

명세서

발명의 명칭: 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재 및 이를 이용하여 제작되는 선박용 데크 구조물 그리고 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재 및 이를 이용하여 제작되는 선박용 데크 구조물 그리고 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 선박 건조시 주로 사용되는 철판 구조재의 제작 과정에서 상판과 판보강재의 용접에 따른 열변형이 발생하는 문제를 근본적으로 해결하고, 구조 전체 무게를 대폭 감소시키며, 제작 공정을 단순화 및 진동/소음 저감 측면에서 우수한 성능을 가지는 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재 및 이를 이용하여 제작되는 선박용 데크 구조물 그리고 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 선박에서 주로 사용되는 구조재는 금속으로만 이루어진 철판 구조재이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 종래 선박용 철판 구조재는 금속으로 이루어진 상판(10)에 금속으로 이루어진 판보강재(20)가 용접되는 형태로 제작되고, 이때 판보강재(20)는 종방향 구조를 보강하는 Longitudinal girder(21)와 횡방향 구조를 보강하는 Transverse frame(22)으로 구성된다.
- [3] 종래의 철판 구조재는 우선 상판(10)의 역할을 하는 금속판을 판접하고 그 위에 프레임 간격 500~900mm 간격으로 종강도 보강용 판보강재(20)를 용접하는 방식으로 제작된다. 그런데 종래의 방식처럼 판보강재(20)를 촘촘한 간격으로 상판(10)에 용접할 경우 아래와 같은 문제점들이 있다.
- [4] (1) 용접에 따른 열변형 문제
- [5] 가장 치명적인 문제는 용접에 의해 열변형이 발생하는 것이다. 판보강재(20)를 용접할 때에는 용접 부위가 대략 1,000~1,500°C로 가열되는데, 가열된 철판이 식는 과정에서 상당한 응력과 변형이 발생되게 된다. 그 결과 판보강재(20)의 용접 후에 판 전체에 미터(m) 당 수십 밀리미터(mm)의 편차로 굴곡이 형성될 수 밖에 없고, 따라서 이를 후행 보정하는 작업으로 막대한 시수와 비용이 발생하게 된다.
- [6] 특히, 자동차 운송 전용선(PCC: Pure Car Carrier)에서 카-데크(car-deck)나 선박용 거주구의 벽체 등에 사용하기 위한 구조재의 경우 상판의 두께가 6~10mm 정도인 박판이 요구되는데, 이와 같이 구조가 얇은 두께로 형성되는 경우에는 용접 변형에 의해 상판 자체가 찢어지거나, 후행 보정 공정으로 도저히 교정이 불가능할 정도로 심하게 뒤틀리는 등의 용접 변형에 따른 문제가 다른 구역보다 훨씬 더 크게 발생한다.

- [7] 현재로서는 상기와 같은 문제점이 발생하는 것을 방지하기 위하여 단순히 구조적으로 요구되는 두께보다 훨씬 두꺼운 두께의 상판을 사용하거나, 또는 막대한 시수와 비용을 들여 후행 공정으로 열변형을 보정하는 작업을 수행하고 있을 뿐이므로, 보다 근본적인 해결책이 필요한 실정이다.
- [8] 한편, 일반적으로 조선 분야에서 많이 사용되는 아크 용접 또는 가스 용접보다 열변형이 훨씬 적은 것으로 알려진 용접 방식으로 레이저 용접이 있다. 레이저 용접은 공작물에 레이저원에서 방출되는 빛 에너지를 집중시켜 모재를 녹임으로써 접합시키는 방식이다. 하지만, 레이저 용접은 모재를 녹이기 위한 충분한 전력을 내는데 한계가 있고, 용접 속도 및 용접 가능한 두께가 전력이 아닌 금속의 열전도율과 표면에서 금속의 기화성에 따라 좌지우지되는 단점이 있기 때문에, 두꺼운 모재에 적용할 경우 용접 효율성이 크게 줄어들게 된다.
- [9] 통상 6mm 까지 레이저 용접이 가능하다고 알려져 있지만, 실제로는 두께가 4mm 이상만 되어도 레이저 용접의 속도가 현저히 떨어지며, 따라서 일반적으로 레이저 용접은 모재의 두께가 3mm 이하인 경우에 주로 적용된다. 즉, 선박 건조에 있어서 통상적으로 가장 얇은 구조로 알려진 6mm 철판에도 레이저 용접을 적용하기는 쉽지 않은 것이다. 또한, 6mm 두께의 상판을 녹이려면 상당한 에너지가 필요하며, 이 때에도 결국 상당히 넓게 형성되는 용접 부위가 식으면서 마찬가지의 용접 변형이 일어나게 되므로 큰 메리트가 없다.
- [10] (2) 중량 문제
- [11] 종래의 선박용 철판 구조재의 또 다른 단점으로는 지나치게 무거운 중량을 들 수 있다. 물론, 선박에서 주로 사용되는 철판 구조재가 건설용 철근 콘크리트보다는 훨씬 가볍지만, 최근 대두되는 친환경 선박의 중요성, 원가 절감, 노무비 절감의 측면에서 '선박의 경량화'는 조선 및 선박 분야에서 세계적으로 가장 큰 화두 중의 하나이다. 선박의 무게가 감소하면 선박의 추진에 소요되는 에너지가 감소하므로 탄소 배출량도 감소될 수 있다. 또한, 선박의 경량화는 선박 복원성 확보 측면에서도 매우 중요하다.
- [12] 특히, 여러 개의 데크를 가지는 자동차 운송 전용선(PCC)의 경우에는 데크 자체 중량에 의해 선박의 무게중심이 상부로 이동되고, 이에 따라 선박 복원성이 크게 훼손되는 문제가 있으므로, 데크의 무게를 줄여 선박의 경량화를 달성하는 것이 무엇보다 중요하게 요구되는 구조물이라고 할 수 있다.
- [13] (3) 건축 구조재로서 활용도가 떨어지는 문제
- [14] 이상에서 설명된 종래의 철판 구조재는 철근 콘크리트보다 훨씬 가볍고 얇은 두께로 등가의 구조성능 구현이 가능함에도 불구하고 건설 분야에서는 널리 이용되지 못하고 있는데, 가장 큰 이유는 바로 철판의 소음 전달 특성 때문이다. 철판 구조재는 구조 전체가 고밀도의 단일 금속으로 구성되어 있기 때문에 충격을 받았을 때 다른 소재로 제작되는 어떤 구조재보다도 소음 전달 능력이 뛰어나며, 따라서 건축용 자재, 특히 층간소음의 방지가 중요한 건축용 바닥재로는 거의 사용되지 않는다.

- [15] 또한, 철판 구조재는 열전도율이 지나치게 높다는 점에서도 단열이 중요한 건축용 자재로 적합하지 않다. 철근 콘크리트의 열전도율은 1.6~2.0W/mK 인데 비해 철판의 열전도율은 83W/mK로 매우 높다. 높은 열전도율을 가진다는 것은 외부의 열이 내부로 매우 빠르고 쉽게 전달시키므로 단열 측면에서 매우 취약하다는 것을 의미한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [16] 본 발명의 목적은, 이상에서 설명된 기술적 한계들을 극복하여 선박의 박판 구조에 효과적으로 적용될 수 있음은 물론 건설 분야(특히, 건물의 바닥 구조)에도 범용적으로 적용이 가능한, 고성능/다기능 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재를 제공함에 있다.
- [17] 보다 구체적으로, 본 발명은 종래 선박용 철판 구조재에서 요구되는 하부 판보강재의 결합 공정의 삭제가 가능함에 따라 종래 선박용 철판 구조재의 용접에 따른 열변형 문제를 해결할 수 있고, 종래 선박용 철판 구조재를 비롯하여 기타의 어떠한 구조재와 비교하여도 중량이 매우 가벼워 구조 경량화 달성이 가능하며, 건설 분야에도 적용이 가능한 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재를 제공하는 것을 기술적 과제로 한다.
- [18] 또한, 본 발명은 복합소재를 기반으로 하면서 일반적인 선박용 철판 구조재와 유사한 두께의 상판을 가질 수 있고, 일반적인 선박용 철판 구조재와 형태 및 조립 방식이 유사하게 구현되어 선박 구조로 용이한 활용이 가능한, 특히 자동차 운송 전용선(PCC)와 같은 선박의 데크 구조물의 제작에 이용 가능한, 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재를 제공하고자 한다.
- [19] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [20] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따르면, 편평한 금속 재질의 상판; 수평 방향으로 형성되는 수평판과 상기 수평판으로부터 하방으로 절곡되는 수직판을 포함하여 상기 상판의 하측으로 소정의 간격 이격 배치되는 복수 개의 금속 재질의 보강판; 및 상기 상판과 상기 보강판 사이의 공간 그리고 서로 인접하는 상기 보강판 사이의 공간에 형성되는 비금속 재질의 코어층을 포함하고, 복수 개로 형성되는 상기 수직판은 서로 근접하여 마주하는 것끼리 하나의 쌍을 이루고, 한 쌍의 수직판과 그 사이에 형성되는 코어층이 판보강재로서 기능하는 돌출부를 구성하며, 상기 돌출부는 수평 방향을 따라 일정한 간격으로 형성되고, 길이 방향을 따라서는 일정한 단면 형상을 유지하면서 연장되는 것을 특징으로 하는, 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재가 제공될 수 있다.
- [21] 상기 코어층은 비발포성 폴리머로 형성될 수 있다.

- [22] 상기 보강판을 구성하는 상기 수평판과 상기 수직판은 하나의 판재를 굽힘 가공하여 형성될 수 있다.
- [23] 상기 돌출부의 하단이 재절곡되거나 또는 상기 돌출부의 하단에 별도의 금속 마감부재가 결합되어, 상기 돌출부의 하단이 'ㄴ'자 형상의 단면 또는 'ㄱ'자 형상의 단면을 가지도록 구성되고, 상기 돌출부에서 수직 방향으로 형성되는 수직보강부가 판보강재의 웹(web) 기능을 수행하고, 상기 돌출부에서 수평 방향으로 형성되는 수직보강부가 판보강재의 플랜지(flange) 기능을 수행할 수 있다.
- [24] 상기 복수의 보강판 중 적어도 폭 방향을 따른 양 끝단에 배치되는 보강판을 제외한 나머지 보강판이 'ㄱ'자 형상의 단면을 가지고, 상기 보강판의 하측으로 소정의 간격 이격 배치되는 하판을 더 포함하며, 상기 보강판과 상기 하판의 사이에도 상기 코어층이 추가로 더 형성되어, 본 발명의 일 측면에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조체가 전체적으로 사다리 형태를 포함하도록 제작될 수 있다.
- [25] 상기 코어층 내에 열전도율이 0.02W/mK 이하인 고성능 단열재가 추가 배치될 수 있다.
- [26] 상기 고성능 단열재는 진공단열재(VIP: Vacuum Insulation Panel)일 수 있다.
- [27] 본 발명의 일 측면에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조체는, 상기 상판과 상기 보강판의 양 측 끝단을 마감하는 측단 마감부재를 더 포함할 수 있고, 상기 측단 마감부재는 상기 상판과 상기 보강판 사이에 삽입되며, 상기 상판과 상기 보강판의 끝단으로부터 소정의 거리만큼 밀어 넣어질 수 있다.
- [28] 서로 이웃하는 상기 경량 구조체 간의 연결시, 서로 마주하는 상기 상판끼리 그리고 서로 마주하는 상기 하판끼리 용접을 통해 접합시키고, 상기 상판과 상기 하판 및 상기 측단 마감부재 사이에 형성되는 공간에 비발포성 폴리머 원액을 주입하여 경화시킴으로써 연결 부위를 기밀하게 마감할 수 있다.
- [29] 본 발명의 일 측면에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조체는, 상기 상판과 상기 보강판의 양 측 끝단을 마감하는 측단 마감부재를 더 포함할 수 있고, 상기 측단 마감부재는 일자 형태 또는 'ㄱ'자 형상의 단면을 가지는 앵글 형태로 마련되어, 일단이 상기 상판과 상기 보강판 사이에 삽입되고 타단은 상기 상판과 상기 보강판의 외측으로 돌출될 수 있다.
- [30] 서로 이웃하는 상기 경량 구조체 간의 연결시, 서로 마주하는 상기 측단 마감부재끼리 용접 또는 볼팅을 통해 구조적으로 결합될 수 있다.
- [31] 또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 이상의 특징들 중 적어도 하나의 특징을 포함하는 경량 구조체를 이용하여 제작되는 선박용 데크 구조물을 제공할 수 있다.
- [32] 여기서 상기 선박은 자동차 운송 전용선(PCC: Pure Car Carrier)일 수 있다.
- [33] 또한, 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따르면, 편평한 금속 재질의 상판; 상기 상판의 하측으로 소정의 간격을 두고 이격하여 배치되며 수평 방향으로 형성되는 수평판과 상기 수평판으로부터 하방으로 절곡되는 수직판을

포함하는 복수 개의 금속 재질의 보강판; 및 상기 상판과 상기 보강판 사이의 공간 그리고 서로 인접하는 보강판 사이의 공간에 형성되는 코어층을 포함하는 경량 구조재를 제작하는 방법에 있어서, 상기 상판과 상기 보강판 사이의 공간 및 서로 인접하는 보강판 사이의 공간에 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계; 상기 비발포성 폴리머 원액을 경화시키는 단계; 및 상기 비발포성 폴리머 원액이 경화되어 상기 코어층의 형성이 완료되는 단계를 포함하는, 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법이 제공될 수 있다.

