

여주대교 교량 정밀 안전진단 용역 과 업 수 행 계 획 서



2014. 05



여 주 시 청

(주) 한마음엔지니어링



과업위치도

- 시설물명 : 여주대교
- 위 치 : 여주시 상동, 천송동일원

시설물 위치도



시설물 전경





제1장 과업의 개요

1 과업의 개요

● 과업명 : 여주대교 정밀안전진단 용역

● 과업의 목적

• 본 과업은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제6조에 의거 실시하는 정밀점검용역으로 교량관리시스템 구축을 통해 교량의 효율적인 유지관리를 도모하고 대상시설물의 외부적인 손상, 결함의 발견 및 원인 등을 조사, 측정하여 손상등급을 판정하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 보수보강 방안 및 효율적인 유지관리방안을 제시하는데 목적이 있다.

● 과업 대상시설물

시설물명	상부형식	하부형식	교장	교폭	준공년도	설계하중
여주대교	RCS+STB	•교대 : 역T형 •교각 : T형	502.6m	17.5m	1997	DB-24

● 과업의 범위

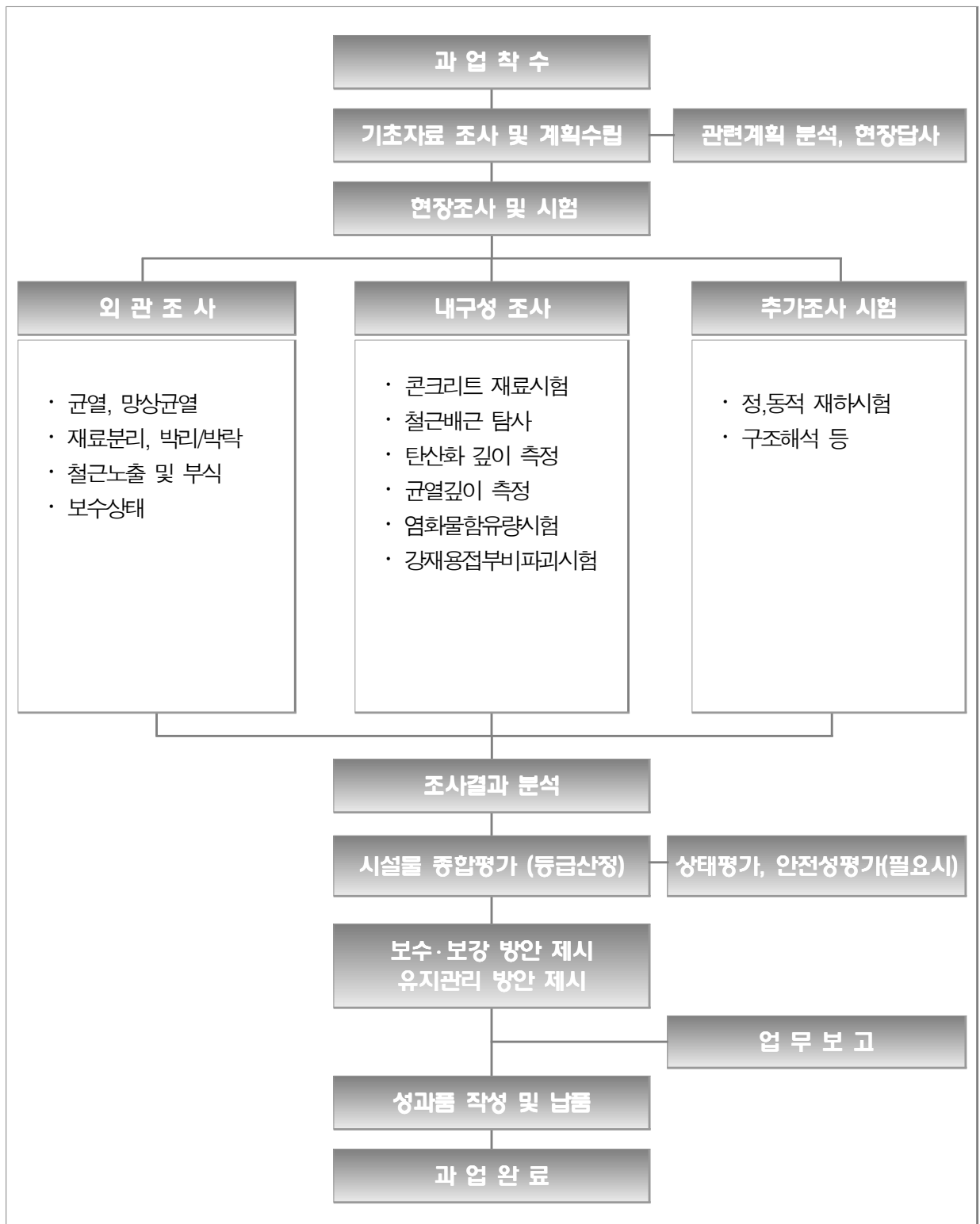
- (1) 과업수행계획 수립보고
- (2) 자료수집 및 분석(기존 점검보고서 검토 포함)
- (3) 구조물의 제원, 손상상태 및 외관조사 등 현장조사(구조물 부재별로 실시)
- (4) 시설물의 내구성 및 내하력 조사 및 평가(비파괴시험, 재하시험)
- (5) 시설물의 상태 및 안전성 평가(상태 및 안전성평가 등급 산정 및 종합평가)
- (6) 시설물의 보수보강 방안 또는 효율적인 유지관리방안 제시
- (7) 보고서 작성 제출(외관조사망도 포함)
- (8) 한국시설안전기술공단 자료 입력
- (9) 위에 기술되지 않았으나, 본 과업수행의 완성을 위해 발주처가 요구하는 사항

● 과업기간 : 2014년 05월 14일 - 2014년 8월 11일(착수일로부터 90일간)



