2022 년도 한국철도학회 춘계학술대회 논문집 KSR2022S162

500㎞/h 초고속열차 급전방식으로 커티너리-팬터그래프 방식의 가능성 검토

Review on the possibility of catenary-pantograph as a feeding system for the 500km/h high speed train

권삼영*†, 박철민*, 이기원*, 조용현*

Sam-young Kwon*†, Chul-min Park*, Ki-won Lee*, Yong-hyeon Cho*

초 록 500㎞/h 열차를 개발한다면 차상에 전기를 공급하는 방식은 기존의 커티너리-팬터그래프 방식으로 가능할지가 중요한 관심 사항이 된다. Decision Making을 지원하기 위한 예비 타당성 검토 차원에서 500㎞/h 초고속열차의 전력공급/집전 방식으로 커티너리=팬터그래프 방식의 가능성에 대하여 검토한다. 먼저 전차선의 파동전파속도를 포함한 커티너리 기본 파라미터 차원에서 검토한다. 다음으로 2007년에 있었던 프랑스 575㎞/h 주파 시험시의 집전 상태 모니터링 비디오를 가지고 집전 사례 검토를 수행한다. 이런 검토를 바탕으로, 여기에 전문가의 경험적 시각을 더하여, 500㎞/h 집전 가능성에 대한 의견과 앞으로 연구해야 할 사항 등 필요한 사항에 대하여 의견을 제시한다.

주요어 : 500㎞/h 열차, 500㎞/h 집전, 커티너리-팬터그래프, 파동전파속도, 가능성 검토

1. 서 론

바퀴식 열차가 400㎞/h를 넘어 500㎞/h를 실현하려면, 현재 기술로 한계점에 도달하여 극복해야하는 Critical 기술분야가 여럿 있는데, 집전(Current Collection)도 그중의 하나이다. 500㎞/h 전기공급 방식으로 가능성 있는 후보를 생각해 보면 다음과 같다.

1) 전통적인 커티너리-팬터그래프 방식
2) 열차 바닥 선로에 설치하는 무선급전방식
3) 자기부상열차에서 사용하는 무접촉 유도발전기 방식
4) 연료전지, 수소열차, 디젤차와 같은 충진/저장 기능을 갖는 차상 자체 엔진 방식

500㎞/h 열차를 개발한다면 차상에 전기를 공급하는 방식은 기존의 커티너리-팬터그래프 방식으로 가능할지를, Decision Making을 지원하기 위한 예비 타당성 검토 차원에서 검토한다.

†교신저자: 한국철도기술연구원(sykwon@krri.re.kr)
* 한국철도기술연구원 스마트전기신호본부

2. 본 론

2.1 순간 전력밀도 전송 능력

열차의 공기저항은 속도의 제곱에 비례하여 증가하고, 증속에 필요한 전력도 속도의 제곱에 가깝게 증가하는 경향이 있다. 특히 400㎞/h를 넘어 500㎞/까지는 이 경향이 뚜렷할 것이다. 300㎞/h의 KTX-1(20량 1편성) 13.56MW, 400㎞/h의 HEMU-430X(8량 1편성)가 9MW였던걸 감안할 때, 500㎞/h 열차는 12~15 MW 전력을 필요로 할 것이다. 이 정도 전력을 순간 energy transfer 할 수 있는 능력은 아직까지 커티너리-팬터그래프 방식 밖에 없다.

2.2 커티너리 기본 파라미터 검토

EN50119에 열차의 속도가 전차선의 파동전파속도의 70% 이내일 때가 안전하다고 한다. 500㎞/h를 0.7로 나누면 714㎞/h이다. 즉, 파동전파속도는 최소 714㎞/h이 필요한 것이다. 전차선 150㎟를 기준으로 714㎞/h가 되기 위한 전차선 장력을 계산해보면 52,474N이다. 이

정도 장력을 견딜 수 있는 Alloy 전차선을 만들기는 쉽지 않아 보인다. 전차선은 최소 50~70% 이상의 도전율은 가져야 하기 때문이다. 여기서 한가지 이견이 있다. 속도가 올라감에 따라 집전성이 보장되는 열차속도는 파동전파속도의 70%이상도 가능하고 500km/h급에 대해서는 80%까지도 무난할 것 같다는 의견을 제시한다. 500km/h의 80% 해당 파동전파속도는 625km/h이고, 이때 전차선 장력은 40kN이다.