- [34] 상기 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계에서, 상기 상판 위에 공간을 형성하여 상기 비발포성 폴리머 원액을 부은 후, 상기 보강판을 뒤집은 상태로 위에서부터 투입하여 상기 상판과 소정의 정해진 간격이 되는 위치까지 가압함으로써, 상기 보강판이 가압하는 힘에 의해 상기 비발포성 폴리머 원액이 점성에 의한 마찰저항을 극복하면서 상기 보강판 사이의 공간으로 용입되어 고르게 충전될 수 있다.
- [35] 상기 상판 위 공간에 초기에 부여지는 상기 비발포성 폴리머 원액의 양은 상기 코어층이 차지하는 실제 부피보다 최소 2% 많은 양으로 투입되고, 초과분은 상기 보강판이 가압하는 힘에 의해 밖으로 밀려 배출될 수 있다.
- [36] 상기 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계에서, 상기 코어층이 형성될 공간을 밀폐시키고 주입관을 이용하여 밀폐된 공간 내에 상기 비발포성 폴리머 원액을 주입하되, 상기 주입관을 여러 개의 소형 관으로 나누어 상기 밀폐된 공간 내에 배치할 수 있다.
- [37] 상기 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계에서, 상기 코어층이 형성될 공간을 밀폐시키고, 밀폐된 공간의 일측에 주입관을 꽂아 상기 비발포성 폴리머 원액을 주입하면서 타측에서는 진공펌프를 이용하여 상기 밀폐된 공간 내의 공기를 흡입할 수 있다.
- [38] 상기 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계 및 상기 비발포성 폴리머 원액을 경화시키는 단계 중 적어도 어느 하나의 단계에서, 편평도를 유지하고 정확한 각도를 유지해주기 위한 목적으로, 상기 상판과 상기 보강판 중 적어도 어느 하나의 면 상에 자석을 배치하거나 진공흡착장치로 흡착하여 인장력을 가해줄 수 있다.

발명의 효과

- [39] 본 발명에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재는, 선박의 박판 구조에 효과적으로 적용될 수 있음은 물론 건설 분야(특히, 건설용 바닥 구조)에도 범용적으로 적용이 가능하며, 구체적으로 아래와 같은 효과를 갖는다.
- [40] (1) 종래 선박용 철판 구조재에서 요구되는 하부 판보강재의 결합 공정이 삭제됨에 따라 종래 선박용 철판 구조재의 용접에 따른 열변형 문제를 근본적으로 해결할 수 있다.

- [41] (2) 본 발명에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재는, 종래 선박용 철판 구조재를 비롯하여 기타의 어떠한 구조재와 비교하여도 중량이 매우 가벼워 구조 경량화 달성이 가능하다. 즉, 선박 또는 건물의 구조로 이용시 해당 구조물의 전체 중량을 낮추는 효과가 있다.
- [42] (3) 본 발명에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재는, 복합소재를 기반으로 하면서 일반적인 선박용 철판 구조재와 유사한 두께로 제작이 가능하고, 일반적인 선박용 철판 구조재와 형태 및 조립 방식이 유사하게 구현됨에 따라 선박 구조의 제작에 용이하게 이용될 수 있다. 바람직하게는, 본 발명에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재는 선박의 데크 구조물로 활용이 가능하며, 특히 선박의 경량화가 무엇보다 중요하게 요구되는 자동차 운송 전용선(PCC)의 데크 구조물의 제작에 이용될 시 유용성이 매우 뛰어날 것으로 예상된다.
- [43] (4) 본 발명에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재는, 복합소재를 기반으로 한 구조재 중에서 두께가 현저히 얇은 구조로 제작이 가능하고, 기존 선박에서 사용되던 일반 철판 구조재와 대비하여 저렴하게 제작이 가능하므로 비용적인 측면에서도 메리트를 가진다.
- [44] (5) 본 발명에 따른 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재는, 금속과 폴리머의 복합소재로 제작됨에 따라 기본적으로 소음 및 진동을 저감할 수 있고 단열성능도 갖출 수 있으므로, 선박 분야 뿐만 아니라 건설용 구조재로도 활용이 가능한 장점이 있다. 또한, 건설 분야에 적용시, 본 발명에 따른 경량 구조재를 중첩 배치시키고 그 사이 공간에 냉/온열 및 내화 기능 등을 부가함으로써 다기능 구조의 구현이 가능하다는 효과도 있다.
- [45] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [46] 도 1은 종래 선박에서 주로 사용되는 철판 구조재를 나타낸 도면이다.
- [47] 도 2 내지 도 6은 본 발명에 따른 경량 구조재의 제1 내지 제5 실시형태를 나타낸 도면이다.
- [48] 도 7 내지 도 9는 본 발명에 따른 경량 구조재의 제1 내지 제3 측면 마감 및 연결 구조를 나타낸 도면이다.
- [49] 도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 경량 구조재의 제1 및 제2 하단 마감구조를 나타낸 도면이다.
- [50] 도 12 내지 도 16은 본 발명에 따른 경량 구조재의 제1 내지 제5 제조공법을 설명하기 위한 도면이다.
- [51] 도 17은 본 발명에 따른 경량 구조재의 코어층 내에 고성능 단열재가 포함된 구조를 나타낸 도면이다.

- [52] 도 18은 본 발명에 따른 경량 구조재가 건물의 바닥 구조에 적용된 실시예를 나타낸 도면이다.
- [53] 도 19 내지 도 22는 본 발명에 따른 경량 구조재의 제1 내지 제4 벽체 연결구조를 나타낸 도면이다.
- [54] 도 23은 본 발명에 따른 경량 구조재의 중첩 배치된 구조를 나타낸 도면이다.
- [55] 도 24 및 도 25는 본 발명에 따른 경량 구조재가 중첩 배치된 중첩 구조체의 제1 및 제2 활용예를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [56] 본 발명의 목적과 기술적 구성 및 그에 따른 작용 및 효과에 관한 자세한 사항은 본 발명의 명세서에 첨부된 도면에 의거한 상세한 설명에 의해 보다 명확하게 이해될 것이다.
- [57] 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용되는 것으로 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 예컨대, 본 명세서에서 사용되는 "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성요소들 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성요소들 또는 일부 단계들을 포함하지 않거나 또는 추가적인 구성요소들 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다.
- [58] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명한다. 이하에서 설명되는 실시예들은 본 발명의 기술사상을 당업자가 용이하게 이해할 수 있도록 제공되는 것으로서, 이에 의하여 본 발명이 한정되는 것으로 해석되어서는 안되며, 본 발명의 실시예들은 이 분야의 통상의 기술자에게 다양한 응용을 가질 수 있음은 당연하다.

[59]

[60] I. 경량 구조재의 구조

- [61] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 기본적으로 금속 재질의 상판(110), 금속 재질의 보강판(120) 및 그 사이에 형성되는 비금속 재질의 코어층(140)을 포함하여 금속과 비금속의 복합소재로 구성될 수 있으며, 보강판(120)의 하방 절곡 구조 및 그 사이에 수직 방향을 따라 형성되는 코어층(140)에 의해 형성되는 돌출 구조가 판보강재의 기능을 하는 것에 특징이 있다.
- [62] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 하방 돌출부의 형태나 제조공법에 따라 여러가지 실시형태를 갖출 수 있는데, 이하에서 도 2 내지 도 6을 참조하여 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 실시 가능한 형태들을 하나씩 살펴본다.

[63]

[64] (1) 제1 실시형태

- [65] 도 2를 참조하여 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 가장 기본적인 형태인 제 1 실시형태부터 살펴본다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 제1 실시형태에 따른 경량 구조재(100)는, 편평한 금속 재질의 상판(110); 상판(110)의 하측으로 일정 간격을 두고 이격하여 배치되며 판보강재 기능을 수행하기 위해 하방으로 절곡된 구조를 포함하는 금속 재질의 보강판(120); 및 상판(110)과 보강판(120) 사이의 공간과 서로 인접하는 보강판(120) 사이의 공간에 형성되는 비금속 재질의 코어층(140)을 포함할 수 있다.
- [66] 상판(110)은 소정의 두께를 가지는 사각판 형태로 마련될 수 있다.
- [67] 보강판(120)은 소정의 두께를 가지는 판이 1회 내지 2회 절곡되는 형태로 구성될 수 있으며, 수평 방향으로 형성되는 판으로부터 수직 방향으로 꺾이는 부분에 의해 하방 절곡 구조가 형성될 수 있다.
- [68] 보강판(120)은 복수 개의 구성으로 분리 제작될 수 있다. 보강판(120)은 'ㄱ'자 형상의 단면을 가지는 제1 보강판(120a)과 'ㄷ'자 형상의 단면을 가지는 제2 보강판(120b)을 포함할 수 있으며, 경량 구조재(100)의 폭 방향을 따른 양단에는 제1 보강판(120a)이 배치되고, 그 사이에 적어도 하나 이상의 제2 보강판(120b)이 반복적으로 배치될 수 있다. 그리고 서로 이웃하는 제1 보강판(120a) 및 제2 보강판(120b)들은 수직 방향으로 배치되는 다리부가 서로 소정의 간격을 두고 마주하도록 배치된다.
- [69] 코어층(140)은 상판(110)과 보강판(120) 사이에 형성되는 공간 그리고 서로 이웃하는 보강판(120) 사이의 공간에 형성될 수 있다. 코어층(140)은 비발포성 폴리머, 보다 바람직하게는 탄성과 구조적 강도가 적합한 비발포성 폴리우레탄으로 형성될 수 있으며, 후술하는 바와 같이 공간 내에 충전된 비발포성 폴리머 원액이 경화됨으로써 코어층(140)을 형성할 수 있다.
- [70] 제작이 완성된 경량 구조재(100)는 수평방향으로 형성되는 평판부와 평판부의 하측면으로부터 하방으로 돌출되는 돌출부를 포함하게 되며, 2 이상의 돌출부가 일정한 간격으로 반복 형성되는 구조를 가질 수 있다. 여기서 평판부는 경량 구조재(100)를 이용하여 데크 등의 바닥 구조를 구성할 때 설제하중과 1차적으로 접하는 구조부재의 역할을 하고, 돌출부는 수평방향으로 형성되는 평판부의 강도 및 강성을 증대시킴으로써 구조적 성능을 높이고 좌굴을 방지하는 판보강재로서 기능할 수 있다.
- [71] 보다 구체적으로, 경량 구조재(100)에서 돌출부는 서로 마주하여 배치되는 보강판(120)의 다리부 및 그 사이 공간에 충전되는 코어층(140)으로 구성될 수 있고, 이러한 돌출 구조가 판보강재의 웹(web) 기능을 수행할 수 있다.
- [72] 한편, 상기에서 보강판(120)을 'ㄱ'자 또는 'ㄷ'자 형상의 절곡된 형태로 구성하는 경우, 보강판(120)을 구성하는 금속판을 굽힘 가공을 통해 벤딩(bending)하는 것이 바람직하다. 이는 경량 구조재(100)에서 수평 방향으로 형성되는 평판부와 수직 방향으로 형성되는 돌출부가 단절됨 없이 연속적인 형태를 가지게 함으로

써, 구조적으로 강인하고 용접에 의한 열변형이나 크랙(crack) 발생의 우려가 없는 구조를 구현하기 위함이다.

[73]

[74] **(2) 제2 실시형태**

[75] 도 3에 도시된 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제2 실시형태는 전술한 제1 실시형태와 완성된 구조가 동일하다. 다만, 제2 실시형태는 다수의 보강판(120)이 대략 'T'자 형상의 단면을 가지는 동일한 형태로 제작되고, 서로 이웃하는 보강판(120)이 레이저 용접에 의해 연결된다는 점에서 제1 실시형태와 차이가 있다.

[76] 이때, 보강판(120)은 하방으로 돌출되는 부위에 코어층(140)이 충전될 수 있는 공간을 포함하도록 구성되며, 따라서 하나의 보강판(120)에 총 4회의 굽힘 가공이 이루어지게 된다.

[77] 이와 같은 제2 실시형태는 제1 실시형태와 비교하여 보강판(120)의 굽힘 가공이 더 많은 횟수로 이루어져야 한다는 번거로움은 있으나, 'T'자 형태로 제작되는 보강판(120)이 이미 돌출 구조를 포함하고 있고 해당 돌출 구조의 하단이 막혀 있는 형태이므로, 구조적으로 더 안정적일 수 있고, 후술하는 코어층(140)을 형성하는 작업도 보다 원활하게 수행될 수 있다는 장점이 있다.

[78]

[79] **(3) 제3 실시형태**

[80] 도 4를 참조하면, 본 발명의 제3 실시형태에 따른 경량 구조재(100)는 하방으로 돌출되는 돌출부의 하단부가 수평 방향으로 다시 절곡되는 구조를 가질 수 있다. 즉, 경량 구조재(100)에서 하방으로 돌출되는 돌출부가 대략 'L'자 형상의 단면을 가지게 된다.

[81] 이에 따라, 제3 실시형태에서 경량 구조재(100)의 하방으로 돌출되는 돌출부는 수직 방향으로 형성되는 수직보강부와 수평 방향으로 형성되는 수평보강부를 포함할 수 있으며, 수직보강부가 판보강재의 웹(web) 기능을 수행하고, 수평보강부가 판보강재의 플랜지(flange) 기능을 수행할 수 있다.

[82] 한편, 도 4에는 돌출부 하단에 형성되는 수평보강부의 끝단에서 코어층(140)이 노출된 상태로 마감이 이루어진 구조가 도시되어 있으나, 해당 부분을 전술한 제2 실시형태와 유사하게 보강판(120)에 의해 막힌 구조로 구성하여도 좋다.

