

연호고가교외 2개소 정밀안전진단 용역 과 업 수 행 계 획 서

2017. 3.



대구 동부 순환 도로 (주)



(주) 우림 종합 엔지니어링

목 차

제 1장 서 론	1
1.1 과업의 목적	1
1.2 과업의 개요	1
1.3 정밀안전진단 흐름도	7
제 2장 교량 정밀안전진단 수행방법	8
2.1 조사 및 측정	8
2.2 상태평가	19
2.3 안전성평가	24
2.4 종합평가	28
2.5 안전등급 지정	29
2.6 보수·보강 대책 및 유지관리 방안 제시	30
제 3장 사용 진단장비 목록	31
제 4장 과업수행일정	32
제 5장 과업수행 조직체계 및 인원투입계획	33
5.1 과업수행 조직체계	33
5.2 인원투입계획	34
제 6장 안전관리 계획	35
6.1 안전관리 내용	35
6.2 안전교육 계획	36
6.3 안전관리조직 및 비상연락망	38

제 1장 서 론

1.1 과업의 목적

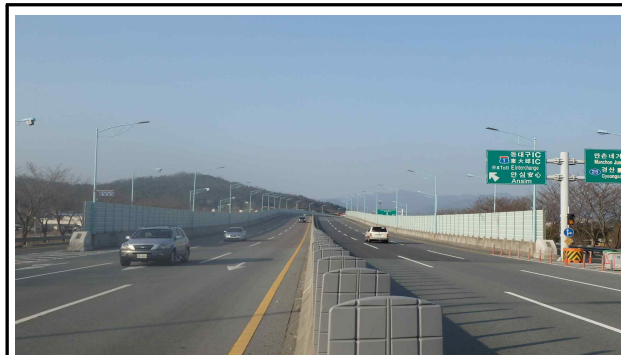
본 용역은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 규정에 의거 실시하는 정밀안전진단 용역으로 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 손상등급을 판정하며, 판정등급에 따라 보수·보강 등의 방법 및 시설물의 보수범위 등을 정하여, 향후 유지관리 및 정기·정밀 점검 등 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있음.

1.2 과업의 개요

1.2.1 대상시설물 현황

가. 연호고가교

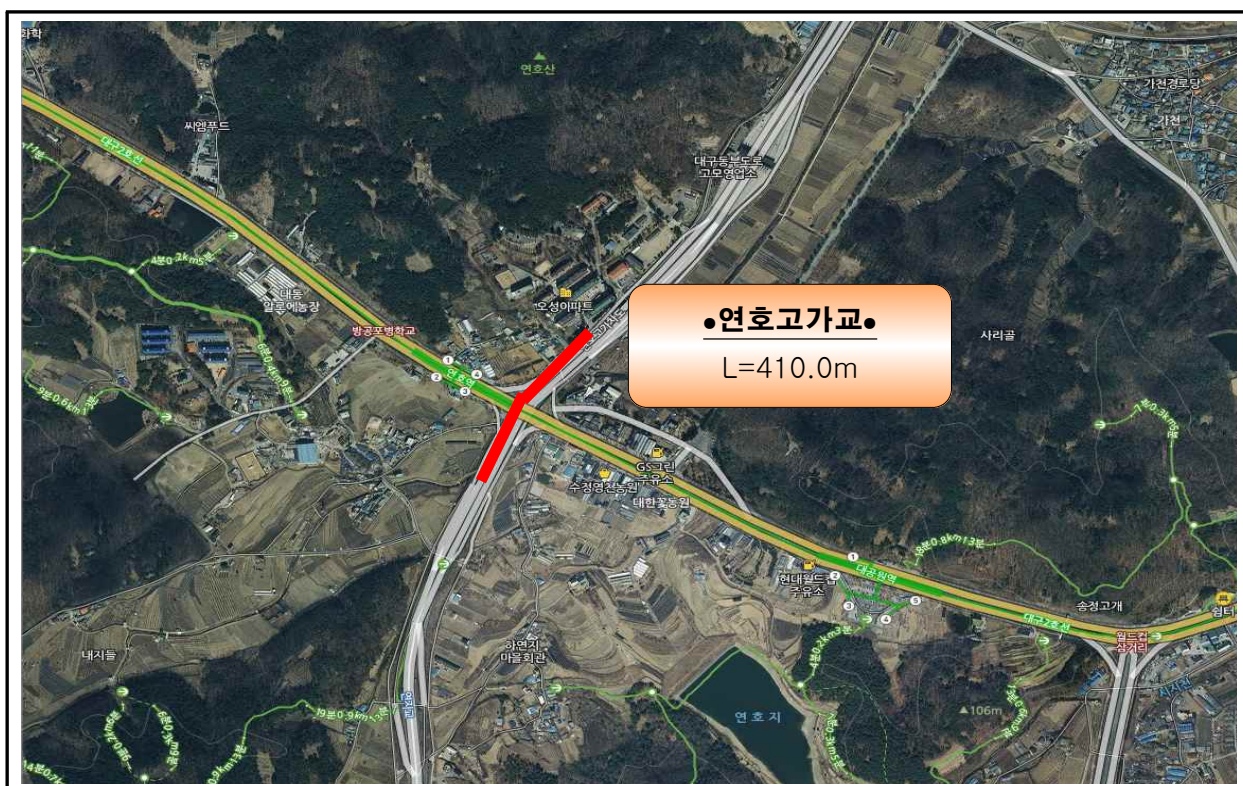
구 분		내 용	
시설물명		연호고가교	시설물번호
준공년월일		2002년 08월 24일	관리번호
시설물위치		대구광역시 수성구 가천동	
설 계 사		(주)도화종합기술공사 화성산업(주)	시 공 사
설계하중		DB-24	노선명(이정)
제원	연장	L = 410m [3@50m + 60m + 4@50m]	
	폭	B = 28.9m, 왕복6차선	
구조 형식	상부	강상자형교(STB)	기초 형식
	하부	교대 : 역T형 교대 교각 : 다주식 라멘형	교대 교각
교량받침		납면진받침(L.R.B)	신축이음
교차노선		달구벌대로	통과높이
부착시설내용		콘크리트 방호벽 난간, 가로등 램프옹벽 - L=390.591m (시점: 157.032m, 종점: 233.559m)	내진설계유무
기타		S8 하면 체육시설 설치(게이트볼)	



상부 전경

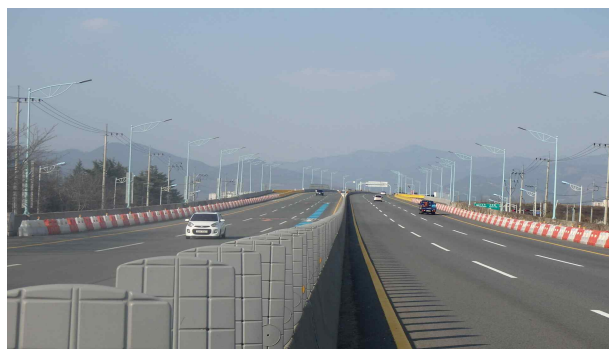


측면 전경



나. 가천교

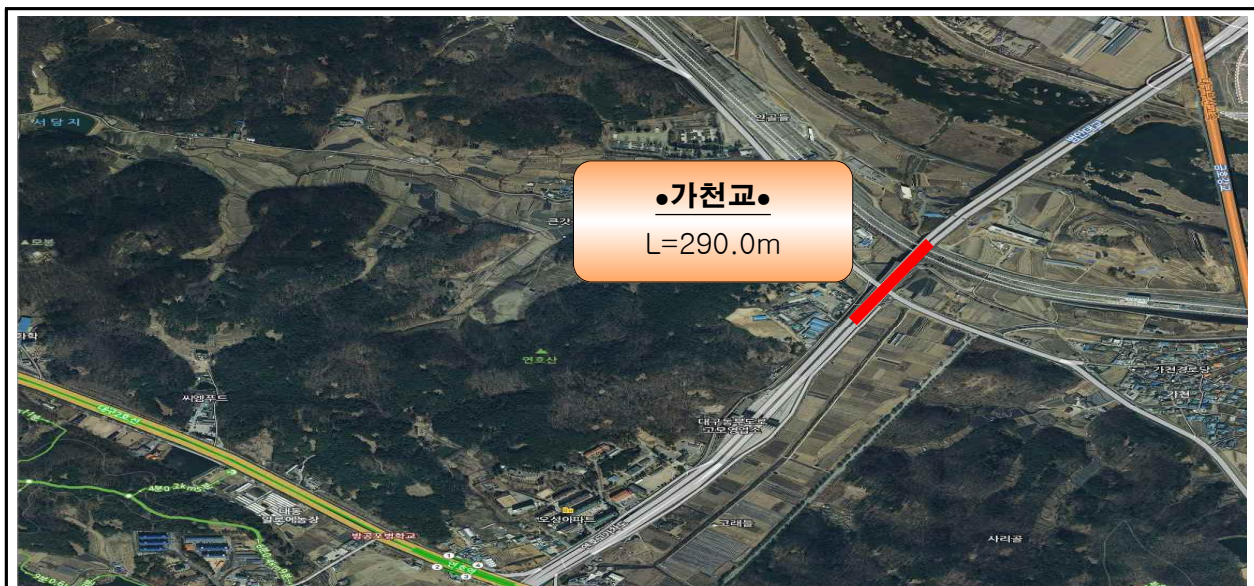
구 분		내 용	
시설물명		가천교	
준공년월일		2002년 08월 24일	관리번호
시설물위치		대구광역시 수성구 가천동	
설 계 사		(주)도화종합기술공사 화성산업(주)	시 공 사
설계하중		DB-24	노선명(이정)
제 원	연장	L = 290m [50m + 2@60m + 2@60m]	
	폭	B = 28.9~51.9m, 왕복6차선	
구조 형 식	상부	강상자형교(STB)	기초 형 식
	하부	교대 : 역T형 교대 교각 : 다주식 라멘형	교대 교각
교량받침		포트받침	신축이음
교차노선		경부선 철도	통과높이
부착시설내용		콘크리트 방호벽 난간, 가로등 램프옹벽-L=155.823m (시점)	내진설계유무
기타		S1 제설 자재 보관소	



