

제 4 장 내구성 조사 및 시험

4.1 개 요

4.2 내구성시험 실시현황

4.3 콘크리트 강도시험

4.4 철근탐사 시험

4.5 탄산화 시험

제 4 장 내구성 시험

4.1 개 요

내구성 조사는 콘크리트 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 규명하고 보수·보강 여부의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 비파괴 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

대상시설물에 실시한 내구성 시험은 콘크리트 구조물인 상수도시설물의 구조물 및 부재별로 실시하였으며, 강도시험을 위하여 표면처리 후 반발경도법에 의한 강도시험, RC-Radar에 의한 철근간격과 피복두께 조사, 1% 페놀프탈레인용액에 의한 탄산화시험을 실시하였다.

4.2 내구성 시험 실시현황

4.2.1 내구성시험 실시수량

【표 4.1】 내구성시험 실시현황

시험종류 구조물명	콘크리트 강도시험	철근탐사시험	탄산화시험	비고
여주정수장	14	14	14	
취수펌프장	5	4	5	
가압장(25개소)	22	-	22	
배수지(6개소)	12	12	12	
총 계	53	30	53	

4.2.2 내구성 조사 및 시험현황



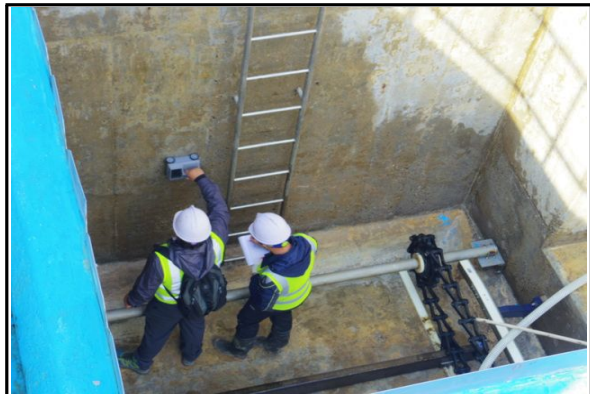
반발경도 시험



반발경도 시험



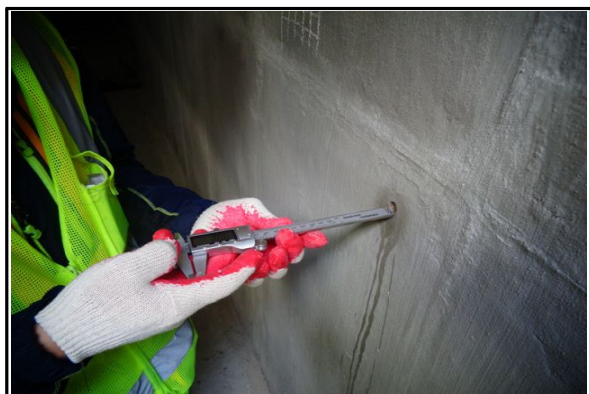
철근탐사 시험



철근탐사 시험



탄산화깊이 시험



탄산화깊이 시험

【그림 4.1】 내구성 조사 및 시험현황

4.3 콘크리트 강도시험

4.3.1 개요

반발경도법은 콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법으로 측정방법 및 적용 가능한 강도 범위, 판정식 및 판정의 평가방법에 대한 고려가 강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

(1) 원 리

반발경도의 원리는 슈미트 햄머로 경화 콘크리트를 타격시 반발경도(R)과 콘크리트 압축강도(f_{ck})와의 사이에 특정관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

슈미트 햄머는 대상물의 표면에서 직접 측정한 반발경도(R)에 타격각도에 따른 보정값(ΔR)을 고려하여 수정 반발경도(R_o)를 구하고, 이 값으로부터 재령에 대한 영향을 보정한 후 제안되고 있는 여러 산출식을 적용하여 콘크리트 강도를 산출한다. 일반적으로 타격시의 반발경도는 타격에너지 및 타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다.

즉, 반드시 재료의 강도와 일률적인 관계가 성립되는 것은 아니며 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트 햄머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우에 반발경도는 타격면에서 존재하는 골재의 유무, 습윤 상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 있으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하다.

