

# 댐 시설물 보수·보강공법 선정을 위한 우선순위지수에 대한 고찰

김동현<sup>1</sup>, 박형준<sup>2</sup>, 윤희정<sup>3</sup>, 이승오<sup>4\*</sup>

## Review of the Priority Index for Selection between Repair and Reinforcement Methods of Dam Facilities

Dong Hyun Kim<sup>1</sup>, Hyung Jun Park<sup>2</sup>, Hee Jung Youn<sup>3</sup>, Seung Oh Lee<sup>4\*</sup>

**Abstract:** After the collapse of the Seongsu Bridge in the 1990s in Korea, attention was focused on the maintenance of facilities. The government has established various policies since the enactment of the Act in 1995 until recently. In general, safety inspections are performed to evaluate the safety grade of facilities, and facilities are maintained and managed by performing repairs and reinforcements for defects. However, since the budget is limited, it is impossible to carry out repair and reinforcement projects for all defects. It is necessary to prioritize repair and reinforcement measures. Then, the priority index (PI) is presented considering the importance of members, the seriousness of defects, and economic feasibility. In this index, the degree of influence can be adjusted within the range of 50 to 100% according to the expert's subjective judgment, and the same weight is set for some specific members. Also, the effect through repair and reinforcement is not taken into account decisively, and most of them have a limit in which priority is determined by economic feasibility. Therefore, in this study, through several case studies, problems with the priority index were reviewed and an equation was presented to improve them.

**Keywords:** Priority index, Repair and reinforcement, Facility, Maintenance

### 1. 서론

현재 국내 댐과 하천 시설물은 각각 616개소와 5,882개소로 추산되고 있으며 이 중 30년 이상 노후화된 시설물은 현재 각각 45%와 18%로 나타났다. 특히 댐 시설물의 경우 현재도 노후화가 심각한 상황이다. 향후 10년이 지난다면 댐시설물은 전체의 62%, 하천시설물은 39%가 노후화될 것으로 예상되고 있다(Fig. 1). 이처럼 국내 기반시설에 대한 노후화 우려는 지속적으로 제기되고 있으며 이에 맞춰 유지관리업 분야의 기성실적은 꾸준히 증가하여 2007년 약 42,000 여건에서 2017년에는 약 78,000 여건으로 약 80% 증가하였다. 또한 정책적으로도 시설물의 노후화 진행에 대비하기 위해 성능평가를 도입하여 기존의 안전점검 및 정밀안전진단보다 확대된 개념의 안전 및 유지관리를 수행하고 있다. 그러나 이러한 체

계 변화에도 평가 이후의 조치에 관한 부분은 아직까지도 일부 한계점이 나타나고 있는 실정이다. 특히 시설물 안전점검이나 정밀안전진단에 의해 발견된 결함에 대한 보수·보강을 수행하기 위해서는 한정된 예산의 문제로 보수·보강에 대한 우선순위를 선정해야한다. 이에 시설물안전법 세부지침 상에 우선순위지수(PI, Priority Index)를 제시하고 있으나, 단순히 가격에 의해서 지배적으로 결정되고 있는 실정이다.

시설물 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침에 의하면 보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말하며, 보강은 부재나 시설물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복 혹은 향상시키는 것을 목적으

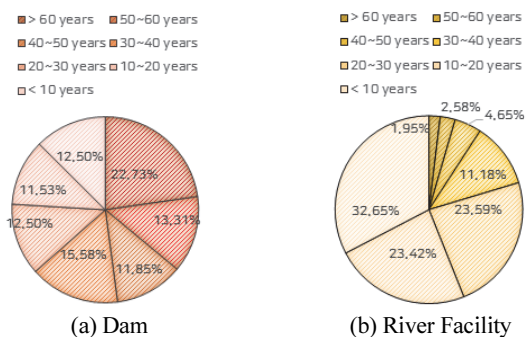


Fig. 1 Current facility deterioration rate

<sup>1</sup>정회원, 홍익대학교 건설환경공학과 박사후연구원

<sup>2</sup>정회원, 홍익대학교 건설환경공학과 석사과정

<sup>3</sup>정회원, 홍익대학교 건설환경공학과 교수

<sup>4</sup>정회원, 홍익대학교 건설환경공학과 교수, 교신저자

\*Corresponding author: seungoh.lee@hongik.ac.kr

Department of Civil and Environmental Engineering, Hongik University, Seoul, 04066, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2023년 7월 31일까지 학회로 보내주시면 2023년 8월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

로 한 대책을 말한다. 최근까지 보수보강 공법과 부재, 결합, 공법의 효과 등은 많은 연구자들이 다양한 방법으로 연구해 왔다. 주로 보수보강을 결정하는 기준이나 의사결정에 관한 것보다는 공법개발, 보수재료의 품질 등에만 초점이 맞춰져 있었다. 보수 혹은 보강의 우선순위를 결정하는 연구는 미비한 실정이다. 물론 우선순위 결정에 앞서 보수·보강 공법이나 그 효과에 대한 연구는 필수적이나 제한된 예산에서는 가장 효과적인 보수·보강 공법을 선정하는 것 또한 매우 중요한 일이다.

국내에서는 우선순위 선정에 관한 연구가 시설물별 몇 차례 수행된 바 있다. Lee and Kim(2004)는 교량의 내진보강방안을 결정하기 위하여 지진하중에 대한 손상가능성과 성능향상효과를 분석하였다. 지진하중에 의한 손실비용에 근거한 취약부위별 가중치를 대상으로 우선순위를 선정하였다. 보강에 의한 효과를 모의분석을 통해 실시하였다. Oh and Kang(2012)는 구조물의 보수·보강 수준 및 우선순위 결정을 위한 프로그램을 개발한 바 있다. 해당 프로그램은 토목시설물 중단일구조형식을 가진 교량과 터널의 라이닝을 대상으로만 하였다. 이후 Park and Ju(2013)은 철근 콘크리트 구조물의 보수 우선순위를 위한 의사결정 모델을 개발하였다. 이들은 보수 긴급성을 결정하기 위해 실험데이터를 항목화하고 상태지수를 활용한 수식을 제시하였다. 가장 최근에는 Choi et al.(2022)가 급경사지 옹벽을 대상으로 재해위험도와 보수보강 비용을 고려한 투자 우선순위 결정방법에 대한 연구를 진행하였다. 이는 실제 투입된 보수보강비용자료를 토대로 우선순위지수를 결정하였다. 실무에서 사용되고 있는 시설물안전법 세부지침 상에 의하면 보수를 위해서는 성능평가 결과 등을 이용하고, 보강을 위해서는 성능평가 및 안전성평가 결과를 상세히 검토하고 발생된 결함의 종류 및 정도, 시설물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해 필요한 보수·보강 방법의 수준을 정하도록 하고 있다. 이처럼 보수·보강과 관련된 일부 기준 등은 제시되어 있지만 아직까지도 시설물별 합리적이고 체계적인 기준 마련은 시급한 실정이다(Kang et al., 2013).

