

해수면 조위차와 항만시설물의 손상과의 관계 분석

이빛나¹, 이종석^{2*}, 이성진³

Relationship between the Tidal Range in Sea Level and Damage of Domestic Port Facility

Binna Lee¹, Jong Suk Lee^{2*}, Sung Jin Lee³

Abstract: In this study, a basic research was conducted to establish a maintenance plan considering the environmental factors and deterioration characteristics of port facilities. The precise safety diagnosis reports for Incheon and Busan port facilities were referenced to examine the extent of deterioration and damage. The relationship with the degradation environmental assessment presented in the current guidelines was also analyzed. The analysis of the damage level of Incheon and Busan port facilities revealed that Incheon Port exhibited approximately three times higher damage rate compared to Busan Port. In the case of Incheon Port, reinforcement corrosion and external damage showed similar proportions, while in Busan Port, reinforcement corrosion had a higher proportion compared to external damage. On the other hand, when comparing with the degradation environmental assessment presented in the guidelines, it was found that there were some limitations in performing quantitative evaluation based on the guidelines for assessing port facilities. Therefore, an analysis based on tidal range was conducted by referring to existing literature. The analysis of tidal range in Incheon and Busan regions showed that Incheon had approximately five times higher difference compared to Busan. It is considered that this can be utilized as a differentiated item from existing degradation environmental assessment criteria.

Keywords: Port facility, Incheon, Busan, Damage, Tidal range

1. 서론

국내의 항만시설물은 무역항 31개와 연안항 29개로 총 60개의 항으로 구성되며 동시 접안능력 약 1,020척, 연간 하역능력 약 1,300만 톤, 부두시설 약 196 km 등의 시설 능력을 가지고 있다. 이 중 대부분의 시설물이 1970년부터 1980년대에 건설되었으며 2020년대에 들어서면서 30년 이상의 노후 항만시설물이 큰 폭으로 증가하고 있다.

특히, 항만시설물의 경우 다른 사회 기반시설물(SOC)보다 열화의 속도가 빠르게 진행되며 이러한 원인은 다음과 같다. 첫째 항만시설물은 해안가에 위치하고 있으며 이로 인해 비래염분 및 해수 등에 상시적으로 노출되어 있기 때문에 콘크리트의 열화 및 주요부재의 부식 등을 가속시킨다. 두 번째로 항만시설물은 선박이 접안하면서 발생하는 충격하중이나 컨

테이너 박스 등 상재 하중이 지속적으로 발생하며 특히 선박과 부두와의 예상치 못한 사고는 사용성 등에 영향을 미치게 된다.

한편, 국내 항만시설물의 점검시 적용하는 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편)’에서는 항만시설물의 평가를 안전성능, 내구성능, 사용성능으로 구분하여 평가하고 있다.

이 중 콘크리트 내구성능을 평가할 경우 동해환경 및 염해환경에 대해 평가하며, 이때 동해환경의 경우 기상청 데이터를 활용하여 10년간의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량을 조사하여 평가하며 염해환경의 경우 해안으로부터 거리를 구분하여 평가하도록 수행하고 있다.

하지만, 항만시설물의 경우 해안에 인접하였기 때문에 위의 염해환경에서 제시한 해안으로부터 거리로 평가하는 방법은 항만시설물 중에서도 내륙 쪽에 있는 시설물이 주 대상이 되며, 해수와 직접 접하는 주요 시설물인 안벽 등과 같은 계류 시설물에 대한 배려가 부족하다. 또한, 염해환경의 평가 지표 역시 지역 및 해역의 구분으로만 명시되어 있어 동일한 해역의 항만 시설물을 평가할 경우 정량적으로 평가하기에 다소 한계가 있다.

