(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월30일
(11) 등록번호 10-2233718
(24) 등록일자 2021년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*B29C 70/44* (2018.01) *B29C 43/00* (2018.01)
*B29C 43/18* (2006.01) *B29C 43/56* (2006.01)
*B29C 70/54* (2006.01) *B29L 23/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*B29C 70/44* (2013.01)
*B29C 43/003* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0110782(분할)
(22) 출원일자 2020년09월01일
심사청구일자 2020년09월01일
(62) 원출원 특허 10-2020-0045199
원출원일자 2020년04월14일
심사청구일자 2020년04월14일
(56) 선행기술조사문헌
EP03590690 A1*
JP2019217651 A*
KR1020120089089 A*
KR1020180064232 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
**한경대학교 산학협력단**
경기도 안성시 중앙로 327(석정동)
(72) 발명자
**김상우**
경기도 안성시 아양2로 49 시티프라디움 104동 2201호
**임재형**
서울특별시 노원구 월계로42길 97 꿈의숲SKVIEW 101동 1001호
(74) 대리인
**안희중**

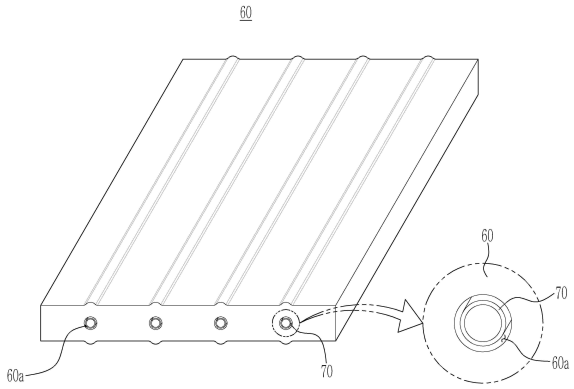
전체 청구항 수 : 총 2 항 심사관 : 신상훈

(54) 발명의 명칭 **복합소재 및 이의 제조방법**

## (57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 복합소재는, 내부에 관통홀이 형성된 탄소강화폴리머, 상기 관통홀에 개재되어 양단이 단혀 내측에 밀폐된 공간이 형성된 튜브 및 상기 튜브 내측에 충진된 전단농화유체를 포함할 수 있다.

*대 표 도* - 도5



(52) CPC특허분류
***B29C 43/18*** (2013.01)
***B29C 43/56*** (2013.01)
***B29C 70/54*** (2013.01)
*B29C 2043/561* (2013.01)
*B29L 2023/22* (2013.01)

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

내부에 관통홀이 형성된 탄소강화폴리머;

상기 탄소강화폴리머 사이에 배치되어 상기 관통홀에 개재되고, 내측에는 윤활제가 코팅된 형상기억합금이 삽입되며, 상기 탄소강화폴리머가 고온압착될 때 온도변화에 따라 상기 형상기억합금이 무빙되고 상기 윤활제에 의해 인출되어, 내측에 공간이 형성되는 튜브; 및

상기 튜브 내측 공간에 충진된 전단농화유체를 포함하고,

상기 튜브는,

양 단부에 마감재가 형성되어 상기 전단농화유체가 수용된 상기 내측 공간이 밀폐된 복합소재.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 관통홀은,

상기 탄소강화폴리머 내부에서 만곡지게 형성된 복합소재.

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

◈청구항 4은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◈

제1 프리프레그층을 안착시키는 단계;

상기 제1 프리프레그층 위에 튜브를 배치하는 단계;

형상기억합금 와이어의 표면에 윤활제를 코팅하는 단계;

상기 튜브 내부에 상기 코팅된 형상기억합금 와이어를 개재하는 단계;

상기 튜브 위로 제2 프리프레그층을 배치하는 단계;

상기 제2 프리프레그층 상에 분리층을 형성하는 단계;

상기 제1 프리프레그층 및 상기 제2 프리프레그층에 진공백을 덮는 단계;

상기 제1 프리프레그층과 상기 제2 프리프레그층을 가압하여 압착시키는 단계; 및

압착된 상태에서 상기 진공백 내부에 진공을 형성하는 진공단계를 포함하는 복합소재 제조방법.

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

◈청구항 6은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◈

제 4 항에 있어서,

상기 진공단계 이후,

상기 와이어를 상기 튜브로부터 제거하는 제거단계를 더 포함하는 복합소재 제조방법.

**청구항 7**

◈청구항 7은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◈

제 6 항에 있어서,

상기 제거단계 이후,

상기 튜브 내부로 전단농화유체를 충진하는 충진단계를 더 포함하는 복합소재 제조방법.

**청구항 8**

◈청구항 8은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◈

제 7 항에 있어서,

상기 충진단계는,

상기 튜브 일측에 진공을 형성하는 단계; 및

상기 튜브 타측에 전단농화유체를 공급하는 단계를 포함하는 복합소재 제조방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 복합소재 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 일반적으로 하이드로포밍은 상온에서 강관을 수압에 의해 변형시킴에 의해 기계적인 강성이 증가됨은 물론 중량 및 제조원가를 절감시킬 수 있다. 대개의 하이드로포밍 설비의 상부 및 하부 금형은 상호 선택적으로 폐쇄되도록 구성된다. 이러한 상부 및 하부 금형의 서로 접촉하는 다이의 표면에는 제품의 외관과 상응하는 공동 프로파일이 형성된다. 공동 프로파일 내에 소정의 블랭크 소재(예를 들어, 튜브형 소재, 판형 소재등)를 삽입하고, 금형을 폐쇄시킨 후, 소재 내에 소정의 액체, 특히 물을 담지하고, 일정 압력을 가하여 소재를 다이의 공동 프로파일과 동일하도록 확관시켜 제조하게 된다.

[0003] 탄소섬유 강화 폴리머 복합재는 항공 우주, 건설, 스포츠 장비 등 다양한 분야에 경량화를 위해 널리 사용되고 있으나, 높은 강성으로 인해 상대적으로 낮은 감쇠특성을 갖는다. 감쇠특성은 소음, 피로 내구성, 구조물의 안전성 및 공진 등에 영향을 미치는 중요한 매개변수로 설계 시 고려해야 할 요소 중 하나이다.

