

실습선 아라호의 진동 특성

강 창 남
제주대학교 실습선

A study on the Characteristics of Vibration in Training Ship A-ra

Chang-Nam Kang

Training ship, Cheju National University, Jeju-Do 690-756, Korea

Marine technology must advance to meet the needs of a wealthier and more demanding public while at the same time provide greater environmental protection.

Pollution of noise and vibration is the specific issue being discussed in this paper. Noise is of course due to vibration from high speed engines driving generators, ventilators, winch and other gear, while underwater noise pollution results from the propellers and the resistance produced by the hull of the ship moving through the water. Vibration is also a factor in potential damage to sensitive electronic gear and metal fatigue.

Studies have been made concerning noise and vibration since the latter half of the 1960's, and by the early 1970's standard for noise levels were in place. In 1981, the IMO adopted a regulation limiting a vessel's noise dB level. It is still in effect today and is known as the National Vessel Noise Regulation.

The issue of noise pollution does not cease when a vessel enters her berth and the main engines shut down, there is still the matter of ventilation and other mechanical factors at work to maintain a comfortable, efficient environment. The drive toward greater efficiency and higher technology has resulted in lighter hulls and faster engines, but there has been little progress on reducing noise.

This study monitored the vibration caused by the casting and raising of the nets, when the main engines were running, and when they were turned off. Measurements were taken in the winch room, engine room, bridge and analyzed.

Key words : vibration displacement, vibration velocity, vibration acceleration.

서론

산업 문명의 발달과 생활수준의 향상은 선박에 승선하는 선원과 탑승객 들에게도 쾌적한 선내생활을 위한 환경보전이 요구된다. 이에 관련된 선박의 진동 및 소음, 평음 등이 생활 환경을 저해하는 요소라 할 수 있겠다. 최근 건조되는 선박은 고속화, 경량화의 추세로 인하여 진동과 소음이 증가 요인이 되고 있

며, 기관의 성능, 선체 내부구조, 선체 재질 등에 따라 진동과 소음의 크기가 매우 다양하게 나타난다. 특히 진동은 선원과 탑승객들의 승선 감을 저해할 뿐만 아니라, 선체 구조부재의 피로파손의 원인이 되기도 하며 각종 전기, 전자기기의 손상 및 성능상의 이상을 유발시킬 수 있다. 선박의 진동문제는 1960년대 후반부터 구체적인 연구가 시작되어 1970년대 초반에는 각 국가별로 자국선박소음규제에 관한 조항을 제정 하였으며 국제해사기구(IMO)에서는 1981년에 선

박 소음레벨에 관한 규정을 채택하여 오늘날까지 이 규정을 유지하고 있다(이, 1996; 한국선급, 1997). 선박의 진동과 소음문제는 복잡 다단할 뿐만 아니라 고출력화 및 고효율화로 인한 새로운 문제들이 발생하여 그동안의 많은 성과에도 불구하고(정, 1999; 최, 2003), 아직도 미해결과제가 많은 것이 현실이다. 선박의 진동 소음원은 정박중에도 발전기, 통풍기, 냉동기 등의 구동소음은 면치 못하고 항해중에는 주기관의 구동에 따른 추진기 소음 등이 수반되며 어로 작업시는 원치의 각종계기 구동소음과 투양망시 저항으로 복잡한 진동 소음이 발생한다(山路 等, 2001). 본 연구는 실습선 아라호를 이용하여 무부하 및 부하시의 갑판, 원치실, 기관실, 브릿지에서 진동을 측정하여 분석하였다.

재료 및 방법

선박의 진동 측정 및 분석은 데이터 수집기(Rion, VA11C) 및 분석 프로그램 (ProCon11C)을 이용하였으며 Fig. 1은 데이터 수집기이다. 실습선 아라호는 선미식 트롤 및 선망 겸용선박으로 총톤수 990톤이다.

