(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0140556
(43) 공개일자 2024년09월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 5/00 (2006.01) *B22F 7/00* (2006.01)
B22F 7/02 (2006.01) *B33Y 10/00* (2015.01)
(52) CPC특허분류
B22F 5/00 (2013.01)
B22F 7/002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0035067
(22) 출원일자 2023년03월17일
심사청구일자 2023년03월17일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
조진연
서울특별시 양천구 목동서로 100, 330동 503호 (목동, 목동신시가지아파트3단지)
김정호
인천광역시 연수구 아카데미로 446, 203동 1602호 (송도동, 힐스테이트 레이크 송도2차)
조자룡
인천광역시 연수구 원인재로 88, 114동 1603호 (동춘동, 대우삼환아파트)
(74) 대리인
류성민

전체 청구항 수 : 총 10 항

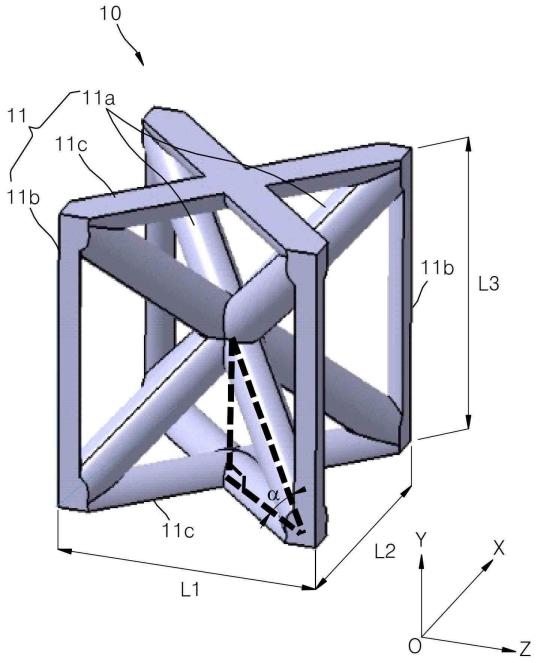
(54) 발명의 명칭 **보강 영역을 구비한 격자 구조물**

(57) 요 약

본 발명은 격자 구조물에 관한 것으로서, 서로 연결된 복수 개의 스트럿 부재를 포함하는 단위 격자 구조체를 다수개 포함하는 격자 구조물로서, 상기 단위 격자 구조체는, 서로 수직하게 교차하는 X축, Y축, Z축을 따라 복수개 나열되어 있으며, 상기 Y축은 상기 격자 구조물의 두께 방향과 나란하게 배치되어 있으며, 상기 X축, Y축, Z

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



축은 하나의 좌표축 원점을 공유하며, 상기 좌표축 원점은 상기 격자 구조물의 중심부에 배치되어 있으며, 상기 스트럿 부재의 구조 강도가, 상기 다른 영역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역을 포함하며, 상기 Y축 방향의 압축 하중이 상기 격자 구조물의 중심부 상면에 작용하는 경우에 그 압축 하중에 의한 충격 에너지를 효과적으로 흡수할 수 있도록, 상기 보강 영역은 상기 격자 구조물의 중심부에 근접하는 일정한 영역에 위치하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따르면, 동일한 질량 및 동일한 압축 변위를 기준으로 더 큰 충격력에도 견딜 수 있는 격자 구조물을 획득할 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류
B22F 7/02 (2013.01)
B33Y 10/00 (2013.01)
B22F 2303/405 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711163865
과제번호	2021R1A5A1031868
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	다분야 통합 도심항공 모빌리티 핵심기술 개발 센터
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서울대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

서로 연결된 복수 개의 스트럿 부재를 포함하는 단위 격자 구조체를 다수개 포함하는 격자 구조물로서,

상기 단위 격자 구조체는, 서로 수직하게 교차하는 X축, Y축, Z축을 따라 복수 개 나열되어 있으며,

상기 Y축은 상기 격자 구조물의 두께 방향과 나란하게 배치되어 있으며, 상기 X축, Y축, Z축은 하나의 좌표축 원점을 공유하며, 상기 좌표축 원점은 상기 격자 구조물의 중심부에 배치되어 있으며,

상기 스트럿 부재의 구조 강도가, 다른 영역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역을 포함하며,

상기 Y축 방향의 압축 하중이 상기 격자 구조물의 중심부 상면에 작용하는 경우에 그 압축 하중에 의한 충격 에너지를 효과적으로 흡수할 수 있도록, 상기 보강 영역은 상기 격자 구조물의 중심부에 근접하는 일정한 영역에 위치하는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 보강 영역은, 상기 좌표축 원점을 지나며 X축 방향을 따라 좌우로 미리 정한 값 이하의 길이을 가지는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 보강 영역은, 상기 좌표축 원점을 지나며 Y축 방향을 따라 상하로 연장되어 있는 막대 형태를 가지는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 보강 영역은, 상기 좌표축 원점을 지나며, Y-Z 평면을 따라 상하전후로 연장되어 있는 평판 형태를 가지는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 보강 영역의 X방향 길이는, 상기 격자 구조물의 X방향 전체 길이의 1/7 내지 1/4의 값을 가지는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 보강 영역의 Y방향 길이는, 상기 격자 구조물의 Y방향 전체 길이와 동일한 값을 가지는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 보강 영역의 Z방향 길이는, 상기 격자 구조물의 Z방향 전체 길이의 1/7 내지 1 값을 가지는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 단위 격자 구조체는, 체심 입방 격자 구조의 스트럿 부재를 가지는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 스트럿 부재는 중공 없는 막대 부재의 형태로 마련되어 있는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 스트럿 부재는 중공을 가지는 파이프 부재의 형태로 마련되어 있는 것을 특징으로 하는 격자 구조물

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 격자 구조물에 관한 것으로서, 특히 동일한 질량 및 동일한 압축 변위를 기준으로 더 큰 충격력에도 견딜 수 있는 격자 구조물에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 금속 3D 프린팅 기법이 최근에 급속히 발전함에 따라, 다양한 형상을 가진 금속 격자 구조물(Lattice Structure)의 제조가 매우 용이해지고 있으므로, 그 금속 3D 프린팅 기법으로 제조된 격자 구조물이 항공기, 선박 등의 제조에 널리 쓰이고 있다.

[0003] 종래에 자주 채택되던 체심 입방 격자(Body Centered Cubic, BCC) 구조를 가진 "BCC"형 단위 격자 구조체(1)의 일례가 도 11에 도시되어 있다. 상기 "BCC"형 단위 격자 구조체(1)는, 가상의 육면체의 꼭지점과 상기 가상의 육면체의 중심점을 잇는 직선형 스트럿 부재(2)를 8개 포함하고 있다.

[0004] 상기 단위 격자 구조체(1)는, 도 11에 도시된 바와 같이 가로 세로 높이 방향으로 L1, L2, L3의 길이를 가지며, 상기 스트럿 부재(2)와 X-Z평면이 이루는 각도 α를 가진다. 여기서, 상기 L1, L2, L3가 모두 동일한 값을 가질 때 상기 각도 α는 35.26도의 값이다.

[0005] 종래의 단위 격자 구조체(1)는, 도 2 내지 도 6에 도시된 바와 같이 서로 수직하게 교차하는 X축, Y축, Z축을 따라 복수 개 나열됨으로써, 일정한 형상과 부피를 가진 격자 구조물을 형성하게 된다.

[0006] 그러나 종래의 단위 격자 구조체(1)를 포함하는 격자 구조물은, 도 2에 도시된 바와 같이 Y축 방향의 압축 하중(Crushing Force)(P)이 작용하는 경우에, 그 압축 하중(P)으로 인하여 상기 스트럿 부재(2)의 길이 방향과 나란한 대각선 방향으로의 파손이 발생하고, 그로 인하여 충격 에너지 흡수 성능이 저하되는 문제점이 발생한다.

[0007] 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 도 12에 도시된 바와 같이 상기 "BCC"형 단위 격자 구조체(1)의 스트럿 부재(2)보다 더 굵은 스트럿 부재(2a)를 포함하고, 보강용 스트럿 부재(3)를 추가한 단위 격자 구조체(1a)가 제안되기도 하였다.

[0008] 그러나 상기 단위 격자 구조체(1a)의 경우에도, 질량의 증가나 압축 하중(P)으로 인한 진동의 증가로 인하여, 실제 제품에 적용하기가 어려운 문제점은 여전히 남는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로서, 그 목적은 동일한 질량 및 동일한 압축 변위를 기준으로 더 큰 충격력에도 견딜 수 있도록 구조가 개선된 격자 구조물을 제공하기 위함이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 격자 구조물은, 서로 연결된 복수 개의 스트럿 부재를 포함하는 단위 격자 구조체를 다수개 포함하는 격자 구조물로서, 상기 단위 격자 구조체는, 서로 수직하게 교차하는 X축, Y축, Z축을 따라 복수 개 나열되어 있으며, 상기 Y축은 상기 격자 구조물의 두께 방향과 나란하게 배치되어 있으며, 상기 X축, Y축, Z축은 하나의 좌표축 원점을 공유하며, 상기 좌표축 원점은 상기 격자 구조물의 중심부에 배치되어 있으며, 상기 스트럿 부재의 구조 강도가, 상기 다른 영역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역을 포함하며, 상기 Y축 방향의 압축 하중이 상기 격자 구조물의 중심부 상면에 작용하는 경우에 그 압축 하중에 의한 충격 에너지를 효과적으로 흡수할 수 있도록, 상기 보강 영역은 상기 격자 구조물의 중심부에 근접하는 일정한 영역에 위치하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 여기서, 상기 보강 영역은, 상기 좌표축 원점을 지나며 X축 방향을 따라 좌우로 미리 정한 값 이하의 길이을 가지는 것이 바람직하다.

