

제 5 장 시설물의 상태평가

5.1 개 요

5.2 상태평가 항목 및 기준

5.3 상태평가 결과

5.4 기존 상태평가 결과와 비교·분석

5.5 상태평가 향상 방안

제 5 장 시설물의 상태평가

5.1 개 요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물 안전 및 유지관리 실시 세부지침 안전점검·진단 편, 2019.09, 국토교통부』의 상태평가 기준에 따라 실시하였다.

정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하였다.

5.2 상태평가 항목 및 기준

5.2.1 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 5.2.1] 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.

5.2.2 부재별 상태평가 기준

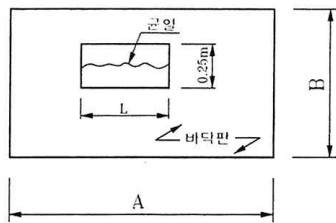
1) 콘크리트 바닥판

[표 5.2.2] 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	■ 균열폭 0.1mm 미만	■ 망상균열 폭 0.1mm 미만	■ 없음
b	■ 균열폭 0.1mm 이상 ~ 0.3mm 미만 ■ 균열율 2%미만	■ 망상균열 폭 0.1mm 이상~0.3mm 미만	■ 표면 손상면적 2%미만
c	■ 균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm 미만 ■ 균열율 2%이상 ~ 10%미만	■ 망상균열 폭 0.3mm 이상	■ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ■ 철근부식 손상면적 2%미만 ■ 데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	■ 균열폭 0.5mm 이상 ~ 1.0mm 미만 ■ 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 1.0mm 이상 ■ 균열율 20%이상	■ 망상균열에 의한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	■ 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

- 본 상태평가 기준은 모든 교량형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 및 PSC 박스거더 교량의 상부플랜지의 상태평가에 적용한다.
- 1방향균열의 경우 0.3mm미만의 균열평가 기준을 "b"로 1.0mm이상의 균열과 균열율 20%이상인 상태를 "e"로 평가한다.
- 2방향균열의 경우 망상균열로 인한 박리 발생시 평가기준을 "d", 편칭파괴의 발생 가능성이 있으면 "e"로 평가한다.
- "열화 및 손상" 손상항목은 표면손상 면적과 철근부식손상 면적으로 평가하며, 철근부식에 따르는 내하력 저하의 가능성이 없으면 표면손상으로, 부식에 의한 철근의 단면감소로 인하여 내하력 저하의 가능성이 있으면 철근부식손상으로 규정한다.
- 표면손상은 파손, 박락, 층분리, 재료분리 등과 같이 손상이 콘크리트 부분에 국한된 경우를 말하며, 철근부식손상은 철근노출 및 노출된 철근이 부식된 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트의 팽창, 균열 및 박리가 발생한 경우를 말한다.
- PSC 박스거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC거더로 구분하여 상태평가를 수행한다.
- 균열율은 폭 0.2mm이상의 균열을 대상으로 산정한다.

- 바닥판 하면이 데크플레이트로 보호된 경우 강바닥판이 아닌 콘크리트 바닥판으로 평가한다.
- 콘크리트 균열에 의한 평가기준은 콘크리트 부재에 대한 설계, 시공 및 유지관리 분야간의 일관성을 위해 2012년 개정된 콘크리트 설계기준에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.
- 1방향 균열인 경우

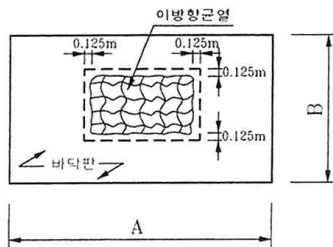


○ 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

○ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

- 2방향 균열인 경우



○ 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.

○ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

- 표면손상에 대한 면적을 산정 방법

$$\text{표면손상면적율}(\%) = \frac{\text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

- 철근부식 손상면적을 산정 방법

노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

[표 5.2.3] 강 바닥판, 강 거더, 강 교각(강 주탑) 상태평가 기준

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)	■ 도장탈락 면적 10%미만 ■ 부식발생 면적 2%미만
c	■ 보조부재의 전반적 균열 ■ 주부재의 국부적 균열	■ 보조부재의 전반적 변형 및 파단 ■ 주부재의 국부 변형 ■ 주탑하단부 연결볼트 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 연결볼트 파단	■ 보조부재 10%이상 ■ 주부재 2%이상 ~ 10%미만	■ 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	■ 부식발생 면적 10%이상 ■ 부식에 의한 단면손상 면적 10%미만
e	■ 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	■ 좌굴에 의한 과대변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	■ 주부재 10%이상	■ 인장플랜지 용접연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	■ 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

- 강 바닥판, 강 거더, 강 교각 및 케이블 교량의 보강형과 강 주탑의 상태평가에 적용한다.
- 강재 거더 상태평가지 용접부에 대한 육안조사 및 비파괴조사 결과를 반영하여 상태평가를 수행한다.
- 주부재라 함은 바닥판(거더)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 강박스의 경우 상,하부 플랜지, 복부판, 종리브, 지점부 격벽은 주부재이며, 수평/수직보강재, 횡리브는 보조부재이다.
- 용접불량의 종류를 내하력저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- 부식발생면적과 도장탈락면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장탈락은 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하며, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.
- 강 주탑의 경우 케이블 정착구와 새들은 케이블 시스템에 포함하여 평가하며, 주탑 본체는 강 교각의 평가기준을 적용한다. 강 주탑 평가시 보조주탑 및 기초와의 연결부 볼트의 부식 및 파단에 대한 손상항목을 추가한다.
- 하중이 집중되는 부재연결판(트러스교의 현재, 사재, 수직재, 아치교의 아치부재, 수직재, 케이블 교량의 케이블 정착구)에 심한 부식, 균열, 변형과 같은 손상이 발생된 경우에는 연결판의 안전성을 별도로 평가한다.

3) 철근콘크리트 거더

[표 5.2.4] 철근콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	균열	열화 및 손상
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 ■ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	■ 표면 손상면적 10%이상 ■ 철근부식 손상면적 2%이상
e	■ 균열폭 1.0mm이상 ■ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	■ 지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성 저하

- 본 상태평가 기준은 RCT거더교, 라멘교 및 프리플렉스교의 거더와 RC박스거더교의 거더부(북부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- 철근콘크리트 부재의 경우 재료 및 구조적 특성상 어느 정도의 균열을 동반하는 구조체이며, 사인장균열과 휨균열 및 기타 균열을 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용하였다.
- 0.1mm미만의 균열은 콘크리트 부재에 흔히 발생할 수 있는 미세균열로써 평가기준을 "a"로 분류하였고, 1.0mm이상의 균열은 구조적 균열로써 "e"로 분류하였다.
- 철근콘크리트 거더 손상은 철근에 영향을 미치지 않을 경우 표면손상으로, 철근노출 및 열화로 인해 철근부식의 가능성이 있을 경우 철근부식손상으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

4) 프리스트레스 콘크리트 거더

[표 5.2.5] 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	거더		긴장재(텐던)		
	균열	열화 및 손상	강연선 노출 및 손상	시멘트 그라우트 충전 결함	보호관 손상
a	○ 없음	○ 없음	○ 노출없음	○ 충전결함 없음	○ 이상없음
b	○ 균열폭 0.2mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만	○ 노출 ¹⁾	○ 충전결함	○ 손상 ⁵⁾
c	○ 균열폭 0.2mm 이상 ~ 0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만	○ 표면부식 ²⁾	○ 충전결함 시 염화물함량 ⁴⁾ 1.2kg/m ³ 이상 ~ 2.5kg/m ³ 미만	-
d	○ 균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상	○ 단면손실을 동반한 부식 ³⁾	○ 충전결함 시 염화물함량 2.5kg/m ³ 이상	-
e	○ 균열폭 0.5mm이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대 처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○ 단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안정성 저하	○ 강연선(소선) 파단(단선)	-	-

