

제 5 장 시설물의 내구성능 평가

5.1 내구성능 평가

5.2 내구성능 평가결과

5.1 내구성능 평가

5.1.1 내구성능 평가 기준 및 방법

가. 일반

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전 평가에 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트의 품질, 열화환경평가에는 제설제에 의한 염해환경, 비래염분에 의한 염해환경 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경이 포함된다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 종합등급에는 열화진전평가만이 사용되고, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

[표 5.1.1] 콘크리트 내구성능 평가항목의 구분

열화진전 항목	열화환경 항목
염화물 침투량 탄산화 깊이 피복(표면부) 콘크리트의 품질	염해환경 동해환경

나. 평가대상 부재

터널(도로/철도)의 경우, 무근콘크리트 및 철근콘크리트 등 2가지의 사용재료에 따라 평가 지표를 설정하였으며, 세부부재는 본선라이닝, 갱문(구), 환기구콘크리트로 구분하였다.

[표 5.1.2] 콘크리트 내구성능 평가항목의 구분

시설명	세부 구분	부재명
터널	도로터널	본선라이닝
		갱문(구)
		환기구콘크리트
	철도터널	본선라이닝
		갱문(구)
		환기구콘크리트

다. 평가지표별 기준 및 점검방법

1) 염화물 침투량

[표 5.1.3] 염화물 침투량 평가등급

등급	철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	철근부 전염화물 함유량 C_r (kg/m ³)	비고
a	30년 초과	0.3 이하	- 깊이별 염화물 침투량 측정 - 공용연수와 염화물 침투량을 고려하여 염화물 확산계수 산정 - 염화물 확산계수로서 철근의 부식 발생 임계치에 도달하는 시간 산정 - “철근부의 전염화물 침투량” 과 “철근부의 전염화물이 2.5(kg/m³)가 되는시점” 을 각각 평가하여 열악한 등급을 염화물량 평가등급으로 설정
b	20년 초과 ~ 30년 이하	$0.3 < C_r \leq 0.6$	
c	10년 초과 ~ 20년 이하	$0.6 < C_r \leq 1.2$	
d	5년 초과 ~ 10년 이하	$1.2 < C_r < 2.5$	
e	5년 이하	2.5 이상	

<해 설>

- 염화물 확산계수를 산정하고 표면부 염분량을 고려하여 대상 구조물의 염해 수명을 평가하는 것은 반드시 필요한 사항이라고 판단되지만, 평가결과 값이 여러 가지 조건에 따라 달라질 수 있는 여지가 있기 때문에 “철근부의 전염화물 침투량” 과 “철근부의 전염화물이 2.5(kg/m³)가 되는 시점” 을 각각 평가하여 열악한 등급을 염화물량 평가등급으로 설정한다.
- “철근부의 전염화물이 2.5(kg/m³)가 되는 시점” 의 경우, 30년 초과를 a등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 전염화물량이 2.5 kg/m³가 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.
- 전염화물량이 2.5 kg/m³을 넘어서는 시점이 5년 이하로 남은 경우 e등급을 설정한 것은 차기 점검시점을 약 5년을 가정하고 이 시점 이전에 전염화물량이 2.5 kg/m³를 넘어설 가능성이 있기 때문이다.
- 한편, b, c, d등급의 경우 전염화물량이 2.5 kg/m³이 되는 시점이 30년 이하인 경우 염해가 진전되고 있다고 판정한 것이며, 철근부의 전염화물량이 2.5 kg/m³에 도달하는 연수가 짧을 수록 낮은 등급을 부여한다.
- 책임기술자는 염해가 어떻게 진전될 것인지에 대한 예측을 위하여 철근부의 전염화물량이 2.5 kg/m³에 도달하는 연수를 산정할 때 철근의 부식이 개시될 가능성이 있는 1.2kg/m³에 도달하는 연수도 산정하고 보고서에 별도로 기재하여 유지관리 책임자들이 참고한다.

