

# Windlass gear box의 하중 분석 및 용접비드를 고려한 수치해석적 연구

## The Study for Forces analysis & Numerical analysis considering welding bead of windlass gear box

\*박동진<sup>1</sup>, #이석순<sup>2</sup>, 탁승민<sup>1</sup>, 강민규<sup>1</sup>, 이계광<sup>3</sup>

\*D. J. Park<sup>1</sup>, #S. S. Lee(leess@gsnu.ac.kr)<sup>2</sup>, S.M.Tak<sup>1</sup>, M.K.Kang<sup>1</sup>, G.G.Lee<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>경상대학교 기계공학과, <sup>2</sup>경상대학교 기계항공공학부, <sup>3</sup>미래산업기계(주)

Key words : Windlass, Gear Box, Dynamic factor

### 1. 서론

현재 석유 생산의 약 30%는 해양에서 이뤄지고 있으며, 얕은 해역의 석유 및 가스 자원고갈로 설비가 점점 대형화 되고 있다. 해양 플랜트는 한 번 설치되면 20-30년에 걸쳐 고정되기 때문에 각 설비들의 오랜 수명을 유지할 수 있게 하는 고도의 유지, 보수 기술이 요구된다. 이러한 이유로 해양 플랜트에는 최고 품질의 기자재가 동원된다. 해양 플랜트는 매우 혹독한 외부환경에 노출되기 때문에 기자재 성능과 품질이 더욱 강조되고 있다.

본 논문에서는 선박 또는 해양 구조물의 계선줄 또는 계류색을 감는 Windlass의 gear box에 가해지는 하중을 분석한 후 구조적인 안전성을 검토하였다.

### 2. 전위기어의 압력각 및 작용하중 분석

전위기어의 압력각을 계산하기 위한 물림 방정식은 다음의 식 (1)과 같다.

$$inv\alpha_w = 2 \cdot \frac{x_1 + x_2}{Z_1 + Z_2} \cdot \tan\alpha_0 + inv\alpha_0 + \frac{f_n}{m \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot \cos\alpha_0} \quad (1)$$

기어의 물림 방정식에 각각 기어의 모듈과 잇수, 전위계수 및 압력각을 대입하여 전위기어 물림의 압력각을 계산한 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Operating pressure angle of first gear & second gear

Operating pressure angle of First gear	Operating pressure angle of Second gear
$\alpha_w = 22.6$	$\alpha_w = 21.3$

Towimor S.A에 의하면 Mooring Work 상태에서 허브에 걸리는 작용하중을 Nominal일 때 52kN, Extreme일 때 194kN이라고 하였다. 이를 바탕으로 Dynamic Factor를 약 3.7이라고 추측하였다.

1단 기어에서 드럼에 16ton의 하중이 가해진다고 했을 때, 기어의 하중은 Drive 드럼의 반경과 Driven 기어 피치원 반경을 사용하여 구할 수 있다. 기어에 가해지는 Tangent Force는 다음의 식 (2)와 같다.

$$F_{t1} = \frac{16 \times 0.23}{0.51} = 7.34, 7.34g = 71.99(\text{kN}) \quad (2)$$

여기서 구한 정적하중에 Dynamic factor를 곱한 동적하중은 다음의 식 (3)과 같다.

$$71.99 \times 3.7 = 266.36(\text{kN}) \quad (3)$$

Separation Force의 경우는 다음과 같다.

$$F_{s1} = 7.34 \times \tan 22.6 = 3.06, 3.06g = 30.02(\text{kN}) \quad (4)$$

$$30.02 \times 3.7 = 110.88(\text{kN}) \quad (5)$$

2단 기어의 경우도 1단 기어와 마찬가지로 하중을 계산하면 다음의 식과 같다.

$$F_{t2} = \frac{7.33 \times 0.09}{0.32} = 2.10, 2.10g = 20.63(\text{kN}) \quad (6)$$

$$20.63 \times 3.7 = 76.34(\text{kN}) \quad (7)$$

$$F_{s2} = 2.10 \times \tan 21.8 = 0.84, 0.84g = 8.25(\text{kN}) \quad (8)$$

$$8.25 \times 3.7 = 30.54(\text{kN}) \quad (9)$$

Table 2 Normal reaction force

Horizontal Plane		Vertical Plane		Results	
Force	Position	Force	Position	Gear body	
Pix(kN)	Lpi(mm)	Piy(kN)	Lpi(mm)	Reaction(kN)	
8.25	88	-20.63	88	A	38.89
-29.97	215.5	-71.99	215.5	B	53.73

