

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사 점검사항

3.3 재료시험 및 평가기준

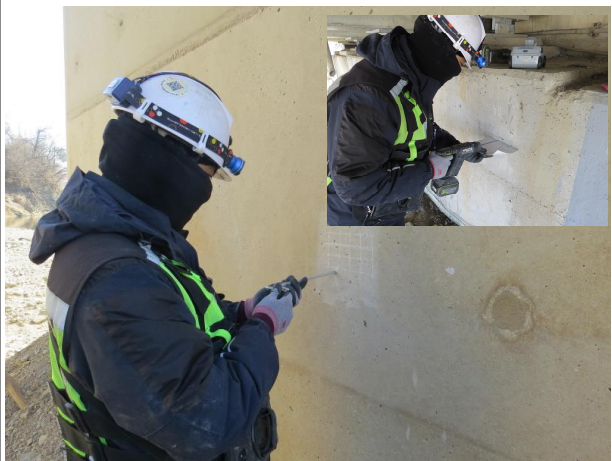
제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

본 점검대상 시설물의 외관조사는 손상현황 및 결함의 상태를 정확히 판단하고 시설물의 건전성을 저해시키는 위험요인을 사전에 발견하여 보다 적절한 보수대책을 수립하기 위한 기본 자료를 확보하기 위하여 각각의 구조물을 상·하부구조로 세분화하였고, 사다리, 고소점검차 등을 사용하여 대상 부위에 가능한 가까이 접근하여 조사를 실시하였다.

외관조사 시 손상 또는 결함의 정도를 육안이나 간단한 도구에 의하여 실시하였기 때문에 조사자의 주관적인 판단 등에 의해 발생하는 차이를 최소화하기 위하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2024. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 의거하여 실시하였다.

【표 3.1】 현장조사 기간 및 수행자

일 자	조사내용	수행자	비 고
2025. 02. 24 ~ 04. 12	현장조사 실시	참여기술자	
			
현장조사 전경(교량점검차)		현장조사 전경(도보)	
			
재료시험 전경(반발경도시험)		재료시험 전경(탄산화깊이 측정시험)	

3.2 외관조사 점검사항

3.2.1 교량의 점검사항

가. 콘크리트 바닥판

【표 3.2】 콘크리트 바닥판 점검사항

점검부위			점검사항
콘크리트 바닥판	공통		• 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 • 재료분리(공동, 공극) • 누수 및 백태(유리석회)
	거더교		• 균열, 망상균열
	바닥판, 라멘상부	받침부	• 부스러짐, 사인장 균열
		중앙부	• 휨균열

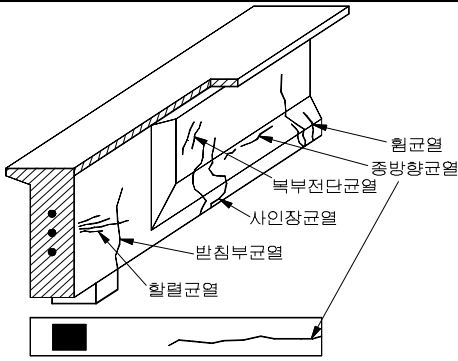
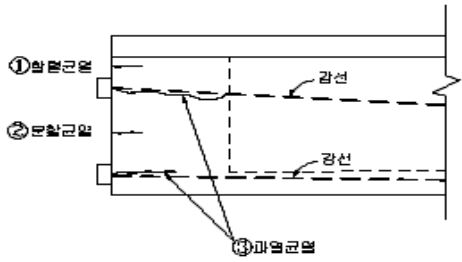
거더가 있는 경우의 바닥판 점검부위	거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위

나. 프리스트레스 콘크리트 거더

【표 3.3】 프리스트레스 콘크리트 거더 점검사항(1/2)

