

# 조선환경스트레스 모델을 이용한 편도항로 만곡부에서의 선박조종 난이도 평가에 관한 연구

나상각\*, 문채식\*\*, 윤명오\*\*, 금종수\*\*, 노창균\*\*

\*목포해양대학교 대학원 석사과정, \*\*목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

## A Study on Ship-handling Difficulty in Bend Channels

Sang-Gak Na\*, Chae-Sig Moon\*\*, Myung-Ou Yun\*\*, Jong-Soo Keum\*\*, Chang-Kyun Noh\*\*

\* Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

\*\* Professor, Division of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

**요약** : 해상교통시스템은 선박, 조선자, 선박과 조선자를 둘러싼 환경으로 구성되어 있다. 항행환경은 조선환경, 교통환경, 정보사회환경으로 분류하며, 항로설계는 조선환경의 일부를 설정하는 것이다. 본 연구는 항만설비 중 항로설계기준의 적정성을 확인하기 위하여 조선자의 입장에서 직선항로와 항로만곡부에서의 조선부담감을 정량적으로 평가한 것이다. 환경스트레스모델을 이용하여 대상항로에서 항로폭, 선박전장, 선속 등의 요소를 고려하여 선박조종 난이도를 평가하고, 그 상관관계를 구하였으며 조선부담의 경감방안을 제시하였다.

**핵심용어** : 해상교통시스템, 항로, 만곡부, 환경스트레스 모델, 선박조종 난이도

**Abstract** : Marine traffic system is composed of ship, ship's operators and traffic environment. The navigation channel is a part of traffic environment and the design of channel is a crucial factor for safe navigation. This paper aims to evaluate ship-handling difficulty in straight and bend channels with an Environmental Stress model(ES-model). The ES-model is used to evaluate ship handling difficulty quantitatively on the basis of the ship operator's subjective judgement for safety in navigation. The calculation of ES value was made on the basis of three factors such as channel width, ship's length and speed in straight and channels for safe navigation. The interrelation between factors was analyzed and reasonable design standards of channel width, ship's length and speed were proposed for safe navigation of ship in bend channel.

**Key words** : Marine traffic System, Channels, Bend Channels, ES-model, Ship-handling difficulty.

### 1. 서 론

항만이나 협수도와 같이 교통공간이 제약된 수역에서는 해저 건설을 통한 수심확보를 제외하고는 교통공간의 확장개발이 지극히 제한되며, 부두의 신설, 교각건설, 해양토목 등으로 교통공간은 오히려 감소하고 있다. 일정한 공간에서 운항되는 선박의 증가는 해상교통의 혼잡을 의미하며, 해상교통량의 증가가 반드시 해상사고발생의 증가를 의미하지는 않으나 해상교통이 혼잡한 상황에서 해양사고는 발생할 가능성이 높다.

한편, 해상에서의 교통안전확보를 위하여 각종 선박기기와

조종성능의 개선, 조선자의 자질향상, 수로정비, 항로표지 및 해상교통관리 서비스 등 항행환경 개선의 종합적인 노력이 수행되고 있다.

그러나 해상교통 환경의 일부를 차지하고 있는 항로를 설계함에 있어서 기존의 항로설계기준은 선박의 규모, 조종성능, 자연조건 등 물리적인 척도를 기준으로 하고 있으나 조선자의 조선에 관한 주관적 판단을 고려하고 있지 않다. 따라서 조선자가 느끼는 조종난이도의 측면에서 항로의 안전성을 평가할 필요가 있다.

일본에서는 환경스트레스 모델을 이용한 연구가 시뮬레이터교육의 평가(井上, 1997), 묘박지의 설계(臼井, 1999), 해상교통관리(박영수, 2001)등 여러 분야에서 활용되었다. 이 모델을 이용한 국내에서의 연구(강영식, 2001)는 일부영역에서 이루어졌으나 항로나 만곡부의 조종난이도의 평가는 거의 이

\* 정회원, nasanggak@hotmail.com 061)240-7070

\*\* 정회원, chaesig@mmu.ac.kr 061)240-7061

\*\* 정회원, ymo@mmu.ac.kr 061)240-7062

\*\* 정회원, jskeum@mmu.ac.kr 061)240-7075

\*\* 정회원, cknoh@mmu.ac.kr 061)240-7229

루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 환경스트레스모델을 이용하여 항로에서의 조종난이도를 평가하고, 만곡여부, 선박 전장, 선속에 따른 적절한 항로폭의 결정방안을 제시하였다.

