

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 현장조사

3.3 재료시험 항목 및 수량

제3장 현장조사 및 시험

3.1. 개요

시설물의 평가를 적절히 수행하기 위하여 성능평가의 목적에 부합하는 현장 재료시험 및 실내시험을 실시하여야 하며 이를 위해 사전 현장조사, 도면 및 이전의 결과보고서 검토 등을 통하여 필요한 시험항목 및 시험횟수를 산정하여야 한다.

성능평가를 실시함에 있어 시설물별로 필요한 재료시험의 최소시험 항목과 기준수량은 「시설물의 안전 및 유지관리의 실시 등에 관한 지침」을 따르며, 시설물의 특성과 성능평가의 목적에 따라 이를 조정할 경우에는 결과보고서에 그 사유를 명시하여야 한다.

현장 재료시험은 시설물이 위치하는 현장에서 시설물에 손상을 입히지 않고 강도 및 결함 등을 측정하는 것으로 이에 대한 세부사항은 부록 「재료시험 요령」에 따른다.

재료시험 방법은 시설물의 특성을 간접적으로 측정하는 시험방법으로 시험장비 및 측정방법의 특징, 적용한계 등을 고려하여 측정하여야 한다. 또한 시험을 실시하는 자는 시험장비의 사용법을 숙지하고 있는 충분한 경험을 갖춘 자이어야 하며 검교정을 필한 장비를 사용하여야 한다.

제2종 성능평가는 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위하여 면밀한 외관조사와 간단한 측정·시험장비로 필요한 측정 및 시험을 실시한다.

외관조사 및 측정·시험 결과와 이전의 성능평가 실시결과에서 발견된 결함의 진전 및 신규발생을 파악하여 시설물의 주요 부재별 상태를 평가하고 이전의 성능평가 실시결과와 비교·검토하여 시설물 전체에 대한 안전성능 및 내구성능, 사용성능 평가 결과를 결정하여야 하며, 결함부위 등 주요 부위에 대한 외관조사망도 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.

3.2. 현장조사

3.2.1 용벽의 점검사항

시설물의 재해예방 및 안전성을 확보하고 보수대책공법 제시를 전제로 하여 손상원인을 규명하고, 보수공법을 선정하기 위한 정보를 얻기 위하여 구조물을 부분적으로 파괴하는 시험도 포함함으로써 용벽을 구성하고 있는 재료의 내구성능, 배면 및 기초지반의 상태 등을 정량적으로 구해야 한다.

성능평가 시의 점검항목 및 방법을 제시하며, 추가조사 항목은 관리주체와 협의하여 조사한다.

점검사항	검토내용
기초 자료조사 및 검토	- 과업지시서 - 지반조사 현황 및 결과분석 - 지반분류 현황 및 평가 - 지반 및 재료 특성치 조사와 관련된 평가 - 기타 용벽과 관련된 모든 자료 조사 및 분석
해석방법 및 결과분석	- 사용프로그램 확인 - 해석용 입력자료 분석평가 - 보조공법의 유무 및 적정성 검토
설계도면 검토	- 용벽의 단면계획 검토 - 시공방법 검토 - 시공순서도 - 해석결과와 설계도면의 일치성 비교 검토

3.2.2 안전성능

가. 측점분할

1) 일반사항

- ① 측점분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 진행 방향으로 위치를 표시하는 작업을 말한다.
- ② 현장에서 접하게 되는 깎기비탈면은 대개 지형적인 특성에 의해 여러 깎기비탈면이 연속하여 연결되어 있어 이를 구분하기 위한 명확한 기준이 필요하다.

2) 조사수량 및 측정방법

- ① 정밀안전점검 및 정밀안전진단 시 측점분할 간격은 20m 내외가 적당하며, 면밀한 조사가 필요한 구간에 대해서는 별도로 세분해야하고, 내업작업 및 결과분석 작업은 평가단

위로 분할하여 실시해야 한다.

3) 결과분석

- ① 국부적인 표면 오염이나 습기 등이 있는 경우에는 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성 펜 등으로 표시하며, 석필, 분필 등으로 표시할 수도 있다.
- ② 측정분할은 통상 옹벽 시점부터 시작하여 종점에서 끝나며, 분할에 따른 오차를 최소화 하고, 단면변화구간이나 굴곡구간 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 미리 확인하여 측점을 분할함으로써 오차를 줄인다.

나. 측량

1) 일반사항

- ① 옹벽의 정확한 단면 및 시공 상태, 손상(결함)의 정도 및 진행성 여부를 파악하기 위하여 옹벽의 선형측량 및 수준측량을 실시한다.

2) 조사수량 및 측량방법

- ① 정밀안전점검 및 정밀안전진단 시 옹벽의 선형측량 및 수준측량은 단면형상 및 표고가 변화하는 구간과 수축이음부의 단차(수평 및 수직) 및 이격 등이 발생한 구간을 중심으로 옹벽의 시점부터 종점까지 실시한다.
- ② 사용하는 장비는 일반적으로 일체형 광파 거리계에 의한 측량기(Rec. Elta RL등)와 평판 측량 및 수준측량(레벨측량)기 등을 사용한다.

