

특 집

비파괴시험법에 의한 R/C구조물의 평가

콘크리트 구조물의 내구성 진단과 평가방법

Investigation and Estimating Methods for Durability of Concrete Structure



정 광 량*

1. 콘크리트 구조물의 내구성 진단

1.1 내구성 진단에 대하여

콘크리트 구조물의 내구성이 사회적 문제로 대두된 것은 극히 최근의 일이다. 포틀랜드 시멘트 150여년, 철근 콘크리트 100여년의 역사에서 “콘크리트 구조물은 내구적이며, 유지관리가 필요없고 반영구적이다.”라는 상식은 이제 반성해야 할 단계에 이르렀다. 인간과 마찬가지로 콘크리트 구조물도 수명이 있으며 병을 앓게 된다. 병에 걸려 있다고 하면 병의 원인을 진단하고 즉각 병을 고치고 건강관리 및 장수를 위한 대책을 세우지 않으면 안된다. 이러한 의미에서 콘크리트 구조물이 기하급수적으로 늘어나고 있는 현 시점에서 내구성진단기술의 확보는 중요한 과제라 할 수 있다. 본문은 내구성진단과 평가방법에 대하여 국내외 문헌 및 그간의 현장경험을 중심으로하여 실용적으로 응용할 수 있는 기법의 소개에 초점을 두었다.

1.2 내구성진단을 필요로 하는 배경

우리나라에서 콘크리트 구조물의 성능저하 현상이 두드러지게 나타난 것은 최근 수 년간의 일이다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 콘크리트 구조물은 원래 70년에서 100년 정도는 사용상 지장이 없는 것으로 되어 있다. 그러나 소재 자체에 결함이 있거나, 설계대로 시공이 행하여 지지 않았을 경우, 성능저하는 급속히 진행하고, 빠른 경우는 단지 수 년만에 보수 불능상태가 되어 버린다는 사실이 실증되고 있다.

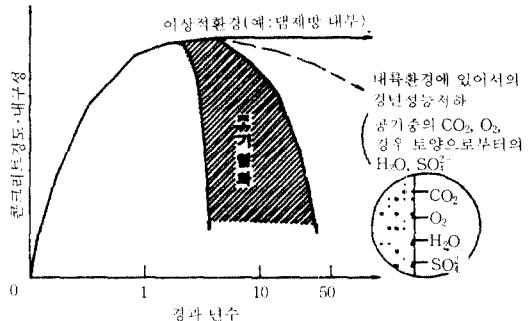


그림 1 콘크리트 구조물의 수명과 조기성능저하

* 정희원, (주)동양구조 소장, 건축구조 기술사

콘크리트 구조물이 10년이나 20년 안에 외관상이상이 인정될 만큼 성능저하가 일어나는 것은, 구조물의 건설시부터 어떤 형태로든지 결함을 내장하고 있기 때문이다. 예를 들면, 허용치를 넘는 염화물을 포함하고 있는 해사나 혼화제, 알카리량이 많은 시멘트, 반응성광물을 다량으로 포함한 골재, 공극이 많은 시멘트 경화체 조직, 시공불량에 의한 구조체 내의 공동화나 피복두께 부족등 많은 원인을 들 수 있다.

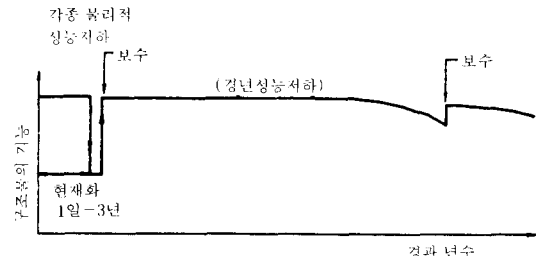
콘크리트 구조물이 내부결함에 의해 성능저하가 진행되는 경우, 외부로부터 이상을 발견하게 되는 것은 특별한 경우를 빼고 10년에서 15년 정도 걸리게 된다. 이 시점에 있어서 문제가 되는 것은, 성능저하가 이미 손쓸수 없는 상태로 진행되어 버린다는 것이다. 즉, 응급처치로 보수·보강을 행해도 성능저하 진행을 막는 일이 불가능하게 되어버린다(그림 2). 이러한 사실은 지금까지 국내외에 있어서 염해나 중성화에 의해 성능저하한 콘크리트 구조물의 보수상황을 보면 확연히 알 수 있다. 보수·보강을 반복하고, 막대한 유지비를 투입하여 구조물의 수명을 연명해 가지만 적절한 시점에서 부쉬내고 새롭게 신축해야한다는 결단을 내려야 하는 것이다. 이러한 문제는 교량등 공공 구조물의 경우뿐만 아니라 아파트, 오피스텔, 백화점과 같은 개인 재산인 경우에도 심각한 문제라 아니할 수 없다. 이러한 배경에서, 콘크리트 구조물의 내구성 진단에 대한 필요성이 크게 대두된 것이다. 즉, 외관상은 커다란 손상을 입은것 같이 보이지 않더라도, 콘크리트 구조물에 어떤 결함이 존재하는지를 검토하고, 그 결과에 따라 구조물의 보전 및 안전에 관한 가능한 한의 적절한 조치를 취해야 한다는 것이다.

2. 콘크리트의 결함 진단(균열폭, 균열깊이, 공극)

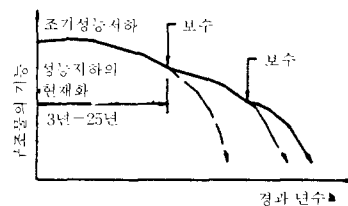
콘크리트 내부결함을 측정하는 방법으로는 주로 초음파법이 사용된다. 초음파법은, 20kHz이상의 초음파를 콘크리트 내부에 방사하고, 전파시간 t 로부터 얻어지는 전파속도 $V_c (=L/t, L: 전파거리, 일반적으로 음속이라고 부른다)$ 에 의해

판정하는 방법으로서 공시체, 구조물의 종류에 관계없이 10-20m 구간으로부터 수cm의 작은 부분에까지 적용할 수 있다. 초음파에는 횡파, 표면파 등도 있지만 이들은 판별하기 어려운 점도 있고 해서 현재로서는 사용되는 일이 드물다. 음속은 균열, 공극등이 존재하면 외견상 느껴지기 때문에 표면균열의 깊이등의 내부결함을 탐사할 수 있다. 전파시간의 측정정도는 일반적으로 $\pm 2\%$ 이하이며, 시간과 거리를 고려한 음속의 측정정도는 일반적으로 $\pm 3\%$ 가 요구된다. 이러한 수치는 다른 비파괴시험방법에서는 볼 수 없는 높은 정밀도의 시험방법이다.

구체적인 검사방법에 대해서는 한국콘크리트학회 발행의 『콘크리트 구조물의 비파괴 검사 및 안전진단』 속에 자세히 소개되어 있으므로, 여기서는 생략하기로 하겠다.



(a) 통상의 콘크리트 구조물



(b) 조기성능저하를 일으킨 콘크리트 구조물

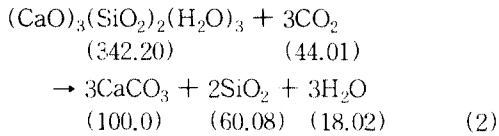
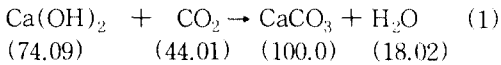
그림 2 조기성능저하를 일으킨 콘크리트 구조물과 보수

3. 중성화 조사

3.1 중성화의 원리와 중요성

철근콘크리트 구조물의 수명에 관해서는, 현재 콘크리트의 탄산화설이 지배적이다. 일반적으로 보통 포트랜드 시멘트로 콘크리트를 타설하면, 시

멘트의 수화 생성물인 수산화 칼슘 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 는 시멘트량의 1/3에 달하며 이 때의 pH는 12-13 정도의 강 알칼리성을 나타내게 된다. 한편, 대기중에는 약산성의 탄산가스가 0.03% 포함되어 있다. 따라서, 콘크리트의 표면은 심부를 향하여 대기중의 탄산가스 CO_2 와 반응하여 탄산칼슘 CaCO_3 로 생성되어간다. 이때, 탄산칼슘으로 된 부분의 pH가 8.5-10정도 되기 때문에 중성화라 부르고 있다. 한편, 시멘트의 수화작용에 의해 생성된 수산화 칼슘이외의 광물질도 탄산가스와 반응하여 식(2)와 같이 탄산칼슘을 생성하게 된다. 이러한 반응은 탄산화(carbonation)작용으로서, 광의 중성화 속에 포함된다.



