

3.3 콘크리트 내구성조사

3.3.1 개요

해운대터널(부산)의 콘크리트 부재는 공용기간이 증가함에 따라 통행차량의 배기가스, 온도와 건습의 반복 및 계절적 변화에 의해 강도, 내구성, 사용성 등이 저하되고 이에 따라 균열·누수·백태·동해·박락 및 파손 등의 열화(Deterioration)와 손상(Damage) 등이 발생한다.

본 과업에서는 현장조사 결과를 기초로 각종 검사기구 및 시험 장비를 사용하여 압축강도, 탄산화 깊이 등을 탐사하고, 구조물의 구성 재료인 콘크리트의 역학적·화학적 특성을 체계적으로 규명하여 대상구조물의 내구성과 구조안전성 평가의 입력 자료로 활용한다.

가. 조사 현황

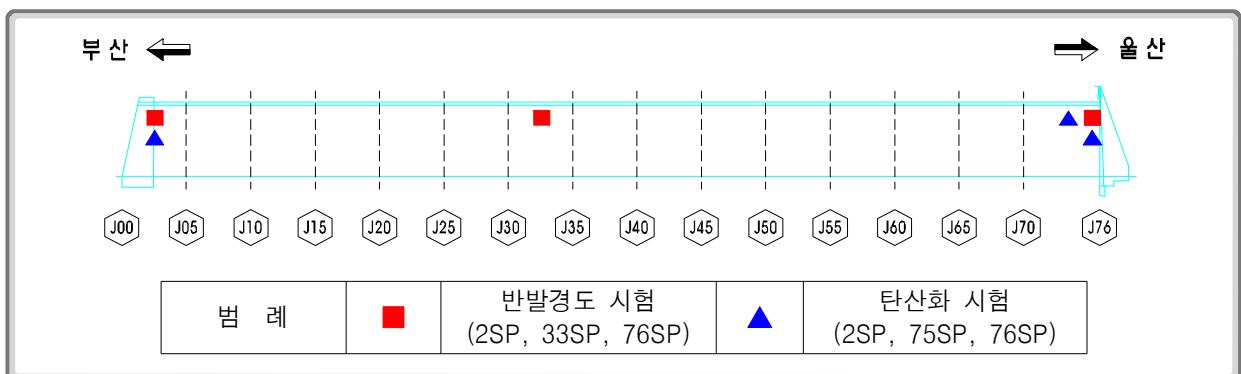
본 과업에서 내구성조사를 위해 실시한 비파괴시험은 압축강도(반발경도시험), 탄산화시험을 시행하였으며, 시험항목별 개소수는 <표 3.14>와 같다.

<표 3.14> 비파괴시험 현황

구 분	시험항목	세부지침 기준	산정 수량	실시 수량	비고
기본 과업	반발경도 시험	◦총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	3개소	3개소	
	탄산화 시험	◦철근콘크리트 구조물 -총연장 1,000m미만 : 2개소 -총연장 1,000m이상 : 최소2개소 +1,000m당 1개소 추가	2개소	3개소	피복두께 확인

◎ 총연장 : L=680.0m (NATM)

※ 현장조사 및 시험 결과 콘크리트 강도에 문제가 없으므로 국부파괴 시험(코어채취)은 협의후 생략함.



