Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 15, No. 1 pp. 515-524, 2014

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.1.515

델파이 기법을 적용한 항만 계류시설 유지보수 투자우선순위 결정 기준 개발

김용희[1*], 이영호[1], 송재준[1], 이상윤[1]
[1]한국건설기술연구원 인프라구조연구실

The Development of Investment Prioritization Criteria for the Mooring Facilities's Maintenance by the Delphi Study

Yong-Hee Kim[1*], Young-Ho Lee[1], Jae-Jun Song[1] and Sang-Yoon Lee[1]
[1]Division of Infra Structure, Korea Institute of Construction Technology

요 약 본 논문은 국내 노후 항만 계류시설에 대한 유지보수수요가 급격히 증가함에 따라 한정된 예산을 적기에 투입함으로써 시설물의 상태를 관리수준 이상으로 유지하기 위한 기준을 수립하기 위한 연구이다. 한정된 예산을 적재적소에 투입하기 위하여 현장조사 상태평가 점수와 정량적 평가지표 및 관리주체의 의견을 수렴하는 전국단위의 네트워크 레벨 투자우선순위 결정 기준을 개발하였다. 또한, 개발된 기준의 타당성 및 적정성을 검증하기 위하여 항만 계류시설 유지보수 및 관련 전문가를 대상으로 2차에 걸친 델파이 기법(Delphi Method) 설문조사를 실시하였다. 설문결과를 분석하여 각 항목에 대한 합리적인 기준을 도출하였다. 평가기준의 객관성을 높이기 위하여 항만 계류시설의 물동량 데이터를 분석한 결과를 바탕으로 제안한 '연간물동량/연장'을 활용하여 항만 계류시설의 활용도를 평가하는 기준을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 항만 계류시설 유지보수 투자우선순위 결정 기준은 향후 전국단위의 항만 계류시설 유지보수 예산계획에 적용하여 보다 효율적이고 합리적인 유지보수 예산분배에 활용될 것으로 기대된다.

Abstract In this paper, The investment prioritization model was investigated for keeping the service level of mooring facilities more than the target level of management with a limited budget in the right time. Network level prioritization criteria of the national scale was developed to take into criteria index and quantitative evaluation, management authority's opinion. Delphi method was conducted maintenance exports of mooring facilities over twice for verifying the validity and adequacy. In order to improve the objectivity of criteria, the criteria for evaluating the utilization of port facilities is presented form yearly facility traffic/facility's length, the result of the analysis of facility traffic data. The investment prioritization criteria of mooring facilities is expected to be utilized for more efficient and national budget distribution applied to the maintenance budget plan of nationwide.

Key Words : Mooring Facility, Management System, Investment Prioritization, Delphi Method

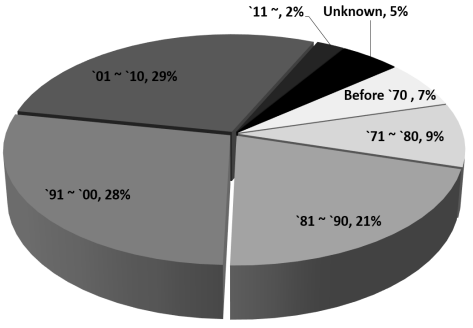
1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

1980년대부터 급속한 경제성장에 따라 항만 계류시설이 증가하였고 현재 Fig. 1에서 보는 것과 같이 전체 계류시설 중 공용연수가 30년 이상인 시설물은 약 16% 정도이다. 하지만 2030년에는 전체 계류시설 중 공용연수 30년 이상 시설이 약 64%로 급증하게 된다. 이에 향후, 항만 계류시설의 신설 수요보다 노후 항만 계류시설에 대한 유지보수 수요가 급격히 증가할 것으로 예상된다. 하지만 유지보수 수요의 증가에 따르는 유지보수 예산의 확보가 원활하게 이루어지지 못할 것으로 예상된다. 본

*Corresponding Author : Yong-Hee Kim(Korea Institute of Construction Technology)
Tel: +82-31-910-0395 email: kimyonghee01@kict.re.kr
Received September 4, 2013 Revised October 23. 2013 Accepted January 9, 2014

연구에서는 한정된 유지보수 예산을 보다 합리적으로 배분하여 모든 항만 계류시설의 상태와 기능을 최소 관리목표수준 이상으로 유지하는 체계를 개발하는 것을 연구목표로 하고 있다. 이에 전국 단위의 유지보수 계획을 수립하는 네트워크 레벨 평가기준과 시설물에 대한 평가지표를 개발하였다. 이를 위하여 전문가 집단을 대상으로 하는 델파이 기법 조사와 계류시설 연간물동량에 대한 통계분석을 실시하여 객관적인 평지지표를 개발하였다.



[Fig. 1] The Domestic Mooring Facilities State Classified by Year of Construction

이와 같이 개발된 평가지표를 바탕으로 한정된 유지보수 예산을 합리적으로 분배할 수 있는 전국단위의 투자우선순위 결정기준을 제안하고자 한다.

1.2 기존 연구 고찰

지금까지 사회기반시설물의 사용수명 연장과 안정성을 확보하기 위하여 진행된 연구는 다음과 같다.

