

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0118180 (43) 공개일자 2012년10월26일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) E04B 1/30 (2006.01) E04B 1/19 (2006.01)		(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(21) 출원번호 10-2011-0035604 (22) 출원일자 2011년04월18일 심사청구일자 2011년04월18일		(72) 발명자 신수봉 인천광역시 연수구 능허대로79번길 30, 럭키아파트 106동 605호 (옥련동) 허종완 서울특별시 서초구 방배로2길 24-6, 임광3차 아파트 12동 605호 (방배동) (뒷면에 계속)
		(74) 대리인 김국진

전체 청구항 수 : 총 8 항

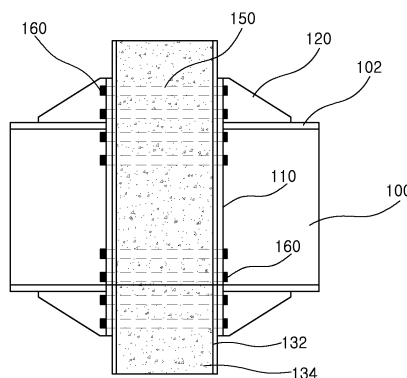
(54) 발명의 명칭 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 집합 구조

(57) 요약

본 발명은 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 집합 구조에 관한 것으로; 단부에 엔드플레이트가 일체로 결합되는 H형강 보와, 상기 H형강 보를 기둥에 집합하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 집합 구조에 있어서, 상기 엔드플레이트와 기둥에는 초탄성 형상기억합금재질로 이루어지는 연결 구속재가 관통 체결되는 것을 특징으로 한다.

본 발명은 빌딩 구조물의 뼈대를 이루는 모멘트 프레임(철골)에서 하중과 변형이 복합적으로 작용하는 집합부(Connection)를 강풍이나 지진과 같은 외력에 의한 변형을 제어(Control)하고 자동복원(Self-centering)하고자, 초탄성(Superelastic) 형상기억합금(Shape Memory Alloys) 재질의 연결 구속재인 인장 봉(Bar)을 이용하여 보(Beam)와 기둥(Column)을 서로 연결하는 집합 구조를 제시한다.

대표도 - 도2a



(72) 발명자

정영도

서울특별시 용산구 한강대로 205, D동 2622호 (한강로1가, 용산파크자이)

황원섭

인천광역시 연수구 원인재로 88, 대우2차아파트 106동 904호 (동춘동)

특허청구의 범위

청구항 1

단부에 엔드플레이트가 일체로 결합되는 H형강 보와, 상기 H형강 보를 기둥에 접합하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조에 있어서,

상기 엔드플레이트와 기둥에는 초탄성 형상기억합금재질로 이루어지는 연결 구속재가 관통 체결되는 것을 특징으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 연결 구속재는 오스테나이트(Austenite) 상태의 형상기억합금인 것을 특징으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 오스테나이트(Austenite) 상태의 형상기억합금은 니티놀(Nitinol)인 것을 특징으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 엔드플레이트에는 상기 연결 구속재가 관통되는 다수의 볼트구멍이 천공되는 것을 특징으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 연결 구속재는 원형 단면을 갖는 인장 봉인 것을 특징으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 H형강 보의 상·하부의 플렌지와 상기 엔드플레이트에는 보강판이 일체로 용접되는 것을 특징으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 기둥은 강재중공튜브 안쪽에 콘크리트를 충전하여서 이루어지는 콘크리트 충전 강관(CFT)기둥인 것을 특징

으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 연결 구속재의 양단에는 너트가 체결되는 것을 특징으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조에 관한 것으로서, 좀더 상세하게는 보(Beam)와 기둥(Column)을 연결한 반?강접(Semi-rigid) 접합부에 초탄성 형상기억합금 재질의 연결 구속재를 이용하여 접합함으로써 외력에 대한 과도한 손상?변형이 생기더라도 이를 충분히 제어하고 또한 별도의 열처리 없이 원상태로 복원가능한 접합 구조에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 초고층 구조물을 포함하여 국내에 건설된 빌딩의 철골뼈대구조 대부분은 극히 일부에서 사용된 면진장치를 제외하고 내진설계가 제대로 반영되지 않았기 때문에 지진에 대한 저항능력이 매우 부족하다.

