



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0052161
(43) 공개일자 2025년04월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 3/20 (2006.01) G01N 3/04 (2006.01)
G01N 3/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 3/20 (2013.01)
G01N 3/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0135361
(22) 출원일자 2023년10월11일
심사청구일자 2023년10월11일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 조선대길 126(서석동, 산학협력단)
(72) 발명자
김진원
광주광역시 남구 효사랑길 14, 108동 904호(봉선동, 포스코더샵아파트)
(74) 대리인
이재량

전체 청구항 수 : 총 10 항

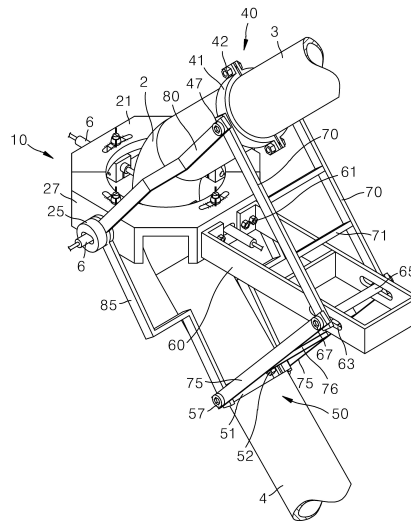
(54) 발명의 명칭 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치

(57) 요약

본 발명은 엘보우 배관의 단면변형 측정장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 엘보우 배관의 반복 굽힘 시험시 엘보우 배관의 곡관부위에서 발생하는 단면의 변형도를 정확히 측정하기 위한 장치에 관한 것이다.

본 발명은 반복 굽힘 시험시 엘보우 배관의 변형에 의해 곡관부위의 중심이 이동할 경우 선형변위센서도 함께 이동하여 곡관부위와 선형변위센서의 접촉위치가 그대로 유지될 수 있으므로 신뢰성 있는 곡관부위의 단면 변형 데이터를 얻을 수 있다. 또한, 본 발명은 지진하중과 같은 동적하중에서 수행되는 엘보우 배관 시편에 대한 반복 굽힘시험에서 곡관부의 단면 변형 데이터를 확보할 수 있다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

G01N 3/32 (2020.05)

G01N 2203/0023 (2013.01)

G01N 2203/0075 (2013.01)

G01N 2203/0274 (2013.01)

G01N 2203/0435 (2013.01)

G01N 2203/0682 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415186391
과제번호	20193110100020
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	원전중대사고방지안전강화기술개발
연구과제명	해외 내진분석 기술기준을 적용한 표준형원전 설계초과지진 대응 기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국전력기술(주)
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

배관시편의 곡관부위를 둘러싸도록 형성된 센서고정프레임과;

상기 곡관부위의 외주면에 단부가 접촉되도록 상기 센서고정프레임에 설치되어 상기 곡관부위의 단면 변형을 측정하기 위한 선형변위센서(LVDT)들과;

상기 센서고정프레임을 지지하기 위해 상기 배관시편에 설치되며, 상기 배관시편에 가해지는 굽힘 하중에 의해 상기 배관시편이 굽어지면서 상기 곡관부위가 이동할 경우 상기 센서고정프레임의 이동을 허용할 수 있는 지지부;를 구비하는 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 지지부는 상기 곡관부위의 일측 단부에서 연장되는 제 1직관부위에 결합되는 제 1지지프레임과, 상기 곡관부위의 타측 단부에서 연장되는 제 2직관부위에 결합되는 제 2지지프레임과, 상기 제 1 및 제 2지지프레임을 상기 센서고정프레임에 연결하는 펜터그래프유닛을 구비하는 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 펜터그래프유닛은 상기 센서고정프레임에 결합되는 가이드와, 상기 가이드를 따라 이동이 가능한 슬라이더와, 일측은 상기 제 1지지프레임에 힌지결합되고 타측은 상기 슬라이더에 힌지결합되는 제 1지지대와, 일측은 상기 제 2지지프레임에 힌지결합되고 타측은 상기 슬라이더에 힌지결합되는 제 2지지대와, 일측은 상기 제 1지지프레임에 힌지결합되고 타측은 상기 센서고정프레임에 힌지결합되는 제 3지지대와, 일측은 상기 제 2지지프레임에 힌지결합되고 타측은 상기 센서고정프레임에 힌지결합되는 제 4지지대를 구비하는 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 펜터그래프유닛은 상기 가이드를 따라 이동이 가능한 보조슬라이더와, 일측은 상기 제 1지지대에 힌지결합되고 타측은 상기 보조슬라이더에 힌지결합된 제 1보조지지대와, 일측은 상기 제 2지지대에 힌지결합되고 타측은 상기 보조슬라이더에 힌지결합된 제 2보조지지대를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 선형변위센서들은 상기 센서고정프레임에 결합되는 센서홀더에 각각 장착되어 상기 곡관부위의 측정위치에 정렬되는 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 센서홀더는 상기 선형변위센서가 삽입되는 센서삽입홀이 형성된 바디와, 상기 센서삽입홀의 크기를 변화시켜 상기 선형변위센서를 상기 바디에 고정시키기 위한 고정수단과, 상기 센서고정프레임에 형성된 위치조절홀에 삽입될 수 있도록 상기 바디의 상부에 돌출되어 형성된 삽입돌기와, 상기 삽입돌기의 상부에 형성되어 너트가 체결되는 체결돌기를 구비하는 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 7

제 6항에 있어서, 상기 센서홀더가 상기 곡관부위의 원주방향을 따라 이동할 수 있도록 상기 위치조절홀은 곡선 형태로 굽어지게 형성된 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 위치조절홀에 삽입된 상기 삽입돌기의 위치를 설정할 수 있도록 상기 위치조절홀의 주위에는 다수의 눈금들이 표시되고, 상기 눈금들 중 어느 하나의 눈금에 일치시키기 위한 정렬라인이 상기 센서홀더에 형성된 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 9

제 1항에 있어서, 상기 선형변위센서의 단부에는 접촉팁이 설치되어 상기 곡관부위의 외주면에 접촉하는 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 접촉팁은 상기 곡관부위의 외주면 방향으로 볼록하게 형성된 것을 특징으로 하는 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 엘보우 배관의 단면변형 측정장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 엘보우 배관의 반복 굽힘 시험 시 엘보우 배관의 곡관부위에서 발생하는 단면의 변형도를 정확히 측정하기 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 발전소나 기타 고에너지 플랜트는 수많은 배관계통으로 구성된다. 배관계통에는 배치의 유연성 확보, 열변형의 수용, 그리고 과도한 외력 작용시 소성변형을 통한 에너지 흡수 등을 위해서 다양한 형태의 엘보우 배관이 설치된다. 배관계통에서 이들 엘보우 배관은 기하학적 특성으로 인해 다른 배관 요소(piping components)에 비해 큰 진폭의 반복 하중에 대하여 변형과 손상에 취약하다.

[0003] 따라서, 대형 지진하중 조건에서 엘보우 배관의 구조건전성 확보와 이를 평가하기 위한 방법 개발 및 검증을 위해서, 엘보우 배관을 대상으로 도 1과 같은 피로시험기(fatigue testing machine)를 이용하여 반복 굽힘시험이 수행되고 있다.