상부 전경



측면 전경



다. 범안대교

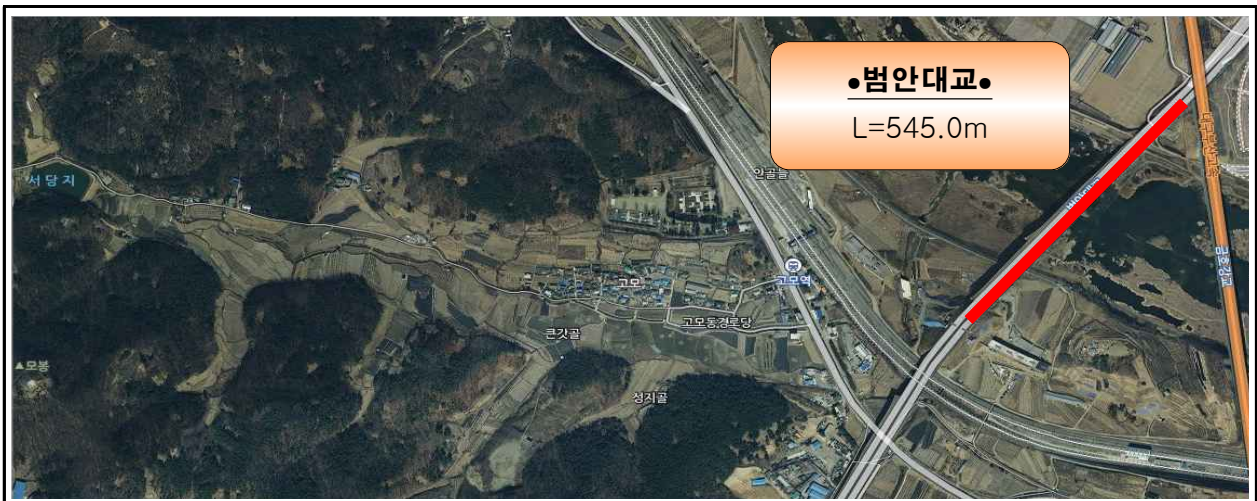
구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		범안대교	시설물번호		BR2003-0000510
준공년월일		2002년 08월 24일	관리번호		동부교량-3
시설물위치		대구광역시 수성구 가천동			
설 계 사		(주)도화종합기술공사 화성산업(주)	시 공 사		코오롱건설(주) 외 5개사
설계하중		DB-24	노선명(이정)		범안로(대로1-19호선)
제 원	연장	L = 545m [30m + 3@55m + 4@50m + 3@50m]			
	폭	B = 28.9~52.0m, 왕복6차선			
구조 형식	상부	강판형교(SPG-S1) & 강상자형교(STB-S2~S11)	기초 형식	교대	Pile기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대 : 역T형 교대 교각 : 다주식 라멘형		교각	Pile기초 직접기초
교량받침		포트받침	신축이음		Rail Joint
교차노선		-	통과높이		-
부착시설내용		콘크리트 방호벽 난간, 가로등	내진설계유무		유
기타		-			



상부 전경



측면 전경



1.2.2 과업의 범위 및 내용

가. 자료수집 및 분석

- 기존 점검 및 진단보고서 및 구조계산서, 교량유지관리 이력
- 준공도면 및 건설지
- 국내외의 설계시방서, 구조계산서 및 관련기준
- 교량 및 터널 안전점검 및 정밀안전진단 지침(세부지침)
- 기타 발주처에서 제공하는 자료

나. 현장조사 및 시험

- 전체부재의 외관조사(육안검사)
 - 외관조사(콘크리트의 균열, 누수, 박리, 층분리, 백태, 철근노출 및 강재의 균열, 변형, 도장 상태, 부식여부 등의 조사)
 - 교량상판부의 외관조사
 - 교각 및 교대부의 외관조사
- 재료시험
 - 콘크리트 비파괴시험
 - 강재 비파괴시험
 - 코어채취 및 실내시험

다. 상태평가

- 외관조사결과분석
- 재료시험 결과분석
- 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태등급에 대한 소견

라. 안전성평가

- 시설물의 손상부위 조사 및 손상원인을 정확히 분석하고, 그 근거자료를 제시하여야 한다.
- 외관조사, 재료시험 등의 결과를 종합적으로 분석하여 상태평가를 수행하여야 한다.
- 손상내용을 분석하여 설계 또는 시공된 구조물의 부재치수 및 시공 상태 등에 대해 정밀 조사결과와 설계도면상의 내용을 비교, 분석함으로써 평가하여야 한다.
- 부재별 내하력평가
- 시설물의 안전성 평가

마. 보수·보강방안 제시

- 조사 및 시험결과 결함 원인, 안전성 분석
- 분석결과에 따른 보수·보강방법 제시 및 자료 제출

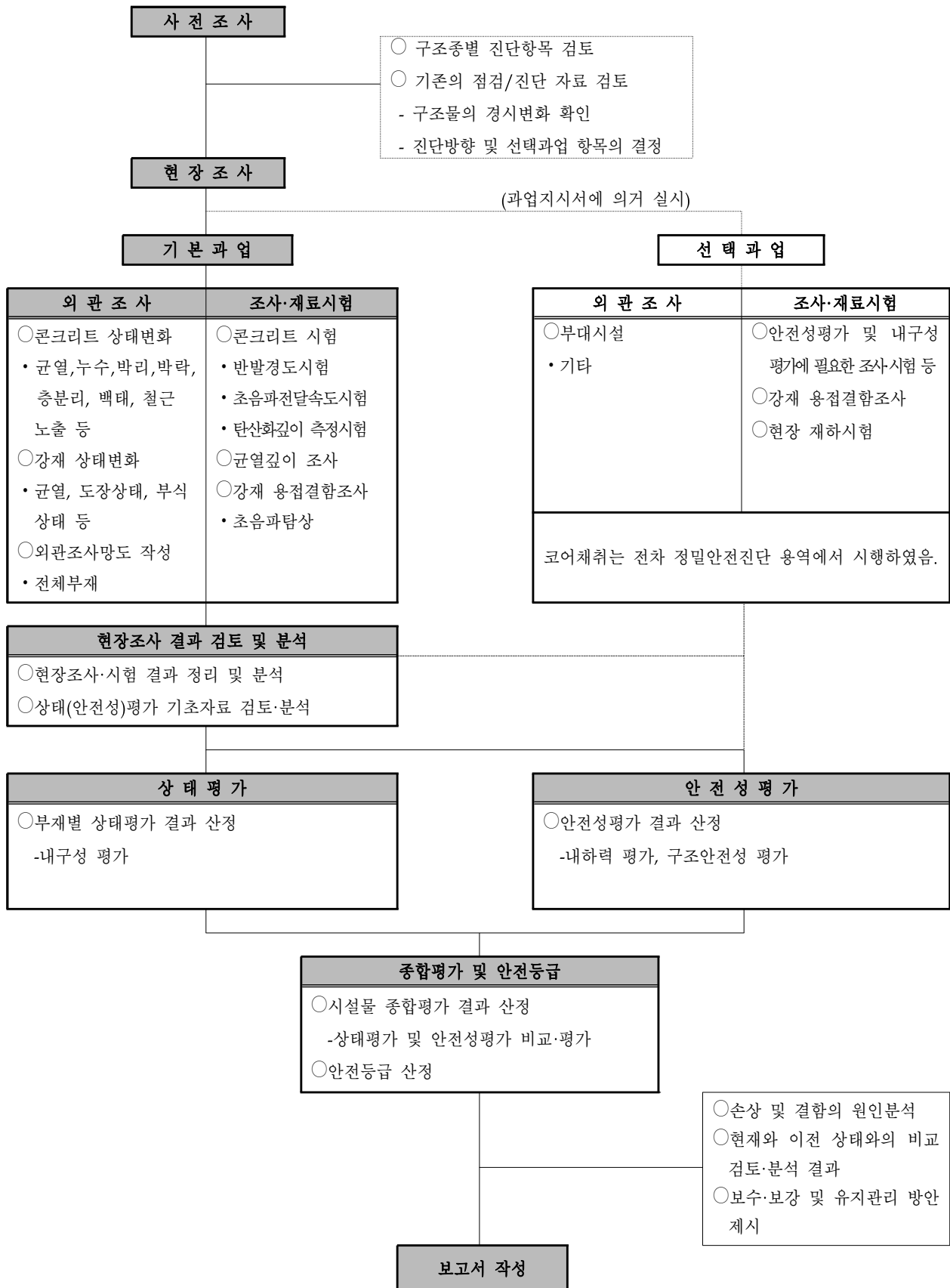
바. 보고서 작성 및 제출

- 교량 안전점검 및 정밀안전진단 지침(세부지침 2017. 1) 참조

1.2.3 과업기간

2017. 3. 02 ~ 2017. 6. 09(착수일로부터 100일간).