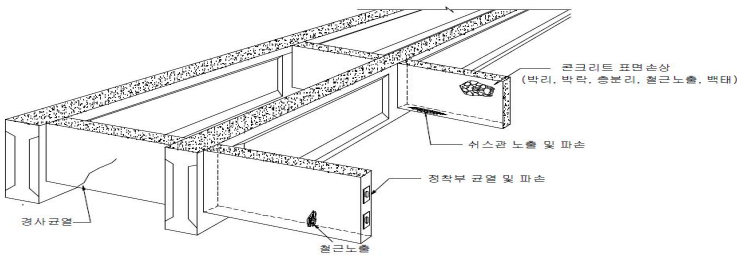
점검부위			점검사항
공통			박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
받침부			- 부스러짐 - 복부 사인장균열 - 연속교 상단 휨균열 - 개벽 개구부 모서리 균열
중앙부			- 휨균열, 거더처짐 - 쉬즈관 노출 및 파손 - 박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 - 시공이음부 균열 및 누수
강선정착부			정착부 균열 및 파손
강선부위	강연선		녹, 부식, 파단
	보호관	공통	파손, 충전결함(공극), 선형(뒤틀림 등)
		PE관	접합불량, 변형
		강관	녹, 부식, 변형

【표 3.3】 프리스트레스 콘크리트 거더 점검사항(2/2)

	
PSC I 빔의 점검부위	정착구역의 국부균열

다. 콘크리트 가로보

【표 3.4】 콘크리트 가로보 점검사항

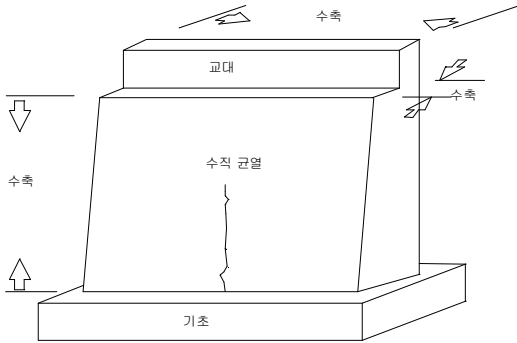
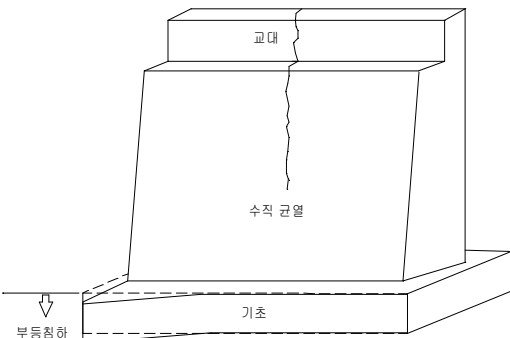
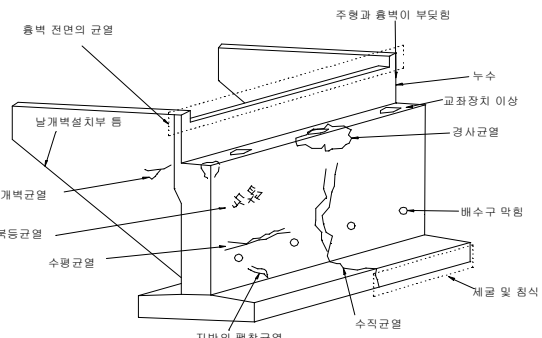
점검부위	점검사항
공통	• 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
철근콘크리트 가로보	• 박락(파손), 철근노출 • 경사균열(거더의 상대처짐 의심)
	
가로보 점검부위	

라. 교대

【표 3.5】 교대 점검사항(1/2)

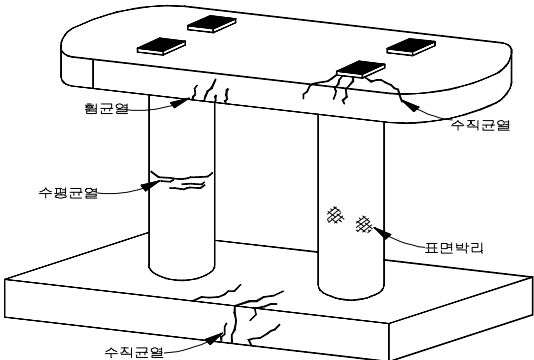
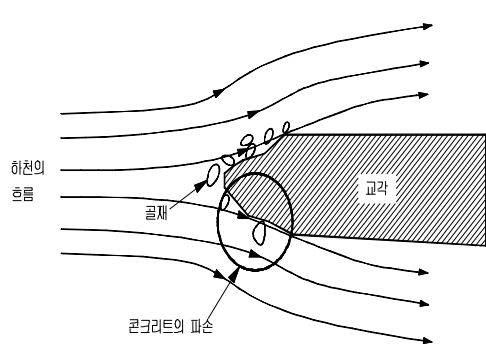
점검부위	점검사항
공통	• 교대 기울음 및 전도 • 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
두부	• 두부 물고임 • 받침부 균열 및 파손 • 두부와 흥벽 경계부 균열 • 거더와 흥벽 신축유간 부족
벽체	• 수직균열 및 침하 • 구체와 날개벽 분리 • 구체부 배수구 막힘 • 수면접촉부 침식
날개벽(옹벽 포함)	• 날개벽 이동, 전도 • 석축이 있는 경우 사면붕괴