<그림 3.5> 콘크리트 내구성조사 위치도

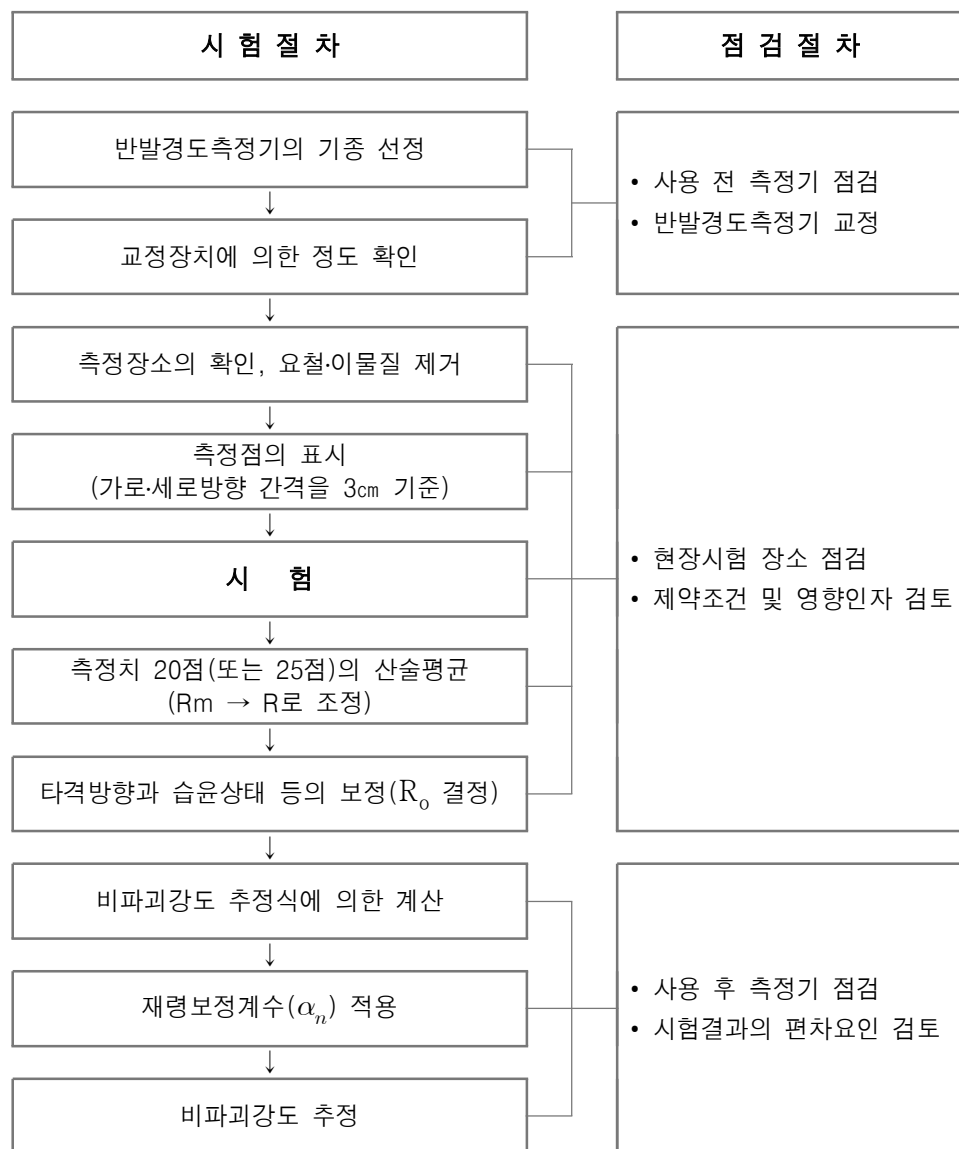
3.3.2 반발경도법

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격 시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

(가) 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



〈그림 3.6〉 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R 을 결정한다.

(나) 보정반발경도(R_0)

〈표 3.15〉 보정반발경도(R_0)

◆ 보정반발경도 : $R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함
- ⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정
- 상향 타격($+90^\circ$)의 경우 : (-)값으로 보정

R α	보 정 값			
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-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	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
60	-2.2	-1.6	+1.3	+1.7

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨
- ⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : $\Delta R_2 = +3$ 으로 보정
- 측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2 = +5$ 로 보정

(다) 압축강도의 추정

보정반발경도(R_0)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

〈표 3.16〉 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	—
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
U.S Army	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	—

※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2018. 06, 국토교통부/한국시설안전공단)

(라) 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 아래 표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

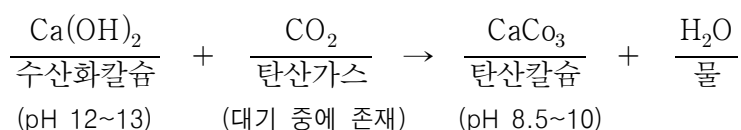
〈표 3.17〉 재령계수 α 값

재령(일)	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일
α	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32
재령(일)	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일
α	1.28	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01
재령(일)	28일	29일	30일	32일	34일	36일	38일	40일	42일	44일	46일	48일
α	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
재령(일)	50일	52일	54일	56일	58일	60일	62일	64일	66일	68일	70일	72일
α	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
재령(일)	74일	76일	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	137일
α	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.75
재령(일)	150일	175일	200일	250일	300일	350일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
α	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

