

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2010. 12」의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전진단의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 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.

【표 4.2.1】 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
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

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.

4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.2.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 평가항목	바닥판 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
	거 더	-	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	2	-	-	2	2	-	4	
		하부	2	2	4	4	2	2	4		
	염화물	상부	2	2	-	-	2	2	-	3	
		하부	1	1	3	3	1	1	3		

<해 설>

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.
- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물 항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

4.2.3 상태평가 결과 결정

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- 1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최적값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최적값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 3) 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

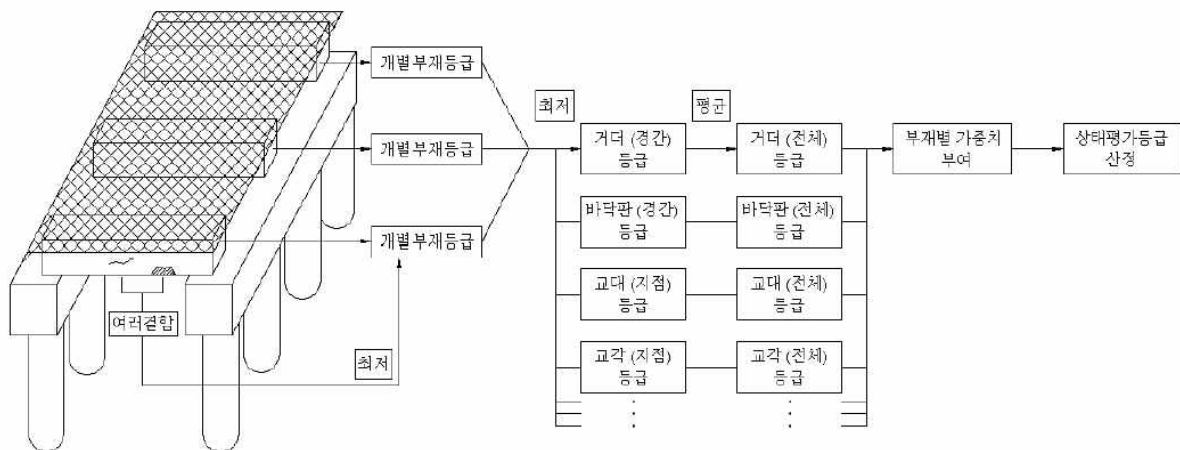
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

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 기준 값이며, 【표 4.2.3】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.2.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$



【그림 4.2.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1 동대구JCT3교

가. 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

- 동대구JCT3교 콘크리트 바닥판에 대한 상태평가 결과, ‘c’로 평가되었다.
- 균열에 대한 평가는 폭 0.1~0.3mm의 균열이 국부적으로 조사되어 ‘c’로 평가되었으며, 열화 및 손상에 대한 평가는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되어 ‘a’로 평가되었다.

【표 4.3.1】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	1방향 균열				2방향 균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		균열율 (%)		균열폭 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	199.2	0.2	b	0.29	b	0.1	b	없음	a	없음	a	b
S2	232.0	0.3	c	1.40	b	0.1	b	없음	a	없음	a	c
S3	299.2	0.1	b	없음	a	0.1	b	없음	a	없음	a	b

2) 강 거더

- 동대구JCT3교 거더 내·외부에 대한 상태평가 결과, 국부적으로 도장손상이 2% 미만으로 조사되어 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.2】 거더 상태평가 결과

구분	부재면적 (㎡)	모재 및 연결부 손상								표면열화(%)		평가 결과
		부재균열		변형, 파산		연결볼트 이완 탈락(%)		용접연결부 결합				
S1	886.4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	1032.4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	0.01	b	b
S3	1406.2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	0.01	b	b

3) 강 가로보 및 세로보

- 동대구JCT3교 가로보 및 세로보에 대한 상태평가 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되어 ‘a’로 평가되었다.

【표 4.3.3】가로보 및 세로보 상태평가 결과

구분	부재면적 (㎡)	모재 및 연결부 손상								표면열화(%)		평가 결과
		부재균열		변형, 파산		연결볼트 이완 탈락(%)		용접연결부 결합				
S1	46.2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	52.8	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	68.2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a

4) 교대 및 교각

① 콘크리트 교대

- 동대구JCT3교 교대에 대한 상태평가 결과, ‘b’로 평가되었다.
- 균열에 대한 평가는 폭 0.3mm 미만의 균열이 조사되어 ‘b’로 평가되었으며, 열화 및 손상에 대한 평가는 손상이 없는 것으로 조사되어 ‘a’로 평가되었다.

【표 4.3.4】콘크리트 교대 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
A1	90.2	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
A2	90.5	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b

② 콘크리트 교각

- 동대구JCT3교 교각에 대한 상태평가 결과, ‘c’로 평가되었다.
- 균열에 대한 평가는 폭 0.1~0.3mm의 균열이 조사되어 ‘c’로 평가되었으며, 열화 및 손상에 대한 평가는 손상이 없는 것으로 조사되어 ‘a’로 평가되었다.