(2) 측정기 종류의 선정 및 검정

보통 콘크리트의 경우는 N형과 NR형이 일반적으로 사용되며, 반발경도를 직접 읽는 N형이 있으며, NP형은 반발경도를 숫자로 기록하므로 측정치의 기록과 처리가 정확하며 간단하다. ND형은 실제의 반발경도를 직접 읽을 수 있으므로 개인의 측정오차가 없으며 간단, 정확, 신속하게 구조체 시험을 실시할 수 있다.

초기강도 등을 추정하는 경우는 저강도용 P형이 사용되며, L형은 경량콘크리트용, M형은 매스콘크리트용으로 사용되고 있다.

슈미트 햄머에 의한 콘크리트 강도 추정법은 그 목적에 대응하는 적절한 기종을 사용할 필요가 있으며, 또한 각 기종의 강도 측정범위가 아래 표에 나타나 있으므로 이를 이용하여야 한다. 본 과업에서는 NR형을 이용하였다.

기 종	충격에너지 (kg · m)	강도측정범위 (kg/cm ²)	자중 (kg)	비 고
N형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 600	1.0	반발경도R을 직접 읽음
NR형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 600	1.4	반발경도R을 자동 기록
NP형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 600	1.6	반발경도R을 자동 기록
ND형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 600	1.6	반발경도R이 디지털 표시기에 나타남
MTC형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 1,000	1.6	콘크리트 압축강도기록
P형 (저강도콘크리트용)	0.09	50 ~ 150	2.7	전자식 초기강도 추정
L(R)형 (경량콘크리트용)	0.075	100 ~ 600	1.2	자동기록
M형 (매스콘크리트용)	3.0	600 ~ 1,000	12.0	댐이나 활주로 등의 매스콘크리트용

<표 4.2> 슈미트 햄머의 종류

(3) 측정 방법

① 측정개소의 측정

- 두께 10cm 이하의 판재, 1변이 15cm 이하인 단면의 기둥·보 등 작은 치수의 부재는 피한다.
- 측정면은 균질하고 평활한 평면부를 고른다.

② 반발경도 측정방법

- 측정대상 면에 도장이 되어 있는 경우는 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출시킨다. 측정부위에 대하여 연마석을 이용하여 콘크리트 면을 편평하게 갈아낸 후 분말 및 기타 부착물을 없앤 뒤에 측정한다.
- 타격은 수직면에 직각으로 서서히 힘을 가하며 한다.
- 1개소의 측정은 모퉁이에서 3cm이상 들어간 곳에서 가로, 세로 3cm 간격의 가로 4줄, 세로 5줄의 교차점 20점에 대하여 타격하여 데이터를 획득한다.
- 측정된 20개의 데이터중 타격시 반향음이 이상하거나 타격치의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 경우는 이상치(Error)로 보고 제외시킨다. 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발경도(R)로 한다.

③ 타격방향

타격방향은 수평방향이 일반적이나, 수평 이외의 타격시에는 반발경도(R)가 중력에 의해 변화하는 것을 보정하기 위하여 타격각도에 따른 보정치를 구하여 보정하여야 한다.

반발경도 R	수 평 과 이 루 는 각 도				비 고
	+90 (상향 수직)	+45°(상향 경사)	-45°(하향 경사)	-90°(하향 수직)	
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	-2.1	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.7	+1.6	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

<표 4.3> 타격방향에 따른 보정치

④ 콘크리트 강도의 환산

ㄱ. 콘크리트 재령에 따른 콘크리트 압축강도의 보정

장기재령의 콘크리트 강도추정에 있어 일반적으로 적용되는 관계식이나 도표에서 재령에 따른 보정계수를 적용할 필요성이 있다.

일반적으로 수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면강도가 높기 때문에 재령 28일 의 압축강도로 수정하여야 하며, 수정계수는 다음과 같다.

