받침의 구속과 편기를 갖는 경사지게 설치된 PSCI빔의 안전성 평가

Safety Evaluation for PSCI-Beam by Tilt-Constructed with Constraint and Deviation of Bearings

박창호* 신재인** 이병주*** 서상길****
Park, Chang-Ho Shin, Jae-In Lee, Byeong-Ju Seo, Sang-Gul

ABSTRACT

Superstructure of reinforced concrete bridges are shortened or elongated due to creep, drying shrinkage, temperature and so on. Most of bridge superstructures are free to shortening and elongation without constraint and stresses will not be induced by creep, drying shrinkage and temperature. But if bridge superstructure are constraint due to wrong setting and functional defects of bridge bearing, very large constraint forces can be induced. In this study, PSCI-Beam by tilt-constructed with constraint and deviation of bearings are presented and the effects of time-dependent constraint stress and temperature loads are investigated.

1. 서론

콘크리트 교량의 상부구조는 크리프, 건조수축, 온도변화에 따른 수축 및 팽창을 반복하고 있다. 시공후 상당한 시간이 경과한 교량의 경우에도 크리프 및 건조수축의 영향을 무시할 수 없을 뿐만 아니라 온도하중에 의한 신축작용의 불량도 교량의 수명에 많은 영향을 미친다. 교량받침은 상부하중을 하부구조에 전달하는 기능을 하며 온도에 대한 신축작용을 원활하게 수용할 수 있도록 해준다. 그러나 교량받침의 부적절한 시공 및 PSCI빔의 편기시공으로 인한 받침구속은 상부구조에 큰 구속력을 발생시킬 수 있다. 이러한 구속력은 PSCI빔의 경우에 단기 공용시에는 문제가 없으나 장기 공용시에는 빔에 균열을 유발하고 내하력을 감소시킨다.

본 논문에서는 받침의 구속과 편기를 갖는 경사지게 설치된 PSCI빔교의 주형의 편기에 따른 구조적인 영향과 받침거동불량에 따른 구조적인 영향을 검토하여 고속도로 교량의 유지관리방안을 마련하는데 있다.

2. PSCI빔의 편기설치로 인한 영향 검토

본 절에서는 호남고속도로에 공용중인 교량으로서 시공당시부터 받침편기 및 구속 그리고 경사지게

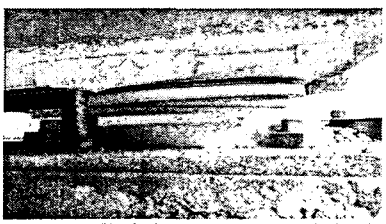


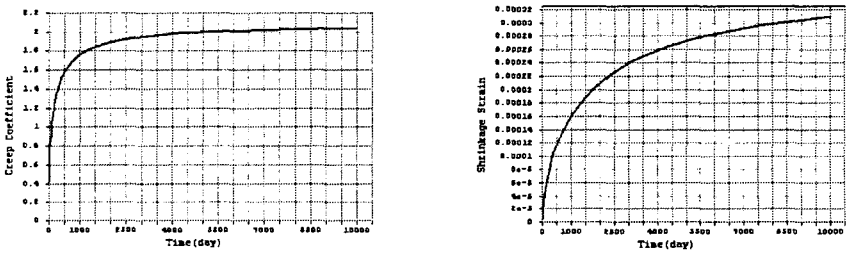
그림 1. 주형편기 및 받침 상하부 밀착

그림 2. 콘크리트 적치로 인한 받침 가동불량

* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원, 공학박사
** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 과장, 공학박사
*** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원, 공학박사
**** 정회원, 한국도로공사 구조물처 과장, 공학박사

