

I . 공통편

제 1 장 서 언

제 2 장 외관조사

제 3 장 내구성조사

제 4 장 재하시험

제 5 장 구조안전성 및 내하력 평가

제 1 장 서 언

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 대상 시설물의 개요

1.4 과업수행 흐름도

1.5 사용장비

1.6 구조물 기호 정의

1.7 과업수행일정

제 1 장 서 언

1.1 과업의 목적

본 과업의 목적은 『제2영동고속도로 건설공사 제7공구』현장의 과업대상 구조물에 대하여 “건설기술진흥법 제62조, 시행령 제100조, 제101조, 시행규칙 제59조, 제60조” 규정에 의한 건설공사 안전관리지침 『국토교통부 고시 제2014-302호(2014. 05. 23. 일부개정)』에 따라 실시하는 초기점검 용역으로써 외관조사망도 작성과 시설물 유지관리를 위한 초기치를 구하는 데 있으며, 문제점 발생부위 및 붕괴유발부재 또는 문제점 발생 가능성이 높은 부위 등의 중점 유지관리사항을 파악하고 향후의 점검 및 진단 시 시설물에 대한 안전성 평가의 기준이 되는 초기치와 기초 자료를 제시하는 데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

- 가. 설계도서 및 관련자료의 수집, 검토
- 나. 구조물의 외관상태 조사
- 다. 콘크리트 품질조사·분석 및 내구성 검토
- 라. 재하시험 및 내하력평가
- 마. G.P.R 탐사
- 바. 시설물 상태평가 및 안전성평가
- 사. 보수/보강 및 유지관리방안 제시
- 아. 종합결론

1.2.2 과업의 내용

본 과업을 수행하기 위하여 실시한 초기점검의 세부내용은 다음 【표 1.2-1】 과 같다.

【표 1.2-1】 과업의 내용

구 분		과 업 내 용
현지 조사		◦ 대상 구조물에 대한 예비답사 및 현황조사
자료수집 및 분석		◦ 실시설계보고서, 설계도면, 구조계산서, 공사시방서 ◦ 기존 정기안전점검 결과 보고서 ◦ 콘크리트 타설현황, 계층현황
현장조사	외관조사	◦ 외관조사망도 작성 ◦ 콘크리트 균열, 누수, 박리·박락, 층분리, 백태, 철근노출 등의 손상 결함 조사 ◦ 신축이음장치, 받침장치 유간, 가동여유량 측정
	내구성 조사	◦ 콘크리트 비파괴강도 ◦ 콘크리트 철근배근상태 및 피복두께 조사 ◦ 콘크리트 탄산화깊이 측정
	추가조사	◦ 교량 재하시험 ◦ G.P.R 탐사
상태평가		◦ 주요부재별 외관조사 결과분석 ◦ 측정결과와 재료시험 결과의 분석 ◦ 주요 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태등급 지정
구조안전성 검토		◦ 설계기준에 따른 구조안전성 검토
보수·보강 방법 제시		◦ 결함의 정도 및 종류에 따른 보수/보강 방안 제시
유지관리방안 제시		◦ 주요 유지관리항목 선정
종합결론		◦ 초기점검 결과의 종합결론 ◦ 유지관리시 특별히 관리가 요구되는 사항

1.3 대상 시설물의 개요

1.3.1 섬강교(원주방향) 현황

구 분		내 용		구 분	내 용	
교 량 명		섬강교(원주방향)		설계하중	DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA.1+130.000~ STA.1+374.960		종별구분	1종 시설물	
	관리이정	-				
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-	
상부 구조	형식	STEEL BOX GIRDER				
	연장	L= 40.0+3@55.0+40.0=245m		교 폭		B=12.770m
하부 구조	교각	T 형		기초 형식	교 각	직접기초
	교대	역T형			교 대	말뚝기초, 직접기초 매스기초
받침장치		EQS+OMEQS		신축이음	Compoflex Modular Joint	
교차조건		-		교 고	-	
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(+)0.5000%		횡단구배	S=(-)2.000%	

1.3.2 섬강교(서울방향) 현황

구 분		내 용		구 분	내 용	
교 량 명		섬강교(서울방향)		설계하중	DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA.1+130.000~ STA.1+374.960		종별구분	1종 시설물	
	관리이정	-				
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-	
상부 구조	형식	STEEL BOX GIRDER				
	연장	L= 40.0+3@55.0+40.0=245m		교 폭		B=12.770m
하부 구조	교각	T 형		기초 형식	교 각	직접기초
	교대	역T형			교 대	말뚝기초, 직접기초 매스기초
받침장치		EQS+OMEQS		신축이음	Compoflex Modular Joint	
교차조건		-		교 고	-	
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(+)0.5000%		횡단구배	S=(-)2.000%	

1.3.3 신평2교(원주방향) 현황

구 분		내 용	구 분	내 용	
교 량 명		신평2교(원주방향)	설계하중	DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA.4+978.537~STA.5+324.078	종별구분	1종 시설물	
	관리이정	-			
시 설 물 관리번호		-	시설물번호	-	
상부 구조	형식	개량형 PSC BEAM + STEEL BOX GIRDER			
	연장	L= 2@35.0+30.0+3@35.0 +50.0+3@30.0=345m	교 폭		B=12.455m
하부 구조	교각	T 형	기초 형식	교 각	직접기초, 말뚝기초 매스기초
	교대	역T형		교 대	말뚝기초
받침장치		마찰형DISK+EQS+OMEQS	신축이음	모노셀 조인트	
교차조건		-	교 고	-	
설 계 사		-	시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링	시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사	준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(+)2.9900%	횡단구배	S=(+)3.280%~(+)4.000%	

1.3.4 신평교(서울방향) 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
교 량 명		신평2교(서울방향)		설계하중		DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA.4+978.537~STA.5+319.137		종별구분	1종 시설물		
	관리이정	-					
시 설 물 관리번호		-		시설물번호		-	
상부 구조	형식	개량형 PSC BEAM + STEEL BOX GIRDER					
	연장	L= 2@35.0+2@30.0+2@35.0 +50.0+3@30.0 = 340m		교 폭		B=11.852m	
하부 구조	교각	T 형		기초 형식	교 각	직접기초, 말뚝기초 매스기초	
	교대	역T형			교 대	말뚝기초	
받침장치		마찰형DISK+EQS+OMEQS		신축이음		모노셀 조인트	
교차조건		-		교 고		-	
설 계 사		-		시 행 자		원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자		(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도		2016년 11월	
종단구배		S=(+)2.9900%		횡단구배		S=(-)3.280%~(-)4.000%	

1.3.5 신평3교 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
교 량 명		신평3교		설계하중		DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA.5+410.000~STA.5+590.222		종별구분	2종 시설물		
	관리이정	-					
시 설 물 관리번호		-		시설물번호		-	
상부 구조	형식	개량형 PSC BEAM					
	연장	L= 2(3@30) = 180m		교 폭		B=12.455m	
하부 구조	교각	T 형		기초 형식	교 각	직접기초, 말뚝기초 매스기초	
	교대	역T형			교 대	말뚝기초	
받침장치		EQS+OMEQS		신축이음		Compoflex Modular Joint	
교차조건		-		교 고		-	
설 계 사		-		시 행 자		원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자		(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도		2016년 11월	
종단구배		S=(+)3.9900%		횡단구배		S=(-)4.000%	

1.3.6 신평JCT Ramp-A1교 현황

구 분		내 용		구 분	내 용	
교 량 명		신평JCT Ramp-A1교		설 계 하중	DB-24, DL-24	
위 치	공사이정	STA.1+016.454~STA.1+282.520		종 별구분	1종 시설물	
	관리이정	-				
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-	
상부 구조	형식	개량형 PSC BEAM + STEEL BOX GIRDER				
	연장	L=(3@35)+55+(2@53)=266.0m		교 폭		B=8.5~14.84m
하부 구조	교각	T 형		기초 형식	교 각	직접기초, 말뚝기초
	교대	역T형			교 대	말뚝기초
받침장치		EQS+OMEQS+FDB		신축이음	Compoflex Modular Joint	
교차조건		-		교 고	-	
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(+)3.2300%~(-)5.1933%		평면선형	직선+클로소이드+곡선(R=80)	

1.3.7 신평JCT Ramp-B1교 현황

구 분		내 용		구 분	내 용	
교 량 명		신평JCT Ramp-B1교		설계하중	DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA.0+307.000~STA.0+357.000		종별구분	2종 시설물	
	관리이정	-				
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-	
상부 구조	형식	STEEL BOX GIRDER				
	연장	L= 50m		교 폭		B=9.170m
하부 구조	교각	-		기초 형식	교 각	-
	교대	역T형			교 대	말뚝기초
받침장치		포트받침		신축이음	모노셀 조인트	
교차조건		-		교 고	-	
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(+)5.600%		평면선형	클로소이드 + 곡선 (R=380)	

1.3.8 신평JCT Ramp-B2교 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
교 량 명		신평JCT Ramp-B2교		설계하중		DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA.0+525.500~STA.0+860.500		종별구분	1종 시설물		
	관리이정	-					
시 설 물 관리번호		-		시설물번호		-	
상부 구조	형식	STEEL BOX GIRDER					
	연장	L=40+45+50+45+45+60+50=335m		교 폭		B=9.000m	
하부 구조	교각	T형		기초 형식	교 각	직접기초, 말뚝기초	
	교대	역T형			교 대	말뚝기초	
받침장치		EQS+OMEQS		신축이음		Compoflex Modular Joint	
교차조건		-		교 고		-	
설 계 사		-		시 행 자		원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자		(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도		2016년 11월	
종단구배		S=(+)5.6000%~(-)3.0000%		평면선형		곡선(R=160)+클로소이드+ 곡선(R=240)+클로소이드	

1.3.9 신평JCT Ramp-D2교 현황

구 분		내 용	구 분	내 용	
교 량 명		신평JCT Ramp-D2교	설 계 하중	DB-24, DL-24	
위 치	공사이정	STA.0+333.500~STA.0+513.500	종별구분	1종 시설물	
	관리이정	-			
시 설 물 관리번호		-	시설물번호	-	
상부 구조	형식	STEEL BOX GIRDER			
	연장	L=40+45+50+45+45+60+50=335m	교 폭		B=9.000m
하부 구조	교각	T형	기초 형식	교 각	직접기초, 말뚝기초, 매스기초
	교대	역T형		교 대	말뚝기초
받침장치		EQS+OMEQS	신축이음	모노셀 조인트	
교차조건		-	교 고	-	
설 계 사		-	시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링	시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사	준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(+)1.8753%~(-)3.0000%	평면선형	크로소이드 + 곡선 (R=162)	

1.3.10 원주JCT Ramp-A교 현황

구 분		내 용	구 분	내 용	
교 량 명		원주JCT Ramp-A교	설계하중	DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA.0+257.000~STA.0+592.000	종별구분	1종 시설물	
	관리이정	-			
시 설 물 관리번호		-	시설물번호	-	
상부 구조	형식	STEEL BOX GIRDER			
	연장	L=40+55+60+50+40+50+40=335m	교 폭		B=12.770m
하부 구조	교각	T형	기초 형식	교 각	직접기초, 말뚝기초
	교대	역T형		교 대	말뚝기초
받침장치		EQS+OMEQS	신축이음	Compoflex Modular Joint	
교차조건		-	교 고	-	
설 계 사		-	시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링	시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사	준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(-)0.5000%~(-)5.9500%	평면선형	클로소이드+곡선(R=182)+클로소이드	

1.3.11 원주JCT Ramp-B교 현황

구 분		내 용		구 분	내 용	
교 량 명		원주JCT Ramp-B교		설계하중	DB-24, DL-24	
위 치	공사이정	STA.0+955.000~STA.1+115.000		종별구분	1종 시설물	
	관리이정	-				
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-	
상부 구조	형식	STEEL BOX GIRDER				
	연장	L= 50+60+50 = 160m		교 폭		B=12.770m
하부 구조	교각	T형		기초 형식	교 각	말뚝기초
	교대	역T형			교 대	말뚝기초
받침장치		EQS+OMEQS		신축이음	Compoflex Modular Joint	
교차조건		-		교 고	-	
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청	
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설	
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월	
종단구배		S=(+)5.6971% ~ (+)0.0500%		평면선형	클로소이드 + 곡선 (R=175)	

1.3.12 지정3터널(원주방향) 현황

구 분	내 용
터 널 명	지정3터널(원주방향)
위 치	STA.0+215~STA.1+105
터널 연장	890m
평면선형	R=2,222.8m
종단경사	+0.500%
편경사	+3%~-2%
갱문형식	시점 : 아치면벽식, 종점 : 아치면벽식
통행방식	일방향 통행(2차로)
환기방식	자연환기
터널시공방법	NATM

1.3.13 지정3터널(서울방향) 현황

구 분	내 용
터 널 명	지정3터널(서울방향)
위 치	STA.0+185~STA.1+090
터널 연장	905m
평면선형	R=2,200m
종단경사	+0.500%
편경사	+3%~-2%
갱문형식	시점 : 아치면벽식, 종점 : 아치면벽식
통행방식	일방향 통행(2차로)
환기방식	자연환기
터널시공방법	NATM

1.3.14 매봉터널(원주방향) 현황

구 분	내 용
터 널 명	매봉터널(원주방향)
위 치	STA.6+645~STA.7+175
터널 연장	530m
평면선형	R=2,160m
종단경사	-2.9900%
편경사	-3%
개문형식	시점 : 아치면벽식, 종점 : 아치면벽식
통행방식	일방향 통행(2차로)
환기방식	자연환기
터널시공방법	NATM

1.3.15 매봉터널(서울방향) 현황

구 분	내 용
터 널 명	매봉터널(서울방향)
위 치	STA.6+655~STA.7+210
터널 연장	555m
평면선형	R=1,550m
종단경사	-2.9900%
편경사	-4% ~ +2%
개문형식	시점 : 아치면벽식, 종점 : 아치면벽식
통행방식	일방향 통행(2차로)
환기방식	자연환기
터널시공방법	NATM

1.3.16 옹벽 STA.4+600~4+978 현황

구 분		내 용		구 분	내 용
옹 벽 명		옹벽 STA.4+600~4+978		설계하중	-
위치	공사이정	STA.4+600~4+978		종별구분	2종 시설물
	관리이정	-			
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-
제 원		옹벽형식	보강토옹벽	옹벽재료	블럭식
		연 장	378.0m	지면노출 높 이	6.2m
		보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
주변환경		배 면	도로성토		
		전 면	도 로		
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월
부대시설					

1.3.17 옹벽 STA.4+750~4+978 현황

구 분		내 용		구 분	내 용
옹 벽 명		옹벽 STA.4+750~4+978		설계하중	-
위 치	공사이정	STA.4+750~4+978		종별구분	2종 시설물
	관리이정	-			
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-
제 원		옹벽형식	보강토옹벽	옹벽재료	블럭식
		연 장	228.0m	지면노출 높 이	5.9m
		보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
주변환경		배 면	도로성토		
		전 면	도 로		
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월
부대시설					

1.3.18 옹벽 STA.6+084~6+260 현황

구 분		내 용		구 분	내 용
옹 벽 명		옹벽 STA.6+084~6+260		설계하중	-
위치	공사이정	STA.6+084~6+260		종별구분	2종 시설물
	관리이정	-			
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-
제 원		옹벽형식	보강토옹벽	옹벽재료	블럭식
		연 장	180.1m	지면노출 높 이	6.6m
		보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
주변환경		배 면	도로성토		
		전 면	농 지		
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월
부대시설					

1.3.19 옹벽 STA.7+560~7+838 현황

구 분		내 용		구 분	내 용
옹 벽 명		옹벽 STA.7+560~7+834		설계하중	-
위치	공사이정	STA.7+560~7+834		종별구분	2종 시설물
	관리이정	-			
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-
제 원		옹벽형식	보강토옹벽	옹벽재료	블럭식
		연 장	280.6m	지면노출 높 이	8.6m
		보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
주변환경		배 면	도로성토		
		전 면	도 로		
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월
부대시설					

1.3.20 옹벽 STA.4+949~5+015 현황

구 분		내 용		구 분	내 용
옹 벽 명		옹벽 STA.4+949~5+015		설계하중	-
위 치	공사이정	STA.4+949~5+015		종별구분	2종 시설물
	관리이정	-			
시 설 물 관리번호		-		시설물번호	-
제 원		옹벽형식	보강토옹벽	옹벽재료	블럭식
		연 장	224.9m	지면노출 높 이	7.4m
		보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
주변환경		배 면	도로성토		
		전 면	저 수 지		
설 계 사		-		시 행 자	원주지방국토관리청
감 리 사		(주)평화엔지니어링		시 공 자	(주)현대건설
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월
부대시설					

1.3.21 옹벽 STA..0+599~0+968(원주R-B) 현황

구분		내용		구분	내용
옹벽명		옹벽 STA.0+599~0+968(원주R-B)		설계하중	-
위치	공사이정	STA.0+599~0+968		종별구분	2종 시설물
	관리이정	-			
시설물 관리번호		-		시설물번호	-
제원		옹벽형식	보강토옹벽	옹벽재료	블럭식
		연장	375.3m	지면노출 높이	5.6m
		보강재 길이	-	저판폭 길이	-
주변환경		배면	도로성토		
		전면	도로		
설계사		-		시행자	원주지방국토관리청
감리사		(주)평화엔지니어링		시공자	(주)현대건설
관리주체		제2영동고속도로 주식회사		준공년도	2016년 11월
부대시설					

