

대형 축류 팬 허브공진 문제 Trouble Shooting

Trouble Shooting on Hub Resonance Problem of Large Size Axial Fan

박용환† · 김재홍* · 임인규* · 이주현* · 박동규**

Yonghwan Park, Jaehong Kim, Ingyu Lim, Joohun Lee and Dongyu Park name

1. 서 론

최근 건조되는 LNG 선박은 BOG(Boil Off Gas)의 처리를 위해서 가스연소기(Gas Combustion Unit)를 필수적으로 설치해야 된다. GCU 는 Combustion Fan, Burner, Combustion chamber 그리고 Dilution air fan 등으로 구성된다. (Dilution air fan 은 GCU type 에 따라 없는 경우도 있다.) Figure 1 은 전형적인 GCU 의 구성을 나타낸다. Combustion fan 은 Cargo hold 및 배관 등에서 자연적으로 발생된 BOG(Boil Off Gas)를 연소시키기 위해 공기를 combustion chamber 로 넣어주는 역할을 하며 상대적으로 큰 압력을 요구하기 때문에 주로 원심팬(Centrifugal fan)으로 구성된다. 반면, Dilution air fan 은 GCU 의 냉각(cooling) 및 연소가스를 희석(dilution)시키는 역할을 하며, 많은 양의 공기를 이송해야하기 때문에 주로 대형 축류 팬(Large size axial fan)으로 구성된다. 축류 팬은 팬의 구조적 특성 상 원심팬에 비해 허브 및 블레이드가 구조적으로 취약하며 임펠러의 안정성 측면에서 블레이드와 허브의 부착 시, locking device (locking nut, lock tight 등)를 설치함과 동시에 블레이드 및 허브의 고유진동수(natural frequency)를 확인하여 주 가진 주파수(main excitation source)와 공진회피 설계를 해야 한다. 본 연구에서는 대형 축류 팬의 임펠러 파손 사례와 충격가진시험 및 유한요소해석법을 이용하여 주 파손원인 분석(root cause analysis)에 대해 소개하고 공진으로 인한 팬 임펠러의 허브 파손 시 효과적인 보강방안에 대해 소개하고자 한다.

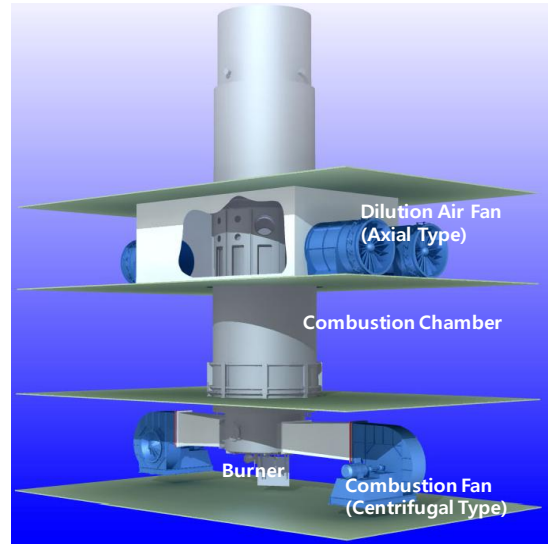


Figure 1 Structure of GCU and Large size Dilution Air Fan

Table 1 Excitation sources

Excitation Source	Excitation Frequency	Remarks
Impeller Unbalance	19.75 Hz	1X(1185rpm)
Blade Passing	237.0 Hz	NOB x 1X
Rotating Stall	11.85~29.6 Hz	0.6X~1.5X

2. Fan system 파손 원인 분석

2.1 가진원 (Excitation Source)

회전하는 Fan System에서 발생할 수 있는 가진원은 Table 1과 같다. 특히 축류팬의 경우 날개통과력(Blade passing force)가 진동 및 소음에 지배적인 가진원 및 소음원이며, 가진원 검토 시 유입되는 유동이 매우 불균일 할 경우 선회실속(rotating stall)에 의한 가진도 고려해야 한다. 본 연구에서 적용된 팬의 기본 정보는 다음과 같다.

- Impeller diameter = 1600 mm
- Rated Motor RPM = 1175
- Material of Blade & Hub = Al. Alloy

† 교신저자: 정희원, 삼성중공업(주) 조선해양연구소

E-mail : yh1757.park@samsung.com

Tel : 055-630-4744, Fax : 055-630-8061

* 삼성중공업(주) 조선해양연구소

** 삼성중공업(주) 기장설계 1 팀

Table 2 Specifications of Impeller model

Mode	Natural Frequency (Hz)		
	Original	Improved1	Improved2
Blade	-	-	-
Hub thickness	9 mm	10 mm	10 mm
No of Cap Bolt	6 EA	10 EA	20 EA
Hub Cap	Flat cap	Flat cap	Creased cap

Table 2는 해석 및 계측된 각 fan model의 사양 (specification)을 나타낸다.

