

I. 공통편

1 장 | 서 언

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 대상 시설물의 개요

1.4 사용 장비

1.5 과업수행일정

1.6 구조물 기호 정의

제 1 장 서 언

1.1 과업의 목적

본 용역은 건설기술진흥법 시행령 제98조제1항제1호 및 제100조제1항3호의 규정에 의한 건설공사 안전점검중 준공 전 안전점검(초기점검)용역으로서 고속도로 시설물의 현상태를 정확히 현장조사하여 물리적·기능적 결함을 조기 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 강구함으로 추후, 결함 및 손상에 대한 발전상태 여부를 확인, 판단하는 기초자료로 활용함으로서 시설물의 안전성 확보 및 내구성 증진에 철저를 기함과 동시에 중점유지관리 항목을 파악하는 것을 목적으로 한다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

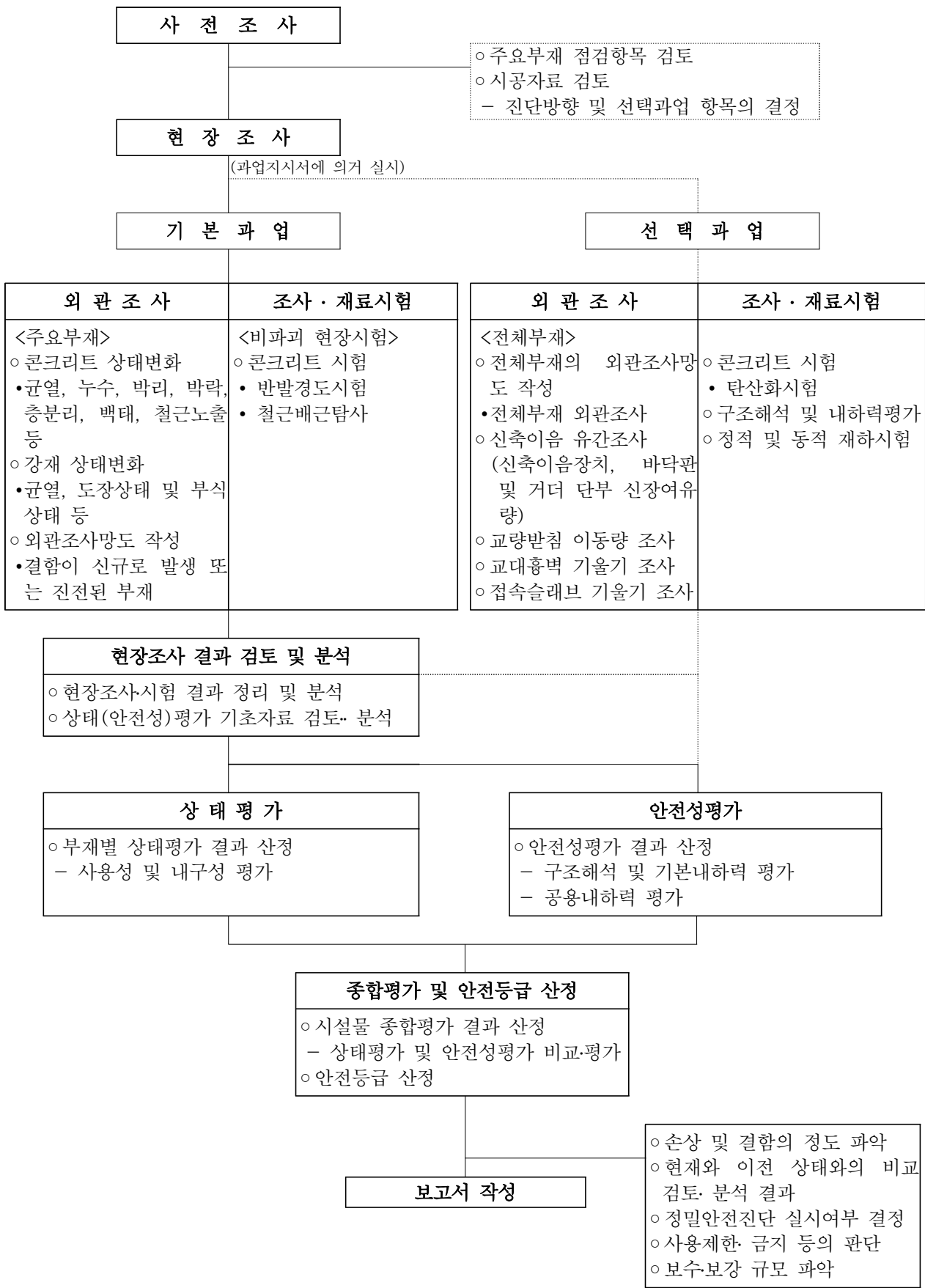
- 가. 설계도서 및 관련자료의 수집·검토
- 나. 초기 시공상태 조사
- 다. 현장조사
 - 1) 상세외관조사
 - 2) 신축이음장치 및 교량받침 이동량 조사
 - 3) 내구성조사
 - ① 콘크리트 강도(반발경도법)
 - ② 철근 배근상태(배근간격 및 피복두께)
 - ③ 탄산화 시험
- 라. 정적 및 동적 재하시험
- 마. 시설물의 안전성평가
 - 1) 구조검토
 - 2) 기본내하력 평가
 - 3) 공용내하력 산정
- 바. 상태평가 및 종합평가
- 사. 주요결함 및 보수·보강 이력
- 아. 보수 및 유지관리 방안
 - 1) 보수·보강 방안
 - 2) 유지관리방안
- 자. 결 론

1.2.2 과업의 내용

본 과업을 수행하기 위하여 실시한 초기점검의 세부 수행내용은 다음과 같다.

구 분	내 용	비 고
설계도서 검토	1) 실시설계서 2) 설계도면 3) 일반 및 특별시방서	
시공관련 자료검토	1) 시공자료 수집 및 검토 2) 유지관리 및 점검시 필요한 자료의 추출 및 정리	
상세외관조사	1) 시공상태 육안조사(균열, 누수, 재료분리, 철근노출 등) 2) 교량받침조사 (이동량, 받침콘크리트 상태, 연단거리) 3) 신축이음조사 ① 신축이음장치 유간 조사 ② 바닥판 신장여유량 조사 ③ 주형 신장여유량 조사 4) 외관조사망도 작성	
내구성조사	1) 비파괴 강도시험(반발경도 시험) 2) 철근탐사 시험 3) 탄산화 시험	
재하시험	1) 정적 재하시험 2) 동적 재하시험	
시설물의 안전성평가	1) 구조해석 2) 기본 내하력 평가 3) 공용 내하력 산정	
상태평가 및 종합평가	1) 외관조사에 의한 시설물의 상태평가등급 산정	
주요결함 및 보수·보강 이력	1) 주요결함 2) 보수·보강 이력	
보수보강	1) 보수보강방안 제시 2) 중점 유지관리항목 선정	
종합결론	1) 점검 결과의 종합결론 2) 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항	

1.2.3 과업수행 절차



1.3 대상 시설물의 개요

1.3.1 교량 현황

순번	구조물명	방향	연장 (m)	폭 (m)	상부형식	설계 하중	신축 이음 장치	교량 받침	종별	비고
1	산성교	상주 영천	285.0	24.470	I.P.C	DB-24	핑거 모노셀	탄성 받침	2중	
2	배골교	상주 영천	105.0	24.640	PSCI	DB-24	핑거 모노셀	탄성 받침	2중	
3	화남1교	상주 영천	50.0	24.470	S.B Arch	DB-24	모노셀	포트 받침	2중	
4	화남교	상주 영천	235.0	24.470	STB	DB-24	핑거	포트 받침	1중	

1.3.2 옹벽 현황

순번	구조물명	형 식	제 원		종별	비고
			높이(m)	연장(m)		
1	패널식 보강토옹벽 (Sta.6+780~6+915)	패널식	H=1.54~7.45	L=136.9	2중	
2	패널식 보강토옹벽 (Sta.7+872~8+230)	패널식	H=5.13~18.73	L=798.0	2중	

1.3.3 절토사면

순번	Sta.	방향	연장(m)	높이(m)	종별	비고
1	Sta.3+080~3+240(상주)	상주	160.0	37.0	2중	암사면
2	Sta.3+330~3+520(상주)	상주	220.0	40.0	2중	암사면
3	Sta.0+520~0+840(영천)	영천	320.0	36.0	2중	암사면
4	산성휴게소(영천) Sta.0+349~0+540	영천	190.0	33.0	2중	암사면

1.3.4 위 치 도



1.4 사용 장비

구 분	장 비 명	규 격	제조사 (제조국)	Serial Number	용 도	비 고
콘크리트 강도	Schmidt Hammer	Concrete Test Hammer	SANYO (일본)	10364	반발경도에 의한 강도 측정	
	교정 앤빌	Ca=± 2	KAMEKU RA (일본)	—	슈미트햄머 교정	
철근탐사	FERROSCAN	RV 10	HILTI (독일)	23589202 00329599	철근배근 및 피복두께조사	
	RC-RADAR	NJJ-95B	JRC (일본)	ED74303	철근배근 및 피복두께조사	
탄산화 시험	페놀프탈렌요액 +버니어캘리퍼 스	—	—	—	탄산화시험	
콘크리트 균열측정	균 열 경	NO.2028	일본 PEAK	432	균열폭 측정	
재하시험	재하시험기 및 노트북	—	—	—	재하시험	
점검장비	교량점검차	4차선용	Barin (이태리)	—	현장근접조사	
	크 레 인	5TON	현대중공업 한국	—	현장근접조사	
구조검토	컴 퓨 터	MIDAS/ CIVIL	MIDASIT (한국)	—	구조해석 및 내하력검토	—

1.5 과업수행일정

항 목	일 정	2017년							
		5월				6월			
		1~7	8~14	15~21	22~28	29~4	5~11	12~18	19~26
1. 사전조사									
•착수 및 예비답사									
•시설물 결함상태 확인									
•현장조사 계획수립									
•자료 수집 및 검토									
2. 시설물의 내구성 조사									
•외관조사									
•비파괴조사									
•재하시험									
3. 측정결과 종합분석									
•조사결과 정리									
•외관조사망도 작성									
•조사결과 분석									
•상태평가									
4. 안전성 평가									
•구조해석									
•기본내하력 산정									
•공용내하력 산정									
•안전성 평가									
5. 보수·보강 및 유지관리 방안 제시									
•주요결함									
•보수·보강이력									
•보수·보강방안 제시									
•유지관리방안 제시									
6. 보고서 작성									
•보고서 수정									

※ 2017년 05월 01일 ~ 2017년 06년 26일

1.6 구조물 기호 정의

1.6.1 교량 상부구조형식의 정의

영문약자	상부구조형식	영문약자	상부구조형식
RCS	RC슬래브교	RA	라 멘 교
RCH	RC중공슬래브교	STI	강I형교
RCT	RCT형교	SPG	강판형교
RCB	RC박스형교	STB	강박스형교
PSCI	PSC I형 거더교	SB Arch	강박스아치형교
IPC	IPC 거더교	TR	트리스형교
DR	DR 거더교	AR	아 치 교
PSCS	PSC슬래브교	CS	사 장 교
PSCH	PSC중공슬래브교	SU	현 수 교
PSCB	PSC박스형교	ED	엑스트라도즈교
PF	프리플렉스형교	ETC	PCT 등 기타

1.6.2 교량 구조물 기호 정의

구 분			사 용 기 호	정 의
상부 구조	공 통	경 간	S	Span
		거 더	G	Girder
		2차부재	CB	Cross Beam
		교량받침	SH	Shoe (Bearing)
하부구조		교 대	A	Abutment
		교 각	P	Pier

※분리교량의 거더 및 교량받침의 순서는 차량 진행방향 좌측에서 우측으로 G1, G2, G3..., SH01, SH02, SH03...의 순서로 나타냄. (내측이 1번)

2장 | 외 관 조 사

2.1 개 요

2.2 교량 상태평가 적용범위

2.3 교량의 부재별 상태평가 기준

2.4 교량의 상태평가 결과 산정방법

2.5 교량받침 연단거리 조사

2.6 이동량 검토

2.7 옹벽의 상태평가 기준 및 상태평가 산정 절차

2.8 절토사면의 상태평가 기준 및 상태평가 산정 절차

2.9 종합평가 및 안전등급

제 2 장 외 관 조 사

2.1 개 요

구조물에 대한 외관조사는 각 부재의 시공상태와 시공품질을 육안으로 조사하는 것을 말한다. 외관조사 과정에서 손상이나 설계도면과 상이한 점이 발견되면 미리 작성한 외관조사망도에 그 위치 및 내용을 기록하고, 주요 손상에 대하여 사진촬영을 하였다. 또한 외관조사에서 부재의 상태를 육안으로 확인하기 위해서 본 점검에서는 교량점검차를 이용하여 가능한 점검대상 부재에 근접하여 외관조사를 수행하였다.

2.2 교량의 상태평가 적용범위

상태평가기준의 구성요소는 시설물의 육안조사에 의한 외관상태 항목과 함께 내구성요소인 탄산화 및 염화물 항목도 포함하여 상태평가기준이 구성되어 있다.

각 점검항목별 자세한 세부 평가기준은 국토교통부에서 발행한 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 해설서(교량편, 2012.12)」을 준용하였다.

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 적용한다.

부재별 상태평가 적용범위는 아래표를 따르는 것을 원칙으로 한다.

【상태평가등급 기준】

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
받 침	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

2.3 교량의 부재별 상태평가 기준

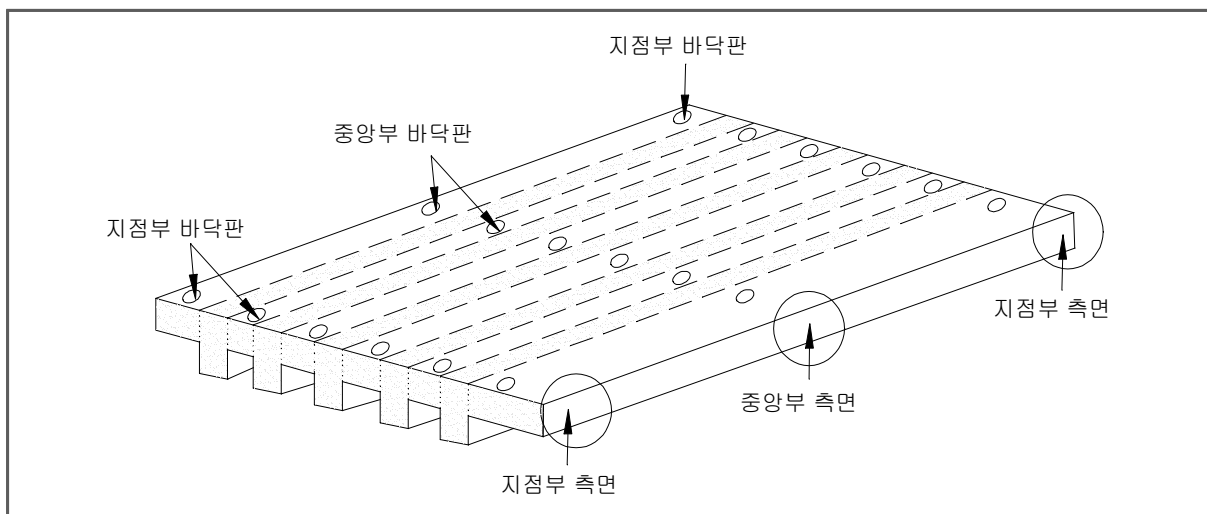
2.3.1 바닥판

바닥판은 교면포장으로부터 전달되는 차량의 운하중을 거더로 직접 전달하는 역할을 한다. 바닥판은 차량의 운하중이 직접 작용하므로 교량 구성부재 중 손상이 가장 많이 발생하는 부재로서 한번 손상이 생기면 급속히 악화되므로 조기에 조치를 취하는 것이 중요하다.