따라서, 본 연구에서는 항만시설물의 환경적인 요인과 열

¹정회원, 한국건설기술연구원 전임연구원

²정회원, 한국건설기술연구원 연구위원, 교신저자

³정회원, 한국건설기술연구원 박사후연구원

*Corresponding author: jslee@kict.re.kr

Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Gyeonggi-Do, 10223, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2024년 1월 31일까지 학회로 보내주시면 2024년 2월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

화 특성을 고려한 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초연구로서 국내 항만시설물의 점검 보고서를 참고하여 인천 및 부산에 위치한 항만시설물에 대한 열화 및 손상정도를 검토하였으며, 현재 지침에서 제시하고 있는 열화환경평가와의 관계를 분석하였다. 또한, 기존에 제안하지 않았던 조수간만의 차와 손상과의 관계에 대한 적용성을 검토하여 새로운 열화 환경에 대한 평가 항목을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 기존 문헌 고찰

해양환경에 노출된 콘크리트는 다양한 열화 인자 및 환경적인 요인으로 다른 사회기반시설물보다 성능 저하가 빠르게 진행된다. 해양환경에 노출된 콘크리트의 성능저하 사례에 대해 조사를 수행했던 Metha의 자료를 참고하면 1953부터 55년까지 약 400개 이상의 20-50년 경과된 덴마크 지역의 해안 구조물에 대해 조사한 결과 대상 구조물의 약 40% 시설물에서 성능 저하가 나타났다고 보고하였다(Mehta and Gerwick, 1982). 특히, 조수 간만대 중간부에서 최대 손상이 발생하였는데 이때 주요 열화로 건습 및 동결융해가 반복되는 환경에서의 복합 열화 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 보고하였다. Gjorv는 1962년에 노르웨이 해안선을 따라 700개 이상의 콘크리트 구조물을 조사하였는데, 이때 최저조위 이하와 최고조위 이상의 콘크리트 기둥은 일반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나 간만대에서 많은 기둥의 손상이 확인되었으며 이러한 원인으로 동결융해 작용을 원인으로 추정하였다(Gjorv and Kashino, 1986; Gjorv, 2013). Shilstone은 해양 시설물 특히, 조수차가 발생하는 간만대의 경우 해수 및 대기 상태의 환경과 달리 물/시멘트비를 더 낮게 설정하여 콘크리트의 조직을 치밀하게 하는 것이 바람직하다고 언급하고 있다.

국내의 경우에도 항만시설물의 성능 저하 요인에 대해 연구가 진행되고 있으며, Cha et al.은 점검보고서를 토대로 시설물의 지역별, 구조형식별, 시공상태 등의 특성을 고려하여 상태열화모델을 개발하였으며 이를 토대로 점검보고서의 상태등급과 비교 및 분석하였다(Cha et al., 2015). Lee et al.은 동해, 서해 및 남해안의 항만시설물에서 코어를 채취하여 개발한 열화모델을 바탕으로 노후 항만 콘크리트 구조물의 열화 평가지표를 제시하였는데 이 중 해양콘크리트의 환경조건을 해상 대기중, 해수접촉부, 해수중으로 구분하여 수행하였다(Lee et al., 2009). Lim et al.은 항만 관련 업계에 종사하는 전문가 16 명에게 설문조사를 수행하고 점검 보고서를 분석한 결과 항만 시설물의 손상은 지역적 특성 즉 환경적인 요인을 반드시 고려해야한다고 언급하고 있다. 또한, 우리나라의 경우 3면이 바다이기 때문에 환경적 특성이 다르며 특히 서해의

경우 조수간만에 의한 조위차로 인해 콘크리트의 열화가 다른 해안의 시설물보다 빠르게 진행된다고 보고하고 있다(Lim et al. 2018). Na et al.은 빅데이터 분석을 통해 항만 시설물의 노후화 분석을 수행하였으며 이때 해역의 특성에 따라 동일한 구조형식이라도 외부하중의 영향이 다르게 나타나는 점을 언급하였으며 항만시설물의 성능을 평가하기 위해 구조형식별, 공용년수 외에 추가적으로 해역 및 주변 환경적인 요인 등을 고려해야 한다고 보고하였다(Na et al., 2022). 해양수산부에서도 국내외 트렌드에 맞춰 2026년까지 국내의 해역환경을 고려하여 동해의 고평랑과 서해의 조수간만의 차 등의 요인을 고려한 항만 및 어항 설계기준을 개정한다고 보고하였다.

2.2 대상시설물 선정 및 손상 평가 방법 제시

본 연구의 대상 시설물은 인천항 및 부산항에서 관리하는 항만시설물을 대상으로 선정하였으며 인천항에서 관리하는 시설물 24개소, 부산항에서 관리하는 시설물 10개소로 총 34개소를 대상으로 2006년부터 2020년의 점검 보고서를 수집한 후 분석하였다.

