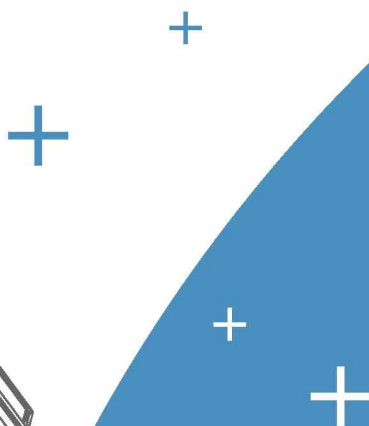


---

# 콘크리트 구조물 내구성 설계 및 시공기준 적용 가이드라인

2023. 3.





# 목 차

제 1 장 개요 .....	1
1.1. 내구성 설계의 필요성 .....	3
1.2. 콘크리트의 성능저하 작용 .....	3
제 2 장 내구성 관련 기준 .....	5
2.1. 기준의 구성 .....	7
2.2. 노출환경 정의 .....	8
2.3. 노출범주와 등급에 따른 요구조건 .....	12
2.3.1. 강도 요구조건(KDS 14 20 40) .....	12
2.3.2. 콘크리트 재료 및 배합 관련 요구사항(KCS 14 20 10) .....	13
2.3.3. 최소 철근 피복두께(KDS 14 20 50) .....	15
2.3.4. 콘크리트 허용 균열폭(KDS 14 20 30) .....	17
제 3 장 적용 .....	19
3.1. 설계 및 시공 절차 .....	21
3.2. 콘크리트 구조물 각 위치별 노출범주 및 등급 적용 방안 .....	22
[부 록] .....	23
1. 강도 요구조건 관련 질의응답 .....	25
2. 노출범주 및 등급 관련 질의응답 .....	27



# 제 1 장

## 개 요



## 제1장 개요

### 1.1. 내구성 설계의 필요성

콘크리트의 내구성은 오랫동안 콘크리트 구조물의 설계와 시공에서 중요한 과제로 다루어져 왔지만 특히 최근 해양 지역이나 제빙화학제(제설염, deicing salt)에 노출되는 지역 등과 같이 열악한 조건에 건설되는 구조물이 늘어나고, 기후변화로 인해 노출환경이 변화되고 있으며, 장수명 건축물에 대한 사회적 요구가 꾸준히 높아지면서 점차 더 주목받고 있다.

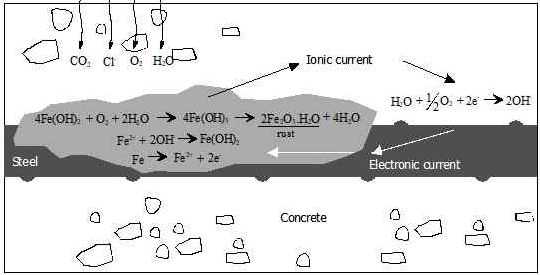
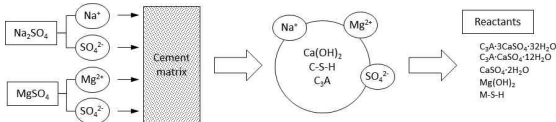
콘크리트 구조물의 내구성 설계는 주어진 주변 환경조건에서 설계 공용기간 동안 안전성을 확보하기 위해 필요한 내구성능을 가지도록 구조물을 설계하는 것을 말한다. 콘크리트는 기본적으로 매우 내구성이 높은 건설재료이지만, 유해한 환경에 노출되면 다양한 물리적 화학적 변화 과정을 거치면서 성능이 저하된다. 이러한 콘크리트의 성능저하를 방지할 수 있도록 구조물을 설계하지 않으면 공용기간 내에 안전을 담보할 수 없게 된다. 그러므로 내구성 설계는 구조설계 못지 않게 중요하게 다루어져야 한다.

### 1.2. 콘크리트의 성능저하 작용

콘크리트 구조물에 영향을 미치는 성능저하 작용으로는 염해나 콘크리트 탄산화에 의한 철근 부식, 동결융해 작용, 황산염해 등 외부 유해물질에 의한 화학적 침식 작용, 알칼리-골재반응 등이 있다.

표 1.2-1에 주요 성능저하 작용의 발생 메커니즘과 그 결과로 나타나는 성능저하에 대해 요약하였다.

표 1.2-1. 콘크리트 주요 성능저하 작용

작용	발생 메커니즘	성능저하
<p>염해 (Chloride attack)</p>	<p>내부 또는 외부 염화물에 의해 철근 부동태피막이 깨지면서 철근 부식을 유발</p>  <p>〈철근부식 반응〉</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철근 단면적 감소, 내력 감소</li> <li>• 연성 감소</li> <li>• 피복 콘크리트 균열, 탈락</li> </ul>
<p>탄산화 (Carbonation)</p>	<p>공기중의 이산화탄소가 콘크리트 내부로 침투하여 수산화칼슘과 같은 시멘트 수화물과 결합  <math>Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O</math>                      탄산칼슘과 물이 생성되면서 콘크리트의 pH가 감소</p>	
<p>동결융해 (Freezing-Thawing)</p>	<p>콘크리트 내부의 수분이 동결과 융해 작용을 반복적으로 받으면서 표층부부터 성능저하가 발생</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 콘크리트 표면 균열 발생</li> <li>• 표층부 박리(scaling) (특히 제설염(제빙화학적제)이 사용되는 부위에서 표층부 박리가 심하게 나타남)</li> <li>• 골재 탈락(pop-out)</li> </ul>
<p>황산염해 (Sulfate attack)</p>	<p>황산염이 시멘트 경화체의 수화생성물과 반응하여 팽창성 물질을 생성</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 반응생성물(ettringite, thaumasite 등)이 팽창을 유발하여 콘크리트의 균열과 박리 발생</li> <li>• CH와 CSH 등 수화생성물이 감소하여 강도 저하</li> </ul>
<p>알칼리-골재 반응 (Alkali-aggregate reaction)</p>	<p>콘크리트 내부의 공극수에 용해되어 있는 알칼리 금속 이온(Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> 등)이 골재 중의 알칼리 반응성 광물과 반응하여 알칼리-실리카겔과 같은 팽창성 물질을 생성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내부 팽창압에 의해 콘크리트 균열, 탈락 발생</li> </ul>



## 제 2 장

### 내구성 관련 기준



## 제2장 내구성 관련 기준

### 2.1. 기준의 구성

콘크리트 구조물의 내구성 확보를 위한 기준은 KDS 14 20 40(콘크리트구조 내구성 설계기준)에서 기본적인 사항을 규정하고, 그 밖의 요구사항을 설계기준 KDS 14 20 50(콘크리트구조 철근상세 설계기준)과 시방서 KCS 14 20 10(일반콘크리트)에서 나누어 규정하고 있다.

KDS 14 20 40과 KCS 14 20 10에서는 우선 노출환경을 일반, 탄산화 환경, 염해 환경, 동결융해 환경, 황산염해 등 5개의 범주로 구분하고, 각 범주별로 노출 수준에 따라 등급을 부여하도록 규정한 다음 등급에 따른 요구사항을 규정하고 있다.

