

교량의 외관 조사에 의한 상태평가기준 개선안

Improved Criteria for Condition Assessment of Bridges Based on Visual Inspection

오 병 환* 신 경 준** 김 광 수** 김 지 상*** 이 상 철****

Oh, Byung-Hwan Shin, Kyung-Joon Kim, Kwang-Soo Kim, Ji-Sang Lee, Sang-Cheol

Abstract

The condition assessment of bridges is one of the important procedures in the safety evaluation of the structures. The current inspection guideline is rather ambiguous and vague so that the inspection results based on the existing guidelines are highly subjective and varying from person to person and even day to day for a given person. It is, therefore, necessary to improve the current inspection criteria in order to provide consistent results in safety assessment.

To circumvent possible inconsistencies in inspection and rating of bridge components, the revised criteria have been proposed in this study. The proposed guideline and criteria may be efficiently used for the realistic and consistent assessment of bridge structures.

keywords : Condition Assessment, Bridges, Inspection Criteria, Visual Inspection

1. 서 론

외관상태평가 결과는 구조물의 진단 및 유지관리에 있어서 가장 기본이 되는 자료로서, 교량관리체계(BMS)에서도 상태평가 결과는 의사결정시 기초자료로 활용된다. 그러나, 현행 안전점검 및 정밀안전진단

세부지침¹⁾에서 규정된 항목별 상태평가 기준이 포괄적이고 애매하여 평가시 기술자마다 다르게 평가하는 등 주관적이고, 일관되지 못한 판정을 야기하고 있다. 이러한 이유로 외관상태평가 결과를 이용한 정기점검 및 안전진단 결과와 여러 가지 의사결정 또한 신뢰성이 떨어지는 결과를 초래하고 있다. 따라서, 현행

* 정희원, 서울대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 서울대학교 토목공학과 콘크리트연구실

*** 정희원, 서경대학교 토목공학과 교수

**** 정희원, 시설안전기술공단 교량실 부장

● 본 논문에 대한 토의를 2001년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2002년 4월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

기준의 문제점을 파악하고 국내·외의 상태평가 기준에 대한 현황 분석을 통하여 점검 및 진단기술자로 하여금 일관된 평가를 할 수 있도록 항목별 상태평가 기준을 개선할 필요가 있다. 따라서, 본 연구는 합리적인 교량의 외관상태평가기준을 연구·제안하였다.

2. 상태평가 기준의 현황 및 문제점

2.1 상태평가 체계의 검토

현행 정기점검의 상태평가 분류기준은 Table 1에서 보는바와 같이 부재의 손상 정도에 따른 노후화를 중심으로 상태등급을 설명하고 있으며 그 외에 보수·보강의 필요도와 구조물의 안전성에 대한 부가설명을 첨가하고 있어 사용상 큰 문제점은 없으나, 항목별 세부 기준은 교량의 노후도와 안전성을 별도의 구분 없이 동시에 고려하여 상태평가 기준이 포괄적이고 애매한 실정이다. 그러나 본 기준은 정기점검에 대한 상태평가 기준 뿐만 아니라 교량 대표등급에 대한 개념을 이해하는 기준으로도 활용되어야 하므로, 항목별 세부 기준의 객관화와 교량 대표등급의 산정개념에 균형을 맞추어 수정할 필요가 있다.

2.2 세부 항목별 상태평가 기준의 검토

2.2.1 용어

현재 기준의 경우 '교좌장치'와 같이 도로교 표준시방서와 다른 용어를 사용하는 부분이 있다. 또한, 절함, 손상, 열화 등의 용어를 명확한 기준과 구분이 없이 혼용하고 있다. 교면포장의 경우 '균열율' 이라는 표현을 쓰고 있지만, 실제로 지침상에서 균열율에 대

한 계산방법을 언급하고 있지는 않다. 따라서, 이러한 교량점검과 관련된 용어의 명확한 정의 및 적절한 사용이 필요할 것이다.

