교량의 처짐 관리기준치 여유도 산정을 위한 실험적 연구

The Experimental Study for the Safety-factor Determination on Deflection Warning Criterion of Bridge Structure

주봉철* · 박기태** · 이우상***

Joo, Bong Chul · Park, Ki Tae · Lee, Woo Sang

Abstract

Currently the number of bridge, large or small, throughout the nation reaches at least 20,000 which tend to increase year by year. Now some of the special bridges are professionally managed through the maintenance monitoring system and the number of bridges under the maintenance monitoring system will be increase.

The deflection-measure of spans among the measuring items is important item for checking bridge-condition. This study made an investigation into the management reference and estimated the safety-factor of the management reference

key words : Bridges; Deflection; The Management Reference; The Safety-factor

국내에는 2만개이상의 크고 작은 교량이 있으며, 매년 그 수가 늘어나고 있다. 현재는 이 중 일부 특수 교량에 상시 감시가 가능한 유지관리 모니터링 시스템을 구축하여 전문적으로 관리하고 있으나 앞으로 그 범위가 크게 확대 될 전망이다.

이런 교량 상시 유지관리 시스템의 기본 계측항목 중 경간 중앙부 처짐은 교량의 전체 안전 상태를 파악할 수 있는 중요한 계측항목이다. 본 연구는 지금까지 교량 상시 유지관리 시스템에 적용된 경간 중앙부 처짐에 대한 관리기준치 설정방법을 조사하고 간단한 실내 구조실험을 통하여 현재 적용 중인 교량 경간 중앙부 처짐에 대한 관리기준치의 여유도를 추정하여 보았다.

1. 서 론

현재 국내에는 2만개이상의 크고 작은 교량이 공용 중에 있으나, 이에 대한 주요 관리 체계는 4년에 한 번씩 실시하는 정기적인 안전진단이 대부분이며, 대상교량도 1종 교량에 한하여 그 수가 전체교량의 약 10% 정도이다(건설교통부 2007). 따라서 그 안전진단 검사 중간의 상황에 대해서는 다음 안전진단이 이루어지기 전까지는 확인하기 어려운 것이 현실이다. 최근 들어 교량이용자의 안전을 보다 능동적으로 확보하기위하여 교량의 안전상태를 실시간으로 감시하고 정량적인 수치분석을 통하여 합리적으로 관리하는 시스템의 필요성이 크게 요구되고 있으나 현재까지 계측시스템을 설치하여 상시계측을 하고 있는 교량은 약 34개(고속국도 교량 17개소, 일반국도 교량 13개소, 특별광역시도 교량 4개소)정도이다(주봉철 2007).

일반적인 경우 교량에서 하중의 위치가 경간 중앙부에 위치할 때 최대 처짐량이 발생하는 가장 취약한 조건으로 정기적인 교량안전진단에서 실시하는 재하실험의 하중재하 위치도 경간의 중앙부이다. 또한 교량 상시계측시스템의 여러 가지 계측항목 중 경간 중앙부 처짐량의 측정은 교량의 전체적인 거동특성 및 안전상태 파악을 위한 중요한 계측항목 중 하나이다.

* 한국건설기술연구원 복합구조연구실 연구원 · 학석사 · 31-910-0138 (bcjoo@kict.re.kr)
** 정회원 · 한국건설기술연구원 복합구조연구실 선임연구원 · 학박사 · 31-910-0134 (ktpark@kict.re.kr)
*** 한국건설기술연구원 복합구조연구실 Post-Doc · 공학박사 · 031-910-0486 (slws@kict.re.kr)

따라서 경간 중앙부 처짐을 감시하는 일은 교량 안전 상태를 정확하고 신속하게 파악하기위한 매우 중요한 일이라 할 수 있다. 본 연구는 현재 적용되는 교량 상시계측시스템의 경간 중앙부 처짐에 대한 관리기준치 설정방법을 조사하고 간단한 실내 구조실험을 통하여 현재 일부 교량 상시계측시스템에서 경간 중앙부 처짐의 관리기준치로 적용되는 도로교설계기준 허용처짐량(건교부 2005)의 실질적인 여유도를 추정하였다.

