

콘크리트 구조물의 내구성은 구조물을 얼마나 오랫동안 설계시에 고려한 상태에 준하여 안전하게 사용할 수 있는가 하는 것이다. 쉽게 얘기하면, 구조물의 사용가능한 수명이 어느 정도인가 하는 것과 같다.

## 콘크리트 구조물의 내구성설계

현재까지는 구조설계를 수행함에 있어서 주로 고려하는 사항이 앞서 여러 가지로 다룬 내용과 같이 주로 설계하중에 저항하는 방식이었다. 즉, 여러 가지 자연적인 현상에 따라 설정한 하중값(외력)을 가지고 계획된 구조물이 충분한 내력을 가질 수 있도록 하는데 중점을 두었다. 부가적으로 사용환경을 고려한 크기의 제한과 검토는 구조물의 종류에 따라 수행되기도 한다.

콘크리트를 기준으로 볼 때 과거에는 골재여건이 양호하고 대형 구조물이 많지 않으며 건축물의 재산가치에 대한 인식이 그렇게 높지 않았으나 갈수록 골재여건이 불리하고 공사기간이 충분하지 않으며 건축물도 일반 공산품처럼 상품화하고 있다. 이러한 사회환경적 여건하에 내구성설계라는 개념이 등장하였고 최근에는 토목구조물설계에 반영하고 있는 상태가 되었다. 향후 고급 또는 대형건축물에 대해서도 동일한 개념이 도입된 설계가 반영될 것으로 예상되며 서서히 모든 구조물에 대해 적용될 것으로 본다.

아직까지는 건축물에 대해서는 강제적인 적용규정이 없고, 현재까지는 충분한 내력을 확보한 설계를 수행할 경우에는 구조물이 어느 정도의 내구성도 자연스럽게 확보되어 내구성설계검토를 하지 않았다고 해서 내구성이 없는 것으로 아니므로 간단히 소개하는 정도로 다루었다.

### 1. 구조물의 내구성

#### (1) 일반

콘크리트 구조물의 내구성은 구조물을 얼마나 오랫동안 설계시에 고려한 상태에 준하여 안전하게 사용할 수 있는가 하는 것이다. 쉽게 얘기하면, 구조물의 사용가능한 수명이 어느 정도인가 하는 것과 같다.

좀 더 자세한 사항을 고려하면, 콘크리트 구조물의 내구성은 시멘트경화전의 유동상태에 있는 타설시공단계, 시멘트가 수화발열단계에 있는 초기양생기간, 장기간에 걸친 환경작용하에서 여러 가지 외부인자의 콘크리트 내부로의 이동과 관계가 있다. 예를 들면, 재료자체는 내구성을 가지더라도 구조물전체로는 내구성이 부족할 수 있으며 그 반대일 수 있다.

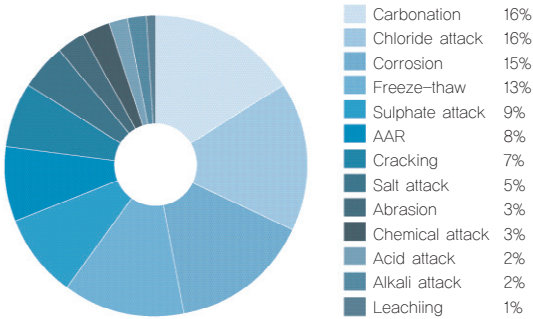
이를 고려하여 내구성 설계는 목표수명의 설정과 여러 가지 열화조건을 고려한 콘크리트 재료의 내구성 검토 및 콘크리트 구조물의 내구성 검토의 과정을 거치게 된다.

#### (2) 열화조건

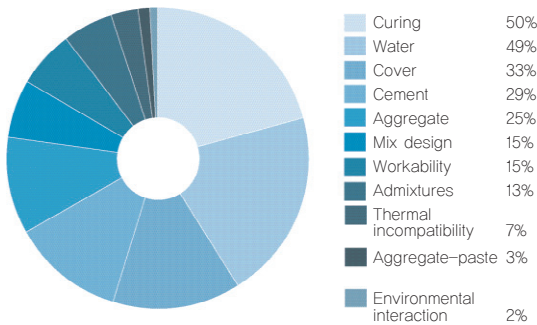
콘크리트가 외부환경에 노출되면, 동결융해, 한서, 건조습윤 등이 작용하는 기상작용을 비롯하여 황산염이나 각종 유해 화학물질에 의한 침식작용, 차량통행이나 물의 이동에 따른 마모작용, 중성화 및 염해에 의한 철근의 부식, 반응성골재와 같은 콘크리

트 구성자재의 영향, 기타 구조물이 사용되는 특수한 환경조건 등이 작용된다. 이 모든 사항이 콘크리트 구조물의 내구성을 저하시키는 열화조건이 된다.