콘크리트의 중성화는, 표면으로부터 내부를 향하여 진행해 간다. 그리고 식(1), 식(2)에서 밝혀져 있는 바와 같이, 콘크리트는 탄산가스가 반응한 양만큼 중량이 무거워지고, 치밀하게 되어간다. 또한, 중성화에 따라서 아주 미세한 균열이 약간 발생하는데, 문제가 될 정도는 아니다. 따라서, 콘크리트 자체에 있어서는 중성화에 의해 직접적인 물리적 성능저하가 진행된다고 말할 수 없다. 중성화에 의해서 문제가 되는 것은, 콘크리트 자체가 아니고, 콘크리트 속의 철근이 부식되기 때문이다. 강재는 대기중에서 곧바로 부식되어간다. 그러나 중성화되어 있지 않은 콘크리트 속에서는 안정되어 있다. 이러한 사실은, 그림 3에 나타낸 바와 같이 pH와 강재와의 상태관계에서 명백하다. pH가 11이상에서는 강재표면에 부동태(不動態)를 형성하고 산소가 존재해도 발청하지 않게 된다. 그러나, 중성화에 의해 pH가 11보다 작게 되면 철근은 발청하고, 발청에 의해 녹의 진행과 더불어 팽창압에 의해 콘크리트에 균열이 발생하게 되어 바리, 박락을 초래하게 되는 것이다. 따라

서 콘크리트 중성화는 철근부식이라고 하는 관점에서 보면, 내구성면에서 대단히 중요한 요인인 것이다.

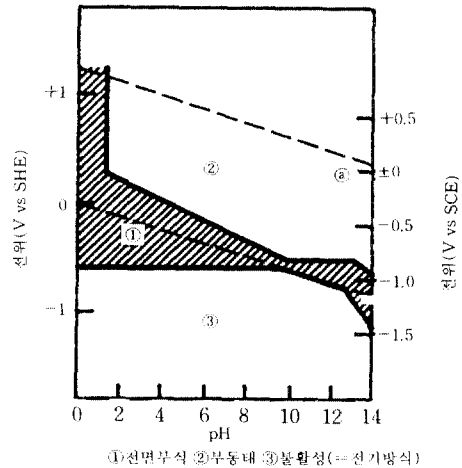


그림 3 강재의 전위 pH도
(Cl^- 을 포함하지 않을 경우)

3.2 중성화의 측정방법

중성화 깊이를 정확히 측정하는 작업은, 콘크리트 구조물의 성능저하 정도를 파악하기 위해서는 반드시 필요하다. 간편히 사용되고 있는 페놀프탈레인법인 경우에도 측정방법에 따라서 커다란 오차가 생길 수 있다. 중성화 측정에는 다음과 같은 방법이 있다. 이들 측정방법에 대해서는 참고문헌 1을 참고하기 바란다.

- ① 페놀프탈레인 법
- ② 시차열 중량분석에 의한 방법
- ③ X선 굴절에 의한 측정법
- ④ 진기화학적 방법
- ⑤ X선 마이크로 분석기에 의한 방법
- ⑥ 중성화 촉진시험

4. 철근 부식조사

4.1 부식원인

철근의 부식원인에는 많은 종류가 있으나, 대별

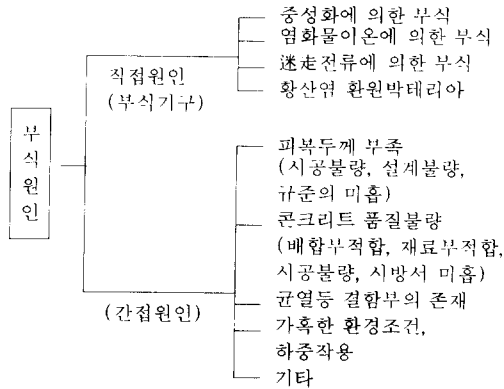


그림 4 부식원인의 분류

하면, 중성화에 의한 부동태(不動態)의 상실 및 염화물이온에 의한 부동태의 파괴등의 부식기구에 직접 관여하는 직접 원인과, 피복두께의 부족 및 콘크리트의 품질 불량등으로 인한 간접 원인이 있다. (그림 4).

4.1.1 직접 원인에 대하여

1) 중성화에 의한 부식

중성화에 의한 부식은 페놀프탈레인 법에 의해 중성화깊이를 측정하므로써 판정할 수가 있다. 페놀프탈레인은 pH 9-10 이상에서 적색을 띠게 되는 지시약이다.

콘크리트내의 중성화 상태의 pH는 9-10이하가 되며, 강재의 표면에 안정된 부동태(不動態)가 존재하는 것은, pH가 11.5이상의 영역이다. 따라서, 페놀프탈레인법으로 조사한 중성화 영역에서는, 강재의 표면에 부동태막(不動態膜)이 안정된 상태로 존재할 수가 없다. 즉, 중성화 깊이가 철근 위치에 달려 있는 경우나, 철근위치보다 상부에 달려 있을 경우의 철근 부식의 원인은, 통상 콘크리트의 중성화에 의한 것으로 판단해도 좋다.

2) 염화물 이온에 의한 부식

염화물 이온에 의한 부식은, 염화물 이온 침입 깊이 및 염화물 이온 농도분포에 의해 판정할 수가 있다. 철근위치의 염화물 이온량이 경계치 이상이면 중성화가 철근위치까지 달한 상태가 아니라면, 부식의 직접원인은 염화물 부식이라고 판정해

도 좋다. 철근의 부식이 진행되는 염화물 이온의 경계치값을 정확히 결정하는 것은 어려우나 경험적으로 Cl^- 가 시멘트량의 약 4%가 되는 값을 경계치로 취하고 있다.

3) 미주(迷走)전류에 의한 부식(電食)

미주전류라 하는 것은, 의도된 전기회로 이외의 경로를 흐르는 전류를 말한다. 미주전류가 콘크리트속으로 흘러들어 철근속을 달리게 되면, 유입부에서는 환원반응이 일어나고 유출부에는 산화반응이 일어나게 되어, 철근이 산화되어 부식하게 된다. 철근부식이 미주전류에 의한 것임을 판정하기 위해서는 콘크리트의 전위차 및 부식부의 철근 전위를 측정할 필요가 있다.

4) 유산염(硫酸鹽) 환원 박테리아에 의한 부식

유산염 환원 박테리아에 의한 부식은 콘크리트로 제작된 석유화학공장에서 실례가 알려져 있다. 이 박테리아는, 혐기성 박테리아로서, 용존산소가 적은 토양중이나 해수중에 존재하면서, 유산염을 유화물로 환원시키는 작용을 하는데, 이 반응이 강재의 부식반응에 있어서 환원반응을 일으켜 부식을 가져온다고 알려져 있다.

