

# 항만과 수로의 제한속력 설정 모델 개발에 관한 연구(I) - 제한속력 설정을 위한 고려요소 식별 -

김득봉\* · 정재용\*\* · 박진수\*\*\*† · 박영수\*\*\*\*

\*, \*\* 목포해양대학교, \*\*\*, \*\*\*\* 한국해양대학교

## Development of the Speed Limit Model for Harbour and Waterway( I ) - Considerations Discrimination for Speed Limit Decision -

Deug-Bong Kim \* · Jae-Yong Jeong \*\* · Jin-Soo Park \*\*\*† · Young-Soo Park \*\*\*\*

\*, \*\* Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

\*\*\*, \*\*\*\* Korea Maritime and Ocean University, Busan, 606-791, Korea

**요 약** : 본 연구는 제한속력 설정 모델 개발을 위한 1차 연구로서 제한속력 설정 시 고려요소에는 어떤 것이 있으며, 각 요소별 중요도는 얼마나 되는지에 대한 연구의 결과이다. 고려요소 식별과 중요도 산정을 위해 델파이(Delphi)기법과 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법을 이용하였다. 델파이 설문은 3차에 걸쳐 수행하였고 3차에 걸친 설문을 통해 5개 상위요소(Level 1)와 23개 하위요소(Level 2)가 식별되었다. 3차 델파이 설문과정에서 내용타당도비율(CVR)값이 0.4~1.0 범위에 있으면 제한속력 설정 시 고려요소로서 반영하였고 0.4 미만의 값은 고려요소에서 제외하였다. 2차 델파이 설문과정에서 33개 고려요소가 식별되었으나 3차 설문을 통해 23개 항목으로 축소되었다. 델파이 3차 분석을 통해 얻은 23개 항목을 대상으로 AHP 설문을 수행하였다. AHP 설문 결과, 5개 상위요소(Level 1)에 대한 중요도는 교통조건이 가장 중요한 요소로 평가되었고, 선박조건, 항로조건, 자연조건, 외부지원 및 기타 조건 순으로 평가되었다. 23개 하위요소 중에서 시정이 가장 중요(1위)하다고 평가되었으며, 선박조종성능, 항로 내 수중장애물, 교통량 및 밀도, 통항선박간 거리, 타효가능속력, 조류 순으로 평가되었다.

**핵심용어** : 제한속력, 제한속력 설정 모델, 속력 관리, 델파이 기법, AHP 기법

**Abstract** : This research is the first research on developing the speed limit select model and also it is the result of the research on the importance of each element and consideration factors when selecting the speed limit. For the consideration factor discrimination and calculation of the importance, the delphi method and AHP method was used. The delphi survey was processed through third round survey, 5 high consideration factor(Level 1) and 23 low consideration factor(Level 2) was discriminated. During the process of the third delphi survey, when the CVR cost was in the range between 0.4~1.0 it was treated as the consideration factor when selecting the speed limit and less than 0.4 cost was eliminated. In the process of the second delphi survey, 33 consideration factors were discriminated but was reordered into 23 categories through the third survey. Based on the 23 categories earned through the third delphi analysis, the AHP survey was processed. The result of the AHP survey was that out of the importance of the 5 high consideration factor(Level 1), the traffic condition was evaluated as the number one factor and the vessel condition, waterway condition, environment condition, supporting condition and etc. conditions were evaluated following the traffic condition. Out of the 23 low consideration factor(Level 2) consideration, the visibility was evaluated to be the first important and the performance of the vessel steering, objective factors within the harbor, amount of traffic and density, distance between the passing vessel, speed of the steering capacity and tidal current were the following evaluated factors.

**Key Words** : Speed limit, Speed limit setting model, Speed control, Delphi method, AHP method

\* First Author : kdb@mmu.ac.kr, 061-240-7197

† Corresponding Author : jspark@kmou.ac.kr, 051-410-4240

## 1. 서론

선박에서의 제한속력은 속력관리의 한 수단으로써 원활한 교통흐름 유도 및 해양사고 방지, 항만의 효율을 높이는 데 중요한 요소이다. 그러나 불합리한 속력 규제는 오히려 부정적인 효과를 낳을 수 있다. 일반적으로 법은 현실을 크게 반영하면 할수록 실효성이 높아짐과 동시에 사회 전반에 걸쳐 안전과 혼란을 막을 수 있다. 우리나라의 경우 21개 무역항에서 제한속력(최고속력)을 설정하여 사용하고 있으나, 아직까지 제한속력 설정방법이나 제한속력 크기에 대한 명확한 근거를 찾을 수 없다(Kim et al., 2012). 외국 사례의 경우에도 마찬가지이다.

