

PMC 차량용 자동복합연결기 성능평가

Automatic Multi-coupler Performance Evaluation for the PMC Rolling Stock

이찬우*, 허현무**
Lee, Chan-Woo, Hur, Hyun-Moo

ABSTRACT

This paper describes the evaluation methods and criteria used verify field performance of automatic multi-coupler for the PMC rolling stock. Automatic multi-coupler was designed and manufactured by KRRI, Woojin electric machinery CO., and Yujinchajeon MFG.CO., LTD in 1999. Through field performance test of PMC rolling stock, vibration, brake system, assembly and disassembly of complex train were measured on the condition of service operation. As a result, test results meet the criteria proposed by KNR and KRRI.

1. 서론

국내 주요간선 철도의 수송력은 이미 기 포화상태를 이루고 있는 상태이다. 이에 대한 대안으로 신선로 확충이나 철도 운영시스템 개혁을 통하여 수송력 증대방안을 도출 할 수가 있다. 그러나 신선로 확충은 과도한 예산이 들어가므로 이에 대한 기술적 대안으로 제시되고 있는 것이 복합조성열차의 운행이다. 이는 동일 시발역에서 목적지가 다른 두 열차를 함께 편성하여 출발하다가 일정 장소에서 분리하여 운전되거나 반대로 출발지가 서로 다른 두 열차가 일정지점에서 병합조성되어 하나의 목적지로 운행되는 열차를 의미한다. 본 연구에서는 현재 경부선을 기축으로 하여 운행되는 경부선-호남선 새마을 P-P 복합조성열차로 제한하였다. 복합조성열차 운용시 기존 P-P 새마을 차량 적용 시 가장 큰 문제점은 복합열차 분리 병합 시간이 20분 정도로 소요 시간이 많은 것을 3분 이내로 짧아야 그 효과를 발휘할 수 있다. 이러한 기술적인 문제점을 해결하기 위해서 기존 P-P 새마을 동차 차량에 적용할 수 있는 자동복합연결기를 개발하였다. 자동복합연결기는 한국철도기술연구원 주관으로 우진기전(주)과 (주)유진차전 공동으로 개발하였고 본 연구에서는 개발품에 대한 현차 성능시험 결과를 중심으로 개발품 성능을 입증하였다.

2. 새마을 동차용 자동복합연결기 설계 조건

철도청 새마을 동차용 자동복합연결기의 설계 요구사항은 국내 복합조성열차 운행시 요구되는 기본사항과 주행시 진동가속도 및 변위특성에 대한 것을 만족해야 한다. 또한 연결기 기능상 요구사항 및 복합조성열차 운용상 특성에 적합한 자동복합연결기 사양이 요구 되는데 이에 대한 것이 표 1에 나타나 있다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

표 1 새마을 동차용 자동복합연결기 주요 기술사양

| 항 목 | | 기술사양 |
|--------------|------|---------------------|
| 압축력(항복강도 기준) | | 1,500kN |
| 인장력(항복강도 기준) | | 1,000kN |
| 최소 체결속도 | | 0.6kph이상 10kph이하 |
| 작동범위 | 수평측 | +370mm ~ -210mm |
| | 수직측 | ±115mm |
| 전기연결기 | 접촉자수 | max. 2×118pins(75P) |
| | 접촉방식 | 삽입식 |
| | 구동방식 | 공압식 |
| 중심지지장치 | 리셋각도 | ±15 ° |
| 연결기 중량 | | 약 150kg |
| 분리병합 시간 | | 3분 이내 |

3. 개발품 현차 적용시험 및 성능시험평가

3.1 시험 목적

한국철도기술연구원, 우진기전(주), (주)유진차전 공동으로 연구 개발한 새마을동차 다방향 복합조성열차용 자동복합연결기에 대한 실차적용성시험을 통하여 상업화시 요구되는 성능 입증을 실차 운용조건에 맞추어 확인하고자 함이다.