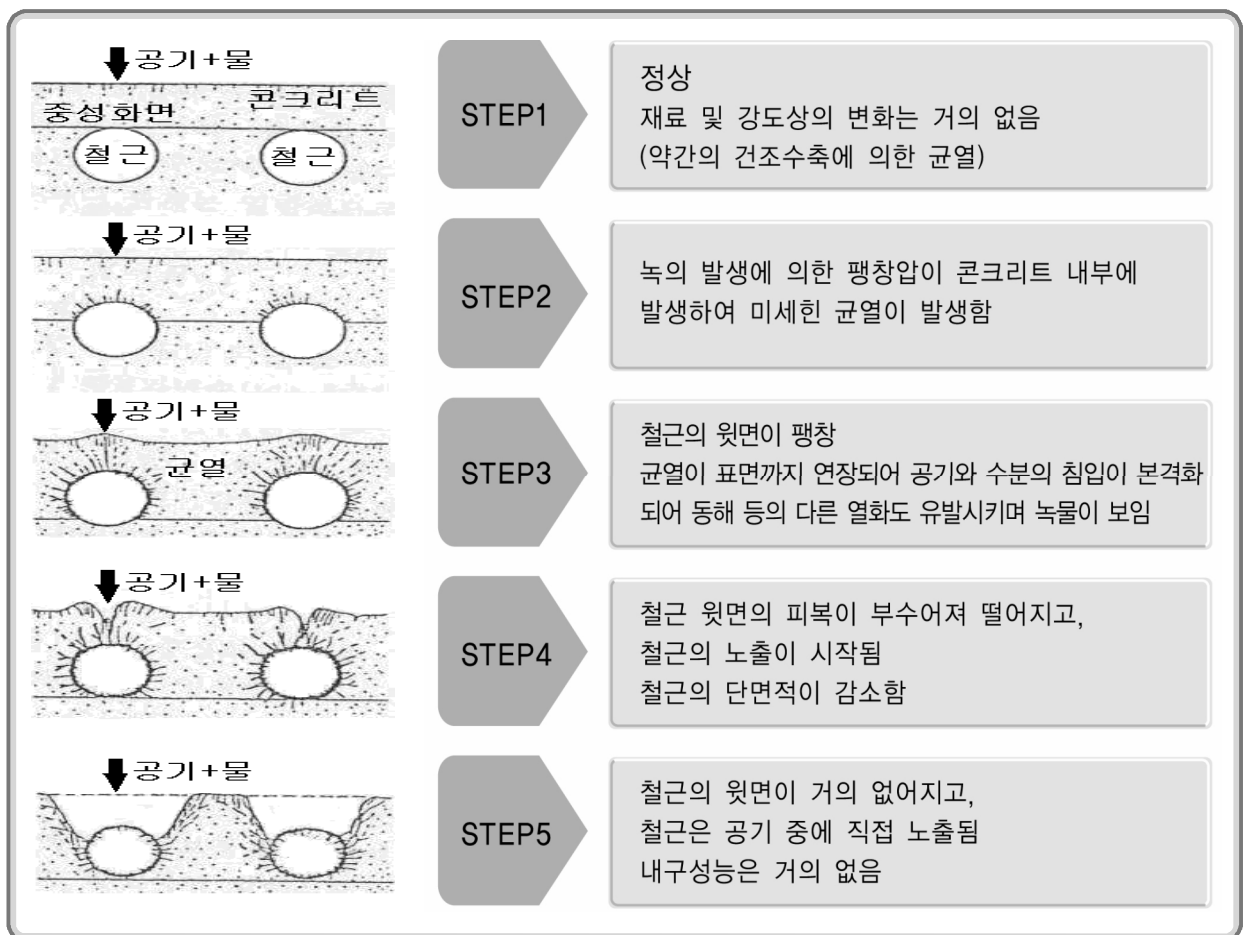
나. 탄산화깊이 측정

1) 개 요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)은 pH 12~13 정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.