[0004] 반복 굽힘 시험시 엘보우 배관의 주요 손상모드는 곡관부위의 측면(flank)에서의 균열 생성인 것으로 알려져 있다. 엘보우 배관에 반복 굽힘이 작용되면 도 2와 같이 곡관부위의 단면(A-A)이 주기적으로 변형되고, 곡관부 단면의 주기적인 변형은 곡관부위의 측면에서 인장과 압축의 반복적인 변형(tension-compression cyclic strain)을 야기할 뿐 아니라 점진적인 변형량의 누적으로 균열 생성을 촉진시킨다.

[0005] 따라서, 반복 굽힘 시험시 엘보우 배관의 손상 거동을 정확히 파악하기 위해서는 반복 굽힘이 작용되는 동안 곡관부 단면의 변형을 정확히 측정하는 것이 중요하다.

[0006] 이를 위해서 도 3과 같이 엘보우 배관의 곡관부위의 주위에 사각 프레임을 설치하고, 사각프레임에 선형변위센서(LVDT, Linear Variable Displacement Transducer)를 거치하여 엘보우 배관에 반복 굽힘이 작용되는 동안 곡관부위 단면의 변형을 측정한다.

[0007] 그러나, 배관 엘보우에 굽힘이 작용될 때, 도 2에 나타난 것과 같이 굽힘 하중이 작용하는 방향(열림모드(opening mode), 닫힘모드(closing mode))에 따라 곡관부위의 단면의 형태가 변화될 뿐만 아니라 단면의 형태가 대칭을 이루지 않을 수 있다.

[0008] 따라서, 곡관부위의 특정 위치에서만 변형을 측정하여 단면의 변형 형태를 결정하는 것은 한계가 있으며, 변형이 크게 발생할 것으로 예측되는 원주 방향의 다양한 위치에서 동시에 변형을 측정하는 것이 필요하다.

[0009] 또한, 엘보우 배관에 반복적인 굽힘이 작용되는 동안 곡관부위의 단면이 점진적으로 변형됨에 따라, 선형변위센서와 곡관부위의 접촉위치가 본래의 위치에서 벗어나면서 측정 신뢰성을 저하시킨다. 특히, 지진하중과 같은 동적하중 속도에서 굽힘 시험을 수행하는 경우에는 본래의 접촉위치에서 계속적으로 단면의 변형을 측정하는 것이 거의 불가능하다.

[0010] 따라서, 반복 굽힘에 의해 엘보우 배관의 단면 변형을 신뢰성 있게 측정하기 위해서는 변형을 측정하는 선형변

위센서가 본래의 접촉위치를 유지하는 것이 중요하다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0011] (비특허문헌 0001) C. Karvelas, G. Chatzopoulou, A. D. Zervaki, N. Stathas, E. Strepelias, X. Palios, S. N. Bousias, S. A. Karamanos, "Mechanical Response of an Industrial Piping System Under Strong Cyclic Loading", Proceedings of the ASME 2021 Pressure Vessels & Piping Conference, July 13-15, 2021

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 상기의 문제점을 개선하기 위해 창출된 것으로, 엘보우 배관을 대상으로 면내모드(In-plane mode)에서 반복 굽힘 시험을 수행할 때 단면 변형을 신뢰성 있게 측정할 수 있는 엘보우 배관의 단면변형 측정장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 반복 굽힘 시험시 엘보우 배관의 변형에 의해 곡관부위의 중심이 이동할 경우 선형변위센서도 함께 이동하여 곡관부위와 선형변위센서의 접촉위치가 그대로 유지될 수 있는 엘보우 배관의 단면변형 측정장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치는 배관시편의 곡관부위를 둘러싸도록 형성된 센서고정프레임과; 상기 곡관부위의 외주면에 단부가 접촉되도록 상기 센서고정프레임에 설치되어 상기 곡관부위의 단면 변형을 측정하기 위한 선형변위센서(LVDT)들과; 상기 센서고정프레임을 지지하기 위해 상기 배관시편에 설치되며, 상기 배관시편에 가해지는 굽힘 하중에 의해 상기 배관시편이 굽어지면 상기 곡관부위가 이동할 경우 상기 센서고정프레임의 이동을 허용할 수 있는 지지부;를 구비한다.
- [0015] 상기 지지부는 상기 곡관부위의 일측 단부에서 연장되는 제 1직관부위에 결합되는 제 1지지프레임과, 상기 곡관부위의 타측 단부에서 연장되는 제 2직관부위에 결합되는 제 2지지프레임과, 상기 제 1 및 제 2지지프레임을 상기 센서고정프레임에 연결하는 펜터그래프유닛을 구비한다.
- [0016] 상기 펜터그래프유닛은 상기 센서고정프레임에 결합되는 가이드와, 상기 가이드를 따라 이동이 가능한 슬라이더와, 일측은 상기 제 1지지프레임에 힌지결합되고 타측은 상기 슬라이더에 힌지결합되는 제 1지지대와, 일측은 상기 제 2지지프레임에 힌지결합되고 타측은 상기 슬라이더에 힌지결합되는 제 2지지대와, 일측은 상기 제 1지지프레임에 힌지결합되고 타측은 상기 센서고정프레임에 힌지결합되는 제 3지지대와, 일측은 상기 제 2지지프레임에 힌지결합되고 타측은 상기 센서고정프레임에 힌지결합되는 제 4지지대를 구비한다.
- [0017] 상기 펜터그래프유닛은 상기 가이드를 따라 이동이 가능한 보조슬라이더와, 일측은 상기 제 1지지대에 힌지결합되고 타측은 상기 보조슬라이더에 힌지결합된 제 1보조지지대와, 일측은 상기 제 2지지대에 힌지결합되고 타측은 상기 보조슬라이더에 힌지결합된 제 2보조지지대를 더 구비한다.
- [0018] 상기 선형변위센서들은 상기 센서고정프레임에 결합되는 센서홀더에 각각 장착되어 상기 곡관부위의 측정위치에 정렬된다.
- [0019] 상기 센서홀더는 상기 선형변위센서가 삽입되는 센서삽입홀이 형성된 바디와, 상기 센서삽입홀의 크기를 변화시켜 상기 선형변위센서를 상기 바디에 고정시키기 위한 고정수단과, 상기 센서고정프레임에 형성된 위치조절홀에 삽입될 수 있도록 상기 바디의 상부에 돌출되어 형성된 삽입돌기와, 상기 삽입돌기의 상부에 형성되어 너트가 체결되는 체결돌기를 구비한다.
- [0020] 상기 센서홀더가 상기 곡관부위의 원주방향을 따라 이동할 수 있도록 상기 위치조절홀은 곡선 형태로 굽어지게 형성된다.
- [0021] 상기 위치조절홀에 삽입된 상기 삽입돌기의 위치를 설정할 수 있도록 상기 위치조절홀의 주위에는 다수의 눈금들이 표시되고, 상기 눈금들 중 어느 하나의 눈금에 일치시키기 위한 정렬라인이 상기 센서홀더에 형성된다.

[0022] 상기 선형변위센서의 단부에는 접촉팁이 설치되어 상기 곡관부위의 외주면에 접촉한다.

[0023] 상기 접촉팁은 상기 곡관부위의 외주면 방향으로 볼록하게 형성된다.

