

선박 통과에 의한 정치망의 파망 과정 해석

°이건호·이춘우*·최무열*·안희춘·박성욱

국립수산과학원 수산공학과, *부경대학교 해양생산시스템관리학부

서론

매년 우리나라 연안 해역에서는 이동 중인 선박과 해중에 부설된 시설물과의 접촉으로 인한 손상 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 사고는 주로 정치망, 가두리, 자망, 양식장 등이 설치된 지역을 어선이나 화물선이 부주의하게 통과하면서 발생한다. 이 중에서도 정치망의 경우 어망 한 개가 유실될 경우 조업 손실 비용을 포함하면 피해액이 수억 원에 달한다. 과거에는 이와 같은 사고가 발생했을 때 대부분의 선박이 사고 직후 도주하므로 어장주가 속수무책으로 당하는 경우가 많았으나 요즘에는 VTS 시스템이 개발되어, 사고시간대 피해 어장 지역을 통과한 선박을 찾아내는 것이 가능하게 되었고, 실제로 이를 통해 피의 선박을 검거한 사례도 있다. 그럼에도 불구하고 최근에는 피해 정치망이 허가 수역에 부설되어 있지 않았다는 주장을 통해 피의 사실을 불인정하는 사례도 발생하고 있어 어망 파손 관련 소송이 갈수록 복잡해지는 양상을 띠고 있다.

본 연구에서는 대형의 선박이 정치망 어장구역을 통과 할 경우 발생할 수 있는 정치망의 파망과정에 대한 이해를 돕기 위해서 선박이 정치망 위를 통과하는 과정을 수학적으로 기술하고 정치망의 사개줄이 선박에 의해 절단되는 과정을 컴퓨터 시뮬레이션 하였다. 특히, 본 시뮬레이션에서는 정치망이 해상에 설치되어 있는 정상 상태와 조류가 작용할 때의 거동을 시뮬레이션하여 일반적인 정치망 운동을 명확히 하고, 정치망과 선박이 충돌하는 과정 중에서 선박에 정치망 사개줄이 걸려서 선박의 추진속도가 감소하는 현상과 선박의 작용에 의해서 사개줄이 파단되는 과정을 상세하게 해석하였다.

재료 및 방법

정치망은 로프, 망지 등의 유연구조물에 닻, 뜸 및 침자 등의 속구류가 서로 결합되어 있는 복잡한 구조를 갖고 있다. 본 연구에서는 정치망을 구성하는 유연구조물을 유한개의 요소로 나누고, 이 질점들이 스프링으로 연결된 질량스프링 모델로 기술하였다(Lee, 2002,

Lee et al, 2005). 그리고 정치망의 운동을 지배하는 운동방정식을 시간에 대한 2차 비선형 상미분 방정식의 형태로 기술한 뒤 후향 오일러법을 이용해 수치적분함으로써 정치망의 거동을 해석하였다.

모델링한 정치망은 길그물 길이가 525m, 원통 그물의 폭과 길이는 각각 75m, 107m, 수심은 36m였다. 사개로프를 포함한 각 로프 및 망지는 각각의 재료가 견디는 최대의 장력이 입력되어 있으며, 정치망을 고정하기 위한 앵카에도 크기별로 최대 파주력이 입력되어 있다. 시뮬레이션 중에 각 로프의 장력이 계산되며, 계산된 장력이 로프가 견디는 최대 장력보다 커지면 로프는 절단되도록 하였고, 명줄의 장력이 파주력을 초과하면 앵카가 끌려가도록 하였다.

선박이 정치망을 항과하는 과정을 시뮬레이션하기 위해서 Visual C++6.0과 OpenGL library를 이용해서 3차원으로 선박의 간단한 형상을 구현한 뒤 정치망과의 충돌과정을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에 사용한 선박의 간단한 제원은 전장이 200m, 총톤수 25,000ton, 최대속력이 13.6kt이다. 선박은 방향 변화 없이 정치망의 중앙부분을 비스듬하게 통과하는 것으로 가정하였다. 선박의 직선 운동을 나타내는 방정식은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$(m + m_x) \frac{du}{dt} = T - R \quad (1)$$

여기서 m 은 선박의 질량, m_x 는 선박의 진행 방향의 가상 질량으로 선박의 원래 질량의 0.1배로 보았다. u 는 선박의 속도, T 는 선박의 추진기가 내는 추진력, R 은 선박의 전 저항이다. 선박의 전 저항은 선박의 수면 아래 부분이 받는 물의 저항과 수면 위부분이 받는 공기의 저항의 합이다.

선박의 운동 모델과 정치망의 운동 모델은 모두 시간 영역의 모델로 모두 미분방정식의 형태로 기술되었다. 이 모델로부터 두 대상물의 거동을 알아내기 위해서는 위의 두 미분방정식들을 시간에 대해서 적분하면 충돌과정의 거동을 얻어낼 수 있다.

선박과 그물의 충돌 순간을 운동량 보존법칙으로 설명하면 완전 비탄성 충돌로 볼 수 있고, 이 경우 선박과 그물은 충돌 후 같이 붙어서 운동한다. 선박의 질량은 2,806,122kg 이고, 그물의 질점 중 동 선박과 최초에 충돌하는 질점의 질량은 27.2kg이므로 충돌 후의 속도는 두 물체간의 충돌임에도 불구하고 질량의 차이가 크기 때문에 동 선박의 속도가 그대로 적용될 수 있는 것을 알 수 있다. 따라서 선박과 정치망이 충돌 했을 때의 초기 속도는 동 선박의 최대속도인 13.6kt로 두고 충돌 수치계산을 수행하였다.