3.2 시험차 종류

시험차는 새마을 동차차량에 개발된 자동복합연결기를 적용한 차량으로 '88년도형 대우중공업(주) 제작차량 2량(#111호, #113호)과 '88년도형 현대정공(주) 제작차량 2량(#119호, #129호)이다.

3.3 시험 방법

시험일시 및 시험항목은 다음과 같다.

· 시험일정 : 1998. 12. 10 - 1999. 1. 8

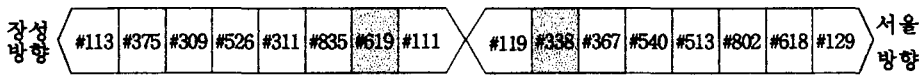
· 시험항목

- ① 진동시험 : 새마을 열차 16량 편성 중 6호 및 7호차에서의 차체 진동가속도(전후) 진동가속도 측정은 속도별(140,135,130,125,120,115,110,105,100,90,80km/h)로 한다.
- ② 제동시험 : 속도별(140,120,100,80km/h) 최전부, 최후부 차량간 제동체결 및 완해시 소요시간 속도별 제동거리 및 감속도 그리고 시험방법은 E.P제동 및 공기제동 각각 시행
- ③ 복합열차 분리/병합시험 : 분리/병합을 위한 실시 방법 및 소요시간 측정 및 운전실에서의 열차 병합/분리에 대한 모니터링 장치 기능 시험 및 안전장치 작동시험
- ④ 연결기 실동용력 측정시험 : 기관차 비상구원 견인시 선두부 새마을 동차 #1 연결기 전후 방향 및 복합조성열차 실차 상업운행속도 운전시 shank guide 부에서의 최대 용력

3.4 시험차 열차편성

가. 열차편성 : 새마을 동차 16량 편성기준

나. 시험속도 : 새마을열차 상업운행속도 기준



※ 기관차 비상 구내 시험시 기관차 #119새마을 동차앞에 연결시험 실시 하였음

4. 시험 결과 및 성능평가

한국철도기술연구원, (주)유진차전, 우진기전(주)와 공동으로 복합조성열차용으로 개발한 새마을 동차용 자동복합연결기에 대한 실차 시험 결과를 분석하면 다음과 같다.

4.1 진동시험

진동시험 결과는 전후방향 진동가속도에 대하여 평가하였다. 이 때 진동시험 비교분석 대상은 기존 PMC차량에 대한 기존연결기 적용시 총괄제어 운전시와 독립제어 운전시 얻어진 시험결과를 개발품인 자동복합연결기를 PMC차량에 적용하여 실차 시험에서 얻어진 결과를 비교하여 표 2에 제시하였다. 진동가속도 시험구간은 서울→서대전구간으로 하였고, 속도별 평균 가속도를 분석하여 제시하였다. 현재 국내 진동시험 평가 기준은 좌우방향 기준은 설정되어 있으나, 전후방향에 대하여는 국내에서 규정하지 않아, 전후방향 진동가속도 기준은 국내 철도차량 성능평가 기준이 유사한 일본 JR사 평가기준을 준용하여 비교 분석하였다. 현재 일본 JR에서 적용하고 있는 전후방향 진동가속도 기준을 보면 다음과 같다.

- ① 80km/h에서 0.05g미만:우수, 0.05g~0.10g미만:보통, 0.10g이상:불량
- ② 100km/h에서 0.078g미만:우수, 0.078g~0.15g미만:보통, 0.15g이상:불량
- ③ 120km/h에서 0.083g미만:우수, 0.083g~0.178g미만:보통, 0.178g이상:불량

표 2에서 보는바와 같이 국내에서 현재 운행 중인 PMC 차량의 전후방향 진동가속도는 기존 연결기 적용 PMC차량에 대한 총괄제어 운전시 및 독립제어 운전시 공히 보통영역 이상에 존재하지만, 우수영역 또는 불량영역에는 포함되지 않고 있는 상태이다. 그러나 이 경우 총괄제어 운전시 독립제어 운전시보다 약간 전후진동가속도가 좋은 것으로 나타나고 있다.