2.2.2 정성적 표현

부재의 상태평가 기준에 대한 설명들이 전체적으로 '경미한', '부분적인', '전반적인' 등의 모호한 표현들을 사용하고 있다. 이러한 표현들은 어떤 면에서 보면 복잡한 수식적 표현보다 심검자들에게 개념적으로 손쉽게 이해될 수도 있지만, 같은 구조물에 대하여 점검자마다 다른 판단을 내리는 등의 주관적인 판정결과를 초래할 수 있다. 따라서, 이러한 정성적이고 모호한 표현들을 정량화하여 기준에 대한 일관성을 유지하는 것이 바람직할 것이다.

2.2.3 점검항목의 분류

점검항목의 분류는 교량에 발생할 수 있는 모든 손상, 절함 등에 대한 분류라기보다는 부재에 대하여 특징적으로 발생하는 손상임을 알 수 있다. 그러나, 부재의 종류에 따라서는 각각의 손상, 절함이 중요한 부재도 있지만, 부재의 전체적인 손상, 절함의 정도가 중요한 부재도 있다. 또한, 일상적인 유지관리로 조치를 취할 수 있는 부재인 보수구, 난간연석, 신축이음 후타재 등의 점검항목은 부재의 구조적 중요도에 비하여 항목이 다소 많은 것을 알 수 있다. 따라서, 부재의 종류 및 특징에 따라 점검항목의 단순화, 재분류 등이 필요할 것이다.

2.2.4 상태등급 판정방법

한 개의 부재에 여러 가지 점검항목이 있을 경우 부재의 등급은 여러 점검항목 중 최저값을 사용한다. 최

Table 1 현행 정기점검 상태평가 기준

관정 등급	상 태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상의 양호한 상태
C	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태
D	주요부재에 전진된 노후화(강재의 피로균열, 콘크리트의 전단균열, 철하 등)로 긴급한 보수·보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단
E	주요부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안전성에 위협이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태

저등급을 이용하여 부재의 상태등급을 판정하는 경우에는 어느 한 항목이라도 등급이 낮으면 부재의 상태등급이 낮게 산정되는 경향이 있으며, 부재의 보수필요도 개념과 의미가 어느 정도 상통함을 알 수 있다. 그러나 신설구조물 혹은 노후화된 구조물의 경우 단순히 최저등급인 1개 결합만으로 부재를 평가하므로 정확한 상태평가가 곤란하다. 예를 들면, 손상이 있으나 기능에는 이상이 없는 부재, 큰 손상은 없으나 전반적으로 노후화 된 부재 등의 등급산정시 보수적인 결과를 보일 수 있다. 또한, 실제 점검 보고서를 검토해 보거나, 참고문헌을 살펴보면, 상태등급 산정을 위하여 외관조사 총괄표를 이용하여 결합, 손상, 열화 등의 등급별 분포를 계산한 후 등급을 산정하는 방법을 쓰고 있음을 알 수 있다. 그러나, 등급산정 방법으로는 '최저등급', '하위 30%에 해당하는 등급', '분포가 넓은 등급' 등 여러 가지 기준을 이용하여 점검자 임의로 등급을 산정하는 실정이다.

2.2.4 외관조사 총괄표

정밀안전진단시 외관조사망도에 기록된 내용을 Table 2와 같은 형식으로 경간 및 지점별로 외관조사 총괄표에 정리한다.

외관조사 총괄표는 외관상태의 정리 및 보수물량의 산출에 사용된다. 그러나, Table 2에 따르면 점검단

위내의 부재를 대상으로 한 평가가 아닌, 점검단위 내의 개개의 결합에 대하여 평가를 하는 실정이며, 그 물량의 합을 산정하도록 되어있다. 예를 들어 콘크리트주형의 경우, 부재 전체적으로 균열에 대하여 B등급, 박리파손에 대하여 C등급 등의 방법으로 총괄표가 작성된 것이 아니라, 수형내에 국부적으로 균열이 발생하였으면, 각각의 균열부위마다 등급을 판정하도록 하고 있다. 균열과 같은 손상의 경우는 별로 상관없이 있지만, 콘크리트 박리파손의 경우 손상 개소에 대하여 등급을 판정할 경우 손상면적의 크고 작음이 고려되지 않는 단점이 있다. 즉, 손상의 정도는 고려되지만 범위가 고려되지 않는 단점이 있다.