교량, 도로 등 분야에서는 이미 체계적인 유지관리시스템인 교량관리시스템(BMS; Bridge Management System), 포장유지관리시스템(PMS; Pavement Management System) 등이 구축되어 매년 현장조사 및 상태평가를 실시하고 이를 근거한 의사결정과정을 통하여 최적화된 유지보수 투자우선순위를 제출하고 있다. 항만시설물의 경우, 체계적인 관리를 위한 Port-MIS 및 항만 CALS 등이 존재하지만 단순히 정보화시스템의 역할을 수행하고 있으며 유지관리체계를 지원하고 투자우선순위를 결정하는 의사결정과정을 지원하는 기능을 갖추고 있지 않다[1].

현재까지 국내에서 항만시설을 대상으로 사업우선순위 결정을 위한 의사결정과정 연구는 다음과 같다. Lee, S. W.[2]는 항만시설 리모델링 사업의 사업성 평가 및 사업우선순위 결정을 위하여 계층적 의사 결정법(AHP; Analytic Hierarchy Process)을 활용한 연구를 수행하였다. Back, I. H. & Ha, C. S.[3]는 국내 컨테이너 피더항만 개발우선순위 결정을 위하여 항만개발 분야 전문가집단을 대상으로 KJ기법(Kawakita Jiro Process)과 AHP를 적용한 연구를 수행하였다. 또한, Yun, D. H. & Choi, Y. S.[4]는 광양항의 물류산업 인프라 개선사업 우선순위 결정을 위하여 AHP를 적용한 연구를 수행하였다. 하지만 항만계류시설의 유지보수에 관련된 의사결정과정에 대한 연구는 진행된 사례가 없다.

본 연구에 활용된 델파이 기법을 사회기반시설 개발사업에 적용하여 수행된 연구는 다음과 같다. 새만금 간척사업의 친환경개발지표를 설정하기 위하여 델파이 기법을 적용하여 전문가 설문조사를 실시한 연구(Ryu, J. H. etc. [5])와 슬래브 거푸집 신기술 평가를 위하여 델파이 기법을 적용해 정량화된 기준을 수립한 연구(Lee, K. S. etc. [6]) 등이 있다.

본 연구에 적용된 전문가 델파이 기법 설문조사를 활용하여 항만 계류시설 유지보수사업 투자우선순위 결정기법에 관련된 연구가 진행된 사례가 없다. 기존 문헌 조사 및 분석결과를 토대한 전문가 델파이 기법 설문조사를 실시하고 합의과정을 통하여 합리적이고 객관적인 투자우선순위 결정 기준 및 평가지표를 개발하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 연구방법 및 범위를 설명하고 제 3장에서는 유지보수 투자우선순위 결정 기법, 제 4장에서는 연구결과 및 분석, 제 5장은 결론의 순서로 제시되어있다.

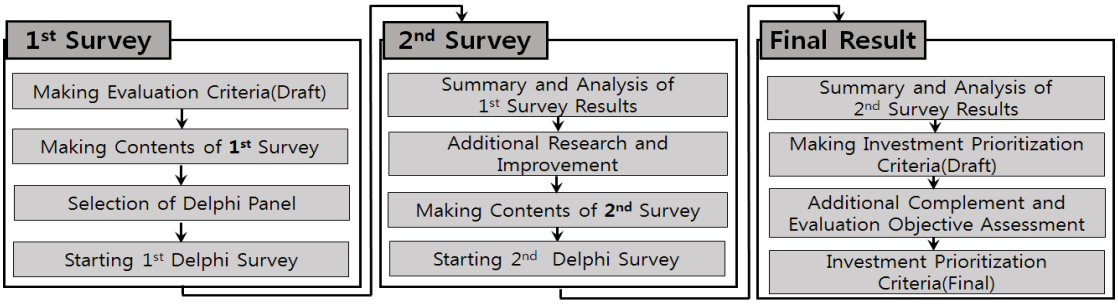
2. 연구방법 및 범위

본 연구에서는 항만 계류시설에 대한 유지보수 결정기준에 대한 보다 정확하고 합리적인 의견을 도출하기 위하여 전문가를 대상으로 델파이 기법 설문조사를 실시하였다. 또한, 항만물동량 자료에 대한 통계분석을 실시하여 투자우선순위 결정기준의 평가지표인 항별 중요도에 대한 객관적이고 정량화된 평가지표를 수립하였다.

2.1 델파이 기법(Delphi Method)

델파이 기법은 선행연구가 부족한 상황에서 해당 분야에 대한 전문지식을 가진 전문가를 대상으로 반복적인 설문조사를 실시하여 합리적인 의견을 도출하는 방법이다.

본 연구에서 항만 계류시설의 투자우선순위 결정 기준을 개발하기 위하여 적용된 델파이 기법의 절차는 Fig. 2와 같다. 1차 델파이 설문 투자우선순위를 결정하기 위한 평가기준(안)을 수립한고 이에 대한 설문을 실시하였다. 2차 델파이 설문은 1차 델파이 설문결과에 대한 수정 및



[Fig. 2] Delphi Method Process for Investment Priorization Criteria

보완사항을 반영하고 재수립한 투자우선순위 결정 기준에 대하여 적절성을 평가하였다. 2차 설문결과 분석 및 객관적 평가지표 개발을 통하여 최종(안)을 수립하고 추가설문을 실시하여 최종적으로 평가기준을 수립하였다.