[83]

[84] **(4) 제4 실시형태**

[85] 도 5를 참조하면, 본 발명의 제4 실시형태에 따른 경량 구조재(100)는 하방으로 돌출되는 돌출부의 하단부가 수평 방향을 따른 양 측으로 연장되어 대략 'H'자 형태의 단면 구조를 가지도록 구성될 수 있다.

[86] 제4 실시형태에서 경량 구조재(100)의 하방으로 돌출되는 돌출부는 수직 방향으로 형성되는 수직보강부와 수평 방향으로 형성되는 수평보강부를 포함할 수 있으며, 수직보강부가 판보강재의 웹(web) 기능을 수행하고, 수평보강부가 판보

강재의 플랜지(flange) 기능을 수행할 수 있음은 전술한 제3 실시형태와 유사하다.

- [87] 제3 및 제4 실시형태에 따른 경량 구조재(100)는 돌출부의 하방향 끝단의 형태가 추가됨에 따라 단면계수(Section modulus)가 더 크게 증가되므로, 보다 효과적인 판보강재의 기능을 수행할 수 있다.

[88]

[89] **(5) 제5 실시형태**

- [90] 도 6을 참조하면, 또 다른 실시형태로서, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제5 실시형태는, 편평한 금속 재질의 상판(110); 상판(110)의 하측으로 일정 간격 이격된 위치에 상판(110)과 나란하게 배치되는 편평한 금속 재질의 하판(130); 상판(110)과 하판(130) 사이에 배치되는 복수의 보강판(120); 및 하판(130) 사이의 공간 및 서로 인접하는 보강판(120) 사이의 공간에 형성되는 비금속 재질의 코어층(140)을 포함하여, 대략 사다리꼴과 같은 형태로 구성될 수 있다.

- [91] 보강판(120)은 상판(110)과의 사이에 공간이 형성될 수 있도록 일정 간격 이격 배치되고, 하판(130)과도 마찬가지로 일정 간격 이격하여 배치될 수 있다.

- [92] 제5 실시형태에서, 보강판(120)은 'ㄷ'자 형상의 단면을 가지는 제1 보강판(120c)과 'ㄱ'자 형상의 단면을 가지는 제2 보강판(120d)을 포함할 수 있으며, 경량 구조재(100)의 폭 방향을 따른 양단에는 제1 보강판(120c)이 배치되고, 그 사이에 적어도 하나 이상의 제2 보강판(120d)이 반복적으로 배치될 수 있다. 제1 보강판(120c)과 제2 보강판(120d) 사이 및 서로 이웃하는 제2 보강판(120d) 사이의 간격은 동일하게 형성될 수 있다.

- [93] 코어층(140)은 상판(110) 및 보강판(120)과 하판(130) 사이의 공간 그리고 서로 인접하는 보강판(120) 사이의 공간에 형성될 수 있으며, 따라서 보강판(120)이 코어층(140)에 의해 둘러싸이는 형태가 된다.

- [94] 본 발명의 제5 실시형태에 따른 경량 구조재(100)에서는, 보강판(120)과 코어층(140)에 의해 수직 방향으로 형성되는 부분이 판보강재의 웹(web) 기능을 수행하고, 보강판(120)과 하판(130) 사이에 수평 방향으로 형성되는 코어층(140)과 그 하단에 부착되는 하판(130)의 구조가 판보강재의 플랜지(flange) 기능을 수행할 수 있다.

[95]

- [96] 상기의 제1 내지 제5 실시형태를 포함하는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 하방으로 돌출되는 돌출부(제5 실시형태에서는 서로 마주하는 보강판(120)과 그 사이에 형성되는 코어층(140)에 의해 수직 기둥 형태로 형성되는 부분을 돌출부로 볼 수 있음)는 구조 전체의 단면계수(Section modulus)를 증가시키는 작용을 한다. 상기 단면계수는 판 보강구조로서 기능하는 돌출부의 높이나 형상 등에 의해 결정될 수 있다.

- [97] 선박 구조에 주로 적용되는 금속으로만 구성된 종래의 철판 구조재(도 1 참조)는 구조적인 보강을 위해 상판(10)의 하측면에 판보강재(20)가 용접을 통해 결합

되며, 이러한 종래 방식은 판보강재(20)가 용접에 의해 연결될 때 상당한 열변형이 발생하는 문제점이 있음을 배경기술에서 설명한 바 있다.

- [98] 그러나 구조부재로서 기능하는 상판(10)과 판보강재(20)가 각각 분리 제작된 후 용접에 의해 결합되는 종래의 철판 구조재와 달리, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 평판부와 그로부터 돌출되는 돌출부가 일체형으로 제작되어 판 보강 구조가 이미 자체적으로 포함되어 있는 형태로 구성되므로, 종래와 같은 용접에 의한 열변형 문제가 발생할 우려가 전혀 없다.
- [99] 또한, 종래 철판 구조재를 제작함에 있어서 상판(10)과 판보강재(20)를 용접하지 않고 볼팅 결합시키는 경우를 상정해보더라도, 상판(10)과 판보강재(20) 간의 볼팅 결합을 위한 추가적인 홀 시공이나 국부적인 구조 보강 작업을 필요로 하게 되는데, 이에 반해 판 보강구조가 일체로 형성되는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 상기와 같은 부가 공정을 일절 필요로 하지 않으며, 따라서 구조적으로 안정적인 성능을 가질 수 있다.
- [100] 또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 돌출부에 의한 판 보강구조가 이미 자체적으로 포함되어 있는 형태이므로, 판 보강구조의 용접 결합을 필요로 하는 경우와 대비하여 상판(110)과 보강판(120)의 두께를 훨씬 얇은 구조로 형성하여 최적화된 복합 구조의 제작이 가능하다.
- [101] 특히, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 평판부 뿐만 아니라 판보강재의 기능을 하는 돌출부도 단일의 금속 소재가 아닌 복합소재(금속+폴리머)로 구성되는 것을 특징으로 하며, 이러한 본 발명의 구조에 따르면 금속으로만 이루어진 판보강재를 사용하는 경우보다 약 40~50% 가량의 구조 경량화를 이뤄낼 수 있다는 장점이 있다.
- [102] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 구성하는 상판(110), 보강판(120), 하판(130) 그리고 내부 코어를 구성하는 코어층(140)의 두께는, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)가 일반 선박용 철판 구조재의 구조적 강도와 대등한 구조적 성능의 구현이 가능한 정도로 설계될 수 있다.
- [103] 구체적으로, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 상판(110) 및 보강판(120)의 두께는 각각 0.4~20mm로 형성될 수 있다. 이때, 후술하는 바와 같이 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 개별 모듈끼리 결합시키거나 또 다른 어떤 구조물에 연결하고자 할 때 용접 작업이 수행되어야 하는 경우가 있으므로, 경량 구조재(100)의 외판을 구성하는 상판(110) 및 보강판(120)의 두께는 레이저 용접이 용이한 0.4mm 이상으로 형성됨이 좋다. 또한, 본 발명이 하나의 기술적 과제로 하는 구조 경량화를 달성하기 위해서는 상판(110) 및 보강판(120)의 두께가 10mm 이하로 형성되는 것이 좋으며, 따라서 본 발명은 상판(110) 및 보강판(120)을 구성하는 금속판의 보다 바람직한 두께로서 0.4~10mm를 제시한다. 제5 실시형태와 같이 하판(130)을 더 포함하는 경우, 하판(130)의 두께는 상판(110)의 두께를 따른다.

- [104] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 코어층(140)의 두께는 3~40mm까지 다양하게 구성할 수 있다. 이때, 코어층(140)은 수평방향으로 형성되는 부분과 수직방향으로 형성되는 부분(서로 마주하는 보강판(120) 사이에 형성되는 부분)의 두께가 다르게 형성되어도 된다.
- [105] 즉, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 평판부에서의 코어층(140) 두께와 돌출부에서의 코어층(140) 두께가 동일하게 형성될 수도 있지만 다르게 조절될 수도 있는 것이다. 두께를 다르게 형성하고자 하는 경우에는 판보강재로서의 기능을 하는 돌출부의 코어층(140) 두께가 평판부의 코어층(140) 두께보다 얇게 형성됨이 바람직하다.
- [106] 한편, 상기에서 부재의 명칭에 의해서 혼동되어서는 안 될 것이 있는데, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 상판(110)이 단독으로 일반 선박용 철판 구조재의 상판(10)과 대등한 구조적 성능을 가져야 하는 것이 아니고, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 상판(110)과 보강판(120) 및 그 사이에 형성되는 코어층(140)을 포함하여 수평 방향으로 형성되어 설계하중과 직접 접하는 평판부가 일반 선박용 철판 구조재의 상판(10)과 대등한 구조적 성능을 가지도록 설계할 수 있다는 의미로 이해되어야 하며, 이는 판 보강구조를 구성하는 보강판(120) 및 그 사이에 형성되는 코어층(140)의 두께를 결정함에 있어서도 마찬가지이다.
- [107] 즉, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 상판(110)과 보강판(120) 및 그 사이에 형성되는 코어층(140)을 포함하는 평판부 전체를 일반 선박용 철판 구조재의 상판(10)과 대응시켜 구조적 강도를 고려해야 하는 것이고, 따라서 일반 선박용 철판 구조재와 대등한 구조적 성능을 가지도록 설계되는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 상판(110)의 두께는 그에 상응하는 일반 선박용 철판 구조재의 상판(10)보다 훨씬 얇은 두께를 가지게 될 것이다. 예를 들어, 일반 선박용 철판구조재의 6mm 상판(10)과 등가를 이루는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 복합 구조는 1mm 두께의 상판(110)과, 5mm 두께의 코어층(140), 그리고 1mm 두께의 보강판(120)으로 형성될 수 있다.
- [108] 또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 판보강재의 웹 및/또는 플랜지 구조 역할을 수행하는 돌출 구조 간의 간격(d)은 200~3,000mm 범위로 형성될 수 있다. 보다 바람직하게, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 돌출부 간 간격(d)은 일반 선박용 철판 구조재와 유사한 간격으로 대략 600~900mm로 형성될 수 있고, 만약 경량 구조재(100)의 얇은 두께를 포기하는 경우(예컨대, 후술하는 바와 같이 코어층(140) 내부에 고성능 단열재(141)가 배치됨에 따라 두께가 증가되는 경우)에는 돌출 구조 간의 간격(d)을 1,500~3,000mm 까지 증가시킬 수 있다.
- [109] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 폭은 돌출부가 형성되는 개수에 따라 변경될 수 있다. 예컨대, 돌출부 간의 간격이 700mm로 균일할 때, 3~4개의 돌출부를 가지는 구조라면, 판 전체의 폭이 대략 2,100~3,500mm로 형성될 수 있다.
- [110] 경량 구조재(100)에서 하방으로 돌출되는 돌출부의 높이(h)는 구조 전체의 단면계수(Section modulus)를 비교하여 일반 선박용 철판 구조재와 등가의 구조적

성능을 가지는 수준으로 형성될 수 있으며, 금속으로만 제작되는 기존의 판보강재와 유사하거나 더 낮게 제작될 수 있다. 예컨대, 등가의 성능을 구현하고자 하는 기존 철판 구조재의 판보강재 높이가 100mm라면, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 돌출부 높이(h)도 이와 유사한 수준으로 형성될 수 있다. 다만, 전술한 바와 같이 돌출부의 형상이 단순 직선 형태를 띠는 'I'자형에서 추가되어 'L'자형, 'G'자형 및 사다리형이 될수록 구조 전체의 단면계수가 증가되므로, 이에 따라 돌출부의 높이(h)는 더 낮아질 수 있다. 여기서 돌출부의 높이(h)는 보강판(120)의 최하단으로부터 수평 방향으로 형성되는 평판부를 이루는 보강판(120)의 하면까지의 높이를 의미할 수 있다.

- [111] 또한, 제3 및 제4 실시형태(도 4 및 도 5 참조)와 같이, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)가 돌출부의 하단에 수평방향으로 형성되는 수평보강부를 더 포함하도록 구성되는 경우, 수평보강부의 폭(w)도 전술한 개념과 같이 기존의 철판 구조재용 판보강재와 유사한 등가의 크기로 형성될 수 있다.
- [112] 상기에 제시된 범위로 각 구성의 두께, 폭, 높이 등을 설계하였을 때, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 대략 3m의 길이에서부터 최대 길이가 무려 14m에 달하는 장스팬 구조로 제작이 가능해진다. 이와 같이 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 최대 14m의 장스팬 구조로 제작이 가능한 이유는, 비중이 0.8~1.8 수준으로서 금속에 비해 매우 경량인 비발포성 폴리머로 구성되는 코어층(140)이 상판(110)과 보강판(120) 사이에서 견고하게 접합되어 기본적인 구조성능이 갖추어짐과 아울러, 경량 구조재(100)에서 하방으로 돌출되는 돌출부가 판보강재로서 기능해주기 때문이다.
- [113] 또한, 여기서 주목할 점은, 장스팬 구조로 제작되는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 구조재의 폭을 가로지르는 방향으로는 별도의 보강재가 추가되지 않더라도 일반 선박용 철판 구조재나 건축용 철근 콘크리트와 동등한 또는 그 이상의 구조적 성능을 발휘할 수 있다는 점이다. 즉, 도 1에 도시된 일반 선박용 철판 구조재는 판보강재(20)가 종방향 구조를 보강하는 Longitudinal girder(21)와 횡방향 구조를 보강하는 Transverse frame(22)을 모두 포함하도록 구성되어야 했으나, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 판 구조 하부에 다수의 돌출부가 길이 방향을 따라서만 형성되면 충분하고, 그것을 가로지르는 폭 방향을 따른 별도의 보강 구조가 설치될 필요가 없다.
- [114] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 소정의 처짐량 기준을 만족하도록 제작될 수 있고, 이러한 처짐량 기준은 위에서 설명한 바와 같이 판보강재 기능을 하는 돌출부의 높이 및 형상의 조절/선택을 통해 구조 전체의 단면계수를 소정의 수준 이상으로 형성해줌으로써 만족시킬 수 있다.
- [115] 일례로, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 전체 길이가 6m이고, 상판(110)과 보강판(120)의 두께가 각각 1mm로 형성되며, 코어층(140)은 5mm의 얇은 코어로 형성될 때, 활하중 200kgf/m² 및 양단 고정 조건에서 돌출부 간의 간격을 600mm로 형성하면서 L/480 처짐량 기준을 만족하고자 한다면, 돌출부의 높이(h)는 'I'자

형일 때에는 약 125mm로, 100mm 폭(w)의 수평보강부가 형성되는 'ㄱ'자 형일 때에는 약 100mm로, 그리고 사다리형일 때에는 약 65mm로 산출될 수 있다.