[0004] 이에 따라, 최근 외부에서의 충격이 가해질 경우 전단농화현상으로 인해 급격하게 점도가 증가하는 전단농화유체의 성질을 이용하여 복합재에 기계적 성질을 변화시키기 위한 연구와 개발이 진행되고 있다. 그러나, 전단농화유체가 현탄액, 졸(sol) 또는 겔(gel)상태로 유지하기 어려워 일반적으로 전단농화유체를 코팅하고 건조하는 방법이 주로 이용되고 있어, 이에 대한 개선이 필요한 실정이다.

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0005] 상기와 같은 기술적 배경을 바탕으로 안출된 것으로, 감쇠특성을 향상시킨 복합소재 및 이의 제조방법을 제공하고자 한다.

### *과제의 해결 수단*

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 복합소재는, 내부에 관통홀이 형성된 탄소강화폴리머, 상기 관통홀에 개재되어 양단이 닫혀 내측에 밀폐된 공간이 형성된 튜브 및 상기 튜브 내측에 충진된 전단농화유체를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 관통홀은, 상기 탄소강화폴리머 내부에서 만곡지게 형성될 수 있다.

[0008] 상기 튜브 내측 공간은, 상기 튜브 내부에 형상기억합금이 개재된 상태로 상기 탄소강화폴리머가 고온압착되어 형성될 때 탄소강화폴리머 내부에 배치시켜, 상기 형상기억합금이 온도변화에 따라 자유롭게 움직이면서 상기 튜브 내측에 공간을 형성할 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 복합소재 제조방법은, 제1 프리프레그층을 안착시키는 단계, 상기 제1 프리프레그층 위에 튜브를 배치하는 단계, 상기 튜브 내부에 와이어를 개재하는 단계, 상기 튜브 위로 제2 프리프레그층을 배치 단계, 상기 제1 프리프레그층과 상기 제2 프리프레그층을 압착시키는 단계 및 압착된 상태에서 진공을 형성하는 진공단계를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 와이어는 형상기억합금으로 이루어질 수 있다.

[0011] 상기 진공단계 이후, 상기 와이어를 상기 튜브로부터 제거하는 제거단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 제거단계 이후, 상기 튜브 내부로 전단농화유체를 충진하는 충진단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 충진단계는, 상기 튜브 일측에 진공을 형성하는 단계 및 상기 튜브 타측에 전단농화유체를 공급하는 단계를 포함할 수 있다.

## *발명의 효과*

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 복합소재 및 이의 제조방법은 하이브리드복합재의 감쇠특성을 향상시킬 수 있다.

## *도면의 간단한 설명*

[0015] 도 1은 하이브리드복합재를 제조하는 하이드로포밍 장치를 나타낸 개요도이다.

도 2 내지 도 4는 도 1에 나타낸 하이드로포밍 장치의 작동 순서도이다.

도 5는 하이브리드복합재 개요도이다.

도 6는 하이브리드복합재에 전단농화유체를 주입하는 과정을 나타낸 개요도이다.

도 7은 다른 실시예에 따른 하이브리드복합재 제조장치의 개요도이다.

도 8은 하이브리드복합재와 전단농화유체가 포함되지 않은 일반복합재를 비교해서 나타낸 사진이다.

도 9은 도 8에 도시된 하이브리드복합재의 단면 사진이다.

도 10은 도 8에 도시된 하이브리드복합재의 진동모드에 따른 특성을 도시한 그림이다.

도 11은 도 8에 도시된 전단농화유체가 포함되지 않은 일반복합재의 진동모드에 따른 특성을 도시한 그림이다.

도 12은 도 10 및 도 11에 도시된 진동모드를 측정한 표이다.

도 13은 도 8에 도시된 하이브리드복합재와 전단농화유체가 포함되지 않은 일반복합재의 진동모드에 따른 감쇠특성을 측정하여 나타낸 그래프이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0016] 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.

[0017] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.

[0018] 또한, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0019] 또한, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0020] 도 1은 하이브리드복합재를 제조하는 하이드로포밍 장치를 나타낸 개요도이다.

[0021] 도 1을 참고하면, 하이드로포밍장치(100)는 금형(10)과 실링로드(13)를 포함할 수 있다.

[0022] 금형(10)은 제1 금형(11) 및 제2 금형(12)을 포함할 수 있다. 제1 금형(11)과 제2 금형(12)은 서로 결합되어 밀폐된 공간을 형성하게 되며, 제1 금형(11)과 제2 금형(12)의 양측으로 실링로드(13)가 결합될 수 있다. 제1 금형(11)과 제2 금형(12)이 마주보는 면은 하이드로포밍으로 성형하고자 하는 형상으로 형성되어 있다.

[0023] 실링로드(13)는 제1 금형(11)과 제2 금형(12) 사이에 개재되는 파이프(30)에 축 압축력을 가하며, 제1 금형(11)과 제2 금형(12)의 내부에 개재되는 파이프(30) 내부에 높은 액압을 가해서 파이프(30) 외면을 금형(10)으로 모방하여 희망하는 형상으로 성형하게 된다.

[0024] 파이프(30)는 제1 금형(11)과 제2 금형(12) 사이에 개재되며, 제1 금형(11)과 제2 금형(12)의 결합으로 밀폐된 공간에 위치하게 된다.

[0025] 도 2 내지 도 4는 도 1에 나타낸 하이드로포밍 장치의 작동 순서도이다.

[0026] 도 2 내지 도 4를 참고하면, 제1 금형(11)과 제2 금형(12)은 마주보는 면이 대응되도록 형성되어, 제1 금형(11)과 제2 금형(12)의 결합으로 제1 금형(11)과 제2 금형(12)의 내부는 밀폐될 수 있다.

