

제4장

시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 구조형식에 따른 일반교량의 부재별
가중치

4.4 상태평가 결과 산정방법

4.5 상태평가 결과

제 4 장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

각종 구조물의 건설이 날로 늘어감에 따라 보다 체계적이고 객관적인 교량의 유지관리가 요구되고 있으나 이에 따른 상태평가 기준·기법 등이 정립되어 있지 않은 실정으로 관리자 및 점검자의 수준 및 경험 정도에 의해 주관적인 판단이 많이 작용하게 된다.

특수교를 제외한 일반 형식의 교량에 대하여 상태평가등급을 산정할 수 있는 통일된 절차를 제시하여 상태평가에 객관성을 확보하여 보다 효율적인 안전점검 및 정밀안전진단이 되도록 하였다.

4.1.1 부재별 상태평가 적용범위

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

【표 4.1】 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		비고
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재(가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물	a, b, c, d

4.2 상태평가 항목 및 기준

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

4.2.1 콘크리트 바닥판

【표 4.2】 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	◦균열폭 0.1mm미만	◦망상균열폭 0.1mm미만	◦없음
b	◦균열폭 0.1mm이상 ~ 0.3mm미만 ◦균열율 2%미만	◦망상균열폭 0.1mm이상 ~ 0.3mm미만	◦표면 손상면적 2%미만
c	◦균열폭 0.3mm이상 ~ 0.5mm미만 ◦균열율 2%이상 ~ 10%미만	◦망상균열폭 0.3mm이상	◦표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만 ◦데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	◦균열폭 0.5mm이상 ~ 1.0mm미만 ◦균열율 10%이상 ~ 20%미만	◦망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	◦표면 손상면적 10%이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상 ◦데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	◦균열폭 1.0mm이상 ◦균열율 20%이상	◦망상균열에 인한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가 능성 있음	◦부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되 는 경우

4.2.2 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

【표 4.3】 강 바닥판, 강거더, 강 교각(강 주탑) 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결볼트 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)	◦도장탈락 면적 10%미만 ◦부식발생 면적 2%미만
c	◦보조부재의 전반적 균열 ◦주부재의 국부적 균열	◦보조부재의 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 ◦부식발생 면적 2%이상 ~ 10%미만
d	◦주부재의 전반적 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	◦부식발생 면적 10%이상 ◦부식에 의한 단면 손상면적 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 단면 손상면적 10%이상

4.2.3 강 가로보와 세로보

【표 4.4】 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재의 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)	◦도장손상 면적 10%미만 ◦부식발생 면적 2%미만
c	◦보조부재의 전반적 균열 ◦주부재의 국부적 균열	◦주부재의 국부적 변형 ◦변형 및 충격에 의한 손상 발생	◦보조부재 2%이상 ~ 10%미만 ◦주부재 2%미만	◦주부재의 심한 용접불량 (기공,슬래그,언더컷) ◦부분적 용입부족, 용접누락	◦도장손상 면적 10%이상 ◦부식발생 면적 2%이상 ~ 10%미만 ◦부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	◦주부재의 전반적 균열	◦주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 ◦부재의 파단 발생	◦보조부재 10% 이상 ◦주부재 2%이상	◦인장플랜지 용접 연결 부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	◦부식발생 면적 10%이상 ◦부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

4.2.4 교대

【표 4.5】 교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	◦구체 균열폭 0.1mm미만	◦없음
b	◦구체 균열폭 0.1mm이상 ~ 0.3mm미만	◦표면 손상면적 2%미만 ◦앵커블록 내부 결로 발생
c	◦구체 균열폭 0.3mm이상 ~ 0.5mm미만 ◦교대와 날개벽사이에 폭 1.0mm이상의 균열발생	◦표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만 ◦앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	◦구체 균열폭 0.5mm이상 ~ 1.0mm미만 ◦날개벽 기울음 및 손상 심화 (배면토 유출) ◦기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	◦표면 손상면적 10%이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상
e	◦구체 균열폭 1.0mm이상 ◦날개벽 전도 위험 있음 ◦부등침하로 인한 교대 안전성 저하	◦코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 ◦심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