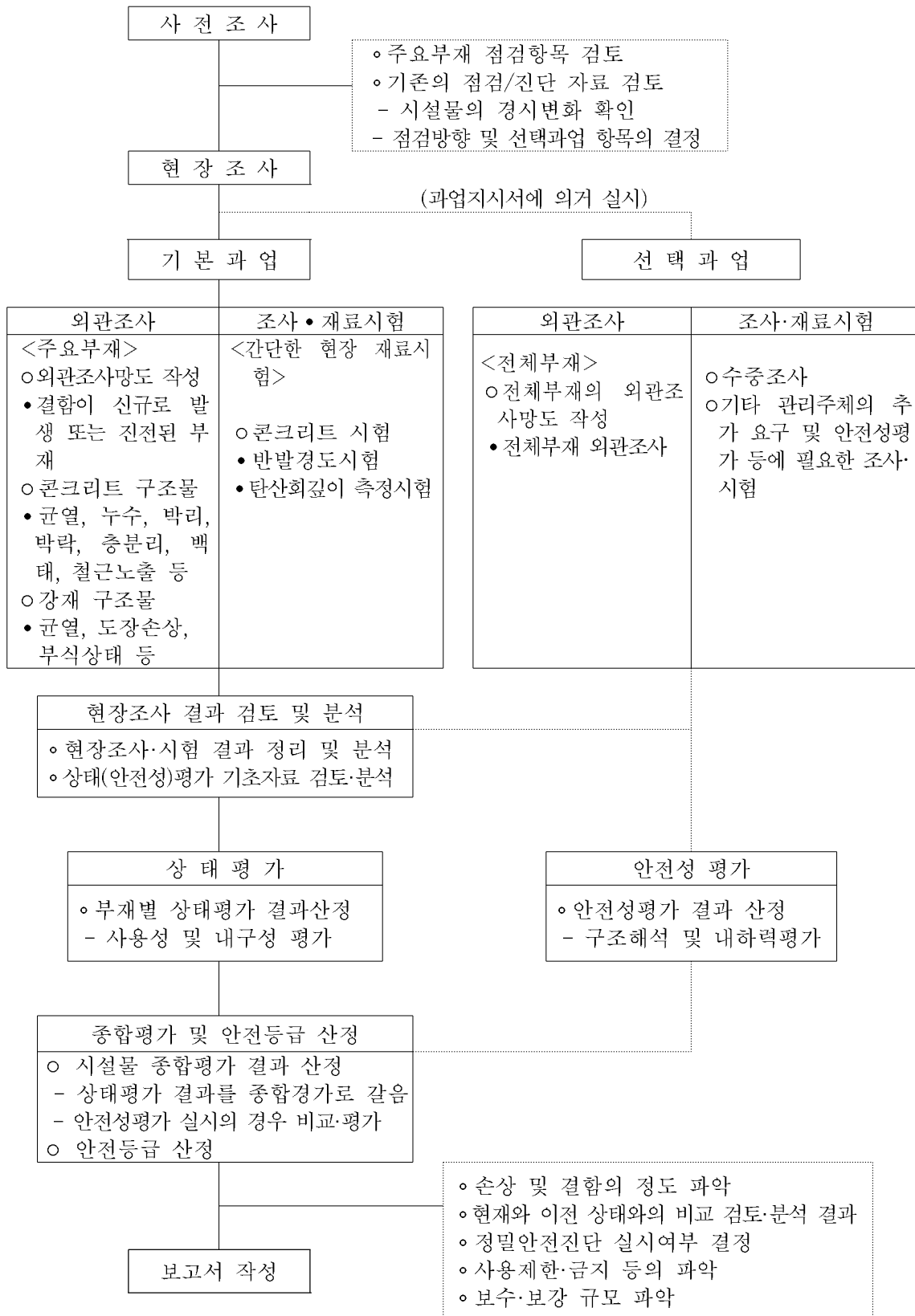
1.3.22 절토사면 STA.5+700~5+940 현황

구분	내용		구분	내용
시설물번호	-		관리번호	-
시설물명	STA.5+700~5+940		시설물구분	절토사면
위치	행정구역		강원도 원주시 지정면 신평리	
	이정	공사	STA.5+700~5+940	
		관리	초월기점 52.11K~52.35K(서울방향)	
제원	연장	240m	높이	36.26m
	경사/방향	45/345	노선	고속국도 52호선
관리주체	제2영동고속도로 주식회사		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물		-	
	주변지형	산악지형	상부사면경사	10°
시공현황	준공년도	2016년 11월	시공자	(주)현대건설
	부대시설	야생동물유도 울타리, 녹생토		
비고				

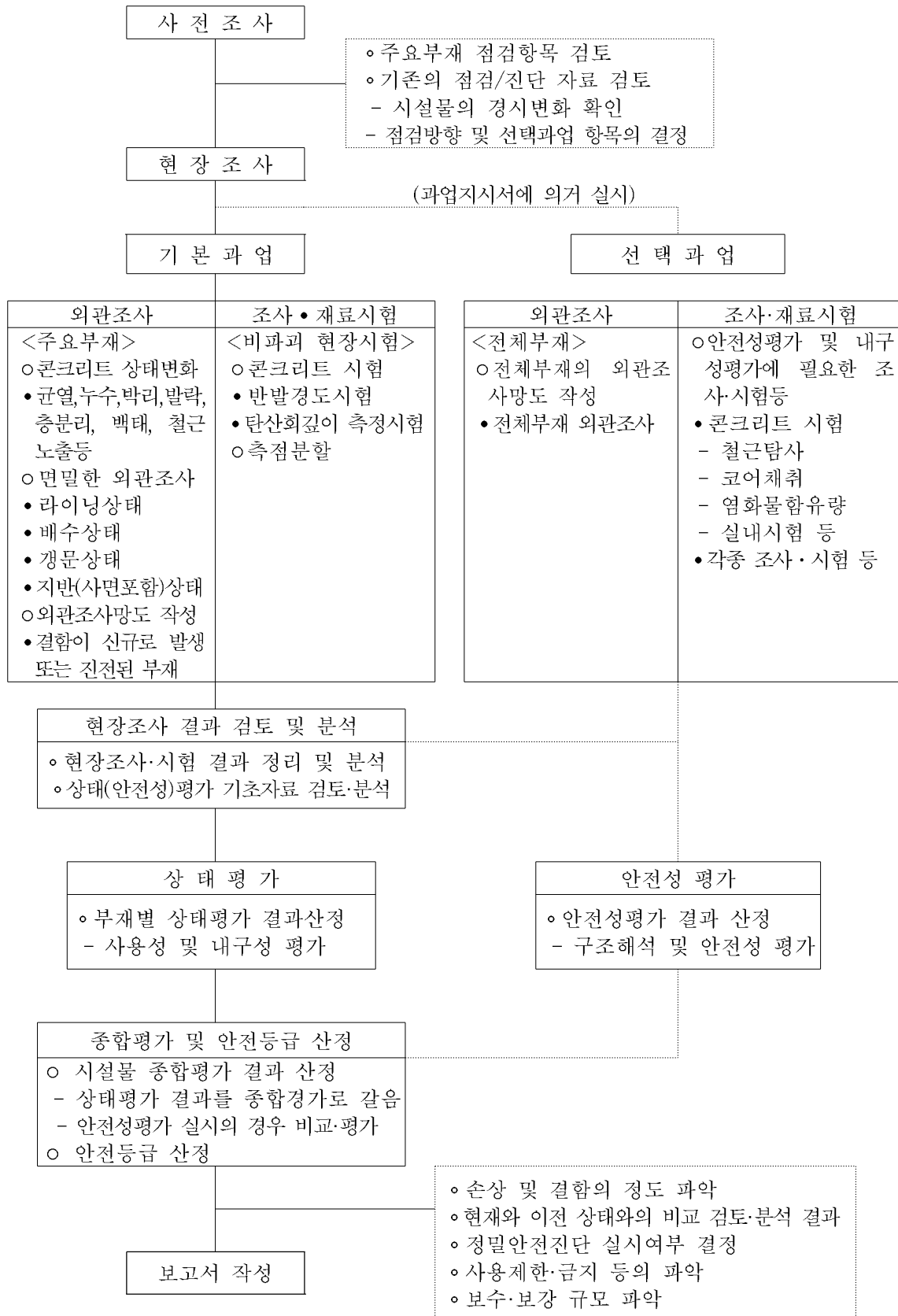
1.3.23 절토사면 STA.6+648~6+651 현황

구분	내용		구분	내용
시설물번호	-		관리번호	-
시설물명	STA.6+480~6+651		시설물구분	절토사면
위치	행정구역		강원도 원주시 지정면 신평리	
	이정	공사	STA.6+480~6+651	
		관리	초월기점 52.89K~53.061K(서울방향)	
제원	연장	171m	높이	31.99m
	경사/방향	64/350	노선	고속국도 52호선
관리주체	제2영동고속도로 주식회사		관리주체구분	민간
주변환경	인공구조물		-	
	주변지형	산악지형	상부사면경사	10°
시공현황	준공년도	2016년 11월	시공자	(주)현대건설
	부대시설	낙석방지울타리, 소단부 낮은울타리, 낙석방지망, 녹생토		
비고				

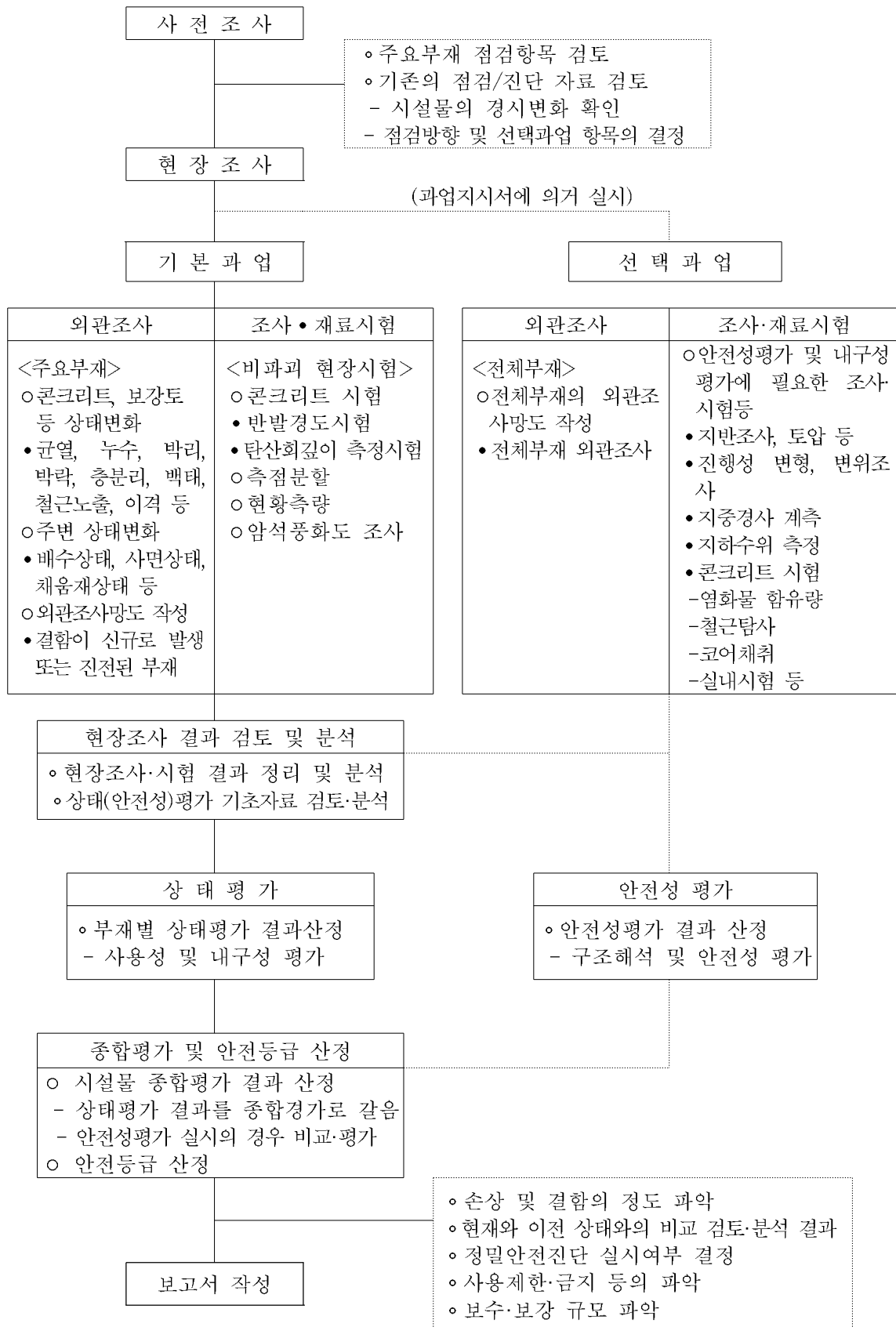
1.4 과업수행흐름도



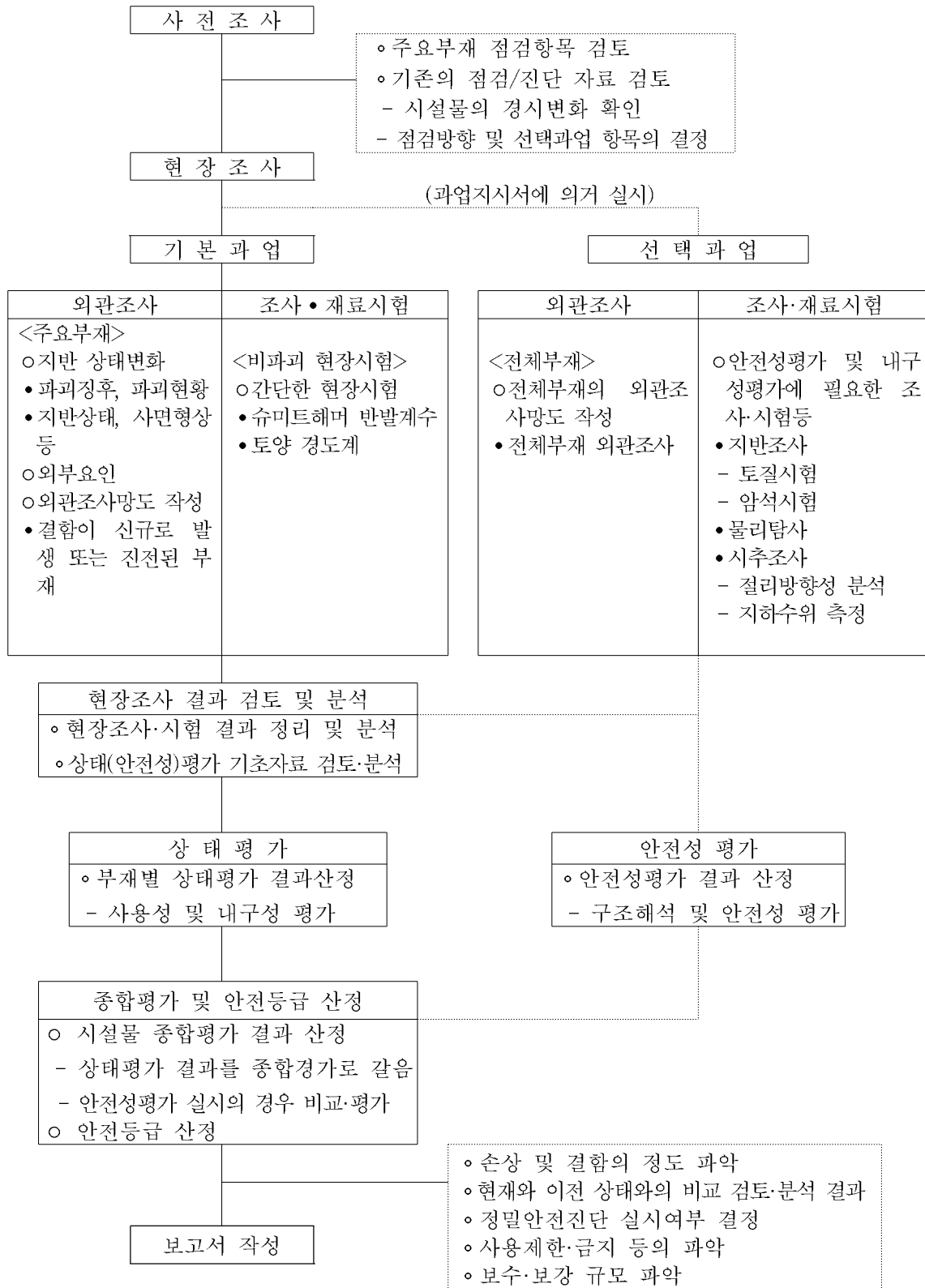
[그림 1.4-1] 교량 과업수행 흐름도



[그림 1.4-2] 터널 과업수행 흐름도



[그림 1.4-3] 용벽 과업수행 흐름도



[그림 1.4-4] 절토사면 과업수행 흐름도

1.5 사용장비

구 분	장 비 명	규 격	제 조 사 (제 조 국)	Serial Number	용 도	비 고
콘크리트 강도	Schmidt Hammer	Proceq, NR-Type	Proceq (스위스)	45805	반발경도에 의한 강도 측정	
콘크리트 강도	초음파 측정기	Pundit Lab	Proceq (스위스)	PL01-001 -0269 A0	초음파 속도에 의한 콘크리트 강도측정	
철근 탐사	RC-RADAR	NJJ-105	JRC (일본)	ED76438	철근배근 및 피복두께조사	
탄산화 측정	Conkit	-	일본	-	탄산화 깊이 측정	
콘크리트 균열측정	균 열 경	PSM-20	-	-	균열폭 측정	
제원조사	버니어 캘리퍼스	-	Mitutoyo (일본)	06527048	제원확인 확인 균열폭 측정	
재하시험	재하시험기 및 컴퓨터	STC -16NB	-	-	응답비 측정 (구조검토시 활용)	
구조검토	프로그램	MIDAS/ CIVIL	MIDASIT (한국)	-	구조검토 /내하력평가	-
교량점검차	굴절식	-	-	-	외관조사 및 비파괴 시험 접근장비	
고소차	고소차 렌탈장비	-	-	-	외관조사 및 비파괴 시험 접근장비	

1.6 구조물 기호정의

1.6.1 교량

(1) 상부구조형식 정의

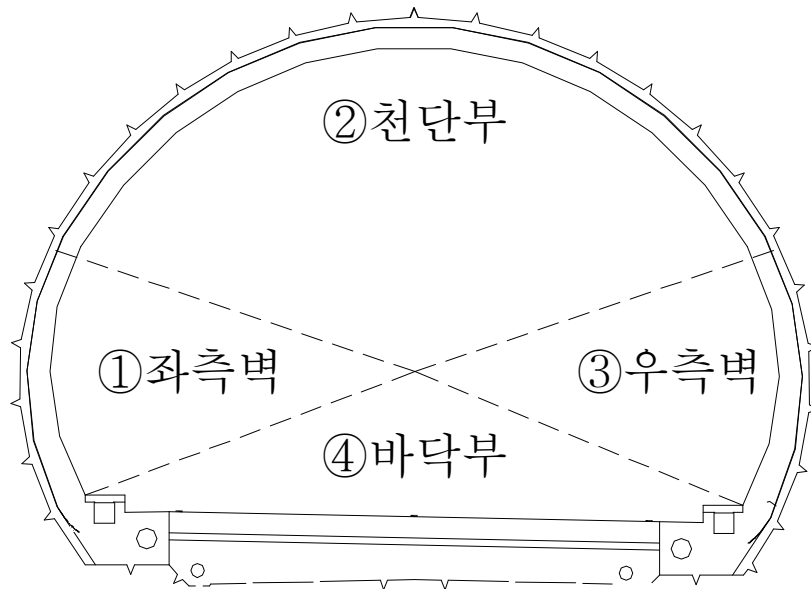
영문약자	상부구조형식	영문약자	상부구조형식
RCS	RC슬래브교	RA	라멘교
RCH	RC중공슬래브교	STI	강I형교
RCT	RCT형교	SPG	강판형교
RCB	RC박스형교	STB	강박스형교
PSCI	PSCI형교	TR	트러스형교
PSCS	PSC슬래브교	AR	아치교
PSCH	PSC중공슬래브교	CS	사장교
PSCB	PSC박스형교	SU	현수교
PF	프리플렉스형교	ED	엑스트라도즈교
ETC	IPC, PCT 등 기타		

(2) 구조물 기호 정의

구 조 구 분			사용기호	비 고
상부 구조	공통	경 간 거 더 횡 형 바 닥 판 교 량 받 침 신축이음부 램 프	S G CB SL SH Exp Ra	Span Girder Cross Beam Slab Shoe(Bearing) Expansion Joint Ramp
	Steel Plate Girder	상부플랜지 하부플랜지 좌측복부판 우측복부판 수직보강재 수평보강재 가 로 보 거더이음부	UF LF LWeb RWeb V-STIF H-STIF CB SP	Upper Flange Lower Flange Left-Web Right-Web V-Stiffener H-Stiffener Cross Beam Splice
하부구조		교 대 교 각 옹 벽	A P Wa	Abutment Pier Wall

1.6.2 터널

금번 조사에서 조사결과의 표기에 대한 일관성을 위해 터널의 기호는 터널 표준시방서(대한 터널협회, 1999)를 참고하여 다음과 같이 표기하였다.



