

제 4장 종합평가 및 안전등급

4.1 상태평가

4.2 종합평가

4.3 안전등급

제 4장 종합평가 및 안전등급

4.1 상태평가

4.1.1 일반

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화를 근거로 하여 「세부지침」의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 외관조사 결과를 정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

정밀점검 수행 책임기술자는 「세부지침」의 상태평가 기준 및 절차에 따라 조사 및 평가하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 본 장에 기술되지 않은 결함 및 손상이 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 상태평가 기준 및 평가유형을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

4.1.2 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 차등화함으로써 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.

<표 4.1.1> 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

4.1.3 부재별 상태평가 세부기준

가. 교면포장

교면포장의 상태는 차량의 주행성과 직접적인 연관이 있으며, 교면에 발생한 균열 및 함몰은 교면의 방수층을 파괴하여 상부구조의 누수를 발생시키는 원인이 될 수 있다. 교면포장에 사용되는 아스팔트 혼합물과 콘크리트는 재료적인 특성과 포장체 자체의 거동에서 상이한 면이 있으므로 아스팔트 및 콘크리트 포장으로 구분하여 상태등급을 판정한다. 본 대상 구조물의 경우와 같이 아스팔트 포장의 점검은 주로 포장체의 균열, 함몰, 단차 및 요철에 주안점을 두고 다음의 기준에 의거하여 시행하였다.

<표 4.1.2> 교면포장 상태평가 기준

기준	포장불량		배 수
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 통행차량의 안전성 저하
e	-	-	-

- 평가기준 “d”는 균열율을 포함하여 포장불량이 10% 이상인 상태 즉, 전반적인 재포장이 필요한 상태로 평가한다.
- 포장불량율은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 기보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간 면적으로 나눈 비율이다.

나. 배수시설

배수시설은 교면의 빗물을 배수하는 교량의 부속시설로서 배수시설의 상태가 불량하게 되면 교량을 주행하는 차량의 안전성을 위협하며, 누수로 인하여 구조물의 열화를 발생시키는 주요 원인을 제공하게 된다. 배수시설의 조사는 배수구의 기능적인 상태를 중점으로 배수구 주위의 파손유무, 배수구 설치 높이 및 위치, 배수구 주변의 토사 퇴적 상태와 배수관의 파손 및 어긋남의 유무, 배수관이 이물질에 의해 막혔는지의 유무, 배수관의 길이, 지지철물의 상태 등에 주안점을 두고 다음의 등급판정 기준에 의거하여 시행하였다.

<표 4.1.3> 배수시설 상태평가 기준

기준	상 태 기 준 설 명
a	· 양호
b	· 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상이 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	-

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

다. 난간 및 연석

교량의 난간과 연석은 구조적인 중요도는 낮으나, 파손되거나 재료적으로 열화된 경우 통행인에게 불안감을 느끼게 할 수 있다. 특히 차량충돌 등 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우에는 바닥판에도 손상이 발생할 수 있으므로 주의깊게 점검한다. 연석은 차량의 시선유도, 차량의 차도이탈방지, 사고시 완충작용 등의 역할을 하는 것으로서 난간 점검시 같이 조사를 한다. 본 대상 교량의 난간에 대한 점검내용은 균열, 박리, 파손 및 철근노출 등을 중점적으로 점검하였으며 등급판정 기준은 다음과 같다.

<표 4.1.4> 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 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 손상발생 · 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	· 박리, 파손, 철근노출 10% 이상 · 철근부식손상 길이 2% 이상
e	-	-	-

- 점검단위는 부재의 길이로 한다.
- 중앙분리대, 방호벽, 방음벽의 상태평가 시 난간 및 연석의 평가기준을 적용한다.
- 강재의 경우 도장변색 및 손상 점검길이의 10%이상 즉, 단면 결손으로 차량이나 사용자에게 위험 가능성이 있는 상태의 기준은 “c”로 평가한다.
- 콘크리트는 0.3mm이상의 균열이 발생할 경우 평가기준은 “c”로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

라. 신축이음

교량의 신축이음 장치는 온도변화, 건조수축, 활하중에 따른 상부구조의 신축을 원활하게 수용하고 상부구조 이음부에서 차량의 주행성을 확보하기 위한 중요한 부속시설이다. 신축 이음장치는 교면에서 차량하중을 직접 받고 외부에 노출되어 있어서 변형 및 파손되기 쉽다. 신축이음의 점검에서는 재료적인 열화, 방수재의 기능, 신축유간의 확보, 외부충격에 의한 파손 등을 중점적으로 점검한다.

