교량신축과 분기기의 이격거리에 따른 교량상 분기기 축력특성 연구

A Study on the axial force in CWR with Turnout according to Distance between Bridge Expansion Joint and Turnout

최진유* 이현정** 양신추*** 저장용** 유진영** Choi, Jin-Yu Lee, Hyun-Jeong Yang, Shin-Chu Jeong, Jang-Yong Yu, Jin-Young

ABSTRACT

The demand on a turnout layed on a bridge is rising owing to the increasing number of stations on the viaduct. And also the demand on a turnout with CWR is rising to upgrade running speed of the passing train. A CWR with turnout is subjected to additional axial force induced by the thermal expansion of bridge as well as lead rail of turnout. The additional axial force is closely related with the distance between bridge expansion joint and turnout when it is located near the movable bearing of bridge, and it is required to keep some distance to prevent excessive axial stress in CWR. But, there is no guideline in specification for the proper distance from E.J. to turnout, and it caused problem in planning turnout or bridge. So, it this study, the parametric study to investigate the effect on axial stress in CWR with turnout according to span length and distance between bridge expansion joint and turnout was performed. From the results of numerical analysis, it was found out that 5~30m distance is required to prevent excessive axial in CWR for span length less 90m.

1. 서 론

일반철도의 고속화에 따른 선형의 직선화로 선하역사의 증가되고 있는 추세이고 이에 따라 고속철도뿐 만 아니라 일반철도 구간에서도 교량상에 장대화된 분기기가 부설되는 경우가 증가하고 있다. 그런데 장대화된 분기기가 교량상에 설치되는 경우에는 토공구간에서와 달리 교량과의 상호작용에 의한 부가축력 뿐만 아니라 분기기 리드레일의 온도신축에 의한 부가축력이 추가적으로 발생되게 된다. 이러한부가축력은 교량의 신축과 분기기의 이격거리에 따라 그 크기가 달라진다. 즉, 분기기의 선단이 교량의가동단 쪽에 위치하게 되는 경우, 교량의 신축과 분기기 리드레일에 온도신축에 의한 영향이 더해지기때문에 교량의 신축이음으로부터 일정거리 이상을 이격시킬 필요가 있으며, 분기기 선단이 교량의 고정단쪽에 위치하는 경우에는 일정거리 이내의 이격거리를 확보하는 것이 필요하지만 현재 국내에는 이에대한 명확한 기준이 없어 설계 시에 애로를 겪고 있다. 따라서 본 연구에서는 교량의 경간 길이별로 신축이음과 분기기와의 이격거리에 대한 매개변수 해석을 수행하여 레일에 발생되는 축력특성을 분석하여교량길이별로 교량신축과 분기기 시점과의 적정 이격거리를 산정하여 보았다.

E-mail: jychoi@krri.re.kr

^{*} 최진유: 정회원, 한국철도기술연구원, 차륜궤도연구실, 선임연구원

TEL: (031)460-5338 FAX: (031)460-5814

^{**} 비회원, 한국철도시설공단

^{***} 정회원, 한국철도기술연구원, 차륜궤도연구실

2. 교량상 분기기 장대레일 축력 해석 방법

2.1 분기기 구간의 축력 분포 특성

장대화된 분기기의 레일에 발생되는 축력의 분포는 일반 장대레일과는 달리 그림 2.1에서와 같은 리드레일의 온도신축에 의한 부가축력으로 인한 불균형력이 발생하게 된다. 이러한 불균형력에 의하여 리드레일과 기본레일이 만나는 부분(힐부)의 전단에는 일반구간보다 큰 축력이 발생하게 된다.

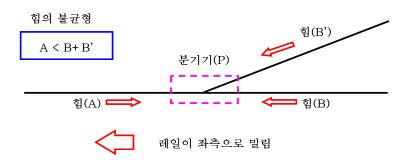


그림 2.1 분기기 구간 장대레일의 축력 작용도

일반적으로 토공구간에서 완전 장대화된 분기기 구간 장대레일에 발생하는 최대축력은 일반구간에 비해약 35% 정도 증가함을 알 수 있다.(1) 그리나 분기기가 교량 상에 부설되어 있는 경우에는 교량의 온도 신축에 의한 부가축력과 리드레일의 온도신축이 의한 부가축력이 동시에 작용하게 되어 분기기의 부설위치에 따라 토공부에서의 분기기 구간 장대레일에 발생되는 축력변화와는 다른 특성을 보이게 된다. 즉 분기기 시점이 교량의 가동단에 인접하여 부설될 경우에는 토공구간의 분기기 구간 축력 증가량보다 단 큰 축력이 발생되고 교량의 고정단 인근에 설치될 경우에는 교량의 온도신축과 리드레일의 온도신축의 영향이 서로 반대방향으로 나타나 축력을 상쇄시키는 효과를 보인다.