조사시에는 가능한 한 바닥판 밑면에 근접하여 점검하여야 하며, 표면에 경미한 손상이 발생한 경우라도 바닥판 내부 혹은 상부에 심각한 손상이 진행될 가능성이 있다는 것을 염두에 두고 점검하여야 한다. 또한 넓은 범위의 단면결손, 누수 또는 콘크리트 탈락이 의심스러운 경우 햄머로 여러 부위를 타격하여 소리를 들으므로써 건전성 여부를 판단하고 원인을 분석하여야 한다.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 공 통		•균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 •재료분리(공동, 공극) •누수 및 백태(유리석회)
▷ 거더교		•균열, 망상균열
▷ 슬래브, 라멘상부	- 받침부(단부)	•부스러짐 •사인장균열
	- 중앙부	•휨균열



【거더가 있는 경우의 바닥판 점검부위】

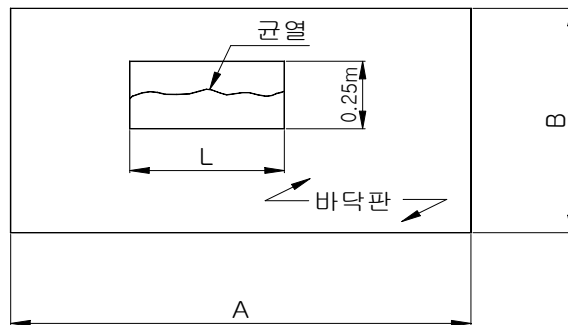
나. 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상
	1방향균열	2방향균열	
a	•균열폭 0.1mm 미만	•망상균열폭 0.1mm 미만	•없음
b	•균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만 •균열율 2%미만	•망상균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	•표면 손상면적 2%미만
c	•균열폭 0.3mm이상~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 0.5mm이상~1.0mm미만 •균열율 10%이상~20%미만	•망상균열의 진전으로 인 한 콘크리트 박리 발생	•표면 손상면적 10%이상 •철근부식 손상면적 2%이상 •데크플레이트 박리가 심하고 누 수로 인한 부식 발생
e	•균열폭 1.0mm이상 •균열율 20%이상	•망상균열에 인한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	•부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되 는 경우

- 본 상태평가 기준은 모든 교량형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 및 PSC 박스 거더교량의 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, 철근 부식에 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 부식하는 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트 팽창, 균열 및 박리가 발생하는 경우를 말한다.
- PSC 박스 거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC 거더로 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 분야 간의 일관성을 위해 2007년 12월 개정된 콘크리트 설계기준에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.

주1) 균열을 산정 방법

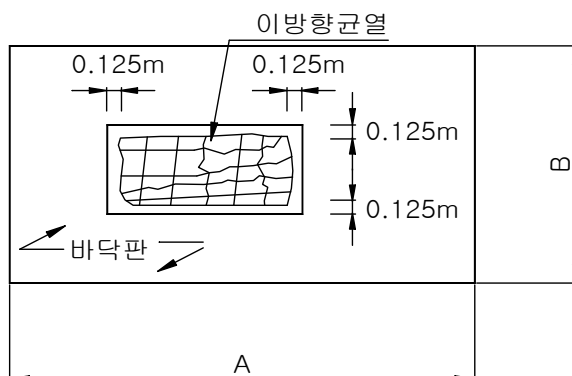
■ 1방향 균열인 경우



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

- ① 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

■ 2방향 균열인 경우



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

- ① 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구분한 후, 점선내면면적인 (가로길이+0.25m) × (세로길이+0.25m)로 구한다.

주2) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법

$$\text{표면손상면적율}(\%) = \frac{\text{결함및손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

주3) 철근부식 손상면적을 산정 방법

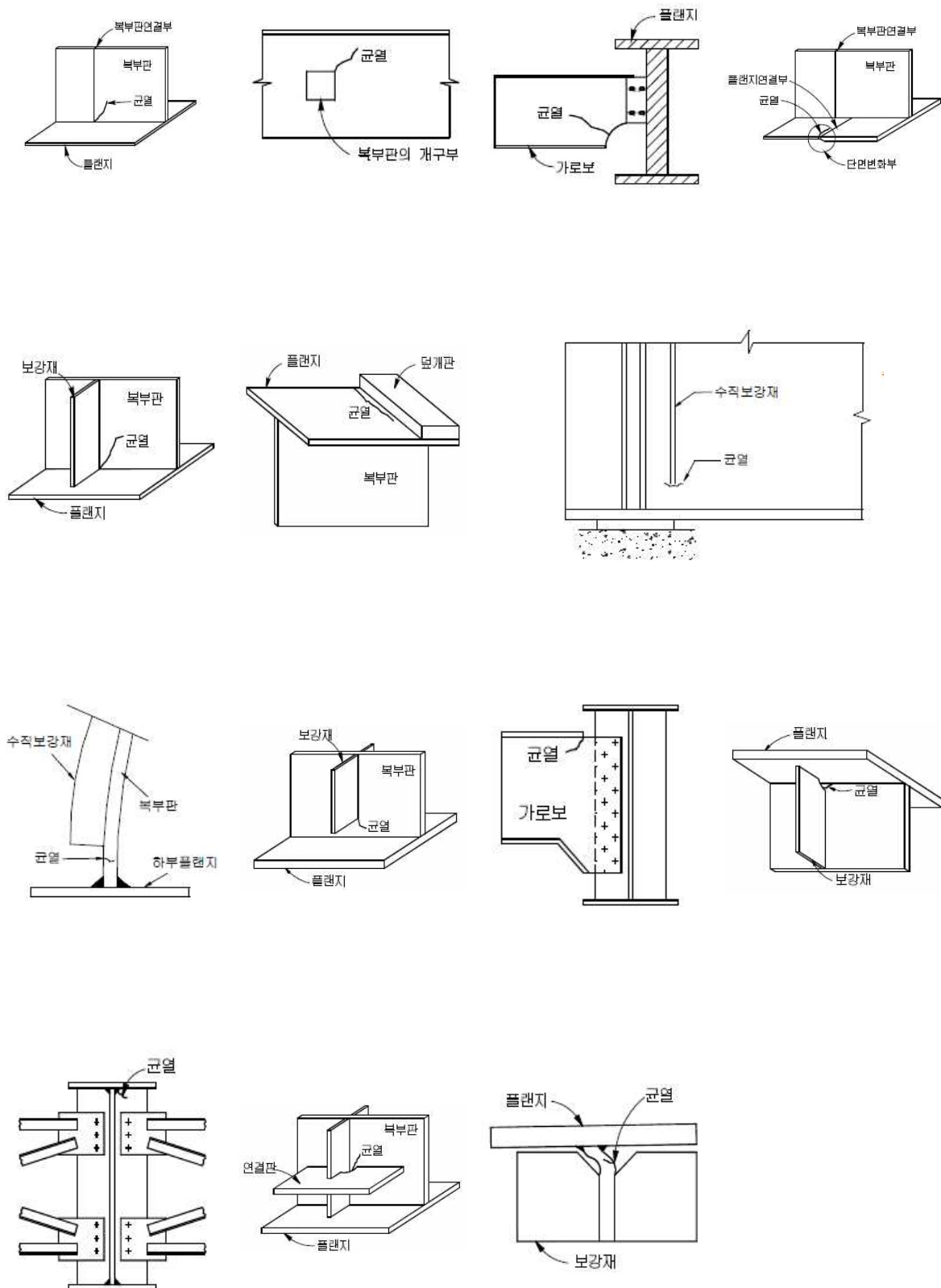
노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

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

2.3.2 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공 통	•도장 손상 및 부식 •현장이음부 볼트손상, 누수 •신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 •이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	•피로균열
▷ 받 침 부	•복부판 부식 및 국부좌굴 •거더와 받침연결부 부식 •게르버교의 경우 핀 연결부 부식 •지점보강재 하단 용접부 균열 •박스내부 출입구 방치 •박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷ 중 앙 부	•부식 •플래지 변형 및 처짐 •맞대기 용저부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷ 주 탑	•주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
▷ 보수부위	•용접부 및 용접부 주변 균열
▷ 부재연결부	•트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결한의 부식, 균열 및 변형 •사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결판의 부식, 균열 및 변형



<피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세>

나. 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	•없 음	•없 음	•없 음	•없 음	•없 음
b	•보조부재의 국부적 균열	•보조부재의 국부적 변형	•보조부재 2% 미만	•부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	•도장탈락 면적 10%미만
c	•보조부재의 전반적인 균열 •주부재의 국부적인 균열	•보조부재의 전반적 변형 및 파단 •주탑하단부 연결 볼트 부식	•보조부재 2% 이상~10% 미만 •주부재 2% 미만	•주부재의 심한 용접 불량 (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 과대 변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	•주부재 10% 이상	•인장플랜지 용접 연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	•부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

<해설>

- 본 상태평가 기준은 강 바닥판, 강 거더, 강 교각 및 케이블 교량의 보강형과 강 주탑의 상태평가에 적용한다.
- 강재 거더에 대한 상태평가지 용접연결부에 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 완하하며, 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 평가지 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 발생한 경우에는 연결판의 안전성을 별도로 평가한다.

2.3.3 강 가로보와 세로보

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공 통	•도장 손상 및 부식 •현장이음부 볼트손상, 누수 •이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	•피로균열
▷ 2차부재	•가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 •하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 •거세트판 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	•용접부 및 용접부 주변 균열

나. 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	•없 음	•없 음	•없 음	•없 음	•없 음
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 전반적인 균열 •주부재의 국부적 균열	•주부재의 국부적 변형 •변형 및 충격에 의한 손상발생	•보조부재 2%이상~10%미만 •주부재 2% 미만	•주부재의 심한 용접 불량 (기공, 슬래그, 언더컷) •부분적 용입부족, 용접누락	•도장탈락 면적 10%이상 •부식발생 면적 2% 이상~10%미만 •부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	•주부재의 전반적인 균열	•주부재의 압축부 좌굴에 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	—	—	—	—	—

<해 설>

- 본 상태평가 기준은 강I거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블 교량의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.
- 2차 부재인 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, 하부플랜지, 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.
- 부식 발생면적과 도장 면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하며, 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하고, 부식경 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

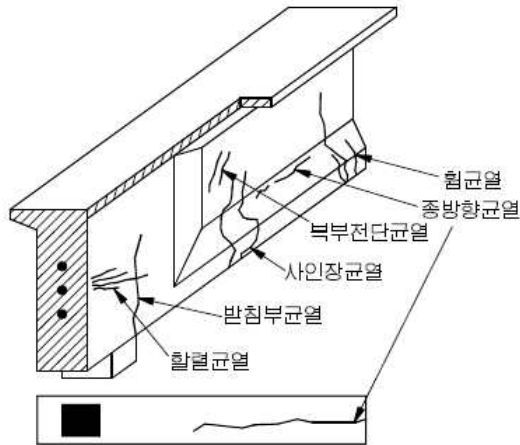
2.3.4 프리스트레스 콘크리트 거더

P.S.C(프리스트레스트 콘크리트) 거더는 고정하중과 작용하중으로 인해 부재에 발생하는 주인장응력을 상쇄시키기 위하여 PS강선(또는 강재)과 같은 긴장재로 콘크리트에 압축응력을 주도록 제작하는 교량부재이다. 점검시 주의할 부위는 부재응력 및 변형이 크게 작용하는 지간의 중앙부, 단부, 연속지점부, 받침부 등이며, 이러한 부재에서의 손상이 부재 전체의 파손으로 이어질 위험이 크다.

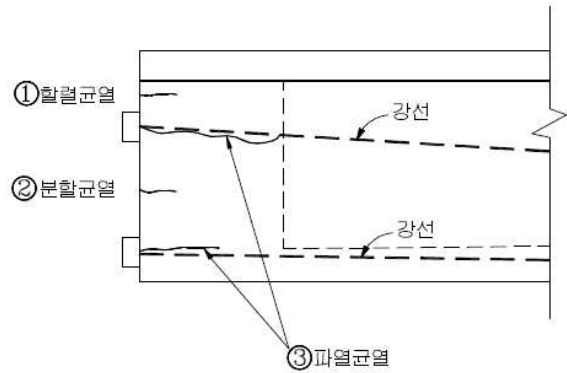
P.S.C 거더는 콘크리트거더와 마찬가지로 균열이 가장 중요한 손상의 요인이며, 균열의 크기 및 형태로 손상정도를 구분한다.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공 통	•박리, 박락(파손), 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 받 침 부	•부스러짐 •복부 사인장균열 •연속교 상단 휨균열 •격벽 개구부 모서리 균열
▷ 중 앙 부	•휨균열, 거더처짐 •쉬스관 노출 및 파손 •박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 •시공이음부 균열 및 누수
▷ 강선정착부	•정착부 균열 및 파손



【그림 2.3.2】 PSCI 거더의 점검부위



【그림 2.3.3】 정착구역의 국부균열

나. 상태평가 기준

기준	균열	열화 및 손상
a	•없음	•없음
b	•균열폭 0.2mm미만	•표면 손상면적 2%미만
c	•균열폭 0.2mm이상 ~ 0.3mm미만	•표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 •철근부식 손상면적 2%미만
d	•균열폭 0.3mm이상 ~ 0.5mm미만 •내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	•표면 손상면적 10%이상 •철근부식 손상면적 2%이상
e	•균열폭 0.5mm이상 •휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	•단부 콘크리트 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안정성 저하

- 본 상태평가 기준은 PSCI거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- 프리스트레스트 콘크리트 거더의 경우에는 텐던으로 인해 철근콘크리트 거더 보다 균열발생 가능성이 적으므로 균열의 평가 기준을 중앙부(휨) 균열, 반침부(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 0.5mm이상의 균열이 발생할 경우 내하력저하로 인한 거더의 안전성이 우려되므로 “e” 로 분류한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

2.3.5 콘크리트 가로보

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공 통	•박리, 박락(파손), 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 철근콘크리트 가로보	•박락(파손), 철근노출 •경사균열, (거더의 상대처짐 의심)
▷ 프리스트레스 콘크리트 가로보	•쉬스관 노출 및 파손 •정착부 균열 및 파손

나. 상태평가 기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	•균열폭 0.1mm미만	•없 음
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	•표면 손상면적 10%이상 •철근부식 손상면적 2%이상
e	—	—

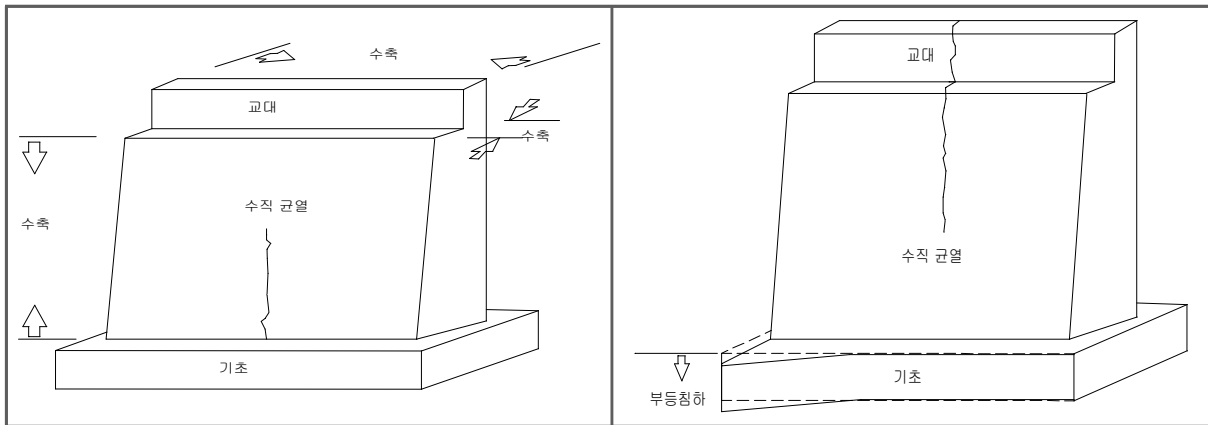
2.3.6 교 대

교대는 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다. 일반적으로 교량을 점검할 때에 하부구조의 점검을 소홀히 하는 경우가 있는데, 교량 형식에 따라서는 하부구조에 약간의 손상이 발생되더라도 교량 전체의 안전에 중대한 위험이 발생되므로 하부구조의 점검에는 특별한 주의를 필요로 한다.