2) 탄산화 깊이에 따른 평가기준

[표 5.1.4] 탄산화 깊이에 따른 평가기준

등급	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T	비고
a	30년 초과	평가결과로부터 탄산화 속도계수를 산정 후 $A = \frac{D}{\sqrt{T}}$ $T = \left(\frac{\text{설계피복두께}}{\text{탄산화속도계수}} \right)^2 - t$ (T: 잔여피복두께가 모든 탄산화되는 시간 D: 탄산화 깊이, t: 공용연수)
b	20년 < T ≤ 30년	
c	10년 < T ≤ 20년	
d	5년 < T ≤ 10년	
e	5년 이하	

<해설>

- 공용연수와 이에 따른 탄산화 속도계수를 고려하여 잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간 T를 구하는 시간적 개념을 포함한다.
- e등급을 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T가 5년 이하로 남은 경우로 설정한 것은 차기 조사시점을 약 5년 후로 가정할 때 이 시점 이전에 잔여피복이 모두 탄산화될 가능성을 고려한 것이다.
- 또한, 30년 초과를 a등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.

3) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

초기 시공불량의 경우, 피복콘크리트에 전반적인 내구성능 저하가 나타날 수도 있으며, 공용 중의 품질저하는 동해(수분의 공급과 동결융해 사이클이 필요) 등과 같은 열화요인에 의하여 국부적으로 나타나는 경우가 많을 것이다. 피복콘크리트품질의 경우 반발경도 측정 결과를 활용하여 평가를 수행한다.

(1) 설계강도값과 비교할 경우

[표 5.1.5] 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가기준

등급	평가내용	비고
a	강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상	피복 콘크리트의 내구성능이 양호한 상태
b	90% ≤ 강도 추정값이 설계값 대비 < 100%	동해 등에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	강도 추정값이 설계값 대비 90% 미만	동해 등에 의해 피복 콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	-	
e	-	

<해 설>

- 피복(표면부) 콘크리트의 품질은 슈미트해머를 이용해 반발경도를 측정하여 표면부 콘크리트의 내구성능 저하상태를 평가한다.
- a등급은 강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상으로 피복 콘크리트의 내구성능이 양호한 상태이며, b등급은 약 10% 정도까지 설계값을 밑도는 것으로 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하되었을 가능성이 있다.
- c등급은 강도 추정값이 설계값 대비 10% 이상 저하되었을 경우이며, 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하가 진전된 상태이다.

(2) 건전부/비건전부를 비교할 경우

[표 5.1.6] 건전부/비건전부의 상대적 비교에 따른 평가기준

등급	평가내용	비고
a	반발경도값이 건전부 대비 95% 이상	건전부 대비 큰 차이를 보이지 않음
b	$85\% \leq$ 반발경도값이 건전부 대비 $< 95\%$	동해 등에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	반발경도값이 건전부 대비 85% 미만	동해 등에 의해 피복 콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	-	
e	-	

<해 설>

- 건전부와 비건전부를 상대적으로 비교하는 방법으로 측정된 반발경도값을 통하여, 반발경도값을 직접 비교하여 판정하는 방법을 적용한다.
- 동일한 건전부끼리 상호비교 하더라도 두 지점간에 일부 편차가 있을 수 있다는 가정 하에 약 5% 정도의 편차를 반영하여 95% 이상일 경우 a등급으로 설정하며, 85% 미만일 경우 c등급으로 설정한다.
- 여기서 비건전부는 누수 등으로 자주 습윤상태가 되거나, 우수에 노출된 부재 및 기타 표면부의 열화가 진행될 수 있는 부위로, 해당 구간 중 상대 비교하여 가장 취약한 부분을 비건전부로 구분한다.

