

I . 공통편

제 1 장 서 언

제 2 장 외관조사

제 3 장 내구성조사

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 『4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)』 현장의 과업대상 구조물에 대하여 “건설기술진흥법 제62조, 시행령 제100조, 제101조, 시행규칙 제59조, 제60조” 규정에 의한 건설공사 안전관리지침 『국토교통부 고시 제2016-718호』에 따라 실시하는 초기점검 용역으로써 외관조사망도 작성과 시설물 유지관리를 위한 초기치를 구하는 데 있으며, 문제점 발생 부위 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. 시설물 상태평가
- 마. 보수/보강 및 유지관리방안 제시
- 바. 종합결론

1.2.2 과업의 내용

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

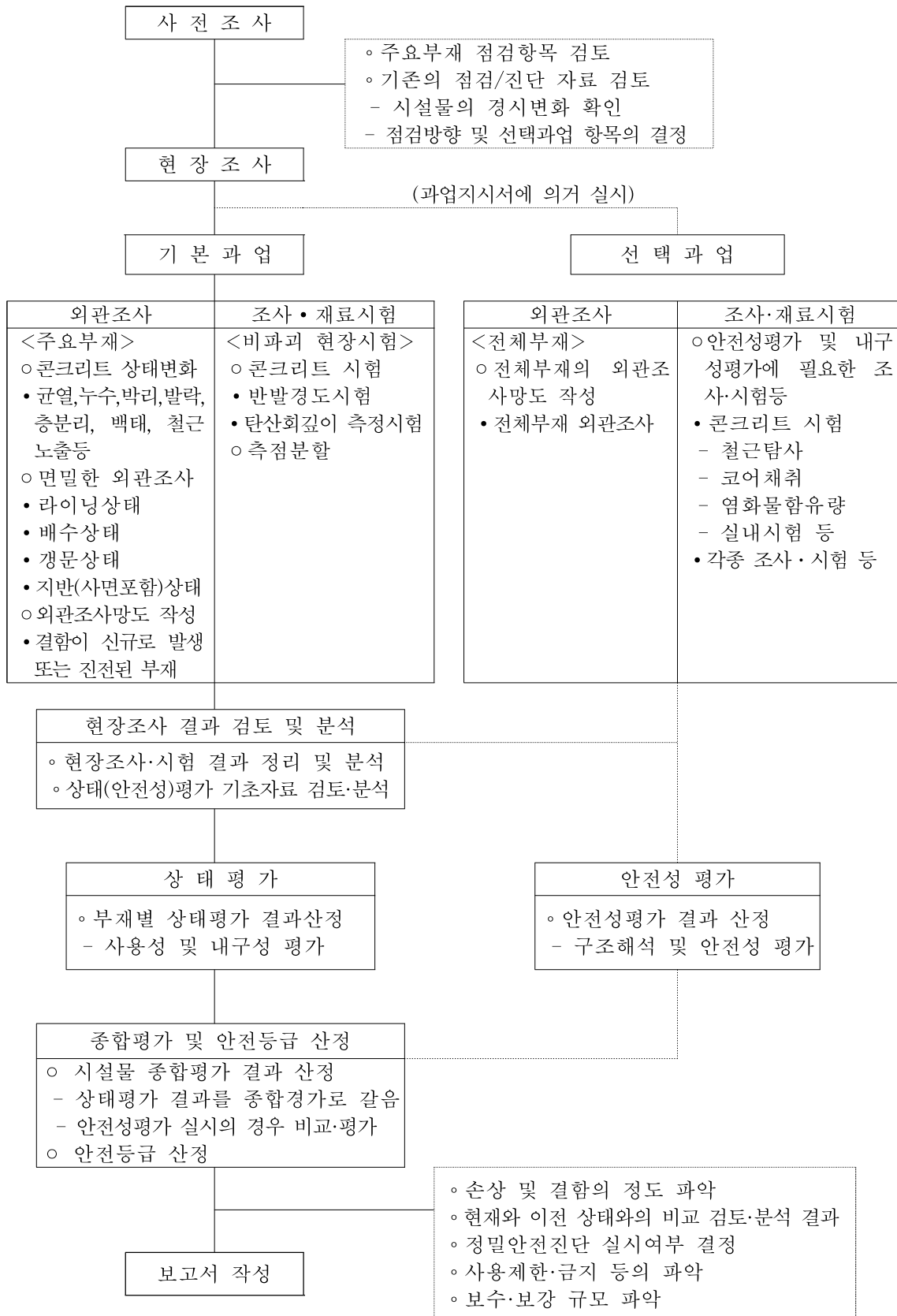
【표 1.2-1】 과업의 내용

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, 계측현황
현장조사	외관조사	◦ 외관조사망도 작성 ◦ 철근 콘크리트 균열, 누수, 파손 및 손상, 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화) 등의 손상 결함조사 ◦ 배수상태, 갭문상태 ◦ 공중이 이용하는 부위(도로부포장, 덮개상태, 기타조사)
	내구성 조사	◦ 콘크리트 비파괴강도 ◦ 콘크리트 철근배근상태 및 피복두께 조사 ◦ 콘크리트 탄산화깊이 측정
상태평가		◦ 주요부재별 외관조사 결과분석 ◦ 측정결과와 재료시험 결과의 분석 ◦ 주요 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태등급 지정
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