3) 결과분석

- ① 옹벽의 선형측량 및 수준측량 결과는 설계도면(준공도면) 및 기존 안전점검등에서 실시한 측량결과와 비교하여 설계도면(준공도면)과의 일치, 손상(결함)의 정도 및 진행성 여부 등을 확인한다.

다. 지반조사

1) 일반사항

- ① 안전성평가 시 토압산정과 지지력검토를 위해 실시하며, 시험방법은 책임기술자의 판단 하에 시추 또는 원위치 시험 중 적절한 방법을 선택하여 KS규격을 기준으로 실시한다.

2) 조사수량 및 방법

- ① 정밀안전진단 시에는 필수적으로 대표단면에 주동영역 및 수동영역에 각각 1회씩 2회 이상 실시한다.
- ② 옹벽의 안전점검(정밀안전점검)시에는 점검결과에 따라 안전성평가 시 책임기술자의 판단 하에 실시한다.
- ③ 지반조사는 대표지반을 설정하여 1구간 실시를 원칙으로 하나, 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 조사 횟수를 상향조정할 수 있다.
- ④ 보강토 옹벽의 뒷채움 흙에 대해서는 입도분포 시험을 실시하여 안전성평가 시 고려하여 해석한다.

라. 지하수위 측정시험

1) 일반사항

- ① 정밀안전진단(필요시) 및 정밀안전점검(필요시)시 수리시설옹벽과 같이 부력 및 양압력에 대한 고려가 필요한 지반에 대해서 실시하며, 시험방법은 책임기술자 판단에 따라 적절한 시험법을 선택하여 실시한다.

2) 조사수량 및 방법

- ① 지하수위 측정은 필요시 1회 측정을 원칙으로 하지만 책임기술자 판단에 따라 상향조정이 가능하다.

마. 진행성 변형 및 변위조사

1) 일반사항

- ① 변위 및 변형은 크게 진행성 및 비진행성으로 분류할 수 있으며, 진행성 변위는 시설물 전체의 안전성에 크게 영향을 미칠 수 있다.
- ② 비진행성이라고 판단되는 변위 및 변형도 장기적인 미소한 변위가 누적되면 위험수준에 도달할 수 있으므로, 과거의 측정자료를 분석하여 장기 계측을 고려할 필요가 있다.

2) 조사수량 및 방법

- ① 정밀안전진단 시 변위 및 변형에 대한 조사는 상태평가 결과 최대변위(계획선형오차, 배부름 등) 또는 변형량이 발생한 지점에서 실시하며, 최소 1개소 이상 설치 및 최소 3개월 이상 측정을 원칙으로 하나, 책임기술자의 판단 하에 상향조정할 수 있다.
- ② 정기안전점검 시 변위 및 변형은 점검결과에 따라 책임기술자 판단 하에 실시하며, 주기적인 관측 또는 계측에 의해서 진행여부를 판단한다.
- ③ 정기안전점검, 안전점검(정밀안전점검) 및 정밀안전진단 결과에 따라 추가적인 계측이 필요하다고 판단되면 장기 계측을 실시할 수 있다.

바. 배수상태 조사

옹벽의 배수상태 조사는 시설물의 사용 중에 발생하는 지표수 및 지하수 유입시 그 기능을 적절히 발휘할 수 있는가를 알아보기 위해 실시하며, 주요 내용은 다음과 같다.

- ① 시공당시 배수공이 적절히 설치되었는가를 확인한다.
- ② 배수공이 이물질로 막혀 그 기능을 상실했는지 확인한다.
- ③ 강우 시 주변 지표수가 배수시설로 원활히 유입되는지 확인한다.

사. 기타 재료시험

옹벽시공에 사용된 재료(보강재, 견čit돌, 철망 등)의 시험이 필요한 경우에는 「세부지침」등 규정에 의하여 실시한다.

아. 대상 시설물의 계측계획과 방법

대상 시설물의 사전조사 과정에서 위험한 요소의 판단, 정밀조사 부위의 선정은 물론 계측기를 이용한 진단요소 등을 결정하도록 한다. 정밀안전점검과 정밀안전진단 시 계측관리에 따른 적용과 구조물의 현황파악을 위하여 다음과 같이 계측관리를 하면 보다 효율적인 구조물의 유지관리를 할 수 있을 것이다.

【표 3.1】 계측조사 항목 내용

진단항목	계 측 내 용	계 측 기 기	비 고
균 열	· 균열폭 · 균열길이 · 균열방향	· 균열폭자(단) · 균열폭경(단) · 균열내시경(단) · 균열측정기(장)	
침 하	· 지중침하 · 지표침하	· 지중침하계(장) · 지표침하계(장) · 측량기	기초지반 배면지반
누수 · 용수	· 누수량 · 누수지점 및 범위 · 피압수	· 유량측정기(단) · 지하수위계(장, 단) · 간극수압계(장, 단)	
계획선형 오차 (전도/경사)	· 전면부 기울기	· 측량기 · tiltmeter · 클리노 컴퍼스 · 지중경사계(장, 단)	
안전성평가	· 토압	· 토압계(장, 단)	

(주) 장 : 계측기를 설치하여 장기간 동안 계측이 필요한 경우 적용

단 : 당해 안전점검 및 정밀안전진단 시만 적용

3.2.3 내구성능

가. 콘크리트 내구성능

1) 염해환경

- ① 대상시설물의 위치(주소)를 확인하고 해안까지의 최단 거리(직선거리)를 측정하며, 해안선의 기준은 만조를 기준으로 한다.

