

# 구조물 평가기준 개발 제정의 필요성

The Reason for the Development of Assessment Code



김진근\*  
Jin-Keun Kim

## 1. 배경

최근 건설 분야도 연구개발(R&D)에 관심이 커져 건설 회사 뿐만 아니라 정부에서도 연구비를 지원하여 활발하게 연구가 진행되고 있다. 그 중에서 설계기준, 시방서에 대한 새로운 개념 도입과 유지관리에 대한 지침 및 기준 제정에도 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 기준과 시방서는 건설 산업 분야의 기반 요소이며, 그 나라의 건설 기술 수준을 가늠할 수 있는 척도이다. 이는 선진국 중에서도 몇몇 나라만이 자체로 개발한 고유의 설계기준을 갖고 있는 것을 미루어 보아도 알 수 있다.

모든 재료에 대한 구조설계기준이 그러하듯 철근콘크리트 구조설계기준도 1850년 이래 철근과 콘크리트가 건설 재료로서 널리 사용되면서 제정되었다. <그림 1>에서 보듯이 그 당시 영국에서 가장 많은 콘크리트 재료를 사용하였기 때문에 국가 차원에서 구조설계기준을 최초로 제정하였고, 그 후 여러 나라에서도 철근콘크리트 구조물이 많이 건설됨에 따라 자체적으로 구조설계기준을 제정하였다. 반면 우리나라는 1960년 이전까지

는 철근콘크리트 구조물을 건설한 것이 드물었으며, 1960년 이후 철근콘크리트 구조물을 많이 건설하게 되어 1962년 설계기준이 최초로 개발되었다.

1950년 이전에는 철근콘크리트 구조물의 수명이 매우 길 것으로 생각하였기 때문에 내구성 문제나 기존 구조물의 평가 문제에 대하여 큰 관심이 없었다. 그러나 시간이 지남에 따라 구조물이 노후화되는 문제가 야기되어 그 대처 방안으로서 설계를 할 때 내구성을 확보하기 위한 규정을 구조설계기준에 1950년대 이후 포함시키기 시작하였다.

이와 함께 이미 사용 중인 구조물의 성능을 평가하여야 할 필요성도 대두되어 1980년대 이후 기존 구조물의 평가 기법에 대한 논의가 시작되어 지침의 형태로 나타나기 시작하였다. 특히 우리나라의 경우 급속한 사회기반시설물의 건설로 인해 구조물의 부실시공으로 이어져, 90년대 중반 이후, 엄청난 인명 손상, 경제적 손실 및 사회적 충격을 안겨주었다. 이러한 사회적 충격을 거치면서, 기반 시설물의 성능 평가를 위한 평가 기준 개발이 필요하게 되었다.

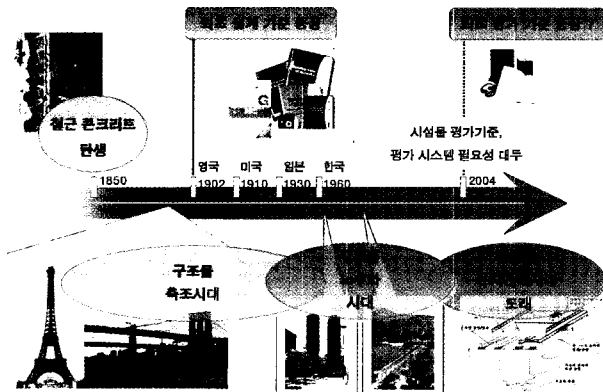


그림 1. 콘크리트 구조물의 발전 및 설계기준의 변천

## 2. 현재의 평가 지침

### 2.1 시설물 현황

우리나라의 사회기반시설물 중에서 “시설물 안전관리에 관한 특별법”의 대상 구조물 현황(2003년) 자료를 정리한 것이 <표 1>이며, 이 <표 1>에서 알 수 있듯이 1종 및 2종 시설물을 합하여 약 29,000여 개의 시설물이 있다. 이러한 사회기반시설물 가운데 교량이 약 5,000개, 터널이 1,000개, 건축물이 2만여개 정도로 시설물의 약 90% 이상을 차지하며, 이들의 대부분이 콘크리트 구조물인 것으로 조사되었고, 이 중 상당수가 과적 하중에 의한 손상 발생과 환경오염 등으로 인한 노후화가 진행되고 있어 안전과 유지관리 문제가 심각한 것으로 조사되었다(<표 2>).