[0012] 여기서, 상기 보강 영역은, 상기 좌표축 원점을 지나며 Y축 방향을 따라 상하로 연장되어 있는 막대 형태를 가지는 것이 바람직하다.

[0013] 여기서, 상기 보강 영역은, 상기 좌표축 원점을 지나며, Y-Z 평면을 따라 상하전후로 연장되어 있는 평판 형태를 가지는 것이 바람직하다.

[0014] 여기서, 상기 보강 영역의 X방향 길이는, 상기 격자 구조물의 X방향 전체 길이의 1/7 내지 1/4의 값을 가지는 것이 바람직하다.

[0015] 여기서, 상기 보강 영역의 Y방향 길이는, 상기 격자 구조물의 Y방향 전체 길이와 동일한 값을 가지는 것이 바람직하다.

[0016] 여기서, 상기 보강 영역의 Z방향 길이는, 상기 격자 구조물의 Z방향 전체 길이의 1/7 내지 1값을 가지는 것이 바람직하다.

[0017] 여기서, 상기 단위 격자 구조체는, 체심 입방 격자 구조의 스트럿 부재를 가지는 것이 바람직하다.

[0018] 여기서, 상기 스트럿 부재는 중공 없는 막대 부재의 형태로 마련되어 있는 것이 바람직하다.

[0019] 여기서, 상기 스트럿 부재는 중공을 가지는 파이프 부재의 형태로 마련되어 있는 것일 수도 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면, 서로 연결된 복수 개의 스트럿 부재를 포함하는 단위 격자 구조체를 다수개 포함하는 격자 구조물로서, 상기 단위 격자 구조체는, 서로 수직하게 교차하는 X축, Y축, Z축을 따라 복수 개 나열되어 있으며, 상기 Y축은 상기 격자 구조물의 두께 방향과 나란하게 배치되어 있으며, 상기 X축, Y축, Z축은 하나의 좌표축 원점을 공유하며, 상기 좌표축 원점은 상기 격자 구조물의 중심부에 배치되어 있으며, 상기 스트럿 부재의 구조 강도가, 상기 다른 영역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역을 포함하며, 상기 Y축 방향의 압축 하중이 상기 격자 구조물의 중심부 상면에 작용하는 경우에, 그 압축 하중에 의한 충격 에너지를 효과적으로 흡수할 수 있도록, 상기 보강 영역은 상기 격자 구조물의 중심부에 근접하는 일정한 영역에 위치하므로, 동일한 질량 및 동일한 압축 변위를 기준으로 더 큰 충격력에도 견딜 수 있는 격자 구조물을 획득할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 서로 연결된 복수 개의 스트럿 부재를 포함하는 단위 격자 구조체의 일례를 나타내는 사시도이다.

도 2는 도 1에 도시된 단위 격자 구조체를 포함하는 격자 구조물의 제1례를 나타내는 도면이다.

도 3은 도 1에 도시된 단위 격자 구조체를 포함하는 격자 구조물의 제2례를 나타내는 도면이다.

도 4는 도 1에 도시된 단위 격자 구조체를 포함하는 격자 구조물의 제3례를 나타내는 도면이다.

도 5는 도 1에 도시된 단위 격자 구조체를 포함하는 격자 구조물의 제4례를 나타내는 도면이다.

도 6은 도 1에 도시된 단위 격자 구조체를 포함하는 격자 구조물의 제5례를 나타내는 도면이다.

도 7은 도 2에 도시된 격자 구조물의 제1례의 스트럿 부재의 두께 변화를 나타내는 도면이다.

도 8은 도 3 및 도 4에 도시된 격자 구조물의 제2례, 제3례의 스트럿 부재의 두께 변화를 나타내는 도면이다.

도 9는 도 5 및 도 6에 도시된 격자 구조물의 제4례, 제5례의 스트럿 부재의 두께 변화를 나타내는 도면이다.

도 10은 도 2 내지 도 6에 도시된 격자 구조물과 사용된 단위 격자 구조체의 개수가 다른 격자 구조물의 5개 실시예를 나타내는 도면이다.

도 11은 체심 입방 격자(Body Centered Cubic, BCC) 구조를 가진 "BCC"형 단위 격자 구조체의 사시도이다.

도 12는 체심 입방 격자(Body Centered Cubic, BCC) 구조를 가진 "BCC"형 단위 격자 구조체에 보강용 스트럿 부재를 추가한 단위 격자 구조체의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하에서, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하기로 한다.

[0023] 도 1은 서로 연결된 복수 개의 스트럿 부재를 포함하는 단위 격자 구조체의 일례를 나타내는 사시도이며, 도 2는 도 1에 도시된 단위 격자 구조체를 포함하는 격자 구조물의 제1례를 나타내는 도면이다. 도 3은 도 1에 도시된 단위 격자 구조체를 포함하는 격자 구조물의 제2례를 나타내는 도면이다.

[0024] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예를 확인하기 위한 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)은, 도심 항공 모빌리티(UAM), 무인항공기(UAV) 등의 항공기 분야에서 구조 해석에 사용될 수 있는 격자 구조물로서, 도 1에 도시된 단위 격자 구조체(10)를 다수개 포함하는 격자 구조물이다.

[0025] 여기서 상기 격자 구조물(M1, M4, M5)은 본 발명의 비교 실시예(비교예)이고 상기 격자 구조물(M2, M3)은 본 발명에 따른 실시예인데, 이하에서는 상기 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)을 본 실시예들로 명명한다.

[0026] 상기 단위 격자 구조체(10)는, 도 1에 도시된 바와 같이 서로 연결된 복수 개의 스트럿 부재(11)를 포함하는 격자 구조체이다.

[0027] 본 실시예들에서 상기 스트럿 부재(11)는, 중공 없는 원형 단면의 막대 부재의 헝태로 마련되어 있다.

[0028] 본 실시예들에서 상기 스트럿 부재(11)는, 8개의 제1 스트럿 부재(11a)와 4개의 제2 스트럿 부재(11b)와 2개의 제3 스트럿 부재(11c)를 포함한다.

[0029] 상기 제1 스트럿 부재(11a)는, 가상의 육면체의 꼭지점과 상기 가상의 육면체의 중심점을 잇는 직선형 스트럿 부재이다.

[0030] 상기 제2 스트럿 부재(11b)는, 가상의 육면체의 윗면에 있는 4개의 꼭지점에서 상기 가상의 육면체의 아랫면에 있는 4개의 꼭지점까지 각각 연결하는 직선형 스트럿 부재이다.

[0031] 상기 제3 스트럿 부재(11c)는, "+"자(cross) 형상 부재로서 한쌍이 마련되며, 상기 제2 스트럿 부재(11b)의 상단을 서로 연결하는 "+"자 형상 부재와, 상기 제2 스트럿 부재(11b)의 하단을 서로 연결하는 "+"자 형상 부재를 포함한다.

[0032] 결과적으로 본 실시예들에서, 상기 단위 격자 구조체(10)는, 체심 입방 격자(Body Centered Cubic lattice ; BCC) 구조의 제1 스트럿 부재(11a)와, 상하 방향인 Z축 방향으로 연장된 제2 스트럿 부재(11b)와, "+"자 형상의 제3 스트럿 부재(11c)를 포함하며, 소위 "BCCz+cross"형 단위 격자 구조체라고 약칭될 수 있다.

[0033] 상기 단위 격자 구조체(10)는, 도 1에 도시된 바와 같이 가로 세로 높이 방향으로 L1, L2, L3의 길이를 가지며, 상기 제1 스트럿 부재(11a)와 상기 제3 스트럿 부재(11c)가 이루는 각도 α를 가진다.

[0034] 본 실시예들에서 상기 L1, L2, L3는 모두 12㎜의 값을 가지며, 상기 각도 α는 35.26도의 값이다.

[0036] 상기 단위 격자 구조체(10)는, 도 2 내지 도 6에 도시된 바와 같이 서로 수직하게 교차하는 X축, Y축, Z축을 따라 복수 개 나열되어 있다.

[0037] 여기서, 상기 Y축은, 도 2 내지 도 6에 도시된 바와 같이 상기 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)의 두께 방향과 나란하게 배치되어 있다.