2.3 500km/h 집전 사례 검토

Wheel-on-rail 철도로서 500km/h를 주파한 시험은 프랑스가 유일하며, 2007년 575km/h 도달 시험시의 집전상태 모니터링 비디오를 가지고 500km/h 영역에서의 집전 상태를 분석해 본다. 이때 프랑스 시험구간 전차선의 장력은 최대 40kN이었다.

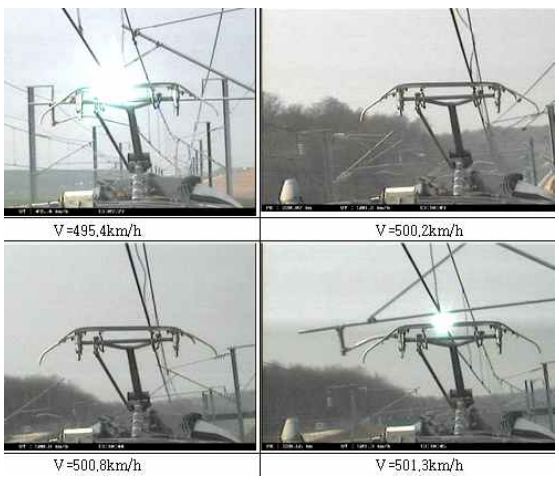

Fig. 1 The current collection images near 500km/h when 575km/h test in France.

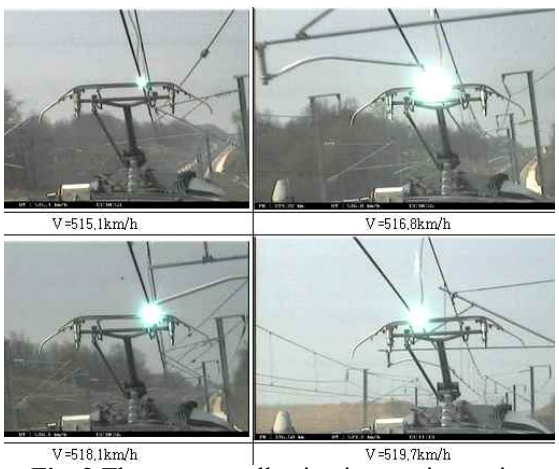

Fig. 2 The current collection images in passing 500km/h when 575km/h test in France.

프랑스 시험에서 500km/h 부근을 지날 때 아크 상태는, 아크가 다수 나는 상황이었고, 515km/h 이상이 될 때는 급격하게 아크가 증가하는 상황이었다. 직관적으로 판단하건데 이선율은 5~10% 정도 되는 것으로 보인다. 우리나라 운영선 이선률 허용치는 1%이다.

그러나 2007년 프랑스 시험은 자갈궤도 구간에서 이루어졌고, 팬터그래프도 GPU 모델로서 지금은 구식이 되었고, 앞으로 팬터그래프 쪽에서 더욱 기술발전이 이루어질 것이므로 500km/h 속도에서 커티너리-팬터그래프 전력공급 방식은 가능할 것으로 판단된다. 그러나 소음이 문제가 될 것으로 예상되며, 팬터그래프 커버, 전차선 강도 및 도전율 등 앞으로 많은 연구가 있어야 할 것이다.

3. 결 론

500km/h 초고속 열차의 급전방식은 기존에 해 왔던 커티너리-팬터그래프 방식으로 실현 가능할 것으로 판단된다. 다만 팬터그래프 주행 특성, 소음 및 전차선 강도, 도전율 등에서 성능향상을 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Weihua, Zhang, Ning Zhou et al. (2011) Pantograph and catenary system with double pantograph for high-speed trains at 350 km/h or higher, *Journal of Modern Transportation*, 19(1)

[2] Yong ming Yao, Ning Zhou, Guiming Mei, Weihua Zhang (2020) Dynamic Analysis of Pantograph -Catenary System considering Ice Coating, *Hindawi Shock and Vibration*, Vol. 2020, article ID 8887609

[3] 한국철도기술연구원 (2021) 보고서 : 400km/h 급 고속철도 종합계획(MP) 수립 연구, 국토교통부