

해군함정 작전속력이 교차방위법 정확도에 미치는 영향 연구

† 정완희 · 김성호* · 고재우**

† , * , ** 해군사관학교 군사학처

요 약 : 교차방위법은 해군 함정이 연안항해에서 주로 사용하는 함위 산출법이다. 항해 보조장비가 많이 개발되었음에도 불구하고 실물표를 대상으로 측정하는 실측위치이기 때문에 해군함정에서 현재까지 가장 폭넓게 활용되고 있다. 교차방위법의 정확도에 미치는 영향요소는 여러가지가 있지만, 본 논문에서는 함정의 기본속력이 미치는 영향을 연구하였다. 긴급한 작전상황의 경우 함정은 안전속력보다 빠른 속력으로 협수로를 통과해야 한다. 이러한 작전환경에서 속력의 증가가 얼마나 위치 정확도의 오차를 가져오는지 확인하여 함정을 운용하는 지휘관에게 참고자료를 제공하고자 한다.

핵심용어 : 교차방위법, 연안항법, 해군, 함정, 작전속력

1. 서 론

해군함정에서 주로 사용하는 실측위치 산출법은 3물표의 방위 측정에 의한 교차방위법이다. 다양한 첨단 장비가 항해보조장비로서 지원을 하고 있지만, 장비의 기계오차를 무시할 수 없다. 특히, 적에 의한 GPS교란이 작전해역에서 발생하고 있는 상황에서 실제 물표를 대상으로 함정의 위치를 산출하는 교차방위법의 중요성은 현재까지 이어지고 있다.(김토일, 2013)

해군함정은 작전상황에 따라 연안항해의 안전속력을 지키지 못할 수 있다. 작전의 긴급도가 요하는 비상상황에서는 안전속력 이상의 빠른 속력으로 협수로 항해를 해야 하는 상황이 발생할 수 있다. 해군에서는 이러한 상황에서의 속력을 작전속력이라고 정의하고 있다. 작전속력은 전투 시나 특수작전 시 지정된 기간 동안 항진하도록 정해진 최대 속력이다.(해군본부, 2011)

작전속력으로 항해하게 되면 교차방위법에 의한 위치 산출 오차가 증가하게 되는데 오차가 얼마나 증가하는지와 그에 따른 위험에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 함정의 이동속력 증가로 인한 교차방위법 산출위치와 실제 함정위치 간의 오차 변화를 비교하고자 한다. 더불어 발생한 오차에 대해서 어느 정도 감수 할 수 있는지에 대한 기준을 도출하여 함정을 운용하는 승조원에게 참고자료를 제공하고자 하는 것이 본 논문의 목표이다.

본 논문은 총 5장으로 구성된다. 2장에서는 교차방위법과 관련된 군내·외 참고문헌을 조사하였다. 3장에서는 실험을 위한 설계과정을 기술하였다. 그리고 4장에서는 실험결과를 제시하고 5장에서 결론을 도출하였다.

2. 관련문헌 연구

2.1 교차방위법 일반

교차방위법은 해도상에 기재되어 있는 2개 이상의 뚜렷한 물표를 선정하여 거의 동시에 각각의 방위를 측정하여 해도상에서 각 물표를 지나는 방위선을 그리고 이들의 교점을 선위로 정하는 방법이다.(공길영, 2009) 정확도는 시오삼각형(오차삼각형)으로 판단되는데, 부정확한 방위측정과 시간지연이 발생할 경우 시오삼각형은 커지게 된다.

2.2 교차방위법 관련 기존 연구

교차방위법 관련 연구로는 물표선정의 순서와 물표간의 협각의 크기에 따른 정확도 영향을 분석이 있다.(임봉택, 1993) 교차방위법을 수식으로 모델링하여 결과를 도출하였으며, 주요 내용은 아래와 같다.

- 1) 오차삼각형의 크기에 대해서는 선수, 중앙, 선미 또는 역순의 물표 선정 순위가 좋은 결과를 나타냄.
- 2) 수평협각의 경우 90도에 가까운 것이 시오삼각형의 크기, 진위치와의 근접성 등에서 모두 양호함.
- 3) 기점 패턴에서 정형부근 물표를 먼저측정하는 것이 월등히 양호한 결과를 나타냄.
- 4) 종합결과 수평협각이 90도에 가까운 물표를 선정하되, 정형 부근 물표를 먼저 관측하는 방법이 최상의 선위임.

연구결과 방위측정 순서는 정형에 있는 물표를 가장먼저 측정하는 것을 권유하고 있다. 그리고 물표간의 협각은 90도를 선정해야 오차를 가장 많이 줄일 수 있는 것으로 도출되었다.