2.2 임펠러의 고유진동수 계측

각각의 fan model에 대해 충격가진시험(Impact test)를 통해 고유진동수를 계측하였다. 그러나 original model의 경우 기 파손되어 고유진동수 계측이 불가능하여 수행하지 않았다.

Table 2 Measured natural frequencies

Mode	Natural Frequency (Hz)	
	Improved1	Improved2
Blade (Flap-wise 1 st bending)	101 Hz	101 Hz
Hub bending (2-nodal line)	267 Hz	305 Hz
Hub cap (2-nodal line)	245 Hz	348 Hz

2.3 임펠러의 고유진동수 계산

Impeller의 진동형태(vibration mode shape) 및 고유진동수 계산을 위해 MSC Patran/Nastran을 이용하였다. Figure 2는 허브의 진동형태(2-nodal line vibrating mode)를 나타내며 허브 cap의 진동형태도 허브의 진동형태와 유사하다.

Table 2 Predicted natural frequencies

Mode	Natural Frequency (Hz)		
	Original	Improved1	Improved2
Blade	103 Hz	103 Hz	103 Hz
Hub bending	241 Hz	273 Hz	323 Hz
Hub Cap	243 Hz	243 Hz	360 Hz

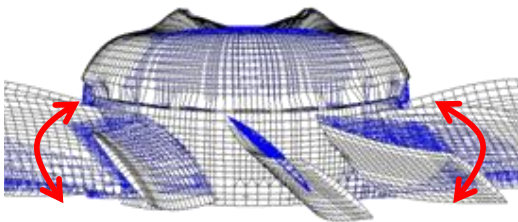


Figure 2 Mode shape of hub bending

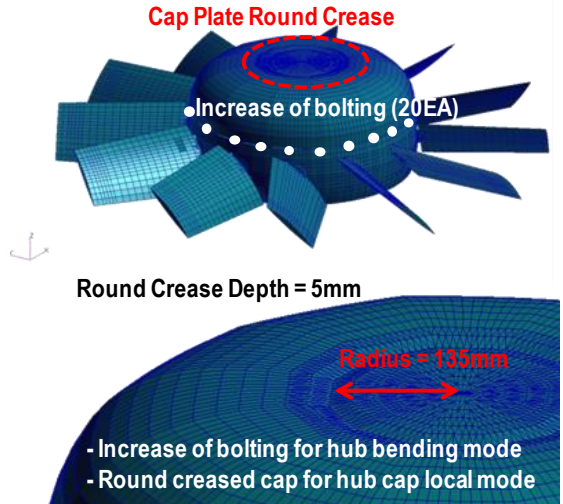


Figure 3 Improved2 model(No of bolt = 20EA, Creased cap)

예측된 결과로부터 허브 굽힘진동모드의 고유진동수는 허브 cap의 bolting 개수에 지배적임을 알 수 있다. 또한 파손된 original impeller의 허브굽힘진동모드(2-nodal line mode)의 고유진동수는 241 Hz로 예측되어 날개통과 주파수(237 Hz)와 매우 가까워 공진이 예상되며, 임펠러 파손의 주 원인(root cause)이었을 것으로 사료된다.

2.4 공진회피를 위한 보강방안

앞 절의 고유진동수계산으로부터 허브의 고유진동수를 증가시키기 위한 효과적인 방법은 허브 cap과 허브를 연결하는 볼팅의 수를 증가시키는 것임을 알 수 있다. 그리고 허브 cap의 국부진동모드의 고유진동수를 증가시키기 위해 주름진 허브 cap (creased hub cap)을 적용하였다. Figure 3은 Improve2 model의 형상을 나타낸다.

3. 결 론

대형 축류 팬의 임펠러 파손원인을 분석하기 위해 임펠러 구성요소(블레이드, 허브 등)의 고유진동수 계측 및 고유진동수 해석을 수행하였으며, 가진원과 공진에 의한 진동문제를 해결하기 위해 효율적인 보강방안을 제안하였다. 보강방안이 적용된 Impeller의 고유진동수 계측 및 예측을 통해 제안된 보강방안 효과를 확인하였으며 향후 대형 축류 팬의 적용 시 impeller(hub, blade)의 고유진동수를 사전에 확인하여 공진회피설계가 필히 수행되어야 한다.