



제 4 장 내구성조사 및 시험

4.1 개 요

4.2 콘크리트 내구성 조사 및 시험

제 4 장 내구성 조사 및 시험

4.1 개 요

본 과업 구조물의 상태평가를 적절히 수행하기 위해서는 정밀점검의 목적에 부합하는 내구성 조사 및 시험을 실시하여야 하며, 이를 통해 제3장에서 기술한 외관조사 내용과 함께 구조물의 사용성, 안전성을 검토하고 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 한다.

내구성 조사 및 시험은 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 방법으로 사용장비 및 측정방법, 적용한계 등을 고려하여 사용법을 충분히 숙지한 자가 검·교정을 필한 장비를 사용하여 실시한다.

4.1.1 내구성 조사 및 시험 내용

- (1) 각 부재별 바닥판, 거더, 교대, 교각에 대해 조사를 실시하였다.
- (2) 각 항목별 시험위치 및 측정개소는 외관조사를 실시한 후 부재의 구조적인 안전성과 부재의 외관상태를 고려(손상다수)하여 선정하였다.
- (3) 내구성조사 및 시험은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편)』에 준하여 실시하였다.

【표 4.1】 내구성 조사 및 시험 내용

구 분	조 사 및 시 험 내 용
반발경도시험	슈미트 햄머로 반발경도를 측정하여 콘크리트 강도를 측정
탄산화깊이시험	페놀프탈레인용액으로 콘크리트의 탄산화 진행깊이를 조사

4.1.2 시험 측정일자 및 조사자

【표 4.2】 내구성 조사 측정일자 및 조사자

구 분	일 자	조 사 자	비 고
콘크리트비파괴 시험	2015. 08. 31 ~ 2015. 09. 25	김보현 외 11명	

제 1 장

제 2 장

제 3 장

제 4 장

제 5 장

제 6 장

제 7 장

4.1.3 내구성 조사 및 시험 현황



반발경도 측정위치 불순물 제거



측점 표기



반발경도 측정



탄산화시험 천공



천공부 이물질 제거



탄산화 시험 깊이 측정

【그림 4.1】 내구성 조사 및 시험현황

4.2 콘크리트 내구성 조사 및 시험

4.2.1 반발경도시험

개요	■ 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 함																																																																
시험방법	■ 반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30mm 기준으로 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 ■ 보-기둥의 모서리에서는 최소 30~60mm 이격 하고 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm 이상을 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>																																																															
																																																																	
	특허 적용 : “슈미트 해머 타격점 자동표시기” 특허 제10-1255025호																																																																
보정방법	■ 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> ■ 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> ■ $R_o = R + \Delta R_1$ 여기서, ΔR_1 : 타격방향에 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																																																							
압축강도 추정식	■ 방법 1 : $F_c = (-18.0 + 1.27 \times R_o) \times \alpha$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본재료학회 추정식 ■ 방법 2 : $F_c = \{(7.3R_o + 100) \times 0.098\} \times \alpha$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본건축학회 추정식 ■ 방법 3 : $F_c = \{(15.2R_o - 112.8) \times 0.098\}$ (MPa) $\Rightarrow$ 과학기술부 고강도 추정식																																																																

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

※ 콘크리트 내구성 평가절차 수립(국토교통부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2010.12) 참조

제1장

제2장

제3장

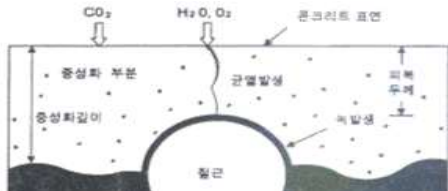
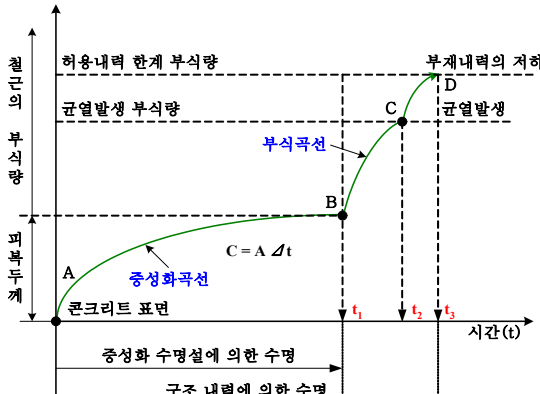
제4장

제5장

제6장

제7장

4.2.2 탄산화깊이측정

개요	■ 경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화 하여 pH값은 12~13에서 8~10이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 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 때문임 ◆ 1단계 미세균열 미산화탄소, 물, 산소 재질 및 강도상의 변화는 거의 없다(약간의 건조수축에 의한 균열) ◆ 2단계 미산화탄소, 물, 산소 철근 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생 ◆ 3단계 미산화탄소, 물, 산소 철근의 외면이 팽창하여 균열이 표면까지 연결되고 동해 등의 다른 열화를 유발시킴, 녹물이 보임 ◆ 4단계 미산화탄소, 물, 산소 철근 철근 외면의 피복이 탈락되기 시작하고 철근노출이 시작됨, 철근의 단면적 감소 ◆ 5단계 미산화탄소, 물, 산소 철근 철근의 피복이 탈락하여 철근은 공기과 풍우에 직접 노출됨, 내구성능 저하 가속 <탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정>																		
측정 방법	■ 햄머드릴을 이용하여 직경 1~2cm정도의 드릴링에 의해 발생하는 콘크리트가루가 페놀프탈레인 용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정함 ■ 페놀프탈레인 1%용액 : 페놀프탈레인 1g + 에탄올 90cc(순도 95%) + 증류수 = 100ml로 제조																		
시험 순서	① 탄산화시험 위치 선정 ② 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 원형시험지 준비 ③ 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지를 드릴 밑에 두고 드릴링 시작 ④ 원형시험지가 변색되는 시점에 드릴링 멈춤 ⑤ 드릴링된 깊이(mm) 측정, 평균값 선정																		
평가 기준	<탄산화 상태평가 기준> <table><tr><th>평가 구분</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr><tr><td>탄산화 잔여 깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10 mm 이상 ~ 30mm 미만</td><td>0 mm 이상 ~ 10mm 미만</td><td>0mm 미만</td><td>-</td></tr><tr><td>철근부식의 가능성</td><td>탄산화에 의한 부식발생 우려 없음</td><td>향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음</td><td>탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음</td><td>철근부식 발생</td><td>-</td></tr></table>	평가 구분	a	b	c	d	e	탄산화 잔여 깊이	30mm 이상	10 mm 이상 ~ 30mm 미만	0 mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-	철근부식의 가능성	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-
평가 구분	a	b	c	d	e														
탄산화 잔여 깊이	30mm 이상	10 mm 이상 ~ 30mm 미만	0 mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-														
철근부식의 가능성	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-														
내구 수명 평가	■ t_1 : 탄산화가 철근표면에 도달하는 시점 t_2 : 철근 부식, 콘크리트 균열 발생 시점 t_3 : 부재내력이 한계에 달하는 시점 ■ 탄산화속도 식 : $C = A\sqrt{t}$ 여기서, C : 탄산화깊이(mm) t : 경과년수(년) A : 탄산화 속도계수(mm/√년) ■ 탄산화가 철근에 도달하는 시간(t_d) : $t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_0$ 여기서, D_c : 철근까지의 피복두께(mm) t_0 : 현재의 구조물 경과시간(년)  <콘크리트 내부에서 철근부식의 개념>																		

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

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2010.12) 참조