4.2.5 콘크리트 교각

【표 4.6】 콘크리트 교각 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근부식
a	◦균열폭 0.1mm미만	◦없음
b	◦균열폭 0.1mm이상 ~ 0.3mm미만	◦표면 손상면적 2%미만
c	◦균열폭 0.3mm이상 ~ 0.5mm미만	◦표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만
d	◦균열폭 0.5mm이상 ~ 1.0mm미만 ◦기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	◦표면 손상면적 10%이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상
e	◦균열폭 1.0mm이상 ◦부등침하로 인한 교각 안전성 저하	◦코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 ◦심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

4.2.6 기초

【표 4.7】 기초 상태평가 기준

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 침식으로 인한 하부 구조물의 안전성 저하	◦기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

4.2.7 교량 받침

【표 4.8】 교량받침 상태평가 기준

기준	받침 본체		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 0.3배 미만의 전단변형	◦미끄럼판 부식 발생 ◦부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	◦받침 콘크리트에 0.3mm이상 균열 발생 ◦박리,탈락등 손상으로지지 단면 감소,기능상 장애
d	◦고무재 파손 및 단차, 균열 심화 ◦받침두께의 0.3배 이상의 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 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 ◦받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	◦받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 ◦받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 ◦작동불능 상태	-

4.2.8 교면포장

【표 4.9】 교면포장 상태평가 기준

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

4.2.9 배수시설

【표 4.10】 배수시설 상태평가 기준

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 따른 위험 초래
d	◦ 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

4.2.10 난간 및 연석

【표 4.11】 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강재		콘크리트
a	◦ 양호	◦ 양호	◦ 양호
b	◦ 도장 불량 10%미만	◦ 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	◦ 경미한 손상, 0.3mm이하 균열
c	◦ 도장 불량 10%이상 ◦ 부식으로 인한 단면 손상 10%미만	◦ 파손 및 탈락 10%미만	◦ 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	-	-	-

4.2.11 탄산화

【표 4.12】 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	◦30mm이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	◦10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	◦0mm이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	◦0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

4.3 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

【표 4.13】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량						라멘교			
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
				일반	2차 부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크 리트 바닥판	강 바닥판			
상 부	바 닻 판		34	18	18	－	20	23	15	34	20	21	
	주 형		－	20	25	37	18	20	23	－	21	23	
	2차부재		－	5	－	11	5	－	5	－	5	－	
하 부	교대/교각		20	13	13	18	13		13	34	22	24	
	기 초		7	7	7	7	7		7	7	7	7	
받 침	받침장치		10	9	9	14	9		9	3	3	3	
기 타	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	
콘 크 리 트	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)			

4.4 상태평가 결과 산정방법

4.4.1 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

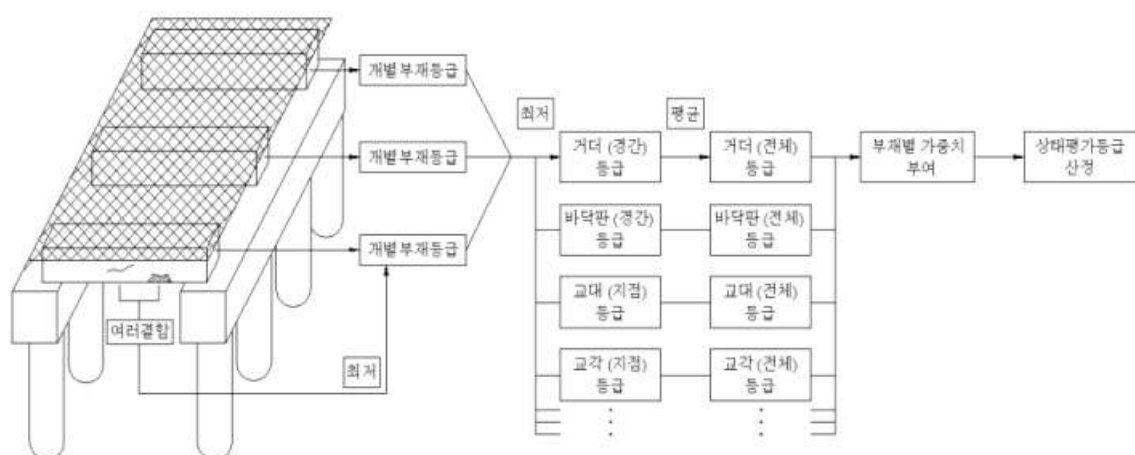
- 1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우에는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