2.2 델파이 패널(Delphi Panel) 선정

델파이 기법에서 가장 중요한 요소는 해당 분야에 전문성을 가진 델파이 패널의 구성이다. 본 연구는 항만 계류시설의 유지보수 투자우선순위 결정 기법개발에 초점을 두고 있다. 이에 항만 계류시설에 대한 상태평가 및 결과분석 경험과 항만현황 및 현장상황에 대한 종합적인 통찰력을 보유한 전문가를 선정하였다. 1차 델파이 기법 설문조사에 선정된 전문가는 총 25명이다. 항만 계류시설 현장조사 및 상태평가 전문가 15명, 시설물 상태평가 기준 연구자 3명, 유지관리 정책담당자 5명 및 관리운영 담당자 2명을 대상으로 서면설문과 면접설문을 병행하여 실시하였다. 2차 델파이 기법 설문조사에 선정된 전문가는 총 20명이다. 항만 계류시설 상태평가 전문가 15명, 시설물 상태평가기준 연구자 3명 및 관리운영담당자 2명을 대상으로 서면설문을 실시하였다. 조사결과는 상태평가 기준 연구자 3명에 의한 협의과정과 타당성 및 적절성이 분석이 실시되었다. 본 연구에 참여한 설문대상자의 항만 계류시설 유지관리업무 관련 경력기간은 평균 8년 5개월이다.

2.3 확률분포를 활용한 객관적 지표 설정

항만 계류시설 유지보수사업 투자우선순위 결정 기법 개발을 위하여 수립한 PI 배점기준은 정량적 평가기준과 주관적 평가기준으로 구분되어 산정된다.

유지보수 투자우선순위 산정시 주관적 평가기준이 우선순위 결정에 지배적인 요인이 되는 것을 방지하기 위하여 확률분포를 활용한 객관적 지표를 설정 및 개발하였다.

3. 유지보수 투자우선순위 결정 기법

항만 계류시설 유지관리를 위한 유지보수 계획수립 및 예산배정을 위한 의사결정방법은 프로젝트 레벨과 네트워크 레벨로 분류할 수 있다. 프로젝트 레벨은 개별시설물 및 일선 관리주체 단위로 실시하는 방식이며, 네트워크 레벨은 전국 항만 계류시설에 대한 유지보수 수요를 파악한 후 실시하는 방식이다.

프로젝트 레벨은 각 관리주체가 관리시설물 대하여 개별시설물별로 관리상태, 유지보수수요 등을 고려하여 예산범위 내에서 효율적으로 유지보수조치를 실시하는 것이다. 이에 반해 네트워크 레벨은 전국 항만 계류시설에 대한 관리상태 및 유지보수수요를 파악한 후, 배정된 예산과 관리수준을 고려하여 유지보수 계획을 수립하고 유지보수를 실시하는 것이다.

이러한 네트워크 레벨은 한정된 예산범위에서 모든 시설물을 일정한 수준 이상으로 관리하는데 매우 효과적인 방법이다. 수립된 계획은 개별 관리주체에 예산을 분배하는 과정에 근거자료로 활용된다. 이러한 과정에서 효과적으로 유지보수예산을 분배하기 위하여 네트워크 레벨의 의사결정 적용된다[7].

3.1 프로젝트 레벨 투자우선순위 결정

프로젝트 레벨 투자우선순위 결정은 Table 1과 같이 유지보수 시급성 정도에 따라 긴급보수(1순위)와 유지보수(2순위)로 구분된다. 유지보수 시급성은 개별시설물의 구조적 안전성 및 기능성에 대한 상태평가를 실시한 후 산정되는 상태지수(CI; Condition Index)를 통하여 결정된다. 상태지수 산정은「항만시설물 안전점검 및 정밀안전진단에 대한 실시요령[8]」과「항만시설물 유지관리시스템 운영 매뉴얼[9]」에 규정된 항만 계류시설 조사 및 평가방법을 적용하여 실시한다. 하지만 이와 같은 프로젝트 레벨 투자우선순위 결정 방식은 개별 시설물에 대한

상태를 고려하여 유지보수 계획을 수립하고 예산을 할당하기 때문에 전체 항만 계류시설의 전반적인 상태와 이용현황 등을 고려하지 못한다.

[Table 1] Maintenance Priority of Project Level

Spec.	Maintenance Measures Classification
Emergency Maintenance (1st Rank)	Maintenance of directly impact safety, functionality and usability
Daily Maintenance (2nd Rank)	Measures except the emergency maintenance