대상 시설물은 콘크리트 시설물로 구조형식 및 주요부재는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침을 참고하여 선정하였으며 이때, 토류벽, 부대시설, 에이프론은 제외하였으며 수중 점검에 해당하는 부분도 제외하였다.

대상 시설물의 손상 평가 방법은 연도별 점검보고서의 외관조사 결과를 바탕으로 Table 1의 손상 항목에 맞는 항목을 대상으로 각각의 손상 면적을 합산하여 연도별 시설물의 손상 면적을 도출하였으며, 각 시설물의 손상 면적을 해당 시설물의 대상 점검 면적으로 나누어 시설물별 손상 면적률을 도출하였다. 이때 손상 면적을 산출할 때에는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 상의 교량편을 참고하였으며 이러한 이유는 항만편의 경우 정성적인 평가기준을 적용하고 있기 때문이다(MOLIT, 2021). 손상 면적은 철근부식 손상과 외부

Table 1 Classification of deterioration and damage items

Items	Deterioration	
	Single	Combined
Reinforcement corrosion damage	<ul style="list-style-type: none"> • crack(more than 0.3mm), scaling • Reinforcement exposed • joint crack, joint damage, etc 	<ul style="list-style-type: none"> • scaling+damage • scaling+efflorescence • etc
External factors damage	<ul style="list-style-type: none"> • spalling, damage • impact damage • abrasion, etc 	<ul style="list-style-type: none"> • crack+efflorescence • etc
Exclude	<ul style="list-style-type: none"> • crazing cracking, crack(less than 0.3 mm) • leakage 	

요인 손상으로 구분하였으며 철근부식 손상은 콘크리트 내부의 철근 부식에 의해 발생하는 열화를 나타내며 철근부식과 상관없이 선박의 충격 등 외부요인에 의해 발생한 열화는 외

Table 2 Environmental evaluation standards for frost damage

Level	Evaluation criteria(X*)	Expanding the grading criteria**	
a	$X < 3$	$X < 3$	
b	$3 \leq X < 50$	b ⁺	$3 \leq X < 25$
		b ⁻	$25 \leq X < 50$
c	$50 \leq X$	c ⁺	$50 \leq X < 75$
		c ⁻	$75 \leq X$

* Number of freeze-thaw cycles = X
 [Minimum daily temperature < -2.2°C] & [Highest daily temperature > 0°C] Average number of days per year
 ** The grades in the guidelines have a wide range of B and C grades, so each grade has been subdivided for the sake of clarity and to enhance discrimination.

Table 3 Environmental evaluation standards for chloride attack (Without level 3)

Level	Coast	Region	Distance from the coast X(m)
c	East	all reions	Splash zone < $X \leq 250$
	West	gochang and taean	Splash zone < $X \leq 500$
		Other regions	Splash zone < $X \leq 120$
	South	sacheon and geoje	Splash zone < $X \leq 50$
other regions		Splash zone < $X \leq 10$	

Table 4 Deterioration environment evaluation results

Deterioration environment	Incheon	Busan
Frost environmental	37.2 (b ⁻ level)	19.5 (b ⁺ level)
Chloride attack environmental	c level	c level

부요인 손상으로 구분하였다. 또한, 손상면적 계산시 균열의 경우 지침을 참고하여 균열 폭이 0.3 mm 미만인 경우에 손상에서 제외하였으며 0.3 mm 이상인 경우 전체 길이에 0.25 m로 곱한 값을 손상 면적으로 계산하였다.

2.3 인천 및 부산 항만시설물의 열화환경 평가

시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편) 중 항만시설물의 내구성 평가에서는 열화환경평가를 염해환경 및 동해환경에 대해 평가하도록 제시하고 있다(MOLIT, 2021). 동해환경 평가는 대상시설물이 위치한 지역의 10년간 동절기 기상청 데이터를 참고하여 동결융해 반복지수를 도출하여 평가하는 방법이고, 염해환경 평가는 해안으로부터 날아오는 대기중의 비래염분량에 대해 평가하는 방법이다. Table 2 및 3은 세부지침에서 제시한 동해환경 및 염해환경 평가에 대한 평가 지표를 정리한 표이며 이때, 염해환경 평가기준의 경우 (Table 3 참고) 항만시설물에 해당하는 항목을 요약하여 일부 항목만 나타내었다.