2 과업 수행흐름도

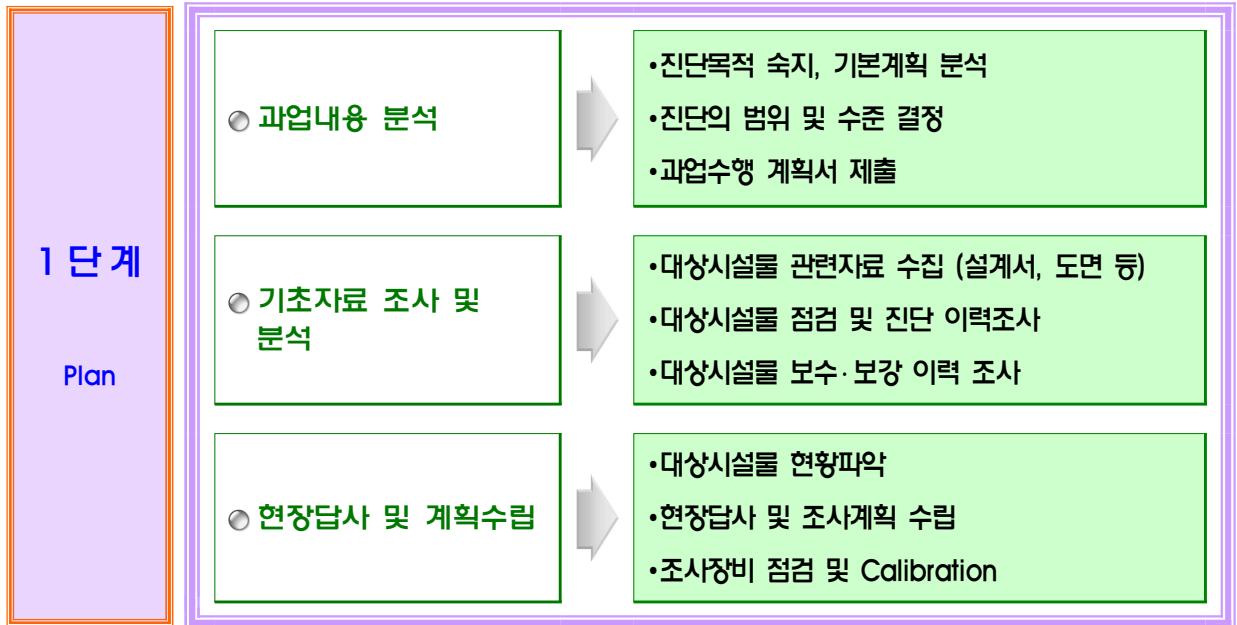
정밀 안전진단 수행 흐름도



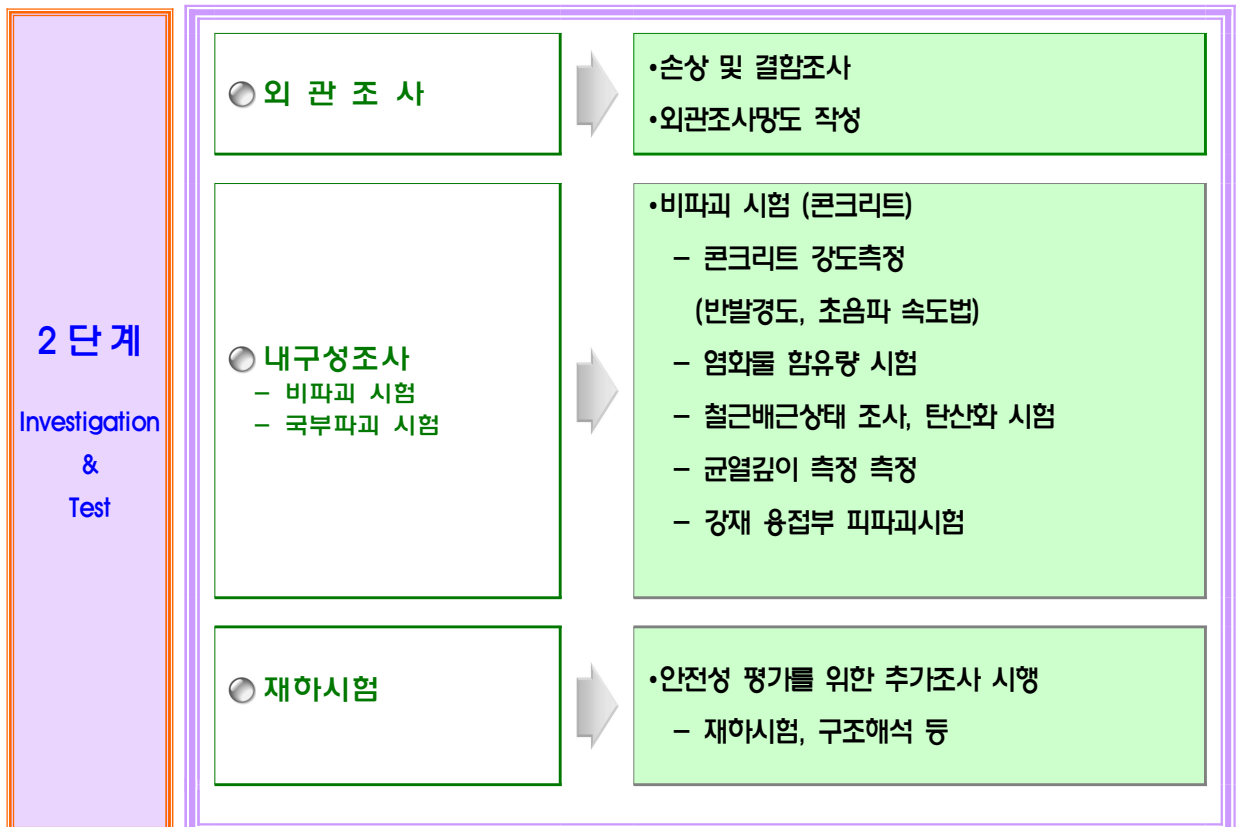


3 단계별 과업수행내용

1단계 : 사전조사 및 자료수집



2단계 : 현 장 조 사

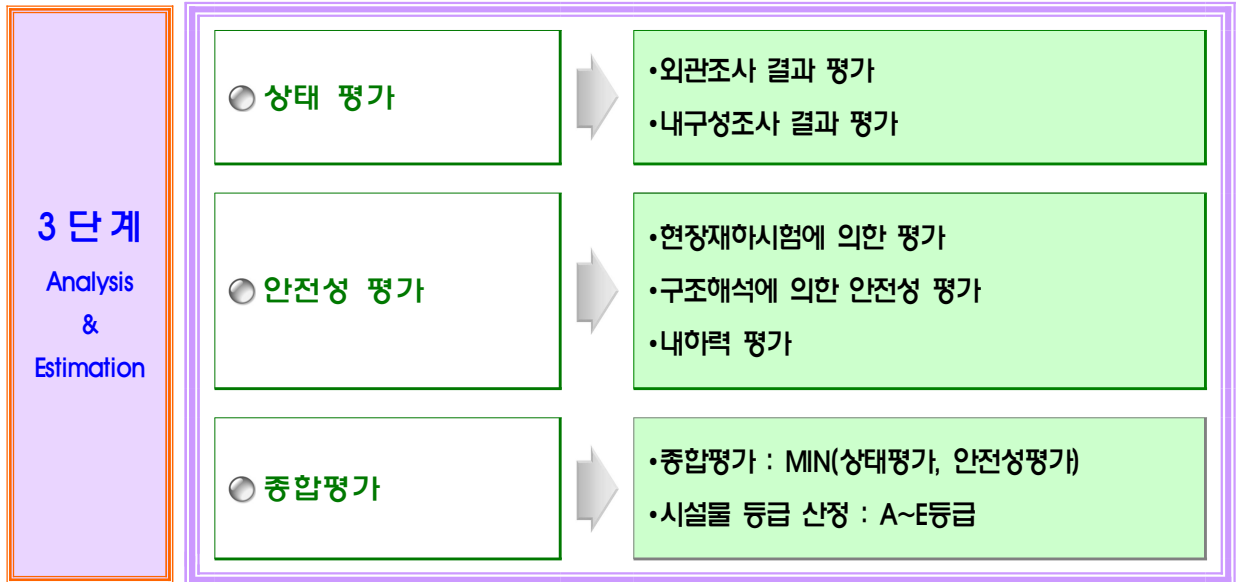




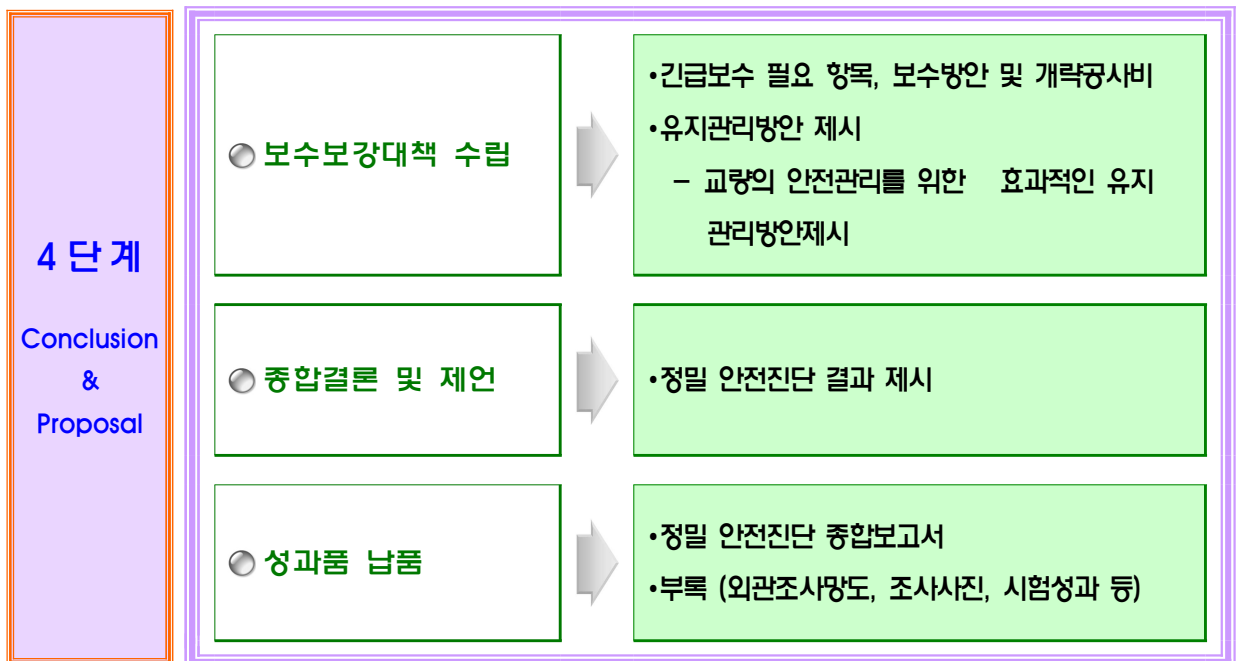
과업수행계획서

제1장 과업의 개요

3단계 : 현장조사 결과 분석 및 평가



4단계 : 종합결론 및 제언





제2장 과업수행 내용

1 기초자료조사 및 계획수립

● 과업내용 분석

- 정밀 안전진단의 목적 분석 및 숙지
- 정밀 안전진단의 범위 및 수준 결정 → 과업수행계획서 제출

● 기초자료조사 및 분석

● 시설물 자료검토

- 대상 시설물의 설계자료 : 설계보고서, 설계도면등
- 대상 시설물의 보수·보강 이력 등 유지관리 현황 분석

● 기타 시설물 관련자료

- 품질관리 자료, 계측기록 등
- 시설물 점검 및 진단이력
- 시설물 유지관리, 보수·보강 이력, 기타 사고기록

● 진단계획 수립

● 현장 사전조사

- 현장여건 및 문제점 파악
- 시설관리자 의견 청취
- 시설 관련자료 검토

● 조사계획 수립

- 조사범위 및 조사항목 결정
- 조사 소요인원, 장비, 작업 소요시간 예측
- 접근 방법 및 안전관리 계획 수립



2 현장조사 및 시험

외관조사

구분	조사항목	투입장비
외관조사	• 전반적 외관상태 : 침하, 활동 등 • 구조부재별, 재료별 외관상태 등 • 조인트 유간확인, 받침부 이동량 측정 • 접속슬래브 침하상태, 포장상태 • 교각, 교대의 손상, 결함, 열화	• 균열경 및 균열측정기 • 망치, 카메라 • 손전등, 필기도구 • 줄자, 스태프 등

