

잔교식 항만 구조물 유지관리 지침 개발 및 전산화 연구 Development of Port Inspection Manual and Study on the Maintenance DB System

이 성 우* 신 수 봉** 정 만 화***
Lee, Sung Woo Shin, Soo Bong Chung, Man Wha

ABSTRACT

Port structures are one of the important infrastructure of the nation. To ensure safety and extend lifetime of the existing port structures, it is necessary to develop proper maintenance program. In this study, port inspection manual for pier type structure are developed. The flow of inspection program is designed and defect type for each component of wharf is classified. Also systematic method of rating and evaluation is developed together with conceptual design of port maintenance data base system.

1. 서 론

우리나라는 지난 20여년간 수출 지향적인 경제정책을 추진함으로써 수출입 화물량의 증가와 국내 해운업의 발달로 항만의 사용이 날로 빈번해지고 있음에 따라, 새로운 항만시설의 축조와 더불어 기존 항만시설의 안전사고를 사전에 예방하고 시설물의 내구년한을 연장하기 위하여, 건설 년도가 오래된 항만시설에 대한 효율적이고 과학적인 유지관리 체계의 정립이 절실히 요구되고 있다.

이러한 요구에 부응하여 노후항만시설에 대한 우리 실정에 맞는 안전점검 및 정밀안전진단 기술과 보수·보강 지침을 마련하기 위한 연구⁽¹⁾⁽²⁾가 진행되었고, 이 연구결과로 잔교식 항만구조물의 유지관리 지침⁽³⁾⁽⁴⁾이 개발되었다.

본 연구에서는 개발된 지침의 내용을 약술하고 조사된 데이터에 대한 유지관리 전산화 방안을 제안하였다.

2. 안전진단 조사체계

2.1 잔교식 항만 구조물

항만구조물은 구조물 지지형식에 따라 잔교식과 중력식으로 나눌 수 있으며 대상장소의 자연여건

* 국민대학교 토목환경공학부 교수
* * 동아대학교 토목공학과 전임강사
*** 해양수산부 항만건설국 기술안전과장

및 경제성등에 의하여 구조형식이 결정되고 있다. 본 연구에서는 노후화에 따른 문제가 중력식 구조물보다 훨씬 심각한 잔교식 항만구조물을 대상으로 하였다. 전형적인 잔교식 구조물의 주요부재는 그림 1에서 보인바와 같으며, 바닥판, 가로보와 세로보, 말뚝, 토류벽등으로 구성되어 있다.