선박의 진동 측정은 2004년 3월 27일 (제주항 정박중 무부하시), 4월 7일(승선실습중 저속운전시, RPM: 488, 풍속:7.6%, 풍향:350°, 선속: 5.7 knot), 4월 8일 (승선실습중 트롤작업시, RPM:630, 풍속:2.5%, 풍향: 340°, 선속:3.4 knot), 5월 29일(원양승선실습중 전속운전시, 북위31°16'237", 동경128°08'436", RPM: 710, 풍속:5.0%, 풍향:200°, 선속:12.9 knot)에 아라호에서 20개의 측정점에 데이터 수집기를 이용하여 부하시의 진동을 측정하였다.

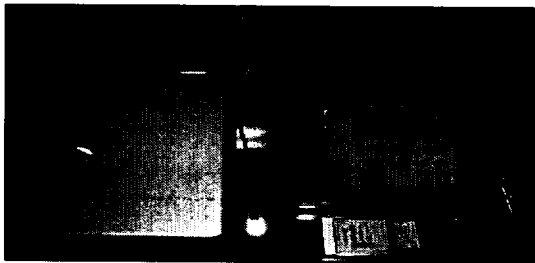


Fig. 1. Data recorder.

측정위치는 다음과 같다

- (1) Upper deck port center
- (2) Upper deck starboard center
- (3) Upper deck bow center
- (4) Upper deck stern slip way
- (5) Left side of main engine
- (6) Right side of main engine
- (7) Engine room propeller shaft
- (8) Engine room No.1 generator
- (9) Engine room No.2 generator
- (10) Engine room control room center
- (11) Bridge center
- (12) Bridge chart room
- (13) Winch room center
- (14) 2nd deck No.1 lecture room
- (15) 2nd deck No.2 lecture room
- (16) 2nd deck C/E room
- (17) 2nd deck steering gear room
- (18) Bottom student room passage
- (19) Bottom refrigerator room
- (20) Top bridge center

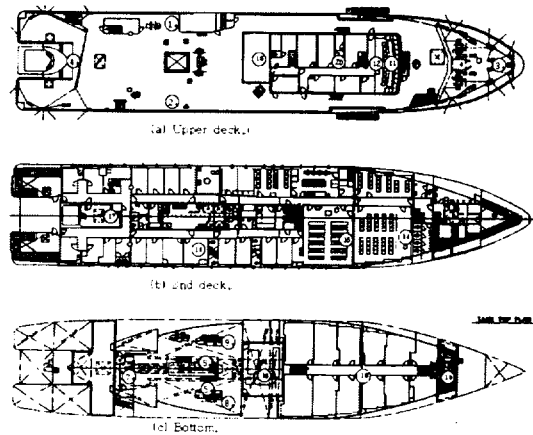


Fig. 2. Vibration measurement positions of training ship A-ra

Fig. 3은 각 측정 위치에서 총 진동 변위값이다. 측정데이터는 전속으로 운항중일때 대체적으로 크게 나타났다. 특히 주기관의 좌현부에서 캠축의 구동으로 인한 진동으로 23.427 μm 의 총 진동 변위값이 나왔다. 저속 운전시 브릿지에서 20.571 μm 의 진동변위값은 미

실습선 아라호의 진동 특성

Table 1. Data of measurement in case of berth

	Displacement			Velocity			Acceleration		
	Total (μm)	Maximum (μm)	Frequency (Hz)	Total (mm/s)	Maximum (mm/s)	Frequency (Hz)	Total (%)	Maximum (%)	Frequency (Hz)
1	0.851	0.532	40	0.239	0.181	2.5	0.402	0.08	230
2	3.303	3.269	60	1.617	1.232	60	1.371	1.081	140
3	0.679	0.381	20	0.056	0.184	2.5	0.022	0.006	20
4	0.407	0.145	20	0.037	0.213	2.5	0.023	0.008	100
5	1.271	1.049	37.5	0.407	0.247	37.5	0.398	0.108	568.75
6	2.799	2.219	50	1.189	0.774	106.25	0.778	0.517	106.25
7	0.169	0.291	37.5	0.127	0.104	137.5	0.131	0.09	137.5
8	8.716	5.802	56.25	8.876	2.833	631.25	32.198	11.809	687.5
9	0.885	0.653	31.25	0.261	0.181	56.25	0.284	0.111	387.5
10	3.163	2.25	37.5	0.962	0.773	62.5	0.337	0.304	62.5
11	2.714	13.952	2.5	0.352	0.378	20	0.056	0.048	20
12	0.473	0.167	10	0.061	0.188	2.5	0.027	0.011	60
13	4.605	4.637	30	0.898	0.874	30	0.191	0.165	30
14	0.801	0.533	20	0.142	0.233	2.5	0.095	0.058	100
15	0.592	0.183	87.5	0.198	0.197	2.5	0.181	0.055	87.5
16	1.525	1.388	12.5	0.152	0.211	2.5	0.049	0.019	50
17	0.612	0.136	40	0.085	0.241	2.5	0.054	0.024	120
18	3.36	3.274	60	1.124	1.234	60	0.735	0.465	60
19	0.551	0.334	60	0.12	0.208	2.5	0.051	0.047	60
20	0.458	0.128	10	0.033	0.209	2.5	0.02	0.003	30