해외의 경우 국내보다 보수·보강 기준 및 매뉴얼을 근거로 합리적인 설계 및 품질 유지를 수행 중에 있다. 미국의 경우 ACI(미국콘크리트학회), ICRI(국제콘크리트보수학회) 및 주정부기관 등에서 보수·보강 관련 기준 등을 제정하고 있다(Evans et al., 1993). 일본의 경우도 국토교통성과 같은 정부기관과 JSCE(일본토목학회) 등 다양한 기관에서 보수·보강 지침 또는 매뉴얼을 발간하고 있다. 그러나 국내·외 관련 기준 및 매뉴얼에서도 보수·보강 공법의 우선순위 결정에 관한 기준은 미비한 실정이다. 또한 제시된 우선순위 산정방안들은 공법에 대한 효과보다 대부분 비용측면의 경제성에 치우쳐져

있는 경우가 많다. 효과를 고려하는 경우에도 해당 방안들이 담 시설물과 같은 복합시설물에 제대로 반영되는지는 미지수이다. 따라서, 본 연구에서는 현재 보수·보강 우선순위 산정지수에 대한 문제점을 도출하고, 이를 개선할 수 있는 신규 지표를 제안하였다.

## 2. 현행 시설물 보수·보강방안

### 2.1 보수·보강방안 개요

국내 일반적인 보수·보강은 정밀안전진단 및 성능평가 대상시설물의 현장조사 결과 검토 및 분석을 통한 평가 및 진단 결과를 활용하여 설정된 목표에 따른 보수보강 방법 및 전략을 제시한다. 시설물 성능평가의 경우 시설물의 종합성능이 목표성능에 미달하는 경우 보수·보강이 필요한 부재, 부위, 시설의 보수보강을 통해 성능목표를 달성할 수 있다. 안전점검 및 정밀안전진단의 경우에도 현장조사 및 각종 시험에 의해 시설물의 물리적·기능적 결함과 내재되어 있는 위험 요인을 발견하는 것이 목적이다. 따라서 점검 및 진단 결과에 따라 신속하고 적절한 보수·보강 방법 및 조치방안 등을 제시하여야 한다. 성능평가와 마찬가지로 안전등급결과에 따라 손상 부위 및 결함이 있는 부재 등에 대하여 적용할 보수·보강 방법과 우선순위 등의 유지관리 전략을 제시하여야 한다.

### 2.2 보수·보강방안 결정 절차

국내의 일반적인 보수·보강 절차는 Fig. 2에 나타나있다. 점검 및 정밀안전진단과 성능평가 실시 결과, 세부지침 상의 중대한 결함이 발견되면 시설물안전법 제24조에 의거 시설물의 보수·보강 등 필요한 조치를 수행해야 한다. 또한 안전성 평가 결과 “d”등급 이하로 평가된 개별시설물인 경우 우선순위지수(PI, Priority Index)가 낮더라도 투자우선 2순위로 선정하여 시설물의 목표성능이 유지되도록 한다. 그 외의 경우

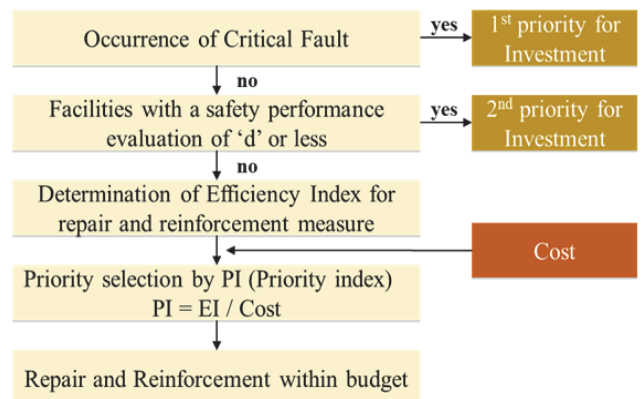


Fig. 2 General procedures of repair and reinforcement

에는 각 보수·보강 공법별 비용을 산출한 후 각 성능에 대한 영향도(가중치)를 반영하여 효과지수(EI, Efficient Index)를 결정한다. 해당 공법별 예상 비용 산정을 진행하고 최종적으로 우선순위지수(PI)를 활용하여 보수·보강 공법을 결정한다. 이 때 우선순위지수가 낮더라도 관리자의 판단에 따라 보수·보강이 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 수 있다.

### 2.2.1 중대한 결함

시설물안전법 시행령 제18조에서 시설물의 중대한 결함을 제1항 시설물기초의 세굴, 부등침하 등 대통령령으로 정하는 중대한 결함과 제2항 교량 난간의 파손 등 대통령령으로 정하는 공중이 이용하는 부위에 대한 결함으로 구분하였다. 중대한 결함이란 시설물의 구조안전에 중대한 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함을 말하며, 발견된 후, 관리주체 등에 의해 조치가 결정된다. 성능평가 시 점검기간 동안 시설물과 인명에 중대한 위험을 끼칠 가능성이 있는 시설물의 결함이 발견되는 경우에는 즉시 관리주체에게 통보해야 하며, 관리주체는 필요한 조치를 조치해야 한다.

### 2.2.2 우선순위지수(Priority Index) 결정

보수·보강 조치를 위한 우선순위는 우선순위지수를 이용하여 산정할 수 있다. 우선순위지수는 2021년 12월에 시설물안전법의 세부지침이 대대적으로 개정됨에 따라 수정되었다. 본 절에서는 과거 우선순위지수와 수정된 우선순위지수를 모두 분석하여 문제점을 도출하였다.

먼저 초기 우선순위지수의 경우 부재별 손상내역과 보수물량에 따른 비용(Cost), 성능 간 가중치( $P_i$ )와 부재가중치( $E_i$ )를 이용하여 산정한다. 해당 산정식은 부재의 중요도와 보수·보강 비용 모두 고려할 수 있다. 우선순위지수 계산 공식은 Eq. (1)과 같다.

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^3 (P_i \times E_i)}{Cost} \quad (1)$$

$$E_i = w_i \times E \quad (2)$$

여기서,  $P_i$ 는 성능간 가중치로  $i=1, 2, 3$ 으로 각각 안전성능, 내구성능, 사용성능을 의미한다.  $E_i$ 는 부재 가중치로  $i$ 는 동일한 의미를 갖는다. 또한  $E_i$ 는 공법별 가중치와 영향도를 이용하여 산정한다(Eq. (2)).  $w_i$ 는 보수보강 공법별 가중치이며,  $E$ 는 영향도(중요도)를 나타낸다.

2021년에 개정된 우선순위지수는 Eq. (3)와 같이 비용에 대

한 고려 없이 부위 또는 부재 등에 대하여 손상별·부재별·성능간·등급별·가중치를 활용하여 보수·보강 우선순위를 결정하였다. 또한 투자우선순위 지수(PI) 산정 가이드(KALIS, 2022)를 발간함에 따라 실무자들의 이해를 돕고자 하였다.

$$PI = D_n \times M_n \times P_n \times G_n \quad (3)$$

여기서,  $P_n$ 는 성능간 가중치,  $M_n$ 은 부재별 가중치로 기존의 가중치와 동일하며  $D_n$ 은 손상별 가중치,  $G_n$ 는 등급별 가중치로 추가되었다.

