

투자우선순위 지수(PI) 산정 가이드

2023. 12.



본 가이드는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침
(성능평가 편)」('22.12.개정)에 따라 변경된 유지관리전략
수립을 위한 투자우선순위 지수(PI) 산정에 대한 이해를 돕기
위하여 작성한 것으로 개별 시설물의 특성 및 제반여건
등을 고려하여 적절히 응용하여 적용할 수 있습니다.

목 차

제1장 투자우선순위 산정 방법

제2장 가중치의 적용

제3장 시설물편 상세

3.1. 교량

3.2. 터널

3.3. 항만

3.4. 댐

3.5. 공항(여객터미널)

3.6. 하구둑

3.7. 수문

3.8. 제방

3.9. 상수도

3.10. 옹벽

3.11. 절토사면

제1장 투자우선순위 산정 방법

「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편)」 개정('21.12.)에 따라 조사된 손상 및 결함이 있는 부위 또는 부재 등에 대하여 손상별·부재별·성능간·등급별 가중치를 활용한 투자우선순위 지수(PI: Priority Index)를 산정하여 보수·보강 순위를 결정하고, 이를 바탕으로 시설물의 효율적 유지관리가 이루어 질 수 있도록 투자우선순위를 유지관리전략 수립에 활용하도록 하고 있다.

$$\text{우선순위지수} = D_n \times M_n \times P_n \times G_n$$

여기서, D_n : 손상별 가중치

M_n : 부재별 가중치

P_n : 성능간 가중치

G_n : 등급별 가중치

이에 투자우선순위지수 산출 가이드북은 투자우선순위 지수(PI) 산정 시 시설물별 각 가중치의 적용방법에 대한 상세 설명 및 예시를 제시함으로써 실무자의 이해를 돕고 합리적이고 표준화된 투자우선순위 산정을 유도하기 위해 작성하였다.

1.1 투자우선순위 산정을 위한 조치항목의 결정

시설물의 안전·내구·사용성능을 평가하기 위해서는 세부지침에 제시한 평가단위에 따라 외관조사 및 비파괴검사를 실시하고 전체시설물에 대한 종합성능등급을 산정한다. 이에 투자우선순위 산정을 위한 조치의 단위는 시설물별 평가단위에 따른 데이터를 바탕으로 손상의 종류와 정도, 보수·보강 필요성 및 조치의 효과성 등을 고려하여 투자우선순위를 산정하여야 한다.

다만, 부재단위별 모든 손상을 세분화 할 경우 투자우선순위 산정 대상이 너무 복잡하고 많아지므로, 책임기술자는 중대한 결함 등 발생, 평가단위별의 보수·보강 시급성 등을 고려하여 부재·손상·등급별 손상물량을 기초자료로 집계하여 조치항목을 결정할 수 있다. 예를 들어 교량의 경간별 거더 결함 중 가장 취약한 경간만의 거더 결함을 조치대상으로 선정하거나, 모든 개별 거더의 결함을 조치대상으로 선정할 수도 있으며, 터널과 같이 모든 부재가 동일한 형식으로 구성되어 부재별 가중치가 없는 경우 전 연장에 발생한 결함별 총 물량을 집계하여 적용할 수도 있다.

결합의 등급 또한 같은 방법으로 적용할 수 있다. 조사된 결합의 등급이 b ~ e 등급임에도 불구하고 특별한 보수·보강이 불필요할 경우 투자우선순위지수 산출 항목에서 제외할 수도 있고, 반대로 평가항목의 등급이 a등급임에도 불구하고 책임기술자의 판단에 따라 보수·보강의 조치가 필요한 경우에는 투자우선순위지수를 산출할 수 있다.

이와 같은 조치항목의 결정사항은 책임기술자가 성능평가를 실시하며 시설물 전반에 대한 특성, 결합 상태 및 조치 시급성 등을 종합적으로 고려하여 결정하고, 조치항목의 결정 및 제외 사유 등을 보고서에 작성하여야 한다.

1.2 투자우선순위의 조정

1.2.1 우선순위의 조정

투자우선순위 산정을 위한 조치항목을 결정하고, 제안된 우선순위 지수의 가중치(손상별·부재별·성능간·등급별)를 적용하여 순위를 산정할 경우 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침 제34조(보수·보강 우선순위의 결정)와 같이 보수보다는 보강을, 보조부재보다는 주부재를 우선시 되게 순위가 결정되어야 한다. 그러나 염해, 탄산화와 같은 중대한 결함등의 경우 내구성능 평가항목으로 투자우선순위 산정 시에 성능간 가중치 영향으로 인해 최우선 순위로 산정이 안될수있다. 그러므로 책임기술자 판단하에 보수·보강이 반드시 필요한 시급성을 요하는 중대결함의 경우, 제시된 각 가중치 값과 관계없이 손상별, 부재별, 성능간, 등급별 가중치를 모두 1.0으로 부여하여 투자우선순위를 최우선적으로 산정되도록 책임기술자가 조정할 수 있으며, 그 상세의견을 보고서에 수록하여야 한다.

1.2.2 가중치의 조정

사용성능 평가항목(손상별 가중치)의 경우 시설물에 따라 평가항목이 없을 때에는 그 항목의 가중치를 다른 항목에 배분하여 가중치의 합을 1.0이 되도록 조정할 수 있다. 또한, 가중치의 조정에 따라 환산된 가중치는 소수 넷째자리에서 반올림하여 소수 셋째자리의 값을 사용하며, 가중치를 조정한 사유에 대해서는 보고서에 기술하여야 한다. 아래의 표는 교량의 사용성능 평가항목(손상별 가중치) 조정 예시이다.

구분	포장상태	교량조명	진동사용성	점검시설	교통량
가중치	0.247	0.150	0.202	0.206	0.195
가중치 (조정 후)	$0.247 \times 1 / 0.85$ = 0.2905 ⇒ 0.291	-	$0.202 \times 1 / 0.85$ = 0.2376 ⇒ 0.238	$0.206 \times 1 / 0.85$ = 0.2424 ⇒ 0.242	$0.195 \times 1 / 0.85$ = 0.2294 ⇒ 0.229

공항, 댐, 하구둑 등과 같은 시설물의 경우 최상위 평가항목이 상위·하위항목으로 구성되어 있다. 이러한 시설물의 최종 가중치는 최상위 평가항목의 중요도를 하위 평가항목의 중요도의 비율로 결정된다. 다만, 하위 평가항목이 없는 경우 그 항목의 가중치를 다른 항목에 배분하여 가중치의 합이 최상위 평가항목의 가중치가 되도록 조정할 수 있다. 아래 표는 댐 시설물의 내구성능 부재별 가중치의 조정 예시이다.

구분	시설물		가중치 (조정 전)	가중치 (조정 후)
최상위 평가항목	상위 평가항목	하위 평가항목		
강재 (0.35)	기본시설물 (0.84)	강재수문(0.6)	0.176	0.19
		권양기 와이어로프(0.4)	0.118	0.127
	부대시설물 (0.11)	부댐(0.35)	0.014	-
		취수시설(0.17)	0.007	0.008
		수압터널 및 도수터널(0.21)	0.008	-
		발전소 구조물(0.11)	0.004	0.004
		공도교(0.08)	0.003	0.003
		스톱로그(0.08)	0.003	-
	기타시설물 (0.05)	관리동·조작실 등 건축물(0.22)	0.004	0.004
		옹벽(0.41)	0.007	0.008
		절토사면(0.37)	0.006	0.006

* ()값은 각 항목의 중요도

* 가중치의 결정 : 최상위 평가항목의 중요도 × 상위 평가항목의 중요도 × 하위 평가항목의 중요도

ex) $0.35 \times 0.84(0.11, 0.05) \times 0.6(0.4, 0.35...) = 0.1764 \Rightarrow 0.176$

* 가중치의 조정 : $0.176 \times (0.35/0.325) = 0.1895 \Rightarrow 0.190$

교량 및 터널 시설물과 같이 손상 또는 부재별 가중치가 제공되지 않은 시설물은 우선순위지수(PI) 산출 시 손상 또는 부재별 가중치 값에 1.0을 적용하여 우선순위 지수를 산출할 수 있다. 이는 시설물을 구성하는 재료에 발생한 모든 손상 또는 부재를 동일한 순위로 고려하는 것이다. 그러나 시설물의 구조형식, 주변환경 등 개별 시설물의 특성을 고려하여 손상 가중치 1.0 값을 균등하게 배분 또는 경중을 고려하여 책임기술자가 배분하여 적용할 수 있다.

예를 들면 안전성능 손상별 및 부재별 가중치 값에 1.0을 적용함에 따라 내구성능 평가항목의 우선순위 지수가 하위권에 위치한 경우에 안전성능 손상별 가중치 값 1.0을 평가항목의 건수로 나누어 균등 또는 경중에 따라 분할하여 내구성능 평가항목 우선순위 지수가 우선순위에서 책임기술자가 판단하는 적정한 순위가 산정되도록 책임기술자가 조정할 수 있으며, 그 상세의견을 보고서에 수록하여야 한다.

1.2.3 동일 순위내의 순서 조정

각 가중치를 곱하여 산정되는 투자우선순위 지수는 모든 가중치를 1.0으로 부여하여 투자우선순위를 최우선적으로 산정되는 경우 외에도 손상의 유형, 등급, 가중치가 동일한 부재, 성능유형이 같은 경우 동일 순위가 발생하게 된다. 이 경우 시설물의 종합성능등급 향상에 유리한 보수·보강이 우선적으로 실시될 수 있도록 동일 순위 내에서 순서의 조정이 필요하다.

동일 순위 내에서 순서를 조정할 때, 책임기술자는 손상의 등급, 손상의 유형(중요, 국부, 일반손상), 발생 부재, 보수·보강 물량, 비용을 순차적으로 고려하여 우선적으로 보수·보강이 필요한 손상을 상위에 위치하도록 조정할 수 있다. 또한, 동일 순위내에서 순서를 조정할 경우 책임기술자는 순서를 조정할 기준, 사유 등을 보고서에 수록하여야 한다.

제2장 가중치의 적용

각 시설물편의 세부지침(성능평가 편)에 따라 시설물의 종합성능등급은 시설물을 구성하는 부재에 발생한 결함들을 면밀히 조사하고 비파괴검사 실시결과를 종합하여 안전 성능과 내구성능을 평가절차에 따라 성능지수를 산정하고 사용성능은 사용성과 기능성에 대한 평가를 실시하여 성능지수를 산정하고 최종 성능간 가중치를 적용하여 산정하도록 하고 있다.

이러한 각 성능별 성능지수 산정방법은 시설물을 구성하는 부재 및 손상, 결함평가 기준의 가중치가 상이하여 개별시설물의 평가기준 및 절차를 각 시설물편에 달리 제안하고 있다. 예를 들어 교량·터널·옹벽·절토사면의 경우 해당 시설물의 상태를 결함도 지수를 통해 결정하고, 항만, 댐, 건축물(공항), 하천, 상수도의 경우 시설물의 등급을 상태지수를 통해 결정한다. 또한 교량·터널·옹벽·절토사면의 결함도 지수는 0점에 가까울수록 해당 시설물의 등급이 높게 평가되며, 항만, 댐, 건축물(공항), 하천, 상수도 시설물은 상태지수가 5점에 가까울수록 해당 시설물의 등급이 높게 평가된다.

구분	종합성능등급	비고
교량, 터널, 옹벽, 절토사면	$0 \leq \text{지수} < 0.13 \rightarrow \text{A등급}$	결함도지수
항만, 댐, 건축물(공항), 하천*, 상수도	$4.5 \leq \text{지수} \leq 5.0 \rightarrow \text{A등급}$	평가지수

* 하천 : 하구둑, 수문 및 통문, 제방

이처럼 시설물 특성을 고려한 평가절차로 인해 모든 시설물에 적용 가능한 일원화된 투자우선순위 산정방법을 제시할 수는 없다. 그러나 보수·보강의 투자우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 시설물 전체에 영향력이 크거나, 부재의 중요도가 크거나, 평가등급이 낮은 결함에 대해 우선적 조치가 필요하므로, 각 평가절차 및 기준에 제시된 가중치를 투자우선순위 산정에 활용하고자 하였다. 이에 본 장에서는 손상별·부재별·성능간·등급별 가중치에 대한 일반사항 및 적용방법에 대해 설명하고, 시설물별 가중치적용의 상세내용은 제3장에서 시설물별로 상세하게 설명하고자 한다.

2.1 손상별 가중치

시설물에 발생한 손상은 재료의 특성에 따라 구분된다. 대표적 손상으로는 콘크리트의 경우 균열(망상균열), 누수, 파손 및 손상, 박리, 박락, 층분리 등이며, 강재의 경우 표면부식, 변형, 파단, 용접불량, 연결볼트 이완·탈락 등이 있다. 이러한 손상별 가중치는 성능별 평가 단계에서 시설물별로 가중치를 제시하거나 평가유형을 구분하여 제기하거나 손상별 가중치를 제안하지 않고 성능지수를 산정하도록 하고 있다.

투자우선순위 지수 산정을 위한 손상별 가중치는 우선 세부지침에 안전·내구성능의 손상별 가중치가 제시된 시설물(항만, 댐, 공항, 하구둑, 수문, 상수도, 옹벽)의 경우 그 값을 활용하여 우선순위 지수(PI) 가중치로 적용하면 된다.

수리시설물(6종 : 항만, 댐, 하구둑, 수문, 제방, 상수도)은 안전성능 평가에 영향계수를 적용하므로 안전성능 손상별 가중치가 선정되어 있지 않아 본 가이드에서 세부지침 성능 평가편 “평가유형 및 영향계수”를 참고하여 중요결함, 국부결함, 일반손상에 대한 손상별 가중치를 아래와 같이 제시하였다.

등 급	영향계수			결함점수환산 (1/영향계수)			환산가중치 (점수환산등급비율)		
	중요 결함	국부 결함	일반 손상	중요 결함	국부 결함	일반 손상	중요 결함	국부 결함	일반 손상
a	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.33...	0.33...	0.33...
b	1.0	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.36	0.32	0.32
c	1.0	1.2	1.3	1.0	0.8	0.8	0.38	0.32	0.30
d	1.0	1.4	1.7	1.0	0.7	0.6	0.43	0.31	0.26
e	1.0	2.0	3.0	1.0	0.5	0.3	0.55	0.27	0.18
수리시설물 : 항만, 댐, 하구둑, 수문, 제방, 상수도						합계	2.05	1.55	1.39
						평균*	0.41	0.31	0.28

* 평균 : 등급별(a ~ e) 환산 가중치를 산술평균(예시 : 중요결함 2.05 / 5 ≒ 0.41)

2.2 부재별 가중치

시설물을 구성하는 부재는 외부 하중에 직접 영향을 받는 주요부재와 주요부재를 연결하는 보조부재로 이루어진다. 동일 결함이라 하더라도 어느 부재에 발생하였나에 따라 시설물에 미치는 영향은 달라질 수 있다. 이렇듯 투자우선순위 결정에 있어 시설물에 발생한 결함은 각 부재가 갖는 중요도가 고려되어 우선순위가 결정되어야 한다.

세부지침의 부재별 가중치는 일부 시설물(교량, 공항, 하구둑)의 평가단계에서 중요도를 구분하여 기 제공되어 있으나, 대부분은 단일재료의 사용으로 인해 시설물 부재별 가중치를 미제공하고 발생한 결함의 손상별 가중치를 달리하거나 평가유형으로 구분하여 시설물의 전반적 안전 및 기능에 미치는 영향을 평가하도록 하고 있다. 이러한 사유로 손상별 가중치와 같이 부재별 가중치 값이 제시되지 않은 시설물은 가중치 값을 1.0을 적용하거나 기제공된 부재별 가중치 값을 적용하여 투자우선순위 지수(PI)를 산출할 수 있다.

2.3 성능간 가중치

시설물의 성능평가는 시설물의 안전성 확보 여부, 외부 환경조건에 따른 재료본연의 내구성 저하 여부, 수요 및 용량과 같은 사용성 및 기능의 적정성을 종합적으로 평가하여 시설물의 종합적 성능을 평가하도록 하고 있다. 세부지침에는 이러한 각 성능을 안전·내구·사용성능으로 구분하고 시설물의 종합성능을 평가하기 위해 성능간 가중치를 시설물별로 기 제시하고 있다.

투자우선순위 지수 산정에 있어 성능간 가중치는 종합성능 산정을 위한 시설물별 성능간 가중치를 의미하며, 세부지침의 각 시설물편을 참고하여 적용할 수 있다.

2.4 등급별 가중치

시설물에 발생한 결함 또는 비파괴시험 결과는 개별 평가 기준에 따라 5분위(a, b, c, d, e) 체계로 구분하고 양호한 경우가 a등급, 불량한 경우를 e등급으로 평가하고 있다. 개별 단위(결함 혹은 비파괴결과)의 등급평가 방향성은 a등급에서 e등급으로 일치하나, 이러한 결과를 종합적으로 평가하기 위한 종합성능등급의 평가기준은 아래와 같이 시설물별로 방향성이 상이하여 등급별 가중치에 대한 별도의 방안이 필요하다.

구 분	성능등급 산정범위					비 고
	A	B	C	D	E	
교량	$0 \leq P < 0.13$	$0.13 \leq P < 0.26$	$0.26 \leq P < 0.49$	$0.49 \leq P < 0.79$	$0.79 \leq P$	결함도지수
터널	$0 \leq P < 0.15$	$0.15 \leq P < 0.30$	$0.3 \leq P < 0.55$	$0.55 \leq P < 0.75$	$0.75 \leq P$	결함도지수
옹벽	$0 \leq P < 0.15$	$0.15 \leq P < 0.30$	$0.3 \leq P < 0.55$	$0.55 \leq P < 0.75$	$0.75 \leq P$	결함도지수
절토사면	$0 \leq P < 0.15$	$0.15 \leq P < 0.30$	$0.3 \leq P < 0.55$	$0.55 \leq P < 0.75$	$0.75 \leq P$	결함도지수
항만	$4.5 \leq P \leq 5.0$	$3.5 \leq P < 4.5$	$2.5 \leq P < 3.5$	$1.5 \leq P < 2.5$	$1.0 \leq P < 1.5$	상태지수
댐	$4.5 \leq P \leq 5.0$	$3.5 \leq P < 4.5$	$2.5 \leq P < 3.5$	$1.5 \leq P < 2.5$	$1.0 \leq P < 1.5$	평가지수
건축물	$4.5 \leq P \leq 5.0$	$3.5 \leq P < 4.5$	$2.5 \leq P < 3.5$	$1.5 \leq P < 2.5$	$1.0 \leq P < 1.5$	평가지수
하천시설*	$4.5 \leq P \leq 5.0$	$3.5 \leq P < 4.5$	$2.5 \leq P < 3.5$	$1.5 \leq P < 2.5$	$1.0 \leq P < 1.5$	평가지수
상수도	$4.5 \leq P \leq 5.0$	$3.5 \leq P < 4.5$	$2.5 \leq P < 3.5$	$1.5 \leq P < 2.5$	$1.0 \leq P < 1.5$	평가지수

* 하천시설 : 하구둑, 수문 및 통문, 제방

이에 성능등급 산정범위가 같은 시설물을 그룹화하여 각 등급의 등급범위 중 최대값을 각 등급의 기준값으로 설정하였다. 등급별 기준값은 기준값의 총합으로 나누고 각 등급별 가중치의 값을 백분율화하여 아래와 같이 제시하였다.

구 분		a	b	c	d	e
교량	등급범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$
	기준값	0.12	0.25	0.48	0.78	0.99
	가중치	0.05	0.09	0.18	0.30	0.38
터널, 옹벽, 절토사면	등급범위	$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.30$	$0.30 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$
	기준값	0.14	0.29	0.54	0.74	0.99
	가중치	0.05	0.11	0.20	0.27	0.37
공항, 수리시설	등급범위	$4.50 \leq X < 5.00$	$3.50 \leq X < 4.50$	$2.50 \leq X < 3.50$	$1.50 \leq X < 2.50$	$1.00 \leq X < 1.50$
	기준값	4.50 ($1/4.50=0.22$)	3.50 ($1/3.50=0.28$)	2.50 ($1/2.50=0.40$)	1.50 ($1/1.50=0.67$)	1.00 ($1/1.00=1.00$)
	가중치	0.09	0.11	0.15	0.26	0.39

- * 교량 예시 : 세부지침에 제시된 등급별 범위(a등급 $0 \leq X < 0.13$)의 최소값(0.12)을 해당 등급의 기준값으로 하고, 기준값과 등급별 기준값의 합계(2.62)에 대한 비율로 가중치를 선정
- * 터널, 옹벽, 절토사면 예시 : 세부지침에 제시된 등급별 범위(a등급 $0 \leq X < 0.15$)의 최소값(0.14)을 해당 등급의 기준값으로 하고, 기준값과 등급별 기준값의 합계(2.70)에 대한 비율로 가중치를 선정
- * 공항, 수리시설 예시 : 세부지침에 제시된 등급별 범위(a등급 $4.50 \leq X < 5.00$)의 최소값(4.50)의 역수($1/4.50=0.22$)를 해당 등급의 기준값으로 하고, 기준값과 등급별 기준값의 합계(2.57)에 대한 비율로 가중치를 선정

2.5 기타(가중치 환산)

투자우선순위의 결정은 지금까지 설명한 손상별·부재별·성능간·등급별 가중치를 적용하여 지수값으로 산정하고 지수값이 클수록 투자우선순위를 최우선으로 선정하는 방식이다. 이러한 가중치 중 세부지침에서 제안된 값이 정수일 경우 [부록3] “1.1 가중치 산정 방법 (각 항목별 가중치는 전체 점수의 합으로 해당 점수를 나누어 가중치를 산정하며, 가중치의 합은 1이 되도록 한다. “(가중치 = 해당점수 / $\sum$ (지표점수))”에 따라 총 합계의 비율값으로 환산(소숫점 셋째자리)하여 적용하여야 한다.