등급별 분포 물량과 총물량을 산정하는 방법도 현실적으로 어려움이 많다. 균열, 탈락 등의 면적을 계산하는 방법이 구체적으로 명시되어 있지 않으며, 보고서에 따라서는 전체 면적을 기준으로 하는 경우도 있고, 결합면적을 기준으로 하는 경우도 있는 등 임의적으로 사용하는 경우가 많다. 그리고, 실제로 보수물량의 산출에는 외관조사총괄표 만으로는 부족함이 있으며, 별도로 물량산출을 하고 있는 것이 현실이다.

따라서, 결합 물량 파악을 위주로 되어 있는 외관조사총괄표의 양식을 부재별 등급분포를 파악하는 위주로 형식을 단순화하고 보수물량 산정 양식은 보수대상 항목별로 별도 작성하는 것이 합리적일 것이다.

Table 2 외관조사 총괄표 전형 양식

구 분	외관상태내용	전계수량	단위	등급별 분포					대표등급
				A	B	C	D	E	
:									
:									
콘크리트 주형	균열 탈락	1,000	면적 (m ²)	수량	300	400	250	50	C
				백분율	30	40	25	5	
	누수 백태	500	면적 (m ²)	수량		450	50		B
				백분율		90	10		
강재 주형	균열 처집		개소 (개)	수량					A
				백분율					
	bolt 탈락	1,000	개소 (개)	수량		900	70	30	B
				백분율		90	7	3	
	표면 부식	10,000	개소 (개)	수량		7,000	2,500	500	C
				백분율		70	25	5	

3. 외관 상태평가 분류 기준의 개선안

3.1 각국의 등급 구분의 개념

국내외의 상태평가 기준을 분석한 결과, 상태등급의 주요분류기준으로 Table 3과 같은 항목을 사용하였음을 알 수 있다. 분류단계로는 4~10등급까지 다양한 단계를 사용하며, 그 분류기준으로는 크게 두가지를 사용하고 있다.

- (1) 손상의 정도와 그에 따르는 보수필요
(현행기준, 일본토목연구소, 일본 한신도로공단, 호주)
- (2) 구조적 성능저하단계
(프랑스 교통국, 뉴욕시 교통국)

3.2 상태등급의 분류기준 개선안

분류단계를 세분화할 경우 구조물 및 부재에 대한 정밀한 상태등급의 부여가 가능하지만 그에 따른 세부적인 판정기준의 마련이 어려우며 점검자의 판단도 어렵다. 반면에, 분류단계를 크게 할 경우 점검자의 판단은 쉽겠지만, 효과적으로 구조물의 상태를 분류하기가 곤란하다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 점검단계와 동일한 단계를 사용하여 현실적이면서도 정확성을 겸비하

고, 또한 기술자들의 혼란을 최소화하는 데 중점을 두고자 한다. 기존에 사용된 분류기준으로 노후도, 안전성, 보수·보강필요도의 개념이 혼재되어 사용되었다. 그러나, 기존의 개념만으로는 교량과 부재에 대한 정확하고 합리적인 상태등급의 구분이 모호하다.

외관조사에 의하여 평가할 수 있는 항목으로 교량의 외관상태와 노후도 등이 있다. 외관상태와 노후도 등은 내구성과 밀접하게 관련된 항목으로 사용자들에게 직접적으로 보여짐으로써 심리적 안정감 내지는 불안감을 야기시키는 중요한 항목이다. 그러나 교량에 대한 안전성(내하력 등)은 노후도와 직접적인 상관성이 떨어지며, 또한 외관조사만으로 평가하는데도 어려움이 있으므로 외관상태와 별도의 항목에서 다루어질 것이다.