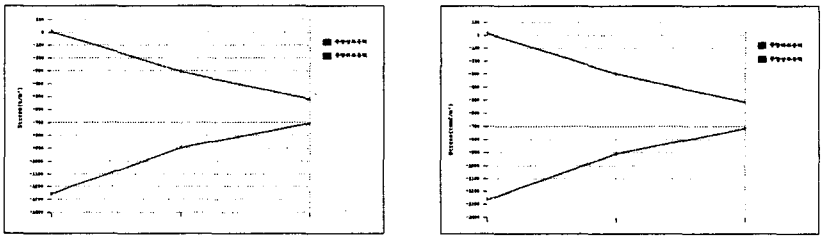
설치된 PSCI빔 교량에 대하여 현장조사와 해석을 실시하였다. 이 교량은 11경간 PSCI빔 형식으로 연장은 330m이고, 1993년에 준공되어 14년정도 공용된 교량이다. 그림 1과 그림 2는 경사지게 설치된 받침과 콘크리트 미제거로 인한 구속상태를 보여준다. 이 교량은 주형의 부적절한 거치로 인하여 6개 경간(180m)의 주형이 기울어져 있는 상태이다. 이로 인하여 주형을 지지하고 있는 교량받침이 수평을 유지하지 못하고 있으며 온도신축에 의한 거동이 불가능한 상태이다.

주형의 편기설치로 인한 영향을 검토하기 위해 구조해석을 실시하였으며 해석프로그램은 MIDAS-Civil을 사용하였다. 구조해석은 교량의 가설 단계를 고려하였다. 그림 3은 콘크리트의 시간거동특성을 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와같이 공용기간이 30년정도 경과할 때 까지도 크리프 및 건조수축의 영향이 작용한다는 것을 알 수 있다. 주형의 편기로 인한 구조적인 영향을 분석하기 위하여 경간 중앙부 주형의 상연과 하연의 응력 을 구하였다. 구조해석은 주형의 기울기 0와 기울기 5°에 대한 응력특성을 구하여 비교하였다. 그림 4와 표 1에서 알 수 있는 바와같이 주형의 편기로 인한 응력의 변화는 크지 않다는 것을 알 수 있다.



(a) 크리프 특성 (b) 건조수축 특성

그림 3. 콘크리트의 시간의존 거동 특성



(a) 기울기 = 0° (b) 기울기 = 5°

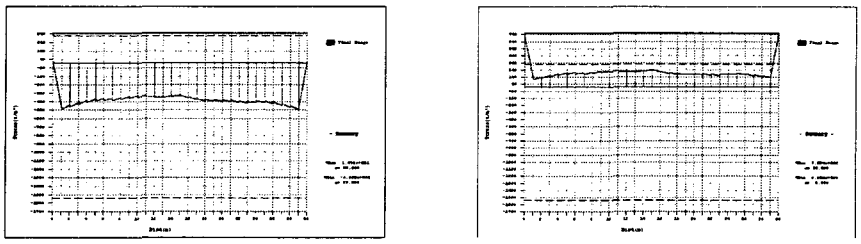
그림 4. 교량의 시공 완료시의 주형의 중앙부 상하연의 응력

표 1. 주형의 편기에 따른 중앙부 상하연의 응력(kg/cm^2)

구 분	기울기	주형거치시	바닥판거치시	현 재	비 고
상부응력	0°	0.341	-30.71	-52.17	
	5°	1.448	-29.669	-51.465	
하부응력	0°	-125.66	-89.889	-70.792	
	5°	-126.710	-90.897	-71.580	

3. 교량 받침의 가동 불량에 따른 구조적인 영향 검토

조사교량의 외관조사 결과는 교량받침의 가동단이 온도신축을 흡수하지 못하는 것으로 조사되었다. 따라서 주형에 인장응력을 유발하도록 온도하중을 적용하여 구조해석을 수행하였다. 그림 5와 표 2는 설계하중 재하시와 온도하중 재하시(받침고정시)의 응력분포를 나타낸 것이다. 해석결과에서 알 수 있는 바와같이 받침이 정상적으로 가동할 경우에는 온도하중 즉 온도가 하강할 때 주형에 응력이 발생하지 않지만, 받침이 고정된 상태일 경우에는 온도하중에 의한 응력이 매우 크게 작용하며 균열을 유발할 수 있다.



(a) 설계하중 재하시 (b) 온도하중 고려(받침 고정)

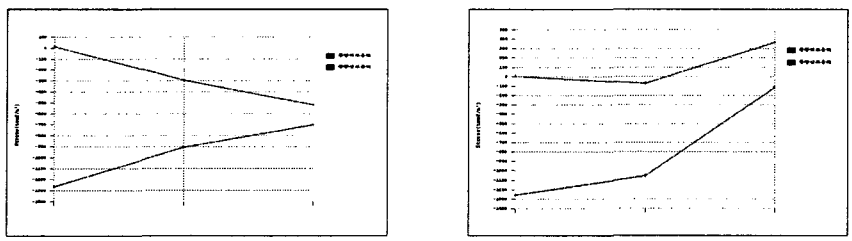
그림 5. 내측 주형의 응력분포

표 2. 주형 하연의 응력(kg/cm^2)