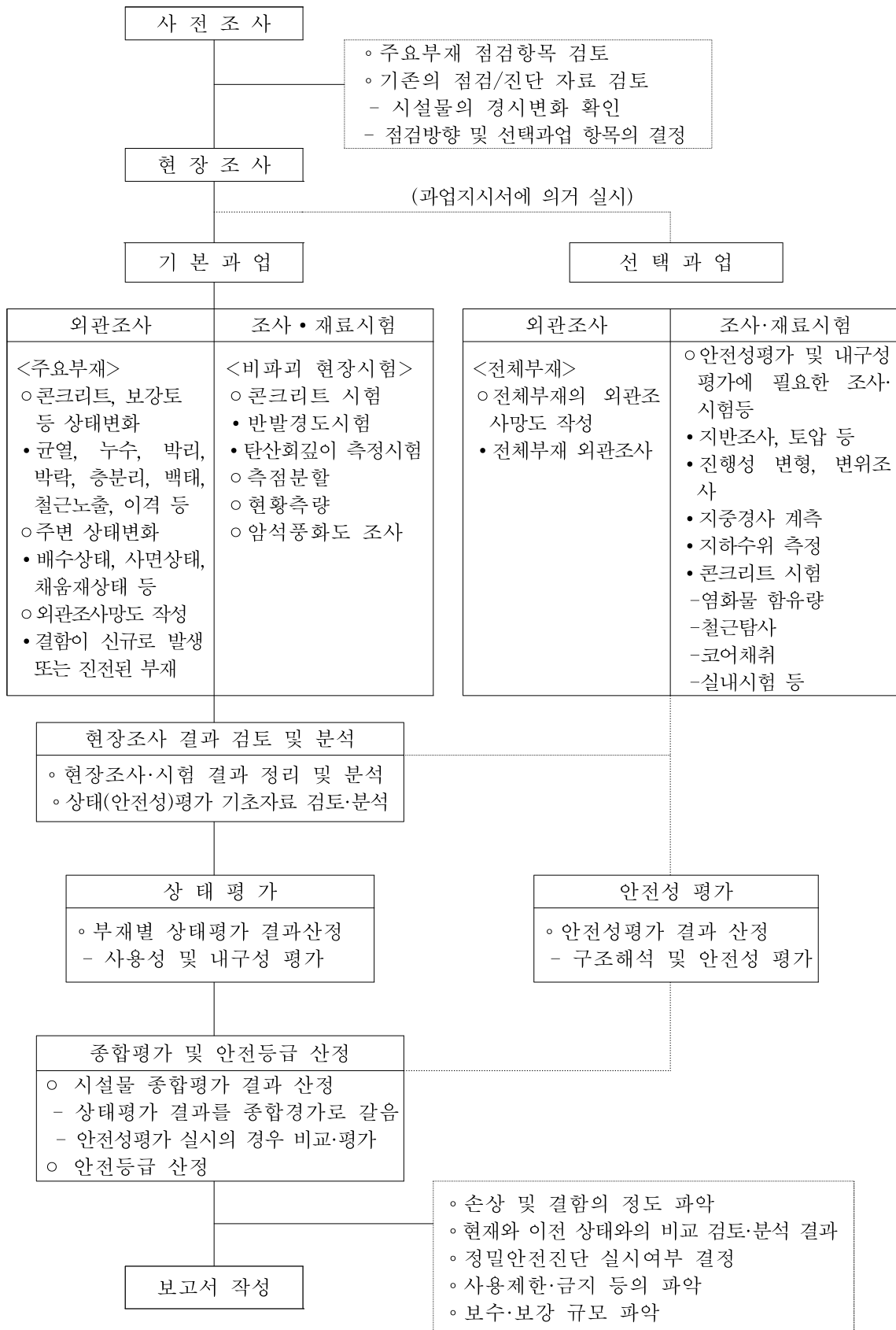
1.3 대상 시설물의 개요

구 분		내 용		구 분		내 용	
시 설 물 명		지 하 차 도 #1		시 설 물 번 호		-	
준 공 년 도		2022년 08월 예정		관 리 번 호		-	
위 치		인천광역시 중구 운서동 일원(시점 : STA.0+465, 종점 : STA.0+850)					
설 계 하 중		-		노 선 명		공항내부 연결도로	
제 원	연 장	L=385m (BOX-Type : 105.0m, U-Type : 280.0m)					
	폭	L=11.0m					
BOX 구 간	연 장	105.0m		U-TYPE 구 간	연 장	280.0m (시점 160.0m, 종점 120.0m)	
	토 피 고	-			옹 벽 높 이	1.2~7.9m	
통 과 높 이		4.5m		펌 프 장 유 무		유	
신 축 이 음 유 무		유		관 리 주 체		인천국제공항공사	

1.4 과업수행흐름도



[그림 1.4-1] 지하차도 구간 과업수행 흐름도



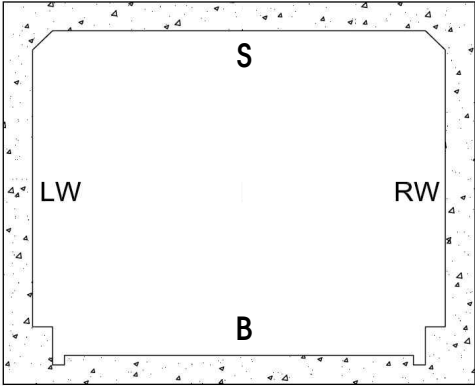