- 천단(Crown Line) : 좌·우측 어깨의 중심으로 터널의 최고점
- 천장부(Crown) : 터널 천단을 포함한 좌·우 어깨사이의 구간
- 측벽부(Wall) : 터널스프링 라인에서 바닥부까지 이르는 구간
- 스프링라인(Spring Line) : 터널단면에서 최대 폭을 형성하는 점 가운데 최상부의 점을 종방향으로 연결하는 선
- 어깨(Shoulder) : 터널의 천단과 스프링라인(SL)의 중간점
- RC : 우측 천장부(우측어깨에서 천단까지의 구간)
- LC : 좌측 천장부(좌측어깨에서 천단까지의 구간)
- RW : 우측벽부(터널진행방향으로 우측SL에서 바닥사이의 구간)
 - RW_U : 우측벽 상부(터널진행방향으로 우측어깨에서 우측SL 사이의 구간)
 - RW_L : 우측벽 하부(터널진행방향으로 우측SL에서 바닥사이의 구간)
- LW : 좌측벽부(터널진행방향의 좌측SL에서 바닥사이의 구간)
 - LW_U : 좌측벽 상부(터널진행방향으로 좌측어깨에서 좌측SL 사이의 구간)
 - LW_L : 좌측벽 하부(터널진행방향으로 좌측SL에서 바닥사이의 구간)

1.7.3 터널

본 과업을 수행함에 있어서 표기의 효율성과 통일성을 기하기 위하여 다음과 같이 기호 및 일련번호를 부여하였다. 부재별 기호는 시점을 기준으로 웅벽별로 블록을 설정한 후 Span 번호를 부여하였다. 웅벽의 시·종점은 웅벽별로 외관조사 부분에 명시하였다.

구 분	사 용 기 호	비 고
스판	SPAN	스판
높이	H	노출높이

The diagram illustrates a cross-section of a tunnel. It shows two horizontal levels representing rock walls. The upper level is labeled '웅벽상단' (Upper Rock Wall) and the lower level is labeled '웅벽하단' (Lower Rock Wall). The vertical distance between these two levels is marked as H=10.0m. The horizontal width of the tunnel is divided into two equal segments, each labeled 10,000. The total width is labeled 'SPAN 5'.

1.7 과업수행일정

- 과업기간 : 2016. 10. 05 ~ 2016. 12. 31

제 2 장 외 관 조 사

2.1 개 요

2.2 상태평가 기준

2.3 교량의 부재별 상태평가 기준 및
산정절차

2.4 터널의 부재별 상태평가 기준 및
산정절차

2.4 옹벽의 상태평가기준 및 산정절차

2.5 사면의 상태평가기준 및 산정절차

제 2 장 외 관 조 사

2.1 개 요

대상 구조물의 결함 및 손상은 내적, 외적으로 구분되어지나 대부분의 열화현상들이 외적으로 표출되므로 외관조사는 구조물의 상태파악을 위하여 대단히 중요한 진단요소이다. 따라서 외관조사는 점검장비 및 보조기구를 이용하여 모든 구조요소에 근접한 상태에서 외관조사를 실시하여야 하며 향후 유지관리가 용이하도록 외관조사망도를 작성하여 기록·보존하여야 한다.

균열 현미경이나 점검망치 등의 간단한 도구와 육안점검에 의해 실시되는 외관조사는 구조물의 안전성과 사용성을 확보하기 위해 선행되는 상태평가 조사이다. 이 외관조사의 목적은 재료의 불균일, 시공의 부적절, 환경의 영향 및 구조성능 미흡으로 인하여 발생될 수 있는 구조물의 성능저하 현상의 조기탐지 및 이에 대한 억제 대책을 유도하고 나아가 합리적인 유지관리 대책과 보수·보강 대책을 수립하여 내구성 및 내하력 증진을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

본 점검대상 교량 및 터널, 옹벽, 절토사면의 외관조사는 각 부재별로 각각 나누어 직접, 접근장비(점검차 및 사다리 등) 등을 이용하여 대상 부위에 가능한 근접하여 조사를 실시하였다. 점검대상 부위는 육안관찰을 기본으로 하여 실시하였으며 필요한 경우 망원경, 균열자, 균열확대경, 줄자 등을 이용하였고 카메라를 이용하여 손상현황을 파악하였다. 외관조사 시 손상 또는 결함의 정도를 육안점검에 의하여 실시하였기 때문에 조사자의 주관적인 판단 등에 의해 발생하는 차이를 최소화하기 위하여 국토교통부에서 발행한 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」을 기준으로 손상정도는 a, b, c, d, e의 5가지 등급으로 분류하여 적용하였고, 점검항목의 체계화를 위하여 구조물 항목별로 평가를 실시하였다.



교량점검차를 이용한 외관조사



고소작업차를 이용한 외관조사

2.2 상태평가 기준

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 상태평가 기준에 따라 실시해야하며, 정확한 상태평가를 하기 위해서는 평가부위의 노후화 및 파손의 정도뿐만 아니라 그 발생원인과 평가부위 주위의 전반적인 상태를 고려하여 구조물 전체에 미치는 영향을 평가하여야 한다. 외관조사 상태에 대한 판정기준은 국토교통부 및 한국시설안전기술공단에서 제시한 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편, 터널편 2010. 12. 국토교통부)에 준하여 적용하였다.

【표 2.2-1】 상태평가등급 기준

상태평가 등급	상태 및 안전성	비 고
A	문제점이 없는 최상의 상태	
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 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 시설물 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

- 1) A, B, C, D, E : 점검부재의 손상정도에 따라 상태가 양호한 경우인 A등급에서 손상이 심한 경우인 E등급까지 손상의 정도에 따라 5등급으로 구분한다. 이에 대한 자세한 평가기준은 점검부재별로 세분한다.
- 2) Q : 점검부재에 대해서 접근이 불가능한 경우 등급 Q를 사용하여 점검되지 않은 부재임을 표시하고, 반드시 향후 실시하는 점검 시에 접근장비를 동원하여 점검한다.
- 3) X : 점검대상 시설물에 해당 점검부위가 없을 경우 등급 X를 사용하여 점검의 필요성이 없음을 표시한다.

2.3 교량 부재별 상태평가기준 및 산정절차

2.3.1 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다. 교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

【표 2.3-1】 교량 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 게이블	a, b, c, d, e
	2차부재(가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물	a, b, c, d

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

2.3.2 콘크리트 바닥판

【표 2.3-2】 교량 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

등급	균열		열화 및 손상, 철근노출
	1방향균열	2방향균열	
a	·균열폭 0.1mm미만	·망상균열폭 0.1mm 미만	·없음
b	·균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만 ·균열폭 2%미만	·망상균열폭 0.1mm 이상~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 인한 콘크리트 박리 발생	·표면 손상면적 10%이상 ·철근부식 손상면적 2%이상 ·데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	·균열폭 1.0mm이상 ·균열율 20%이상	·망상균열에 의한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	·부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

·<해설>

·본 상태평가 기준은 모든 교량형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 및 PSC 박스거더교량의 상부플랜지의 상태평가에 적용한다.

·1방향균열의 경우 0.3mm미만의 균열평가 기준을 “b”로 1.0mm이상의 균열과 균열율 20%이상 인 상태를 “e”로 평가한다.

·2방향균열의 경우 망상균열로 인한 박리 발생 시 평가기준을 “d”, 편칭파괴의 발생 가능성이 있으면 “e”로 평가한다.

·“열화 및 손상”손상항목은 표면손상 면적과 철근부식손상 면적으로 평가하며, 철근부식을 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, 철근부식 손상은 철근노출 및 노출된 철근이 부식된 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트의 팽창, 균열 및 박리가 발생한 경우를 말한다.

·PSC 박스거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC 거더로 구분하여 상태평가를 수행한다.

·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 분야간의 일관성을 위해 2007년 12월 개정된 콘크리트 설계기준에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.

·표면상은 파손, 박락, 층분리, 재료분리 등과 같이 손상이 콘크리트 부분에 국한된 경우를 말하며, 철근부식손상은 철근노출 및 노출된 철근이 부식된 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트의 팽창, 균열 및 박리가 발생한 경우를 말한다.

·PSC 박스거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC 거더로 구분하여 상태평가를 수행한다.

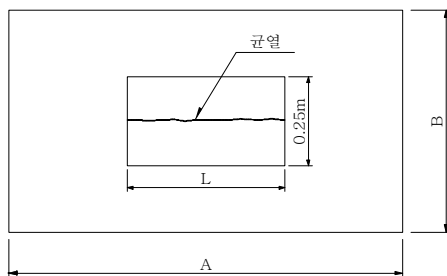
·균열율은 폭 0.2mm이상의 균열을 대상으로 산정한다.

·바닥판하면이 데크플레이트로 보호된 경우 강바닥판이 아닌 콘크리트 바닥판으로 평가한다.

·콘크리트 균열에 의한 평가기준은 콘크리트 부재에 대한 설계, 시공 및 유지관리 분야간의 일관성을 위해 2007년 12월 개정된 콘크리트 설계기준에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.

주1) 균열율 산정 방법

■ 1방향 균열인 경우

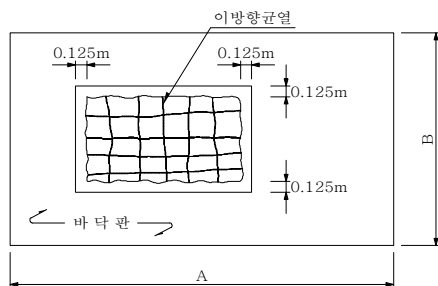


·균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

·균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

■ 2방향 균열인 경우



·균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내면 면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.

·균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

주2) 표면손상에 대한 면적율 산정 방법

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

주3) 철근부식 손상면적율 산정 방법

노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

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

2.3.3 강바닥판, 강 거더 및 강 교각(강주탑)

【표 2.3-3】 교량 강바닥판, 강 거더 및 강 교각 상태평가 기준

등 급	모재 및 연결부 손상				표 먼 열 화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	·없음	·없음	·없음	·없음	·없음
b	·보조부재의 국부적 균열	·보조부재의 국부적 변형	·보조부재 2%미만	·부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	·보조부재의 국부적 균열
c	·보조부재의 전반적 균열 ·주부재의 국부적 균열	·보조부재의 전반적변형 및 파단 ·주부재의 국부적 변형 ·주탑하단부 연결 볼트 부식	·보조부재 2%이상 ~10%미만 ·주부재 2%미만	·주부재의 심한 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷) ·부분적 용입부족 용접누락	·도장탈락 면적 10%이상 ·부식발생 면적 2%이상~10% 미만
d	·주부재의 전반적 균열	·주부재의 전반적 변형 및 파단 ·좌굴에 의한 주부재 변형 ·주탑하단부 연결 볼트 파단	·보조부재 10% 이상 ·주부재 2%이상 ~10%미만	·인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	·부식발생 면적 10%이상 ·부식에 의한 단면손상 면적 10%미만
e	·균열이 주부재 단면이 20%이상 진전	·좌굴에 의한 파대변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	·주부재 10%이상	·인장플랜지 용접 연결부 균열진전으로 인해 연결 기능 상실·	·부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

<해 설>

- 본 상태평가 기준은 강 바닥판, 강 거더, 강 교각 및 케이블 교량의 보강형과 강 주탑의 상태평가를 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, 보조부재라함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 강박스의 경우 상,하부 플랜지, 복부판, 종리브, 지점부 격벽은 주부재이며, 수평/수직보강재, 횡리브는 보조부재이다.
- 용접불량의 종류를 내하력 저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- 부식발생면적과 도장탈락 면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장탈락은 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하며, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.
- 강 주탑의 경우 케이블 정착구와 새들은 케이블 시스템에 포함하여 평가하며, 주탑 본체는 강교각의 평가기준을 적용한다. 강 주탑 평가지 보조주탑 및 기초와의 연결부 볼트의 부식 및 파단에 대한 손상항목을 추가한다.
- 하중이 집중되는 부재 연결관(트러스교의 현재, 사재, 수직재, 아치교의 아치부재, 수직재, 케이블 정착구)에 심한 부식, 균열, 변형과 같은 손상이 발생된 경우에는 연결관의 안전성을 별도로 평가한다.

2.3.4 철근콘크리트 거더

【표 2.3-4】 교량 철근콘크리트 거더 상태평가 기준

등급	균열	열화 및 손상
a	·균열폭 0.1mm미만	·없음
b	·균열폭 0.1mm 이상~0.3mm미만	·표면 손상면적 2%미만
c	·균열폭 0.3mm 이상~0.5mm미만	·표면 손상면적 2%이상~10%미만 ·철근부식 손상면적 2%미만
d	·균열폭 0.5mm 이상~1.0mm미만 ·내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	·표면 손상면적 10%이상 ·철근부식 손상면적 2%이상
e	·균열폭 1.0mm이상 ·휨균열 과다발생 및 과대치짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	·지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성 저하

<해설>

·본 상태평가 기준은 RCT거더교, 라멘교 및 프리플렉스교의 거더와 RC박스거더교의 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.

·철근콘크리트 부재의 경우 재료 및 구조적 특성상 어느 정도의 균열을 동반하는 구조체이며, 사인장균열과 휨균열 및 기타 균열을 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용하였다.

·0.1mm미만의 균열은 콘크리트 부재에 흔히 발생할 수 있는 미세균열로써 평가기준을 “a”로 분류하였고, 1.0mm이상의 균열은 구조적 균열로써 “e”로 분류하였다.

·철근콘크리트 거더에 발생한 손상의 경우, 철근에 영향을 미치지 않을 경우에는 표면손상으로, 철근노출 및 열화로 인해 철근부식의 가능성이 있을 경우에는 철근부식손상으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

2.3.5 프리스트레스 거더

【표 2.3-5】 교량 프리스트레스 거더 상태평가 기준

등급	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

<해설>

·본 상태평가 기준은 PSCI거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.

·프리스트레스 콘크리트 거더의 경우에는 텐던으로 인해 철근콘크리트 거더 보다 균열발생 가능성이 적으므로 균열의 평가 기준을 중앙부(휨) 균열, 받침부(사인장) 균열 및 정착부 균열로 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용한다.

·프리스트레스 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 “e”로 0.5mm이상의 균열이 발생할 경우 내하력저하로 인한 거더의 안전성이 우려되므로 “e”로 분류한다.

2.3.6 콘크리트 가로보

【표 2.3-6】 교량 콘크리트 가로보 상태평가 기준

등급	균열	열화 및 손상
a	·균열폭 0.1mm미만	·없음
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	-	-

<해설>

·본 상태평가 기준은 콘크리트 교량의 RC 및 PSC 가로보와 라멘교의 기둥과 기둥사이를 연결하는 중간보의 상태평가에 적용한다.

·2차부재인 철근콘크리트 가로보의 경우, 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

·부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

2.3.7 강 가로보와 세로보

【표 2.3-7】 교량 강가로보와 세로보 상태평가 기준

등급	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완,탈락	용접연결부 결함	
a	·없음	·없음	·없음	·없음	·없음
b	·보조부재의 국부적 균열	·보조부재의 국부적 변형	·보조부재 2%미만	·부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	·도장손상 면적 10%미만 ·부식발생 면적 2%미만
c	·보조부재의 전반적 균열 ·주부재의 국부적 균열	·주부재의 국부적 변형 ·변형 및 충격에 의한 손상 발생	·보조부재 2%이상 ~10%미만 ·주부재 2%미만	·주부재의 심한 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷) ·부분적 용입부족, 용접누락	·도장손상 면적 10%이상 ·부식발생 면적 2%이상~10%미 만 ·부식에 의한 단면 손상면적2%미만
d	·주부재의 전반적 균열	·주부재의 압축부 좌굴에 의한변형 ·부재의 파단발생	·보조부재 10%이상 ·주부재 2%이상	·인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 전성저하	·부식발생 면적 10%이상 ·부식에 의한 단면손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

<해설>

·본 상태평가 기준은 강I거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블교량의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.

·2차부재인 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,하부 플랜지, 복부판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.

·용접연결부 결함에 대한 상태평가 기준을 용접불량의 종류에서 내하력 저하를 유발하지않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

·부식 발생면적과 도장 손상면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하며, 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하고, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.

·강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

2.3.8 교대

【표 2.3-8】 교량 교대 상태평가 기준

등급	균열, 변위	열화 및 손상
a	·구체 균열폭 0.1mm미만	·없음
b	·구체 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	·표면 손상면적 2%미만 ·앵커블록 내부 결로 발생
c	·구체 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 ·교대와 날개벽사이에 폭 1.0mm이상의 균열발생	·표면 손상면적 2%이상~10%미만 ·철근부식 손상면적 2%미만 ·앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	·구체 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ·날개벽 기울음 및 손상 심하(배면토 유출)	·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

<해설>

- 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교대와 현수교의 앵커블록의 상태평가에 적용한다.
- 균열폭에 관한 상태평가 기준은 교대 구체에서 발생한 균열에 국한한다.
- 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.
- 상부구조의 침하 및 단차가 발생하거나, 받침 연단부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우“e”로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.
- 타정식 현수교의 앵커블록은 교대의 상태평가기준에 준하여 평가하며, 앵커블록을 제외한 하부 구조물중에서 하중지지와 토류벽체의 기능을 동시에 갖고 있으면 교대로, 하중지지 기능만 있을 경우에는 교각으로 평가한다.
- 자정식 현수교의 주케이블이 정착되는 교각은 교각의 상태평가 기준에 준하여 평가한다.

2.3.9 교각

【표 2.3-9】 교량 교각 상태평가 기준

등급	균열, 변위	열화 및 손상
a	·균열폭 0.1mm미만	·없음
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~1.0mm미만 ·기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	·표면 손상면적 10%이상 ·철근부식 손상면적 2%이상
e	·균열폭 1.0mm이상 ·부등침하로 인한 교각 안전성 저하	·코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 ·심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

<해 설>

- 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“e”로 평가하며 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

2.3.10 기초

【표 2.3-10】 교량 기초 상태평가 기준

등급	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	·없음	·없음
b	·직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm미만의 균열 발생	·매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의한 노출됨
c	·직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm이상의 균열 및 단면손상 발생 ·침식, 충돌등에 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 상부구조의 단차 및 파손 발생

<해 설>

- 본 상태평가 기준은 케이블 교량의 주탑 기초를 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 20mm미만이 발생하면 평가기준은“c”, 20mm이상이 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.

