

제4장 상태평가

4.1 개요

4.2 상태평가 기준

4.3 상태평가 항목 및 절차

4.4 상태평가 결과

제4장 상태평가

4.1 개 요

시설물의 상태평가는 구조물의 정량적이고 객관적인 상태를 나타내기 위한 것으로, 상태평가 기준의 구성요소는 시설물의 육안조사를 통한 각 부재의 외관 상태변화 항목(결함, 손상, 열화)과 내구성 요소인 탄산화 시험 및 염화물함유량 시험 항목을 포함한다. 상태평가 기준은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(시설물편 제1장 교량), 2019.09』을 참고하였으며 책임기술자의 판단 하에 당 현장여건 및 구조형식에 맞는 평가기준을 적용하여 상태평가를 산정하였다.

4.2 상태평가 기준

정밀안전진단 구조물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하고 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가를 실시한다.

4.3 상태평가 항목 및 절차

4.3.1 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화 함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다.

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

4.3.2 부재별 상태평가 기준

가. 콘크리트 바닥판

기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	· 균열 폭 0.1mm미만	· 망상균열 폭 0.1mm미만	· 없음
b	· 균열 폭 0.1mm이상~0.3mm미만 · 균열율 2%미만	· 망상균열 폭 0.1mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열 폭 0.3mm이상~0.5mm미만 · 균열율 2%이상~10%미만	· 망상균열 폭 0.3mm이상	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만 · टे크플레이트 박리 및 누수 발생
d	· 균열 폭 0.5mm이상~1.0mm미만 · 균열율 10%이상~20%미만	· 망상균열 진전으로 인한 콘크리트박리 발생	· 표면 손상면적 10%이상 · 철근부식 손상면적 2%이상 · टे크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	· 균열 폭 1.0mm이상 · 균열율 20%이상	· 망상균열에 인한 박리가 심하여 편칭과괴 발생가능성	· 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판 안전성이 저하되는 경우

〈표 4.1〉 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

나. 강 거더

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2%미만	· 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장탈락 면적 10%미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 보조부재 전반적 변형 및 파단 · 주부재의 국부적 변형 · 주탑하단부 연결 볼트 부식	· 보조부재 2%이상 ~ 10%미만 · 주부재 2% 미만	· 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용입부족, 용접누락	· 도장탈락 면적 10%이상 · 부식발생면적 2% 이상 ~ 10%미만
d	· 주부재의 국부적 균열	· 주부재의 전반적 변형 및 파단 · 좌굴에 의한 주부재 변형 · 주탑하단부 연결 볼트 파단	· 보조부재 10%이상 · 주부재 2%이상 ~ 10%미만	· 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생면적 10%이상 · 부식에 의한 단면손상 면적 10%미만
e	· 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	· 좌굴에 의한 과대 변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	· 주부재 10%이상	· 인장플랜지 용접 연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	· 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

〈표 4.2〉 강 거더 상태평가 기준

다. 강 가로보와 세로보

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2% 미만	· 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장 탈락 면적 10%미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 주부재의 국부적 변형 · 변형, 충격에 의한 손상발생	· 보조부재 2 ~ 10% 미만 · 주부재 2% 미만	· 주부재의 심한 용접 불량 (기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용입부족, 용접누락	· 도장 탈락 면적 10%이상 · 부식 발생 면적 2 ~ 10%미만 · 부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	· 주부재의 전반적 균열	· 주부재 압축부 좌굴에 의한 변형 · 부재의 파단 발생	· 보조부재 10% 이상 · 주부재 2% 이상	· 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식 발생 면적 10%이상 · 부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
e	-	-	-	-	-

〈표 4.3〉 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

라. 교 대

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	· 구체 균열 폭 0.1mm 미만	· 없음
b	· 구체 균열 폭 0.1mm 이상~0.3mm 미만	· 표면 손상면적 2% 미만
c	· 구체 균열 폭 0.3mm 이상~0.5mm 미만 · 교대와 날개벽사이 폭 1.0mm이상의 균열발생	· 표면 손상면적 2% 이상 ~ 10% 미만 · 철근부식 손상면적 2% 미만
d	· 구체 균열 폭 0.5mm 이상~1.0mm 미만 · 날개벽 기울음 및 손상 심화 (배면토 유출) · 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2% 이상
e	· 구체 균열 폭 1.0mm 이상 · 날개벽 전도 위험 있음 · 부등침하로 인한 교대 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

〈표 4.4〉 교대 상태평가 기준

마. 콘크리트 교각

기준	균열	열화 및 손상, 철근노출
a	· 균열 폭 0.1mm 미만	· 없음
b	· 균열 폭 0.1mm 이상~0.3mm 미만	· 표면 손상면적 2% 미만
c	· 균열 폭 0.3mm 이상~0.5mm 미만	· 표면 손상면적 2% 이상 ~ 10% 미만 · 철근부식 손상면적 2% 미만
d	· 균열 폭 0.5mm 이상~1.0mm 미만 · 기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2% 이상
e	· 균열 폭 1.0mm 이상 · 부등침하로 인한 교각 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