[0003] 특히, 90년대 중반 이전에는 대부분의 접합부가 용접방식을 적용하여 H형강 보와 기둥을 서로 연결하였는데, 이러한 용접방식의 접합부는 보와 기둥이 연결되는 패널존(Panel Zone)에서 모멘트에 의한 회전변형을 허용하지 않는 강접(Rigid) 접합부이기 때문에, 변위 초기에 극한강도에 다다를 수 있으나 용접부위에 급격한 취성파괴(Brittle Failure)가 일어나기 쉽고 극한거동의 연성도(Ductility)가 크게 부족했다.

[0004] 물론, 이런 문제점들을 보완하기 위해 연성도가 우수하고 에너지 소산능력(Dissipation Capability)이 탁월한 반?강접 볼트 접합 방식이 철골뼈대 구조물 설계에 도입되어 사용되고 있으며, 특히 구조물의 일부분인 볼트나 인장 봉과 같은 구속재는 모재 및 접합부재가 탄성변형 상태에서 많은 소성(Plastic) 변형을 허용하여 접합부 전체의 강도 및 변형성능을 향상시켰다.

[0005] 하지만 이러한 반?강접 볼트 접합 방식은 종래 용접접합부(Welded-connection)와 비교하여 볼트접합부가 구조적 거동 성능이 우수하더라도 강풍이나 지진과 같은 외력으로 인한 볼트 및 부재에 발생하는 영구 변형을 스스로 제어를 하지 못하여 개장(Retrofit) 및 복구에 들어가는 많은 비용과 심지어 외력에 의한 구조적 손상에 따른 철거에 부담을 가지고 있다.

[0006] 또한, 이러한 반?강접 볼트 접합 방식에 사용되는 강재볼트는 부식과 피로로 인한 유지보수의 어려움이 있으며 화재에 대한 내화성 부족의 문제점을 가지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명은 이러한 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 보(Beam)와 기둥(Column)을 연결한 반?강접(Semi-rigid) 접합부에 상온에서 상당한 소성 변형이 발생된 상태에서도 하중을 제거하면 변형 발생 이전의 상태로 스스로 복귀하는 초탄성 형상기억합금 재질의 연결 구속재로 접합하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합부 체결구조를 제공하는데 있다.

[0008] 또한, 본 발명의 다른 목적은 시공성, 내구성 및 내부식성이 우수하고 상온에서 잔류변형이 생기지 않는 오스테나이트 상태의 형상기억합금 재질의 연결 구속재를 구조적 성능이 우수한 반?강접 접합부에 사용하여 외력에 대