발명의 효과

[0024] 상술한 바와 같이 본 발명은 반복 굽힘 시험시 엘보우 배관의 변형에 의해 곡관부위의 중심이 이동할 경우 선형 변위센서도 함께 이동하여 곡관부위와 선형변위센서의 접촉위치가 그대로 유지될 수 있으므로 신뢰성 있는 곡관 부위의 단면 변형 데이터를 얻을 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명은 지진하중과 같은 동적하중에서 수행되는 엘보우 배관 시편에 대한 반복 굽힘시험에서 곡관부의 단면 변형 데이터를 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 엘보우 배관의 반복 굽힘시험을 위한 피로시험기의 모습을 개략적으로 나타낸 구성도이고,
 도 2는 굽힘 하중이 작용하는 방향(opening mode, closing mode)에 따라 곡관부위의 단면의 변형을 나타내기 위한 그림이고,
 도 3은 종래의 기술에 따른 엘보우 배관의 단면변형 측정장치의 모습을 나타낸 사진이고,
 도 4는 본 발명의 일 예에 따른 엘보우 배관의 단면변형 측정장치의 정면도이고,
 도 5는 도 4의 사시도이고,
 도 6은 도 5에 적용된 센서고정프레임의 분리 사시도이고,
 도 7은 도 6의 센서고정프레임의 평면도이고,
 도 8은 도 6의 센서고정프레임에 센서홀더가 설치되지 않은 상태의 평면도이고,
 도 9는 도 8의 좌측면도이고,
 도 10은 도 5에 적용된 제 1지지프레임의 분리 사시도이고,
 도 11은 도 5에 적용된 선형변위센서의 접촉팁을 발췌하여 나타낸 사시도이고,
 도 12는 도 11의 평면도이고,
 도 13는 도 11의 측면도이고,
 도 14는 도 6에 적용된 센서홀더의 요부를 나타낸 단면도이고,
 도 15는 본 발명의 다른 예에 따른 엘보우 배관의 단면변형 측정장치의 정면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면변형 측정장치에 대하여 구체 적으로 설명한다.

[0028] 도 4 내지 도 14를 참조하면, 본 발명의 엘보우 배관의 단면변형 측정장치는 배관시편(1)의 곡관부위(2)를 둘러 싸도록 형성된 센서고정프레임(10)과, 곡관부위(2)의 외주면에 단부가 접촉되도록 센서고정프레임(10)에 설치되 어 곡관부위(2)의 단면 변형을 측정하기 위한 선형변위센서(LVDT)들(5)과, 센서고정프레임(10)을 지지하기 위해 배관시편(1)에 설치되는 지지부를 구비한다.

[0029] 반복 굽힘 시험을 수행하기 위한 배관시편(1)은 곡관부위(2), 제 1 및 제 3직관부위(3)(4)로 이루어진다. 곡관 부위(2)는 배관시편(1) 중 엘보우 형태로 굽은 부위이다. 그리고 제 1 및 제 2직관부위(3)(4)는 곡관부위(2)의 양 끝(2a,2b)에서 직선으로 연장되어 형성된다.

[0030] 센서고정프레임(10)은 배관시편(1)의 곡관부위(2)를 둘러싸도록 형성된다. 센서고정프레임(10)은 지지부에 의해 지지된다. 센서고정프레임(10)은 곡관부위(2)와 미접촉된 상태로 곡관부위(10)를 둘러싼다.

[0031] 센서고정프레임(10)은 2개의 단위고정프레임(20)으로 분할된 구조로 이루어진다. 2개의 단위고정프레임(20)은 구조가 동일하다. 2개의 단위고정프레임(20)은 곡관부위(1)를 사이 두고 서로 마주하도록 위치시킨 후 볼트(1

8)와 너트(19)를 이용하여 일체로 결합시킬 수 있다.

- [0032] 각 단위고정프레임(20)은 베이스플레이트(21)와, 베이스플레이트(21)의 가장자리에서 하방으로 굽어지게 형성된 측면플레이트(27)를 구비한다.
- [0033] 2개의 단위고정프레임(20)이 결합된 상태에서 센서고정프레임(10)의 중앙에는 원형의 센터홀(11)이 형성된다. 배관시편(1)의 곡관부위(2)가 센터홀(11)을 통과한다.
- [0034] 측면플레이트(27)는 센서고정프레임(10)의 전후좌우 방향에 각각 형성된다. 4개의 측면플레이트들(27) 중 전면과 후면에 위치하는 측면플레이트(27)에는 지지캡(25)이 결합된다. 지지캡(25)은 측면플레이트(27)에 형성된 나사홀(28)에 결합된다. 지지캡(25)에는 후술할 제 3지지대 및 제 4지지대가 힌지결합된다. 지지캡(25)에는 선형변위센서(5)가 통과하기 위한 통과홀(26)이 형성된다. 그리고 지지캡(25)이 결합되지 않은 나머지 2개의 측면플레이트(27)에도 통과홀(29)이 각각 형성된다. 선형변위센서(5)가 곡관부위(2)의 원주방향을 따라 이동시 선형변위센서(5)의 이동을 방해하지 않도록 통과홀(26)(29)은 수평방향으로 길게 형성된다.
- [0035] 측면플레이트(27)가 위치하는 각 방향에는 위치조절홀(23)이 위치한다. 위치조절홀(23)은 베이스플레이트(21)에 형성된다. 도시된 예에서 각 단위고정프레임(20)에 2개의 위치조절홀(23)이 형성된다. 따라서 하나의 센서고정프레임(10)에는 총 4개의 위치조절홀(23)이 형성된다. 위치조절홀(23)은 센터홀(10)을 중심으로 하여 90° 간격으로 배치될 수 있다.
- [0036] 각 위치조절홀(23)은 곡선 형태로 굽어지게 형성된다. 이러한 위치조절홀(23)은 곡관부위(2)의 외주면 곡률과 동일한 곡률로 굽어질 수 있다. 위치조절홀(23)에는 후술할 홀더의 삽입돌기(37)가 삽입된다. 위치조절홀(23)의 길이는 삽입돌기(37)의 길이보다 더 크게 형성되어 삽입돌기(37)가 위치조절홀(23)을 따라 이동이 가능하다. 이에 따라 센서홀더(30)는 곡관부위(2)의 주위에서 곡관부위(2)의 원주방향을 따라 일정 범위 내에서 이동이 가능하다.
- [0037] 선형변위센서(5)는 센서고정프레임(10)에 설치된다. 선형변위센서(5)는 곡관부위(2)의 외주면에 단부가 접촉된다. 곡관부위(2)의 단면 변형시 선형변위센서(5)는 출력값을 변화시킨다.
- [0038] 선형변위센서(LVDT, Linear Variable Displacement Transducer)는 센서하우징(6)안에 삽입된 로드(7)가 이동시 로드(7)의 이동량을 전기 신호로 변환하여 출력함으로써 곡관부위(2)의 단면 변형량을 정밀하게 측정할 수 있는 센서이다.
- [0039] 선형변위센서(5)는 다수가 센서고정프레임(10)에 일정 간격으로 설치된다. 도시된 예에서는 선형변위센서(5)가 전후좌우 방향에 각각 하나씩 설치된다. 이에 따라 곡관부위(2)의 전후 방향으로 단면 변형, 좌우 방향으로의 단면 변형을 측정할 수 있다.
- [0040] 선형변위센서(5)의 로드(7) 단부에는 접촉팁(8)이 설치되어 곡관부위(2)의 외주면에 접촉한다. 각 선형변위센서(5)의 접촉팁(8)이 곡관부위(2)의 외주면에 접촉되어 있는 위치가 단면 변형을 측정하고자 하는 측정위치이다.
- [0041] 접촉팁(8)은 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이 일정한 길이와 상하 폭을 갖는다. 가령, 접촉팁(8)의 길이는 곡관부위(2) 외경의 0.2배, 접촉팁(8)의 상하 폭은 곡관부위(2) 외경의 0.1배일 수 있다. 이와 같이 접촉팁(8)이 일정한 길이와 폭을 가지도록 형성되므로, 곡관부위(2) 단면이 비대칭적으로 변형되어 최대 단면 변형 위치가 초기의 선형변위센서(5) 측정위치에서 약간씩 벗어날지라도 단면 변형을 측정할 수 있다.
- [0042] 접촉팁(8)은 곡관부위(2)의 외주면 방향으로 볼록하게 형성된다. 이에 따라 접촉팁(8)은 곡관부위(2) 외주면에 접촉을 한다.
- [0043] 선형변위센서(5)는 센서고정프레임(10)에 직접 설치될 수 있으나, 바람직하게 선형변위센서(5)는 센서홀더(30)에 장착되어 센서고정프레임(10)에 설치된다.
- [0044] 센서홀더(30)는 센서고정프레임(10)에 결합되어 센서홀더(30)를 곡관부위(2)의 측정위치에 정렬시킨다. 이와 함께 센서홀더(30)는 일정 범위 이내에서 곡관부위(2)의 원주방향을 따라 이동할 수 있도록 하여 다양한 측정위치에서 곡관부위(2)의 단면 변형을 측정할 수 있다.
- [0045] 도시된 센서홀더(30)는 선형변위센서(5)가 삽입되는 센서삽입홀(32)이 형성된 바디(31)와, 센서삽입홀(32)의 크기를 변화시켜 선형변위센서(5)를 바디(31)에 고정시키기 위한 고정수단과, 센서고정프레임(10)에 형성된 위치조절홀(23)에 삽입될 수 있도록 바디(31)의 상부에 돌출되어 형성된 삽입돌기(37)와, 삽입돌기(37)의 상부에 형성되어 너트(36)가 체결되는 체결돌기(38)를 구비한다.