기존과 금회 수정된 각 시설물의 성능간 가중치 및 부재 가중치는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편)」(KALIS, 2022)의 부록3 “시설물별 성능간 가중치 및 부재가중치”와 금회 제정한 투자우선순위 지수(PI) 산정 가이드의 시설별 가중치를 참고하여 산정할 수 있다. 부재별 가중치는 동일한 결함이라고 하더라도 부재에 따라 시설물에 미치는 영향이 다르기 때문에 설정하는 가중치이다. 성능간 가중치는 종합성능을 평가하기 위해 안전·내구·사용성능으로 구분에 대한 가중치이다. 금회 추가된 손상별 가중치는 손상의 종류에 따른 가중치로서 본 논문에서 대상으로 하고 있는 수리시설물의 경우에는 중요결함, 국부결함, 일반손상에 대해 구분하고 있다. 마지막으로 등급별 가중치는 발생한 결함 또는 비파괴시험의 결과는 5분위(a, b, c, d, e)로 평가되는 동일한 종류의 손상이라고 하더라도 평가등급에 따라 시설물에 미치는 영향정도가 다르다고 판단하여 등급별 가중치를 제시하였다.

### 2.2.3 보수·보강방안 결정

보수보강방안 결정은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단편) 해설서」(KALIS, 2022)에 제시되어 있는 기본시설물의 보수보강방안을 준용하여 수행한다. 복합 시설물인 댐 시설은 댐, 상수도, 교량, 건축물, 터널 시설물편의 해설서를 참조하여 결정한다. 주로 일반적인 보수·보강방안은 재료, 재료별 결함 및 손상내용에 따라 결정한다.

시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침 제34조 보수·보강 우선순위의 결정에는 보수보다는 보강을 보조부재 보다는 주 부재를 우선시 하라고 되어 있다. 또한 중대한 결함임에도 불구하고 투자우선순위가 밀릴 것을 막기 위해 책임 기술자 판단 하에 보수·보강이 반드시 필요한 경우에는 제시된 가중치 값과 관계없이 모든 가중치를 1.0으로 부여하여 최우선적인 투자우선순위가 될 수 있도록 하였다. 이에 대한 상세의견은 보고서에 수록하여야 한다.

### 3. 우선순위지수 개선식

#### 3.1 현재 우선순위지수 문제점 분석

본 절에서는 초기 우선순위지수 산정식과 최근까지 수정되었던 산정식에 대한 문제점을 분석하였다. 이를 위해 댐 시설의 등급 평가 및 보수·보강공법 적용 사례를 조사하였다. 제한된 유지관리 예산으로 시설물의 안전을 담보하기 위해서는 결함 부재의 중요도, 보수·보강으로 인한 시설물의 성능개선 효과, 보수·보강을 수행하기 위한 비용이 모두 강조되어야 할 것이다. 그러나 제시된 우선순위를 산정식은 이 같은 고려사항들을 모두 반영하지 못하고 있다.

##### 3.1.1 초기 우선순위지수 (PI)

먼저 2절에서 제시한 Eq. (1)의 경우 우선순위지수를 산정하기 위하여 성능간 가중치, 부재별 가중치, 비용으로 구분할 수 있고 부재별 가중치는 공법별 가중치, 영향도 (Impact Degree)로 구성된다. 여기서, 영향도의 범위는 Table 1에 나타난 것처럼 전문가 의견을 통해 일반적으로 50~100%의 범위 안에서 조정할 수 있다. 따라서 전문가의 판단에 따라 최대 2배정도의 차이를 줄 수 있다. 공법별 가중치는 부재에 따라 정해져 있는 값으로 세부지침이 제시되어 있다. 그러나, 특정 부재에 동일한 값이 제시되어 있다는 점은 보수·보강 우선순위 지수 산정에 문제점을 발생시킨다. 예를 들어 Table 1과 같이 필댐(Fill Dam)의 댐마루(Dam crest) 안전성능에 대한 부재가중치는 16.1이다. 만약 댐마루에 대한 보수·보강을 실시한다고 하면 투자된 비용이나 적용범위, 향상된 성능평가 항목과는 무관하게 부재가중치는  $16.1 \times 1.0$ 로 결정된다. 여기에 안전성능의 가중치(댐의 경우 0.74)가 정해져 있기 때문에 Eq. (2)의 효과지수(EI, Efficiency Index)는 댐마루에 대한 다양한 종류의 보수·보

**Table 1** Weight of evaluation item for dam (KALIS, 2021)

Performance	Evaluation Item	Weight		Impact Degree [%]
		Fill	Concrete	
Safety (E <sub>1</sub> )	Dam crest	16.1	14.3	50~100
	Water face	15.1	16.7	50~100
	Toe face	16.0	23.8	50~100
Durability (E <sub>2</sub> )	Concrete		30.0	50~100
	Steel Coating		30.0	50~100
	Steel Deterioration		30.0	50~100
Usability (E <sub>3</sub> )	Gate work		29.9	50~100
	Drivig motor		15.2	50~100
	Measuring Instrument		14.3	50~100

강 공법과 동일한 값을 갖는다. 그러나 댐마루에서 발생한 종방향 균열을 보수·보강하는 것과 댐마루의 가드포스트 파손에 대한 보수·보강을 하는 경우는 그 중요도나 효과가 다를 것이다. 이는 결국 비용에서만 큰 영향을 받게 되어 비용이 적은 보수·보강 조치가 가장 우선순위가 높은 결과를 나타내는 문제점이 발생한다.

##### 3.1.2 투자우선순위지수 (modified PI)

수정된 Eq. (3)의 경우 우선순위지수를 산정하기 위해 기존의 성능간 가중치, 부재별 가중치에 더해 손상별 가중치와 등급별 가중치를 추가하였다. 이는 앞서 지적한 동일한 부재에 다른 보수·보강 공법을 적용한다고 하더라도 동일한 가중치가 적용된 것을 해결하기 위한 방안으로 판단된다. 앞의 예시처럼 댐마루 부재의 가중치가 16.1이지만 Table 2와 같이 종방향 균열(중요결함 0.41)과 가드포스트 파손(일반손상 0.28)의 손상별 가중치가 달라 각각 다르게 우선순위가 도출될 수 있다. 또한 동일한 손상이라고 하더라도 손상정도에 따라 가중치를 부여하기 위하여 등급별 가중치를 설정하였다. 종방향 균열이 발생하였을 때 균열의 정도에 따라 보수·보강 우선순위가 달라질 수 있도록 설정하였다(Table 3). 그러나 개선된 우선순위 지수의 경우도 기존의 산식에 비해 효과적으로 개선된 것은 분명하나 궁극적인 목적인 저비용 고효율의 보수·보강을 위한 우선순위를 선정하기에는 한계점이 있다. 동일한 부재, 손상, 등급상태에서 저렴한 가격으로 시설물의 성능개선 효과가 뛰어난 공법을 선정하는 것이 중요하다. 따라서 현재 개선식에 최종적으로 비용과 물량, 개선효과를 반영할 수 있는 수식이 필요하다.