<표 4.1.5> 신축이음 상태평가 기준

기준	본체	후타재
a	· 이상없음	· 양호
b	· 토사, 이물질 퇴적 · 고무판 노화	· 미세균열이 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

<표 4.1.5> 신축이음 상태평가 기준(계속)

기준	본체	후타재
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	-	-

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

마. 콘크리트 바닥판

바닥판은 교면 포장으로부터 전달되는 차량의 윤하중을 주형으로 직접 전달하는 역할을 한다. 바닥판은 차량의 윤하중이 직접 작용하므로 교량 구성부재 중 손상이 가장 많이 발생하는 부재로서 한번 손상이 생기면 급속히 악화되므로 조기에 조치를 취하는 것이 중용하다. 바닥판의 상태는 바닥판 하부에 대한 점검을 통하여 판정하며 상태평가 기준은 다음과 같다.

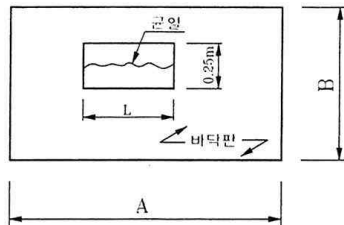
<표 4.1.6> 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	균열폭 0.1mm미만	망상균열폭 0.1mm미만	양호
b	- 균열폭 0.1mm 이상~0.3mm미만 - 균열율 2%미만	망상균열폭 0.1mm 이상~0.3mm미만	표면 손상면적 2%미만
c	- 균열폭 0.3mm 이상~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 0.5mm 이상~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	1.0mm 이상의 균열 - 균열율 20% 이상	망상균열에 인한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

- 본 상태평가 기준은 모든 교량 형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 및 PSC 박스 거더교량의 상부플랜지의 상태평가에 적용한다.
- 1방향균열의 경우 0.3mm미만의 균열평가 기준을 “b”로 1.0mm이상의 균열과 균열을 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 철근부식 손상으로 규정한다.
- 표면손상은 파손, 박락, 층분리, 재료분리 등과 같이 손상이 콘크리트 부분에 국한된 경우를 말하며, 철근부식 손상의 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 PSC 거더로 구분하여 상태평가를 수행한다.
- 균열폭은 폭 0.2mm이상의 균열을 대상으로 산정한다.
- 바닥판 하면이 테크플레이트로 보호된 경우 강바닥판이 아닌 콘크리트 바닥판으로 평가한다.

○ 균열폭 상정방법

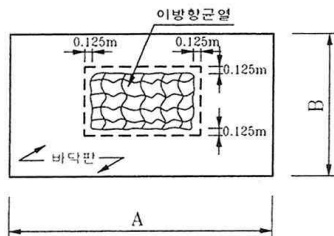
·1방향 균열인 경우



- 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 최외측균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내면 면적인 (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 면적율 산정방법

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

○ 철근부식 손상면적율 산정 방법

- 노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

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

바. 강 거더 및 2차 부재

강재거더는 압연 또는 강재 후판으로 제작된 주형을 의미하며, 제작방법 및 단면형상에 따라 압연 I형, 용접 또는 리벳 플레이트거더, 강박스거더로 구분한다. 강교의 점검은 주부재 또는 보조부재에 발생한 균열 및 변형, 연결부위의 결함, 강재표면의 상태 등을 조사하고 부재에 발생한 결함 및 손상을 조기에 발견하여야 한다.

1) 강 거더

<표 4.1.7> 강 거더 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 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 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

- 본 상태평가 기준은 강바닥판, 강거더, 강교각 및 케이블 교량의 보강형과 강주탑의 상태평가에 적용한다.
- 강재거더에 대한 상태평가지 용접연결부에 대한 육안조사 및 비파괴조사 결과를 반영하여 상태평가를 수행한다.
- 주부재라 함은 바닥판(거더)의 구성요소중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 강박스의 경우 상,하부플랜지, 복부판, 종리브, 지점부 격벽은 주부재이며, 수평·수직보강재, 횡리브는 보조부재이다.
- 용접불량의 종류를 내하력 저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- 부식발생면적과 도장탈락 면적을 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 강교각의 평가기준을 적용한다. 강주탑 평가시 보조주탑 및 기초와 연결부 볼트의 부식 및 파단에 대한 손상항목을 추가한다.
- 하중이 집중되는 부재연결판(트러스의 현대, 사재, 수직재, 아치교의 아치부재, 수직재, 케이블 교량의 케이블 정착구)에 심한 부식, 균열, 변형과 같은 손상이 발생된 경우에는 연결판의 안전성을 별도로 평가한다.

