

조타장치에 의한 횡동요 감소 효과

최찬문·안장영·김동근*

제주대학교 해양산업공학과, *한국해양수산연수원

서론

선박이 파랑 중에 6 자유도 운동을 한다. 이러한 선박 운동의 영향을 인간공학적인 측면에서 보면 승객에게 불쾌감을 줄 수 있고 승무원들의 피로가 누적되어 임무수행에 문제가 발생하거나 위험상황에서의 판단 오류 등을 일으켜 안전운항에 장애가 된다. 선박의 대형화, 고속화 및 고급화 추세와 함께 선박의 운동을 줄이기 위하여 자세 제어방법에 대한 연구가 다양하게 수행되고 있다(Sellars and Martin, 1992). 횡동요(Rolling)는 6 자유도 중 중요한 운동이며 낮은 감쇠특성을 갖고 있기 때문에 안정성 측면에서 볼 때에 가장 많이 제어되어 왔다. 그 방법은 감쇠계수(Damping coefficient)를 증가, 선박의 고유주기 변화, 기진력(Exciting force) 및 모멘트를 감소시키는 방법 등이 있다(Bhattacharyya Rameswar, 1978).

횡동요 감쇠장치로는 Bilge Keel, Fin - Stabilizer 및 Anti-Rolling Tank(A.R.T) 등이 있는데, 이러한 장비들은 넓은 공간과 고 비용이 발생하여 어선 및 소형선박에서는 설치가 불가능하다. 그래서 타(Rudder)제어(Cowley, 1974; Oda et al., 1991; Kim, 2002) 및 돛(Yoshimura et al., 2003; Yoshimura et al., 200)을 이용한 횡동요 감소에 대한 연구가 매우 활발하게 이루어지고 있지만, 현재까지는 수조 실험 및 수치해석을 통해서 시뮬레이션에 의한 횡동요 감소 정도를 도출했을 뿐이다.

'74 SOLAS(2008)에서 총톤수 500톤 이상 모든 선박은 선박용 비자기적인 수단으로 선수를 결정하고 표시하며 주 조타 위치에서 조타수가 명백히 읽을 수 있는 자이로컴퍼스 설치를 요구하고 있으며, 자이로컴퍼스의 자동조타는 바람, 파도 등의 영향을 받아 선박은 설정 침로로부터 벗어나는 편각을 없애기 위해 사용한 타를 복원 타 라고하며 또한, 반대쪽으로 넘어가는 것을 억제하는 것을 제동 타 라고하고 고장이 거의 없는 기계계통은 1계열로 공통으로 사용하지만 연산제어장치인 전기 계통은 2계열로 1호기(No.1), 2호기(No. 2) 어느 것이든 바꿔 사용이 가능하다. 통상적으로 항해 시에는 1계열을 사용하지만 입항 시 및 좁은 수로에서는 자동조타를 하지 않고 수동으로 2계열 전부를 사용하고 있다. 본 연구에서는 자동조타(Auto-pilot) 항해 중 1호기 및 1·2호기를 병행 작동했을

때 해상실험을 통해 어느 정도 횡동요 감소 효과를 얻을 수 있는지를 정량적으로 검토·분석한 후 선박 운항에 도움을 주는데 목적이 있다.

재료 및 방법

시험선은 Fig. 1처럼 제주대학교 실습선 아라호로 자이로 콤파스(Gyro-compass)는 C. Plath : NAVIGAT XII/Mod.10, 복판평형 타(Rudder)로서 면적 및 중횡비는 7.92m^2 , 1.55, 용량은 8.5T-M 이다.