한 과도한 손상?변형이 생기더라도 이를 충분히 제어하고 별도의 열처리 없이 원상태로 복원하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 집합부 체결구조를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 이와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해 본 발명은;
- [0010] 단부에 엔드플레이트가 일체로 결합되는 H형강 보와, 상기 H형강 보를 기둥에 집합하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 집합 구조에 있어서, 상기 엔드플레이트와 기둥에는 초탄성 형상기억합금재질로 이루어지는 연결 구속재가 관통 체결되는 것을 특징으로 하는 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 집합 구조를 제공한다.
- [0011] 이때, 상기 연결 구속재는 오스테나이트(Austenite) 상태의 형상기억합금인 것을 특징으로 한다.
- [0012] 특히, 상기 오스테나이트(Austenite) 상태의 형상기억합금은 니티놀(Nitinol)인 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 상기 엔드플레이트에는 상기 연결 구속재가 관통되는 다수의 볼트구멍이 천공되는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 그리고, 상기 연결 구속재는 원형 단면을 갖는 인장 봉인 것을 특징으로 한다.
- [0015] 아울러, 상기 H형강 보의 상?하부의 플랜지와 상기 엔드플레이트에는 보강판이 일체로 용접되는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 기둥은 강재중공튜브 안쪽에 콘크리트를 충전하여서 이루어지는 콘크리트 충전 강관(CFT)기둥인 것을 특징으로 한다.
- [0017] 그리고, 상기 연결 구속재의 양단에는 너트가 체결되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따르면, 초탄성 형상기억합금 재질의 연결 구속재를 이용해 보(Beam)와 기둥(Column)의 집합부를 연결하여 상온에서 상당한 소성 변형이 발생된 상태에서도 하중을 제거하면 변형 발생 이전의 원상태로 복원되어 반복되는 외력에 의한 피로파괴를 방지하며, 또한 이와 같은 보와 기둥으로 이루어진 구조물의 피해복구 및 유지보수로 인한 추가의 비용발생을 최소화하는 장점이 있다.
- [0019] 특히, 본 발명은 시공성이 우수한 니티놀 형상기억합금을 원형의 봉으로 제작하여 집합부에 보와 기둥을 연결하는 구속재로 사용하여 형상기억합금의 초탄성적인 재료적 성질로 인해 상당한 소성변형이 발생하더라도 집합부에서 발생하는 대부분의 변형이 과소되지 않고 원상태로 회복된다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1a는 형상기억합금의 온도에 의한 상태 변이에 대한 관계 다이어그램이고,
- 도 1b는 마르텐사이트(Martensite) 상태의 형상기억합금의 거동을 도시한 다이어그램이고,
- 도 1c는 오스테나이트(Austenite) 상태의 형상기억합금의 거동을 도시한 다이어그램이고,
- 도 2a는 본 발명에 따른 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 집합 구조를 설명하기 위한 모멘트 집합부의 측면도이고,
- 도 2b는 본 발명에 따른 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 집합 구조를 설명하기 위한 모멘트 집합부의 정면도이고,
- 도 2c는 본 발명에 따른 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 집합 구조를 설명하기 위한 모멘트 집합부의 단면도이고,
- 도 2d는 본 발명에 따른 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 집합 구조를 설명하기 위한 모멘트 집합부

의 사시도이고,

도 3은 본 발명에 따른 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합부의 변형성능시험 예를 설명하기 위해 도시한 도면이며,