4.1.2 간접원인에 대하여

1) 피복두께의 부족

피복두께의 부족은, 철근 부식에 있어서 가장 현저하게 나타나는 간접적인 부식원인이다. 피복두께가 충분하지 않으면 철근위치까지 탄산가스가 투과되어 콘크리트의 중성화 속도를 빠르게 한다. 염화물 이온이 침투하여, 철근표면의 부동태(不動態)를 파괴하기까지의 시간도 짧게 된다. 더구나, 일단 철근의 부식이 시작되면, 균열과 박리 발생이 용이하게 된다.

피복두께 부족원인으로서의 다음의 3가지를 들 수 있다.

- ① 시공불량으로 해서 설계대로 피복두께가 확보되지 않는 경우
- ② 설계시, 배근상세검토가 불충분해서 피복두께 확보가 불가능한 경우
- ③ 설계에 설정된 피복두께 자체가 부식방지방

불충분한 경우

2) 콘크리트의 품질불량

적절하지 않은 재료의 사용, 배·조합의 선정, 양생등에 의해 콘크리트의 품질이 충분하지 않으면 철근의 부식을 초래하는 경우가 많다. 시멘트 종류의 선정은 부식이라는 면에서, 콘크리트의 품질여부에 영향을 미치는 경우가 있다. 예를 들면, Mass Concrete의 수화열을 억제할 목적으로 플라이 애쉬 시멘트를 사용한 경우가 있는데 중성화 속도를 나타내는 아래의 白山式 및 표 1을 보면, 시멘트 종류를 나타내는 계수 β 에 의해 플라이 애쉬 시멘트를 사용한 경우는 포트란트 보통 시멘트에 비교하면 $1/0.33=3.33$ 배 정도 중성화 속도가 빠르다는 것을 알 수 있다. 이러한 사실은 플라이 애쉬 시멘트로 구축되는 구조물인 경우, 철근 부식을 방지하는 차원에서 내구성 확보를 위하여 피복두께를 두껍게 하든가 등의 조치를 취해야 할 것으로 사료된다.

$$t = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \epsilon \cdot \frac{5000 C^2}{(x-38)^2} \quad (3)$$

여기에서,

t : C 까지 중성화되는 시간

x : 물시멘트 비(%)

C : 중성화 깊이(cm)

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$: 골재, 혼화제, 시멘트, 시공정도, 마감재, 실내외에 따른 계수(분헌 9 참조)

표 1 시멘트에 의한 계수 β

시멘트류	보통 포트란트	조강멘트	고로시멘트			플시라멘트 에 B 위 중	실시리멘트 카트 B 중
			A종	B종	C종		
β	1	1.6	1.6	0.5	0.3	0.3	0.3

그림 5는 물시멘트 비와 중성화 속도의 관계를 물 시멘트비 60%의 콘크리트의 중성화 속도에 대한 비율로 표시한 것이다. 물 시멘트비가 크게 되면 중성화 속도도 빠르게 된다는 점, 특히 물 시멘트비가 60%를 넘으면 중성화 속도의 증가 경향이 크게 된다는 것을 알 수 있다.

3) 균열등 결합부의 존재

피복 콘크리트는 철근의 부동태화(不動態化)를 유지하여 高 pH환경을 형성함과 동시에, 부동태(不動態)의 파괴를 일으키는 탄산가스 및 염화이온의 침입을 억제하는 중요한 역할을 한다. 따라서, 피복 콘크리트에 발생하는 균열, 이어치기부, Cold Joint, 곰보 등의 결합부는 이러한 물질의 침입을 용이하게 하여 철근의 부식을 빠르게 하게 된다. 각국의 기준의 대부분은, 이러한 관점에서, 철근의 부식을 방지할 목적으로 균열폭을 규제하고 있다.

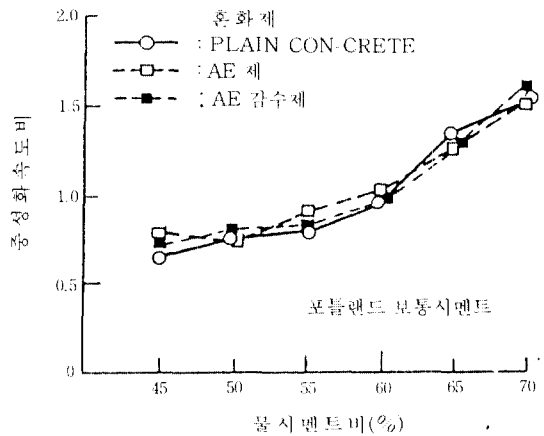


그림 5 중성화속도와 물시멘트비와의 관계

4) 가혹한 환경작용, 하중작용

해안지대에 근접한 콘크리트 구조물은, 바다로부터 염분입자가 날아들어와 염화물 이온이 침투된다. 따라서 이러한 지역의 콘크리트 구조물은 해양환경하의 구조물에 준한 설계를 행해 철근부식을 피할 수 있도록 해야한다. 이러한 사실을 준수하지 않고 건설되는 구조물은 지극히 가혹한 환경작용하에 노출되었다고 말할 수 있을 것이다.

지진, 바람 등에 의한 하중이 설계하중을 넘어 구조물에 작용되는 경우가 있는데, 이러한 경우에 소성변형이 생기고, 균열폭이 크게 된다면 이부분의 철근은 부식되기 쉽다. 설계하중을 상회하는 하중이 작용하여 부재가 소성변형되고 그부분으로부터 철근부식에 의한 손상이 발생하게 되면, 이러한 경우의 철근부식의 간접원인은 가혹한 하중작용에 의한 것으로 볼 수 있을 것이다. 구조물의 소성변형에 따른 균열의 발생을 인정하는 설계

법을 채용한다해도, 하중작용후에는 보수등의 유지관리를 통하여 대응할 필요가 있다.

4.2 철근부식도의 조사방법

콘크리트를 잘라내고 철근을 노출시킨 상태에서 부식도의 조사에는 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 육안에 의한 부식도의 분류 및 외관 관찰
- ② 부식면적율의 측정
- ③ 부식량의 측정
- ④ 철근의 역학적 성질의 측정
- ⑤ 녹의 성분 분석

구조물의 조사에서는, ①의 방법에 의해 부식도의 분류 및 외관 관찰을 하고, 사진으로 기록하는 경우가 많다. ②-⑤의 조사는 필요에 따라 실시된다. 육안에 의한 부식도의 판별은 표4와 같은 방법을 많이 사용한다. 철근표면의 부식면적율의 측정, 실험실에서 부식도 평가에 주로 이용되는데 실제의 구조물의 경우에도 조사부위의 면적이 한정되어 있으면 적용가능하다. 이 방법은 기본적으로 부식부를 용지에 스케치하거나 사진을 찍은 후, 그 면적을 측정한다. 이 작업은 손이 많이 가기 때문에, 화학처리의 기술을 사용하여 단시간에 부식면적율을 측정가능케하는 시스템도 있다. 부식량의 측정, 중량 감소율에 의해 표현하는게 일반적인 방법이다. 중량 감소율로부터 부식량을 측정하기 위해서는, 건전한 상태의 철근은 그대로 두고 부식된 부분만을 정확히 제거할 필요가 있다. 중량감소율이 측정되면, 계산상 부식속도를 산정할 수가 있다. 부식속도 표시법으로서 기본이 되는 것은 다음의 3가지가 있다.

- ① 단위 면적, 단위 시간당의 중량감소로 표시

이 표시법에서는 통상 mdd(=mg/dm²/day)가 사용된다. dm이라는 것은 1/10m로서 10cm이다. 중량감소의 측정결과는 이 방법으로 다음과 같이 계산된다.

$$mdd = \frac{\text{중량감소(mg)}}{\text{강재의 표면적(dm}^2\text{) x 시험일수(day)}}$$

mdd 는 부식속도의 단위로서 일반적인 것이지만, 철근의 부식속도가 수용액이나 대기중의 강재

에 비교하면 상당히 느리다는 점과 dm이라고 하는 단위는 최근에는 사용되지 않는다는 점, 더구나 철근의 부식에 의해 콘크리트에 균열이 발생할 때의 부식량이 mg/cm²으로 측정되는 경우가 많다는 점을 고려하면, mdd보다 mg/cm²/year 라고 하는 단위를 도입하여 철근의 부식속도를 계산하는 쪽이 편리하게 된다.