4) 염해환경

[표 5.1.7] 염해환경의 평가기준(해안거리)

평가항목	등급	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)
해안거리에 따른 비래염분 염해환경	a	동해안	전지역	500초과
		서해안	고창, 태안 그 외 지역	1,000초과 300 초과
		남해안	사천, 거제 그 외 지역	100 초과 20초과
	b	동해안	전지역	$250 < X \leq 500$
		서해안	고창, 태안 그 외 지역	$500 < X \leq 1000$ $120 < X \leq 300$
		남해안	사천, 거제 그 외 지역	$50 < X \leq 100$ $10 < X \leq 20$
	c	동해안	전지역	비말대* $< X \leq 250$
		서해안	고창, 태안 그 외 지역	비말대 $< X \leq 500$ 비말대 $< X \leq 120$
		남해안	사천, 거제 그 외 지역	비말대 $< X \leq 50$ 비말대 $< X \leq 10$

[표 5.1.8] 염해환경의 평가기준(제설제)

평가항목	등급	강설일수(일)
제설제 염해환경	a	강설일수 < 7
	b	$7 \leq$ 강설일수 < 14
	c	$14 \leq$ 강설일수

<해 설>

- 염해환경은 해안으로부터 날아들어 오는 대기중의 비래염분에 의한 염해환경과 겨울철 강설에 따른 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경으로 구분한다.
- 상기 항목은 각각 해안인접성과 강설일수를 기본 항목으로 정하고 등급을 설정한다.
- 해안 인접성의 경우 동해와 서해를 동일한 조건으로 고려하고, 해안의 형상, 구조 및 환경에 따라 다른 해역에 비해 비교적 비래염분이 적은 남해는 동해 및 서해와 달리 완화된 등급을 부여함을 원칙으로 하였다.
- 강설일수는 동절기 제설제 환경에 노출된 콘크리트 시설물의 내구성능 저하를 고려하기 위한 평가항목으로, 강설 시 무조건 제설제를 살포하는 것으로 가정하되, 당일 추가살포는 고려하지 않으며 강설일수가 14일 이상이면 c 등급을 부여한다.
- 강설일수는 최심신적설(하루동안 내린 눈이 최대로 깊었던 적설량)이 발생한 일수의 최근 10년간 평균값으로 취한다.

5) 동해환경

[표 5.1.9] 동해환경의 평가기준

등급	동결융해 반복지수(X)	비고
a	$X < 3$	※ 기상청 데이터를 기반으로 동결융해 반복일수를 계산하여 평가에 사용
b	$3 \leq X < 50$	
c	$50 \leq X$	

<해설>

- X는 동결융해 반복지수로서 수분과의 접촉 여부로 구분하여 산정한다.
- 상기 수분 접촉 여부에 따른 구분에 있어 수분과의 직접적인 접촉이 없는 경우는 동결융해 사이클이 있더라도 동해를 입지 않기 때문에 강수로 인하여 상대습도가 매우 높은 상태에서만 동해를 받는다고 가정한다.
- 수분과의 접촉 여부는 책임기술자가 판단하여, 동일 부재 내에서 위치별 수분 접촉 정도가 다를 경우 ‘열악한 조건’을 기준으로 판단한다.

라. 내구성능 평가 결과 산정 방법

1) 개요

내구성능 평가 결과 산정방법은 내구성능 평가지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다. 부재별 내구성능 평가결과는 부재별 가중치를 고려하여 등급을 도출한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 종합등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

2) 결과산정절차 일반

(1) 열화환경 평가(전체 시설물 대상)

내구성능 평가에 있어 열화환경 평가는 제설제 염해환경, 비래염분 염해환경, 동해환경의 3개 열화환경평가 지표로 이루어진다. 열화환경평가는 3가지 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하며, 평가 결과는 열화진전평가와는 별도로 관리하여 대상 구조물의 유지관리 활동에 활용한다. 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 판정하며, 각 등급별 열화환경의 상태는 아래와 같다.