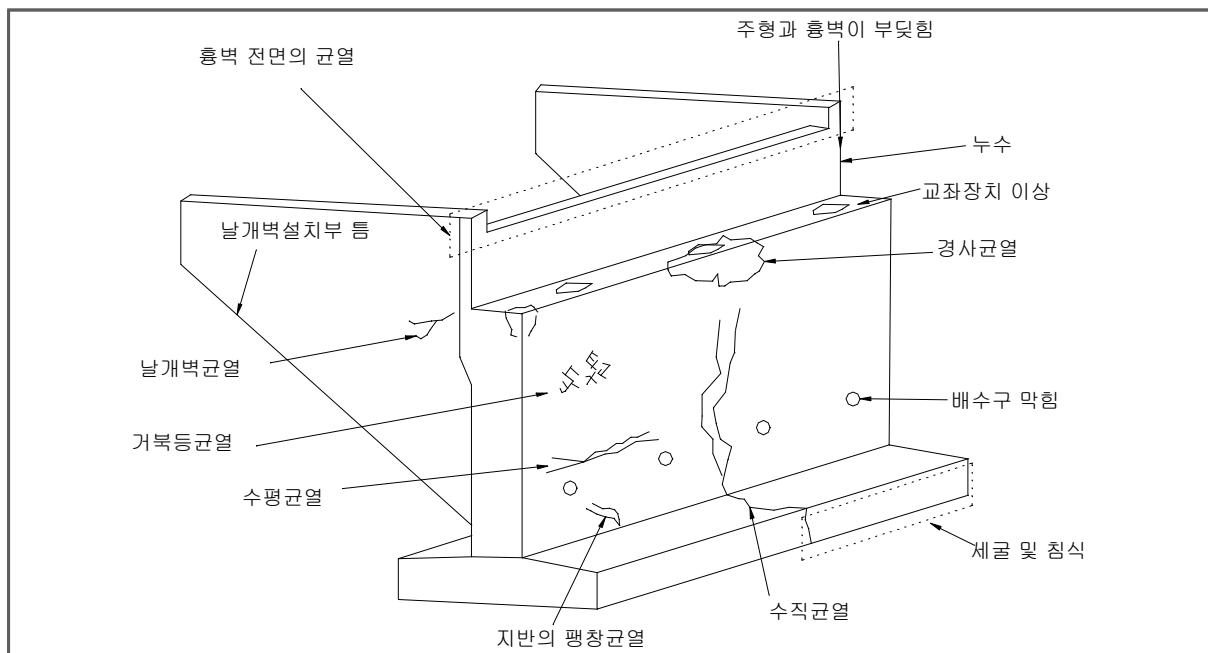
하천에 놓여진 교량의 경우에는 특히 세굴과 같은 흐르는 물에 의한 손상이 흔히 발생하지만 물속에 발생한 손상은 점검자가 쉽게 파악할 수 없으므로 특히 세심한 점검을 필요로 한다.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공 통	•교대 회전(기울음), 침하(연직이동) •균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 두부(Coping)	•두부 물고임 •반침부 균열 및 파손 •두부와 홍벽 경계부 균열 •거더와 홍벽 신축유간 부족
▷ 벽 체	•수직균열 및 침하 •구체부 배수구 막힘 •구체와 날개벽 분리 •수면접촉부 침식
▷ 날개벽(옹벽 포함)	•날개벽 이동, 전도 •석축이 있는 경우 사면붕괴



【그림 2.3.4】 온도응력, 건조수축에 균열 【그림 2.3.5】 부등침하로 인한 균열



【그림 2.3.6】 교대의 점검부위

나. 상태평가 기준

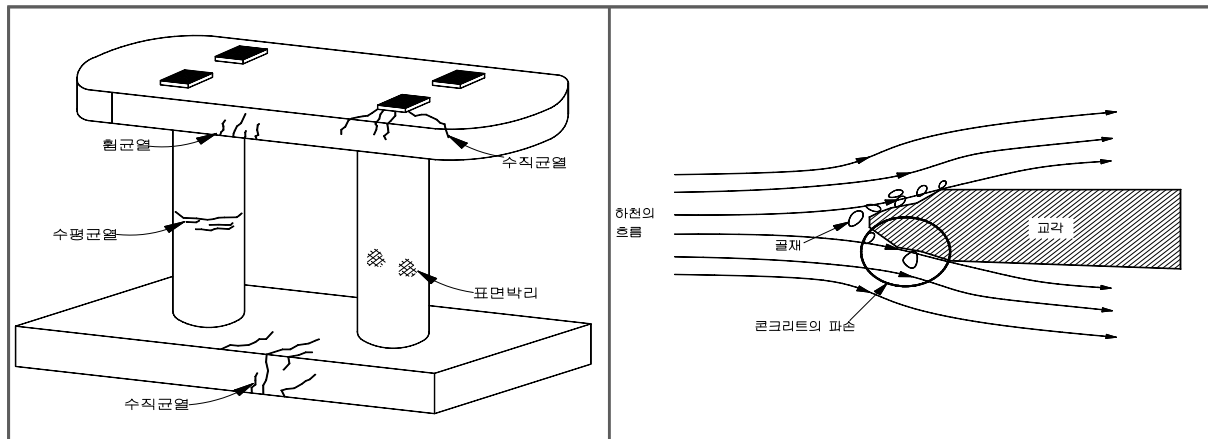
기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	•구체 균열폭 0.1mm 미만	•없음
b	•구체 균열폭 0.1mm 이상 ~ 0.3mm 미만	•표면 손상면적 2%미만 •앵커블록 내부 결로 발생
c	•구체균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm 미만 •교대와 날개벽사이에 폭 1.0mm 이상의 균열발생	•표면 손상면적 2%이상~10%미만 •철근부식 손상면적 2%미만 •앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	•구체균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 •날개벽 기울음 및 손상 심화 (배면토 유출) •기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	•표면 손상면적 10% 이상 •철근부식 손상면적 2%이상
e	•구체 균열폭 1.0mm이상 •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 상태 평가에 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.

2.3.7 교 각

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공 통	•교각 기울음 및 전도 •균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 두부(Coping)	•두부 물고임 •반침부 하부 균열 및 파손
▷ 벽 체	•시공이음부 균열 •이동 또는 기울음 •수면접촉부 침식



【그림 2.3.7】 교각의 점검부위

【그림 2.3.8】 유수에 의한 교각의 침식

나. 교각의 상태평가 기준

등급	균열, 변위	열화 및 손상, 철근부식
a	•균열폭 0.1mm 미만	•없 음
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 손상 면적 2% 미만
d	•균열폭 0.5mm 이상 ~ 1.0mm미만 •기초의 부등침하로 인한 교각 기울임	•표면 손상면적 10% 이상 •철근부식 손상 면적 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

- 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.

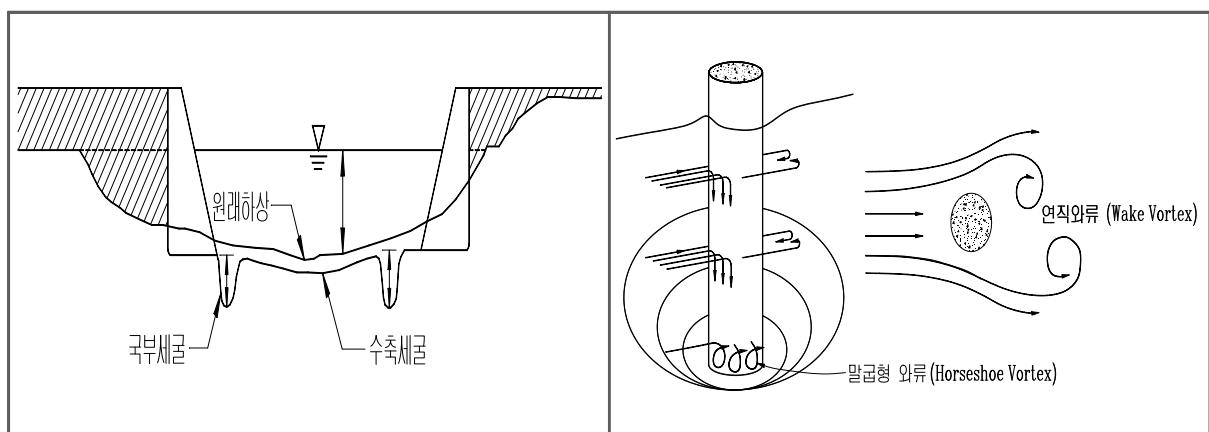
2.3.8 기 초

기초의 대표적인 손상은 세굴로 인하여 발생할 수 있다. 세굴이란 흐르는 물의 침식작용에 의한 결과로서 하천 바닥이나 제방으로부터 파인 물질이 이동되는 현상으로 정의되며 하상재료의 구성에 따라 서로 다른 세굴양상을 보여준다.

하천에서의 세굴은 시간에 따라 장기적인 변화와 단기적인 변화로 구분할 수 있다. 장기변화는 하상의 상승이나 저하로 하천과 유역의 수리특성과 하천 단면 변화와 관련이 있고, 단기변화로는 교량 등의 인공구조물에 의한 하천내의 통수단면적이 축소되어 발생하는 세굴이 있다. 또한 국부세굴은 흐름 속에 설치된 구조물에 의한 흐름의 간섭에서 발생한다.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공 통	•박리, 박락, 철근노출, 백태 •침식, 세굴, 이동, 침하 •하부구조물 기울임 및 전도
▷ 직접기초	•콘크리트 균열 및 파손
▷ 말뚝기초	•말뚝 노출 및 침식
▷ 케이슨기초	•케이슨 노출 및 침식 •충돌파손



【그림 2.3.9】 수축세굴과 국부세굴

【그림 2.3.10】 원형기초의 국부세굴

나. 상태평가 기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)	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	•침하가 20mm미만 발생 •세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	•직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 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

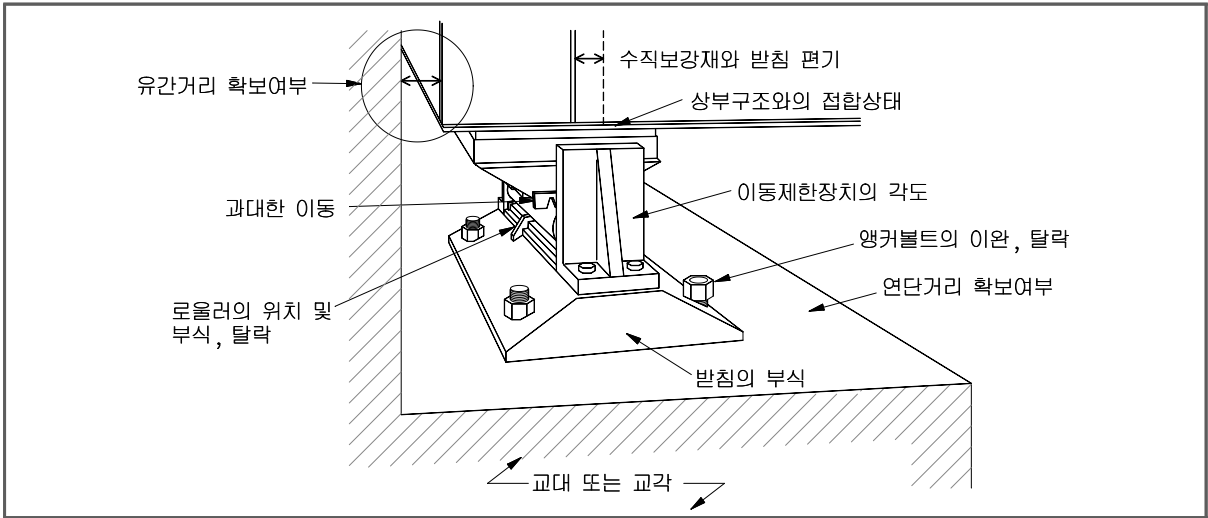
- 본 상태평가 기준은 케이블 교량의 주탑기초를 포함하여 모든 하부구조물의 기초의 상태평가에 적용한다.
- 기초 자체의 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등이 있으며, 지반의 안정성항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가항목이 된다.
- 기초의 침하는 20mm 미만이 발생하면 평가기준은 “c”, 20mm 이상이 발생하면 “d”로 평가한다.
- 지반의 안정성 평가항목의 경우, 세굴이 진행하여 기초 하부의 국부적인 노출이 발생하면 평가기준은 “c”로 평가하고, 기초하부의 전반적인 노출 및 부등침하 발생시 “d”로 평가하며, 부등침하로 인한 상부구조물의 안전에 위해가 발생할 경우 “e”로 평가한다.

2.3.9 교량받침

받침은 상, 하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 응력의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 응력전달을 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.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 본 체	- 공통	•가동받침의 신축유간 부족 •가동받침 전·후방의 가동장애 요소 •받침과 주형의 밀착상태 •수직보강재와 받침 편기상태 •받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	•가동면 부식 •부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 고무받침	•고무재 부풀음 및 갈라짐 •고무판의 과도한 변형
▷ 받침콘크리트		•앵커볼트 파손, 절단 •콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 •교각두부 균열



【그림 2.3.11】 교량받침 점검부위

나. 상태평가 기준

기준	받침본체		받침대 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	•양 호	•양 호	•양 호
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 전단변형	•미끄럼판 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.

○ 받침 본체는 상태평가 기준 범위는 “a~e”를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여중요도가 낮으므로 “a~d”로 한다.

