

# 구조물 안전진단 시스템

최광호 / 연구개발부 과장

**현** 재 건설된 건축 및 토목 구조물의 상당수는 교통량 증가와 환경 영향, 그리고 체계적인 유지관리 미흡 및 인식결여 등으로 심히 노후되고 그 기능이 저하되어 있다. 특히, 최근 잇따라 발생한 대형 붕괴사고로 구조물의 안전진단과 보수·보강 등 유지관리에 대한 관심이 높아진 시점에서, 이들의 내하력 및 내구성의 실질적인 평가에 따른 효과적인 유지관리 방안과 보수·보강 대책 등이 절실히 요구되고 있다. 따라서 구조물에 대해 정기적으로 또는 필요시 적합한 안전진단을 실시함으로써 성능저하과정을 지속적으로 점검해 볼 필요가 있다.

우리회사 연구개발부에서는 회사의 여건 및 상황을 고려한 안전진단시스템 구축업무를 추진하고 있으며, 본고에서는 이 업무에 대한 이해를 돋기 위해 안전진단시스템 개요 및 당사 업무추진방향을 소개하기로 한다.

## 안전진단시스템

### 1. 안전진단 개요

구조물의 안전진단이란 구조물을 장기간에 걸쳐 건전하게 사용하기 위하여 대상 구조물의 내하력 및 내구성을 파악하는 현상조사, 성능저하 원인분석, 안전도 평가, 손상 진행상황의 예측, 보수·보강 여부의 판정 및 대책수립 등을 통하여 향후 유지관리 방안 및 보수·보강을 위한 제반정보를 얻어내는 종합적인 조사방법을 말한다. 시설물의 안전관리에 관한 특별법에 의하면 안전진단

〈표 1〉 시설물의 정의

구 분	1종 시설물	2종 시설물
- 도로 · 교량	- 특수교량(현수교, 사장교, 아치교, 최대경간장 50미터 이상의 교량) - 연장 500미터 이상의 교량	- 연장 100미터 이상의 교량으로 1종시설물에 해당하지 아니하는 교량
	- 연장 1천미터 이상의 터널 - 3차선 이상의 터널	- 고속국도, 일반국도 및 특별시도, 광역시도의 터널로서 1종시설물에 해당하지 아니하는 터널
- 건축물	- 21층 이상의 공동주택 - 공동주택외의 건축물로서 21층 이상 또는 연면적 5만m <sup>2</sup> 이상의 건축물	- 16층 이상 20층 이하의 공동주택 - 1종 시설물에 해당하지 아니하는 공동주택외의 건축물로 16층 이상 또는 연면적 3만m <sup>2</sup> 이상의 건축물
대통령이 정하는 시설물	완공후 10년이 경과된 1종 시설물 (공동주택 제외)	

은 안전점검과 정밀안전진단으로 구분된다. 안전점검은 경험과 기술을 갖춘 자가 육안 또는 점검기구 등에 의하여 검사를 실시함으로써 시설물의 현황조사와 내재되어 있는 위험요인을 조사하는 행위이다. 정밀안전진단은 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해예방 및 안전성 확보 등을 위하여 관리주체가 필요하다고 인정하거나, 대통령이 정하는 시설물에 대하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사 측정, 평가하여 보수, 보강 방법을 제시하는 것을 말한다. 시설물과 대통령이 정하는 시설물은 〈표 1〉에 나타나 있다.

### 2. 정밀안전진단

#### 1). 흐름도

정밀안전진단의 흐름도를 표현하면 〈그림 1〉과 같다. 이 흐름도에서는 안전진단이 단계적으로 실시됨을 나타내고 있으나 전문가의 판단에 의해서 전체 진단을 동시에

행할 수도 있고 필요한 진단만을 선택하여 실시할 수도 있다.

#### ① 1차진단 (예비조사 단계)

구조물의 현황조사와 성능저하 상태를 안전점검과 같이 육안으로 조사하여 2차진단의 방법, 중점 진단내용 등을 제공하는 안전진단의 초기단계이다.