예시) 도로터널 - 재래식터널-무근콘크리트라이닝(세부지침 성능평가, 터널 표 2.21)

평가기준		a	b	c	d	e	가중치 (w)	환산 가중치
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$		
라 이 닝	균 열	0	4	7	11	16	16	0.16
	누 수	0	3	6	9	13	13	0.13
	파손 및 손상	0	2	4	6	9	9	0.09
	박 리	0	1	2	3	4	4	0.04
	충분리 및 박락	0	1	2	3	5	5	0.05
	재료분리	0	1	2	3		3	0.03
터 널 주 변	내공단면 변형여부	0	4	7	11	17	17	0.17
	배수상태	0	2	3	5	7	7	0.07
	공동구상태	0	1	2	3		3	0.03
	지반상태	0	2	4	6	9	9	0.09
	배면공동 유무	0	2	4	6	8	8	0.08
	특수조건	0	1	3	4 ~ 6		6	0.06
기본시설물 결합지수 (f) = $\frac{\sum \text{평가점수}}{\sum \text{가중치 (w)}}$								1.0

예시) 공항(여객터미널)의 중요도 환산(세부지침 성능평가, 공항 표 5.51)

구분	평가항목	중요도	환산가중치
상태안전성능	강재의 강도 및 규격(도서검토)	0.5	0.5/3.8=0.13
	용접 접합상태	0.9	0.9/3.8=0.24
	볼트 접합상태(앵커볼트 포함)	0.9	0.9/3.8=0.24
	강재의 부식도	0.5	0.5/3.8=0.13
	접합재 부식도(용접, 볼트)	0.7	0.7/3.8=0.18
	내화피복	0.3	0.3/3.8=0.08
합계		3.8	1.0

제3장 시설물편 상세

제3장 시설물편 상세에서는 투자우선순위 지수 산정을 위해 손상별·부재별·성능간·등급별 가중치를 적용할 수 있도록 시설물별 안전성능, 내구성능, 사용성능의 평가항목, 손상별 가중치, 부재별 가중치, 성능간 가중치, 등급별 가중치, 가중치 분류표를 제시하였으며, 투자우선순위 지수 산정을 위한 가중치가 세부지침(성능평가 편)에 제시되어 있는 경우 세부지침(성능평가 편)의 표 번호를 기입하였다. 또한, 가중치 적용의 이해를 돕기 위해 제시된 가중치를 바탕으로 조사단위별 등급평가 예시 및 투자우선순위 지수 산출 예시, 유지관리전략 수립 예시 순으로 소개하였다.

3.1 교량

3.1.1 안전성능 우선순위 지수(PI) 적용 가중치

교량은 부재별에 발생한 결함을 조사하여 각 결함별 상태등급 중 최저값을 해당부재의 상태등급으로 결정하고, 부재별 상태등급의 산술평균 값에 부재가중치를 곱하여 상태안전성능지수를 산정한다. 그러나 부재별 상태등급을 어떤 결함이 결정할지 모르므로 교량의 투자우선순위의 손상별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다

이에 책임기술자는 교량의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

부 재	손상항목	비고 (세부지침)
콘크리트 바닥판	균열, 열화 및 손상	표 1.37
강바닥판, 강거더 및 강 교각, 아치리브, 트러스	모재 및 연결부 손상(부재 균열, 변형 파단, 연결볼트 이완 탈락, 용접이음부 결함), 표면 열화	표 1.38
프리스트레스 콘크리트 바닥판	균열, 열화 및 손상	표 1.39
철근콘크리트 거더	균열, 열화 및 손상	표 1.40

부 재	손상항목	비고 (세부지침)
프리스트레스트 콘크리트 거더	균열, 열화 및 손상	표 1.41
콘크리트 가로보	균열, 열화 및 손상, 철근부식	표 1.42
강 가로보와 세로보	모재 및 연결부 손상(부재의 균열, 변형 파단, 연결볼트 이완 탈락, 용접이음부 결함), 표면 열화	표 1.43
케이블	케이블 부재(부식, 손상, 단선, 보호관), 정착구, 행어밴드, 새들	표 1.44
긴장재	강연선 노출 손상 및 손상, 시멘트 그라우트 충전 결함, 보호관 손상	표 1.45
교대	균열, 변위, 열화 및 손상	표 1.46
콘크리트 교각	균열, 변위, 열화 및 손상, 철근부식	표 1.47
기초	기초(직접기초, 말뚝, 케이슨)손상, 지반의 안정성	표 1.48
교량받침	받침본체(탄성받침, 강재받침), 받침 콘크리트	표 1.49
신축이음	본체, 후타재	표 1.50
교면포장	포장불량, 배수	표 1.52
배수시설	상태	표 1.53
보호시설	강재, 콘크리트	표 1.54
공중이 이용하는 부위	추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개	Page 1-87
구조물의 구조안전성능 기준	공용내하력 산정, 허용응력 실측, 고정하중에 의한 응력 실측	표 1.60
기초의 안전성능 평가 기준	기초 세굴심 검토, 지반의 허용 지지력에 대한 안전율(S.F) 산정	표 1.62

나. 안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치

1. 일반교량(표 1.55)

성 능 구 분	시 설 물		일반교량								
			Slab교	거더 분리형 교량			일체형 교량		라멘교		
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	거더 없음	거더	
상 태 안 전 성 능	상부 구조	바닥판	0.44	0.15	0.17	-	0.15	0.15	0.44	0.15	0.19
		거더	-	0.25	0.27	0.44	0.25	0.25	-	0.25	0.25
		2차부재	-	0.04	-	0.14	0.04	0.04	-	0.04	-
	하부 구조	교대/교각	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		0.13	0.13	0.13
		기초	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12		0.12	0.12	0.12
	받침	교량받침	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		0.15	0.15	0.15
		신축이음	0.07	0.07	0.07	-	0.07		0.07	0.07	0.07
	기타	교면포장	0.04	0.04	0.04	-	0.04		0.04	0.04	0.04
		배수시설	0.03	0.03	0.03	-	0.03		0.03	0.03	0.03
		보호시설	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0.02

2. 특수교량(표 1.56)

성 능 구 분	시 설 물		특수교량							
			아치교 · 트러스교		현수교		사장교		엑스트라 도즈드교	
			바닥판	바닥판 없음	일반 거더형	보강형, PSC 거더형	일반 거더형	보강형, PSC 거더형	일반 거더형	보강형, PSC 거더형
상 태 안 전 성 능	상부 구조	바닥판	0.04	-	0.10	-	0.11	-	0.15	-
		거더(보강형)	0.11	0.13	0.10	0.15	0.11	0.17	0.13	0.18
		아치리브·트러스	0.15	0.15	-	-	-	-	-	-
		케이블	0.12	0.13	0.22	0.30	0.21	0.29	0.10	0.23
		2차부재	0.02	0.03	0.03	-	0.03	-	0.03	-
	하부 구조	주탑	-		0.13		0.13		0.13	
		보조주탑	-		0.04		0.04		0.04	
		교대(앵커블럭)	0.13		0.08		0.05		0.05	
		교각			-		0.03		0.03	
		기초	0.12		0.04		0.03		0.03	
	받침	교량받침	0.15		0.10		0.10		0.15	
		신축이음	0.07		0.07		0.07		0.07	
	기타	교면포장	0.04		0.04		0.04		0.04	
		배수시설	0.03		0.03		0.03		0.03	
		보호시설	0.02		0.02		0.02		0.02	

라. 성능간 가중치

구분		성능항목			
		안전성능	내구성능	사용성능	비고
도로 교량	일반 국도	0.68	0.21	0.11	표 1.152
	고속 국도	0.68	0.19	0.13	표 1.153
철도 교량	일반 국도	0.71	0.18	0.11	표 1.154
	고속 국도	0.73	0.16	0.11	표 1.155

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$
대표점수	0.12	0.25	0.48	0.78	0.99
등급별 가중치	0.05	0.09	0.18	0.30	0.38

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정함.

예시) a등급범위($0 \leq X < 0.13$) 최솟값(0.12)의 비율 : $0.12 / 2.62 = 0.05$

3.1.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

교량의 내구성능등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 교량시설물 전체에 대한 내구성능등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 시설물의 종합성능등급에 영향을 미치지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

평가분류		평가항목	비고(세부지침)
강재	발청	발청 면적, 외관 상태	표 1.72
	도장박리	도장 박리 면적, 외관 상태	표 1.73
	도장균열	도장 균열 면적, 외관 상태	표 1.74
	도장부품	부품 크기, 발생 면적	표 1.75
	도장 변색 및 백아화	도장 변색, 도장 백아화	표 1.76
	도장두께	시방서 및 시방 기준 대비 허용두께 불만족 비율	표 1.77
콘크리트	염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량, 2.5kg/m ³ 이 되는 시점	표 1.101
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 1.102
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계 기준강도값과 비교할 경우, 건전부/비건전부를 비교할 경우	표 1.103 표 1.104

나. 내구성능 손상별 가중치

1. 콘크리트 평가항목별 내구성능 가중치 : 1.0

2. 강재 평가항목별 내구성능 가중치

1) 강교(표 1.82)

구분	평가지표		가중치	
			도로교량	철도교량
내부 요인	발청 및 도장열화	발청	0.70	0.72
		박리		
		균열		
		부품		
		변색		
	도장두께		0.30	0.28

다. 내구성능 부재별 가중치

1. 일반교량(강교)(표 1.83)

구분	평가부재		강거더교량				라멘교	
			강거더교			바닥판·거더 일체형	거더있음	
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강바닥판	2차부재 있음	2차부재 없음
강재	상부	바닥판	0.16 (0.27)	0.18 (0.24)	-	0.16 (0.27)	0.16 (0.27)	0.18 (0.24)
		거더	0.48 (0.55)	0.56 (0.76)	0.55 (0.77)	0.48 (0.55)	0.48 (0.55)	0.56 (0.76)
		2차 부재	0.14 (0.18)	-	0.16 (0.23)	0.14 (0.18)	0.14 (0.18)	-
	하부	교각/ 교대	0.22 (0)	0.26 (0)	0.29 (0)	0.22 (0)	0.22 (0)	0.26 (0)

()값은 콘크리트 교각

2. 케이블 교량(강교)(표 1.84)

구분	평가부재		아치교/트러스교		현수교			사장교			엑스트라도즈드교	
			바닥판	바닥판 없음	일반 거더형	보강형	PSC 거더형	일반 거더형	보강형	PSC 거더형	일반 거더형	PSC 거더형
강재	상부	케이블	0.21 (0.27)	0.23 (0.31)	0.40 (0.53)	0.40 (0.53)	0.76 (1)	0.33 (0.50)	0.33 (0.50)	0.65 (1)	0.33 (0.50)	0.33 (0.50)
		바닥판	0.07 (0.09)	-	0.08 (0.10)	-	-	0.07 (0.11)	-	-	0.07 (0.11)	-
		거더	0.19 (0.25)	0.20 (0.27)	0.23 (0.30)	0.36 (0.47)	-	0.20 (0.31)	0.32 (0.50)	-	0.20 (0.31)	0.32 (0.50)
		아치리브 /트러스	0.26 (0.34)	0.28 (0.37)	-	-	-	-	-	-	-	-
		2차 부재	0.04 (0.05)	0.04 (0.05)	0.05 (0.07)	-	-	0.05 (0.08)	-	-	0.05 (0.08)	-
	하부	주탑	-	-	0.18 (0)	0.18 (0)	0.18 (0)	0.15 (0)	0.15 (0)	0.15 (0)	0.15 (0)	0.15 (0)
		보조 주탑	-	-	0.06 (0)	0.06 (0)	0.06 (0)	0.06 (0)	0.06 (0)	0.06 (0)	0.06 (0)	0.06 (0)
		교각/ 교대	0.23 (0)	0.25 (0)	-	-	-	0.14 (0)	0.14 (0)	0.14 (0)	0.14 (0)	0.14 (0)

()값은 콘크리트 교각

3. 일반교량(콘크리트교)(표 1.111)

구분	평가부재		슬래브 교량	거더교량					라멘교		
				일반 거더교			바닥판 · 거더 일체형		거더 없음	거더	
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강바닥판	PSC 박스		2차 부재	2차부재 없음
콘크리트	상부	바닥판	0.50	0.33	0.31	-	-	0.35	0.50	0.30	0.30
		거더	-	0.35	0.44	0.55	0.55	0.35	-	0.30	0.35
		2차 부재	-	0.07	-	0.10	0.10	0.05	-	0.07	-
	하부	교각/ 교대	0.50	0.25	0.25	0.35	0.35	0.25	0.50	0.33	0.35

4. 케이블 교량(콘크리트교)(표 1.112)

구분	결함도 평가부재		아치교/트러스교		현수교		사장교		엑스트라도즈드교	
			바닥판	바닥판 없음	일반 거더형	보강형, PSC 거더형	일반 거더형	보강형, PSC 거더형	일반 거더형	PSC 거더형
콘크리트	상부	바닥판	0.26	-	0.15	-	0.15	-	0.25	-
		거더	0.41	0.50	0.15	0.40	0.15	0.40	0.25	0.65
		2차 부재	0.08	0.15	0.10	-	0.10	-	0.15	-
	하부	주탑	-	-	0.45	0.45	0.40	0.40	0.15	0.15
		보조 주탑	-	-	0.15	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10
		교각/ 교대	0.25	0.35	-	-	0.10	0.10	0.10	0.10

5. 일반 교량(종합)(표 1.125)

구분				내구성능 가중치	
				콘크리트	강재
슬래브교				1.0	-
일반거더교	일반	콘크리트 거더교		1.0	-
		강거더교		0.60 (0.40)	0.40 (0.60)
	2차부재 없음	콘크리트 거더교		1.0	-
		강거더교		0.60 (0.40)	0.40 (0.60)
	바닥판 없음	강거더교		0.34 (0.10)	0.66 (0.90)
		강바닥판		0.32 (0.11)	0.68 (0.89)
바닥판 · 거더 일체형	PSC 박스거더			1.0	-
	거더 없음			1.0	-
라멘교	거더 있음	콘크리트 거더		1.0	-
		강합성 거더	2차부재 있음	0.65	0.35
			2차부재 없음	0.69	0.31

()값은 강재 교각

6. 케이블 교량(종합)(표 1.126)

구 분			내구성능 가중치	
			콘크리트	강재
아치/트러스	콘크리트 바닥판		0.55	0.45
	강바닥판		(0.35)	(0.65)
현수교	일반 거더형	강상판형 거더	0.40	0.60
			(0.16)	(0.84)
		강합성형 거더	0.51	0.49
			(0.27)	(0.73)
	보강형		0.40	0.60
			(0.16)	(0.84)
	PSC 거더		0.67	0.33
			(0.43)	(0.57)
사장교	일반 거더형	강상판형 거더	0.40	0.60
			(0.13)	(0.87)
		강합성형 거더	0.52	0.48
			(0.25)	(0.75)
	보강형		0.40	0.60
			(0.13)	(0.87)
	PSC 거더		0.69	0.31
			(0.43)	(0.57)
엑스트라 도즈드교	일반거더형	강상판형 거더	0.40	0.60
			(0.13)	(0.87)
		강합성형 거더	0.53	0.47
			(0.27)	(0.73)
	PSC 거더		0.73	0.27
			(0.47)	(0.53)

()값은 하부구조(주탑/교각)가 강재인 경우

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.1.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

교량의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 사용성과 기능성 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표항목		평가항목	비고(세부지침)
도로교량	포장상태	고속도로(HPCI), 일반도로(NHPCI)	표 1.129 표 1.130
	교량조명	작동유무, 설치상태	표 1.131
	진동사용성	진동의 인지 및 불안감	표 1.133
	점검시설	설치유무, 설치상태	표 1.134 표 1.135
	교통량	수요예측/수요실제 비율	표 1.136
철도교량	승차감	최대연직처짐	표 1.137
	점검시설	설치유무, 설치상태	표 1.139
	통행량	수요예측/수요실제 비율, 일일통행 횟수(고속철도, 일반철도)	표 1.140 ~ 표 1.142

나. 사용성능 손상별 가중치

1. 도로교량(표 1.143)

구분	포장상태	교량조명	진동사용성	점검시설	교통량
가중치	0.247	0.150	0.202	0.206	0.195

2. 철도교량(표 1.144)

구분	승차감	점검시설	통행량
가중치	0.5	0.14	0.36

다. 사용성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.1.4 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원¹⁾

시설물의 종류		최대경간장 50m이상의 도로교량
상부구조 형식	경간형식	psc box + steel box
	거더갯수	4(2/2)
교각, 바닥판		일반 RC
2차 부재		L=1.5m, 교축방향 5m 간격 설치

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	균열	바닥판	안전 성능	b	1.0	0.15	0.68	0.09	0.009180	7
조치2	10	15	20	300	박락	콘크리트 거더	안전 성능	c	1.0	0.25	0.68	0.18	0.030600	3
조치3	-	-	-	-	균열	강재 거더	안전 성능	c	1.0	0.25	0.68	0.18	0.030600	3
조치4	-	-	-	-	파손	2차 부재	안전 성능	b	1.0	0.04	0.68	0.09	0.002448	13
조치5	-	-	-	-	균열	교면 포장	안전 성능	b	1.0	0.04	0.68	0.09	0.002448	13
조치6	-	-	-	-	열화	배수 시설	안전 성능	d	1.0	0.03	0.68	0.3	0.006120	10
조치7	10	15	20	300	균열	보호 시설	안전 성능	c	1.0	0.02	0.68	0.18	0.002448	13
조치8	60	90	40	3,600	열화	신축 이음	안전 성능	b	1.0	0.07	0.68	0.09	0.004284	11
조치9	10	15	20	300	파손	교량 받침	안전 성능	d	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치10	70	105	20	2,100	철근 노출	교각	안전 성능	c	1.0	0.13	0.68	0.18	0.015912	5
조치11	70	150	466	69,900	기초 세굴	기초 (구조)	안전 성능	b	1.0	1.0	0.68	0.09	0.061200	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치12	10	15	20	300	염화물	바닥판	내구 성능	b	1.0	0.33	0.21	0.09	0.006237	6
조치13	-	-	-	-	탄산화	교각	내구 성능	c	1.0	0.25	0.21	0.18	0.009450	11
조치14	-	-	-	-	박리	강재 거더	내구 성능	d	0.7	0.55	0.21	0.3	0.024255	12
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치15	-	-	-	-	포장 상태	-	사용 성능	b	0.247	1.0	0.11	0.09	0.002445	10
조치16	-	-	-	-	점검 시설	-	사용 성능	d	0.206	1.0	0.11	0.3	0.006798	7
조치17	-	-	-	-	교통량	-	사용 성능	c	0.195	1.0	0.11	0.18	0.003861	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치9 ¹⁾	10	15	20	300	파손	교량 받침	안전 성능	d	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치11 ²⁾	70	150	466	69900	기초 세굴	기초 (구조)	안전 성능	b	1.0	1.0	0.7	0.1	0.061200	2
조치2	10	15	20	300	박락	콘크리트 거더	안전 성능	c	1.0	0.25	0.68	0.18	0.030600	3
조치3	-	-	-	-	균열	강재 거더	안전 성능	c	1.0	0.25	0.68	0.18	0.0306	3
조치14	-	-	-	-	박리	강재 거더	내구 성능	d	0.7	0.55	0.21	0.3	0.024255	4
조치10	70	105	20	2100	철근 노출	교각	안전 성능	c	1.0	0.13	0.68	0.18	0.015912	5
조치13	-	-	-	-	탄산화	교각	내구 성능	c	1.0	0.25	0.21	0.18	0.009450	6
조치1	100	150	10	1,500	균열	바닥판	안전 성능	b	1.0	0.15	0.68	0.09	0.009180	7
조치17	-	-	-	-	점검 시설	-	사용 성능	d	0.206	1.0	0.11	0.3	0.006798	8
조치12	10	15	20	300	염화물	바닥판	내구 성능	b	1.0	0.3	0.21	0.09	0.006237	9
조치6	-	-	-	-	열화	배수 시설	안전 성능	d	1.0	0.03	0.68	0.3	0.006120	10
조치8	60	90	40	3600	열화	신축 이음	안전 성능	b	1.0	0.07	0.68	0.09	0.004284	11
조치18	-	-	-	-	교통량	-	사용 성능	c	0.195	1.0	0.11	0.18	0.003861	12
조치4	-	-	-	-	파손	2차 부재	안전 성능	b	1.0	0.0	0.68	0.09	0.002448	13
조치5	-	-	-	-	균열	교면 포장	안전 성능	b	1.0	0.04	0.68	0.09	0.002448	13
조치7	10	15	20	300	균열	보호 시설	안전 성능	c	1.0	0.02	0.68	0.18	0.002448	13
조치16	-	-	-	-	포장 상태	-	사용 성능	b	0.247	1.0	0.11	0.09	0.002445	14
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 세부지침 상에 제시된 중대결합의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정

2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.2 터널

3.2.1 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

터널은 라이닝에 발생한 손상을 조사하여 각 손상별로 최저등급의 손상에 결함점수를 부여하고, 각 손상별로 모든 부재에 부여된 결함점수의 산술평균값을 산정한다. 터널주변 또한 조사된 손상의 최저등급의 결함점수를 부여하여 총합을 산정한 후 라이닝의 손상별 결함점수의 산술평균값과 더한 후 결함점수의 총합(손상의 e등급 결함점수의 총합)으로 나누어 상태안전성능지수를 산정한다. 따라서 터널은 손상이 발생한 모든 부재의 결함점수의 산술평균값을 사용하므로 터널의 투자우선순위 부재별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 터널의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

