교량 구조물의 구조진단 기법

오 병 환 / 서울대학교 토목공학과 교수

본고는 지난 7월 19일 우리협회 주관으로 열린 〈제7회 건설안전세미나〉중 제2주제 강연내용을 요약한 것이다.

〈목 차〉

1. 구조물의 성능저하 원인
2. 안전진단 및 평가방법
2.1 구조물의 안전진단 일반
2.2 교량 구조물의 안전진단 및 평가
2.2.1 안전도 평가의 개념 및 절차
2.2.2 외관조사
2.2.3 강도평가
2.2.4 이론적 응력계산
2.2.5 재하시험
2.2.6 구조해석
2.2.7 내하력 평가방법
3. 맺는 말
4. 참고문헌

1. 구조물의 성능저하 원인

콘크리트 구조물은 다른 재료로 형성되는 구조물보다 상대적으로 저렴한 시공비용과 완성된 구조물의 반영구성때문에 그 사용이 점점 많아지고 있다. 그러나 콘크리트는 사용재료의 특성상 여러 요인에 의하여 성능저하가 발생되어 구조물의 수명을 단축시키는 경우가 있다. 일반적으로 발생가능한 성능저하의 원인으로는 설계의 오류 및 시공시의 발생사고에 의한 요인, 동결융해 및 화학적 작용 등과 같은 환경적인 요인, 그리고 하중의 반복작용과 초과하중의 작용으로 인한 요인 등이 있다.

설계상의 오류는 설계의 과실, 부당한 철근배근의 상세, 허용처짐을 고려하지 않은 구조세목, 신축이음량의 비고려, 부적절한 재료 시방, 구조물 용도의 변경을 포함하며, 이것은 요구되는 저항력의 부족으로 인하여 균열을 발생시키는 직접적인 원인이 되고 경우에 따라서는 박리를 일으키게 된다.

콘크리트 구조물의 시공을 적절히 수행하지 못함으로써 균열을 일으키게 되는 경우가 있는데 가장 좋은 예는 워커빌리티를 증가시키기 위해 물을 추가하는 경우로서 이것은 콘크리트의 강도를 저하시키는 것은 물론 건조수축을 증대시켜 결국 균열의 원인을 초래한다. 또 다른 요인으로는 거푸집을 제대로 지지하지 못하는 경우, 다짐을 충분히 못하는 경우, 응력이 크게 발생하는 위치에 시공 이음부를 두는 경우 등이 있는데 거푸집을 제대로 지지하지 못하거나 다짐을 충분히 못한 경우에는 콘크리트가 침하를 일으켜 콘크리트의 제강도가 발휘되기 전에 균열을 유발할 우려가 있다.

환경적 요인에 의한 성능저하에는 동결융해, 중성화, 철근의 부식, 염해, 알칼리-골재 반응,수화열 및 외부온도 작용으로 인한 손상 등이 있는데 각 열화원인별 손상기구 및 특징은 본 소고에서는 생략하겠다.

하중의 작용으로 인한 성능저하에는 초과하중으로 인한 균열 및 손상과 하중의 반복작용으로 인한 피로손상이 있다.

2. 안전진단 및 평가방법

2.1 구조물의 안전진단 일반

콘크리트 토목구조물은 시간이 경과함에 따라 여러가지 원인에 의해 성능저하가 발생하여 구조물 원래의 기능을 발휘하지 못하는 경우가 있다. 이와같이 성능저하가 발생된 구조물의 현재 상태를 점검하고 평가하며, 구조물의 잔존수명을 예측하는 등의 작업을 구조물의 안전진단이라 칭한다.

구조물의 안전진단은 기존 구조물의 기능을 보전, 향상시키고 부분적인 기능을 갱신하기 위한 조치를 위하여 필요한 것으로 안전진단은 전반진단, 개별진단, 목적별 진단으로 대별할 수 있는데 전반진단은 구조물 변형의 발생원인을 규명하고, 차후의 변형 진행을 예측하며, 현재 조건의 변화시에 발생할 구조물의 기능을 예측하기 위하여 수행하고, 개별진단은 전반진단에서 정밀한 진단이 필요하다고 판단되는 경우에 실시하는 것으로 개별진단의 결과에 의해서 어떤 조치가 필요하면 보수, 보강 등의 적절한 조치방법이 제시되어야 한다. 목적별 진단은 구조물의 기능을 개선하는 경우, 구조물을 증축하는 경우, 용도변경을 하는 경우 등 특별한 목적에 의하여 실시하는 것으로 해당구조물에 대해 정확한 기능평가를 필요로 하는 경우에 실시한다.