〈그림 3.7〉 탄산화에 의한 철근부식 메카니즘

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 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. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

〈표 3.18〉 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구 분	영향인자	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
	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 속도가 빠름
외적 요인	온도	- 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 20~50℃ 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	- 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 - 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인 용액은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리성용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과 년 수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명 예측 년 수} - \text{경과 년 수}$$

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

〈표 3.19〉 탄산화 상태평가 기준

기 준	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	—	—

다. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

염화물의 콘크리트 침투를 구분해 보면 일반적으로 두 가지로 크게 구분할 수 있다.

하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우이고, 다른 하나는 방동대책으로서 염화칼슘(CaCl_2)과 염화나트륨(NaCl)의 살포에 의해 염화물이 침투하는 경우이다.

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레쉬 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘(CaCl_2)의 사용, ③ 염화칼슘(CaCl_2)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl))을 주로 함유한 것의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

콘크리트 중에 함유하는 염화물은 ① 가용성 염화물(수용성 염화물), ② 전 염화물(산 용해성 염화물)의 2종류로 분류할 수 있다. ①의 가용성 염화물로는 콘크리트에서 물에 의해 유출되는 염화물이고, ②의 전 염화물은 콘크리트를 강한 산으로 용해함으로써 유출되는 염화물이다. 가용성 염화물의 측정은 콘크리트의 세공용액 속에 용해되어 있는 유리 염화물의 양을 구하는 경우로 측정할 수 있고 유출온도 등 시험방법의 자세한 내용은 제안되고 있는 각 방법에 따라 약간 차이가 있다. 일본 콘크리트공학협회(JCI)에서는 가용성 염화물을 「경화콘크리트 중에 함유된 50℃의 온수에 녹는 염화물」이라 정의하여 측정방법을 정하고 있다.

전 염화물량과 가용성 염화물량과의 차이는 시멘트 수화물에 고정되어 있는 염화물로서 판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 $0.3 \sim 1.2 \text{ kg/m}^3$ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 $0.3 \sim 0.6 \text{ kg/m}^3$ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 $1.2 \sim 2.4 \text{ kg/m}^3$ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017.01) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2 kg/m^3

을 강제 부식발생 한계농도로 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

(가) 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 $0.6\text{kg}/\text{m}^3$ 까지 허용

(나) 콘크리트구조기준(2012년)

〈표 3.20〉 노출등급에 따른 내구성 허용기준(콘크리트구조기준<2012〉)

노출등급		조 건	최대 수용성 염소이온(Cl ⁻), 시멘트의 질량에 대한 비(%)	
			철근콘크리트	프리스트레스트 콘크리트
무시	C0	건조하거나 또는 수분으로부터 보호되는 콘크리트	1.0	0.06
보통	C1	수분에 노출되지만 외부의 염화물에 노출되지 않는 콘크리트	0.30	0.06
심함	C2	제빙화학제, 소금, 염수, 해수 또는 해수 물보라 등과 같은 염화물에 직접적으로 노출되는 콘크리트	0.15	0.06

(다) 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2018.06)

〈표 3.21〉 염화물 상태평가 기준(시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침<2018.06〉)

기 준	전염화물 이온량(kg/m^3)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 $\leq 0.3\text{kg}/\text{m}^3$	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• $0.3\text{kg}/\text{m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg}/\text{m}^3$	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• $1.2\text{kg}/\text{m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg}/\text{m}^3$	• 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 $\geq 2.5\text{kg}/\text{m}^3$	• 철근 부식발생

3.3.3 시험결과 및 분석(부산)

가. 콘크리트 강도시험

- 해운대터널(부산)의 콘크리트 비파괴강도시험은 터널 라이닝에서 반발경도시험(총 3개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음 표와 같다.