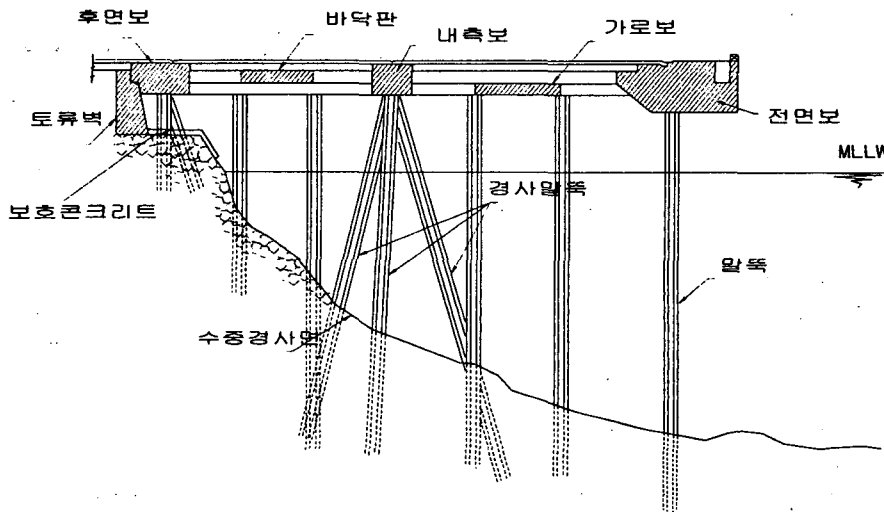


그림 1 잔교식 구조물의 주요 구조 부재

2.2 안전진단 및 유지관리 체계

해외 사례를 조사해 본 결과 안전진단 및 유지관리 체계는 미국의 L.A.항에서 가장 체계적으로 이루어지고 있으며⁽¹⁾ 본 연구에서는 L.A.항 유지 관리체계⁽⁵⁾를 참고하여 지침을 개발하였다. 그림 2에는 개발된 유지관리 지침서에서 제시된 항만 구조물의 안전진단 및 유지관리 체계 흐름도를 보여주고 있다. 그림 2에서 보여주는 바와 같이 항만구조물의 안전점검은 수상부와 수중부로 나누어 실시하며, 안전점검 결과로 구조물의 상태를 평가하고 정밀안전진단 실시 여부를 결정한 후 보수·보강대책을 수립하며 점검 및 보수·보강 결과를 데이터 베이스에 수록하도록 제시하였다. 안전진단 절차와 범위 및 평가 기준은 안전점검 및 정밀안전 지침서⁽³⁾에 따르면 보수기준 및 보수공법은 보수보강 표준지침서⁽⁴⁾를 따르도록 하고 있다

3. 잔교식 구조물의 결함

지침서에는 잔교식 구조물의 결함 형태, 결함 발생원인 및 결함이 구조물에 미치는 영향을 구조 부재별로 분리하여 기술하였고, 점검자가 판별하기 용이하도록 결함사항을 스케치로 작성하였다. 그림 3에는 잔교식 안벽의 부재별 결함 형태를 분류한 표를 보여주고 있으며 지침서에서는 각 결함의 형태를 결함사진과 함께 수록하였고 이용자가 쉽게 판별할 수 있도록 하였다. 그림 4에는 일례로 안전점검시 조사될 수 있는 강 말뚝에 발생하는 결함유형의 스케치를 보여주고 있다. 그림 5에는 정밀안전진단 수행시 수중부 PSC/RC 말뚝의 결함에 대한 기록방법을 보여주고 있다. 그림 5에서 알 수 있는 바와 같이 정밀안전진단은 보수·보강을 전제로 하여 실시하므로 결함의 상세한 사항을 기록하도록 하였다.

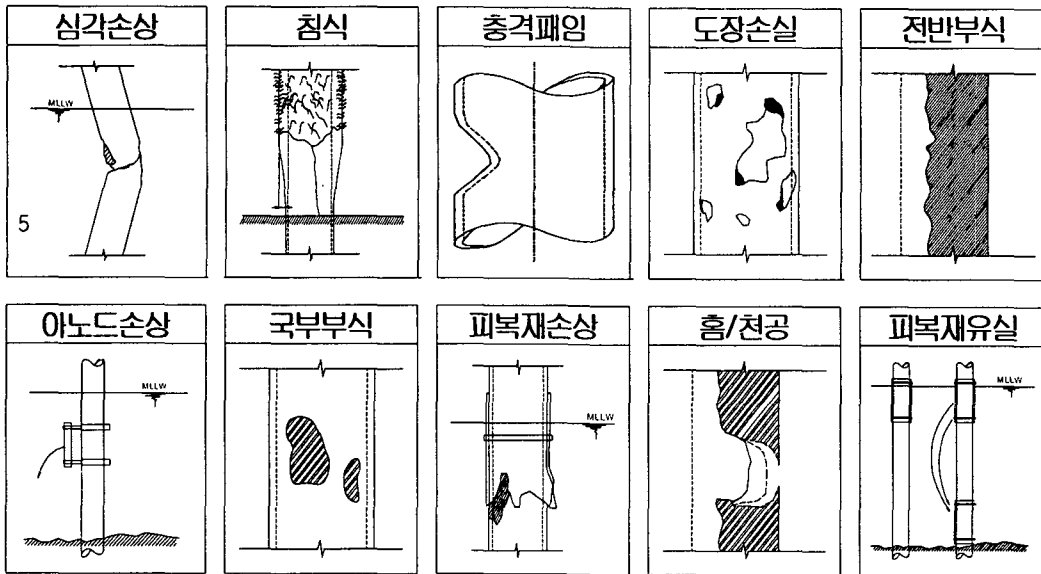


그림 4 강말뚝에 발생하는 결함 유형들

4. 상태 평가 방법

안전점검시 상태평가등급은 구조요소별로 우선 설정하고 그 결과를 토대로 구조물 전체의 상태평가 등급을 정의한다. 따라서, 구조요소별 상태평가등급은 전체구조물에 대한 상태평가등급을 결정하기 위한 기초자료로 사용되며, 전체구조물에 대한 상태평가 결과에 따라 정밀안전진단을 실시할 것인 지를 결정하게 된다.