일반적인 구조안전진단의 절차는 다음 그림 2.1과 같다.

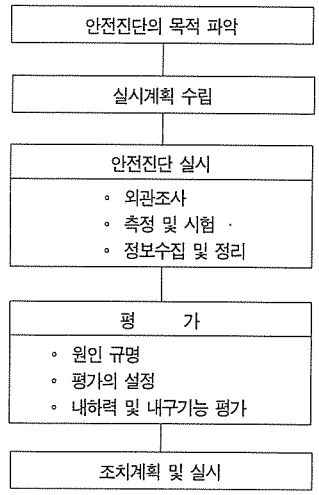

그림 2.1 안전진단의 절차

2.2 교량 구조물의 안전진단 및 평가

2.2.1 안전도 평가의 개념 및 절차

교량에 작용하는 외적 하중인 차량하중의 증가는 교량의 손상을 초래하는 가장 큰 요인이 되고 있다. 과적차량의 증가, 통행차량의 대형화, 통행량의 증가 등도 교량에 불리한 하중조건을 유발시키는 중요한 요인이다. 따라서 이러한 요인들을 고려하여 교량의 안전도를 평가한다는 것은 용이하지 않으며, 또한 안전도 평가 문제는 평가자의 공학적 판단(engineering judgement)이 요구되는 문제이기 때문에 아직까지 합리적이고 일관성있는 평가절차가 확립되어 있지 못하고 있는 실정이다.

모든 구조물은 건설 후 적절한 운영과 유지보수를 위해서 주기적으로 하중 수행능력(load-carrying capacity)을 평가하는 작업이 요구되

고 있다. 현재 가설되어 있는 구조물은 여러 범위의 설계기준에 의해서 건설되었기 때문에 하중 수행능력에 있어서 폭넓은 변동성을 갖고 있다. 또한 작용하중 및 구조물 상태의 변화 등 여러 인자 등에 의해서 각 구조물의 구조적 조건이 계속해서 변화하고 있다. 이러한 변화는 구조물의 허용하중용량(allowable load capacity)을 결정하는 데 있어서 합리적으로 고려되어야 한다. 특히 교량구조물의 안전용량을 결정하여 주는 중요한 요인인 통행차량에 의한 활하중 효과와 구조부재의 저항능력은 불확실한 특성을 갖는 여러 요인들에 의해서 구성되어진 변수들이다. 따라서 안전도평가를 수행하기 위해서는 이들에 대한 정확한 평가가 선행되어야 한다.

교량에 대한 안전평가를 간단히 요약하면 그림 2.2와 같다.

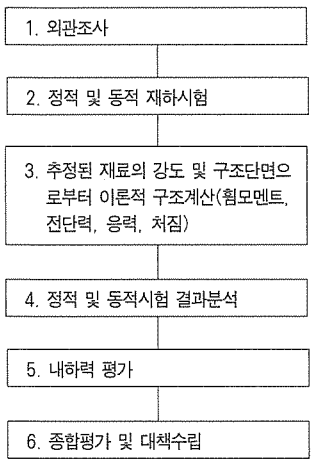

그림 2.2 교량의 안전평가 절차

2.2.2 외관조사

외관조사에서는 대상 구조물의 상태를 정밀조사하여 손상 정도별 노후도를 평가한다. 이는 각 구조물의 내하력 판정시 기초자료로 이용되며, 부재 단면의 공용내하력 산정시 손상계수를 결정하는 데도 활용된다. 일반적으로 교량의 급진적인 손상은 시공 초기단계에 집중적으로 발생되며, 준공 후 5~10년 이내에 발생되는 손상은 초기 보수 후 안정된 거동을 보이다가 공용기간이 장기화됨에 다라 내구성능의 저하가 발생된다.

외관조사시에 사용되는 평가기준은 지금까지는 여러 기관에서 독자적으로 평가기준을 정하여 사용하여 왔으나 시설안전기술공단에서 제시한 표준 외관조사 평가기준에 의하여 구조물별로 각 항목에 대한 외관조사를 수행한다.

외관조사의 결과는 외관조사 현황도를 이용하여 제시하여야 한다.

2.2.3 강도평가

1) 콘크리트의 강도

콘크리트 강도의 추정은 코아의 채취에 의한 압축강도의 측정이 가장 정확한 방법이나 현장여건상 어려운 점이 많아, 슈미트 햄머와 인발실험에 의한 비파괴 실험을 통하여 압축강도를 추정하기도 한다.