## 2. 항로설계기준과 조선평가모델

### 2.1 항로설계기준

우리나라의 항로설계기준을 보면 항로의 설정은 선박의 운항특성, 지형, 기상, 해상조건을 고려하도록 규정하고 있다. 이에 관한 주요내용을 직선항로와 만곡부 항로로 분류하여 살펴보면 Table 1과 같다(한국항만협회, 2000).

Table 1. shipping route design rules in korean

직선항로	만곡부를 갖는 항로
일반적인 항로에서의 항로 폭은 대상선박의 전장(L)을 기준으로 하며, - 타선과 만날 가능성이 있는 항로에서는 1L이상 - 타선과 만날 가능성이 있고 항로의 거리가 비교적 긴 경우 1.5L - 항로 항행중 타선을 빈번히 만날 경우 1.5L - 항로 항행중 타선을 빈번히 만나고, 항로의 거리가 비교적 긴 경우 2L - 항로 항행중 타선과 만날 가능성이 없는 항로에서는 0.5L이상의 적절한 폭, 항로폭이 1L이 되지 않을 경우 항행을 지원 하는 시설정비 등 안전상의 대책을 충분히 수립 할 것. - 통행량이 아주 많은 항로, 항로를 횡단하는 항행선박이 예상되는 항로, 초대형선을 대상선박으로 하는 항로, 기상·해상조건이 영향이 심한 항로 등 특수한 항로에서는 일반적인 항로에 있어서 표준으로 하는 값을 실패에 따라서 여유를 포함시킨 폭.	- 만곡부는 항로 중심선의 교각이 가능하면 작아야 하며, 만곡부의 각도는 선박의 선회지름, 속도, 흘수/수심, 항로표지등을 고려 해야 하고, 바람이나 조류의 방향이 항로와 직각에 가까운 방향일 때, 그 영향이 강한 곳에서는 이들의 영향을 충분히 고려. - 만곡부에 대한 항로중심선의 교각은 적어도 30°를 넘지 않는 것이 바람직하고, 30°를 넘을 경우 항로 만곡부의 중심선은 곡률반경이 대상선박 전장의 적어도 4배 이상의 원호가 되어야 하고, 따라서 항로의 폭은 소요폭 이상이 되어야 한다.

그러나 이러한 항로설계기준은 선박전장과 조종성능, 자연

환경과 교통상황을 반영하고 있으나, 선속 및 항로폭에 대한 고려는 미흡한 실정이다.

### 2.2 조선환경스트레스 모델(ESL 평가모델)

환경스트레스모델은 자연조건, 지형조건, 시설조건을 대상으로 한 조선환경스트레스(Environmental Stress for Land : ES<sub>L</sub>)와 타선을 대상으로 한 교통환경스트레스(Environmental Stress for Ship : ES<sub>S</sub>)로 구성된다. 본 연구에서는 타선의 영향은 고려하지 않았으므로 ES<sub>L</sub>치로 항로를 평가한다.

조선환경스트레스치는 자연조건, 지형조건, 시설조건 등 조선자를 둘러싼 주변 환경이 지리적, 물리적으로 조선 수역을 제한하거나 조선상의 행동을 제약하는 등 조선의 자유를 제약할 경우, 그와 같은 환경조건이 조선자에게 가하는 부하(스트레스)의 크기를 정량화한 지표이다(井上, 1997).

이 지표는 도선사, 내항선장(일본),외항선장들을 대상으로 한 650여부의 설문조사와 도선사10, 외항선장10, 내항선장11명에 의한 선박조종시물레이션을 병행하고, 이 조사에서 구해진 데이터를 회귀분석하여 SJ(Subjective Judgement-조선자가 느끼는 주관적 충돌위험도)치로 치환한 것이다. 이 결과는 주관적인 판단에 근거한 것이므로 개인차가 있으나 실험대상자의 80%이상 이 치환한 SJ치에 일치하는 결과를 보였다(井上, 1997).

조선환경스트레스치의 모델화 과정에는

첫째 자선의 주변에 현침로를 중심으로 좌,우 90°범위의 조선 수역을 생각한다.

둘째 현침로를 중심으로 정한 수역범위에서, 각 1°마다 위험 현재화(호안등 장애물과의 충돌)까지의 시간여유를 자선 속력(v)과 장애물까지의 거리(R)를 기초로 하여 계산한다.