- [0046] 바디(31)는 사각형의 블록으로 이루어진다. 바디(31)는 탄성을 갖는 금속소재 또는 합성수지 소재로 형성될 수 있다.
- [0047] 바디(31)에는 센서삽입홀(32)이 형성된다. 센서삽입홀(32)에 선형변위센서(5)를 삽입할 수 있도록 센서삽입홀(32)의 직경은 선형변위센서(5)의 센서하우징(6)의 직경보다 크게 형성된다.
- [0048] 고정수단은 센서삽입홀(32)의 크기를 변화시켜 선형변위센서(5)를 바디(31)에 고정시키는 역할을 한다.
- [0049] 고정수단으로 바디(31)의 저면에서 센서삽입홀(32)까지 연결되게 형성된 분할슬릿(33)과, 바디(31)에 결합되어 분할슬릿(33)의 폭을 변화시켜 센서삽입홀(32)의 크기를 변화시키기 위한 고정볼트(35)로 이루어진다.
- [0050] 분할슬릿(33)에 의해 바디(31)의 하부는 2개의 부분으로 나뉘어진다. 고정볼트(35)는 분할슬릿(33)의 폭을 조절한다. 고정볼트(35)가 바디(31)에 결합될 수 있도록 바디(31)의 하부에는 나사홈(34)이 형성된다.
- [0051] 센서삽입홀(32)에 선형변위센서(5)를 삽입한 상태에서 나사홈(34)에 고정볼트(35)를 삽입하여 회전시키면 분할슬릿(33)의 폭이 점차 좁아진다. 이에 따라 센서삽입홀(32)의 크기가 작아지면서 선형변위센서(5)가 바디(31)에 고정된다.
- [0052] 삽입돌기(37)는 바디(31)의 상부에 돌출되어 형성된다. 삽입돌기(37)는 위치조절홀(23)과 동일한 곡률로 굽어지게 형성된다. 삽입돌기(37)는 위치조절홀(23)에 삽입된다. 위치조절홀(23)에 삽입된 상태에서 삽입돌기(37)는 위치조절홀(23)을 따라 이동이 가능하다. 따라서 홀더(30)에 장착된 선형변위센서(5)의 위치를 제한된 범위 내에서 조절할 수 있다.
- [0053] 체결돌기(38)는 삽입돌기(37)의 상부에 형성된다. 삽입돌기(37)가 위치조절홀(23)에 삽입된 상태에서 체결돌기(38)는 센서고정프레임(10)의 상부로 돌출된다. 체결돌기(38)는 외측면에 나사산이 형성된다. 체결돌기(38)에 너트(36)를 체결하면 바디(31)의 상부가 베이스플레이트(21)의 저면에 밀착되면서 센서홀더(30)가 고정된다. 그리고 너트(36)를 느슨하게 풀면 센서홀더(30)의 위치 조절이 가능하다. 너트(36)로 통상적인 나비너트를 이용할 수 있다.
- [0054] 체결돌기(38)의 상부에는 센터라인(39)이 형성된다. 위치조절홀(23)의 주위에 형성된 눈금과 체결돌기(38)에 형성된 센터라인(39)을 통해 센서홀더(31)의 위치를 정확하게 확인할 수 있다.
- [0055] 지지부는 센서고정프레임(10)을 지지하기 위해 배관시편(1)에 설치된다. 지지부는 배관시편(1)에 가해지는 굽힘 하중에 의해 배관시편(1)이 굽어지면서 곡관부위(2)가 이동할 경우 센서고정프레임(10)의 이동을 허용할 수 있다. 이에 따라 반복 굽힘 시험시 변형에 의해 곡관부위(2)의 중심(C)이 이동할 경우 센서고정프레임(10)도 함께 이동하여 선형변위센서(5)의 측정위치가 그대로 유지될 수 있다. 따라서 반복 굽힘이 작용되는 동안 신뢰성 있는 곡관부위(2)의 단면 변형 데이터를 얻을 수 있다.
- [0056] 도시된 지지부는 곡관부위(2)의 일측 단부에서 연장되는 제 1직관부위(3)에 결합되는 제 1지지프레임(40)과, 곡관부위(2)의 타측 단부에서 연장되는 제 2직관부위(4)에 결합되는 제 2지지프레임(50)과, 제 1 및 제 2지지프레임(40)(50)을 센서고정프레임(10)에 연결하는 펜터그래프유닛을 구비한다.
- [0057] 제 1지지프레임(40)은 한쌍의 제 1지지브라켓(41)을 구비한다. 한쌍의 제 1지지브라켓(41)은 제 1직관부위(3)를 사이에 두고 볼트(42)와 너트(43)에 의해 서로 결합된다. 이에 따라 제 1지지브라켓(41)은 제 1직관부위(3)에 견고하게 고정된다. 제 1지지브라켓(41)에는 제 1힌지축(47)이 결합된다. 제 1힌지축(47)은 제 1지지브라켓(41)에 형성된 나사홈(45)에 나사결합된다. 제 1힌지축(47)에는 후술할 제 1지지대 및 제 3지지대가 힌지결합된다.
- [0058] 제 2지지프레임(50)은 설치 위치만 다를뿐 제 1지지프레임(40)과 동일한 구조로 이루어진다. 제 2지지프레임(50)은 한쌍의 제 2지지브라켓(51)을 구비한다. 한쌍의 제 2지지브라켓(51)은 제 2직관부위(4)를 사이에 두고 볼트(52)와 너트에 의해 서로 결합된다. 제 2지지브라켓(51)에는 제 2힌지축(57)이 결합된다. 제 2힌지축(57)은 제 2지지브라켓(51)에 형성된 나사홈에 나사결합된다. 제 2힌지축(57)에는 후술할 제 2지지대 및 제 4지지대가 힌지결합된다.
- [0059] 펜터그래프유닛은 제 1 및 제 2지지프레임(40)(50)을 센서고정프레임(10)에 연결한다.
- [0060] 펜터그래프유닛은 센서고정프레임(10)에 결합되는 가이드(60)와, 가이드(60)를 따라 이동이 가능한 슬라이더(65)와, 일측은 제 1지지프레임(40)에 힌지결합되고 타측은 슬라이더(65)에 힌지결합되는 제 1지지대(70)와, 일측은 제 2지지프레임(50)에 힌지결합되고 타측은 슬라이더(65)에 힌지결합되는 제 2지지대(75)와, 일측은 제 1