- 주1) 노출 : 강연선이 그라우트 충전결함으로 피복되지 않은 상태
 주2) 표면부식 : 강연선 표면에 녹이 발생한 상태
 주3) 부식 : 표면부식이 진전되어 단면손실이 발생한 상태, 국부부식 등
 주4) 염화물함량 : 전 염화물 이온량 기준
 주5) 손상 : 누수, 백태, 단차, 파손 등

- 본 상태평가 기준은 PSCI거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- 프리스트레스트 콘크리트 거더의 경우에는 긴장재로 인해 철근콘크리트 거더보다 균열발생 가능성이 적으므로 균열의 평가 기준을 중앙부(힘) 균열, 받침부(사인장) 균열 및 정착부 균열로 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용한다.
- 프리스트레스트 콘크리트 거더의 단부 콘크리트가 파손이 심하거나 정착부 파손으로 안정성이 저하되는 경우 평가기준을 "e"로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.
- PSC 부재는 균열이 발생하지 않도록 설계하므로, 균열이 없을 경우의 평가기준은 "a"로, 0.5mm 이상의 균열이 발생할 경우 내하력저하로 인한 거더의 안전성이 우려되므로 "e"로 분류한다.
- PSC 박스거더의 경우 하부플랜지와 복부는 거더로 평가하며, 상부플랜지는 바닥판으로 평가한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.
- 설계·시공방법을 검토하여 인장균열을 제어하기 위해 긴장재로 긴장을 한 프리플렉스교의 경우에는 프리스트레스트 콘크리트로 평가할 수 있다.
- 외부긴장재에 대한 내부 충전결함은 강구막대를 이용한 청음조사가 일반적으로서 격벽상단 변곡부(크라운부) 및 방향전환블럭 전·후 1.5m 구간에 대해 기본과업으로 실시한다.
- 강연선이 노출되어 있으나 표면부식이 없는 경우는 "b"이고 표면부식이 있으면 "c"이고, 단면손실이 발생한 경우 "d"이다.
- 시멘트 그라우트의 전염화물 이온량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 염화물 상태평가 기준을 따른다.
- 외부긴장재의 보호관은 강연선과 충전재(그라우트)의 케이싱 역할로 중요도가 높지 않으므로 상태평가 기준범위를 "a~b"로 하며, 상태평가 기준이 "b" 일지라도 보호관 역할을 수행 못 할 정도의 손상이 조사되었을 경우에는 책임기술자가 판단하여 보수방안을 제시한다.
- 강연선(소선)의 파단(단선) 시작은 연속적인 추가 파단으로 이어질 수 있으므로 책임기술자의 기술적인 판단(구조 검토 등)에 따라 관리주체의 승인을 받아 필요시 선택과업으로 장력시험(외부 강연선) 또는 재하시험(내부강연선)을 실시하여 결과에 따른 시설물의 사용중지, 보수·보강 이후 계속사용 또는 개축을 검토한다.
- 강연선의 기준(a~e)과 시멘트 그라우트의 기준(c~d)을 산정하기 위한 선택과업(천공시험, 내시경 조사 등)은 책임기술자의 기술적인 판단에 따라 관리주체의 승인을 받아 실시한다.(필요시 전문가 자문 요청)
- 내부긴장재의 경우 외관조사 시 프리스트레스트 콘크리트 거더 상태평가 균열 기준 "d, e"에 해당하는 균열폭의 구조적균열이 발견될 경우 균열에 대한 분석을 실시하여 긴장재 손상과 관련된 구조적 균열로 의심될 경우 책임기술자의 판단에 따라 천공시험 등을 실시하여 강연선의 상태평가 기준을 적용한다.

5) 콘크리트 가로보

[표 5.2.6] 콘크리트 가로보 상태평가 기준

기준	균열	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 ■ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	■ 표면 손상면적 10%이상 ■ 철근부식 손상면적 2%이상
e	-	-

- 본 상태평가 기준은 콘크리트 교량의 RC 및 PSC 가로보와 라멘교의 기둥과 기둥사이를 연결하는 중간보의 상태평가에 적용한다.
- 2차부재인 철근콘크리트 가로보의 경우, 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

6) 강 가로보와 세로보

[표 5.2.7] 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재의 균열	변형, 파단	연결 이완, 볼트 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 손상발생	■ 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 파단발생	■ 보조부재 10%이상 ■ 주부재 2%이상	■ 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	■ 부식발생 면적 10%이상 ■ 부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