3.2 네트워크 레벨 투자우선순위 결정

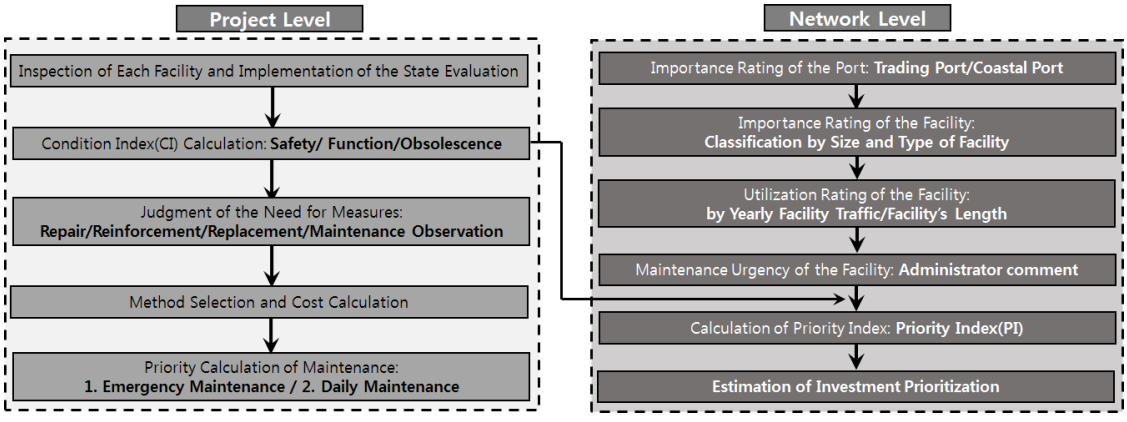
네트워크 레벨 투자우선순위는 Fig. 3과 같이 프로젝트 레벨에서 개별 시설별로 평가된 상태지수를 네트워크 차원에서 고려해야할 평가항목을 반영하여 산정한다. 추가적으로 고려되는 평가항목은 Table 2에 나타난 것과 같이 객관적 평가지표와 주관적 평가지표로 나뉜다. 각각은 항별 중요도 및 시설별 중요도, 시설 활용도, 시급성으로 구성된다. 각 평가항목에 대한 결과를 개별시설물별로 적용하여 우선순위점수(PI)를 산정하고 이를 취합하여 투자우선순위(Priority Ranking)를 산정한다. 투자우순선위는 산정된 우선순위점수가 클수록 상위 우선순위를 부여받는 체계를 갖추었다.

4. 연구결과 및 분석

4.1 1차 델파이 설문 평가기준 수립

1차 델파이 설문에 적용될 우선순위점수 산정 기준을 Table 3과 같은 항목 및 배점을 갖도록 구성하였다. 우선순위점수 산정 기준은 정량적 평가기준과 주관적 평가기준으로 구분된다. 정량적 평가항목은 프로젝트 레벨에서 산정된 상태평가 결과(상태지수)와「항만법[10]」에 의거한 항 구분 기준인 항별 중요도,「시설물의 안전관리에 관한 특별법[11]」에 의거한 1, 2종 시설 및 기타시설을 구분하는 시설별 중요도로 구분하였다. 상태평가 결과는 프로젝트 레벨에서 결정된 상태지수를 적용하므로 프로젝트 레벨 단계에서의 만점인 40점을 그대로 적용하였다. 주관적 평가항목은 관리주체의 의견을 직접적으로 반영하는 항목이다. 시설의 직접적인 활용빈도에 따라 결정되는 시설 활용도, 시설물 손상정도에 따른 유지보수의 시급정도를 구분하는 시급성으로 구성되어 있다.

절대평가 항목인 상태평가 결과와 기타 평가항목간의 점수편차를 적정한 범위로 조정하여 변별력을 높이기 위한 분석 자료로 2010년 국토해양부에서 수행한 안전점검의 상태평가결과를 활용하였다. 상태평가결과를 유지보수 조치에 따라 분류한 결과, 긴급보수로 선정된 시설물은 상태지수가 약 20점대에 분포하였다. 그 외, 일상유지보수가 필요한 시설물은 약 10점대에 상태지수가 분포하



[Fig. 3] The Flow of Investment Prioritization

[Table 2] Network Level Value Indicator for Priority Index

Spec.	Evaluation Item
Quantitative Item	Condition Index, Importance of the Port, Importance of the Facility
Subjective Item	Utilization of the Facility, Maintenance Urgency of the Facility

[Table 3] Evaluation Criteria of Mooring Facilities(original criteria)

Evaluation Item	Index	Evaluation Standard	Note
Condition Evaluation Results	40	Condition Index(CI) or Condition Degree Conversion Index	Quantitative Item
Importance Rating of the Port	20	Trading Port(20), Coastal Port(15)	
Importance Rating of the Facility	20	1st (20), 2nd (17), Other Facility(15), Pier Type: +5(add.)	
Utilization Rating of the Facility	10	High Utilization(10), Low Utilization(5)	Subjective Item
Maintenance Urgency Rating of the Facility	10	Very Urgency(10), Urgency(7), Normal(5)	
Total Gross	100		

[Table 4] Survey Result of 1st Delphi Method

Spec.		Survey Results(%)			
		Agreement	Upward	Downward	Revision
Evaluation Item		88.0	-		12.0
Index		56.0	-		44.0
Evaluation Standard	Condition Evaluation Result	80.0	4.0	16.0	
	Importance Rating of the Harbor	76.0	-	20.0	4.0
	Importance Rating of the Facility	80.0	-	8.0	12.0
	Utilization Rating of the Facility	76.0	12.0	-	12.0
	Maintenance Urgency Rating of the Facility	76.0	20.0	-	4.0

였다. 이에 절대적인 시설물의 손상을 나타내는 상태평가 결과와 기타 평가항목간의 변별력을 높이기 위하여 기타 평가항목의 최대/최소 점수 편차를 5점으로 설정하였다. 이는 기타 평가항목의 점수 편차로 인하여 우선순위점수 산정에서 절대평가항목인 상태평가 점수의 영향력 및 변별력이 축소되는 것을 방지하기 위함이다. 또한, 시설별 중요도 배점기준은 시설의 규모를 고려하여 1종, 2종 시설 및 기타시설의 배점을 차등으로 분배하였다. 다만, 안전에 취약하고 유지보수비용이 큰 잔교식 시설에 대하여 5점을 추가적으로 부여하도록 하였다.