[표 5.1.10] 열화 환경 평가기준

평가등급	열화환경 상태
a	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태
b	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 생길 수 있는 상태
c	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 가속될 수 있는 상태

*염해환경

염해환경은 해안으로부터 날아들어 오는 대기중의 비래염분에 의한 염해환경과 겨울철 강설로 인하여 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경으로 나누어서 평가한다.

*동해환경

대상 터널이 위치한 지역의 10년간 동절기 기상청 데이터를 기준으로 동해환경을 파악하여 동결융해 반복지수를 도출하고, 동결융해 환경등급을 평가한다.

동일한 동결융해 사이클에 노출되어 있더라도 동결융해에 대한 위험도는 부재별 수분공급 환경에 따라 다르며, 열화환경 등급으로 반영되는 동결융해 환경은 수분에 노출되는 부재의 동결융해 사이클 수가 되며, 수분에 노출되지 않는 부재의 동결융해 사이클 수(강수가 있을 때만 해당됨)는 비록 수분에 직접 노출되지 않더라도 동결융해에 대하여 취약할 수 있음에 대한 참고자료로서 활용한다.

(2) 열화진전 평가(부재수준의 평가)

이 단계에서는 각 세부부재별로 내구성능에 관한 열화진전평가를 실시한다. 터널의 경우 세부부재는 갱문, 본선 라이닝, 환기구 콘크리트가 대상이 된다. 또한 각 부재는 무근콘크리트와 철근콘크리트로 구분하여 평가한다.

내구성능 평가에 있어 열화진전 평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트 품질의 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다. 각 내구성능 평가함에 있어 가중치를 적용하지 않고, 각각의 평가항목에 대하여 가장 낮은 등급을 받은 지표의 평가결과를 준용하는 최저등급제를 적용한다.

- 탄산화 깊이, 염화물 침투량 및 피복 콘크리트의 품질 중 가장 낮은 평가등급이 대상 부재의 내구성능 등급이 된다.
- 최저등급제를 적용하는 것은 염해 혹은 탄산화 등 어느 한가지 지표에 의해서만 피해가 발생하여도 심각한 결과가 발생할 수 있으며 대책을 강구하여야 하기 때문이다.
- 다만, 피복 콘크리트의 품질은 측정된 개소별 각각의 평가점수를 산술평균한다.

산출된 각 세부부재(ex. 본선라이닝, 갱문, 환기구콘크리트)의 내구성능 등급은 각 부재별 가중치를 고려하여 최종적으로 터널 시설물의 콘크리트 내구성능 평가등급을 도출한다.

(3) 등급별 평가점수 및 결함도 지수

부재별 등급에 따른 결함도 지수 및 최종 등급 산정을 위한 평가지수 범위는 다음과 같다.

[표 5.1.11] 평가등급에 따른 결함도 지수

a	b	c	d	e
0.08	0.23	0.43	0.65	0.88

[표 5.1.12] 등급 산정을 위한 내구성능 평가 지수 범위

A	B	C	D	E
$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.30$	$0.30 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$

(4) 세부부재 등급 산정 안에 따라 시설물 전체 등급 산정

각 부재별 가중치는 아래 표와 같으며, 각 부재별 가중치를 활용하여 터널의 콘크리트내구성능 등급을 산정한다.

[표 5.1.13] 도로 및 철도터널의 세부 부재에 따른 가중치

시설명	세부 부재명	부재별 가중치(%)	
		환기구 존재	환기구 없음
도로터널	본선라이닝	60	70
	갱문(구)	30	30
	환기구콘크리트	10	-

(5) 세부 시설물 등급 산정 안에 따라 시설물 전체 등급 산정

터널의 콘크리트 내구성능 평가 등급은 최종적으로 아래와 같이 나타낸다.