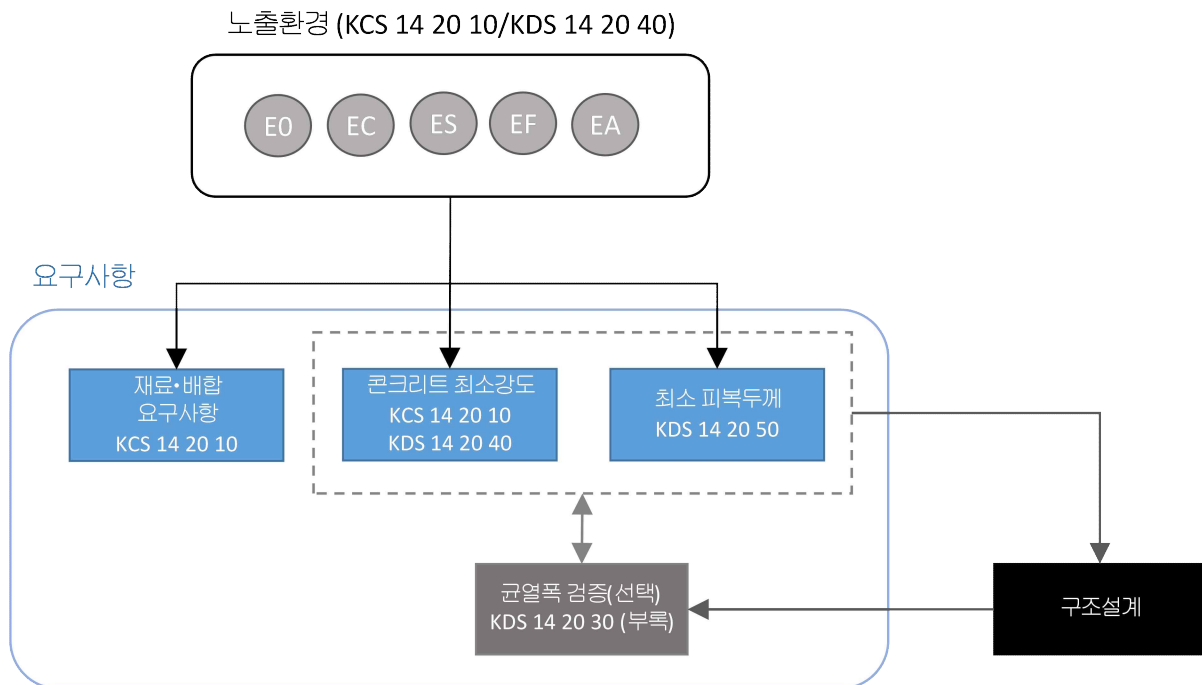


그림 2.1-1. 내구성 관련 기준의 구성

각 노출등급별 요구사항은 콘크리트 강도(KDS 14 20 40 및 KCS 14 20 10), 콘크리트 재료 및 요구사항(KCS 14 20 10), 최소 철근 피복두께(KDS 14 20 50)로 나누어 제시된다. 또한, KDS 14 20 30(콘크리트구조 사용성 설계기준)에서는 부록으로 내구성과 사용성을 고려한 콘크리트 허용 균열폭과 균열의 검증 방법이 제시되어 내구성이 특별히 중요한 구조물에는 설계자가 균열의 검증을 실시할 수 있다(그림 2.1-1 참조).

## 2.2. 노출환경 정의

KDS 14 20 40과 KCS 14 20 10에서는 노출환경의 범주와 각 범주별 등급을 표 2.2-1과 같이 규정하고 있다. 적절한 내구성을 확보하기 위해 내구성에 영향을 미치는 환경조건에 대한 노출범주를 5가지로 분류하고, 각 범주의 노출정도에 따라 등급을 나누어 제시하고 있다. 노출등급 숫자가 커질수록 더 극심한 열화환경에 노출된다는 것을 의미한다.

- **노출범주 일반** : 물리적·화학적 작용에 의한 콘크리트 손상의 우려가 없는 경우, 그리고 철근이나 내부 금속의 부식 위험이 없는 경우가 해당되며 단일 노출등급(E0)으로 정의한다.
- **노출범주 EC** : 탄산화에 의한 철근 부식이 우려되는 노출환경을 규정한다. 4가지의 노출등급으로 나뉜다. EC1은 건조한 콘크리트로 습도가 낮은 건물 내부의 콘크리트가 여기에 해당된다. EC2는 대부분의 기간 동안 습윤상태에 있는 콘크리트로 장기간 물에 노출되는 경우에 해당되며, EC3는 보통 정도의 습도에 노출되는 콘크리트로 탄산화에 의한 철근부식 위험이 비교적 높은 경우이다. 비를 직접 맞지 않는 외부 콘크리트는 보통 정도의 습도(우리나라의 상대습도는 50~85% 범위에 있음)에 노출되므로 EC3에 해당된다고 볼 수 있다. EC4는 건습이 반복되는 환경의 콘크리트로 탄산화에 의한 철근부식 위험이 매우 높은 경우로 분류된다. 항상 습윤상태에 있는 경우(EC2)가 아니라면 비를 맞는 외부 콘크리트는 EC4에 해당한다고 볼 수 있다.

표 2.2-1. 노출 범주 및 등급 (KDS 14 20 40의 표 4.1-1, KCS 14 20 10의 표 1.9-1)

범주	등급	조건	예
일반	E0	물리적, 화학적 작용에 의한 콘크리트 손상의 우려가 없는 경우 철근이나 내부 금속의 부식 위험이 없는 경우	• 공기 중 습도가 매우 낮은 건물 내부의 콘크리트
EC (탄산화)	EC1	건조하거나 수분으로부터 보호되는 또는 영구적으로 습윤한 콘크리트	• 공기 중 습도가 낮은 건물 내부의 콘크리트 • 물에 계속 침지 되어 있는 콘크리트
	EC2	습윤하고 드물게 건조되는 콘크리트로 탄산화의 위험이 보통인 경우	• 장기간 물과 접하는 콘크리트 표면 • 외기에 노출되는 기초
	EC3	보통 정도의 습도에 노출되는 콘크리트로 탄산화 위험이 비교적 높은 경우	• 공기 중 습도가 보통 이상으로 높은 건물 내부의 콘크리트 <sup>1)</sup> • 비를 맞지 않는 외부 콘크리트
	EC4	건습이 반복되는 콘크리트로 매우 높은 탄산화 위험에 노출되는 경우	• EC2 등급에 해당하지 않고, 물과 접하는 콘크리트(예를 들어 비를 맞는 콘크리트 외벽, 난간 등 <sup>2)</sup> )
ES (해양환경, 제빙화학제 등 염화물)	ES1	보통 정도의 습도에서 대기 중의 염화물에 노출되지만 해수 또는 염화물을 함유한 물에 직접 접하지 않는 콘크리트	• 해안가 또는 해안 근처에 있는 구조물 <sup>3)</sup> • 도로 주변에 위치하여 공기중의 제빙화학제에 노출되는 콘크리트
	ES2	습윤하고 드물게 건조되며 염화물에 노출되는	• 수영장

