

겨울철 기후조건을 고려한 경부고속선 설빙대책 수립방안 연구
A Study on the Countermeasures for Accreted Snow and Ice on
Seoul-Busan High-speed Line Considering the Climate Condition

한진석* 권혁민**
Han Jin-Seok Kwon, Hyeok-Bin

ABSTRACT

When trains run over a snow-covered track at high speed, the snow accreted under car bodies may drop during train running. The dropped snow/ice lumps scatter the ballast on the track damaging the car body and the environment along the track in snowy regions. In this study, the snow-fall condition in winter around the Seoul-Busan high-speed line has been investigated to yield the countermeasure for the high-speed line. The climate near Japanese and French high-speed line as well as the relationship between the climate and countermeasure has also been investigated and the direction of countermeasure for Seoul-Busan high-speed line has been deduced. Consequently, the amount and frequency of snow-fall near Seoul-Busan high-speed line is less than that of Japan and France, so the speed restriction could be the fundamental countermeasure for Seoul-Busan high-speed line, and additional measure on rolling stock and infrastructure should be followed.

1. 서론

설빙피해한 철도차량이 고속으로 적설구간을 통과할 때 차량하부에 부착되어 형성되는 단단한 설빙(雪氷)이 낙하하여 도상자간을 비산시켜 차량, 시설, 인명에 야기하는 각종 피해를 의미한다. 1964년 개통한 신칸센(당시 최고속도 210km/h)에서는 차체하부에 부착된 설빙이 낙하하여 선로변 시설물에 피해를 주었으며, 낙하된 설빙이 궤도상의 자간을 비산시켜 차량의 유리창, 선로변 가옥, 고가교 밑의 도로교통 차량에 피해를 주는 사례가 발생하여 사회문제로 대두되기도 하였다[1]. 이후 일본에서는 강설 시 열차속도를 낮추어 화재를 완화하고 설빙낙하 시 피해를 저감하는 운전규제를 실시하고, 착설현상의 완화 또는 선로 내 눈 세거를 목적으로 하는 살수시설을 설치, 운용함과 동시에 차체하부에 착설이 일어나는 부위를 덮는 바다마운트 구조의 차량을 개발하고, 자갈스크

* 서울산업대학교 철도전문대학원, 석사과정

** 한국철도기술연구원, 철도안전연구시험센터, 선임연구원, 정회원

린, 자갈베드, 합성수지 살포 등 도상자갈을 포장하거나 고착하여 자갈비산을 방지하는 대책 등을 개발하여 설빙피해를 방지하거나 저감하고 있다[1].

지난 4월 개통한 경부고속철도는 아직 겨울철 상임운행의 경험이 없기 때문에 설빙피해의 발생 현황이 파악되지 않고 있지만, 40년 전 도카이도 신칸센의 경험처럼 예상치 못한 피해발생으로 인한 혼란을 최소화하기 위하여 경부고속선의 실정에 맞는 합리적인 대책의 수립이 필요한 것으로 사료된다. 본 연구에서는 경부고속선 주변의 겨울철 적설일수 및 적설량을 조사하고 이를 해외 고속선의 경우와 비교하여 우리나라 실정에 맞는 설빙대책 수립의 방향을 제시하였다.

2. 고속철도 통과 지역의 강적설 현황

우리나라의 연평균 강설일수는 5~50일이고, 최심적설량은 남해안 지방에서는 10cm 정도이나, 대관령(188.9cm, 1989)과 울릉도(293.6cm, 1962)에서는 상당히 깊은 편이다. 또한 평지에서의 적설은 그리 깊지 않으나 눈이 많이 내릴 때에는 지붕에 쌓인 눈의 무게로 인해 시설물이 파괴되기도 하고, 교통이 두절되는 사례가 빈번하게 발생한다[2].

아래 표 1에는 경부고속선 주요통과구간의 인근 6개 도시에서 1971년부터 2004년까지의 신적설량과 적설량의 최심값 및 연도별 최심값의 평균을 나타내었다[3]. 신적설량이란, 매일 새롭게 쌓인 눈의 양으로서 강설량에 해당하고, 적설량이란 이를 누적하여 측정한 것이다.

먼저, 신적설량과 적설량을 비교하여 보면, 적설량이 신적설량보다 평균 15mm 정도 큰 경향을 모든 지역의 최심값과 평균값에서 보임을 알 수 있다. 이를 통해 해당지역에서는 연일 강설하는 경우가 드물거나, 강설후 적설된 눈이 다음 강설 전까지 모두 녹는다고 추론해 볼 수 있으며, 이는 일별 적설데이터를 조사하여 확인되었다. 신적설의 경우, 최심값을 살펴보면, 모든 지역에서 20cm를 넘는 값을 보였는데, 특히 대전에서는 올해 초에 내린 이례적인 폭설로 인하여 49cm의 최심값을 나타내었다. 그러나, 각 지역의 신적설 평균값은 10cm 내외의 범위 내에서 비교적 일정 한 분포를 나타내고 있다.