세부지표항목	부재 및 평가항목	비고 (세부지침)
균열	콘크리트 라이닝, 개착터널, 조적식 라이닝	표 2.10
누수	콘크리트 라이닝, 개착터널, 조적식 라이닝	표 2.11
파손 및 손상	콘크리트 라이닝, 조적식 라이닝	표 2.12
재질열화	박리, 층분리 및 박락, 재료분리, 철근 노출, 줄눈부 열화	표 2.13
내공단면 변형여부	내공변위(9개월 이상, 3~9개월, 2~3개월)	표 2.14
배면 공동 유무	배면 공동 유무	표 2.15
배수상태	배수상태	표 2.16
지반상태	지반상태	표 2.17
공동구 상태	공동구 상태	표 2.18
특수조건	도심지 터널, 전력구 터널 등	표 2.19, 표 2.20
공중이 이용하는 부위	공중이 이용하는 부위	Page 2-29
구조안전성	상시 및 지진 시(안전율, 변위, 응력)	표 2.34

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 도로터널(표 2.21 ~ 표 2.25)

평가기준		채래식	NATM (무근)	NATM (철근)	TBM (세그먼트 라이닝)	개착터널 (BOX 형)	비고
라이닝	균열	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	
	누수	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
	파손 및 손상	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
	박리	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	
	충분리 및 박락	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	
	재료분리	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
	철근노출	-	-	0.08	0.08	0.08	
터널 주변	내공단면 변형여부	0.17	0.17	0.15	0.15	0.15	
	배수상태	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	
	공동구상태	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	
	지반상태	0.09	0.09	0.07	0.07	0.07	
	배면공동 유무	0.08	0.08	0.08	0.07	0.05	
특수조건		0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	
합계		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

2. 철도터널(표 2.26 ~ 표 2.31)

평가기준		채래식 (조적식)	채래식 (무근)	NATM (무근)	NATM (철근)	TBM (세그먼트 라이닝)	개착터널 (철근)	비고
라이닝	균열	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16	
	누수	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	
	줄눈부 열화	0.07	-	-	-	-	-	
	파손 및 손상	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	
	박리	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	
	충분리 및 박락	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	
	재료분리	-	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
	철근노출	-	-	-	0.08	0.08	0.08	
터널 주변	내공단면 변형여부	0.17	0.17	0.17	0.15	0.15	0.16	
	배수상태	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
	공동구상태	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
	지반상태	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	
	배면공동 유무	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	
특수조건		0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	
합계		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

3. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치(표 2.104)

구분	성능항목		
	안전성능	내구성능	사용성능
일반국도터널	0.72	0.18	0.10
고속국도터널	0.72	0.20	0.08
일반철도터널	0.72	0.18	0.10
고속철도터널	0.72	0.19	0.09

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.30$	$0.30 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$
대표점수	0.14	0.29	0.54	0.74	0.99
등급별 가중치	0.05	0.11	0.20	0.27	0.37

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($0 \leq X < 0.15$) 최솟값(0.14)의 비율 : $0.14 / 2.70 = 0.05$

3.2.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

터널의 내구성능등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 터널시설물 전체에 대한 내구성능등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 시설물의 종합성능등급에 영향을 미치지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

세부지표항목		평가항목	비고(세부지침)
콘크리트	염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량, 2.5kg/m ³ 이 되는 시점	표 2.42
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 2.43
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계 기준강도값과 비교할 경우, 건전부 / 비건전부를 비교할 경우	표 2.44 표 2.45

나. 내구성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 내구성능 부재별 가중치(표 2.52)

시설명	세부 부재명	부재별 가중치			
도로, 철도터널	본선라이닝	0.60	0.70	0.90	1.0
	갯문(구)	0.30	0.30	-	-
	환기구콘크리트	0.10	-	0.10	-

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.2.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

터널의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 사용성과 기능성 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표항목		평가항목	비고(세부지침)
도로터널	포장상태	고속도로(HPCI), 일반도로(NHPCI)	표 2.65, 표 2.66
	터널 내 휘도	평균 노면 휘도, 해당 설계속도의 휘도	표 2.67
	방재시설	설치유무, 설치 상태	표 2.72
	비상대피시간	피난연락경 설치 간격	표 2.74
	기계/전기 설비	사용연수 구비 및 교체기간, 외관상태	표 2.77
	교통량	수요예측/수요실제 비율	표 2.80
철도터널	터널 내 조도	터널 내 조도	표 2.88
	방재시설	설치유무, 설치 상태	표 2.89
	비상대피시간	대피통로 혹은 입출구부 설치간격	표 2.91
	기계/전기 설비	사용연수 구비 및 교체기간, 외관상태	표 2.92
	교통량	수요예측/수요실제 비율	표 2.95, 표 2.96 표 2.98

나. 사용성능 손상별 가중치

1. 도로터널(표 2.81)

구분	포장상태	터널 내 휘도	방재 시설	비상대피 시간	기계/전기설비	통행량
가중치	0.182	0.139	0.187	0.184	0.144	0.164

2. 철도터널(표 2.100)

구분	터널 내 조도	방재시설	비상대피시간	전력/통신/신호설비	통행량
가중치	0.141	0.228	0.245	0.208	0.178

다. 사용성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.2.4 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원(예시)

시설물의 종류	3차로 이상의 도로터널
구조형식	NATM(RC 라이닝)

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	균열	라이닝	안전 성능	b	0.16	1.0	0.72	0.11	0.012672	6
조치2	10	15	20	300	누수	라이닝	안전 성능	e	1.0	1.0	1.00	1	1.000000	1
조치3	-	-	-	-	파손	라이닝	안전 성능	c	0.09	1.0	0.72	0.2	0.012960	5
조치4	-	-	-	-	박리	라이닝	안전 성능	b	0.03	1.0	0.72	0.11	0.002376	14
조치5	-	-	-	-	충분리 박락	라이닝	안전 성능	c	0.05	1.0	0.72	0.2	0.007200	9
조치6	10	15	20	300	재료 분리	라이닝	안전 성능	c	0.03	1.0	0.72	0.2	0.004320	12
조치7	60	90	40	3,600	철근 노출	라이닝	안전 성능	b	0.08	1.0	0.72	0.11	0.006336	10
조치8	-	-	-	-	배수 상태	터널 주변	안전 성능	d	0.06	1.0	0.72	0.27	0.011664	7
조치9	-	-	-	-	배면 공동	터널 주변	안전 성능	c	0.08	1.0	0.72	0.2	0.011520	8
조치10	70	150	466	70,000	-	구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.72	0.11	0.079200	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치11	100	150	10	1,500	염화물	라이닝	내구 성능	c	1.0	0.6	0.18	0.2	0.021600	3
조치12	-	-	-	-	피복 콘크리트 상태	갯문	내구 성능	d	1.0	0.3	0.18	0.27	0.014580	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치13	100	150	10	1,500	포장 상태	-	사용 성능	b	0.182	1.0	0.10	0.11	0.002002	15
조치14	10	15	20	300	터널 내 휘도	-	사용 성능	c	0.139	1.0	0.10	0.2	0.002780	13
조치15	-	-	-	-	통행량	-	사용 성능	d	0.164	1.0	0.10	0.27	0.004428	11
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치2 ¹⁾	10	15	20	300	누수	라이닝	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치10 ²⁾	70	150	466	70,000	-	구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.72	0.11	0.079200	2
조치11	100	150	10	1,500	염화물	라이닝	내구 성능	c	1.0	0.6	0.18	0.2	0.021600	3
조치12	-	-	-	-	피복 콘크리트 상태	갭문	내구 성능	d	1.0	0.3	0.18	0.27	0.014580	4
조치3	-	-	-	-	파손	라이닝	안전 성능	c	0.09	1.0	0.72	0.2	0.012960	5
조치1	100	150	10	1,500	균열	라이닝	안전 성능	b	0.16	1.0	0.72	0.11	0.012672	6
조치8	-	-	-	-	배수 상태	터널 주변	안전 성능	d	0.06	1.0	0.72	0.27	0.011664	7
조치9	-	-	-	-	배면 공동	터널 주변	안전 성능	c	0.08	1.0	0.72	0.2	0.011520	8
조치5	-	-	-	-	충분리 박락	라이닝	안전 성능	c	0.05	1.0	0.72	0.2	0.007200	9
조치7	60	90	40	3,600	철근 노출	라이닝	안전 성능	b	0.08	1.0	0.72	0.11	0.006336	10
조치15	-	-	-	-	통행량	-	사용 성능	d	0.164	1.0	0.10	0.27	0.004428	11
조치6	10	15	20	300	재료 분리	라이닝	안전 성능	c	0.03	1.0	0.72	0.2	0.004320	12
조치14	10	15	20	300	터널 내 휘도	-	사용 성능	c	0.139	1.0	0.10	0.2	0.002780	13
조치4	-	-	-	-	박리	라이닝	안전 성능	b	0.03	1.0	0.72	0.11	0.002376	14
조치13	100	150	10	1,500	포장 상태	-	사용 성능	b	0.182	1.0	0.10	0.11	0.002002	15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 세부지침 상에 제시된 중대결함의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정

2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.3 항만

3.3.1 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

항만은 개별 구조부재의 전체 수량 중 일부 표본 추출 부재의 등급을 사용하여 조사단위 부재의 등급이 결정되고, 최종적으로 전체구조물의 상태등급이 결정되기 때문에 어떤 부재의 상태등급이 전체구조물의 상태등급으로 결정되는지 모르므로 항만의 투자 우선순위 손상별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 항만의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

세부지표항목		부재 및 평가항목	비고 (세부지침)
잔교식 안벽	콘크리트 부재	파손, 충격손상, 균열, 박리, 콘크리트 침식, 토류벽의 침하	표 3.14 ~ 표 3.19
	강말뚝 부재	강말뚝의 파손, 강말뚝의 충격손상, 강말뚝의 부식, 강말뚝의 침식	표 3.20 ~ 표 3.23
	구조안전성능	일반적인 구조 안전성능 검토, 기초지반의 구조 안전성능 검토	표 3.67 ~ 표 3.68
중력식 안벽	상부공 및 본체부	침하, 경사/전도, 활동, 파손, 균열, 박리, 마모/침식, 케이슨식 안벽의 속채움 유실, 케이슨 및 블록식 안벽의 이격	표 3.25 ~ 표 3.33
	기초부	기초부 세굴, 기초사석 교란, 에이프런 침하, 에이프런 공동(콘크리트 포장 하부)	표 3.34 ~ 표 3.37
	구조안전성능	일반적인 구조안전성능 검토(활동, 전도, 침하, 원호, 지지력), 침하에 대한 구조안전성능 검토	표 3.69 ~ 표 3.70

세부지표항목		부재 및 평가항목	비고 (세부지침)
널말뚝식 안벽	상부공 및 본체부	침하(중력식 안벽의 기준 적용), 변형, 활동, 후면부 함몰, 파손, 균열, 박리, 마모/침식(중 력식 안벽의 기준 적용), 강널말뚝의 마모/ 침식(잔교식 안벽의 기준 적용)	표 3.25, 표 3.28 ~ 표 3.31 표 3.39 ~ 표 3.41
	기초부	세굴, 기초사석 교란(중력식 안벽의 기준 적용)	표 3.34 ~ 표 3.35
	에이프런	침하, 공동(콘크리트 포장 하부)	표 3.37 ~ 표 3.39
	구조안전성능	원호활동 구조안전성능 검토, 구조 검토	표 3.71 ~ 표 3.72
공중이 이용하는 부위		추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축이 음부, 환기구 등의 덮개	표 3.44, 표 3.47
기타형식의 안벽 및 항만시설과 어항시설		잔교식, 중력식, 널말뚝식 안벽의 해당부분에 대한 상태안전성능 평가 기준 적용	Page 3-35

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 잔교식 안벽 : 평가 항목별 가중치 1.0 적용
2. 중력식 안벽(표 3.24)

위치	손상형태 및 조사항목	평가유형	가중치
상부공 및 본체부	침 하 경사/전도 활 동	중요결함	0.41
	파 손 균열(파응력균열, 부식균열, 일반균열) 박 리(완전박리, 부분박리) 마모/침식	일반손상	0.28
	속채움재 유실 케이슨 및 블록 이격	국부결함	0.31
기초부	세 굴 기초사석교란		
에이프런	침 하 공 동(콘크리트 포장 하부)	일반손상	0.28

3. 널말뚝식 안벽(표 3.38)

위치	손상형태 및 조사항목		평가유형	가중치
상부공 및 벽체부	침하 변형 활동 후면부 함몰		중요결함	0.41
	파손		일반손상	0.28
	콘크리트 말뚝부	균열(과응력균열) 균열(일반균열) 박리(완전박리, 부분박리) 마모/침식		
	강널말뚝	마모/침식		
기초부	세굴 기초사석교란		국부결함	0.31
에이 프론	침하 공동(콘크리트 포장 하부)		일반손상	0.28

4. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치(표 3.150)

구분	성능항목		
	안전성능	내구성능	사용성능
잔교식	0.66	0.22	0.12
중력식	0.65	0.22	0.13
널말뚝식	0.66	0.21	0.13

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.50 \leq X < 5.00$	$3.50 \leq X < 4.50$	$2.50 \leq X < 3.50$	$1.50 \leq X < 2.50$	$1.00 \leq X < 1.50$
대표점수	4.50 ($1/4.50 = 0.22$)	3.50 ($1/3.50 = 0.28$)	2.50 ($1/2.50 = 0.40$)	1.50 ($1/1.50 = 0.67$)	1.00 ($1/1.00 = 1.00$)
등급별 가중치	0.09	0.11	0.15	0.26	0.39

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($4.50 \leq X < 5.00$) 최솟값(4.50)의 비율 : $(1/4.50) / 2.57 = 0.09$

3.3.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

항만의 내구성능등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 항만시설물 전체에 대한 내구성능 등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 수상부(비말대) 대기노출 강재의 경우에만 종합성능등급에 반영되고, 그 외의 경우에는 종합성능등급에 반영되지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

평가분류		평가항목	비고(세부지침)
강재	발청(표면부식, 녹)	발청 면적, 외관 상태	표 3.80
	도장 박리	도장 박리면적, 외관 상태	표 3.81
	도장 균열	도장 균열 면적, 외관 상태	표 3.82
	도장 부품	부품 크기, 발생 면적	표 3.83
	도장 변색 및 백아화	도장 변색, 도장 백아화	표 3.84
	도장 두께	시방서 및 시방기준 대비 허용두께 불만족 비율	표 3.85
	피복재 손상	외관상태, 외부 도복장 손상 면적을	표 3.86
	아노드 손상·소모량 및 방식전위	손상정도, 소모량, 방식전위	표 3.87
	대기환경 (이산화황 농도/습도)	이산화황, 연간 젖음 시간	표 3.88
콘크리트	염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량이 2.5 kg/m ² 가 되는 시점	표 3.106
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 3.107
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계기준강도값과 비교할 경우, 건전부 / 비건전부를 비교할 경우	표 3.108 ~ 표 3.109

나. 내구성능 손상별 가중치

1. 콘크리트 평가항목별 내구성능 가중치 : 1.0
2. 강재 평가항목별 내구성능 가중치(표 3.90, 표 3.94)

평가지표		가중치	계
발청 및 도장열화	발청	0.22	1.0
	박리	0.088	
	균열	0.044	
	부품	0.066	
	변색	0.022	
도장두께	0.22		
피복재 손상	0.17		
아노드 손상·소모량 및 방식전위	0.17		

3. 사용환경에 따른 내구성능 가중치(표 3.91 ~ 표 3.94)

구 분	평가지표		가중치	계
수상부(비말대) 대기노출	발청 및 도장열화	발청	0.30	1.0
		박리	0.12	
		균열	0.06	
		부품	0.09	
		변색	0.03	
	도장두께		0.25	
	대기환경(이산화황, 습도)		0.15	
간만대 피복재 시공	피복재 손상		0.30	1.0
	발청 및 도장열화	발청	0.35	
		박리	0.14	
		균열	0.07	
		부품	0.105	
		변색	0.035	
간만대 피복재 미시공	도장두께		0.30	1.0
	발청 및 도장열화	발청	0.35	
		박리	0.14	
		균열	0.07	
		부품	0.105	
		변색	0.035	
수중부	아노드 손상		0.30	1.0
	발청 및 도장열화	발청	0.35	
		박리	0.14	
		균열	0.07	
		부품	0.105	
		변색	0.035	

다. 내구성능 부재별 가중치(표 3.95 ~ 표 3.97)

계류시설물 유형	구성부재	가중치
일반 잔교식 (0.16)	콘크리트 바닥판 (0.22)	0.035
	콘크리트 세로보 및 가로보 (0.27)	0.043
	강말뚝 (0.28)	0.045
	토류벽 (0.17)	0.027
	부대시설 (0.06)	0.01
돌핀식		0.21
자켓식		0.31
중력식(솔리드블록식)		0.10
중력식(셀룰러블록식, 케이슨식)		0.11
널말뚝식 (0.11)	상부공 (0.25)	0.028
	벽체(널말뚝) (0.3)	0.032
	에이프런 (0.15)	0.017
	기초부 (0.2)	0.022
	부대시설 (0.1)	0.011

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.3.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

항만의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 사용성과 기능성 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표항목	평가항목	비고(세부지침)
계선주	외관상태, 교체 필요 여부	표 3.130
차막이	외관상태, 교체 필요 여부	표 3.131
방충재	외관상태, 교체 필요 여부	표 3.132
에이프런 포장	외관상태, 보수 필요의 여부	표 3.133
계류박지의 퇴적물	톤수에 따른 만재홀수에 여유수심을 더한 수심의 비율	표 3.134
접안의 용이성	접안유도시스템 설치 여부, 야간 접·이안 여부	표 3.135
부두의 조명시설	부두별 조명의 평균값	표 3.136
수요 및 용량	하역능력, 물동량(처리량)	표 3.137

나. 사용성능 손상별 가중치(표 3.138)

구분	계선주	차막이	방충재	에이프런 포장	계류박지 퇴적물	접안의 용이성	부두의 조명시설	물동량
가중치	0.166	0.051	0.230	0.060	0.144	0.192	0.060	0.097

다. 사용성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.3.4 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원¹⁾

시설물의 종류	5만톤급 이상의 말뚝구조 계류시설
구조형식	널말뚝식 안벽
말뚝	콘크리트 및 강널말뚝
적용 방식대책	수상부(간만대): 페트로 데이핑 및 방식커버 시공 수중부: 아노드 설치 (방식을 위해 별도의 추가 도장 미시공)

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	침하	상부공	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치2	10	15	20	300	변형	상부공	안전 성능	b	0.41	1.0	0.66	0.11	0.029766	5
조치3	-	-	-	-	활동	상부공	안전 성능	c	0.41	1.0	0.66	0.15	0.040590	3
조치4	10	15	20	300	후면부 합몰	상부공	안전 성능	b	0.41	1.0	0.66	0.11	0.029766	5
조치5	-	-	-	-	파손	상부공	안전 성능	c	0.28	1.0	0.66	0.15	0.027720	6
조치6	10	15	20	300	마모/ 침식	콘크리트 말뚝	안전 성능	c	0.28	1.0	0.66	0.15	0.027720	6
조치7	60	90	40	3,600	세굴	기초부	안전 성능	c	0.31	1.0	0.66	0.15	0.030690	4
조치8	-	-	-	-	가좌석 교란	기초부	안전 성능	c	0.31	1.0	0.66	0.15	0.030690	4
조치9	-	-	-	-	침하	에이 프론	안전 성능	c	0.41	1.0	0.66	0.15	0.040590	3
조치10	-	-	-	-	-	구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.66	0.11	0.072600	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치11	100	150	10	1,500	염화물	상부공	내구 성능	c	1.0	0.25	0.21	0.15	0.007875	7
조치12	-	-	-	-	탄산화	에이 프론	내구 성능	b	1.0	0.15	0.21	0.11	0.003465	10
조치13	-	-	-	-	피복 강도	기초부	내구 성능	c	1.0	0.2	0.21	0.15	0.006300	8
조치14	-	-	-	-	발청	강재 말뚝 (수상부)	내구 성능	b	0.35	0.3	0.21	0.11	0.002426	11
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치15	100	150	10	1,500	계선주	-	사용 성능	d	0.166	1.0	0.13	0.26	0.005611	9
조치16	10	15	20	300	방충재	-	사용 성능	c	0.23	1.0	0.13	0.15	0.004485	10
조치17	-	-	-	-	접안 용이성	-	사용 성능	b	0.192	1.0	0.13	0.11	0.002746	11
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1 ¹⁾	100	150	10	1,500	침하	상부공	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치10 ²⁾	-	-	-	-		구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.66	0.11	0.072600	2
조치3	-	-	-	-	활동	상부공	안전 성능	c	0.41	1.0	0.66	0.15	0.040590	3
조치9	-	-	-	-	침하	에이 프론	안전 성능	c	0.41	1.0	0.66	0.15	0.040590	3
조치7	60	90	40	3,600	세굴	기초부	안전 성능	c	0.31	1.0	0.66	0.15	0.030690	4
조치8	-	-	-	-	기초사석 교란	기초부	안전 성능	c	0.31	1.0	0.66	0.15	0.030690	4
조치2	10	15	20	300	변형	상부공	안전 성능	b	0.41	1.0	0.66	0.11	0.029766	5
조치4	10	15	20	300	후면부 함몰	상부공	안전 성능	b	0.41	1.0	0.66	0.11	0.029766	5
조치5	-	-	-	-	파손	상부공	안전 성능	c	0.28	1.0	0.66	0.15	0.027720	6
조치6	10	15	20	300	마모/ 침식	콘크리트 말뚝	안전 성능	c	0.28	1.0	0.66	0.15	0.027720	6
조치11	100	150	10	1,500	염화물	상부공	내구 성능	c	1.0	0.25	0.21	0.15	0.007875	7
조치13	-	-	-	-	피복 강도	기초부	내구 성능	c	1.0	0.2	0.21	0.15	0.006300	8
조치15	100	150	10	1,500	계선주	-	사용 성능	d	0.166	1.0	0.13	0.26	0.005611	9
조치16	10	15	20	300	방충재	-	사용 성능	c	0.23	1.0	0.13	0.15	0.004485	10
조치12	-	-	-	-	탄산화	에이 프론	내구 성능	b	1.0	0.15	0.21	0.11	0.003465	10
조치17	-	-	-	-	접안 용이성	-	사용 성능	b	0.192	1.0	0.13	0.11	0.002746	11
조치14	-	-	-	-	강재 발청	강재 말뚝 (수상부)	내구 성능	b	0.35	0.3	0.21	0.11	0.002426	11
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 세부지침 상에 제시된 중대결합의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정