2.3 연구 방법

본 연구에서는 함정의 속력변화가 교차방위법 정확도에 미치는 영향을 도출하고자 한다. 따라서 독립변수는 함정의 속력

† 교신저자 : navy_vision@naver.com
* dacksal@naver.com
** rhwodnsla@naver.com

이 되며, 종속변수는 함위의 정확도가 된다. 함위의 정확도에 영향을 미치는 요소는 여러 가지가 있는데, 모두 통제변수로 일정하게 관리된다.

통제변수로 관리되는 요소에는 방위측정 시간, 함위 작도 및 보고시간, 방위측정 순서 등이 있다. 방위측정, 함위 작도 및 보고시간은 해군 훈련지침서에서 정한 기준(6초, 60초)에 따른다.(해군작전사령부, 2007) 그리고 방위측정 순서는 해군에서 현재 수행하고 있고, 임(1993)의 연구에서 권고하고 있는 방식인 “정형→함수방향→함미방향”으로 정하였다.

함위의 정확도는 교차방위법에 의해 산출한 위치와 작도가 완료된 시점의 함위 간 차이로 정했다. 일반적인 교차방위법의 오차는 1물표를 측정된 시기의 함위와 교차방위법으로 산출한 추정위치를 말한다. 하지만, 본 논문에서는 위치산출을 완료한 시점의 실제 함위와 교차방위법으로 산출한 위치의 함위차이를 정확도 측정 기준으로 정했다. 이렇게 설정한 이유는 위치산출을 완료했을 때 함위가 가장 최근의 실제 함정 위치이기 때문이다. 가장 최근의 실제 위치와 작도한 위치차이가 엄밀한 의미의 오차이다. 특히, 고속으로 항해하는 함정은 가장 최근 위치를 기준으로 오차를 산출해야 더 안전항해에 도움을 줄 수 있다.

3. 실험 모델 설계

3.1 실험 모델 선정

위치 정확도를 도출하기 위해 영향을 주는 요소에는 물표거리, 물표간의 수평협각, 방위측정 시간지연, 함위 작도시간, 선박 속력이 있다. 물표거리는 2,000yds로 설정했다. 해군 함정이 가장 많이 통항하는 진해항 협수로의 물표거리를 측정된 결과 1,500~2,500yds로 측정되어 평균값인 2,000yds로 선정했다. 두 번째 물표간 수평협각은 일반적인 교차방위법에서 권고하고 있는 세물표간 60도 간격으로 선정했다. 관련문헌 임(1993)의 연구에서는 간격을 독립변수로 분석하였지만, 실제 해상에서는 설정할 수 있는 물표가 제한되어 있고, 좌측 또는 우측 현측에서 방위를 측정하기 때문에 60도 간격으로 120도의 범위에서 방위를 측정하는 것이 일반적이다.

방위측정 지연시간, 함위 작도시간은 해군 함정훈련 지침서에서 정한 기준에 의해 선정하였다. 해군 함정훈련 지침서에서 정한 방위측정 지연시간은 6초이며, 함위 작도시간은 54초이다. 교차방위법에 의해 위치가 산출되는 기준시간은 60초이며, 이는 방위측정 지연시간 6초와 함위 작도시간 54초로 구성된다.

독립변수로 설정한 기본속력은 0~30노트로 선정했다. 전투 함정의 최대속력이 평균 30노트이고, 긴급작전 상황시 최대속력으로 협수로를 이탈해야한다. 최악의 상황을 고려해서 기본속력의 적용 범위를 30노트까지 설정했다.

3.2 실험 모델 수치적 해석

기본 모델링 방식은 임(1993)의 연구에서 도출했고, 본 논문에서 적용한 변수설정에 맞추어 수정을 했다. 위치선을 수식으로 표현하면 정형물표인 제1물표를 수식으로 (1)과 같이 도출할 수 있다.

$$\text{제1물표 위치선} \Rightarrow x=k \dots \dots \dots (1)$$

제2,3물표의 위치선은 방위측정의 시간 지연에 따라 오차가 발생한다. 방위오차를 식으로 표현하면 (2)와 같다.

$$\text{방위오차}(\theta)=L / R \dots \dots \dots (2)$$

방위오차를 고려해서 X-Y좌표계의 제2물표 위치선을 표현하면 식 (3)과 같다.

$$Y = \tan(60 + \theta)X - (K + L) \times \tan(60 + \theta) \dots \dots (3)$$

단, $L = \text{함정속력} \times \frac{5}{3}, \theta = \frac{(5 \times \text{함정속력})}{(3 \times 2000)}$

