

무어링 윈치 브레이크의 형상 변경에 따른 제동력과 강도 해석

† 신재명 · 한동섭* · 한근조**

† 동아대학교 대학원, *동아대학교 BK21 총괄사업단, **동아대학교 기계공학과 교수

Fluid-Structural Analysis of Circumference Pressurization type Butterfly Valve according to Pressurization Distance

† Jae-Myung Sin · Dong-Seop Han* · Geun-jo Han**

† Graduate school of Dong-A University, Busan 604-714, Korea

*Institute of BK21, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

**Division of Mechanical Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

요약 : 기계장치에 있어서 브레이크 시스템은 기계의 동작시스템 부분들 중에 매우 중요한 역할을 담당하는 부분이다. 만약 기계가 작동 중 멈추지 않으면 사고, 시설물 피해, 인명 피해 등을 유발할 수 있기 때문이다. 이것은 선박에서 또한 마찬가지이다. 선박에서 항해 중 배를 정지시키기 위해서는 윈드라스 윈치 브레이크 시스템을 사용하고 있으며, 배를 항구에 계류시키기 위해서는 무어링 윈치 브레이크 시스템을 사용한다. 본 연구에서는 배를 항구에 계류시키는 무어링 윈치 브레이크 시스템의 제동력을 향상시키기 위해 기존의 무어링 윈치 브레이크 시스템의 형상 변경한 후 무어링 윈치 브레이크 시스템의 제동력과 강도해석을 실시해 보았다.

핵심용어 : 무어링 윈치 브레이크, 제동력과 강도해석, 형상 변경

ABSTRACT : The brake system is very important part of the machine operating system of machine. If the machine does not stop during operation, accidents and facility damage, loss of life can cause. This ship is also in the same. In this study, After we had to change the original shape for the braking force improvement of the Mooring winch brake system, we analyzed the braking force and structural stress analysis of the changed Mooring Winch.

KEY WORDS : Mooring winch brake system, braking force and structural stress analysis, changing shape

1. 서 론

기계장치에 있어서 브레이크 시스템은 기계의 동작시스템 부분들 중에 매우 중요한 역할을 담당하는 부분이다. 만약 브레이크 시스템이 제대로 작동하지 않을 경우 금전적·인명적 피해를 유발하게 된다. 선박의 경우 항해와 계류시 다른 브레이크 시스템을 사용하게 되는데, 선박이 항해중이라면 윈드라스 윈치로 닻을 내려서 멈추고, 선박이 계류 중이라면 무어링 윈치 브레이크를 사용한다. 무어링 윈치 브레이크는 무어링 윈치의 풀림방지를 위한 브레이크이며 무어링 윈치 브레이크 시스템 작동 시 제동력 부족으로 인해 무어링 윈치 드럼과 밴드사이 슬립현상이 발생하여 무어링 윈치의 풀림으로 인해 계선로프에 루스(loose)현상이 발생하게 되어 선박의 계류가 불안전상태를 유발하여 선박에 손상을 발생시킬 수 있다. 이러한 피해를 막기 위해 충분한 제동력과 구조 역학적 안전성을 가진 무어링 윈치 브레이크 시스템의 개발 필요성이 증대되고 있는 실정이다.

한 경향을 보이며, 무어링 윈치 브레이크의 제동력을 수식화하였다. Fig. 1 밴드 브레이크의 작동원리이다.



Fig. 1 밴드 브레이크의 작동원리

2. 무어링 윈치 브레이크 제동력 분석

일체형 무어링 윈치의 작동원리는 밴드 브레이크와 매우 흡사

$$T_t(\text{긴장축장력}) = f \frac{e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1}, \quad T_s(\text{이완축장력}) = f \frac{1}{e^{\mu\theta} - 1}$$

