

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, 2017. 01」의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전진단의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사방도를 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 4.1】 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】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교	
			일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치,트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)
			일 반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판		
상부	바닥판	34	18	18	-	20	20	15		34	20 21
	주 형	-	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	탄산	상부	2	2	-	-	2	2	-	4	
	화	하부	2	2	4	4	2	2	4		
	염화	상부	2	2	-	-	2	2	-	3	
	물	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

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

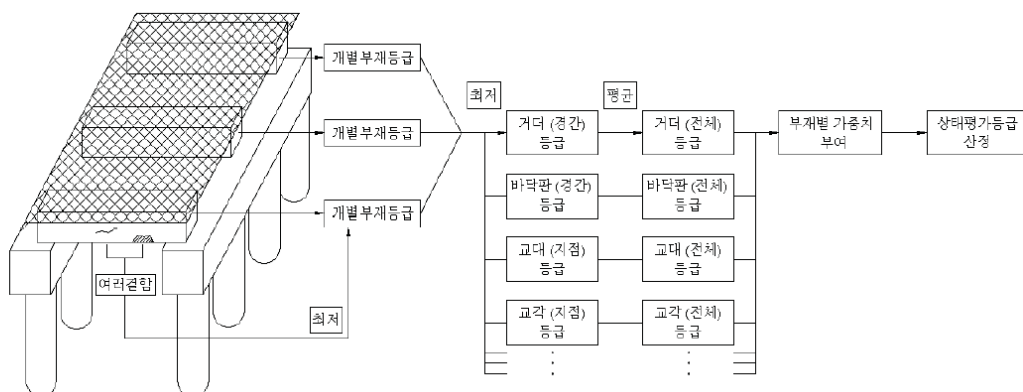
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

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

【표 4.3】 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 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1 천안방향

가. 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

【표 4.4】콘크리트 바닥판 상태평가 결과(천안방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (mm)		균열율 (%)		균열폭 (mm)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	c
S2	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S3	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b

2) 거더(강박스거더)

【표 4.5】거더 상태평가 결과(천안방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가 결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결함		도장탈락 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	10%미만	c	c

3) 가로보 및 세로보

【표 4.6】가로보 및 세로보 상태평가 결과(천안방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가 결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결합		도장탈락 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	2%미만	b	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	2%미만	b	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b

4) 교대 및 교각

① 콘크리트 교대

【표 4.7】콘크리트 교대 상태평가 결과(천안방향)

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

② 콘크리트 교각

【표 4.8】콘크리트 교각 상태평가 결과(천안방향)

구분	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
P1	0.3	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P2	0.1	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	b

5) 기초

기초에 대한 상태평가 결과, 기초가 노출되어 있지 않는 상태로 점검불가인 ‘q’ 로 평가 되었다.

【표 4.9】기초 상태평가 결과(천안방향)

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 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

【표 4.10】교량받침 상태평가 결과(천안방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침		균열폭(mm)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	부식	b	0.1	b	박락 및 철근노출	c	c
P1	없음	a	없음	a	없음	a	a
P2	부식	b	없음	a	없음	a	b
A2	도장박리, 부식	b	없음	a	없음	a	b

7) 신축이음

【표 4.11】신축이음 상태평가 결과(천안방향)

구분	본 체		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
EXP.J1 (A1)	토사퇴적	b	없음	a	없음	a	b
EXP.J2 (A2)	본체 부식, 토사퇴적	c	없음	a	없음	a	c

8) 교면포장

【표 4.12】교면포장 상태평가 결과(천안방향)

구분	포장불량				배 수		평가 결과
	포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
S1	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S2	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S3	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b

9) 배수시설

【표 4.13】배수시설 상태평가 결과(천안방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	이물질퇴적	b
S2	없음	a
S3	부식	c

10) 난간 및 연석

【표 4.14】 난간 및 연석 상태평가 결과(천안방향)

구분	콘크리트						평가 결과
	균열폭 (mm)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S2	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S3	0.3	c	2% 미만	b	없음	a	c

11) 탄산화

【표 4.15】 탄산화 상태평가 결과(천안방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(mm)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 캔틸레버	30.5	< 탄산화 잔여 깊이 > ·a : 30mm이상 ·b : 10mm이상~30mm미만 ·c : 0mm이상~10mm미만 ·d : 0mm미만	a
	S2 캔틸레버	30.0		a
	S3 캔틸레버	31.0		a
하부 구조	A2 벽체	75.0		a
	P1 기둥부	68.0		a
	P2 기둥부	62.5		a

12) 염화물

【표 4.16】 염화물 상태평가 결과(천안방향)

구분		전염화물 이온량(kg/m³)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 캔틸레버하면	0.2489	< 전염화물 이온량 > ·a : 염화물 ≤ 0.3kg/m³ ·b : 0.3kg/m³ < 염화물 < 1.2kg/m³ ·c : 1.2kg/m³ ≤ 염화물 < 2.5kg/m³ ·d : 염화물 ≥ 2.5kg/m³	a
	S3 캔틸레버하면	0.2761		a
하부 구조	P2 기둥부	0.0611		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

초봉교의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, “B등급”으로 산정되었으며, 결함지수가 C등급에 근접한 상태이므로 발생한 손상에 대하여 보수를 실시하여 양호한 상태의 구조물로서 유지관리하는 것이 바람직할 것이다.