2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.4 댐

3.4.1. 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

댐의 상태안전성능 평가는 각각의 개별부재를 집합하여 복합부재로 구성하고, 복합부재를 집합하여 개별시설, 개별시설을 집합하여 복합시설, 복합시설을 집합하여 통합시설인 댐으로 평가한다. 댐의 상태안전성능지수는 개별부재에 발생한 결함을 조사하여 결함등급의 평가점수와 결함유형(중요, 국부, 일반결함)의 영향계수를 곱하여 산출된 평가지수를 시설물의 안전에 미치는 영향을 고려한 중요도를 곱한 값으로 나눠 상태안전성능지수를 산정한다. 따라서, 모든 부재의 결함이 반영되어 상태안전성능지수가 산출되기 때문에 댐의 투자우선순위의 부재별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 댐의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

부 재		손상항목	비고 (세부지침)
필댐	댐마루	중·횡방향 균열, 침하, 수평변위, 제체유실, 사면 불안정	표 4.17
	상류사면	누수, 침하 및 변형, 차수벽 노후화, 사면 불안정, 사면보호 상태, 사면침식	표 4.18
	하류사면	누수, 사면불안정, 사면보호 상태, 침하 및 변형, 사면침식, 식생, 동물의 굴	표 4.19
	기초 및 양안부	침하, 기초의 불안정, 기초의 침식 및 침투	표 4.20
	구조안전성능	계측데이터 분석, 침투수의 안전성 분석, 사면활동의 안전성 분석, 응력-변형의 안전성 분석, 수문학적 안전성 분석	표 4.35, 표 4.37 표 4.40 ~ 표 4.44

부 재		손상항목	비고 (세부지침)
콘크리트댐	댐마루	균열 및 단차, 수축 이음부의 열림	표 4.21
	상류면	수축이음부 열림, 균열, 박락	표 4.22
	하류면	균열 및 단차, 수축이음부 누수, 시공이음부 누수, 균열 및 박락	표 4.23
	구조안전성능	외적 안정해석, 월류부 내하력 검토, 수문학적 안정성 분석	표 4.42 ~ 표 4.44 표 4.46 ~ 표 4.49
	기초 및 양안부	양안부를 통과한 과도한 침투, 암반 불안정	표 4.24
	갤러리(검사랑)	횡방향 갤러리(검사랑)의 균열, 상류 종방향 갤러리(검사랑)의 균열, 기초 배수탁수	표 4.25
	배수구 및 그라우팅 터널	콘크리트 라이닝 균열 및 단차, 암반 낙석	표 4.26
여수로	접근수로	콘크리트 라이닝 손상, 불안정한 측벽 또는 라이닝, 접근수로 상부의 자연사면 불안정, 접근수로내의 식생 및 잡물	표 4.27
	조절부	에이프런 구조물의 손상 및 노후화, 피어와 벽체 구조물의 손상 및 노후화, 월류부 웨어 구조물의 손상 및 노후화, 강제수문 가이드 스톱로그 가이드 또는 강제 수문 지수판에서의 공동화 현상	표 4.28
	도수로	바닥슬래브의 부등침하 들뜸 단차, 바닥 슬래브의 콘크리트 균열 및 손상, 벽체의 손상 및 노후화, 횡방향 이음부의 손상	표 4.29
	감세공	플립버켓의 세굴, 플립버켓의 하류 또는 기초의 침식, 플립버켓의 이음부 손상, 정수지 바닥 및 측벽의 세굴	표 4.30
일반적인 콘크리트 구조물		일반 및 수처리 구조물의 균열, 박리, 박락 및 층분리, 누수, 파손 및 손상, 백태	표 4.31
기계설비	권양기	마찰부 손상	표 4.32
	강제수문 및 문틀	강제수문 부식, 변형, 누수, 미찰부 손상	표 4.33
공중이 이용하는 부위		추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축 이음부, 환기구 등의 덮개	표 4.34

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 필댐(표 4.17 ~ 표 4.20)

평가지표		평가유형	가중치
댐마루	중·횡방향균열	중요결함	0.41
	침하		
	수평변위		
	제체유실		
	사면불안정		
상류사면	누수	중요결함	0.41
	침하및변형		
	차수벽 노후화		
	사면 불안정		
	사면보호 상태		
하류사면	사면침식	국부결함	0.31
	누수	중요결함	0.41
	사면불안정		
	사면보호 상태		
	침하 및 변형		
	사면침식	일반손상	0.28
	식생		
	동물의 굴		
기초 및 양안부	침하	중요결함	0.41
	기초의 불안정		
	기초의 침식 및 침투		

2. 콘크리트댐(표 4.21 ~ 표 4.26)

평가지표		평가유형	가중치
댐마루	균열 및 단차	중요결함	0.41
	수축이음부의 열림	중요결함	0.41
상류면	수축이음부 열림	중요결함	0.41
	균열	중요결함	0.41
	박락	일반손상	0.28
하류면	균열 및 단차	중요결함	0.41
	수축 이음부 누수	중요결함	0.41
	시공 이음부 누수	중요결함	0.41
	균열 및 박락	일반손상	0.28
기초 및 양안부	양안부를 통한 과도한 침투	중요결함	0.41
	암반 불안정	중요결함	0.41
갤러리(검사랑)	횡방향 갤러리(검사랑)의 균열	중요결함	0.41
	상류종방향 갤러리(검사랑)의 균열	중요결함	0.41
	기초배수 탁수	중요결함	0.41
배수구 및 그라우팅 터널	콘크리트 라이닝 균열 및 단차	중요결함	0.41
	암반 낙석	일반손상	0.28

3. 공통-여수로(표 4.27 ~ 표 4.30)

평가지표		평가유형	가중치
접근수로	콘크리트 라이닝 손상	일반손상	0.28
	불안정한 측벽 또는 라이닝		
	접근수로 상부의 자연사면 불안정		
	접근수로내의 식생 및 잡물		
조절부	에이프런 구조물의 손상 및 노후화	국부결함	0.31
	피어와 벽체 구조물의 손상 및 노후화		
	월류부 웨어 구조물의 손상 및 노후화		
	강재수문 가이드, 스톱로그가이드 또는 강재수문 지수판에서의 공동화 현상		
도수로	바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차	중요결함	0.41
	바닥슬래브의 콘크리트 균열 및 손상	국부결함	0.31
	벽체의 손상 및 노후화		
	횡방향 이음부의 손상		
감세공	플립버켓의 세굴	중요결함	0.41
	플립버켓의 하류 또는 기초의 침식	국부결함	0.31
	플립버켓의 이음부 손상		
	정수지 바닥 및 측벽의 세굴		

4. 일반적인 콘크리트 구조물(표 4.31)

평가지표	평가유형	가중치
일반 구조물 균열	국부결함	0.31
수처리 구조물 균열		
박리		
박락 및 층분리		
누수		
파손 및 손상	일반손상	0.28
백태		

5. 기계설비(표 4.32 ~ 표 4.33)

평가지표		평가유형	가중치
권양기	마찰부손상(시브(sheave)), 감속기, 커플링(coupling)	일반손상	0.28
강재수문 및 문틀	강재수문부식	중요결함	0.41
	강재수문변형	국부결함	0.31
	누수	일반손상	0.28
	마찰부 손상(롤러 힌지)		

6. 공중이 이용하는 부위(표 4.34)

평가지표	평가유형	가중치
추락방지시설	중요결합	0.41
도로포장 파손		
도로부 신축이음부		
환기구 등의 덮개		

7. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치(표 4.195)

성능항목		
안전성능	내구성능	사용성능
0.74	0.17	0.09

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.50 \leq X < 5.00$	$3.50 \leq X < 4.50$	$2.50 \leq X < 3.50$	$1.50 \leq X < 2.50$	$1.00 \leq X < 1.50$
대표점수	4.50 ($1/4.50 = 0.22$)	3.50 ($1/3.50 = 0.28$)	2.50 ($1/2.50 = 0.40$)	1.50 ($1/1.50 = 0.67$)	1.00 ($1/1.00 = 1.00$)
등급별 가중치	0.09	0.11	0.15	0.26	0.39

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($4.50 \leq X < 5.00$) 최솟값(4.50)의 비율 : $(1/4.50) / 2.57 = 0.09$

3.4.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

댐의 내구성능 등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 댐시설물 전체에 대한 내구성능등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 시설물의 종합성능등급에 영향을 미치지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

평가분류		평가항목	비고(세부지침)
강재	발청(표면부식, 녹)	발청면적, 외관상태	표 4.81
	도장박리	도장박리면적, 외관상태	표 4.82
	도장균열	도장 균열 면적, 외관상태	표 4.83
	도장부품	부품크기, 발생면적	표 4.84
	도장 변색 및 백아화	도장 변색, 도장 백아화	표 4.85
	도장두께	시방서 및 시방기준 대비 허용두께 불만족 비율	표 4.86
	권양기 와이어로프 발청(표면부식, 녹)	발청면적, 외관상태	표 4.87
	권양기 와이어로프 직경감소	와이어로프 직경감소	표 4.88
	권양기 와이어로프 소선절단	와이어로프 소선 절단	표 4.89
콘크리트	염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량, 2.5kg/m ³ 이 되는 시점	표 4.11
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 4.119
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계기준강도값과 비교할 경우, 건전부/비건전부를 비교할 경우	표 4.120, 표 4.121

나. 내구성능 손상별 가중치

1. 콘크리트 평가항목별 내구성능 가중치 : 1.0
2. 강재 평가항목별 내구성능 가중치(표 4.93 ~ 표 4.94)

구분	평가지표		가중치	계
강재수문	도막열화	발청	0.75	1.0
		박리		
		균열		
		부품		
		변색		
	도장두께		0.25	
권양기 와이어로프	발청		0.25	1.0
	대기환경		0.20	
	직경감소		0.20	
	소선절단		0.35	

다. 내구성능 부재별 가중치

1. 강재 내구성능 부재별 가중치(표 4.95 ~ 표 4.98, 표 4.150)

구분	시설물		가중치
최상위 평가항목	상위 평가항목	하위 평가항목	
강재 (0.35)	기본시설물 (0.84)	강재수문(0.6)	0.176
		권양기 와이어로프(0.4)	0.118
	부대시설물 (0.11)	부담(0.35)	0.014
		취수시설(0.17)	0.007
		수압터널 및 도수터널(0.21)	0.008
		발전소 구조물(0.11)	0.004
		공도교(0.08)	0.003
		스톱로그(0.08)	0.003
		관리동·조작실 등 건축물(0.22)	0.004
	기타시설물 (0.05)	옹벽(0.41)	0.007
		절토사면(0.37)	0.006

* ()값은 각 항목의 중요도

* 가중치의 결정 : 최상위 평가항목의 중요도 × 상위 평가항목의 중요도 × 하위 평가항목의 중요도

ex) $0.35 \times 0.84(0.11, 0.05) \times 0.6(0.4, 0.35...) = 0.1764 \Rightarrow 0.176$

2. 콘크리트 내구성능 부재별 가중치(표 4.128 ~ 표 4.133, 표 4.150)

구분	시설물				가중치		
최상위 평가항목	상위 평가항목	하위 평가항목		최하위 평가항목			
콘크리트 (0.65)	기본시설물 (0.84)	필댐	여수로 (1.0)	접근수로 (0.25)	0.136		
				조절부 (0.25)	0.136		
				도수로 (0.25)	0.136		
				감세공 (0.25)	0.136		
		콘크리트댐	비월류부 (0.7)	댐마루 (0.3)	0.114		
				상류면 (0.4)	0.152		
				하류면 (0.3)	0.114		
			월류부 (0.3)	접근수로 (0.25)	0.041		
				조절부 (0.25)	0.041		
				도수공 (0.25)	0.041		
				감세공 (0.25)	0.041		
				CFRD	댐체 (0.5)	댐마루 (0.3)	0.082
		상류면 (0.4)	0.109				
		하류면 (0.3)	0.082				
		여수로 (0.5)	접근수로 (0.25)		0.068		
			조절부 (0.25)		0.068		
			도수공 (0.25)		0.068		
			감세공 (0.25)		0.068		
		부대시설물 (0.11)	부댐 (0.35)				0.026
			취수시설 (0.17)				0.012
	수압터널 및 도수터널 (0.21)				0.015		
	발전소 구조물 (0.11)				0.008		
	공도교 (0.08)				0.006		
	스톱로그 (0.08)				0.006		
	기타시설물 (0.05)	관리동·조작실 등 건축물 (0.22)				0.007	
		옹벽 (0.41)				0.014	
		절토사면 (0.37)				0.012	

* ()값은 각 항목의 중요도

* 가중치의 결정 : 최상위 평가항목의 중요도 × 상위 평가항목의 중요도 × 하위 평가항목의 중요도 × 최하위 평가항목의 중요도 ex) $0.65 \times 0.84(0.11, 0.05) \times 1.0(0.7, 0.3...) \times 0.25(0.25...) = 0.1365 \Rightarrow 0.136$

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.4.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

댐의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 운영성, 유지관리성, 수요 및 용량 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표 항목	평가항목	비고(세부지침)
운영성	강제수문 작동 유무(기계), 현장 제어반 및 조작반, 구동모터 및 브레이크, 강제수문 작동 유무, 계측기, 밸브(장내배관)의 손상, 전기설비의 절연 및 접지, 전기설비의 상태, 스톱로그 설치(작동) 성능, 권양장치 작동 성능	표 4.158, 표 4.159 표 4.161, 표 4.163 ~ 표 4.168
유지관리성	점검시설, 스톱로그 상태 및 소모성 재료 성능상태	표 4.169, 표 4.170
수요 및 용량	댐의 수질, 수요 및 용량 / 퇴적	표 4.171, 표 4.173

나. 사용성능 손상별 가중치

1. 댐 가중치(표 4.174)

구분	강제수문 작동유무 (기계)	현장제어반 및 조작반	구동모터 및 브레이크	강제수문 작동유무 (전기)	계측기	점검시설	수질
가중치	0.144	0.127	0.152	0.155	0.143	0.147	0.132

2. 부댐 가중치(표 4.176)

구분	강제수문 및 권양기 작동 유무(기계)	현장제어반 및 조작반	구동모터 및 브레이크	강제수문 및 권양기 작동 유무(전기)	계측기	점검시설
가중치	0.166	0.146	0.175	0.179	0.165	0.169

3. 취수시설 가중치(표 4.177)

구분	밸브의 손상	전기설비의 절연 및 접지	전기설비 상태	점검시설
가중치	0.385	0.182	0.162	0.271

4. 발전소 구조물 가중치(표 4.178)

구분	전기설비의 절연 및 접지	전기설비 상태
가중치	0.530	0.470

5. 공도교 가중치(표 4.179)

구분	점검시설
가중치	1.0

6. 스톱로그 가중치(표 4.180)

구분	설치(작동) 성능	권양장치 작동성능	보관시설 상태	퇴적
가중치	0.40	0.30	0.20	0.10

나. 사용성능 부재별 가중치(표 4.181, 표 4.182)

구분	시설물 및 중요도	가중치
	시설물	
기본시설물(0.85)	댐 (1.0)	0.850
부대시설물 (0.15)	부댐 (0.26)	0.039
	취수시설 (0.2)	0.030
	수압터널 및 도수터널 (0.21)	0.031
	발전소 구조물 (0.14)	0.021
	공도교 (0.09)	0.014
	스톱로그 (0.1)	0.015

()값은 각 항목의 중요도

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.4.4 성능별 평가표 확인 참조

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원¹⁾

시설물의 종류	다목적댐
구조형식	필댐-록필(중심코어형)댐
여수로(문비)	50m(4문)

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	종방향 균열	댐마루	안전 성능	c	0.41	1.0	0.74	0.15	0.045510	5
조치2	10	15	20	300	제체 유실	댐마루	안전 성능	c	0.41	1.0	0.74	0.15	0.045510	5
조치3	-	-	-	-	차수벽 노후화	상류 사면	안전 성능	d	0.41	1.0	0.74	0.26	0.078884	3
조치4	70	150	466	70,000	사면 침식	상류 사면	안전 성능	b	0.31	1.0	0.74	0.11	0.025234	7
조치5	-	-	-	-	사면 불안정	하류 사면	안전 성능	c	0.41	1.0	0.74	0.15	0.045510	5
조치6	10	15	20	300	누수	하류 사면	안전 성능	d	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치7	60	90	40	3,600	균열	접근 수로	안전 성능	b	0.31	1.0	0.74	0.11	0.025234	7
조치8	-	-	-	-	파손	조절부	안전 성능	c	0.28	1.0	0.74	0.15	0.031080	6
조치9	-	-	-	-	박리	도수로	안전 성능	d	0.31	1.0	0.74	0.26	0.059644	4
조치10	-	-	-	-		구조	안전 성능	c	1.0	1.0	0.74	0.15	0.111000	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치11	100	150	10	1,500	탄산화	접근 수로	내구 성능	b	1.0	0.137	0.17	0.11	0.002562	11
조치12	-	-	-	-	피복 강도	조절부	내구 성능	c	1.0	0.137	0.17	0.15	0.003494	10
조치13	-	-	-	-	탄산화	도수로	내구 성능	b	1.0	0.137	0.17	0.11	0.002562	11
조치14	-	-	-	-	피복 강도	감세공	내구 성능	d	1.0	0.137	0.17	0.26	0.006055	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치15	-	-	-	-	수질	본댐	사용 성능	b	0.132	0.85	0.09	0.11	0.001111	13
조치16	-	-	-	-	계측기	본댐	사용 성능	c	0.143	0.85	0.09	0.15	0.001641	12
조치17	-	-	-	-	점검 시설	본댐	사용 성능	e	0.147	0.85	0.09	0.39	0.004386	9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치6	10	15	20	300	누수	하류 사면	안전 성능	d	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치10	-	-	-	-		구조	안전 성능	c	1.0	1.0	0.74	0.15	0.111000	2
조치3	-	-	-	-	차수벽 노후화	상류 사면	안전 성능	d	0.41	1.0	0.74	0.26	0.078884	3
조치9	-	-	-	-	박리	도수로	안전 성능	d	0.31	1.0	0.74	0.26	0.059644	4
조치1	100	150	10	1,500	종방향 균열	댐마루	안전 성능	c	0.41	1.0	0.74	0.15	0.045510	5
조치2	10	15	20	300	제체 유실	댐마루	안전 성능	c	0.41	1.0	0.74	0.15	0.045510	5
조치5	-	-	-	-	사면 불안정	하류 사면	안전 성능	c	0.41	1.0	0.74	0.15	0.045510	5
조치8	-	-	-	-	파손	조절부	안전 성능	c	0.28	1.0	0.74	0.15	0.031080	6
조치4	70	150	466	70,000	사면 침식	상류 사면	안전 성능	b	0.31	1.0	0.74	0.11	0.025234	7
조치7	60	90	40	3,600	균열	접근 수로	안전 성능	b	0.31	1.0	0.74	0.11	0.025234	7
조치14	-	-	-	-	피복 강도	감세공	내구 성능	d	1.0	0.137	0.17	0.26	0.006055	8
조치17	-	-	-	-	점검 시설	본댐	사용 성능	e	0.147	0.85	0.09	0.39	0.004386	9
조치12	-	-	-	-	피복 강도	조절부	내구 성능	c	1.0	0.137	0.17	0.15	0.003494	10
조치11	100	150	10	1,500	탄산화	접근 수로	내구 성능	b	1.0	0.137	0.17	0.11	0.002562	11
조치13	-	-	-	-	탄산화	도수로	내구 성능	b	1.0	0.137	0.17	0.11	0.002562	11
조치16	-	-	-	-	계측기	본댐	사용 성능	c	0.143	0.85	0.09	0.15	0.001641	12
조치15	-	-	-	-	수질	본댐	사용 성능	b	0.132	0.85	0.09	0.11	0.001111	13
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

- 1) 세부지침 상에 제시된 중대결합의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정
- 2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.5 공항

3.5.1. 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

공항의 상태안전성능은 부재상태평가 결과와 변위·변형 평가 결과를 토대로 결정되며, 부재상태평가는 개별부재의 결함정도에 따른 평가점수와 각 부재의 중요도를 고려한 층 단위 평가점수와 각 층의 중요도를 고려하여 결정된다.