- [116] 상기 처짐량 기준에서 'L'은 경량 구조재(100)의 길이(스팬)를 의미하며, L/480 처짐량 기준을 만족하기 위해서는 경량 구조재(100)의 중앙 부분이 경량 구조재(100)의 전체 길이의 1/480 이상 처지지 않아야 한다. 위에서 든 예시와 같이 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 6m 길이(스팬)로 제작하여 양단을 고정하였을 때에는 최대 처짐량이 $6,000/480=12.5(\text{mm})$ 이하로 발생하여야 L/480 처짐량 기준을 만족하는 것이다.
- [117] 즉, 처짐량 기준을 만족시키기 위한 경량 구조재(100)의 구조성능은 돌출부의 높이나 형상 등의 조절을 통해 구현될 수 있다. 또한, 상판(110)과 보강판(120) 및 코어층(140) 사이에 일정 수준 이상의 접착강도를 부여함으로써 상기와 같은 경량 구조재(100)의 구조성능 구현에 도움을 더 줄 수 있다.
- [118] 구체적으로, 코어층(140)을 구성하는 비발포성 폴리머는 자체적으로 접착력을 가지고 있으며, 후술하는 바와 같이 액상의 비발포성 폴리머 원액이 경화되는 과정에서 상판(110) 및 보강판(120)과 접하는 면이 기밀하게 접착되는데, 본 발명은 상판(110)과 코어층(140) 사이 그리고 보강판(120)과 코어층(140) 사이에 1~10MPa, 보다 바람직하게는 6MPa의 접착강도를 부여할 수 있다. 제5 실시형태와 같이 하판(130)을 더 포함하는 경우, 하판(130)과 코어층(140) 사이에도 동일한 접착강도가 부여될 수 있다.
- [119] 후술하겠지만, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는, 향후 다른 모듈과의 구조적 결합을 위하여 또는 모듈 자체가 요구하는 구조적 강도의 최적화 또는 피로강도 측면의 보강 목적으로, 측단 또는 하단부가 비금속이나 금속 재질의 마감부재에 의해 마감될 수 있는데, 이 경우에도 내부 코어인 비발포성 폴리머와 마감부재 간에 최소 1MPa(보다 바람직하게는 6MPa 이상)의 접합강도가 부여됨이 바람직하다.
- [120] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 금속 재질의 상판(110) 및 보강판(120)과 비발포성 폴리머로 이루어지는 코어층(140)의 복합소재로 구성되는 재료적 특징과 더불어 자체적으로 판 보강구조를 포함도록 구성됨에 따라 초경량이며서 현저히 뛰어난 구조성능의 구현이 가능하다.
- [121] 구체적으로, 본 발명에 따른 복합소재로 제작된 경량 구조재(100)는 선박 분야에서 주로 이용되는 일반 철판 구조재와 대비하여 대략 50~60% 정도의 중량으로 등가의 구조성능 구현이 가능하고, 건축 분야에서 주로 이용되는 철근 콘크리트와 대비하여서는 대략 15~25% 정도의 중량으로 등가의 구조성능 구현이 가능하다.
- [122] 또한, 일반적인 표준 탄소발생표에 따르면, 철판과 비발포성 폴리머는 킬로그램(kg) 당 2~3kg의 CO₂를 발생하는 것으로 알려져 있다. 하지만, 비발포성 폴리머의 비중은 0.8~1.8 수준으로 철판의 비중 7.85 보다 훨씬 낮으므로, 구조 제작과

정에서 발생하는 탄소 배출량이 크게 감소하게 되며, 기존 대비 약 50% 가량의 탄소 배출량이 감소될 수 있다.

[123]

[124] **III. 경량구조재의 마감 및 연결구조**

[125] 이하에서 도 7 내지 도 11을 참조하여 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 마감 및 연결구조에 대하여 살펴본다.

[126] **(1) 제1 측단 마감 및 연결구조**

[127] 먼저, 도 7을 참조하면, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 수평 방향으로 형성되는 양 끝단부의 상판(110) 및 보강판(120) 사이에 금속 또는 비금속 소재로 구성되는 제1 측단 마감부재(151)가 삽입 배치될 수 있다. 여기서 제1 측단 마감부재(151)가 비금속 소재로 구성되는 경우에는 내부 코어인 비발포성 폴리머와 최소 1MPa(보다 바람직하게는 6MPa 이상)의 접합강도가 나올 수 있는 소재로 구성됨이 바람직하다.

[128] 그리고 서로 이웃하는 경량 구조재(100)는 서로 맞닿게 배치되는 상판(110)끼리 그리고 보강판(120)끼리 레이저 용접으로 결합될 수 있다. 전술한 바와 같이, 레이저 용접은 열변형이 적다는 장점이 있으나 두께가 두꺼울수록 효율이 떨어지는 문제로 6mm 이상의 선박용 일반 철판 구조재에는 적용이 쉽지 않다는 문제가 있었다. 그러나 본 발명은 상판(110) 및 보강판(120)으로서 6mm보다 얇은 수준(예컨대, 0.5~5mm)의 금속판을 이용하므로 레이저 용접의 적용 측면에서 유리한 장점이 있다.

[129] 또한, 본 실시예에서 제1 측단 마감부재(151)는 경량 구조재(100)의 내측으로 소정의 거리만큼 밀어 넣어져서 배치될 수 있으며, 이에 따르면 2 이상의 경량 구조재(100)의 연결을 위해 서로 이웃하는 경량 구조재(100)끼리 맞닿게 배치시켰을 때, 각 경량 구조재(100) 상에 배치되는 제1 측단 마감부재(151)가 마주하는 사이에 공간(S)이 형성될 수 있고, 해당 공간(S)에 비발포성 폴리머 원액(보다 바람직하게는 비발포성 폴리우레탄 원액)을 주입하여 경화시킴으로써, 서로 이웃하는 경량 구조재(100)의 연결 부위를 기밀하게 마감할 수 있다. 이때 비발포성 폴리머가 가지는 자체 접착력에 의해 경량 구조재(100) 간에 추가적인 결합력이 부여되는 부가적인 효과도 도모될 수 있다.

[130] 한편, 제1 측단 마감부재(151)를 삭제하고 코어층(130)인 비발포성 폴리머가 노출되는 형태로 그대로 두어도 된다. 다만, 이 경우에도 경량 구조재(100)가 연결되는 부위에 소정의 공간(S)을 형성하고, 해당 공간(S)에 비발포성 폴리머 원액을 주입하여 기밀하게 마감하는 방식을 동일하게 적용할 수 있음은 물론이다.

[131]

[132] **(2) 제2 측단 마감 및 연결구조**

[133] 다음으로 도 8을 참조하면, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 수평 방향으로 형성되는 양 끝단부에 금속 소재로 마련되는 제2 측단 마감부재(152)가 삽입 배치될 수 있다.

- [134] 본 실시예에서 제2 측단 마감부재(152)는 단면이 일(一)자 형상을 가지며 코어층(140)과 대응되는 두께를 가지는 금속판으로 마련될 수 있으며, 일단부는 경량 구조재(100)의 내부로 삽입되고 타단부는 경량 구조재(100)의 외부로 돌출되어 노출될 수 있다.
- [135] 외부로 돌출되는 제2 측단 마감부재(152)는 이웃하는 다른 경량 구조재(100) 측에 마련되는 제2 측단 마감부재(152)와 용접 또는 볼팅 등을 통해 구조적으로 결합될 수 있다. 본 실시예와 같이 소정의 두께를 가지는 금속재로 경량 구조재(100)의 측단부가 마감되는 경우에는 CO₂ 용접과 같은 보편적인 용접의 적용이 가능하고, 용접 외에도 볼트(bolt) 등을 이용한 기계적 결합 방식의 적용이 가능하다는 점에서 설계 유연성이 우수한 장점이 있다.
- [136]
- [137] **(3) 제3 측단 마감 및 연결구조**
- [138] 도 9를 참조하면, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 수평 방향으로 형성되는 양 끝단부에 금속 소재로 마련되는 제3 측단 마감부재(153)가 삽입 배치될 수 있다.
- [139] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제3 측단 마감 및 연결구조는 바로 이전에 설명된 제2 측단 마감 및 연결구조와 유사하다. 다만, 전술한 제2 측단 마감부재(152)가 단순 일자 형태로 마련되었던 것과는 달리 제3 측단 마감부재(153)는 'ㄱ'자 형상의 단면을 가지는 앵글 형태로 마련된다는 점에서 차이가 있다.
- [140] 본 실시예에 따라 제3 측단 마감부재(153)로 마감된 경량 구조재(100)를 2 이상으로 연결시키고자 할 때, 서로 이웃하는 경량 구조재(100) 각각에 마련되는 제3 측단 마감부재(153)가 서로 맞닿은 상태에서 용접 또는 볼팅 등을 통해 구조적으로 결합될 수 있다(용접과 볼팅 결합을 함께 적용하는 것도 가능). 본 실시예와 같이 제3 측단 마감부재(153)의 단면이 'ㄱ'자 형상으로 마련되는 경우에는 다리부가 존재하므로 볼팅 결합 방식을 적용하기에 조금 더 용이한 구조로 볼 수도 있을 것이다.
- [141]
- [142] **(4) 하단 마감구조**
- [143] 한편, 구조적 효율성을 위해, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에서 판보강재의 기능을 수행하는 돌출부의 하단을 금속 구조로 마감하여 보강할 수도 있다.
- [144] 보다 구체적으로는, 도 10에 도시된 'ㄴ'자 형상의 단면을 가지는 제1 하단 마감부재(154) 혹은 도 11에 도시된 'ㄴ'자 형상의 단면을 가지는 제2 하단 마감부재(155)를 돌출부의 하단에 삽입 결합시킬 수 있다. 다만, 도 3에 도시된 제2 실시형태를 비롯하여 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 돌출부 하단이 이미 막힌 상태로 제작되는 경우에는 상기와 같은 하단 마감구조를 적용할 필요가 없겠다.
- [145] 또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 돌출부에서 판보강재의 웹 기능을 하는 수직 구조(수직보강부)의 끝단이나 플랜지 기능을 하는 수평 구조(수평보강부)의 끝단은 금속으로 마감되지 않더라도 구조의 단면 모멘트는 거의 동일하므

로 전체 구조적 성능에 큰 영향을 미치지 않는다. 다시 말해, 구조성능의 최적화 측면에서는 돌출부의 끝단을 금속으로 마감하든지 또는 마감하지 않고 코어인 비발포성 폴리머를 그대로 노출시키든지 간에 큰 차가 없으며, 따라서 서로 인접하는 경량 구조재(100)의 모듈 간 결합 또는 기타 특수 목적이 있는지 여부를 고려하여 상기한 측단 또는 하단 마감구조의 적용 여부를 결정할 수 있을 것이다.

[146]

[147] 이상에서 설명된 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 마감구조는, 2 이상의 경량 구조재(100) 간의 결합 및 연결을 보조하는 기능 외에도 경량 구조재(100)의 제작 과정에서 상판(110)과 보강판(120) 사이의 공간을 밀폐시키는 등의 부가적인 기능을 가질 수 있다.

[148]

또한, 이상의 마감부재(151/152/153/154/155)는 상판(110)과 보강판(120) 사이에 삽입되어 접하는 면이 접착제에 의해 접착될 수 있고, 코어층(140)과 접하는 면도 코어층(140)을 형성하는 비발포성 폴리머의 자체 접착력에 의해 접착될 수 있다. 마감부재(151/152/153/154/155)가 금속으로 이루어지는 경우에도 굳이 용접할 필요 없이 삽입 및 접착시키는 것만으로 충분한 강도를 얻을 수 있으며, 다만 접착면의 박리 현상을 방지하기 위하여 상판(110) 및 보강판(120)과 마감부재(151/152/153/154/155) 사이에 앞에서 설명된 것과 동일하게 1~10MPa, 보다 바람직하게는 6MPa의 접착강도가 부여될 수 있다.

[149]

본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 상판(110)과 보강판(120)이 아주 얇은 두께로 형성되므로 레이저 용접의 적용을 통해 열변형을 최소화시킬 수 있고, 특히 비발포성 폴리머의 충전 후 경화에 의해 코어층(140)이 형성됨으로써 구조적 견고함이 갖추어진 이후에 레이저 용접을 수행하는 것도 가능하므로, 용접 변형의 최소화를 이룰 수 있다.