• 관련자료(기실시 점검·진단 자료 등) 수집분석과 병행하여 정밀 현장조사를 시행
 • 외관조사는 대상 교량의 상부구조와 하부구조를 구분하여 조사
 • 시설물의 전반적인 외관상태에 대하여 면밀한 현장조사 및 사진 자료 첨부
 • 외관조사 실시 후 이상유무보고

내구성 조사

조사목적

내구성 조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우는 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

조사항목

구분	조사항목	사용장비	개요
내구성시험	반발경도 측정	Schmidt Hammer	• 콘크리트 반발경도 측정
	철근 배근탐사	Ferroskan	• 철근 배근상태 및 피복두께 조사
	탄산화 깊이 측정	CONKIT	• 탄산화 진행 깊이 측정
	균열깊이조사	PUNDIT	• 콘크리트 균열깊이 측정
	염화를 함유량 시험	—	• 콘크리트에 포함된 염화를 평가
	강재용접부 비파괴시험	—	• 강재용접상태 평가



반발경도 측정



철근배근 탐사



탄산화 깊이 측정

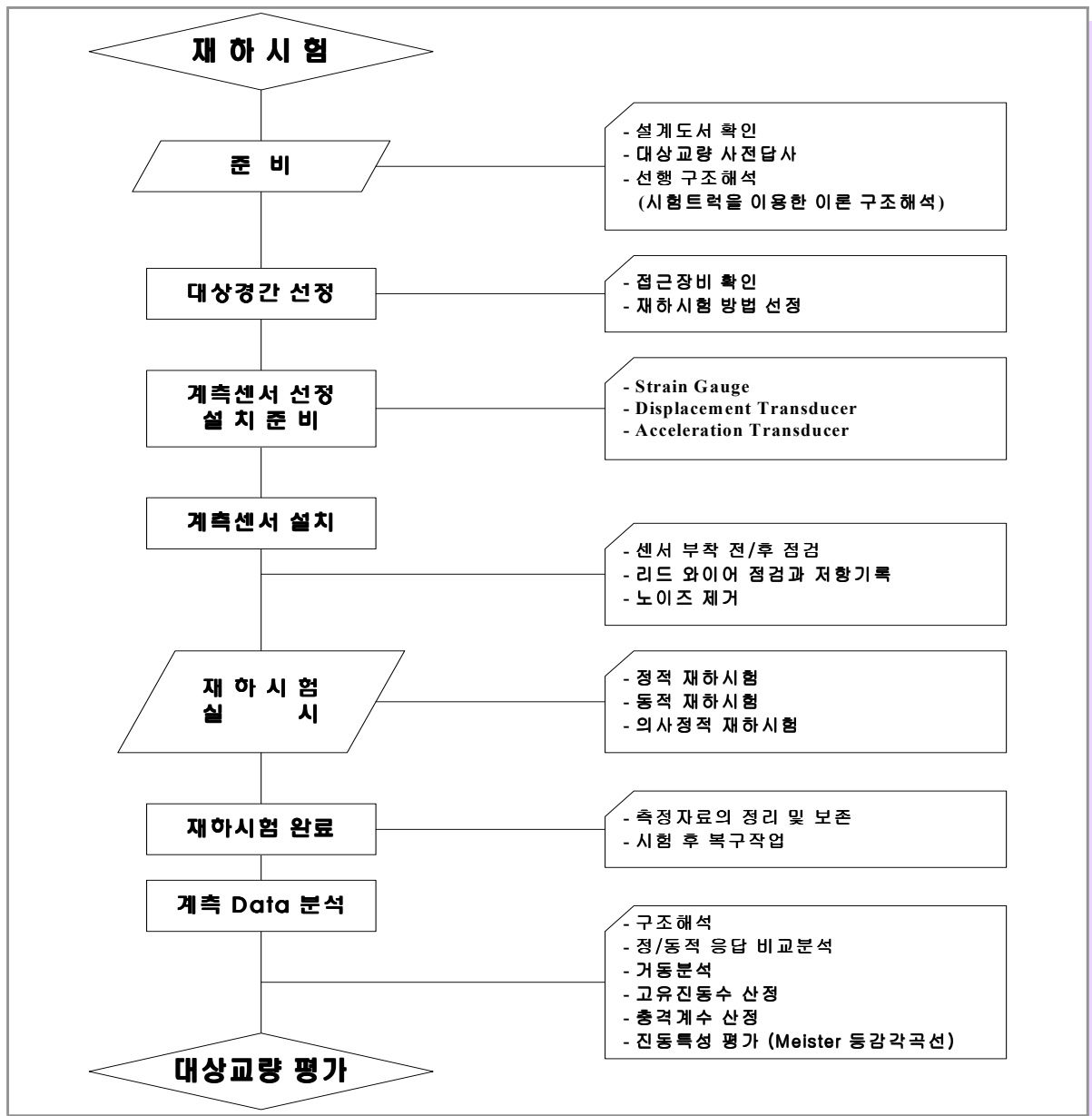


● 내하력평가를 위한 재하시험

● 시험목적

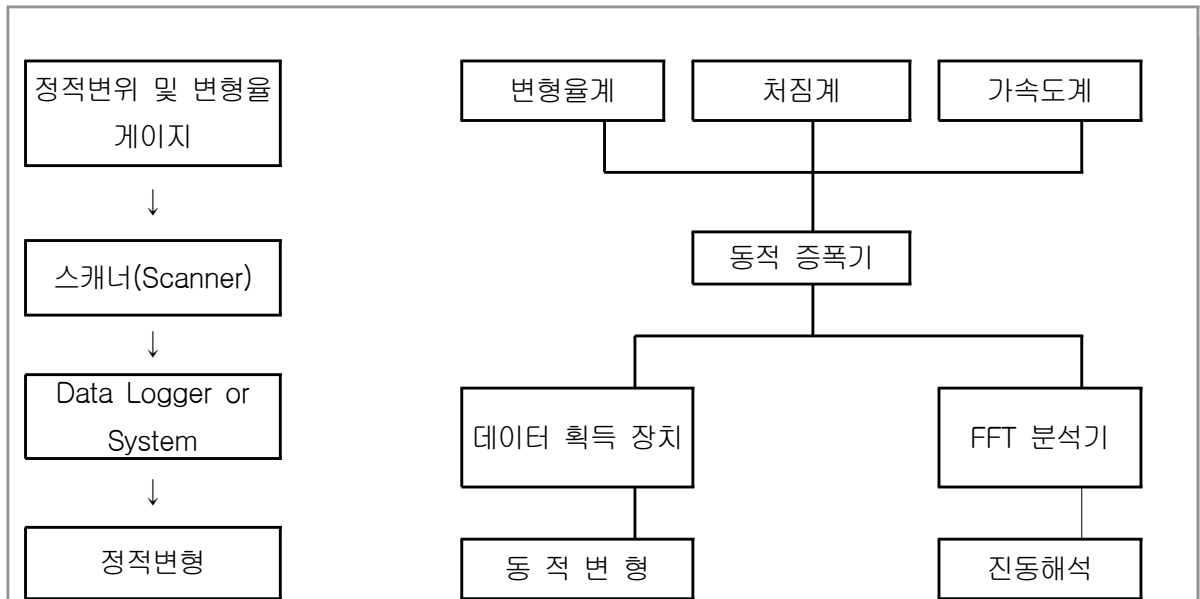
- 재하시험은 실험교량의 활하중에 대한 응답특성을 규명하여 구조해석상 이론적인 응답과 비교함으로써 실제적인 교량의 하중 지지능력을 평가하기 위한 것이다.
