

복합재료를 최적설계

수정 구조의 기초 연구

이 재 욱
(인하대학교 교수)

〈 목 차 〉

1. 내압 선체의 개념설계
2. 복합적층판 및 구각의 최적구조
3. 잠수정의 좌굴강도 및 입체해석
4. 잠수정 구조의 최적화 기법 개발

본 과제는 과기처의 주관하에서 1987년도 목적기초연구과제로 선정되어 1990년까지 3년간 인하대학교 선박해양공학과 이재욱 교수를 총괄책임자로 하여 동대학 김기성 교수 및 충남대 홍창호 교수가 세부과제 연구 책임을 맡아 수행한 과제이다.

“복합재료를 이용한 잠수정 구조의 최적 설계를 위한 기초연구”의 내용을 다음과 같이 간략하게 요약하여 소개하고자 한다.

연구내용

현재 선진제국은 최신기술의 활용으로 대륙붕 개발은 물론 심해의 해양개발에 박차를 가하고 있으며, 부존자원의 개발이 시급히 요청되는 우리로서는 해양자원의 탐사, 수산자원의 조사 및 해저상태의 관측등 다양한 기능을 갖는 잠수정의 개발이 요청되고 있다.

본 연구에서는 국내 제작이 가능한 복합재료를 이용한 잠수정 구조의 개발에 있어 요구되는 여러가지 역학적 특성과 잠수정의 최적구조 설계를 위한 기초연구를 수행하였다.

따라서, 본 과제에서는 우리나라의 대륙붕에서 해양개발에 이용될 수 있는 크기의 잠수정을 복합재료 구조로 설계함에 있어 기본적으로 요구되는 과제로서, 첫째 최적의 구조형상과 유리섬유의 방향배치와 적층판 두께 구성의 최적구조에 대한 연구, 둘째 잠수정 구조의 좌굴강도 및 입체강도 해석을 위한 유한요소 개발에 관한 연구, 셋째 최적 적층판 및 구각의 최적구조 결정을 위한 최적화 기법개발에 관한 연구를 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 내압 선체의 개념설계

해양탐사를 위한 잠수정 구조설계의 기준은 작업지역, 설계수심, 사용하중 및 승조원수, 잠수시간 및 행동반경, 내항성 조건, 최대하중 등이다. 따라서 본 연구에서는 대륙붕 해저탐사를 위한 잠수정 구조형상을 비교하였으며 복합재료의 특성에 대해서 비교 검토 하였다.

2. 복합적층판 및 구각의 최적구조

잠수정 구조에서 사용되는 복합적층판은 적층구조가 두껍고 매 층마다 섬유의 방향변화와 두께방향의 재료상수가 다르고, 각 단층들 사이에서의 역학적 특성이 다르므로 층간응력이 발생한다. 따라서 복합재료의 기계적, 기하학적 특성치를 고려한 적층판 및 구각의 최적구조 설계를 위한 해석 이론의 확립과 실험연구는 복합재료를 이용한 새로운 구조물의 설계에 있

어 필수적이다.

제 1 세부 과제에서는 상기의 목적달성을 위해서 복합재료 잠수정의 기본 구조인 적층판 및 구각적층의 최적구조를 이론적 해석 방법을 제시하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다.

- (a) 복합적층판의 굽힘 및 층간응력 해석
- (b) 최적 적층구조를 위한 보강판의 좌굴강도 해석
- (c) 구각의 좌굴해석과 형상의 최적화
- (d) 원통구각의 비선형 해석
- (e) 체결부의 강도해석 및 파손예측

3. 잠수정의 좌굴강도 및 입체해석

심해에서 작업중인 잠수정은 막대한 수압하에 놓이게 되므로 좌굴에 의한 변형의 고려가 필수적인 설계인자가 되고 있다. 따라서 복합적층판을 구조재료로 하는 잠수정의 설계에는 복합적층판 및 구각구조의 좌굴거동에 대한 적합한 이해가 매우 중요하다. 또한 잠수정에 사용되는 복합적층판은 두께가 두껍게 된다는 점에서 특별한 고려가 필요하다.

임의의 복합적층판으로 된 구각구조의 해석에는 유한요소법에 의한 수치해석이 유효한 방법이며 이 경우 사용되는 요소의 선택이 매우 중요하다. 복합적층판의 요소로는 Constant Shear angle Theory(CST)에 의한 것이 많이 쓰이고 있으나 두께가 두꺼워 질 경우 단면의 Warping을 묘사할 수 없으며 따라서 이요소를 사용하는 좌굴해석은 좌굴하중이 크게 되는 결과가 된다.

본 연구에서는 유한요소법에 의거, 적합한 복합적층판의 판 및 구각요소를 개발하고 이를 이용하여 구각구조의 좌굴강도 추정 및 입체해석을 수행하였으며 그 내용은 다음과 같이 구성되어 있다.

첫째로 두께방향의 전단변형을 고려하기 위하여 Layerwise Constant Shear angle Theory(LCST)에 의거하여 판요소와 구각요소의 개발이 수행되었다. 개발된 판 요소의 검증결과 는 두께방향의 변형 및 전단응력이 탄성해에

매우 가깝게 됨을 보여주고 있다. 구각요소는 곡선좌표를 이용, 곡면요소를 평판요소로 전환하고 이 평판요소에 LCST를 적용하고 있다.

둘째로 앞에서 개발된 구각요소를 사용하여 좌굴해석을 위한 프로그램이 개발되었다. 잠수정의 경우 좌굴하중은 비선형 계산을 필요로 하나 이의 전 단계로서 축 하중만 있는 경우의 좌굴문제로 국한하였으며 따라서 고유치 문제로 해석하였다.

셋째로 개발된 판 요소 및 구각요소의 타당성의 입증 및 좌굴 실험의 기법의 도출을 위한 판 및 원주에 대한 좌굴 실험이 수행되었다. 판의 경우 상자형의 모델을 사용하면 편심의 가능성을 최소화 할 수 있음이 입증되었다.

4. 잠수정 구조의 최적화 기법 개발

잠수정 구조설계에 적용할 최적화 기법을 우선 제한조건식이 없는 경우와 제한조건식이 있는 경우로 분류하여, 각 기법에 대한 방법을 비교한 후 전산 프로그램을 작성하였다. 그리고 각 기법에 대한 성능을 정확성, 일반성, 효율성으로 구분하여 비교하였다.

성능비교에 사용된 문제는 비제한 문제에서는 타 문헌에서 흔히 사용되는 각종 수학 모델을 이용하고, 제한조건식 문제에서도 각종 수학 모델과 구조설계 문제에도 적용하였다.

그리고 상기 기법들의 성능비교 결과 우수하다고 판단된 기법을 복합재료의 구조의 최적설계에 적용하여 실용성을 확인하였다. 복합재료 구조설계 문제로는 먼저 압축하중을 받는 실린더의 설계와 또 횡하중을 받는 sandwich beam의 설계이다.

상기의 연구결과들은 복합재료를 이용한 구조 개념을 잠수정의 압력선체 및 외국구조로 설계하는 경우의 기초연구 내용으로서 심해 잠수정 구조 설계 및 구조해석에 유용하게 활용되길 기대한다. 아울러 복합재료를 이용한 압력선체의 제작기술에 대한 연구가 계속되길 요망한다.