

수중에서 풀리는 케이블의 풀림 거동 연구

Study on the unwinding motion of a cable in the water

유완석† · 김건우* · 김형렬**

Yoo Wansuk, Kim Kunwoo and Kim Hyungryul

1. 서 론

잠수함으로부터 발사되는 유도 미사일은 타격 성능을 유지하기 위해 끊임없이 유선 통신을 해야만 한다. 이 때 스푼 패키지(spool package)에서 풀리는 유도선은 견인되는 장력에 의해 풀림 거동이 다양하게 나타난다. 특히 장력이 낮을 경우 꼬임과 같은 풀림 불량 발생하게 되는데 이는 유도 미사일의 성능에 치명적이다. 따라서 수중에서 풀리는 유도선의 거동을 해석하는 것이 중요하다.

2. 풀림 지배 방정식

2.1 풀림 동역학

풀림 동역학(unwinding dynamics)이란 Fig. 1과 같이 스푼 패키지에 감겨 있는 케이블이 가이드 아일렛 점(O)을 풀림 속도(V)로 통과할 때 검사 체적에서 발생하는 볼룬 형상(balloon shape)을 분석하는 학문이다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 패키지로부터 케이블이 떨어져 나오는 지점은 L, 패키지의 반경은 C_r , 검사체적의 높이는 H_B 로 정의하였다. 또한 임의의 점 P를 향하는 벡터는 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$\vec{R} = r\hat{e}_r + ze_z \quad (1)$$

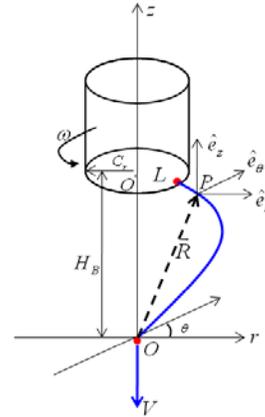


Fig. 1 The system of an unwinding cable

2.2 풀림 거동 지배 방정식

Fig. 1과 같이 원통형 좌표계(cylindrical coordinate)에서 정의된 풀리는 케이블의 지배 방정식은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho A \left[(D^2 \vec{R}) + 2(\vec{\omega} \times (D\vec{R})) + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{R}) \right] - (T\vec{R})_s - \vec{F}_n = 0 \quad (2)$$

여기서 ρA 는 단위 길이당 질량, D 는 전 미분(material derivative), T 는 장력, \vec{F}_n 은 수직 방향 유체 저항력을 나타낸다.

2.3 유체 저항력

수중에서 풀리는 거동을 표현하기 위해 유체 저항력은 식 (3)과 같이 케이블에 작용하는 수직 방향 속도의 제곱에 비례하는 것으로 가정하였으며, 유체 저항 계수 D_n 은 Table 1에 나타나 있다.

† 교신저자; 정회원, 부산대학교
 E-mail : wsyoo@pusan.ac.kr
 Tel : 051-510-1457, Fax : 051-583-8514
 * 부산대학교
 ** 국방과학연구소

$$\vec{F}_n = -\frac{1}{2}C_D\rho_w d|\vec{v}_n|\vec{v}_n = -D_n|\vec{v}_n|\vec{v}_n \quad (3)$$

Table 1 The parameters for fluid resistance, D_n

	Density [kg/m ³]	Drag Coefficient	D_n
water	1000	1.0	0.185

3. 결 론

이 논문에서는 Table 2에서 보는 바와 같이 세 가지 종류의 초기 장력을 사용하였으며 각각의 결과는 Fig. 2 ~ 4에 나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 초기 장력이 충분치 않을 경우 꼬임과 같은 폴립 불량이 나타날 수 있음을 예측할 수 있다.

Table 2 The three types of initial tensile forces

Case 1	Case 2	Case 3
0.064	0.320	1.280

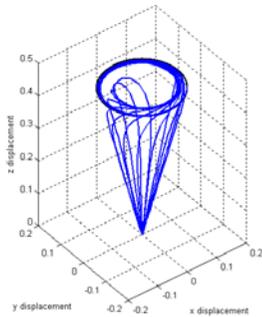


Fig. 2 One cycle unwinding shape for 0.064 N

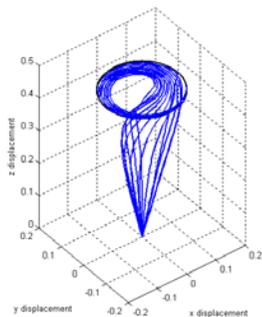


Fig. 3 One cycle unwinding shape for 0.320 N

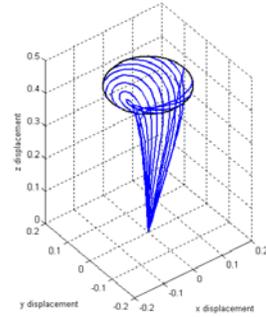


Fig. 4 One cycle unwinding shape for 1.280 N

후 기

본 연구는 국방과학연구소(ADD)의 지원으로 이루어졌으므로, 지원기관에 감사 드립니다.