범주	등급	조건	예
		콘크리트	• 염화물을 함유한 공업용수에 노출되는 콘크리트
	ES3	항상 해수에 침지되는 콘크리트	• 해상 교각의 해수 중에 침지되는 부분
	ES4	건습이 반복되면서 해수 또는 염화물에 노출되는 콘크리트	• 해양 환경의 물보라 지역(비말대) 및 간만대에 위치한 콘크리트 • 염화물을 함유한 물보라에 직접 노출되는 교량 부위 <sup>4)</sup> • 도로 포장 • 주차장 <sup>5)</sup>
EF (동결융해)	EF1	간혹 수분과 접촉하나 염화물에 노출되지 않고 동결융해의 반복작용에 노출되는 콘크리트	• 비와 동결에 노출되는 수직 콘크리트 표면
	EF2	간혹 수분과 접촉하고 염화물에 노출되며 동결융해의 반복작용에 노출되는 콘크리트	• 공기 중 제빙화학제와 동결에 노출되는 도로구조물의 수직 콘크리트 표면
	EF3	지속적으로 수분과 접촉하나 염화물에 노출되지 않고 동결융해의 반복작용에 노출되는 콘크리트	• 비와 동결에 노출되는 수평 콘크리트 표면
	EF4	지속적으로 수분과 접촉하고 염화물에 노출되며 동결융해의 반복작용에 노출되는 콘크리트	• 제빙화학제에 노출되는 도로와 교량 바닥판 • 제빙화학제가 포함된 물과 동결에 노출되는 콘크리트 표면 • 동결에 노출되는 물보라 지역(비말대) 및 간만대에 위치한 해양 콘크리트
EA (황산염)	EA1	보통 수준의 황산염이온에 노출되는 콘크리트(표 4.1-2)	• 토양과 지하수에 노출되는 콘크리트 • 해수에 노출되는 콘크리트
	EA2	유해한 수준의 황산염이온에 노출되는 콘크리트(표 4.1-2)	• 토양과 지하수에 노출되는 콘크리트
	EA3	매우 유해한 수준의 황산염이온에 노출되는 콘크리트(표 4.1-2)	• 토양과 지하수에 노출되는 콘크리트 • 하수, 오·폐수에 노출되는 콘크리트

주 1) 중공 구조물의 내부는 노출등급 EC3로 간주할 수 있다. 다만, 외부로부터 물이 침투하거나 노출되어 영향을 받을 수 있는 표면은 EC4로 간주하여야 한다.

2) 비를 맞는 외부 콘크리트라 하더라도 규정에 따라 방수 처리된 표면은 노출등급 EC3로 간주할 수 있다.

3) 비레염분의 영향을 받는 콘크리트로 해양환경의 경우 해안가로부터 거리에 따른 비레염분량은 지역마다 큰 차이가 있으므로 측정결과 등을 바탕으로 한계영향 거리를 정해야 한다. 또한 공기 중의 제빙화학제에 영향을 받는 거리도 지역에 따라 편차가 크게 나타나므로 기존 구조물의 염화물 측정결과 등으로부터 한계 영향 거리를 정하는 것이 바람직하다.

4) 차도로부터수평방향 10m, 수직방향 5m 이내에 있는 모든 콘크리트 노출면은 제빙화학제에 직접 노출되는 것으로 간주해야 한다. 또한 도로로부터 배출되는 물에 노출되기 쉬운 신축이음(expansion joints) 아래에 있는 교각 상부도 제빙화학제에 직접 노출되는 것으로 간주해야 한다.

5) 염화물이 포함된 물에 노출되는 주차장의 바닥, 벽체, 기둥 등에 적용한다.

- **노출범주 ES** : 염화물에 의한 철근 부식을 방지하기 위해 추가적인 방식이 요구되는 철근콘크리트와 프리스트레스트콘크리트에 적용된다. 염화물에 노출되는 정도와 수분 포화도에 따라 4가지의 노출등급으로 세분화된다. 노출등급 ES1은 공기 중의 염화물(비레염분)의 영향을 받는 경우에 해당된다. 해안가 또는 해안 근처에 있어 해풍에 의한 비레염분에 노출되는 구조물이나, 차도변에 위치하여 제빙화학제(제설염)에 의한 비레염분에 노출되는 구조물에 ES1 등급이 적용된

다. 해안가 주변의 육상 지역에서 해안가로부터 거리에 따른 비래염분량은 지역마다 큰 차이가 있으므로 측정결과를 바탕으로 한계영향거리를 정하는 것이 바람직하다. 측정결과에 따르면 우리나라 동해안은 비래염분이 많고, 서·남해안은 상대적으로 적은 것으로 알려져 있으나 국지적으로 그 차이가 크다. 일반적으로 비래염분의 양에 따라 해안선으로부터 대략 100~250m를 한계영향거리로 볼 수 있으나, 이보다 해안선에서 멀리 떨어져 있더라도 삼면이 해풍을 받는 지역은 비래염분의 영향을 받는 지역으로 보는 것이 타당하다. ES2는 해수 이외에 염화물을 함유한 물에 계속 노출되는 콘크리트에 적용된다. 예를 들어, 수영장이나 염분을 함유한 지하수에 노출되는 지하 벽체 등이 이 경우에 해당된다. ES3는 ES2와 유사하나 해수 중에 침지된 경우에 적용된다. ES4는 건습이 반복되면서 해수 또는 염화물이 함유된 물에 노출되는 경우로 철근 부식의 위험이 가장 높은 조건이며 해수 물보라 지역(비말대), 간만대, 제설제가 녹은 물에 직접 노출되는 도로 시설물 등이 해당된다.

- **노출범주 EF** : 수분에 접촉되면서 동결융해의 반복작용에 노출된 외부 콘크리트에 적용된다. 수분과 접촉하는 빈도와 염화물 노출 여부에 따라 4가지의 노출등급으로 나뉜다. 노출등급 EF1은 동결 전 간혹 수분에 접촉된 후 동결융해의 반복작용에 노출된 콘크리트로 흡과 직접적으로 접촉하지 않고 비를 맞을 수 있는 건물 외벽, 보 등의 수직면 등을 들 수 있다. 노출등급 EF2는 EF1과 같이 수분에 간혹 노출되고 동시에 염화물에도 노출되는 콘크리트에 적용되며 공기 중의 제빙화학제가 영향을 줄 수 있는 콘크리트 수직면이 EF2에 해당된다. 노출등급 EF3는 동결 전 지속적으로 수분에 접촉되고 동결융해의 반복작용에 노출된 콘크리트로 물이 고일 수 있는 지붕, 바닥 슬래브 등이 이에 해당된다. 노출등급 EF4는 EF3과 같이 지속적으로 수분과 접하면서 염화물에도 노출되는 경우로 제빙화학제가 녹은 물에 직접 노출되는 도로포장, 교량 바닥판, 도로 인접 구조물 그리고 해수 물보라 지역(비말대)이나 간만대에 건설된 구조물 등이 이 등급에 해당된다. EF4 등급의 환경에서는 salt scaling에 의한 손상의 위험이 높다.
- **노출범주 EA** : 유해한 농도의 수용성 황산염이온을 함유한 물 또는 흡과 접촉하고 있는 콘크리트에 적용된다. 물 속에 용해된 황산염이온의 농도 또는 토양내 수용성 황산염이온 농도에 따라 3가지의 노출등급으로 세분화된다. 표 2.2-2(KDS 14 20 40의 표 4.1-2)에서 노출등급에 따른 황산염이온 농도 범위를 규정하고 있다. 이는 ACI 318의 분류를 준용한 것이다.

표 2.2-2. 수용성 황산염이온 농도에 따른 노출등급 구분 (KDS 14 20 40의 표 4.1-2)

등급	토양 내의 수용성 황산염( $\text{SO}_4^{2-}$ )의 질량비(% <sup>1)</sup> )	물속에 용해된 황산염( $\text{SO}_4^{2-}$ ) (ppm <sup>2</sup> )
EA1	$0.10 \leq \text{SO}_4^{2-} < 0.20$	$150 \leq \text{SO}_4^{2-} < 1,500$ , 해수
EA2	$0.20 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 2.00$	$1,500 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 10,000$
EA3	$\text{SO}_4^{2-} > 2.00$	$\text{SO}_4^{2-} > 10,000$

주 1) 토양 질량에 대한 비로 KS I ISO 11048에 따라 측정하여야 한다.