2.3.11 교량받침

【표 2.3-11】 교량 받침 상태평가 기준

등급	받침 본체		받침 콘크리트
	탄성 받침	강재받침	
a	·양호	·양호	·양호
b	·미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	·외부 도장탈락 및 부식 ·도장탈색, 먼지 쌓임	·부분적 박리, 탈락 등의 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 지지 단면 감소, 기능상 장애
d	·고무재 파손 및 단차, 균열 심하 ·받침두께의 0.3배 이상의 전단 변형 ·받침이 밀착되지 않고 있는 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 하부 공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	·받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 ·받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	·받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 ·받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적 1/2 이상 ·작동불능 상태	-

<해설>

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

2.3.12 신축이음

【표 2.3-12】 교량 신축이음 상태평가 기준

등급	본 체	후 타 재
a	·없음	·양호
b	·토사, 이물질 퇴적 ·고무판 노화	·미세균열 발생
c	·물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 ·유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 ·고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 ·누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코 평부에 이물질 퇴적 및 부식발생	·균열이 50cm이하의 간격으로 발생 ·국부적인 박리, 박락, 파손
d	·강판유동 및 연결 불량으로 이상음 발생 ·신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 ·신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 ·신축이음본체 탈락, 파손 및 작동 불능	·신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량 통행 시 충격발생 ·파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

<해 설>

- 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·보장을 실시한다.
- 후타재 균열이 30cm이하의 간격으로 발생하거나, 전반적인 파손과 단차가 발생하면 평가를 “d”로 한다.

2.3.13 교면포장

【표 2.3-13】 교량 교면포장 상태평가 기준

등급	포장불량		배 수
a	·미세균열	·없음	·없음
b	·포장균열 2%미만	·포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음	·부분적 박리, 탈락 등 손상
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	-	-	-

<해설>

- 본 상태평가 기준은 아스팔트포장과 콘크리트포장을 포함하여 모든 교면포장의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 교면포장의 상태평가 기준 범위를“a~d”로 한다.
- 평가기준“d”는 균열을 포함하여 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.

2.3.14 배수시설

【표 2.3-14】 교량 배수시설 상태평가 기준

등급	상태기준 설명
a	·양호
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	-

<해설>

- 본 상태평가 기준은 모든 배수시설의 상태평가에 적용한다.
- 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.

2.3.15 난간 및 연석

【표 2.3-15】 교량 난간 및 연석 상태평가 기준

등급	강재		콘크리트
a	·양호	·양호	·양호
b	·도장불량 10%미만	·고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	·경미한 손상, 0.3mm이하 균열
c	·도장불량 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	-	-	-

<해 설>

- 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 발생할 경우 평가기준은 “c”로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

2.3.16 탄산화

【표 2.3-16】 탄산화 상태평가 기준

등급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	·30mm이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	·10mm이상~30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	·0mm이상~10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	·0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

<해 설>

- 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용한다.
- 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 탄산화 조사는 상·하부구조로 구분하여 콘크리트 탄산화 깊이 측정에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다.

2.3.17 염화물

【표 2.3-17】 염화물 상태평가 기준

등급	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	·염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	· $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} \leq 1.2\text{kg/m}^3$	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음.
c	· $1.2\text{kg/m}^3 < \text{염화물} \leq 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	·염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생
e	-	-

※일본구조물진단기술협회 비파괴시험을 이용한 토목콘크리트구조물의 건전도 진단메뉴얼(2003년)

<해 설>

- 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가한다.
- 콘크리트 품질평가 기준인 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를“a~d”로 한다.
- 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm 또는 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다.
- 염화물 함유량 분석은 상·하부구조로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험 규격에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.

2.3.18 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 2.3-18】 교량 구조형식에 따른 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량						라멘교			
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치,트리스		거 더 없 음	거더있음 (복개구조 물)	
				일 반	2차부재 없음	바 닥 판 없음	강 재 바 닥 판	PSC 박스	콘크 리트 바 닥 판	강 재 바 닥 판			
상부	바닥판		34	18	18	-	20	20	15	34	20	21	
	주 형		-	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)			

() : 정밀점검 시 적용 가중치

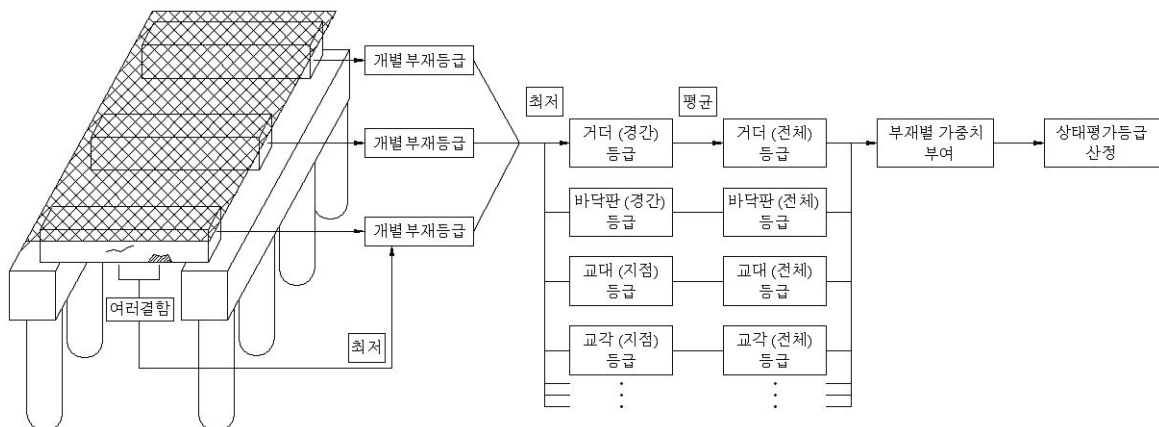
<해 설>

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물함속에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물함속의 가중치에 포함시킨다.
- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물 함속에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물함속에 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 대한평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

2.3.19 상태평가 결과 산정절차

가. 경간(지점)별 주재 상태평가 산정

- 1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 3) 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.



【그림 2.3-1】 교량 상태평가 결과 산정 방법

나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, 【표 2.3-19】의 결함도 점수범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 2.3-19】 교량 결함도 점수 범위에 따른 기준

기 준	A	B	C	D	E
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 터널 부재별 상태평가기준 및 산정절차

2.4.1 터널주요 점검 항목

【표 2.4-1】 터널주요 점검 항목

구 분	조 사 부 재	조 사 항 목	비 고
입 · 출 구 부	갱구부	• 벽체균열 및 누수상태조사 • 콘크리트 박리, 박락 상태조사 • 기타 콘크리트 열화상태 조사	<점검장비> • 균열경 • 망치 • 랜턴 • 줄자 • 카메라 • 고소작업차
	비탈면 (주변사면)	• 수목, 식생 상태조사 • 사면의 절리방향, 낙석 유무 조사 • 지하수 유출 • 배수로 및 우수로 상태조사	
본 터 널	측벽 및 천단	• 청소상태 • 균열, 단차, 누수상태 • 시공이음부 누수 및 손상상태 • 박리, 박락 및 변형조사 • 망치타격에 의한 공동발생 유무 • 타일의 변형 및 들뜸	
	배수시설	• 배수상태 및 청소상태 • 배수구 덮개 망실 및 파손	
	바닥면	• 포장면 요철, 균열, 함몰 • 포장층의 파손 및 보수상태 • 용수로 인한 손상 • 부풀음 상태조사	
기 타	인도부	• 균열상태조사 • 파손발생유무	
	소화설비	• 소화전 표시등 작동 여부 및 격납 상태	
	안전간판	• 안전 표지판 설치현황 및 파손 유무	
	조명시설	• 조명시설 점등 및 부점등 여부 • 등기구의 파손 및 청소유무	

2.4.2 터널의 상태평가 기준

가. 터널별 결합점수 및 결합지수 산정기준

터널분류에 따른 터널별 상태평가를 위한 결합등급 및 결합점수화 결합지수 산출방법은 다음과 같다.

여기서, 라이닝 결합지수는 터널주변 항목점수를 제외한 라이닝만의 결합점수인 총점36점(조적식, 무근콘크리트:26점)으로 계산되며, 터널 결합지수는 라이닝의 결합점수 및 터널주변 결합점수를 모두 합한 총점 42점(조적식, 무근콘크리트:32점)으로 계산하여 상태평가등급을 산정한다.

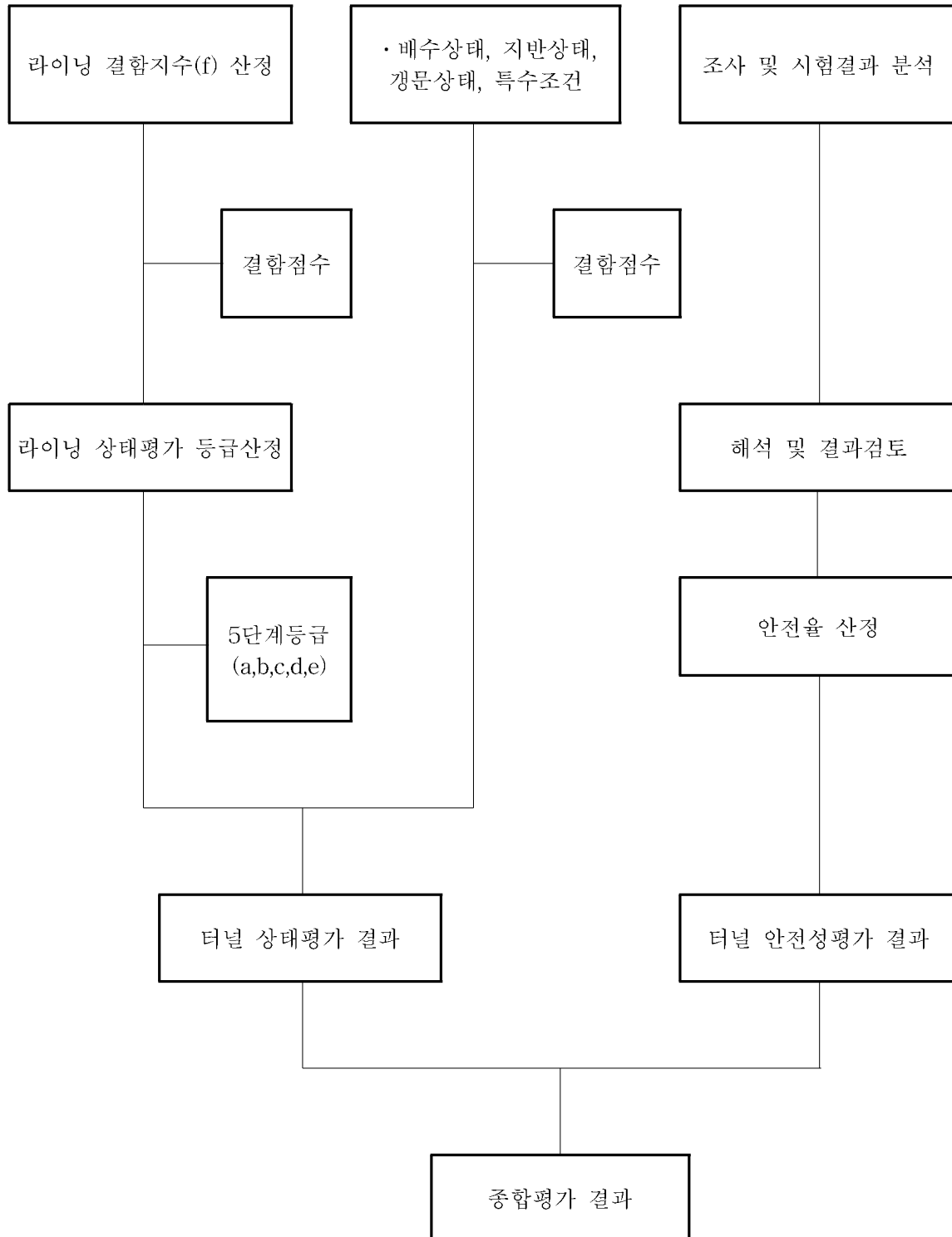
본 과업 대상 구조물은 NATM형식이며, 상태평가를 판정하기 위해 무근콘크리트 라이닝 터널을 기준으로 상태평가를 실시한다.

· NATM터널(철근콘크리트 라이닝)

결 합 등 급		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	균 열	1~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누 수	1	2	3	4	5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		중 성 화	0	1	2	3	4
		염 화 물	0	1	1	2	2
터 널 주 변	배수상태	오 염 됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손 상 : 1					
특수조건		전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
$\text{라이닝 결합지수 (f)} = \frac{\sum \text{결합점수}}{36}, \text{터널결합지수 (F)} = \frac{\sum \text{결합점수}}{42}$							

나. 상태평가 등급 산정절차

터널 상태평가 등급은 라이닝 상태평가와 터널주변 상태평가를 종합하여 결정하며, 안전성 평가 결과중 최저 등급을 터널 종합평가 결과로 결정한다. 평가 과정은 다음과 같다.



다. 상태평가 결과 산정

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

① 라이닝 SPAN별 평가항목에 대해 최저등급의 결함점수를 부여한다.

균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

② 라이닝 SPAN별 결함지수를 구한다

③ 라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 라이닝 SPAN별 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 라이닝 상태평가 등급 산정

① 라이닝 SPAN별 평가항목과 결함지수에 대한 등급을 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

② 라이닝 전체의 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 등급을 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

3) 3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정

① 터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갯문상태의 결함점수를 부여한다.

② 특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

4) 제4단계 : 터널 상태평가등급 산정

① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과, 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

② 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 등급을 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

③ 터널 상태평가등급 산정

- A등급 : 터널 결함지수(F) $0.00 \leq F < 0.15$
- B등급 : 터널 결함지수(F) $0.15 \leq F < 0.30$
- C등급 : 터널 결함지수(F) $0.30 \leq F < 0.55$
- D등급 : 터널 결함지수(F) $0.55 \leq F < 0.75$
- E등급 : 터널 결함지수(F) $0.75 \leq F$

2.5 옹벽의 상태평가기준 및 산정절차

2.5.1 결함점수 및 결함지수 산정기준

1) 콘크리트 옹벽

결 합 등 급		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < .15$	$.15 \leq f < .30$	$.30 \leq f < .55$	$.55 \leq f < .75$	$.75 \leq f$
침 하		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
배수공상태		0	3	6	9	12
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
파손 및 손상(재료분리)		0	1	2	3	4
균 열		0	2	4	6	8
마모/침식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 충분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	탄산화	0	1	2	3	4
	염화물	0	1	1	2	4
	철근노출	0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영 향인자	배수시 설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조 사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
철근콘크리트 옹벽 결함지수(F)			①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{76}$	②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{60}$
중력식 옹벽 결함지수(F)			①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{64}$	②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{48}$

※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외

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

※ 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함점수를 한 단계 하향 조정한다.

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

2) 보강토 옹벽

결 합 등 급		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	0	1	1	2
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	1	2
활 동		0	1	2	3	4
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8
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
주변영 향인자	배수시 설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조 사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
보강토 옹벽 결합지수 (F)		①	$\frac{\Sigma \text{결합점수}}{52}$		②	$\frac{\Sigma \text{결합점수}}{36}$

※ 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.

2.5.2 옹벽시설물의 상태평가기준

상태평가기준	시설물의 상태평가 내용	비고
A	$0.00 \leq F < 0.15$	F = 옹벽결합지수
B	$0.15 \leq F < 0.30$	
C	$0.30 \leq F < 0.55$	
D	$0.55 \leq F < 0.75$	
E	$0.75 \leq F$	

2.5.3 상태평가 항목별 세부기준

[표 2.5-1] 침하의 상태평가 기준 (콘크리트 옹벽)

평가기준 (결함점수)	최대 침하량의 범위		조사된 상태
	비진행성	진행성	
a (0)	5cm미만	2cm미만	- 침하가 발생되지 않은 상태
b (1)	5cm이상~ 8cm미만	2cm이상~ 5cm미만	- 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c (2)	8cm이상~ 12cm미만	5cm이상~ 8cm미만	- 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d (3)	12cm이상~ 16cm미만	8cm이상~ 12cm미만	- 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠수 있는 상태
e (4)	16cm이상	12cm이상	- 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 2.5-2] 침하의 상태평가 기준 (보강토 옹벽)

평가기준 (결함점수)	최대 침하량의 범위		조사된 상태
	비진행성	진행성	
a (0)	5cm미만	3cm미만	- 침하가 발생되지 않은 상태
b (1)	5cm이상~ 10cm미만	3cm이상~ 8cm미만	- 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c (2)	10cm이상~ 20cm미만	8cm이상~ 16cm미만	- 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d (3)	20cm이상~ 30cm미만	16cm이상~ 25cm미만	
e (4)	30cm이상	25cm이상	- 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 2.5-3] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준 (콘크리트 옹벽)

평가기준 (결함점수)	최대 기울기의 범위		조사된 상태
	비진행성	진행성	
a (0)	2%미만	1%미만	- 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b (1)	2%이상~ 3%미만	1%이상~ 2%미만	- 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c (2)	3%이상~ 4%미만	2%이상~ 3%미만	- 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d (3)	4%이상~ 6%미만	3%이상~ 4%미만	- 경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e (4)	6%이상	4%이상	- 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 2.5-4] 활동의 상태평가 기준 (공통적용)

평가기준 (결합점수)	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 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠수 있는 상태
e (4)	16cm이상	12cm이상	- 활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 2.5-5] 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가 기준 (콘크리트 옹벽)

평가기준 (결합점수)	깊이	면적율 10%미만	면적율 10%이상
a (0)	없음	a	a
b (1)	0mm~5mm 미만	b	c
c (2)	5mm~10mm 미만	c	d
d (3)	10mm~20mm 미만	d	e
e (4)	20mm 이상	e	e

[표 2.5-6] 기초부 세굴 상태평가 기준(공통적용)

평가기준 (결합점수)	조사된 상태	
	콘크리트 옹벽	보강토 옹벽
a (0)	- 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태	- 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태
b (4)	- 세굴이 (지표면에서 현치하부/2) 부분까지 발생한 상태	- (근입깊이/4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태
c (8)	- 세굴이 저판의 현치하부까지 발생한 상태	
d (12)	- 세굴이 (저판의 최대두께/2) 부분까지 발생한 상태	
e (16)	- 세굴이 기초저면까지 발생한 상태	- 세굴이 기초저면까지 발생한 상태

[표 2.5-7] 마모/침식의 상태평가 기준(콘크리트 용벽)

평가기준 (결합점수)	조사된 상태
a (0)	- 침식/마모된 부위가 없는 양호한 상태
b (0)	- 침식/마모에 의해 골재가 노출된 상태
c (1)	- 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태 (다소 심한상태)
d (1)	- 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태(심한상태)
e (2)	- 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태 (매우 심한상태)

[표 2.5-8] 박락 및 층분리의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결합점수)	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a (0)	없음	a	a
b (1)	15mm 미만	b	c
c (2)	15mm~20mm 미만	c	d
d (3)	20mm~25mm 미만	d	e
e (4)	25mm 이상	e	e

[표 2.5-9] 박리의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결합점수)	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a (0)	없음	a	a
b (0)	0.5mm 미만	b	c
c (1)	0.5mm~1.0mm 미만	c	d
d (1)	1.0mm~25mm 미만	d	e
e (2)	25mm 이상이거나 조골재 손실	e	e

[표 2.5-10] 균열의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결함점수)	최대균열폭	면적율 20%미만	면적율 20% 이상 또는 구조적 균열
a (0)	0.1mm 미만	a	a
b (2)	0.1~0.2mm 미만	b	c
c (4)	0.2~0.3mm 미만	c	d
d (6)	0.3~0.5mm 미만	d	e
e (8)	0.5mm 이상	e	e

[표 2.5-11] 백태의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결함점수)	조사된 상태
a (0)	- 없음
b (0)	- 국부적으로 발견
c (1)	- 여러곳에서 발견
d (1)	- 심한상태
e (1)	- 매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태

[표 2.5-12] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	- 30mm 이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 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 미만	철근부식 발생
e	-	-

[표 2.5-13] 철근노출의 상태평가기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결합점수)	철근노출 면적율
a (0)	0%
b (1)	0 ~ 1% 미만
c (2)	1 ~ 3% 미만
d (3)	3 ~ 5% 미만
e (4)	5% 이상

[표 2.5-14] 배수공 상태의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결합점수)	조사된 상태
a (0)	- 배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b (3)	- 배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c (6)	- 배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d (9)	- 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e (12)	- 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

[표 2.5-15] 진행성 배부름 상태평가 기준 (보강토 용벽)

평가기준 (결합점수)	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

[표 2.5-16] 파손 및 손상, 균열의 상태평가 기준 (보강토 옹벽)

평가기준 (결합점수)	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

[표 2.5-17] 이격 상태평가 기준 (보강토 옹벽)

평가기준 (결합점수)	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

[표 2.5-18] 유실 상태평가 기준 (보강토 옹벽)

평가기준 (결합점수)	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

2.6 사면의 상태평가기준 및 산정절차

2.6.1 지반특성에 따른 절토사면의 분류

국내에 분포하는 다양한 지반 및 지질조건에 따른 사면의 거동특성 및 파괴양상에 대한 분석을 통해 절토사면은 토층심도율에 의해 토사사면과 암반사면으로 구분할 수 있으며, 암반사면은 다시 지반강도특성 및 암반의 블록크기 비에 의해 절리암반사면, 파쇄암반사면, 연약암반사면으로 세분될 수 있다.