$$f(\text{제동력}) = F \frac{l}{a} \frac{e^{\mu\theta} - 1}{e^{\mu\theta}}$$

Table. 1 접촉각에 따른 제동력

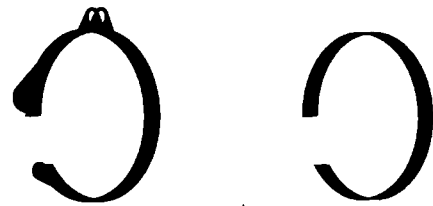
각도 (deg)	라디안 (rad)	$e^{\mu\theta}$	$T e^{\mu\theta}$	제동력	각도에 따른 제동력
0	0.00	1.00	4900	0.00	1046.45
10	0.17	1.09	5347	1046.45	959.00
20	0.35	1.19	5834	2005.44	878.86
30	0.52	1.30	6366	2884.30	805.41
40	0.70	1.42	6947	3689.71	738.11
50	0.87	1.55	7580	4427.82	676.43
60	1.05	1.69	8272	5104.25	619.90
70	1.22	1.84	9026	5724.15	568.10
80	1.40	2.01	9849	6292.24	520.62
90	1.57	2.19	10747	6812.86	477.11
100	1.75	2.39	11727	7289.98	437.24
110	1.92	2.61	12796	7727.22	400.70
120	2.09	2.85	13963	8127.93	367.22
130	2.27	3.11	15237	8495.15	336.53
140	2.44	3.39	16626	8831.68	308.41
150	2.62	3.70	18142	9140.08	282.64
160	2.79	4.04	19796	9422.72	259.02
170	2.97	4.41	21602	9681.74	237.37
180	3.14	4.81	23571	9919.11	217.53
190	3.32	5.25	25721	10136.64	199.36
200	3.49	5.73	28066	10336.00	182.70
210	3.67	6.25	30625	10518.70	167.43
220	3.84	6.82	33418	10686.12	153.44
230	4.01	7.44	36465	10839.56	140.62
240	4.19	8.12	39791	10980.18	128.86
250	4.36	8.86	43419	11109.04	118.10
260	4.54	9.67	47378	11227.14	108.23
270	4.71	10.55	51699	11335.36	99.18
280	4.89	11.51	56413	11434.55	90.89
290	5.06	12.56	61557	11525.44	83.30
300	5.24	13.71	67170	11608.74	76.34
310	5.41	14.96	73295	11685.08	69.96
320	5.59	16.32	79979	11755.03	64.11
330	5.76	17.81	87272	11819.14	58.75
340	5.93	19.43	95230	11877.90	53.84
350	6.11	21.21	103914	11931.74	49.34
360	6.28	23.14	113389	11981.09	9.36

(단, 마찰계수 : 0.5, 작용압력 : 500kgf)

무어링 원치 브레이크에서 제동력은 선형적으로 증가하며, 360°일 때, 1981.09N이지만, 축과 라이닝의 접촉각은 대략 300° 정도로 이 때의 제동력은 11608.74N, 76.34N이 된다.

3. 기존 무어링 원치 브레이크의 구조해석

무어링 원치 브레이크의 강도해석을 위해 초기모델은 3D설계 전용 프로그램인 INVENTOR 10을 이용하였다. 그리고 구조해석은 ANSYS Workbench 10.0을 이용하였다.



(a) 브레이크 밴드부 (b) 브레이크 라이닝부

Fig. 2 기존 무어링 원치 브레이크의 3D 모델링 형상

하중 및 경계조건으로 무어링 원치를 작동시키는 링크의 하단부와 제동력이 작용하는 축을 고정하였으며 제동력을 발생시키는 유압실린더에 500bar의 하중조건을 주었다.

Table. 2 재료의 기계적 특성

부분	Stress [MPa]		Material
	Yield	Ultimate	
브레이크 밴드	468	584	GL/D36
라이닝	-	250	HWK 2000

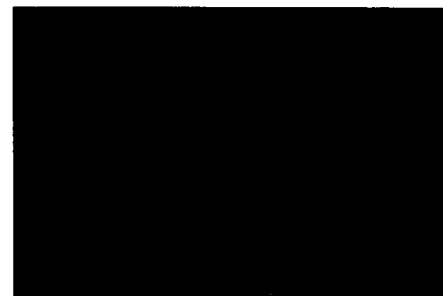
Fig. 3는 유한요소모델인 기존 무어링 원치 브레이크의 메시 형상이며, Fig 4은 해석결과이다.



Fig. 3 기존 무어링 원치의 유한요소모델



(a) 브레이크 밴드부



(b) 브레이크 라이닝부

Fig. 4 기존 무어링 원치의 해석결과

4. 무어링 윈치 브레이크 형상 변경에 따른 강도해석

기존의 형상을 분리형으로 형상 변경하여 구조해석을 실시해 보았다. 하중 및 경계조건은 동일하게 주었다. Fig. 5는 분리형의 무어링 윈치 브레이크의 형상이며, Fig. 6은 분리형 무어링 윈치 브레이크의 구조해석결과이다. 이 때 분리각은 15°로 하여 무어링 윈치를 나누어 모델링 후 구조해석을 실시해 보았다.