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일
α	1.90	1.84	1.75	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40
재령	14일	15일	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일
α	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08
재령	24일	25일	26일	27일	28일	29일	30일	32일	34일	36일
α	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.95
재령	175일	200일	250일	300일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
α	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

<표 4.4> 재령에 의한 보정표

ㄴ. 강도의 환산

보통 콘크리트용 슈미트햄머를 이용한 반발경도에 의한 강도를 추정하는데 사용되는 판정식은 다음 두 식을 이용하였으며, 이 두 값의 평균값을 설계강도와 비교하였다.

◆ $F_c = 1.27R_0 - 18.0$ MPa (일본 재료학회) - 공식 1

◆ $F_c = (7.3R_0 + 100) \times 0.098$ MPa (일본건축학회) - 공식 2

여기서, F_c : 추정강도(MPa), R_0 : 반발경도

(4) 평가기준

평가기준 : 비파괴 추정식으로 평가된 강도가 설계강도의 90%이상이면 적정

4.3.2 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 측정 결과

1) 정수장

위치	측정위치	반발경도 (Ro)	재령계수	압축강도(MPa)		측정결과 (MPa)	설계강도 (MPa)
				재료학회	건축학회		
침전지	침전지 A지벽체	44.50	0.63	24.3	26.2	25.2	24.0
	침전지 A지벽체	43.80	0.63	23.7	25.9	24.8	24.0
	침전지 D지벽체	43.05	0.63	23.1	25.6	24.3	24.0
	침전지 D지월류벽체	43.90	0.63	23.8	26.0	24.9	24.0
혼화지	혼화지 A지벽체	44.00	0.63	23.9	26.0	24.9	24.0
	혼화지 B지벽체	43.50	0.63	23.5	25.8	24.6	24.0
응집지	응집지 A지벽체	44.55	0.63	24.3	26.3	25.3	24.0
	구기동실 벽체	45.45	0.63	25.0	26.7	25.8	24.0
약품저장탱크	약품저장탱크 기둥	44.75	0.63	24.5	26.3	25.4	24.0
여과지	지하계단 벽체	46.05	0.63	25.5	26.9	26.2	24.0
	지하1층 바닥	47.55	0.63	26.7	27.6	27.2	24.0
송수펌프실	지하 벽체	47.15	0.63	26.4	27.4	26.9	24.0
	지하 기둥	45.65	0.63	25.2	26.7	26.0	24.0
	1층 기둥	45.40	0.63	25.0	26.6	25.8	24.0

2) 취수펌프장

위치	측정위치	반발경도 (R _o)	재령계수	압축강도(MPa)		측정결과 (MPa)	설계강도 (MPa)
				재료학회	건축학회		
취수펌프장	펌프실 바닥	46.65	0.63	26.0	27.2	26.6	24.0
	펌프실 벽체	46.75	0.63	26.1	27.2	26.7	24.0
	배관랑 바닥	47.35	0.63	26.5	27.5	27.0	24.0
	배관랑 벽체	46.85	0.63	26.1	27.3	26.7	24.0

3) 배수지

위치	측정위치	반발경도 (R _o)	재령계수	압축강도(MPa)		측정결과 (MPa)	설계강도 (MPa)
				재료학회	건축학회		
배수지	매룡배수지 A지벽체	46.60	0.63	25.9	27.2	26.6	24.0
	매룡배수지 B지벽체	47.20	0.63	26.4	27.4	26.9	24.0
	점봉배수지 A지벽체	46.60	0.63	25.9	27.2	26.6	24.0
	점봉배수지 B지벽체	47.20	0.63	26.4	27.4	26.9	24.0
	본두배수지 A지벽체	47.20	0.63	26.4	27.4	26.9	24.0
	본두배수지 B지벽체	47.05	0.63	26.3	27.4	26.8	24.0
	능서배수지 A지벽체	46.75	0.63	26.1	27.2	26.7	24.0
	능서배수지 B지벽체	46.75	0.63	26.1	27.2	26.7	24.0
	강북배수지 A지벽체	47.30	0.63	26.5	27.5	27.0	24.0
	강북배수지 B지벽체	47.10	0.63	26.3	27.4	26.9	24.0
	산북배수지 A지벽체	47.25	0.65	27.3	28.3	27.8	24.0
	산북배수지 B지벽체	46.90	0.65	27.0	28.2	27.6	24.0