- 교량의 실제 정적 및 동적거동 평가
- 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토
- 실제 응답을 고려한 교량의 내하성능 분석

● 재하시험 흐름도



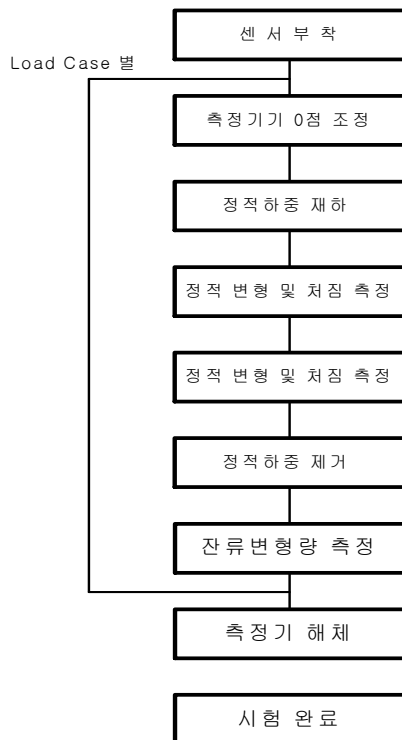


● 정 · 동적 재하시험 측정체계



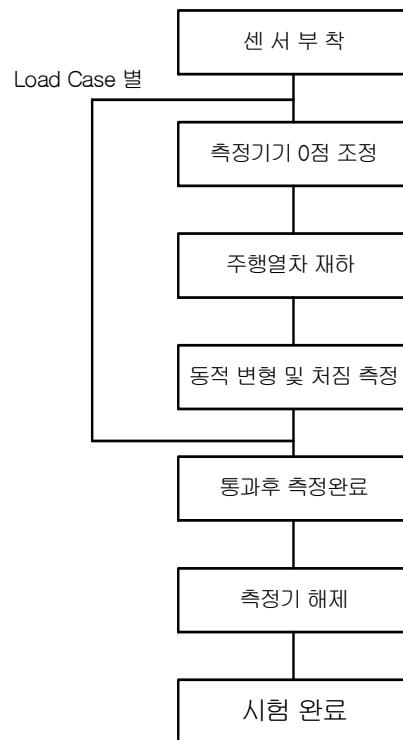
정적재하시험 절차

【정적재하시험 측정체계】



동적재하시험 절차

【동적재하시험 측정체계】





과업수행계획서

제2장 과업수행 내용

● 시험장비 및 게이지

구 분	측정항목	사용장비	개 요
정적재하시험	변 위 측정	OU-30	•정적변위 및 동적변위측정
	변형률 측정	PL-60-11-1L	•정적변형률 및 동적변형률측정
	가속도 측정	1g	•동적가속도측정

사용장비	MODEL 명	제조회사	개수	시험용도
STC-16NB Dynamic Strain Meter	SAS-97	M&T Korea	1 set (16 Ch)	정동적 데이터 측정기
Notebook Computer	-	Samsung	1 set	재하시험 Data Control
Ring Gauge	OU-30	Tokyo Sokki (日)	3 EA	정·동적 변위측정
Accelerometer	1g	Tokyo Sokki (日)	1 EA	동적가속도 측정
Strain Gauge	PL-60-11-1L	Tokyo Sokki (日)	10 EA	정동적 변형률측정



