 구동부의 세부 구조와 작용에 대해 설명한다.

[0068] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 발전 소자용 굽힘 시험기의 사시도이다.

[0069] 도 9를 참고하면, 굽힘 시험기(100)는 수평 유닛(40)과, 수평 유닛(40)에 결합된 제1 수직 유닛(50) 및 제2 수직 유닛(60)과, 제1 수직 유닛(50)과 제2 수직 유닛(60)에 각각 고정된 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)를 포함한다.

[0070] 수평 유닛(40)은 제1 모터(41)의 동력에 의해 서로 가까워지거나 멀어지도록 수평 방향을 따라 이동하는 제1 이

동 블록(71)과 제2 이동 블록(72)을 구비한다. 제1 수직 유닛(50)은 제1 이동 블록(71)에 결합되어 수평 방향으로 이동하며, 제2 모터(51)의 동력에 의해 수직 방향으로 이동하는 제3 이동 블록(73)을 구비한다.

[0071] 제2 수직 유닛(60)은 제2 이동 블록(72)에 결합되어 수평 방향으로 이동하며, 가이드 바(61)에 의해 제3 이동 블록(73)과 결합되어 제3 이동 블록(73)과 같은 수직 높이를 유지하는 제4 이동 블록(74)을 구비한다. 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 각각 제3 이동 블록(73)과 제4 이동 블록(74)에 고정되며, 유연 발전 소자(도시하지 않음)의 양측 단부를 고정한다.

[0072] 제1 모터(41)와 제2 모터(51)는 도시하지 않은 구동 제어부와 전기적으로 연결되어 구동 제어부의 제어 신호에 따라 동작함으로써 제1 내지 제4 이동 블록(71, 72, 73, 74)의 위치를 제어한다. 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 제1 수직 유닛(50)과 제2 수직 유닛(60)에 의해 수직 방향으로 이동함과 동시에 수평 유닛(40)에 의해 수평 방향으로도 이동한다.

[0073] 도 10은 도 9에 도시한 수평 유닛을 나타낸 도면이다.

[0074] 도 9와 도 10을 참고하면, 수평 유닛(40)은 축 방향이 수평 방향과 일치하는 볼 스크류 축(42)과, 서로간 거리를 두고 볼 스크류 축(42)에 체결된 한 쌍의 볼 스크류 너트(43)와, 한 쌍의 볼 스크류 너트(43)에 각각 고정된 제1 이동 블록(71) 및 제2 이동 블록(72)과, 볼 스크류 축(42)에 결합되어 볼 스크류 축(42)을 회전시키는 제1 모터(41)를 포함한다.

[0075] 볼 스크류 축(42)은 중앙부를 기준으로 좌측에 위치하는 제1 나선부(42a)와, 중앙부를 기준으로 우측에 위치하며 제1 나선부(42a)와 나선 방향이 반대인 제2 나선부(42b)로 구성될 수 있다. 한 쌍의 볼 스크류 너트(43) 중 어느 하나는 제1 나선부(42a)에 체결되고, 다른 하나는 제2 나선부(42b)에 체결된다. 볼 스크류 축(42)과 볼 스크류 너트(43) 사이의 홈에는 도시하지 않은 강구(steel ball)가 위치한다.

[0076] 볼 스크류 축(42)과 볼 스크류 너트(43) 및 강구로 구성된 볼 스크류는 구름 나사의 일종으로서 물체를 이동시키는 힘을 전달하는데 사용된다. 볼 스크류는 회전 수에 따른 변위 정밀도가 우수하고, 강구로 마찰을 줄일 수 있으므로 마모율이 낮고 힘 전달이 용이하다. 한 쌍의 볼 스크류 너트(43)는 볼 스크류 축(42)의 중앙부로부터 같은 거리를 유지할 수 있다.