\* 정희원, 한국과학기술원 건설환경공학과 교수  
kimjinkeun@kaist.ac.kr

표 1. 사회기반시설물별 현황(2003년)

합계	종별	소계	도로				철도			건축물						하천	상하수도	옹벽	절토사면
			교량	터널	지하차도	복개구조물	교량	터널	역사	항만	댐	공동주택	일반	다중	지하도상가				
29,421	1종	8,866	1,397	149	1	2	198	474	-	49	50	5,802	376	2	-	263	103	-	-
	(공공)	2,930	1,362	130	1	2	198	474	-	38	50	254	55	-	-	263	103	-	-
	(민간)	5,936	35	19	-	-	-	-	-	11	-	5,548	321	2	-	-	-	-	-
	2종	20,555	3,134	349	19	-	289	28	387	151	15	12,576	576	1,704	3	313	960	24	27
	(공공)	6,701	3,106	347	19	-	289	28	387	141	15	629	75	344	1	313	956	24	27
	(민간)	13,854	28	2	-	-	-	-	-	10	-	11,947	501	1,360	2	-	4	-	-

표 2. 시설물의 안전관리에 관한 특별법 대상 시설물 현황(2003년)

계	종별	안전시설물			취약시설물			
		1종	2종	A급	B급	C급	D급	E급
29,421		8,866	20,555	9,891	14,915	4,474	128	13

※ A급 : 보수·보강이 필요 없는 최상의 상태  
 B급 : 경미한 손상의 양호한 상태  
 C급 : 보조부재가 손상된 보통의 상태  
 D급 : 보수보강이 필요한 상태  
 E급 : 사용금지, 개축이 필요한 상태

표 3. 한국도로공사의 교량 상태등급 구분과 건전도 규정

상태 등급	상태	건전도
A	문제점이 없는 최상의 상태	100
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없는 상태	80
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에는 보수와 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태	60
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태	40
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 중지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	20

표 4. 철근콘크리트 건축물의 손상도 평가 지표 예

손상도	손상 상태
1	미관에 영향을 미치는 레벨
2	방치 가능한 정도의 경미한 레벨
3	국부적인 보수를 필요로 하는 레벨
4	일부 부재에 일상 안전성에 영향을 미치는 열화, 중정도의 보수교환이 필요한 레벨
5	다수의 부재 또는 건축물의 넓은 범위에 걸쳐 보수, 교환을 필요로 하는 레벨
6	구조상 위험한 상태, 사용을 금지하여야 하는 상태

2.2 평가 지침 현황

현재 우리나라는 한국시설안전기술공단에서 13종의 구조물에 대하여 각각 평가지침을 제정하였으며, 그 지침에 따라 시설물을 평가하고 있다. 먼저 우리나라 교량의 상태평가 현황을 살펴 보면, 한국도로공사는 교량에 대한 상태 평가를 <표 3>과 같이 상태 등급에 따른 건전도 지수로 평가하고 있으며, 이렇게 건전도 지수를 규정하는 이유는 목표 건전도 지수를 설정하고 현재 상태의 건전도 지수를 조사하여 확인한 후, 유지관리의 지표로 삼는데 있다. 한편, 건축물의 손상 정도 및 건전도에 대한 평가를 살펴보면, 철근콘크리트 건축물의 경우 <표 4>와 같이 손상 정도를 규정하고, <표 5>와 같이 손상도 평가 지표에 따라 평가하고 있으며, 각 손상도 레벨에서 적절한 보수·보강 조치를 강구하고 있다.

외국의 경우에도 각 구조물에 따라 그 특성에 따른 평가 지

표 5. 철근콘크리트조 건축물 손상도 평가 기준

열화도	평가 기준	
	외관 열화 증상	철근 부식 상황
건전	뚜렷한 열화 증상이 없는 상태	철근 부식 등급은 II 이하
경미	철근에 따라 부식균열은 보이지 않으나 건조수축에 의한 폭 0.3mm 미만 균열, 녹물 흔적 보이는 상태	철근 부식 등급 III의 철근이 있음
중간	철근부식에 의한다고 추정되는 0.5mm 미만의 균열이 보이는 상태	철근 부식 등급 IV의 철근이 있음
심함	철근부식에 의한 폭 0.5mm 이상의 균열, 들뜸, 콘크리트 박락이 있고 철근이 노출되어 있는 상태	철근 부식 등급 V의 철근이 있음 철근 부식 등급 V의 철근은 없으나 대다수 철근 부식 등급이 IV입

침을 제정하여 평가하고 있으며, ISO는 ‘Assessment of Existing Structures’라는 평가 지침을 제시하고 있다. 그러나 아직 어느 나라도 설계기준과 같은 정도의 객관화된 평가 기준은 없는 실정이다.