재하시험 전경



변위계 설치



가속도계 설치

● 재하시험 구간선정

구 분	내 용	선 정 사 유
1경간	•구조물 외관조사 및 형태에 대하여 분석후 구간선정	•단면 최대모멘트 발생지점 •경간 최대처짐 발생지점



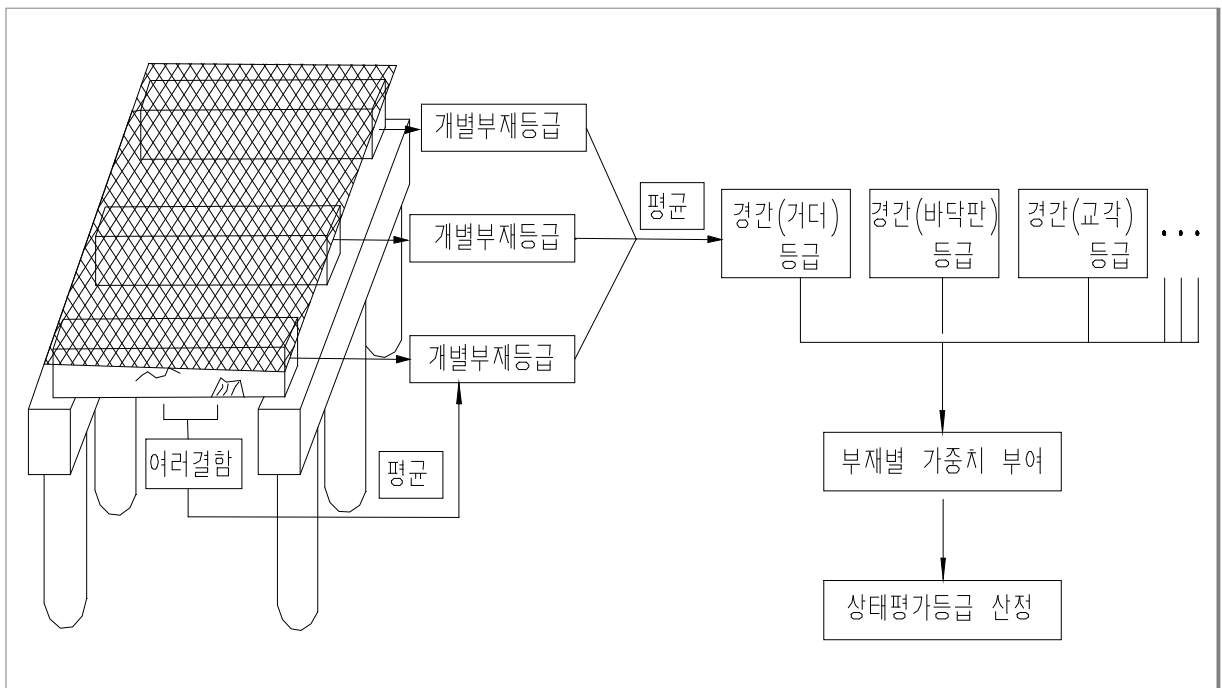
3 시설물 종합평가

● 상태평가

● 평가 기준

상태평가 등급	시설물의 상태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C	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	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

● 상태평가 등급산정 절차





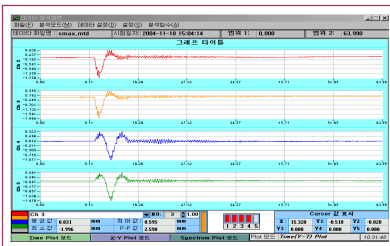
과업수행계획서

제2장 과업수행 내용

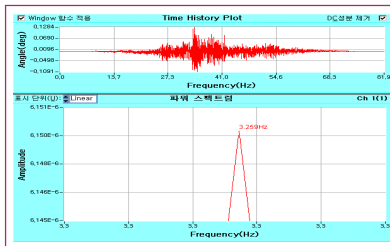
○ 안전성 평가

○ 재하시험 분석 및 평가

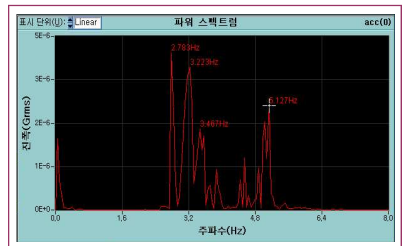
구 분	평가항목	평 가 내 용	측정개이지
정적거동	변형율	• 변 형 율 : 변형율 = 실측/이론 • 횡 분 배 : 평 가 = 내측/외측	• 변형률계 • 처짐계 • 가속도계
	하중-처짐	• 처짐 · 처짐각 : 실측/이론, 실측/허용 • 과하중에 대한 잔류처짐, 처짐회복율	
	하중-균열폭	• 균열면 철근응력 : 실측/이론	
동적거동	동적특성	• 고유진동수 : 실측/이론 • 대수감쇄율	
	충격효과	• 충격계수 = 실측/이론	
	공명현상	• 하중주기와 고유진동주기 분석	
	사용성평가	• 최대처짐과 고유진동수 분석	



변위 그래프



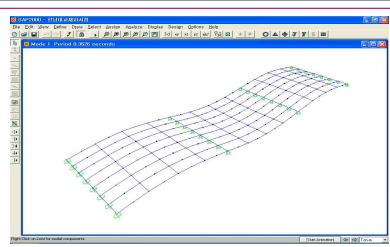
가속도 그래프



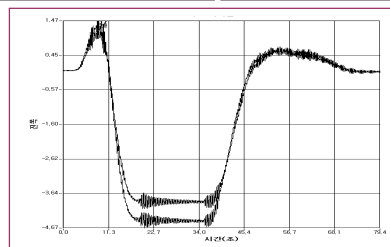
고유진동수 그래프

○ 구조해석

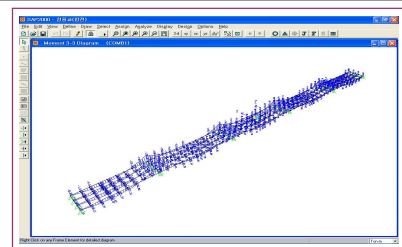
사용프로그램 및 요소	검토헌중
• 검토헌 유한요소 프로그램 : MIDAS • 사용요소 : FRAME, SHELL	• 고정하중 • 활하중 및 충격 • 재하하중(15ton DUMP)
해석결과	검토내용
• 고정하중모멘트, 활하중모멘트(충격포함) • 재하하중에 대한 변형률 및 변위	• 설계모멘트 > 극한모멘트 • 응답비 평가



모델링



변위형상



모멘트도



과업수행계획서

제2장 과업수행 내용

● 내하력평가

구 분	허용응력설계법	강도설계법
내하력 평 가	$RF = P_L \times \frac{f_a - f_d}{f_L \times (1 + i)}$ $f_L = P_L \text{에 의한 응력}$ $f_a = \text{주부재 사용재료의 허용응력}$ $f_d = \text{사하중 응력}$ $P_L = \text{설계하중 (DB)}$ $K_S = \text{응력보정계수} = \frac{\varepsilon_{\text{계산치}}}{\varepsilon_{\text{실측치}}} \times \frac{1 + i_{\text{계산}}}{1 + i_{\text{실측}}}$ $\text{공용내하력 (P}_n\text{)} = K_S \times RF \times P_L$	$RF = \frac{\phi \cdot M_n - \gamma_d \cdot M_d}{\gamma_f \cdot M_f \cdot (1 + i)} \times 18(24)$ $M_d = \text{설계사하중 모멘트}$ $M_f = \text{설계활하중 모멘트}$ $\phi = \text{부재강도 감소계수 (0.85)}$ $\gamma_f = \text{활하중계수 (2.15)}$ $\gamma_d = \text{사하중계수 (1.3)}$ $K_S = \text{응력보정계수} = \frac{\varepsilon_{\text{계산치}}}{\varepsilon_{\text{실측치}}} \times \frac{1 + i_{\text{계산}}}{1 + i_{\text{실측}}}$ $\text{공용내하력 (P}_n\text{)} = K_S \times RF \times P_L$

● 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	

• 외관 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조적 특성에 따른 이론적 계산과 해석을 하여 구조물의 안정과 부재의 내하력 등을 종합적으로 평가하여야 하며, 안전성 평가등급 기준에 따라 안전성 평가등급을 제시한다.