본 연구는 제한속력 설정 모델 개발을 위한 1차 연구로서, 제한속력 설정 시 고려요소에는 어떤 것이 있으며, 각 요소별 중요도는 얼마나 되는지에 대한 연구의 결과이다. 고려요소 식별과 중요도 산정을 위해 다기준의사결정법(multi-criteria decision making)을 이용하였다. 이 연구를 바탕으로 2차 연구에서는 제한속력 설정 모델을 제시하고 제시한 모델에 대한 검증을 수행할 예정이다.

## 2. 선행연구 고찰

### 2.1 제한속력 지정 현황

Kim et al.(2012)은 우리나라의 제한속력 지정 항만 현황과 제한속력 준수 여부에 대한 현실태와 문제점을 제시하였다. 우리나라 31개 무역항 중에서 제한속력이 지정되어 있는 항만은 현재 21개 항만이며, 제한속력이 잘 지켜지고 있지 않았다. 그리고 제한속력 설정 방법과 속력 관리에 대한 문제가 컸다.

Table 1은 우리나라 각 항만의 제한속력이며, Table 2는 세계 주요 무역항의 제한속력을 보인 것이다(SFMX, 2013; NOAA, 2015; SPD, 2013; NSW, 2013). 우리나라와 외국의 경우에도 수로 폭이 좁은 항만에서는 3~8노트의 낮은 제한속력을, 수로 폭이 넓은 곳에서는 10~15노트의 높은 제한속력을 사용하고 있었다. 일부 항만에서는 구역별로 제한속력을 달리 하는 경우도 있었다. 그러나 우리나라뿐만 아니라 외국의 사례에서도 제한속력 설정에 대한 명확한 근거는 찾을 수 없었다.

### 2.2 합리적(또는 적정) 제한속력의 의미

도로교통에서 정의된 ‘합리적 제한속력’의 의미는 다음과 같다.

Lee(2007)는 합리적인 제한속력은 ‘출퇴근 통행자와 같이 주기적으로 통행하는 운전자가 양호한 교통환경과 도로상태

Table 1. Speed limit of harbours in Korea

Name of port	Speed limit(kn)	Remarks
Incheon	8	
Daesan	10	
Pyeongtaek-Dangjin	15, 12, 8	in sectors, except passenger ship
Taeon	10	
Boryeong	10	
Janghang	10	
Kunsan	10	No.3 zone : 5
Mokpo	12	High speed ferry : 20
Yeosu	8	
Gwangyang	12	Danger cargo ships : 10
Masan	10	
Jinhae	10	
Okpo	10	
Gohyeon	10	
Jangseungpo	10	
Tongyeong	5	
Samcheonpo	10	
South port	8	
Busan	North inner port	8 Passenger ship of over 500tons : 12
	Gamcheon	10
	Dadaepo	7
	North outer port	7 Ship of over 1,000tons
Pohang	5	
Jeju	10	
Seogwipo	5	

Table 2. Speed limit of major international trade ports

Name of port	Speed limit(kn)	Remarks
Bisan Seto, Japan	12	
Hong Kong, China	15, 10, 8	in sectors
Johor Strait, Singapore	12, 6	in sectors
Sydney, Australia	15, 8, 4	in sectors
Thames River, UK	8	
Rotterdam, Netherlands	7	
Hamburg, Germany	12	
Victoria, Canada	7, 5	in sectors
Seattle, USA	7, 3	in sectors
San Francisco, USA	15	
California Coast, USA	10	to protect whales

에서 최대로 안전하게 주행할 수 있는 안전속력’으로 정의된다고 하였다.

GRI(2010)는 ‘자유교통류 상태에서 주행속력을 조사하여 대

다수가 이용하는 속력(일반적으로 85백분위 속력 사용) 또는 사고의 위험성을 최소화하면서 운전자의 승낙을 최대한으로 하는 속력'을 말한다고 하였다.

해상교통에서 '합리적 제한속력'에 대해 정의된 연구는 아직까지 없다. 그러나 개항질서법에 명시된 제한속력 지정이 필요한 경우의 법률 문장을 인용하면 '제한속력은 개항의 항계 부근을 항행하는 선박이 다른 선박에게 위험을 미치거나 피해를 줄 우려가 없는 속력'으로 해석할 수 있다.

### 2.3 제한속력 결정요소 발굴 방법

제한속력은 일반적인 법령의 성격과 같이 공공성의 성격을 가지는 것으로서 모든 해역 이용자에게 현실적인 힘을 발휘할 수 있고 보편타당한 것이어야 수용될 수 있다. 제한속력은 첨단과학장비를 이용해 도출될 수 있는 것이 아니며, 또한 어느 특정 분야만을 고려해 결정되어서도 안 된다. 예를 들어 10노트로 항해할 수 있는 지역을 '계류 중인 다른 선박의 안전'만을 고려해 5노트로 제한속력을 설정한다면 법의 준수나 실효성은 기대할 수 없을 뿐만 아니라, 항만의 경제성과 효율성을 떨어뜨리는 결과를 초래할 수 있다.