일반적으로 가장 보편적으로 사용되는 슈미트 햄머의 측정 방법은 먼저 콘크리트 표면의 부식된 부분을 갈아낸 후 20개의 타점을 격자형으로 구성한 뒤 각점의 표면 반발 강도를 구한 후 타격각도에 따른 표면강도의 보정 및 시간 경과에 따른 보정을 하여 콘크리트의 강도를 추정한다. 슈미트 햄머의 타격각도에 따라 반발치를 수정하여 보정된 반발치를 구한다. 측정된 반발치를 이용하여 콘크리트의 압축강도를 추정하는 식은 여러 연구기간에서 제시하고 있으며 일반적으로 일본재료학회나 동경도 재료시험소에서 추정하고 있는 식을 사용한다. 추정된 콘크리트 압축강도에 다시 대상 교량의 재령에 따라 재령보정

계수를 곱하여 최종 콘크리트 추정강도를 결정한다.

2) 철근의 강도

철근의 현재 강도를 추정하기 위해서는 대상 교량에서 철근을 절취하여 필요한 강도시험을 실시하여야 하나, 이는 교량을 손상시킬 위험이 있으므로 여건상 어렵기 때문에 교량의 설계당시에 사용된 시방서를 기준으로 하거나 설계도면에서 제시된 철근의 강도를 사용한다.

일반적으로 철근은 SD24을 기준으로 항복응력은 σ_y = 2400kg/㎠, 허용인장응력 σ_{sa} = 1300kg/㎠으로, SD30의 경우 항복응력은 σ_y = 3000kg/㎠, 허용인장응력은 σ_{sa} = 1500kg/㎠으로 사용한다. 또한, 최근에는 SD35와 SD40도 많이 사용하므로 이들에 대한 허용응력은 시방서에 따라 사용한다.

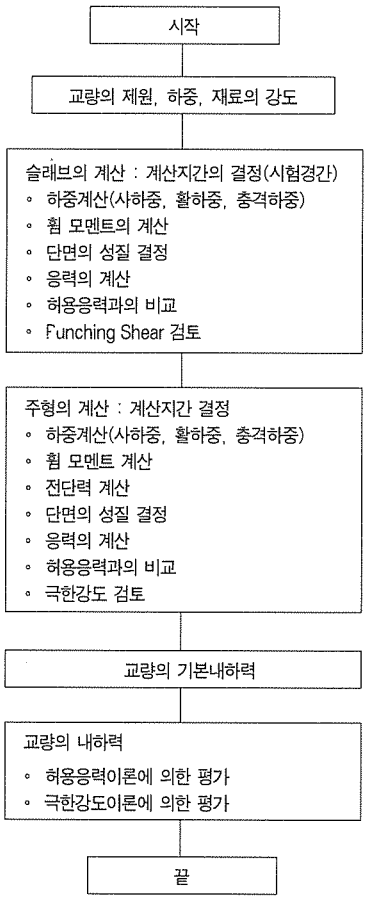

그림 2.3 응력 계산 순서

2.2.4 이론적 응력계산

외관조사 및 현장 시험시 측정한 단면의 치수 및 철근량을 토대로 조사 교량의 부재에 대한 응력을 계산한다. 응력계산시 사용하는 재하하중은 대상 교량의 설계 하중으로 하고, 실측치와의 비교를 위해서 재하차량의 제원 및 중량에 대해서 응력 및 처짐을 계산한다. 이때 계산에 사용되는 재료의 강도는 실측된 강도를 참고한다. 응력계산 절차는 그림 2.3과 같다.

2.2.5 재하시험

1) 정적 재하시험

정적 재하시험은 만재한 재하트럭 1대를 휨모멘트에 의한 변형 및 처짐이 최대가 되게 지점, 전단에 의한 변형이 최대가 되는 지점 등에 재하하여 시험을 수행하며, 또한 하중 분배를 검토하기 위해서 횡방향으로 이동시켜 가면서 이에 대한 결과를 측정한다. 정적 재하시험에서 측정하여야 될 사항은 다음과 같다.