### 3. 평가 기준의 제정 방향

#### 3.1 설계 기준과 평가 기준의 차이

〈그림 2〉에서 볼 수 있듯이 콘크리트 구조설계기준 등 설계 기준은 좁은 의미의 설계 단계인 구조물의 부재를 설계할 때 사용되는 규정문이며, 콘크리트 표준시방서 등 각종 표준시방서, 전문시방서, 공사시방서 등은 구조물을 시공할 때 사용되는 규정문이다. 이와 같이 설계기준과 시방서는 구조물을 완공할 때까지 적용하는 규정으로서 오래전부터 제정되어 널리 사용하고 있으나, 구조물을 완공한 이후 유지관리에 대한 재규정은 아직까지도 구체적으로 규정되어 있지 않은 경우가 많으며, 제정된 경우에도 지침의 형태가 많다. 그래서 흔히 우리는 기존 구조물을 평가할 때도 설계기준을 따르는 경우가 많은데 새로 건설할 때 사용하는 설계기준과 기존 구조물을 평가할 때 사용하는 평가기준은 달라야 한다.

〈표 6〉에서 볼 수 있듯이 설계기준은 대상 구조물이 현존하지 않기 때문에 모든 입력 자료를 설계도면에 따라 가정하여 사용할 수밖에 없으며 이러한 가정에 의한 불확실한 점을 고려하기 위하여 안전율을 사용한다. 예컨대 설계 단계에서 콘크리트강도는 알 수 없으므로 실제 강도가 아닌 가정된 강도인 설계기준강도를 사용한다.

그러나 평가 기준은 존재하고 있는 구조물을 대상으로 그 성능을 평가할 때 사용하므로 구조물이 처하여 있는 상황을 조사함으로써 모든 입력 자료를 얻을 수 있다. 물론 현실적으로 조사 방법의 한계와 구조물이 놓여있는 주위 현상이 시시각각 변화하기 때문에 정확한 입력값을 얻지 못하는 경우도 많다. 이렇듯 설계할 때와 평가할 때의 여러 상황은 차이가 있으며, 일반적으로 조사를 얼마나 정밀하게 하느냐에 따라 차이가 있지만 평가할 때가 더 정확한 입력값을 구할 수 있다.

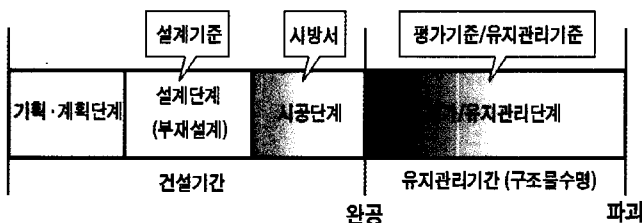


그림 2. 각 기준 단계별 분류

표 6. 설계 기준과 평가 기준의 차이

구조물	신설 구조물	기존 구조물
적용 기준	설계 기준	평가 기준
입력값	가정 값	'계측된' 값
신뢰도 영향인자	설계 기준에 나타나는 모델식의 변수	· 확보한 입력값 · 합리적 평가능력
신뢰도	객관적	주관적

#### 3.2 평가 기준에서 규정하여야 할 항목

기존의 설계 기준은 나라, 대상 구조물, 재료에 따라 약간씩 차이가 있으나, ①충치, ②재료, 재료 및 부재 특성값, ③하중 및 하중조합, ④구조해석 및 단면설계, ⑤한계값 및 특별 사항 등으로 구분되고 있다. 이 때 내구성 문제는 재료와 한계값에서, 안전성과 사용성 문제는 단면 설계에서 주로 다루고 있다. 평가 기준에서 규정하여야 할 조항도 설계 기준에서 규정한 것과 유사하며 각 부분에서 설계 기준과 비교하여 평가 기준에서 강조하여야 할 사항은 다음과 같다.

##### 3.2.1 재료, 재료 및 부재 특성값

설계 기준과 평가 기준의 가장 큰 차이는 재료 부분과 하중 부분일 것으로 보인다. 설계 기준의 경우 사용 재료는 가정에 의한다. 물론 이 때 설계자는 활용 가능한 재료를 선택하여야 하나, 그 외 재료 특성값 및 부재 특성값은 설계 기준에서 규정하고 있는 모델식에 의해 계산된다. 그러나 평가 기준의 경우 평가하고자 하는 구조물에 대하여 직접 조사, 분석하여 평가 입력값을 결정하여야 한다. 따라서 평가 기준은 조사 항목, 조사 방법, 조사 개수, 입력값의 결정 방법 등에 대하여 구체적으로 규정하여야 한다. 이 때 특히 현 상태의 평가뿐만 아니라 잔존 수명 예측 등을 위해서는 재료 특성값의 이력에 대한 예측법에 대해서도 규정하여야 한다.