Table 2. Data of measurement in case of low speed (main engine rpm: 488)

	Displacement			Velocity			Acceleration		
	Total (μm)	Maximum (μm)	Frequency (Hz)	Total (mm/s)	Maximum (mm/s)	Frequency (Hz)	Total (%)	Maximum (%)	Frequency (Hz)
1	2.619	1.898	36.25	0.657	0.432	36.25	1	0.21	450
2	2.91	1.687	60	0.955	0.636	60	1.194	0.24	60
3	1.951	1.651	7.5	0.179	0.224	2.5	0.048	0.015	50
4	0.866	0.212	16.25	0.07	0.165	2.5	0.031	0.012	110
5	14.835	14.457	43.75	4.068	3.974	43.75	2.531	1.092	43.75
6	9.805	9.996	43.75	3.436	2.748	43.75	14.744	3.789	1606.25
7	0.477	0.944	37.5	0.756	0.735	437.5	2.088	2.02	437.5
8	1.874	2.406	25	0.436	0.432	31.25	0.189	0.085	31.25
9	8.919	8.079	50	4.365	2.538	50	57.014	13.45	3131.25
10	1.933	1.65	31.25	0.555	0.324	31.25	0.246	0.139	68.75
11	20.571	15.493	12.5	3.087	2.055	25	0.64	0.44	42.5
12	9.81	8.109	37.5	1.993	1.911	37.5	0.478	0.45	37.5
13	2.702	1.6	28.75	0.571	0.327	40	0.138	0.082	40
14	2.566	1.94	11.25	0.43	0.202	2.5	0.211	0.089	100
15	0.944	0.398	213.75	0.655	0.535	213.75	1.044	0.719	213.75
16	2.645	2.128	10	0.358	0.2	2.5	0.102	0.061	50
17	0.872	0.377	48.75	0.189	0.201	2.5	0.081	0.035	48.75
18	2.141	12.818	2.5	0.597	0.378	36.25	0.692	0.192	367.5
19	1.651	1.554	7.5	0.14	0.232	1.5	0.066	0.026	385
20	0.926	0.649	7.5	0.104	0.186	2.5	0.029	0.012	60

Table 3. Data of Measurement in case of trawling (main engine rpm: 630)