토층심도율(soil depth ratio: SR)은 사면을 토사사면과 암반사면으로 구분할 수 있는 지시자로서 식 (4.1)과 같이 토층 심도와 사면 높이의 비로 정의된다. 토층심도는 토층의 두께로서 충적층 또는 풍화등급상 잔류토(residual soil)와 완전풍화암 (completely weathered rock)을 대상으로 측정한다.

$$SR = \frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}}$$

암반의 블록크기 비(block size ratio: BR)는 식 6.2와 같이 블록크기 지수(block size index, Ib)와 사면높이(H)의 비를 말하며, 블록크기 지수는 식 6.3과 같이 각 절리군의 평균 간격(Si)의 산술 평균으로 정의 할 수 있다.

$$BR = \frac{\text{Block size index (Ib)}}{\text{Slope height (H)}}$$

$$Ib = \frac{\sum_{i=1}^3 Si}{3}$$

아래표는 토층심도율과 블록크기 비에 따른 절토사면의 분류를 나타낸 것이다.

구 분		토층심도율	압축강도	블록크기비	주요 파괴유형	비고
토사사면		> 0.4	-	-	원호 파괴 표층 파괴	
암반 사면	연약암반사면	≤ 0.4	≤ 10 MPa	-	표면 파괴 원호 파괴 평면 파괴 쇄기 파괴	제3기층 등
	파쇄암반사면		> 10 MPa	≤ 0.01	쇄기 파괴 평면 원호 전도 파괴	단층 파쇄대 등
	절리암반사면			> 0.01	쇄기 파괴 평면 전도 파괴 낙석	일반 암반 사면
토층심도율이 0.2 ~ 0.4일 경우, 혼합 사면으로 규정하여 토사 사면과 암반 사면의 특성을 모두 고려할 필요가 있음						

2.5.2 상태평가 항목

절토사면의 상태평가를 위한 조사항목은 사면의 손상상태와 파괴요인의 평가로 구분하여 실시한다.

▶ 절토사면 손상상태 평가 항목

절토사면의 손상상태 조사는 사면에 발생한 파괴이력과 현재 진행중인 파괴징후에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 직접적 평가내용이다. 조사항목은 크게 사면의 파괴징후에 관련된 항목과 기 발생한 파괴현황에 관련된 항목으로 나눌 수 있다.

구 분	평 가 요 소
파괴징후	- 인장 균열 또는 이완 압괴의 존재와 상태 - 사면 지반의 변형(bulging 등) 현상의 존재와 상태 - 구조물(옹벽 및 측구 등) 또는 인접 구조물(도로 등)의 변형(균열 등) 상태
파괴현황	- 발생한 파괴의 규모 및 개소 - 발생한 파괴의 유형

▶ 절토사면 파괴요인 평가 항목

절토사면의 파괴요인 조사는 사면 파괴의 원인이나 요소로 작용하는 인자들에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 간접적 평가내용이다. 조사항목은 크게 사면의 내부 파괴요인 항목과 외부 파괴요인 항목으로 나눌 수 있다.

구 분		내부 파괴 요인		외부 파괴 요인	
		지반 상태	사면 형상	자연적 요인	인위적 요인
토사사면		토질조건 토층심도율	사면의 경사 집수지형	강우/지하수	표면상태 보호/보강상태 배수상태
암 반 사 면	연약암반사면	지반강도 특성 면구조경사 내구성(풍화상태)	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	파쇄암반사면	절리간격 저면경사 절리상태	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	절리암반사면	절리주향 절리경사 절리상태	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태

2.6.3 상태평가 세부기준

▶ 상태평가 항목별 세부기준 및 결합지수 산정 방안

절토사면의 상태평가는 손상상태와 파괴요인을 구분하여 평가하며, 각각의 평가항목에 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 결합지수 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 결합지수는 사면 손상상태 항목 점수와 사면 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 76으로 나누어 계산한다.

가. 절리암반사면

결합등급			a	b	c	d	e
항 목							
파괴 징후	① 인장균열	구분	없음	1mm미만	1mm이상 5mm미만	5mm이상 5cm미만	5cm이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	② 지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③ 구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴 현황	④ 발생규모	구분	0	1m³이상	1m³이상 8m³미만	8m³이상 64m³미만	64m³이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수(f1) = ∑ (①~④) / 24							

결합등급			a	b	c	d	e
항 목							
지반 상태	⑤ 절리주향 (사면과의 사이)	구분	사면주향과 45°이상	사면주향과 30°~45°	사면주향과 20°~30°	사면주향과 10°~20°	사면주향과 10°미만
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥ 절리경사 -사면경사	구분	10°이상	0°초과 10°미만	0°	-10°이상 0°미만	-10°미만
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑦ 절리상태	구분	매우유리	유리	보통	불리	매우불리
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면 형상	⑧ 사면경사	구분	1:1.0미만	1:1.0이상 1:0.7미만	1:0.7이상 1:0.5미만	1:0.5이상 1:0.3미만	1:0.3이상
		점수	0	1	2	3	4
자연 요인	⑨ 강우 및 지하수	1일 강우 량	0mm	0mm이상 50mm미만	50mm이상 100mm미만	100mm이상 150mm미만	150mm이상
		지하 수위	완전건조	사면높이의1/3	사면높이의1/2	사면높이의2/3	완전포화
		점수	0	1	2	3	4
인위 요인	⑩ 절취상태	구분	매우좋음	좋음	보통	나쁨	매우나쁨
		점수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑪ 배수조건	구분	완전배수	양호	보통	불량	매우불량
		점수	0	1	2	3	4
	⑫ 보호/보강 상태	구분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점수	0~2		3~6		6~8
사면 파괴요인 지수(f2) = ∑ (⑤~⑫) / 52							

$$\text{결합지수(F)} = \Sigma(\text{①} \sim \text{⑫}) / 76$$

<해 설>

- 1) 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 인장균열의 진행성(또는 확장)이 명확하게 확인되는 경우 상태평가등급을 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
- 2) 지반변형 상태는 사면의 배부름 현상(bulging) 또는 압괴의 이완 등 지반 자체의 변형과 관련된 것으로 현재 변형의 증거가 관찰되지 않으면 “없음”을 기준으로 하나, 변형의 잠재성에 따라 등급을 구분할 수 있도록 하였다. 점검시 변형의 증거가 관찰될 경우 역시 변형의 정도에 따라 전문가의 의견에 따라 등급을 부여한다. 또한, 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 진행성이 확인되는 경우 상태평가등급을 하향하고 정밀안전진단을 실시하며 정기적으로 관찰한다.
- 3) 구조물변형 상태는 사면 및 주변 구조물(옹벽, 측구 및 인접 도로 등)의 변형과 관련된 것으로서 각 등급의 결정은 “2)”항의 지반변형과 동일한 방법을 적용하며 진행성이 확인되는 경우 역시 상태평가등급을 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
- 4) 파괴 현황은 이미 발생한 파괴 현황으로서 발생 규모는 발생한 각각의 파괴의 폭, 길이, 두께의 곱으로 정의하며, 한 사면에서 여러 번의 파괴가 발생한 것은 모두 합하여 결정한다.
- 5) 절리의 경사방향 및 경사는 평면 파괴의 기준이며, 켜기 파괴가 우려될 경우, 이를 절리 교차선의 방향성과 경사각으로 대체하여 평가한다.
- 6) 절리상태는 상세 절리 상태 점수에 대한 산술평균값을 참고하여 유리 및 불리를 평가한다.
- 7) 사면의 경사는 평가 영역 내의 평균 사면경사로 평가한다.
- 8) 강우 및 지하수 조건은 해당 평가 기준 중 가장 불리한 사항을 평가한다.
- 9) 절취상태는 굴착방법에 따라 분류하며, 선균열발파일 경우 매우 좋음, 제어발파일 경우 좋음, 기계굴착일 경우 보통, 일반발파일 경우 나쁨, 불완전 발파일 경우 매우 나쁨에 해당된다.
- 10) 배수조건은 측구 및 배수공 등 배수 구조물의 설치와 관리 상태를 평가한다. 즉, 완전 배수는 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우를 말하며, 양호는 배수상태가 양호하여 즉시 배수될 경우, 보통은 배수로가 있는 경우, 불량은 배수로가 없거나 있어도 원활치 못한 경우, 매우 불량은 물이 상당히 고여 있는 경우를 말한다.
- 11) 보강상태는 절토사면에 시공된 보호/보강재의 상태를 평가는 것으로서 재료의 노후와 결함 정도를 전문가의 판단을 통해 평가한다. 또한 보호/보강공법이 적용됨에 따라 사면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우 상태평가 등급을 상향할 수 있다.

▶ 절토사면의 상태평가 기준

절토사면 상태평가등급은 세부 평가 항목별 평가에 의해 산출된 결합지수(F)에 따라 A, B, C, D, E의 5등급으로 구분한다<표 4.2.6>. 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	결합 지수 (F)	상 태
A	$0 \leq F < 0.15$	문제점이 없는 최상의 상태
B	$0.15 \leq F < 0.30$	경미한 손상, 결합이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C	$0.30 \leq F < 0.55$	보통의 손상, 결합이 발생하였으나 안전성에 지장은 없으며, 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D	$0.55 \leq F < 0.75$	손상, 결합이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	$0.75 \leq F$	심각한 손상, 결합 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.



제 3 장 내구성 조사



3.1 개요

3.2 콘크리트 강도

3.3 철근배근 탐사

3.4 탄산화깊이 측정

3.5 터널 배면공동 조사



제 3 장 내구성 조사

3.1 개요

초기점검시 실시하는 필수적인 내구성조사 항목을 시행함으로써 초기점검 현장조사 범위 및 내용이 일정수준 이상이 유지되도록 점검결과에 의한 시설물의 상태 또는 안전성 평가가 객관적이며 보편 타당하게 이루어질 수 있는 기초자료확보가 되도록 하였다. 본 과업시 시행된 내구성 평가 항목으로는 콘크리트 강도조사, 철근배근 탐사, 터널 배면공동 조사를 시행하였으며, 이를 토대로 구조물 구성재료인 철근 콘크리트의 역학적·화학적 특성을 체계적으로 규명하고 도출된 결과를 비교·분석·평가하여 구조물의 내구성과 사용성을 검토하고 상태평가, 보수·보강제시 및 유지관리제시의 기초자료로 활용될 수 있도록 하였다.

3.2 콘크리트 강도조사

3.2.1 개요

슈미트 해머에 의한 반발경도법은 경화된 콘크리트 표면을 타격시 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다. 초음파법은 콘크리트 내부를 통과하는 초음파(Ultra Sonics)의 속도가 콘크리트의 상태, 내구성, 균질성, 강도 등의 영향에 따라 각기 다르게 나타나는 경험적인 결과를 이용한 비파괴 시험법이다. 반발경도법과 초음파법에 의한 비파괴강도 조사를 병행한 조합법을 이용함으로써 보다 정확한 강도를 추정할 수 있도록 하였다.

가. 반발경도법

1) 개요

본 시험법은 일반적으로 슈미트햄머법이라고도 하며, 슈미트햄머(Schmidt Hammer)로 콘크리트의 표면을 타격하여 콘크리트 표면의 경도로부터 압축강도를 추정하는 방법으로, 압축강도를 추정하는 과정에서 측정방법, 적용가능한 강도범위, 판정의 평가방법등에 대해 고려하여야 한다.

2) 반발경도(R)

측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격 3cm를 표준으로 종,횡으로 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도값의 산술 평균값을 구한다. 산술평균값에 대해 각 반발경도의 값이 $\pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다.

3) 보정반발경도(R_o)

보정반발경도 R 은 식(3.1)과 같이 측정경도 R 에 보정값을 더한 값으로 한다.

$$R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 \quad \text{식 (3.1)}$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 압축응력에 따른 보정값

ΔR_3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

① 타격방향에 따른 보정값

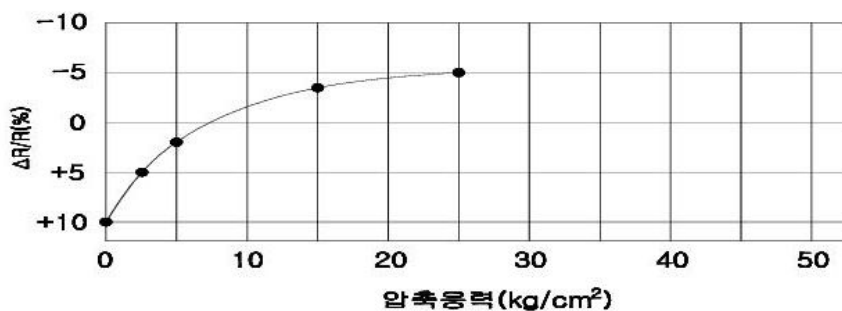
수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다. 반발경도 보정치는 【표 3.2-1】과 같다. 하향 타격(-90°)의 경우에는 슈미트 해머 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 +값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대현상에 의해서 -값으로 수정해 주어야 한다.

【표 3.2-1】 타격방향에 따른 보정계수

반발경도 R	보정치 ΔR_1			
	상향		하향	
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-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	-2.0	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.7	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

② 압축응력에 따른 반발경도의 보정

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험결과 입증되었다. 그 크기는 【그림 3.2-1】와 같이 대략 압축응력이 10kgf/cm^2 인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$, 25kgf/cm^2 인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 이다.



【그림 3.2-1】 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

③ 콘크리트 습윤상태에 따른 보정

콘크리트 표면이 습윤상태에 있으면 건조상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 완전 습윤상태에서는 건조상태를 기준으로 $\Delta R3 = +5\%$ 를 적용한다.

④ 강도추정

보정반발경도 R_o 로부터 압축강도 F_c 를 추정하는 식은 여러 가지가 제안되어 있다. 본 과업에서는 표준편차가 양호하고 설계기준강도에 근접한 추정식 일본건축학회에서 제안된 식(3.2) 및 일본재료학회에서 제안된 식(3.3)을 사용하여 압축강도를 추정하였다. 또한 본 구조물에서 사용된 고강도 콘크리트의 경우 과학기술부에서 제안된 식(3.4)을 사용하여 압축강도를 추정하였다.

- 일본건축학회

$$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.1 \text{ (MPa)} \quad \text{식 (3.2)}$$

- 일본재료학회

$$F_c = 1.27R_o - 18.0 \text{ (MPa)} \quad \text{식 (3.3)}$$

- 과학기술부

$$F_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.1 \text{ (MPa)} \quad \text{식 (3.4)}$$

⑤ 시간경과 계수

수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면경도가 높기 때문에 식(3.5)와 같이 재령계수를 곱하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 【표 3.2-2】 과 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_n = \alpha \cdot F_c \quad \text{식 (3.5)}$$

여기서, α 는 재령계수

【표 3.2-2】 재령일에 따른 보정계수

재 령	28일	100일	200일	300일	400일
a	1.00	0.78	0.72	0.70	0.68
재 령	500일	750일	1000일	2000일	3000일
a	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

5) 평가방법

반발경도법의 강도조사 결과에 대한 평가근거 및 내용은 【표 3.2-3】 과 같다.

【표 3.2-3】 반발경도법의 평가근거 및 내용

구 분	내 용	비 고
평가근거	◦ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (한국시설안전기술공단, 2010.12)	

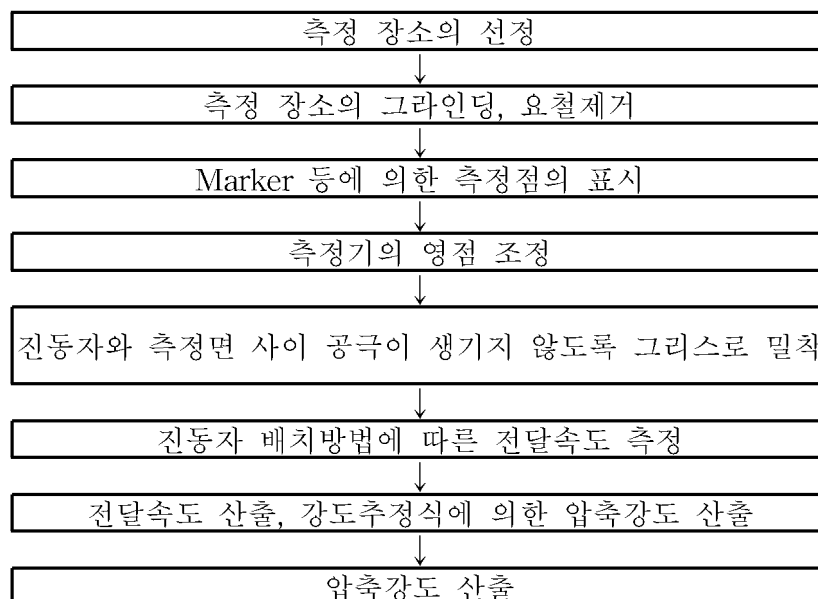
나. 초음파법

1) 개 요

콘크리트는 물리적 성질이 매우 다른 이질성 재료로 구성되어 파의 분산정도가 심하며 통상 5~100kHz 정도의 주파수가 이용된다. 초음파 시험은 대상물의 형상에 관계없이 내부의 상황변화 등을 파악할 수 있는 반면, 투과파 높이가 작을 때에는 측정정도가 떨어진다. 본 조사에 사용된 초음파 탐사기는 PUNDIT로 음파발생 장치 및 시간측정 회로로 구성되어 있으며, 일반적으로 가장 판별하기 쉬운 종파(P파)를 이용한다. 초음파 전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 아래 식에 의해서 구한다.

$$\circ \text{ 전달속도(Velocity) } = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}} \quad \text{식 (3.5)}$$

직접법과 표면법의 전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지의 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 직접법에 의하여 재료의 초음파 전달속도를 구하는 것이 바람직하나 현장에서는 직접법으로 측정할 수 없는 부위가 대부분이므로 주로 간접법(표면법)이 적용되며, 간접법(표면법)은 발진자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 5점의 측정점을 정하여 측정거리를 증가하면서 초음파 전달속도를 측정하였으며, 철근을 따라 초음파속도에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 RC-Rader로 철근의 위치를 파악한 후 철근위치를 피하여 초음파 속도를 측정하였다.



