

철도차량 능동형 주행장치 기술 동향 Trend of the Active Technology for Railway Rolling-stock

*#허현무¹, 박준혁¹, 유원희¹

*#H. M. Hur(hmhur@krri.re.kr)¹, J.H.Park¹, W.H.You¹

¹한국철도기술연구원 주행추진연구실

Key words : Active technology, Rolling-stock, Suspension, Steering

1. 서론

최근 철도는 친환경 녹색교통 수단으로서의 특성이 크게 부각되고 있다. 이와 더불어 철도의 고속화, 유지보수성 향상을 위한 철도차량 기술의 발전은 미래 철도차량 산업의 핵심 경쟁요소가 되고 있다. 특히 고전적인 기존 철도차량의 성능 한계를 극복하기 위하여 능동액추에이터와 제어기술을 응용한 능동형 철도차량기술에 대한 연구가 활성화되고 있다. 능동형 철도차량 기술은 틸팅, 현가, 조향, 판토, 제동 등의 분야에 적용되고 있다. 이중 틸팅과 능동현가분야는 실용화에 이르렀고 조향은 실용화 이전단계의 기술 수준으로 조만간 실용화가 예상된다.

따라서 본 논문에서는 최근 연구가 활발한 능동현가, 능동조향기술을 중심으로 능동형 철도차량 기술에 대한 추이와 동향을 분석하고자 한다.

2. 능동현가기술

능동현가시스템은 Fig. 1과 같이 횡방향 승차감을 향상시키기 위한 횡방향 능동현가시스템과 상하방향 승차감을 향상시키기 위한 상하방향 능동현가시스템으로 개발되고 있다. Table 1과 같이 일본, 독일, 스웨덴 등에서는 중고속 철도차량용으로 능동형 혹은 반능동형 현가기술을 적용하고 있다. 현재까지는 대부분 횡방향에 대한 진동제어에 적용하고 있다. 가장 활발히 적용하고 있는 국가는 일본으로서 신간 E2, E3계, E5계 등에 적용되고 있다.

반능동형은 가변댐퍼가 주로 적용되었고 능동형은 공압 및 유압 액추에이터가 적용되어 왔다. E3계까지는 반능동, 능동현가시스템이 혼용되어 왔으나 최근 개발된 E5계는 Electric-Mechanical형식 능동현가시스템이 전차량에 적용되고 있다.

봄바르디어에서는 스웨덴 250km/h급 중고속 차량(REGINA250)에 고속화에 따른 승차감 저하를 해결하기 위하여 능동현가시스템(ALS)을 적용하고 있다. 현재 시제차가 개발되어 실선로에서 시험 운행 중에 있다. 능동액추에이터는 평균추력 13kN, 피크 추력 37kN 용량의 Electric Mechanical 액추에이터를 적용하고 있다. 시험결과, 250km/h 주행 시의 승차감은 200km/h 주행 시와 동급으로 평가되고 있다. 또한 일본 가와사키중공업에서는 능동현가와 틸팅이 혼용된 중고속용 시제 대차를 개발하였다. 여기에서는 선형모터형식의 능동액추에이터를 세계 최초로 적용하였고 시운전 결과 최대 피크 10dB의 승차감 개선 효과를 보인바 있다.

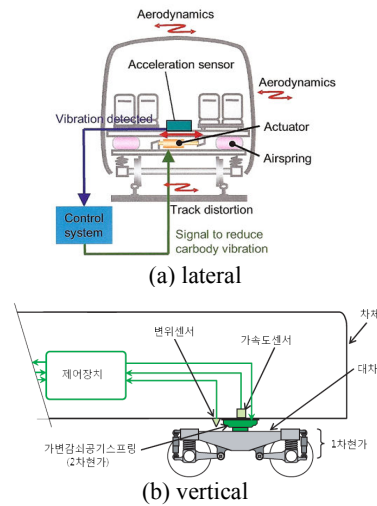


Fig. 1 Active suspension system

상하방향으로는 최근에 1, 2차현가계에 가변형 감쇠댐퍼를 이용한 진동 제어 연구가 진행되고 있으며 향후 2~3년 내 영업차량 적용을 목표로 실용화 연구를 수행 중에 있다.

