

제5장 시설물의 내구성능 평가

5.1 개요

5.2 콘크리트 내구성능 평가

5.3 내구성능 평가 결과

제5장 시설물의 내구성능 평가

5.1 개요

시설물의 내구성에 대한 평가는 시설물의 재료적 내구성능을 확인하기 위해 시험결과와 외부환경에 대한 내구성능 저하인자 등을 종합적으로 검토하여 실시한다. 내구성능 평가를 위해 필요한 시험 항목 및 수량, 외부환경 인자 검토사항 등은 「세부지침」에 따르며, 시설물의 특성 및 평가 목적에 따라 이를 조정할 경우에는 결과보고서에 그 사유를 기재하여야 한다.

5.2 평가 항목 및 기준

5.2.1 콘크리트 내구성능 평가 항목 및 기준

본 과업에서 콘크리트 내구성능 평가항목은 아래 표와 같이, 크게 열화진전 항목 및 열화환경 항목 등 2가지를 평가하였다.

〈표 5.1〉 콘크리트 내구성능 평가항목

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

가. 평가대상 부재

터널(도로/철도)의 경우, 무근콘크리트 및 철근콘크리트 등 2가지의 사용재료에 따라 평가지료를 설정하였으며, 세부 부재는 ‘본선라이닝’, ‘갯문(구)’, ‘환기구콘크리트’로 구분하였다.

〈표 5.2〉 터널 콘크리트 내구성능 평가 부재 대상

부재 분류		
터널	도로터널	본선라이닝
		갯문(구)
		환기구콘크리트

나. 콘크리트 내구성능 평가 기준

1) 염화물 침투량

〈표 5.3〉 염화물 침투량 평가 기준

평가기준	평가 내용		비 고
	철근부 전염화물 침투량 C_r 가 2.5(kg/m ²)가 되는 시점	철근부 전염화물 침투량 C_r (kg/m ²)	
a	30년 초과	0.3 이하	
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	

2) 탄산화 깊이

〈표 5.4〉 탄산화 깊이에 따른 평가 기준

평가기준	평가 내용	비 고
a	30년 초과	평가결과로부터 탄산화 속도계수를 산정 후 $A = \frac{D}{\sqrt{t}}$ $T = \left[\frac{\text{설계 피복두께}}{\text{탄산화속도계수}} \right]^2 - t$ (T: 잔여피복두께가 모든 탄산화가 되는 시간, D: 탄산화 깊이, t: 공용연수)
b	20년 < T ≤ 30년	
c	10년 < T ≤ 20년	
d	5년 < T ≤ 10년	
e	5년 이하	

3) 피복(표면부) 콘크리트 품질

초기 시공불량의 경우, 피복(표면부) 콘크리트에 전반적인 내구성능 저하가 나타날 수도 있으며, 공용 중의 품질저하는 동해(수분의 공급과 동결융해 사이클이 필요) 등과 같은 열화요인에 의하여 국부적으로 나타나는 경우가 많을 것이다.

① 설계강도 값과 비교할 경우

〈표 5.5〉 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가 기준

평가기준	평가 내용	비 고
a	강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상	
b	90% ≤ 강도 추정값이 설계값 대비 < 100%	
c	강도 추정값이 설계값 대비 90% 미만	
d	—	
e	—	

② 건전부 / 비건전부를 비교할 경우

〈표 5.6〉 건전부 / 비건전부의 상대적 비교에 따른 평가 기준

평가기준	평가 내용	비 고
a	반발경도값이 건전부 대비 95% 이상	
b	$85\% \leq$ 반발경도값이 건전부 대비 $< 95\%$	
c	반발경도값이 건전부 대비 85% 미만	
d	—	
e	—	

4) 염해환경

〈표 5.7〉 염해환경의 평가 기준(해안거리)

평가 기준	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	비 고
a	동해안	전지역	500 초과	
	서해안	고창, 태안 그 외 지역	1,000 초과 300 초과	
	남해안	사천, 거제 그 외 지역	100 초과 20 초과	
b	동해안	전지역	$250 < X \leq 500$	
	서해안	고창, 태안 그 외 지역	$500 < X \leq 1,000$ $120 < X \leq 300$	
	남해안	사천, 거제 그 외 지역	$50 < X \leq 100$ $10 < X \leq 20$	
c	동해안	전지역	비말대1) $< X \leq 250$	
	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 $< X \leq 10$	
d	—	—	—	
e	—	—	—	

주1) 여기서 비말대는 해수가 직접 닿지 않는 지역을 일컫는다.