**Table 2** Weight by defect (KALIS, 2022)

Grade	Conversion weight			Remark
	Major defect	Local defect	Damage	
a	0.33	0.33	0.33	
b	0.36	0.32	0.32	
c	0.38	0.32	0.30	
d	0.43	0.31	0.26	
e	0.55	0.27	0.18	
Sum	2.05	1.55	1.39	
Average	<b>0.41</b>	<b>0.31</b>	<b>0.28</b>	

**Table 3** Weight by grade (KALIS, 2022)

Grade	Conversion Weight					Remark
	a	b	c	d	e	
Weight	<b>0.09</b>	<b>0.10</b>	<b>0.16</b>	<b>0.26</b>	<b>0.39</b>	

### 3.2 우선순위지수 적용예시

#### 3.2.1 초기 우선순위지수 적용예시 : 댐 시설물

앞 절에서 도출한 우선순위지수 문제점을 분석하기 위하여 우선순위지수 산정 가이드의 보수보강사례에 적용하였다.

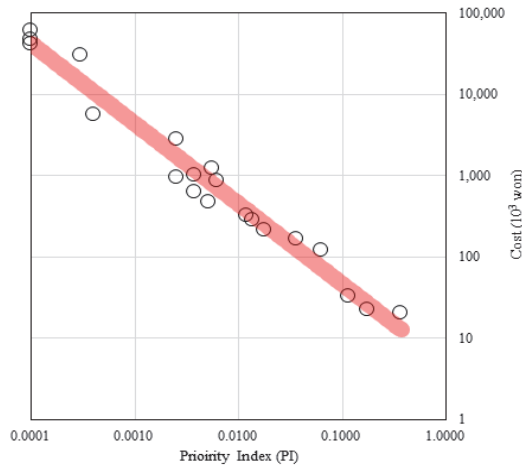


Fig. 3 Relationship of cost and priority index (A Dam)

Table 4는 국내의 A댐의 성능평가보고서 일부를 발췌한 것으로 여수로의 접근수로, 조절부(월류웨어, 피어, 어비트먼트), 조절부(권양교 및 공도교), 급경사수로, 감세공, 권양기에 대한 보수보강 물량과 단가, 비용 등을 나타낸 것이다. 또한 부재가중치( $E$ )와 성능가중치를 곱한  $EI$  값이 나타나있다. 이를 이용하여 기존의 우선순위지수 산정식을 적용하면 Table 4의 Rank에 나타난 것처럼 우선순위를 산정할 수 있다. 산정 결과 Fig. 3에 나타난 것처럼 우선순위지수(PI)는 유지보수비용에 반비례하는 것을 확인할 수 있다. 문제점에서 지적하였던 것처럼 초기의 우선순위지수는 부재별가중치와 성능간 가중치가 손상에 관계없이 일정하기 때문에 동일한 부재에 대해서는 가격에 의해 우선순위가 결정되는 것을 알 수 있다. 이는 보수보강의 효율을 저하시킬 가능성이 있다.

#### 3.2.2 투자우선순위지수 적용예시 : 댐 시설물

2022년에 제시된 투자우선순위지수 산정가이드(KALIS, 2022)에 제시된 것처럼 투자우선순위의 가중치는 손상별, 성능별, 등급별, 부재별로 구분되어 있다. 앞 절의 국내의 A댐의

Table 4 Example of calculation for priority index (KSMI, 2020)

Members	Damage	Quantity (m <sup>3</sup> )	Unit Price (10 <sup>3</sup> won)	Cost (10 <sup>3</sup> won)	Member Weight			EI			Sum (EI)	Priority Index (PI)	Rank
					Safety ( $E_1$ )	Durability ( $E_2$ )	Usability ( $E_3$ )	Safety ( $E_1 \times P_1$ )	Durability ( $E_2 \times P_2$ )	Usability ( $E_3 \times P_3$ )			
Approach Channel	Crack (< 0.3mm)	0.63	53	33	3.22	8.57	0.00	2.383	1.457	0.000	3.840	0.1150	3
	Crack (>= 0.3mm)	3.21	67	215	3.22	8.57	0.00	2.383	1.457	0.000	3.840	0.0179	6
	Efflorescence	17.92	53	950	3.22	0.00	0.00	2.383	0.000	0.000	2.383	0.0025	14
	Peering, falling, breakage	261.91	178	46,620	3.22	0.00	0.00	2.383	0.000	0.000	2.383	0.0001	20
Controller (Weir, Pier, Abutment)	Crack (< 0.3mm)	18.86	53	1,000	3.22	8.57	0.00	2.383	1.457	0.000	3.840	0.0038	12
	Crack (>= 0.3mm)	4.20	67	281	3.22	8.57	0.00	2.383	1.457	0.000	3.840	0.0136	7
	Efflorescence	11.74	53	622	3.22	0.00	0.00	2.383	0.000	0.000	2.383	0.0038	13
	Peering, falling, breakage	231.11	178	41,138	3.22	0.00	0.00	2.383	0.000	0.000	2.383	0.0001	19
Spillway Controller (Bridge)	Crack (< 0.3mm)	6.11	53	324	3.22	8.57	0.00	2.383	1.457	0.000	3.840	0.0119	8
	Crack (>= 0.3mm)	0.33	67	22	3.22	8.57	0.00	2.383	1.457	0.000	3.840	0.1737	2
	Efflorescence	8.82	53	467	3.22	0.00	0.00	2.383	0.000	0.000	2.383	0.0051	11
	Peering, falling, breakage	31.20	178	5,554	3.22	0.00	0.00	2.383	0.000	0.000	2.383	0.0004	16
Steep Slope Waterway	Crack (< 0.3mm)	23.03	53	1,221	7.26	8.57	0.00	5.372	1.457	0.000	6.829	0.0056	10
	Crack (>= 0.3mm)	41.00	67	2,747	7.26	8.57	0.00	5.372	1.457	0.000	6.829	0.0025	15
	Efflorescence	16.23	53	860	7.26	0.00	0.00	5.372	0.000	0.000	5.372	0.0062	9
	Peering, falling, breakage	1,718.05	178	305,813	7.26	0.00	0.00	5.372	0.000	0.000	5.372	0.0000	22
Hydraulic Energy Dissipater	Crack (< 0.3mm)	0.38	53	20	8.08	8.57	0.00	5.979	1.457	0.000	7.436	0.3692	1
	Crack (>= 0.3mm)	1.76	67	118	8.08	8.57	0.00	5.979	1.457	0.000	7.436	0.0631	4
	Efflorescence	3.12	53	165	8.08	0.00	0.00	5.979	0.000	0.000	5.979	0.0362	5
	Peering, falling, breakage	342.70	178	61,001	8.08	0.00	0.00	5.979	0.000	0.000	5.979	0.0001	18
Windlass	Wire rope aging	57	20,000	100,000	0.00	14.30	0.00	0.000	2.431	0.000	2.431	0.0000	21