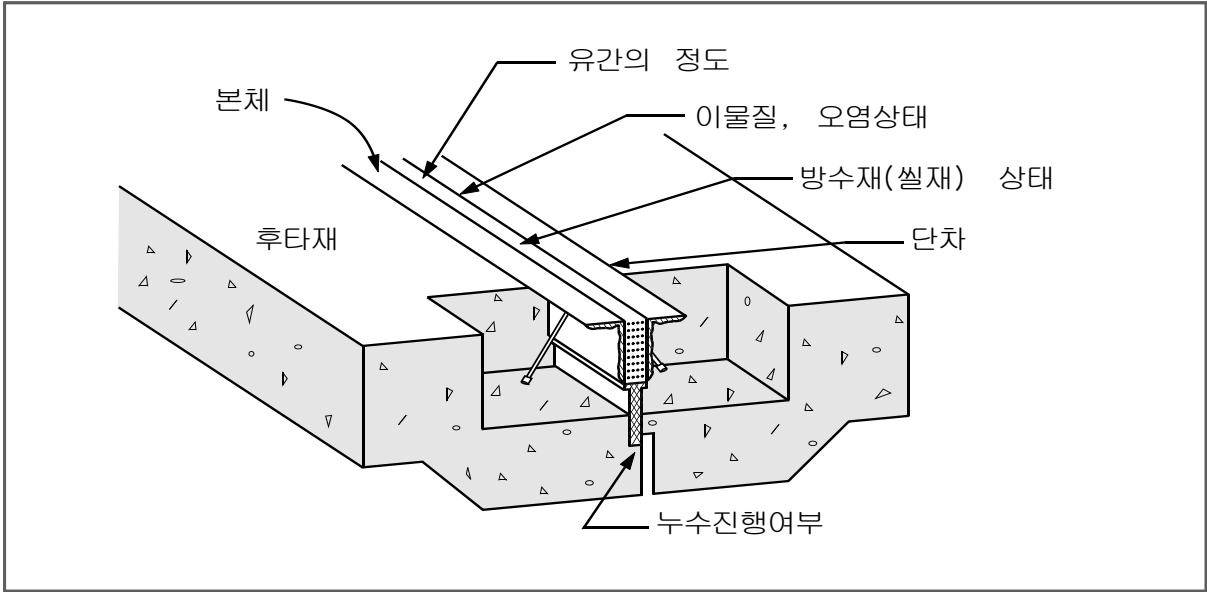
2.3.10 신축이음

교량의 신축이음은 온도변화, 건조수축, 활하중에 따른 상부구조의 신축을 원활하게 수용하고 상부구조 이음부에서 차량의 주행성을 확보하기 위한 중요한 부속시설이다. 신축이음은 교면에서 차량하중을 직접 받고 외부에 노출되어 있어서 변형 및 파손되기 쉽다.

신축이음의 점검에서는 재료적인 열화, 방수재의 기능, 신축유간의 확보, 외부 충격에 의한 파손 등을 중점적으로 점검하여야 한다.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 본 체	- 공 통	•충격음, 본체유동 및 파손 •누수 •유간부족 및 유간과다 •유간 오물퇴적
	- 고무재	•고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강 재	•강재 연결부 이완 및 파손
▷ 후 타 재		•단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) •균열 및 파손



【그림 2.3.12】 신축이음 점검부위

나. 상태평가 기준

기준	본 체	후 타 재
a	•없 음	•양 호
b	•토사, 이물질 퇴적 •고무판 노화	•미세균열 발생
c	•물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 •유간사이 이물질로 기능 불량, 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
d	•강판유동 및 연결불량으로 이상음 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	—	—

- 본 상태평가 기준은 모든 신축이음의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 신축이음의 상태평가 기준 범위를 “a~d” 로 한다.
- 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.

2.3.11 교면포장

교면포장의 상태는 차량의 주행성과 직접적인 연관이 있으며, 교면포장에 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 있으나 상태평가기준은 아스팔트와 콘크리트를 별도로 분리하지 않고 하나의 등급으로 평가한다.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 공 통	— 아스팔트	•균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	— 콘크리트	•균열, 마모, 박리, 파손
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부		•단차, 파손
▷ 곡선부, 중차량 통행차로		•마모, 바퀴자국
▷ 배수구 주변		•물고임

나. 상태평가기준

기준	포장불량		배수
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	—	—	—

- 본 상태평가 기준은 아스팔트포장과 콘크리트 포장을 포함하여 모든 교면포장의 상태 평가에 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, 기보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다. 균열율과 균열면적을 계산하는 방법은 아래에 기술하였다.

2.3.12 배수시설

배수시설은 교면의 빗물을 배수하는 교량의 부속시설로서 배수시설의 상태가 불량하게 되면 교량을 주행하는 차량의 안전성을 위협하며, 누수로 인하여 구조물의 열화를 발생시키는 주요원인을 제공하게 된다.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 배수구(유입구) - 뚜껑(그레이팅)	•뚜껑파손 및 주변파손, 누락 •오물퇴적, 막힘 •배수구의 설치높이가 높음 •배수구 설치위치 불량 •배수구 설치간격 넓음
▷ 배수관	•관의 연결부 어긋남, 파손 •이물질에 의한 막힘 •지지철물의 이완 및 파손 •배수관 길이 부족(짧음) •유출구 위치 부적절(도로구간)

나. 상태평가 기준

등급	상태등급 설명
a	•양 호
b	•다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 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	—

- 본 상태평가 기준은 모든 배수시설의 상태평가에 적용된다.
- 기타부재인 배수시설의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 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.

2.3.13 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.

가. 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 난간 연석	— 강재, 알루미늄	•강재의 경우 도장 손상 및 부식 •난간과 상판연결부의 결함, 파손 •전체적인 처짐 및 선형불량
	— 철근 콘크리트	•균열, 박리, 파손 •철근노출 및 부식 •전체적인 처짐 및 선형불량

나. 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 단면 손상 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	—	—	—

- 본 상태평가 기준은 강재 및 콘크리트 난간 및 연석을 포함하여 모든 난간과 연석의 상태평가에 적용한다.
- 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 발생하는 경우 평가기준은 “c”로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

2.3.14 구조형식에 따른 부재별 가중치

가. 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교	
			일반거더교			바닥판-거더 일체형		아치, 트러스		거 더 없 음	거더있음 (복개구조 물)
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리 트 바닥판	강 바닥 판		
상부	바닥판	34	18	18	—	20	20	15		34	20 21
	주형	—	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 적용 가중치

- 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.

나. 구조형식에 따른 케이블교량의 부재별 가중치

구분	결 합 도 평가항목	현 수 교		사 장 교		엑스트라도즈교	
		일반거더형	보강형 PSC거더형	일반거더형	보강형 PSC거더형	일반거더형	PSC거더형
상부	케 이 블	25	25	23	23	20	20
	바 닥 판	8	—	9	—	10	—
	주 형	8	20	9	22	10	25
	2차부재	4	—	4	—	5	—
하부	주 탑	13		13		6	
	보조주탑	5		5		12	
	교대(앵커블럭)	8		6		6	
	교 각	—		2		2	
	기 초	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	2		2	
		하부	2	2		2	
	염화물	상부	1	1		1	
		하부	2	2		2	

- 상기 표에서 일반거더형이라 함은 바닥판과 거더가 구분되어 있는 교량을 말하며, 보강형과 PSC박스는 박스단면의 상부플랜지가 바닥판의 역할을 하는 폐합된 거더의 형태를 말한다.
- 일반거더형 케이블 교량의 경우 바닥판과 거더는 일반교량의 바닥판과 거더의 상태평가 기준에 준하여 평가하고, 보강형은 강거더, PSC 박스는 PSC 박스거더 부재의 상태평가 기준에 준하여 평가한다. 또한, 보강형 내부의 격벽은 강재 가로보의 상태평가 기준에 준하여 평가한다.
- 상기 표에서 교각이라 함은 하부구조물중에서 주탑, 앵커블록 및 교량 양단부의 교대(교각)를 제외하고 케이블 교량구간에 추가로 설치된 교각을 말하며, 추가 설치된 교각이 없을 경우에는 교각의 가중치를 교대의 가중치에 포함한다.
- 보조주탑은 강주탑과 기초사이에 설치되어 주탑의 하중을 기초로 전달하는 콘크리트 기둥을 말하며, 콘크리트 교각(주탑)의 상태평가 기준에 준하여 평가한다. 보조주탑이 없을 경우 보조주탑의 가중치를 주탑의 가중치에 포함한다. 기초는 주탑기초와 교대(교각)의 기초를 각각 평가하며, 주탑기초가 여러 개일 경우에도 개별적으로 평가한다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 주탑(보조주탑이 있을 경우에는 보조주탑)과 교대/교각/앵커블록의 가중치에 균등 분배한다.
- 케이블교량 구간은 상부구조물의 하중이 케이블부재에 의하여 지지되는 구간까지를 말한다. 즉, 현수교의 주케이블이 일반교량 구간에 설치된 앵커블럭에 연결된 경우에는 거더가 행어케이블에 의해 주케이블에 연결되는 구간까지를 현수교의 구간으로 정의한다.
- 케이블교량의 경우 상부구조물보다 하부구조물이 콘크리트로 시공되는 경우가 많으므로 일반교량과는 달리 하부구조물에 대한 염화물의 가중치 비중을 높였다.

2.4 교량의 상태평가 결과 산정방법

2.4.1 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

가. 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최댓값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

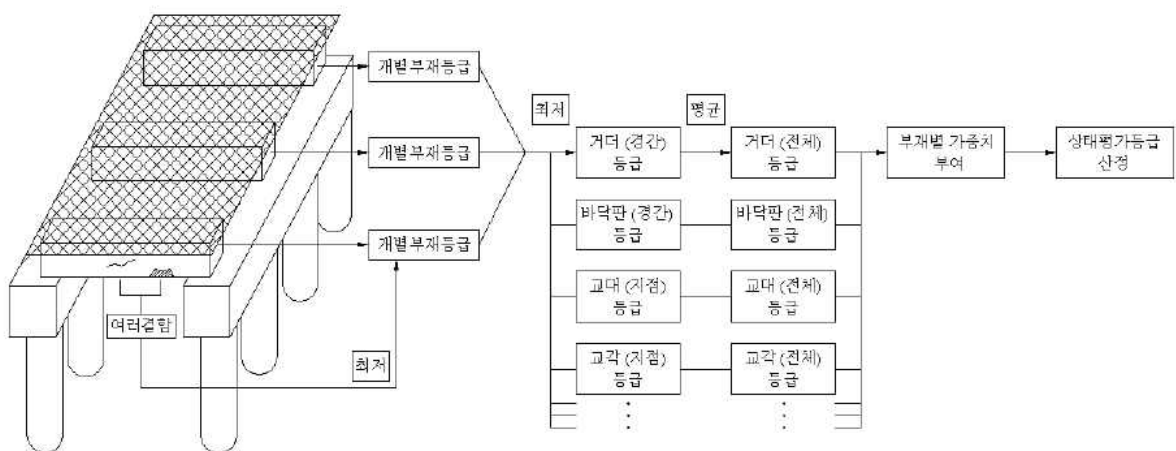
나. 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최댓값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

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

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

2.4.3 상태평가 결과 산정 방법



【그림 2.3.13】 전체 교량의 상태평가 결과 산정방법 예

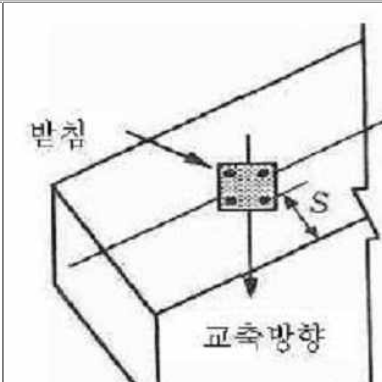
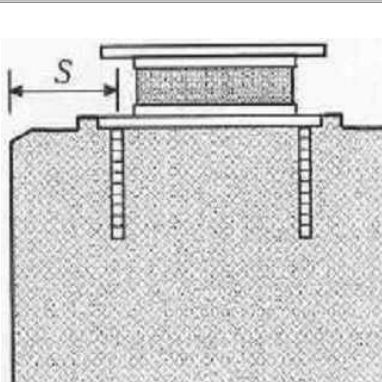
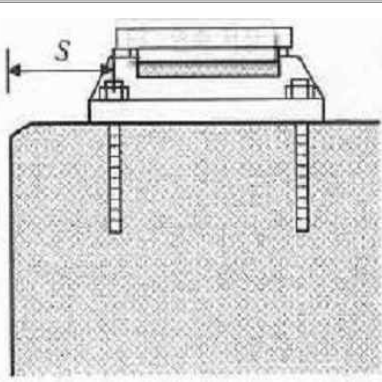
2.5 교량받침 연단거리 조사

2.5.1 개 요

교각 및 교대 상부의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 짧으면 고정단에서는 교각 및 교대의 전면에서 콘크리트가 파손되거나, 받침이 파손되는 가동단에서는 받침이 벗어나 심한 경우 주형이 낙하할 수도 있다. 교량의 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부(頂部)연단 사이의 거리는 다음 값 S(mm) 이상이어야 한다. 교량의 받침부 연단거리 측정은 다음과 같이 측정한다.

- 거더의 경간길이 100m이하 : $S = 200 + 5L$ (도로교설계기준)
 - 거더의 경간길이 100m이상 : $S = 300 + 4L$ (도로교설계기준)
- 여기서, S : 받침연단거리(mm) L : 거더의 경간길이(m)

받침연단거리



(a) 강재받침 연단거리

(b) 고무받침 연단거리

(c) 사교 및 곡선교 연단거리

2.5.2 연단거리 검토(예)

1) 최소연단거리 시방기준

- 30m 구간 : $S = 200 + 5 \times L = 200 + 5 \times 30 = 350\text{mm}$
- 100m 구간 : $S = 300 + 4 \times L = 300 + 4 \times 100 = 700\text{mm}$

2) 적 용 값

구 분	거더 지간거리	최소연단거리	시방기준	비 고
PSCI	30.0m	400mm	350 mm	O.K
PSCB	100.0m	800mm	700 mm	O.K

2.6 이동량 검토

2.6.1 온도에 의한 이동량

■ 온도에 의한 신축량(ΔL_t) = $\Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT = 온도 변화

α = 선팅창계수 (콘크리트 : 1.0×10^{-5} , 강 재 : 1.2×10^{-5})

L = 신축들보 길이

교량종류	온도변화		선팅창계수
	보통지방	한랭한 지방	
콘크리트교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강 교	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}

2.6.2 활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 이동량

교대부 및 신축이음부 거더의 신장여유량에만 적용.

$$\Delta L_r = \sum (h_i \times \theta_i)$$

여기서

h_i = 보의 중립축에서 받침 회전 중심까지의 거리 ($2/3h$)

θ_i = 받침까지의 보의 회전각 (콘크리트교: $1/300$, 강교: $1/150$)

2.7 옹벽의 상태평가 기준 및 상태평가 산정 절차

시설물의 상태평가는 외관조사 및 변위조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 국토교통부에서 발행한 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 - 옹벽편 2010년 12월」을 준용하였다.

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

2.7.1 옹벽 상태평가 항목

가. 상태평가 항목

구 분		평 가 요 소
보 강 토 벽 옹	지반, 기초부	•침하 •활동 •계획선형 오차(전도/경사) •세굴
	전 면 부	•파손 및 손상, 균열 •유실 •이격 •전면부 배부름
	기 타	•주변영향인자(배수시설 및 사면상태)

2.7.2 결함점수 및 결함지수 산정기준

가. 보강토옹벽

결 함 등 급		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < .15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	0	1	1	2
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	1	2
활 동		0	1	2	3	4
전면 진행성 배부름		0	2	4	6	6
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4
유 실		0	2	4	6	8
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변 영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적 절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발 생	1
		침 출 수	무	0	유	1
보강토옹벽 결함지수(F)			①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{52}$	②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용.