2) 수용액에 용해된 농도로 ASTM D516 또는 ASTM D4130에 따라 측정하여야 한다.

### 2.3. 노출범주와 등급에 따른 요구조건

#### 2.3.1. 강도 요구조건(KDS 14 20 40)

KDS 14 20 40에서는 콘크리트 구조물의 내구성을 확보하기 위한 콘크리트 최소 설계기준압축강도를 아래 표 2.3-1과 같이 규정하고 있다. 예를 들어, 프리스트레스트콘크리트 부재가 노출 등급 ES3와 EF3에 해당될 경우 철근 부식 방지를 위한 요구조건이 더 엄격하므로 ES3의 조건을 적용하여 최소값은 35MPa를 적용하여야 한다.

표 2.3-1. 내구성 확보를 위한 콘크리트 최소 설계기준압축강도(KDS 14 20 40의 표 4.1-3)

항목	노출등급															
	-	EC				ES				EF				EA		
	E0	EC1	EC2	EC3	EC4	ES1	ES2	ES3	ES4	EF1	EF2	EF3	EF4	EA1	EA2	EA3
최소 설계기준 압축강도 $f_{ck}$ (MPa)	21	21	24	27	30	30	30	35	35	24	27	30	30	27	30	30

또한 KDS 14 20 40(4.1.4(1))에서는 예외 규정으로 아래와 같은 규정을 두고 있다.

“다만, 별도의 내구성 설계를 통해 입증된 경우나 성능이 확인된 별도의 보호 조치를 취하는 경우에는 표 4.1-3에서 규정하는 값보다 낮은 강도를 적용할 수 있다.”

이 규정은 검증된 모델을 이용하여 내구수명을 예측하여 입증하거나, 성능이 확인된 부식방지대책을 적용하는 경우에 요구강도보다 낮은 값을 적용할 수 있도록 허용하는 규정이다.

내구성 설계에 대해서는 KDS 14 20 40의 부록(콘크리트의 내구성 평가)에서 대표적인 모델과 모델 상수를 제시하고 있다. 여기에 제시된 모델을 이용하여 내구수명 평가를 실시하는 경우 이 예외 규정에 따라 피복두께 증가, 고내구성 콘크리트 배합 적용 등을 통해 압축강도를 낮추어 적용할 수 있다.

여기서 말하는 부식방지대책에는 표면코팅 적용, 비부식성 보강재(스테인레스강, 에폭시도막철근 등) 적용, 전기방식 등이 있다. 표면코팅은 일반적인 방수재나 페인트보다는 탄산화 방지나 염화물 침투 방지에 효과가 입증된 것을 의미한다(4장 Q1-1 답변 참조). KS에 적합한 방수재로 규정에 맞게 시행한 경우는 탄산화에 대한 노출등급을 EC4에서 EC3로 낮추어 적용할 수 있도록 하고 있다.



## 2.3.2. 콘크리트 재료 및 배합 관련 요구사항(KCS 14 20 10)

콘크리트 표준시방서 KCS 14 20 10에서는 KDS 14 20 40에서 규정하는 최소 콘크리트 설계기 준압축강도와 함께 물-결합재비, 결합재 종류, 연행공기량, 염화물 함유량 등 콘크리트 재료 및 배합 관련 요구사항을 각 노출범주와 등급에 따라 아래 표 2.3-2와 같이 규정하고 있다.

표 2.3-2. 내구성 확보를 위한 요구조건(KCS 14 20 10의 표 1.9-3)

항목	노출범주 및 등급																
	일반	EC (탄산화)				ES (해양환경, 제설염 등 염화물)				EF (동결융해)				EA (황산염)			
	E0	EC1	EC2	EC3	EC4	ES1	ES2	ES3	ES4	EF1	EF2	EF3	EF4	EA1	EA2	EA3	
내구성 기준압축강도 $f_{cd}$ (MPa)	21	21	24	27	30	30	30	35	35	24	27	30	30	27	30	30	
최대 물- 결합재비 <sup>1)</sup>	-	0.60	0.55	0.50	0.45	0.45	0.45	0.40	0.40	0.55	0.50	0.45	0.45	0.50	0.45	0.45	
최소 단위 결합재량 (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	KCS 14 20 44 (2.2)				-	-	-	-	-	-	-	
최소 공기량(%)	-	-	-	-	-	-				(표 2.2-6)				-	-	-	
수용성 염소 이온량 (결합재 중량비 %) <sup>2)</sup>	무근 콘크리트	-	-				-				-				-		
	철근 콘크리트	1.00	0.30				0.15				0.30				0.30		
	프리스트 레스트 콘크리트	0.06	0.06				0.06				0.06				0.06		
추가 요구조건	-	KDS 14 20 50 (4.3)의 피복두께 규정을 만족할 것.								결합재 종류 및 결합재 중 혼화재 사용비율 제한 (표 2.2-7)				결합재 종류 및 염화칼슘 혼화제 사용 제한 (표 1.9-4)			

주 1) 경량골재 콘크리트에는 적용하지 않음. 실적, 연구성과 등에 의하여 확증이 있을 때는 5% 더한 값으로 할 수 있음.

2) KS F 2715 적용, 재령 28일~42일 사이

표 2.3-3. 내구성으로 정해지는 최소 단위 결합재량(kg/m³)(KCS 14 20 44의 표 2.2-1)

환경구분 \ 굵은 골재의 최대 치수(mm)	20	25	40
물보라 지역, 간만대 및 해양대기중 (노출등급 ES1, ES4) <sup>1)</sup>	340	330	300
해중 (노출등급 ES3) <sup>1)</sup>	310	300	280

주 1) KCS 14 20 10(1.9.2)에 규정된 노출등급 참조

표 2.3-4. 노출범주 EA에 따른 결합재 종류(KCS 14 20 10의 표 1.9-4)

노출등급	결합재의 종류 <sup>1)</sup>	염화칼슘 혼화제 사용유무
EA1	보통 포틀랜드 시멘트(1종)(KS L 5201) + 포졸란 혹은 슬래그 중용열 포틀랜드 시멘트(2종)(KS L 5201) <sup>2)3)</sup> 고로 슬래그 시멘트(KS L 5210) 플라이 애시 시멘트(KS L 5211)	제한 없음
EA2	내항산염 포틀랜드 시멘트(5종)(KS L 5201) <sup>3)</sup> 고로 슬래그 시멘트(KS L 5210) + 플라이 애시	허용하지 않음
EA3	내항산염 포틀랜드 시멘트(5종)(KS L 5201) + 포졸란 또는 슬래그 <sup>4)</sup>	허용하지 않음

- 주 1) ASTM C 1012에 따라 황산염 저항성 시험을 시행하여 최대 팽창율 기준을 만족하는 경우에는 결합재 조합과 다른 조합을 사용할 수 있다.  
 2) 해수에 노출되는 경우에 물-결합재비가 0.4이하 이면 C<sub>3</sub>A 함량이 10%까지인 1종 또는 3종 등 다른 종류의 시멘트를 사용할 수 있다.  
 3) EA1, EA2에 대해서는 1종이나 3종을 허용할 수 있다. 단, EA1은 C<sub>3</sub>A 함량이 8%미만인 경우에 한해 허용한다.  
 4) 5종 시멘트와 함께 사용하여 황산염에 대한 저항을 개선시킨 실적이 있거나 시험에 의해 증명된 포졸란 또는 슬래그