	Displacement			Velocity			Acceleration		
	Total (μm)	Maximum (μm)	Frequency (Hz)	Total (mm/s)	Maximum (mm/s)	Frequency (Hz)	Total (%)	Maximum (%)	Frequency (Hz)
1	2.714	2.409	10	0.516	0.244	67.5	0.966	0.25	560
2	4.391	3.192	10	1.273	0.664	47.5	2.06	0.719	570
3	7.065	14.36	2.5	0.569	0.461	10	0.093	0.081	47.5
4	2.5	5	2.4	0.182	0.232	2.5	0.091	0.034	108.75
5	14.409	23.852	18.75	4.415	4.354	50	2.075	1.368	50
6	8.399	8.201	43.75	2.841	2.285	50	9.67	4.462	1150
7	0.705	0.614	100	0.516	0.386	100	0.821	0.359	487.5
8	7.326	3.012	118.75	16.856	13.281	1000	104.73	83.446	1000
9	2.289	2.01	56.25	0.754	0.71	56.25	0.305	0.251	56.25
10	4.819	3.863	37.5	1.296	0.91	37.5	0.4	0.305	56.25
11	5.324	3.818	21.25	0.635	0.51	21.25	0.11	0.068	21.25
12	1.682	1.321	10	0.236	0.173	2.5	0.09	0.047	322.5
13	4.989	4.243	10	0.669	0.315	30	0.16	0.086	47.5
14	3.745	4.011	10	0.307	0.252	10	0.135	0.058	105
15	0.875	0.622	10	0.251	0.171	2.5	0.181	0.073	87.5
16	2.098	1.476	10	0.294	0.212	47.5	0.085	0.063	47.5
17	1.385	0.91	47.5	0.334	0.272	47.5	0.145	0.081	47.5
18	2.439	1.287	21.25	0.788	0.263	93.75	1.04	0.256	417.5
19	2.762	2.703	10	0.286	0.225	2.5	0.121	0.039	2.5
20	1.518	1.106	10	0.172	0.178	2.5	0.037	0.017	30

Table 4. Data of measurement in case of Full speed (main engine rpm: 710)

	Displacement			Velocity			Acceleration		
	Total (μm)	Maximum (μm)	Frequency (Hz)	Total (mm/s)	Maximum (mm/s)	Frequency (Hz)	Total (%)	Maximum (%)	Frequency (Hz)
1	7.374	5.937	12.5	1.267	0.729	36.25	0.652	0.198	52.5
2	10.992	8.02	12.5	2.609	1.377	52.5	1.94	0.602	106.25
3	6.829	16.847	2.5	0.595	0.533	12.5	0.154	0.044	47.5
4	6.354	14.921	2.5	1.115	0.414	36.25	0.428	0.147	63.75
5	14.942	15.235	50	5.863	4.786	50	41.749	14.572	2968.75
6	23.427	23.624	50	7.884	7.617	56.25	12.472	3.812	3106.25
7	0.938	0.533	112.5	0.754	0.571	37.5	1.338	0.822	550
8	5.184	49.727	18.75	3.282	5.858	18.75	40.322	8.61	2806.25
9	5.988	8.946	25	1.836	1.693	56.25	0.65	0.598	56.25
10	8.092	7.491	50	2.55	2.353	50	0.841	0.79	56.25
11	12.367	9.275	12.5	1.746	0.984	36.25	0.34	0.224	36.25
12	5.882	3.792	12.5	1.028	0.769	36.25	0.237	0.046	52.5
13	9.19	13.362	2.5	1.705	0.782	30	0.4	0.172	37.5
14	4.28	3.954	12.5	0.414	0.312	2.5	0.161	0.061	353.75
15	1.93	1.18	12.5	1.019	0.882	142.5	1.049	0.79	142.5
16	6.124	5.31	12.5	0.773	0.417	12.5	0.38	0.13	52.5
17	4.088	3.254	36.25	0.918	0.741	36.25	0.243	0.17	37.5
18	6.391	3.904	12.5	1.402	0.679	52.5	1.027	0.362	353.75
19	10.564	5.426	12.5	2.708	1.458	48.75	1.084	0.447	48.75
20	2.427	1.201	23.75	0.347	0.179	23.75	0.098	0.027	23.75

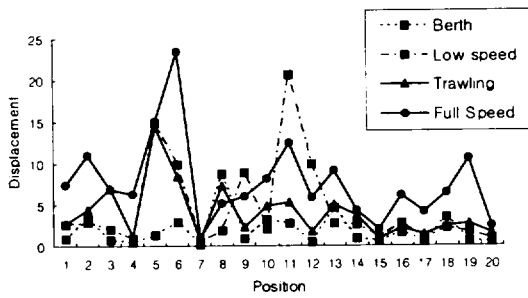


Fig. 3. Comparison of total vibration displacement in the position.