이 단위를 mcy라 약기하면, 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$mcy = \frac{\text{중량감소(mg)}}{\text{강재의 표면적(cm}^2\text{) x 시험기간(year)}}$$

- ② 단위시간당의 부식두께로 표시

이 표시법에서는 통상 mm/year가 사용된다. 이 표시법과 mdd의 환산은 다음과 같다.

$$\text{mm/year} = mdd \times \frac{365 \times 10^{-4}}{\text{강재의 비중(g/cm}^3\text{)}}$$

- ③ 단위면적당의 전류로 표시

부식은 본질적으로 전기화학적 프로세스이므로 부식속도와 전류는 동일하다. 단, 부식전류는 작기때문에 μA/cm² 단위가 사용되는 경우가 많다. 이 표시법과 mdd와의 대응은 다음과 같다.

$$1 \mu A / \text{cm}^2 = 2.5 \text{ mdd}$$

윗 식은 패러디의 정수를 96500 크론, 철의 원자량을 55.9, 부식시의 철의 산화도를 2로하여 구해진 것이다.

5. 성능저하도 진단

성능저하도 진단은 그림 6의 순서에 따라 실시한다. 우선, 구조물의 개요 및 성능저하 증상을 조사하고 나서, 콘크리트의 중성화 및 철근의 부식에 대해서 조사개소를 선정한다. 계속해서, 설정된 방법으로 조사를 실시하고 성능저하도의 평가 및 수명의 추정을 행한다. 이들의 결과를 종합하여 보수여부를 판정한다.

5.1 개요조사

개요조사는 조사의 대상이 되는 구조물 고유의

조건을 파악하고, 본 조사의 실시와 성능저하의 원인 추정에 필요한 참고자료를 작성하는 것으로 한다.

5.2 성능저하 증상 조사

A. 성능저하 증상 조사는 조사 대상이 되는 구조물에 있어서 현저하게 눈에 띄는 성능저하 증상의 정도를 외관으로부터 파악한다.

B. 조사하는 성능저하 증상은 다음과 같다.

① 녹물 : 콘크리트 속의 강재가 부식되어, 부식 생성물이 노출하고 마감재 또는 콘크리트 표면에 부착된 상태

② 균열 : 콘크리트 속의 강재가 부식되어 부식 팽창에 의해 피복 콘크리트에 균열이 발생해 있는 상태, 철근 방향으로 발생한다.

③ 부풀음 : 콘크리트 속의 강재가 부식되어 부식팽창압에 의해 피복 콘크리트가 부풀어 오른 상태

④ 박락 : 부풀어 오른 콘크리트가 벗겨져서 떨어진 상태

⑤ 철근의 노출 : 피복 콘크리트의 박리에 의해 철근이 노출된 상태

5.3 조사개소

A. 조사는 가능한 한 많은 조건에 대해서 실시한다. 콘크리트의 중성화는 환경조건 및 콘크리트 자체의 성능, 품질에 의해 복잡한 영향을 받으며, 중성화에 기인하는 철근부식도 환경조건에 따라 부식정도도 다르게 된다. 따라서, 성능저하현상을 상세히 파악하기 위해서는, 가능한한 많은 조건에 대하여 중성화 깊이와 철근의 부식상황을 측정하는 것이 바람직하다. 표 2에 나타낸 인자와 수준을 참고해서, 조사해야 할 조건을 설정한다.

B. 대표적인 조사대상이 되는 부분 및 녹물과 철근 부식에 기인하는 콘크리트 균열 및 박리, 박락이 인정되는 부분에 대해서는 반드시 조사를 실시한다.

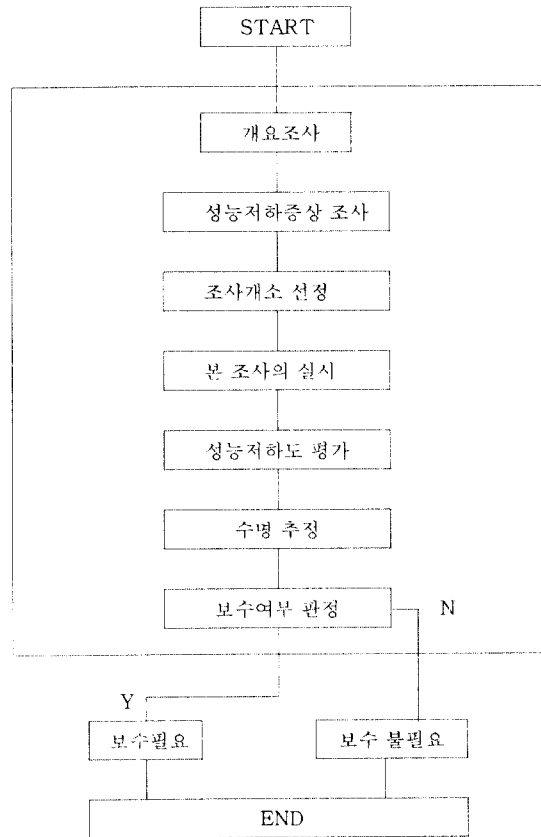


그림 6 성능저하진단의 순서

표 2 조사개소선정에 참고해야 할 인자와 수준

	인 자	수 준
일반부분	부위	옥내, 옥외, 동서남북, 풍향, 바다쪽, 내륙쪽, 비에 노출된 부분, 노출되지 않은 부분
	부재	기둥, 보, 벽, 바닥, 차양, 기초등
	마감재	종류, 시방, 시공시기등
	콘크리트	골재의 종류, 불시멘트비(배합강도), 시공시기(여름, 겨울)
결합부분		균열부분, 이어치기부분, C. Joint부분, 곰보부분, 철근의 말침에 의해 균열, 박리가 인정되는 부분

5.4 조사항목

A. 측정개소의 환경조건, 마감재의 종류와 두께, 콘크리트의 상황, 부재명 및 기타 특기사항을 기술한다.

B. 콘크리트의 중성화 깊이를 측정한다.

C. 철근의 피복두께, 종류, 굵기, 방향을 측정한다.

D. 콘크리트 내부의 철근 부식상태를 측정한다.

E. 원인 추정을 위한 조사항목으로서 표 3으로부터 적절히 선택하여 실시한다.

표 3 중성화 및 철근부식의 원인 추정을 위한 조사 및 방법

기호	조사항목	조사방법
①	대기중의 탄산가스 농도	탄산가스농도계
②	화학적 침식물질의 유무	육안, 화학분석, X선분석
③	콘크리트의 공극율	공극율 측정기
④	- 함유량	수분계, 중량측정(기건, 절건)
⑤	- 재료, 조합	화학분석법
⑥	- 시공상황	육안조사
⑦	콘크리트 속의 염분 함유량	염분분석방법

5.5 조사방법

A. 중성화 깊이 측정용의 시약은 1% 페놀프탈레인 용액을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

B. 중성화 깊이의 측정면은 콘크리트의 까낸면 또는 절취한 콘크리트 공시체의 할열면(割裂面)으로 한다.

1) 콘크리트의 까낸면의 측정순서

① 조사개소의 환경조건, 부재명, 위치를 기록한다.

② 조사개소의 까낸면의 표면상태를 기록한다. 사진촬영이 바람직하다.

③ 마감재가 있는 경우는 그것을 10x10cm각 정도의 크기로 걷어내고 마감재의 종류, 두께, 성능저하등의 상황 및 콘크리트의 표면상태를 기록한다.