[0027] 제1 금형(11)의 상면에는 반원형의 홈(111)이 복수개가 형성되어 있으며, 제2 금형(12)의 바닥면에는 제1 금형(11)의 홈(111)과 대응되는 위치에 대응홈(121)이 형성될 수 있다. 홈(111)은 다양한 형상으로 형성될 수 있다. 예를 들면, 홈(111)은 제1 금형(11)의 길이방향을 따라 형성될 수 있다. 다른 예로, 홈(111)은 제1 금형(11) 상면에서 자유로운 형상으로 형성될 수 있다. 대응홈(121)은 제2 금형(12)의 바닥면에서 제1 금형(11)에 형성된 홈(111)에 대응되도록 형성되며 이러한 형상으로 인해, 제1 금형(11)과 제2 금형(12)으로 형성되는 물체의 내부에 다양한 모양의 내부 유로를 형성할 수 있다.

[0028] 제1 금형(11)의 상면과, 제2 금형(12)의 바닥면은 소정 간격으로 이격되어 있으며, 이러한 이격된 거리는 파이프(30)가 하이드로포밍되어 형성되는 하이브리드복합재의 두께일 수 있다. 제1 금형(11)과 제2 금형(12)에 각각 형성된 홈(111)과 대응홈(121)에 의해 하이브리드복합재(60)의 표면은 다소 울퉁불퉁하게 형성될 수도 있다.

[0029] 제1 금형(11)과 제2 금형(12) 사이에 파이프(30)를 위치시킬 수 있다. 예를 들면, 파이프(30)는 프리프레그로 형성되리 수 있으며, 프리프레그는 탄소섬유와 수지의 혼합물일 수 있다. 이러한 파이프(30)는 내측이 가압됨으로써 제1 금형(11)과 제2 금형(12)이 형성하는 모양으로 성형될 수 있다.

[0030] 파이프(30)는 제1 금형(11)과 제2 금형(12)에 형성된 홈(111)과 대응홈(121)에 의해 다양한 유로를 갖도록 성형될 수 있다. 예를 들면, 홈(111)과 대응홈(121)이 제1 금형(11) 및 제2 금형(12)의 길이방향으로 형성될 경우, 파이프(30)는 길이방향을 따라 단면이 일정한 홀(60a)이 형성될 수 있다. 다른 예로, 홈(111)과 대응홈(121)이 만곡진 형태로 형성될 경우에는 단면이 동일하고, 유로가 만곡진 형태의 홀(60a)을 형성할 수 있다.

[0031] 한편, 파이프(30)를 제1 금형(11)과 제2 금형(12) 사이에 배치하기 전에, 파이프(30) 내부에 튜브(70)를 개재할 수 있다. 예를 들면, 튜브(70)는 폴리이미드로 형성될 수 있다. 한편, 튜브(70)를 파이프(30) 내부에 개재하기 전에, 외측에 윤활유가 코팅된 와이어를 준비하여, 이를 튜브(70) 내부에 개재할 수 있다.

[0032] 즉, 와이어가 내부에 개재된 튜브(70)를, 파이프(30) 내부로 삽입시킨 후, 이러한 파이프(30)를 제1 및 제2 금형(11,12) 사이에 배치할 수 있다.

[0033] 제1 금형(11)과 제2 금형(12)을 가압 프레스 하여 하이드로포밍 하게 된다. 하이드로포밍 하면서, 제1 금형(11) 및 제2 금형(12)의 온도를 높일 수 있다. 제1 금형(11) 및 제2 금형(12)으로 밀폐된 공간을 진공으로 형성할 수 있다. 예를 들어, 진공통로(11a,12a)를 통해 제1 금형(11) 및 제2 금형(12) 사이의 공간 내 공기를 배출하여, 공간을 진공으로 형성할 수 있다.

[0034] 이를 통해, 프리프레그로 형성된 파이프(30)는 제1 금형(11) 및 제2 금형(12)에 가해지는 온도에 의해 녹으면서 압착되어 탄소섬유강화폴리머로 변경될 수 있다. 또한, 진공이 형성되어 프리프레그의 수지가 제거되면서 탄소섬유강화폴리머의 경도는 강화될 수 있다.

[0035] 실링로드(13)를 제1 금형(11) 및 제2 금형(12)에 결합하고, 실링로드(13)를 통해 파이프(30) 내에 고압의 유체를 주입할 수 있다. 예를 들면, 유체는 윤활유일 수도 있다. 탄소섬유강화폴리머인 파이프(30) 내부에 형성된 유로는 윤활유에 의해 코팅된 효과를 얻을 수 있다.

[0036] 파이프(30) 내부에 유체를 주입한 이후, 파이프(30) 내부에 주입된 유체를 제거할 수 있다. 예를 들어, 유체는 제2 금형에 형성된 유체출구(12b)를 통해 배출되어 제거될 수 있다.

[0037] 그 이후, 유체가 제거된 파이프(30) 내부로 전단농화유체를 충진할 수 있다.

[0038] 예를 들어, 파이프(30) 내부에 형성된 홀(60a) 내측면으로 윤활유가 코팅될 수 있다. 홀(60a)이 윤활유로 인해 코팅됨에 따라, 직선으로 형성된 홀(60a)뿐 아니라, 만곡지게 형성된 홀(60a) 내부로 전단농화유체를 보다 용이하게 충진할 수 있다. 한편, 홀(60a) 내부에는 튜브(70)가 배치될 수 있다. 이때, 전단농화유체는 홀(60a) 내부에 위치하는 튜브(70)로 충진될 수 있다.

[0039] 도 5는 하이브리드복합재 개요도이다.

[0040] 도 5을 참고하면, 하이브리드복합재(60)는 제1 탄소섬유강화폴리머(31)와 제2 탄소섬유강화폴리머(32)의 결합으로 형성될 수 있다.

[0041] 제1 탄소섬유강화폴리머(31)와 제2 탄소섬유강화폴리머(32) 사이에는 홀(60a)이 형성될 수 있다. 예를 들면, 홀(60a)은 제1 탄소섬유강화폴리머(31) 및 제2 탄소섬유강화폴리머(32) 사이에서 길이방향으로 균일한 단면으로 형성될 수 있다. 이때, 홀(60a)은 직선으로 형성될 수도 있고 만곡지게 형성될 수도 있다. 또한, 홀(60a)의 단면은 원형 또는 사각형으로 형성될 수 있다.