2) 동해환경

- ① 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)의 기상관측 자료를 통하여 지난 10년간 동절기의 일최고기온, 일최저기온, 강수량을 조사한다.
동절기 기간 : 11월 1일 ~ 3월 31일
- ② 대상지점의 기상관측소는 대상구조물의 가장 가까운 관측소를 설정하며, 같은 시라고 해도 관측지점에 따라 다소 큰 차이가 있으므로 가까운 관측소를 기점으로 반영한다.
단, 군소단위의 관측소가 없다면 시 관측소를 활용한다.

수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재의 경우 X 값 =

: {일 최저기온 < -2.2°C } & {일 최고기온 > 0°C } & {강수량 > 0}인 연평균 일수

수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 X 값 =

: {일 최저기온 < -2.2°C } & {일 최고기온 > 0°C }인 연평균 일수

여기서, X는 동결융해 반복지수를 의미하며, 수분접촉 여부에 따라 구분·산정

3) 피복(표면부) 콘크리트 품질

- ① 피복 콘크리트 품질은 반발경도값을 원칙으로 사용하며, 설계강도값과 비교하는 경우와 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우로 구분하여 실시한다.
- ② 설계강도값과 비교하는 경우는 강도 추정값과 설계값을 비교하여 피복 콘크리트의 내구 성능을 평가한다.
- ③ 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우는 강도를 추정할 필요가 없으며, 반발경도값을 직접 비교하여 판정한다.
- ④ 안전성능의 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) 측정 결과를 활용하여 평가한다.

4) 콘크리트 탄산화 깊이

- ① 부재를 천공할 때의 콘크리트 분말가루나, 코어시료에 대하여 페놀프탈레인(1%) 용액에 의한 변색반응검사 등으로 한다. 단, 검사부위는 부재가 위치한 환경과 설계·시공 상태를 고려하여 건전한 곳을 선택한다.

5) 콘크리트 염화물 침투량(콘크리트 염화물 함유량)

- ① 콘크리트 내의 염화물 침투량(염화물 함유량)에 관한 KS 규격에 따라 공인시험기관에서 실시한다.

6) 견칫돌 추정강도

- ① 슈미트 해머를 이용하여 강도를 추정한다.

7) 견칫돌 풍화도

- ① 암석의 풍화도를 조사하는 방법으로는 단순육안관찰, 현미경상의 풍화면적 측정, 광물 함량이나 화학성분비 측정 등이 있으나, 현장에서 신속하고 비교적 용이하게 조사할 수 있는 방법으로 해머타격 시험을 통해 암석의 풍화도를 평가한다.

- ② 해머 타격 시 들리는 소리에 따라 등급을 구분하며, 등급분류를 위한 보조 정보로서 균열 및 부서지는 정도, 구성광물의 착색이나 변색 등을 조사한다.
- ③ 해머타격 시험을 통한 암반의 풍화등급 5단계 분류법을 이용한다.

나. 강재 내구성능

1) 강재의 도장열화

- ① 외관조사는 원칙적으로 면밀한 육안조사와 간단한 비파괴 검사를 중심으로 실시한다.
- ② 외관조사의 결과는 표준서식에 기록하고, 필요한 경우에는 개략도면에 표시하고 이들에 대한 분석·평가를 실시한다.
- ③ 보고서에는 외관조사 및 상태안전성능 평가 등의 내용을 종합적으로 검토·분석한 결과를 기재하여야 한다.
- ④ 외관조사에서 이상이 발견된 사항에 대해서는 사진 촬영하여 보고서의 설명 자료로 이용할 수 있도록 보존한다.
사진자료는 성능평가 시에 가능한 한 같은 위치에서 얻는 것을 원칙으로 한다.
사진자료에서 얻어야 할 사항은 전술한 성능평가의 내용을 확인할 수 있는 정도로 한다.
- ⑤ 옹벽에서 발견된 각종 안전성능과 재료의 열화 등에 관련한 문제점에 대해서는 다음에 진행되는 성능평가에서 그 진행 여부를 확인, 감시할 수 있도록 현장의 대상 부위에 관리주체와 협의하여 필요시 표시하여야 하며, 표시한 날짜와 그 크기(폭, 길이 등)를 기록하여 남겨 둔다.

2) 강재 도장 두께

- ① 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기에 의해 측정한다.