지지프레임(40)에 힌지결합되고 타측은 센서고정프레임(10)에 힌지결합되는 제 3지지대(80)와, 일측은 제 2지지프레임(50)에 힌지결합되고 타측은 센서고정프레임(10)에 힌지결합되는 제 4지지대(85)를 구비한다.

- [0061] 가이드(60)는 볼트(61)에 의해 센서고정프레임(10)의 좌측에 위치한 측면플레이트(27)에 결합된다. 이를 위해 측면플레이트(27)에는 나사홀(62)이 형성된다. 가이드(60)는 센서고정프레임(10)의 좌측 방향으로 일정 길이 연장되게 형성된다.
- [0062] 슬라이더(65)는 가이드(60)를 따라 슬라이딩 이동가능하도록 봉 형상으로 이루어진다. 슬라이더(65)는 가이드(60)에 설치되어 가이드(60)를 따라서 제한된 범위 내에서 이동이 가능하다. 가이드(60)에는 좌우 방향으로 길게 가이드홀(63)이 형성된다. 슬라이더(65)는 가이드홀(63)에 삽입되어 가이드(60)의 바깥 방향으로 양끝이 돌출된다.
- [0063] 제 1지지대(70)는 제 1지지프레임(40)과 슬라이더(65)를 연결한다. 제 1지지대(70)는 한쌍으로 이루어진다. 한쌍의 제 1지지대(70)는 전후 방향으로 이격된다. 도시된 예에서 한쌍의 제 1지지대(70)는 연결대(71)에 의해 서로 연결된다.
- [0064] 제 1지지대(70)의 일측은 제 1힌지축(47)에 힌지결합되고, 제 1지지대(70)의 타측은 슬라이더(65)에 힌지결합된다.
- [0065] 제 2지지대(75)는 제 2지지프레임(50)과 슬라이더(65)를 연결한다. 제 2지지대(75)는 한쌍으로 이루어진다. 한쌍의 제 2지지대(75)는 전후 방향으로 이격된다. 도시된 예에서 한쌍의 제 2지지대(75)는 연결대(76)에 의해 서로 연결된다.
- [0066] 제 2지지대(75)의 일측은 제 2힌지축(57)에 힌지결합되고, 제 2지지대(75)의 타측은 슬라이더(65)에 힌지결합된다.
- [0067] 슬라이더(65)에 힌지결합된 제 1 및 제 2지지대(70)(75)가 슬라이더(65)에서 이탈하는 것을 막기 위해 슬라이더(65)의 단부에는 볼트(67)가 결합된다.
- [0068] 제 3지지대(80)는 센서고정프레임(10)과 제 1지지프레임(40)을 연결한다. 제 3지지대(80)는 한쌍으로 이루어진다. 한쌍의 제 3지지대(80)는 전후 방향으로 이격된다. 제 3지지대(80)의 일측은 지지캡(25)에 힌지결합되고, 제 3지지대(80)의 타측은 제 1힌지축(47)에 힌지결합된다. 한쌍의 제 3지지대들(80)은 하부측의 간격이 상부측의 간격보다 더 크므로 제 3지지대들(80)은 굽어지게 형성된다.
- [0069] 제 4지지대(85)는 센서고정프레임(10)과 제 2지지프레임(50)을 연결한다. 제 4지지대(85)는 한쌍으로 이루어진다. 한쌍의 제 4지지대(85)는 전후 방향으로 이격된다. 제 4지지대(85)의 일측은 지지캡(25)에 힌지결합되고, 제 4지지대(85)의 타측은 제 2힌지축(57)에 힌지결합된다. 한쌍의 제 4지지대들(85)은 상부측의 간격이 하부측의 간격보다 더 크므로 제 4지지대들(85)은 굽어지게 형성된다.
- [0070] 상술한 펜터그래프유닛에 의해 센서고정프레임(10)은 전후 방향으로 이동이 가능하다. 따라서 곡관부위(2)에 굽힘이 작용하면 슬라이더(65)가 미끄러지면서 곡관부위(2)의 중심(C)이 전후로 이동한 거리만큼 센서고정프레임(10)도 동일한 거리를 이동한다. 이에 따라 선형변위센서(5)의 측정위치가 그대로 유지될 수 있다.
- [0071] 본 발명을 이용하여 엘보우 배관의 곡관부위의 단면 변형을 측정하기 위해서 배관시편을 도 1과 같은 피로시험기(fatigue testing machine)에 장착한다. 그리고 센서고정프레임(10)을 설치하기 전에 단면변형을 측정하고자 하는 곡관부위(2)의 외경을 측정한다.
- [0072] 다음으로, 배관시편(1)에 본 발명의 단면변형장치를 설치한다. 배관시편(1)의 제 1직관부위(3)에 제 1지지프레임(40)을 장착하고, 제 2직관부위(4)에 제 2지지프레임(50)을 장착한다. 그리고 곡관부위(2)에 센서고정프레임(10)을 위치시킨 후 펜터그래프유닛으로 센서고정프레임(10)과 제 1 및 제 2지지프레임(40)(50)을 연결시킨다. 그리고 센서홀더(30)의 위치를 적절하게 조절하여 선형변위센서(5)의 접촉팁(8)을 곡관부위(2)의 외주면의 측정위치에 접촉시킨다.
- [0073] 초기 상태에서 각 선형변위센서(5)를 초기화하여 변위값을 '0' 으로 설정한 후, 배관시편(1)에 반복 굽힘을 가한다. 반복 굽힘이 작용되는 동안 각 선형변위센서(5)에서 변위값을 측정함으로써 곡관부위(2) 단면의 각 방향별 변형량을 구할 수 있다.
- [0074] 한편, 도 15에 도시된 바와 같이 펜터그래프유닛은 가이드(60)를 따라 이동이 가능한 보조슬라이더(미도시)와, 일측은 제 1지지대(70)에 힌지결합되고 타측은 보조슬라이더에 힌지결합된 제 1보조지지대(95)와, 일측은 제 2

지시대(75)에 힌지결합되고 타측은 보조슬라이더에 힌지결합된 제 2보조지시대(97)를 더 구비할 수 있다.