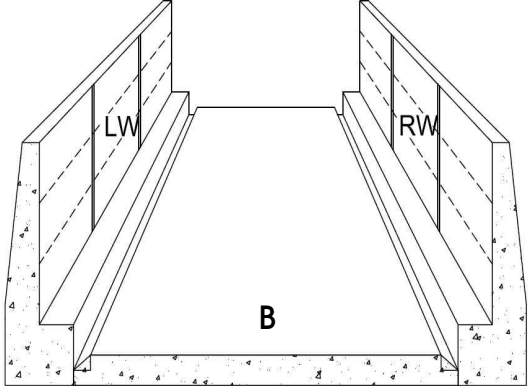
[그림 1.4-2] U-TYPE 구간 과업수행 흐름도

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	NR-10	Proceq (스위스)	28191	반발경도에 의한 강도 측정	
철근 탐사	RC-RADAR	NJJ-95A	JRC (일본)	ED72471	철근배근 및 피복두께조사	
탄산화 측정	Conkit	-	-	-	탄산화 깊이 측정	
콘크리트 균열측정	균 열 경	PEAK 2028	PEAK	-	균열폭 측정	
제원조사	버니어 캘리퍼스	CD-15APX	Mitutoyo (일본)	A16019562	제원확인 확인 균열폭 측정	

1.6 구조물 기호정의

금번 조사에서 조사결과와 표기에 대한 일관성을 위해 다음과 같이 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다. 지하차도에 대한 측점은 시점부에서 종점부로 SPAN 단위로 표기하였으며, U-TYPE 옹벽은 시점부, 종점부로 하여 외관조사 및 외관조사망도를 작성하였다.