[150]

또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 돌출부를 구성하게 되는 금속 소재의 보강판(120)이 내부 코어층(140)과 1MPa 이상, 보다 바람직하게는 6MPa 이상의 접착강도로 붙어있기 때문에, 별도의 용접 없이 또는 최소한의 태그 용접(tag welding) 만으로도 일체형의 판보강재 기능이 구현될 수 있다.

[151]

[152] **III. 경량 구조재의 제조공법**

[153]

다음으로 도 12 내지 도 16을 참조하여 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 구체적인 제조공법에 대하여 살펴본다.

[154]

일반적으로 선박에서 사용되는 판보강재의 두께는 6~30mm로 다양하지만 통상 6~15mm 내외의 얇은 두께를 사용한다. 이를 본 발명에서 제안하는 비발포성 폴리머 및 금속의 복합소재 구조로 대체할 경우, 상판(110) 및 보강판(120)은 1~3mm 수준의 두께를 가지는 금속 박판이 사용될 수 있고, 코어층(140)을 구성하는 비발포성 폴리머의 두께는 5~15mm 가량의 아주 얇은 구조로 형성될 수 있다.

- [155] 그런데 상기와 같은 얇은 두께로 비발포성 폴리머 구조를 형성하는 것이 현실적으로 쉽지 않다. 왜냐하면 비발포성 폴리머의 원액은 경화되기 전에 윤택유 이상의 점도를 가지므로 충전될 공간이 너무 좁게 되어 있으면 마찰저항으로 인하여 주입에 어려움이 발생하고 공간 내에 고르게 퍼지기 어렵기 때문이다. 이와 같이 금속과 비발포성 폴리머로 이루어지는 복합소재의 제조 특성을 고려하여 선박의 기본 성능 및 구조적 요건을 명시하고 있는 어느 선급 규정에 따르면, 금속판의 두께는 최소 3mm 이상, 비발포성 폴리머로 구성되는 코어층은 15mm 이상의 두께로 형성할 것을 권고하고 있고, 이를 따르지 않을 경우에는 별도의 승인을 획득하도록 하고 있다.
- [156] 이하 설명되는 제조공법들은 경량 구조재(100)의 코어층(140)을 비발포성 폴리머(예컨대, 비발포성 폴리우레탄)로 형성하는 경우에 관한 것이며, 특히 상기한 제조상의 어려움, 즉 비발포성 폴리머로 구성되는 코어층(140)을 얇은 두께로 형성하기 어려운 문제점을 해결하기 위해 제안되는 것이며, 보다 바람직하게는 코어층(140)이 15mm 이하의 두께로 형성되는 경우에도 해당 공간 내에 비발포성 폴리머를 고르게 충전하여 균일한 코어층(140)을 획득하는 것이 가능하게 하는 방법을 제시하는 것이다.
- [157]
- [158] **(1) 제1 제조공법**
- [159] 도 12를 참조하면, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제1 제조공법은, 보강판(120) 위에 비발포성 폴리머 원액을 부어서 채우고 상판(110)을 덮는 방식이다. 보강판(120)의 하단이 뚫려 있는 경우 임시 댐막이를 이용하여 하단을 밀폐된 구조로 형성할 수 있고, 보강판(120) 위 공간에 비발포성 폴리머 원액이 소정의 수위로 채워질 수 있도록 보강판(120)의 측면에도 임시 댐막이를 적용할 수 있다. 만약 보강판(120)의 하단이 막힌 구조로 형성되거나 또는 별도의 마감부재로 마감되는 경우에는 임시 댐막이를 적용할 필요가 없을 수도 있으며, 이는 후술하는 다른 제조공법에서도 마찬가지이다.
- [160] 한편, 본 제조공법은 비발포성 폴리머 원액을 밀폐된 공간 내에 주입하는 방식이 아니라 개방된 공간 내에 부어서 채우는 것으로서, 오픈 캐비티(open cavity) 방식으로 작업이 진행됨에 따라 비발포성 폴리머 원액과 공기의 접촉에 의해 공기방울이 형성될 수 있다. 공기방울이 제거되지 않고 코어층(140) 내부에 남아있게 된다면 구조성능에 영향을 미칠 수 있으므로, 공기방울을 제거하기 위한 과정이 추가로 요구된다.
- [161] 이를 위해, 본 제조공법은 보강판(120) 위에 실제로 코어층(140)이 차지하는 부피에 해당하는 양보다 최소 2% 많은 양의 비발포성 폴리머 원액을 채우고, 상판(110)을 덮을 때 전체 판을 한 번에 덮지 않고 약간의 경사 또는 굴곡을 주어서 비발포성 폴리머 원액의 표면을 밀어주면서 덮어준다. 즉, 상판(110)을 이용하여 비발포성 폴리머 원액의 표면을 일측으로부터 타측 방향으로 밀면서 덮어 비발포성 폴리머 원액의 초과분을 패널 밖으로 밀어내버릴 수 있고, 해당 과정을 통해

공기방울의 제거가 가능하다. 만약 보강판(120)의 하단이 막힌 구조로 형성되어 있는 경우에는 비발포성 폴리머 원액의 오버플로우(overflow) 및 공기 벤트(vent) 용도로 별도의 구멍을 형성해줄 수도 있다.

[162]

[163] **(2) 제2 제조공법**

[164] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제2 제조공법의 진행 과정을 도 13을 참조하여 설명한다.

[165] 먼저, 상판(110)을 뒤집어 놓은 상태에서 상판(110)의 가장자리에 임시 댐막이를 설치하고, 상판(110)과 테두리부(임시 댐막이)에 의해 형성되는 공간 내에 액체 상태의 비발포성 폴리머 원액을 붓는다. 본 실시예에서도 마찬가지로, 실제로 코어층(140)이 차지하는 부피에 해당하는 양보다 최소 2% 많은 양의 비발포성 폴리머 원액이 초기에 채워질 수 있다.

[166] 그리고 상판(110)의 공간 내에 비발포성 폴리머 원액이 부어진 상태에서 보강판(120)을 위에서부터 투입하여 아래로 누른다. 보강판(120)은 유압장치 등을 이용하여 상판(110)과의 사이가 소정의 정해진 간격이 될 때까지 가압될 수 있다. 이때 상판(110)과 보강판(120) 사이의 간격을 설계상의 얇은 두께로 유지하기 위하여 상판(110)과 보강판(120) 사이에 스페이서(spacer)를 배치할 수 있다.

[167] 상판(110)의 공간 내에 채워진 비발포성 폴리머 원액은 보강판(120)의 누르는 힘에 의하여 서로 마주하는 보강판(120)의 다리부 사이에 형성되는 수직 공간(판보강재의 웹 역할을 수행하는 얇은 틈)으로 용입될 수 있다. 이때 비발포성 폴리머 원액은 실제 코어층(140)이 차지할 부피보다 많은 양으로 채워져 있으므로 초과하는 양이 밖으로 밀어내져 배출될 수 있으며, 해당 과정을 통해 공기방울의 제거도 가능하다.

[168] 상판(110)과 보강판(120) 사이사이에 골고루 채워진 비발포성 폴리머 원액은 시간이 흐르면서 경화되어 코어층(140)을 형성하게 되고, 코어층(140)의 형성으로 인해 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제작이 완료된다.

[169] 이상과 같은 제1 및 제2 제조공법은 비발포성 폴리머 원액을 밀폐된 공간 내에 주입하는 방식이 아니라 개방된 공간 내에 부어서 채우는 방식이다. 이들 공법은 비발포성 폴리머 원액의 주입시 발생하는 마찰저항을 가압을 통해 극복함으로써 얇은 두께의 판보강용 구조를 형성할 수 있고, 또 비발포성 폴리머 원액이 코어층(140)에 해당하는 전체 구조에 제대로 충전되는지를 눈으로 확인하면서 작업할 수 있다는 장점이 있다.

[170]

[171] **(3) 제3 제조공법**

[172] 도 14를 참조하면, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제3 제조공법은 상판(110)과 보강판(120) 사이를 밀폐된 공간으로 형성하고 밀폐된 공간 내에 비발포성 폴리머 원액을 주입하는 방식을 이용하되, 비발포성 폴리머 원액의 주입을 위

한 주입관(injection tube)을 한 개가 아니라 여러 개의 작은 관으로 나누어 구성하는 방식이다.

- [173] 통상 비발포성 폴리머는 ISO와 폴리올(Polyol)과 같은 유기화합물의 두 가지 액체가 혼합되면서 화학반응이 일어나고 이때부터 경화가 이루어진다. 이때 화학반응이 일어나는 시간은 수 분에 불과하므로 비발포성 폴리머 원액의 주입도 수 분 내에 완료되어야 한다. 또한, 비발포성 폴리머 원액은 자체적으로 점성을 가지므로 수 분 내에 골고루 퍼지는데 어려움이 있을 수도 있다.
- [174] 본 제조공법은 상기와 같은 공정상의 어려움을 해결하기 위한 것으로서, 비발포성 폴리머 원액을 주입하는 주입관을 여러 개의 작은 관으로 나누어 구성하고 이들을 코어층(140)이 형성되어야 하는 공간 내에 촘촘히 배치함으로써, 비발포성 폴리머 원액이 상판(110)과 보강판(120) 사이의 밀폐된 공간 내에 신속하게 그리고 골고루 주입될 수 있도록 한다.
- [175] 본 제조공법을 적용함에 있어서, 판과 판 사이에 막히지 않은 부분이 존재한다면 임시 댐막이를 이용하여 밀폐된 공간을 형성해 줄 수 있고, 만약 별도의 마감 부재로 마감되는 경우에는 마감부재가 해당 부분을 밀폐시키는 역할을 할 수 있다. 이는 다른 제조공법에서도 마찬가지로 적용될 수 있다.
- [176]
- [177] **(4) 제4 제조공법**
- [178] 도 15를 참조하면, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제4 제조공법은 상판(110)과 보강판(120) 사이를 밀폐된 공간으로 형성하고 밀폐된 공간 내에 비발포성 폴리머 원액을 주입하는 방식을 이용하되, 진공펌프(VP)를 이용하여 밀폐된 공간 내의 공기를 빼내면서 주입을 실시하는 방식이다.
- [179] 보다 구체적으로, 상판(110)과 보강판(120) 사이를 밀폐된 공간으로 형성한 후 한 쪽에는 주입관을 꽂아 비발포성 폴리머 원액을 주입시키면서 반대 쪽에서는 진공펌프(VP)를 이용하여 밀폐된 공간 내의 공기를 흡입한다.
- [180] 본 제조공법에 의하면, 밀폐된 공간의 안과 밖의 압력차로 인하여 비발포성 폴리머 원액의 주입시 마찰저항을 극복하면서 얇은 두께로 주입하는 것이 가능할 뿐만 아니라, 진공펌프(VP)의 흡입력에 의해 신속한 주입이 가능한 장점이 있다.
- [181]
- [182] **(5) 제5 제조공법**
- [183] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제작에 사용되는 상판(110) 및 보강판(120)은 일반 선박용으로 사용되는 철판보다 훨씬 얇은 금속판을 사용하게 된다. 따라서 그로 인한 공법적인 번거로움이 있는데, 그것은 바로 금속판의 두께가 너무 얇은 관계로 코어(비발포성 폴리머)가 충전되기 전이나 충전되는 과정에서 판의 형상 유지 및 편평도 관리가 어렵다는 점이다.
- [184] 종래에는 두 개의 판 사이에 코어를 충전하는 과정에서 형상 유지(또는 간격 유지)를 위해 스페이서를 사용하고 있었다. 또한, 코어로서 비발포성 폴리머를 사용하는 경우에는 경화되는 과정에서 약간 부풀어 오르는 특성이 있으므로 상부

판을 상당한 하중으로 눌러주기도 한다. 그러나 본 발명과 같이 상판(110) 및 보강판(120)을 이루는 금속판의 두께가 일정 수준 이하로 아주 얇게 형성되는 경우에는 상기한 종래의 방식으로 판의 형상 유지 및 편평도를 유지하기가 어렵다.