상태평가 결과로 유지보수가 시급하다고 결정된 시설물이 관리주체의 주관적 평가결과에 의하여 후순위로 변경되는 것을 방지하기 위하여 주관적 평가항목의 배점을 정량적 평가항목의 절반인 10점으로 설정하여 안정성을 확보하였다.

4.2 1차 델파이 설문조사 결과 분석 및 2차 델파이 설문 평기기준 수립

1차 델파이 설문 결과를 분석한 결과는 Table 4와 같으며, 설문의 원안 유지에 찬성하는 의견과 수정(상향, 하향, 전면수정)으로 구분하여 정리하고 그 비율을 나타내었다.

평가항목에 대한 의견을 분석한 결과, 88.0%가 원안에 대하여 찬성하였으며, 12.0%가 수정이 필요하다고 응답하였다. 다만, 수집된 수정의견은 평가항목 자체에 대한 의견이 아닌 배점 및 평가점수기준과 관련한 의견이었다.

배점에 대한 의견을 분석한 결과, 56.0%가 원안에 찬성하였으며, 44.0%가 수정의견을 보였다. 배점에 대한 수정의견 역시 배점 자체의 수정보다 평가점수기준과 관련되어 결정되는 의견이었다.

평가점수기준에 대한 응답을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 평가점수기준에 대한 수정의견과 평가항목 및 배점에 대한 의견을 복합적으로 고려한 평가기준을 수립하기 위하여 상태평가 기준 연구자 3명으로 구성된 전문가 집단과 협의과정을 거쳤다. 그 결과, 평가기준 재수립에 반영될 수정의견을 선별하였으며 그 의견은 다음과 같다.

·의견 1: 평가항목의 배점을 조정한다.
- 상향: 시설 활용도, 시급성
- 하향: 항별 중요도, 시설별 중요도

·의견 2: 평가점수기준의 편차 조정 및 세분화하여 우선순위점수의 분별력을 높인다.

[Table 5] Delphi Result of the Evaluation Standard

Evaluation Item	Index	Number of Comment about Evaluation Index		
		Up	Down	revision
Condition Evaluation Result	40	1: 50 points	3: 30 points 1: 20 points	-
Importance Rating of the Port	20	-	1: 15 points 4 10 points	1: Adjustment of Same Points
Importance Rating of the Facility	20	-	2: 10 points	2: 10 points(Pier Type) 1: Points Subdivision
Utilization Rating of the Facility	10	3: 20 points	-	2: Points Subdivision 1: Adjustment of Same Points
Maintenance Urgency Rating of the Facility	10	1: 30 points 4: 20 points	-	2: Points Subdivision

[Table 6] Evaluation Criteria of Mooring Facilities(revised criteria)

Evaluation Item	Index	Evaluation Standard	Note
Condition Evaluation Result	40	Condition Index(CI) or Condition Degree Conversion Index	Quantitative Item
Importance Rating of the Port	15	Trading Port(15), Coastal Port(10)	
Importance Rating of the Facility	15	1st & 2nd (15), Other Facility(Pier Type: 15, Others: 10)	
Utilization Rating of the Facility	15	Very High(15), High(13), Normal(10), Low(7), Unused(0)	Subjective Item
Maintenance Urgency Rating of the Facility	15	Very High(15), High(10), Normal(5), Low(0)	
Total Gross	100		

Table 6은 선별된 수정의견을 반영하여 평가항목의 배점을 조정한 수정안이다. 절대평가 점수인 상태평가 점수를 제외한 4개의 평가항목 배점 중 시설물 활용도와 시급성이 항별 중요도와 시설별 중요도보다 직접적인 산정요인으로 고려하여 4개 평가항목의 배점을 동일하게 15점으로 부여하였다.

또한, 시설 활용도와 시급성의 분별력을 보다 높이기 위하여 원안보다 편차를 확대하고 세분화하였다. 항별 중요도와 시설별 중요도의 편차는 5점을 그대로 유지하였지만 시설별 중요도에서 1종과 2종시설의 점수를 15점으로 동일하게 부여하고 잔교식 기타시설에 대하여 5점을 추가하는 방식으로 수정하였다.

이와 같이 재수립된 투자우선순위 결정 기준 수정안을 활용하여 1차 델파이 설문조사 패널을 대상으로 2차 델파이 설문조사를 실시하였다.

4.3 2차 델파이 설문조사 결과

2차 델파이 설문 결과는 수정안에 대하여 95% 동의를 얻었다. 하지만, 1차 델파이 설문결과 반영으로 상향 조정된 주관적 평가항목(시설 활용도, 시급성)의 배점 증가로 인하여 평가 기준에 주관적 의견이 과도하게 반영된다는 의견이 있었다. 또한, 주관적 평가항목의 배점 편차가 15점으로 적용되어있어 배점의 안정성을 저해한다는 문제점이 지적되었다.

지적된 문제점을 수정, 보완하기 위하여 상태평가 기준 연구 전문가 집단과 협의를 거쳐 주관적 평가항목 중 시설 활용도를 정량적 평가기준으로 재수립하기 위하여 객관적인 평가지표를 개발하였다.