④ 콘크리트를 직경 5-10cm 정도 까내어, 내부 철근의 뒷측이 길이 3cm이상 관찰될수 있도록 한다.

⑤ 까낸 콘크리트의 표면에 부착된 콘크리트의 분말을 스포이드, 블로어, 에어건 등으로 완전히 제거한다.

⑥ 철근 표면을 육안에 의해 관찰하여 철근 1본마다 표 4와 같은 등급으로 분류한다. 철근표면의 부식상태를 사진촬영하는 것이 바람직하다.

⑦ 철근의 종류, 굵기, 피복두께, 방향을 측정·기록한다.

⑧ 중성화 깊이 측정용 시약을 스프레이 등을 이용하여 까낸 면에 분무한다.

⑨ 콘크리트 표면에 서 赤着色部까지의 거리를 깊이계, 버어니어 캘리퍼스, 스케일 등을 사용하여 측정한다. 하나의 조사개소에 3-5개소 측정하여 그 평균치를 mm단위로 한 값을 그 개소의 중성화 깊이로 한다. 콘크리트에 균열이나 폼보등의 결함이 있어 중성화 깊이의 측정치가 장소에 따라 다른 경우에는 단순히 평균을 하지 않고, 중성화의 상황을 자세하게 스케치한다.

⑩ 측정직후, 측정대상부재, 측정위치, 측정치를 기록하여 중성화나 철근부식의 상황등의 스케치 등과 함께 측정개소의 사진촬영을 한다.

2) 절취한 콘크리트 공시체의 측정순서

① 1)의 ①과 동일.

② 1)의 ②와 동일.

③ 절취를 행한다. 코아 보어링에 의해 코아 공시체를 빼내는 방법을 이용한다. 경우에 따라서는 콘크리트 커터를 이용하여 콘크리트 블록을 절취해도 좋다.

④ 공시체의 표면에 부착된 콘크리트 분말을 깨끗한 물로 청소하고, 공시체 표면에 측정번호 및 방향을 기술한다. 사진촬영이 바람직하다.

⑤ 마감재가 운반중에 떨어지지 않도록 테이프 로 잘 붙이고, 공시체가 손상을 입지 않도록 포장한다.

⑥ 압축시험기등을 이용하여, 원상태의 콘크리트 표면과 직각 방향으로 자른다. 측정할 때까지 수중양생을 행하면 미중성화 부분의 알칼리가 중성화부에 침투되므로, 정확한 중성화 깊이를 측정하기 곤란한 경우가 많다. 이러한 이유때문에 채취후 공시체는 건조상태로 해서 가능한한 빨리 측정하도록 한다.

⑦ 할열면에 부착된 콘크리트 조각등을 공기를 뿜어 완전히 제거한다.

⑧ 절취한 공시체 속에 철근이 절단되어 들어있는 경우에는 철근의 종류, 직경, 피복두께, 방향을 측정·기록한다.

⑨ 1)의 ⑧과 동일.

⑩ 콘크리트 표면으로부터 적착색부까지의 거리를 스케일 등을 이용하여 측정한다. 활열면의 한 방향에 대해서 3-5개소 측정을 하고, 그 평균치를 mm단위로 나타낸 값을 중성화 깊이로 한다. 균열이나 곰보등이 결함이 있어서, 중성화 깊이의 측정치가 장소에 따라 크게 차이가 있는 경우에는, 단순히 평균값을 취하지 말고, 중성화의 상황을 상세하게 스케치 한다.

⑪ 1)의 ⑩과 동일.

⑫ 절취한 공시체로부터 철근을 추출하고 표면을 육안으로 관찰하고, 철근 1본마다 표 4에 나타낸 등급으로 분류한다. 또한, 철근주위의 콘크리트가 밀실하지 않은 경우나, 측정까지의 기간이 길어진 경우에는, 절취하고 부터 측정까지의 사이에 철근이 부식하는 경우가 있으므로 주의를 요한다.

C. 중성화 깊이는, 측정면에 시약을 분무하고, 콘크리트 표면으로부터 적착색부까지의 평균거리를 구하여 중성화 깊이로 한다.

D. 중성화 깊이의 조사개소는, 각 조건별로 5개소 이상으로 하고, 특히 대표적인 조건에 있어서는 10개소 이상으로 한다.

E. 철근의 부식상황은 콘크리트 내부의 철근을 노출시켜, 표면을 육안에 의해 관찰하고, 표 4에 나타낸 부식정도의 등급으로 분류한다.

표 4 철근의 부식정도에 따른 등급 및 녹평점

등급	평점	철근 상태
I	0	흑피의 상태, 또는 녹이 슬어있으나 전체적으로 얇고 치밀한 녹이며, 콘크리트면에 녹이 붙어 있지 않다.
II	1	부분적으로 뜬 녹이 슬어 있으나, 작은 면적의 반점상태이다.
III	3	단면결손은 육안으로는 인정되지 않지만, 철근전주 또는 전장에 걸쳐서 들뜸 녹이 슬어 있다.
IV	6	단면결손이 생겨있다.

F. 철근의 부식상황의 조사개소는, 각조건별로 5개소 이상으로하고, 특히 대표적인 조건에 있어서는 10개소 이상으로 한다.

G. 원인 추정을 위한 조사항목의 조사방법은 표에 의한다.

5.6 성능저하도 평가

A. 성능저하도는, 콘크리트의 중성화와 철근부식, 각각에 대해 평가한다.

B. 콘크리트의 중성화 깊이를 표 5에 나타낸 3단계에 따라 분류평가한다.

표 5 콘크리트의 중성화 깊이에 의한 성능저하도의 분류

성능저하도 분류	분류종류(중성화 깊이)	
	옥외 및 흠에 접하는 부분	옥내
A-I	$C_{t1} < D$	$C_{t1} < 0.7D$
A-II	$0.5D \leq D$	$0.7D \leq C_{t1} < D+20$
A-III	$D \leq C_{t1}$	$D + 20 \leq C_{t1}$

C_{t1} : 중성화 깊이의 평균치,
 D : 철근 피복두께의 평균치

C_{t1} : 중성화 깊이의 평균치,
 D : 철근 피복두께의 평균치

C. 철근의 부식정도를 표 6에 나타낸 4단계로 분류평가한다.

표 6 철근의 부식에 의한 성능저하도의 분류

성능저하도 분류	분류 기준
B-I	$0 \leq \alpha < 0.5$
B-II	$0.5 \leq \alpha < 1.5$
B-III	$1.5 \leq \alpha < 3$
B-IV	$3 \leq \alpha < 6$

α : 녹평점의 평균치

$$\alpha = \frac{\sum_{i=0}^IV (\alpha_i n_i)}{\sum_{i=0}^IV n_i}$$

여기서, α_i : 등급 i의 녹평점
 n_i : 등급 i의 철근수

α : 녹평점의 평균치

$$\alpha = \frac{\sum_{i=0}^IV (\alpha_i n_i)}{\sum_{i=0}^IV n_i}$$

여기서, α_i : 등급 i의 녹평점
 n_i : 등급 i의 철근수

5.7 수명의 추정

대기중의 탄산가스에 의해 콘크리트의 중성화

가 원인이 되어 철근이 부식하는 경우에는 다음과 같은 수순으로 수명을 측정할 수가 있다.

A. 조사결과를 바탕으로해서 다음의 정수를 선정한다.

- ① 콘크리트 중성화 깊이의 평균치 C_{tl}
- ② 콘크리트 중성화 깊이의 평균치 v
- ③ 철근의 피복두께의 평균치 D
- ④ 철근의 피복두께의 표준편차 δ
- ⑤ 조사시에 있어서 경과년수 t_1

B. 조사시점에서의 철근의 부식확률 P_0 를 설정한다.

조사시점에서의 철근의 부식확률 P_0 는 구조물의 중요도, 일상의 안전도등을 고려하여 설정할 필요가 있다. 철근의 부식확률을 성능저하증상으로 설명한 표 7 및 건축물을 대상으로 한 和泉의 제안식(표 8)를 참고로 한다.