한편, 열차운행이 없다고 가정할 때 레일면까지 적설될 수 있는 신적설 20cm 이상의 발생빈도를 살펴보면(표 2), 지난 34년간 서울, 수원, 천안은 단 현차레에 그쳤고, 대전은 3차레, 청주, 추풍령은 4회를 기록했다. 그러나, 최심 신적설이 같은 해에 발생한 경우가 많아, 전 지역을 통틀어서는 7회만 발생하였으며, 이는 평균 5년에 한번 꼴로 나타나고 있음을 알 수 있다.

표 1 연도별 적설량 최심값 및 최심값 평균값 (1971~2004)

지역	신적설		적설	
	최심값 (cm)	평균값 (cm)	최심값 (cm)	평균값 (cm)
서울	23.4	9.3	25.6	10.4
수원	21.9	8.8	28.3	9.9
천안	30.4	10.2	30.8	11.8
청주	32.0	11.0	32.5	12.9
대전	49.0	10.3	49.0	11.1
추풍령	32.8	11.9	33.0	14.3
평균	-	10.2	-	11.7

표 2 최심 신적설 20cm이상 발생 빈도 (1971~2004)

지역	발생빈도	연평균 발생 건수	발생주기(년)
서울	1	0.03	34
수원	1	0.03	34
천안	1	0.03	34
청주	4	0.12	9
대전	3	0.09	11
추풍령	4	0.12	9
전체	7	0.21	5

* 신적설량이 1년에 2회 이상 20cm를 초과하는 경우는 한 건도 없었다

한편, 강·적설 현황을 좀 더 자세히 살펴보기 위하여 1971년부터 2004년까지의 최심 신적설량 및 최심 적설량의 추이를 그림 1과 그림 2에 각각 나타내었다. 대체적으로 최심 신적설량 및 적설량은 5~20cm 사이에 있으며, 짧게는 3~4년, 길게는 7~8년에 한 번 불과 20cm를 초과하는 값을 나타내고 있다.

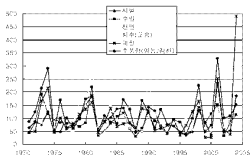


그림 1 연도별 최심 신적설(0.1cm)

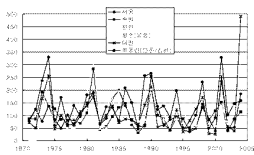


그림 2 연도별 최심 적설(0.1cm)

아래 그림 3은 우리나라의 평균 초설일 및 평균 종설일을 나타내고 있다²⁾. 초설이 내리는 시기는 대관령 지방에서는 11월 10일 이전이며, 11월 10일 이후에는 서울, 청주, 대전, 추봉령이며, 수원, 대구는 11월 20일 이후 나타나고 있다. 또한, 평균 종설일은 대관령이 4월 20일 이전이며, 서울, 수원, 추봉령은 3월 20일, 청주, 대전, 대구 등은 3월 10일까지 눈이 내리는 것으로 나타났다. 평균 초·종설일은 지역별, 지형별로 편차가 있지만, 고수준도 운행구간에 인접한 서울, 수원, 청주, 대전, 추봉령, 대구, 부산, 전주, 광주 등 중·남부 평야지대를 기준으로 할 때 대략 11월 10일에서 3월 20일까지 눈이 내리는 것으로 나타났다. 이 중 강설빈도와 강설량은 12~2월에 집중되고 있지만, 최근에는 기후변화로 인한 이상폭설이 3월에 발생하는 경우도 있어 선방피해 대책 수립 시 이를 고려하여야 할 것이다.

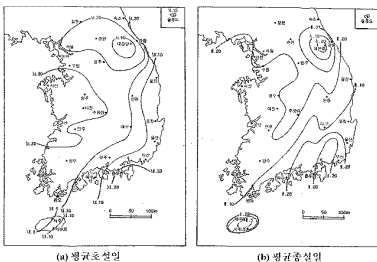


그림 3 한국의 평균 초설일 및 평균 종설일

연간 강설일수를 조사하기 위하여 1971년과 2004년 사이에 최심 신적설량을 3개 지방에서 동시에 기록한 1991년과 최심 신적설 평균이 가장 낮은 1988년을 샘플로 채택하여 연간 강설일수를 아래 표 3에 비교하여 보았다. 참고로 각 해에 해당하는 최심 신적설량의 6개 지역 평균값은 각각 1991년은 18.2cm, 1988년은 5.6cm이다.