- [0075] 도시되지 않았지만 보조슬라이더는 가이드(60)를 따라 슬라이딩 이동가능하도록 봉 형상으로 이루어진다. 이러한 보조슬라이더는 슬라이더와 동일한 형태로 이루어진다. 보조슬라이더는 가이드(60)에 설치되어 가이드(60)를 따라서 제한된 범위 내에서 이동이 가능하다. 가이드(60)에는 좌우 방향으로 길게 보조가이드홀(90)이 형성된다. 보조슬라이더는 보조가이드홀(90)에 삽입되어 가이드(60)의 바깥 방향으로 양끝이 돌출된다.
- [0076] 제 1보조지시대(95)는 제 1지시대(70)와 보조슬라이더를 연결한다. 제 1보조지시대(95)는 한쌍으로 이루어진다. 한쌍의 제 1보조지시대(95)는 전후 방향으로 이격된다. 제 1보조지시대(95)의 일측은 제 1지시대(70)에 설치되는 제 1보조힌지축(91)에 힌지결합된다. 그리고 제 1보조지시대(95)의 타측은 보조슬라이더에 힌지결합된다.
- [0077] 제 2보조지시대(97)는 제 2지시대(75)와 보조슬라이더를 연결한다. 제 2보조지시대(97)는 한쌍으로 이루어진다. 한쌍의 제 2보조지시대(97)는 전후 방향으로 이격된다. 제 2보조지시대(97)의 일측은 제 2지시대(75)에 설치되는 제 2보조힌지축(93)에 힌지결합된다. 그리고 제 2보조지시대(97)의 타측은 보조슬라이더에 힌지결합된다.
- [0078] 보조슬라이더에 힌지결합된 제 1 및 제 2보조지시대(95)(97)가 보조슬라이더에서 이탈하는 것을 막기 위해 보조슬라이더의 단부에는 볼트(99)가 결합된다.
- [0079] 상술한 제 1 및 제 2보조지시대(95)(97)은 더욱 안정적으로 센서고정프레임의 이동을 지지할 수 있다.
- [0080] 이하, 상술한 본 발명의 단면변형 측정장치를 이용하여 반복 굽힘 조건에서 엘보우 배관의 단면 변형을 측정하기 위한 방법에 대하여 간단하게 설명한다.
- [0081] 먼저, 단면변형 측정장치를 배관시편에 설치하기 전에 곡관부위의 외경을 측정한다. 변형 전 곡관부위의 외경을 미리 측정함으로써 시험 후 변형된 곡관부위의 외경과 비교할 수 있다. 단면 변형을 측정하고자 하는 위치, 즉 선형변위센서의 접촉팁이 접촉하는 위치에서 곡관부위의 중심을 통과하는 외경의 길이를 측정한다. 곡관부위의 전후방향으로의 외경(D_{I0i}), 좌우방향으로의 외경(D_{LRi})을 각각 측정할 수 있다.
- [0082] 다음으로, 배관시편에 본 발명의 측정장치를 설치하여 고정시킨다. 측정장치의 센서홀더에 장착된 각 선형변위센서는 곡관부위와 접촉력, 측정범위를 고려하여 단면변형을 측정하고자 하는 적절한 위치에서 곡관부위에 접촉될 수 있도록 한다. 선형변위센서는 총 4개를 준비하여 도 7과 같이 곡관부위의 전후좌우 방향에서 단면변형을 측정할 수 있도록 한다.
- [0083] 다음으로, 각 선형변위센서를 초기화하여 변위값을 '0' 으로 설정한 후, 배관시편에 반복 굽힘 하중을 가해 시험을 실시한다. 곡관부위의 단면 변형시 각 선형변위센서가 변위 값을 측정하고, 측정된 변위 값은 저장부에 저장된다.
- [0084] 측정된 각 선형변위센서의 위치에서 변위 값을 d_1 (전방), d_2 (후방), d_3 (좌측), d_4 (우측)로 가정할 때, 곡관부위의 각 방향별 단면의 변형량은 아래와 같이 구할 수 있다.
- [0085] - 전후방향의 단면 변형량(ΔD_{I0}): $\Delta D_{I0} = d_1 + d_2$
- [0086] - 좌우방향의 단면 변형량(ΔD_{LR}): $\Delta D_{LR} = d_3 + d_4$
- [0087] 위와 같은 방법으로 본 발명의 단면변형 측정장치를 이용하여 신뢰성 있는 곡관부위의 단면 변형 데이터를 얻을 수 있다.
- [0088] 또한, 반복 굽힘이 작용되는 동안 변형된 곡관부위의 외경은 아래와 같이 구할 수 있다.
- [0089] - 전후방향의 외경(D_{I0}): $D_{I0} = D_{I0i} + \Delta D_{I0}$
- [0090] - 좌우방향의 외경(D_{LR}): $D_{LR} = D_{LRi} + \Delta D_{LR}$
- [0091] 그리고 본 발명은 선형변위센서의 측정위치를 곡관부위의 원주방향으로 이동시켜 다른 위치에서도 단면 변형 및 외경 데이터를 용이하게 얻을 수 있다.
- [0092] 이상, 본 발명은 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 등록청구범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

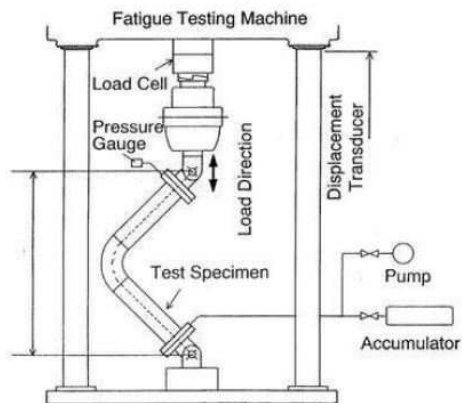
부호의 설명

[0093]

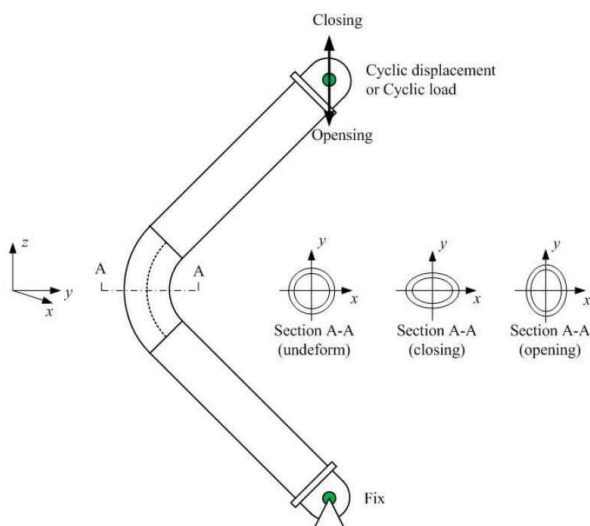
- | | |
|--------------|--------------|
| 1: 배관시편 | 2: 곡관부위 |
| 3: 제 1직관부위 | 4: 제 2직관부위 |
| 5: 선형변위센서 | 10: 센서고정프레임 |
| 40: 제 1지지프레임 | 50: 제 2지지프레임 |
| 60: 가이드 | 70: 제 1지지대 |
| 75: 제 2지지대 | 80: 제 3지지대 |
| 85: 제 4지지대 | |