따라서, 외관상태평가 기준은 내구성 확보 측면에서 '보수·보강필요도'의 개념을 중심으로 Table 4의 개선안을 제시하였으며, 안전성 확보에 대한 보완책으로서 외관상태평가 결과 주요/취약 부재가 D등급 이하로 판정되거나 안전성 검토에 대한 전문가의 지적이 있을 경우 안전성 검토를 별도로 시행한다는 조항을 명기하였다.

이러한 보수·보강필요도에 의한 등급 분류가 점검자의 명확한 판단을 유도할 수 있고 구조물의 유지관리 측면에서도 바람직한 기준으로 판단된다. 또한 용어의 적절한 선택과 일관성을 유지하였다.

Table 3 국내외 기관들의 상태등급 주요 분류기준 및 단계

	판정등급	주요 분류기준
현행 기준	A,B,C,D,E	구조물의 노후도와 안전성, 보수보강
FHWA	N,0~9	-
뉴욕시교통국	1~7	손상정도 및 실제기능의 발휘여부
프랑스교통국	A~F	구조물의 전체적인 성능저하 단계
일본건설성토목연구소	I, II, III, IV, OK	손상의 정도와 그에 따른 행동
일본阪神고속도로공단	㉠ A,B,C, OK	손상의 정도와 그에 따르는 보수필요도
캐나다 - Ontario	1~6	재료와 성능에 대한 평가에 대하여 6 단계로 분류
호주 - Vicroad	1~4	손상의 정도와 그에 따르는 보수필요도

4. 세부 항목별 외관상태평가 기준의 개선안

4.1 개요

정기점검의 상태평가기준 개선안에 따라 세부항목별 외관상태평가 기준은 Table 4를 기본개념으로 하였으며, 이외에도 아래 사항들을 고려하였다.

- 점접지에 관계없이 일관된 판정을 유도하기 위하여 가능한 한 명확한 표현을 사용하고 부재별 점검항목을 합리적으로 지정하였다. 또한 항목별로 적용부재, 범위 및 점검단위 등을 명시하였다.
- 내구성을 확보하기 위한 보수필요도의 개념으로 부재별 상태평가 기준의 등급을 구분하였다. 보수·보강은 C등급 이하부터 이루어지는 것을 원칙으로 하여 부재별 세부기준을 정하고, B등급에서도 경미한 보수는 이루어질 수 있는 것으로 하였다.
- 단, 주요부재의 균열, 침하, 세굴 등 교량 안전성과 직접적으로 관련된 항목에서 D급 이하로 평가되거나 혹은 전문가의 시적이 있을 경우 안전성에 대한 검토를 별도로 시행한다.

4.1.1 일상적인 유지관리부재의 평가항목 및 기준 단순화

신축이음 후타재, 배수시설, 난간연석 등의 일상적인 유지관리로 조치를 취할 수 있는 부재는 점검항목을 단순화하였다. 신축이음 후타재(2항목→1항목), 배수시설(3항목 1항목), 난간/연석(3, 4항목 2항목)

4.1.2 안전성 검토가 필요한 손상 및 결함 항목의 명기 콘크리트 주형의 휨, 전단균열, 강교의 주부재균열, 교량받침부의 연단부균열, 기초의 손상항목 등이 D등급 이하의 판정을 받으면 안전성검토를 추가로 시행하도록 하였다.

4.2 RC거더의 평가기준

공간단위로 점검을 시행하며 거더 각각을 하나의 점검 단위로 한다. 가로보의 경우 서더와 서더 사이에 있는 부재들을 하나의 점검단위로 하며, Table 5에 세부기준을 나타내었다.

