

09. 재하시험

(교량)

□ 재하시험

▷ 일 반

재하시험은 교량 또는 부재의 실제 구조거동과 안전성을 평가하는 효과적인 수단이다.

이 방법은, 시공도면이 없어 구조해석만으로는 정확하게 모델링 할 수 없는 기존교량이나 시공도면과 구조계산서가 있다하더라도 구성재료의 전반적인 내구성 저하와 균열, 박리, 철근부식 등으로 활하중에 대한 구조거동이 의심스러운 교량에 대하여 내하력에 대한 더 실제적인 평가가 이루어질 수 있다고 판단되는 경우 효과적으로 적용가능하다.

재하시험을 시행할 경우에는 시험방법, 시험하중, 계측기기의 운영, 시험원의 자격요건 및 안전조치계획 등을 포함한 신중한 계획이 이루어져야 한다.

현장조사 결과와 시험방법 및 적용하중, 측정된 수량 및 해석, 평가과정 및 계산 그리고 결론에 대한 포괄적인 보고서를 작성한다.

교량 재하시험의 주요목적은 다음과 같다.

- 교량의 실제 정적 및 동적거동 평가
- 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토
- 새로운 해석방법 및 설계기법의 검증
- 교량의 결함원인의 분석및 규명
- 해석에 의한 내하력이 작은 경우 실제거동에 따른 내하력을 결정하여 교량운영의 경제성 향상
- 보수·보강 이력이 내하력에 미치는 효과 파악
- 지진, 풍하중 및 충격하중에 대한 교량의 동적 특성의 결정
- 교량의 설계도면이 없고 보수·보강 자료가 미비한 교량의 내하력 평가

▷ 재하시험 계획

○ 시험경간 선정

-시험경간은 주형의 손상상태, 신축이음의 상태, 받침상태, 보수및 보강이력 등을 고려하여 종합적으로 가장 취약한 1개 경간을 선택함을 원칙으로 하되 교량 총연장에 따라 시험경간 개소를 증가시킬 수 있다.

-상부구조가 2개 이상의 형식으로 구성되었거나 연속교와 단순교의 조합으로 구성된 경우, 형식별로 1개 경간을 선정하여 재하시험을 실시함을 원칙으로 한다.

-단, 주형식 이외의 나머지 형식이 주형식의 일부로 분류 가능하거나 손상 및 노후상태, 하부구조상태, 구성비율, 보강이력 등을 고려할 때 재하시험의 필요성이 명백히 없는 경우는 예외로 한다.

-국부적 충돌사고및 손상, 일부경간의 보강효과 검증등 특수한 목적을 위한 재하시험은 예외로 한다.

○계측기 및 센서의 부착

- 대상교량의 설계하중, 총연장, 경간장, 상부구조형식, 교폭 및 시험목적에 따라 시험의 종류, 센서 및 계측기의 종류, 부착위치 및 개소수, 재하하중, 시험회수 등을 결정한다.
- 계측기와 센서는 압축·인장 휨변형률, 전단변형률, 최대처짐, 진동 및 동적특성, 균열거동 등을 계측하기 위하여 부착한다.
- 4차선 이하 교량의 경우 계측기와 센서의 부착 개소수는 시험경간내 전 거더와 슬래브를 대상으로 하며 4차선 이상의 경우는 예외로 한다.
슬래브교의 경우 시험트럭의 축간거리 간격만큼 이격시켜 전폭에 대하여 계측기와 센서를 부착함을 원칙으로 하며, 특수교량이나 박스교의 경우는 시험목적에 맞게 결정한다.
- 연속교의 경우 하중 영향범위를 고려하여 정·부 모멘트부에 공히 계측기와 센서를 부착 한다.
- 슬래브 상부에 센서를 부착할 경우 직사광선, 습기, 이물질에 의한 손상 및 간섭을 받지 않도록 별도의 방습 및 보호처리를 한다.
- 1개소에 부착하는 계측기와 센서는 항상 2조로 하여 측정결과를 상호·비교한다.

○재하하중 선택

- 재하하중은 교량 설계하중의 60% 범위에서 전륜/ 후륜의 축중비가 도로교시방서 규정을 크게 벗어나지 않는 범위에서 토사 등을 적재한 덤프트럭을 사용한다.
단, 교량의 노후 및 손상정도가 심하여 재하시험으로 추가적인 손상이 우려되는 경우는 예외로 한다.
- 재하시험용 덤프트럭은 성능이 양호한 차량을 선택하며, 차량에 대한 제원과 축중을 정확히 파악한다.
2대이상의 덤프트럭이 사용되는 경우, 트럭간 총중량의 차이는 $\pm 5\%$ 이내이어야 한다.