【표 3.5】 교대 점검사항(2/2)

	
온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열	
	
부등침하로 인한 교대의 수직균열	교대의 점검부위

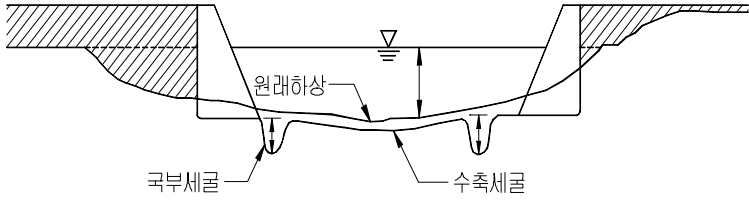
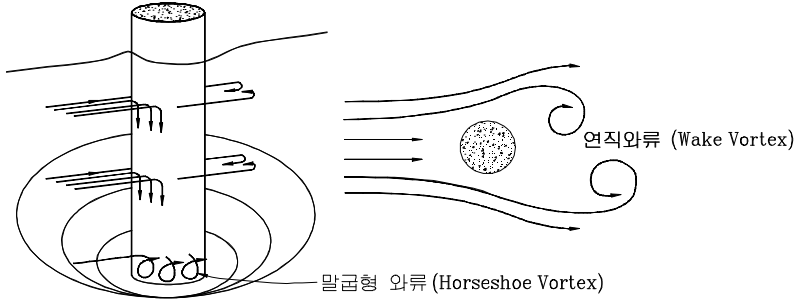
마. 콘크리트 교각

【표 3.6】 콘크리트 교각 점검사항

점검부위	점검사항
공통	- 교각 기울음 및 전도 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
두부	- 두부 물고임 - 받침부 하부 균열 및 파손
벽체	- 시공이음부 균열 - 이동 또는 기울음 - 수면접촉부 침식
	
콘크리트 교각의 점검부위	유수에 의한 콘크리트 교각의 침식

바. 기초

【표 3.7】 기초 점검사항

점검부위	점검사항
공통	• 박리, 박락, 철근노출, 백태 • 침식, 세굴, 측방유동, 침하 • 하부구조물 기울음 및 전도
직접기초	• 콘크리트 균열 및 파손
말뚝기초	• 말뚝 노출 및 침식
케이슨기초	• 케이슨 노출 및 침식 • 충돌파손
	
수축세굴과 국부세굴	
	
원형기초의 국부세굴	

사. 교량받침

【표 3.8】 교량받침 점검사항

점검부위	점검사항
본체	공통 • 가동받침의 신축유간 부족 • 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 • 받침과 거더의 밀착상태 • 수직보강재와 받침 편기상태 • 받침 물고임 및 부식
	강재받침 • 가동면 부식 • 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	탄성받침 • 부풀음 및 갈라짐 • 고무판의 과도한 변형
받침콘크리트	• 앵커볼트 파손, 절단 • 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 • 교각두부 균열

아. 신축이음

【표 3.9】신축이음 점검사항

점검부위		점검사항
본체	공통	- 충격음, 본체유동 및 파손 - 누수 - 유간부족 및 유간과다 - 유간 오물퇴적
	고무재	고무판 마모, 강판노출 및 부식
	강재	강재 연결부 이완 및 파손
후타재		- 단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) - 균열 및 파손

