

## 선박조종성 시운전 해석법

강 창 구 <선박해양공학연구센터>

인명사고 예방 및 해양환경 보존을 위하여 국제해사기구(IMO)에서는 1993년 11월 4일 잠정 선박조종성 결의안으로 채택하였으며, 이에대한 해설서 MSC/Circ. 644(1994. 6. 6)를 발표하였다. 본 선박조종성 시운전해석법은 선박조종성 표준과 해설서를 기초로 하여 작성되었다.

### ■ 선박조종성 표준에서 요구하는 시험

#### 1. 선회시험(Turning tests)

선회시험은 시험속도에서 좌우현 모두 35° 타각이나 가능한 한 최대 타각에서 수행된다. 선수동요속도가 없는 상태에서 타를 최대타각으로 돌린다. 이 조종시험으로부터 얻는 중요자료는 전술직경(tactical diameter), 전진거리(advance), 가로이동거리(transfer)등이다(Fig. 1 참조)

#### 2. 지그재그 시험(Zig-Zag tests)

처음에 직선으로 진입하다가 타각을 정해진 각도로 돌리기 시작한다(first execute). 그리고 선수각이 원래 선수각으로부터 정해진 각도만큼 변한 다음 반대방향으로 타각을 돌려준다(second execute)(Fig. 2). 선박조종성표준에 포함되어 있는 지그재그시험은 10°/10°와 20°/20° 지그재그시험이다.

#### 3. 정지시험(Stopping tests)

정지시험은 정지명령이 내린 시간부터 배가 완전히 정지할 때까지 배의 궤적거리를 정하기 위하여 수행된다(Fig. 3).