따라서 제한속력은 해당 해역 및 항만 이용자(선장·항해사, 도선사, 항만 및 항로 주변 시설이용자)와 관리자(해양경찰, 해양수산청)의 입장이 모두 반영된 속력이어야 한다. 그러나 이용자와 관리자는 서로의 의견이 대립될 수밖에 없다. 여러 집단이 모인 가운데 하나의 결과 값을 도출한다는 것은 많은 어려움이 따른다. 특히 양 집단의 이해관계가 상반될 땐 더더욱 어렵다.

따라서 제한속력 결정을 위해 다기준의사결정법 사용이 불가피하다고 볼 수 있다. 다기준의사결정기법에는 평정법(scoring method), 계층분석(Analytic Hierarchy Process, AHP) 기법, 델파이(Delphi) 기법, 퍼지(fuzzy) 기법, DEA(Data Envelopment Analysis) 기법 등이 있다.

본 연구에서는 위와 같은 여러 가지 의사결정방법 중에서 델파이 기법과 AHP 기법을 이용하였다. 델파이 기법과 AHP 기법은 견해가 다른 집단간의 다양한 의견을 조정·통합할 수 있으며, 각 집단에서 내놓은 의견의 우선순위를 확인 및 서열화할 수 있다는 장점이 있다. 델파이 기법과 AHP 기법의 수행절차는 3장과 4장에서 자세히 다루고자 한다.

해양분야에서 의사결정기법을 사용한 대표적인 사례가 미국의 PAWSA(Ports and Waterways Safety Assessment) 모델이라 할 수 있다.

## 3. 델파이 기법을 이용한 고려요소 식별

### 3.1 델파이 기법의 개요

델파이 기법이란 통제된 피드백이 제공되는 수차례의 설

문조사를 통하여 어떤 분야의 전문가들의 합의를 도출하는데 유용한 의사결정 수단으로, 집단으로 하여금 개별적 차원이 아닌 전체적 차원에서 복잡한 문제에 효율적으로 대응하도록 하는 것이라고 할 수 있다(Wikipedia, 2015).

델파이 기법의 일반적인 절차는 전문가 집단의 구성과 몇 차례에 걸쳐 반복되는 설문 조사로 이루어진다(Kwon, 2008). Fig. 1은 델파이 기법의 설문 과정을 나타낸 것이다.

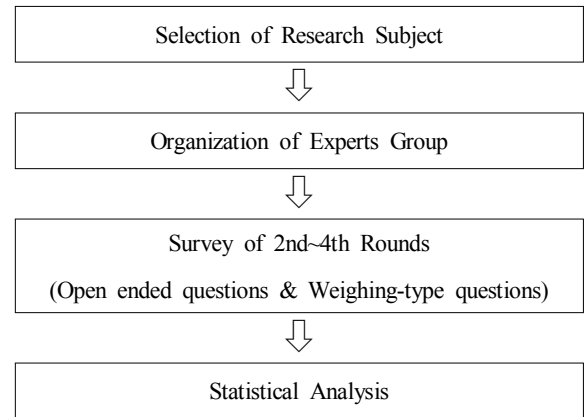


Fig. 1. The Questionnaire survey process of Delphi method.

- ① 1단계(전문가 집단 구성) : 연구 주제와 관련된 그 분야의 전문가로 참가자를 구성한다. 전문가의 수는 적게는 4명에서 11명으로 가능하고 작은 그룹일수록 효과적이라는 연구도 있다. 규모가 큰 경우에는 100명이 넘는 전문가를 운영하기도 한다.
- ② 2단계(1차 델파이 설문 조사 단계) : 비구조화 된 응답양식을 전문가 집단에 나눠 주고 연구 주제와 관련된 요소들을 나열해 줄 것을 요구한다. 비구조화 된 응답양식이란 아무 글도 없는 빈 종이를 말한다. 비구조화된 양식은 설문을 여러 번 해야 한다는 단점은 있지만 전문가 집단의 다양하고 폭 넓은 의견을 수렴할 수 있다는 장점이 있다.
- ③ 3단계(2차 델파이 설문 조사) : 2차 설문은 1차 설문을 바탕으로 구조화된 설문을 작성하여 배포한다. 1차에 참여한 전문가 집단에게 평가항목별 우선순위나 중요도를 5점 또는 7점 척도로 평가해 줄 것을 요구한다.
- ④ 4단계(3차 델파이 설문 조사 단계) : 회수된 2차 설문을 바탕으로 평균, 표준편차, 분산 등 통계적 분석을 실시하고 설문의 신뢰도·타당도를 추정·검증한다. 델파이 기법은 연구주제에 대해 '합의 도출'이라는 기본 목표가 있기 때문에 충분한 의견이 수렴이 되지 않았다고 판단되면 4차, 5차 설문을 실시할 필요가 있다.