1.3 정밀안전진단 흐름도



제 2장 교량 정밀안전진단 수행방법

2.1 조사 및 측정

2.1.1 사전조사 및 관련자료 분석

가. 목 적

정밀안전진단의 계획, 방법, 안전대책 등의 수립

나. 내 용

- 교량의 이력사항과 변형상태 조사 분석.평가
- 교량의 설계도면과 구조계산서 및 세부설계 내용의 분석.평가
- 시설물 관리부서의 안전점검 자료수집.분석
 - 기존 관리부서의 안전점검 자료를 활용하되, 기존자료 미흡부분에 대하여는 정밀 현장조사
 - 설계도서 등, 보수.보강이력, 사고이력, 점검, 진단이력, 시설물관리대장 및 기타 관련자료 등 수집, 분석
- 시설물의 유지관리를 철저히 하기 위한 교량관리대장 작성에 필요한 자료수집.
 - 균열 및 국부손상이 발생한 부분에 대하여는 시공당시 도출된 문제점 등을 면밀히 조사 분석

2.1.2 외관조사

가. 목 적

외관으로 나타난 상태를 조사함으로서 교량의 구조적인 안전성, 재료의 건전성, 부재별 현황을 파악하여 유지관리 방안 마련과 현장시험 방법 및 위치결정의 기본자료를 얻고자 한다.

본 조사는 주요 구조부재와 부속 구조물 각각에 대하여 현상태를 조사하며, 특히 교량의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무를 확인하고, 조사에 따른 외관조사망도를 작성하여 향후 교량점검 및 유지관리시에 효율적으로 활용할 수 있도록 한다.

나. 내 용

접근방법으로는 점검로, 교량점검차(고소작업차) 등을 사용하여 부재에 최대한 접근한 상태에서 조사한다.

1) 포장

교면포장의 조사는 주로 포장체의 균열, 요철 및 단차, 함몰에 주안점을 둔다.

점검부위	손상유형	점검사항	조사방향
아스팔트 포장	균열	·초기 미세균열	·균열크기, 발생위치 조사
		·선상균열	
		·격자상 균열	
	요철, 단차	·바퀴자국, 소성변형, 단차발생 ·팻칭 및 보수부위 소성변형	·요철 크기 및 범위 조사
	함몰	·포장면 패임 및 함몰	·함몰부 방수상태 조사 ·함몰 크기 및 위치 조사
	물고임 (체수)	·횡단 및 종단구배 불량	·노면 구배 조사
		·배수구 설치간격 부적절 및 유출구 크기 작음	·배수구 위치 및 배수기능조사

2) 난간, 연석

일반적인 손상을 조사함과 동시에 수직, 수평선형을 관찰하여 하부구조의 침하나 받침의 손상 등을 조사한다.

점검부위	손상유형	점검사항	조사방향
강재	부식	·고정볼트 이완 및 지주부 하단 부식	·강재 앵커상태 육안조사
	변형, 파손	·난간 충돌, 파손	·변형 위치 및 인접연결부재 파손 유무 조사
콘크리트	균열	·부모멘부 균열, 종방향 콘크리트 침하균열	·균열 크기 및 방향조사
	박리, 철근노출, 파손	·콘크리트 난간 박리 및 철근노출	·철근노출 및 박리 범위 및 피복 조사
		·난간 충돌, 파손	·파손에 따른 손상정도 조사

3) 배수시설

점검부위		손상유형	점검사항	조사방향
배수시설	배수구	배수구 유입부	·덮개파손 및 주변파손	·덮개 고정상태 및 주변 포장 손상 여부 조사
		누수, 물고임 (체수)	·모물퇴적 및 배수구 막힘	·배수구 이물질 충전 여부 조사
			·배수구 설치높이	·배수구 유입부와 포장층 높이 조사
			·배수수 위치 및 설치간격	·배수구 설치 위치 부적절에 의한 체수여부 조사
	배수관	배수관 파손	·배수관 연결부 어긋남 및 지지상태	·육안조사에 의한 배수관 설치상태 조사
		배수불량	·이물질 막힘여부 ·배수관 길이부족 및 유출구 위치불량	·배수 불량부 타격음에 의한 막힘 여부 조사 ·배수관 유출부 조사

4) 신축이음

신축이음장치가 자유롭게 이동 가능하고 간격은 적당한가를 조사하며 충전재의 방수성과 상태를 조사하기 위하여 교면하부의 누수흔적을 조사한다.

점검부위	손상유형	점검사항	조사방향
강재형 본체	누수, 오염	·배수시설누락, 하부구조물 부식 ·유간의 오물 퇴적	·우천시 누수유무 확인
	유간, 이상진동	·충격음, 본체 흔들림, 앵카 파손 ·신축유간 폐쇄 및 유간과다	·유간실측
	부식, 변형	·고무판 마모, 강재노출 및 부식	·부식 변형의 크기 및 범위 조사
	균열, 파손	·슬래브 하부 보강부 콘크리트 파손	
후타재	균열, 파손	·후타재 패임 및 요철	·후타재 열화정도 조사
	전·후의 단차	·교면포장 혹은 신축이음부와의 단차	

5) 철근 콘크리트 바닥판

바닥판 하면을 검사 가능한 위치에서 누수 및 백태 등을 중심으로 조사한다. 특히 백화 현상이 집중된 부위는 탈락 등의 큰 손상을 초래할 위험이 있기 때문에 노면의 균열상황 등도 조사한다.

점검부위	손상유형	점검사항	조사방향
공통	균열	·바닥판하면 종방향 균열, 횡방향균열, 망상균열	·균열크기 및 방향 조사
	박리, 철근노출, 박리 파손	·피복두께, 철근노출여부	·육안조사 및 국부적인 파취를 통한 열화 깊이, 박리 범위, 피복조사
거더교	균열, 망상균열	·균열발생여부	·육안조사 및 균열측정기를 이용한 바닥판 상면 열화 및 균열발생 현황조사
반침부	반침단부파손	·사인장균열, 부스러짐	·반침응력 집중부 콘크리트 손상 상태 조사

6) 강박스

점검부위	손상유형	점검사항	조사방향
거더교	균열	·균열발생 여부	·육안조사 및 비파괴조사
	변형 파단	·주형부재의 변형 및 모재손상	·육안, 내림추에 의한 조사
	연결볼트	·볼트 이완, 탈락	·육안 및 토크렌지 조사
	용접 연결부	·용접결합 여부	·육안조사 및 비파괴조사
	표면열화	·도장 및 강재 부식여부	·육안조사
	기 타	·주형내부 체수 및 이물질 퇴적	·육안조사

7) 교량받침

외관조사에 의하여 기능과 상황점검을 하지만, 차량 통과시의 이상음, 필요한 경우 테스트 해머로 타격시 발생하는 소리에 의하여 조사한다.

점검부위		손상유형	점검사항	조사방향
본체	공통	가동받침가동량부족	·가동여유량 점검	·가동 여유량 조사
		외부요인에 의한 가동불량여부	·받침과 부속품 접촉으로 가동장애	·육안조사에 의한 콘크리트 및 강재등의 이물질 삽입여부 조사
		받침과 거더의 분리	·받침과 주형의 밀착상태	·육안조사에 의한 들뜸여부조사
		받침주변 체수	·우수에 의한 받침주변 열화상태	·우기시 받침주변 육안조사
	강제받침	받침장치 부식, 변형	·강제받침 및 가동면 부식	·미끄럼 흔적등의 가동상태 조사
		부속물 파손	·부상방지키 및 이동제한장치 손상여부	·육안조사에 의한 부착상태점검
	탄성받침	부풀음 및 갈라짐	·고무받침 측면 표면균열 및 변형여부 점검	·육안조사에 의한 변형여부 조사
		고무판의 과도한 변형	·전단변형량이 허용치 초과여부 점검	·육안조사에 의한 변형량점검 후 과도한 변위부는 점검자를 통한 변형량 실측조사
받침 콘크리트		가동방향과 다르게 설치	·고정, 가동 받침의 방향 착오	·받침부 육안조사
		앵커볼트 파손	·앵커볼트 파손, 절단	
		받침콘크리트 파손 및 공동	·받침콘크리트 균열, 탈락여부 ·받침콘크리트 하부 공동발생 및 침하여부	·육안조사 및 타격음조사

8) 교대

점검부위		손상유형	점검사항	조사방향
공통		변위	·기울음, 전도, 침하여부	·교대수직, 수평상태 육안조사
		균열, 박리, 철근노출, 박리 파손	·콘크리트 표면상태 조사	·육안조사 및 국부적인 파취를 통한 열화 깊이, 박리 범위, 피복조사
두부		물고임	·두부강면에 물고임여부	·우기시 우수유입경로 및 두부 배수상태 육안조사
		받침부 하부균열	·받침부 주면 균열 및 파손유무	·연단부 전단균열 발생여부 육안조사
		균열	·구체와 홍벽연결부 균열여부 ·홍벽 사균열 발생여부	·육안조사에 의한 균열발생 여부 조사후 균열 및 크기 및 범위조사
		유간부족	·거더와 홍벽 유간조사	·줄자를 이용한 유간측정
벽체 및 기둥		균열	·구체와 날개벽 연결부 균열 ·수직균열 및 수평균열	·육안조사 및 균열확대경 이용조사
		침식	·수면접촉부 침식여부	·육안조사
날개벽		이동전도	·날개벽 변위 및 파손	·육안조사