2.2 교량상 분기기 해석모델

분기기는 장대레일로 되어 있는 기본레일(Stock rail)과 힐(Hill)부에서 끝나는 리드레일(Lead rail)로 구성되어 있다. 분기기 구조는 포인트부, 리드부, 크로싱부로 나누어지며, 해석을 위한 모델링은 기본레일과 리드레일이 만나는 힐부를 시점하여 포인터부 리드부 크로싱부, 크로싱부 후단의 리드레일과 기본레일이 침목을 공유하는 구간까지를 분기기부로 모델링 하며, 침목을 공유하지 않는 구간에 대해서는 일반 교량상 장대레일 구간으로 보고 모델링을 한다. 분기기 구간의 유한요소모델은 그림 2.2와같다. 분기기 구간의 모델링은 레일길이 방향에 대해서 침목자체를 절점으로 하여 상부의 레일과 하부의 교량을 비선형 스프링으로 직렬 연결시켰다. 이는 일반구간과 다르게 분기침목이 복선에 걸쳐 1개의침목으로 연결하는 경우가 있으며 1개의 침목에 6개의 레일이 올라가게 되므로 도상종저항력이 증가하여 교량신축에 의해 궤도에 전달되는 하중이 도상종저항력보다는 레일체결장치의 체결력에 의해 결정될수 있으므로 일반구간과 달리 레일체결장치의 종저항력을 표현하는 스프링을 추가하였다. 따라서 레일종방향력은 체결장치의 종저항력에 상당하는 비선형스프링과 도상종저항력에 상당하는 비선형 스프링을 침목절점 요소에서 연결시켜 상호 작용력을 전달하도록 하였다.(2)

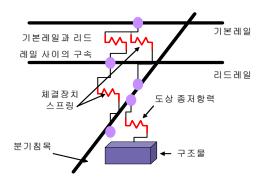


그림 2.2 분기부의 유한요소모델

2.3 작용하중 및 축력 검토기준

교량상 분기기 구간 장대레일의 축력을 검토하기 위하여 적용하는 하중과 축력검토기준은 일반 교량상 장대레일 구간의 경우와 동일한 하중조건을 적용하며, 장대레일의 허용축력 기준 역시 동일하게 적용한다. 즉 분기기 구간 장대레일의 축력검토를 위해 온도하중, 시제동하중, 수직하중을 작용시켜 각각의 경우에 의해 산정된 축력의 합과 허용축력을 비교함으로 안전성을 검토할 수 있다.(3)

3. 교량신축과 분기기 이격거리에 따른 축력 특성 분석

3.1 해석조건

분기기가 부설되는 교량과 분기기 단부간의 이격거리에 따른 축력 및 변위특성을 알아보기 위한 수 치해석을 수행하였다. 수치해석의 조건은 다음과 같이 가정하였다.

- 교량형식 : 단순 단경간교 (경간길이 40m~90m)

(: 분기기내에 교량신축을 허용하지 않을 경우, 단순단경간교 또는 연속교에 부설하게 되는데 교량길이가 동일할 경우, 연속교에 비해 응력, 변위 모두 불리)

- 교량상부 강성 : L/1600의 처짐이 유발되는 EI 값 사용

- 하부강성 : 경부고속철도 1단계 표준도 하부 강성의 1/2 (안전측 해석)

- 해석사용 분기기 : F8 (: 분기기 종류에 따른 영향이 없음) 편개 분기기

- 작용하중 : 온도 하중, 시제동 하중, 수직 하중

- 지점조건 : M F / F M

- 궤도종류 : 자갈궤도 (UIC 774-3R 에 제시된 자갈궤도의 종저항력 및 변위 특성 고려)

한편, 단순단경간교에 분기기를 부설할 경우, 분기기의 기하학적 특성에 따라 교량의 경간 길이별로 적용 가능한 분기기와 분기기 시점과 교량신축이음과의 이격가능 거리는 다음 표 3.1과 같으며, 이에 근거하여 각 경간 길이별로 이격거리의 종류를 달리하여 해석을 수행하였으며 해석모델은 다음 그림 2.3과 같다.