[0038] 본 실시예들에서 상기 X축, Y축, Z축은 하나의 좌표축 원점(O)을 공유하며, 상기 좌표축 원점(O)은, 도 2 내지 도 6에 도시된 바와 같이 상기 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)의 중심부에 배치되어 있다.

[0039] 본 실시예들에서 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)은, X축, Y축, Z축 방향으로 7개, 5개, 7개의 단위 격자 구조체(10)를 가지는 바, 총 245개의 단위 격자 구조체(10)를 가진다.

[0041] 먼저, 상기 격자 구조물(M1)은, 도 2에 도시된 바와 같이 단위 격자 구조체(10)의 위치에 상관이 없이 모든 스트럿 부재(11)가 동일한 구조 강도를 가진다.

[0042] 즉, 도 7에 도시된 바와 같이 상기 격자 구조물(M1)은, 특별한 보강 영역(R)이 없으며, 상기 스트럿 부재(11)의 반경이 모두 0.5㎜의 값을 가진다.

[0044] 그리고, 상기 격자 구조물(M2)은, 도 3에 도시된 바와 같이 상기 스트럿 부재(11)의 구조 강도가, 상기 다른 영역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역(R)을 구비한다.

[0045] 상기 보강 영역(R)은, 도 3에 도시된 바와 같이 상기 Y축 방향의 압축 하중(P)이 작용하는 경우에 그 압축 하중에 의한 충격 에너지를 효과적으로 흡수할 수 있도록, 상기 격자 구조물(M2)의 중심부에 근접하는 일정한 영역 이내에 위치한다.

[0046] 상기 격자 구조물(M2)은, 상기 보강 영역(R)이 상기 좌표축 원점(O)을 지나며, Y-Z 평면을 따라 상하전후로 연장되어 있는 평판 형태를 가지고 있다.

[0047] 본 실시예에서 상기 보강 영역(R)은, Z축 방향으로 7열 x Y축 방향으로 5열 x X축 방향으로 1열 = 총 35개의 단위 격자 구조체(10)를 포함한다.

[0048] 여기서, 상기 격자 구조물(M2)의 보강 영역(R)은, 상기 좌표축 원점(O)을 지나며 X축 방향을 따라 좌우로 12㎜의 길이를 가진다.

[0049] 여기서, 상기 보강 영역(R)의 X방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2)의 X방향 전체 길이의 1/7 값을 가진다.

[0050] 여기서, 상기 보강 영역(R)의 Y방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2)의 Y방향 전체 길이와 동일한 값을 가진다.

[0051] 여기서, 상기 보강 영역(R)의 Z방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2)의 Z방향 전체 길이와 동일한 값을 가진다.

[0053] 또한, 상기 격자 구조물(M3)은, 도 4에 도시된 바와 같이 상기 스트럿 부재(11)의 구조 강도가, 상기 다른 영역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역(R)을 구비한다.

[0054] 상기 보강 영역(R)은, 도 4에 도시된 바와 같이 상기 Y축 방향의 압축 하중(P)이 작용하는 경우에 그 압축 하중에 의한 충격 에너지를 효과적으로 흡수할 수 있도록, 상기 격자 구조물(M3)의 중심부에 근접하는 일정한 영역 이내에 위치한다.

[0055] 상기 격자 구조물(M3)은, 상기 보강 영역(R)이 상기 좌표축 원점(O)을 지나며 Y축 방향을 따라 상하로 연장되어 있는 막대 형태를 가지고 있다.

[0056] 본 실시예에서 상기 보강 영역(R)은, Z축 방향으로 1열 x Y축 방향으로 5열 x X축 방향으로 1열 = 총 5개의 단위 격자 구조체(10)를 포함한다.

[0057] 여기서, 상기 격자 구조물(M3)의 보강 영역(R)은, 상기 좌표축 원점(O)을 지나며 X축 방향을 따라 좌우로 12㎜의 길이를 가진다.

[0058] 여기서, 상기 보강 영역(R)의 X방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2)의 X방향 전체 길이의 1/7 값을 가진다.

[0059] 여기서, 상기 보강 영역(R)의 Y방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2)의 Y방향 전체 길이와 동일한 값을 가진다.

[0060] 여기서, 상기 보강 영역(R)의 Z방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2)의 Z방향 전체 길이의 1/7 값을 가진다.

[0062] 그리고 상기 격자 구조물(M4)은, 도 5에 도시된 바와 같이 상기 스트럿 부재(11)의 구조 강도가, 상기 다른 영

역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역(R)을 구비한다.

[0063] 다만, 상기 격자 구조물(M4)의 보강 영역(R)은, XZ View에서 알 수 있듯이 "+"자 형상의 모양을 가진다.

[0064] 본 실시예들에서 상기 보강 영역(R)은, Z축 방향으로 7열, Y축 방향으로 5열, X축 방향으로 7열을 가지며, 13 x 5 = 총 65개의 단위 격자 구조체(10)를 포함한다.

[0065] 여기서, 상기 격자 구조물(M4)의 보강 영역(R)은, 상기 좌표축 원점(O)을 지나며, X축 방향을 따라 좌우로 84mm의 길이, Z축 방향을 따라 전후로 84mm의 길이, Y축 방향을 따라 상하로 60mm의 길이를 가진다.

[0066] 따라서, 상기 격자 구조물(M4)의 보강 영역(R)의 X방향 길이는 상기 격자 구조물(M4)의 X방향 전체 길이와 동일하고, 상기 격자 구조물(M4)의 보강 영역(R)의 Z방향 길이는 상기 격자 구조물(M4)의 Z방향 전체 길이와 동일하다.

[0067] 즉 상기 격자 구조물(M4)의 보강 영역(R)은, 상기 격자 구조물(M4)의 중심부에 근접하는 일정한 영역 이내에만 위치하지 않고, 도 5의 XZ View에서 알 수 있듯이 전후 좌우로 확장되어 있다.

[0069] 또한 상기 격자 구조물(M5)는, 도 6에 도시된 바와 같이 상기 스트럿 부재(11)의 구조 강도가, 상기 다른 영역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역(R)을 구비한다.

[0070] 다만, 상기 격자 구조물(M5)의 보강 영역(R)은, XZ View에서 알 수 있듯이 "×"자 형상의 모양을 가진다.

[0071] 본 실시예에서 상기 보강 영역(R)은, Z축 방향으로 7열, Y축 방향으로 5열, X축 방향으로 7열을 가지며, 총 145개의 단위 격자 구조체(10)를 포함한다.

[0072] 여기서, 상기 격자 구조물(M5)의 보강 영역(R)은, 상기 좌표축 원점(O)을 지나며, X축 방향을 따라 좌우로 84mm의 길이, Z축 방향을 따라 전후로 84mm의 길이, Y축 방향을 따라 상하로 60mm의 길이를 가진다.

[0073] 따라서, 상기 격자 구조물(M5)의 보강 영역(R)의 X방향 길이는 상기 격자 구조물(M4)의 X방향 전체 길이와 동일하고, 상기 격자 구조물(M5)의 보강 영역(R)의 Z방향 길이는 상기 격자 구조물(M5)의 Z방향 전체 길이와 동일하다.

[0074] 즉 상기 격자 구조물(M5)의 보강 영역(R)은, 상기 격자 구조물(M5)의 중심부에 근접하는 일정한 영역 이내에만 위치하지 않고, 도 6의 XZ View에서 알 수 있듯이 전후 좌우로 확장되어 있다.

[0076] 본 실시예들에서 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)은, 모두 동일한 질량과 동일한 물성치를 가지며, 아래의 표 1처럼 상기 스트럿 부재(11)의 단면의 반경 값을 조절함으로써 상기 단위 격자 구조체(10)의 구조 강도를 조절한다.

[0077] 즉 상기 스트럿 부재(11)의 구조 강도는, 상기 스트럿 부재(11)의 단면의 반경 값을 조절함으로써, 상기 스트럿 부재(11)의 단면적 및 단면 이차 모멘트의 크기를 변경하여 조절될 수 있다.

표 1

[0078]

Model	그외 영역 반경(mm)	보강영역 반경(mm)	질량(g)
Model 1	0.5000	0.5000	99.5
Model 2	0.2500	1.2800	99.5
Model 3	0.4105	3.0000	99.5
Model 4	0.2500	0.8971	99.5
Model 5	0.2500	0.6245	99.5

[0079] 모델별 스트럿 부재의 단면의 반경(Strut Radius)

[0081] 본 실시예들에서 상기 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)의 질량은 99.5g으로 모두 동일하나, 위 표 1에 도시된 바와 같이 상기 스트럿 부재(11)의 단면의 반경은 각각 다른 값을 가진다.

[0083] 위와 같은 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5) 각각에 대하여, 상기 Y축 방향의 압축 하중(P)이 작용하는 경우에 그 압축 하중(P)에 의한 충격 에너지를 각각의 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)이 얼마나 효과적으로 흡수하는지를 측정하였으며, 그 결과를 아래의 표 2에 도시하였다.

[0084] 여기서, 상기 압축 하중(P)은, 상기 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)의 상면 정중심에 작용하는 집중 하중이며, 도 2 내지 도 6에 도시된 바와 같이 상기 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)의 중심부에 있는 상기 좌표축 원점(O)을 관통하는 가상의 수직선과 나란하다.

