

## 고속철도 자갈도상구간 PSC침목의 손상현황 조사

## Investigation for Defect Satus of PSC Sleeper on Ballast Track of High-speed Railroad

김영철\*<sup>†</sup>, 심광섭\*\*, 권세곤\*, 박성백\*, 백인철\*  
 Young-Chul Kim, Gwang-Seob Shim, Se-Gon Kwon, Sung-back Park, In-Chul Back

**Abstract** Three kinds of sleepers, Vossloh, Pandrol(e-clip, fast-clip), have been constructed on the ballast and used 13years from when the first step of Gyeongbu high-speed railway(Gwangmyeong-Daegu) was opened April 1, 2004. Specially theses sleepers are designed to support to train loads safely in a high-speed driving and conducted by five domestic companies through curing by high temperature after introduction of pre-stress process. In this study, the status is investigated defect cause through analyzing data of defect type and conditions of replaced PSC sleeper to ensure long-term durability and improve quality control of PCS sleeper.

**Keywords** : PSC sleeper, Ballast Track , High-speed railroad, Defect status

**초 록** 2004년 4월 1일 경부고속철도 1단계(광명-대구)가 개통되어 자갈도상구간으로 보슬로형, 팬드롤형(e-clip, fast-cilp) 3가지 침목이 부설되어 현재 13년째 공용중에 있으며, 국내 총 5개 업체에서 제작, 프리스트레스 도입 후 고온증기양생한 콘크리트제품으로 300km/h의 고속주행 환경에서 열차하중을 안전하게 지지 할 수 있도록 설계되었다.

본 연구에서는 PSC침목의 장기 내구성 확보와 품질관리 강화방안을 마련하기 위한 현황 조사로 고속철도 1단계 자갈도상 구간으로 그 동안 교환이 완료된 PSC침목에 대한 손상유형, 손상조건 등 데이터 분석을 통한 손상원인을 추정하고자 하였다.

**주요어** : 고속철도, 자갈도상, PSC침목, 손상현황

## 1. 서 론

2004년 4월 1일 경부고속철도 1단계(광명-대구)가 개통되어 자갈도상구간으로 보슬로형, 팬드롤형(e-clip, fast-cilp) 3가지 PSC침목이 부설되어 현재 13년째 공용중에 있다. 부설된 침목은 국내 총 5개 업체에서 제작, 프리스트레스 도입 후 고온증기양생한 콘크리트제품으로 300km/h의 고속주행 환경에서 열차하중을 안전하게 지지 할 수 있도록 설계되었다. 그러나 공용상태에서는 열차 반복하중과 선로조건, 동결융해 등 다양한 환경조건에 노출되어 구조적, 재료적 손상이 발생되고 있으며, 특히 화학적 침식(ARS, DEF 등)이 의심되는 재료

† 교신저자: 한국철도공사 철도과학기술연구원(kyc3005@hanmail.net)

\* 한국철도공사 철도과학기술연구원

\*\* 한국철도공사 오송고속철도시설사무소

적 손상은 손상 진행속도가 빨라 공용수명단축의 주원인이 되고 있다.

본 연구에서는 PSC침목의 장기 내구성능 확보와 품질관리 강화방안을 마련하기 위한 현황 조사로 고속철도 1단계 자갈도상 구간으로 그 동안 교환이 완료된 PSC침목에 대한 손상유형, 손상조건 등 데이터 분석을 통한 손상원인을 추정하고자 하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 침목부설 기준

#### 2.1.1 국내외 부설기준 비교

국외 철도선진국들의 궤도구조는 노반상태, 열차운행, 기후 등 다양한 외부 요인과 특성을 반영하여 부설조건을 정립하였겠으나 국내 고속철도 자갈도상구간 PSC침목의 부설조건은 국외부설조건과 비교하여 동일하거나 가장 높은 기준을 채택하고 있다.(Table 1)

Table 1 Comparison of domestic and foreign sleepers on the high-speed line

구분	PSC침목 부설 비교				
	TGV	ICE	신간선	경부고속	일반철도
길이(m)	2.4	2.6	2.4	2.6	2.4
간격(cm)	60	60	58	60	62.5
중량(kg)	245	290	318	300	220
패드두께(mm)	9	7	7	10	6
도상두께(cm)	35이상	30이상	30이상	35이상	27이상