9) 교각

점검부위	손상유형	점검사항	조사방향
공통	균열	·휨모멘트부 및 전단응력 발생구간 균열 발생여부	·균열크기 및 방향 조사
	박리, 철근노출, 박리 파손	·피복두께, 철근노출여부	·육안조사 및 국부적인 파취를 통한 열화 깊이, 박리 범위, 피복조사
두부	물고임	·두부강면에 물고임여부	·우기시 우수유입경로 및 두부 배수 상태 육안조사
	받침부 하부균열	·받침부 주변 균열 및 파손유무	·연단부 전단균열 발생여부 육안조사
벽체 및 기둥	균열	·시공이음부 균열발생여부 ·하단부 수평균열 여부	·육안조사 및 균열확대경 이용조사
	침식	·수면접촉부 침식여부	·육안조사

10) 기초

점검부위	손상유형	점검사항	조사방향
공통	박락, 철근노출, 백태	·콘크리트 표면조사	·전 구간 육안조사
	침식, 세굴, 측방유동, 침하	·기초주변 하상조사 ·교량상면 종단구배 및 받침부 가동 조사	·육안조사에 의한 특정지점 침하여부 및 받침부 편측가동 여부조사
	기초 전도 및 기울음	·기초부 경사 및 하부구조 기울음 점검	·육안조사에 의한 기초부 및 하부구조 기울기 조사후 변위관찰시 수평대 및 내림추이용한 실측조사
직접기초	콘크리트 균열 및 파손	·기초부 균열 및 파손등의 발생현황	·콘크리트 표면 육안조사
말뚝기초	말뚝노출, 침식, 부식	·기초콘크리트 하부 공동부 말뚝 상태 조사	·노출부 강재부식 및 노출범위 조사

11) 기타

점검부위	손상유형	점검사항	조사방향
상부구조 하부	조류 분비물에 의한 열화	·부재별 조류서식 여부 조사	·전 구간 육안조사
교량전체	교량 부착물 현황조사	·상부구조 하부 및 상부 부착물 조사	·한전, 광케이블, 상수도, 하수도등의 첨가물 현황조사

2.1.3 콘크리트 및 강재비파괴 시험

가. 콘크리트 비파괴시험

1) 목적

재료시험의 목적은 구조물의 기능이나 내하력을 훼손하지 않고, 강도 및 재료적 특성을 규명하기 위한 시험으로서 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우에는 열화의 정도 및 그 원인을 조사하여 보수·보강여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 향후 열화 경향을 예측하기 위한 기본 자료를 얻기 위함이다.

2) 시험내용 및 측정부위 선정

현장조건 및 구조물에 손상을 주지 않는 범위 내에서 구조물의 상태를 파악할 수 있도록 시험내용을 다음과 같이 선정하였다.

구 분		세부지침 기준		구 분		금회 수량	비 고
		상부구조	하부구조	시설물명	산출수량		
기 본 과 업	반발경도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	연호고가교	17	17	
				가천교	11	11	
				범안대교	23	23	
	초음파 전달속도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	연호고가교	17	17	
				가천교	11	11	
				범안대교	23	23	
	철근탐사시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	연호고가교	17	17	
				가천교	11	11	
				범안대교	23	23	
	탄산화 깊이측정	○ 5경간 이내 : 4~6개소 ○ 5경간 이상 : 6~9개소		연호고가교	6~9	6~9	
				가천교	6~9	6~9	
				범안대교	6~9	6~9	
	염화물함유량 시험	○ 3개소 이상		연호고가교	3	3	
				가천교	3	3	
				범안대교	3	3	
선 택 과 업	균열깊이 조사	○ 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		현장조사 후 결정			
				현장조사 후 결정			
	수중조사	○ 과업내용에 의해 조사 및 수량 결정		현장조사 후 결정			

3) 내용

각 방법은 정확한 콘크리트 강도의 추정이 곤란하므로 강도 평가 시 참고자료로 활용하며, 실험경간에 대해서는 코아채취에 의한 코아 강도와 비파괴 강도를 상호 비교하여 분석결과가 전체 교량의 비파괴 강도 추정결과에 반영한다.

① 반발경도법

반발경도 측정방법은 R.C Radar로 철근위치를 조사하여 철근이 없는 부위를 설정하여, 슈미트 햄머에 의해 콘크리트 표면경도를 측정하여 압축강도를 추정한다.

② 초음파법(Ultrasonic Techniques)

초음파법은 콘크리트에 밀착된 발진자와 수신자간의 초음파 전달속도를 측정하여 콘크리트의 내부강도를 추정하는 방법이며, 조합법은 반발경도법과 초음파법을 조합하여 각각의 측정오차를 최소화시키기 위하여 개발된 방법이다.

③ 조합법

조합법은 두가지 이상의 비파괴 검사방법을 병행하여 실시하는 것으로 여러가지 조합이 있다. 즉 이러한 조합법은 콘크리트의 강도추정시 신뢰성을 높이기 위하여 두가지 이상의 비파괴 검사방법을 병행하여 수행하는 것으로서 보통 반발경도법과 초음파속도법을 병행하는 것이 가장 많이 쓰이고 있다.

④ 균열깊이 측정(Ultrasonic Techniques)

균열깊이를 측정하기 위한 기본은 초음파의 발·수신자를 균열 부근에 설치하여 검출되는 파의 종류(종파, 횡파, 표면파) 및 검출항목(전파시간, 주파수, 위상 등)에 따라 많은 방법이 제안되고 있으나 일반적으로 Tc-To 법이 많이 이용되며, 본 과업에서도 Tc-To 법을 적용한다.

⑤ 콘크리트 내부 철근탐사(레이다법(Radar Methods))

철근콘크리트 구조물의 내하력은 콘크리트의 강도와 사용철근의 종류, 수량 및 위치에 의해 결정되므로 기존 철근콘크리트 구조물의 배근상태(철근직경, 배근간격, 철근덮개)에 대한 조사는 필수적이다.

전자파 레이더법은 콘크리트 표면에서 내부로 발사한 전자파가 콘크리트 중의 비전도율, 도전율이 다른 물체(철근, 매설물, 공동 등)와의 경계에서 반사하는 원리를 이용한 방법으로써, 콘크리트 내부로 수백MHz~수GHz의 전자파를 안테나로부터 발사한 후 수신 안테나로 수신된 전자파의 파형 및 도달시간을 분석하여 반사 물체까지의 거리와 반사물의 형상 및 매립깊이 등을 구한다.

콘크리트 중의 철근을 시각적으로 단시간에 측정할 수 있으며, 취급이 용이하다는 장점도 있어 본 과업에서는 이 방법을 적용하여 배근간격, 피복두께를 측정한다.

⑥ 콘크리트 탄산화시험

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법 (페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

탄산화 시험은 구조체에서 채취한 코어 또는 구조체 안전에 영향을 미치지 않는 부위를 선정 일부분을 파손하여 노출된 대상 측정면에 가능한 한 빨리 분무하여 탄산화 깊이를 측정하며, pH 8.2~10.0 이상의 알칼리층에서 홍색으로 발색하며 중성층에서는 무색으로

나타나게 되는데, 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 깊이계, 버어니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 콘크리트 물성시험

① 압축강도시험

현장에서 코어를 채취하여 이로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 국부파괴시험으로 비파괴시험과는 구별되지만 구조물의 실제강도를 추정하는데 신뢰도가 가장 높다.

압축강도시험은 만능시험기(Universal Testing Machine)를 이용하여 코어시편의 일축 압축강도를 측정하며, 공인된 시험기관에 의뢰하여 실시한다. 측정된 시험값은 통상 비파괴시험에 의한 강도와 비교 분석한다.

② 염화물함유량 시험

채취된 코어의 표면에서부터의 깊이별로 표면(0~1cm)과 그 이후로 1.5cm 간격으로 철근까지 콘크리트를 분쇄하여 시료를 마련한 후, 채취된 시료에 대해서 전위차측정법에 의해 수용성 염화물 함유량 시험을 수행한다.

경화콘크리트의 염화물에 의한 철근부식을 방지하기 위한 허용기준은 ACI 기준과 국내 콘크리트구조설계기준에 의하면 염화물에 노출된 철근콘크리트의 경우 수용성 염화물 함유량은 사용한 시멘트 중량의 0.15% 이내가 되도록 규정하고 있다.

나. 강재 비파괴시험

1) 목적

강재구조물의 용접이음부에 대한 품질정보를 얻는 수단으로서 실시하는 시험이다.

2) 시험내용 및 측정부위 선정

구 분		세부지침 기준	구 분		금회 수량	비 고
			시설물명	산출수량		
기본 과업	강재용접부 초음파탐상시험 (UT)	◦플레이트거더교: 1개소/경간별 거더 ◦박스거더교: 2개소/경간별 거더	연호고가교	16	16	
			가천교	10	10	
			범안대교	22	22	
선택 과업	강재용접부 자분탐상시험 (MT)	◦과업내용에 의해 조사 및 수량 결정(균열 의심부)	현장조사 후 결정 (균열 의심부)			
	방사선투과시험 (RT)	◦과업내용에 의해 조사 및 수량 결정	현장조사 후 결정 (맞대기용접부)			
도막두께 측정		-	현장조사 후 결정			

3) 내용

① 초음파탐상시험 (UT : Ultrasonic Test)

초음파탐상시험은 최대 인장응력이 발생하는 단면에 위치한 맞대기이음부에 실시하는 것을 원칙으로 하며 1개소의 검사부위는 30-50cm 정도로 한다.