- 주형과 슬래브 철근(주철근, 배력철근)의 변형율
- 콘크리트의 변형율
- 주형의 처짐
- 슬래브의 처짐

정적 변형율의 측정은 강재부에는 5mm 접착식 전기 저항 게이지, 콘크리트 부분에는 68mm 전기 저항 게이지를 사용하여, 각 교량 주형의 중앙부와 단부 및 슬래브의 중앙 단면에서 측정하며, 하중의 횡방향 이동재하로 보완

측정을 수행하여야 한다. 처짐의 측정은 각 주형의 하부에 전기식 다이알 게이지를 설치하여 측정을 수행한다.

2) 동적 재하시험

주행차량에 의한 교량의 동적 거동은 실제 교량이 가지고 있는 저항능력, 강성도 및 사용성의 한계를 평가하는 데 매우 중요한 자료이므로 정적 시험에서 사용한 동일한 재하차량으로 주행 진동시험을 실시하여 정적 시험의 결과치와 비교함으로써 진동의 영향을 분석한다. 동적 시험에서 측정하고자 하는 값은 다음과 같다.

- 동적 변형율
- 동적 처짐
- 동적 가속도

하중은 정적 재하시험에서 사용한 재하차량을 사용하고 정적 재하시험과 동일한 측정 위치에서 주행속도를 10km/hr-60km/hr까지 10~15 km/hr씩 변화시키면서 상행, 하행으로 각각 실시한다. 측정점은 각 교량의 주형 중앙부와 슬래브 하부로 하며, 이들 지점에서 변형, 처짐 및 가속도를 동적 변형율 증폭기로 증폭하여 Data Recorder에 기록한다.

2.2.6 구조해석

일반적으로 사용되고 있는 교량 구조물에 대한 구조해석 방법은 다음과 같다.

① Orthotropic Plate Method
② Grillage Method
③ Finite Element Method

이들 방법들은 각기 장단점을 가지고 있으나 보편적으로 교량의 구조해석에 사용되는 방법은 유한요소법이다. 유한요소법은 다양한 분야에서 폭넓게 사용되고 있는 방법으로서 그 정확성은 많은 연구자에 의해서 입증되었다. 구조공학 분야에서 유한요소법은 실제 작용하중, 지지조건 뿐 아니라 구조물의 기하학적 형상도 정확하게 모델하는 것을 가능하게 해준다.

2.2.7 내하력 평가방법

1) 허용응력이론에 의한 공용내하력 평가

현행 도로교 시방서에 따른 해석을 통해 얻어진 기본내하력을 토대로 교량의 경제성, 안전성 등을 고려하여 공용내하력을 산정하는 방법이다.

(1) 기본내하력

기본내하력이란 교량을 현행시방서의 방법에 따라 해석했을 때 교량이 감당할 수 있는 활하중의 크기를 설계하중(DB하중)을 기준으로 하여 비례적으로 나타낸 일종의 비례값이다. 즉 교량이 안전하게 부담할 수 있는 활하중에 의한 응력의 최대값은 부재 재료의 허용응력에서 사하중에 의한 응력을 뺀 값이므로 다음과 같은 비례식 식(2.1)가 성립된다.

$$P = DB - 하중 \times \frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{DB} - 하중} \qquad (2.1)$$

여기서, P : 기본내하력, σ_a : 재료의 허용응력, σ_d : 사하중에 의한 응력, σ_{DB-18} : DB-하중에 의한 응력(충격하중 포함)이며, 기본내하력은 교량의 현재 강도를 나타내는 값이므로 응력계산에 있어서 부식 등에 의한 단면감소가 있을 경우 이를 고려하여 계산하여야 한다. 철근의 경우 허용응력은 설계 당시의 적용 시방서에 따른다.

이상에서 계산된 기본내하력은 이론적인 계산치이므로 이 값을 그대로 공용하중으로 채택하는 것은 경제성과 안전성으로 볼 때 문제점이 있다. 즉 계산에 의한 응력값은 재하시험으로부터 얻은 측정치에 비해 일반적으로 크기 때문에 그 비율(계산응력/실측응력)만큼 공용하중을 증

가시켜 교량운영의 경제성을 높여야 할 것이다. 또한 교량의 노면상태가 극히 불량하거나 일 통행량이 큰 경우에는 이를 감안하여 공용하중을 보정하여 보다 안전한 교량유지가 가능하도록 하여야 한다. 즉 위와 같이 교량의 내하력에 영향을 미치는 요소들이 보정계수를 통하여 수정함으로써 실제 공용하중을 결정하는 것이다. 기본내하력 개념은 교량 일반에 통용될 수 있는 사항이기는 하지만 일본의 경우에는 강도로교를 중심으로 적용하고 있고 콘크리트 교량에 대해서는 별도의 내하력 산정공식을 제시하고 있다.