표 2.3-5. 공기연행콘크리트 공기량의 표준값(KCS 14 20 10의 표 2.2-6)

굵은 골재의 최대 치수(mm)	공기량(%)	
	심한 노출 <sup>1)</sup>	일반 노출 <sup>2)</sup>
10	7.5	6.0
15	7.0	5.5
20	6.0	5.0
25	6.0	4.5
40	5.5	4.5

- 주 1) 노출등급 EF2, EF3, EF4  
 2) 노출등급 EF1

표 2.3-6. 제빙화학제<sup>1)</sup>에 노출된 콘크리트 최대 혼화재 비율(KCS 14 20 10의 표 2.2-7)

혼화재의 종류	시멘트와 혼화재 전체에 대한 혼화재의 질량 백분율(%)
KS L 5405에 따르는 플라이 애시 또는 기타 포졸란	25
KS F 2563에 따르는 고로 슬래그 미분말	50
실리카 폼	10
플라이 애시 또는 기타 포졸란, 고로 슬래그 미분말 및 실리카 폼의 합	50 <sup>2)</sup>
플라이 애시 또는 기타 포졸란과 실리카 폼의 합	35 <sup>2)</sup>

주 1) 노출등급 EF4에 해당한다.

2) 플라이 애시 또는 기타 포졸란의 합은 25 % 이하, 실리카 폼은 10 % 이하여야 한다.

### 2.3.3. 최소 철근 피복두께(KDS 14 20 50)

철근 부식의 위험이 높은 노출범주에 대해서는 강도와 재료 및 배합에 관한 요구조건 외에 충분한 피복두께를 확보하는 것이 중요하다. KDS 14 20 50에서는 아래 표 2.3-7과 같이 최소 피복두께를 규정하고 있는데, 여기서 철근의 부식 위험이 높은 ES 범주에 대해서는 피복두께를 더 증가시키도록 규정하고 있다.

표 2.3-7. 철근 최소 피복두께(KDS 14 20 50)

노출 조건 <sup>1)</sup>	부재종류	최소 피복두께(mm)		
		현장치기 콘크리트		프리캐스트 콘크리트
		Non-PSC	PSC	
A	슬래브, 벽체, 장선 <sup>2)</sup>	D35 초과 : 40 D35 이하 : 20	20	D35를 초과하는 철근 및 지름 40 mm를 초과하는 긴장재 : 30 D35 이하의 철근 및 지름 40 mm 이하인 긴장재 : 20 지름 16 mm 이하의 철선 : 15
	보, 기둥	40	주철근 : 40 띠철근, 스테럽, 나선철근 : 30	주철근 : $d_b$ (15 이상, 40 미만) 띠철근, 스테럽, 나선철근 : 10
	헬, 절판부재	20	D19 이상의 철근 : $d_b$ D16 이하의 철근, 지름 16 mm 이하의 철선 : 10	긴장재 : 20 D19 이상의 철근 : $\max(15, 0.5d_b)$ D16 이하의 철근, 지름 16 mm 이하의 철선 : 10
B	벽체, 슬래브, 장선구조 <sup>2)</sup>	D19 이상의 철근 : 50 D16 이하의 철근, 지름 16 mm 이하의 철선 : 40	30	벽체의 경우 D35를 초과하는 철근 및 지름 40 mm를 초과하는 긴장재 : 40 D35 이하의 철근, 지름 40 mm 이하인 긴장재, 지름 16 mm 이하의 철선 : 20 ※ 슬래브, 장선구조는 기타 부재 기준 적용
	기타 부재		40	D35를 초과하는 철근 및 지름 40 mm를 초과하는 긴장재: 50 D19 이상, D35 이하의 철근 및 지름 16mm를 초과하고 지름 40mm 이하인 긴장재 : 40 D16 이하의 철근, 지름 16mm 이하의 철선 및 지름 16mm 이하인 긴장재 : 30
C		75	75	-
D		100	-	-
E <sup>5)</sup>	벽체, 슬래브	50		40
	벽체, 슬래브 외 모든 부재	노출등급 ES1, ES2 : 60 노출등급 ES3 : 70 노출등급 ES4 : 80		50

- 1) 노출조건은 아래와 같다.  
 A : 옥외의 공기나 흠에 접하지 않는 콘크리트  
 B : 흠에 접하거나 옥외의 공기에 직접 노출되는 콘크리트  
 C : 흠에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흠에 묻혀 있는 콘크리트  
 D : 수중에서 치는 콘크리트  
 E : 해수 또는 해수 물보라, 제빙화학제 등 염화물에 노출되어 철근 또는 긴장재의 부식이 우려되는 환경(ES 범주)
- 2) 장선 구조(長線構造, Joist) : 한 방향 또는 두 방향으로 일정 간격이 되게 배치한 보가 그 위의 슬래브와 일체가 되도록 시공하는 구조
- 3) 다발철근의 피복두께는 50mm와 다발철근의 등가지름 중 작은 값 이상이어야 한다. (다만, 흠에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흠에 묻혀 있는 경우는 피복두께를 75mm 이상, 수중에서 콘크리트를 친 경우는 100mm 이상)
- 4) 확대머리 전단 스테드의 피복 두께는 확대머리 전단 스테드가 설치되는 부재의 철근에 요구되는 피복 두께 이상
- 5) 긴장재의 부식이 우려되는 환경(ES 범주)에서는 KDS 14 20 60(4.1.2(3))에 정의된 부분균열등급 또는 완전균열등급의 프리스트레스트콘크리트 부재는 최소 피복 두께를 4.3.2와 4.3.3에서 규정된 최소 피복 두께의 50% 이상 증가시켜야 한다. 다만, 프리스트레스트된 인장영역이 지속하중을 받을 때 압축응력을 유지하고 있는 경우에는 예외로 한다.

### 2.3.4. 콘크리트 허용 균열폭(KDS 14 20 30)

KDS 14 20 30(콘크리트구조 사용성 설계)의 부록에서는 내구성을 고려한 콘크리트 균열폭 허용 값을 표 2.3-8과 표 2.3-9와 같이 규정하고 있다. 이와 함께 균열의 검증 방법이 제시되어 내구성이 특별히 중요한 구조물에는 설계자가 균열의 검증을 실시할 수 있다.

표 2.3-8. 철근콘크리트 구조물의 허용균열폭  $w_a$ (mm)(KDS 14 20 30의 부록 표 4.1-1)

강재의 종류	강재의 부식에 대한 환경조건			
	건조 환경	습윤 환경	부식성 환경	고부식성 환경
철근	0.4 mm와 $0.006c_c$ 중 큰 값	0.3 mm와 $0.005c_c$ 중 큰 값	0.3 mm와 $0.004c_c$ 중 큰 값	0.3 mm와 $0.0035c_c$ 중 큰 값
긴장재	0.2 mm와 $0.005c_c$ 중 큰 값	0.2 mm와 $0.004c_c$ 중 큰 값	-	-

여기서,  $c_c$ 는 최외단 주철근의 표면과 콘크리트 표면 사이의 콘크리트 최소 피복 두께 (mm)

표 2.3-9. 수처리 구조물의 허용균열폭  $w_a$ (mm)(KDS 14 20 30의 부록 표 4.1-2)

구분	힘인장균열	전 단면 인장균열
오염되지 않은 물 <sup>1)</sup>	0.25	0.20
오염된 액체 <sup>2)</sup>	0.20	0.15