② 방사선 투과시험 (RT : Radiographic Test)

방사선이 물질을 투과하는 성질을 이용하여 X-선 필름상의 농도차에 의해서 강재내부의 결함을 찾는 방법으로 초음파탐상시험 결과 탐상부위에 대한 명확한 근거자료 확보 혹은 보완조사를 위하여 현장여건에 따라 방사선투과시험을 병행하여 사용하며, 초음파탐상시험과 같이 주요 부재의 맞대기 용접이음부에 대하여 주로 실시한다.

③ 자분탐상시험 (MT : Magnetic Particle Test)

자화상태의 조사부위에 자성분말을 뿌리면, 균열, 공극 등에 누설장이 발생되고 불연속 표면에 달라붙게 되어 결함을 표시해 주는 방식으로, 피로균열과 같은 작고 미세한 균열을 찾는 데 사용한다.

⑤ 도막두께측정

전자석 도는 영구자석을 이용하여 피검체(자성체)에 도포된 도막의 두께를 측정하는 것으로 도장작업이 정상적으로 수행되었는지의 여부를 판단할 목적으로 실시한다.

2.1.4 지장물 조사

본 교량의 상부 및 하부구조물 주변의 각종 시설물을 조사하여 교량에 미치는 영향을 분석하고, 이러한 지장물이 교량의 안전 및 교량을 이용하는 차량 및 보행자의 안전에 영향을 미칠 경우에는 대책을 제시한다.

2.1.5 측정결과 분석

가. 콘크리트 비파괴강도 분석

반발경도법의 강도조사결과에 대한 평가근거 및 내용은 아래와 같다.

구 분	내 용	비 고
평가근거	· 정밀안전진단 기술자교육(상) (콘크리트 비파괴 P.812) - 한국시설안전기술공단, 2009.3	
평가내용	· 비파괴 추정식으로 평가된 강도가 설계기준강도의 90%이상이면 적정	

나. 철근탐상 결과 분석

- ① 철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부를 판단한다.
- ② 실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직하다.

부 위		피복두께(mm)	
수중에서 타설하는 콘크리트		100	
흙에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흙에 묻혀있는 콘크리트		80	
흙에 접하거나 옥외의 공기에 직접 노출되는 콘크리트	D29 이상의 철근		60
	D25 이하의 철근		50
	D16 이하의 철근, 지름 16mm 이하의 철선		40
옥외의 공거나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트	슬래브, 벽체, 장선	D35 초과하는 철근	40
		D35 이하인 철근	20
	보, 기둥		40
	셀, 절판부재		20

유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차
$d \leq 200\text{mm}$	$\pm 10\text{mm}$	-10mm
$d > 200\text{mm}$	$\pm 13\text{mm}$	-13mm

다. 염화물 함유량시험 결과 분석

콘크리트 품질평가 기준인 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목이므로 염화물 함유량에 따른 상태평가 기준은 다음과 같다.

기준	전염화물 이온량 (kg/m^3)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 ≤ 0.3	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• $0.3 < \text{염화물} < 1.2$	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• $1.2 < \text{염화물} < 2.5$	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 ≥ 2.5	• 철근부식 발생
e	—	—

※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 교량편 (한국시설안전공단, 2017.01)

라. 도장두께 측정결과 분석

일반환경의 중방식 도장계열과 비교하여 적정성 여부를 평가한다.

구 분	도장 계열	공 정		도료명칭 또는 방법	추천도막 두께(μm)	도장 횟수	비고
교 량 외 부	GEB	1차 표면처리		SSPC - SP10			
		샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1	
		2차 표면처리		SSPC - SP10			
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1	
			제2층	미스트 코트	80	1	
			제3층	후막형 에폭시계도료		1	
		공장/현장도장	제4층	폴리 우레탄계도료	30	1	
			제5층	폴리 우레탄계도료	30	1	
계			215				
교 량 내 부	GIB	1차 표면처리		SSPC - SP10			
		샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1	
		2차 표면처리		SSPC - SP10			
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1	
			제2층	미스트 코트	100	1	
			제3층	후막형 에폭시계도료		1	
		계			175		

※도로교 표준시방서 (건설교통부, 2016)

마. 강제초음파탐상 시험 결과 분석

본 과업에서의 초음파탐상시험 방법 및 지시에 대한 등급분류는 한국산업규격 KS-B-0896에 따르며 도로교표준시방서에 의거 판정기준을 정하였다.

① 등급분류

영 역 판두께(mm)	M검출레벨의 경우는 Ⅲ L검출레벨의 경우는 Ⅱ와Ⅲ			Ⅳ		
	18이하	18 ~ 60	60이상	18이하	18 ~ 60	60이상
1 급	6이하	t/3이하	20이하	4이하	t/4이하	15이하
2 급	9이하	t/2이하	30이하	6이하	t/3이하	20이하
3 급	18이하	t이하	60이하	9이하	t/2이하	30이하
4 급	3급을 초과하는 것					

② 판정기준

- 인장 및 교변하중이 작용하는 부재의 용접부 : 2급이상 합격
- 압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부 : 3급이상 합격

2.2 상태평가

2.2.1 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- 1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가를 산정한다.
- 2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 3) 복개구조물은 바닥판의 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

2.2.2 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 기준 값이며, 아래표와 같이 결함도 지수와 등급 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

· 결함도 지수와 등급 범위

등급	a	b	c	d	e
결함도지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
등급범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$

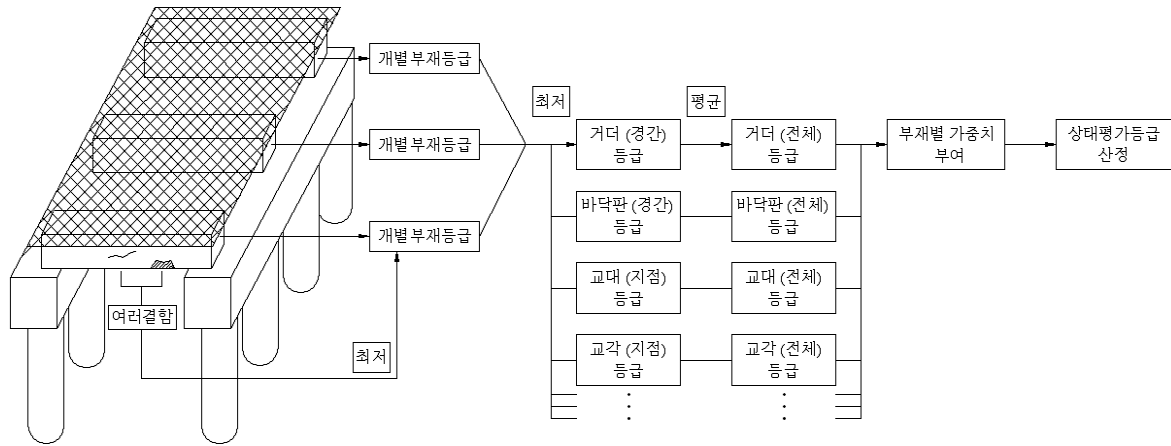
가. 램프교가 포함된 교량의 경우

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.

2.2.3 상태평가 결과 산정 방법

이해를 돕기 위해 본교, 접속교, 램프교로 구성된 교량의 전체 상태평가 결과 산정 사례를 아래와 같이 예시하였다.



<전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예>

가. 본교

같은 구조형식별로 분류한 후 부재별로 평균한다. 구조형식에 따른 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

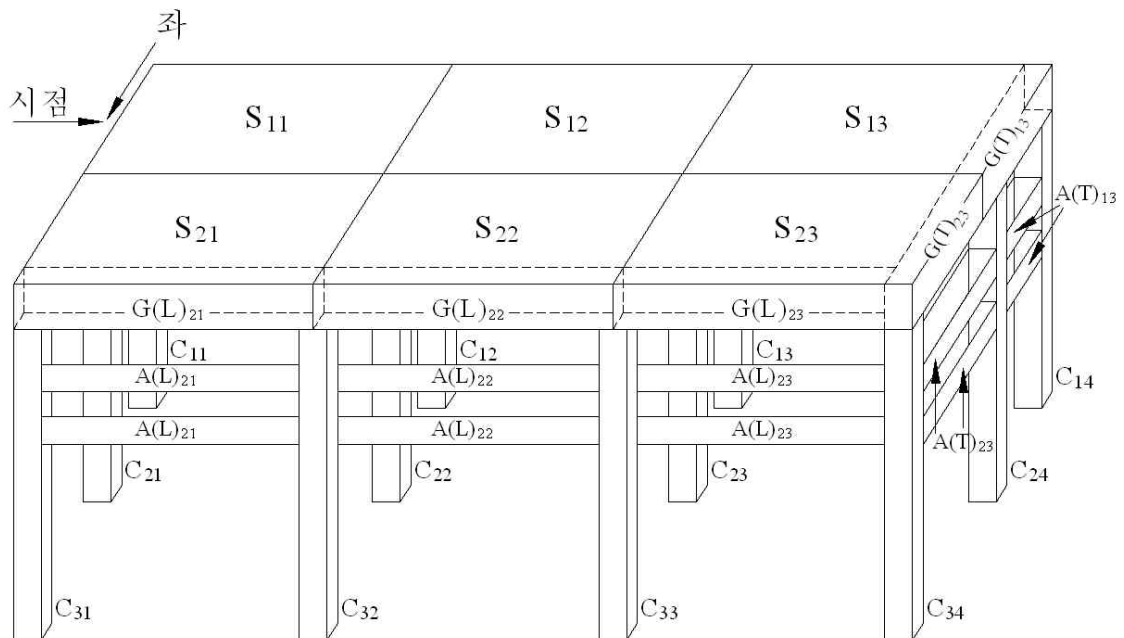
1) 강거더교의 경우

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	염화물
1	강거더교	b	b	b	c	b	a	c	c	b	Q	b	a
2	강거더교	b	a	b	c	c	a	X	c	a	Q	b	a
3	강거더교	a	a	b	c	c	a	c	c	a	Q	b	a
평균		0.17	0.13	0.20	0.40	0.33	0.10	0.40	0.40	0.13	0	0.20	0.10
가중치		20	18	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치) /가중치 합		0.030	0.027	0.010	0.028	0.010	0.002	0.036	0.036	0.027	0	0.008	0.003
												0.216	
												B	

2) 라멘교의 경우

라멘교에서 거더와 가로보가 종방향과 횡방향으로 이루어진 경우에는 종방향과 횡방향의 거더 및 가로보를 평균하여 평가 결과를 산정한다.