도 4는 도 3에 도시한 모멘트 접합부의 보 끝단에서 반복적인 하중을 가했을 때 이에 대한 거동을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명에 따른 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합부 체결구조를 첨부한 도면을 참고로 하여 이하 상세히 기술되는 실시 예들에 의하여 그 특징들을 이해할 수 있을 것이다.
- [0022] 본 발명에 따른 모멘트 접합부의 체결에는 초탄성 형상기억합금으로 이루어지는 연결 구속재를 이용한다.
- [0023] 최근 형상기억합금은 토목·건축 분야의 구조물에 결합하여 외력에 대하여 수동 및 능동제어 역할을 하고 스스로 변형의 복원이 가능한 스마트 시스템 구축에 활용하기 시작했다.
- [0024] 일반적으로 종전에는 열처리 후에 내부구조의 상변이가 일어나서 초탄성적인 재료 물성치를 가지게 되는 마르텐사이트(Martensite) 상태의 형상기억합금이 주로 활용되었으나, 본 발명에서는 상온상태에서 별도의 열처리 없이도 소성변형 후 원형복귀가 가능한 오스테나이트(Austenite) 상태의 형상기억합금을 주로 사용한다.
- [0025] 이러한 오스테나이트(Austenite) 상태의 형상기억합금은 외부에 노출되지 않는 접합부에 별도의 열처리 없이 원형복원이 가능하다는 점이 큰 장점으로 작용될 뿐만 아니라, 시공성도 우수하여 많은 변형을 허용하는 일부분에 강재와 용접 접합하여 성질변화 없이 용이하게 사용 가능하다.
- [0026] 특히, 본 발명에서는 60년대 개발되어 흔히 사용되고 있는 니티놀(Nitinol)이라 불리는 니켈(Nikel)과 타이타늄(Titanium)의 형상기억합금을 사용하는데, 이와 같은 형상기억합금인 니티놀(Nitinol)은 소재개발 분야의 발전에 힘입어 현재 일반 강재 가격과의 격차가 상당히 줄어들고 있는 실정이다.
- [0027] 이에 따라 본 발명은 형상기억합금 재질로 이루어지며 봉 형상으로 이루어지는 연결 구속재를 이용하여 보(Beam)와 기둥(Column)을 직접 연결하는 반·강접 접합 구조를 제시한다.
- [0028] 특히, 연결 구속재는 시공성을 고려하여 제조과정에서 오스테나이트 상태로 제작된 형상기억합금을 원기둥 모양의 봉으로 제작하여 H형강으로 이루어지는 보(Beam)에 용접된 엔드플레이트와 기둥을 직접 연결한다. 연결 구속재인 인장 봉은 보와 기둥이 만나는 패널존(Panel Zone)을 관통하여 설치하고 양방향에서 너트로 고정한다.
- [0029] 그리고, 기둥(Column)은 기존에 주로 사용된 H형강 기둥과 비교하여 좌굴에 대한 안정성이 우수하고 강도, 연성적인 측면에서 뛰어난 콘크리트 충전 강관기둥을 사용한다.
- [0030] 이하, 본 발명에 따른 형상기억합금 재질로 제작된 원형 봉 형상의 연결 구속재(150)의 역학적 작용을 설명한다. 먼저, 형상기억합금의 가장 큰 물리적 특성인 형상기억은 상당히 큰 소성 변형 후에도 원상태의 변형으로 회복할 수 있는 초탄성적인 능력이다.
- [0031] 이러한 형상기억의 특징은 온도 또는 응력에 의해서 유발되는 고체의 상태변화에 의존한다. 즉, 형상기억합금에 열을 가하여 온도를 상승시키거나 혹은 응력을 제거하여 원래의 상태로 복원할 수 있다.
- [0032] 이와 같은 형상기억합금은 도 1a에 도시된 바와 같이 마르텐사이트(Martensite)와 오스테나이트(Austenite) 상태가 존재하는데 이들 상호 간에 상태변이와 제작과정은 주로 열처리에 의존한다.
- [0033] 이 경우 뒤틀리고(Detwinned) 약한 마르텐사이트 상태에서 열처리($M_f \Rightarrow A_s \Rightarrow A_f$)를 한 후에는 상대적으로 강한 체심입방구조(Body-Centered) 형태인 오스테나이트 상태로 전이된다.
- [0034] 오스테나이트 상태에서는 하중에 의한 변형 후에 하중을 제거하면 자동적으로 원래의 상태로 복원된다.
- [0035] 하지만 마르텐사이트 상태에서는 하중을 제거하면 일반 강(Steel)재와 같이 탄성적인 변형만 회복되고 많은 양의 변형은 회복되지 않고 잔류변형으로 남는다. 그러나 열(Heating)을 가하여 온도를 높여주면 오스테나이트로 상변이가 일어나서 도 1b와 같이 원래의 상태로 변형이 회복된다.