[0077] 제1 모터(41)는 볼 스크류 축(42)의 일단에 직접 결합되거나, 동력 전달부(45)를 거쳐 볼 스크류 축(42)에 결합될 수 있다. 도 10에서는 굽힘 시험기의 공간 절약을 위해 제1 모터(41)가 볼 스크류 축(42)의 상부에서 볼 스크류 축(42)과 나란하게 위치하고, 동력 전달부(45)가 제1 모터(41)와 볼 스크류 축(42) 사이에 설치된 경우를 예로 들어 도시하였다.

[0078] 동력 전달부(45)는 제1 모터(41)와 결합된 구동 풀리(46)와, 볼 스크류 축(42)에 결합된 종동 풀리(47)와, 구동 풀리(46)와 종동 풀리(47)를 연결하여 동력을 전달하는 벨트(48)로 구성될 수 있다. 동력 전달부(45)의 구성은 도시한 예로 한정되지 않는다.

[0079] 제1 모터(41)의 동력으로 볼 스크류 축(42)이 회전하면, 한 쌍의 볼 스크류 너트(43) 및 여기에 고정된 제1 및 제2 이동 블록(71, 72)은 서로를 향해 이동하거나 서로 멀어지는 방향으로 이동한다. 즉 제1 이동 블록(71)과 제2 이동 블록(72)은 같은 변위를 가지면서 서로 반대 방향으로 이동한다.

[0080] 이와 같이 수평 유닛(40)은 볼 스크류 축(42)의 회전 방향에 따라 제1 및 제2 이동 블록(71, 72)의 이동 방향을 조절할 수 있고, 볼 스크류 축(42)의 회전량에 따라 제1 및 제2 이동 블록(71, 72)의 변위를 조절할 수 있다.

[0081] 도 11은 도 9에 도시한 제1 수직 유닛을 나타낸 도면이고, 도 12는 도 9에 도시한 제1 수직 유닛과 제2 수직 유닛의 일부를 나타낸 도면이다.

[0082] 도 9와 도 11 및 도 12를 참고하면, 제1 수직 유닛(50)의 하우징(52)은 제1 이동 블록(71)에 고정되어 제1 수직 유닛(50) 전체는 제1 이동 블록(71)을 따라 수평 방향으로 이동한다. 제2 수직 유닛(60)의 하우징(62) 또한 제2 이동 블록(72)에 고정되어 제2 수직 유닛(60) 전체는 제2 이동 블록(72)을 따라 수평 방향으로 이동한다.

[0083] 제1 수직 유닛(50)은 축 방향이 수직 방향과 일치하는 볼 스크류 축(53)과, 볼 스크류 축(53)에 체결된 볼 스크류 너트(54)와, 볼 스크류 너트(54)에 고정된 제3 이동 블록(73)과, 볼 스크류 축(53)에 결합되어 볼 스크류 축(53)을 회전시키는 제2 모터(51)를 포함한다.

[0084] 제2 모터(51)는 볼 스크류 축(53)의 일단에 직접 결합되거나, 동력 전달부(55)를 거쳐 볼 스크류 축(53)에 결합될 수 있다. 도 11에서는 굽힘 시험기의 공간 절약을 위해 제2 모터(51)가 볼 스크류 축(53)의 외측에서 볼 스

크류 축(53)과 나란하게 위치하고, 동력 전달부(55)가 제2 모터(51)와 볼 스크류 축(53) 사이에 설치된 경우를 예로 들어 도시하였다.

[0085] 동력 전달부(55)는 제2 모터(51)와 결합된 구동 풀리(56)와, 볼 스크류 축(53)에 결합된 종동 풀리(57)와, 구동 풀리(56)와 종동 풀리(57)를 연결하여 동력을 전달하는 벨트(58)로 구성될 수 있다. 동력 전달부(55)의 구성은 도시한 예로 한정되지 않는다. 제2 모터(51)와 동력 전달부(55) 및 볼 스크류 축(53)은 제1 수직 유닛(50)의 하우징(52) 내부에 위치할 수 있다.