부재의 분류		상부구조			2차부재		기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더		가로보		포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	염화물
			중	횡	중	횡									
11	라멘교	b	c	c	c	c	c	b	a	c	c	b	c	b	a
12	라멘교	b	b	c	c	b	c	c	b	c	b	b	c	b	a
13	라멘교	c	c	b	b	c	b	c	b	c	c	b	b	b	a
21	라멘교	b	b	c	b	c	c	b	b	c	b	b	b	b	a
22	라멘교	c	c	b	b	b	c	b	b	c	c	a	c	b	a
23	라멘교	c	c	c	c	d	c	c	a	c	c	c	b	b	a
평균		0.30	0.33		0.34		0.37	0.30	0.17	0.40	0.33	0.22	0.30	0.20	0.10
가중치		20	21		5		7	3	2	3	3	22	7	4	3
(평균×가중치) /가중치 합		0.060	0.070		0.017		0.026	0.009	0.003	0.012	0.010	0.048	0.021	0.008	0.003
														0.287	
														C	



<라멘교의 부재 구성도 예시>

3) 본교 전체의 상태평가 결과

본교 전체의 상태평가 결과 산정은 구조형식별로 산정한 환산 결함도 점수에 연장비를 곱한 후 전체를 합하여 산정한다.

구 분	구조형식	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도점수 × 연장비
본교	강거더교	0.216	B	2,000	0.571	0.123
	라멘교	0.287	C	1,000	0.286	0.082
	PSC박스교	0.312	C	500	0.143	0.045
						0.250
						B

나. 접속교

본교 기준에 준함

다. 램프교

램프교의 경우에는 각 램프에 대해 별도로 평가하며, 램프교 전체를 대표하는 상태평가 결과는 산정하지 않는다.

라. 전체 교량의 대표 상태평가 결과 산정

길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상태평가 결과를 산정한다.

종류	구분	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
교량	본교	0.250	B	3,500	4	14,000	0.500	0.125
	접속교	0.266	C	3,000	4	12,000	0.429	0.114
	B램프교	0.187	B	200	2	400	0.014	0.003
	C램프교	0.236	B	100	2	200	0.007	0.002
	D램프교	0.625	D	100	2	200	0.007	0.004
	E램프교	0.285	C	300	2	600	0.021	0.006
	N램프교	0.176	B	200	2	400	0.014	0.003
	O램프교	0.294	C	100	2	200	0.007	0.002
								0.258
								B

2.2.4 구조형식에 따른 부재별 가중치

<구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치>

구분	결합도 평가항목		슬래브 교량	거더교량						라멘교			
				일반 거더교			바닥판,거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판			
상부	바닥판		34	18	18		20	23	15	34	20	21	
	주 형			20	25	37	18	20	23		21	23	
	2차부재			5		11	5		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)			

() : 정밀점검 시 적용 가중치

< 해 설 >

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.
- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 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.

2.3 안전성평가

2.3.1 안전성 평가기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 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 활하중여유도로서 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 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가 등급을 산정한다.

2.3.2 안전성 평가

가. 상부구조의 고려사항

상부구조의 안전성 평가시 다음 사항을 충분히 고려하여 엄밀한 판정이 되도록 한다.

- 콘크리트 및 강재 등 재료의 실제강도
- 균열, 박리, 박락, 층분리
- 강재, 철근의 부식
- 구조부재의 실제단면적과 철근의 위치
- 처짐
- 볼트, 리벳, 용접 등 연결부위의 상태
- 신축 이음부와 받침부의 구속력

강교의 경우, 교량에 발생하는 결함 및 손상의 대부분이 용접부 및 절취부 등의 불연속면에 작용하는 응력집중에 의한 국부적인 누가손상 및 피로파손에 기인하므로 피로응력에 대한 평가를 필요로 하는 경우가 있다.

나. 하부구조의 고려사항

교량의 안전성에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관심을 하여야 하며 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다.(내진안전성 포함) 하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 점검 결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다.

교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성 확보 유무가 점검되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려한다.

다. 여유도가 없는 구조물 (Nonredundant Structure)

구조물에는 부분적인 부재의 파괴가 교량 전체의 붕괴를 야기시킬 것으로 예상되는 주요구조부재가 존재한다. 이러한 구조물의 안전성평가 시에는 이들 여유도가 없는 부재에 특별히 유의한다.

<표 2.6> 구조물의 안전성 평가기준

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 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u}$
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	0.9 ≤ SF < 1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	
E	SF < 0.75	

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 소문자(a, b, c, d, e)로 표기하고 전체시설물에 대해서만 대문자(A, B, C, D, E)로 표기함.

2.3.3 내하력평가

가. 허용응력법에 의한 공용내하력 평가

1) 내하율의 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1.0+i) 를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다.

사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 도로교 표준

시방서와 철도건설공사 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 중성화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 설계기준의 설계활하중을 사용한다.

허용응력법에 의한 내하율은 강 부재의 내하력 산정 시 적용하는 것이 바람직하다.

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

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

여기서, f_a = 허용응력

f_d = 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)에 의한 응력

i = 충격계수는 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

2) 공용내하력의 산정

허용응력법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{ 공용내하력(P)} = K_s \times \text{RF} \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응답 보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1 + i_{\text{계산}}}{1 + i_{\text{실측}}}$$

$$\text{또는 } \text{응답 보정계수} = \frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1 + i_{\text{계산}}}{1 + i_{\text{실측}}}$$

f_a = 허용응력

f_d = 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)에 의한 응력

$i_{\text{계산}}$ = 도로교의 경우 도로교설계기준에 의한 충격계수

$i_{\text{실측}}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

P_r = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)

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

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

나. 강도설계법에 의한 공용내하력 평가

1) 내하율의 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15 가된다.

단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가 시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정 시는 교량의 현재상태에 따른 단면감소와 코어 강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL하중) 및 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중(LS하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하율은 콘크리트 부재의 내하력 산정에 적용하는 것이 바람직하다.

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

여기서, ϕM_n =극한 저항모멘트(강구조물 $\phi = 1$, RC·PC구조물의 휨부재

$$\phi = 0.85)$$

$$M_d = \text{실측 고정하중모멘트}$$

$$M_l = \text{설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)에 의한 모멘트}$$

$$\gamma_l = \text{활하중 계수} = 2.15$$

$$\gamma_d = \text{고정하중 계수} = 1.30$$

$$i = \text{도로교설계기준에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.}$$

2) 공용내하력의 산정

강도설계법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{공용내하력(P)} = K_s \times \text{RF} \times P_r$$