2. 경간 중앙부 관리기준치 설정방법

현재 국내 교량에 적용된 상시계측시스템의 계측항목은 크게 형상계측, 응력계측, 장력계측, 온도계측, 진동계측 등으로 구분되어진다. 형상계측은 주로 거더의 중앙부 수직변위와 교량 형식 중 주탑을 포함하는 사장교, 현수교 등과 같은 특수교량의 주탑 경사를 감사하는 것이며, 응력계측은 주로 붕괴유발부재와 중요 설계단면의 응력을 감시한다. 내·외부에 긴장재(케이블 포함)를 설치한 교량에서는 긴장재에 가속도계를 설치하여 장력을 측정하고 있다. 또한 주요 부재의 진동 및 온도, 신축이음부의 신축량, 균열폭과 풍향풍속 등도 보완자료로 교량 상시계측시스템에서 측정하고 있다. 표 1.에 계측항목별 특성을 정리하여 나타내었다.

표 1. 교량 상시계측시스템의 계측항목별 영향 분석

구 분	계측항목	적용센서	적용교량	중요도	영향범위
형 상	경간 중앙부 처짐	경사계 / 변위계	전 체	높 음	전 체
	주탑의 경사	경사계	특수교	높 음	전 체
응 력	콘크리트/강재 응력	변형률계	전 체	보 통	부 분
장 력	케이블 장력	가속도계	특수교	높 음	전 체
온 도	거더/주탑/케이블 온도	온도계	전 체	낮 음	부 분
진 동	거더/주탑 진동	가속도계	전 체	보 통	전 체
기 타	신축이음 간격	변위계	전 체	보 통	전 체
	균열폭	균열게이지	전 체	보 통	부 분
	풍향풍속	풍향풍속계	전 체	낮 음	전 체

이와 같은 교량 상시계측시스템의 계측항목 중 경간 중앙부 처짐에 대한 관리기준치 설정방법은 크게 2가지로, 현장재하실험에 의한 방법과 설계기준에 의한 방법이 있다. 일반적으로 경간 중앙부 처짐에 대한 관리기준치 설정은 주로 현장재하실험에 의한 측정값을 기준으로 결정하는 경우가 많으며, 측정된 관리기준치를 도로교설계기준의 허용처짐값이나 구조해석 결과와 비교 검토하는 것이 일반적이다. 그러나 현장재하실험으로 측정된 처짐량을 통해 실질적으로 어느 정도의 안전수준을 보장하는지를 정량적으로 판단하기 어렵다. 또한 교량의 초기상태를 파악하기 힘든 조건이나 대상구조물의 다양한 파괴 형태에 대한 충분한 연구가 이루어지지 않은 경우, 대상교량의 실질적인 성능 및 안전도를 파악하는 것은 더욱 어려워진다.

일부 교량에서는 도로교설계기준의 허용처짐값을 기준으로 관리기준치를 결정하는 경우도 있다(서울특별시 2007). 그러나 설계기준의 허용처짐값은 국내외 설계기준을 참고로 하여 경험적으로 정한 권장 값으로 구조물의 안전을 보장할 수 있는 기준치이지만 구체적으로 어느 정도의 안전을 보장하는지 확인할 수 없다. 그리고 강거더의 경우 도로교설계기준의 허용처짐값을 상당히 초과하여도 안전 및 내하력에는 문제가 없으며, 단지 콘크리트 바닥판의 영향을 고려하여 강거더의 곡률을 제한하는 방법이다(대한토목학회 2003).

따라서 지금까지의 국내 교량 상시계측시스템에 적용되어진 경간 중앙부 처짐에 대한 관리기준치는 대상교량을 소정의 상태로 유지하는 유지관리기준으로서는 타당하나 교량의 붕괴를 예측하고 사전에 대비해야하는 안전관리기준에서는 매우 보수적으로 평가·관리하는 방법이라 할 수 있다. 즉, 위의 관리기준치는 일정수준의 안전이나 성능을 보장하는 기준치로 만약 이 기준치를 초과한다고 교량이 위험하다고 판단하기는 힘든 경우이다.