〈표 5.8〉 염해환경의 평가 기준(제설제)

평가 기준	평가 등급	강설일수(일)	비 고
제설제 염해환경	a	강설일수 < 7	
	b	$7 < \text{강설일수} < 14$	
	c	$14 < \text{강설일수}$	

5) 동해환경

〈표 5.9〉 동해환경의 평가 기준

평가기준	평가 내용	비 고
a	$X < 3$	
b	$3 \leq X < 50$	
c	$50 \leq X$	
d	—	
e	—	

5.2.2 콘크리트 내구성능평가 결과 산정 방법

콘크리트 내구성능평가 결과 산정 방법은 내구성능평가 지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개수에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다.

가. 결과산정 절차 일반

1) 열화환경평가(전체 시설물 대상)

열화환경평가는 제설제 염화환경, 비래염분 염해환경, 동해환경의 3개 항목에 대한 지표로 이루어진다.

열화환경평가는 해당 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하며, 평가결과는 열화진전평가와는 별도로 관리하여 대상 구조물의 유지관리에 활용한다.

열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 판정하며, 각 등급별 열화환경의 상태는 아래와 같다.

〈표 5.10〉 열화환경 평가등급

평가기준	평가 내용	비 고
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	
d	—	
e	—	

2) 열화진전평가(부재수준의 평가)

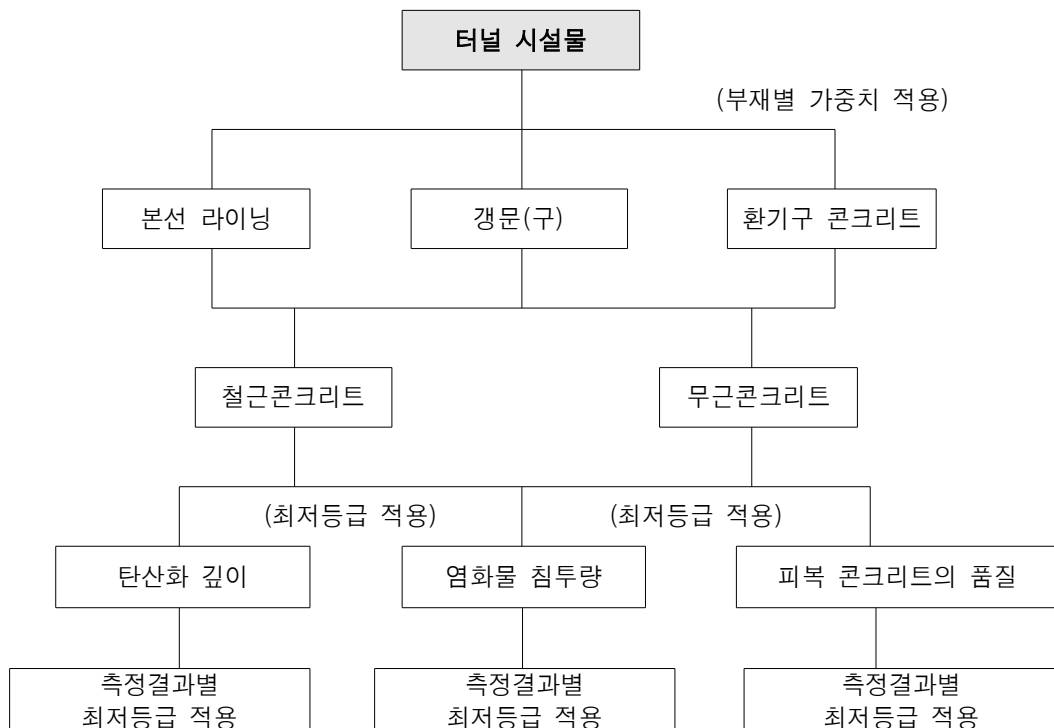
이 단계에서는 각 세부부재별로 내구성능에 관한 열화진전평가를 실시한다. 터널의 경우 세부부재는 갯문, 본선 라이닝, 환기구 콘크리트가 대상이 된다. 또한 각 부재는 무근콘크리트와 철근콘크리트로 구분하여 평가한다.