- 본 상태평가 기준은 강거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블교량의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.
- 2차부재인 강재 가로보 및 세로보의 경우 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 주부재라 함은 가로보(세로보)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 가로보의 경우 상,하부 플랜지, 복부 판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.
- 용접연결부 결함에 대한 상태평가 기준을 용접불량의 종류에서 내하력 저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- 부식 발생면적과 도장 손상면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하며, 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하고, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

7) 케이블

[표 5.2.8] 케이블부재 상태평가 기준

기준	케이블 부재			정착구	행어밴드, 새들
	부식	손상, 단선	보호관		
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 도장열화 및 탈락발생 ○ 점녹발생길이 10%미만	○ 케이블의 변형발생	○ 보호관 파손길이 2%미만	○ 도장열화 및 탈락 발생 ○ 정착구 누수발생	○ 도장열화 및 탈락발생
c	○ 점녹발생길이 10%이상 ○ 부식발생길이 2%미만 ○ 내부소선 부식 발생	○ 케이블의 변형으로 소선 손상 ○ 소선단선 갯수 2%미만	○ 보호관 파손길이 2%이상~ 10%미만	○ 표면부식 발생 ○ 변형 발생 ○ 댐퍼 열화, 변형 ○ 정착구 체수로 인한 강재부식, 콘크리트 열화 발생	○ 부식발생 ○ 행어밴드 고정볼트 긴장력 감소
d	○ 부식발생길이 2%이상 ○ 부식에 의한 단면감소 발생 ○ 내부소선 부식으로 인한 단면 손상	○ 소선단선 갯수 2%이상 ~ 10%미만	○ 보호관 파손길이 10%이상	○ 부식으로 인한 단면손상 발생 ○ 부분적인 파손 ○ 댐퍼 이탈, 파손 ○ 정착구 체수로 인한 강재 단면 손상 및 콘크리트 파손 발생	○ 부식에 의한 단면 손상 발생 ○ 볼트이완 및 탈락 발생
e	○ 부식에 의해 케이블 소선 단선 발생	○ 소선단선 갯수 10%이상	-	○ 부식 및 파손으로 인한 정착구 안전성 저하	○ 볼트이완 및 탈락으로 인한 변형 및 변위 발생 ○ 행어밴드 및 새들 파손

- 본 평가기준은 현수교의 주케이블과 행어케이블, 사장교의 사장재 및 기타형식의 교량케이블의 상태평가에 적용한다.
- 점녹이라 함은 도장두께부족이나 도장하부의 염분입자 등으로 인해 점 모양의 부식이 발생한 것을 말하며, 일반적인 부식평가 기준에 비해 완화된 기준을 적용한다.
- 부식에 의해 발생한 단선은 조치를 취하지 않으면 연속적인 단선이 발생할 가능성이 크므로 엄격한 기준을 적용하여야 하나, 시공중 또는 공용중 일시적으로 발생한 충격에 의해 발생한 단선은 동일한 충격이 지속적으로 반복되지 않으면 손상이 진행되지 않으므로 부식에 의한 단선보다는 완화된 기준을 적용한다.
- 내부소선의 부식발생여부는 채기조사방법에 의해 확인한다.
- 사장교 사장재에 보호관이 설치되어 있을 경우, 부분적으로 절취하여 케이블의 상태를 확인할 수 있으나, 전체적인 케이블의 상태를 직접적으로 확인할 수 없으므로, 보호관의 상태만 평가한다. 이 경우 보호관의 상태평가 기준 범위는 "a~d"이며, 보호관의 손상길이가 전체길이의 10%이상 일 경우(d)에는 손상된 보호관을 제거한 후 케이블의 상태를 직접 확인하여야 한다.
- 현수교의 주탑상부와 앵커블록 내에 설치된 새들은 구조적으로 케이블 부재는 아니지만, 새들의 상태는 주탑이나 앵커블록보다 케이블의 안전과 밀접한 연관이 있으므로 케이블 부재의 평가항목에 포함한다.