여수로 부재의 보수·보강 조치를 개정된 투자우선순위지수에 적용하였다(Table 5). 손상별 가중치는 댐편의 일반콘크리트의 손상의 값을 사용하였다. 해당 손상은 여수로의 부재별 균열, 백태, 파손 및 손상 등이기 때문에 국부결함과 일반손상으로 구분되며 가중치는 0.28과 0.31로 나타났다. 댐의 부재 가중치의 경우 산정가이드에 의해 모두 1.0이며, 해당 손상등은 모두 안전성능에 대한 부분이기 때문에 성능별 가중치는 0.74로 동일하다. 또한 성능평가 보고서에 의하면 해당 손상들의 등급은 모두 b등급으로 나타났으며 이 경우 우선순위지수의 결과 값이 두 개의 값으로 결정되어 우선순위를 산정하기 어렵다. B 댐 예시의 경우 성능등급이 모두 같고 여수로 부재에 대해서만 우선순위지수를 산정한 사례로 댐 시설물 전체를 감안하였을 때는 국부적인 결과라 생각할 수 있다. 그러나, 여수로 파손에 의해 약 19만명의 주민들이 강제대피한 오로빌 댐 사고(TEAM, 2018)를 생각해본다면 동일 부재내에서도 보수·보강에 대한 우선순위 결정은 매우 중요한 문제라 볼 수 있다. 해당 사고 보고서에 의하면 보수부위의 내구성 저하, 앵커의 지지력 손실, 배수시스템의 성능 저하 등의 안전 및 유지관리 부실에 대한 지적도 있었다.

다양한 투자우선순위 적용 예시를 위해 B댐의 성능평가 사례를 확인하였다. 해당 손상, 보수물량 및 단가 정보 등 조치 계획은 총 80개로 분석되었다(KSMI, 2020). A 댐과 마찬가지로 안전성능, 내구성능, 사용성능을 평가하였으며 안전성능

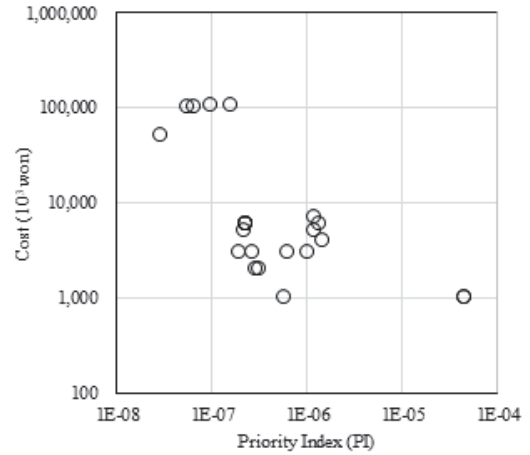


Fig. 4 Relationship between cost and priority index applying the modified equation (A Dam)

Table 5 Example of calculation for priority index (KSMI, 2020)

Members	Damage	Quantity (m <sup>3</sup> )	Unit Price (10 <sup>3</sup> won)	Cost (10 <sup>3</sup> won)	Defect Weight (D <sub>n</sub> )	Member Weight (M <sub>n</sub> )	Performance Weight (P <sub>n</sub> )	Grade Weight (G <sub>n</sub> )	Priority Index (PI)	Rank
Approach Channel	Crack (< 0.3mm)	0.63	53	33	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
	Crack (>= 0.3mm)	3.21	67	215	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Efflorescence	17.92	53	950	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Peering, falling, breakage	261.91	178	46,620	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
Controller (Weir, Pier, Abutment)	Crack (< 0.3mm)	18.86	53	1,000	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
	Crack (>= 0.3mm)	4.20	67	281	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Efflorescence	11.74	53	622	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Peering, falling, breakage	231.11	178	41,138	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
Spillway Controller (Bridge)	Crack (< 0.3mm)	6.11	53	324	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
	Crack (>= 0.3mm)	0.33	67	22	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Efflorescence	8.82	53	467	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Peering, falling, breakage	31.20	178	5,554	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
Steep Slope Waterway	Crack (< 0.3mm)	23.03	53	1,221	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
	Crack (>= 0.3mm)	41.00	67	2,747	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Efflorescence	16.23	53	860	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Peering, falling, breakage	1,718.05	178	305,813	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
Hydraulic Energy Dissipater	Crack (< 0.3mm)	0.38	53	20	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
	Crack (>= 0.3mm)	1.76	67	118	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Efflorescence	3.12	53	165	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02294	1
	Peering, falling, breakage	342.70	178	61,001	0.28	1.0	0.74	0.10	0.02072	12
Windlass	Wire rope aging	571	20,000	100,000	0.31	1.0	0.74	0.10	0.02072	12

의 경우에는 댐체와 여수로, 기계설비에 대한 평가를 수행하였다. 평가결과 보고서에 의하면 B댐도 모두 안전성능에 대한 보수·보강 조치를 계획하였으며, 대부분 국부결함(0.31)이나 일반손상(0.28)으로 우선순위는 등급 가중치에 의해 결정되는 양상을 나타내었다. 등급 가중치 또한 대부분 b, c등급이기 때문에 평가결과가 c등급이면서 국부결함(0.31)에 해당하는 보수보강 조치가 가장 높은 우선순위로 나타났다. 이는 80개의 조치계획이 4개의 우선순위지수로 결정되기 때문에 조치에 대한 변별력이 있다고 보기 어렵다(Fig. 4). 또한 실제로 우선순위 가이드를 활용하여 가중치를 산정할 때 가이드라인에 적용되지 않은 손상에 대해서는 가중치를 산정하기 어려운 부분이 있는 등의 한계점도 확인할 수 있었다.

### 3.3 우선순위지수 개선식 제안

본 절에서는 우선순위지수에 대한 문제점을 개선시키기 위한 개선식을 제시하고자 한다. 제시하고자 하는 개선식은 보수보강비용과 보수보강을 통해 시설물의 성능이 개선되는 효과를 고려함에 따라 가장 효율적인 우선순위를 선정하고자 함에 목적이 있다. 즉, 비용 대비 보수보강을 통한 개선효과를 고려함에 따라 경제성과 보수보강의 효율성을 판단할 수 있다. 유사한 개념으로는 경제성 분석 시 활용되는 CEA(Cost-Effective Analysis)이다. 정책 달성에 필요한 비용 대비 정책으로 발생할 수 있는 효과를 비교하는 분석법으로 본 논문에서 제시하는 개선식과 유사한 개념이라 할 수 있다.

#### 3.3.1 개선식 제안

제안된 식은 종합평가지수의 효과를 고려함에 따라 보수보강비용이 크더라도 보수보강에 의해 종합평가지수가 많이 향상되면 우선순위지수가 높게 나올 수 있도록 제안되었다.

$$PI = (D_n \times M_n \times \Delta E_n) / C \quad (4)$$

$$\Delta E_n = E_{after} - E_{before} \quad (5)$$

여기서,  $M_n$ 은 부재별 가중치,  $D_n$ 은 손상별 가중치로 기존의 가중치와 동일하며,  $\Delta E_n$ 는 성능지수 향상분으로 보수보강 전후의 종합평가지수 차이로 산출한다. 즉, 보수보강전의 종합평가지수( $E_{after}$ )와 보수보강 후의 종합평가지수( $E_{before}$ )의 차로 계산하며 종합평가지수는 Eq. (5)로 계산한다. 단, 종합 성능등급 산정 시에는 안전성능이 가장 작은 경우 안전성능 지수가 종합평가지수가 되지만, 보수보강의 우선순위 산정 시에는 Eq. (5)를 그대로 사용해야 한다.