2) 강 가로보와 세로보

<표 4.1.8> 강 가로보와 세로보 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)	· 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 압축부좌굴에 의한 변형 · 부재의 파단 발생	· 보조부재 10%이상 · 주부재 2%이상	· 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생 면적 10%이상 · 부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

- 본 상태평가 기준은 강I거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블 교량의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.
- 주부재라 함은 가로보(세로보)의 구성요소중 하중을 직접전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 가로보의 경우 상·하부 플랜지, 복부판은 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.
- 부식발생면적과 도장 손상면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하면, 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.

바. 교량받침

받침은 상, 하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 응력의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 응력 전달기능을 위해 견고하게 연결되어야 한다. 받침을 점검할 때에는 받침이 설계시나 시공시 의도한 대로 작동하고 있는가에 유의하여야 하며, 재료에 따라 손상 특성이 다르므로 강재, 고무재 받침에 대한 특성을 고려하여 점검한다.

<표 4.1.9> 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	· 미끄럼판 부식 발생 · 부분적 변형, 고정장치 · 파손 및 이완	· 받침 콘크리트에 0.3mm이상 균열 발생 · 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	· 고무재 파손 및 단차, 균열 심화 · 받침두께의 0.3배 이상의 전단 변형 · 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 거더등 주부재의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 · 작동불능 상태	-

사. 교대 및 교각, 기초

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다. 교량 형식에 따라서는 하부구조에 약간의 손상이 발생되더라도 교량 전체의 안전에 중대한 위험이 발생되므로 하부구조의 점검에는 특별한 주의를 필요로 한다. 하천에 놓여진 교량의 경우에는 특히 세굴과 같은 흐르는 물에 의한 손상이 흔히 발생하지만 물속에 발생한 손상은 점검자가 쉽게 파악할 수 없으므로 특히 세심한 점검을 필요로 한다.

1) 교 대

<표 4.1.10> 교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근노출
a	· 구체 균열폭 0.1mm미만	· 없음
b	· 구체 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2%미만 · 앵커블록 내부 결로 발생
c	· 구체균열폭 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

<표 4.1.10> 교대 상태평가 기준(계속)

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근노출
d	· 구체균열폭 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 상태평가의 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.
- 타정식 현수교의 앵커블록은 교대의 상태평가기준에 준하여 평가하며, 앵커블록을 제외한 하부구조물중에서 하중지지와 토류벽체의 기능을 동시에 갖고 있으면 교대로, 하중지지 기능만 있을 경우에는 교각으로 평가한다.
- 자정식 현수교의 주케이블이 정착되는 교각은 교각의 상태평가 기준에 준하여 평가한다.

2) 콘크리트 교각

<표 4.1.11> 콘크리트 교각 상태평가 기준

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

- 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.

3) 기 초

<표 4.1.12> 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 세굴등에 의해 노출됨
c	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 이상의 균열 및 단면손상 발생 · 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	· 침하가 20mm 미만 발생 · 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	· 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근 노출 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 하부구조물의 안전성 저하	· 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조물의 단차 및 파손 발생

- 본 상태평가 기준은 케이블 교량의 주탑기초를 포함하여 모든 하부구조물의 기초의 상태평가에 적용한다.
- 기초 자체의 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등이 있으며, 지반의 안정성 항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가 항목이 된다.
- 기초의 침하는 20mm 미만이 발생하면 평가기준 “c”, 20mm 이상이 발생하면 “d”로 평가한다.
- 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.

자. 탄산화 및 염화물

1) 탄산화

<표 4.1.13> 탄산화 상태평가 기준

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

4.1.4 구조형식에 따른 부재별 가중치

교량전체의 상태평가등급을 산정하기 위한 부재별 가중치는 전체 100점을 기준으로 <표 4.1.14>와 같이 구조형식별로 부재별 중요도를 달리하여 배분하였으며, 외관상태와는 별도로 내구성 요소인 탄산화 및 염화물 항목도 개별부재로 취급하여 가중치를 적용하였다.