Table 2 및 3을 참고하여 인천 및 부산 항만시설물에 대한 열화환경 평가를 수행하였다(Table 4 참조). 동해환경 평가시 인천의 경우, 동결융해사이클이 37.2회로 Table 2를 기준으로 b⁻ 등급으로 평가되었으며, 부산의 경우 19.5회로 b⁺ 등급으로 평가되어 인천의 경우 부산보다 연평균 17.7회의 동결융해를 더 받는 것으로 나타났다. 염해환경의 경우 인천과 부산의 대상 시설물이 계류시설물로서 해수와 접하거나 비말대에 있기 때문에 염해환경은 c 등급으로 평가되었다.

2.4 인천 및 부산 항만시설물의 연평균 손상률 검토

Fig. 1은 인천 및 부산항의 시설물별 연평균 손상률을 나타낸 것으로 x축은 대상 시설물을, y축은 연평균 손상률을 나타낸 것이다. 이때, 연평균 손상률은 시설물별 손상률을 총 점검 기간으로 나눈 값이다. 인천항의 시설물은 알파벳으로 표기

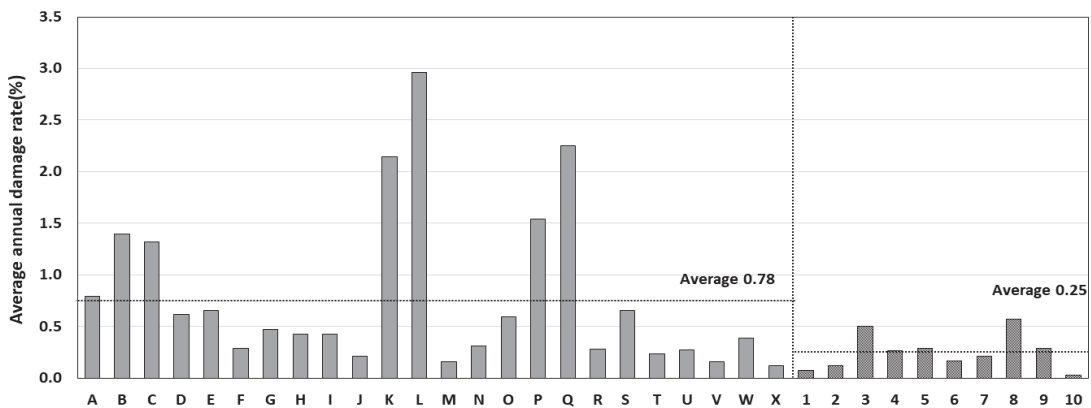


Fig. 1 Average annual damage rate in Incheon and Busan ports

하였으며, 부산항의 시설물은 숫자로 표기하였다.

총 24개의 인천 항만시설물에 대한 손상률에 대해 분석한 결과 인천항의 시설물은 최소 0.12%에서 최대 2.96%의 손상을 나타내었으며 평균적으로 약 0.78%의 손상을 나타내었다. 한편, 10개의 부산 항만시설물에 대한 손상률의 경우 최소 0.03%에서 최대 0.57%의 손상을 나타내었으며 평균 약 0.25%의 손상을 나타내었다.

이를 토대로 인천과 부산의 항만 시설물에 대해서 비교한 결과, 인천항의 시설물이 부산항의 시설물보다 평균 손상률 기준 약 3 배 높은 것으로 나타났으며 이는 부산의 항만시설물의 손상이 1% 발생할 경우 인천항의 경우 평균 3%로 더 높게 발생할 수 있음을 의미한다. 이에 대한 원인은 뒤의 2.4절에서 분석하였다.

Fig. 2 및 Fig. 3은 Fig. 1의 연평균 손상률을 철근부식손상률과 외부요인손상률로 구분하여 나타낸 것으로 x축은 시설물을, y축은 외부요인 및 철근부식 손상률을 나타내었다. 이때 이들 손상률의 합은 연평균 손상률과 동일하다.

Fig. 2는 24 개의 인천 항만시설물에 대한 철근부식 및 외부요인 손상률을 구분하여 정리한 것으로 분석결과 철근부식 손상률의 전체 평균값은 0.41%이며 이상치(시설물 K, L, Q)

를 제외한 평균은 0.37%이다. 외부요인 손상률의 전체 평균값은 0.37%이며, 이상치를 제외한 평균값은 0.17%이다. 또한, 시설물의 전체 손상률 중 철근부식 손상률이 약 53%(이상치 기준시 68%), 외부요인 손상률이 47%(이상치 기준시 32%)의 비율을 나타내었다.