#### ② 2차진단 (물리적, 화학적 검사단계)

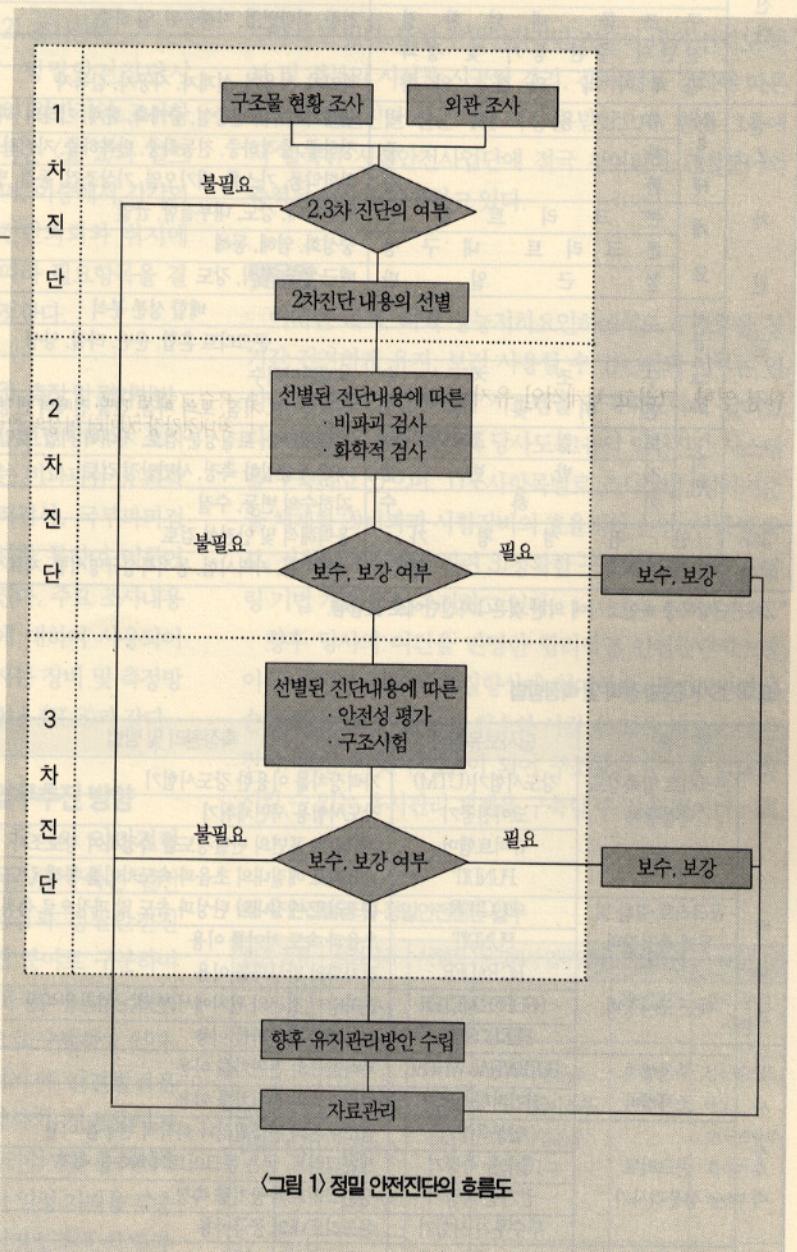
1차진단의 결과를 기초로 중점 진단부위에 대한 구조물의 손상 정도를 각종 검사기구 및 시험장비를 사용하여 파악하는 단계로 1차진단에 의해 조사된 성능저하 현상을 비파괴검사와 화학적 검사를 통하여 상세하게 조사한다.

#### ③ 3차진단(심층분석 및 안전성 평가단계)

구조물의 안전성 평가나 성능저하 현상에 대한 심층분석에 필요한 자료를 얻기 위한 단계로서, 구조해석에 의한 내하력평가, 국부파괴시험에 의한 압축강도 추정, 현장재하시험에 의한 구조물의 처짐, 변형 관찰, 동적특성규명시험에 의한 구조물의 동적특성을 파악한다.