<표 4.1.14> 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량							라멘교	
				일반 거더교			바닥판거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음
				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)		

() : 정밀점검시 적용가중치

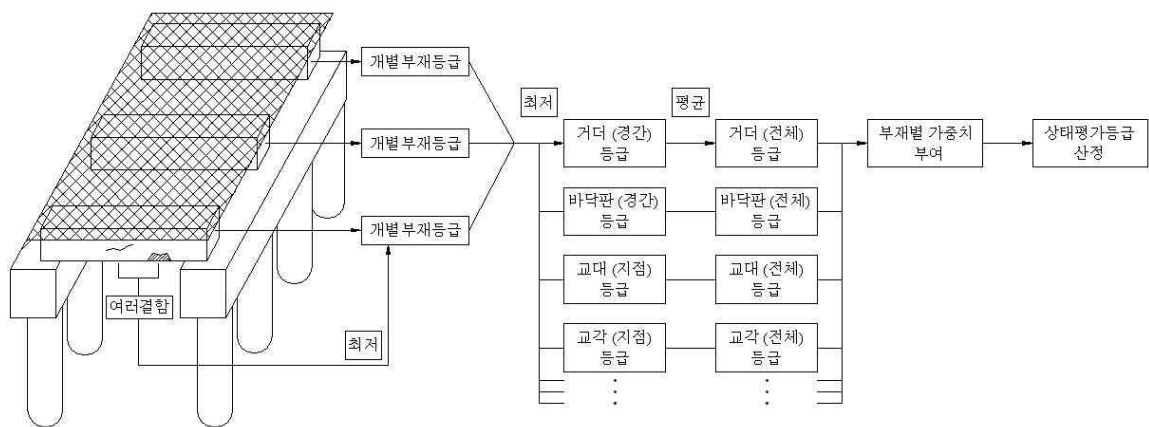
<해설>

- 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 염화물항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.
- 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개구조물은 터널시설물의 상태평가 기준에 따라 평가한다.
- 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

4.1.5 상태평가 결과 산정방법

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 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.



<그림 4.1.1> 상태평가등급 산정과정의 예

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 6.1.16>의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

<표 4.1.15> 결함도 점수 범위에 따른 기준

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

램프교가 포함된 교량의 경우 본교와 각 램프교에 대해서 각각 상태평가 결과를 산정하며, 길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상태평가 결과를 산정한다. 또한 경간 및 부재의 상태가 좋지 않은 경우 부가적인 설명을 명시한다.