표 2

[0085]

Model	질량(g)	총 흡수 에너지량(mJ)	단위 질량당 흡수 에너지량(mJ/g)	평균 압축 하중(N)	단위 질량, 단위 길이 당 흡수 에너지량 (mJ/g*mm)
Model 1	99.5	1.66e+06	1.67e+04	3.45e+04	348.73
Model 2	99.5	**4.21e+06**	4.25e+04	8.48e+04	**856.37**
Model 3	99.5	**9.98e+06**	1.00e+05	2.06e+05	**2.07e+03**
Model 4	99.5	3.27e+06	3.28e+04	6.80e+04	683.52
Model 5	99.5	1.87e+06	1.88e+04	4.05e+04	406.92

[0086] 모델별 충격 시 흡수 에너지량

[0088] 상기 표 2는, 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5) 각각에 대하여, 유한요소해석 프로그램을 통해 각 모델들을 Y축 방향으로 압축 하중(P)을 가하여 압축했을 때, 각 모델들의 에너지 흡수 성능을 비교한 것이다.

[0089] 표 2에서 알 수 있듯이, 모든 모델의 질량이 동일한 상황에서 각 모델들의 에너지 흡수 성능이 상이한 것을 확인할 수 있다.

[0090] 특히, 상기 격자 구조물(M3)의 총 흡수 에너지량(mJ)과 단위 질량, 단위 길이 당 흡수 에너지량 (mJ/g*mm)가 가장 큰 값으로 우수한 성능을 보이고 있으며, 그 다음으로는 상기 격자 구조물(M2)의 에너지 흡수 성능이 우수함을 알 수 있다.

[0091] 본 실시예들에서, 유한요소해석을 위한 프로그램으로 Abaqus라는 프로그램을 사용하였으며, Dynamic,Explicit이라는 외재적 해석 기법을 통하여 해석을 진행하였다. 상기 Abaqus 프로그램은 해석하고자 하는 대상 구조물을 여러 요소(Element)로 쪼갠 후, 그 각각에 대한 구조 해석을 진행하며, 외력이 가해졌을 때 대상 구조물이 구조적으로 어떻게 변화하는지 해석하는 프로그램이다.

[0092] 여기서, 상기 총 흡수 에너지량(mJ)은, 구조 해석 결과로 도출되는 힘-변위 (Force-Displacement) 그래프에서, 표시되는 선의 아랫쪽 면적을 계산함으로써 얻어진다. 즉, 총 흡수 에너지량(mJ)은 수식으로 표현하면 $\int F*x\,dx$의 값이다. 여기서 F=힘, x=변위를 의미하며, 다만 힘-변위 (Force-Displacement) 그래프가 발산하기 직전까지의 변위에 대해서만 적분한다.

[0093] 여기서, 상기 단위 질량당 흡수 에너지량(mJ/g)은, 상기 총 흡수 에너지량(mJ)을 상기 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)의 질량으로 나눈 값으로서, 동일한 질량을 기준으로 어느 정도의 충격 에너지를 흡수할 수 있는지를 알기 위한 값이다.

[0094] 여기서, 평균 압축 하중(Mean Crushing Force)(N)은, 힘-변위 (Force-Displacement) 그래프에서 변위에 따라 변동하는 압축 하중(P)의 평균값을 의미한다.

[0095] 즉, 평균 압축 하중(Mean Crushing Force)(N)은, 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)이 압축되면서 초기 변형이 일어날 때 압축 하중(P)은 상승하여 최고점(Peak Crushing Force)을 가지게 되고, 그 이후 압축 하중(P)은 다시 하강하는 방식으로 힘-변위 그래프가 위 아래로 요동치거나 어느정도 유지가 되는 것이 일반적인데, 이렇게 변동하는 압축 하중(P)의 평균값이다.

[0096] 여기서, 상기 단위 질량, 단위 길이 당 흡수 에너지량 (mJ/g*mm)은, 상기 총 흡수 에너지량(mJ)을 상기 격자 구

조물(M1, M2, M3, M4, M5)의 질량 및 압축 변위값으로 나눈 값으로서, 동일한 질량 및 동일한 압축 변위를 기준으로 어느 정도의 충격 에너지를 흡수할 수 있는지를 알기 위한 값이다.

[0097] 본 실시예들에서, 상기 격자 구조물(M2, M3)의 단위 질량, 단위 길이 당 흡수 에너지량 (mJ/g*mm)이 우수하다는 것은, 동일한 질량 및 동일한 압축 변위를 기준으로 더 많은 충격 에너지를 흡수할 수 있다는 것을 의미한다. 이는 항공기 기체의 중량을 줄이면서 동시에 외부 충격에 잘 견디는 항공기를 개발하는 것이 매우 중요한 설계 목표인 항공기 분야에서 큰 의미를 가진다.

[0099] 한편 도 10에는 본 실시예들에서 도시한 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)과 단위 격자 구조체(10)의 갯수가 다른 격자 구조물(M1a, M2a, M3a, M4a, M5a)이 도시되어 있다.

[0100] 상기 격자 구조물(M1a, M2a, M3a, M4a, M5a)은, X축, Y축, Z축 방향으로 8개, 5개, 8개의 단위 격자 구조체(10)를 가지는 바, 총 320개의 단위 격자 구조체(10)를 가진다는 점에서, 상기 격자 구조물(M1, M2, M3, M4, M5)과 차이가 있다.

[0101] 여기서, 상기 격자 구조물(M2a, M3a)의 보강 영역(R)의 X방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2a, M3a)의 X방향 전체 길이의 1/4 값을 가진다.

[0102] 여기서, 상기 격자 구조물(M2a)의 보강 영역(R)의 Z방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2a)의 Z방향 전체 길이와 동일한 값을 가진다.

[0103] 여기서, 상기 격자 구조물(M3a)의 보강 영역(R)의 Z방향 길이는, 상기 격자 구조물(M3a)의 Z방향 전체 길이의 1/4 값을 가진다.

표 3

[0105]

Model	그외 영역 반경(mm)	보강영역 반경(mm)	질량(g)
Model 1a	0.5000	0.5000	130.0
Model 2a	0.2500	0.9400	130.0
Model 3a	0.2500	2.2401	130.0
Model 4a	0.2500	0.7187	130.0
Model 5a	0.2500	0.6559	130.0

[0106] 모델별 스트럿 부재의 단면의 반경(Strut Radius)

표 4

[0108]

Model	질량(g)	총 흡수 에너지량(mJ)	단위 질량당 흡수 에너지량(mJ/g)	평균 압축 하중(N)	단위 질량, 단위 길이 당 흡수 에너지량 (mJ/g*mm)
Model 1a	130.0	2.24e+06	1.73e+04	4.63+04	358.18
Model 2a	130.0	**4.31e+06**	3.35e+04	8.74+04	**678.76**
Model 3a	130.0	**9.87e+06**	7.59e+04	2.00e+05	**1.54e+03**
Model 4a	130.0	3.01e+06	2.31e+04	6.60e+04	507.91
Model 5a	130.0	2.50e+06	1.92e+04	5.41e+04	416.38

[0109] 모델별 충격 시 흡수 에너지량

[0111] 상기 표 3 및 표 4에서 알 수 있듯이, 상기 격자 구조물(M1a, M2a, M3a, M4a, M5a)의 경우에도, 상기 격자 구조물(M3a)의 에너지 흡수 성능이 가장 우수하며, 그 다음으로는 상기 격자 구조물(M2a)의 에너지 흡수 성능이 우

수함을 알 수 있다.

[0113] 결론적으로, 표 1 내지 표 4에서 알 수 있듯이, 상기 보강 영역(R)이 상기 격자 구조물의 중심부에 근접하는 일정한 영역에 위치하는 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)이 다른 격자 구조물(M1, M4, M5, M1a, M4a, M5a)에 비하여, 에너지 흡수 성능이 더 우수함을 알 수 있다.

[0115] 상술한 구성의 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)은, 서로 연결된 복수 개의 스트럿 부재(11)를 포함하는 단위 격자 구조체(10)를 다수개 포함하는 격자 구조물로서, 상기 단위 격자 구조체(10)는, 서로 수직하게 교차하는 X축, Y축, Z축을 따라 복수 개 나열되어 있으며, 상기 Y축은 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)의 두께 방향과 나란하게 배치되어 있으며, 상기 X축, Y축, Z축은 하나의 좌표축 원점(O)을 공유하며, 상기 좌표축 원점(O)은 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)의 중심부에 배치되어 있으며, 상기 스트럿 부재(11)의 구조 강도가, 상기 다른 영역에 위치하는 스트럿 부재의 구조 강도보다, 미리 정한 값만큼 더 큰 값을 가지는 보강 영역(R)을 포함하며, 상기 Y축 방향의 압축 하중(P)이 상기 격자 구조물의 중심부 상면에 작용하는 경우에, 그 압축 하중(P)에 의한 충격 에너지를 효과적으로 흡수할 수 있도록, 상기 보강 영역(R)은 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)의 중심부에 근접하는 일정한 영역에 위치하므로, 동일한 질량 및 동일한 압축 변위를 기준으로 더 큰 충격력에도 견딜 수 있는 격자 구조물을 획득할 수 있는 장점이 있다.