8) 교대

[표 5.2.9] 교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	■ 구체 균열폭 0.1mm 미만	■ 없음
b	■ 구체 균열폭 0.1mm 이상 ~ 0.3mm 미만	■ 표면 손상면적 2%미만 ■ 앵커블록 내부 결로 발생
c	■ 구체 균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm 미만 ■ 교대와 날개벽 사이에 폭 1.0mm 이상의 균열 발생	■ 표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 ■ 철근부식 손상면적 2%미만 ■ 앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	■ 구체 균열폭 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 균열폭 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

- 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교대와 현수교의 앵커블록의 상태평가에 적용한다.
- 균열폭에 관한 상태평가 기준은 교대 구체에서 발생한 균열에 국한한다.
- 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.
- 상부구조의 침하 및 단차가 발생하거나, 받침 연단부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e”로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

9) 콘크리트 교각

[표 5.2.10] 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 거더 탈락 가능성 있음 ■ 심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

- 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교각의 상태평가에 적용한다.
- 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.
- 코핑부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e”로 평가하며 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

10) 기초

[표 5.2.11] 기초 상태평가 기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	■ 없음	■ 없음
b	■ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 미만의 균열 발생	■ 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의해 노출됨
c	■ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 이상의 균열 및 단면손상 발생 ■ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	■ 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨 기초가 부분적으로 노출
d	■ 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 ■ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	■ 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨 기초가 전반적으로 노출 ■ 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

- 기초 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등, 지반의 안정성항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가항목이 된다.
- 지반의 안정성 평가항목의 경우, 세굴이 진행하여 기초 하부의 국부적인 노출이 발생하면 평가기준은 "c"로 평가하고, 기초하부의 전반적인 노출 및 부등침하 발생시 "d"로 평가하며, 부등침하로 인한 상부구조물의 안전에 위해가 발생할 경우 "e"로 평가한다.

11) 교량받침

[표 5.2.12] 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 전단 변형	■ 미끄러짐판 부식 발생 ■ 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	■ 받침 콘크리트에 0.3mm 이상 균열 발생 ■ 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 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 하부공동으로 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 거더 등 주부재의 파손 발생 ■ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 ■ 작동불능 상태	-

- 본 상태평가 기준은 강재 및 탄성받침의 상태평가에 적용하며, 기타 특수받침의 경우에도 본 상태평가 기준을 준용한다.
- 받침본체의 상태평가 기준 범위는 "a~e"를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여 중요도가 낮으므로 "a~d"로 한다.

12) 신축이음

[표 5.2.13] 신축이음 상태평가 기준

기준	본 체	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 50cm이하의 간격으로 발생 ■ 국부적인 박리, 박락, 파손
d	■ 강판유동 및 연결 불량으로 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	-	-

- 신축이음 본체 하부의 전체적인 부식 및 변형이 발생하는 경우 "d"로 평가하며, 긴급보수·보강을 실시한다.
- 후타재 균열이 30cm이하의 간격으로 발생하거나, 전반적인 파손과 단차가 발생하면 평가를 "d"로 한다.

13) 교면포장

[표 5.2.14] 교면포장 상태평가 기준

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

- 아스팔트포장과 콘크리트포장을 포함하여 모든 교면포장의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 교면포장의 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.

- 평가기준 "d"는 균열율을 포함하여 포장불량이 10%이상인 상태 즉, 전반적인 재포장이 필요한 상태로 평가한다.
- 포장불량율은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 상온형 아스콘 등으로 임시보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.

14) 배수시설

[표 5.2.15] 배수시설 상태평가 기준

기 준	상태기준 설명
a	■ 양호
b	■ 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	■ 배수장치의 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	-

- 평가기준 "d"등급은 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태로 정의한다.
- 한 경간에 두 개 이상의 배수시설이 있는 경우 각 배수시설의 평가기준 중 최저값을 배수시설의 평가결과로 한다.