Fig. 3의 부산항의 경우 총 10개 시설물에 대해 철근부식 및 외부요인 손상률을 분석한 결과이다. 분석결과, 철근부식 손상률의 전체 평균값은 0.15%이고, 이상치를 제외한(시설물 7 및 9) 평균값은 0.13%를 나타내었다. 외부요인 손상률의 경우 전체 평균은 0.10%를 나타내었으며 이상치 제외 평균은 0.12%를 나타내었다. 또한, 시설물의 전체 손상률 중 철근부식 손상률이 약 60%(이상치 기준시 53%)이고, 외부 손상률이 40%(이상치 기준시 47%)의 비율을 나타내었다.

인천 및 부산 항만시설물의 철근부식 손상률과 외부요인 손상률을 비교한 결과 인천항의 경우 철근부식 손상률과 외부요인 손상률의 비율이 유사하게 나타났으며 부산항의 경우 철근부식 손상률이 외부요인의 손상률보다 조금 더 높게 나타났다.

이러한 결과를 토대로 2.2절의 열화환경 평가 기준과 비교한 결과 인천과 부산 지역의 열화환경은 동일한 등급을 나타

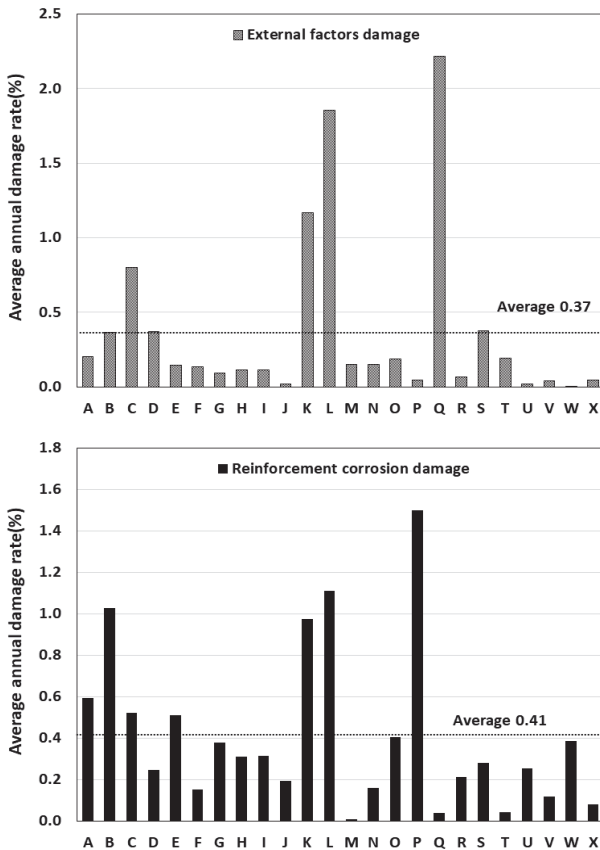


Fig. 2 Classification of damage to Incheon port facilities

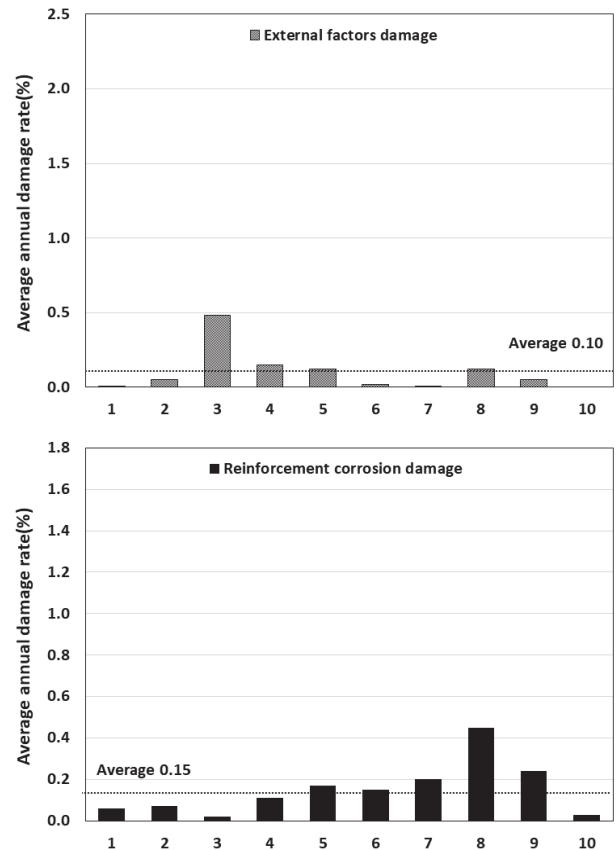


Fig. 3 Classification of damage to Busan port facilities

Table 6 Analysis results of damage rates and average tidal differences of port facilities.