[0042] 홀(60a)은 복수개가 이격되어 배치될 수 있다. 홀(60a)의 단면은 제1 탄소섬유강화폴리머(31)와 제2 탄소섬유강화폴리머(32) 내부에서 일정하게 유지될 수 있다. 즉, 홀은 제1 탄소섬유강화폴리머(31)와 제2 탄소섬유강화폴리머(32)의 가압 프레스 또는 고온 압착에도 균일한 단면을 유지하며 위치할 수 있다. 이에 따라, 단면의 변화에 의해 유체가 공급되지 않는 현상을 방지할 수 있으며, 홀(60a)의 단면이 일정하여 보다 원활하게 유체를 충진할 수 있다. 또한, 유체는 기체 또는 액체일 수 있다. 예를 들면, 유체는 비압축성 기체일 수 있다. 다른 예로, 유체는 전단농화유체일 수 있다.

[0043] 도 6는 하이브리드복합재에 전단농화유체를 주입하는 과정을 나타낸 개요도이다.

[0044] 도 6을 참고하면, 홀(60a)이 형성된 하이브리드복합재(60)의 일측을 진공챔버(40)에 연결시키고, 타측에 공급챔버(50)를 연결하여 전단농화유체를 공급함으로써, 홀(60a) 내부에 유체를 충진할 수 있다. 이때, 유체는 전단농화유체일 수 있다.

[0045] 전단농화유체는, 진공에 의해 하이브리드복합재(60) 내부에 형성된 홀(60a)을 관통하여 하이브리드복합재(60)의 타측에서 일측으로 이동될 수 있다. 이로써, 전단농화유체가 하이브리드복합재(60) 내부 홀(60a)에 완전히 채워진 것을 육안으로 확인이 가능할 수 있다. 이후, 하이브리드복합재(60) 양측을 실리콘 등으로 마감하여, 홀(60a) 내부에 충진된 전단농화유체를 밀실하게 저장할 수 있다. 다른 예로, 하이브리드복합재(60)의 홀(60a) 내부에 튜브(70)를 먼저 삽입하고, 튜브(70) 내부에 전단농화유체를 충진할 수 있다.

[0046] 도 7은 다른 실시예에 따른 하이브리드복합재 제조 장치의 개요도이다.

[0047] 도 7을 참고하면, 하이브리드복합재 제조장치(200)는 제조챔버(230)를 포함할 수 있다. 하이브리드복합재(60)는 제조챔버(230) 내부에서 고온 압착으로 형성될 수 있다. 제조챔버(230)는 고온으로 유지될 수 있다. 예를 들면, 제조챔버(230)는 오토클레이브 장치일 수 있다.

[0048] 제조챔버(230) 내부에는 제1 금형(231)과 제2 금형(232)이 위치하게 되고, 제1 금형(231) 위에 제1 프리프레그층(210)을 형성할 수 있다. 제1 프리프레그층(210) 위로, 튜브(70)를 배치시키고, 튜브(70) 위로 제2 프리프레그층(220)을 형성할 수 있다.

[0049] 제1 프리프레그층(210) 및 제2 프리프레그층(220)은 탄소섬유와 수지의 혼합물로 이루어지며, 단위 프리프레그가 복수개가 모여 프리프레그층을 형성하게 된다. 또한, 튜브(70)는 고온에 견딜 수 있는 재질로 형성될 수 있다. 예를 들면, 튜브(70)는 폴리이미드로 형성될 수 있다. 이를 통해, 고온으로 인한 튜브(70)의 열변형을 방지할 수 있다.

[0050] 제조챔버(230)에는 진공펌프(240)가 연결되며, 제1 프리프레그층(210), 튜브(70) 및 제2 프리프레그층(220)이 압착될 때, 진공을 형성하여, 제1 프리프레그층(210) 및 제2 프리프레그층(220)으로부터 공기와 수지를 제거하게 된다. 예를 들면, 제1 프리프레그층(210), 튜브(70) 및 제2 프리프레그층(220)이 적층된 뒤, 실런트를 도포하고 진공백(233)을 적층부위에 덮어 진공펌프(240)를 이용하여 외부와의 공기를 차단시킨다.

[0051] 또한, 제2 금형(232)과 제2 프리프레그층(220) 사이에는 분리층(222)이 형성될 수 있다. 예를 들면, 분리층(222)은 부직포일 수 있다. 이에 따라, 제2 프리프레그층(220)으로 부터 빠져나오는 수지는 분리층(222)에 흡착될 수 있다.

[0052] 한편, 제조챔버(230) 내부에서 제2 금형(232)을 프레스로 압착시키기 전에 튜브(70) 내부에 와이어(80)를 개재할 수 있다. 즉, 압착으로 인해 튜브(70)가 찌그러지는 것을 방지하기 위해, 튜브(70) 내부에 와이어(80)를 개재하여 압착으로 인한 외부 압력을 견뎌낼 수 있다. 예를 들면, 튜브(70) 내부에는 비압축성 기체나 유체를 개재할 수 있다.

[0053] 와이어(80)의 표면에는 윤활제를 코팅한 뒤, 튜브(70) 내부에 삽입할 수 있다. 윤활제는 와이어(80)와 튜브(70) 내측면 사이에 윤활층을 형성할 수 있다. 이를 통해, 하이브리드복합재(60)의 제조가 완료되고, 와이어(80)는 튜브로부터 보다 원활하게 제거될 수 있다.

[0054] 와이어(80)는 형상기억합금 와이어일 수 있다. 예를 들면, 튜브(70)의 지름이 0.4㎜ 일 경우, 와이어(80)의 단면 지름은 0.38㎜ 일 수 있다. 형상기억합금 와이어(80) 표면에 코팅된 윤활제에 의해 튜브(70) 내부로 형상기억합금이 끼워질 수 있다. 즉, 윤활층은 0.02㎜로 형성될 수 있다.

[0055] 와이어(80)는 하이브리드복합재 제조장치(200)의 제조챔버(230) 내부의 온도가 고온으로 올라갈 경우, 튜브(70) 내부에서 온도에 따라 무빙 할 수 있다. 이에 따라, 형상기억합금으로 형성되는 와이어(80)는 하이브리드복합재(60) 제조과정 내내 튜브(70) 내부에서 움직이게 되어 튜브(70) 내측면과 형상기억합금이 서로 융착되는 것이 방지될 수 있다. 이로 인해 와이어(80)는 보다 쉽게 밖으로 인출될 수 있다. 또한, 와이어(80)의 두께가 튜브(70)의 두께와 거의 비슷하게 되어, 제1 탄소섬유강화폴리머(31)와 제2 탄소섬유강화폴리머(32)가 고압으로 압착될 경우에도 튜브(70) 내부의 단면은 크게 변형되지 않고 원형으로 유지될 수 있다.