내구성능 평가에 있어 열화진전 평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트의 품질의 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다.

- 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, 갯문, 환기구콘크리트)의 내구성능 등급은 각 부재별 가중치를 고려하여 최종적으로 터널 시설물의 콘크리트 내구성능 평가등급을 도출한다.

각 세부 부재별 열화진전평가에 대한 내구성능 평가지표는 아래와 같으며, 외부 콘크리트와 내부 콘크리트에 대한 내구성능 평가를 각각 산출한다.



〈그림 5.1〉 콘크리트 내구성능 항목별 세부 평가방법

나. 결함도 지수

각 내구성능등급별 결함도 지수와 등급산정을 위한 결함도 지수 범위는 아래와 같다.

〈표 5.11〉 평가등급에 따른 결함도 지수

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0.08	0.23	0.43	0.65	0.88

〈표 5.12〉 등급산정을 위한 결함도 지수 범위

A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.30$	$0.30 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$

다. 부재 종류별 가중치

〈표 5.13〉 도로 및 철도터널 부재별 가중치

시설물	부재명	부재별 가중치(%)	
도로터널 철도터널	본선라이닝	60	70
	갱문(구)	30	30
	환기구콘크리트	10	—

※ 철도터널의 경우, 환기구콘크리트가 설치되어 있지 않으면 환기구콘크리트를 제외한 부재별 가중치를 적용한다.

라. 세부부재 등급산정에 따라 시설물의 전체 등급 산정

터널 콘크리트 내구성능 평가등급은 최종적으로 아래와 같이 나타난다.

〈표 5.14〉 터널의 부재별 가중치

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

〈표 5.15〉 열화환경 평가

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	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A or B or C	• 해안인근에 있어서 비래염분 환경에 있는 경우 갯문이 주요 대상 부재이며, 본선라이닝은 갯문 쪽 일부분만 대상이 됨.
동해환경		A or B or C	• 누수가 있는 콘크리트 라이닝 부위와 갯문이나 본선 라이닝 하단부 등 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당

5.3 콘크리트 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가결과와 관련된 세부 현장시험 결과는 본 보고서 “제3장 현장조사 및 시험”의 “3.3 콘크리트 내구성조사 결과”에 수록하였다.

5.3.1 대상터널

〈표 5.16〉 대상터널의 결과 산정

구 분	내용
콘크리트	철근콘크리트
지역	울산광역시 울주군
공용연수	10년
연장	1,508m(부산방향), 1,599m(포항방향)
피복 두께	71mm

5.3.2 열화환경 평가

열화환경 평가는 염해환경 평가(해안거리, 제설제) 와 동해환경 평가로 구분하여 평가하였다.

가. 염해환경 평가 결과

1) 해안거리에 따른 염해환경 결과

문수터널(부산, 포항)은 울산광역시 울주군 청량읍에 위치한 도로터널로서 동해안으로부터 이격거리가 약 12.14km로 확인되었다. 염해환경의 평가기준에 의한 평가 결과, 동해안으로부터 500m 초과인 “a”로 평가되었다.



〈그림 5.2〉 해안으로부터의 이격거리

2) 제설제에 따른 염해환경 결과

겨울철 강설에 따른 도로위의 눈을 제설하기위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경을 평가한 결과 “a”로 평가되었다.

〈표 5.17〉 기상청 연평균 강설일수

구분	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	비고
제설제 (강설횟수)	0	5	6	2	1	8	0	0	0	3	

※ 출처 : 기상청>기상관측자료>요소별자료>152울산>년도별>최심신적설(cm)

나. 동해환경 평가 결과

기상자료개방포털(<http://data.kma.go.kr>)을 통해 문수터널(부산, 포항)에 해당하는 관측소 울산(152)의 지난 10년간 동절기 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 자료 수집 후 동결융해 싸이클 수(회/연평균)를 조사하였고, 그 결과는 다음과 같다.