이에 책임기술자는 공항의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통해 부재와 손상 및 층별 중요도를 복합적으로 고려하여 시설물의 성능향상을 위해 조차사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

세부지표항목		평가항목	비고 (세부지침)
철근 콘크리트 구조 등	균열	1방향 균열, 2방향 균열	표 5.26
	철근부식	자연전위, 철근의 부식상태	표 5.27
	박리	박리 깊이, 면적율	표 5.28
	박락 및 층분리	박락 층분리 깊이, 면적율	표 5.29
	누수 및 백태	콘크리트 누수 및 백태	표 5.30
	철근노출	콘크리트 부재 철근 노출	표 5.31
	부재단면의 규격	콘크리트 부재 단면의 규격	표 5.32
강구조 등	강재 규격 및 강도	강재 부재단면의 규격, 강도	표 5.35, 표 5.36
	강재 접합부	강재 용접부, 강재 접합볼트 누락, 풀림 및 이완상태	표 5.37, 표 5.38
	강재 부식	도장하였을 때, 도장하지 않았을 때	표 5.39
	접합재 부식도	강재 용접접합부 부식 정도, 볼트 접합부 부식 정도	표 5.40, 표 5.41
	강재 내화피복	강재 내화피복	표 5.42
공중이 이용하는 부위		추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축 이음부, 환기구 등의 덮개	표 5.43
구조안전성 평가		구조안전성능, 부재 내력 평가	표 5.45, 표 5.46
변위·변형		보 및 슬라브의 처짐	표 5.33
기울기, 부등침하		기울기, 부등침하	표 5.34

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 철근콘크리트(표 5.50)

평가항목		가중치
균열		0.19
철근부식		0.25
표면노후	박리	0.14
	박락 및 층분리	0.14
	누수 및 백태	0.14
	철근노출	0.14

2. 강구조(표 5.51)

평가항목		가중치
강재의 강도 및 규격(도서검토)		0.13
용접 접합상태		0.24
볼트 접합상태(앵커볼트 포함)		0.24
강재의 부식도		0.13
접합재 부식도(용접, 볼트)		0.18
내화피복		0.08

3. 철골 및 철근콘크리트(표 5.52)

구 분	평가항목		가중치
철근 콘크리트	균열		0.09
	철근부식		0.12
	표면노후	박리	0.07
		박락 및 층분리	0.07
		누수 및 백태	0.07
		철근노출	0.07
강구조	강재의 강도 및 규격(도서검토)		0.07
	용접 접합상태		0.12
	볼트 접합상태(앵커볼트 포함)		0.12
	강재의 부식도		0.07
	접합재 부식도(용접, 볼트)		0.09
	내화피복		0.04

4. 변위, 변형(표 5.59)

구분	평가항목	가중치
변위·변형	기울기	0.28
	변위·변형	0.36
	부등침하	0.36

5. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치 (표 5.53 ~ 표 5.58)

구분		지하2층	지상2층	지상5층	지상7층	지상9층	
철근콘크리트 벽식 구조		내력벽	0.230	0.179	0.128	0.077	0.026
		슬래브	0.130	0.101	0.072	0.043	0.014
프리캐스트 콘크리트조		내력벽	0.140	0.109	0.078	0.047	0.016
		접합부	0.140	0.109	0.078	0.047	0.016
		슬래브	0.079	0.062	0.044	0.026	0.009
라멘조, 철골 및 철근콘크리트		기둥	0.097	0.076	0.054	0.032	0.011
		내력벽	0.097	0.076	0.054	0.032	0.011
		큰보	0.079	0.062	0.044	0.026	0.009
		작은보	0.054	0.042	0.030	0.018	0.006
		슬래브	0.032	0.025	0.018	0.011	0.004
강 구 조	부재별 내력비	기둥	0.054	0.042	0.030	0.018	0.006
		큰보	0.054	0.042	0.030	0.018	0.006
		작은보	0.043	0.034	0.024	0.014	0.005
		슬래브	0.029	0.022	0.016	0.010	0.003
	접합부 내력비	기둥 이음부	0.043	0.034	0.024	0.014	0.005
		보 이음부	0.032	0.025	0.018	0.011	0.004
		기둥+보 접합부	0.032	0.025	0.018	0.011	0.004
		보+보 접합부	0.029	0.022	0.016	0.010	0.003
		주각 접합부	0.043	0.034	0.024	0.014	0.005
	무량관구조		기둥	0.180	0.140	0.100	0.060
슬래브			0.180	0.140	0.100	0.060	0.020

라. 성능간 가중치(표 5.136)

성능항목		
안전성능	내구성능	사용성능
0.70	0.20	0.10

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.50 \leq X < 5.00$	$3.50 \leq X < 4.50$	$2.50 \leq X < 3.50$	$1.50 \leq X < 2.50$	$1.00 \leq X < 1.50$
대표점수	4.50 ($1 / 4.50 = 0.22$)	3.50 ($1 / 3.50 = 0.28$)	2.50 ($1 / 2.50 = 0.40$)	1.50 ($1 / 1.50 = 0.67$)	1.00 ($1 / 1.00 = 1.00$)
등급별 가중치	0.09	0.11	0.15	0.26	0.39

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($4.50 \leq X < 5.00$) 최솟값(4.50)의 비율 : $(1 / 4.50) / 2.57 = 0.09$

3.5.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

공항의 내구성능 등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 공항시설물 전체에 대한 내구성능 등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 시설물의 종합성능등급에 영향을 미치지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

평가분류		평가항목	비고(세부지침)
강재	발청(표면부식, 녹)	발청면적, 외관상태	표 5.74
	도장박리	도장박리면적, 외관상태	표 5.75
	도장균열	도장 균열 면적, 외관상태	표 5.76
	도장부품	부품크기, 발생면적	표 5.77
	도장 변색 및 백아화	도장 변색, 도장 백아화	표 5.78
	도장두께	시방서 및 시방기준 대비 허용두께 불만족 비율	표 5.79
	누수	발청면적, 외관상태	표 5.80
콘크리트	염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량, 2.5kg/m^3 이 되는 시점	표 5.95
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 5.96
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계기준강도값과 비교할 경우, 건전부/비건전부를 비교할 경우	표 5.97, 표 5.98

나. 내구성능 손상별 가중치

1. 콘크리트 평가항목별 내구성능 가중치 : 1.0
2. 강재 평가항목별 내구성능 가중치(표 5.82 ~ 표 5.83)

평가지표		내부 부재	외부 부재
도장열화	발청	0.202	0.226
	박리	0.081	0.09
	균열	0.04	0.045
	부품	0.06	0.068
	변색	0.02	0.022
도장두께		0.264	0.329
누수		0.333	0.22

다. 내구성능 부재별 가중치(표 5.84 ~ 표 5.85)

구성 부재	내력벽이 있는 경우										내력벽이 없는 경우				
	기둥이 있는 경우					기둥이 없는 경우					기둥이 있는 경우				
	지하 2층	지상 2층	지상 5층	지상 7층	지상 9층	지하 2층	지상 2층	지상 5층	지상 7층	지상 9층	지하 2층	지상 2층	지상 5층	지상 7층	지상 9층
기둥	0.065	0.05	0.036	0.022	0.007	-	-	-	-	-	0.101	0.078	0.056	0.034	0.011
보	0.065	0.05	0.036	0.022	0.007	0.065	0.05	0.036	0.022	0.007	0.065	0.05	0.036	0.022	0.007
트러스	0.065	0.05	0.036	0.022	0.007	0.065	0.05	0.036	0.022	0.007	0.065	0.05	0.036	0.022	0.007
케이블	0.039	0.032	0.022	0.012	0.005	0.04	0.031	0.022	0.013	0.004	0.039	0.032	0.022	0.012	0.005
브레이싱	0.036	0.028	0.02	0.012	0.004	0.036	0.028	0.02	0.012	0.004	0.036	0.028	0.02	0.012	0.004
슬래브	0.025	0.02	0.014	0.008	0.003	0.025	0.02	0.014	0.008	0.003	0.025	0.02	0.014	0.008	0.003
비내력벽	0.029	0.022	0.016	0.01	0.003	0.029	0.022	0.016	0.01	0.003	0.029	0.022	0.016	0.01	0.003
내력벽	0.036	0.028	0.02	0.012	0.004	0.1	0.079	0.056	0.033	0.012	-	-	-	-	-

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.5.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

공항의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 운영성, 유지관리성, 수요 및 용량 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표 항목	평가항목	비고(세부지침)
편리성	접근교통의 편리성, 주차시설 만족도, 정보 이용의 용이성, 공항시설 및 환경, 신속성, 정확성	표 5.119 ~ 표 5.123 표 5.125, 표 5.127
수요 및 용량	연간처리능력	표 4.169, 표 4.170

나. 사용성능 손상별 가중치(표 5.130)

구분	접근교통의 편리성	주차시설 만족도	정보이용 의 용이성	공항시설 및 환경	신속성	정확성	연간처리 능력
가중치	0.213	0.095	0.068	0.096	0.151	0.176	0.201

다. 사용성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.5.4 산정예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원¹⁾

시설물의 종류	21층 이상 또는 연면적 5만제곱미터 이상의 건축물
구조형식	철골, 철근콘크리트 구조

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PI)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	균열	기둥 (2F)	안전 성능	b	0.09	0.076	0.7	0.11	0.000527	10
조치2	10	15	20	300	균열	기둥 (B2F)	안전 성능	c	0.09	0.097	0.7	0.15	0.000917	7
조치3	-	-	-	-	철근 부식	큰보 (B2F)	안전 성능	b	0.12	0.079	0.7	0.11	0.000730	8
조치4	-	-	-	-	철근 부식	큰보 (7F)	안전 성능	c	0.12	0.026	0.7	0.15	0.000328	14
조치5	-	-	-	-	박리	작은보 (2F)	안전 성능	d	0.07	0.042	0.7	0.26	0.000535	9
조치6	10	15	20	300	박리	작은보 (9F)	안전 성능	b	0.07	0.006	0.7	0.11	0.000032	18
조치7	60	90	40	3,600	용접 접합 상태	슬래브 (B2F)	안전 성능	c	0.12	0.032	0.7	0.15	0.000403	12
조치8	-	-	-	-	강재의 부식도	슬래브 (7F)	안전 성능	c	0.07	0.011	0.7	0.15	0.000081	17
조치9	-	-	-	-	내화 피복 변위· 변형	강재기둥 (B2F)	안전 성능	b	0.04	0.097	0.7	0.11	0.000299	16
조치10 ¹⁾	-	-	-	-	-	-	안전 성능	e	1	1	1	1	1.000000	1
조치11 ²⁾	-	-	-	-	-	구조	안전 성능	a	1	1	0.7	0.09	0.063000	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치12	100	150	10	1,500	탄산화	기둥 (2F)	내구 성능	b	1	0.05	0.2	0.11	0.001100	5
조치13	-	-	-	-	염화물	내력벽 (5F)	내구 성능	b	1	0.02	0.2	0.11	0.000440	11
조치14	-	-	-	-	발청	강재기둥 (B2F)	내구 성능	c	0.202	0.065	0.2	0.15	0.000394	13
조치15	-	-	-	-	도장 두께	강재기둥 (7F)	내구 성능	d	0.264	0.022	0.2	0.26	0.000302	15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치16	100	150	10	1,500	접근교통 편리성	-	사용 성능	c	0.213	1	0.1	0.15	0.003195	3
조치17	10	15	20	300	주차시설 만족도	-	사용 성능	b	0.095	1	0.1	0.11	0.001045	6
조치18	70	150	466	70,000	안전관리 능력	-	사용 성능	b	0.201	1	0.1	0.11	0.002211	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치10 ¹⁾	-	-	-	-	변위· 변형	-	안전 성능	e	1	1	1	1	1.000000	1
조치11 ²⁾	-	-	-	-		구조	안전 성능	a	1	1	0.7	0.09	0.063000	2
조치16	100	150	10	1,500	접근도 편리성	-	사용 성능	c	0.213	1	0.1	0.15	0.003195	3
조치18	70	150	466	70,000	연간차리 능력	-	사용 성능	b	0.201	1	0.1	0.11	0.002211	4
조치12	100	150	10	1,500	탄산화	기둥 (2F)	내구 성능	b	1	0.05	0.2	0.11	0.001100	5
조치17	10	15	20	300	주차시설 만족도	-	사용 성능	b	0.095	1	0.1	0.11	0.001045	6
조치2	10	15	20	300	균열	기둥 (B2F)	안전 성능	c	0.09	0.097	0.7	0.15	0.000917	7
조치3	-	-	-	-	철근 부식	큰보 (B2F)	안전 성능	b	0.12	0.079	0.7	0.11	0.000730	8
조치5	-	-	-	-	박리	작은보 (2F)	안전 성능	d	0.07	0.042	0.7	0.26	0.000535	9
조치1	100	150	10	1,500	균열	기둥 (2F)	안전 성능	b	0.09	0.076	0.7	0.11	0.000527	10
조치13	-	-	-	-	염화물	내력벽 (5F)	내구 성능	b	1	0.02	0.2	0.11	0.000440	11
조치7	60	90	40	3,600	용접 접합 상태	슬래브 (B2F)	안전 성능	c	0.12	0.032	0.7	0.15	0.000403	12
조치14	-	-	-	-	발청	강재기 둥 (B2F)	내구 성능	c	0.202	0.065	0.2	0.15	0.000394	13
조치4	-	-	-	-	철근 부식	큰보 (7F)	안전 성능	c	0.12	0.026	0.7	0.15	0.000328	14
조치15	-	-	-	-	도장 두께	강재기둥 (7F)	내구 성능	d	0.264	0.022	0.2	0.26	0.000302	15
조치9	-	-	-	-	내화 피복	강재기둥 (B2F)	안전 성능	b	0.04	0.097	0.7	0.11	0.000299	16
조치8	-	-	-	-	강재의 부식도	슬래브 (7F)	안전 성능	c	0.07	0.011	0.7	0.15	0.000081	17
조치6	10	15	20	300	박리	작은보 (9F)	안전 성능	b	0.07	0.006	0.7	0.11	0.000032	18
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 세부지침 상에 제시된 중대결합의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정

2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.6. 하구둑

3.6.1. 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

하구둑의 상태안전성능 평가는 각각의 개별부재를 집합하여 복합부재로 구성하고, 복합부재를 집합하여 개별시설, 개별시설을 집합하여 복합시설, 복합시설을 집합하여 통합시설인 하구둑으로 평가한다. 하구둑의 상태안전성능지수는 개별부재에 발생한 결함을 조사하여 결함등급의 평가점수와 결함유형(중요, 국부, 일반결함)의 영향계수를 곱하여 산출된 평가지수를 시설물의 안전에 미치는 영향을 고려한 중요도를 곱한 값으로 나눠 상태안전성능지수를 산정한다. 따라서, 모든 부재의 결함이 반영되어 상태안전성능지수가 산출되기 때문에 하구둑의 투자우선순위의 부재별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 하구둑의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

부 재		손상항목	비고 (세부지침)
방조제		제체 마루의 종횡방향 균열, 제체마루의 수평변위, 제체마루의 유실, 제체사면 불안정에 의한 마루손상, 제체를 통한 누수, 제체 침하 및 변형, 피복공의 변형, 제체 기초 및 양안부의 침식 침투	표 6.13
배수갑문	콘크리트 구조물	일반구조물 및 수처리 구조물의 콘크리트 균열, 백태, 박리, 박락 및 층분리, 철근 노출, 균열을 통한 누수, 파손	표 6.14
	배수갑문	콘크리트 구조물의 세굴, 바닥슬래브 부등침하 들뜸 단차, 언주 및 문주의 변위, 수축이음부를 통한 누수, 수평 시공 이음부의 누수, 불안정한 측벽 또는 라이닝, 접근수로 상부의 자연사면 불안정, 접근수로내 식생 및 잡물	표 6.15

부 재		손상항목	비고 (세부지침)
기계설비	권양기	침하, 기초의 불안정, 기초의 침식 및 침투	표 6.16
	강재수문 및 문틀	계측데이터 분석, 침투수의 안전성 분석, 사면활동의 안전성 분석, 응력-변형의 안전성 분석, 수문학적 안전성 분석	표 6.17
공중이 이용하는 부위		추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축 이음부, 환기구 등의 덮개	표 6.18
구조 안전성능	방조제 및 배수갑문	침투수 안정성 분석, 사면활동의 안정성 분석, 응력-변형의 안정성 분석, 방조제 여유고의 적정성에 대한 평가, 배수갑문 방류능력에 대한 안전성능 평가	표 6.20 ~ 표 6.24
	기계/전기설비	강재수문 구조검토에 대한 평가	표 6.25

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 방조제 제체(표 6.13)

평가지표	평가유형	가중치
제체 마루의 중·횡방향 균열	중요결함	0.41
제체 마루의 수평변위		
제체 마루의 유실		
제체 사면 불안정에 의한 마루손상		
제체를 통한 누수		
제체 침하 및 변형		
피복공의 변형(배열이완, 이탈, 함몰)		
제체 기초 및 양안부의 침식, 침투		
제체 사면 식생	일반손상	0.28
제체 사면 동물서식		

2. 콘크리트 구조물

1) 일반적인 콘크리트 구조물(표 6.14)

평가지표	평가유형	가중치
일반 구조물 콘크리트 균열	국부결함	0.31
수처리 구조물 콘크리트 균열		
박리		
박락 및 층분리		
철근노출		
균열을 통한 누수	일반손상	0.28
파손		
백태		

2) 배수갑문(표 6.15)

평가지표	평가유형	가중치
콘크리트 구조물의 세굴	중요결함	0.41
바닥슬래브 부등침하, 들뜸, 단차		
물받이공 하류 또는 기초 침식		
언주 및 문주의 변위		
수축이음부를 통한 누수		
수평 시공이음부 누수	일반손상	0.28
불안정한 측벽 또는 라이닝		
접근수로 상부의 자연사면 불안정		
접근수로내 식생 및 잡물		

3) 기계설비(표 6.16 ~ 표 6.17)

구분	평가지표	평가유형	가중치
권양기	마찰부 손상(시브, 감속기, 커플링)	일반손상	0.28
강재수문 및 문틀	강재수문 부식	중요결함	0.41
	강재수문 변형	국부결함	0.31
	누수	일반손상	0.28
	마찰부 (힌지, 롤러)손상		

4) 공중이 이용하는 부위(표 6.18)

평가지표	평가유형	가중치
추락방지시설	중요결함	0.41
도로포장 파손		
도로부 신축이음부		
환기구 등의 덮개		

3. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치(표 6.42 ~ 표 6.50)

구 분		가중치
상위 평가항목	하위 평가항목	
기본시설물 (0.87)	방조제(0.40)	0.348
	배수갑문(0.46)	0.40
	기계설비(0.14)	0.122
부대시설물 (0.08)	어도시설(0.20)	0.016
	관리용 교량(0.46)	0.037
	스톱로그(0.34)	0.027
기타시설물 (0.05)	관리동, 조작실 등 건축물(0.41)	0.02
	접근수로 제방(0.59)	0.03

라. 성능간 가중치(표 6.156)

성능항목		
안전성능	내구성능	사용성능
0.66	0.20	0.14

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.50 \leq X < 5.00$	$3.50 \leq X < 4.50$	$2.50 \leq X < 3.50$	$1.50 \leq X < 2.50$	$1.00 \leq X < 1.50$
대표점수	4.50 ($1 / 4.50 = 0.22$)	3.50 ($1 / 3.50 = 0.28$)	2.50 ($1 / 2.50 = 0.40$)	1.50 ($1 / 1.50 = 0.67$)	1.00 ($1 / 1.00 = 1.00$)
등급별 가중치	0.09	0.11	0.15	0.26	0.39

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($4.50 \leq X < 5.00$) 최솟값(4.50)의 비율 : $(1 / 4.50) / 2.57 = 0.09$

3.6.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

하구둑의 내구성능 등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 하구둑 전체에 대한 내구성능등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 시설물의 종합성능등급에 영향을 미치지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

평가분류		평가항목	비고(세부지침)
강재	강재수문 발청 (표면부식, 녹)	발청 면적, 외관 상태	표 6.53
	권양기 와이어로프 발청 (표면부식, 녹)	점녹 및 부식 길이	표 6.54
	도장박리	도장 박리 면적, 외관 상태	표 6.55
	도장균열	도장 균열 면적, 외관 상태	표 6.56
	도장부품	부품 크기, 발생 면적	표 6.57
	도장 변색 및 백아화	도장 변색, 도장 백아화	표 6.58
	도장두께	시방서 및 시방 기준 대비 허용두께 불만족 비율	표 6.59
	대기환경	해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도	
	권양기 와이어로프 (직경감소)	와이어로프 직경 감소	표 6.61
	권양기 와이어로프 (소선절단)	와이어로프 소선절단	표 6.62
콘크리트	염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량, 2.5kg/m ³ 이 되는 시점	표 6.90
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 6.91
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계기준강도값과 비교할 경우, 건전부/ 비건전부를 비교할 경우	표 6.92, 표 6.93

나. 내구성능 손상별 가중치

1. 콘크리트 평가항목별 내구성능 가중치 : 1.0
2. 강재 평가항목별 내구성능 가중치(표 6.65 ~ 표 6.66)

구분	평가지표		가중치	
강재수문	도막열화	발청	0.38	0.75
		박리	0.15	
		균열	0.08	
		부품	0.11	
		변색	0.04	
	도장두께		0.25	
권양기 와이어로프	발청		0.25	
	대기환경		0.20	
	직경감소		0.20	
	소선절단		0.35	

다. 내구성능 부재별 가중치(표 6.67 ~ 표 6.70, 표 6.100 ~ 표 6.105)

구분					가중치
최상위 평가항목	상위 평가항목	하위 평가항목			
강재 (0.35)	기본시설물 (0.73)	강재수문(0.60)			0.153
		권양기 와이어로프(0.40)			0.102
	부대시설물 (0.17)	어도시설(-)			-
		차량통행용 및 관리용 교량(1.00)			0.060
		스톱로그(-)			-
	기타시설물 (0.10)	관리동, 조작실 등 건축물(0.42)			0.015
		접근수로 제방(0.58)			0.020
콘크리트 (0.65)	기본시설물 (0.72)	하구둑	배수갑문 (0.62)	수문본체(0.50)	0.145
				암거(0.40)	0.116
			방조재 ¹⁾ (0.38)	날개벽(0.05)	0.015
				물받이(0.05)	0.015
		앞비탈(제외측사면)(0.50)		0.088	
		둑마루(0.30)		0.053	
		뒷비탈(제내측사면)(0.20)	0.036		
		부대시설물 (0.18)	어도시설(-)		
	차량통행용 및 관리용 교량(1.00)			0.117	
	스톱로그(-)			-	
	기타시설물 (0.10)	관리동, 조작실 등 건축물(0.42)			0.027
		접근수로 제방(0.58)			0.038

()값은 중요도

1) 방조재가 콘크리트일 경우 평가

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.6.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