[0056] 와이어(80)는 하이브리드복합재(60)의 제조가 완료된 후, 튜브(70)로부터 인출되어 제거될 수 있다. 예를 들어, 와이어(80)는 윤활층에 의해 튜브(70)로부터 제거되고, 에탄올을 이용하여 튜브(70) 내부에 남아있는 이물질이나 윤활제를 제거할 수 있다.

[0057] 도 8은 하이브리드복합재와 전단농화유체가 포함되지 않은 일반복합재를 비교해서 나타낸 사진이고, 도 9은 도 8에 도시된 하이브리드복합재의 단면 사진이다.

[0058] 도 8을 참고하면, 하이브리드복합재(60)와 일반복합재(62) 각각 2종류 샘플을 준비하였다. 각 샘플의 외형은 육안으로 확인한 결과 거의 비슷하다. 즉, 본 발명의 제조방법에 따른 하이브리드복합재(60)의 경우, 일반적인 일반복합재(62)와 같이 다양한 분야에 적용이 될 수 있다.

[0059] 도 9를 참고하면, 하이브리드복합재(60)의 단면에서 복수개의 홀(60a)이 형성되어 있음을 확인할 수 있다. 홀(60a)에는 전술한 바와 같이 튜브(70)가 개재되어 있을 수 있으며, 본 샘플에서는 튜브(70)가 개재되어 있다. 이때, 하이브리드복합재(60)의 표면이 튜브(70)의 외형을 따라 울퉁불퉁하게 미세하게 형성됨을 확인할 수 있다. 또한,

[0060] 도 10은 도 8에 도시된 하이브리드복합재의 진동모드에 따른 특성을 도시한 그림이고, 도 11은 도 8에 도시된 전단농화유체가 포함되지 않은 일반복합재의 진동모드에 따른 특성을 도시한 그림이고, 도 12은 도 10 및 도 11에 도시된 진동모드를 측정한 표이다.

[0061] 도 10 내지 도 12을 참고하면, 하이브리드복합재(60)와 일반복합재(62)의 각 진동모드에 따른 벤딩 모드(bending mode), 뒤틀림 모드(twist mode) 등의 특성을 개시하였다. 도 12를 참고하면, 진동모드 #1은 2.51Hz, 진동모드 #2는 18.33Hz, 진동모드 #3은 25.88Hz, 진동모드 #4는 10.401Hz, 진동모드 #5는 27.54Hz, 진동모드 #6은 69.18Hz으로 구성될 수 있다.

[0062] 하이브리드복합재(60)의 진동특성과 일반복합재(62)의 진동 특성은 그 형태를 육안으로 비교할 때, 전체적인 거동이 비슷하다는 것을 확인할 수 있다. 다만, 도 12의 표를 참고할 때, 하이브리드복합재(60)의 평균 주파수가 일반복합재(62)의 평균 주파수보다 약간 높게 형성된다. 따라서, 하이브리드복합재(60)의 진동특성이 개선되었다고 할 수 있으며, 공진 주파수와의 차이가 커져 공진에 의해 파괴되는 것이 방지되는 효과를 얻을 수 있다.

[0063] 도 13은 도 8에 도시된 하이브리드복합재와 전단농화유체가 포함되지 않은 일반복합재의 진동모드에 따른 감쇠특성을 측정하여 나타낸 그래프이다.

[0064] 도 13을 참고하면, 하이브리드복합재(60)와 일반복합재(62)의 감쇠특성에 있어서, 매우 큰 차이가 나는 것을 확

인할 수 있다.

[0065] 구체적으로, 진동모드 #1에서 일반복합재(62)의 경우 1.420%로 측정된 데에 반해 하이브리드복합재(60)의 경우 3.017%로 측정되어 약 112.44%의 감쇠특성의 증가가 측정되었다. 이는 2배가 넘는 수치로 감쇠특성이 크게 증가되는 것으로, 일반복합재(62)의 낮은 감쇠특성을 혁신적으로 개선시킨 것으로, 소음, 피로 내구성. 구조물의 안정성 및 공진 등을 설계할 때, 구조물의 동적강성을 증가시켜 감쇠특성을 향상시킬 수 있다. 또한, 하이브리드복합재(60) 사이에 튜브(70)를 개재하여 고온으로 압착시켜 발생하는 층간 박리현상(Delamination)을 최소화시킬 수 있다. 또한, 튜브(70)의 개수를 조절할 수 있어, 하이브리드복합재(60) 사이에 보다 많은 양의 전단농화 유체를 위치시킬 수 있다.