4) 가압장

위치	측정위치	반발경도 (Ro)	재령계수	압축강도(MPa)		측정결과 (MPa)	설계강도 (MPa)
				재료학회	건축학회		
가압장	영월루 가압장	47.00	0.63	26.3	27.4	26.8	24.0
	산북제2 가압장	47.10	0.65	27.2	28.3	27.7	24.0
	산북제1 가압장	45.40	0.65	25.8	27.5	26.6	24.0
	소유리 가압장	46.70	0.64	26.4	27.7	27.0	24.0
	도곡리 가압장	47.55	0.65	27.6	28.5	28.0	24.0
	운촌리 가압장	46.95	0.64	26.6	27.8	27.2	24.0
	중암리2 가압장	47.55	0.65	27.6	28.5	28.0	24.0
	중암리1 가압장	45.50	0.65	25.9	27.5	26.7	24.0
	중암리3가압장(가창골)	45.85	0.65	26.1	27.7	26.9	24.0
	연마루가압장	46.55	0.65	26.7	28.0	27.4	24.0
	외룡리 가압장	43.95	0.64	24.2	26.4	25.3	24.0
	석우리 가압장	46.05	0.65	26.3	27.8	27.0	24.0
	주암리 가압장	43.60	0.65	24.3	26.6	25.5	24.0
	서원리 가압장	43.95	0.65	24.6	26.8	25.7	24.0
	금당리 가압장	46.20	0.65	26.4	27.9	27.1	24.0
	상교리2 가압장	43.25	0.63	23.3	25.7	24.5	24.0
	궁리 가압장	43.70	0.65	24.0	26.5	25.2	24.0
	전북리 가압장	45.00	0.65	25.4	27.3	26.4	24.0
	이포리 가압장	44.40	0.65	25.0	27.0	26.0	24.0
	삼교리산업단지 가압장	45.90	0.63	25.4	26.9	26.1	24.0
	십석리가압장(은봉)	43.25	0.63	23.3	25.7	24.5	24.0
	점봉동 가압장	44.45	0.65	25.0	27.0	26.0	24.0

각 시설물별 및 부재별로 콘크리트강도 측정결과 전 구간 모두 설계강도 이상으로 콘크리트의 품질상태는 양호한 것으로 판단된다.

4.4 철근탐사 시험

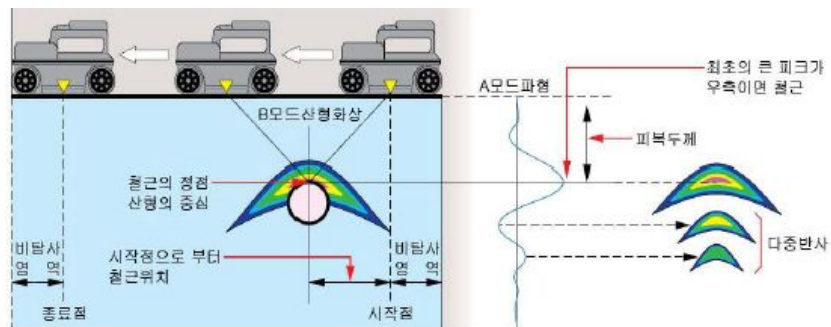
4.4.1 개요

전자파 레이더법은 콘크리트 구조물 내의 매설물 및 콘크리트 손상(부재두께 · 공동 등) 조사방법의 하나로써 취급이 간단하면서 단시간에 광범위한 조사가 가능하고 특별한 자격 · 면허 등을 필요로 하지 않으며 바로 결과가 얻어지는 방법이다. 그러나 간편한 방법 이면서도 작업자의 기량과 경험에 의존하는 경향이 많은 방법이기도 하다.

(1) 원 리

전자파 레이더의 원리는 현재 넓게 이용되고 있는 레이더와 기본적으로 같다. 콘크리트 용 전자파 레이더는 임펄스상의 전자파를 콘크리트 내로 송신안테나로부터 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율 · 도전율)이 다른 물체(철근 · 매설관)와의 경 계면에서 반사한다. 이를 수신 안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복 전파시간으로부터 반사물체까지의 거리(D)를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다.