[0086] 제2 모터(51)의 동력으로 볼 스크류 축(53)이 회전하면, 볼 스크류 너트(54)와 여기에 고정된 제3 이동 블록(73)이 수직 방향을 따라 상승 또는 하강한다. 제1 수직 유닛(50)은 볼 스크류 축(53)의 회전 방향에 따라 제3 이동 블록(73)의 이동 방향을 조절할 수 있고, 볼 스크류 축(53)의 회전량에 따라 제3 이동 블록(73)의 변위를 조절할 수 있다.

[0087] 제2 수직 유닛(60)은 수평 방향과 나란한 가이드 바(61)에 의해 제3 이동 블록(73)과 결합되어 제3 이동 블록(73)과 같은 수직 높이를 유지하는 제4 이동 블록(74)을 포함한다. 제2 수직 유닛(60)의 하우징(62) 내부에는 제4 이동 블록(74)과 결합되어 제4 이동 블록(74)의 이동을 가이드하는 가이드 부재(도시하지 않음)가 위치할 수 있다.

[0088] 제3 이동 블록(73)과 제4 이동 블록(74)은 서로를 향한 측면에 가이드 바(61)가 끼워지는 수평 홈부(731, 741)를 형성한다. 가이드 바(61)와 수평 홈부(731, 741)는 수직 방향을 따라 복수개로 구비될 수 있으며, 도 12에서는 수직 방향을 따라 두 개의 가이드 바(61)가 위치하는 경우를 예로 들어 도시하였다.

[0089] 제3 이동 블록(73)과 제4 이동 블록(74)은 가이드 바(61)에 의해 결합되어 수직 방향을 따라 연동하나, 수평 방향을 따라서는 가이드 바(61)에 의해 움직임이 구속되지 않으므로 제1 이동 블록(71) 및 제2 이동 블록(72)의 이동에 따라 수평 방향으로 자유롭게 이동할 수 있다.

[0090] 제1 고정부(10)는 베어링에 의해 제1 브라켓(12)에 회전 가능하게 결합되고, 제2 고정부(20)는 베어링에 의해 제2 브라켓(22)에 회전 가능하게 결합된다. 제1 브라켓(12)과 제2 브라켓(22)은 같은 높이에서 제3 이동 블록(73)과 제4 이동 블록(74)에 각각 고정된다. 따라서 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)는 수평 유닛(40)의 작용에 의해 수평 방향으로 이동함과 동시에 제1 및 제2 수직 유닛(50, 60)의 작용에 의해 수직 방향으로 이동한다.

[0091] 전술한 구성의 구동부는 두 개의 모터(41, 51)를 이용하여 제1 고정부(10)와 제2 고정부(20)의 수평 변위와 수직 변위를 정밀하게 제어할 수 있고, 기계 구성을 단순화하며, 굽힘 시험기(100)의 부피 확대를 최소화할 수 있다.

[0092] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

부호의 설명

[0093]