## 부호의 설명

[0066] 100: 하이드로포밍장치 10: 금형

11,231: 제1 금형 111: 홈

12,232: 제2 금형 121: 대응홈

11a, 12a: 진공통로 12b: 유체출구

13, 14: 실링로드 30: 파이프

31: 제1 탄소섬유강화폴리머 32: 제2 탄소섬유강화폴리머

40: 진공챔버 40a: 진공파이프

50: 공급챔버 60: 하이브리드복합재

60a: 홀 62: 일반복합재

70: 튜브 80: 와이어

200: 하이브리드복합재 제조장치

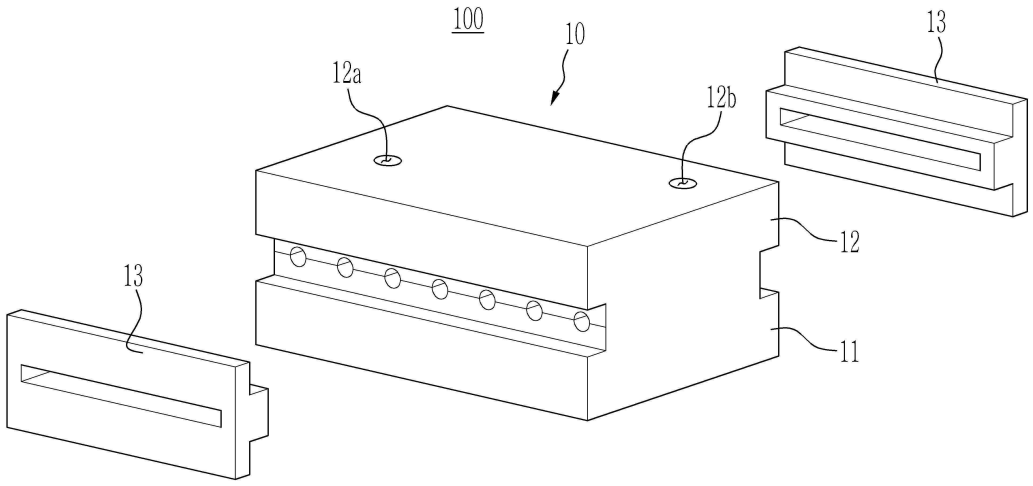
210: 제1 프리프레그층 220: 제2 프리프레그층

222: 분리층 230: 제조챔버

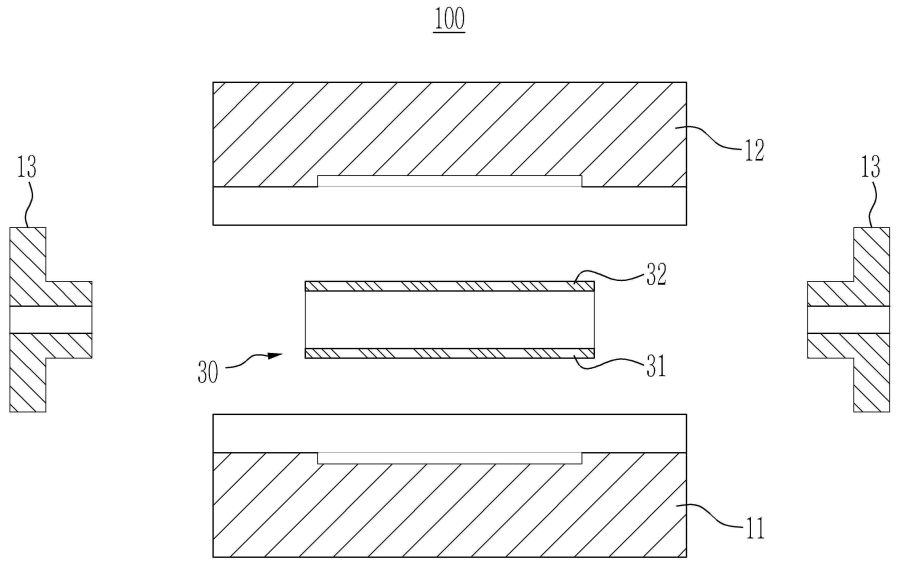
233: 진공백 240: 진공펌프

## 도면

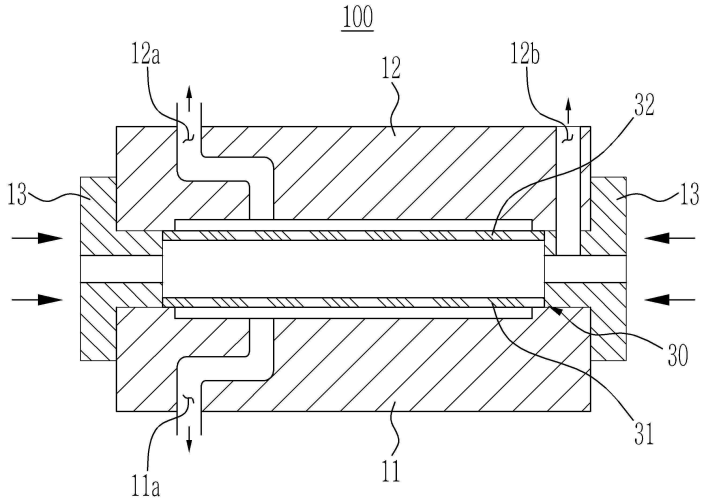
### 도면1



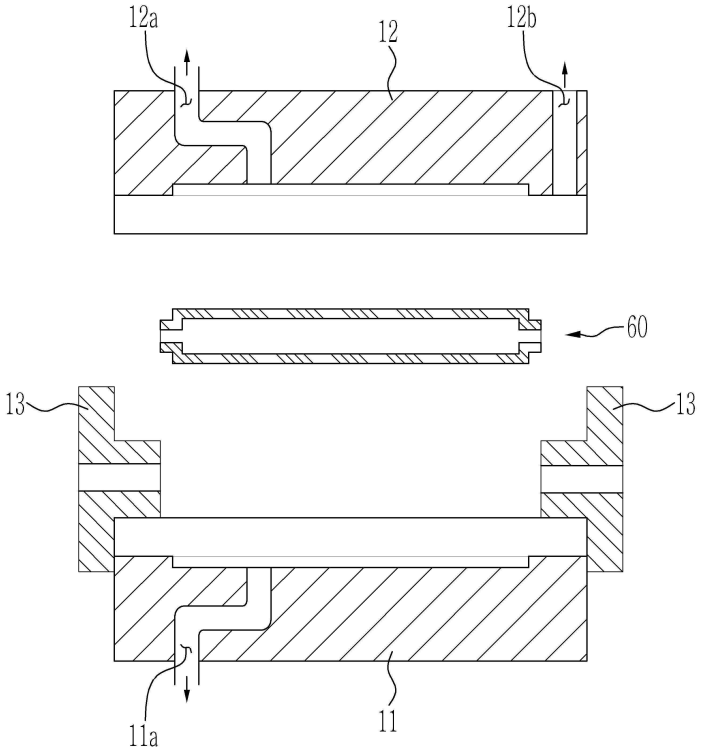
도면2



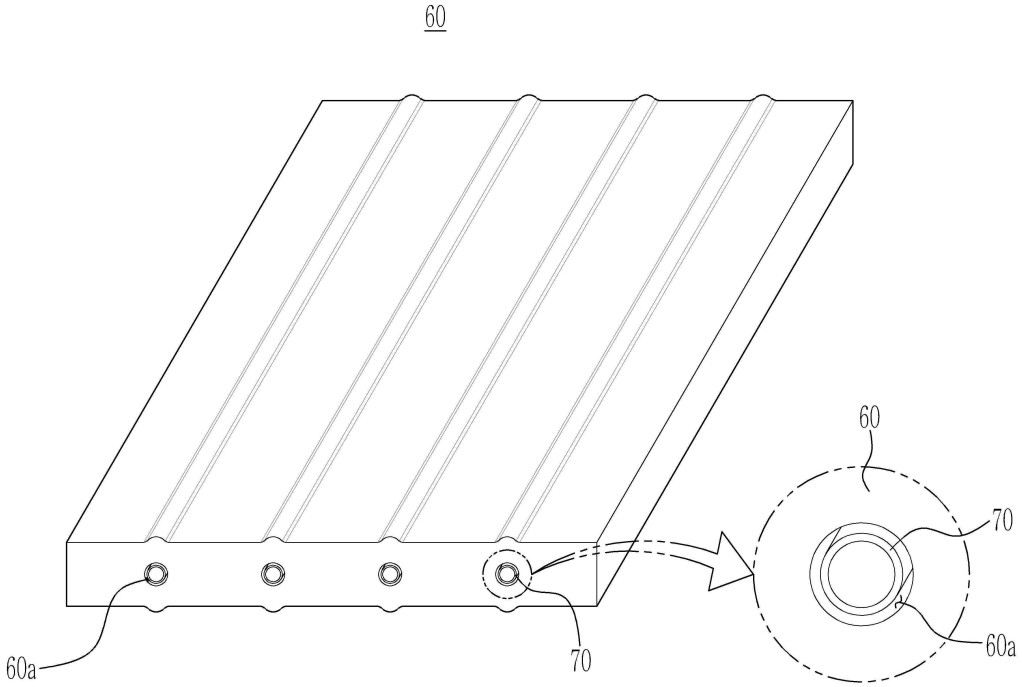

도면3



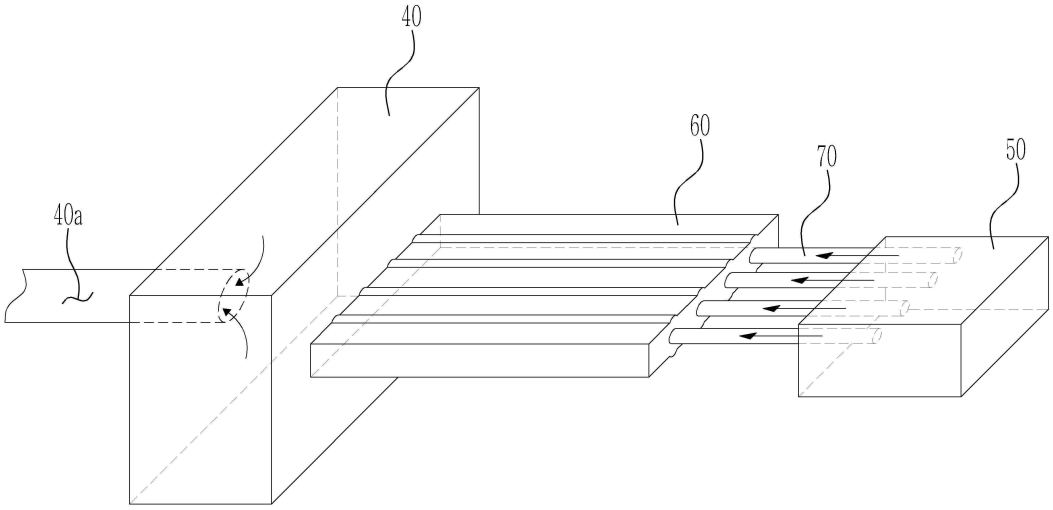
도면4



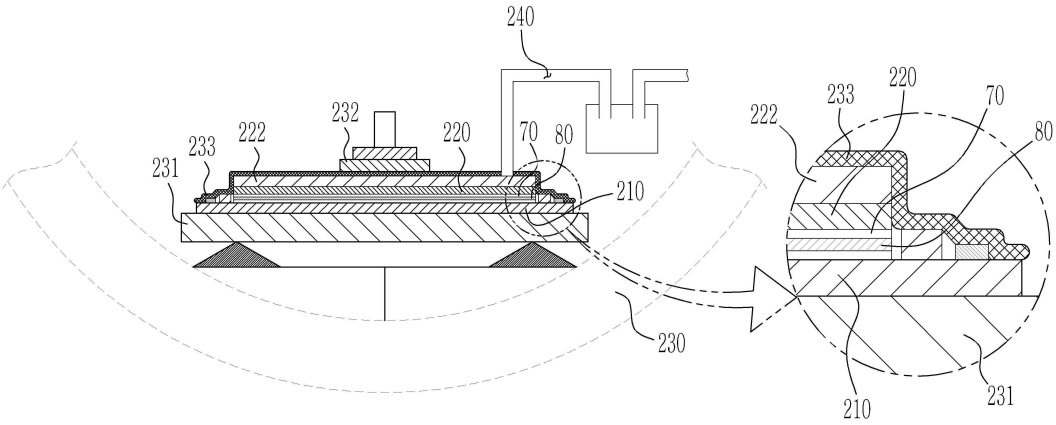

도면5



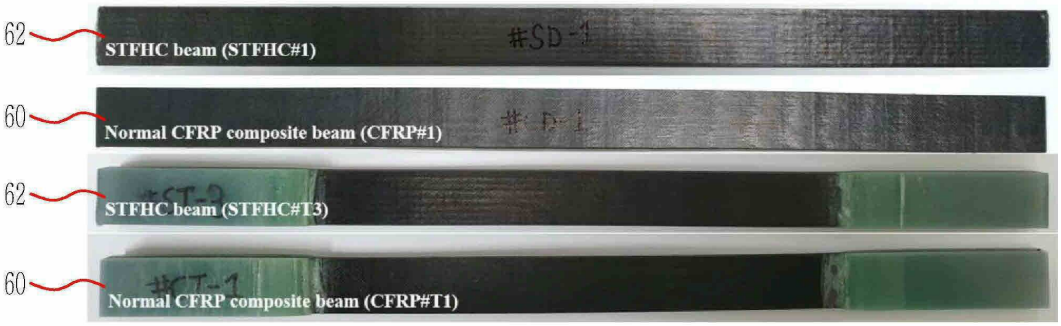