구 분	사용기호	비 고
벽 체	LW, RW	지하차도 시점에서 종점을 바라봤을 때, 좌측 L 우측 R
포 장	B	
상부슬래브	S	
		
BOX		옹벽

- 상부슬래브(S) : 지하차도 내의 상부슬래브(바닥판)
- 포장(B) : 지하차도 및 옹벽의 바닥부
- 측벽부(W) : 지하차도 상부슬래브에서 바닥부까지 이르는 구간
- RW : 우측벽부(시점에서 종점방향으로 우측 상부슬래브에서 바닥사이의 구간)
- LW : 좌측벽부(시점에서 종점방향으로 좌측 상부슬래브에서 바닥사이의 구간)

1.7 과업수행일정

- 과업기간 : 2022. 05. 09 ~ 2022. 06. 10



제 2 장 외 관 조 사



2.1 개 요

2.2 상태평가 기준

2.3 지하차도의 부재별 상태평가 기준 및
산정절차

2.4 옹벽의 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 지하차도의 BOX 및 U-TYPE 구간의 외관조사는 각 부재별로 각각 나누어 직접, 접근장비(비계 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 「시설물의 안전 및 유지관리 실시세부지침」을 기준으로 손상정도는 a, b, c, d, e의 5가지 등급으로 분류하여 적용하였고, 점검항목의 체계화를 위하여 구조물 항목별로 평가를 실시하였다.



도보점검 외관조사



들뜸봉을 이용한 외관조사(타격음)

2.2 상태평가 기준

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 상태평가 기준에 따라 실시해야 하며, 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 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(터널편, 옹벽편 2021. 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 위험이 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 지하차도 부재별 상태평가기준 및 산정절차

2.3.1 지하차도주요 점검항목

【표 2.3-1】 지하차도의 상태평가 항목

구 분		평 가 항 목
상태 평가	철근콘크리트	· 균열, 누수, 파손 및 손상
	구조물	· 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	주변상태	· 배수상태, 갭문상태