100: 굽힘 시험기 10: 제1 고정부

20: 제2 고정부 30: 유연 발전 소자

35: 효율 측정부 40: 수평 유닛

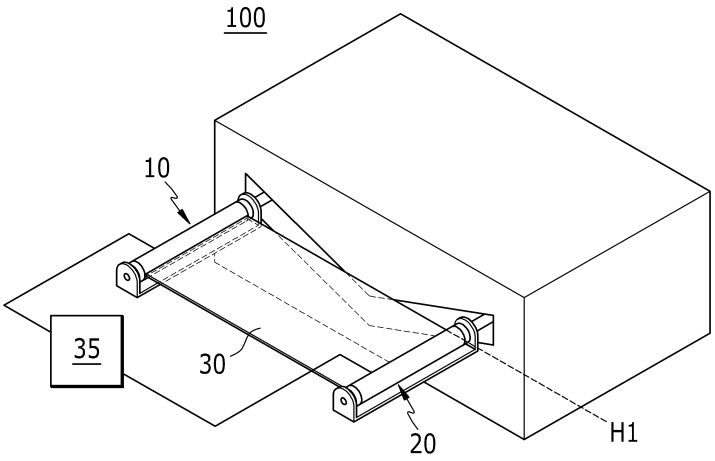
41: 제1 모터 50: 제1 수직 유닛

51: 제2 모터 60: 제2 수직 유닛

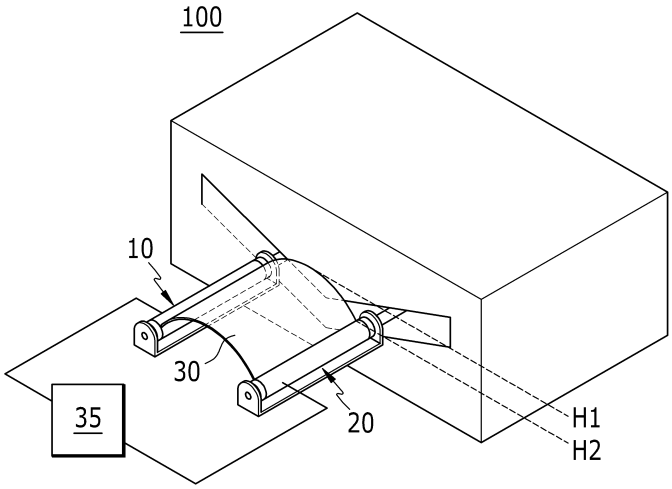
71, 72, 73, 74: 제1, 제2, 제3, 제4 이동 블록

도면

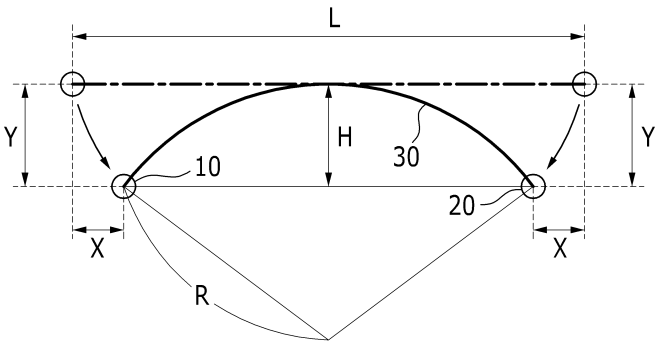
도면1



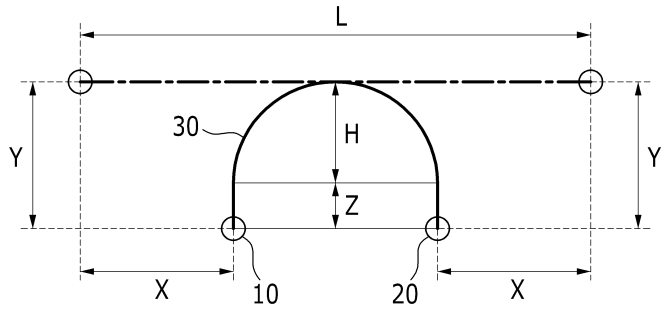