잔교식 구조물의 각 구조요소(바닥판, 세로보, 가로보, 말뚝)별로 상태를 평가하여 표 1에서와 같이 5등급(A-E등급)으로 분류한다.

표 1 구조요소별 상태평가등급 및 해당 평가점수

평가등급	평가점수	상태
A	5	손상없음
B	4	경미한 손상
C	3	불량한 손상
D	2	심각한 손상
E	1	위험한 손상

구조요소별로 각 등급에 해당하는 평가점수는 콘크리트부재인 경우는 표 2에 의하여, 강재부재인 경우는 표 3에 의하여 결정하며, 결함에 대한 조사의 결과를 토대로 표에서 주어진 평가점수 범위 안에서 조사자의 판단으로 정한다. 따라서, 조사자는 각 구조요소별로 조사한 결함결과를 기록한 점검야장을 토대로 조사결과 요약서를 작성하며, 평가점수에 의하여 구조요소별로 상태평가등급을 결정하게 된다. 이때 각 부재의 평가등급은 부재별로 기록된 결함에 의한 평가점수중 최소치를 기준으로 설정한다.

표 2 콘크리트 부재의 결함종류에 따른 상태점수 기준

결함종류	평가점수					
	바닥판	세로보	가로보	RC 말뚝	PSC 말뚝	토류벽
파손	1	1	1	1	1	1
충격손상	4	4	4	4	3-4	4
과응력균열	3-4	2-3	3-4	2-3	2-3	3-4
부식균열	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	3-4
부분부식박리	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	3-4
완전부식박리	3-4	2-3	3-4	2-3	1-2	3-4
부식-스트립	-	3-4	3-4	-	-	-
말뚝연결부 균열	-	-	-	3-4	2-3	-
침식	-	-	-	3-4	2-3	-

표 3 강말뚝의 결함종류에 따른 상태점수 기준

결함상태		평가점수	
심각손상		1	
충격패임		2-4	
단면부식 및 침식	부식종류	전반부식	국부부식
	두께감소비		
	5 - 10%	4	4
	10 - 30%	3	4
	30 - 50%	2	3
50% 이상	1	2	
흠 · 천공	3mm이하의 흠	평가점수를 설정하지 않음	
	3mm이상의 흠 혹은 천공	단면부식에 의한 평가점수를 1씩 감소시킴	
도장손실	0-25%	평가점수를 설정하지 않음	
	25% 이상	단면부식에 의한 평가점수를 1씩 감소시킴	
아노드손상		단면부식에 의한 평가점수를 1씩 감소시킴	
피복재손상		단면부식에 의한 평가점수를 1씩 감소시킴	
피복재유실		단면부식에 의한 평가점수를 1씩 감소시킴	

전체 구조물에 대한 상태평가등급은 각 구조요소별 결함에 대한 상태평가의 결과를 토대로 설정하게 되며, 그 평가등급은 다시 5등급(A-E등급)으로 분류한다.

상태평가등급에서 A등급(최상)으로 분류되면 별 다른 조치 없이 다음 기회의 정기점검을 시행하면 되고, B등급(양호)으로 분류되면 방충재, 차막이 교체등과 같은 일상보수를 실시한 후 다음 기회의 정기점검을 시행하도록 하며 정밀안전진단은 수행할 필요가 없다. 그러나, 분류된 등급이 C등급(불량), D등급(심각), E등급(위험)일 경우에는 정밀안전진단을 실시하도록 조치한다. 특히, D등급(심각)일 경우에는 구조물의 사용을 일시적으로 제한할 필요가 있고, E등급(위험)의 경우는 구조물의 사용이 불가능할 것으로 판단되는 경우로 즉각적으로 사용을 중지시키고 정밀안전진단을 실시하여 보수, 보강, 개축 등의 보수방법을 결정하도록 한다.

