

대륙철도 진출을 위한 화차 제동장치 특성 분석

Characteristic analysis of the freight train brake system for entering the continental railway

이동균*[†], 박상우*, 신평우*, 이건엽*, 문형석**

Dong kyun Lee*[†], Sang woo Park*, Pyung woo Shin*, Gunyub Lee*, Hyung Suk Mun**

Abstract Railway vehicles are eco-friendly green transportation vehicles with excellent energy efficiency that can transport large quantities of cargo in a short time with using land, and it is increasing rapidly as the demand for in the world. It is promoting the entry of the continental railway linking to Eurasia with connecting to the South & North Korea Railway. However, since different brake control unit is used for the freight train in the South-North region, the characteristics of the brake control unit in the South-North region is analyzed and the directions of the domestic brake control unit for mixing and interoperability are introduced.

Key words: Brake control unit, freight train, Continental railway, Distributor, Brake valve

초 록 철도차량은 육상을 이용하여 짧은 시간에 많은 화물을 수송할 수 있는 에너지 효율이 우수한 친환경적인 녹색수송 수단으로 전 세계의 수요가 급증하고 있으며 남북철도 연결과 함께 유라시아로 연결하는 대륙철도로의 진출을 추진하고 있다. 하지만, 남북 인접지역의 화물열차에는 서로 다른 제동장치를 사용하고 있어 인접지역의 제동장치 특성을 분석하고 혼합편성 상호운영을 위한 국내 제동장치의 방향을 소개하고자 한다.

주요어 : 제동장치, 화물열차, 대륙철도, 분배변, 제동밸브

1. 서 론

국내 화물열차의 대륙철도 진출과 상호운영을 위하여 상호 운영국간의 화물열차 제동장치의 특성을 분석하고 안정성을 검토할 필요성이 있다. 본 논문에서는 남북 인접지역인 한·중·러 3국의 화물열차 제동장치의 특성을 분석하고 혼합편성 운영을 위한 국내 제동장치의 필요 요구조건을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 화물열차 제동장치

2.1.1 국내 화물열차 제동장치

화차용 막판식 제동장치로 AAR 규격의 KRF-3 제동장치와 UIC 규격의 P4a 제동장치가 운영되고 있다. KRF-3 제동장치는 단일 막판식으로 계단제동과 단일 완해 제어방식이며, P4a 제동장치는 이중막판식으로 계단제동과 계단완해가 가능하여 주로 고속화차에 사용하고 있으며 앞으로 국내 화물열차에서 주를 이룰 것으로 전망이 되어 P4a 제동장치를 선정하여 국내 기술기준 및 제동 특성을 분석하였다.

† 교신저자: 유진기공업(주) 철도차량부품기술연구소(dklee@yujinltd.co.kr)

* 유진기공업(주) 철도차량부품기술연구소

* 유진기공업(주) 철도차량부품기술연구소

* 유진기공업(주) 철도차량부품기술연구소

** 한국철도기술연구원 북방철도연구팀

Table 1. Service brake test results(50car)

Divide	Brake delay time	Brake equivalent response time	Release delay time	Release time (0bar)
Locomotive	1.4s	8.2s	6.3s	46.0s
1car	0.7s	8.4s	5.8s	19.8s
10car	1.2s	22.0s	3.0s	21.4s
20car	1.7s	26.0s	15.2s	40.8s
30car	4.4s	26.0s	20.0s	45.2s
50car	3.4s	32.0s	23.2s	43.6s

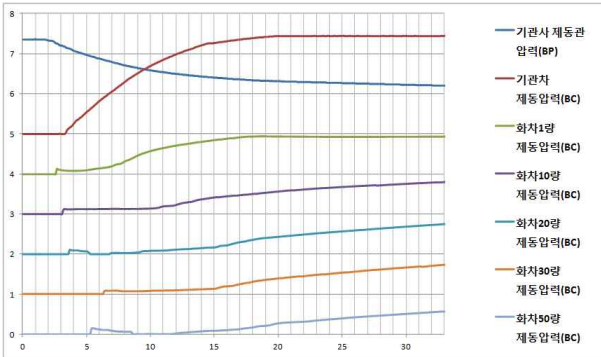


Fig. 1 Chart of Service brake(50car)

최대 상용제동 시험 결과 화차 선두 1량과 후미 50량의 등가응답시간 지연은 23.6초 제동완해 시간은 30량에서 최대 25.4초가 소요되었고 50량 후미차량의 최대압력 충기시간은 40초(등가응답 시간 32초)로 측정되었다.