표 2 전후방향 진동가속도 (단위 : g)

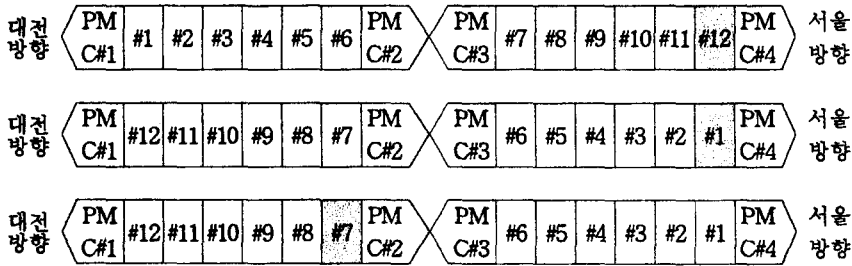
| 속도 (km/h) | 기존 PMC 총괄제어 운전시 | | 기존 PMC 독립제어 운전시 | | 자동복합연결기 적용 PMC 총괄제어 운전시 | | 비고 |
|--------------|--------------------|-------|--------------------|-------|----------------------------|--------|--------|
| | 7호차 | 10호차 | 7호차 | 10호차 | 7호차 | 10호차 | |
| 80 | - | - | - | - | 0.064 | 0.0764 | 신탄진-회덕 |
| 90 | 0.085 | 0.081 | 0.090 | 0.098 | 0.077 | 0.0896 | 천안-소정리 |
| 100 | 0.103 | 0.111 | 0.149 | 0.125 | 0.077 | 0.0985 | 안양-군포 |
| 105 | 0.113 | 0.118 | 0.139 | 0.100 | 0.071 | 0.0836 | 수원-병점 |
| 110 | 0.081 | 0.118 | 0.140 | 0.123 | 0.109 | 0.1174 | 소정리-전의 |
| 115 | 0.101 | 0.112 | 0.166 | 0.158 | 0.110 | 0.1277 | 조치원-내판 |
| 120 | 0.109 | 0.128 | 0.143 | 0.115 | 0.102 | 0.1338 | 오산-서정리 |
| 125 | 0.113 | 0.130 | 0.129 | 0.080 | 0.116 | 0.1332 | 성환-직산 |
| 130 | 0.110 | 0.115 | 0.152 | 0.112 | 0.104 | 0.1105 | 서정리-평택 |
| 135 | 0.107 | 0.121 | 0.166 | 0.133 | 0.124 | 0.1300 | 평택-성환 |
| 140 | 0.133 | 0.138 | 0.172 | 0.125 | 0.125 | 0.1300 | 평택-성환 |

이에 비해 급변에 개발된 자동복합연결기 PMC 차량 적용 총괄제어시 전후진동 특성값은 기존연결기 사용 총괄제어 운전시와 거의 유사한 영역에 존재하여 기존 PMC차량에 개발품인 자동복합연결기 적용시 차량의 전후진동 특성은 보통영역 이상으로 양호함을 알 수 있었다.

4.2 제동시험

가. 시험일시 및 시험열차 편성

- 시험일시 및 구간 : '99. 1.6 ~1.7 (2일간), 익산-장성 구간
- 시험대상 객차 : PP동차 16량 2편성기준 12량짜 편성객차(차호 618)



나. 시험장비

광전센서 1ea, 펄스디지털미터 1ea, 압력센서, 제동성능시험기

다. 시험 및 분석방법

열차속도는 광전센서를 이용하여 측정하였고, 제동시의 압력 및 소요시간을 측정하기 위해서 압력센서도 설치하였다. 시험객차 위치를 최후부, 최후부, 중간부로 편성을 바꾸어 가며 제동관련 항목을 측정하였다. 제동초속도, 제동거리, 공주시간 등의 시험데이터는 이들을 종합적으로 제동성능을 측정할 수 있는 제동시험 종합시험기를 사용하였다. 시험결과와 분석은 시험구간에서 제동시의 제동거리를 속도별로 분석하였고 제동소요시간(공주시간, 제동통압력의 70% 지점까지의 시간) 및 완해시간은 차량의 편성위치(전후부, 중간부)에 따라서 분석하였다.