셋째 각 침로마다 구한 위험 현재화까지의 시간여유에 대하여 조선자가 어느 정도 위험감을 가질까에 대하여는 호안 등 장애물과의 접근을 모의한 선박조종시물레이터 실험과 설문 조사를 통하여 구하여진 자료들을 회귀분석하여 식(1)과 같이 SJ<sub>L</sub>로 치환하였다.

$$SJ_L = \alpha (R/V) + \beta \quad (1)$$

$$\alpha = -0.00092 \times \log_{10}(GT) + 0.0099$$

단,  $GT \leq 10,000$ 인 경우.

$$\alpha = -0.006671 \times \exp \{-7 \times 10^{-6}(GT)\}$$

단,  $GT > 10,000$ 인 경우.

$$\beta = -3.82$$

여기서,

SJ<sub>L</sub> : 호안등의 장애물에 대한 조선자가 느끼는 위험감.

$\alpha, \beta$  : 자선조건에 의해 결정되는 계수.

R : 호안등 장애물까지의 거리.

V : 조선의 속력  
GT : 선박의 총톤수

S<sub>L</sub>의 값과 조선자가 느끼는 위험감과의 관계는 Table 2와 같다.

넷째 동일한 장애물이라도 방향에 따라 느끼는 위험감이 다르므로 방향가중치 함수(정면에선 1, 좌우 110°의 방향에서 0이 되는 cos형식의 함수)를 이용하여 수정한다.

다섯째 구해진 각 침로별의 S<sub>L</sub>치 +3~-3의 위험감을 0~6으로 척도 변환하여, 각 1°마다의 위험감을 좌·우 90°의 범위에서 총계하여 그 순간의 조선환경스트레스(ES<sub>L</sub>)치로 한다. 또한, 최소치는 0 × 180° = 0, 최대 6 × 180° = 1000으로 한다.

환경스트레스치에 대한 조선자의 위험판단과 허용 감은 Table. 2와 같다.

Tab e. 2 Stress Ranking and Acceptable Criteria

S <sub>L</sub> 치	위험감	변환치	ES치	판단	허용감
-3	매우위험	6	1000	Catastrophic	허용불가
-2	위험	5	900	Critical	
-1	조금위험	4	750	Marginal	허용가능
0	어느쪽도아님	3	500	Negligible	
+1	조금안전	2			
+2	안전	1			
+3	매우안전	0	0		

### 3. 항로의 선박조종 난이도 평가

#### 3.1 ES<sub>L</sub>치의 산출조건

본 연구에서는 항로폭과 만곡항로, 선박전장, 선속에 기준을 두고 수심의 영향은 고려하지 않았으며, 직선 및 만곡부 수로의 모형은 Fig. 1과 같다.

평가모델의 특성상 항로의 한계선을 장애물로 표현하기 위

해 벽과 같은 구조물로 표현하였고, 타선의 통행, 조류나 외력의 영향, 만곡항로의 절개(cut off)등을 개입시키지 않은 편도항로로 구성하였다. 선박의 항행경로는 항로의 중앙선을 따라 항행하는 것으로 하여 다음과 같은 조건에서 ES<sub>L</sub>치를 구하였다.

#### 3.1.1 항로폭(w) :

500m, 1000m, 1500m, 2000m의 경우를 대상으로 하였다.

#### 3.1.2 항로길이 :

직선항로는 20km의 항로, 만곡항로는 항로의 시작점에서 만곡부까지 20km, 만곡부에서 항로 끝까지 20km로 하여 총 40km로 설정하였다.

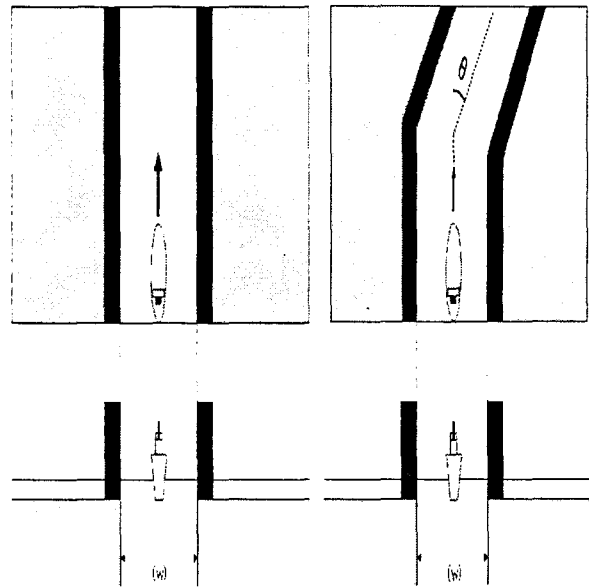


Fig. 1 Model of channels

#### 3.1.3 만곡각도(θ) :

만곡각도가 0°인 직선항로, 항로설계 허용기준인 30°의 만곡항로를 대상으로 하였다.