구조부재별 상태등급은 다음과 같이 산정한다. 우선 각 부재별로 평가등급 판정에 사용되는 구조부재의 수(N_R)는 조사된 총 구조부재의 수(N_T)에 표본부재 백분율(SP)을 곱하여 결정한다. 여기서 추출

할 표준 백분율은 표 4와 같으며 구조부재가 구조물의 안정에 미치는 영향이 클수록 보다 작은 백분율을 사용함으로써 보다 심각한 경우의 부재들만을 사용하여 평가하도록 하는 지수이다. 조사된 구조부재 중 손상이 큰 즉, 평가점수가 작은 부재부터 N_R 개만큼 선택하게 되며, 각 평가점수에 해당하는 부재 갯수에 평가점수를 곱하고 총 N_R 개에 대한 이들의 합을 구하여 이를 중요도 등급(RS)으로 정한다. 이 중요도 등급을 N_R 로 나눈 값이 영향지수(CTR)이며, 표 5에 수록된 CTR 범위에 따라 부재별 평가등급(A등급~E등급)을 결정한다. 구조 부재별 상태평가등급이 결정되면 전체 구조물의 상태평가등급은 계산된 구조 부재별 평가등급 중 위험한 쪽의 등급을 기준으로 설정하게 된다.

표 4 구조요소의 중요도에 따라 추출할 부재 백분율

구조부재	SP : 표본부재 백분율(%)
RC/PSC 발목	25
강발목	25
새로보	30
바닥판	40
가로보	40
토류벽	50

표 5 계산된 CTR값에 따른 구조물 상태평가등급

평가등급	CTR 범위
A (최상)	$4.5 < CTR \leq 5.0$
B (양호)	$3.5 < CTR \leq 4.5$
C (불량)	$2.5 < CTR \leq 3.5$
D (심각)	$1.5 < CTR \leq 2.5$
E (위험)	$1.0 \leq CTR \leq 1.5$

5. 유지 관리 전산화

본 연구에서는 개발된 지침에 따라 조사된 데이터를 효과적으로 수록할 수 있는 항만구조물 유지관리 DB 프로그램의 기본 개념을 제시하였다. 제안한 유지관리 프로그램의 명칭은 POMIS(Port Maintenance Information System)라 가정하였다. DB 기본항목은 항만시설물 현황 D/B, 점검자료 D/B, 보수자료 D/B 및 이력 D/B이며 각 모듈의 내용은 그림 6과 같이 구성하였다.