표 3.1 교량 경간길이별 적용가능 분기기 및 분기기 시점과 교량신축이음과의 이격가능 거리

경간길이(m)	적용 가능 분기기
40	#8
50	#8, #10, F8
60	#8, #10, #12, F8, F10, F12
70	#8, #10, #12, #15, F8, F10, F12, F15
80	#8, #10, #12, #15, F8, F10, F12, F15
90	#8, #10, #12, #15, F8, F10, F12, F15, F18.5
130	#8, #10, #12, #15, F8, F10, F12, F15, F18.5, F26
170	#8, #10, #12, #15, F8, F10, F12, F15, F18.5, F26, F46
200	#8, #10, #12, #15, F8, F10, F12, F15, F18.5, F26, F46

경간길이(m)	분기기시점과 교량신축이음 이격가능 거리												
40	5												
50	5	15	20										
60	5	15	20	25	30								
70	5	15	20	25	30	35	40						
80	5	15	20	25	30	35	40	45	50				
90				25	30	35	40	45	50	55	60		
130					30	35	40	45	50	55	60	65	70
170						35	40	45	50	55	60	65	70
200						35	40	45	50	55	60	65	70

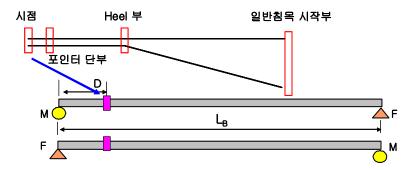
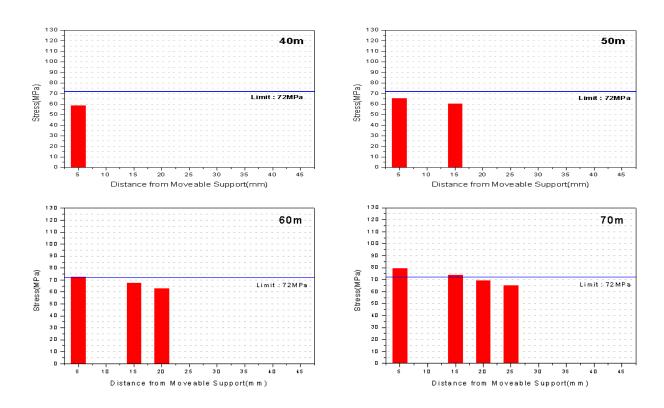


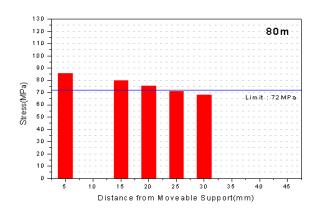
그림 2.25 분기기와 교량단부와의 이격거리에 따른 특성분석 모델

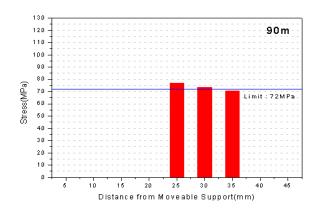
3.2 해석 결과

이상의 해석조건과 모델에 따른 분기기와 교량 단부와의 이격거리에 따라 발생되는 축력은 다음과 같다.