도면2



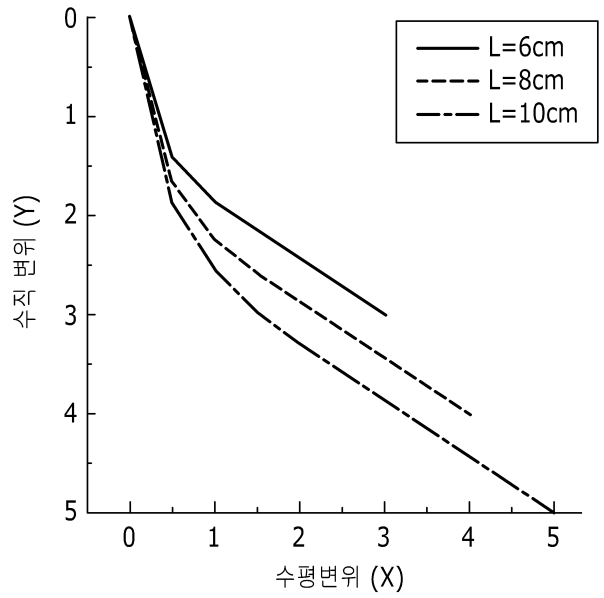
도면3



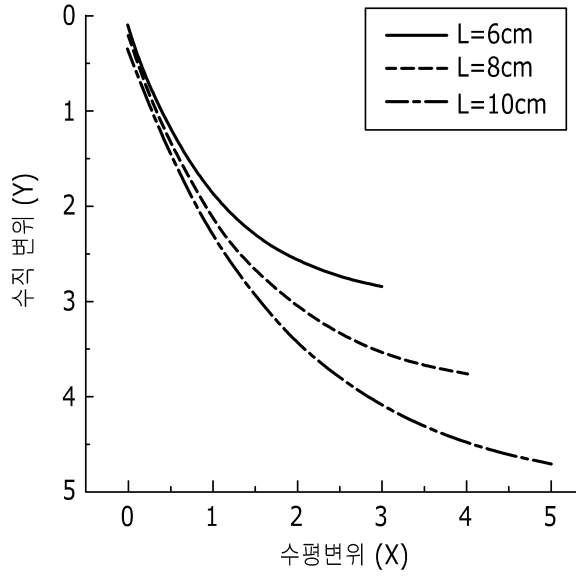
도면4


L
30
H
Z
Y
Y
X
10
20
X

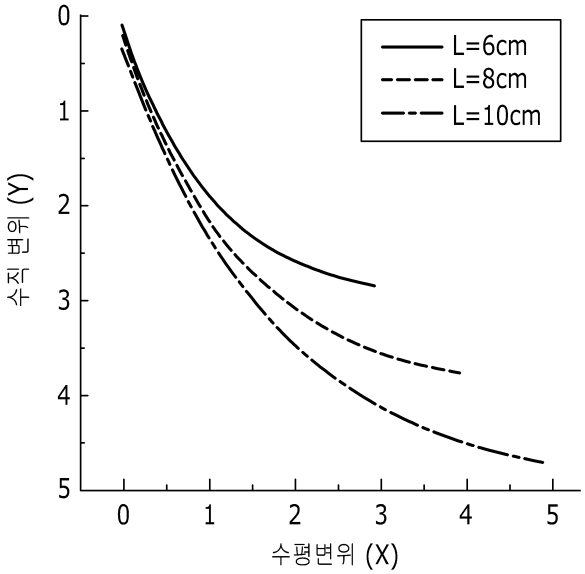
도면5


L=6cm
L=8cm
L=10cm
수직 변위 (Y)
수평변위 (X)
0
1
2
3
4
5

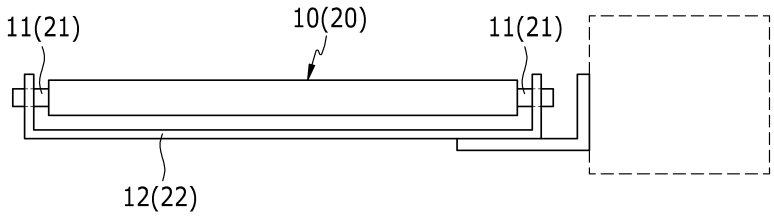
도면6


L=6cm
L=8cm
L=10cm
수직 변위 (Y)
수평변위 (X)
0
1
2
3
4
5