- [185] 또한, 상부판의 자중으로 인하여 판이 처지는 현상도 발생한다. 이때 코어의 두께가 충분히 두껍게 형성되는 경우에는 화학 반응의 강도도 강하기 때문에 부풀어 오르는 힘을 이용하여 처져 있는 상부판을 다시 밀어올릴 수 있다. 그러나 본 발명과 같이 코어층(140)이 얇은 두께로 형성되는 경우에는 부풀어 오르는 힘이 약하므로 자중에 의한 상판(110)의 처짐을 복원시키기에는 부족하다.
- [186] 뿐만 아니라, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 보강판(120)이 하방으로 절곡되는 구조를 포함하고 있는데, 이 경우 보강판(120)이 얇은 박판으로 구성되는 특성상 절곡 각도가 일정하게 유지되는 것 또한 매우 어렵다.
- [187] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 제5 제조공법은 상기와 같은 공법상의 어려움을 해결하기 위해 제안되는 것으로서, 전술한 제1 내지 제4 제조공법이 비발포성 폴리머의 충전과 관련된 공법이었던다면, 제5 제조공법은 비발포성 폴리머의 주입 전 그리고 주입 과정에서 구조재의 전체 형태와 편평도를 유지시키는 것에 관한 공법으로 볼 수 있다.
- [188] 구체적으로는, 도 16에 도시된 바와 같이, 상판(110)과 보강판(120) 사이의 공간에 비발포성 폴리머 원액이 채워진 상태에서 상부에 배치되는 상판(110)의 상면에 자석(M)을 배치하면, 자석(M)에 의해 발생하는 자기장에 의해 상판(110)의 상면이 자석(M)과 밀접하게 접촉되어 편평한 상태를 유지할 수 있게 된다.
- [189] 참고로 도 16에 도시된 실시예에서는 정반(surface plate) 위에 보강판(120)과 상판(110)이 순차적으로 적층된 상태로 공정이 진행되기 때문에 상판(110)의 상면에 자석(M)을 배치하는 것이고, 만약 상판(110)과 보강판(120)을 뒤집어서 공정이 진행되는 경우에는 비발포성 폴리머 원액을 기준으로 상측에 놓이는 보강판(120)의 상면에 자석(M)이 배치될 수 있을 것이다.
- [190] 여기서 자석(M)은 전자석을 포함하여 금속을 끌어당기는 힘을 발생시킬 수 있는 모든 자성체를 포함하는 개념으로 이해될 수 있다. 자석(M)은 편평도가 유지되어야 하는 판의 면적 전체에 대응되는 크기로 구성될 필요는 없고, 일부 면적만 차지하면서 놓이더라도 판 전체가 편평해지는 효과를 볼 수 있다. 또한, 판 위에 복수 개의 자석(M)을 배치시킬 수도 있고, 하나의 자석(M)만 이용하는 경우에는 판의 중앙부에 배치되는 것이 바람직하다.
- [191] 또한, 수평방향으로 놓이는 것 뿐만 아니라 수직방향으로 세워지는 보강판(120)의 측면에도 동일한 원리로 자석(M)을 배치하여 편평도를 유지하고 원하는 절곡 각도를 얻을 수 있다.
- [192] 이때, 자석(M)은 상판(110) 및 보강판(120)의 위치를 고정시키는 작업용 지그(jig) 또는 정반 내에 포함되어 구성될 수 있다. 도면에는 보강판(120)에 인장력을 가하는 자석(M)만 정반 내에 포함되는 것으로 도시되어 있으나, 상판(110)에 인장력을 가해주는 자석(M)도 작업용 지그 또는 정반 내에 포함될 수 있음은 당연

하다. 이 경우 작업용 지그나 정반에 상판(110) 또는 보강판(120)을 고정시키기 위한 별도의 파지부를 두지 않더라도 자석이 당기는 힘에 의해 금속판으로 마련되는 상판(110) 또는 보강판(120)이 용이하게 파지되는 부수적인 효과도 누릴 수 있을 것이다.

[193] 또한, 본 제조공법은 자석(M) 대신 진공흡착장치를 이용하여 구현될 수도 있다. 구체적으로는, 진공흡착장치로 편평도가 유지되어야 하는 판의 특정 부위를 흡착시켜 인장력을 가해줌으로써 구조재의 형태를 유지하고 편평도를 유지시킬 수 있다.

[194] 자석(M)을 적용하는 경우와 마찬가지로, 진공흡착장치는 판의 전체 영역이 아닌 일부 영역에 대한 흡착력을 제공하는 것만으로도 평탄도 유지 기능을 수행할 수 있으며, 바람직하게는 편평도를 유지하고자 하는 판의 중앙부를 흡착시키는 것이 좋다. 또한, 하나의 판 상에 복수 개의 진공흡착장치를 적용하는 것도 가능하다.

[195] 이상과 같은 제5 제조공법이 적용되어 제작되는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 표면이 편평하면서 전체적으로 동일한 두께를 유지할 수 있게 됨에 따라 균일한 구조적 성능이 구현될 수 있다. 또한, 제작 과정에서 편평도 문제가 해결됨에 따라 상판(110)과 보강판(120) 사이에 배치되는 스페이서의 물량을 크게 감축되어 제작 공수 및 비용 절감이 가능한 효과도 가진다.

[196]

[197] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 구조를 형성하는 두께와 끝단 처리 방식에 따라 이상에서 설명된 제1 내지 제5 제조공법 중 2 이상의 방식이 병행하여 적용될 수 있다. 예를 들어, 제2 제조공법을 오픈 캐비티가 아닌 밀폐된 공간에서 수행하면서 제4 제조공법의 진공펌프를 이용하여 밀폐된 공간 내의 공기를 빼내는 것이 가능하고, 또 제3 제조공법과 같이 여러 개의 주입관을 이용하여 비발포성 폴리머 원액의 주입을 실시하면서 제4 제조공법의 진공펌프를 함께 적용하는 것도 가능하다. 제5 제조공법의 경우에는 구조재의 형태 및 편평도를 유지하기 위해 적용되는 공법이므로 다른 어느 제조공법과도 병행이 가능하다고 할 것이다.

[198] 또한, 얇은 두께의 비발포성 폴리머는 두꺼운 두께의 비발포성 폴리머 보다 화학반응이 일어나는 절대 용량이 적기 때문에 경화하는 데 시간이 더 소요된다. 특히, 겨울철과 같이 온도가 낮은 시기에는 경화를 위한 분자간의 화학반응 속도도 줄어들게 되므로 경화 시간이 더욱 오래걸리거나 극단적으로는 경화가 되지 않는 경우도 있다. 이를 방지하기 위하여 제작용 지그의 표면에 온도를 올려줄 수 있는 열선이나 온열 배관 설비가 구비될 수 있으며, 이는 모든 제조공법에 공통적으로 적용이 가능한 사안이다.

[199]

[200] **IV. 경량 구조재의 추가 실시예**

[201] 한편, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 코어층(140)을 구성할 때, 단열 및 구조적 성능이 이미 구현되어 있는 고성능 단열재를 추가로 이용하는 것도 가능하다.

다. 이 경우 상판(110)과 보강판(120) 사이에 열전도율이 낮은 고성능 단열재가 추가 배치됨에 따라 단열 측면에서 우수한 성능을 가질 수 있게 된다.

[202] 보다 구체적으로는, 도 17에 도시된 바와 같이, 상판(110)과 보강판(120) 사이에 비발포성 폴리머와 함께 열전도율이 0.02W/mK 보다 낮은 고성능 단열재(141)를 배치함으로써 코어층(140)을 형성할 수 있다. 일례로 0.004W/mK 수준의 열전도율을 가지는 진공단열재(VIP: Vacuum Insulation Panel)를 포함하도록 코어층(140)을 형성할 경우, 경량 구조재(100)의 전체 두께는 $20\sim 40\text{mm}$ 까지 증가되었지만 단열성의 측면에서는 일반 EPS(Expanded Polystyrene) 단열재보다 6~10배 가량 우수한 단열성능의 구현이 가능해진다. 뿐만 아니라 복합소재의 특성상 두께 증가의 2~3층에 비례하여 구조강도가 증가되므로 가볍지만 월등한 구조성능이 구현될 수 있다.

[203] 또한, 진공단열재가 비발포성 폴리머 내에 포함되는 경우에는 진공단열재가 외부 충격으로부터 보다 효과적으로 보호될 수 있고, 비발포성 폴리머의 기밀한 구조에 의해 진공단열재로의 가스 출입이 완벽하게 차단되어 진공단열재의 수명이 거의 반영구적으로 늘어나는 효과가 도모될 수 있다.

[204] 코어층(140)을 비발포성 폴리머로만 구성하는 경우에는 경량 구조재(100)의 두께를 아주 얇은 두께로 최적화하여 제작할 수 있다는 장점이 있고, 비발포성 폴리머와 함께 진공단열재와 같은 고성능 단열재(141)를 추가로 포함시키는 경우에는 경량 구조재(100)의 제작 측면에서 더 간편하고(비발포성 폴리머 원액을 고성능 단열재(141)의 표면에 도포하여 접착제처럼 사용하면 되므로) 우수한 단열성능을 얻을 수 있다는 장점이 있으므로, 각 방식의 장점을 고려하여 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 코어층(140) 형성시 비발포성 폴리머를 단독으로 사용할 것인지 또는 고성능 단열재(141)를 병행하여 사용할 것인지 여부를 선택 및 적용할 수 있겠다.

[205] 참고로, 고성능 단열재(141)만으로 코어층(140)을 구성하면 상판(110) 및 보강판(120)과의 결합력이 약해서 충분한 구조적 성능을 확보하기 어려우며, 고성능 단열재(141)를 둘러싸는 비발포성 폴리머가 상판(110)과 보강판(120) 사이에서 접착에 의해 단단히 고정된 형태를 유지하여야 본 발명의 경량 구조재(100)가 만족할만한 구조적 성능을 얻을 수 있다.

[206]

[207] V. 경량 구조재의 적용예

[208] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 선박 구조 또는 건물의 바닥, 천장 및 벽체 구조를 형성하는데 활용될 수 있다. 바람직하게는, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 선박의 데크 구조물로 이용될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 건물에서 위층과 아래층을 구분하는 콘크리트 슬래브의 상부 또는 하부에 설치되어 바닥 또는 천장 구조로 이용될 수도 있고, 필요에 따라 건물의 벽체 구조에도 적용될 수 있음은 물론이다. 이하, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 구체적인 적용예 및 그에 따른 작용 효과에 대하여 설명한다.

[209]

[210] **(1) 선박 구조**

[211] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 선박의 데크나 선박 거주구의 바닥 구조를 구성하는데 적용이 가능하다. 특히, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 선박 산업분야에서도 특히 자동차 운반선(PCC: Pure Car Carrier)의 카-데크(Car-Deck) 제작에 적용될 시 유용성이 매우 뛰어날 것으로 예상되며, 선박 거주구의 바닥 구조를 형성하는데에도 효과적이다.

[212] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 선박 구조재로 활용시, 기존의 용접 열변형 문제를 해결하는 효과가 도모될 수 있다.

[213] 종래에는 선박의 데크를 구성하기 위해 도 1에 도시된 형태의 일반 철판 구조재를 주로 사용하였고, 이 경우 구조부재 역할을 하는 상판(10) 아래에 판보강재(20)가 용접됨에 따라 심각한 열변형이 발생하는 문제를 피할 수 없었음을 전술한 바 있다. 또한, 통상적인 선박 데크로서의 구조적 성능만 고려하면 철판 구조재의 상판(10)을 대략 6mm 두께로 형성하면 되지만, 판보강재(20) 용접에 따른 열변형을 고려하여 애초에 상판(10) 두께를 10mm 정도로 늘려서 제작하는 경우가 빈번하게 있다. 하지만 상판(10)의 두께를 늘린다 하더라도 판보강재(20) 용접에 의한 열변형 문제는 여전히 상존하고 있으므로, 대부분 판보강재(20) 용접 후 열가공을 통한 보정 공사에 상당한 시수를 투입하고 있는 실정이다.

[214] 그러나 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 판보강재 기능을 하는 돌출부가 이미 구조 내에 포함되어 있는 형태로서 판보강재의 부착을 위한 용접을 필요로 하지 않으므로, 전체 공정에 필요한 용접량과 그에 따른 열변형을 크게 감소시킬 수 있고, 따라서 선박 산업분야에서 현재까지도 주요하게 사용되고 있는 철판 구조재의 용접에 따른 열변형 문제를 근본적으로 해결할 수 있다.

[215] 또한, 본 발명은 서로 이웃하는 경량 구조재(100) 간을 연결할 때에도 금속재로 구성된 마감부재끼리 용접되거나 또는 내부에 형성되는 코어층(140)에 의해 이미 강성이 확보된 경량 구조재(100)끼리 용접이 이루어지므로, 판 전체의 열변형량이 크게 감소될 수 있다.

[216] 또한, 복합소재로 구성되는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 기존 철판 대비 40~50% 가량 가벼운 무게로 등가의 구조성능 구현이 가능하므로, 선박의 경량화에도 크게 기여할 수 있다.

[217]

[218] **(2) 건물 구조**

[219] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 상판(110)과 보강판(120) 사이의 공간이 대부분 비발포성 폴리머로 채워지므로, 고밀도 나무와 비슷한 0.2~0.4W/mK 수준의 열전도율을 가진다. 이는 선박용으로 주로 사용되는 일반 철판 구조재($k=83\text{W/mK}$)와 대비해서는 비교할 수 없을 정도의 우수한 단열성능을 가지는 것이고, 건축용으로 사용되는 철근 콘크리트($k=1.6\text{W/mK}$)와 대비하여도 더 뛰어난 단열성능을 가짐을 의미한다. 또한, 탄성을 가지는 비발포성 폴리머의 역할로 진

동/소음 저감 측면에서도 우수한 성능을 가지는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 선박용 구조재뿐만 아니라 육상용 바닥이나 벽체 구조 등으로도 충분히 사용이 가능하다.