라. 제동시험결과 및 분석

제동시험 결과 제동시 공주시간 및 완해시간의 평균값이 표 3에 제시되어 있다. 공주시간은 공기제동을 쓰지 않고 전공제동만 사용하였으므로 차량의 편성위치에 따른 전부, 후부, 중간부에 상관없이 거의 동일하게 나타나고 있다. 공주시간도 3초 이내로 나타나고 있다.

표 3 제동시 공주시간 및 완해시간 평균값

| 조건 \ 항목 | | 공주시간(초) | 완해시간(초) |
|---------|-----|---------|---------|
| | | | |
| 비상제동 | 전 부 | 2.55 | 4.28 |
| | 중간부 | 2.49 | 4.24 |
| | 후 부 | 2.45 | 4.35 |

또한 속도별 비상제동거리 평균값은 표 4와 같이 제동초속도가 높을수록 길게 나타나며 150km/h 이하의 속도에서 제동거리가 1000 m 이내 범위로 나타나고 있다. 또한 건조조건과 습기조건(비 또는 눈)하에서 제동거리는 건조조건보다 습기조건에서 속도에 따라 약 10~20%의 연장율을 보이고 있다. 이러한 이유는 습기조건하의 레일 상태가 윤활상태가 되어 차륜이 활주함에 따라 제동거

리가 연장되는 경우라 할 수 있다. 일반적으로 습기조건하에서의 제동거리의 연장은 15%이내인 것으로 보고되고 있다. 마지막으로 속도별 제동 완해시간이 표 5에 제시되어 있다.

표 4 속도별 비상제동거리 평균값 (단위 : m)

| 속도 (km/h) | 기존 PMC 총괄제어시 | 기존 PMC 독립제어시 | 자동복합연결기 적용 총괄제어시 | 비고 |
|-----------|--------------|--------------|------------------|----|
| 80 | 4.30 | 45.81 | 4.29 | |
| 100 | 4.30 | 48.49 | 4.28 | |
| 120 | 4.30 | 48.97 | 4.28 | |
| 130 | 4.30 | 48.93 | 4.30 | |
| 140 | 4.30 | 50.53 | 4.3 | |

표5에서 보는바와 같이 실제 차량 운행시 운전시간에 큰 영향을 주는 속도별 제동 완해시간을 비교하여도 기존 연결기 적용 PMC 차량에서의 총괄제어시의 제동완해시간과 자동복합연결기 적용 PMC차량의 총괄제어시 제동 완해시간이 거의 유사하므로 현재의 P-P열차 운행시간에 대한 문제 점도 없는 것으로 나타나고 있다.

표 6 속도별 제동 완해 시간 (단위 : 초)

| 속도 (km/h) | 기존 PMC 총괄제어시 | 기존 PMC 독립제어시 | 자동복합연결기 적용 총괄제어시 | 비고 |
|-----------|--------------|--------------|------------------|----|
| 80 | 291.3 | 326.8 | 291.5 | |
| 100 | 447.2 | 495.4 | 430.5 | |
| 120 | 644.3 | 708.8 | 524.0 | |
| 130 | 758.3 | 832.3 | 735.4 | |
| 140 | 882.6 | 967.0 | 820.6 | |