(2) 공용하중 결정

앞의 (1)절에서 설명한 기본내하력에 몇가지 보정계수를 곱하여 줌으로써 실제로 적용할 수 있는 공용하중을 결정하며, 이는 식(2.2)과 같다.

$$P' = P \times K_s \times K_r \times K_t \times K_o \quad (2.2)$$

여기서, P : 기본내하력, Ks = {(ε (계산치)/ε(실측치))}/{(1+i)(계산치)/(1+i)(실측치)} : 응력보정계수 K_r : 노면상태에 따른 보정계수, K_t : 교통상태에 따른 보정계수, K_o : 기타 조건에 따른 보정계수, i : 충격계수이며, 식(2.2)의 보정계수 중 K_s와 K_r은 실측자료로부터 그 값을 구하여 사용하고 있으나, K_t와 K_o는 각 교량마다 서로 상이하기 때문에 보편적인 정량치를 구하기 어려워 대개 전문가의 판단에 위임하고 있다.

(3) 보정계수

가) 응력에 관한 보정계수

일반적으로 관용이론으로 구한 교량의 부재응력은 실제의 현장 재하시험에서 얻은 값보다 크다. 따라서 이 비율만큼 공용하중을 증가시켜 줌으로써 계산치와 실측치의 차이로 인한 오차를 보정할 수 있다. 따라서 이 두가지 응력의 비를 K_s라 한다. 이 값은 개개의 교량에 대해서 측정하여 결정할 수도 있지만, 통상 현지 교량조사로부터 얻은 결과를 토대로 강도로교의 경우 구조형식에 따라 표 2.1의 값을 사용할 수도 있다.

표 2.1 응력에 관한 계수

형 식	구조부위	부 재	K_s
비합성 단순강판형교	주 형	주형	1.2
	슬래브 및 바닥틀	슬래브	1.0
		세로보	1.6
		가로보	1.6
단순 트러스교	주 형	재하현	1.2
		비재하현사재	1.0
		수직재	1.0
	슬래브 및 바닥틀	슬래브	1.0
		세로보	1.6
		가로보	1.6

나) 노면상태에 관한 보정계수

노면의 요철은 차량주행시 교량에 충격을 주게 되고 이 충격의 크기는 노면상태가 좋고 나쁨에 따라 크게 좌우된다. 그러므로 이 충격이 교량에 미치는 영향이 크기 때문에 내하력 판정시 이에 대해서 고려하지 않으면 안된다. 물론 기본내하력 산정시 활하중을 다룰 때 보통 충격계수에 의한 것도 포함하고 있으나 이러한 활하중에 의한 충격외에 노면의 평탄성이 불량한 경우에도 실측결과를 바탕으로 보정하여야 한다. 외국에서는 실측결과를 바탕으로 표2.2와 같은 값을 채택하고 있다.

표 2.2 노면상태에 따른 계수

노 면 상 태	K_r
약간의 요철이 있는 포장노면	1.0
포장에 다소 박리가 있고 차량통과시 약간의 진동이 있는 경우	0.9
포장에 박리가 심하고 그 부분에서 차량통과시 차체에 진동이 있는 경우	0.85
포장파손이 심하여 차량통과시 차체의 진동이 극심한 경우	0.80

다) 교통상태에 관한 보정계수

기본내하력은 현행시방서에 의한 하중배열에 따라 활하중의 응력을 구하였으나 실제로 교량상을 주행하는 차량배열은 시방서의 조건보다 가혹한 경우도 있고 그렇지 않은 경우도 있기 때문에, 기본내하력은 이와 같은 교통상황을 감안, 보정하여 적절한 공용하중을 결정하여야 한다. 조사된 자료를 이용하여 교통상태에 관한 보정계수의 값을 결정하는 데 있어서 교통상태에 따른 보정계수($K_t = K_{tl} \times K_{tw}$)는 교축방향의 하중분포에 관한 보정계수 및 교폭방향의 하중분포에 관한 보정계수에 대한 곱으로 나타난다. 교축방향의 하중분포에 관한 보정계수는 그림 2.4에 교폭방향의 하중분포에 관한 보정계수는 그림 2.5에 제시되어 있다.

라) 기타 조건에 관한 보정계수

기타 조건이란 앞의 3가지 조건 이외의 모든 조건을 통칭하는 것인데 일반적으로 다음의 조건들을 말한다.