2.3.2 지하차도 결함지수 산정

가. 결함지수 산정기준

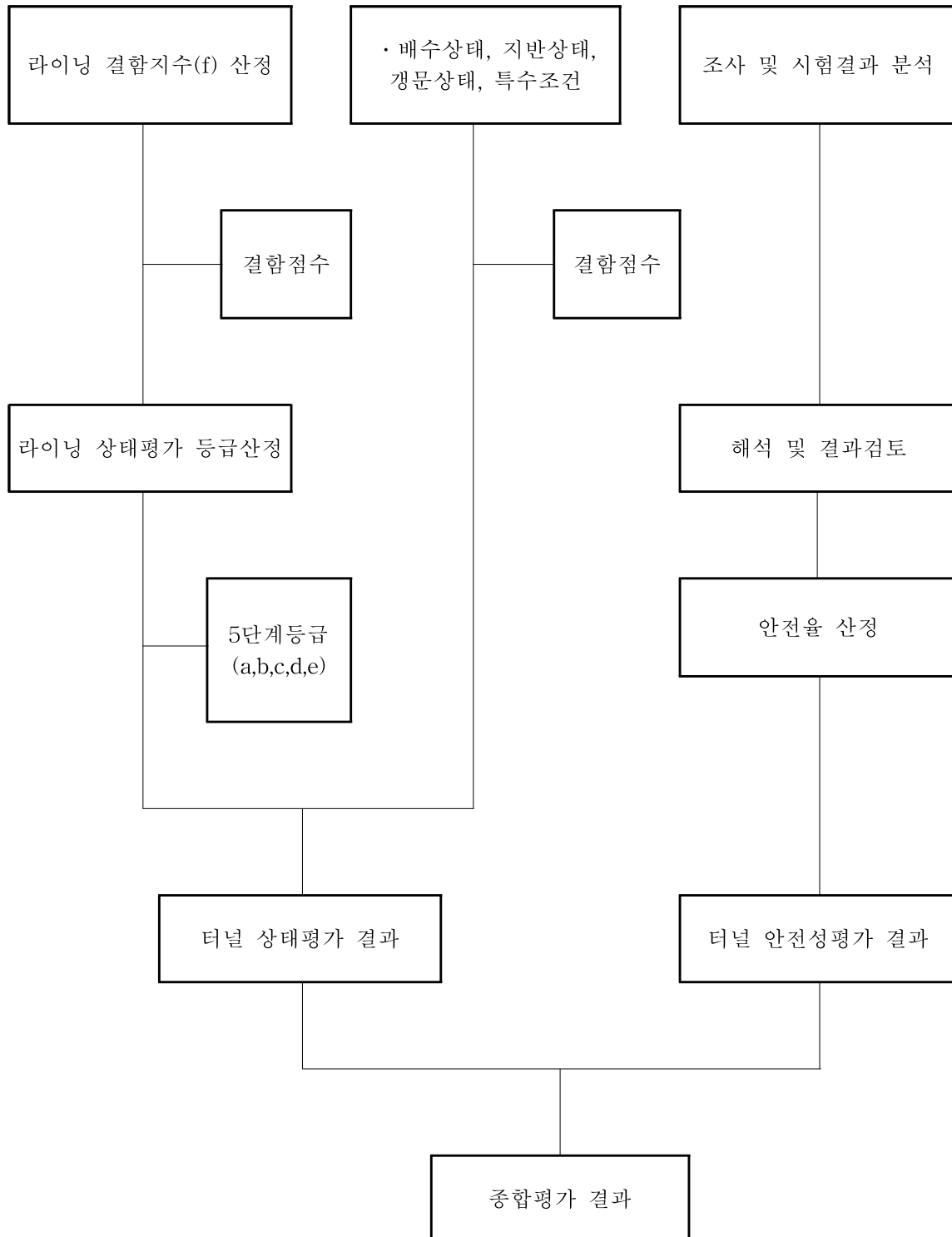
지하차도에 대한 상태평가는 철근콘크리트 구조물의 평가방법에 준하여 적용한다. 지하차도의 부대시설인 U-TYPE 옹벽의 상태평가는 옹벽편에서 설정하고 있는 상태평가 기준을 적용하여 각각 평가한다.

【표 2.3-3】 지하차도의 결함지수 산정기준

평 가 기 준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
철근콘크리트 구조물	균 열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누 수	0	1	2	3	4~5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	-
염화물		0	1	1	2	-	
주변상태	배수상태	오 염 됨 : 1~2					
		배수불량 또는 막힘 : 3~4					
	갯문상태	손 상 : 1~2					
철근콘크리트 결함지수(f) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수(F) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{42}$							

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) $0.75 \leq F$

2.4 옹벽의 상태평가기준 및 산정절차

2.4.1 결함점수 및 결함지수 산정기준

1) 콘크리트 옹벽

결 함 등 급		a	b	c	d	e
		0 ≤ f < .15	.15 ≤ f < .30	.30 ≤ f < .55	.55 ≤ f < .75	.75 ≤ 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
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	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.