Table 3 Extreme reaction force

Horizontal Plane		Vertical Plane		Results	
Force	Position	Force	Position	Gear body	
Pix(kN)	Lpi(mm)	Piy(kN)	Lpi(mm)	Reaction(kN)	
30.53	88	76.33	88	A	143.89
-110.89	215.5	266.36	215.5	B	198.8

3. 유한요소해석

Gear Box는 선박의 Deck에 고정되어 있다. 따라서 Gear Box의 바닥을 Fix하였다. Shaft는 Gear Box의 Boss에 접촉조건을 적용하였으며 X축 방향으로의 자유도를 구속하였다.

Gear가 Shaft와 닿는 면적에 계산한 하중을 부여하였고 각도는 기어가 설치되는 위치를 참고하여 하중을 입력하였다. Load A는 Z방향으로 71.99kN, Y방향으로 20.63kN을 가하였다. Load B에는 Z방향으로 76.279kN, Y방향으로 30.509kN을 가하였다.

용접 영역은 Gear Box부와 Boss부는 직접 용접이 되지 않고 모서리부에 depth 4mm만큼 용접 Fillet으로 용접되어 있다. 실제로 용접되는 부분인 Gear Box와 용접부위에 Tie를 적용하고 용접부와 Boss도 동일한 조건을 적용하였다.

Table 4 Material Property

	Material	Modulus of elasticity	Poisson's ratio	Yield strength
Shaft	SCM440	205GPa	0.29	415MPa
Frame	SS400	204GPa	0.34	235MPa

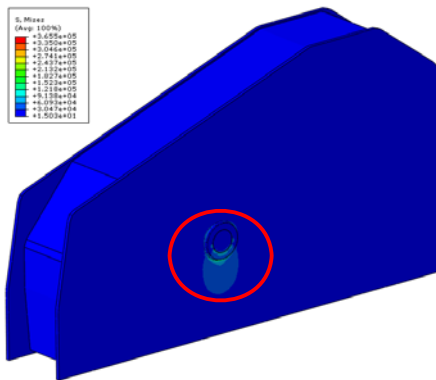


Fig. 1 von Mises stress (Whole modeling)

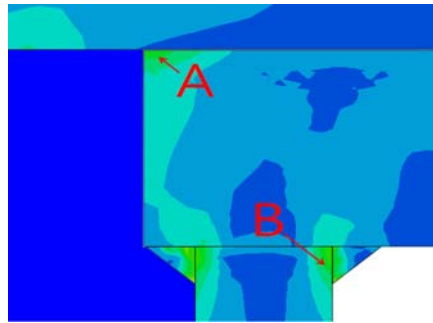


Fig. 2 von Mises stress (Whole model view cut)

Frame부에서는 Boss부와 용접되는 부위에서 최대 221.5MPa의 응력이 나타나고 있어 재료의 항복에 근접하고 있으므로 매우 취약한 것으로 판단된다. 용접부는 Frame부와 용접되는 부분에서 최대 283.1MPa의 응력이 나타나고 있다. 항복을 넘어서는 응력이 나타나고 있으므로 소성변형이 일어날 것으로 예측된다.

4. 결론

수계산 결과 전체적으로는 문제가 없으나 부분적으로 문제가 있다고 판단되어 수치해석을 이용하여 문제가 되는 부분을 예측 하였다. 그 결과, 전체 Frame에는 대부분 낮은 응력분포를 나타내고 있어 구조적으로 안전하다 판단되지만 용접부위는 16ton의 하중에 취약함을 나타내고 있으므로 용접의 두께를 더욱 두껍게 하거나 더욱 튼튼한 용접으로 제조 공정을 바꾸어야 한다.

후기

본 연구는 2단계지역대학 육성사업 (BK21)과 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업의 지원에 의해 연구되었다.

참고문헌

1. TOWIMOR S.A. "Calculation Abstract of hub connection weld in gear body," MOORING WINCH CD26 driving cable lifter PK, 87 K3 3-7, 2010.
2. Robert L. Norton. "Machine Design," An Integrated Approach second edition, 685-692, 1998.