#### 2.1.2 고속선 침목 부설 현황

2012년 “콘크리트 침목 상태평가 및 손상제어 방안 연구”에 의하면 고속철도 1단계 구간(광명-대구)으로 2004년 개통당시 PSC침목이 총 782,663장 부설되었으며, 5개 제작사에서 납품한 것으로 조사되었다.(Table 2)

Table 2 Construction Status of Sleeper by manufacturer

구분	제작사별 부설 현황					
	총계	A사	B사	C사	D사	E사
부설수량(EA)	782,663	143,393	186,300	179,845	92,976	180,149
부설율(%)	100	18	24	23	12	23

### 2.2 손상현황 조사

2004년 고속철도 개통 이후 현재까지 13년째 공용 중으로 그 동안 선로유지관리지침 제 19조 PC침목 점검 불량판정 기준에 의거 기능상실로 교환을 시행한 침목은 전체 부설수량의

약 0.14%로 조사되었으며, 그 동안의 유지보수는 특정구간에 대한 대량교환이라기 보다는 부분적인 교환작업이 대부분이었다.

### 2.2.1 제작사별 비교

제작사별 교환율은 Table 3과 같으며, C사 57%p, A사 18%p, D사 16%p 순으로 조사되었다.

**Table 3** Sleeper exchange ratio by manufacturer

구분	제작사별 교환현황				
	A사	B사	C사	D사	E사
교환율(%)	0.12	0.04	0.38	0.11	0.02
백분율(%p)	18	6	57	16	3

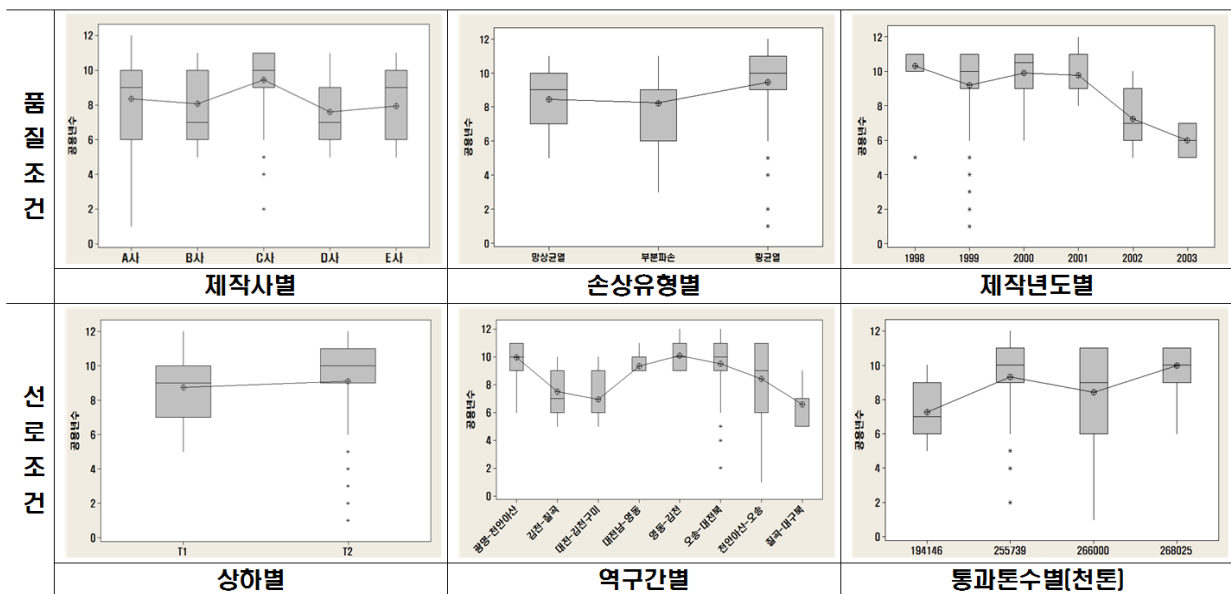
### 2.2.2 공용년수에 대한 통계적 분석

공용년수에 대한 일원 분산분석 결과는 Fig 1와 같으며, 통계적으로 P-값이 0.05보다 작은 경우 최소한 하나의 평균은 다르다고 할 수 있다.