【그림 3.2-2】 초음파 속도법에 의한 콘크리트 압축강도 추정 흐름도

2) 압축강도 추정

분석된 간접전달속도 값으로부터 콘크리트 강도를 추정하기 위해 주로 적용되는 기존의 제안식은 다음과 같다.

- 일본재료학회식

$$f_c = 21.5 V_d - 62.0 \text{ (MPa)}$$

여기서, V_d : 직접속도

본 과업에서 측정된 값은 간접속도 값을 나타내므로 직접속도 값으로 환산하여 적용하였고 환산식은 다음과 같다.

$$V_d = 1.05 V_i$$

다. 조합법에 의한 평가방법

조합법에 의한 강도 조사는 슈미트해머와 초음파법에 의한 조사의 단점을 상호 보완하기 위하여 제안된 방법으로서 슈미트해머와 초음파시험 결과를 동시에 이용하여 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법이다. 조합법에 의한 압축강도 추정은 다음의 추정강도식을 적용하였다.

- 릴렘(RILEM)식

$$\log_{10} f'_c = 0.3794 V_d + 0.01149R + 0.4332$$

$$f_c = 0.85 f'_c$$

3.3 철근배근 탐사

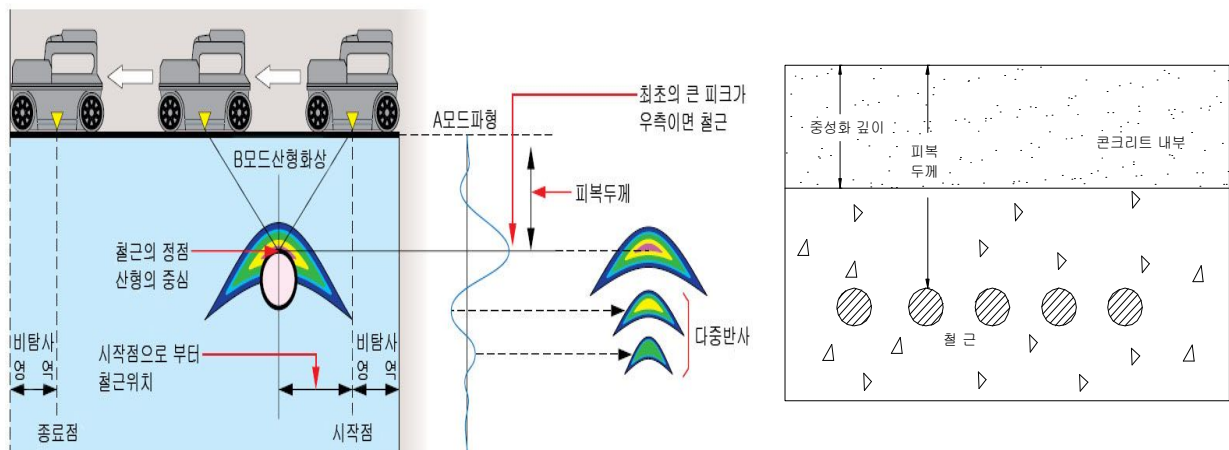
3.3.1 개요

일반적으로 철근 배근상태 조사는 부재의 국부파괴법과 비파괴 시험법이 있다. 부재의 국부파괴법은 경제적인 측면과 구조물 피해 등을 발생시킬 수 있는 부정적인 영향이 있으므로 비파괴 시험법을 통한 방법으로 구조물의 전반적인 철근 배근상태를 확인하는 것이 일반적이며 본 과업에서는 전자파 레이더법을 이용한 RC-Radar를 사용하였다.

3.3.2 조사 및 평가

전자파 레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하게 콘크리트에 전자파를 안테나로부터 발사시켜 콘크리트 중의 비전도율이 다른 물체(철근, 매설물, 공동 등)와의 경계에서 반사파를 일으키는 성질을 이용하여 조사하는 방법이다. 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시작으로부터 수신 시작까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트내 전파속도(V)로부터 다른물체(철근, 매설물 공동 등)의 철근깊이를 구할 수 있다.

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



<RC-Radar 측정원리>

<철근 피복두께 정의>

【그림 3.3-1】 RC-Radar 원리 및 철근 피복두께 정의

3.3.3 시험방법

콘크리트 피복두께 측정 깊이는 일반적으로 약 300mm 이내이며 측정 대상 철근의 지름은 D6 이상이어야 한다. 또한, 탐촉자의 이동 속도는 5~10m/min로 하고 측정방향은 철근의 직각 방향으로 한다. 철근탐사에 있어서 설계도 등을 숙지한 다음 실시하는 것이 바람직하다.

3.3.4 적용조건

【표 3.3-1】 철근탐사 시험 적용 조건

적용 가능한 조건	적용 곤란한 조건
▪ 측정심도 20cm이내 ▪ 측정대상 철근지름이 6mm이상 ▪ 콘크리트의 질이 대부분 균일한 것 ▪ 철근이 안테나 진행방향에 직교하고 있는 것	▪ 표면에 금속 등의 전파를 반사하는 것이 있었고, 6mm미만의 철근 등을 측정하는 경우 ▪ 100mm 이하의 피치에서 배근되어 있는 경우 ▪ 진행방향과 평행으로 철근이 있는 경우

3.3.5 평가기준

- 철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부를 판단
- 실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단

【표 3.3-2】 콘크리트 구조설계 기준(2007)의 최소 피복두께

부위		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 공구나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트	슬래브, 벽체, 장선	D35 초과하는 철근	40
		D35 이하인 철근	20
	보, 기둥		40
	셀, 절판부재		20

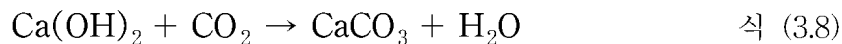
【표 3.3-3】 콘크리트 구조설계 기준(2007)의 최소 피복두께 허용오차

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

3.4 탄산화 깊이 측정

3.4.1 개요

탄산화는 콘크리트 구조물의 열화 문제로 현재 주목받고 있는 현상 중 하나이다. 여기 서 탄산화란 굳은 콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 일컫는다. 즉 건전한 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약 25%를 차 지하는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 외기 중의 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 콘크리트표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10이하로 낮아지는 현상이다.



콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 내구성능이 저하되는 것은 아니며, 탄산화가 문제 가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표 면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다. 이 와 같이 탄산화에 의한 철근콘크리트 성능저하 과정은 【그림 3.4-1】와 같다.

【그림 3.4-1】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

STEP 1

정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없다.
(약간의 건조수축에 의한 균열)

STEP 2

녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균 열이 발생한다.

STEP 3

철근의 윗면이 팽창한다. 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보인다.

STEP 4

철근 윗면의 피복이 부수어져 떨어지고, 철근의 노출이 시작된다.
철근단면적이 감소한다.

STEP 5

철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출된다.
내구성능은 없다.

3.4.2 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

콘크리트의 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로서는 환경조건(대기중의 탄산가스농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 탄산화 속도에 영향을 미치는 대표적인 요인을 정리하면 다음의 【표 3.4-1】와 같다.

【표 3.4-1】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구 분	영 향 인 자	탄 산 화 속 도
내 적 요 인	시멘트의 종류	수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름. 조강 포틀랜드 시멘트 < 보통 포틀랜드 시멘트 < 중용열 포틀랜드 시멘트
	골재의 종류	투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름 강모래, 강자갈<강모래, 화산골재<화산골재
	계면활성제 종류	동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도 빠름
환 경 조 건	온 도	온도상승 시 탄산화 속도 빠름 20~50℃ 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	농도가 진할수록 탄산화 속도 빠름 탄산가스농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습 도	상대습도 50~70%에서 탄산화속도가 최대
	실내, 실외	실내의 탄산화속도가 빠름

3.4.3 탄산화 진행에 따른 상태평가

탄산화 진행상태는 피복두께의 절대값이 클수록 탄산화 잔여 절대값이 커지므로 피복두께가 클수록 일반적으로 철근부식까지의 탄산화 도달시간에 대한 여유가 크다. 피복두께와 탄산화 측정깊이를 고려한 철근 콘크리트 구조물에서의 탄산화 잔여깊이상태에 대한 상태평가 등급은 다음 【표 3.4-2】 과 같다. (안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 교량편, 2009.3, 국토교통부)

【표 3.4-2】 탄산화 상태평가 기준

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

3.5 터널 배면공동 조사

3.5.1 개요

GPR 탐사의 주된 목적은 라이닝 배면에 공동이 존재할 경우, 이완토압, 잔류수압 및 기타 하중이 균등하게 작용하지 않으므로 장기적인 터널 안전성 확보를 위해서는 GPR 탐사 결과와 외관조사 결과를 종합적으로 분석하여 터널의 효율적인 유지관리에 필요한 보수·보강 대책을 수립하는데 있다. GPR 탐사 범위는 현장 답사 및 외관조사 결과를 토대로 축선위치를 선정하였고 조사결과는 외관조사, 시험 자료등과 비교·분석하였다.

· GPR 탐사장비

본 조사에 사용된 GPR 시스템은 Zond 12e Advanced (Radar Systems Inc., 라트비아)이며, 주요 제원은 다음과 같다.

【표 3.5-1】 G.P.R 탐사장비

구 분	구 성 품	모델 및 규격	비 고
주장치 (Zond 12e Advanced)	Main Frame	Advanced	전원공급, 전자기파 송신 및 수신, 전자기파 반사 데이터 화상처리 및 표시, 이미지 조정, 데이터 필터링
	Control/Display Module	휴대용 노트북 PC	
측정 안테나 (전자기파 송수신기)	1500 MHz	비접촉식	약 1m까지 조사가능
실내 분석 장치	IBM 호환 퍼스널 컴퓨터	i5	데이터 분석 및 저장
	데이터 분석용 Software	Prism 2.6	디지털 신호처리 기법을 응용한 다각적인 데이터 분석 및 관독



· GPR 탐사의 원리

GPR은 전자기파를 단속적으로 발생시키고 수신하는 측정 장비로서 그 측정한계는 전자기파의 측정한계를 따른다. 전자기파가 안테나에서 방출되면 파동의 회절특성 때문에 진행 방향에 대해서 일정한 각도로 퍼져나가게 된다. 또한 매질 내를 진행하면서 매질의 유전상수에 따라 그 진행속도와 매질에 대한 파의 에너지 흡수율에 차이가 발생된다.

유전상수는 진동수와 전도도에 비례하는 양으로, 전자기파의 매질 내 속도는

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

v : 전자기파의 매질 내 속도

c : 광속

ϵ_r : 유전상수

이 되고, 매질에 대한 파의 에너지 흡수율은 전도도에 비례한다.

매질 내 임의의 심도에서 파의 강도는

$$I = I_o e^{-ax}$$

a : 흡수율

x : 심도

로 쓸 수 있다.

또한, 전자기파의 회절 때문에 심도가 깊어지면 분해능은 떨어지게 되는데 알려져 있는 분해능은 안테나에 수직방향으로 반파장이고, 수평 방향으로는

$$R_f = \sqrt{(\lambda r_o + 1/4x^2)}$$

이 되는데 여기서, λ : 파장

r_o : 측정 대상물의 심도

이다.

그러므로 파장이 짧으면 전체적인 분해능은 커질 수 있으나, 전자기파의 투과깊이는 파장에 비례하므로 낮은 심도밖에 조사 할 수 없는 단점이 있고, 깊은 심도의 물체를 확인함에 있어서 신호처리에도 문제가 발생할 수 있다. 반대로 전자기파의 파장이 길면 투과깊이는 증가하나 정밀도가 떨어진다. 그러므로 측정에 있어서 적당한 안테나의 선택은 중요한 문제이다.

· 안테나의 측정 한계

1) 안테나의 주파수에 따른 측정 한계

지반이나 구조물을 탐사하는 경우 적당한 안테나의 선택은 중요한 문제이다. 일반적으로 저주파일수록 지반에 대한 투과율이 좋고 동일한 진동수의 파장이라면 안테나의 출력이 큰 편이 지반 침투율이 좋아진다. 안테나의 측정 한계는 각 회사마다 다르며 본사에서 보유하고 있는 Zond-12c 에서 제공하는 자료에 따르면 주파수별 안테나의 측정심도는 다음과 같다. 단, 이것은 실험데이터로 절대적인 것은 아니며 매질에 따라 차이가 있다.

【표 3.5-2】 안테나의 측정 한계

안테나							
Parameter	2GHz	900MHz	500MHz	300MHz	150MHz	75MHz	38MHz
Resolution(m)	0.06~0.1	0.2	0.5	1.0	1.0	2.0	4.0
Blind Zone(m)	0.08	0.1~0.2	0.25~0.5	0.5~1.0	1.0	2.0	4.0
Depth(m)	1.5~2	3~5	7~10	10~15	7~10	10~15	15~30

2) 대상물의 크기에 따른 측정 한계(분해능)

안테나의 파장에 따라 전자기파의 투과 깊이에 한계가 있기 때문에 진동수가 큰, 즉 파장이 짧은 안테나를 이용해서 깊은 심도의 대상물을 탐사하기는 어렵다. 그러므로 깊은 심도의 대상물을 탐사하기 위해서는 긴 파장의 안테나를 이용해야 하는데 파장에 따른 안테나의 분해능은 다음과 같다.

① 수평방향 분해능

수평 방향의 분해능은 첫 번째 Fresnel Zone의 0% 이고, 이를 알기 위해서는 Relative Permittivity를 알고 있어야 한다.

② 수직방향 분해능

수직방향의 분해능은 반 파장으로로서 다음과 같이 계산할 수 있다. 먼저 진동수에 따른 전자기파의 1파장에 소요되는 시간은 진동수의 역수로서

$$\lambda_t = \frac{1}{f_c} \times 10^9 (ns/s) \quad (ns)$$

이고, 특정 매질에서의 1파장의 길이는

$$\lambda_t = \frac{\lambda_t \times c}{10^9 (ns/s) \times \sqrt{\xi_r}} \quad (cm)$$

여기서, λ_t : 전자기파의 1파장 (ns)

λ_l : 매질 내에서의 1파장 (cm)

f_c : 진동수 (Hz)

c : 광속 (3.0×10^{10} cm/s)

ξ_r : 유전상수(상대 유전율)

로 나타낼 수 있으며 분해능은 파장의 반이므로 쉽게 유추할 수 있다.

【표 3.5-3】 대상물 크기의 따른 측정 한계

진동수		1파장 (ns)	매질 내에서의 1파장 (cm)		
			공기중 (유전상수 1)	마른 사질토 (유전상수 4)	콘크리트 (유전상수 6)
2500MHz		0.4	1	2	10
1000MHz		1	30	60	300
500MHz		2	15	30	150
100MHz		10	1.22	24.5	122.5
MLF	80MHz(120cm)	12.5	375	187.5	153.1
	40MHz(240cm)	25	750	375	306.2
	32MHz(360cm)	31.25	937.5	468.8	382.7
	20MHz(480cm)	50	1500	750	612.4
	16MHz(600cm)	62.5	1875	937.5	765.5

3) GPR 탐사의 문제점

GPR 장비는 전자기파를 단속적으로 발신하고 수신하는 장비로서 측정시간은 나노초(ns) 즉 10^{-9} 초의 단위를 사용한다. 그리고 매질경계면에서 반사도는 두 매질간 굴절율차에 의존하게 된다. 파의 성질상 지향성 안테나라도 어느 정도 각을 이루고 파를 송수신하게 되고, 특정한 방향에 대한 파의 세기는 거리에 따라 제곱 항으로 줄어들게 된다. 또한 파가 매질에 흡수되어 계획된 대로 심도를 구하지 못할 가능성도 있다. 이러한 문제점으로 인하여 데이터의 오분석이 발생할 여지가 많고, 어느 정도 측정대상물에 대한 정보를 알지 못하면 전혀 분석을 할 수 없을 경우도 발생하며, 매질 경계면에 따라서는 분석할 만한 반사파가 탐지되지 않는 경우도 발생할 수 있다.

가) 파의 회절

Bistatic 안테나의 경우 임의성을 가지므로 전자기파가 전 방향에 대해서 동일한 세기로 송출되고, Monostatic 안테나인 경우 지향성을 가지므로 특정한 방향에 대한 세기가 다른 방향보다 강하게 송출된다. 파는 매질을 통과하면서 그 일부가 매질에 흡수되어 세기가 점차로 줄어들게 되고, 또한 회절과 송신각 때문에 세기는 줄어들게 된다.

그러므로 파를 수신할 때 파의 세기를 일정한 시간 비율로 증폭하여 수신하게 되는데 (GSSI사 제품만 그러하고 Zond-12c 제품은 수신할 때 증폭을 하지 않고 데이터 처리 과정에서 증폭을 한다.

이 증폭률은 기기의 성능에 따라 다르다. 지하매설물이나 지층경계면이 존재한다고 예상되는 구역에 대해서 증폭률을 강하게 주어야 한다. 그렇지 않으면 구별하기가 어렵고 좋은 데이터를 수신하였다 하더라도 놓치기 쉽다. 그런데 수신된 데이터를 증폭하는 과정에 있어서 동일한 시각에 발신 안테나에서 송신된 파가 경로차에 의해서 동일한 매질에 있는 단일 지하매설물이나 지층경계면이 2개 이상 존재하는 것으로 보여질 수 있고 또한 이러한 시간차 때문에 서로 간섭을 일으켜 지층 또는 지하매설물을 구별하기가 어려울 때도 있다.

이 현상은 피할 수 없는 것이며, 데이터를 분석할 때 사전정보가 없다면 심도를 변화시키거나 증폭률을 변화시킨 데이터가 최소한 2개 이상이 있어야 분석할 수 있을 것이다. 이때 2개 이상의 데이터에서 공통된 부분을 찾는다면 증폭에 대한 오분석을 줄일 수 있으나, 그래도 너무 작은 반사파는 식별하기 어렵다.

나) 매질의 불균일성

매질을 진행하던 전자기파가 다른 매질로 입사하면 반사파가 생기는데, 이때 두 매질 간 굴절률 혹은 유전상수 차에 의해서 반사파의 강도가 결정된다. 그런데 매질의 유전상수를 보면 금속과 공기, 물을 제외하고는 토층이나 구조물을 형성하는 매질인 모래, 아스팔트, 콘크리트, 점토, 자갈, 암석 등 대부분이 4 ~ 8 사이의 상대 유전상수를 가지고 있고 또한 물이라는 변수에 따라서 유전상수가 변하므로 반사파의 강도가 극히 미약할 수 있다.