Table 1 Train adopting active suspension

Train	Semi-active	Full active
JR 700 series JR 500 series JR 700E series	leading car, executive class	-
JR E2 series	coach	leading car, executive class
JR E3 series	coach	leading train
JR E5 series JR E6 series	-	all car

3. 능동조향기술

곡선구간 주행 시 과도한 차륜마모, 소음 발생 등의 문제를 해결하기 위하여 윤축을 곡률반경 중심으로 정렬시키는 조향기술에 연구되어 왔다. 현재까지는 축상스프링 특성이나 기구학적 특성을 이용한 자기조향방식의 수동형 조향시스템이 차량에 적용되어 왔다. 그러나 수동형시스템으로서 그 성능엔 한계가 있다. 따라서 다양한 곡선 주행 환경에 능동적으로 적응할 수 있는 능동조향시스템 연구가 1990년대 초부터 시작되었다. 최근 fail-safe 문제를 극복한 능동조향대차 시제 개발 완료, 시운전 단계에 있다.

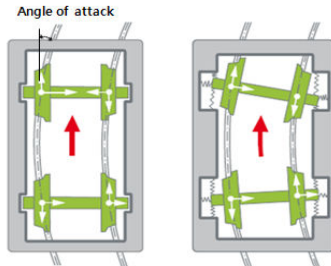


Fig. 2 Active steering concept

능동조향기술은 윤축을 직접 제어하는 방식과 간접적으로 제어하는 방식으로 구분된다. 직접 제어방식은 조향성능이 우수하나 차륜의 위치나 공격각을 실시간으로 검출하여야 하는 난제로 실차 구현은 아직 이르지 못하고 있다. 간접제어방식은 대차각이나 윤축 조향각 구현을 통하여 조향효과를 도모하는 방식으로 조향성능은 직접 제어방식에 비하여 다소 저하하나 실차 적용성이 우수하다. 따라서 대부분의 능동조향시스템은 간접적인 조향 제어 방식을 적용하고 있다.

현재 능동조향기술을 선도하고 있는 봄바르디어사는 FLEXX 기술이란 조향기술을 개발하였고 능동현가, 틸팅기술을 혼용하여 실용화를 추진 중에 있다. 일본에서는 1차현가계의 축상스프링의

조향기능을 보조하는 어시스트조향방식에 대한 연구가 진행되고 있으며 시운전 단계에 있다. 또한 대차각 조향제어방식인 active bogie steering에 대한 연구도 진행 중에 있다.

Table 2 R&D for active steering

	Technology	TRL level
Bombardier	FLEXX tronic	TRL 8
Paderborn	Mechatronic train	TRL 6
RTRI	Assist steering	TRL 6
Sumitomo Metal, Tokyo Univ.	Active bogie steering	TRL 6
Tokyo Univ.	1/10 scale steering model	TRL 4

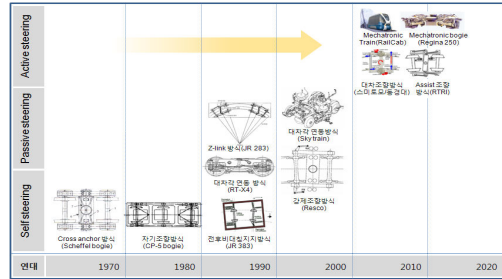


Fig. 3 Development trend of active steering bogie

4. 결론

철도차량의 주행성능 한계를 극복하기 위하여 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 능동형 철도차량기술에 대하여 능동현가, 능동조향기술을 중심으로 동향을 조사 분석하였다.

최근 기술동향은 미래 철도차량 핵심 원천기술 확보, 그로인한 미래 철도차량시장 선점을 위한 기술적 우위 확보관점에서 연구개발에 진력하고 있다. 이와 더불어 국내에서도 다소 늦은 감은 있지만 능동현가, 능동조향에 대한 연구가 시작단계에 있음은 이와 같은 기술 추이를 반영한 결과라 할 수 있다. 현재는 일부 영업운전 혹은 시운전 단계에 있어 그 효용성에 대한 의문이 있지만 실 운용을 통하여 기술적, 경제적, 사회적 효과가 검증되면 그 파급효과는 지대할 것으로 예측된다.

참고문헌

1. 허현무 외, "능동/반능동 조향기술 기초연구", 한국철도기술연구원, 2010.
2. 허현무, 박준혁, 유원희, 김남포, "철도차량용 능동현가시스템 기술동향", 철도저널, 13권 6호, 17-21, 2010