【표 4.4】 상태평가 결과표(천안방향)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥 판	거더	가로 보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하 부	기 초	상 부	하 부	상 부	하 부
1	STB	c	b	b	b	b	c	b	c	b	q	a	x	a	x
2	STB	b	c	b	b	a	c	x	a	c	q	a	a	x	x
3	STB	b	b	b	b	c	c	x	b	b	q	a	a	a	a
4	STB							c	b	b	q	x	a	x	x
평균		0.267	0.267	0.200	0.200	0.233	0.400	0.300	0.225	0.250	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가 중치) /가중치 합		0.048	0.053	0.010	0.014	0.007	0.008	0.027	0.020	0.050	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도 지수}(0.245) \leq 0.260$

0.245

B

다. 기 진단결과 비교

상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 동일한 상태로 평가되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 신축이음 교체 등의 보수를 실시하여, 환산결함도 점수가 $0.251 \Rightarrow 0.245$ 로 다소 감소한 것으로 분석되었다.

4.3.2 논산방향

가. 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판

【표 4.18】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(논산방향)

구분	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (mm)		균열율 (%)		균열폭 (mm)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	2% 미만	b	2%미만	c	c
S2	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b
S3	0.2	b	2% 미만	b	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	b

2) 거더(강박스거더)

【표 4.19】 거더 상태평가 결과(논산방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가 결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결합		도장탈락 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b

3) 가로보 및 세로보

【표 4.20】 가로보 및 세로보 상태평가 결과(논산방향)

구분	모재 및 연결부 손상								열화 및 손상				평가 결과
	부재 균열		변형, 파단		연결 볼트 이완, 탈락		용접연결부 결합		도장탈락 면적(%)		부식발생 면적(%)		
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	10% 미만	b	2%미만	b	b

4) 교대 및 교각

① 콘크리트 교대

【표 4.21】콘크리트 교대 상태평가 결과(논산방향)

구분	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
	균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
A1	0.3	c	없음	a	2% 미만	b	2% 미만	c	b
A2	0.2	b	없음	a	2% 미만	b	없음	a	c

① 콘크리트 교각

【표 4.22】콘크리트 교각 상태평가 결과(논산방향)

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

5) 기초

기초에 대한 상태평가 결과, 기초가 노출되어 있지 않는 상태로 점검불가인 ‘q’ 로 평가 되었다.

【표 4.23】기초 상태평가 결과(논산방향)

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 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

【표 4.24】교량받침 상태평가 결과(논산방향)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침		균열폭(mm)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	부식	b	0.2	b	들뜸	c	c
P1	부식	b	없음	a	없음	a	b
P2	부식	b	0.1	b	없음	a	b
A2	부식	b	없음	a	파손	b	b

7) 신축이음

【표 4.25】신축이음 상태평가 결과(논산방향)

구분	본 체		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
EXP.J1 (A1)	토사퇴적	b	0.2	b	없음	a	a
EXP.J2 (A2)	토사퇴적	b	0.2	b	없음	a	b

8) 교면포장

【표 4.26】교면포장 상태평가 결과(논산방향)

구분	포장불량				배 수		평가 결과
	포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
S1	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S2	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b
S3	2% 미만	b	없음	a	없음	a	b

9) 배수시설

【표 4.27】배수시설 상태평가 결과(논산방향)

구 분	평가내용	평가결과
S1	이물질퇴적	b
S2	이물질퇴적	b
S3	고정볼트 탈락	b

10) 난간 및 연석

【표 4.28】 난간 및 연석 상태평가 결과(논산방향)

구분	콘크리트						평가 결과
	균열폭 (mm)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	0.3	c	없음	a	없음	a	c
S2	0.3	c	10% 미만	b	없음	a	c
S3	0.3	c	없음	a	2% 미만	c	c

11) 탄산화

【표 4.29】 탄산화 상태평가 결과(논산방향)

구분		탄산화 잔여 깊이(mm)	평가기준	평가결과
상부 구조	S1 캔틸레버	32.5	< 탄산화 잔여 깊이 > ·a : 30mm이상 ·b : 10mm이상~30mm미만 ·c : 0mm이상~10mm미만 ·d : 0mm미만	a
	S2 캔틸레버	30.0		a
	S3 캔틸레버	30.0		a
하부 구조	A1 홍벽	64.5		a
	P1 기둥부	70.0		a
	P2 기둥부	59.5		a

12) 염화물

【표 4.30】 염화물 상태평가 결과(논산방향)

구분		전염화물 이온량(kg/m³)	평가기준	평가결과
상부 구조	S2 캔틸레버하면	0.2512	< 전염화물 이온량 > ·a : 염화물 ≤ 0.3kg/m³ ·b : 0.3kg/m³ < 염화물 < 1.2kg/m³ ·c : 1.2kg/m³ ≤ 염화물 < 2.5kg/m³ ·d : 염화물 ≥ 2.5kg/m³	a
	P1 기둥부	0.0792		a
하부 구조	P2 기둥부	0.1313		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

초봉교의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급” 으로 평가되었다.

【표 4.17】 상태평가 결과표(논산방향)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥 판	거더	가로 보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하 부	기 초	상 부	하 부	상 부	하 부
1	STB	c	b	a	b	b	c	b	c	c	q	a	a	x	x
2	STB	b	b	a	b	a	c	x	b	c	q	a	a	a	a
3	STB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	a	a	x	a
4	STB							b	b	b	q	x	x	x	x
평균		0.267	0.200	0.133	0.200	0.133	0.400	0.200	0.250	0.300	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치 합		0.048	0.040	0.007	0.014	0.004	0.008	0.018	0.023	0.060	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001

결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도 지수}(0.228) \leq 0.260$

0.228

B

다. 기 진단결과 비교

상태평가 결과, 상태기준은 “B” 로 동일한 상태로 평가되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 신축이음 교체 등의 보수가 실시 되었고, 금회 정밀조사로 인한 신규손상으로 환산결함도 점수가 $0.218 \Rightarrow 0.228$ 으로 상향된 것으로 분석되었다.