주 1) 음용수(상수도) 시설물

2) 오염이 매우 심한 경우 발주자와 협의하여 결정



# 제 3 장

## 적 용

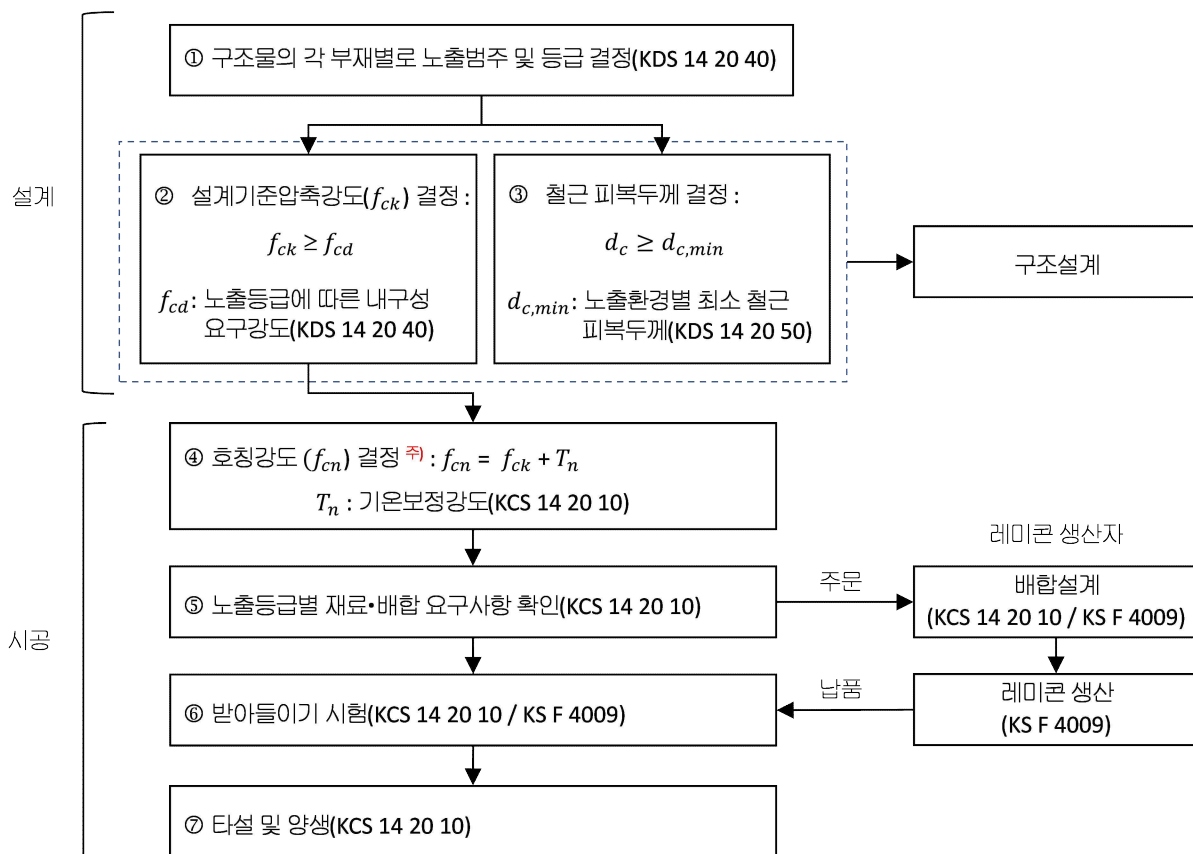




## 제3장 적용

### 3.1. 설계 및 시공 절차

내구성을 고려한 설계와 시공 절차는 아래 그림 3.1-1과 같다.



주) KCS 14 20 10에서는 아래와 같이 품질기준강도를 정의하고 있다.

$$f_{cq} = \max(f_{ck}, f_{cd})$$

호칭강도는 품질기준강도를 기준으로 아래와 같이 결정된다.

$$f_{cn} = f_{cq} + T_n$$

하지만, KDS 14 20 40에 따라  $f_{ck} \geq f_{cd}$  이므로, 항상  $f_{cq} = f_{ck}$  이다.

그림 3.1-1. 내구성을 고려한 설계와 시공 절차

### 3.2. 콘크리트 구조물 각 위치별 노출범주 및 등급 적용 방안

노출 환경을 고려하여 콘크리트 구조물을 구성하는 부재별로 노출범주 및 등급을 적용한 예를 표 3.2-1에 나타냈다. 여기서 부재와 노출조건은 대표적인 예를 기준으로 한 것이고, 실제 부재의 노출 환경에 따라 달라질 수 있음에 유의하여야 한다.

표 3.2-1. 콘크리트 구조물의 부재별 노출범주 및 등급 적용 방안

부재	상세 노출조건	노출등급 <sup>3)</sup>	최소 설계기준압축강도 <sup>3)</sup> (MPa)	
기초 교각, 주탑 외부 기둥(필로티) 외벽	흙에 묻힌 부분	EC2	24	
	흙에 묻힌 부분, 염화물을 포함한 지하수에 노출	EC2, ES2	30	
	흙에 묻힌 부분, 황산염을 포함한 흙 또는 지하수에 노출	EC2, EA1~3	27 또는 30 (EA등급에 따라 다름)	
	외기 노출(습윤)	EC2, EF1	24	
	외기 노출(습윤), 대기중 제설염 영향지역 <sup>1)</sup> 또는 해양 대기중 <sup>2)</sup>	EC2, ES1, EF2	30	
	외기 노출(건습반복)	EC4(EC3), EF1	30(27)	
	외기 노출(건습반복), 대기중 제설염 영향지역 <sup>1)</sup> 또는 해양 대기중 <sup>2)</sup>	EC4(EC3), ES1, EF2	30	
	바닷물에 노출(비말대, 간만대) 또는 제설염이 녹은 물에 직접 노출	EC4(EC3), ES4, EF4, EA1	35	
외부에 노출된 슬래브, 옥상	외기 노출(습윤)	EC2, EF3(EF1)	30(24)	
	외기 노출(습윤), 대기중 제설염 영향지역 <sup>1)</sup> 또는 해양 대기중 <sup>2)</sup>	EC2, ES1, EF4(EF2)	30	
	외기 노출(건습반복)	EC4(EC3), EF3(EF1)	30(27)	
	외기 노출(건습반복), 대기중 제설염 영향지역 <sup>1)</sup> 또는 해양 대기중 <sup>2)</sup>	EC4(EC3), ES1, EF4(EF2)	30	
교량 바닥판	-	ES4, EF4(EF2)	35	
주차장 바닥	-	ES4, EF4(EF2)	35	
수영장	-	ES2	30	
건물 내부	습윤	EC2	24	
	건조	EC1	21	
	항상 습도가 매우 낮게 유지되는 경우(건조실 등)	E0	21	
무근 콘크리트	바닷물에 노출(비말대, 간만대)	EF4, EA1	30	
	외기 노출(습윤 또는 건습반복)	수직면	EF1	24
		수평면	EF3(EF1)	30(24)
	외기 노출(습윤 또는 건습반복), 대기중 제설염 영향지역 <sup>1)</sup> 또는 해양 대기중 <sup>2)</sup>	수직면	EF2	27
수평면		EF4(EF2)	30(27)	

1) 도로(차도) 가장자리로부터 수평 10m, 수직 5m 이내

2) 일반적으로 해안선으로부터 250 m 이내로 볼 수 있으나, 특별히 해풍의 영향이 심한 곳은 최소 1 km 정도까지 영향을 고려해야 할 수 있음