※ 전면판에 발생한 균열은 파손으로 처리함.

※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

2.7.3 용벽시설물의 상태평가 등급기준

상태평가등급	시설물의 상태평가 기준	비고
A	$0.00 \leq F < 0.15$	F = 용벽결함지수
B	$0.15 \leq F < 0.30$	
C	$0.30 \leq F < 0.55$	
D	$0.55 \leq F < 0.75$	
E	$0.75 \leq F$	

2.7.4 상태평가 세부기준

평가항목은 기존의 국내기준과 같이 5등급으로 세분하였고, 평가항목별 등급은 용벽 상태평가등급과 구분하기 위하여 a, b, c, d, e로 표기하도록 하였다. 또한 별도의 시험으로 구해야만 하는 정량적 수치를 지양하였으며, 외관조사를 통하여 얻을 수 있고 쉽게 판단할 수 있는 평가방법을 정하였다.

세부기준은 기존 국내기준 및 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 실무자들의 의견과 기 시행된 안전진단 자료를 반영하고 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 나타날 경우에는 등급을 하향조정하도록 하였다.

또 진행여부를 판별하는 항목은 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용해 결함의 진행여부를 판단하도록 하였다.

가. 활동의 상태평가 기준

평가 기준	결함 점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	•활동이 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~8cm미만	2cm이상 ~5cm미만	•부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~12cm미만	5cm이상 ~8cm미만	•활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~16cm미만	8cm이상 ~12cm미만	•활동의 정도가 심각하여 용벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	•활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

나. 기초부 세굴 상태평가 기준

평가기준	a	b	c	d	e	비 고
결함점수	0	4	8	12	16	

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우에는 본 항목을 고려하지 않는다.

주) 상태평가 결과가 “e”이면 중대한 결함으로 본다.



-보강토옹벽

- 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a등급
- (근입깊이 / 4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c, d
- 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e등급

다. 침하의 상태평가 기준(보강토, 돌망태)

평가 기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	3cm미만	•침하가 발생되지 않은 상태
b	0	5cm이상 ~10cm미만	3cm이상 ~8cm미만	•부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	10cm이상 ~20cm미만	8cm이상 ~16cm미만	•침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	20cm이상 ~30cm미만	16cm이상 ~25cm미만	
e	2	30cm이상	25cm이상	•침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

라. 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(콘크리트, 석축)

평가 기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	•경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	0	2%이상 ~3%미만	1%이상 ~2%미만	•부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	3%이상 ~4%미만	2%이상 ~3%미만	•경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	4%이상 ~6%미만	3%이상 ~4%미만	
e	2	6%이상	4%이상	•경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형 오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.

단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

※ 보강토옹벽은 시공중의 변위발생이 5%미만이고, 진행성이 아닌 경우에는 구조물 사용성에 지장이 없는 시공오차로 간주하며, 준공 후 추가적인 변위에 대해서만 적용한다.

마. 진행성 배부름 상태평가 기준(보강토, 석축)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	•건전한 비진행성 상태
b	2	•경미하게 발생한 비진행성 상태
c	4	•경미하게 발생한 진행성 상태
d	6	•심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	8	•매우 심하게 발생하여 경사가 발생하고, 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

바. 파손 및 손상, 균열의 상태평가 기준(보강토, 석축)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	•부재에 파손이 발생하지 않은 건전한 상태
b	1	•파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태
c	2	•파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	3	•시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 제체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태
e	4	•시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

사. 이격 상태평가 기준(보강토, 석축)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	•건전한 상태
b	1	•평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	2	•평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	3	•평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	4	•평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

아. 유실 상태평가 기준(보강토, 석축)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	•건전한 상태
b	2	•평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	4	•평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	6	•평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	8	•평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

2.7.5 상태평가등급 결과

콘크리트 옹벽의 상태평가 과정은 신축이음부를 경계로 평가단위로 나누어 주며, 그 밖에 옹벽의 상태평가 과정은 평가단위(20m를 원칙으로 하나 현장상황에 따라 책임기술자가 조정가능)별 여러 결함에 대해 평가항목별 세부기준에 합당하는 결함점수를 부여한 후 평가단위별 결함지수를 산정하여 평가단위별 등급을 각 평가단위에서 산정된 결함지수를 산술평균하여 상태평가 등급을 결정하며, 평가과정은 다음과 같다.



2.8 절토사면의 상태평가 기준 및 상태평가 산정 절차

절토사면의 상태평가는 손상상태와 파괴요인을 구분하여 평가하며, 각각의 평가 항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하고, 여러 개소에서 나타날 경우 등급을 하향 조정한다. 이러한 세부기준은 국내·외의 다양한 문헌과 그간 국내에서 조사되었던 사면 자료의 분석을 통해 결정하였으며, 다양한 전문가들의 의견 및 현실 여건을 반영하였다.

절토사면의 유형별 결함지수 산출방법은 다음과 같다. 사면 손상상태 지수는 손상상태 항목 점수의 합을 총점 24점으로 나누어 계산되며, 사면 파괴요인 지수 역시 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 52점으로 나누어 계산한다. 사면 결함지수는 사면 손상상태 항목 점수와 사면 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 76으로 나누어 계산한다.

2.8.1 토사사면

가. 사면 손상상태 평가 기준

결함 등급			a	b	c	d	e
항 목							
파괴 징후	①인장균열	구 분	없음	1mm 미만	1mm 이상 5mm 미만	5mm 이상 5cm 미만	5cm 이상
		점 수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구 분	없음		있음		
		점 수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구 분	없음		있음		
		점 수	0~2		3~5		
파괴 현황	④발생규모	구 분	0	1m³ 미만	1m³ 이상 8m³ 미만	8m³ 이상 64m³ 미만	64m³ 이상
		점 수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④) / 24							

나. 사면 파괴요인 평가 기준

결함 등급			a	b	c	d	e
항 목							
지반 상태	⑤토질조건	사질토	매우 조밀	조밀	보통	느슨	매우 느슨
		점성토	매우 단단	단단	보통	연약	매우 연약
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥토층심도율	구 분	0.45 미만	0.45 이상 0.5 미만	0.5 이상 0.6 미만	0.6 이상 0.8 미만	0.8 이상
		점 수	0	1	2	3	4
사면 형상	⑦사면경사	구 분	1:2 미만	1:2 이상 1:1.5 미만	1:1.5 이상 1:1.2 미만	1:1.2 이상 1:1 미만	1:1 이상
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑧집수지형	구 분	무관	1	2	3	4
		점 수	0	1	2	3	4
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0mm	0mm 이상 50mm 미만	50mm 이상 100mm 미만	100mm 이상 150mm 미만	150mm 이상
		지하수 위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위 요인	⑩표면보호	구 분	쑥크리트, 석장공 등	식생 양호	식생 보통	식생 불량	식생 없음
		점 수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑫보호/보강 상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	0~2		3~6		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫) / 52							

다. 결함지수(F) 산정

$$\text{결함지수 (F)} = \sum(①\sim⑫) / 76$$

2.8.2 연약암반사면

가. 사면 손상상태 평가 기준

결함 등급			a	b	c	d	e
항 목							
파괴 정후	①인장균열	구 분	없음	1mm 미만	1mm 이상 5mm 미만	5mm 이상 5cm 미만	5cm 이상
		점 수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구 분	없음			있음	
		점 수	0~2			3~5	
	③구조물변형	구 분	없음			있음	
		점 수	0~2			3~5	
파괴 현황	④발생규모	구 분	0	1m³ 미만	1m³ 이상 8m³ 미만	8m³ 이상 64m³ 미만	64m³ 이상
		점 수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④) / 24							

나. 사면 파괴요인 평가 기준

결함 등급			a	b	c	d	e
항 목							
지반 상태	⑤지반강도 특성	구 분	—	—	약간 연약	연약	매우 연약
		점 수	0	1	2	3	4
	⑥면구조 경사 -사면 경사	구 분	10° 이상	0° 초과 10° 미만	0°	-10° 이상 0° 미만	-10° 미만
		점 수	0	1	2	3	4
	⑦풍화상태	구 분	신선	약간풍화	보통풍화	심한풍화	완전풍화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.5 미만	1:1.2 이상 1:1.5 미만	1:1 이상 1:1.2 미만	1:0.7 이상 1:1 미만	1:0.7 이상
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0mm	0mm 초과 50mm 미만	50mm 이상 100mm 미만	100mm 이상 150mm 미만	150mm 이상
		지 하 수 위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑫보호/ 보강상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	0~2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫) / 52							

다. 결함지수(F) 산정

$$\text{결함지수 (F)} = \Sigma(①\sim⑫) / 76$$

2.8.3 파쇄암반사면

가. 사면 손상상태 지수 (f1)

결함 등급			a	b	c	d	e
항 목							
파괴 정후	①인장균열	구 분	없음	1mm 미만	1mm 이상 5mm 미만	5mm 이상 5cm 미만	5cm 이상
		점 수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구 분	없음		있음		
		점 수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구 분	없음		있음		
		점 수	0~2		3~5		
파괴 현황	④발생규모	구 분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점 수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④) / 24							

나. 사면 파괴요인 지수 (f2)

결함 등급			a	b	c	d	e
항 목							
지반 상태	⑤절리간격	구 분	2m 이상	60cm 이상 2m 미만	20cm 이상 60cm 미만	6cm 이상 20cm 미만	6cm 미만
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥저면경사	구 분	0° 미만	0° 이상 10° 미만	10° 이상 20° 미만	20° 이상 30° 미만	30° 이상
		점 수	0	1	2	3	4
	⑦절리상태	구 분	매우 유리	유리	보통	불리	매우 불리
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.2 미만	1:1.2 이상 1:1 미만	1:1 이상 1:0.7 미만	1:0.7 이상 1:0.5 미만	1:0.5 이상
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0mm	0mm 초과 50mm 미만	50mm 이상 100mm 미만	100mm 이상 150mm 미만	150mm 이상
		지 하 수 위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	0	1	2	3	4
	⑫보호/ 보강상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	0~2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫) / 52							

다. 사면 상태평가 지수 (F)

$$\text{결합지수 (F)} = \Sigma(①\sim⑫) / 76$$

2.8.4 절리암반사면

가. 사면 손상상태 지수 (f1)

결함 등급			a	b	c	d	e
항 목							
파괴 징후	①인장균열	구 분	없음	1mm 미만	1mm 이상 5mm 미만	5mm 이상 5cm 미만	5cm 이상
		점 수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구 분	없음		있음		
		점 수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구 분	없음		있음		
		점 수	0~2		3~5		
파괴 현황	④발생규모	구 분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점 수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④) / 24							

나. 사면 파괴요인 지수 (f2)

결함 등급			a	b	c	d	e
항 목							
지반 상태	⑤절리주향 (사면과 의 차이)	구 분	사면 주향과 45° 이상	사면 주향과 30° ~ 45°	사면 주향과 20° ~ 30°	사면 주향과 10° ~ 20°	사면 주향과 10° 미만
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥절리경사 -사면경사	구 분	10° 이상	0° 초과 10° 미만	0°	-10° 이상 0° 미만	-10° 미만
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑦절리상태	구 분	매우 유리	유리	보통	불리	매우 불리
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.0 미만	1:1.0 이상 1:0.7 미만	1:0.7 이상 1:0.5 미만	1:0.5 이상 1:0.3 미만	1:0.3 이상
		점 수	0	1	2	3	4
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0mm	0mm 초과 50mm 미만	50mm 이상 100mm 미만	100mm 이상 150mm 미만	150mm 이상
		지하 수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	0	1	2	3	4
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	0	1	2	3	4
	⑫보호/ 보강상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	0~2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫) / 52							

다. 사면 상태평가 지수 (F)

$$\text{결함지수 (F)} = \Sigma(①\sim⑫) / 76$$

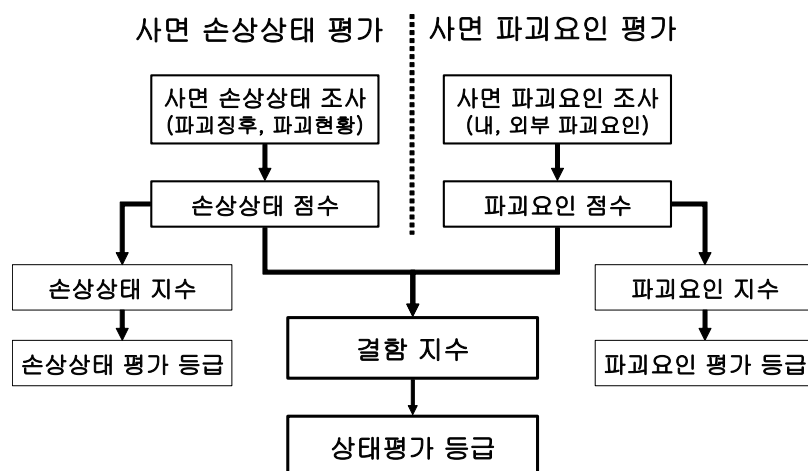
2.8.5 절토사면의 상태평가 기준 및 산정

절토사면 상태평가등급은 세부 평가 항목별 평가에 의해 산출된 결합지수(F)에 따라 A, B, C, D, E의 5등급으로 구분한다. 사면 손상상태 지수(f1)와 사면 파괴요인 지수(f2)는 상태평가 등급 결정과정에서는 사용되지 않지만 평가 대상 절토사면을 보다 객관적이고 구체적으로 판단할 수 있는 유용한 지표가 될 수 있다.

상태 등급	결합지수 (F)	상 태
A	$0 \leq F < 0.15$	■ 문제점이 없는 최상의 상태
B	$0.15 \leq F < 0.30$	■ 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C	$0.30 \leq F < 0.55$	■ 보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장은 없으며, 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D	$0.55 \leq F < 0.75$	■ 손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	$0.75 \leq F$	■ 심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

※ 인장균열, 지반변형, 구조물변형 등이 진행성으로 확인되는 경우 상태평가등급을 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.

※ 보호/보강공법이 적용됨에 따라 사면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우 상태평가등급을 상향할 수 있다.



