

분절형 PC침목 분기기의 연구 및 실용화

Study and Field application of Segmented PC sleeper for Turnout

황광하*, 박준택**, 이종수***, 박용걸****, 정우진*****
Hwang, Kwang-Ha Park, June-Teak Lee, Joong-Su Park, Yong-Gul Jung, Woo-Jin

ABSTRACT

In reference to conventional line speed-up and improvement railway, accurate assembly of turnout affects traveling quality of turnout area and running safety.

Because of heavy weight and a large volume of the long sleepers and car limit, transport and construction of the P.C(prestress concrete) sleeper turnout is the most difficult process.

the prerequisite for trouble-free transport of the factory pre-assembled major turnout components is achieved through division of long sleepers.

So, in this paper we investigate structural safety of segmented sleeper which is adopted for the first time to improve performance of turnout and, new construction method.

1. 서론

국내 철도는 고속철도의 개통과 기존선 속도 향상 사업에 힘입어 접근의 편리성, 고속화, 안정성 증대로 2004년 4월 이후 승객 수송률이 꾸준히 증가하며 21세기 국내 교통의 핵심으로 자리매김하여가고 있다. 기존선 속도 향상과 관련한 철도 개량화 작업에서 최대 결림돌은 PC침목 분기기의 운반과 부설방법이다. 기존 목침목 분기기와 달리 PC 침목용 분기기는 고중량물이며 공간 점유율이 높아 운송에 많은 어려움이 따르며 조립과 부설의 정밀도는 통과속도와 안전성에 큰 영향을 미치게 된다. 이를 위하여 제작처에서 조립된 분기기를 일체형으로 운송할 수 있는 방안이 요구되는데 아직 국내에서는 이에 대한 연구가 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 분기기 성능 향상과 신속, 정밀한 부설을 위해 개발한 개량형 PC침목 분기기에 국내 최초로 적용한 분절침목의 구조적 안전성을 검토하고 개량형 분기기의 공장조립 후 운반, 부설까지의 신공법을 개발하여 향후 철도 개량화 작업의 표준화에 기여코자 한다.

- * 삼표케이알티(주) 기술연구소 선임연구원, 정회원
- ** 삼표케이알티(주) 기술연구소 책임연구원, 정회원
- *** 서울산업대학교 철도전문대학원 공학석사, 삼표케이알티(주) 상무, 정회원
- **** 서울산업대학교 교수, 정회원
- ***** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

2. 공장 조립식 PC침목 분기기의 해외 적용 사례

기존 목침목 분기기는 비교적 가벼워 공장에서 조립 후 해체하여 운송한 후 현장에서 조립시공하고 있으나 PC침목 분기기는 고중량이고 일체형으로 조립되어 있어 현장조립이 거의 불가능하고 현장 부설시 장시간이 소요되며 경밀성, 안전성 등에도 문제가 발생되고 있는 상황이다. 이와 관련하여 해외 철도 선진국의 PC침목 분기기의 부설 사례를 보면 공장 조립 후 조립검사를 완료한 후 해체하지 않고 포인트, 리드, 크로싱, 가드부의 4개 부분으로 분리 후 그림1(a)와 같이 화차를 이용하여 부설 장소로 운반하고 있으며 용도에 맞는 다양한 장비를 이용해 기계화 시공을 시행하고 있으며 장침목의 경우 분절 침목을 사용하고 있다.



(a) 일체형 운송 (b) 기계화 부설 (c) 분절침목(Segmented sleeper)

그림 1. 해외적용 사례-분기기의 운송과 분절침목(독일, 프랑크푸르트)

3. 분절 침목의 설계와 적용

급변 개발한 PC침목 분기기는 국내 철도 차량 한계인 3.2m를 고려하여 크로싱부에 위치하는 장침목을 이동시킨 후 이음매판과 볼트볼 이용하여 연결하는 분절 침목(그림 2)을 개발 적용 하였다. 분절침목의 장침은 표 1과 같다.

표 1. 분절 침목의 장침

	장 점	비 고
①	장침목 운송 가능	국내 차량 한계 폭 3.2m
②	부설시간 감소로 비용절감	신공법 적용 가능
③	진폭 및 파장의 감소로 자갈의 flowing 감소 (침목 유지 보수비 절감)	



그림 2. 분절 침목의 설계와 적용

3.1 설계하중

설계에 적용되는 대차는 축중 22톤인 LS-22이다. 따라서 설계 운중과 횡압은 다음 식에 의해 얻을 수 있다. 충격율은 “국철 보선판계 규정집”에서 제시하고 있는 식 1을 기준으로 하였다.

$$i = 1 + 0.513 \times \frac{V}{100} \quad (1)$$

이 식으로부터 속도(V)가 180km/h 일때의 충격률 i 는 1.9이다.