이러한 조건을 모두 설계에 반영할 수 없으므로 이를 분류하여 콘크리트 구조물의 내구성에 가장 영향을 주는 항목으로 중성화, 염해, 동해, 화학적침식, 알카리골재반응(AAR)으로 구분하여 이에 대해 적절한 계수를 이용하여 설계를 수행하게 된다. 이 중에서도 중성화와 염해가 가장 많으며 나머지 부분은 건축물에서는 거의 없는 것으로 본다. 동해의 경우 일반 건물에서는 타설초기 단계에서 쉽게 발생하지만 사용중에는 마감재로 인해 영향이 덜한 편이다. 참고로 내구성에 영향을 미치는 정도를 외국의 사례를 통해 살펴보면 (그림1), (그림2)와 같다.



[그림 1] 내구성에 영향을 미치는 열화형태의 기여도(%)



[그림 2] 내구성에 영향을 미치는 사공·환경 요인(개)

## 2. 구조물의 수명

### (1) 일반

구조물의 수명(내용연수)을 정량적으로 산정하기는 어려운 문제이다. 경제적 수명, 사회적(기능적) 수명, 물리적 수명의 개념이 있으며 기술적인 측면에서는 대부분 물리적 수명을 의미한다. 경제적 수명의 개념에서 참고로 일본법률(일본대장장령 제15호)에 규정된 것 중에서 철근콘크리트 구조물로서 건축물의 수명은 [표 1]과 같다.

[표 1] 건축물의 수명(年)

용도	구조	철골철근콘크리트 구조
		철근콘크리트 구조
사무소, 미술관 등		65
점포, 주택, 기숙사, 숙박업소, 학교, 체육관		60
극장, 연수장, 영화관, 무용장		50
병원		47
발전소, 변전소, 송수신소, 정차장, 차고, 격납고		45
공장 (작업장포함) 차고	현저한 부식성 액체 또는 기체의 직접 또는 전면적으로 받는 경우 및 병동차고	26
	현저한 용해성이 있는 고체를 저장하는 것 현저한 증기의 영향을 직접 전면적으로 받는 것	35
	기타	23 ~ 35
	기타	45

[표 2] 콘크리트 구조물의 목표내구수명(年)

구조물 등급	구조물의 사용	목표 내구수명
내구 1 등급	특별히 높은 내구성이 요구되는 구조물	100
내구 2 등급	일반구조물	65
내구 3 등급	비교적 짧은 내구수명을 갖는 구조물	30

국내에서는 그 동안 잠정적으로 콘크리트 구조물의 내구수명을 50년 정도로 평가하고 있었으나 1999년 지하철 건설본부에서 지하구조물을 대상으로 100년의 내구성 확보기간을 요구하였다. 제정작업중인 콘크리트 표준시방서의 '내구성편'에서 일반적으로 콘크리트 구조물의 목표내구수명은 구조물이 일상적인 유지관리를 제외한 특별한 유지관리없이 내구적 한계상태에 도달하기까지의 기간으로 정하여, [표2]와 같이 구조물의 내구등급에 따라 구조물의 목표내구수명을 정하였다.

## 3. 콘크리트 구조물의 내구성 평가

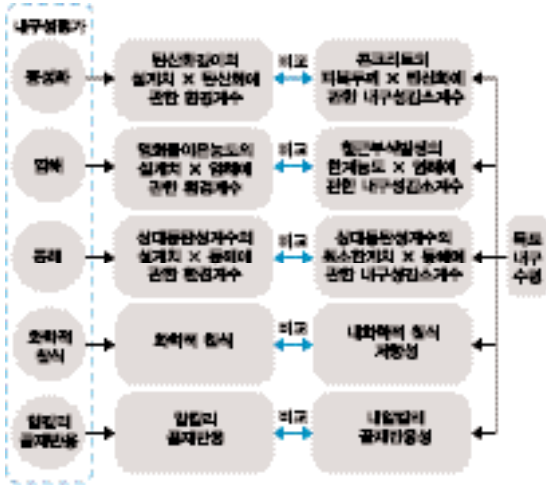
여기서, 설명하는 용어는 다소 생소할 수 있지만, 개념적으로 이해를 하는 정도로만 살펴본다. 검토방법은 구조물 설계법에 적용되는 방식을 선택하여 보유한 내구성능이 열화조건에 따른 요구 성능보다 크도록 하는 방식을 적용하고 있다.

$$[\text{환경계수}] \times [\text{내구성능예측치}]$$

$$\leq [\text{내구성감소계수}] \times [\text{내구성능특성치}]$$

즉, 열화조건에 따른 내구성능예측값에 안전율을 곱한 값이 콘크리트 구조물이 가진 내구성능보다 작아야 한다. 중성화를 예를 들면, 구조물에 적용된 콘크리트 피복두께에 따른 내구성능이 중성화에 의한 피해예측치보다 커야 한다는 점이다. 만일에 부족할 경우 콘크리트 피복두께를 증가하여 내구성능을 확보해야 한다.