3) ( )안은 방수처리한 경우

## [부 록]



## [부 록]

### 1. 강도 요구조건 관련 질의응답

**Q1-1.** KDS 14 20 40 내구성 설계기준의 4.1.4 내구성 확보를 위한 요구조건 중 "별도의 내구성 설계를 통해 입증된 경우나 성능이 확인된 별도의 보호조치를 취하는 경우에는 표 4.1-3에서 규정하는 값보다 낮은 강도를 적용할 수 있다"의 규정과 관련하여,

- 1) 위의 규정이 설계기준압축강도만을 낮출 수 있는 것인지, 노출등급 자체를 완화할 수 있는 것인지 궁금합니다. 예를들어, ES3 노출등급인 구조에 별도 보호조치를 하는 경우 강도만 35MPa 보다 작은 것을 사용할 수 있는지 아니면 ES3을 ES2 등급으로 낮춰도 되는 것인지? (이 경우 철근최소피복두께가 변경됨)
- 2) KDS 14 20 40 부록의 내구성 평가에서 별도의 내구성 평가나 설계를 위한 항목의 일부인 염해, 탄산화, 동결융해, 화학적 침식, 알칼리골재 반응 실험은 인증된 특별한 기관에서 해야 하는지와 내구성 설계에 대한 입증 여부에 대한 인증은 어디서 받아야 하나요?
- 3) 성능이 확인된 별도의 보호조치에는 어떠한 것들이 포함되나요?

#### 답 변

##### 1)에 대하여

- 노출등급에 따라 목표 내구수명을 확보하기 위해 압축강도만이 아니라 피복두께의 최소값도 규정되어 있으므로 강도와 피복두께를 모두 낮추어 적용하게 되면 목표한 내구수명을 확보할 수 없게 됩니다. 그러므로 이 규정은 강도를 낮출 수 있다는 의미이지, 노출등급을 낮추어 적용할 수 있다는 의미는 아닙니다. 내구성 설계를 실시하는 경우 강도를 낮추는 대신 피복두께를 늘려 목표 내구수명을 확보할 수 있습니다.

##### 2)에 대하여

- 성능저하 촉진실험은 공인시험기관에서 실시해야 합니다. 다만 알칼리골재 반응은 설계 단계에서는 반응성 골재를 배제하도록 하는 것이 원칙이므로 시방서에 골재의 품질규격에 이를 명시하면 충분하다고 판단됩니다.
- KDS 14 20 40 부록 내구성 평가에서는 염해와 탄산화의 경우 기본적인 평가모델을 제시하고 있으므로 설계자가 평가모델을 적용하여 평가할 수 있습니다. 만약 조건에 벗어나거나 불확실한 경우에는 전문학회 등에 소속된 해당 분야 전문가의 검증을 받는 것이 바람직합니다.

### 3)에 대하여

- KDS 14 20 40 부록 내구성 평가에 따라 내구수명을 평가하는 경우 피복두께 증가, 고내구성 콘크리트 배합 적용 등을 통해 강도를 낮게 적용할 수 있고, 이와 별도로 취할 수 있는 보호조치로는 표면보호재 (도료 또는 시트), 비부식성 보강재, 전기방식 등이 있습니다.
- 표면보호재의 경우는 아래 KS 규격에 적합한 재료를 사용하면 강도를 낮추어 적용할 수 있을 것으로 판단됩니다.

KS F 4936 콘크리트 보호용 도막재

KS F 4930 콘크리트 표면 도포용 액상형 흡수방지재

- 이 규격에 해당되지 않는 경우는 공인시험기관의 실험을 거쳐 기준 등급의 강도를 갖는 콘크리트와 동등 이상의 내구성이 있음을 입증하여야 하고, 전문학회 등에 소속된 해당 분야 전문가의 검증을 받는 것이 바람직합니다.
- 다만 이러한 보호조치가 내구수명을 얼마나 연장할 수 있는지, 각 보호조치는 어느 정도의 주기로 교체해야 하는지를 평가하는 것은 설계기준에서 제시하기는 어렵습니다. 기존 실적 등을 참고하여 설계자가 보수 주기를 정해야 합니다.

**Q1-2.** 적용 대상과 관련하여,

- 1) 난간, 파라펫, 비내력벽 등 구조요소가 아닌 부재에 대해서도 내구성 기준을 만족해야 하나요?
- 2) 토목옹벽, 조경시설물 등 건축물 외 구조물에 대해서도 내구성 기준을 만족해야 하나요?

### 답 변

#### 1)에 대하여

- 원칙적으로 모든 콘크리트 구조물에 적용되어야 하나, 건축물의 난간, 파라펫, 비내력벽 등 비구조요소의 경우 구조요소와 동등한 내구성을 확보하도록 할 것인지 아니면 주요 구조요소보다 목표 내구성을 낮추되 주기적으로 보수 또는 교체하도록 할 것인지는 발주자가 결정할 사안이라고 판단됩니다.

#### 2)에 대하여

- 콘크리트 구조설계기준은 원칙적으로 모든 콘크리트 구조물에 적용되어야 합니다.

## 2. 노출범주 및 등급 관련 질의응답

**Q2-1.** 일반적으로 기초는 흙에 묻히고, 지하수위도 형성이 되는데 콘크리트구조 설계기준 해설 KDS 14 20 00 <표4.1-1 노출 범주 및 등급>의 EC2 예의 ‘외기에 노출되는 기초’는 일반적으로 흙에 접하거나 묻히는 기초를 의미하는 것이지요?

### 답 변

- 외기에 노출된 기초는 비와 외부 공기 중의 이산화탄소에 노출되는 기초를 의미합니다. EC 범주의 정의이므로 수분과 이산화탄소에 노출되는 정도가 EC 범주의 노출등급을 규정하게 됩니다.

**Q2-2.** 다세대주택 또는 도시형생활주택일 경우 콘크리트 골조 외부에 외단열(단열재)을 시공후 석재 또는 알루미늄 시트를 마감으로 붙인 경우가 많습니다. 이 경우 노출 범주 및 등급을 EC4가 아닌 EC3(보통 정도의 습도에 노출되는 콘크리트로 탄산화 위험이 비교적 높은 경우)로 적용할 수 있나요?

### 답 변

- 콘크리트 골조 외부에 붙인 외단열재가 비를 비롯한 기타 수분의 침투를 막아주는 역할을 확실하게 할 수 있다면 EC3등급으로 분류할 수 있다고 판단됩니다. 다만, 사용수명이 다하기 전에 단열재가 손상 또는 탈락될 가능성이 있다면 이를 감안하여 단열재의 교체주기를 사용수명보다 짧게 설정하든지, 아니면 EC4 등급을 적용하여 장기적인 내구성 저하에 대비하는 것이 바람직합니다.

**Q2-3.** EC4 등급에 해당하더라도 "규정에 따라 방수처리된 표면은 노출등급 EC3으로 간주할 수 있다." 라고 규정하고 있는데, 방수처리 규정이 무엇인지, 일반도장, 실리콘페인트 등 방수처리에 대한 정확한 규정이 있는지?

**답 변**

- 표 4.1-1 주 2)에서 “비를 맞는 외부 콘크리트라 하더라도 규정에 따라 방수 처리된 표면은 노출등급 EC3로 간주할 수 있다.”라고 규정하여, 노출 등급을 완화하는 방법을 명시하고 있습니다. 이 때 "방수 처리"의 규정은 아래와 같은 방수 관련 KS 규격을 적용할 수 있습니다.