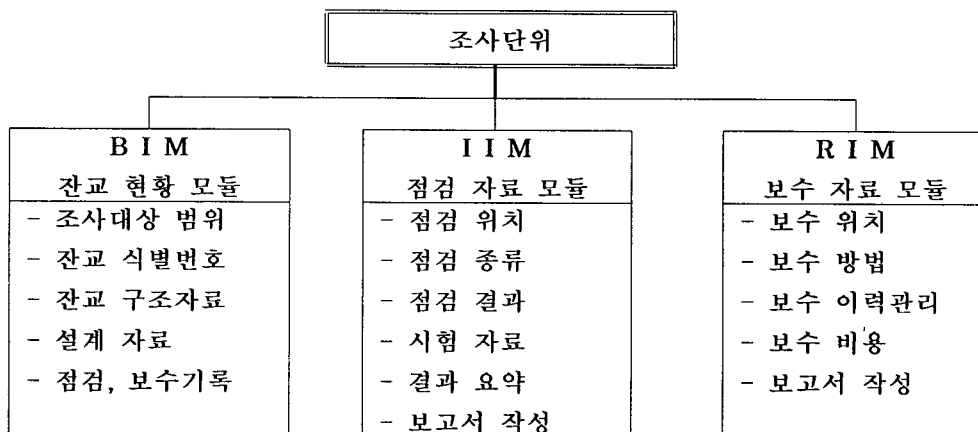


그림 6 POMIS 조사단위별 DB 모듈

유지관리 전산 프로그램의 DB 세부항목 내용은 각 조사단위에 포함되는 부재별 점검결과 및 보수

이력이 된다. 따라서, 부재별로 조사된 결함의 형태, 위치, 상태평가 등과 그에 대한 보수이력 등 안전진단 지침에서 정의한 내용이 각각의 DB 세부항목이 된다. DB 세부항목인 부재별 결함형태는 그림 3과 같이 분류하였다. 조사된 데이터는 각 항의 기본 조사단위별로 세 가지의 DB 모듈로 구성되고 운영되며, 구축된 데이터 베이스의 운영도는 그림 7과 같이 서로 연계된다. DB 개념설계에 대한 보다 상세한 내용은 참고문헌 2에 기술되어 있다.

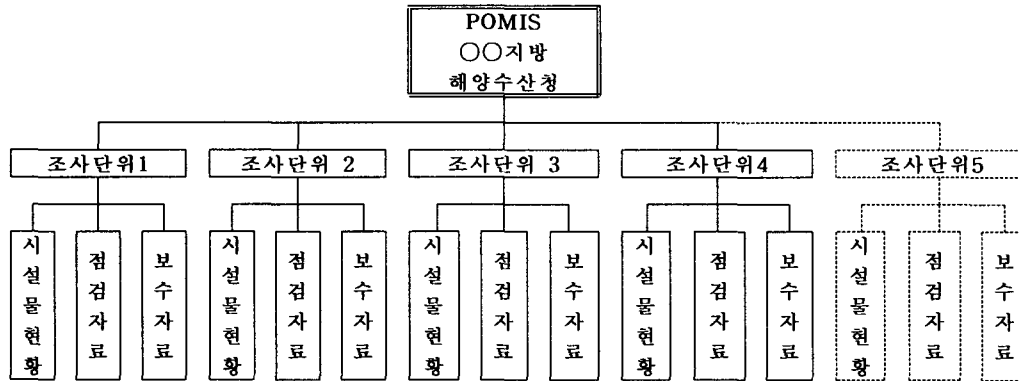


그림 7 POMIS DB 구성 연관 체계

6. 결론

본 연구에서는 개발된 항만구조물 잔교식 안벽 안전점검 및 정밀안전진단지침의 내용을 약술하였고, 지침에 따라 조사된 기록을 유지할 수 있는 유지관리 DB 시스템의 개념 설계방안을 제시하였다. 지침에서는 잔교식 안벽의 안전진단 조사체계를 수록하였으며 구조부재별 결함형태를 스케치 및 사진과 함께 수록하여 점검자가 쉽게 판별할 수 있도록 작성하였다. 점검결과로 상태평가를 실시한 후 정밀안전진단 여부를 결정할 수 있도록 하였고, 체계적인 상태평가 방법을 제시하였다. 또한 본 연구에서는 조사된 결과의 기록 유지를 위해 잔교현황모듈, 점검자료모듈, 보수자료모듈로 구성된 유지관리 DB 시스템의 기본 개념설계를 실시하였다.

7. 감사의 글

본 연구는 해양수산부의 연구비 지원으로 이루어 졌음을 밝히며, 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이성우외, 노후항만구조물 안전진단 기술 및 보강연구기법 연구 (1차), 연구보고서, KMU/SSRC -96/06, 국민대학교 구조안전 연구소, 1996
2. 이성우외, 노후항만구조물 안전진단 기술 및 보강연구기법 연구 (2차), 연구보고서, KMU/SSRC -97/11, 국민대학교 구조안전 연구소, 1997
3. 해양수산부, 항만구조물 잔교식 안벽 안전점검 및 정밀안전진단 지침서, 1997
4. 해양수산부, 항만구조물 잔교식 안벽 보수보강 표준지침서, 1997
5. Han-Padron Associate, Port of L.A. Concrete Wharf Inspection Manual, 1995