구 분	시공 직후	활하중 재하	온도하중 재하(-10℃)	총 응력	균열응력
설계 조건	-70.8	32.6	0	-38.2	32
받침 고정	-20.9	15.0	29.9	24	

4. 장기공용에 대한 구조적인 영향 검토

교량받침이 구속된 상태로 장기간 공용하게 되면 콘크리트의 크리프와 건조수축과 같은 장기거동 특성으로 인하여 주형의 하연의 응력이 변하게 된다. 시간 경과에 따른 주형 하연의 응력을 그림 6에 나타내었다. 그림 6은 온도와 활하중을 적용하지 않은 상태에서의 응력을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이받침의 상태가 양호한 경우에는 응력의 증가가 서서히 진행되지만, 받침이 구속될 경우에는 응력이 증가되는



(a) 설계조건시 (b) 받침고정시

그림 6 장기공용시 내부중앙부 응력변화

경향이 상대적으로 크게 된다. 표 3에는 공용기간 20년이 경과할 경우에 주형 하연의 응력을 나타낸 것으로 표 2의 활하중과 온도하중이 작용할 경우를 고려하면, 받침고정시 인장응력이 33.4kgf/cm^{2}으로 허용인장응력29kgf/cm^{2}을 초과하고 있다. 받침이 고정되지 않고 원활하게 거동한다면 주형의 인장응력이 허용인장응력을 초과하지 않을 것이다. 따라서 20년이 경과할 경우에는 활하중과 온도하중이 동시에 작용할 경우에 즉 동절기시 중차량이 통과하면 균열이 발생할 수 있다는 것을 알 수 있다.

표 3. 장기사용시 내부중앙부의 응력비교

구 분	주형 거치시	바닥판 거치시	20년 후	활하중+온도
설계조건	-126.7	-90.9	-70.2	-37.8
받침고정	-125.7	-105.6	-11.5	33.4

5. 결론

본 연구에서는 시공당시부터 받침편기 및 경사지게 설치된 PSCI빔의 해석을 통하여 구속응력이 구조물에 미치는 영향과 장기거동시 주형에 미치는 영향을 검토하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 시공당시 경사지게 설치된 주형을 검토한 결과 주형의 편기로 인한 구조적인 영향은 크지 않다는 것을 알 수 있었다.
(2) 받침의 편기로 인하여 가동 받침이 온도 신축을 흡수하지 못할 경우 단기적으로는 구조적인 문제가 크지 않지만, 장기간 공용시(20년이상)에는 주형에 균열을 야기할 수 있다.
(3) 받침의 구속은 큰 수평반력이 작용할 수 있으므로 온도하중에 의한 원활한 신축작용을 위하여 편기 및경사지게 설치된 받침을 수평으로 재설치하여 받침구속으로 인한 주형의 추가적인 손상을 방지하여야 한다.

참고문헌

1. 신재인, 박창호, 이상순, 이원태, "PSC박스 거더교량의 통행차량에 의한 내하력 평가기법 개선", 대한토목학회 학술발표논문집, Vol-1, 2005, pp. 1053~1056.
2. 신재인, 박창호, 이상순, 이창근, "차량충돌로 파손된 PSC-I빔 교량의 보강방안 고찰", 대한토목학회 학술발표논문집, Vol-1, 2005, pp. 2363~2368.
3. 용환선, 김석태, 김윤환, 최현호, "외부긴장재 도입공법을 적용한 PSC거더의 내부프리스트레스 손실량 추정" 한국구조물진단학회논문집, 제7권, 제1호, 2003, pp.227~238.
4. 한국도로공사, "PSCI 교량의 안전성평가 및 보강기법 연구," 2004
5. 김현호, 송재필, 김기봉, 정영수, "PSC 부재의 성능개선기법에 관한 정적 실험 연구," 한국구조물진단학회논문집, 제7권, 제1호, 2003, pp.157~163.
6. 김행준, 김우, "강판으로 휨 보강된 철근콘크리트 보의 조기파괴하중 산정," 한국구조물진단학회논문집, 제9권, 제1호, 20052, pp.283~292.