자. 교면포장

【표 3.10】교면포장 점검사항

점검부위		점검사항
공통	아스팔트	균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	콘크리트	균열, 마모, 박리, 파손
신축이음 전후, 구조물 경계부		단차, 파손
곡선부, 중차량 통행차로		마모, 바퀴자국
배수구 주변		물고임

차. 배수시설

【표 3.11】배수시설 점검사항

점검부위	점검사항
배수구(유입구) - 뚜껑(그레이팅)	- 뚜껑파손 및 주변파손, 누락 - 오물퇴적, 막힘 - 배수구의 설치높이가 높음 - 배수구 설치위치 불량 - 배수구 설치간격 넓음
배수관	- 관의 연결부 어긋남, 파손 - 이물질에 의한 막힘 - 지지철물의 이완 및 파손 - 배수관 길이 부족(짧음) - 유출구 위치 부적절(도로구간)

카. 난간 및 연석

【표 3.12】 난간 및 연석 점검사항

점검부위	점검사항
강재, 알루미늄	• 강재의 경우 도장 손상 및 부식 • 난간과 상판연결부의 결함, 파손 • 전체적인 처짐 및 선형불량
철근 콘크리트	• 균열, 박리, 파손 • 철근노출 및 부식 • 전체적인 처짐 및 선형불량

타. 공중이 이용하는 부위

【표 3.13】 공중이 이용하는 부위 점검사항

점검부위	점검사항
추락방지시설	• 결함 및 파손 • 고정부 및 연결부 파손
도로포장	• 도로포장 결함 및 파손 • 포트홀, 배수불량
도로부 신축이음부	• 신축이음 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후 • 국부적인 열화 및 후타재 균열 • 신축유간 밀착 또는 본체 탈락
환기구 등 덮개	• 덮개 등에 결함 및 파손 • 덮개 등 탈락

주) 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다. 단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.

3.3 재료시험 및 평가기준

3.3.1 시험 수량 및 위치

가. 재료시험 수량

금회 점검 대상 시설물에 대한 현장시험은 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2024.12., 국토교통부/국토안전관리원)”에 근거하여 조사 위치 및 수량을 산출하고 연장에 따른 조정비를 적용하였다.

점검 대상 시설물 중 연장 300m 이상인 북삼교(L=630m)에 대해서는 산출수량의 72%를 적용하였다.

【표 3.14】재료시험 연장별 조정비

연장(m)	500	1,000	2,000	4,000 이상	비고
조정비(%)	80	60	40	30~20	

【표 3.15】재료시험 산출 및 실시수량

구분	세부지침 기준		시설물	기준수량		금회 시험 수량	
	상부구조	하부구조		상부구조	하부구조	상부구조	하부구조
반발경도시험	• 50m 마다	• 50m 마다	대전교 (L=125m, 4경간)	3개소	3개소	4개소	4개소
			북삼교 (L=630m, 21경간)	10개소	10개소	13개소	13개소
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내 : 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상 : 3~6개소 ²⁾		대전교 (L=125m, 4경간)	2~3개소		1개소	2개소
			북삼교 (L=630m, 21경간)	3~6개소		2개소	4개소