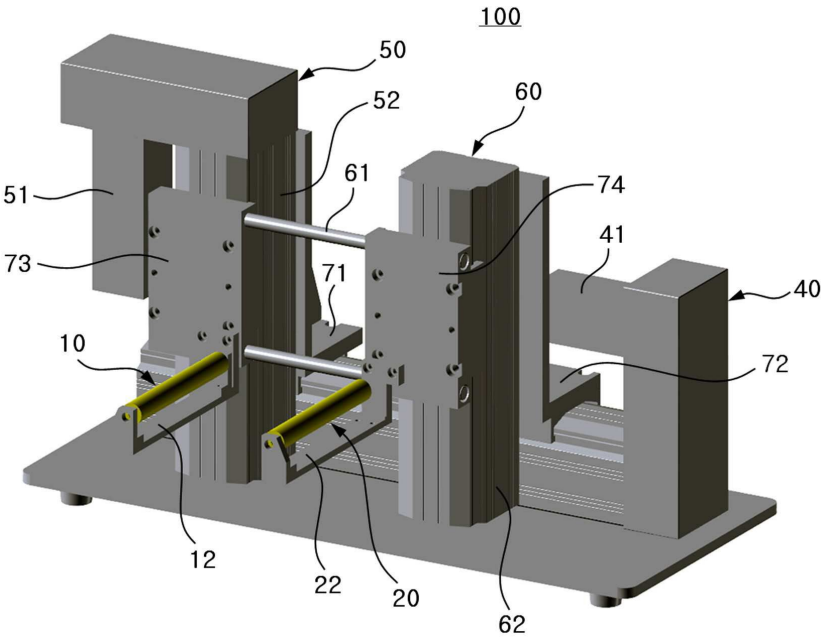
도면7


L=6cm
L=8cm
L=10cm
수직변위 (Y)
수평변위 (X)
0
1
2
3
4
5

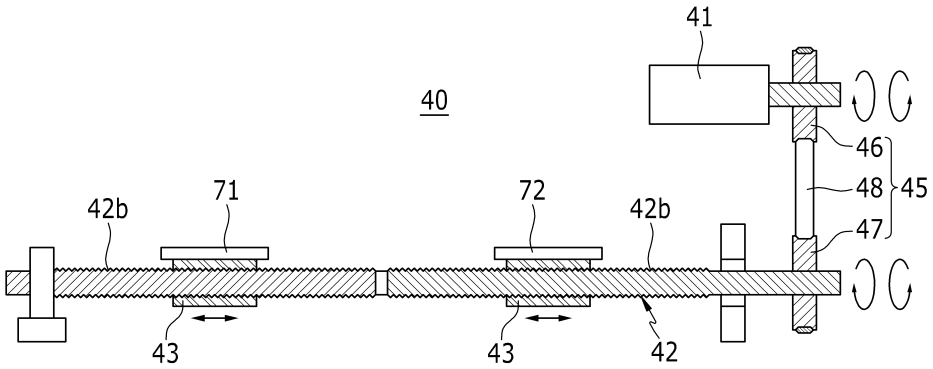
도면8


11(21)
10(20)
11(21)
12(22)

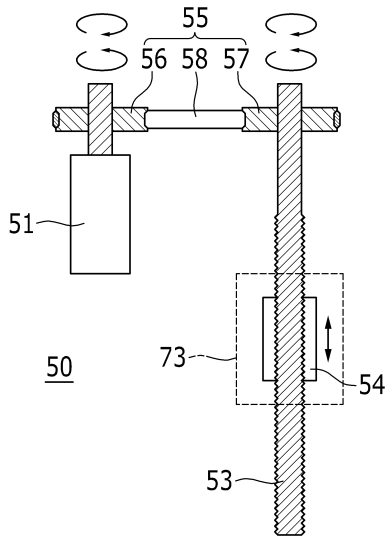
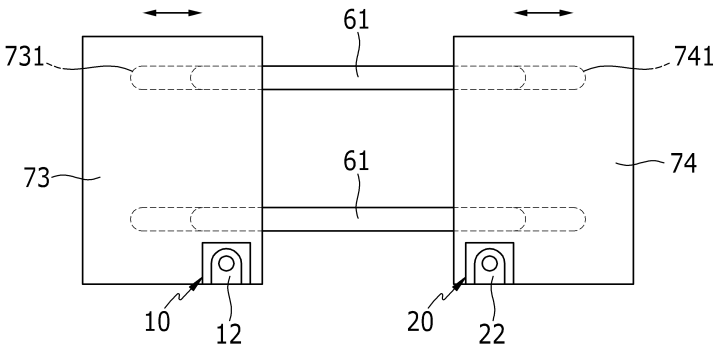
도면9


100
50
52
60
51
61
74
41
73
71
40
10
72
12
22
20
62

도면10



도면11



도면12