### 3.2 델파이 기법을 이용한 고려요소 식별 결과

#### (1) 연구방법

델파이 기법을 통한 제한속력 결정 시 고려요소를 식별하기 위해 전문가 집단을 구성하였다. 구성된 전문가는 해양대학 교수(4명), 해양수산부 항만 및 선박안전 담당관(4명), 해양경찰공무원(4명), VTS관제사(5명), 전·현직 선장·항해사(5명)로 총 22명이 참여하였다.

설문은 3차에 걸쳐 진행하였다. 델파이 기법에서 1차 설문은 비구조화 된 응답양식을 주로 사용하지만 설문의 응답률을 높이기 위해 연구자가 주제와 관계되는 요소들을 해양관련 법령과 전문서적 등을 찾아 예시로 보여 주었다. 설문조사는 세미나 또는 워크숍 시간을 이용하였다. 세미나 또는 워크숍에 참석하지 못한 설문자의 경우에는 이메일이나 직접 방문을 통해 설문하였다.

2차 설문에서는 1차 설문을 통해 식별된 25가지 고려요소에 대한 필요성과 25가지 이외 추가 또는 삭제해야 할 사항에 대하여 기재토록 하였다. 3차 설문에서는 각 항목별 중요도를 5점 척도(0~4점)로 평가하도록 하였다. 3차 설문이 신뢰도가 떨어지는 경우 4차 설문을 진행해야 한다. 그러나 이번 연구에서는 3차 설문 결과가 높은 신뢰 수준을 보여 3차 설문으로 델파이 설문을 종료하였다.

#### (2) 1, 2차 델파이 설문 결과

1차 설문을 통해 5가지 상위요소(Level 1)와 25가지 하위요소(Level 2)가 식별되었으며, 전문가 집단을 통한 2차 설문을 통해 8가지 하위요소가 추가되어 33가지로 정리되었다. 전문가 집단에서 제시한 고려요소 중에 중복되거나 비슷한 내용이라 판단되는 경우에는 하나로 통합하였다.

#### (3) 3차 델파이 설문 결과

3차 설문은 2차 설문에서 도출된 33개의 항목을 가지고 중요도를 5점(0~4점)척도로 평가하게 하였다. 각 항목이 제한속력 결정 시 고려요소로써 관계가 높다고 생각되면 매우 중요(4점)나 중요(3점)에 표시하게 하였고, 관계 정도가 낮다고 생각되면 보통(2점), 미약(1점), 상관없음(0점)에 표시하게 하였다. 1차, 2차 설문 목적이 전문가 집단의 의견을 수렴하는 과정이라 한다면, 3차 설문의 목적은 수렴된 의견 중에서 각 전문가 간의 의견 일치도를 평가하는 것에 목적이 있다. 3차 설문 분석은 각 항목별 중요도에 대한 평균점수와 표준편차, 내용타당도비율(Convent Validity Ratio, CVR)을 산출한다. 평균점수와 표준편차, CVR은 다음과 같은 의미를 담고 있다.

① 평균점수 : 4점이 가장 큰 값으로 값이 클수록 중요도가 높으며 값이 작을수록 중요도가 낮다는 의미이다.

② 표준편차 : 표준편차의 값이 클수록 설문 응답자간의 의견이 분분함을 의미하며, 값이 작을수록 의견에 대한 공감도가 높음을 의미한다.

③ CVR : CVR 값이 1.0에 가까울수록 일치도가 높음을 의미하며, CVR 0.0 미만의 값이나 음(-)값을 갖는 경우에는 응답자의 50% 이상이 보통, 미약, 상관없음에 점수를 준 것을 뜻한다. CVR은 아래 식(1)과 같이 산출된다.

$$CVR = \frac{(n - N/2)}{N/2} \quad (1)$$

여기서, CVR(Convent Validity Ratio) : 내용타당도비율

$n$  : 3점과 4점에 응답한 사람의 수(명)

$N$  : 전체 설문 응답자의 수(명)

Table 3에 델파이 3차 결과를 보였으며 CVR값이 0.4~1.0 범위에 있으면 제한속력 결정 시 고려요소로 반영하였고, 0.4 미만의 값을 갖는 요소는 제외하였다. CVR값이 0.4 이상이면 설문 응답자의 70% 이상이 ‘중요’나 ‘매우 중요’에 표시한 것으로써 설문 응답자의 의견 일치도가 높음을 의미한다. Lawshe(1975)는 설문자의 수가 15명일 경우 최소 0.49, 20명일 경우 0.42의 CVR이 요구된다고 하였다.