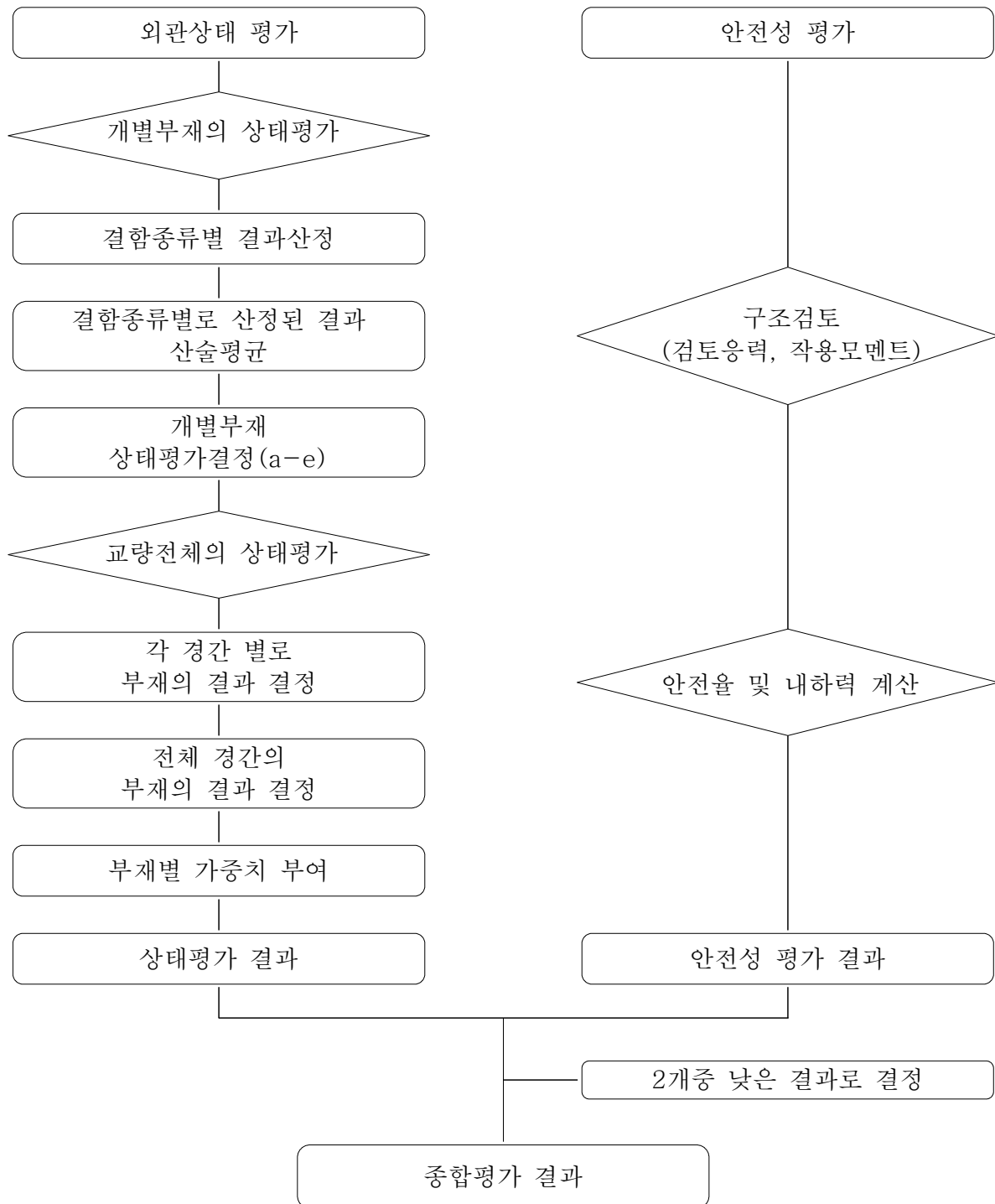
【상태평가등급 산정 과정】

2.9 종합평가 및 안전등급

2.9.1 종합평가 결과

외관조사에 따른 상태평가 결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

■ 종합평가 등급 = MIN(상태평가 결과, 안전성평가 결과)



【종합평가 결과의 산정흐름도】

2.9.2 안정등급

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제10조의2 및 「영」 제11조의5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

점검을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

【안전등급】

상태평가 등 급	상태 및 안전성	비 고
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태	
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 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 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

3장 | 내구성 조사

3.1 개 요

3.2 콘크리트 강도

3.3 철근배근 탐사

3.4 탄산화 깊이 측정

제 3 장 내구성 조사

3.1 개 요

본 과업에서는 대상 구조물의 구조 부재에 대한 재료의 품질상태를 파악하기 위하여 반발경도시험, 초음파강도, 철근배근탐사를 실시하였다.

구 분	기 준			실 시	비 고
	초기점검 지침	시트법 정밀점검 기준			
		상부	하부		
반발경도 시험	시설물당 5개소 이상	50m마다	50m마다	초기점검 지침 이상 & 정밀점검 기준 이상	
철근배근 탐사	시설물당 3개소 이상	해당없음	해당없음		
탄산화 시험	해당없음	5경간 이내 : 2~3개소 (상부에서 1개소 이상) 5경간 이상 : 3~6개소 (상부에서 2개소 이상)			

3.2 콘크리트 강도

3.2.1 슈미트햄머에 의한 강도

가. 개 요

비파괴 시험을 통해 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법은 여러 가지가 있으나 그 중 가장 널리 쓰이고 있는 방법은 콘크리트의 표면경도를 측정하여 콘크리트의 압축강도를 추정하는 반발경도법이다. 반발경도법은 콘크리트의 표면을 타격하여 타격 후 손상정도나 반발도를 통해 강도를 추정하는 타격법 중 하나의 방법이다.

나. 측정원리

경화콘크리트의 표면을 슈미트햄머로 타격하여 해머내부에 있는 추가 튀어오르는 반발량을 반발경도(Rebound number : R)로 나타내고 이 반발경도의 크기에 의해 콘크리트의 압축강도를 측정한다.

다. 측정원리

적용범위는 콘크리트 공사시의 콘크리트 강도관리 및 기존 구조물의 콘크리트 강도추정을 위한 보조수단으로 이용된다. 본 방법은 압축강도가 10.0MPa 이상 60.0MPa 이하의 콘크리트에 적용한다.

라. 측정방법

콘크리트 압축강도 측정은 콘크리트의 반발경도에 의하여 강도를 측정할 수 있는 Rebound Hammer Test에 의해 조사하였다. 시험은 대상 구조물의 콘크리트 표면에 요철이 없는 곳을 1개소당 20점을 표준으로 선정하여 측정하였으며 평균 반발경도값 중 신뢰도를 생각하여 $\pm 20\%$ 를 상회하는 값은 제외하였다. 타격 방법은 측정면에 대해 슈미트햄머에 서서히 힘을 가하여 측정하였다.

마. 측정장비

본 검사에서는 가장 널리 알려진 슈미트 햄머(Schmidt Hammer) NR형을 사용하여 반발경도시험을 실시하였다.

제 조 회 사	Kamekura seiki co.ltd (JAPAN)
측 정 범 위	10 ~ 60 MPa
보 정	Test Anvil

바. 계산방법

리바운드 햄머에 의한 콘크리트 압축강도는 다음과 같은 방법에 의하여 추정하였다. 기준 경도 R_o 값은 슈미트햄머에서 읽은 반발경도값이다.

1) 보통콘크리트

▷ 방법1 : $F = -18.0 + 1.27 R_o$ (MPa) (일본 재료학회 보통콘크리트 강도계산식)	- ①식
▷ 방법2 : $F = (7.3 R_o + 100) \times 0.098$ (MPa) (일본건축학회 소위원회 강도계산식)	- ②식

2) 고강도콘크리트

▷ 방법3 : $F = (15.2 R_o - 112.8) \times 0.098$ (MPa) : 재령28일 이후 강도 추정 - ③식 (과학기술부)
--

여기서, R_o : 수정반발경도

R : 측정반발경도

F : 표면강도 (MPa)

3) 보정반발계수 (Ro)

보정반발경도 R_0 는 다음 식과 같이 측정경도 R 에 보정값을 더한 값으로 한다.

$$R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$$

여기서, $\angle R1$: 타격 방향에 따른 보정값

 $\Delta R2$: 압축응력에 따른 보정값

△R3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

4) 타격 방향에 의한 보정 (R1)

반발경도법은 수평방향 타격을 원칙으로 하며 부득이 타격 방향이 다른 경우 【표 3.2.1】에 의하여 타격 각도에 의한 보정을 하여야 한다.

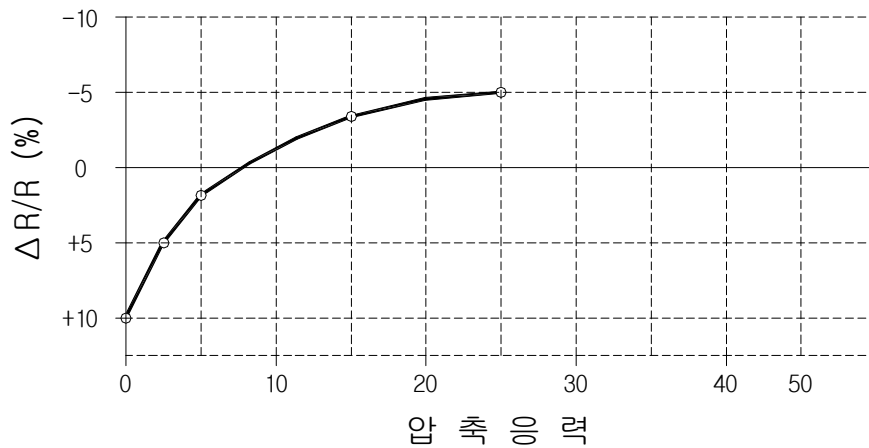
【표 3.2.1】 반발경도 보정치

반발경도 R	보정치 $\angle R$			
	+ 90°	+ 45°	- 45°	- 90°
10	-	-	+ 2.4	+ 3.2
20	- 5.4	- 3.5	+ 2.5	+ 3.4
30	- 4.7	- 3.1	+ 2.3	+ 3.1
40	- 3.9	- 2.6	+ 2.0	+ 2.7
50	- 3.1	- 2.1	+ 1.6	+ 2.2
60	- 2.3	- 1.6	+ 1.3	- 1.7
상향수직 : +90°	상향경사 : +45°	하향경사 : -45°	하향수직 : -90°	

※ 수평방향에 대한 보정값은 0 임.

5) 압축응력에 따른 반발경도의 보정 (R2)

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험결과 입증되었다. 그 크기는 【그림 3.2.1】과 같이 대략 압축응력이 1.0MPa 인 경우 $\angle R2 = -0.015R$, 2.5MPa 인 경우 $\angle R2 = -0.05R$ 이다



【그림 3.2.1】 압축응력에 따른 반발경도의 보정

6) 콘크리트 습윤상태에 따른 보정(R3)

콘크리트의 표면이 습윤상태에 있으면 건조상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서 습윤상태에서는 건조상태를 기준으로 $\angle R3 = +5$, 측정위치가 습하고 타격흔적이 흑점으로 나타나는 경우 $\angle R3 = +3$ 을 적용한다.

7) 시간경과 계수

일반적으로 타설 후 시간이 경과할수록 콘크리트의 표면강도는 실제강도보다 높게 되므로, 구해진 표면강도는 재령에 따른 영향을 보정하여 실제 압축강도를 추정하여야 한다.

재령에 따른 보정은 아래와 같이 표면강도 값(F)에 재령기간에 대한 보정계수 α 를 곱하여 준다. 여기서, 재령에 따른 보정계수 α 는 다음표 【표 3.2.2】에 의해 결정되고, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다. 수년이 경과한 콘크리트의 구조물은 표면경도가 높기 때문에 【표 3.2.2】와 같이 재령계수(α)를 곱하여 압축강도를 추정하며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

【표 3.2.2】 재령보정계수 α 의 값

재령	28일	50일	100일	200일	300일	400일	500일	1000일	2000일	3000일
α	1.0	0.84	0.78	0.72	0.70	0.68	0.67	0.65	0.64	0.63

3.3 철근배근 탐사

3.3.1 개 요

철근콘크리트 구조물의 내구성 및 안전성은 균열 및 강도와 더불어 철근 배근 상태에 크게 의존한다. 철근의 배근상태가 설계도면 보다 적은 개수로 넓은 간격으로 배근된 경우 구조물의 내력이 감소하게 되어 구조물의 내구성 및 안전성에 치명적인 약점을 가질 수 있으며, 설계도면 보다 과도하게 많은 개수로 좁은 간격으로 배근된 경우에는 구조물의 내력은 충분히 만족하지만 예기치 못한 갑작스러운 붕괴(취성과괴)를 초래할 수도 있는 약점이 있다. 일반적으로 철근 배근상태 조사는 부재의 국부파괴법과 비파괴 시험법이 있다. 부재의 국부 파괴법은 경제적인 측면과 구조물 피해 등을 발생시킬 수 있는 부정적인 영향이 있으므로 비파괴 시험법을 통한 방법으로 구조물의 전반적인 철근 배근상태를 확인하는 것이 일반적이며 본 조사에서는 자기법의 원리를 이용한 RC Radar를 이용하였다.

3.3.2 시험 장비

자기법으로 철근의 배근상태를 조사하기 위해서 사용한 비파괴 조사장비는 RC Radar이며, 주요사양은 다음과 같다.

제 조 회 사	JRC (JAPAN)
모 델 명	NJJ-95B

3.3.3 시험 방법

전자파를 안테나로부터 콘크리트에 방사해 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질이 다른 물질, 예를 들면 철근, 공동 등의 반사물체와의 경계면에서 반사되어 다시 콘크리트 표면에 나와서 표면 가까이 위치한 수신안테나에 도달할 때까지의 시간으로, 반사물체까지의 거리를 알 수 있다.

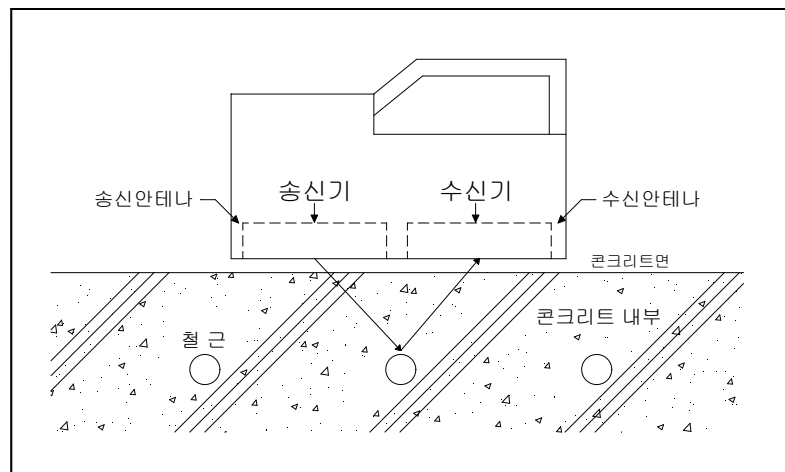
본 장치는 콘크리트의 얇은 부분을 높은 분해능으로 탐사하는 것을 목적으로 하기 때문에, Pulse 폭이 극히 짧은 약 1nsec(10억분의 1초)의 pulse파를 송신에 이용하고 있다. 콘크리트중의 전자파의 속도 V 는 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_y}} \text{ (m/s)}$$

C : 진공중(공기중)에서의 전자파의 속도($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)
 ϵ_y : 콘크리트의 비유전율

F반사 물체까지의 거리 D는 송신시각부터 반사파의 수신시각까지의 시간차 T에서 아래의 식으로 구할 수 있다(【그림 3.3.1】참조).

$$D = \frac{1}{2} VT \text{ (m)}$$



【그림 3.3.1】 RC - Radar 원리

3.4 탄산화 깊이 측정

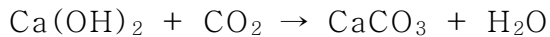
3.4.1 개 요

탄산화는 대기중에 있는 이산화탄소가 콘크리트의 세공조직을 통하여 확산작용에 의해 침투함으로써 알칼리성의 콘크리트가 중성으로 변해 가는 현상을 말한다. 탄산화 진행에 대한 여부는 콘크리트의 면에 페놀프탈레인 용액(1%)을 분무함으로써 알 수 있다. 즉, 탄산화된 콘크리트는 무색반응을 하는 반면에, 탄산화가 진행되지 않는 건전한 콘크리트는 적색으로 변색된다.