[그림 3] 콘크리트 구조물의 내구성 평가 개념도



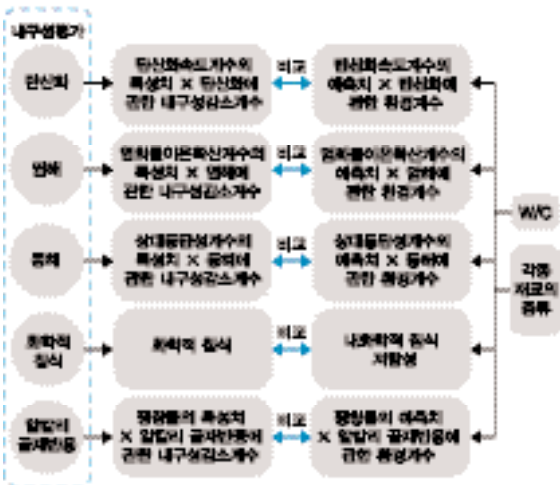
#### 4. 콘크리트의 내구성 평가

검토방법은 상기와 동일하게 보유한 내구성능이 열화조건에 따른 요구성능보다 크도록 하는 방식을 적용하고 있다. 다만, 이 부분은 콘크리트재료 자체에 대한 것이다. 콘크리트 자체가 여러 가지 열화조건에 대해 어느 정도 내구성능이 있는지 평가하는 항목이다.

$$\begin{aligned} & (\text{환경계수}) \times (\text{내구성능예측치}) \\ & \leq (\text{내구성감소계수}) \times (\text{내구성능특성치}) \end{aligned}$$

즉, 열화조건에 따른 내구성능예측값에 안전율을 곱한 값이 사용될 콘크리트가 가진 내구성능보다 작아야 한다. 염해를 예로 들면, 염화물이온의 확산예측값이 사용될 콘크리트재료가 가진 염화물이온확산수치보다 작아야 한다. 만일에 부족할 경우 사용재료나 배합설계를 수정하여, 쉽게 예를 들면 물시멘트비(W/C)를 감소하여 콘크리트 자체의 내구성능을 확보해야 한다.

[그림 4] 콘크리트의 내구성 평가 개념도



#### 5. 초기재령 콘크리트의 균열저항성 검토

콘크리트 구조물의 내구성능과 콘크리트 자체의 내구성능에 대한 평가를 수행하여 피복두께를 증가하거나 물시멘트비를 감소하는 방법 등을 적용하여 내구성능을 확보하는 검토를 수행한 후에는 최종적으로 초기재령의 콘크리트에 대한 균열저항성 검토를 수행해야 한다.

이 부분은 내구성설계에서 열화조건에 대해 충분한 내구성능을 가지는 구조물과 재료로 검토하더라도 이는 초기재령에서의 균열이 없는 상태를 기준으로 한 설계일 뿐이다. 초기재령에서 균열이 다수 발생하게 되면 내구성설계의 의미가 없으므로 초기재령에서 균열을 최소화할 수 있는 방법이나 해석결과를 제시하여 시공시 콘크리트 타설전후의 대책을 수립하는 기본자료가 되도록 한다. 따라서, 내구성설계에서는 문제가 예측되는 부분에 대해서 수화열 해석과 균열발생 가능성을 확인하는 해석을 수행하도록 권고하고 있다.

#### 6. 결론

골재의 부족현상이 갈수록 증가하고 재개발, 재건축 등으로 폐자재가 다양 발생하고 있으며 친환경성을 중시하는 경향으로 사회 환경이 급속도로 변하고 있다. 이제까지 범용적으로 사용하던 콘크리트가 아닌 제품에도 익숙해야 하는 상황이며 일반 콘크리트 또한 각종 혼화재와 약품의 사용으로 끊임없이 변하고 있다. 콘크리트가 단순히 압축강도만으로 평가하는 단계에서 이제는 얼마나 오랫동안 지속하느냐에 대해서도 충분히 관심을 가져야 할 때가 되었다.