○재하시험 계획

- 재하시험 시기는 교량의 주변여건, 교통량, 보행자의 안전등 경제적, 사회적 손실을 고려하여 교통통제의 영향이 적은 시간대를 선정한다.
- 우천시나 대기온도가 계측기의 작동범위를 벗어날 때는 적절한 대책을 마련하지 않는 한 재하시험을 실시하지 않는다.
- 콘크리트교의 경우 재령 56일 이전에는 재하시험을 실시하지 않음을 원칙으로 한다.

○안전계획

- 재하시험원 및 교통통제원은 주·야간 모두 육안식별 가능한 복장을 착용한다.
- 차량의 안전운행을 위하여 각종 교통통제용 안전간판, 비상조명등, 보조장비를 설치하여 운영한다.

▷ 정적재하시험

교량의 설계시 예측한 초기거동은 공용기간이 장기화됨에 따라 재료의 내구성 감소 및 구조적 노후로 점차 건전성이 저하되어 간다.

따라서 교량 각 부재의 정적하중에 의한 처짐 및 변형률을 실측하여 대상교량의 실제거동을 분석하고 실측값과 이론에 의한 해석값을 비교하여 교량의 실제 내하력을 구할 수 있다. 교량의 정적재하시험은 다음과 같은 목적에 따라 측정위치, 시험차량의 재하위치 등을 결정하여 정적처짐과 정적변형률을 측정한다.

- 중립축 위치 결정
- 하중의 횡분배
- 주형과 바닥판과의 합성 작용
- 부재의 강성
- 응력및 처짐의 영향선
- 계산응력과 측정응력의 비교

○시험방법

- 재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 일체 재하되지 않은 상태에서 초기값을 설정한다.
- 시험차량 재하후 상부구조에 진동, 소음, 충격 등 측정결과에 영향을 미칠 수 있는 일체의 영향요소들이 소멸된 다음 측정을 시작한다.
- 재하경우별로 2회 이상의 반복측정을 실시함을 원칙으로 한다.
- 활하중 재하위치는 설계조건, 차선조건을 고려하여 계측 대상부재에 최대응답이 발생하도록 결정하고, 대칭성과 중첩성을 확인할 수 있는 재하조건을 적어도 1회이상 실시하는 것으로 한다.
- 교량 슬래브의 경우 차선수와 무관하게 1대 재하만이 허용되나, 라멘교와 슬래브교의 경우는 그렇지 아니하다.
- 전면 교통통제에 따른 차량지체가 예상되고, 교통사고의 가능성이 높은 경우에는 재하횟수를 합리적으로 줄여서 시행할 수 있으며, 재하차량을 차선별로 주행시켜 시험하는 의사정적 재하시험을 수행할 수 있다. 후자의 경우 데이터의 디지털 필터링기법을 사용하여 충격계수 및 영향선을 도출해 낼 수 있다.

○정적처짐

정적처짐의 측정위치는 대상교량의 규모와 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

각 주형의 지간 중앙부에는 반드시 측점을 설치하고 필요에 따라 경간의 1/4지점, 3/4지점 (또는 1/3지점, 2/3지점) 등 측점수를 증가 시킨다.

○정적변형률

정적변형률의 측정위치는 대상교량의 구조적 특성과 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

▷ 동적재하시험

교량의 동적재하시험은 크게 두가지로 분류할 수 있다.

