

교량상 콘크리트 궤도의 솟음량
- 해석시 시공온도 고려 방법 -
Camber of the Concrete Track on the bridge
- Method of considering the construction temperature in the FE Analysis -

조영남*, 성인모**, 배현웅**, 강윤석***, 임남형**†

Young Nam Cho*, In Mo Sung**, Hyun Ung Bae**, Yun Suk Kang***, Nam Hyoung Lim**†

Abstract In case of the concrete track on the special bridge such as arch bridge are subjected to the temperature variation, there is a some vertical displacement of the track. In general, construction temperature of bridges and tracks is equally controlled by considering the air temperature variation of the construction site. In some case, however, the construction temperature difference between the bridge and track may be occurred. In such cases, difference of the vertical displacement of the track may occur depending on the analysis method such as step by step analysis or completion stage analysis. In this paper, in order to investigate the vertical displacement of the track according to the step by step analysis and completion stage analysis, FE analysis are conducted.

Keywords : Track, Railway bridge, Camber, Analysis process, Temperature load

초 록 아치교와 같이 특수한 교량에 설치되는 콘크리트 궤도의 경우 온도변화에 의해 수직 변위가 발생하기 때문에, 일반적으로 지역적 특성을 고려하여 동일한 중위온도에서 시공해야 합니다. 하지만 종종 교량과 궤도의 시공온도가 다를 경우가 발생하며, 이 때 궤도의 솟음량은 완성계 해석이나 단계별 해석과 같은 해석방법에 의해 차이가 발생할 수 있습니다. 본 논문에서는 유한요소해석을 이용하여 완성계 해석과 단계별 해석에 따른 궤도의 솟음량을 분석하였습니다.

주요어 : 궤도, 철도교, 솟음량, 해석방법, 온도하중

1. 서 론

여름과 겨울철 온도변화가 크게 발생하는 우리나라에서는 온도변화에 의한 수직변위를 최소화 하기 위해 연중 최대온도와 최소온도의 평균값인 중위온도를 설정온도로 하여 교량과 궤도를 부설하게 된다. 하지만 역사의 개통, 궤도의 보수 등 부가적인 사회·경제적 문제가 발생

† 교신저자: 충남대학교 공과대학 토목공학과(nhrim@cnu.ac.kr)

* 한국철도시설관리공단 충청본부 건설/기술처

** 충남대학교 공과대학 토목공학과, *** 한국철도기술연구원 고속철도인프라TFT

함에 따라 부득이하게도 교량과 궤도의 부설시기가 상이한 시공사례가 발생한다. 특히 교량상 부설되는 콘크리트궤도는 온도변화에 의한 수직변위에 의해 큰 영향을 받을 수 있다. 그러므로 최근 시공되고 있는 대형구조물의 경우 설계단계에서 유한요소해석에 의해 검토된다. 하지만 해석방법에 대한 명확한 규정이 없으므로 정량적인 데이터의 오차가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 교량상 시공되는 콘크리트궤도의 해석방법에 대한 결과값의 차이를 알아보고 올바른 해석방법을 제시하기 위해 완성계 해석방법과 시공단계별 해석방법을 비교하였다.

2. 본 론

2.1 콘크리트 구조물의 온도

콘크리트교 설계시 단면에서의 온도변화 범위는 철도교 설계기준에 의해 지역별 평균기온을 고려하여 정해야 하며, 보통 온도의 승강을 각각 15℃로 하고, 단면의 최소 치수가 700mm이상인 경우 10℃로 하여야 한다[1]. 그러므로 콘크리트 교량의 중위온도는 교량이 위치한 지역의 평균온도를 준용하여야 하며, 콘크리트궤도 역시 교량과 같은 중위온도를 고려하여 시공해야 한다. 설계기준에 의한 온도승강을 범위를 고려하여 해석적 방법에 의한 온도검토가 필요하다.

2.2 유한요소해석

2.2.1 모델링

네덜란드 TNO Diana사에서 개발한 범용 유한요소해석프로그램인 Diana 9.4.4를 사용하여 실제 교량과 유사한 형식의 교량을 비교하기 위하여 Fig. 1과 같이 총 경간은 210m의 3경간 아치교량을 모델링 하였다. 하부아치의 rise ratio는 1/4, 교량 폭은 복선궤도 중 한선만을 고려하기 위하여 6m로 설정하였다. 실제교량과 유사한 조건을 제공하기 위하여 기 설계되어 시공된 교량의 기하학적 특성치와, 재료의 물성치를 Table 1,2와 같이 사용하였다. 그룹설정은 Fig. 1과 같이 하부아치, 상부아치, 거더, 궤도로 하였으며 3절점 보요소로 아치와 거더를 연결하는 벽체는 무한강성을 가지는 스프링요소로 모델링 하였다.