[0116] 그리고 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)은, 상기 보강 영역(R)이, 상기 좌표축 원점(O)을 지나며 X축 방향을 따라 좌우로 미리 정한 값 이하의 길이을 가지므로, 상기 압축 하중(P)이 가해질 때 그로 인한 충격 에너지를 효과적으로 흡수하기 용이하다는 장점이 있다.

[0117] 또한 상기 격자 구조물(M3, M3a)은, 상기 보강 영역(R), 상기 좌표축 원점(O)을 지나며 Y축 방향을 따라 상하로 연장되어 있는 막대 형태를 가지므로, 압축 하중(P)과 보강 영역(R)이 서로 동일한 가상선 상에 위치시킬 수 있는 장점이 있다.

[0118] 그리고 상기 격자 구조물(M2, M2a)은, 상기 보강 영역(R)이, 상기 좌표축 원점(O)을 지나며, Y-Z 평면을 따라 상하전후로 연장되어 있는 평판 형태를 가지므로, 상기 격자 구조물(M3, M3a)과 마찬가지로 압축 하중(P)과 보강 영역(R)을 서로 동일한 가상선 상에 위치시킬 수 있으며, 동시에 보강 영역(R)에 포함된 단위 격자 구조체(10)가 보강 영역(R)에 포함되지 않은 단위 격자 구조체(10)들과 결합되는 영역이 상기 격자 구조물(M3, M3a)보다 더 넓다는 장점이 있다.

[0119] 또한 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)은, 상기 보강 영역(R)의 X방향 길이는, 상기 격자 구조물의 X방향 전체 길이의 1/7 내지 1/4의 값을 가지므로, 압축 하중(P)이 작용하는 가상의 수직선과 매우 가까운 위치에 있는 단위 격자 구조체(10)만을 상기 보강 영역(R)에 포함시킬 수 있는 장점이 있다.

[0120] 그리고 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)은, 상기 보강 영역(R)의 Y방향 길이가, 상기 격자 구조물의 Y방향 전체 길이와 동일한 값을 가지므로, 압축 하중(P)이 작용했을 때, 상기 보강 영역(R)에 포함된 단위 격자 구조체(10)에 가해진 하중이 상기 보강 영역(R)에 포함되지 않은 단위 격자 구조체(10)들에 용이하게 분산될 수 있는 장점이 있다.

[0121] 또한 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)은, 상기 보강 영역(R)의 Z방향 길이는, 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)의 Z방향 전체 길이의 1/7 내지 1 값을 가지므로, 상기 보강 영역(R)에 상대적으로 더 적은 개수의 단위 격자 구조체(10)를 포함시킬 수 있는 장점이 있다.

[0122] 그리고 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)은, 상기 단위 격자 구조체(10)가, 체심 입방 격자 구조의 스트럿 부재(11a)를 가지므로, 압축 하중(P)이 가해졌을 때 그 하중으로 인한 내력이 구조물의 내부에서 용이하게 분산될 수 있는 장점이 있다.

[0123] 또한 상기 격자 구조물(M2, M3, M2a, M3a)은, 상기 스트럿 부재(11)가 중공 없는 막대 부재의 형태로 마련되어 있으므로, 금속 3D 프린팅 기법을 적용하기가 용이하다는 장점이 있다.

[0124] 본 실시예들에서는, 상기 스트럿 부재(11)가 중공 없는 막대 부재의 형태로 마련되어 있으나, 상기 스트럿 부재(11)가 중공을 가지는 파이프 부재의 형태로 마련될 수 있음은 물론이다. 상기 스트럿 부재(11)가 파이프 부재로 마련되면, 동일한 중량일 때 상기 스트럿 부재(11)의 단면 이차 모멘트를 더 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

[0125] 이상으로 본 발명을 설명하였는데, 본 발명의 기술적 범위는 상술한 실시예에 기재된 내용으로 한정되는 것은 아니며, 해당 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 수정 또는 변경된 등가의 구성은 본 발명의 기술적 사상의 범위를 벗어나지 않는 것임은 명백하다.