[표 5.1.14] 열화진전평가

시설명	평가등급	부재명	평가등급
터널	A~E	본선라이닝	a~e
		갱문(구)	a~e
		환기구콘크리트	a~e

[표 5.1.15] 열화환경평가

열화환경지표	평가등급	터널의 주요 대상 부재
제설제 염해환경	A or B or C	철도터널의 경우 제설제를 사용하지 않기 때문에 제설제 염해환경은 a로 평가함
비래염분 염해환경	A or B or C	해안인근에 있어서 비래염분 환경에 있는 경우 갱문이 주요 대상 부재이며, 본선 라이닝은 갱문쪽 일부분만 대상이 됨
동해환경	A or B or C	누수가 있는 콘크리트 라이닝 부위와 갱문이나 본선 라이닝 하단부 등 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당

5.1.2 열화진전 평가 결과

가. 염화물 침투량

1) 깊이별 염화물 침투량

[표 5.1.16] 깊이별 염화물 침투량

열화진전 평가항목	대상부재	깊이별 염화물 침투량(kg/m³)			평가 등급
		0-10mm	10-20mm	20-30mm	
염화물 침투량	S3	0.380	0.319	0.254	a
	S55	0.337	0.204	0.152	a

* 시험성적서 : 부록참조

2) 염화물 확산계수 산출

철근부 전염화물 침투량 C_r 이 2.5kg/m^3 이 되는 시점의 산정방법은 다음과 같다.

- 염화물 확산계수 산정 방법 - 염화물 확산계수는 아래의 식을 활용하여 구한다.

$$C_d - C_i = (C_s - C_i)(1 - \operatorname{erf}(\frac{x}{2 \times \sqrt{D_d \cdot t}}))$$

여기서, C_d : 깊이 $x(\text{cm})$, 시간 t 년에서 염소이온 농도 (kg/m^3)

C_i : 초기 염소이온 농도 (kg/m^3)

C_s : 표면 염소이온 농도 (kg/m^3)

erf : 오차함수, $\operatorname{erf}(s) = \frac{2}{\pi^{1/2}} \int_0^s e^{-\lambda^2} d\lambda$, D_d : 염소이온의 유효확산계수($\text{cm}^2/\text{년}$)

[표 5.1.17] 염화물 확산계수 산출

계산항목	대상부재	깊이별 염화물 확산계수(cm^2/year)		
		0-10mm	10-20mm	20-30mm
염화물 확산계수	S3	-	3.182	3.182
	S55	-	3.182	3.182

3) 철근부의 전염화물 침투량이 $2.5(\text{kg/m}^3)$ 가 되는 시점 평가.

염화물 확산계수 산정식 $C_d - C_i = (C_s - C_i)(1 - \operatorname{erf}(\frac{x}{2 \times \sqrt{D_d \cdot t}}))$ 에서 염화물 확산계수 D_d

를 이미 알고 있기 때문에, C_d 값(깊이 $x(\text{cm})$, 시간 t 년에서 염소이온 농도)을 2.5kg/m^3 로 입력하고, 대상부재의 철근피복 두께를 깊이 $x(\text{cm})$ 로 입력하여 시간 $t(\text{year})$ 를 산출한다. 산출된 시간 $t(\text{year})$ 는 철근부 전염화물 침투량이 $2.5(\text{kg/m}^3)$ 가 되는 시점이며, 염화물량 평가 등급기준과 비교하여 등급을 산정한다.

[표 5.1.18] 철근부의 전염화물 침투량이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	대상부재	계산결과(Year)	평가등급
철근부의 전염화물 침투량이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점 평가	S3	30년 초과	a
	S55	17년	c

4) 염화물 침투량 최종 평가등급

철근부 전염화물 침투량의 평가 결과는 a등급으로 분석되었으며, 철근부 전염화물 침투량 C_r 이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점에 대한 조사 결과 c등급으로 산정되어, 염화물 침투량 평가등급은 c등급으로 판정되었다.