#### 3.1.4 선속(v) :

선박의 속력은 톤수별로 다양하므로 5~20노트까지 각 5노트씩 증가시켜 4단계로 선속을 구분하였다.

#### 3.1.5 선박전장(m) :

ES<sub>L</sub>치가 10,000GT를 기준으로 α의 회귀식이 다르기 때문에 10,000GT이하 선박의 평균전장 115m와 10,000GT이상인 선박의 평균전장인 245m 2가지로 구분하였다. 특히 만곡부에서는 선박의 전장과 선속에 따라 ES<sub>L</sub>치의 허용한계치 변화를 조사할 필요가 있으므로 150m~350m의 범위에서 50씩 증가시킨 5척의 선박을 모델로 하였다.

3.1.6 허용한계 :

ES<sub>L</sub>치가 750이상을 허용할 수 없는 영역으로 정하였다 (井上, 1997).

3.2 직선항로에서의 평가.

Table 3은 길이 115m와 245m의 선박이 항로폭 500m ~ 2000m의 항로를 5노트, 10노트, 15노트, 20노트의 선속으로 항행할 때의 ES<sub>L</sub>치를 구한 것이다.

Fig. 2는 Table 3의 산출결과를 선체길이 115m와 245m선박을 구분하여 조선난이도를 도시하였다.

선속 5노트의 경우, 항로폭이 500m인 경우와 2000m인 경우의 차이에 따른 ES<sub>L</sub>치의 변화량은 선박전장 115m의 경우 386.7과 선박전장이 245m인 경우 299.5으로 나타났다, 선속 5노트, 선박전장 115m인 경우와 245m인 경우와의 차이에 따른 ES<sub>L</sub>치의 변화량은 항로폭 500m인 경우 53.4와 항로폭이 2000m인 경우 140.7로 선박전장의 변화량에 따른 ES<sub>L</sub>치의 차보다 항로폭의 변화에 따른 ES<sub>L</sub>치의 차가 더크게 나타났다. 따라서 선박조종 곤란성은 선박길이보다 항로의 폭에 더 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

Table 3 ES<sub>L</sub> values in straight channels

항로	선박	선속	ES <sub>L</sub> 치	항로	선박	선속	ES <sub>L</sub> 치
500m	115m	5kt	652.79	1500m	115m	5kt	366.35
		10kt	727.89			10kt	562.37
		15kt	753.79			15kt	644.76
		20kt	767.6			20kt	685.37
	245m	5kt	706.23		245m	5kt	496.43
		10kt	754.28			10kt	646.55
		15kt	771.86			15kt	698.89
		20kt	779.74			20kt	725.42
1000m	115m	5kt	493.87	2000m	115m	5kt	266.09
		10kt	646.89			10kt	485.09
		15kt	699.73			15kt	587.74
		20kt	726.3			20kt	643.75
	245m	5kt	602.28		245m	5kt	406.74
		10kt	700.85			10kt	590.61
		15kt	735.67			15kt	662.09
		20kt	752.79			20kt	697.86