도면

도면1



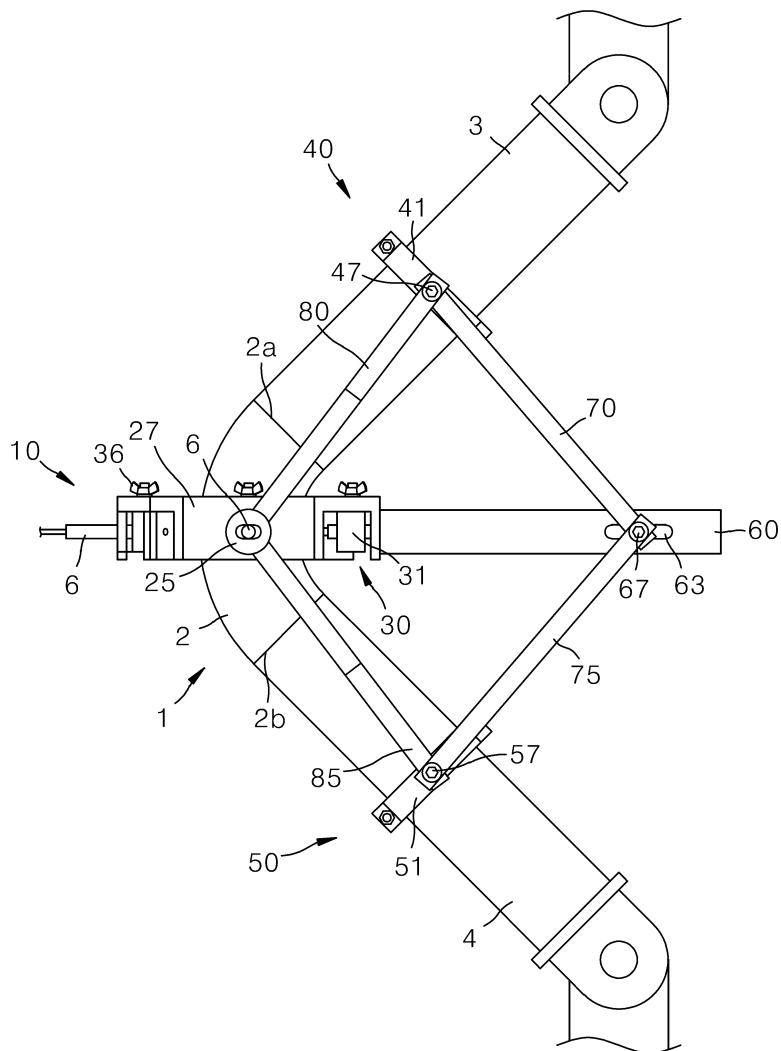
도면2



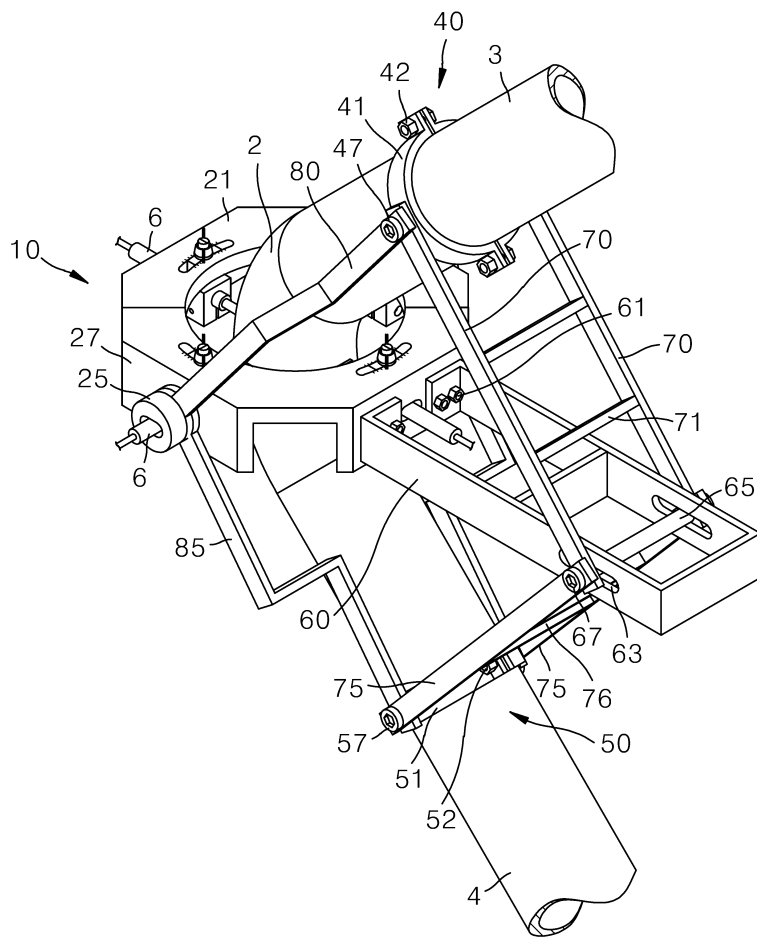
도면3



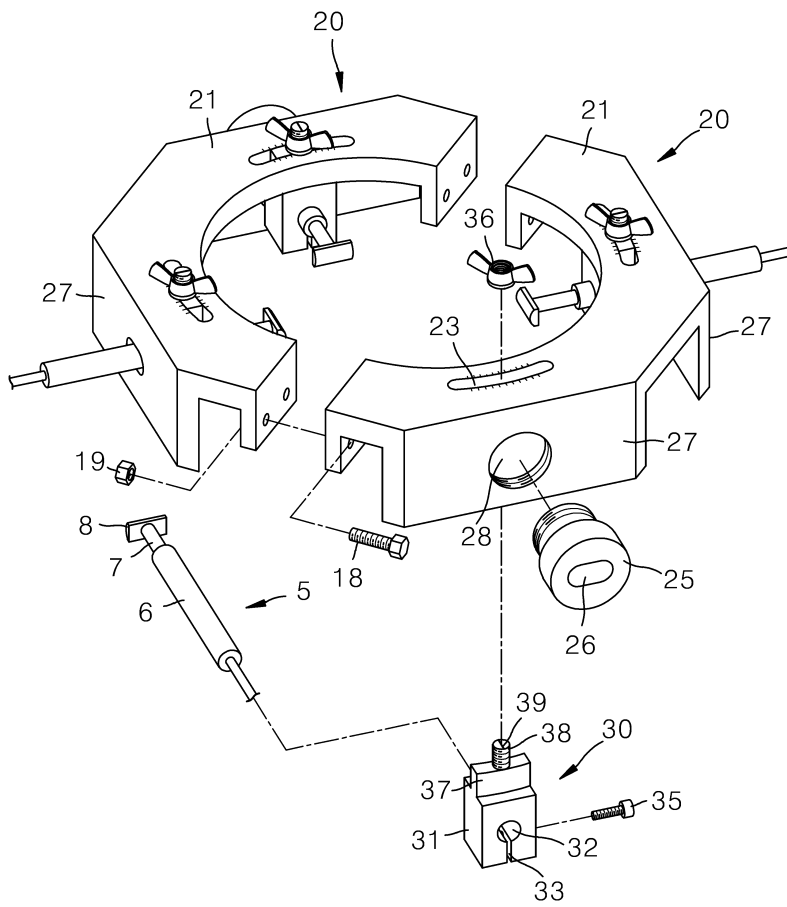
도면4



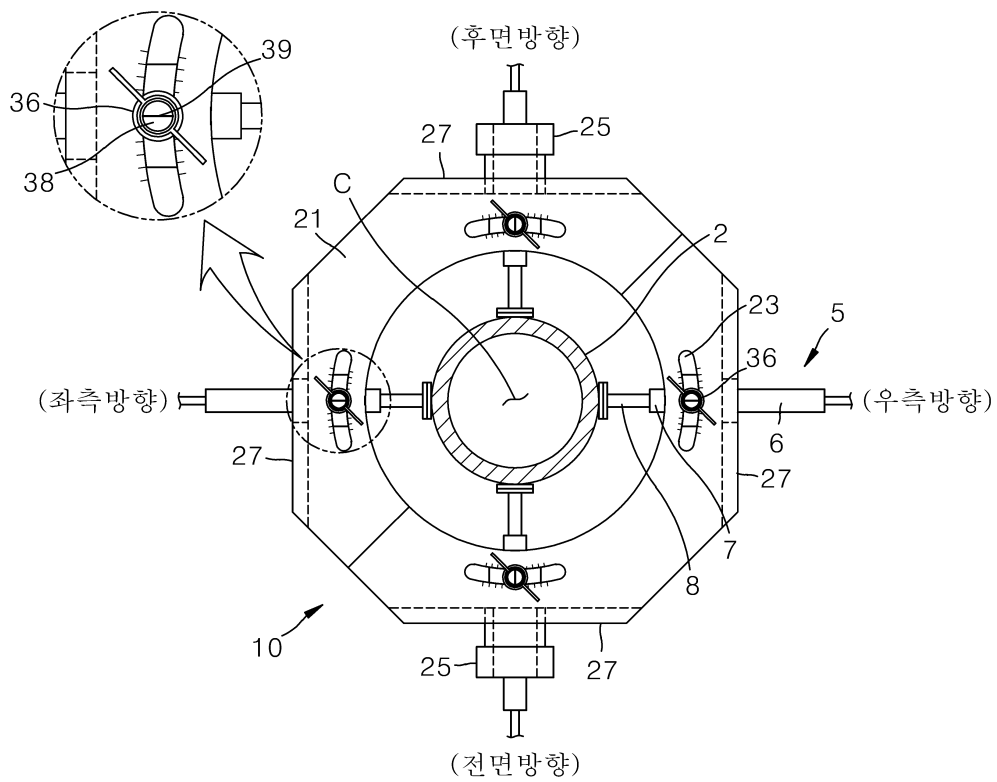
도면5



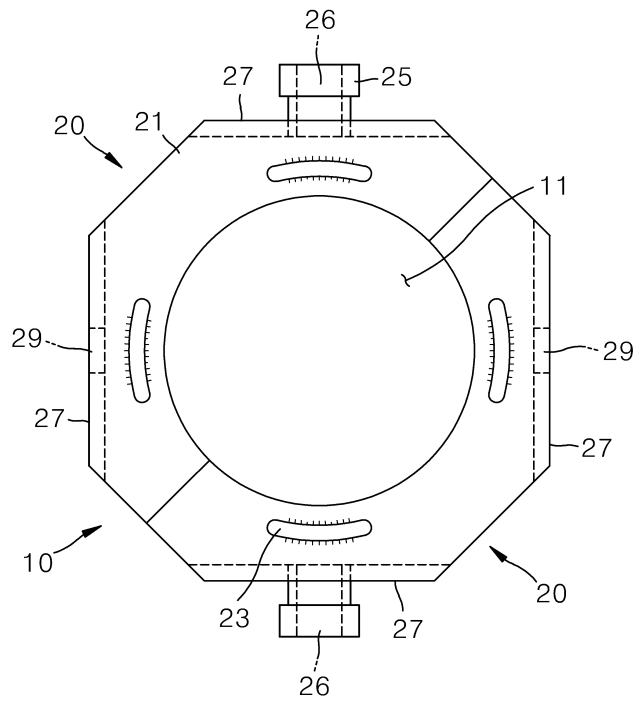
도면6



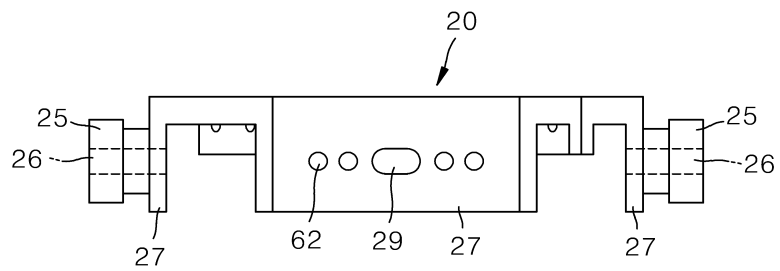