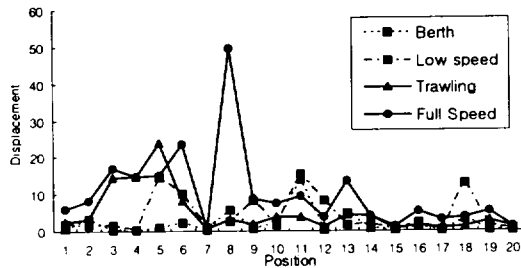


Fig. 4. Comparison of maximum vibration displacement in the position.

풍이지만 역조로 인한 선체와의 진동으로 사료된다.

Fig. 4는 각 측정 위치에서 최대 진동 변위값이다. 전속으로 항해시 발전기 1호기에서 주파수 18.75 Hz인 경우에서 49.727 μ m이라는 최대 진동 변위값이 나왔다. 1호기가 운전중이라서 자체 진동과 운항중에 발생하는 다른 진동원과 합산되어 전체진폭값은 미세하나 순간적인 전동집중현상으로 사료된다. 트롤작업시 선미 부분과 기관실에서 다소 높은 진동값은 유압시스템 작동으로 인한 진동으로 해석된다

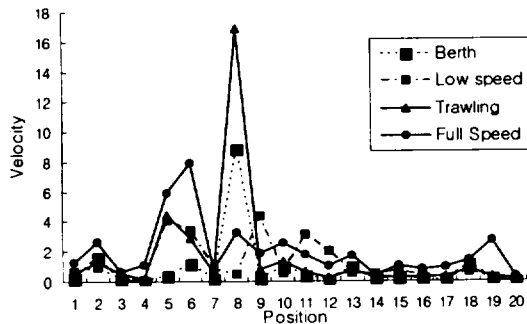


Fig. 5. Comparison of total vibration velocity in the position.

Fig. 5는 각 측정위치에서 총 진동 속도값이다. 트롤작업시 1호기 발전기에서 많은 진동이 발생되어 총 진동 속도는 16.856 mm/s 되었으며 정박시는 8.876 mm/s. 전속일 경우에는 3.282 mm/s이고, 메인 엔진 좌측에서도 총진동 속도가 다소 높아, 전속 운항중에는 7.884 mm/s, 저속시는 3.436 mm/s. 트롤 작업중에는 2.841 mm/s이다. 전체적으로 기관실 주위에서 많은 진동속도가 발생하는 것을 알 수 있다.

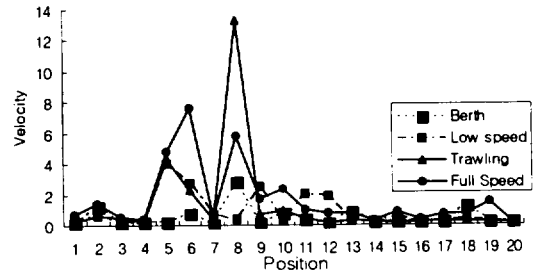


Fig. 6. Comparison of maximum vibration velocity in the position.

Fig. 6은 각 측정위치에서 최대 진동 속도값이다. 발전기 1호기에서 트롤링시 주파수 1000 Hz에서 최대 진폭은 13.281 mm/s로 높게 나타났으며 전속 및 저속인 경우보다 2-4배 높은 값을 나타냈다. 전속에서 메인 엔진 좌측은 7.617 mm/s으로 다소 높은 진동속도값이 나왔으며 트롤작업시와 저속시는 각각 2.841 mm/s, 2.748 mm/s이다.

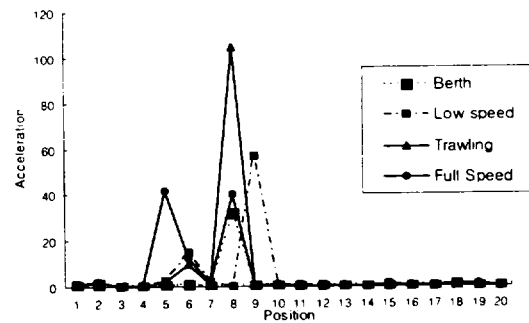


Fig. 7. Comparison of total vibration acceleration in the position.