표 7 철근의 부식확률과 성능저하증상의 발생상황

철근의 부식확률	성능저하증상의 발생상황
$P_0 < 0.5\%$	성능저하증상이 없다.
$0.5\% \leq P_0 < 3\%$	소수의 녹물, 미세한 균열이 있다.
$3\% \leq P_0 < 15\%$	도처에 녹물, 균열이 있다.
$15\% \leq P_0 < 50\%$	도처에 박락, 철근노출이 보인다.
$50\% \leq P_0$	반 이상의 면에 박락, 철근노출이 보인다.

표 8 내용연수를 고려한 부식확률 설정치

(건축물 대상)

철근종류	기둥, 보의 주철근		기타철근(띠철근, 녹철근, 벽철근, 바닥철근)	
	손상될 가능성	-	유	부
구조물의 중요성	특대	3%이하	7%이하	15%이하
	대	5%이하	15%이하	30%이하
	보통	10%이하	30%이하	50%이하

C. 중성화 속도계수 A 를 다음식으로 구한다.

$$A = Ct_1 / \sqrt{t_1} \quad (4)$$

D. 철근의 부식확률 P_t 와 경과년수 t 의 관계식 $P_t = f(t)$ 를 구한다.

P_t 는 다음식으로 구할 수 있다.

옥외면의 경우,

$$P_t = \int_{-x}^0 f(D - C_t) d(D - C_t) \quad (5)$$

옥내면의 경우,

$$P_t = \int_{-x}^{-2} f(D - C_t) d(D - C_t) \quad (6)$$

여기에서

$$f(D - C_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(A^2tv^2 + \sigma^2)}} \times \exp\left[\frac{-\{(D - C_t) - (D - A\sqrt{t})\}^2}{2(A^2tv^2 + \sigma^2)}\right] \quad (7)$$

E. $P_t = P_0$ 에 있어서의 경과년수 t_2 를 구하여 수명으로 한다.

종축을 P_t , 횡축을 t 로 한 $P_t = f(t)$ 의 곡선을 그리고 $P_t = P_0$ 의 직선과의 교점을 구한다. 이 교점에 있어서 경과년수 t_2 가 수명이다.

F. 수명시의 경과년수 t_2 로부터, 조사시의 경과년수 t_1 을 뺀 값 $(t_2 - t_1)$ 을 잔여수명으로 한다.

(8) 보수의 여부

A. 보수의 여부는 콘크리트 중성화 깊이에 의한 성능저하도와 철근의 부식에 의한 성능저하도를 이용하여 표 9에 의해 판정된다.

표 9 보수여부의 판정

중성화깊이에 의한 성능저하도	철근부식에 의한 성능저하도			
	B-I	B-II	B-III	B-IV
A-I	불	불	요	요
A-II	불	불	요	요
A-III	요	요	요	요

B. 추정된 수명이 요구수명을 만족하지 않는 경우에는 예방보전을 위한 보수가 필요하다.

(9) 내구성 진단 사례

i) 구조물의 개요

용도	준공후의 년수	규모	연면적	구조
창고	32년	지하1층 지상5층	3200 (m ²)	철근콘크리트조

ii) 성능저하증상 조사개요

1) 옥외면

마감 모르타르가 부분적으로 부풀어 올라있고, 바닥 슬래브 밑의 철근방향으로 균열이 1개소 / 100m² 정도 발생되어 있다.

iii) 조사개소의 선정

성능저하증상이 현저한 옥외면에 대해서는 기둥, 보, 벽을 20개소로 하고, 옥내면에 대해서는 기둥, 보, 벽, 바닥슬래브면을 10개소로 했다.

iv) 조사결과

표 10 조사결과

구분	부분	중성화 깊이	철근의 피복두께	철근부식의 등급
옥	기둥	25 15 29 30 18	54 30 60 35 19	I I I II II
		24 27 17 26 26	31 49 17 41 28	II I II I II
		34 20 27 32 18	43 23 33 40 27	I II III I I
		23 31 28 32 22	41 47 24 44 29	I I III I I
보	보	32 18 27 31 24	43 32 49 41 29	I II I I II
		29 24 26 16 32	36 45 23 45 30	I I III I III
		22 27 20 25 14	44 37 53 24 56	I I I II I
		19 38 26 34 28	40 26 38 50 52	I IV I I I
외벽	벽	25 28 22 32 20	51 25 45 17 29	I III I IV I
		16 35 25 26 27	40 19 35 30 55	I IV I II I
		31 40 19 18 24	27 43 15 34 21	III II III I III
		23 38 20 30 29	32 24 20 48 38	II III II I I
옥내	기둥	10 12 16 11 5	33 22 16 27 30	II I I I I
		7 15 6 9 12	15 23 43 37 32	I II I I I
	보	4 9 13 10 8	35 22 16 27 30	I I I II I
		11 12 11 6 15	15 23 43 39 48	I II I I II
벽	7 12 10 8 14	39 12 31 19 34	I II I II I	
	13 9 4 11 5	17 25 23 43 21	I I I I I	
슬래브	슬래브	43 31 52 26 22	35 25 42 23 33	II I II II I
		39 49 26 46 34	28 37 19 39 31	II III II II I

표 10의 데이터로부터 각 조건마다의 중성화 깊이 C_{t1}, 중성화 깊이의 변동계수 ν, 철근의 피복두

께 D, 피복두께의 표준편차 σ 및 평균 녹평점 α를 구했다. 옥외기둥의 경우 계산예를 아래에 나타낸다.

$$C_{t1} = (25+15+29+30+18+24+27+17+26+26+34+20+27+32+18+23+31+28+31+22) / 20 = 25$$

$$\nu = [[(25^2+15^2+29^2+30^2+18^2+24^2+27^2+17^2+26^2+26^2+34^2+20^2+27^2+32^2+18^2+23^2+31^2+28^2+31^2+22^2) - 25^2 \times 20] / (20-1)]^{1/2} \div 25 = 0.22$$

$$D = (54+30+60+35+19+31+49+17+41+28+43+23+33+40+27+41+47+24+44+29) \div 20 = 36$$

$$\sigma = [[(54^2+30^2+60^2+35^2+19^2+31^2+49^2+17^2+41^2+28^2+43^2+23^2+33^2+40^2+27^2+41^2+47^2+24^2+44^2+29^2) - 36^2 \times 20] / (20-1)]^{1/2} = 12$$

$$\alpha = (0 \times 12 + 1 \times 7 + 3 \times 1 + 6 \times 0) \div 20 = 0.5$$

다른 경우에 대해서도, 똑같은 방법으로 계산하여 정리한 것을 표 11에 나타낸다.

표 11 조사결과와의 정리

구분	부재	중성화 깊이	철근의 피복두께	평균 녹평점
옥외	기둥	C _{t1} =25mm ν=22%	D=36mm σ=12mm	α=0.50
	보	C _{t1} =26mm ν=24%	D=40mm σ=10mm	α=0.75
	벽	C _{t1} =26mm ν=25%	D=32mm σ=12mm	α=1.55
옥내	기둥	C _{t1} =10mm ν=35%	D=32mm σ=11mm	α=0.30
	보	C _{t1} =10mm ν=33%	D=29mm σ=13mm	α=0.30
	벽	C _{t1} =9mm ν=36%	D=26mm σ=10mm	α=0.20
	슬래브	C _{t1} =38mm ν=26%	D=31mm σ=7mm	α=0.90

v) 성능저하도 평가

표 11에 나타난 평균중성화 깊이 C_{t1}과 평균 녹

평점 α 의 값을 이용하여 표 5 및 표 6을 가지고 성능저하도를 표 12에 분류평가한다.