##### 3.2.2 하중 및 하중 조합

구조물을 설계할 때 하중 및 하중 조합에 대한 것은 일반적으로 하중 기준에서 규정하고 있으며, 설계 기준에서는 규정하지 않고, 일부 설계기준은 하중 조합에 대한 것만 규정하기도 한다. 그러나 기존 구조물을 평가할 때는 지진 하중 등은 설계할 때의 하중 기준 값을 사용할 수도 있으나, 고정하중, 활하중, 토압 등은 조사를 통하여 얻은 값을 근거로 하여 기준값을 설정하는 것이 옳은 방향이다. 이러한 경우에는 재료 부분과 마찬가지로 조사 방법, 조사 회수 및 시기, 조사 위치, 입력값의 결정 방법 등에 대하여 구체적으로 평가기준에서 규정하여야 한다.

### 3.2.3 구조 해석 및 단면 설계

구조 해석에 있어서 해석 방법은 설계할 때와 큰 차이가 있을 수 없으나, 구조 부재의 입력값을 각 부재에 대한 현장 조사 결과와 재하 시험 결과를 이용하여 보다 정확하게 결정할 수 있다. 따라서 이 경우 구조 해석을 위한 부재의 길이, 강성 등 구조부재 특성값을 조사 자료로부터 어떻게 결정할 것인지에 대하여 규정할 필요가 있다. 또 단면 설계에서 각 단면력에 대한 강도 예측식 등은 조사 후 손상이 없는 경우 설계 기준의 모델식을 사용할 수 있으나, 부착과외 등이 일어나 부재의 거동이 다르게 나타날 경우 그에 따른 평가 모델식의 제시가 필요하다. 그러나 이러한 경우 각 손상에 대한 일반적 고려가 어렵기 때문에 구체적 모델식의 제시는 어려울 수도 있다.

### 3.2.4 한계값 및 특별 사항

설계 기준의 경우 피복두께, 철근의 최소·최대 간격 등 한계값이 규정되어 있다. 그러나 평가 기준의 경우 조사에 의해 이러한 값의 확보여부를 검토할 수는 있으나 규정할 수가 없다. 따라서 평가 기준의 경우 이러한 한계값을 확보하지 못한 경우 내구성, 사용성, 안전성 측면에서 검토할 수 있는 방법의 제시와 보수·보강의 필요성과 시기에 대한 제시가 필요하다.

## 4. 맺는말

이제 우리나라에도 선진국 못지않게 많은 콘크리트 구조물이 건설되었으며, 이러한 구조물의 유지관리가 점점 중요한 과제가 되고 있다. 합리적으로 구조물을 유지관리하려면 보다 구체적인 평가기준이 필요하다. 'more evaluation, less intervention' 이라는 말이 있듯이 우리가 구조물을 더 정확히 평가할수록 보수·보강 비용을 줄일 수 있으며, 정확한 평가를 위한 조사, 해석, 분석에 요구되는 비용보다 보수·보강에 소요되는 비용이 훨씬 크다는 것을 이해하여야 한다.

정부도 이와 같은 기존 구조물의 평가기술 개발에 대한 중요성을 이해하여 우리 학회가 주관연구기관으로 사회기반시설물에 대한 평가 기술 개발 연구단을 발족 운영하고 있다. 이 연구단의 중요한 목표 중 하나가 철근콘크리트 구조물의 평가 기준 개발로서, 성공적인 연구 결과가 나온다면 이 분야 발전에 큰 밑거름이 될 것으로 판단된다. □

### 참고문헌

1. 사회기반시설물평가중점연구단, "사회기반 시설물의 성능 평가 통합 시스템 구축", 연구개발 계획서, pp.12 ~ 15.
2. ISO/TC98/SC2/WG6, "Assessment of Existing Structures", 36 pp.

## 도서소개

### 콘크리트 특집도서 시리즈

: 이 시리즈는 그간 각 분야별로 콘크리트학회지 특집기사에 참여한 전문가들의 경험과 축적된 연구 결과 국내외에서 개발된 각종 기술 등에 대하여 체계적이고 깊이 있는 내용을 수록하고 있어 관련분야에 종사하는 실무자들이나 학생들에게 매우 유익한 도서가 될 것이다.

저자 : 한국콘크리트학회, 출판사 : 기문당

- KCI SP1 레미콘 플랜트 설비와 콘크리트 품질  
정가:10,000원(회원:8,000원), ISBN:89-7086-631-0, 총쪽수:139쪽
- KCI SP2 콘크리트의 재활용  
정가:14,000원(회원:11,200원), ISBN:89-7086-632-9, 총쪽수:231쪽
- KCI SP3 유동화 콘크리트  
정가:11,000원(회원:8,800원), ISBN:89-7086-633-7, 총쪽수:174쪽
- KCI SP4 철근콘크리트 구조물의 내화특성  
정가:12,000원(회원:10,000원), ISBN:89-7086-634-5, 총쪽수:205쪽
- KCI SP5 콘크리트 미학  
정가:12,000원(회원:10,000원), ISBN:89-7086-764-3, 총쪽수:183쪽