〈표 5.18〉 동결융해 싸이클 수

지점명	주소	동해융결 싸이클 수		등급
		일반부재 (수분미접촉)	취약부재 (수분접촉)	
울산(152)	울산광역시 울주군 청량읍	1.8회	33.9회	a

※ 출처 : 기상청>기상관측자료>요소별자료>152울산>년도별>일 최저기온/일 최고기온/강수량

5.3.3 열화진전 평가

가. 염화물 침투량 평가

1) 평가 결과

염화물 침투량 시험은 각 방향(부산, 포항)별로 라이닝 5개소, 갭문 1개소씩 총 12개소에 서 피복별로 분말시료를 채취하여, 공인시험 기관을 통해 실내시험을 실시하였고, 문수터널의 염화물 침투량 평가 결과는 다음과 같다.

〈표 5.19〉 깊이별 염화물 침투량

구 분		대상 부재	깊이별 염화물 침투량(kg/m ²)			평가등급
			0~15(mm)	15~30(mm)	30~45(mm)	
문수터널	부산 방향	라이닝 1 SPAN	0.072	0.059	0.025	a
		라이닝 54 SPAN	0.045	0.036	0.020	a
		라이닝 128 SPAN	0.154	0.115	0.084	a
		라이닝 129 SPAN	0.294	0.265	0.165	a
		라이닝 169 SPAN	0.186	0.156	0.118	a
		종점부 갭문	0.100	0.079	0.048	a
	포항 방향	라이닝 1 SPAN	0.140	0.120	0.072	a
		라이닝 54 SPAN	0.154	0.109	0.066	a
		라이닝 126 SPAN	0.127	0.093	0.079	a
		라이닝 128 SPAN	0.208	0.167	0.115	a
		라이닝 182 SPAN	0.131	0.097	0.070	a
		종점부 갭문	0.136	0.111	0.048	a

〈표 5.20〉 깊이별 염화물 확산계수

구 분	대상 부재	깊이별 염화물 확산계수($cm^2/year$)			비고
		0~15(mm)	15~30(mm)	30~45(mm)	
문수터널	부산 방향	라이닝 1 SPAN	—	0.122	
		라이닝 54 SPAN	—	0.114	
		라이닝 128 SPAN	—	0.193	
		라이닝 129 SPAN	—	0.275	
		라이닝 169 SPAN	—	0.227	
		종점부 갭문	—	0.153	
	포항 방향	라이닝 1 SPAN	—	0.180	
		라이닝 54 SPAN	—	0.173	
		라이닝 126 SPAN	—	0.187	
		라이닝 128 SPAN	—	0.224	
		라이닝 182 SPAN	—	0.178	
		종점부 갭문	—	0.153	

주) 염화물 확산계수 : $C_d - C_i = (C_s - C_i)(1 - \operatorname{erf}(\frac{x}{\sqrt{D_d \cdot t}}))$

〈표 5.21〉 철근부 전염화물 침투량 C_r 가 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점

열화진전 평가항목	구분		세부 부재명	계산결과(Year)	평가등급
철근부 전염화물 침투량 C_r 가 2.5 (kg/m^3)가 되는 시점	문수터널	부산 방향	라이닝 1 SPAN	30년 초과	a
			라이닝 54 SPAN	30년 초과	a
			라이닝 128 SPAN	30년 초과	a
			라이닝 129 SPAN	30년 초과	a
			라이닝 169 SPAN	30년 초과	a
			종점부 갭문	30년 초과	a
		포항 방향	라이닝 1 SPAN	30년 초과	a
			라이닝 54 SPAN	30년 초과	a
			라이닝 126 SPAN	30년 초과	a
			라이닝 128 SPAN	30년 초과	a
			라이닝 182 SPAN	30년 초과	a
			종점부 갭문	30년 초과	a

2) 염화물 침투량 평가 등급

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

〈표 5.22〉 염화물 침투량 평가등급

구 분	세부 부재명	철근부 전염화물 침투량 $C_r(kg/m^3)$	철근부 전염화물 침투량 C_r 가 2.5(kg/m^3)가 되는 시점	염화물 침투량 최종평가 등급
문수터널	부산 방향	라이닝 1 SPAN	a	a
		라이닝 54 SPAN	a	
		라이닝 128 SPAN	a	
		라이닝 129 SPAN	a	
		라이닝 169 SPAN	a	
		중점부 갭문	a	a
	포항 방향	라이닝 1 SPAN	a	a
		라이닝 54 SPAN	a	
		라이닝 126 SPAN	a	
		라이닝 128 SPAN	a	
		라이닝 182 SPAN	a	
		중점부 갭문	a	a

나. 탄산화 깊이

대상 시설물에 대한 탄산화 깊이에 따른 구조물의 공용연수를 고려하여 탄산화속도계수를 도출하고, 이에 따라 잔여 피복두께가 모두 탄산화 되는 시간을 산정하여 탄산화 깊이 평가를 분석한 결과 a등급으로 평가되었다.