3.3. 재료시험 항목 및 수량

3.3.1 재료시험 항목

가. 제2종 성능평가

【표 3.2】 옹벽 형식별 제2종성능평가 재료시험 항목

구분		기본과업		선택과업
안전 성능	공통	◦ 측점분할(평가단위) - 신축이음부 또는 20m 간격 ◦ 선형 및 수준측량 등		◦ 지반조사 ◦ 지하수위측정 시험 ◦ 지중경사계측 ◦ 토압 ◦ 진행성 변형 및 변위 조사
	콘크리트 옹벽	◦ 콘크리트 강도 - 비파괴시험: 반발경도시험		◦ 콘크리트 강도 - 국부파괴시험: 코어채취 ◦ 철근탐사시험 - 철근 배근상태, 피복두께
	보강토 옹벽	◦ 블록 강도 - 비파괴시험: 반발경도시험		-
	석축	-		-
	돌망태 옹벽	-		-
내구 성능	콘크리트 옹벽	◦ 콘크리트 탄산화 깊이 ◦ 콘크리트 염화물 침투량		-
	보강토 옹벽	전면판※	◦ 콘크리트 탄산화깊이 ◦ 콘크리트 염화물 침투량	-
		보강재	-	◦ 도막두께
	석축	◦ 견칫돌 추정강도		◦ 견칫돌 풍화도

<해 설>

- 보강토 옹벽의 전면판에 철근이 포함되지 않은 경우, 탄산화 깊이, 염화물 침투량에 대한 재료시험 제외

3.3.2 재료시험 기준수량

재료시험의 기준수량은 과업을 위한 최소 수량을 말하며, 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험의 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 상향 조절 할 수 있다.

가. 제2종성능평가 재료시험 기준수량

【표 3.3】 제2종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
측점분할	◦ 20m 간격, 신축이음부	◦ 책임기술자 조정 가능
측량	◦ 옹벽의 선형측량 및 수준측량	
반발경도시험※	◦ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	
탄산화 깊이	〈총 연장〉 ◦ 100m 미만: 2개소	◦ 책임기술자가 상향 조정 가능
염화물 침투량	◦ 100m 이상: 최소 2개소 + 100m 당 1개소 추가	
견čit돌 추정강도	◦ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	

<해 설>

- 반발경도시험 결과를 활용하여 콘크리트(블록) 강도와 피복(표면부)콘크리트 품질을 평가한다.
 - 콘크리트(블록) 강도
 - 반발경도시험 결과와 설계강도를 비교하여 콘크리트(블록) 강도를 평가한다.
 - 피복(표면부)콘크리트 품질 평가
 - 비건전부를 위주로 평가하되 책임기술자의 판단에 따라 수량을 조정할 수 있다. 단, 비건전부는 최소 1개소 이상 평가를 수행하여야 한다.

【표 3.4】 제2종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
코어채취1)	◦ 책임기술자 판단에 따라 기준수량 결정	◦ 강도 및 염화물량 시험 등
철근탐사시험1)	◦ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	
지반조사2)	◦ 대표지반 설정 1단면	
지하수위측정	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
진행성 변형 및 변위 조사	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
지중경사계측	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
토압	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
도막두께	<총 연장> ◦ 100m 미만: 1개소 ◦ 100m 이상: 최소 1개소 + 100m 당 1개소 추가	
건čit돌 풍화도	◦ 평가단위당 1개소	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능하다.

주2) 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 상향조정 가능하다.

3.3.3 반발경도시험

가. 개 요

반발경도시험은 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 방법의 하나로 경화된 콘크리트 표면을 타격할 때, 측정 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

반발경도시험 결과로 분석된 콘크리트 비파괴강도는 콘크리트 표면 상태에 국한되고 콘크리트 내부의 강도를 추정할 수 없다는 단점을 가지고 있기 때문에 콘크리트 비파괴강도 추정 시의 유일한 지표로 사용하기에는 문제점을 내포하고 있다.

나. 적용범위

본 보고서에서는 경화된 콘크리트의 반발경도와 압축강도 사이의 상관관계에 따른 상관식을 도출하여 적용하는 것을 원칙으로 하며, 이것이 쉽지 않은 경우 기존의 콘크리트 비파괴강도 제안식을 활용하여 평가할 수도 있다. 다수의 신뢰할 수 있는 비파괴강도 추정식이 제시되어 있으나, 추정식의 다양성만큼 비파괴강도가 일정하게 얻어지는 것이 아니므로, 코어 표본의 압축강도를 구하여 이 측정값과 반발도와의 상관관계를 구하는 것이 우선되어야 한다.

콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 비파괴강도를 추정하는 방법으로 그 시험 방법, 적용 가능한 강도 범위, 판정식 및 판정의 평가 방법에 대한 고려가 비파괴강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

본 보고서에서는 보통콘크리트의 비파괴강도 추정을 위한 시험 등의 절차에 대해서 기술한다.

다. 측정기의 점검 및 교정

반발경도측정기는 엄밀한 검사를 하더라도 사용 후에 기계적인 오차가 발생하는 것이 단점이 있으므로 사전에 테스트 앤빌(Test Anvil)에 의한 정기 교정을 실시하여야 한다.

테스트 앤빌에 의한 반발경도측정기(N형)의 반발경도 R 은 80을 기준으로 80 ± 2 의 범위를 정상으로 할 경우, 가능한 한 80 ± 1 의 범위이어야 한다. 이 범위의 값을 벗어날 경우 조정하여야 한다. 반발값이 72 정도까지 나타나고 더 이상 반발값이 올라가지 않을 경우에는 다음 식에 의하여 보정하며, 이 이상의 보정값을 필요로 하는 반발경도측정기는 사용하지 않는 것이 좋다.