도면7



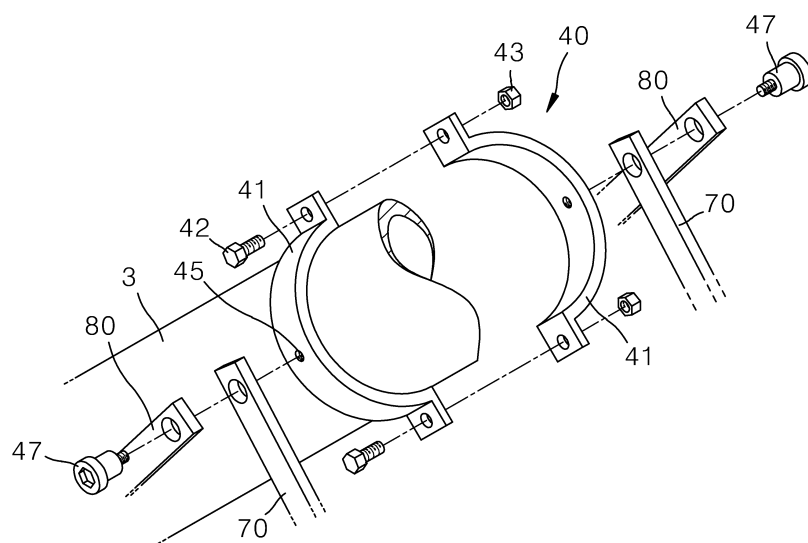
도면8



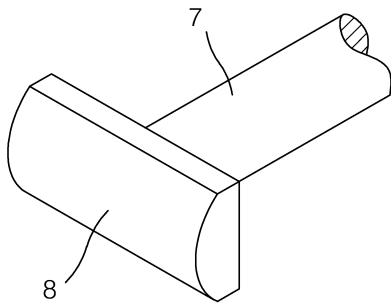
도면9



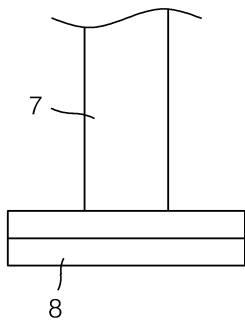
도면10



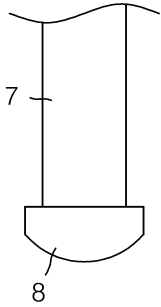
도면11



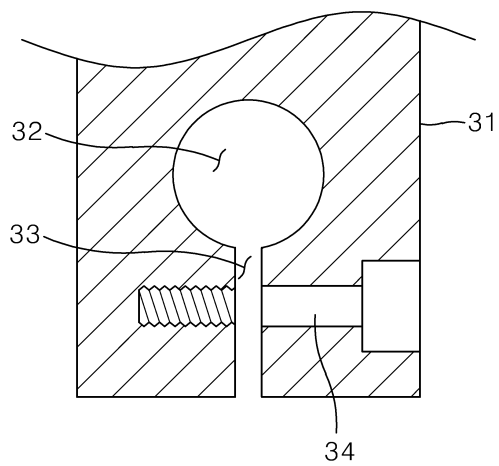
도면12



도면13



도면14



도면 15