3.2 캔트 부족량에 의한 하중 증가율

분기부에는 캔트를 적용하지 않기 때문에 곡선부에서 캔트 부족량에 의해 추가되는 운중은 정지 운중의 30%이다. 따라서 설계 운중(P)은 다음 식 2에 의해 얻어진다.

$$P = P_w \times i (1 + C) \quad (2)$$

P_w : 운중(ton), i : 충격률, C : 캔트 부족량에 의한 하중 증가율

위 식에 의해 설계 운중은 27.2ton, 설계 횡압은 6.3ton이며 침목 분배율은 50%를 적용하였다.

3.3 분기침목의 재료 물성치 및 허용 응력

PC 분기침목의 설계 기준 강도 σ_{ok} 는 600kg/cm²이며 물성치는 다음 표 2에 나타내었다.

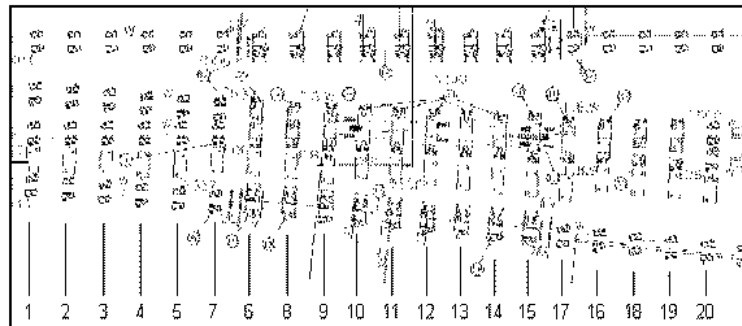
표 2. 재료 물성치

구 분	계 산 식	물성치
설계 기준 강도 σ_{ok}		6kg/mm ²
탄성계수(kg/mm ²)	$E_C = 10,500 \sqrt{\sigma_{ok}} + 70,000$	3271.96kg/mm ²
전단탄성계수(kg/mm ²)	$G_C = \frac{E_C}{2(1+\nu)}$	1042.27kg/mm ²
포아송 비		1/6
허용 휨 압축 응력	$0.40 \sigma_{ok}$ 이하	2.4kg/mm ²
허용 휨 인장 응력	$1.5 \sqrt{\sigma_{ok}}$ 이하	0.37kg/mm ²

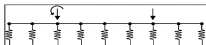
3.4 2D 구조해석

시험선 구축을 위해 선정된 분기기는 PC침목 #10 편개 분기기로써 전장 35m, 자중 50ton으로 최대 장침목은 크로싱부에서 4.4m이다. 분절침목을 적용한 침목은 그림3(a)에 보인 것처럼 크로싱부에 위치한 3.2m이상의 장침목들로 수량은 20개이다.

3D해석을 위하여 먼저 콘크리트 침목의 강성을 갖는 범요소를 이용한 2D해석을 수행하였다.



(a) PC분절침목의 위치



(b) 2D 구조해석 모델

그림 3. 분할 짐목의 위치 및 해석 모델링

표 3에 2D 구조해석 결과를 나타내었다. 해석 결과 최대 정모멘트는 레일 직하부에서, 최대 부모멘트는 레일과 레일 사이 중앙부에서 발생하였으며 20개 짐목 중 9번에서 최대 부모멘트와 처짐이 발생하였다.

표 3. 해당 모수먼트 선도 및 처짐 곡선

검목번호	BMD	Deflection(mm)
1		
9		
10		
16		
17		
20		

3.5 3D 구조해석

2D 해석 결과에서 최대 부모수멘트와 처짐량을 보이는 9번 검목을 대상으로 3D 모델링을 실시하여(그림 4) 솔리드 요소를 이용한 3차원 구조해석을 수행하였다.

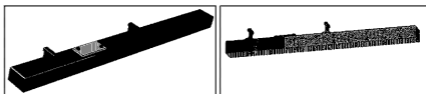
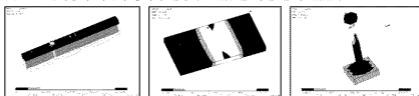


그림 4. 3D 모델 및 FEA모델링

해석 결과 다음과 같은 결과(표 4)를 얻을 수 있었다. 그림 5에 보인 것처럼 이음매판과 볼트의 모든 부품들은 항복응력 이하의 응력이 발생하고 있음을 확인할 수 있었다.