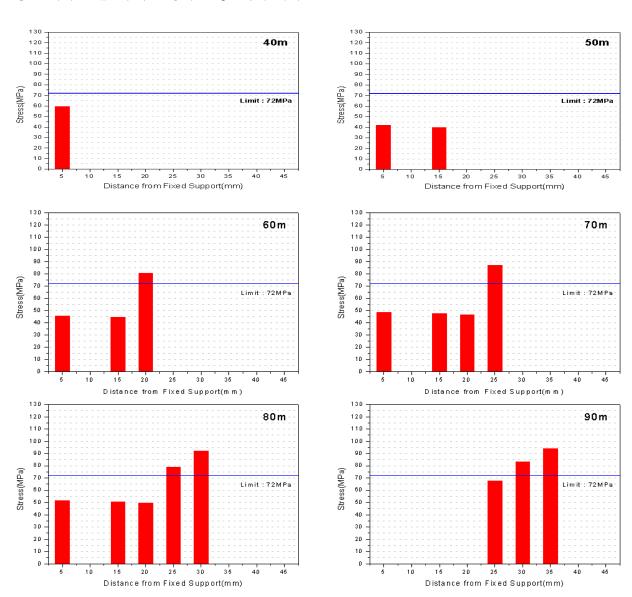
① 분기기 포인트부가 교량의 가동단쪽에 위치







② 분기기 포인트부가 교량의 고정단쪽에 위치



이상의 해석결과를 종합해 보면, 분기기 포인터부가 교량 가동단 쪽으로 배치될 경우에는 교량 가동단 과의 거리가 멀어질수록 축력이 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 40m이하의 교량은 축력에 의한 문제는 발생하지 않으나, 유지관리상의 문제를 방지하기 위하여 교량 단부로 부터 최소 5m 이상 이격시킬 필요가 있으며, 해석에 사용된 제원과 비슷한 제원의 교량일 경우에는 40m 이상의 교량은 경간길이가

10m 증가 할 때 마다 5m씩 이격거리를 증가시킬 경우, 별도의 축력검토가 필요없이 교량상에 분기기를 부설할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 90m를 초과하는 교량에 대해서는 이격거리의 확보만으로는 레일에 발생하는 과다축력을 해소하기 어려울 수 있으므로 별도의 조치가 필요함을 알 수 있었다.

한편 분기기 포인터부가 교량의 고정단 쪽으로 배치될 경우는 교량의 고정단과 분기기의 포인터부가 가까울수록 축력에 유리하지만 유지관리상의 문제를 방지하기 위하여 최소 5m 이상 이격 필요하고, 해석에 사용된 제원과 비슷한 제원을 가진 90m 이하의 교량일 경우, 고정단과의 이격거리를 25m 이내로할 경우, 별도의 축력검토 없이 교량상에 분기기를 설치할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 이상의 해석결과를 실무에 적용하기 위해서는 설계된 교량이 해석에 고려된 교량의 제원과 유사할 경우에만 적용할 수 있으며, 해석에 고려된 교량의 기하학적 특성과 상이한 경우에는 별도의 검토를 통하여 이격거리를 결정하여야 한다.

4. 결론

교량상 분기기 부설시 교량신축과 분기기 시점과의 적정 이격거리를 알아보기 위하여 교량 경간길이 별로 신축이음과 분기기와의 이격거리에 따라 분기기 구간 장대레일에 발생하는 레일축력의 발생특성을 알아보기 위한 연구를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- ① 분기기 포인터부가 교량 가동단 쪽으로 배치될 경우에는 교량 가동단과의 거리가 멀어질수록 축력이 감소하고, 교량의 고정단 쪽으로 배치될 경우에는 고정단과의 거리가 멀어질수록 축력이 증가하는 경향을 보인다.
- ② 해석에 사용된 제원과 비슷한 제원의 교량일 경우에는 경간길이 40m~90m의 교량은 40m 교량에 대한 최소이격거리인 5m를 기준으로 경간길이가 10m 증가 할 때 마다 5m씩 이격거리를 증가시킬 경우, 별도의 축력검토가 필요없이 교량상에 분기기를 부설할 수 있을 것으로 판단된다.
- ③ 분기기 포인터부가 교량의 고정단 쪽으로 배치될 경우는 교량의 고정단과 분기기의 포인터부가 가까 울수록 축력에 유리하지만 유지관리상의 문제를 방지하기 위하여 최소 5m 이상 이격 필요하고, 해석에 사용된 제원과 비슷한 제원을 가진 90m 이하의 교량일 경우, 고정단과의 이격거리를 25m 이내로 할 경우, 별도의 축력검토 없이 교량상에 분기기를 설치할 수 있을 것으로 판단된다.
- ④ 그러나 이상의 해석결과를 실무에 적용하기 위해서는 설계된 교량이 해석에 고려된 교량의 제원과 비슷한 경우에만 적용할 수 있으며, 해석에 고려된 교량의 기하학적 특성과 상이한 경우에는 별도의 검토를 통하여 이격거리를 결정하여야 한다.

참고문헌

- 1. 김인재(2007), "교량과 분기기 상호작용에 관한 연구", 박사학위 논문, 서울산업대학교, 철도전문대학원
- 2. 김인재, 양신추, 한상철(2006), "교량과 분기기 상호작용에 관한 연구", 한국철도학회 논문집, 제9권 6호, pp.689-694
- 3. "궤도-교량 종방향 상호작용 해석 지침(안)"(2008), 한국철도시설공단