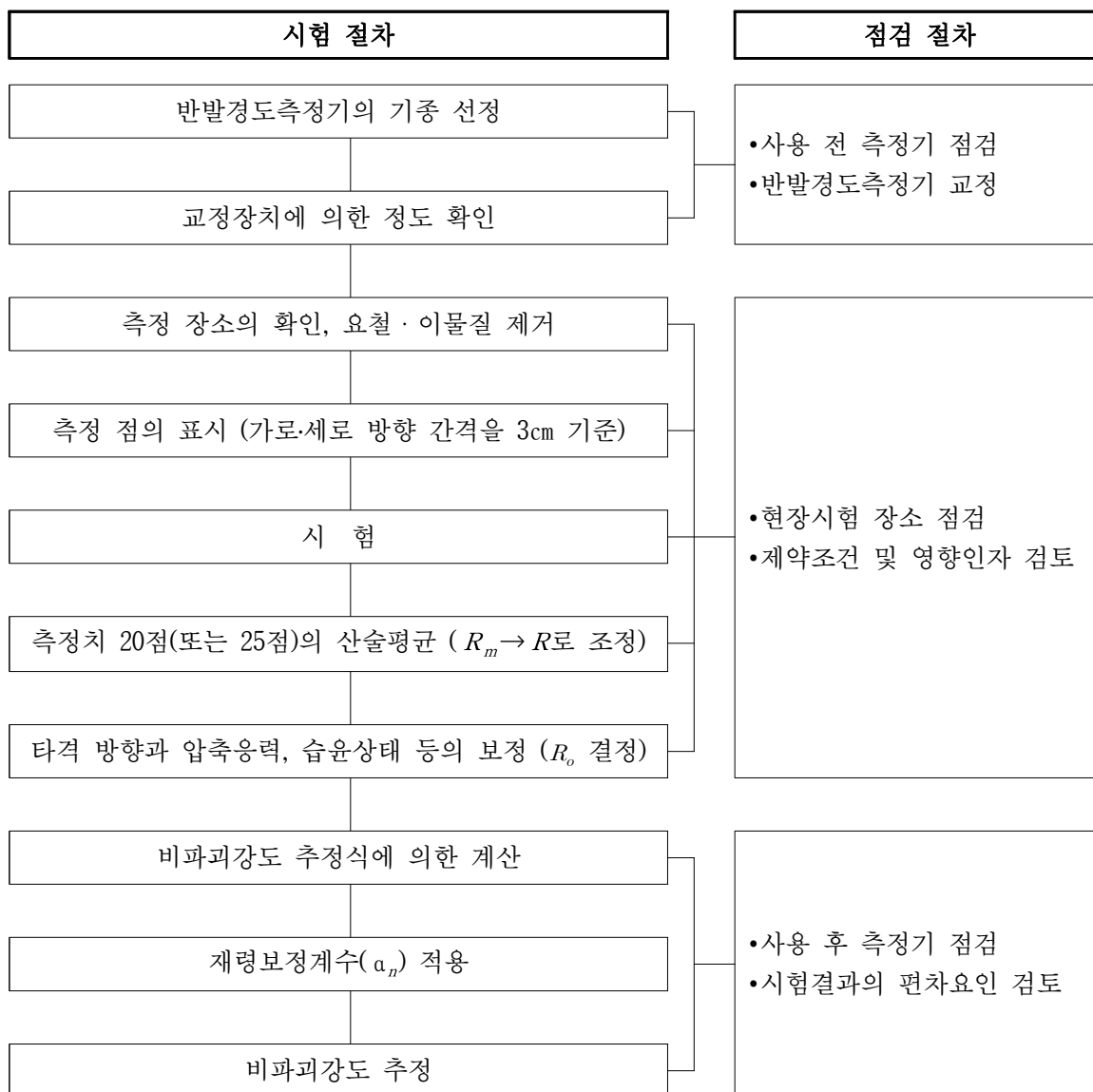
$$R = R_o \times 80 / R_a$$

여기에서 R_a : 테스트 앤빌에 따른 하향 타격시($\alpha = -90^\circ$)의 반발도

R_o : 반발도 R의 평균값

반발경도측정기와 테스트 앤빌의 보정 특성인 액면 수치(R_a)는 제작사에 따라 교정 반발경도의 치수의 범위는 차이를 나타내므로 유의하여 사용하여야 한다. 이는 제조사가 다른 반발경도측정기와 앤빌을 혼용하여 이용할 경우에는 그 결과 값(R_a)이 상이하므로 특별한 주의가 필요하며, 무심코 이를 혼용하여 사용하였을 경우 평가된 콘크리트 비파괴강도의 신뢰성에 문제점으로 나타난다.