델파이 3차 분석을 통해 33개 항목 중에서 ⑥, ⑨, ⑪, ⑬, ⑭, ⑲, ⑳, ㉑, ㉒, ㉓번 항목(총 10개)이 제외되어 23개 항목으로 축소되었다. 23개 항목에 대상으로 AHP 분석을 수행하고자 한다. AHP 분석은 각 항목별 중요도를 평가하는 것에 목적이 있다.

## 4. AHP 기법을 이용한 고려요소별 중요도 산정

### 4.1 AHP의 개요

AHP는 다양한 평가 요소들에 대한 중요도와 대안들에 대한 선호도를 평가하고 서열화 시키는 설문 기법이다(Satty, 1990). AHP의 가장 큰 특징은 복잡한 문제를 계층화하여 주요 요인과 세부 요인들로 나누고, 이러한 요인들에 대한 쌍대비교를 통해 중요도를 도출하고, 산정된 중요도의 일관성을 검증하여 의사결정의 객관성을 제고하는 데 있다.

AHP의 절차는 다음의 단계를 따른다(Song, 2012).

① 1단계(의사결정문제의 계층화) : 의사결정 문제를 상호 관련성에 따라 의사결정 계층(decision hierarchy)을 설정한다. 계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 위치하며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 다양한 요소들로 구성된다. 이들 요소들은 낮은 계층에 있는 것일수록 구체적인 것이 된다.

② 2단계(평가기준의 쌍대비교) : 의사결정 요소들 간의 쌍

Table 3. The 3rd round Delphi analysis results

Higher elements (Level 1)	Sub elements (Level 2)	3rd Delphi survey result			Remarks
		Average	Standard deviation	CVR	
Nature condition	① Visibility	3.81	0.43	0.97	
	② Height of wave	2.81	1.04	0.43	
	③ Current	3.52	0.70	0.91	
	④ Wind	2.79	0.99	0.43	
Ship's condition	⑤ Crash stop distance	3.46	0.72	0.79	
	⑥ Possible number of ship's main engine	2.49	0.94	0.01	exclusion
	⑦ Ship's draft	3.01	0.87	0.61	
	⑧ Steerageway	3.13	0.84	0.67	
	⑨ Maximum speed	2.24	1.17	-0.19	exclusion
	⑩ Ship maneuverability	3.33	0.82	0.85	
	⑪ Navigation equipment condition	2.85	1.05	0.31	exclusion
	⑫ Height of ship wave	2.88	1.20	0.43	
	⑬ Nationality of seafarer	0.72	0.84	-0.94	exclusion
	⑭ Qualification of seafarer	2.55	1.04	0.25	exclusion
Traffic condition	⑮ Headway(Dist. between ship to ship)	3.36	0.77	0.79	
	⑯ Traffic flow	3.07	0.95	0.55	
	⑰ Traffic volume or traffic congestion	3.60	0.55	0.94	
	⑱ Passing of small boat(fishing boat, leisure boat etc.)	3.16	0.75	0.58	
	⑲ Distance to berthing vessel	3.00	0.91	0.49	
Route condition	⑳ Width of route	3.00	0.85	0.49	
	㉑ Depth of route	2.90	0.98	0.43	
	㉒ Distance between route end to shore	2.40	0.90	-0.04	exclusion
	㉓ Bent of route	3.04	0.90	0.52	
	㉔ Obstruction on the water	2.40	0.81	-0.07	exclusion
	㉕ Existence of marina facility, marine park etc.	3.00	1.02	0.40	
	㉖ Existence of sea bridge, cable etc.	2.19	0.74	-0.37	exclusion
Others	㉗ Obstruction under the water	3.36	0.71	0.79	
	㉘ Possible to using tug	3.00	0.95	0.40	
	㉙ Possible to pilot	2.94	0.98	0.43	
	㉚ Possible to VTS assistance	3.09	1.02	0.46	
	㉛ Vessel operation coast	1.69	1.19	-0.46	exclusion
	㉜ Maine pollution of Nox, CO2 etc.	1.75	1.21	-0.43	exclusion
	㉝ Marine accident	2.67	1.20	0.40	

Here, 0.4 cost less than of CVR : ⑥, ⑨, ⑪, ⑬, ⑭, ㉒, ㉔, ㉖, ㉛, ㉜ items

대비교로 판단자료를 수집한다. 각 하위 수준에 대해서 일련의 쌍대비교 행렬은 결정요소 사이의 우월성을 나타내는데 정수 형태로 기록한다. 즉, Table 5와 같이  $n$ 개의 속성에 대하여 2개씩 비교한다. 중요도의 검정 기준은 1~9까지의 홀수를 사용하고, 두 홀수 사이에 짝수를 도입하여 한정된 등급내의 적절성을 유지한다.