#### ④ 보수 · 보강

구조물의 유지관리 과정에 있어서 보수 · 보강의 목적은 성능저하로 인한 구조물의 사용기능 저하와 재해위험



〈그림 1〉 정밀 안전진단의 흐름도

을 방지하기 위한 것이다. 보수 · 보강 흐름은 〈그림 2〉에 나타나 있듯이, 우선 성능저하의 상황파악과 원인분석을 실시한 후 이에 따른 손상도의 추정과 안전도를 평가하여 이를 기초로 보수 · 보강을 계획, 실시하고 마지막으로 그 효과를 확인한다.

〈표 2〉 진단단계별 조사항목

단계	조사항목	조사내용
1차진단	구조물개요	건물명칭, 소재지, 용도, 준공년, 설계자, 시공자
	구조물규모	층수, 지상층수, 지하층수, 골조구조, 층고, 기초깊이, 기초형식, 기준층의 크기와 형태
	관계도서	설계도서, 설계변경, 보오링 주상도, 시공기록, 시공도, 준공도, 과거의 조사자료, 관계법규
	구조물이력	용도변경, 증개축, 보수의 유무, 피해의 유무, 소정용도와 사용용도변경
	구조물내외환경	진동, 지반변형, 지하수위, 열하중
	진단의 주된동기 및 경과	
	관계자의 의견의향	관리자, 사용자, 설계자, 시공자, 감독자
2차진단	사용상태	사용이력 하중 환경 설비기기류의 신증설, 증개축, 화재, 기타의 피해, 구조물연수, 하중이력 정하중, 충격하중, 진동하중, 반복하중, 지진하중, 열하중
	재료	콘크리트일반 콘크리트내구성 철근일반 표면상태, 강도, 내부결함, 균열 중성화, 염해, 동해 배근상태, 부식, 강도
	시공	배합성분분석 콘크리트 혼합, 운반, 타설, 양생
	구조	구조치수 부재단면치수 변위 및 변형 바닥슬래브처짐, 보의처짐, 건물전체의변형
	지반	토질조사 지반변형 지질도조사, 토질성분검토, 지내력시험, 토압, 수압 지반부동침하측정, 사면안정검토
	3차진단	안전성평가 안전성평가 응력해석 및 안전성검토 재하시험, 가력시험, 동적특성규명시험, 재료시험

\* 2차진단항목중 육안조사에 의한 것은 1차진단에도 포함됨.

〈표 3〉 조사내용별 장비 및 측정방법

분류	당사보유장비	측정원리 및 방법	비고
비파괴검사장비	콘크리트 입축강도 측정장비	강도시험기(UTM)	가력장치를 이용한 강도시험기
		코아천공기	강도시험용 시편채취기
		슈미트햄머	콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여 강도조사
		PUNDIT	콘크리트 매질내의 초음파 속도차이를 통해 강도조사
	콘크리트 결합 및 두께 측정장비	DOCTOR	콘크리트 매질내의 탄성파 속도 및 파장으로 측정
		PUNDIT	초음파 속도 차이를 이용
		RC RADER	전자파의 반사파를 이용
	배근조사장비	PROFER METER	전자장이 철근의 위치에서 변하는 성질을 이용
		FERROSCAN	전자파의 반사파를 이용
			조밀한 배근시 측정이 곤란함. 피복두께, 철근두께 측정가능
	부식상태조사장비	POTENTIAL WHEEL	부식철근의 전위차를 이용
		전기저항측정기	콘크리트의 전위차를 이용
		염분측정기	염소이온의 전극원리나 화학적 반응을 이용
		함수율측정기	생콘크리트, 굳은콘크리트의 함수율 측정
	콘크리트 성분검사장비	공기량측정기	생콘크리트의 공기량 측정
		투수투기시험기	콘크리트내의 공극이용
		용접부위측정기	초음파의 원리 이용
		염색침윤기	화학적 반응의 원리 이용
	계측장비	균열측정기	균열의 진전상태조사
		거리계	음파의 도달시간을 이용
		LEVEL 측정기	레이저를 이용
		경사계	중력의 일방향성 이용