콘크리트가 탄산화가 되면 철근표면의 부동태 피막이 파괴되어 철근의 방청이 우려되므로 콘크리트의 내하력에 영향을 미치게 된다.

3.4.2 탄산화 시험의 원리

콘크리트 중의 수산화칼슘은 시간의 경과와 함께 공기중의 탄산가스(CO_2) 등의 침식성가스와 반응하여 다음 식과 같은 탄산칼슘으로 되어 탄산화 되는데, 이것을 일반적으로 탄산화라고 한다.



탄산화 판정은 1%의 페놀프탈레인 용액을 콘크리트 표면에 뿌리면 알칼리성의 부분은 붉은 보라색을 나타내기 때문에 색깔이 변하지 않는 부분을 탄산화한 것으로 판정하며, 이때의 pH는 10이하이다.

건전한 콘크리트는 경화시멘트풀의 수화화합물량 중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타낸다. 탄산화현상은 자체적으로는 콘크리트의 물리적 또는 기계적 성능저하에 큰 영향을 미치지 않으나 규산칼슘 수화물의 결합조직 약화에 따른 강성저하, 피복 콘크리트의 취성화, 미세공극용액의 알칼리 농도변화, 철근표면의 부동태 알칼리 피막파손 및 철근부식 등의 손상을 부수적으로 동반하므로 전체적으로 볼 때 구조물의 내구성 저하를 초래하는 잠재적인 손상요인으로 간주된다.

자연상태에서 공기중에 존재하는 탄산가스량을 0.03%로서 pH값은 9 이하이며, 다음표는 pH값의 변화에 따른 철근부식의 영향을 나타낸다.

(pH값)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
부식정도							녹슬기 쉬움				녹슬지 않음		

이와 같이 외부에서 콘크리트 내부로 탄산가스가 침투하는 과정을 탄산화라 하며, 탄산화가 발생한 층을 탄산화층이라고 한다.

일반적으로 시험방법은 페놀프탈레인 1%용액을 분무하였을 때 pH값이 9이하에서는 무색, 이보다 높은 pH값에서는 적색을 나타내므로 매우 간편하게 식별할 수 있으며 페놀프탈레인과 변색의 관계는 다음과 같다.

변색범위 (pH)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
페놀프탈레인 1%용액	백색(무변화)						적색변화			

3.4.3 탄산화 현상

탄산화에 의한 발생하는 물리적 성능저하는 철근의 부식에 대한 성능저하이다. 탄산화에 의하여 pH가 감소함에 따라 콘크리트 내부의 환경이 알칼리성에서 중성으로 변해가며 내부의 철근을 둘러싼 알칼리성 부동태피막을 불안정하게 하여 부식의 발생을 유발시킨다. 탄산화는 철근의 부식발생이외에도 콘크리트의 간극성(Porosity)과 간극의 크기분포(Pore Size Distribution)에 영향을 준다.

탄산화에 의해 콘크리트 내부 공기간극의 체적을 감소시키게 되는데 특히 생성된 탄산칼슘염이 작은 간극을 채움으로서 다른 손상원인을 가중시키는 결과를 가져온다. 또한 탄산화는 건조수축을 동반하게 되므로 국부적으로 시멘트경화체의 압축성이 증가된다.

3.4.4 탄산화 시험방법

탄산화깊이를 측정하기 위하여 사용하는 시약은 페놀프탈레인 1g을 95% 에틸알콜 90ml로 용해하고, 증류수를 첨가(純水)하여 100ml로 제조한 페놀프탈레인 1% 용액을 사용한다. 또한 탄산화시험은 다음과 같은 방법으로 실시한다.

가. 쪼아내기에 의한 방법

쪼아내기에 의한 경우는 철근의 부식상태를 동시에 확인하는 경우가 많다. 따라서 철근위치를 탐지한 후에 쪼아낼 곳을 결정하는 경우가 대부분이다. 쪼아내기 방법으로는 손 쪼아내기, 전동 피크, 에어피크 등이 있고, 작업효율은 이 순서대로 높

다. 대상개소, 부우, 바닥조건, 주위 환경 등에 의해 방법을 적합하게 선택해서 실시하고, 분진의 날림 방지책을 검토할 필요가 있다.

쫓아내기 종료 후 콘크리트의 표면에 콘크리트가루가 붙어있는 채 측정하게 되면 정확도가 떨어지기 때문에 브러시, 청소기 등으로 완전히 제거하는 것이 필요하다.

탄산화 깊이의 측정방법은 대상면에 페놀프탈레인 1% 용액을 분무하고, 콘크리트 표면으로부터 붉은색으로 착색하는 부분까지의 거리를 탄산화깊이라 한다. 굵은 골재의 존재 등에 의해 탄산화 깊이가 변동되게 나타난다. 따라서 쫓아낸 면적에 따라 등각격으로 10~20개소 정도를 측정하고, 그 평균치를 가지고 당해 개소의 탄산화깊이로 한다. 측정은 버니어 캘리퍼스 혹은 스케일을 이용하여 적어도 1mm 단위까지 구하고 (가능하면 0.1mm단위), 평균값을 mm단위로 표시하는 것이 일반적이다.

나. 코어 채취에 의한 방법

압축강도시험과 병용할 경우에는 원칙적으로 KS F 2422 「콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도시험방법」에 따르는 것으로 하고, 철근배치 등 구조물의 실정과 사용 골재의 최대치수에 따라 작은 구경의 코어로 실시하여도 좋다. 탄산화시험만을 목적으로 코어를 채취하는 경우 코어 직경은 굵은골재 최대치수의 3배 이상으로 하고, 코어길이는 철근의 피복두께 정도로 하는 것이 적절하다. 다만, 지나치게 짧게 코어를 채취하는 것은 실제로 채취가 불가능하므로 유의하여야 한다. 코어는 구조물의 어느 위치로부터 채취한 것인가, 표면방향은 어느 위치인가 등의 정보를 기입해 놓는다.

시험에 사용되기까지의 양생에 관해서는 코어 표면을 충분히 물로 씻고, 천 등으로 표건상태 정도까지 닦은 후, 비닐봉투로 밀봉 저장하는 것이 바람직하다.

코어 공시체를 할열하고 (할열방법은 KS F 2423 「콘크리트의 인장강도 시험방법」) 할열면은 코어 비트의 마찰에 의한 조성변화, 컷팅시의 수분에 의한 영향 등이 문제시될 수 있으므로 피하는 것이 좋다.

할열면의 페놀프탈레인에 의한 탄산화 깊이 측정은 쫓아내기 방법과 동일하다

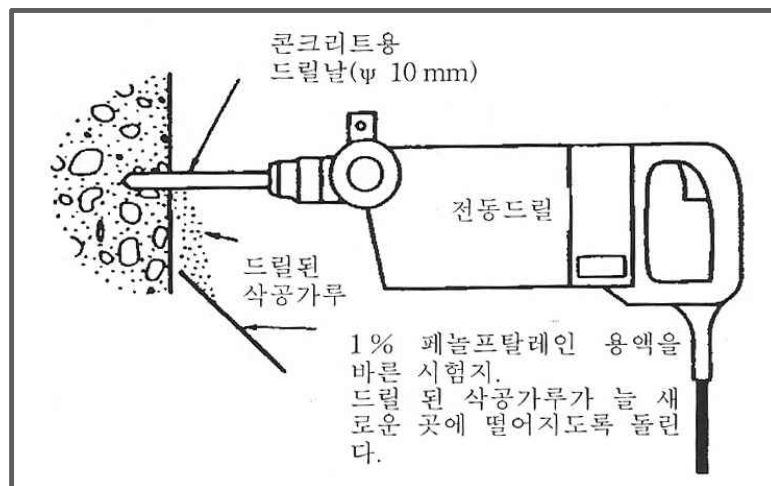
다. 드릴에 의한 방법

구조체 콘크리트의 품질을 평가하고 구조물의 내구성을 진단하는 것은 어떻게 조사목적에 적합한 시험 데이터를 다량으로 그리고 쉽게 입수하는가의 문제가 중요하다.

구조체 콘크리트로부터 채취한 콘크리트 코어와 쪼아내기에 의해 얻어진 시료의 시험결과는 신뢰성이 높다는 것과, 소규모지만 파괴시험이기 때문에 구조 내력상 문제가 되는 단점이 있다. 또한, 그것이 경미한 범위라도 구조물 소유자의 심리적 저항, 오래 걸리는 작업시간, 보수 시 고가의 비용으로 인해 다수의 데이터를 얻기 불가능한 것, 점으로서의 정보를 얻을 수 밖에 없는 것 등이 어려운 문제점이다. 따라서 이러한 문제들은 비파괴적인 시험에 의하면 쉽게 해결이 가능할 수 있는데, 이 방법은 다음 그림과 같이 드릴에 의한 간이 탄산화 깊이 시험방법이다.

이 방법에 의하여 측정된 탄산화깊이는 콘크리트 코어를 이용한 방법의 깊이와 대체로 동일하고 파괴정도, 작업량, 보수량의 면에서 큰 개선이 기대되는 방법이다. 시험방법은 다음과 같다.

- 1) 여과지에 분무기 등으로 1% 페놀프탈레인 용액을 분무하여 흡수시킨다.
- 2) 삭공 개시 전에 여과지를 삭공된 가루가 떨어지는 위치에 유지하고, 콘크리트 구조물(벽·기둥·보 등)의 대상면을 수직으로 천천히 삭공한다.



【그림 3.4.1】 드릴에 의한 간이 탄산화 깊이 시험방법

3.4.5 탄산화속도계수 산정

탄산화속도는 경과시간 t 의 평방근에 비례하여 진행된다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화깊이 C 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이 (mm)

A : 탄산화속도계수 (mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령 (년)

3.4.6 탄산화깊이에 따른 상태평가

국토교통부 발행 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 따른 콘크리트 탄산화에 대한 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.4.1】 콘크리트 탄산화에 대한 상태평가 기준

상태 등급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	30mm 이상	•탄산화에 의한 부식이 발생 우려 없음
b	10mm 이상~30mm 미만	•향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	0mm 이상~10mm 미만	•경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	0mm	•철근부식 발생
e	—	—

4장 | 재 하 시 험

4.1 재하시험의 개요

4.2 재하차량 제원

4.3 센서 및 측정기기

제 4 장 재 하 시 험

4.1 재하시험의 개요

4.1.1 개 요

재하시험은 교량 또는 부재의 실제 구조거동과 안전성을 평가하는 효과적인 수단이며 교량의 평가에 있어서 재료, 경계조건, 단면의 기여도, 손상(Damage)과 쉽게 찾을 수 없는 열화(Deterioration), 보수효과 등에 관련된 불확실성을 감소시킬 수 있는 정보를 제공한다.

교량의 설계단계에서 예측한 역학적 거동은 여러 가지 가정에 따른 오차로 인하여 실제 완성된 교량의 실거동과는 다른 거동을 나타낼 수 있으며, 또한 교량을 구성하는 각 구조부재들의 역학적 특성도 공용년수 증가에 따른 열화, 손상 및 노후화에 의해 다소 변하게 된다.

따라서 공용하중에 대하여 교량 구조물의 구조안전성을 정확히 평가하기 위해서는 주요부재에 각종 센서(Sensor)를 설치하여 시험하중 또는 실제통과차량에 의한 실거동의 측정이 중요하다.

4.1.2 재하시험의 목적

가. 정적재하시험

교량의 설계시 예측한 초기거동은 공용기간이 장기화됨에 따라 재료의 내구성 감소 및 구조적 노후로 점차 건전성이 저하되어 간다. 따라서 교량 각 부재의 정적하중에 의한 처짐 및 변형률을 실측하여 대상교량의 실제거동을 분석하고 실측값과 이론에 의한 해석값을 비교하여 교량의 실제 내하력을 구할 수 있다. 교량의 정적재하시험은 다음과 같은 목적에 따라 측정위치, 재하위치 등을 결정하여 정적처짐과 정적변형률을 측정한다.

- 1) 중립축위치 결정
- 2) 하중의 횡분배 및 부재의 강성
- 3) 응력 및 처짐의 영향선
- 4) 계산응력과 측정응력의 비교

나. 동적재하시험

교량의 설계시 예측한 초기거동은 공용기간이 장기화됨에 따라 재료의 내구성 감소 및 구조적 노후로 변화한다. 동적재하시험은 시험차의 주행에 따른 동적응답으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적 특성을 구하기 위한 시험이 있다.

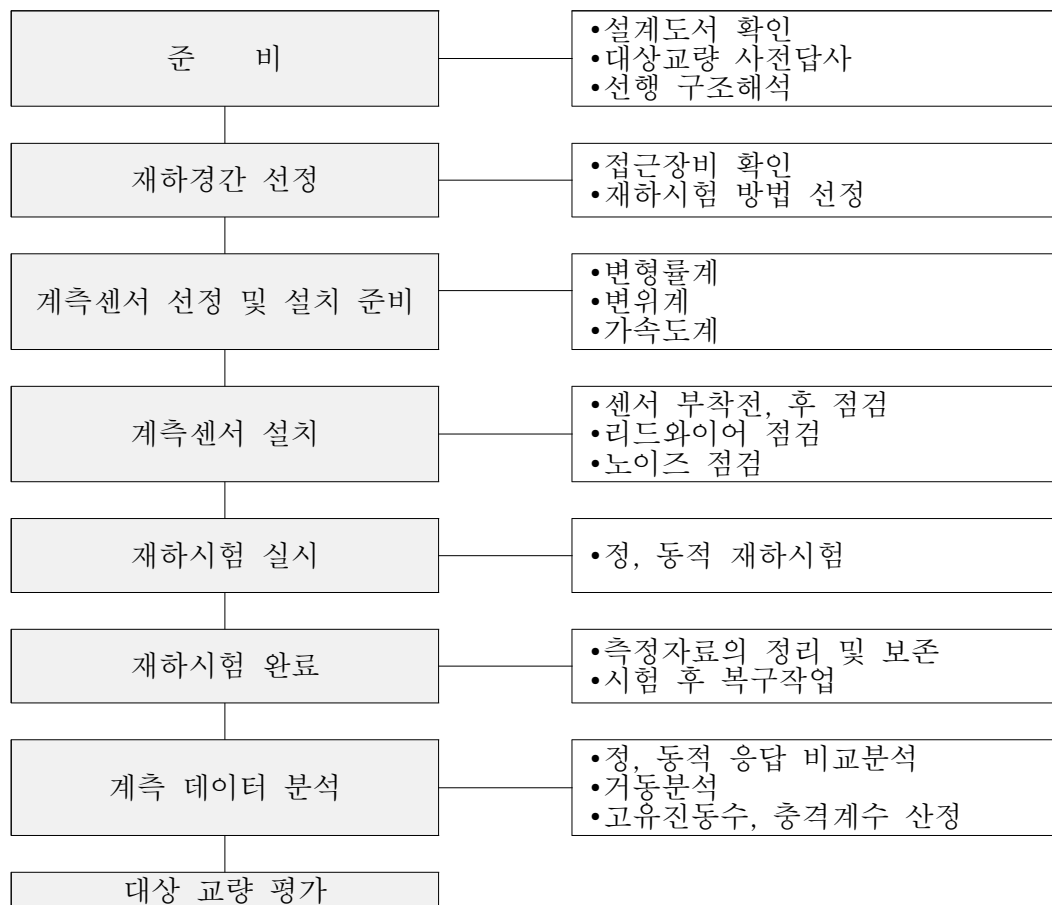
- ① 충격계수 산정
- ② 고유진동수 및 진동 모드 산정

4.1.3 재하시험 수행방법

현장재하시험은 정적재하시험과 동적재하시험으로 구별된다.