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



<그림 4.2> RC-Radar 원리

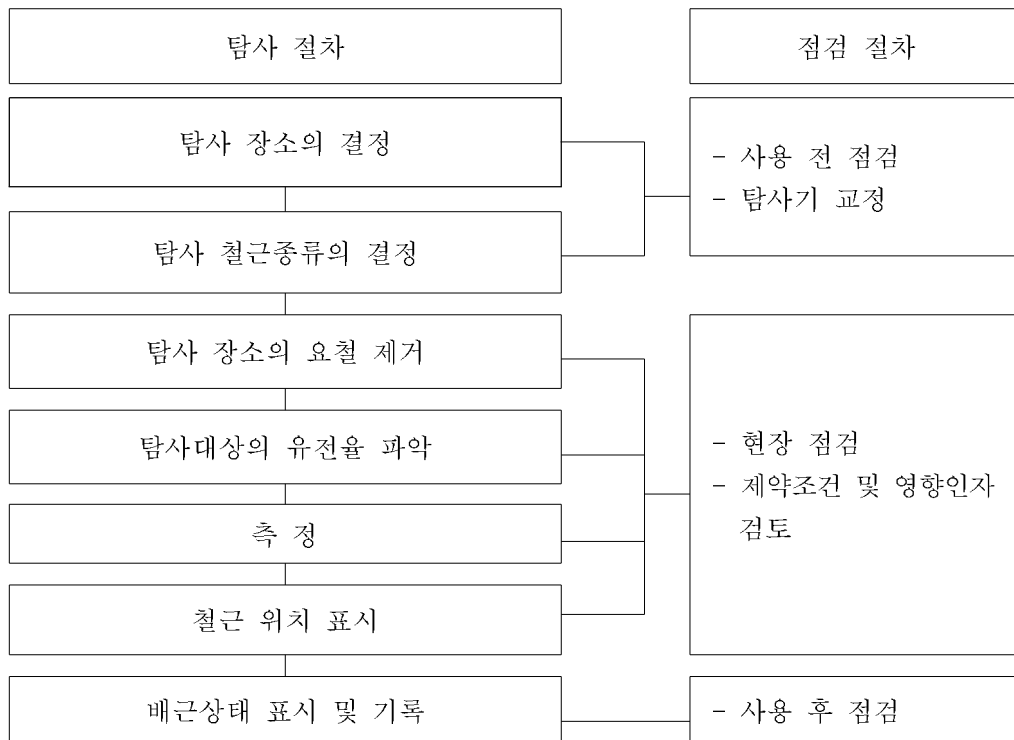
(2) 장 비

- 장비명 : 철근탐사기(RC-Radar)
- 모델명 : NJJ-95A
- 제작사 : 일본, 일본무선(주)

(3) 탐사 방법

- 측정대상 구조물의 측정하고자 하는 지점의 표면에 안테나를 밀착시키고 수평 및 수직 방향으로 진행시킨다.
- 안테나의 진행속도는 0.4m/s 이하를 유지한다.
- 화면을 필터링하여 철근 배근상태와 철근 피복두께를 확인한다.

(4) 탐사 절차



<그림 4.3> RC-Radar 탐사절차

(5) 탐사결과 분석

- 철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성여부를 판단한다.
- 실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단한다.