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

$$\text{또는 응답보정계수} = \frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

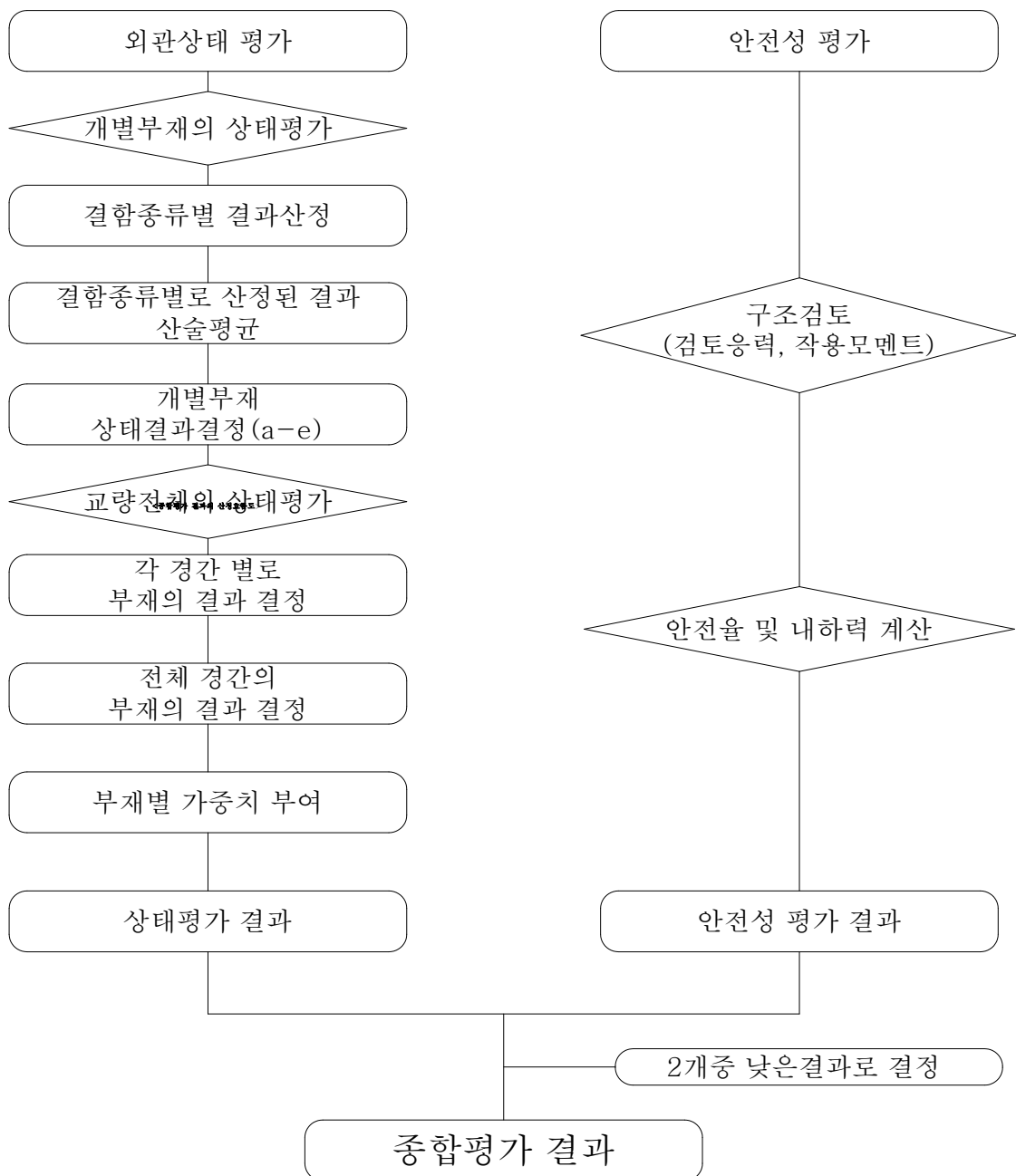
$$P_r = \text{설계활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)}$$

2.4 종합평가

2.4.1 종합평가 기준

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

- 종합평가 결과 = MIN (상태평가 결과 , 안전성평가 결과)



2.5 안전등급 지정

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

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 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.

<종합평가 등급 기준>

안전등급	상태 및 안전성
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

2.6 보수·보강 대책 및 유지관리 방안 제시

가. 목 적

교량의 사용성, 내구성, 안전성을 확보하여 시설물의 성능유지 및 효율적이고 경제적인 유지관리를 위함이다.

나. 내용

(1) 보수·보강 대상 부재의 결정

- 육안조사 및 비파괴시험을 통하여 손상부위 및 부재 결정
- 필요시 구조해석, 재하시험을 통하여 안전성에 문제가 있는 부재선정 및 거동을 규명한다.

(2) 합리적인 보수·보강 공법 도출 제시

- 보수·보강 공법 비교 분석 및 자문의견 수렴을 통한 합리적인 보수·보강 공법을 제시한다.
- 필요시 구조해석 또는 실험을 통하여 보수 및 보강공법의 적정성을 확인한다.
- 구조적으로 중요한 손상 또는 대규모의 손상에 대해서는 보수 및 보강효과의 확인을 위한 검증방법을 제시한다.

(3) 손상의 등급에 따라 우선순위를 3순위로 분류하여 보수시기를 결정

- 1등급 : 손상의 정도가 심각하여 교량의 안전성에 위해가 되는 경우로써 조속한 보수를 요하며, 보수시까지 단기적인 보수대책을 마련한다.
- 2등급 : 교량의 내하력 및 내구성 저하를 유발하지만 안전성에 위해가 없는 경우로써 발주자가 별도의 보수계획을 수립하여 보수한다.
- 3등급 : 비구조적인 손상으로써 교량의 미관이나 보행자의 안전에 관련된 손상으로서 보수시기의 제한이 없을 경우이다.

(4) 효율적인 유지관리 방안제시

- 공용수명 연장을 위한 효율적인 유지관리 방안 제시
- 기 보강되어 있는 부재의 유지관리 방안 검토

제 3장 사용 진단장비 목록

장 비 명			규 격	용 도	활 용 방 법	사 진
콘 크 리 트	균열폭측정기		LIGHT SCALE LUPE 10X	균열폭 측정	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	초음파 탐지기	PUNDIT		콘크리트 강도추정 균열깊이 추정	송신자와 수신자를 통해 건전부와 불건전부의 초음파 진행속도의 차이로 측정	
	반 발 경 도 측정기	Schmidt hammer	NR-10	콘크리트 강도추정	약 3cm 간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함	
	탄산화 시험기		Conkit	콘크리트 내부 탄산화 체크	체크하고자 하는 면을 채취하여 페놀프탈레인 용액 1%를 분사하여 대비되는 색깔로 pH양을 측정	
철 근	철 근 탐사기	RC-Radar	PROFO METER 4	철근배근상태·피복두께 측정	본체와 연결된 스캐너를 통해 한쪽 방향으로 이동하여 철근의 위치를 액정화면을 통해 측정	
			NJJ 95B			
강 재	초음파탐지기		QBT2+	용접부 결함탐상	2MHz ~ 5MHz 탐촉자를 통해 송신하여 수신되는 CRT 화면의 에코변화를 판단하여 측정	
	도막두께측정기		Coating Thickness Gage A2005S	도막두께 측정	탐촉자로 먼저 SETTING을 한 후 도막이 형성된 부위에 접촉하면 모니터를 통해 수치를 읽음	
보조기구			카 메 라	뮤770SW	현황 촬영	
			무 전 기	-	교신용	
			드 릴	Hammer Drill	콘크리트천공	
수중조사			수중 카메라	UWC-170VH	수중구조물 외관조사	

제 4장 과업수행일정

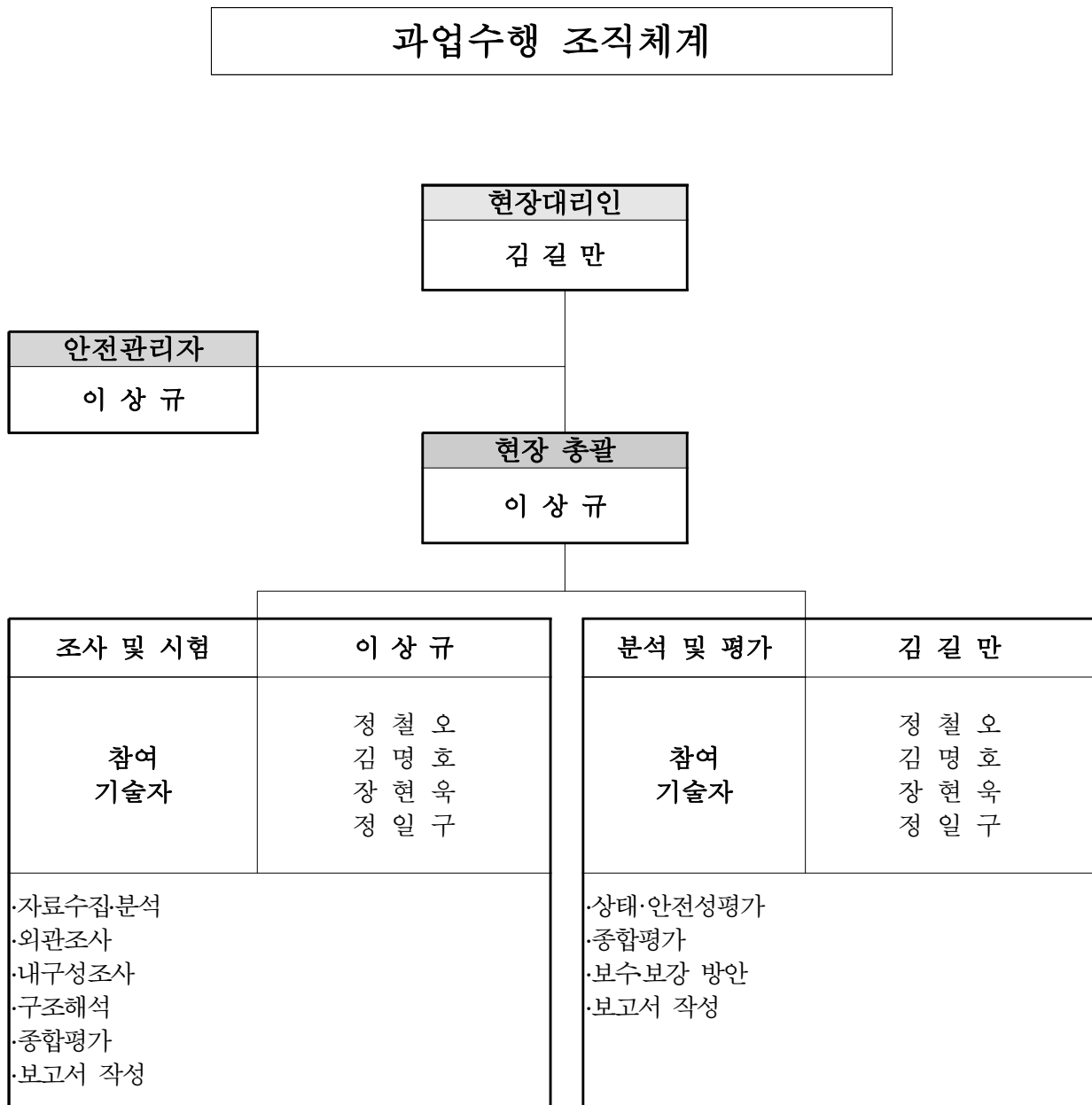
공 종			보할	2027년																																		
				3월									4월									5월									6월							
1. 관련자료 수집 및 답사				3	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	31	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	31	2	4	6	9
• 사례수집 및 분석																																						
• 관계도서 수집 및 분석																																						
• 현장조사 계획수립																																						
2. 시설물의 외관조사				30																																		
• 외관조사																																						
• 조사결과 정리																																						
• 상태평가																																						
3. 내구성 및 내하력 조사				25																																		
• 콘크리트비파괴조사																																						
• 로아채취 및 실내시험																																						
• 조사결과 정리																																						
4. 시설물 안전성 평가				25																																		
• 구조검토																																						
• 종합평가																																						
5. 보수·보강방안 및 심의				10																																		
• 보수·보강방안제시																																						
• 유지관리방안 제시																																						
• 관리주체 협의																																						
6. 보고서 작성				7																																		
• 초안보고서 작성																																						
• 최종보고서 작성 및 제출																																						
보할 계				100																																		