또한 금속이라고 하더라도 표면에 피복이 되어 있거나 공기, 즉 공동이라고 하더라도 그 공

동의 크기가 진동수와 비교하여 극히 작을 경우 반사파의 강도가 작게 된다. 또한 지층 경계면도 마찬가지로 구별하기 어려울 수 있다. 더욱이 지층 경계면은 단단한 암반인 경우를 제외하고는 경계면이 선으로 형성되는 것이 아니고 한 매질에서 다른 매질로 천천히 전이하고 유전상수도 매질경계면에서 천천히 변하므로 더욱 구별하기가 어렵다. 그러므로 이 경우 지하매설물이나 지층은 반사도 보다는 오히려 그 반사패턴으로 구별하는 것이 용이하다. 그러나 이는 사전에 어느 정도 조사된 자료가 있어야 효율적이다. 그리고 다분히 경험에 의할 수밖에 없다. 예를 하나 들면 지하에 매설되어 있는 콘크리트 관은 이 관에서 반사되는 반사강도보다 관내의 공간에 대한 반사 패턴으로 구별할 수 있다.

다) 수분

지하에 있는 매질 중 그 상대 유전상수차가 가장 큰 것은 물이다. 물이 지하나 지표에 있는 경우, 반사파의 강도가 상당히 크고 또한 큰 반사파는 안테나에서 다시 반사되어 연속 반사를 이룬다. 그러므로 물이 존재하는 경우, 이것이 지표에 있으면 물 하부에 대한 정보는 얻기 어렵다. 그러나 지하에 있는 경우에는 반사파의 강도가 크지 않으므로 물 하부에 대한 정보도 얻을 수 있다. 그러므로 지하에 지하수가 존재하는 경우는 탐사가 가능하다.

그리고 수분이 다량 함유되어 있거나 포화 상태인 매질 내에서의 지하매설물 탐사는 수면 반사 때문에, 그리고 염분이 함유된 물인 경우 파의 세기가 급격하게 감소함으로써 측정이 어렵다. 그런데 지하수는 물이 단속적인 면을 이루고 있지 않고 주변 매질에 흡수되게 된다. 그러면 매질에 대한 유전상수가 매질의 유전상수에서 물의 유전상수로 선형적으로 변화하게 되고 이 경우 매질 경계면이 모호해져 탐사가 어려워진다.

콘크리트 구조물의 경우, 토층과 콘크리트가 오랜 기간 접촉되어 있어 콘크리트의 함수율이 높아지면 그 경계를 찾기가 어렵다. 이 경우 구조물의 경계면 보다는 구조물내의 철근 반사를 이용하여 구조물을 확인한다.

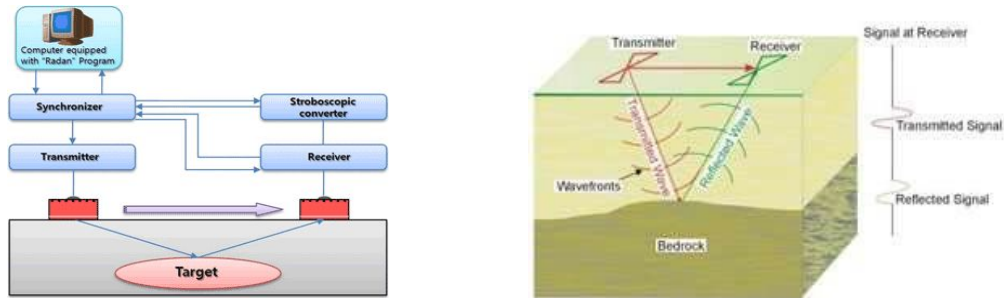
라) 표면반사

GPR 비파괴 시험법을 현장에서 적용하면 대부분의 표면 반사는 유전 상수가 크면 반사가 커지나 경우에 따라서 표면 반사가 매우 강한 경우가 있다. 이는 표면의 마감상태에 따라서 달라지는데 표면에 물이 있거나 유리, 대리석, 또는 이와 유사한 매질에 의해 표면이 매끈하게 처리된 표면의 반사는 매우 강하다.

표면 반사가 심한 경우 전자기파의 반사량이 투과량에 비해서 매우 크기 때문에 표면 하부의 상태가 전혀 측정이 불가능한 경우도 있고, 또한 표면 반사 강도가 크다는 것은 투과파의 파장이 작다는 것이므로 측정 심도가 더욱 작아질 수 있다. 이 경우 과도하게 신호를 증폭해야 하기 때문에 오분석의 소지가 많다.

4) GPR 탐사 자료분석

GPR 자료에서 수평축은 안테나의 이동거리를 나타내고 수직축은 전자기파의 이동시간을 거리로 환산한 심도를 나타낸다. 나타난 색상은 전자기파가 매질경계면에서 반사된 반사강도를 나타내는 데 반사강도의 크기에 따라 색깔로서 나타내게 된다. 그런데 그 반사강도는 우리가 조절을 해줄 수 있는 양이므로 색상이 중요하다기 보다는 인접부분과의 색상차이, 즉 반사강도 차이가 중요하다.



GPR의 신호처리 시스템

터널라이닝에 지보재나 공동이 존재한다면 이것은 포물선 형태로 나타나지만 지보재는 일정한 간격으로 설치하는 것이 보통이므로 일정한 간격을 유지하고 있는 것을 지보재로, 그 이외의 것과 축선방향으로 길이가 긴 것을 공동으로 분류할 수 있다. 이는 시공상황과 주변 상황을 고려하여 판단하여야 한다. 그러나, 라이닝에 철근이 배근되어 있다면 철근의 강한 반사 신호로 인하여 철근 배면의 작은 공동이나, 지보재등 배면의 많은 신호는 철근의 신호에 가려지게 된다. 한편 라이닝과 암반 경계면은 그 경계가 완전 밀착되었다면 두 매질의 유전상수 차이가 크지 않으므로 반사강도가 크게 측정되지 않는다. 그런데 밀착상태가 불량한 경우에는 이 경계가 명확해지는 경향이 있다.

가) 콘크리트 라이닝 두께

콘크리트 라이닝 내부의 경계면 즉, 라이닝과 숏크리트의 경계면은 연속적인 반사면으로 작용하여 전자파를 반사시키므로 반사 신호의 왕복도달시간으로 라이닝의 두께를 알 수 있다. 그러나 기본적으로는 라이닝과 숏크리트의 상대유전율이 4~8로 알 수 비슷하기 때문에 각 경계면들이 잘 밀착되어 있고 함수율의 변화가 미미하다면 각 경계면에서도 도달시간강도가 크지 않아 그 경계면을 탐지하기가 매우 곤란하다. 그러나 경계면들 사이에 공동으로 는 경계면 도달들뜸현상 및 함수율의 급격한 변화 등 에너지를 많이 반사시켜주는 이상대(anomalous zone)가 존재하면 경계면은 쉽게 탐지될 수 있다. 대부분 터널의 탐사에서는 이러한 현상을 이용하여 콘크리트 라이닝의 경계면을 탐지하고 라이닝의 두께를 지한다.

결론적으로 라이닝과 숏크리트의 경계면에서 전술한 이상대가 존재하면, 대부분 쉽게 탐지된다. 그러나 라이닝과 숏크리트는 에너지반사율에 가장 큰 영향을 미치는 상대유전율이 비슷하고 (암반:4~7, 콘크리트:6~8) 함수비의 변화가 거의 없고 투과하던 에너지의 대부분이 감쇠, 반사 및 회절현상으로 라이닝과 암반의 경계면에 도달하는 에너지가 미미하다면 탐지가 매우 곤란하다.

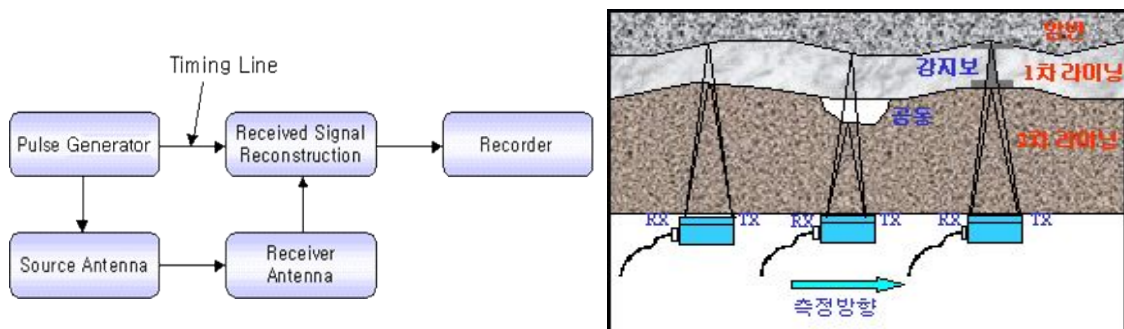
2) 공동

공동이 콘크리트 라이닝 배면에 존재한다면 공동에서 반사되는 신호는 다음과 같은 양상을 나타내고 이와 같은 특징을 이용하여 공동구간을 탐지한다.

- 상부 경계면에서의 강한 반사 신호.
- 콘크리트보다 3배 빠른 다중 반사 신호.
- 공동양 끝단에서의 회절신호.
- 불규칙한 공동경계면에서 많은 산란 회절신호.
- 공동은 전자기적으로 매우 균질한 전파매질이고 공동에서 전자파의 속도가 빠르므로 공동자체의 깊이에 따라 약간의 차이는 있지만 반사파가 중첩되어 나타난다.

3) 강지보공(Steel-Rib)

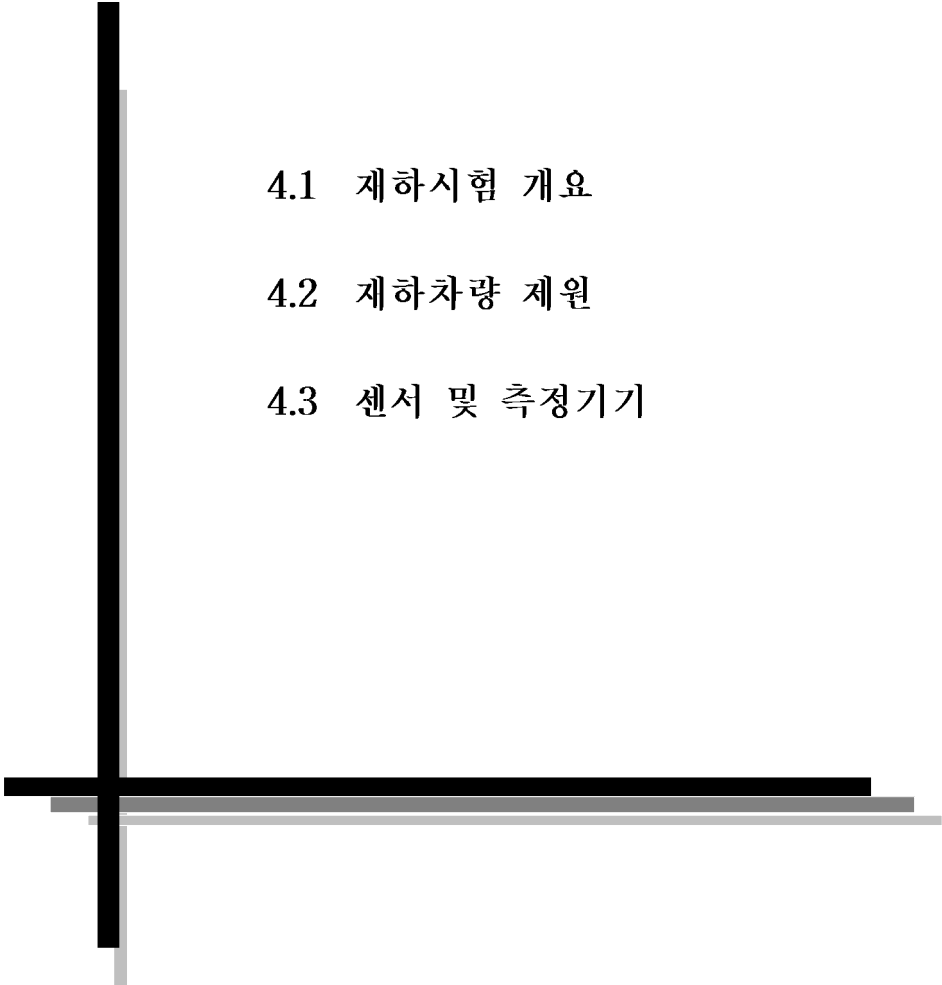
강지보공은 터널 라이닝의 재료들 중에서 철근과 함께 콘크리트와 전기적 물성의 차이가 가장 큰 탐사대상체이다. 강지보공의 끝단에서 회절신호가 합쳐지면서 포물선 모양의 반사 신호가 매우 강하게 나타나며 동일한 모양의 다중 반사 신호를 심도에 따라 1~2회 정도 나타내므로 쉽게 탐지가 가능하다. 그러나 표면으로부터 심도가 깊다든지 주변매질이 물로 포화되어 있으면 쉽게 탐지되지 않는 경우가 종종 있으며 강지보재 설치구간에 철근 혹은 강 섬유가 보강되어 있으면 그 반사파로 인하여 쉽게 탐사되지 않는 경우도 있다.



GPR 터널탐사 모식도



제 4 장 재하시험



4.1 재하시험 개요

4.2 재하차량 제원

4.3 센서 및 측정기기

제 4 장 재하시험

4.1 재하시험 개요

4.1.1 개요

재하시험은 본 교량의 차량주행 여건을 감안하여 시험경간을 선정하고 시행하였다. 시험결과는 구조해석 검토를 수행하여 실 차량에 의한 모멘트와 이론치를 상호 비교·검토함으로써 교량의 내하력을 판단하고 이에 따른 교량의 구조적인 안전성 여부를 파악하고자 하였다.

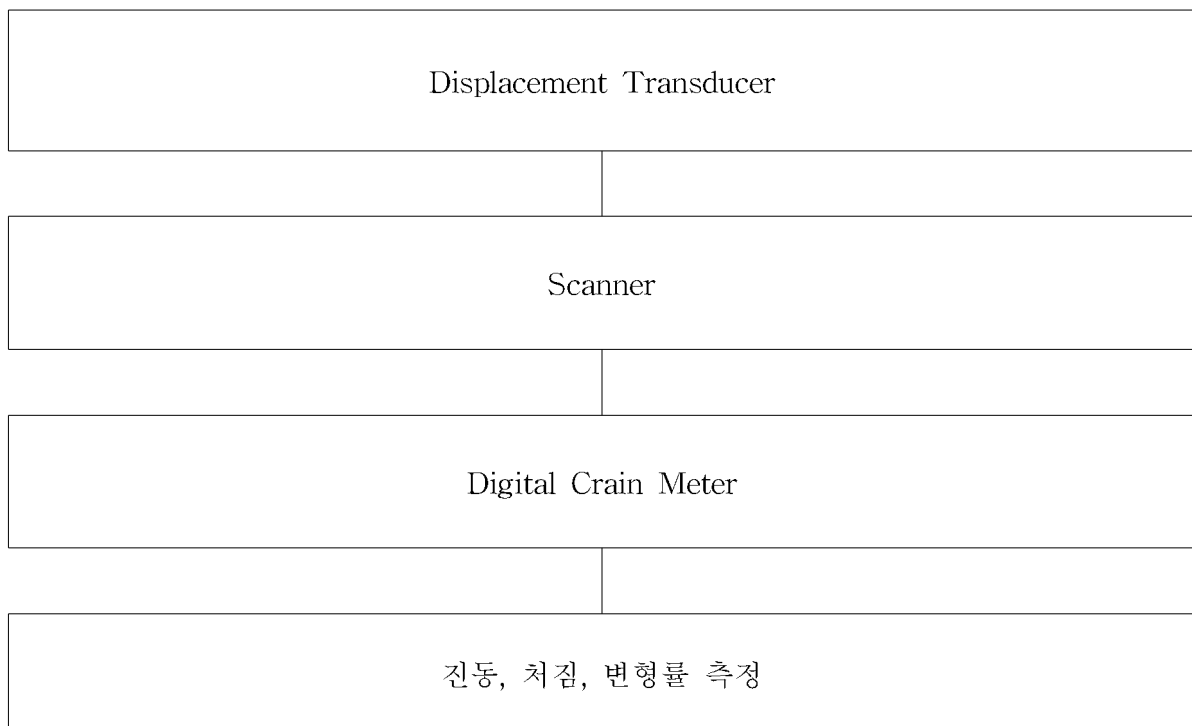
정적재하시험은 작용 외력에 대한 대상교량의 정적동특성을 파악하고 내하력 평가를 위한 정적 변위 및 응력의 응답비 등을 구하기 위해 실시하였다.

시험 측정은 재하차량을 사용하여 교통이 통제된 상태에서 휨모멘트에 의한 변형 및 처짐이 최대가 되는 지점에 재하차량을 재하하여 바닥판 하면의 정·동적 처짐을 측정하였다.

- 바닥판 하면의 처짐, 변형률
- 교량의 정적 및 동적 거동 평가
- 충격하중에 대한 교량의 동적 특성 파악

차량재하시험의 측정 시스템은 다음과 같다.

【표 4.1-1】 재하시험의 개요



4.1.2 재하시험의 정의

시설물의 역학적 거동을 해석할 수 있는 방법은 크게 이론적인 방법과 실험적인 방법이 있다. 이론적인 방법은 시설물 구조계를 역학 공식 또는 경험식으로 이상화하고 구조해석단계를 거쳐 작용하중에 의한 시설물의 거동을 해석하는 방법이다. 그러나 이론적인 방법으로 시설물의 역학적 거동을 해석하는 경우에는 다음과 같은 사유로 정확성의 한계가 있다.

- 1) 이론적인 방법으로 시설물을 해석할 때에는 많은 가정을 하여야 하기 때문에, 가정이 성립하지 않는다면 실제 시설물의 거동은 이론적 거동과 상이하게 나타날 수 있다.
- 2) 시설물을 구성하는 재료의 성질 및 부재의 거동이 시간의 경과에 따라 변할 수 있으며, 시설물의 시공품질 등 현재의 시설물상태를 정확하게 반영하기 힘들다.

실험적인 방법은 구조의 재료적 및 역학적 성질을 가정할 필요가 없고 시공품질, 손상, 결함 등 현재 시설물상태를 거동에 반영한다. 그러나 실험적 방법은 적용상에 시간이 많이 소요되고 특정시설물의 해석결과를 일반화시킬 수 없기 때문에 비경제적인 측면도 있다.

따라서, 실험적인 방법은 필요한 경우에 한하여 선택적으로 적용하고 이론적인 방법으로 해석된 구조물의 거동을 검증 또는 보완하는 방법으로 적용하는 것이 바람직하다.

재하시험은 실험적으로 시설물의 거동을 해석하는 방법으로서, 정해진 규정에 따라 시설물의 탄성거동에 영향을 주지 않는 크기로 결정된 지지의 하중을 시설물의 특정부위에 직접 재하하여 시설물을 구성하는 주요 부재들의 실제거동을 관찰 및 계측하는 시험이다.