2.4.2 용벽시설물의 상태평가기준

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

2.4.3 상태평가 항목별 세부기준

[표 2.4-1] 침하의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

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 용벽의 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 2.4-2] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결함점수)	최대기울기의 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 용벽의 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 2.4-3] 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 2.4-4] 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 2.4-5] 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 2.4-6] 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 2.4-7] 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 2.4-8] 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 2.4-9] 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 2.4-10] 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 2.4-11] 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 2.4-12] 철근노출의 상태평가기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결함점수)	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 2.4-13] 배수공 상태의 상태평가 기준 (콘크리트 용벽)

평가기준 (결함점수)	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



제 3 장 내구성 조사



3.1 개요

3.2 콘크리트 강도

3.3 철근배근 탐사

3.4 탄산화깊이 측정



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 보편타당하게 이루어질 수 있는 기초자료확보가 되도록 하였다. 본 과업시 시행된 내구성 평가 항목으로는 콘크리트 강도조사, 철근배근 탐사, 탄산화 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 중,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.

$$R_o = R + \Delta R1 + \Delta R2 + \Delta R3 \quad \text{식 (3.1)}$$

여기서, $\Delta R1$: 타격방향에 따른 보정값

$\Delta R2$: 압축응력에 따른 보정값

$\Delta R3$: 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

① 타격방향에 따른 보정값

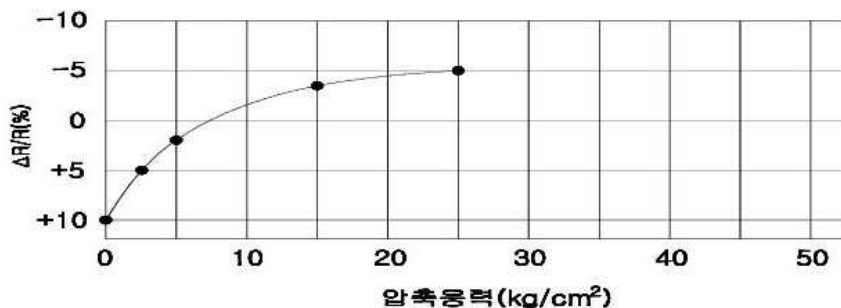
수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다. 반발경도 보정치는 【표 3.2-1】과 같다. 하향 타격(-90°)의 경우에는 슈미트 해머 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 +값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대현상에 의해서 -값으로 수정해 주어야 한다.

【표 3.2-1】 타격방향에 따른 보정계수

반발경도 R	보정치 $\Delta R1$			
	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 $\Delta R2 = -0.015R$, 25kgf/cm^2 인 경우 $\Delta R2 = -0.05R$ 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 고강도 콘크리트의 경우 권영웅 외, 과학기술부에서 제안된 식(3.4, 3.5)을 사용하여 압축강도를 추정하였다.

- 일본건축학회

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

- 일본재료학회

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

- 권영웅 외

$$F_c = (2.304R_o - 38.80) \text{ (MPa)} \quad \text{식 (3.4)}$$

- 과학기술부

$$F_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.1 \text{ (MPa)} \quad \text{식 (3.5)}$$

⑤ 시간경과 계수

수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면경도가 높기 때문에 식(3.6)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.

$$F_n = \alpha \cdot F_c \quad \text{식 (3.6)}$$

여기서, α 는 재령계수

【표 3.2-2】 재령일에 따른 보정계수

재령(일)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.28	1.25
재령(일)	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32
n	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98
재령(일)	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55	58	60
n	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86
재령(일)	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	85	88
n	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80
재령(일)	90	100	125	150	175	200	250	300	400	500	750	1000	2000	3000
n	0.80	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	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	◦ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (한국시설안전기술공단, 2021.12)	