Items	Incheon	Busan
Average annual damage rate (%)	0.78	0.25
Average tidal differences (cm)	946	186

손상이 가장 많이 나타나는 범주로 구분하고 있다. 또한 기존 문헌에서도 간만대에서 가장 많은 손상이 발생하는 것을 보고하고 있으며 이러한 원인은 간만대의 경우 비말대나 해상 대기중에 비하여 해수 조수간만의 차에 의하여 건습이 반복되어 수분, 산소 및 염화물의 공급이 지속적으로 이루어지는 메커니즘을 가지고 있어 콘크리트 내부 철근의 부식에 가장 큰 피해를 줄 수 있는 열화환경을 조성하는 구간이기 때문이다. 따라서, 항만시설물의 경우 간만대와 비말대의 환경이 주요 열화환경인 것으로 판단된다. 다만 방파제 등의 외곽시설에 의하여 방파가 되어 있는 계류시설에서는 비말대의 영향이 상대적으로 작아지게 되므로 동해안과 서해안에서 큰 차이를 보이지 않을 것으로 판단된다. 따라서, 특히 간만대의 영역이 항만시설물 중 계류시설물의 손상에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

간만대의 경우 조차에 의해 나타나는 것으로 Table 5의 조위 분석결과에 따르면 인천의 경우 약 9.5 m, 부산의 경우 약 1.5 m로 나타나 매우 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 요인으로 인천과 부산의 가장 큰 열화환경의 차이는 간만대의 높이 즉, 평균 조위차라고 할 수 있다.

항만시설물의 손상률(Fig. 1)과 조위(Table 5)를 비교하기 위하여 하나로 정리한 결과 Table 6과 같다. 분석 결과 인천 항만시설물이 부산 항만시설물보다 약 3 배 정도 높은 손상률을 나타내었으며 이때 인천 지역의 평균 조위차가 부산 지역의 조위차 보다 약 5 배 정도 높게 나타나 매우 높은 상관관계를 확인할 수 있었다. 또한, 기존문헌에서도 간만대에서 많은 손상을 보고하고 있으며, 우리나라의 항만시설물의 손상에서도 간만대 영역의 크기에 따라 손상률이 비례적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과와 더불어 우리나라는 동서남해안의 조위차가 크게 나타나는 점을 고려하면 항만시설물의 간만대 영역의 크기를 결정하는 지역별 평균조위차는 기존의 열화환경 평가 항목보다 지역 및 해역에 대해 정량적으로 열화환경을 평가할 수 있는 항목이 될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구에서는 인천 및 부산 항만시설물을 대상으로 대상 시설물의 손상률을 분석하고 지침에서 제시한 열화환경 평가와의 관계를 분석하였으며 기존에 제시하지 않았던 조수간만

의 차와 손상과의 관계에 대한 적용성을 검토하였다.

- 1) 인천 및 부산 항만시설물의 손상률을 분석한 결과 인천 항만시설물이 부산의 항만시설물보다 약 3배정도 높은 손상률을 나타내고 있었다.
- 2) 인천 및 부산의 동해 및 염해환경에 대한 열화환경 평가를 수행한 결과 지역에 관계없이 동일한 등급으로 평가된 반면 실제 인천 및 부산항 시설물의 손상률은 큰 차이를 나타내었다.
- 3) 항만시설물에 대한 열화환경 평가 항목에 대해 평균조위차를 지표로 분석한 결과 서해안이 동해안보다 약 5배 정도 높은 조위차를 나타내었다.
- 4) 따라서 항만시설물의 손상에 가장 큰 영향을 미치는 간만대에 대하여 지역 및 해역의 로컬 환경을 반영할 수 있도록 조수간만의 차와 같은 차별화된 항목이 열화환경 평가항목으로 제시되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2021년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기 술진흥원의 지원을 받은 ‘항만인프라 재해 및 노후화 관리기 술 개발(과제번호: 20210603)’사업에 의해 수행되었습니다.