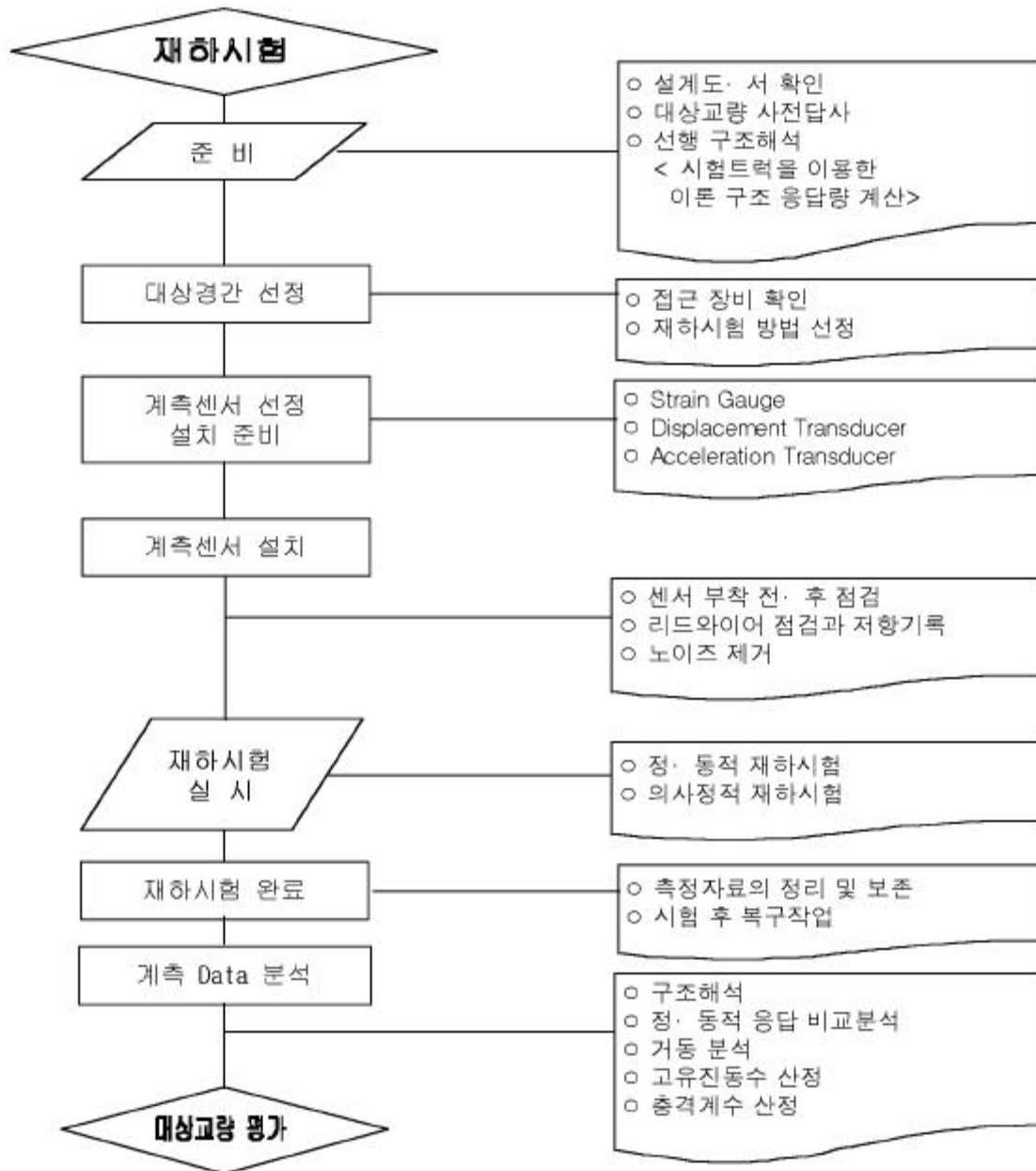
시험차의 주행에 따른 동적응답 으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적 특성을 구하기 위한 시험이 있다.

○차량 주행시험

- 특수한 목적을 제외하고 동적재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- 정적재하시험용 계측기와 동적재하시험용 계측기가 상이한 경우 계측기의 측정오차를 검정하기 위하여 동적재하시험용 계측기를 사용하여 정적재하시험과 동일한 1개 재하 경우를 선택하여 정적재하시험을 실시한다.
- 시험차량의 주행속도는 상행차선과 하행차선에서 각각 최저 10km/h에서 최대 60km/h 까지로 하되, 접속도로의 선형, 노면상태, 차량통제 현황 등이 허락되지 않을 경우에는 예외로 한다.
- 차량 주행시험이 끝나면 일정시간 일반통행차량에 대한 측정을 실시하여야 하며, 동적 최대 응답치를 얻어서 재하차량에 의한 시험결과와 비교한다.
- 측정결과를 이용하여 교량의 충격계수, 동적변형률, 가속도, 진동주기, 여진동 등 고유 진동수에 따라 사용성 측면에서의 교량진동 특성을 분석한다.

○동적특성 시험

- 교량의 동적특성 즉 고유진동수, 감쇠율, 모드형상을 구하는 시험으로써 상시 미진동, 주행 차량에 의한 진동, 가진기에 의한 진동등을 가속도계 및 변위계로 측정하는 시험이다.
- 장대교의 경우 내진안전도, 내풍안전도를 평가함에 있어 대상교량의 동특성이 기본자료로 활용되며 공용중인 교량에서 기간 경과에 따른 동특성의 차이는 교량의 손상정도를 평가하는데 사용 될 수 있다.



<재하시험 흐름도>