라. 시험 등의 절차



【그림 3.1】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

1) 보정반발경도(R_o)의 계산

- ① 반발경도시험 값(R_m) 20개의 평균을 산정
- ② 평균값에서 $\pm 20\%$ 이상 벗어나는 경우의 시험값은 버리고 나머지 시험값의 평균(R)을 산출
- ③ 시험값 중 버리는 값이 4개 이상인 경우는 시험 부위의 결정에서 문제가 있을 수 있으므로 전체 시험값 군을 무시
- ④ 반발경도시험 현장의 여건 등을 고려하는 반발경도에 영향을 미치는 요인을 검토하여 각종 보정값(ΔR)을 산정
- ⑤ 산정한 보정값(ΔR)을 평균시험값(R)에 가감하여 보정반발경도(R_o)를 결정하여 콘크리트 비파괴강도 추정에 적용
- ⑥ 보정반발경도(R_o)는 소수 첫째자리 기준

2) 반발경도시험의 제약 조건

- ① 반발경도측정기 활용을 위한 제약조건의 검토
 - 대상구조물의 제약조건과 종류, 측정범위 등을 파악하여 시험 결과의 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.
 - 콘크리트에서의 반발도와 비파괴강도와의 관계는 각종 영향인자에 따라 다르므로 비파괴강도 추정의 정도를 향상시키기 위해서는 반드시 이들 인자에 관한 정보를 입수하여 이를 반영시켜야 한다.
 - 현장측정 및 결과분석에 대한 절차는 KS F 2730의 규정에 준한다.
- ② 대상 구조물의 제약조건
 - 측정 부재의 선정
 - 부재의 두께 : 측정부의 콘크리트 두께 10cm 이상인 장소 선정
 - 측정 위치 : 보, 기둥 등 모서리로부터 3 ~ 6cm 이상 떨어진 장소에서 측정
 - 측정 장소의 선정
 - 얇은 바닥판이나, 벽에서는 고정단 부근이나, 지지면에 가까운 장소를 선정
 - 보, 기둥 등에서는 시공이음부, 재료분리, 높이, 방향 등의 강도변화를 고려해서 측정 장소를 선정
 - 측정면이 모르타르, 타일 등 부착물이 있는 장소 등은 회피
 - 미장, 도장이 있을 경우 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출
 - 타격방향은 항상 측정면에 대하여 직각방향으로 조용히 눌러서 측정

3) 반발경도시험에 영향을 미치는 인자

반발경도에 미치는 영향인자와 시험결과에 편차 요인에 대하여 시험 전·후에 이를 파악하여 산정한 각종 보정값(ΔR)을 콘크리트 비파괴강도 추정에 적용하여야 한다.

① 반발경도에 미치는 영향인자

- 콘크리트 및 반발경도측정기의 온도
- 콘크리트 표면의 함수 상태
- 콘크리트 탄산화(중성화) 정도
- 측정 시 타격방향
- 반발경도측정기의 종류
- 콘크리트의 거동

② 시험결과의 편차 요인

- 시험결과 편차의 요인과 표준편차
- 콘크리트의 재료와 조합의 관계 : 시멘트, 골재 등
- 측정 대상면의 상태 : 콘크리트 표면상태, 측정 높이, 구속력 등
- 콘크리트의 재령
- 비파괴강도 추정 제안식의 이용

마. 콘크리트 비파괴강도 추정

1) 코어 표본을 이용한 반발경도와 압축강도의 상관관계

반발경도와 압축강도 사이의 상관관계를 구하는 방법 중 가장 신뢰할 수 있는 것은 현장 콘크리트의 코어를 통해 정보를 얻는 것이다.

- ① 코어 표본의 반발경도시험은 코어 표본을 채취하고자 하는 위치에서 코어채취 이전에 실시하여야 한다.
- ② 반발경도시험 값 군의 평균과 코어 표본으로 구한 압축강도를 통해 개별 시험값을 플롯하고 전체 결과에 대한 선형 회귀식을 최소 제곱법에 의해 해당 시설물의 콘크리트 비파괴강도(F_c) 제안식을 도출한다.

$$F_c = k_1 \cdot R_o + C \quad (\text{MPa})$$

여기서, R_o : 반발도 R의 평균값

k_1 , C는 상수

2) 기존의 제안식을 이용한 콘크리트 비파괴강도 추정

반발경도를 이용한 비파괴강도 추정은 가급적 시험 대상 구조체의 수 개소에 대해서 반발 경도를 구하고, 상기 성형 및 코어 표본에 의한 반발경도와 압축강도의 비파괴강도 제안 식을 이용해야 한다.

다음은 국내에서 주로 이용되고 있는 제안식을 정리한 것으로 이외의 신뢰성 있는 제안식을 이용할 수 있으며, 제안식의 적용은 시험 방법 및 시험 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3.5】 기존의 비파괴강도 추정 제안식

연구자	추정 제안식 (MPa)	비고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27 \cdot R_o$	
동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	
U.S Army	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	
木村	$F_c = (9.37 \times (0.987)^t R_o + (1.3t - 109)) \times 0.098$	t는 재령(년)

3) 재령보정계수

콘크리트의 재령이 경과함에 따른 반발경도와 압축강도의 상관관계는 변하게 하며, 탄산화의 효과는 콘크리트의 표면반발경도를 증가시킨다.

따라서 장기재령 콘크리트의 강도 추정에서는 재령 28일의 강도추정식에서 구해진 비파괴 강도에 슈미트해머 제조사에서 제시하고 있는 다음 표의 재령보정계수(α)를 곱하여 평가한다.