하구둑의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 사용성과 기능성 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표항목	평가항목	비고(세부지침)
운영성	권양기의 작동유무, 현장제어반 및 조작반, 구동모터 및 브레이크, 강재수문 작동유무, 스톱로그 설치(작성) 성능, 권양장치 작동성능	표 6.128, 표 6.129, 표 6.131, 표 6.133, 표 6.134
유지관리성	점검시설, 어도의 성능, 스톱로그 유지관리 상태 및 소모성 재료성능)	표 6.135 ~ 표 6.137
수요 및 용량	염분침투	표 6.138

나. 사용성능 손상별 가중치

1. 기본시설물(표 6.140)

구분	권양기의 작동유무	현장제어반 및 조작반	구동모터 및 브레이크	강재수문 작동유무	점검시설	염분침투
가중치	0.152	0.132	0.153	0.179	0.172	0.212

2. 부대시설물(표 6.142)

구분	어도시설	차량통행용 및 관리용 교량	스톱로그			
	어도의 성능(상태)	점검시설	설치(작동) 성능	권양장치 작동성능	유지관리 상태 및 소모성 재료	퇴적
가중치	1.000	1.000	0.400	0.300	0.200	0.100

다. 사용성능 부재별 가중치(표 6.143, 표 6.144)

구분		가중치
기본시설물(0.79)		0.79
부대시설물 (0.21)	어도(0.22)	0.046
	차량통행용 및 관리용 교량(0.44)	0.093
	스톱로그(0.34)	0.071

()값은 각 항목의 중요도

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.6.4 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원(예시)

시설물의 종류		포용조수량 6천만톤 이상의 방조제
배수갑문 형식		슬라이드 형식(8문)
권양기		와이어로프 윈치식(8대)
구성시설	기본시설물	방조제, 배수갑문, 기계설비
	부대시설물	어도시설, 관리용 교량
	기타시설물	-

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	횡방향 균열	방조제	안전 성능	b	0.41	0.367	0.66	0.11	0.010924	4
조치2	10	15	20	300	식생	방조제	안전 성능	c	0.28	0.367	0.66	0.15	0.010173	5
조치3	-	-	-	-	세굴	배수 갑문	안전 성능	e	0.41	0.421	0.66	0.39	0.044430	2
조치4	-	-	-	-	접근수로 식생	배수 갑문	안전 성능	c	0.28	0.421	0.66	0.15	0.011670	3
조치5	-	-	-	-	마찰부 손상	권양기	안전 성능	c	0.28	0.128	0.66	0.15	0.003548	7
조치6	10	15	20	300	강재수문 부식	강재 수문	안전 성능	b	0.41	0.128	0.66	0.11	0.003810	6
조치7	60	90	40	3,600	균열	어도	안전 성능	c	0.31	0.017	0.66	0.15	0.000522	16
조치8	-	-	-	-	박락	어도	안전 성능	c	0.31	0.017	0.66	0.15	0.000522	16
조치9	-	-	-	-	파손	관리용 교량	안전 성능	b	0.28	0.039	0.66	0.11	0.000793	14
조치10	-	-	-	-		구조	안전 성능	b	1	1	0.66	0.11	0.072600	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치11	100	150	10	1,500	염화물	수문 본체	내구 성능	b	1	0.145	0.2	0.11	0.003190	9
조치12	-	-	-	-	탄산화	암거	내구 성능	c	1	0.116	0.2	0.15	0.003480	8
조치13	-	-	-	-	발청	강재 수문	내구 성능	d	0.38	0.153	0.2	0.26	0.003023	10
조치14	70	150	466	70,000	직경 감소	권양기	내구 성능	c	0.2	0.102	0.2	0.15	0.000612	15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치15	100	150	10	1,500	강재수문 작동유무	기본 시설	사용 성능	b	0.152	0.79	0.14	0.11	0.001849	12
조치16	10	15	20	300	점검 시설	기본 시설	사용 성능	c	0.172	0.79	0.14	0.15	0.002853	11
조치17	-	-	-	-	어도 상태	어도 시설	사용 성능	c	1	0.046	0.14	0.15	0.000966	13
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치3 ¹⁾	-	-	-	-	세굴	배수 갑문	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치10 ²⁾	-	-	-	-		구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.66	0.11	0.072600	2
조치4	-	-	-	-	접근수로 식생 횡방향 균열	배수 갑문	안전 성능	c	0.28	0.421	0.66	0.15	0.011670	3
조치1	100	150	10	1,500	방조제	방조제	안전 성능	b	0.41	0.367	0.66	0.11	0.010924	4
조치2	10	15	20	300	식생	방조제	안전 성능	c	0.28	0.367	0.66	0.15	0.010173	5
조치6	10	15	20	300	강제수문 부식	강제 수문	안전 성능	b	0.41	0.128	0.66	0.11	0.003810	6
조치5	-	-	-	-	마찰부 손상	권양기	안전 성능	c	0.28	0.128	0.66	0.15	0.003548	7
조치12	-	-	-	-	탄산화	암거	내구 성능	c	1.0	0.116	0.2	0.15	0.003480	8
조치11	100	150	10	1,500	염화물	수문 본체	내구 성능	b	1.0	0.145	0.2	0.11	0.003190	9
조치13	-	-	-	-	발칭	강제 수문	내구 성능	d	0.38	0.153	0.2	0.26	0.003023	10
조치16	10	15	20	300	점검시 설	기본 시설	사용 성능	c	0.172	0.79	0.14	0.15	0.002853	11
조치15	100	150	10	1,500	강제수문 작동유무	기본 시설	사용 성능	b	0.152	0.79	0.14	0.11	0.001849	12
조치17	-	-	-	-	어도 상태	어도 시설	사용 성능	c	1.0	0.046	0.14	0.15	0.000966	13
조치9	-	-	-	-	파손	관리용 교량	안전 성능	b	0.28	0.039	0.66	0.11	0.000793	14
조치14	70	150	466	70,000	직경 감소	권양기	내구 성능	c	0.2	0.102	0.2	0.15	0.000612	15
조치7	60	90	40	3,600	균열	어도	안전 성능	c	0.31	0.017	0.66	0.15	0.000522	16
조치8	-	-	-	-	박락	어도	안전 성능	c	0.31	0.017	0.66	0.15	0.000522	16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 세부지침 상에 제시된 중대결함의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정

2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.7. 수문

3.7.1 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

수문의 상태안전성능 평가는 각각의 개별부재를 집합하여 복합부재로 구성하고, 복합부재를 집합하여 개별시설, 개별시설을 집합하여 복합시설, 복합시설을 집합하여 통합시설인 수문으로 평가한다. 수문의 상태안전성능지수는 개별부재에 발생된 결함을 조사하여 결함등급의 평가점수와 결함유형(중요, 국부, 일반결함)의 영향계수를 곱하여 산출된 평가지수를 시설물의 안전에 미치는 영향을 고려한 중요도를 곱한 값으로 나눠 상태안전성능지수를 산정한다. 따라서, 모든 부재의 결함이 반영되어 상태안전성능지수가 산출되기 때문에 수문의 투자우선순위의 부재별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 수문의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

부 재		손상항목	비고 (세부지침)
수문구조물		일반 및 수처리 구조물의 콘크리트 균열, 백태 및 누수, 박락, 층분리, 철근노출, 파손, 배수지장, 기초 세굴, 부재변형, 신축이음	표 7.13 ~ 표 7.23.
문비		부식 상태, 변형, 마찰손상	표 7.24 ~ 표 7.26.
기계설비		랙바, 마찰부(베어링, 크러치, 커플링)	표 7.27, 표 7.28.
바닥보호공		세굴 및 침식, 보호공	표 7.29, 표 7.30
공중이 이용하는 부위		추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개	표 7.31
구조안전성능	수문구조물	단면 내하력 검토, 조작대 접근성	표 7.32, 표 7.33
	문비	구조검토	표 7.34

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 상태안전성능 손상별 가중치(표 7.13~표 7.30)

평가지표		평가유형	가중치
수문구조물	균열	콘크리트 균열	일반손상
		구조적균열, 종단균열	중요결함
		횡단균열	국부결함
		수처리구조물	국부결함
	백태 및 누수		일반손상
	박락, 층분리		국부결함
	철근노출		국부결함
	파손		국부결함
	배수지장(단차, 연결관 돌출, 지장물)		일반손상
	기초세굴		중요결함
	부재 변형		중요결함
	신축이음불량		국부결함
	문비 부식손상		중요결함
문비	문비 변형		국부결함
	마찰부 손상		중요결함
	렉바 손상		국부결함
기계설비	마찰부 손상		일반손상
	세굴 및 침식		국부결함
바닥보호공	보호공 훼손		일반손상

2. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치(표 7.117)

성능 항목		
안전성능	내구성능	사용성능
0.66	0.20	0.14

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.50 \leq X < 5.00$	$3.50 \leq X < 4.50$	$2.50 \leq X < 3.50$	$1.50 \leq X < 2.50$	$1.00 \leq X < 1.50$
대표점수	4.50 ($1/4.50 = 0.22$)	3.50 ($1/3.50 = 0.28$)	2.50 ($1/2.50 = 0.40$)	1.50 ($1/1.50 = 0.67$)	1.00 ($1/1.00 = 1.00$)
등급별 가중치	0.09	0.11	0.15	0.26	0.39

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($4.50 \leq X < 5.00$) 최솟값(4.50)의 비율 : $(1/4.50) / 2.57 = 0.09$

3.7.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

수문의 내구성능 등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 수문시설물 전체에 대한 내구성능등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 강재 내구성능평가에 반영되나, 콘크리트 내구성능평가에는 종합성능등급에 반영되지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

평가분류		평가항목	비고(세부지침)
강재	문비 및 공도교 발청 (표면부식, 녹)	발청 면적, 외관 상태	표 7.53
	권양기 와이어로프 발청 (표면부식, 녹)	점녹 및 부식 길이	표 7.54
	도장박리	도장 박리 면적, 외관 상태	표 7.55
	도장균열	도장 균열 면적, 외관 상태	표 7.56
	도장부품	부품 크기, 발생 면적	표 7.57
	도장 변색 및 백아화	도장 변색, 도장 백아화	표 7.58
	도장두께	시방서 및 시방 기준 대비 허용두께 불만족 비율	표 7.59
	권양기 와이어로프 직경감소	와이어로프 직경 감소	표 7.61
	권양기 와이어로프 소선절단	와이어로프 소선절단	표 7.62
콘크리트	염화물 침투합량	철근부 전염화물 침투량이 2.5kg/m ² 가 되는 시점	표 7.84
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 7.85
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계기준강도값과 비교할 경우, 건전부/비건전부를 비교할 경우	표 7.86, 표 7.87

나. 내구성능 손상별 가중치

1. 콘크리트 평가항목별 내구성능 가중치 : 1.0
2. 강재 평가항목별 내구성능 가중치(표 7.65~표 7.66)

구분	평가지표	가중치
문비	발청	0.30
	박리	0.12
	균열	0.06
	부품	0.09
	변색	0.03
	도장두께	0.20
열화환경지표 ¹⁾	대기 환경 (해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)	0.20
권양기 와이어로프	발청	0.25
	대기환경	0.20
	직경감소	0.20
	소선절단	0.35

1) 열화환경지표 평가항목의 경우 강재 내구성능평가에만 반영

다. 내구성능 부재별 가중치(표 7.67, 표 7.92 표 7.100)

구분	부재	가중치
상위 평가항목	하위 평가항목	
강재 (0.35)	문비(0.60)	0.210
	권양기 와이어로프(0.40)	0.140
콘크리트 (0.65)	수문본체(0.40)	0.260
	관리교(0.05)	0.032
	암거(0.40)	0.260
	날개벽(0.10)	0.066
	물받이(0.05)	0.032

()값은 중요도

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.7.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

수문의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 운영성, 유지관리성, 수요 및 용량 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표항목	평가항목	비고(세부지침)
운영성	문비의 작동유무, 수밀성	표 7.103, 표 7.104
유지관리성	점검시설(관리교 포함)	표 7.105
수요 및 용량	퇴적, 통수용량	표 7.106, 표 7.107

나. 사용성능 손상별 가중치(표 7.108)

구분	문비의 작동유무	수밀성	점검시설	퇴적(배수지장)	통수능력
가중치	0.168	0.158	0.202	0.203	0.269

다. 사용성능 부재별 가중치: 1.0

라. 성능간 가중치: 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치: 안전성능 등급별 가중치 참조

3.5.4 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원¹⁾

시설물의 종류	특별시 및 광역시에 있는 국가하천의 수문 및 통문
배수문	2.2 m × 2.2 m × 2문
압거	2.0 m × 2.0 m × 71.0m × 2런
권양기형식	랙크식

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(P _I)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	균열	수문 본체	안전 성능	b	0.28	1.0	0.66	0.11	0.020328	7
조치2	10	15	20	300	철근 노출	수문 본체	안전 성능	c	0.31	1.0	0.66	0.15	0.030690	4
조치3	-	-	-	-	파손	수문 본체	안전 성능	c	0.31	1.0	0.66	0.15	0.030690	4
조치4	-	-	-	-	기초 세굴	수문 본체	안전 성능	e	0.41	1.0	0.66	0.39	1.000000	1
조치5	-	-	-	-	부식	문비	안전 성능	c	0.41	1.0	0.66	0.15	0.040590	3
조치6	10	15	20	300	변형	문비	안전 성능	b	0.31	1.0	0.66	0.11	0.022506	6
조치7	60	90	40	3,600	랙바 손상	기계 설비	안전 성능	c	0.31	1.0	0.66	0.15	0.030690	4
조치8	-	-	-	-	마찰부 손상	기계 설비	안전 성능	c	0.28	1.0	0.66	0.15	0.027720	5
조치9	-	-	-	-	세굴	바닥 보호공	안전 성능	b	0.31	1.0	0.66	0.11	0.022506	6
조치10						구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.66	0.09	0.072600	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치11	100	150	10	1,500	탄산화	수문 본체	내구 성능	c	1.0	0.26	0.2	0.15	0.007800	8
조치12	-	-	-	-	염화물	관리교	내구 성능	b	1.0	0.26	0.2	0.11	0.005720	9
조치13	-	-	-	-	발청	문비	내구 성능	c	0.3	0.21	0.2	0.15	0.001890	13
조치14	-	-	-	-	직경 감소	권양기	내구 성능	c	0.2	0.14	0.2	0.15	0.000840	14
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치15	-	-	-	-	작동 유무	-	사용 성능	b	0.168	1.0	0.14	0.11	0.002587	12
조치16	10	15	20	300	점검 시설	-	사용 성능	c	0.202	1.0	0.14	0.15	0.004242	10
조치17	-	-	-	-	통수 능력	-	사용 성능	b	0.269	1.0	0.14	0.11	0.004143	11
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치4	-	-	-	-	기초 세굴	수문 본체	안전 성능	e	1	1.0	1	1	1.000000	1
조치10						구조	안전 성능	a	1	1.0	0.66	0.09	0.059400	2
조치5	-	-	-	-	부식	문비	안전 성능	c	0.4	1.0	0.66	0.15	0.040590	3
조치2	10	15	20	300	철근 노출	수문 본체	안전 성능	c	0.31	1	0.66	0.15	0.030690	4
조치3	-	-	-	-	파손	수문 본체	안전 성능	c	0.31	1	0.66	0.15	0.03069	4
조치7	60	90	40	3600	렉바 손상	기계 설비	안전 성능	c	0.31	1.0	0.66	0.15	0.030690	4
조치8	-	-	-	-	마찰부 손상	기계 설비	안전 성능	c	0.28	1.0	0.66	0.15	0.027720	5
조치6	10	15	20	300	변형	문비	안전 성능	b	0.31	1.0	0.66	0.11	0.022506	6
조치9	-	-	-	-	세굴	바닥 보호공	안전 성능	b	0.31	1.0	0.66	0.11	0.022506	6
조치1	100	150	10	1500	균열	수문 본체	안전 성능	b	0.28	1	0.66	0.11	0.020328	7
조치11	100	150	10	1500	탄산화	수문 본체	내구 성능	c	1	0.3	0.2	0.15	0.007800	8
조치12	-	-	-	-	염화물	관리교	내구 성능	b	1	0.3	0.2	0.11	0.005720	9
조치16	10	15	20	300	점검 시설	-	사용 성능	c	0.202	1.0	0.14	0.15	0.004242	10
조치17	-	-	-	-	통수 능력	-	사용 성능	b	0.269	1	0.14	0.11	0.004143	11
조치15	-	-	-	-	작동 유무	-	사용 성능	b	0.168	1.0	0.14	0.11	0.002587	12
조치13	-	-	-	-	발청	문비	내구 성능	c	0.3	0.21	0.2	0.15	0.001890	13
조치14	-	-	-	-	직경 감소	권양기	내구 성능	c	0.2	0.14	0.2	0.15	0.000840	14
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

- 1) 세부지침 상에 제시된 중대결합의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정
- 2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.8. 제방

3.8.1. 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

제방의 상태안전성능 평가는 개별부재에 발생한 결함을 조사하여 결함등급의 평가 점수와 결함유형(중요, 국부, 일반결함)의 영향계수를 곱하여 산출된 평가지수를 시설물의 안전에 미치는 영향을 고려한 중요도를 곱한 값으로 나눠 상태안전성능지수를 산정한다. 다만, 제방 시설을 각각 기능이 다른 다수의 복합시설은 주요시설과 보조시설로 구분되며, 개별시설의 기능에 문제가 발생할 경우 복합시설의 목적수행에 미치는 영향을 판단하여 개별시설의 가중치를 반영하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 제방의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

부 재		손상항목	비고 (세부지침)
표준제방	제체	제체침하, 활동, 누수, 세굴 및 침식, 제체의 훼손, 수목의 식생	표 8.15
	호안	호안의 기초·밑다짐공 세굴, 비탈덮기의 활동, 비탈덮기의 손상, 호안 머리 보호공 손상, 호안 구조이음눈 손상	표 8.16
	하상부	하상부의 세굴 및 퇴적	표 8.17
특수제방	직립구조물	침하, 경사/전도, 말뚝구조의 활동, 말뚝구조의 변형, 파손, 균열, 박리, 마모/침식, 신축이음부 및 사석블럭의 이격, 기초부 세굴	표 8.18
	배수통관	배수암거 구조물 손상	표 8.19
	접근로의 도로 훼손	도로의 훼손	표 8.20
공중이 이용하는 부위		추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개	표 8.21
구조 안전성능	제방 (공통)	제방 월류에 대한 안정, 제방 활동에 대한 안정, 제방 누수에 대한 안정	표 8.23, 표 8.25 표 8.27
	특수제방 옹벽 및 말뚝	활동, 전도에 대한 안정, 내하력에 대한 안정	표 8.28, 표 8.29

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 표준제방(표 8.15~표 8.17)

평가지표		평가유형	가중치
제 체	제 체 침하	중요결함	0.41
	활동	중요결함	0.41
	누수	중요결함	0.41
	세굴 및 침식	국부결함	0.31
	제체의 훼손	일반손상	0.28
	수목의 식생	일반손상	0.28
호안	호안의 기초·밑다짐공 세굴	중요결함	0.41
	비탈덮기의 활동	중요결함	0.41
	비탈덮기의 손상(줄눈이격, 파손, 탈락)	국부결함	0.31
	호안머리 보호공 손상(균열, 파손, 들뜸)	국부결함	0.31
	호안 구조이음부 손상	일반손상	0.28
하상부	하상부의 세굴 및 퇴적	일반손상	0.28

2. 특수제방(표 8.18~표 8.20)

평가지표		평가유형	가중치
직립구조물	침하	중요결함	0.41
	경사/전도	중요결함	0.41
	말뚝구조의 활동	중요결함	0.41
	말뚝구조의 변형	중요결함	0.41
	파손	국부결함	0.31
	균열	국부결함	0.31
	박리(박락, 층분리)	국부결함	0.31
	마모/침식	국부결함	0.31
	신축이음부 및 사석블록의 이격	일반손상	0.28
	기초부 세굴	일반손상	0.28
배수통관	배수암거 구조물 손상	중요결함	0.41
접근로 훼손	도로의 훼손	일반결함	0.28

3. 공중이 이용하는 부위(표 8.21)

평가지표	평가유형	가중치
추락방지시설	중요결함	0.41
도로포장 파손	중요결함	0.41
도로부 신축이음부	중요결함	0.41
환기구 등의 덮개	중요결함	0.41

4. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치(표 8.41)

구분	제체	호안	하상부	배수통관	접근로
가중치	0.47	0.22	0.10	0.16	0.05

라. 성능간 가중치(표 8.84)

성능항목		
안전성능	내구성능	사용성능
0.66	0.20	0.14

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.50 \leq X < 5.00$	$3.50 \leq X < 4.50$	$2.50 \leq X < 3.50$	$1.50 \leq X < 2.50$	$1.00 \leq X < 1.50$
대표점수	4.50 ($1 / 4.50 = 0.22$)	3.50 ($1 / 3.50 = 0.28$)	2.50 ($1 / 2.50 = 0.40$)	1.50 ($1 / 1.50 = 0.67$)	1.00 ($1 / 1.00 = 1.00$)
등급별 가중치	0.09	0.11	0.15	0.26	0.39

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($4.50 \leq X < 5.00$) 최솟값(4.50)의 비율 : $(1 / 4.50) / 2.57 = 0.09$

3.8.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

제방의 내구성능등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 제방 전체에 대한 내구성능등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 시설물의 종합성능등급에 영향을 미치지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

평가분류	평가항목	비고(세부지침)
염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량, 2.5kg/m ³ 이 되는 시점	표 8.45
탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 8.46
피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계 기준강도값과 비교할 경우, 건전부/비건전부를 비교할 경우	표 8.47, 표 8.48

나. 내구성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 내구성능 부재별 가중치(표 8.56)