### ■ 표준을 적용하는 조건

#### 1. 심수, 무제한 수역

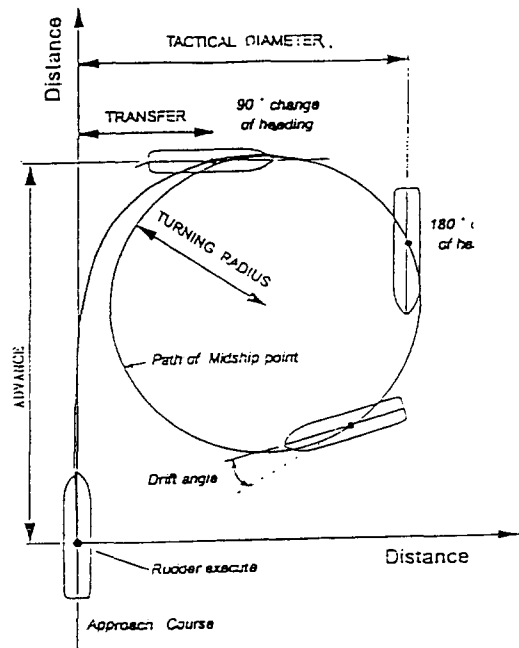


Fig. 1 Turning Circle test

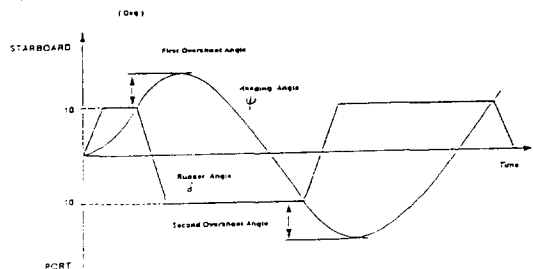


Fig. 2 Zig-Zag 10°/10° test

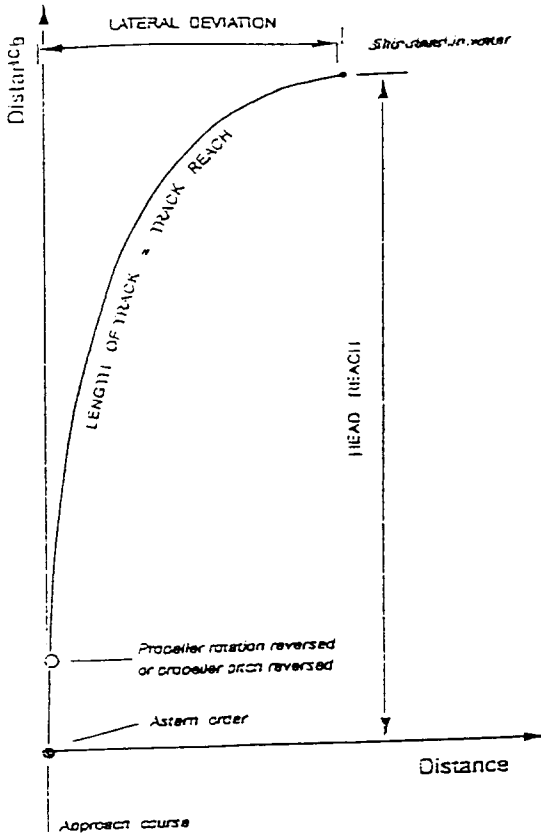


Fig. 3 Stopping test

선박의 조종성은 해지면, 해안дук, 지나가는 선박 등에 의해서 영향을 심하게 받기 때문에 시운전은 심수, 무제한 수역에서 수행되어야 한다. 수심은 배의 평균흘수의 4배이상이어야 한다.

### 2. 만재, 수평흘수

선박의 조종성표준은 만재, 수평흘수에서 적용된다. 만재흘수는 하계만재흘수선(summer load line draught)을 말한다. 이때 흘수는 5%, 트림은 수평흘수로 부터 5%까지의 차이를 인정한다.

### 3. 메타센터 높이(Metacentric height)

만재흘수에서 설계된 메타센터 높이로 적하된 상태에서 선박조종성 표준이 적용된다.

### 4. 조용한 환경

가능한 한 조용한 환경에서 시운전이 수행되어야 하며 다음의 한계내에서 수행되어야 한다.

풍 속 : Beaufort 5  
파랑 : sea state 4  
해류 : 균일해류

## ■ 비표준 시운전 조건에서 수행한 실선시운전 결과의 수정

### 1. 적하상태

수학모형을 이용하여 발라스트나 해비발라스트 상태에서 수행한 시운전결과를 만재상태에서의 선박의 조종성능을 추정할 경우 다음의 2가지 방법을 사용할 수 있다.

#### 방법1:

만재상태에서의 조종성능은 발라스트 상태에서 실선시운전시 측정된 조종성능(T)과 만재상태와 시운전상태에서의 조종성능 사이의 상호작용인자(F/B)로부터 얻을 수 있다. 즉, 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$R = TF/B$$

여기서

B : 수학모형을 이용한 수치시뮬레이션이나 모형시험을 기본으로하여 실선시운전 상태에서 추정된 조종성능

F : 수학모형을 이용한 수치시뮬레이션이나 모형시험을 기본으로하여 만재상태에서 추정된 조종성능

T : 실선시운전에서 계측된 조종성능

R : 만재상태에서의 선박의 조종성능

#### 방법2:

발라스트나 해비발라스트와 같은 실선시운전 상태에서의 조종성능은 해설서 부록에서 보여준 방법(수학모형)에 의해서 예측되고, 예측된 결과는 실선시운전 결과와 비교되어야 한다. 두 결과가 서로 잘 일치한다는 것이 확인될 경우 만재상태에서의 조종성능은 앞서와 같은 수학모형을 이용한 방법으로 얻을 수 있다.

### 2. 환경조건

선박조종성능은 바람, 파도, 조류와 같은 시시각각의 환경조건에 의해서 심각하게 영향을 받을 수 있다. 이러한 환경에 의해서 작용하는 힘은 침로안정성을 저하시키거나 원하는 침로를 유지하는 능력을 완전히 상실하게 할 수 있다. 또한, 전진방향의 저항증가를 유발하여 주어진 선속을 얻기 위하여 추가적인

마력을 필요로 한다.