4.4.2 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 상태평가결과를 산정하기 위한 기준값이며 【표 4.14】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.14】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$



【그림 4.1】 교량 상태평가 결과 산정 절차

4.5 상태평가 결과

가. 상태평가 결과 산정 방법

상태평가 결과 산정 방법은 외관조사 결과 부재별로 상태기준을 매긴 후, 부재별 중요도를 고려한 가중치를 고려하여 전체 교량의 상태평가 결과를 산정하였다. 또한, 내구성과 관련된 요소로서 탄산화 및 염화물 함유량에 대한 상태기준을 산정한 후 일반 부재와 같이 가중치를 부여하여 교량 전체의 상태평가항목에 반영하였다.

나. 공간(지점)별 부재 상태평가 산정

- 1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 2) 한 공간 내에서 여러 부재가 있을 경우에는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 공간(지점)의 상태평가 결과로 산정한다.

다. 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, 다음과 같은 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.15】 결함도 점수에 따른 기준

기 준	A	B	C	D	E
결함도 범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$

라. 상태평가 결과

【표 4.16】 발산1교(서울) 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소			
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	교면포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화		염화물	
												상부	하부	상부	하부
1	PSC Box교	a	c	N/A	b	a	b	c	b	b	Q	X	a	N/A	N/A
2	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	a	c	Q	X	a	N/A	N/A
3	PSC Box교	a	b	N/A	b	c	b	X	a	b	Q	X	X	N/A	N/A
4	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	a	b	Q	X	X	N/A	N/A
5	PSC Box교	a	b	N/A	b	c	b	X	a	c	Q	a	X	N/A	N/A
6	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	a	b	Q	X	X	N/A	N/A
7	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	b	c	Q	X	X	N/A	N/A
8	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	b	b	Q	X	a	N/A	N/A
9	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	b	b	Q	a	X	N/A	N/A
10	PSC Box교	b	b	N/A	b	a	b	X	a	b	Q	X	X	N/A	N/A
11	PSC Box교	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	b	b	b	Q	N/A	X	N/A	N/A
평균		0.110	0.220	N/A	0.200	0.160	0.200	0.300	0.145	0.255	N/A	0.100	0.100	N/A	N/A
가중치		23	20	N/A	7	3	2	9	9	20	N/A	2	5	N/A	N/A
(평균×가중치) /가중치합		0.025	0.044	N/A	0.014	0.005	0.004	0.027	0.013	0.051	N/A	0.002	0.005	N/A	N/A
												0.190			
												b			

【표 4.17】 발산1교(서울) 상태평가 결과

구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 X 연장비
발산1교 (서울)	PSC Box교	0.190	b	535	1.000	0.190
합계(Σ)				535	1.000	0.190
<평가자 의견>						
1. 환산결함도 점수 =		0.190				
2. 상태평가 결과 =		b 등급				

【표 4.18】 발산1교(서울) 상태평가 결과

구성 교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이x차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
발산1교 (서울)	0.190	b	535	2	1,070	1.000	0.190
합계(Σ)			535		1,070	1.000	0.190
<평가자 의견>							
1. 평가지수 =		0.190					
2. 상태평가 결과 =		b 등급					

마. 기존 결과와 비교·분석

【표 4.19】 상태평가 결과 비교·분석

구 분	2014년 정밀점검	2016년 정밀점검
결함지수	0.196	0.190
상태평가결과	b	b
총 평	■ '14'년 정밀점검과 비교·분석한 결과, 기점검 시 조사된 손상에 대한 보수조치가 실시되어 결함지수가 감소한 것으로 판단된다.	