4.2.1 균열

균열폭에 따른 보수필요도에 따라 상태등급을 분류하였다. 건교부 시설안전기술공단에서 제시한 기준에 의하여 휨균열은 0.1mm미만의 미세균열의 경우 A등급, 0.1~0.3mm 균열의 경우 B등급, 0.3~0.4mm 균열의 경우 C등급, 0.4~0.5mm의 경우 D등급, 0.5mm 이상의 경우 E등급으로 판정하는 것을 기본으로 하였다. 전단균열의 경우 취성파괴를 유발할 수 있으므로 휨균열보다 한단계 엄격하게 평가한다.

4.2.2 박리, 파손

통상적인 철근덮개의 깊이를 50mm로 가정하여 50% 깊이인 25mm를 기준으로 하여 손상깊이(25mm이상/미만)와 손상면적(10,20%이상/미만)의 두 가지를 기준으로 등급을 분류하였다.

Table 4 정기점검 상태평가 기준 개선안

판정 등급	상태
A	문제점이 없는 건전하고 양호한 상태.
B	경미한 손상, 결함, 열화가 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없는 상태로서 적은 양의 보수가 필요할 수 있음
C	보통의 손상, 결함, 열화가 발생하였으나 구조적으로는 안전하며 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요한 상태
D	주요부재에 발생한 손상, 결함, 열화로 인하여 내하성능에 지장을 초래할 우려가 있어 통과하중 제한을 검토해야 하며, 시급한 보수·보강이 필요한 상태
E	주요부재에 발생한 손상, 결함, 열화로 인하여 안전성에 위협이 있어 통과하중 제한이 시급한 상태로써, 임시조치 후 사용하거나 즉각 시설물의 부분 사용금지 또는 보강·개축이 필요한 상태

Table 5 R.C.거더에 대한 상태평가 기준안

등급	중양부(휨)균열	받침부(전단)균열	박리, 파손 및 재료분리	철근의 노출 및 부식
A	없음. 0.1mm미만 미세균열	없음	없음	없음
B	하부플랜지에 부분적으로 0.1-0.3mm 횡방향 균열	0.1mm미만 미세균열	손상된 깊이가 25mm미만이며 손상면적 10%미만	없음
C	하부플랜지에 전반적으로 0.1-0.3mm 횡방향균열 하부플랜지 및 복부에 0.3-0.4mm 횡방향균열	거더 복부에 0.2-0.3mm 사인장균열	손상된 깊이가 25mm미만이며 손상면적 10%이상 또는 손상된 깊이가 25mm이상이며 손상면적 10%미만	철근노출면적 2%미만
D	하부플랜지 및 복부에 0.4-0.5mm 횡방향균열	거더 복부에 0.3-0.4mm 사인장균열	손상된 깊이가 25mm이상이며 손상면적 10~20%	철근노출면적 2~10%
E	하부플랜지 및 복부에 0.5mm 이상 횡방향균열	거더 복부에 0.4mm이상의 사인장균열	손상된 깊이가 25mm이상이며 손상면적 20%이상 받침부 주변 콘크리트가 파손으로 탈락	철근노출면적 10%이상

- 중양부 휨균열 및 받침부의 전단균열 크기가 D급 이하일 경우 원인분석을 위한 단면성검토를 수행한다.
- 연속교의 받침부 상부플랜지 균열과 비구조적 균열(수화열, 건조수축)의 경우 휨균열의 균열폭 기준에 준하여 판정하고, 중양부 혹은 받침부 면에 발생위치 별로 기록한다.
- 가로보의 상대도 거더에 준하여 평가한다.
- 철근노출 및 부식 항목은 노출된 철근은 부식된 것으로 가정하여 노출면적만으로 평가하며, 철근노출면적은 「철근노출길이×철근간격×철근갯수」로 계산하고, 철근이 한 개소만 노출된 경우는 「철근노출길이×0.25m」로 가정하여 면적을 구한다.

4.2.3 철근노출

외관조사에 의하여 부식 깊이를 측정하기는 어렵고 철근의 경우 노출 즉시 부식되기 시작하는 것이 일반적이므로 노출된 철근은 부식된 것으로 보고 노출면적에 의하여 등급을 구분하였다.