- 교량부재의 부식 및 손상에 의한 부재단면의 감소
- 장래 공용기대년수
- 하부구조의 영향
- 노선의 중요도

2) 하중-저항계수이론에 의한 평가

현존 교량구조물은 구조물의 상태에 따라 손상(deterioration)정도가 다르고, 또한 통행차량에 의해 발생하는 활하중효과가 다르기 때문에 현재 시행되고 있는 교량 내하력 평가방법에 의해서는 이들 효과를 합리적으로 고려하기가 매우 어려운 실정이다. 따라서, 본방법에서는 교량 상부구조물을 상태(손상정도)에 따라 분류하고, 각 손상에 따라 분류된 교량에 대해서 추가적인 인자로서 현장측정, 조사빈도, 유지보수 등을 고려하며, 이들 각 범주에 속하는 교량 단면 저항의 손상계수를 결정한다.

(1) 평가방정식

하중-저항계수법에 의한 노후 교량의 안전도 평가는 다음 식에 의해서 수행한다.

$$\Phi R_n \geq \gamma_D D + \gamma_L L(1.0+I) \qquad (2.3)$$

$$RF = \frac{\Phi R_n - \gamma_D D}{\gamma_L L(1.0+I)} \qquad (2.4)$$

여기서, R_n : 공칭저항, D : 부재 단면의 자중으로 인한 사하중 모멘트효과, L : 평가차량에 의해서 교량 지간상에서 발생하는 공칭 활하중효과, I : 충격효과, γ_D : 사하중계수, γ_L : 활하중계수, Φ : 단면의 손상을 고려한 저항감소계수이다.

(2) 저항감소계수(capacity reduction fac-

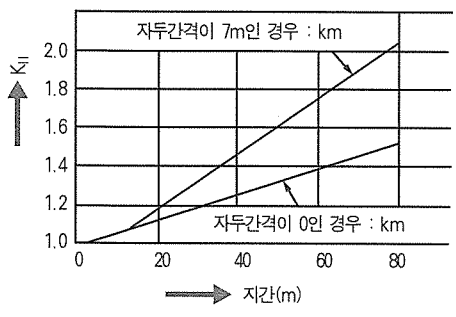

그림 2.4 교축방향의 하중분포에 관한 보정계수, K_{tl}

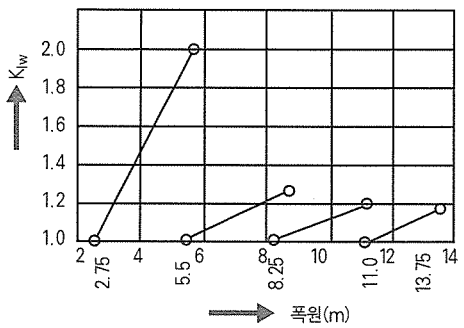

그림 2.5 교폭방향의 하중분포에 관한 보정계수, K_{tw}

표 2.3 상부구조물 손상상태에 따른 저항감소계수

상부구조물의 상태	평가자료		현장측정빈도 (2년 주기)		유지보수 유·무		저항특성		저항감소계수
	이론	현장측정	Yes	No	Yes	No	V_R	δ_R	
양호(노후등급 A)							10%	1.1	0.94
보통 손상 (노후등급 B, C)		○	○		○		10%	1.1	0.92
		○	○			○	15%	1.1	0.87
		○		○	○		15%	1.1	0.84
		○		○		○	20%	1.1	0.77
	○		○		○		10%	1.0	0.84
	○		○			○	15%	1.0	0.76
	○			○	○		15%	1.0	0.76
	○			○		○	20%	1.0	0.70
잠재적 위험을 가진 심각한 손상 (노후등급 D, E)		○	○		○		15%	1.0	0.76
		○	○			○	20%	1.0	0.70
		○		○	○		20%	1.0	0.70
		○		○		○	25%	1.0	0.64
	○		○		○		15%	0.9	0.69
	○		○			○	20%	0.9	0.63
	○			○	○		20%	0.9	0.63
	○			○		○	25%	0.9	0.57

tor)

식(2.4)에서 요구되는 손상계수는 평가하고자 하는 교량에 대한 정확한 외관조사, 손상부위 및 손상정도를 기록한 자료를 분석한다.