4.1.6 상태평가 결과

가. 구조별 상태평가 결과

▶ 세종대교(양평) 결과

부재의 분류		경간 번호	상부구조		2차 부재 가 로 보	기타부재			내구성		지점 번호	기타 부재	받침	하부구조		내구성	
번 호	구조 형식		바 닥 판	거 더		포 장	배 수	난간 연석	탄 산 화 (상)	염 화 물 (상)		신 축 이 음	교 량 받 침	하 부	기 초	탄 산 화 (하)	염 화 물 (하)
STB[1]	강상자형교	S1	a	a	a	b	a	b	a	-	A1	c	b	a	Q	a	-
STB[2]	강상자형교	S2	a	a	a	a	a	b	a	-	P1	-	a	b	Q	a	-
STB[3]	강상자형교	S3	a	b	a	a	b	b	a	-	P2	-	a	b	Q	a	-
STB[4]	강상자형교	S4	a	a	a	a	b	b	a	-	P3	-	b	b	Q	a	-
STB[5]	강상자형교	S5	a	a	a	b	b	b	a	-	P4	c	b	b	Q	a	-
STB[6]	강상자형교	S6	a	a	a	a	b	b	a	-	P5	-	a	b	Q	a	-
STB[7]	강상자형교	S7	a	a	a	a	a	b	a	-	P6	-	a	b	Q	a	-
STB[8]	강상자형교	S8	a	b	a	a	a	b	a	-	P7	-	a	b	Q	a	-
STB[9]	강상자형교	S9	a	a	a	b	a	b	a	-	P8	-	a	b	Q	a	-
STB[10]	강상자형교	S10	a	a	a	b	a	b	a	-	P9	-	a	b	Q	a	-
STB[11]	강상자형교	S11	a	a	a	b	a	c	a	-	P10	-	b	b	Q	a	-
STB[12]	강상자형교	S12	a	a	a	a	a	b	a	-	P11	c	b	b	Q	a	-
STB[13]	강상자형교	S13	a	a	a	b	b	b	a	-	P12	-	a	b	Q	a	-
STB[14]	강상자형교	S14	a	b	a	a	a	b	a	-	P13	-	a	b	Q	a	-
STB[15]	강상자형교	S15	c	b	a	b	a	c	a	-	P14	-	a	c	Q	a	-
STB[16]	강상자형교	S16	a	a	a	a	a	b	a	-	P15	-	a	b	Q	a	-
STB[17]	강상자형교	S17	a	a	a	a	b	b	a	-	P16	-	a	b	Q	a	-
STB[18]	강상자형교	S18	a	a	a	b	a	b	a	-	P17	-	b	b	Q	a	-
STB[19]	강상자형교	S19	a	a	a	a	a	b	a	-	P18	c	b	b	Q	a	-
STB[20]	강상자형교	S20	a	a	a	a	b	c	a	-	P19	-	a	b	Q	a	-
STB[21]	강상자형교	S21	a	b	a	a	b	c	a	-	P20	-	a	c	Q	a	-
STB[22]	강상자형교	S22	a	a	a	a	b	b	a	-	P21	-	b	b	Q	a	-
STB[23]	강상자형교	S23	a	b	a	a	b	b	a	-	P22	-	a	c	Q	a	-
STB[24]	강상자형교	S24	a	b	a	b	a	b	a	-	P23	-	b	b	Q	a	-
STB[25]	강상자형교	S25	a	b	a	b	b	b	a	-	P24	c	b	b	Q	a	-
STB[26]	강상자형교	S26	a	b	a	a	b	b	a	-	P25	-	a	b	Q	a	-
STB[27]	강상자형교	S27	a	b	a	b	a	c	a	-	P26	-	a	b	Q	a	-
STB[28]	강상자형교	S28	a	b	a	b	b	b	a	-	P27	-	a	b	Q	a	-
STB[29]	강상자형교	S29	c	b	a	a	b	b	a	-	P28	-	b	b	Q	a	-
STB[30]	강상자형교	S30	c	b	a	a	b	b	a	-	P29	-	a	b	Q	a	-
STB[31]	강상자형교	S31	b	a	a	a	a	b	a	-	P30	-	a	b	Q	a	-
STB[32]	강상자형교	S32	a	a	a	b	a	c	a	-	P31	-	b	b	Q	a	-
STB[33]	강상자형교	S33	-	-	-	-	-	-	a	-	A2	c	b	a	Q	a	-
평균			0.138	0.164	0.100	0.171	0.167	0.262	0.100	-		0.400	0.158	0.202	-	0.100	-
가중치			18	20	5	7	3	2	4	-		9	9	20	-	3	-
(평균×가중치) 가중치합			0.025	0.033	0.005	0.012	0.005	0.005	0.004	-		0.036	0.014	0.040	-	0.003	-
1. 환산결함도 점수 =																0.182	
2. 상태평가 결과 =																B	