〈표 5.23〉 탄산화 깊이 평가 결과

구분		세부 부재명	피복 두께	탄산화 깊이 (D)	탄산화속도 계수 (A)	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	개별 평가등급	평가등급
문수 터널	부산 방향	1 SPAN	69	5.7	1.80	30년 초과	a	a
		54 SPAN	70	4.5	1.42	30년 초과	a	
		55 SPAN	70	3.9	1.23	30년 초과	a	
		128 SPAN	69	4.9	1.55	30년 초과	a	
		129 SPAN	71	4.6	1.45	30년 초과	a	
		169 SPAN	70	6.1	1.93	30년 초과	a	
	포항 방향	1 SPAN	68	3.4	1.08	30년 초과	a	a
		54 SPAN	71	3.3	1.04	30년 초과	a	
		126 SPAN	71	3.8	1.20	30년 초과	a	
		128 SPAN	70	3.2	1.01	30년 초과	a	
		181 SPAN	69	5.7	1.80	30년 초과	a	
		182 SPAN	69	4.8	1.52	30년 초과	a	

주) 탄산화 속도계수 : $A = \frac{D}{\sqrt{t}}$, (D=탄산화 깊이, t=공용연수), $T = \left(\frac{\text{설계피복두께}}{\text{탄산화속도계수}} \right)^2 - t$

다. 피복 콘크리트의 품질

1) 측정 결과

〈표 5.24〉 반발경도에 의한 콘크리트 강도시험 결과(부산방향)

부재 그룹명	세부 부재명	설계기준강도 (MPa)	보정반발도 (Ro)	반발경도시험 측정 평균강도 (MPa)	
				건전부	비건전부
터널 라이닝	2 SPAN	24.0	51.4	29.9	—
	6 SPAN	24.0	47.6	27.5	—
	11 SPAN	24.0	47.4	27.4	—
	15 SPAN	24.0	49.7	28.8	—
	20 SPAN	24.0	48.1	27.8	—
	26 SPAN	24.0	48.9	28.3	—
	31 SPAN	24.0	45.7	26.3	—
	36 SPAN	24.0	46.8	27.0	—
	42 SPAN	24.0	47.2	27.2	—
	48 SPAN	24.0	48.5	28.1	—
	54 SPAN	24.0	47.4	27.4	—
	61 SPAN	24.0	46.0	26.4	—
	67 SPAN	24.0	47.1	27.2	—
	73 SPAN	24.0	47.2	27.2	—
	79 SPAN	24.0	47.8	27.6	—
	84 SPAN	24.0	48.6	28.1	—
	88 SPAN	24.0	47.1	27.2	—
	92 SPAN	24.0	53.6	—	31.2
	98 SPAN	24.0	48.3	27.9	—
	104 SPAN	24.0	49.0	28.3	—
	106 SPAN	24.0	46.6	26.8	—
	109 SPAN	24.0	53.0	30.9	—
	115 SPAN	24.0	46.0	26.5	—
	121 SPAN	24.0	45.2	26.0	—
	127 SPAN	24.0	44.6	25.6	—
	134 SPAN	24.0	47.0	27.1	—
	140 SPAN	24.0	54.0	31.6	—
	146 SPAN	24.0	49.5	28.6	—
	152 SPAN	24.0	54.4	31.8	—
	158 SPAN	24.0	46.0	26.4	—
	163 SPAN	24.0	52.9	30.8	—
	169 SPAN	24.0	43.7	25.0	—
	평균	24.0	—	27.8	31.2

〈표 5.25〉 반발경도에 의한 콘크리트 강도시험 결과(포항방향)