(3) 하중계수

안전평가방정식 식(2.4)에서 사하중계수 및 활하중계수는 구조물 설계 당시의 하중계수와는 그 의미가 다르다. 일반적으로 새로운 교량을 설계할 때의 활하중 계수는 설계 수명기간을 반

표 2.4 일 트럭통행량에 따른 하중계수 (프리스트레스트 콘크리트 합성형교)

일트럭통행량	활하중계수
1,000	1.51
8,000	1.66
18,000	1.82

경험적으로 고려한 계수이다. 그러나 노후된 교량의 안전평가를 수행하는 경우의 활하중계수는 평가기간(평가 당시)을 고려하여 합리적으로 결정하여야 한다. 그러나 현행 도로교(KD, AASHTO, OHBDC) 시방서에서는 노후 교량의 안전 평가시에 요구되는 하중계수를 따로 규정하지 않고 설계시의 하중계수를 그대로 사용하고 있다. 현재 각 국에서는 교량 구조물의 안

표 2.5 현행 시방서의 하중계수 (1996년 이전)

교량형태	사하중계수		활하중계수	
	구시방서 1992년 이전	개정시방서 1993년 이후	구시방서 1992년 이전	개정시방서 1993년 이후
철근콘크리트	1.5	1.3	1.8	2.15
강주형	1.3	1.3	2.1	2.0

전평가의 중요성이 부각되어 평가시의 하중계수를 규정하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있는 중이다.

프리스트레스트 콘크리트 합성형교량에 대해서는 국내의 도로상을 통행하는 트럭조사 자료를 바탕으로 서울대에서 연구를 수행하였으며, 연구결과는 표 2.4와 같다. 현행 시방서에 규정되어 있는 철근콘크리트 교량과 강주형 교량에 대한 하중계수는 설계 당시의 하중계수를 사용하며 표 2.5와 같다.

(4) 안전 평가지수의 산정절차

하중계수법에 의한 안전 평가절차를 요약하면 그림 2.6과 같다.

3. 맺는 말

토목구조물에 콘크리트를 적용한 역사가 깊어감에 따라 우리나라는 물론 세계 각 국에서 기존의 건설구조물의 노후가 심각해지고 있고, 또한 우리나라에서도 신규 건설중인 대형 토목구조물의 붕괴사고가 일어나는 등 토목구조물의 안전진단 및 평가에 대한 필요성이 나날이 증가

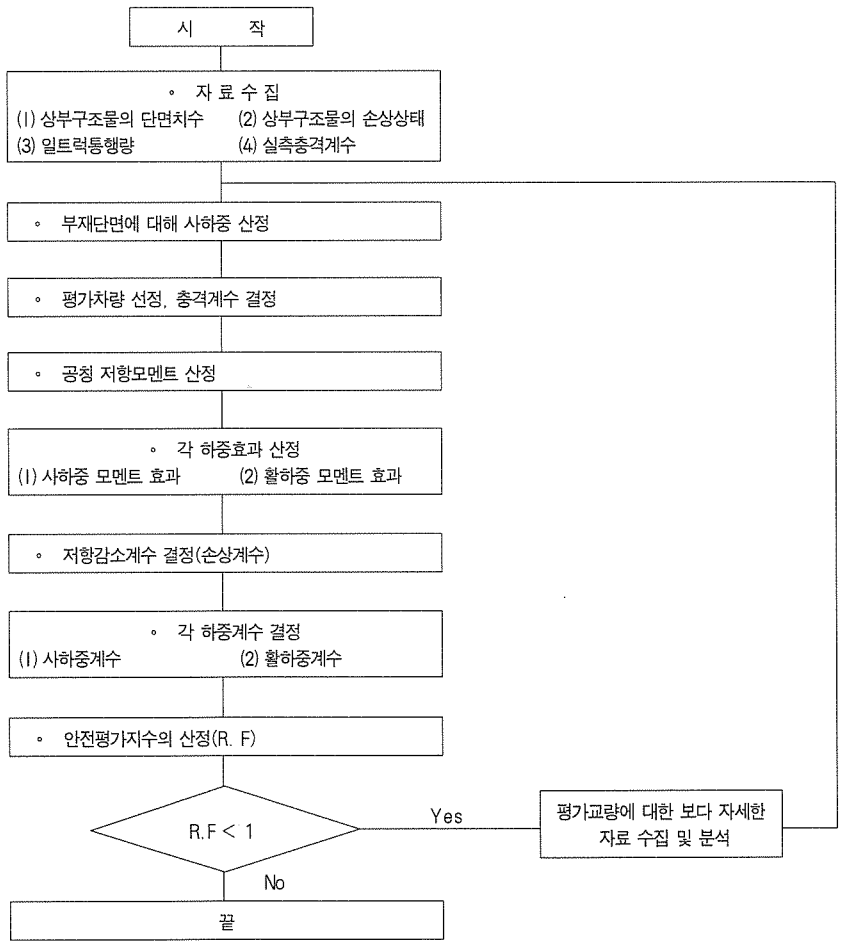

그림 2.6 현존 교량의 안전평가 절차

하고 있다.