【표 4.3.5】콘크리트 교각 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
P1	200.9	0.3	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P2	168.7	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b

5) 기초

- 동대구JCT3교 기초에 대한 상태평가 결과, 기초가 노출되어 있지 않는 상태로 확인되어 점검불가인 ‘q’ 로 평가되었다.

【표 4.3.6】기초 상태평가 결과

구분	기초 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (mm)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (mm)		
A1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

- 동대구JCT3교 교량받침에 대한 상태평가 결과, ‘a’ 로 평가되었다.
- 받침본체는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되어 ‘a’ 로 평가되었으며, 받침콘크리트는 재료분리 및 철근노출이 조사되었으나 전반적으로 상태가 양호하여 ‘a’ 로 평가되었다.

【표 4.3.7】교량받침 상태평가 결과

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침		균열폭(mm)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	양호	a	양호	a	양호	a	a
P1	양호	a	양호	a	재료분리, 철근노출	b	b
P2	양호	a	양호	a	양호	a	a
A2	양호	a	양호	a	양호	a	a

7) 신축이음

- 동대구JCT3교 신축이음에 대한 상태평가 결과, ‘c’로 평가되었다.
- 본체는 국부적으로 부식, 토사, 이물질 퇴적이 조사되어 ‘c’로 평가되었으며, 후타재는 미세균열이 조사되어 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.8】신축이음 상태평가 결과

구분	본 체		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
EXP.J1(A1)	토사, 이물질 퇴적	b	미세균열	b	양호	a	b
EXP.J2(A2)	국부적인 부식, 이물질 퇴적	c	미세균열	b	양호	a	c

8) 교면포장

- 동대구JCT3교 교면포장에 대한 상태평가 결과, ‘b’로 평가되었다.
- 교면포장의 배수기능은 양호한 상태였으나, 아스콘 균열로 인하여 포장불량이 2%미만으로 조사되어 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.9】교면포장 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	포장불량				배 수		평가 결과
		포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
S1	403.4	없음	a	주행에 영향없음	a	없음	a	a
S2	469.8	0.21	b	주행에 영향없음	a	없음	a	b
S3	605.9	없음	a	주행에 영향없음	a	없음	a	a

9) 배수시설

- 동대구JCT3교 배수시설에 대한 상태평가 결과, 배수관 이물질 퇴적이 조사되었으나 배수에는 이상이 없는 양호한 상태로 조사되어 ‘a’로 평가되었다.

【표 4.3.10】 배수시설 상태평가 결과

구 분	평가내용	평가결과
S1	양호	a
S2	양호	a
S3	양호	a

10) 난간 및 연석

- 동대구JCT3교 난간 및 연석(차량방호벽, 중앙분리대)에 대한 상태평가 결과, 폭 0.3mm 미만의 균열 및 백태, 들뜸, 파손, 철근노출 등이 조사되어 ‘c’로 평가되었다.

【표 4.3.11】 난간 및 연석 상태평가 결과

구분	부재 길이 (m)	콘크리트						평가 결과
		균열폭 (mm)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	99.6	0.2	b	0.30	c	없음	a	c
S2	116.0	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	149.6	0.2	b	0.73	c	0.20	c	c

11) 탄산화

- 동대구JCT3교 탄산화 깊이 측정은 총 8개소(상부구조 4개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였으며, 전 개소에서 탄산화 잔여깊이가 30.0mm 이상을 확보하고 있는 상태로 확인되어 ‘a’ 로 평가되었다.

【표 4.3.12】 탄산화 상태평가 결과

구분		탄산화 잔여 깊이(mm)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1(A1) 바닥판하면	34.0	< 탄산화 잔여 깊이 > · a : 30mm이상 · b : 10mm이상~30mm미만 · c : 0mm이상~10mm미만 · d : 0mm미만	a
	S1(A2) 바닥판하면	36.0		a
	S2 바닥판하면	37.0		a
	S3 바닥판하면	32.0		a
하부 구조	A1 구체	86.0		a
	P1 기둥부	96.0		a
	P2 기둥부	89.0		a
	A2 구체	96.0		a

12) 염화물

- 염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 실시하여 깊이별 시험을 실시하였다.
- 동대구JCT3교 염화물시험에 대한 상태평가 결과, 전 개소에서 0.3kg/m³ 이내로 확인되어 ‘a’ 로 평가되었다.