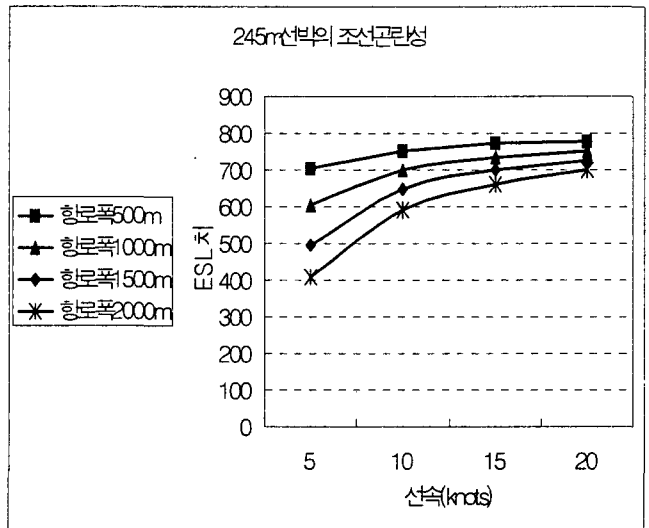
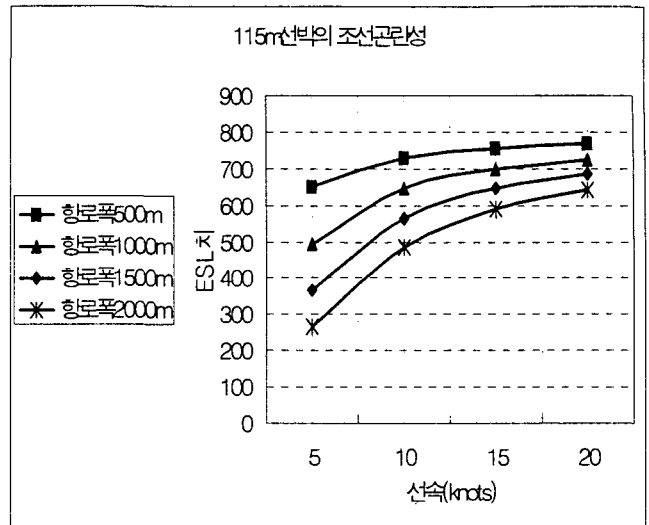


Fig. 2 ES<sub>L</sub> values in straight channels

특히 선속이 5Kts ~ 20Kts사이의 항로폭의 변화에 따른 ES<sub>L</sub>치의 변화를 보면 선속이 5Kts인 경우 항로폭에 따른 ES<sub>L</sub>치가 가장 변화량이 크게 나타나고 있다. 따라서 비교적 선속이 느린 경우에는 작은 선속의 감소로도 조선곤란성을 완화시키는데 효과적이거나 선속이 빠른 경우에는 그 효과가 상대적으로 작다는 것을 알 수 있다.

3.3 만곡부에서의 평가

Table 4는 항로중심선의 교각을 30°로 설정한 만곡부에서의 항로폭, 선박전장, 선속을 직선항로의 경우와 같이 변화시켜 얻은 ES<sub>L</sub>치를 나타내며, Fig. 3은 전장이 115m 선박과 245m선박의 조선곤란성을 도시하였다.

Table 4에서 보는바와 같이 직선항로의 경우처럼 선속은 빠를수록, 선박의 전장은 클수록, 항로폭은 좁을수록 조종난이도가 어렵다는 것을 알 수 있다.

Table 4 ES<sub>L</sub> values in bend channels

항로	선박	선속	ES <sub>L</sub> 치	항로	선박	선속	ES <sub>L</sub> 치		
500m	115m	5kt	677.43	1500m	115m	5kt	392.58		
		10kt	766.46			10kt	582.7		
		15kt	790.26			15kt	668.14		
		20kt	799.77			20kt	719.1		
	245m	5kt	743.64		245m	5kt	519.92		
		10kt	791.18			10kt	670.41		
		15kt	802.95			15kt	734.99		
		20kt	806.53			20kt	764.14		
	1000m	115m	5kt		517.06	2000m	115m	5kt	292.9
			10kt		670.33			10kt	508.72
			15kt		736.16			15kt	606.92
			20kt		764.45			20kt	667.51
245m		5kt	620.65	245m	5kt		432.62		
		10kt	737.08		10kt		610.47		
		15kt	774.07		15kt		689.74		
		20kt	789.36		20kt		733.93		

우의 차이에 따른 ES<sub>L</sub>치의 변화량은 선박전장 115m의 경우 384.5과 선박전장이 245m인 경우 311로 나타났다, 선속 5노트, 선박전장 115m인 경우와 245m인 경우와의 차이에 따른 ES<sub>L</sub>치의 변화량은 항로폭 500m인 경우 66.2와 항로폭이 2000m인 경우 139.7로 선박전장의 변화량에 따른 ES<sub>L</sub>치의 차보다 항로폭의 변화에 따른 ES<sub>L</sub>치의 차가 더 크게 나타났다. 따라서 만곡부에서도 직선항로의 경우와 같이 선박조종 곤란성은 선박길이보다 항로의 폭에 더 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

또한 직선항로와 만곡부에서의 ES<sub>L</sub>치는 만곡부일수록 ES<sub>L</sub>치가 높게 나타나므로 직선항로보다 만곡부가 조선의 난이도가 더 높다고 할 수 있다.