- [0036] 그리고, 도 1c는 오스테나이트 상태가 존재하는 일정한 온도(Af)에서 하중의 변화에 따른 니티놀 형상기억합금에 발생하는 응력-변형률을 도식화한 도면이다. 하중을 가하면 일시적으로 뒤틀린 마르텐사이트 상태로 상태변이가 발생하다가 하중을 제거하면 오스테나이트로 상태변이가 발생하여 잔류변형 없이 원래의 상태로 변형이 회복된다. 이러한 재료의 역학적 거동은 깃발(Flag)모양의 경로를 보인다.
- [0037] 한편, 마르텐사이트 상태의 형상기억합금이 콘크리트에 매입되어 외부에 노출되지 않은 접합부의 구속재로 사용되는 경우 열처리에 의한 원형복원이 사실상 불가능하지만, 소재개발 기술의 발달에 힘입어 현재는 완벽한 오스테나이트 상태로 변환되는 온도(Af)가 상온범위 내에 존재 가능하게 되었다.
- [0038] 따라서, 오스테나이트 상태의 형상기억합금을 사용하면 외부에 노출이 되지 않는 접합부에서도 별도의 열처리 과정 없이 하중제거 후 구속재에 잔류변형이 발생하지 않고 원형복원이 가능하고, 열처리에 의한 수리비용 역시 절감할 수 있다.
- [0039] 이하, 본 발명에 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합 구조의 구체적인 적용 사례를 도면을 참고로 상세히 설명한다. 이때, 도 2a 내지 도 2c는 오스테나이트 상태의 형상기억합금 재질의 인장 봉 형태로 이루어지는 연결 구속재(150)를 이용하여 보(Beam)와 기둥(Column)을 접합한 접합부의 측면도와 정면도 및 단면도를 각각 도시한 도면들이며, 또한 도 2d는 이들 접합부의 입체적인 상세 도면이다.
- [0040] 이에 의하면, 본 발명에 초탄성 형상기억합금 연결 구속재(150)는 보(100)와 기둥(130)을 접합하는데 사용하는 것으로, 상기 보(100)는 H형강으로 이루어지며, 상기 기둥(130)은 콘크리트 충전 강관기둥을 이용한다.
- [0041] 이하, 각각의 구성을 구체적으로 설명한다.
- [0042] 상기 H형강 보(100)의 단부에는 엔드플레이트(110)를 용접방식으로 연결하며, 그 엔드플레이트(110)의 용접부위 보강과 함께 좀더 많은 모멘트를 안정적으로 보(100)에서부터 접합부에 전달하기 위하여 별도의 보강판(120)을 H형강 보(100) 상?하부의 플랜지(102) 및 상기 엔드플레이트(110)에 용접하여 설치한다.
- [0043] 한편, 상기 기둥(130)은 강제중공튜브(132) 안쪽에 콘크리트(134)를 충전하여 콘크리트 충전 강관(CFT)기둥을 제작하여서 이루어진다.
- [0044] 그리고, 상기 초탄성 형상기억합금재질로 이루어지는 연결 구속재(150)를 이용하여 보(100)와 기둥(130)을 접합하는데, 상기 연결 구속재(150)는 원형 단면을 갖는 형태로 제작된 인장 봉을 사용한다. 이와 같은 연결 구속재(150)인 인장 봉은 강제중공튜브(132)를 관통하여 H형강 보(100)에 용접된 엔드플레이트(110)와 직접 연결한다.
- [0045] 이때, 인장 봉은 강제중공튜브(132)를 관통하므로 외부에 거의 노출되지 않으므로 일반적으로 가장 널리 사용되는 니켈과 타이타늄의 합금의 일종인 니티놀(Nitinol)이라 불리는 형상기억합금을 가지고 초탄성적인 거동을 구현하기 위해서 오스테나이트 상태로 제작한 것을 사용한다.
- [0046] 물론, 상기 인장 봉은 필요에 따라 외부에 노출되어 열처리에 의한 변형회복이 가능한 경우 마르텐사이트 상태의 형상기억합금 재질의 인장봉을 사용할 수도 있다.
- [0047] 한편, 상기 연결 구속재(150)를 구속하고 초기의 긴장력을 발생시키기 위해서 상기 연결 구속재(150)의 양단에는 너트(160)를 체결한다.
- [0048] 특히, 도시된 바와 같이 H형강 보(100)에 용접된 엔드플레이트(110)에는 다수의 볼트구멍(170)을 천공하여 인장 봉을 관통 설치한다. 도시된 바에 의하면 좌측과 우측에 대칭으로 각각 8개씩 총 16개의 볼트구멍(170)이 천공되어 있지만, 비교적 작은 사이즈의 H형강 보(100)를 사용하는 경우 적은 모멘트를 접합부에 전달하므로 사용하는 인장 봉의 개수를 대칭을 고려하여 8개로 줄일 수 있고 경우에 따라서는 보강판(120)을 설치하는 것을 생략할 수 있다.
- [0049] 한편, 도 2a 내지 도 2d에 도시한 접합 구조는 H형강 보(100)를 충전 강관기둥 형태의 기둥(130)에 한 방향으로만 연결하였으나, 접합방식의 특성 때문에 실제로 양방향 또는 4면에 연결이 가능하다. 용접된 엔드플레이트(110)가 충분한 강성을 확보하여 모멘트에 의한 국부적인 휨을 방지하고 연결된 인장 봉의 상당량의 변형을 발생시켜 접합부의 연성을 확보하기 위해서는 엔드플레이트(110)의 두께는 일정두께(예를 들어 2.5cm 또는 1 inch)이상으로 설계함이 바람직하다.
- [0050] 이와 같은 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 접합 구조를 갖는 구조물은 연결 구속재(150)에 상당한

소성변형이 발생하더라도 제하된 하중을 제거 하면 변형이 원상태로 복원되어 잔류변형이 거의 발생하지 않고, 복원을 위한 별도의 열처리가 필요하지 않아서 콘크리트에 매입되어 외부에 노출되지 않은 철골구조물에도 사용 가능하며, 피해복구 및 유지관리에 소요되는 비용을 절감하며, 일반 볼트보다도 길이가 긴 인장 봉을 연결 구속재(150)로 사용하는 경우 접합부 거동에 충분한 연성 및 에너지 소산 능력의 확보가 용이하다.