1) 비파괴강도 시험결과

〈표 3.22〉 터널 라이닝 콘크리트 비파괴강도 시험결과

(단위 : MPa)

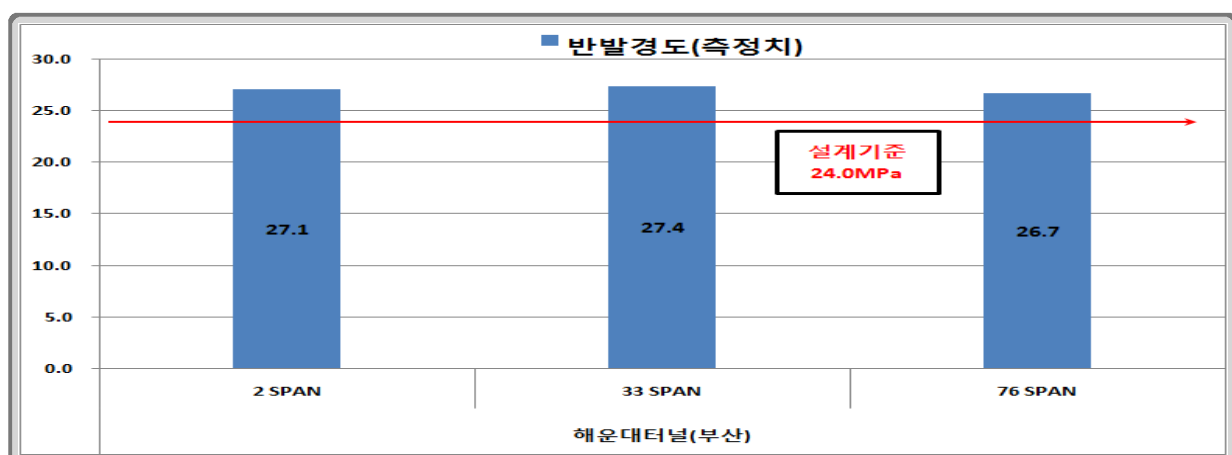
구분	시험위치	반발경도 (RO)	일본 재료학회	일본 건축 학회	평균	설계 기준강도
해운대터널(부산) 라이닝 천단부	2SP (비건전부)	47.0	26.3	27.9	27.1	24.0
	33SP	47.5	26.6	28.1	27.4	24.0
	76SP	46.3	25.7	27.6	26.7	24.0

〈표 3.23〉 터널 라이닝 콘크리트 비파괴강도 시험결과

(단위 : MPa)

구분	최소값	최대값	평균	설계 기준강도
해운대터널(부산) 라이닝 천단부	26.7	27.4	27.1	24.0

- 검토결과, 반발경도법을 이용한 비파괴시험에 의한 압축강도 조사결과 측정값 대부분 설계기준강도를 상회하고 있는 것으로 분석되었다.
- 건전부/비건전부 검토결과, 비건전부의 반발경도값이 건전부 대비 95% 이상으로 확인 되었으며, 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 측정되었다.



〈그림 3.8〉 라이닝 반발경도 측정결과

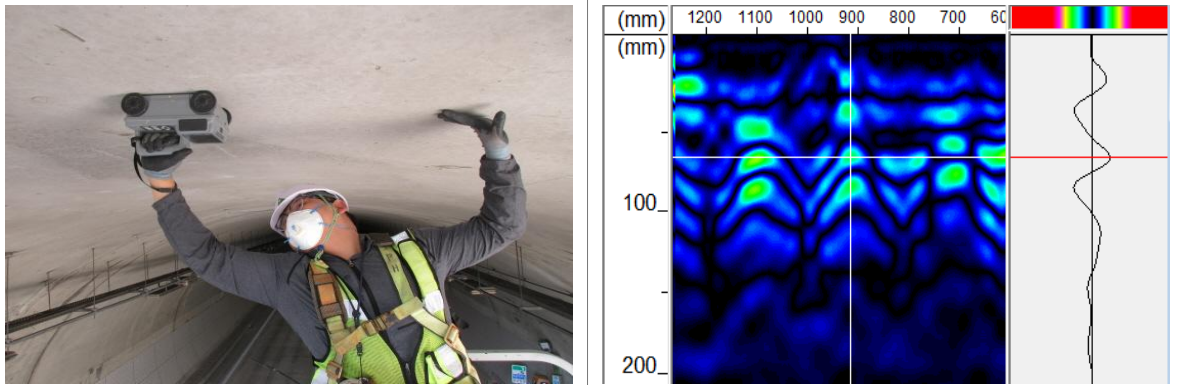
나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이측정은 라이닝 천단부(2SPAN, 75SPAN, 76SPAN)에서 실시하였고, 각각의 측정 위치별 탄산화 깊이측정 결과는 다음과 같다.