#### 4. 선박조종 난이도를 고려한 항로설계

선속은 안전항해에 있어서 중요한 요소이지만, 항로설계 기준에서는 선속에 대한 기준이 미비하였다. 본 연구에서는 채택모델에 의한 대상항로의 조종난이도 평가결과를 가지고 조종난이도 허용한계에서의 선속, 항로폭, 선박전장의 상관관계를 분석, 기존 항로에서의 선박전장에 따른 선속의 결정, 통항하는 선박전장에 따른 최소 항로폭과 적정선속을 결정할 수 있는 개략식을 제시하고자 한다. 이러한 흐름도는 Fig. 4와 같다.

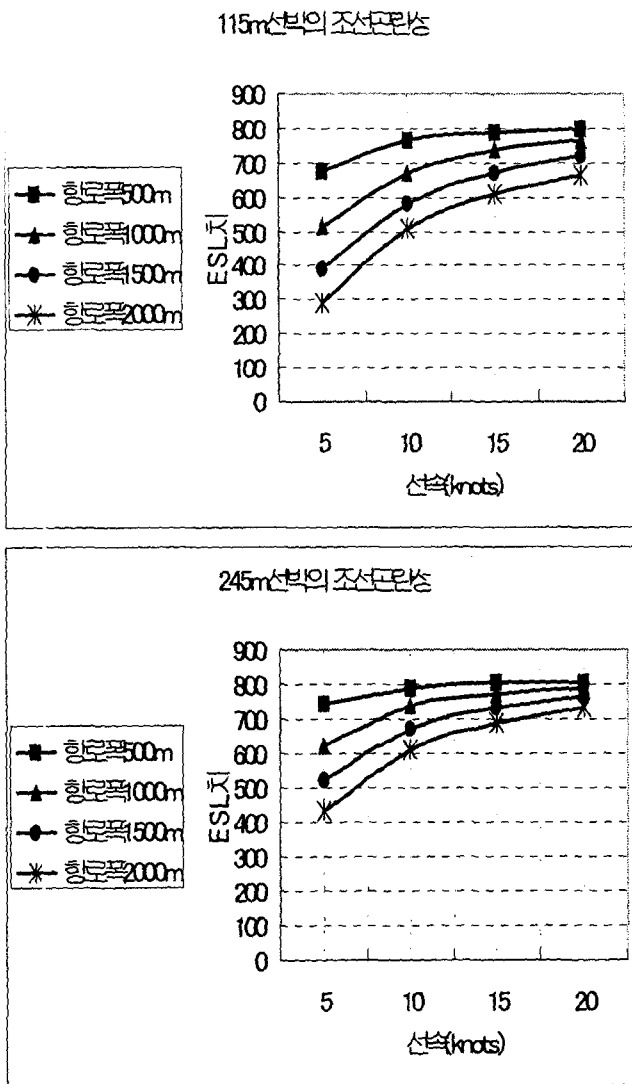


Fig. 3 ES<sub>L</sub> values in bend channels

선속 5노트의 경우, 항로폭이 500m인 경우와 2000m인 경

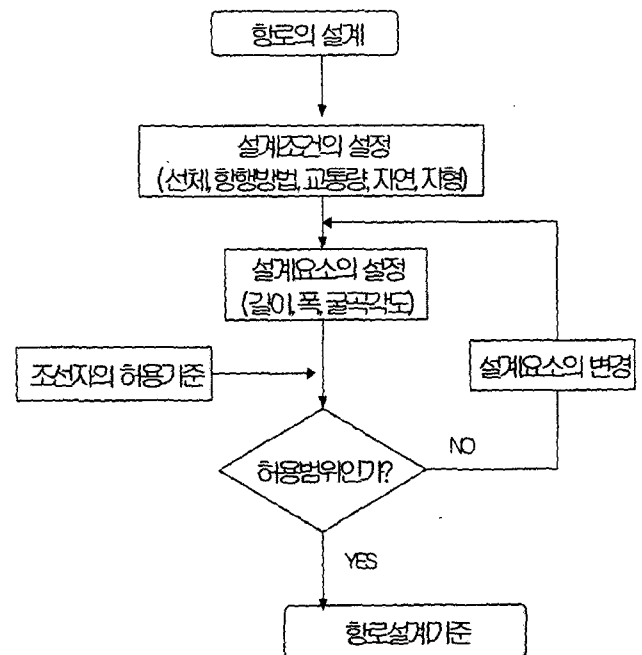


Fig. 4 Flow chart for design of channel

4.1 직선항로

항로설계기준은 통항하는 가장 큰 선박을 기준으로 하여 구성되나, 본 연구에서는 200~350m크기의 선박이 5, 10, 12, 15kts의 선속으로 항행한다고 가정하였다. 조선자가 느끼는 선박조종 난이도의 한계는  $ES_L$ 치=750을 기준으로 한다.