[0051] 또한, 콘크리트 충전강관 기둥(130)이 제공하는 우수한 강도 및 국부좌굴(Buckling) 방지효과를 활용할 수 있으며, 보(100)와 기둥(130)의 접합부 안쪽에 채워지는 콘크리트(134)가 너트(160)에 의한 베어링(Bearing) 압축으로 인해 발생하는 볼트구멍(170) 주위로의 움푹 파임(dent)을 방지하여 접합부 거동의 충분한 강성 및 인장 봉의 변형성 확보가 용이하다.

[0052] 그리고, 사용된 강재와 형상기억합금의 우수한 히스테레틱 댐핑(Hysteretic damping)효과로 인하여 지진발생 시 구조물에 전달되는 진동을 급격히 감소시켜 피해 저감에 기여하고, 인장 봉에 6% 변형률 이후에 강성증가(Strain hardening) 현상을 기대할 수 있으며, 일반 강재봉과 비교하여 피로에 대한 뛰어난 내구성을 확보할 수 있으며, 형상기억합금의 상 변화에 의한 에너지 발산효과를 기대할 수 있을 뿐만 아니라 시공성이 우수하여 일반강재와 용접하여 쉽게 사용할 수 있다.

[0053] 특히, 본 발명의 연결 구속재(150)는 열처리의 가능 여부에 따라서 형상기억합금의 제작 상태를 조절가능하며, 여러 종류의 반?강접 접합부에서 형상기억합금 재질의 볼트 및 인장봉과 같은 연결 구속재(150)를 다양하고 범용적인 방식으로 개량 및 변경하여 사용함도 가능하다. 이와 같은 연결 구속재(150)의 개량 및 변경 역시 본 발명의 보호범위에 포함된다.

[0054] 이와 같은 본 발명에 따른 초탄성 형상기억합금 연결 구속재를 이용한 모멘트 접합부의 변형성능시험 예가 도 3에 도시된다. 이에 의하면 초탄성 형상기억합금 연결 구속재(150)를 이용한 엔드플레이트(110) 접합부의 변형을 2배로 확대하여 도시하였다. 접합부의 변형성능 시험을 위해서는 도시된 바와 같이 H형강 보(100)의 끝단(180)에서 이력(History)을 가진 하중(T)을 가한다.

[0055] 이때, 보 끝단(180)에서 제하된 하중은 보(100)를 통하여 접합부에 모멘트로 전달되어 휨에 의한 회전변형을 일으킨다. 이러한 역학적 거동으로 인해 H형강 보(100)에서 한쪽 플랜지는 베어링 압축을 받으며 이를 주축(Pivot)으로 가장 바깥쪽 인장 봉이 가장 많은 변형을 일으킨다. 상대적으로 안쪽 인장 봉은 바깥쪽과 비교하여 적은 변형이 발생한다. H형강 보(100)의 중심축에서 가장 가까이 위치한 인장 봉이 탄성 범위 내에서 변형이 발생하는 경우 일반 강재(Steel)로 인장 봉을 제작하여 설치함도 가능하다. 이 경우 엔드플레이트(110)의 두께를 크게 형성하여 충분한 강성을 확보한 경우 시소(Seesaw) 역할을 하며 강체운동을 한다.