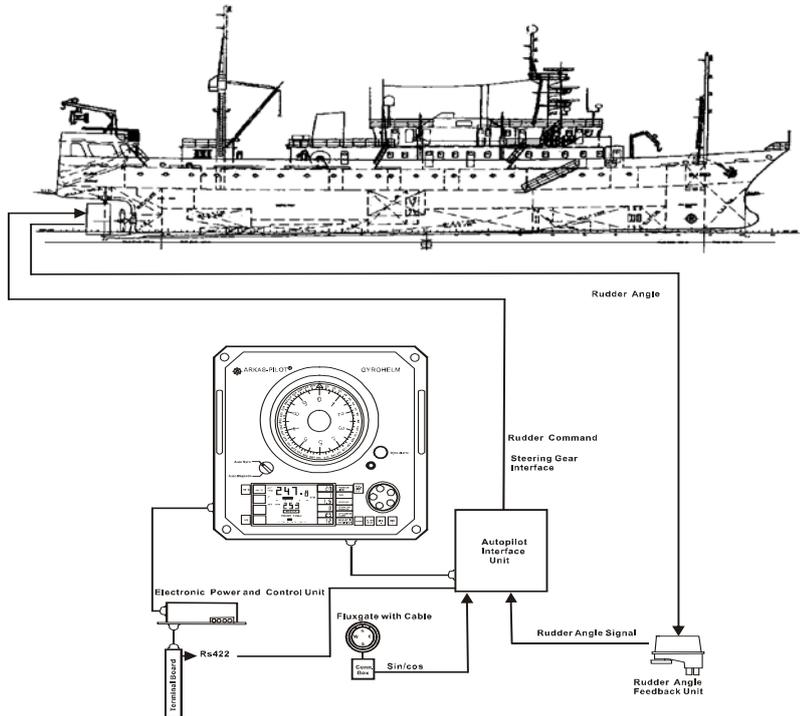


Fig. 1. Circuit diagram of Auto-pilot the experimental M/S A-RA.

본 연구에서는 미국의 Cross-bow사에서 제작된 Magnetic compass VG 440CA 경사계를 선수·미선 상에 설치하고 측정된 횡동요각, 횡동요 각속도의 데이터를 주파수 25Hz, 측정시간 간격은 0.036 sec. 15분 동안 Fig. 2처럼 컴퓨터에 저장하여 통계분석을 수행하여 최대(Maximum), 유의(Significant), 평균제곱(RMS : Root Mean Square), 표준편차(Standard deviation) 등과 같은 대푯값, 스펙트럼을 통해서 횡동요 주기 및 응답을 분석하여 1호기 및 1·2호기를 병행 작동했을 때에 시험선의 횡동요 감소에 미치는 영향을 비교 검토하였다.

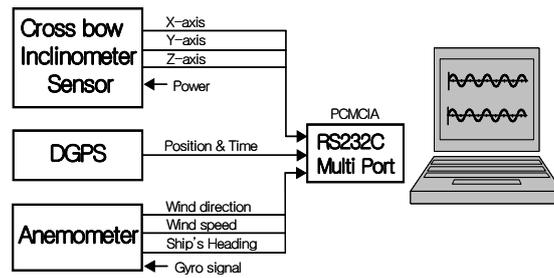


Fig. 2. Block diagram of measurement system for experiment.

Table 1은 실험 시 해상상태를 나타낸 것이며 가능한 동일 조건을 주기 위해서 선수방위 각 및 선속을 전혀 변화시키지 않고 1, 2차에 걸쳐 행하였다.

Table 2. Sea condition during the field experiment

Item	Date	Heading angle	Position		Ave. speed	Weather	Ave. Wind	
			Latitude	Longitude			Direction	Speed
No.1	2008.9.21 08:00-10:00	287°	35°-27.613'E	124°-12.817'N	11.5kn't	bc	311	7.10m/s
No.2	2008.9.29 21:00-22:00	128°	34°-04.789'E	125°-43.218'N	13.0kn't	cloudy	311	7.18m/s

결과 및 고찰

시험선에 대해 전진 중에 타를 한 쪽 현 35도로부터 반대 현 35도까지 돌렸을 때에 걸리는 시간을 알기 위해서 4회에 걸쳐 행한 결과 1호기만 했을 때 는 37.15sec, 그리고 1·2호기를 동시에 했을 때는 19.65 sec.로 거의 배 정도 동시에 조작했을 때가 빨랐다.

Fig. 3은 1차 때 측정된 횡동요각 데이터를 시간에 따라 1호기, 1·2호기 동시에 자동조타 했을 때 결과를 나타낸 것이다. 통계해석을 수행한 결과 최대 좌·우현 횡동요각은 1.939°, 2.109° 및 1.686°, 1.126° 유의 횡동요각은 0.827°, 0.660°를 얻었다. 그리고 표준 편차 및 평균 횡동요 주기는 0.541, 0.429 및 7.304, 7.783 sec로 나타났고, RMS 값은 0.552°, 0.441°이었다.

2차 때도 1차처럼 비슷한 경향으로 최대 좌·우현 횡동요각은 4.356°, 4.916° 및 3.702°, 4.699°, 유의 횡동요각은 2.420°, 1.916° 이었으며, 표준 편차 및 평균 횡동요 주기는 1.417, 1.118 및 7.217, 7.683 sec, RMS 값은 1.612°, 1.276°를 얻었다.