15) 난간 및 연석

[표 5.2.16] 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강 재		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 단면손상 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 손상 발생 ■ 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽).	■ 박리, 파손, 철근노출 10%이상 ■ 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	-

- 기타부재인 난간과 연석의 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 하며, 점검단위는 부재의 길이로 한다.
- 중앙분리대, 방호벽, 방음벽의 상태평가 시 난간 및 연석의 평가기준을 적용한다.
- 강재의 경우 도장 변색 및 손상 점검길이의 10%이상 즉, 단면 결손으로 차량이나 사용자에게 위험 가능성이 있는 상태의 기준은 "c"로 평가한다.
- 콘크리트는 0.3mm이상의 균열이 발생할 경우 c등급으로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

16) 탄산화

[표 5.2.17] 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화 잔여 깊이	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	-	-

- 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용 한다.
- 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.
- 탄산화 조사는 상·하부구조로 구분하여 깊이 측정에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- 콘크리트의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 하며, 콘크리트 피복두께 조사를 실시하지 않은 경우는 설계도의 수치를 따른다.

5.2.3 구조형식에 따른 부재별 가중치

상태평가 결과 산정 방법은 외관조사 결과 부재별로 상태기준을 매긴 후, 부재별 중요도를 고려한 가중치를 고려하여 전체 교량의 상태평가 결과를 산정하였다.

[표 5.2.18] 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교		
			일반 거더교			바닥판-거더일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	Con'c 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	교대교각	20	20	13	18	13		13		34	22	24
	기초	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)	4		-	-	2(4)	2(4)	-	4(7)	
		하부	2(3)	3		4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)		
	염화물	상부	2(0)	-		-	-	2(0)	2(0)	-	3(0)	
		하부	1(0)	-		3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)		

※ 본 교량은 기초가 모두 지중에 존재하여 각 상황에 맞게 가중치를 합산함.

[표 5.2.18] 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치(계속)

구분	결함도 평가항목	현수교		사장교		엑스트라도즈교	
		일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	PSC거더형
상부	케이블	25	25	23	23	20	20
	바닥판	8	-	9	-	10	-
	거 더	8	20	9	22	10	25
	2차부재	4	-	4	-	5	-
하부	주탑	13		13		6	
	보조주탑	5		5		12	
	교대(앵커블럭)	8		6		6	
	교각	-		2		2	
	기초	4		4		4	
받침	교량받침	5		5		5	
기타	신축이음	5		5		5	
	교면포장	4		4		4	
	배수시설	2		2		2	
	난간/연석	2		2		2	
콘크리트	탄산화	상부	2	상부	2	상부	2
		하부	2	하부	2	하부	2
	염화물	상부	1	상부	1	상부	1
		하부	2	하부	2	하부	2

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 경우에는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점)의 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, 다음과 같은 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

[표 5.2.19] 결함도 점수 범위에 따른 기준

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

5.3 상태평가 결과

용두천교에 대한 상태평가 실시 결과는 B등급으로 평가되었으며, 전체 시설물의 상태평가 결과는 **B (결함도 범위 : $0.13 \leq x : 0.152 < 0.26$)**로 평가되었다.

[표 5.3.1] 용두천교 상태평가 결과표

부재의 분류		상부구조			기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
구분	구조형식	비드판	거더	2차부재	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
S1/A1	PSC	b	a	a	b	a	b	a	a	b	q	a	-	-	-
S2/P1	PSC	b	a	a	b	a	a	-	b	a	q	-	a	-	-
S3/P2	PSC	b	b	a	a	a	b	-	b	a	q	-	a	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-	b	b	b	q	-	-	-	-
평균		0.200	0.133	0.100	0.167	0.100	0.167	0.150	0.175	0.150	-	0.100	0.100	-	-
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3	-	-
(평균×가중치) /가중치합		0.036	0.027	0.005	0.012	0.003	0.003	0.014	0.016	0.030	-	0.004	0.003	-	-
(평균×가중치)/가중치합												0.152			
2. 상태평가 결과 =												B			