4.4 시설 활용도 평가지표 개발

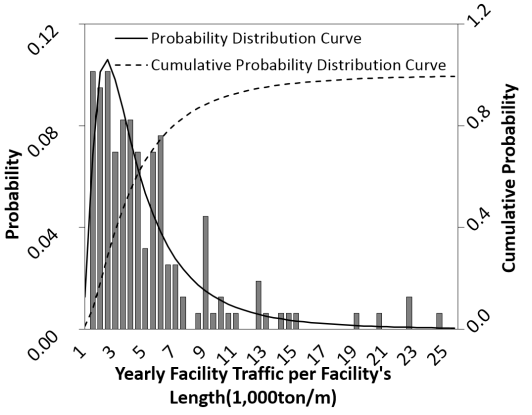
객관적인 평가지표를 수립하기 위하여 객관적인 자료를 수집할 수 있는 시설 활용도를 대상으로 평가지표를 새롭게 개발하였다. 계류시설의 고유한 기능인 물자 처리 능력을 나타내는 물동량을 평가기준 수립에 적용할 기준으로 선정하였다.

물동량 자료 수집을 위하여 무역항의 경우, 「항만운영정보시스템(Port-MIS)[13～15]」에 등록되어 있는 부두별 화물수송 통계자료(2008년～2011년)가 적용되었다. 그 외 항만운영정보시스템에서 물동량자료를 확보할 수 없는 시설물에 대해서는 「제 3차 전국항만 기본계획(2011-2020)[12]」의 2010년도 물동량 자료가 적용되었다. 이와 같은 방법으로 수집된 물동량 자료는 무역항에

속한 계류시설 225개와 연안항에 속한 계류시설 85개, 총 310개 계류시설이며 이 자료를 기준으로 통계분석을 실시하였다.

시설 활용도를 평가하기 위한 물동량은 연간물동량을 기준으로 하였다. 항만운영정보시스템에서 확보한 물동량 자료는 5년간의 물동량의 연 평균치를 적용하였다. 확보된 연간물동량을 기준으로 물리적 규모가 서로 다른 시설물을 합리적으로 평가하기 위하여 연간물동량을 시설물의 연장으로 나눈 연간물동량/연장(천ton/m)을 기준으로 평가하였다.

Fig. 4는 통계분석을 통하여 얻은 연간물동량/연장의 도수분포와 이에 대한 확률분포의 회귀선을 나타낸 것이다. 분석결과, 연간물동량/연장의 도수분포는 대수정규분포(Log-normal distribution)의 형태로 분포하는 것으로 나타났다. 이 결과를 바탕으로 Table 7과 같은 시설 활용도의 정량적적 평가기준을 제시하였다.



[Fig. 4] Frequency Distribution and Probability Distribution of Yearly Facility Traffic/Facility's Length

[Table 7] Evaluation of the Utilization of Port Facilities

Cumulative Probability	Yearly Traffic/Length, X(1,000ton/m)	Utilization Rating of the Facility Standard
0.8~1.0	6.5 < X	15
0.6~0.8	4.0 < X ≤ 6.5	13
0.4~0.6	2.6 < X ≤ 4.0	11
0.2~0.4	1.6 < X ≤ 2.6	9
0.0~0.2	X ≤ 1.6	7

연간물동량/연장을 기준으로 한 시설 활용도 점수의 구간은 수정안에서 제시한 배점기준과 동일한 총 5 단계로 설정하였다. 각 단계는 모두 동일한 발생확률을 갖도록 0.2의 구간확률로 구분된 누적확률을 기준으로 설정하였다.

다만, 수정안의 배점 편차인 15점은 변동폭이 과도하여 안정성 확보가 어려워 배점 편차를 8점을 설정하고 2점 간격으로 점수를 부여하였다. 배점 편차가 축소되므로 발생되는 시설 활용도의 분별력 저하는 활용도가 떨어지는 시설물은 자동적으로 시급성에서 낮은 점수를 부여받게 되므로, 이를 통하여 평가기준 전체의 배점 안정성을 확보하였다.

4.5 항만 계류시설 평가항목별 PI 배점 기준

항만 계류시설 유지보수 투자우선순위 배점 기준의 최종안은 Table 8과 같다. 상태평가 결과는 원안에서 제시한 기준 및 배점을 그대로 유지하였다. 다만, 본 연구에서 상태지수 평가의 기준으로 설정한 「항만시설물 유지관리시스템 운영 매뉴얼」의 상태지수를 적용하지 않은 상태평가결과 점수는 Table 8의 1)과 같이 대응시켜 환산점수를 적용하여 산정한다. 시설 활용도는 연간물동량 자료를 활용하여 제시한 평가기준인 Table 8의 2)에 준하여 평가하다. 또한, 일반인에게 개방되는 여객시설과 군사시설과 같이 특수한 목적을 갖는 시설은 일반적인 항만시설에 비해 높은 수준의 관리가 필요할 것으로 판단하여, 13점의 시설 활용도가 부여되도록 하였다. 시급성은 주관적인 평가항목으로 관리주체의 의견을 유지보수사업에 반영하기 위한 항목으로 유지보수가 시급한 시설이나 별도의 사업 및 매립 등으로 정량적으로 예측할 수 없는 요소를 반영할 수 있다. 시급성은 정량적인 평가가 완료된 이후, 평가를 실시하며 중앙부처와 해당 관리주체의 협의를 통하여 최종적으로 결정하는 방식으로 적용한다.

최종적으로 수립된 항만 계류시설 유지보수 투자우선순위 결정 기준을 기존 델파이 기법 패널을 대상으로 최종 설문을 실시한 결과 최종안에 대하여 100.0%의 동의를 얻었다.