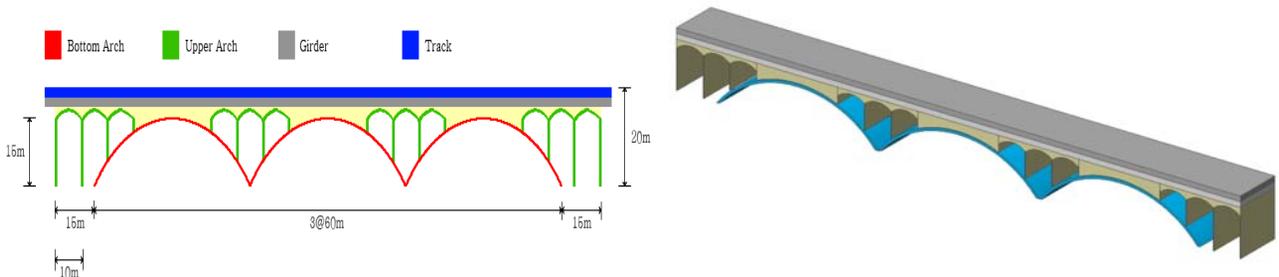


Fig. 1 FE model of the arch bridge

Table 1 Geometric properties of the arch bridge

Group	Ix(m4)	Height(m)	Area(m2)
Bottom Arch	7.127	2.425	14.55
Upper Arch	0.443	0.960	5.76
Girder	0.121	0.624	3.74
Track	0.111	0.606	3.64

Table 2 Material properties of concrete

Component	Specifications
Modulus of elasticity (N/mm ²)	3.1×10 ⁷
Poisson's Ratio	0.2
Thermal Coefficient (1/°C)	1.0×10 ⁻⁶
Weight Density (kN/m ³)	24.52
Use Mass Density (kN/m ³ /g)	2.5

2.2.2 온도변화

중위온도와 상이한 온도에서 시공된 콘크리트 궤도를 모사하기 위하여 연평균 온도 (중위온도)를 13.8°C로 설정하였고 최대기온은 +15°C인 28.8°C, 최저기온은 -15°C인 -1.2°C로 설정하였다. 그리고 교량은 중위온도인 13.8°C에서 궤도는 최저기온인 -1.2°C에서 시공된 것으로 가정하였다. 완성계 해석과 시공단계별 해석은 Fig. 2와 같은 해석방법을 따르며 해석은 최대기온과 최저기온에 대하여 실시하였다.