③ 3단계(각 계층별 중요도 추정 및 일관성비율 확인) : 각 계층별 중요도를 설정하고 중요도들 사이의 일관성을 검토하는 단계이다. AHP 기법은 여러 가지 요소를 2개 요소씩 쌍대비교하는 방법을 사용하기 때문에 평가자의 판단기준에 일관성이 흐트러질 수 있다. 이러한 비일관성의 문제를 검토하기 위해 최대고유치( $\lambda_{max}$ ), 일관성지

수(Consistency Index, C.I), 무작위지수(Random Index, R.I), 일관성비율(Consistency Ratio, C.R) 등의 개념이 사용되는데 AHP 전문 분석 프로그램을 사용(Expertchoice S/W, Makeit S/W 등)하는 경우, 사용자는 C.R값에 주목하여 C.R값이 10% 이내인 경우에만 신뢰할 수 있는 결과로 받아들인다. C.R값이 10% 이상 즉, 0.1 이상이면 일관성비율이 떨어져 무의미한 결과이므로 평가자에게 재평가를 요구해야 한다.

④ 4단계(총합 중요도, 상대적 중요도 분석) : AHP기법의 마지막 4단계는 상위요소(level 1)에 있는 의사결정 문제의 궁극적인 목표를 달성하기 위한 하위요소(level 2)에 대한 평가이다. 이 하위요소들의 평가기준들이 어느 정도의

중요성을 갖고 있는지를 알아보기 위해 각 항목의 종합 중요성을 구하는 단계이다. 종합 가중치의 총합은 1.0이며 각 항목별 중요도가 1.0에 가까울수록 우선순위가 높다.

Fig. 2는 AHP 기법의 분석 과정을 나타낸 것이다.

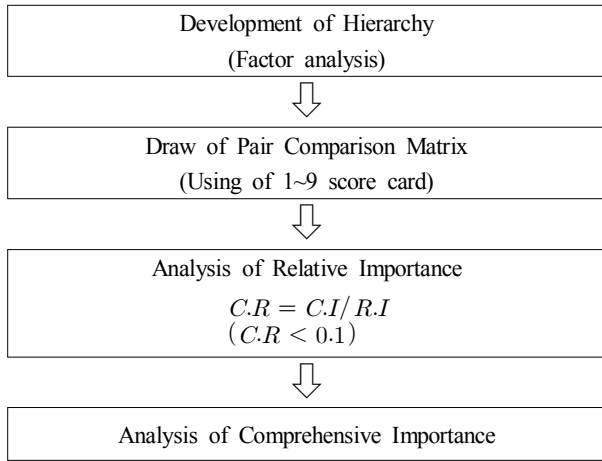


Fig. 2. Analysis process of AHP method.

#### 4.2 AHP 기법을 이용한 고려요소별 중요도 산정 결과

##### (1) AHP 설문조사 방법

본 설문의 특성상 항만과 선박에 대한 기본적인 지식이 없는 경우 평가항목에 대한 정확한 인식 부족 및 경험 부족으로 정확한 결과를 얻기 어렵다. 그러므로 설문대상을 해운분야 종사자로 한정하였다. 델파이 기법 설문에 참여하였던 전문가의 다수가 AHP 기법 설문에서도 참여하였다. 설문 방법은 전화를 통해 연구 목적과 설문 방법을 설명한 후 이메일을 통해 설문지를 발송하고 답신을 받는 형태로 진행하였다. 연구자가 방문할 수 있는 지역은 면접설문을 실시하였다.

총 60부 설문 중에서 회수된 것은 42부(회수율 70%)였다. 설문 응답자는 총 42명으로 선장(3명), 항해사(9명), VTS관제사(12명), PSC검사관(2명), 항해학 전공교수(6명), 해양경찰(9명), 항만청 항만관리담당 직원(2명) 등이다.

AHP 설문은 델파이 3차 설문 결과를 통해 얻은 CVR 값이 0.4 이상인 23개 항목을 대상으로 하였다. 설문은 각 항목별 중요도를 결정하기 위해 쌍대비교분석을 통해 9점 척도로 실시하였다. 설문항목은 상위요소 5개, 하위요소 23개 항목이다.