보수보강에 의해 발생한 종합평가지수 향상분은 보수보강 조치의 종류와 범위에 따라 적용되는 평가항목을 수정함으로

써 산정할 수 있다. 즉, b등급이나 c, d등급으로 평가된 항목이 보수보강조치에 의해 a등급으로 평가될 것으로 예상되면, 평가항목이 a등급으로 항상 평가됨에 따라 변하는 시설물별 성능평가지수(En)를 산정하고, 이를 활용하여 종합평가지수( $\Delta E_n$ )를 산정한다. 보수보강 조치전과 후의 종합평가지수 향상분을 고려하여 Eq. (4)에 의해 우선순위지수를 산정한다. 이때 보수보강조치는 안전성능, 내구성능, 사용성능 중 하나의 평가항목에만 반영할 수 있으나, 책임기술자의 판단에 따라 두 개 이상의 평가항목에 반영할 수 있다.

#### 3.3.2 개선식 적용예시

본 논문에서는 A 댐의 보수보강에 대한 상태안전성능지수 향상분을 이용하여 보수보강 우선순위를 도출하였다. Table 6은 보수보강 전의 성능평가지수와 보수보강 후의 성능평가지수를 이용하여 산출한 성능지수 향상분을 도출한 결과이다. 보수보강 전의 성능평가지수는 실제 평가된 값을 활용하였다. 각 개별부재에 대한 보수보강조치에 의해 개별부재의 평가지수가 변함에 따라 안전성능 평가지수가 변화하는 것을 추적하였다. 각 개별부재에서 여러 개의 평가항목이 c등급인 경우에는 1개의 보수보강조치에 의해서 개별부재의 평가등급이 변하지 않아 다양한 보수보강조치의 조합이 필요하다. 따라서 손상명 및 보수보강내용에 제시된 내용은 개별부재에서 c등급으로 평가된 모든 평가항목을 보수보강하는 것을 의미한다.

안전성능에 대한 보수보강조치만 포함시켰으므로 기본시설의 안전성능평가지수만 변화함을 알 수 있다. 보수보강조치 19와 20은 댐체의 상류와 하류사면에서 발생한 침하에 대한 보수보강조치 및 평가지수 변화를 보여주고 있다. 댐체의 상류사면에 있는 개별부재에 침하현상을 보수보강하는 경우 안전성능평가지수가 0.145만큼 상승하는 것을 알 수 있으며, 단일 보수보강조치에 의한 가장 큰 향상분을 보여준다. 반면 하류사면의 개별부재에서 침하에 대한 보수보강의 경우 안전성능지수가 변하지 않는다. 이는 개별부재의 중요도가 다르게 산정되었기 때문이다. Table 6에 나타난 것처럼 보수보강조치가 개별부재별로 구분되어 제시되어 있으나, 경우에 따라 개별부재에 대한 보수보강조치를 두 개 조합하였다. 예를 들면, 복합부재 접근수로에 대해 개별부재(01, 02, 03)에서 각각 평가항목에 대한 보수보강조치를 한 경우 안전성능지수를 산정했을 뿐만 아니라, 보수보강조치 1과 2가 동시에 이루어졌을 때(Method 4)의 평가지수도 산정해 보았다.

전체 안전성능지수에 미치는 영향은 0이 대부분인 이유는 개별시설의 평가지수 산정 시 여러 복합부재의 안전성능지수의 최댓값과 최솟값이 큰 영향을 미치며, 그 사잇값들은 개별 시설 평가지수에 영향을 미치지 않기 때문이다. 이런 특징은

안전성능평가지수를 향상시키기 위해 필요한 보수보강조치의 조합을 도출할 때 우선적으로 고려해야 할 사항이다.

Table 7은 보수보강우선순위 선정을 위한 각 보수보강조치별 종합평가지수 향상분( $\Delta E_i$ )과 보수보강비용, 그리고 우선순위지수(PI)와 우선순위를 제시한 결과이다. 우선순위지수 산정을 위해서 보수보강비용이 필요하여 각 보수보강조치별 비용을 가정하였는데, 개별부재에 평가등급이 c인 경우 a로 변경을 위해 필요한 보수보강비용을 평가항목 별 1,000,000원으로 일괄적으로 가정하였다. 이는 보수보강비용을 파악하기 어려울 뿐만 아니라 본 연구의 목적이 보수보강비용에 의해 결정되는 PI에 대한 문제점을 해결하는데 있기 때문이다. 접근수로의 개별부재(01)에 발생한 백태, 파손, 식생 3개의 보

수보강에 대해서는 3,000,000원이 소요되고, 조절부의 개별부재(03)에서 c등급으로 평가된 보수상태, 파손, 파손(보수부재 손상), 박리, 박리(보수부재 재손상)는 5개의 보수보강이 필요하다고 판단하여 5,000,000원으로 가정하였다. 보수보강조치의 조합인 경우에는 가정된 보수보강비용을 합산하여 가정하였다. 단 급경사수로부의 경우 개별부재 개수가 너무 많기 때문에 개별부재 절반의 보수보강비용으로 50,000,000원, 전체의 보수보강비용으로 100,000,000원을 가정하였다. 역시 보수보강비용 크기가 현실적이지 않을 수 있으나, 보수보강비용에 의해 결정되는 기존의 우선순위지수에 대한 개선안을 도출하고 개선된 식의 합리성을 확인하는 데 충분하다고 판단된다.