1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

3.3.2 반발경도시험

개 요	- 콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법 - 슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 적용																																																																
시험 방법	- 반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 $\pm 20\%$범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정 - 측정점간의 최소간격은 보, 기둥 등 모서리로부터 30~60mm 이상 떨어진 장소에서 측정하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm이상을 원칙으로 함. - 측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건조에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함.	측정기의 기종 선정 ↓ 점검기에 의한 정도확인 ↓ 측정 장소의 확인, 요철제거 ↓ Marker 등에 의한 측정점의 표시 ↓ 측정, 20점 이상의 평균 ↓ 타격 방향, 습윤 및 재령의 보정 ↓ 강도추정식에 의한 압축강도 산출 ↓ 압축강도의 추정 <반발경도법에 의한 강도추정 흐름도>																																																															
보정 방법	- 타격방향에 따른 보정(ΔR_1) <table><tr><th rowspan="2">반발경도 (R)</th><th colspan="4">수평과 이루는 각도</th><th rowspan="2">비고</th></tr><tr><th>+90°</th><th>+45°</th><th>-45°</th><th>-90°</th></tr><tr><td>10</td><td>-</td><td>-</td><td>+2.4</td><td>+3.2</td><td rowspan="6">상향수직 : +90° 하향수직 : -90°</td></tr><tr><td>20</td><td>-5.4</td><td>-3.5</td><td>+2.5</td><td>+3.4</td></tr><tr><td>30</td><td>-4.7</td><td>-3.1</td><td>+2.3</td><td>+3.1</td></tr><tr><td>40</td><td>-3.9</td><td>-2.6</td><td>+2.0</td><td>+2.7</td></tr><tr><td>50</td><td>-3.1</td><td>-2.1</td><td>+1.6</td><td>+2.2</td></tr><tr><td>60</td><td>-2.3</td><td>-1.6</td><td>+1.3</td><td>+1.7</td></tr></table> - 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(ΔR_2) 기건상태 : $\Delta R_2 = 0$, 습윤상태 $\Delta R_2 = +5$ - 콘크리트 재령에 따른 보정(α) <table><tr><th>구분</th><th>7일</th><th>14일</th><th>21일</th><th>28일</th><th>100일</th><th>500일</th><th>750일</th><th>1000일</th><th>2000일</th><th>3000일</th></tr><tr><td>재령(α)</td><td>1.72</td><td>1.36</td><td>1.12</td><td>1.00</td><td>0.78</td><td>0.67</td><td>0.66</td><td>0.65</td><td>0.64</td><td>0.63</td></tr></table> · $R_0 = R + \Delta R$ ($\Rightarrow \Delta R = \Delta R_1 + \Delta R_2$) 여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값 ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값	반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고	+90°	+45°	-45°	-90°	10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°	20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2	60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일	재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	
반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고																																																												
	+90°	+45°	-45°	-90°																																																													
10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°																																																												
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4																																																													
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1																																																													
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7																																																													
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2																																																													
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7																																																													
구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일																																																							
재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63																																																							
압축 강도 추정식	· 일반 콘크리트 및 고강도 콘크리트 - 방법 1 : $F_c = -18.0 + 1.27 \times R_0$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본 재료학회 강도 추정식 - 방법 2 : $F_c = (7.3R_0 + 100) \times 0.098$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본 건축학회 강도 추정식 - 방법 3 : $F_c = 15.2R - 112.8 \times 0.098$ (MPa) $\Rightarrow$ 과학기술부 추정식(고강도) - 방법 4 : $F_c = 1.33434R_0 + 8.1977$ (MPa) $\Rightarrow$ 한국시설안전공단 추정식(고강도)																																																																

※콘크리트 내구성 평가절차 수립(한국시설안전공단, 1999.12) 참조

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조

※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부/국토안전관리원, 2024.12) 참조

3.3.3 탄산화깊이 시험

개요

• 경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화 하여 pH값은 12~13에서 8~10 이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라 함.

$$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$$

$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

• 콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.

◆ 1단계: 미세균열

◆ 2단계: 중성화 깊이에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생

◆ 3단계: 철근의 원면이 팽창하여 균열이 표면까지 연장되고 동해 등의 다른 열화를 유발시킴. 녹물이 보임

◆ 4단계: 철근 원면의 피복이 탈락되기 시작하고 철근노출이 시작됨. 철근의 단면적 감소

◆ 5단계: 철근의 피복이 탈락하여 철근은 공기와 풍우에 직접 노출됨. 내구성능 저하 가속

<탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정>

측정위치 및 방법

• 드릴링에 의해 발생하는 콘크리트 가루가 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화 깊이로 정하는 방법

- ① 탄산화깊이측정 위치 선정
- ② 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 시험지 준비
- ③ 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 시험지를 드릴 밑에 두고 드릴링 시작
- ④ 원형시험지가 변색되는 시점에 드릴링 멈춤
- ⑤ 드릴링된 깊이(mm) 측정, 평균값 선정

<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	• 0mm~10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	• 0mm미만	철근부식 발생 조건 만족
e	• 0mm미만	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

평가 기준

*콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조

*시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부/국토안전관리원, 2024.12) 참조