1) 탄산화 깊이 측정결과

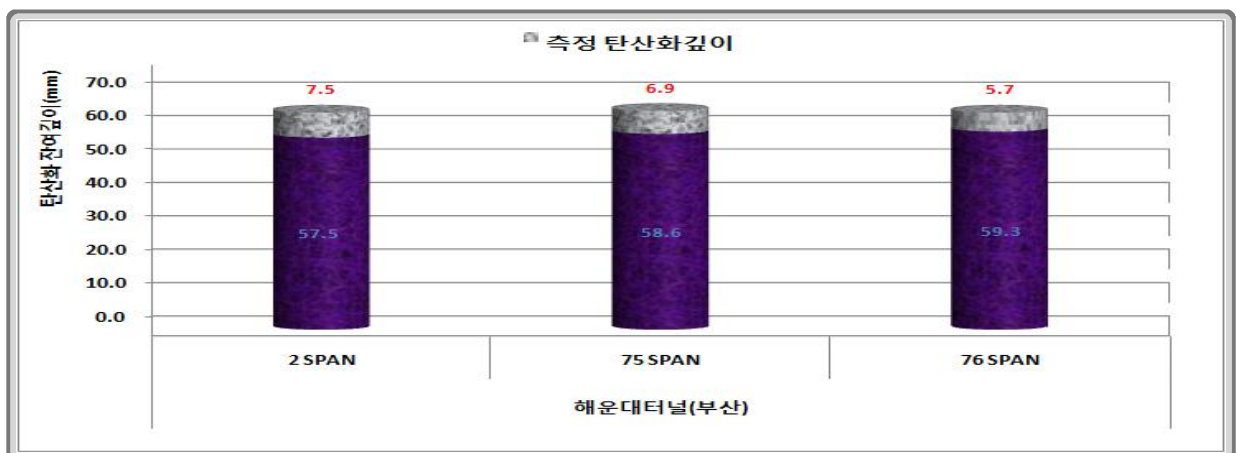
〈표 3.24〉 라이닝 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

구분	시험위치	피복두께 (mm)	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	상태등급
해운대터널(부산) 천단부 라이닝	2 SPAN	65.0	7.5	57.5	a
	75 SPAN	65.5	6.9	58.6	a
	76 SPAN	65.0	5.7	59.3	a



피복두께 확인을 위한 철근탐사 시험

- 대상 터널의 라이닝 콘크리트 주요 구조부재를 대상으로 탄산화깊이를 측정하여 탄산화가 구조물에 미칠 수 있는 영향정도를 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 2018. 06)-탄산화 상태평가 기준’에 준하여 평가한 결과 모든 시험부위에서 ‘a’ 등급으로 평가되었다.