18.2cm의 비교적 많은 적설량을 기록했던 1991년의 경우, 각 지역 별 강설일수는 20회에서 29회로 나타났으며, 전 지역을 통틀어서 눈이 내린 날 수는 44일이다. 강설기간은 11월~3월의 5개월로 짧은 경우 평균 3.4일에 한번꼴로 눈이 내린 셈이다. 그러나, 대부분의 경우 신적설량이 5cm이 내린 경우이고, 그 이상인 경우는 5일이었으며, 그 중 10cm 이상인 경우는 4일이었다. 눈이 비교적 적게 온 1988의 경우 눈이 내린 날 수는 36회로 평균 4.2일에 한번씩 눈이 내렸고, 5cm 이상인 날 수는 4회이며, 10cm 이상인 날 수는 없었다.

두 해의 결과를 비교하여 보면, 10cm 이상 강설일은 극명한 대조(4일/0일)를 이루고 있으나, 총 강설일수(44일/36일)와 5cm 이상 강설일 수(5일/4일)는 샘플링 조사일을 감안할 때 그다지 큰 차이를 보이지 않고 있으며, 이는 총 강설일수와 5cm 이상의 적설일수는 배례 일정하게 나타나고 있다는 것을 의미한다.

표 3 연간 강설일수(1991년, 1988년)

년도 \ 지역	1991			1988		
	0cm 이상	5cm 이상	10cm 이상	0cm 이상	5cm 이상	10cm 이상
서울	23	3	2	15	1	0
수원	27	2	1	17	0	0
천안	26	4	0	30	2	0
경주	29	4	1	22	2	0
대전	25	4	1	24	3	0
추경명	20	3	2	16	0	0
전계	44	5	4	36	4	0

이상의 분석을 통하여 경부고속선의 강·적설 현황에 대해 알아보았으며, 이는 아래와 같이 요약될 수 있을 것이다; 경부 고속선 주변 지역은 11월 초부터 이듬해 3월말까지 연 평균 40일 정도 눈이 내리며, 5cm 이상의 강설량은 연 평균 4~5회, 20cm 이상의 강설량은 평균 5년에 한번 꼴로 나타났으며, 2일 이상 많은 눈이 내리는 경우가 없어, 신적설량과 적설량은 1.5cm의 작은 차이를 보이고 있다.

3. 국내의 고속선 주변 적설량과 주요 설빙대책

아래 표 4에는 일본의 각 신칸센 노선의 강·적설 현황과 설빙대책을 나타내고 있다. 일본 신칸센 설빙대책의 기본 원칙은 선로 위에 쌓이는 눈을 살수하거나 쌓여진 눈을 제거하는 대책에 초점이 맞춰져 있으며, 이를 위하여 살수 소설방식과 세설차를 기본적으로 운용하고 있다. 조에즈

신칸센의 경우는 눈이 여러 날에 걸쳐 내리는 경우가 많아 적설량이 신적설량보다 훨씬 많으며, 제설차를 통한 제설대책을 이용할 경우 열차 정상운행에 막대한 지장을 받기 때문에 살수소설시스템을 통해 적설을 근본적으로 방지하는 대책을 활용하고 있다.

표 4 경부고속선과 신칸센 주변 지역의 연평균 강·적설량 및 설빙대책

	경부고속선	도카이도 신칸센	도호쿠 신칸센	조에쓰 신칸센
개통 시기	2004	1964	1982~1991	1982
평년 최심적설량	9.9~14.3cm	~45cm	16~51cm	32~271cm
선교/궤도 구조	토노반/자갈궤도	토노반/자갈궤도	콘크리트노반/ 슬라브궤도	콘크리트노반/ 슬라브궤도
기본 대책	운전규제	운전규제 살수	저설척고가 (일부 살수)	살수
살수 구간 살수량 살수 온도	-	68.5 km 3~5mm/h 1~10℃	2.9 km 72mm/h(자갈도상) 7~14℃	79 km 42mm/h(슬라브도 상) 7~14℃
차량구조	body mount	body mount	body mount snow plough	body mount snow plough
차량 눈제거 작업	-	역	차량기지	-
야간 제설	제설열차 (KTX공차)	모터카, 러셀	모터카, 러셀	-
자갈비상 방지	-	자갈스크린(11km)		자갈스크린(유도상 구간)

일본은 도카이도 신칸센에서의 교훈을 바탕으로 강·적설 시에도 속도제한 없는 운행을 실현할 수 있도록 추후 호설지대에 건설된 신칸센에서는 ①자갈비상의 문제가 없는 슬라브도상을 채택하고, ②궤도에 눈이 쌓이지 않도록 하는 살수소설시스템을 설치하였으며, 그 결과 위에서 살펴본 일본의 도호쿠 신칸센과 조에쓰 신칸센은 상기의 두 가지 대책을 적용하여 강설 시에도 속도제한 없는 운행을 실현하고 있다.