[0056] 이와 같은 모멘트 접합부의 보 끝단에서 반복적인 하중을 가했을 때 이에 대한 거동은 도 4에 도시된 바와 같다. 이때, H형강 보(100)는 길이가 4.5m인 것을 사용하였다. 이 경우 정밀한 유한요소해석(Finite Element Analyses) 모델을 사용하여 거동을 재현한 바, 도시된 바와 같이 하중제하 초기에는 소성변형이 발생하더라도 원형으로 복원되어 잔류변형이 발생하지 않는다. 인장 봉에서 대략 6%의 변형률이 발생할(190) 때 강성증가(Strain hardening)로 인하여 기울기(Slope)가 다시 증가한다. 약 400kN의 하중을 가할 때 H형강 보에 소성힌지(Plastic Hinge)가 발생하는 시점(200)이 되며 이로 인하여 H형강 보에 소성변형이 발생하여 전체적인 접합부 거동에 약간의 잔류변형이 발생한다. 하지만 극한하중을 제하 하더라도 대부분의 변형이 원상태로 복원되었다. H형강 보(100)의 소성힌지 및 엔드플레이트에 휨에 의한 변형이 발생하지 않는 경우 대부분의 에너지는 연결 구속재(150)로부터 발생함을 알 수 있다.

[0057] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명하였으나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 실시 예와 실질적으로 균등한 범위에 있는 것까지 본 발명의 권리범위가 미치는 것으로 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형 실시가 가능한 것이다.

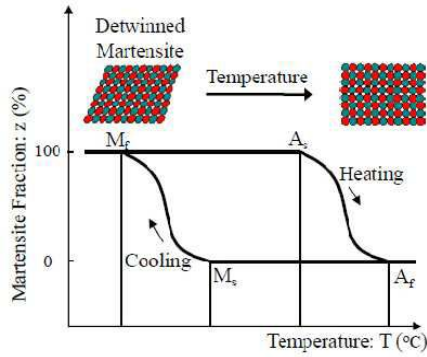
부호의 설명

[0058] 100: H형강 보 110: 연결플레이트

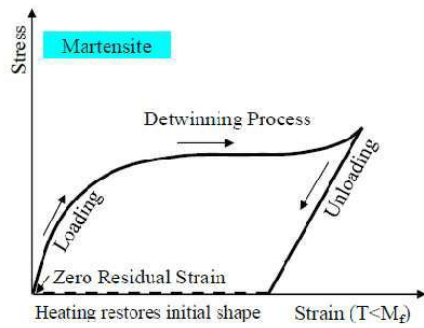
- | | |
|---------------|--------------|
| 120: 보강판 | 130: 기둥 |
| 132: 강재 중공 튜브 | 140: 충전 콘크리트 |
| 150: 연결 구속재 | 160: 연결 너트 |