- [220] 대표적으로, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 길이방향을 따른 양단을 벽체에 구조적으로 연결하여 건물의 바닥이나 천장 구조를 형성할 수 있으며, 이하에서는 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 건물의 바닥 구조 및 천장 구조로 활용하는 실시예에 대하여 순서대로 살펴본다.
- [221]
- [222] A. 건물의 바닥 구조 (이중 바닥)
- [223] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 건물의 바닥 구조에 이용될 수 있으며, 특히, 장스팬 구조로 제작이 가능하므로 건축물의 이중 바닥 구조를 형성하는데 아주 유용하게 활용될 수 있다.
- [224] 도 18을 참조하면, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 길이방향을 따른 양 끝단이 위층의 건물 벽체에 고정될 수 있으며, 이때 위층의 바닥을 구성하고 있는 콘크리트 슬래브의 상측으로 약간의 유격을 두고 배치되어 이중 바닥 구조가 구현될 수 있다.
- [225] 일반적으로 아파트, 주택, 오피스텔이나 빌딩 등의 다층 건축물은 위층과 아래층 사이가 콘크리트 슬래브에 의해 구분되며, 콘크리트 슬래브가 위층에서는 바닥으로 사용되고 아래층에서는 천장으로 사용된다. 즉, 일반적인 다층 건물은 위층의 바닥 구조가 아래층의 천장 구조를 이루는 구조로서, 하나의 콘크리트 슬래브를 두 개 층에서 공유하는 방식이므로 이를 통한 소음 전달에 근본적으로 취약하다.
- [226] 이러한 층간소음 문제를 해결하기 위한 방식으로 이중 바닥 구조가 가장 널리 이용되고 있는데, 일반적으로 알려진 종래의 이중 바닥 구조는 콘크리트 슬래브 위에 경량 바닥을 하나 더 설치하는 구조로서, 즉 두 개의 바닥을 형성하고 그 사이에 공기층을 두어 소리 전달을 차단하는 방식이다.
- [227] 그런데, 이러한 종래의 이중 바닥 구조는 경량 바닥의 구조적 강도가 콘크리트 바닥만큼 강하지 않기 때문에 경량 바닥과 콘크리트 슬래브 사이를 지지하기 위한 수십에서 수백 개 가량의 지지대가 설치될 것이 요구되고, 따라서 수많은 지지대를 통한 소음/진동 전달을 무시할 수 없었다. 또한 다수의 지지대의 설치가 요구됨에 따른 설치 공수 및 비용 증가의 문제 등도 가지고 있다.
- [228] 그러나 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 장스팬 구조로 제작이 가능하므로, 길이방향을 따른 양 끝단만 건물 벽체에 고정시키는 것만으로도 충분한 구조적 성능이 확보될 수 있고, 따라서 별도의 하부 지지 구조 없이도 견고하고 완벽한 이중 바닥 구조의 구현이 가능하다.
- [229] 즉, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)로 상부 바닥을 형성하여 이중 바닥 구조를 구현하는 경우, 콘크리트 슬래브 위에 경량 구조재(100)를 지지하기 위한 별도의 지지대가 설치될 필요가 없고, 따라서 상부 바닥과 콘크리트 슬래브가 구조적으

로 완전히 분리되어 층간소음 저감에 매우 효과적인 이중 바닥 구조의 구현이 가능해진다.

- [230] 계속 도 18을 참조하여, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)의 적용에 따른 층간소음 저감의 효과를 보다 구체적으로 설명한다.
- [231] 통상 층간소음은 1차적으로 위층에서 발생한 중량 또는 마찰 충격음이 바닥 구조를 통해 전달되는 것과 2차적으로는 위층 바닥으로부터 벽체를 통해 전달되는 것으로 구분될 수 있는데, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 이용하여 구현되는 이중 바닥 구조에서는, 위층에서 상부 바닥을 구성하는 경량 구조재(100) 측에서 생성되는 충격음이 소리로 변환되어 하층의 콘크리트 슬래브로 전달된다. 즉, 충격음이 직접 진동 전달이 아닌 소리 에너지로 전달되는 방식이므로 아래층으로 전달되는 에너지의 총량이 크게 감소될 수 있다.
- [232] 또한, 위층에서 상부 바닥을 구성하는 경량 구조재(100)로부터 벽체를 통해 전달되는 진동은 아래층의 천장 마감재로 바로 전달되지 않고 콘크리트 슬래브로 먼저 전달되므로, 아래층의 천장 마감재에 가해지는 진동 및 소리 에너지의 양이 크게 줄어들 수 있게 된다.
- [233] 뿐만 아니라, 본 발명은 경량 구조재(100)로부터 벽체를 통한 소음 전달을 보다 효과적으로 차단하고 이로써 층간소음 저감 효과를 극대화할 수 있도록, 경량 구조재(100)와 벽체 간의 연결시 충격을 완화할 수 있는 몇 가지 완충 구조를 제안하고자 한다.
- [234] 이하, 도 19 내지 도 22를 참조하여 본 발명에 따른 경량 구조재(100)와 벽체 간에 적용될 수 있는 연결구조들에 대하여 살펴본다.
- [235] 먼저, 도 19를 참조하여 제1 벽체 연결구조를 살펴본다. 제1 벽체 연결구조에서, 건물 벽체에는 앵커패드(211)가 설치되고, 경량 구조재(100)의 길이방향을 따른 양단에는 앵커패드(211)와의 체결을 위한 금속플레이트(212)가 용접에 의해 고정된다. 앵커패드(211)와 금속플레이트(212)는 볼팅 결합을 통해 상호간에 고정 및 연결되고, 이때 경량 구조재(100)로부터 벽체로 전달되는 충격을 완화시킬 수 있도록 앵커패드(211)와 금속플레이트(212) 사이에 진동 저감용 완충재가 배치될 수 있다.
- [236] 다음으로, 도 20을 참조하여 제2 벽체 연결구조를 살펴본다. 제2 벽체 연결구조에서, 건물 벽체에 설치되는 앵커패드(221)의 하부가 L자형 앵글 형태로 구비(또는 L자형 앵글 부재가 앵커패드(221)의 하단에 결합)되고, 금속플레이트(222)의 하단부가 앵커패드(221)의 하부 L자형 앵글에 의해 형성되는 공간 내에 삽입되어 수평방향으로 이탈이 방지되면서 지지될 수 있다. 금속플레이트(222)의 상단부는 볼팅 결합을 통해 앵커패드(221) 혹은 벽체에 고정될 수 있다.
- [237] 그리고 경량 구조재(100)로부터 벽체로 전달되는 충격을 완화시키기 위한 목적으로 금속플레이트(222)와 앵커패드(221) 사이에 진동 저감용 완충재나 스프링이 추가 배치될 수 있다.

- [238] 제2 벽체 연결구조는 금속플레이트(222)의 하단부가 별도의 부재에 의해 기계적으로 체결됨 없이 공간 내에 단순 삽입되는 형태로 수용 및 지지되고 상단부만 볼팅에 의해 체결되는 방식으로, L자형 앵글을 포함하는 앵커패드(221) 위에 금속플레이트(222)를 올려놓고 상단부만 벽체 측에 고정시키면 되므로, 현장 작업성이 매우 간편하면서도 구조적으로 견고한 연결이 가능하다.
- [239] 다음으로, 도 21을 참조하여 제3 벽체 연결구조를 살펴본다. 제3 벽체 연결구조에서, 건물 벽체에 설치되는 앵커패드(231)와 경량 구조재(100)의 길이방향을 따른 끝단에 용접 고정되는 금속플레이트(232)는 힌지(hinge) 방식으로 연결되어 금속플레이트(232)가 힌지축을 기준으로 회동 가능하게 구성되고, 앵커패드(231)와 금속플레이트(232) 사이에는 탄성을 가지는 스프링(233)이 배치되어 경량 구조재(100)로부터 벽체로 전달되는 충격을 완화시킬 수 있다.
- [240] 제3 벽체 연결구조에서 앵커패드(231)와 금속플레이트(232) 사이에 스프링(233) 대신 진동 저감용 완충재를 배치하거나 또는 스프링(233)과 함께 진동 저감용 완충재를 배치하는 것도 가능하다.
- [241] 도 20에 도시된 제2 벽체 연결구조가 금속플레이트(222)의 하단부를 구속하지 않고 소정 범위 내에서 약간의 이동을 허용하고 있는 구조라면, 도 21에 도시된 제3 벽체 연결구조는 금속플레이트(232)의 하단부를 구속하되 힌지 연결을 통해 판 전체가 진동에 대해 유연하게 거동할 수 있도록 하는 구조로 이해될 수 있다.
- [242] 마지막으로, 도 22에 도시된 제4 벽체 연결구조는 경량 구조재(100)를 건물 벽체와 바로 연결시키지 않고 진동저감장치(241)를 통해 연결시키는 방식이다. 여기서 진동저감장치(241)는 상하방향으로의 진동을 흡수할 수 있는 유압 장치 또는 스프링 장치일 수 있다.
- [243] 제4 벽체 연결구조의 적용시 경량 구조재(100)에서 발생하는 충격으로 인한 진동은 벽체로 전달되지 않는다. 또한, 경량 구조재(100)로부터 콘크리트 슬래브로 전달되는 진동은 진동저감장치(241)에 의해 흡수될 수 있으므로 상하방향으로 전달되는 충격도 효과적으로 완화될 수 있다.
- [244] 또한, 도면에는 도시되어 있지 않으나, 상기한 제1 내지 제4 벽체 연결구조에 더하여, 경량 구조재(100)와 콘크리트 슬래브 사이의 공간에 다양한 완충재를 배치하여 추가적인 댐핑(damping) 효과를 구현함으로써 추가적인 층간소음의 저감도 가능할 것이다.
- [245]
- [246] **B. 건물의 천장 구조**
- [247] 별도로 도시하지는 않았으나, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 콘크리트 슬래브의 아래에 설치하여 아래층의 천장 구조로 활용하는 것도 가능하다.
- [248] 이 경우 아래층의 천장 마감재를 직접 경량 구조재(100)의 하면에 부착할 수 있으므로, 천장 마감재 부착을 위한 별도의 지지대 공사 및 목공 공사가 필요하지 않게 되어 천장 공사가 간소화되는 효과가 도모될 수 있다.

- [249] 또한, 천장에 시공되어야 하는 각종 배관 및 의장품(예컨대, 천장형 에어컨)을 본 발명에 따른 경량 구조재(100)에 손쉽게 부착할 수 있으므로, 선행 의장을 통해 모듈형 공법의 적용도 가능해진다.
- [250]
- [251] C. 중첩 구조체로서 활용
- [252] 도 23에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 상하로 중첩 배치하여 활용하는 것도 가능하다.
- [253] 이와 같이 경량 구조재(100)를 두 장으로 포개어 배치하는 경우, 상/하측 경량 구조재(100)가 마주하는 공간 내에 각종 의장품을 선행 시공함으로써 다양한 추가 기능을 손쉽게 부가할 수 있다는 장점을 가지게 된다.
- [254] 일례로, 도 24를 참조하면, 상하로 중첩 배치된 경량 구조재(100)의 사이 공간에 단열재(I)와 냉난방용 배관(P)을 설치하여 손쉽게 온돌 기능을 추가할 수 있다. 여기서 냉난방용 배관(P)을 흐르는 열유체에 의한 냉열 또는 온열이 위 쪽으로 잘 전달될 수 있도록 단열재(I)는 냉난방용 배관(P)의 하측에만 배치될 수 있으며, 냉난방용 배관(P)의 주변은 빈 공간으로 둘 수 있다.
- [255] 통상적으로 온돌용 방통 공사는 콘크리트 슬래브 위에 단열재를 깔고 그 위에 온수 배관을 설치한 후 또 그 위에 마감용 몰탈을 시공하는 과정이 요구된다. 여기서 몰탈 시공시 고른 편평도를 얻기 위해서는 수분이 많이 함유된 몰탈이 사용되어야 하므로 굳는데까지 시간이 많이 걸리고 작업에 번거로움도 많이 발생한다.
- [256] 그러나 본 발명의 적용시, 상부에 배치되는 경량 구조재(100)가 구조적인 기능을 수행하므로 별도의 몰탈 시공을 필요로 하지 않고, 따라서 매우 편리하고 간편하게 온돌 구조 및/또는 바닥 냉난방 구조를 시공할 수 있게 된다.
- [257] 또한, 이에 추가하여, 도 25를 참조하면, 하부에 배치되는 경량 구조재(100)와 단열재(I) 사이에 내화재(R)를 추가함으로써, 별도의 내화피복 없이 바닥의 내화 성능 구현도 가능하다.
- [258] 국내외 바닥 내화기준에 따르면, 구조재의 비가열면의 온도 상승 여부도 중요하지만, 이와 함께 중요하게 검토되는 것이 화재 발생에 대한 구조적 안정성이다. 보다 구체적으로는, 구조재의 상부에 일정 하중 이상의 중량체(예컨대 3kN/m^2)가 놓인 상태에서 구조재 하부를 열원에 노출시키고 일정 시간(예컨대 2시간)이 경과된 이후 구조체의 처짐량을 확인함으로써 구조적 안정성을 평가한다.
- [259] 통상 금속 재질로 제작되는 종래의 건축 구조재의 경우 내화시험 과정에서 열에 노출되면 일정 온도 이상이 되었을 때 구조적 성능을 잃게 되며, 따라서 내화 기준을 만족시키기 위하여 금속 하부에 내화재를 피복하는 추가 후행 작업을 실시하고 있다.
- [260] 하지만, 도 25에 도시된 바와 같이, 경량 구조재(100)의 중첩 배치에 따른 중첩 구조체 내부에 내화재(R)를 선행하여 배치하면, 하부에 배치되는 경량 구조재(100)가 화재 발생으로 인한 열원에 노출되어 구조성능을 잃더라도 내화재(R)로

보호된 상부 경량 구조재(100)는 구조성능이 유지될 수 있으므로, 종래와 같은 추가 내화피복 작업이 실시되지 않더라도 화재 상황에서 구조적 안정성을 유지할 수 있고, 상기한 내화기준도 용이하게 만족시킬 수 있다는 장점이 있다.