Fig. 5는 위 조건에서 조금위험을 느끼는  $ES_L$ 치=750을 기준으로 항로폭과 선박전장에 의해 계산된 허용한계 기준치를 나타낸 것이다.

그래프의 선은 각 선속에 따라 항로폭과 선박전장의 허용한계를 나타내고 있다. 선의 상부는 허용 가능한 영역이고, 선의 하부는 허용 불가능한 영역이다.

위 그래프를 개략식으로 표현하면 식(2)와 같다.

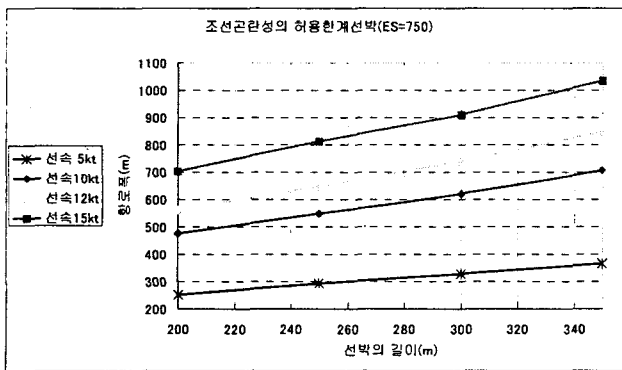


Fig. 5  $ES_L$ (= 750) values in straight channels

$$ws = (0.14442v + 0.0427)L + (0.806v^2 - 0.15v + 86.6) \quad (2)$$

- $w$  : 항로의 폭(m)
- $v$  : 선박의 속력(knots)
- $L$  : 선박의 전장(m)

예를들어, 9만 톤급 화물선(길이250m)선이 선속 5노트로 항해하려면 300m(1.2L)이상의 항로폭이 확보되어야하고, 10노트로 항해하려면 540m(2.16L)이상의 항로폭이 확보되어야 한다. 또한 동일한 선박이 폭 500m(2L)의 항로를 항해하려할 때 선속은 9.3노트 이하이어야 한다.

이 결과는 유사한 상황에서 항로설계기준에 의한 0.5L과 비교할 때 기존설계기준의 2배 이상의 항로폭이 요구됨을 알 수 있다.

4.2 만곡부

본 연구에서는 만곡각도 30°의 조건에서 허용한계의 항로폭과 선박전장, 선속의 관계를 산출하였다. 또한 직선항로와 비교하여 만곡부에서는 어느 정도의 감속과 항로폭 확보가

이루어져야 하는지를 제시한다.

조건은 만곡각도 30°, 항로폭 500m, 1000m, 1500m, 2000m로 하는 각각의 항로를 길이가 다른 선박이 항행한다고 가정하였다. 선박전장은 150m~350m의 범위에서 50m씩 증가시킨 5척의 선박을 모델로 하였다.

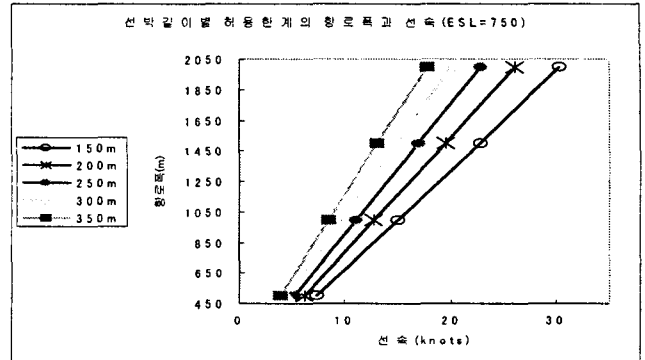


Fig. 6  $ES_L$ (= 750) values in bended channels(30°)

Fig 6은 위 조건에서 계산된  $ES_L$ 치=750을 나타낸 것이다. 그래프의 선은 선박전장에 따라 항로폭과 선속의 허용한계를 나타내고 있다. 선의 상부는 허용 가능한 영역이고, 선의 하부는 허용 불가능한 영역이다.