그러나 경부고속선의 경우에는 이미 자갈도상으로 건설이 완료된 상황이므로 슬라브궤도의 적용이 힘들며, 살수소설장치를 이용한 시설대책의 적용 시에는 막대한 건설비와 추가적으로 소요되는 운영비가 필요하기 때문에 한국과 일본의 기후적 특성의 차이(최심적설량 경부고속선 9.9~14.3cm, 도카이도 신칸센 45cm, 도호쿠 신칸센 16~51cm, 조에쓰 신칸센 32~271cm)를 감안하면 그 필요성이 그리 크지 않다고 할 수 있다. 따라서, 경부고속선의 경우는 설빙피해 우려 시 운행 속도를 제한하여 설빙피해 발생가능성을 최대한 억제하는 것을 기본적인 대책으로 활용하고, 속도 제한으로 인한 열차지연 및 운영손실을 최소화하기 위하여 야간 운행정지시간 동안 제설열차를 운행하고, 이상폭설에 대비한 세설도구를 도입하는 것이 필요할 것으로 보인다.

4. 결론

경부고속선 인근의 기상조건을 조사하고 고속철도 운영국가의 설빙대책을 조사한 결과, 선로의 눈쌓임을 원칙적으로 방지하는 대책은 이미 건설이 완료된 경부고속선에 적용이 힘들 것으로 보이며, 우리나라의 기후조건에 비해 비동-효율성면에서 적합하지 않은 것으로 보인다. 따라서, 강·적설 시 운전규제를 통해 설빙피해 발생가능성을 최대한 억제하는 것을 근본적인 대책으로 활용하고, 신속한 운행개계 및 운전규제의 완화를 위해 선로내 적설을 낮추어 차량착설을 방지하며 착설된 눈을 제거하는 차량대책 및 중요지역에 대한 시설대책을 통해 인명피해를 예방하는 방안을 중점적으로 적용하는 것이 가장 효율적인 방안으로 사료된다.

참고문헌

1. 藤井俊茂(Fuji Toshishige), 寒冷積雪地における鐵道雪氷害の解明とその對策に關する研究(한냉 적설지에 있어서의 철도 병설피해 해명과 그 대책에 관한 연구), 鐵道總研報告 제 47호, 2001. 6
2. 이현영, 한국의 기후, 법문사, 2000
3. 기상청 홈페이지(http://www.kma.go.kr/weather/climate/climate_korea.jsp)
4. 高逋鐵道研究會, 新幹線 高逋鐵道技術のすべて(신칸센 철도기술에 대하여), 山海堂, 2003
5. S. Ikura, et al. "Evaluation of Snow Accretions under the Car Body using the Digital Pictures," RTRI Report Vol.16, No.8, 2002
6. 社団法人 日本鐵道施設協會, 東海道 新幹線の 保線(도카이도 신칸센의 보선), 1998년 12월
7. K. Kawashima, "Experimental Studies on Ballast-flying Phenomcnon Caused by Dropping of Accreted Snow/Ice from High-speed Trains," RTRI Report Vol.17, No.8, 2003.8
8. M. Yhshida, M. Uchida, N. Yaguchi, N. Mifune, "Countermeasures for Ballast-flying Phenomena Caused by High-speed Trains," RTRI Report Vol.6, No.6, 1992. 6
9. 社団法人 日本鐵道運輸協會, 新版 新幹線(신판 신칸센), 1985
10. 藤井俊茂(Fuji Toshishige), 鐵道における自然災害輕減のための取組み(철도에 일어나는 자연 재해 경감을 위한 대책), RRR pp.2-3, 2003.8
11. 矢口直幸(Yaguchi Naoyuki), 吉田眞(Yoshida Makoto), 御船直人(Mifune Naoto), 車兩落雪によるバラスト飛散對策用高分子材料(차량낙설에 의한 자갈비산대책용 고분자 재료), JREA Vol.34, No.12, pp.20487-20490, 1991
12. 고속선 설빙피해 방지대책 연구, 철도청, 2004.5.