용역기간 : 2017. 3. 02~2017. 6. 09(100일간)

용역명: 연호고가교외 2개소 정밀안전진단

제 5장 과업수행 조직체계 및 인원투입계획

5.1 과업수행 조직체계



5.2 인원투입계획

구 분	성 명	기술자격	과 업 내 용						투 입 기 간 (일)	비고
			사전 조사	현장 조사	내구성 조사 상태평가	안전성 평가	보수 보강 공법	보고서 작성등		
사 업 책	김 길 만	특급기술자							2017. 3. 2 ~ 2017. 6. 9 (100)	
분야별 책	이 상 규	특급기술자							2017. 3. 2 ~ 2017. 6. 9 (100)	
	정 철 오	초급기술자							2017. 3. 2 ~ 2017. 6. 9 (100)	
	김 명 호	초급기술자							2017. 3. 2 ~ 2017. 6. 9 (100)	
	장 현 욱	초급기술자							2017. 3. 2 ~ 2017. 6. 9 (100)	
	정 일 구	초급기술자							2017. 3. 2 ~ 2017. 6. 9 (100)	

제 6장 안전관리 계획

6.1 안전관리 내용

구 분	안전관리 항목 (유해, 위험요소)	안 전 관 리 대 책
공통사항	○ 현장작업 착수전 준비 및 확인사항	-관리주체 감독원에게 현장조사 일정보고(전화) -비상 연락처 위치 및 전화 번호 확인 .관리주체, 경찰서, 소방서(119), 병원 -작업전 현장 예상사고 발생요소 확인 후 교육 및 토의 -안전장구 착용 및 진단자 복장 확인 -안전 점검일지 작성 -우천시 작업 중단 -팀장은 작업 중 수시 안전 확인
교통통제	○ 교통사고	-교통통제 .관할경찰서와 협조 .관리주체 담당자와 합동 확인 -각종 교통안전표지 .표지판 내용, 훼손 여부 및 종류별 설치 위치 확인 .라바콘 설치, 야광 성능 확인 .작업 종료 후 철수 확인 -신호수 .신호방법 교육 .적정인원 배치 및 위치 확인 .복장 및 신호깃발, 호루라기 소지 확인 .교대 근무자 대기 배치
고 소 차 이 용	○ 장비에 승, 하차시 추락위험 ○ 고소차 .승차인원 과다로 장비 미작동 .이동중 부재와 점검자 머리충돌	-장비 운전자는 점검자가 안전하게 승, 하차토록 운전 -고소차 .허용 승차인원 통제 .구간이동 중 점검자의 자세 확인 .사다리설치 시 고정 상태 확인
외관조사	○ 외관조사시 충돌 및 추락주의 ○ 교면조사시 공사차량에 의한 사고.	.외관조사시 안전보호구 필히 착용 .팀장은 조사중 수시 안전 확인
비 파 괴 시 험	○ 콘크리트	-콘크리트 .코아 채취기 고정을 위한 앙카 상태 확인 .콘크리트표면 그라인딩 작업시 보안경착용

6.2 안전교육 계획

6.2.1 안전교육 계획내용

구 분	교육시기	대 상	내 용
정 기 교 육	최초작업 착수 전	진단자 전 원	○ 교관 : 안전관리책임자, 안전관리자(현장) ○ 교육내용 - 작업(진단)개요 - 시설물현황(위험, 출입 통제장소 등) - 차량운전시 주의사항 - 현장유해, 위험요소, 기계, 기구에 대한 사전 점검항목 및 점검방법에 관한 사항 - 각종장비 취급요령 및 작업(진단)방법에 관한 사항 - 보호용구 및 안전설비 취급과 사용에 관한 사항 - 상호연락, 비상연락체계 및 관리주체와 협의된 사항 - 기타안전 보전에 관한 사항 - 특별법 제34조의 규정에 의한 비밀유지 철저
수 시 교 육	작업변경사항 발생시	해 당 작업자	○ 교관 : 안전관리자 ○ 교육내용 : - 정기교육 내용중 신규채용(현장보조인부 포함) 및 추가투입된 진단자에 필요한 사항 - 작업(진단) 공종 변경자(변경내용에 관한 사항)
특 별 교 육	특수공종 작업 전	해 당 작업자	○ 교관 : 안전관리자 ○ 교육내용 - 현장유해, 위험요소, 기계, 기구에 대한 사전점검 항목 및 점검방법에 관한 사항 - 안전수칙에 관한 사항 - 사고시 응급처치 및 조치에 관한 사항 - 기타 안전 보전에 관한 사항 - 관리주체와 작업(진단)과 관련 협의된 사항

6.2.2 안전수칙

가. 작업시 안전수칙

- 1) 간별 및 공정별 과업 책임자는 매일 작업 착수전에 과업 참여자에 대하여 안전교육을 실시한다.
- 2) 과업 시행 전에는 안전복장 및 보호구를 착용하고 차량 감시원을 배치하여야 하며 감독의 허가없이 작업장을 이탈하지 않는다.
- 3) 작업장 내에서는 불안정한 행동을 삼가고 불안정한 요소를 사전에 제거한다.

나. 공통

- 1) 위험한 작업 시에는 안전관리자가 입회하도록 하며, 특별교육을 실시한다.
- 2) 작업 실시 전에 지장물을 파악하여 관리주체의 협조를 얻어 안전조치를 취한 후 작업을 실시한다.
- 3) 공공의 안전과 관계가 있는 경우에는 적절한 조치(출입금지, 접근금지 등의 표지판 설치, 감시인 배치 등)를 한다.
- 4) 안전관리자는 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입에 대하여는 관리주체와 사전협의를 하며, 관리주체가 위 장소의 사용자에게 작업사실을 공지할 수 있도록 사전 협조를 한다.
- 5) 다음의 각 사항의 작업시에는 반드시 보호구를 착용한다.
 - .높이 2m 이상의 고소작업으로 추락위험이 있는 장소에서는 안전벨트를 착용한다.
 - .낙하물에 의한 위험이 있는 장소에서는 안전모 및 안전화를 착용한다.
 - .분진 등이 현저하게 발생하는 장소에서는 분진 방지 마스크를 착용한다.
 - .유해가스 등에 의한 질식 등의 위험이 있는 장소에서는 방독 마스크 또는 방독면을 착용한다.
 - .산소 결핍 등의 위험이 있는 장소에서는 산소 마스크를 착용한다.
 - .작업시에는 형광 표시 의류, 반 벨트, 신호수 옷 등을 착용한다.
- 6) 야간 또는 어두운 곳에서의 작업시에는 충분한 밝기의 조명시설을 갖추고 식별이 용이하도록 조치를 하며 수시로 작업자 상호간의 연락을 취한다.
- 7) 유해가스 발생 및 잔류가 예상되는 장소는 반드시 사전에 정밀 측정기에 의한 측정 및 확인, 안전조치를 한 후에 작업한다.
- 8) 전기를 사용할 경우에는 감전사고 예방 조치를 취한다.
- 9) 각종 측정장비의 사용할 때 주의사항을 숙지하여야 하며 무리한 사용과 조작을 하지 않는다.
- 10) 장비 사용에 있어 취급자격이 요구되는 장비는 유자격자 이외에는 사용할 수 없도록 한다.

6.2.3 안전관리 실시 및 보고

가. 현장작업 안전관리자는 현장작업 일체에 대한 안전관리업무를 수행하며 안전관리자 부재시 차 하급자가 대행한다.

나. 장비점검은 매일 작업종료후 실시하여 안전관리자의 확인을 받는다.

다. 현장작업 시 안전관리자는 매일 안전관리를 실시 점검하고 안전관리 점검일지를 작성하며 매주 1회 이상 안전관리실시 및 점검 내용을 안전관리책임자에게 보고한다.

라. 안전사고 및 긴급사태 발생 시 안전관리자는 응급조치를 수행함과 동시에 안전관리책임자에게 유선 선보고 후 사고보고서를 작성하여 서면보고 한다.

마. 시설물의 주요부위 출입 시는 관리주체에게 통보하여 허락을 득 하거나 관리주체의 감독원의 안내를 받도록 한다.

6.3 안전관리조직 및 비상연락망

안전관리조직 및 비상연락망