START

## 분석 및 평가 결과의 고찰

- 손상상황, 범위, 원인의 파악
- 열화손상의 추정
- 잔존내용년수의 예측

## 복구의 목적 및 목표의 설정

- 복구목적
  - 내구성
  - 내하력 확보
- 복구목표
  - 완전복구
  - 한정복구
  - 응급처치

## 보수, 보강 공법의 선정

- 보수사례 검토
- 경제성

## 실 시

- 가설
- 시공
- 공정관리
- 품질관리

## 확인

- 검사
- 판정

END

(그림 2) 보수, 보강의 흐름도

나 완공한 시설물의 안전도를 간단한 육안검사를 통하여 1 차적으로 평가하는 것으로 현업부서에서 일정 자격을 갖춘 자가 실시한다. 한편 정밀안전진단은 안전점검에 의해 추가 진단이 필요한 경우나 상황에 따라 정밀안전진단을 하여야 하는 경우에 기술개발본부가 주관이 되어 실시한다.

당사 연구개발부에서는 안전진단시스템 구축을 위해 안전진단반을 운영하고 있으며, 구조물의 안전도를 합리적으로 조사 평가할 수 있는 기술개발과 구조물의 수명을 극대화 시킬 수 있는 과학적인 유지관리 체계 구축 업무를

## 2). 조사항목

정밀안전진단시의 일반적인 조사항목은 <표 2>와 같으며, 이중에서 각각의 진단의뢰와 취지에 따라 필요항목을 결정한다.

## 3). 측정 및 평가방법

진단항목의 조사는 비파괴검사, 화학적검사, 국부파괴검사를 통하여 이루어진다. 주요 조사내용에 대하여 사용되어지는 장비 및 측정방법은 <표 3>과 같다.

## 업무추진 방향

당사의 안전진단 시스템 구축은 안전점검과 정밀안전진단 분야로 구분하여 <표 4>와 같은 방법으로 수행하고 있다.

여기서 안전점검은 당사가 시공중이거나

수행하고 있다. 또한 정밀안전진단 기술의 대외 신뢰도 확보 및 정부의 시설물 시공의 감리, 감독 업무 강화에 따른 대비로 안전진단 전문기관 지정을 받았으며, 현재 그룹에서 발족된 시설안전사업단에 적극 참여하여 건설분야의 축적된 기술을 제공하고 있다.

## 맺음말

어떠한 내적, 외적 성능저하요인하에서도 구조물을 장기간 전전하게 유지, 보전 사용할 수 있는지 여부는 얼마나 효율적인 안전진단 시스템을 구축하느냐에 달려있다. 이러한 필요성 때문에 당사도 고유의 안전진단 시스템을 구축하고 있으며, 1)조사항목별로 조사방법, 평가기준을 체계화 2)비파괴 시험장비의 효율적인 운영, 신뢰성 확보, 정확도 향상방안 마련 3)정확한 구조해석을 위한 모델링 기법 개발 등을 추진하고 있다.

향후 당사의 여건을 반영한 합리적인 안전진단시스템이 구축되면 현장의 품질향상에 기여하고, 공기지연이나 손해배상에 따른 손실을 최소화 시킬 수 있을 것으로 여겨진다. 또한 이것이 기반이 되어 구조물의 수명을 극대화 시킬 수 있는 유지관리 체계를 구축할 수 있을 것이다. S

(표 4) 안전점검 및 정밀안전진단 업무

점검 종류	점검시기	시행자	우리회사 업무담당	시행방법	비고
안전 점검	일상 점검	관리 주체	4회/1년		육안점검 관리주체 시행
	정기 점검		- 건축 · 1회/3년 - 교량 · 1회/1년 - 터널 · 1회/2년	- 건축사업본부 · 고객서비스부 - 토목사업본부 · 토목 1부	육안 점검 - 점검리스트 작성 · 연구개발부 · 특수기술 개발부
	긴급 점검		수식	상동	육안 점검
정밀안전 진단		관리 주체	- 기술개발본부 · 연구개발부 · 특수기술개발부	비파괴 검사	건축기술 개발부 지원

\* 안전점검은 하자보증기간에 한하여 우리회사가 시행, 하자보증기간 이후는 관리주체가 시행