KS F 3211 건설용 도막방수재

KS F 4911 합성고분자계 방수시트

KS F 4922 폴리우레아수지 도막 방수재

KS F 4925 시멘트 액체형 방수제

- 이외에도 교량 바닥판 등과 같이 구조물 형식에 맞도록 발주자가 제시하는 방수 관련 규격도 참고할 수 있습니다.
- 또한 표면 코팅을 적용한 경우에도 방수처리한 경우와 동일하게 간주할 수 있으며, 표면 코팅에 대한 예로 아래와 같은 것들이 있습니다.

KS F 4936 콘크리트 보호용 도막재

KS F 4930 콘크리트 표면 도포용 액상형 흡수방지재



**Q2-4.** KDS 14 20 40 콘크리트 내구성 설계기준 중 ES1 등급에 대한 예에서 "도로 주변에 위치하여 공기중의 제빙화학제에 노출되는 콘크리트"라고 제시하고 있는데, 해안이 아닌 일반 시가지의 차도와 인접하여 신축되는 건축물에도 해당되나요?

**답 변**

- 해양 환경이 아니더라도 제빙화학제를 살포하는 차도로부터 일정 거리 떨어진 콘크리트 노출면은 ES 범주를 적용하여야 합니다. 제빙화학제가 녹은 물이 직접 닿을 수 있는 위치라면 ES4를 적용해야 하며, 제빙화학제가 녹은 물에 직접 노출되지 않는 위치라 하더라도 공기중에 비산된 염화물에 노출될 수 있으므로 차도와 인접한 신축 건축물(수평방향 10m, 수직방향 5m 이내에 있는 모든 콘크리트 노출면)에는 ES1 등급을 적용하여야 합니다.

**Q2-5.** KDS 14 20 40 : 2021 콘크리트 내구성 설계기준에 따르면 공동주택의 주차장은 ES4 등급을 적용하여 35MPa의 콘크리트를 사용해야 하나요?

**답 변**

- 공동주택의 주차장은 제설작업을 위해 직접 제빙화학제(제설염)을 살포할 수 있고, 눈이 직접 내리는 위치가 아니라도 자동차 타이어에 붙은 제설염에 의해 염화물에 빈번하게 노출될 수 있습니다. 따라서 지상이든 지하든 주차장 바닥에는 ES4 등급을 적용하는 것이 바람직합니다.
- 다만 주차장 바닥에 적용하는 차염 성능이 입증된 표면 코팅을 적용하여 염화물의 침투를 차단할 수 있다면(경우) 이보다 낮은 강도를 적용할 수 있습니다. 그러나 이 경우 바닥 코팅재가 공용중 손상되지 않도록 관리될 수 있다는 전제가 있어야 합니다. 따라서 시험 등을 통해 입증하는 것이 중요할 것으로 판단됩니다.

**Q2-6.** KDS 14 20 40 콘크리트 내구성 설계기준에 따르면 ES1 등급으로 해안가 또는 해안 근처에 있는 구조물이라고 예가 제시되어 있습니다. 그러나 해안가 또는 해안 근처가 어디까지인지 기준이 없는 상태이고 비래염분양을 측정하여 정하기는 현실적으로 어렵습니다. 현실적인 적용규칙이 필요할 것으로 판단됩니다.

**답 변**

- KDS 14 20 40 부록 내구성 평가에서는 염해에 대한 내구성 평가모델을 제시하고 있고, 부록의 해설에서 표면염화물량(염소이온농도)을 아래 표 1과 같이 해안선으로부터의 거리에 따라 제시하고 있습니다. 이 값을 적용하여 내구수명을 평가해보면 ES1 등급을 적용할지 E0 등급을 적용할지 판단할 수 있을 것으로 보이고, 평가결과에 따라 낮은 강도를 적용할 수도 있습니다.

**표 1. 콘크리트 표면의 염소이온 농도 ( $C_s$ ,  $\text{kg/m}^3$ )(KDS 14 20 40 부록 해설 표 4.3-1)**

해안환경	간만대	비말대	해안선으로부터의 거리(km) <sup>1)</sup>				
			해안선 근처	0.1	0.25	0.5	1.0
동해안	-	13.0	9.0	6.5	2.5	1.5	1.0
서/남해안	20.0	5.0	2.5	2.0	1.5	-	-

1) 수평방향의 거리가 아닌 연직높이의 영향을 고려할 때는 해발 1m의 차이가 해안선으로부터 거리 25m의 차이와 같다고 간주한다.

- 위 표의 값을 참고하면 비래염분의 영향을 받는 거리는 대체로 동해안은 해안선으로부터 1km, 서남해안은 250m로 적용해도 대부분의 지역은 큰 문제가 없을 것으로 판단되지만, 지역에 따라 국지적으로 그 영향이 매우 다른 경우가 있습니다. 서남해안 중에서도 태안지역과 같이 여러 방향에서 해풍에 노출되는 지역에서는 더 깊은 위치까지 비래염분의 영향을 받는 경우가 있습니다. 따라서, 기존 실측자료(이종석 외, 2010; 민지영, 이종석, 2021; 한국건설기술연구원 교량구조물 스마트 유지관리 플랫폼(BMAPS) 등)를 바탕으로 해당 지역의 특성에 따라 판단할 필요가 있습니다.

**<참고문헌>**

(1) 이종석 외(2010), 우리나라의 비래염분 분포 특성, 한국콘크리트학회논문집, 22(6), 769-776. DOI 10.4334/JKCI.2010.22.6.769

(2) 민지영, 이종석(2021), 서해안 대기 중 비래염분 및 콘크리트 내 염화물 침투량 상관성 분석, 한국콘크리트학회논문집, 33(1), 3-9. DOI : 10.4334/JKCI.2021.33.1.003

(3) 한국건설기술연구원, 교량 구조물 스마트 유지관리 플랫폼 (열화환경서비스), <http://newdeal.bmaps.kr>

**Q2-7.** 노출등급 EF3와 관련하여 건축물 옥상에 방수를 하거나 기와나 징크패널을 시공하면 동결융해 조건에 해당되지 않는다고 보아도 될까요?

**답변**

답변)

- 옥상 방수, 기와나 징크패널 등 옥상 바닥에 적용한 방수재가 건축용 방수재 관련 KS 규격을 만족한다면 수분의 유입이 없는 것으로 보고 동결융해 범주(EF)를 적용하지 않을 수 있습니다. 다만, 방수재, 기와나 징크패널 등의 경계부, 취약부 등으로 수분이 실제 침투할 가능성이 없는지 면밀히 확인할 필요가 있겠고, 여름철과 겨울철에 기온이 급격하게 높거나 낮아지는 경우 방수재나 마감재의 변형으로 갈라짐, 들뜸 등이 발생하지 않도록 충분한 대비가 필요합니다. 이런 상황을 대비하려면 보수적으로 간혹 수분이 침투하는 조건(EF1)을 적용할 것을 추천합니다.

### 국토교통부

성명	소속	성명	소속
유병수	기술혁신과	양성모	기술혁신과
백세영	기술혁신과		

### 집필위원

성명	소속	성명	소속
권성준	한남대학교	장승엽	한국교통대학교

### 국가건설기준센터

성명	소속	성명	소속
김희석	한국건설기술연구원	안준혁	한국건설기술연구원

### 자문위원

성명	소속	성명	소속
이종석	한국건설기술연구원	최윤석	한국건설생활환경시험연구원

# 콘크리트 구조물 내구성 설계 및 시공기준 적용 가이드라인

---

2023년 3월

국토교통부

작성기관 국가건설기준센터  
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)  
☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr  
<http://www.kcsc.re.kr>

---

※ 이 문건의 무단복제 및 배포를 절대 금합니다.