- [261] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 중첩 배치시킴에 있어서, 그 사이 공간에 추가적인 기능을 부여하고자 하는 경우, 혹은 구조 자체에 이중 바닥 구조를 내포하여 층간소음 저감 효과를 배가시키고자 하는 경우, 상하로 마주하는 경량 구조재(100)는 소정의 유격을 두고 배치될 수 있다. 또한, 이때 중첩 구조체를 구성하는 각각의 경량 구조재(100)가 구조물 내에 개별적으로 고정될 것이므로, 상하로 배치되는 경량 구조재(100)가 반드시 구조적으로 직접 연결될 필요는 없다.
- [262] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 이중으로 중첩 배치하여 건물의 바닥 구조로 이용하는 경우, 층간소음의 직접적인 원인이 되는 충격음은 상층에 배치되는 경량 구조재(100)에서 발생하게 되므로, 상층 경량 구조재(100)는 전술한 제1 내지 제4 벽체 연결구조를 적용하여 완충이 가능하도록 건물 벽체와 연결시키고, 하층에 배치되는 경량 구조재(100)는 볼팅 결합 등의 단순 기계적 체결을 통해 벽체와 연결시킬 수 있다.
- [263]
- [264] 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 건물 구조재로 활용하는 경우, 다음과 같은 작용 효과들이 기대될 수 있다.
- [265] 우선, 구조적 성능이 월등히 우수한 초경량 장스팬 건식 구조체의 구현이 가능하며, 이를 이용할 시 건축 공사 전반의 효율을 크게 증가시킬 수 있다.
- [266] 건축 공사 중 철근 콘크리트 바닥 시공은 전체 공사 중에서 가장 번거롭고 많은 공기를 차지하는 기본 골조 공사이다. 특히, 환경적인 영향을 많이 받고 현장 여건이 열악한 습식 공법으로 제작되므로, 공사관리 및 성능 구현 측면에서도 가장 중요한 공사로 손꼽히고 있다. 최근에는 공기 단축을 위하여 무리하게 습식 콘크리트 슬래브 공사를 추진하다가 큰 사고로 이어진 경우도 발생하였다.
- [267] 본 발명에서 제시하는 경량 구조재(100)는 무게가 일반 콘크리트의 30~40% 정도에 불과하지만, 기존 철근 콘크리트 바닥 구조보다 훨씬 긴 장스팬 구조의 구현이 가능하며, 무엇보다 건식 공법으로 시공이 이루어질 수 있으므로 환경적인 영향을 거의 받지 않아, 번거롭고 열악한 현장 공정을 획기적으로 줄일 수 있다는 장점을 가진다. 또한, 습식 공법과 달리 설치 즉시 구조적 성능이 구현되므로 전체 공사 기간을 크게 단축시킬 수 있다.
- [268] 또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 이용하면 지지대가 필요 없는 견고한 이중 바닥 구조의 구현이 가능하고, 따라서 사회적으로 큰 이슈가 되고 있는 층간소음 문제를 아주 획기적으로 저감할 수 있다.
- [269] 또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 건물의 바닥 구조로 이용하는 경우, 온돌용 방통 공사가 간소화될 수 있다. 앞에서 살펴본 바와 같이 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 구조적 성능이 월등히 우수하므로, 기존 이중 바닥 구조에서처럼 구조적 강도를 높이기 위하여 경량 바닥 위에 온돌 공사(난방 공사)를 시공

할 필요가 없다. 따라서 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 기존 콘크리트 슬래브 위에 설치할 경우 온돌 시공에 필요한 온수 배관이나 냉난방용 배관 작업을 기존 콘크리트 위에 편리하게 수행할 수 있고, 별도의 방통용 몰탈 작업을 수행할 필요가 없다는 장점이 있다.

- [270] 종래의 온돌용 방통 공사는 콘크리트 슬래브 위에 단열재 시공 후 온수 배관을 배치하므로, 그 위에 걸어다닐 수 있는 편평한 바닥을 형성하기 위해서는 바닥 몰탈 작업을 수행하거나 별도의 건식 온돌용 패널을 추가로 설치해야만 마무리 바닥재 시공이 가능했다. 그러나 본 발명에 따른 경량 구조재(100)는 그 자체로서 충분한 구조재로서의 기능을 수행하기 때문에 종래에 수행되던 별도의 바닥 몰탈 작업 또는 건식 온돌용 패널 설치 작업이 필요 없게 되고, 경량 구조재(100) 상에 바로 마무리 바닥재 시공이 가능하므로 온돌용 방통 공사가 훨씬 간편화될 수 있다.
- [271] 단차 공사도 간소화될 수 있다. 통상 화장실이나 현관 바닥은 다른 바닥 슬래브보다 수십 밀리미터(mm) 가량 낮은 단차를 가지도록 설계되며, 종래 공법으로는 이러한 단차를 형성하기 위하여 별도의 거푸집 작업이나 방통 작업 등이 요구되었다. 그러나 본 발명에 따르면, 같은 층의 모든 바닥 슬래브를 편평하게 제작하고 경량 구조재(100)에만 단차 시공을 하면 되므로 단차 공사가 간소화되고, 화장실이나 현관의 바닥 슬래브용 단차 구조 제작도 매우 편리해지는 장점이 있다.
- [272] 또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 건물의 천장 구조로 이용하는 경우에는, 아래층의 천장 마감재를 직접 경량 구조재(100)의 하면에 바로 부착하는 것이 가능해짐에 따라 천장 공사가 간소화될 수 있고, 천장에 시공되어야 하는 각종 배관 및 의장품을 경량 구조재(100)에 미리 부착시키는 선행 의장을 통해 모듈형 공법의 적용도 가능해진다.
- [273] 또한, 본 발명에 따른 경량 구조재(100)를 상하로 중첩 배치하여 중첩 구조체로서 활용하는 경우에는, 구조 내부 또는 하부에 각종 배관이나 천장 부착물 등의 선행 시공이 가능하다는 장점이 있다.
- [274] 예컨대, 바닥 온돌에 필요한 단열재(I)와 냉난방용 파이프(P) 등을 선행 의장으로 구조 내에 손쉽게 탑재함으로써(도 24 참고), 별도의 온돌용 방통 공사를 생략할 수 있고, 따라서 전반적인 건축 공정을 크게 간소화시킬 수 있다. 또한, 온도 조절에 대한 바닥 온도의 반응도 빨라질 수 있으며, 온도를 덥혀야 하는 구조가 훨씬 가볍고 간소화되므로 열효율 측면에서도 월등히 유리하다. 더불어, 선행 의장으로 구조 내에 내화재(R)를 추가 배치하면(도 25 참고), 별도의 후행 내화 공정 없이도 자체 내화 성능을 충분히 구현할 수 있다는 장점이 있다.
- [275]
- [276] 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형할 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 수정예 또는 변형예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 편평한 금속 재질의 상판;
수평 방향으로 형성되는 수평판과 상기 수평판으로부터 하방으로 절곡되는 수직판을 포함하여 상기 상판의 하측으로 소정의 간격 이격 배치되는 복수 개의 금속 재질의 보강판; 및
상기 상판과 상기 보강판 사이의 공간 그리고 서로 인접하는 상기 보강판 사이의 공간에 형성되는 비금속 재질의 코어층을 포함하고,
복수 개로 형성되는 상기 수직판은 서로 근접하여 마주하는 것끼리 하나의 쌍을 이루고, 한 쌍의 수직판과 그 사이에 형성되는 코어층이 판보강재로서 기능하는 돌출부를 구성하며,
상기 돌출부는 수평 방향을 따라 일정한 간격으로 형성되고, 길이 방향을 따라서는 일정한 단면 형상을 유지하면서 연장되는 것을 특징으로 하는, 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 코어층은 비발포성 폴리머로 형성되는 것을 특징으로 하는, 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서,
상기 보강판을 구성하는 상기 수평판과 상기 수직판은 하나의 판재를 곱힘 가공하여 형성되는 것을 특징으로 하는, 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서,
상기 돌출부의 하단이 절절곡되거나 또는 상기 돌출부의 하단에 별도의 금속 마감부재가 결합되어, 상기 돌출부의 하단이 'ㄴ'자 형상의 단면 또는 'ㄱ'자 형상의 단면을 가지고,
상기 돌출부에서 수직 방향으로 형성되는 수직보강부가 판보강재의 웹(web) 기능을 수행하고, 상기 돌출부에서 수평 방향으로 형성되는 수직보강부가 판보강재의 플랜지(flange) 기능을 수행하는 것을 특징으로 하는, 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,
상기 복수의 보강판 중 적어도 폭 방향을 따른 양 끝단에 배치되는 보강판을 제외한 나머지 보강판이 'ㄷ'자 형상의 단면을 가지고,
상기 보강판의 하측으로 소정의 간격 이격 배치되는 하판을 더 포함하며,
상기 보강판과 상기 하판의 사이에도 상기 코어층이 추가로 더 형성되어, 전체적으로 사다리 형태를 포함하도록 제작되는, 복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 6] 청구항 2에 있어서,

- 상기 코어층 내에 열전도율이 0.02W/mK 이하인 고성능 단열재가 추가 배치되는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 7] 청구항 3에 있어서,
상기 고성능 단열재는 진공단열재(VIP: Vacuum Insulation Panel)인 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 8] 청구항 1에 있어서,
상기 상판과 상기 보강판의 양 측 끝단을 마감하는 측단 마감부재를 더 포함하고,
상기 측단 마감부재는 상기 상판과 상기 보강판 사이에 삽입되되, 상기 상판과 상기 보강판의 끝단으로부터 소정의 거리만큼 밀어 넣어지는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 9] 청구항 8에 있어서,
서로 이웃하는 상기 경량 구조재 간의 연결시, 서로 마주하는 상기 상판끼리 그리고 서로 마주하는 상기 하판끼리 용접을 통해 접합시키고, 상기 상판과 상기 하판 및 상기 측단 마감부재 사이에 형성되는 공간에 비발포성 폴리머 원액을 주입하여 경화시킴으로써 연결 부위를 기밀하게 마감하는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 10] 청구항 1에 있어서,
상기 상판과 상기 보강판의 양 측 끝단을 마감하는 측단 마감부재를 더 포함하고,
상기 측단 마감부재는 일자 형태 또는 'ㄱ'자 형상의 단면을 가지는 앵글 형태로 마련되어, 일단이 상기 상판과 상기 보강판 사이에 삽입되고 타단은 상기 상판과 상기 보강판의 외측으로 돌출되는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 11] 청구항 10에 있어서,
서로 이웃하는 상기 경량 구조재 간의 연결시, 서로 마주하는 상기 측단 마감부재끼리 용접 또는 볼팅을 통해 구조적으로 결합되는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재.
- [청구항 12] 청구항 1 내지 청구항 11 중 어느 한 항에 따른 경량 구조재를 이용하여 제작되는 선박용 데크 구조물.
- [청구항 13] 청구항 12에 있어서,
상기 선박은 자동차 운송 전용선(PCC: Pure Car Carrier)인 것을 특징으로 하는 선박용 데크 구조물.

- [청구항 14] 편평한 금속 재질의 상판; 상기 상판의 하측으로 소정의 간격을 두고 이격하여 배치되며 수평 방향으로 형성되는 수평판과 상기 수평판으로부터 하방으로 절곡되는 수직판을 포함하는 복수 개의 금속 재질의 보강판; 및 상기 상판과 상기 보강판 사이의 공간 그리고 서로 인접하는 보강판 사이의 공간에 형성되는 코어층을 포함하는 경량 구조재를 제작하는 방법에 있어서,
상기 상판과 상기 보강판 사이의 공간 및 서로 인접하는 보강판 사이의 공간에 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계;
상기 비발포성 폴리머 원액을 경화시키는 단계; 및
상기 비발포성 폴리머 원액이 경화되어 상기 코어층의 형성이 완료되는 단계를 포함하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법.
- [청구항 15] 청구항 14에 있어서,
상기 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계에서, 상기 상판 위에 공간을 형성하여 상기 비발포성 폴리머 원액을 부은 후, 상기 보강판을 뒤집은 상태로 위에서부터 투입하여 상기 상판과 소정의 정해진 간격이 되는 위치까지 가압함으로써, 상기 보강판이 가압하는 힘에 의해 상기 비발포성 폴리머 원액이 점성에 의한 마찰저항을 극복하면서 상기 보강판 사이의 공간으로 용입되어 고르게 충전되는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법.
- [청구항 16] 청구항 15에 있어서,
상기 상판 위 공간에 초기에 부여지는 상기 비발포성 폴리머 원액의 양은 상기 코어층이 차지하는 실제 부피보다 최소 2% 많은 양으로 투입되고, 초과분은 상기 보강판이 가압하는 힘에 의해 밖으로 밀려 배출되는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법.
- [청구항 17] 청구항 14에 있어서,
상기 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계에서, 상기 코어층이 형성될 공간을 밀폐시키고 주입관을 이용하여 밀폐된 공간 내에 상기 비발포성 폴리머 원액을 주입하되, 상기 주입관을 여러 개의 소형 관으로 나누어 상기 밀폐된 공간 내에 배치하는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법.
- [청구항 18] 청구항 14에 있어서,
상기 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계에서, 상기 코어층이 형성될 공간을 밀폐시키고, 밀폐된 공간의 일측에 주입관을 꽂아 상기 비발포성 폴리머 원액을 주입하면서 타측에서는 진공펌프를 이용하여 상기 밀폐된 공간 내의 공기를 흡입하는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조재의 제작 방법.

- [청구항 19] 청구항 14에 있어서,
상기 비발포성 폴리머 원액을 충전하는 단계 및 상기 비발포성 폴리머 원액을 경화시키는 단계 중 적어도 어느 하나의 단계에서, 편평도를 유지하고 정확한 각도를 유지해주기 위한 목적으로, 상기 상판과 상기 보강판 중 적어도 어느 하나의 면 상에 자석을 배치하거나 진공흡착장치로 흡착하여 인장력을 가해주는 것을 특징으로 하는,
복합소재 기반의 판보강재 일체형 경량 구조체의 제작 방법.