선속에 대한 풍속의 비가 클 경우 바람이 배의 제어에 큰 영향을 미친다. 그 배는 어떤 방향으로부터 오는 바람에 의해서 불안정해질 수 있다. 파도역시 침로안정성과 조종성능에 심각한 영향을 미친다. 큰 파고를 갖는 파도중 선박은 아주 이상한 운동을 보일 수 있고, 어떤 경우에는 침로안정성을 상실할 수도 있다.

해양해류는 바람과는 어느정도 다른 양상을 보인다. 해류영향은 보통 선박과 물의 상대속도를 이용함으로써 고려된다. 개방된 해양에서 국부적인 표면해류속도는 일반적으로 크지 않으며 수평면에서 일정한 편이다. 그래서, 실선시운전은 가능하면 조용한 상태에서 수행되어야 한다.

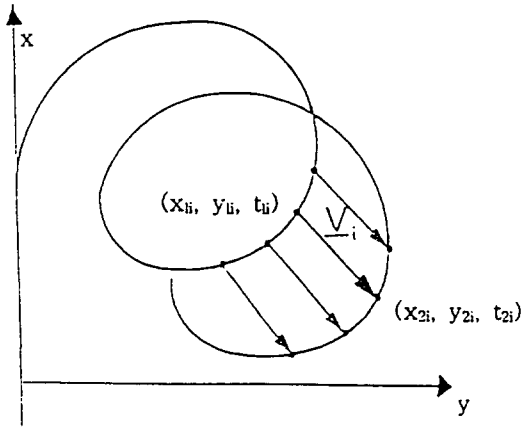


Fig. 4 Turning Trajectory in wind, waves and current

일반적으로, 일정한 해류의 영향을 고려하는 것은 쉽다. 해류의 크기와 방향을 측정하기 위해서 선회시험결과를 이용할 수 있다. 선수각의 최소한 720° 만큼 변할 때까지 배의 궤적, 선수각, 시간을 기록하여야 한다. 선수각이 180° 이상일때의 자료가 이용된다.

Fig. 4에 있는 위치  $(x_{1i}, y_{1i}, t_{1i})$ 와  $(x_{2i}, y_{2i}, t_{2i})$ 는

서로 360°만큼의 선수각 차이를 갖는 위치를 표시한다. 이러한 2개의 대응위치에 대한 국부 해류속도  $\underline{V}_i$ 를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\underline{V}_i = \frac{(x_{2i} - x_{1i}, y_{2i} - y_{1i})}{(t_{2i} - t_{1i})}$$

해류의 속도는 다음 식으로부터 얻을 수 있다.

$$\underline{V}_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \underline{V}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(x_{2i} - x_{1i}, y_{2i} - y_{1i})}{(t_{2i} - t_{1i})}$$

일정한 시간간격  $\delta t = (t_{2i} - t_{1i})$ 가 사용되면 이 식은 다음과 같이 단순화 된다.

$$\underline{V}_c = \frac{1}{n\delta t} \left( \sum_{i=1}^n x_{2i} - \sum_{i=1}^n x_{1i}, \sum_{i=1}^n y_{2i} - \sum_{i=1}^n y_{1i} \right)$$

실제로 720° 선회시험으로부터 얻어진 위의 벡터  $\underline{V}_c$ 는 바람과 파도의 영향도 포함하고 있다.

해류속도의 크기와 평균자승근은 다음식으로 얻어진다.

$$V_c = |\underline{V}_c|$$

$$V_c(\text{RMS}) = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\underline{V}_i - \underline{V}_c|^2 \right]^{1/2}$$

$V_c(\text{RMS})$ 는 바람, 파도, 불균일해류로부터 발생하는  $\underline{V}_i$ 의 불균일성을 나타낸다. 실선시운전으로부터 얻어진 모든 궤적은 다음과 같이 수정되어야 한다.

$$\underline{x}'(t) = \underline{x}(t) - \underline{V}_c t$$

여기서,  $\underline{x}(t)$ 는 측정된 위치벡터이고,  $t=0$ 에서  $\underline{x}'(t) = \underline{x}(t)$ 이다.