〈표 4.5〉 콘크리트 교각 상태평가 기준

바. 기 초

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	· 없음	· 없음
b	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm미만의 균열 발생	· 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의해 노출됨
c	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm이상의 균열 및 단면손상 발생 · 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	· 침하가 20mm미만 발생 · 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	· 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 · 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	· 침하가 20mm이상 발생 · 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 · 기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	· 기초의 파손 및 침식을 인한 하부구조물의 안전성 저하	· 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

〈표 4.6〉 기초 상태평가 기준

사. 교량받침

기준	받침본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	· 외부 도장탈락 및 부식 · 도장탈색, 먼지 쌓임	· 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	· 측면 부풀음 · 받침두께의 0.3배미만의 전단 변형	· 미끄럼판 부식 발생 · 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	· 받침콘크리트에 0.3mm 이상 균열 발생 · 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면감소, 기능상 장애
d	· 고무재 파손, 단차, 균열 심화 · 받침두께 0.3배이상 전단변형 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 · 받침의 신축기능 불량	· 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 · 받침 본체 파손 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	· 받침 콘크리트 파손 및 하부 공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	· 받침 신축기능 불량으로 인해 받침본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	· 받침 신축기능 불량으로 인하여 거더 등 주부재의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 · 작동불능 상태	-

〈표 4.7〉 교량받침 상태평가 기준

아. 신축이음

기준	본체	후타재
a	· 없음	· 양호
b	· 토사, 이물질 퇴적 · 고무판 노화	· 미세균열 발생
c	· 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 · 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 · 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 · 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	· 균열이 50cm 이하의 간격으로 발생 · 국부적인 박리, 박락, 파손
d	· 강관유동 및 연결불량으로 이상을 발생 · 신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 · 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 · 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	· 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 · 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

〈표 4.8〉 신축이음 상태평가 기준

자. 교면포장

기준	포장불량		배수
a	· 미세균열	· 없음	· 없음
b	· 포장균열 2%미만	· 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음	· 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 부분적 물고임
c	· 포장균열 2%이상~10%미만	· 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음	· 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성 저하
d	· 포장균열 10%이상	· 전반적인 재포장이 필요한 상태	· 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성 저하
e	-	-	-

〈표 4.9〉 교면포장 상태평가 기준

차. 배수시설

기준	상태기준 설명
a	· 양호
b	· 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	· 배수시설의 상태불량, 길이부족 · 많은 퇴적물, 누수 · 누수로 인하여 구조물 부식 발생 · 배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 다른 위험 초래
d	· 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

〈표 4.10〉 배수시설 상태평가 기준

카. 난간 및 연석

기준	강재		콘크리트
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 도장 불량 10%미만	· 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	· 경미한 손상, 폭 0.3mm이하 균열
c	· 도장 불량 10%이상 · 부식으로 인한 단면 손상 10% 미만	· 파손 및 탈락 10% 미만	· 폭 0.3mm이상 균열 · 박리, 파손, 철근노출 10%미만 · 철근부식손상 길이 2% 미만
d	· 부식으로 인한 단면 손상 10% 이상	· 파손 및 탈락 10% 이상 · 낙석으로 인한 손상발생 · 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	· 박리, 파손, 철근노출 10%이상 · 철근부식손상 길이 2% 이상
e	-	-	-

〈표 4.11〉 난간 및 연석의 상태평가 기준

타. 탄산화

기준	탄산화 잔여깊이	철근부식의 가능성
a	· 30mm 이상	· 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10mm 이상 ~ 30mm 미만	· 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0mm 이상 ~ 10mm 미만	· 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0mm 미만	· 철근부식 발생
e	-	-

〈표 4.12〉 탄산화 상태평가 기준

파. 염화물

기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	· 염화물 $\leq 0.3 \text{ kgf/m}^3$	· 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	· $0.3 \text{ kgf/m}^3 < \text{염화물} < 1.2 \text{ kgf/m}^3$	· 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	· $1.2 \text{ kgf/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5 \text{ kgf/m}^3$	· 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 염화물 $\geq 2.5 \text{ kgf/m}^3$	· 철근부식 발생
e	-	-

〈표 4.13〉 염화물 상태평가 기준

4.3.3 상태평가 절차

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

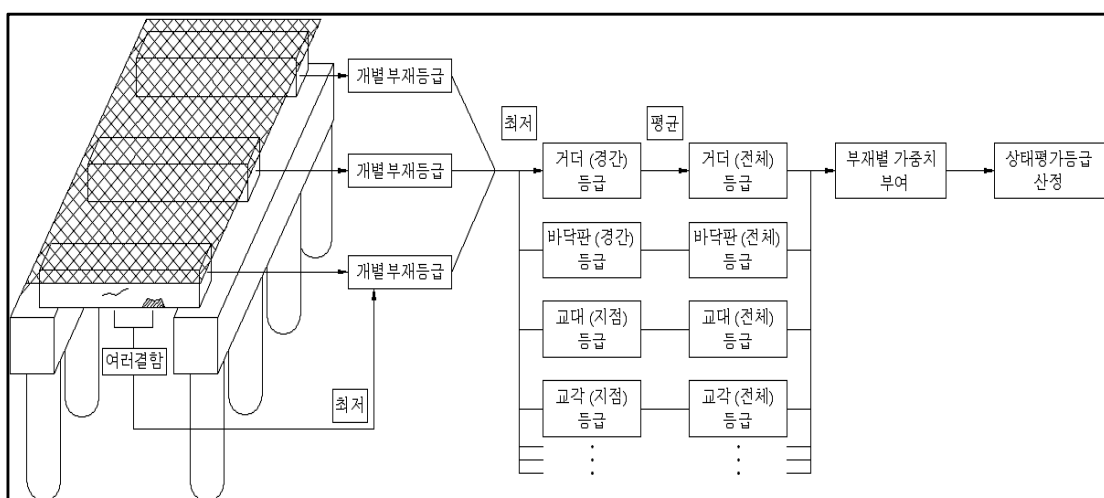
- 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최댓값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, <표 4.14>의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