도면

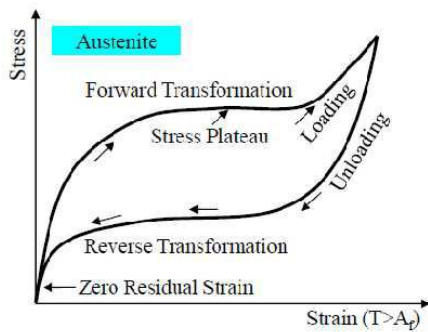
도면1a



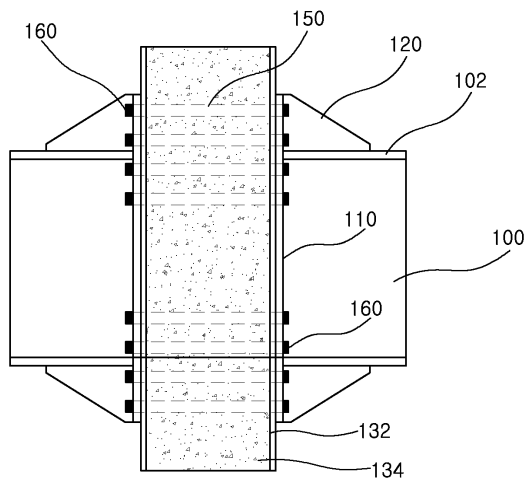
도면1b



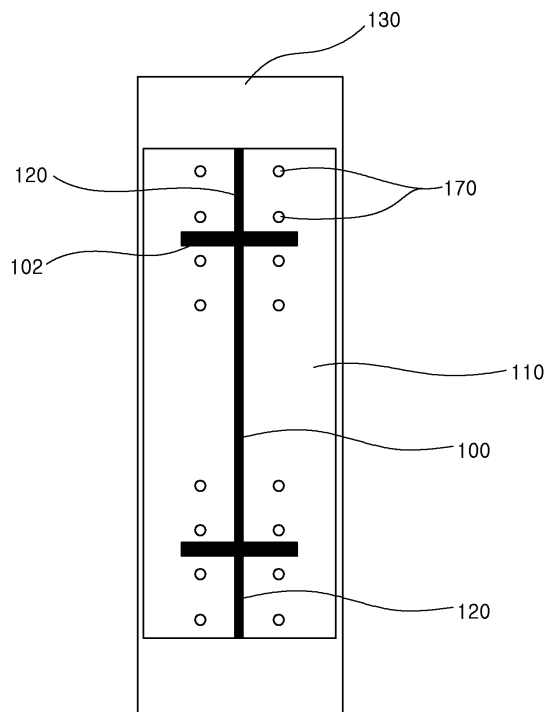
도면1c



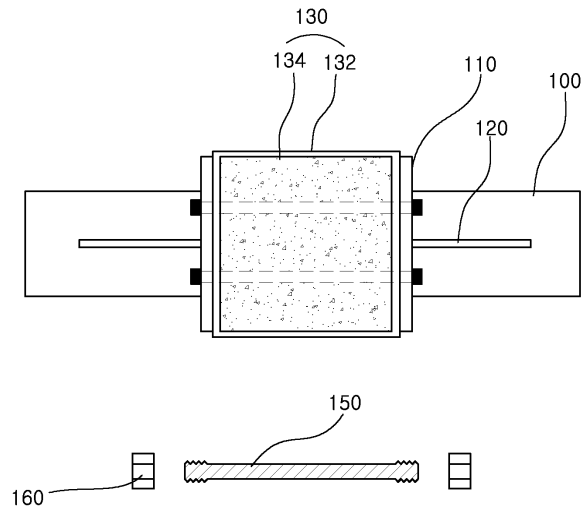
도면2a



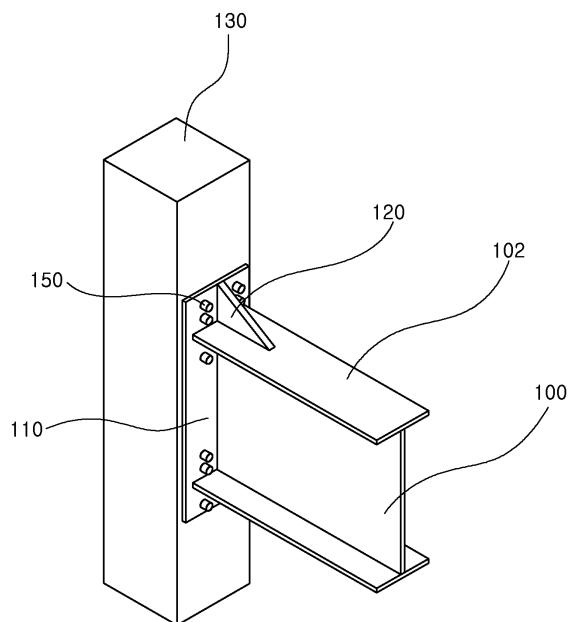
도면2b



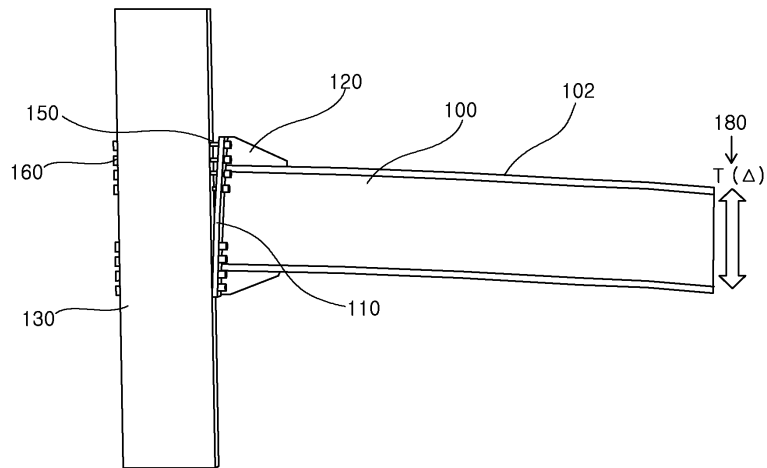
도면2c



도면2d



도면3



도면4