토목구조물에 대한 안전진단 및 평가는 기존의 구조물이 현재 상태에서 어느 정도의 내구성과 내하력을 갖고 있는가를 판별하고 앞으로 사용가능년수를 예측하는 데 필요하다. 또한 예기치 않은 하중을 받았거나 새로운 목적을 위해 용도변경을 하는 경우에 기존 구조물에 대한 안전진단 및 평가는 반드시 필요하다.

우리나라에서는 토목구조물에 대한 안전도 평가기준이 체계적으로 규정되어 있지 못하고 주로 외국의 평가방법에 따라 구조물의 안전도 평가를 실시하는 실정이다.

따라서, 본 소고에서는 토목구조물 중 가장 광범위하게 이용되고 있는 교량구조물에 대한 교량안전도 및 평가기법을 정립하고자 하였고, 그동안 수행해온 교량내하력 평가 경험을 토대로 하여 토목구조물의 안전진단과 평가를 수록하였다.

앞으로 본 소고가 교량구조물의 안전도 평가에 많은 도움이 되기를 기대하는 바이다.

4. 참고문헌

1. AASHTO, Standard Specifications of Highway Bridges.

2. AASHTO, Manual for Maintenance Inspection of Highway Bridges, Washington D.C. 1983.

3. Ang, A. H-S., "Structural Risk Analysis and Reliability-Based Design", Journal of Structural Division, ASCE Vol. 99, No. ST9, Proc. Paper 10011, Sept., 1973 pp. 1891-1910.

4. Ang, A. H-S., and Amin, M. "Safety Factors and Probability in Structural Design", ASCE, Vol. 86, No. ST7, Proc. Paper 6667, July, 1969, pp. 1389-1405.

5. Ang, A. H-S., and Cornell, C.A., "Reliability Bases of Structural Safety and Design", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 100, No. ST(Proc. Paper 10777, Sept., 1974 pp. 1755-1769.

6. 도로교 표준시방서, 건설부, 1992.

7. 콘크리트 표준시방서, 건설부, 1988.

8. 道路橋의 實用診斷學(下卷), 高島春生 著

9. 건설기술연구원, "현장타설된 콘크리트 압축강도의 확률적 분석", 콘크리트 학회지, 제1권 2호 1989. 12.

10. 교량내하력 조사 보고서, 건설부 국립건설시험소, 1980~1994.

11. 오병환, "확률신뢰성 이론에 의한 구조물의 합리적 해석기법과 신뢰성 설계기준 개발", 서울대학교 공학연구소, 1990. 5.

12. 오병환, "교량구조물의 합리적 설계하중 결정 및 설계기준", 대한토목학회 논문집 제11권 제4호, 1991년 12월, pp. 56-66.

13. 오병환, 정철헌, "교량부재의 사하중효과 및 저항의 확률적 특성", 콘크리트학회 논문집, 제5권 제3호, 1993년 9월, pp. 142-151.

14. 오병환, 김지상, "프리스트레스트 콘크리트 합성거더교량의 피로해석", 콘크리트학회 논문집, 제5권 제4호, 1993년 12월, pp. 135-144.

15. 정철헌, "교량구조물의 합리적 설계하중 및 설계기준 개발", 서울대학교, 1993. 2.

16. 교량내하력 조사 종합보고서(1968~1984), 건설부 국립건설시험소, 1985. 9.

17. 1994년 고속도로 교통량 조사, 한국도로공사, 1995.

18. "도로교 설계하중의 확률론적 분석", 한국건설기술연구원, 1991. 12

19. "구조물의 신뢰성에 관한 연구— 고정하중·적재하중 및 풍하중에서의 R.C. 건물", 한국건설기술연구원, 1989. 12.

20. "신설 및 노후 교량 구조물의 개선된 내하력 평가시스템 및 보수기법 개발", 건설교통부, 1995. 8.

21. "Concrete Repair and Maintenance Illustated", Peter H. Enimons, Means.