철근노출면적은 「철근노출길이×철근간격×철근갯수」로 계산하고, 철근이 한 개소만 노출된 경우는 「철근노출길이×0.25m」로 가정하여 면적을 구한다.

4.3 강재거더의 평가기준

경간단위로 점검을 시행하며 거더 각각을 하나의 점검 단위로 한다. 가로보의 경우 거더와 거더 사이에 있는 부재들을 하나의 점검단위로 하며, Table 6에 세부기준을 나타내었다. 현재 '변형, 처짐, 변형', '연결부 이완탈락', '표면상태, 부식' 등의 3종류로 분류되고 8가지 점검항목으로 구성되어 있는 기준을 '손상', '연결부', '표면' 의 3가지로 분류하고 4항목으로 단순화 하였다.

Table 6 강재거더에 대한 상태평가 기준안

항목	손상		연결부위	표면
	균열	변형,파단	이완, 탈락, 부식	도장(보호층)의 손상, 결함 및 열화
A			주부재 양호 보조부재 2% 미만	도장 변색, 표면양호
B		처짐이 초기점검치의 100% 이내	주부재 2% 미만 보조부재 2~10%	도장탈락 및 녹발생면적 0~2%
C	보조부재의 균열	국부적 변형 처짐이 초기점검치의 120% 이내	주부재 2~10% 보조부재 10~20%	도장탈락 및 녹발생면적 2~10% 누수 취약부에 국부적부식
D	주부재의 인장부 균열	변형이 크게 발생 최대허용처짐 이내	주부재 10~20% 보조부재 20~30%	도장탈락 및 녹발생면적 10~20% 부식깊이가 단면의 20%까지 진행
E	부재의 균열이 단면의 20% 이상진전	변형의 과대 발생 처짐의 과대 발생	주부재 20% 이상 보조부재 30%이상	도장탈락 및 녹발생면적 20%이상 부식깊이가 단면의 20%이상 진행

4.4 바닥판의 평가기준

콘크리트 바닥판의 하면에 대한 점검시 사용되며, 점검시 경간단위로 점검을 하며 거더에 의하여 구분되는 영역을 하나의 점검단위로 하며, Table 7에 세부 기준을 나타내었다. 균열은 1방향/2방향, 균열폭, 균열윤에 의하여 평가를 한다. 그 외의 항목들은 RC주형의 항목과 동일하다. 균열윤에 대한 평가 방법은 일방향균열의 경우 균열깊이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 계산하며, 이방향균열의 경우 균열의 외측을 경계로 하여 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 계산한다.

4.5 교면포장의 평가기준

공간단위로 점검을 하며, 상하행의 구분이 없는 경우 하나의 부재로 점검하며, 중앙분리대로 분리된 경우 상, 하행을 구분하는 것을 기본으로 한다. 기존의 콘크리트 포장의 '균열', '요철, 단차', '함몰'과 아스팔트 포장의 '균열', '바리', '파손'의 항목을 재료의 종류에 관계없이 '노면상태', '요철, 단차', '포트홀, 함몰',

'배수성' 등의 항목으로 개칭하였다. 기존의 균열에 대한 항목대신에 균열발생면적, 보수면적, 파손면적 등의 노면상태를 이용하여 등급을 판정하며 Table 8, 9에 기준을 비교하였다.

Table 8 균열에 대한 기준의 판정기준

상대등급	균열
A	없음, 미세균열
B	0.3mm이하 다수 발생
C	0.3mm이상 다수 발생
D	0.3mm이상 다수 발생
E	0.3mm이상 다수 발생

Table 9 노면상태에 대한 판정기준 개선안

상대등급	노면상태 (노면의 균열 및 보수, 손상면적)
A	미세균열
B	점검단위의 10% 미만
C	점검단위의 10~20%
D	점검단위의 20~30%
E	점검단위의 30% 이상