품질조건 측면에서 검토한 제작사별(P값=0.000), 손상유형별(P값=0.000), 제작년도별(P값=0.000) P값은 모두 0.05 미만으로 분석되어 각 유형별 공용년수 평균에 차이가 있음을 확인 할 수 있다.

선로조건 측면에서 검토한 상하선별(P값=0.004), 역구간별(P값=0.000), 통과톤수별(P값=0.000) P값은 모두 0.05 미만으로 분석되어 각 유형별 공용년수 평균에 차이가 있음을 확인 할 수 있다.

여기서 선로조건 측면에서 통과톤수 및 역구간에 대한 공용년수를 보면 열차운행이 많다고 하여 반드시 공용년수가 짧아 진다고 볼 수 없으며, 오히려 제작사별, 제작년도별 품질조건에 따른 공용년수 단축에 더 큰 원인이 있음을 통계적으로 확인 할 수 있다.



**Fig. 1** Comparison of the years of use by quality and line conditions

### 2.2.3 제작년도별 비교

제작년도별 교환실적은 Fig 2와 같으며, C사에서 1999년과 2001년에 제작한 PSC 침목이 가장 많았으며, 1999년도에 제작한 PSC 침목이 전체 교환율의 45.0%를 차지하고 있다.

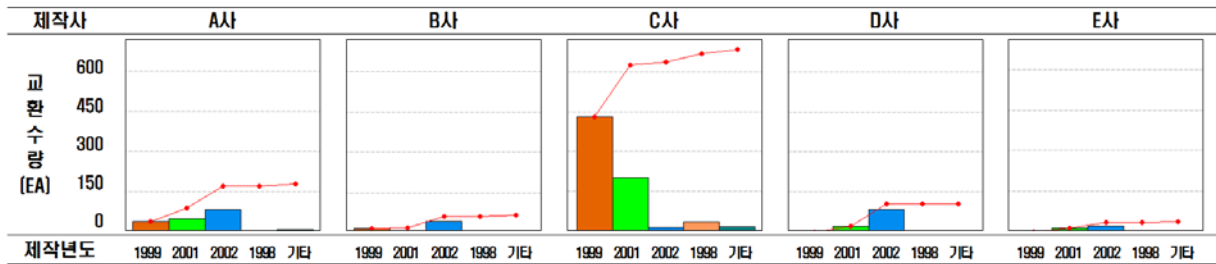


Fig. 2 Comparison by production year, replacement quantity as manufacturer

### 2.2.4 구조물 위치별 비교

구조물 위치별 교환 현황은 Fig 3과 같으며, 토공구간 61.1%, 교량구간 33.3%, 터널구간 5.6% 로 대부분 외부환경에 노출된 토공 및 교량구간에 부설된 침목들이 교환되었다.

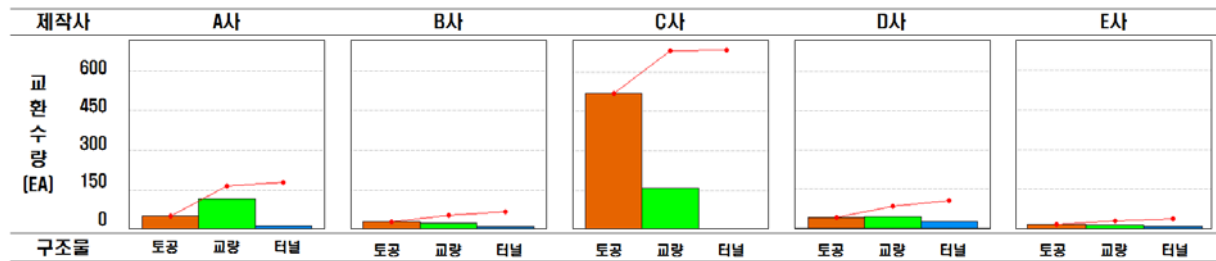


Fig. 3 Comparison by replacement quantity and structure position as manufacturer

### 2.2.5 손상유형별 비교

교환침목의 손상유형은 Fig 4와 같으며, Fig 5와 같이 망상균열과 횡균열에 의한 교환이 전체 교환침목의 90%를 차지하고 있다. 제작사별로 C사는 주로 망상균열 또는 초기 망상균열 후 횡균열이 복합되는 손상이, D사는 횡균열에 의한 손상이 지배적이다.