Fig. 1a는 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 선박의 접근 속도는 6.8m/s(13.6kt)이고, 조류나

파랑의 영향이 없는 상태로 두었다. 선박의 선수와 정치망의 사개로프가 충돌하게 되면 사개로프와 망지가 급격하게 밀리면서 사개로프의 장력이 급격히 증가한다.

충돌과정에서 정치망이 선박에 가하는 저항의 크기를 시간에 따라 계산한 결과는 Fig.1b와 같다. 이 저항 값을 선박의 운동방정식에 대입하면 선박의 속도 감소를 정치망의 파단과정과 동시에 계산할 수 있다. 계산결과, 선박의 추진력은 최대속력 13.6kt일 때의 값인 51.24ton이었고, 속력의 감소는 최대 0.12m/s (0.24kt)로 매우 미미한 수준이었다 (Fig.2). 이는 정치망 사개로프의 파단 하중에 해당되는 저항이 순간적으로 선박에 작용하지만 선박의 관성과 운동 속도가 정치망에 비해서 매우 크므로 정치망이 그다지 큰 저항의 역할을 하지 못하기 때문인 것으로 사료된다.

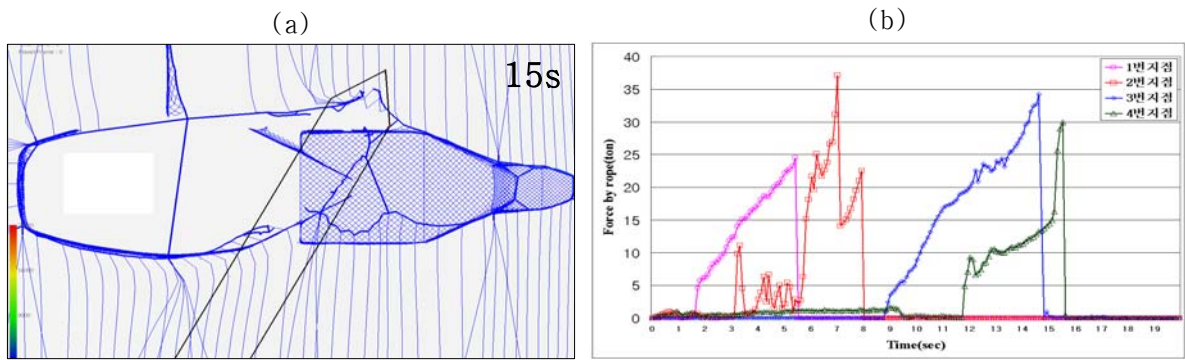


Fig. 1. 충돌과정 시뮬레이션 결과(a) 및 사개로프가 선박에 가하는 저항력(b)

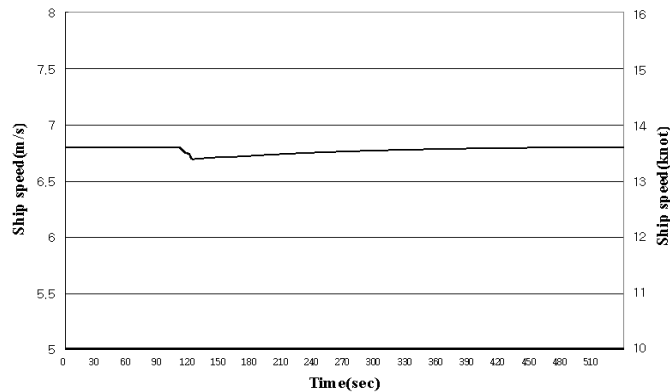


Fig. 2. 선박이 정치망을 향과하는 동안의 선속 저하

결과 및 고찰

선박과 정치망의 충돌과정을 시뮬레이션 한 결과, 두 물체 간에 질량의 차이가 너무 커 충돌 후에도 동 선박의 속도 변화는 거의 없었다. 선박과 정치망이 충돌한 순간부터 정치망 사개 로프에는 매우 큰 장력이 급격하게 작용하면서 불과 2~6초 이내에 사개로프가

견딜 수 있는 하중을 초과하였고, 사개로프는 차례대로 파단되었다. 충돌과정에서 사개로프는 선박의 추진을 방해하는 힘을 가하였지만 선박의 큰 관성으로 인하여 선박의 속도 감소량은 0.12m/s로 매우 작았다. 이 값은 수십 초에 한번 씩 표시되는 VTS 항적도 상에서는 나타나기 어려울 것으로 사료된다. 또한 시뮬레이션에서도 나타났듯이 선박이 통과한 부분의 사개로프와 망지는 거의 완벽하게 파단 되었고, 선박의 폭에 의해서 강제적으로 양쪽으로 갈라졌다. 선박의 길이가 200m이므로 선수 부분에 의해 그물이 파손된 후 200m 정도를 통과해야 추진기가 있는 곳까지 도달하게 되는데, 그동안 정치망은 밑에 달려있는 침자의 영향으로 그물은 바닥으로 더욱 가라앉는다. 또한 정치망의 양쪽 명줄들은 남아있으므로 이들 남아있는 사개로프와 명줄의 탄성이 작용하여 그물은 양쪽으로 더욱 벌어진다. 따라서 대형 선박이 정치망 위를 항과해도 선박의 추진기에 그물이 걸릴 우려는 그다지 크지 않을 것으로 사료된다.

참고문헌

Chun-Woo Lee, 2002, Dynamic Analysis and Control Technology in a Fishing Gear System, Fisheries Science, 68, 1835-1840

Chun-Woo Lee, Ju-Hee Lee, Bong-Jin Cha, Hyun-Young Kim, Ji-Hoon Lee, 2005, Physical modeling for underwater flexible systems dynamic simulation, Ocean Engineering, 32, 331-347