【표 3.6】 < 재령보정계수, α 의 값 ($F_{28} = F_c \times \alpha$) >

재령(일)	재령(일)	100	300	500	1000	3000
α	1.0	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

4) 코어강도를 고려한 비파괴강도 보정계수

신뢰성있는 비파괴강도 추정을 위해서는 실구조물에서 채취한 코어강도를 고려할 필요가 있으며, 이를 위하여 선정된 비파괴강도 제안식에 아래와 같이 보정계수를 산출한 후, 보정계수를 제안식에 곱하여 대상 시설물의 콘크리트 비파괴강도를 추정하는 것이 바람직하다.

$$\text{보정계수, } C_t = \left(\sum_{i=1}^k \frac{R_{pr}}{R_s} \right) / k$$

여기서, R_{pr} : 코어 압축강도(MPa)

R_{st} : 반발경도시험에 의해 추정된 비파괴강도(MPa)

k : 자료의 개수

바. 시험 보고서

시험결과 보고서는 반발경도시험에서 권장하는 사항에 따라 시험되었음을 명확히 하고, 시험조건 및 피시험체와 관련된 정보를 제공할 수 있도록 작성한다.

- ① 시험 일자, 시간
- ② 구조물에서 시험 영역의 위치
- ③ 시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명
- ④ 콘크리트의 설계 조건
- ⑤ 시험 위치의 표면 상태
 - 마무리 정도, 균열, 박리, 화재 피해 유무 등
- ⑥ 시험시의 온도 및 콘크리트의 재령
- ⑦ 콘크리트 내부의 함수 상태
 - 습윤 상태, 표면 건조 상태, 기건 상태 등
- ⑧ 반발경도측정기의 종류 및 제품 번호
- ⑨ 반발경도측정기의 타격 방향
- ⑩ 시험 부위별 반발경도의 평균값
- ⑪ 버린 반발경도의 값 및 위치

3.3.4 콘크리트 탄산화 깊이 측정

1) 개 요

본 보고서에서는 콘크리트 내에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위하여 페놀프탈레인 용액의 분무에 의한 탄산화 깊이를 측정하는데 목적이 있다.

2) 적용 범위

이 측정 방법은 실험실 또는 현장에서 제작하여 옥내 또는 옥외 등에 보존된 콘크리트 및 모르타르 공시체, 콘크리트 구조물 또는 콘크리트 제품에서 채취된 코어 공시체, 사용 중

인 콘크리트 구조물에서 채취한 시료 등에 적용할 수 있다.

3) 측정 장치

측정용 장치 및 기구는 다음 중 필요한 것을 이용하도록 한다.

- ① 공시체의 활렬 시험이 가능한 압축 시험기, 휨 시험기, 만능 시험기, 해머 등의 장치 및 기구
- ② 콘크리트 구조물을 깎아 낼 수 있는 정, 드릴, 콘크리트 커터 등의 기구
- ③ 콘크리트의 작은 조각이나 가루 등을 제거 할 수 있는 솔, 전기 청소기
- ④ 버니어캘리퍼스
 - 정규 눈금 0.5mm까지 읽어낼 수 있는 것
- ⑤ 시 약
 - 탄산화 깊이를 측정할 때 이용하는 시약에는 KS M 8238에서 규정한 페놀프탈레인 용액 또는 이와 같은 성능을 갖는 시약을 이용한다.
 - 지시약으로 사용되는 페놀프탈레인 용액은 95% 에탄올 90mL에 페놀프탈레인 분말 1g을 녹여 증류수를 첨가하여 100mL로 한 것이다.

4) 시험방법

(가) 가. 콘크리트 구조물에서 깎아낸 면에서 시험하는 경우

- ① 철근 위치를 파악한 후에는 시험 위치를 결정
 - 시험개소 · 부위 · 노면 아래조건 · 주위 환경 등에 의한 방법을 적시에 선택한 후에 분진의 비산방지책을 검토해야 한다.
- ② 깎아낸 콘크리트 표면에 콘크리트 조각이나, 가루를 완전히 제거한다.

(나) 나. 코어 공시체를 이용하는 경우

- ① 코어 공시체의 지름
 - KS F 2422 「콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도시험 방법」에서 규정하는 굵은골재 최대치수의 3배 이상으로 한다.
- ② 코어 공시체의 길이
 - 철근 피복깊이 정도로 하는 것이 적절하다.
- ③ 코어는 구조물의 어디에서 채취한 것인지, 표면 측인지 어느 쪽인지 등의 정보를 기입해 둔다.
- ④ 시험조건

- 양생에 관해서는 코어표면을 충분히 세척하여 수건 등으로 표건 정도까지 닦은 후에 비닐자루로 밀봉 저장하는 것이 바람직하다.

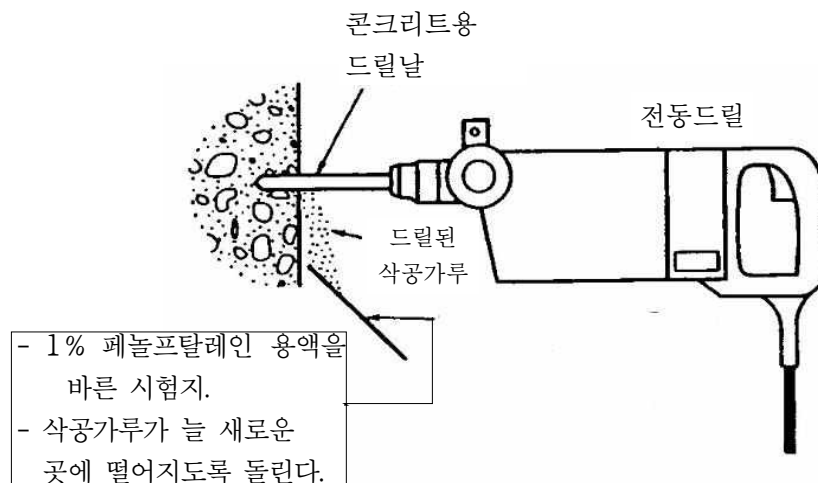
- 코어공시체를 할렬하고, 할렬면을 측정대상으로 하는 것이 적절하다.