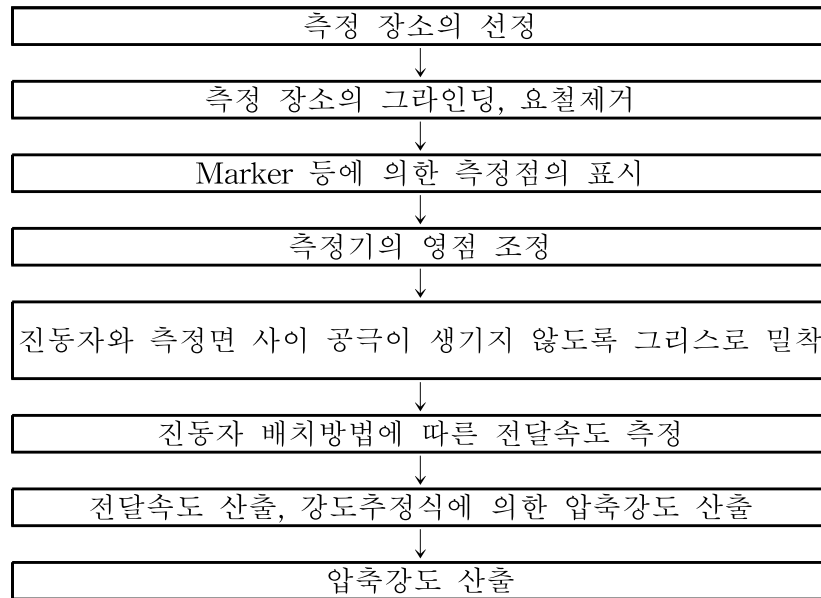
나. 초음파법

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.

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

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 측점을 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

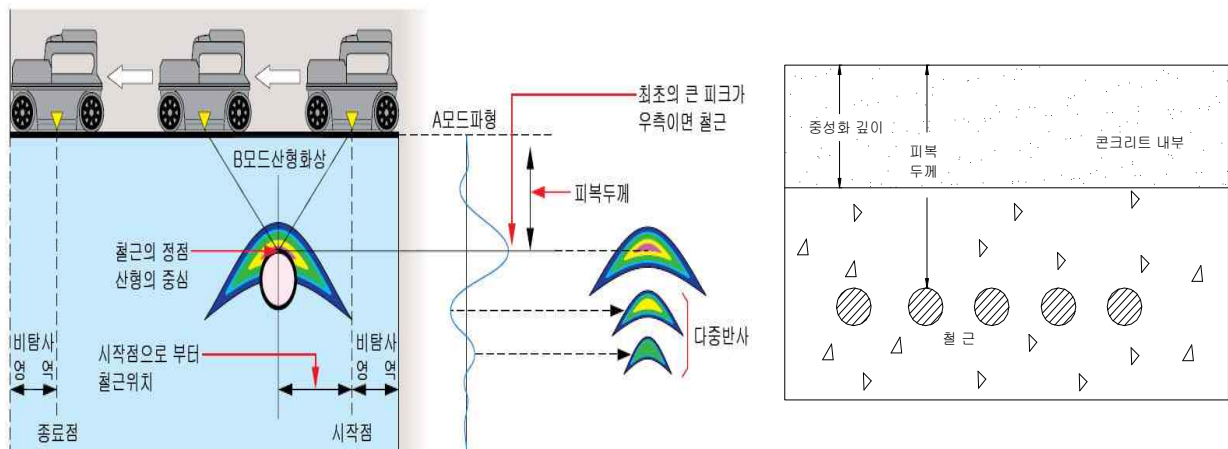
3.3.1 개요

일반적으로 철근 배근상태 조사는 부재의 국부파괴법과 비파괴 시험법이 있다. 부재의 국부 파괴법은 경제적인 측면과 구조물 피해 등을 발생시킬 수 있는 부정적인 영향이 있으므로 비파괴 시험법을 통한 방법으로 구조물의 전반적인 철근 배근상태를 확인하는 것이 일반적이며 본 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 철근덮개를 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 공거나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트	슬래브, 벽체, 장선	D35 초과하는 철근	40
		D35 이하인 철근	20
	보, 기둥		40
	셀, 절판부재		20

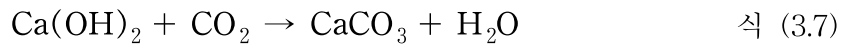
【표 3.3-3】 콘크리트 구조설계 기준(2007)의 최소 피복두께 허용오차

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. 여기서 탄산화란 굳은 콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 일컫는다. 즉 건전한 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약 25%를 차지하는 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 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다. 이와 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 균열이 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 포틀 랜드 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. (시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 2019.09, 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	-	-