【표 4.3.13】 염화물 상태평가 결과

구분			전염화물 이온량(kg/m ³)	평가기준	평가결과
상부구조	S1 바닥판하면	0~20mm	0.122	< 전염화물 이온량 > · a : 염화물 ≤ 0.3kg/m ³ · b : 0.3kg/m ³ < 염화물 < 1.2kg/m ³ · c : 1.2kg/m ³ ≤ 염화물 < 2.5kg/m ³ · d : 염화물 ≥ 2.5kg/m ³	a
		20~40mm	0.106		a
하부구조	A1 벽체	0~20mm	0.140		a
		20~40mm	0.111		a
	P2 기둥부	0~20mm	0.115		a
		20~40mm	0.097		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

동대구JCT3교의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태인 “B” 로 산정되었다.

【표 4.3.14】 상태평가 결과표

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	STB	b	a	a	a	a	c	b	a	b	q	a	a	a	a
2	STB	c	b	a	b	a	a	-	b	c	q	a	a	-	-
3	STB	b	b	a	a	a	c	-	a	b	q	a	a	-	a
4	STB	-	-	-	-	-	-	c	a	b	q	-	a	-	-
평균		0.267	0.167	0.100	0.133	0.100	0.300	0.300	0.125	0.250	-	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.048	0.033	0.005	0.009	0.003	0.006	0.027	0.011	0.050	-	0.002	0.002	0.002	0.001
														0.200	
														B	

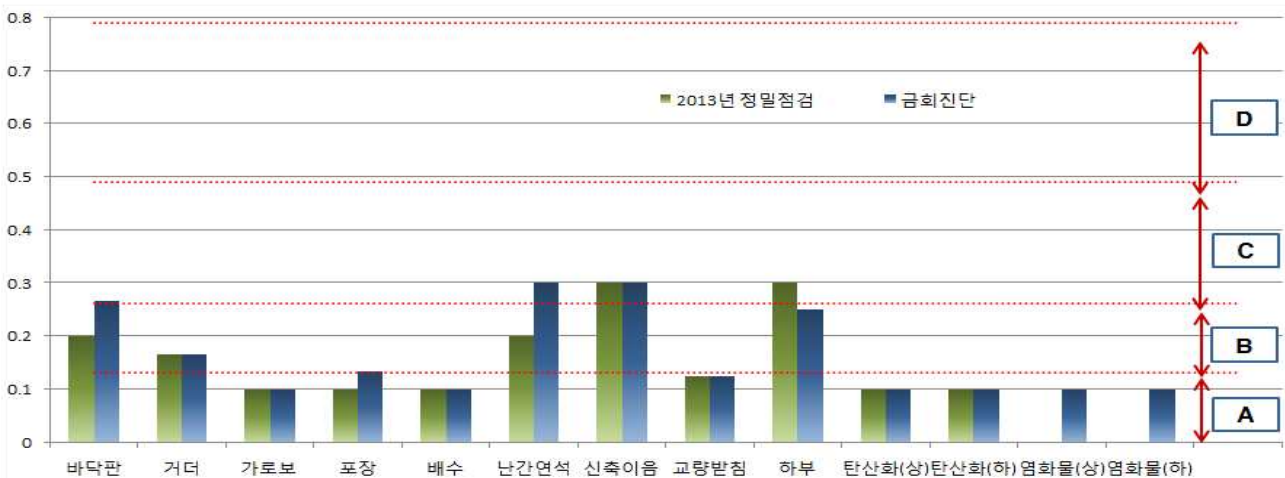
■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도 지수}(0.200) < 0.260$

다. 기 점검 결과와의 비교

- 상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 평가되었으며, 2013년 정밀점검 이후 국부적으로 보수를 실시하였으며, 공용기간 경과에 따른 일부 손상이 추가적으로 조사되었으나, 구조적인 손상의 발생은 없는 것으로 조사되었다.
- 공용기간 경과에 따른 일부 손상이 추가적으로 발생(바닥판, 교면포장, 난간 및 연석)하여 환산결함도 점수가 0.194 ⇨ 0.200로 증가한 것으로 분석되었다.

【표 4.3.15】 기 점검 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교

구 분		‘13 점검		금회 진단		가중치 변화요인
		결과	평균	결과	평균	
상부구조	바닥판	b	0.200	c	0.267	· 균열 증가
	거더	b	0.167	b	0.167	· 변화 없음
2차부재	가로보/세로보	a	0.100	a	0.100	· 변화 없음
기타부재	포장	a	0.100	b	0.133	· 균열 증가
	배수	a	0.100	a	0.100	· 변화 없음
	난간, 연석	b	0.200	c	0.300	· 백태, 들뜸, 파손 발생
	신축이음	c	0.300	c	0.300	· 변화 없음
받침	교량받침	a	0.125	a	0.125	· 변화 없음
하부구조	하부	c	0.300	b	0.250	· 보수 완료
	기초	-	-	-	-	-
내구성요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	· 변화 없음
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	-	-	a	0.100	-
	염화물(하부)	-	-	a	0.100	
합 계		B	0.194	B	0.200	



【그림 4.3.1】 기 점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교