4.4.2 철근 탐사 측정 결과

1) 정수장

측정 위치		설계 피복 두께(mm)		측정 피복 두께(mm)		설계 철근 간격(mm)		측정 철근 간격(mm)		비고
		주근	배력근	주근	배력근	주근	배력근	주근	배력근	
착수정	B지 벽체	90	71	74	61	200	200	180	193	
혼화지	A지 벽체	90	71	34	30	200	200	215	215	
응집지	A지 벽체	90	71	57	48	200	200	200	200	
침전지	A지 벽체	91	69	102	48	200	200	185	215	
여과지	지하1층 벽체	90	71	70	60	200	200	210	182	
송수 펌프장	1층벽체	91	69	79	45	200	200	187	215	
배출수지	지하1층벽체	91	69	79	45	200	200	187	210	
배슬러리지	A지 벽체	90	72	74	44	244	244	212	205	
농축조	B지 벽체	90	71	91	77	230	200	190	198	
탈수기동	2층바닥	88	72	80	60	200	200	215	193	
약품저장 탱크	벽체	90	71	50	40	200	200	210	215	
염소저장 탱크	지하1층벽체	92	71	60	52	200	200	185	180	
취수 펌프장	지하벽체	88	63	100	60	200	200	200	195	
관리본동	옥상	-	-	80	49	-	-	200	162	

2) 배수지

측정 위치		설계 피복 두께(mm)		측정 피복 두께(mm)		설계 철근 간격(mm)		측정 철근 간격(mm)		비고
		주근	배력근	주근	배력근	주근	배력근	주근	배력근	
매룡 배수지	A지 벽체	91	69	70	51	200	200	192	200	
	B지 벽체	91	69	78	60	200	200	198	190	
점봉 배수지	A지 벽체	-	-	74	49	-	-	205	212	
	B지 벽체	-	-	100	60	-	-	130	200	
능서 배수지	A지 벽체	90	71	95	70	200	200	180	205	
	B지 벽체	90	71	90	80	200	200	183	200	
분두 배수지	A지 벽체	90	71	80	49	200	200	205	203	
	B지 벽체	90	71	99	80	200	200	180	200	
강북 배수지	A지 벽체	88	72	70	52	200	200	150	198	
	B지 벽체	88	72	57	44	200	200	195	160	
산북 배수지	A지 벽체	90	70	86	67	200	200	210	200	
	B지 벽체	90	70	68	49	200	200	193	193	

각 시설물별 및 부재별로 철근탐사를 실시한 결과 배근간격은 설계치에 준하여 배근된 것으로 측정되었으며, 피복두께는 일부구간에서 다소 부족한 것으로 판단되나, 탄산화의 진행 정도가 미미하므로 주의관찰 및 지속적인 유지관리가 필요하다.

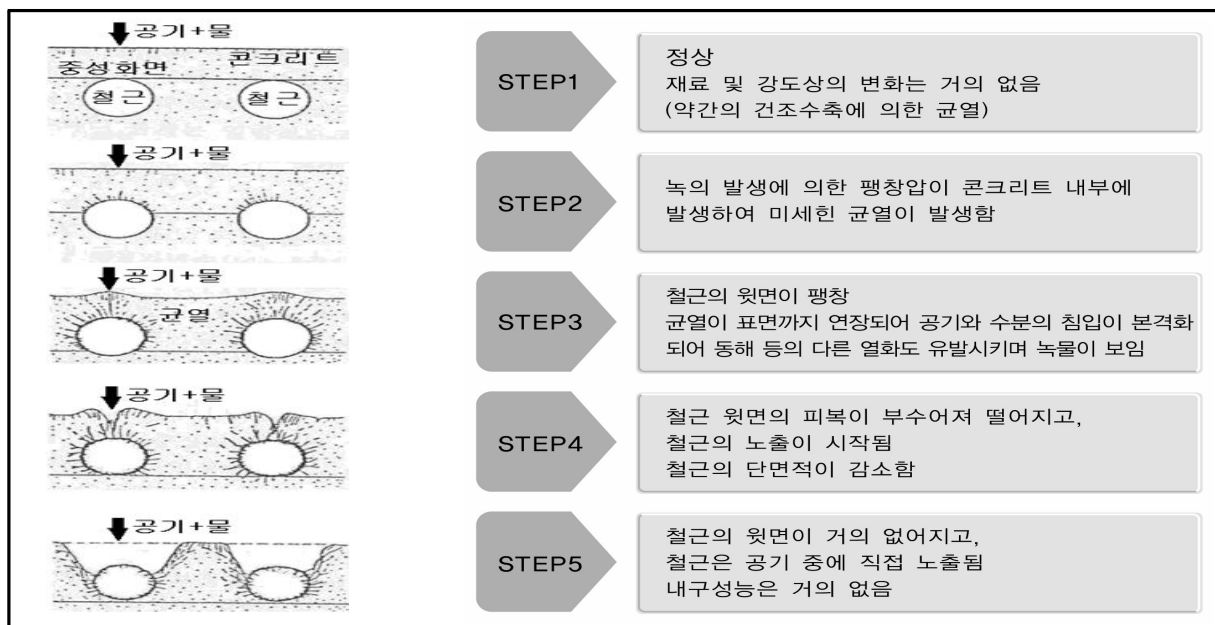
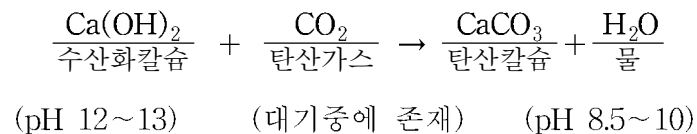
4.5 탄산화시험