기 준	a	b	c	d	e
결함도지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$

<표 4.14> 결함도 점수 범위에 따른 기준



<그림 4.1> 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예

4.3.4 구조형식별 부재별 가중치

교량전체의 상태평가등급을 산정하기 위한 부재별 가중치는 전체 100점을 기준으로 <표 4.15>과 같이 구조형식별로 부재별 중요도를 달리하여 배분하였으며, 외관상태와 별도로 내구성 요소인 탄산화 및 염화물 항목도 내구성 항목으로 취급하여 가중치를 적용하였다.

구분	결함도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교	
			일반 거더교			바닥판 거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판		
상부	바닥판	34	18	18	-	20	20	15		34	20 21
	거더	-	20	25	37	18	20	23		-	21 23
	2차부재	-	5	-	11	5	3	5		-	5 -
하부	교대/교각	20	13	13	18	13		13		34	22 24
	기초	7	7	7	7	7		7		7	7 7
받침	교량받침	10	9	9	14	9		9		3	3 3
기타	신축이음	10	9	9	-	9		9		3	3 3
	교면포장	7	7	7	-	7		7		7	7 7
	배수시설	3	3	3	-	3		3		3	3 3
	난간/연석	2	2	2	6	2		2		2	2 2
콘크리트	탄산화	상부	2(4)	2(4)	-	-	2(4)	2(4)	-	4(7)	
		하부	2(3)	2(3)	4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)		
	염화물	상부	2(0)	2(0)	-	-	2(0)	2(0)	-	3(0)	
		하부	1(0)	1(0)	3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)		

〈표 4.15〉 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

※ () : 정밀점검시 적용가중치

※ 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

4.4 상태평가 결과

가. 구조별 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	난간 연석	포장	배수 시설	신축 이음	교량 받침	교대 교각	기초	탄산화		염화물	
												(상)	(하)	(상)	(하)
S1,A1	STB	b	b	a	b	c	a	c	b	a	q	-	a	-	a
S2,P1	STB	b	b	a	b	c	b	-	a	b	q	a	a	a	-
S3,P2	STB	a	b	a	b	c	c	-	a	a	q	a	a	-	a
A2	STB	-	-	-	-	-	-	c	a	b	q	-	a	-	-
평균		0.167	0.200	0.100	0.200	0.400	0.233	0.400	0.125	0.150	-	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.030	0.040	0.005	0.014	0.012	0.005	0.036	0.011	0.030	-	0.002	0.002	0.002	0.001
1. 환산 결함도 점수												0.190			
2. 상태평가 결과												B			

〈표 4.16〉 구조별 상태평가 결과표

나. 개별교량 상태평가 결과

구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 × 연장비
물곡2교 (상, 정평방향)	STB	0.190	B	150.0	1.00	0.190
합계(Σ)				150.0	1.00	0.190
〈평가자 의견〉 일부의 보수가 필요한 상태						
1. 환산결함도 점수 =						0.190
2. 상태평가 결과 =						B

〈표 4.17〉 개별교량 상태평가 결과표

다. 전체교량 상태평가 결과

구분	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장 (m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도 점수×연장비
물곡2교 (상, 청평방향)	0.190	B	150.0	2	300.0	1.000	0.190
합계(Σ)			150.0		300.0	1.000	0.190
1. 평가지수 =							0.190
2. 상태평가 결과 =							B

〈표 4.18〉 전체교량 상태평가 결과표

라. 기 점검 상태평가 결과 비교

0	보수 불필요	0.13	부분 보수	0.26	보수	0.49	보강	0.79	재가설
A(최상)		B(양호)		C(보통)		D(불량)		E(위험)	
B등급 (0.190)				금회 정밀안전진단 상태평가 등급					
B등급 (0.198)				전회(2019년 정밀안전점검) 상태평가 등급					

〈표 4.19〉 기 점검 상태평가 결과 비교

본 과업대상 구조물의 상태평가 등급 산정결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태인 “B” (결함도 지수:0.190)인 상태로 평가되었다.

전회(2019년) 정밀안전점검 결과(결함도 지수:0.198)와 비교시 일부 부재에서 보수가 실시되어 결함도 점수가 다소 하향된 것으로 평가되었다.