(a) 응력분포(Seqv)

(b) 이음매판의 응력분포

(c) 볼트의 응력 분포

그림 5. 분질 침목 구조해석 결과

표 4. 해석 결과

구 분	재료명	해석결과(MPa)	항복응력(MPa)	평가
이음매판	SS400	138.7	220	만족
패 드	폴리에틸렌	5.2	25	만족
볼 트	SM55C	33.0	290	만족
침 목	PC CON	인장 : 0.3	인장 : 0.37	만족
		압축 : 1.1	압축 : 2.4	

4. 공장 조립식 PC침목 분기기의 부설

부설 작업의 기본 원리는 분기기 제작 공장에서 조립된 분기기를 해체하지 않고 화차에 상차하여 운반하고, 현장에서 일체로 하차하여 기계 장비로 부설하는 것이다. 이는 현장에서 조립시 발생될 수 있는 정밀성의 저하, 부품 채질 오류, 레일과 선형 형성의 문제 등을 해결하는 최상의 방안이다.

4.1 PC침목 분기기의 운송

분기기는 전장이 길이 16m길이 화차 1대에 적재가 불가능하므로 공장 조립 후 포인트부, 리드부, 크로스부, 가드부로 크게 4등분하여 화차에 적재하였다(그림 6).

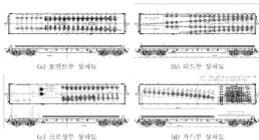


그림 6. 분기기 운송을 위한 상자도

4.2 PC형용 분기기의 부설

분기기의 부설은 열차가 차단되는 약간에 진행되며 차단 시간대에 신속, 정확히 작업이 완료되어야 열차의 재통차 승객의 안전등을 담보할 수 있다. 그러므로 부설 현장에 도착 후에는 장비의 작동여부, 장비의 이동로 확보, 분기기의 제조일, 부설 위치 선정, 열차 표시등 점검한 사전 작업을 실시한 후 부설시작에 대기하여야 한다.

본 부설시에는 Lifting unit과 포크레인, 브롤리, STT(switch tie temper)를 이용한 기계 장비를 이용하여 재회로에 위치 신속, 정확히 부설을 진행하였다. 재차적인 부설 순서를 표 5에 나타내었다.

표 5. 공장 조립형 분기기의 기계화 부설 순서

① 공장 조립	② 4등분 후 상자 및 운송	③ 현장 조립
④ 기본 분기기 설치	⑤ Lifting unit이용 인차	⑥ 자갈 살포 및 탠덤 작업

전기, 신호, 다짐작업등 부설 완료 후 시간 측정 결과 당초 계획한 5시간 30분에 못 미친 5시간 만에 작업이 완료되었다. 이번 부설의 경험을 바탕으로 부설 계획의 치밀화, 장비의 개량 및 효율성 증대, 작업자의 숙련도 향상이 이루어진다면 분기기 1Set를 현장에 부설하는 데는 대략 4~5시간 정도가 소요되어 분기기 부설에 있어 획기적인 변화가 예상된다.

표 6. 신공법을 적용한 PC침목 분기기 부설 소요 시간

구 분	계 획	실 적
분기기 철거	30분	30분
부설준비 및 임시레도 철거	60분	1시간20분
자갈 제거 및 임시레도설치	30분	40분
분기기 설치 및 마무리	3시간	2시간30분
총 작업시간	5시간 30분	5시간

5. 결론

분기기 성능개선을 통한 차량 통과 속도 향상과 분기기 성능 개선을 위한 연구를 수행하였다. 시제품 분기기를 제작하기 앞서 설계의 완성도를 확인하고 안전성을 보장받기 위해 국내 최초로 적용한 분절 침목의 구조해석을 수행하였으며 해석 결과 부품들이 항복응력 이하의 (표 4) 응력분포를 나타내 구조적으로 안전함을 확인 할 수 있었다.

또한, PC침목 시제품 분기기를 현장에 부설하는 효율적인 방안을 제시하였다.

공장 조립 후 4등분 후 화차를 이용하여 운송하였고 Lifting unit과 STT등 기계화 장비를 이용하여 신속 정확히 부설하였다. 소요 시간은 5시간(표 6)으로 작업시간을 크게 단축하여 현장 작업의 최소화와 기계화에 의한 정밀화, 안전화를 이룰 수 있었다.

-후 기

본 연구 과제는 철도청의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 진심으로 감사드립니다.

-참 고 문 헌

1. 서사범, "선로공학", 삼과꿈, 1999
2. 이종득, "철도공학", 노해출판사, 1993.
3. 양신추,신정렬, "PC분기침목 구조해석",철도기술연구원, 2001
4. 정우진, 양신추, 강운석, "새로운 레일규격 제정을 위한 기초검토," 추계학술대회 논문집, 한국철도학회, pp. 467 ~ 474, 2001
5. 이지하, R. Farabet, "레일과 차륜의 마모에 대한 기하학적 검토," 추계학술대회 논문집, 한국철도학회, pp. 442 ~ 449, 2000
6. Coenraad Esveld, "Modern Railway Track," MRT-Productions, 2001