용화 자료 취득 시스템으로 현장탐사를 동시에 수행하였으며, 개발된 자료 취득 시스템으로 취득한 탄성파 단면의 해상도를 검토하기 위하여 기존의 자료 취득 시스템의 탄성파 단면도와 비교하였다. 또한, 천해저라는 현장여건을 고려하였을 때 필요한 기본적인 자료 처리 너울 필터링(swell filtering), 디지털 필터링(digital filtering), 디콘볼루션(deconvolution) 등을 통하여 자료의 해상도를 향상시켰다.

29. 심해용 무인잠수정 케이블의 비선형 동적 해석

해양개발공학과 권 도 영
지도교수 박 한 일

육상자원의 고갈로 인하여 세계 각국은 21세기에 와서 심해저 자원개발에 더욱 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라도 최근 들어 심해자원인 망간 단괴나 열수 광산 주변자원 등을 개발하려는 노력이 활발해지고 있다.

해양 케이블은 해양 자원개발을 위하여 사용되는 심해 자원 탐사를 위한 중요한 해양구조물의 한 종류로서, 인류가 관심영역으로 하는 수심이 깊어짐에 따라 해양 케이블의 사용은 점차 증가되고 있는 추세이다. 심해 자원 탐사를 위한 많은 기기들이 있지만 그중에서도 중요한 기기중의 한 가지가 무인잠수정인데, 이 논문에서 다루려고 하는 케이블에 연결되어진 무인잠수정은 대단히 고가이므로 장비 운용중의 사고로 인한 피해는 매우 크다. 실제의 예로 최근 일본에서는 실제 무인 잠수정의 유실사고가 발생하였으며 이로 인해 무인잠수정의 안전에 대한 국제적인 관심을 환기시켰다.

무인잠수정의 종류에는 지지 케이블의 유무에 따라 유삭식과 무삭식으로 나누어지는데 유삭식인 경우는 해양 케이블이 무인잠수정의 안전에 중요한 역할을 한다. 심해 무인잠수정(deep-sea unmanned underwater vehicle)의 구성시스템을 살펴보면, 지원모선(support vessel)의 제어시스템으로부터 1차 케이블(umbilical cable)이 런처(launcher)에 연결되고, 다시 2차 케이블(tether cable)이 런처와 ROV를 연결하는 형태로 되어있다.

각 구성요소들을 간단히 소개하면 런처는 ROV(remotely operated vehicles)와 지원모선(support vessel)을 연결하는 중간 매개체인 동시에 소형 자율 심해 무인잠수정인 AUV(autonomous underwater vehicles)의 진수 및 회수가 가능하도록 하는 기지의 역할을 병행하고 있고, 1차 케이블은 지원모선에서 ROV를 제어하기위한 신호를 보냄과 동시에 ROV를 지지하여 전체시스템의 안정성을 유지하는 역할을 한다. 케이블은 수 천 미터에 달하는 깊은 수심에서 운용되므로 지원모선의 6자유도 운동과 외부 간섭력에 의해 비선형적인 거동을 일

으킨다.

따라서 연구선박의 운동이나 환경외력에 대한 심해 무인잠수정의 1차케이블의 안전을 확보하기 위해 정적해석에서 나아가 동적 거동특성을 알아보는 것이 중요하다.(정 외, 2002).

일반적인 해양 케이블을 해석함에 있어서 장력의 크기가 굽힘강성(bending stiffness)의 크기에 비하여 지배적이므로, 굽힘강성 성분을 무시하고 구조해석을 수행한다. 그러나 장력성분(component of tension)이 작아지는 경우가 발생하는데 이것을 저장력 케이블(low-tension cable)이라고 한다. 저장력 케이블의 가장 중요한 특징 중의 하나는 비선형성이 강하게 나타난다는 것인데, 케이블의 주요 내력 성분의 하나인 장력의 크기가 작기 때문에 외력에 의해서 쉽게 변형하여 대 변위(large deflection)가 발생한다. 따라서 기하학적 비선형이 발생하게 되며, 이 외에도 항력에 의한 동수역학적 비선형이 발생한다. 저장력 케이블의 문제를 해결하기 위해서는 굽힘강성에 대한 성분을 고려하여 수치적 안정성을 가져야 한다.

심해무인잠수정의 1차 케이블 거동에 대한 해를 구하는 방법은 크게 이론적인 해석방법과 수치적인 해석방법이 있다. 이론적인 방법은 간단하게 해를 구할 수 있다는 장점이 있는 반면에, 복잡한 현상을 구할 수 없다는 한계에 부딪힌다. 반면에 수치적인 방법에서는 복잡한 구조물 단면 형상 및 현상들을 고려할 수 있지만, 어려운 수학적 기법을 적용해야하는 문제점이 있다. 여러 가지 구조해석을 위한 수치해석 방법 중에서 대표적인 두 가지를 소개한다면, 그 하나는 유한요소법(FEM, finite element method)이고 다른 하나는 유한차분법(FDM, finite difference method)이다.