표 12 성능저하도의 평가

구분	부재	중성화깊이에 의한 성능저하도	철근부식에 의한 성능저하도
옥외	기둥	A-Ⅱ	B-Ⅱ
	보	A-Ⅱ	B-Ⅱ
	벽	A-Ⅱ	B-Ⅲ
옥내	기둥	A-Ⅰ	B-Ⅰ
	보	A-Ⅰ	B-Ⅰ
	벽	A-Ⅰ	B-Ⅰ
	슬라브	A-Ⅱ	B-Ⅱ

vi) 수명의 추정

1) 조사시의 철근의 부식확률 P_0 를 설정한다.

표 7 및 표 8을 참고로 $P_0=25\%$ 로 설정했다.

2) 중성화 속도계수 A를 구한다.

옥외면 재물 치장마감인 경우

$$C_{t1} = (25 + 15 + 29 + 30 + 18 + \dots + 23 + 38 + 20 + 30 + 29) \div 60 = 26\text{mm}$$

$$v = \left[\left[(25^2 + 15^2 + 29^2 + 30^2 + 18^2 + \dots + 23^2 + 38^2 + 20^2 + 30^2 + 29^2) - 26^2 \times 60 \right] \div (60 - 1) \right]^{1/2} \div 26 = 0.23$$

$$\therefore A = 26 / \sqrt{32} = 4.60$$

옥내면 모르타르 마감인 경우

$$C_{t1} = (10 + 12 + 16 + 11 + 5 + \dots + 11 + 12 + 11 + 6 + 15) \div 20 = 10\text{mm}$$

$$v = \left[\left[(10^2 + 12^2 + 16^2 + 11^2 + 5^2 + \dots + 11^2 + 12^2 + 11^2 + 6^2 + 15^2) - 10^2 \times 20 \right] \div (20 - 1) \right]^{1/2} \div 10 = 0.34$$

$$\therefore A = 10 / \sqrt{32} = 1.77$$

옥내면 마감인 경우

$$A = 28 / \sqrt{32} = 6.72$$

3) 철근의 부식확률 P_t 와 경과년수 t 의 관계를 구한다. 정규분포를 이용하여 구하고, P_t 와 t 의 관계를 나타낸 것이 그림 7이다.

그림 7로부터, 옥외벽은 이미 6년전에 수명이 달해있고, 옥외기둥은 3년후, 옥외보는 16년후, 옥내슬라브는 7년후에 각각 수명에 달한다는 것을 알 수 있다. 옥내의 기둥, 보, 벽은 내구성상 전혀 문제가 되지 않는다.

vii) 보수의 여부

표 9의 보수여부의 판정기준을 근거로 해서 표 12에 나타낸 성능저하도 평가로 부터 현 시점에 있어서의 보수가 필요한 부분은 옥외의 벽면이다. 또한 본 창고는 금후 20년간 사용하고 싶다는 건축주의 희망이 있었다. 따라서 옥외전면 및 옥내의 바닥슬라브면에 대해서는 예방보전을 위해 보수가 필요했다.

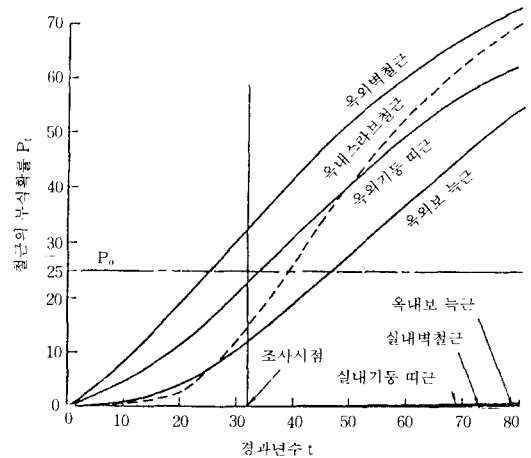


그림 7 철근의 부식확률과 경과년수의 관계

6. 변형에 대한 진단

6.1 개요

건물의 바닥슬라브나 기둥, 보 혹은 전체의 변형상태를 정확히 파악하여 종합적인 구조진단의 자료화 한다. 변형이 생기는 원인으로서의 재료의 성능저하, 심한 사용, 증개축시에 있어서 부재손상, 지진, 화재, 바람, 지반침하 등이 있다. 그와같은 원인에 의해 준공당초에는 보이지 않았던 이상 변형이 나타나면 건물기능의 일부가 손상되거나 구조내력상 좋지않은 상태가 된다. 바닥 슬라브의

처짐의 원인으로 책장이나 가구가 기울어져 보행인에게 불편감, 불안감을 주며 도어의 개폐가 잘 되지 않는등 기능장애가 생기는 예가 많다. 공장 등에서는 기둥이나 보의 변형에 따라 크레인등의 설비기기의 운전이 지장을 초래하는 수도 있다. 또 구조부재에 이상한 대변형이 있는 경우 그 부재의 강성이나 내력이 부족할 우려가 있을 뿐만 아니라 그 변형으로 인하여 다른 구조 부재에 과다한 응력이 생기거나 불안정한 상태가 되어 건물 전체의 내력에 나쁜 영향을 미치는 수도 있다. 따라서 변형을 측정하는데 있어서는 「그 변형이 생긴 원인이 무엇인가», 「그 변형의결과 어떠한 장애가 생기는가», 「다른 부재에 내력상 나쁜 영향을 미치지 않는가」의 여부에 주의하여 건물전체의 변형상태를 파악하는 것이 중요하다. 또 변형은 부재단면이나 재료강도, 하중상태 균열의 발생상황, 접합부의 상태와 밀접한 관계가 있으므로 이들의 조사와 아울러 실시해야 한다. 여기에서는 철근 콘크리트조의 라멘구조물을 대상으로 한다.

6.2 측정방법 및 측정 사례

변형의 측정에 있어서는 다음사항에 주의한다.

(1) 측정의 목적을 정확히 인식하여 필요하고 충분한 측정을 능률적으로 실시한다.

(2) 사용측정기구의 취급에 충분히 익숙하게 하여 기계오차나 개인오차를 적게하고 측정정밀도를 올린다. 진동, 바람, 온도 등의 악조건하에서의 측정에서는 특히 오차가 혼입되기 쉬우므로 적절한 방지책을 강구한다.

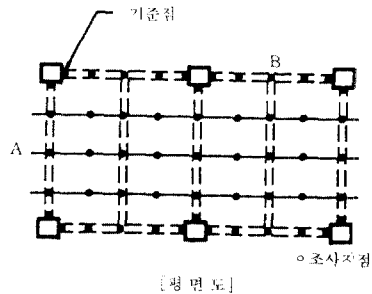
(3) 측정의 기준점, 기준선을 적절히 선정하여 반드시 명기한다.

(4) 국부에 치우치지 않고 넓은 범위에 대해서 측정하여 건물전체의 경향을 파악한다. 대변형이 있는 부위에 대해서는 그 주변부도 잘 살핀다.

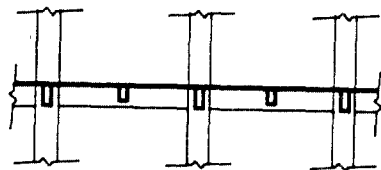
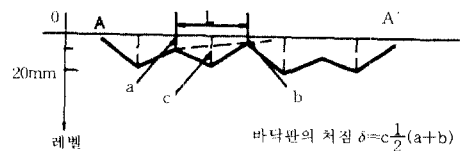
(5) RC조에서는 대변형에 수반하여 반드시 균열이 발생하므로 균열의 발생상황도 잘 살핀다. 요는 각각의 목적, 대상물, 주위의 상황등에 따라 가장 적절하다고 생각되는 방법, 수단으로 실시하는 일이다. 다음에 2개의 측정예를 든다.