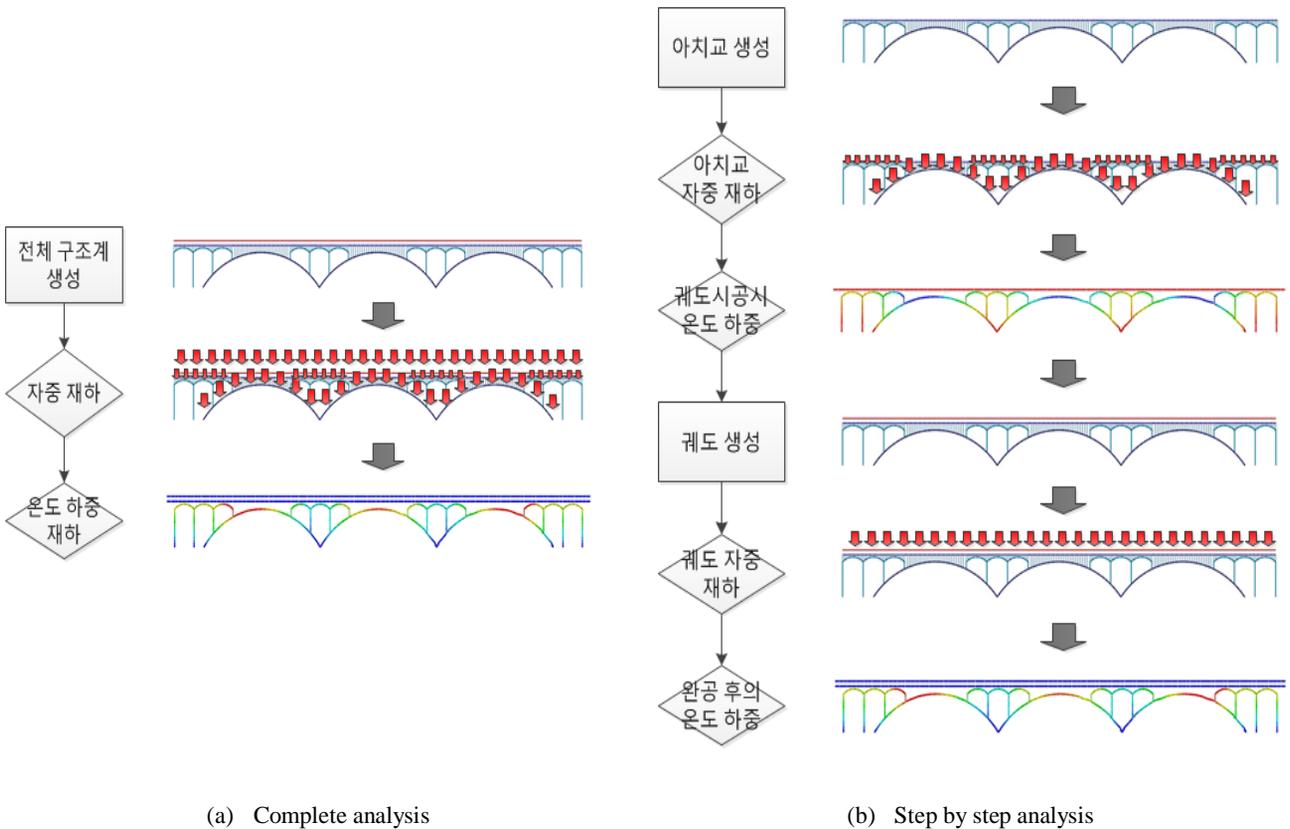


Fig. 2 Analysis process

2.3 솟음량 분석

Case 1은 최고온도(여름철)의 완성계 해석, Case 2는 최고온도에서의 단계별 해석, Case 3는 최저온도(겨울철)의 완성계 해석, Case 4는 최저온도에서의 단계별 해석이다. Case 1,2,3,4에 대한 궤도 솟음량은 Fig. 3과 해석되었으며, 최대값이 발생한 구간 중앙에서 솟음량을 분석해보면 최고온도에서는 단계별 해석인 Case 2(23.1mm)가 완성계 해석인 Case 1(6.19mm)보다 약 3.9배 크게 나타났다. 최저온도에 대한 궤도 솟음량은 완성계 해석인 Case 3이 -16mm 발생하였으나 단계별 해석인 Case 4에서는 0.94mm로 미소하게 나타나 해석방법에 의해 큰 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 완성계 해석의 경우 자중 재하 단계에서 발생하는 처짐이 온도 하중 재하 단계까지 영향을 끼치는 것으로 판단되며 온도에 대한 영향을 평가하기 위해서는 단계별 해석을 실시하여야 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

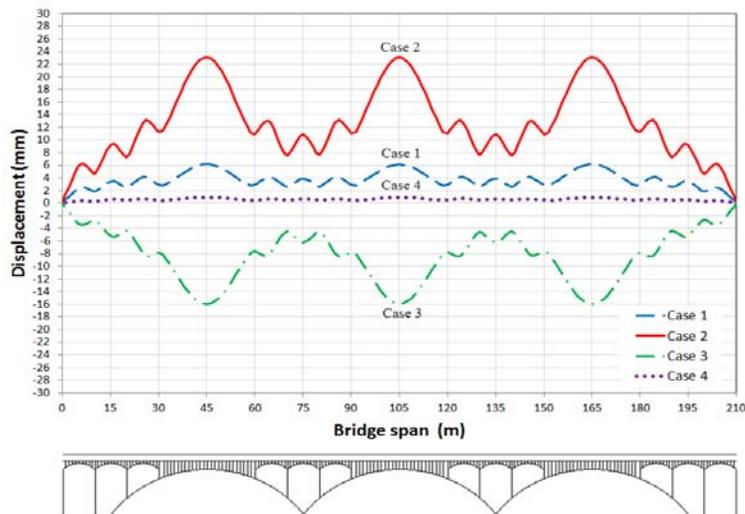


Fig. 3 Vertical displacement of the track for case 1, 2, 3, 4

3. 결론

본 논문에서는 교량상 콘크리트 궤도의 해석방법 차이에 따른 솟음량을 분석하였다. 콘크리트 궤도가 현실적인 문제들로 인하여 중위온도를 벗어나 시공될 경우를 가정하여 해석하였으며, 해석결과 완성계 해석과 단계별 해석 결과에서 큰 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 해석된 솟음량을 분석하여 볼 때 완성계 해석으로는 온도변화를 현실적으로 고려하기 힘들며 철도교의 경우 솟음량에 대한 정량적인 평가가 시공 후 유지관리에 큰 영향을 미치므로, 온도 변화에 대한 분석을 필요로 하는 경우 시공단계별 해석을 실시하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] KR (2011) Design standard of railway bridge (Roadbed), Korea Rail Network Authority.