3. 경간 중앙부 관리기준치의 여유도 평가

교량 상시계측시스템의 계측항목 중 경간 중앙부 처짐에 대한 관리기준치 설정에 많은 영향을 미치고 있는 도로교설계기준 허용처짐값의 여유도를 알아보기 위하여 간단한 실험체를 제작하고 파괴 실험을 실시하였다.

3.1 실험체 설계

대상교량은 철근콘크리트 T형 거더교로 전체 길이는 13.64m(경간 길이 13m)이고 8.3m의 전체 폭을 갖고 있으며 설계하중은 DB-18로 2등교이다(김생빈 1998). 실내 구조실험을 위하여 대상교량의 중앙 거더 한 개를 일정비율(15%, 30%, 46%)로 축소하여 실험체를 재설계하였다. 축소비율의 변화로 경간 길이(2m, 4m, 6m)에 따른 영향을 확인하였으며, 하중조건은 변위제어 방식으로 경간 길이의 1/50까지 실험체의 거동을 확인하였다. 대상교량과 실험체의 제원을 그림 1.과 그림 2.에 나타내었다.

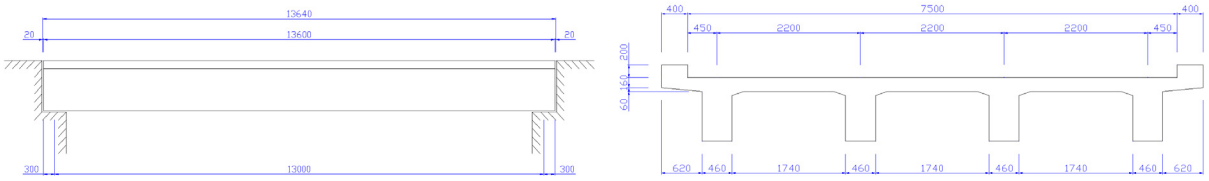

그림 1. 대상교량의 제원 및 단면형상

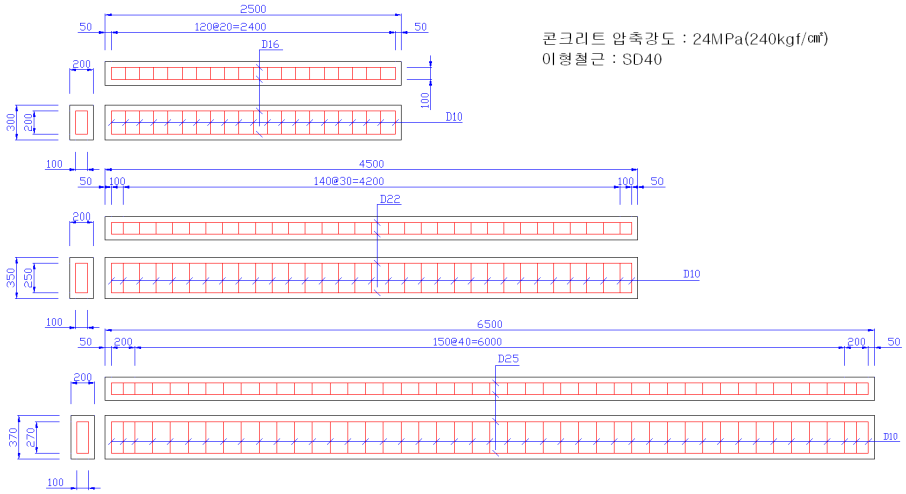

그림 2. 실험체 상세 제원

3.2 실험 결과

실험결과를 표 2.와 그림 3.에 나타내었다. 실험결과 대부분의 실험체는 경간 길이의 약 1/200에서 항복하는 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구의 경우 도로교설계기준의 처짐제한치 “경간 길이의 1/800”은 약 400%의 여유도를 포함하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 경간의 길이가 길어질수록 여유도가 증가하는 경향으로 확인되어 실제 교량에서는 본 연구의 결과보다 큰 여유도를 포함할 것으로 예상된다. 또한 경간의 1/50까지 처짐량은 증가하여도 하중수준이 감소하지 않아 교량 붕괴를 기준으로 여유도를 추정할 경우 본 연구의 경우 최소 1,600%의 여유도를 추정 할 수 있다. 실제 하중조건과 상사율에 따른 오차를 고려하더라도 일반적인 철근 콘크리트 거더교의 경우 도로교설계기준의 허용처짐량 기준을 교량의 안전관리를 위한 관리기준치 설정방법으로 사용하는 것은 매우 보수적인 방법으로 판단된다.