**Table 6** Example of calculation for improvement of performance grade ( $\Delta E_n$ ) (KSMI, 2020)

Method	Members	Damage, Repair and Reinforcement	Change of Grade	Safety ( $E_1$ )	Durability ( $E_2$ )	Usability ( $E_3$ )
1		01 Exfoliation, Efflorescence, Breakage, Vegetation	c → a	0.000	0.000	0.000
2	Approach Channel	02 Exfoliation	c → a	0.000	0.000	0.000
3		03 Exfoliation	c → a	0.000	0.000	0.000
4		- Combination (Method 1+ Method 2)		0.000	0.000	0.000
5		01 Exfoliation, Breakage	c → a	<b>0.003</b>	0.000	0.000
6	Controller (Weir, Pier, Abutment)	02 Breakage	c → a	<b>0.002</b>	0.000	0.000
7		03 Breakage, Exfoliation	c → a	<b>0.004</b>	0.000	0.000
8		- Combination (Method 6+ Method 7)		<b>0.005</b>	0.000	0.000
9		01 Exfoliation, Breakage	c → a	0.000	0.000	0.000
10	Steep Slope Waterway	02 Exfoliation, Breakage	c → a	0.000	0.000	0.000
11		03 Exfoliation, Breakage	c → a	0.000	0.000	0.000
12		04 1/2 members (Exfoliation, Breakage)	c → a	<b>0.005</b>	0.000	0.000
13		05 All members (Exfoliation, Breakage)	c → a	<b>0.020</b>	0.000	0.000
14		01 Crazing, Vegetation	c → a	<b>0.002</b>	0.000	0.000
15	Hydraulic Energy Dissipater	02 Exfoliation	c → a	<b>0.002</b>	0.000	0.000
16		03 Breakage, Exfoliation	c → a	<b>0.002</b>	0.000	0.000
17		- Combination (Method 14+ Method 15)		<b>0.006</b>	0.000	0.000
18	- Combination (Method 15+ Method 16)		<b>0.011</b>	0.000	0.000	
19	Up. Slope	01 Subsidence	c → a	<b>0.145</b>	0.000	0.000
20	Down. Slope	01 Subsidence	c → a	0.000	0.000	0.000
21		- Combination (Method 1+ Method 15)		<b>0.022</b>	0.000	0.000
22		- Combination (Method 1+ Method 15+ Method 16)		<b>0.030</b>	0.000	0.000
23		- Combination (Method 1+ Method 2+ Method 15)		<b>0.022</b>	0.000	0.000
24	Combination	- Combination (Method 1+ Method 2+ Method 15+ Method 16)		<b>0.030</b>	0.000	0.000
25		- Combination (Method 13+ Method 14)		<b>0.022</b>	0.000	0.000
26		- Combination (Method 1+Method 13+ Method 14)		<b>0.033</b>	0.000	0.000
27		- Combination (Method 1+Method 2+Method 13+ Method 15)		<b>0.060</b>	0.000	0.000



Table 7에 나타난 것처럼 우선순위지수가 가장 높아 우선 순위 1번으로 지정되는 보수보강조치는 19번(Method 19)으로 댐체 상류사면에 발생한 침하를 보수보강하는 것이다. 두 번째 우선순위는 Method 1과 감세공에 대한 Method 15를 동시 수행하는 것으로 나타났다. Fig. 4는 개선된 식을 적용한 우선순위지수와 보수보강비용의 관계를 나타내고 있는데, 보수보강비용 크기와 우선순위지수의 변화가 큰 관계가 없도록 개선되었음을 확인할 수 있다. 적용 예시를 통해서 제안된 식이 기존 식에서 발생한 문제점들을 해결할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 개선된 식을 사용함에 있어 고려해야 할 점들도 파악되었다. 첫째, 우선 다수의 보수보강조치를 조합하여 종합평가지수가 산정됨에 따라 조합할 수 있는 보수보강

조치의 수가 다양하여 이를 최적화해야하는 과정이 필요하다. 이는 기술자의 판단에 의해 보수보강 우선순위선정의 질이 달라질 수 있음을 의미한다. 둘째로, 댐과 같이 많은 개별부재로 구성된 복합부재가 있는 경우 보수보강조치에 의해 종합성능평가지수가 변하지 않는 경우가 발생할 수 있다는 점이다. 복합부재의 조치가 후순위로 밀릴 가능성이 있다. 이 경우 다수의 개별부재를 묶어 보수보강조치 조합을 도출해냄으로써 극복할 수 있을 것으로 생각된다. 세 번째는 공법 별로 구분되지 않고 보수보강이 적용되는 개별부재 별로 구분된다는 점이다. 따라서 보수보강비용을 각 개별부재 별 산정해야 하며, 보수보강의 규모에 의해 변경되는 보수보강비용을 산정하는데 애로점이 있을 것으로 생각된다. 그러나 전술

**Table 7** Results of calculation for modified priority index

Method	Damage, Repair and Reinforcement	Cost (10 <sup>3</sup> won)	Safety ( $\Delta E_1$ )	Defect Weight ( $D_n$ )	Member Weight ( $M_n$ )	Priority Index ( $PI$ )	Rank
1	Exfoliation, Efflorescence, Breakage, Vegetation	3,000	0.000	0.28	1.0	0.00	-
2	Exfoliation	1,000	0.000	0.28	1.0	0.00	-
3	Exfoliation	1,000	0.000	0.28	1.0	0.00	-
4	Combination (Method 1+ Method 2)	2,000	0.000	0.28	1.0	0.00	-
5	Exfoliation, Breakage	3,000	<b>0.003</b>	0.28	1.0	2.71E-07	11
6	Breakage	3,000	<b>0.002</b>	0.28	1.0	1.96E-07	14
7	Breakage, Exfoliation	5,000	<b>0.004</b>	0.28	1.0	2.18E-07	13
8	Combination (Method 6+ Method 7)	6,000	<b>0.005</b>	0.28	1.0	2.33E-07	12
9	Exfoliation, Breakage	1,000	0.000	0.28	1.0	0.00	-
10	Exfoliation, Breakage	1,000	0.000	0.28	1.0	0.00	-
11	Exfoliation, Breakage	1,000	0.000	0.28	1.0	0.00	-
12	1/2 members (Exfoliation, Breakage)	50,000	<b>0.005</b>	0.28	1.0	2.97E-08	19
13	All members (Exfoliation, Breakage)	100,000	<b>0.020</b>	0.28	1.0	5.63E-08	18
14	Crazing, Vegetation	2,000	<b>0.002</b>	0.31	1.0	3.26E-07	9
15	Exfoliation	1,000	<b>0.002</b>	0.28	1.0	5.88E-07	8
16	Breakage, Exfoliation	2,000	<b>0.002</b>	0.28	1.0	2.94E-07	10
17	Combination (Method 14+ Method 15)	3,000	<b>0.006</b>	0.31	1.0	6.30E-07	7
18	Combination (Method 15+ Method 16)	3,000	<b>0.011</b>	0.28	1.0	1.04E-06	6
19	Subsidence	1,000	<b>0.145</b>	0.31	1.0	4.50E-05	1
20	Subsidence	1,000	0.000	0.31	1.0	0.00	-
21	Combination (Method 1+ Method 15)	4,000	<b>0.022</b>	0.28	1.0	1.51E-06	2
22	Combination (Method 1+ Method 15+ Method 16)	6,000	<b>0.030</b>	0.28	1.0	1.39E-06	3
23	Combination (Method 1+ Method 2+ Method 15)	5,000	<b>0.022</b>	0.28	1.0	1.20E-06	4
24	Combination (Method 1+ Method 2+ Method 15+ Method 16)	7,000	<b>0.030</b>	0.28	1.0	1.19E-06	5
25	Combination (Method 13+ Method 14)	102,000	<b>0.022</b>	0.31	1.0	6.63E-08	17
26	Combination (Method 1+Method 13+ Method 14)	105,000	<b>0.033</b>	0.31	1.0	9.86E-08	16
27	Combination (Method 1+Method 2+Method 13+ Method 15)	106,000	<b>0.060</b>	0.28	1.0	1.58E-07	15

한 우려사항들은 보완 가능한 것들로 생각되며, 유지관리전략 수립 시 기술자 능력과 노력에 따라 투자비용 대비 종합성능평가지수를 많이 개선할 수 있도록 우선순위가 결정될 것으로 예상된다.