##### (2) 계층별 AHP 분석 결과

5개 상위요소에 대한 AHP 분석결과는 Table 4와 같다. 교통조건(0.25)이 가장 중요한 1위 요소로 평가되었고, 근소한

차이지만 선박조건(0.22)과 항로조건(0.21)이 2위, 자연조건(0.20)이 3위, 외부지원 및 기타 조건(0.14)이 4위로 조사되었다. 설문의 신뢰도를 알아보기 위한 일관성 비율(C.R)은 모든 항목에서 0.1 미만으로 나타나 설문 응답에 신뢰성이 높다고 판단할 수 있다.

Table 4. AHP analysis result

Higher elements (Level 1)	Total weight (Importance)	Rank	C.R
Nature condition	0.20	4	0.0111
Ship's condition	0.22	2	0.0054
Traffic condition	0.25	1	0.0027
Route condition	0.21	3	0.0031
Others	0.14	5	0.0093
Total	1	-	-

하위요소에 대한 AHP 분석 결과는 Table 5와 같다.

자연조건 하위요소에 대한 중요도 및 계층 내 순위는 시정이 0.44로 가장 높았으며, 조류(0.26), 바람(0.17), 파고(0.13) 순으로 조사되었다. 시정은 안개일수 뿐만 아니라 강수일수와 강설일수를 포함한 것으로 세부 기준은 다음 연구에서 다루고자 한다.

선박조건 하위요소에 대한 중요도 및 계층 내 순위는 선박조종능력이 0.33으로 가장 높았으며 타효가능속력(0.25), 최단정지거리(0.18), 선박의 흘수(0.14), 항주파 발생 크기(0.10) 순으로 조사되었다.

교통조건 하위요소에 대한 중요도 및 계층 내 순위는 교통량 및 밀도가 0.27로 가장 높았으며, 통항선박간 거리(0.23), 교통흐름(0.20), 어선-레저선박 등의 소형선박 통항 유무(0.16), 항로 옆 정박선과의 거리(0.14) 순으로 조사되었다.

항로조건 하위요소에 대한 중요도 및 계층 내 순위는 항로 내 암초, 침선 등의 수중장애물이 있는 경우가 0.35로 가장 높았으며 항로의 폭(0.18), 항로의 수심(0.18), 항로의 굴곡(0.16), 항로 옆 어장·마리나 시설 등의 해상 장애물유무(0.13) 순으로 조사되었다.

외부지원 및 기타 조건의 하위요소에 대한 중요도 및 계층 내 순위는 예인선 사용(0.32)과 도선사 승선(0.32)이 가장 높았으며, VTS관제(0.24), 과거 해양사고 발생 건수(0.12) 순으로 도출되었다.

##### (3) 종합 중요도 및 상대적 중요도

Table 5와 같이 전체 23개 하위요소에서 시정이 가장 중요(1위)하다고 평가되었으며, 선박조종능력 2위, 항로 내 수중장애물 3위, 교통량 및 밀도 4위, 통항선박간 거리 5위, 타효가능속력 6위, 조류 7위 순으로 조사되었다.

Table 5. AHP analysis result

Higher elements (Level 1)	Sub elements (Level 2)	Weight (Importance)	Rank
Nature condition (0.20)	Visibility (0.44)	0.085	1
	Height of wave (0.13)	0.025	21
	Current (0.26)	0.051	7
	Wind (0.17)	0.034	14
Ship's condition (0.22)	Crash stop distance (0.18)	0.040	12
	Ship's draft (0.14)	0.030	19
	Steerageway (0.25)	0.055	6
	Ship maneuverability (0.33)	0.073	2
	Ship wake (0.10)	0.021	22
Traffic condition (0.25)	Headway or Dist. Between ship to ship (0.23)	0.058	5
	Traffic flow (0.20)	0.050	8
	Traffic volume or traffic congestion (0.27)	0.068	4
	Passing of small boat, fishing boat, leisure boat, etc. (0.16)	0.041	11
	Distance to berthing vessel (0.14)	0.034	14
Route condition (0.21)	Width of route (0.18)	0.035	13
	Depth of route (0.18)	0.034	14
	Bend of route (0.16)	0.032	18
	Obstruction on the water (0.13)	0.026	20
	Obstruction under the water (0.35)	0.069	3
Others (0.14)	Possible to using tug (0.32)	0.045	9
	Possible to pilot (0.32)	0.044	10
	Possible to VTS assistance (0.24)	0.033	17
	Marine accident result (0.12)	0.017	23
Total		1	-

## 5. 결론

제한속력 설정 시 고려요소를 식별하기 위해 델파이 기법과 AHP 기법을 이용하였다. 델파이 기법과 AHP 기법 설문을 위해 선장 및 항해사, VTS관제사, 해양수산부 공무원, 항해학 전공교수, 해양경찰공무원 등으로 전문가 집단을 구성하였다.