〈그림 3.9〉 라이닝 탄산화 깊이 측정결과

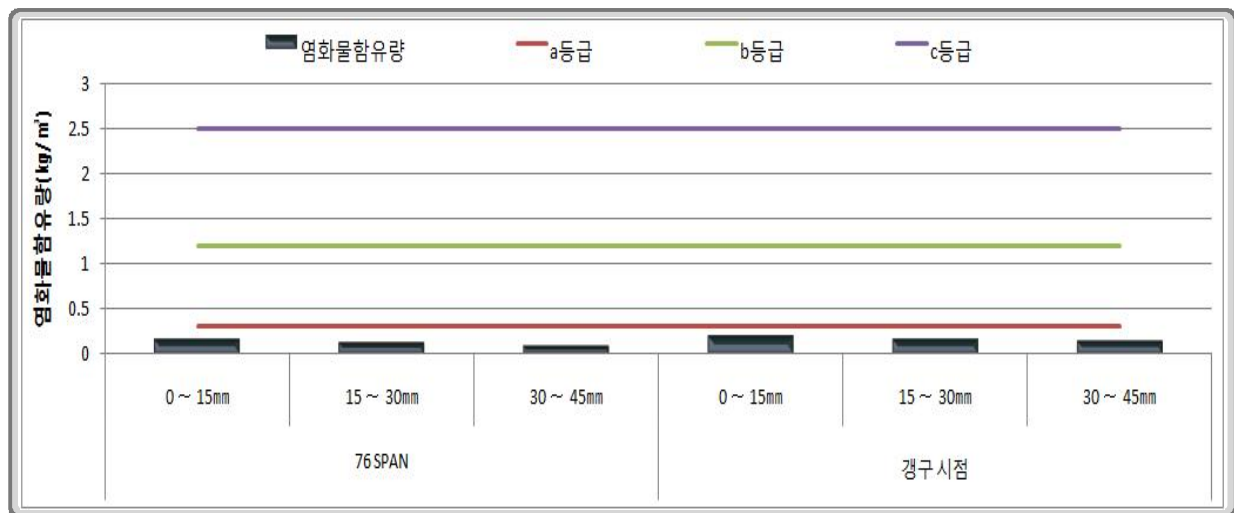
다. 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 라이닝 1개소 및 갱구부 1개소에서 콘크리트 표면과 철근위치까지의 깊이별 시험을 실시하였다. 시험결과, 상태평가 등급은 'a'등급(0.3kg/m^3 이하)으로 평가되어, 염화물에 의한 부식발생 가능성은 낮은 상태인 것으로 조사되었다.

1) 염화물함유량 시험결과

〈표 3.25〉 염화물함유량(부산) 시험결과 및 평가

시험 위치			염화물함유량		평가 결과	비 고
			$\text{Cl}^- (\%)$	$\text{Cl}^- (\text{kg/m}^3)$		
터널 라이닝	76 SPAN	0 ~ 15mm	0.0070	0.158	a	
		15 ~ 30mm	0.0054	0.122	a	
		30 ~ 45mm	0.0036	0.081	a	
	갱구 시점	0 ~ 15mm	0.0088	0.199	a	
		15 ~ 30mm	0.0071	0.161	a	
		30 ~ 45mm	0.0059	0.134	a	



〈그림 3.10〉 염화물함유량 시험결과

3.4 현장조사 및 시험 결과요약

3.4.1 외관조사 결과요약

〈표 3.26〉 외관조사 손상수량 집계

구 분	손 상 명	총 계		단 위	비 고
		개 소	물 량		
라이닝	균열 (0.3mm이상)	19	43.5	m	1순위
	균열 (0.3mm미만)	11	30.5	m	3순위
	보수부재 균열 (0.3mm이상)	22	190.0	m	1순위
	보수부재 균열 (0.3mm미만)	25	179.0	m	3순위
	망상균열	2	16.0	m ²	주의관찰
	파손	1	0.01	m ²	3순위
	박락	28	1.01	m ²	3순위
	마감불량	1	0.09	m ²	주의관찰
벽체	균열 (0.3mm이상)	14	14.1	m	1순위
	균열 (0.3mm미만)	23	50.2	m	3순위
	보수부재 균열 (0.3mm이상)	1	2.0	m	1순위
	망상균열	1	3.75	m ²	주의관찰
	박리	7	1.96	m ²	3순위
	보수 불량	1	0.04	m ²	주의관찰
	긁힘	1	0.45	m ²	주의관찰
	타일 파손	24	24	EA	주의관찰
	타일 탈락	3	3	EA	주의관찰
공동구	균열 (0.3mm이상)	14	5.5	m	2순위
	균열 (0.3mm미만)	80	31.5	m	3순위
	백태	1	0.01	m ²	3순위
	파손	15	1.31	m ²	3순위
	공동구 덮개파손	17	17	EA	주의관찰
배수로	균열 (0.3mm미만)	47	28.2	m	3순위
	파손	1	0.54	m ²	3순위
배수시설	집수구토사퇴적	11	11	EA	1순위
포장부	포장균열	3	3.2	m	주의관찰
	포장파손	3	0.12	m ²	주의관찰
	포장패임	6	0.06	m ²	주의관찰
	포장재료분리	3	1.55	m ²	주의관찰
옹벽	균열 (0.3mm미만)	2	2.5	m	주의관찰
	망상균열	1	1.2	m ²	주의관찰
사면	떼 유실	1	18.0	m ²	주의관찰