국내 연구에서 현재, 다양한 해양 케이블의 정적해석을 위한 프로그램은 많이 연구되었지만 동적해석을 위한 프로그램은 미흡한 편이다. 본 논문에서는 정동호(2002)의 검증된 프로그램을 심해무인잠수정의 1차 케이블에 맞게 적용하여, 동적 거동해석을 살펴보고자 한다.

본 논문의 목적은 개발된 프로그램을 이용하여 6,000m급 심해무인잠수정의 케이블에 대한 동적 거동해석을 수행하여 다양한 가진조건에서의 장력 변화값과 변위를 구하여 가장 적절한 6,000m급 심해무인잠수정의 케이블을 설계하는 데 있다.

본 논문에서는 지원모선과 무인 잠수정의 런처(launcher)를 연결하는 1차 케이블의 동적거동을 파악하기 위한 수치해석 기법을 수립하였다. 먼저 해양 케이블에 대한 3차원 동적 지배방정식을 유도하였다. 이 지배방정식은 비선형, 연성방정식인데 이 방정식에 대한 해를 구하기 위하여 유한차분법을 이용한 수치해석적 방법을 적용하였으며 유한차분법 중에서도 비교적 조건에 관계없이 안정적인 음해법을 적용하였다. 비선형 방정식을 풀기 위해서 뉴톤-랍슨 방법을 적용하였다.

개발된 수치알고리즘을 이용하여 다양한 형태의 가진에 대한 심해무인잠수정 1차 케이블의 거동특성을 파악하였다. 먼저 선박의 상하동요와 결합가진 동요에 대해 케이블에 작용하는 장력을 계산하였다. 주기는 2초부터 11초까지의 변화를 살펴보았는데 해당 선정되어진 물성치를 가지는 케이블에 대해서는 주기가 3초일 경우에 공진현상이 발생하여 최대 장력값과 변위값이 산정되는 것을 알 수 있었고, 결합가진의 경우에도 마찬가지로 최대 장력값과 변위

dCollection

값이 주기 3초에서 공진이 발생하는 것을 알 수 있었다. 케이블의 종류나 길이에 따라 공진점(resonance point)은 달라지지만 이는 케이블 설계 시 고려해야 할 중요한 인자임을 알 수 있었다.

또한 다양한 수직과 수평방향의 타원형태를 그리는 불규칙 가진에 대하여 1차 케이블에 작용하는 장력과 변위를 계산하였다. 세 가지의 경우로 나누어서 생각해 보았는데, 대략 case 1은 수직가진 0.6m 수평가진 1.8m, case 2는 수직가진 0.8m 수평가진 2.4m, case 3은 수직가진 1m 수평가진 3m 내외인 불규칙파에 대한 해석을 해보았다. 전체적으로 장력값이나 변위값은 입력값의 변화가 미미하여 결과값인 장력값이나 변위값도 큰 차이는 보이지 않았으나 이 불규칙해석에서 주목할 사항은 입력값의 범위가 대략 같은 결과의 Fig. 4-2(b)와 Fig. 4-4(b)의 결과값에 비하여 실제파와 가장 비슷한 불규칙파에 대해서는 상당히 작은 장력값을 보이고 있다는 것이다. 이는 케이블을 설계할 때, 규칙파 해석에 비해서 불규칙파 해석에 의한 장력값과 변위값이 작은값을 보이므로 설계 허용장력에 비해 더욱 안정하다고 할 수 있다.

향후과제로는 실제 런처의 운동과 1차 케이블의 상호연성적인 해석이 요구되고, 본 연구에서 개발되어진 프로그램은 런처의 실제모형과 해상조건에서의 정확한 C_D값을 산정하여 더욱 정확한 결과값이 요구되어지며 나아가 실제 다양한 해양상태나 케이블의 길이변화에 따른 해석이 필요하다.

30. 글로벌선사의 운영성과 향상을 위한 항로의 효율성 분석

물류시스템공학과 최 민 승
지도교수 신 창 훈

최근 경제지역의 블록화, 경제규모의 지속적인 확대, 자유무역의 활성화 증대 등으로 국가간 교역량이 증가하고 있다. 이에 따라 국제무역의 주요 수단인 해상화물운송시장의 성장이 두드러지고 있으며, 해상운송화물의 중심을 이루고 있는 컨테이너 물동량 또한 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 배경으로, 각국의 주요 항만 및 터미널은 개발 및 확장을 서두르고 있으며, 운항선사들은 물량확보를 위한 영업과 동시에 운항선박의 대형화에 관심을 기울이고 있다. 선사들이 선박의 대형화를 추구하는 이유는 규모의 경제를 추구하기 위함인데, 이는 운송물량에 있어서 단위당 비용을 절감하여 수익성을 제고할 수 있기 때문이다.

Collection