델파이 설문은 3차에 걸쳐 수행하였고, 3차에 걸친 설문을 통해 5개 상위요소(Level 1)와 23개 하위요소(Level 2)가 식별되었다. 3차 델파이 설문과정에서 CVR값이 0.4~1.0 범위에 있으면 제한속력 설정 시 고려요소로서 반영하였고 0.4 미만의 값을 갖는 요소는 제외하였다. 2차 델파이 설문과정에서 33개 고려요소가 식별되었으나 3차 설문을 통해 23개로 재정리하였다.

델파이 3차 분석을 통해 얻은 23개 항목을 대상으로 AHP 설문을 수행하였다. AHP 설문은 각 요소별 중요도(가중치)를 평가하기 위함이었다. AHP 설문 결과, 5개 상위요소(Level 1)에 대한 중요도는 교통조건이 가장 중요한 1위 요소로 평가되었고, 선박조건, 항로조건, 자연조건, 외부지원 및 기타 조건 순으로 조사되었다. 23개 하위요소 중에서 시정이

가장 중요(1위)하다고 평가되었으며, 선박조종성능, 항로 내 수중장애물, 교통량 및 밀도, 통항선박간 거리, 타효가능속력, 조류 순으로 평가되었다.

델파이 기법과 AHP 기법을 이용한 설문에서 전문가 집단 구성이 가장 중요하다. 본 연구에서 델파이 설문 참여 전문가는 22명, AHP 설문 참여 전문가는 42명으로 항만 이용자 측과 관리자 측으로 구분하여 구성하였으나 적절성에 대한 재보완이 필요하며 특정 항만을 지목하여 설문을 진행한 것이 아니므로 본 연구에서 식별된 고려요소와 중요도가 전체 항만에도 적용될 수 있는지는 추후 연구과제에서 다룰 예정이다.

본 연구는 제한속력 설정 모델 개발을 위해 어떤 요소가 고려되어야 하는지에 대한 구성을 식별하였다는 것에 연구의 의의가 있으며, 다음 연구에서 연구자가 제시하는 제한속력 설정 모델(또는 과정)에 적용할 계획이다.

## References

- [1] GRI(2010), Necessity of Speed Limit Adjustment on the Highway, Gyeonggi Research Institute, Policy Research

2010-56, pp. 9-10.

- [2] Kim, D. B., B. W. Yun, J. Y. Jeong, J. S. Park and Y. S. Park(2012), A Fundamental Study on the Improvement of Speed Limit at the Ports and Fairways in Korea, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 18, No. 5, pp. 423-430.
- [3] Kwon, T. I.(2008), Study on Drawing Priority of the Influence Factors of Tourist Resort Remodeling Business, Ph. D Thesis, Graduate School of Sejong University, pp. 46-50.
- [4] Lawshe, C. H.(1975), A Quantitative Approach to Content Validity Personnel Psychology, 28, pp. 563-575.
- [5] Lee, H. H.(2014), A Study on the Development of the Intergrated Risk Assessment Model for the Marine Traffic Environment, Ph.D Thesis, Graduate School of Mokpo National Maritime University, pp. 21-46.
- [6] Lee, N. S.(2007), Traffic Accident Effectiveness Analysis of Changing Regulatory Speed Limit, Master Thesis, Graduate School of University of Seoul, pp. 4-5.
- [7] NOAA(2015), Petition to Establish a 10 knot Speed Limit for Vessel Traffic within National Marine Sanctuaries Off the California Coast, National Oceanic and Atmospheric Administration, Available at : <http://www.biologicaldiversity.org> (accessed 23<sup>rd</sup> Feb. 2015).
- [8] NSW(2013), Marine Safety Act 1988, No. 121, Available at : <http://www.legislation.nsw.gov.au>(accessed 12<sup>th</sup> Dec. 2013)
- [9] Saaty, T. L.(1990), How to Make a Decision : The Analysis Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, 48, pp. 9-26.
- [10] SFMX(2013), Best Maritime Practices, Marine Exchange of the San Francisco Bay, <http://www.sfm.org/>(accessed 12<sup>th</sup> Dec. 2013).
- [11] Song, Y. N.(2012), A Study on Healthcare Security Management System Using Delphi an AHP, Ph.D Thesis, Graduate School of Yong-in University, pp. 46-51.
- [12] SPD(2013), Boating Regulations & Information, Seattle Police Department, Availbale at : <http://www.seattle.gov>(accessed 12<sup>th</sup> Dec. 2013)
- [13] Wikipedia(2015), Delphi Method, Available at : [http://en.wikipedia.org/wiki/Delphi\\_method](http://en.wikipedia.org/wiki/Delphi_method)(accessed 6<sup>th</sup> Jan. 2015).

---

Received : 2015. 02. 25.

Revised : 2015. 04. 07.

Accepted : 2015. 04. 27.