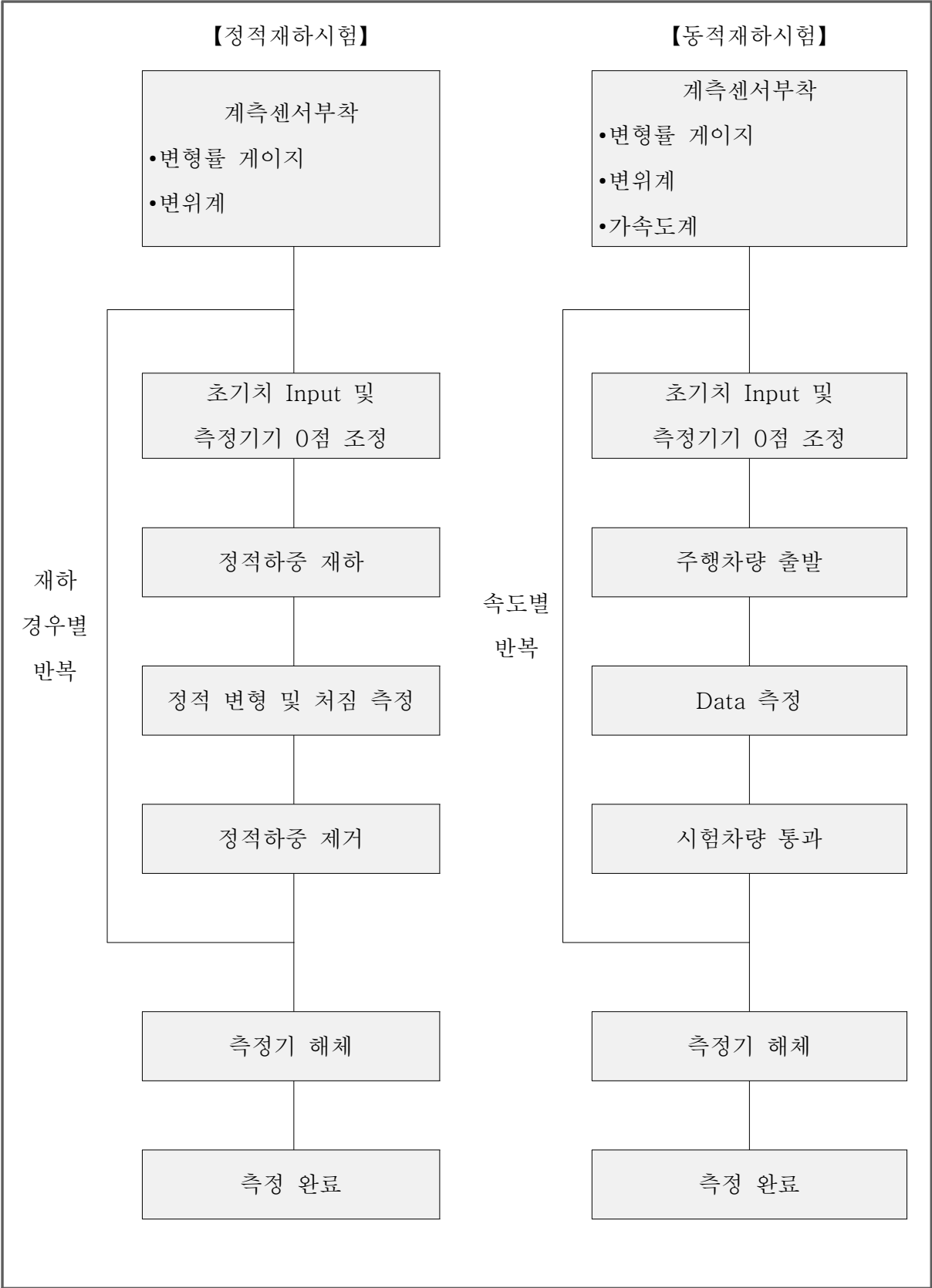
정적재하시험은 교량에 사하중만이 작용하는 상태에서 재하차량만으로 구조물의 거동을 평가하여 이론치와 비교평가하며, 동적재하시험 역시 사하중만 작용하는 상태에서 구조물의 고유진동수 및 구성재료의 역학적 특성 등에 따른 차량 속도별 거동을 측정하여 구조물의 내하력 및 안전성을 판단하는 기초자료로 활용한다.

가. 재하시험 흐름도



【그림 4.1.1】 재하시험 흐름도

나. 정·동적 재하시험 운용체계

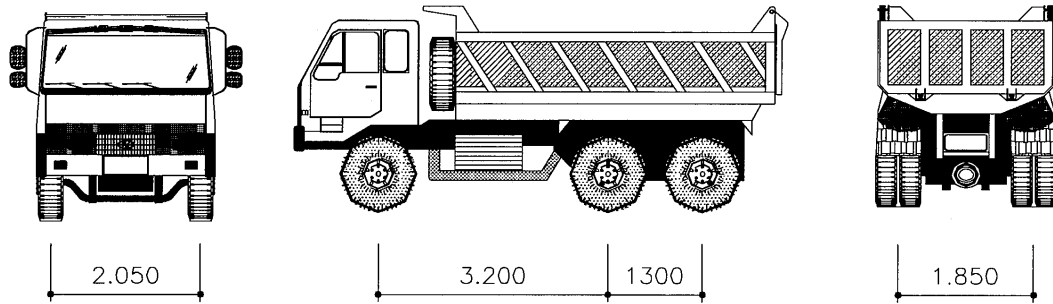


【그림 4.1.2】 정적재하시험 운용체계

4.2 재하차량 제원

현장재하시험에서 사용한 시험차량은 15톤 덤프트럭 1대를 선정하여 토사가 만재된 상태에서 각 축중을 측정하여 현장재하한다.

차 중	축 간 격		차 륜 폭
	1~2축	2~3축	
덤프(15ton)	3.2 m	1.3 m	1.85 m



4.3 센서 및 측정기기

【표 4.3.1】 센서 및 측정기기

조사구분	센서 및 장비명	규 격 (Model No.)	용 도	제조회사	비 고
재하시험 계측장비	콘크리트 변형률게이지	PL-60-11-1L	변형률 측정	Tokyo Sokki	표면부착 형
	강재 변형률게이지	KFG-5-120- C1-11L	변형률 측정	KYOWA	표면부착 형
	변위계	OU-30	처짐측정	Tokyo Sokki	30mm측정
	가속도계	AS-1GB	가속도 측정	Kyowa	1축형
	Data Logger	DRA-30A	정, 동적 측정장비	Tokyo Sokki	30채널
계측 S/W	계측프로그램	Dra730ad	측정과형 저장	Tokyo Sokki	
분석 S/W	분석프로그램	DIADEM	측정과형 필터링 및 고유진동수 분석	National Instrument사	
전원공급	발전기	EP2500CL	현장전원공급	Honda	2.5KW
전압 조정기	A.V.R	2KW 3상형	자동전압조정	한국	
무선장비	무전기	GP2000S	현장내 교신용	Motorola	

5장 | 구조안전성 및 내하력평가

5.1 개 요

5.2 안전성 평가

5.3 내하력 평가

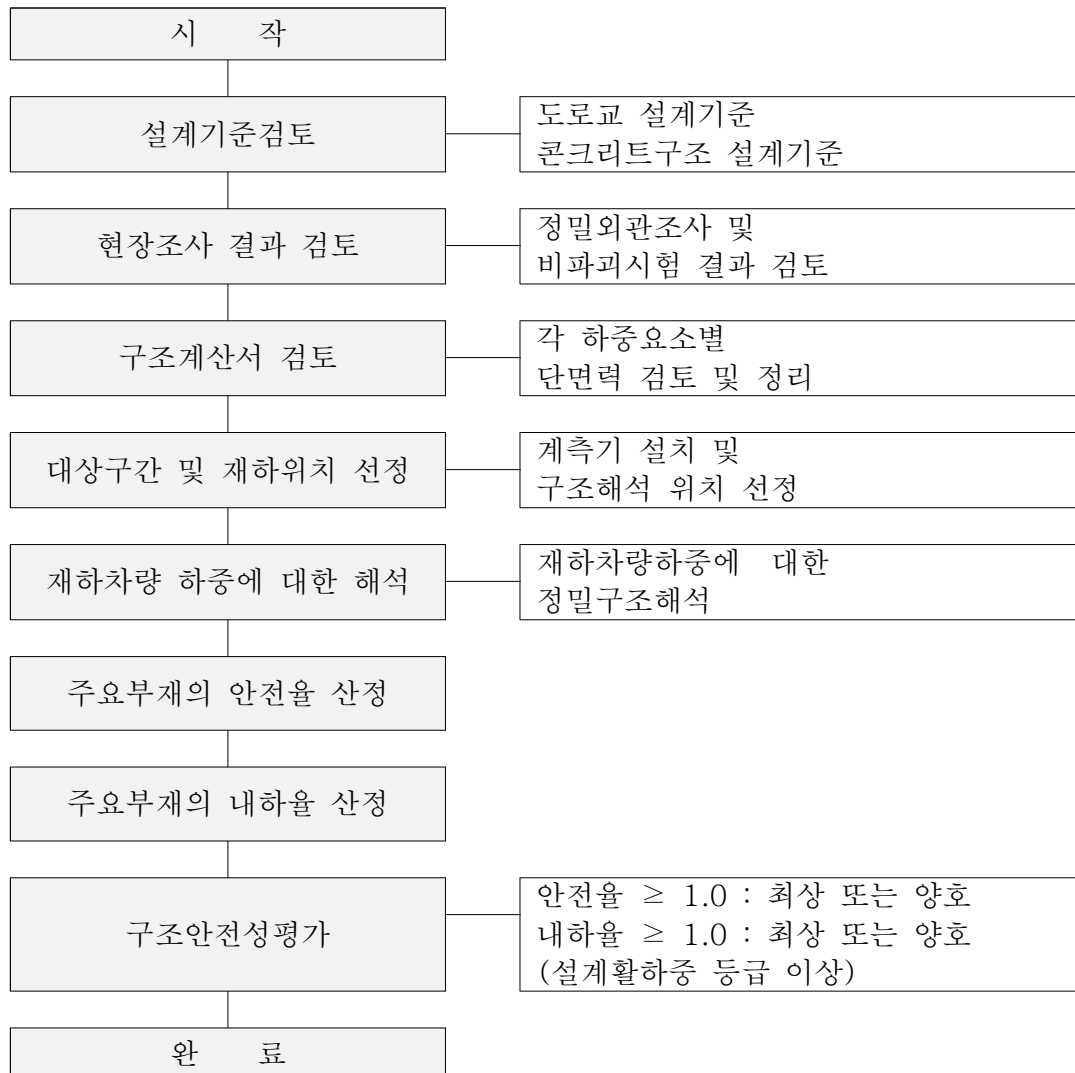
제 5 장 구조안전성 및 내하력평가

5.1 개 요

5.1.1 검토방향

본 과업의 대상교량 안전성평가는 구조계산서와 준공도면을 참고하였으며, 현재의 시공 상태에 대한 현황조사 결과에 의하면 철근의 배근상태는 설계기준과 일치하며, 콘크리트의 압축강도는 설계기준을 상회하고 있으므로 현행 구조계산서상의 계산 값을 이용하여 구조물의 안전성을 평가하였다.

5.1.2 검토 흐름도



【그림 5.1.1】 구조검토 흐름도

5.2 안전성 평가

5.2.1 안전성평가 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다.

안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중 여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다.

따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가 결과를 산정한다. 관리주체의 요구에 따라 내진안전성평가를 실시할 경우 기존 시설물의 내진성능평가 및 향상요령(건설교통부, 2003.12)”의 절차에 따라 내진안전성평가 과업을 수행한다.

【표 5.2.1】 구조물의 안전성평가 기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	$SF > 1.0$	◦허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}}$ ◦강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
B	$0.9 \leq SF < 1.0$ 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	$0.9 \leq SF < 1.0$	
D	$0.75 \leq SF < 0.9$	
E	$SF < 0.75$	

5.3 내하력 평가

5.3.1 평가 과정

공용내하력은 허용응력법과 강도설계법에 의해 산정을 할 수 있으며, 강교량의 경우는 허용응력법으로, 콘크리트 교량의 경우는 강도설계법에 의해 산정한다. 공용내하력을 산정하는 과정은 다음과 같다.



【그림 5.3.1】 공용내하력 산정과정의 흐름도

5.3.2 허용응력법에 의한 공용내하력 산정

허용응력에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 $D+L(1.0+i)$ 을 사용하고 사용재료의 허용응력은 실제 압축강도를 사용하여 도로교설계기준과 콘크리트 구조설계기준에 의거하여 결정한다. 사하중과 활하중에 의한 단면력은 대상 부재단면에 있어서 철근부식, 콘크리트 탄산화, 염해, 동해 등에 의한 내구성저하 등을 고려하여 계산하는 것이 바람직하다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 도로교설계기준에 의거하여 계산하며, 본 과업에서의 적용 활하중은 DB-24 및 DL-24이다.

허용응력법에 의한 내하율(RF)은 다음 식으로부터 구해진다.

$$\bullet \text{ 내하율 (RF)} = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중(DB 또는 DL하중)에 의한 응력

i = 계산충격계수

$$\bullet \text{ 공용내하력 (P)} = K_s \times RF \times Pr$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응답보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} = \frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

$\delta_{\text{계산}}(\delta_{\text{실측}})$ = 이론적인 처짐량(실측 처짐량)

$\varepsilon_{\text{계산}}(\varepsilon_{\text{실측}})$ = 이론적인 변형율(실측 변형율)

Pr = 설계활하중(본 과업에서는 DB-24 or DL-24)

5.3.3 강도설계법에 의한 공용내하력 산정

강도 설계법으로 내하율을 산정할 때의 하중조합으로는 $1.3D+2.15L(1.0+i)$ 을 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15 가 된다.

단면강도는 단면의 현재상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교설계기준의 공칭강도와 강도감소 계수를 적용하여 계산한다.

교량설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상 정도에 따라 결정되어야 한다. 그러나 부재단면의 손상 정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 사하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계활하중(DB 또는 DL하중) 및 콘크리트 구조설계기준을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하력 평가방법은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 내하율(RF)} = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_{l(1+i)}}$$

여기서, $\phi M_n = 0.85$ (RC, PC 구조물의 휨부재)

M_d = 고정하중 모멘트

M_l = 설계하중 모멘트

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

i = 이론 충격계수

$$\bullet \text{ 공용내하력(P)} = K_s \times RF \times Pr$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응답보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

$\delta_{\text{계산}} (\delta_{\text{실측}})$ = 이론적인 처짐량 (실측 처짐량)

$\epsilon_{\text{계산}} (\epsilon_{\text{실측}})$ = 이론적인 변형율량 (실측 변형율량)

Pr = 설계활하중 (본 과업에서는 DB-24 or 이-24)