▶ 세종대교(원주) 결과표

부재의 분류		경간 번호	상부구조		2차 부재	기타부재			내구성		지점 번호	기타 부재	받침	하부구조		내구성	
번 호	구조 형식		바 닥 판	거 더	가 로 보	포 장	배 수	난 간 연석	탄 산 화 (상)	염 화 물 (상)		신 축 이 음	교 량 받 침	하 부	기 초	탄 산 화 (하)	염 화 물 (하)
STB[1]	강상자형교	S1	a	b	a	a	b	b	a	-	A1	c	b	a	Q	a	-
STB[2]	강상자형교	S2	a	a	a	a	a	b	a	-	P1	-	c	b	Q	a	-
STB[3]	강상자형교	S3	a	b	a	a	b	b	a	-	P2	-	a	b	Q	a	-
STB[4]	강상자형교	S4	a	a	a	b	b	b	a	-	P3	-	b	b	Q	a	-
STB[5]	강상자형교	S5	a	a	a	a	a	b	a	-	P4	c	b	b	Q	a	-
STB[6]	강상자형교	S6	a	a	a	a	a	b	a	-	P5	-	a	b	Q	a	-
STB[7]	강상자형교	S7	a	b	a	a	a	b	a	-	P6	-	a	b	Q	a	-
STB[8]	강상자형교	S8	a	a	a	b	a	c	a	-	P7	-	a	b	Q	a	-
STB[9]	강상자형교	S9	a	a	a	a	a	b	a	-	P8	-	a	b	Q	a	-
STB[10]	강상자형교	S10	b	b	a	b	a	b	a	-	P9	-	a	b	Q	a	-
STB[11]	강상자형교	S11	b	b	a	a	a	b	a	-	P10	-	b	b	Q	a	-
STB[12]	강상자형교	S12	b	b	a	a	a	b	a	-	P11	c	b	b	Q	a	-
STB[13]	강상자형교	S13	b	b	a	a	b	c	a	-	P12	-	a	b	Q	a	-
STB[14]	강상자형교	S14	b	b	a	b	a	b	a	-	P13	-	a	b	Q	a	-
STB[15]	강상자형교	S15	b	b	a	b	b	c	a	-	P14	-	a	b	Q	a	-
STB[16]	강상자형교	S16	a	a	a	a	a	b	a	-	P15	-	a	b	Q	a	-
STB[17]	강상자형교	S17	b	b	a	a	a	c	a	-	P16	-	a	b	Q	a	-
STB[18]	강상자형교	S18	b	b	a	b	a	b	a	-	P17	-	a	b	Q	a	-
STB[19]	강상자형교	S19	b	b	a	a	b	b	a	-	P18	c	b	b	Q	a	-
STB[20]	강상자형교	S20	b	b	a	a	a	b	a	-	P19	-	a	b	Q	a	-
STB[21]	강상자형교	S21	b	b	a	a	a	b	a	-	P20	-	b	b	Q	a	-
STB[22]	강상자형교	S22	b	b	a	a	a	b	a	-	P21	-	a	b	Q	a	-
STB[23]	강상자형교	S23	a	a	a	b	a	c	a	-	P22	-	a	b	Q	a	-
STB[24]	강상자형교	S24	a	a	a	b	a	b	a	-	P23	-	b	b	Q	a	-
STB[25]	강상자형교	S25	a	a	a	b	b	b	a	-	P24	-	b	b	Q	a	-
STB[26]	강상자형교	S26	a	a	a	b	a	b	a	-	P25	c	b	b	Q	a	-
STB[27]	강상자형교	S27	b	b	a	b	a	b	a	-	P26	-	a	b	Q	a	-
STB[28]	강상자형교	S28	a	a	a	b	a	b	a	-	P27	-	a	b	Q	a	-
STB[29]	강상자형교	S29	b	b	a	a	a	c	a	-	P28	-	a	b	Q	a	-
STB[30]	강상자형교	S30	a	a	a	b	a	c	a	-	P29	-	a	b	Q	a	-
STB[31]	강상자형교	S31	a	a	a	a	a	c	a	-	P30	-	a	b	Q	a	-
STB[32]	강상자형교	S32	b	b	a	b	a	c	a	-	P31	-	b	b	Q	a	-
STB[33]	강상자형교	S33							a	-	A2	c	b	a	Q	a	-
평균			0.146	0.175	0.100	0.171	0.148	0.278	0.100	-		0.400	0.157	0.194	-	0.100	-
가중치			18	20	5	7	3	2	4	-		9	9	20	-	3	-
(평균×가중치)																	
가중치합			0.026	0.035	0.005	0.012	0.004	0.006	0.004	-		0.036	0.014	0.039	-	0.003	-
1. 환산결합도 점수 =																0.184	
2. 상태평가 결과 =																B	

나. 상태평가 결과 산정

세종대교의 상태평가는 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”(2010.12.국토해양부)에 의거 평가하였으며, 평가 결과는 다음 표와 같으며 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2010. 12)에 따른 상태평가결과 산정시 연장비를 반영한 결함도 점수가 **0.183**로 『B』로 평가되었다.

구 분	구조형식	환 산 결 함도점수	상태평가 등 급	연장 (m)	차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
세종대교 (양평)	강상자형교	0.182	B	1,875	2	0.500	0.091
세종대교 (원주)	강상자형교	0.184	B	1,875	2	0.500	0.092
합계(Σ)							0.183
1. 환산결함도 점수 =							0.183
2. 상태평가 결과 =							B

4.2 종합평가

외관조사에 따른 상태평가 결과 “B”를 종합평가 결과로 결정.

종 합 평 가 결 과			
시설물명	세종대교		
평가구분	결함점수 및 안전율	평가결과	비 고
상태평가	F = 0.183	B	
안전성평가	-	-	
종합평가 산정결과	상태평가 B 안전성평가 - 종합평가 B ▪ 상태평가 및 안전성평가 중 최저등급으로 종합평가 결정		

4.3 안전등급

4.3.1 안전등급 기준

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

<표 4.3.1> 안전등급 평가기준

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

4.3.2 안전등급 지정

세종대교의 상태평가를 종합적으로 평가하여 안전등급을 지정.

■ 안전등급 : B등급