4.5.1 개요

건전한 콘크리트는 경화시멘트 풀의 수산화합물 중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타낸다. 그러나 콘크리트가 대기 중에 노출되면 대기 중에 약 0.035% 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(CO_2)와 수산화칼슘이 반응하여 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10이하로 낮아지는데 이를 탄산화라고 정의한다.

이와 같이 콘크리트가 탄산화가 되면 철근표면의 부동태 피막이 파괴되어 철근이 부식됨으로써 콘크리트의 내구성이 저하된다.

탄산화시험은 드릴링한 콘크리트면에 페놀프탈레인 1%를 섞은 알코올 용액을 분무한다. 탄산화된 콘크리트는 무색 반응을 보이는 반면에 탄산화가 진행되지 않은 건전한 콘크리트는 적색으로 변하게 되므로 탄산화의 유무를 판단할 수 있다.



<그림 4.4> 탄산화에 의한 철근부식 메커니즘

(1) 탄산화 속도에 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건을 주원인으로 하는 외적요인과 콘크리트 자체의 성능·품질을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

구분	영향 인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	- 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 - 조강 포틀랜드시멘트<보통 포틀랜드시멘트<중용열 포틀랜드시멘트
	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
환경 조건	온 도	- 온도상승 시 탄산화 속도 빠름 - 20~50℃ 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	- 농도가 클수록 탄산화 속도 빠름 - 탄산가스농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습 도	- 상대습도 50~70%에서 탄산화속도가 최대
	실내, 실외	- 실내의 탄산화속도가 빠름.

<표 4.5> 탄산화 속도 영향 인자

(2) 시험 방법

콘크리트 표면에서 드릴링($\Phi 20\text{mm}$ 이상) 실시하고 콘크리트 가루 등의 이물질들을 완전히 제거한 뒤, 페놀프탈레인 용액을 분무하여 무색반응을 보이는 콘크리트 깊이를 측정한다.

(3) 평가기준

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	탄산화 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

<표 4.6> 탄산화 상태평가 기준

4.5.5 탄산화 깊이 측정 결과

1) 정수장

위치	측정위치	탄산화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔존수명 (년)	평가등급
침전지	침전지 A지 벽체	5.5	48.0	42.5	1.33	1015.1	a
	침전지 A지 벽체	5.2	42.0	36.8	1.26	851.4	a
	침전지 D지 벽체	5.3	48.0	42.7	1.29	1103.5	a
	침전지 D지 월류벽체	5.8	45.0	39.2	1.41	776.5	a
혼화지	혼화지 A지 벽체	5.1	42.0	36.9	1.24	889.9	a
	혼화지 B지 벽체	4.8	43.0	38.2	1.16	1076.7	a
응집지	응집지 A지 벽체	4.2	48.0	43.8	1.02	1848.8	a
	구기동실 벽체	5.3	42.0	36.7	1.29	815.1	a
약품저장탱크	약품저장탱크 기둥	5.1	50.0	44.9	1.24	1317.7	a
여과지	지하계단 벽체	5.2	45.0	39.8	1.26	995.9	a
	지하1층 바닥	5.1	42.0	36.9	1.24	889.9	a
송수펌프실	지하 벽체	5.3	43.0	37.7	1.29	860.2	a
	지하 기둥	5.0	48.0	43.0	1.21	1257.3	a
	1층 기둥	4.8	48.0	43.2	1.16	1377.0	a