같은 방식으로 3물표 위치선을 표현하면 식 (4)와 같다.

$$Y = -\tan(60 + \theta)X + (K + L) \times \tan(60 + \theta) \dots \dots (4)$$

단, $L = \text{함정속력} \times \frac{10}{3}, \theta = \frac{(10 \times \text{함정속력})}{(3 \times 2000)}$

(2)식과 (3)식, (3)식과 (4)식, (4)식과 (2)식의 연립방정식을 풀면 시오삼각형의 세점을 도출할 수 있고, 중앙위치를 구할 수 있다. 중앙위치는 교차방위법을 이용해서 산출한 함위를 의미한다. (2)식과 (3)식으로 도출한 교점을 (x1, y1), (3)식과 (4)식으로 도출한 교점을 (x2, y2), (4)식과 (1)식으로 도출한 교점을 (x3, y3)라고 하면 중앙 위치는 식 (5)와 같이 표현된다.

$$\text{중앙위치}(X1, Y1) \Rightarrow \left(\frac{(x1 + x2 + x3)}{3}, \frac{(y1 + y2 + y3)}{3} \right) \dots (5)$$

교차방위법으로 함위를 산출하기 위해서 실제로 해도에 위치선을 작도하고, 중앙위치를 도출하는 기점수의 작업소요시간이 필요하다. 이러한 모든 작업을 완료해서 교차방위법으로 산출한 함위를 항해사를 확인할 수 있다. 따라서 실제 항해사가 위치를 확인하기까지 소요되는 시점의 실제 함정 위치는 교차방위법에서 도출한 위치와 큰 차이를 보이게 된다.

해군 훈련지침서에 규정한 60초의 시간동안 함정이 이동한 거리는 (6)의 식과 같이 된다.

$$\text{함위 산출시까지 함정이 이동거리} \Rightarrow \frac{100}{3} \times \text{함정속력} \dots \dots (6)$$

최종 종속변수인 교차방위법 정확도는 교차방위법을 통해 도출한 위치와 위치 산출완료시 실제 함정 위치의 차이이다. 이 차이를 나타내는 것이 (7)번 식이다.

$$\sqrt{\left((X1) - \frac{100}{3} \times (\text{함정속력}) \right)^2 + Y1^2} \dots \dots (7)$$

4. 실험 결과

4.1 실험 결과

실험결과 함정의 속력증가에 따라 위치오차는 비례하는 1차

방정식의 형태가 도출되었다. 속력이 증가할수록 위치오차는 계속 커져서 최대 속력에 이르면 위치 오차는 942yds까지 발생하였다.

이 결과는 3초 간격으로 방위를 측정하고 60초에 교차방위법에 의한 함위산출을 완료했을 경우를 가정하고 있다. 이 가정은 고도로 숙달되어 있는 측정수 및 기점수인 경우이다. 해군 함정 훈련지침서에는 이보다는 완화된 기준도 제시하고 있는데 그것은 6초 간격 위치산출 및 90초에 함위 산출 기준이다. 두 가지 다른 기준에 의해서 총 4가지 경우의 수가 가능하다.

4.2 실험 결과 분석

함위 산출 소요시간 경과에 따라 오차는 약 480yds 증가하였다. 방위 측정 소요시간에 따른 오차는 24~25yds로 미비했는데 오히려 천천히 측정할 시간(6초)이 더 적게 나왔다.(오히려 6초가 작게 나온 가장 원인은 6초가 총 시간에 영향을 주지 않았기 때문.. 결국 방위측정 시간지연이 위치 산출 총시간에 영향을 준다면 이 해석은 잘못될 수 있음) 이상의 결과는 함정의 속력이 고정된 상황에서 방위를 신속히 측정하는 것보다 함위 산출시간을 줄이는 것이 위치의 오차를 줄일 수 있는 방법이라는 것을 확인할 수 있다.