형식	부재명	부재별 가중치
제방	뒷비탈(제내측사면)	0.20
	둑마루	0.30
	앞비탈(제외측사면)	0.50

라. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

마. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

3.8.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

제방의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 운영성, 유지관리성, 수요 및 용량 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표항목	평가항목	비고(세부지침)
운영성	배수통관 문짝, 배수암거 배수	표 8.69, 표 8.70
방재성	제방 비탈면 경사도	표 8.71
유지관리성	점검시설	표 8.72
수요 및 용량	홍수방어	표 8.73

나. 사용성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 사용성능 부재별 가중치(표 8.76)

구분	배수통관 문짝	배수암거 배수	제방 비탈면 경사도	점검시설	홍수방어
가중치	0.140	0.170	0.176	0.170	0.344

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.8.4 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원(예시)

시설물의 종류		제방 및 그 부속시설
구성시설		제체, 호안, 하상부, 배수통관, 접근로
호안	종류	호안블럭
	연장	5,400 m

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	횡방향 균열	방조제	안전 성능	b	0.41	0.367	0.66	0.11	0.010924	4
조치2	10	15	20	300	식생	방조제	안전 성능	c	0.28	0.367	0.66	0.15	0.010173	5
조치3	-	-	-	-	세굴	배수 갑문	안전 성능	e	0.41	0.421	0.66	0.39	0.044430	2
조치4	-	-	-	-	접근로 식생	배수 갑문	안전 성능	c	0.28	0.421	0.66	0.15	0.011670	3
조치5	-	-	-	-	마찰부 손상	권양기	안전 성능	c	0.28	0.128	0.66	0.15	0.003548	7
조치6	10	15	20	300	강제수문 부식	강제 수문	안전 성능	b	0.41	0.128	0.66	0.11	0.003810	6
조치7	60	90	40	3,600	균열	어도	안전 성능	c	0.31	0.017	0.66	0.15	0.000522	16
조치8	-	-	-	-	박락	어도	안전 성능	c	0.31	0.017	0.66	0.15	0.000522	16
조치9	-	-	-	-	파손	관리용 교량	안전 성능	b	0.28	0.039	0.66	0.11	0.000793	14
조치10	-	-	-	-		구조	안전 성능	b	1	1	0.66	0.11	0.072600	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치11	100	150	10	1,500	염화물	수문 본체	내구 성능	b	1	0.145	0.2	0.11	0.003190	9
조치12	-	-	-	-	탄산화	암거	내구 성능	c	1	0.116	0.2	0.15	0.003480	8
조치13	-	-	-	-	발칭	강제 수문	내구 성능	d	0.38	0.153	0.2	0.26	0.003023	10
조치14	70	150	466	70,000	직경 감소	권양기	내구 성능	c	0.2	0.102	0.2	0.15	0.000612	15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치15	100	150	10	1,500	강제수문 작동유무	기본 시설	사용 성능	b	0.152	0.79	0.14	0.11	0.001849	12
조치16	10	15	20	300	점검 시설	기본 시설	사용 성능	c	0.172	0.79	0.14	0.15	0.002853	11
조치17	-	-	-	-	어도 상태	어도 시설	사용 성능	c	1	0.046	0.14	0.15	0.000966	13
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치3 ¹⁾	-	-	-	-	세굴	배수 갑문	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치10 ²⁾	-	-	-	-		구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.66	0.11	0.072600	2
조치4	-	-	-	-	접근로 식생 횡방향 균열	배수 갑문	안전 성능	c	0.28	0.421	0.66	0.15	0.011670	3
조치1	100	150	10	1,500	방조제	방조제	안전 성능	b	0.41	0.367	0.66	0.11	0.010924	4
조치2	10	15	20	300	식생	방조제	안전 성능	c	0.28	0.367	0.66	0.15	0.010173	5
조치6	10	15	20	300	강제수문 부식	강제 수문	안전 성능	b	0.41	0.128	0.66	0.11	0.003810	6
조치5	-	-	-	-	마찰부 손상	권양기	안전 성능	c	0.28	0.128	0.66	0.15	0.003548	7
조치12	-	-	-	-	탄산화	암거	내구 성능	c	1.0	0.116	0.2	0.15	0.003480	8
조치11	100	150	10	1,500	염화물	수문 본체	내구 성능	b	1.0	0.145	0.2	0.11	0.003190	9
조치13	-	-	-	-	발칭	강제 수문	내구 성능	d	0.38	0.153	0.2	0.26	0.003023	10
조치16	10	15	20	300	점검시 설	기본 시설	사용 성능	c	0.172	0.79	0.14	0.15	0.002853	11
조치15	100	150	10	1,500	강제수문 작동유무	기본 시설	사용 성능	b	0.152	0.79	0.14	0.11	0.001849	12
조치17	-	-	-	-	어도 상태	어도 시설	사용 성능	c	1.0	0.046	0.14	0.15	0.000966	13
조치9	-	-	-	-	파손	관리용 교량	안전 성능	b	0.28	0.039	0.66	0.11	0.000793	14
조치14	70	150	466	70,000	직경 감소	권양기	내구 성능	c	0.2	0.102	0.2	0.15	0.000612	15
조치7	60	90	40	3,600	균열	어도	안전 성능	c	0.31	0.017	0.66	0.15	0.000522	16
조치8	-	-	-	-	박락	어도	안전 성능	c	0.31	0.017	0.66	0.15	0.000522	16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 세부지침 상에 제시된 중대결합의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정

2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.9. 상수도

3.9.1. 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

상수도의 상태안전성능 평가는 각각의 개별부재를 집합하여 복합부재로 구성하고, 복합부재를 집합하여 개별시설, 개별시설을 집합하여 복합시설, 복합시설을 집합하여 통합시설인 상수도로 평가한다. 상수도의 상태안전성능지수는 개별부재에 발생된 결함을 조사하여 결함등급의 평가점수와 결함유형(중요, 국부, 일반결함)의 영향계수를 곱하여 산출된 평가지수를 시설물의 안전에 미치는 영향을 고려한 중요도를 곱한 값으로 나눠 상태안전성능지수를 산정한다. 따라서, 모든 부재의 결함이 반영되어 상태안전성능지수가 산출되기 때문에 상수도의 투자우선순위의 부재별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 상수도의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

부 재	손상항목	비고 (세부지침)
관로	관로부식, 관두깨, 관체 변형률, 관로누수(매설관로), 관로용접부 평가, 밸브누수	표 9.15 ~ 표 9.20
토목구조물	침하부상, 경사, 활동, 기초세굴, 일반 및 수처리 콘크리트 균열, 박리, 박락 및 층분리, 철근노출, 누수, 백태, 파손, 신축이음 및 탈락,	표 9.21 ~ 표 9.32
강구조물	강재변형 및 탈락, 부식, 피로균열	표 9.33 ~ 표 9.35
기전설비	펌프배드 기초부, 장내배관 누수, 기기설비 마찰부 손상	표 9.36 ~ 표 9.38
공중이 이용하는 부위	추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개	표 9.39
구조안전성 평가	관로시설물, 토목시설물	표 9.61

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 관로, 토목구조물, 강구조물, 기전설비(표 9.11 ~ 표 9.14)

평가지표			평가유형	가중치
관로	관로부식		중요결함	0.41
	관두깨			
	관체변형률			
	관로누수			
	관로용접부 평가		국부결함	0.31
	밸브 누수		일반손상	0.28
토목구조물	침하 / 부상		중요결함	0.41
	경 사			
	활 동			
	기초세굴		국부결함	0.31
	콘크리트 균열		일반손상	0.28
	콘크리트 박리			
	콘크리트 박락 / 층분리			
	철근노출			
	누수	콘크리트부재		
		신축이음부위		
	백 태			
	콘크리트 파손			
	신축이음열화 및 탈락	탈락정도		
		열화정도		
강구조물	강재변형 및 변위		중요결함	0.41
	강재부식		국부결함	0.31
	강재 피로균열			
기전설비	펌프설비	펌프베드 기초부	일반손상	0.28
	장내배관	관체손상 정도	중요결함	0.41
	기계설비	마찰부손상	일반손상	0.28

2. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치(표 9.54, 표 9.73)

시설물 구분		가중치	
		내력구조인 경우	비 내력구조인 경우
관로시설물(관로 및 수로터널) (0.47)		0.47	
토목구조물(콘크리트 및 강구조물) (0.27)	바닥슬래브 (0.2/0.25) ¹⁾	0.054	0.068
	상부슬래브 (0.1/0.1) ¹⁾	0.026	0.027
	벽 체 ¹⁾ (0.25/0.1) ¹⁾	0.068	0.027
	기둥 (0.25/0.3) ¹⁾	0.068	0.08
	보 (0.2/0.25) ¹⁾	0.054	0.068
건축구조물(0.13)		0.13	
기전설비(0.13)		0.13	

()값은

1) ()값은 내력구조인 경우 / 비 내력구조인 경우의 중요도

라. 성능간 가중치(표 9.168)

성능별 가중치		
안전성능	내구성능	사용성능
0.60	0.25	0.15

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.50 \leq X < 5.00$	$3.50 \leq X < 4.50$	$2.50 \leq X < 3.50$	$1.50 \leq X < 2.50$	$1.00 \leq X < 1.50$
대표점수	4.50 (1 / 4.50 = 0.22)	3.50 (1 / 3.50 = 0.28)	2.50 (1 / 2.50 = 0.40)	1.50 (1 / 1.50 = 0.67)	1.00 (1 / 1.00 = 1.00)
등급별 가중치	0.09	0.11	0.15	0.26	0.39

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($4.50 \leq X < 5.00$) 최솟값(4.50)의 비율 : $(1 / 4.50) / 2.57 = 0.09$

3.9.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

상수도의 내구성능 등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 상수도시설물 전체에 대한 내구성능 등급을 산정한다. 다만,

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 시설물의 종합성능등급에 영향을 미치지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

	평가분류	평가항목	비고(세부지침)
강재	발청(표면부식, 녹)	발청면적, 외관상태	표 9.78
	도장박리	도장박리면적, 외관상태	표 9.79
	도장균열	도장 균열 면적, 외관상태	표 9.80
	도장부품	부품크기, 발생면적	표 9.81
	도장 변색 및 백아화	도장 변색, 도장 백아화	표 9.82
	도장두께	시방서 및 시방기준 대비 허용두께 불만족 비율	표 9.83
	경과년수	경과년수	표 9.84
	강제 누수	관로를 제외한 강구조물의 누수	표 9.85
	관주변 토양종류	토양종류	표 9.86
	토양 비저항	토양 비저항	표 9.87
	토양 pH	토양 pH	표 9.88
	황산 및 염산이온	황산이온 및 연소이온 함량	표 9.89
	관대지 전위차	관대지 전위차	표 9.90
	권양기 와이어로프 (직경감소)	와이어로프 직경감소	표 9.92
	권양기 와이어로프 (소선절단)	와이어로프 소선 절단	표 9.93
콘크리트	염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량, 2.5kg/m ³ 이 되는 시점	표 9.116
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 9.117
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계기준강도값과 비교할 경우, 건전부/비건전부를 비교할 경우	표 9.118, 표 9.119

나. 내구성능 손상별 가중치

1. 콘크리트 평가항목별 내구성능 가중치 : 1.0

2. 강재 평가항목별 내구성능 가중치

1) 관로시설(표 9.94, 표 9.95, 표 9.99)

구분		발청 및 도장열화 (0.26 / 0.29) ²⁾		도장두께 (0.21 / 0.23) ²⁾	경과년수 (0.36 / 0.37) ²⁾	누수 (-)	환경		
							토양(0.17 / -) ²⁾		대기 (-/0.11) ²⁾
관로 (0.8)	매설 관로	발청 (0.53)	0.110	0.168	0.288	-	관주변 토양종류 (0.17)	0.023	-
		박리 (0.21)	0.044				토양비저항 (0.29)	0.039	
		균열 (0.10)	0.021				토양 pH (0.15)	0.02	
		부품 (0.16)	0.033				황산 및 염소이온 (0.17)	0.024	
							관대지전위차 (0.22)	0.03	
	노출 관로	발청 (0.53)	0.123	0.184	0.296	-	-		0.088
		박리 (0.21)	0.049						
		균열 (0.10)	0.023						
		부품 (0.16)	0.037						
밸브 실 (0.2)	매설 관로	발청 (0.53)	0.028	0.042	0.072	-	관주변 토양종류 (0.17)	0.006	-
		박리 (0.21)	0.011				토양비저항 (0.29)	0.01	
		균열 (0.10)	0.005				토양 pH (0.15)	0.005	
		부품 (0.16)	0.008				황산 및 염소이온 (0.17)	0.006	
							관대지전위차 (0.22)	0.007	
	노출 관로	발청 (0.53)	0.031	0.046	0.074	-	-		0.022
		박리 (0.21)	0.012						
		균열 (0.10)	0.006						
		부품 (0.16)	0.009						

1) ()값은 중요도

2) (관로/밸브실)의 중요도

3) 중요도 계산방법

발청(박리...) : 관로(밸브실)의 중요도 × 매설(노출)관로의 발청 및 도장열화 중요도 × 발청(박리...) = $0.80 \times 0.26 \times 0.53 = 0.1102 \Rightarrow 0.11$

도장두께 : 관로(밸브실)의 중요도 × 매설(노출)관로의 도장두께 중요도 = $0.8 \times 0.21 = 0.1680 \Rightarrow 0.168$

2 강구조물(표 9.94, 표 9.95, 표 9.97)

구분		발청 및 도장열화 (0.36 / 0.37) ²⁾		도장 두께 (0.23 / 0.27) ²⁾	경과 년수 (-)	누수 (0.29 / 0.18) ²⁾	환경	
							토양 (-)	대기 (0.12 / 0.18) ²⁾
강구조물 (1.0)	내부	발청 (0.50)	0.180	0.23	-	0.29	-	0.12
		박리 (0.20)	0.072					
		균열 (0.10)	0.036					
		부품 (0.15)	0.054					
		변색 (0.05)	0.018					
	외부	발청 (0.50)	0.185	0.27	-	0.18	-	0.18
		박리 (0.20)	0.074					
		균열 (0.10)	0.037					
		부품 (0.15)	0.055					
		변색 (0.05)	0.019					

1) ()값은 중요도

2) (관로 / 밸브실)의 중요도

3) 중요도 계산방법

발청(박리...): 강구조물의 중요도 × 내부(외부) 중요도 × 발청(박리...) = $1.0 \times 0.36 \times 0.5 = 0.180 \Rightarrow 0.180$ 도장두께: 강구조물의 중요도 × 매설(노출)관로의 도장두께 중요도 = $1.0 \times 0.23 = 0.230 \Rightarrow 0.230$

3. 강재 기전설비(표 9.98)

구분	발청	대기환경	직경감소	소선절단
권양와이어	0.25	0.20	0.20	0.35

다. 내구성능 부재별 가중치: 1.0

라. 성능간 가중치: 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치: 안전성능 등급별 가중치 참조

3.9.3 사용성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

상수도의 사용성능등급 산정은 부재단위 평가가 아닌 전체시설물에 대해 운영성, 유지관리성, 수요 및 용량 세부지표 항목을 조사하고, 각 세부지표 항목의 평가결과에 지표별 가중치를 고려하여 산정한다. 그러므로 부재별 가중치는 동일(가중치 1.0 적용)하다는 가정하에 실시한다.

이에 책임기술자는 세부지표항목의 산정등급 또는 시설물의 사용성 및 기능성 개선이 필요하다고 판단되는 항목에 대해 투자우선순위의 조치사항으로 결정한다.

가. 사용성능 평가항목

세부지표항목	평가항목	비고(세부지침)
운영성	수질, 관로 사고이력, 밸브(장내배관)의 손상	표 9.143 ~ 표 9.145
유지관리성	펌프의 소음, 펌프의 진동, 전기설비의 절연 및 접지, 전기설비의 상태	표 9.146 ~ 표 9.149
수요 및 용량	가동률	표 9.150

나. 사용성능 손상별 가중치(표 9.151)

구분	수질	관로사고 이력	밸브의 손상	펌프의 소음	펌프의 진동	전기설비의 절연 및 접지	전기설비 상태	가동률
가중치	0.274	0.155	0.203	0.057	0.057	0.096	0.085	0.073

다. 사용성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.9.4 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원(예시)

시설물의 종류		광역상수도
시설물	관로시설물	D1200 mm × 12.8 Km
	구조물	정수장 1개소
		밸브실 96개소

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	부식	관로	안전 성능	b	0.41	0.47	0.6	0.11	0.012718	6
조치2	10	15	20	300	누수	관로	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치3	-	-	-	-	용접부 평가	관로	안전 성능	c	0.31	0.47	0.6	0.15	0.013113	5
조치4	10	15	20	300	밸브 누수	관로	안전 성능	b	0.28	0.47	0.6	0.11	0.008686	7
조치5	-	-	-	-	기초 세굴	정수장	안전 성능	c	0.31	0.27	0.6	0.15	0.007533	8
조치6	10	15	20	300	균열	정수장	안전 성능	c	0.28	0.27	0.6	0.15	0.006804	9
조치7	60	90	40	3,600	박리	밸브실	안전 성능	b	0.28	0.27	0.6	0.11	0.004990	10
조치8	-	-	-	-	철근 노출	밸브실	안전 성능	b	0.28	0.27	0.6	0.11	0.004990	10
조치9	-	-	-	-	마찰부 손상	기계 설비	안전 성능	c	0.28	0.13	0.6	0.15	0.003276	14
조치10	-	-	-	-	-	구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.6	0.11	0.066000	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치11	100	150	10	1,500	탄산화	정수장	내구 성능	c	1.0	1.0	0.25	0.15	0.037500	3
조치12	-	-	-	-	염화물	정수장	내구 성능	b	1.0	1.0	0.25	0.11	0.027500	4
조치13	-	-	-	-	발청	관로 (매설관)	내구 성능	c	0.11	1.0	0.25	0.15	0.004125	12
조치14	-	-	-	-	박리	밸브실 (노출관)	내구 성능	c	0.012	1.0	0.25	0.15	0.000450	16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치15	-	-	-	-	수질	-	사용 성능	b	0.274	1.0	0.15	0.11	0.004521	11
조치16	-	-	-	-	관로 사고이력	-	사용 성능	c	0.155	1.0	0.15	0.15	0.003488	13
조치17	-	-	-	-	가동률	-	사용 성능	c	0.073	1.0	0.15	0.15	0.001643	15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치2 ¹⁾	10	15	20	300	누수	관로	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치10 ²⁾	-	-	-	-		구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.6	0.11	0.066000	2
조치11	100	150	10	1,500	탄산화	정수장	내구 성능	c	1.0	1.0	0.25	0.15	0.037500	3
조치12	-	-	-	-	염화물	정수장	내구 성능	b	1.0	1.0	0.25	0.11	0.027500	4
조치3	-	-	-	-	용접부 평가	관로	안전 성능	c	0.31	0.47	0.6	0.15	0.013113	5
조치1	100	150	10	1,500	부식	관로	안전 성능	b	0.41	0.47	0.6	0.11	0.012718	6
조치4	10	15	20	300	밸브 누수	관로	안전 성능	b	0.28	0.47	0.6	0.11	0.008686	7
조치5	-	-	-	-	기초 세굴	정수장	안전 성능	c	0.31	0.27	0.6	0.15	0.007533	8
조치6	10	15	20	300	균열	정수장	안전 성능	c	0.28	0.27	0.6	0.15	0.006804	9
조치7	60	90	40	3,600	박리	밸브실	안전 성능	b	0.28	0.27	0.6	0.11	0.004990	10
조치8	-	-	-	-	철근 노출	밸브실	안전 성능	b	0.28	0.27	0.6	0.11	0.004990	10
조치15	-	-	-	-	수질	-	사용 성능	b	0.274	1.0	0.15	0.11	0.004521	11
조치13	-	-	-	-	발청	관로 (매설관로)	내구 성능	c	0.11	1.0	0.25	0.15	0.004125	12
조치16	-	-	-	-	관로 사고이력	-	사용 성능	c	0.155	1.0	0.15	0.15	0.003488	13
조치9	-	-	-	-	마찰부 손상	기계설 비	안전 성능	c	0.28	0.13	0.6	0.15	0.003276	14
조치17	-	-	-	-	가동물	-	사용 성능	c	0.073	1.0	0.15	0.15	0.001643	15
조치14	-	-	-	-	박리	밸브실 (노출관)	내구 성능	c	0.012	1.0	0.25	0.15	0.000450	16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 세부지침 상에 제시된 중대결합의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정

2) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.10 옹벽

3.10.1. 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

옹벽은 부재에 발생한 손상을 조사하여 각 손상별로 최저등급의 손상에 결함점수를 부여하고, 각 손상별로 모든 부재에 부여된 결함점수의 산술평균값을 산정한다. 산출된 산술평균값을 결함점수의 총합(손상의 e등급 결함점수의 총합)으로 나누어 상태안전성능 지수를 산정한다. 따라서 옹벽은 손상이 발생한 모든 부재의 결함점수의 산술평균값을 사용하므로 옹벽의 투자우선순위 부재별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 옹벽의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 부재별 개별손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

부 재	손상항목	비고 (세부지침)
콘크리트 옹벽	침하, 활동, 배수공, 계획선형오차, 파손 및 손상(재료분리), 균열, 표면열화(마모/침식, 박리, 박락 및 층분리), 백태, 철근노출, 세굴	표 10.17 ~ 표 10.26
보강토 옹벽	침하, 계획선형오차, 활동, 전면부 진행성 배부름, 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격, 세굴	표 10.27 ~ 표 10.34
석축	침하, 계획선형오차(전도/경사), 활동, 전면부 진행성 배부름, 배수공상태, 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격, 채움콘크리트, 세굴	표 10.35 ~ 표 10.44
돌망태 옹벽	침하, 활동, 채움재유실, 와이어메쉬 파손 및 손상, 진행성 변형발생, 철망결속 상태, 세굴	표 10.45 ~ 표 10.51
공중이 이용하는 부위	추락방지시설, 도로포장파손, 도로 신축이음부, 환기구 등의 덮개	표 10.52
내적안전성 평가	콘크리트 옹벽(설계전단강도, 설계휨강도), 보강토 옹벽(인발 파괴에 대한 안정, 보강재 파단에 대한 안정), 석축(벽체의 평균폭)	표 10.58
외적안전성 평가	콘크리트 옹벽, 석축(활동, 전도, 지지력, 침하), 보강토 옹벽, 돌망태 옹벽(지면활동, 원호활동, 전도, 지지력, 침하)	표 10.59, 표 10.60

나. 안전성능 손상별 가중치

1. 콘크리트 옹벽(표 10.53)

평가기준		a	b	c	d	e	가중치			
		0≤f < 0.15	0.15≤f<0.30	0.30≤f<0.55	0.55≤f<0.75	0.75≤f	철근		중력식	
							①	②	①	②
침 하		0	2	4	6	8	8/68	8/58	8/65	8/55
활 동		0	2	5	8	10	10/68	10/58	10/65	10/55
배수공상태		0	2	5	8	11	11/68	11/58	11/65	11/55
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	5	5/68	5/58	5/65	5/55
파손 및 손상 (재료분리)		0	1	2	3	5	5/68	5/58	5/65	5/55
균 열		0	2	3	5	7	7/68	7/58	7/65	7/55
표면 열화	마모/침식	0	0	1	1	1	1/68	1/58	1/65	1/55
	박리	0	0	1	1	1	1/68	1/58	1/65	1/55
	박락 및 층분리	0	0	1	1	1	1/68	1/58	1/65	1/55
	백태	0	0	1	1	2	2/68	2/58	2/65	2/55
철근노출		0	1	1	2	3	3/68	3/58	-	-
세 굴 ¹⁾		0	2	5	8	10	10/68	-	10/65	-
주변영향 인자 ²⁾	배수 시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1					1/68	1/58	1/65	1/55
		사면구배	적절	0	부적절	1	1/68	1/58	1/65	1/55
	사면 조사	낙석흔적	미발생	0	발생	1	1/68	1/58	1/65	1/55
		침출수	무	0	유	1	1/68	1/58	1/65	1/55
철근콘크리트 옹벽 결함지수(f)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{68}$			②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{58}$			
중력식 옹벽 결함지수(f)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{65}$			②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{55}$			

1) 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 가중치 및 산정식을 사용함.