표 2. 실험결과

실험체길이 (mm)	경간길이(A) (mm)	허용처짐(B) (mm)	항복처짐(C) (mm)	항복률 (C/A)	여유도 (C/B) (%)	축소율 (%)
2,500	2,000	2.5	9.1	약 1/200	370	15
4,500	4,000	5.0	19.5	약 1/200	390	30
6,500	6,000	7.5	41.9	약 1/150	560	46

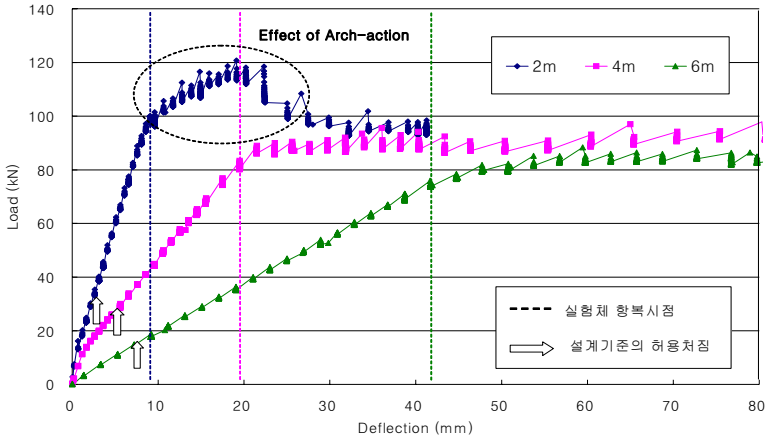

그림 3. 하중-처짐 관계 곡선

4. 결 론

일반적인 철근콘크리트 거더교의 경간 중앙부 처짐에 대하여 기존 관리기준치의 실제 여유도를 추정하기 위한 실험적 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 일반적인 철근콘크리트 거더교를 축소 제작한 실험체는 경간 길이의 약 1/200 처짐에서 항복하며, 경간 길이의 1/50 처짐에서도 최종 파괴는 일어나지는 않았다.

(2) 도로교설계기준의 콘크리트교 상부구조 처짐 제한치 “경간 길이의 1/800”은 본 연구 결과와 비교하여 약 400%이상의 여유도를 갖고 있으며, 최종파괴를 기준으로 평가하면 여유도는 2배 이상 증가한다.

(3) 도로시설물 중 일반적인 철근콘크리트 거더교의 경간 중앙부 처짐에 대한 안전관리 기준치를 설정할 경우 기존 유지관리 시스템을 위한 관리기준치 설정방법으로 결정할 경우 매우 보수적으로 관리기준치가 설정될 수 있다.

감사의 글

이 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁·시행 한 2006년도 건설핵심기술연구개발사업(과제번호: 06건설핵심B05)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부 (2007), 도로 교량 및 터널 현황조서, pp.214~215.
2. 주봉철 이우상 박기태 황윤국 (2007), “교량 안전관리용 계측항목 및 관리기준치에 대한 기초 조사 연구”, 제33회 정기학술대회 CD, 대한토목학회, pp.3096~3099.
3. 건설교통부 (2005), 도로교설계기준, p.56, pp.300~303.
4. 서울특별시 (2007), 한강교량 On-Line 안전감시망 구축용역 종합보고서, 연구보고서, pp.176-205.
5. (사)대한토목학회 (2003), 도로교설계기준·해설, 기문당, pp.126~127.
6. 김생빈 (1998), 최신 토목구조물설계, 기문당, pp. 107~128.