[표 5.1.19] 염화물 함유량 최종 평가등급

시설물	염화물 침투량 평가	철근부의 전염화물 침투량이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점 평가
터널	a	c
	최종 평가 - c등급	

나. 탄산화 깊이 평가

대상 시설물의 공용연수와 이에 따른 탄산화 속도계수를 고려하여 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간을 각 부재별로 산정하고 분석한 결과, a등급으로 평가되었다.

[표 5.1.20] 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	측정위치	탄산화 깊이	실측피복 두께	잔여 깊이	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간T(년)	평가등급
탄산화 깊이	S2	1.0	82.0	81.0	0.25	100년 이상	a
	S56	2.0	79.0	77.0	0.50	100년 이상	a

다. 피복 콘크리트의 품질 평가

각 부재별로 실시한 반발경도 시험 결과를 활용하여 피복 콘크리트의 품질평가를 실시한 결과, 피복 콘크리트의 품질 등급은 a등급으로 평가되었다.

[표 5.1.21] 피복 콘크리트의 품질평가

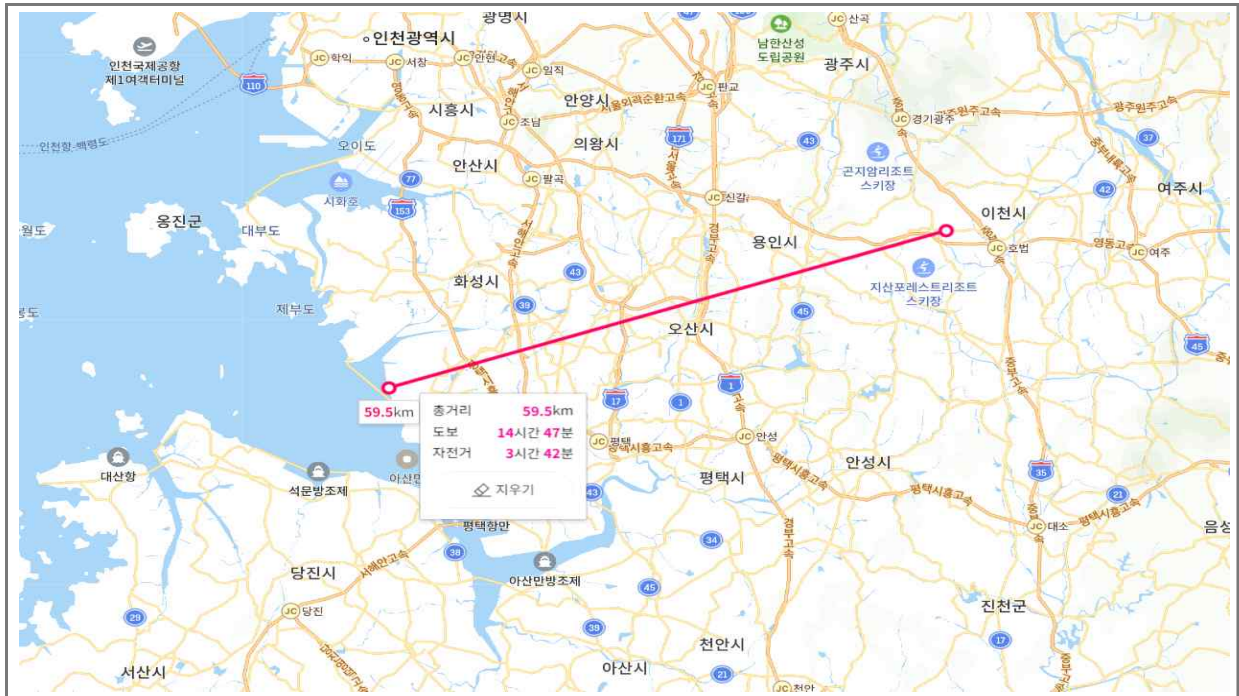
열화진전 평가항목	부재	세부부재	설계기준 대비 강도추정값(%)	비건전부/건전부비율(%)	개별 평가등급	평가등급
피복 콘크리트의 품질	S2	라이닝	110.6	-	a	a
	S56	라이닝	122.8	-	a	

5.1.3 열화환경 평가 결과

가. 염해환경

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

오천터널(하행선)은 경기도 이천시 마장면 회억리 내륙지역에 위치한 도로터널로 동해안으로부터 약 59km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되어 서해안 그 외 지역 300m 초과에 해당되므로 해안거리에 따른 염해 환경의 평가등급은 “a”로 평가되었다.