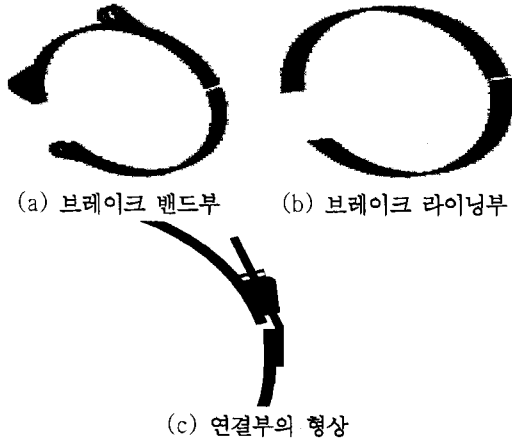


Fig. 5 분리형 무어링 윈치의 3D 모델링 형상

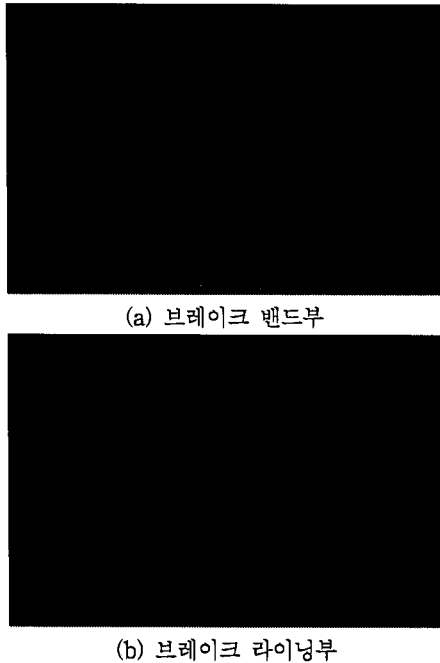


Fig. 6 분리형 무어링 윈치의 해석결과

5. 결론

기존의 무어링 윈치와 형상 변경한 분리형 무어링 윈치에 작용하는 응력을 브레이크 밴드부와 브레이크 라이닝에 작용하는 응력을 분석해 보았다. 먼저 브레이크 밴드부의 경우 기존의 무어링 윈치는 일체형으로 연결이 되어 한쪽에서 인장력이 발생하게 되면, 반대편에 고정되어 있는 지지점까지 연속으로 힘이

작용하게 되어 지지점 인근에서 발생하는 높은 인장력과 브레이크 라이닝시 발생하는 높은 제동력이 더해져서 브레이크 밴드나 이와 연결된 라이닝의 파단 가능성이 존재한다. 하지만 형상 변경한 분리형 무어링 윈치 브레이크의 경우 브레이크 밴드에서는 아랫부분의 브레이크 밴드에서 기존의 일체형보다 높은 인장력이 작용하지만, 기존의 일체형에서 높은 응력이 발생하던 부분에서는 응력이 감소하였다. 따라서 브레이크 작동으로 발생하는 높은 인장력과 제동 시 축과의 마찰로 발생하는 제동력이 높은 제동력이 같은 곳에 중복 작용되어 나타나는 파단을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 상대적으로 작은 제동력이 작용하는 하단부에 인장력을 증가시켜 응력이 편중되는 현상을 완화한다. 브레이크 라이닝의 경우 기존의 라이닝은 제동 시 발생하는 응력이 브레이크 밴드와 같이 점차적으로 증가하는 모습을 보여 인장력과 제동력을 직접 받게 되어 브레이크 밴드에 비해 라이닝이 보다 먼저 파단이 된다. 형상 변경한 분리형 무어링 윈치에서는 상단에 비해 하단에서 조금 더 높은 하중이 작용하는 것을 볼 수 있으며 이로 인해 브레이크 작동 시 상부에 비해 상대적으로 낮은 제동력이 발생하는 하부를 축으로 미치는 압착력을 가하여 상단에 비해 상대적으로 모자란 하단의 제동력을 보완할 수 있다고 판단된다. 사용되는 재질의 항복응력과 발생부위에 발생하는 응력을 고려하여 안전율을 구해보았다.

Table 3. 일체형과 분리형의 응력과 안전율

구분	발생부위	발생응력	항복응력	안전율
일체형	브레이크 밴드	186	468	2.52
	라이닝	162	250	1.54
분리형	브레이크 밴드	216	468	2.17
	라이닝	145	250	1.72

참 고 문 헌

- [1] 우성우, 박래식, 조상훈, 이종길(1997), “동적 하중을 받는 윈치구조물의 유한요소해석을 이용한 설계”, 대한기계학회 춘추학술대회 제 1권 1호, pp. 685~690
- [2] 홍사영, 이판목, 김용철, 홍도천(1988), “계류된 반잠수식 시추선의 운동특성에 관한 실험적 고찰”, 한국해양공학회 지 제 2권 제 1호, pp.59~70
- [3] 이명호(2006), “안벽 계류 시운전시 Mooring Rope에 걸리는 인장력 검토”, 한국마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, pp. 221~222
- [4] 이승도, 이상훈, 정일중, 황영진, 최민용, 이석순(2008), “절축조건을 고려한 윈치의 구조해석 및 최적설계에 관한연구”, 한국정밀공학회 2008년도 춘계학술대논문집, pp. 711~712