부재 그룹명	세부 부재명	설계기준강도 (MPa)	보정반발도 (Ro)	반발경도시험 측정 평균강도 (MPa)	
				건전부	비건전부
터널 라이닝	1 SPAN	24.0	51.6	30.0	—
	2 SPAN	24.0	46.3	26.7	—
	17 SPAN	24.0	47.6	27.5	—
	22 SPAN	24.0	46.0	26.5	—
	28 SPAN	24.0	46.3	26.7	—
	31 SPAN	24.0	46.8	27.0	—
	36 SPAN	24.0	43.8	25.1	—
	42 SPAN	24.0	48.0	27.7	—
	48 SPAN	24.0	48.1	27.8	—
	54 SPAN	24.0	47.5	27.5	—
	56 SPAN	24.0	54.1	31.6	—
	62 SPAN	24.0	46.1	26.6	—
	68 SPAN	24.0	54.3	31.7	—
	74 SPAN	24.0	43.6	25.0	—
	77 SPAN	24.0	45.9	26.4	—
	80 SPAN	24.0	52.0	30.3	—
	85 SPAN	24.0	45.3	26.0	—
	90 SPAN	24.0	43.3	24.8	—
	96 SPAN	24.0	47.4	27.4	—
	102 SPAN	24.0	46.7	26.9	—
	108 SPAN	24.0	45.9	26.4	—
	113 SPAN	24.0	46.6	26.8	—
	116 SPAN	24.0	52.7	30.7	—
	122 SPAN	24.0	47.7	27.5	—
	130 SPAN	24.0	46.1	26.5	—
	138 SPAN	24.0	49.6	28.7	—
	144 SPAN	24.0	45.6	26.3	—
	150 SPAN	24.0	46.6	26.9	—
	158 SPAN	24.0	54.5	31.8	—
	165 SPAN	24.0	53.2	31.1	—
	172 SPAN	24.0	47.7	27.5	—
	182 SPAN	24.0	45.5	—	26.2
	평균	24.0	—	27.7	26.2

2) 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

대상 시설물에 대한 반발경도 측정치에 따라 각 부재의 콘크리트 강도를 측정하여 설계 기준 및 건전부/비건전부에 대한 피복 콘크리트 품질을 분석한 결과 문수터널(부산)은 b등급, 문수터널(포항)은 a등급으로 평가되었다.

〈표 5.26〉 피복콘크리트 품질평가

부재 그룹명	세부 부재명	설계값대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급		평가 결과
문수터널 (부산)	천단부	116%	112%	a	a	a
문수터널 (포항)	천단부	116%	95%	a	a	a

5.3.4 콘크리트 내구성능 평가 결과

콘크리트 내구성능 평가항목은 열화진전 항목 및 열화환경 항목 2가지를 평가하였다. 다만, 열화환경 평가는 별도로 관리하며, 콘크리트 내구성능 종합등급에 반영하지 않는다.

염화물 침투량, 탄산화 깊이 및 피복 콘크리트의 품질을 통한 내구성능 평가 결과, 문수터널(부산)은 “A”(Xn=0.080), 문수터널(포항)은 “A”(Xn=0.080)로 평가되었다.

〈표 5.27〉 내구성능 등급

구분		세부 부재명 (가중치,%)	항목별 평가 결과				
			염화물 침투량	탄산화 깊이	피복 콘크리트의 품질	부재 등급	비고
문수터널	부산 방향	본선라이닝 (70)	a	a	a	a	0.08
		갱문(30)	a	—	—	a	0.08
	포항 방향	본선라이닝 (70)	a	a	a	a	0.08
		갱문(30)	a	—	—	a	0.08
결합도 지수			•문수터널(부산) : $(0.08 \times 70 + 0.08 \times 30) / 100 = 0.080$ •문수터널(포항) : $(0.08 \times 70 + 0.08 \times 30) / 100 = 0.080$				
등 급			•문수터널(부산) : A •문수터널(포항) : A				

〈표 5.28〉 내구성 환경 등급

구분	열화 환경지표	평가등급	비고
문수터널 (부산)	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A	
	제설재 염화환경	A	
	동해환경	A	
문수터널 (포항)	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A	
	제설재 염화환경	A	
	동해환경	A	