Table 7 바닥판에 대한 상태평가 기준안

등급	콘크리트		
	1방향균열	2방향균열	바리, 파손 및 재료분리
A	0.1mm미만 부분적	없음	없음
B	0.1-0.3mm 균열율 10% 미만	0.1-0.3mm 균열율 2% 미만	손상된 깊이25mm미만이며 손상면적 10%미만
C	0.1-0.3mm 균열율10% 이상 0.3mm이상 균열율10% 미만	0.1-0.3mm 균열율2% 이상 0.3mm이상 균열율2% 미만	손상된 깊이25mm미만이며 손상면적 10% 이상 또는 손상된 깊이25mm이상이며 손상면적 10% 미만
D	0.3mm이상 균열율10~20%	0.3mm이상 균열율2~10%	손상된 깊이25mm이상이며 손상면적 10~20%
E	0.3mm이상 균열율20% 이상	0.3mm이상 균열율 10% 이상	손상된 깊이25mm이상이며 손상면적 20% 이상 받침부 주변의 콘크리트가 파손으로 탈락

등급	누수 및 백태	철근 노출 및 부식
A	없음	없음
B	표면에 부분적으로 흰 백태	없음
C	보통 정도의 백태, 부분적으로 균열부 누수 점검단위의 10%미만	철근노출 면적이 점검단위의 2% 미만
D	심한 정도의 백태, 콘크리트 표면 부식 점검단위의 10~20%	철근노출 면적이 점검단위의 2~10% 미만
E	아주 심한 정도의 백태, 균열사이로 녹물이나 니트 발생 철근부식에 의한 콘크리트 탈락점검단위의 20% 이상	철근노출 면적이 점검단위의 10% 이상

• 균열율은 0.2mm 이상의 균열을 대상으로 적용함.

• P.S.C. 바닥판의 경우 본 규정을 기본으로 P.S.C. 거더의 점검기준을 참고로 한다.

• 거더가 없는 바닥판의 경우 R.C. 또는 P.S.C. 거더에 대한 점검기준을 참고로 한다.

Table 10 신축이음에 대한 상태평가 기준안

등급	누수, 노화	탈락	기능 및 결함
A	없음	없음	정상동작
B	누수 흔적, 빈저토사 등의 오염 고무판 부분마모, 강재 노출 발생 등의 경미한 열화	없음	정상동작
C	물받이 내침지 또는 파손으로 누수발생 고무판 파손, 국부적인 부식 등의 열화	고정장치의 이완으로 신축이음 본체유동	유간사이 이물질로 기능 불량
D	누수로 인한 신축이음 하부 구조물 부식 발생	고정장치의 파손으로 신축이음 본체 일부 탈락 및 파손	유간이 폐쇄 혹은 비정상적으로 틈음
E	하부구조물의 부식심화	신축이음 본체 파손	작동 불능

Table 11 교량발침에 대한 상태평가 기준안

등급	균열, 부식 및 파손		결함 및 기능
	고무재	강재	
A	양호 정상적인 변형	양호	양호
B	사소한 균열, 갈라짐등 경미한 열화 정상적인 변형(0~30°)	사소한 녹	정상적인 작동 및 변위
C	팽창, 부풀음 발생, 하중지지부가 국부적으로 더 있으나 집중면적이 2/3 이상 파대한 변형(30~45°)	부식 발생, 고정장치 이완 하중지지부가 국부적으로 더 있으나 집중면적이 2/3 이상	정상변위를 초과하여 작동에 지장 또는 가동기능을 위한 유지보수필요
D	고무재기능상실 하중지지부가 부분적으로 더 있으나 집중면적이 1/2 이상 파대한 변형(45° 이상)	부식 심화 및 부분적 변형, 균열 고정장치 파손, 하중지지부가 부분적으로 더 있으나 집중면적이 1/2 이상	파대한 변위, 움직임 구속 부식절환 설치
E	고무재가 파손 하중지지부가 부분적으로 더 있으나 집중면적이 1/2 미만	발침본체의 파손 하중지지부가 부분적으로 더 있으나 집중면적이 1/2 미만	작동불능상태

* 발침대의 연단부 균열 및 파손으로 D급 이하 손상발생 시 원인분석을 위한 안전성검토를 수행한다.