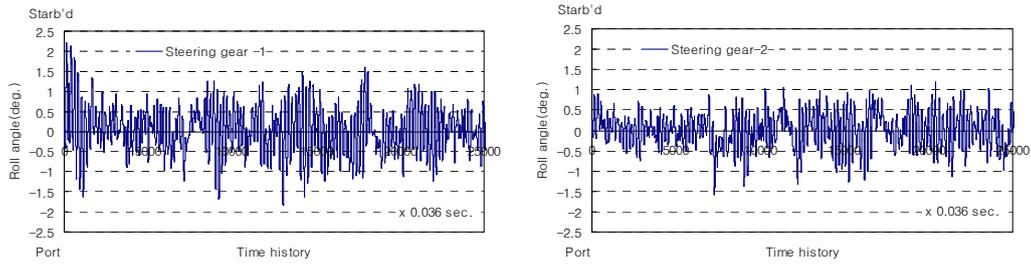


Fig. 3. Time histories of roll angles in irregular wave using steering gear No.1, No.1 and No.2 (1st)

1, 2차 시험을 통한 결과는 1:2호기를 동시에 작동 한 후 자동조타로 항주 했을 때 유의 횡동요각, RMS 값은 1호기 단독으로 사용 했을 때보다 0.167° 및 0.111° , 0.504° 및 0.336° 횡동요각이 각각 낮게 나타났고 평균 횡동요 주기는 0.479, 0.467 sec. 길었다.

Fig. 4는 1차 때 측정된 횡동요 각속도 데이터를 시간에 따라 1호기, 1:2호기 동시에 자동조타 했을 때 결과를 나타낸 것으로, 최대 좌·우현 횡동요 각속도는 1.31, 1.35 및 1.10, 1.15 deg/sec. RMS 값은 0.393, 0.311으로 나타났고 2차 때는 3.67, 3.73 및 3.15, 3.33 deg/sec, 1.093, 0.811을 얻었다.

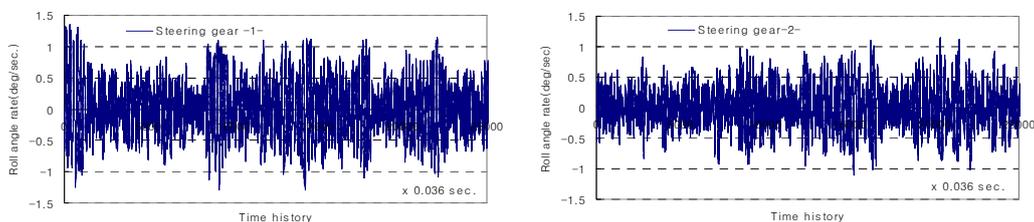


Fig. 4. Time histories of roll angles velocity in irregular wave using steering gear No.1, No.1 and No.2 (1st)

1, 2차 시험을 통한 결과는 1:2호기를 동시에 작동 한 후 자동조타로 항주 했을 때 최대 좌·우현 횡동요 각속도는 1호기 단독으로 사용 했을 때보다 1회 때는 0.04, 0.05 deg/sec, 그리고 2회 때는 0.06, 0.18 deg/sec 각각 높은 것을 알 수 있었다.

Fig. 5는 1, 2차 때 측정된 횡동요 각 데이터로부터 선박의 고유주파수에서의 분석된 응답을 나타낸 것이다.

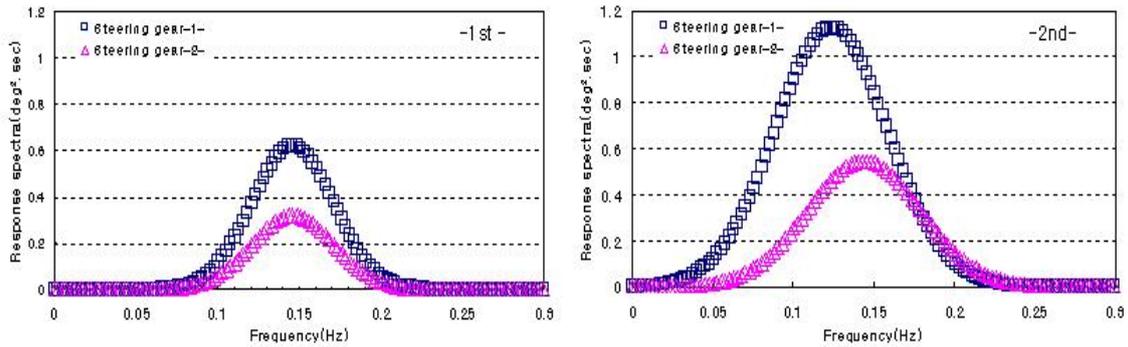


Fig. 5. Frequency response of roll angles in irregular wave using steering gear No.1, No.1 and No.2 (1st & 2nd).