4.3 실동 응력 시험

실동 응력 시험은 크게 두 부분으로 나누어 실시하였다. 하나는 연결기 안전 지지부인 shank guide 브라켓트 부와 연결기 shank 자체에서의 응력을 차량 주행시와 비상 구원 운전시 발생할 수 있는 전진 운전 및 후진 운전시의 평균 응력을 스트레인 게이지를 활용하여 측정하였다. 이를 통하여 자동복합연결기를 안전하게 지지해주는 역할을 하는 shank guide 브라켓트부의 안전성과 연결기 shank부에 대한 응력 해석을 통하여 안전성을 실험적으로 확인하고자 실동 응력시험을 실시하였다. 응력 시험시 스트레인 게이지 취부 위치는 아래와 같다.

○ 게이지 취부 위치

- #1 : 연결기 상면(전인력+굽힘 및 굴곡응력)
- #2 : 연결기 측면(전인력)
- #3 : shank guide 판 중심(연결기 수직방향)
- #4 : 보강판 1(연결기에 의해 받는 굽힘응력)
- #5 : 보강판 2(연결기에 의해 받는 굽힘응력)

또한 응력 측정장비에 대한 것은 그림 1에 나타나 있다

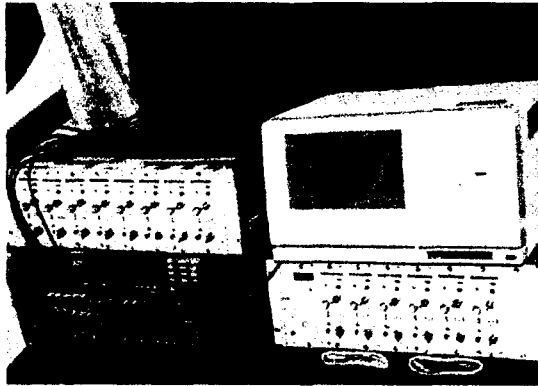


그림 1 실동응력 측정 및 분석장비

○ 실동 응력 측정 결과 및 분석

앞에서 제시한 실동 응력 측정부위에 대한 실동응력 최대치에 대한 측정값을 표 7에 제시하였다. 표 7에서 보는바와 같이 shank guide 브라켓트 부위 가운데 자동복합연결기를 정 중앙에서 지지해주는 역할을 하는 브라켓 정중앙부(#3)에서 최대 응력값인 5.175~5.240kg/mm²가 나타났다. 이는 비상 구원시 어댑터를 연결한 상태에서 연결기의 최대 처짐이 나타날 수 있는 조건인 비상 구원 전진시 및 후진시 값인 경우에 나타나는 값이다. 그러나 정상 주행시(전두, 후부) 측정되어 지는 실동응력 값은 2.30~2.80kg/mm²의 값을 나타내고 있어서 shank guide 브라켓트 부위의 강도상 문제는 전혀 없는 것으로 나타났다. 더욱이 shank guide의 재질인 SS400의 인장강도는 40.81kg/mm² 이고, 허용응력은 23.98kg/mm², 피로응력인 경우 모재부는 13.77kg/mm², 용접부 사상을 실시한 경우에는 11.22kg/mm², 그리고 용접부 사상을 안한 경우에도 7.14kg/mm² 정도 이므로 shank guide 브라켓트 부위의 피로강도상에도 전혀 문제가 없는 것으로 나타났다.

표 7 스트레인 게이지 취부 위치별 최대 응력 측정값 (단위: kg/mm²)

| 게이지번호 측정방법 | | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|---------------|------|--------|------|------|------|------|
| | | 비상 구원시 | 전진시 | 2.76 | 4.20 | 5.18 |
| 후진시 | 2.10 | | 4.73 | 5.24 | 1.05 | 0.48 |
| 주행시 진행방향 | 전 부 | 1.89 | 3.80 | 2.30 | 1.30 | 0.60 |
| | 후 부 | 2.20 | 4.10 | 2.80 | 2.01 | 0.76 |