● 시설물 종합평가

- 상태평가와 안전성평가를 모두 실시한 경우에는 각각의 평가결과를 비교·분석하여 종합 평가를 실시
- 안전성평가를 실시하지 않고 상태평가만을 실시한 경우에는 상태평가결과를 종합평가로 같음

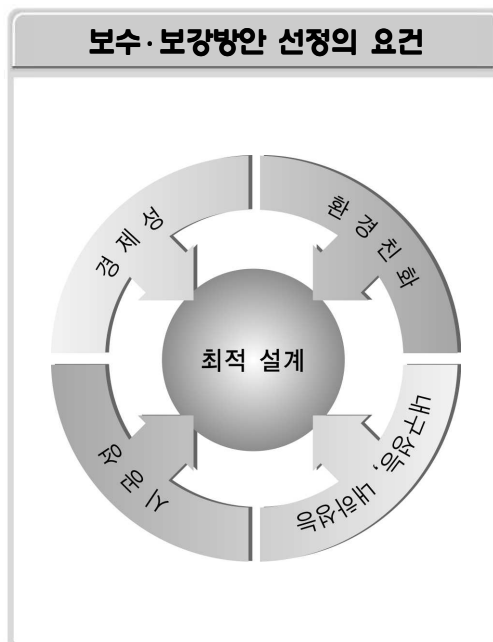


4 보수·보강방안 제시

● 보수·보강 개요

- 노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수보강공법 및 보수·보강의 수준을 정한다.
- 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생한 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보강이란 설계 하중이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기위해서 구조물의 내하력을 확보하는 것을 말한다. 따라서, 보수·보강을 위해서는 상태평가 결과와 안전성 평가결과 등을 정밀검토한 후에 보수보강의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.
- 보수보강의 수준은 교량의 안전성을 확보할 수 있는 방안을 선정한다.

● 보수·보강방안 선정시 고려사항



보수·보강 재료 및 공법 선정시 고려사항	
내구성능 내하성능	• 충분한 내구성 확보가 가능한 보수 방안 • 충분한 내하력 확보가 가능한 보강 방안
환경친화	• 유해환경요소를 발생시키지 않는 방안 • 미관이 양호한 방안
시공성	• 시공성의 제약요소를 최소화 할 수 있는 방안 • 보수·보강 품질이 확실한 방안
경제성	• 경제적으로 유리한 방안 • 공기를 단축시킬 수 있는 방안 • 주변 민원발생을 최소화 할 수 있는 방안

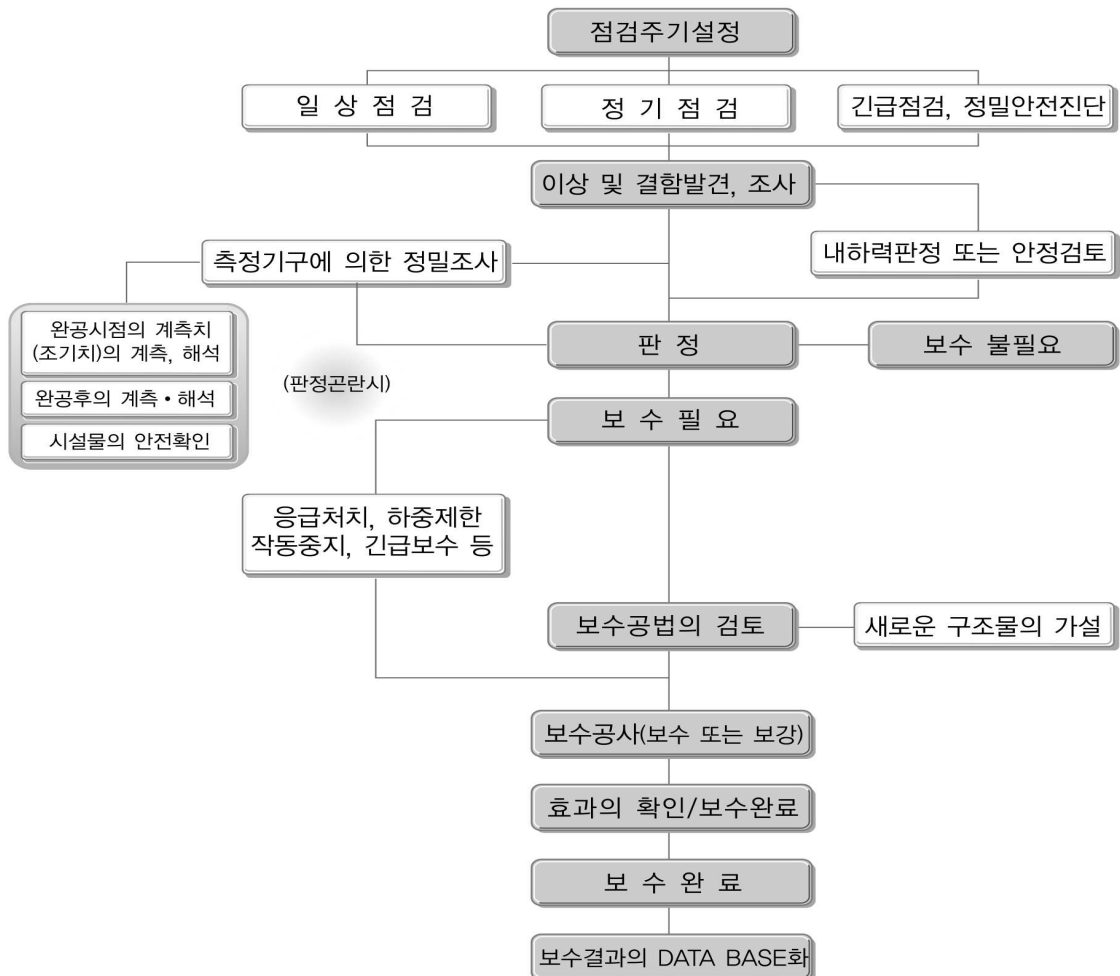


5 유지관리방안 제시

유지관리 기본개념

구 분		기 본 개 념
점검·검사 평 가		• 정기점검. 이상시 점검을 주체로 하며, 이에 수반되는 관리업무 포함 • 점검결과에 따라 유지상태를 평가하여 보수 필요성등을 판단하는 것
유지보수	유 지	• 시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 하기 위한 행위
	보수수선	• 물리적기능적으로 노후화된 시설물을 부분적으로 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
	재해복구	• 이상 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 복구하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위