[표 5.3.2] 용두천교 상태평가 결과 집계표

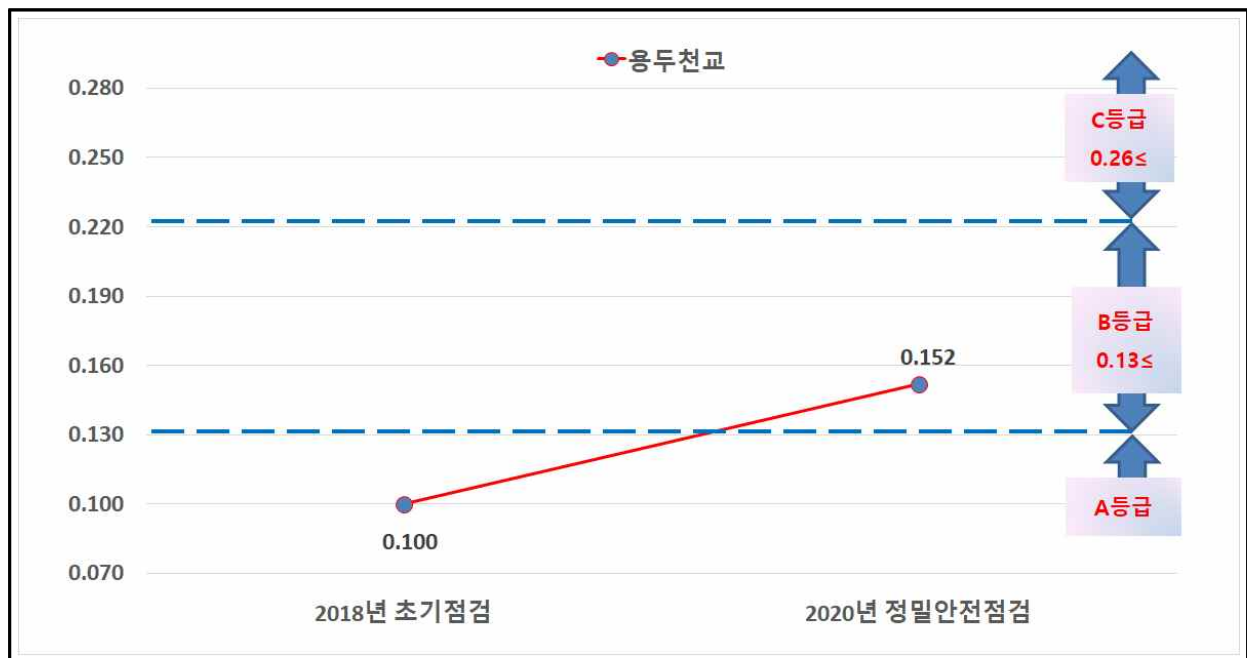
구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장 (m)	연장비	환산 결함도점수 ×연장비
용두천교	PSC	0.152	B	135.0	1.000	0.152
합계(Σ)				135.0	1.000	0.152
1. 환산결함도 점수 =						0.152
2. 상태평가 결과 =						B

5.4 기존 상태평가 결과와 비교·분석

금회 실시한 용두천교의 상태평가 결과와 기 점검 시 평가결과를 비교·평가하였으며, 결과는 다음과 같다.

[표 5.4.1] 기 진단/점검과의 상태평가 결과 비교

구분		2018년 초기점검	2020년 정밀안전점검	비고
용두천교	결함도점수	0.100	0.152	
	등급	A	B	
	•교면포장 망상균열, 바닥판 및 거더 백태, 교대 누수흔적, 방호벽 균열 등의 손상 발생 ⇒ 결함도점수 상승			



[그림 5.4.1] 용두천교 상태평가 결과 비교 그래프

- 금회 최초 실시하는 정밀안전점검으로 정밀조사로 인한 신규손상 발생으로 인해 상태평가 결과 B로 평가되었다.
- 금회 점검에서는 전회 대비 결함도점수가 다소 증가한 상태평가 B(결함도점수 0.100→0.152)로 평가되었으며, 초기 점검 대비 등급은 A→B로 하향 된 것으로 검토되었다.
- 주요 손상은 현재 뚜렷한 진행성을 보이고 있지 않으므로 내구성 확보 차원의 적절한 보수를 시행하면 사용성 및 내구성에 문제가 없을 것으로 판단된다.