2.1.2 중국 화물열차 제동장치

미국의 ABDW 제어밸브와 독일의 DB-60 제어밸브 50st를 구매하여 AAR 표준과 -50℃의 내한성 특성을 개선한 독자적인 120 화물열차 공기 제어밸브를 개발하여 사용하고 있으며, 최근에는 대용량 수송을 목적으로 상용 가속 제동 기능을 추가하여 제동 성능을 향상시키고 밸브의 누설량을 개선한 120-1 제어밸브를 사용하고 있다. 120 제어밸브와 120-1 제어밸브를 150량 시뮬레이터에서 시험한 결과로 약 30~35% 개선(150량 기준)되었다는 것을 알 수 있다.

또한, 혼합편성에서 120 제어밸브의 완해지연으로 과도한 종방향 충격을 완화하기 위하여 종전 50m/s~70m/s에서 150m/s로 완해 과속을 가속화시키고 완해시간은 5~7초에서 15±1초로 연장한

결과, 만톤 열차에서 최대 종방향 충동 가속도가 1g 이하로 측정되었다. 완해 과속이 너무 낮은 것과 완해 시간이 너무 빠를 경우 연결기 절단 사고를 초래한다는 것을 입증하였고, 60량 편성 열차의 정지상태에서 제동시험 규정이 있어 열차의 주공기 공급 능력시험, 누설시험, 제동관(BP)압력 50kPa, 70kPa, 100kPa, 170kPa 4종의 각종 감압량의 일반적인 제동과 비상제동을 진행하며, 상용제동에서의 제동관(BP)압력이 170kPa까지 감압하는 시간 6.2초, 비상제동에서의 제동관(BP)압력이 40kPa까지 감압하는 시간 1.7초, 공기누설시험은 완해상태에서 누설량이 2kPa/min 제동상태에서는 3kPa/min을 적용하고 있다.

Table 2. 120-1 Brake valve performance test results

Divide	Static pressure	Reduced pressure(△P)	Release time(BP)
120	500kPa	140kPa	115s
120-1			76s
120	600kPa	150kPa	183s
120-1			128s

2.1.3 러시아 화물열차 제동장치

독일의 제어밸브를 기반으로 중계밸브 기능을 포함한 모듈화된 No. 483 제어밸브를 사용하고 있다. UIC 규격 요구조건을 모두 충족시키지는 못하나 가파른 하구배에서 안전을 중요시 한 계단제동 및 계단완해가 가능하다는 장점이 있으며, 최근에는 No. 483 제어밸브와 독일 제품을 결합하여 UIC 요구조건을 모두 만족하는 KE-No. 483 제어밸브도 있다. 사용 온도 조건은 -60℃~+70℃이나 제품의 유효 동작성을 고려하여 온도 범위를 -55℃~+55℃로 하고 있다. 제어밸브의 몸체는 주철이고, 내부 부품의 대다수는 스테인레스강으로 제작되어 있으며, 온도 특성을 고려하여 제어밸브의 IN-OUT Port에는 수분 유입 방지용으로 거즈형 필터가 있으며 러시아 표준규격(GOST)을 적용하고 있다.

No. 483 제어밸브는 평지모드와 산악모드를 전환하는 핸들이 있어 18% 이상의 구배에서는 산악모드로 전환하여 차량의 속도 조절을 위한 계단 완해가 가능하도록 되어 있고, 평지모드에서는 계단 완해가 이루어지지 않으며, 적재 하중에

대하여 공차 및 중간 그리고 영차를 조정할 수 있는 절환 레버가 있어 제동력을 고정으로 출력할 수 있는 특징이 있다. 또한, No.483 제어밸브는 구형식의 No.273 제어밸브의 기술 특성을 유지하면서 중국의 120-1 제어밸브와 같이 장대차량의 제동관(BP)압력 완해 과속을 290~300m/s 로 가속화 시켜 제동 시 충동 가속도를 감소시켰다고 한다.

50량 및 100량 화물열차 편성을 조성하여 현차에서 제동시험을 진행한 결과 100량 화물열차에서 선두차량과 후미차량의 제동관(BP)압력 감압지연시간은 약 6~7초, 제동압력(BC)은 약 5~6초, 제동압력이 373kPa까지 도달하는 데는 약 35초 차이가 발생하였고, 50량 시험도 동일한 특성으로 제동관(BP)압력 감압 지연시간은 약 3~3.5초, 제동압력이 373kPa까지 도달하는 데는 약 18초 차이가 발생하였다고 한다.