시설물 유지관리 업무의 수행절차





제3장 과업수행 관리계획

1 공정관리계획

공정관리의 목표



예정공정표(PERT/CPM)

일 정		착수일로부터 90일					
		10	20	40	50	70	90
공 정							
1. 관련계획 분석 기초자료 수집 및 분석		■					
2. 외관조사 및 현장시험			■				
3. 재하시험				■			
4. 조사결과 분석				■	■		
5. 시설물 평가 (상태등급 산정)					■		
6. 보수 · 보강 방안 제시						■	
7. 유지관리방안 제시							■
8. 성과품 작성 및 납품							■
9. 업무회의 및 보고		착수 협의					최종 납품
공 정 을	계 획	10.0	10.0	15.0	20.0	30.0	15.0
(%)	누 계	10.0	20.0	35.0	55.0	85.0	100.0



2 인원 및 장비투입계획

과업수행 조직표



인원구성 기준

- 시설물의 정밀안전진단 업무가 원활하고 정밀하게 수행될 수 있도록 적정자격을 갖춘 인원을 전담 배치하고, 과업수행에 차질이 없도록 지원팀을 구성
- 특히, 상세 조사 및 분석활동을 철저히 수행할 수 있도록 중점적인 인원투입 및 관리

수행인원의 자격 및 참여내용

구분	과업수행인원 자격 및 참여내용
과업책임기술자	해당분야의 기술경험이 있는 전문기술자로 구성
분야별 기술자	해당분야의 기술자로 편성
지원단	과업시작부터 완료까지의 전 과정에 걸쳐 발주처와의 원활한 업무협조, 업무보고 및 관련사항에 대한 지원을 실시



과업수행계획서

제3장 과업수행 관리계획

과업참여자 명단

구 분	성 명	자 격	주민등록번호	서 명
책 임 기술자	김창연	특급기술자	520913 - *****	
참 여 기 술 자 명 단	서정우	특급기술자	670610 - *****	
	최두흠	특급기술자	630129 - *****	
	강진규	특급기술자	680706 - *****	
	오행환	고급기술자	710217 - *****	
	이장훈	중급기술자	760913 - *****	
	한상용	중급기술자	760516 - *****	



과업수행계획서

제3장 과업수행 관리계획

장비투입 계획

구 분	장 비 명	Model명, 규격	용 도
외 관 조 사	균열 측정기	Controls	균열폭 측정
	망 원 경	—	원거리 관찰
	줄 자	—	제원조사, 손상범위 조사
	디지털카메라	Cannon, Nikon	손상 및 전경 촬영
	Test Hammer	Dr. Hammer	충상분리, 공동 유무 확인
내구성 조사	슈미트햄머	NR Type	콘크리트 반발경도 측정
	초음파 시험기	PUNDIT	콘크리트 초음파강도 측정 균열깊이측정
	페로스캔	FS-10	철근배근 탐사
	중성화 시험기	CONKID	중성화 진행 깊이 측정
	철근부식 측정기	Haif Cell 2000	CON'C 내부철근 부식도측정
보 조 장 비 및 시 험 장 비	코어채취기	CORE CASE	CON'C 공시체 채취 강도추정
	정,동적 재하시험장비	MDS2000	재하시험
	전 기 드 릴	—	중성화 진행깊이 측정
	무 전 기	—	교 신 용
	교량점검차	—	교량 조사용

TYPE NR

Measuring range 10 to 70 N/mm² compressive strength.

Rebound values are recorded as a bar chart on a paper strip. One roll of paper strip offers room for 4000 test impacts.



반발경도 측정



철근배근 탐사



초음파 시험기



3 안전관리계획

안전관리 조직표



현장 안전수칙

- (1) 일기 조건으로 작업 수행이 곤란한 경우에는 작업을 하지 아니한다.
- (2) 위험한 작업 시에는 안전관리자가 입회하도록 하며 특별교육을 실시한다.
- (3) 작업 실시 전에 지장물의 파악을 위하여 관리주체의 협조를 얻어 안전 조치를 취한 후 작업을 실시한다.
- (4) 공공의 안전과 관계가 있을 경우에는 적절한 조치(출입 금지, 접근 금지 등의 표지판 설치, 교통 신호수, 감시인 배치 등)를 한다.
- (5) 안전관리자는 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입에 대하여는 관리주체와 사전 협의를 하여야 하며, 관리주체는 이에 적극 협조한다.
- (6) 야간 또는 어두운 곳에서의 작업 시에는 충분한 밝기의 조명 시설을 갖추어야 하고 식별이 용이하도록 조치를 하여야 하며 수시로 작업자 상호간에 연락을 취할 수 있도록 한다.
- (7) 전기를 사용 할 경우에는 감전사고 예방 조치를 취한다.
- (8) 각종 측정장비의 사용 시 주의사항을 숙지하여야 하며 무리한 사용과 조작을 하지 않는다.
- (9) 장비 사용에 있어 취급자격이 요구되는 장비는 유자격자 이외에는 사용하지 않아야 한다.
- (10) 아래의 안전수칙을 지켜 안전사고를 예방한다.
 - 작업을 할 때에는 규정된 복장 및 보호구를 착용한다. (안전모, 반사조끼 등)
 - 시설 및 작업기구는 항상 점검 후 사용한다.
 - 작업장 주위환경을 항상 깨끗이 정리한다.
 - 모든 전선은 전기가 통한다고 생각하고 주의한다.
 - 작업장에 안전표지를 설치한다(지적확인 환호응답 철저, 위험 좌우확인 철저, 차량대피 등).
 - 조사 및 시험시 최소 2인 1개조 이상 작업하며, 수시로 연락·확인한다.