#### 4. 결 론

과거 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편)-공통편”과 “투자우선순위 지수(PI) 산정 가이드 (KALIS, 2022)”에서 제시한 보수보강 우선순위지수는 두 가지 문제점이 존재한다. 첫째로 효과지수(ED)는 고정된 값인 부재별 가중치에 의해 결정되는 값으로 보수보강에 의한 시설물의 종합평가지수가 향상된 정도를 보수보강 우선순위 결정에 활용하지 않는다. 둘째, 보수보강의 우선순위는 보수보강비용에 절대적으로 의존되어 결정된다. 이러한 문제점들을 개선하기 위해 새로운 우선순위지수 산정식을 제안하였다. 제안된 산정식은 보수보강에 의한 종합평가지수의 향상분을 고려하여 보수보강의 우선순위가 비용에 의해 결정되는 문제점을 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 시설물의 평가지수의 변동을 반영할 수 있다는 장점이 있다.

수정된 개선식을 댐 사례에 적용하여 기존의 우선순위 산정식에서 발생한 문제점들을 해결할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 개선된 식을 사용함에 있어 고려해야 할 점들도 파악되었다. 우선 다수의 보수보강조치를 조합하여 종합평가지수가 산정됨에 따라 조합할 수 있는 경우의 수를 최적화하는 방안이 필요하다. 또한, 댐의 사례에서와 같이 많은 개별부재로 구성된 복합부재가 있는 경우 보수보강조치에 의해 종합성능평가지수가 변하지 않는 경우가 발생할 수 있다는 점이다. 복합부재의 보수보강조치가 후순위로 밀릴 가능성이 있다. 이 경우 다수의 개별부재를 묶어 보수보강조치 조합을 도출해냄으로써 극복할 수 있을 것으로 생각된다. 세 번째는 보수보강이 공법 별로 구분되지 않고 보수보강이 적용되는 개별부재 별로 구분된다는 점이다. 따라서 보수보강비용을 각 개별부재 별 산정해야 하며, 보수보강의 규모에 의해 변경되는 보수보강비용을 산정하는데 애로점이 있을 것으로 생각된다. 그러나 전술한 우려사항들은 보완 가능한 것들로 생각되며, 유지관리전략 수립 시 기술자 능력과 노력에 따라 투자비용 대비 종합성능평가지수를 많이 개선할 수 있도록 우선순위가 결정될 것으로 예상된다.

종합성능지수는 관리의 목적이지 그것이 시설물 안전관리의 기준 혹은 본질이 되어서는 안된다. 따라서, 우선순위지수에 사용되는 종합성능지수도 절대적인 기준이 될 수 없다. 그러나, 한정된 재정자원에서 최대의 효율을 끌어내기 위해서는 객관적인 산정지수가 필요하다. 따라서, 본 논문에서 수정 개

선식을 제안하였다. 그러나 이 경우에도 한계점이 존재하며 이를 보완하기 위해서는 기술적인 부분 외에도 우선순위지수를 산정하기 이전의 제도적인 개선안도 함께 고려되어야 할 것으로 판단된다. 특히 현재 제시한 개선식에 대한 현장적용성 부분을 고민해야하며, 시설물 형식의 다양성을 고려한 일반화 연구가 수행되어야 한다. 향후 보수보강 우선순위에 대한 전반적인 개선안에 대한 연구를 수행한다면 보다 합리적이며 효율적인 우선순위를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

이 논문은 행정안전부 재난안전 공동연구 기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2022-MOIS63-002).

#### References

1. Choi, J. S., Shin, Y. J., and Baek, W. H. (2022), Investment Prioritization Method for Steep Slope Retaining Wall Considering the Disaster Risk and the Repair and Reinforcement Cost, *Journal of the Korean Geotechnical Society*, 38(12), 79-89. (in Korean)
2. Evans, L. D., Romine, A. R., Patel, A. J., and Mojab, A. G. (1993), Concrete Pavement Repair Manuals of Practice (No. SHRP-H-349). SHRP-H-349, SHRP, National Research Council, Washington DC.
3. Kang, C., Shin, J. Y., and Oh, K. J. (2013), Domestic and foreign facility repair/reinforcement manuals and guidelines, *Journal of the Building Construction*, 13(6), 18-23.
4. KALIS (2022), Guideline and Commentary of Safety Inspection and In-depth Safety Inspection for Structures-Bridge, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation, Korea. (in Korean)
5. KALIS (2022), Guide of Calculation for Priority Index(PI), Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation, Korea. (in Korean)
6. KSMI (2020), Establishment of evaluation criteria, such as performance evaluation guidelines for ancillary facilities and other facilities of dams and river facilities, KALIS. (in Korean)
7. Lee, S. W., and Kim, S. H. (2004), Retrofit Measures Based on Seismic Retrofit Priority of Existing Bridges, *Journal of Earthquake Engineering Society of Korea*, 8(3), 77-86.
8. Oh, K. J., and Kang, C. (2012), Development of Program for Decision of Repair and Strengthen Level and Priority in Structures, *Proceeding of Korea Concrete Institute*, 519-520. (in Korean)
9. Park, C. W., and Ju, M. K. (2013), A Decision Model for Repair Priority of Reinforced Concrete Structures. *Magazine of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 17(1), 89-101. (in Korean)
10. Team, I. F. (2018). Oroville dam spillway incident. *Dam & Safety*, (1), 56.

Received : 03/02/2023

Revised : 04/18/2023

Accepted : 04/18/2023

---

**요 지** : 1990년대 성수대교 붕괴 이후 시설물의 유지관리에 대한 전국민적 관심이 집중되었다. 이에 정부는 1995년 법의 제정을 시작으로 최근까지 다양한 정책을 수립해왔다. 일반적으로 안전점검을 수행하여 시설물의 안전등급을 평가하고 결함에 대한 보수·보강을 실시하여 시설물을 유지·관리하고 있다. 그러나 유지관리 예산은 한정적이기 때문에 모든 결함에 대한 보수·보강 사업을 실시할 수 없는 실정이다. 이에 보수·보강 조치의 우선순위를 선정하는 것이 필요하다. 이를 위해 부재의 중요도, 결함의 심각성, 경제성을 고려한 우선순위지수(PI, Priority Index)를 제시하고 있다. 이 지수는 전문가의 주관적인 판단에 의해 영향도를 50~100%범위 안에서 조정할 수 있으며, 일부 특정 부재는 동일한 가중치가 설정되어 있다. 또한 결정적으로 보수보강을 통한 효과를 고려하지 못하고, 대부분 경제성에 의해 우선순위가 결정되는 한계점이 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 몇 가지 사례분석을 통해 현재 우선순위지수에 대한 문제점을 고찰하고 이를 개선할 수 있는 우선순위 산정식(PI)을 제시하였다.

**핵심용어** : 우선순위지수, 보수·보강, 댐 시설물, 유지관리

---