2.2 제동장치 비교

한·중·러 3국의 화물열차 제동장치의 특성은 ‘Table 3.’ 과 같다.

Table 3. Comparison of Brake system

Divide	P4a	120-1	No. 483
Standard	UIC, KRS	GB	GOST
Ambient temperature	-35℃~+50℃	-50℃~+70℃	-60℃~+70℃
Diaphragm Q'ty	2	1	2
Control method	Step braking Step release	Step braking Directly release	Step braking Step release
Service Brake Equivalent response time	Within 10sec(BC)	4~5sec(BP)	Within 6sec(BP)
Emergency Brake Equivalent response time	Within 3sec(BC)	1.5~2.5sec(BP)	-
Service speed	120km/h	120km/h	120km/h
Brake cylinder	14inch	14inch	14inch
Brake cylinder pressure(empty/load)	157kPa / 373kPa	167kPa / 353kPa	157kPa / 421kPa
Lever ration	7.68 : 1	7.22 : 1	-
Brake efficiency	90%	113%	-
Stopping distance	900m	1,050m	1,500m
Brake pipe pressure	490kPa	490kPa	490kPa

‘Table 4.’에서 120-1과 No. 483은 만차 최대 압

력까지의 도달시간이며, 중국의 120-1은 1량 5초 150량 93초를 수식화한 시간이고 P4a는 공차상태의 현차에서 등가응답 시간에 상응하는 제동압력 상승시간을 측정된 시간이다. ‘Table 5.’에서는 한·중·러 3국의 제동장치 시험 결과를 다항함수식을 사용하여 150량 장대열차가 조성되었을 때 최대상용제동에서의 제동압력 달성에 대한 예측시간을 보여주고 있다.

Table 4. Brake application time(50car)

Divide	P4a	120-1	No.483
Brake delay time	3.4s	-	3~3.5s
Brake application time	32.0s	27.0s	18.0s

Table 5. Brake application time of mixed vehicles

Divide	P4a(50) 120-1(50) No.483(50)	P4a	120-1	No.483
Brake pipe Release time	145s	213s	102s	130s
Brake application time	123s	240s	93s	94s

3. 결론

한·중·러 3국의 화물열차 제동장치는 적용규격, 온도조건 및 제동거리 기준이 서로 다르며, 제동장치의 특성도 상이한 부분이 있으나 제동을 체결하기 위한 제동관(BP)압력의 조건은 동일하므로 혼합편성을 조성하는 데는 문제가 없을 것으로 보인다. 하지만 ‘Table 5.’와 같이 제동압력이 충기되는 시간에는 차이가 있으므로 제동체결 지연시간에 따른 종방향의 충동 가속도가 크게 발생하여 연결기 또는 차륜 손상을 가져다 줄 수 있으며, 중국과 러시아가 장대화물열차를 운영하기 위하여 제어밸브를 개선한 것처럼 국내 제동장치도 개선이 필요할 것으로 보인다. 또한, 제동관(BP)압력의 공기누설은 요구하지 않은 임의의 제동을 체결하게 하여 차륜찰상 또는 심각한 경우 탈선으로까지 영향을 초래할 수가 있으므로 중국과 러시아 기준의 내한성 제품 성능을 향상하도록 개발이 필요한 상황이다.

후 기

본 연구는 2016년도 국토교통부 철도기술연구 개발사업(16RTRP-B118949-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] NAM Seong-Won, et al. (2000) A Study on the Improvement of Pneumatic Braking Performance for the Freight Train consisted of Various Cars.
- [2] Moon Kyeong-Ho, Nam Seong-won, Lee Dong-hyong, Kim Hyeong-jin(2001) A Study on the Pneumatic Characteristics of Brake System incorporated with Sliding and Diaphragm Valve.
- [3] Nam Seong-won, et al. (1999) Experimental Study on the Pneumatic Characteristics of Brake System for Freight Car
- [4] Achieved at [www.mianfeiwendang.com /doc/b730d2219704344591d24d3f](http://www.mianfeiwendang.com/doc/b730d2219704344591d24d3f)
- [5] Achieved at www.doczj.com/doc/d525b7691eb91a37f1115c69-1.html