해군 함정훈련 지침서의 기준(방위측정 3초 소요, 함위 산출 60초 소요)을 가지고 항해사가 판단할 수 있는 함정에 미치는 위험도를 분석하였다. 함위오차에 따라 ‘주의’, ‘경계’, ‘위험’으로 분류하였는데, 250yds 기준을 구분하였다. 그 이유는 협수로의 침로선 허용폭이 500yds이고 이 침로의 중앙을 항해한다고 가정했을 때 250yds 차이는 정상 침로선 유지를 위해 ‘주의’를 요하는 상황이다. 그리고 500yds 이상 위치 오차는 허용된 침로선을 넘어서 다른 침로선에 침범할 가능성이 높아지게 되어 ‘경계’로 설정했다. 또한, 750yds 이상의 위치오차는 다른 침로선 뿐만 아니라 인근 위험물에 노출될 수 있는 위치오차이기 때문에 ‘위험’으로 분류 했다. 앞선 연구에서 도출한 오차의 정도는 위치산출이 끝난 시점에서 실제 위치로부터 기점을 통해 우리의 위치라고 판단되는 위치까지의 오차로써 침로선에서의 벗어난 정도를 나타내는 값은 아니다. 하지만 안전항해를 위한 최악의 상황 가정, 해조류에 의한 외력 미반영, 접촉물을 회피하기 위한 변침상황 등을 고려하여 설정하였다.

아래 Fig 1.을 보면 속도증가에 따라 ‘주의’, ‘경계’, ‘위험’ 영역에 진입하게 된다. 속력이 7.9kts 이상으로 올라가면 주의 영역에 해당되는 250yds 이상의 위치오차가 발생한다. 15.9kts 이상으로 속력이 증가되면 경계영역에 진입하게 되는 500yds 이상의 오차가 발생한다. 그리고 23.9kts 이상으로 속력이 증가하면, 750yds 이상의 오차가 발생해서 위험영역에 진입하게 된다.

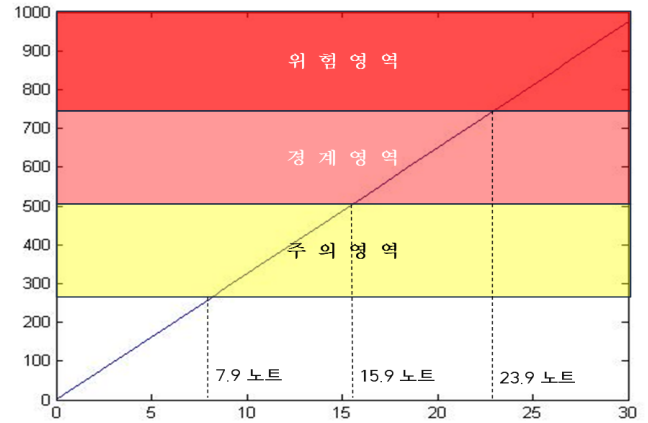


Fig 1. 위치오차가 안전항해에 미치는 영향

Fig 1.은 함정훈련 지침서 기준을 만족하는 숙련된 항해사의 경우를 가정했지만, 함정의 속력이 증가하면, 위험도는 지속 상승하는 것을 확인할 수 있다. 만약, 항해사가 숙련도가 미흡하거나 추가적인 오차가 발생한다면 함정의 위험도는 더 높아질 것이다. 따라서 속도 증가시에는 그에 상응하는 훈련을 실시해야 하며, 상당한 위험을 감수하며 항해해야 한다.

5. 결 론

본 논문은 함정의 이동속력변화에 따른 교차방위법 위치오차 영향을 연구하였다. 함정의 속력이 증가하면, 위치오차가 커질 것이라는 막연한 생각은 누구나 가지고 있었지만, 얼마만큼의 오차가 발생하고 무엇을 의미하는지에 대한 연구는 미흡했다는 점에서 이 논문의 의의가 있을 것이다. 또한, 언제 어떻게 긴급 상황이 발생할지 모르는 함정의 작전환경에서 이동속력증가에 따른 위험도 변화를 사전에 숙지하는 것은 함정운용의 자신감을 높여줄 것이다.

함정은 일반 상선과 달리 예측이 어렵고 극한 작전 상황에서 항해를 하게 된다. 이 논문에서는 다루지 않았던 침로 변경에 따른 위치오차 측정, 해당 협수로의 외력을 고려한 위치오차 측정, 작전해역 협수로의 실제 물표를 대상으로 위치오차를 측정하는 사례연구 등의 연구가 계속 된다면 보다 현실에 부합한 결과가 도출될 것이며 이는 함정을 운용하는 항해사에게 좋은 참고자료가 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 공길영(2009), 『선박항해 용어사전』, 한국해양대학교
- [2] 김토일(2013), “북한 GPS 전과교란으로 3년간 민·군 장비 피해”, 2013.10.9.일자 연합뉴스 보도내용
- [3] 임봉택(1993), “교차방위법에 의한 선위 결정시 최적 LOP 선정 순위에 관한 연구”, 『해사논문집』 36호, 1993년, pp.207~221
- [4] 해군본부(2011), 『해군용어사전』(해참교1), p.303
- [5] 해군작전사령부(2007), 『함정훈련지침서(제1관 기본훈련)』, p.2-46