부호의 설명

[0126] * 도면의 주요부위에 대한 부호의 설명 *

10: 단위 격자 구조체

11: 스트럿 부재

1: 종래의 "BCC"형 단위 격자 구조체

1a: 종래의 단위 격자 구조체

2, 2a, 스트럿 부재

3: 보강용 스트럿 부재

M1, M2, M3, M4, M5: 격자 구조물

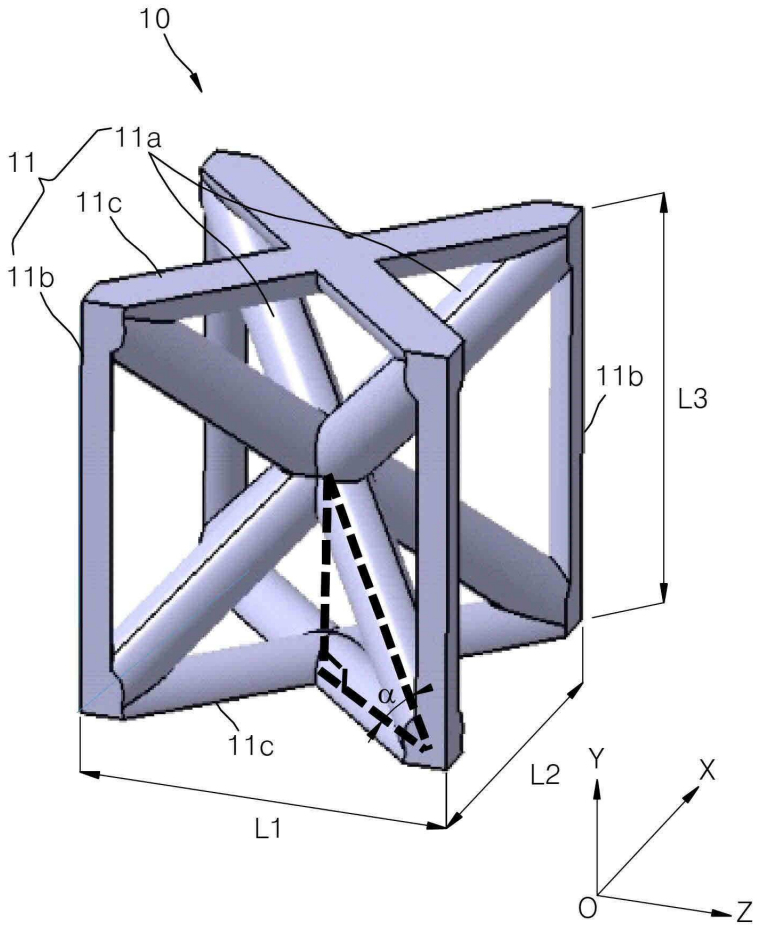
M1a, M2a, M3a, M4a, M5a: 격자 구조물

P: 압축 하중

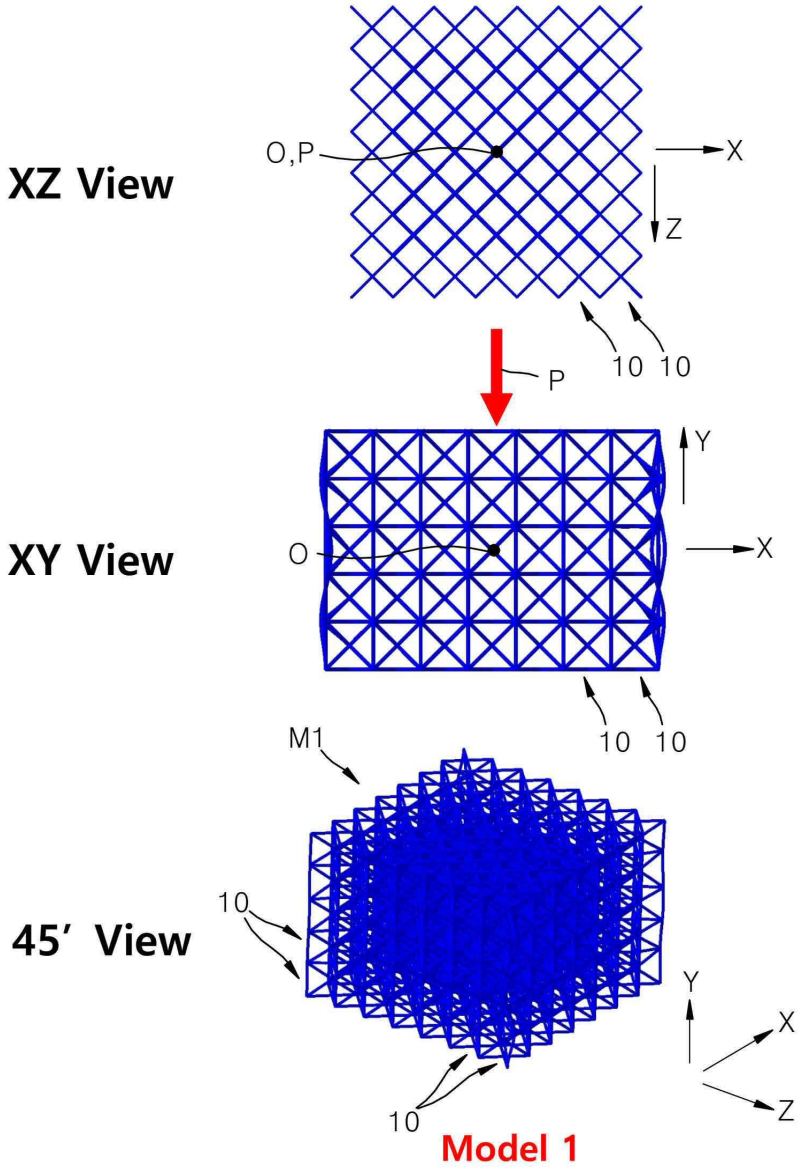
R: 보강 영역

도면

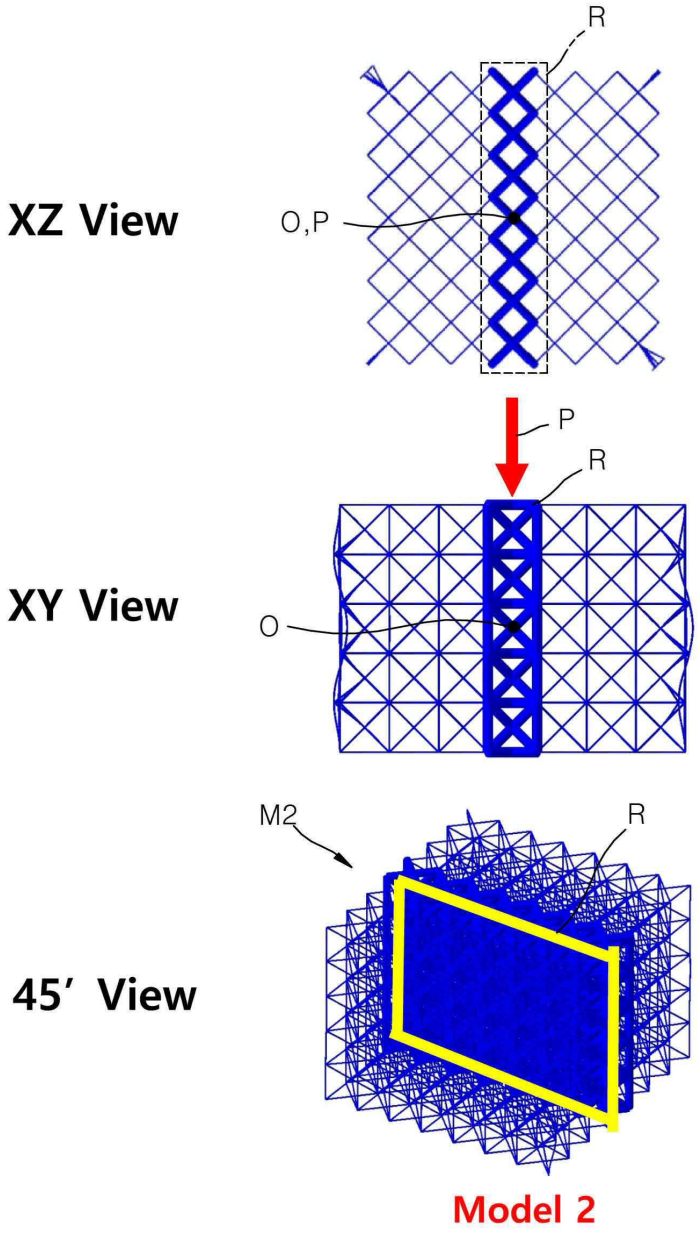