2) 취수펌프장

위치	측정위치	탄산화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔존수명 (년)	평가등급
취수펌프장	펌프실 바닥	4.8	42.0	37.2	1.16	1021.1	a
	펌프실 벽체	5.2	45.0	39.8	1.26	995.9	a
	배관랑 바닥	5.1	43.0	37.9	1.24	938.8	a
	배관랑 벽체	4.8	42.0	37.2	1.16	1021.1	a

3) 배수지

위치	측정위치	탄산화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔존수명 (년)	평가등급
배수지	매룡배수지 A지벽체	15.0	35.0	20.0	3.64	30.2	b
	매룡배수지 B지벽체	16.3	38.0	21.7	3.95	30.1	b
	점봉배수지 A지벽체	8.2	62.0	53.8	1.99	731.8	a
	점봉배수지 B지벽체	7.3	68.0	60.7	1.77	1175.4	a
	본두배수지 A지벽체	7.0	62.0	55.0	1.70	1049.5	a
	본두배수지 B지벽체	6.5	68.0	61.5	1.58	1521.9	a
	능서배수지 A지벽체	6.3	65.0	58.7	1.53	1475.9	a
	능서배수지 B지벽체	6.5	65.0	58.5	1.58	1377.0	a
	강북배수지 A지벽체	5.2	68.0	62.8	1.44	1896.1	a
	강북배수지 B지벽체	5.3	68.0	62.7	1.47	1819.4	a
	산북배수지 A지벽체	2.3	62.0	59.7	1.03	3368.7	a
	산북배수지 B지벽체	2.0	68.0	66.0	0.89	5445.0	a

4) 가압장

위 치	측정위치	탄산화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔존수명 (년)	평가등급
가압장	영월루 가압장	7.2	125.0	117.8	1.75	4550.7	a
	산북제2 가압장	2.5	128.0	125.5	1.25	10080.2	a
	산북제1 가압장	2.4	105.0	102.6	1.20	7310.3	a
	소유리 가압장	3.3	120.0	116.7	1.35	7503.5	a
	도곡리 가압장	1.5	125.0	123.5	0.87	20336.3	a
	운촌리 가압장	3.5	124.0	120.5	1.32	8297.3	a
	중암리2 가압장	2.3	125.0	122.7	1.15	11384.0	a
	중암리1 가압장	2.5	120.0	117.5	1.12	11045.0	a
	중암리3가압장(가창골)	2.5	100.0	97.5	1.12	7605.0	a
	연마루가압장	1.8	100.0	98.2	0.80	14881.5	a
	외룡리 가압장	3.0	110.0	107.0	1.22	7632.7	a
	석우리 가압장	3.2	110.0	106.8	1.31	6683.3	a
	주암리 가압장	2.5	125.0	122.5	1.12	12005.0	a
	서원리 가압장	2.0	100.0	98.0	1.00	9604.0	a
	금당리 가압장	2.0	120.0	118.0	1.00	13924.0	a
	상교리2 가압장	7.5	125.0	117.5	1.82	4172.6	a
	궁리 가압장	1.8	120.0	118.2	0.90	17248.4	a
	전북리 가압장	1.7	125.0	123.3	0.98	15781.5	a
	이포리 가압장	1.5	123.0	121.5	0.87	19683.0	a
	삼교리산업단지 가압장	6.5	125.0	118.5	1.58	5650.1	a
	십석리가압장(은봉)	6.0	110.0	104.0	1.46	5107.6	a
	점봉동 가압장	2.1	100.0	97.9	1.21	6520.0	a

시설물별 탄산화 깊이 측정결과 1.5~16.3mm로 측정되었으며, 잔여 깊이가 20.0~125.5mm로 일부 구간(매룡배수지)에서 “향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음” 상태인 것으로 평가되었고, 나머지 구간은 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음”으로 평가 되었다.