4.6 항만 계류시설 유지보수 투자우선순위 결정

본 연구에서 제안된 네트워크 레벨 투자우선순위 결정 기준의 적용성을 평가하고자 Table 9와 같이 유지보수 투자우선순위를 시범 적용하였다. Table 9는 2011년 국내 항만 계류시설을 대상으로 실시된 정밀점검 및 정밀안전진단 대상시설물 총 71개에 대한 조사결과를 바탕으로 산정된 것이다. 이 결과를 활용하여 유지보수예산 배분 및 각 항만시설에 대한 비교, 분석 시 근거자료로 활용될 것이다. 또한, 투자우선순위에서 후순위를 배정받아 당해연도에 유지보수예산을 배정받지 못한 경우, 차년도 투자우선순위 산정 시 포함되어 함께 재산정되는 체계를 적용하였다.

[Table 8] Evaluation Criteria of Mooring Facilities(final criteria)

Evaluation Item	Index	Evaluation Standard	Note
Condition Evaluation Result[1)]	40	Condition Index(CI) Conversion Index	Quantitative Item
Importance Rating of the Port	15	Trading Port(15), Coastal Port(10)	
Importance Rating of the Facility	15	1st & 2nd (15), Other Facility(Pier Type: 15, Others: 10)	
Utilization Rating of the Facility[2)]	15	Yearly Traffic/Length, X(1,000ton/m)	
Maintenance Urgency Rating of the Facility	15	Very High(15), High(10), Normal(5), Low(0)	Subjective Item
Total Gross	100		

1) Condition Evaluation Results: Results were converted to correspond to the interval distribution(0~40) over condition index about target facility

$$= \frac{40}{(CI^{\max} - CI^{\min})} \times (CI - CI^{\min})$$

where, $CI^{\max}$: Maximum Condition Index,
$CI^{\min}$: Minimum Condition Index

2) Evaluation Criteria Table of Utilization Rating of the Facility

Yearly Traffic/Length, X(1,000ton/m)	Utilization Rating of the Facility
6.5 < X	15
4.0 < X ≤ 6.5	13
2.6 < X ≤ 4.0	11
1.6 < X ≤ 2.6	9
X ≤ 1.6	7
Unused	0

*Special-Purpose Facilities(passenger, military etc.): 13 Points

[Table 9] Mooring Facilities's Maintenance Prioritization of the Estimation Result in 2012

Port	Facility	Facility Grade	Port	Facility Type	Yearly Traffic/ Length (1,000ton/m)	CI[1)]	IRP[2)]	IRF[3)]	URF[4)]	MURF[5)]	PI[6)]	PR[7)]
○○Port	△△Dock	1st	Trade Port	Pier	32.57	40.00	15	15	15	10	95.00	1
○○Port	△△Dock	2nd	Trade Port	Gravity	21.60	38.64	15	15	15	10	93.64	2
○○Port	△△Dock	2nd	Trade Port	Pier	8.64	37.12	15	15	15	10	92.12	3
○○Port	△△Dock	1st	Trade Port	Pier	22.90	34.88	15	15	15	10	89.88	4
○○Port	△△Dock	2nd	Trade Port	Gravity	9.40	34.80	15	15	15	10	89.80	5
					…							
○○Port	△△Dock	2nd	Trade Port	Gravity	1.02	35.28	15	15	7	10	82.28	21
○○Port	△△Dock	Other	Trade Port	Pier	9.92	32.16	15	15	15	5	82.16	24
○○Port	△△Dock	Other	Trade Port	Gravity	3.65	35.76	15	10	11	10	81.76	25
					…							
○○Port	Wharf(△)	Other	Coastal Port	Gravity	0.04	30.48	10	10	7	5	62.48	67
○○Port	Wharf(△)	Other	Trade Port	Gravity	0.24	27.68	15	10	7	0	59.68	68
○○Port	Wharf(△)	Other	Trade Port	Gravity	0.00	27.60	15	10	7	0	59.60	69
○○Port	Wharf(△)	Other	Trade Port	Gravity	0.00	27.60	15	10	7	0	59.60	69
○○Port	Wharf(△)	Other	Coastal Port	Gravity	0.04	27.60	10	10	7	0	54.60	71

1)CI: Condition Index, 2)IRP: Importance Rating of the Port, 3)IRF: Importance Rating of the Facility, 4)URF: Utilization Rating of the Facility, 5)MURF: Maintenance Urgency Rating of the Facility, 6)PI: Priority Index, 7)PR: Priority Rating

5. 결 론

본 연구에서는 전국 항만시설물에 대하여 한정된 유지보수 예산을 합리적으로 배정하기 위한 의사결정과정에 적용될 네트워크 레벨 유지보수 사업 투자우선순위 결정 기법을 개발하였다. 네트워크 레벨 투자우선순위 결정 기법 개발을 위하여 본 연구에서는 2차에 걸친 델파이 기법을 통하여 우선순위점수 배점 기준을 제시하였다. 또한, 제시된 우선선순위 평가 기준을 보다 객관적인 평가지표로 발전시키기 위하여 310개 항만시설물의 물동량 데이터에 대한 통계분석을 실시하고 그 결과를 바탕으로 시설물의 활용도를 평가하는 정량적인 평가기준을 제시하였다.

(1) 한정된 유지보수예산을 효율적으로 분배하여 항만 계류시설의 관리수준을 일정하게 유지하기 위한 유지보수사업 투자우선순위 결정기법을 개발하였다. 이 과정에서 항만유지보수 및 상태평가 관련 전문가를 대상으로 2차에 걸친 델파이 기법 설문조사를 실시하여 보다 합리적이고 객관적인 평가기표를 도출하였다.