도면1



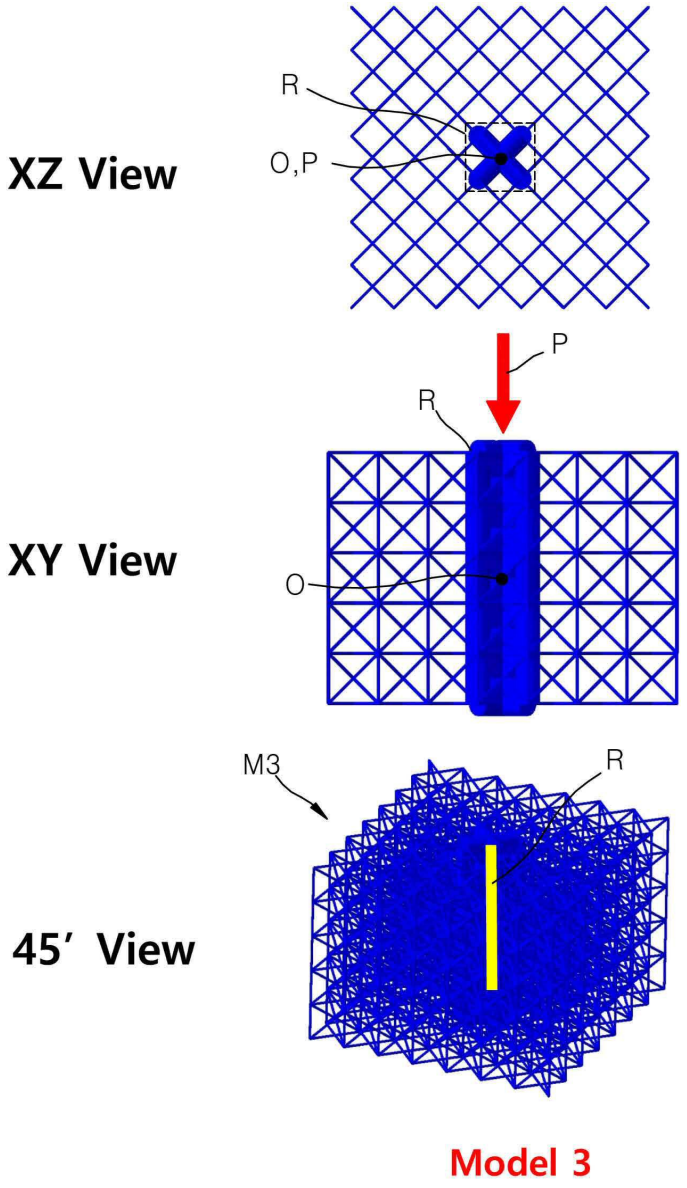
도면2



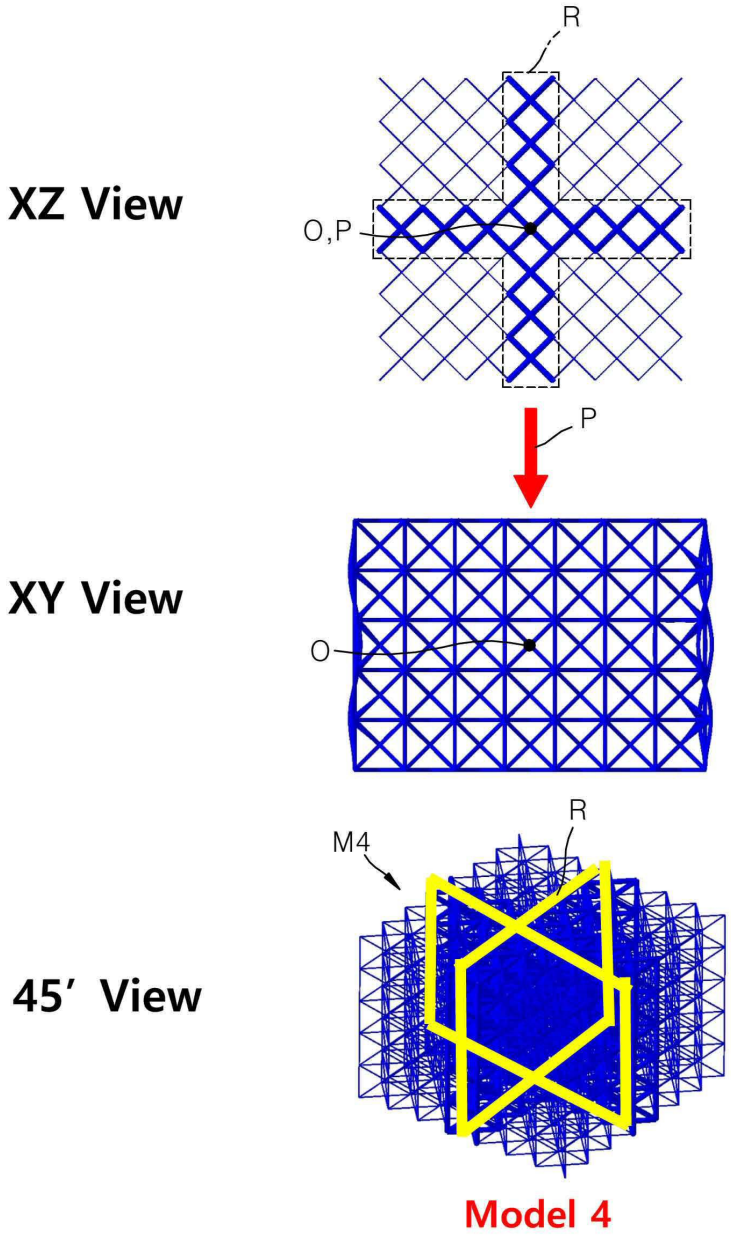
도면3



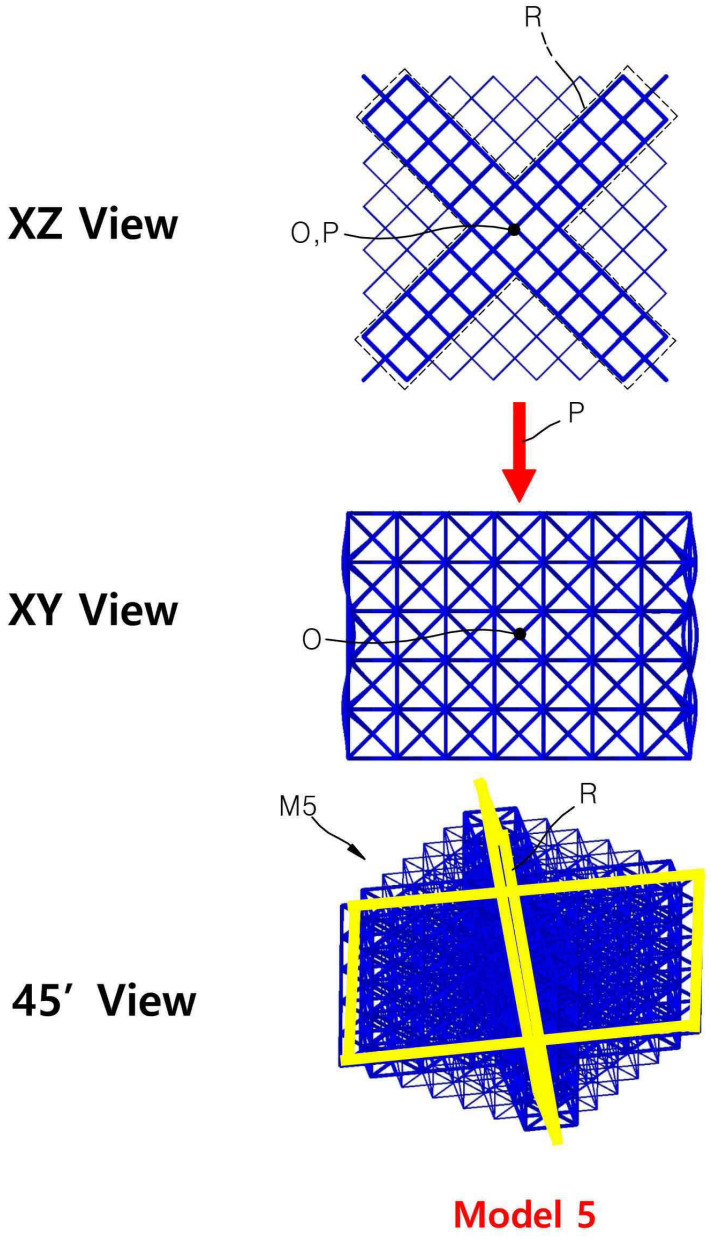
도면4



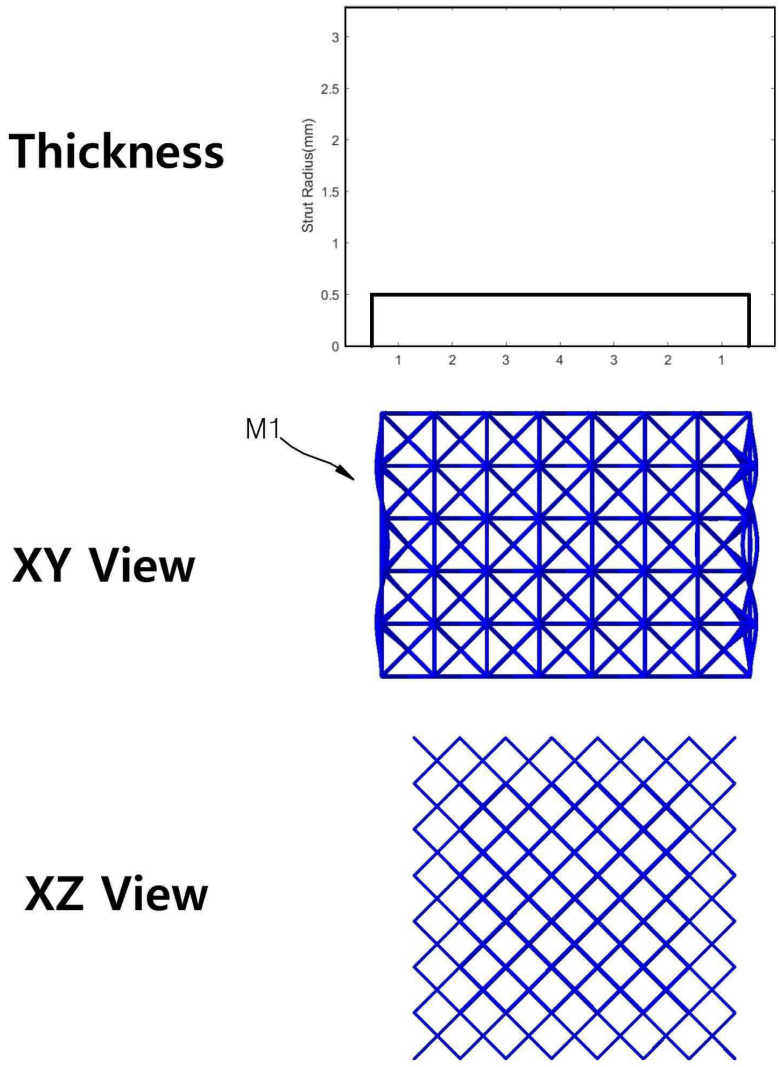
도면5



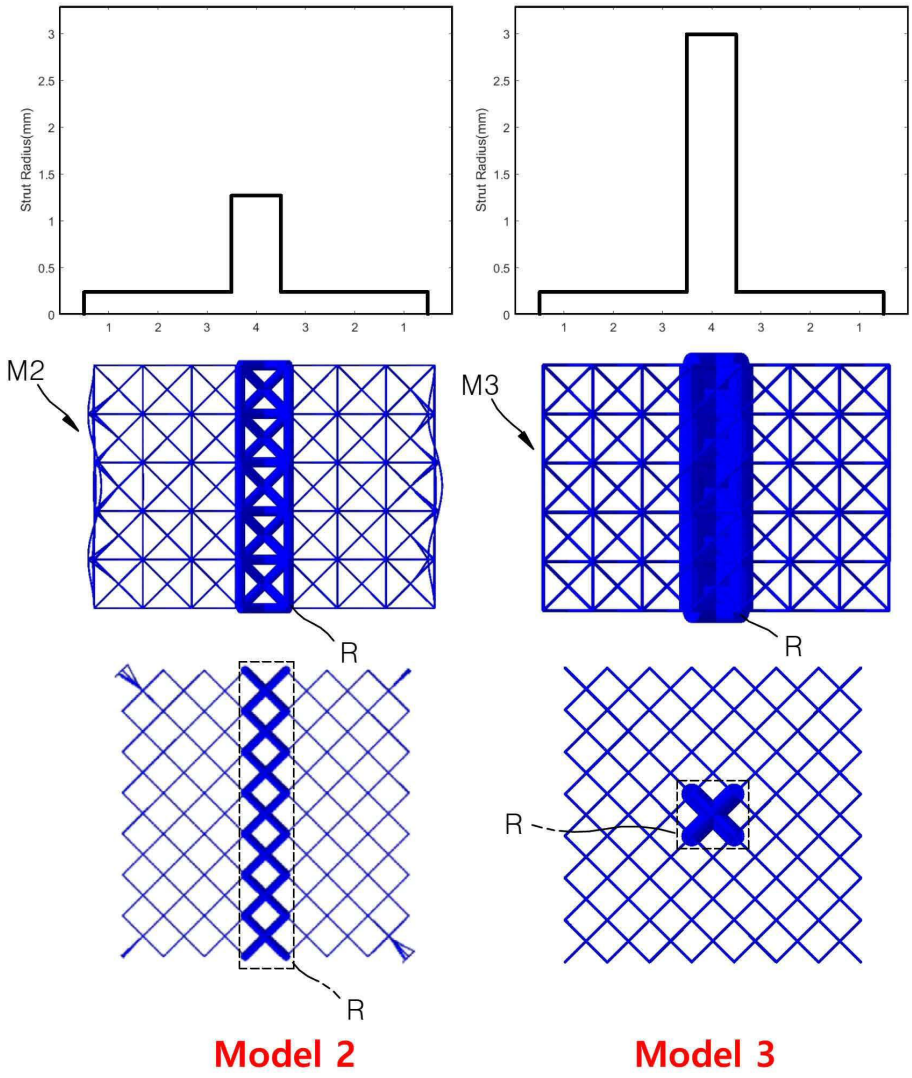
도면6



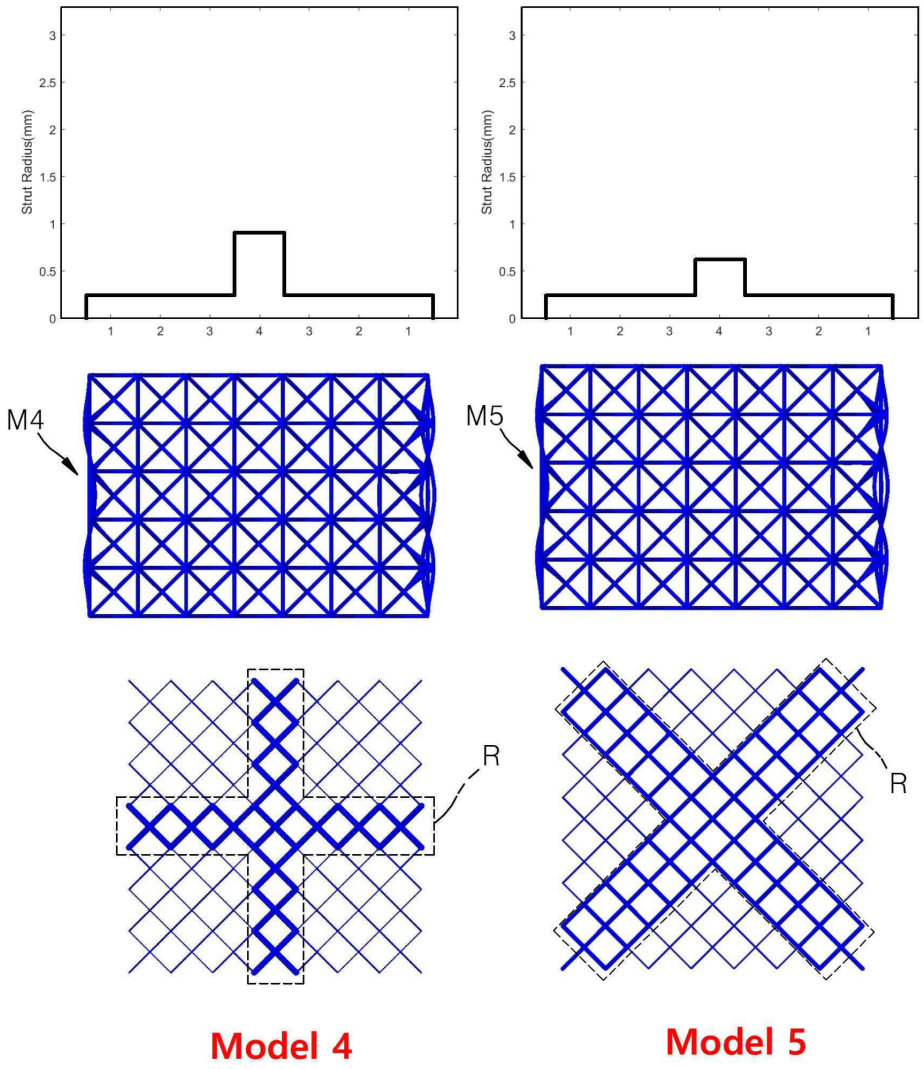
도면7


Thickness