사례 1 바닥슬래브, 보의 처짐

바닥슬래브나 보의 처짐은 부분적인 문제로서 처리되는 수가 많으나 보다 정확한 평가를 하기 위해서는 가급적 많은 부재에 대해서 살피는 것이 바람직하다. 또한 바닥슬래브와 보의 측정을 반드시 동시에 실시한다. 측정에 있어서는 기둥의 밑부분에 기준을 두고 큰 보, 작은 보, 바닥슬래브 중앙등 각부의 레벨측정을 한다. 전체의 경향을 파악하기 위함과 시공의 균형을 고려하여 측정점은 가급적 많게 한다. 바닥슬래브의 처짐은 보의 처짐을 빼고 평가한다 (그림 8).



[변위분포의 기입예]
(1) 바닥판의 처짐(A-A'단면)



[A-A' 단면도]

(2) 작은보의 처짐(B-B'단면)

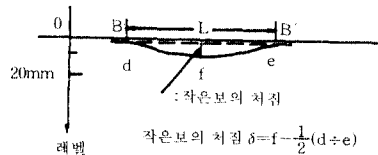


그림 8 바닥판 및 보의 변형 측정

사례 2 건물의 변형 (부동침하)

건물의 부동침하는 파라페트, 발코니, 창틀 등의 레벨측정에 따라 조사한다. 부동침하가 심한 경우 벽, 기둥, 보, 발코니 등에 반드시 균열이 발생하므로 균열의 상태에 주의한다. 보의 변형부재각으로 평가한다. 변형이 진행성인가의 여부가 평가의 중요한 요인이 된다. 변형이 한 방향이 아니고 비틀림, 회전, 만곡등이 복잡하게 혼재된 경우가 있다. 그와같은 경우는 전체의 경향을 살핀다음 개개의 기둥, 보의 변형상태를 상세하게 조사한다. 평가는 개개 부재의 변형에 대해서 실시한다 (그림 9).

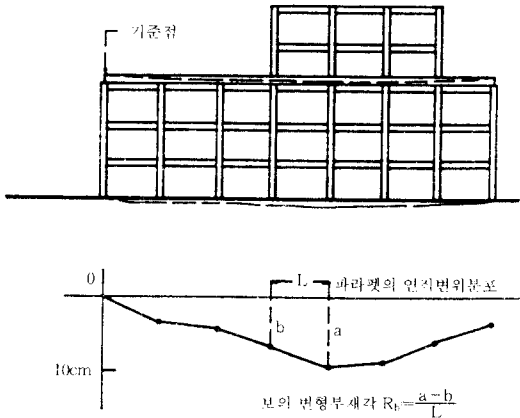


그림 9 건물의 변형(부동침하)

6.3 평가기준

획일적인 평가기준을 정하기는 어렵다. 왜냐하면 개개의 건물의 특수성을 충분히 고려하지 않으면 판단을 잘못하거나 부의미한 평가를 내릴 우려가 있기 때문이다. 따라서 여기에서의 평가는 어디까지나 변형에 대한 일반적인 경향을 주는데 따라 다른 조사자료와 아울러 종합적인 구조진단의 자료로 하는것을 목적으로 한다. 평가방법은 우선 측정변형량의 정도를 다음의 A-D의 4 등급으로 분류하고 또 ①-③의 요인을 고려하여 평가한다.

1) 변형량의 정도

A : 균질하지 않은 시공상태로부터 오는 변형

B : 일반적인 설계허용치 이내의 변형.

C : 일반적인 설계 허용치를 초과하는 변형.

D : 대변형

2) 평가를 위한 요인

① : 변형에 의한 기능장애인가

② : 진행성의 변형인가

③ : 국부적인 현상인가 혹은 광범위한 것인가

균질하지 않은 시공상태가 직접 내력상의 분체를 야기하는 경우는 적다. 따라서 내력 평가에는 준공후에 생기는 변형인가의 여부를 균열발생 상태나 접합부의 상태등으로 판단해야 한다. 또한 진행성인가의 여부는 장기간에 걸쳐 정기적인 측정에 따라 살핀다. 변형량의 평가기준은 각종 설계기준에 의한 허용치나 공사의 시공정밀도 및 표준시방서 등을 참고로 하여 정한다. 바닥슬래브나 보의 처짐에 대해서는 시공시에 초기 처짐이 생기는 수가 있으며 또 크리프등의 영향으로 변형이 커지는 수가 있다. 따라서 과도한 하중등에 의해 급격한 변형이 생긴 것으로 밝혀진 경우에는 내력 평가의 기준을 엄하게 한다. 건물전체의 변형에 대해서는 개개의 기둥이나 보의 변형을 종합하여 평가 한다.

기둥이나 보에 변형이 발생하면 내력상 위험하게 되므로 개개의 부재에 대한 변형각을 계산하여 위험도를 평가하여야 한다. 콘크리트 부재에 관한 기존 실험결과에 의하면, 변형 부재각이 1/100 이상이 되면 위험하다고 알려져 있다. 그러나 실무적으로는 안전을 고려하여 1/150을 한계치로 정하는 것이 좋다.

7. 맺는말

구조물의 내구성 진단에 관한 사회적 관심은 이제부터 시작되고 있다고 보여진다. 그러나 아직 이 분야에 대해 이렇다할 연구의 집적, 규준등이 준비되어 있지 않은게 현실의 상황이다.

따라서 학회등 연구분야에서는 공통되는 인식을 가지고 사회의 요청에 응할 수 있도록 준비해 나가야 할 것이다. 이러한 일에 도움이 될 것을 기대하면서 내구성에 대한 개념을 정리하였다.

참 고 문 헌

1. 한국콘크리트학회, "콘크리트 구조물의 비파괴 검사 및 안전진단", 1993.2
2. 대한건축학회, "건축물의 안전진단과 보수보강", 1993.10
3. G. Somerville, "The Design Life of Structures", Blackie, 1992
4. Geoff Mays, "Durability of Concrete Structures", E & FN SPON, 1992.
5. "鐵筋 콘크리트構造物の耐久性向上技術", 技報堂, 1987.
6. 日本建築學會, "コンクリート強度推定のための非破壊試験方法 タニユアル", 丸善, 1989.
7. "Repair and Rehabilitation of Concrete Structures", SCM-16(87) ACI, 1987
8. 小林豊治, 米澤敏男, 出頭圭三, "鐵筋腐食の診斷", 森北出版, 1993
9. 和泉慧登志, 喜多達夫, 前田照信, "中性化", 콘크리트 構造物の耐久性シリーズ, 技報堂, 1990
10. 日本 콘크리트工學, "콘크리트構造物の耐久性診斷", 特輯 콘크리트 構造物の耐久性診斷, 1988 □

전문서적 보급 안내

「고성능유동화제를 이용한 고강도콘크리트의 제조와 특성 및 활용」

—본학회 국제워크숍 교재—

• 주요내용

I. Achieving and Testing High Performance Concrete

Cement and Superplasticizer Compatibility

Current and Future Applications of High Performance Concrete(Dr. Pierre-Claude Aitcin, 캐나다 Sherbrooke University 교수)

II. 고강도 콘크리트 제조를 위한 국내의 혼화제 제조 현황 및 특성, 혼화제의 기구(노재성 교수, 충남대학교 정밀공업화학과)

III. State-of-the-Art on High-Strength Concrete in Japan(Dr. Yasuo Tanigawa, 일본 Nagoya University 교수)

IV. 고강도 콘크리트 건축구조물의 국내 개발과 활용 및 전망(신성우 교수, 한양대학교 건축공학과)

V. 고성능콘크리트 및 고강도콘크리트의 개발과 국내 토목구조물의 활용전망(오병환 교수, 서울대학교 토목공학과)

• 교재보급가: 회 원 : 18,000원

비회원 : 20,000원(문의처 546-5384, 543-1916)