4.6 신축이음의 평가기준

신축이음은 고무재와 강재로 구분하지 않고 하나의 기준으로 적용한다. 지점별로 점검을 하며 상·하행의 구분이 없는 경우 하나의 단위로 점검하며, 중앙분리대로 분리된 경우 각각을 점검단위로 하며, 세부기준을 Table 10에 나타내었다. 현재의 고무재의 '누수, 오염', '유간', '노화', '탈락'과 강재의 '누수, 오염', '유간, 이상진동', '부식, 변형', '균열, 파손'으로 구분되어 있는 항목을 재료의 구분없이 '누수, 노화', '탈락', '기능 및 결함'의 항목으로 구분하였다.

4.7 교량발침의 평가기준

하부구조별로 점검을 하며 각각의 개소를 하나의 점

검단위로 한다. 현재 강재의 '부식, 변형', '균열, 파손'과 고무재의 '노화, 균열', '탈락, 파손'으로 구분되어 있는 항목을 '균열, 부식 및 파손', '결함 및 기능'의 항목으로 통일하였다.

5. 결론

본 연구에서는 국·내외의 상태평가 기준의 현황 및 문제점을 분석하여 세부 항목별 외관상태평가 기준을 정량화 하였으며, 이에 대하여 수행된 세부 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

- ① 현행 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침상의 상태평가 기준 검토와 기수행된 점검·진단보고서의 상태평가 자료 분석을 통하여 현행 상태평가 기준의 현황 및 문제점을 분석하였다.

- ② 국내·외의 상태평가 자료수집과 주요각국의 상태등급 부여방안에 대한 조사를 통하여 교량 상태평가 사례를 조사·분석하여 문제점을 분석하였다.
- ③ 상태평가 분류기준은 내구성을 확보하기 위한 보수필요도의 개념을 중심으로 정의하였으며, 이에 따라 부재별 외관상태평가 기준을 제시하였고, 개선안의 기본 개념은 다음과 같다.
- 점검자의 인관련 판정을 유도하기 위하여 가능한 한 명확한 표현을 사용하였으며, 부재별 점검항목을 합리적으로 시정하였다. 또한 항목별로 적용부재, 범위 및 점검단위를 명시하였다.
 - 내구성을 확보하기 위한 보수필요도의 개념으로 부재별 상태평가 기준의 등급을 구분하였다. 보수·보강은 C등급 이하부터 이루어지는 것을 원칙으로 하여 부재별 세부기준을 정하고, B등급에서도 경미한 보수는 이루어질 수 있는 것으로 하였다.
 - 기본 항목 및 체계는 유지하되 등급별 세부내용을 개선함으로써 기 개발된 교량관리시스템(BMS)과 연계적용이 가능하도록 하여 이에 대한 파급효과를 최소화하였다.

- ④ 주요 구조부재의 손상항목이 D급 이하로 평가되거나 혹은 전문가에 의해 안전성평가 요구가 있을 경우 원인분석을 위하여 별도로 안전성 검토를 시행하도록 하였으며, 안전성 검토가 필요한 결함 및 손상항목에 대해서도 단서조항을 명기함으로써 외관조사에 의한 평가 뿐만 아니라 위험한 구조물에 대하여 실제적인 안전도 평가가 가능하도록 하였다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, "안전점검 및 정밀안전진단 세부지침", 1996.3
2. 일본 건설성토목연구소, "교량점검요령(안)", 1998.7
3. 일본 阪神고속도로공단, "도로구조물의 점검요령(토목구조물편)", 1985.4
4. Kansas DOT, "Bridge inspection manual"
5. Ontario Ministry of Transportation, "Ontario Structure Inspection Manual", 1991
6. Colorado DOT, "Pontis Bridge Inspection Coding Guide", 1998
7. Roads Corporation(Vic), "Microroads bridge inspection manual, Part2, Part4", 1995

(접수일자 : 2001년 4월 16일)