또한 연결기 자체에 대한 실동응력 최대치도 정상주행시 보다는 비상 구원시 후진방향으로의 응력이 최대치인 4.73kg/mm²를 나타나고 있는데 이는 자동복합연결기에 어댑터를 설치하여 비상 구원 견인기관차의 연결기와의 수평각 불일치로 인한 특성값이라 할 수 있다. 그러나 자동복합연결기 shank부 재질은 STKM18C로 항복강도가 78kg/mm²(750N/mm²) 정도로 매우 높으며 용접부에 대한 피로설계 안전치인 0.7을 감안하여도 54.6kg/mm²정도로 매우 높아 매우 안정함을 알 수 있다. 따라서 본연결기 자체에 대한 주응력 및 연결기 안전 브라켓인 shank guide 브라켓트 부위의 피로 강도상에는 전혀 문제가 없는 것으로 나타났다.

4.4 비상 구원 시험

비상 구원 시험 목적은 자동복합연결기 적용 PMC차량의 기관고장이나 기타 운전고장으로 인하여 운전장애가 발생했을 때에 이를 기관차로 비상 구원 운전을 가능토록 하기 위해서는 기존 연결기와 자동복합연결기가 상호 연결이 가능한 연결기 형태가 되어야 한다. 그러나 기존 기관차나 PMC 차량의 연결기 형태와 자동복합연결기의 연결부 형상이 상이하여 직접 연결할 수는 없다. 따라서 자동복합연결기와 기존 연결기를 자연스럽게 연결할 수 있도록 제작된 어댑터를 자동복합연결기에 결합하여 기관차 또는 기존 PMC 차량과의 연결을 통해 비상 구원시의 문제점을 검토하였다. 검토 항목으로는 비상 구원 기관차와의 연결에서 제동시험까지의 시간을 측정하여, 비상 구원시의 예상 소요 시간 산정을 위한 기초 자료 획득을 위하여 실시하였다. 기관차와의 비상 구원 연결 시험시 측정된 소요시간이 표 8에 나타나 있다. 표 8에서 보는바와 같이 비상 구원 연결 시험시 소요시간은 약 3.5분 정도로 기존 P-P열차에 대한 기관차 구원시 소요 시간과 비교하여 단순히 초과되는 시간은 어댑터 설치시간이다. 본 시험시 어댑터 연결은 철도청 수송원이 직접 수행한 시간으로 어댑터 연결로 인한 시간소요는 매우 짧음을 알 수 있다. 따라서 비상 구원 운전시 기존연결기에 개발품인 자동복합연결기 연결시 소요되는 시간은 기존 P-P 열차의 비상 구원시와 별 차이가 없을 것으로 예측된다.

표 8 비상 구원 연결 시험시 소요시간 측정표

| 시간 측정항목 | 1회차 | 2회차 | 비고 |
|-----------|---------|---------|----------------------|
| 어댑터 설치시간 | 6.20초 | 10.54초 | 차량에서 어댑터 이동시간 제외 |
| 기관차 연결시간 | 22.0초 | 25.0초 | 연결시 기존차량 연결기 접속기준 적용 |
| 제동호스 연결시간 | 32.0초 | 44.0초 | |
| 제동기능 검사시간 | 86.0초 | 131.0초 | |
| 총 소요시간 | 146.20초 | 210.54초 | |

4.5 열차 분리/병합시험

복합조성열차 분리/병합 시험은 본 개발품의 사용목적인 복합조성열차 분리/병합 시간에 대한 최소한의 요구시간(3분이내)에 복합조성열차의 안전 운행에 필요한 각종 기능검사 및 시험을 확인하는 것까지이다. 복합조성열차 병합/분리에 대하여는 독일 ICE차량 복합조성열차 분리/병합 사례 조사에서 제시한 것을 준용하여 시험을 실시하였다. 복합조성열차 병합시간에 대한 소요시간 측정 결과가 표 9에 제시되어 있다. 또한 복합조성열차 분리시간은 표 10에 제시되어 있다.