〈표 3.27〉 외관조사 기 점검 결과와의 비교

구 분	손 상 명	2016년 정밀점검		2018년 정밀안전점검		비 고 (증감)	
		물량	단위	물량	단위		
라이닝 및 벽체	균열(0.3mm이상)	65.1	m	57.6	m	▼	7.5
	균열(0.3mm미만)	47.0	m	80.7	m	▲	33.7
	보수부재균열(0.3mm이상)	—	—	192.0	m	▲	192.0
	보수부재균열(0.3mm미만)	—	—	179.0	m	▲	179.0
	망상균열	—	—	19.75	m ²	▲	19.75
	파손 및 마감불량	0.05	m ²	0.1	m ²	▲	0.05
	박락	0.98	m ²	1.01	m ²	▲	0.03
	박리	—	—	1.96	m ²	▲	1.96
	보수 불량	—	—	0.04	m ²	▲	0.04
	굽힘	0.45	m ²	0.45	m ²	—	
	타일파손 및 탈락	11	EA	27	EA	▲	16
공동구	균열(0.3mm이상)	—	—	5.5	m	▲	5.5
	균열(0.3mm미만)	—	—	31.5	m	▲	31.5
	백태	—	—	0.01	m ²	▲	0.01
	파손	—	—	1.31	m ²	▲	1.31
	공동구 덮개파손	4	EA	17	EA	▲	13
배수로	균열(0.3mm미만)	—	—	28.2	m	▲	28.2
	파손	—	—	0.54	m ²	▲	0.54
배수시설	집수구토사퇴적	12	EA	11	EA	▼	1
포장부	포장균열	—	—	3.2	m	▲	3.2
	포장파손	—	—	0.12	m ²	▲	0.12
	포장패임	—	—	0.06	m ²	▲	0.06
	포장재료분리	—	—	1.55	m ²	▲	1.55
옹벽	균열(0.3mm미만)	—	—	2.5	m	▲	2.5
	망상균열	—	—	1.2	m ²	▲	1.2
사면	떼 유실	18.0	m ²	18.0	m ²	—	

3.4.2 내구성조사 결과요약

〈표 3.28〉 금회 점검 내구성조사 결과요약

구분	비파괴시험 결과					평가의견	
압축강도 (MPa)	구분		압축강도		설계강도	●콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호하게 평가됨.	
	라이닝	2 SPAN	27.1		24.0		
		33 SPAN	27.4				
		76 SPAN	26.7				
탄산화 깊이 (mm)	시험위치		피복두께 (mm)	탄산화 깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	상태등급	●상태등급 a로 평가되어 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음으로 평가됨.
	라이닝	2 SPAN	65.0	7.5	57.5	a	
		75 SPAN	65.5	6.9	58.6	a	
		76 SPAN	65.0	5.7	59.3	a	
염화물 함유량 시험 (kg/m³)	터 널 라이닝		—		0.045~0.115		●본 구조물은 준공이후 최초로 실시되는 정밀안전진단으로, 기 점검(‘16년)시 염화물함유량 시험은 기본과업이 아니므로 비교·분석이 불가하였음.
	갱구부		—		0.156		

〈표 3.29〉 내구성조사 기 점검 결과와의 비교(부산)

구분			2016년 정밀점검		2018년 정밀안전점검	
콘크리트 비파괴	압축강도	구분	압축강도 (MPa)	설계강도 (MPa)	압축강도 (MPa)	설계강도 (MPa)
		라이닝 천단부	27.1~27.4	24.0	26.7~27.4	24.0
	탄산화 깊이	구분	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)
		라이닝 천단부	4.2~4.5	61.0~61.3 (a등급)	5.7~7.5	57.5~59.3 (a등급)
비교 및 평가			-기존 점검결과와 비교하여 콘크리트 내구성은 양호한 것으로 판 단됨.			