[그림 5.2.1] 오천터널(하행선) 위치도

[표 5.1.22] 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과

평가항목	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	평가 등급
해안거리에 따른 비래염분 염해환경	서해안	그 외 지역	300초과	a등급

2) 제설제 염해환경

오천터널(하행선)의 강설일수는 기상청 기후자료를 참조하였으며, 기상관측소는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 이천 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최심신적설 자료 중 2010년부터 2020년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 0.7일로 확인되었고, 평가등급은 a등급으로 분석되었다.

[표 5.1.23] 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경기도 이천시 부발읍 대산로 546길 8 이천기상관측소				
분석기간	2010년 11월 1일 ~ 2020년 3월 31일 (10년)				
2010.11~2011.3	7일	2014.11~2015.3	0일	2017.11~2018.3	0일
2011.11~2012.3	0일	2015.11~2016.3	0일	2018.11~2019.3	0일
2012.11~2013.3	0일	2016.11~2017.3	0일	2019.11~2020.3	0일
2013.11~2014.3	0일	평균 강설일수			0.7일

주) 강설일수는 최근 10년간 최심신적설이 발생한 일수의 연간 평균값, *참고 : 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)

나. 동해환경

동결융해 반복일수에 따른 동해환경 평가는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 이천 관측소에서 측정된 최근 10년간의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 데이터를 수집하여 평가하였으며, 동해환경 평가는 다음과 같다.

- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재일 경우
{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0}인 연평균 일수
- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재일 경우
{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃}인 연평균 일수

본 터널은 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재로써, 미접촉하는 부재의 경우 13.5회로 동결융해 환경은 “B” 등급으로 평가되었다.

[표 5.1.24] 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경기도 이천시 부발읍 대산로 546길 8 이천기상관측소				
분석기간	2010년 11월 1일 ~ 2020년 3월 31일 (10년)				
2010.11~2011.3	9일	2014.11~2015.3	19일	2017.11~2018.3	21일
2011.11~2012.3	11일	2015.11~2016.3	16일	2018.11~2019.3	6일
2012.11~2013.3	18일	2016.11~2017.3	14일	2019.11~2020.3	9일
2013.11~2014.3	12일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			13.5회

*참고 : 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)

5.2 내구성능 평가결과

본 과업에서 콘크리트 내구성능 평가항목은 열화진전평가와 열화환경평가를 실시하였다. 콘크리트 내구성능 종합등급 평가시, 열화진전평가결과만을 반영하며, 열화환경평가는 터널의 유지관리를 위한 참고자료로 업무에 활용한다.

5.2.1 내구성능 평가결과

오천터널(하행선)의 염화물 침투량, 탄산화깊이, 피복콘크리트의 품질을 통한 내구성능 평가 결과, 평가지수 $pd = 0.33$ 이며, 등급은 C등급으로 평가되었다.

[표 5.2.1] 콘크리트 내구성능 평가 결과

세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재평가결과 (결함도지수)	평가결과 (내구성능평가지수)
본선라이닝(70)	c	a	a	c (0.43)	C (pd=0.33)
갭문(30)	-	a	a	a (0.08)	
평가지수		(0.43×70+0.08×30)/100 = 0.33			
등급		C			

5.2.2 열화환경지표의 평가

[표 5.2.2] 콘크리트 내구성능 평가 결과

열화환경지표	평가등급	비고
제설제 염해환경	A	
비래염분 염해환경	A	
동해환경	B	