2) 주변영향인자인 배수시설 및 사면조사는 양호(적절, 미발생, 무) 0점 또는 불량(부적절, 발생, 유) 1점으로 평가하며 세부지침상 a ~ e까지의 평가기준이 없으므로 등급별 평가기준 적용 시 양호(적절, 미발생, 무)의 경우 a, 불량(부적절, 발생, 유)의 경우 e에 해당하는 등급별 가중치를 부여한다. 이하, 보강토 옹벽, 석축, 돌망태 옹벽 또한 같은 기준으로 가중치를 부여한다.

2. 보강토 옹벽(표 10.54)

평가기준		a	b	c	d	e	가중치		
		0≤f < 0.15	0.15 ≤ f < 0.30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75≤f	①	②	
침 하		0	0	1	2	3	3/52	3/44	
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	2	3	3/52	3/44	
활 동		0	2	4	6	8	8/52	8/44	
전면부 진행성 배부름		0	2	5	8	10	10/52	10/44	
파손, 손상 및 균열		0	1	2	4	6	6/52	6/44	
유 실		0	1	2	4	6	6/52	6/44	
이 격		0	1	2	3	4	4/52	4/44	
세 굴 ¹⁾		0	2	4	6	8	8/52	-	
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0 , 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1						1/52	1/44
		사면구배	적절	0	부적절	1	1/52	1/44	
		낙석흔적	미발생	0	발생	1	1/52	1/44	
		침출수	무	0	유	1	1/52	1/44	
보강토 옹벽 결함지수 (f)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{52}$			②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{44}$		

1) 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 가중치 및 산정식을 사용함.

3. 석축(표 10.55)

평가기준		a	b	c	d	e	가중치	
		0 ≤ f < 0.15	0.15 ≤ f < 0.30	0.30 ≤ f < 0.55	0.55 ≤ f < 0.75	0.75 ≤ f	①	②
침하		0	1	2	3	4	4/72	4/64
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4	4/72	4/64
활동		0	1	3	5	7	7/72	7/64
전면부 진행성 배부름		0	3	6	9	12	12/72	12/64
배수공상태		0	1	3	5	7	7/72	7/64
파손, 손상 및 균열		0	2	4	6	8	8/72	8/64
유실		0	1	3	5	7	7/72	7/64
이격		0	1	2	3	4	4/72	4/64
채움콘크리트 상태		0	1	3	5	7	7/72	7/64
세굴 ¹⁾		0	2	4	6	8	8/72	-
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0 , 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1					1/72	1/64
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1	1/72	1/64
		낙석흔적	미발생	0	발생	1	1/72	1/64
		침출수	무	0	유	1	1/72	1/64
석축 결함지수 (f)		①	Σ 결함점수 72			②	Σ 결함점수 64	

1) 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 가중치 및 산정식을 사용함.

4. 돌망태 옹벽(표 10.56)

평가기준		a	b	c	d	e	가중치	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	①	②
침하		0	0	1	2	3	3/46	3/40
활동		0	1	2	3 ~ 4	5 ~ 6	6/46	6/40
채움재 유실		0	1	2	3 ~ 4	5 ~ 6	6/46	6/40
와이어메쉬 파손 및 손상		0 ~ 1	2	3	4 ~ 5	6 ~ 7	7/46	7/40
진행성 변형 발생		0 ~ 1	2 ~ 3	4 ~ 5	6 ~ 7	8 ~ 9	9/46	9/40
결속철망상태		0	1	2	3	4 ~ 5	5/46	5/40
세굴		0	1	2	3 ~ 4	5 ~ 6	6/46	-
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1					1/46	1/40
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1	1/46	1/40
		낙석흔적	미발생	0	발생	1	1/46	1/40
		침출수	무	0	유	1	1/46	1/40
돌망태 옹벽 결함지수 (f)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{46}$			②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{40}$	

* 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 가중치 및 산정식을 사용함.

5. 구조안전성능 손상별 가중치(표 10.58 ~ 표 10.60)

구 분	내적안전성			외적안전성								
	콘크리트 옹벽	보강토 옹벽	석축	콘크리트옹벽, 석축				보강토옹벽, 돌망태옹벽				
가중치	1.0	1.0	1.0	활동	전도	지지력	침하	저면 활동	원호 활동	전도	지지력	침하
				0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

다. 안전성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치(표 10.108)

구분		성능항목	
		안전성능	내구성능
콘크리트옹벽		0.70	0.30
보강토 옹벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20
	특수공법(철근포함)	0.70	0.30
석축		0.70	0.30
돌망태옹벽		1.00	-

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.30$	$0.30 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$
대표점수	0.14	0.29	0.54	0.74	0.99
등급별 가중치	0.05	0.11	0.20	0.27	0.37

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($0 \leq X < 0.15$) 최솟값(0.14)의 비율 : $0.14 / 2.70 = 0.05$

3.10.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

옹벽의 내구성능등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 옹벽시설물 전체에 대한 내구성능 등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다. 다만, 내구성능 평가항목 중 열화환경지표 평가항목의 경우 시설물의 종합성능등급에 영향을 미치지 않으므로 투자우선순위의 조치사항에서 배제한다.

가. 내구성능 평가항목

세부지표항목		평가항목	비고(세부지침)
콘크리트	염화물 침투함량	철근부 전염화물 침투량, 2.5kg/m ³ 이 되는 시점	표 10.67
	탄산화 깊이	잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간	표 10.68
	피복(표면부) 콘크리트의 품질	설계 기준강도값과 비교할 경우, 건전부 / 비건전부를 비교할 경우	표 10.69, 표 10.70
	건치돌 추정강도	건치돌/블럭 추정강도	표 10.74
	건치돌 풍화도	풍화진행도	표 10.77
강재	발청	녹 길이	표 10.96
	변색	부재표면색	
	도막(도금)두께	도막(도금)두께	표 10.98)

나. 내구성능 손상별 가중치(표 10.99, 표 10.100)

1. 콘크리트 평가항목별 내구성능 가중치 : 1.0

2. 강재 평가항목별 내구성능 가중치

구분		결함도 평가항목	가중치
보강토 옹벽 강재 보강재	강재 열화	발청	0.90
		변색	0.10
	강재 내구성능	강재 열화(발청/변색)	0.75
		도막(도금)두께	0.25

다. 내구성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.10.4 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원¹⁾

시설물의 종류	도로옹벽
형식	철근콘크리트

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(P _I)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	침하	-	안전 성능	b	0.118	1.0	0.7	0.11	0.009086	9
조치2	10	15	20	300	활동	-	안전 성능	c	0.146	1.0	0.7	0.2	0.020440	6
조치3	-	-	-	-	배수공 상태	-	안전 성능	c	0.161	1.0	0.7	0.2	0.022540	5
조치4	10	15	20	300	계획 선형 오차	-	안전 성능	b	0.074	1.0	0.7	0.11	0.005698	12
조치5	-	-	-	-	재료 분리	-	안전 성능	c	0.074	1.0	0.7	0.2	0.010360	8
조치6	10	15	20	300	균열	-	안전 성능	b	0.103	1.0	0.7	0.11	0.007931	10
조치7	60	90	40	3,600	철근 노출	-	안전 성능	c	0.044	1.0	0.7	0.2	0.006160	11
조치8	-	-	-	-	세굴	-	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치9	-	-	-	-	배수 시설	-	안전 성능	e	0.015	1.0	0.7	0.37	0.003885	13
조치10	-	-	-	-	내적 안전성	구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.7	0.11	0.077000	2
조치11					침하	구조	안전 성능	b	0.25	1.0	0.7	0.11	0.019250	7
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치12	100	150	10	1,500	염화물	-	내구 성능	c	1.0	1.0	0.3	0.2	0.060000	3
조치13	-	-	-	-	탄산화	-	내구 성능	b	1.0	1.0	0.3	0.11	0.033000	4
조치14	-	-	-	-	피복 강도	-	내구 성능	c	1.0	1.0	0.3	0.2	0.060000	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
				사	용	성	능		해	당	없	음		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치8 ¹⁾	-	-	-	-	세굴	-	안전 성능	e	1.0	1.0	1.0	1.0	1.000000	1
조치10 ²⁾	-	-	-	-	내적 안전성	구조	안전 성능	b	1.0	1.0	0.7	0.11	0.077000	2
조치12	100	150	10	1,500	염화물	-	내구 성능	c	1.0	1.0	0.3	0.2	0.060000	3
조치14	-	-	-	-	피복 강도	-	내구 성능	c	1.0	1.0	0.3	0.2	0.060000	3
조치13	-	-	-	-	탄산화	-	내구 성능	b	1.0	1.0	0.3	0.11	0.033000	4
조치3	-	-	-	-	배수공 상태	-	안전 성능	c	0.161	1.0	0.7	0.2	0.022540	5
조치2	10	15	20	300	활동	-	안전 성능	c	0.146	1.0	0.7	0.2	0.020440	6
조치11 ³⁾					침하	구조	안전 성능	b	0.25	1.0	0.7	0.11	0.019250	7
조치5	-	-	-	-	재료 분리	-	안전 성능	c	0.074	1.0	0.7	0.2	0.010360	8
조치1	100	150	10	1,500	침하	-	안전 성능	b	0.118	1.0	0.7	0.11	0.009086	9
조치6	10	15	20	300	균열	-	안전 성능	b	0.103	1.0	0.7	0.11	0.007931	10
조치7	60	90	40	3,600	철근 노출	-	안전 성능	c	0.044	1.0	0.7	0.2	0.006160	11
조치4	10	15	20	300	계획 선형 오차	-	안전 성능	b	0.074	1.0	0.7	0.11	0.005698	12
조치9	-	-	-	-	배수 시설	-	안전 성능	e	0.015	1.0	0.7	0.37	0.003885	13
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
				사	용	성	능		해	당	없	음		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 세부지침 상에 제시된 중대결함의 경우, 모든 가중치를 1.0을 적용하여 우선순위 지수 산정

2) 3) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 구조부재의 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

3.11. 절토사면

3.11.1. 안전성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

절토사면은 사면에 발생한 손상상태와 파괴요인을 조사하고 각 항목의 등급에 해당하는 결함점수를 합한 후 결함점수의 총합(손상의 e등급 결함점수의 총합)으로 나누어 상태안전성능지수를 산정한다. 따라서 절토사면은 모든부재에 발생한 손상이 반영되므로 절토사면의 투자우선순위 부재별 가중치는 중요도를 동일(가중치 1.0 적용)하다고 가정하여 투자우선순위 산정에 적용한다.

이에 책임기술자는 옹벽의 투자우선순위를 결정하기 위해 외관조사를 통한 개별 손상을 상태등급에 따라 집계한 후 시설물의 성능향상을 위해 손상별 등급을 고려한 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 안전성능 평가항목

세부지표항목	평가항목	비고(세부지침)
집수지형	사면내외 집수지형 개수	표 11.30
불안전지질	규모 및 상태	표 11.31
불연속면 특성	불연속면의 상태	표 11.32
지반변형	포행, 단차, 배부름 등	표 11.34
지하수	누수상태 및 위치	표 11.35
배수조건	배수조건	표 11.36
붕괴이력	붕괴이력	표 11.37
낙석	발생규모, 예상 낙석 에너지	표 11.38, 표 11.39
사면의 상부상태	상부 자연사면 경사	표 11.40
인장균열	인장균열 유무 및 진행성	표 11.41
공중이 이용하는 부위	추락방지시설, 도로포장 파손, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개	표 11.42
구조안전성능 성능 기준	건기, 우기/내진	표 11.50

나. 안전성능 손상별 가중치(표 11.43 ~ 표 11.45)

평가항목	가중치		
	토사사면	암반사면	혼합사면
집수지형	0.12	0.06	0.07
불안정 지질	-	0.15	0.14
불연속면의 특성	-	0.24	0.08
지반변형	0.24	0.09	0.11
지하수	0.18	0.08	0.12
배수조건	0.10	0.11	0.10
붕괴이력	0.22	0.10	0.11
낙석	-	0.17	0.12
사면상부상태	0.14	-	0.15

2. 구조안전성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 안전성능 부재별 가중치 : 1.0

라. 성능간 가중치(표 11.79)

구 분	성능항목	
	안전성능	내구성능
일반도로 사면 고속도로 사면 일반철도 사면 고속철도 사면	0.8	0.2

마. 등급별 가중치

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.30$	$0.30 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$
대표점수	0.14	0.29	0.54	0.74	0.99
등급별 가중치	0.05	0.11	0.20	0.27	0.37

등급 산정을 위한 결함도 지수 범위의 최솟값 비율을 가중치로 선정

예시) a등급범위($0 \leq X < 0.15$) 최솟값(0.14)의 비율 : $0.14 / 2.70 = 0.05$

3.11.2 내구성능 우선순위지수(PI) 적용 가중치

절토사면의 내구성능등급 산정은 부재별로 재료적 특성을 감안한 내구성능 평가항목을 측정·평가하고, 그 결과값에 부재별 가중치를 곱하여 절토사면 전체에 대한 내구성능등급을 산정한다.

이에 책임기술자는 부재별 내구성능등급을 결정짓는 내구성능 평가항목 중 평가등급이 낮거나 보수·보강이 필요하다고 판단되는 부재의 평가항목을 선정하여 투자우선순위의 조치사항으로 결정하여야 한다.

가. 내구성능 평가항목

세부지표항목	평가항목	비고(세부지침)
토사사면의 지반상태	지반상태(토사), 토양경도계 측정	표 11.56, 표 11.57
암반사면의 지반상태	지반상태(암반), 암종별 압편 내압강도	표 11.58, 표 11.59
표면보호공	표면보호공	표 11.60
사면보강공	사면보강공	표 11.61
암반의 절리상태 및 풍화진행도	길이, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화진행도	표 11.62

나. 내구성능 손상별 가중치 : 1.0

다. 내구성능 부재별 가중치(표 11.64)

구분		평가지표	지표별 가중치			
			기본	가중치 보정		
토사사면		지반상태(토질)	0.40	0.53	0.62	1.0
		표면보호공	0.25	-	0.38	-
		사면보강공	0.35	0.47	-	-
암반사면		지반상태(암반)	0.25	0.28	0.33	0.38
		절리상태 및 풍화진행도	0.40	0.44	0.53	0.62
		표면보호공	0.10	-	0.14	-
		사면보강공	0.25	0.28	-	-
혼합사면	토질	지반상태(토질)	0.40	0.53	0.62	1.0
		표면보호공	0.25	-	0.38	-
		사면보강공	0.35	0.47	-	-
	암반	지반상태(암반)	0.25	0.28	0.33	0.38
		절리상태 및 풍화진행도	0.40	0.44	0.53	0.62
		표면보호공	0.10	-	0.14	-
		사면보강공	0.25	0.28	-	-

라. 성능간 가중치 : 안전성능 성능간 가중치 참조

마. 등급별 가중치 : 안전성능 등급별 가중치 참조

3.11.3 산정 예시

가. 우선순위지수 산출 대상 시설물의 제원¹⁾

시설물의 종류		도로사면
주용도		고속도로
시설물구분		혼합사면
사면보호공	토사부	표면보호공
	암반부	사면보호공

1) 투자우선순위지수 산정 예시를 위한 가상의 시설물

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치1	100	150	10	1,500	집수 지형	토사부	안전 성능	b	0.07	1.0	0.8	0.11	0.006160	10
조치2	10	15	20	300	집수 지형	암반부	안전 성능	c	0.07	1.0	0.8	0.2	0.011200	8
조치3	70	150	466	70,000	불안정 지질	암반부	안전 성능	c	0.14	1.0	0.8	0.2	0.022400	4
조치4	-	-	-	-	지반 변형	토사부	안전 성능	d	0.11	1.0	0.8	0.27	0.023760	3
조치5	60	90	40	3,600	지반 변형	암반부	안전 성능	c	0.11	1.0	0.8	0.2	0.017600	6
조치6	10	15	20	300	지하수	토사부	안전 성능	c	0.12	1.0	0.8	0.2	0.019200	5
조치7	-	-	-	-	지하수	암반부	안전 성능	c	0.12	1.0	0.8	0.2	0.019200	5
조치8	-	-	-	-	붕괴 이력	토사부	안전 성능	b	0.11	1.0	0.8	0.11	0.009680	9
조치9	-	-	-	-	낙석	암반부	안전 성능	c	0.12	1.0	0.8	0.2	0.019200	5
조치10	-	-	-	-	구조	-	안전 성능	b	1.0	1.0	0.8	0.11	0.088000	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
조치11	100	150	10	1,500	지반 상태	토사부	내구 성능	d	1.0	0.62	0.2	0.27	0.033480	2
조치12	-	-	-	-	표면 보호공	토사부	내구 성능	c	1.0	0.38	0.2	0.2	0.015200	7
조치13	10	15	20	300	지반 상태	암반부	내구 성능	b	1.0	0.28	0.2	0.11	0.006160	10
조치14	10	15	20	300	사면 보강공	암반부	내구 성능	c	1.0	0.28	0.2	0.2	0.011200	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
				사	용	성	능		해	당	없	음		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

다. 우선순위지수에 따른 유지관리전략 제안

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선순위 지수(PD)	순위
					손상 내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
조치10 ¹⁾	-	-	-	-	구조	-	안전 성능	b	1.0	1.0	0.8	0.11	0.088000	1
조치11	100	150	10	1,500	지반 상태	토사부	내구 성능	d	1.0	0.62	0.2	0.27	0.033480	2
조치4	-	-	-	-	지반 변형	토사부	안전 성능	d	0.11	1.0	0.8	0.27	0.023760	3
조치3	70	150	466	70,000	불안정 지질	암반부	안전 성능	c	0.14	1.0	0.8	0.2	0.022400	4
조치6	10	15	20	300	지하수	토사부	안전 성능	c	0.12	1.0	0.8	0.2	0.019200	5
조치7	-	-	-	-	지하수	암반부	안전 성능	c	0.12	1.0	0.8	0.2	0.019200	5
조치9	-	-	-	-	낙석	암반부	안전 성능	c	0.12	1.0	0.8	0.2	0.019200	5
조치5	60	90	40	3,600	지반 변형	암반부	안전 성능	c	0.11	1.0	0.8	0.2	0.017600	6
조치12	-	-	-	-	표면 보호공	토사부	내구 성능	c	1.0	0.38	0.2	0.2	0.015200	7
조치2	10	15	20	300	집수 지형	암반부	안전 성능	c	0.07	1.0	0.8	0.2	0.011200	8
조치14	10	15	20	300	사면 보강공	암반부	내구 성능	c	1.0	0.28	0.2	0.2	0.011200	8
조치8	-	-	-	-	붕괴 이력	토사부	안전 성능	b	0.11	1.0	0.8	0.11	0.009680	9
조치1	100	150	10	1,500	집수 지형	토사부	안전 성능	b	0.07	1.0	0.8	0.11	0.006160	10
조치13	10	15	20	300	지반 상태	암반부	내구 성능	b	1.0	0.28	0.2	0.11	0.006160	10
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
				사	용	성	능		해	당	없	음		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1) 구조안전성능 등급이 상태안전성능의 등급보다 낮거나 안전 상 보수·보강이 필요한 경우 항목 추가

투자우선순위 지수(PI) 산정 가이드

발행 국토안전관리원

2022년 9월 일 초판

2023년 12월 일 개정

- * 본 투자우선순위 지수(PI) 산정 가이드의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은
국토안전관리원으로 연락하여 주시기 바랍니다.

국토안전관리원 (http://www.kalis.or.kr)
(우) 52852 경상남도 진주시 예나로 128번길 24 대표전화 1588-8788

본 투자우선순위 지수(PI) 산정 가이드 내용은
관리원 홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.