표 9 복합조성열차 병합시간 측정 결과 (단위: sec)

| 시간 측정 항목 | 1회차 | 2회차 | 비고 |
|--------------|-------|-------|---------------------------------------|
| 열차간 연결기 분리시간 | 15.35 | 25.67 | 복합조성열차 중간부 차량에 승무원이 탑승한 상태에서 분리 유도 실시 |
| 총 소요 시간 | 15.35 | 25.67 | |

표 10 복합조성열차 분리시간 측정 결과 (단위: sec)

| 시간 측정 항목 | 1회차 | 2회차 | 비고 |
|-----------------------|-------|-------|----------------|
| 열차간 연결기 연결시간 | 39.93 | 21.44 | 시험열차 승무원 직접 실시 |
| 기능검사 및 운전실 중련 운전 조치시간 | 54.10 | 33.37 | 시험열차 승무원 직접 실시 |
| 총 소요 시간 | 94.03 | 54.81 | |

표 9 및 표 10에서 보는 바와 같이 자동복합연결기 적용 복합조성열차의 분리/병합 시간이 95초 이내로 매우 짧은 시간 내에 분리/병합이 됨을 확인할 수 있었다. 따라서 복합조성열차의 상업화 운영시 가장 큰 기술적 난제로 여겨졌던 복합조성열차의 분리/병합 시간 과대에 대한 우려가 본 개발품에 대한 현차 적용시험 결과 매우 양호한 결과가 도출 되었음이 확인되었다.

복합조성열차 운행시 분리/병합 시간 다음으로 기술적인 어려운 문제중의 하나는 열차의 분리/병합이 완전하게 되었음을 운전실에서 간편하게 확인할 수 있는 시스템 구축과 더불어 운전시 오취 급에 의한 복합조성열차에 대한 분리 우려를 불식 시키는 것이 중요하다. 이를 운전실에 복합조성열차의 분리/병합이 기술적으로 되었음을 확인할 수 있도록 운전실 제어대 정면 중앙부에 열차 분리/병합 확인 보드를 설치하여 열차가 병합되어 중련 운전시 확인할 필요가 있는 주요 회로점검을 통하여 정상적인 병합이 되었음을 확인하고, 운전실에서 승무원 오작동 또는 운전실 침입자에 의한 열차 운행 중 분리사고가 발생하지 못하도록 안전 잠금장치를 설치하였다. 이에 대한 기능시험 및 확인검사가 현차 시운전을 통하여 성능을 입증하였다.

5. 결론

본 연구는 국내 주요간선 철도망의 수송력 포화상태를 기술적으로 극복하는 하나의 대안으로 복합조성열차 운행시 기술적인 가장 큰 어려운 문제점 중의 하나인 복합조성열차의 분리/병합시 기존 연결기 시스템에서의 과도한 시간소요(약 20분)로 인하여 승객 서비스 저하가 유발되고, 복합조성열차 분리/병합시 많은 사람이 필요한 경우가 발생되어 이에 대한 기술적 대안으로 자동복합연결기를 개발함으로써 분리/병합 시간 단축과 더불어 승무원 1인으로 모든 사항을 완전하게 구현할 수 있는 자동복합연결기 개발 및 개발품에 대한 PMC 차량 적용 실차 성능 시험을 통하여 한 개발품의 요구사항인 차량진동문제, 제동거리문제, 열차 분리/병합시스템, 그리고 연결기 자체의 실동응력에 의한 안전성 문제 등을 현차 시운전 시험을 실시한 결과 복합조성열차 운영을 위한 기본조건을 아주 양호하게 충족시켜 줌을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 철도청 연구개발사업비에 의해 수행되었으며 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참고문헌

(1) 이찬우 외, 1999, 다방향 복합조성열차용 자동복합연결기 PMC차량 적용연구 보고서