References

1. MOLIT (2021), Detailed Guideline of Safety and Maintenance for Structures-Bridge, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sejong, South Korea (in Korean).
2. <https://www.mof.go.kr/statPortal>
3. <https://www.index.go.kr/unity/potal/main.do>
4. Lim, J., Cho, I., Lee, J., Lee, A., and Park, M. (2018), A Study on Performance Model for Establishing Strategies of Port Facilities Maintenance, *J. Korean Soc. Hazard Mitig.* 18(7), 359-367.
5. Mehta, P. P., and Gerwick, B.C. Jr., (1982), Cracking-Corrosion Interaction in Concrete Exposed to Marine Environment, *American Concrete Institute*, 40(10), 45-51.
6. Mehta, P. K. (1988), Durability of Concrete Exposed to Marine Environment-A Fresh Look, SP-109: Concrete in Marine Environment, *American Concrete Institute*, 109, 1-30
7. Gjorv, O. E., and Kashino, N. (1986), Durability of a 60-year Old Reinforced Concrete pier in Oslo Harbour, *Materials Performance*, 25(2), 18-26.
8. Gjorv, O. E. (2013), Durability Design of Concrete Structures in Severe Environments, CRC Press.
9. Na, Y. H., Park, M. Y., and Choi, D. Y. (2022), A Study of Port Facility Maintenance and Decision-making Support System Development, *Journal of the Society of Disaster Information*, 18(2), 290-305 (in Korean).
10. Shilstone, J. M. (1990), Concrete mixture optimization, *Concrete International*, 12(6), 33-39.

11. Ku, Y., and Choi, J. (2023) A review of the major deterioration and damage of the PSC box girder bridges, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 27(2), 56-65 (in Korean).
12. Shin, E-S., Lee, J-S., Park, S-H., and Han, S-H, (2014), Compressive strength estimation technique of underwater concrete structures using both rebound hardness and ultrasonic pulse velocity values, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 18(4), 118-125 (in Korean).
13. Cha, K., Kim, S-W., Kim, J. H., Park, M-Y., and Kong, J. S. (2015), Development of the Deterioration Models for the Port Structures by the Multiple Regression Analysis and Markov Chain, *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 28(3), 229-240 (in Korean).
14. Lee, S-M., Lee, S-K., Park, W-S., and Han, S-H. (2011), Evaluation model for the residual endurance life of marine concrete considering coupled deteriorations, *The Society of Naval Architects of Korea*, 2072-2075 (in Korean).

Received : 10/11/2023
 Revised : 10/31/2023
 Accepted : 11/08/2023

요 지 : 본 연구에서는 항만시설물의 환경적인 요인과 열화 특성을 고려한 유지관리 방안을 수립하기 위한 기초연구로서 인천 및 부산 항만시설물을 대상으로 점검 보고서를 참고하여 열화 및 손상정도를 검토하였으며 현재 지침에서 제시하고 있는 열화환경평가와의 관계를 분석하였다. 인천 및 부산 항만시설물의 손상 정도를 분석한 결과 인천항이 부산항보다 약 3배 정도 높은 손상을 나타내었으며 인천항의 경우 철근부식 손상과 외부요인 손상의 비율이 유사하게 나타났으며, 부산항의 경우 철근부식 손상이 외부요인 손상의 비율보다 높게 나타났다. 한편 지침에서 제시하고 있는 열화환경 평가와 비교한 결과 지침에서 제시하고 있는 열화환경 평가를 바탕으로 항만시설물을 평가할 경우 정량적 평가를 수행함에 다소 한계가 있는 것으로 확인되었으며 기존 문헌을 참고하여 조수간만의 차를 바탕으로 분석을 수행하였다. 인천 및 부산 지역에 대한 조수간만의 차를 분석한 결과 인천이 부산보다 약 5배 높은 조수간만의 차를 나타내었으며 이는 기존 열화환경 평가 항목보다 지역 및 해역에 대해 정량적으로 열화환경을 평가할 수 있는 항목이 될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 항만시설물, 인천, 부산, 손상, 조수간만의 차