(2) 네트워크 레벨차원의 투자우선순위 산정을 위하여 전국항만의 상태와 이용현황 등을 고려한 평가기준을 개발하였으며 시설물의 상태평가결과와 항별 중요도, 시설별 중요도, 시설 활용도, 시급성으로 구분하여 평가할 수 있는 기준을 수립하였다.

(3) 유지보수사업 투자우순선위 평가항목인 시설 활용도에 대한 객관적이고 정량적인 평기기준을 수립하기 위하여 항만 계류시설에 대한 연간 물동량 자료를 활용한 평가지표인 연간물동량/연장(천ton/m)을 제안하였으며 이를 활용하여 통계분석을 실시한 결과, 도수분포는 대수정규분포를 나타내어 개발된 평가지표의 안정성을 확인할 수 있었다.

(4) 본 연구 결과를 실무에 적용하여 항만 계류시설의 유지보수 시 보다 합리적으로 예산을 배분하여 항만시설물의 안정성과 사용성을 향상시키고 궁극적으로는 국가예산을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

(5) 향후, 항만 계류시설 유지보수 투자우선순위 결정기준의 배점 및 평가기준의 적절성 및 안정성을 평가하고자 시범운영을 통하여 수정 및 보완사항을 도출하고 이를 반영하는 연구를 수행할 것이다.

References

[1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, The Established Research of Port Facilities Management System and Test Operation Final Report, 2102a

[2] Lee, S. W., "A Study on Decision Making for Port Remodelling in Korea Applied on Analytic Hierarchy Process", *Journal of Korea Planners Association*, vol.40, No.4, pp.59-71(in Korea)

[3] Back, I. H., Ha, C. S., "A Study on Deciding Container Feeder Port Development Priority", *Journal of Fisheries and Marine Science Education*, vol. 18, No.2, pp.172-182.(in Korea)

[4] Yun, D. H., Choi, Y. S., "A Priority Analysis of the Infrastructure for the Logistics Industry in Gwangyang Port", *Journal of Navigation and Port Research*, vol.36, No.1, pp.43-49.(in Korea)
DOI: http://dx.doi.org/10.5394/KINPR.2012.36.1.43

[5] Ryu, J. H., Lee, S. H., Koo, J. K., "A Study on the Development of Eco-friendly Environmental Indicators for Saemangeum Project", *Journal of Environmental Impact Assesment*, vol.15, No.4, pp.279-288.(in Korea)

[6] Lee, K. S., Lee, T. H., Shin, Y. K., Kim, T. H., Han, S. W., "Quantified Evaluation on the Qualitative Criteria for the Selection of Appropriate Concrete Slab Form-works for Residential Buildings" *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, vol.11, No.2, pp.136-144.(in Korea)
DOI: http://dx.doi.org/10.5345/JKIC.2011.04.2.136

[7] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, The Established Research of Port Facilities Management System Final Report, 2011a

[8] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Implementation Guidelines for Safety Inspection and Precise Safety Diagnosis of Ports Facilities, 2010

[9] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, The Operating Manual for Port Facilities Management System, 2012b

[10] Ministry of Government Legislation, Korea's Port Law, 2013

[11] Ministry of Government Legislation, The Special Act on the Safety Management of Facilities, 2011

[12] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, The 3th Domestic Ports Basic Plan(2011-2020), 2011b

[13] http://www.portincheon.go.kr/portmis/index.asp
Inchon Regional Maritime Affairs & Port Administration[Internet] (accessed Sep., 1, 2013)

[14] http://yeosu.mof.go.kr/service?id= portmisIndex,

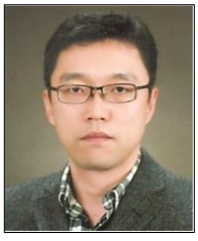
Yeosu Regional Maritime Affairs & Port Administration [Internet] (accessed Sep., 1, 2013)
[15] http://portbusan.go.kr/port/port0301.jsp, Busan Regional Maritime Affairs & Port Administration [Internet] (accessed Sep., 1, 2013)

김 용 희(Yong-Hee Kim) **[정회원]**

- 20011년 2월 : 상명대학교 대학원 토목환경공학과 (공학석사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구원

<관심분야>
토목구조, 항만, 유지관리

이 영 호(Young-Ho Lee) **[정회원]**



- 1995년 2월 : 고려대학교 대학원 토목환경공학과 (공학석사)
- 1999년 3월 : 오사카대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2000년 8월 ~ 2001년 12월 : 고려대학교 연구교수
- 2001년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>
토목구조, 내진설계

송 재 준(Jae-Jun Song) **[정회원]**

- 1993년 1월 : Aachen 공대 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2002년 10월 : Darmstadt 공대대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1993년 2월 ~ 1995년 9월 : 삼우기술단
- 1995년 12월 ~ 1998년 10월 :포스코건설/포항산업과학연구원
- 2003년 6월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>
합성구조, 강구조, 안전시설

이 상 윤(Sang-Yoon Lee) **[정회원]**

- 2003년 2월 : 한양대학교 대학원 건설환경공학과 (공학석사)
- 2013년 8월 : 고려대학교 대학원 건축사회환경공과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>
강-콘크리트 합성구조, 구조신뢰성