1차 때의 1호기, 1·2호기 동시에 자동조타 했을 때 Dominant frequency 0.145Hz, 0.145Hz에서의 0.622, 0.319 deg². sec이고 2차 때 0.126Hz, 0.143Hz Dominant frequency 에 대한 응답은 1.128, 0.547 deg². sec로 1·2호기 동시에 자동조타 했을 때가 더 낮은 것을 볼 수 있었다.

Table 2는 1, 2차 통계분석결과를 정리하여 나타낸 것으로, 횡동요 각에 대한 유의 및 RMS 값은 0.336°, 0.208°, Dominant frequency에서도 0.241 deg².sec 1·2호기를 동시에 작용했을 때가 낮게 나타났으며, 평균 횡동요 주기는 약 0.472 sec 빨랐을 뿐 만 아니라, 횡동요 각속도에서도 마찬가지로이었다.

Table 3. Results of statistical analysis for the experimental M/S A-RA

Condition of steering gear	No.	Roll angle			Average period (sec)	Response spectra at dominant frequency
		Significant (deg.)	Standard deviation	Root mean square(deg ²)		
No. 1	1	0.827	0.541	0.522	7.304	0.622 @ 0.145Hz
	2	2.420	1.417	1.612	7.217	1.128 @ 0.126Hz
	Average	1.624	0.979	1.067	7.261	0.875 deg ² .sec
No. 1·2	1	0.660	0.429	0.441	7.783	0.719 @ 0.145Hz
	2	1.916	1.118	1.276	7.683	0.547 @ 0.143Hz
	Average	1.288	0.774	0.859	7.733	0.634 deg ² .sec
△ : Increase		▽0.336	▽0.205	▽0.208	△0.472	▽ 0.241
▽ : Decrease						

Table 3 결과를 토대로 Oda 등(1991)에 의한 표준편차를 이용한 평가기준에 의하면 20.69% 감소 효과가 있는 것으로 분석되었으며, 유의 값 비교에서도 20.94% 효능이 있었다. 이상의 횡동요각, 횡동요 각속도 데이터 분석을 통해 상대적인 감소효과가 20%이상

평가되어, Bang(1992)에 의한 능동형 감요 수조 45% 보다는 낮았으나, 수동형 효과 16% 보다 높게 나타나서 매우 효과적이라고 생각된다.

참고문헌

- Bang, I.N., 2000. An Experimental Study for Practical Application of Active Anti-Rolling Tank System. Seoul University, Korea. pp. 1 - 48.
- Bhattacharyya Rameswar, 1978. Dynamics of marine vehicles(Ocean engineering a wiley series). John wiley & Sons, Inc. New delhi. 278-307.
- CHOI, C.M and J.Y. AHN, 2009. Influence of Sail on the Reduced Rolling Motion of Small Ship Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 21(1). 68-78.
- Cowley, W.E., 1974. Development of an autopilot to control yaw and roll, The Navel Architect, 1, 18-19.
- Kim, Y.B., 2002. A study on rudder-roll stabilizer system design for ship, The society of Mechanical Engineers of Korea, 26(2), 329~339.
- Oda, H. et. al., 1991. Roll Stabilization by Rudder Control through Multi-variate Auto-regression Model , J. Kansai SNAJ, 216, 165-173.
- Sellars, F. H., and Martin, J. P., 1992, Selection and Evaluation of Ship Roll Stabilization Systems, Marine Technology, Vol. 29, No. 2, 84 - 101.
- Yoshimura Y., Kuroda T., Kikumoto M., Igarashi Y., 2003. Roll-damping control by sail-angle, Journal of The Society of Naval Architects of Japan Symposium Proceeding, 2, 85~86.
- '74 SOLAS (Including 2007 Amendments), 2008. Translated and Compiled by Korean Register of shipping under the Supervision of the Ministry of Maritime Affairs & Fisheries, Republic of Korea. pp. 1086-1087.