4.1.3 재하시험의 목적

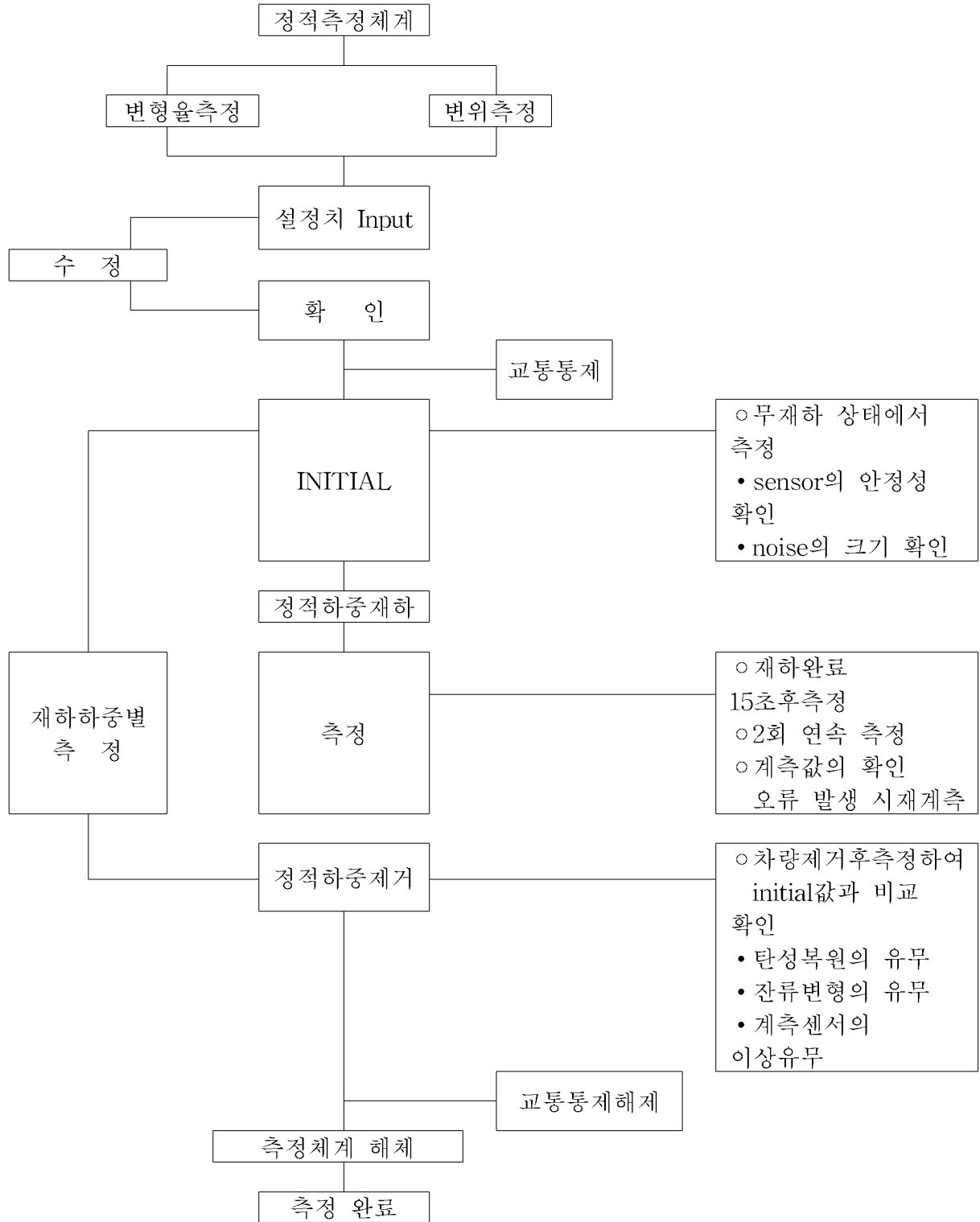
1. 교량의 정적 및 동적 실거동 분석
2. 해석값과 실측값을 통한 응답비 비교 및 분석
3. 실동응력 측정을 통한 손상 부위 상태 평가 및 분석
4. 충격하중에 따른 교량의 동적특성 파악
5. 내하력 평가를 위한 응력보정계수 도출

4.1.4 정적재하시험 및 의사정적 재하시험

정적재하시험의 목적은 대상교량의 응답비 분석, 실거동 특성을 분석하기 위함이다. 정적재하시험은 최대 부재력이 발생하는 교량상의 위치에 차량을 정지·재하시켜 측정을 수행하는 방법이다. 그러나 정적재하시험이 요즘 도심지나 고속도로와 같이 교통의 흐름이나 안전에 무리를 줄 수 있으므로 의사정적시험을 주로 수행한다. 의사정적재하시험은 동적시험과 연계하여 수행할 수도 있으며, 시험차량을 시험대상 경간에 저속(10km/h 미만)으로 주행시켜서

계측한 후 응력파형상의 동적효과를 제거함으로써 정적효과를 얻을 수 있는 재하시험의 한 방법이다. 정적재하시험에 대한 흐름은 다음과 같다.

【그림 4.1-1】 정적재하시험 흐름도

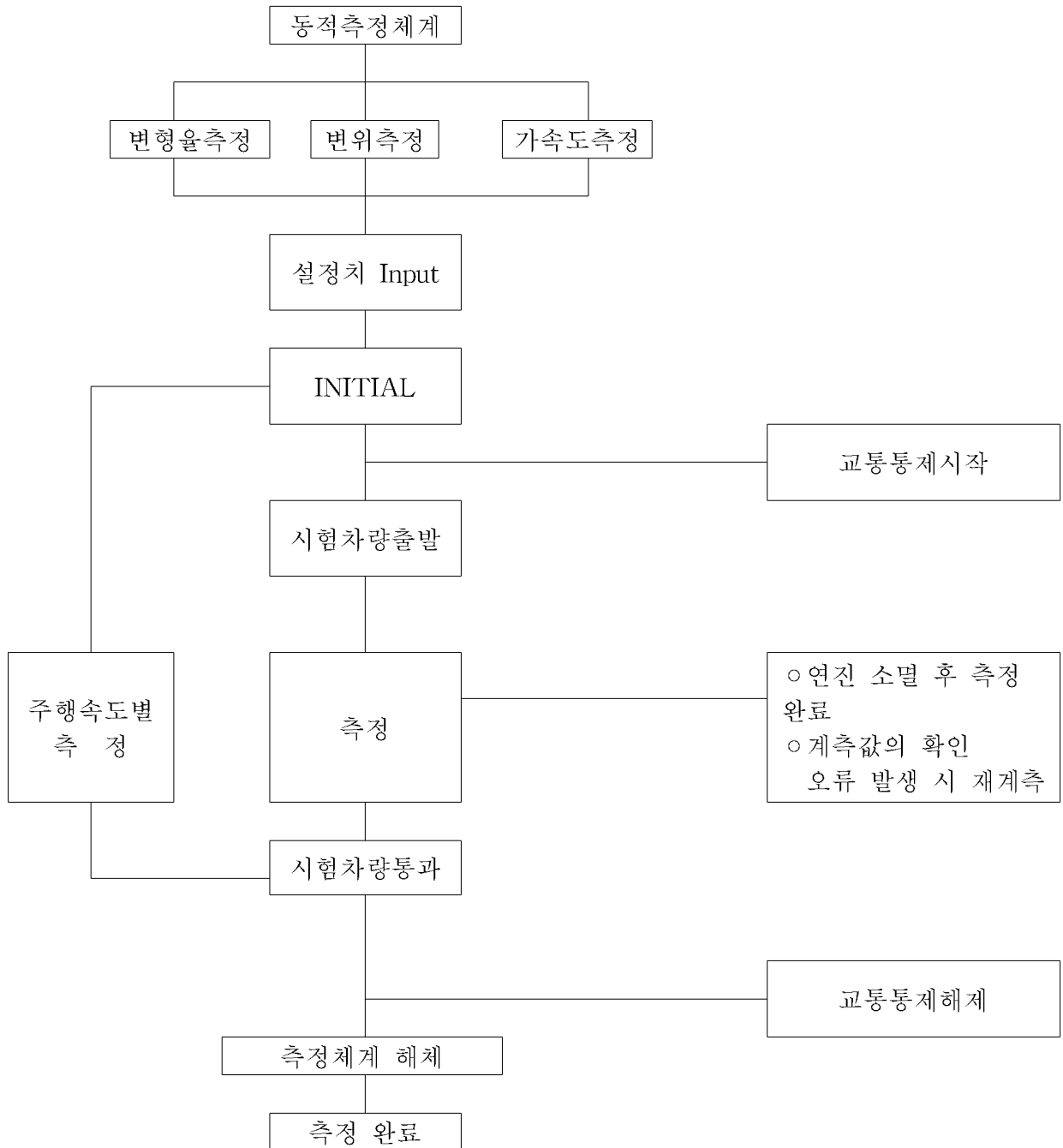


1. 준비작업 : 부착된 센서에 연장한 리드와이어들은 정적 변형율측정기와 Switch Box에 센서의 종류별로 연결시키며, 측정기는 모두 지반에 접지 시킨다. 또한 리드와이어의 끝에서 저항을 기록한다.
2. 설정치 Input : 부착한 센서들의 보정된 계수값과 측정 단위 등을 계측장비의 특성에 맞게 입력한다.
3. 확인 : 입력된 설정치의 이상유무를 확인하고 수정한다.
4. Initial : 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 일체 재하되지 않은 상태에서 처짐과 변형율의 초기값을 측정기에서 설정한다.
5. 측정 : 시험차량은 최대 정·부모멘트, 최대처짐 및 변형율, 최대 전단력이 발생할 수 있도록 계획된 Load Case 별로 변화시켜 가면서 측정한다. 이때, 상부구조의 진동, 소음, 충격 등이 측정결과에 영향을 미칠 수 있으므로 재하차량은 시동을 끈 후 구조체의 응답시간을 고려하여 약 1분 이상의 측정대기 시간을 가진 후 1분 간격으로 2회 정도 측정을 실시한다.
6. 정적하중 제거 : 측정이 끝나면 시험차량을 측정대상 경간으로부터 벗어나 다음의 재하 경우를 준비한다.
7. 계측값의 확인 : 2~3회 획득한 측정자료의 실측 응답값과 선행구조해석 응답값의 경향을 확인한다. 계측값들이 상이하거나, 오류가 발생되었으면 원인을 파악·제거한 후 재측정을 한다.
8. 계측완료 : 계측된 Load Case 경우별 측정을 완료한다.
9. 교통통제 해제 : 통행차량의 교통통제를 해제한다.

4.1.5 동적주행시험

동적주행시험은 시험차량의 주행에 의해 유발되는 동적효과 및 제반 동특성을 추정하여 대
상교량의 안전성 및 사용성 평가를 위한 기초자료를 도출하고자 실시한다. 동적주행시험은
동적거동특성을 파악하고자 주행속도를 10km/hr부터 최고주행속도까지, 단계적으로 증가하면
서 주행하여 교량의 동적거동상태를 파악하고자 한다.

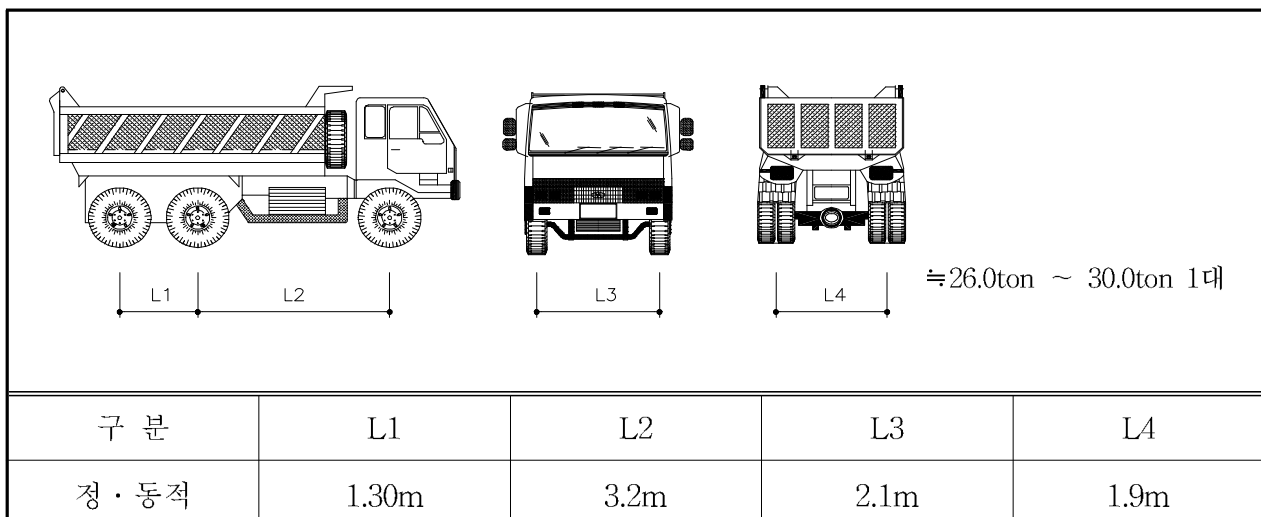
【그림 4.1-2】 동적재하시험 흐름도



1. 준비작업 : 각 센서로부터 계측장소까지 연장한 리드와이어들은 동적장비에 연결시키며, 측정기는 모두 지반에 접지 시킨다. 또한, 리드와이어의 끝에서 저항을 기록한다.
2. 설정치 Input : 센서의 특성을 동적 계측장비에 맞게 설정 값들을 입력한다.
3. Initial : 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 일체 재하되지 않은 상태에서 처짐과 변형율의 초기값을 측정기에서 설치한다.
4. 준비 : 시험차량의 주행속도를 10km/h씩 단계별로 증가하면서 최대속도까지 주행시험을 한다. 단, 선로상태, 차량통제 현황 등이 허락되지 않을 경우는 예외로 한다. 시험차량이 대상경간을 완전히 빠져나간 후에도 교량의 자유진동은 계속되므로 여진이 소멸 될 때까지 측정을 계속하고 Computer Hard disk에 저장한다.
5. 시험차량의 주행상황 확인 : 계측 기술자가 시험차량의 주행 상황을 파악할 수 없을 때는 시험차량에 기술자가 동승하여 시험차량의 출발, 대상경간의 진입, 통과 등 일련의 상황을 통보한다.
6. 계측값의 확인 : 획득한 데이터는 분석 프로그램인 MDS-2000을 이용하여 측정된 계측과형을 파악하여, 획득한 측정자료의 실측응답값과 선행구조해석 응답값의 경향을 확인한다. 계측값들이 상이하거나, 오류가 발생되었으면 원인을 파악·제거하여 재측정을 한다.
7. 교통통제 해제 : 모든 Case의 시험차량 주행 사항을 끝내고 측정 완료되면 교통통제를 해제한다.

4.2 재하차량 제원

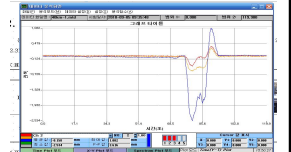
【그림 4.2-1】 재하차량 제원



4.3 센서 및 측정기기

4.3.1 재하시험 측정기기

【표 4.3-1】 재하시험 측정기기

기 기 명	모 델 명	용 도	비 고
Digital Strain Meter	STC-16NB	정·동적 측정기	
Software 및 노트북	SAS97 삼성	데이터 획득, 저장, 분석 등의 프로그램	

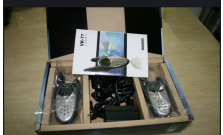
4.3.2 센서의 종류

【표 4.3-2】 센서의 종류

센 서 명	모 델 명	용 도	비 고
Strain Gauge	FLA-5-11-1L	정·동적 변형률 측정	
Displacement Meter	CDP-50	정·동적 처짐 측정	

4.3.3 기타 투입장비

【표 4.3-3】 기타 투입장비

장 비 명	모 델 명	용 도	비 고
발전기	220V	전력 공급	
그라인더	-	콘크리트 및 도장 면처리	
무전기	-	원거리 교신용	

4.3.3 기타 투입장비-계속-

【표 4.3-3】 기타 투입장비 -계속-

장 비 명	모 델 명	용 도	비 고
카메라	-	현장촬영	
줄자	5m, 50m, 100m	제원측정	
사다리	-	Girder내부 게이지 설치	
써치(조명)	-	야간 작업시 조명	
케이블	4색선	Data 수집	

제 5 장 구조안전성 및 내하력평가

5.1 개요

5.2 안전성 평가

5.3 내하력 평가

제 5 장 구조안전성 및 내하력평가

5.1 개요

시설물의 안전성 평가는 정밀안전진단시에 실시한다. 다만, 정밀점검 또는 긴급점검시 일부 부재에 대하여 안전성평가가 필요하다고 판단될 경우 선택과업으로 실시할 수 있으나, 결함이 광범위하고 중대한 경우에는 「법」 제7조제1항에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 한다. 책임기술자는 재하시험(계측) 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다. 안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다. 또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

5.2 안전성 평가

5.2.1 안전성평가 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 대상구조물의 경우 허용응력법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 대상교량의 설계개념에 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다. 상기와 같은 내용을 근간으로 검토한 휨, 전단, 압축 등의 구조적 최저 안전율 정도에 따라 구조물의 안전성에 대한 평가기준을 설정하면 다음 【표 5.2-1】과 같다.

【표 5.2-1】 구조물의 안전성 평가기준

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

5.2.2 안전성평가의 고려사항

가. 상부구조의 고려사항

상부구조의 안전성평가 시 다음 사항을 충분히 고려하여 엄밀한 판정이 되도록 한다.

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

나. 하부구조의 고려사항

교량의 안전성에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리하여야 하며, 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 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 일으킬 것으로 예상되는 주요구조부재가 존재한다. 이러한 구조물의 안전성평가 시에는 이들 여유도가 없는 부재에 특별히 유의한다.

5.3 내하력 평가

5.3.1 개 요

구조물이 현재 보유하고 있는 실제 내하력 및 안전도를 추정하기 위한 내하력 평가는 유지관리 체계의 핵심이 되는 중요한 분야로서 그 분석 및 평가방법의 합리성과 결과의 신뢰도가 중요한 문제로 된다. 현재 사용되고 있는 교량의 내하력 평가방법은 공용하중에 대한 내하율(Rating Factor)을 구하기 위한 허용응력개념(Working Stress Rating)이나 강도 또는 하중저항계수개념(Load and Resistance Factor Design)에 의한 방법과 신뢰성 이론의 개념에 기초한 방법으로 대별될 수 있다. 국토교통부에서 제정한 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-교량편’에 의한 내하력 평가 절차는 다음과 같다.

5.3.2 허용응력법

가. 내하율(Rating Factor) 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 설계기준에 의거 부재종류에 따라 결정한다. 고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 탄산화, 염해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 설계기준의 설계 활하중을 사용한다.

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

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중에 의한 응력

i = 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수

나. 내하력(Load Carrying Capacity)

$$\bullet \quad \text{공용내하력} : P = K_s \times RF \times P_r$$

여기서, RF = 내하율

P_r = 설계 활하중

$$K_s = \text{응력보정계수} (= \frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}) \text{ 또는}$$

$$\text{치짐보정계수} (= \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}})$$

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

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

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

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

5.3.3 강도설계법

가. 내하율(Rating Factor) 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 설계기준과 콘크리트 구조설계기준의 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 현재 상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다. 고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 설계기준의 설계 활하중(DB 또는 DL하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

$$\bullet \quad RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트

(RC·PC구조물의 휨부재 $\phi = 0.85$)

M_d = 실측 고정하중에 의한 모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

r_d = 고정하중 계수 = 1.30

r_l = 활하중 계수 = 2.15

i = 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수

나. 내하력(Load Carrying Capacity)

$$\bullet \quad \text{공용내하력} : P = K_s \times RF \times P_r$$

P_r = 설계 활하중

$$K_s = \text{응력보정계수} \left(= \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \right) \text{ 또는}$$

$$\text{치짐보정계수} \left(= \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \right)$$