⑤ 코어 측면에서의 시험은 가능하면 피한다.

- 코어비트 마찰에 의한 조성 변화, 커팅시의 수분에 의한 영향 등으로 시험 결과가 다를 수 있다.

(다) 드릴을 이용하는 경우

다음 그림과 같이 $\phi 10\text{mm}$ 의 드릴링에 의해 채취되는 콘크리트가루를 이용하여 탄산화깊이를 시험하는 방법으로 드릴링에 의해 발생하는 콘크리트가루가 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하고 있다.



【그림 3.2】 드릴에 의한 탄산화깊이 측정

5) 탄산화 깊이 측정

(가) 측정 준비

① 측정면의 처리가 종료된 후 바로 측정면에 시약을 분무기로 액체가 떨어지지 않을 정도로 분무한다.

② 측정면의 처리가 종료된 후 바로 측정할 수 없는 경우에는 비닐필름 등으로 측정면을 밀봉한다.

(나) 탄산화깊이 측정

① 콘크리트 표면으로부터 적자색으로 변색한 부분까지의 거리를 0.5mm 단위로 측정한다.

② 선명한 적자색으로 변색된 부분보다 옅은 부분에 흐린 적자색의 부분이 나타나는 경우

- 선명한 적자색 단면까지의 거리를 탄산화 깊이로서 측정함과 동시에 연한 적자색 부분까지의 거리도 함께 측정한다.

③ 평균 탄산화깊이는 측정값의 합계를 측정 개수로 나누어 구하고, 반올림하여 소수점 이하 한 자리까지 구한다.

(다) 측정 지점

- ① 공시체의 활렬면이나 절단면을 측정면으로 하는 경우
 - 탄산화의 상황에 따라 10 ~ 15mm간격마다 1곳
- ② 코어 공시체의 측면을 측정면으로 하는 경우는 5곳 이상
- ③ 콘크리트 구조물의 깎아낸 면에서 측정하는 경우
 - 깎아낸 면의 크기에 따라 4 ~ 8곳 정도

【표 3.7】 페놀프탈레인 분무 시기와 측정 시기

측 정 면	청소방법 전처리법	시약의 분무시기	탄산화깊이 측정시기 (분무 후의 경과시간)
•현장 깎아낸 면 •코어 활렬면	blow 뿜기	직후	직후
		3 ~ 6시간 직후	1 ~ 10분 후
		1 ~ 7일 후	1분 ~ 2일 후
	blow 뿜기 후 물축입	직후 ~ 1일 후	직후
		2 ~ 4일 후	직후 ~ 2일 후
		5 ~ 7일 후	직후
•임의 추출 코어 표면 •콘크리트 커터 절단면	물씻기 후 표면 건조	1일 후	10분 ~ 2일 후
•수중 양생 후의 활렬면	blow 뿜기	직후 ~ 1일 후	직후
•수중 양생 후 콘크리트 커터 절단면	물씻기 후 표면건조, 분무 전 물축입	1일 후	10분 ~ 2일 후

6) 탄산화속도계수 산정

탄산화속도는 경과시간 t의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화 깊이 C는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, C : 탄산화깊이 (mm)

A : 탄산화속도계수 ($\text{mm}/\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

7) 시험 보고서

(가) 반드시 기록하여야 할 사항

보고할 사항 중 명확히 파악할 수 없는 사항에 대해서는 [확인되지 않음]으로 표기한다.

- ① 구조물의 명칭
- ② 구조물의 경과 연수
- ③ 코어 채취 및 떼어냄을 행한 연월일 및 시험일
- ④ 코어 채취 및 떼어냄을 행한 위치 : 옥내, 옥외, 부위, 방위, 높이 등
- ⑤ 사용 골재의 종류(보통 골재, 경량 골재)
- ⑥ 측정면의 종류 : 코어의 측면, 코어의 할렬면, 구조물의 떼어낸 면 등
- ⑦ 시 약
- ⑧ 측정 기구 : 버니어 캘리퍼스, 눈금자 등
- ⑨ 시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간
- ⑩ 탄산화 깊이의 측정 장소의 각 측정값, 평균값, 최대값
- ⑪ 연한 적자색으로 변색된 부분의 유무
 - 있는 경우 그 상황을 사진 등으로 기록한다.

(나) 필요에 따라 기록하여야 할 사항

- ① 코어 채취 또는 떼어냄을 행한 위치에서의 누수 유무
- ② 구조물 주변의 탄산가스 농도
- ③ 콘크리트 압축 강도 : 설계기준강도 또는 코어 강도
- ④ 탄산화 상황의 사진
- ⑤ 철근의 피복두께
- ⑥ 탄산화 속도 계수