PSC침목의 적정 기대수명을 30년으로 봤을 때 현재까지 공용 13년이 경과되고 있는 시점에서 재료적 손상은 공용수명 단축의 핵심원인이 될 수 있음을 시사하고 있다.

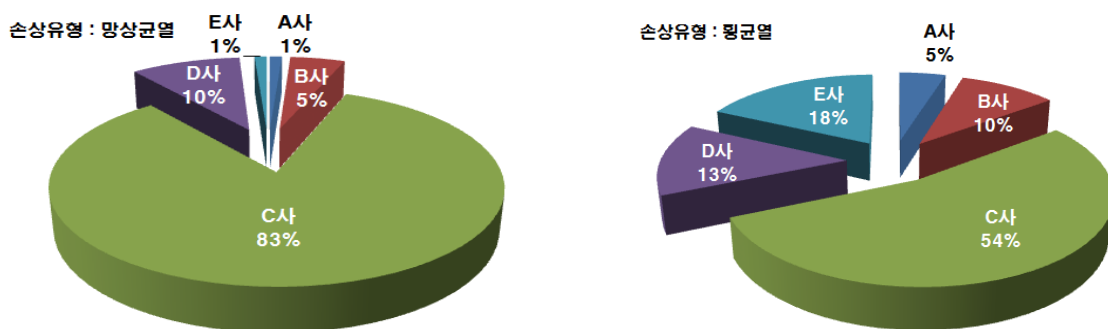


Fig. 4 Damage type by manufacturer, (left) transverse crack, (right) radial crack






구분	초기손상 단계	손상심화 단계	공용불가 단계
유형 (1)			
	초기 망상균열	재료분리 심화	구체파손, 슬더손상
유형 (2)			
	횡 균열	균열진전 및 확대	철근노출, 슬더손상

Fig. 5 Representation types of damage of PSC sleeper

### 3. 결론

본 연구는 고속철도 1단계 자갈도상 구간으로 그동안 교환이 완료된 PSC침목에 대한 이력 정보를 추적하여 손상유형, 손상조건을 체계적으로 분류하고 손상원인 추정 및 핵심원인을 파악하는데 목적이 있다.

비록 개통 후 13년째 공용 중으로 적정 기대수명 도래 시 공용수명을 평가하는 것이 바람직하겠으나 일반철도에서의 다양한 운행 및 선로조건과 노반상태, 제작사 등 품질관리를 평가하기 위한 고려사항이 많은 것과 비교하여 고속철도는 일정한 KTX 운행과 균질한 노반상태, 그리고 제작사 등 교환 완료된 대표 표본에 대한 이력정보가 체계적으로 관리되고 있어 공용상태에서의 품질관리 현황을 파악하는데 유리하다.

추적 조사결과 선로조건 보다는 제작사별 품질차이가 공용수명 단축에 더 큰 영향이 있음을 확인 할 수 있었으며, 특히 초기 망상균열 등 재료적 손상은 짧은 기간 손상이 급격히 진전되어 공용수명 단축의 핵심원인이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

따라서 PSC침목의 장기 내구성 확보는 제작단계부터 공용 후 유지관리단계까지 적절한 품질관리가 보장 될 수 있도록 제작사와 사용자간의 노력이 필요하다. 그러나 사용자 입장에서 장기내구품질에 가장 큰 영향을 미치는 공용 후 발생하는 초기손상은 원인조사 및 유지보수에 어려움이 있으므로 제작단계에서 품질관리 강화방안을 마련하는 것이 무엇보다도 중요하다.

### 참고문헌

- [1] 한국철도공사, “선로유지관리지침(2015.3.19.)”
- [2] 한국철도공사, “자갈도상구간 PSC침목의 손상현황 조사”, 2016년 철도학회 춘계학술대회
- [3] 부산대학교, “콘크리트 침목 상태평가 및 손상제어 방안 연구” 2012년 학위논문