도면6




도면7

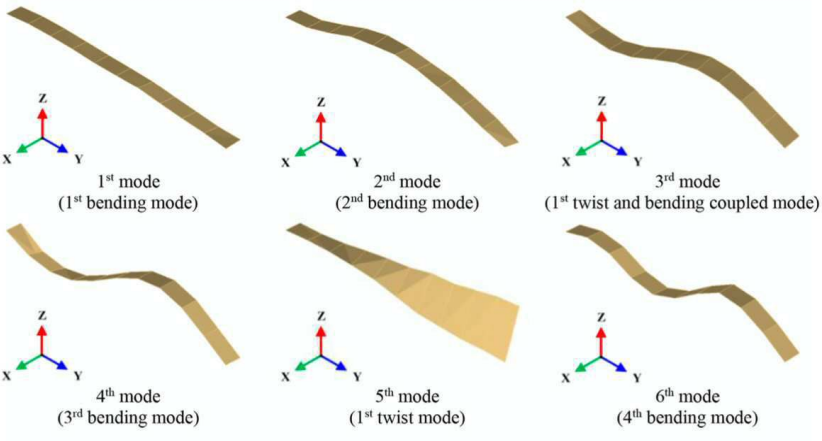



도면8

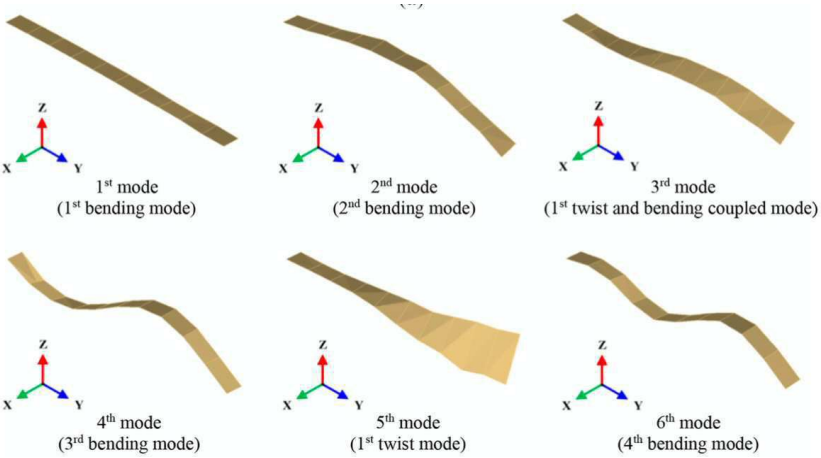



도면9

도면10




도면11

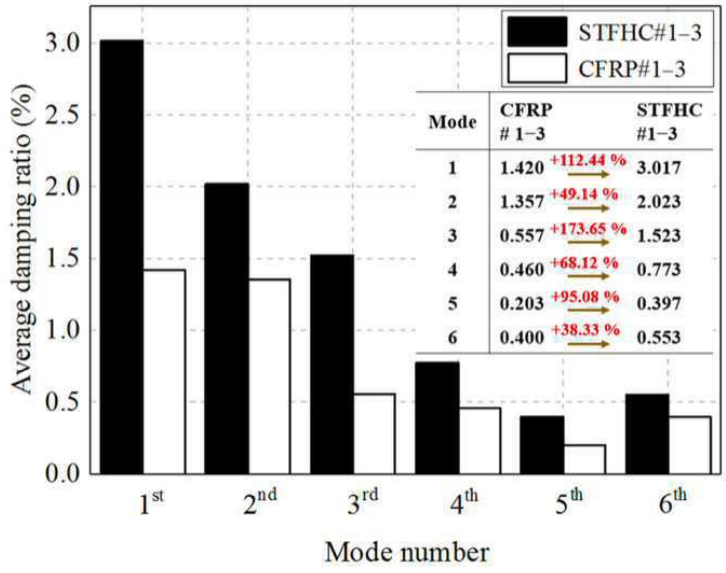



도면12

| Specimen number | Frequency (Hz) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1st mode | 2nd mode | 3rd mode | 4th mode | 5th mode | 6th mode |
| STFHC#1 | 16.60 | 98.85 | 184.97 | 214.04 | 277.64 | 394.84 |
| STFHC#2 | 16.78 | 99.83 | 186.83 | 212.57 | 274.57 | 398.91 |
| STFHC#3 | 16.18 | 94.53 | 185.30 | 209.81 | 279.03 | 381.34 |
| Average values (a) | 16.52 | 97.74 | 185.70 | 212.14 | 277.08 | 391.70 |
| CFRP#1 | 14.19 | 82.81 | 163.94 | 200.99 | 241.60 | 329.79 |
| CFRP#2 | 13.92 | 76.75 | 159.58 | 204.22 | 254.73 | 314.89 |
| CFRP#3 | 13.93 | 78.66 | 155.94 | 200.01 | 252.28 | 322.87 |
| Average values (b) | 14.01 | 79.41 | 159.82 | 201.74 | 249.54 | 322.52 |
| | Difference of averaged frequencies (Hz) | | | | | |
| Values (a − b) | 2.51 | 18.33 | 25.88 | 10.40 | 27.54 | 69.18 |

STFHC: STF hybrid composite; CFRP: carbon fiber reinforced polymer.

도면13


STFHC#1-3
CFRP#1-3
Average damping ratio (%)
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
1st
2nd
3rd
4th
5th
6th
Mode number
Mode | CFRP # 1-3 | STFHC #1-3
1 | 1.420 +112.44 % | 3.017
2 | 1.357 +49.14 % | 2.023
3 | 0.557 +173.65 % | 1.523
4 | 0.460 +68.12 % | 0.773
5 | 0.203 +95.08 % | 0.397
6 | 0.400 +38.33 % | 0.553