Fig. 7은 각 위치에서 총진동 가속도 측정값이다. 트롤작업시 1호 발전기에서 총 진동 가속도 값은 104.73 %으로 많은 진동가속이 발생한다는 것을 알

수 있다. 정박중과, 전속시는 각각 32.198%, 40.322%이며 저속에서는 2호기가 가동중이라서 미미하다. 한편 저속에는 2호기가동으로 인하여 2호기에서 57.014%, 메인엔진 우측에서는 전속일 경우에 41.749%으로 다소 많은 진동가속이 발생했다.

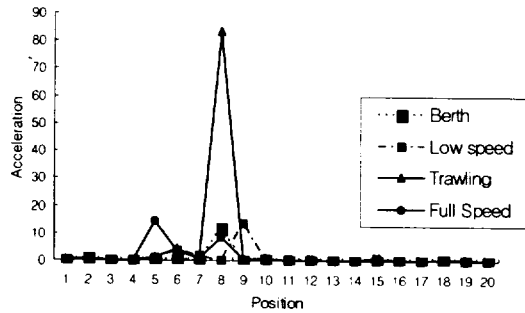


Fig. 8. Comparison of maximum vibration acceleration in the position.

Fig. 8은 각 위치에서 최대 진동 가속도 측정값이다. 1호 발전기에서 트롤 작업시 주파수 1000 Hz에서 최대 진동 가속도 측정값이 83.446%이고, 정박시와 저속시는 각각 11.809%, 8.61%이다. 전속 운항시 메인엔진 좌측에서 최대 진동 가속도 측정값이 14.572%이고, 2호 발전기에서 저속 운항시 13.45%으로 대체로 크며 다른 측정 부위는 미세하다.

요 약

실습선 아라호를 이용하여 2004년 3월~5월에 걸쳐서, 정박중 무부하시, 운항중에는 저속 운전시, 전속 운항시, 트롤작업시를 구분하여 갑판, 윈치실, 기관실, 브릿지에서 20개의 측정점을 선택하여 진동변위, 진동속도, 진동가속도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정박중에 무부하시에는 1호기 발전기 측정점에

서 가동으로 인한 구동진동이 생겼으며 총 진동 변위 값은 8.716 μm, 총 진동 속도값은 8.876 mm/s, 총 진동 가속도 측정값은 32.198%이다.

2. 운항중 저속 운항시 총 진동변위의 최대값은 브릿지에서 20.571 μm으로 미풍이지만 역조로 인한 선체와의 진동으로, 총 진동속도의 최대값은 2호 발전기에서 4.365 mm/s으로 구동진동이고, 총 진동가속도의 최대값은 주기관 우측에서 14.744%이다.

3. 운항중 트롤 작업시 총 진동변위의 최대값은 기관실 좌측에서 14.409 μm으로 유압시스템 작동으로 인한 진동으로 사료되며, 총 진동속도의 최대값은 1호 발전기에서 16.856 mm/s이고, 총 진동가속도의 최대값도 104.73%로 높다.

4. 운항중 전속 운항시 총 진동변위의 최대값은 기관실 우측에서 23.427 μm로 높게 나타났으며, 총 진동속도의 최대값도 7.884 mm/s로 나타났으며 총 진동가속도의 최대값은 기관실 좌측과 1호발전기에서 각각 41.749%, 40.322%로 높게 나타났다.

참고문헌

이호섭. 1996. 선박진동 제어기술에 관한 소고. 한국소음진동공학회, 1996년도 춘계학술대회 논문집, pp. 11-21.

정균양·이수목. 1999. 선박진동 평가기준에 관한 ISO의 개정동향. 한국소음진동공학회, 1999년도 추계학술대회논문집, pp. 589-593.

최한규. 2003. 소형선박의 진동과 소음 특성에 관한 연구. 공학박사학위논문, pp. 58-81.

한국선급. 1997. 선박진동 소음 제어지침, pp. 49-57, pp. 445-510.

山路 光微·高木 保昌·野口 英雄·桐 博昭と 合田 政次. 2001. 長崎丸の船内騒音について. 長崎大學水産學部研究報告, pp. 135-145.