Strut Radius(mm)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
1 2 3 4 3 2 1
M1
XY View
XZ View
Model 1

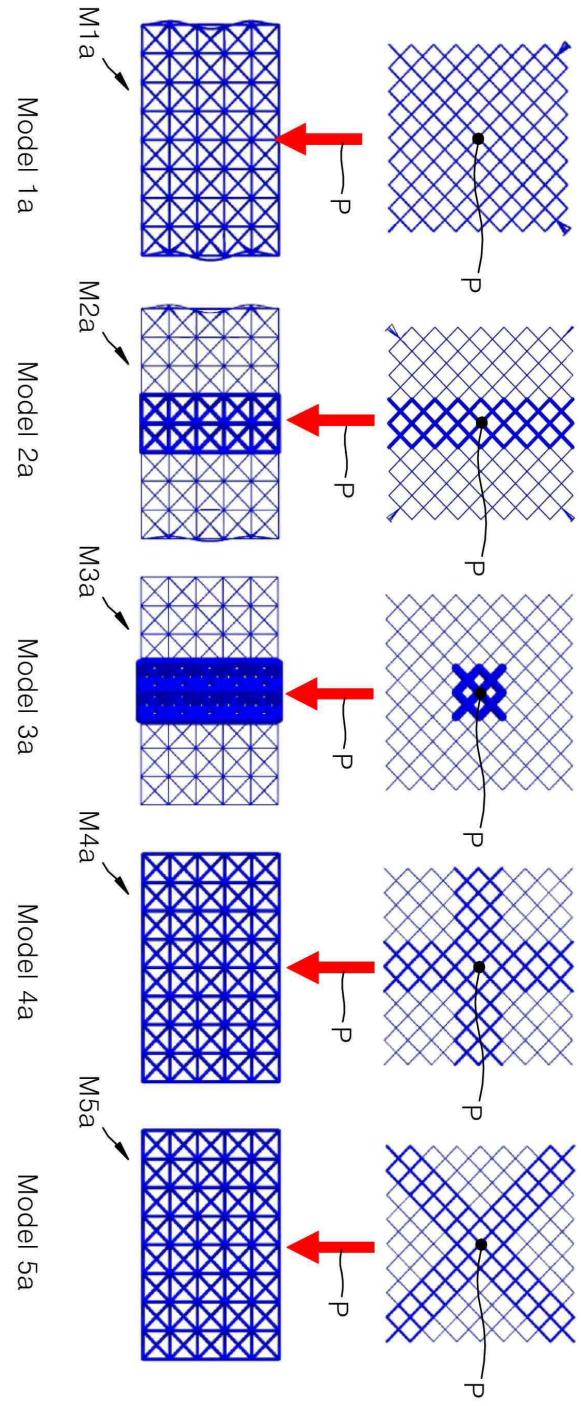
도면8



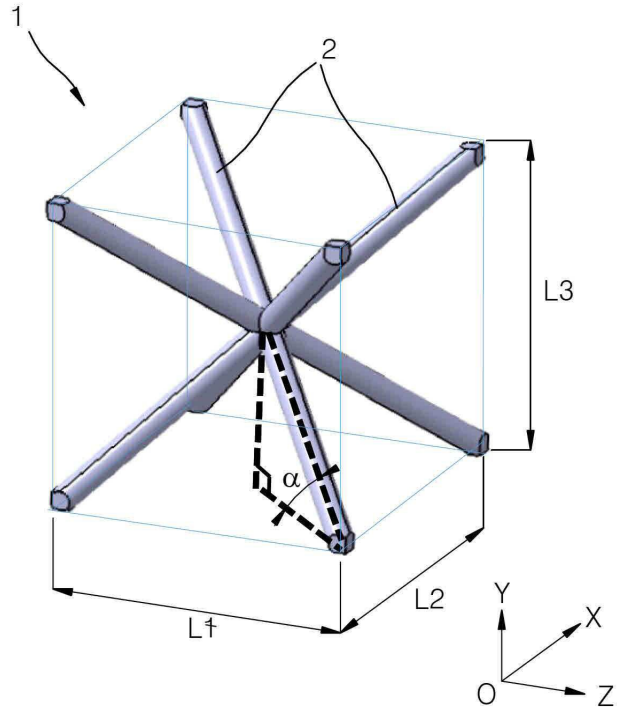
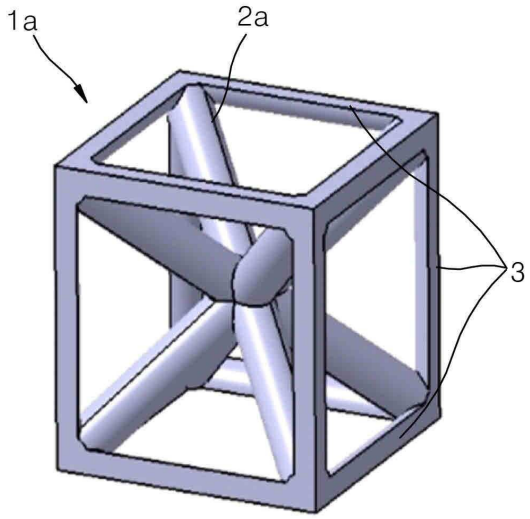
도면9



도면10


M1a
Model 1a
P
P
M2a
Model 2a
P
P
M3a
Model 3a
P
P
M4a
Model 4a
P
P
M5a
Model 5a
P
P

도면11



도면12