Fig. 6의 그래프를 개략식으로 표현하면 식(3)과 같다.

$$Wb = (1.43 \times 10^{-4} \cdot L^2 + 0.149L + 39.49)v - 2.69 \times 10^{-4} \cdot L^2 + 0.344L - 19.18 \quad (3)$$

- $Wb$  = 항로폭(m)
- $L$  = 선박의 길이(m)
- $v$  = 선속(knots)

직선항로와 만곡부를 비교하여본 결과, 만곡부에서는 직선항로와 같은 폭의 항로를 항행할 경우 56% ~ 77%, 평균 64%의 감속이 필요하며 같은 선속으로 항행할 경우는 직선항로의 1.6배 ~ 1.7배, 평균 1.66배의 항로폭이 필요함을 확인할 수 있었다.

5. 결론

기존의 항로설계기준이 물리적인 면을 바탕으로 제시된 것에 비하여 본 연구는 조선자가 주관적으로 느끼는 조종난이도를 정량화 하여 항로설계의 기준을 제시한 것이다. 항로설계기준에서 무시된 선속을 고려해 항로폭, 선박전장, 선속과의 관계를 연계하여 모델화 하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 직선항로와 만곡부에서 항로폭, 선박전장, 선속을 변화시켜  $ES_L$ 치와 그 변화를 구해 검토해본 결과 조종난이도는 직선항로보다 만곡부에 조종난이도가 더 크고 선박전장

변화와 항로폭의 변화에 대한 조종난이도는 선박전장의 변화보다는 항로폭의 변화에 더 많이 영향을 받는 것으로 나타났다.

- (2) 직선항로에서 항로폭, 선박전장, 선속을 변화시킨 조건에서  $ES_L=750$ 을 허용가부의 한계선으로 하여 최소 항로폭을 산출해본 결과 기존 항로설계기준에 비해 2배 이상의 항로폭이 요구됨을 알 수 있었다.
- (3)  $ES_L=750$ 을 기준으로 직선항로와 30°만곡부에서 변화요소들의 상관관계를 구한 결과 같은 폭의 항로를 항행할 경우 만곡부에서는 직선항로의 대략 2/3(평균64%) 선속으로 감속하여야 하고 같은 선속으로 항행한다면 직선항로의 1.66배정도의 항로폭이 요구됨을 알 수 있었다.

본 연구의 결과에 의한 최소 항로폭은 기존의 항로설계기준에 비해 보다 넓은 항행수역이 필요한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기존 항로설계기준에 의한 최소 항로폭은 안전운항에 있어 조선자의 심리적 부담이 작지 않은 수준임을 정량적으로 확인해 볼 수 있는 것이다. ES-model에 의한 선박조종 난이도와 실제 항로설계기준의 차이에 대해서는 앞으로 지속적으로 연구할 과제가 될 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 강영식·정재용·박영수·이형기·문범식·박진수(2001) 부산항 접근수역의 해상교통 안전성 평가에 관한 연구, 한국항해학회지, 제25권, 제3호, pp. 257 - 268.
- [2] 한국항만협회(2000), 해양수산부 제정 항만 및 어항 설계 기준(상권), 제6편 수역설비, pp. 637 - 641.
- [3] 井上欣三·大野麻子(1997), シミュレータ教育・訓練における研修効果の定量評価法, 日本航海学会論文集, 第98号, pp. 171 - 180.
- [4] 井上欣三·増田憲司·世良 亘 (1997), 海上交通安全評価のための技術的ガイドライン策定に関する研究 -I.- 環境負荷の概念に基づく操船の困難性評価-, 日本航海学会論文集, 第98号, pp. 225 - 234.
- [5] 井上欣三·久保野雅敬·宮坂真人·原大地(1997), 危険の切迫に対して操船者が感じる危険感の定量化モデル, 日本航海学会論文集, 第98号, pp. 235 - 245.
- [6] 白井英夫·井上欣三(1999), 港湾における錨泊地配置設計について, 日本航海学会論文集, 第102号, pp. 195 - 201.
- [7] 朴榮守·井上欣三(2001), 海上交通管理に関する基礎的研究 -II.- 水路形状と交通流整流の効果-, 日本航海学会論文集, 第105号, pp. 135 - 142.

원고접수일 : 2003년 4월 7일  
 원고채택일 : 2003년 6월 18일